



Patrocinato da →

CHIMETEC s.a.s.



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI TRAPANI

ORDINE DEGLI
INGEGNERI DI TRAPANI

IL SISTEMA '**CAM**' PER IL
CONSOLIDAMENTO E MIGLIORAMENTO
SISMICO DELLE STRUTTURE

**Nuove tecniche di protezione
sismica nelle costruzioni**

WWW.CHIMETEC.COM

CHIMETEC s.a.s.

Via Archimede 240, Ragusa

TRAPANI 24 GIUGNO 2011



PROBLEMI DI STABILITA' → ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

GLOBALE:

cattivi collegamenti tra pareti → instabilità fuori dal piano

manca di collegamenti tra orizzontamenti e pareti → sfilamento delle travi

LOCALE:

manca di collegamenti tra paramenti → esplosione delle murature a sacco

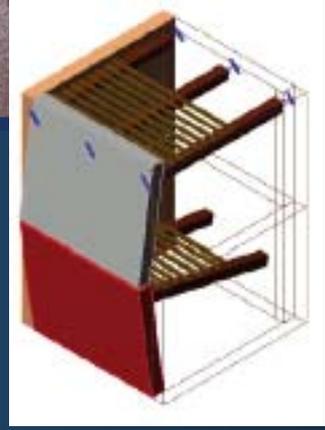
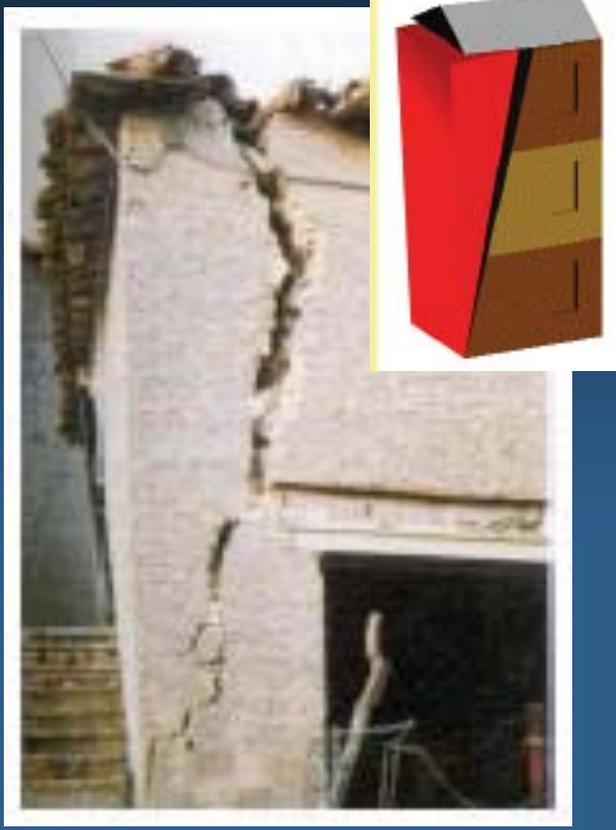
tessitura muraria disordinata + legante di scarse qualità → collasso apparecchio murario

GERARCHIA DEI MECCANISMI DI COLLASSO

Collasso per articolazione-dislocamento tra corpi rigidi: EQUILIBRIO



Non si arriva a coinvolgere la RESISTENZA dei materiali costituenti



Passare dal collasso per INSTABILITA' (mancanza di equilibrio)



Al collasso per RESISTENZA

Incremento dell'Equilibrio GLOBALE

Impostazione CONNESSA dei sistemi (pareti, solai, ...)

Sistemi di forze chiusi (coperture spingenti)

Ricentraggio delle azioni (solai eccentrici sullo spessore)

→ Comportamento “a SCATOLA”

Incremento dell'Equilibrio LOCALE

COMPATTAZIONE dell'apparecchio murario

→ Azione di “COMPENSAZIONE delle SPINTE INTERNE”

INCREMENTO della RESISTENZA

* **ATTIVAZIONE** della resistenza degli inerti (Compensazione del legante)



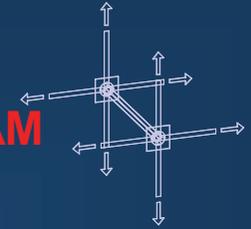
Incremento della resistenza a compressione mediante **CONFINAMENTO**

* **COMPENSAZIONE** della resistenza a sola compressione

(vulnerabilità alle azioni di taglio e di flessione)



INSERIMENTO di resistenza a trazione

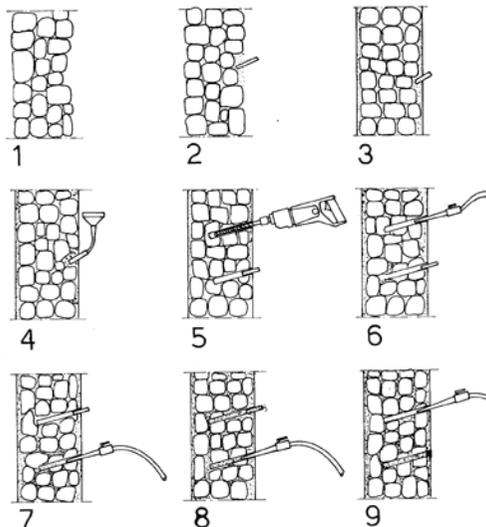


INIEZIONI

Principali **INCONVENIENTI**

- incertezza del risultato
- disuniformità
- forte concentrazione
- onerosità

Figure tratte dal
COMMENTARIO ANIDIS-SSN 1998
 alla
 Circolare Min. L.L. PP. 10 Aprile 1997 n. 65/AA.GG.
 Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le
 costruzioni in zone sismiche"
 di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
 Suppl. al n. 97 della G.U. del 28 Aprile 1997



- legenda:**
1. Stato iniziale della muratura.
 2. Posa in opera di ugelli per eventuali preiniezioni.
 3. Esecuzione degli intonaci.
 4. Esecuzione delle preiniezioni.
 5. Esecuzione delle perforazioni.
 6. Lavaggio del muro.
 7. Esecuzione della prima iniezione.
 8. Fuoriuscita della miscela dal foro più prossimo.
 9. Sigillatura del primo foro ed esecuzione della seconda iniezione.

Fig. 13.9 - Fasi dell'intervento di consolidamento con iniezioni cementizie (3).

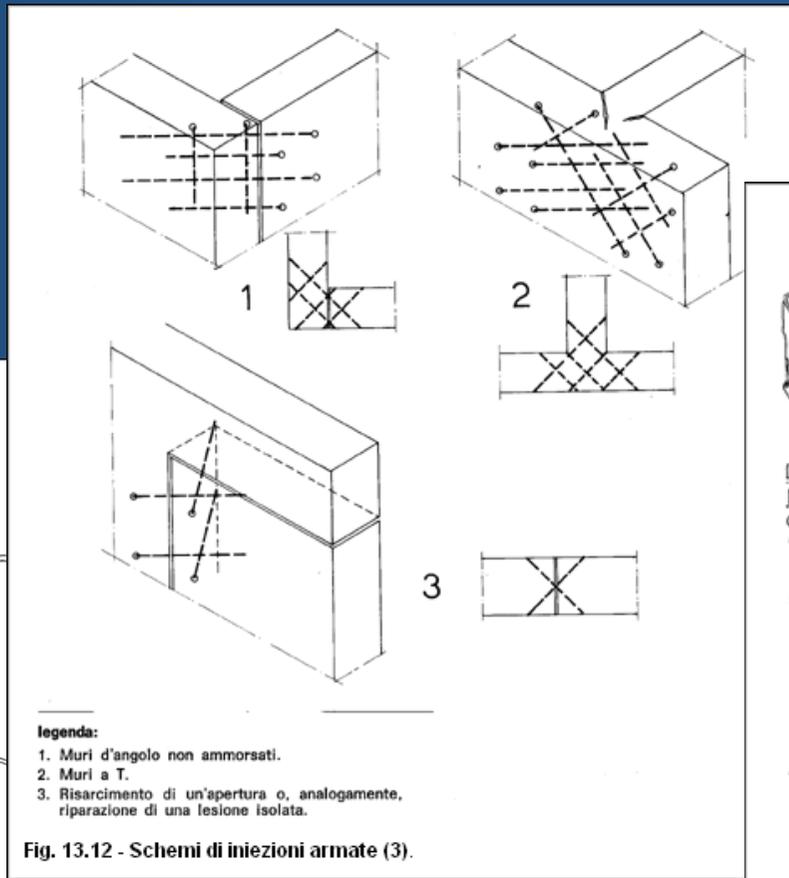


Fig. 13.12 - Schemi di iniezioni armate (3).

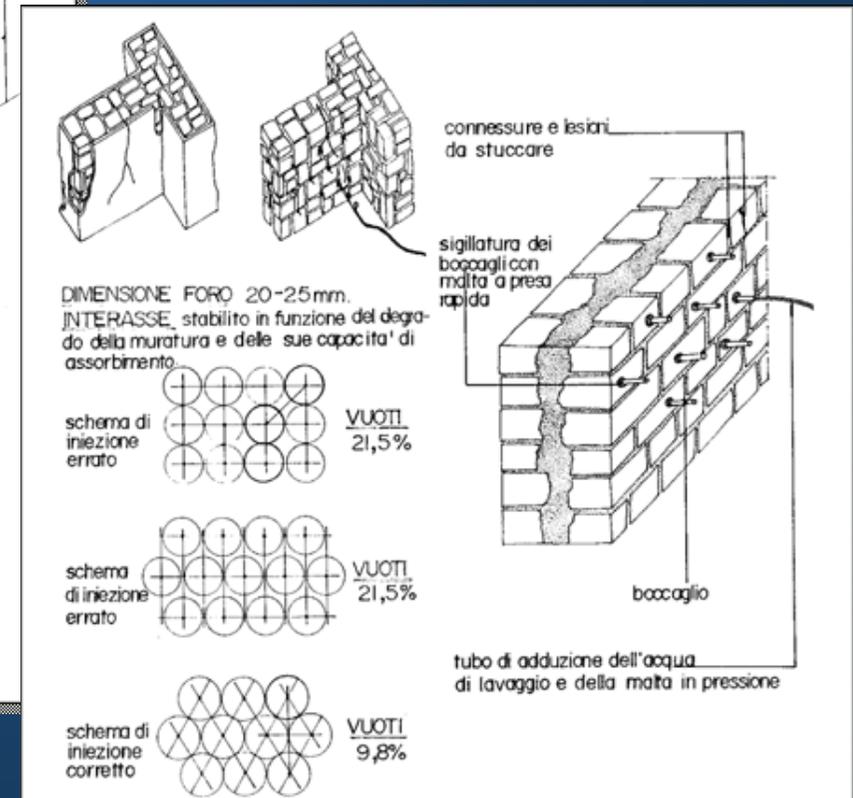
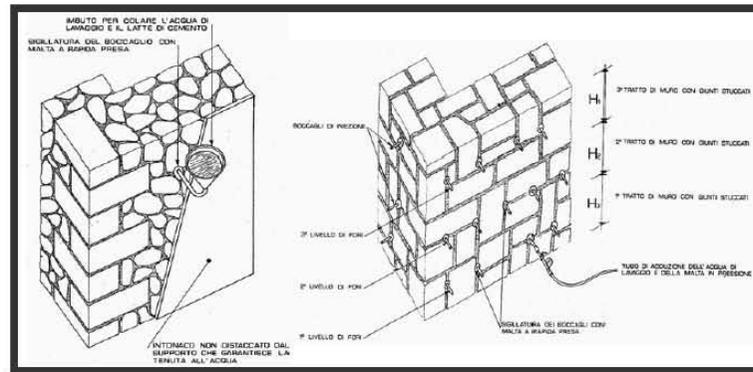


Fig. 13.11 - Schemi di iniezione (11).

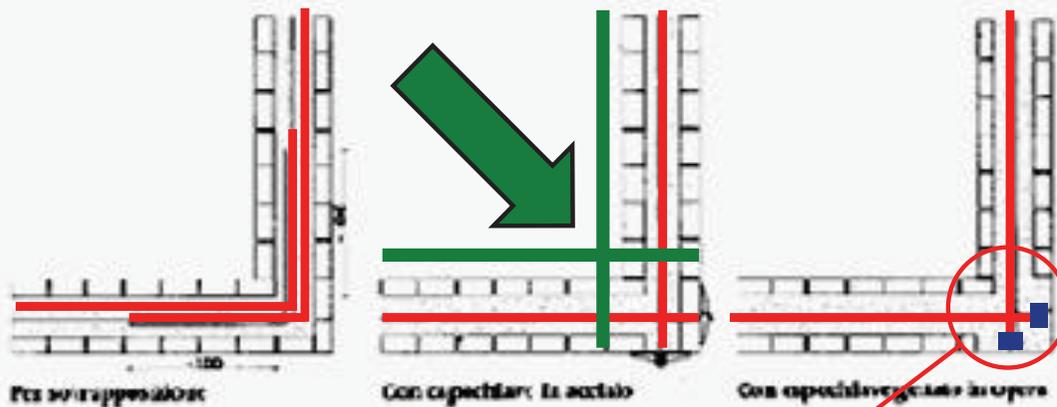
Iniezioni di miscele leganti



OPCM 3431 E NTC 2008

L'adozione di iniezioni di miscele leganti mira al **miglioramento delle caratteristiche meccaniche** della muratura da consolidare. A tale tecnica, pertanto, **non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature tra i muri e quindi di migliorare, se applicata da sola, il comportamento d'assieme della costruzione.** Tale intervento risulta inefficace se impiegato su tipologie murarie che per loro natura siano scarsamente iniettabili (scarsa presenza di vuoti e/o vuoti non collegati tra loro).

ANCORAGGI ANGOLE



Per sviluppo

Con capofila in acciaio

Con esplicito divergendo in opera

ANCORAGGIO TRIANGOLO REALIZZATO IN OPERA

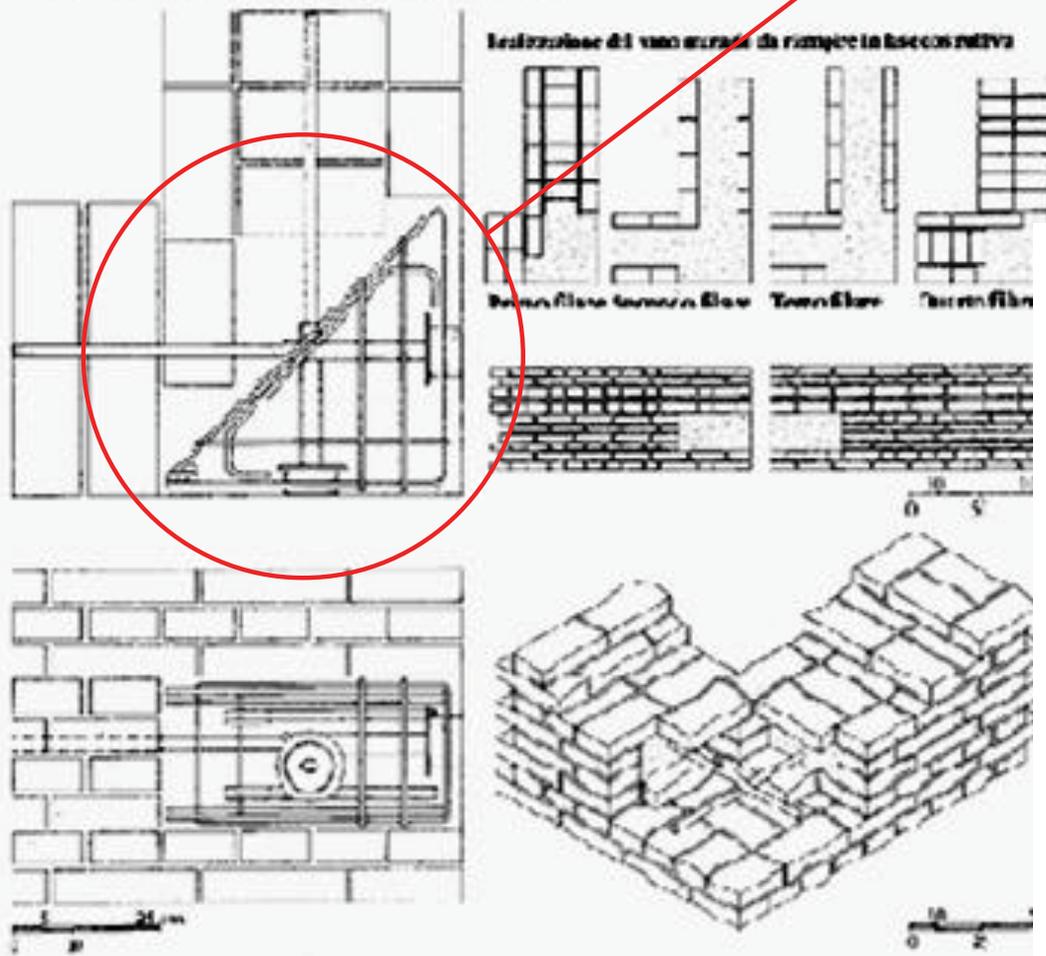
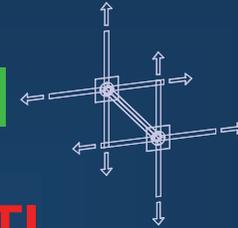


Fig. 13.15 - Incatenamenti d'angolo (7).

INCATENAMENTI



Principali INCONVENIENTI

- ⇒ difficoltà di posa in opera
- ⇒ capochiave estesi ⇒ visibilità
- ⇒ concentrazione dei carichi
- ⇒ possibilità di riduzione significativa delle sezioni resistenti
- ⇒ eccentricità

COMMENTARIO ANIDIS-SSN 1998 alle

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE" DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 16 GENNAIO 1996.

13.2.3. Provvedimenti tecnici di intervento (punto C.9.83 e Appendice 3 della Circolare Ministeriale)

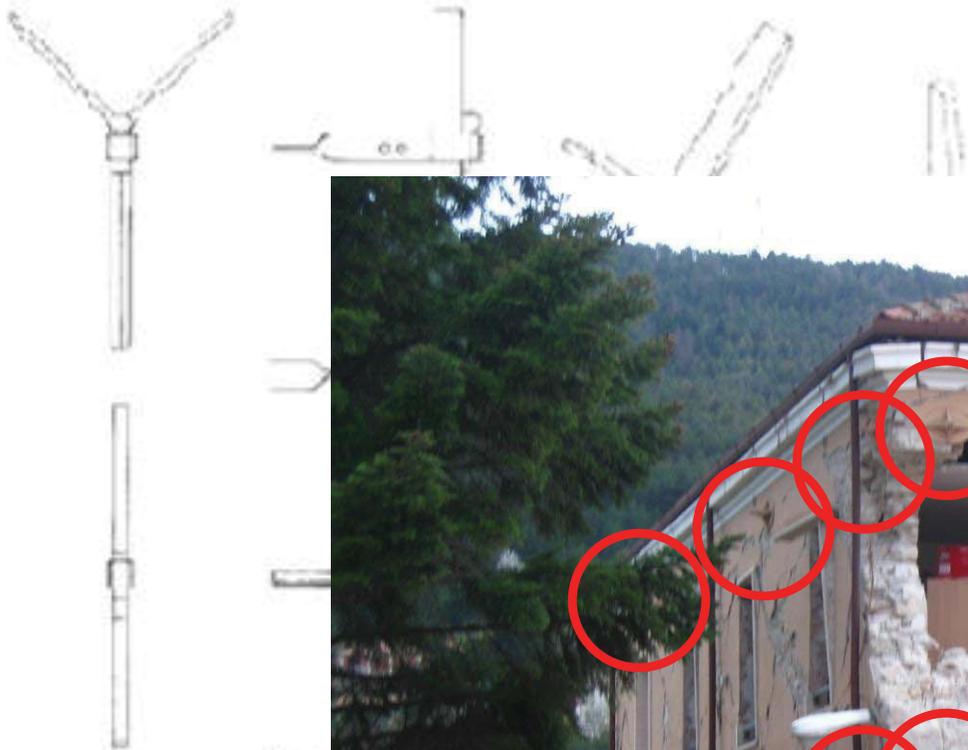
a.4) Tirantature

L'inserimento di tiranti (7, 1, 2, 3, 11) è previsto allo scopo di realizzare collegamenti efficaci tra le strutture murarie, perseguendo un comportamento monolitico del manufatto: la loro presenza si rende quindi indispensabile in mancanza di cordoli in cemento armato capaci di produrre l'effetto di cerchiatura del complesso edificio; questo, inoltre, **se i tiranti sono presolleccitati**, beneficia di un ulteriore miglioramento sia in termini di duttilità, che di risposta ultima alle azioni sismiche.

I collegamenti, che devono interessare tutta la dimensione della parete, possono essere sia orizzontali, più utilizzati, sia verticali, posti in opera all'interno o all'esterno delle murature.

I tiranti "interni" (tiranti trivellati) sono costituiti da trefoli di acciaio armonico inguainati, disposti entro fori trivellati. I tiranti "esterni" sono costituiti da barre in acciaio per armature, piatti o profilati in acciaio, paralleli sulle due facce della muratura ed ammortati ad una piastra alla testa del muro per mezzo di un sistema a vite che consente di imprimere uno stato di **presolleccitazione**.

DEMENTE: ELEMENTI ORGANIZZATI A LARGHEZZA CON DIREZIONE



DEMENTE: ELEMENTI ORGANIZZATI A LARGHEZZA CON DIREZIONE

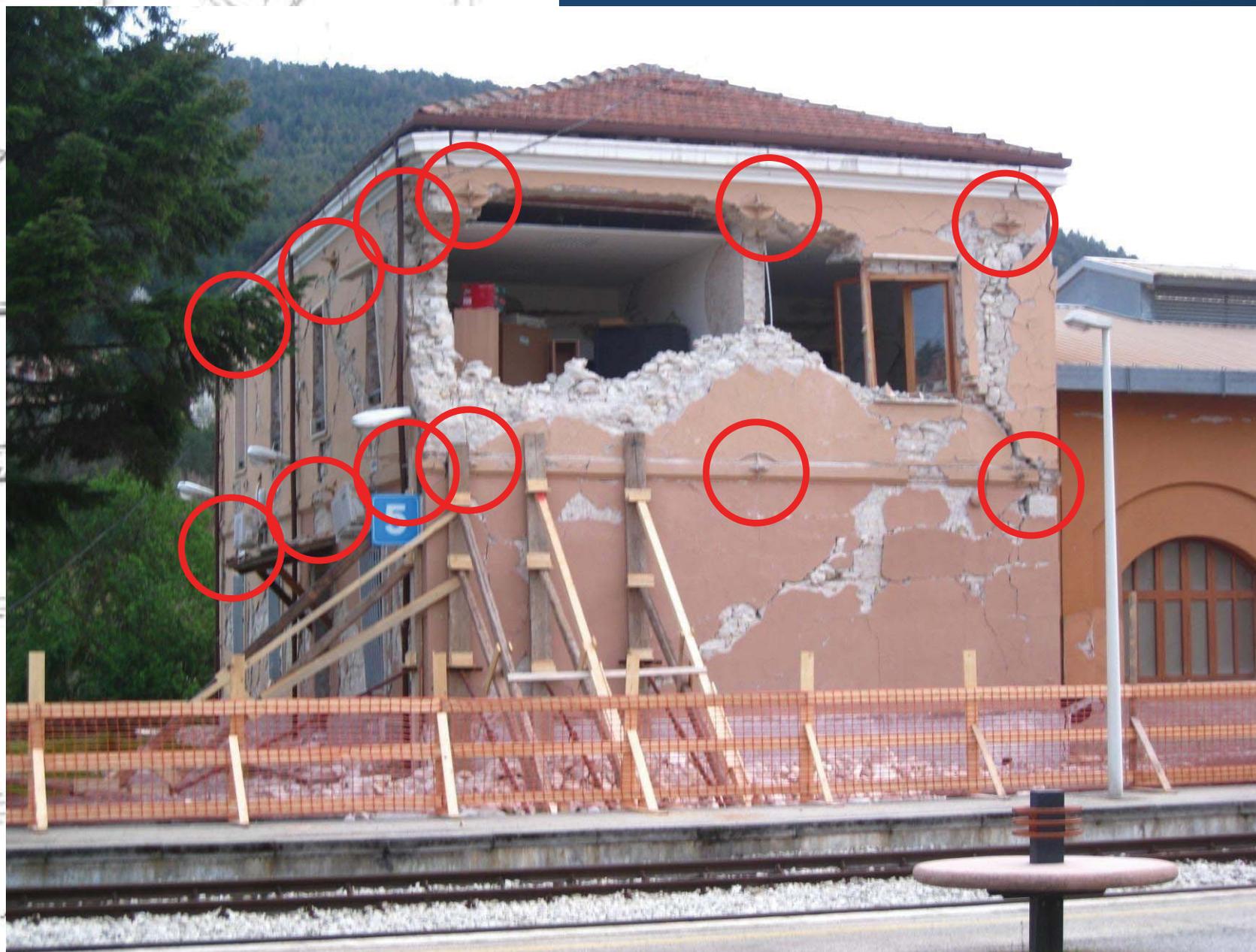
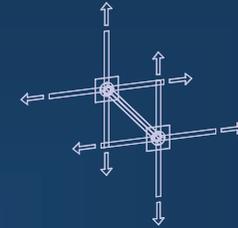
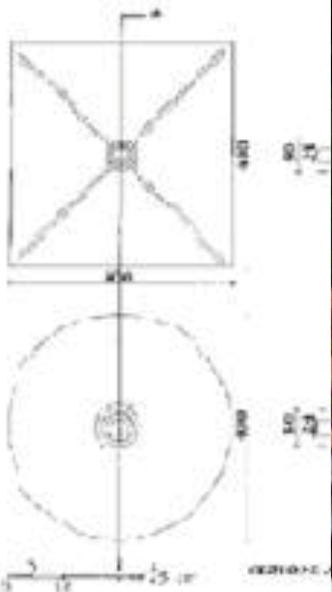
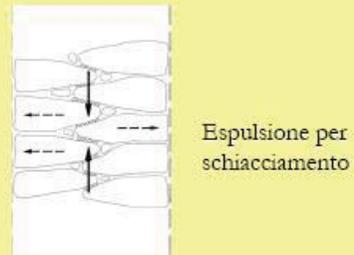
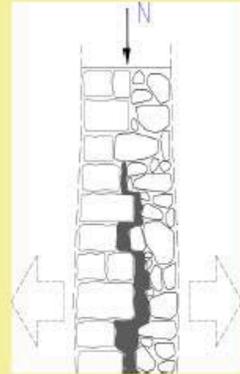


Fig. 13.16 - Ancoraggi esterni (7).

Intonaco armato solo su una faccia



Espulsione per schiacciamento



COMMENTARIO ANIDIS-SSN 1998 alle

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE" DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 16 GENNAIO 1996.

13.2.3. Provvedimenti tecnici di intervento (punto C.9.83 e Appendice 3 della Circolare Ministeriale)

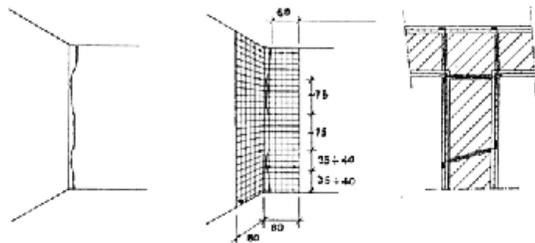
a.5) Applicazione di lastre in cemento armato o reti metalliche elettrosaldate

Tale tecnica costituisce il più drastico provvedimento alla esigenza di una adeguata resistenza della muratura a trazione, flessione e taglio in presenza di forti azioni sismiche (1, 2, 3, 11). Essa viene generalmente utilizzata nei casi in cui non sia possibile ricorrere agli interventi di ricostruzione del muro, imposti dalle condizioni di estremo dissesto dello stesso.

