



*ing. angelo
biondi*



Interventi sulle Strutture in Muratura

WWW.ANGELOBIONDI.COM

INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA



- 1 - Intervento di adeguamento.***
- 2 - Intervento di miglioramento.***
- 3 - Riparazione o intervento locale.***



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

8.4.1. Intervento di adeguamento.

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

1. **sopraelevare la costruzione;**
2. **ampliare la costruzione** mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;
3. 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;
4. 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).



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

8.4.2. Intervento di miglioramento.

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1.

Per i **beni di interesse culturale** (“testimonianze aventi valore di civiltà”) in zone dichiarate a rischio sismico è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.

Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

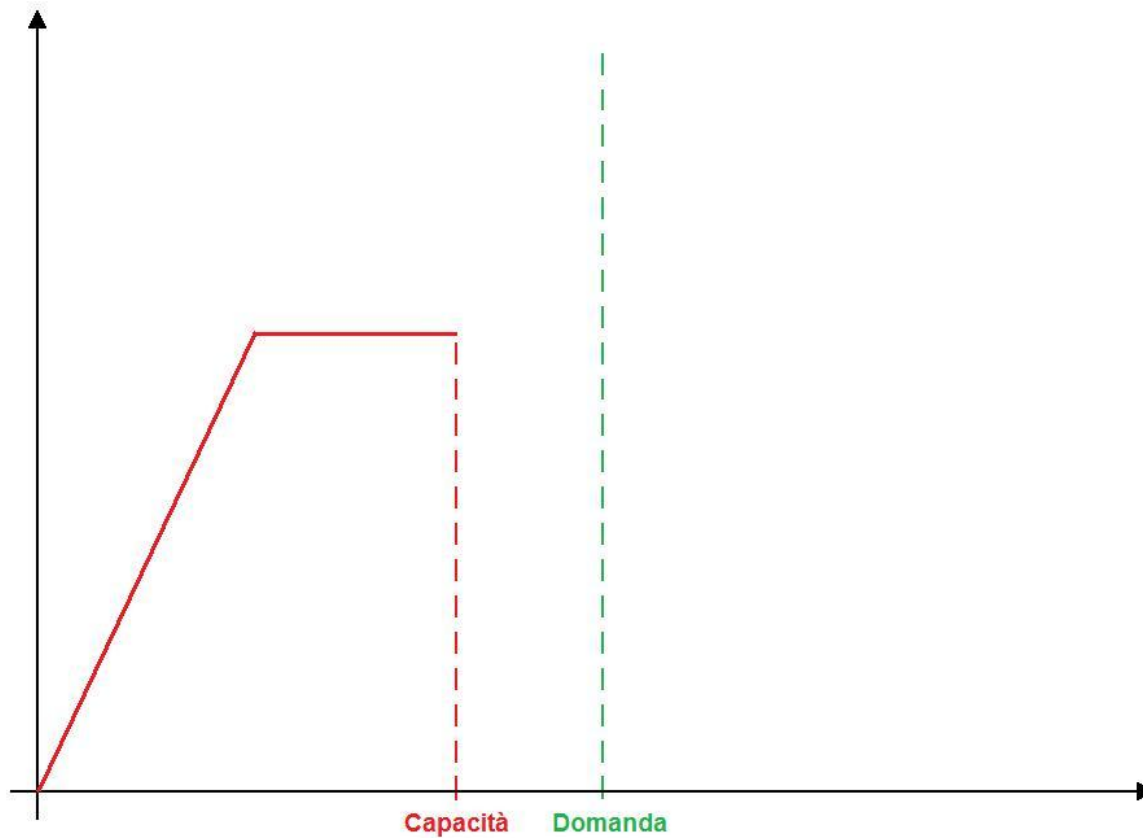
8.4.3. Riparazione o intervento locale.

In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

La relazione di cui al par. 8.2 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento ed a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.



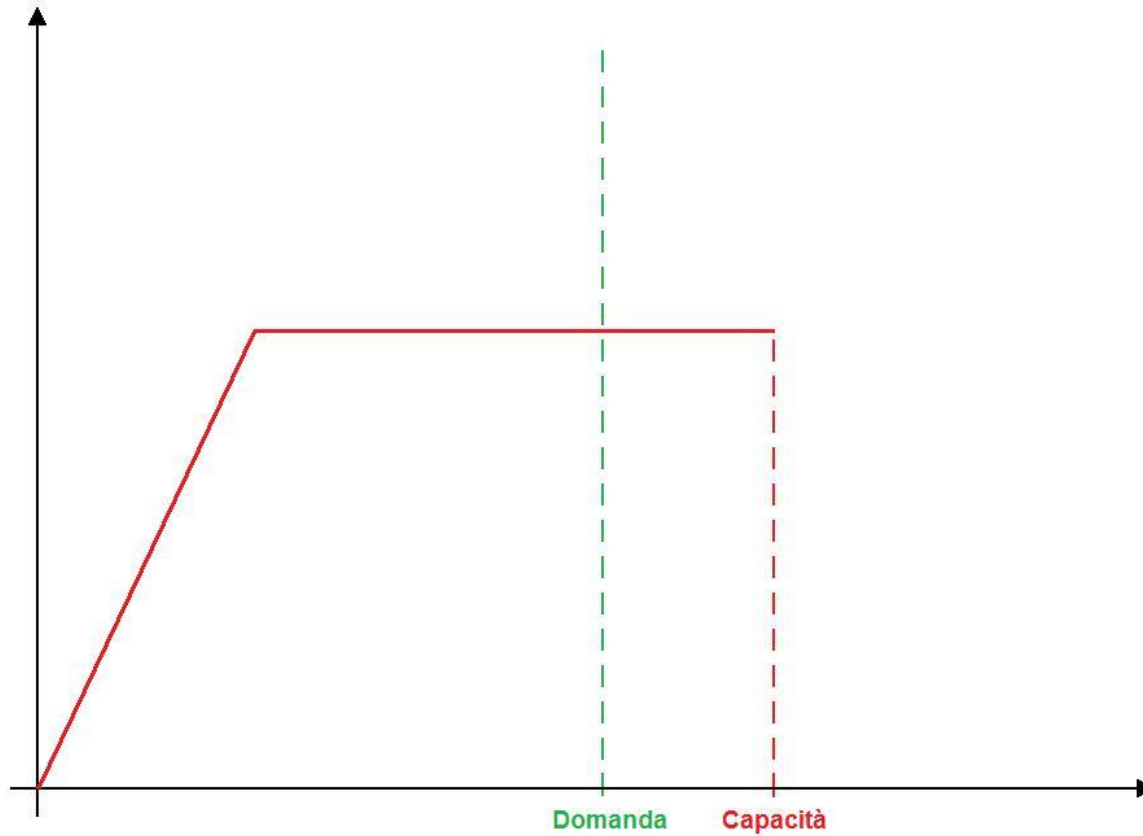
INTERVENTI SULLE STRUTTURE



Condizioni Ante-Operam.



