

UNIVERSITA' DI NAPOLI FEDERICO II

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI NAPOLI

Criteria progettuali delle strutture

Prof. ing. Francesco Marotti de Sciarra
Dipartimento di Ingegneria Strutturale

N.T.C. 14 GENNAIO 2008
(CIRCOLARE n° 617 2 FEBBRAIO 2009)

CAP. 8 EDIFICI ESISTENTI

RIF. §8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (SOLO S.L.U.)

- STABILIRE SE LA STRUTTURA E' CAPACE DI SOSTENERE I LIVELLI DI SICUREZZA INDICATI NELLE N.T.C. SOTTO LE AZIONI DALLE STESSE NORME
- DETERMINAZIONE DELL'ENTITA' MASSIMA DELLE AZIONI SOSTENIBILI SECONDO I CRITERI DESCRITTI NELLA CIRC. 02/02/2009

RIF. §8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

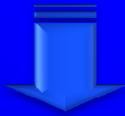
- INTERVENTI DI ADEGUAMENTO
- INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO
- RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

➤ RIF. §8.3 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (SOLO S.L.U.)



➤ RIF. §8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

VARIAZIONI IMPROVVISE E LENTE INDIPENDENTI
DALLA VOLONTA' DELL'UOMO



DANNI DOVUTI AL TERREMOTO

DANNI DA ECCESSIVI CARICHI VERTICALI

DANNI DA CEDIMENTI FONDALI

DANNI DA DEGRADO DEI MATERIALI

ERRORI PROGETTUALI ED ESECUTIVI

VARIAZIONI DOVUTE ALL'INTERVENTO
DELL'UOMO DIRETTO E VOLONTARIO



VARIAZIONI ARCHITETTONICHE

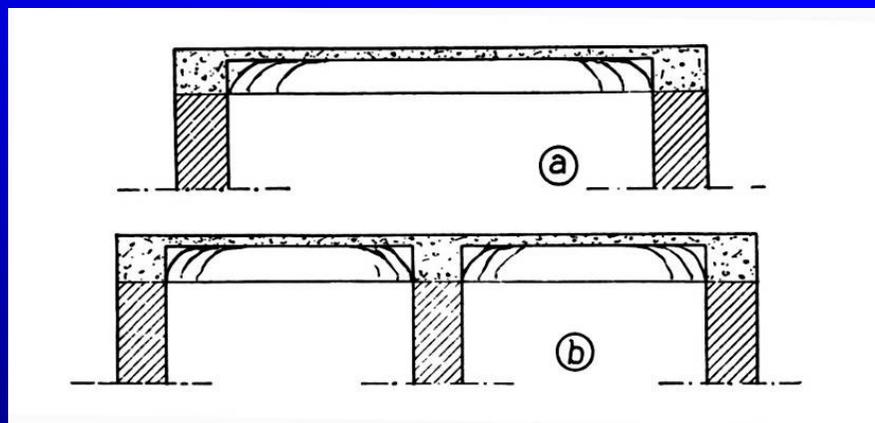
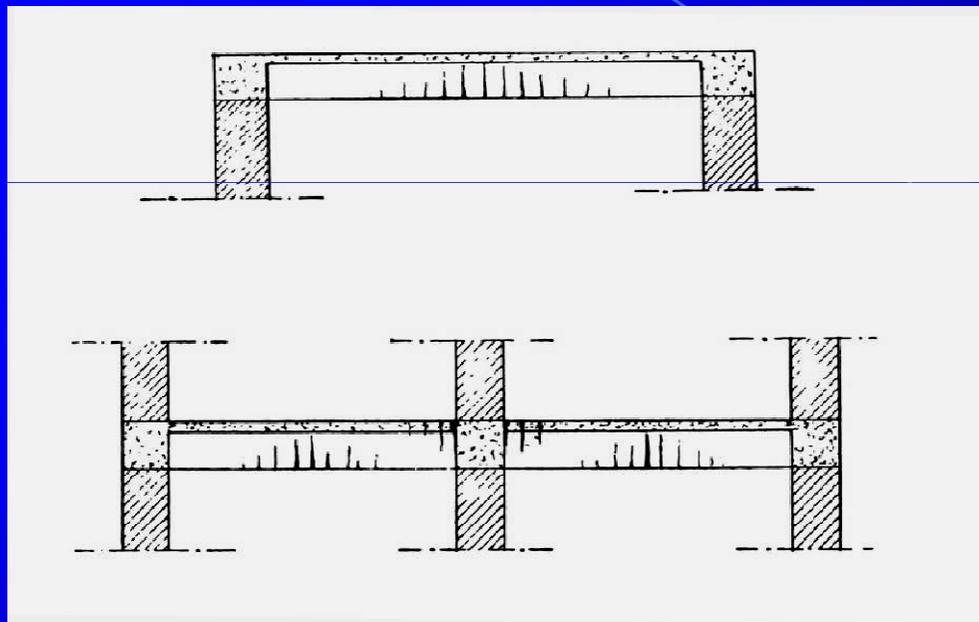
AUMENTO DEI CARICHI VERTICALI

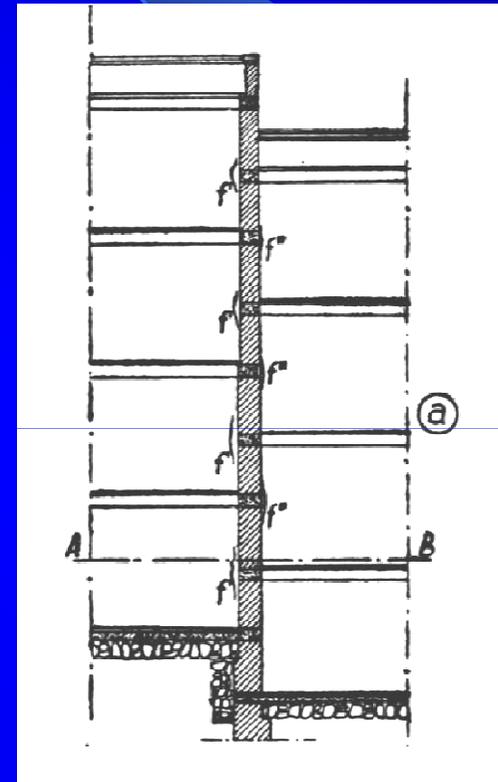
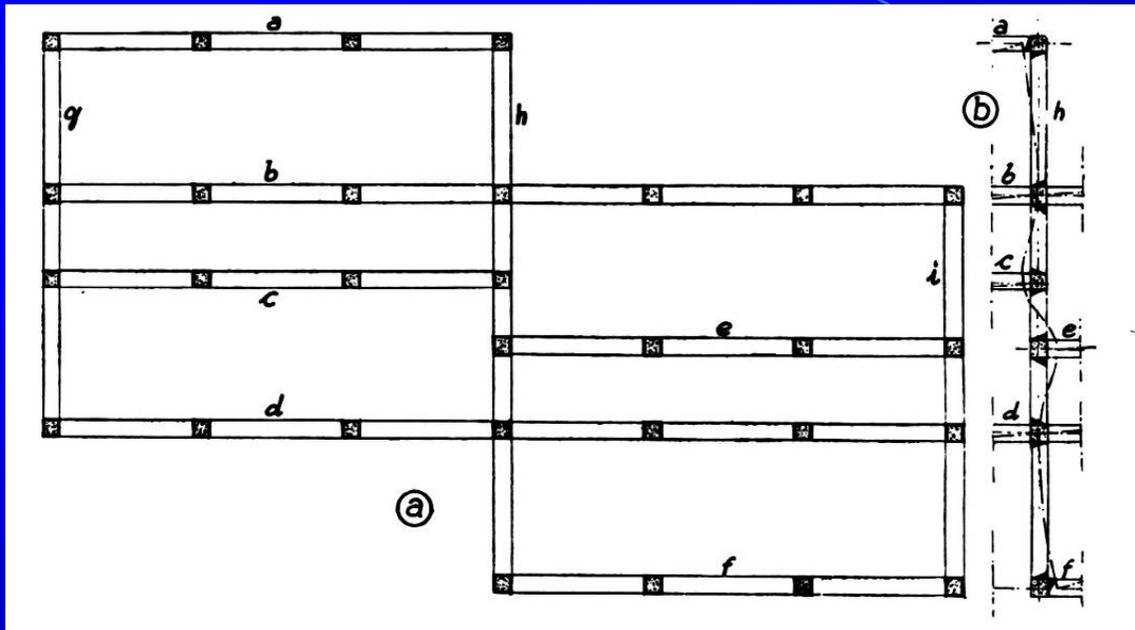
Edifici in cemento armato

Possibili cause che rendono necessari interventi su edifici in cemento armato:

- a) difetti originari del calcestruzzo
- b) degrado dei materiali
- c) difetti di progettazione – esecuzione
- d) cedimenti del terreno
- e) danni da eventi eccezionali: terremoto, incendio, ...
- f) modifiche funzionali, adeguamento sismico, ...

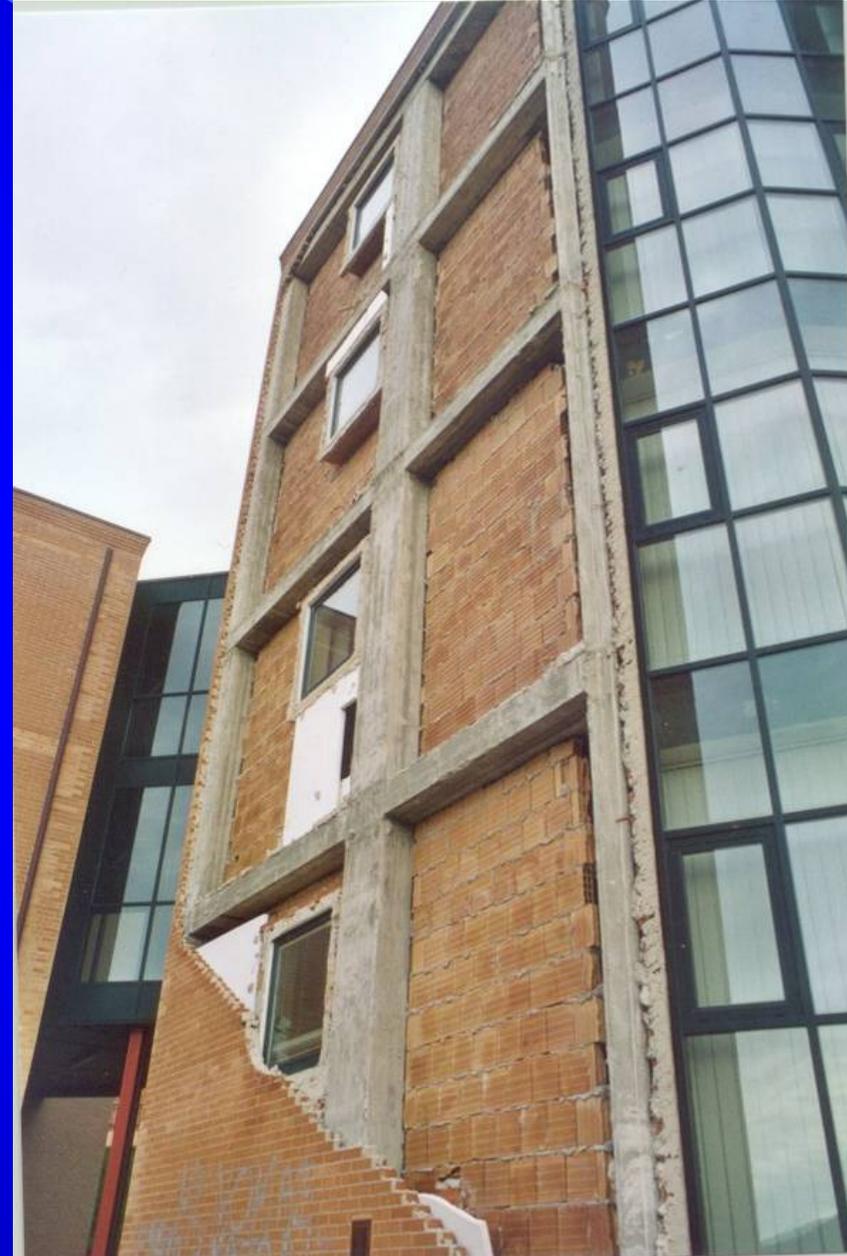
Difetti di progettazione o esecuzione



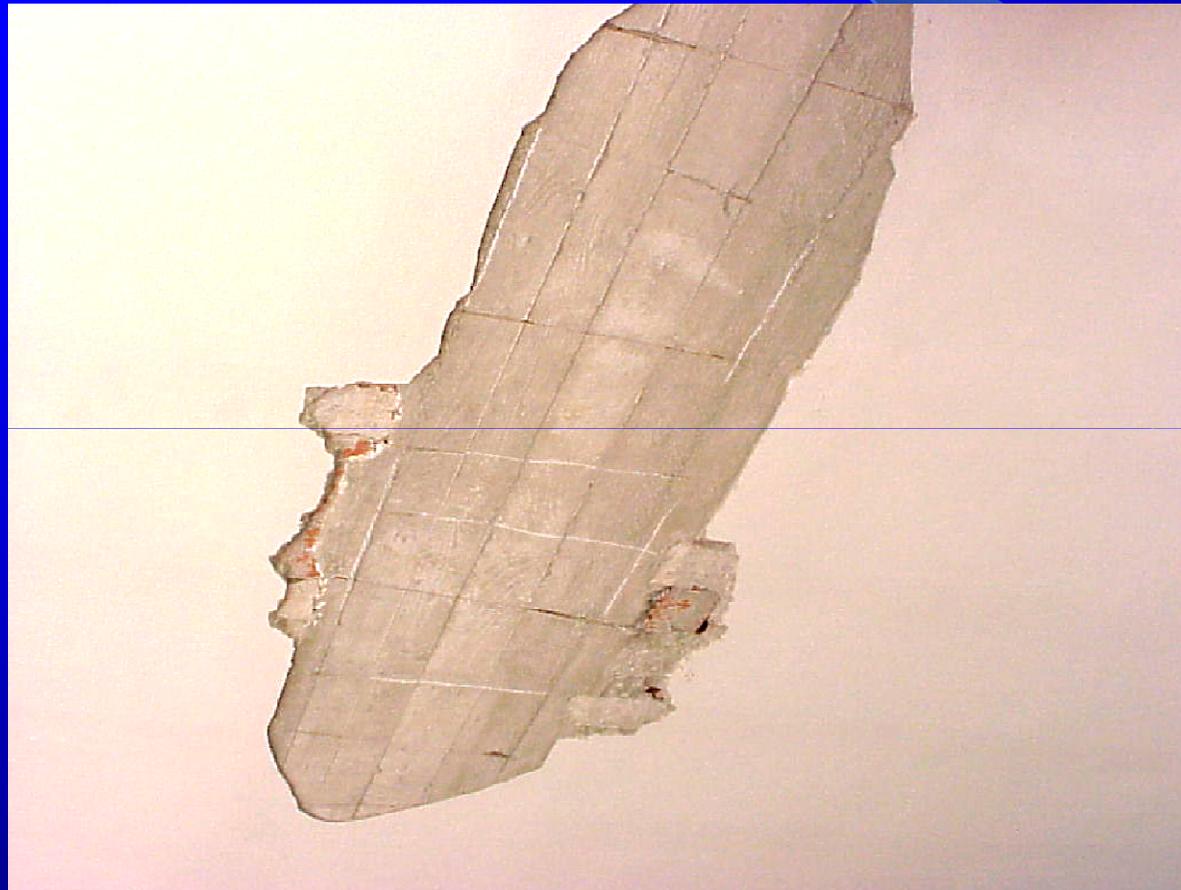


Esempi

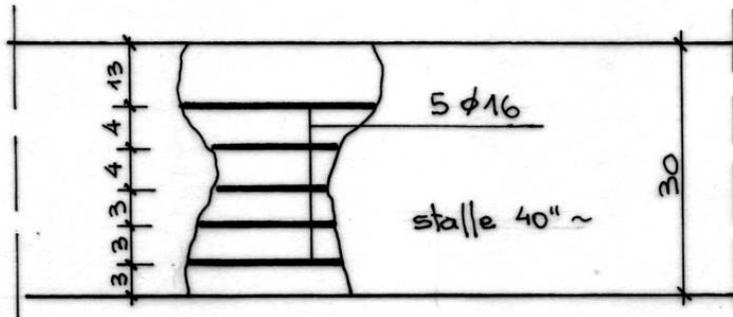
Crollo di parete di tamponamento non ancorata



Trave di telaio centrale di edificio per civile abitazione:
luce 4,30 m
larghezza 70 cm
spessore del solaio (compreso pavimento) 26 cm
armature rilevate in mezzeria: un ferro in prossimità di
ciascuno spigolo



