

# Cerchiatura metallica: confine tra intervento locale e miglioramento sismico - Caso cantiere toscano

---

*AUTORI: Fabio Corso, Ingegnere strutturista; Braian Ietto, Ingegnere strutturista – Ingegneria e dintorni | Lo Studio*

La realizzazione di nuovi vani su murature portanti, comunemente chiamate “cerchiature”, costituisce una casistica assai frequente nei piccoli interventi strutturali che interessano gli edifici esistenti in muratura. Questa tipologia di interventi non può prescindere dalla previsione di opere strutturali finalizzate a ristabilire una condizione ammissibile di redistribuzione dei carichi in condizioni statiche e almeno ad un ripristino delle capacità sismiche della muratura antecedenti all’opera, senza provocare squilibri della risposta sismica dell’edificio sia a livello locale che globale. Spesso il ricorso alle cerchiature è legato ad esigenze architettoniche di variazione della distribuzione funzionale o al soddisfacimento di requisiti aero-illuminanti e non a risolvere problematiche strutturali dell’edificio. Risulta quindi spesso indispensabile che l’intervento venga classificato come “intervento locale” e non come “miglioramento sismico” o “adeguamento” in quanto, a meno di committenze molto sensibili ai temi strutturali o a situazioni particolarmente critiche, si rischierebbe di non proseguire con i lavori. Si può dire quindi che le cerchiature sono vere e proprie opere artigianali di ingegneria strutturale che devono trovare il giusto equilibrio tra le esigenze architettoniche e quelle di sicurezza.



*Figura 1 Cerchiatura con rinforzo delle murature con betoncino a base di calce e rete in fibra di vetro*

## **Intervento locale o miglioramento sismico – bilancio costi-benefici e considerazioni tecniche**

Al fine di classificare come locale l'intervento, i principali parametri da tenere in considerazione nel confronto tra lo stato ante e post operam dell'allineamento murario coinvolto sono la rigidezza, assicurandosi che non vari in maniera sostanziale, il taglio e la capacità deformativa ultima, verificando che non siano inferiori allo stato antecedente. Per poter procedere in tal senso lo scotto da pagare è che risulta necessario prevedere degli interventi che non modifichino sostanzialmente le condizioni statiche e sismiche dell'edificio nel suo insieme strutturale, cosa che non sempre risulta essere semplice. Questo riduce naturalmente la libertà di manovra sia in ambito strutturale sia nel soddisfare le esigenze architettoniche richieste, a causa dei limiti di normativa che tale approccio comporta. D'altro canto, la scelta di "scavallare" l'intervento locale, prevedendo almeno un intervento di miglioramento sismico (o di adeguamento sismico), consente maggiore libertà d'azione da un punto di vista tecnico, sia strutturale che architettonico. In questo caso la valutazione della sicurezza deve essere estesa a tutta la struttura, accertandosi che sia staticamente adeguata alla destinazione d'uso, e che il suo comportamento sismico sia almeno migliorato in seguito agli interventi: l'esito positivo con un percorso netto e prevedibile, pertanto, è tutt'alto che scontato. In effetti l'approccio

progettuale risulta completamente differente e di norma più complicato rispetto all'“intervento locale”, in quanto necessita di una serie di procedure, preventive alla progettazione ed al calcolo vero e proprio, che non possono prescindere da una attenta analisi storico-critica della struttura e delle sue trasformazioni nel corso del tempo, da una campagna di indagini per la valutazione delle caratteristiche dei materiali e delle specifiche tecnologie costruttive, da indagini geologiche e verifiche geotecniche, il tutto in funzione del livello di conoscenza della struttura che si vuole o si riesce a raggiungere. Una volta completate queste indagini preliminari utili alla definizione di un modello di riferimento analitico più o meno fedele, lo scenario di progettazione e l'entità dei calcoli risulta spesso sproporzionato rispetto al risultato che ci si proponeva di raggiungere nella fase iniziale; oltretutto, la necessità di adeguare staticamente e migliorare sismicamente la struttura obbliga spesso a fare ricorso ad interventi ulteriori, talvolta di entità non trascurabile, intervenendo su parti della struttura al di fuori delle previsioni.

Alla luce di quanto suddetto risulta piuttosto evidente che, nel bilancio generale, considerando gli aspetti economici, di tempistiche procedurali e burocratiche, di entità computazionale e di rilevanza delle opere, salvo casi specifici, l'intervento locale è da preferire come iter di riferimento per la realizzazione di vani su murature portanti.

