



PROVINCIA DI BRESCIA

SETTORE DELLE STRADE, EDILIZIA SCOLASTICA
E DIREZIONALE

LICEO "VERONICA GAMBARA"
COMUNE DI BRESCIA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA COPERTURA

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO

S1
ESE

SCALA:

PRF N.

DATA: febbraio 2018

REV 01:

PROGETTO REDATTO DA :

Ing. Marco Rossi

N. iscrizione all'Albo: 2057
cod. fisc. RSS MRC 62R18 G149G
studio: VIA MARTINENGO, 18
25060 COLLEBEATO (BS)
marco@studiotecnicorossi.it

Collaborazione

ING. LEONARDO ZANETTI
cod. fisc. ZNT LRD 81B07 D940I
ARCH. ELENA MAGHINI
cod. fisc. MGH LNE 71D41 B157Y

VISTO: IL DIRETTORE DEL SETTORE
EDILIZIA SCOLASTICA
Dott. Arch. Giovan Maria Mazzoli

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E TIPOLOGIA DI INTERVENTO	3
3.	INTERVENTO DI PROGETTO	4
4.	SINTESI RISULTATI	6
4.1.	ADEGUAMENTO STATICO AI CARICHI GRAVITAZIONALI.....	6
4.2.	ANALISI SISMICHE LOCALI	6
5.	SUCCESSIVI INTERVENTI DA REALIZZARE PER OTTENERE IL MIGLIORAMENTO SISMICO	7

1. PREMESSA

Il presente progetto strutturale è relativo alla messa in sicurezza di una porzione di copertura lignea del fabbricato sito in Brescia, via Veronica Gambara n. 3, di proprietà della Provincia di Brescia e sede dell'istituto superiore "Liceo Veronica Gambara".

In particolare l'oggetto dell'intervento è la messa in sicurezza della porzione di copertura lignea dell'ala di fabbricato prospiciente via Trieste.

Dai sopralluoghi e dalla campagna diagnostica effettuati in questa ala di fabbricato è emerso sia un elevato stato di degrado di molti elementi strutturali, sia il sottodimensionamento di alcuni elementi non degradati (vedasi nel seguito).

L'intervento, in considerazione di quanto emerso nello studio di approfondimento della vulnerabilità effettuato nel 2013, ha come obiettivo anche quello di dare inizio ad interventi locali di miglioramento sismico, ovvero interventi in grado non solo di ripristinare le iniziali condizioni di sicurezza, ma anche di aumentare il grado di sicurezza nei confronti di alcuni meccanismi locali tipici.