20



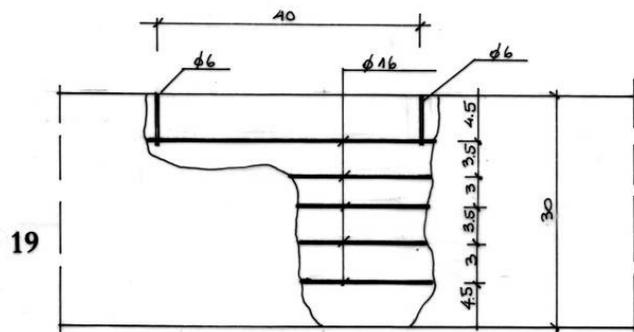
Vedi Foto 1

29

VISTA DA SOTTO

Trave piano seminterrato tra i pilastri 28-19



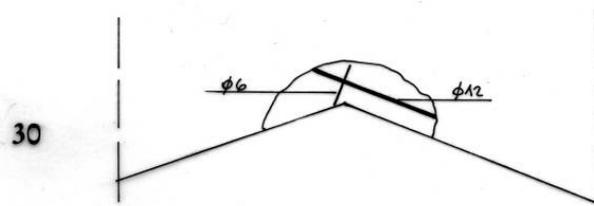


19

Vedi Foto 5

28

Trave piano seminterrato tra i pilastri 19-28

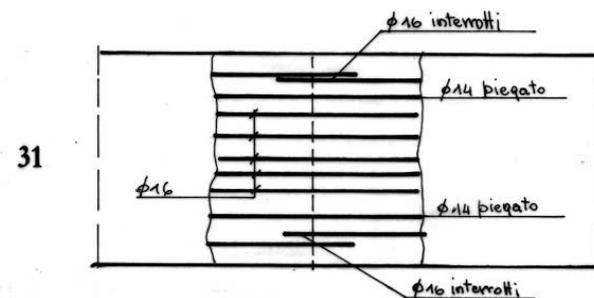


30

Vedi Foto 6

12

Telaio tra i pilastri 12-30



31

Vedi Foto 7

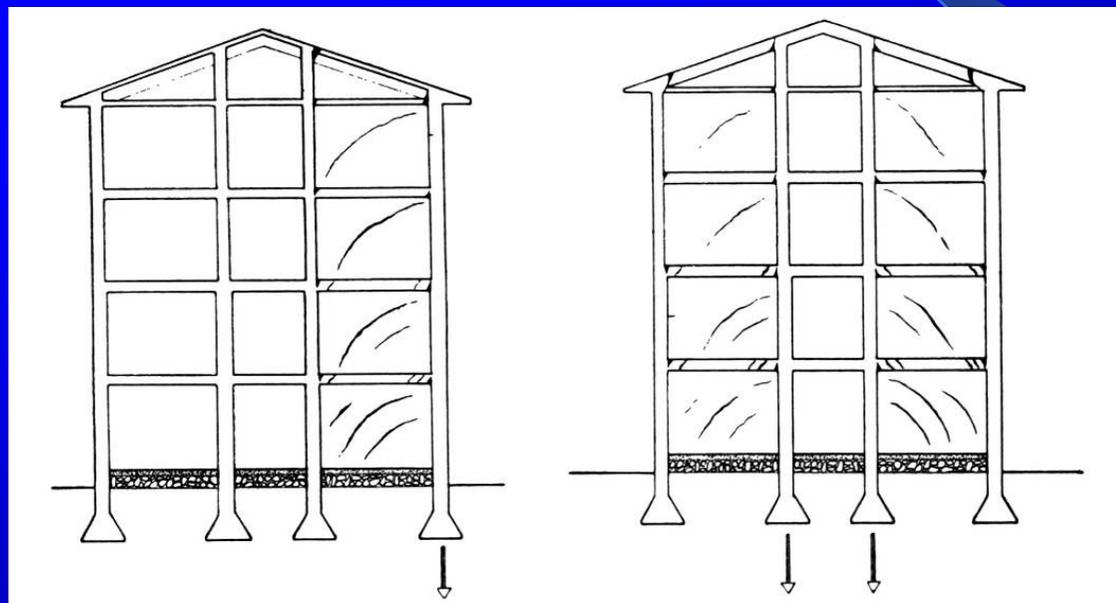
VISTA DA SOTTO

13

Telaio tra i pilastri 13-31



Cedimenti del terreno

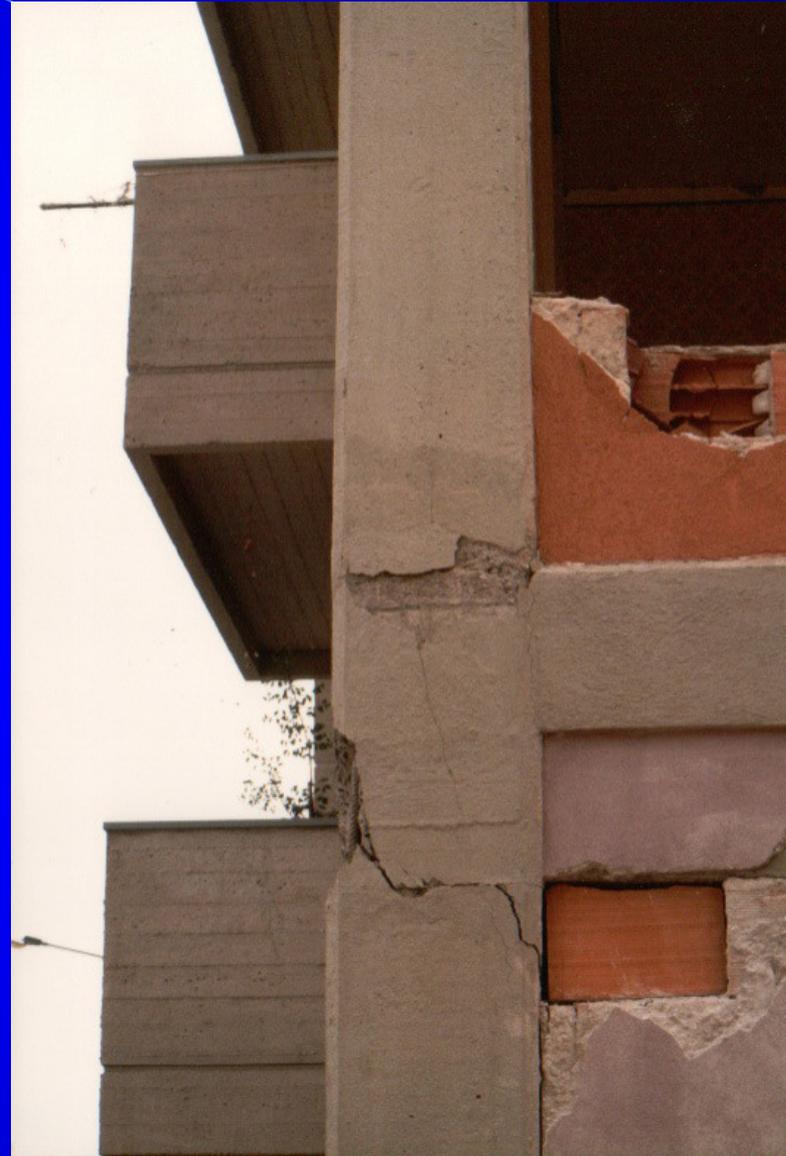


Danni da terremoto

I maggiori danni si rilevano nei pilastri, specie dei piani pilotis



nei nodi



negli elementi tozzi



nei tamponamenti





nei tamponamenti



Effetti del martellamento



Danni da incendio

Il cls resiste abbastanza bene al fuoco:

- il periodo di tempo nel quale mantiene le sue proprietà è abbastanza lungo
- non vengono emessi fumi tossici
- perdita di resistenza ed abbattimento del modulo elastico si verificano dopo i 300°

La temperatura massima a cui è stato sottoposto un cls è indicata dal colore della superficie:

- rosa o rosso 300° - 600°
- grigio scuro 600° - 900°
- marrone 900° - 1200°
- giallo > 1200°

cls di colore nero è stato soggetto solo al fumo

L'azione del fuoco introduce un forte gradiente di temperatura:

- fra zone esposte e zone meno esposte
- legato alla inerzia termica: la superficie esterna, più calda, tende a distaccarsi
- in presenza di armature: per la diversa conducibilità termica dei due materiali

Le parti a temperatura più alta si dilatano maggiormente, inducendo tensioni di trazione nelle parti più fredde. Queste provocano lesioni, fratture, anche interne, distacco di scaglie.







Rilievo delle costruzioni

Il rilievo delle costruzioni in cemento armato oggetto di interventi, deve riguardare:

- individuazione delle strutture e della loro organizzazione
- individuazione e rilievo dell'orditura e della geometria dei solai
- rilievo della geometria degli elementi strutturali
- individuazione della posizione e della dimensione delle armature
- rilievo degli elementi scatolari: corpi scala, ascensori
- rilievo degli elementi "non strutturali" dotati di apprezzabile rigidità: tamponamenti, ecc.
- individuazione di elementi critici: pilastri tozzi, travi corte, ...
- rilievo del quadro fessurativo

- individuazione delle strutture e della loro organizzazione



giunti tecnici - ampiezza



travi - pilastri



fondazioni

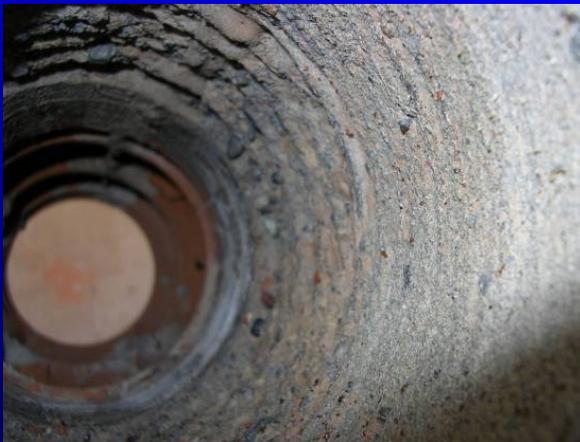
- individuazione delle strutture e della loro organizzazione



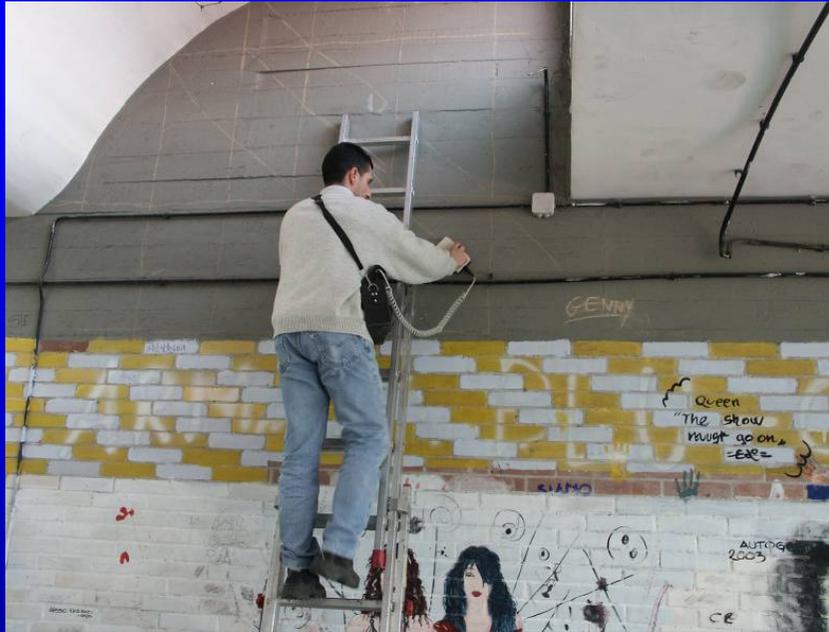
elementi critici



- individuazione e rilievo dell'orditura e della geometria dei solai



- individuazione della posizione e della dimensione delle armature



pacometro



- rilievo del quadro fessurativo



Rilievo dei danni

Negli edifici danneggiati, occorre eseguire il rilievo delle manifestazioni di dissesto, sia negli elementi strutturali che nei non strutturali:

- lesioni nelle travi, nei pilastri e nei tamponamenti

- deformazioni degli elementi strutturali (inflessione travi, ...)

negli edifici danneggiati dal terremoto:

- effetti del martellamento

- danneggiamento di elementi a bassa duttilità (pilastri corti)

- danni nei tamponamenti

negli edifici danneggiati dal fuoco (oltre ai danni evidenti):

- lesioni

- coloritura del cls

- difetti interni del cls

Variazioni permanenti di colore nei cls confezionati con inerti ricavati da rocce silicee o arenarie in relazione alla massima temperatura superficiale raggiunta:

rosa o rosso

temperature max

fra 300 e 600°C

grigio scuro

fra 600 e 900°C

marrone

fra 900 e 1200°C

giallo

oltre 1200°C

Sulle costruzioni in cemento armato danneggiate o comunque da consolidare, possono essere eseguite:

Prove di carico statiche: per saggiare il comportamento ai carichi verticali

Prove dinamiche: per saggiare il comportamento d'insieme, prevalentemente alle sollecitazioni orizzontali

Monitoraggio dell'evoluzione del degrado e del quadro fessurativo

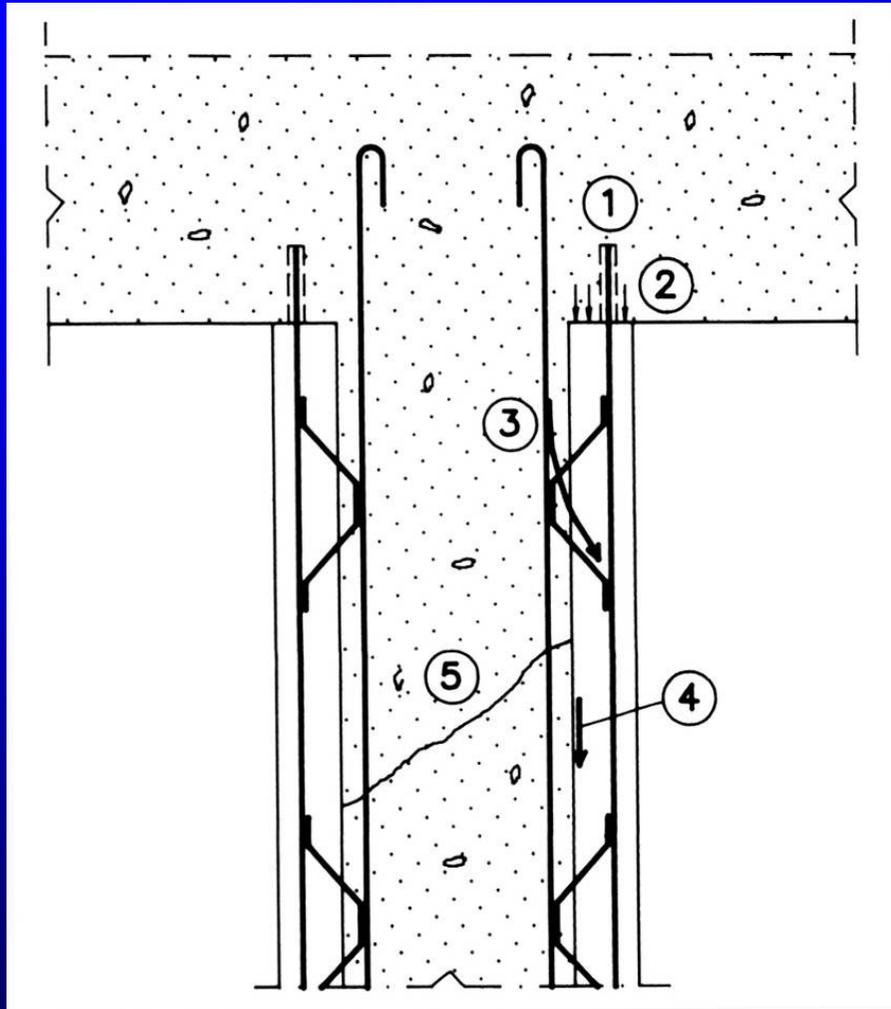
Recupero statico delle strutture in cemento armato

Il recupero e il rinforzo di elementi strutturali in cemento armato si effettuano inserendo nuove armature e aumentando le sezioni in calcestruzzo

Specialmente negli interventi di adeguamento sismico, occorre inserire nuovi elementi strutturali.

In ogni caso l'esito delle operazioni è legato alla **trasmissione degli sforzi** fra materiali esistenti e materiali di apporto.

Le verifiche di resistenza delle sezioni restaurate devono essere condotte tenendo conto dei meccanismi di trasmissione degli sforzi.



