

*Building and Construction for Engineers*

# L'Edilizia

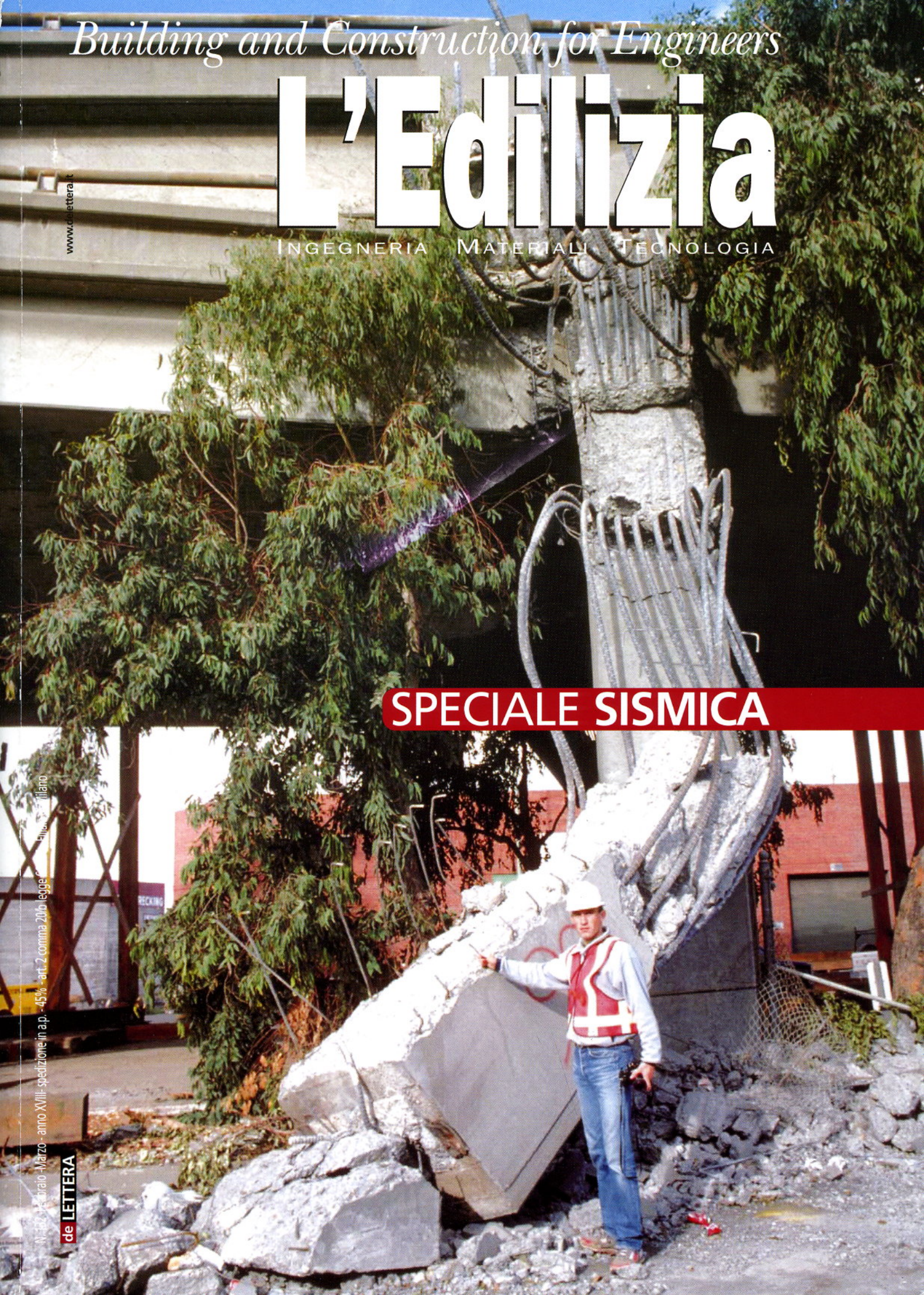
INGEGNERIA MATERIALI TECNOLOGIA

www.edillettera.it

**SPECIALE SISMICA**

N. 102 - febbraio - Marzo - anno XVIII - speciazione in a.p. - 45% - art. 2 comma 20b legge 66/2011 - Milano

de LETTERA



## TUTTE LE FASI DELL'INTERVENTO

### 1) LA PERFORAZIONE



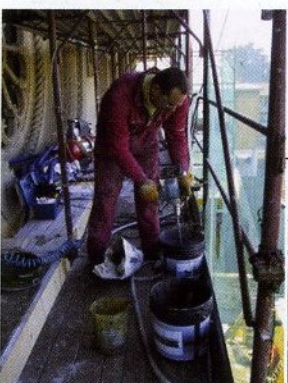
L'installazione delle ancore è stata effettuata all'interno di fori realizzati nella muratura da consolidare per mezzo di carotatrici con sonda diamantata, con funzionamento a sola rotazione, in modo tale da evitare effetti di vibrazione e percussione sulle strutture murarie. Dovendo operare su murature interamente intonacate, è stato necessario limitare il più possibile l'utilizzo di acqua, adottando particolari tecniche di raffreddamento della sonda, per evitare il danneggiamento di queste superfici. La differente natura degli elementi costituenti la muratura mista, mattoni e pietre di diversa composizione, ha reso ancora più complesse le perforazioni, tenendo conto della notevole lunghezza dei perfori.



### 2) L'ASSEMBLAGGIO E L'INSERIMENTO DELLE ANCORE



Sono state utilizzate ancore del tipo **Cintec Grip Bar**, barre in acciaio inox con filettatura continua a tutta lunghezza (diametro di 20 mm e lunghezze fino a 21 m), dotate di calza in tessuto poliestere e dispositivi di iniezione. Tali ancore sono state assemblate in cantiere con appositi manicotti di giunzione per la realizzazione delle connessioni e successivamente posizionate all'interno dei fori realizzati nella muratura. In foto: l'assemblaggio e l'inserimento delle parti centrali costituenti una delle ancore longitudinali della navata centrale.



### 3) LA PREPARAZIONE DELLA MALTA

La malta Presstec, miscelata con acqua (a sinistra), è stata inserita nell'apposita pompa di iniezione a pressione costante e applicata con una pressione di circa 3 - 4 bar (a destra).

PAGINA PRECEDENTE 1, 2  
.Principali lesioni e dissesti sulla muratura di facciata. 3. Lesioni sulle pareti perimetrali (navate laterali in prossimità della facciata). 4 a,b. Lesioni sulle aperture - trifore - (navata centrale, pareti perimetrali). 5 a,b. Prospetti.

