

# COMUNE DI PADOVA

## Settore Lavori Pubblici

### CASTELLO CARRARESI INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE STRALCI

#### PROGETTO ESECUTIVO

IMPORTO COMPLESSIVO: Euro 5.400.00,00

Progetto: LLPP\_EDP\_2018/137

Nome File: APPR\_39

Luglio 2018

ELABORATO:

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Scala

Fase progetto

Codice elaborato

P

E

ST

CSA

#### **Progettisti e Collaboratori**

Progettista e Coordinatore alla Prog.: Arch. Domenico Lo Bosco

Collaboratori alla Progettazione:

Arch. Giacomo Peruzzi

Arch. Luisa Tonietto

Arch. Arianna Garbin

Progettazione specialistica:

Per.Ind. Enrico Boscaro

Per. Ind. Fabio Cappellato

SM Ingegneria S.r.l. Prof. Ing. Claudio Modena


**Capo Settore**

Arch, Luigino Gennaro

**RUP**


Arch. Stefano Benvegnù




	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: <b>APPR_39_ST_CSA</b>
		File: <b>APPR_39_ST_CSA.doc</b>
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Rev. <b>00</b> del <b>Luglio 2018</b>
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina <b>1</b> di <b>194</b>

## SOMMARIO


<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALI E FORNITURE</b> .....	<b>12</b>
2.1	GENERALITÀ .....	12
2.2	CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	13
2.3	TOLLERANZE DIMENSIONALI.....	14
2.4	PROVE DEI MATERIALI.....	15
2.4.1	<i>Certificato di qualità</i> .....	15
2.4.2	<i>Accertamenti preventivi</i> .....	16
2.4.3	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i> .....	16
2.4.4	<i>Prescrizioni particolari</i> .....	16
2.5	MATERIALI NATURALI E DI CAVA.....	16
2.5.1	<i>Acqua</i> .....	16
2.5.1.1	<i>Acqua per puliture</i> .....	17
2.5.2	<i>Sabbia</i> .....	17
2.5.2.1	<i>Sabbia per murature ed intonaci</i> .....	17
2.5.2.2	<i>Sabbie per conglomerati</i> .....	17
2.5.3	<i>Rinforzanti/Cariche inerti per resine</i> .....	17
2.5.4	<i>Ghiaia e pietrisco</i> .....	18
2.5.4.1	<i>Ghiaia e pietrisco per conglomerati cementizi</i> .....	18
2.5.4.2	<i>Aggregati</i> .....	19
2.5.5	<i>Pomice, argilla espansa ed altri inerti leggeri</i> .....	20
2.5.6	<i>Pietre naturali e marmi</i> .....	20
2.5.6.1	<i>Pietre da taglio</i> .....	21
2.5.6.2	<i>Lastre per tetti, per cornicioni e simili</i> .....	21
2.5.6.3	<i>Lastre per interni</i> .....	21
2.5.6.4	<i>Tufi</i> .....	21
2.5.6.5	<i>Marmi</i> .....	21
2.6	CALCI, POZZOLANE, LEGANTI IDRAULICI, LEGANTI IDRAULICI SPECIALI E LEGANTI SINTETICI.....	22
2.6.1	<i>Modalità di fornitura e conservazione</i> .....	22
2.6.2	<i>Calci Aeree</i> .....	22
2.6.3	<i>Leganti idraulici</i> .....	22
2.6.4	<i>Pozzolane</i> .....	23
2.6.5	<i>Gessi per l'edilizia</i> .....	23
2.6.6	<i>Leganti idraulici speciali</i> .....	23

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: <b>APPR_39_ST_CSA</b>
		File: <b>APPR_39_ST_CSA.doc</b>
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev. <b>00</b> del <b>Luglio 2018</b>
	Pagina <b>2</b> di <b>194</b>	


2.6.7	<i>Leganti sintetici</i> .....	24
2.6.7.1	Resine - Generalità .....	24
2.6.7.2	Resine epossidiche.....	24
2.6.7.3	Resine poliesteri e vinilesteri .....	26
2.6.7.4	Resine acriliche .....	26
2.7	LATERIZI .....	26
2.7.1	<i>Architravi prefabbricate in laterizio</i> .....	27
2.8	MATERIALI FERROSI E METALLI VARI.....	27
2.8.1	<i>Generalità</i> .....	27
2.8.2	<i>Materiali ferrosi</i> .....	28
2.8.2.1	Ferro .....	28
2.8.2.2	Acciaio da carpenteria .....	28
2.8.2.3	Collegamenti bullonati .....	30
2.8.2.4	Collegamenti saldati .....	31
2.8.2.5	Acciai inossidabili.....	31
2.8.2.6	Acciai in barre ad aderenza migliorata B450 C (Feb 44k).....	32
2.8.2.7	Reti in acciaio elettro-saldato.....	32
2.8.2.8	Acciaio fuso in getti.....	32
2.8.2.9	Metalli vari.....	33
2.8.3	<i>Pioli tipo "Nelson" o similari</i> .....	33
2.8.4	<i>Lamiere grecate</i> .....	33
2.8.5	<i>Connettori a taglio</i> .....	33
2.8.6	<i>Grigliato metallico zincato a caldo</i> .....	33
2.8.7	<i>Lamiere striate o bugnate</i> .....	34
2.9	LEGNAMI .....	34
2.9.1	<i>Generalità</i> .....	34
2.9.2	<i>Legno massiccio</i> .....	35
2.10	MATERIALI COMPOSITI .....	37
2.10.1	<i>Materiali compositi FRP</i> .....	37
2.10.1.1	Tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza.....	39
2.10.1.2	Barre .....	40
2.10.2	<i>Fibra di basalto</i> .....	40
2.10.3	<i>Rete bidirezionale in fibra di basalto e acciaio inox alcali-resistente</i> .....	41
2.11	ADDITIVI.....	42
2.11.1	<i>Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti</i> .....	42
2.11.2	<i>Additivi antigelo</i> .....	43
2.12	CALCESTRUZZI.....	43

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: <b>APPR_39_ST_CSA</b>
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	File: <b>APPR_39_ST_CSA.doc</b>
		Rev. <b>00</b> del <b>Luglio 2018</b>
Pagina <b>3</b> di <b>194</b>		


2.12.1	<i>Componenti</i> .....	43
2.12.1.1	Acqua di impasto .....	43
2.12.1.2	Cemento idraulico normale.....	43
2.12.1.3	Aggiunte.....	45
2.12.2	<i>Calcestruzzi</i> .....	46
2.12.2.1	Generalità per i calcestruzzi .....	46
2.12.2.2	Specifiche per calcestruzzi leggeri strutturali con argilla espansa.....	47
2.13	<b>MALTE. QUALITÀ E COMPOSIZIONE</b> .....	48
2.13.1	<i>Generalità</i> .....	48
2.13.2	<i>Malte additive</i> .....	48
2.13.2.1	Malte additive con agenti antiritiro e riduttori d'acqua.....	48
2.13.2.2	Malte espansive.....	49
2.13.2.3	Malte confezionate con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche.....	50
2.13.3	<i>Malte preconfezionate</i> .....	50
2.13.3.1	Malta di calce per risarciture, ristilature, scuci-cuci, ristilature armate su murature esistenti .....	51
2.13.3.2	Malta di calce M5 di allettamento .....	52
2.13.3.3	Malta fluida di calce per iniezioni di consolidamento su murature esistenti.....	52
2.13.3.4	Malta bastarda M5/M10 di allettamento per nuove murature in laterizio .....	53
2.13.3.5	Malta reodinamica colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 1 e 5 cm) .....	53
2.13.3.6	Betoncino reodinamico colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 6 e 15 cm).....	53
2.13.3.7	Rasatura impermeabilizzante a base di calce idraulica .....	54
2.14	<b>CONGLOMERATI A BASE DI CALCE</b> .....	54
2.14.1	<i>Conglomerato a base calce alleggerito con argilla espansa per riempimenti</i> .....	55
2.15	<b>CONGLOMERATI DI RESINA SINTETICA</b> .....	55
2.16	<b>PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO</b> .....	56
2.16.1	<i>Norme generali</i> .....	56
2.16.2	<i>Tolleranze dimensionali di produzione</i> .....	58
2.16.2.1	Strutture ad elementi monodimensionali in c.a. ....	58
2.16.2.2	Solai, pannelli di tamponamento e grandi pannelli .....	58
2.16.3	<i>Solai a lastre tralicciate tipo Predalles</i> .....	58
2.17	<b>CASSEFORME DA C.A.</b> .....	59
2.17.1	<i>Casserature normali</i> .....	60
2.17.2	<i>Casserature per prefabbricati</i> .....	60
2.18	<b>OPERE PROVVISORIALI</b> .....	61
2.18.1	<i>Dispositivi di protezione collettiva: parapetto autoportante</i> .....	61
2.18.2	<i>Ponteggi metallici fissi</i> .....	62
2.19	<b>MATERIALE PER RINTERRI</b> .....	63

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	4 di 194

2.20	TUBAZIONI.....	65
2.20.1	Generalità .....	65
2.20.2	Tubi e raccordi in P.V.C. ....	65
2.20.3	Tube drenante e raccordi in P.V.C.....	65
2.21	SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE .....	66
2.21.1	Manto impermeabile omogeneo a base di polivinilcloruro (PVC-P).....	66
2.21.2	Profilo per giunti di contrazione delle pareti in c.a. ....	66
2.21.3	Cordolo bentonitico idroespansivo (waterstop) per riprese di getto.....	67
2.22	GEOTESSILI.....	67
2.23	COLORI E VERNICI .....	68
2.23.1	Generalità .....	68
2.23.1.1	Olio di lino cotto .....	69
2.23.1.2	Acquaragia (essenza di trementina) .....	69
2.23.1.3	Biacca .....	69
2.23.1.4	Bianco di zinco.....	69
2.23.1.5	Minio .....	69
2.23.1.6	Latte di calce.....	69
2.23.1.7	Colori all'acqua, a colla o ad olio .....	69
2.23.1.8	Vernici .....	69
2.23.1.9	Encaustici .....	69
2.23.1.10	Idropitture.....	70
2.23.1.11	Tempere .....	70
2.23.1.12	Pitture cementizie .....	70
2.23.1.13	Idropitture in emulsione .....	70
2.23.1.14	Pitture ai silicati .....	70
2.23.1.15	Pitture ad olio ed oleosintetiche .....	70
2.23.1.16	Antiruggine, anticorrosivi e pitture speciali .....	71
2.23.1.17	Vernici sintetiche.....	71
2.23.1.18	Smalti.....	71
2.24	MATERIALI DIVERSI.....	71
2.24.1	Cartefeltro .....	71
2.24.1.1	Cartonfeltro bitumato cilindrato .....	71
2.24.1.2	Cartonfeltro bitumato ricoperto .....	71
2.24.2	Vetri e cristalli.....	72
2.24.3	Materiali ceramici .....	72
2.24.4	Isolanti termo-acustici .....	72
<b>3</b>	<b>NORME DI ESECUZIONE.....</b>	<b>73</b>


	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	5	di	194

3.1	GENERALITÀ .....	73
3.2	INDAGINI PRELIMINARI AI LAVORI DI RESTAURO/CONSOLIDAMENTO .....	73
3.2.1	<i>Tracciamenti e verifiche dimensionali</i> .....	74
3.2.2	<i>Rilievi</i> .....	75
3.2.2.1	<i>Mappatura delle strutture lignee</i> .....	75
3.3	TRACCIAMENTI PER OPERE DI NUOVA REALIZZAZIONE .....	75
3.4	CONTROLLI E PROVE DI CARICO SULLE STRUTTURE REALIZZATE .....	76
3.5	DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI .....	76
3.6	SCAVI E MOVIMENTI TERRA .....	77
3.6.1	<i>Lavorazioni preliminari</i> .....	77
3.6.2	<i>Norme generali</i> .....	77
3.6.3	<i>Scavi di splatemento e sbancamento</i> .....	80
3.6.4	<i>Scavi a sezione obbligata</i> .....	81
3.6.5	<i>Scavi archeologici o con assistenza archeologica</i> .....	82
3.6.6	<i>Scavi di fondazione</i> .....	84
3.6.7	<i>Scavi di accertamento e ricognizione</i> .....	85
3.6.8	<i>Scavi subacquei e prosciugamenti</i> .....	85
3.6.1	<i>Armature degli scavi – opere di sbatacchiamento</i> .....	86
3.6.2	<i>Rilevati e rinterrati</i> .....	86
3.7	DEMOLIZIONI; RIMOZIONI; DISGAGGI .....	88
3.7.1	<i>Generalità</i> .....	88
3.7.2	<i>Interventi di demolizione o sostituzione su manufatti storici</i> .....	89
3.7.3	<i>Demolizione di strutture murarie di fondazione</i> .....	91
3.7.4	<i>Demolizione di strutture murarie</i> .....	91
3.7.4.1	<i>Demolizione di strutture portanti e/o collaboranti</i> .....	92
3.7.4.2	<i>Demolizione di tramezzature</i> .....	92
3.7.5	<i>Demolizioni di strutture a telaio in c.a. con piccoli martelli pneumatici</i> .....	92
3.7.6	<i>Preparazione di superfici in calcestruzzo da ripristinare o da trattare superficialmente</i> .....	93
3.7.7	<i>Demolizione mediante taglio con filo e/o disco diamantato</i> .....	93
3.7.8	<i>Smontaggio di strutture orizzontali</i> .....	94
3.7.8.1	<i>Demolizione di solai piani</i> .....	94
3.7.8.2	<i>Smontaggio di strutture in aggetto</i> .....	95
3.7.8.3	<i>Smontaggio di strutture voltate</i> .....	95
3.7.8.4	<i>Smontaggio di collegamenti verticali</i> .....	95
3.7.8.5	<i>Smontaggio di manti e strutture di copertura</i> .....	96
3.7.9	<i>Apertura di forometrie</i> .....	97
3.7.10	<i>Rimozione di intonaci</i> .....	97


	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	6	di	194

3.7.11	Scarifica con idrolancia di solette o altre strutture in calcestruzzo.....	98
3.8	FONDAZIONI.....	98
3.8.1	Lavori preliminari.....	98
3.8.2	Consolidamento mediante sottofondazioni.....	99
3.8.2.1	Generalità.....	99
3.8.2.2	Sottofondazioni in muratura di mattoni.....	100
3.8.2.3	Sottofondazioni con solette di calcestruzzo.....	100
3.8.2.4	Sottofondazioni con cordoli o travi in cemento armato.....	100
3.8.3	Micropali.....	100
3.8.3.1	Preparazione del piano di lavoro.....	100
3.8.3.2	Definizione, classificazione e campi di applicazione.....	101
3.8.3.3	Soggezioni geotecniche e idrogeologiche.....	101
3.8.3.4	Tolleranze geometriche.....	101
3.8.3.5	Tracciamento.....	101
3.8.3.6	Perforazione.....	102
3.8.3.7	Confezione e posa delle armature.....	102
3.8.3.8	Formazione del fusto del micropalo.....	103
3.8.3.9	Riempimento a gravità.....	103
3.8.3.10	Riempimento a bassa pressione.....	103
3.8.3.11	Iniezione ripetuta ad alta pressione.....	104
3.8.3.12	Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali.....	104
3.8.3.13	Controlli.....	105
3.8.3.14	Documentazione dei lavori.....	105
3.8.4	PROVE DI CONTROLLO SUI PALI.....	106
3.8.4.1	Prove di carico.....	106
3.8.4.2	Controlli non distruttivi.....	107
3.8.4.2.1	Prove geofisiche.....	107
3.8.4.2.2	Carotaggio continuo meccanico.....	107
3.8.4.2.3	Scavi attorno al fusto del palo.....	108
3.9	MURATURE E STRUTTURE VERTICALI – LAVORI DI COSTRUZIONE.....	108
3.9.1	Murature in genere.....	108
3.9.2	Murature e riempimenti in pietrame a secco.....	109
3.9.3	Murature di pietrame con malta.....	110
3.9.4	Paramenti per le murature di pietrame.....	111
3.9.5	Murature di mattoni.....	112
3.9.6	Pareti di una testa ed in foglio con mattoni pieni e forati.....	112
3.9.7	Murature miste.....	113
3.10	CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE.....	113




	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	7	di	194


3.10.1	Generalità .....	113
3.10.2	Risarciture .....	113
3.10.3	Scuci e cucì .....	114
3.10.4	Sostituzione di singoli mattoni .....	114
3.10.5	Fissaggio di elementi decoesi e/o in fase di distacco .....	114
3.10.6	Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti .....	115
3.10.7	Ristilatura dei giunti di malta .....	117
3.10.8	Protezione delle teste dei muri .....	118
3.10.1	Carotaggi per l'inserimento di tiranti metallici .....	118
3.10.2	Consolidamento mediante tiranti metallici .....	119
3.11	CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E PIETRA) .....	120
3.11.1	Generalità .....	120
3.11.1.1	Stuccature preliminari .....	120
3.11.1.2	Puntellatura .....	120
3.11.1.3	Rimozione materiale inerte .....	120
3.11.1.4	Pulizia dell'estradosso .....	121
3.11.2	Consolidamento di volte in muratura mediante materiali compositi (FRP) .....	121
3.11.3	Rinforzo volte con intonaco in malta di calce con rete fibra di basalto e acciaio inox alcali-resistente .....	121
3.12	OPERE DA CARPENTIERE .....	122
3.12.1	Generalità .....	122
3.13	RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE LIGNEE .....	123
3.13.1	Generalità .....	123
3.13.2	Gli interventi di progetto dovranno essere adattati all'effettivo stato di degrado .....	123
3.13.3	Sostituzione di travi in legno .....	124
3.13.4	Sostituzione del tavolato esistente .....	124
3.13.5	Collegamento delle travi alle murature perimetrali .....	125
3.13.6	Ripristino di struttura in legno mediante la ricostruzione della parte degradata .....	125
3.13.1	Rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature .....	126
3.13.1.1	Ricostruzione mediante protesi in legno .....	126
3.13.2	Trattamento di disinfestazione del legno .....	126
3.13.2.1	Disinfestazione dal capricorno delle case e dall'hesperophanes cineres .....	127
3.13.2.2	Funghi .....	127
3.14	RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE COPERTURE LIGNEE .....	128
3.14.1	Generalità .....	128
3.15	STRUTTURE IN ACCIAIO .....	129
3.15.1	Generalità .....	129
3.15.2	Elementi strutturali in acciaio .....	131

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del <b>Luglio 2018</b>
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	8 di <b>194</b>


3.15.2.1	Montaggio .....	132
3.15.2.2	Tolleranze dimensionali per elementi in carpenteria metallica .....	133
3.15.3	<i>Unioni saldate</i> .....	133
3.15.3.1	Qualifica per esecuzione strutture saldate.....	134
3.15.3.2	Materiali base .....	134
3.15.3.3	Elettrodi.....	134
3.15.3.4	Tecniche di esecuzione .....	135
3.15.3.5	Giunti testa a testa non evidenziati nel progetto.....	136
3.15.3.6	Prove sulle saldature .....	136
3.15.3.7	Accettabilità dei difetti .....	137
3.15.4	<i>Unioni per contatto</i> .....	137
3.15.5	<i>Tiranti e funi</i> .....	137
3.15.6	<i>Lamiere grecate</i> .....	138
3.15.7	<i>Griglie pedonabili, carrabili o di sostegno impianti</i> .....	139
3.15.8	<i>Verniciature</i> .....	139
3.15.9	<i>Zincatura</i> .....	139
3.15.10	<i>Trattamento protettivo con zincante a freddo</i> .....	140
3.15.10.1	Indicazioni di impiego .....	140
3.15.10.2	Preparazione del supporto.....	140
3.15.10.3	Indicazioni per l'applicazione .....	140
3.15.11	<i>Apparecchi d'appoggio</i> .....	141
3.16	CONSOLIDAMENTO E CONSERVAZIONE DI STRUTTURE E MANUFATTI IN FERRO .....	141
3.16.1	<i>Generalità</i> .....	141
3.16.2	<i>Smontaggio e Rimontaggio di manufatti metallici antichi</i> .....	142
3.16.2.1	Smontaggio.....	142
3.16.2.2	Rimontaggio di manufatti esistenti.....	143
3.16.3	<i>Consolidamento intradossale di struttura piana con nuovo sistema di travi in ferro</i> .....	144
3.16.4	<i>Consolidamento estradossale di struttura piana mediante realizzazione di cappa in cemento armato</i> .....	144
3.17	CONGLOMERATI CEMENTIZI O A BASE DI CALCE SEMPLICI E ARMATI.....	144
3.17.1	<i>Generalità</i> .....	144
3.17.2	<i>Controlli sul conglomerato</i> .....	146
3.17.2.1	Valutazione preliminare della resistenza .....	146
3.17.2.2	Comunicazione preventiva alla fornitura / produzione in cantiere di calcestruzzo .....	146
3.17.2.3	Controlli di accettazione.....	146
3.17.2.4	Controllo in opera della resistenza del calcestruzzo.....	147
3.17.2.5	Consistenza del calcestruzzo .....	148
3.17.2.6	Contenuto d'aria.....	148
3.17.2.7	Bleeding.....	148

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: <b>APPR_39_ST_CSA</b>
		File: <b>APPR_39_ST_CSA.doc</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE		Rev. <b>00</b> del <b>Luglio 2018</b>
		Pagina <b>9</b> di <b>194</b>


3.17.2.8 Altre prove .....	148
3.17.3 Confezione dell'impasto .....	149
3.17.4 Trasporto.....	149
3.17.5 Posa in opera.....	150
3.17.6 Casseforme ed armature di sostegno per i getti .....	152
3.17.7 Vibrazione del calcestruzzo .....	152
3.17.1 Stagionatura e disarmo.....	153
3.17.1.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico .....	153
3.17.1.2 Disarmo e scasseratura .....	153
3.17.1.3 Protezione dopo la scasseratura .....	153
3.17.2 Tolleranza di posizionamento e dimensionali .....	154
3.17.3 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari.....	154
3.17.1 Profilati in PVC (water-stop) per giunti strutturali e/o di costruzione e/o di dilatazione, a tenuta idraulica .....	155
3.17.2 Rivestimento delle pareti di scavo, pendici o pozzi di fondazione .....	156
3.17.1 Conglomerato a base di calce armato con barre/reti in acciaio inox .....	157
3.18 ACCIAIO DA C.A. ....	157
3.18.1 Generalità .....	157
3.18.2 Controlli per acciaio da c.a.....	158
3.18.2.1 Controllo della documentazione .....	158
3.18.2.2 Controllo di accettazione .....	158
3.18.3 Deposito e conservazione in cantiere armatura per c.a.....	159
3.18.4 Posa in opera armatura per c.a. ....	159
3.19 INTERVENTI CONSERVATIVI SUL CALCESTRUZZO .....	160
3.19.1 Asportazione del calcestruzzo degradato.....	161
3.19.2 Trattamento ferri d'armatura .....	161
3.19.3 Posizionamento d'armature aggiuntive.....	162
3.19.4 Preparazione delle superfici da ripristinare.....	162
3.19.5 Stagionatura.....	162
3.19.6 Prove e controlli .....	163
3.20 PLACCAGGI CON MATERIALI COMPOSITI .....	163
3.20.1 Generalità .....	163
3.20.2 Controlli di accettazione in cantiere .....	164
3.20.3 Specifiche per placcaggio con tessuti unidirezionale in fibra di acciaio.....	166
3.21 IMPREGNAZIONE DI MANUFATTI EDILI E TRATTAMENTI PROTETTIVI IN GENERE.....	167
3.22 PULIZIA E PROTEZIONE.....	167
3.22.1 Generalità .....	167
3.22.2 Metodi per la pulitura di edifici monumentali .....	168

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del <b>Luglio 2018</b>
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	10 di <b>194</b>

3.22.3	Bonifica da macro e microflora .....	170
3.22.4	Eliminazione di piante superiori .....	171
3.22.5	Eliminazione di alghe, muschi e licheni .....	172
3.22.6	Pulizia con getti d'acqua a pressione.....	172
3.22.7	Metodi di pulizia di edifici comuni.....	173
3.22.8	Pulizia e Protezione di Opere in Ferro antiche .....	173
3.22.9	Pulizia e protezione di opere in leghe di rame antiche .....	174
3.23	PROTEZIONE REI DI STRUTTURE.....	175
3.23.1	Trattamento antincendio di strutture in c.a. esistenti .....	175
3.23.2	Trattamento antincendio di strutture in acciaio .....	176
3.23.3	Trattamento antincendio di strutture lignee.....	176
3.24	IMPERMEABILIZZAZIONI .....	176
3.24.1	Norme Generali.....	176
3.24.2	Copertina impermeabilizzante .....	177
3.24.3	Geotessile .....	178
3.25	COLLOCAMENTO IN OPERA.....	178
3.25.1	Collocamento di manufatti vari, apparecchi e materiali forniti dall'amministrazione appaltante .....	178
3.25.2	Collocamento di manufatti in marmo o pietra .....	178
3.26	ALLESTIMENTO DEL CANTIERE.....	179
3.27	OPERE PROVVISORIALI.....	180
3.27.1	Generalità .....	180
3.27.2	Ponteggi metallici.....	181
3.27.3	Puntelli / Ponteggi di forza .....	183
3.27.4	Coperture provvisorie.....	185
3.27.5	Protezione di Elementi di Valore Artistico .....	185
3.28	LAVORI EVENTUALI NON PREVISTI.....	185
<b>4</b>	<b>NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>186</b>
4.1	NORME GENERALI.....	186
4.2	LAVORI A MISURA.....	186
4.3	LAVORI A CORPO .....	187
4.4	LAVORI IN ECONOMIA.....	187
4.5	NOLEGGI.....	187
4.6	OPERE PROVVISORIALI.....	188
4.7	SCAVI E RINTERRI .....	189
4.7.1	Scavi di sbancamento.....	190
4.7.2	Scavo di fondazione.....	190

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	11	di	194

4.7.3	Rinterri .....	190
4.8	DEMOLIZIONI.....	190
4.9	MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	191
4.9.1	Murature in genere (non in calcestruzzo gettato in opera) .....	191
4.9.2	Conglomerati cementizi .....	191
4.9.3	ACCIAIO PER C.A. ....	192
4.9.4	CASSEFORME E ARMATURE DI SOSTEGNO PER I GETTI .....	193
4.9.5	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA .....	193
4.10	TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	194
4.11	OPERE IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE .....	194

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	12	di	194

## 1 PREMESSA

Le prescrizioni contenute nel presente documento devono essere applicate secondo quanto prescritto. Ogni mancata o non corretta applicazione di prescrizioni contenute in questo documento è considerata una non conformità di esecuzione delle opere. Il progetto può prevedere l'impiego di componenti e prodotti di costruttori specializzati, contrassegnati nei documenti di progetto con l'indicazione "tipo" seguita da marca e modello.

**In ogni caso l'indicazione di specifici modelli è da ritenersi inserita a scopo esemplificativo, risultando in realtà vincolanti tutte le specifiche tecniche, i requisiti funzionali e le prestazioni richieste che compaiono in tutti gli elaborati di progetto aventi valore contrattuale.**

La posa in opera di questi elementi sarà eseguita in accordo con le specifiche e le raccomandazioni indicate dal costruttore specializzato; l'Appaltatore fornirà copia di tali specifiche alla Direzione Lavori prima della posa, per gli opportuni riscontri. È facoltà dell'Appaltatore utilizzare componenti e prodotti diversi da quelli specificati, purché di natura equivalente e non minore qualità; l'impiego di tali prodotti è subordinato all'approvazione scritta della Direzione Lavori.

L'Appaltatore si obbliga a fornire tutti gli elementi che la Direzione Lavori riterrà necessari per la valutazione tecnica di idoneità del prodotto, in particolare:

- specifiche tecniche;
- certificati di prova presso Laboratori Ufficiali;
- campioni del prodotto;
- campioni di lavorazione o applicazione da eseguirsi in luogo.

**Nel caso in cui gli atti e i documenti di progetto presentino elementi di discordanza tra loro, prevarrà la versione più favorevole alla Stazione Appaltante, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori.**


## 2 MATERIALI E FORNITURE

### 2.1 GENERALITÀ

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni del vigente Capitolato Generale dei Lavori Pubblici; i materiali e le forniture in genere dovranno essere rispondenti alle prescrizioni di progetto, di Capitolato o di contratto oltretutto a tutte le norme cui sono assoggettati, siano esse richiamate o meno negli stessi documenti. In mancanza di particolari prescrizioni i materiali dovranno essere della migliore qualità esistente in commercio.

I materiali occorrenti per la realizzazione dei lavori di restauro e consolidamento dovranno essere compatibili con i materiali preesistenti in modo da non interferire negativamente con le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dei manufatti da risanare. A tale scopo, potrà essere facoltà del Direttore dei Lavori e della competente Soprintendenza fare richiesta dell'esecuzione preliminare di indagini e/o analisi di laboratorio volte alla caratterizzazione dei materiali esistenti.

A meno che non sia appositamente indicato nelle voci di Elenco Prezzi, l'Impresa potrà approvvigionare i materiali e le forniture ovunque lo ritenga opportuno, purché nel rispetto delle normative e dei vincoli di

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	13	di	194

contratto e fatta salva l'approvazione della Direzione Lavori, alla quale vanno preventivamente consegnati i certificati comprovanti la rispondenza dei materiali approvvigionati ai requisiti richiesti.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle schede tecniche indicate dal fornitore dei materiali/opere. In caso di difformità tra indicazioni delle schede tecniche e le prescrizioni di progetto l'Impresa dovrà tempestivamente avvisare la D.L. al fine di consentire la valutazione del tipo di intervento più idoneo.

Le difficoltà che si dovessero presentare all'Impresa per l'approvvigionamento di materiali aventi i requisiti minimi da contratto sono sempre e comunque da ritenersi compensate dai prezzi offerti dall'Impresa per ogni materiale. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Sempre restando valido, in generale, quanto sopra stabilito, i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere, in particolare, ai requisiti fissati ai successivi paragrafi.

## 2.2 CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Prima dell'inizio dei lavori e in ogni caso almeno 15 giorni prima della messa in opera dei materiali approvvigionati, l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori tutti gli elementi necessari all'identificazione del tipo di prodotto e delle sue proprietà; in particolare l'Impresa dovrà essere in grado di consegnare tutti i certificati relativi alle prove richieste dalle normative vigenti, prescritte nei documenti contrattuali o comunque richieste dalla Direzione Lavori, fatto salvo il diritto della stessa di procedere in ogni momento al prelievo di campioni, nel numero e modalità volute, da sottoporre a ulteriori prove.

Tutte le prove sui materiali dovranno essere effettuate presso i laboratori autorizzati ai sensi dell'Art. 20 della legge n°1086 del 5/11/1971 e della Circolare Min. LL.PP N. 346/STC Prot. 346/STC del 14/12/1999 e, per materiali non previsti nelle citate norme, in Laboratori ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

L'impresa dovrà curare l'esecuzione di tutte le indagini e i controlli di accettazione previsti dalle norme tecniche vigenti (NTC 2008 e successive integrazioni).

**Tutte le spese per il prelievo, l'invio dei campioni ai citati Laboratori e la realizzazione delle prove saranno a carico dell'Impresa.**

Gli addetti al Laboratorio come quelli della Direzione Lavori, dovranno avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri ove avviene l'approvvigionamento, la confezione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto.

Per i campioni asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere, a sua cura e spese, al ripristino della parte manomessa.


Le prove sopraddette, se necessario, potranno essere ripetute anche per materiali e forniture della stessa specie e provenienza, con prelievo ed invio sempre a spese dell'Impresa.

Potrà essere ordinata la conservazione dei campioni, munendoli di sigilli e firma del Direttore dei Lavori e del Responsabile del Cantiere per conto dell'Impresa, al fine di garantirne l'autenticità.

Per alcune forniture e/o materiali sarà possibile, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, verificare la rispondenza dei prodotti alle prescrizioni di progetto tramite la presentazione di schede tecniche ovvero di certificati riferiti a prove eseguite presso lo stabilimento del produttore.

La decisione della Direzione Lavori di omettere, in tutto o in parte, le prove su alcuni materiali, non esime in alcun modo l'Impresa dal fornire materiali pienamente rispondenti ai requisiti richiesti.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	14 di 194

Sui manufatti di valore storico-artistico, salvo diverse indicazioni riportate negli elaborati di progetto, sarà inoltre cura dell'Appaltatore:

- determinare lo stato di conservazione dei manufatti da restaurare;
- individuare l'insieme delle condizioni ambientali e climatiche cui è esposto il manufatto;
- individuare le cause e i meccanismi di alterazione;
- controllare l'efficacia e l'innocuità dei metodi d'intervento mediante analisi di laboratorio da effettuare secondo i dettami delle "raccomandazioni NORMAL" pubblicate dalle commissioni istituite e recepite dal Ministero per i Beni Culturali col decreto n. 2093 del 11-1 1-82. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme del C.N.R., verrà effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato.

Sarà cura dell'Impresa verificare la costanza dei requisiti dei materiali approvvigionati, e comunicare tempestivamente alla Direzione Lavori ogni variazione di fornitore e/o di prodotto. L'esito favorevole delle prove e/o l'accettazione del materiale da parte della Direzione Lavori non esonera in alcun modo l'Impresa da ogni responsabilità qualora i materiali messi in opera non raggiungessero i requisiti richiesti; in tal caso, e fino a collaudo definitivo, è ancora diritto della Direzione Lavori di rifiutare i materiali, anche già posti in opera, che non rispondessero ai requisiti minimi contrattuali. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede di lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'Impresa.

Qualora l'Impresa non effettuasse la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, vi provvederà direttamente la D.L. stessa a totale spesa dell'Impresa, a carico della quale resterà anche qualsiasi danno derivante dalla rimozione così eseguita.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche e/o quantità superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.


Nel caso sia stato autorizzato da parte della Direzione dei Lavori, per ragioni di necessità o convenienza, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, sarà insindacabile facoltà della Direzione dei Lavori applicare una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

**I materiali potranno essere posti in opera solamente dopo essere stati accettati dalla Direzione dei Lavori.**

### 2.3 TOLLERANZE DIMENSIONALI

Le tolleranze di tutti gli elementi costruttivi costituenti le opere oggetto dell'Appalto dovranno in generale rispettare quanto prescritto nella norma UNI 10462:1995 Elementi edilizi. Tolleranze dimensionali. Definizione e classificazione. che "... definisce le differenti forme di tolleranza applicabili quando si tratta di presentare la qualità geometrico- dimensionale propria e di elementi ed opere, nonché quando si tratti di specificare i livelli di accuratezza geometrico-dimensionale per la realizzazione dei componenti e delle opere in genere. In



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	15	di	194

particolare la progettazione definisce le specificazioni riguardanti operazioni di fabbricazione degli elementi, di tracciamento in cantiere e di montaggio. Si applica agli elementi edilizi sia prefabbricati in situ, e conseguentemente a tutte le opere e a tutti gli spazi che si configurano nelle costruzioni ...”.

L'Appaltatore è inoltre tenuto a informarsi sempre, prima dell'inizio dei lavori, delle tolleranze richieste dai costruttori o dai fornitori per gli elementi non strutturali quali serramenti e rivestimenti ed altre opere di finitura. Per le tolleranze dimensionali dei differenti tipi di elementi strutturali si rimanda ai relativi paragrafi.

## 2.4 PROVE DEI MATERIALI

### 2.4.1 Certificato di qualità

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, terre, cementi, acciai, ecc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla Direzione dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalle norme vigenti.


Si rammenta in via generale, anche in assenza di specifica richiesta ai paragrafi successivi, la necessità di accompagnare i prodotti da costruzione, ove previsto, con la Dichiarazione di Prestazione (DoP), secondo quanto previsto ai sensi del **Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011)**, con etichettatura di marcatura CE rispondente ai contenuti dell'art.8 e 9 del CPR stesso.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte. I certificati che dovranno essere esibiti, tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

Qualora, in funzione del particolare valore architettonico e storico del manufatto, per le operazioni di restauro sia necessario utilizzare materiali e metodi tradizionali (es. mattoni e legname antico e di recupero) potranno essere applicate le deroghe previste dal regolamento UE (art. 5 del Regolamento UE n° 305/2011 e successive modifiche ed integrazioni). In tale caso, in accordo con la D.L. ed il collaudatore, dovranno comunque essere previste specifiche prove ed indagini integrative atte a garantire l'idoneità dei materiali e delle tecniche impiegate.

Ai sensi della Circolare del Ministero dei LL.PP. 16 maggio 1996 n°2357 e s.m.i., i seguenti prodotti:

- a. apparecchi, giunti, appoggi e sistemi antisismici per ponti e viadotti;
- b. barriere di sicurezza;
- c. barriere fonoassorbenti;
- d. impianti elettrici;
- e. impianti di illuminazione;
- f. impianti di ventilazione;
- g. impianti tecnologici per l'edilizia civile ed industriale;
- h. impianti di telecomunicazioni;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	16 di 194

i. segnaletica verticale;

dovranno aver conseguito la certificazione di qualità rilasciata da Enti certificatori accreditati ai sensi delle norme della serie EN 45000.

#### 2.4.2 Accertamenti preventivi

Prima dell'inizio dei lavori la Direzione dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti e all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nello specifico articolo delle Norme Generali.

#### 2.4.3 Prove di controllo in fase esecutiva

L'Appaltatore sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo, e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento, di formazione e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le prove ed analisi dei materiali saranno eseguite a spese dell'Appaltatore. I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione in appositi locali, indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme della Direzione dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### 2.4.4 Prescrizioni particolari

Altre prescrizioni particolari relative alle operazioni di cui ai precedenti paragrafi sono contenute negli articoli che seguono, riferite specificatamente alle singole categorie di lavoro.


**Tutte le prove sui materiali e sulle strutture realizzate utili all'accettazione dei materiali ed al collaudo delle opere compiute saranno eseguite a spese dell'Appaltatore.**

### 2.5 MATERIALI NATURALI E DI CAVA

#### 2.5.1 Acqua

Oltre ad essere dolce e limpida, dovrà anche avere un PH neutro ed una torbidità non superiore al 2%. In ogni caso non dovrà presentare tracce di sali (in particolare solfati di magnesio o di calcio, cloruri, nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%), di aggressivi chimici e di inquinamenti organici o inorganici.

Tutte le acque naturali limpide (ad esclusione della sola acqua di mare) potranno essere usate per le lavorazioni. Le acque, invece, che provengono dagli scarichi industriali o civili, poiché contengono sostanze

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	17	di	194

(zuccheri, oli grassi, acidi, basi) capaci d'influenzare negativamente la durabilità dei lavori, dovranno essere vietate per qualsiasi tipo di utilizzo.

Per quanto riguarda le acque torbide, le sostanze in sospensione non dovranno superare il limite di 2 gr/lt.

#### 2.5.1.1 **Acqua per puliture**

Dovranno essere utilizzate acque assolutamente pure, prive di sali e calcari. Per la pulitura di manufatti a pasta porosa si dovranno utilizzare acque deionizzate ottenute tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO<sub>3</sub>H) e basiche (RNH<sub>3</sub>OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non rende le acque sterili: nel caso in cui sia richiesta sterilità, si potranno ottenere acque di quel tipo operando preferibilmente per via fisica.

#### 2.5.2 **Sabbia**

La sabbia naturale o artificiale da miscelare alle malte (minerali o sintetiche) sia essa silicea, quarzosa, granitica o calcarea, non solo dovrà essere priva di sostanze inquinanti ma anche possedere una granulometria omogenea (setaccio 2 UNI 2332) e provenire da rocce con alte resistenze meccaniche. La sabbia, all'occorrenza, dovrà essere lavata onde eliminare qualsiasi sostanza nociva.

Per applicazioni a vista l'origine, la granulometria e le caratteristiche cromatiche degli inerti dovranno essere concordati con la D.L. ed eventualmente con la Soprintendenza.

##### 2.5.2.1 **Sabbia per murature ed intonaci**

Dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari dal diametro di mm 2 per murature in genere e dal diametro di mm 1 per intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio (setaccio 2-1 UNI 2332).

##### 2.5.2.2 **Sabbie per conglomerati**


Dovranno corrispondere a requisiti delle UNI EN 12620 e UNI EN 13043. I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0, 1 e 5 mm (UNI 2332) ed essere adeguati alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera (UNI 85230). Per il confezionamento di calcestruzzi e di malte potranno essere usati sia materiali lapidei con massa volumica compresa fra i valori di 2.100 e 2.990 kg/mc sia aggregati leggeri aventi massa volumica inferiore a 1.700 kg/mc. Sarà assolutamente vietato l'uso di sabbie marine.

#### 2.5.3 **Rinforzanti/Cariche inerti per resine**

Dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla D.L.

La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione e al tipo di lavorazione. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive.

I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso di umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; in particolare, salvo diverse istruzioni impartite dalla D.L., le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	18 di 194

granuli puri del diametro di circa 0, 10-0,30 mm per un 25%, di 0, 50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.

Le polveri (silice ventilata - silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto alla miscela secca di sabbie in un quantitativo di circa il 10-15% in peso. In alcune applicazioni potranno essere usate fibre di vetro sia del tipo tessuto che non tessuto, e fiocchi di nylon. In particolare la D.L. e gli organi preposti dovranno stabilire le caratteristiche tecniche dei rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutti gli altri agenti modificatori per resine in base all'impiego ed alla destinazione.

### 2.5.4 Ghiaia e pietrisco

Le ghiaie, prodotte dalla frantumazione naturale delle rocce o di materiali analoghi ottenuti per frantumazione artificiale di ciottoli o blocchi di roccia, dovranno avere i seguenti requisiti:

- buona resistenza alla compressione;
- bassa porosità in modo che sia assicurato un basso coefficiente di imbibizione;
- assenza dei composti idrosolubili (es. gesso);
- assenza di sostanze polverose, argillose o di terreno organico in quanto tali materiali impediscono agli impasti di calce e cemento di aderire alla superficie degli aggregati inerti.

Per il controllo granulometrico sarà obbligo dell'Appaltatore approvvigionare e mettere a disposizione della D.L. i crivelli UNI 2334.

#### 2.5.4.1 *Ghiaia e pietrisco per conglomerati cementizi*


La dimensione dei granuli degli aggregati dovrà essere prescritta dalla D.L. in base alla destinazione d'uso e alle modalità d'applicazione. Le loro caratteristiche tecniche dovranno essere quelle stabilite dal D.M. 27.07.1985, All. 1, punto 2 e dalla norma UNI 7466-1-2-3/75. Per i materiali necessariamente forniti con marcatura CE dovranno essere rispettate le norme armonizzate UNI EN 12620.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, quarzo ad estensione ondulata, gesso e solfati solubili.

La dimensione massima (Dmax) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro, tranne che per interni di edifici (norma UNI 8981/5).

Prima di ogni getto dovrà essere verificata la compatibilità delle indicazioni generali di progetto alla specifiche esigenze di cantiere, in particolare ove le armature risultino particolarmente fitte o la dimensione del getto particolarmente contenuta.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	19 di 194

#### 2.5.4.2 **Aggregati**

Gli inerti utilizzati per il confezionamento di calcestruzzi, malte, betoncini, devono essere conformi a quanto previsto dall'art. 11.2.9.2 del DM 14/01/2008 ed alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 nonché, per la sua applicazione in Italia, alle relative norme UNI 8520-1 e UNI 8520-2.

In particolare gli inerti devono avere la marcatura CE corrispondente al sistema di attestazione della conformità 2+.

L'aggregato dovrà essere designato secondo quanto previsto dalla norma UNI 8520-1:2005 e dovrà essere consegnata alla Direzione dei Lavori per l'approvazione dell'inerte la documentazione attestante le proprietà riportate nelle norme sopraccitate.


Devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di silice reattiva verso gli alcali di cemento, di solfati solubili, pirite, pirrotite, di parti polverulente o di ogni altra sostanza che possa compromettere l'indurimento e la resistenza del calcestruzzo o la conservazione delle armature.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/mc. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel presente Capitolato Speciale d'Appalto. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 kg/mc. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 kg/mc.

Fatte salve ulteriori richieste della Direzione dei Lavori, gli inerti impiegati dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- resistenza alla frammentazione / frantumazione alla prova Los Angeles: LA30 (punto 5 EN 1097-2);
- resistenza al gelo: categoria  $\leq$  F2 (UNI EN 1367-1);
- disgregazione in solfato di magnesio: categoria  $\leq$  MS25 (UNI EN 1367-2);
- presenza di gesso e solfati solubili (UNI EN 1744-1)  $\leq$  0,2 (AS0,2);
- equivalente in sabbia  $SE \geq 80$ , valore di  $MB < 1,2$  g/kg per i fini (UNI EN 933-9);
- presenza di solfuri ossidabili (pirite e pirrotite, ecc) (UNI EN 1744-1): contenuto nullo;
- contenuto di cloruri solubili in acqua:  $< 0,03\%$  (UNI EN 1744-1 punto 7);
- contenuto totale di zolfo:  $\leq 0,1\%$  (UNI EN 1744-1 punto 11);
- minerali potenzialmente reattivi agli alcali: espansione a 6 mesi  $< 0,1\%$  (UNI 8520-22);
- contenuto di contaminanti leggeri: aggregati fini  $\leq 0,5\%$  e aggregati grossi  $\leq 0,1\%$  (UNI EN 1744-1 punto 14.2.2);
- massa volumetrica media del granulo:  $MV > 2300$  kg/m<sup>3</sup> (UNI EN 1097-6);
- assorbimento acqua aggregato grosso:  $\leq 1$  (UNI EN 1097-6);
- costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo: il contenuto di tali materiali deve soddisfare i requisiti del punto 6.4.1. della UNI EN 12620;



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	20 di 194

- contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12): < 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS<sub>0,2</sub>).

Non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2. Non sono ammessi aggregati provenienti da riciclo e/o lavorazioni industriali.

Non sono accettati aggregati contenenti specie reattive (punto 4.3 UNI 8529-2).

### 2.5.5 Pomice, argilla espansa ed altri inerti leggeri

Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto, essere asciutti ed esenti da alterazioni, polveri, sostanze organiche e materiali estranei (UNI 7549/1-12/76). Se utilizzati per miscele strutturali dovranno possedere la resistenza meccanica indicata negli elaborati di progetto e comunque non inferiore ai 15 N/mm<sup>2</sup>. Non dovranno essere attaccabili da acidi e dovranno conservare le loro qualità in un largo intervallo di temperatura. In genere le argille espanse dovranno essere in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà comunque possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

### 2.5.6 Pietre naturali e marmi


Le pietre naturali da impiegare per la muratura o per qualsiasi altro lavoro dovranno essere di grana compatta ed esenti da piani di sfaldamento, screpolature, venature ed inclusioni di sostanze estranee; inoltre, dovranno avere dimensioni adatte al particolare tipo di impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui dovranno essere sottoposte e possedere un'efficace capacità di adesione alle malte.

Il carico di sicurezza a compressione non dovrà mai superare il 20% del rispettivo carico di rottura. Saranno escluse, salvo specifiche prescrizioni, le pietre gessose ed in generale tutte quelle che potrebbero subire alterazioni per l'azione degli agenti atmosferici o dell'acqua corrente. I materiali dovranno riportare la marcatura CE e rispettare le vigenti norme UNI specifiche per ciascun settore di impiego. Es: UNI EN 1341 per lastre in pietra naturale per pavimentazioni esterne, UNI EN 1342 per cubetti in pietra naturale per pavimentazioni esterne, UNI EN 1467 per blocchi grezzi, UNI EN 1468 per lastre grezze.

Salvo diverse indicazioni specificamente espresse, si intendono compensate tutte le lavorazioni superficiali (fiammatura, sabbiatura, bocciardatura, burrattatura, graffiatura ecc.) che verranno concordate in corso d'opera con la D.L. ed eventualmente con la Soprintendenza sulla base di campionature.

Nelle applicazioni di restauro in genere verrà prevista l'antichizzazione delle lastre ottenuta mediante spazzolatura (al fine di riprodurre l'effetto di usura nel tempo accentuando le venature del materiale) escludendo i trattamenti effettuati con acidi. Il grado di trattamento da raggiungere dovrà essere concordato con la D.L., che a tale scopo potrà fare richiesta di prove e campionature preliminari.

Le lastre per integrazioni e/o tasselli in interventi di restauro/risanamento dovranno essere dello stesso tipo di quelle esistenti, preferibilmente di recupero, in particolare dovranno avere caratteristiche rispondenti a quelle specificate dalla Soprintendenza e dalla D.L., quali ad esempio colore, venatura, spessore, dimensioni, finitura dei bordi, finitura superficiale, finitura dei giunti.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	21	di	194

### 2.5.6.1 **Pietre da taglio**

Oltre a possedere i requisiti delle pietre naturali, dovranno essere sonore alla percussione, prive di fenditure e litoclasti e possedere una perfetta lavorabilità.

Sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce.

Inoltre dovranno avere idonea resistenza a compressione, resistenza a flessione, tenacità (resistenza agli urti), capacità di resistenza agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, lavorabilità (attitudine ad essere trasformate in blocchi squadrati, in lastre, colonne, capitelli, comici) e lucidabilità (nel caso di elementi "a vista").

L'impresa dovrà verificare che gli elementi vengano lavorati e posati in opera in modo tale che i piani di venatura vengano orientati secondo le corrette giaciture in funzione delle singole applicazioni.

Quand'anche si tratti di facce semplicemente abbozzate, esse dovranno venire lavorate sotto regolo in modo da non presentare incavi o sporgenze maggiori di 2 cm rispetto al piano medio; le pietre lavorate a punta grossa non presenteranno irregolarità maggiori di 1 cm.

Per le pietre lavorate a punta mezzana od a punta fina, i letti di posa saranno lavorati a perfetto piano, e le facce dovranno avere gli spigoli vivi e ben rifilati in modo che le connessioni non eccedano i 5 mm.

Dove sia prescritta la lavorazione a martellina, le superfici e gli spigoli dovranno essere lavorati in modo che le commessure non eccedano i 3 mm.

Non saranno tollerate né smussature negli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.

### 2.5.6.2 **Lastre per tetti, per cornicioni e simili**

Saranno preferibilmente costituite da rocce impermeabili (poco porose), durevoli ed inattaccabili al gelo, che si possano facilmente trasformare in lastre sottili (scisti, lavagne). Il materiale dovrà presentare marcatura.

### 2.5.6.3 **Lastre per interni**


Dovranno essere costituite preferibilmente da pietre perfette, lavorabili, trasformabili in lastre lucidabili, tenaci e resistenti all'usura. Per il pezzame "a bollettinato" si dovrà valutare il coefficiente di usura secondo l'Art. 5 del R.D. 2234 del 16.11.1939. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.

### 2.5.6.4 **Tufi**

Dovranno possedere una struttura litoide, solida ed omogenea. La loro massa non dovrà essere inferiore a 1600 kg/m<sup>3</sup> e la resistenza a compressione a 35 kg/cm<sup>2</sup> (a secco) e a 25 kg/cm<sup>2</sup> (bagnato). Sarà vietato l'utilizzo di tufi friabili o a base di pomice.

### 2.5.6.5 **Marmi**

Dovranno essere della migliore qualità, privi di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi o altri difetti che li renderebbero fragili e poco omogenei. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture e scheggiature. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	22	di	194

## 2.6 CALCI, POZZOLANE, LEGANTI IDRAULICI, LEGANTI IDRAULICI SPECIALI E LEGANTI SINTETICI

### 2.6.1 Modalità di fornitura e conservazione.

L'approvvigionamento dei leganti potrà essere effettuato sia ricorrendo al prodotto sfuso che a quello confezionato in sacchi sigillati su cui dovranno essere chiaramente indicati il peso, la qualità del legante, lo stabilimento di produzione, la quantità di acqua occorrente per il confezionamento di una malta normale e le resistenze minime a trazione ed a compressione dopo 28 gg di stagionatura dei provini. L'introduzione in cantiere di ogni partita di legante dovrà essere annotata sul giornale dei lavori o sul registro dei getti; la conservazione dei leganti dovrà essere effettuata in locali asciutti e su tavolati in legname approntati a cura dell'Appaltatore.

Tutti i cementi/leganti che all'atto dell'utilizzo dovessero risultare alterati verranno rifiutati ed allontanati.

Le calci aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori, dovranno pertanto essere conformi al DM 14 gennaio 2008, norme tecniche per le costruzioni, ed alla UNI EN 998-2, UNI EN 1015-11:2007.

### 2.6.2 Calci Aeree


Le calci, ottenute dalla cottura di calcare, dovranno possedere caratteristiche d'impiego richieste dal R.D. n. 2231 del 1939 (G.U. 18.04.1940) che prende in considerazione i tipi di calce indicati di seguito, e dalle UNI EN 459-1, UNI EN 459 -2, UNI EN 459 - 3:

- calce grassa in zolle, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5%;
- calce magra in zolle o calce viva contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5%;
- calce idrata in polvere ottenuta dallo spegnimento della calce viva, si distingue: in fiore di calce quando il contenuto minimo degli idrossidi di calcio Magnesio non S inferiore al 91%; calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo degli idrossidi non S inferiore all'82%. In entrambi i tipi di calce idrata il contenuto massimo di carbonati e d'impurità non dovrà superare il 6% e l'umidità il 3%. Per quanto riguarda la finezza dei granuli, la setacciatura dovrà essere praticata con vagli aventi fori di 0,18 mm e la parte trattenuta dal setaccio non dovrà superare l'1% nel caso del fiore di calce ed il 2% nella calce idrata da costruzione; se, invece, si utilizza un setaccio da 0,09 mm la parte trattenuta non dovrà essere superiore al 5% per il fiore di calce e del 15% per la calce idrata da costruzione. Quest'ultima dovrà essere confezionata con idonei imballaggi e conservata in locali ben asciutti. Nelle confezioni dovranno essere ben visibili le indicazioni del produttore, il peso del prodotto e la specifica se trattasi di fiore di calce o di calce idrata da costruzione.

### 2.6.3 Leganti idraulici

I cementi e le calci idrauliche dovranno possedere le caratteristiche d'impiego stabilite dal DM 14 gennaio 2008; invece, le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove d'idoneità e collaudo saranno regolate dal decreto precedentemente citato e dalla UNI EN 1015-11: 2007.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	23	di	194

Nelle applicazioni di restauro/consolidamento di strutture esistenti, salvo diversa indicazione della D.L., dovranno essere utilizzare esclusivamente calci idrauliche naturali classificate come NHL secondo UNI EN 459-1:2010 con resistenza non inferiore a M2.5 (secondo UNI EN 998-2 – 2004).

Nelle applicazioni strutturali, salvo diversa indicazione degli elaborati progettuali, la resistenza non dovrà essere inferiore a M5 (secondo UNI EN 998-2 – 2004) ovvero dovrà essere previsto l'utilizzo di calce NHL5. Solo su autorizzazione della D.L. potranno essere utilizzate calci idrauliche naturali con materiali aggiunti (FL secondo UNI EN 459-1:2010) o altre calci purché venga garantita l'assenza di sali solubili e la compatibilità chimico fisica con i materiali esistenti.

#### 2.6.4 Pozzolane

Per quanto concerne le norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico si farà riferimento al R.D. 16.11.1939, n. 2230 sue successive integrazioni e modifiche e a tutte le norme UNI applicabili vigenti.

#### 2.6.5 Gessi per l'edilizia

I gessi per l'edilizia, distinti in base alla loro destinazione (per muri, intonaci, pavimenti, ecc.) in base alla UNI 6782, avranno le caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza) e chimiche (tenore solfato di calcio, contenuto d'impurità) fissate dalla norma UNI 8377. Non dovranno inoltre essere impiegati, salvo espressa indicazione contraria, a contatto di leghe di ferro.


#### 2.6.6 Leganti idraulici speciali

Cementi a presa rapida - Dovranno rispondere alle sopraindicate norme sui cementi ed essere conservati al riparo dell'umidità; le modalità di posa in opera dovranno rispettare scrupolosamente le prescrizioni del produttore e gli sfridi, a presa avvenuta, essere portati a rifiuto.

Cementi privi di ritiro - Costituiti da cemento portland, agenti espansivi (solfoalluminati di calcio) ed agenti stabilizzanti avranno le seguenti caratteristiche:

- assenza di ritiro sia in fase plastica che in fase d'indurimento (UNI 6555- 73);
- consistenza (slump) generalmente compresa fra i valori di 14-20 cm.;
- assenza di acqua essudata (bleeding) UNI 7122;
- buona lavorabilità e lungo mantenimento della stessa (UNI 7123/72);
- ottima capacità di adesione su diversi tipi di supporti (UNI 10020/72);
- resistenze meccaniche adeguate alla specifica applicazione (UNI 6132/72, 6235/72, 6556) Verranno impiegati miscelandoli con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore e gli sfridi, una volta rappresi, dovranno essere trasportati a rifiuto.

L'Appaltatore dovrà prestare particolare attenzione alla loro stagionatura umida ricorrendo alle modalità consigliate dal produttore.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	24	di	194

## 2.6.7 Leganti sintetici

### 2.6.7.1 Resine - Generalità

L'utilizzo di detti materiali, la provenienza, la preparazione, il peso dei singoli componenti e le modalità d'applicazione saranno concordati con la D.L. dietro la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Trovandosi in presenza di manufatto di particolare valore storico-artistico sarà vietato, salvo specifica disposizione degli elaborati di progetto, in assenza di analisi di laboratorio, di prove applicative o di specifiche garanzie da parte della ditta produttrice sull'effettiva irreversibilità dell'indurimento ed in mancanza di una comprovata compatibilità chimica, fisica e meccanica con i materiali edili preesistenti, utilizzare prodotti di sintesi chimica.

Le caratteristiche dei suddetti prodotti saranno conformi alle norme UNICHIM, mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare le caratteristiche qualitative dei legami organici in base alloro impiego saranno le seguenti:

- perfetta adesione ai comuni materiali da costruzione ottenuta mediante la formazione di un sufficiente numero di gruppi polari capaci di stabilire legami fisici d'affinità con i costituenti sia minerali che organici dei materiali trattati;
- buona stabilità alla depolimerizzazione ed all'innvecchiamento;
- elevata resistenza all'attacco chimico operato da acque, sostanze alcaline o da altri tipi di aggressivi chimici;
- limitatissimo ritiro in fase d'indurimento.

Ove necessario per garantire un ottimale esecuzione dell'incollaggio (es. inghisaggi in fori inclinati verso l'alto e/o in materiale fratturato ecc.) le resine dovranno essere caratterizzate da una tixotropia elevata. La viscosità della resina dovrà essere inoltre adeguata al tipo di applicazione.


In tutti gli incollaggi, particolare cura dovrà essere adottata per una adeguata preparazione del supporto che dovrà essere liberato delle parti decoese, perfettamente pulito ed preliminarmente trattato con primer al fine di assicurare una ottimale adesione. In particolare l'incollaggio dovrà assicurare un'adesione al supporto superiore alla resistenza a trazione del materiale base (nelle prove di adesione la superficie di frattura dovrà risultare generalmente all'interno dell'aderendo, "frattura coesiva").

In generale le resine utilizzate negli inghisaggi e negli incollaggi dovranno essere idonee ad ancoraggi soggetti a sollecitazioni dinamiche.

Tutte le resine utilizzate dovranno possedere marcatura CE ed essere accompagnate da schede tecniche che ne certifichino le caratteristiche fisico-meccaniche sulla base di prove di laboratorio.

### 2.6.7.2 Resine epossidiche

Derivate dalla condensazione del bisfenolo A con epichloridrina, potranno essere del tipo solido o liquido. In combinazione con appositi indurenti amminici che ne caratterizzano il comportamento, potranno essere utilizzate anche miscele con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti, solo dietro approvazione del D.L., per lavori in cui sarà necessario sfruttare le loro elevatissime capacità adesive. Saranno vietati tutti i trattamenti superficiali che potrebbero sostanzialmente modificare l'originario effetto cromatico dei manufatti

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	25 di 194

(UNI 7097-72). Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

I prodotti utilizzati non dovranno presentare nessun ritiro in fase di polimerizzazione.