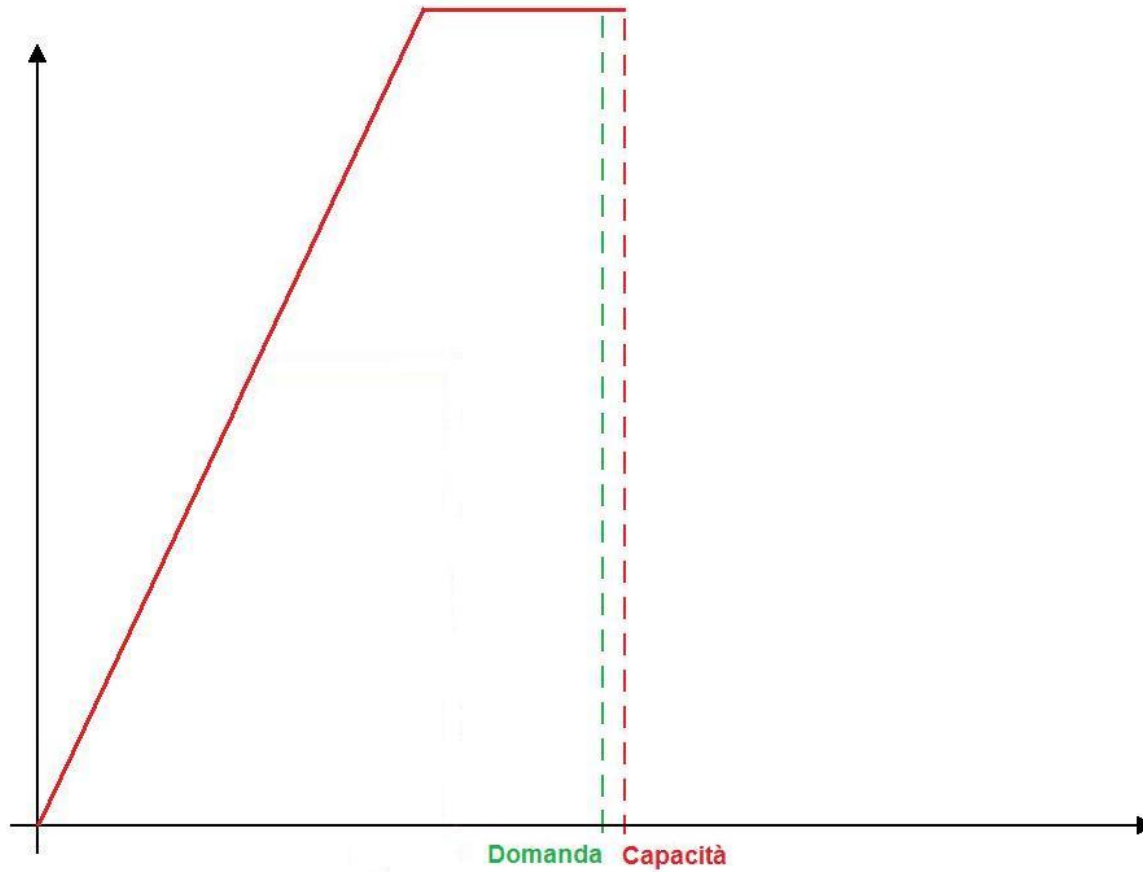
INTERVENTI SULLE STRUTTURE



Adeguamento sismico con aumento della duttilità.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE



Adeguamento sismico con aumento della resistenza.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Cuci-Scuci
- Cordoli
- Tirantature metalliche
- Iniezioni armate
- Intonaco armato
- Cerchiatura aperture
- Elementi in breccia
- Iniezioni di miscele leganti
- FRP
- Sistema CAM





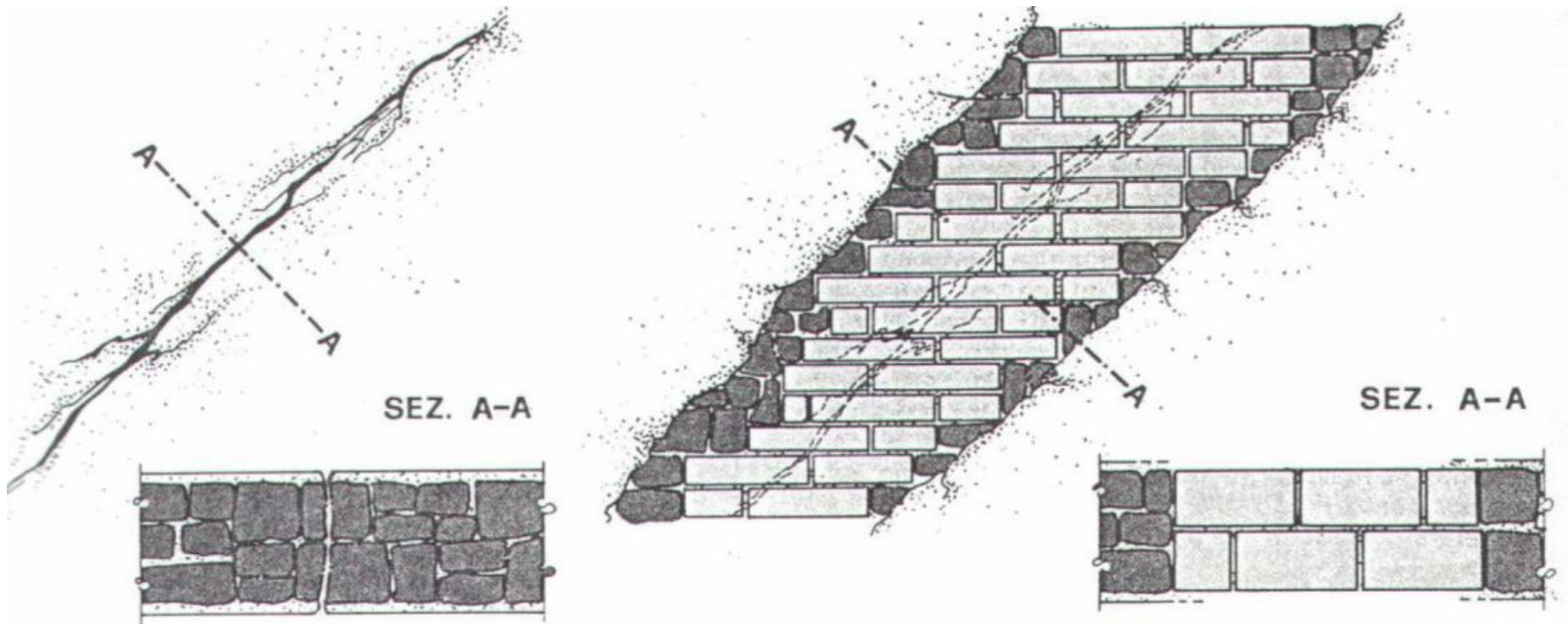
INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- “Cuci-Scuci” -

L'intervento consiste nel **ripristinare zone limitate di murature lesionate o degradate** attraverso la rimozione degli elementi (lapidei o laterizi) degradati e la realizzazione di una nuova tessitura muraria con elementi sani senza interrompere la funzione statica della muratura nel corso dell'applicazione.

Gli elementi sani devono avere caratteristiche simili a quelli originali sia geometriche (forma e dimensione) che meccaniche. È necessario l'utilizzo di malte a ritiro nullo o leggermente espansive.

L'intervento deve seguire ad un'analisi del dissesto e **deve essere accompagnato ad altri interventi che ne eliminino le cause.**





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- “Cuci-Scuci” -

CAMPO DI APPLICAZIONE

È applicabile solo per murature che presentino una buona qualità ed certa regolarità e nel caso di danneggiamenti circoscritti. L'intervento può essere applicato sia a pareti murarie che alle zone di connessione.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Intervento in grado di garantire il ripristino di danneggiamenti limitati senza alterare il comportamento globale della struttura.

EFFICACIA

L'intervento risulta efficace in presenza di elementi con buona resistenza e qualora nel ripristino si adottino materiali con caratteristiche simili per forma e dimensioni. Determinante è il collegamento con la muratura esistente.

