



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_30

Luglio 2018

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

Scala

Fase progetto

Codice elaborato

P

E

ST

RTS

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:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	1	di	28

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
2	CRITICITÀ E RIQUALIFICAZIONE DELLE STRUTTURE.....	4
2.1	RIQUALIFICAZIONE ALA SUD DEL CASTELLO.....	5
2.2	RIQUALIFICAZIONE DELL'EX LAVANDERIA	5
3	INTERVENTI SULLE MURATURE.....	10
3.1	LA TECNICA DELLO SCUCI-CUCI	10
3.2	INIEZIONI DI MISCELA A BASE DI CALCE IDRAULICA NHL 3.5/5.....	12
3.3	RISTILATURA ARMATA.....	13
3.4	SARCITURA DELLE LESIONI.....	15
3.5	CHIUSURA NICCHIE O APERTURE	15
4	ARCHITRAVI.....	17
4.1	NUOVI ARCHITRAVI IN LEGNO.....	17
5	NUOVE TIRANTATURE.....	19
5.1	TIRANTI CON PALETTI.....	19
5.2	CAPOCHIAVI A PIASTRA A VISTA O A SCOMPARSA	20
5.3	CAPOCHIAVI A PIASTRA LATERALE	22
6	VOLTE IN MURATURA.....	23
6.1	VOLTE IN MATTONI CONSOLIDATE CON FIBRE	23
7	SOLAI.....	25
7.1	CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI DEL PIANO PRIMO.....	25
7.2	SOSTITUZIONE DEI SOLAI DEL PIANO SECONDO	27

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00 del Luglio 2018
		Pagina	2 di 28

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha come oggetto gli interventi di carattere strutturale nel contesto del progetto di riqualificazione dell'ala sud del Castello Carrarese a Padova. Si elencano in maniera sintetica i principali interventi previsti, identificati nella planimetria riportata di seguito:

Area di intervento 1: Ala sud

Principali interventi previsti:

- Interventi di consolidamento dei solai esistenti mediante realizzazione di solette in c.a. collaboranti estradossali (piano primo) oppure attraverso demolizione e ricostruzione degli stessi (piano secondo e zona scala-bagni piano primo);
- Interventi di consolidamento delle pareti murarie mediante interventi di scuci-cuci associati ad iniezioni localizzate di miscela legante a base di calce idraulica naturale;
- Interventi di consolidamento mediante inserimento nei giunti di malta di barre in acciaio inox di piccolo diametro (zona ingresso per ammorsare le tamponature dell'arcone e in corrispondenza delle murature con applicate piastre metalliche);
- Sostituzione/rinforzo degli architravi lignei in evidente stato di degrado;
- Realizzazione di tiranti in acciaio alla quota della copertura;
- Realizzazione di una soletta strutturale a terra.

Tali interventi si configurano come "Riparazione o intervento locale" secondo quanto riportato al par. 8.4. del D.M. 17.01.2018.

Area di intervento 2: Ex Lavanderia

Nella zona dell'ex lavanderia è prevista la demolizione del fabbricato esistente, ad eccezione di un unico muro di spina di valore storico, e la realizzazione di un nuovo fabbricato con struttura metallica, autonomo e svincolato dalle strutture adiacenti in muratura mediante opportuni giunti sismici e appoggi scorrevoli.

Area di intervento 3: Vasca antincendio

Nella zona adiacente all'ex lavanderia, è prevista la realizzazione di una vasca antincendio interrata realizzata con platea e pareti in c.a. e solaio con lastre prefabbricate tipo predalles.

Aree di intervento 4 e 5: Nuove scale e ascensori

È prevista la realizzazione di due impianti di collegamento tra i vari livelli dell'ala sud del castello:

- Nuovo montacarichi esterno con castelletto portante realizzato con struttura metallica;
- Ascensore interno, con castelletto portante in acciaio, e nuova scala con struttura metallica.

Area di intervento 6: Locali tecnici ala est

Principali interventi previsti per la realizzazione di nuovi locali per l'alloggiamento degli impianti:

- Interventi di consolidamento della volta esistente mediante rete in fibra di basalto e acciaio inox;
- Interventi di consolidamento delle pareti murarie mediante interventi di scuci e cucii;
- Consolidamento mediante soletta a terra per garantire l'appoggio degli impianti tecnici;



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File: APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev. 00 del Luglio 2018
		Pagina 3 di 28

- Realizzazione di tiranti in acciaio alla quota della copertura.

Tali interventi si configurano come "Riparazione o intervento locale" secondo quanto riportato al par. 8.4. del D.M. 17.01.2018.

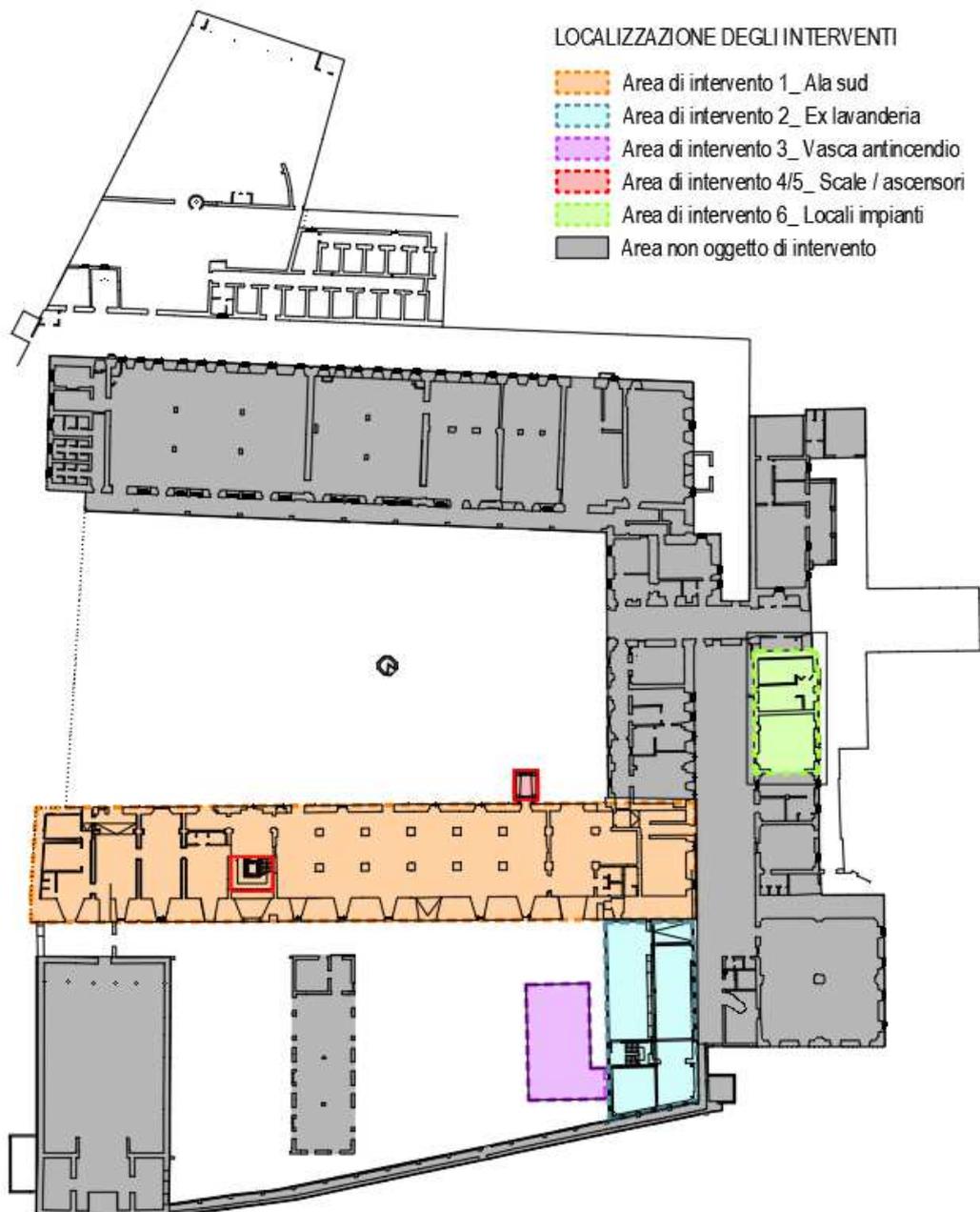


Figura 1.1: Individuazione interventi progettuali

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	4	di	28

2 CRITICITÀ E RIQUALIFICAZIONE DELLE STRUTTURE

Le principali criticità riscontrate nella porzione oggetto di intervento del Castello Carraresi si possono così sinteticamente riassumere:

- presenza di lesioni sulle strutture voltate e sulle strutture murarie;
- mancanza di collegamenti efficaci tra i solai dei vari livelli e le murature perimetrali;
- lesioni e fessurazioni in alcune pareti interne in corrispondenza di aperture, vuoti, ed in corrispondenza degli incroci tra le pareti in quanto le connessioni tra le murature sono carenti od inesistenti;
- presenza di fuori piombo nella muratura lato sud dell'ala del castello oggetto d'intervento;
- degrado, a causa di infiltrazioni d'acqua piovana, di alcune porzioni di impalcato;
- mancanza di giunti di adeguate dimensioni tra l'ala sud del castello e l'ex-lavanderia;
- presenza di solai non verificati e in stato di degrado (corrosione delle armature, sfondellamento degli elementi in laterizio).



Particolari aperture presenti sul muro storico al piano terra. Saranno richiesti interventi per stabilizzare il nucleo interno della muratura non supportato da idonei architravi.



Particolari lesioni su archi in muratura presenti al piano terra. Saranno da prevedere interventi di riparazione e consolidamento (scuci-cuci e iniezioni).

Gli interventi strutturali proposti mirano ad attenuare, e possibilmente ad eliminare, i fattori specifici di vulnerabilità evitando, in linea di massima, di apportare modifiche sostanziali che alterino il comportamento statico e dinamico delle strutture. Al tempo stesso le soluzioni individuate si conformano sia ai criteri di sicurezza che di tutela e di conservazione del bene.

Gli interventi sugli impalcati tendono a privilegiare la conservazione delle strutture esistenti adottando opportuni accorgimenti realizzativi volti sia a garantire la rispondenza del comportamento strutturale alle ipotesi di progetto che la sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e delle azioni statiche (carichi verticali).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	5	di	28

2.1 RIQUALIFICAZIONE ALA SUD DEL CASTELLO

La riqualificazione dell'ala sud del Castello Carraresi passa per una serie interventi di riparazione e di consolidamento delle strutture necessarie a garantire la nuova destinazione d'uso prevista nel progetto.