### 4) L'INIEZIONE DELLA MALTA



La malta Presstec è stata iniettata gradualmente, a bassa pressione (circa 3,5 bar), attraverso gli appositi tubicini di iniezione fino a completa saturazione della calza. Per l'iniezione dei tratti interni alla muratura è stato predisposto oltre al tubicino di iniezione un secondo tubo di ispezione per il controllo dell'iniezione. Per le ancore con un'estremità a vista la certezza di aver completato l'iniezione viene verificata con la fuoriuscita, dalla maglia della calza, della parte più liquida della malta (latte) ad indicare che la calza, in pressione, ha raggiunto la completa saturazione.



1



2



3



4a



4b

La chiesa sorge su un terreno ghiaioso e argilloso con caratteristiche di instabilità che si ripercuotono sulle strutture in elevazione. I problemi più evidenti di carattere statico hanno interessato la navata centrale e la facciata, come denuncia il quadro fessurativo; estese lesioni verticali si sono rilevate anche in corrispondenza delle pareti perimetrali, nei tratti di muratura longitudinali prossimi alla facciata (figure 2, 3, 4).

di Elena Poverello  
Bossong-Cintec Dept.

A seguito dei monitoraggi sull'edificio e sul terreno, si è ritenuto opportuno intervenire principalmente sulle fondazioni,

realizzando delle palificazioni atte a garantire la stabilità del fabbricato e, successivamente, sulle strutture in elevazione. Per l'intervento di consolidamento delle strutture in muratura, facente parte di un programma generale, sono stati previsti l'inserimento all'interno dello spessore dei muri, in appositi perfori realizzati con carotatrici continue, di elementi di rinforzo in acciaio e la successiva iniezione di materiale consolidante, allo scopo di:

- 1) legare le porzioni di muratura sconnesse per la presenza di lesioni e distacchi, ripristinandone l'integrità strutturale;
- 2) collegare la muratura di facciata alle pareti longitudinali delle navate laterali e centrale;
- 3) cucire le lesioni esistenti;
- 4) incrementare le caratteristiche meccaniche delle strutture in muratura.