Possibili meccanismi di
trasmissione degli sforzi:

tra cls e acciaio:

1) pull-out

tra cls e cls:

2) compressione

4) attrito cls/cls

5) coesione (ripresa della
lesione con resine)

tra armature:

3) azione "perno"

Trasmissione degli sforzi cls/cls:

SFORZO DI COMPRESSIONE

per favorire la trasmissione occorre:

- scalpellare la superficie esistente per conferire ruvidità
- pulire accuratamente la superficie mediante getti d'aria e acqua a pressione
- bagnare abbondantemente per almeno 6 ore prima del nuovo getto

per tener conto della non perfetta compattazione tra cls esistente e cls nuovo, si può assumere un modulo elastico ridotto per un tratto del nuovo getto

Trasmissione degli sforzi cls/cls:

SFORZO DI TAGLIO

- per coesione
- per attrito
- per l'azione perno esercitata da armature perpendicolari all'interfaccia.

La trasmissione per coesione può essere migliorata preparando la superficie (pulizia fino a mettere in luce inerti grossi); eventualmente applicando strati sottili di resina.

La trasmissione per attrito può essere migliorata rendendo scabra la superficie o incrementando lo sforzo normale di compressione.

La trasmissione per attrito o per coesione può essere verificata utilizzando coefficienti tipici dei materiali impiegati.

Trasmissione degli sforzi per mezzo di strati di resina

L'utilizzo di strati di resina è indicato qualora le lesioni non siano di entità notevole.

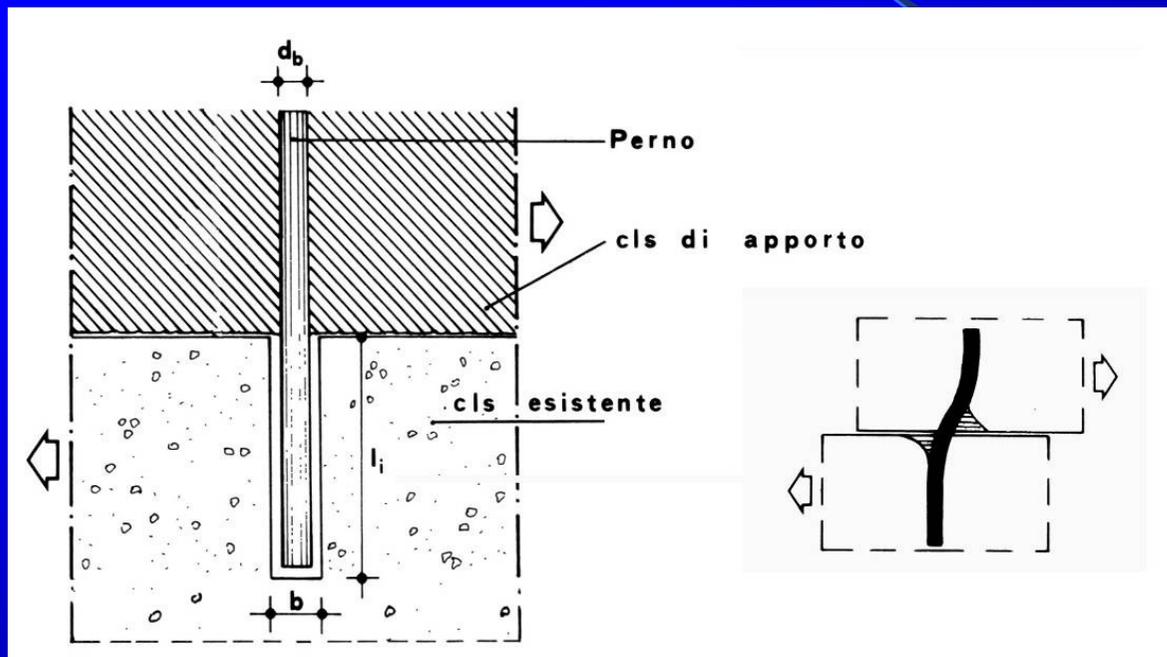
Le superficie da incollare devono essere accuratamente pulite e risultare asciutte.

E' importante che la superficie sia scabra, poiché ciò incrementa l'area di contatto tra le parti da unire, ma non troppo perché potrebbe dare luogo a discontinuità della pellicola applicata.

Le resine sono caratterizzate da una elevata resistenza meccanica ma il loro modulo elastico è inferiore a quello del cls. A causa di ciò, la rottura di elementi trattati con l'impiego di resine non si verifica mai in corrispondenza delle sezioni restaurate, ovvero in corrispondenza degli strati di resina, ma nel cls immediatamente adiacente.

Azione perno

Si sviluppa quando le barre metalliche sono disposte perpendicolarmente al piano di scorrimento fra cls vecchio e nuovo



il meccanismo di collasso può essere:

schacciamento del cls a contatto con la barra in prossimità dell'interfaccia e snervamento dell'acciaio del perno

per frattura del cls

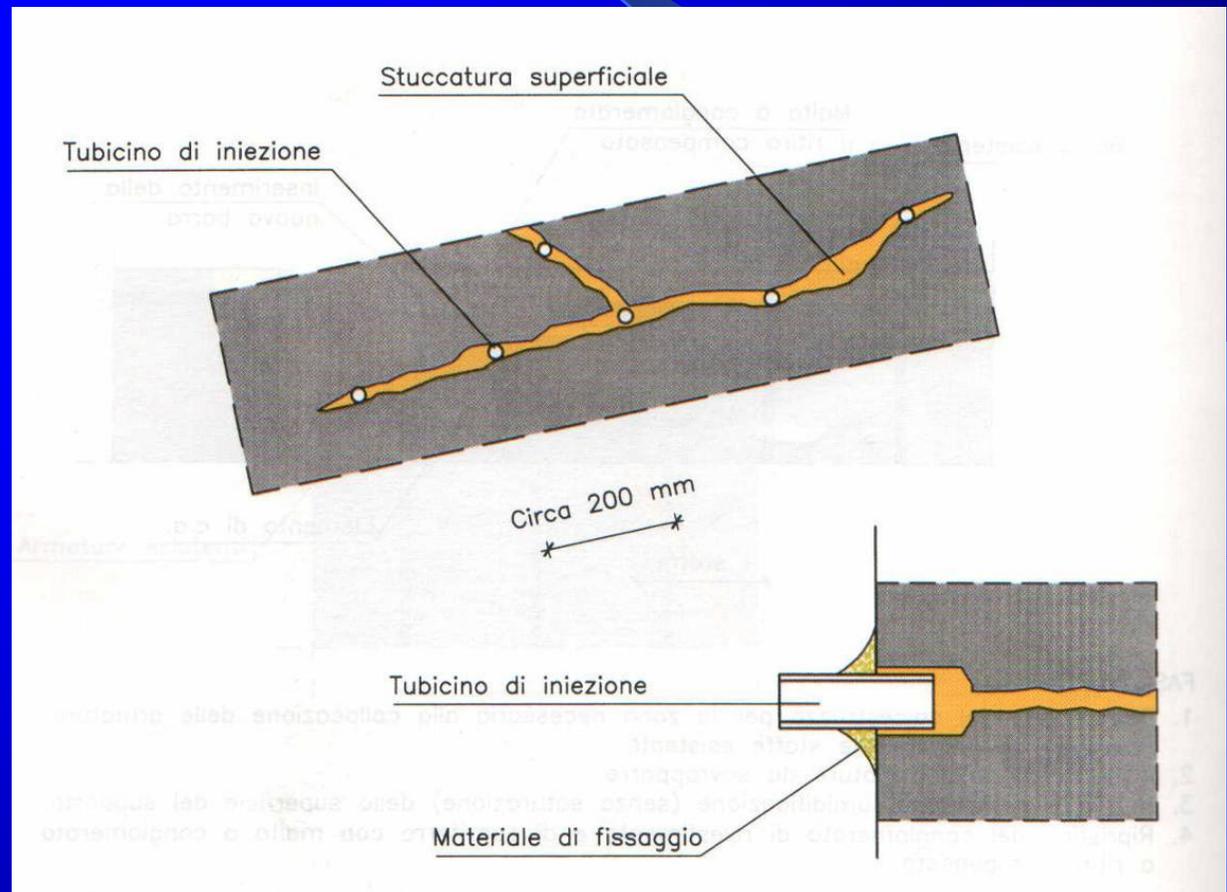
Verifiche

- verifica a taglio del perno nella sezione di interfaccia
- verifica a momento flettente del perno: in presenza di taglio, le superficie di contatto subiscono uno scorrimento relativo, l'armatura trasversale viene messa in trazione e, per l'equilibrio locale, il cls adiacente risulta compresso. Questo aumento di compressione può portare alla plasticizzazione del cls nelle zone di contatto. Il perno rimane così scoperto per un certo tratto con conseguente inflessione.
- verifica a compressione del cls: la plasticizzazione del cls all'interfaccia perno-cls, risulta nello scorrimento del perno.

Tecniche di intervento

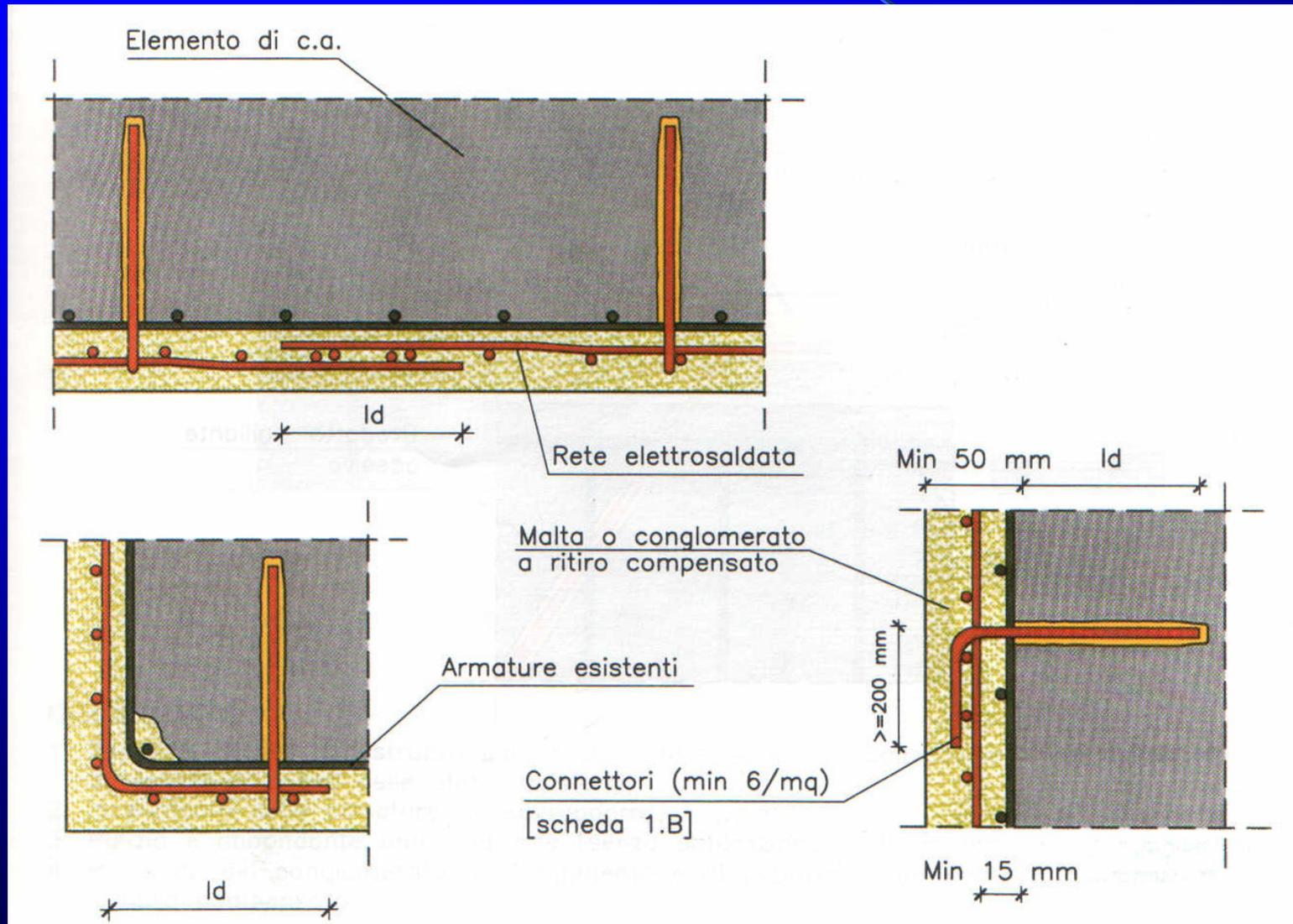
LAVORAZIONI

Iniezione delle lesioni non passanti: per ripristinare la coesione fra le due facce della lesione