A livello di murature esistenti sono previsti interventi di consolidamenti/rinforzo delle pareti murarie (ad esempio scuci-cuci, iniezioni di boiaccia di calce, ristilature armate etc.) e l'inserimento di catene metalliche con paletti esterni o piastre incassate nella muratura. Le catene risultano ottimi contrasti per il ribaltamento fuori piano delle murature presenti. Si prevede inoltre di intervenire sugli architravi, in quanto molti di essi risultano deteriorati e fatiscenti, al punto tale da aver comportato leggeri crolli della muratura soprastante.

A livello degli orizzontamenti si prevede al piano terra di realizzare una soletta strutturale sotto il piano di posa del pavimento galleggiante (contenente le canalizzazioni impiantistiche), mentre al piano primo è previsto il consolidamento e rinforzo degli impalcati esistenti e al piano secondo si prevede la demolizione e ricostruzione degli impalcati degradati. Le nuove cappe in c.a. verranno collegate alle strutture murarie verticali.

Internamente si prevede anche la realizzazione di nuovi collegamenti verticali (corpo scala e ascensore) previa la demolizione di una porzione di impalcati mentre all'esterno è prevista la realizzazione di un nuovo montacarichi in sostituzione della struttura metallica esistente. La scala esistente in pietra verrà consolidata e rinforzata con l'inserimento di profili metallici all'intradosso e il consolidando dei pianerottoli verrà eseguito tramite smontaggio del piano di calpestio, sostituzione delle travi lignee deteriorate, inserimento di doppio tavolato strutturale e completamento con finitura superficiale secondo progetto architettonico.

Dal punto di vista della resistenza al fuoco è previsto il grado R60, per i solai del piano terra e primo e per la struttura portante della copertura lignea.

Si precisa che a livello strutturale si interviene in una piccola porzione della struttura parallela all'Ala Est del Castello, interventi conseguenti alla necessità di inserire all'interno delle stanze 00.031 e 00.032 la cabina elettrica. Le restanti porzioni dell'Ala Est non risultano oggetto di intervento, si evidenzia comunque l'esigenza di programmare una serie di interventi di stabilizzazione del fuori piombo delle pareti (lato cortile) e di verificare la presenza di eventuali intonaci esterni fatiscenti.

2.2 RIQUALIFICAZIONE DELL'EX LAVANDERIA

Il progetto prevede la demolizione dell'attuale edificio denominato "ex lavanderia", ubicato tra il corpo principale del castello (Ala Sud) ed il camminamento sopraelevato sulle mura prospiciente Riviera Tiso da Camposampiero e individuato in rosso nell'immagine sottostante, e la realizzazione di un nuovo fabbricato sul medesimo sedime. Sarà tuttavia mantenuto e conservato il muro storico di spina all'interno dell'edificio.

Il fabbricato sarà dal punto di vista strutturale indipendente ed autonomo rispetto alle preesistenze grazie alla realizzazione di idonei giunti sismici e appoggi scorrevoli, dimensionati sugli effettivi spostamenti massimi in caso di sisma, al fine di evitare eventuali fenomeni di martellamento tra strutture attigue.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File:	APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev.	00 del Luglio 2018
		Pagina	6 di 28



Figura 2.1: Individuazione edificio "Ex lavanderia"

L'edificio presenta due piani fuori terra, per un'altezza complessiva di circa 9,0 m sul piano campagna, e dimensioni in pianta di circa 25,0 x 11,0 m. La struttura portante sarà costituita da un telaio in acciaio, opportunamente controventato per resistere alle azioni orizzontali. I solai, sia quello del primo impalcato sia quello di copertura, saranno realizzati con travi in acciaio con sovrapposta una lamiera grecata con soletta in c.a. collaborante di spessore 12 cm.

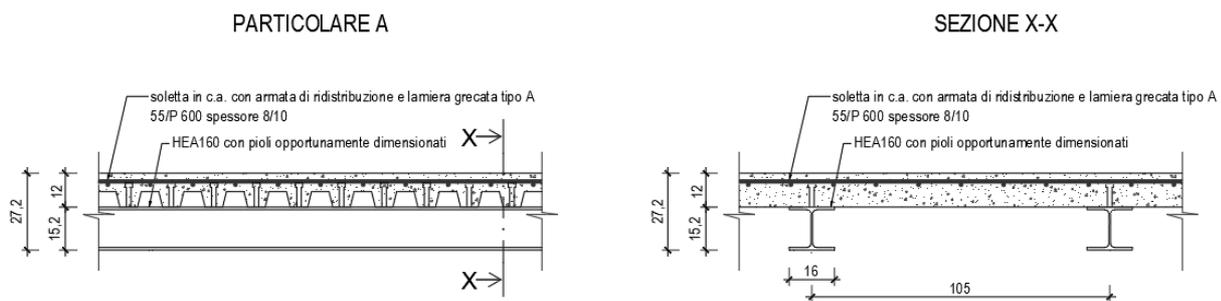


Figura 2.2: Particolare solaio primo impalcato

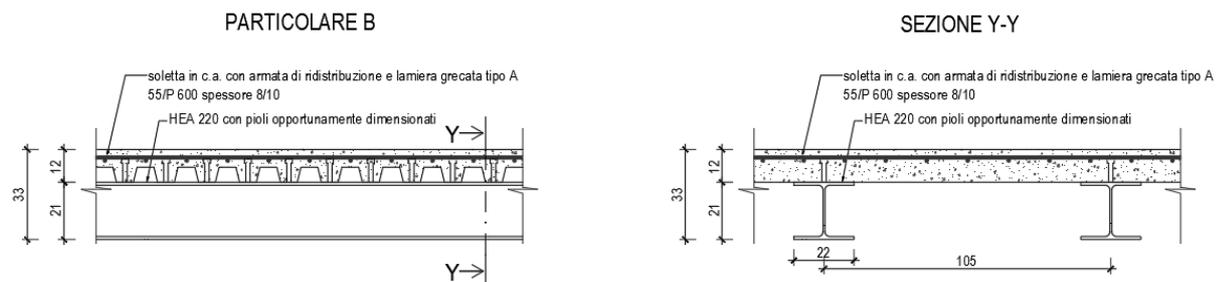


Figura 2.3: Particolare solaio copertura

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	7	di	28

Per semplificare il più possibile le operazioni in sito, si prevede la realizzazione di una struttura con giunti di tipo bullonato. Il fissaggio dei controventi per mezzo di spezzoni di trave HEA220 di circa 50 cm saldati in officina al pilastro assieme ai piatti forati ai quali saranno bullonati gli stessi controventi.

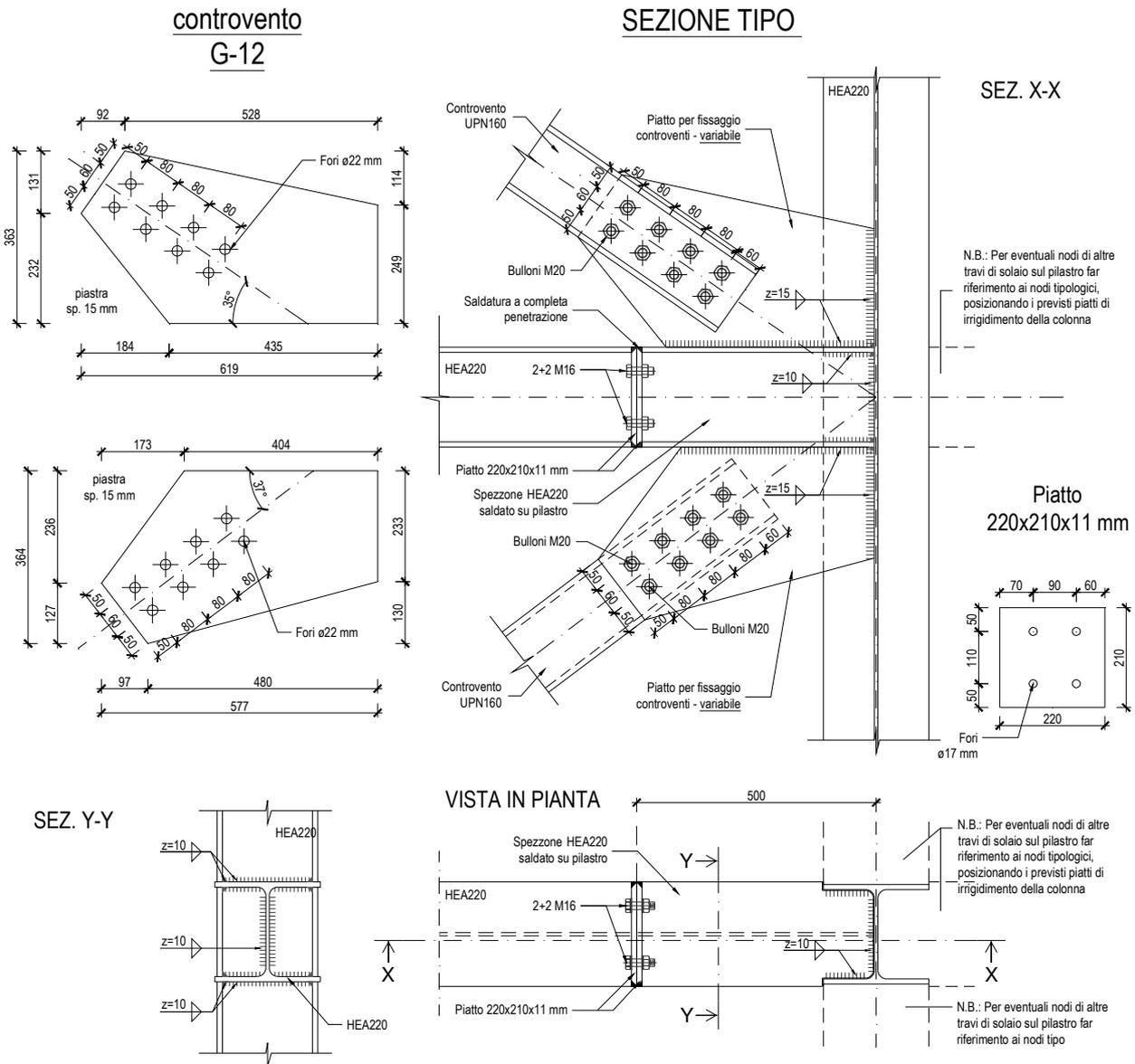


Figura 2.4: Particolare ancoraggio controvento

Come anticipato, la nuova struttura in acciaio è indipendente dal punto vista strutturale dagli edifici in muratura esistenti grazie a giunti sismici. L'unico punto di contatto tra le diverse strutture è rappresentato dall'appoggio, sul lato nord, di una trave perimetrale al primo impalcato e in copertura che sostiene i solaio e che poggia direttamente sulla muratura esistente, per evitare martellamento tra le due strutture ed interazioni che possano danneggiare la parete storica, è stato previsto un giunto scorrevole rappresentato da un profilo scatolare inserito nella muratura all'interno del quale poggia un profilo di dimensioni minori saldato di testa alla trave in



acciaio. Tra i due profili scatolari è interposto uno strato di Teflon per migliorare l'attrito tra gli elementi in acciaio.