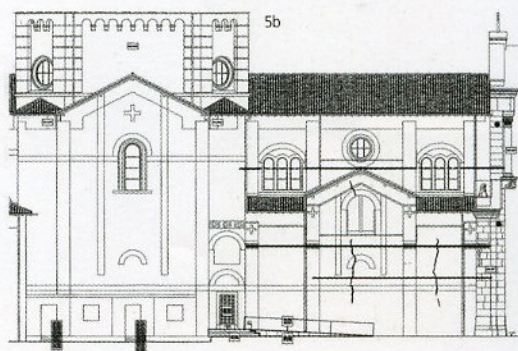
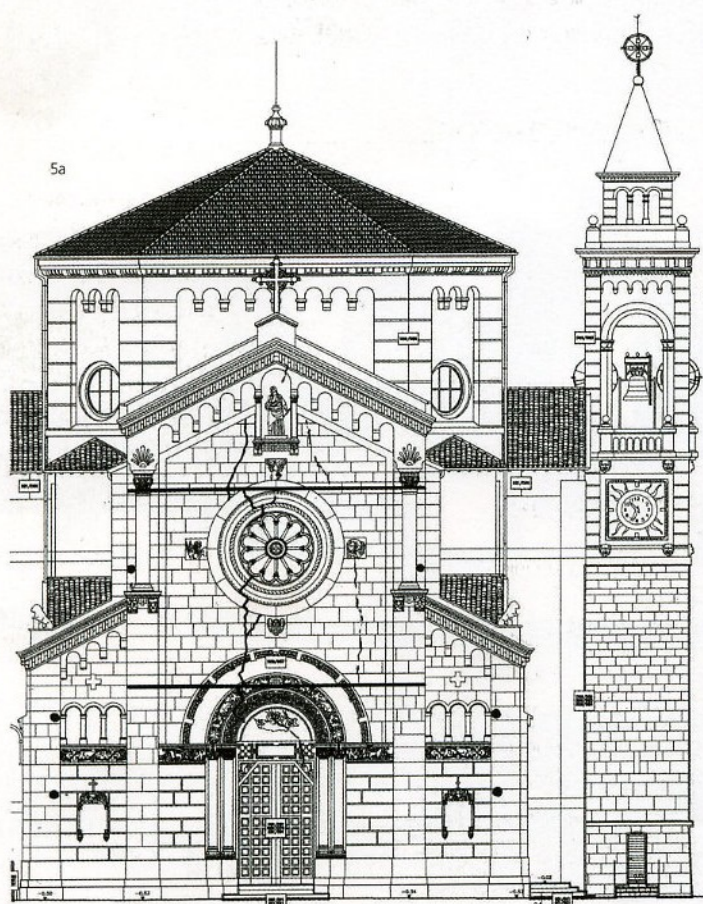
L'utilizzo della tecnologia Bossong-Cintec, costituita da barre in acciaio avvolte da una calza in tessuto poliestere, capace di garantire un efficace controllo del materiale iniettato ed un'omogenea distribuzione delle tensioni nella muratura, con basse sollecitazioni, ha permesso di evitare la dispersione del materiale iniettato attraverso le fessure e gli elementi di discontinuità, nonché di garantire l'aderenza e la collaborazione dei rinforzi in acciaio con la muratura su tutta la lunghezza, senza piastre di ancoraggio all'estremità.

*[Il sistema di rinforzo è passivo, in quanto non è prevista la tesatura dell'elemento in acciaio; le ancore giacciono all'interno della muratura, stabilizzando le deformazioni esistenti, ed entrano in azione nel momento in cui l'organismo edilizio viene sollecitato da eventuali nuove azioni esterne].*

Sulla base dei disegni di progetto e delle misurazioni in cantiere sono state definite, insieme ai progettisti, le posizioni e le dimensioni delle ancore, tenendo conto dell'articolazione della superficie della facciata (aggetti, colonnine, etc.) e degli elementi di discontinuità presenti nello sviluppo dei muri longitudinali (finestre, nicchie, etc.).