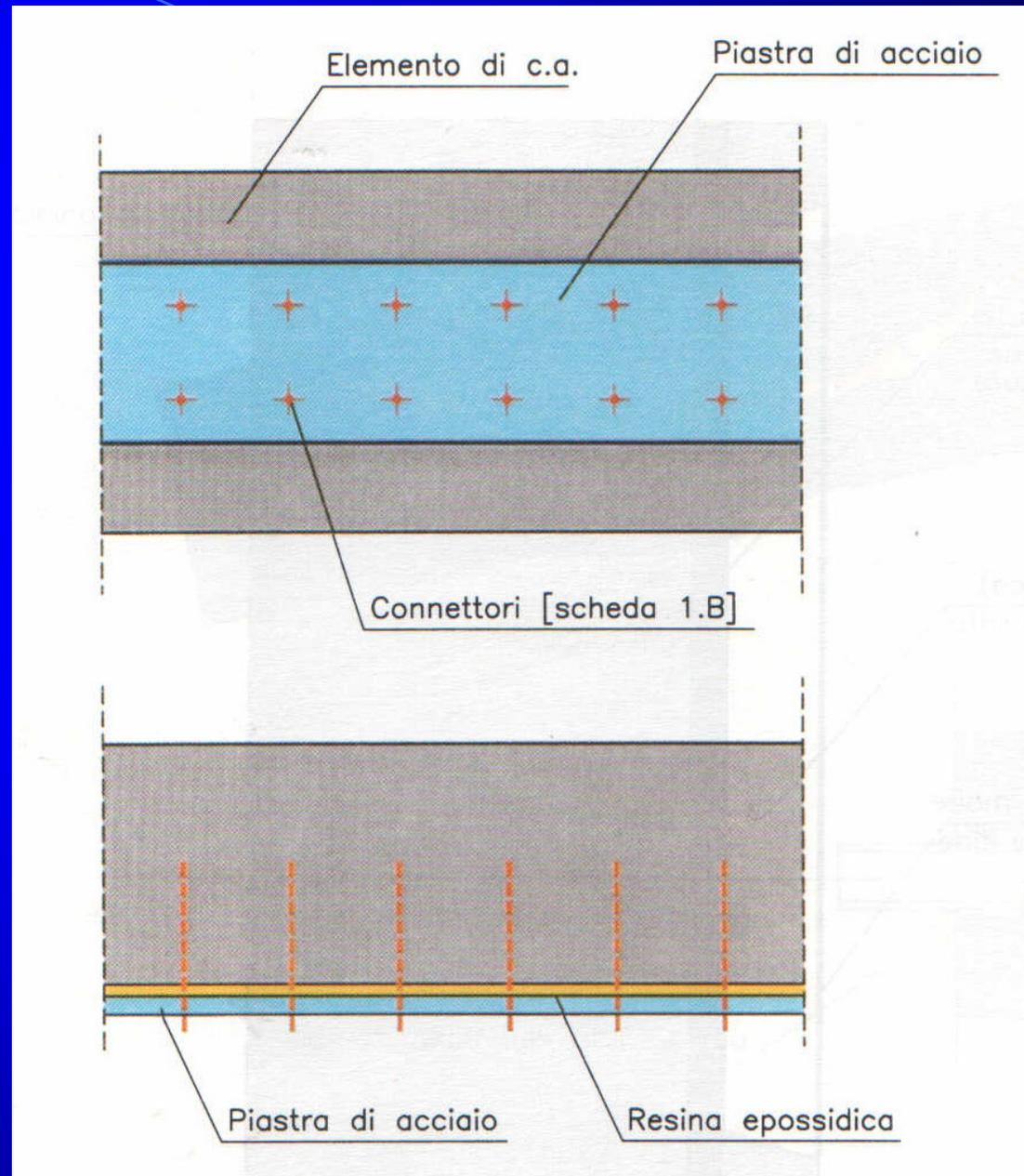
LAVORAZIONI

Rivestimento con rete elettrosaldata



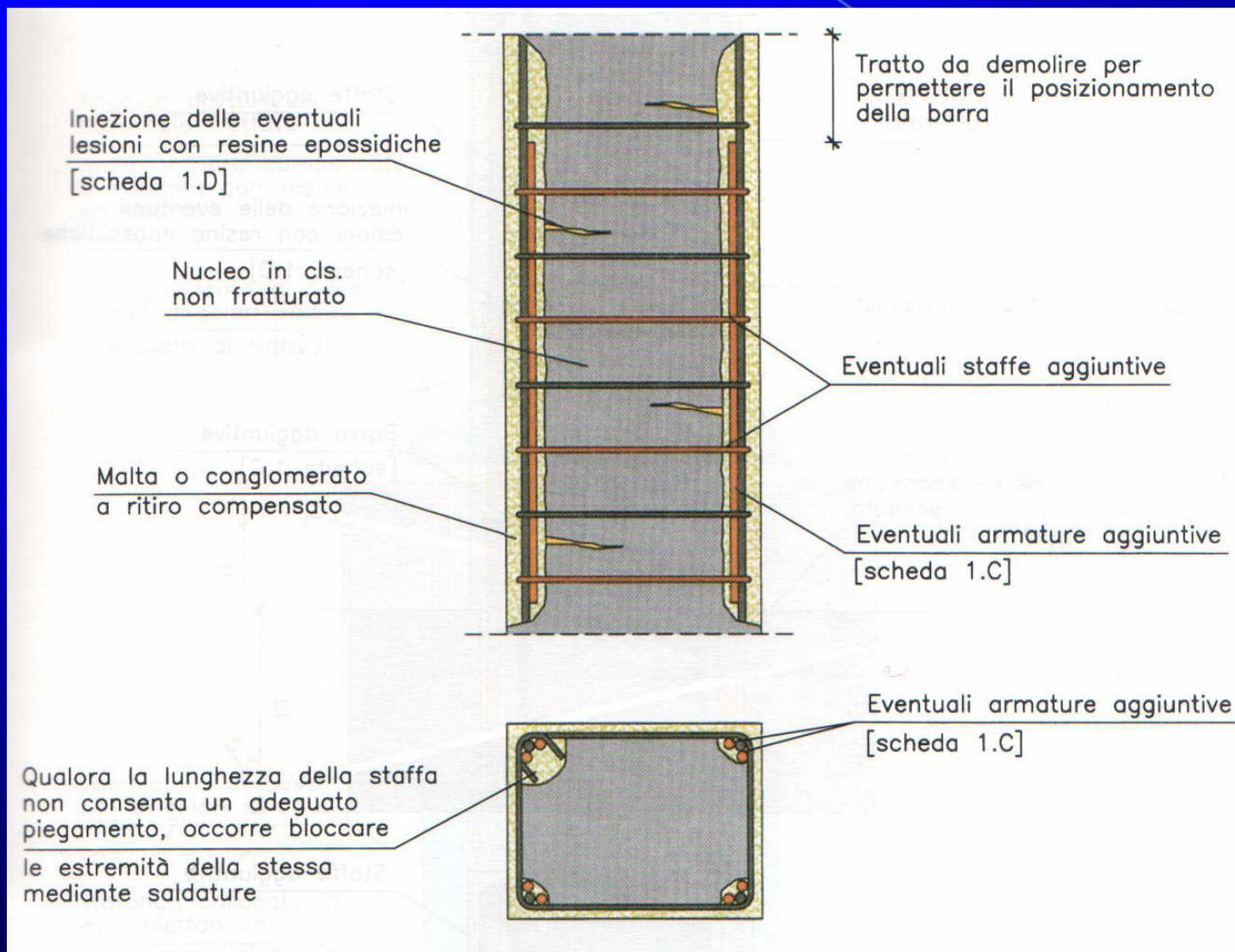
LAVORAZIONI

Applicazione di lamiera d'acciaio



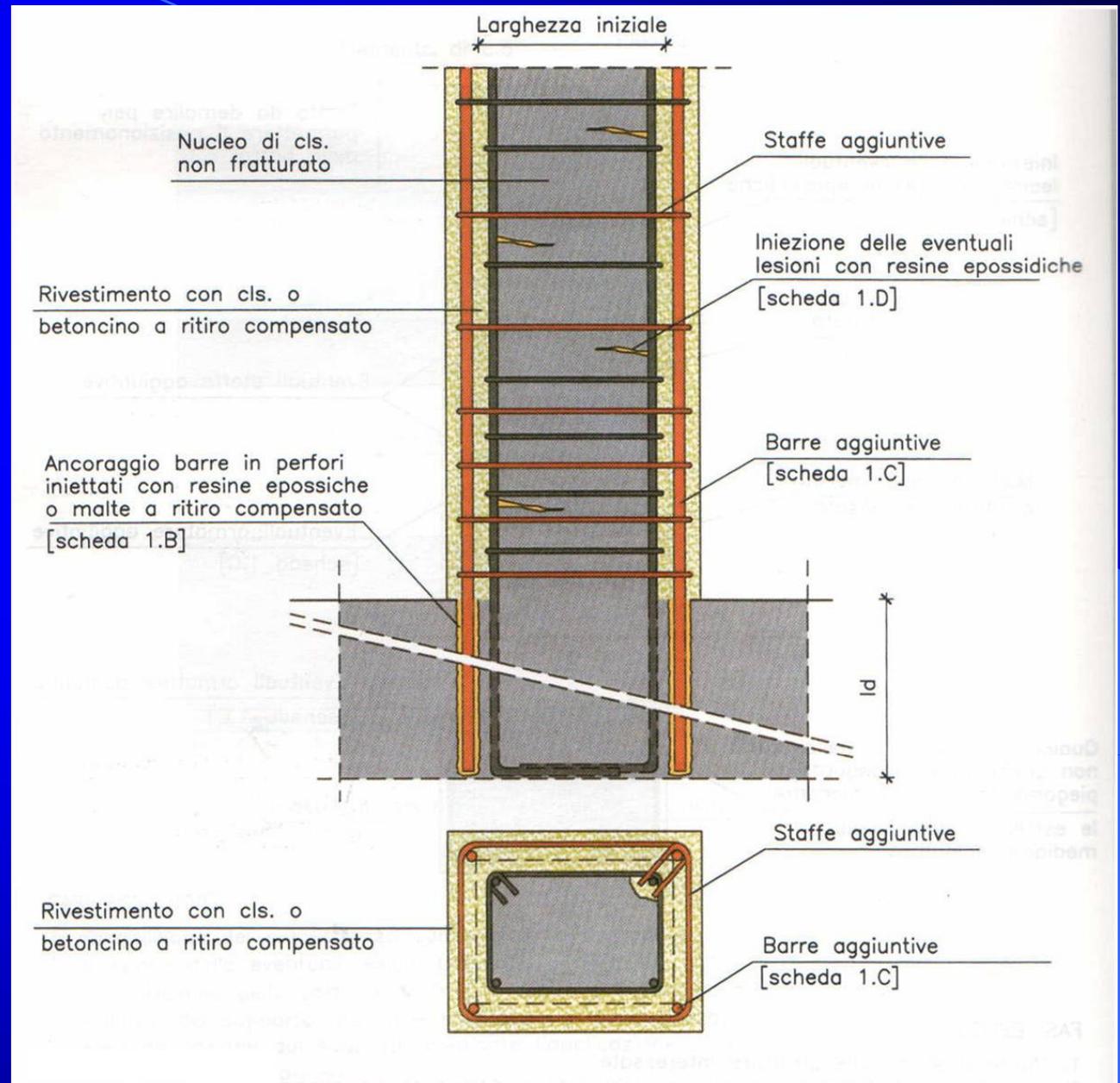
PILASTRI

Riparazione locale senza aumento di sezione



PILASTRI

Incamiciatura con nuove armature



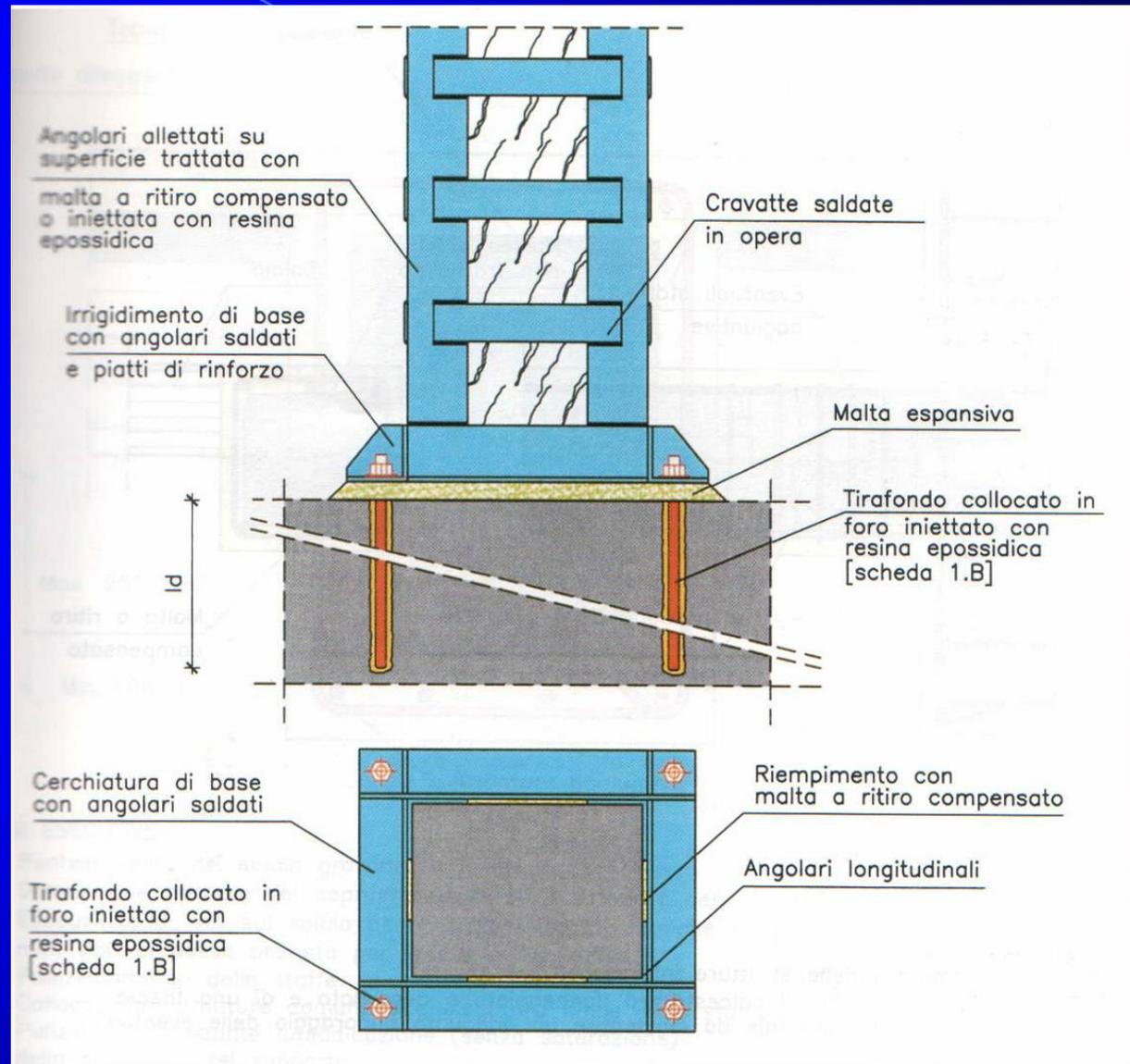
PILASTRI

Rinforzo con
profilati d'acciaio

(beton plaqué)

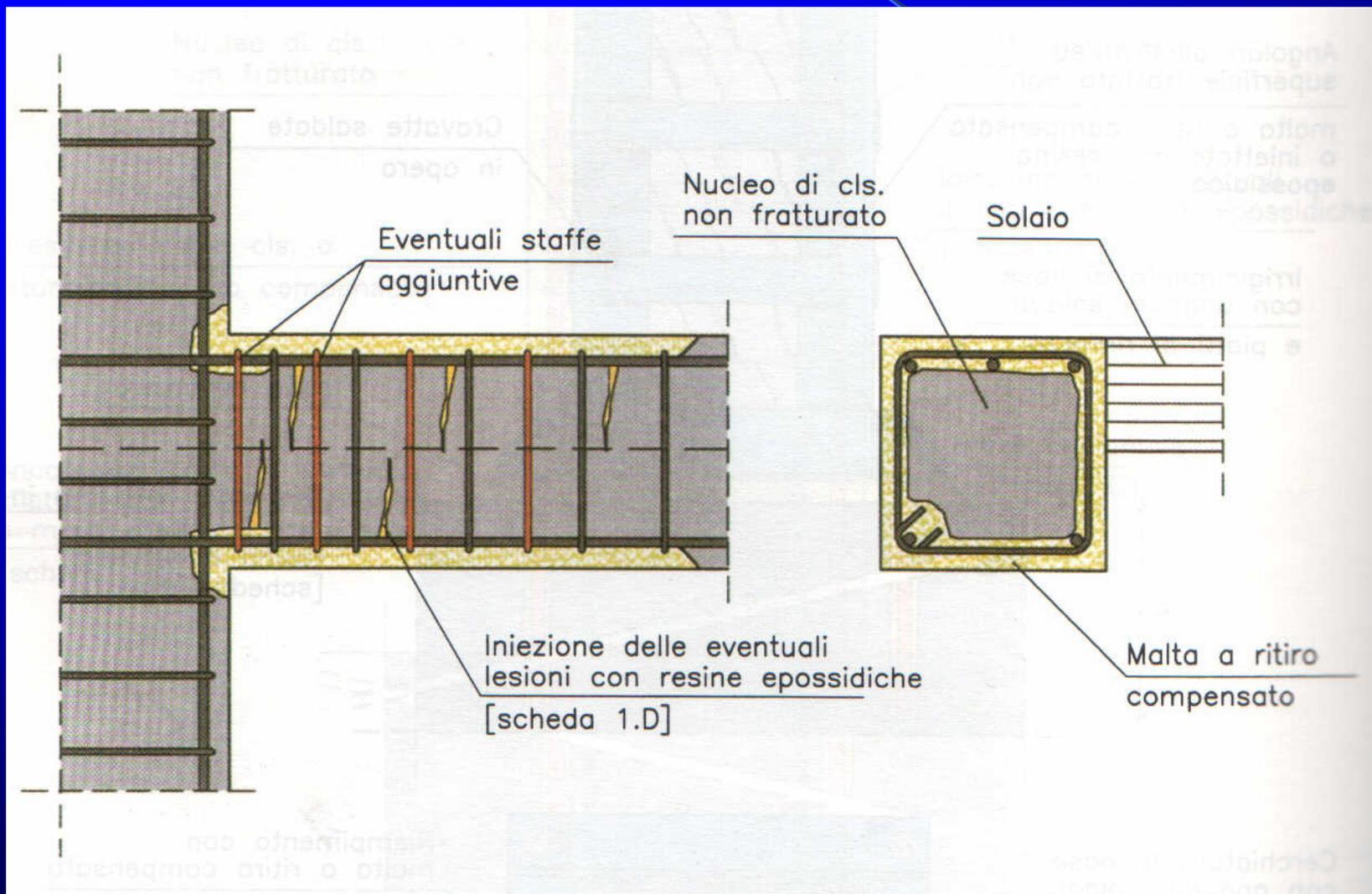
intervento applicabile
in caso di forte
lesionamento