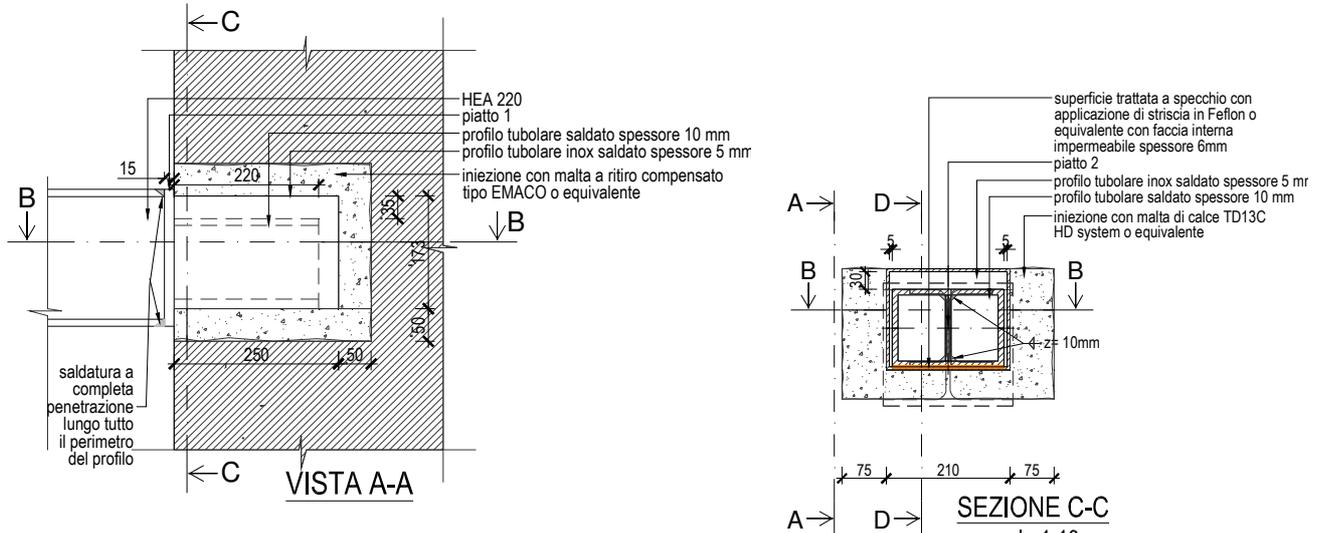


Figura 2.5: particolare appoggio scorrevole sulla muratura

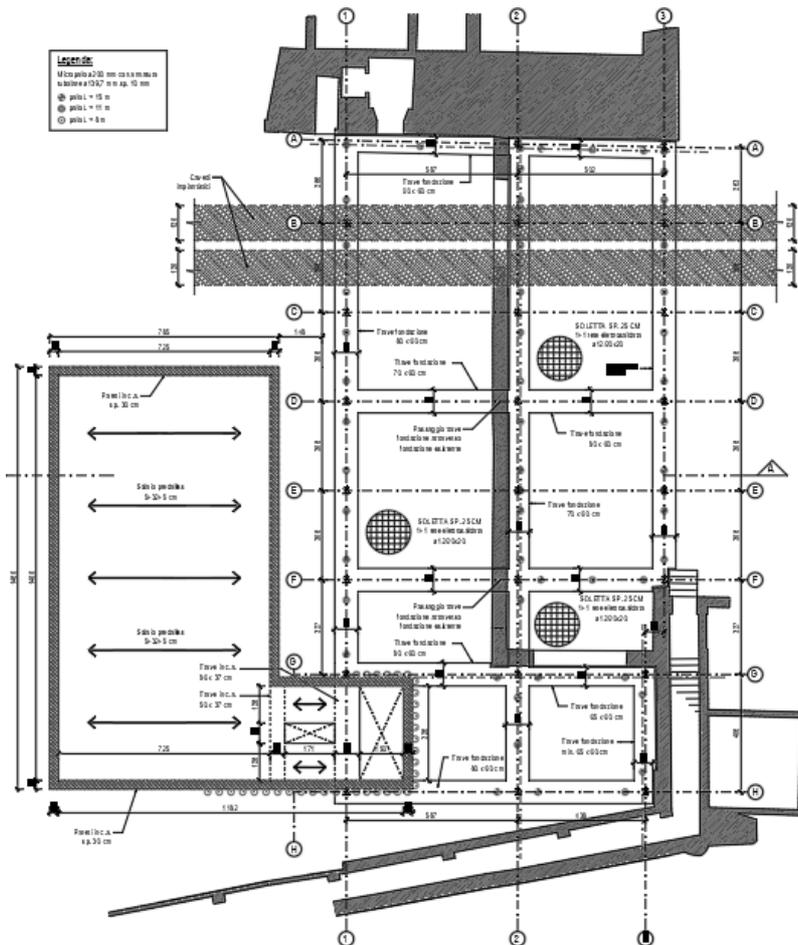


Figura 2.6: Planimetria edificio "Ex lavanderia"

Dalle indagini geologiche eseguite in sito, è emersa la presenza nel sedime dell'edificio di un terreno di riporto avente scarse caratteristiche meccaniche fino ad una profondità di circa 3,8 m dal piano campagna. Per questo motivo si prevede l'adozione di un sistema fondazionale di tipo profondo, costituito da un reticolo di travi rovesce in c.a. sostenute da micropali in c.a. di diametro 200 mm e lunghezza compresa tra gli 8,0 ed i 15,0 m.

In adiacenza al fabbricato, ed in parte anche all'interno dello stesso, è prevista la realizzazione di una vasca antincendio completamente interrata avente una superficie di circa 120,0 mq.

La vasca sarà interamente realizzata in c.a.: le pareti avranno un'altezza di 1,80 m e spessore di 0,30 m mentre la platea di fondazione avrà uno spessore pari a 0,40 metri.



CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
	File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
	Pagina	9	di	28

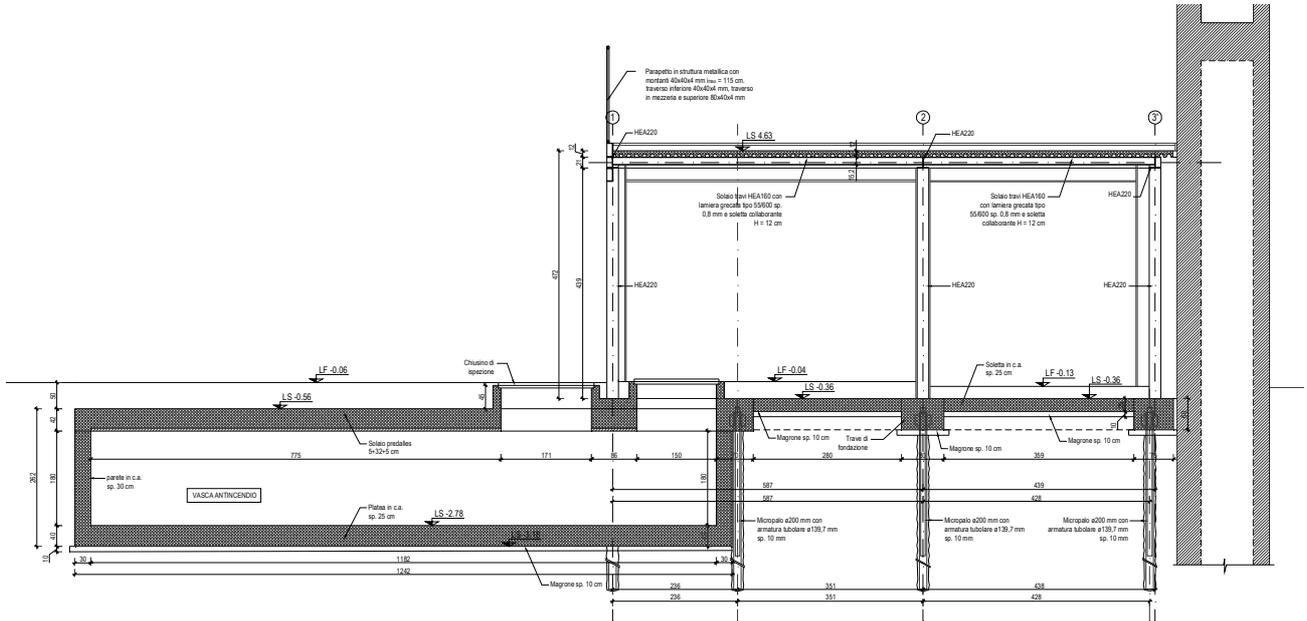
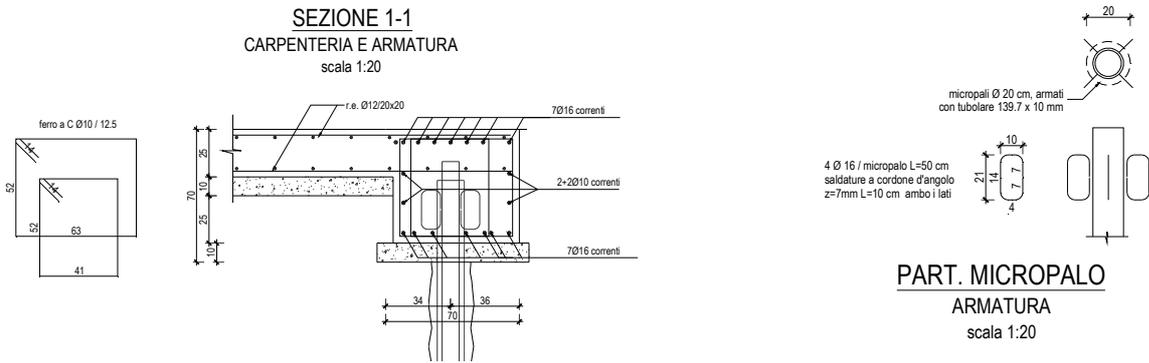


Figura 2.7: Sezione "ex lavanderia"

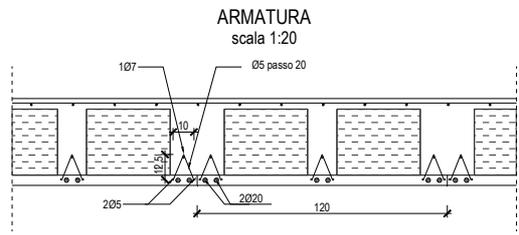


PART. MICROPALO
ARMATURA
scala 1:20

La soletta di chiusura sarà invece realizzata con un solaio a lastre prefabbricate tipo predalles avente uno spessore complessivo di 42 cm, nella quale saranno predisposti i pozzetti di ispezione necessari.