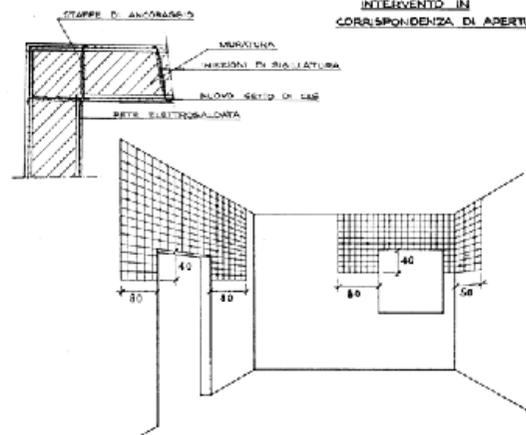
Al punto 1 dell'Allegato 3 alla Circolare Ministeriale viene descritta la tecnologia di tali interventi, per i quali la Fig. 13.17 indica diversi esempi.

È il caso comunque di mettere in evidenza i risultati apportati da tali interventi a livello di funzionamento globale della fabbrica: la modifica infatti della rigidità e resistenza ultima dell'elemento consolidato comporta una diversa ripartizione delle forze applicate, con la conseguente maggiorazione dei carichi agenti sulle pareti trattate (e non solo su quelle): la cosa, pur importante nel caso di carichi verticali, diventa di estrema delicatezza se si ha a che fare con forze orizzontali di elevata intensità, in quanto, tra l'altro, impone l'attento controllo anche dei collegamenti con gli orizzontamenti e con le fondazioni.

COLLEGAMENTO DELLE LASTRE
IN CORRISPONDENZA DI UN ANGOLO



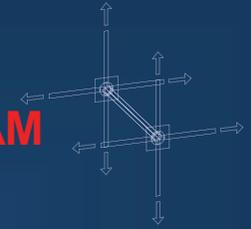
INTERVENTO IN
CORRISPONDENZA DI APERTURA



INTONACO CEMENTIZIO ARMATO

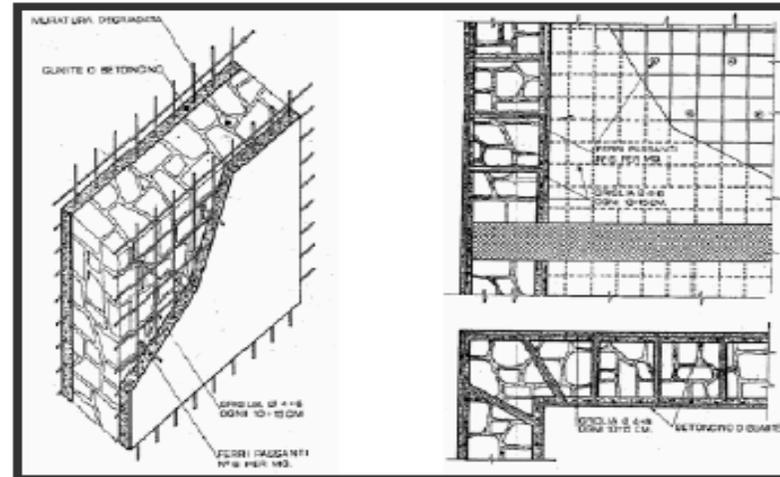
Principali INCONVENIENTI

Fig. 13.17 - Risarcitura e rinforzo della muratura mediante reti elettrosaldate e betoncino (13)



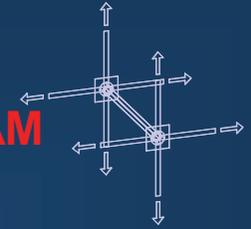
Principali **INCONVENIENTI**

Paretine in c.a.



OPCM 3431 E NTC 2008

Il placcaggio delle murature con intonaco armato può essere utile nel caso di **murature gravemente danneggiate e incoerenti**, sulle quali non sia possibile intervenire efficacemente con altre tecniche, o in porzioni limitate di muratura, **pesantemente gravate da carichi verticali**. L'uso sistematico su intere pareti dell'edificio è sconsigliato, per il forte incremento di rigidità e delle masse, oltre che per ragioni di natura conservativa e funzionale. Tale tecnica è efficace solo nel caso in cui l'intonaco armato venga realizzato su entrambi i paramenti e siano posti in opera i necessari **collegamenti trasversali (barre iniettate)**.⁵⁴

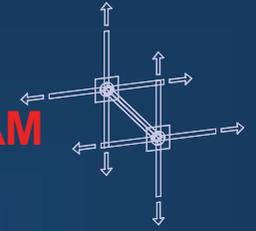


Principali INCONVENIENTI

DIRETTIVE TECNICHE Regioni Basilicata, Calabria e Campania, sisma del 9/9/1998

“[...] Intonaco armato: curare i collegamenti fra i paramenti (almeno 4 collegamenti /mq con adeguati risvolti sulle due facce ben ancorati ai nodi delle reti) e le sovrapposizioni fra le reti, evitare, di norma, l'applicazione su una sola faccia, tener conto della variazione di rigidezza prodotta dall'intervento sui maschi rinforzati ai fini del comportamento globale della struttura e delle variazioni prodotte sui maschi non trattati con questa tecnologia; [...]”





Principali **INCONVENIENTI**

INTONACO CEMENTIZIO ARMATO

- ruolo passivo delle armature

⇒ *efficaci solo dopo deformazioni e sconnessioni delle pareti*

- resistenza delle armature poco sfruttata

⇒ *limite superiore nell'aderenza tra intonaco e muratura*

- tecnologia estremamente invasiva

⇒ *perdita totale delle caratteristiche originarie della muratura*

- uso convenzionale di acciaio ordinario

⇒ *forte deperibilità (ridotto copriferro ⇒ sensibilità alla corrosione)*

- bassa efficacia dei collegamenti tra pannelli di rete

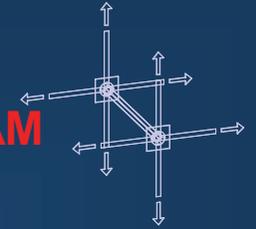
⇒ *per sovrapposizione (quando non per semplice affiancamento)*

- bassa efficacia (a meno di particolari accorgimenti) nelle intersezioni

- bassa efficacia dei collegamenti tra reti di piani successivi

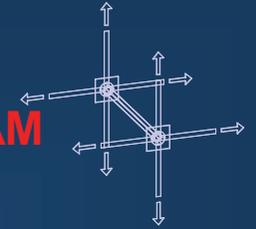
- consistente incremento delle masse ($\approx 200 \text{ kg/m}^2$)

-



Il sistema CAM o di Cucitura Attiva delle Murature - *Principali aspetti (1)* -

- ruolo immediatamente attivo delle armature
- pieno impegno della resistenza delle armature
 - tecnologia poco invasiva
- alta durabilità prevedendo l'uso (*contenuto*) di acciaio INOX
- eccellente continuità sia orizzontale che verticale
 - alta efficacia nelle intersezioni
 - inconsistente incremento delle masse
- ridotto numero di fori trasversali (*da 4÷6 a 2 per m²*)
-



Il sistema CAM o di Cucitura Attiva delle Murature - *Principali aspetti (2)* -

inoltre:

- determina un benefico stato di compressione triassiale
 - elimina il pericolo di separazione dei paramenti
- conferisce un forte incremento della resistenza a flessione
- è immediatamente efficace nel cerchiaggio dei pilastri

ed ancora:

- segue agevolmente percorsi non rettilinei delle murature
- è contenuto nello spessore dei convenzionali intonaci
 - è di facile posa in opera
- consente il collegamento tra murature ed elementi strutturali

Conseguenze derivanti dall'applicazione del CAM

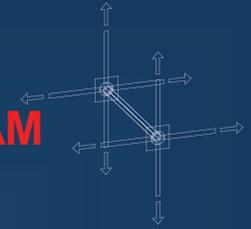
CAM

Cucitura Attiva della Muratura



OPCM 3431 e NTC 2008

L'adozione di sistemi di tirantature diffuse nelle tre direzioni ortogonali, in particolare anche nella direzione **trasversale**, migliora la **monoliticità** ed il comportamento meccanico del corpo murario, incrementandone la **resistenza a taglio e a flessione nel piano e fuori del piano.**



OPCM 3431 e NTC 2008

11.3.3 Modelli di capacità per il rinforzo

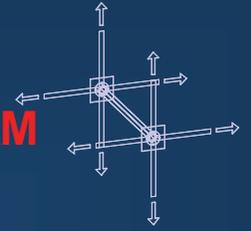
11.3.3.2 Incamiciatura in acciaio

Camicie in acciaio possono essere applicate principalmente a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio;
- aumento della capacità deformativa;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.
- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento, espressione (11.9)).

Le camicie in acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni ed interasse adeguati, oppure vengono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari possono essere fissati con resine epossidiche o semplicemente resi aderenti al calcestruzzo esistente. Le bande possono essere preriscaldate prima della saldatura e i nastri presolleccitati, in modo da fornire successivamente una pressione di confinamento.

Oppure vengono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati

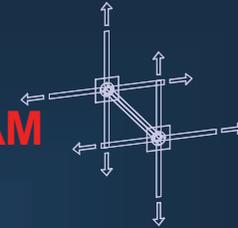


Rapporto tra
Soluzioni convenzionali \longleftrightarrow CAM_

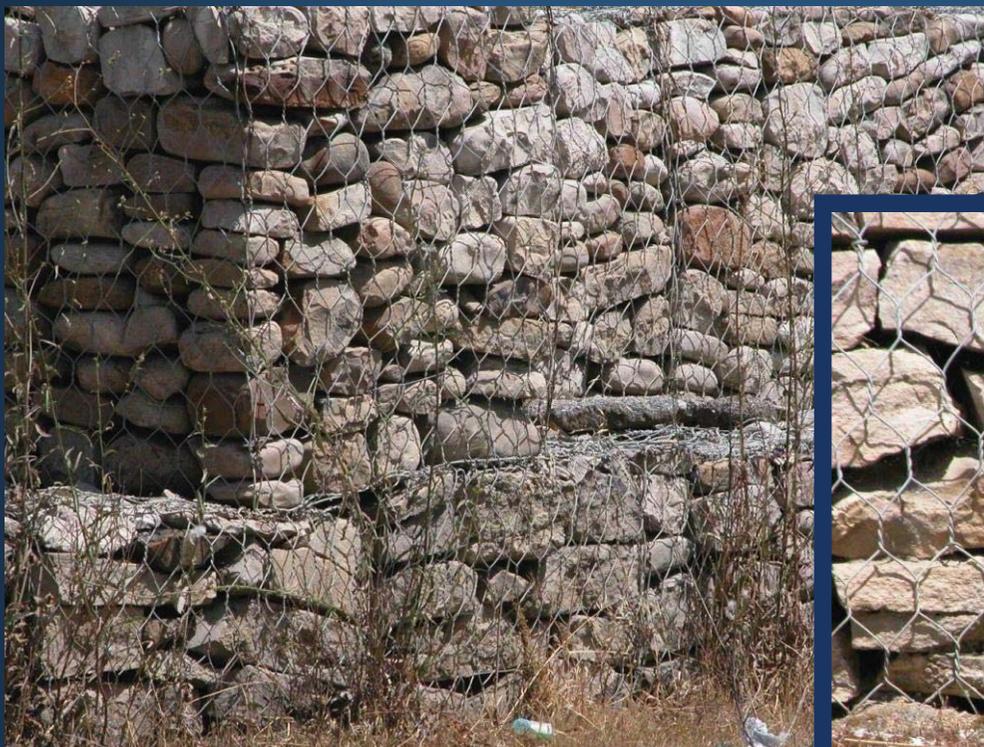
-INIEZIONI \rightarrow **complementare/sostitutivo**
(ricostituisce la continuità dall'esterno)

-INTONACO CEMENTIZIO ARMATO
- 'FODERATURA' con teli in composito
 \rightarrow **sostitutivo**
(mantiene il rapporto con l'apparecchio murario)
(si integra nel comportamento strutturale)
(non altera le caratteristiche ambientali della muratura: traspirazione ...)
(...)

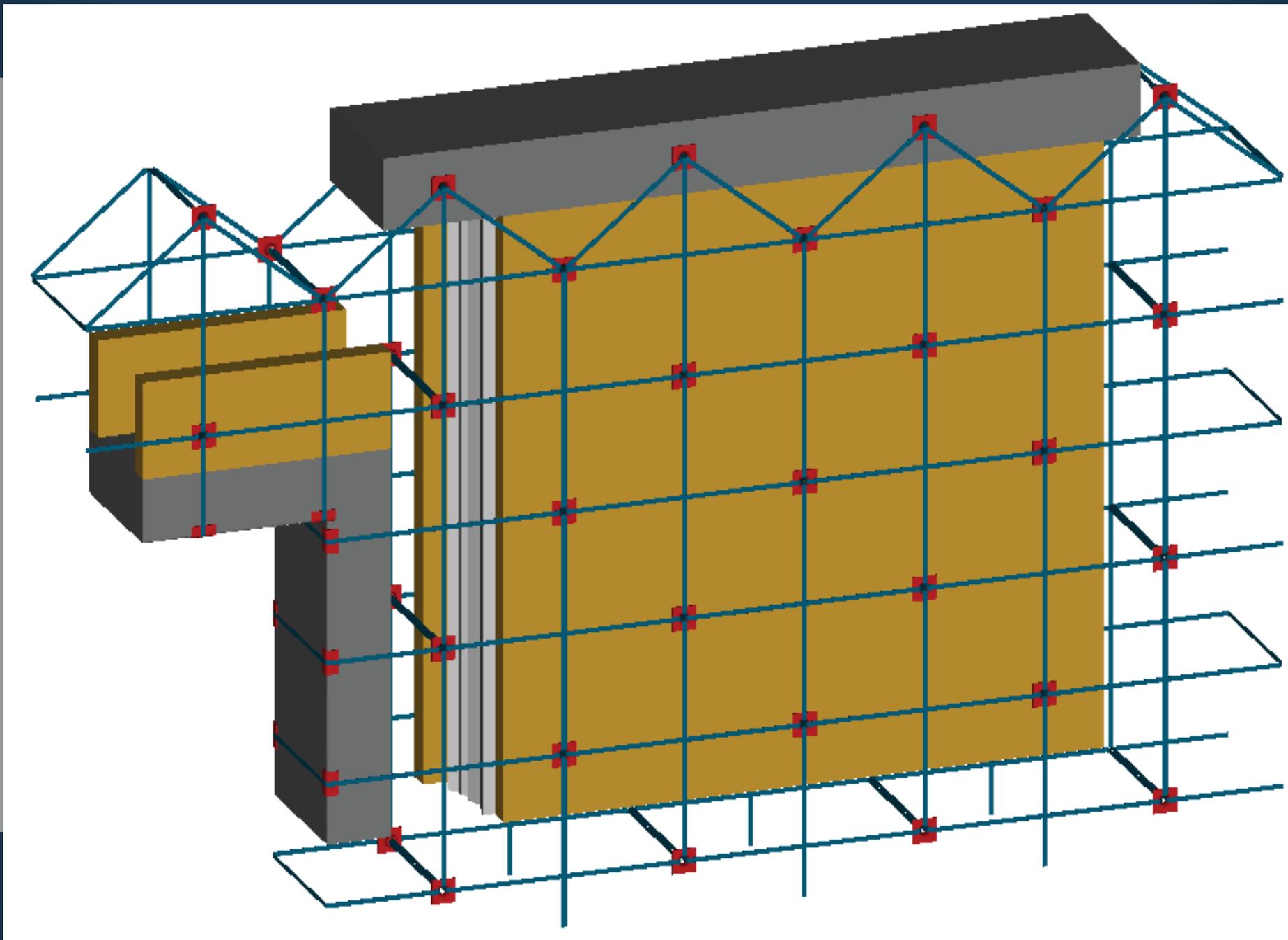
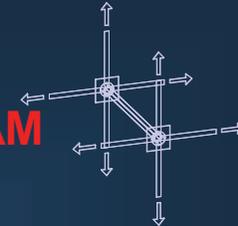
- INCATENAMENTI \rightarrow **sostitutivo**
(migliore redistribuzione dei collegamenti)
(maggiore flessibilità e facilità di posa in opera)

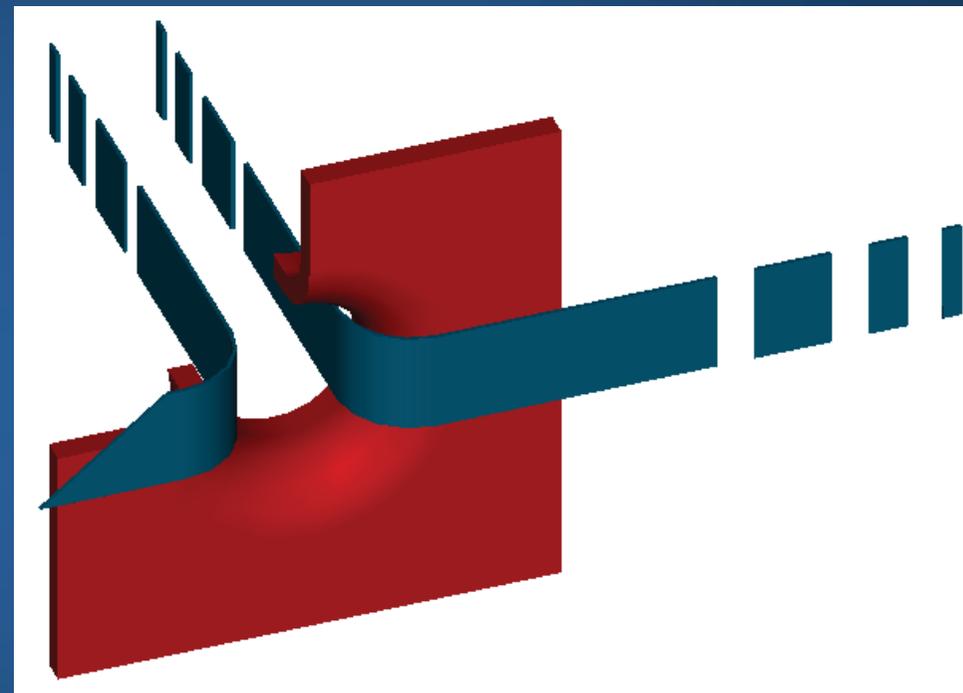
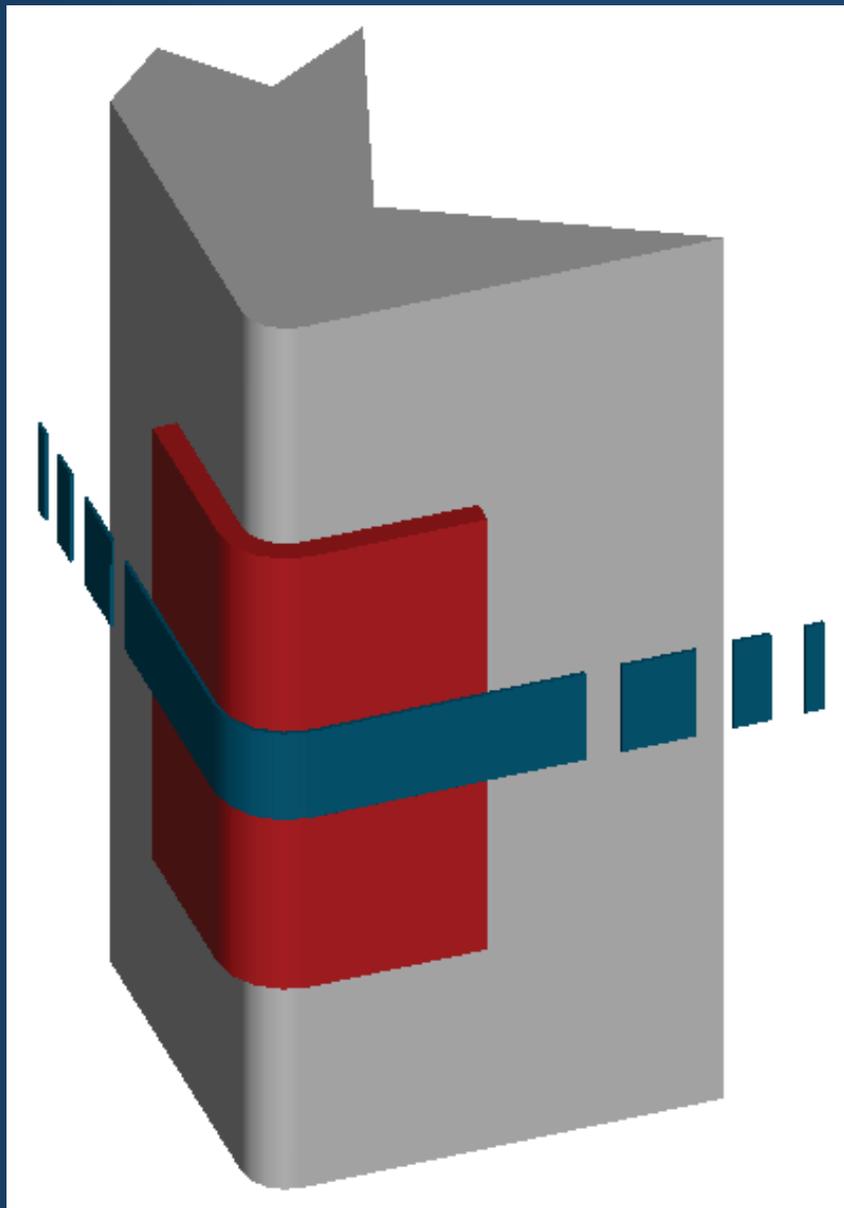
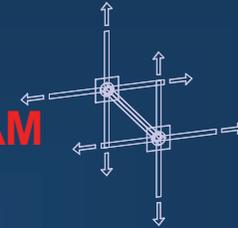


IL RIFERIMENTO ISPIRATORE

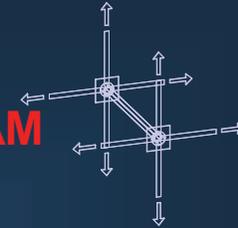


NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI TRADIZIONALI - Il Sistema CAM