### **Intervento locale – un approccio quasi obbligato**

Per quanto detto l'approccio più diffuso è senz'altro quello di far rientrare l'intervento, nell'ambito della classificazione degli interventi in zona sismica su edifici esistenti di cui al punto 8.4 delle NTC 2018, come “intervento locale”, cioè che interessi singoli elementi strutturali o porzioni limitate dell'edificio senza riduzione del livello di sicurezza pre-esistente. Vediamo quindi di analizzare brevemente quali sono le verifiche da effettuare e quali sono le limitazioni di cui tener conto. A monte delle verifiche richieste dalla normativa, ci sono alcune regole di buona esecuzione da tener in considerazione nel progettare nuove aperture. In particolare, la Regione Toscana, negli *“Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti”* emanati dal CTS, aggiunge ulteriori indicazioni dimensionali e costruttive, oltre alla inammissibilità dell'eliminazione del metro d'angolo di muratura all'incrocio delle pareti perimetrali, al fine di poter classificare l'intervento come locale, di seguito brevemente descritti:

- Interventi ritenuti da evitare:
  - Eliminazione totale di una parete portante o di controvento;
  - apertura di porte o finestre nelle pareti che lascino una mazzetta muraria laterale residua inferiore a 50 cm (escluso lo spessore del muro ortogonale). Tale limitazione non si applica nel caso in cui la parete oggetto di rinforzo prosegua oltre il muro ortogonale;
- Interventi non ammissibili:
  - Inserimento di cerchiature a cavallo delle intersezioni delle murature;
  - inserimento dei montanti nello spessore dei muri trasversali (ovvero nell'incrocio murario);

Inoltre:

- lo spostamento di porte o finestre nell'ambito della stessa parete muraria (chiusura e riapertura adiacente del vano) sono da considerarsi ammissibili, rispettando il più possibile l'allineamento verticale delle aperture anche nelle pareti interne all'edificio. Il riallineamento di aperture può consentire la semplice realizzazione dell'architavatura; il disallineamento, di norma da evitare, comporta la realizzazione di opportuni provvedimenti di rinforzo.

- La chiusura di nicchie, vani porta, canne fumarie o finestre deve generalmente avvenire per tutto lo spessore e con materiali compatibili al fine di ripristinare la continuità strutturale con efficace ammorsamento della nuova muratura.

Un ulteriore ed interessante criterio per poter classificare un intervento come “intervento locale” è quello di valutare la variazione di superficie in pianta di muratura sismo-resistente tra lo stato attuale e lo stato variato, per ogni direzione, non in riferimento al solo allineamento coinvolto dall’intervento, ma prendendo in considerazione le murature di tutto il piano, secondo la seguente procedura:

- 1) facendo riferimento alla “unità immobiliare” oggetto degli interventi, si valuta l’area della muratura resistente nelle due direzioni principali, Ax1 e Ay1, nello stato attuale;
- 2) si valuta l’area di muratura resistente nelle due direzioni principali nello stato di progetto, Ax2 e Ay2 prescindendo dalle opere di rinforzo previste o già realizzate con precedenti interventi;
- 3) se  $Ax2/Ax1 > 85\%$  e  $Ay2/Ay1 > 85\%$  l’intervento può essere considerato come locale, restando valide le indicazioni dimensionali e costruttive precedentemente esposte.

### Verifica della rigidezza della parete

1) Si calcolano le rigidezze dei singoli setti che costituiscono la parete, sia allo stato iniziale (attuale) sia allo stato finale (modificato) con la seguente espressione:

$$K_i = \frac{1}{\left( \frac{h_i^3}{nEJ_i} + 1,2 \frac{h_i}{GA_i} \right)}$$

dove:

- $K_i$  = rigidezza i-esimo setto;
- E, G = moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura;
- $J_i$  = momento di inerzia del maschio murario
- $h_i$  = altezza deformabile del maschio murario;
- $A_i = L_i \cdot t_i$  = area del maschio con  $t_i$  = spessore del maschio);
- $n$  = coeff. che tiene conto del grado di vincolo offerto dal traverso ( $n = 12$  per traverso rigido,  $n = 3$  per traverso flessibile).

Per quanto riguarda la determinazione dell’altezza del maschio murario si possono assumere i seguenti valori:

- altezza netta di interpiano  $h_{int}$ ;
- altezza determinata in accordo al criterio proposto da Lagomarsino et al. (2013), in base al quale gli elementi maschio sono definiti a partire dalle altezze delle aperture adiacenti. Quando però le aperture non risultano allineate, o nel caso di maschi di bordo, l’altezza è assunta pari alla media delle altezze delle aperture adiacenti o pari alla media tra l’altezza di interpiano e l’altezza dell’apertura.