In genere in presenza di fori lisci (es. fori carotati), per assicurare una corretta adesione, salvo diversa indicazione della D.L. dovranno essere utilizzati opportuni formulati epossidici.

Le caratteristiche richieste in relazione allo specifico utilizzo (+ 20°C) sono le seguenti:

Formulati epossidici ad iniezione per ancoraggi ed inghisaggi:

resistenza a flessione (DIN EN 196-1)	≥ 40	MPa	dopo 45 minuti
resistenza a compressione (DIN EN 196-1)	≥ 100	Mpa	dopo 45 minuti
resistenza a trazione (ISO 527)	≥ 18	MPa	dopo 24 ore
allungamento a rottura (ISO 527)	1.21 %		dopo 24 ore
modulo elastico (ISO 527)	3,60	Gpa	dopo 24 ore
densità	1,50	g/cm <sup>3</sup>	

Formulati epossidici fluidi per colata:


densità	1,40	g/cm <sup>3</sup>
resistenza a compressione (DIN EN ISO 604)	≥ 90	MPa
resistenza a flessione (UNI 7219)	≥ 47	MPa
resistenza a trazione (UNI 5819)	≥ 19	MPa
modulo elastico a trazione (UNI 5819)	5808	MPa
adesione Fe/Fe (ASTM D 1002)	≥ 7	MPa
adesione al cls (UNI 8298)	≥ 4,9	MPa
vita utile (gel time) (ASTM C 881)	1 h 30	min
ritiro lineare (ASTM D2566)	0,0012	cm/cm

La resina dovrà avere la marcatura CE.

In ogni caso la resina deve presentare buona resistenza all'umidità ed all'acqua ed ai cicli termici compresi tra -20 °C e +40 °C, mantenere le capacità fisico-meccaniche fino alla temperatura di 120 °C ed essere completamente compatibile con i materiali sui quali ne è previsto l'utilizzo.

In caso di impiego di resina epossidica per l'ancoraggio chimico di barre di armatura, bulloni, barre filettate, questo dovrà comunque garantire un'ottima resistenza ai carichi sia statici che dinamici ed un buon comportamento a fatica.

Per la posa in opera si dovrà fare riferimento a quanto previsto nella scheda tecnica del prodotto scelto dall'Appaltatore, che comunque dovrà essere sottoposto all'approvazione dal parte della Direzione dei Lavori. Potranno in generale essere utilizzate resine tipo Fischer FIS EM (da iniezione) e ECM-X (colabile) oppure Hilti HIT-RE500-V3 o equivalenti.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	26	di	194

### 2.6.7.3 Resine poliesteri e vinilesteri

Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi polibasici e le loro anidridi, potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcari, gesso, cementi e sabbie.

Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche.

Le loro caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

#### Ancorante chimico in vinilestere:

resistenza a flessione (DIN EN 196-1)	≥ 15 MPa	dopo 45 minuti
resistenza a compressione (DIN EN 196-1)	≥ 60 MPa	dopo 45 minuti
resistenza a trazione (ISO 527)	≥ 10 MPa	dopo 24 ore
allungamento a rottura (ISO 527)	0,47 %	dopo 24 ore
modulo elastico (ISO 527)	4,3 GPa	dopo 24 ore
densità	1,70 g/cm <sup>3</sup>	

Il prodotto dovrà essere atossico (senza stirene)

Note: potranno in generale essere utilizzate resine tipo Hilti HIT-HY70 o equivalenti.

### 2.6.7.4 Resine acriliche

Polimeri di addizione dell'estere acrilico o di suoi derivati. Termoplastiche, resistenti agli acidi, alle basi, agli alcoli in concentrazione sino al 40%, alla benzina, alla trementina. Resine di massima trasparenza, dovranno presentare buona durezza e stabilità dimensionale, buona idrorepellenza e resistenza alle intemperie.

A basso peso molecolare presentano bassa viscosità e possono essere lavorate ad iniezione.


Potranno essere utilizzate quali consolidanti ed adesivi, eventualmente miscelati con siliconi, con siliconato di potassio ed acqua di calce. Anche come additivi per aumentare l'adesività (stucchi, malte fluide).

## 2.7 LATERIZI

I laterizi da impiegare per i lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008, ed alle norme UNI vigenti.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza (salvo diverse proporzioni dipendenti dall'uso locale), di modello costante, presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a quella indicata dalla normativa UNI vigente.

Nelle lavorazioni inerenti restauro e consolidamento di murature storiche dovranno essere utilizzati laterizi aventi caratteristiche fisico-meccaniche, cromatiche e dimensionali compatibili con l'esistente. Si dovranno utilizzare preferibilmente mattoni pieni di recupero possibilmente coevi a quelli della struttura da consolidare o in alternativa elementi realizzati "a mano" con la tecnologia produttiva tradizionale "a pasta molle" (non trafilati)

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	27	di	194

conformi alle norme UNI 8394/83. I mattoni dovranno essere sottoposti preventivamente all'approvazione della D.L. I mattoni forati, le volterrane ed i tavelloni dovranno pure presentare una resistenza alla compressione di almeno 1.6 MPa di superficie totale premuta (UNI 5631-65; 2105-07).

Le tegole piane o curve, di qualunque tipo siano, dovranno essere esattamente adattabili le une sulle altre, senza sbavature e presentare tinta uniforme; appoggiate su due regoli posti a mm 20 dai bordi estremi dei due lati più corti, dovranno sopportare, sia un carico concentrato nel mezzo gradualmente crescente fino a kg 120, sia l'urto di una palla di ghisa del peso di kg 1 cadente dall'altezza di cm 20. Sotto un carico di mm 50 d'acqua mantenuta per 24 ore le tegole devono risultare impermeabili (metodo di prova UNI EN 539-1). Gli elementi dovranno essere marchiati e rispondenti alla normativa vigente (UNI EN 1304 e successive modificazioni ed integrazioni). Per utilizzo di beni storici potrà essere richiesto l'utilizzo di elementi di recupero e/o aventi particolari caratteristiche cromatiche (es. antichizzazione). Le tegole piane infine non devono presentare difetto alcuno nel nasello.

### 2.7.1 Architravi prefabbricate in laterizio

Fornitura di architravi prefabbricate in laterizio tralicciate tipo SILAM AL TR o equivalente. In funzione delle specifiche esigenze, gli elementi dovranno rispettare le seguenti caratteristiche:


- architrave prefabbricato tipo SILAM AL TR 14 o equivalente sezione 14x12 cm L=250 cm con carico di rottura > 4 kN/m;
- architrave prefabbricato tipo SILAM AL TR 12 o equivalente sezione 12x12 cm L=125 cm con carico di rottura > 11.0 kN/m;
- architrave prefabbricato tipo SILAM AL TR 12 o equivalente sezione 12x12 cm L=150 cm con carico di rottura > 8.5 kN/m.

## 2.8 MATERIALI FERROSI E METALLI VARI

### 2.8.1 Generalità

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione Lavori.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola conformi al DM 14 gennaio 2008, norme tecniche per le costruzioni e alle norme UNI vigenti per i singoli materiali. La Direzione Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiale da sottoporre a prova presso Laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto, le spese di esecuzione di tutte le prove sono a carico dell'Impresa. Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Impresa, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Di questo verbale verrà consegnata copia alla Direzione Lavori. Un'altra copia verrà conservata dall'Impresa che avrà obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	28 di 194

## 2.8.2 Materiali ferrosi

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, trafileture, fucinatura e simili.

Essi dovranno avere tutte le caratteristiche previste nelle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare 2 febbraio 2009 (n°617) e da tutte le norme UNI vigenti e presentare inoltre i requisiti minimi indicati ai paragrafi seguenti.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo di marcatura CE dovranno inoltre essere accompagnate dalla seguente documentazione:

- attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- documento di trasporto in copia conforme rilasciato dal produttore dell'acciaio riportante gli estremi dell'attestato di cui al punto precedente.

La forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti sopraccitati rilasciati dal produttore dell'acciaio e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Non saranno accettate forniture prive della documentazione sopraccitata. A tale proposito l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori, preliminarmente alla fornitura, copia dell'attestato di qualificazione del materiale che intende acquistare per l'approvazione.

### 2.8.2.1 Ferro

Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.

### 2.8.2.2 Acciaio da carpenteria

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa CIRCOLARE 2 febbraio 2009 (n°617) e di tutte le norme UNI vigenti, applicabili.


Gli acciai per carpenteria metallica dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nella UNI EN 1090-1:2012 e UNI EN 1090-2:2011.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere marcati CE ai sensi della norma UNI EN 1090-1 e la marcatura dovrà risultare leggibile.

Il produttore dovrà essere in possesso della Certificazione del Controllo della Produzione di Fabbrica (FPC) in conformità alla norma UNI EN 1090-1, rilasciata da un organismo notificato.

Il produttore dovrà fornire preventivamente al Direttore dei Lavori, per l'approvazione del materiale, la certificazione relativa alla marcatura CE prevista dalla normativa. Il produttore deve redigere la "Dichiarazione di Prestazione" secondo quanto stabilito nel capitolo 4 e nell'allegato ZA della UNI EN 1090-1. Tutte le forniture dovranno essere corredate dal suddetto certificato citato nel documento di trasporto. La marcatura CE è apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto da costruzione o su un'etichetta ad esso



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	29	di	194

applicata. Se ciò fosse impossibile o ingiustificato a causa della natura del prodotto, essa è apposta sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori, in copia riproducibile, i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature (WPS, WPA), e specificatamente: la preparazione dei lembi, le dimensioni dei cordoli, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- la qualificazione dei saldatori;
- gli schemi di montaggio e contrefrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Appaltatore dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione dei Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione delle saldature, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione dei Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal DM 14/01/2008 e s.m.i., e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione dei Lavori.


Si precisa che tutti gli acciai dei gradi JR, J0, J2 e superiori da impiegare nelle costruzioni, saranno da sottoporre, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

L'impresa costruttrice dovrà in ogni caso utilizzare acciai con resilienza adeguata al tipo di applicazione prevedendo ove necessario, e senza sovrapprezzi, l'utilizzo di materiale con caratteristiche superiori a quello riportato nel progetto.

Tutte le lavorazioni (saldatura, realizzazioni di unioni bullonate ecc..) dovranno essere eseguite secondo le indicazioni del progetto esecutivo e della Direzione Lavori e in conformità con quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 e s.m.i. .

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme:

- CNR UNI 10011/88, relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	30	di	194

### 2.8.2.3 **Collegamenti bullonati**

I collegamenti bullonati dovranno essere eseguiti con bulloni ad alta resistenza di classe indicata negli elaborati di progetto e/o indicata dalla D.L..

Rosette e piastrene dovranno essere realizzate con acciaio di tipo e classe prescritti negli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L..

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e di tutte le norme UNI vigenti. Gli elementi dovranno essere prodotti in Centro di Trasformazione, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008.

**Tutti gli elementi del collegamento dovranno recare la marcatura CE.**

**Sarà facoltà della D.L. rifiutare qualunque fornitura non rispondente ai requisiti sopra citati. Non sarà in questo caso riconosciuto all'Impresa alcun onere aggiuntivo per il prolungarsi dei tempi di esecuzione dell'opera in attesa della nuova fornitura.**

I bulloni dovranno essere conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016 e UNI 5592, e dovranno appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1, associate come previsto nel DM 14/01/2008 e s.m.i.:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le giunzioni ad attrito dovranno essere realizzate con i seguenti elementi:

- viti classe 8.8 - 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1;
- dadi classe 8 - 10 secondo UNI EN 20898-2;
- rosette in acciaio C 50 secondo UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40;
- piastrene in acciaio C 50 secondo UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40.

Gli elementi di collegamento in acciaio inossidabile (INOX) dovranno essere conformi alla norma UNI EN ISO 3506 "Elementi di collegamento in acciaio inossidabile resistenti a corrosione" ed al DM 14/1/2008 e s.m.i..


Gli elementi di collegamento in acciaio inossidabile, in generale e salvo diversa indicazione, dovranno avere caratteristiche di classe di corrosione e resistenza A2-70.

Eventuali fuori squadra dovranno essere compensati con rosette sferiche o inserimento di piastre a cuneo aventi idonea inclinazione.

In presenza di accoppiamenti tra materiali diversi (es. acciaio ordinario-acciaio inox), per evitare fenomeni di corrosione elettrochimica dovrà essere previsto l'inserimento di rondelle e boccole isolanti.

**A discrezione della Direzione Lavori, potranno essere sottoposti a prova dei campioni di elementi di collegamento per ogni lotto di produzione.**



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	31 di 194

#### 2.8.2.4 **Collegamenti saldati**

Saldature a cordone d'angolo e/o a completa penetrazione di prima classe dovranno essere eseguite secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e da tutte le norme UNI vigenti.

Le saldature, sia in officina che in cantiere, saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, **in aggiunta a quello visivo al 100%**, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni d'angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. esame con liquidi penetranti o con magnetoscopio), mentre per i giunti a piena penetrazione, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Il numero e l'estensione dei controlli magnetici da eseguire sui cordoni ad angolo verrà stabilita dal Direttore dei Lavori, e dovranno essere eseguiti a cura dell'Impresa. L'estensione delle indagini potrà essere estesa fino al 100% dello sviluppo dei cordoni di saldatura.

Quando richiesto dalla D.L., la fornitura dovrà essere accompagnata dai certificati relativi all'esame eseguito in officina.

Il Direttore dei Lavori potrà, a cura e spese dell'Impresa, ordinare in cantiere ulteriori controlli radiografici e ultrasuoni per verificare la classe di appartenenza delle saldature eseguite.

#### 2.8.2.5 **Acciai inossidabili**

La composizione e le caratteristiche meccaniche dei vari tipi di acciaio impiegati devono corrispondere ai valori fissati dagli standard AISI (American Iron Steel Institute) e/o ACI (Alloy Casting Institute).

Il materiale dovrà inoltre essere conforme a quanto indicato dal DM 14/01/2008 e s.m.i..

Il tipo di acciaio sarà quello prescritto negli elaborati progettuali. Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale quanto detto nel paragrafo precedente.

Salvo diversa indicazione del progetto o della D.L., in generale sarà fornito al cantiere acciaio inossidabile austenitico AISI 304L idoneo all'uso strutturale secondo UNI EN 10088.

I metalli da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da imperfezioni sia superficiali che interne (scorie, soffiature, bolle) e da qualsiasi altro difetto di fusione.

Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale, a seconda della tipologia di elemento, quanto previsto per le barre da c.a. normali o quanto previsto per l'acciaio da carpenteria.


Gli acciai inox dovranno presentare il grado di finitura previsto in progetto, di norma sabbiatura, pallinatura o satinatura ottenuta mediante smerigliatura e preceduta da decapaggio con soluzione acida.

In corrispondenza di cordoni di saldatura o in altri punti particolari, la smerigliatura dovrà essere preceduta dalla rimozione dei residui del fondente e da sabbiatura.

La D.L. inoltre potrà prescrivere un idoneo trattamento di verniciatura o di brunitura.

Sarà facoltà del Direttore dei Lavori far richiesta all'Impresa di campioni per la preventiva approvazione della finitura superficiale.

Particolare cura dovrà essere posta nell'imballaggio delle lamiere e nella protezione superficiale mediante carta o plastica adesiva.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	32 di 194

Ove non diversamente specificato dal progetto, gli elementi di giunzione/collegamento posti a contatto con gli elementi in acciaio inossidabile dovranno essere anch'essi in acciaio inossidabile. In caso contrario, per evitare fenomeni di corrosione elettrochimica, dovrà essere previsto l'inserimento di rondelle e boccole isolanti.

#### 2.8.2.6 **Acciai in barre ad aderenza migliorata B450 C (Feb 44k)**

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e dalle norme UNI vigenti.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. sopraccitato. Dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego.

La D.L. dovrà, sottoporre a controllo in cantiere le barre ad aderenza migliorata in conformità a quanto citato dal succitato decreto.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'impresa ed inviati a cura della D.L. ed a spese dell'impresa ad un Laboratorio Ufficiale.

La D.L. darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14 gennaio 2008 sopraccitato.

Qualora l'Appaltatore intenda effettuare la sagomatura e/o l'assemblaggio delle barre al di fuori del cantiere, dovrà rivolgersi ad un centro di trasformazione di cui al punto 11.3.1.7 del DM 14/01/2008.

In tal caso ogni fornitura dovrà essere accompagnata, oltre che dalla documentazione sopraccitata anche dalla seguente:

- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora la Direzione dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

#### 2.8.2.7 **Reti in acciaio elettro-saldato**


Tutte le reti elettro-saldate da utilizzare in strutture di cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008.

Le reti di tipo normale dovranno avere diametri compresi fra 4 e 12 mm e, se previsto, essere zincate.

Le reti laminate normali o zincate avranno un carico allo sfilamento non inferiore a 30-35 kg/mm<sup>2</sup>. Tutte le reti elettro-saldate da utilizzare in strutture di cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008.

#### 2.8.2.8 **Acciaio fuso in getti**

L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli e per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	33 di 194

### 2.8.2.9 **Metalli vari**

Il piombo (UNI 3165, 6450, 7043), lo zinco (UNI 2013 e 2014/74), lo stagno (UNI 3271 e 5539), il rame (UNI 5649) l'alluminio (UNI C.D.U. 669/71) l'alluminio anodizzato (UNI 4222/66) e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetti che ne vizino la forma, o ne alterino la resistenza o la durata.

### 2.8.3 **Pioli tipo "Nelson" o similari**

Salvo diversa indicazione, si prevede per i pioli tipo "Nelson" l'uso di acciaio EN10025 S235J2G3+C450.

Prima dell'ordinazione delle strutture metalliche dovrà essere trasmessa alla Direzione dei Lavori una relazione contenente:

- le caratteristiche chimiche e meccaniche dell'acciaio impiegato per i pioli;
- la descrizione del tipo e del procedimento di saldatura scelto tra quelli consentiti dalla norma CNR 10016/85.

Dovrà inoltre essere trasmessa alla Direzione dei Lavori la documentazione di accompagnamento della fornitura (compresi i certificati delle prove eseguite in officina) prevista dalla norma CNR 10016/85.

È facoltà della Direzione dei Lavori eseguire nuovamente in cantiere le prove previste al punto B.2.3. della Norma CNR 10016/85.

Qualora la percentuale di pioli difettosa risulti superiore al 20% e/o l'anima della trave risulti danneggiata l'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese l'intera trave in acciaio.

### 2.8.4 **Lamiere grecate**

Le lamiere grecate fissate alle travi mediante connettori, o viti, o chiodi a "sparo" con soprastante getto di calcestruzzo armato dovranno essere conformi alle specifiche di progetto.

Tali lamiere devono essere del tipo con impronte sulle anime, ottenute per deformazione a freddo, e saranno costruite conformemente alle norme UNI EN 10326:2004 con zincatura a caldo applicata con spessore minimo 30 micron dopo la piegatura.

La fornitura delle lamiere dovrà essere corredata da certificato di avvenuto deposito presso il Ministero dei Lavori Pubblici di documentazione di idoneità come armatura di struttura in c.a., secondo Legge 05.11.1971 N. 1086.

### 2.8.5 **Connettori a taglio**

Salvo diversa indicazione, si prevede l'impiego di connettori in lamiera di acciaio zincato piegata a freddo tipo Hilti HVB o equivalente, fissati alle strutture in acciaio mediante chiodatrice a propulsore e alle strutture in c.a. mediante barre a.m. inghisate in resina epossidica, prevedendo ove necessario la foratura della lamiera grecata sottostante se presente.

Le caratteristiche dei connettori dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L.

Dovrà inoltre essere trasmessa alla Direzione dei Lavori la documentazione di accompagnamento della fornitura prevista dalla normativa vigente.


### 2.8.6 **Grigliato metallico zincato a caldo**



**SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena**

Sede: Via dell'Artigianato, 7- 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	34	di	194

I pannelli prefabbricati di grigliato, siano essi pedonabili o carrabili, salvo diverse indicazioni dovranno essere in acciaio zincato S235JR secondo UNI EN 10027-1:2006 e dovranno avere le caratteristiche geometriche, di portata e di deformabilità idonee all'applicazione e non inferiori a quanto indicato in progetto.

La fornitura e posa comprenderà l'onere per la zincatura a caldo su tutta la carpenteria secondo UNI EN ISO 1461:1999, la bulloneria e gli elementi necessari per il fissaggio ai profili metallici di supporto, così come indicato nelle tavole di progetto.

L'impresa dovrà fornire alla Direzione dei Lavori, almeno 15 gg prima dell'inizio della posa dei pannelli in grigliato, le schede tecniche (con indicata la portata in funzione delle luci di impiego), la certificazione sulle caratteristiche dei materiali impiegati e le specifiche di posa per la necessaria approvazione da parte della D.L..

### 2.8.7 Lamiera striata o bugnata

I fogli di lamiera striata aventi dovranno avere le dimensioni e lo spessore indicate negli elaborati di progetto e caratteristiche meccaniche pari ad un acciaio di tipo S355J2, salvo diverse indicazioni. Le caratteristiche della lamiera ed il motivo della striatura dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione dei Lavori prima dell'approvvigionamento della fornitura.

## 2.9 LEGNAMI

### 2.9.1 Generalità


I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque specie esse siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 ed alle norme UNI vigenti, saranno provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati (UNI 8198). Gli elementi lignei ad uso strutturale forniti in cantiere dovranno essere dotati di marcatura e certificato di conformità CE alle norme armonizzare EN 14081-1 per legno massiccio con sezione rettangolare e EN 14080 per legno lamellare e di Dichiarazione di Prestazione (DoP) secondo quanto previsto dal Regolamento (UE) n.305/2011.

Per travi uso Fiume e uso Trieste, le forniture dovranno essere eseguite in conformità alle prescrizioni della Circolare esplicativa n.617 del 2.2.2009 alle Norme Tecniche per le Costruzioni per "legno con sezioni irregolari" o in conformità alle normative nazionali/europee o a specifico benessere tecnico europeo in vigore per la specie richiesta, ove queste siano disponibili al momento della fornitura del materiale.

Le certificazioni dovranno giungere in cantiere contestualmente alla fornitura.

Potrà essere facoltà della D.L. chiedere anticipatamente garanzia della rispondenza del legname alle norme vigenti e alle caratteristiche indicate in progetto e, a suo insindacabile giudizio, potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere.

Il legname dovrà generalmente provenire da gestione forestale sostenibile certificata e la fornitura dovrà garantire la presenza di una catena di custodia certificata.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	35 di 194

## 2.9.2 Legno massiccio

Nelle applicazioni strutturali dovrà essere impiegato della classe di resistenza indicata dal progetto e comunque non inferiore a C24 (per legno di conifera) secondo UNI-EN 338 o di I categoria secondo norme DIN 1052.

Nelle applicazioni strutturali dovrà essere impiegato legno massiccio della classe di resistenza indicata dal progetto e comunque non inferiore a C24 per legno di conifera (es. larice) e D30 per legno di latifoglia (es. rovere) secondo UNI-EN 338.

Per forniture di legname di provenienza italiana dovrà essere fatto riferimento alla norma UNI EN 10035-2: per legno di conifera si impiegherà Larice/Nord S2; per legno di latifoglia si impiegheranno Querce caducifoglie/Italia S (rovere) e Castagno/Italia S.

Per biette, spinotti, tavolette di appoggio ed in genere per elementi in legno soggetti a compressione in direzione perpendicolare alla fibratura, in assenza di specifiche indicazioni negli elaborati di progetto, dovranno essere utilizzati elementi in legno "duro" (ovvero in latifoglia es. faggio, rovere), privo di difetti e di classe di resistenza non inferiore a D60 secondo UNI-EN 338 o di I categoria secondo norme DIN 1052.

Le travi squadrate di sezione ridotta (16x20 cm o inferiore) dovranno essere fornite tagliate "fuori cuore" escludendo la parte midollare centrale al fine di ridurre il manifestarsi di fessurazioni e spaccature.

In generale, salvo diversa indicazione, si prevede la piallatura degli elementi "a vista". Le dimensioni indicate negli elaborati progettuali si intendono riferite agli elementi già piallati. Sarà inoltre facoltà del Direttore dei Lavori chiedere lo smusso degli spigoli e/o definire la colorazione più idonea per il prodotto impregnante utilizzato.

Il legname dovrà essere adeguatamente stagionato in funzione della specifica applicazione con umidità comunque non maggiore del 15%, misurata secondo le norme UNI 8829 e 8939.

Il legname dovrà generalmente provenire da gestione forestale sostenibile certificata.


Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché, le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle connessioni. I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza o il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadrate ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrate a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta (UNI 11035 2003). I pannelli in fibre di legno saranno uniformi alla UNI 9714/90, i pannelli in particellato di legno alla UNI 13986/03 e le lastre di agglomerato ligneo alla UNI 2087 e successive modifiche e integrazioni.

I legnami per pavimentazione siano essi listoni che tavolette (UNI 11265/07) dovranno essere perfettamente stagionati, ben piallati, privi di nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l'aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d'arte.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	36	di	194

Tutte gli elementi in legno (travi, tavolati, ecc.) dovranno essere trattati su tutte le facce dell'elemento con due mani di impregnante per il legno, contro eventuali attacchi biologici di funghi ed insetti xilofagi. Nel caso in cui il legno fosse fornito al cantiere già trattato, dovrà essere cura dell'Impresa fornire la scheda tecnica del prodotto impregnante utilizzato. Per gli elementi tagliati e sagomati in cantiere dovrà essere garantito il successivo trattamento delle superfici di taglio con almeno due mani di prodotto impregnante.

Il D.L. potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti.

Il legname dovrà essere adeguatamente stagionato in funzione della specifica applicazione.

Ove richiesto dalla D.L., preventivamente alla fornitura del legname, dovrà essere misurato in opera il grado di umidità delle membrature esistenti, al fine di definire la condizione di corretto equilibrio igrometrico degli elementi di nuova fornitura. In generale, salvo diversa indicazione impartita in corso d'opera dalla D.L. sulla scorta degli esiti di tali indagini, il legno dovrà essere fornito con umidità comunque generalmente non maggiore del 15%, misurata secondo le norme UNI 8829 e 8939.

Viste le condizioni di impiego (classe di rischio 3 e 4 secondo UNI EN 335-1), il materiale fornito, tenuto conto delle proprie caratteristiche di durabilità naturale (norma UNI EN 350-2), dovrà essere adeguatamente trattato contro eventuali attacchi da parte di funghi ed insetti xilofagi. Il tipo di trattamento, generalmente dato a pennello sul legno non verniciato – anche nel caso in cui venga eseguito presso la segheria di provenienza – dovrà essere preventivamente approvato dalla D.L. tramite acquisizione della scheda tecnica del prodotto impiegato ed essere adeguato alle caratteristiche dei singoli elementi da trattare e alle specifiche esigenze prestazionali. Per gli elementi tagliati e sagomati in cantiere dovrà essere garantito il successivo trattamento delle superfici di taglio con almeno due mani di prodotto impregnante. Potranno essere impiegati prodotti a base d'acqua, a base d'acqua e sali di boro oppure a base di solvente. Il tipo di prodotto dovrà essere scelto in funzione della specifica applicazione, avendo cura sempre di offrire la massima garanzia di durabilità nel tempo. I prodotti impiegati non dovranno, inoltre, pregiudicare, la possibilità di eseguire, ove richiesto, il trattamento di finitura/verniciatura superficiale come da indicazioni del progetto architettonico, della D.L. o della Soprintendenza.

Per gli elementi a diretto contatto con l'acqua potrà inoltre essere richiesto il trattamento superficiale con vernice bituminosa in solvente, data a pennello per tutta la lunghezza del tratto indicato dal progetto o dalla D.L.


Per tutti i prodotti protettivi impiegati l'Impresa dovrà aver cura di verificare l'idoneità all'impiego rispetto alla possibilità di causare effetti nocivi per l'ambiente acquatico. A tale scopo dovranno essere fornite alla D.L. dettagliate schede di sicurezza del prodotto.

In particolare per gli elementi strutturali difficilmente raggiungibili per future opere di manutenzione, dovrà tassativamente essere evitata la fornitura di legno avente classe di durabilità 4 secondo UNI EN 350-2. A tale scopo si prevede l'impiego esclusivamente di legno di rovere o castagno per gli elementi delle stilate e dell'impalcato, mentre potrà essere impiegato legno di larice per le strutture di copertura.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte affinché le fibre non riescano mozzate dalla sega e si ritirino nelle connessioni.

Le travi squadrate di sezione ridotta (inferiore a 16x20 cm), così come il tavolato di impalcato, dovranno essere forniti tagliati "fuori cuore" escludendo la parte midollare centrale al fine di ridurre il manifestarsi di fessurazioni, spaccature, fenomeni di imbarcamento.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	37	di	194

In generale, salvo diversa indicazione, si prevede la piallatura degli elementi "a vista". Le dimensioni indicate negli elaborati progettuali si intendono riferite agli elementi già piallati. Sarà inoltre facoltà del Direttore dei Lavori chiedere lo smusso degli spigoli e/o definire la colorazione più idonea per il prodotto impregnante utilizzato. Potrà inoltre essere richiesto un trattamento di finitura superficiale delle membrature a vista, secondo indicazioni del progetto architettonico, della D.L. e della Soprintendenza.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno avere difetto di rettilineità non superiore a 1/300 della lunghezza, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza o il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta (UNI 11035 2010).

Sarà insindacabile facoltà della D.L. scartare le travi lignee che presentino fessure da essiccazione di eccessiva ampiezza, onde evitare la facile penetrazione dell'acqua, in particolare per gli elementi particolarmente esposti, quali ad esempio i pilastri.

I pannelli in fibre di legno saranno uniformi alla UNI 9714/90, i pannelli in particellato di legno alla UNI 13986/15 e successive modifiche e integrazioni.

I legnami per pavimentazione dovranno essere perfettamente stagionati, ben piallati, privi di nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l'aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d'arte. La fornitura del materiale dovrà rispettare le indicazioni di progetto per essenza, spessore, dimensioni, direzione di segagione, caratteristiche di ritiro e di durabilità naturale del legno. Sarà facoltà della D.L. chiedere anticipatamente la fornitura di campionature e di tutta la documentazione attestante l'effettiva rispondenza del materiale alle prescrizioni di capitolato.

## 2.10 MATERIALI COMPOSITI

### 2.10.1 Materiali compositi FRP


I prodotti e le modalità di applicazione dovranno rispondere alle norme e raccomandazioni vigenti.

In particolare si richiamano le "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" - Consiglio Superiore LL PP del 24/07/2009 e s.m.i..

L'appaltatore dovrà eseguire i controlli di accettazione previsti dalle suddette norme.

Dovranno essere in generale utilizzati (salvo diversa indicazione della D.L. e del progettista) applicazioni di tipo A completi di rinforzo di cui sono certificati sia i materiali che il sistema completo applicato ad un substrato definito.

I prodotti denominati FRP (acronimo di Fiber Reinforced Polymers) sono "sistemi compositi" fibrosi a matrice polimerica. Il materiale base sarà il rinforzo fibroso costituito da lunghe fibre accostate le une alle altre ed

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	File:	APPR_39_ST_CSA.doc
		Rev.	00 del Luglio 2018
		Pagina	38 di 194

impregnate in situ con una matrice a base di resine (epossidiche o poliestere bicomponenti a bassa viscosità) che polimerizzeranno a temperatura ambiente o industrialmente mediante il processo di pultrusione. La matrice polimerica avrà il compito di trasferire le sollecitazioni alle fibre di rinforzo, di proteggere la fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura, ed infine, di dare forma al composito.

Le fibre, commercialmente prodotte, per la realizzazione dei FRP potranno essere essenzialmente di tre tipi:

- fibre di carbonio: presentano elevata resistenza e rigidità, modesta sensibilità alla fatica, eccellente resistenza all'umidità ed agli agenti chimici; per contro presentano un modesto valore di deformazione ultima, bassa resistenza agli urti e sono danneggiabili all'intaglio, in conseguenza di una limitata deformabilità in direzione trasversale. Le fibre di carbonio potranno essere classificate in: ad alta tenacità (HT con  $E < 250$  GPa), alto modulo (HM con  $E < 440$  GPa), ed altissimo modulo (UHM con  $E > 440$  GPa);
- fibre in vetro: sono prodotte per estrusione, presenteranno un'elevata resistenza a trazione che però sarà accompagnata da una limitata resistenza ai carichi ciclici e da una forte sensibilità agli ambienti alcalini. I tipi di vetro comunemente utilizzati saranno il tipo E, il tipo S e ad alta resistenza chimica di tipo AR;
- fibre aramidiche: sono di natura polimerica, oltre che per la buona resistenza e rigidità sono caratterizzate da un'ottima resistenza agli agenti chimici: una forte deperibilità delle caratteristiche meccaniche può essere causata dai raggi U.V. Le fibre aramidiche potranno essere classificate in: alto modulo (HM), ed altissimo modulo (UHM);
- fibre polivinilalcol (PVA): estremamente leggere e con una maggiore deformabilità rispetto alle fibre in vetro, presenteranno al contempo una maggiore capacità di sopportazione alle deformazioni e una grande compatibilità con il cemento.

Tabella Caratteristiche meccaniche delle fibre (valori riferiti al tessuto filato e non al singolo filamento)

	CARBONIO ALTA TENACITA'	CARBONIO ALTO MODULO	CARBONIO ALTISSIMO MODULO	VETRO	ARAMIDE
Resistenza a trazione	$\geq 2500$ MPa	$\geq 2500$ MPa	$\geq 1900$ MPa	$\geq 2500$ Mpa (vetro E) $\geq 3500$ Mpa (vetro S)	3600-3800 MPa
Modulo Elastico (E)	230-280 Gpa	$\geq 390$ Gpa	$\geq 640$ Gpa	70-90 GPa	80-140 GPa
Allungamento a rottura	$\geq 1,5$ %	0,8-2 %	$\sim 0,3$ %	3-4 %	2-3 %
Densità	1,7-1,9 g/cm <sup>3</sup>	1,7-1,9 g/cm <sup>3</sup>		2,54 g/cm <sup>3</sup>	1,4 g/cm <sup>3</sup>
Spessore tessuto secco	0.165 mm	0.165 mm	0.143 mm	0.230 mm	0.214 mm


Le fibre utilizzate dovranno avere le caratteristiche indicate dal progetto o comunque non inferiori ai valori indicati dalla presente tabella.

Tabella Caratteristiche dei tessuti

		Spessore	Peso Ordito	Peso Trama	Peso Totale
Fibra vetro	Unidirezionale	0,32 mm	303 gr/mq	17 gr/mq	320 gr/mq
Fibra carbonio alta tenacità	Unidirezionale	0,17 mm	240 gr/mq	26 gr/mq	260 gr/mq

I tessuti utilizzati dovranno avere le caratteristiche indicate dal progetto o comunque non inferiori ai valori indicati dalla presente tabella.



	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIVALUTAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	39 di 194

Le tipologie dei compositi FRP utilizzate saranno rappresentate da: tessuti, lamine, barre e reti bidirezionali. I tessuti (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione, a taglio e per il confinamento a compressione) potranno essere realizzati in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bi-direzionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o bi-assiale (fibre inclinate  $\alpha \pm 45^\circ$ ). Le larghezze delle strisce potranno variare da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra se non diversamente specificato (ad es., per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramide circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 300-600 g/mq, le fibre di carbonio bi-direzionali peseranno circa 230-360 g/mq, mentre quelle bi-assiali circa 450-600 g/mq).

Le lamine (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione) rappresenteranno piattine pultruse in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) di spessore superiore a quello del tessuto (rapporto circa 1:8 o superiore) e variabile (per le fibre di carbonio) da 1,4 a 50 mm così come la larghezza variabile da 50 a 150 mm.

Le barre (utilizzabili nel rinforzo interno a flessione come tiranti o come armature) potranno essere realizzate in fibra di carbonio, di vetro o di aramide con diametro circolare (f 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiratura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati).


#### 2.10.1.1 **Tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza**

I tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza (es. tipo MasterBrace FIB 300/50 CFS già MBrace Fibre Alta Resistenza della BASF o equivalente) dovranno essere forniti al cantiere in strisce di larghezza compresa da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm, delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati (riferiti al tessuto secco):

Tipo di fibra	Carbonio ad alta resistenza
Orditura delle fibre	unidirezionale
Grammatura del tessuto, gr/mq	310 $\pm$ 10
Spessore equivalente di tessuto secco, mm	0,165
Modulo elastico equivalente medio a trazione, ASTM D3039, MPa	250.000
Rigidità media a trazione, kN/mm	37,9
Deformazione ultima media a trazione, ASTM D3039, %	1,3
Resistenza caratteristica a trazione $f_{tk}$ , ASTM D3039, MPa (*)	3.200
Resistenza a trazione del singolo filamento, MPa	> 4.900
Conduttività termica, J·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	17

I tessuti saranno impregnati in situ in matrice polimerica epossidica.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L. ed essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	40 di 194

### 2.10.1.2 **Barre**

Le barre potranno essere realizzate in fibra di carbonio o di aramide con diametro circolare (f 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiratura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati).

Le caratteristiche di resistenza delle barre – ove impiegate quali ancoraggi sfioccati – dovranno essere compatibili con le prescrizioni di progetto o comunque garantire la medesima resistenza a trazione della fascia FRP cui andranno collegate.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L., anche previa esecuzione di prove di impregnazione e di strappo in sito, e dovranno essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

### 2.10.2 **Fibra di basalto**


La rete in fibra di basalto per il rinforzo di volte e di muratura è una rete bi-direzionale bilanciata impregnata in polimero a 0/90° da 400 grammi/mq in fibra di basalto.

Le caratteristiche della rete in fibra di basalto impregnato con betoncino a base di calce idraulica naturale NHL5 devono essere conformi alle direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati".

Il sistema realizzato deve essere di TIPO A, come riportato nel documento CNR-DT 200/2004 al cap. 2 paragrafo 2.5. Deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 5084.

La rete bi-direzionale bilanciata impregnata in polimero a 0/90° da 400 g/mq totali in fibra di basalto dovrà avere le seguenti caratteristiche minime: area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) fibre 90,741 mmq/m; area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) ordito 50,929 mmq/m; area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) trama 40,449 mmq/m; carico massimo per unità di larghezza (0/90°) Fibre 300,65 KN/m; carico massimo per unità di larghezza(0/90°) ordito 163,12 KN/m; carico massimo per unità di larghezza (0/90°) 137,53 kN/m; densità 1°filo 2,67 g/metro cubo; densità 2°filo 2,54 g/metro cubo; allungamento 1°filo 3,5%; allungamento 2°Filo 3-4%; resistenza meccanica a trazione 1°filo 3400 MPa; resistenza meccanica a trazione 2°filo 2600 MPa; modulo elastico 1°filo 87 GPa; modulo elastico 2°Filo 73 GPa.

I connettori in fibra di basalto dovranno essere di diametro pari a 10 mm in fibra di basalto esente di trama, e dovranno avere le seguenti caratteristiche minime: fili per ordito pari a 54, spessore tessuto 2,5 mm, area resistente per unità di larghezza 2461 mm<sup>2</sup>/m, carico massimo per unità di larghezza 8369 kN/m, resistenza meccanica a trazione 3400 MPa;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	41 di 194

### 2.10.3 Rete bidirezionale in fibra di basalto e acciaio inox alcali-resistente

La rete bi-direzionale a 0/90° bilanciata con trattamento alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi in fibra di basalto naturale e acciaio inox AISI 304 (es. tipo GeoSteel Grid 400 della Kerakoll o equivalente), delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati:

Tipo di materiale costituente la rete	Basalto e acciaio inox AISI 304
Orditura delle fibre	Bidirezionale 0/90°
Grammatura, compresa termosaldatura e rivestimento protettivo, gr/mq	400
Larghezza maglia	9x9 mm
Spessore equivalente della rete $t_f$ , mm	0,0639
Carico a trazione per unità di larghezza, $F_{rete}$ , kN/m	$\geq 55$
Deformazione a rottura della rete, $\epsilon_f$ , %	$> 1,90$
Resistenza a trazione, $\sigma_f$ , MPa	$\geq 1700$
Modulo elastico $E_f$ , GPa	$> 70$


Dati tecnici dei materiali costituenti la rete:	
Basalto:	
Tensione caratteristica a trazione $\sigma_{filo}$ , MPa	$\geq 3000$
Modulo elastico $E_{filo}$ , GPa	$\geq 87$
Acciaio inox:	
Tensione caratteristica a trazione $\sigma_{filo}$ , MPa	$> 750$
Modulo elastico $E_{filo}$ , GPa	$> 200$

La rete sarà impregnata in matrice inorganica, tipo GeoCalceFino di Kerakoll o equivalente.

Le caratteristiche della rete in fibra di basalto impregnata in matrice inorganica dovranno essere conformi alle direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati". Il sistema realizzato deve essere di TIPO A, come riportato nel documento CNR-DT 200/2004 al cap. 2 paragrafo 2.5. Deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 5084.

Collegamento della rete alla struttura mediante diatoni artificiali realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire ad altissima resistenza, formato da 23 micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 201 fissati su una microrete in fibra di vetro, ricavato da una larghezza di 15 cm di tessuto - (tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll o equivalente) - caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione  $> 3000$  MPa; modulo elastico  $> 190$  GPa; deformazione ultima a rottura  $> 1,50\%$ ; area effettiva di un trefolo  $3 \times 2$  (5 fili) =  $0,538$  mmq; n° trefoli per cm =  $1,57$ , con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO 17832 2009; carico di rottura del connettore  $35$  kN, raggio di sfocchettatura di cm  $15$  per parte e lunghezza pari alle indicazioni di progetto e comunque non eccedenti lo spessore del muro da consolidare.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L., anche previa esecuzione di prove di impregnazione e di strappo in sito, e dovranno essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	42	di	194

Dovranno essere utilizzati esclusivamente sistemi di rinforzo SRG/FRCM costituiti da fasi, legante inorganico e rete di rinforzo commercializzate da uno stesso fornitore e la cui efficacia sia suffragata da documentazione tecnica e da campagna sperimentale adeguata.

## 2.11 ADDITIVI

Gli additivi per calcestruzzi e malte sono sostanze chimiche che, aggiunte in piccole dosi agli impasti, hanno la capacità di modificarne le proprietà.

L'Appaltatore dovrà fornirli nei contenitori originali sigillati su cui dovranno essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso ed avrà l'obbligo di miscelarli alle malte, nei rapporti prescritti, in presenza della D.L..

Sono classificati dalla norma UNI 934-2, 2002 in fluidificanti, areanti, acceleranti, ritardanti, antigelo, ecc.. In relazione al tipo dovranno possedere la marcatura CE e caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle rispettive norme UNI indicate e successive integrazioni e modificazioni (Fluidificanti 7102, superfluidificanti 8145, agenti espansivi non metallici 8146 ) e dal D.M. 26.03.1980. Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo o la malta.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione lavori, copia fotostatica del documento di trasporto ed il certificato d'origine fornito dal produttore, che attesti la Conformità, a quanto preliminarmente approvato, circa le caratteristiche dell'additivo.

**Nell'ambito di interventi sulla muratura storica, l'aggiunta di qualunque additivo dovrà in generale essere evitata, salvo diverse indicazioni di volta in volta impartite dalla D.L.**

### 2.11.1 Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti


Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità, se previsti in progetto, dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti a base acrilica (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	43	di	194

### 2.11.2 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo, che dovranno essere esenti da cloruri, abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi. Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

## 2.12 CALCESTRUZZI

### 2.12.1 Componenti

Le norme del presente articolo sono da intendersi ad integrazione di quanto previsto nel DM 14/01/2008 e s.m.i., e la loro applicazione è da intendersi estesa anche alle opere in calcestruzzo non armato.

Secondo il DM 14/01/2008 la durabilità delle opere in calcestruzzo è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degrado, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

È pertanto indispensabile che vengano rispettate le caratteristiche minime indicate nel progetto prevedendo comunque per ogni struttura (senza oneri aggiuntivi per il committente) conglomerati aventi classe di esposizione, classe di resistenza caratteristica, classe di consistenza e diametro massimo dell'aggregato idonei alla specifica applicazione.

Si riportano di seguito i requisiti richiesti per i materiali componenti i calcestruzzi.

#### 2.12.1.1 *Acqua di impasto*

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

#### 2.12.1.2 *Cemento idraulico normale*

I cementi dovranno essere provvisti di attestato di conformità CE alla norma UNI EN 197-1.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per aumentare le caratteristiche di durabilità dei calcestruzzi esposti all'azione aggressiva dei cloruri con alternanza di cicli bagnato/asciutto si possono prescrivere per il confezionamento del calcestruzzo di alcuni getti l'impiego di cementi pozzolanici tipo CEM IV/A 42,5.

### Fornitura

I cementi e gli agglomeranti cementizi in polvere debbono essere forniti:

- in sacchi sigillati;




**SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena**

Sede: Via dell'Artigianato, 7 - 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	44	di	194

- in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione;
- sfusi.

Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati, il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante.

Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- la qualità del legante;
- lo stabilimento produttore;
- la quantità d'acqua per la malta normale;
- le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi.

I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata.

Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

#### Accertamento della documentazione dei cementi

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi rispondenti a tutte le prescrizioni del presente capitolato.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto nel Capitolato Speciale di Appalto e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

#### Accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi


La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato.

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

Per l'accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e della calce idrauliche in polvere, le prove debbono essere eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore. In caso di contestazione sull'omogeneità del prodotto, saranno prelevati in contraddittorio, e per ogni mille sacchi, altri due sacchi e sul campione prelevato da ciascuno di essi verranno ripetute le prove normali.





	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	45 di 194

Per le forniture di leganti sfusi, la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10 kg per ogni 50 tonnellate o frazione o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore.

Il campione per le prove sulle calce idrauliche naturali in zolle deve essere di 50 kg per ogni 10 tonnellate di calce, o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore, e deve essere preso con la pala da diversi punti del mucchio.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'Appaltatore e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

### Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

### 2.12.1.3 **Aggiunte**

Per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la DIREZIONE DEI LAVORI ne faccia richiesta.


### Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, definito al punto 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

### Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	46 di 194

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida ("slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206, la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

- fumo di silice  $\leq 7\%$  rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $\leq 0,45$  k = 2,0;
- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $> 0,45$  k = 2,0 eccetto k = 1,0 per le classi di esposizione XC e XF.

La quantità (cemento + k \* quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

## 2.12.2 Calcestruzzi


### 2.12.2.1 Generalità per i calcestruzzi

Per tutti i calcestruzzi a prestazione garantita le prestazioni sono specificate nel presente capitolato. In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare oltre ad uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Devono essere inoltre forniti dati dei valori caratteristici di resistenza a 2 e 7 gg. di maturazione.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di cemento, rapporto acqua-cemento, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

I calcestruzzi forniti in cantiere dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e/o impartite dalla Direzione dei Lavori in corso d'opera per classe di esposizione (UNI EN 206-1), resistenza cubica caratteristica a 28 gg (UNI EN 12390-3:2003), classe di consistenza (UNI EN 206-1), diametro massimo dell'inerte e comunque essere idonei alla specifica applicazione prevista.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	47	di	194

L'impresa dovrà verificare che le caratteristiche del cls (es. diametro massimo dell'inerte e classe di consistenza) definiti negli elaborati progettuali siano idonee in funzione delle effettive modalità esecutive adottate per i getti prevedendo, ove necessario gli opportuni adattamenti.

Dovranno essere inoltre seguite le regole di buona pratica e le indicazioni riportate nelle "Linee guida per la messa in opera del cls strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del cls indurito mediante prove NDT" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici – Ed. febbraio 2008 e s.m.

Ove previsto dal progetto ed ove richiesto della specifica applicazione dovranno essere garantiti i corretti valori dei seguenti parametri:

- profondità di penetrazione dell'acqua (UNI EN 12390-8);
- resistenza cicli di gelo-disgelo (UNI 7087: 2002);
- modulo elastico (UNI 6556:1976);
- resistenza a trazione per flessione 8 gg (UNI EN 12390-5:2002);
- espansione contrastata (UNI 8148) (per cls reoplastici a ritiro compensato);

La D.L. ed il collaudatore potranno richiedere specifici controlli e prove di laboratorio di verifica.

Per il calcestruzzo additivato con idrofobizzanti dovranno (salvo diverse indicazioni del progetto e della DL) essere assicurate le seguenti prestazioni minime:

- opposizione alla pressione idrostatica negativa (ISO/DIN 7031) =20 BAR
- test di permeabilità all'acqua dopo 56 giorni (DIN 1048) < 5.35x10<sup>-13</sup> m/sec
- pontage di fessurazioni <0.4mm

#### 2.12.2.2 **Specifiche per calcestruzzi leggeri strutturali con argilla espansa**


I calcestruzzi strutturali alleggeriti con inerte minerale a base di argilla espansa devono essere specificati in ragione della classe di resistenza e della massa per unità di volume.

Le resistenze ammesse per impieghi strutturali vanno dalla LC16/18 alla LC55/60 secondi UNI EN 206-1:2006.

La classe di massa per unità di volume va dalla D1,5 alla D2,0 e dunque è ammesso l'impiego di calcestruzzi con densità compresa tra 1400 e 2000 kg/mc. Oltre ai normali controlli di accettazione per la resistenza, per i calcestruzzi leggeri dovranno essere eseguiti controlli di accettazione per la massa per unità di volume, secondo le norme UNI EN 206-1 e UNI EN 12390-7.

La resistenza alla frantumazione dell'aggregato deve essere determinata in conformità all'appendice A della UNI EN 13055 e dichiarata dal produttore.

I calcestruzzi strutturali leggeri potranno essere confezionati in centrale di betonaggio o – previo accordo con la D.L. – confezionati direttamente in cantiere, anche con impiego di calcestruzzo premiscelato in sacchi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	48	di	194

## 2.13 MALTE. QUALITÀ E COMPOSIZIONE

### 2.13.1 Generalità

Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. L'impasto delle malte, effettuato con appositi mezzi meccanici o manualmente, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati preferibilmente sia a peso che a volume.

La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione, a mezzo di cassa parallelepipedica, riesca semplice e di sicura esattezza.

Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro. I residui d'impasto che non avessero per qualsiasi ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati.

I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

Le prescrizioni relative alle malte sono contenute nel D.M. 14 gennaio 2008 e nelle norme UNI vigenti specifiche per ogni applicazione ( UNI EN 998 -1-2, 2004; UNI EN 1015).

Ove l'approvvigionamento delle malte dovesse essere effettuato ricorrendo a prodotti confezionati in sacchi o in fusti, questi oltre ad essere perfettamente sigillati dovranno avere la chiara indicazione relativa al produttore, al peso, alla classe di appartenenza, allo stabilimento di produzione, alla quantità d'acqua occorrente per il confezionamento, alle modalità di confezionamento e alle resistenze minime dopo i 28 giorni di stagionatura. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.


**Nel caso di opere di restauro/ristrutturazione, le malte, per quanto possibile, devono essere confezionate con materiali analoghi a quelli utilizzati durante la costruzione del bene oggetto di intervento. In ogni modo, la composizione delle malte, l'uso specifico di ognuna di esse nelle varie fasi dei lavori, l'eventuale integrazione con additivi, resine o con altri prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno specificati dalla D.L. , ove necessario, dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.**

### 2.13.2 Malte additive

Per tali s'intendono quelle malte alle quali vengono aggiunti, in piccole quantità, degli agenti chimici che hanno la proprietà di migliorare le caratteristiche meccaniche.

#### 2.13.2.1 Malte additive con agenti antiritiro e riduttori d'acqua

Trattasi di malte addittivate con agenti chimici capaci di ridurre il quantitativo d'acqua normalmente occorrente per il confezionamento di un impasto facilmente lavorabile, la cui minore disidratazione ed il conseguente ritiro, permettono di evitare le pericolose screpolature che, spesso, favoriscono l'assorbimento degli agenti inquinanti. I riduttori d'acqua che generalmente sono dei polimeri in dispersione acquosa composti da finissime particelle altamente stabili agli alcali modificate mediante l'azione di specifiche sostanze

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	49	di	194

stabilizzatrici (sostanze tensioattive e regolatori di presa). Il tipo e la quantità dei riduttori saranno stabiliti dalla D.L. In ogni caso essi dovranno assicurare le seguenti caratteristiche:

- basso rapporto acqua cemento;
- proprietà meccaniche conformi alla specifica applicazione;
- elevata flessibilità e plasticità della malta;
- basse tensioni di ritiro;
- ottima resistenza all'usura;
- elevata lavorabilità;
- ottima adesione ai supporti;
- elevata resistenza agli agenti inquinanti.

La quantità di additivo da aggiungere agli impasti sarà calcolata considerando ove occorre anche l'umidità degli inerti (è buona norma, infatti, separare gli inerti in base alla granulometria e lavarli per eliminare sali o altre sostanze inquinanti).

La quantità ottimale che varierà in relazione al particolare tipo d'applicazione potrà oscillare, in genere, dal 5 ai 10% in peso sul quantitativo di cemento. Per il confezionamento di miscele cemento/additivo o cemento/inerti/additivo si dovrà eseguire un lavoro d'impasto opportunamente prolungato facendo ricorso, preferibilmente, a mezzi meccanici come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano. Una volta pronta, la malta verrà immediatamente utilizzata e sarà vietato rinvenirla con altra acqua al fine di riutilizzarla in tempi successivi.

L'Appaltatore sarà obbligato a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo in un recipiente che sarà tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto.

La superficie su cui la malta sarà applicata dovrà presentarsi solida, priva di polveri e residui grassi. Se richiesto dalla D.L. l'Appaltatore dovrà utilizzare come imprimitore un'identica miscela di acqua, additivo e cemento molto più fluida.


Le malte modificate con riduttori di acqua poiché, induriscono lentamente, dovranno essere protette da una rapida disidratazione (stagionatura umida).

### 2.13.2.2 **Malte espansive**

Si tratta di malte in cui l'additivo provoca un aumento di volume dell'impasto. Questi prodotti dovranno essere utilizzati, ove previsto dal progetto o indicato dalla D.L., in tutte quelle lavorazioni che prevedono collaggi o iniezioni di malte fluide: sottofondazioni e sottomurazioni, volte e cupole, coperture, rifacimenti di strutture e consolidamenti. La malta dovrà essere preparata mescolando in betoniera una miscela secca di legante, inerte ed agenti espansivi in polvere nella quantità media, salvo diverse prescrizioni della D.L., di circa 10-40 Kg/mc. di malta; solo successivamente si potrà aggiungere il quantitativo misurato d'acqua. Nei casi in cui l'agente espansivo dovesse essere il tipo liquido, esso sarà aggiunto alla miscela secca inerti/legante solo dopo una prolungata miscelazione in acqua. L'Appaltatore sarà tenuto a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo dentro un recipiente tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto. Sebbene gli agenti espansivi siano compatibili con un gran numero di additivi, tuttavia sarà sempre opportuno:

- mescolare gli additivi di una sola ditta produttrice;



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	50 di 194

- ricorrere alla consulenza tecnica del produttore;
- richiedere l'autorizzazione della D.L.

La stagionatura delle miscele espansive si otterrà mantenendo le malte in ambiente umido.

### 2.13.2.3 **Malte confezionate con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche**

Dietro specifica prescrizione progettuale o su richiesta della D.L. potrà essere richiesto l'utilizzo di particolari riempitivi che hanno la funzione di plasmare e modificare le caratteristiche degli impasti mediante la tessitura all'interno delle malte indurite di una maglia tridimensionale.

Si tratta di fibre in metallo o in polipropilene a forma di treccia a struttura reticolare che, durante la miscelazione degli impasti, si aprono distribuendosi uniformemente.

Le fibre dovranno essere costituite da materiali particolarmente tenaci caratterizzati da una resistenza a trazione di circa 400 N/mm<sup>2</sup>, da un allungamento a rottura intorno al 13% e da un modulo d'elasticità di circa 500.000 N/cm<sup>2</sup>. Le fibre formeranno all'interno delle malte uno scheletro a distribuzione omogenea che ripartirà e ridurrà le tensioni dovute al ritiro. Se impiegate per il confezionamento di calcestruzzi, le proprietà delle fibre in polipropilene dovranno essere le seguenti: inerzia chimica che le rende adatte (in quanto non reagiscono con altri additivi chimici) ad essere utilizzate sia in ambienti acidi che alcalini; assenza di corrosione o deterioramento; atossicità; capacità di non alterare la lavorabilità delle malte.

### 2.13.3 **Malte preconfezionate**

Su autorizzazione della D.L. si potrà ricorrere a malte con dosaggio controllato confezionate con controllo automatico ed elettronico in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale e i leganti ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati.

Anche utilizzando tali tipi di malte l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori od in sede di collaudo.


Le malte preconfezionate potranno essere usate per stucature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezi, impermeabilizzazioni, getti in fondazione ed, in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L. che lo prevedano.

In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto. Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto (miscelatori elicoidali, impastatrici, betoniere, ecc.) oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.

Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici nel caso dovesse operare in ambienti o con temperature e climi particolari.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, alle tecniche di preparazione e applicazione oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	51	di	194

### 2.13.3.1 **Malta di calce per risarciture, ristilature, scuci-cuci, ristilature armate su murature esistenti**

Per i lavori di risarcitura delle lesioni, di scuci-cuci e di ristilatura dei giunti, con o senza aggiunta di barre di rinforzo (armate), si utilizzerà una malta esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati ad alte prestazioni meccaniche, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili, adatta per impiego in murature in misto pietra o laterizio.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni la malta dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 3,5/5 (UNI EN 459-1);
- classe di resistenza a compressione (UNI EN 1015-11 - UNI EN 998-2): come da indicazioni di progetto, compresa, a seconda dell'applicazione tra M2,5 e M15.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Il prodotto dovrà essere colorato a campione, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e secondo quanto prescritto dalla competente Soprintendenza. L'Appaltatore dovrà pertanto presentare alla Direzione Lavori dei campioni di prodotto, per la necessaria approvazione.


In particolare, salvo diversa indicazione della D.L., si farà uso di:

- malta M5 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5 (esempio tipo Kerakoll BioCalce Muratura o equivalente) per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone non critiche;
- malta M10 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll BioCalce Muratura Fino o equivalente) per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone particolarmente sollecitate, previa esplicita indicazione della D.L.;
- malta M15 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll GeoCalce o GeoCalce Fino della Kerakoll oppure MasterEmaco S 285 TIX già Albaria Struttura della Basf o equivalente) per ristilature armate ed eventualmente, su esplicita indicazione della D.L., per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone particolarmente sollecitate;
- malta M15 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll GeoCalce Fino o equivalente) per intonaco strutturale.

**Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente. La fornitura al cantiere dovrà essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) ai sensi del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011).**

**I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L.**

**Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.**

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	52 di 194

### 2.13.3.2 **Malta di calce M5 di allettamento**

Per la ricostruzione di parte del paramento murario assente o lacunoso si utilizzerà una malta esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili, adatta per allettamento o ripristino dei giunti nelle murature in misto pietra o laterizio.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni, la malta dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 5 (UNI EN 459-1);
- classe di resistenza a compressione (UNI EN 1015-11 - UNI EN 998-2): M5.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Il prodotto dovrà essere colorato a campione, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e secondo quanto prescritto dalla competente Soprintendenza. L'Appaltatore dovrà pertanto presentare alla Direzione Lavori dei campioni di prodotto, per la necessaria approvazione.

In linea di principio, il materiale sarà applicato per spessori inferiori ai 5 cm; nel caso di applicazioni con spessori superiori la malta dovrà essere addizionata con inerti conformi alle relative norme di accettazione, aventi pezzatura compresa tra 5,0 e 10,0 mm, in misura pari al 35% in peso della malta.