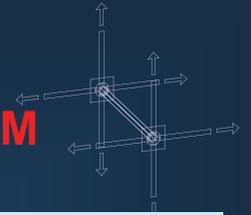




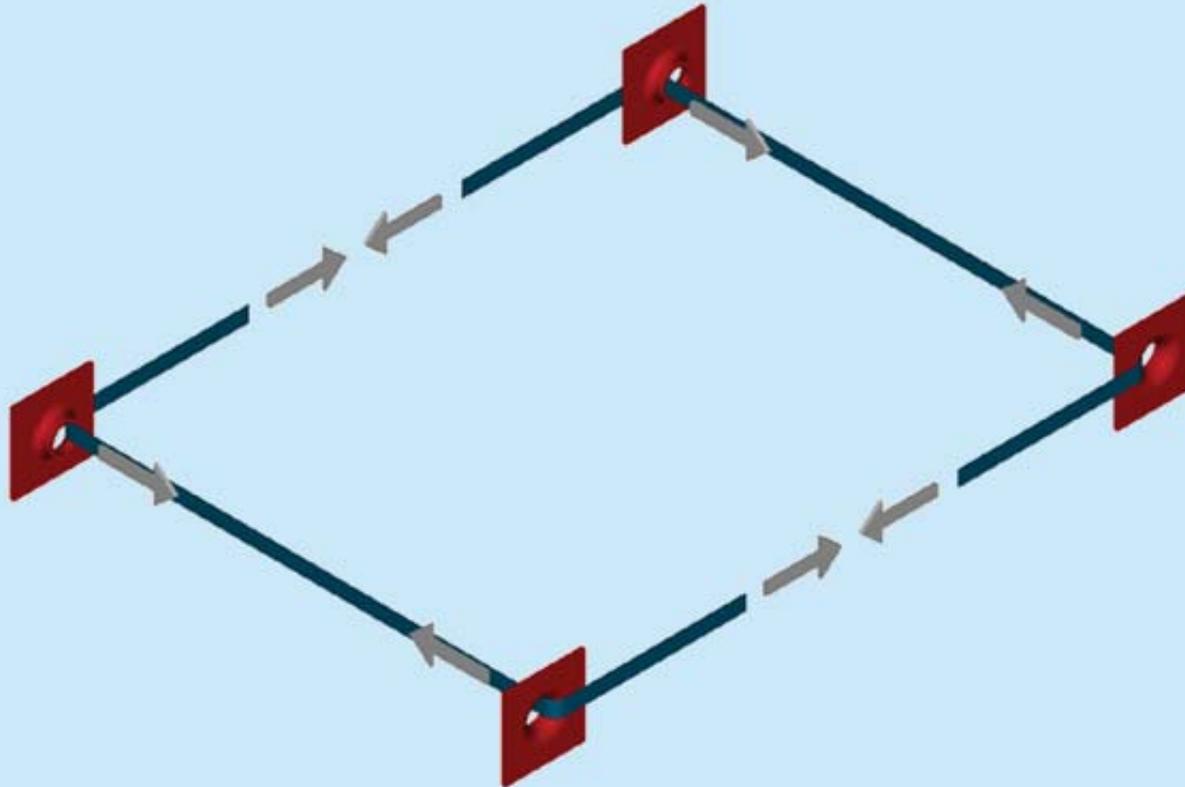
Gli elementi base



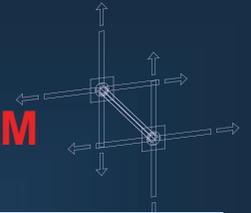
Gli elementi base



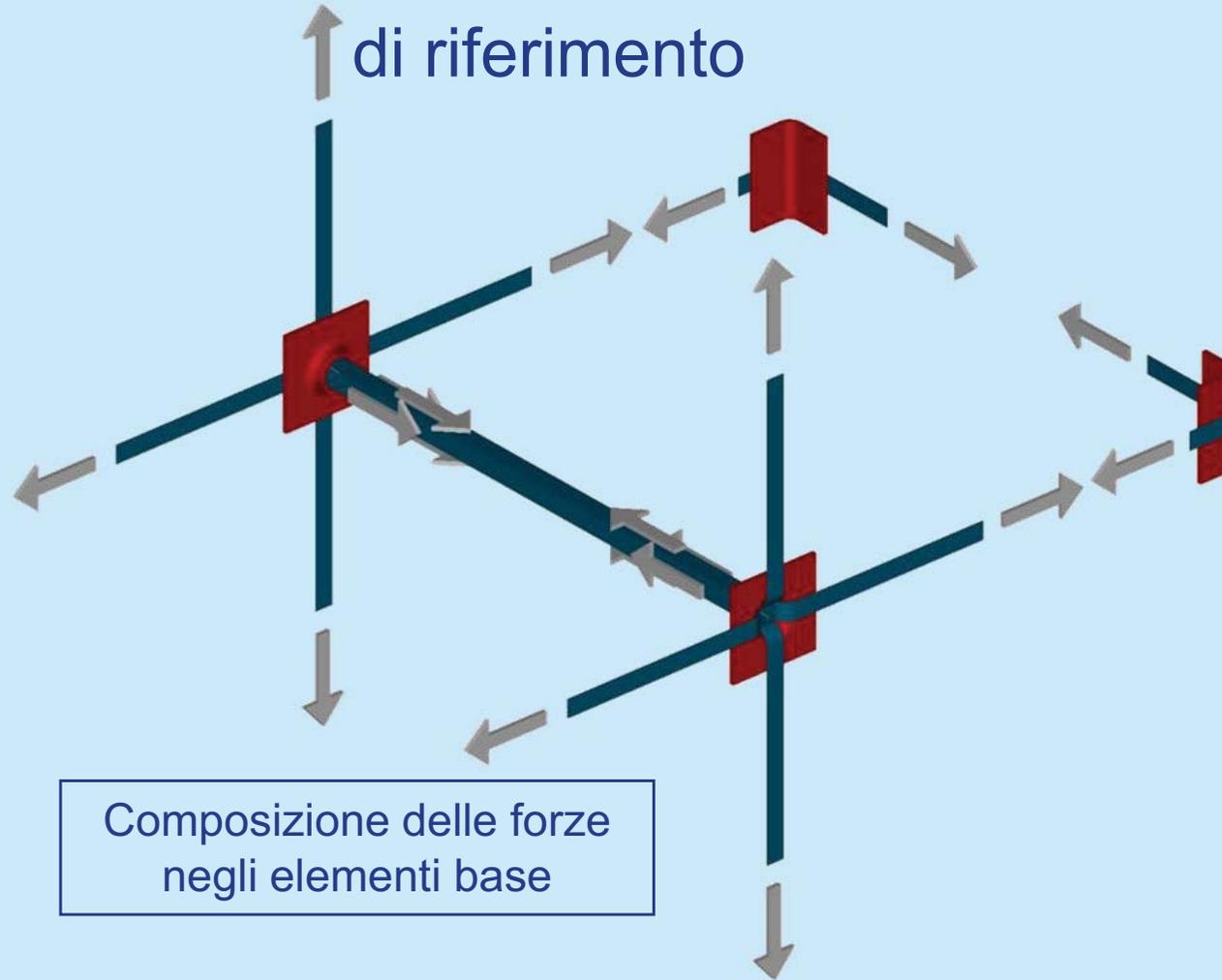
Lo schema statico
di riferimento

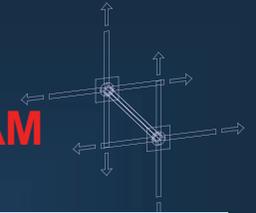


Composizione delle forze
nella maglia base

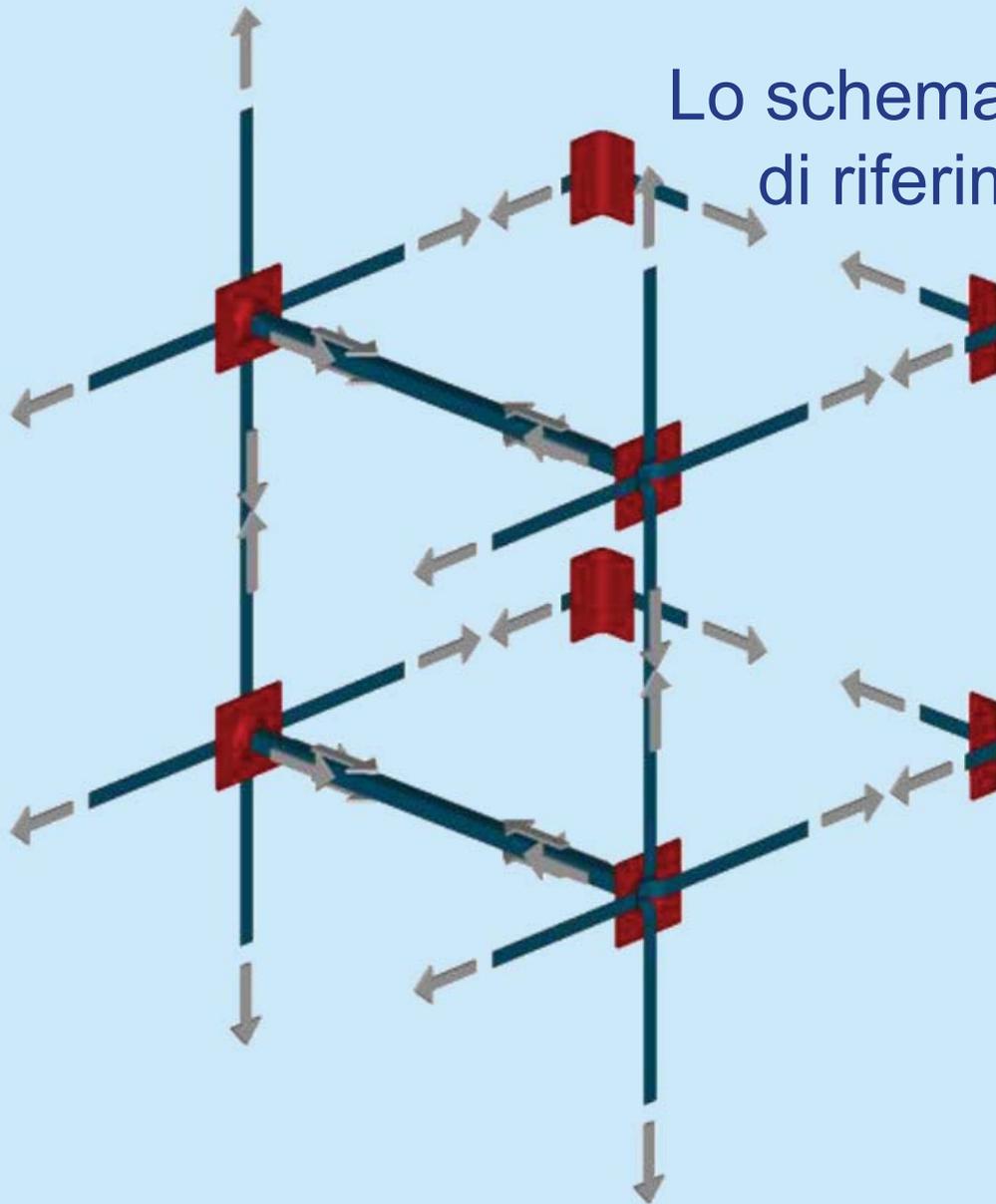


Lo schema statico
di riferimento





Lo schema statico
di riferimento

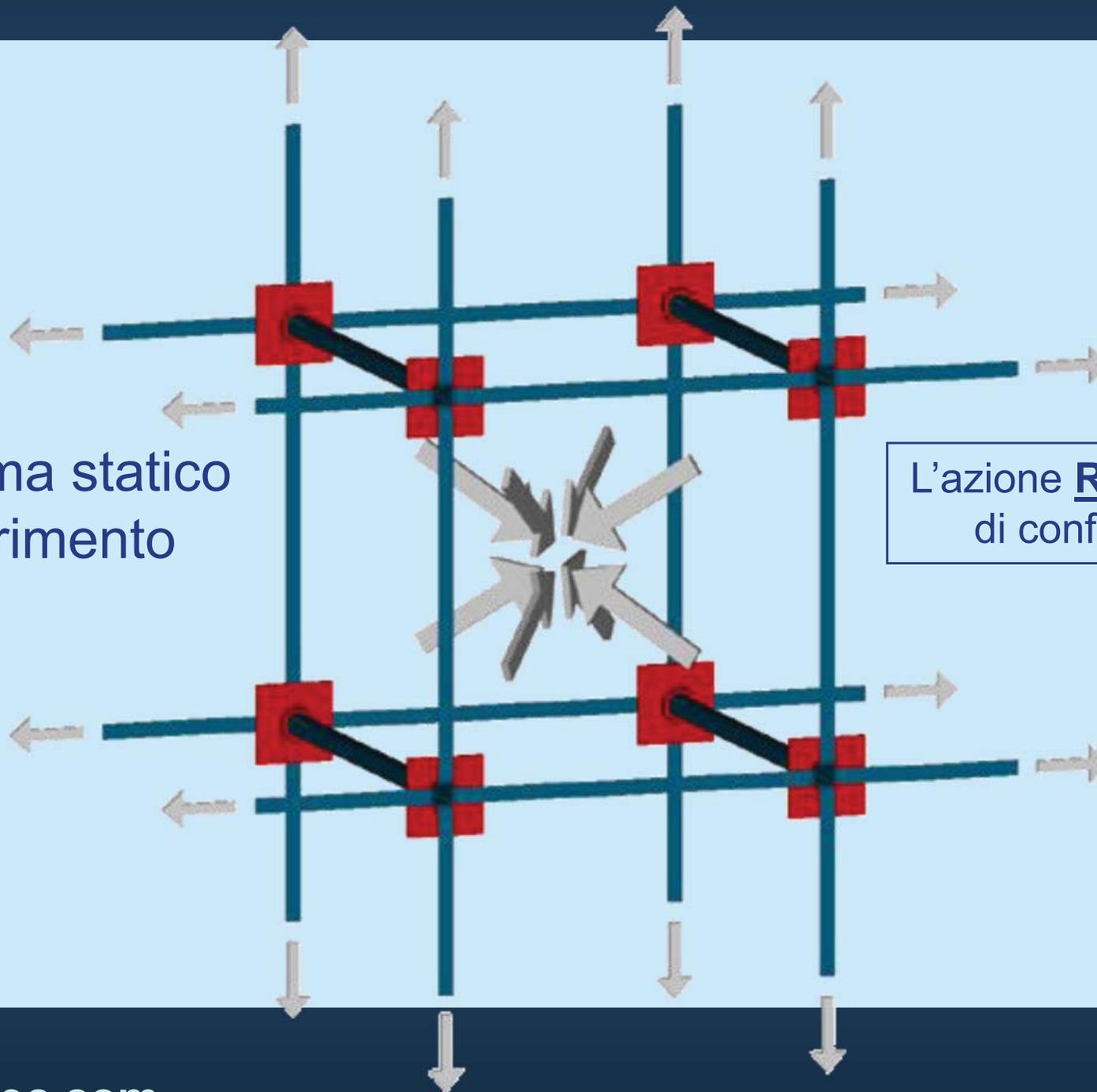


Composizione delle
forze nella successione
delle maglie



Lo schema statico di riferimento

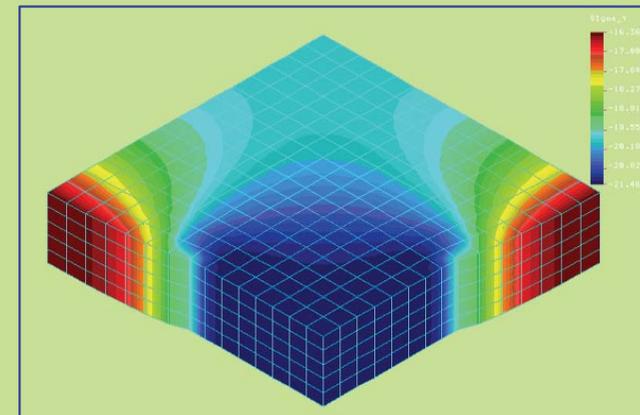
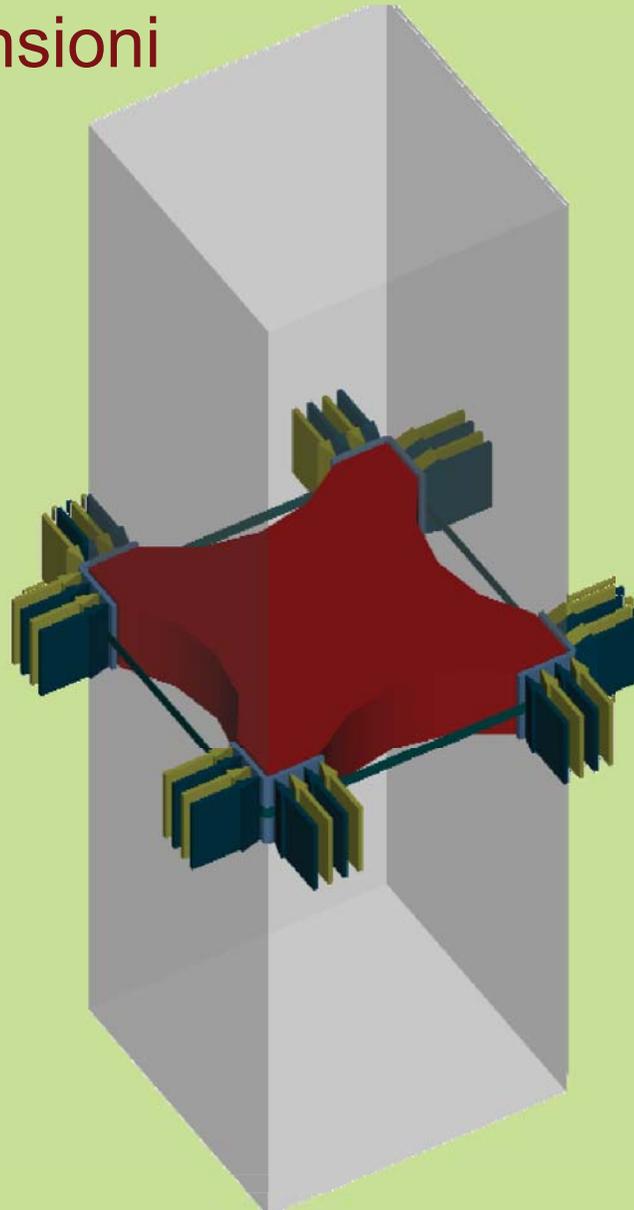
L'azione RISULTANTE di confinamento

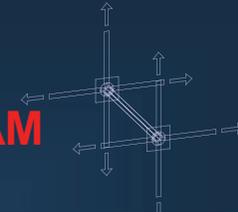




Il flusso delle tensioni

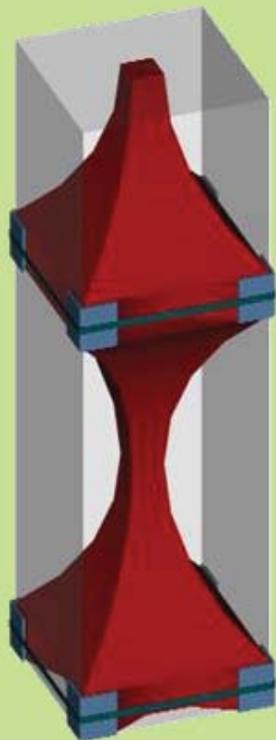
II CERCHIAGGIO dei PILASTRI



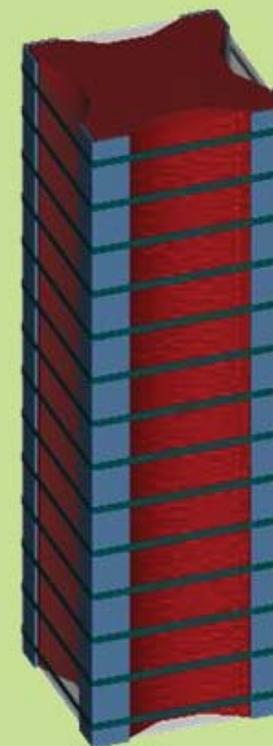
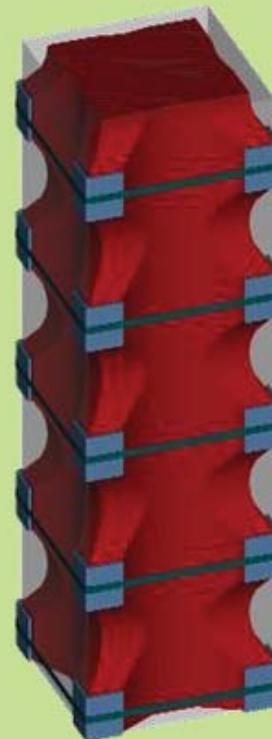


Il flusso delle tensioni

II CERCHIAGGIO dei PILASTRI



Efficacia trascurabile

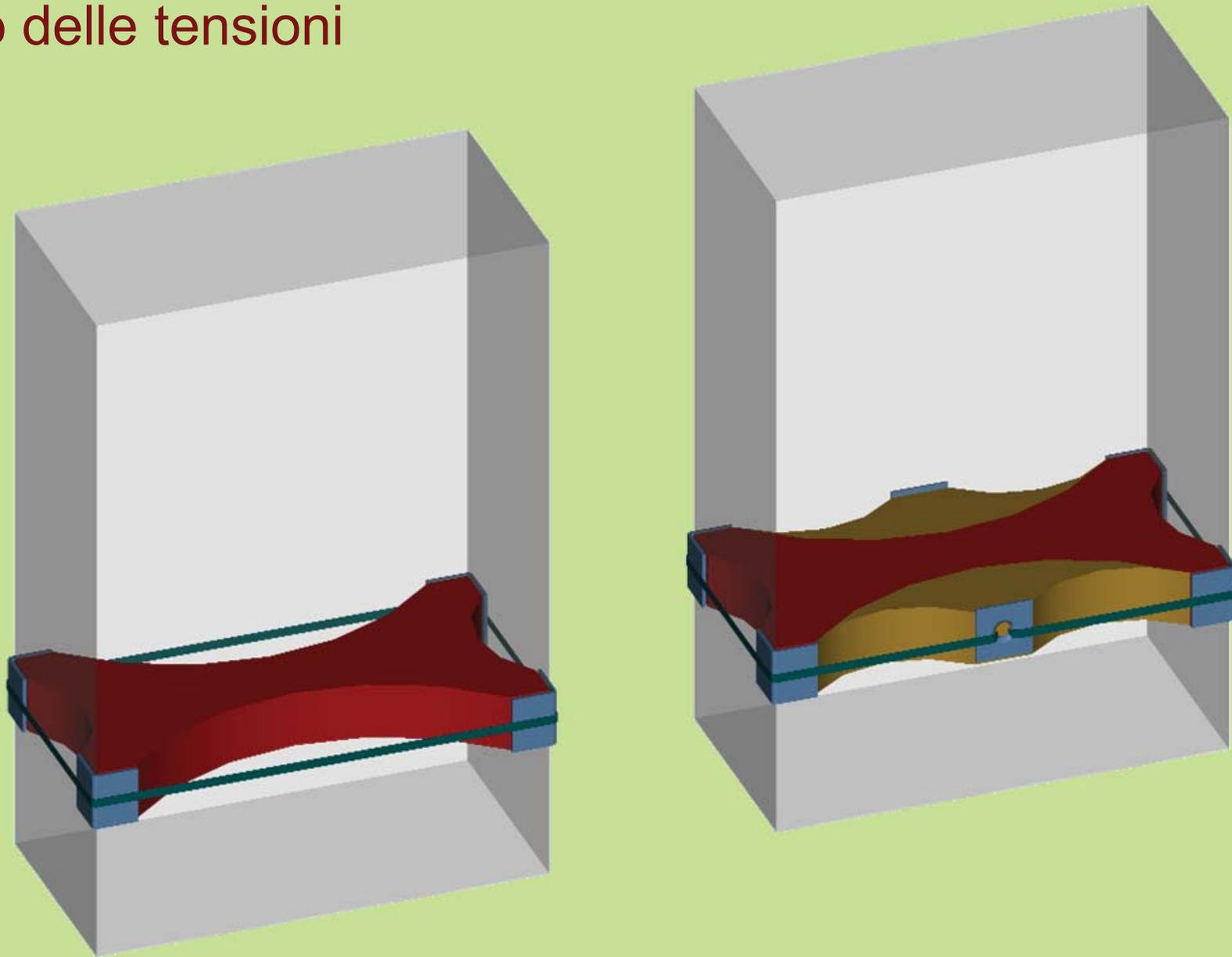


MASSIMA Efficacia



Il flusso delle tensioni

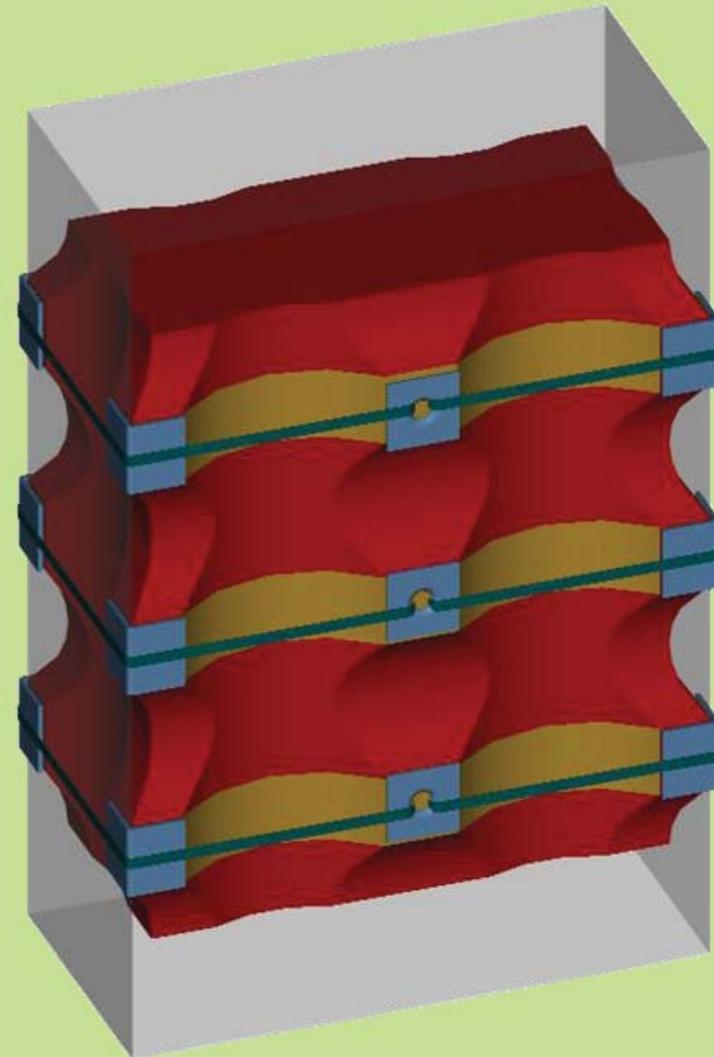
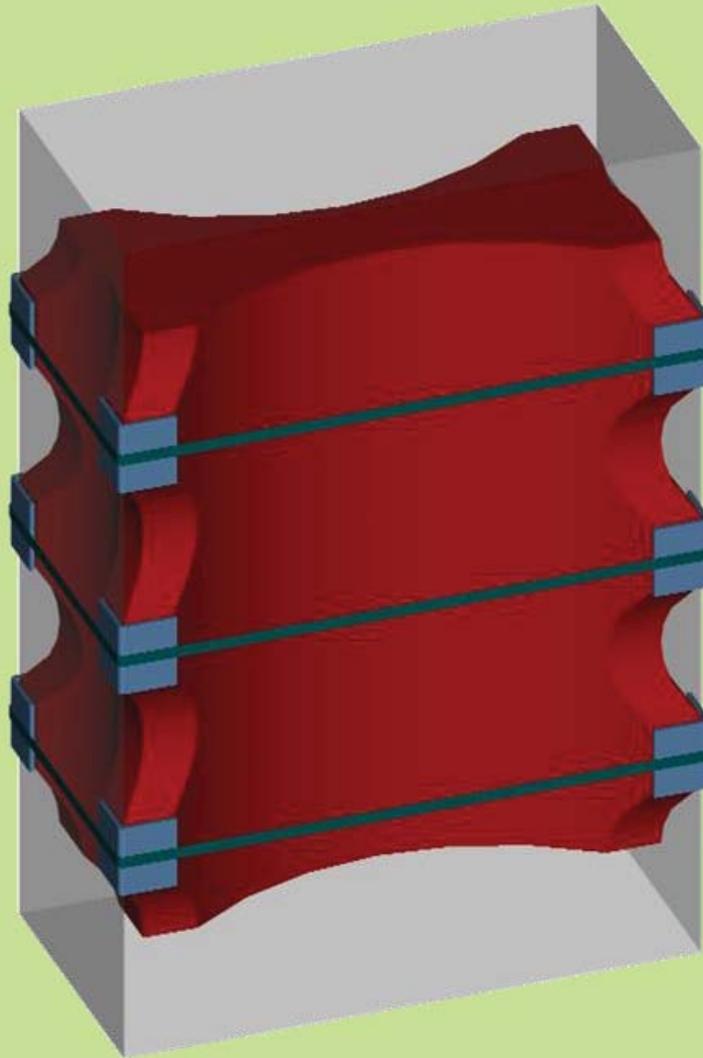
II CERCHIAGGIO dei PILASTRI