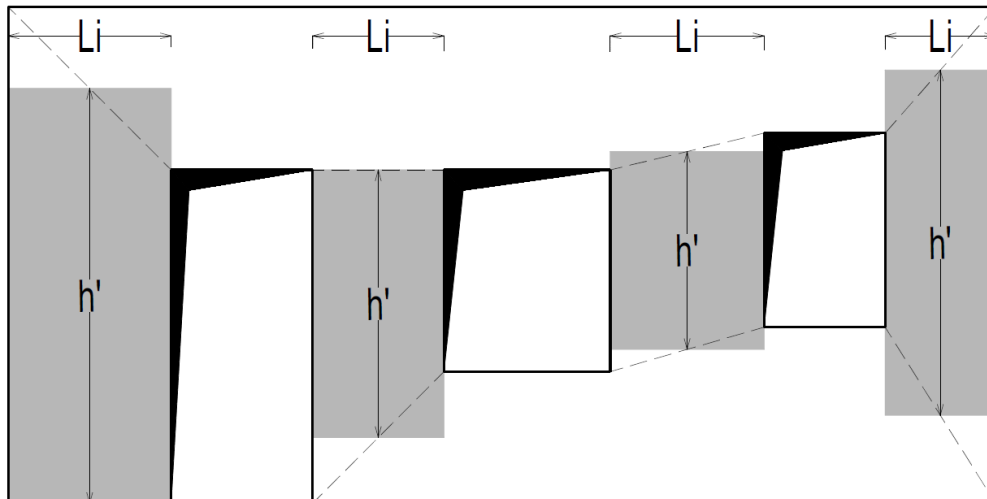


Figura 2 criterio proposto da Lagomarsino per il calcolo delle altezze deformabili dei maschi murari

Dove  $h_i = h' + 0,33L_i(h_{int} - h')/h'$

Il calcolo dello spostamento ultimo del maschio murario può essere calcolato con le seguenti metodologie:

- determinato in accordo alla teoria della duttilità e calcolato in funzione della duttilità del maschio murario. Quest'ultima, pari al rapporto tra spostamento ultimo  $\delta_u$  e spostamento al limite elastico  $\delta_o$ , viene tradizionalmente assunta pari a 1.5 per murature esistenti e 2.0 per murature nuove o consolidate;
- fissato come frazione (5 %) dell'altezza del pannello, in accordo alle NTC 2018.

2) Si calcola la rigidezza complessiva dell'intera parete allo stato iniziale, come somma delle singole rigidezze dei setti, con la seguente espressione:

$$K_{in} = K_1 + K_2 + \dots = \sum K_{in}$$

3) Si calcola la rigidezza complessiva dell'intera parete allo stato finale, come somma delle rigidezze dei singoli setti, tenuto conto di eventuali interventi di consolidamento della muratura (iniezioni di malta, lastre di placcaggio ecc.) e presenza di cerchiature dei vani mediante telai metallici o in c.a.:

$$K_{fin} = K_{mod} + K_T$$

dove:

- $K_{mod} = K_1 + K_2 + \dots = \sum K_{mod}$  (somma delle rigidezze dei setti allo stato modificato)
- $K_T = n \cdot E \cdot \sum J_i / h^3$  (rigidezza totale dei telai)
- $n = 12$  in caso di piedritti con comportamento a telaio o 3 con telaio con comportamento a mensola
- $E$  = modulo elastico del materiale costituente i piedritti;
- $\sum J_i$  = somma dei momenti d'inerzia di tutti i piedritti del telaio;
- $h$  = altezza deformabile dei piedritti.

4) In accordo con gli orientamenti interpretativi della Regione Toscana si esegue la verifica controllando che risulti:

$$0,85 \cdot K_{in} \leq K_{fin} \leq 1,15 \cdot K_{in}$$

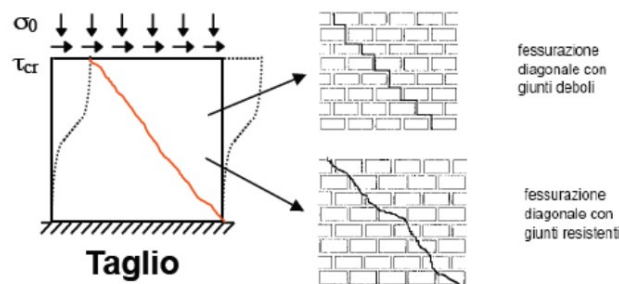
La limitazione di variazione della rigidezza del 15% rispetto a quella iniziale dell'allineamento murario è spesso la parte più complessa nella progettazione di una cerchiatura e verrà trattata più approfonditamente in seguito nel presente articolo.

## Verifica della resistenza a taglio delle pareti e spostamento ultimo

Per le valutazioni relative al taglio, distinguono due tipi di murature.

### Murature irregolari

Nel caso di muratura irregolare si adotta la crisi per taglio da trazione (fessurazione diagonale "a scaletta" lungo i giunti oppure attraverso gli elementi resistenti):



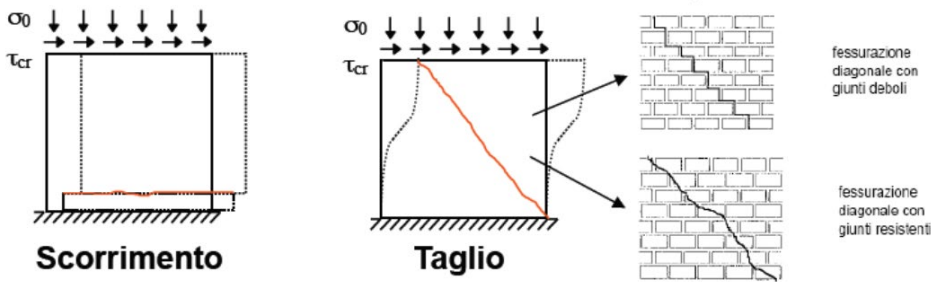
$$V_t = l \cdot t \cdot 1,5 \frac{\tau_{od}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_o}{(1,5 \tau_{od})}} = l \cdot t \cdot \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_o}{f_{td}}}$$

dove:

- $l$  = la lunghezza del pannello;
- $t$  = spessore del pannello;
- $\sigma_o$  = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ( $\sigma_o = P/l_t$ , con  $P$  forza assiale agente positiva se di compressione);
- $f_{td}$  = resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura;  $f_{td} = 1,5\tau_{od}$
- $\tau_{od}$  = resistenza di calcolo a taglio della muratura;
- $b$  = coefficiente correttivo legato alla distribuzione delle tensioni tangenziali sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere  $b = h/l$ , comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, con  $h$  altezza del pannello ed  $l$  la sua lunghezza

### Murature regolari

la resistenza a taglio può essere ottenuta come il minimo tra la resistenza data dalla crisi per taglio da scorrimento e dalla crisi per taglio data dalla fessurazione diagonale.



La crisi per taglio da scorrimento è governata dalla seguente espressione:

$$V_{t,sc} = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove:

- $l'$  = lunghezza della parte compressa della parete ottenuta sulla base di un diagramma lineare delle compressioni ed in assenza della resistenza a trazione;
- $t$  = spessore della parete;
- $f_{vd}$  = resistenza di calcolo a taglio valutata come  $f_{vd} = (f_{v0} + 0.4 \cdot \sigma_n) \leq f_{v,lim}$ ;
- $\sigma_n = N/l't$  tensione normale media agente sulla parte compressa della sezione;
- $f_{v,lim} = 0.065f_b/0.7$  resistenza limite di rottura a taglio dei blocchi;
- $f_b$  = resistenza a compressione del blocco.

### Spostamento elastico e spostamento ultimo parete

Si calcola spostamento al limite elastico e al limite ultimo, sia allo stato iniziale sia allo stato finale, dell'intera parete secondo la seguente espressioni:

$$\delta_e = \min (\delta_{e,i})$$

dove:

$\delta_e$  = spostamento al limite elastico intera parete;

$\delta_{e,i} = V_t/K_i$  (spostamento al limite elastico i-esimo setto).

$$\delta_u = \min (\delta_{u,i})$$

dove:

$\delta_u$  = spostamento al limite ultimo intera parete;

### Resistenza ultima della parete

Si calcola la resistenza al limite ultimo della parete allo stato iniziale e allo stato finale, tenuto conto di eventuali interventi di consolidamento della muratura e presenza di cerchiatura dei vani:

$$V_{t,in,u} = \sum \min (\delta_{u,in}, K_j; V_{t,j})$$



$$V_{t.fin.u} = \Sigma \min (\delta_{u.fin.} K_k; V_{t.k}) + \min ( \delta_{u.fin.} K_T; V_{t.T})$$

dove:

- $\delta_{u.in.}$  ,  $\delta_{u.fin.}$  = sono, rispettivamente, lo spostamento al limite ultimo intera parete, rispettivamente, allo stato iniziale e finale;
- $K_j$  ,  $V_{t.j}$  = sono rispettivamente, rigidezza e resistenza ultima a taglio j-esimo setto allo stato iniziale;
- $K_k$  ,  $V_{t.k}$  = rispettivamente, rigidezza e resistenza ultima a taglio k-esimo setto allo stato finale;
- $K_T$  = rigidezza dei telai;
- $V_{t.T} = n \cdot 2 \cdot f_d \cdot \Sigma W_x / h$  (resistenza ultima a taglio dei telai, ipotizzando un comportamento elasto-plastico indefinito),

con:

- $f_d$  = resistenza di calcolo acciaio;
- $W_p$  = modulo di resistenza plastico della sezione del singolo piedritto;
- $h$  = altezza deformabile del singolo piedritto;
- $n$  = numero di piedritti.