Le pompe verticali di adduzione saranno poste all'interno del nuovo fabbricato realizzato sul sedime dell' "Ex lavanderia", che ospiterà nella porzione lato mura i locali tecnici.

PARTICOLARE LASTRA PREDALLE



Vista la vicinanza della vasca alle mura del castello ed il rischio di cedimenti durante le operazioni di scavo, è prevista la realizzazione di una berlinese costituita da micropali ø200 mm di lunghezza 8,0 m per il sostegno del fronte di scavo.



	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	10	di	28

3 INTERVENTI SULLE MURATURE

L'intervento di consolidamento e ripristino delle murature esistenti è composto da più tecniche combinate tra loro a seconda delle condizioni delle murature: lo scuci-cuci in corrispondenza delle lesioni profonde, le iniezioni di miscele a base di calce idraulica naturale e la realizzazione di ristilatura armata dei giunti per migliorare/realizzare l'ammorsamento murario. A questi spesso si abbinano interventi minori quali la rinzeppatura e la sarcitura di lesioni minori, nonché la ripresa di muratura, e la chiusura di nicchie o aperture.

3.1 LA TECNICA DELLO SCUCI-CUCI

La riparazione delle lesioni con la tecnica dello scuci-cuci è impiegata su murature in laterizio o in pietrame che presentano lesioni profonde / passanti o particolarmente gravi.



Figura 3.1: Muratura riparata con la tecnica dello scuci-cuci: muratura in mattoni e muratura in pietra

L'intervento verrà eseguito secondo la seguente procedura:

- rilievo accurato della porzione da sostituire ed eventuale messa in opera di opportuni puntellamenti allo scopo di evitare crolli o deformazione nelle successive fasi;
- divisione in cantieri dimensionalmente rapportati alla dimensione dell'area coinvolta, con altezza massima pari a 1,5 m e larghezza pari a 1 m. La sostituzione della muratura avviene per zone non contigue, dall'alto verso il basso, in modo da mantenere sempre attiva la sezione resistente, utilizzando metodi manuali quali martelli o leve, allo scopo di non sollecitare eccessivamente il resto della struttura;
- asportazione del materiale e successiva pulitura della cavità con l'ausilio di spazzole o aspiratori, al fine di rimuovere i detriti pulverulenti e grossolani. Nel caso sia necessario si procederà con il lavaggio del muro. Eventuale catalogazione e rilievo del paramento in pietra esterno per il successivo ripristino;
- preparazione e posizionamento delle cannule per esecuzione di iniezioni localizzate nella zona di cucitura, a passo non superiore a 40 cm;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS	
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc	
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del Luglio 2018
		Pagina	11	di 28

- messa in opera della nuova muratura inserendo lungo il lato superiore eventuali cunei a contrasto con la muratura esistente; i cunei verranno sostituiti con mattoni o pietre appena si saranno esauriti il ritiro della parte costruita;
- esecuzione dell'iniezione a bassa pressione di miscela a base di calce idraulica naturale;
- sigillatura e stilatura finale.

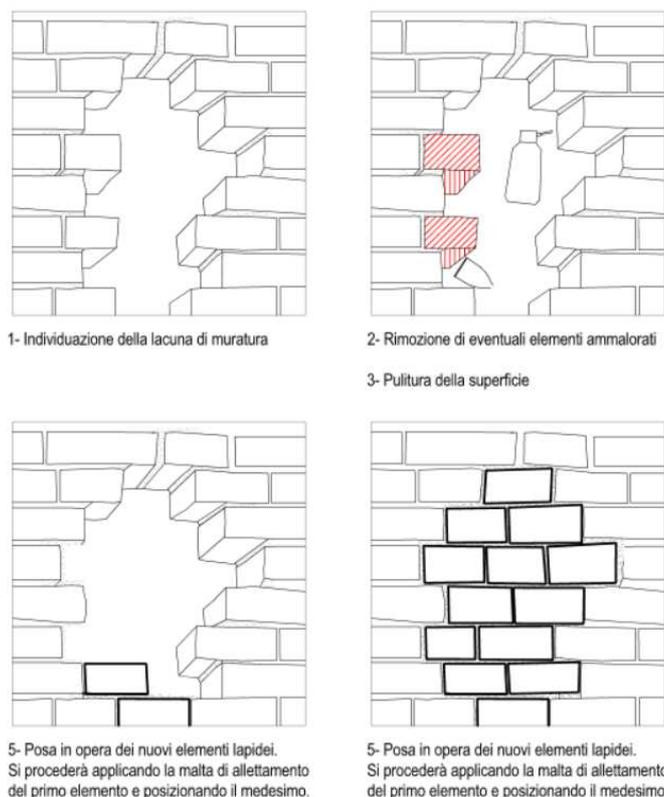


Figura 3.2: Muratura riparata con la tecnica dello scuci-cuci: muratura in mattoni

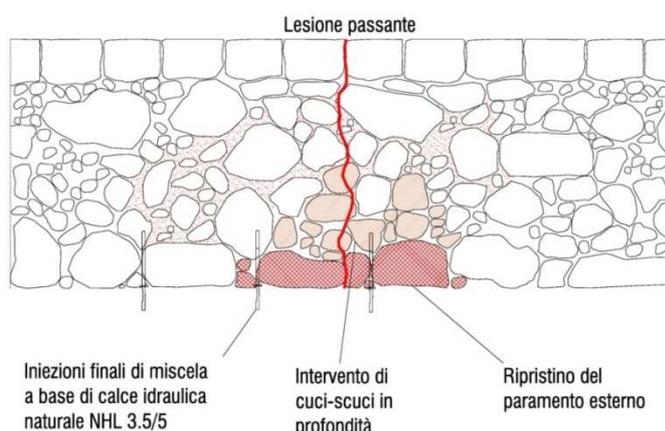


Figura 3.3: Schemi grafici scuci-cuci (muratura incoerente)



Figura 3.4: muratura danneggiata smontaggio per cantieri

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS	
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc	
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del Luglio 2018
		Pagina	12	di 28

3.2 INIEZIONI DI MISCELA A BASE DI CALCE IDRAULICA NHL 3.5/5

In considerazione della tipologia muraria emersa dalle indagini in sito e sulla base del rilievo del danno, il progetto prevede di eseguire le iniezioni di miscele a base di calce idraulica naturale in maniera diffusa o localizzata. Nel caso in oggetto l'intervento verrà eseguita in maniera localizzata e spesso associato ad ulteriori interventi murari come lo scuci-cuci, la chiusura di nicchie o la sostituzione di architravi.

L'uso della calce idraulica naturale assicura la totale compatibilità dell'intervento con i materiali originari che compongono la struttura. Le iniezioni sulle murature verticali devono essere fatte partendo dal basso verso l'alto. Verranno predisposti generalmente circa 4 fori a metro quadro, disposti a quinconce (Figura 3.5).

In considerazione degli spessori dei muri, i perfori per le iniezioni verranno eseguiti su un solo lato della muratura: ciò consente di preservare su un intero lato l'intonaco originario in presenza di decorazioni di pregio. Scopo principale è il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura e il ripristino della continuità in presenza di lesioni diffuse o vuoti; ciò avviene mediante l'immissione di miscele fluide leganti attraverso fori praticati sulla superficie della muratura.

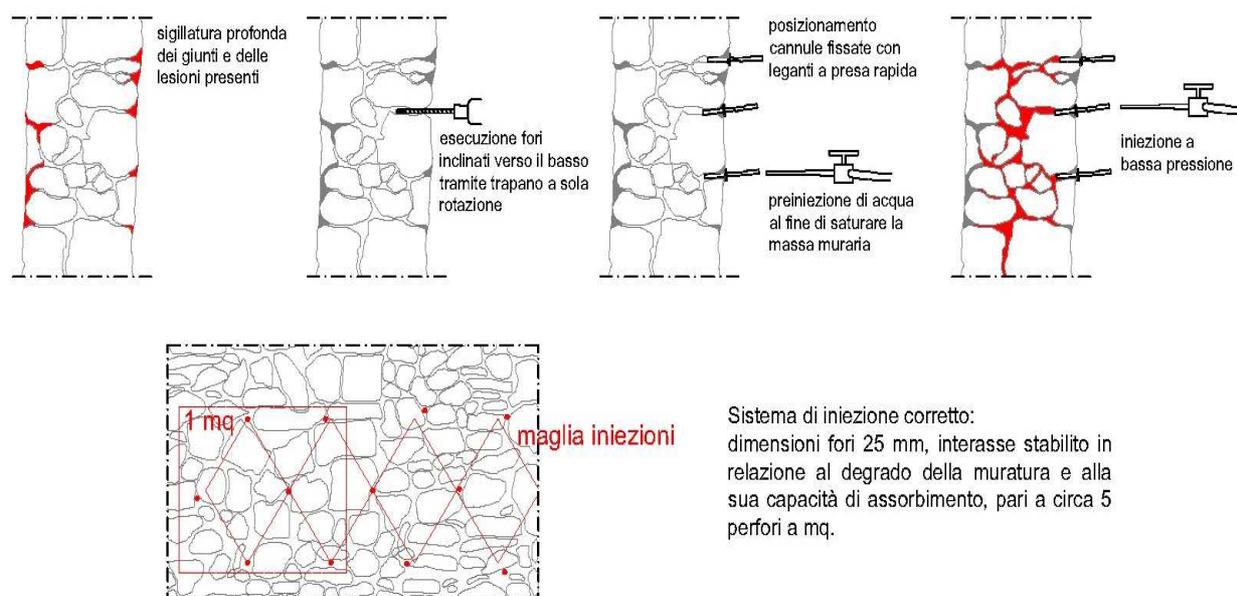


Figura 3.5: Schema di iniezione di miscela legante

L'intervento verrà eseguito secondo la seguente procedura:

- preparazione della parete, attraverso l'asportazione dell'intonaco per verificare le condizioni della muratura, la pulitura della superficie, la stilatura dei giunti e la sigillatura delle fessure su entrambe le facce della muratura (se non di pregio) per evitare fuoriuscite di miscela durante l'operazione di iniezione;
- esecuzione dei fori con profondità variabile circa i 2/3 (mai inferiore a 10 cm) e successivo posizionamento delle cannule di adduzione, introdotte ad una profondità minima di 15 cm, sporgenti di

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	13	di	28

minimo 10 cm verso l'esterno, in modo da garantire sovrappressione al termine dell'operazione e la loro chiusura durante il processo di iniezione;

- esecuzione dell'iniezione, con modalità a bassa pressione o a gravità a seconda del tipo di miscela e delle condizioni del muro originario.