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

### 2.13.3.3 **Malta fluida di calce per iniezioni di consolidamento su murature esistenti**

Per gli interventi che richiedono iniezioni in paramenti murari, si impiegherà una speciale miscela ad alta fluidità e stabilità esclusivamente a base di calce idraulica naturale, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali idrosolubili, resistente ai solfati, espansiva in fase plastica, tale da garantire il riempimento anche dei vuoti più piccoli, e adatta al consolidamento di strutture murarie in pietra, misto pietra o mattone pieno tramite iniezione.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni la miscela dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 3,5/5 (UNI EN 459-1);
- resistenza a compressione non inferiore a: 3,5 MPa a 7gg - 10 MPa a 28gg (M10);


Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Ad esempio si potrà fare uso di malta tipo MasterInject 222 già Albaria Iniezione della BASF o equivalente.

In funzione del tipo di applicazione e delle indicazioni del progetto o della D.L., potrà essere richiesto l'utilizzo di miscela di iniezione con caratteristiche di resistenza maggiori (M15, tipo Kerakoll GeoCalce Fluido o equivalente).

**Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.**



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	53	di	194

La fornitura al cantiere dovrà essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) ai sensi del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011).

I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L.

Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### 2.13.3.4 **Malta bastarda M5/M10 di allettamento per nuove murature in laterizio**

Nella costruzione di nuove murature in laterizio, sia nei giunti orizzontali (allettamento) che nei giunti verticali, si utilizzerà una malta bastarda contenente leganti idraulici e inerti esenti da sostanze organiche, e con una curva granulometrica controllata tale da conferire all'impasto un'ottima lavorabilità e una forte adesione al supporto sia nella messa in opera che a stagionatura conclusa.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni la malta dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà meccaniche:

- classe di resistenza a compressione (UNI EN 1015-11 - UNI EN 998-2): M5 o M10 (secondo le specifiche esigenze e le indicazioni di progetto).

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

In casi particolari potrà essere richiesto l'uso di una malta a base di calce idraulica naturale, priva di cemento, avente analoghe caratteristiche meccaniche.


**L'uso di malta bastarda contenente leganti cementizi è tassativamente vietato nell'ambito degli interventi di restauro di beni storico-artistici, anche nel caso di completa ricostruzione di parti di muratura assenti o lacunose.**

#### 2.13.3.5 **Malta reodinamica colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 1 e 5 cm)**

Va confezionata utilizzando malta cementizia bicomponente premiscelata, reodinamica (superfluida, autocompattante senza vibrazione), ad espansione contrastata in aria, contenete fibre sintetiche in poliacrilonitrile (PAN), resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, ad esempio tipo "Master Emaco S 475 PG impastata con il relativo Componente B" della Basf o equivalente. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Nel caso di utilizzo per interventi di consolidamento/restauro dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### 2.13.3.6 **Betoncino reodinamico colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 6 e 15 cm)**

Va confezionato utilizzando betoncino cementizio bicomponente premiscelato, reodinamico (superfluido, autocompattante senza vibrazione), ad espansione contrastata in aria, contenete fibre sintetiche in poliacrilonitrile (PAN), resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, ad esempio tipo "Master Emaco S 465 MC impastato con il relativo Componente B" Basf o equivalente. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Nel caso di utilizzo per interventi di consolidamento/restauro dovrà in ogni

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	54 di 194

caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

Nel caso di getti di spessore superiore a 10 cm, dovrà essere aggiunto all'impasto dell'aggregato lavato, privo di impurità, avente diametro minimo superiore a 10 mm e diametro massimo in funzione dello spessore del getto (da concordare con la Direzione Lavori), in quantità pari al 35% sul peso totale della miscela secca.

### 2.13.3.7 **Rasatura impermeabilizzante a base di calce idraulica**

È una rasatura impermeabilizzante costituita da un prodotto bicomponente a base di calce idraulica naturale NHL 5 B FLUID-X/A tipo "YDRO-CALX" della HD SYSTEM o equivalente, a basso contenuto di Sali (CaO libero = 4%), con additivi in dispersione acquosa ed inerti selezionati con granulometria massima di 0,6 mm, ad elevato potere di aggrappo, resistente ai cicli di gelo e disgelo, impermeabile all'anidride carbonica, al vapore e all'acqua, adatta all'applicazione su supporti murari in misto pietra o in mattone pieno, sia in verticale che in orizzontale, su massetti a base calce o in cocciopesto, su intonaci a base di leganti idraulici che si intendano proteggere da assorbimenti o infiltrazioni d'acqua. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

## 2.14 CONGLOMERATI A BASE DI CALCE

Conglomerato esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati ad alte prestazioni meccaniche, privo di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili (es. tipo Master Emaco S 285 TIX già Albaria Struttura della BASF o equivalente) addizionato con inerte pulito, esente da sostanze organiche ed in curva granulometrica selezionata, adatto per impiego su murature in misto pietra o laterizio.


Il conglomerato dovrà essere caratterizzato dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- legante a base di calce idraulica naturale classificata NHL 3.5/5;
- granulometria (UNI EN 1015-1): selezionata compresa tra 0 e 20,0 mm;
- consistenza (UNI EN 206-1): S4;
- resistenza cubica minima caratteristica a compressione a 28 gg (UNI EN 12390-3:2003): C12/15.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Dovrà sempre essere cura dell'Impresa verificare con il produttore prescelto l'esatto dosaggio dell'impasto. Indicativamente, a titolo puramente esemplificativo e salvo diverse esigenze o prescrizioni, il dosaggio consigliato degli inerti da aggiungere al betoncino preconfezionato sarebbe il seguente: 4 sacchi di malta di calce idraulica M15 + 20 kg ghiaietto 5-8 mm + 50 kg ghiaia 10-20 mm + 20-25 litri acqua = ca. 90 litri di conglomerato.

In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare e – su richiesta della D.L. – uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	55	di	194

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di legante, rapporto acqua-legante, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

Le modalità di accettazione del materiale in cantiere da parte della D.L. saranno conformi a quanto previsto dalla NTC 2008 per i getti di calcestruzzo (§ 11.2.5).

### 2.14.1 Conglomerato a base calce alleggerito con argilla espansa per riempimenti

Per il ripristino del riempimento di volte o per il riempimento di tracce e cavità, secondo indicazioni di progetto e della D.L., verrà utilizzato conglomerato alleggerito di densità compresa fra 1200-1400 kg/mc, realizzato con inerti, argilla espansa idrofuga e con legante a base di calce idraulica naturale in quantitativo di calce minimo di 400 kg per mc di riempimento.

Il conglomerato dovrà essere caratterizzato dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- legante a base di calce idraulica naturale classificata NHL 3.5/5;
- argilla espansa idrofuga, a basso assorbimento di acqua (assorbimento di umidità circa 1% a 30' secondo UNI EN 13055-1) tipo LecaPiù o equivalente;

Potrà essere autorizzato dalla D.L. l'utilizzo di legante con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché privo di cemento ed a bassissimo contenuto di sali.

Dovrà sempre essere cura dell'Impresa verificare con il produttore prescelto l'esatto dosaggio dell'impasto.

In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare e – su richiesta della D.L. – uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà caratteristiche fisiche e meccaniche non inferiori a quelle richieste dal progetto.


Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di legante, rapporto acqua-legante, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

## 2.15 CONGLOMERATI DI RESINA SINTETICA

Saranno da utilizzarsi secondo le modalità di progetto, dietro specifiche indicazioni della D.L. e sotto il controllo degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Trattandosi di materiali particolari, commercializzati da varie ditte produttrici, dovranno presentare alcune caratteristiche di base garantendo elevate resistenze meccaniche e chimiche, ottime proprietà di adesione, veloce sviluppo delle proprietà meccaniche, buona lavorabilità a basse ed elevate temperature, sufficiente tempo di presa. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	56 di 194

Si dovranno confezionare miscelando adatti inerti, con le resine sintetiche ed i relativi indurenti.

Si potrà in fase di intervento variarne la fluidità regolandola in funzione del tipo di operazione da effettuarsi relativamente al tipo di materiale.

Per la preparazione e l'applicazione dei conglomerati ci si dovrà strettamente attenere alle schede tecniche dei produttori, che dovranno altresì fornire tutte le specifiche relative allo stoccaggio, al tipo di materiale, ai mezzi da utilizzarsi per l'impasto e la miscelazione, alle temperature ottimali di utilizzo e di applicazione. Sarà sempre opportuno dotarsi di idonei macchinari esclusivamente dedicati a tali tipi di prodotti (betoniere, mescolatrici, attrezzi in genere) Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resine e d'indurente attenendosi, con la massima cura ed attenzione alle specifiche del produttore. Resta in ogni caso assolutamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente.

Si dovrà comunque operare possibilmente con le migliori condizioni atmosferiche, applicando il conglomerato preferibilmente con temperature dai 12 ai 20°C, umidità relativa del 40-60%, evitando l'esposizione al sole.

Materiali e superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere asciutti ed opportunamente preparati tramite accurata pulitura.

L'applicazione delle miscele dovrà sempre essere effettuata nel pieno rispetto delle norme sulla salute e salvaguardia degli operatori.

## 2.16 PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO

### 2.16.1 Norme generali


Tutti gli elementi strutturali prefabbricati in calcestruzzo, calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso dovranno essere conformi al DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", in particolare ai paragrafi 4.1.10 e 11.8.

Tutti gli elementi strutturali prefabbricati dovranno essere in possesso di attestato di conformità secondo una specifica tecnica europea elaborata ai sensi della direttiva 89/106/CEE (marcatura CE), secondo le norme di riferimento riportate nel DM 18/04/2010. Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti 11.8.2, 11.8.3.4 e 11.8.5 del succitato DM 14/01/2008.

Tutte le forniture di elementi prefabbricati dovranno essere accompagnate dalla documentazione tecnica prevista al punto 11.8.5. del DM 14/01/2008, in particolare:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti;
- documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	57	di	194

relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:


- destinazione del prodotto;
- requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale (anche nei confronti delle verifiche al fuoco ove previste);
- prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001.

Gli elementi dovranno avere la forma e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed essere armati secondo quanto prescritto negli stessi. **È comunque onere del produttore degli elementi prefabbricati produrre il progetto costruttivo e la relazione di calcolo a firma di un tecnico abilitato, in osservanza di quanto prescritto dalla normativa vigente.**

Nel prezzo di fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati si intendono compresi in particolare:

- la realizzazione e/o predisposizione di mensole, incassi, selle tipo Gerber, fori o guaine secondo le geometrie indicate negli elaborati grafici di progetto;
- la fornitura e predisposizione di dispositivi di ripresa delle armature e di solidarizzazione con getti in opera, dispositivi di appensione/fissaggio per pannelli di tamponamento o elementi strutturali in carpenteria metallica, dispositivi per il sollevamento o il centraggio in fase di posa in opera;
- la fornitura e disposizione di lamierini ferma getto per coprire le fughe tra i vari elementi prefabbricati o tra gli elementi prefabbricati e gli elementi in opera prima del getto della cappa collaborante, o in alternativa la sigillatura delle stesse con prodotti da sottoporre all'approvazione della Direzione dei Lavori; in particolare per le strutture prefabbricate montate nella zona delle camere pulite è previsto l'impiego di un sigillante apposito;
- la cassetatura intorno ai nodi ad umido, ove questi siano previsti;
- la fornitura e predisposizione di dispositivi per il fissaggio e l'appensione di controsoffitti e/o impianti;
- la redazione dei disegni costruttivi e la relazione di calcolo (comprensiva di calcoli per transitori in fase di sollevamento e montaggio e per verifiche di resistenza al fuoco) da parte di tecnico abilitato, ai fini del deposito presso l'ufficio competente ai sensi della normativa vigente;
- la produzione in serie controllata, i controlli e le prove di carico in stabilimento e la marcatura CE;
- il trasporto (eventualmente eccezionale) dallo stabilimento al cantiere;
- la fornitura e posa di piastre d'appoggio in neoprene;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUELIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	58 di 194

- il montaggio, comprensivo di mezzi per il sollevamento (autogru);
- la completa pulizia di tutti gli elementi di fissaggio ed appensione (binari tipo HALFEN o equivalenti).

### 2.16.2 Tolleranze dimensionali di produzione

Per le tolleranze dimensionali degli elementi prefabbricati dovranno essere rispettate in generale le prescrizioni della norma UNI 10462:1995 Elementi edilizi. Tolleranze dimensionali del punto 4.1.10.5.3 del D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le costruzioni e comunque in particolare le seguenti:

#### 2.16.2.1 *Strutture ad elementi monodimensionali in c.a.*

Tolleranze di produzione:

- lunghezza:  $\pm 1/800$  della dimensione nominale per  $l = 20$  m;  
 $\pm 25$  mm per  $l < 20$  m;
- dimensioni della sezione:  $\pm 10$  mm ;
- posizione armatura e cavi: secondo indicazioni del progettista.

#### 2.16.2.2 *Solai, pannelli di tamponamento e grandi pannelli*


- la variazione delle dimensioni lineari ortogonali rispetto ai valori nominali non può essere superiore a  $\pm 20$  mm;
- spessore:  $\pm 10$  mm ;
- per i pannelli disposti nel piano verticale, controllo difetto di planarità: la freccia misurata al centro della corda considerata nella situazione più svantaggiosa deve risultare  $L/500$  della dimensione della corda stessa, con un minimo di 10 mm e un max di 20 mm.

### 2.16.3 Solai a lastre tralicciate tipo Predalles

Realizzazione di solai in lastre prefabbricate tipo "Predalle" alleggerite con pani di polistirolo. I solai dovranno essere realizzati con soletta inferiore in cls vibrato di minima classe C38/45 (salvo diverse indicazioni riportate sul progetto) armata a nervature parallele con intradosso piano e liscio di fondo cassero confezionata e stagionata in stabilimento qualificato con sistema di gestione della qualità (Norma UNI EN ISO 9001:2000) ed in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008, marcata CE ai sensi della UNI EN 13747: la soletta inferiore dovrà avere spessore minimo indicato negli elaborati grafici di progetto in c.a.v. e larghezza cm 120, armata con idonea rete metallica tipo B450 C irrigidita da 3 tralci metallici tipo B 450 C.

Le lastre dovranno avere le sezioni e le altezze di carpenteria indicate negli elaborati grafici di progetto, compreso la realizzazione di lastre con differente larghezza, in modo da adattarsi al meglio alle dimensioni dei campi di solaio. Il solaio dovrà prevedere opportuna armatura in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450 C delle dimensioni e quantità previste dai calcoli statici per sopportare i carichi di progetto, a copertura dei momenti positivi o negativi.

Ove richiesto dagli elaborati progettuali, potrà essere richiesto l'inserimento all'intradosso di alcune nervature di sistemi di fissaggio certificati (binari tipo HALFEN o equivalenti) per l'appensione di controsoffitti o impianti, aventi le caratteristiche di portata specificate negli elaborati grafici di progetto, in relazione di calcolo ed in

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	59	di	194

capitolato speciale d'appalto; la presenza di tali profili dovrà essere considerata nel garantire le prestazioni di resistenza, durabilità e resistenza al fuoco del tegolo.

Il solaio dovrà essere completato mediante getto integrativo in calcestruzzo di classe non inferiore a quella specificata negli elaborati di progetto (armato come sopra) accuratamente vibrato in cantiere per la formazione delle nervature tra i blocchi di alleggerimento, delle fasce piene, delle eventuali armature trasversali di ripartizione e della soletta superiore armata con rete elettrosaldada tipo B450 C diametro 5 mm maglia 20x20 (salvo diverse indicazioni di calcolo) con sovrapposizione minima riportata sui disegni esecutivi.

Sono da prevedere tutte le lavorazioni particolari e le forniture ad esse connesse (alleggerimenti, casseri ferma getto, sistemi di fissaggio, forometrie, puntellamenti, calcoli firmati da tecnico abilitato e grafici esecutivi ai sensi dell'attuale normativa) le quali si intendono compensate nei prezzi unitari del computo di progetto e nell'offerta dell'impresa aggiudicataria e non costituiscono titolo per richiedere aumento dei prezzi in sede di realizzazione.

## 2.17 CASSEFORME DA C.A.

Le casseforme, di qualsiasi tipo, dovranno presentare deformazioni limitate (coerenti con le tolleranze richieste per i manufatti), avere rigidità tale da evitare forti ampiezze di vibrazione durante il costipamento evitando variazioni dimensionali delle superfici dei singoli casseri che dovranno, inoltre, essere accuratamente pulite dalla polvere o qualsiasi altro materiale estraneo, sia direttamente che mediante getti d'aria, acqua o vapore. Per getti su superfici con inclinazione sull'orizzontale maggiore di 30° deve essere previsto il controcassero (oppure una rete sufficiente a tenere in forma il calcestruzzo).


Nelle zone dei casseri in cui si prevede, dato il loro particolare posizionamento o conformazione, la formazione di bolle d'aria, si dovranno prevedere fori o dispositivi tali da permetterne la fuoriuscita.

Prima del getto verranno eseguiti, sulle casseforme predisposte, controlli della stabilità, delle dimensioni, della stesura del disarmante, della posa delle armature e degli inserti; controlli più accurati andranno eseguiti, sempre prima del getto, per la verifica dei puntelli (che non dovranno mai poggiare su terreno gelato), per l'esecuzione dei giunti, dei fissaggi e delle connessioni dei casseri.

Per la realizzazione dei getti in calcestruzzo con finitura "faccia a vista" è previsto l'impiego di diversi sistemi di casseforme, così come specificato negli elaborati grafici di progetto e descritto nei paragrafi seguenti.

In ogni caso, tutte le caratteristiche dei componenti del sistema di casseforme scelto dall'Appaltatore (tipologia dei pannelli con particolare riferimento ai materiali costituenti ed alla finitura delle loro superficie, tolleranza nei giunti tra i pannelli, travi e traversi di contrasto, tiranti, disarmante impiegato) dovranno essere sottoposte all'approvazione della Direzione dei Lavori prima dell'approvvigionamento dei materiali e comunque prima dell'inizio delle operazioni di cassetatura.

Una volta ottenuta questa approvazione, l'Appaltatore dovrà fornire i disegni costruttivi delle casseforme e dei sistemi di vincolo delle stesse e la relazione di calcolo firmata da un tecnico abilitato ed il piano dei getti, con l'indicazione dettagliata delle fasi e delle metodologie che intende seguire per la realizzazione del getto delle strutture in calcestruzzo armato.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUELIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	60	di	194

### 2.17.1 Casserature normali

Sono impiegati in generale ove non diversamente indicato.

I casseri dovranno essere eseguiti con legname o con pannelli metallici, o di legno con superfici indurite da materiali plastici o resine fenoliche e devono fornire al calcestruzzo superficie esterna con classificazione C1, per alcune opere sono richieste forme particolari da eseguirsi in lamiera.

Le casserature dovranno essere a tenuta per evitare perdite di boiaccia.

L'armatura di sostegno dei casseri dovrà essere costruita in maniera tale da non agire in modo staticamente scorretto sulle strutture sottostanti ed in modo da permettere il ritiro del calcestruzzo ed un facile disarmo.

Le casserature dovranno essere dimensionate altresì per sopportare correttamente le sollecitazioni dovute alla vibrazione del getto.

Le responsabilità della corretta costruzione dei casseri e della idoneità statica delle eventuali strutture di sostegno degli stessi sono totalmente a carico dell'Appaltatore.

In mancanza di diverse prescrizioni sui disegni esecutivi, i casseri delle travature dovranno presentare monte pari a  $L/500$  ( $L$ = luce fra gli appoggi).

Nei casseri dovranno essere predisposte le forme per tutte le forature previste nei disegni delle strutture e in quelle degli impianti nonché le predisposizioni per il fissaggio di profili di ogni tipo e piastre di ancoraggio.

Anche se nei disegni non sono indicati smussi dei diedri delle strutture, questi devono comunque essere eseguiti, a  $45^\circ$  con lati di  $10\div 15$  mm.

Non è ammesso sulla superficie del calcestruzzo, l'affioramento dei ferri o fili di ferro usati per il sostegno o sbadacchiatura dei casseri.

I tubi in plastica usati per distanziare le casserature dovranno essere di piccole dimensioni, disposti secondo indicazioni riportate sui particolari costruttivi ed essere muniti di terminali conici da rimuovere dopo il getto.

In difetto di tale indicazione si curerà la simmetria o altro schema, comunque approvato preventivamente dalla Direzione Lavori.

A disarmo avvenuto i fori di tali distanziatori dovranno essere sigillati con miscela di resina epossidica e sabbia quarzifera, salvo diverse disposizioni indicate sui particolari costruttivi.

L'uso di prodotti per facilitare il disarmo dovrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori.


I casseri verranno rimossi sotto l'intera responsabilità dell'impresa, previo controllo della resistenza minima richiesta per il getto in questa fase, secondo le norme di legge.

### 2.17.2 Casserature per prefabbricati

I casseri per l'esecuzione di strutture prefabbricate a piè d'opera o ad hoc saranno realizzati in acciaio e devono garantire per il paramento esterno del manufatto il raggiungimento della classificazione C3 .

Ogni cassero dovrà essere opportunamente dimensionato per le sovrappressioni generate dalla vibrazione e dovrà recare il necessario raddoppio delle nervature nelle posizioni in cui sono applicate le morse a culla di fissaggio rapido dei vibratori.

Il cassero sarà inoltre dotato di rete di distribuzione d'aria compressa per l'azionamento dei vibratori.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIVALUTAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	61 di 194

Anche se non richiamato nei costruttivi delle carpenterie, ogni diedro terminale dovrà essere marcato da smusso con sezione idonea in acciaio.

Qualora lo smusso in acciaio impedisca il disarmo si provvederà con piatti fresati e specifici cinematismi di apertura per ottenere comunque spigoli smussati.

Le superfici a contatto con il getto saranno prive di protezioni diverse dagli oli di disarmo e dovranno essere accuratamente pulite dalla ruggine prima dell'uso.

La cassaforma dovrà consentire l'ottenimento dei manufatti con le tolleranze indicate al relativo paragrafo di questo Capitolato Speciale.

**Ogni modifica al disegno del manufatto, dovuta ad esigenze costruttive e/o alla disponibilità dei casseri, dovrà essere preventivamente sottoposta per approvazione alla Direzione dei Lavori.**

## 2.18 OPERE PROVVISORIALI

Le opere provvisorie dovranno essere realizzate con materiali aventi durabilità adeguata al tipo di applicazione. In generale dovrà essere assicurata una durata non inferiore ai 10 anni e comunque superiore a quanto previsto in sede progettuale.


Nel caso di insorgenza di fenomeni di degrado dei materiali prima dello smontaggio, il ripristino dell'efficienza dell'opera provvisoria dovrà essere realizzato a spese ed a cura dell'appaltatore previa autorizzazione del committente.

### 2.18.1 Dispositivi di protezione collettiva: parapetto autoportante

Ove richiesto dal progetto, per la delimitazione di aree soggette al rischio di cadute dall'alto sarà impiegato un parapetto autoportante realizzato in profili di alluminio 6106T5, certificato secondo la norma ISO-EN-14122-3 da posizionare come da elaborato tecnico allegato, tipo ® STABILIC Alluminio o equivalente, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- montante con sezione ovale 70x30x2 con giunto a terra in PVC e suoletta di gomma.
- corrimano realizzato in profilato di alluminio diametro 40 mm.
- corrente inferiore realizzato in profilato di alluminio diametro 30 mm.
- elementi d'angolo sagomati in pressopiegatura o con giunti regolabili.
- assemblaggio senza raccordi e viteria, solo innesti telescopici rivettati.
- terminali dei montanti e dei corrimano chiusi con rifiniture in PVC.
- contrappesi in cls rivestiti interamente di PVC con innesto senza fissaggi al braccio del montante.
- altezza minima del parapetto pari a 1100 mm in rapporto alla superficie calpestabile.
- interasse tra i correnti non superiore a 500 mm.
- fascia fermapiè obbligatoria in assenza di cordolo perimetrale di altezza inferiore a 150 mm.
- peso massimo al metro lineare: 25,5 kg.
- ingombro in pianta del montante: 1411 mm x 596 mm.
- garanzia di 10 anni sul materiale.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	62	di	194

## 2.18.2 Ponteggi metallici fissi

Il ponteggio metallico fisso è un'opera provvisoria temporaneamente realizzata per eseguire lavori in quota ad altezza superiore ai 2 m o come puntellazione di strutture in precarie condizioni di stabilità (ponteggi di forza).

Normativa di riferimento:

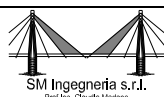
- Circ. Min. Lav. 01.08.74 n. 6 – Ponteggi metallici fissi a giunti e tubi e a elementi prefabbricati;
- Circ. Min. Lav. n. 85/78 – Schemi tipo ponteggio con indicazione massimi ammessi di sovraccarico, altezza di ponteggi e di larghezza degli impalcati per i quali non sussiste l'obbligo del calcolo per ogni singola applicazione;
- Circ. Min. Lav. n. 24/82 – Ponteggi metallici realizzati con elementi componibili;
- Norma CNR 10027/85 – Strutture in acciaio per opere provvisorie. Istruzioni per il calcolo...;
- Circ. Min. Lav. n. 149/85 – Disciplina della costruzione e dell'impiego dei ponteggi metallici fissi;
- Circ. Min. Lav. n. 44/1990 – Istruzione per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a telai prefabbricati;
- Circ. Min. Lav. n. 132/1991 – Istruzione per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a montanti e traversi prefabbricati;
- UNI EN 12811-1:2004 – Attrezzature provvisorie di lavoro – Parte 1: Ponteggi – Requisiti prestazionali e progettazione generale;
- UNI EN 12811-2:2004 – Attrezzature provvisorie di lavoro – Parte 2: Informazioni sui materiali;
- Circ. Min. Lav. 30/2006 e Circ. Min. Lav. 3/1/2008 - Chiarimenti concernenti i ponteggi su ruote (trabattelli) e formazione dei lavoratori addetti al montaggio e allo smontaggio dei ponteggi e posizionamento mediante funi;
- D.Lgs. 81/08 e s.m.i – TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO, come integrato e corretto dal D.Lgs. 106/2009.

L'Appaltatore avrà l'obbligo di montare i ponteggi nel rispetto della normativa vigente e delle prescrizioni eventualmente previste dal PSC. Il ponteggio dovrà essere adeguato alle specifiche condizioni di utilizzo, dipendenti dalla natura dell'attività svolta in cantiere, senza trascurare l'eventuale previsione di installare montacarichi, mezzi di sollevamento o di ricavare piani di carico.

I ponteggi metallici fissi potranno essere del tipo:

- a tubi e giunti: struttura che si compone esclusivamente di tubi montanti, correnti e diagonali, collegati tra loro tramite appositi giunti, normalmente a bullone;
- a telai prefabbricati: struttura che si compone di telai fissi posti uno sopra l'altro a costituire la stilata, collegata alle stilate attigue tramite correnti e diagonali;
- a montanti e traversi prefabbricati: la struttura si compone di elementi prefabbricati costituiti da tubi, da disporre verticalmente, provvisti di specifici sistemi di innesto (piattelli, boccole o staffe a 4, 6 o 8 vie) nei quali vengono innestati i traversi e i correnti prefabbricati.

La fornitura degli elementi costituenti i ponteggi dovrà avvenire nel rispetto della normativa vigente.




**SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena**

Sede: Via dell'Artigianato, 7 - 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: [infopd@smingegneria.it](mailto:infopd@smingegneria.it) - Web: [www.smingegneria.it](http://www.smingegneria.it)



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	63 di 194

Sia in fase preliminare al montaggio che durante la permanenza in servizio dell'opera provvisoria l'Appaltatore dovrà aver cura di effettuare le verifiche secondo quanto prescritto dall'all. XIX del D. Lgs. 81/08 e s.m.i., intervenendo a propria cura e spese all'adeguamento del ponteggio ai requisiti minimi di sicurezza indicati, anche mediante la sostituzione delle parti ammalorate/deteriorate.

Non sarà ammesso l'impiego di elementi provenienti da autorizzazioni ministeriali distinte, a meno che questo non sia consentito dalla normativa vigente. Gli elementi privi di marchio o con marchio non leggibile dovranno essere scartati.

La fornitura dovrà essere accompagnata da tutta la documentazione prevista a norma di legge in materia di ponteggi metallici fissi:

- Libretto di autorizzazione ministeriale del ponteggio;
- Pi.M.U.S.
- Progetto a firma di tecnico abilitato per ponteggi di altezza superiore ai 20 m o che per qualunque ragione (presenza di teli o cartelli pubblicitari, particolare schema di montaggio, uso misto di elementi diversa tipologia, ecc.) non rientrino negli schemi di autorizzazione ministeriale.

L'impiego di elementi lignei (ad esempio per elementi di ripartizione a terra, tavole fermapiEDE, ecc.) sarà possibile solo previa autorizzazione della D.L. e dell'Ente Appaltante. Gli elementi forniti dovranno avere caratteristiche dimensionali adeguate, essere rispondenti ai requisiti minimi di normativa ed essere in perfetto stato di conservazione. L'Appaltatore – qualora fosse accettato l'impiego di tali elementi per la realizzazione del ponteggio – avrà l'obbligo di eseguire a propria cura e spese la verifica periodica del relativo stato di conservazione, provvedendo alla sostituzione degli elementi ammalorati, alla manutenzione dei sistemi di ancoraggio e a quanto altro necessario per garantire la perfetta funzionalità del ponteggio per tutta la durata di permanenza in opera dello stesso.

## 2.19 MATERIALE PER RINTERRI


Per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le strutture di fondazione, o per qualsiasi riempimento adiacente alle murature, e fino alle quote prescritte dalla Direzione dei Lavori, si impiegheranno le materie occorrenti prelevandole ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

Ad insindacabile discrezione della Direzione Lavori, qualora dall'indagine ambientale e dalla classificazione dei materiali (eseguite ai sensi dell'art. 186 del D.Lgs. n.152/2006, e delle vigenti norme/delibere regionali) il materiale scavato in situ risultasse idoneo, lo stesso potrà essere impiegato per i rinterri, previa temporaneo stoccaggio in un'idonea area di cantiere e previa depurazione da elementi estranei quali porzioni di strutture demolite, elementi in acciaio e quant'altro eventualmente specificato dalla Direzione dei Lavori.

Quando venissero a mancare in tutto od in parte i materiali di cui sopra, si provvederanno le materie occorrenti prelevandole ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.




	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	64	di	194

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con automezzi o altri mezzi meccanici non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno essere depositate in vicinanza dell'opera per essere riprese poi, e trasportate con sistema riconosciuto idoneo allo scopo dalla Direzione dei Lavori, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	65	di	194

## 2.20 TUBAZIONI

### 2.20.1 Generalità

Le tubazioni avranno, in genere, le caratteristiche e le dimensioni indicate negli elaboratori di progetto; le giunzioni dovranno essere eseguite con la tecnica più adatta mediante appositi giunti, manicotti o pezzi speciali in modo tale da evitare perdite, qualunque sia il motivo che possa determinarle.

L'Appaltatore dovrà fissare le tubazioni non interrate con i sistemi consigliati dal produttore, previsti dagli elaboratori di progetto o ordinati dalla Direzione dei Lavori (staffe, cravatte, ecc.) in modo atto a garantire il loro saldo ancoraggio alle murature.

Collocherà le tubazioni interrate alla profondità prevista dagli elaboratori di progetto con la pendenza più idonea al movimento dei fluidi che essi convogliano.

Proteggerà le tubazioni in metallo contro la corrosione ricorrendo ai sistemi che la Direzione dei Lavori riterrà più adatti al materiale che le costituisce (resine, bitumiossidati, antiruggine, guaine, ecc.). Tutte le tubazioni che convogliano fluidi o gas dovranno essere coibentate, schermate contro fenomeni di condensa e verniciate con le tinte stabilite dalla norma UNI 5634 al fine di renderle identificabili.

Sui tubi destinati al convogliamento delle acque potabili dovrà essere impressa una sigla o un'avvertenza che li renda distinguibili da quelli riservati ad altro utilizzo.

Se previsto per la tipologia di prodotto e di impiego, il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

### 2.20.2 Tubi e raccordi in P.V.C.

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma secondo la norma UNI 1401-1.

Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.


La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non accettati.

### 2.20.3 Tubo drenante e raccordi in P.V.C.

La tubazione drenante sarà costituita da tubo drenante in PVC conforme a norma DIN 4262/1 - tipo F, corrugato a forma di tunnel con piede d'appoggio liscio. Le fessure drenanti dovranno avere una larghezza compresa tra gli 0,8 mm e gli 1,4 mm ed una lunghezza non superiore ai 25 mm per non indebolire il tubo allo schiacciamento e per impedire deformazioni alle stesse anche con carichi di esercizio importanti.

La superficie di captazione dovrà essere superiore a 50 cmq/m. La giunzione tra le barre di tubazione sarà effettuata con manicotto o con bicchiere ad incastro.

In terreni limosi, limo-sabbiosi o con riempimenti con inerte non lavato, il tubo dovrà essere prerivestito con calza filtrante ottenuta per cucitura di geotessile in polimero al 100% di polipropilene da filo continuo di massa areica di circa 140 gr/mq.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUELIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	66 di 194

## 2.21 SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

### 2.21.1 Manto impermeabile omogeneo a base di polivinilcloruro (PVC-P)


Manto impermeabile omogeneo a base di polivinilcloruro (PVC-P), resistente agli UV, tipo "Geopond WP PVC - 20H" o equivalente, avente le seguenti caratteristiche:

- Spessore: 2,0 mm;
- Massa areica: 2,600 (-5/+10%) kg/m (EN 1849-2);
- Dilatazione termica:  $190 \times 10^{-6} (\pm 50 \times 10^{-6})$  1/K (ASTM D 696-91);
- Permeabilità all'acqua:  $< 10^{-7}$  mq x m<sup>-2</sup> x d<sup>-1</sup>;
- Carico di rottura longitudinale: 17,0 ( ± 2,0) N/mm (ISO 527-1/3/5);
- Carico di rottura trasversale: 17,0 ( ± 2,0) N/mm (ISO 527-1/3/5);
- Resistenza alla lacerazione Longitudinale: ≥ 40 kN/m (ISO 34 Metodo B - V=mm/min.);
- Resistenza alla lacerazione Trasversale: ≥ 40 kN/m (ISO 34 Metodo B - V=mm/min.);
- Allungamento a rottura Longitudinale: ≥ 280 % (ISO 527 -1/3/5);
- Allungamento a rottura Trasversale: ≥ 280 % (ISO 527 -1/3/5);
- Resistenza allo scoppio: 50 % (pr EN 14151 D=1,0 m);
- Punzonamento statico: 2,50 ( ±0,20) kN (En ISO 12236);
- Flessibilità a freddo: ≤ -20°C (EN 495-5)
- Resistenza microbiologica Variazione carico a rottura: ≤ 15% (EN 12225;ISO 527-3/5);
- Resistenza microbiologica Variazione allungamento a rottura: ≤ 15% (EN 12225;ISO 527-3/5);
- Resistenza agli agenti atmosferici: ≥ 75% (EN12224,350 MJ/m<sup>2</sup> - ISO 527-3/5/100);
- Resistenza all'ossidazione Variazione carico a rottura: ≤ 20% (prEN 14575 - ISO 527-3/5);
- Resistenza all'ossidazione Variazione allungamento a rottura: ≤ 20% (prEN 14575 - ISO 527-3/5)
- Resistenza alla percolazione (soluzione acquosa):
  - o A (acqua calda): variazione allungamento a rottura: ≤ 10% (EN 14415:2004-08);
  - o B (liquidi alcalini):variazione allungamento a rottura: ≤ 10% (EN 14415:2004-08);
  - o C (alcoli organici): variazione allungamento a rottura: N.P.D. (EN 14415:2004-08);
- Resistenza alle radici: conforme alla norma prEN 14416.

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

### 2.21.2 Profilo per giunti di contrazione delle pareti in c.a.

Ove le pareti in c.a. gettato in opera presentano lunghezze considerevoli, il controllo delle fessure da ritiro verrà conseguito gettando le pareti a conci alterni ed inserendo ad intervalli regolari per tutta l'altezza della muratura profili scatolari auto sigillanti a tenuta idraulica tipo "BREAK" della VOLTECO o equivalenti, per il controllo e sigillo dei fenomeni di ritiro, realizzati dalla giunzione mediante appositi spinotti di elementi scatolari dello spessore di 20 mm, larghezza di 185 mm, lunghezza di 1.000 mm, costituiti da due semi telai cavi (profili in plastica) con interposto un giunto bentonitico idroespansivo (dimensioni 25x20 mm, costituito per il 25% da gomma butilica e per il 75% da Bentonite di Sodio Naturale) in grado di espandere 6 volte il proprio volume iniziale (valore certificato), da collegare all'analogo giunto presente nella ripresa di getto orizzontale.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	67 di 194

### 2.21.3 Cordolo bentonitico idroespansivo (waterstop) per riprese di getto

Per la sigillatura delle riprese verticali ed orizzontali dei getti in calcestruzzo, e per la sigillatura di corpi passanti annegati nei getti di calcestruzzo, è previsto l'impiego di giunto bentonitico idroespansivo (waterstop) tipo "WT 102" della VOLTECO o equivalente, con dimensioni 25x20 mm, composto al 75% da Bentonite di Sodio Naturale ed al 25% da gomma butilica, in grado di espandersi a contatto con l'acqua sino a 6 volte il proprio volume iniziale (valore certificato), garantendo una resistenza alla spinta idraulica grazie allo sforzo di rigonfiamento con confinamento totale >950 kPa anche in presenza di acqua di mare (valore certificato), in grado di non manifestare perdite con pressioni sino a 100 kPa ad una espansione del giunto pari al 100% in una fessura aperta di 5 mm (valore certificato).

Il giunto in opera dovrà risultare privo di elementi protettivi di confezione e dovrà essere ancorato al piano di posa mediante rete in acciaio presagomata a maglia romboidale, tipo "REVO" di VOLTECO o equivalente, chiodata al calcestruzzo. I dati tecnici dovranno essere supportati da certificazione di prova rilasciata da un laboratorio ufficiale accreditato e/o essere assoggettati a controllo di qualità secondo norma ISO 9001.

## 2.22 GEOTESSILI


I geotessili non tessuti potranno essere usati con funzione di filtro per evitare il passaggio della componente fine del materiale esistente in posto, con funzione di drenaggio, o per migliorare le caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione. Costituiti da tessuto non tessuto ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate mediante sistema di agugliatura meccanica, stabilizzate ai raggi UV, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura. I geotessili sono a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata. Nello specchio che segue sono riepilogate, in relazione alla natura chimica dei polimeri impiegati, le principali caratteristiche degli stessi:

Materie prime	Poliestere	Polipropilene
Caratteristiche tecniche		
. Densità : g/cm <sup>3</sup>	1,38	0,90
. Punto di rammollimento: K	503÷523	413,00
. Punto di fusione: K	533÷538	443÷448
. Punto d'umidità: % a 65% di umidità relativa	0,4	0,04

La superficie del geotessile dovrà essere rugosa ed in grado di garantire un buon angolo di attrito con il terreno. I geotessili dovranno essere imputrescibili ed atossici, resistenti ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, essere antinquinanti ed isotropi. Dovranno essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione alle modalità di impiego. Le caratteristiche dei geotessili ed i metodi appropriati per determinare tali caratteristiche sono descritte nella seguenti normative:

- UNI EN 13249 per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico;
- UNI EN 13251 per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazione e nelle strutture di sostegno;
- UNI EN 13256 per l'impiego nella costruzione di gallerie e di strutture in sotterraneo.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	68	di	194

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego mediante le seguenti prove:

- campionatura (per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	UNI 8279/1
- peso, in g/m <sup>2</sup>	UNI 5114
- spessore, in mm	UNI 8279/2
- resistenza a trazione su striscia di 5 cm, in N	UNI 8639
- allungamento, in %	UNI 8639
- lacerazione, in N	UNI 8279/9
- resistenza alla perforazione con il metodo della sfera, in MPa	UNI 8279/11
- punzonamento, in N	UNI 8279/14
- permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13
- comportamento nei confronti di batteri e funghi	UNI 8986
- diametro di filtrazione, espresso in µm, corrispondente a quello del 95% in peso degli elementi di terreno che hanno attraversato il geotessile, determinato mediante filtrazione idrodinamica.	

## 2.23 COLORI E VERNICI

### 2.23.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente colori e vernici di recente produzione, provenienti da recipienti sigillati, recanti il nome del produttore, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e la data di scadenza. Dovrà aprire i recipienti in presenza della D.L. che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto.

I prodotti vernicianti dovranno risultare esenti da fenomeni di sedimentazione, di addensamento o da qualsiasi altro difetto, assolvere le funzioni di protezione e di decorazione, impedire il degrado del supporto proteggendolo dagli agenti atmosferici, dall'inquinamento, dagli attacchi dei microrganismi, conferire alle superfici l'aspetto stabilito dagli elaboratori di progetto ed, infine, mantenere tali proprietà nel tempo.

Le loro caratteristiche saranno quelle stabilite dalle norme UNI 4656 contrassegnate dalla sigla UNI/EDL dal n. 8752 al n. 8758 e le prove tecnologiche, che dovranno essere effettuate prima dell'applicazione, saranno regolate dalle norme UNICHIM M.U. (1984) n. 443-45, 465-66, 517, 524-25, 562-63, 566, 570-71 583, 591, 599, 602, 609-11, 619.

Le cariche e i pigmenti contenuti nei prodotti vernicianti dovranno colorare in modo omogeneo il supporto, livellarne le irregolarità, proteggerlo dagli agenti corrosivi e conferirgli l'effetto cromatico richiesto.

L'Appaltatore dovrà impiegare solventi e diluenti consigliati dal produttore delle vernici o richieste dalla D.L. che dovranno possedere le caratteristiche stabilite dalle norme UNICHIM, foglio d'informazione n. 1-1972. Il rapporto di diluizione (tranne che per i prodotti pronti all'uso) sarà fissato in concordanza con la D.L.

I leganti dovranno essere formati da sostanze (chimiche o minerali) atte ad assicurare ai prodotti vernicianti le caratteristiche stabilite, in base alla classe di appartenenza, dalle norme UNI.

**Trovandosi in presenza di manufatto di particolare valore storico-artistico, tutti i prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L., che potrà richiedere l'esecuzione di campioni e/o prove di compatibilità con il supporto esistente. Sarà fatto divieto all'Appaltatore di utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una precedente specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.**




SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede: Via dell'Artigianato, 7 - 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	69	di	194

Per i prodotti di comune impiego, si osserveranno le seguenti prescrizioni:

#### 2.23.1.1 **Olio di lino cotto**

L'olio di lino cotto sarà ben depurato, di colore assai chiaro e perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da adulterazioni con oli minerali, olio di pesce, ecc.. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. Avrà acidità nella misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15° C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93.

#### 2.23.1.2 **Acquaragia (essenza di trementina)**

Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e volatilissima. La sua densità a 15 °C sarà di 0,87.

#### 2.23.1.3 **Biacca**

La biacca o cerussa (carbonato basico di piombo) deve essere pura, senza miscela di sorta e priva di qualsiasi traccia di solfato di bario.

#### 2.23.1.4 **Bianco di zinco**

Il bianco di zinco dovrà essere in polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco e non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più dell'1% di altre impurità; l'umidità non deve superare il 3%.

#### 2.23.1.5 **Minio**

Sia di piombo (sesquiossido di piombo) che di alluminio (ossido di alluminio) dovrà essere costituito da polvere finissima e non contenere colori derivati dall'anilina, né oltre il 10% di sostanze (solfato di bario, ecc.).

#### 2.23.1.6 **Latte di calce**

Il latte di calce sarà preparato con calce grassa, perfettamente bianca, spenta per immersione. Vi si potrà aggiungere le quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra.

#### 2.23.1.7 **Colori all'acqua, a colla o ad olio**


Le terre coloranti destinate alle tinte all'acqua, a colla o ad olio, saranno finemente macinate e prive di sostanze eterogenee e dovranno venire perfettamente incorporate nell'acqua, nelle colle e negli oli, ma non per infusione. Potranno essere richieste in qualunque tonalità esistente.

#### 2.23.1.8 **Vernici**

Le vernici che si impiegheranno per gli interni saranno a base di essenza di trementina e gomme pure e di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. È escluso l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

#### 2.23.1.9 **Encaustici**

Gli encaustici potranno essere all'acqua o all'essenza, secondo le disposizioni della Direzione lavori. La cera gialla dovrà risultare perfettamente disciolta, a seconda dell'encaustico adottato, o nell'acqua calda alla quale sarà aggiunto del sale di tartaro, o nell'essenza di trementina.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	70	di	194

#### 2.23.1.10 **Idropitture**

Per idropitture s'intendono non solo le pitture a calce, ma anche i prodotti vernicianti che utilizzano come solvente l'acqua. L'Appaltatore dovrà fare riferimento alle regolamentazioni delle norme UNICHIM e più specificatamente alla 14/1969 (prova di adesività), alla 175/1969 (prova di resistenza agli alcali) e alla 168/1969 (prova di lavabilità).

#### 2.23.1.11 **Tempere**

Composte da sospensioni acquose di pigmenti, cariche e leganti a base di colle naturali o sintetiche, dovranno avere buone capacità coprenti, risultare ritinteggiabili e, se richiesto, essere fornite in confezioni sigillate già pronte all'uso.

#### 2.23.1.12 **Pitture cementizie**

Composte da cementi bianchi, pigmenti colorati ed additivi chimici in polvere, dovranno essere preparate secondo le modalità consigliate dal produttore in piccoli quantitativi da utilizzare rapidamente prima che intervenga la fase d'indurimento. Una volta indurite, sarà vietato all'Appaltatore di diluire in acqua allo scopo di poterle nuovamente utilizzare.

#### 2.23.1.13 **Idropitture in emulsione**


Sono costituite da emulsioni acquose di resine sintetiche, pigmenti e particolari sostanze plastificanti. Se verranno utilizzate su superfici esterne, non solo dovranno possedere una spiccata resistenza all'attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti, ma anche produrre una colorazione uniforme. Il loro impiego su manufatti di particolare valore storico-artistico sarà subordinato all'esplicita approvazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

#### 2.23.1.14 **Pitture ai silicati**

Sono costituite da un legante a base di silicato di potassio, di silicato di sodio da una miscela dei due e da pigmenti esclusivamente inorganici (ossidi di ferro). Il loro processo di essiccazione si svilupperà dapprima attraverso una fase fisica di evaporazione e, successivamente, attraverso una chimica in cui si verificherà un assorbimento d'acqua dall'ambiente circostante che produrrà reazioni all'interno dello strato fra la pittura e l'intonaco del supporto. Il silicato di potassio da un lato reagirà con l'anidride carbonica e con l'acqua presente nell'atmosfera dando origine a polisilicati complessi e, dall'altro, reagirà con il carbonato dell'intonaco del supporto formando silicati di calcio. Le pitture ai silicati dovranno assicurare un legame chimico stabile con l'intonaco sottostante che eviti fenomeni di disfacimento in sfoglie del film coprente, permettere la traspirazione del supporto senza produrre variazioni superiori al 5-10%, contenere resine sintetiche in quantità inferiore al 2-4% ed, infine, risultare sufficientemente resistente ai raggi U.V., alle muffe, ai solventi, ai microrganismi ed, in genere, alle sostanze inquinanti.

#### 2.23.1.15 **Pitture ad olio ed oleosintetiche**

Composte da oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti, dovranno possedere uno spiccato potere coprente e risultare resistenti all'azione degradante delle piogge acide e dei raggi U.V. (UNICHIM manuale 132)

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	71	di	194

### 2.23.1.16 **Antiruggine, anticorrosivi e pitture speciali**

Le caratteristiche delle pitture speciali si diversificheranno in relazione al tipo di protezione che si dovrà effettuare e alla natura dei supporti su cui applicarle. L'Appaltatore dovrà utilizzare la pittura richiesta dalla D.L. che dovrà essergli fornita in confezioni perfettamente sigillate applicandola conformemente alle istruzioni fornite dal produttore. I requisiti saranno quelli stabiliti dalla specifica normativa UNICHIM (manuale 135).

### 2.23.1.17 **Vernici sintetiche**

Composte da resine sintetiche (acriliche, oloalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliesteri, poliuretaniche, siliconiche, ecc.) dovranno possedere requisiti di perfetta trasparenza, luminosità e stabilità alla luce, fornire le prestazioni richieste per il tipo di applicazione da eseguire ed, infine, possedere le caratteristiche tecniche e decorative richieste. Dovranno essere fornite nelle confezioni originali sigillate, di recente preparazione e, una volta applicate, dovranno assicurare ottima adesività, assenza di grumi, resistenza all'abrasione, capacità di mantenersi il più possibile inalterate ed essiccazione omogenea da effettuarsi in assenza di polvere.

### 2.23.1.18 **Smalti**

Composti da resine sintetiche o naturali, pigmenti (diossido di titanio), cariche minerali ed ossidi vari prendono nome dai loro leganti (alchidici, fenolici, epossidici, ecc.). Dovranno possedere spiccato potere coprente, facilità di applicazione, luminosità, resistenza agli urti e risultare privi di macchie.

## 2.24 MATERIALI DIVERSI

### 2.24.1 Cartefeltro

Questi materiali avranno le caratteristiche richieste dalle norme UNI vigenti. Le eventuali verifiche e prove saranno eseguite con le norme vigenti, tenendo presenti le risultanze accertate in materia da organi competenti ed in particolare dall'UNI.


#### 2.24.1.1 **Cartonfeltro bitumato cilindrato**

È costituito da cartafeltro impregnato a saturazione di bitume in bagno a temperatura controllata. Questi cartonfeltri debbono risultare asciutti, unitamente impregnati di bitume, presentare superficie piana, senza nodi, tagli, buchi od altre irregolarità ed essere di colore nero opaco.

Per le eventuali prove saranno seguite le norme vigenti e le risultanze accertate da organi competenti in materia come in particolare l'UNI 8202.

#### 2.24.1.2 **Cartonfeltro bitumato ricoperto**

È costituito di cartafeltro impregnata a saturazione di bitume, successivamente ricoperta su entrambe le facce di un rivestimento di materiali bitumosi con velo di materiale minerale finemente granulato, come scagliette di mica, sabbia finissima, talco, ecc. La cartafeltro impiegata deve risultare uniformemente impregnata di bitume; lo strato di rivestimento bituminoso deve essere di spessore uniforme ed essere privo di bolle; il velo di protezione deve inoltre rimanere in superficie ed essere facilmente asportabile; le superfici debbono essere

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	72	di	194

piane, lisce, prive di tagli, buchi ed altre irregolarità. Per eventuali prove saranno seguite le norme vigenti e le risultanze accertate da organi competenti in materia, come in particolare l'UNI.

#### 2.24.2 Vetri e cristalli


I vetri e cristalli dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori, perfettamente trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e di qualsiasi altro difetto. Dovranno corrispondere per tipo alle rispettive norme UNI (vetri greggi 5832, vetri lucidi 6486, cristalli 6487, vetri temperati 7142, vetri stratificati 7172). Per quanto riguarda i vetri piani stratificati con prestazioni antivandalismo e anticrimine si seguiranno le norme UNI 9186-87, mentre se con prestazioni anti-proiettile le UNI 9187-87.

#### 2.24.3 Materiali ceramici

I prodotti ceramici più comunemente usati per apparecchi igienico-sanitari, rivestimento di pareti, tubazioni ecc., dovranno presentare struttura omogenea, superficie perfettamente liscia, non scheggiata e di colore uniforme, con lo smalto privo assolutamente di peli, cavillature, bolle, soffiature e simili difetti. Gli apparecchi igienico-sanitari in ceramica saranno accettati se conformi alle norme UNI 4542, 4543, 4848, 4849, 4850, 4851, 4852, 4853, 4854.

#### 2.24.4 Isolanti termo-acustici

Dovranno possedere bassa conducibilità (UNI 7745), essere leggeri, resistenti, incombustibili, volumetricamente stabili e chimicamente inerti, inattaccabili da microrganismi, insetti e muffe, inodori, imputrescibili, stabili all'invecchiamento. Dovranno essere conformi alle normative UNI vigenti. Gli isolanti termici di sintesi chimica quali polistirene espanso in lastre (normale e autoestingente), polistirene espanso estruso, poliuretano espanso, faranno riferimento alle norme UNI 7819. Gli isolanti termici di derivazione minerale quali lana di roccia, lana di vetro, fibre di vetro, sughero, perlite, vermiculite, argilla espansa faranno riferimento alle norme UNI 2090-94, 5958, 6262-67, 6484-85, 6536-47, 6718-24. L'Appaltatore dovrà fare riferimento alle modalità di posa suggerite dalla ditta produttrice, alle indicazioni di progetto e della D.L., nel pieno rispetto di tutte le leggi che regolamentano la materia sull'isolamento termico degli edifici.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	73	di	194

### 3 NORME DI ESECUZIONE

#### 3.1 GENERALITÀ

Tutti i lavori, realizzati secondo le migliori regole dell'arte e con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione, dovranno avere forme, dimensioni e grado di lavorazione conforme a quanto prescritto nel presente Capitolato e negli elaborati di progetto. In ogni caso, siano o meno date nel presente Capitolato le norme speciali per l'esecuzione di un lavoro, l'Appaltatore è tenuto a conformarsi a tutte le disposizioni impartite in merito dalla Direzione dei Lavori, potendo queste essere date sia precedentemente che contestualmente all'esecuzione dei lavori.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle schede tecniche indicate dal fornitore dei materiali/opere. In caso di difformità tra indicazioni delle schede tecniche e le prescrizioni di progetto l'Appaltatore, prima di procedere con l'esecuzione delle opere, dovrà tempestivamente avvisare la Direzione dei Lavori al fine di valutare il tipo di intervento più idoneo. Prima di procedere con l'esecuzione delle opere dovrà altresì essere cura dell'Impresa chiarire con la D.L. qualunque dubbio o possibilità di fraintendimento in merito all'interpretazione degli elaborati di progetto.


È comunque facoltà della stessa Direzione dei Lavori rifiutare i lavori non eseguiti in conformità al contratto o nel rispetto degli ordini impartiti all'Appaltatore o comunque eseguiti non a regola d'arte; in tal caso l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue complete spese, alla demolizione e/o ricostruzione di quelle opere o parti di opere che, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, fossero inaccettabili.

Di seguito si riportano le specifiche prescrizioni per ogni categoria di lavoro.

#### 3.2 INDAGINI PRELIMINARI AI LAVORI DI RESTAURO/CONSOLIDAMENTO

Prima di dare inizio a qualsiasi tipo di lavorazione su manufatti di particolare interesse storico-artistico, l'Appaltatore, se previsto negli elaborati di progetto o espressamente richiesto dalla D.L., sarà tenuto ad effettuare su di essi tutte quelle operazioni che, finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati certi inerenti lo stato di conservazione o i loro processi di alterazione e di degrado, possano consentire una diagnosi corretta ed accurata dei meccanismi che provocano il deperimento al fine d'intervenire su di essi con i rimedi più efficaci. La diagnosi sarà effettuata commissionando, esclusivamente a laboratori riconosciuti ed autorizzati dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, l'esecuzione di una specifica serie di prove di laboratorio e di analisi da svolgere "in situ". Il laboratorio dovrà eseguire le analisi su campioni di manufatto che dovranno essere prelevati o da personale di sua fiducia o da altra rappresentanza che assolva tale compito sotto il suo diretto controllo e secondo le modalità descritte nelle Raccomandazioni NORMAL 3/80 redatte a cura dell'Istituto Centrale del Restauro (Roma 1980).

Durante il campionamento, oltre alle consuete cautele, sarà necessario non modificare lo stato originario del manufatto e dei luoghi, non arrecando danno alcuno alle antiche strutture. Inoltre, lo spostamento delle attrezzature per prelevare i campioni dal terreno o dalle murature avverrà nel massimo rispetto dello stato dei luoghi. Alla fine dei lavori dovrà essere effettuata una perfetta pulizia, rimuovendo qualsiasi residuo di lavorazione.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	74 di 194

I rilievi e le indagini, ordinati ai fini diagnostici, saranno eseguiti ricorrendo a specifiche apparecchiature le cui dimensioni e la cui maneggevolezza, unitamente all'innocuità dei principi fisici di funzionamento, possano garantire la conservazione dell'integrità fisica dell'oggetto indagato e fornire, nel contempo, risultati a livello qualitativo e quantitativo non ottenibili mediante l'uso di attrezzature di tipo tradizionale.

La scelta delle finalità, delle modalità dei sistemi e degli attrezzi più adatti al singolo caso, se non specificato negli elaborati di progetto, sarà effettuata dietro insindacabile giudizio della D.L. e specifica autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. In ogni caso sarà data preferenza a quei sistemi che siano in grado di consentire la massima rapidità di rilievo, la più completa globalità d'informazione e la maggiore semplicità di restituzione analitica dei dati.

Le metodologie d'intervento saranno quelle previste dagli elaborati di progetto prescritte dalla D.L. in quanto più idonee alla natura del materiale, al tipo dei prodotti di alterazione ed alle dimensioni degli stessi campioni.

Prima di procedere alle lavorazioni previste dal progetto l'Impresa dovrà verificare e documentare fotograficamente l'effettivo stato di conservazione e la consistenza del manufatto attraverso una ispezione completa effettuata preliminarmente attraverso analisi visiva integrata da semplici verifiche manuali e/o non richiedenti attrezzature specialistiche (es. battitura; verifica di inclinazioni mediante filo a piombo; verifiche di spessori e dimensioni; esecuzione di saggi con trapano; smontaggio e rimontaggio di conci in pietra per verificare la consistenza dei nuclei della muratura).

Ove richiesto le informazioni raccolte dovranno essere messe a disposizione della D.L. attraverso restituzione grafica e/o fotografica di quanto rilevato.

Tali indagini preliminari verranno eventualmente integrate da indagini specialistiche concordate con la D.L.

Tali verifiche in genere verranno condotte dopo il montaggio dei ponteggi, la pulizia e gli eventuali smontaggi/demolizioni previsti dal progetto (es. demolizioni di rifodere, rimozione del manto di copertura ecc..).

### 3.2.1 Tracciamenti e verifiche dimensionali

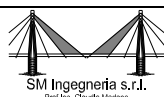
Sarà cura e dovere dell'Impresa, prima di iniziare i lavori, procurarsi presso la Direzione Lavori tutti i dati costruttivi, le misure e gli ordini particolari inerenti, ed in base a tali informazioni completare il tracciamento e le verifiche dimensionali a mezzo di picchetti, fili fissi, sagome, ecc. sottoponendoli alla Direzione Lavori per il controllo e solo dopo l'assenso di questa potrà darsi l'inizio alle opere relative.

L'impresa dovrà verificare la presenza di eventuali spanciamenti, fuori piombo e fuori squadra; segnalarli alla D.L. e, in accordo con questa, prevedere tutti gli opportuni accorgimenti atti ad adattare le opere di progetto alle particolari situazioni rilevate nel corso delle verifiche dimensionali.


Dovranno inoltre essere preliminarmente valutate tutte le eventuali problematiche legate alle possibili interferenze tra sistemi di opere strutturali, architettoniche ed impiantistiche segnalandole con congruo anticipo alla D.L. al fine di poter predisporre gli idonei aggiustamenti.

Quantunque i tracciamenti siano fatti e verificati dalla Direzione Lavori, l'impresa resterà responsabile dell'esattezza dei medesimi, e quindi sarà obbligata a demolire e rifare a sue spese quelle opere che non risultassero eseguite conformemente ai disegni di progetto ed alle prescrizioni inerenti.