Infine, si esegue la verifica controllando che risulti:

$$V_{t.fin.u} \geq V_{t.in.u}$$

$$\delta_{u.fin.} \geq \delta_{u.in.}$$

### **Alcune considerazioni sui limiti sulla variazione delle rigidezze**

Spesso la limitazione del 15% sulla variazione della rigidezza indicato nel documento *“Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti – Regione Toscana 28/09/2009”* di riferimento praticamente in tutta l’Italia, è limitativo e porta a non aver sufficienti margini di progettazione. Vediamo quindi alcune considerazioni che è possibile fare per ampliare lo spazio di manovra dei professionisti:

- In caso di solaio deformabili, come la maggior parte dei solai esistenti realizzati ad esempio in legno o in profili e tavelloni privi di soletta collaborante, un aumento superiore al 15% nello stato modificato non comporta una variazione della distribuzione delle azioni sismiche nei vari allineamenti poiché l’azione sismica risulta proporzionale alle masse e non alle rigidezze. Quindi, a nostro parere, è possibile derogare da questo limite in maniera motivata e specifica quando l’allineamento in cui interveniamo presenta particolari carenze, debolezze o ha una rigidezza sensibilmente inferiore a quella degli allineamenti limitrofi.
- Pareti murarie molto estese (con lunghezza superiore a due volte l’altezza) se vengono considerate come pannelli unici spesso hanno rigidezza tale da rendere impossibile la realizzazione di una nuova apertura. La teoria del taglio diagonale considera lesioni inclinate che si estendono al massimo per 2-2,5 volte l’altezza dei pannelli murari ed è quindi possibile dividere pannelli molto allungati secondo questo criterio: questo comportamento meccanico delle murature e le esperienze empiriche dei terremoti passati nel nostro territorio avvalorano questa tesi;
- Un recente parere del CTS della Regione Toscana ha affermato che, in caso di murature di scarsa qualità come quelle a sacco, è lecito e benefico intervenire con intonaci armati in basso spessore a



base di calce in maniera estensiva allo scopo di confinamento rientrando comunque negli interventi locali;

- Spesso un'attenta fase di indagini conoscitive dell'allineamento murario mediante dei saggi sotto intonato permette di far emergere inaspettate discontinuità, canne fumarie, vecchie aperture tamponate che consentono di effettuare una corretta individuazione dei singoli maschi murari.

## Un caso di studio toscano

Si riporta qui di seguito una sintesi illustrativa di un caso di studio di nuova apertura in muratura portante. Trattasi di un appartamento situato all'ultimo piano di un condominio di cinque piani fuori terra e un piano seminterrato adibito ad abitazione, ubicato a Firenze. Le strutture portanti verticali sono caratterizzate da murature in mattoni pieni e semipieni, i solai interpiano e di copertura sono realizzati in latero-cemento. La copertura è in parte piana e in parte a padiglione.

Gli interventi strutturali previsti, inquadrabili come interventi locali, sono i seguenti:

1. Ricostruzione di porzioni di pareti murarie;
2. Realizzazione di aperture su murature portanti e predisposizione di cerchiature metalliche;
3. Realizzazione di architravature su aperture ampliate o lievemente spostate.

L'intervento illustrato è relativo alla realizzazione delle cerchiature lungo l'allineamento Y4.