Foto 3.6: Prove di iniettabilità alla Chiesa di San Pietro (Onna, AQ) [progetto SM Ingegneria]

3.3 RISTILATURA ARMATA

Nelle zone in cui è stata rilevata la presenza di lesioni o discontinuità che determinano mancanza di ammassamento - come in corrispondenza delle aperture tamponate, riprese di diversi paramenti, lesioni nei giunti, lesioni del paramento che hanno determinato la rottura di alcuni conci - si prevede di ripristinare la continuità inserendo delle barre in acciaio inox ad aderenza migliorata, di piccolo diametro $\Phi 6$ mm, nei giunti di malta orizzontali. Tale tecnica viene utilizzata anche per consolidare la porzione muraria alla quale viene applicata la pressione delle piastre metalliche dei sistemi di tirantatura previsti in progetto.

La procedura è così articolata:

- scarnitura del giunto orizzontale a cavallo della lesione per una profondità di circa 6 cm;
- inserimento di una prima barra in acciaio inox di lunghezza opportuna a seconda dei casi, specificati nelle tavole;
- stuccatura del giunto per 3 cm di spessore;
- posizionamento della seconda barra in acciaio inox;
- ripristino della stuccatura completa del giunto utilizzando malta di colore e caratteristiche simili a quella originale.

Tale tecnica può essere eseguita anche singolarmente prevedendo l'inserimento di un'unica barra pertanto la scarnitura del giunto si può limitare ad una profondità di circa 4 cm.

Questo intervento consente di: a) ripristinare la continuità tramite elementi resistenti a trazione; b) non smontare il paramento in pietra o mattoni con interventi di scuci-cuci che potrebbero provocare danni all'apparato decorativo o compromettere ulteriormente il paramento stesso nelle fasi di smontaggio; c)

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS	
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc	
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del Luglio 2018
		Pagina	14	di 28

conservare al meglio l'apparato architettonico-decorativo originale; d) far uso di un materiale, l'acciaio inossidabile, di comprovata ed accertata durabilità.

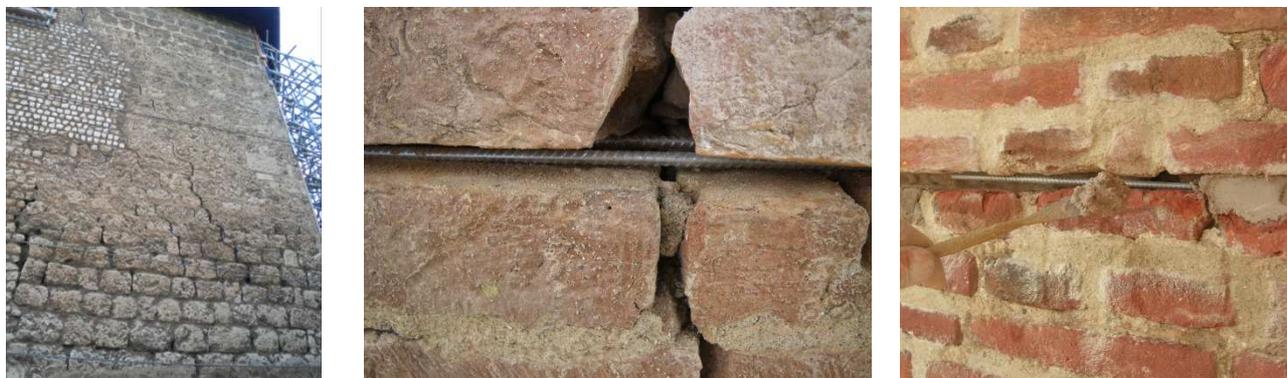


Foto 3.7: Paramento murario lesionato ed esempi di interventi di inserimento di barre di piccolo diametro in acciaio inox ad aderenza migliorata nei giunti e successiva stuccatura

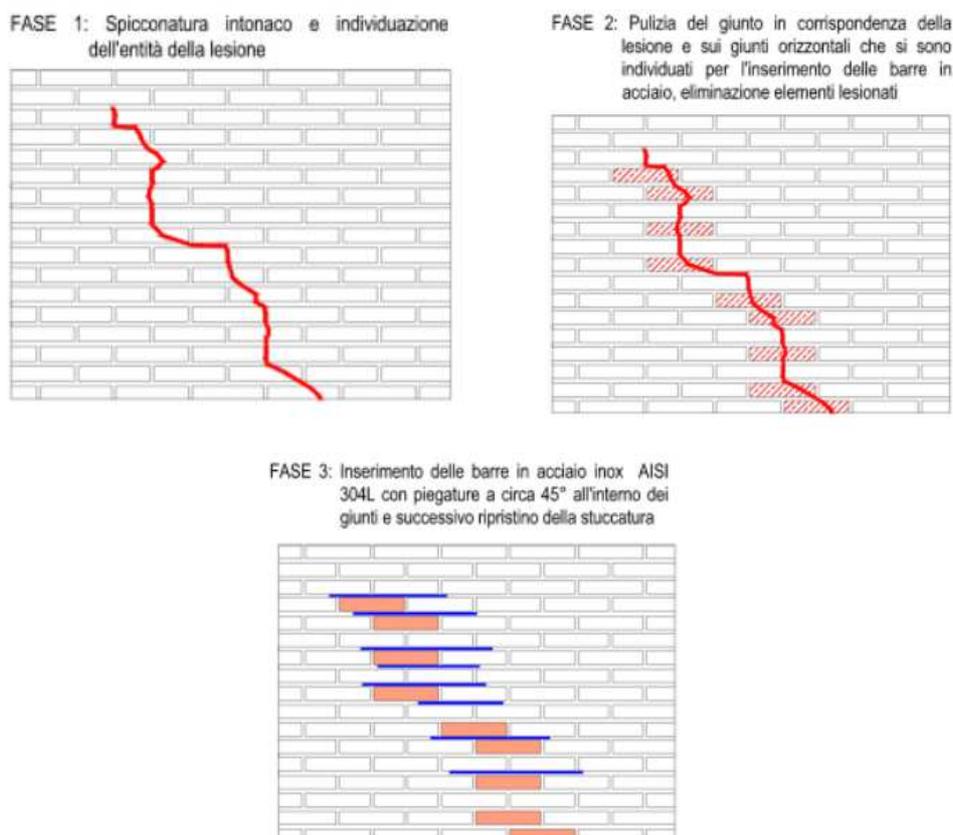


Figura 3.8: Schema dell'intervento di consolidamento del paramento mediante inserimento di barre in acciaio inox di piccolo diametro

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	15	di	28

3.4 SARCITURA DELLE LESIONI

Quando si è in presenza di fessure di piccola ampiezza, non passanti, si procederà con la semplice sarcitura delle lesioni.

In questo caso le lavorazioni prevedono sinteticamente il consolidamento strutturale mediante intervento con malta di adeguate caratteristiche chimico-meccaniche, con aggiunta di additivo antiritiro, comprendente la scarnitura delle lesioni e rimozione di adiacenti elementi in distacco (mattoni o pietre), la pulitura interna ed esterna delle lesioni, il ripristino degli elementi rimossi e la sigillatura esterna delle lesioni e dei distacchi circostanti con malta.

3.5 CHIUSURA NICCHIE O APERTURE

Quando si è in presenza di pareti che hanno discontinuità e punti di debolezza conseguenti a modifiche del loro assetto originario, si prevede di ripristinare la loro continuità muraria. La chiusura delle nicchie ha come scopo principale quello di migliorare il comportamento sismico della parete quando soggetta ad azioni nel piano. I maschi murari vengono quindi rinforzati eliminando nicchie profonde, canne fumarie e vani chiudibili, soprattutto quando in corrispondenza degli incroci strutturali.

Si prevede l'utilizzo di mattoni pieni e malta di calce (garantendo una maggior compatibilità con i materiali originali), con idonee ammorsature e legature trasversali (vedi Figura 3..b). Gli ammorsamenti permettono di garantire la continuità strutturale tra la porzione richiusa e la porzione esistente, e di conseguenza la redistribuzione dei carichi e delle tensioni su tutta la sezione resistente, migliorandone così anche il comportamento sismico.

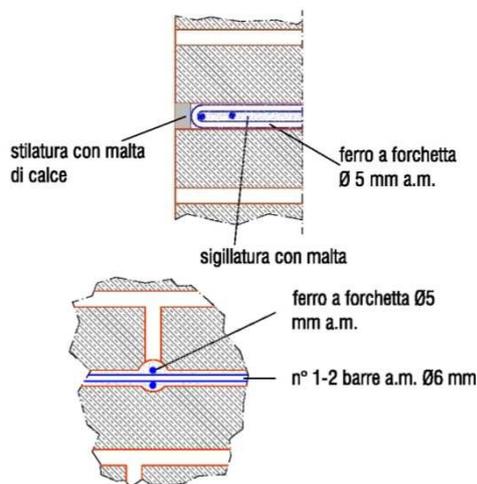


Figura 3.9: a) Esempio di realizzazione della chiusura di una canna fumaria in prossimità dell'incrocio murario;
b) Particolari delle barre da inserire sui giunti per la realizzazione degli ammorsamenti

Nel caso di nicchie o porte di grandi dimensioni, verrà realizzata una muratura in pietra con risorsi in mattoni e armature inserite nei giunti orizzontali: in tal modo il rafforzamento garantisce anche la piena compatibilità e continuità dei materiali, anche dal punto di vista delle rigidità (vedi Figura 3.).