Saranno a carico dell'Impresa le spese per rilievi, tracciamenti, verifiche e misurazioni, per la messa in opera di riferimenti, per materiali e mezzi d'opera ed inoltre per il personale ed i mezzi di trasporto occorrenti, dall'inizio delle consegne fino al collaudo compiuto.





	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA	
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc	
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	75	di 194

### 3.2.2 Rilievi

I rilievi topografici strumentali, consistenti nella lettura e nella rappresentazione dell'oggetto in funzione delle specifiche finalità operative, saranno effettuati ricorrendo ad apposite strumentazioni elettroniche e consegnati, nella scala richiesta, previa registrazione, calcolo e restituzione computerizzata o manuale dei dati di rilievo ed integrazione della griglia dei punti base; il tutto dovrà essere supportato da un'ideale veste grafica e da rilievo fotografico.

I rilievi ed i controlli strumentali dei dissesti consisteranno nella posa in opera, secondo le modalità disposte negli elaborati di progetto, del numero prescritto di fessurimetri a lettura diretta (con risoluzione in genere non superiore a 10 µm), di microdime a lettura analogica, di rilevatori ultrasonici o di sonde televisive.

Le letture saranno elaborate e registrate con le modalità tipiche del sistema adottato e consegnate con idonee restituzioni grafiche.

I rilievi fotogrammetrici, ove richiesti, verranno effettuati mediante riprese eseguite con apposite apparecchiature laser scan 3D sulla base di una rete di capisaldi e punti di appoggio determinata mediante rilievi topografici. I rilievi, una volta eseguiti, saranno rielaborati in modo da evidenziare, anche con l'ausilio della grafica manuale, la diversificazione tipologica o la caratterizzazione superficiale dei materiali. Nei lavori di rilievo fotogrammetrico saranno comprese l'elaborazione dei dati, la restituzione grafico-analitica e la formazione di una scheda analitica tipo dell'oggetto indagato.

#### 3.2.2.1 Mappatura delle strutture lignee

Nel caso di interventi che prevedono il restauro e recupero di strutture lignee si intende a carico dell'impresa l'indagine diagnostica su elementi strutturali lignei condotta mediante:

- rilievo geometrico ed ispezione visiva e strumentale (es. battitura, indagini resistografiche ed esecuzione di saggi) con mappatura del degrado;
- identificazione della specie legnosa e classificazione secondo la qualità resistente (Normativa di riferimento: UNI11119);
- rilievo e verifica dell'efficienza delle connessioni;


Le indagini dovranno essere eseguite a cura di tecnici specializzati di comprovata esperienza, previa pulizia degli elementi lignei oggetto di indagine.

I risultati delle indagini verranno inseriti in appositi elaborati grafici con indicazione delle sezioni resistenti, della specie legnosa e della classe di resistenza delle membrature lignee.

Tali elaborati, in formato cartaceo e digitale vettoriale editabile (es. files Autocad o formato compatibile) dovranno essere messi a disposizione della D.L. con un congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni.

### 3.3 TRACCIAMENTI PER OPERE DI NUOVA REALIZZAZIONE

Prima di porre mano ai lavori, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro ed un rilievo piano altimetrico di tutte le opere, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei rilevati, in base alla larghezza delle banche, all'inclinazione delle scarpate, alla formazione delle eventuali cunette, ecc., le dimensioni delle nuove opere, il tutto come riportato nelle tavole di progetto, anche al fine di produrre i disegni costruttivi del lavoro.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	76	di	194

A suo tempo dovrà pure installare, nei tratti che indicherà la Direzione dei Lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante l'esecuzione dei lavori.

Oltre ai lavori in terra, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento delle opere d'arte previste in progetto, con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed eventualmente delle modine, come per i lavori in terra.

### 3.4 CONTROLLI E PROVE DI CARICO SULLE STRUTTURE REALIZZATE

I controlli e le prove di carico sulle strutture realizzate dovranno essere eseguiti secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e s.m.i..

Ulteriori prove potranno essere richieste ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori e del Collaudatore. Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore e/o dalla Direzione dei Lavori, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo dovranno aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio. Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese, dovrà essere sottoposto alla Direzione dei Lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista ed all'Appaltatore.

Le prove di carico dovranno essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assumerà la piena responsabilità mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione, ne sarà responsabile la Direzione dei Lavori.

In relazione al tipo di struttura ed alla natura dei carichi, le prove potranno essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Le prove statiche, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, potranno essere integrate da prove dinamiche e prove a rottura su elementi strutturali.


Tutte le spese per i controlli e per le prove di carico saranno compensate secondo quanto previsto dell'Art. 167 del Regolamento LL.PP. 207/2010, commi 7 e 8:

7. Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

8. La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'esecutore.

### 3.5 DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI

Tutti i lavori nelle varie fasi dovranno essere accuratamente documentati mediante rilievi fotografici e, ove necessario o richiesto dalla D.L., grafici.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	77 di 194

La documentazione fotografica degli interventi dovrà essere catalogata in funzione della zona, della data di intervento e della categoria dell'opera/lavorazione e verrà messa a disposizione del Committente, del D.L. e del Collaudatore.

Al termine dei lavori l'impresa esecutrice dovrà inoltre redigere gli elaborati grafici che descrivono l'opera come è stata effettivamente costruita, a seguito di modifiche progettuali e di adattamenti in corso d'opera ("as built"). Tali elaborati, sottoscritti dall'impresa, dovranno essere consegnati in formato cartaceo ed in formato digitale (con files sia in formato tipo .PDF che in formato vettoriale compatibile tipo AutoCAD).

Si avrà particolare cura nel presentare le parti delle opere e dei rinforzi strutturali che non risulteranno in vista (es. legature inserite a scomparsa entro le murature) al fine di rendere possibile la loro perfetta localizzazione.

### 3.6 SCAVI E MOVIMENTI TERRA

#### 3.6.1 Lavorazioni preliminari

Preliminarmente alle lavorazioni l'Appaltatore dovrà provvedere, esclusivamente a propria cura e spese, ad acquisire informazioni certe presso i vari Enti preposti, circa la presenza e la posizione di impianti e sottoservizi non visibili (Telecom, Enel, ecc.).

##### Interferenze con pubblici servizi

Qualora, durante i lavori, si intersechino dei servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere), saranno a carico del Committente esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti di tali servizi che, a giudizio della Direzione dei Lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'Appaltatore dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi.

Qualunque danno arrecato ad impianti deve essere immediatamente riparato a cura e spese dell'Appaltatore, esonerando il Committente da qualsiasi eventuale responsabilità.

L'Appaltatore, prima di procedere alle successive lavorazioni del terreno, dovrà provvedere a proprie spese all'abbattimento di eventuali piante, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti, all'estirpazione delle ceppaie ed allo spietramento superficiale.


Per tutte quelle lavorazioni compensate "a misura", sia prima dell'inizio delle lavorazioni che alla fine delle lavorazioni stesse, l'Appaltatore dovrà provvedere, in contraddittorio con la Direzione dei Lavori ed esclusivamente a propria cura e spese, al rilievo plano-altimetrico dell'intera area che sarà soggetta a movimenti di terra, rilevando almeno una sezione verticale ogni 5 m o comunque secondo le modalità ritenute più idonee dalla D.L. in funzione delle caratteristiche dello scavo da eseguire.

I picchetti eventualmente posizionati prima di dare inizio agli scavi potranno essere rimossi solo previa autorizzazione della D.L.

#### 3.6.2 Norme generali

I riferimenti normativi applicabili a questa specifica categoria di lavori saranno DM 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni. Gli scavi in genere, per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e/o geotecnica di cui al DM 14 gennaio



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	78 di 194

sopra citato, e allart. 59 del DPR 6.6.2001 n380, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla D.L. e dalla Soprintendenza. Per gli accertamenti relativi alla natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire, a spese dell'Impresa, dalla Direzione dei Lavori presso Laboratori ufficiali di sua scelta.

Qualora i lavori si sviluppino in prossimità di edifici, e quando si possa presumere che lo scavo risulti pericoloso per la loro stabilità, gli scavi dovranno essere preceduti da un attento esame delle loro fondazioni, integrato da sondaggi, tesi ad accertarne la natura, consistenza e profondità.

Gli scavi in genere, per qualsiasi lavoro, saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni, salvo le eventuali variazioni che la Direzione dei Lavori avrà facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Appaltatore ogni onere proprio di tali generi di lavori, essendosi di tutto tenuto conto nel fissare i corrispondenti prezzi unitari.

Gli scavi dovranno essere eseguiti adottando tutte le cautele atte a prevenire qualsiasi disturbo ai manufatti e strutture murarie esistenti, prevedendo se necessario l'esecuzione per fasi successive e le opportune opere di puntellazione.

Nell'esecuzione degli scavi in genere, si dovrà provvedere in modo da impedire scoscendimenti, franamenti e ribaltamento di mezzi; per far ciò si renderà necessario provvedere a delimitare mediante barriere fisse e segnalazioni la zona oggetto di intervento, così da vietare il traffico veicolare sui bordi dello scavo che potrebbe far scaturire possibili franamenti delle pareti. L'utilizzo del nastro segnaletico (giallo-nero o bianco-rosso) dovrà avere esclusivamente funzione di delimitazione e non di protezione. Al fine di evitare cadute di personale all'interno dell'area di scavo sarà, inoltre, necessario mettere in opera dei robusti parapetti (altezza minima 100 cm, munito di tavola fermapiede minima di 20 cm, luce tra tavola superiore e fermapiede massimo 60 cm; nel caso in cui il parapetto sia ad una distanza di almeno 70-80 cm dal bordo dello scavo, la tavola fermapiede potrà essere omessa) disposti lungo i bordi della stessa; nelle opere di sbancamento sarà necessario predisporre la protezione quando lo scavo dovesse superare i 200 cm, mentre nelle trincee dovrà essere predisposta la protezione appena lo scavo supererà i 50 cm di profondità.

Gli accertamenti relativi alla natura, al grado di costipamento ed al contenuto di umidità delle terre dovranno essere svolti, a cura e spese dell'Appaltatore, su indicazione e presso Laboratori ufficiali scelti dalla Direzione dei Lavori. Ciò al fine di determinare le possibilità e modalità d'impiego delle terre.


Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le norme CNR-UNI 10006, Tabella 1.

Nel caso che, a giudizio della Direzione dei Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Appaltatore è tenuto a coordinare ed adeguare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo con le altre opere previste, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Materiali provenienti dagli scavi

**La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà avvenire conformemente a quanto prescritto dal D.Lgs. n°152 del 03/04/2006 e s.m.i. e dal D.G.R.V. n°2424 del 08/08/2008 e s.m.i. e, per quanto riguarda i materiali da portare in discarica, al DM 03/08/2006.**

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà del Committente. L'Appaltatore potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano riconosciuti idonei ed approvati dalla Direzione dei Lavori, ma limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è stabilito il prezzo di Elenco per materiali provenienti dagli scavi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: <b>APPR_39_ST_CSA</b>
		File: <b>APPR_39_ST_CSA.doc</b>
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Rev. <b>00</b> del <b>Luglio 2018</b>
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina <b>79</b> di <b>194</b>

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della D.L.) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere trasportate fuori dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche, o su altre aree altrettanto idonee e disponibili.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in area idonea (previo assenso della D.L.) per essere in seguito riutilizzate a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno costituire un danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque che scorrono in superficie. Sarà, oltremodo, vietato costituire depositi di materiali nelle vicinanze dei cigli degli scavi; qualora tali depositi siano necessari, per le particolari condizioni di lavoro sarà obbligatorio provvedere alle necessarie puntellature che dovranno presentare un sovralzato minimo oltre la quota del terreno pari a 30 cm.

Il trasporto in accumulo e/o lo spandimento in aree indicate dalla Direzione dei Lavori, incluso qualsiasi rimaneggiamento delle materie provenienti dagli scavi, è compreso nel prezzo di elenco degli scavi anche qualora, per qualsiasi ragione, fosse necessario allontanare, depositare provvisoriamente e quindi riprendere e portare in rilevato le materie stesse.

Senza che ciò dia diritto a pretendere delle maggiorazioni sui prezzi d'elenco, i materiali scavati che, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere riutilizzati, ed in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali, le cotiche erbose ed il terreno coltivo, dovranno essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se del caso eseguendo gli scavi a strati successivi. Di norma il deposito sarà effettuato in prossimità degli scavi all'interno del cantiere, in modo, tuttavia, da non ostacolare o rendere pericolosi il traffico e l'attività delle maestranze dell'Appaltatore.

Quando il deposito non fosse richiesto o, per qualsiasi motivo, possibile, il materiale di risulta dovrà, di norma, essere caricato sui mezzi di trasporto direttamente dalle macchine o dagli operai addetti allo scavo e quindi avviato, senza deposito intermedio, ai rinterri.


Solo se, per qualsiasi motivo, non sia possibile né il deposito, né l'immediato reimpiego, sarà ammesso il provvisorio accumulo dei materiali, da impiegarsi nei rinterri, nelle località che saranno prescritte, o comunque accettate, dalla Direzione dei Lavori.

In tutti i casi, i materiali eccedenti, e quelli che non siano impiegabili nei rinterri, dovranno essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto, all'atto dello scavo, e sparsi nelle aree indicate dalla Direzione dei Lavori o avviati a discarica senza deposito intermedio, con a carico dell'Appaltatore ogni onere conseguente.

Oltre agli obblighi particolari sopra citati, con i prezzi di elenco relativi ai vari generi di scavi l'Impresa deve ritenersi compensata anche per i seguenti oneri:

- taglio e scavo, con qualsiasi mezzo, delle materie sia asciutte che bagnate e di qualsiasi consistenza (anche in roccia compatta);
- allontanamento, deflusso o deviazione delle acque superficiali (o piovane) e delle acque freatiche o di falda;
- estirpazione totale con trasporto a discarica di piante e arbusti di qualsiasi genere, e relative radici, nonché riempimento delle buche formate in dipendenza di tali operazioni, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato;
- interrimento di preesistenti fossi, previa espurgazione a rifiuto della fanghiglia di fondo;
- puntellature delle pareti e successivo disarmo;
- perdite parziali o totali di legnami o dei ferri;
- eventuali impalcature, ponti o quanto necessario per il paleggiamento e trasporto dei materiali;



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	80 di 194

- se non esplicitamente compensati nel computo di progetto, si intendono a carico dell'impresa e compensati tutti gli oneri legati al rilevamento, protezione nel corso degli scavi ed eventuale spostamento di sottoservizi;
- ogni altra spesa infine necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

### 3.6.3 Scavi di splateamento e sbancamento

Per scavi a sezione aperta o sbancamento andanti s'intenderanno quelli necessari per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere i manufatti, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali ecc. e, più in generale, quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove si renderà possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie.

Questa categoria di scavi andrà eseguita con gli strumenti e le cautele atte ad evitare l'insorgenza di danni nelle strutture murarie adiacenti.

In questa categoria di scavi, se eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco dovranno avere un'inclinazione ed un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, (si veda tabella in calce all'articolo) da contrastare possibili franamenti e secondo quanto indicato nei disegni di progetto.

Allorché la parete del fronte d'attacco dovesse superare il 150 cm di altezza sarà interdetto lo scavo manuale per scalzamento alla base al fine di evitare il possibile crollo della parete. Nel caso in cui non sia possibile intervenire con mezzi meccanici si adotterà la procedura di scavo con il sistema a gradoni. In ogni caso i lavoratori dovranno essere debitamente distanziati tra loro, sia in senso orizzontale, sia verticale, così da non potersi ferire con, l'attrezzatura utilizzata e con il materiale di scavo.

Nel caso d'utilizzo di mezzi meccanici dovrà essere interdetta la presenza del personale nella zona interessata dal raggio d'azione, nonché sul ciglio ed alla base della parete d'attacco, in quanto aree a rischio di franamenti.

I profili delle pareti di scavo andranno debitamente controllati al fine di rimuovere gli eventuali massi affioranti ed i blocchi di terreno instabili eliminando, in questo modo, possibile rischio di caduta di materiale dall'alto.

L'esecuzione degli scavi di sbancamento può essere richiesta dalla Direzione dei Lavori anche a campioni, di qualsiasi natura, senza che l'Appaltatore possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo di elenco.


Quando negli scavi in genere si fossero passati i limiti assegnati, non solo non si terrà conto del maggior lavoro eseguito, ma l'Appaltatore dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più, o comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere.

Il piano di sbancamento definitivo dovrà essere perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

Sono compresi e compensati nel prezzo gli oneri per l'estirpazione di ceppaie di qualunque numero e dimensioni, ovvero la demolizione e la rimozione di eventuali trovanti lapidei, le eventuali sbadacchiature, l'aggettamento di eventuali acque filtranti, il carico, l'accumulo e la regolarizzazione dei depositi del terreno di scavo nell'area di cantiere, l'onere per l'eventuale successivo spandimento con mezzi meccanici nell'area indicata dalla Direzione dei Lavori ed ogni altro onere per dare il lavoro eseguito a regola d'arte.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00 del
		Pagina	81 di 194

DENOMINAZIONE TERRE	ANGOLO LIMITE DI STABILITÀ		
	ASCIUTTO	UMIDO	BAGNATO
Rocce dure	80÷85°	80÷85°	80÷85°
Rocce tenere o fessurate, tufo	50÷55°	45÷50°	40÷45°
Pietrame	45÷50°	40÷45°	35÷40°
Ghiaia	35÷45°	30÷40°	25÷35°
Sabbia grossa (non argillosa)	30÷35°	30÷35°	25÷30°
Sabbia fine (non argillosa)	25÷30°	30÷40°	20÷30°
Sabbia fine (argillosa)	30÷40°	30÷40°	10÷25°
Terra vegetale	35÷45°	30÷40°	20÷30°
Argilla, marna (terra argillosa)	40÷50°	30÷40°	10÷30°
Terre forti	45÷55°	35÷45°	25÷35°

### 3.6.4 Scavi a sezione obbligata

Per scavi a sezione obbligata si intendono quelli occorrenti per l'apertura a sezione aperta su superficie limitata, ma qualsiasi profondità, ove per l'allontanamento delle materie di scavo sia necessario il loro sollevamento con appositi mezzi (es. scavi incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione, scavi per dar luogo a drenaggi, condutture, fossi e cunette). Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per la fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si troveranno indicate negli elaborati di progetto, saranno pertanto di semplice stima preliminare e potranno essere liberamente variate nella misura che la D.L. reputerà più conveniente. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito.

Per gli scavi di fondazione si applicano le norme previste dal DM 14/01/2008 e s.m.i.

Gli scavi dovranno essere eseguiti impiegando i mezzi e le modalità previsti dal progetto e ritenuti più idonei allo stato dei luoghi e alla natura dei manufatti.


Il fondo degli scavi deve risultare perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione dei Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Appaltatore deve provvedere, di sua iniziativa ed a sue cure e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

Per scavi eseguiti sotto il livello di falda si dovrà provvedere all'abbassamento della stessa.

Affinché le armature corrispondano per robustezza alle effettive necessità sarà consigliabile predeterminare la spinta del terreno, tenendo conto delle eventuali ulteriori sollecitazioni dovute sia al traffico veicolare, sia alla vicinanza di carichi di vario genere (gru, manufatti di vario genere ecc.), nonché delle eventuali infiltrazioni d'acqua (piogge, fiumi ecc.). Nel mettere in opera le armature provvisoriale sarà opportuno tenere in considerazione che la massima pressione d'una parete di scavo si trasmetterà sulla sbadacchiatura soprattutto nella zona mediana, dove questa dovrà, necessariamente, essere più robusta; inoltre, affinché sia efficace, le tavole andranno forzate contro il terreno avendo ben cura di riempire i vuoti.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	82 di 194

Nel caso specifico di scavi di trincee (scavi a sezione obbligata e ristretta) nelle vicinanze di manufatti esistenti (ad es., per opere di drenaggio perimetrali) od in presenza ovvero vicinanza di terreni precedentemente scavati e, pertanto, meno compatti o, infine, in presenza di vibrazioni causate dal traffico di autoveicoli, ovverosia in tutti quei casi dove la consistenza del terreno non fornirà sufficiente garanzia di stabilità e compattezza, anche in funzione della pendenza delle pareti, sarà sempre obbligatorio (a partire da 150 cm di profondità o 120 cm nel caso il lavoratore dovesse operare in posizione chinata) predisporre, man mano che procederà lo scavo, adeguate opere di sbatacchiamento, così da eludere rischi di franamento e pericoli di seppellimento degli addetti alla procedura. L'esecuzione degli scavi a sezione obbligata può essere richiesta dalla Direzione dei Lavori anche a campioni di qualsiasi natura senza che l'Impresa possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo di elenco.

Quando negli scavi in genere si fossero passati i limiti assegnati in progetto, non solo non si terrà conto del maggior lavoro eseguito, ma l'Impresa dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più, o comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere.


Compiuta la muratura di fondazione e/o le opere previste, lo scavo dovrà essere diligentemente riempito e costipato (fermo restando l'autorizzazione della D.L.) con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante i rinterri).

L'Appaltatore dovrà provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

### 3.6.5 Scavi archeologici o con assistenza archeologica

I lavori di scavo archeologico dovranno essere eseguiti conformemente alle indicazioni della Soprintendenza ed alle norme scientifiche tenendo conto anche delle vigenti raccomandazioni dell'UNESCO. Con l'operazione di scavo (operazione irripetibile, irreversibile e solo molto limitatamente prevedibile) si rimuoverà il riempimento ammucchiatosi per strati sopra le vestigia antiche, togliendo questi strati nell'ordine inverso a quello in cui si sono sedimentati. Da qui la "necessità" di scavare con la massima consapevolezza, obiettività e rigore possibile, dato che ciò che sarà distrutto potrà essere "ricostruito" solo per mezzo della documentazione che sarà lasciata.

Lo scavo dovrà essere eseguito solo dopo aver accuratamente delimitato tutta l'area di cantiere, avere ottenuto tutte le autorizzazioni da parte dei competenti organi di tutela dei beni oggetto di scavo (Soprintendenza Archeologica) e solo dietro sorveglianza e guida del personale preposto ovvero del Direttore di Scavo. Dopo aver eventualmente ripulito dalla vegetazione e da eventuali riempimenti superficiali di cui si sia verificata la non utilità ai fini scientifici, anche nel caso in cui emergano dal suolo strutture murarie ben precise, potrà essere opportuno (tranne nei casi di trincee ovvero saggi di limitata estensione o ancora di scavi entro ambienti chiusi di modeste dimensioni quali cripte, tombe a camera ecc.) utilizzare una delimitazione artificiale dell'area da scavare mediante un reticolo di maglie quadrate (quadrettatura del terreno) di dimensioni variabili a seconda dei casi. Nel caso in cui il sito lo permetta e se non diversamente specificato dalla D.L. o dal funzionario addetto alla tutela del bene, sarà preferibile eseguire uno scavo estensivo a scacchiera dei quadrati, piuttosto che piccoli interventi parziali, con i quali si potrà rischiare di perdere parte delle informazioni.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	83	di	194

Gli scavi dovranno essere eseguiti, se non diversamente specificato dalla D.L. e/o dagli organi di tutela, rigorosamente a mano, con la massima cura ed attenzione, da personale specializzato (presente negli appositi elenchi degli addetti di opere specialistiche) ed opportunamente attrezzato.

Le tecniche di scavo si dovranno differenziare in base al tipo di terreno, al tipo di ambiente circostante, alla tipologia e alla posizione delle strutture emergenti ovvero sepolte, alla variabilità delle sezioni di scavo, alle caratteristiche dei manufatti e dei reperti così che non si verifichino inconvenienti ovvero danneggiamenti alle vestigia archeologiche o agli operatori addetti allo scavo. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno eseguire operazioni con differente grado di accuratezza nella vagliatura delle terre e nella cernita e selezione dei materiali, nella pulitura, allocazione e cartellinatura di quanto trovato in appositi contenitori e/o cassette. A seconda della dimensione e consistenza dello strato asportato, il taglio della parete dovrà essere eseguito con il piccone o con la trowel; se conci lapidei, tegole, o altri materiali ovvero reperti (frammenti di ceramica, di vasellame metallico, utensili di vetro, ma anche ossa, resti vegetali ecc.) dovessero fuoriuscire dalla parete, dovranno obbligatoriamente essere lasciati al loro posto "tagliando" il terreno attorno ad essi al fine di evitare crolli. Le eventuali pareti in argilla non andranno levigate per poterne leggere la struttura, ma lavorate con la punta della trowel.

All'interno dell'area di pertinenza dello scavo dovrà, necessariamente, essere previsto un deposito (facilmente raggiungibile con le carriole) per la terra di risulta raccolta dallo scavo archeologico.


#### Avvertenze da seguire in ogni scavo

A prescindere dalle problematiche riscontrate in qualsivoglia scavo archeologico, le linee guida che dovranno, in ogni caso, essere seguite al fine di evitare la dispersione di elementi utili o l'insufficienza della documentazione saranno:

- identificazione dei singoli elementi della stratigrafia del terreno (unità stratigrafiche US), con conseguente asportazione, di ogni singolo strato, in senso cronologico inverso ovvero rimuovendo per primi i livelli che si sono depositati per ultimi, identificando ogni elemento estraneo, come buche, fossati, terrapieni ecc. i quali andranno scavati a parte;
- relazione cronologica tra le varie US e con le strutture edilizie;
- scrupoloso prelievo di tutti gli eventuali reperti contenuti nello strato e dei campioni per le analisi (utilizzando operazioni quali la setacciatura della terra e la flottazione) utili per la ricostruzione della storia; operazione da eseguire con l'accortezza di non mescolarli con quelli degli altri strati. I singoli elementi (strati, reperti, strutture ecc.) dovranno essere registrati su apposite schede via via che verranno messi in luce; contemporaneamente, sarà necessario, annotare sul giornale di scavo le osservazioni generali, l'insieme delle operazioni seguite, eventuali ipotesi da verificare ecc.;
- accurata documentazione grafica (aggiornamenti giornalieri dello scavo) e fotografica del lavoro compiuto ovvero la documentazione di ogni singolo piano e di tutte le strutture murarie emergenti, così da garantire alla comunità la conoscenza e la verifica dei risultati.

Specifiche: nel compiere lo scavo di strutture murarie (sia nel caso di scavo archeologico programmato sia rinvenimenti occasionali) dovrà essere cura dell'appaltatore porre particolare attenzione ai rischi di danneggiamento delle strutture rinvenute; tra le classi di dissesto più ricorrenti potrà verificarsi:

- perdita di verticalità delle strutture murarie dovute alle differenze di materiale e di legante, all'apparecchio, al rovesciamento di cresta, allo slittamento al piede, alla spinta mediana, al cedimento di base;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	84 di 194

- perdita di orizzontalità delle strutture murarie dovute a smembramento di muri con elementi di apparecchio di piccola taglia, cedimento di elementi di grande taglia;
- spostamento degli elementi lapidei per calpestio o lavorazione;
- erosione della terra;
- differenza di materiali lapidei;
- perdita di allineamento o giacitura delle strutture murarie;
- differenze di comportamento dei muri, sollecitazioni esterne;
- presenza di acque.

A carico dell'Appaltatore saranno tutte le assistenze quali la preventiva quadrettatura dell'area di scavo, l'apposizione dei riferimenti topografici, la cartellinatura, il ricovero e la custodia dei materiali in locali attrezzati.

### Scavo con assistenza archeologica

Lo scavo alla presenza di un archeologo dovrà essere eseguito, al prezzo stabilito in Elenco Prezzi Unitari, ogniqualvolta questo sia ritenuto necessario dagli organi di tutela. Ogni intervento di scavo dovrà essere eseguito nel rispetto delle pause/sospensioni temporali di scavo dettate dall'archeologo stesso.

L'Appaltatore dovrà fornire l'assistenza all'archeologo in tutte le fasi di scavo, ad esclusione delle fasi di "scavo archeologico" eseguite conformemente alle indicazioni della Soprintendenza ed alle norme scientifiche tenendo conto anche delle vigenti raccomandazioni dell'UNESCO.

**Nei prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi, anche ove non espressamente riportato, si intendono compresi e compensati l'assistenza all'archeologo, l'esecuzione degli scavi nel rispetto delle pause/sospensioni temporali dettate dall'archeologo stesso, le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dell'eventuale presenza di reperti archeologici di qualsiasi natura e complessità, e ogni altro onere necessario per dare i lavori finiti a regola d'arte.**

**Per le eventuali pause/sospensioni temporali dettate dall'archeologo o dall'intervento degli organi di tutela competenti, non sarà riconosciuto compenso alcuno all'Appaltatore, in quanto lo stesso si intende già remunerato dai prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi.**

### **3.6.6 Scavi di fondazione**


Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere murarie e che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi, tra pareti verticali riproducenti il perimetro della fondazione dell'opera.

Gli scavi occorrenti per la fondazione delle opere d'arte saranno spinti fino al piano che sarà stabilito dalla Direzione dei Lavori. Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale e sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte, per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Anche nei casi di fondazioni su strati rocciosi questi ultimi debbono essere convenientemente spianati a gradino, come sopra.

Gli scavi di fondazione comunque eseguiti saranno considerati a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, compensate nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo. Nel caso di franamento dei cavi, è a carico dell'Appaltatore procedere al ripristino senza diritto a compensi.

Dovrà essere cura dell'Appaltatore eseguire le armature dei casseri di fondazione con la maggiore precisione, adoperando materiale di buona qualità e di ottime condizioni, di sezione adeguata agli sforzi cui verrà

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	85	di	194

sottoposta l'armatura stessa ed adottare infine ogni precauzione ed accorgimento, affinché l'armatura dei cavi riesca la più robusta e quindi la più resistente, sia nell'interesse della riuscita del lavoro sia per la sicurezza degli operai adibiti allo scavo.

L'Appaltatore dovrà dunque intendersi l'unico responsabile dei danni che potessero avvenire alle persone ed ai lavori per deficienza od irrazionalità delle armature; è escluso in ogni caso l'uso delle mine.

Gli scavi potranno essere eseguiti anche con pareti a scarpa, ove l'Appaltatore lo ritenga di sua convenienza. In questo caso non sarà compensato il maggior scavo oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese, al riempimento, con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera. Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di m 0.20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione.

Ogniqualevolta si troverà acqua nei cavi di fondazione in misura superiore a quella suddetta, l'Appaltatore dovrà provvedere mediante pompe, canali fuggatori, ture, o con qualsiasi mezzo che ravvisasse più opportuno o conveniente, ai necessari aggettamenti, che saranno compensati a parte ove non sia previsto il prezzo di elenco relativo a scavi subacquei.

In tale prezzo si intende contrattualmente compreso l'onere per l'Appaltatore dell'aggettamento dell'acqua durante la costruzione della fondazione in modo che questa avvenga all'asciutto. L'Appaltatore sarà tenuto ad evitare la raccolta dell'acqua proveniente dall'esterno nei cavi di fondazione; ove ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.

### 3.6.7 Scavi di accertamento e ricognizione


Tali operazioni si realizzeranno solo ed esclusivamente dietro esplicita richiesta e sorveglianza della Direzione dei Lavori, seguendo le indicazioni e le modalità esecutive da essa espresse e/o dal personale tecnico incaricato. I detriti, i terreni vegetali di recente accumulo verranno sempre rimossi a mano con la massima attenzione previa esecuzione di modesti sondaggi al fine di determinare la quota dei piani originali sottostanti (e delle loro eventuali pavimentazioni) in modo da evitare danni e rotture ai materiali che li compongono. Se non diversamente specificato dalla Direzione dei Lavori, le rimozioni dei materiali saranno eseguite a mano, senza l'ausilio di mezzi meccanici. In ogni caso l'uso di mezzi meccanici sarà subordinato alla presenza di eventuali reperti in situ e, quindi, all'indagine preventiva. Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempi differiti (ad es. per riempimenti) saranno depositate nell'ambito del cantiere, in luogo che non provochi intralci o danni.

### 3.6.8 Scavi subacquei e prosciugamenti

Se l'Appaltatore, malgrado l'osservanza delle prescrizioni di cui agli articoli precedenti non potesse, in caso di acque sorgive o filtrazioni, far defluire l'acqua naturalmente dagli scavi in genere e da quelli di fondazione, sarà facoltà della D.L. ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente, sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	86 di 194

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la direzione dei lavori ordinesse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

Per i prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

### 3.6.1 Armature degli scavi – opere di sbatacchiamento

Le tipologie di armature saranno scelte in funzione della consistenza del terreno, alla profondità da raggiungere, ai carichi gravanti ed alla metodologia di scavo. In ogni caso tutti gli elementi che comporranno il presidio (tavole, traversi, puntelli ecc.) dovranno essere di materiale robusto opportunamente dimensionato e selezionato, inoltre l'armatura dovrà sporgere dai bordi dello scavo per almeno 30 cm. Nel caso di scavi di trincee eseguiti a mano si potranno distinguere quattro sistemi:

- a) con tavole verticali;
- b) con tavole orizzontali;
- c) con marciavanti;
- d) con pannelli prefabbricati.

L'armatura con tavole lignee (spessore minimo 30-40 mm) o metalliche poste verticalmente sarà, di norma, limitata a scavi di profondità pari alla lunghezza delle tavole (generalmente non superiori ai 4 m); le tavole saranno forzate contro le pareti con l'ausilio di puntelli d'acciaio regolabili o fissi (luce massima tra puntello e piano di fondazione 100 cm) e si dovrà avere cura di colmare i vuoti tra la sbadacchiatura e la parte di cavo con idoneo materiale.

L'utilizzo di armatura con tavole orizzontali sarà possibile in presenza di terreni che garantiranno una buona consistenza in modo da poter eseguire la procedura di scavo per cantieri di circa 60-80 cm di profondità. Quella a marciavanti sarà resa possibile per terreni poco consistenti o spingenti od in caso di scavi profondi; i "marciavanti" dovranno essere tavole di notevole spessore con estremità appuntita od altrimenti dotata di punta ferrata; in caso di terreno completamente sciolto sarà consigliabile armare anche il fronte di scavo, così da eludere rifluimenti di materiale.


In alternativa a questi sistemi si potranno utilizzare idonei pannelli prefabbricati o, altrimenti, casseri metallici prefabbricati regolabili per mezzo di pistoni idraulici o ad aria compressa. Entrambi questi sistemi, verranno calati all'interno dello scavo attraverso un apparecchio di sollevamento. Per scavi d'elevate profondità le armature saranno predisposte per essere montate sovrapposte.

Quale che sia il sistema messo in opera l'armatura dovrà, obbligatoriamente, essere rimossa progressivamente e per modeste altezze in funzione all'avanzare delle opere definitive.

### 3.6.2 Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti delle concavità e le murature, o da addossare alle murature e fino alle quote prescritte dalla D.L., saranno impiegati, in generale, ove possibile e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della D.L., per la



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	87 di 194

formazione dei rilevati. Quando verranno a mancare in tutto o in parte i materiali sopra descritti, si dovrà provvedere a prelevarli ovunque si crederà opportuno, purché siano riconosciuti idonei da controlli eseguiti dalla D.L. È fatto obbligo all'Impresa di indicare alla Direzione dei Lavori le cave dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati/rinterri. La Direzione dei Lavori si riserverà la facoltà di fare analizzare tali materiali presso Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Impresa. Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose vagliate con setacci medio-piccoli (prive di residui vegetali e sostanze organiche); resterà vietato in modo assoluto l'impiego di materie argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento d'acqua si rammolliranno o si gonfieranno generando spinte. I materiali (nello spessore di circa 30 cm) dovranno presentare, a compattazione avvenuta, una densità non inferiore al 95% della densità massima di compattazione individuata dalle prove eseguite in laboratorio (densità riferita alla densità massima secca AASHTO modificato).


Nella formazione di suddetti riempimenti dovrà essere usata ogni attenzione affinché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali d'uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggior regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito. Ogni strato dovrà essere messo in opera solo dopo l'approvazione dello stato di compattazione dello strato precedente; lo spessore di ogni singolo strato dovrà essere stabilito in base a precise indicazioni progettuali o fornite dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai 30 cm). Nel caso di compattazioni eseguite su aree o porzioni di terreno confinanti con murature, apparecchi murari o manufatti in genere, si dovranno utilizzare, entro una distanza pari a 2 m da questi elementi, idonee piastre vibranti o rulli azionati a mano (in questo caso si dovrà prevedere una sovrapposizione delle fasce di compattazione di almeno il 10% della larghezza del rullo stesso al fine di garantire una perfetta uniformità) con le accortezze necessarie a non degradare i manufatti già in opera. Ogni strato sarà costipato procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo inaffiamento se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza del manufatto (in area idonea prescelta dalla D.L.) per essere riprese, poi, e trasportate con carriole, barelle od altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri. Sarà, inoltre, vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Nelle zone esterne il materiale dei rilevati/rinterri potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione dei Lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

Se nei rilevati/rinterri avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a tutte sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura/pavimentazione.

I rilevati si dovranno presentare, obbligatoriamente, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati. La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni dovrà essere preventivamente scorticata (ovverosia taglio d'eventuali piante, estirpazione delle radici, degli arbusti e completa asportazione del terreno vegetale circostante), ove occorra e, se inclinata, dovrà essere tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	88	di	194

### 3.7 DEMOLIZIONI; RIMOZIONI; DISGAGGI

#### 3.7.1 Generalità

Prima di iniziare le demolizioni l'Appaltatore deve programmare modalità e successione dei lavori oltre ad individuare e predisporre le aree adibite a ricevere il materiale di risulta che dovrà essere successivamente inviato alle idonee discariche a cura e spese dell'Appaltatore. L'Appaltatore è tenuto ad adottare tutte le necessarie precauzioni e misure atte a prevenire infortuni alle persone e danni alle strutture adiacenti e deve, di conseguenza, porre in opera tutte le protezioni, sbadacchiature, rinforzi e puntelli necessari, oltre ad eseguire dei saggi per individuare il grado di collegamento dell'opera da demolire alle strutture perimetrali esistenti da conservare.

Si richiama inoltre la necessità di valutare attentamente il comportamento delle strutture durante i lavori, soprattutto con riferimento al loro stato di conservazione e di stabilità ed alle variate condizioni di sollecitazione e di vincolo.

Le demolizioni devono essere limitate alle parti e dimensioni prescritte nel progetto o comunque indicate dalla Direzione dei Lavori. Qualora, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero danneggiate altre parti o comunque oltrepassati i limiti fissati, le parti danneggiate o demolite vanno ricostruite a spese dell'Appaltatore.

**Il materiale di risulta dovrà essere raccolto tutto e trasportato nelle idonee discariche a cura e spese dell'Appaltatore ripristinando le aree nelle condizioni precedenti alla demolizione.**

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia parziali che complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o disturbo.


Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso, e di sollevare polvere, per cui tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare nei limiti concordati con la direzione dei lavori, sotto pena di rivalsa di danni a favore della stazione appaltante.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, devono essere opportunamente puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla direzione stessa, usando cautele per non danneggiarli sia nella pulizia, sia nel trasporto, sia nei loro assestamenti e per evitarne la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà della Amministrazione appaltante, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati, ai sensi dell'art. 36 del vigente Capitolato generale, con i prezzi indicati nell'Elenco Prezzi.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono sempre essere trasportati dall'Appaltatore fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	89	di	194

### 3.7.2 Interventi di demolizione o sostituzione su manufatti storici

Per manufatti storici gli interventi di demolizione o sostituzione riguarderanno esclusivamente porzioni o sistemi strutturali che risultino del tutto irrecuperabili dopo attenta campagna di rilievo e diagnosi. Ovvero tutti quei sistemi e/o sottosistemi non più in grado di assolvere la loro funzione statica, nemmeno mettendo in atto interventi consolidanti puntuali od estesi, in grado di lavorare in parallelo e/o in modo collaborante con gli stessi. Potrà essere ordinata la demolizione parziale di murature per la realizzazione di nuove aperture e/o la rimozione di tamponature in mattoni, pietre o c.a. di qualunque spessore realizzate in forature preesistenti.

Si dovrà fare ricorso ad opere di sostituzione parziale solo quando alcune parti od elementi della struttura si presenteranno deteriorati a tal punto da non garantire la stabilità dell'intera struttura. Si utilizzeranno sempre e comunque a tal scopo, materiali e tecniche idonee, possibilmente asportabili e/o sostituibili, in contrasto per forma e/o tipologia e/o materiale col manufatto esistente, pertanto nettamente identificabili e riconoscibili.

Potranno inoltre essere richieste demolizioni, anche parziali e/o in breccia, per consentire l'esecuzione di nuove opere architettoniche ed impiantistiche. Tali interventi dovranno rispettare rigorosamente le indicazioni del progetto approvato dalla competente Soprintendenza, senza che vi siano apportate modifiche non autorizzate da parte dell'Impresa, e dovranno essere condotti adottando le tecniche, le modalità operative e le opere provvisorie più idonee a garantire la perfetta conservazione e salvaguardia delle porzioni del bene da conservare.

Tutte le pavimentazioni potranno eventualmente essere recuperate integralmente dietro specifiche indicazioni della D.L.

Qualsiasi operazione sarà comunque da concordare preventivamente con la D.L. previa specifica autorizzazione degli enti preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

L'Impresa Appaltatrice non avrà diritto a chieder alcun maggiore compenso nel caso in cui, per procedere alla demolizione di manufatti rinvenuti nel corso dei lavori ed interferenti con la realizzazione delle opere, si dovesse rendere necessario acquisire preventivamente l'autorizzazione degli organi di tutela preposti.

Durante le operazioni di demolizione l'Impresa dovrà evitare vibrazioni e/o l'emissione di polveri che possano arrecare qualsiasi danno al manufatto ed a persone e cose circostanti.


A tale proposito si potrà prevedere (ove compatibile con le esigenze di conservazione) ad irrorare con acqua le murature ed i materiali di risulta e prevedendo in accordo con la DL eventuali ulteriori misure.

Le modalità di intervento e il tipo di attrezzatura impiegata dovranno essere preventivamente concordate con la DL.

Nello smontaggio di murature e strutture lignee particolare cura dovrà essere adottata al fine di permettere il recupero di mattoni e di elementi lignei non degradati. Tali elementi verranno conservati all'interno dell'area di cantiere e tenuti a disposizione della DL per un eventuale riutilizzo anche parziale.

Le demolizioni e/o le asportazioni totali o parziali di murature, intonaci, solai, ecc., nonché l'operazione di soppressione di stati pericolosi in fase critica di crollo, anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, al fine sia di non provocare eventuali danneggiamenti alle residue strutture, sia di prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro; dovranno, inoltre, essere evitati incomodi, disturbi o danni collaterali. Particolare attenzione dovrà essere fatta allo scopo di eludere l'eventuale formazione di zone d'instabilità strutturale.

Sarà assolutamente interdetto: gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno essere, necessariamente, trasportati o meglio guidati a terra, utilizzando cestelli, montacarichi o attraverso idonei sistemi di

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	90	di	194

canalizzazione (ad es. tubi modulari telescopici) la cui estremità inferiore non dovrà risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta; l'imboccatura superiore del canale, dovrà, inoltre, essere protetta al fine di evitare cadute accidentali di persone o cose. Ogni elemento del canale dovrà imboccare quello successivo e, gli eventuali raccordi, dovranno essere opportunamente rinforzati. Il materiale di demolizione costituito da elementi pesanti od ingombranti (ad es. la carpenteria lignea), dovrà essere calato a terra con idonei mezzi (gru, montacarichi ecc.).

Prima dell'inizio della procedura dovrà, obbligatoriamente, essere effettuata la verifica dello stato di conservazione e di stabilità delle strutture oggetto di intervento e dell'eventuale influenza statica su strutture corrispondenti, nonché il controllo preventivo della reale disattivazione delle condutture elettriche, del gas e dell'acqua onde evitare danni causati da esplosioni o folgorazioni.

Si dovrà, inoltre, provvedere alle opere di puntellamento eventualmente necessarie ed alla messa in sicurezza temporanea (mediante idonee opere provvisoriale) delle parti di manufatto ancora integro o pericolanti per le quali non siano previste opere di rimozione.


Sarà, inoltre, necessario delimitare ed impedire l'accesso alla zona sottostante la demolizione (mediante tavolato ligneo o d'altro idoneo materiale) ed allestire, in corrispondenza ai luoghi di transito o stazionamento, le doverose protezioni e barriere parasassi (mantovane) disposte a protezione contro la caduta di materiali minuti dall'alto. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico del materiale di demolizione per le operazioni di carico e trasporto dovrà essere consentito soltanto dopo che sarà sospeso lo scarico dall'alto.

Preliminarmente all'asportazione ovvero smontaggio di elementi da ricollocare in situ sarà indicato il loro preventivo rilevamento, classificazione e posizionamento di segnali atti a facilitare la fedele ricollocazione dei manufatti.

Questo tipo di procedura dovrà essere strettamente limitata e circoscritta alle zone ed alle dimensioni prescritte negli elaborati di progetto. Nel caso in cui, anche per l'eventuale mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero asportate altre parti od oltrepassati i confini fissati, si dovrà provvedere al ripristino delle porzioni indebitamente demolite, a cura e spese dell'Impresa, seguendo scrupolosamente le prescrizioni enunciate negli articoli specifici.

Tutti i materiali riutilizzabili (mattoni, piastrelle, tegole, travi, travicelli ecc.) dovranno essere opportunamente calati a terra, "scalcinati", puliti (utilizzando tecniche indicate dalla D.L.), ordinati e custoditi, nei luoghi di deposito che saranno segnati negli elaborati di progetto (in ogni caso dovrà essere un luogo pulito, asciutto, coperto eventualmente con teli di PVC, e ben ventilato; sarà, inoltre, consigliabile non far appoggiare i materiali di recupero direttamente a contatto con il terreno interponendovi apposite pedane lignee o cavalletti metallici), usando cautele per non danneggiarli, sia nelle operazioni di pulitura, sia in quelle di trasporto e deposito. Detti materiali, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, resteranno tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e/o rimozioni dovranno sempre essere trasportati (dall'appaltatore) fuori dal cantiere, in depositi indicati ovvero alle pubbliche discariche nel rispetto delle norme in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	91 di 194

Per demolizioni di notevole estensione sarà obbligo predisporre un adeguato programma, da sottoporre all'approvazione della DL e del CSE nel quale verrà riportato l'ordine sia in termine di sequenza temporale che di suddivisione in successive zone di intervento delle varie operazioni.

Nella zona sottostante le demolizioni, rimozioni e disaggi deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

**Le modalità di intervento e il tipo di attrezzatura impiegata dovranno essere preventivamente concordate con la D.L.**

**Ove presenti, dovranno sempre essere recepite e rispettate le indicazioni di dettaglio fornite dal progetto in merito alle fasi e alle modalità di demolizione/puntellazione**

**Sarà fatto tassativo divieto all'Impresa di procedere alla demolizione, anche parziale, di strutture e manufatti – anche interferenti con le lavorazioni – per i quali non sia stata preventivamente acquisita, in fase di approvazione del progetto esecutivo o in corso d'opera, l'esplicita autorizzazione da parte degli organi preposti alla tutela del bene.**

### 3.7.3 Demolizione di strutture murarie di fondazione


La demolizione parziale o totale di elementi di fondazione avverrà a mano o con l'ausilio di piccoli mezzi meccanici (ad es. piccoli martelli pneumatici) in funzione del materiale, delle dimensioni, della tipologia e della sicurezza. Quando sarà possibile il manufatto da demolire dovrà essere reso agibile da ogni lato (avendo cura però di non scalzare l'intera struttura) mediante precedente scavo a sezione obbligata del terreno circostante preferibilmente eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli scavatori (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato agli articoli specifici sugli scavi) e successive opere di sbadacchiature al fine di eludere eventuali frane. Le suddette sbadacchiature dovranno essere controllate periodicamente, specialmente in seguito a piogge o gelate, ed eventualmente incrementandole se necessario.

La procedura si attuerà dall'alto verso il basso (tenendo sempre ben presente il ruolo strutturale dell'elemento interessato e delle eventuali azioni di spinta, di contropinta o di contenimento che esso esercita rispetto ad altre strutture o al terreno) per modesti cantieri in senso longitudinale allorché il manufatto oggetto di intervento costituisca contrasto con il terreno, che non sia contemporaneamente o anteriormente rimosso. Precedentemente alla demolizione si renderà necessario costituire un presidio d'opere provvisoriamente atte sia alla puntellazione delle eventuali strutture adiacenti o limitrofe, sia alla puntellazione del terreno; inoltre, per altezze superiori a 1,50 m, sarà opportuno costituire dei ponti di servizio indipendenti dall'opera da demolire.

### 3.7.4 Demolizione di strutture murarie

La demolizione delle murature, di qualsiasi genere esse siano, dovrà essere preceduta da opportuni saggi per verificare la tipologia ed il reale stato di conservazione. Gli operatori addetti alla procedura dovranno lavorare su ponti di servizio indipendenti dal manufatto in demolizione: non si potrà intervenire sopra l'elemento da demolire se non per altezze di possibile caduta inferiore ai 2 m. Nel caso di demolizioni di murature soprastanti al perimetro di solai o strutture a sbalzo sarà indispensabile attuare ogni cautela al fine di non innescare, di conseguenza alla diminuzione del grado d'incastro, eventuali cedimenti od improvvise cadute delle strutture (anche sotto carichi limitati o per solo peso proprio). Particolare attenzione dovrà essere fatta in presenza di tiranti annegati nella muratura oggetto di intervento; una loro involontaria rottura, o quantomeno



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	92 di 194

lesione, potrebbe innescare fenomeni di dissesto non previsti in fase di progetto pertanto, in presenza di tali dispositivi, sarà opportuno operare con la massima cautela prevedendo le necessarie protezioni.

L'appaltatore prima di dare luogo alla demolizione di canne fumarie o di parti di muratura ove è probabile o nota la presenza di canne fumarie, deve accertarsi che tali manufatti non siano realizzati in amianto cemento. Qualora sussista tale probabilità in modo incerto saranno, a cura e spese dell'Appaltatore, prelevati ed esaminati campioni del materiale costituente. L'evidenza di un materiale contenente amianto compatto o friabile nella realizzazione o nella fasciatura delle canne fumarie deve prevedere notifica all'ente di controllo e avvio della procedura di sicurezza per la protezione dei lavoratori coinvolti.

La demolizione di murature contenenti canne fumarie può dare luogo allo scivolamento di macerie lungo il canale stesso oltre la quota più bassa di demolizione. Allo scopo di prevenire l'accadimento l'Appaltatore provvederà a chiudere le canne oggetto di demolizione alla quota più bassa prima dell'avvio della demolizione.

#### 3.7.4.1 **Demolizione di strutture portanti e/o collaboranti**

Previo esecuzione di tutte le procedure preliminari (saggi, puntellamenti, opere di contraffortatura ecc.) al fine di individuare esattamente tutti gli elementi che saranno direttamente od indirettamente sostenuti dalle strutture portanti o collaboranti oggetto d'intervento (al fine di eludere crolli improvvisi e/o accidentali), la demolizione di setti murari portanti in mattoni pieni, in pietra o misti dovrà procedere dall'alto verso il basso per successivi cantieri orizzontali di estensione limitata (così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro eventuali conseguenze nelle zone limitrofe); di norma i blocchi non dovrebbero superare i quattro mattoni od analoga dimensione, quando si tratta di pietre od altro materiale (circa 10-15 kg), così da consentire la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore. La rimozione sarà preferibilmente eseguita manualmente con l'ausilio di mazzetta e scalpello (ovvero punta o raschino), oppure, se l'apparecchio presenta elevata compattezza, con scalpello meccanico leggero; solo in casi particolari, e sempre sotto prescrizione della D.L., si potrà utilizzare il piccone.

Altri metodi di demolizione dovranno essere previsti espressamente da progetto e/o concordati con la D.L..


#### 3.7.4.2 **Demolizione di tramezzature**

La demolizione parziale e/o totale di tramezzature seguirà le modalità descritte per la procedura riguardante le strutture portanti e collaboranti; spesso, infatti, semplici tramezzi in mattoni pieni od anche forati apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, si possono rilevare dei rompitratta, ovvero sia l'inflessione (con la conseguente deformazione) della struttura lignea del solaio sovrastante potrebbe, di fatto, aver trasformato il tramezzo devolvendogli, almeno in parte, una funzione strutturale, spesso impreveduta, ma, in certe circostanze, essenziale alla stabilità del manufatto. Una demolizione arbitraria di un tramezzo di questo tipo potrebbe, pertanto, portare anche al collasso delle strutture orizzontali.

### 3.7.5 **Demolizioni di strutture a telaio in c.a. con piccoli martelli pneumatici**

Nel caso di demolizione parziale di strutture a telaio in c.a. dovranno essere precedentemente rimosse completamente le eventuali tramezzature e tamponature al fine di evitare la possibilità di crollo spontaneo d'elementi scarsamente collegati; inoltre, una volta liberata la struttura portante dalle tamponature, sarà più facilmente valutabile la scelta dei punti da cui iniziare la demolizione. Durante la demolizione (che avverrà con l'ausilio di piccoli martelli pneumatici), in special modo di travi, si renderà necessario il controllo ripetuto della



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	93	di	194

direzione delle armature che, se posizionate in maniera errata rispetto alla collocazione teorica, potranno indicare le reali sezioni di minor resistenza.

### 3.7.6 Preparazione di superfici in calcestruzzo da ripristinare o da trattare superficialmente

Le superfici in calcestruzzo che dovranno essere oggetto di interventi di ripristino o di protezione superficiale, dovranno essere accuratamente trattate secondo modalità contenute negli elaborati di progetto e secondo indicazioni impartite dalla Direzione Lavori.

In linea di principio il trattamento serve a favorire l'aggrappo dello strato di nuova stesa ed a impedire la formazione di future superfici di distacco.

Ove prevista la verniciatura di superfici senza preventiva rasatura con malte, si procederà dapprima alla sabbatura della stessa superficie per l'asportazione di ogni traccia di unto, grasso o di preesistenti trattamenti superficiali. In ogni caso spetterà alla Direzione Lavori approvare sia le attrezzature usate che il grado di preparazione della superficie.

Per la preparazione di superfici da ripristinare o da rivestire con malte, il trattamento da eseguire sarà indicato in progetto o comunque scelto dalla Direzione Lavori in funzione di come si presenterà il sottofondo e della sua estensione ed ubicazione nell'ambito della struttura.

In generale, il sottofondo dovrà essere accuratamente sgaggiato con mezzi meccanici (bocciarde), per la completa asportazione di tutto il calcestruzzo degradato o in fase di distacco, fino ad ottenere comunque una superficie con asperità dell'ordine di 2-3 mm.

Questi trattamenti dovranno comunque essere completati con sabbatura a secco per l'asportazione di ogni traccia di grasso, disarmante, vernici, polvere o incrostazioni di sale, nonché dell'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura che, salvo ordine contrario della Direzione Lavori, dovranno essere sabbati a metallo bianco e trattati con idoneo inibitore di corrosione; i prodotti potranno essere impiegati solo se approvati dalla Direzione Lavori.


In particolare si dovrà aver cura di verificare che non siano rimasti residui di materiale incoerente a saturare le fessure. Qualora la superficie dovesse presentare fessure di notevole spessore, su indicazione della Direzione Lavori si procederà alla stuccatura delle stesse con idonei materiali e, quando necessario, alla loro iniezione con sistemi epossidici.

### 3.7.7 Demolizione mediante taglio con filo e/o disco diamantato

Le strutture esistenti dovranno essere suddivise in pannelli mediante tagli trasversali e longitudinali, avendo cura di controllare che ogni porzione di struttura non superi il peso indicato negli elaborati di progetto, al fine di permetterne il sollevamento in condizioni di sicurezza. I tagli potranno essere realizzati sia con tecnologia a filo diamantato che a disco diamantato. La sequenza dei tagli è quella indicata sulle tavole di progetto.

**Numero e posizione dei tagli e peso dei pannelli in cui verranno suddivise le strutture dovranno comunque essere indicati nei piani delle demolizioni presentati dall'Appaltatore, che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.**

**Nell'individuare le modalità operative, laddove necessario, l'Impresa dovrà rispettare le indicazioni di dettaglio fornite dal progetto e/o le specifiche indicazioni impartite in corso d'opera dalla D.L. anche in merito ai metodi e alle sequenze di puntellazione in fase di demolizione.**

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	94 di 194

L'allontanamento dall'area di lavoro dei pannelli dovrà essere immediatamente successivo al taglio del singolo pannello; prima dell'effettuazione del taglio longitudinale il pannello andrà fissato alle funi di appensione del mezzo sollevatore mediante idonei dispositivi approvati dalla Direzione Lavori, quindi si procederà al sollevamento, al carico su idonei mezzi di trasporto, ed al trasporto e stoccaggio in apposita area del cantiere approvata dalla Direzione Lavori.

Prima del definitivo allontanamento del cantiere delle porzioni di strutture demolite per il conferimento in discarica autorizzata, i pannelli dovranno essere ulteriormente demoliti o tagliati (con qualsiasi tecnica ritenuta opportuna dall'Appaltatore ed approvata dalla Direzione dei Lavori) per ottenere porzioni di dimensioni e peso compatibili con le portate dei mezzi utilizzati per il trasporto e con le prescrizioni del Codice della Strada vigente.

Ove indicato dalla D.L., in particolare nel caso di taglio di pannelli in muratura di mattoni pieni, il materiale proveniente dalla demolizione dovrà essere conservato in cantiere per il recupero di materiale da riutilizzarsi nell'ambito dei lavori.

### 3.7.8 Smontaggio di strutture orizzontali

La demolizione delle strutture orizzontali dovrà essere eseguita mediante la realizzazione di ponti di lavoro e d'opere di protezione (teli, pannelli rigidi ecc.) per evitare sia la caduta di materiale, sia quella degli addetti ai lavori; procedendo con ordine si provvederà a rimuovere tutte le eventuali travature, cornici, profilati ecc.


La preparazione delle puntellature necessarie per sostenere le parti che dovranno restare in opera dovrà essere eseguita con particolare cura, così come tutti gli accorgimenti finalizzati ad evitare il deterioramento dei materiali riutilizzabili come, ad esempio, la chiusura accurata dei fori delle vecchie imposte non idonee per la nuova struttura; inoltre, si dovrà porre attenzione ad effettuare lo scarico immediato dei materiali di risulta evitando qualsiasi accumulo o caduta di materiali sugli orizzontamenti sottostanti. In presenza di tiranti annegati nelle solette delle strutture orizzontali si seguiranno le disposizioni prescritte all'articolo sulla demolizione di strutture murarie.

La carpenteria lignea e metallica (travi, travetti e travicelli) dovrà essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva sulle murature mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti, sospensioni (mediante utilizzo di idonei apparecchi di sollevamento o montacarichi) ed eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura (successivamente si dovrà provvedere alla loro rimozione).

Particolare attenzione dovrà essere fatta nel caso di smontaggio di solai precedentemente consolidati come, ad esempio, travi munite di staffe metalliche di ancoraggio alla muratura perimetrale; in questo caso la trave, essendosi trasformata in catena, contribuisce direttamente alla stabilità dei setti murari; andrà, pertanto, evitato il semplice "sfilamento" delle travi dalle loro sedi al fine di evitare eventuali degradi irreparabili o dissesti imprevisti alle murature.

#### 3.7.8.1 Demolizione di solai piani

Previa attenta verifica del sistema costruttivo, verranno rimossi i pavimenti ed i sottofondi, i tavellonati e eventuali voltine. Nel caso non si dovessero rimuovere i travetti, sarà cura dell'Appaltatore predisporre idonei

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	95 di 194

tavolati di sostegno per gli operai. Tutto il materiale giudicato recuperabile dalla D.L. resterà proprietà del committente e dovrà essere, pulito, ordinatamente stoccato e custodito a cura dell'Impresa Appaltatrice.