Figura 1 – Vista satellitare del fabbricato oggetto di intervento

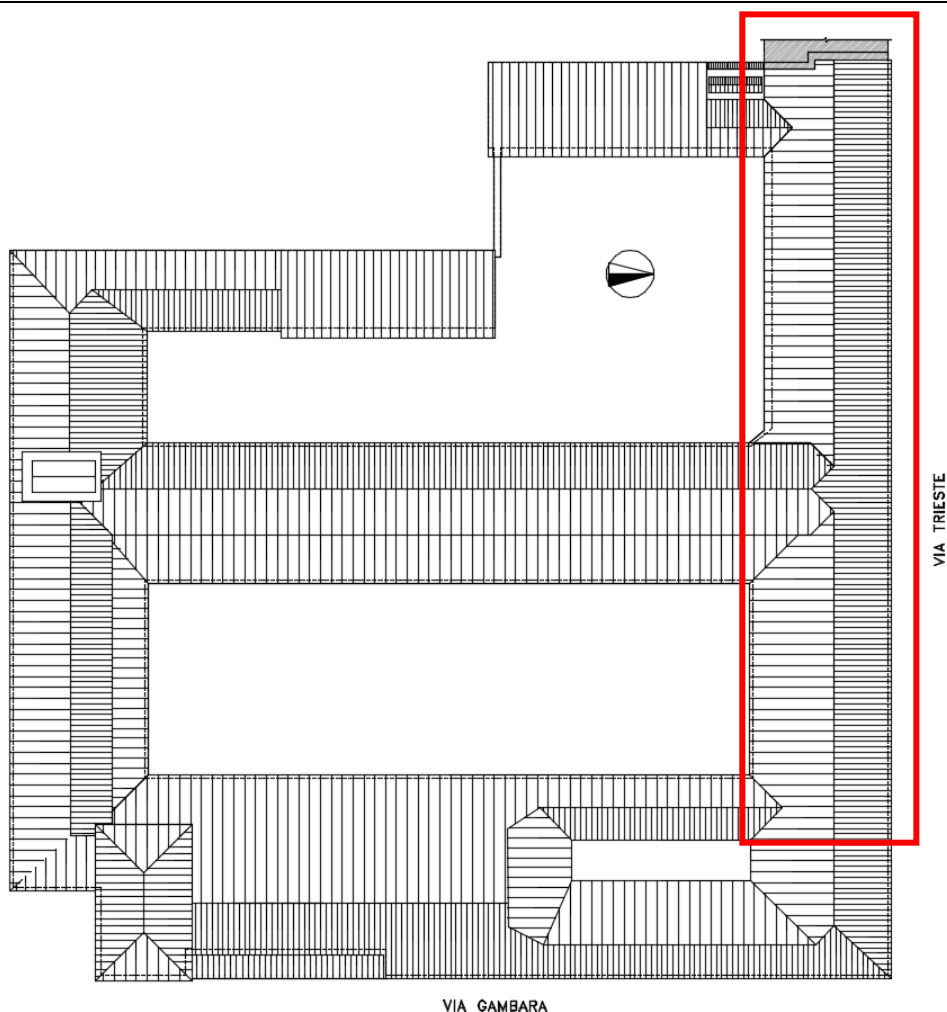


Figura 2 - Planimetria del complesso con individuazione della porzione di tetto oggetto di intervento

La porzione di edificio oggetto di intervento è costituito da due piani fuori terra di lunghezza pari a circa 68m e larghezza pari a circa 11.50m. L'edificio, connesso a tre corpi trasversali, presenta murature portanti in pietrame disordinato e mattoni pieni con intonaco.

La copertura lignea originaria è formata da capriate, travi principali longitudinali (colmo e terzere), travetti inclinati, assito e coppi. L'impalcato a quota 4.50 m è formato da una soletta in latero-cemento realizzata in tempi più recenti in sostituzione dell'impalcato originario ligneo.

L'impalcato del sottotetto a quota 8.70 m è formato da travetti longitudinali sostenuti dalle catene delle capriate oppure dai muri portanti interni, orditi trasversalmente. I travetti sostengono un soffitto in canniccio e malta di calce.

Al di sotto dell'originario controsoffitto è presente un secondo controsoffitto leggero con struttura indipendente fissata alla muratura.

Per una più approfondita descrizione de si rimanda alla relazione generale.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E TIPOLOGIA DI INTERVENTO

La progettazione ed il calcolo strutturale seguono, sia per la parte statica che per quella sismica, le prescrizioni del DM 14/01/2008 (NTC 2008) e della sua circolare applicativa, la Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni definiscono i casi in cui si debba ricorrere all'adeguamento sismico dell'edificio; al punto 8.4.1 viene detto:

"È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

a) sopraelevare la costruzione;

b) ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;

c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d)."

Il presente progetto, come detto, prevede di intervenire sulle sole strutture di copertura della zona individuata e per tale intervento non ricorre alcuno dei punti citati dalla norma per l'adeguamento sismico e per il miglioramento sismico.

L'intervento si configura pertanto come intervento di adeguamento dal solo punto di vista statico e come intervento locale da un punto di vista sismico.

I fa presente inoltre che il fabbricato è sottoposto a tutela dalla Soprintendenza BB.CC.

3. INTERVENTO DI PROGETTO

In considerazione del risultato delle verifiche statiche (vedasi fascicolo dei calcoli) e della situazione di degrado della copertura descritta nella relazione generale si è reso necessario un progetto di messa in sicurezza della copertura.

Il progetto di messa in sicurezza rappresenta anche un'ottima occasione per iniziare a dar corso ad interventi di miglioramento di natura sismica.