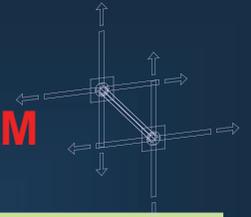




Il flusso delle tensioni

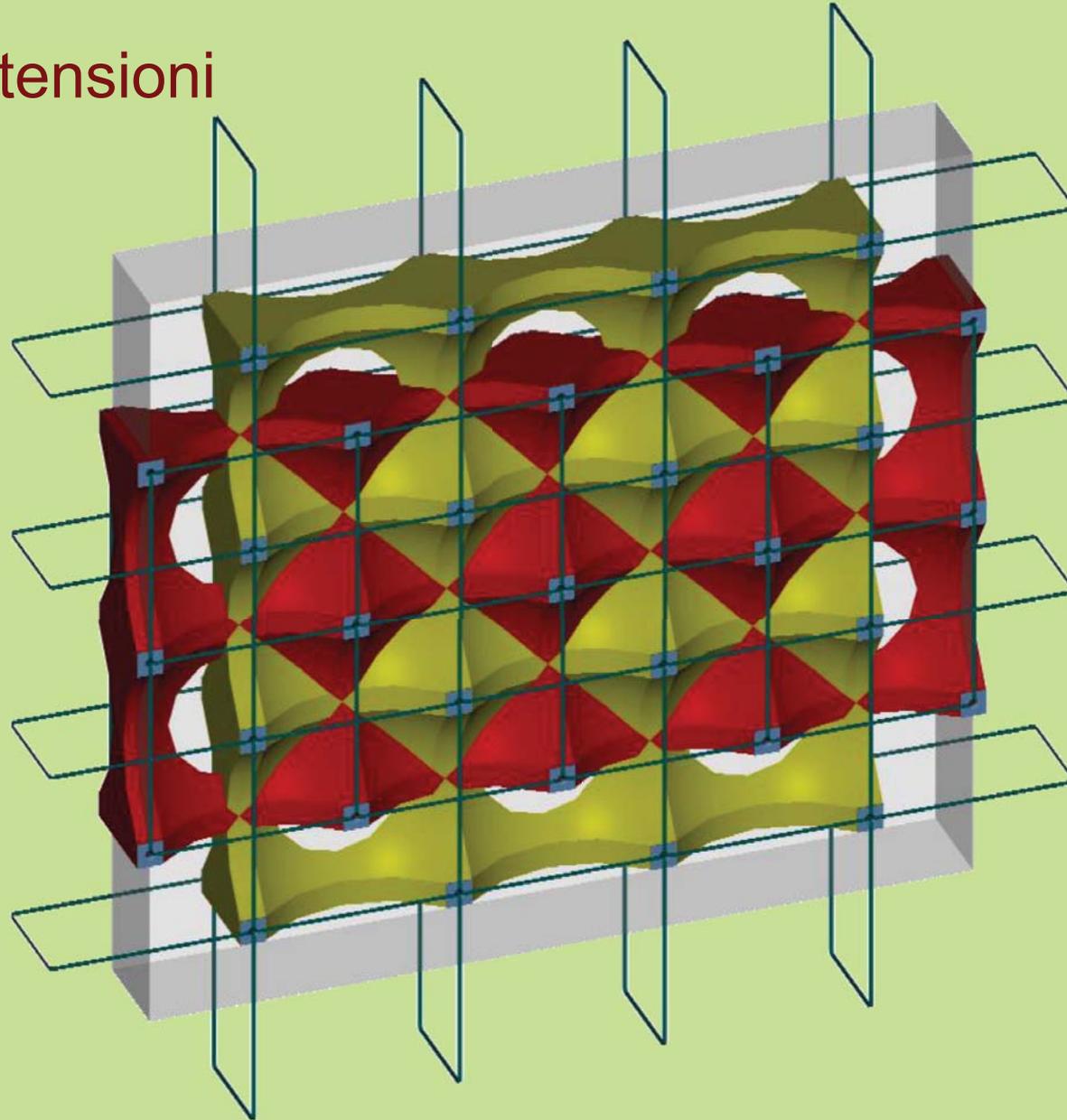
II CERCHIAGGIO dei PILASTRI





Il flusso delle tensioni

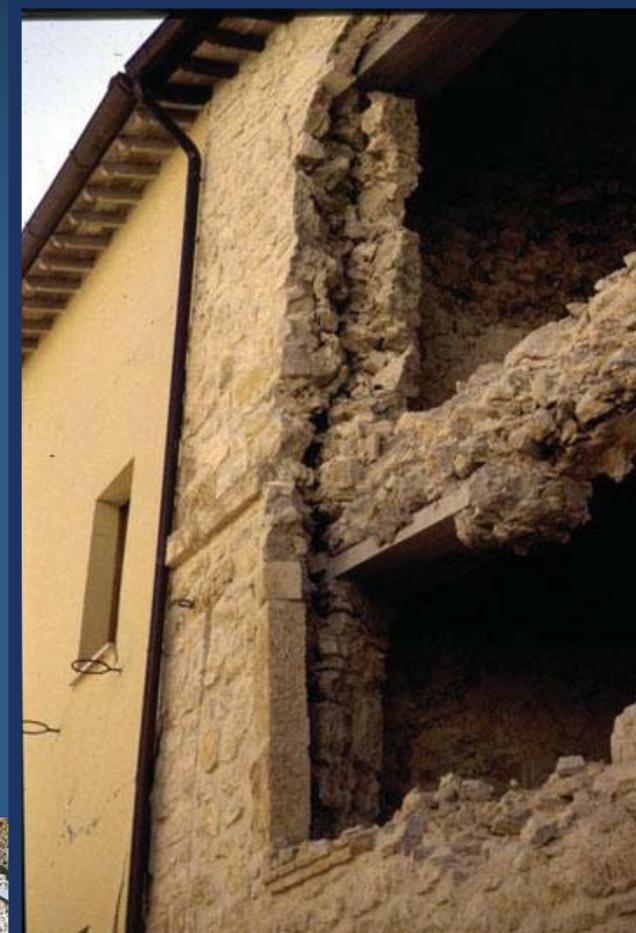
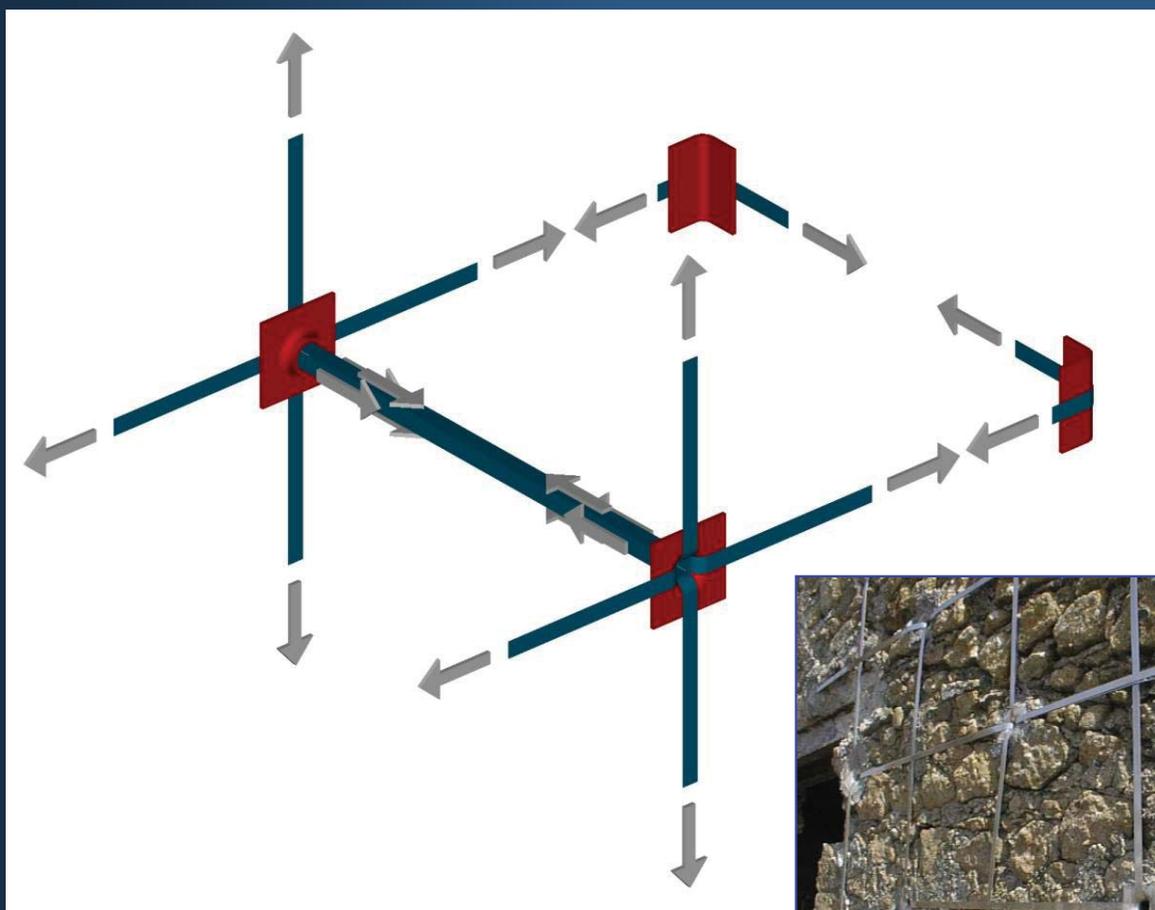
II RINFORZO delle PARETI

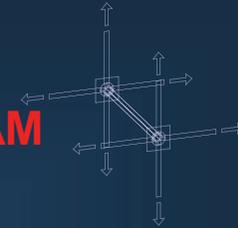




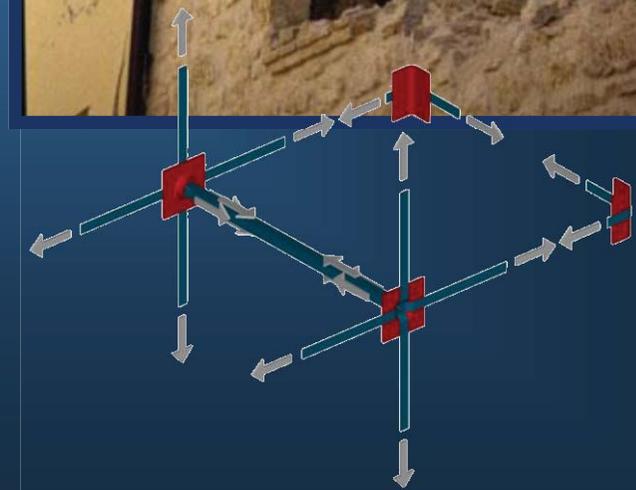
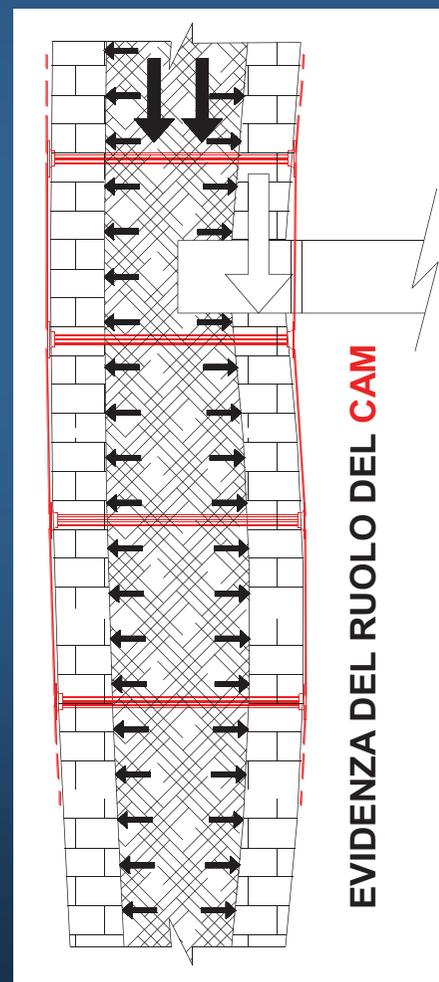
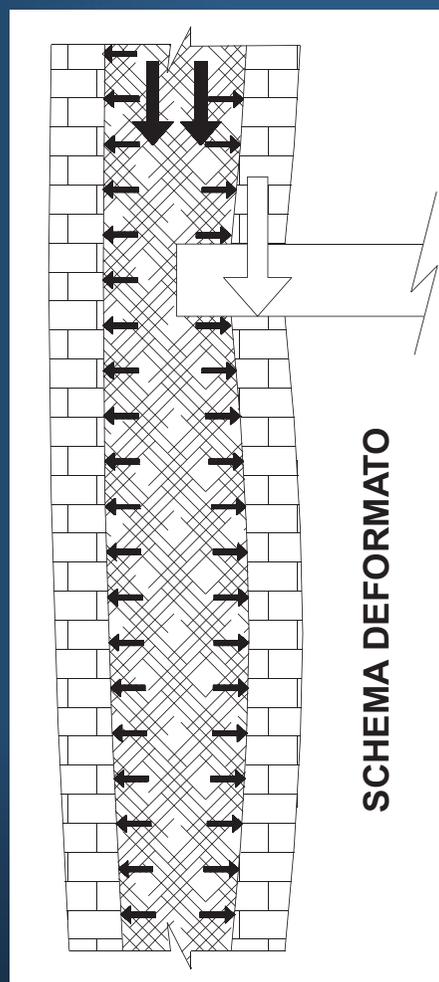
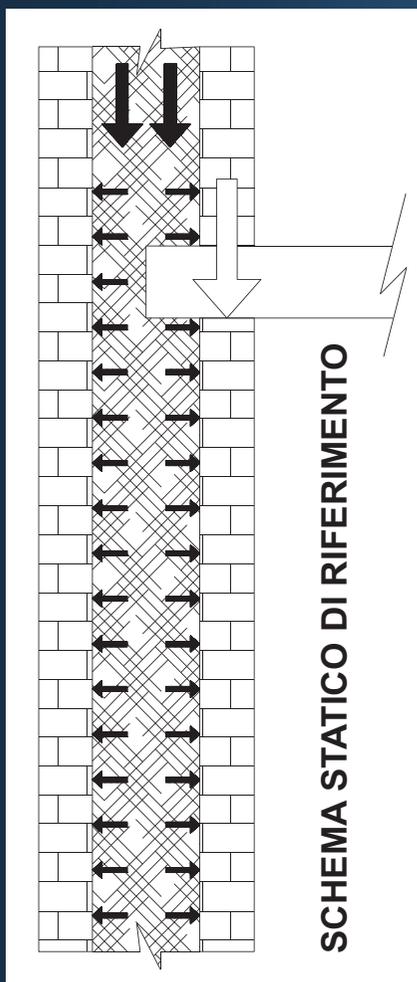
● Realizza una benefica compattazione/consolidamento dei paramenti murari mediante presollecitazione triassiale diffusa

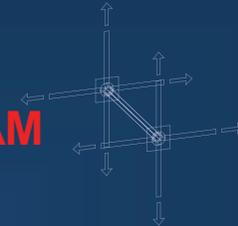
- collegamento trasversale **MECCANICO** dei paramenti
- conseguente assorbimento delle eventuali spinte interne al paramento
- ricentraggio delle eccentricità





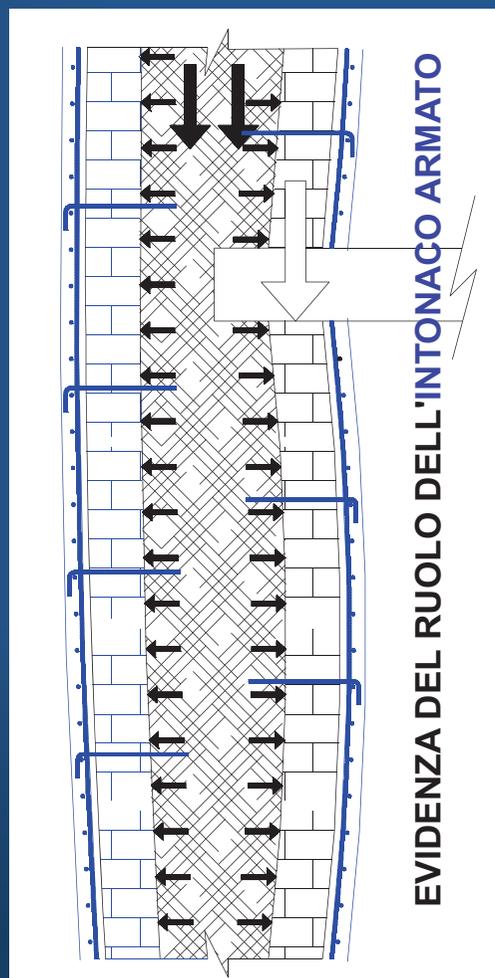
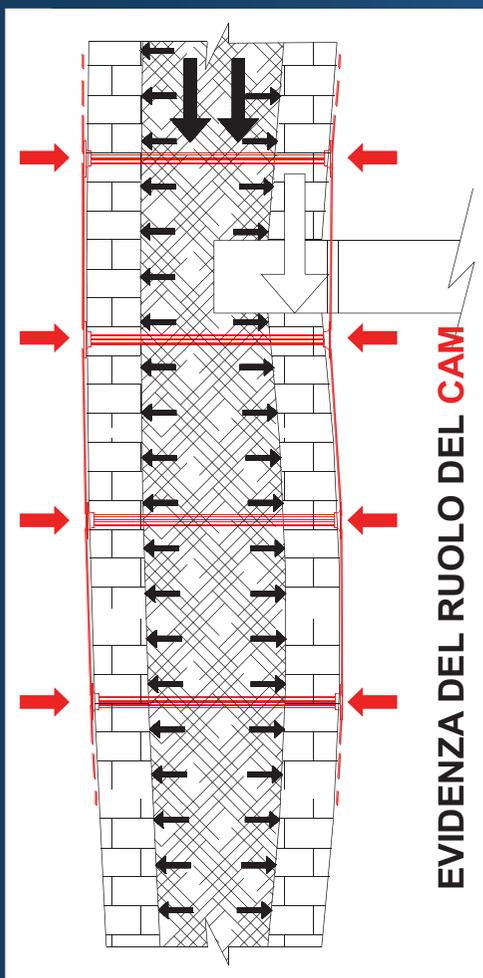
- Realizza una benefica compattazione/consolidamento dei paramenti murari mediante presollecitazione triassiale diffusa
 - collegamento trasversale **MECCANICO** dei paramenti
 - conseguente assorbimento delle eventuali spinte interne al paramento
 - ricentraggio delle eccentricità





● Realizza una benefica compattazione/consolidamento dei paramenti murari mediante presollecitazione triassiale diffusa

- collegamento trasversale **MECCANICO** dei paramenti
- conseguente assorbimento delle eventuali spinte interne al paramento
- ricentraggio delle eccentricità



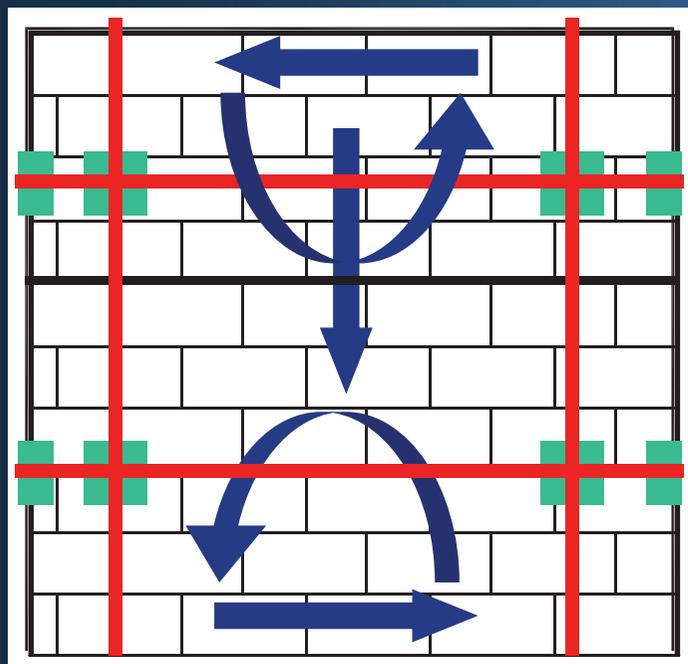
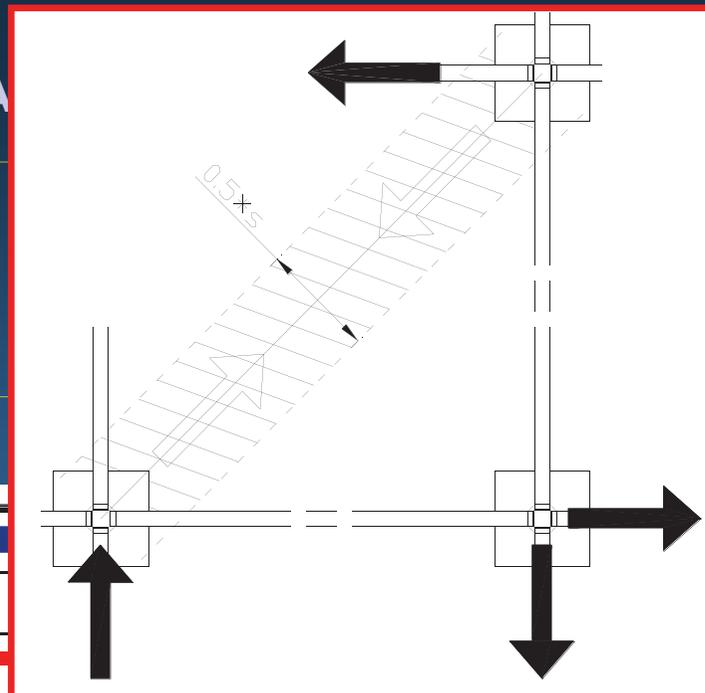
IL **CAM** E' L'UNICO IN GRADO DI
CONTENERE LE SPINTE INTERNE
REALIZZANDO UNA DISTRIBUZIONE
DI DIATONI **MECCANICI**

NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI

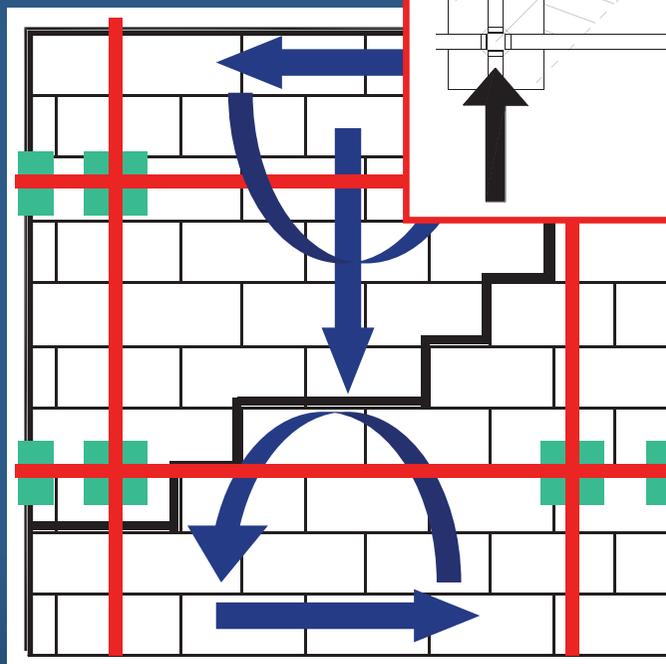
● Migliora il comportamento NEL PIANO

● a TAGLIO

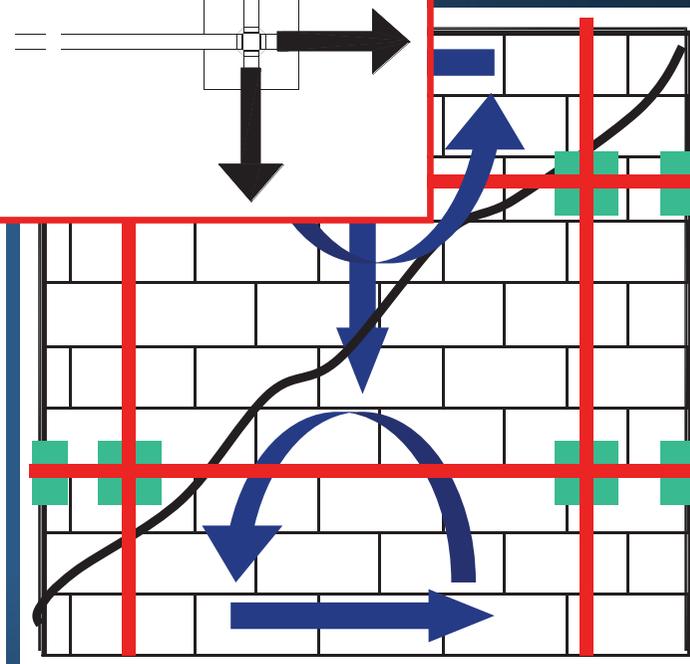
- per incremento di ingranamento nel tessuto murario
- perché realizza una staffatura diffusa



Per scorrimento lungo
un giunto orizzontale



Per scorrimento lungo
un giunto scalettato



Per rottura lungo la diagonale

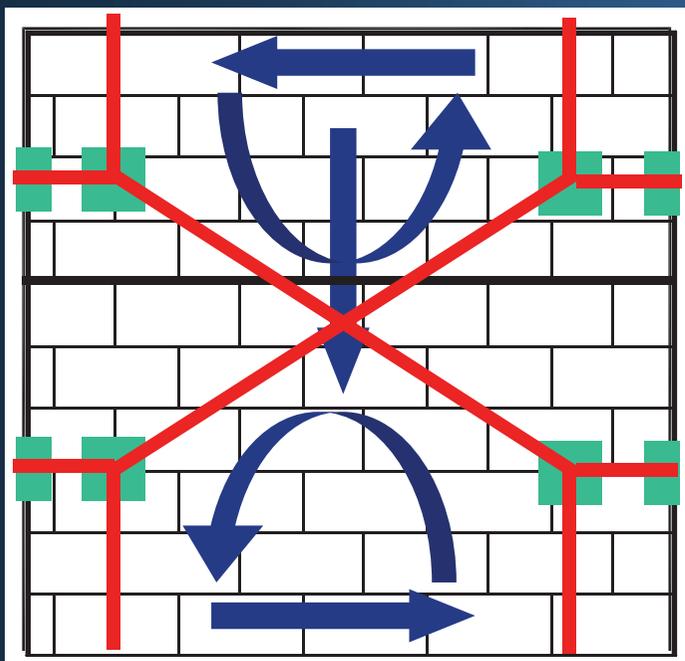
AZIONE DI PANNELLO E MECCANISMI DI ROTTURA



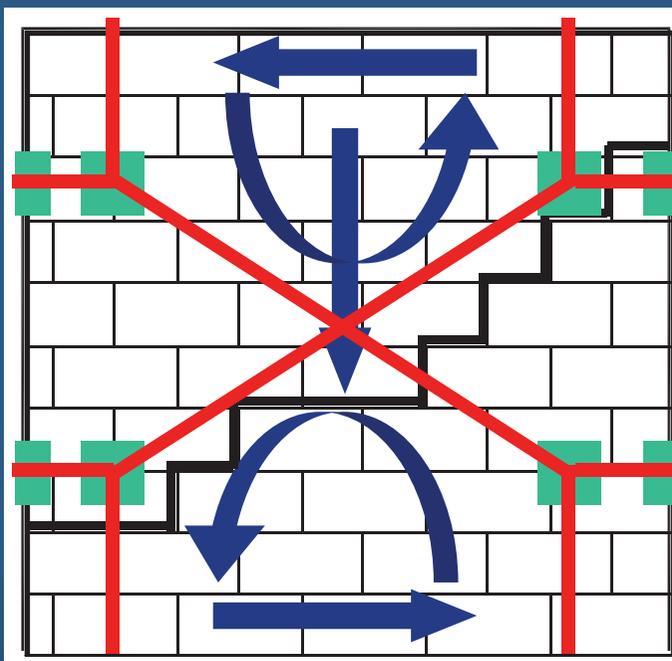
● Migliora il comportamento NEL PIANO

● a TAGLIO

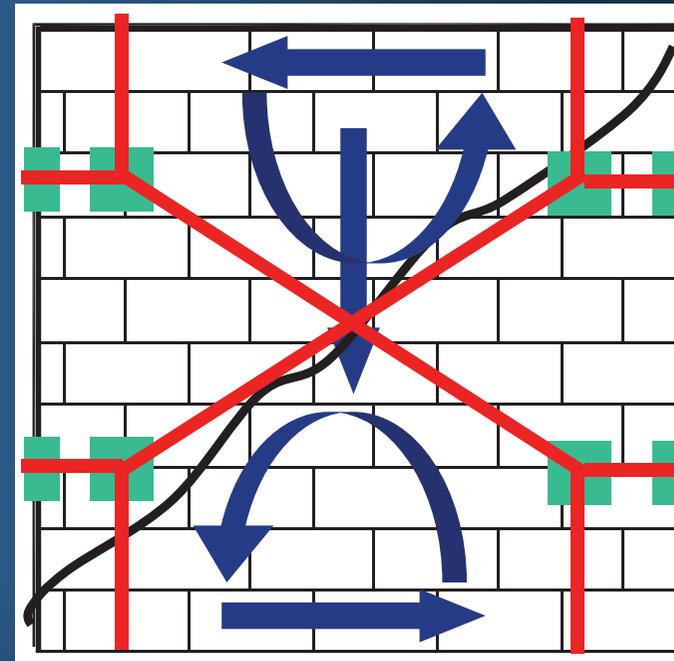
- per incremento di ingranamento nel tessuto murario
- perché realizza una staffatura diffusa



Per scorrimento lungo
un giunto orizzontale



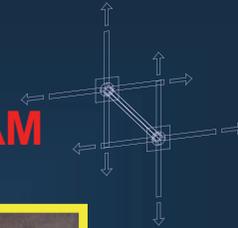
Per scorrimento lungo
un giunto scalettato