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File: APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev. 00 del Luglio 2018
		Pagina 16 di 28

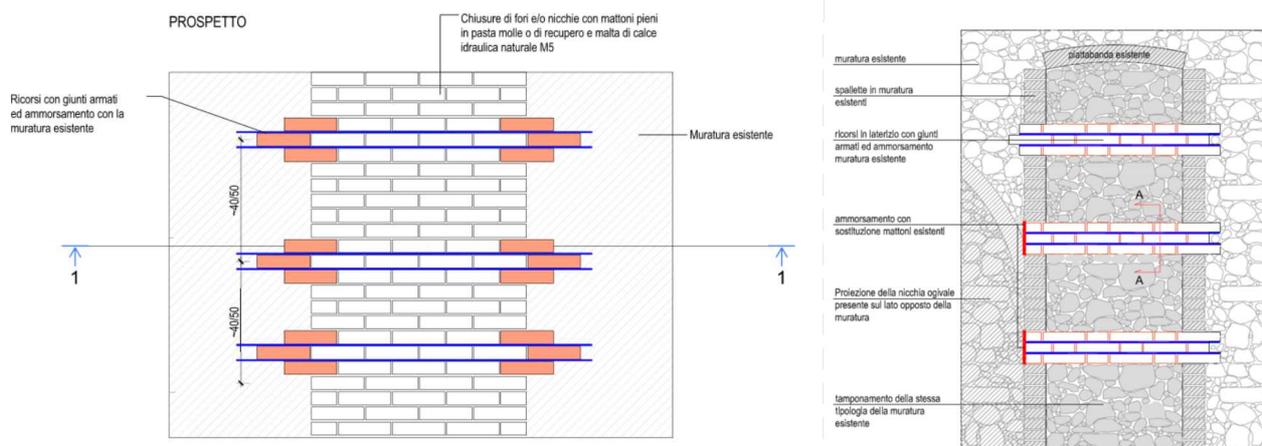


Figura 3.10: a) Particolare di chiusura nicchia in muratura in mattoni; b) Particolare chiusura nicchia in pietra e ricorsi in mattoni

L'intervento verrà eseguito secondo la seguente procedura:

- preliminare preparazione della nicchia attraverso la demolizione dell'eventuale tamponamento-riempimento e la realizzazione di sedi idonee per i successivi ammassamenti tra muratura esistente e nuova;
- realizzazione di muratura eseguita con pietre sbazzate di recupero e malta di calce idraulica naturale;
- realizzazione di ricorsi in mattoni di laterizio e posizionamento di barre inox di piccolo diametro;
- realizzazione dei livelli successivi di muratura eseguiti con identica procedura fino a completamento dell'altezza richiesta.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00 del Luglio 2018
		Pagina	17 di 28

4 ARCHITRAVI

Gli architravi sono elementi strutturali orizzontali, costituiti da elementi monolitici (travi lignee, in acciaio o piattebande lapidee) o realizzati in muratura (laterizio o pietra) posti al di sopra delle aperture, con la funzione di sostenere il peso della muratura sovrastante e di eventuali altri carichi su essa gravanti. I carichi agenti sull'architrave sono poi trasmessi sugli elementi verticali portanti (piedritti o spalle).

4.1 NUOVI ARCHITRAVI IN LEGNO

Nei casi in cui è prevista la realizzazione di nuovi architravi la tecnica d'intervento prevede l'inserimento di un n° adeguato di travi lignee opportunamente dimensionate ed affiancate una a l'altra a coprire l'intera area dell'apertura. Tale tipologia risulta essere già stata utilizzata nei lotti precedenti e viene riproposta in questo lotto di lavori. Valutato che l'altezza degli elementi deve essere compatibile con gli spazi esistenti e occupati dalle travi deteriorate, risulta impossibile aumentare le altezze delle sezioni lignee per garantire una capacità di resistenza al fuoco R60, si prevede quindi la protezione delle superfici esterne mediante opportuno trattamento con vernici ignifughe.

DETTAGLIO TIPOLOGICO: NUOVO ARCHITRAVE IN ACCIAIO
scala 1:10



Figura 4.1: Realizzazione nuovi architravi

Le fasi di realizzazione dell'intervento prevedono:

- La rimozione parziale o completa degli elementi deteriorati previa puntellazione provvisoria dell'apertura;
- La pulizia delle zone di alloggio delle travi, la regolarizzazione del piano di poso della trave lignea;
- Inserimento delle travi lignee (opportunamente trattate con antitarlo) da iniziare dagli elementi più in profondità, prevedendo rinzeppature con elementi in laterizio o conci in pietra di piccole dimensioni nella porzione al di sopra dell'architrave (arco di scarico naturale che si è venuto a creare in seguito al cedimento dell'architrave storico);
- Prosecuzione dell'intervento secondo le modalità del punto precedente fino a completamento dell'opera, avendo cura di prevedere l'inserimento di cannule per la realizzazione di iniezioni di miscele leganti a base di calce idraulica naturale;

	CASTELLO CARRARESE - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	18	di	28

- Esecuzione delle iniezioni localizzate;
- Applicazione di vernice protettiva delle superfici esterne degli architravi per garantire una resistenza al fuoco R60.

La finitura finale della superficie degli architravi rimane libera alle varie esigenze architettoniche, intonacatura, controsoffittatura o semplicemente elementi lignei a vista.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	19	di	28

5 NUOVE TIRANTATURE

La principale funzione delle tirantature è quella di inibire i meccanismi di danno locale, come ad esempio il meccanismo di ribaltamento di facciata. Pertanto risultano di fondamentale importanza per garantire dei buoni livelli di sicurezza sismica dell'edificio, garantendo un comportamento scatolare dell'involucro murario.

Il collegamento tra muri perpendicolari tra loro, oltre che da un corretto ammassamento, è dato dalla presenza di catene metalliche. Le catene metalliche possono inoltre assorbire le spinte statiche dovute ad archi e ad ambienti voltati.

Nel caso in esame si sono sia evidenziate delle carenze a livelli di meccanismi locali di ribaltamento, sia delle carenze tecnico-costruttive quali la mancanza di ammassamenti tra le murature presenti. L'ammassamento è risultato carente sia per le murature di spina interne, sia per le murature di confine che ne determinano l'involucro esterno.

Si sono quindi previsti dei sistemi di trattenimento, mediante tiranti e piastre/paletti, sia sull'ala sud / sud-est del Castello Carrarese, sia in corrispondenza degli ambienti adibiti a locali tecnici. I tiranti ed i capochiavi sono previsti in acciaio inox al fine di garantirne un'elevata durabilità.

5.1 TIRANTI CON PALETTI

Il posizionamento dei tiranti avverrà tramite la seguente procedura:

- opere di carotaggio della muratura da eseguirsi a mezzo di carotatrice ad acqua ad avanzamento controllato, nelle posizioni indicate nel progetto e dalla D.L.;
- posa in opera di tiranti in acciaio del diametro indicato in progetto o dalla D.L.;
- formazione delle sedi di accoglimento dei paletti con iniezioni localizzate di consolidamento della muratura; su indicazione della D.L. i paletti, in acciaio, rimarranno a vista;
- collegamento del paletto al tirante tramite saldatura a completa penetrazione, applicando dado e controdado all'estremità del tirante passante o mediante cuneo e contro cuneo.

Nella messa in opera dei paletti, che saranno tutti opportunamente sagomati ed irrigiditi, verrà posta particolare cura alle condizioni di appoggio alle pareti murarie in modo da favorire la migliore distribuzione delle tensioni di contatto con la muratura.

Si prevede inoltre il trattamento di finitura superficiale dei paletti che dovrà in generale comprendere la pallinatura e la successiva verniciatura con vernice nero micacea previa stesura di uno strato di primer.

Tale trattamento dovrà essere preventivamente approvato dalla D.L. che potrà richiedere modifiche in funzione del tipo di applicazione.

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	20	di	28

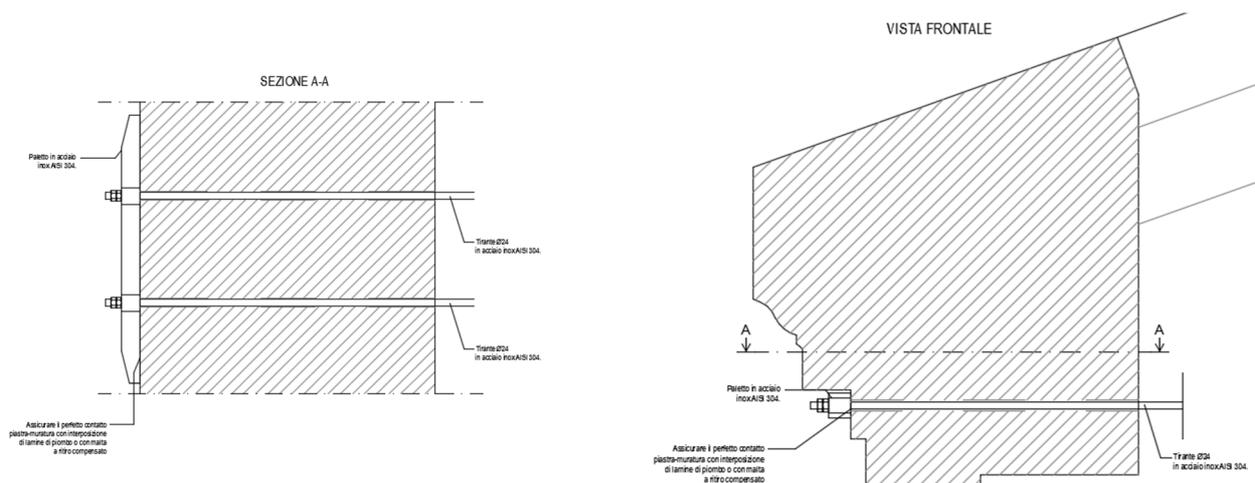


Figura 5.1: Capochiavi a paletto con doppio tirante (tipologia prevista sull'Ala Sud del Castello)