l'applicazione dei
calastrelli a caldo,
aumenta l'effetto
cerchiante



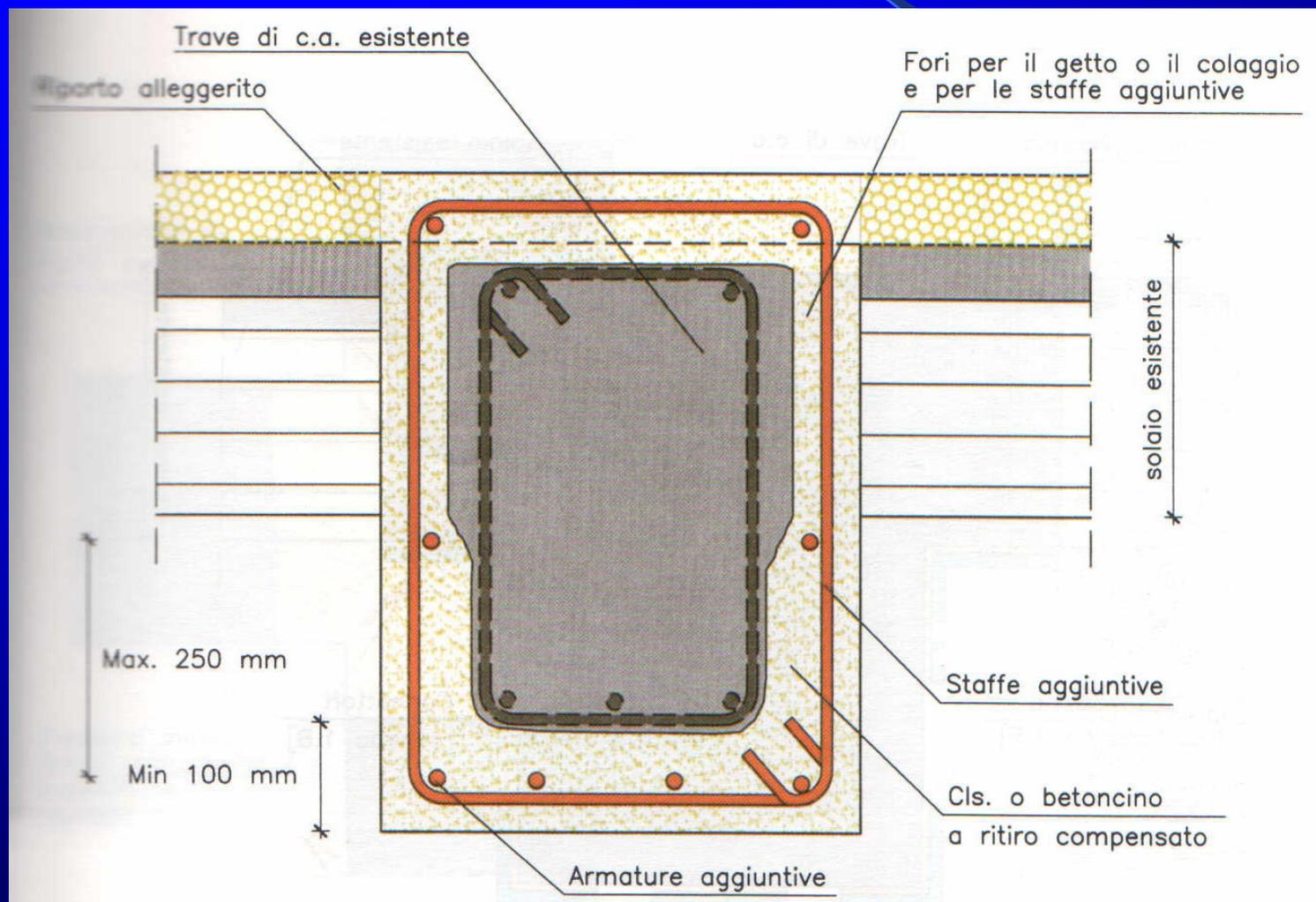
TRAVI

Riparazione locale senza aumento di sezione



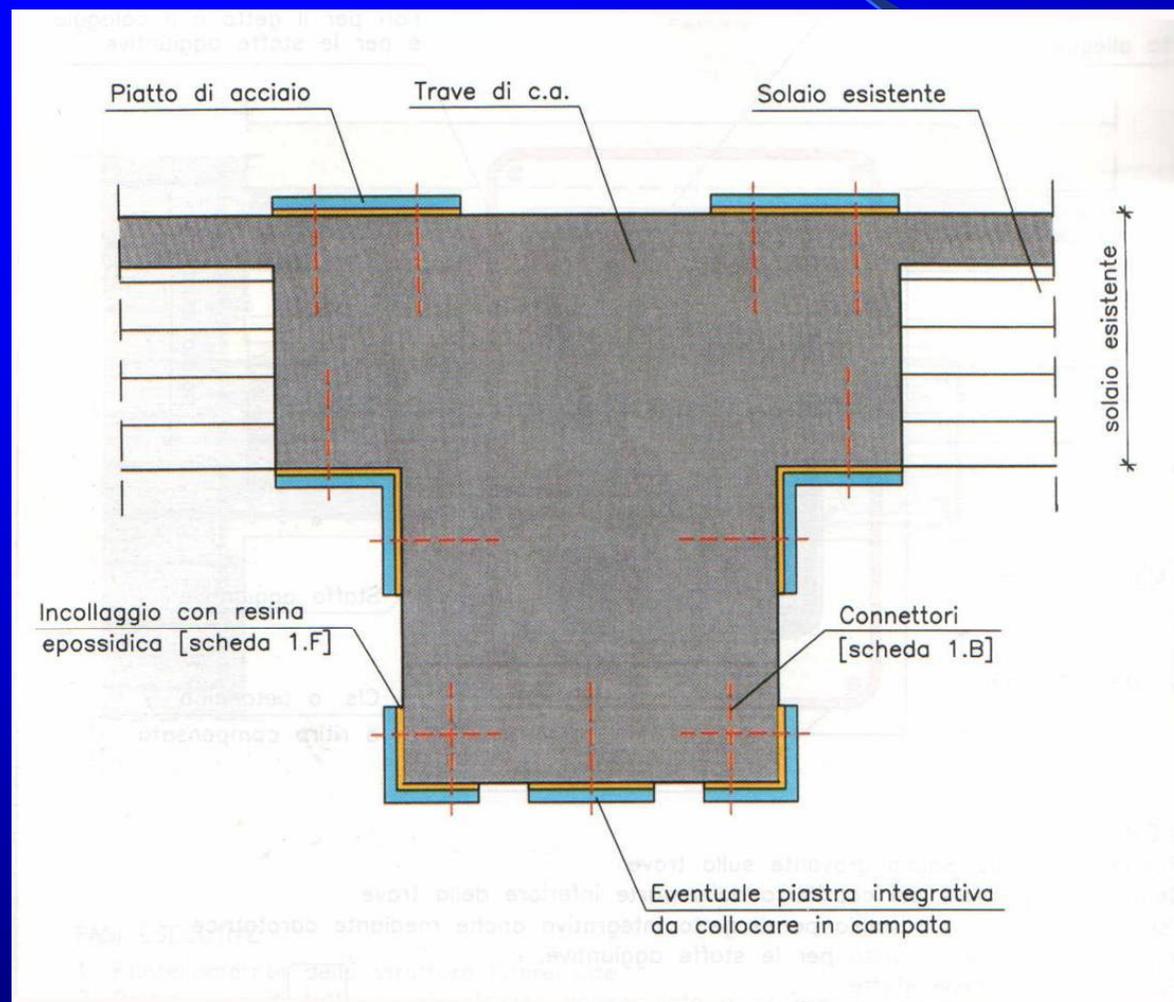
TRAVI

Incamiciatura totale con nuove armature



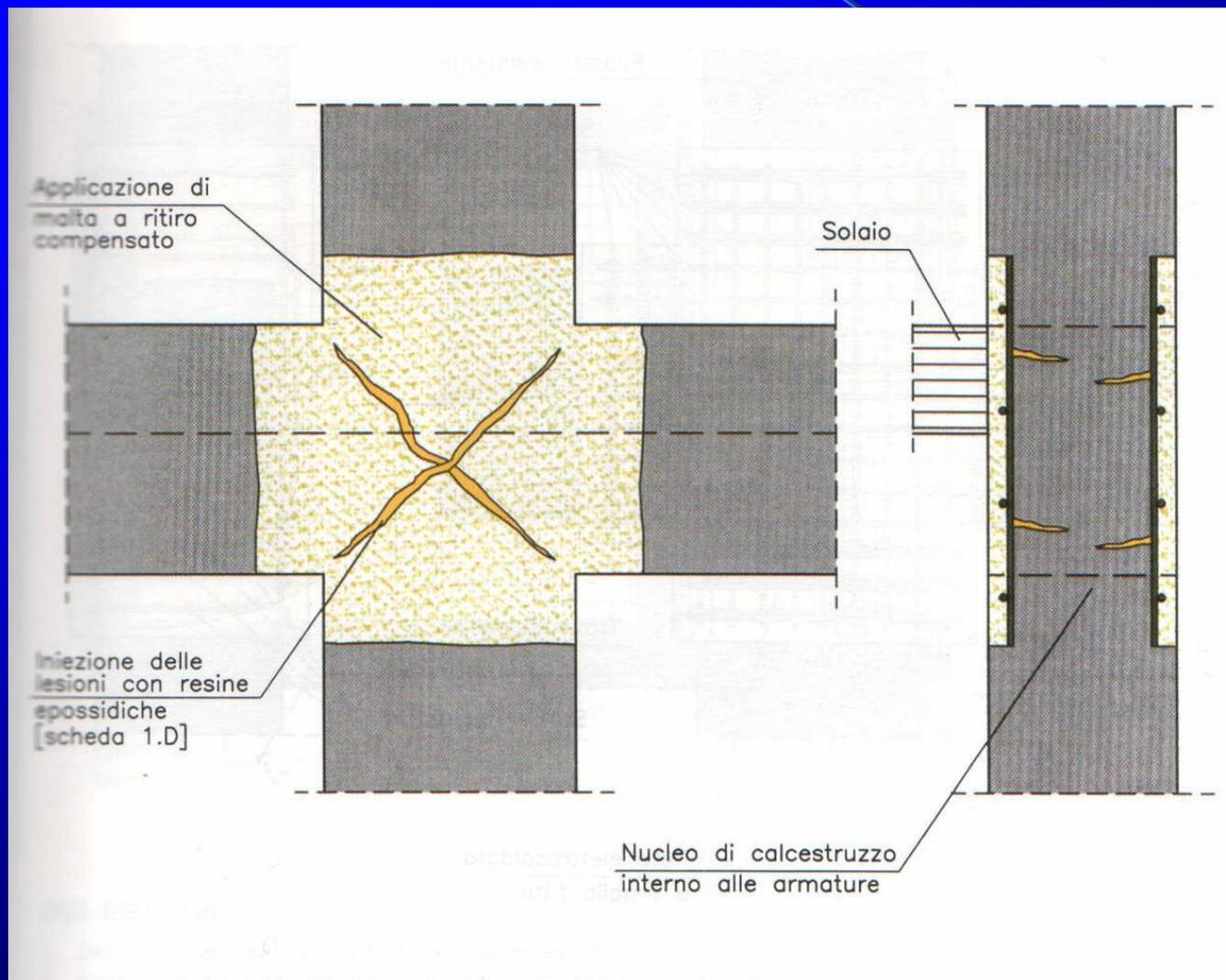
TRAVI

Placcaggio con piatti d'acciaio



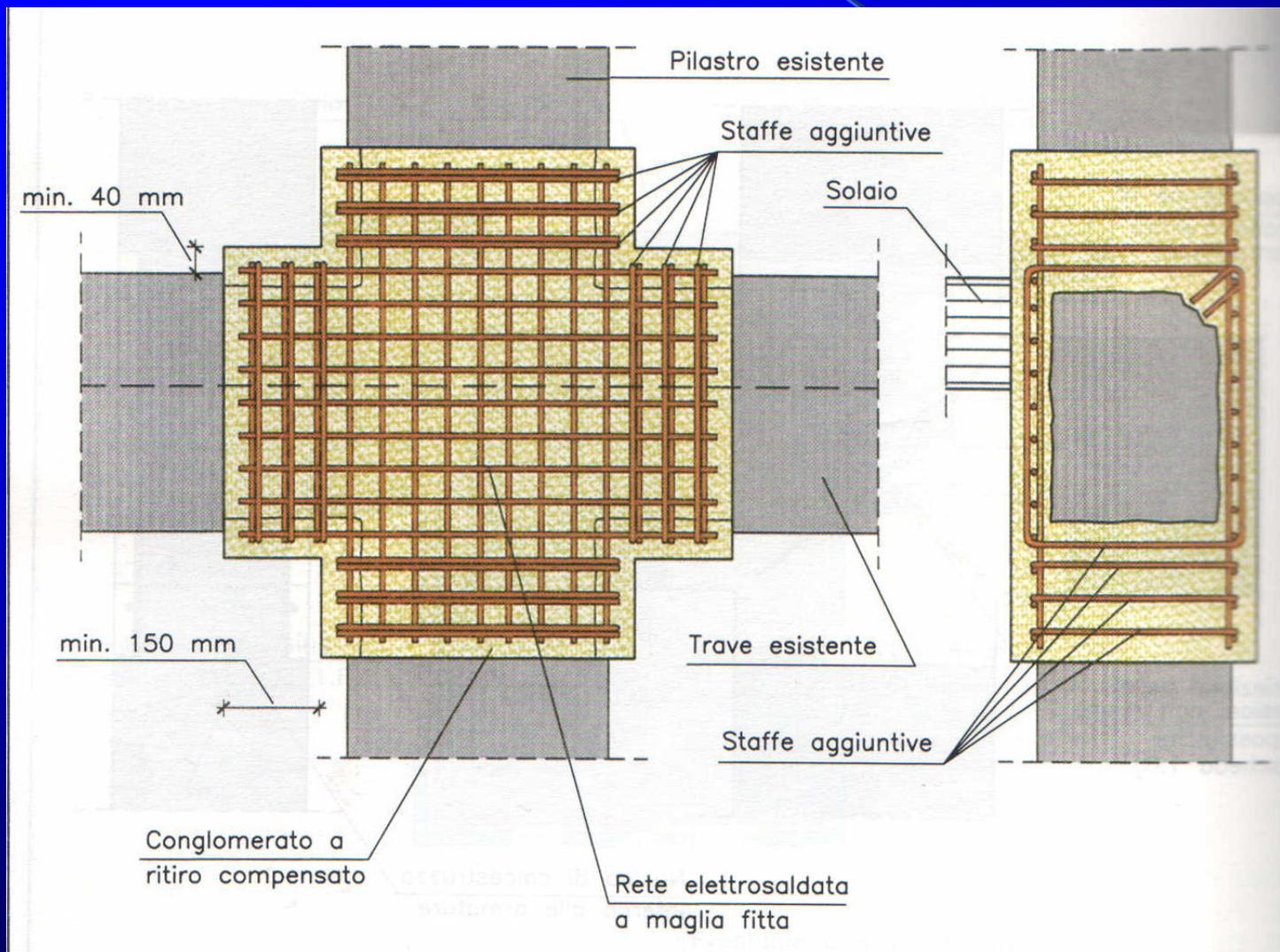
NODI

Riparazione di un nodo lesionato



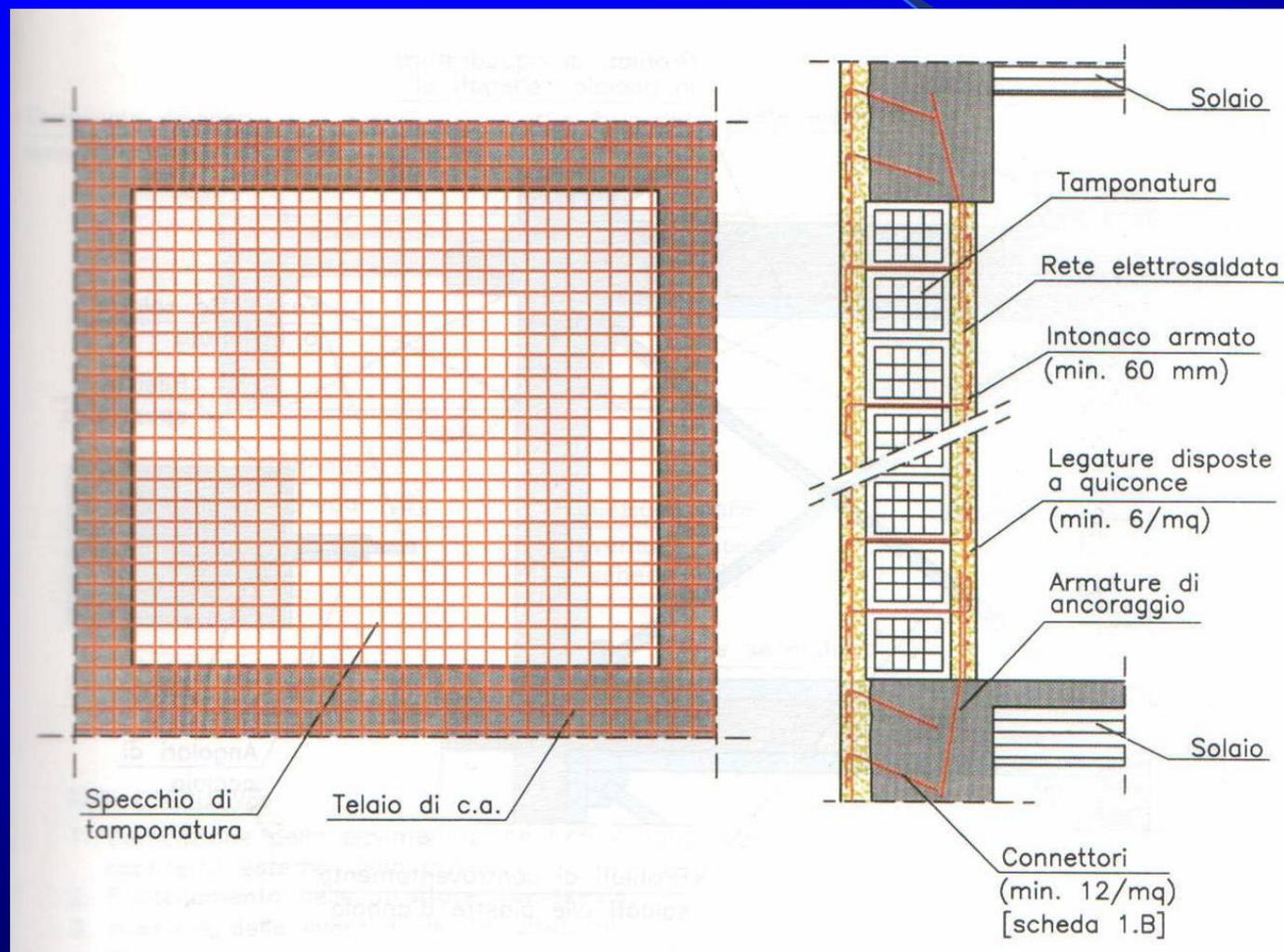
NODI

Rinforzo con incamiciatura di cemento armato



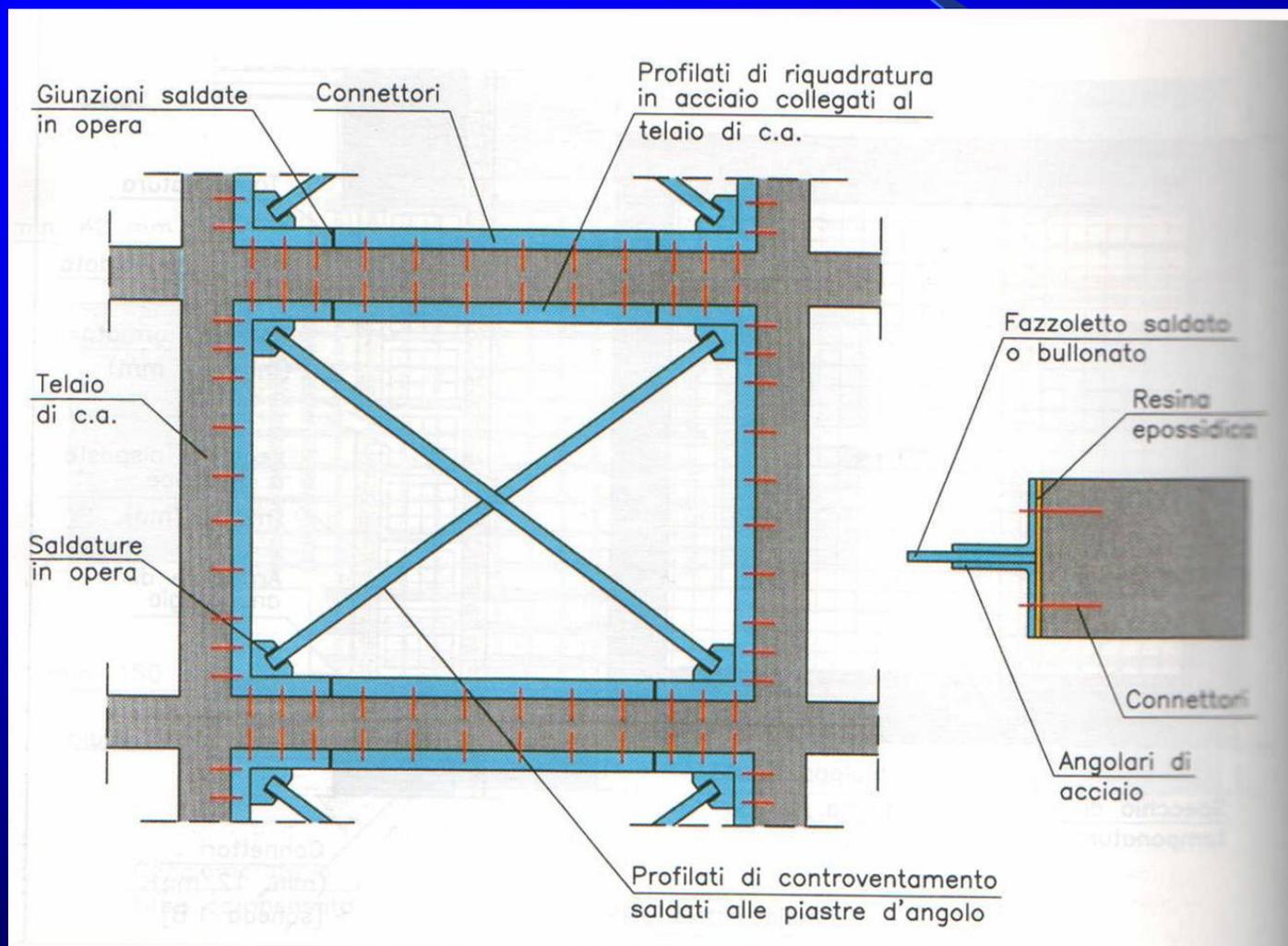
TELAI

Rinforzo con incamiciatura delle tamponature



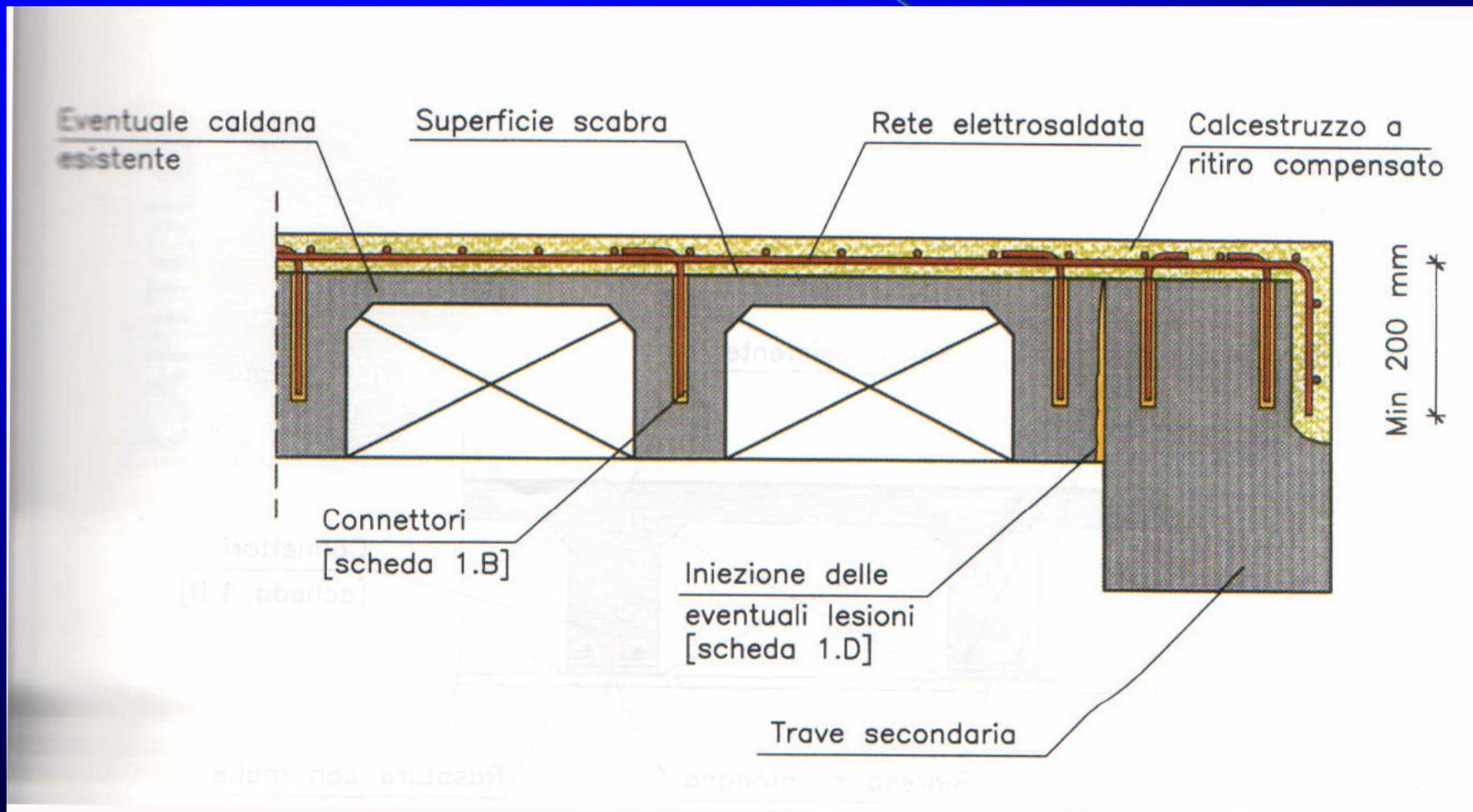
TELAI

Rinforzo con controventi in acciaio



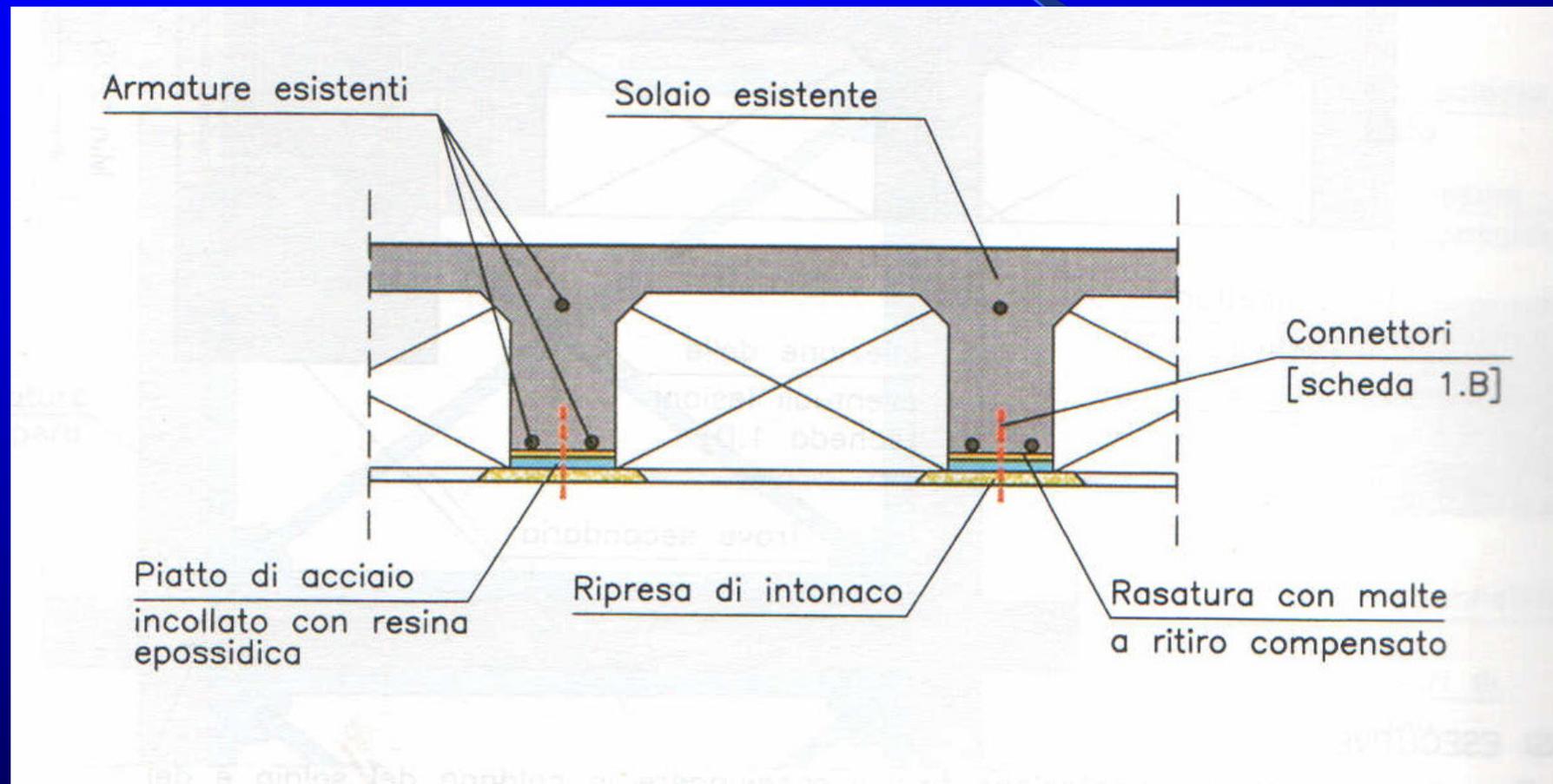
SOLAI

Rinforzo mediante soletta collaborante



SOLAI

Rinforzo delle nervature



INSERIMENTO DI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

Nella progettazione occorre tener conto della effettiva distribuzione delle azioni fra gli elementi esistenti ed i nuovi.

Es. 1: i carichi verticali, se non si adottano particolari accorgimenti (sollevamento in fase di realizzazione), graveranno solo in parte sulle nuove strutture

Es. 2: particolare attenzione ad adottare la modellazione con diaframmi rigidi se i solai non sono ben collegati alle nuove strutture ed effettivamente in grado di sopportare le azioni derivanti dalla funzione di diaframma

INSERIMENTO DI NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

E' fondamentale curare la progettazione e l'esecuzione delle connessioni fra nuovi e vecchi elementi, tenendo conto dei possibili meccanismi di trasmissione degli sforzi.

In particolare, occorre prevedere un numero adeguato di barre di ancoraggio dei nuovi elementi a quelli esistenti.

Di solito le barre di ancoraggio vengono inserite in fori trapanati ed inghisati con resine. La lunghezza di ancoraggio deve essere sufficiente a trasmettere gli sforzi.

Edifici in muratura

➤ INDIVIDUAZIONI DELLE CARENZE STRUTTURALI

CARENZA DEI COLLEGAMENTI

INEFFICACIA DI COLLEGAMENTI ORIZZ. PARETE -PARETE

INEFFICACIA DI COLLEGAMENTI ORIZZ. PARETE- SOLAIO DI PIANO

INEFFICACIA DI COLLEGAMENTI ORIZZ. PARETE- SOLAIO DI PIANO

SOLAI ORDITI IN UNA SOLA DIREZIONE E SENZA CALDANA

CARENZE DEI MATERIALI

CATTIVA QUALITA' DEI MATERIALI COSTITUENTI

CATTIVA QUALITA' DELLA TESSITURA MURARIA

PRESENZA DI IRREGOLARITA'

DIFFERENZE SIGNIFICATIVE TRA AREE RESISTENTI NELLE DUE DIREZIONI

DISTANZA TRA BARICENTRO DELLE AREE DELLE SEZIONI RESISTENTI E BARICENTRO GEOMETRICO DI PIANO

IRREGOLARITA DELLA MAGLIA MURARIA IN ELEVAZIONE

MURATURE PORTANTI IN FALSO SUI SOLAI DI PIANO