Come detto nella relazione generale il fabbricato è stato oggetto nell'anno 2013 di alcune analisi semplificate di vulnerabilità sismica. Da tali analisi è emerso che gli indici di vulnerabilità sismica minori sono da attribuirsi all'instaurarsi di meccanismi di collasso locale più che al comportamento sismico globale.

L'intervento strutturale del presente progetto, per quanto limitato ad una porzione limitata dell'intero complesso non può sottrarsi pertanto, nel rispetto delle prerogative di tutela dell'immobile, dal cercare di ridurre la vulnerabilità sismica locale.

Uno degli interventi più interessanti dal punto di vista strutturale da eseguirsi in copertura risulta essere quello della **"copertura scatolare"**, ovvero un tetto irrigidito e organizzato in modo da impedire il ribaltamento fuori piano delle pareti ortogonali all'azione sismica e in grado di trasmettere le azioni sismiche alle pareti parallele all'azione sismica stessa.

Il corretto funzionamento della copertura scatolare può avvenire solo a fronte sia dell'irrigidimento della copertura e della sua corretta organizzazione in termini di trasmissione delle azioni di taglio, sia a fronte della presenza di idonee pareti sismo resistenti in grado di trasferire le azioni provenienti dalla copertura alle fondazioni.

Si tratta quindi, nel complesso, di realizzare attraverso un' oculata gestione delle risorse pubbliche un progetto di miglioramento sismico globale che dovrà prendere in considerazione diversi aspetti: coperture, solai, murature, fondazioni (vedasi più avanti).

Gli interventi proposti nel presente progetto devono pertanto essere inquadrati in un'ottica di medio termine in cui, oltre a quanto qui proposto, si proceda in futuro anche alla realizzazione di quanto necessario affinché il miglioramento non sia riferito alla sola copertura, ma ricomprenda anche un effetto locale di maggior ampiezza (ovvero comprenda anche solai, murature sismo resistenti e fondazioni), anche se è di tutta evidenza che l'irrigidimento in copertura e il reciproco collegamento tra copertura e murature ortogonali rappresenti di per se un miglioramento al ribaltamento di tali pareti anche in assenza di ulteriori interventi.

Tra le possibili alternative, tetto scatolare realizzato con doppio assito, con pannello multistrato fenolico o con pannelli in legno x-lam, alla luce dello stato di degrado, del tasso di lavoro dei materiali (riassunto nella tavola "S1-ESE STATO DI FATTO DEL DEGRADO STRUTTURALE"), delle scarse caratteristiche meccaniche degli elementi lignei dell'orditura principale, della necessità di procedere il più celermente possibile per non limitare lo svolgimento delle attività scolastica e della necessità di operare nel rispetto

PROGETTO ESECUTIVO - RELAZIONE DI CALCOLO

del vincolo di tutela imposto sull'immobile, si è scelto di realizzare un tetto scatolare mediante pannello multistrato fenolico poggiante su nuova struttura secondaria idonea anche a formare capriate con passo ridotto (2-2.50 m), aventi la funzione di "sgravare" il più possibile gli elementi lignei esistenti, permettere l'appensione delle travi di colmo ed evitare la rimozione di capriate e terzere seppur sottodimensionate.

In sostanza il presente intervento di adeguamento statico e di intervento locale sismico prevede:

- il mantenimento dell'orditura secondaria in buone condizioni
- il mantenimento della struttura primaria, terzere e capriate, non marcescente
- l'introduzione di nuova orditura secondaria realizzata con travetti 14*12 nella zona posta a est e a nord-ovest dove i travetti non sono stati sostituiti e hanno dimensioni inferiori a quelle minime necessarie (vedasi elaborati strutturali)
- la realizzazione di nuove capriate, aventi passo ridotto, realizzate mediante coppie di travetti 14*12 (per non modificare le quote esistenti) e catena in acciaio inferiore, aventi la funzione di "sgravare" le terzere e le capriate esistenti e di "appendere" le travi di colmo
- la sostituzione delle travi di colmo aventi caratteristiche meccaniche scadenti (sostituzione con terzere esistenti in buono stato o con nuove travi)
- la realizzazione di tetto scatolare con pannello multistrato fenolico da 27 mm, idonea ferramenta di collegamento tra i pannelli, realizzazione di idonee cordolature in piatti di acciaio saldati tra di loro e ancorati alla muratura mediante tirafondi per trasferimento delle forze sismiche alle murature
- il riempimento dei vuoti nelle murature sismo resistenti in muratura a tutti i piani compreso quello di sottotetto
- il rinforzo di tutto il coronamento murario al fine di creare un idoneo piano di appoggio e di trasferimento dei carichi della copertura.