I travetti andranno sfilati dalle sedi originarie evitando di fare leva sulle murature esistenti mediante il puntellamento, la sospensione e il taglio dei travetti.

Le solette in cemento armato monolitiche, prive di una visibile orditura principale, dovranno preventivamente essere puntellate in modo da accertare la disposizione dei ferri di armatura.

L'Appaltatore dovrà inoltre evitare la caduta sui piani sottostanti dei materiali rimossi e l'eccessivo accumulo degli stessi sui solai.

### 3.7.8.2 **Smontaggio di strutture in aggetto**

Lo smontaggio di parti a sbalzo (cornicioni di gronda, balconi, gradini ecc.) seguirà le procedure riguardanti i solai; occorre, tuttavia, precisare che l'eventuale demolizione di porzioni soprastanti il punto di incastro potrebbero diminuire il momento con la conseguente improvvisa caduta (per peso proprio) del manufatto a sbalzo. Per evitare tale fenomeno sarà indicato prevedere opportune opere di presidio degli elementi aggettanti, prima di procedere alla rimozione delle strutture soprastanti. Le unità originarie a sbalzo, o quelle che si dovessero trovare in questa situazione a causa di opere parziali di demolizione, dovranno essere celermente rimosse da posizioni instabili e/o pericolanti in altrettante collocazioni sicure e stabili.


### 3.7.8.3 **Smontaggio di strutture voltate**

Lo smontaggio delle strutture voltate si distinguerà in rapporto alla tipologia ed all'apparecchiatura della volta, alla natura del dissesto ed alle condizioni d'ambito. Previa esecuzione di "saggi di scopertura" (al fine di ricavare le informazioni necessarie) e la messa in opera d'idonei puntellamenti (ad es. strutture provvisorie di centinatura) e sbadacchiature atte non solo ad agevolare l'operazione in oggetto ma anche a garantire la stabilità dei manufatti confinanti (in modo particolare dovrà essere posta molta attenzione a controbilanciare l'assenza di spinta esercitata dalla volta da "smontare" o demolire) si procederà alla demolizione della volta: per volte in laterizio in foglio a crociera, a vela o a padiglione la procedura di smontaggio dovrà iniziare, sempre, dalla chiave e seguire un andamento a spirale, così come nel caso di volte a botte con apparecchiatura a spina di pesce diritta o spina reale; mentre per le volte a botte, a botte con teste a padiglione, o a schifo con apparecchiature con filari longitudinali o trasversali si procederà per cantieri frontali avanzando dal centro verso le imposte.

L'Impresa dovrà in ogni caso rispettare tutte le prescrizione operative indicate dal progetto o impartite in corso d'opera dalla D.L.

### 3.7.8.4 **Smontaggio di collegamenti verticali**

Lo smontaggio parziale o totale delle strutture di collegamento verticale seguirà le modalità precedentemente descritte agli articoli dei solai piani o delle strutture voltate nel caso di scale in muratura costruite su strutture di sostegno a volta, fermo restando che dovrà sempre essere coperta la stabilità complessiva utilizzando, eventualmente, opere di puntellamento. Una specifica propria delle scale riguarda i gradini a sbalzo i quali, se non adeguatamente puntellati, non potranno essere utilizzati come piano di lavoro, quando sia in atto la

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	96	di	194

demolizione dei muri sovrastanti l'incastro (si veda la demolizione di strutture murarie). Le scale, come del resto gli altri orizzontamenti, non dovranno essere, in ogni caso, caricate con materiali di risulta.


### 3.7.8.5 **Smontaggio di manti e strutture di copertura**

Fatte salve le generalità di cui sopra, si eseguirà in primo luogo, con ogni cautela, in condizioni di massima sicurezza per gli operatori, la dismissione del manto di copertura, di converse, scossaline, canali di gronda, delle canne fumarie e dei comignoli; solo in seguito l'Appaltatore potrà rimuovere la piccola, la media e la grossa orditura o comunque la struttura sia essa di legno, sia di ferro o di cemento armato. In presenza di cornicioni o di gronde a sbalzo, dovrà assicurarsi che questi siano ancorati all'ultimo solaio o, viceversa, trattenuti dal peso della copertura; in quest'ultimo caso, prima di rimuovere la grossa orditura, dovrà puntellare i cornicioni. La demolizione della copertura si dovrà effettuare preferibilmente operando dall'interno dell'edificio; in caso contrario gli operai dovranno lavorare esclusivamente sulla struttura principale e mai su quella secondaria, impiegando opportunamente tavole di ripartizione e prevedendo parapetti e protezioni efficaci. Nel caso in cui la quota del piano di lavoro rispetto al piano sottostante superi i 2 metri, l'Appaltatore sarà obbligato a predisporre idonea impalcatura; se non fosse possibile porla in opera per la presenza di un piano sottostante non portante o non agibile dovrà predisporre tutte le opportune operazioni per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori (es. apposite cinture di sicurezza).

Lo smontaggio e la scomposizione della carpenteria principale (arcarecci, terzere, puntoni, capriate ecc.) qualunque sia il materiale (legno, ferro o c.a.), seguirà la procedura inversa a quella della messa in opera, ovverosia prima si smonteranno a mano le canne fumarie ed i comignoli, poi il manto di copertura (le tegole saranno asportate a sezione, simmetricamente da una parte e, dall'altra procedendo dal colmo verso le gronde avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi), il sottofondo e lo scempiato di mezzane od il tavolato ligneo, in seguito si passerà a sfilare l'orditura minuta e/o media (travicelli, correnti, morali, palombelli, mezzanelle ecc.) e, per ultimo, quella principale che dovrà essere imbracata e calata a terra mediante idonei dispositivi (gru, paranchi, montacarichi ecc.). Particolare attenzione si dovrà avere in presenza di eventuali connessioni (chiodature, cavicchi, gattelli lignei, piastrine metalliche di ancoraggio ecc.) presenti tra le varie orditure o tra gli elementi della medesima orditura od ancora tra l'orditura principale e la muratura d'imposta. Il loro smontaggio richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione d'idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degni alle strutture lignee od alle murature (ad es. per sfilare i chiodi dalle assi di un tavolato si potranno tranciare le loro teste e segare i loro gambi o, in alternativa, esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc. avendo cura di non danneggiare, né la tavola dell'assito da rimuovere, né il travicello cui sarà ancorata).

Lo smontaggio di carpenteria lignea complessa (ad es. le capriate) oppure quello inerente gli elementi di finitura intradossale dovrà essere, necessariamente, preceduto da un preciso rilievo degli elementi costitutivi e delle reciproche connessioni oltre, naturalmente, dalla loro numerazione e catalogazione.

Nel caso di smontaggio di cornicioni di gronda a sbalzo, siano questi ancorati all'ultimo solaio o, più frequentemente, trattenuti dal peso del coperto sarà opportuno attenersi a quanto prescritto all'articolo specifico riguardante le strutture in oggetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	97	di	194

Le modalità di rimozione degli elementi di copertura dovranno inoltre essere commisurate all'eventuale previsione di conservare gli stessi perfettamente integri per il successivo riutilizzo.

### 3.7.9 Apertura di forometrie

Rientrano nell'ambito degli interventi strutturali e non delle semplici assistenze murarie tutte le aperture di forometrie – anche per passaggi impiantistici – di dimensioni superiori a 200x200 mm.

Prima di procedere, l'Impresa dovrà aver cura di verificarne tipologia e posizione dei fori anche dagli elaborati del progetto architettonico ed impiantistico.

In corrispondenza dei punti di apertura dei fori, siano essi praticati su murature verticali o su strutture orizzontali, dovranno essere disposte armature di presidio locale, architravi, cerchiature metalliche, secondo le indicazioni di progetto e della D.L. Il materiale fornito a tale scopo dovrà essere pienamente rispondente alle prescrizioni di progetto ed essere posto in opera a perfetta regola d'arte, al fine di garantire l'adeguatezza strutturale dell'intervento.

Prima di procedere alla realizzazione dei fori previsti negli elaborati progettuali, l'Impresa dovrà ricevere la preventiva autorizzazione della D.L.

Non saranno ammesse modifiche alle modalità esecutive dei fori, né alla relativa dimensione e localizzazione, se non preventivamente approvate dalla D.L.

Dovranno in ogni caso essere rispettate le prescrizioni di progetto in merito alle fasi e modalità di intervento.

### 3.7.10 Rimozione di intonaci


La procedura di rimozione dovrà, necessariamente, sempre essere preceduta da un'operazione di "saggiatura" preventiva eseguita mediante percussione sistematica con le nocche della mano sulla muratura al fine di individuare con precisione le zone compatte e per delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche").

Prima della rimozione dovrà essere inoltre verificata l'assenza di elementi "decorati" previa l'esecuzione delle necessarie indagini storiche; stratigrafiche ecc.

L'intervento di rimozione dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla D.L. o dagli organi di tutela competenti.

L'asportazione parziale o totale degli intonaci dovrà essere eseguita asportando accuratamente dalla superficie degradata, per strati successivi, tutto lo spessore dell'intonaco fino ad arrivare al vivo della muratura senza però intaccare il supporto murario che, alla fine dell'intervento, si dovrà presentare integro senza visibili scanalature e/o rotture degli elementi componenti l'apparecchio murario. L'azione dovrà essere sempre controllata e limitata alla rimozione dell'intonaco senza intaccare la muratura di supporto ed eventuali aree vicine d'intonaco da conservare. La demolizione dovrà procedere dall'alto verso il basso rimuovendo porzioni limitate e di peso modesto ed eliminando manualmente lembi d'intonaco rigonfiati di notevole spessore. La procedura sarà, preferibilmente, eseguita con mezzi manuali (mediante mazzetta, punta e scalpello oppure martelline); allorché la durezza dello strato di intonaco o l'estensione delle superfici da rimuovere lo esigessero potranno essere utilizzati anche mezzi meccanici di modeste dimensioni (vibroincisori o piccoli martelli pneumatici) fermo restando di fare particolare attenzione, in fase esecutiva, a non intaccare il supporto murario od altre superfici non interessate alla procedura.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	98 di 194

Durante l'operazione d'asportazione si dovrà avere cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutti i componenti edilizi (stucchi, modanature, profili da conservare ecc.) nelle vicinanze o sottostanti la zona d'intervento. Nel caso in cui si dovesse intervenire su di un particolare decorativo da ripristinare, (ad es. finte bozze di bugnato o cornici marcapiano ecc.) sarà obbligo, prima della rimozione, eseguire un attento rilievo ed un eventuale successivo calco (in gesso o in resina) al fine di poterlo riprodurre in maniera corretta. L'operazione di spicconatura terminerà con pulizia di fondo a mezzo di scopinetti e/o spazzole di saggina, con lo scopo di allontanare dalla muratura tracce di sporco e residui pulverulenti.

### 3.7.11 Scarifica con idrolancia di solette o altre strutture in calcestruzzo

Per l'asportazione di strati diffusi o localizzati di calcestruzzo ammalorato dalla superficie delle solette o di altre strutture di calcestruzzo, si procederà alla scarifica delle stesse per lo spessore definito in progetto o comunque fino a raggiungere il calcestruzzo sano ed integro, o avente requisiti di conservazione e di resistenza meccanica ritenuti accettabili a giudizio della Direzione Lavori. Tale lavorazione dovrà essere condotta mediante idrolancia di portata variabile da 200 a 300 l/min ed una pressione compresa tra 120 e 150 MPa. L'idrolancia dovrà essere comandata a distanza, salvo quella manuale per l'idrodemolizione di superfici in calcestruzzo all'intradosso degli impalcati, oltreché munita di filtri per la regolazione automatica della potenza e del rendimento volumetrico, di valvole di sicurezza e di testata di lavoro prerogolabile per fascia di lavoro, velocità e direzione di avanzamento.

In ogni caso le caratteristiche dell'idrolancia e le modalità della lavorazione dovranno essere preventivamente giudicate idonee dalla Direzione Lavori, con particolare riferimento a portata e pressione del getto nonché ai sistemi di comando e di regolazione dello stesso. L'idrolancia dovrà essere dotata di idoneo sistema di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito; dovrà inoltre essere rispondente alle vigenti norme di legge in materia antinfortunistica alle quali l'Impresa dovrà uniformarsi in sede operativa. Dovrà sempre essere presentata dall'Impresa una relazione riportante la determinazione teorica dell'energia di demolizione, ovvero della portata e pressione del getto. Nella demolizione si dovrà comunque procedere per campioni limitati di superficie al fine di verificare la bontà della previsione teorica e comunque per poter tarare conseguentemente le caratteristiche del getto. La demolizione dovrà comunque procedere fino alla completa asportazione dello spessore previsto in progetto o del calcestruzzo degradato e/o alla preparazione della superficie per l'aggrappo di nuovi getti. In ogni caso dopo l'idrodemolizione si dovrà prevedere su tutta la superficie una scalpellatura di rifinitura e la rattivatura della superficie con getti di sabbia in pressione per l'asportazione di tutte le parti fini o in distacco e per la sabbiatura a metallo bianco dei ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase di asportazione del conglomerato cementizio ammalorato i quali infine, salvo ordine contrario della Direzione dei Lavori, dovranno essere trattati con idoneo inibitore di corrosione; prodotti differenti potranno essere impiegati solo se approvati dalla Direzione Lavori.

## 3.8 FONDAZIONI

### 3.8.1 Lavori preliminari

L'Appaltatore, prima di dare inizio a qualsiasi lavoro che riguarda operazioni di tipo statico e strutturale, dovrà in prima analisi verificare la consistenza delle strutture di fondazione oltre alla natura del terreno su cui




SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede: Via dell'Artigianato, 7 - 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	99 di 194

gravano. Dovrà successivamente eseguire piccoli scavi verticali in aderenza alle murature perimetrali. Salvo particolari disposizioni della D.L. dovranno avere dimensioni tali (almeno 110-180 cm) da permettere lo scavo a mano e un'agevole estrazione del materiale di risulta. Se il manufatto si presenterà gravemente compromesso, previa specifica indicazione della D.L., sarà necessario prima di dare inizio a qualsiasi tipo di intervento, procedere ad operazioni di preconsolidamento mediante iniezione di cemento o parziali ricostruzioni della tessitura muraria e di fondazione.

Gli scavi si eseguiranno sino al piano di posa delle fondazioni e dovranno essere opportunamente sbadacchiati in relazione alla natura e composizione del terreno e alla profondità raggiunta, seguendo le indicazioni fornite dalla D.L.

Effettuato lo scavo sarà possibile analizzare le caratteristiche costruttive del manufatto e delle sue fondazioni, l'utilizzo dei vari materiali e la loro natura oltre a permettere il rilievo delle dimensioni e dello stato conservativo delle fondazioni stesse. Informazioni utili si potranno ricavare sulla natura del terreno utilizzando opportuni mezzi di indagine, utilizzando tecniche di trivellazione e carotaggio. La profondità di indagine sarà rapportata al carico ed alla larghezza delle fondazioni in modo da accertare se l'eventuale cedimento sia da rapportare alla resistenza a compressione dello strato superficiale, dalla consistenza degli strati sottostanti, dalla subsidenza del terreno, dalla presenza di falde freatiche o da altre cause ancora. I risultati forniti dall'esame dei campioni potranno essere integrati mediante l'esecuzione di indagini geofisiche entro le perforazioni (carotaggio sonico, misura diretta di velocità tra coppie di fori. In casi particolari sarà possibile utilizzare metodi geofisici di superficie (sismica a rifrazione, sondaggi elettrici, radar) senza l'esecuzione di scavi e perforazioni, per la eventuale ricerca di sottomurazioni, platee, plinti, ecc.

### 3.8.2 Consolidamento mediante sottofondazioni

#### 3.8.2.1 Generalità


I lavori di sottofondazione non dovranno in alcun modo turbare la stabilità del sistema murario da consolidare né quella degli edifici adiacenti.

L'Appaltatore dovrà pertanto adottare tutti quegli accorgimenti e quelle precauzioni utili alla messa in sicurezza del manufatto nel rispetto della normativa vigente.

Una volta eseguite tutte le opportune puntellature delle strutture in elevazione si identificheranno le zone di intervento procedendo «per i cantieri», s'inizieranno quindi gli scavi che si effettueranno da un lato della muratura o da entrambi i lati per murature di forte spessore (>150 cm).

Le dimensioni degli scavi dovranno essere quelle strettamente necessarie alla esecuzione dei lavori, in modo comunque da consentire una buona esecuzione della sottofondazione. Si effettueranno fino alla quota del piano di posa della vecchia fondazione armando le pareti del cavo a mano a mano che lo si approfondisce.

Una volta raggiunta con il primo settore la quota d'imposta della fondazione si procederà alla suddivisione in sottoscavi (con larghezza variabile in base alle caratteristiche della muratura e del terreno), si interporranno quindi dei puntelli tra l'intradosso della muratura ed il fondo dello scavo. Infine, si eseguirà il getto di spianamento con magrone di calcestruzzo secondo quanto prescritto negli elaboratori di progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	100	di	194

### 3.8.2.2 **Sottofondazioni in muratura di mattoni**

Una volta predisposto lo scavo con le modalità sopra specificate, l'Appaltatore farà costruire una muratura in mattoni e malta di cemento, eseguita a campioni, dello spessore indicato negli elaborati di progetto, lasciando fra nuova e vecchia muratura lo spazio equivalente ad un filare di mattoni; nel cavo fra le due murature dovrà inserire dei cunei in legno duro che, successivamente (dopo 3-4 giorni), provvederà a sostituire con cunei più grossi per compensare l'abbassamento della nuova muratura.

Ad abbassamento avvenuto (4° giorno), l'Appaltatore provvederà a fare estrarre i cunei e procederà alla collocazione dell'ultimo filare di mattoni intasando fino a rifiuto con malta a ritiro compensato/malta di calce idraulica naturale prevedendo cannule per la successiva iniezione.

### 3.8.2.3 **Sottofondazioni con solette di calcestruzzo**

Una volta predisposto lo scavo con le modalità già specificate, l'Appaltatore posizionerà l'armatura metallica, secondo quanto previsto negli elaborati di progetto, e provvederà, successivamente, all'esecuzione di un getto in modo da creare una porzione di cordolo e da lasciare uno spazio vuoto fra l'estradosso di quest'ultimo e l'intradosso della vecchia fondazione.

Lo spazio vuoto potrà essere riempito, dopo 2-3 giorni, con muratura di mattoni e malta di cemento avendo sempre l'accortezza di lasciare uno spazio vuoto equivalente ad un filare di mattoni.

Si dovrà, quindi, provvedere all'inserimento della parte vuota di cunei in legno duro con un rapporto tra muratura e zattera del 60% : dopo 3-4 giorni dovranno essere sostituiti con cunei più grossi onde compensare l'abbassamento della nuova muratura.

Si provvederà infine, all'estrazione dei cunei ed alla collocazione dell'ultimo filare di mattoni intasando fino a rifiuto con malta di cemento.

### 3.8.2.4 **Sottofondazioni con cordoli o travi in cemento armato**

L'Appaltatore dovrà eseguire, secondo le modalità prima descritte, gli scavi da entrambe i lati del tratto di muratura interessata fino a raggiungere il piano di posa della fondazione.

Rimossa la terra di scavo, dovrà effettuare un getto di spianamento in magrone di calcestruzzo e procedere, solo dopo aver creato nella muratura esistente un incavo di alcuni centimetri pari all'altezza del cordolo, alla predisposizione dei casseri, delle armature ed al successivo getto dei cordoli aderenti alla vecchia fondazione, avendo cura di prevedere, in corrispondenza dei collegamenti trasversali richiesti dal progetto, all'inserimento di ferri sporgenti verso l'alto.


Dovrà quindi, dopo l'indurimento del getto, creare dei varchi nella muratura, mettere in opera le armature previste dagli elaboratori di progetto ed effettuare il getto con cemento preferibilmente di tipo espansivo.

In attesa dell'indurimento dovrà puntellare in modo provvisorio la struttura.

## 3.8.3 **Micropali**

### 3.8.3.1 **Preparazione del piano di lavoro**

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'infissione, possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	101	di	194

### 3.8.3.2 **Definizione, classificazione e campi di applicazione**

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a 250 mm con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) Riempimento a gravità;
- tipo b) Riempimento a bassa pressione;
- tipo c) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

- tipo a), per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 200 MPa;
- tipo b) e c), per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 200 MPa.

In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in terreni fortemente eterogenei e per conseguire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.

### 3.8.3.3 **Soggezioni geotecniche e idrogeologiche**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

L'Impresa dovrà farsi carico di presentare documentazione scritta di tutte le prove e controlli eseguiti.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

### 3.8.3.4 **Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:


- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite, sentito il Progettista, dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa.

### 3.8.3.5 **Tracciamento**

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura ed onere, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	102	di	194

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa Esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

### 3.8.3.6 **Perforazione**

La perforazione, eseguita mediante rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza d'acqua, deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della Direzione Lavori.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;
- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio-fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore. Il materiale di risulta dovrà essere portato a rifiuto dopo aver trattato i fanghi secondo le leggi vigenti.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.


### 3.8.3.7 **Confezione e posa delle armature**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

#### Armatura con barre di acciaio per c.a.

Si useranno barre longitudinali a aderenza migliorata e spirale di tondino liscio, aventi le caratteristiche delle presenti Norme Tecniche; saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione; la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante legature; tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale. In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	103	di	194

### Armature tubolari

Salvo diversa indicazione contenuta negli elaborati di progetto si useranno tubi di acciaio S355 (Fe 510), senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

#### **3.8.3.8 Formazione del fusto del micropalo**

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta. In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta. Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, senza presenza di franamenti e di acqua nel perforo. Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

#### **3.8.3.9 Riempimento a gravità**

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10÷15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscele con il fluido di perforazione.

Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.


Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera 50 mm; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

#### **3.8.3.10 Riempimento a bassa pressione**

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0,5-0,6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	104 di 194

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5 - 6 m di rivestimento da estrarre per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

### 3.8.3.11 **Iniezione ripetuta ad alta pressione**

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

I) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;

II) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

III) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno, valvola per valvola, volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo senza superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");

IV) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

V) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:

- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

Le attrezzature per l'iniezione dovranno essere munite di apparecchio "contacolpi" al fine di verificare il numero di mandate necessarie per una corretta formazione del bulbo.

### 3.8.3.12 **Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali**

Rapporto acqua/cemento: < 0,5.

Classe di resistenza: > 25/30 MPa.

L'aggregato dovrà essere costituito:


- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti al vaglio da 0,075 mm, per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi:

- per le malte, 600 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non aggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV;
- per le paste, 900 kg di cemento 32,5 o 32,5R tipo II per metro cubo di impasto, in condizioni di non aggressività del terreno o dell'acqua; in caso di condizioni di aggressività cemento 32,5 o 32,5R tipo III o IV.

In presenza di particolari condizioni operative ed ambientali, si dovrà fare uso di cementi tipo 42,5 o 42,5R del tipo consono all'aggressività ambientale rilevata. Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere superfluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite; quest'ultima in misura non superiore al 4% in peso del cemento.



	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	105	di	194

In presenza di acque di falda che possono sortire effetti dilavanti si potrà impiegare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, un additivo ad attività pozzolanica con effetto antidilavante non tossico, non nocivo, non inquinante.

L'impiego di additivi comporterà la riduzione dell'acqua di impasto nelle quantità indicate dal produttore degli additivi stessi.

### 3.8.3.13 **Controlli**

Il controllo della profondità dei perfori, rispetto alla quota di sottopinto, verrà effettuato in doppio modo:

- A) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- B) in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure dovrà risultare  $< 0,10$  m; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinali a aderenza migliorata, in base alla rispondenza al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico mediante la bilancia descritta successivamente e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata di diametro  $> 30$  mm.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico assoluto del cemento e  $2,65 \text{ g/cm}^3$  quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 h non dovrà superare il 3% in volume.

Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.


Per i micropali riempiti a gravità, la frequenza dei prelievi sarà pari ad 1 ogni 10 pali, o frazione.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

### 3.8.3.14 **Documentazione dei lavori**

L'esecuzione di ogni singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione (detta "A");
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura (detta "B");
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;
- risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e classe di resistenza a compressione.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	106	di	194

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

### 3.8.4 PROVE DI CONTROLLO SUI PALI

#### 3.8.4.1 Prove di carico

Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto; le prove saranno effettuate con le modalità di cui al punto 6.4.3.7.2 (prove di verifica in corso d'opera) del D.M. 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero n di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

Al momento della prova il conglomerato cementizio del palo dovrà avere almeno 28 giorni di stagionatura. Le modalità di applicazione e la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto, che trova contrasto mediante un'adeguata zavorra o pali di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore ad un mese. Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante tre micrometri centesimali, disposti a 120 gradi attorno al palo, interposti tra la testa del palo e una struttura porta-micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dal palo di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.


I supporti di tale struttura devono distare non meno di 3,0 m e non meno di 3 diametri dal palo di prova, e infine non meno di 2,0 m dalla impronta della zavorra o da eventuali pali di reazione.

La struttura porta-micrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri ed il diagramma carichi-cedimenti. Al verbale verranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

In taluni casi la Direzione Lavori potrà richiedere l'esecuzione di prove di carico orizzontali; date le peculiarità della prova le modalità esecutive e il programma di carico dovranno essere di volta in volta stabilite dalla Direzione Lavori e riportati sul verbale di prova.

Il costo delle prove sarà a carico dell'Impresa.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	107	di	194

### 3.8.4.2 **Controlli non distruttivi**

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- prove geofisiche;
- carotaggio continuo meccanico;
- scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Appaltatore provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione dei Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

#### 3.8.4.2.1 Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti. Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di grande diametro  $\geq 800$  mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dalle Norme Tecniche d'Appalto.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul numero dei pali riportato al punto Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovranno essere installati, prima delle operazioni di getto, dei tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possano scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi. Nei fori si dovranno inoltre eseguire delle misure inclinometriche, al fine di ricavare la distanza tra foro trasmittente ed il foro ricevente.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.


Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $< 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

#### 3.8.4.2.2 Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	108 di 194

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura e spese dell'Appaltatore, quando ordinato della Direzione dei Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle Norme Tecniche d'Appalto e alle disposizioni della medesima.

#### 3.8.4.2.3 Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0÷5,0 m di palo. Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva. Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva. Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Appaltatore, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme Tecniche d'Appalto e alle disposizioni della Direzione dei Lavori.

### 3.9 MURATURE E STRUTTURE VERTICALI – LAVORI DI COSTRUZIONE

#### 3.9.1 Murature in genere

La costruzione di murature, siano esse formate da elementi resistenti naturali o artificiali, dovrà essere eseguita secondo la normativa e le raccomandazioni tecniche vigenti.


Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle voltine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi canne e fori:

- per ricevere le chiavi e i capochiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e travi a doppio T, le testate delle travi in legno ed in ferro, le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- per il passaggio dei tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufa e camini, vasi, scarichi, lavandini, ecc.;
- per condutture elettriche di campanelli, di telefoni e di illuminazione;
- per le imposte delle volte e degli archi;
- per gli zoccoli, arpioni di porte e finestre, zanche, soglie, inferriate, ringhiere, davanzali ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori, la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione.

La muratura procederà a filari rettilinei, con i piani di posa normali alle superfici viste o come altrimenti venisse prescritto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	109 di 194

All'innesto con i muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori in muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, devono essere sospesi nel periodo di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga per molte ore al di sotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate almeno per 15 giorni dalla loro ultimazione od anche più se sarà richiesto dalla Direzione dei Lavori.

Le canne, le gole da camino e simili, saranno intonacate a grana fine. Si potrà ordinare che tutte le canne, le gole ecc., nello spessore dei muri siano lasciate aperte sopra una faccia temporaneamente, anche per tutta la loro altezza; in questi casi, il tramezzo di chiusura si eseguirà posteriormente.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con addentellati d'uso, sia col costruire l'origine degli archi e delle volte a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La Direzione Lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani, di porte e finestre siano collocati degli architravi in cemento armato delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sovraccarico.

In situazioni particolari (es. architravi, cordoli sommitali ecc.) potrà essere richiesto l'inserimento di armature annegate nei letti di malta.

Quando venga ordinato, sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra le fondazioni entroterra e la parte fuori terra, sarà disteso uno strato di asfalto formato come quello dei pavimenti, esclusa la ghiaietta, dell'altezza in ogni punto di almeno cm 2. La muratura su di esso non potrà essere ripresa che dopo il suo consolidamento.

In tutti i fabbricati a più piani dovranno eseguirsi ad ogni piano e su tutti i muri portanti cordoli di conglomerato cementizio per assicurare un perfetto collegamento e l'uniforme distribuzione dei carichi. Tale cordolo in corrispondenza delle aperture sarà opportunamente rinforzato con armature di ferro supplementari in modo da formare architravi portanti, ed in corrispondenza delle canne, fori ecc. sarà pure opportunamente rinforzato perché presenti la stessa resistenza che nelle altre parti.

In corrispondenza dei solai con putrelle, queste, con opportuni accorgimenti, saranno collegate al cordolo.


### 3.9.2 Murature e riempimenti in pietrame a secco

Dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano su terreno ben costipato, e/o fondazioni opportunamente realizzate, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre.

Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	110	di	194

### 3.9.3 Murature di pietrame con malta

La muratura a getto (a sacco) per fondazioni risulterà composta di scheggioni di pietra e malta grossa, questa ultima in proporzione non minore di mc 0,45 per metro cubo di muratura.

La muratura sarà eseguita facendo gettate alternative entro i cavi di fondazione di malta fluida e scheggioni di pietra, preventivamente puliti e bagnati, assestando e spianando regolarmente gli strati ogni 40 cm di altezza, riempiendo accuratamente i vuoti con materiale minuto e distribuendo la malta in modo da ottenere strati regolari di muratura in cui le pietre dovranno risultare completamente rivestite di malta.

La gettata dovrà essere abbondantemente rifornita d'acqua in modo che la malta penetri in tutti gli interstizi; tale operazione sarà aiutata con beveroni di malta molto grassa. La muratura dovrà risultare ben costipata ed aderente alle pareti dei cavi, qualunque sia la forma degli stessi.

Qualora in corrispondenza delle pareti degli scavi di fondazione s'incontrassero vani di gallerie o cunicoli, l'Appaltatore dovrà provvedere alla perfetta chiusura di detti vani con murature o chiusure in legname in modo tale da evitare il disperdimento della malta attraverso tali vie, ed in ogni caso sarà sua cura di adottare tutti i mezzi necessari perché le murature di fondazione riescano perfettamente compatte e riempite di malta.

La muratura in pietrame così detta lavorata a mano sarà eseguita con scapoli di pietrame, delle maggiori dimensioni consentite dalla grossezza della massa muraria, spianati grossolanamente nei piani di posa e allettati di malta.

Le pietre, prima di essere collocate in opera, saranno diligentemente ripulite dalle sostanze terrose ed ove occorra, a giudizio della Direzione dei Lavori, accuratamente lavate. Saranno poi bagnate, essendo proibita la bagnatura dopo di averle disposte sul letto di malta.

Tanto le pietre quanto la malta saranno disposte a mano, seguendo le migliori regole d'arte, in modo da costituire una massa perfettamente compatta nel cui interno le pietre stesse ben battute col martello risultino concatenate fra loro e rivestite da ogni parte di malta, senza alcun interstizio.

La costruzione della muratura dovrà progredire a strati orizzontali di conveniente altezza, concatenati nel senso della grossezza del muro, disponendo successivamente ed alternativamente una pietra trasversale (di punta) dopo ogni due pietre in senso longitudinale, allo scopo di ben legare la muratura anche nel senso della grossezza.

Dovrà sempre evitarsi la corrispondenza nelle connessioni fra due corsi consecutivi.


Gli spazi vuoti che verranno a formarsi per la irregolarità delle pietre saranno riempiti con piccole pietre che non si tocchino mai a secco e non lascino mai spazi vuoti, colmando con malta tutti gli interstizi.

Nelle murature senza speciale paramento si impiegheranno per le facce viste le pietre di maggiori dimensioni, con le facce esterne rese piane e regolari in modo da costruire un paramento rustico a faccia a vista e si disporranno negli angoli le pietre più grosse e più regolari. Detto paramento rustico dovrà essere più accurato e maggiormente regolare nelle murature di elevazione di tutti i muri dei fabbricati.

Qualora la muratura avesse un rivestimento esterno, il nucleo della muratura dovrà risultare, con opportuni accorgimenti, perfettamente concatenato col detto rivestimento nonostante la diversità del materiale, di struttura e di forma dell'uno e dell'altro.

Le facce viste delle murature in pietrame, che non debbono essere intonacate o comunque rivestite, saranno sempre rabboccate diligentemente con malta idraulica mezzana.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	111	di	194

### 3.9.4 Paramenti per le murature di pietrame

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della D.L., potrà essere prescritta la esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a) con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta);
- b) a mosaico greggio;
- c) con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- d) con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra le migliori e la sua faccia vista dovrà essere ridotta con il martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare alla prova del regolo rientranze o sporgenze maggiori di mm 25. Le facce di posa e di combaciamento delle pietre dovranno essere spianate ed adattate col martello in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di cm 8.

La rientranza totale delle pietre di paramento non dovrà essere mai minore di mm 0,25 e nelle connesure esterne dovrà essere ridotto al minimo possibile l'uso delle scaglie.

Nel paramento a mosaico greggio la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a percorsi pressoché regolari il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadrati, sia con il martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro, sia quelle di combaciamento normali sia quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.


Nel paramento a corsi regolari i conci dovranno essere perfettamente piani e squadrati, con la faccia vista rettangolare, lavorati a grana ordinaria, essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero uguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra i due corsi successivi non maggiore di cm 5. La Direzione dei lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati i conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari di paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza di quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno un terzo della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà mai essere minore di cm 10 e le connesure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connesure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connesure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualunque altra materia estranea,

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	112	di	194

lavandole con acqua abbondante e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

### 3.9.5 Murature di mattoni

I mattoni prima del loro impiego dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione.

Essi dovranno mettersi in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 15 né minore di mm 5 (tali spessori potranno variare in relazione alla natura delle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura con il ferro.

Le malte da impiegarsi per la esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali alternando con precisione i giunti verticali. In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 millimetri e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e di cemento (o di tipo e colore indicato dalla D.L.), diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte, dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessure dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di mm 5 all'intradosso e mm 10 all'estradosso.


### 3.9.6 Pareti di una testa ed in foglio con mattoni pieni e forati

Le pareti di una testa ed in foglio verranno eseguite con mattoni scelti, esclusi i rottami, i laterizi incompleti e quelli mancanti di qualche spigolo.

Tutte le dette pareti saranno eseguite con le migliori regole dell'arte, a corsi orizzontali ed a perfetto filo, per evitare la necessità di forte impiego di malta per l'intonaco.

Nelle pareti in foglio, quando la Direzione dei Lavori lo ordinasse, saranno introdotte nella costruzione intelaiature in legno attorno ai vani delle porte, allo scopo di poter fissare i serramenti del telaio, anziché alla parete, oppure ai lati od alla sommità delle pareti stesse, per il loro consolidamento, quando esse non arrivano fino ad un'altra parete od al soffitto.

Quando una parete deve eseguirsi fin sotto al soffitto, la chiusura dell'ultimo corso sarà ben serrata, se occorre, dopo congruo tempo, con scaglie e cemento.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	113 di 194

### 3.9.7 Murature miste

La muratura mista di pietrame e mattoni dovrà progredire a strati orizzontali intercalando il numero di filari di mattoni ogni m di altezza di muratura di pietrame concordato con la D.L. e la competente soprintendenza.

I filari dovranno essere estesi a tutta la grossezza del muro e disposti secondo piani orizzontali.

Nelle murature miste per i fabbricati, oltre ai filari suddetti si debbono costruire in mattoni tutti gli angoli dei muri, i pilastri, i risalti e le incassature qualsiasi, le spallette e gli squarci delle aperture di porte e finestre, i parapetti delle finestre, gli archi di scarico, le volte, i voltini e le piattabande, l'ossatura delle cornici, le canne da fumo, i condotti in genere, e qualunque altra parte di muro alla esecuzione della quale non si prestasse il pietrame, in conformità alle prescrizioni che potrà dare la D.L. all'atto esecutivo. Il collegamento delle due differenti strutture deve essere fatto nel miglior modo possibile ed in senso tanto orizzontale che verticale.

## 3.10 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE

### 3.10.1 Generalità

I lavori di consolidamento delle murature dovranno essere condotti secondo le normative e regole tecniche vigenti ed in particolare al D.M. 14 gennaio 2008 e successivi aggiornamenti.

Le eventuali perforazioni dovranno essere condotte evitando l'insorgere di vibrazioni nocive operando ove necessario senza percussione e utilizzando carotatrici.

### 3.10.2 Risarciture


Si definiscono risarciture le sigillature di lesioni già aperte che possono interessare anche gli elementi lapidei o in laterizio, oltre che i giunti tra gli stessi.

Per le risarciture dovrà essere impiegata malta di calce rispondente a quanto prescritto nel presente Capitolato, secondo le specifiche del progetto esecutivo.

Nel caso delle risarciture si procederà come segue:

- pulizia della lesione con aria compressa;
- rimozione con raschietti di parti di malta e muratura decoesa all'interno della lesione;
- eventuale sostituzione di singoli mattoni per la creazione di ammorsature;
- pulizia in profondità mediante abbondante bagnatura con acqua, versata o iniettata a bassa pressione fino a rifiuto;
- inserimento di cannule per la successiva iniezione a passo non superiore a 40 cm rispettando comunque le indicazioni della D.L. (in generale dovranno essere previste 3-4 cannule per metro lineare);
- eventuale messa in tensione con cunei in plastica e legno;
- accurato riempimento con malta a base di calce idraulica naturale avente le caratteristiche prescritte dal progetto, indicate nel presente Capitolato o comunque indicate dalla D.L.. Per lesioni di grande ampiezza potranno essere inserite scaglie di mattone utilizzando inoltre siringhe e/o saccapocche per riempire la lesione in profondità;
- iniezione a bassa pressione di boiaccia di calce ove previsto (cfr "consolidamento di muratura mediante iniezioni");
- sigillatura e stilatura finale con malta di caratteristiche e colore adeguati.

La sigillatura della lesione avrà inizio dopo 2-3 ore dalla bagnatura e potrà essere ripresa dopo 24-48 ore, ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, per colmare completamente i vuoti.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	114	di	194

### 3.10.3 Scuci e cucì

L'obiettivo di questa lavorazione dovrà essere quello di ripristinare l'originaria continuità strutturale degli elementi murari degradati mediante una graduale sostituzione che non dovrà interrompere, nel corso dei lavori, la funzionalità statica della muratura. L'Appaltatore, quindi, provvederà, delimitata la parte di muratura da sostituire, ad individuare le zone dei successivi interventi che dovranno essere alternati in modo da poter sempre disporre di un quantitativo sufficiente di muratura resistente. Aprirà una breccia nella prima zona d'intervento ricostruendo la porzione demolita con muratura di mattoni pieni e malta a base di calce idraulica naturale, ammorsando da una parte la nuova struttura con la vecchia muratura resistente e dall'altra parte lasciando le ammorsature libere di ricevere la successiva muratura di sostituzione. Dovrà, in seguito, inserire a forza fra la nuova muratura e la sovrastante vecchia muratura dei cunei di legno da sostituire, solo a ritiro avvenuto, con mattoni e malta fluida fino a rifiuto. Queste operazioni andranno ripetute per tutte le zone d'intervento.

L'entità delle singole rimozioni e sostituzioni, per la profondità necessaria al consolidamento statico della struttura, dovrà essere stabilita in sito dal Direttore dei Lavori; in mancanza di ulteriori indicazioni si procederà alla rimozione e sostituzione dei singoli elementi, avendo cura di ammorsare adeguatamente la parte ricostruita alle adiacenti parti sane della muratura.


Durante la ricostruzione dovranno essere inseriti boccagli e/o tubicini per successive colate e/o iniezioni di malta o boiacche.

### 3.10.4 Sostituzione di singoli mattoni

Nel caso di lesione che interessi i singoli elementi in laterizio, sarà facoltà della Direzione Lavori procedere alla sostituzione dei singoli elementi danneggiati, seguendo tutte le prescrizioni del presente capitolato, anziché procedere per fasce con il metodo dello "scuci e cucì". Tale tecnica di intervento potrà essere adottata anche per la creazione di ammorsature a cavallo di lesioni e/o inserimento di singoli mattoni per creare ammorsamenti in corrispondenza di murature non adeguatamente collegate.

### 3.10.5 Fissaggio di elementi decoesi e/o in fase di distacco

In presenza di elementi distaccati (es. paramenti, elementi decorativi e/o porzioni superstiti di paramenti antichi aderenti alla muratura, sia essa costituita da laterizi, tufi, calcari, e comunque realizzata) l'Appaltatore dovrà fare pulire accuratamente la superficie e rimuovere ogni sostanza estranea. Procederà, quindi, all'estrazione degli elementi smossi provvedendo alla loro pulizia e lavaggio ed alla preparazione dei piani di posa con una malta analoga all'originale additivata con agenti chimici solo dietro espressa richiesta della D.L.. Eseguirà in seguito la ricollocazione in opera degli elementi rimossi e la chiusura "sottoquadro" dei giunti mediante la stessa malta, avendo cura di sigillare le superfici d'attacco tra paramento e nucleo con malte preparate in modo idoneo. Se i paramenti dovessero risultare distaccati dal nucleo murario, l'Appaltatore dovrà procedere come descritto precedentemente ripristinando la continuità strutturale tra paramento e nucleo mediante iniezioni o colaggi di miscele fluide di malta a base di latte di calce e pozzolana vagliata e ventilata o altre mescole indicate e preventivamente approvate dalla D.L.. In presenza di piccole lacune o mancanze limitate a pochi elementi si potrà provvedere all'integrazione con materiale antico di recupero. Qualora si

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	115 di 194

dovesse procedere alla ricostruzione di paramenti analoghi a quelli originali, detti paramenti verranno realizzati con materiali applicati in modo da distinguere la nuova esecuzione (sottoquadro, sopra quadro, inserimento di lamine di piombo, trattamento della superficie all'antica). Verranno inoltre previste legature realizzate in genere con barre inox ad aderenza migliorata. Potranno essere utilizzate barre inox filettate solo se la particolare applicazione non richiede la piegatura/sagomatura della barra. L'ancoraggio potrà avvenire mediante contropiastre e/o inghisaggio. Ove possibile l'inghisaggio verrà effettuato con miscela a base di calce idraulica naturale mentre in situazioni critiche verrà fatto ricorso a resine ibride e/o epossidiche.

Particolare attenzione dovrà essere adottata per assicurare il completo riempimento del foro prevedendo se necessario l'utilizzo di miscele tixotropiche e l'utilizzo di calze (es. in nylon e/o in rete inox) per evitare la dispersione attraverso fessurazioni/vuoti esistenti.

In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno utilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta stesa con l'ausilio di piccole spatole ed eventualmente, se indicato dagli elaborati di progetto, caricate con aggregati tipo carbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentire il raggiungimento degli spessori previsti. Si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tixotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire. Durante la fase di indurimento dell'adesivo sarà necessario predisporre dei dispositivi di presidio temporaneo costituiti, a seconda delle dimensioni del frammento, da carta giapponese, nastro di carta, morsetti di legno ecc. facendo attenzione a non danneggiare in alcun modo il manufatto. Per le parti a vista la lavorazione dovrà essere effettuata "sottosquadro" prevedendo una stilatura finale secondo le modalità concordate con la DL.

La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenterà e che occorrerà ridurre e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.

### 3.10.6 Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle sue cavità e di verificare il quadro fessurativo.


L'esame potrà essere effettuato mediante tecniche molto usuali come la percussione della muratura oppure ricorrendo a carotaggi o, in relazione all'importanza delle strutture e dietro apposita prescrizione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, ecc.).

In seguito, l'Appaltatore – previa autorizzazione della Direzione dei Lavori – farà asportare lo strato di rivestimento per mettere a nudo la lesione e per meglio esaminare la consistenza del paramento murario. In presenza di murature in pietrame incerto sarà preferibile non togliere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eccessivo trasudamento della miscela legante. I punti su cui praticare i fori verranno scelti dalla D.L. in base alla distribuzione delle fessure ad al tipo di struttura.

Nelle murature in pietrame, le perforazioni dovranno essere eseguite in corrispondenza dei punti di giunzione delle malte e ad una distanza che, in relazione alla compattezza del muro, potrà variare dai 60 agli 80 cm..

Nelle murature in mattoni pieni la distanza fra i fori non dovrà superare i 50 cm.. Le perforazioni andranno eseguite distribuendole in modo che le aree delle singole iniezioni vadano a sovrapporsi; ciò si otterrà lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela dai tubicini "testimoni". Durante questa lavorazione sarà



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	116 di 194

necessario evitare che le sbavature vadano a rovinare in modo irreversibile l'integrità degli adiacenti strati di rivestimento. Per agevolare la diffusione della miscela, l'Appaltatore dovrà praticare dei fori profondi quanto la metà dello spessore del muro. Se lo spessore risulterà inferiore a 60-70 cm., le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; se, invece, supererà i 70 cm. si dovrà lavorare su ambedue le facce; se lo spessore dovesse essere ancora maggiore (l, 5-2, 0 ml.), o se risultasse impossibile iniettare su entrambi i lati, si dovrà perforare la muratura da un solo lato fino a raggiungere i 2/3 della profondità del muro. Se la muratura sarà in mattoni pieni, per distribuire meglio la miscela e per interessare i diversi strati orizzontali di malta, andranno praticate perforazioni inclinate di almeno 45 gradi verso il basso fino a raggiungere una profondità di 30-40 cm..

Gli ugelli di iniezione ed i tubicini "testimone" andranno cementati con la stessa miscela d'iniezione resa più densa. Tutte le lesioni e le eventuali sconnessure fra conci saranno stuccate in modo da non permettere la fuoriuscita della miscela legante. Prima di iniettare la miscela, dovrà essere effettuato un prelavaggio delle sezioni filtranti sia al fine di saturare la massa muraria sia di mantenere la densità della miscela sia di visualizzare, mediante, l'umidità risorgente dagli intonaci, l'estensione delle zone da trattare e l'esistenza di eventuali lesioni non visibili.

Il lavaggio dovrà essere eseguito con acqua pura e priva di materie terrose; durante la fase del lavaggio andranno effettuate le operazioni supplementari di stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

In situazioni particolari, ad esempio in presenza di pareti decorate o laddove per altre ragioni non sia opportuno bagnare la parete oggetto di intervento, il lavaggio preliminare dei fori dovrà essere, provvedendo all'aggiunta di speciali additivi ritentori d'acqua.

La trasfusione delle miscele leganti all'interno dei fori sarà eseguita a pressione controllata; solo dietro prescrizione della D.L. si dovrà fare ricorso ad un'ideale pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile lettura. La miscela, d'ideale consistenza e composizione, dovrà essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi ed impurità.


Se il dissesto sarà limitato ed una zona ristretta, dovranno essere risanate, con una pressione non troppo elevata, prima le parti più danneggiate ed in seguito, utilizzando una pressione maggiore, le rimanenti zone.

Dopo un preconsolidamento, che sarà eseguito colando mediante un imbuto una boiacca molto fluida, andranno effettuate le iniezioni procedendo con simmetria dal basso verso l'alto al fine di evitare pericolosi squilibri di peso e conseguenti alterazioni nella statica della struttura. La miscela andrà iniettata, in relazione alla consistenza della muratura, mediante una pressione di circa 0,5-1,0 atm (iniezione a bassa pressione). che servirà ad agevolare il drenaggio e ad otturare con il ritorno elastico i fori. Occorrerà, inoltre, in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature, aumentare la pressione d'immissione di 1/2 atmosfera ogni 3 m di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. La pressione dovrà essere mantenuta costante fino a quando la miscela non sarà fuoriuscita dai fori adiacenti o dai tubicini "testimoni".

Le iniezioni verranno eseguite per fasi, numerando le file di fori progressivamente dal basso verso l'alto; ciascuna fila interesserà in genere tutta la larghezza del muro, salvo nei casi di elevata estensione per i quali si procederà per sottocantieri. Nel caso di archi o volte si procederà alla numerazione dalle reni verso la chiave. Negli edifici a diversi piani, le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal piano più basso.

Le fasi di intervento si svolgeranno nel seguente modo:



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	117 di 194

- iniezione nella prima fila di fori della miscela a bassa pressione, stabilita in corso d'opera dal Direttore dei Lavori, avendo cura di arrestare l'iniezione dopo la fuoriuscita della miscela dai tubi di iniezione posti sulla seconda fila;

- ripetizione del procedimento sino all'iniezione di tutti i fori.

Nel caso in cui durante la fase di lavaggio, oppure durante la fase di iniezione, se non si effettua il lavaggio, si verificassero fuoriuscite, si dovranno interrompere le lavorazioni e procedere alla stilatura dei giunti nelle zone in cui si è verificata la fuoriuscita.

Potrà essere facoltà del Direttore dei Lavori far eseguire una ripresa delle iniezioni dopo 24-48 ore dalla prima fase di iniezione, al fine di riempire completamente tutte le cavità.

Dopo l'indurimento della miscela, gli ugelli saranno dismessi ed i fori sigillati con la malta appropriata.

Nel caso di iniezioni armate con barre in acciaio, si opererà infilando le barre nei fori prima del fissaggio dei boccagli. Le barre dovranno essere dotate di opportuni distanziatori, atti a mantenere un copriferro minimo di 10mm, pertanto i fori avranno un diametro minimo di 30mm e indicativamente non superiore a 50mm.

Nel corso dei lavori l'Impresa dovrà documentare adeguatamente, anche con rilievo fotografico, le posizioni dei fori di iniezione, prima di procedere alla definitiva rimozione delle cannule e alla stuccatura del relativo foro di inserimento.


Ad intervento ultimato l'Impresa dovrà aver cura di pulire, a propria cura e spese, il paramento murario da eventuali colature di malta da iniezione.

### 3.10.7 Ristilatura dei giunti di malta

La prima operazione di intervento riguarderà l'eliminazione puntuale dei giunti di malta incompatibili, giunti cioè realizzati con malte troppo crude (cementizie) incompatibili col paramento, in grado di creare col tempo stress meccanici evidenti, o gravemente ammalorate. L'operazione dovrà avvenire con la massima cura utilizzando scalpelli di piccole dimensioni, evitando accuratamente di intaccare il manufatto originale. Seguirà un intervento di pulitura utilizzando pennelli a setole morbide e bidone aspiratutto. Previa abbondante bagnatura con acqua deionizzata si effettuerà la stilatura dei giunti di malta tramite primo arriccio in malta a base di calce idraulica esente da sali solubili e sabbia vagliata (rapporto legante inerte 1: 2). L'arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta che con le spatole), si potranno eventualmente proteggere le superfici al contorno utilizzando nastro adesivo in carta.

La ristilatura di finitura si effettuerà secondo le indicazioni di progetto e della D.L.. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla risoluzione cromatica che si vuole ottenere in sintonia con le malte esistenti (per piccole ristilature) o in difformità per distinguerle da quelle esistenti (porzioni di muratura più vaste). Tali scelte saranno esclusivamente dettate dalla D.L. comunque dietro specifica autorizzazione degli organi competenti alla tutela del bene in oggetto. La ristilatura avverrà sempre in leggero sotto-quadro e dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata.

Le malte utilizzate dietro specifica richiesta e/o autorizzazione della D.L., potranno essere caricate con additivi di natura chimica, quali resine epossidiche (richiesta di forte adesività per stuccature profonde non esposte ai raggi U.V.) o resine acriliche o acril-siliconiche.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	118 di 194

Le zone di intervento, la sequenza e la modalità di esecuzione delle varie operazioni, nonché le caratteristiche delle malte impiegate dovranno ottenere sempre la preventiva approvazione della D.L.

Ove indicato dal progetto e/o richiesto dalla D.L., l'esecuzione della scarifica dei giunti dovrà essere eseguita con la massima cura e cautela, al fine di limitare quanto più possibile la perdita dell'intonaco esistente, ove ne sia previsto il perfetto ripristino a lavoro ultimato.

### 3.10.8 Protezione delle teste dei muri

Per garantire una buona conservazione delle strutture murarie oggetto di intervento sarà possibile realizzare particolari volumi di sacrificio sulle creste delle stesse, oltre ad eventuali opere di ripedonamento, o sugli spioventi tramite apposite ripianature.

L'eventuale volume si realizzerà a seconda del tipo, dello spessore e della natura della muratura originale. Dovrà inoltre distinguersi in modo netto dalle strutture originarie, per tipologia costruttiva o materiale pur accordandosi armoniosamente con esse, assicurandone la continuità strutturale.

L'Appaltatore provvederà quindi alla risarcitura, al consolidamento ed alla parziale ricostruzione della struttura per la rettifica e alla eventuale integrazione delle lacune secondo i modi già indicati. Potrà quindi procedere alla realizzazione di più strati di malta capaci di sigillare la tessitura muraria, facilitare e smaltire l'acqua piovana evitandone il ristagno.

Tale strato dovrà, in genere, essere eseguito armonizzando l'inerte, la pezzatura e la sagoma con l'originaria muratura sottostante utilizzando per piccole porzioni adatti inerti e malte simili alle originali per composizione fisico-chimica; oppure per porzioni consistenti, evidenziando la nuova malta con colorazioni o finiture differenti dalle originali, pur conservandone le caratteristiche. In casi particolari le malte potranno essere additivate con opportuni prodotti di sintesi chimica, ma solo dietro specifica richiesta ed autorizzazione della D.L.


### 3.10.1 Carotaggi per l'inserimento di tiranti metallici

Le opere di carotatura dell'apparato murario verranno in genere eseguite a mezzo di carotatrici fornite di punte diamantate con raffreddamento ad acqua, ad avanzamento controllato. I fori verranno realizzati delle dimensioni previste in progetto, e comunque generalmente non superiori a 60-80 mm, sia per l'attraversamento di elementi murari sia per lunghezze maggiori e nelle posizioni e con le direzioni rispetto alla superficie muraria indicate nel progetto esecutivo e dalla Direzione Lavori.

In applicazioni particolari (es. presenza di affreschi) dovrà essere previsto il carotaggio a secco con punta al widia con raffreddamento ad aria o di speciali dispositivi ad aria/acqua nei quali il raffreddamento di speciali testine diamantate a parete sottile viene garantito mediante nebulizzazione di ridottissime quantità d'acqua tramite una valvola tarata.

L'operazione dovrà avvenire con la massima cura, controllando la velocità di avanzamento ed arrestando l'operazione nel caso si verificassero comportamenti anomali, quali una velocità eccessivamente bassa o eccessivamente elevata, sospendendo l'operazione e avvertendo immediatamente la Direzione Lavori.

Per carotaggi di elevata lunghezza potrà essere prevista l'esecuzione di perforazioni per l'intercettazione dei carotaggi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	119	di	194

In ogni fase della lavorazione dovrà essere garantito l'adeguato smaltimento del liquido di raffreddamento e/o delle polveri, la protezione delle superfici ed al termine delle operazioni si dovrà effettuare una perfetta pulizia degli ambienti e delle opere.

### 3.10.2 Consolidamento mediante tiranti metallici

I tiranti metallici dovranno essere applicati di preferenza all'interno della muratura e fissati alle estremità con piastre atte alla distribuzione dei carichi. Le tirantature metalliche potranno anche essere lasciate completamente a vista nel caso in cui il progetto lo preveda e/o dietro indicazioni specifiche della D.L.

Una volta segnati i livelli e gli assi dei tiranti, l'Appaltatore dovrà preparare la sede di posa dei tiranti mediante l'utilizzo di trapani/carotatrici esclusivamente rotativi del diametro prescritto onde evitare sconnessioni e ogni possibile disturbo all'equilibrio della struttura dissestata.

Quando si dovesse predisporre la sede di posa dei tiranti in aderenza ai paramenti, l'Appaltatore dovrà praticare nella muratura delle apposite scanalature. Le loro sezioni e la loro posizione saranno prescritte dagli elaborati di progetto e dovranno essere in grado di contenere i piani di posa dei tiranti e delle piastre di ripartizione, le cui aree di appoggio dovranno essere spianate con getto di malta antiritiro.

I tiranti, una volta tagliati e filettati per circa 10 cm da ogni lato, o secondo le indicazioni di progetto, andranno posti in opera e fissati alle piastre (delle dimensioni e spessori prescritti) mediante dadi filettati predisponendo preventivamente apposite guaine protettive.

Ad avvenuto indurimento delle malte usate per i piani di posa delle piastre, l'Appaltatore metterà in tensione i tiranti per mezzo di chiavi dinamometriche in modo che la tensione applicata non superi il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio. Ove previsto, si salderanno infine i dadi filettati.

La sede di posa dei tiranti, se prevista all'interno della struttura, potrà essere riempita, dietro precise indicazioni della D.L., con iniezioni di malte reoplastiche o di prodotti di sintesi chimica, mentre le scanalature potranno essere sigillate con malta o lasciate a vista, eventualmente rifinite in modo da non andare in contrasto con l'aspetto del paramento murario.


I tiranti verticali, diagonali e comunque inclinati verranno inseriti in fori passanti attraverso le murature, nei quali verrà poi iniettata a pressione malta epossidica opportunamente formulata, per la formazione del bulbo di ancoraggio. Verranno poi messe in opera le piastre di ancoraggio. L'operazione di tesatura avverrà dopo il completo essiccamento del bulbo di ancoraggio.

Il posizionamento, le forme e le dimensioni delle piastre di ancoraggio dovranno seguire le prescrizioni del progetto o della D.L., potranno infatti essere ortogonali al tirante, inclinate rispetto a questo, a bloccaggio singolo o pluricavo.

I capochiave a paletto o a piastra vanno posti in opera curando particolarmente le condizioni di appoggio alle pareti murarie, in modo da favorire la migliore distribuzione delle tensioni di contatto con la muratura. A tale scopo potranno essere adottate lamine di piombo, colature di piombo a caldo, malte antiritiro, resine, o una combinazione delle tecniche citate.

Potrà essere richiesta la scarnitura locale della muratura e tutte le lavorazioni necessarie per permettere il montaggio a parziale incasso dei capochiave a paletto.

La formazione delle sedi di accoglimento delle piastre con demolizioni locali di muratura e successiva ricostruzione verrà eseguita con la tecnica dello scuci-cuci.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	120 di 194

Il trattamento di finitura superficiale dei tiranti e delle relative piastre di ancoraggio dovrà in generale prevedere la pallinatura con microsferi in acciaio in alternativa alla sabbiatura e successiva verniciatura con vernice nero micacea previa stesura di uno strato di primer. Tale trattamento dovrà in ogni caso essere preventivamente approvato, anche sulla base di campioni, dalla D.L. che potrà richiedere modifiche in funzione del tipo di applicazione e delle eventuali richieste della Soprintendenza.

### 3.11 CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E PIETRA)

#### 3.11.1 Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento è richiesta la verifica preliminare della consistenza statica attraverso:

- verifica delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte (materiali, tessitura, spessori) anche attraverso l'esecuzione di saggi e perforazioni di controllo;
- analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado.

##### 3.11.1.1 Stucature preliminari

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.


##### 3.11.1.2 Puntellatura

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà – se necessario – essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adeguate sbadacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

##### 3.11.1.3 Rimozione materiale inerte

Su indicazione della D.L., in funzione del tipo di intervento da realizzare, tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfiacco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuata manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfiacci; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

Dovrà in ogni caso essere posta particolare attenzione nell'evitare – in qualunque momento – uno sbilanciamento nella distribuzione delle masse, potenzialmente pericoloso per la stabilità della volta.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	121 di 194

Il lievo dei pavimenti esistenti dovrà essere eseguito con ogni cautela, per la possibilità di rinvenimenti di pavimenti preesistenti. Potrà essere facoltà della D.L. chiedere l'eventuale cernita ed accatastamento del materiale giudicato recuperabile.