DISCONTINUITA' DI MATERIALI NELLE SOPRAELEVAZIONI

PIANI SFALSATI E LOCALIZZATE RICHIESTE DI RESISTENZA A TAGLIO

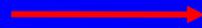
APERTURE NON DISPOSTE SECONDO ALLINEAMENTI VERTICALI E CONSEGUENTE RIDUZIONE DI EFFICIENZA DEI MASCHI MURARI

PRESENZA DI SOLAIO PARTICOLARMENTE PESANTI

PRESENZA DI SPINTE
NON CONTRASTATE



NELLE VOLTE E NEGLI ARCHI SPROVVISTI DI CATENE O ALTRO

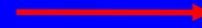


NELLE COPERTURE A FALDE INCLINATE

CARENZE NELLE
FONDAZIONI



EVIDENZE DI CEDIMENTI DIFFERENZIALI



EVIDENZE DI CEDIMENTI E ROTAZIONI DELLE PARETI FUORI DAL PIANO

Criteri d'intervento

Gli interventi sugli edifici esistenti sono rivolti a sanare i difetti originari, l'effetto del degrado e gli eventuali dissesti.

Tutto questo in modo da alterare il meno possibile le caratteristiche originarie della costruzione, cioè adottando quelle soluzioni che a fronte di una buona efficacia costituiscano il minor impatto sul manufatto.

Consolidamento delle costruzioni in muratura

L'efficienza strutturale di una costruzione in muratura si basa su:

- la qualità delle murature
- la conformazione dell'edificio: distribuzione delle sollecitazioni tale da limitare il più possibile le tensioni di trazione

entrambi questi aspetti concorrono a determinarne il comportamento sotto le azioni esterne (meccanismi di collasso) e la resistenza meccanica

Gli interventi tesi ad aumentare la resistenza di una costruzione possono seguire una o entrambe le strade: migliorare la qualità delle murature, modificare la distribuzione delle sollecitazioni.

Se la qualità muraria è scarsa, sicuramente i primi interventi devono essere rivolti al suo miglioramento.

Protezione superficiale

L'intervento più lieve è la protezione superficiale delle murature allo scopo di rallentare il degrado dei materiali: blocchi e malte.



Applicazione di film protettivi:
cautela nella scelta dei materiali

Applicazione di intonaco

Interventi sulle murature

L'efficienza strutturale di una muratura si basa

- sull'apparecchiatura
- sullo stato delle malte
- sulla qualità dell'inerte

Se la muratura è ben intessuta, cioè formata dalla sovrapposizione di blocchi regolari disposti alternativamente di fascia e di testa, la malta ha solo la funzione di regolarizzare i contatti: il contatto fra gli elementi non avviene direttamente (si avrebbero picchi di tensione nei punti di contatto che porterebbero a fratture locali, suscettibili poi di propagazione all'interno dei blocchi)

La malta, rappresentando l'elemento debole, dovrebbe essere presente in strati il più possibile sottili.