4. SINTESI RISULTATI

4.1. ADEGUAMENTO STATICO AI CARICHI GRAVITAZIONALI

L'intervento strutturale previsto è necessario in primo luogo per ripristinare la capacità portante della copertura lignea ai carichi gravitazionali dato che in alcune parti la copertura risulta compromessa dal degrado (vedasi relazione prove penetrometriche e resistografiche) o dalla presenza di elementi lignei non adeguati (vedasi mappatura degli sforzi sotto carico permanente e verifiche statiche nel fascicolo dei calcoli).

L'intervento di progetto consente di adeguare la struttura lignea della copertura per sopportare i carichi gravitazionali in presenza di neve da attuale normativa (carico variabile 120 daN/m^2).

4.2. ANALISI SISMICHE LOCALI

In secondo luogo l'intervento previsto comporta un netto miglioramento della vulnerabilità sismica locale attraverso la realizzazione di una copertura "scatolare" sismoresistente.

In mancanza di affidabili diaframmi di piano antisismici, di copertura antisismica e di specifici incatenamenti, la vulnerabilità dell'edificio riguarda in primo luogo i cinatismi di primo modo. In particolare le pareti portanti esterne, non trattenute dai diaframmi e sottoposte alle azioni sismiche trasversali, tendono a ribaltarsi fuori piano.

Per tali pareti la sollecitazione richiesta dalla attuale normativa (NTC2008) risulta pari al 16.8% del peso proprio (vedasi calcolo accelerazione spettrale di progetto nel fascicolo dei calcoli).

Nella situazione attuale tali pareti possono sopportare un'azione sismica pari al 32% circa dell'azione di adeguamento (vedasi paragrafo 5.1 fascicolo dei calcoli), ovvero pari a circa il 5% del proprio peso ($0.32 \cdot 0.168g = 0.054g$).

A seguito della realizzazione della copertura scatolare (fatta salva la necessità che il diaframma del piano intermedio e le pareti sismoresistenti siano adeguatamente rinforzate come descritto nel successivo capitolo 5), le pareti presentano un significativo miglioramento sismico. Le pareti perpendicolari all'azione sismica (pareti longitudinali) saranno in grado di sopportare un'azione sismica pari a circa il 105% di quella di norma, ovvero pari a circa il 17.6% del proprio peso ($1.05 \cdot 0.168g = 0.176g$).

In sostanza, per il meccanismo locale analizzato, si riesce ad ottenere il valore previsto dalla normativa per gli edifici nuovi.

5. SUCCESSIVI INTERVENTI DA REALIZZARE PER OTTENERE IL MIGLIORAMENTO SISMICO

Il miglioramento sismico dell'intero complesso richiederà interventi simili a quelli del presente progetto anche per gli altri corpi di fabbrica.

L'intervento previsto nel presente progetto per la formazione della copertura scatolare antisismica produce il significativo miglioramento sismico dell'intero corpo prospiciente via Trieste.

Per ottenere il miglioramento sismico e non solo un miglioramento locale saranno necessari ulteriori futuri interventi e in particolare:

- l'eventuale realizzazione di piano rigido a livello del primo impalcato
- l'ulteriore rinforzo delle murature sismo resistenti
- idonei interventi di rinforzo della fondazione

Nella presente relazione si forniscono indicazioni indicative sui possibili interventi da eseguire in eventuali futuri lotti. Tali indicazioni dovranno trovare la loro giusta declinazione in progetti esecutivi a fronte di ulteriori indagini conoscitive che possano confermare le ipotesi qui assunte o forniscano nuovi elementi di conoscenza che inducano a rendere non necessari gli interventi qui proposti.