FASI DI ESECUZIONE

1. Preparazione della parete attraverso pulizia e messa a vivo del paramento murario;
2. Puntellamento della parete muraria;
3. Rimozione della parte danneggiata;
4. Preparazione delle superfici e dei mattoni;
5. Ricucitura della muratura;
6. Risarcitura dei giunti degradati.

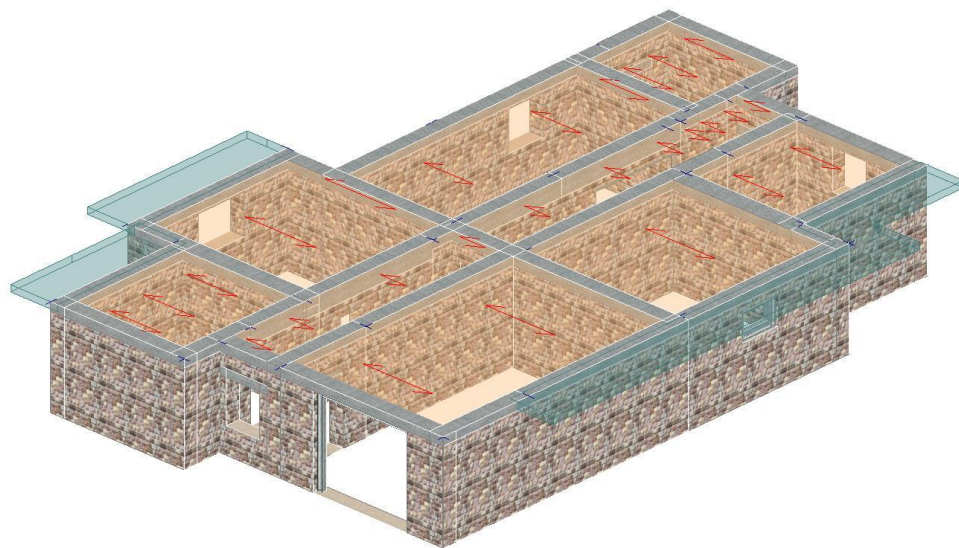


INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -

Questo intervento consiste nella realizzazione di un **elemento strutturale con funzione di cordolo**. Può essere inserito sia a livello di piano sia in sommità.

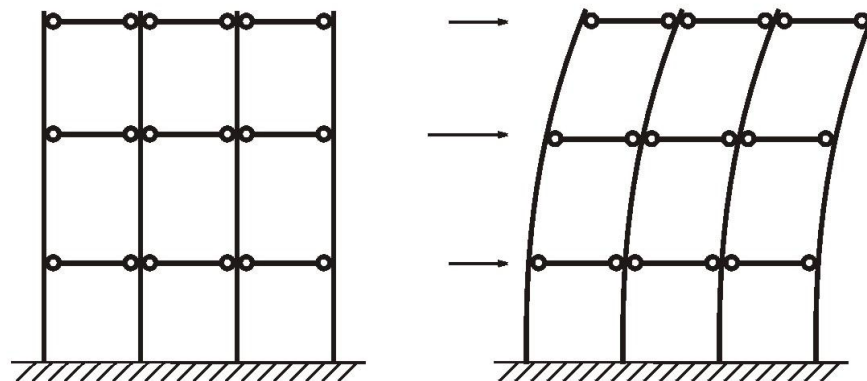
I cordoli possono essere realizzati: in muratura armata con acciaio, in muratura armata con FRP, in acciaio, in cemento armato.