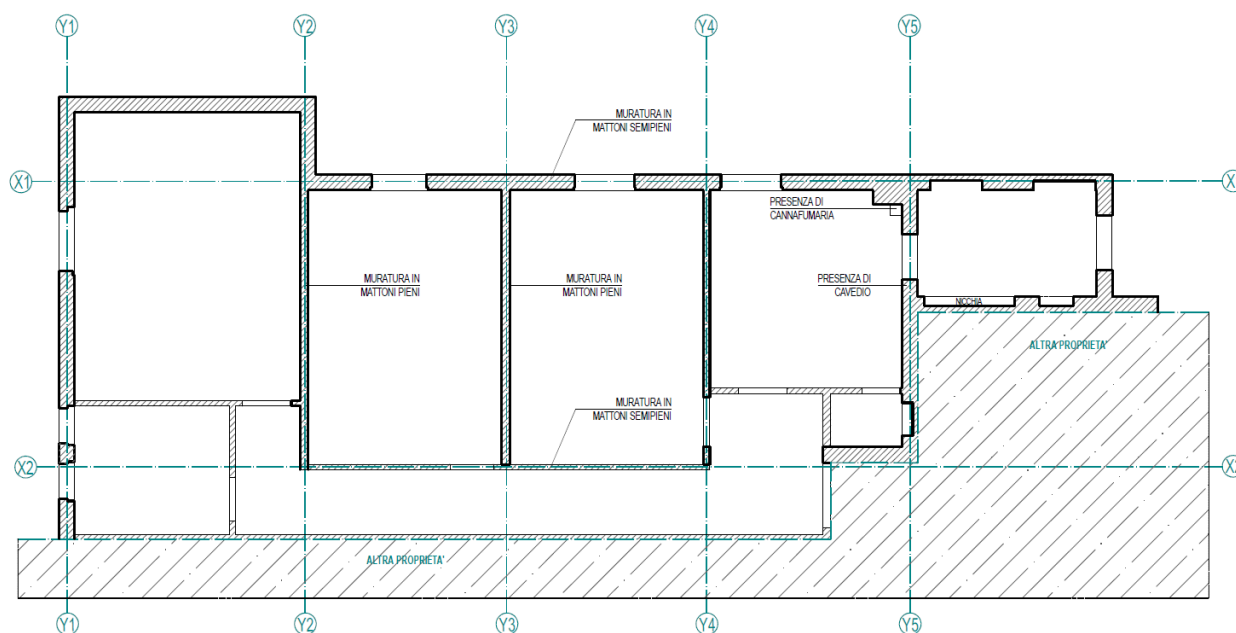


Figura 3 Stato attuale

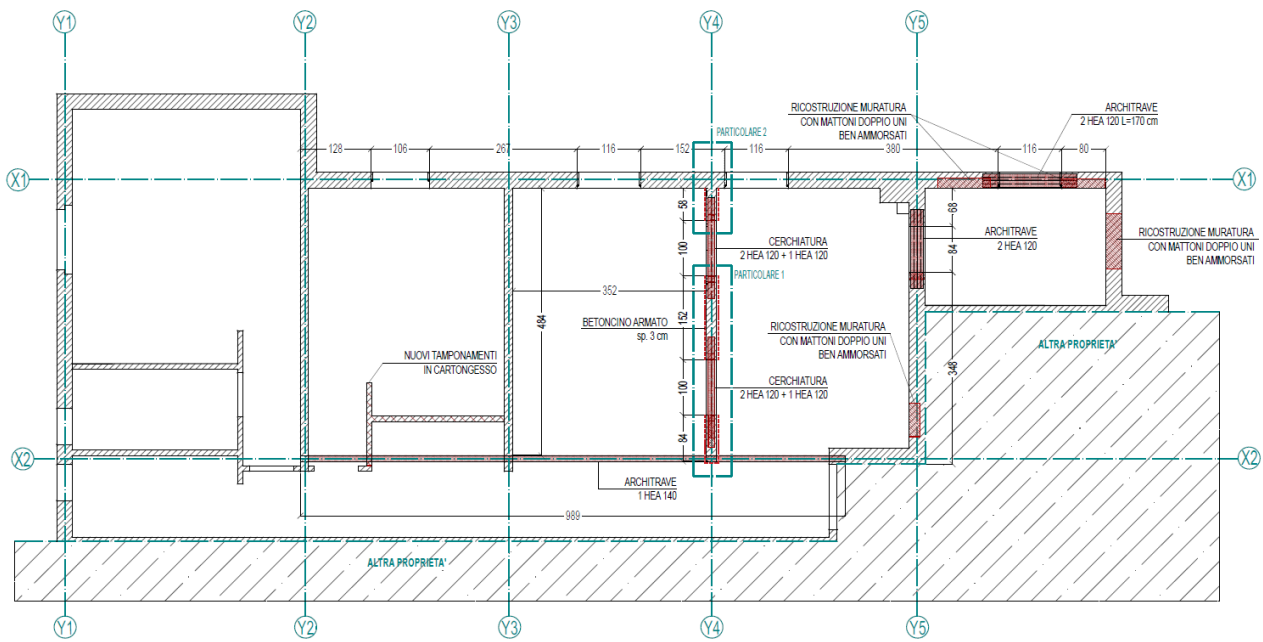


Figura 4 Stato modificato

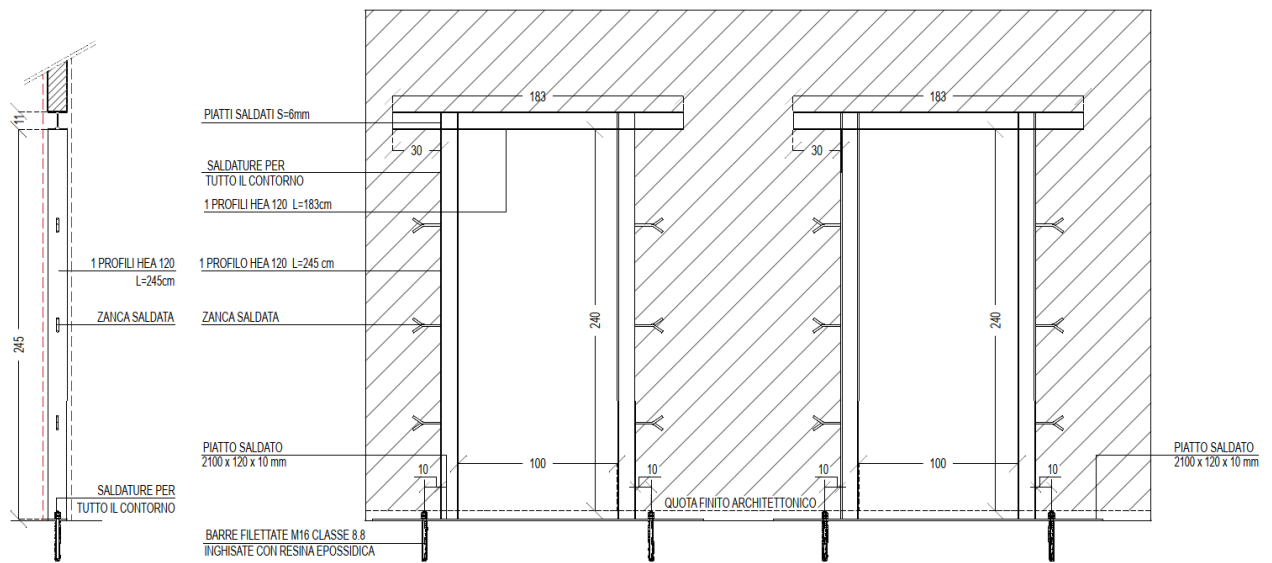


Figura 5 Dettaglio cerchiature

CARATTERISTICHE MECCANICHE MURATURE									
n.mat	Tipologia	E [N/mm <sup>2</sup> ]	G[N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	f [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{vo}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	fessurato	
1	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1500	500	18	2,6	0,05	0,13	SI	
3	Muratura in mattoni pieni e malta di calce con betoncino	2250	750	18	3,9	0,075	0,195	SI	
RIGIDEZZA PARETE STATO ATTUALE				Comportamento		mensola		$h_{int}$ [cm]	315
n.mat	Setto	l [cm]	s [cm]	$h'$ [cm]	$h_{eff}$ [cm]	$Z_{rig}$ [cm]	$K_{fles}$ [N/mm]	$K_{tag}$ [N/mm]	K [N/mm]
1	Setto 1	308	12	315	315	0	21033	24444	11305
1	Setto 2	43	12	315	315	0	57	3413	56
	Totale	351							11362
RIGIDEZZA SOLO PARETE STATO MODIFICATO				Comportamento		mensola		$h_{int}$ [cm]	315
	Setto	l [cm]	s [cm]	$h'$ [cm]	$h_{eff}$ [cm]	$Z_{rig}$ [cm]	$K_{fles}$ [N/mm]	$K_{tag}$ [N/mm]	K [N/mm]