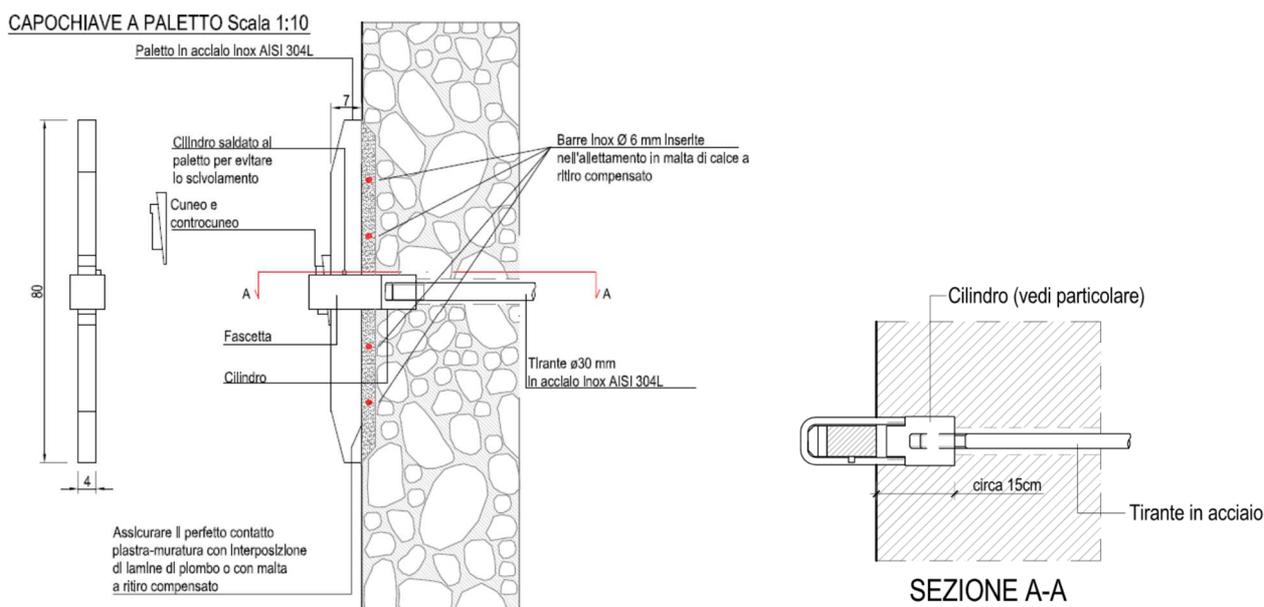


Figura 5.2: Capochiavi a paletto tradizionale tipologia prevista in corrispondenza del vano impianti

5.2 CAPOCHIAVI A PIASTRA A VISTA O A SCOMPARSA

Sulle murature interne viene previsto la realizzazione di capochiavi a piastra nervata, tale soluzione permette di avere paletti più compatti che possono anche essere mascherati al di sotto di controsoffittature o se la tipologia muraria lo permette inseriti incassati nella muratura (a scomparsa).

Relativamente alla messa in opera dei capo chiave incassati, particolare cura sarà posta nell'assicurare la migliore distribuzione delle tensioni di contatto tra muratura e piastra. Si prevede pertanto, una volta formata la

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File: APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev. 00 del Luglio 2018
		Pagina 21 di 28

sede di accoglimento, un opportuno rafforzamento della muratura retrostante con iniezioni localizzate o con l'inserimento di barre di piccolo diametro nei giunti di malta.

Il collegamento della piastra al tirante è previsto tramite l'applicazione di un dado e controdado all'estremità del tirante.

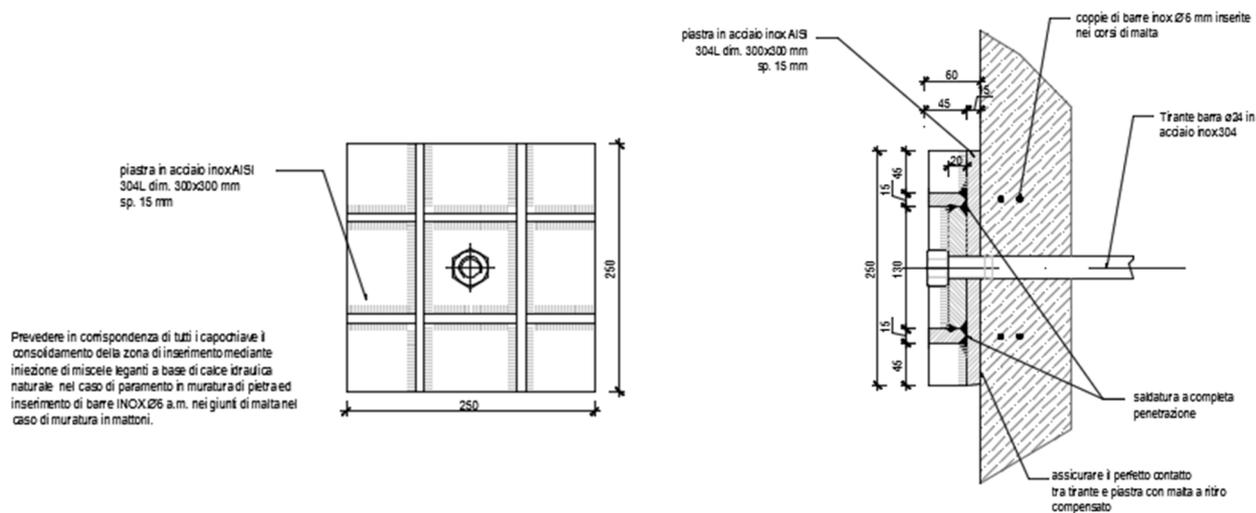


Figura 5.3: Particolare della piastra prevista in progetto

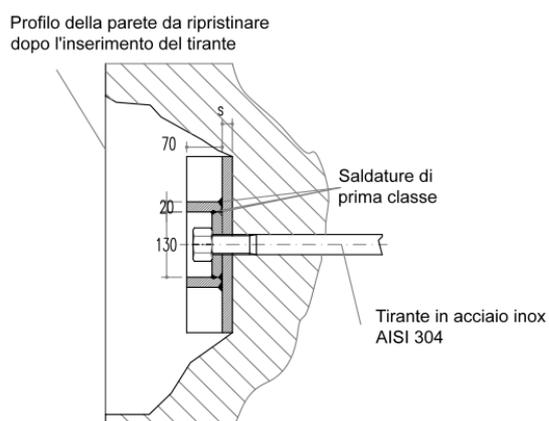


Figura 5.4: Esempio di realizzazione a scomparsa Chiesa di San Silvestro (AQ) [progettazione definitiva ed esecutiva e consulenza alla DL, SM Ingegneria]

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato: APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File: APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev. 00 del Luglio 2018
		Pagina 22 di 28

5.3 CAPOCHIAVI A PIASTRA LATERALE

È inoltre prevista una ulteriore tipologia di collegamento realizzata da una piastra metallica ad L. Questa connessione è prevista in corrispondenza di tiranti applicati in prossimità di angoli della muratura interni all'edificio.

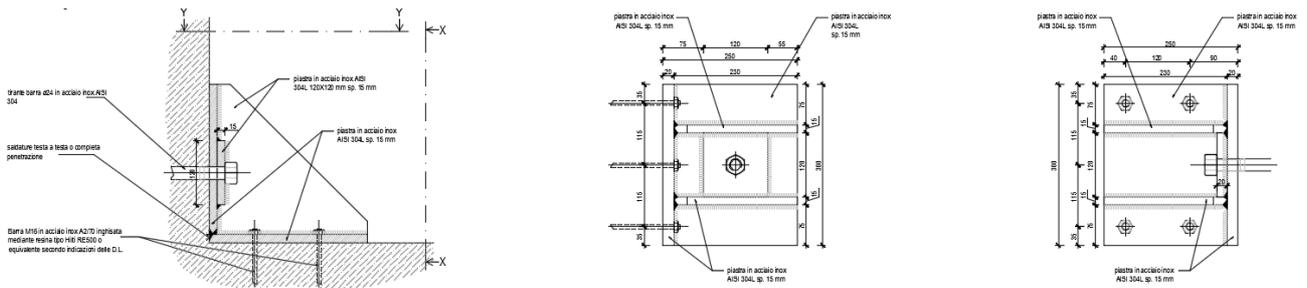


Figura 5.5: Sezione e prospetti dell'ancoraggio d'angolo

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	File:	APPR_30_ST_RTS.doc
		Rev.	00 del Luglio 2018
		Pagina	23 di 28

6 VOLTE IN MURATURA

6.1 VOLTE IN MATTONI CONSOLIDATE CON FIBRE

L'area adibita a locali impianti al piano terra, in corrispondenza del vano 00.031, presenta un ambiente voltato. La volta risulta in mattoni pieni a coltello (spessore 12-13 cm) e presenta delle manomissioni eseguite in passato, fori che sono poi stati richiusi.

Il locale impianti necessiterà di aerazioni pertanto sarà necessario eseguire dei fori che potranno anche essere localizzati in corrispondenza delle manomissioni se le posizioni risulteranno coerenti con le esigenze impiantistiche.

In corrispondenza di lesioni si prevede di procedere preliminarmente a riparazioni tramite sarcitura e rinzeppatura, per quelle minori, mentre nel caso di lesioni di maggiore entità si procederà con interventi localizzati di scuci-cuci, utilizzando elementi in laterizio delle medesime dimensioni di quelli originari.

L'incremento di resistenza dei sistemi voltati sarà ottenuto tramite la realizzazione all'estradosso della volta di un rinforzo diffuso con fibra naturale di basalto e acciaio inox, applicata con malta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante® minerale o equivalente. L'uso di una rete in fibra di basalto e inox consente di posare le stesche con matrici inorganiche (malte a base di calce), anziché in resina epossidica come nel caso delle fasce in fibra di altri materiali compositi; inoltre l'utilizzo della rete risulta meno vincolante rispetto alle fasce ad eventuali adattamenti per esigenze impiantistiche (aerazioni o tubazioni che devono uscire in copertura).



Figura 6.1: Esempio di consolidamento e prova di laboratorio

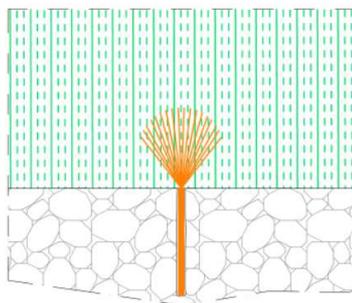
L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- 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 incocciati con scaglie di materiale idoneo allettate con malta di calce idraulica NHL 3.5. Depolverizzazione finale mediante aspirazione delle polveri e dei detriti. Eventuale umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale;
- stesura di un primo strato di malta, di spessore di circa 5 mm;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	24	di	28

- 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;
- esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti;
- ancoraggio delle estremità della rete con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza o equivalente, formato da microfogli 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.

PARTICOLARE TIPO
ANCORAGGIO ALLA MURATURA DELLA RETE IN FIBRA DI BASALTO
 Scala 1:10



INDICAZIONI OPERATIVE PER L'APPLICAZIONE:

- realizzazione di un foro di opportuno diametro in funzione della fibra;
- pulitura del foro mediante aria compressa;
- realizzazione del sistema di ancoraggio mediante arrotolamento di una fascia di fibra di opportuna dimensione;
- inserimento del sistema di ancoraggio all'interno del foro;
- iniezione in resina epossidica all'interno del foro;
- apertura del fiocco e applicazione in malta di calce idraulica naturale.