5.1 Rinforzo del primo impalcato in c.a. per la formazione del diaframma di piano antisismico

Dovrà verificarsi che l'impalcato a quota +4.50m si comporti come diaframma di piano antisismico (idonea rigidezza e armatura della cappa e idoneo collegamento alle pareti murarie). Qualora tale comportamento non fosse garantito, si dovranno realizzare idonei incatenamenti a soffitto del piano terra, ad esempio con piatti metallici aderenti al soffitto, in modo da garantire sia la necessaria rigidezza che il collegamento con le pareti di contorno.

5.2 Rinforzo delle pareti interne sismo-resistenti

Affinché il miglioramento sismico sia effettivo e la copertura scatolare possa funzionare correttamente è necessario che le pareti sismo resistenti (pareti n°1, 2, 3, 4, 5 v. fig.3) siano in grado di assorbire l'azione sismica ad esse trasmessa.

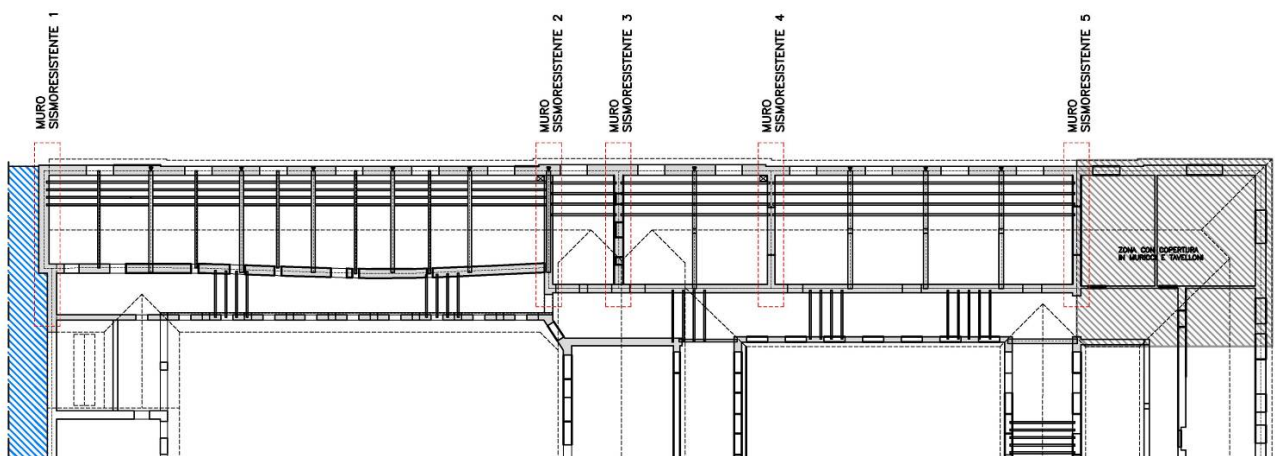


Fig. 3 Posizione e numerazione delle pareti sismo-resistenti.

L'attuale progetto prevede da un lato il collegamento della copertura scatolare alle pareti longitudinali e trasversali e dall'altro il rinforzo strutturale delle pareti sismoresistenti mediante la chiusura delle aperture con mattoni pieni connessi alla muratura esistente tramite spinotti (vedasi figura 4).