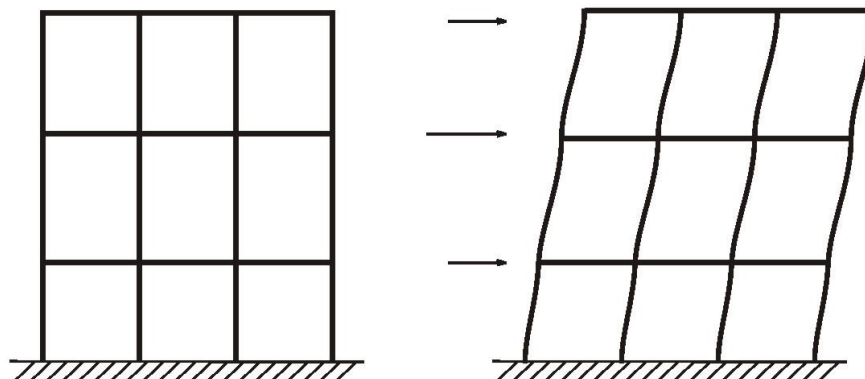


INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -



Schema a trave di collegamento in muratura pura

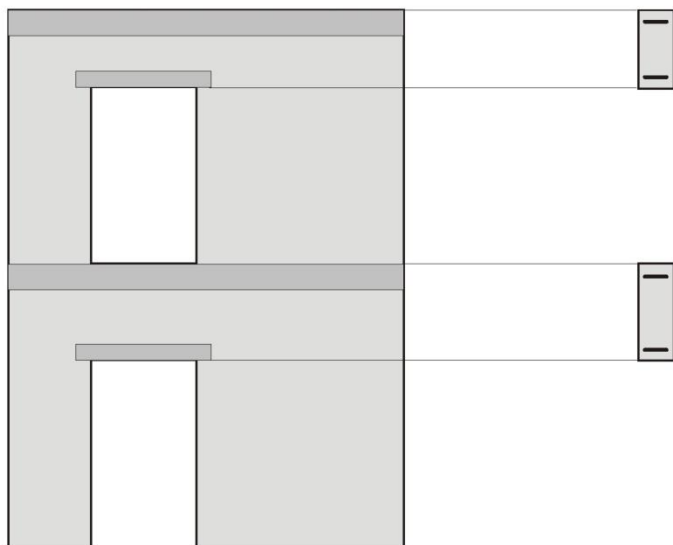


Schema a trave di collegamento con cordolo e architrave

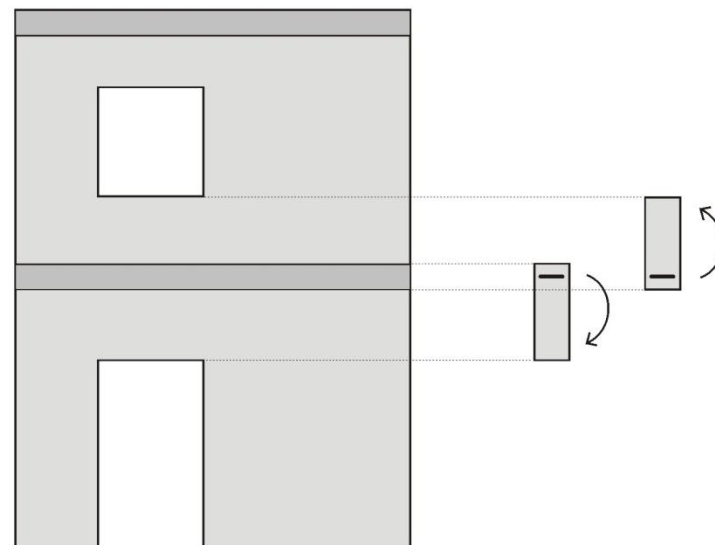


INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -



Presenza di cordolo e architrave

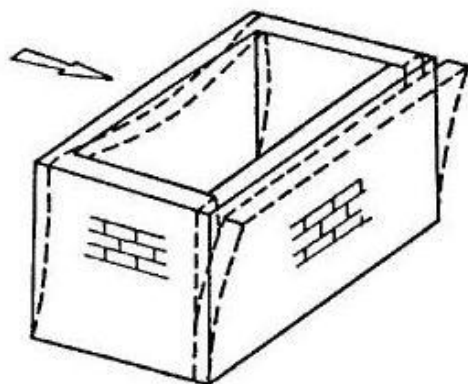


Presenza di solo cordolo

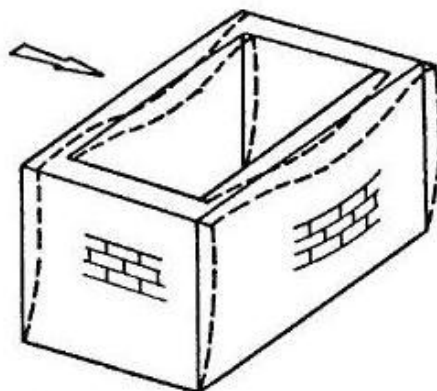


INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

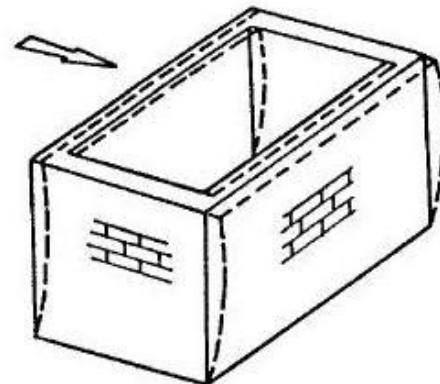
- Inserimento di Cordoli -



a) con solaio deformabile
e senza cordolo



b) con cordolo e con
solaio deformabile

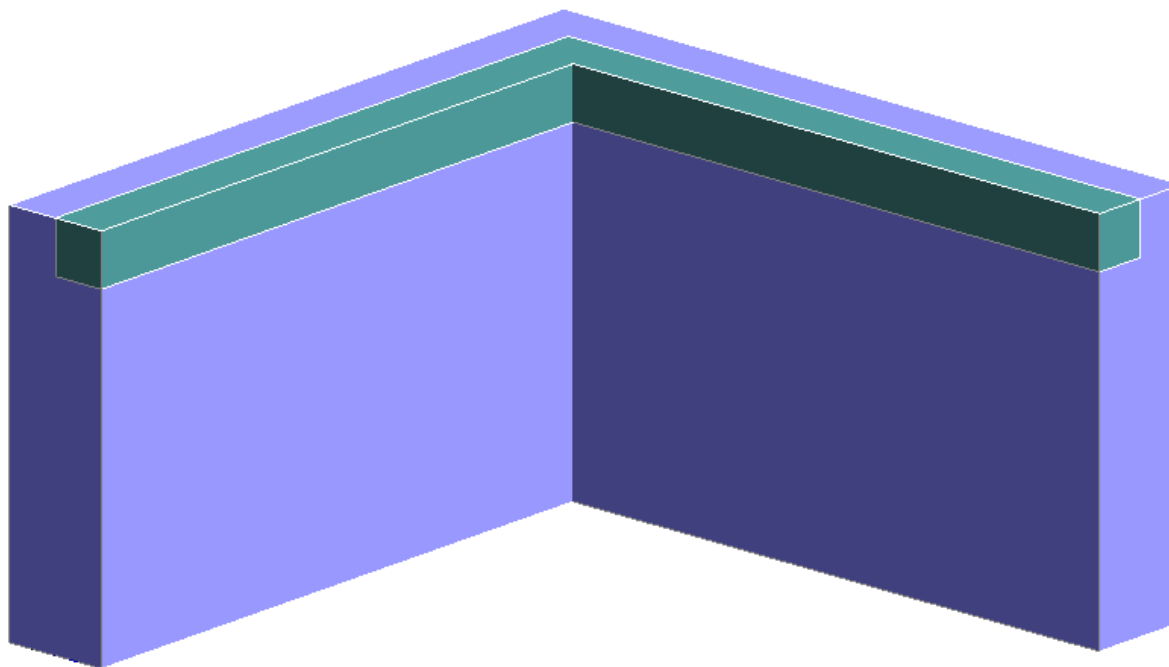


c) con cordolo e con
solaio rigido



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -



Cordolatura in “breccia”



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Inserimento di Cordoli -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Mancanza di collegamenti efficaci tra le pareti e/o tra le pareti e gli orizzontamenti di piano/coperture.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Favorisce il comportamento scatolare realizzando un collegamento continuo tra gli elementi strutturali (pareti, pareti-solai, pareti-coperture). Se applicato in sommità limita la vulnerabilità delle pareti per le azioni fuori dal piano.

Nella pratica quando sono stati adottati cordoli in c.a. in sommità insieme a coperture in latero-cemento si sono verificati collassi fuori dal piano delle parti sommatiali delle pareti murarie. Tale comportamento è dovuto al forte incremento di rigidità che da una parte richiama una maggiore forza sismica ed all'aumento di differenza di rigidità tra copertura e parete.

EFFICACIA

Il miglioramento del comportamento scatolare è difficilmente quantificabile a livello numerico. L'intervento se ben eseguito permette di prevenire la formazione di meccanismi locali. Se eseguito in sommità si riduce la lunghezza di inflessione libera della parte sommatiale delle pareti murarie.

FASI DI ESECUZIONE

1. Puntellatura del solaio o della copertura;
2. Nel caso di inserimento a livello di solaio, scasso nella muratura esistente;
3. Esecuzione del cordolo e collegamento con le strutture esistenti.

INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

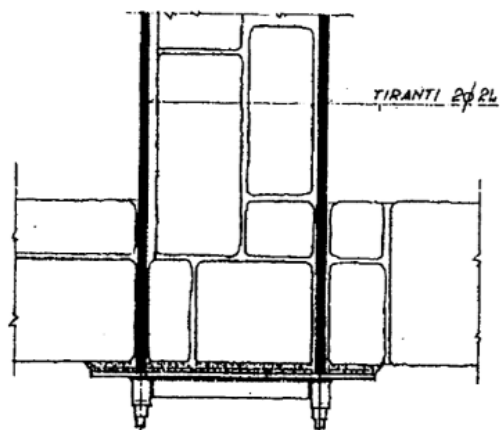
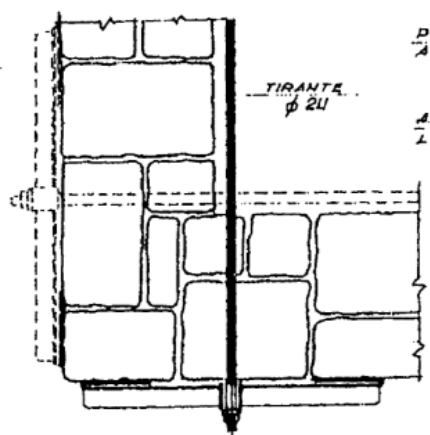
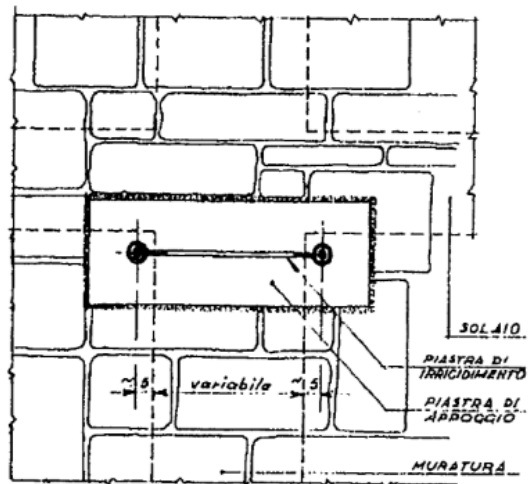
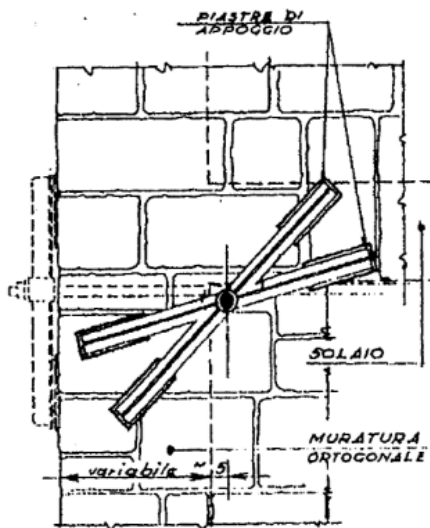
- Tirantature metalliche -