Figura 6.2: Particolari intervento

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	25	di	28

7 SOLAI

7.1 CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI DEL PIANO PRIMO

Al piano primo è previsto il consolidamento e rinforzo degli impalcati esistenti (composti da travi prefabbricate in calcestruzzo e cappa leggermente armata) tramite la realizzazione di una cappa armata integrativa collaborante di spessore limitato e opportunamente armata secondo le esigenze di calcolo. L'intervento viene eseguito previa scarifica superficiale della porzione di cappa esistente e rimozione dello strato superficiale di battuto in cemento. La cappa sarà collegata alla soletta esistente mediante connettori ottenuti inghisando barre ad aderenza migliorata con resina epossidica (si prevede un n° minimo di connettori paria a 4 al mq).



Figura 7.1: Rilievo effettuato in data 31-07-2012

La nuova cappa in c.a. potrà essere impiegata anche come elemento di trattenimento delle strutture murarie verticali, attraverso la realizzazione di connessioni laterali alle murature d'ambito, eseguite inghisando barre ad aderenza migliorata per almeno 2/3 dello spessore della muratura con resina epossidica.

In molti campi sono presenti controsoffitti realizzati con tavelloni intonacati, elementi che non hanno permesso la definizione di un quadro esaustivo dello stato delle strutture sottostanti, si prevede il loro completo smontaggio e smantellamento. Vista la presenza di alcuni controsoffitti, un quadro esaustivo dello stato di fatto e dei conseguenti interventi sarà possibile solo in fase di cantiere.

Una porzione di impalcato all'ingresso dell'ala sud, a causa del degrado, è già stato demolito e ricostruito con struttura metallica e soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito. Questa struttura, calcolata per un sovraccarico accidentale pari a 500 kg/mq, dovrà essere verificata e protetta adeguatamente al fuoco con lastre ignifughe atte a garantire un R60', al fine di evitare futuri interventi di controllo e di manutenzione.

L'intervento di consolidamento prevede:

- La demolizione di eventuali controsoffitti in laterizio;
- La rimozione dello strato superficiale (battuta in cemento) di spessore variabile (0-3 cm);
- La rimozione dello strato superficiale del getto circa 1 cm, con pulizia e regolarizzazione della superficie per il successivo intervento di consolidamento;
- Inserimento di connettori realizzati con barre ad aderenza migliorata inghisate alla soletta esistente;

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	26	di	28

- Inserimento di connessioni laterali di collegamento della soletta alla murature d'ambito;
- Getto integrativo con inserimento di armatura secondo tavole di progetto.

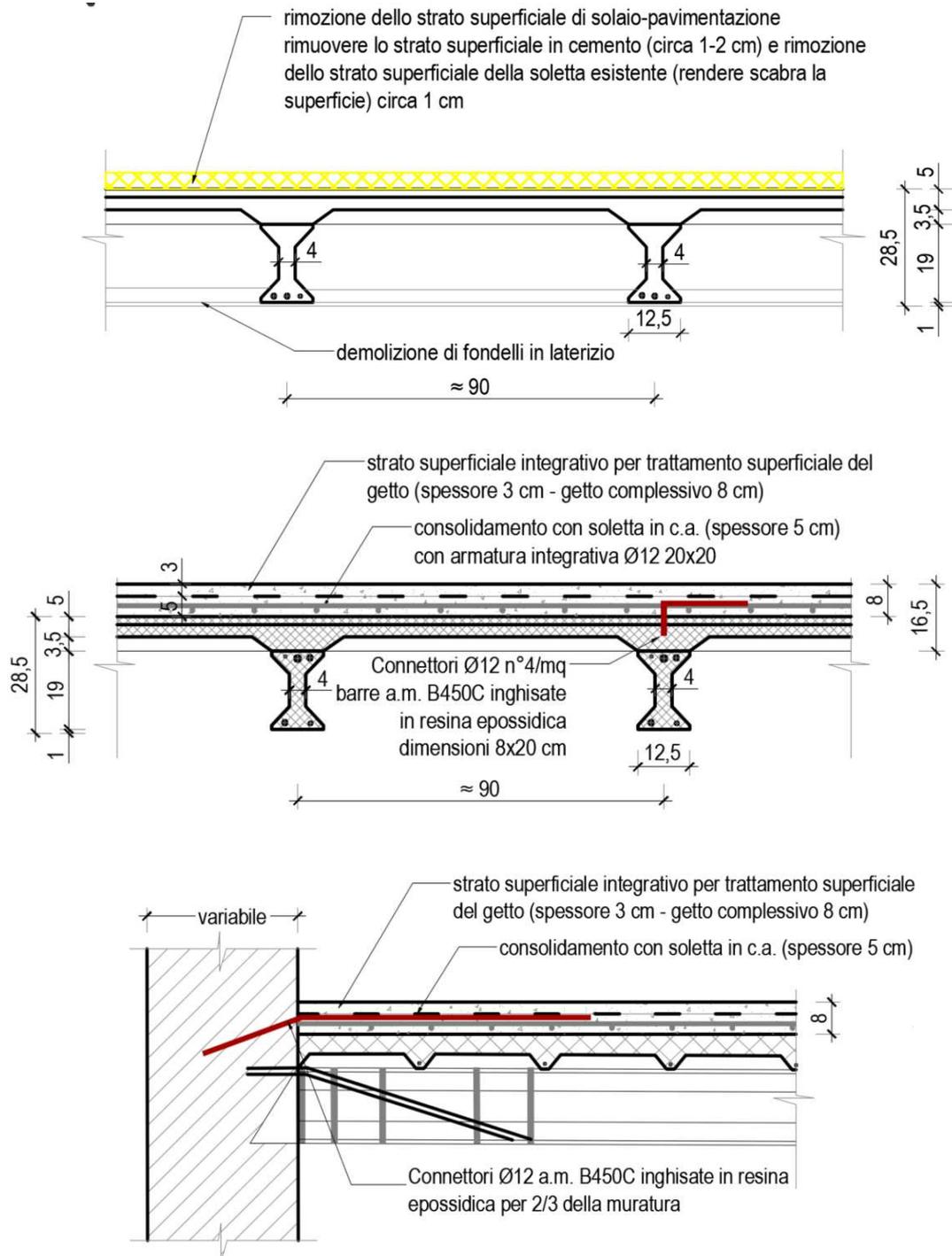


Figura 7.2: Interventi tipologici di rinforzo dei solai con travetti prefabbricati in calcestruzzo

	CASTELLO CARRARESI - INTERVENTO DI RESTAURO E RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE	Elaborato:	APPR_30_ST_RTS		
		File:	APPR_30_ST_RTS.doc		
	PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA STRUTTURE	Rev.	00	del	Luglio 2018
		Pagina	27	di	28

7.2 SOSTITUZIONE DEI SOLAI DEL PIANO SECONDO

Il degrado del 2° impalcato risulta essere avanzato sia per quanto riguarda l'armatura dei travetti e sia per gli elementi di alleggerimento in laterizio (fenomeni di sfondellamento) in quanto è stato esposto per lungo tempo agli agenti atmosferici prima del rifacimento della copertura.



Figura 7.3: rilievo effettuato in data 02-08-2012

Il progetto prevede per tanto la sostituzione dei solai esistenti con dei nuovi solai realizzati con profili HEA 160, lamiera grecata trasversale alle putrelle e getto collaborante di spessore 11 cm. Il solaio presenta un ulteriore strato di getto di 3 cm per la finitura-lisciatura del pavimento in cemento finale come da progetto architettonico.

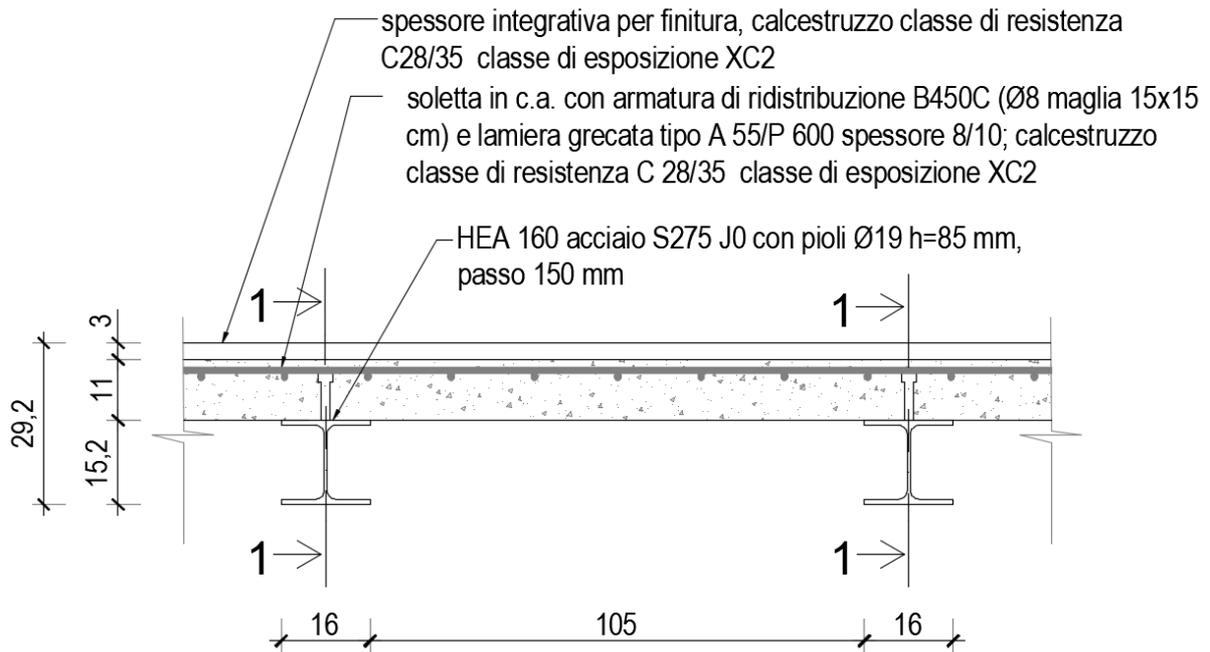


Figura 7.4: Particolare solaio in lamiera grecata a soletta collaborante

Verona, Luglio 2018

Prof. Ing. Claudio Modena