## Conservazione e antisismica

La tecnologia Bossong-Cintec per il consolidamento di edifici storici in muratura. L'intervento sulla chiesa dei SS. Bartolomeo Apostolo e Stefano Martire in Lallio (BG)



## L'INIEZIONE DELL'ANCORA



6a-f



IN QUESTA PAGINA 6 a,b,c,d,f. Sequenza relativa all'iniezione dell'ancora inserita nella parete longitudinale della navata centrale (lunghezza 21,10 metri). 7 a,b. Iniezione dell'ancora inserita nella parete longitudinale sinistra della navata laterale (lunghezza 19,15 metri).

PAGINA SEGUENTE 8. Test effettuato al JRC (Joint Research Centre) di Ispra, su un modello in scala reale del monastero di Sao Vicente de For a Lisbona. 9. Pannello murario rinforzato con ancore Cintec con barra singola. 10. Condizioni di carico: il confronto è fatto tra pannelli murari non rinforzati e rinforzati con ancore Cintec.

## IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA CINTEC

Le numerose aperture e buche pontai esistenti nei tratti di muratura interessati dall'intervento hanno permesso di documentare, con le diverse immagini di questo servizio, il principio di funzionamento del sistema Cintec, in cui viene mostrata la capacità della calza di adattarsi alle irregolarità del substrato, garantendo un efficace ancoraggio meccanico. A prova dell'avvenuta espansione della calza oltre il diametro della perforazione realizzata nel substrato, pari a 60 mm, sono stati registrati, in seguito all'indurimento della malta, in alcuni dei punti accessibili, i diametri effettivi di espansione, variabili tra 70 e 110 mm.



7a, b



### Il cantiere

#### CHIESA DEI SANTI BARTOLOMEO APOSTOLO E STEFANO MARTIRE IN LALLIO (BG)

Committente: Parrocchia di Lallio, Progettista interventi strutturali: Ing. Silvio Pacati (Bergamo), Progettista architettonico: Arch. Gualtiero Oberti (Azzonica di Sorisole - Bg), Impresa esecutrice delle opere: Impresa Ing. G. Pandini (Bergamo), Perforazioni e posa in opera ancore Bossong-Cintec: Diamantech (Nuvolento - Bs), Fornitura e consulenza tecnologia Bossong-Cintec: Bossong SpA, distributore esclusivo Cintec per l'Italia (Treviolo - Bergamo)

## SVILUPPI NEL CAMPO DEL MIGLIORAMENTO ANTISISMICO DEGLI EDIFICI

La nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica, introdotta con l'Ordinanza 3274, interessa sia gli edifici di nuova costruzione che quelli esistenti: per questi ultimi le problematiche legate alla necessità e alle modalità di intervento sono strettamente connesse alla conoscenza del manufatto. Nel momento in cui, poi, si deve operare su edifici di rilevanza storica, alla conoscenza del manufatto si aggiunge la necessità di effettuare interventi il più possibile rispettosi dell'esistente ed eventualmente capaci di mantenere la funzionalità originaria dei singoli elementi strutturali e dell'organismo costruttivo nella sua complessità.

A tale scopo, la ricerca svolge un ruolo fondamentale per l'introduzione di nuove tecniche di intervento o di particolari applicazioni di tecnologie esistenti, che abbiano come principale obiettivo il miglioramento/adeguamento di edifici in muratura; tale ricerca deve però essere supportata da un'adeguata sperimentazione che possa offrire ai progettisti i parametri necessari per il calcolo e la progettazione degli interventi.

Nell'ambito del consolidamento delle strutture in muratura mediante applicazione di elementi di rinforzo in acciaio, resi solidali alla muratura con iniezione di materiali consolidanti, si sono già condotte diverse sperimentazioni e applicazioni su casi reali con l'appoggio di centri di ricerca come il JRC (Joint Research Center) di Ispra, mentre sono in corso nuove ricerche in collaborazione col Politecnico di Milano. Obiettivo dello studio è la valutazione del comportamento, sotto carico ciclico, delle strutture in muratura rinforzate con la tecnologia Bossong-Cintec, in vista di un utilizzo in zona sismica. Come nel caso della muratura armata, anche per il rinforzo di edifici in muratura esistenti si può prevedere l'introduzione di armature verticali ed orizzontali all'interno della muratura, al fine di:

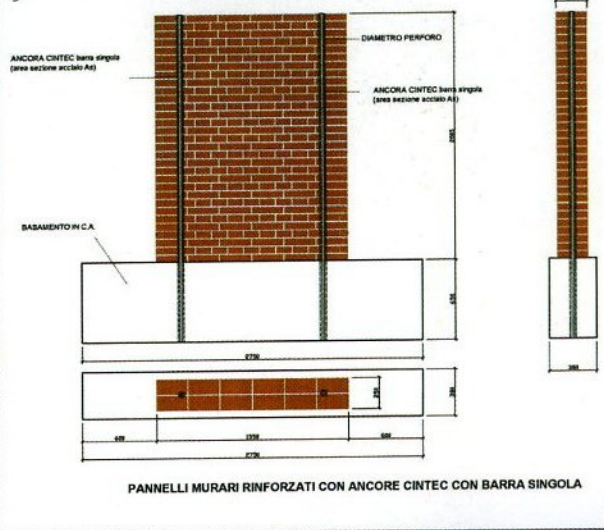
- conseguire un aumento della resistenza a flessione sia per azioni ortogonali che parallele al piano della muratura, con conseguente aumento della stabilità dell'edificio nei confronti delle azioni orizzontali (vento, sisma);
- evitare collassi successivi alla fessurazione e mantenere l'integrità della parete con un sensibile aumento della duttilità ed una diminuzione della suscettibilità al danneggiamento.

Per quanto riguarda gli elementi orizzontali, l'inserimento di armature orizzontali di rinforzo, all'interno delle murature, per realizzare anelli di cerchiatura, consente di collegare i muri portanti ed i muri di controventamento, allo scopo di favorire il comportamento di tipo "scatolare" della struttura. La schematizzazione adottata per lo studio delle armature verticali prevede la suddivisione di un organismo edilizio in paramenti murari e di ciascun paramento in pannelli: lo studio sperimentale si può effettuare su un singolo pannello murario isolato per il quale si testano varie soluzioni di armatura sotto diverse condizioni di carico. Il sistema di rinforzo dovrà essere progettato in modo tale da massimizzare la capacità di dissipazione dell'energia degli elementi strutturali.

8

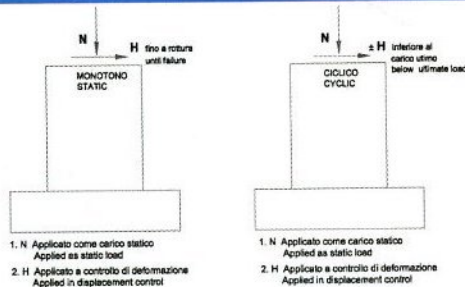


9

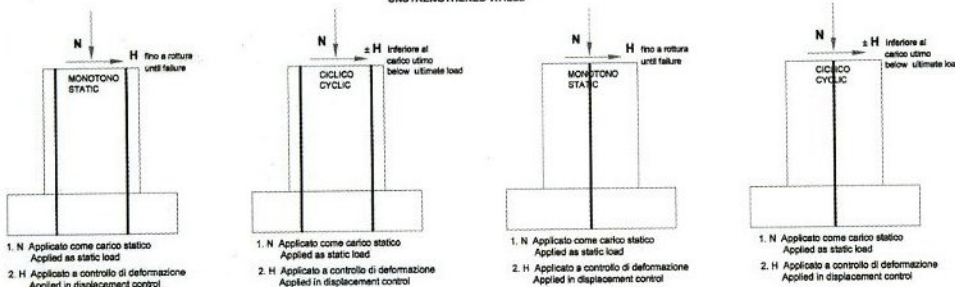


PANNELLI MURARI RINFORZATI CON ANCORE CINTEC CON BARRA SINGOLA

10



1.A PANNELLI MURARI NON RINFORZATI UNSTRENGTHENED WALLS



1.B PANNELLI MURARI RINFORZATI CON ANCORE CINTEC CON BARRA SINGOLA  
CINTEC SINGLE BARS ANCHORS STRENGTHENED WALLS

1.C PANNELLI MURARI RINFORZATI CON ANCORE CINTEC MULTIBARRA  
CINTEC MULTIBAR ANCHORS STRENGTHENED WALLS