3	Setto 1	58	18	315	315	0	316	10357	307
3	Setto 2	152	18	315	315	0	5688	27143	4703
3	Setto 3	84	18	315	315	0	960	15000	902
	Totale	294							5912
VERIFICA RIGIDEZZA SENZA PROFILI									
$\Delta K$ finale		-5450	$\Delta K$ con telaio [%]	-47,97%	VERIFICA NON SODDISFATTA				
VERIFICA RIGIDEZZA CON TELAIO IN ACCIAIO – CERCHIATURA PORTA 1									
$\Delta K$ senza telaio [N/mm]		-5450	$h_{telaio}$ [cm]	246	n. montanti	2			SI
tipologia montanti		HEA 120 S275			$J_{effettivo}$ [cm <sup>4</sup> ]	606,20	$K_{telaio}$ [N/mm]	2052,30	
$\Delta K$ con telaio PORTA		-3398	$\Delta K$ con telaio [%]	-29,91%					
VERIFICA RIGIDEZZA CON TELAIO IN ACCIAIO – CERCHIATURA PORTA 2									
$\Delta K$ senza telaio [N/mm]		-5450	$h_{telaio}$ [cm]	246	n. montanti	2			SI
tipologia montanti		HEA 120 S275			$J_{effettivo}$ [cm <sup>4</sup> ]	606,20	$K_{telaio}$ [N/mm]	2052,301	
$\Delta K$ con telaio FINESTRA		-3398	$\Delta K$ con telaio [%]	-29,91%					
VALUTAZIONE FINALE - FINESTRA E PORTA									
$\Delta K$ finale		-1346	$\Delta K$ finale [%]	-11,84%	VERIFICA SODDISFATTA				