L'intervento consiste nell'inserimento di **elementi metallici ancorati alle murature** al fine di garantire un comportamento monolitico del complesso edilizio. Qualora possibile è opportuno pretendere i tiranti così da recuperare eventuali spostamenti dovuti a dissesti in atto. I tiranti possono essere disposti **all'interno o all'esterno delle murature**. Se applicato all'intero organismo è analogo alla cerchiatura.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- *Tirantature metalliche* -



Catena su arco



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -



Tiranti verticali



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Tirantature metalliche -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Appropriata nel caso di collegamenti inadeguati delle murature ortogonali e di vincoli non efficaci tra pareti e solai, per assorbire spinte non contrastate e prevenire collassi fuori dal piano.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Miglioramento dello schema strutturale attraverso un funzionamento monolitico del complesso edilizio. Riduzione delle spinte orizzontali trasmesse alle murature verticali da strutture spingenti. Maggiore duttilità. Utile anche nel caso di opere di consolidamento provvisori.

EFFICACIA

In relazione allo stato di presollecitazione ed alla piastra di appoggio. Determinante è la capacità dell'elemento di contrasto a trasferire l'azione del tirante alla muratura senza generare stati tensionali insostenibili. Non sono consigliate lunghezze maggiori di 20m cui corrispondono maggiori deformazioni e quindi una ridotta efficacia dell'azione di contenimento.

FASI DI ESECUZIONE

1. Preparazione delle pareti;
2. Foratura delle pareti e/o dei solai;
3. Scasso nelle murature per inserimento delle piastre di ancoraggio;
4. Eventuale miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle zone di ancoraggio;
5. Inserimento dei tiranti;
6. Messa in tensione dei tiranti;
7. Chiusura della zona di ancoraggio.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

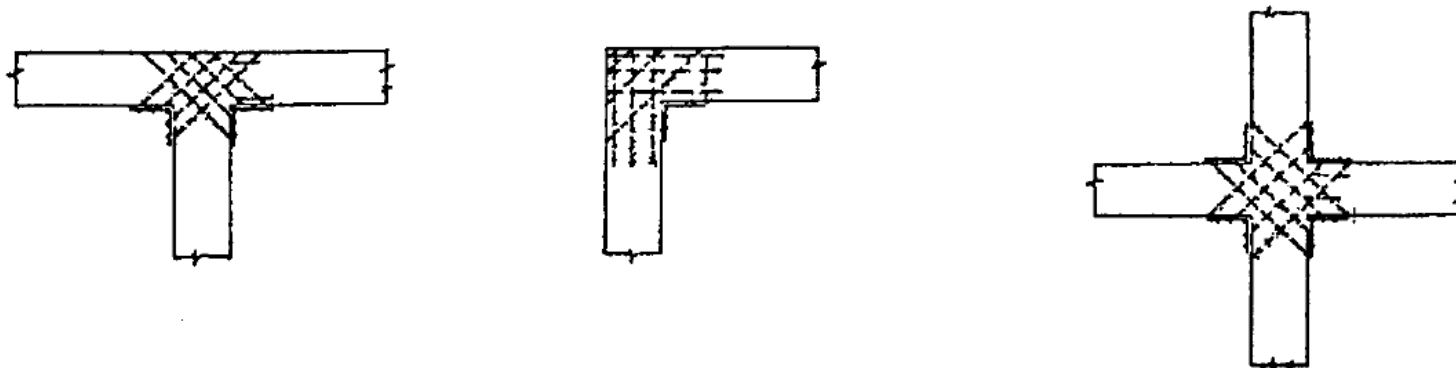
- Iniezioni armate -

L'intervento consiste nel disporre **armature all'interno della muratura**, inserendoli in fori successivamente cementati con miscele leganti per iniezioni.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Iniezioni armate -



Iniezioni armate per ripristino delle intersezioni murarie.



Iniezioni armate per consolidamento di una volta a botte.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Iniezioni armate -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Appropriata nel caso di elementi non connessi, quali zone di angolo, ammorsamento murature ortogonali, ricongiungimento parti lesionate.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Incremento di resistenza e duttilità della muratura: in particolare aumento della resistenza a compressione in virtù della cementazione e di quella a trazione grazie alla presenza di armature metalliche.

Rispetto al consolidamento con iniezioni si è osservato un maggiore incremento di duttilità e capacità dissipativa ed un minore incremento della resistenza e della rigidezza.

EFFICACIA

L'ordinanza non valuta l'efficacia di questa tipologia di intervento che, in accordo a quanto riportato in precedenza, può essere assimilata all'intervento con iniezioni.

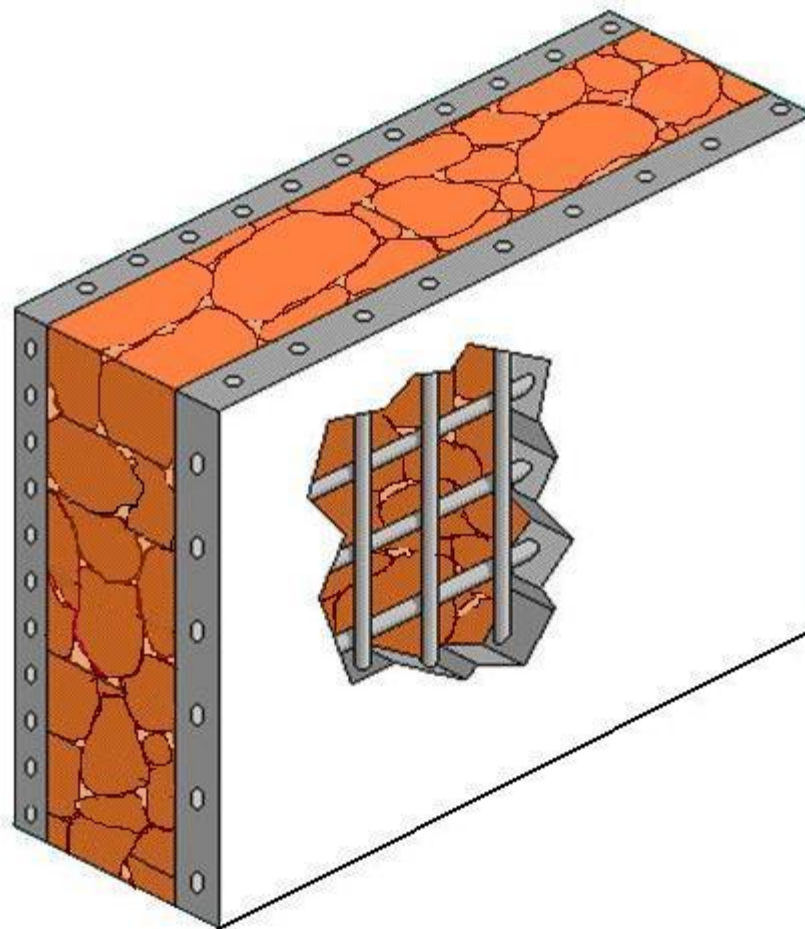
FASI DI ESECUZIONE

1. Perforazione della muratura per la messa in opera delle armature (generalmente i fori sono inclinati);
2. Pulitura dei fori al fine di garantire una perfetta aderenza tra muratura e miscela legante;
3. Posizionamento della armature (talvolta è necessario realizzare degli ancoraggi per evitare l'eventuale sfilamento);
4. Esecuzione delle iniezioni.

INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Intonaco armato -

L'intervento consiste nel realizzare in aderenza alla superficie muraria delle **lastre di materiale a base cementizia armate** con una rete metallica, o di altro materiale ad alta resistenza, e rese solidali alla muratura (attraverso tiranti passanti in acciaio con un numero di almeno 5 per ogni metro quadrato di parete).





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Intonaco armato -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- *Intonaco armato* -



Reti in Fibra di Vetro

INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- *Intonaco armato* -



Reti in Fibra di Vetro



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Intonaco armato -

Vantaggi:

- Elevate resistenza chimica (ambienti aggressivi)
- Elevate prestazioni meccaniche
- Elevata resistenza termica
- Leggerezza nel trasporto
- Semplicità di installazione
- Elevate proprietà dielettriche e amagnetiche (no gabbia di Faraday)
- Elevata resistenza ai raggi ultravioletti (applicazioni esterne)
- Compatibilità con materiali da costruzioni
- Buona aderenza con il calcestruzzo
- Limitato spessore
- Facilità di modellazione su superfici curve (volte, archi, ecc..)





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- *Intonaco armato* -



Rinforzo di solai



Rinforzo pavimentazioni



Recinzioni



Consolidamento opere murarie



Consolidamento volte



Rinforzo manti stradali



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

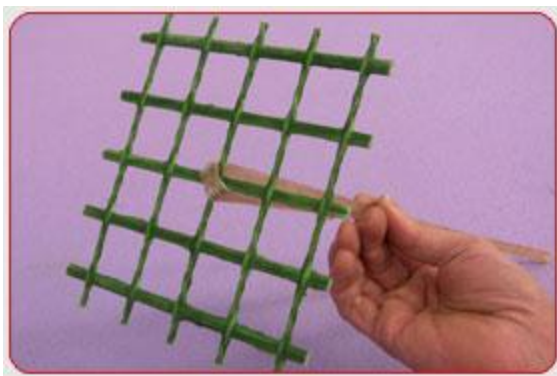
- *Intonaco armato* -



Angolari



Pezzi speciali



Ancoraggi



Ancoraggi



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Intonaco armato -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Appropriata per le murature in stato di degrado particolarmente avanzato (in presenza di quadri fessurativi complessi ed estesi) e nei casi in cui sia necessario un notevole incremento di resistenza.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Incremento di resistenza e duttilità senza modificare l'equilibrio delle pareti.

Facilità e basso costo di esecuzione.

L'intervento presenta anche notevoli svantaggi: modifica della rigidezza e quindi della risposta sismica; aumento di massa; alterazione dell'aspetto esteriore della muratura.

EFFICACIA

L'efficacia dell'intervento è strettamente legata alla capacità dei connettori trasversali di trasmettere/ripartire le azioni. Sconsigliata l'applicazione ad una sola faccia della parete.

L'ordinanza valuta l'efficacia di questa tipologia di intervento con un fattore variabile tra 1.5 e 2.5 sia per le caratteristiche di resistenza che per i moduli elastici.

FASI DI ESECUZIONE

1. Preparazione della parete attraverso pulizia e messa a vivo del paramento murario;
2. Perforazione della muratura per la messa in opera delle armature di collegamento (o scasso nel caso in cui il collegamento sia realizzato con cordoli ammorsati);
3. Posizionamento della rete metallica
4. Getto della lastra (secondo lo spessore definito)



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Cerchiatura aperture -

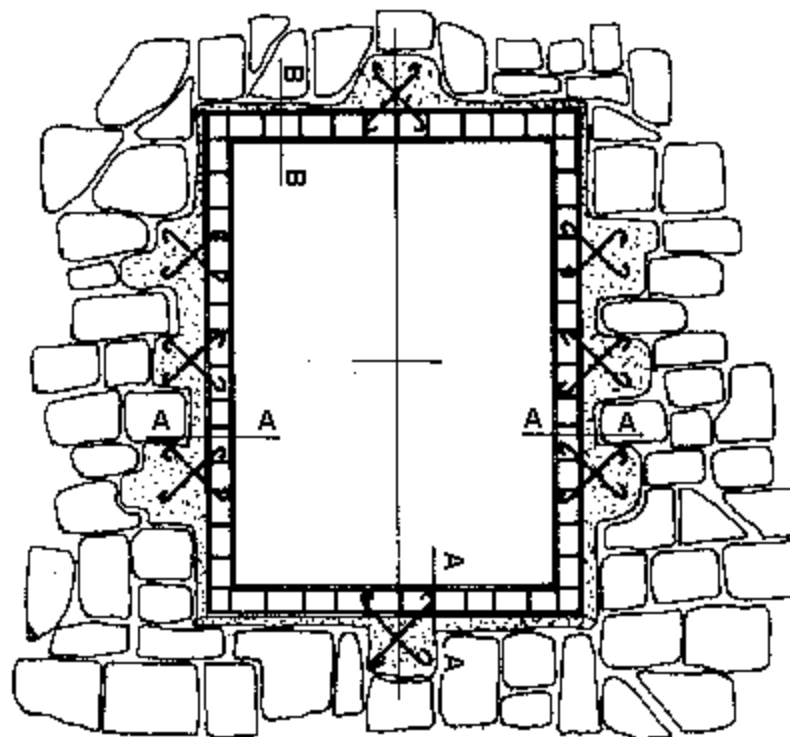
Questo intervento consiste nell'**inserimento di telai in c.a. o in acciaio** per realizzare la riquadratura delle aperture. I telai lavorano in parallelo con i maschi murari, e forniscono un incremento di resistenza e di duttilità alle pareti. E' necessario che i telai possiedano adeguata rigidità, ai fini della loro entrata in carico, e siano realizzati a perfetto contatto con la muratura esistente.





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Cerchiatura aperture -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Cerchiatura aperture -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Cerchiatura aperture -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Necessità di rinforzi diffusi. Insufficiente resistenza strutturale.

VANTAGGI/SVANTAGGI

Limitato incremento di resistenza.

Permette di sopperire alla mancanza di architravi strutturalmente efficienti.

Riduzione delle dimensioni dei vani, a meno di non operare scassi nella muratura esistente.

EFFICACIA

L'incremento di resistenza è limitato al rapporto tra le aperture sulla fascia piena. Determinante per l'efficacia è il collegamento con le strutture esistenti.