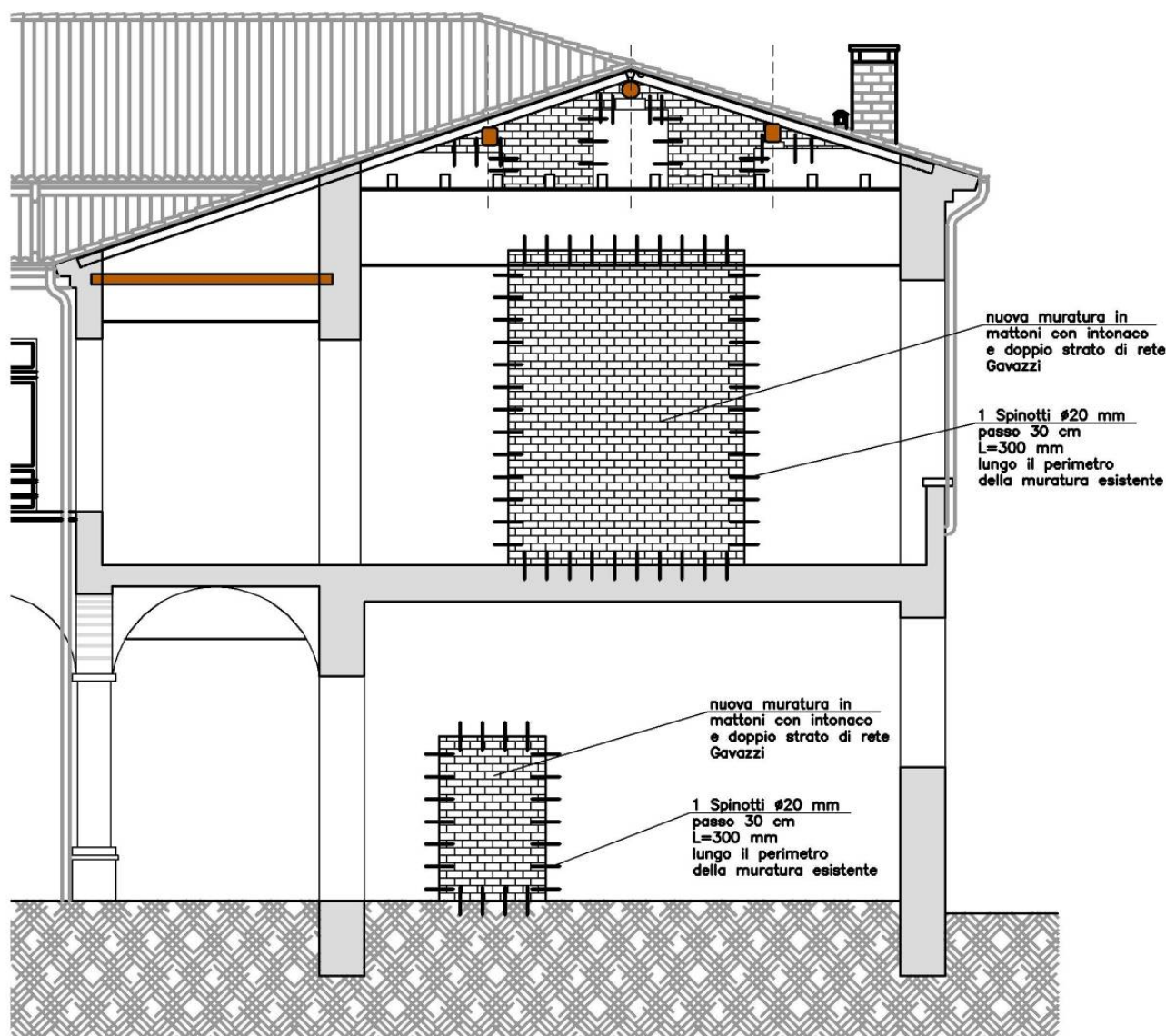


Fig. 4 Schema per la chiusura dell'apertura al primo piano per le pareti sismo-resistenti n° 4 e 5.

Tuttavia la parete sismoresistente maggiormente sollecitata mostra una resistenza a taglio-scorrimento pari a circa la metà della sollecitazione presente (vedasi paragrafo 5.4 del fascicolo dei calcoli).

Sarà pertanto necessario, fatta salva la necessità di effettuare calcoli più approfonditi in successivi progetti esecutivi, prevedere futuri ulteriori rinforzi delle pareti sismoresistenti.

PROGETTO ESECUTIVO - RELAZIONE DI CALCOLO

Una possibile soluzione potrebbe consistere nella formazione di una lastra metallica (spessore indicativo 3÷4mm) aderente alla parete e rinforzata con elementi angolari in acciaio (v. fig. 5). Per un corretto funzionamento gli elementi angolari dovranno essere connessi alla muratura portante mediante spinotti (indicativamente di diametro $\phi 20\text{mm}$ con passo 30÷40cm).