Figura 6 Calcolo delle rigidezze

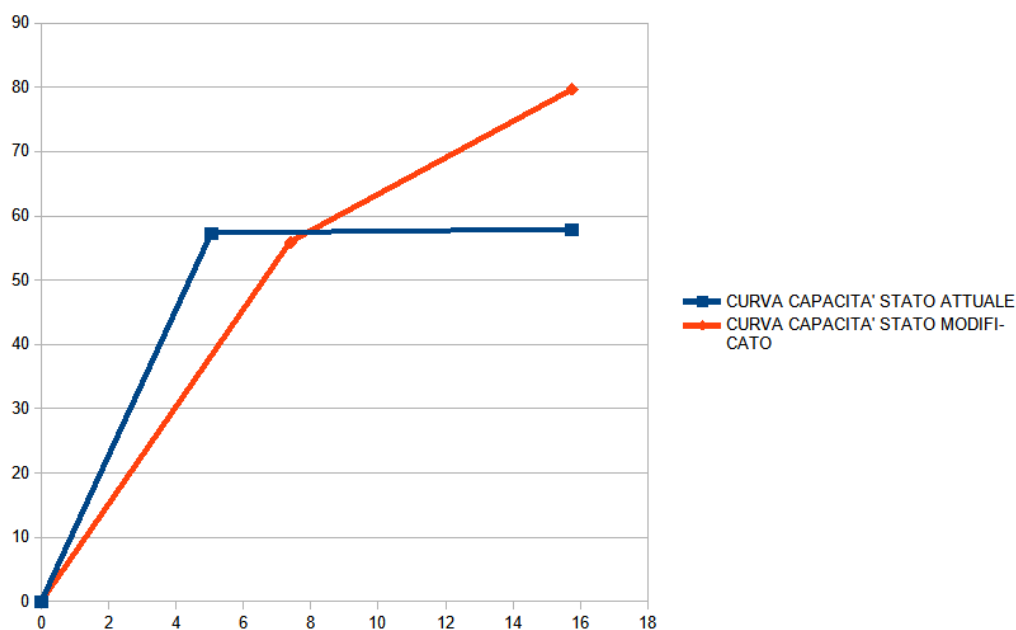


Figura 7 Curve delle rigidezze

<b>RIASSUNTO VERIFICHE</b>	
<b>RIGIDEZZA</b>	
Stato attuale [N/mm]	11362
Stato modificato [N/mm]	10016
Variazione:	-11,84%
<b>FORZA ULTIMA</b>	
Stato attuale [kN]	57,88
Stato modificato [kN]	79,71
Variazione:	37,70%
<b>CAPACITA' DI SPOSTAMENTO</b>	
Stato attuale [mm]	15,75
Stato modificato [mm]	15,75
Variazione:	0,00%

*Figura 8 Riassunto delle verifiche*



*Figura 9 Cerchiature al rustico*





*Figura 10 Come si presentano le cerchiature alla fine dei lavori*

## Conclusioni

Una volta valutato che prediligere l'intervento locale per realizzazione di una nuova apertura o la modifica di quelle esistenti su una parete portante in muratura risulta la scelta meno "spigolosa", ci si trova davanti ad uno scenario affascinante e non sempre semplice da dipanare, poiché, non dimentichiamolo mai, avere a che fare con strutture esistenti non vuol dire solo, fortunatamente, limitarsi a considerazioni analitiche, calcoli astratti e meri rilievi geometrici.

Riuscire a relazionarsi con il patrimonio esistente, spesso storico, del nostro Paese ed arrivare a coglierne efficacemente la natura e le molteplici peculiarità, vuol dire aver maturato, da parte del progettista, un giusto mix tra rispetto dell'equilibrio statico acquisito dall'edificio nel tempo, sensibilità strutturale, indomabile curiosità e innata passione, senza mai dare nulla per scontato e senza aver timore di aprire il vaso di pandora che spesso si cela al di sotto degli intonaci.

Una attenta valutazione ed analisi dell'impostazione strutturale, anche se si tratta di intervento locale, è di fondamentale importanza per comprendere la distribuzione dei carichi in condizione statica, le tecnologie costruttive impiegate e la trasmissione degli sforzi tra i vari elementi strutturali. Inoltre individuare gli elementi sismo-resistenti e valutare in via preventiva, anche se schematicamente ed a grandi linee, il comportamento sismico dell'edificio e l'interazione tra gli elementi strutturali attivi e quelli portati in caso di sisma, consente di identificare i principali cinematismi che rappresentano di fatto i più importanti meccanismi di crisi delle strutture in muratura.

Infine, non meno importante, almeno per i sottoscritti, risulta essere l'aspetto estetico che può avere una cerchiatura che, lasciata a vista come nell'esempio riportato, può acquisire anche un valore architettonico non trascurabile, permettendo una chiara lettura della configurazione strutturale e lasciando una traccia indelebile della trasformazione edilizia, come giusto connubio tra struttura e architettura.

#### RIFERIMENTI

- PROGETTO ARCHITETTONICO A CURA DELL'ARCH. MATTEO PIERATTINI E DELL'ARCH.SARA BARTOLINI- OFFICINA ABITARE ([www.officinaabitare.com](http://www.officinaabitare.com))
- PROGETTO STRUTTURALE IN COLLABORAZIONE CON L'ING. CLAUDIA BRISIGHELLI – INGEGNERIA E DINTORNI | LO STUDIO ([www.ingegneriaedintorni.com/](http://www.ingegneriaedintorni.com/))
- ORIENTAMENTI INTERPRETATIVI IN MERITO A INTERVENTI LOCALI O DI RIPARAZIONE IN EDIFICI ESISTENTI ([https://www.regione.toscana.it/documents/10180/11700798/ratifica\\_cts\\_2009.pdf](https://www.regione.toscana.it/documents/10180/11700798/ratifica_cts_2009.pdf))
- COMITATO TECNICO SCIENTIFICO IN MATERIA DI RISCHIO SISMICO (DELIBERA GR N. 940 DEL 6.10.2015) ([https://www.regione.toscana.it/documents/10180/11700798/cts\\_2020-2021.pdf/16dca041-e4f5-b49c-91ae-20b9bff93459?t=1652182166334](https://www.regione.toscana.it/documents/10180/11700798/cts_2020-2021.pdf/16dca041-e4f5-b49c-91ae-20b9bff93459?t=1652182166334))