Per rottura lungo la diagonale

AZIONE DI PANNELLO E MECCANISMI DI ROTTURA

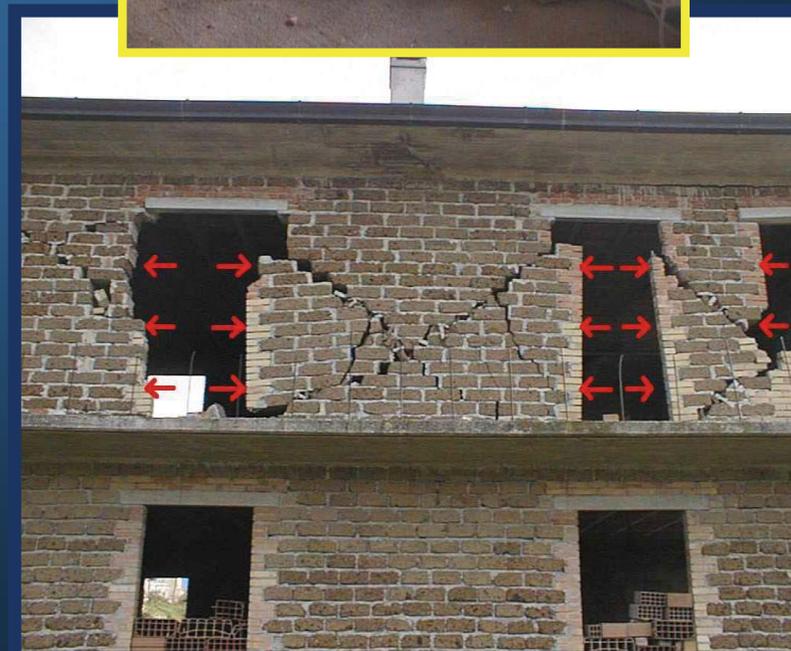
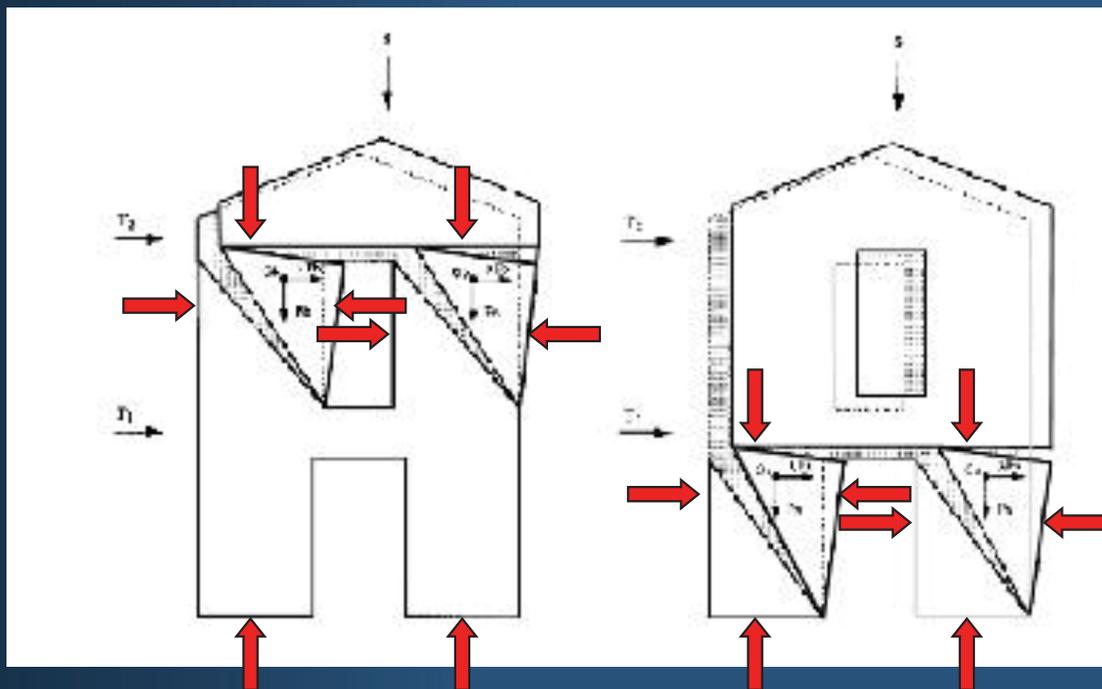
NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI TRADIZIONALI - Il Sistema CAM

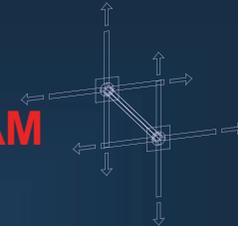


● Migliora il comportamento NEL PIANO

● a TAGLIO

- per incremento di ingranamento nel tessuto murario
- perché realizza una staffatura diffusa

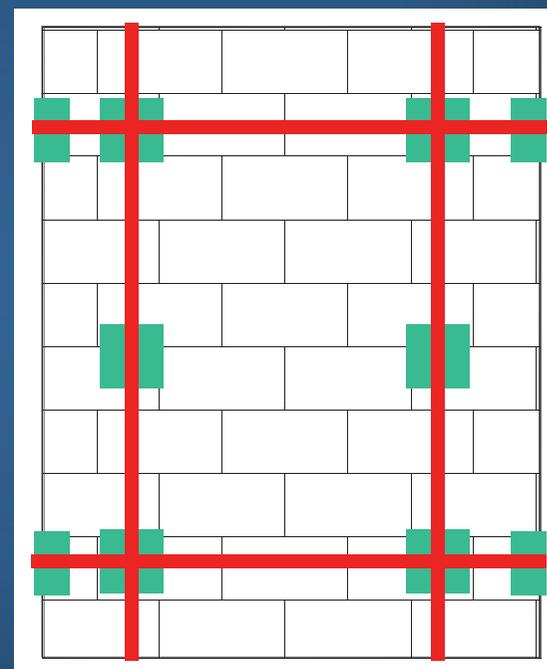
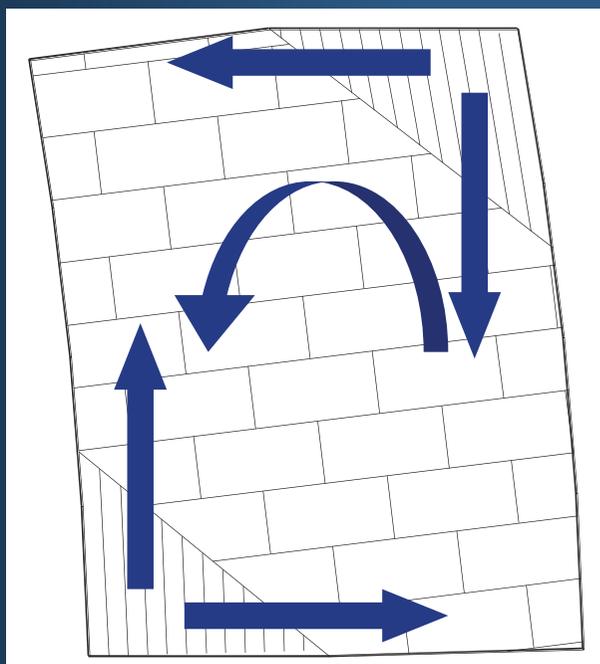




● Migliora il comportamento NEL PIANO

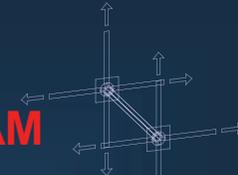
● a FLESSIONE

- perché realizza un'armatura reagente a flessione
- perché aumenta la duttilità in compressione



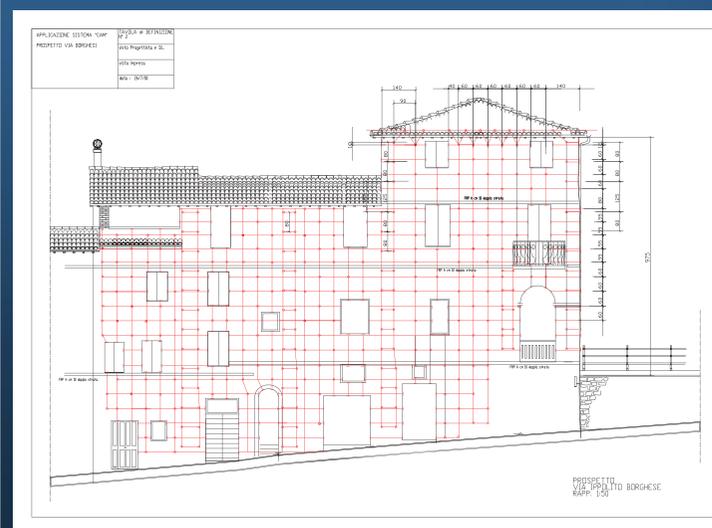
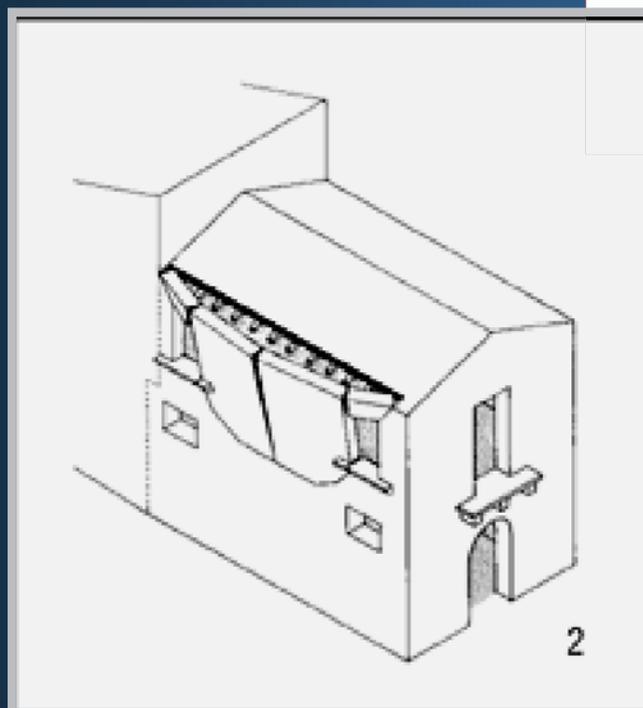
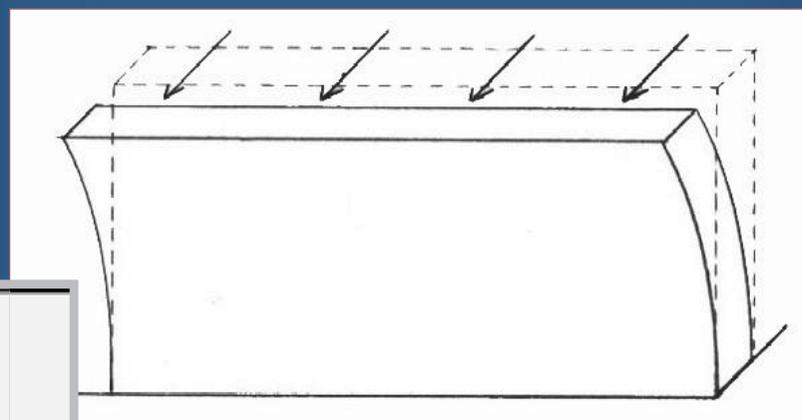
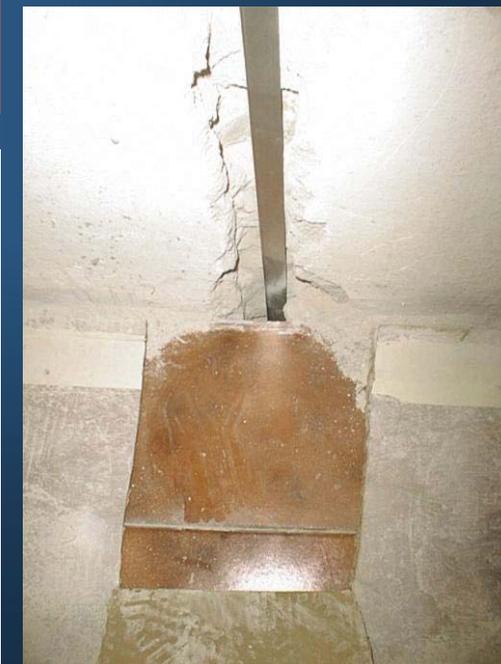
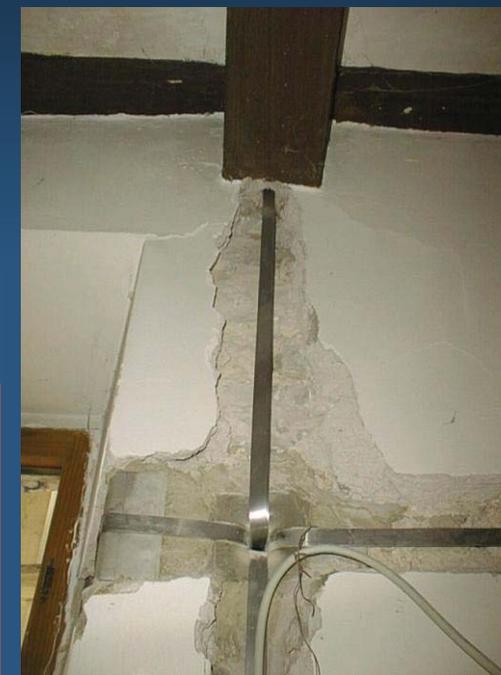
—+—+—
(min 200 mm)

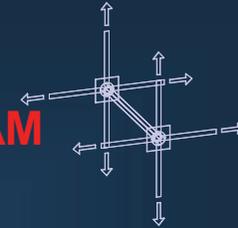
AZIONE DI MASCHIO E MECCANISMI DI COLLASSO



● Migliora il comportamento **FUORI DEL PIANO**

- la continuità verticale delle legature, anche attraverso i piani, realizza una efficace armatura a flessione
- la continuità delle legature lungo la direzione orizzontale realizza una efficace armatura a flessione

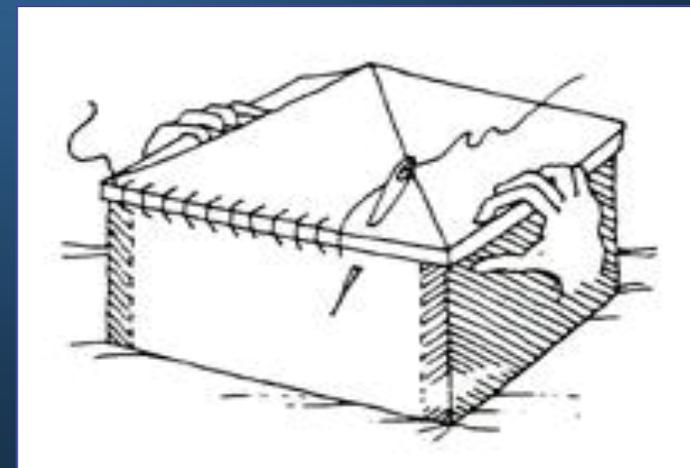
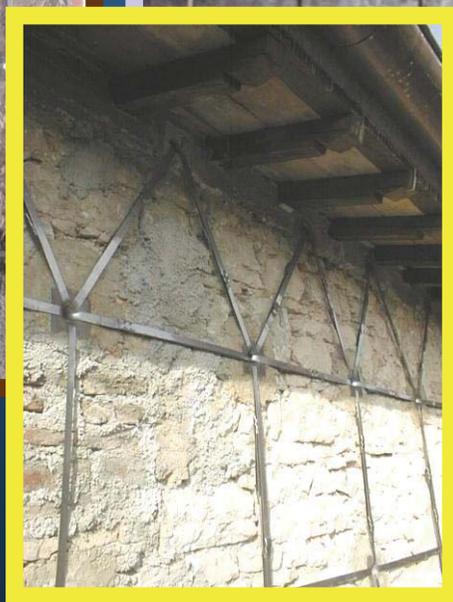
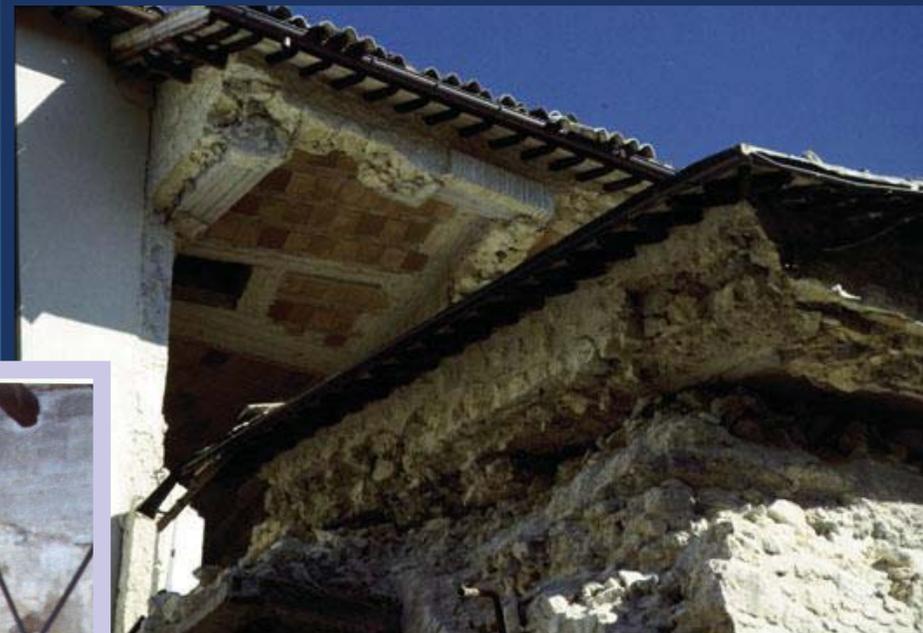


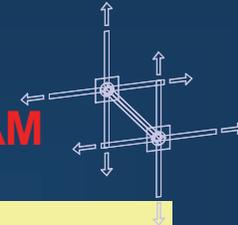


● Migliora il comportamento NEL PIANO

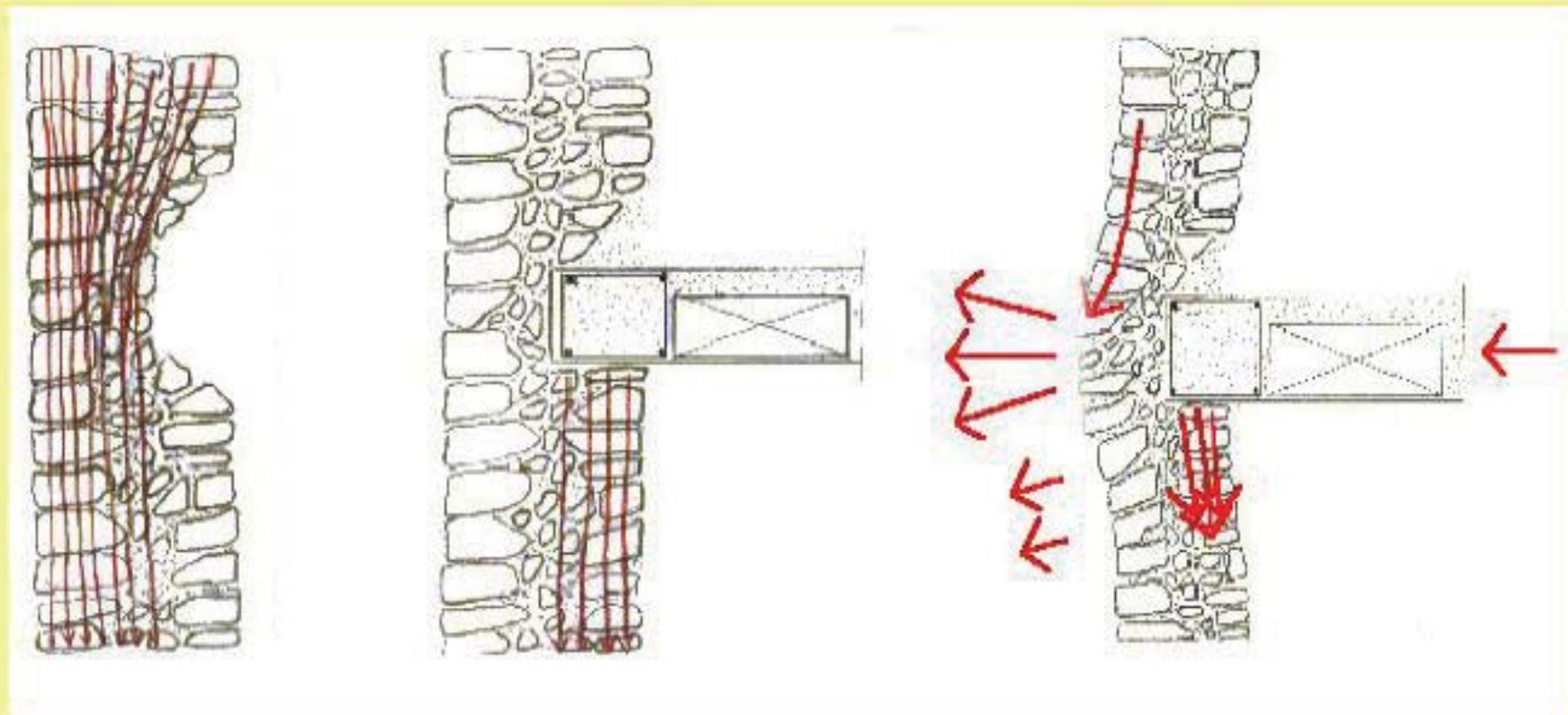
- perché rende possibili interventi 'ad hoc' di legatura e di trasferimento delle forze

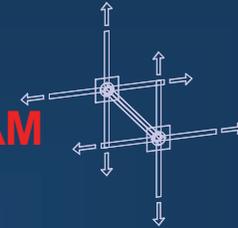
- ad es. consente un facile ed efficace collegamento tra cordolo di sommità e struttura muraria
- ovvero adattamenti delle cuciture secondo percorsi 'personalizzati'





Cordolo in breccia





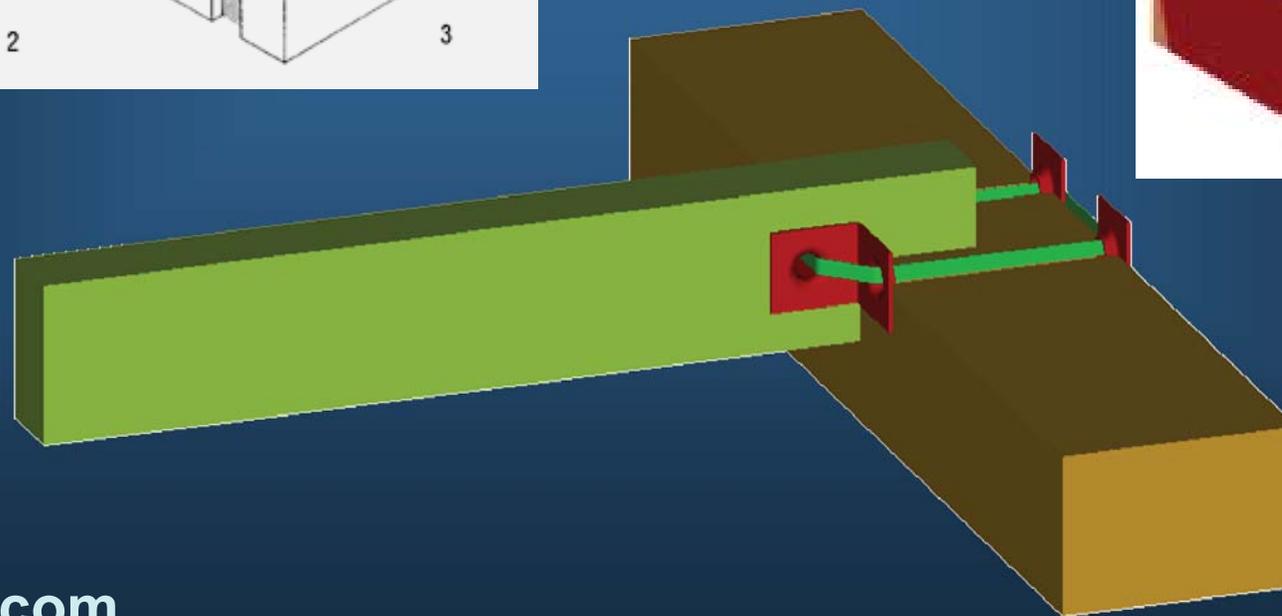
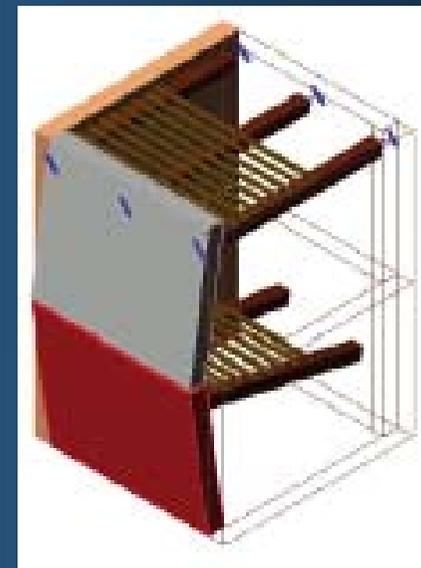
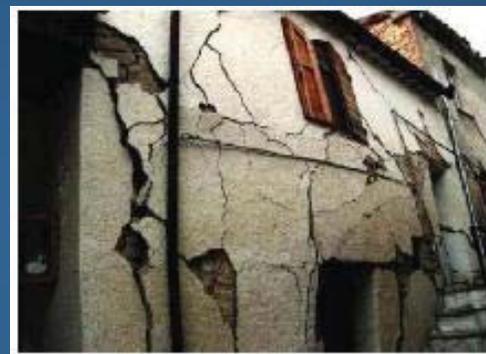
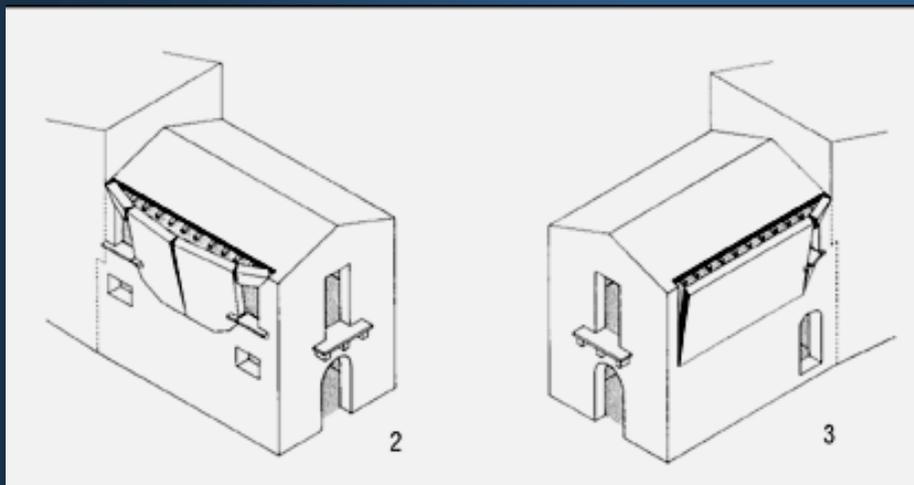
CORDOLO IN BRECCIA