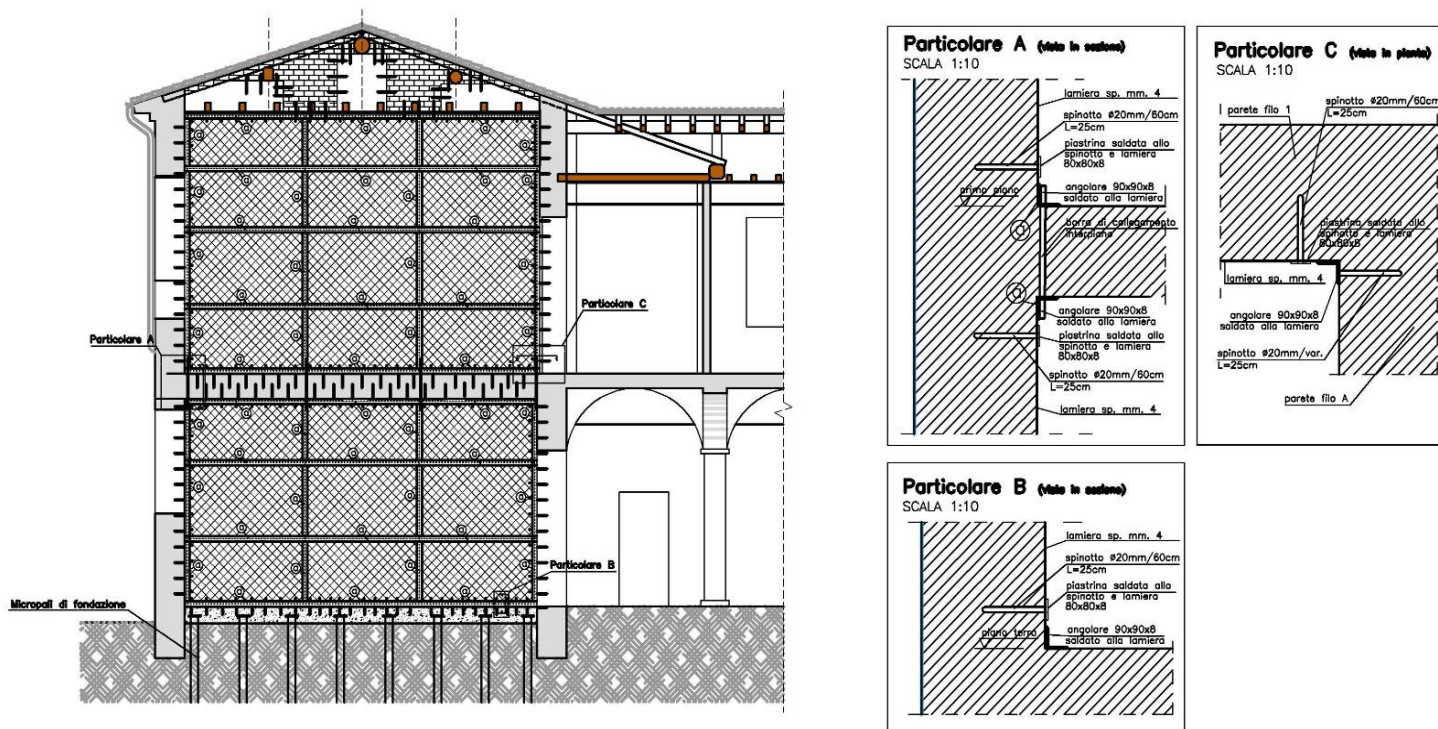


Fig. 5 Esempio di rinforzo delle pareti sismo-resistenti con controparete costituita da lastra e angolari metallici vincolati alla muratura con spinotti.

5.3 Eventuale rinforzo delle fondazioni

Il miglioramento sismico complessivo comporterà anche probabili interventi in fondazione.

Dovrà essere verificato lo stato di sollecitazione alla base delle pareti sismoresistenti e la necessità di realizzare eventuali allargamenti delle fondazioni o di trasmettere i carichi in profondità nel terreno.

L'utilizzo di micropali di piccolo diametro (nel caso in esame si ipotizzano indicativamente 8 micropali per ogni parete) è spesso di grande interesse per la loro capacità di funzionare anche come tiranti contro il sollevamento.

Gli approfondimenti degli aspetti riportati nel presente paragrafo sono rimandati a successivi progetti esecutivi e a idonei stanziamenti finanziari.