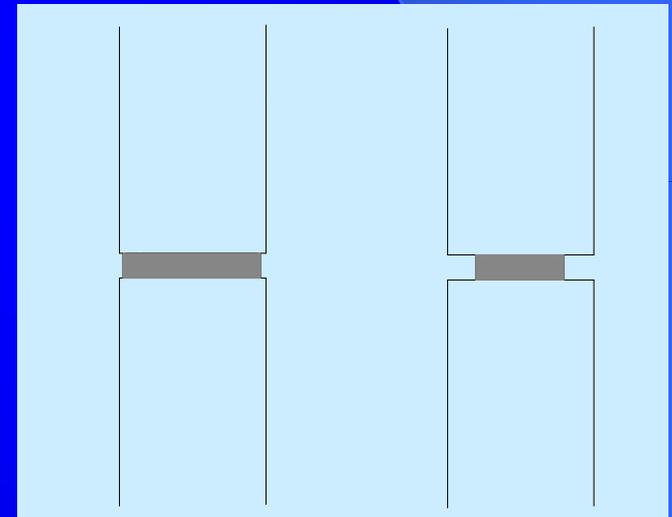
Questa situazione corrisponde alla "regola d'arte": murature così organizzate presentano caratteristiche di comportamento ottimali:

- c'è collegamento fra gli strati (per la presenza dei diatoni) quindi il comportamento è riconducibile a quello di parete monostrato
- la malta non determina un indebolimento apprezzabile della compagine muraria
- la qualità della muratura dipende solo dalla qualità dei blocchi

Murature di queste tipologie di solito presentano buone caratteristiche meccaniche e non necessitano di interventi di consolidamento.

Nel caso che le malte si presentino molto degradate (pulverulente), e solo nelle murature con blocchi non perfettamente squadri, si possono ripristinare i contatti sostituendo le malte pulverulente con malte nuove della medesima composizione.

Questo intervento è tanto più opportuno quanto più piccolo è lo spessore del muro: considerando la sezione trasversale del muro, la mancanza delle porzioni di estremità del letto di malta indebolisce in misura notevole la resistenza a pressoflessione fuori piano.



Le murature non eseguite a perfetta regola d'arte possono raggrupparsi in due categorie:

- murature caotiche, costituite da inerti di pezzatura irregolare, eventualmente di piccole dimensioni, e posa in opera non corretta
- murature a più strati di caratteristiche diverse, variamente collegati fra loro

murature caotiche

Sono costituite da inerti di pezzatura irregolare, eventualmente di piccole dimensioni, e posa in opera non corretta

Il comportamento meccanico dipende essenzialmente dalla qualità del legante: nel caso ottimale si possono avere buone murature (caso limite: il calcestruzzo)

Nei casi in cui la malta sia molto degradata e/o siano presenti dei vuoti nella compagine muraria, si può intervenire con iniezioni di malta, eventualmente iniezioni armate.

Questo con lo scopo di rendere più uniformi le caratteristiche delle murature e, al massimo, ripristinare la situazione originaria.

Tendere ad incrementare la resistenza della muratura oltre quella originaria è operazione difficilmente perseguibile e spesso non corretta.

Un metodo notevolmente diffuso consiste nell'applicazione di intonaco armato; questo presenta problemi non trascurabili:

- crea una impermeabilizzazione che non consente all'umidità capillare di dissiparsi; le malte rimangono sempre imbibite e si degradano rapidamente
- comporta un notevole aumento di rigidità rispetto alle pareti su cui non si interviene, con conseguente irregolare distribuzione delle azioni
- problemi di confort e di rumore

In definitiva, spesso è meglio ricorrere alla ricostruzione della parete

murature a più strati

E' la situazione ibrida fra i due tipi precedenti di murature ben intessute e murature caotiche.

Di solito sono costituite dai due strati esterni in cui la portanza è affidata alla buona tessitura, il riempimento invece è costituito da inerti di piccola pezzatura disposti caoticamente e collegati da malta.

La casistica è quanto mai varia:

- gli strati esterni possono essere più o meno regolarmente intessuti
- il riempimento può addirittura essere privo di malta o questa essere completamente polverizzata
- gli strati possono essere anche totalmente scollegati

Gli interventi hanno lo scopo di conferire maggior resistenza, soprattutto allo strato intermedio, e di collegare gli strati fra loro; meno proponibile è cercare di migliorare la tessitura degli strati esterni.

Se gli strati esterni sono abbastanza ben intessuti, il collegamento degli strati persegue un duplice vantaggio:

- la solidarizzazione degli strati
- l'effetto cerchiante sullo strato intermedio, con conseguente aumento di resistenza

Gli interventi possibili sono quindi:

- iniezioni di miscela
- iniezioni armate
- formazione di diatoni artificiali

Riparazione delle lesioni

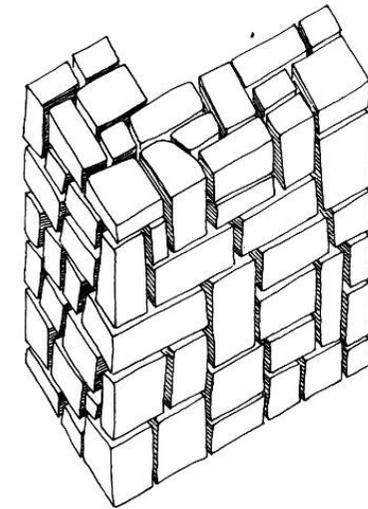
Una lesione rappresenta una soluzione di continuità nella parete, che risulta suddivisa in almeno due parti indipendenti:

il funzionamento è quindi quello di due pareti in parallelo, meno rigide e meno resistenti della parete unica

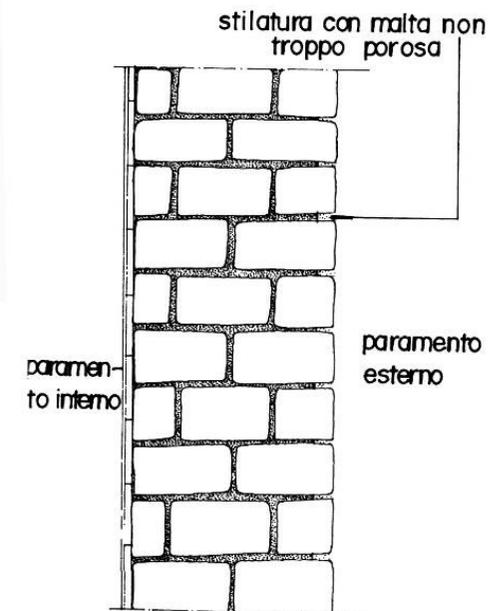
in caso di sollecitazione dinamica (sismica) le due parti possono anche muoversi in controfase, dando luogo a martellamenti

Stilatura profonda dei giunti

- a) scarnitura profonda dei giunti murari mediante raschietti evitando scalpellature ed uso di attrezzi meccanici
- b) lavaggio con acqua, spruzzata a pressione
- c) stilatura dei giunti con malta non troppo porosa, dovendo rimanere faccia a vista (problemi di degrado per gelività)

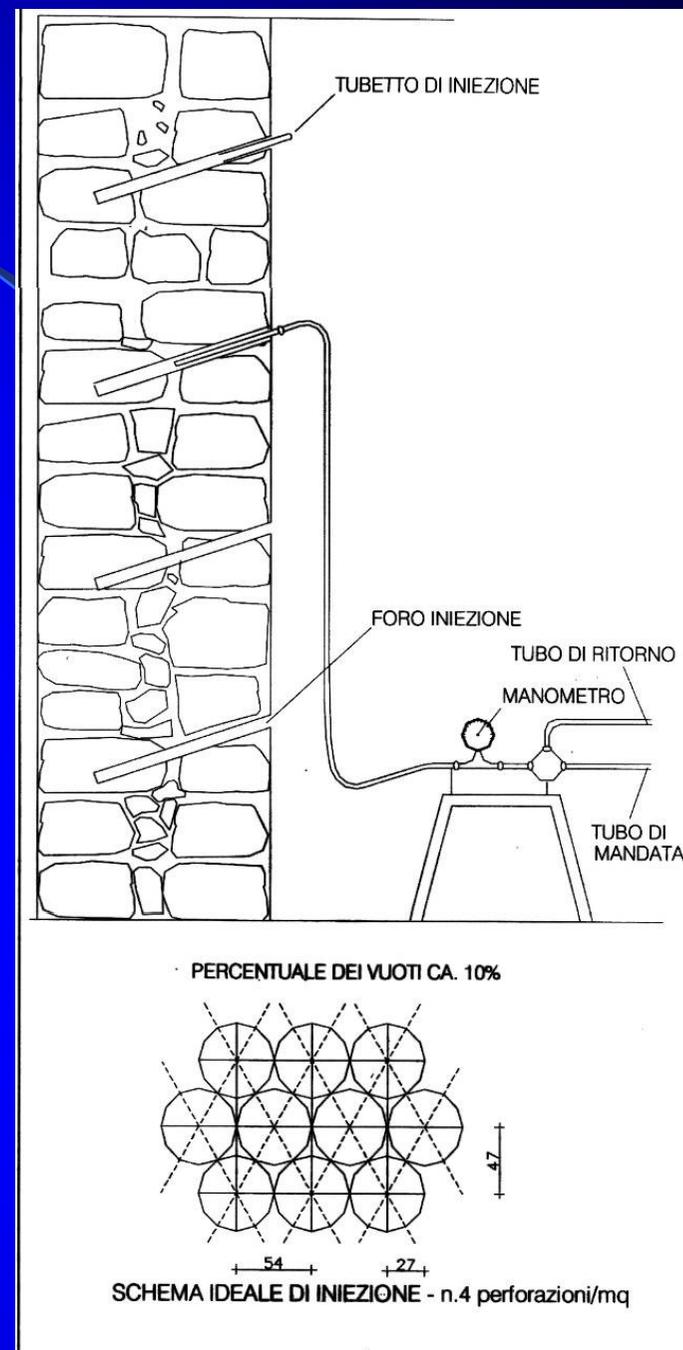


SCARNITURA PROFONDA

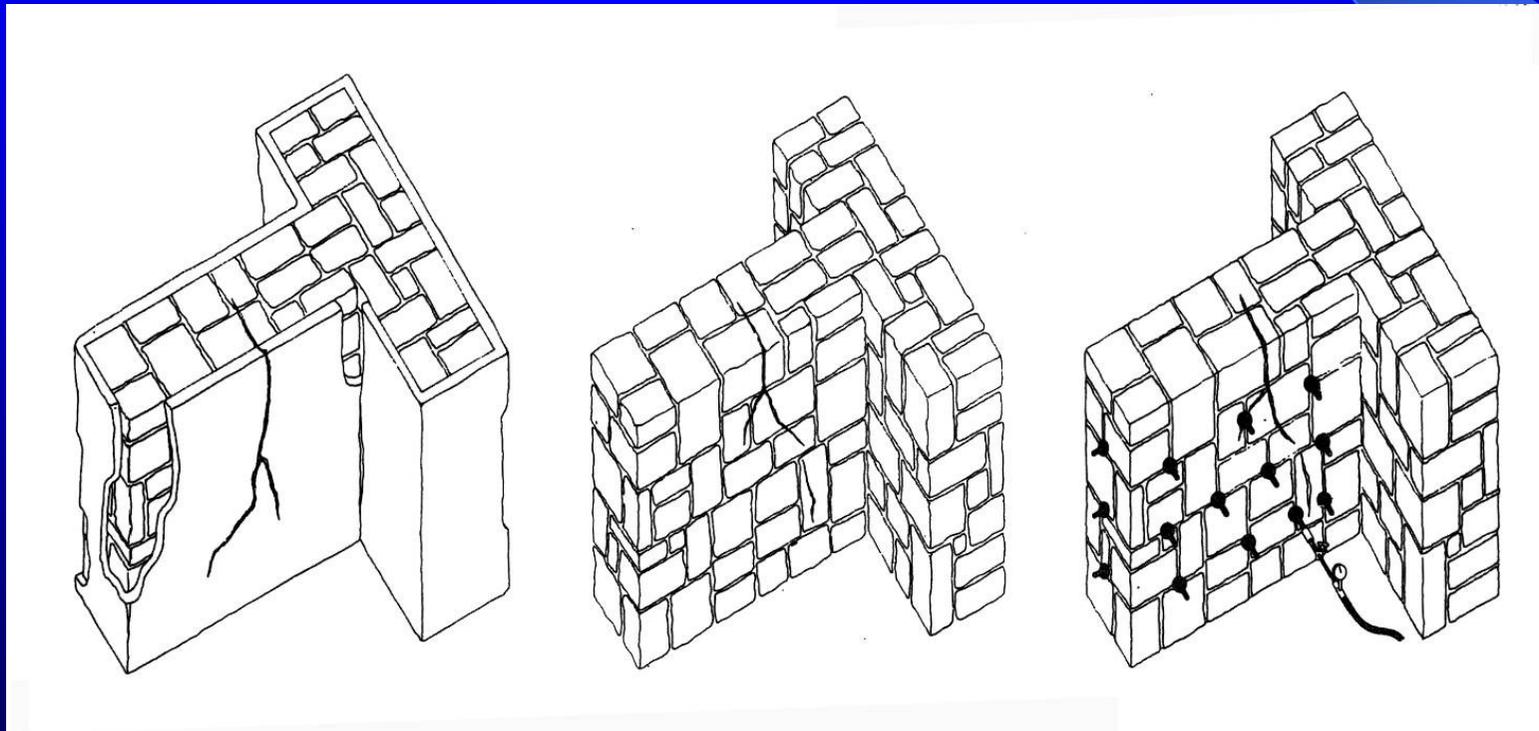


Iniezioni di boiaccia

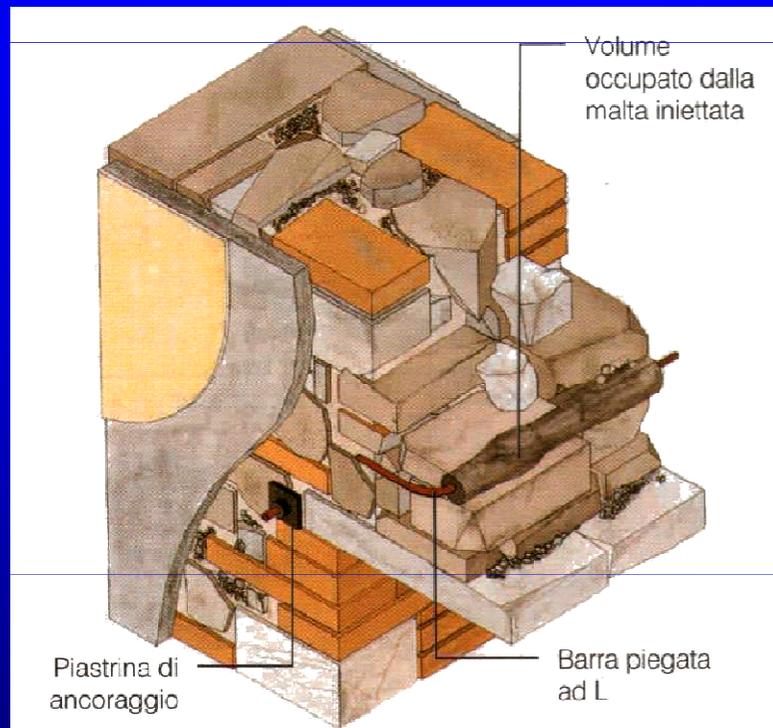
- a) se l'intonaco non è in buono stato, si scarniscono i giunti e si sigillano insieme alle lesioni; può essere opportuno realizzare un intonaco per evitare la fuoriuscita di miscela
- b) scelta dei punti per le iniezioni (2-4 al mq)
- c) si eseguono le perforazioni con trapano solo a rotazione, per circa due terzi dello spessore del muro, solo su una faccia per spessori fino a 70 cm, sulle due facce per spessori superiori
- d) si posizionano gli ugelli e si sigillano
- e) lavaggio con acqua per eliminare le polveri e bagnare i materiali originari



- f) procedendo dal basso verso l'alto si inietta la miscela (boiaccia: malta con legante idraulico e addizionata di abbondante acqua per ottenere una miscela molto fluida) a bassa pressione ($< 2 \text{ atm}$)
- g) la pressione si deve mantenere costante per tutta la durata dell'operazione
- h) si continua fino a che la miscela fuoriesce dai fori adiacenti
- i) controllo della diffusione della miscela mediante carotaggi o prove soniche