FASI DI ESECUZIONE

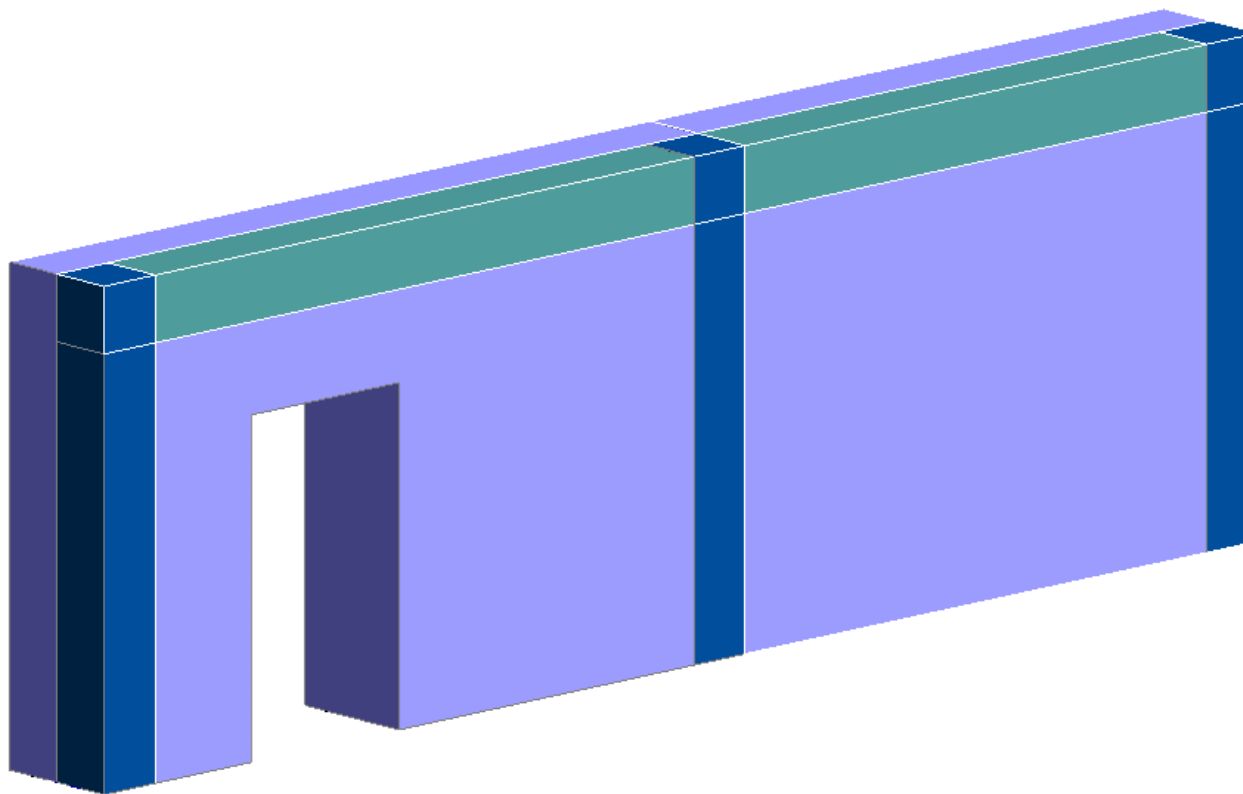
Le fasi di esecuzione in questo caso si limitano semplicemente alle seguenti lavorazioni:

1. Preparazione delle pareti nell'intorno interessato ai vani;
2. Eventuale scasso nella muratura esistente;
3. Inserimento dei telai metallici;
4. Connessione dei telai con la muratura esistente.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Elementi in breccia -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Iniezioni di Miscele leganti -

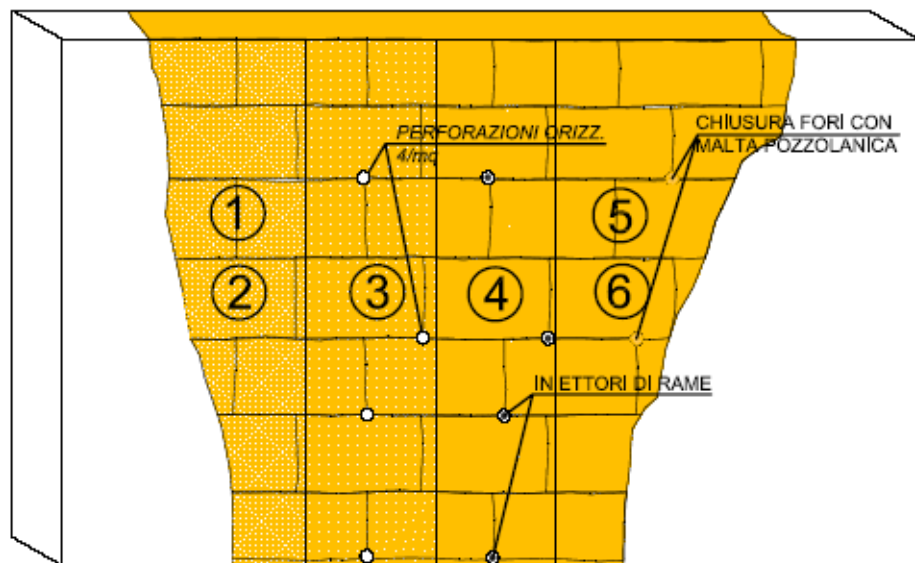
L'intervento consiste nel **far penetrare la miscela legante** in pressione o per colo, a seconda dello stato di degrado della muratura, **nei vuoti** presenti in modo da ripristinare o migliorare le caratteristiche meccaniche del paramento murario. Le miscele sono costituite da materiale di vario genere sempre in continuo sviluppo e pertanto la progettazione deve essere eseguita con particolare attenzione in relazione al supporto in esame. In generale devono essere antiritiro (a ritiro compensato) e devono garantire una compatibilità chimico-fisico-meccanica con gli elementi esistenti (malta e inerti).





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Iniezioni di Miscele leganti -



- 1) PULIZIA E MESSA A VIVO DEL PARAMENTO MURARIO
- 2) STUCCATURA DELLE FESSURE E LESIONI CON MALTA POZZOLANICA
- 3) PERFORAZIONI ORIZZONTALI NEI GIUNTI DI MALTA
- 4) POSIZIONAMENTO NELLE PERFORAZIONI DI TRONCHETTI DI RAME (INIETTORI) E SUCCESSIVO LAVAGGIO
- 5) INIZIONE DELLA MISCELA
- 6) RIMOZIONE DEGLI INIETTORI E CHIUSURA DEI FORI CON MALTA POZZOLANICA ED INERTI



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Iniezioni di Miscele leganti -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Appropriata in presenza di lesioni diffuse e per murature che presentano vuoti interni e buone caratteristiche meccaniche degli inerti (anche se fratturati).

VANTAGGI/SVANTAGGI

Intervento “passivo” che garantisce un incremento di resistenza e/o il ripristino di danneggiamenti locali senza alterare l’equilibrio né l’aspetto esteriore della muratura.

Miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura.

EFFICACIA

L’efficacia dell’intervento è strettamente legata alla capacità di diffusione della miscela. L’intervento risulta quindi inefficace nel caso di murature che per loro natura sono scarsamente iniettabili.