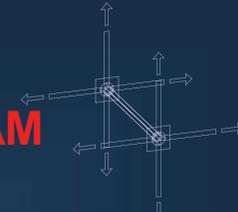




L'INCATENAMENTO

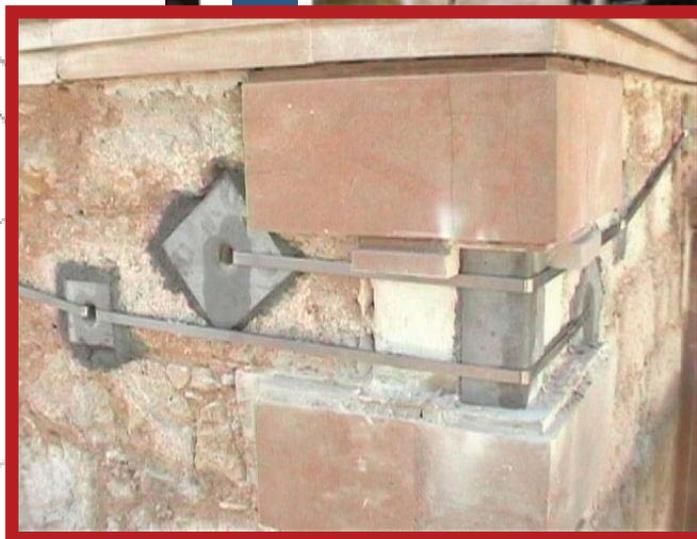
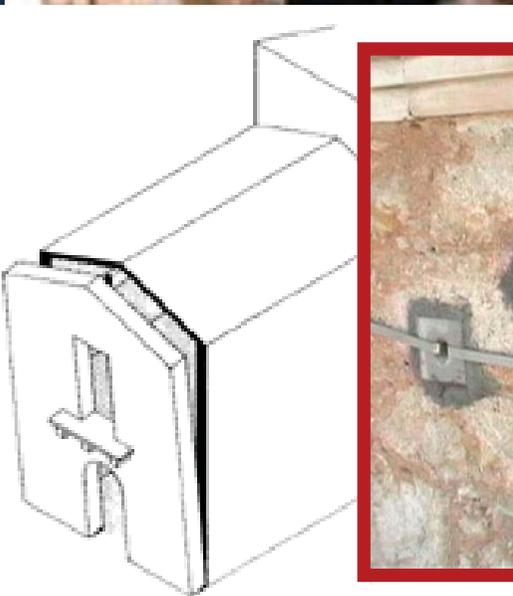
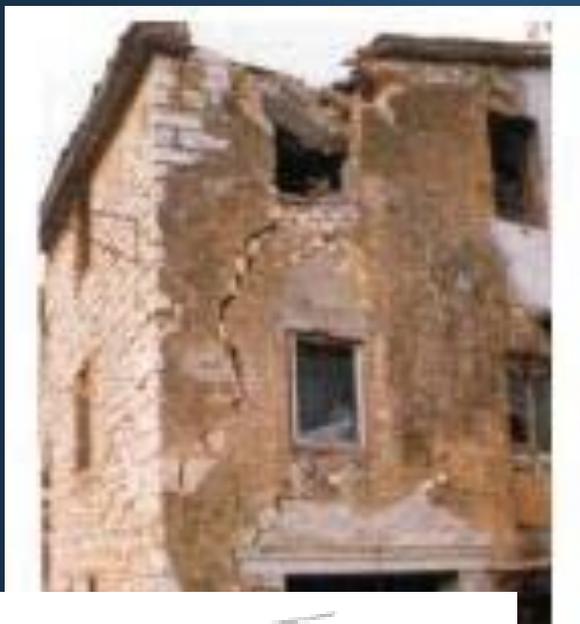
● Consente efficaci collegamenti tra paramento ed orizzontamenti (travi/solai) conseguendo l'incatenamento attraverso le travi





L'INCATENAMENTO

● Efficace collegamento tra pareti d'angolo



L'INCATENAMENTO

- Efficace collegamento tra pareti d'angolo

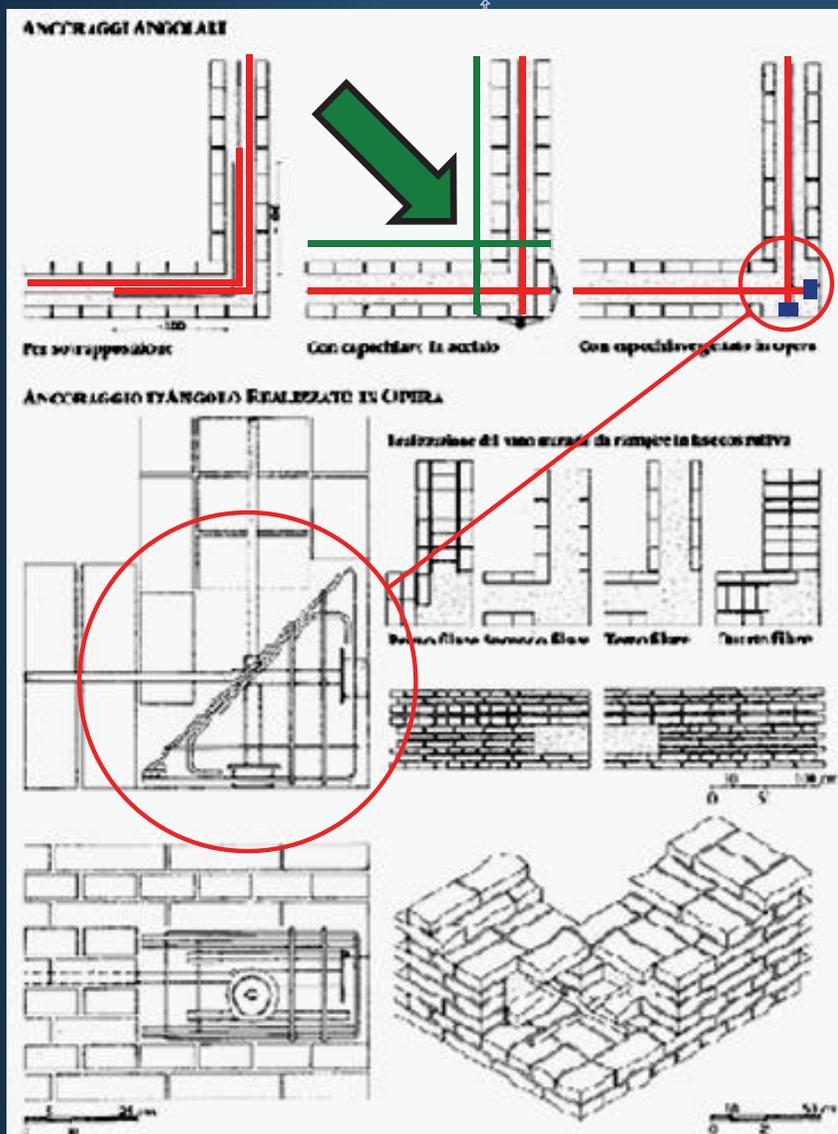
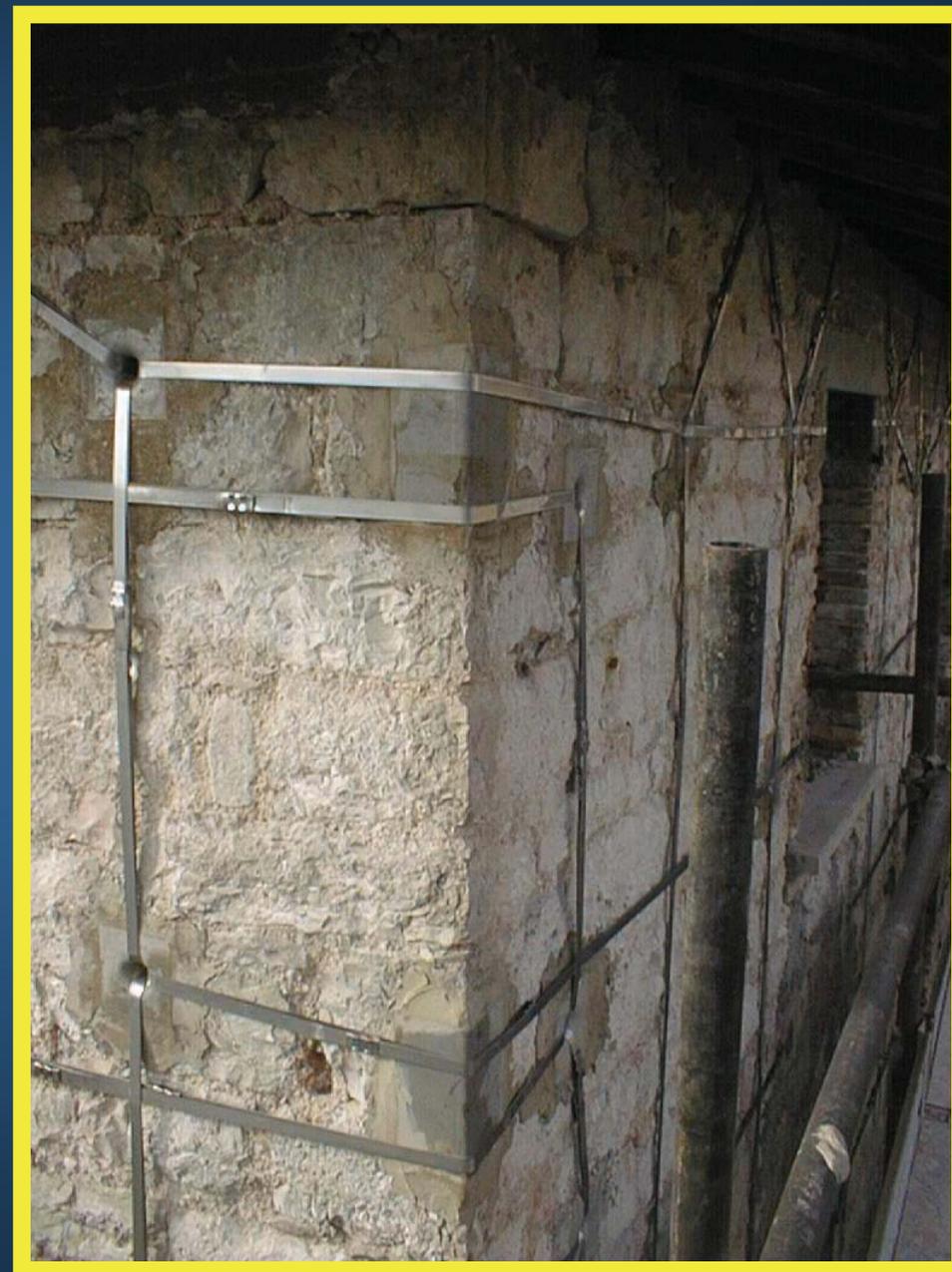
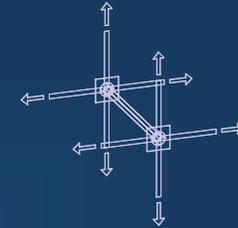
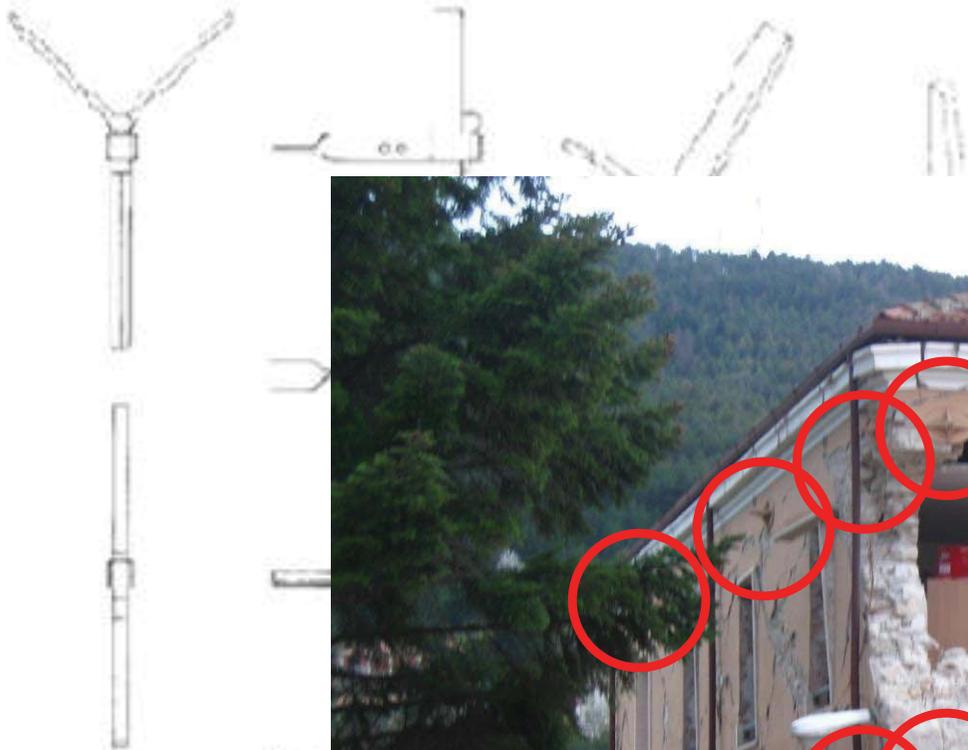


Fig. 13.15 - Incatenamenti d'angolo (7).



DEMENTE: ELEMENTI ORGANIZZATI A LARGHEZZA CON DIREZIONE



DEMENTE: ELEMENTI ORGANIZZATI A LARGHEZZA CON DIREZIONE

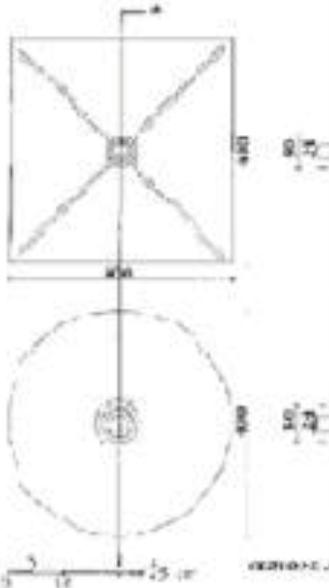
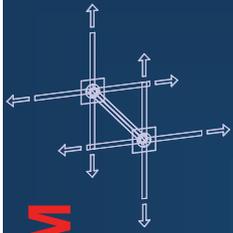


Fig. 13.16 - Ancoraggi esterni (7).

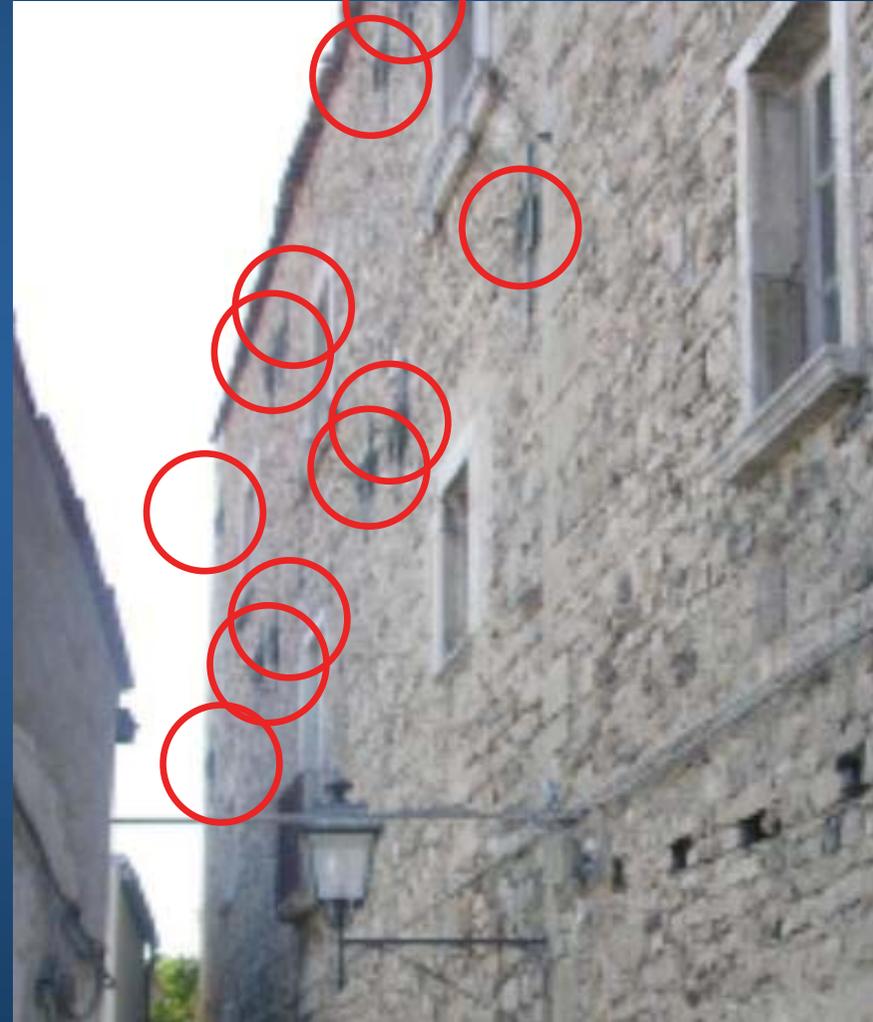
PARTICOLARI ESEMPI APPLICATIVI

Castello di Lupara COLLEGAMENTO TRA FACCIATA E MURI DI SPINA MURATURA A **FACCIAVISTA**

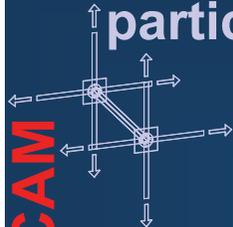
Il Sistema CAM



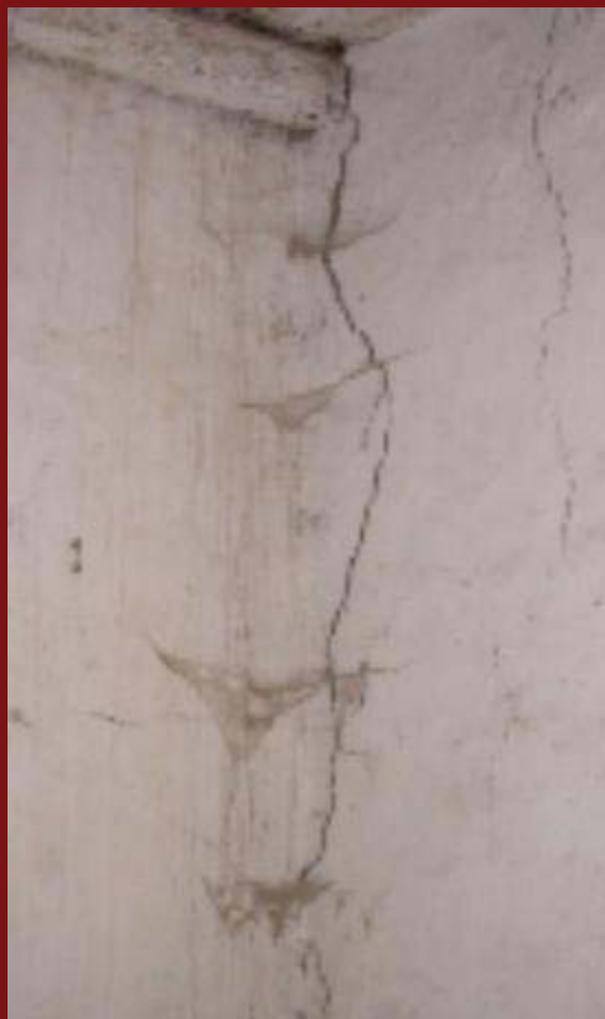
La facciata prima dell'intervento



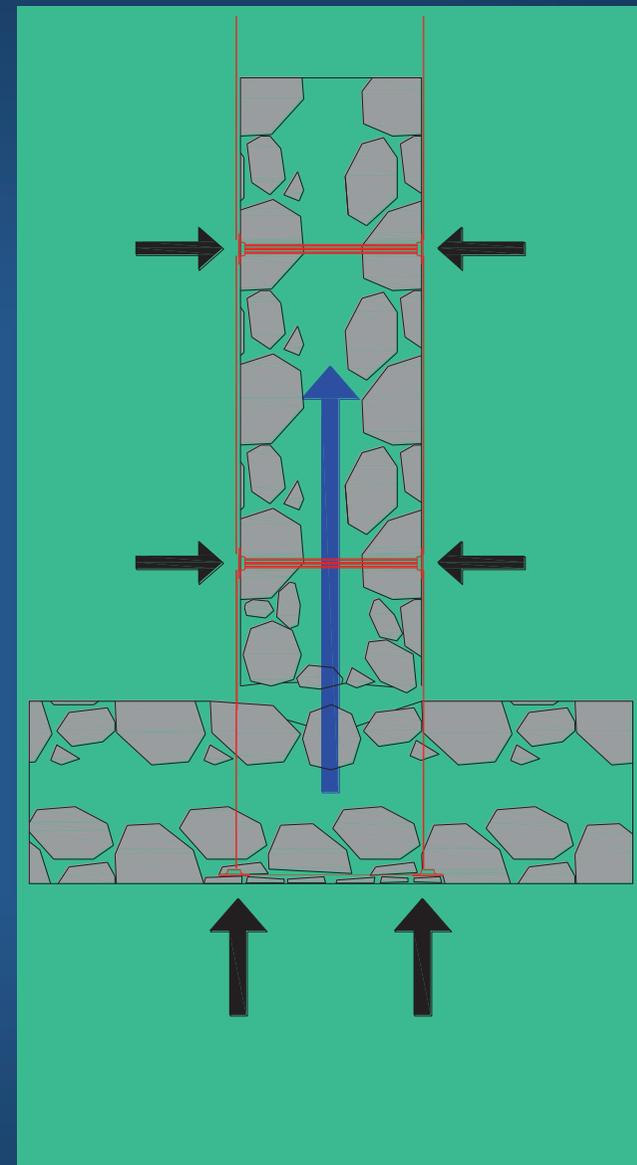
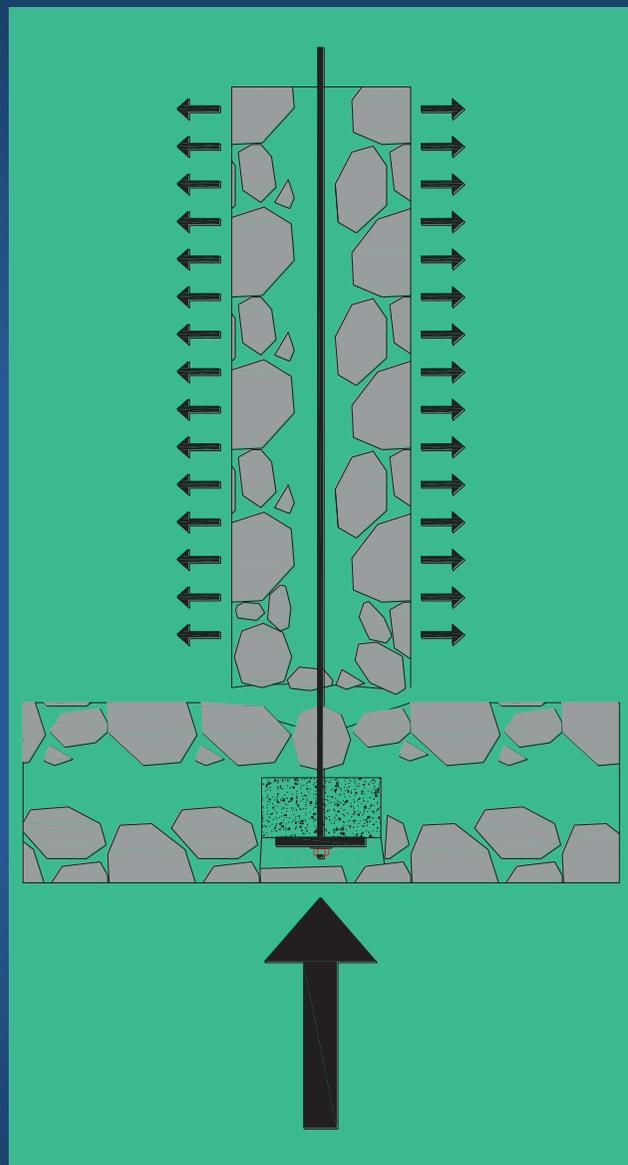
Evidenza dei capochiave tradizionali



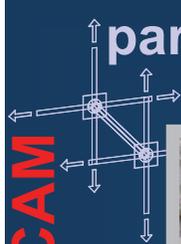
Castello di Lupara
COLLEGAMENTO TRA FACCIATA E MURI DI SPINA
MURATURA A **FACCIAVISTA**



Evidenza del distacco dall'interno



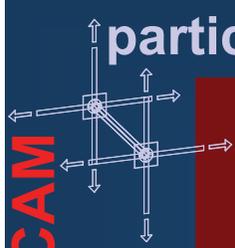
Progetto di consolidamento con capochiave occultato



Castello di Lupara
COLLEGAMENTO TRA FACCIATA E MURI DI SPINA
MURATURA A **FACCIAVISTA**

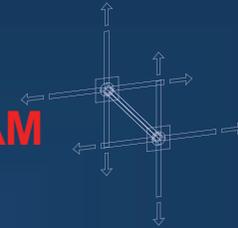


Le fasi di posa



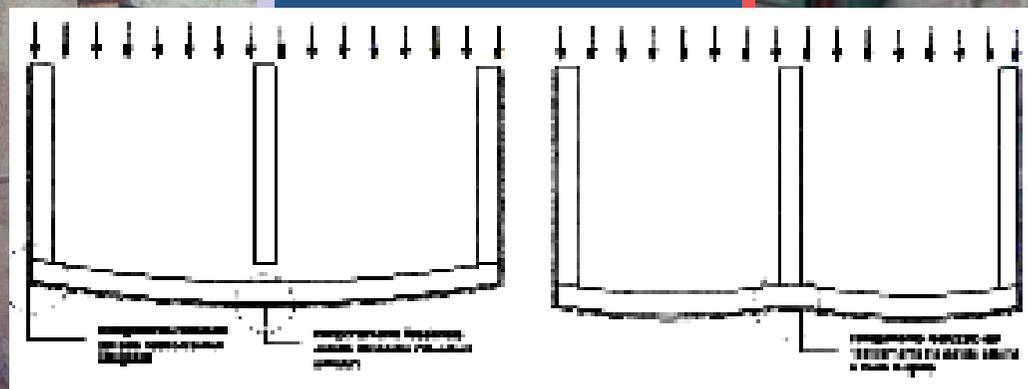
L'effetto finale

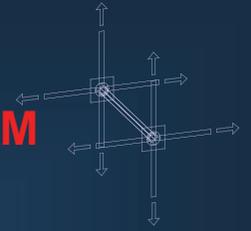




L'INCATENAMENTO

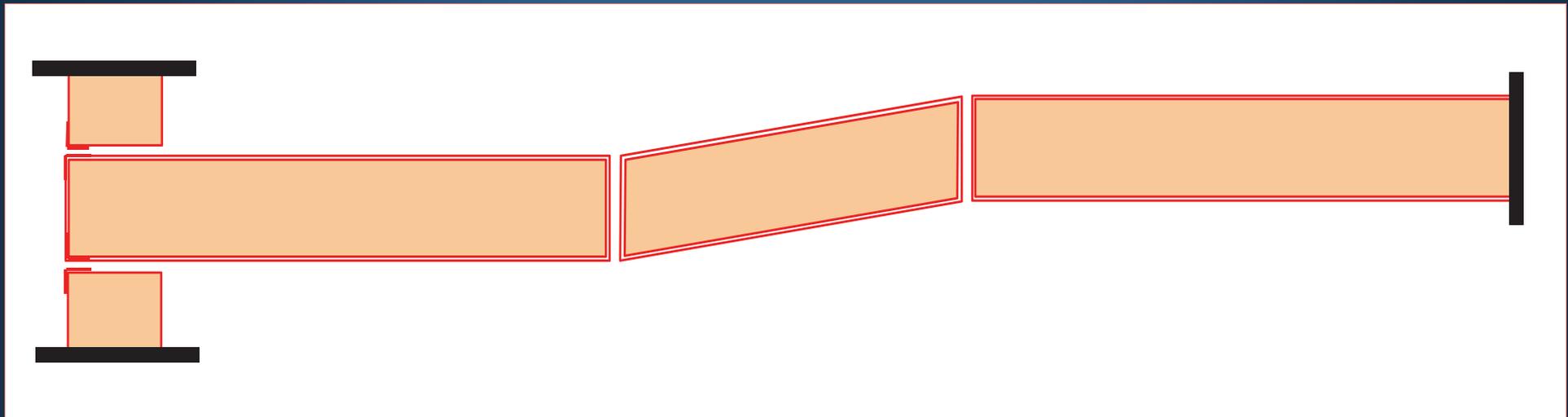
● Efficace collegamento tra pareti ortogonali