#### 3.11.1.4 **Pulizia dell'estradosso**

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

#### 3.11.2 **Consolidamento di volte in muratura mediante materiali compositi (FRP)**

Le indicazioni di messa in opera per tale tipo di intervento dovranno essere applicate anche in caso di applicazioni in genere su pietra e/o materiale lapideo.

Durante l'applicazione verranno monitorate le condizioni termo-igrometriche sospendendo le operazioni in caso di temperature ed umidità non idonee alla corretta posa in opera.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a  $\pm 45^\circ$ ) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati" alla struttura (tecnica "wet lay up"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.


Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate.

#### 3.11.3 **Rinforzo volte con intonaco in malta di calce con rete fibra di basalto e acciaio inox alcali-resistente**

Esecuzione di rinforzo di volte in muratura di mattoni, tufo e/o pietra naturale, mediante l'utilizzo di un sistema composito a base di rete biassiale in fibra di basalto, avente le caratteristiche indicate in progetto, impregnato con matrice inorganica di malta strutturale M15 a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: 1) svuotamento e alleggerimento dell'estradosso della volta, con conseguente pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali. Eventuali lesioni presenti sia nella parte estradosso sia in quella intradosso verranno sigillati e rincocciati con scaglie di materiale idoneo allettate con malta e depolverizzazione finale mediante aspirazione delle polveri e detriti. Eventuale umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; 2) stesura di un primo strato di geomalta o equivalente, di spessore di ca. 5 mm; 3) con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; 4) esecuzione del secondo strato di geomalta o equivalente, di spessore di circa 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; 5) ancoraggio delle estremità della



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	122	di	194

rete con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 201 (tipo GEOSTEEL G HARDWIRE o equivalente), previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfocchettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta compatta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale o equivalente, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 998-2 .

### 3.12 OPERE DA CARPENTIERE

#### 3.12.1 Generalità

Tutti i legnami da impiegarsi in opere permanenti da carpentiere (grossa armatura di tetto, travature per solai, impalcati, ecc.), devono essere lavorati con la massima cura e precisione, secondo ogni buona regola d'arte e in conformità alle prescrizioni date dalla Direzione dei Lavori. Tutte le giunzioni dei legnami debbono avere la forma e le dimensioni prescritte, ed essere nette e precise in modo da ottenere un perfetto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti. Non è tollerato alcun taglio in falso, né zeppe o cunei, né qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno. Prima della fornitura delle strutture l'appaltatore dovrà fornire, a sua cura e spese e con la firma del progettista e propria, in tempo utile per l'esame e la preventiva approvazione della D.L., le tavole "costruttive" delle opere lignee con indicazione della ferramenta e dei particolari di dettaglio delle giunzioni. Per la ferramenta "a vista" potrà essere richiesta la predisposizione di campionature.


Le diverse parti dei componenti un'opera in legname devono essere tra loro collegate solidamente mediante caviglie, tirafondi autoperforanti, chiodi ad aderenza migliorata, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro, in conformità alle prescrizioni che saranno date.

Dovendosi impiegare chiodi per collegamento dei legnami, è espressamente vietato farne l'applicazione senza preforo. I legnami prima della loro posizione in opera e prima dell'esecuzione della spalmatura di catrame o della coloritura, se ordinata, debbono essere congiunti in prova nei cantieri, per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla D.L.

Tutte le parti dei legnami che rimangono incassate nella muratura devono, prima della posa in opera, essere convenientemente spalmate di catrame vegetale o di carbolineum e tenute, almeno lateralmente e posteriormente, isolate in modo da permettere la permanenza di uno strato di aria possibilmente ricambiabile. L'impresa dovrà prevedere tutte le opere provvisorie necessarie a garantire la stabilità delle strutture in fase di montaggio. In particolare dovranno essere inseriti controventamenti provvisori in corrispondenza delle capriate fino all'avvenuto montaggio delle falde di copertura.

Nel caso in cui il legno fornito al cantiere già trattato debba essere sagomato e tagliato a misura in opera, l'impresa dovrà aver cura di ripassare la superficie di taglio con almeno due mani di prodotto protettivo, onde evitare possibili zone di innesco del degrado.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	123 di 194

### 3.13 RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE LIGNEE

#### 3.13.1 Generalità

Prima di procedere a qualsiasi opera di consolidamento di strutture lignee, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti lavorazioni che – salvo diversa indicazione – si intendono già comprese nei prezzi delle lavorazioni e che dovranno essere quindi eseguite senza maggior onere per il committente:


- pulizia accurata dell'elemento da consolidare che si effettuerà secondo le modalità prescritte dalla D.L. (pulitura manuale con stracci e spazzole, aria compressa, bidone aspiratutto, evitando puliture troppo aggressive che comportino asportazione di materiale). Ove indicato dalla D.L. si potrà procedere alla eventuale scartavetratura, sabbiatura e/o pulizia con spazzole in acciaio;
- accertamento delle cause del degrado della struttura effettuato mediante analisi visiva, battitura, saggi eseguiti mediante perforazioni con punte da legno di ridotto diametro e/o altri metodi concordati con la D.L.;
- eventuale smontaggio di porzioni di muratura e di elementi (es. tavolati ecc..) che impediscono una completa indagine/ispezione degli elementi e la successiva esecuzione degli interventi;
- analisi dettagliata delle parti da asportare e da ripristinare;
- marchiatura (con gesso e/o etichette rimovibili) degli elementi degradati, rilievo fotografico e predisposizione di una tavola di mappatura che verrà fornita alla D.L. per permettere una verifica preventiva prima dell'inizio degli interventi di consolidamento. Dovrà altresì essere cura dell'Appaltatore la verifica, e la successiva elaborazione e restituzione grafica, dell'essenza e della qualità di resistenza del legname (es. classificazione a vista secondo normative vigenti) e la rispondenza alle ipotesi di progetto;
- rimozione, su indicazione della D.L., delle parti lignee marcescenti al fine di valutare la sezione resistente residua, prevedendo ove necessario le puntellazioni provvisorie;
- puntellamento della struttura che grava sugli elementi da consolidare mediante il rivestimento dei carichi sulle parti sane o sulle murature adiacenti.

#### 3.13.2 Gli interventi di progetto dovranno essere adattati all'effettivo stato di degrado.

Le opere di consolidamento previste dal progetto dovranno in ogni caso (e senza maggior onere per il Committente) essere completate da:

- trattamento antiruggine, di protezione e di finitura degli elementi metallici (es. grappe, staffe) esistenti;
- verifica ed integrazione delle chiodature esistenti tra le membrature mediante fornitura e posa in opera di viti autoperforanti, chiodi ad aderenza migliorata, bulloni, piastre in acciaio, cunei e biette in legno, nastri forati ed altri dispositivi come indicato dal progetto e concordato con la D.L.. Tutti i connettori (viti e bulloni) dovranno essere certificati in termini di resistenza meccanica e resistenza alla corrosione.
- la fasciatura di elementi fessurati e la eventuale messa in opera di tavoloni/spessori in legno .
- Si intende a carico dell'impresa la verifica della resistenza del legname (es. classificazione a vista secondo normative vigenti) e la rispondenza alle ipotesi di progetto.

Le operazioni di indagine e consolidamento dovranno essere eseguite da maestranze con provata esperienza.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	124	di	194

### 3.13.3 Sostituzione di travi in legno

L'integrale sostituzione di travi in legno sarà da effettuarsi esclusivamente in caso di assoluta inconsistenza fisico-materico-strutturale della trave, o ad insindacabile giudizio della D.L..

L'Appaltatore dovrà preventivamente puntellare i travetti ed il tavolato posato sulle travi con più puntelli da collocarsi parallelamente alle travi.

Sopra ai puntelli in corrispondenza dell'intradosso dei travetti, si dovrà collocare un'architrave sulla quale verranno posti a contrasto i singoli travetti mediante chiodatura di biette in legno.

Nel caso in cui la puntellatura dovesse appoggiare sopra a un solaio non sufficientemente solido, si dovranno posizionare i puntelli in modo da gravare su elementi strutturali sufficientemente resistenti; nel caso in cui, ad insindacabile giudizio della D.L., il solaio sottostante non fosse in grado di offrire sufficienti garanzie di resistenza, sarà necessario scaricare i puntelli sulle murature perimetrali, o prolungarli e sovrapporli sino al solaio del piano inferiore.

L'Appaltatore dovrà altresì impiegare tavole in legno di idonea sezione posizionate alla base dei puntelli per una migliore ripartizione dei carichi.

In ogni caso la trave liberata dalla muratura in corrispondenza degli appoggi, verrà sfilata intera e, solo dietro specifica autorizzazione della D.L. potrà essere tagliata.

La nuova trave dovrà corrispondere come materiale, essenza, qualità e dimensioni ai requisiti richiesti dagli elaborati di progetto. Dovrà essere messa in opera ripristinando compiutamente l'equilibrio strutturale preesistente.

A discrezione della D.L. e della Soprintendenza, potrà essere richiesta la mordenzatura delle travi di nuova fornitura per meglio adattare all'esistente.

### 3.13.4 Sostituzione del tavolato esistente

L'operazione si effettuerà solo nel caso in cui il tavolato esistente non fosse più assolutamente in grado di fornire sufficienti garanzie statiche, e fosse eccessivamente marcescente.


Tale sostituzione potrà essere parziale prevedendo il riutilizzo delle tavole esistenti recuperabili.

L'Appaltatore effettuerà preventivamente tutte quelle opere di puntellatura e/o di rafforzamento degli elementi della struttura in modo da poter effettuare le opere di demolizione e di rimozione secondo le norme contenute nel presente capitolato. Dovrà utilizzare per la sostituzione del tavolato esistente tavole in legno la cui essenza sarà quella prescritta dagli elaborati di progetto e le cui caratteristiche tecniche saranno conformi a quelle del presente capitolato.

Le tavole, poste in opera a giunti sfalsati, salvo diverse indicazioni di progetto, dovranno avere uno spessore non inferiore a 30 mm, larghezza non inferiore a 20 cm ed essere rifilate, intestate e collegate alla struttura mediante viti autoperforanti (o altro dispositivo indicato dal progetto e dalla D.L.). In presenza di carichi concentrati agenti su tavolati singoli dovranno in generale essere utilizzate tavole con incastro maschio/femmina in alternativa ad opportuni sistemi di ripartizione dei carichi.

Il tavolato così realizzato, se richiesto, dovrà essere connesso alle murature adiacenti secondo le modalità indicate dal presente capitolato.

Tali indicazioni valgono anche per nuovi tavolati.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	125 di 194

### 3.13.5 Collegamento delle travi alle murature perimetrali

Secondo le indicazioni di progetto e della D.L. le travi potranno essere collegate alle murature perimetrali tramite barre in acciaio inox inghisate nelle murature stesse collegate con saldatura a piastre in acciaio inox chiodate alle travi. I fori per l'alloggiamento delle barre dovranno essere aspirati o spolverati con scovolino prima del riempimento e richiusi perfettamente avendo cura di iniettare la resina o la malta del tipo prescritto fino al fondo del foro. Eventuali colature o sbavature dovranno essere rimosse e pulite in modo da non macchiare o rovinare le strutture circostanti.

### 3.13.6 Ripristino di struttura in legno mediante la ricostruzione della parte degradata

L'impresa è tenuta a verificare preliminarmente lo stato di consistenza fisico materica del manufatto, così pure la sua effettiva efficienza statica, prima di effettuare qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante.

Si cercherà sempre primariamente di intervenire con metodi leggeri che impieghino il legno in prima istanza, utilizzando le tradizionali tecniche di sostituzione tramite incalchi della stessa essenza, o con nuove strutture di supporto quali mensole, puntoni e saette opportunamente incastrati, reggiati e/o chiodati alle travi esistenti. Specifiche indicazioni a proposito saranno fornite all'Appaltatore da specifici elaborati di progetto e dalla D.L.

Il tratto di trave sostituito potrà essere collegato alla parte sana mediante piastra in acciaio inox inserita a scomparsa entro intaglio e successivamente inghisata con resina epossidica strutturale.

In casi particolari, dietro specifica richiesta della D.L. o quando previsto dal progetto, si potranno ricostruire parti in legno mediante conglomerati di resina e protesi costituite da barre di acciaio o di resina poliestere rinforzata con fibre di vetro; la sezione e la distribuzione delle barre saranno quelle prescritte dagli elaborati di progetto od ordinate dalla D.L.

Previa puntellatura della struttura, l'Appaltatore dovrà provvedere alla rimozione, nelle zone al contorno, di parti di pavimentazioni, del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto, dei travetti di ripartizione e di parti della muratura che ammorsano la struttura. Dietro indicazioni della D.L. dovrà rimuovere le parti di legno eccessivamente marcescenti. Se espressamente richiesto, dovrà rimanere inalterata la sfoglia esterna del legno in modo da non creare danni ad eventuali zone pregevoli decorate e/o intarsiate e per non interrompere il disegno delle fibre.

Si dovranno successivamente praticare nel legno sano dei fori aventi la profondità e l'inclinazione prescritte dagli elaborati di progetto. Le barre, inserite negli appositi distanziatori e ben centrate, andranno applicate all'interno dei fori preventivamente puliti da ogni residuo di perforazione tramite aspirazione e/o insufflaggio.


La parte di legno eccessivamente degradata e rimossa dovrà essere reintegrata con materiali dalle caratteristiche tecniche il più possibile simili a quelle del legno sano.

Si potranno utilizzare, solo dietro specifica autorizzazione della D.L., betoncini di resina il cui inerte sarà costituito da un composto ben amalgamato di trucioli di legno e farina, di canne e altre sostanze vegetali secche, assolutamente monde da impurità e compatibili con le resine.

Le casseforme lignee, il cui utilizzo e le cui dimensioni dovranno essere quelli prescritti dal progetto o richiesti dalla D.L., verranno trattate internamente con idonee sostanze disarmanti.

Il getto del betoncino si eseguirà conformemente alle indicazioni fornite dalla ditta produttrice e/o alle norme relative al confezionamento delle resine sintetiche del presente capitolato.

L'Appaltatore, se richiesto, dovrà iniettare contemporaneamente al getto paste fluide di resina o di altri composti analoghi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	126 di 194

Le casseforme andranno rimosse solo a presa avvenuta e la puntellatura potrà essere dismessa solo dopo la maturazione delle sostanze leganti.

### 3.13.1 Rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature

L'intervento verrà eseguito allorché la testa di una trave risulti deteriorata in modo avanzato (tanto da compromettere la stabilità dell'intera unità strutturale con il rischio di coinvolgere, per l'azione che le strutture ausiliari esercitano, quelle adiacenti) e, pur non garantendo un adeguato appoggio, non si ritiene opportuno operare la sostituzione totale della struttura, sia per ragioni estetiche che conservative, sia economiche che logistiche (difficoltà della procedura di sostituzione). Prima di eseguire qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante parziale o integrale, dovrà essere effettuata una scrupolosa campagna diagnostica del manufatto al fine di verificare lo stato conservativo della trave, e la sua reale efficienza statica.

Questa categoria di intervento può essere attuata con diverse tecnologie esecutive, con diversi gradi di reversibilità e compatibilità con le strutture esistenti.

#### 3.13.1.1 Ricostruzione mediante protesi in legno

La procedura si eseguirà generalmente dall'estradosso della trave; previa puntellatura della struttura, con ritti regolabili da cantiere eventualmente integrati da traversi e/o altre opere provvisorie, si rimuoveranno nelle zone limitrofe alla testa della trave le porzioni del pavimento o del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto ed eventuali travetti o morali dell'orditura secondaria; infine si scoprirà la testa della trave liberandola dall'ammorsatura del muro. Si eseguirà, seguendo le indicazioni di progetto, un'accurata pulizia al fine di evidenziare la parte danneggiata e si asporteranno le parti deteriorate (marcescenti) del legno che, a giudizio della D.L., non potranno essere risanate; si ricorda che sarà esplicitamente vietato l'uso dell'accetta.

La creazione d'appropriate protesi in legno potrà essere eseguita seguendo diverse tecniche, in ogni caso l'obiettivo dell'intervento, oltre al ripristino dell'efficacia del collegamento esistente, sarà quello di mantenere, per quanto sarà possibile, l'articolazione e la duttilità originale del nodo. Il materiale ligneo, da mettere in opera per l'integrazione, dovrà essere d'eccellente qualità (anche superiore a quella del materiale originale), privo di difetti, a bassa umidità (non dovrà superare il 6-10 %); inoltre dovrà essere, se sarà possibile, della stessa specie legnosa o, altrimenti, di una specie altrettanto dura e durevole. Tutto il legname utilizzato dovrà essere preventivamente trattato con prodotti biocidi.


### 3.13.2 Trattamento di disinfestazione del legno

Salvo diverse indicazioni degli elaborati di progetto e della DL, si intende a carico dell'impresa l'effettuazione su tutte le strutture lignee del trattamento antitarlo ed antimuffa.

La difesa del legno da microrganismi e insetti di varia natura che lo attaccano alterandolo, richiederà interventi a vari livelli: l'eliminazione delle sostanze alterabili contenute nel legno, ovvero la difesa dello stesso con insetticidi che oltre a precludere la vita a microrganismi, funghi e insetti possono anche impedire, se oleosi, l'assorbimento non voluto di acqua dall'ambiente. All'eliminazione delle sostanze alterabili si può pervenire con il metodo della vaporizzazione, all'antisepsi con diversi procedimenti e prodotti.

I trattamenti antisettici del legname e le sostanze adatte ad una corretta disinfestazione dovranno in linea di massima seguire in tutto o in parte (ma senza pregiudicare il risultato finale), le seguenti fasi:

- il biocida dovrà colpire direttamente le larve e le crisalidi in modo da ucciderle;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	127 di 194

- tutte le zone con superfici esposte dovranno essere trattate con insetticida e con biocidi fluidi ad alta penetrazione per creare una zona impregnata di veleno, attraverso la quale dovrà passare l'insetto xilofago per uscire in superficie;
- il trattamento superficiale dovrà lasciare uno strato di insetticida sulla superficie e in tutte le fessure del legno; gli insetti dannosi provenienti da altre zone saranno eliminati entrando in contatto con la zona trattata, le uova depositate in superficie si atrofizzeranno e/o saranno distrutte, mentre le larve che stanno nascendo moriranno prima di penetrare nel legno;
- tutti i legni che hanno subito un attacco in profondità deteriorando l'essenza, dovranno subire un intervento di consolidamento in conformità a quanto precedentemente esposto.

L'intervento di disinfestazione dovrà essere tale da eliminare gli agenti biologici negativi esistenti e prevenire eventuali infestazioni future.

Per i trattamenti curativi sarà necessario scegliere il periodo di maggiore attività dell'insetto e quello in cui si trova più vicino alla superficie, cioè il tempo che precede la ninfosità e il periodo di sfarfallamento: primavera e/o inizio estate.

Il preservante andrà applicato a spruzzo o a pennello, ripetendo il trattamento 2/3 volte consecutive per permettere all'insetto di penetrare nel legno il più profondamente possibile. Sarà bene evitare l'uso di prodotti in soluzione acquosa in quanto la capacità di penetrazione dipende dall'umidità del legno.

Qualora si prevedesse l'uso di tali insetticidi (presentando il vantaggio di essere inodori), sarà indispensabile bagnare abbondantemente il legno con acqua prima di ogni applicazione. Gli insetticidi sciolti in solvente organico saranno da preferirsi in quanto possiedono una maggiore capacità di penetrazione nel legno secco e attraverso un processo di diffusione capillare sanno distribuirsi nei tessuti legnosi, diffusamente e profondamente. Sarà necessario porre la massima attenzione ad eventuali effetti negativi causati dall'odore penetrante e sgradevole che alcune volte questi insetticidi emanano. Gli insetticidi consentiti dovranno essere sperimentati con successo dal Centro Nazionale del Legno di Firenze o da altri Centri di comprovata competenza, soddisfare a criteri di atossicità, stabilità alla luce e ai raggi UV nonché non produrre alterazioni cromatiche.

I prodotti utilizzabili per l'operazione di disinfestazione potranno essere:

### 3.13.2.1 **Disinfestazione dal capricorno delle case e dall'*hesperophanes cineres***


Sarà consentito l'uso di curativi solubili in acqua solo in particolari condizioni; questi saranno a base di soluzioni di miscele di fluoruro di sodio dinitrofenolo e bicromati, poliborati di sodio.

In linea di massima potranno essere utilizzati prodotti a base di naftalina clorurata, pentaclorofenolo, tetraclorofenolo, paradiclorobenzolo, esaclorocicloesano, ossido tributilico di stagno.

### 3.13.2.2 **Funghi**

Il trattamento antimicotico prevederà l'uso di prodotti particolarmente efficaci anche contro gli insetti, si tratterà in generale di prodotti a base di fluoruri, composti di cromo ed arsenico, pentaclorofenolo ecc. Poiché è raro che un fungo abbia capacità di sviluppo con umidità inferiore al 22% e comunque valori di umidità del 12/14% escludono in modo assoluto qualsiasi pericolo, bisognerà, in ogni caso che l'intervento complessivo sulla fabbrica, garantisca che le strutture lignee in nessun momento successivo possano riassumere valori di



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	128	di	194

umidità tali da permettere attacchi. Dopo aver effettuato l'intervento che garantisca l'eliminazione e/o la prevenzione da un anomalo livello di umidità, il legno infestato potrà essere eliminato ovvero bruciato, le fessure nella muratura penetrate dal fungo dovranno essere trattate col calore di adatto strumento; le precedenti operazioni andranno eseguite con la massima accuratezza e delicatezza e dovranno comunque essere evitati danni ai manufatti e/o materiali adiacenti. Potrebbe risultare necessario effettuare un intervento radicale mediante iniezioni di biocida sia nel legno che negli intonaci circostanti.

A tal proposito saranno usati iniettori del tipo già descritto per le impregnazioni con resina. In generale le sostanze antisettiche preferibili in quanto ad alto potere biocida e comunque non troppo evidenti dopo l'applicazione saranno:

- derivati dal catrame, quali il creosoto (olio di catrame), il carbolineum (olio pesante di catrame clorurato), xilamon (naftalina clorurata), emulsioni di creosoto in soluzioni alcaline o addizionate a composti ammoniacali di rame o zinco, i fenoli (dinitrofenolo, dinitrocresolo, penta e tetraclorofenolo, paradichlorobenzolo);
- composti degli alogeni, fluoruro di sodio e di potassio, fluorosilicato di magnesio e di zinco ecc. I composti di fluoro saranno particolarmente adatti nella lotta contro i funghi;
- derivati del boro (borace, tetraborato di sodio).

Potrebbe comunque essere utile l'uso di appropriate miscele dei predetti per ottenere un miglioramento complessivo delle proprietà biocide.

Saranno preferite miscele a base di composti di fluoro ovvero miscele di dinitrofenolo con fluoruro di sodio (proporzione 11:89) con aggiunta o meno di arsenico; miscele di fluoruri con sali arsenicati di sodio; miscele di arsenati e bicromati; naftolo in soluzione alcolica.

L'efficacia del procedimento di disinfestazione sarà comunque condizionata dalla sua accuratezza e soprattutto dalla reale estensione di tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere tutti quei punti dove la superficie è stata alterata per incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; sarà indispensabile porre la massima attenzione affinché il trattamento coinvolga completamente i precedenti punti. In questi casi sarà comunque necessario agire nel seguente modo: si inserirà tra due superfici di contatto oppure sulle sezioni di testa una pasta al 50% da sale biocida (ad esempio utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e 50% d'acqua (il fabbisogno sarà 0,75 Kg di pasta per mq di superficie) e si ripasserà infine tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima soluzione salina.

L'operazione dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

### 3.14 RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE COPERTURE LIGNEE


Oltre alle indicazioni relative al consolidamento delle strutture lignee (vedi relativo paragrafo) si riportano le seguenti disposizioni.

#### 3.14.1 Generalità

Per garantire l'integrità degli elementi componenti e il corretto svolgimento delle operazioni di recupero l'appaltatore dovrà prevedere:





	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	129 di 194

- puntellamento e/o sbatocchiamento con appropriati ritti regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
- rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
- verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
- rimozione del manto di copertura ed accatastamento all'interno del cantiere od in altro luogo sicuro (in ogni caso non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio);
- verifica di ogni singolo elemento che compone il manto di copertura (presenza di eventuali rotture e/o cricature, controllo delle sezioni resistenti) al fine di accertarne l'eventuale riutilizzabilità e, in tal caso, procedere con la rimozione dalla superficie di ogni genere di deposito (muschi, licheni ecc.) per mezzo di una pulitura manuale tramite bruschinaggio con spazzole di saggina e successiva battitura;
- marchiatura (con gesso e/o etichette rimovibili) degli elementi degradati, rilievo fotografico e predisposizione di una tavola di mappatura che verrà fornita alla D.L. per permettere una verifica preventiva prima dell'inizio degli interventi di consolidamento;
- totale o parziale (a seconda del tipo di intervento) rimozione del sottopiano (in pannelle o in tavolato) e della piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria e loro, eventuale, accatastamento in luogo sicuro ed esterno alla struttura, facendo cura di selezionare gli elementi ancora efficienti e riutilizzabili ed effettuare eventuali interventi di pulitura che dovranno essere di tipo manuale con l'ausilio di spazzole di saggina. Nel caso in cui gli elementi si presentassero alterati (dipinti, trattati con materiali cerosi o vernici a smalto) e il progetto preveda il ripristino dello stato originale, occorrerà procedere alla loro sabbiatura con l'ausilio di appropriati apparecchi aeroabrasivi ricorrendo ad inerti indicati, nello specifico, dalla D.L.

### 3.15 STRUTTURE IN ACCIAIO

#### 3.15.1 Generalità


Le strutture in acciaio dovranno rispondere alle norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, e a tutte le norme UNI vigenti applicabili.

#### Controlli

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere «qualificati»; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

L'acciaio sarà lavorato in conformità a quanto prescritto dalla norma UNI EN 1090.

L'Appaltatore è tenuto ad avvisare la Direzione dei Lavori dell'arrivo nella sua officina dei materiali collaudati che saranno impiegati nella costruzione delle strutture in acciaio. L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti verbali di collaudo tecnologico, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori (rintracciabilità dei materiali).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	130 di 194

In particolare, per ciascun manufatto composto con laminati, l'Appaltatore dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

posizioni e marche d'officina costituenti il manufatto;

numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione di marca e di officina;

estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo;

certificati di origine;

certificati delle prove fatte eseguire in officina dalla Direzione dei Lavori dello stabilimento di produzione.

Per ciascuna opera singola o per il prototipo di ciascuna serie di opere potrà essere prescritto il premontaggio in officina o nel piazzale di preassemblaggio.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuno per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

### Disegni di officina

L'Appaltatore è tenuto a presentare, a sua cura e spese e con la firma del progettista e propria, prima della fornitura dei materiali e in tempo utile per l'esame e l'approvazione del Direttore dei Lavori i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali, in conformità a quanto riportato negli elaborati forniti dal Progettista, dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:


- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature (WPS, WPA) e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- gli schemi di montaggio e controcricce di officina;
- particolari costruttivi delle opere di fondazione e degli apparecchi di appoggio della struttura;
- la relazione di calcolo (comprensiva delle verifiche delle opere di fondazione e degli apparecchi di appoggio della struttura) in cui devono essere indicate le modalità di montaggio dell'opera e specificato il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi di montaggio.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto delle saldature e le loro tecnologie di esecuzione alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M. in vigore e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	131	di	194

### Collaudo tecnologico dei materiali

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno conformi dal punto 11.3.4.11.3 del DM 14/01/2008 e s.m.i.. La Direzione dei Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiale da sottoporre a prova presso Laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Tutti gli oneri relativi prelievo ed al trasporto presso il laboratorio ufficiale sono a carico dell'Appaltatore.

#### **3.15.2 Elementi strutturali in acciaio**

L'Appaltatore dovrà comunicare per iscritto al D.L., prima dell'approvvigionamento, la provenienza dei materiali, in modo tale da consentire i controlli, anche nell'officina di lavorazione, secondo quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008, dalle norme UNI e da altre norme eventualmente interessanti i materiali di progetto.

Il D.L. si riserva il diritto di far eseguire un premontaggio in officina per quelle strutture o parti di esse che riterrà opportuno, procedendo all'accettazione provvisoria dei materiali entro 10 giorni dalla comunicazione dell'Appaltatore di ultimazione dei vari elementi.

Prima del collaudo finale l'Appaltatore dovrà presentare una relazione dell'I.I.S (del R.I.N.A. o di altro laboratorio certificato) che accerti i controlli effettuati in corso d'opera sulle saldature e le relative modalità e strumentazioni.

Durante le varie fasi, dal carico, al trasporto, scarico, deposito, sollevamento, e montaggio, si dovrà avere la massima cura, affinché non vengano superati i valori di sollecitazione, sia generali, sia locali, indotti dalle varie operazioni rispetto a quelli verificati nel progetto per ciascuna singola fase, ad evitare deformazioni che possano complicare le operazioni finali di messa in opera. Particolari cautele saranno attuate ad evitare effetti deformativi dovuti al contatto delle funi e apparecchi di sollevamento. Le controfrecce da applicare alle strutture a travata andranno eseguite secondo le tolleranze di progetto.


I fori che risultino disassati andranno alesati, e qualora il diametro del foro risulti superiore anche alla tolleranza fissata dalla normativa vigente, si avrà cura di impiegare un bullone di diametro superiore. Nei collegamenti in cui l'attrito contribuisce alla resistenza di calcolo dell'elemento strutturale si prescrive la sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. Nelle unioni bullonate l'Appaltatore effettuerà un controllo di serraggio sul 10% del numero dei bulloni alla presenza del D.L.

L'impresa è tenuta ad eseguire lavorazioni in cantiere e smontaggi di pezzi per ulteriori lavorazioni in officina, allo scopo di adattare la struttura metallica alle irregolarità locali della struttura alla quale vanno collegate o adossate, secondo le modalità richieste in ogni specifica applicazione.

Nel caso di strutture realizzate con metalli di diversa qualità e/o adossate ad elementi metallici di diversa natura (es. accoppiamento struttura in acciaio ordinario/acciaio inox) l'impresa è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti (es. interposizione di materiale isolante ecc..) atti ad evitare la corrosione elettro-chimica.

L'Impresa dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	132 di 194

- Possono essere usati i riscaldamenti (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- è ammesso il taglio a ossigeno, purché regolare.
- i tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da mm 2 a mm 5 di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato;
- i pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera devono essere montati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'esecuzione dei fori;
- non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-chiodo (o bullone) previste da DM 14/01/2008 e s.m.i.. Entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con un utensile adatto;
- l'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione;
- fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti col trapano, con assoluto divieto dell'uso della fiamma, e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza) le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- di regola, si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri:  $\varnothing =$  mm 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33;
- i bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;
- nelle unioni di strutture normali o ad attrito che a giudizio della Direzione dei Lavori potranno essere soggette a vibrazioni o ad inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi, anche nel caso di bulloni con viti 8.8 e 10.9.

### 3.15.2.1 **Montaggio**


L'Impresa sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, e tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	133	di	194

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che siano deformate o soprasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera, devono essere trattate in officina con sabbiatura ed una mano di primer. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la contro-freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. in vigore, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza devono presentarsi pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiate a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave idraulica purché questo sia controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio Ufficiale in data non anteriore a tre mesi.

Per ogni unione con bulloni l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio sul numero di bulloni indicato dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro; se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso a tutti i bulloni.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

### 3.15.2.2 **Tolleranze dimensionali per elementi in carpenteria metallica**

Per le tolleranze dimensionali degli elementi strutturali in carpenteria metallica, dovranno essere rispettate in generale le prescrizioni della norma UNI 10462 "Elementi edilizi", del DM 14/01/2008 e s.m.i., e della norma UNI EN 1993-1-1 "Progettazione delle strutture in acciaio":


### 3.15.3 **Unioni saldate**

Le operazioni di saldatura dovranno essere eseguite in conformità con quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 e s.m.i..

Potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	134	di	194

- saldatura manuale ad arco con elettrodo infusibile sotto protezione di gas inerte (TIG o GTAW);
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO2 o sue miscele).

### 3.15.3.1 **Qualifica per esecuzione strutture saldate**

Il Costruttore delle strutture metalliche saldate dovrà avere una organizzazione tale da soddisfare i requisiti stabiliti dalla norma UNI EN ISO 3834-1:2006, in particolare:

- a) dovrà essere individuato da parte del Costruttore il Coordinatore delle attività di saldatura;
- b) le saldature dovranno essere eseguite secondo le linee guida stabilite nella norma EN 1011 parti 1 e 2.
- c) i procedimenti di saldatura dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN ISO 15614-1:2008.
- d) per la certificazione dovranno essere eseguiti dei saggi rappresentativi delle varie soluzioni ricorrenti nel progetto ed in particolare per:
  - la totalità delle tipologie dei giunti tesi a completa penetrazione,
  - i giunti principali con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione,
  - un giunto testa a testa per ogni tipologia prevista;
- e) i saldatori dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN 287-1 per i procedimenti e le posizioni di lavoro previste;
- f) per la verifica delle caratteristiche meccaniche verranno prelevati campioni dai saggi di cui in d (la resilienza sui saggi sarà eseguita alla stessa temperatura prevista per il materiale base)
- g) il Costruttore dovrà preparare e sottoporre alla D.L. le specifiche di saldatura dei principali giunti di produzione (WPS).

### 3.15.3.2 **Materiali base**


- a) il materiale base dovrà essere fornito con certificato secondo "D.M. 14/01/2008" nella qualità e grado indicati sui disegni di progetto;
- b) le lamiere dovranno essere controllate con ultrasuoni (UNI EN 10160 classe S3) nelle zone che si trovino in corrispondenza di giunti in croce o a T a piena penetrazione (100mm a cavallo dell'asse del giunto).

### 3.15.3.3 **Elettrodi**

Per la saldatura manuale ad arco dovranno essere impiegati elettrodi omologati secondo UNI 5132, adatti al materiale base da saldare e con rivestimento basico.

Per gli altri procedimenti di saldatura dovranno essere impiegati fili, flussi o gas e la tecnica esecutiva usati per le prove di qualifica del procedimento.

Gli elettrodi dovranno essere usati con il tipo di corrente (continua o alternata) e di polarità per cui sono stati omologati. Dovranno altresì essere adottate tutte le precauzioni prescritte dal produttore degli elettrodi con particolare riguardo alla conservazione all'asciutto ed, in genere, alla pre-essiccazione degli elettrodi a rivestimento basico.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	135	di	194

Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti, per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, dovrà essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale dovrà essere non maggiore di 5 mm. per saldature in piano e di 4 mm per saldature in verticale.

Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) dovranno, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate.

#### 3.15.3.4 *Tecniche di esecuzione*

Devono essere adottate le sequenze di saldatura e le condizioni di vincolo più opportune, al fine di ridurre per quanto possibile le tensioni residue da saldatura, e facilitare le esecuzioni dei giunti saldati; devono essere osservate anche le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio e alla temperatura ambiente durante la costruzione.

La superficie di ogni passata deve essere liberata dalla scoria prima che vengano effettuate le passate successive; egualmente la scoria deve essere localmente asportata in corrispondenza delle riprese di una medesima passata.

Nella saldatura manuale si deve evitare l'accensione degli elettrodi sulle lamiere accanto al giunto.

Le estremità dei cordoni di saldatura dei giunti di testa, nella saldatura automatica, semiautomatica e manuale, devono essere sempre fatte su talloni.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato, per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, o altro adeguato sistema prima di effettuare la saldatura dal lato opposto o la ripresa.


Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno. La parte da saldare deve essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas dovranno essere adottati schermi efficaci di protezione contro il vento.

#### Preriscaldamento

In tutti i casi in cui lo spessore eccede certi limiti è necessario preriscaldare localmente la parte su cui si salda; la temperatura deve essere adeguata al procedimento che si impiega e comunque risultare non inferiore a quanto precisato :

Spessore parti da unire t(mm) (somma di tutti gli spessori secondo schema)	Procedimento ad arco sommerso, saldatura sotto gas protettivo o con elettrodi basici
20 < t ≤ 40	20° C
40 < t ≤ 60	70° C
t > 60	100° C

Se la temperatura scende al di sotto di 5°C i pezzi dovranno essere preriscaldati comunque ad almeno 50°C. Qualora sui pezzi siano presenti tracce di umidità deve comunque essere dato ad essi l'apporto di calore necessario per eliminarla.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	136	di	194

### Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico e dovrà risultare regolare e ben liscia.

L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se un'adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Nei giunti a T con cordoni d'angolo i pezzi devono essere posizionati a contatto; è tollerato un gioco massimo di 2 mm per spessori maggiori di 10 mm, da ridurre adeguatamente per spessori minori o per casi particolari.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1.5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si può tollerare un disallineamento di entità doppia.

**Qualora debbano essere realizzate unioni saldate su elementi di carpenteria precedentemente sottoposti a zincatura a caldo per immersione o verniciate, prima di procedere alla saldatura si dovrà avere cura di rimuovere lo strato di zincatura/verniciatura mediante abrasione superficiale (avendo cura di non ridurre la sezione resistente dei profili) e successiva pulizia.**

#### 3.15.3.5 *Giunti testa a testa non evidenziati nel progetto*

Giunti testa a testa non previsti a disegno dovranno essere preventivamente sottoposti alla approvazione del Progettista, realizzati a piena penetrazione, controllati al 100% visivamente, con magnetoscopia e radiografia; le posizioni saranno riportate sui disegni di officina.

#### 3.15.3.6 *Prove sulle saldature*

Le saldature, sia in officina che in cantiere, saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.


L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, **in aggiunta a quello visivo al 100%**, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. esame con liquidi penetranti o con magnetoscopio), mentre per i giunti a piena penetrazione, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

L'estensione delle indagini potrà essere estesa fino al 100% dello sviluppo dei cordoni di saldatura.

A livello puramente indicativo si riporta l'estensione prevista per i diversi tipi di controlli, pur rimanendo facoltà del Collaudatore e del Direttore dei Lavori di estendere i controlli anche oltre i limiti qui indicati:

- esame visivo: 100%;
- esame magnetoscopico: 100%;
- esame ultrasonori per spessori >15mm: 20%;
- esame radiografico per spessori ≤ 15 mm: 5%.

Il costruttore potrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la approvazione formale, varianti dei controlli di cui sopra purché preventivamente certificate da un Ente Terzo.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	137 di 194

### 3.15.3.7 Accettabilità dei difetti

- I criteri di accettabilità dei difetti sono riferiti alla UNI EN ISO 5817:2004 in funzione della tipologia di giunto;
- nel caso di presenza di difetti al di fuori dei criteri di accettabilità stabiliti, le saldature dovranno essere riprese secondo le procedure previste da una specifica di riparazione preparata dal Costruttore, certificata da Ente Terzo ed approvata dalla Direzione Lavori;
- le riparazioni saranno controllate al 100% con i metodi non distruttivi più adeguati ed inoltre i controlli non distruttivi saranno estesi per un metro da ogni parte del tratto che contiene il difetto oppure a due giunti analoghi nel caso di saldature di lunghezza inferiore ad un metro (le estensioni non verranno computate nella percentuale inizialmente prevista);
- nel caso di ulteriori difetti l'estensione dei controlli passerà al 100% del giunto (o dei giunti analoghi nel caso di giunti corti); in presenza di cricche o incollature l'estensione dei controlli passerà subito al 100%.

### 3.15.4 Unioni per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane e ortogonali all'asse delle membrature collegate (il massimo scostamento dal piano di riferimento è riportato alla variazione angolare massima  $\pm 10'$ ). Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto lavorate con la pialla, la limatrice o la fresa, in modo da limitare gli scostamenti di cui sopra a  $\pm 2'$ .

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi, per l'ottenimento delle tolleranze prescritte:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente, se necessario, la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- per flange di spessore compreso tra i 50 e i 100 mm è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio.


### 3.15.5 Tiranti e funi

I sistemi di tirantatura realizzati con barre e/o funi dovranno essere realizzati in modo da garantire la portata prevista dal progetto. In particolare tutti i sistemi di collegamento (es. golfari, grilli, manicotti, morsetti ecc.) dovranno essere certificati per i carichi previsti.

La lunghezza effettiva della fune dovrà essere verificata in sito dall'impresa esecutrice dopo l'esecuzione dei tracciamenti. In caso di eventuali interferenze si intende compresa e compensata la messa in opera di idonei sistemi di deviazione della fune stessa e/o le eventuali opere murare e di aggiustamento richieste per permettere l'installazione della fune (es. adattamenti di gronde, scossaline, smontaggio e rimontaggio di elementi impiantistici ecc.).

I sistemi di bloccaggio verranno generalmente realizzati mediante manicotti a pressione in acciaio inox AISI 316 serrati con pressa oleodinamica portatile o, in alternativa, mediante redance e morsetti. In ogni caso il sistema dovrà garantire il raggiungimento della resistenza minima a rottura della fune senza portare sensibili riduzioni dell'efficienza della stessa.

Dovranno inoltre essere in generale previsti sistemi (es. manicotti tenditori, estremità filettate) che permettano la tesatura iniziale ed il controllo/registrazione periodica della tensione. Ove necessario la tesatura dovrà essere verificata con opportuno sistema (es. chiave dinamometrica, metodi dinamici ecc.).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	138	di	194

I collegamenti di estremità dovranno garantire la corretta centratura del carico evitando eccentricità e/o inflessioni. Allo scopo dovranno essere opportunamente compensati eventuali fuori squadra mediante rosette/dadi sferici e/o adattando opportunamente le piastre di appoggio.

Per la realizzazione delle filettature di estremità sarà in generale da prevedere il procedimento mediante rullatura ottenuta con deformazione a freddo attraverso l'uso di rullatrici idrauliche, in ogni caso l'impresa dovrà verificare che la eventuale riduzione di sezione dovuta al filetto non comporti una eccessiva riduzione della resistenza del tirante stesso.

Potrà essere inoltre richiesta la realizzazione di filettature rullate trapezoidali (UNI 124 - ISO 2901/2904).

### Svolgimento e messa in opera

Lo svolgimento di una fune dalla bobina o da un rotolo dovrà essere effettuato in modo da non provocare torsioni che potrebbero comprometterne l'efficienza e la durata.

Se la fune è confezionata dal fabbricante avvolta su bobina o crocera, per il suo svolgimento si passerà nel suo foro una barra di diametro e lunghezza opportuni e si poseranno le estremità della barra su due cavalletti; si tirerà in seguito il capo della fune svolgendola, facendo attenzione che la fune non si allenti sulla bobina.

Se la fune è confezionata in rotolo, la si metterà su un aspo e poi la si svolgerà tirandola per il capo esterno, in modo che il rotolo giri intorno al proprio asse. Se il rotolo è di piccola dimensione si può procedere allo svolgimento tenendo fermo a terra il capo esterno della fune e svolgendola girando sul terreno il rotolo tenuto verticale.

Prima di tagliare una fune è necessario legarne i futuri capi con più giri di filo di ferro ricotto in senso opposto a quello d'avvolgimento della fune così che, se la fune tende a svolgersi, la legatura tende ad avvolgersi.

### Attacchi con morsetti e redancia

Il numero dei morsetti da applicare dipenderà dal diametro e dalle caratteristiche della fune e dovrà garantire il carico previsto dal progetto. A titolo indicativo dovranno essere previsti almeno 3 morsetti per funi fino al diametro di 16 mm, 4 morsetti fino al diametro di 20 mm e 5 fino al diametro di 26 mm.


La distanza fra morsetto e morsetto deve essere generalmente pari a 6 volte il diametro della fune e il loro serraggio completo andrà effettuato dopo la messa in trazione della fune. La corretta coppia di serraggio dovrà essere applicata utilizzando una chiave dinamometrica.

### **3.15.6 Lamiere grecate**

Le lamiere grecate dovranno essere messe in opera rispettando le sovrapposizioni laterali minime previste nella scheda del fabbricante e/o nelle tavole di progetto. Longitudinalmente le lamiere verranno accostate di testa senza sovrapposizione e fissate alla struttura metallica inferiore. Al fine di evitare la colatura della boiaccia di cemento in fase di getto dovranno essere sigillate tutte le giunzioni mediante nastro adesivo o altro dispositivo indicato dalla Direzione Lavori.

Le lamiere dovranno essere posizionate in opera, in conformità a quanto previsto nelle tavole di progetto e sulla base delle indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori, prive di danneggiamenti e perfettamente pulite prive di tracce di grassi e/o olii. Le lamiere che non rispetteranno tali requisiti dovranno essere sostituite a spese e cura dell'Appaltatore.



	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	139 di 194

### 3.15.7 Griglie pedonabili, carrabili o di sostegno impianti

Saranno in pannelli costituiti da longherine portanti e distanziali in acciaio zincato a caldo, aventi sezione come indicato nei disegni di progetto e dovranno essere conformi a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche. Grigliato elettrosaldato in acciaio S235JR (UNI EN 10025), con zincatura a caldo secondo UNI EN ISO 1461, con gancio fermagriato per maglia e certificazione CE.

### 3.15.8 Verniciature

Tutte le strutture in acciaio andranno protette contro la corrosione mediante un ciclo di verniciatura, previa spazzolatura meccanica o sabbiatura di tutte le superfici, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate. Un ciclo di verniciatura sarà costituito da un minimo di tre strati di prodotti vernicianti mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica e filmazione fisica. Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti. Non saranno accettati prodotti vernicianti che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'Impresa l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee. Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati. Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto. Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato. Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 h dall'applicazione. Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione. Per entrambi i cicli: quello per le superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori:

a - in officina, a lavorazione ultimata:

- . sabbiatura di tutte le superfici;
- . applicazione dello strato di primer;


b - in opera, ad avvenuto completamento del montaggio:

- . spazzolatura dei punti da ritoccare;
- . ritocchi sullo strato di primer;
- . applicazione dello strato intermedio;
- . applicazione dello strato di finitura.

### 3.15.9 Zincatura

Profilati, lamiere e tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione Progetto SS UNI E 14.07.000 (rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo - rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi, fabbricati in materiale ferroso).

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiere zincate secondo il procedimento Sendzimir.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	140	di	194

Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m<sup>2</sup> per zincatura normale;
- 300 g/m<sup>2</sup> per zincatura pesante.

### 3.15.10 Trattamento protettivo con zincante a freddo

#### 3.15.10.1 **Indicazioni di impiego**

Applicabile all'esterno/interno su supporti metallici in genere. Il prodotto deve essere sovraverniciato entro 10 giorni dall'applicazione.

#### 3.15.10.2 **Preparazione del supporto**

##### Superfici in metallo ferroso mai verniciato:


- asportare l'eventuale presenza di calamina compatta ed aderente ed ogni traccia di ruggine mediante sabbatura di tipo commerciale (Grado SA2), oppure effettuare una pulizia meccanica o manuale;
- nel caso di superfici nuove che non presentano calamina o ruggine è sufficiente sgrassare il supporto con diluente di lavaggio;
- spolverare la superficie, assicurarsi che il supporto sia perfettamente asciutto ed applicare 2 strati di zincatura a freddo;
- procedere all'applicazione del prodotto di finitura desiderato.

##### Superfici in metallo ferroso già verniciato:

- asportare gli strati di vecchie pitture sfoglianti e la ruggine presente mediante pulizia meccanica o manuale, carteggiare le vecchie pitture bene ancorate al supporto per irruvidirle;
- eliminare la polvere dal supporto;
- nel caso di superfici notevolmente deteriorate è consigliabile asportare completamente le vecchie pitture e la ruggine presente mediante sabbatura al grado SA2 1/2, oppure utilizzando lo SVERNICIATORE SM90 5600014 e successiva accurata pulizia meccanica o manuale;
- le superfici sabbiate a metallo bianco devono essere ricoperte dal primo strato di zincatura a freddo entro 8 ore;
- procedere all'applicazione del prodotto di finitura desiderato entro 7 giorni dall'applicazione.

#### 3.15.10.3 **Indicazioni per l'applicazione**

- Condizioni dell'ambiente e del supporto:
  - Temperatura dell'ambiente: Min. +8 °C / Max. +35 °C
  - Umidità relativa dell'ambiente: <75%
  - Temperatura del supporto: Min. +5 °C / Max. +35 °C
  - Supporto asciutto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	141	di	194

- evitare le applicazioni in presenza di condensa superficiale o sotto l'azione diretta del sole.
- attrezzi: pennello.
- rimescolare accuratamente il prodotto prima dell'uso.
- diluizione: con Acquaragia 5200010 o Dil. Sintetico 5210011 al max 3%.
- l'applicazione a spruzzo è effettuabile esclusivamente nell'ambito di attività soggette ai provvedimenti di autorizzazione alle emissioni in atmosfera (artt. 267 e segg. Del D. lgs n. 152/2006), previa diluizione all'8% con Acquaragia o Dil. Sintetico.
- Nr strati: 2 strati.

### 3.15.11 Apparecchi d'appoggio

Il progetto degli apparecchi di appoggio dovrà rispondere alle Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni C.N.R. - UNI 10018-72 e successive modificazioni, e dovrà contenere: il calcolo delle escursioni e delle rotazioni, indicando un congruo franco di sicurezza, ed esponendo separatamente il contributo dovuto ai carichi permanenti e accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosse e al ritiro del calcestruzzo; la verifica statica dei singoli elementi e l'indicazione dei materiali, con riferimento alle norme UNI, nonché le reazioni di vincolo che l'apparecchio dovrà sopportare.

Tutti i materiali da impiegare dovranno essere accettati, prima delle lavorazioni, dal D.L., il quale potrà svolgere controlli anche in officina.


Prima della posa in opera l'Appaltatore dovrà tracciare gli assi di riferimento e la livellazione dei piani di appoggio, rettificando le differenze con malta di cemento additivata con resina epossidica.

## 3.16 CONSOLIDAMENTO E CONSERVAZIONE DI STRUTTURE E MANUFATTI IN FERRO

### 3.16.1 Generalità

Prima di mettere in atto qualsiasi intervento di consolidamento di strutture in ferro, l'Appaltatore dovrà effettuare tutte quelle operazioni atte alla realizzazione dell'opera in regime di massima sicurezza tra le quali il puntellamento dell'intera struttura interessata o, ad esclusiva discrezione della D.L., solo delle zone in cui si andrà a realizzare il consolidamento. Andranno quindi effettuate la demolizione e la rimozione manuale, delle limitrofe ai lavori al fine di scoprire le ali e le anime delle putrelle. Si opererà quindi la pulitura al metallo bianco delle putrelle con mola a smeriglio o con i sistemi indicati dalla D.L. al fine di eliminare qualsiasi residuo di malta e/o di ruggine, la successiva sgrassatura.

A questo punto si potrà effettuare la sostituzione parziale e totale degli elementi di alleggerimento ed il miglioramento del sistema di ancoraggio delle putrelle ai muri, come richiesto e specificato dagli elaborati di progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	142	di	194

### 3.16.2 Smontaggio e Rimontaggio di manufatti metallici antichi

#### 3.16.2.1 Smontaggio

Prima di ogni smontaggio i manufatti e le singole parti dovranno essere muniti di cartellini non deperibili in genere costituiti da piccoli rettangoli in lamierino di ferro punzonati con lettere e/o numeri, forati e fissati al manufatto con filo di ferro.

Dovranno essere documentati fotograficamente gli attacchi e le posizioni originarie.

Questa fase può creare danni al manufatto ma soprattutto alla zona di ancoraggio la quale, per la natura dei sistemi usati in origine ed il degrado del ferro potrebbe già essere lesionata, si dovranno quindi recuperare tutti i pezzi che dovessero staccarsi durante l'operazione.

I tagli indiscriminati con "flessibile" vanno evitati nel modo più assoluto ricorrendovi solo in casi in cui non esista alternativa valida e definendo a priori come ripristinare la parte tagliata rispettando l'estetica del manufatto.

Per una corretta esecuzione di questa operazione sono da seguire i seguenti accorgimenti.

#### Elementi piombati

Uso del trapano elettrico (senza battente) con punte per forare i metalli di misura adeguata, unito all'uso di piccoli scalpelli affilati a dovere per scalzare la piombatura. Il piombo va forato e consumato con le punte da trapano e la rimanenza tagliata di volta in volta con gli scalpelli. Nei casi in cui risultasse impossibile tale operazione (soprattutto nel caso di zanche di inferriate) si potrà procedere al taglio delle zanche ponendo particolare attenzione a non rovinare il paramento murario e/o vetrate presenti nelle vicinanze specie nei casi in cui si faccia uso di smerigliatrice angolare con disco da taglio (mola). In questo caso particolare attenzione andrà posta nel proteggere le zone circostanti dalle scintille dovute al taglio, soprattutto i vetri di qualsiasi genere in quanto facili a danneggiarsi. In ogni caso la parte rimasta nel muro dovrà tassativamente essere tolta con i metodi descritti in precedenza, ripristinando la sede originaria per il rimontaggio.


Un ulteriore sistema per togliere le piombature è la fusione del piombo tramite il riscaldamento diretto con un cannello di piccole dimensioni ed usato con particolare attenzione nei casi in cui il punto di fissaggio non sia o troppo sensibile al calore o in zone a rischio di incendio.

#### Elementi "cementati"

Uso di trapano elettrico con punte a forare e scalpelli di misure adeguate. Il cemento va indebolito con una serie di piccoli fori uno a fianco all'altro e scalpellato con scalpelli di piccole dimensioni al fine di non ingrandire inutilmente il foro originale.

#### Elementi avvitati a zanche cementate o piombate

In casi in cui i manufatti siano resi solidali alle zanche di fissaggio con viti o chiodature è consigliabile lo smontaggio dapprima del manufatto e poi delle zanche con i metodi descritti in precedenza. Per le viti ed i bulloni è consigliabile bagnarli abbondantemente (anche con alcuni giorni di anticipo) con apposito "sbloccante", se ciò non fosse sufficiente si dovrà passare al taglio per i bulloni (tenendo conto delle raccomandazioni fatte sopra) ed alla trapanatura per le viti previo accurato centraggio del foro. In ogni caso si dovranno rispettare al massimo le zone di unione evitando tagli indiscriminati.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	143 di 194

### Ulteriori indicazioni

Nei casi di rigonfiamenti di sormonti provocati dalle ossidazioni in cui risulta possibile uno smontaggio delle singole parti è consigliabile procedere alla individuazione delle chiodature ed alla loro eliminazione tramite trapanatura o taglio, sempre ponendo attenzione alla superficie originale, I pezzi smontati potranno quindi venir raddrizzati se deformati, puliti e trattati con convertitori ed antiruggine anche nelle parti normalmente nascoste. Il riassetto dovrà avvenire con le tecniche originali e possibilmente con la mano di antiruggine non completamente asciutta per favorire al massimo la sigillatura degli interstizi.

Alcune parti sono smontabili per loro natura tramite viti che presentano però passi e misure in pollici anziché nel sistema metrico. Particolare attenzione va posta al momento dello smontaggio per cercare di recuperarne il più possibile. Qualora se ne rendesse necessaria la sostituzione, non trovando il modo di ricostruire il filetto o sostituire la vite, si dovrà riflettere sullo stesso foro con il diametro maggiore più prossimo all'originale. Si dovrà porre la massima attenzione alle viti a testa bombata in quanto utilizzate quasi sempre con intento estetico, pertanto la loro sostituzione deve essere fatta con viti aventi la stessa forma.

Eventuali tenoni spezzati vanno ripristinati inserendo nella barra al posto dell'originale un prigioniero filettato e ribattendolo come da originale.

Sono tassativamente vietate le saldature elettriche per fermare parti altrimenti chiodate ed avvitate. Il ripristino delle tecniche esecutive originali è l'unica garanzia di un lavoro fatto a regola d'arte sia sotto il profilo delle teorie del restauro che sotto il profilo tecnico.

Qualora si rendessero necessarie saldature di elementi spezzati o riporti di materiale in zone soggette ad usura o a corrosione eccessiva, è consigliabile l'uso del sistema TIG con riporto di ferro per saldature autogene. In alternativa si possono usare elettrodi.

Eventuali integrazioni con elementi mancanti o sostituzioni obbligate vanno fatte con l'uso delle stesse tecniche esecutive dell'originale ove possibile. Se la particolarità degli elementi e l'unicità del disegno rende difficile ricostruzione le parti mancanti l'alternativa è l'uso di resine epossidiche colate in stampi ricavati direttamente da altri elementi simili. Nel caso esistano necessità strutturali verrà valutato l'inserimento di anime in acciaio inossidabile.


#### 3.16.2.2 **Rimontaggio di manufatti esistenti**

Il rimontaggio dei manufatti dovrà essere fatto con le metodologie originali salvo i casi in cui non possa venire studiato un sistema che permetta di migliorare gli interventi di manutenzione e a patto che l'integrità e l'estetica dei manufatti in questione non venga compromessa.

Nel riutilizzo delle viti originali in ferro, soprattutto per manufatti all'esterno, si raccomanda di ungere la filettatura con olio minerale e grafite prima del definitivo serraggio al fine di prevenire ossidazioni e favorire successivi smontaggi anche a lunga distanza di tempo.

Qualora siano necessari fissaggi con tasselli andranno utilizzate tassativamente viti in acciaio inossidabile e tasselli in ottone o materiale plastico. In tutti i casi in cui i tasselli tradizionali dovessero rivelarsi inadatti per le condizioni del paramento murario si dovranno utilizzare apposite bussole filettate inossidabili fissate con resine compatibili con il tipo di supporto. In questi casi vanno evitate situazioni in cui la resina rimanga visibile ed esposta alla luce così da evitare antiestetici ingiallimenti. La soluzione con le bussole filettate inoltre è da



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	144	di	194

preferirsi in tutti i casi in cui non si possano sottoporre il muro o la pietra alle pressioni costanti esercitate dai tasselli.

In tutti i casi andranno tenuti in debita considerazione l'estetica del fissaggio ed il rispetto del supporto murario, specie se pietra o cemento con finiture non facilmente ricostruibili. L'uso di trapani battenti va limitato ed applicato con particolare cautela. In alternativa sono da preferirsi punte in widia con affilatura per trapani senza battente.

Le piombature dovranno farsi con la pietra bene asciutta e con temperature ambientali al di sopra dei 15°C al fine di evitare bruschi sbalzi termici. Il foro dovrà essere ben pulito e con sufficiente sottosquadra. Nei casi in cui si debba preventivamente inzeppare l'elemento da piombare si dovranno utilizzare cunei in acciaio inossidabile preparati alla bisogna.

Per la ferramenta di porte e finestre particolare attenzione andrà posta al tipo di viti utilizzate ed al loro colore, quindi l'uso di viteria conforme all'originale è raccomandabile. Anche le parti originariamente fissate con chiodi andranno rimontate con la stessa tecnica e l'uso di chiodi di fabbricazione conforme agli originali.

### 3.16.3 Consolidamento intradossale di struttura piana con nuovo sistema di travi in ferro

Sarà fatto obbligo all'Appaltatore, in caso di consolidamento di strutture ad orditura semplice, collocare in opera travi rompitratta posizionandole ortogonalmente rispetto alle esistenti. Nel caso di consolidamento di strutture a doppia orditura, si dovrà accoppiare al sistema primario uno secondario, lungo la direzione delle travi esistenti.

In entrambi i sistemi, il collegamento fra gli elementi metallici sarà realizzato interponendo un' idonea piastra di ripartizione e saldando le travi fra di loro.

I profili, le sezioni, gli interassi ed i sistemi di collegamento delle teste delle travi alla muratura saranno quelli stabiliti dagli elaborati di progetto.