L’ordinanza valuta l’efficacia di questa tipologia di intervento con un fattore variabile tra 1.5 e 2 sia per le caratteristiche di resistenza che per i moduli elastici. Si ritiene comunque opportuno eseguire prove meccaniche in sito per controllare l’effettivo raggiungimento della resistenza ipotizzata in sede di progettazione. Un utile e facile confronto può essere eseguito con prove ultrasoniche (l’incremento di velocità è indice di una buona efficacia delle iniezioni)

FASI DI ESECUZIONE

1. Preparazione della parete attraverso pulizia e messa a vivo del paramento murario;
2. Stuccatura delle fessure e delle lesioni in modo da evitare la fuoriuscita della miscela durante le operazioni di iniezione;
3. Perforazioni orizzontali nei giunti di malta (la geometria dei fori deve essere attentamente progettata in relazione al raggio di azione della miscela legante);
4. Posizionamento nelle perforazioni di iniettori e successivo lavaggio in modo da eliminare eventuali detriti e da saturare la muratura evitando l’assorbimento di questa del materiale iniettante;
5. Iniezione della miscela secondo la tecnica definita: per pressione, per gravità, per depressione;
6. Rimozione degli iniettori e chiusura dei fori.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- FRP -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- FRP -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- FRP -



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

- FRP -



Applicazione di fibre di carbonio su volte e archi



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Sistema CAM -

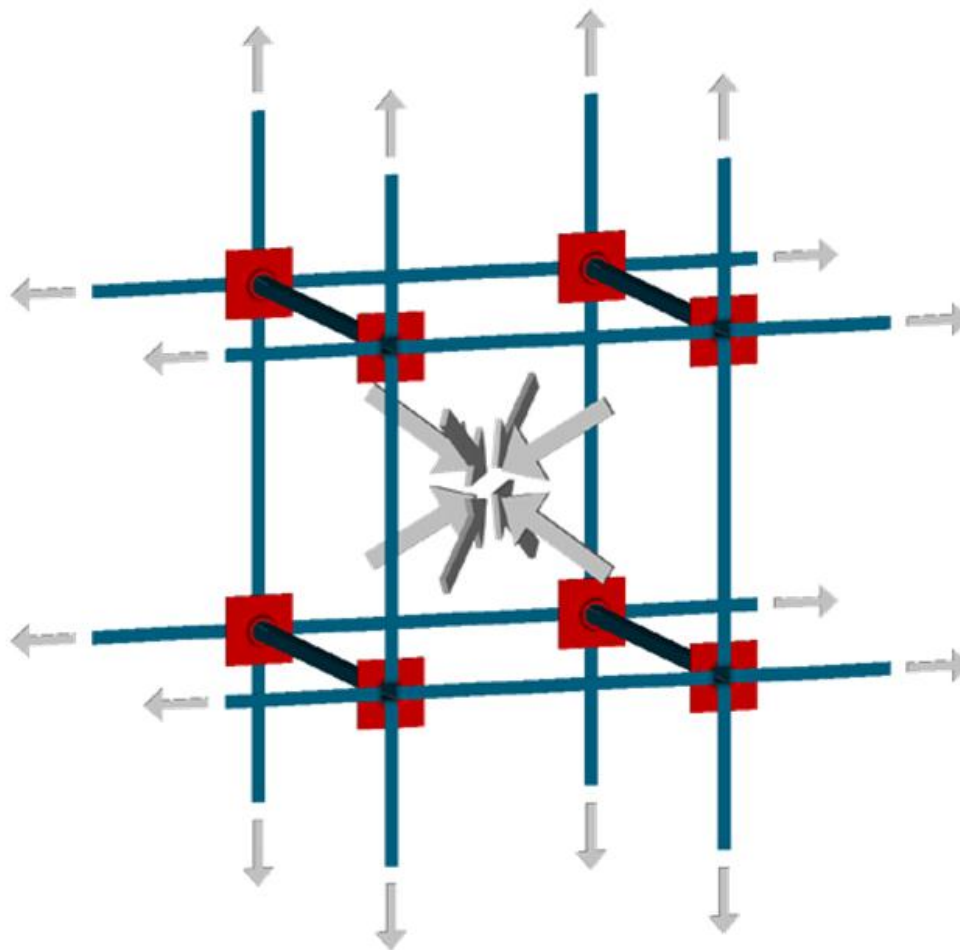
Questo intervento consiste nella Cucitura armata Attiva della Muratura (CAM) (Dolce et al. 2002) consiste, infatti, in un **“impacchettamento” della muratura con nastri in acciaio inox** disposti nelle direzioni orizzontale e verticale, passanti attraverso lo spessore murario, e richiusi su se stessi attraverso reggette previa applicazione di una pretensione. Questo intervento è considerato dall'Allegato 11.E dell'OPCM 3431 (sistemi di tirantature diffuse nelle tre direzioni ortogonali).





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Sistema CAM -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Sistema CAM -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

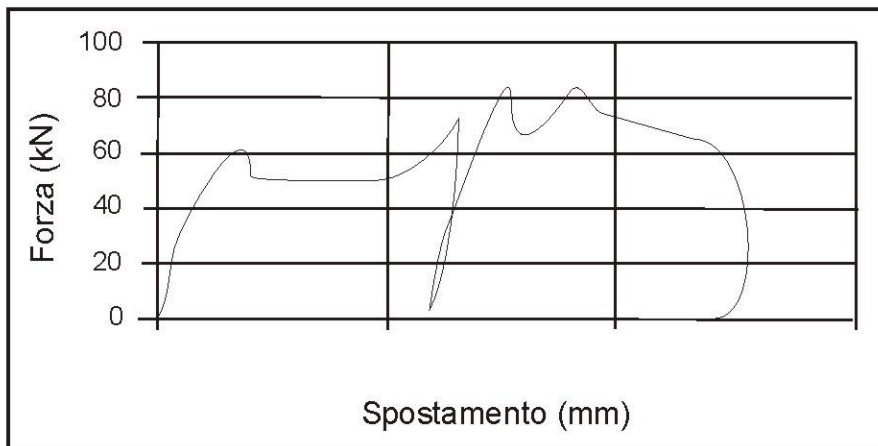
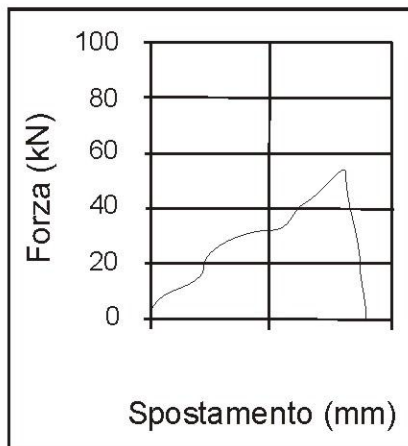
- Sistema CAM -





INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Sistema CAM -



Diagrammi Forza-Spostamento di un pannello senza e con sistema CAM



INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

- Sistema CAM -

CAMPO DI APPLICAZIONE

Prevenzione della disgregazione della tessitura muraria. Può essere applicato in caso di necessità di rinforzi diffusi. Adatto ad interventi di messa in sicurezza temporanea per la sua celerità di applicazione

VANTAGGI/SVANTAGGI

Incremento di resistenza e duttilità, in modo analogo all'intervento con intonaco armato. Differentemente da quest'ultimo, però, non ne presenta le controindicazioni: comporta, infatti, una variazione di massa trascurabile, presenta interazioni minime con gli impianti e permette una regolare evaporazione dell'acqua di risalita capillare. Incremento di capacità nei confronti del collasso per schiacciamento grazie all'azione benefica delle forze di coazione.

Per adeguamenti definitivi deve essere integrato con altri interventi.

EFFICACIA

L'ordinanza non valuta l'efficacia di questa tipologia di intervento che, in accordo a quanto riportato in precedenza, può essere assimilata all'intervento con intonaco armato.

FASI DI ESECUZIONE

1. Preparazione degli elementi da rinforzare, attraverso rimozione dell'intonaco e stuccatura di eventuali lesioni;
2. Tracciamento del percorso dei nastri e esecuzione dei fori;
3. Allettamento dei fori e delle zone di angolo;
4. Posizionamento dei nastri pretesi e chiusura/sigillatura.

www.angelobiondi.com