L'INCATENAMENTO

- Consente di realizzare incatenamenti anche per muri non rettilinei



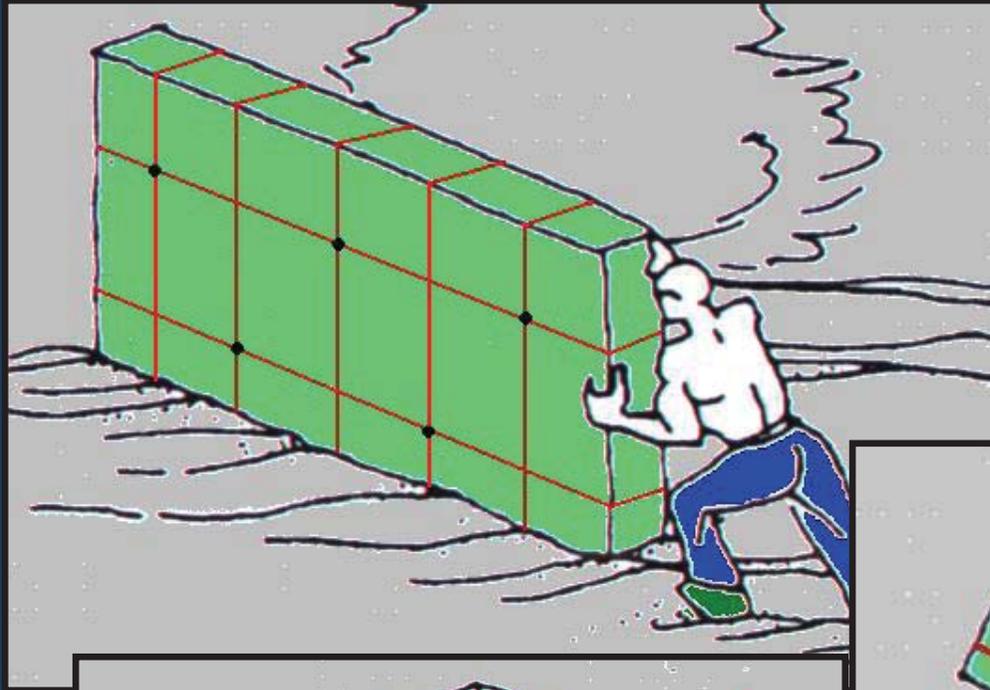
Conseguenze derivanti dall'applicazione del **CAM**

incremento di:

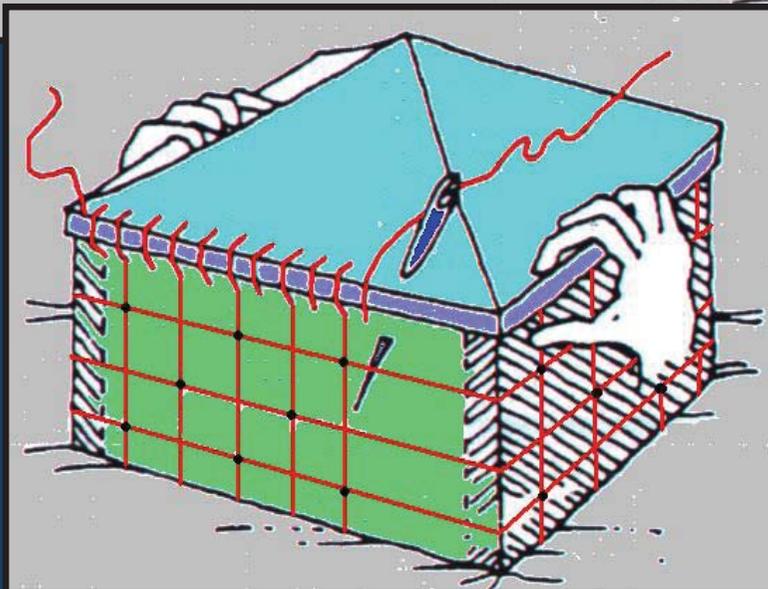
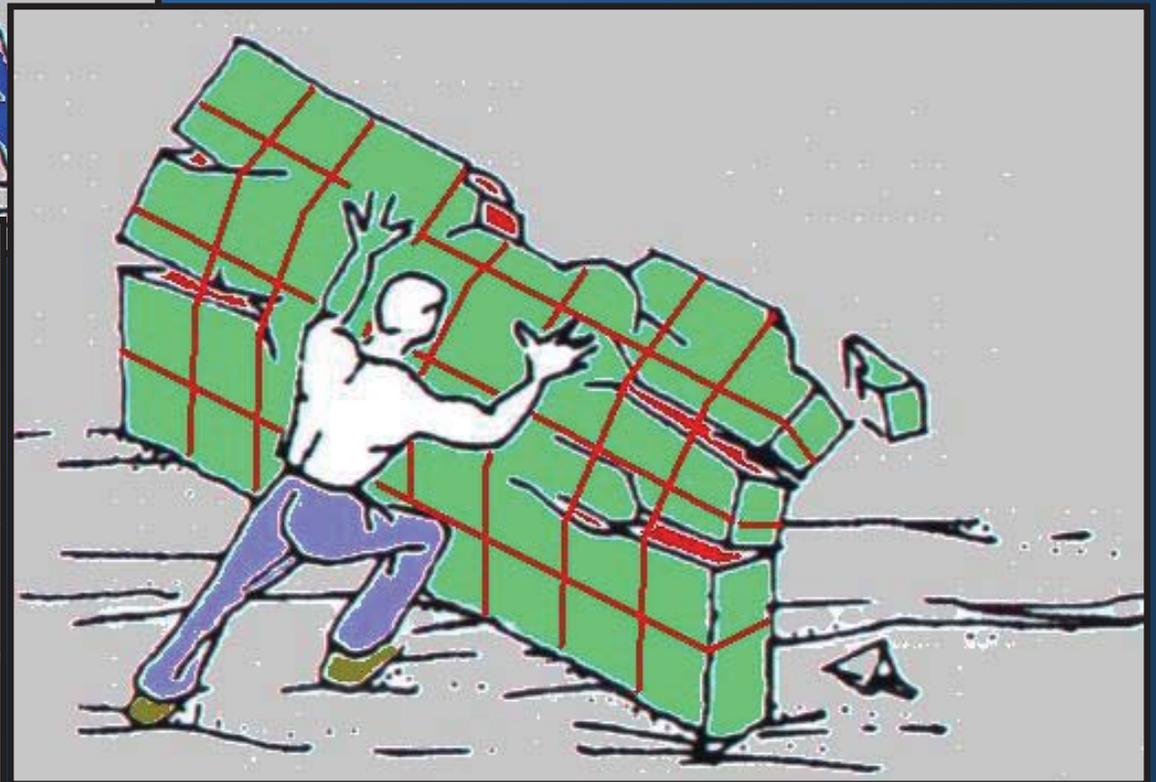
- portanza
 - a taglio
 - a flessione
 - nel piano (maschio snello)
 - fuori del piano
- duttilità
- portanza verticale per confinamento
 - nei pilastri (muratura e/o cls)
 - nelle pareti a doppio paramento
- legatura tra i muri ortogonali → (scatola)

Conseguenze derivanti dall'applicazione del CAM

Aumento della resistenza nel piano del pannello

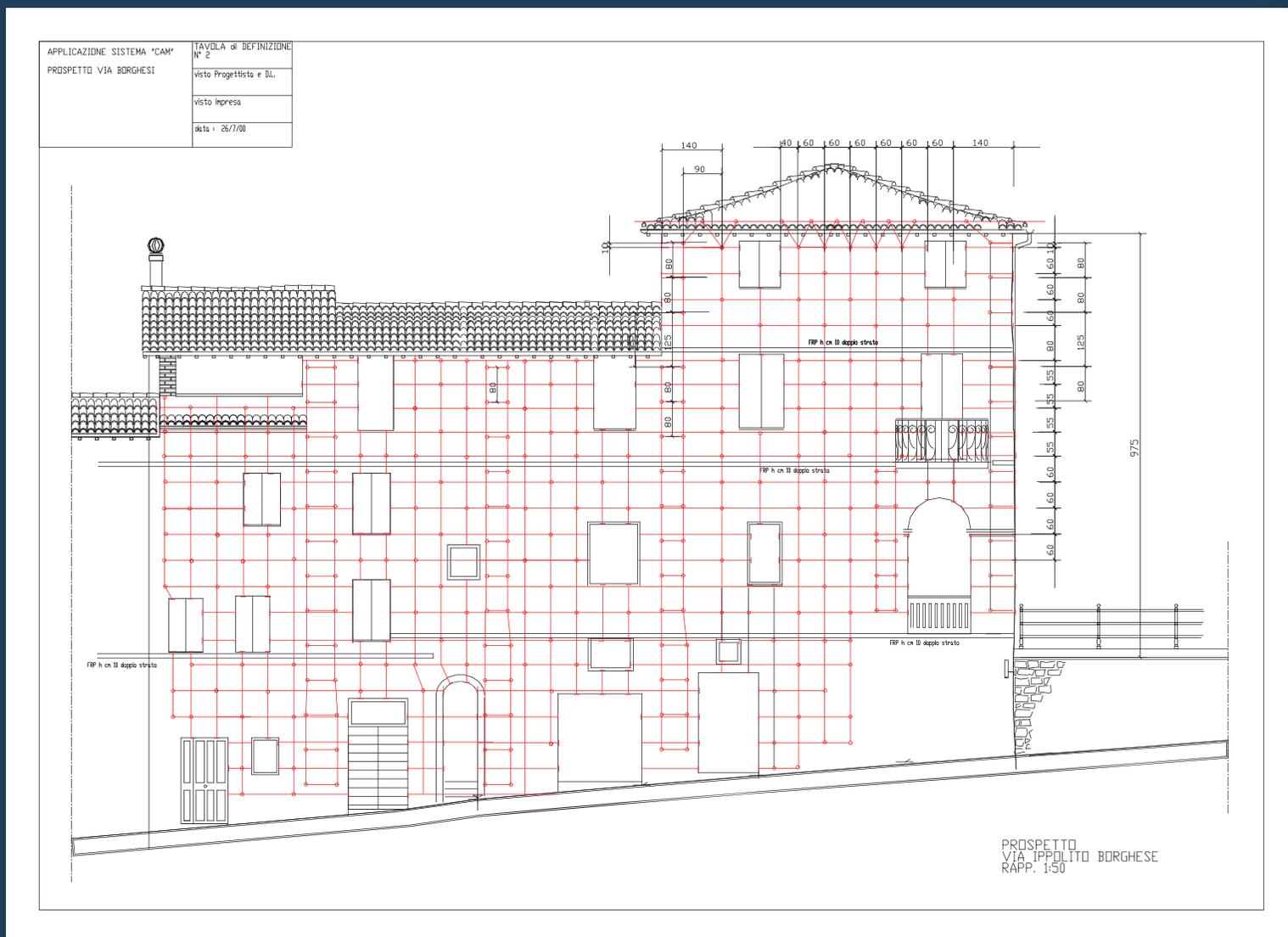
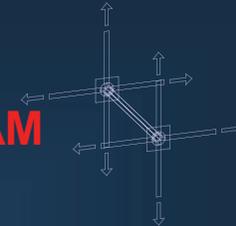


Aumento della resistenza fuori dal piano medio, efficacia nel collegare i paramenti

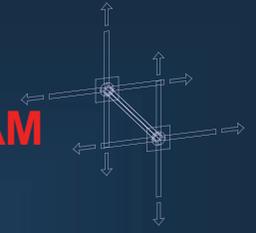


Comportamento Scatolare dell'edificio

NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI TRADIZIONALI - Il Sistema CAM

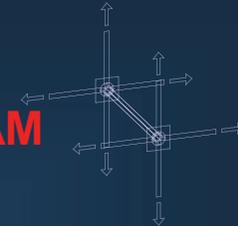


● Forature trasversali in numero di 0.8 ÷ 1.4 fori per m²



● La rimozione dell'intonaco può ridursi alle realizzazioni delle singole tracce: SCARSA INVASIVITÀ

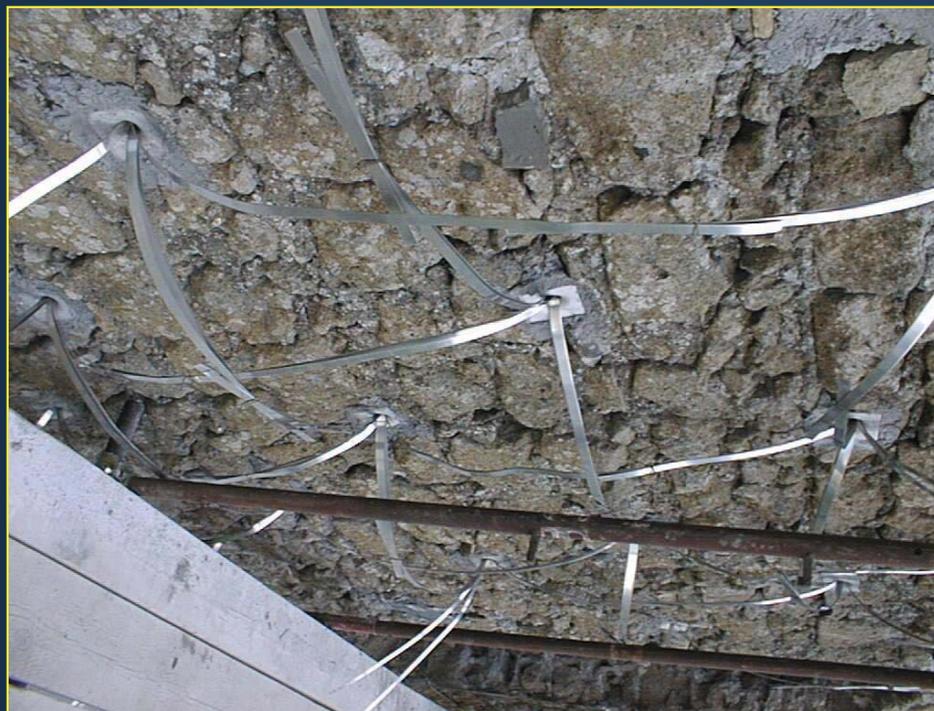
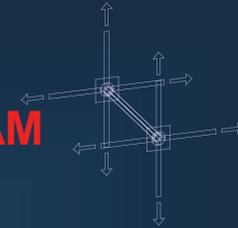




● Grande compatibilità con gli impianti



NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI TRADIZIONALI - Il Sistema CAM



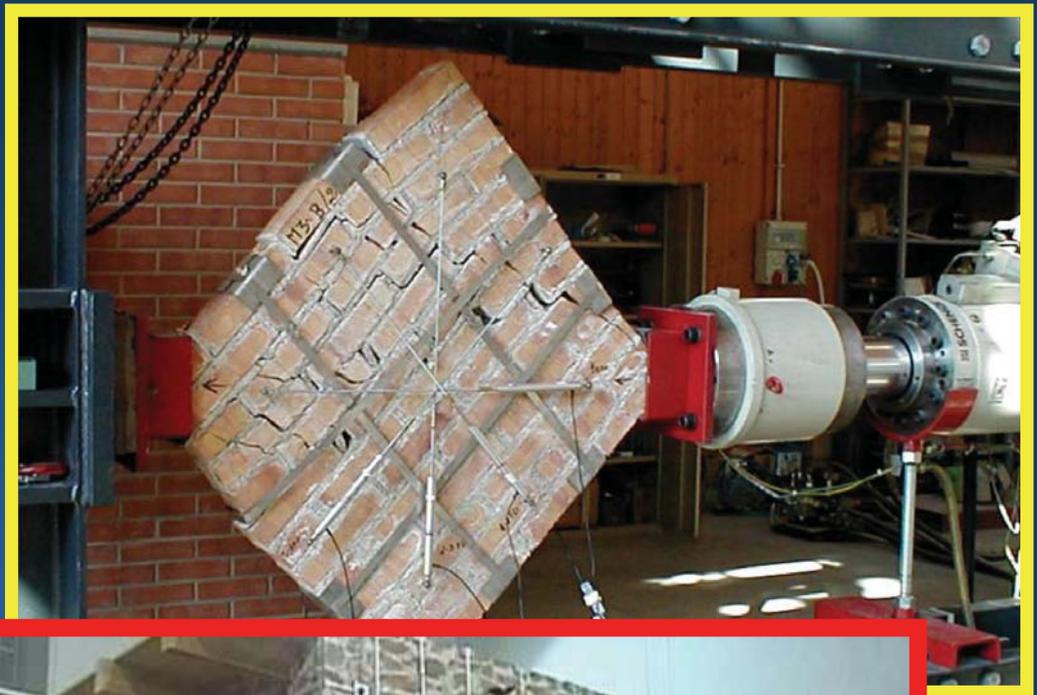
● Nessuna preparazione particolare delle superfici

● Bassa intrusività con la struttura muraria: solo le forature

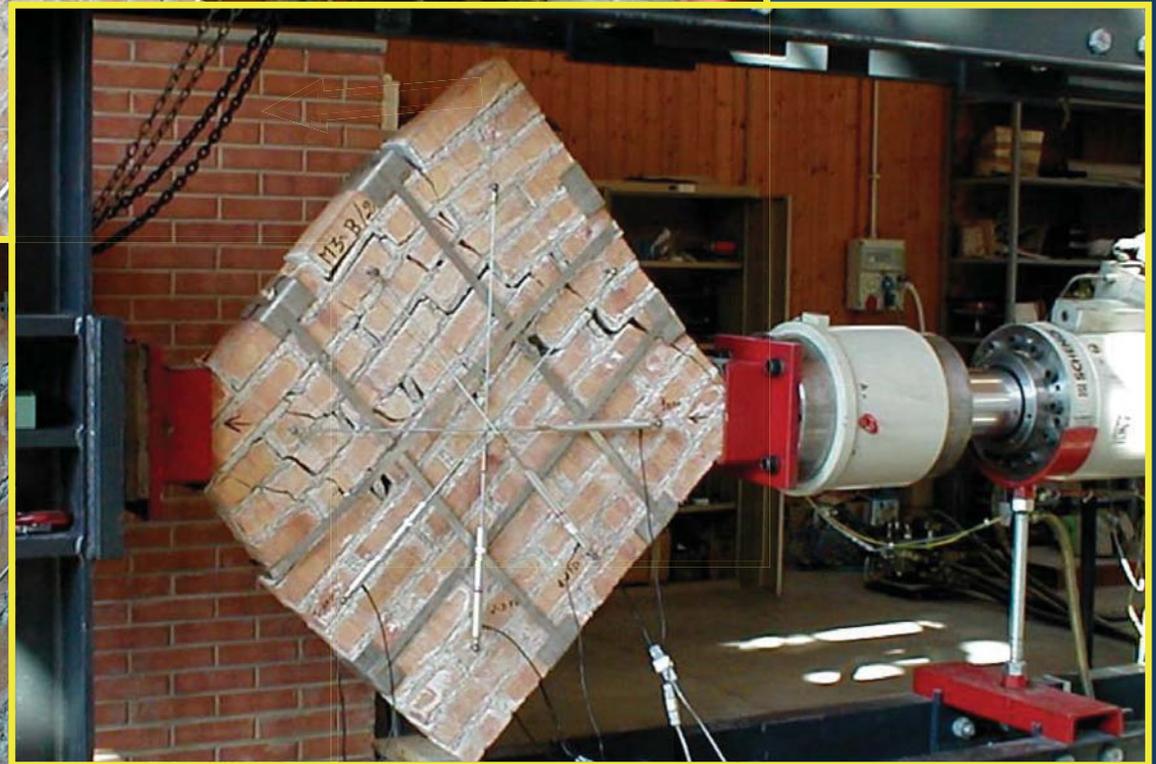
● Reversibilità praticamente totale



LA SPERIMENTAZIONE



Prove Sperimentali su Muretti



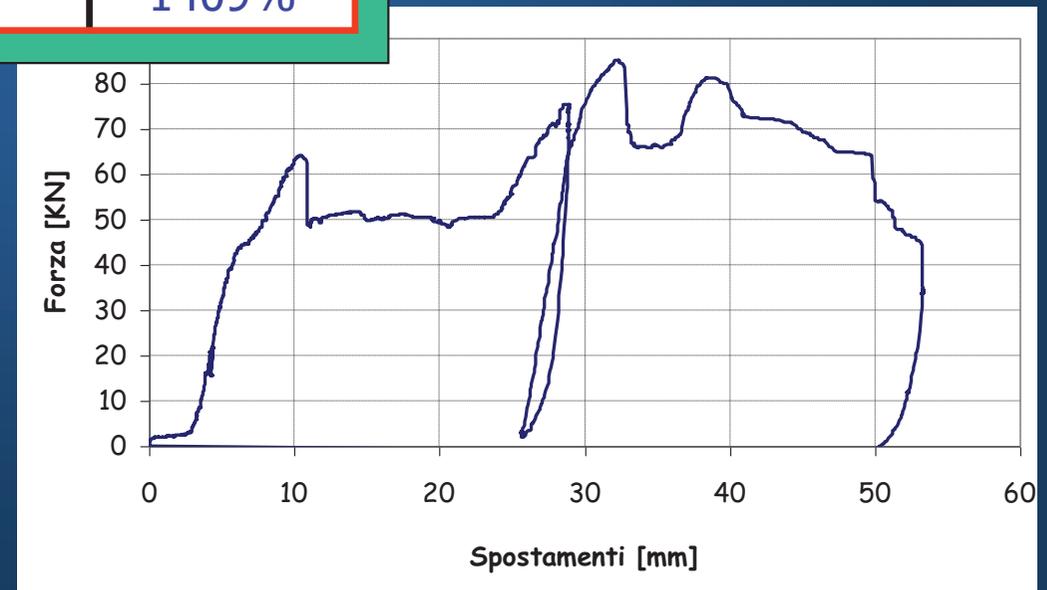
Prova Monotonica senza/con nastri- M3B-1

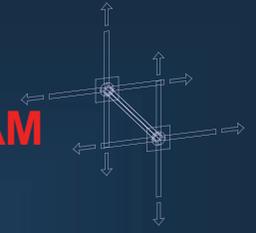


F(KN)	56.4047
Ed (J)	103.2937
S (mm)	3.3569

ΔF	50%
ΔEd	2848%
ΔS	1409%

F(KN)	85.07
Ed (J)	3049.293
S (mm)	50.6592





● E' efficace nel cerchiaggio e confinamento sia dei maschi murari, che dei pilastri in c.a.



IL CONFINAMENTO PRECOMPRESSO



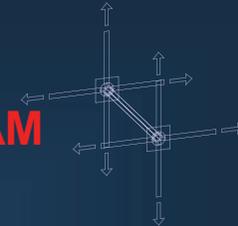
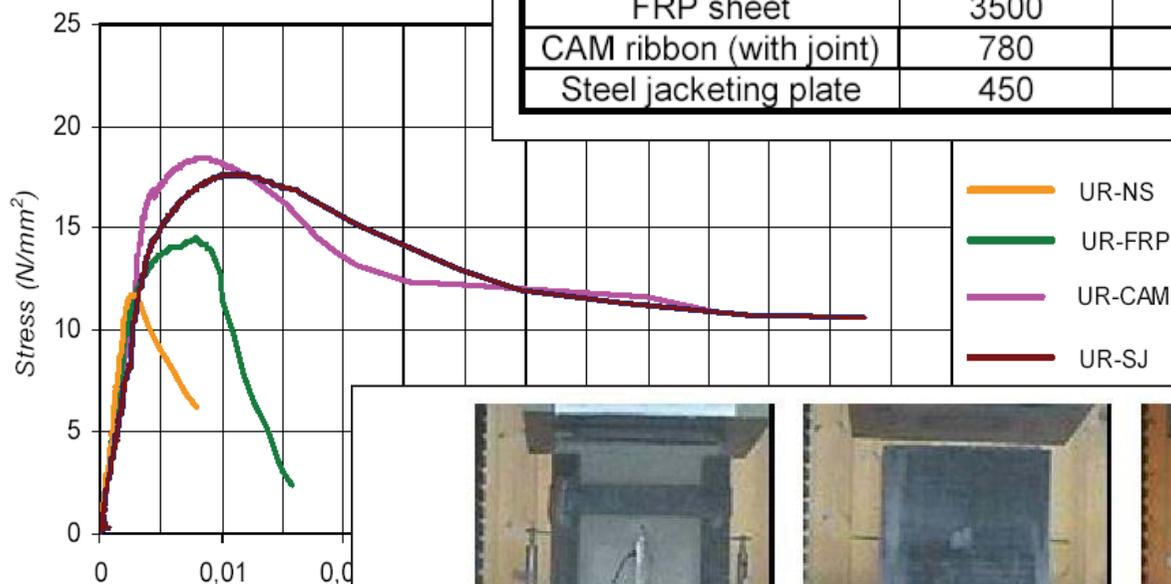


Table 2 Characteristics of strengthening materials

Material	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation at failure (%)	Thickness (mm)	Total width (mm)	Strengthening unit resistance (kN/mm)
FRP sheet	3500	1.5	0.13	800	0.46
CAM ribbon (with joint)	780	19	0.80	19 x 19	0.28
Steel jacketing plate	450	38	5.00	4 x 50	0.56



E' efficace nel cerchiaggio e confinamento sia dei maschi murari, che dei pilastri in c.a.

Fig. 9 Typical stress-strain envelope

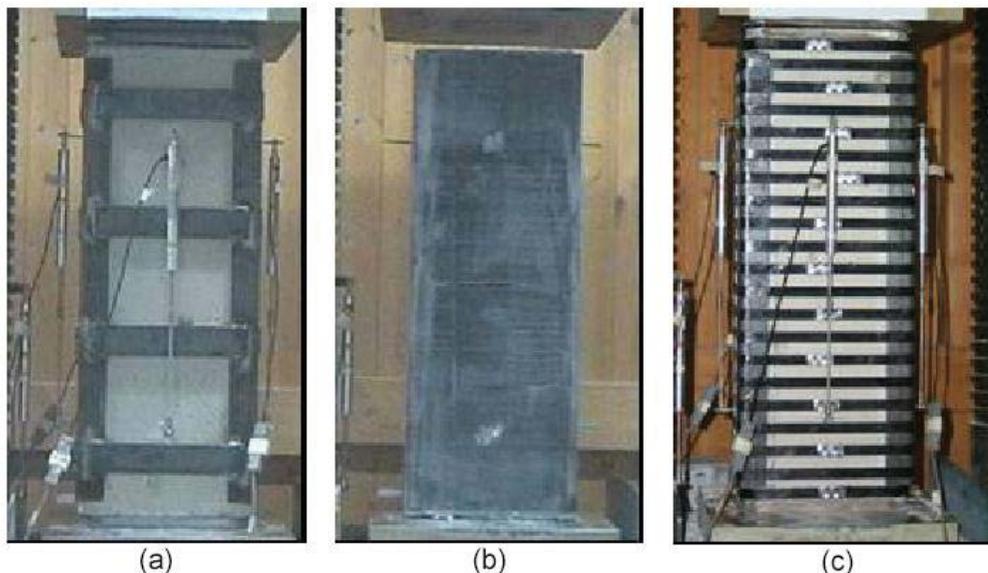


Fig. 1: Strengthening techniques: (a) Steel Jacketing, (b) FRP encasement, (c) CAM jacketing.