### 3.16.4 Consolidamento estradossale di struttura piana mediante realizzazione di cappa in cemento armato

Eseguite le rimozioni e le demolizioni prescritte secondo le indicazioni della D.L., l'Appaltatore dovrà saldare alle putrelle dei tondini di ferro distanziandoli fra loro di circa 10-15 cm. o dei tondini sagomati a zig-zag in modo da realizzare un'efficace coazione fra le travi preesistenti e la cappa armata.

Dovrà in seguito sovrapporre al piano della struttura un'armatura incrociata e predisporre il prescritto numero di collegamenti ai muri perimetrali. Tale armatura dovrà avere la sezione e la maglia prescritta dagli elaborati di progetto o stabilita dalla D.L..


Il getto di calcestruzzo verrà eseguito e distribuito in modo uniforme solo dopo abbondante irrorazione con acqua dell'estradosso.

## 3.17 CONGLOMERATI CEMENTIZI O A BASE DI CALCE SEMPLICI E ARMATI

### 3.17.1 Generalità

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato o precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme contenute nel D.M. 14 gennaio 2008, Norma tecniche per le costruzioni, e alle norme UNI applicabili vigenti.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	145 di 194

Per le opere in zona sismica l'Appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni di cui al DM 14 gennaio 2008 ed alle norme tecniche vigenti in esso previste.

Tutte le opere in cemento armato facenti parte dell'opera appaltata saranno eseguite in base ai calcoli di progetto, secondo le indicazioni delle tavole grafiche ad esso allegate e secondo le indicazioni della D.L.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonerano in alcun modo l'appaltatore dalle responsabilità a lui derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto, restando contrattualmente stabilito che, malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla D.L. nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione, l'Appaltatore stesso rimane unico e completo responsabile delle opere per la qualità dei materiali e la loro esecuzione; di conseguenza egli dovrà rispondere degli inconvenienti che avessero a verificarsi, di qualunque natura, importanza e conseguenza essi potessero risultare.

In generale tutti i materiali da impiegare dovranno essere rispondenti a quanto prescritto nel presente Capitolato, alle relative Voci di Elenco Prezzi, a quanto verrà eventualmente ordinato dalla Direzione dei Lavori nonché alle Norme di seguito riportate relativamente a prove ed accettazione dei materiali.

Si dovranno rispettare le prescrizioni riportate sui disegni. In particolare in funzione dell'elemento strutturale si troverà specificato sui disegni quanto segue:

- Classe di resistenza a compressione minima;
- Classi di esposizione ambientale;
- Classe di consistenza al getto;
- Diametro massimo dell'aggregato.

Il rapporto acqua cemento massimo in funzione della classe di esposizione e di resistenza dovrà rispettare quanto indicato sulla norma UNI 11104.


In ogni caso, prima di procedere all'esecuzione dei getti l'Appaltatore è tenuto a presentare il Mix design della miscela che intende utilizzare oltre ad uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro max e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di cemento, rapporto acqua-cemento, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione.

L'esame, la verifica e l'approvazione da parte della Direzione dei Lavori dei certificati degli studi preliminari di qualificazione non esonera in alcun modo l'Appaltatore dall'obbligo di fornire un materiale conforme a tutte le prescrizioni di progetto e di Capitolato.

Le caratteristiche dei materiali da impiegare e la composizione e modalità di confezionamento dei vari tipi di conglomerati approvati dalla Direzione dei Lavori, restano vincolanti per l'esecuzione di tutte le opere, e non possono essere in alcun modo cambiate senza l'ulteriore approvazione della Direzione dei Lavori stessa.

**Si intendono inoltre parte integrante del presente capitolato, le indicazioni riportate nelle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.**

	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	146	di	194

### 3.17.2 Controlli sul conglomerato

La Direzione dei Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

#### 3.17.2.1 *Valutazione preliminare della resistenza*

Se il calcestruzzo proviene da impianto industrializzato, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere copia del certificato FPC (sistema permanente di controllo interno della produzione).

Se il calcestruzzo è prodotto da impianto temporaneo di cantiere non industrializzato, il costruttore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà effettuare idonee prove preliminari di studio per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Il costruttore dovrà altresì far avere alla Direzione dei Lavori, prima dell'inizio delle forniture, evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza e di tutte le caratteristiche prescritte dal progettista per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo. Lo studio della miscela deve essere condotto sotto il controllo di un laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/01.

#### 3.17.2.2 *Comunicazione preventiva alla fornitura / produzione in cantiere di calcestruzzo*

Sia che il calcestruzzo provenga da impianto industrializzato, sia che prodotto con impianto di cantiere, l'Appaltatore (o l'impianto stesso) sarà tenuto a trasmettere preventivamente (almeno 2 giorni prima) al Direttore Lavori le caratteristiche (almeno Rck, slump, classe di esposizione, diametro massimo inerte, tipo di cemento, ecc.) e le quantità del calcestruzzo che verrà impiegato per il getto, oltre ad indicare quali elementi verranno realizzati.

#### 3.17.2.3 *Controlli di accettazione*

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del DM 14/01/2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.


Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0,30 mc di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel DM 14/01/2008 e nella norma UNI-EN 206-1.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere sempre eseguito in contraddittorio con l'Impresa, alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori redigendo apposito verbale di prelievo.

Le prove e la relativa frequenza saranno in accordo con quanto specificato al Capitolo 11.2 delle Norme tecniche per le costruzioni DM 14/01/2008.

Il Direttore Lavori avrà la facoltà di prescrivere ulteriori prelievi qualora vi siano variazioni nei componenti dell'impasto o per altre ragioni che ne giustificano la necessità.

La forma e le dimensioni dei provini di conglomerato cementizio da sottoporre a prova di compressione, saranno conformi a quanto stabilito nella norma UNI 12390-1. La preparazione e la stagionatura degli stessi provini, saranno conformi a quanto stabilito nella norma UNI 12390-2.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	147	di	194

Lo slump sarà controllato in corso di getto in accordo alla UNI EN 12350-2, ogni 50 mc di getto e ogni qualvolta lo richieda la Direzione dei Lavori o il Committente e non potrà mai superare i valori richiesti. Saranno a carico dell'Impresa tutti gli oneri relativi alle prove di Laboratorio, sia effettuate presso i laboratori della Direzione Lavori, sia presso i Laboratori Ufficiali, comprese le spese per il rilascio dei certificati.

### 3.17.2.4 **Controllo in opera della resistenza del calcestruzzo**

Durante l'esecuzione delle opere, per la determinazione delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi si farà riferimento alle prescrizioni di cui al punto 11.2.3 delle Norme Tecniche di cui al DM 14/01/2008 e s.m.i..

Qualora i risultati delle prove sulla prima serie non fossero soddisfacenti, è facoltà della Direzione dei Lavori far sospendere l'esecuzione dei getti in attesa dei risultati delle prove sulla seconda serie. Qualora anche dalle successive prove eseguite presso i Laboratori ufficiali risultasse un valore della resistenza inferiore a quello richiesto nei calcoli statici, ovvero non fosse stata rispettata una qualche prescrizione del controllo di accettazione, si dovrà ricorrere a cura e spese dell'Appaltatore ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura realizzata con il conglomerato a resistenza ridotta.

Tali controlli e verifiche, comprensive di prove complementari non distruttive sul calcestruzzo messo in opera, formeranno oggetto di una relazione nella quale si dimostri che, ferme restando le condizioni di carico e di vincolo della struttura, la resistenza caratteristica risulti compatibile con le vigenti norme di legge anche in materia di durabilità.

Qualora, a insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, venga approvata tale relazione, il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica riscontrato nelle prove. Se la resistenza caratteristica trovata è invece considerata incompatibile con la destinazione dell'opera, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere approvati dalla Direzione dei Lavori.

Nessun compenso spetterà all'Appaltatore se la resistenza a compressione dopo i 28 giorni di stagionatura risulterà maggiore di quella richiesta nei calcoli statici.


In fase di indurimento la Direzione dei Lavori potrà prescrivere il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

La Direzione dei Lavori si riserva di prelevare campioni di conglomerato cementizio anche da strutture già realizzate e stagionate, oppure di effettuare, sulle opere finite, armate o non, misure di resistenza a compressione, non distruttive, a mezzo di sclerometro o di altra apparecchiatura, secondo quanto prescritto al punto 11.2.6 delle Norme Tecniche di cui al DM 14/01/2008 e s.m.i..

Di norma per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice; la Direzione dei Lavori si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro direttamente sui provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione.

Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dato risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura per compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture già

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	148 di 194

realizzate, mediante carotaggi, tagli con sega a disco, estrazione di grossi blocchi, ecc. (UNI EN 12504-1, UNI EN 13791).

### 3.17.2.5 **Consistenza del calcestruzzo**

La lavorabilità dei calcestruzzi ordinari dovrà essere definita mediante:

- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 220 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 220 mm.

Per i calcestruzzi auto compattanti (Self Compacting Concrete o SCC) la lavorabilità sarà verificata mediante le seguenti prove:

- Slump-Flow in accordo alla UNI 11041 (vd. § 1.6.3.1);
- V-Funnel in accordo alla UNI 11042 (vd. § 1.6.3.2);
- J-Ring in accordo alla UNI 11045 (vd. § 1.6.3.3).

### 3.17.2.6 **Contenuto d'aria**

Tale prova, obbligatoria quando si prevede l'impiego di un additivo aerante, ovvero in presenza delle classi XF2, XF3, XF4, verrà eseguita secondo quanto stabilito nelle norme UNIEN 12350-7.

### 3.17.2.7 **Bleeding**

Tale prova, potrà essere effettuata in contraddittorio con il fornitore di calcestruzzo, su richiesta della Direzione dei Lavori, secondo quanto stabilito nella norma UNI 7122.


### 3.17.2.8 **Altre prove**

A insindacabile parere della Direzione dei Lavori potranno essere eseguite altre prove sia preliminarmente al getto delle opere che a strutture già realizzate. e in particolare le seguenti:

- a) prova del cono di cui all'App. E della UNI 6394-79;
- b) prova del dosaggio di cemento di cui alla UNI 6393-72 e alla UNI 6394-69;
- c) prova del contenuto d'aria di cui alla UNI 6395-72;
- d) prova del contenuto d'acqua;
- e) prova di omogeneità in caso di trasporto con autobetoniera;
- f) prova di resistenza a compressione su campioni cilindrici prelevati con carotaggio da strutture già stagionate;
- g) prova di resistenza a compressione con sclerometro.
- h) prove di pull-out

Tali prove saranno tutte condotte secondo quanto previsto dalle norme UNI, o altre equivalenti, che la Direzione dei Lavori avrà cura di comunicare.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	149 di 194

### 3.17.3 Confezione dell'impasto

In accordo con il DM 14/01/2008, il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato e fornito da impianti certificati con FPC (sistema permanente di controllo interno della produzione).

Nel caso in cui l'Appaltatore intendesse impiegare calcestruzzo prodotto da impianto temporaneo di cantiere non industrializzato, dovrà preventivamente ottenere l'autorizzazione della Direzione dei Lavori, la quale ad insindacabile discrezione potrà consentire o meno il confezionamento in cantiere del calcestruzzo.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli inerti, dell'acqua, degli eventuali additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione.

La dosatura effettiva degli inerti dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e, successivamente, almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui ai paragrafi precedenti.

Per quanto non specificato, si farà riferimento alle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato elaborate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.


L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogenea, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

**È vietato in ogni caso l'aggiunta di acqua in cantiere e in generale l'alterazione della miscela a piè d'opera.**

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 0°C (273 K), inoltre la temperatura del calcestruzzo al momento del getto non dovrà essere minore di 5°C salvo diverse disposizioni che la Direzione dei Lavori potrà dare, volta per volta, prescrivendo, in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

### 3.17.4 Trasporto

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	150 di 194

L'intervallo di tempo tra la fine dell'impasto e la messa in opera non dovrà superare i 45 minuti quando la temperatura media dell'aria è superiore a 25°C ed i 60 minuti quando la temperatura è inferiore a 25°C.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli. Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed eccezionalmente, i nastri trasportatori. Il calcestruzzo dovrà essere mantenuto in movimento durante il tempo di trasporto.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del calcestruzzo alla bocca d'uscita della pompa.

Qualora il trasporto del conglomerato avvenga mediante autobetoniera l'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata ai paragrafi precedenti.

Sulla bolla di accompagnamento di ogni carico di calcestruzzo dovranno essere riportati i dati indicati nella UNI EN 206-1.

È facoltà della Direzione dei Lavori di rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

### 3.17.5 Posa in opera

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.


Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	151 di 194

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di staggie vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate dopo il disarmo mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

La superficie finale del getto deve essere livellata (come indicato nelle tavole di progetto o ordinato dalla Direzione dei Lavori) in modo tale da:

- consentire il deflusso delle acque meteoriche;
- evitare in ogni punto ristagni d'acqua.

È poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri siano fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.


A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata; gli eventuali giunti di costruzione saranno sigillati, così come previsto nelle presenti Norme Tecniche.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	152	di	194

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 278 e 303 K.

### 3.17.6 Casseforme ed armature di sostegno per i getti

Per l'esecuzione di tali opere provvisorie l'Appaltatore potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfi alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi. La Direzione dei Lavori potrà richiedere a tale scopo, qualora lo ritenesse opportuno, la relazione di calcolo della cassetta e della relativa struttura di sostegno.

In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di presentare preventivamente all'esame della Direzione dei Lavori il sistema che intende adottare.


L'Appaltatore è tenuto ad osservare, nella progettazione ed esecuzione di armature e centinate, le norme ed i vincoli che fossero imposti da Enti e persone responsabili circa il rispetto della zona interessata dalla costruzione. Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo le norme di legge ed in mancanza di queste, secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Le casseforme potranno essere metalliche, di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto; le casseforme in legno dovranno essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti ed il relativo onere sarà compreso e compensato nel prezzo di elenco delle casseforme.

### 3.17.7 Vibrazione del calcestruzzo

Il calcestruzzo, dopo essere stato posto in opera, dovrà essere costipato alla massima densità possibile mediante vibratori ad immersione o vibratori applicati alle casseforme. I vibratori applicati alle casseforme saranno limitati a getti di spessore limitato ed ad elementi prefabbricati quali i conci per il rivestimento della galleria principale.

La vibrazione per immersione dovrà essere eseguita immergendo il vibratore verticalmente. Il vibratore dovrà penetrare in ogni suo punto per almeno 10 cm nella parte superiore dello strato orizzontale di calcestruzzo

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIVALUTAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	153 di 194

gettato precedentemente, rivibrandolo.

In linea di massima la durata di vibrazione per metro cubo di calcestruzzo sarà compresa tra 2 e 3 minuti allorché eseguita con vibratore ad immersione avente diametro di 60-70 mm.

### 3.17.1 Stagionatura e disarmo

#### 3.17.1.1 *Prevenzione delle fessure da ritiro plastico*

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei. I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra. È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di  $0,5 \div 1,5 \text{ kg/m}^3$ .

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

#### 3.17.1.2 *Disarmo e scasseratura*

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità d'urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere. La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.


In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Avvenuto il disarmo potrà essere richiesta la regolarizzazione della superficie delle opere con malta cementizia. L'applicazione si effettuerà previa pulitura e lavatura delle superfici delle gettate e la malta dovrà essere ben conguagliata con cazzuola e frattazzo, con aggiunta di opportuno spolvero di cemento.

#### 3.17.1.3 *Protezione dopo la scasseratura*

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI ENV 206-1; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati. La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	154	di	194

protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

### 3.17.2 Tolleranza di posizionamento e dimensionali

Per le tolleranze dimensionali degli elementi strutturali in conglomerato cementizio, armato o non armato, gettato in opera, dovranno essere rispettate in generale le prescrizioni della norma UNI 10462 "Elementi edilizi. Tolleranze dimensionali" ed in particolare quelle riportate nel DM 14/01/2008 e s.m.i., ovvero nella UNI EN 13670-1.

Le opere in calcestruzzo dovranno essere eseguite in base alle dimensioni ed al posizionamento indicati sui disegni esecutivi.

Le tolleranze relative alle strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti.

#### Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto  $S = \pm 2.0\text{cm}$
- dimensioni in pianta  $S = - 2.0\text{ cm o } + 3.0\text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore)  $S = - 0.5\text{ cm o } + 3.0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$

#### Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto  $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena)  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- quota altimetrica sommità  $S = \pm 1.5\text{ cm}$
- verticalità per  $H \leq 600\text{ cm}$   $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- verticalità per  $H > 600\text{ cm}$   $S = \pm H/12$

#### Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore  $S = - 0.5\text{ cm o } + 1.0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso  $S = \pm 1.0\text{ cm}$

#### Vani, cassette, inserterie:


- posizionamento e dimensione vani e cassette  $S = \pm 1.5\text{ cm}$
- posizionamenti inserti (piastre boccole)  $S = \pm 1.0\text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferro minimi prescritti dal progetto.

### 3.17.3 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	155 di 194

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori. Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

### 3.17.1 Profilati in PVC (water-stop) per giunti strutturali e/o di costruzione e/o di dilatazione, a tenuta idraulica

Il P.V.C. costituente i nastri (water stop) dovrà avere particolare elasticità ed essere ottenuto da resine viniliche termoplastiche di qualità pura che abbiano elevata resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acido alcaline, all'invecchiamento ed alle sollecitazioni meccaniche.

La miscela utilizzata per la produzione dei profilati dovrà avere i seguenti requisiti, salvo diverse prescrizioni progettuali:

Tipo:	cloruro di polivinile	Analisi chimica
Durezza Shore a +293 K	> 65	DIN 53505
Resistenza a trazione +293 K	> 10 N/mm <sup>2</sup>	DIN 16938 E
Allungamento a rottura	> 200%	DIN 16938 E
Resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acidi alcaline		CRD-C 572-65
Limiti di temperatura d'impiego	da 238 K a +333 K	


Il tipo di profilato da impiegarsi e le sue dimensioni saranno stabilite dal Progettista in base al tipo di sollecitazioni alle quali lo stesso sarà sottoposto ed allo spessore del getto di calcestruzzo. La classificazione delle sollecitazioni si deve ritenere la seguente salvo diverse condizioni operative segnalate dalla Direzione Lavori:

Grado sollecitazione	di Pressione idrostatica (MPa)	Dilatazione assiale (mm)	Movimento trasversale (mm)
Basso	<0,5	<10	<5
Medio	0,5-1,5	10-20	5-10
Alto	>1,5	20-50	10-20

Inoltre, la copertura minima del profilato su ogni "ala" dovrà essere di 1/2 della lunghezza del profilato stesso. Particolari cura ed attenzione dovranno essere poste in fase di compattazione del conglomerato in corrispondenza del water stop, posizionando l'ago vibrante con un'inclinazione di 45° anteriormente e posteriormente alle "ali" del profilato mantenendo una distanza dallo stesso pari a circa 10 cm.

I pesi minimi a metro lineare dei profilati, dovranno essere adeguati in base al grado di sollecitazione ipotizzato. La posa in opera del profilato dovrà avvenire prima del getto del conglomerato cementizio.

Il water stop dovrà essere agganciato all'armatura mediante apposite graffe in numero sufficiente a conferire adeguata stabilità al nastro posato.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	156	di	194

Durante le fasi di getto si dovrà usare la massima cura nell'evitare che il profilato venga in qualche modo rimosso dalla posizione ottimale conferitagli in fase di posa; qualora ciò avvenisse, l'Impresa, dovrà rimuovere il calcestruzzo sino a quel momento posto in opera, ripristinare la posizione ottimale del nastro e completare il getto, senza che alla stessa sia dovuto alcunché.

Qualora si verificasse la necessità di saldare le estremità di due nastri, le operazioni dovranno essere eseguite mediante l'utilizzo di saldatrice elettrica a resistenza munita di bocchetta di aria calda avente temperatura di circa 773 K. Durante la saldatura dovrà essere particolarmente curata la complanarità delle superfici da unire.

Al termine della saldatura, a protezione della stessa si dovrà applicare un apposito nastro coprigiunto in P.V.C. adesivo posto lungo tutto il perimetro dell'unione saldata.

### 3.17.2 Rivestimento delle pareti di scavo, pendici o pozzi di fondazione

Il rivestimento delle pareti, di scavo pendici o di pozzi di fondazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato.

Detto conglomerato dovrà essere confezionato nel rispetto dei precedenti paragrafi delle presenti Norme; dovrà avere classe di resistenza a 28 d > 28/35 MPa, a 24 h non inferiore a 10 MPa e a 15 MPa a 48 h, confezionato con aggregati d'appropriata granulometria continua e di dimensioni non superiori a 12 mm, tali da poter essere proiettati ad umido o a secco con le normali attrezzature da "spritzz", salvo diverse prescrizioni progettuali.

Il rapporto acqua cemento non dovrà essere superiore a 0,5.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa, senza compromettere le caratteristiche di resistenza del conglomerato, potrà essere impiegato cemento di tipo II (con esclusione dei tipi A-L, B-L) avente tenore di C3A inferiore al 5% (ed avente un grado di finezza Blaine maggiore di 4.500 cm<sup>2</sup>/g), di tipo III o di tipo IV, tutti di classe 42,5 o 42,5R in ragione di minimo 450 kg per metro cubo d'impasto, con l'adozione d'additivi ad azione superfluidificante e/o inibitrice d'idratazione ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.


Trattasi in particolare di:

- additivo riduttore d'acqua iperfluidificante in grado di mantenere la consistenza del conglomerato (miscela base) costante per 90 minuti;
- eventuale silice ad elevata superficie specifica, (silicafume) attivata e compattata, in ragione di un tenore compreso tra il 5% e il 10%, in relazione alle richieste progettuali;
- additivo accelerante di presa non caustico, con rapporto ponderale SiO<sub>2</sub> / Na<sub>2</sub>O > di 3,4, privo d'alluminati, a base di composti contenenti biossido di silicio e polimeri di sintesi, il cui effetto si espliciti sia attraverso l'istantanea perdita di lavorabilità dovuta all'incompatibilità fisico-chimica con l'additivo riduttore d'acqua iperfluidificante, che all'istantanea accelerazione della presa.

L'accelerante di presa dovrà essere aggiunto in corrispondenza della lancia di proiezione ed in ragione massima del 12% (peso/peso) sul peso del legante.

La classe di consistenza dovrà essere di tipo S4 e specificamente 18 cm ± 1 cm, costante, dal momento del confezionamento sino al momento della proiezione per 90 min.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	157	di	194

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui al paragrafo 15.7.6.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati con l'osservanza del disposto delle presenti Norme.

I prelievi di controllo della miscela base (conglomerato non accelerato) andranno eseguiti con frequenza giornaliera per ogni singola opera sottoposta alla lavorazione, il valore di resistenza sarà determinato sulla media di due provini cubici, di lato 15 cm.

Il controllo del prodotto finito sarà eseguito in opera mediante carotaggi; la resistenza a compressione sarà determinata sulla media di due prelievi (carote) per ogni giorno di getto d'ogni opera interessata alla lavorazione, prelevati secondo UNI 6131 e provati secondo UNI 6132.

### 3.17.1 Conglomerato a base di calce armato con barre/reti in acciaio inox

La fornitura e posa in opera di conglomerato di calce idraulica o pozzolanica a basso contenuto di sali solubili dovrà essere realizzata secondo le indicazioni di progetto e della D.L.. Il conglomerato dovrà essere realizzato utilizzando una malta di calce ad alta resistenza preventivamente approvata dalla D.L. (es. tipo TD13C della HDSsystem o equivalente) con aggiunta di sabbia e ghiaietto di diametro max 20 mm e dovrà garantire la resistenza caratteristica cubica a compressione prevista dal progetto ed in genere non inferiore a C12/15. L'inerte dovrà essere pulito, esente da sostanze organiche ed in curva granulometrica selezionata da 5 a 20 mm. Si intendono compresi la fornitura e l'inserimento di sigillature/water-stop nei punti di raccordo con le murature esistenti; la realizzazione di giunti di contrazione e di dilatazione, ove necessario; la fornitura e l'inserimento di armature ed ancoraggi in acciaio inox come da indicazioni di progetto e della D.L., la formazione di eventuali incassi e fori e tutte le lavorazioni necessarie per adattare il rinforzo alle irregolarità locali.

La miscela potrà essere confezionata in cantiere e gettata secondo la buona norma esecutiva, previa accurata pulizia ed aspirazione della sede di posa. Durante il getto l'Impresa provvederà a fornire alla D.L. tutta l'assistenza necessaria al prelievo per l'accettazione del materiale.

L'Impresa dovrà aver cura di verificare che gli inerti siano idonei a penetrare all'interno delle gabbie di armatura e dovrà miscelare e vibrare adeguatamente il getto al fine di garantire il perfetto riempimento dei casseri ed evitare l'insorgere di fenomeni di segregazione.


L'Impresa dovrà curare adeguatamente il getto, operando in funzione delle condizioni termo-igrometriche in modo da garantire un'adeguata stagionatura.

## 3.18 ACCIAIO DA C.A.

### 3.18.1 Generalità

Per tutte le tipologie d'acciaio dovranno essere rispettate le prescrizioni del punto 11.3 del DM 14/01/2008 e s.m.i..

Le operazioni di saldatura dovranno essere eseguite in conformità con quanto disposto dal DM 14/01/2008 e dalle Istruzioni tecniche CNR – UNI 10011/88.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	158 di 194

### 3.18.2 Controlli per acciaio da c.a.

Il prelievo dei campioni e le prove per il controllo della qualità dell'acciaio costituente barre e reti d'armatura dovranno essere realizzati in accordo con le prescrizioni dei punti 11.3.1 e 11.3.2 del DM 14/01/2008 e s.m.i.

#### 3.18.2.1 *Controllo della documentazione*

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal DM 14/01/2008.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il Centro di Trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

In tal caso ogni fornitura dovrà essere accompagnata, oltre che dalla documentazione sopraccitata anche dalla seguente:

- da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dalla Direzione Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora la Direzione dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua leggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

#### 3.18.2.2 *Controllo di accettazione*


La Direzione dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel DM 14/01/2008 al punto 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 120 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	159 di 194

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dalla Direzione dei Lavori o da un tecnico da lui delegato in contraddittorio con l'Appaltatore; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dalla Direzione dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al DM 14/01/2008, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato. Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100x100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).


### 3.18.3 Deposito e conservazione in cantiere armatura per c.a.

Alla consegna in cantiere, l'Appaltatore avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

### 3.18.4 Posa in opera armatura per c.a.

Nella posa in opera di reti o armature metalliche entro i casseri o all'estradosso di solette esistenti in getti di rinforzo o di risanamento, è tassativamente prescritto l'utilizzo di opportuni distanziatori in materiale plastico o



	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	160	di	194

da concordare con la Direzione dei Lavori, al fine di garantire l'esatto posizionamento delle armature secondo le prescrizioni di progetto.

Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

In ogni caso copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenuto nel DM 14/01/2008 e s.m.i.. Barre e reti dovranno essere stabilmente ancorate con legature, anche ai ferri esistenti, per garantire il mantenimento della corretta posizione durante tutte le operazioni di getto.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza d'acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

In presenza di ferri d'armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le legature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura.


L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### 3.19 INTERVENTI CONSERVATIVI SUL CALCESTRUZZO

La terapia di risanamento del calcestruzzo degradato comprende interventi specifici di protezione dalla carbonatazione, particolari interventi di consolidamento strutturale, di pulitura delle parti ossidate dell'armatura e di ripristino dei copriferri.

La pulitura del materiale dovrà eliminare tutte le parti decoese, in modo da mettere a nudo l'armatura (fino ad ottenere il metallo bianco) ed a sgrassare la superficie che riceverà i successivi trattamenti. Sarà quindi da effettuare una bonifica delle parti ammalorate per almeno cm 1,5-2,5; procedendo in seguito alla protezione dei ferri d'armatura con antiruggine o, meglio, con betoncino alcalino antiruggine, o mano preparatoria a spruzzo, utilizzando uno strato sottile di adesivo polimerico in veicolo acquoso. Si procederà quindi alla ricostruzione del copriferro utilizzando malte reoplastiche antiritiro (composte da legante cementizio e da additivi adesivi), applicate a spatola o a cazzuola previa abbondante bagnatura. A getto

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	161	di	194

avvenuto sarà mantenuta umida l'applicazione per almeno 24 ore; avvenuta la stagionatura umida sarà sempre opportuno applicare un antievaporante.

Le malte utilizzate dovranno essere esenti da inerti quali gesso e silice reattiva oltre che possedere una buona tixotropia.

La superficie esterna dovrà essere infine protetta con una rasatura di malta di finitura per calcestruzzo, con una pittura o con una vernice. Il rivestimento protettivo deve comunque garantire un'adeguata idrorepellenza e la barriera all'anidride carbonica. Barriera che non può essere totale perché, comporterebbe anche l'abbattimento della permeabilità al vapore acqueo. Si dovranno pertanto utilizzare additivi quali polimeri acrilici e miscele di copolimeri in etilene o xilene previa impregnazione con silani, tali trattamenti sono in grado di conferire al calcestruzzo buona protezione ed idrorepellenza. Nello specifico saranno da applicare circa 200-300 g/mq di idrorepellente silanico e, dopo 24 ore dall'impregnazione, 170-200 g/mq di pittura acrilica.

In ogni caso tutte le strutture in calcestruzzo realizzate a contatto con il terreno dovranno essere impermeabilizzate.

### 3.19.1 Asportazione del calcestruzzo degradato

Per i materiali cementizi a ritiro compensato l'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante demolitori leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti. Nel caso d'idrodemolizione dovranno avere pressione del getto d'acqua di 120-150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min.

Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di prerogolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.


Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato (tipo A-B-C-D-G-H-I).

Per le malte cementizie polimero modificate (E) e per le malte di resina (F) la preparazione del supporto sarà effettuata mediante sabbatura o idrosabbatura tenuto conto dello spessore di calcestruzzo da asportare, non essendo necessaria la macrorugosità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo è garantita mediante l'azione collante della resina e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata.

### 3.19.2 Trattamento ferri d'armatura

I ferri d'armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere portati a metallo quasi bianco mediante sabbatura.

Quando il ripristino è realizzato con malte o betoncini a ritiro compensato generalmente non è opportuno l'impiego sull'armatura di prodotti inibitori di corrosione, salvo diverse motivate prescrizioni di progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	162	di	194

### 3.19.3 Posizionamento d'armature aggiuntive

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

### 3.19.4 Preparazione delle superfici da ripristinare

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi a ritiro compensato, occorre effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale).

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato (A, B, C, D, G, H, I). Per l'applicazione di malte cementizie polimero modificate e di malte di resina epossidica, la pulizia della superficie di supporto potrà essere effettuata mediante getto d'aria compressa, o d'acqua in pressione nel solo caso di malte che devono essere miscelate con acqua.

### 3.19.5 Stagionatura

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento.

Le malte tissotropiche (A, B ed E) non richiedono stagionatura umida se non in condizioni termoigrometriche particolarmente severe (venti secchi).


È invece assolutamente necessario mantenere umide per alcune ore, dopo il getto, le superfici esposte all'aria dei conglomerati a ritiro compensato colabili (C, D, G, H ed I), impiegando acqua nebulizzata oppure prodotti antievaporanti da applicarsi a spruzzo subito dopo terminata l'operazione di messa in opera.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre di poliacriliche).

Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua in quanto questi ultimi ostacolano la dispersione del calore d'idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica.

Circa il tipo di prodotto di curing, per la maturazione dei getti si dovrà tenere conto del fatto se la superficie debba o no ricevere ulteriori getti di finitura o di proseguimento dei lavori.

In tal caso si dovrà verificare che il materiale da applicare sulla pellicola dell'agente di curing indurito sia in grado di aderirvi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	163	di	194

Nel caso di successive applicazioni di rivestimenti protettivi o di trattamenti d'impermeabilizzazione, dovranno essere utilizzati prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate potrà essere eseguita dopo la maturazione del materiale d'apporto (indicativamente 14 d dall'esecuzione dei ripristini stessi e comunque in funzione delle condizioni ambientali).

### 3.19.6 Prove e controlli

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione mediante bagnatura (almeno il 5% per superfici estese e almeno 10% per superfici limitate), per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure.

In caso si evidenziassero microfessure occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata per la quale, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale d'intervento, sarà applicata una penale; se superiore, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm; sarà realizzato utilizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tissotropica del tipo E1, previa preparazione del supporto mediante sabbatura o idrosabbatura, la malta dovrà essere applicata preferibilmente a spruzzo con intonacatrice, l'applicazione con spatola è consentita per interventi d'estensione limitata) e alla protezione con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

La verifica d'ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

In caso si evidenziassero superfici risonanti, occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata e l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, all'asportazione ed al rifacimento delle superfici risultate non idonee.

## 3.20 PLACCAGGI CON MATERIALI COMPOSITI


### 3.20.1 Generalità

I materiali compositi utilizzati per le applicazioni di rinforzo strutturale dovranno essere :

- Identificabili, per poter risalire univocamente al produttore;
- qualificati e controllati secondo procedure di controllo ben definite ed applicabili al processo di produzione in fabbrica e verificati regolarmente da un ente terzo di ispezione abilitato;
- accettati dal Direttore dei Lavori dopo verifica della documentazione e dopo l'esecuzione di controlli (prove) di accettazione.

Per l'identificazione e la qualificazione dei compositi per il rinforzo strutturale non esiste ad oggi una normativa Europea armonizzata, che preveda anche la marcatura CE, ma è possibile fare riferimento a specifiche tecniche di comprovata validità che garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello definito per i materiali tradizionali nel vigente DM 14/01/2008 e s.m.i.. È quindi possibile riferirsi alle procedure descritte nelle Istruzioni CNR DT200 R1/2012.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	164	di	194

### 3.20.2 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli sui materiali forniti saranno eseguiti mediante dei prelievi eseguiti in cantiere, secondo quanto previsto dalle "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" - Consiglio Superiore LL PP del 24/07/2009 e s.m.i..

Durante l'applicazione verranno monitorate le condizioni termo-igrometriche sospendendo le operazioni in caso di temperature ed umidità non idonee alla corretta posa in opera. Salvo diverse indicazioni la messa in opera non potrà avvenire con temperature inferiori ai 10°C o superiori ai 35°C e umidità superficiale superiore al 10% o comunque al di fuori del range di temperatura e umidità prescritti dal produttore del materiale fornito al cantiere.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a  $\pm 45^\circ$ ) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati" alla struttura (tecnica "wet lay up"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.

Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate.

Previa un'accurata pulitura della superficie di applicazione al fine di eliminare depositi superficiali, polveri e materiale incoerente, si procederà alla preparazione della superficie stuccando e livellando eventuali fessurazioni ed irregolarità con idoneo prodotto.


Per le murature (es. estradossi di volte), dove compatibile con i vincoli di conservazione del manufatto, dovranno essere in generale asportati gli strati di malta ed intonaco permettendo l'incollaggio delle fibre direttamente sul laterizio opportunamente rasato e scarificato. La rimozione ed il successivo ripristino degli intonaci, se non diversamente previsto nel computo di progetto, si intendono compresi e compensati nel prezzo della lavorazione.

Per l'ancoraggio su cls l'adeguata preparazione del supporto dovrà comprendere ove necessario: la scarifica delle parti degradate ed il successivo ripristino e la sabbiatura.

Per la rasatura dovranno essere impiegati idonei prodotti indicati dal produttore del materiale o comunque approvati dalla D.L. (in generale primer e putty, epossidico prevedendo l'utilizzo di malta di calce idraulica ad alte prestazioni solo su approvazione della D.L. per le maggiori irregolarità e lontano dalle zone critiche dal punto di vista della delaminazione, quali ad esempio quelle di estremità).

Le superfici di applicazione dovranno risultare il più regolari possibile, con tolleranze variabili in funzione del tipo di materiale da posare in opera (es. per tessuti CFRP lo scarto tra livelli superficiali contigui dovrà essere inferiore a 1 mm) prevedendo adeguati smussi in corrispondenza di punti angolosi/spigoli e raccordando/eliminando concavità che possano favorire l'innesco di delaminazioni.

In questa fase andrà, inoltre, identificato prima e fornito alla D.L. il quadro fessurativo della volta per verificare il numero, la disposizione e la grammatura delle fasce di rinforzo.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	165 di 194


Successivamente, si procederà in generale alla stesura di due strati preparatori: un primer di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20°C 480 min., temperatura minima di applicazione 10-12°C indurimento al tatto a 20°C 16-18 h) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema CFRP. La quantità da applicare è variabile a seconda della porosità e della scabrezza della muratura (in media circa 0,2 l/m<sup>2</sup>); nel caso in cui la prima mano fosse troppo assorbita dal supporto si potrà ricorrere ad una nuova stesura.

Passate almeno 6 ore (ovvero fino a quando il primer non risulterà più appiccicoso) comunque entro le 24 ore successive si applicherà, se richiesta dal progetto (ovvero nei casi in cui la superficie si presenti irregolare o quando la consistenza del supporto necessita di un rinforzo supplementare), una rasatura (putty) per uno spessore di circa 1-2 mm, stesa a mezzo di spatola o frattazzo, (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 5°C, resistenza a trazione diretta 12-24 MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq$  35 MPa, modulo elastico 180-220 GPa, indurimento al tatto a 20°C 8-10 h) costituita da stucco epossidico (bicomponente) compatibile con il primer e con il successivo adesivo. Trascorso il tempo necessario (comunque entro le 24 ore successive) per ottenere la condizione di fuori tatto si stenderà, uniformemente sulla superficie della volta mediante pennello o rullo (a pelo corto), e fresco su fresco, sopra le zone precedentemente trattate con il primer, ovvero con la rasatura, un adesivo epossidico (bicomponente) a consistenza tissotropica (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 10-12°C, resistenza a trazione diretta  $\geq$  30 MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq$  50 MPa, modulo elastico a trazione diretta 300-350 GPa, allungamento a rottura 2-5 %, assorbimento acqua 0,05-0,3 %, indurimento al tatto a 20°C 16-18 h); seguirà l'immediata applicazione dei nastri di rinforzo (seguendo le indicazioni di progetto e comunque opportunamente orientati secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate) esercitando una pressione regolare, per 2 o 3 volte, nella direzione longitudinale della fibra mediante un rullino di gomma rigida od a denti smussati al fine di eliminare sia l'eventuale aria dallo strato di resina, sia per completare l'impregnazione del nastro. I nastri saranno costituiti da strisce di larghezza variabile da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra e della specifica applicazione. Il nastro dovrà presentarsi ben steso e ben ancorato; le eventuali sovrapposizioni, nella direzione longitudinali, dovranno essere di almeno 20-30 cm mentre, nella direzione trasversale potranno essere più ridotte (saranno sufficienti 2-5 cm).

Passata almeno 1 ora si procederà alla stesura della "seconda mano" di adesivo. Se specifiche di progetto o prescrizioni della D.L. indicheranno più strati di composito si ripeteranno le operazioni enunciate precedentemente. Nel caso d'interventi su intradossi di volte, da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'arriccio dell'intonaco, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo.

Per garantire un adeguato ancoraggio di estremità dei nastri e per contenere la tendenza al distacco/delaminazione nelle eventuali zone dove le concavità non sono eliminabili potranno essere previsti ancoraggi con barre inghisate (es. barre in fibra di carbonio inghisate nella muratura realizzate con sistema MBrace CONNECT della Basf o equivalente) con estremità sfioccate e collegate al nastro. Tali rinforzi, se non diversamente previsti nel computo di progetto, si intendono compresi e compensati nel prezzo della lavorazione.

Per evitare di forare/interrompere le fibre nelle zone dove si andrà successivamente ad eseguire la foratura, durante la fase applicativa dei tessuti si dovrà cercare di allargare le fibre.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	166	di	194

Si intende compreso il rinforzo con strati aggiuntivi di fibra nelle zone angolari ed in corrispondenza di eventuali fori da realizzare sulla fibra stessa (es. per l'eventuale passaggio di cavi elettrici ecc...).

Si intendono altresì comprese, le prove di controllo in cantiere condotte sul tessuto secco, su provini di composito laminato e le prove di aderenza al supporto.

In zone di difficile aderenza per migliorare l'aggrappaggio dell'intonaco o per consentire la mascheratura finale (es. con impasto di calce additivata e polvere di pietra) potrà essere applicata a fresco una rete tipo Tenax o equivalente.

### 3.20.3 Specifiche per placcaggio con tessuti unidirezionale in fibra di acciaio

Prima di procedere all'applicazione del rinforzo, il supporto dovrà essere adeguatamente preparato con accurata pulizia della superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali; sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Si procederà quindi all'applicazione di un eventuale fissativo consolidante e alla soffiatura conclusiva del supporto con aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici.


L'applicazione del sistema di rinforzo in fibra di acciaio in matrice inorganica a base di calce idraulica naturale andrà eseguito avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progetto.

Si provvederà in particolare all'applicazione di una prima mano di malta a base calce, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore minimo 3 – 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente si procederà applicando, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando una energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore 3 – 5 mm), sempre realizzata con la malta strutturale a base calce, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.

Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, ove previsto dal progetto si provvederà sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio avendo cura di "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio e di inserirla nel foro, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità dalla fascia. Infine si procederà con la colatura della malta fluida da iniezione, previa bagnatura del foro, o all'iniezione di resina, al fine di creare perfetta collaborazione tra il tessuto di rinforzo e il supporto in muratura.

L'applicazione del sistema di rinforzo in matrice organica dovrà essere eseguita in modo analogo, provvedendo alla stesura sul supporto idoneamente predisposto di una prima mano di matrice epossidica (spessore minimo 2-3 mm), all'applicazione sulla matrice ancora fresca del tessuto in fibra di acciaio, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando una energica pressione con spatola o rullo in acciaio, avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli, e la stesura della rasatura finale, applicando fresco su fresco un secondo strato di adesivo epossidico (spessore 1-2 mm) per totale ricoprimento del tessuto.

In caso di giunzione longitudinale, le estremità delle due fasce dovranno essere sovrapposte per minimo 15 cm o comunque come da indicazioni del Produttore e/o del Progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	167 di 194

### 3.21 IMPREGNAZIONE DI MANUFATTI EDILI E TRATTAMENTI PROTETTIVI IN GENERE

I lavori di impregnazione di manufatti edili da effettuare mediante sostanze idrofobizzanti o consolidanti dovranno essere preceduti da analisi da eseguire, se richiesto, secondo le prescrizioni contenute nell'Art. "Indagini preliminari ai lavori di Restauro" del presente capitolato, atte a stabilire in base al degrado il tipo di formulato da impiegare. La quantità di prodotto da utilizzare sarà decisa dalla D.L. in funzione della:

- porosità dei materiali;
- struttura molecolare dell'impregnante;
- qualità della sostanza impregnante;
- modalità di applicazione.

L'Appaltatore, prima di procedere a qualsiasi tipo di applicazione, avrà l'obbligo di:


- eliminare le fessure, i giunti, le sconnesse e qualsiasi altro difetto costruttivo;
- accertare mediante prove applicative la compatibilità dell'impregnante con le malte o gli intonaci alcalini;
- eliminare ogni possibile infiltrazione d'acqua al fine di evitare possibili migrazioni di sali all'interno del muro;
- eliminare dal manufatto qualsiasi traccia di solventi, detergenti, depositi organici ed efflorescenze saline;
- proteggere le superfici che potrebbero essere danneggiate dall'intervento;
- eseguire l'impregnazione con temperature ambientali comprese fra i 5 ed i 25 gradi centigradi;
- proteggere dalla pioggia per almeno un giorno le superfici impregnate.

### 3.22 PULIZIA E PROTEZIONE

#### 3.22.1 Generalità

La pulitura consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado e si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende eliminare.

Per questo motivo risulta certamente un'operazione tra le più complesse e delicate all'interno del progetto di conservazione e quindi necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di un'approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriati di intervento (raccomandazioni NORMAL - Normativa Manufatti Lapidei).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	168	di	194

**All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della Direzione dei Lavori.**

Per rimuovere i materiali incoerenti sono sufficienti blandi sistemi meccanici: aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale -- saggina -- (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nailon o metalliche.

Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati i metodi sopra elencati possono essere integrati da cicli di pulitura più incisivi, che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

In base all'azione chimico-fisica che svolgono sulle superfici dei materiali, i sistemi di pulizia vengono così classificati:

- aggressivi, quando operano un forte attacco fisico-chimico;
- parzialmente aggressivi, quando la loro azione risulta più attenuata;
- ad aggressività controllata, quando la loro azione aggressiva è facilmente controllabile;
- non aggressivi quando non operano alcuna azione chimico- fisica.


Prima di iniziare a pulire i manufatti di particolare valore storico-artistico, l'Appaltatore dovrà fare analizzare le croste e le superfici dei materiali al fine di determinare sia la natura, la consistenza e la reattività chimica della sostanza inquinante che l'inerzia chimica, la compattezza e la porosità delle superfici. Dovrà, altresì, adottare esclusivamente sistemi non aggressivi o ad aggressività controllata, utilizzando prodotti aventi caratteristiche conformi a quelle richieste dall'Art. "Prodotti per la pulizia dei manufatti lapidei" del presente capitolato. Dovrà, infine, prima di procedere alla pulizia, controllare i risultati forniti dall'esame delle superfici campione già trattate con i sistemi richiesti e tenere presente che sarà assolutamente vietato asportare durante l'esecuzione della pulizia parti anche millesimali di materiale lapideo o eliminare la tipica colorazione denominata patina.

### 3.22.2 Metodi per la pulitura di edifici monumentali

Per "pulitura" si intende la rimozione di tutto quanto è dannoso per il materiale lapideo e quindi depositi superficiali di varia natura, vegetazione infestante, croste nere, presenti queste ultime generalmente sui materiali litoidi esposti all'esterno, il tutto nel rispetto della superficie del materiale stesso, delle "patine" e dei "trattamenti" storici.

Pulitura chimica- Questo tipo di pulitura sfrutta l'azione solvente dell'acqua e di altre sostanze chimiche che, utilizzate assieme o separatamente a questa, rimuovono o riducono i depositi superficiali e/o le croste presenti. I sistemi per prolungare l'azione solvente si possono attuare tramite lavaggi e/o impacchi impiegando, per questi ultimi, uno tra i supportanti indicati: argille assorbenti, polpa di carta, ovatta in cotone, carta assorbente, carbossimetilcellulosa, paste gelatinose, debitamente miscelati con acqua, secondo



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	169 di 194


l'occorrenza. Le sostanze chimiche impiegate in soluzione acquosa ad azione solvente e/o complessante, in percentuale secondo le indicazioni della D.L., non dovranno in alcun modo essere aggressive nei confronti del materiale litoide da trattare: il pH non deve essere superiore a 8,0 e non inferiore a 5,5. L'efficacia solvente delle soluzioni potrà essere valutata in fase di campionatura da prove da eseguirsi in situ o in laboratorio.

Acqua nebulizzata - L'Appaltatore, distribuiti i tubi adduttori lungo tutta la superficie dell'intervento, per fornire la necessaria quantità di acqua di rete, inizierà la pulizia dall'alto nebulizzando l'acqua mediante speciali ugelli atomizzatori con dispersione a cono vuoto e diametro dell'orifizio consigliato da 0,41 a 0,76 micron. Il getto, che non dovrà mai essere indirizzato direttamente sulle superfici, sfrutterà la capacità emolliente dell'acqua durante la caduta. L'efficacia della pulizia sarà determinata non tanto dalla quantità d'acqua impiegata, quanto dal fatto che essendo nebulizzata fornisce una pioggia nebbiosa costituita da goccioline con diametri da 80 a 120 micron. In ogni caso, il quantitativo d'acqua da impiegare su materiali assorbenti o superfici degradate dovrà assolutamente essere limitato in quanto potrebbe risultare dannoso. L'Appaltatore dovrà prolungare l'intervento finché le croste non risultino talmente morbide da essere asportate manualmente mediante spazzole di saggina o di nylon.

È fondamentale impiegare acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata. Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambio-ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la Direzione dei Lavori.

Soluzioni chimiche - L'Appaltatore potrà utilizzare solamente quelle soluzioni chimiche e/o solventi dalle caratteristiche richieste dall'Art. "Prodotti per la pulizia dei materiali lapidei" del presente capitolato. Tali prodotti dovranno essere applicati sulle incrostazioni allo scopo di ridurre lo spessore e avendo cura di controllarne il pH per non costituire in alcun modo motivo di aggressione del materiale lapideo. La scelta del supportante, come sopra già indicato, potrà avvenire tra le numerose tipologie in commercio -e sarà in relazione allo spessore e tipologia delle croste da ridurre, alla morfologia e ubicazione delle superfici da trattare. L'Appaltatore, per la pulizia di materiali porosi, assorbenti e deteriorati, non dovrà assolutamente utilizzare detergenti chimici. Per la risoluzione di particolari problemi di pulitura, come la presenza di macchie di ruggine (ossidi di ferro) e di macchie verdastre (sali di rame) o altra tipologia, si potranno usare soluzioni acquose di sostanze complessanti seguite, a operazione ultimata, da lavaggi con acqua deionizzata.

Per la rimozione di biodeteriogeni, si dovranno adottare soluzioni acquose del biocida idoneo all'eliminazione degli stessi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	170 di 194

**Pulitura meccanica** - La pulitura meccanica manuale, in relazione alla coerenza del deposito/crosta da rimuovere, potrà prevedere l'uso di strumenti quali pennelli, spazzole in fibra naturale e/o sintetica, spazzole di saggina, bisturi a lama fissa e/o intercambiabile, microscalpelli.

Sarà assolutamente vietato utilizzare spatole, raschietti, carte abrasive (anche a grane sottile), pietra pomice, e quanto altro non previsto dalle indicazioni del documento NORMAL 20/85, salvo diverse disposizioni della D.L. relative a superfici di limitata estensione. Se autorizzato, l'Appaltatore potrà lavorare con piccoli trapani muniti di speciali frese in nylon o setola o con vibroincisori elettrici o ad aria compressa. Questi ultimi saranno da utilizzarsi per rimuovere puntualmente depositi consistenti di materiali di varia natura quali croste nere, depositi calcarei, stuccature cementizie, materiali incompatibili con il supporto.

Pulitura meccanica con ausilio di strumentazioni:

**Microsabbie di precisione** - La microsabbatrice è uno strumento di precisione che sfrutta l'azione di polveri abrasive, quali ad esempio ossido di alluminio, spinte da aria compressa. Le polveri impiegate dovranno comunque avere una durezza inferiore a quella del materiale litoide trattato. L'appaltatore, per effettuare microsabbie, dovrà impiegare solo personale specializzato ed operare esclusivamente sulle zone ricoperte da incrostazioni avendo cura di salvaguardare eventuali policromie, patine e trattamenti storici; il tutto secondo quanto espressamente indicato dalla D.L. Anche la strumentazione utilizzata dovrà avere quelle caratteristiche tecniche (possibilità di graduare il flusso dell'aria e la quantità di polveri emesse, ugelli intercambiabili con differenti misure del foro) in modo tale da garantire la gradualità e la controllabilità dell'operazione di pulitura.

**Apparecchiature ad ultrasuoni** - L'Appaltatore, se previsto, dovrà adoperare speciali dispositivi atti a rimuovere, mediante leggere sollecitazioni prodotte da microonde (25 kHz) trasmesse da un piccolo spray ad acqua, le incrostazioni più resistenti. Le apparecchiature ad ultrasuoni, adatte per la loro precisione al trattamento di manufatti policromi di particolare pregio artistico, potranno essere utilizzate solo da personale altamente specializzato.


**Pulitura con apparecchiatura LASER**: la strumentazione da impiegarsi dovrà possedere tutti quei requisiti tecnici ritenuti necessari dalla D.L. Il sistema Laser Nd:Yag dovrà adottare impulsi relativamente poco energetici e variabili, l'operazione dovrà essere preceduta da una fase di campionatura in situ.

### 3.2.2.3 Bonifica da macro e microflora

Un particolare tipo di pulitura è quello che riguarda la bonifica dell'ambiente circostante al materiale, o la sua stessa superficie, da vegetazione inferiore o superiore: muschi, licheni, alghe, apparati radicali di piante infestanti. Questi trattamenti possono essere effettuati in maniera meccanica e/o spargendo disinfestanti liquidi (da applicare a pennello o con apparecchiatura a spruzzo), in gel o in polvere, ripetendo il trattamento periodicamente. È necessario impiegare prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente, in modo da non accumularsi nel terreno, e la cui efficacia sia il più possibile limitata alle specie invasive da eliminare.

Questi tipi di trattamenti andranno sempre effettuati con la massima cura ed in piena sicurezza per gli operatori, sempre e comunque autorizzati dalle autorità competenti alla tutela del bene, dietro specifica autorizzazione e controllo della Direzione dei Lavori.

Mai da effettuarsi in maniera generalizzata, ma puntuale e finalizzata previa l'acquisizione di tutti i dati necessari per la conoscenza precisa del materiale sottostante (consistenza fisico-materica, composizione chimica), del tipo di infestante presente e del tipo di prodotto da utilizzarsi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	171	di	194

### 3.2.2.4 Eliminazione di piante superiori

La eliminazione della vegetazione infestante dovrà avere inizio con una estirpazione frenata, cioè una estirpazione meccanica che assolutamente non alteri i materiali componenti la muratura.

Vanno quindi ovviamente scartati i mezzi che a prima vista potrebbero apparire risolutivi (come per esempio il fuoco), ma che potrebbero alterare profondamente il substrato della muratura.

Tutte le specie arboree ed erbacee dovranno essere estirpate nel periodo invernale, tagliandole a raso con mezzi adatti, a bassa emissione di vibrazioni.

In ogni caso sempre si dovranno tenere presenti i seguenti fattori:

- la resistenza allo strappo opposta dalle radici;
- l'impossibilità di raggiungere con mezzi meccanici le radici ed i semi penetrati in profondità, senza recare danni ulteriori alla struttura muraria da salvaguardare;
- le modalità operative che si incontrano nel raggiungere, tutte le parti infestate.

L'operazione di controllo e di eliminazione della vegetazione spontanea dovrà garantire il pieno rispetto delle strutture e dei paramenti su cui si opera, sarà quindi necessario intervenire con la massima cautela, sempre utilizzando prodotti chimici a completamente dell'intervento di estirpazione meccanica che mai riuscirà a soddisfare i requisiti di cui sopra.

L'impiego di sostanze chimiche dovrà offrire tutte le garanzie necessarie, consentendo con una semplice irrorazione di eliminare tutte quelle essenze non gradite.

I requisiti fondamentali di un formulato ottimale per il controllo della vegetazione spontanea saranno:


- assenza di qualsiasi azione fisica o chimica, diretta o indiretta nei riguardi delle strutture murarie che debbono essere trattate;
- il prodotto nella sua formulazione commerciale dovrà essere incolore, trasparente e non lasciare, dopo l'applicazione, residui inerti stabili. Sono da escludersi pertanto tassativamente tutti quei prodotti colorati, oleosi e che possono lasciare tracce permanenti del loro impiego;
- neutralità chimica;
- atossicità nei riguardi dell'uomo, degli animali domestici e selvatici;
- assenza di fenomeni inquinanti per la acque superficiali e profonde delle zone interessate all'applicazione.

Il principio attivo dovrà essere stabile, dovrà cioè restare nettamente entro i limiti della zona di distribuzione, senza sbavature, che potrebbero estendere l'azione del formulato anche in altri settori che non sono da trattare.

Dovrà essere degradabile nel tempo ad opera delle microflora del substrato.

Per l'esecuzione degli interventi sarà consentito l'uso dei seguenti prodotti:

- Clorotriazina. Il prodotto è una polvere bagnabile al 50% di principio attivo ed è stato assegnato alla terza classe tossicologica. L'inerzia chimica del principio attivo e la scarsissima solubilità, lo rendono adatto al trattamento delle infestanti sia a foglia larga (dicotiledoni) sia a foglia stretta (graminacee);
- Metositriazina. Il prodotto è formulato in polvere bagnabile al 25% di principio attivo, è stato assegnato alla terza classe tossicologica. Per le sue caratteristiche chimiche è molto stabile nel terreno, ove penetra a maggior profondità rispetto al formulato precedente. Questo agirà per assorbimento radicale e fogliare, sarà quindi caratterizzato da una vasta gamma di azione anche su infestanti molto resistenti. Sarà particolarmente adatto per applicazioni su strutture murarie.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	172 di 194

Dopo l'applicazione di questi formulati, sarà necessario controllarne l'efficacia dopo un periodo di almeno 60 giorni.

Durante la fase operativa dovrà sempre essere tenuto presente il concetto fondamentale del rispetto assoluto delle strutture murarie e dei paramenti da difendere ed anche delle eventuali essenze da salvare, scegliendo la via della moderazione e della prudenza.

### 3.22.5 Eliminazione di alghe, muschi e licheni

La disinfestazione contro la presenza di alghe cianoficee e cloroficee sarà effettuata mediante appropriati sali di ammonio quaternario (cloruri di alchilidimetilbenzilammonio); è ammesso anche l'uso di altri prodotti come il formolo ed il fenolo, pur essendo meno efficaci del precedente.

Sempre per l'operazione di disinfestazione contro le alghe potranno essere utilizzati composti di rame quali il solfato di cupitetramina (NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> CuSO<sub>4</sub> e i complessi solfato di rame idrazina CuSO<sub>4</sub> · (N<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o anche i sali sodici dell'acido dimetilcarbammico e del mercaptobenzotriazolo.

I biocidi di cui al presente paragrafo sono generalmente solubili in acqua e saranno utilizzati per l'operazione di disinfestazione in soluzioni all'1-3%.

I trattamenti potranno essere ripetuti qualora si ritenesse necessario, e andranno sempre conclusi con abbondanti lavaggi con acqua per eliminare ogni residuo di biocida.

Poiché i muschi crescono su substrati argillosi depositati sulle murature e formano sulla superficie di queste escrescenze ed anche tappeti uniformi piuttosto aderenti, sarà necessario far precedere alla disinfestazione vera e propria una loro rimozione meccanica a mezzo di spatole e altri strumenti (pennelli a setole rigide, ecc.) onde evitare di grattare sulle superfici dei manufatti. L'operazione successiva consisterà nell'applicazione del biocida che potrà essere specifico per certe specie oppure a vasto raggio di azione.


Si potrà ancora agire contro muschi e licheni mediante la applicazione di una soluzione acquosa all'1-2% di ipoclorito di litio, oppure di benzalconio cloruro sempre in soluzione acquosa all'1-2%. Il benzalconio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora e alghe. L'effetto nel controllo algale e della microflora non risulta però persistente. Può essere utilizzato su varie superfici (vetro, metallo, pietra, marmo, ceramica, carta).

Tutti i biocidi menzionati, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela, in quanto possono risultare irritanti, specie in soggetti sensibili, o creare allergie, o essere pericolosi per gli occhi e le mucose.

Si dovranno quindi sempre impiegare, nella loro manipolazione, guanti ed eventuali occhiali, osservando le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'uso di prodotti chimici velenosi.

### 3.22.6 Pulizia con getti d'acqua a pressione

Risulta particolarmente indicata per le rimozioni di croste anche molto spesse grazie all'azione meccanica della pressione che aumenta la capacità solvente dell'acqua. L'Appaltatore inizierà la pulizia dall'alto impiegando una pressione di 2-4 atm in modo da sfruttare i percolamenti per riammorbidire le parti sottostanti. La durata dei lavori dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle croste. L'Appaltatore dovrà evitare di prolungare questo tipo di trattamento su superfici che si presentano diffusamente fessurate o costituite da materiali porosi.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	173 di 194

### 3.22.7 Metodi di pulizia di edifici comuni

Il sistema di pulizia di questi edifici non richiede la cautela e le tecniche sofisticate necessarie all'edilizia di tipo monumentale. L'Appaltatore, quindi, potrà impiegare sistemi più pratici e veloci a condizione che i materiali utilizzati posseggano le caratteristiche richieste dall'Art. "Prodotti per la pulizia dei materiali lapidei" del presente capitolato e non alterino l'integrità delle superfici trattate.

Pulizia con getti d'acqua a pressione - Risulta particolarmente indicata per le rimozioni di croste anche molto spesse grazie all'azione meccanica della pressione che aumenta la capacità solvente dell'acqua. L'Appaltatore inizierà la pulizia dall'alto impiegando una pressione di 2-4 atm in modo da sfruttare i percolamenti per riammorbidire le parti sottostanti. La durata dei lavori dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle croste. L'Appaltatore dovrà evitare di prolungare questo tipo di trattamento su superfici che si presentano diffusamente fessurate o costituite da materiali porosi.

Sabbature - La sabbatura dovrà essere effettuata solo su superfici sane e compatte mediante macchine che utilizzino sabbie silicee molto sottili. L'Appaltatore non dovrà assolutamente adoperarle su superfici friabili o particolarmente degradate. Su richiesta, l'Appaltatore potrà anche impiegare speciali idro-sabbiatrici fornite di serbatoi atti al contenimento della sabbia e dell'acqua ed alla calibratura di solventi chimici adatti ad incrementare l'azione abrasiva: L'Appaltatore potrà utilizzare un normale compressore ed una pistola a spruzzo collegati ad un recipiente pieno di sabbia fine miscelata con acqua il cui getto sarà attivato dalla depressione presente nell'ugello. L'Appaltatore dovrà limitare la sabbatura alle zone ricoperte da croste particolarmente dure e spesse e solo su esplicita richiesta degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto potrà eseguirla sull'intera superficie del manufatto.

La pulizia chimica - L'Appaltatore dovrà impiegare prodotti a base di sostanze attive che sciogliendo o ammorbidendo le incrostazioni ne rendano possibile l'asportazione mediante successiva pulizia con acqua. Le sostanze chimiche dovranno avere caratteristiche rispondenti a quelle richieste dall'Art. "Prodotti per la pulizia dei materiali lapidei" del presente capitolato e l'Appaltatore, prima di adoperarle, dovrà eseguire delle prove su campioni al fine di conoscerne la reazione e valutare di conseguenza l'opportunità di un loro utilizzo. In ogni caso, prima di metterle in opera, egli avrà l'obbligo di impregnare le superfici con acqua in modo da limitare il loro assorbimento.


L'Appaltatore, applicate le sostanze acide su piccoli settori, le lascerà agire per circa 10 minuti ed in seguito le asporterà mediante ripetuti lavaggi con acqua. Egli, inoltre, dovrà utilizzare le sostanze alcaline atte a sciogliere con rapidità oli e grassi solo su pietre resistenti agli alcali e su manufatti di cemento lasciandole agire non oltre 15 minuti. Infine, l'Appaltatore sarà tenuto ad impiegare gli appositi neutralizzatori che, in seguito, dovrà eliminare mediante lavaggi con acqua.

### 3.22.8 Pulizia e Protezione di Opere in Ferro antiche

#### Pulizia

Preliminarmente alla pulizia verrà valutata la eventuale presenza di sali solubili (con particolare riferimento a cloruri e nitrati). La eventuale desalinizzazione, i cui oneri si intendono compresi nel trattamento, verrà condotta mediante acqua demineralizzata per immersione o impacco.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	174 di 194

Oltre alle classiche spazzole a mano si possono utilizzare anche spazzole rotanti in filo di acciaio fissate a trapani, smerigliatrici angolari o simili. Non vanno mai utilizzati dischi abrasivi che possano segnare la superficie del metallo abradendo spigoli e particolari minuti. Qualora la geometria delle spazzole non permetta una azione accurata si potrà utilizzare la sabbiatura, la quale dovrà essere di tipo controllato, vanno esclusi tassativamente tutti i sistemi di tipo industriale. Granulometrie degli inerti, durezza degli stessi e pressioni di esercizio vanno valutate in funzione di un risultato rispettoso al massimo della superficie del manufatto, non occorre arrivare a "metallo bianco" anzi, qualora sotto lo strato di pittura dovesse trovarsi ancora la calamina della superficie originale la pulitura non dovrà andare oltre. La finalità dell'operazione è togliere gli strati di vecchie pitture ormai decoese che ottendono i particolari delle lavorazioni. Stessa cosa per gli strati di ruggine soprattutto quando si sceglieranno protettivi trasparenti. Una pulitura attenta preserva lo strato di ossidazione più stabile a tutto vantaggio del manufatto e dei tempi di esecuzione del lavoro.

#### Trattamenti con convertitori ed inibitori

Questa operazione comporta l'uso di prodotti che trasformano in composti stabili la ruggine residua o lasciano sulla superficie molecole in grado di impedire ossidazioni ulteriori comportandosi da inibitori della corrosione. Sono da evitare i convertitori addizionati di prodotti filmanti che in molti casi rendono troppo denso il prodotto e ne impediscono la buona penetrazione necessaria negli interstizi dei manufatti.

Sono quindi da preferirsi convertitori privi di sostanze filmanti (soprattutto nei casi di finiture trasparenti) come l'acido tannico sciolto in alcol a percentuali tra il 3 e il 4% in peso (che agisce sui soli ossidi) ed i fosfatanti sia con acido fosforico puro in diluizione del 10% in volume, sia con fosfati di cromo o di zinco pronti all'uso. Questi ultimi prodotti reagiscono anche con il ferro metallico proteggendolo per un periodo limitato di tempo ma possono modificare notevolmente l'estetica del manufatto e pertanto vanno usati solo nei casi in cui si decida di usare protettivi coprenti come vuole la buona prassi per i manufatti all'esterno. Dopo la loro applicazione, ad asciugatura avvenuta, è fondamentale spazzolare e pulirne i residui. L'acido tannico al 3% se applicato con attenzione non lascia aloni o viraggi di colore eccessivi sulla ruggine e ben si presta per quei manufatti che dovranno essere protetti con vernici trasparenti.

In ogni caso è fondamentale che nella applicazione questi prodotti si facciano penetrare in tutte le parti sormontate ed ove necessario verrà utilizzata la siringa per raggiungere eventuali zone nascoste.


#### Protezione

I trattamenti protettivi verranno concordati con la D.L.. In genere per la protezione di manufatti in ferro di interesse storico artistico verranno utilizzati protettivi:

- Acrilici: ad esempio Incral 440 Paraloid B72 (o equivalente).
- Cere: ad esempio Reswax WH (o equivalente).

#### **3.22.9 Pulizia e protezione di opere in leghe di rame antiche**

La resistenza meccanica di queste leghe comporta un tipo di approccio ben diverso da quello previsto per il ferro, vanno evitate spazzole di acciaio e sabbiature. Si dovranno utilizzare solventi appropriati, sverniciatori e spazzole morbide (saggina o simili) per togliere le vernici dopo aver individuato con appositi test quali risulti il migliore, in rapporto anche alla sua tossicità che dovrà essere la più bassa possibile. Si dovrà porre attenzione

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	175 di 194

alle patine e pertanto sono tassativamente vietati gli acidi di qualsivoglia tipo, dannosi non solo per le patine stesse ma anche per il metallo sia nell'immediato che in divenire. La eventuale nuova lucidatura non dovrà essere fatta "a specchio" con l'uso di spazzole rotanti di feltro in quanto asporterebbe materiale con danno per la superficie, si consiglia quindi l'uso di prodotti lucidanti utilizzati con tamponi a mano o con l'ausilio di micromotori controllati su cui è montata idonea spazzola di tessuto. Eventuali puliture chimiche sono da effettuarsi con chelanti (EDTA, sali di Rochelle ecc.) adatti in modo da agire selettivamente sui prodotti di corrosione piuttosto che sul metallo.

Per la protezione verranno utilizzate cere microcristalline ad alto punto di fusione sciolte in solventi a bassa tossicità. In alternativa su indicazione della DL resine acriliche trasparenti per metallo sciolte in solvente e preparate dal restauratore stesso, oppure vernici per metallo a solvente ma non epossidiche, a forno o simili in quanto troppo dure e di manutenzione pressoché impossibile.

### 3.23 PROTEZIONE REI DI STRUTTURE

#### 3.23.1 Trattamento antincendio di strutture in c.a. esistenti


Trattamento antincendio delle strutture in c.a. sarà eseguito mediante applicazione a macchina di intonaco premiscelato per la protezione al fuoco (tipo SIGMATIC IGNIFUGO M120 o equivalente), provvisto di marcatura CE secondo la norma EN 13279-1 e Classe di Reazione al fuoco A1 secondo UNI EN 13501-1, a base di gesso emidrato, Vermiculite e Perlite espanse con aggiunta di additivi specifici, con le seguenti caratteristiche:

- Peso specifico in polvere: 700kg/m<sup>3</sup> circa
- Peso specifico in opera: 900kg/m<sup>3</sup> circa
- Fattore di resistenza al vapore = 6,7
- Conduttività termica = 0,14 W/mK
- Reazione al fuoco : Classe A1
- pH: 10
- Resistenza a compressione: > 2,0 N/m<sup>2</sup>

Gli spessori, saranno determinati in base alle Tabelle del D.M 16-02-2007 e/o rapporti di prova.

Il SIGMATIC IGNIFUGO M 120 o equivalente, viene applicato a spruzzo direttamente su parete o soffitto, mediante macchina intonacatrice di tipo continuo che provvede al giusto dosaggio dell'acqua con l'apposito flussimetro. L'intonaco può essere finito con superficie a vista tipo rustico fine, senza sovrapposizione di finitura, col sistema del rinvenimento con acqua. Dopo circa 2 ore e mezza dall'applicazione, la superficie deve essere bagnata e fatta rinvenire mediante frattazzatura con frattazzo di spugna.

L'intonaco può essere applicato su pareti in laterizio e soffitti in laterocemento esenti da polveri, sostanze grasse ed efflorescenze. Nel caso di calcestruzzo tradizionale è necessario l'uso di Viprimer con applicazione di SIGMATIC IGNIFUGO M 120 fresco su fresco. Sottofondi in calcestruzzo prefabbricato richiedono un trattamento preliminare con Viccontact. Blocchi di calcestruzzo cellulare devono essere preventivamente trattati con Viprimer.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	176	di	194

### 3.23.2 Trattamento antincendio di strutture in acciaio

Protezione dal fuoco delle strutture in acciaio, mediante l'applicazione di vernici intumescenti date in opera a pennello o a rullo con spessori tali da garantire le resistenze specificate in progetto (classe di resistenza REI 60).

Pittura intumescente monocomponente bianca in emulsione acquosa a base di resine sintetiche per la resistenza al fuoco applicata a spruzzo con pompa ad alta pressione su superfici già preventivamente preparate: per protezione di elementi in acciaio: per classe REI 60.

### 3.23.3 Trattamento antincendio di strutture lignee

Trattamento ignifugo per strutture lignee, realizzato mediante applicazione di vernice ignifuga/intumescente (tipo Aithon PV33 o equivalente) omologata in classe 1, al fine di raggiungere le caratteristiche minime richieste dal progetto (REI 60) o dalla DL; il trattamento ignifugo si intende comprensivo di vernice di finitura (tipo Aithon F3 o F3A o equivalente). La vernice ignifuga (e/o il trattamento impregnante) dovrà essere applicata con modalità (es. numero di mani, resa a metro quadrato, spessore minimo di rivestimento) sufficienti a garantire il mantenimento delle caratteristiche minime di reazione al fuoco (REI 60) secondo le norme ENV 13381-7 e EN 13501-2, per un periodo non inferiore a 20 anni.

Procedura di verifica prima dell'applicazione:

- Controllare che la temperatura (comprese tra 10°C-35°C) e l'umidità relativa (non superiore al 65%) siano nei limiti prescritti e che possa rimanere entro tali limiti durante la durata dell'applicazione;
- Controllare il contenuto di umidità del legno (< 12 %);
- Controllare che la superficie del legno sia priva di sostanze cerose, oleose o idrorepellenti;
- Nel caso di presenza di stuccature, verificare la compatibilità con la vernice protettiva.

Preparazione del supporto:

- Rimuovere completamente vernici o trattamenti esistenti mediante sabbiatura o in alternativa con corteggiatrice orbitale.


È generalmente possibile applicare una mano al giorno, prima di applicare la finitura accertarsi che il fondo sia completamente asciutto (generalmente servono 3 giorni a 20°C e 50% di umidità).

## 3.24 IMPERMEABILIZZAZIONI

### 3.24.1 Norme Generali

Tutti i materiali per impermeabilizzazione dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione. Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi sane, regolari, perfettamente pulite, assenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia, di prodotti disarmanti, di preesistenti impermeabilizzazioni.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	177 di 194

Le superfici dovranno essere asciutte e stagionate per almeno venti giorni per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante.

A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, anche quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato.

A questi interventi preparatori dovrà seguire un'accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne ecc.; il convogliamento delle acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti; non si dovranno in nessun modo danneggiare le attrezzature di smaltimento preesistenti e/o ricostruite.

Le riprese di lavoro dovranno essere ridotte al minimo, salvo le esigenze particolari; in ogni caso dovrà essere assicurata una perfetta adesione tra vecchia e nuova membrana.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato).

Dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

Le strutture sovrastanti gli strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

Eventuali perdite che si manifestassero sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dall'Impresa a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.


L'Impresa dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni dei materiali che intende adottare per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Potranno essere prelevati anche tasselli già posti in opera su cui effettuare le prove di laboratorio su zone scelte a caso.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche richieste, i materiali saranno rifiutati e l'Impresa dovrà allontanarli a sua cura e spese.

### 3.24.2 Copertina impermeabilizzante

La copertina sarà realizzata mediante rasatura impermeabilizzante bicomponente IDROCALCE HD SYSTEM a base di calce idraulica naturale NHL5 BFLUID X/A, a basso contenuto di Sali (CaO libero = 4%) additivi in dispersione acquosa ed inerti selezionati con granulometria massima di 0,6 mm, ad elevato potere di aggrappo, resistente ai cicli di gelo disgelo, impermeabile all'anidride carbonica, al vapore e all'acqua. Il prodotto è adatto all'applicazione in orizzontale, su massetti a base di calce che si intendano proteggere da assorbimenti o infiltrazioni di acqua, ed è caratterizzata da peso specifico pari a ca. 1600 kg/mc, resistenza allo strappo 1 N/mmq, pH>10,5.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	178 di 194

### 3.24.3 Geotessile

Lo strato separatore sarà realizzato in geotessile del peso minimo di 300 g/m<sup>2</sup>, in fibre di poliestere a filo continuo aventi le caratteristiche riportate nell'Art. 2. Sarà fissato al piano di posa mediante punti di bitume e i giunti fra i teli saranno sovrapposti per almeno 5 cm.

## 3.25 COLLOCAMENTO IN OPERA

La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelevamento dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonché nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti (tagli di strutture, fissaggio, adattamento, stuccature e riduzioni in pristino).

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera o apparecchio che gli venga ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche se forniti da altre Ditte.

Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e le cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere convenientemente protetto, se necessario, anche una volta collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza o assistenza del personale di altre Ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

### 3.25.1 Collocamento di manufatti vari, apparecchi e materiali forniti dall'amministrazione appaltante


Qualora l'Amministrazione appaltante fornisca direttamente materiali, manufatti o apparecchi di qualsiasi genere, da collocare all'interno dell'opera oggetto dell'appalto, l'Appaltatore dovrà provvedere al suo trasporto in cantiere, immagazzinamento e custodia, e successivamente alla loro posa in opera, a secondo delle istruzioni che riceverà, eseguendo le opere murarie di adattamento che si renderanno necessarie.

Qualsiasi apparecchio, materiale o manufatto fornito dall'Amministrazione appaltante sarà consegnato in cantiere, alle stazioni ferroviarie o in magazzini, secondo le istruzioni che l'Appaltatore riceverà tempestivamente. Per il collocamento in opera dovranno seguirsi inoltre tutte le norme indicate per ciascuna opera, restando sempre l'Appaltatore responsabile della buona conservazione del materiale consegnatogli, prima e dopo del suo collocamento in opera.

### 3.25.2 Collocamento di manufatti in marmo o pietra

Tanto nel caso in cui la fornitura dei manufatti gli sia affidata direttamente, quanto nel caso in cui venga incaricato della sola posa in opera, l'Appaltatore dovrà avere la massima cura per evitare, durante le varie operazioni di scarico, trasporto e collocamento in sito e sino a collaudo, rotture, scheggiature, graffi, danni alle lucidature, ecc.. Egli pertanto dovrà provvedere a sue spese alle opportune protezioni, con materiale idoneo di spigoli, cornici, colonne, scalini, pavimenti, etc., restando egli obbligato a riparare a sue spese ogni danno



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	179 di 194

riscontrato, come a risarcirne il valore quando, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, la riparazione non fosse possibile.

Per ancorare i diversi pezzi di marmo o pietra, si adopereranno grappe, perni e staffe, in ferro zincato o stagnato, od anche in ottone o rame, di tipo e dimensioni adatte allo scopo ed agli sforzi cui saranno assoggettati, e di gradimento della Direzione dei Lavori.

Tali ancoraggi saranno fissati saldamente ai marmi o pietre entro apposite incassature di forma adatta, e murati nelle manufatti di sostegno con malta cementizia.

I vuoti che risulteranno tra i rivestimenti in pietra o marmo e le retrostanti murature dovranno essere diligentemente riempiti con la l'adesivo cementizio ad alte prestazioni indicato nel presente Capitolato Speciale, sufficientemente fluido e debitamente scagliato, in modo che non rimangano vuoti di alcuna entità. Lo stesso adesivo sarà impiegato per l'allettamento delle lastre in piano per cordatura. È vietato l'impiego di conglomerato cementizio a presa rapida, tanto per la posa che per il fissaggio provvisorio dei pezzi, come pure è vietato l'impiego di malta cementizia idraulica normale.

L'Appaltatore dovrà usare speciali cure ed opportuni accorgimenti per il fissaggio o sostegno di stipiti, architravi, rivestimenti ecc., in cui i pezzi risultino sospesi a strutture in genere ed a quelle in cemento armato in specie: in tale caso si potrà richiedere che le pietre o marmi siano collocati in opera prima del getto, ed incorporati con opportuni mezzi alla massa della muratura o del conglomerato, il tutto seguendo le speciali norme che saranno all'uopo impartite dalla Direzione dei Lavori e senza che l'Appaltatore abbia diritto a pretendere compensi speciali.

Tutti i manufatti di qualsiasi genere, dovranno risultare collocati in sito, nell'esatta posizione stabilita dai disegni o dalla Direzione dei Lavori; le connessioni ed i collegamenti eseguiti a perfetto combaciamento secondo le migliori regole d'arte, dovranno essere stuccati con cemento bianco o colorato, a seconda dei casi, in modo da risultare il meno appariscenti che sia possibile e si dovrà curare di togliere ogni zeppa o cuneo di legno al termine della posa in opera.

I piani superiori delle pietre o dei marmi posti all'esterno dovranno avere le opportune pendenze per convogliare le acque piovane, secondo le indicazioni che darà la Direzione dei Lavori.


Sarà in caso a carico dell'Appaltatore, anche quando esso avesse l'incarico della sola posa in opera, il ridurre e modificare le murature ed ossature ed eseguire i necessari scalpellamenti e incamerazioni, in modo da consentire la perfetta posa in opera dei marmi e pietre di qualsiasi genere.

Nel caso di rivestimenti esterni potrà essere richiesto che la posa in opera delle pietre o marmi segua immediatamente il progredire delle murature, ovvero che venga eseguita in un tempo successivo, senza che l'Appaltatore possa accampare pretese di compensi speciali oltre quelli previsti dalla tariffa.

### 3.26 ALLESTIMENTO DEL CANTIERE

L'allestimento cantiere comprenderà gli oneri di formazione cantiere (spese di trasporto, montaggio e smontaggio apparecchiature, spostamenti interni, attrezzature ed oneri di accantieramento) relativi a:

- trasporto ed installazione in loco di tutti i macchinari ed ogni altra attrezzatura o materiale necessario per l'esecuzione delle opere;

	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIVALUTAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	180 di 194

- trasporto montaggio e smontaggio, nolo per tutta la durata dei lavori dei baraccamenti necessari al cantiere, previsti nel piano della sicurezza e coordinamento, per il personale delle Imprese e della Direzione dei Lavori;
- recinzione di cantiere secondo le indicazioni contenute nel piano di sicurezza e coordinamento;
- movimentazione all'interno del cantiere di impalcature, macchinari, materiali e, in generale, sistemazione e movimentazione di tutte le attrezzature indicate dalla Direzione Lavori;
- allacciamenti di cantiere ai servizi energia elettrica, acqua, etc. e relative forniture;
- protezione dei macchinari, con idonei accorgimenti, al fine di non arrecare danno alle attrezzature di proprietà dell'Ente Appaltante.

Nell'importo sono inoltre compresi forfettariamente tutti i danni diretti e indiretti subiti dall'Impresa dovuti a ritardi, ripetizioni di categorie di lavori, spostamento di macchinari, rallentamenti, etc, richiesti dalla Direzione Lavori e dal Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, al fine di coordinare le attività di varie Imprese eventualmente operanti contemporaneamente all'interno dello stesso cantiere oppure necessarie per il funzionamento anche parziale dell'impianto.

Tale situazione si potrà verificare in caso di interferenze con attività diverse da quella oggetto del presente progetto e relative a sistemazioni di macchinari, ad interventi sui sottoservizi, a sistemazioni diverse oppure alla necessità di permettere l'accesso temporaneo ai visitatori di parte dell'area di cantiere.

Per la durata del cantiere l'impresa dovrà mettere a disposizione della D.L. e dei visitatori i DPI, inclusi imbraghi ecc.

## 3.27 OPERE PROVVISORIALI

### 3.27.1 Generalità

Tutti i ponteggi, le sbadacchiate, le tamponature, le murature di rinforzo, i puntelli a sostegno ed a ritegno e le altre opere necessarie alla conservazione, anche provvisoria, del manufatto ed alla sicurezza ed incolumità degli addetti ai lavori, saranno eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza della buona tecnica costruttiva ed ubicati secondo quanto richiesto dalla Direzione dei Lavori.

Le opere provvisorie dovranno essere realizzate con buon materiale ed a regola d'arte, proporzionate ed idonee allo scopo; esse dovranno essere mantenute in efficienza per l'intera durata dei lavori. L'Appaltatore sarà responsabile della progettazione, dell'esecuzione e della loro rispondenza a tutte le norme di legge in vigore nonché ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto e le modalità esecutive delle opere provvisorie dovranno essere portate alla preventiva conoscenza del Direttore dei lavori.

Nella realizzazione delle opere provvisorie l'Appaltatore è tenuto, altresì, a rispettare tutte le norme in vigore nella zona in cui saranno eseguiti i lavori.

Ponteggi, puntellazioni ed impalcature - Per i lavori da eseguire ad un'altezza superiore ai 2 metri dovranno essere adottate adeguate impalcature, ponteggi ed altre opere provvisorie atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone o di cose secondo quanto disposto dalla vigente normativa.


Si intendono inoltre comprese:



**SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena**

Sede: Via dell'Artigianato, 7 - 37066 Caselle di Sommacampagna (VR) - T (+39) 045.8581711 - F (+39) 045.8589182

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	181	di	194

- i tracciamenti e le verifiche dimensionali;
  - la verifica dei sottoservizi con ricerca di cavità sotterranee (es. tubazioni, pozzetti ecc..) che potrebbero ridurre l'efficienza e la sicurezza delle opere realizzate;
  - l'eventuale chiusura di tali cavità, ove possibile, (es. con riempimento di materiale adeguatamente compattato) o la messa in opera di idonei dispositivi atti a trasferire i carichi nelle zone limitrofe (es. traversi ecc.);
  - tutte le opere a protezione e gli eventuali ripristini e sistemazioni delle pavimentazioni e dei manti erbosi su cui poggiano le opere provvisionali;
  - gli oneri per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni a montare il ponteggio e le puntellazioni sulle proprietà dei confinanti;
  - tutti gli adattamenti alle irregolarità locali, siano essi necessari alla salvaguardia del bene o a garantire il rispetto dei requisiti di sicurezza dei ponteggi richiesti dalla normativa vigente;
  - l'adozione di idonei sistemi di ripartizione e/o redistribuzione dei carichi alla base dei ponteggi, in particolare se posti in appoggio su pavimentazioni o strutture esistenti aventi scarse o non del tutto certe capacità portanti;
  - la redazione di progetto a firma di tecnico abilitato, ove questo risulti necessario ai sensi della normativa vigente, nonché il relativo aggiornamento nel caso in cui in corso d'opera vi fosse la necessità di modificare l'originale schema costruttivo dei ponteggi.
- Ove necessario a garantire la funzionalità e durabilità dell'opera si intende compresa la realizzazione di coperture provvisorie (es. realizzate in lamiera zincata ondulata o teli impermeabili in pvc pesante).
- L'Appaltatore avrà l'obbligo di affidare ad un responsabile di cantiere la sorveglianza dei lavori di montaggio e smontaggio ed il periodico controllo delle strutture dei ponteggi e delle opere provvisionali.

### 3.27.2 Ponteggi metallici


L'Appaltatore impiegherà strutture metalliche munite dell'apposita autorizzazione ministeriale che avrà l'obbligo di tenere in cantiere.

Nel caso di ponteggi poggianti su impalcati esistenti aventi scarsa portata potrà essere richiesto l'utilizzo di opere provvisionali di tipo leggero realizzate in lega di alluminio e la predisposizione di idonei sistemi di ripartizione.

I ponteggi dovranno essere allestiti ad opera di personale adeguatamente formato, con buon materiale e a regola d'arte, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente.

Le strutture saranno realizzate secondo i disegni, i calcoli e le disposizioni previste dalla vigente normativa, ed in particolare:

- salvo diverse e più specifiche indicazioni, l'estremità inferiore del montante dovrà essere sostenuta da una piastra di base metallica, a superficie piana, di area non minore a 18 volte l'area del poligono circoscritto alla sezione del montante stesso e di spessore tale da resistere senza deformazioni al carico.
- l'appaltatore dovrà verificare la portata della piano di appoggio delle piastre prevedendo tutti gli opportuni dispositivi atti a garantire una' adeguata resistenza, l'assenza di significativi cedimenti, una corretta ripartizione dei carichi atta ad evitare qualsiasi danno alle strutture esistenti (es. pavimentazioni);
- la piastra dovrà avere un dispositivo di collegamento col montante atto a centrare il carico su di essa e tale da non produrre movimenti flettenti sul montante e dovrà essere dotata di sistema di regolazione a vite;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	182 di 194

- i ponteggi dovranno essere controventati sia in senso longitudinale che trasversale, ogni controvento dovrà essere atto a resistere sia agli sforzi di trazione che di compressione. L'uso degli impalcati metallici quali elementi di controventamento nel piano orizzontale sarà ammesso solo se previsto dall'autorizzazione ministeriale del ponteggio;
- l'intera struttura dovrà risultare perfettamente verticale;
- i giunti metallici dovranno avere caratteristiche di resistenza adeguate a quelle delle aste collegate e dovranno assicurare una idonea resistenza allo scorrimento;
- per ogni piano di ponte dovranno essere utilizzati due correnti di cui uno può far parte del parapetto; gli intavolati andranno realizzati in materiale ignifugo e dovranno essere adeguatamente assicurati alla struttura; le tavole fermapiEDE, da collocare in aderenza al piano di calpestio, avranno un'altezza di almeno 20 cm.
- gli impalcati e ponti di servizio devono avere un sottoponte di sicurezza costruito come il ponte, a distanza non superiore a m 2.50. La costruzione del sottoponte può essere omessa per i ponti sospesi "per le torri di carico", per i ponti a sbalzo e quando vengano eseguiti lavori di manutenzione e di riparazione di durata non superiore a cinque giorni. Previa autorizzazione del CSE, nei casi in cui vi sia un particolare impedimento nella realizzazione del sottoponte, questo potrà essere sostituito da una rete anticaduta per preservare l'incolumità del personale sottostante.
- immediatamente al di sotto dei piani di lavoro verrà posizionato un sottoponte o la rete anticaduta per il ponteggio deve essere ancorato a parti stabili dell'edificio e comunque deve essere sempre presente un ancoraggio ogni 22 mq di superficie (art.20 DPR n.164/56).


Le tavole di legno costituenti il piano di calpestio di ponti, sottoponti, passarelle e andatoie devono (art.23 DPR 164/56; art.2 DM 2/9/68):

- essere idonee per spessore e larghezza (cm 4x30 oppure 5x20);
- poggiare almeno su tre traversi del ponteggio metallico;
- essere in buono stato di conservazione;
- non presentare parti a sbalzo;
- avere le estremità sovrapposte per non meno di 40 cm;
- essere ben accostate tra loro in modo tale da non far passare materiale anche minuto;
- essere assicurate contro gli spostamenti;

Le strutture metalliche dei ponteggi dovranno essere opportunamente collegate ad impianto di messa a terra realizzato conformemente alla normativa vigente. In generale il ponteggio dovrà essere collegato elettricamente a terra almeno ogni 25 metri di sviluppo lineare, secondo il percorso più breve possibile evitando brusche svolte e strozzature (art.39 DPR 547/55); i conduttori di terra devono avere sezione non inferiore a 35 mm<sup>2</sup> (CEI 81-1). I ponteggi di sviluppo perimetrale minori di 25 m devono avere non meno di due collegamenti a terra (CEI 81-1)

Se alla base del ponteggio è previsto il transito di persone e/o di mezzi è necessario installare mantovane lungo la facciata esterna che trattengano materiali e oggetti caduti accidentalmente. La prima mantovana deve essere montata all'altezza di circa 4 metri da terra, raccordata ad un impalcato e deve essere ripetuta ad intervalli di 12 metri. Se invece la mantovana ha proiezione orizzontale di almeno 1,5 metri, ne è sufficiente



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	183	di	194

una sola, a quattro metri di quota, per qualsiasi altezza del ponteggio (art.28 DPR 164/56). Se alla base del ponteggio non è previsto il transito di persone e/o mezzi, occorre darne segnalazione con appositi cartelli e altro sistema (transenne, strisce con bande bianche e rosse, ecc.) (art.2 D.lgs n.493/96)

Tutti i ponteggi dovranno essere realizzati in modo tale che i piani di lavoro permettano di compiere le lavorazioni in ogni punto su cui è previsto di intervenire.

Ove necessario e/o richiesto dal committente il ponteggio dovrà essere dotato di adeguate chiusure/protezioni e/o di un efficace impianto antintrusione.

Ove previsto dalla normativa vigente, la struttura dovrà essere accompagnata da progetto a firma di tecnico abilitato. Il progetto dovrà comprendere relazione di calcolo e disegni costruttivi, compresi i particolari di ancoraggio e di appoggio, e dovrà essere fornito alla direzione dei lavori e al CSE con congruo anticipo prima dell'arrivo in cantiere del ponteggio.

Le strutture saranno realizzate secondo i disegni, i calcoli e le disposizioni previste dalla vigente normativa.

Salvo diversa indicazione degli elaborati progettuali si intende inoltre a carico dell'impresa la verifica delle strutture di appoggio ed ancoraggio del ponteggio prevedendo i necessari saggi e prove conoscitive. In caso di dubbi sulla portata (es. ponteggi in appoggio su volte e/o impalcati con carico utile non conosciuto ecc.) si intende compresa l'eventuale puntellazione delle strutture sottostanti.

Inoltre dovrà essere presentato il piano operativo di sicurezza per il montaggio, l'uso e lo smontaggio in condizioni di sicurezza (P.I.M.U.S.) secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di sicurezza sui cantieri.

### 3.27.3 Puntelli / Ponteggi di forza

La scelta del tipo di puntellazione da adottare sarà fatta dall'Impresa esecutrice secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L..

Potranno essere costruite in legname, acciaio, lega di alluminio e in calcestruzzo di cemento armato, con travi unici o multipli allo scopo di assolvere funzioni di sostegno e di ritegno.

Dovranno essere previsti, ove necessario, sistemi di zavorre ed i necessari fissaggi/ancoraggi alle strutture esistenti ed al terreno.


Potranno essere inoltre adottate fasciature provvisorie con nastri in poliestere ad alta resistenza complete di tenditore a cricchetto, paraspigoli, eventuali elementi di ripartizione ed ogni altro onere.

In ogni caso il materiale utilizzato dovrà garantire una adeguata durabilità per l'intero intervallo previsto per la puntellazione con un minimo di anni 10, garantendo il mantenimento delle prestazioni meccaniche attese e l'assenza di fenomeni di ossidazione e/o corrosione in grado di innescare eventuali forme di degrado (es. macchie di ruggine ecc.) nel manufatto esistente.

Verranno utilizzati preferibilmente sistemi modulari aventi portate ammissibili certificate.

Prima dell'inizio del montaggio, l'impresa dovrà presentare alla D.L. lo schema "costruttivo" di montaggio dei puntelli corredato dalla certificazione delle portate ammissibili degli elementi costitutivi e della relazione di calcolo con analisi statica del sistema di puntellazione da parte di tecnico abilitato.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	184 di 194

Lo sequenza di montaggio dovrà garantire in ogni sua fase la stabilità del manufatto e la sicurezza degli operatori.

Al piede del puntello sarà necessario creare una sede ampia capace di abbassare quanto più possibile i carichi unitari sul terreno al fine di rendere trascurabili le deformazioni.

Per ripartire adeguatamente i carichi sul terreno dovrà essere prevista la rimozione degli strati superficiali (es. strato vegetale) fino a raggiungere un sottofondo compatto. Ove autorizzato dalla DL la fondazione potrà essere realizzata con cordoli in c.a. integrate da riempimenti con materiale adeguatamente compattato (es. ghiaione, stabilizzato, misto cementato). Nei casi in cui non sia possibile eseguire lo scavo dovranno essere previste adeguate basi di appoggio costituite da: piastre in acciaio; elementi prefabbricati in c.a. o altri idonei sistemi approvati dalla DL.

Tutte le puntellazioni saranno sottoposte da parte dell'Appaltatore ad analisi statica, con produzione di conseguente relazione di calcolo e di disegni costruttivi con relativi particolari di ancoraggio da parte di tecnico abilitato che dovrà essere fornita alla direzione dei lavori prima dell'arrivo in cantiere del materiale da porre in opera.


La struttura del ponteggio di forza dovrà essere accompagnata da progetto a firma di tecnico abilitato, redatto ai sensi della normativa vigente. Il progetto dovrà comprendere relazione di calcolo e disegni costruttivi, compresi i particolari di ancoraggio e di appoggio, e dovrà essere fornito alla direzione dei lavori e al CSE con congruo anticipo prima dell'arrivo in cantiere del ponteggio. Ove il progetto sia già disponibile in sede di aggiudicazione dell'appalto, le eventuali variazioni della tipologia e/o della configurazione geometrica dello stesso proposte dall'Impresa dovranno essere accompagnate da un aggiornamento del progetto, redatto a cura di un tecnico abilitato designato dall'Appaltatore, senza oneri aggiuntivi per l'Ente Appaltante, ed essere preventivamente sottoposte a parere favorevole della DL. Dovranno in ogni caso essere garantite prestazioni minime equivalenti a quelle di progetto.

Inoltre dovrà essere presentato il piano operativo di sicurezza per il montaggio, uso e smontaggio in condizioni di sicurezza (P.I.M.U.S.) secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di sicurezza sui cantieri.

Le puntellazioni dovranno essere dotate di opportuni dispositivi di regolazione (es. dispositivi a ghiera, vite o altro idoneo dispositivo) atti a permettere un regolare controllo/verifica del contatto con la struttura da sostenere ed a compensare eventuali cedimenti non previsti del piano di posa. La verifica dovrà avvenire con cadenza non superiore a 10 gg nel primo mese e successivamente con cadenza mensile o inferiore.

Particolare cura dovrà esse posta nella realizzazione degli appoggi e degli ancoraggi alle murature esistenti per evitare o comunque ridurre al minimo eventuali danneggiamenti prevedendo opportuni elementi di ripartizione dei carichi (es. interposizione di feltro e/o neoprene). Si intendono compresi eventuali sistemi attivi per il sollevamento di singole parti (es. martinetti idraulici opportunamente monitorati e controllati).

Si intende a carico dell'Appaltatore il montaggio; il mantenimento per la durata necessaria; l'eventuale allestimento della segnaletica necessaria a garanzia della pubblica incolumità; tutti i successivi adattamenti (con relative relazioni di calcolo e disegni strutturali) atti a rendere possibili le lavorazioni previste, la verifica della portanza dei punti di appoggio dei ponteggi; la completa rimozione al termine dei lavori; tutti gli accorgimenti atti a tutelare la sicurezza degli operai; il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antinfortunistica nei cantieri edili ed ogni altro onere atto a dare l'opera finita a regola d'arte e a garantirne l'efficienza per tutta la durata del cantiere.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	185 di 194

Particolare cura dovrà essere posta durante lo smontaggio delle puntellazioni. Le operazioni di disarmo dovranno avvenire secondo una apposita sequenza predisposta dall'impresa, in modo graduale (agendo in generale sui dispositivi a vite) ed uniforme evitando nel modo più assoluto l'insorgere di effetti dinamici, di vibrazioni e di distribuzioni non uniformi delle tensioni. Durante lo smontaggio la struttura dovrà essere monitorata e tenuta sotto continuo controllo per valutare eventuali effetti anomali.

### 3.27.4 Coperture provvisorie

Coperture provvisorie di protezione potranno essere attuate mediante teli in PVC opportunamente ancorati o altro dispositivo concordato con la Direzione dei Lavori.

Ove non esplicitamente specificato, si intendono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri connessi alla protezione dagli agenti meteorici delle opere durante l'esecuzione dei lavori.

### 3.27.5 Protezione di Elementi di Valore Artistico

Ove non esplicitamente specificato, si intendono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri connessi alla messa in opera e successiva rimozione al termine dei lavori di protezioni temporanee di quadri, affreschi, gruppi statuari e comunque di qualsiasi elemento di pregio che potrebbe essere danneggiato dalla polvere, dai detriti o dagli urti accidentali nel corso dei lavori.

Le protezioni verranno montate su indicazione della D.L. e della competente Soprintendenza. Si intendono comprese tutte le eventuali misure atte a controllare ed a mantenere le condizioni termo-igrometriche ottimali per la conservazione dei manufatti.


Sarà inoltre onere dell'Impresa l'eventuale collocazione in contenitori specifici e rimozione temporanea e conservazione per tutta la durata dei lavori in luogo giudicato idoneo dall'amministrazione, la successiva ricollocazione ed ogni altro onere per dare il lavoro completo ed eseguito a regola d'arte.

## 3.28 LAVORI EVENTUALI NON PREVISTI

Per l'esecuzione di categorie di lavoro non previste e per le quali non siano stati convenuti i relativi prezzi, o si procederà al concordamento dei nuovi prezzi secondo quanto stabilito nel D. Lgs. 12 aprile 2006 N° 163, ovvero si provvederà in economia con operai, mezzi d'opera e provviste fornite dall'Appaltatore (a norma dello stesso Regolamento) o da terzi. Gli operai forniti per le opere in economia dovranno essere idonei ai lavori da eseguirsi e provvisti dei necessari attrezzi. Le macchine ed attrezzi dati a noleggio dovranno essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Saranno a carico dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine e le eventuali riparazioni, in modo che essi siano sempre in buono stato di servizio.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia dovranno essere forniti in pieno stato di efficienza.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	186 di 194

## 4 NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

### 4.1 NORME GENERALI

Resta stabilito, innanzitutto, che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili, oltre a quelli costruttivi, delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto **informatico** e da tradurre, in almeno duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione dei Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, numerici o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

### 4.2 LAVORI A MISURA


I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori. I lavori a misura saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso in cui la Direzione Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In tutti i casi nei quali l'impresa, su autorizzazione della DL, per problemi di approvvigionamento e/o per accelerare i tempi di fornitura, utilizzi profili, sezioni o elementi di dimensioni maggiori e/o caratteristiche superiori rispetto a quelli di progetto la contabilizzazione verrà comunque effettuata in base alle misure e caratteristiche previste dal progetto.

Le misure saranno prese in contraddittorio a mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Si precisa inoltre, per maggiore completezza e chiarimento, che tutte le prove di campionatura, di verifica delle caratteristiche meccaniche dei terreni, d'accettazione e qualificazione dei materiali, di controllo delle lavorazioni eseguite, le prove di carico, l'assistenza ai collaudi e in genere qualsiasi verifica e prova atta a

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	187	di	194

dimostrare la qualità della lavorazione, saranno svolte a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori; pertanto l'Impresa dovrà tenere conto nella sua offerta di tali oneri.

Se non previsto esplicitamente nella voce di computo le superfici curve (es. volte), inclinate (es. falde di copertura) e nervate/modanate (es. presenza di decorazioni, costolature, nervature ecc.) verranno computate sulla area della proiezione in pianta (per elementi ad andamento prevalentemente orizzontale) e/o sul piano verticale (per pareti murarie, prospetti ecc.) deducendo la superficie dei fori e aperture.

Se non previsto ed indicato diversamente verranno inoltre contabilizzate le effettive quantità poste in opera senza conteggiare campionature, sfridi, sovrapposizioni, risvolti ecc.

### 4.3 LAVORI A CORPO

I lavori compensati "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare negli Stati di Avanzamento Lavori è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, dalla quale saranno dedotte le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo.

Si precisa inoltre, per maggiore completezza e chiarimento, che tutte le prove di campionatura, di verifica delle caratteristiche meccaniche dei terreni, d'accettazione e qualificazione dei materiali, di controllo delle lavorazioni eseguite, le prove di carico, l'assistenza ai collaudi e in genere qualsiasi verifica e prova atta a dimostrare la qualità della lavorazione, saranno svolte a cura e spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione dei Lavori; pertanto l'Appaltatore dovrà tenere conto nella sua offerta di tali oneri.


A completamento avvenuto delle opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo sempre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo.

### 4.4 LAVORI IN ECONOMIA

Le prestazioni in economia dovranno essere assolutamente eccezionali e potranno adottarsi solo per lavori del tutto marginali. In ogni caso saranno contabilizzate soltanto se riconosciute oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

### 4.5 NOLEGGI

I noli si intendono implicitamente compresi nei prezzi delle opere e/o delle prestazioni. Devono essere espressamente richiesti, con ordine scritto, dalla Direzione dei Lavori e sono retribuibili solo se imputabili a situazioni non prevedibili in sede di progetto o esplicitamente previsti nelle voci e quantità del computo di progetto.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	188	di	194

Le macchine ed attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro funzionamento. Sono a carico esclusivo dell'Impresa la manutenzione degli attrezzi e delle macchine affinché siano in costante efficienza.

Il nolo si considera per il solo tempo effettivo, ad ora o a giornata di otto ore, dal momento in cui l'oggetto noleggiato viene messo a disposizione del committente, fino al momento in cui il nolo giunge al termine del periodo per cui è stato richiesto.

Nel prezzo sono compresi: i trasporti dal luogo di provenienza al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio, la manodopera, i combustibili, i lubrificanti, i materiali di consumo, l'energia elettrica, lo sfrido e tutto quanto occorre per il funzionamento dei mezzi.

I prezzi dei noli comprendono le spese generali e l'utile dell'imprenditore.

Per il noleggio verrà corrisposto soltanto il prezzo per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

#### 4.6 OPERE PROVVISORIALI

I prezzi delle opere provvisorie comprendono le spese di trasporto a piè d'opera dal luogo di provenienza, lo sfrido, il deperimento, la lavorazione dei materiali, il montaggio, la manutenzione, lo smontaggio, il carico, lo scarico e l'accatastamento nei luoghi indicati nell'ambito del cantiere.

Il legname o la struttura metallica tubolare potranno essere nuovi od usati, purché idonei allo scopo cui sono destinati e rispondenti alle normative generali in vigore.

Sia nel montaggio che nelle rimozioni delle opere provvisorie è compreso ogni onere e magistero per eseguire il lavoro nel rispetto delle vigenti norme sulla sicurezza dei cantieri nonché la pulizia dei materiali usati.

Nel caso di esecuzione di ponteggi per i quali non sia previsto il progetto l'Appaltatore è comunque obbligato a redigere a proprie spese, ed a tenere in cantiere, un progetto con disegno esecutivo del ponteggio stesso firmato dal Direttore Tecnico della Ditta e/o dal Responsabile del cantiere.

Il disegno esecutivo riporterà, oltre al numero degli impalcati, tutte le indicazioni sul tipo di ponteggio montato, i piani del ponteggio che possono essere usati contemporaneamente, l'indicazione degli ancoraggi, degli appoggi e dei sovraccarichi massimi ammissibili.

I ponteggi, nel caso di contabilizzazione al mq, verranno misurati in proiezione verticale di facciata, calcolando la loro effettiva superficie moltiplicando:

- base, determinata misurando l'effettiva estensione orizzontale di ogni singola facciata del ponteggio;
- altezza, misurata dal piano di appoggio all'ultimo parapetto superiore.


Nel caso di sbalzi, passi carrai, stilate sospese, e comunque qualora le necessità del cantiere richiedano la sospensione di una stilata verticale, il ponteggio viene misurato vuoto per pieno, come se fosse continuo.

Qualora siano necessari o previsti elementi parasassi o mantovane, questi verranno computati a metro lineare.

I ponteggi interni, ove previsto il computo al mc, saranno valutati in base alla superficie effettiva di base moltiplicata per l'altezza media del ponteggio.

Il periodo di noleggio si conteggia dall'effettivo inizio delle lavorazioni fino al termine delle stesse; per le frazioni di mese il periodo di noleggio deve essere calcolato in proporzione ai giorni di utilizzo del ponteggio



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	189	di	194

stesso che, prima di poter essere utilizzato, deve risultare completo in tutte le sue parti e deve essere stato approvato dal Coordinatore per la Sicurezza.

Il nolo dovuto ad eventuali ritardi dell'Appaltatore rispetto ai tempi stabiliti nel crono programma non sarà contabilizzato.

#### 4.7 SCAVI E RINTERRI

Gli articoli dell'Elenco prezzi relativi agli scavi in genere comprendono tutti gli oneri previsti dalle presenti Norme e dalla voce di computo, ed inoltre:

- la perfetta sagomatura dei fossi, la sistemazione di banchine e cassonetti anche in roccia, la configurazione delle scarpate e dei cigli;
- il rinterro intorno alle murature e sopra le condotte e i drenaggi;
- gli esaurimenti d'acqua (che saranno contabilizzati solo per gli scavi di fondazione considerati subacquei) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
- le prove in laboratorio ed in sito per la verifica dell'idoneità dei materiali da reimpiegare.


Negli scavi in terra è compreso il disfacimento d'eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare, rinvenuti durante i lavori.

Nei prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi, anche ove non espressamente riportato, si intendono comprese e compensate tutte le spese per il confezionamento, il prelievo e l'invio dei campioni di materiali ai Laboratori ufficiali, le spese per l'esecuzione di prove ed analisi sui campioni, sia prima dell'inizio dei lavori (per accertamenti preventivi) che durante la fase esecutiva, utili all'accettazione dei materiali ed al collaudo delle opere compiute, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

**Nei prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi, anche ove non espressamente riportato, si intendono compresi e compensati l'assistenza all'archeologo, ove ne sia richiesta la presenza, l'esecuzione degli scavi nel rispetto delle pause/sospensioni temporali dettate dall'archeologo stesso, le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dell'eventuale presenza di reperti archeologici, e ogni altro onere necessario per dare i lavori finiti a regola d'arte.**

**Per le eventuali pause/sospensioni temporali dettate dall'archeologo, non sarà riconosciuto compenso alcuno all'Appaltatore, in quanto lo stesso si intende già remunerato dai prezzi stabiliti dall'Elenco Prezzi per l'esecuzione degli scavi.**

**Per tutte quelle lavorazioni compensate "a misura", sia prima dell'inizio delle lavorazioni che alla fine delle lavorazioni stesse, l'Appaltatore dovrà provvedere, in contraddittorio con la Direzione dei Lavori ed esclusivamente a propria cura e spese, al rilievo plano-altimetrico dell'intera area che sarà soggetta a movimenti di terra, rilevando almeno una sezione verticale ogni 5 m. Nelle zone con forte variabilità dell'area, ad insindacabile discrezione della Direzione dei lavori potrà essere richiesto l'esecuzione di un rilievo con maggior dettaglio, diminuendo la distanza tra le sezioni di rilievo.**

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	190 di 194

#### 4.7.1 Scavi di sbancamento

La misurazione, ai fini della contabilizzazione, degli scavi di sbancamento verrà effettuata a metro-cubo, computando i volumi di scavo con il metodo delle sezioni ragguagliate.

All'atto della consegna dei lavori l'Appaltatore eseguirà, in contraddittorio con la Direzione dei Lavori, il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi eseguiti.

#### 4.7.2 Scavo di fondazione

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento o del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non è effettuato.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà computato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento.

Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti.

In ogni caso non sarà computato il riempimento a ridosso delle murature o degli eventuali drenaggi a tergo delle stesse, che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese, sino a raggiungere la quota dei piani di sbancamento o del preesistente terreno naturale. Saranno individuati inoltre i volumi relativi alle classi di profondità indicate negli articoli d'Elenco prezzi ed a questi saranno applicate le maggiorazioni previste.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, e come tali contabilizzati, solo se eseguiti a profondità maggiori di 20 cm dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora la Direzione Lavori ritenesse opportuno provvedere direttamente all'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato come eseguito all'asciutto.


#### 4.7.3 Rinterri

Tutti gli oneri, obblighi e spese per la realizzazione dei rinterri s'intendono compresi nei prezzi stabiliti in elenco per gli scavi dai quali provengono i materiali stessi e quindi all'Appaltatore non spetterà alcun compenso oltre l'applicazione di detti prezzi.

I rilevati ed i rinterri eseguiti con materiali forniti dall'Appaltatore saranno valutati con i relativi prezzi di elenco a metro cubo per il loro volume effettivo misurato ad opera ultimata.

### 4.8 DEMOLIZIONI

La demolizione di interi manufatti, di qualsiasi specie e genere, sarà computata, ove non diversamente specificato, a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto; dovranno essere demoliti, oltre ai pavimenti del piano terreno, anche le fondazioni di qualsiasi tipo fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	191	di	194

La demolizione di elementi quali murature di qualsiasi genere e di strutture in conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, in elevazione o in fondazione, verrà compensata a metro cubo del loro effettivo volume.

Nel prezzo della demolizione è sempre compreso l'onere derivante dall'accatastamento e dal trasporto a rifiuto dei materiali derivanti.

I materiali utilizzabili che dovessero venire reimpiegati dall'Appaltatore, a semplice richiesta della Direzione dei Lavori, verranno addebitati all'Appaltatore stesso, considerandoli come nuovi, in sostituzione dei materiali che egli avrebbe dovuto provvedere, e cioè allo stesso prezzo fissato per questi nell'elenco, ovvero, mancando esso, al prezzo commerciale dedotto in ambedue i casi il ribasso d'asta. L'importo complessivo dei materiali così valutati verrà detratto perciò dall'importo netto dei lavori, in conformità a quanto dispone il Capitolato Generale d'Appalto per le Opere Pubbliche.

## 4.9 MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI

### 4.9.1 Murature in genere (non in calcestruzzo gettato in opera)

Tutte le murature in genere saranno computate geometricamente, a volume od a superficie, secondo le indicazioni contenute negli articoli di Elenco Prezzi, in base a misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci.

Sarà fatta deduzione di tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m<sup>2</sup> e dei vuoti di canne fumarie, canalizzazioni, ecc., che abbiano sezione superiore a 0,25 m<sup>2</sup>.

Gli articoli di Elenco per le murature comprendono tutti gli oneri atti a dare l'opera compita a regola d'arte ed in particolare anche gli oneri sottoelencati:

- formazione di piattabande in muratura, spalle, pilastri, mazzette, sguinci, strombature, incassature, ammorsature, canne, ecc.;
- esecuzione di murature a pianta curva, di volte, archi ecc.;
- fornitura e posa in opera di controtelai in legno abete nei vani di porte interne.

Si intendono compresi gli oneri per centinature per archi o volte fino a 2,00 m di luce retta.


### 4.9.2 Conglomerati cementizi

I conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, saranno computati a volume con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle precedenti Norme Tecniche, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati, che dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli previsti dall'Elenco prezzi, ma non i vuoti della armatura in acciaio lenta o precompressa.

Le strutture d'impalcato alleggerite con vuoti saranno computate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti e le casseforme, in qualsiasi modo realizzate, saranno contabilizzate con i relativi articoli d'Elenco prezzi applicati all'intera superficie bagnata.

Gli articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche ed in particolare:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, leganti, acqua, aggiunte minerali, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.); la mano d'opera, i ponteggi e

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIVALUTAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00 del Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	192 di 194

le impalcature, le attrezzature e macchinari per la confezione, l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri, la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche, l'esecuzione dei getti da effettuare senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive; la vibrazione, la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ecc.;

- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici di getto; le prove e i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme o prescritta dalla Direzione Lavori e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

È previsto inoltre che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica al di sotto dei 273 K, l'Impresa non abbia diritto a nessun risarcimento, come pure non possa richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione di getti a basse temperature.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Saranno inoltre a carico dell'Impresa gli oneri relativi alle indagini ed le spese tecniche relative alle necessarie verifiche.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti, verrà opportunamente decurtato (tenendo conto anche della eventuale minore durabilità) con un minimo del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10% o, in ogni caso, la struttura con garantisca le prestazioni richieste dal progetto e dalla normativa vigente, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.


Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto compreso quello di eventuali casseforme, s'intende compreso negli articoli di Elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

#### 4.9.3 ACCIAIO PER C.A.

Il peso delle barre d'acciaio per l'armatura dei conglomerati, verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai diametri effettivamente prescritti, trascurando:

- le quantità superiori a quelle indicate nelle tavole di progetto;
- le legature e le sovrapposizioni per giunzioni non previste o non necessarie;
- gli eventuali distanziatori.

Il peso del ferro in ogni caso verrà determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo di ogni barra (seguendo le sagomature e uncinature) ed il diametro e moltiplicando per il peso specifico di 7850 kg/mc.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	193	di	194

La barra sarà fornita e data in opera nelle casseforme, dopo aver subito tutte le piegature, sagomature, e legature ordinate dalla Direzione dei Lavori, avendo cura che la posizione dei ferri coincida rigorosamente con quella fissata nei disegni esecutivi.

#### 4.9.4 CASSEFORME E ARMATURE DI SOSTEGNO PER I GETTI

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce a contatto del conglomerato e compensate con i relativi prezzi di Elenco. Nel relativo prezzo di elenco s'intende compensata ogni fornitura occorrente di legname, ferramenta ecc., ed ogni sfrido relativo, ogni spesa per la lavorazione e apprestamento, per collocamento in opera di longarine o filagne di collegamento, infissione di pali, tavoloni o palancole, per rimozioni, perdite, guasti e per ogni altro lavoro, nessuno escluso od eccettuato, occorrente per dare le opere complete ed idonee all'uso.

#### 4.9.5 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Ogni opera metallica per la quale sia prevista una valutazione a peso dovrà essere pesata, se possibile, presso una pubblica pesa, prima della sua posa in opera e ciò alla presenza della Direzione dei Lavori e con ogni onere a carico dell'Appaltatore. Resta inteso che dal peso saranno escluse zincature, verniciature e pitturazioni.

Qualora tale procedura non venga rispettata il peso verrà valutato in sede di liquidazione, dalla Direzione dei Lavori e, qualora l'appaltatore non intenda accettarlo, dovrà assumersi tutti gli oneri che siano necessari alla prescritta diretta verifica.


Nei prezzi dei lavori in metallo è compreso qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montaggio e posizione in opera.

Sono pure compresi e compensati, se non espressamente esclusi nelle voci di elenco:

- tutte le lavorazioni quali le forature (anche in sito per permettere il successivo montaggio di elementi non strutturali); le saldature; le piegature a caldo; le bullonerie; le piastre; gli eventuali adattamenti in sito ecc.
- l'esecuzione dei necessari fori ed incastri nelle murature e pietre da taglio, le impiombature e suggellature, le malte ed il cemento, nonché la fornitura del piombo per le impiombature;
- la coloritura, il tiro ed il trasporto in alto, ovvero la discesa in basso, e tutto quanto è necessario per dare i lavori compiuti in opera a qualsiasi altezza;
- tutte le forature, tagli, lavorazioni ecc., occorrenti per collegare le teste di tutte le travi dei solai con tondini, tiranti, cordoli in cemento armato, ovvero per applicare chiavi, coprichiavi, chiavarde, staffe, avvolgimenti, bulloni, chiodature ecc., tutte le opere per assicurare le travi ai muri di appoggio, ovvero per collegare due o tre travi tra di loro ecc.;
- gli sfridi;
- le finiture con sabbature, sgrassatura, zincatura e verniciatura secondo i cicli previsti.

Le opere in acciaio si misurano a peso dell'acciaio "nero" risultante dalla somma dei pesi riportate nelle distinte delle tavole del progetto esecutivo. La contabilizzazione delle opere medesime, qualora già non fosse "a corpo", avviene attraverso la moltiplicazione del peso misurato come sopra per il relativo prezzo di contratto. Il peso specifico dell'acciaio "nero" ai fini della misura è di 7850 kg/mc.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_39_ST_CSA		
		File:	APPR_39_ST_CSA.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO	Rev.	00	del	Luglio 2018
	CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE STRUTTURE	Pagina	194	di	194

Non possono pertanto essere contabilizzati il peso di bulloni, dei cordoni di saldatura, degli sfridi, della zincatura, e di quant'altro non ricadente nella definizione di cui al paragrafo precedente.

#### 4.10 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme ed in particolare:

- i ponteggi e le impalcature occorrenti per l'esecuzione del preforo a qualsiasi altezza;
- l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova, la loro ripetizione nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente;
- le iniezioni preventive di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili;
- tutte le prove ed analisi per la determinazione dell'aggressività dell'ambiente attraversato dai tiranti;
- tutte le prove di controllo sulla resistenza degli acciai utilizzati per i tiranti;
- tutte le prove per il controllo della fluidità, dell'essudazione e della resistenza a compressione della miscela utilizzata nelle iniezioni a bassa pressione o ripetute in pressione.

I prefori saranno computati in base alla loro effettiva profondità, misurata dal paramento esterno della parete sulla quale si attesta il tirante fino al fondo del foro; i tiranti di acciaio e le relative piastre saranno computati in base al loro peso effettivo; le iniezioni saranno computate in base all'effettiva lunghezza del preforo iniettato ed in rapporto al diametro dello stesso.

In presenza di iniezioni ripetute in pressione si considera tratto attivo (fondazione) del tirante esclusivamente il bulbo.

I relativi articoli comprendono inoltre il riempimento anticorrosivo posto a protezione del tratto libero. In presenza di iniezioni a gravità si considera tratto attivo (fondazione) del tirante l'intero volume del preforo.

#### 4.11 OPERE IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE

Le opere in legno massiccio e lamellare costituite da elementi di qualsiasi natura e spessore saranno valutate considerando il volume effettivo degli elementi, senza detrarre il volume dei fori né quello asportato per eventuali lavorazioni alle teste.

Nel prezzo è compreso l'onere per ogni opera, foratura e sagomatura, occorrente per dare l'opera completamente finita a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre compreso l'onere per eventuali impalcature provvisorie di sostegno di qualsiasi entità, l'esecuzione dei necessari fori ed incastri, la realizzazione dei trattamenti previsti, il tiro ed il trasporto in alto, ovvero la discesa in basso, e tutto quanto è necessario per dare i lavori compiuti in opera a qualsiasi altezza.

Verona, Luglio 2018

Prof. Ing. Claudio Modena