LA VALIDAZIONE SPERIMENTALE

la simulazione di un evento sismico gravoso



Il sistema **CAM**

Cuciture Attive dei Manufatti

CONSOLIDARE

ADEGUARE

Rinforzare

Con un

NASTRO

si può!

Progetto TREMA – (www.unibas.it/trerem/index.htm)

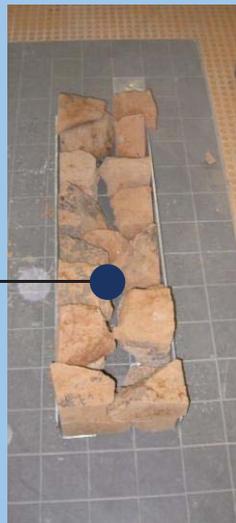
ENEA Casaccia (Roma) – Lab. prove dinamiche

Modelli gemelli, scala 1 : 1.5,

Terremoto Umbria Marche 1997:

Accelerogramma di Colfiorito scalato

Muratura a doppio paramento - Legante povero



(dicembre 2006)

Mod. di riferimento originale a fine prova

Massima accelerazione efficace: **0.3 g**

Esito:

COLLASSO TOTALE

(novembre 2006)

Mod. rinforzato con CAM a fine prova

Massima accelerazione efficace: **≈ 1.0 g**

Esito:

-Lesioni e piccoli crolli localizzati

-Piena efficienza strutturale

-Si noti la zona intonacata praticamente integra



25 kN

Masse
aggiuntive

25 kN

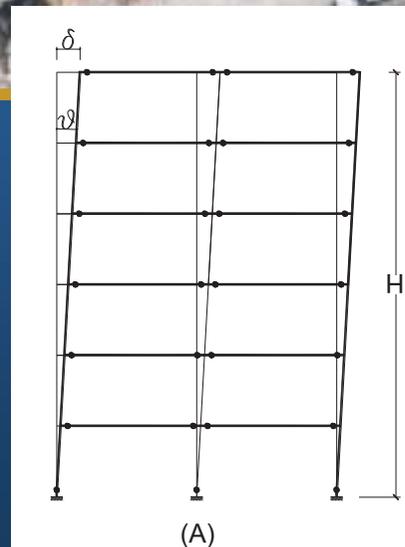
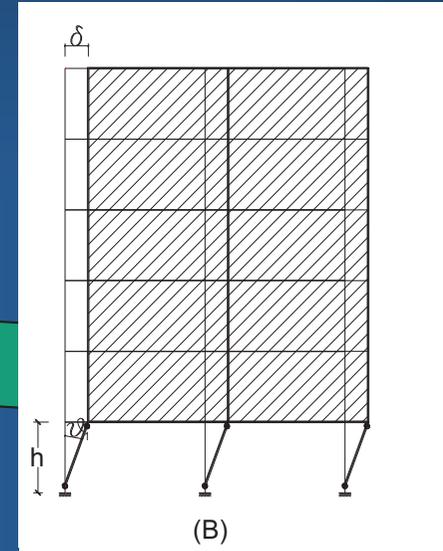




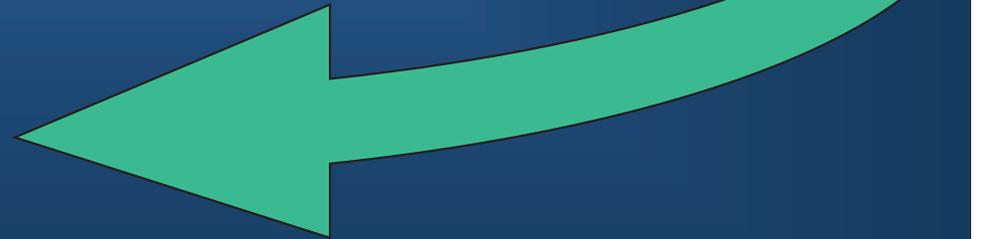
Il sistema **CAM**

Cuciture Attive dei Manufatti





RESISTENZA
GERARCHIZZATA



Progetto TREMA

Adeguamento sismico di edifici
mediante controllo passivo

Il sistema **DIS-CAM** – *Cerchiaggio Attivo dei Manufatti*

Riparazione e adeguamento del telaio n. 2:

2 – DIS-CAM (Rafforzamento e aumento della duttilità di
elementi strutturali e nodi + aumento delle capacità dissipative
tramite dispositivi di nodo)

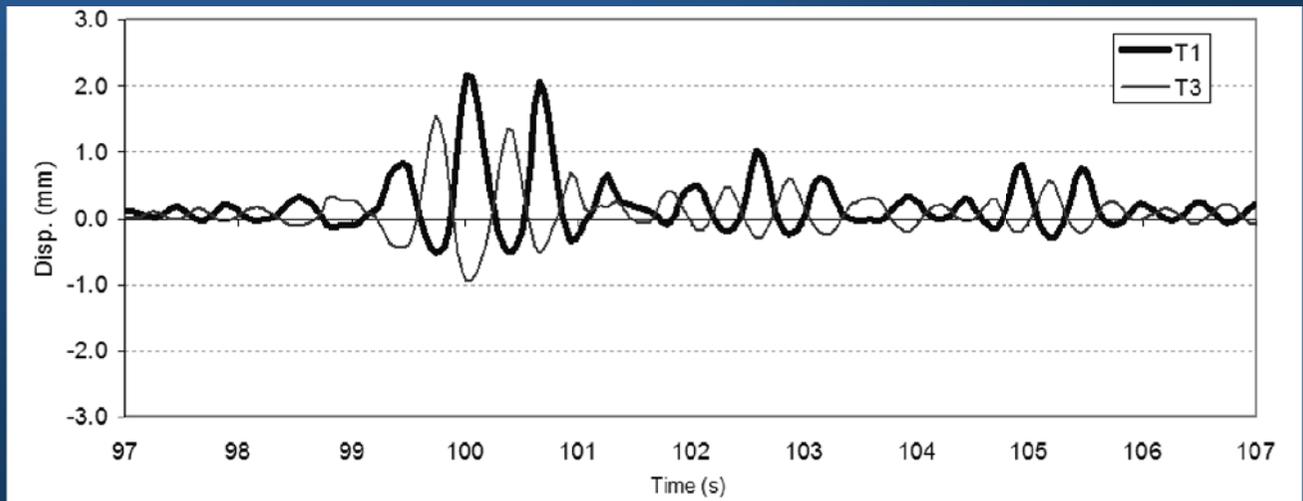
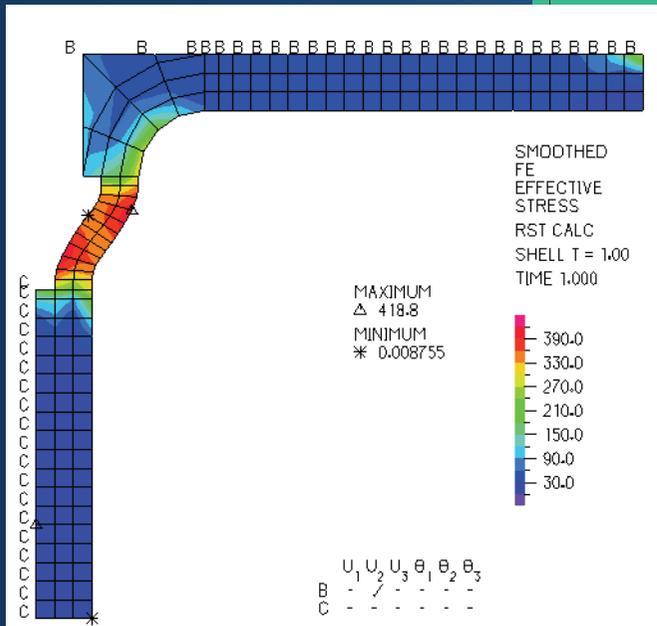
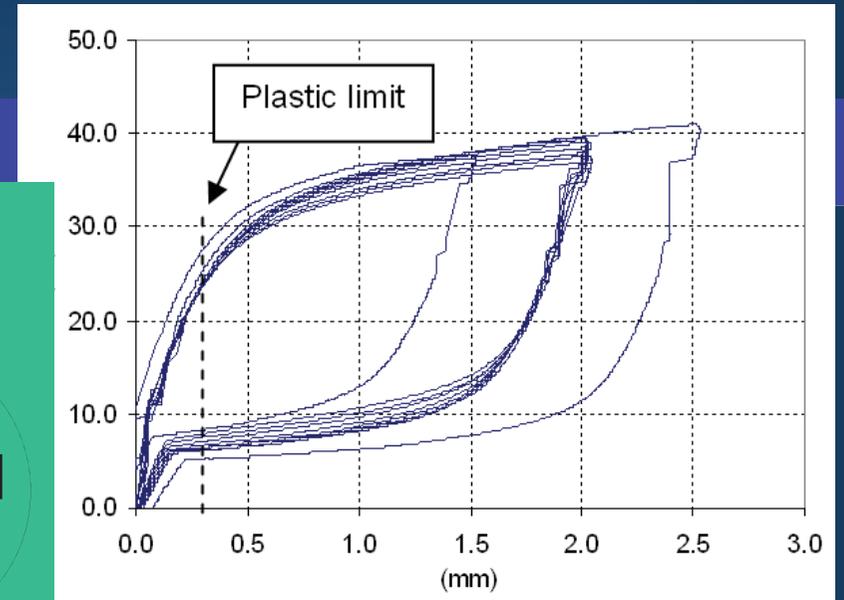
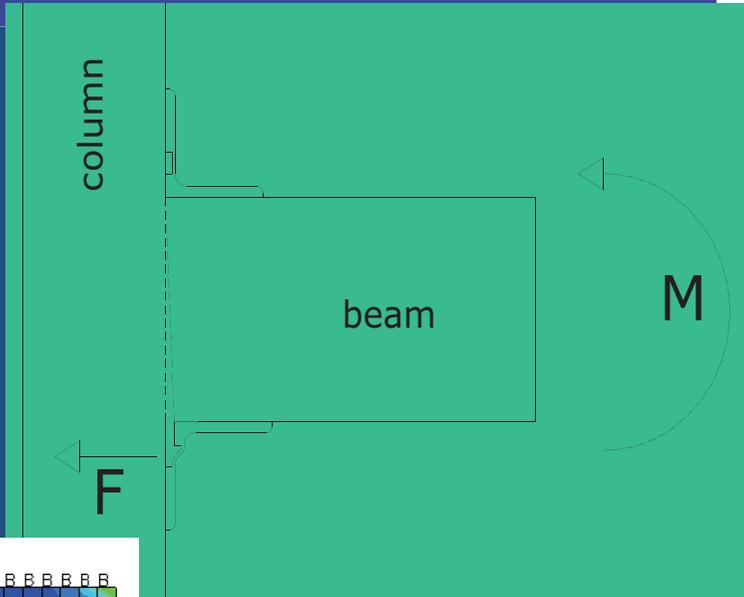


Progetto TREMA

Adeguamento sismico di edifici
mediante controllo passivo

Il sistema **DIS-CAM** – Cerchiaggio Attivo dei Manufat

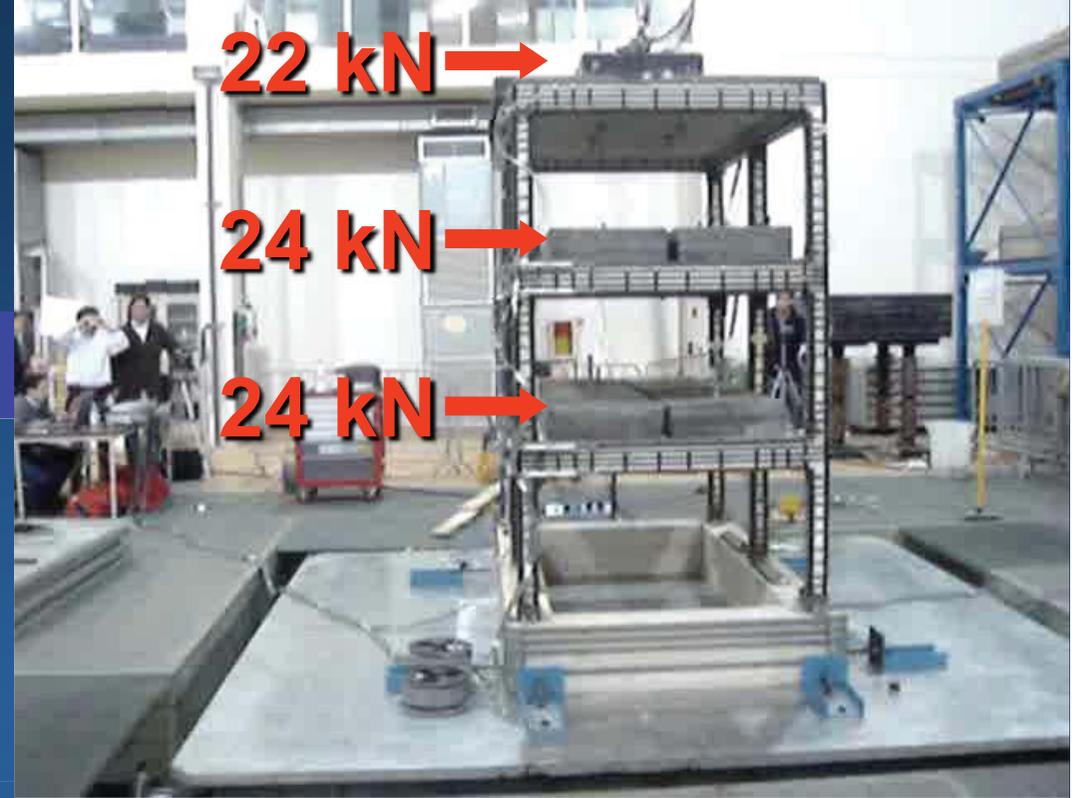
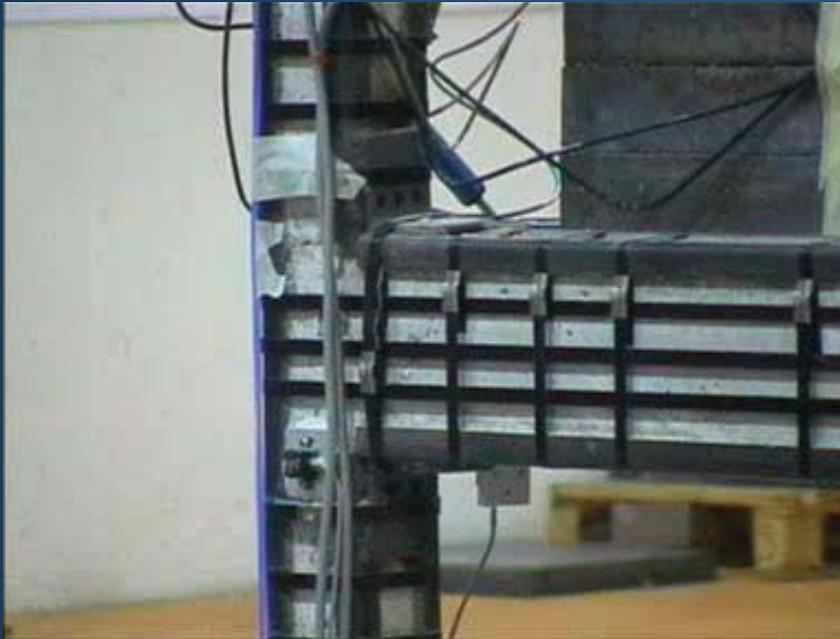
2 – DIS-CAM



Progetto TREMA

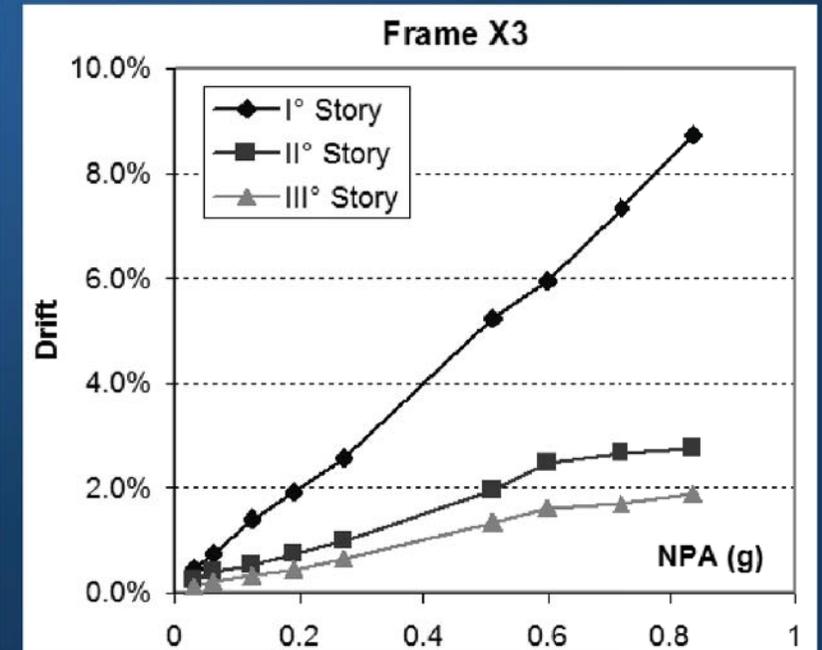
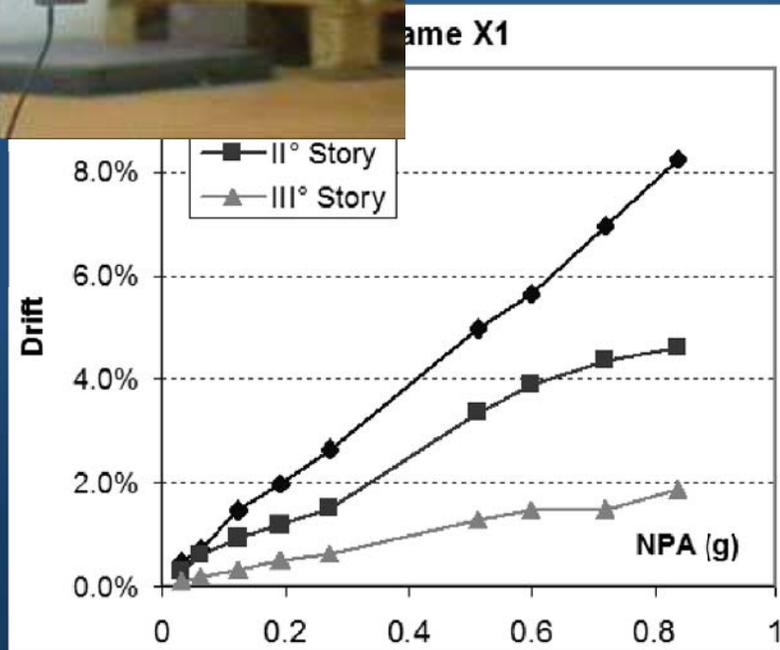
Adeguamento sismico di edifici
mediante controllo passivo

2 – DIS-CAM

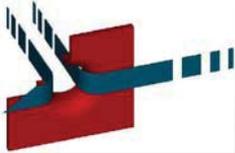


Spostamenti interpiano

Northridge
0.84g







COMBINAZIONE DISSIPAZIONE E RAFFORZAMENTO

EDIFICI IN MURATURA

Struttura reale

Tamburo della cupola S.Nicolò, CT

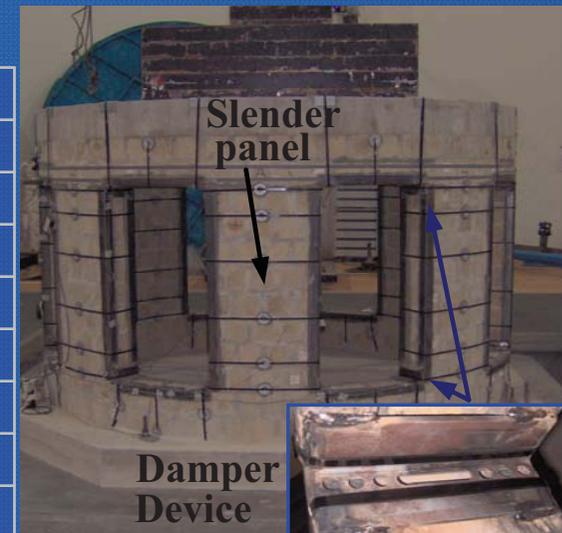
- Muratura, pianta circolare
- 8 ampie aperture



Struttura sperimentale

Manufatto scala 1/6 del tamburo S.Nicolò

Diametro esterno	2900 mm
Spessore muratura	180 mm
Numero dei maschi	8
Larg. media maschi	534 mm
Larg. media aperture	534 mm
Altezza dei maschi	1080 mm
Altezza fascia base	360 mm
Altezza fascia testa	480 mm
Carico in sommità	130 kN



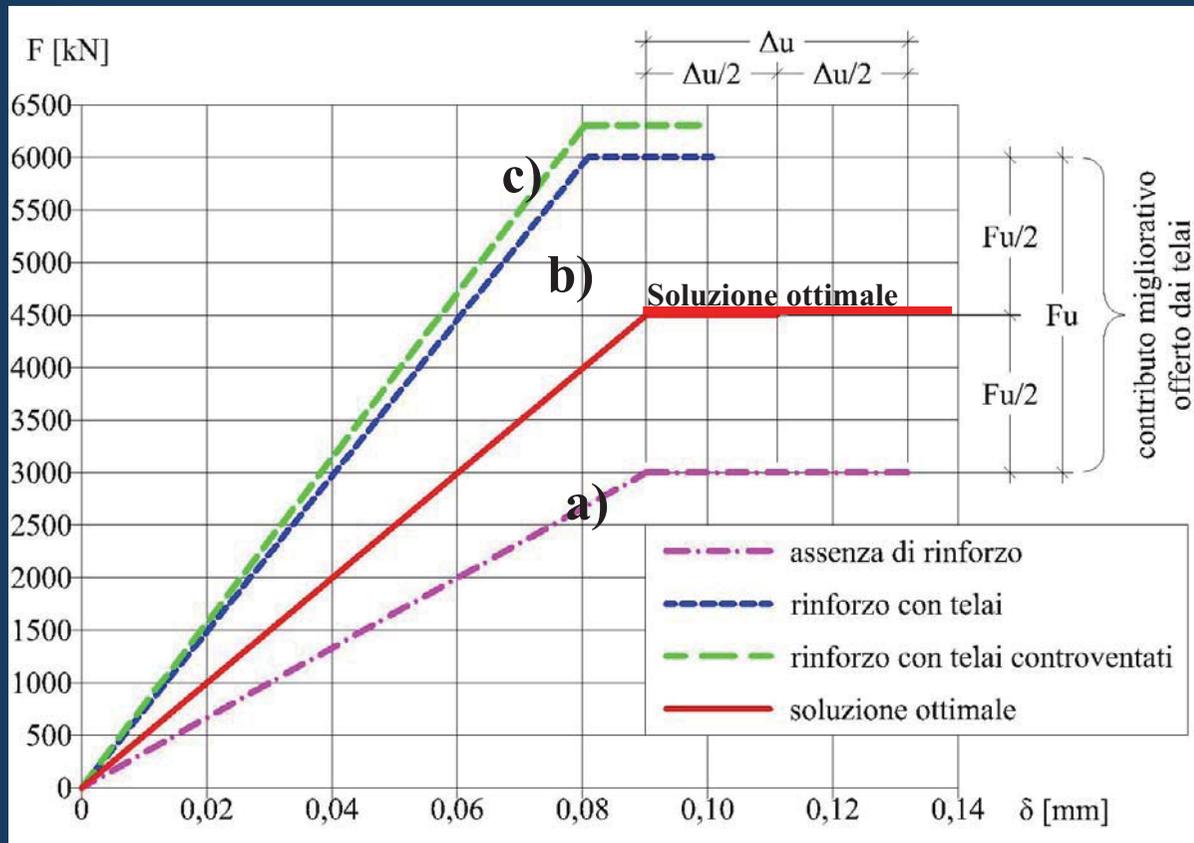
ROCKING + RAFFORZAMENTO E DISSIPAZIONE

Obiettivi dell'intervento

- ✓ **Adeguamento ai sensi OPCM 3274/2003**
- ✓ **Intervento poco invasivo**
- ✓ **Reversibile**

TAMBURO CAM

STIFFNESS AND DUCTILITY RESPONSE

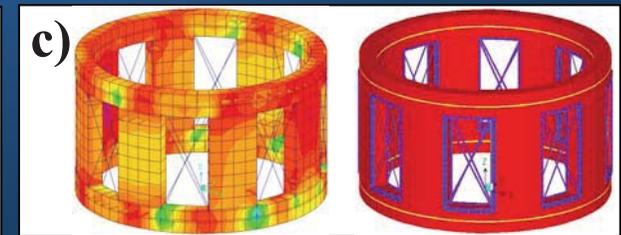
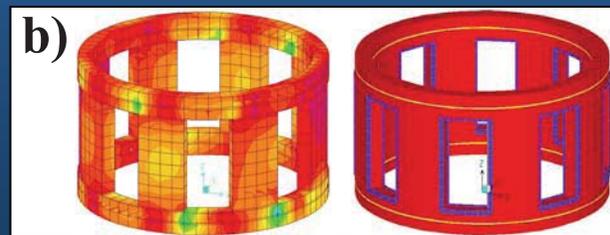
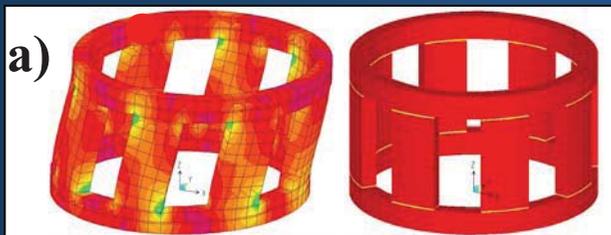


OPTIMAL SOLUTION



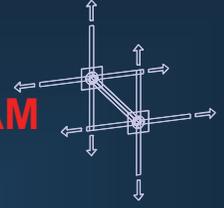
Dissipative frames couplet with CAM system

Simplified computational models



G. Zingone, C. Cucchiara – Analisi non-lineare di sistemi strutturali cupola-tamburo finalizzati alla mitigazione del rischio sismico. ANIDIS 2009 Bologna

NUOVE TECNOLOGIE E MATERIALI TRADIZIONALI - Il Sistema CAM



○ Nessuna preparazione particolare delle superfici

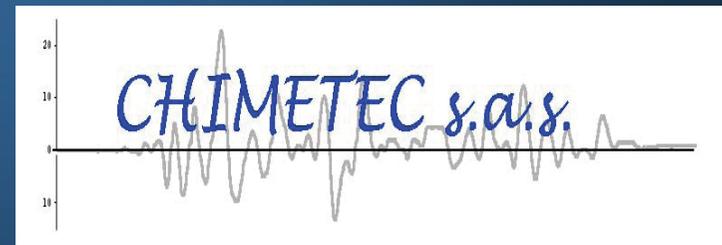
○ Bassa intrusività con la struttura muraria: solo le forature

○ Reversibilità praticamente totale



WWW.CHIMETEC.COM

info@chimetec.com



FINE