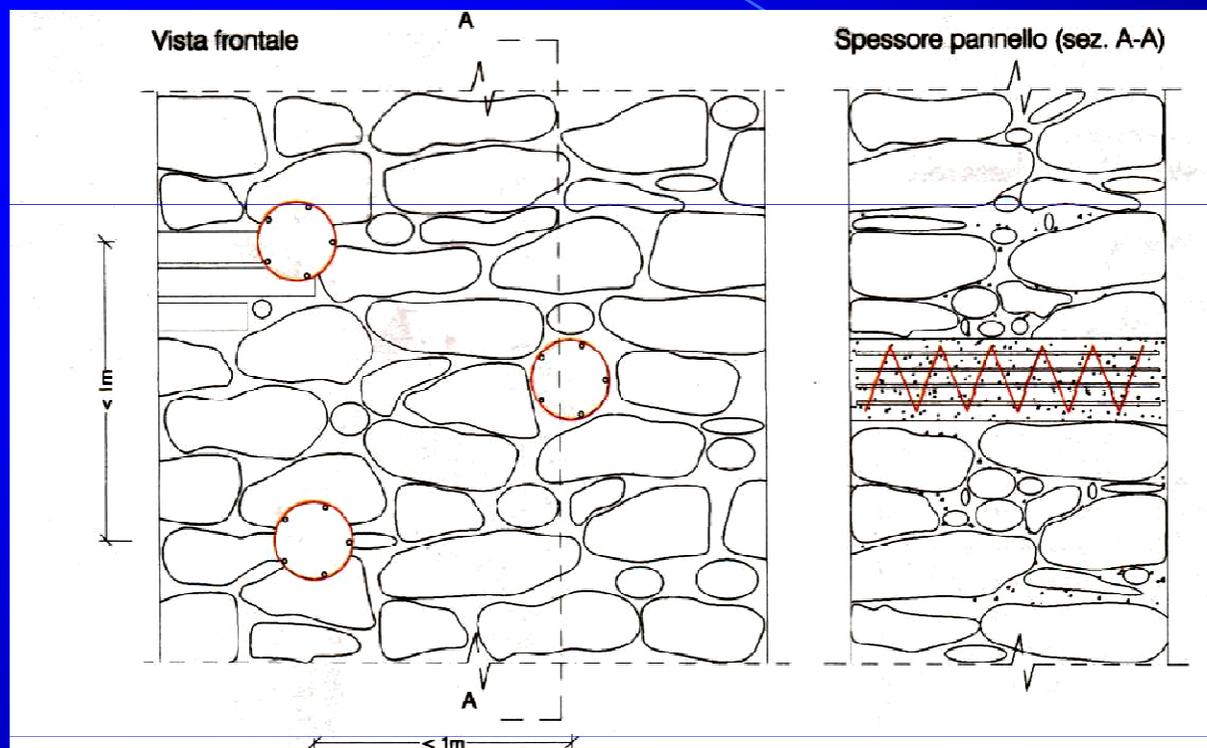


Iniezioni armate



- a) nei perfori si inseriscono barre di acciaio inox ad aderenza migliorata
- b) eventuali ancoraggi alle estremità
- c) malta cementizia moderatamente espansiva e trattata in modo tale da reagire il meno possibile con i solfati

Realizzazione di diatoni artificiali

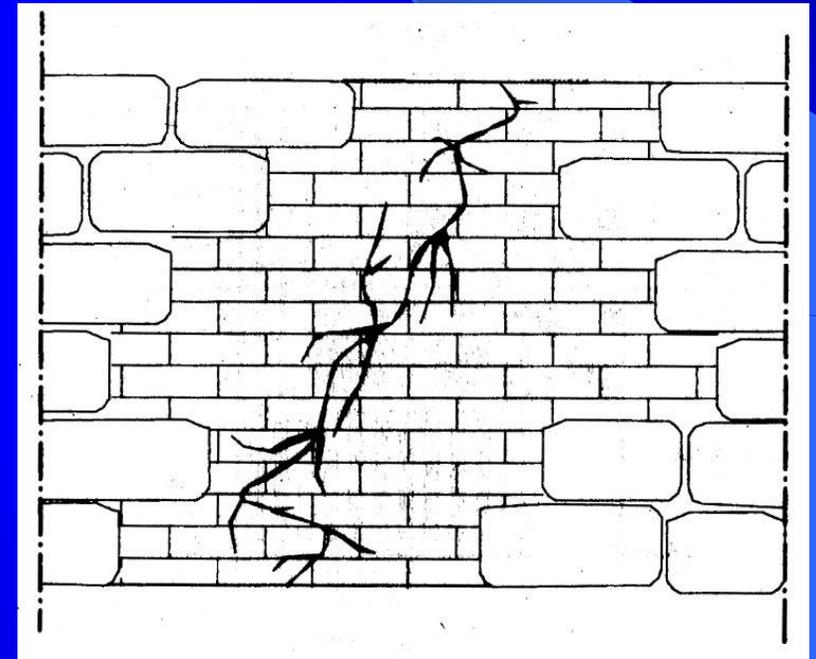


- a) perfori diametro circa 15 cm
- b) gabbia di barre di acciaio inox con staffa a spirale
- c) malta cementizia moderatamente espansiva e trattata in modo tale da reagire il meno possibile con i solfati

Riparazione di lesioni

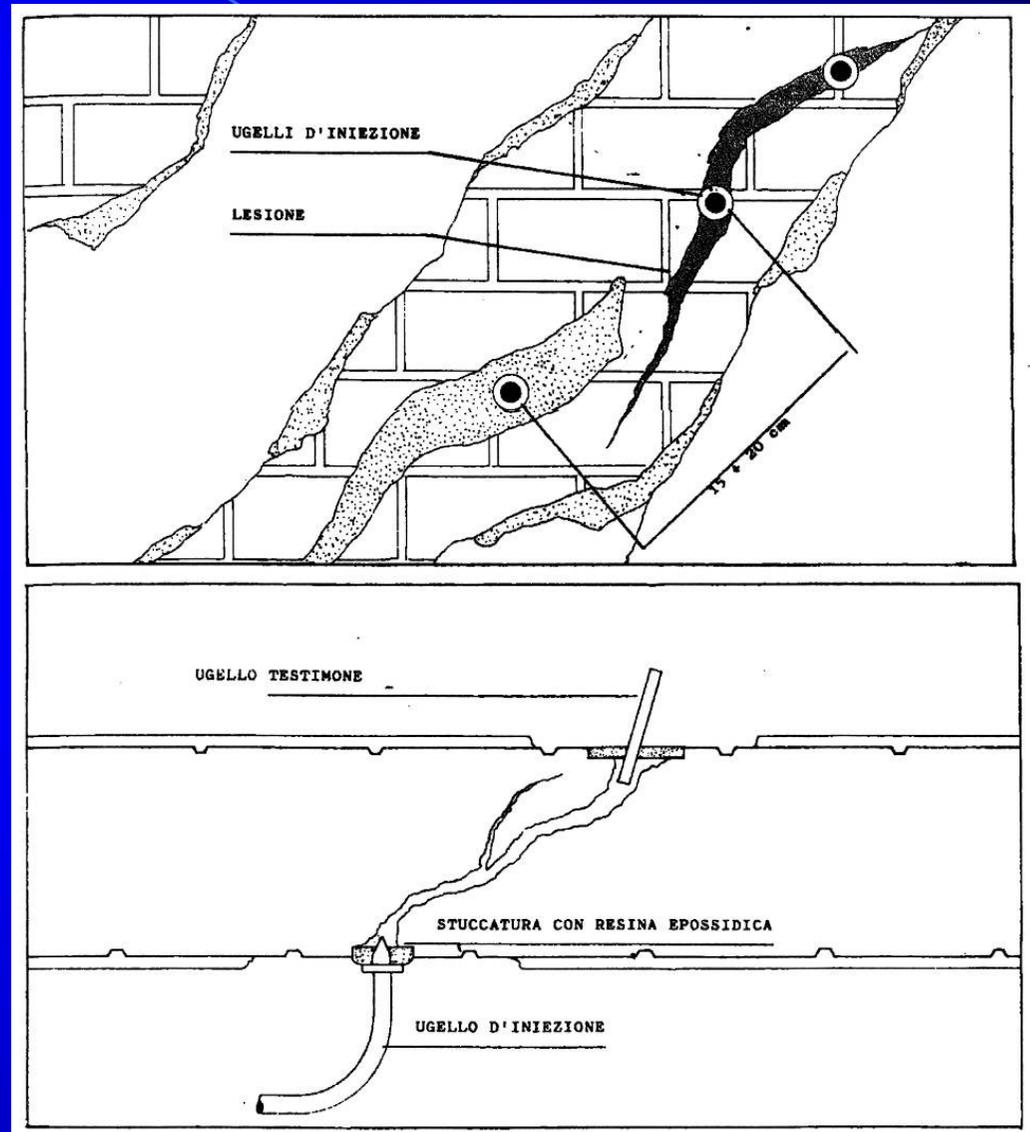
Lesioni passanti: tecnica del cuci e scuci

- si sostituisce la muratura per una larghezza di circa 40÷50 cm a cavallo della lesione
- si opera lavorando a tratti, cominciando dal basso
- si raschiano e si bagnano bene i due bordi del vano
- si murano elementi simili a quelli originali con malta di calce idraulica, ammorsando bene con i due lati del vano



Lesioni non passanti e non molto ampie: risarcitura

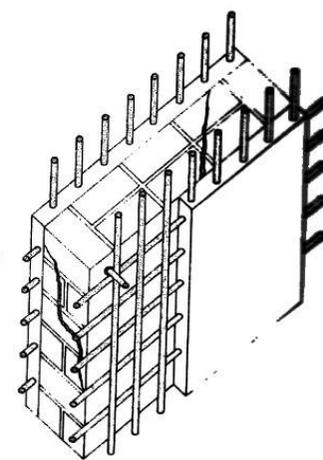
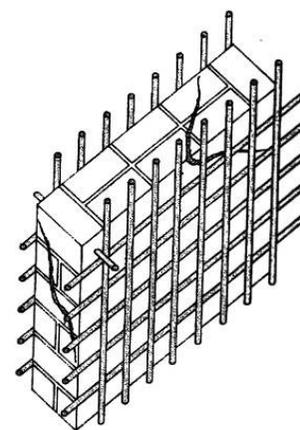
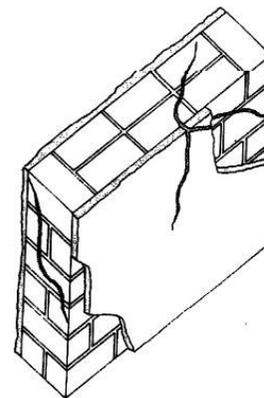
- si stucca la fessura
- si perfora dai due lati della lesione in modo da attraversarla nello spessore del muro
- si inietta malta



Intonaco armato

può essere applicato su pareti con lesioni diffuse o in zone limitate per ricucire lesioni

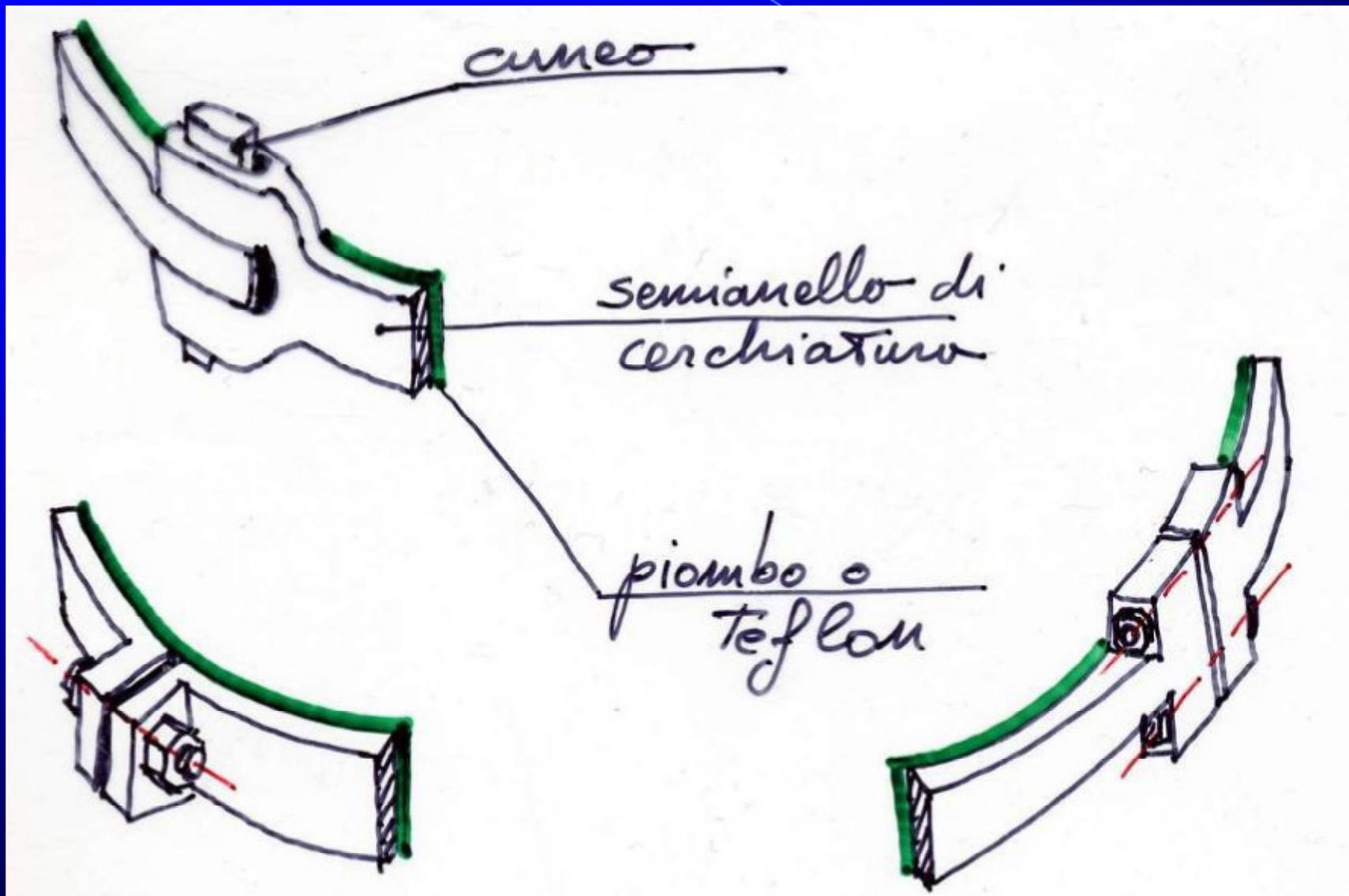
- a) si demolisce il vecchio intonaco
- b) si asportano parti di muratura incoerenti o staccate
- c) si scarniscono e si spolverano le lesioni
- d) si eseguono perforazioni oblique passanti (circa 6 x mq)
- e) si collocano tondini acciaio inox ϕ 4÷6 mm sporgenti di circa 10 cm
- f) si fissa su entrambi i lati la rete elettrosaldata ϕ 3÷4 passo 10
- g) si collega la rete alle barre, risvoltandole
- h) si applica sulle pareti ben bagnate un betoncino di malta additivata con agenti antiritiro, manualmente 3 ÷ 5 cm, o a spruzzo, meno di 3 cm



Cerchiature

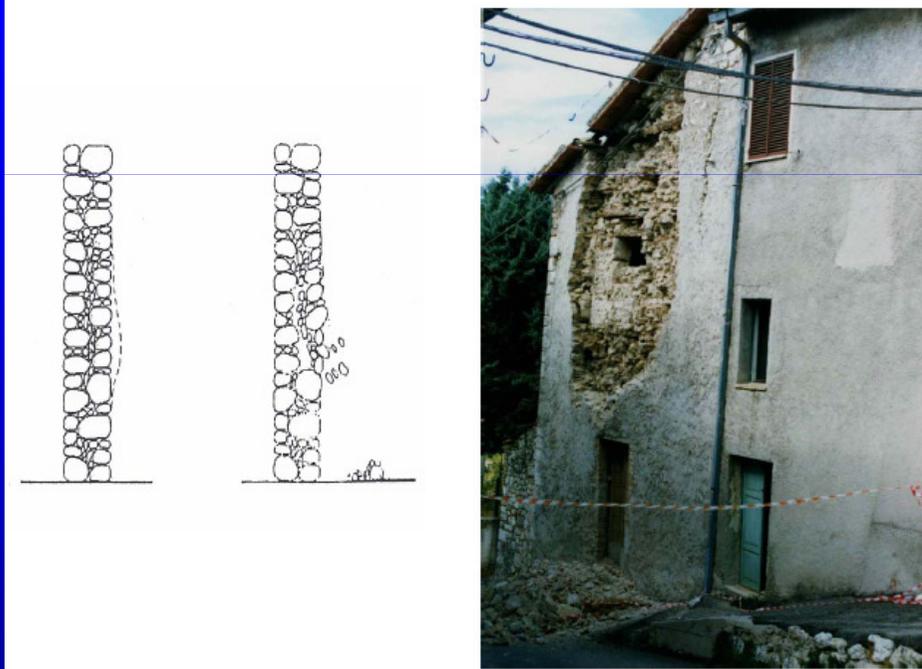


Cerchiature



CATTIVA QUALITA' MURARIA

Sfogliamento della muratura a sacco.



Sfogliamento della muratura a sacco.

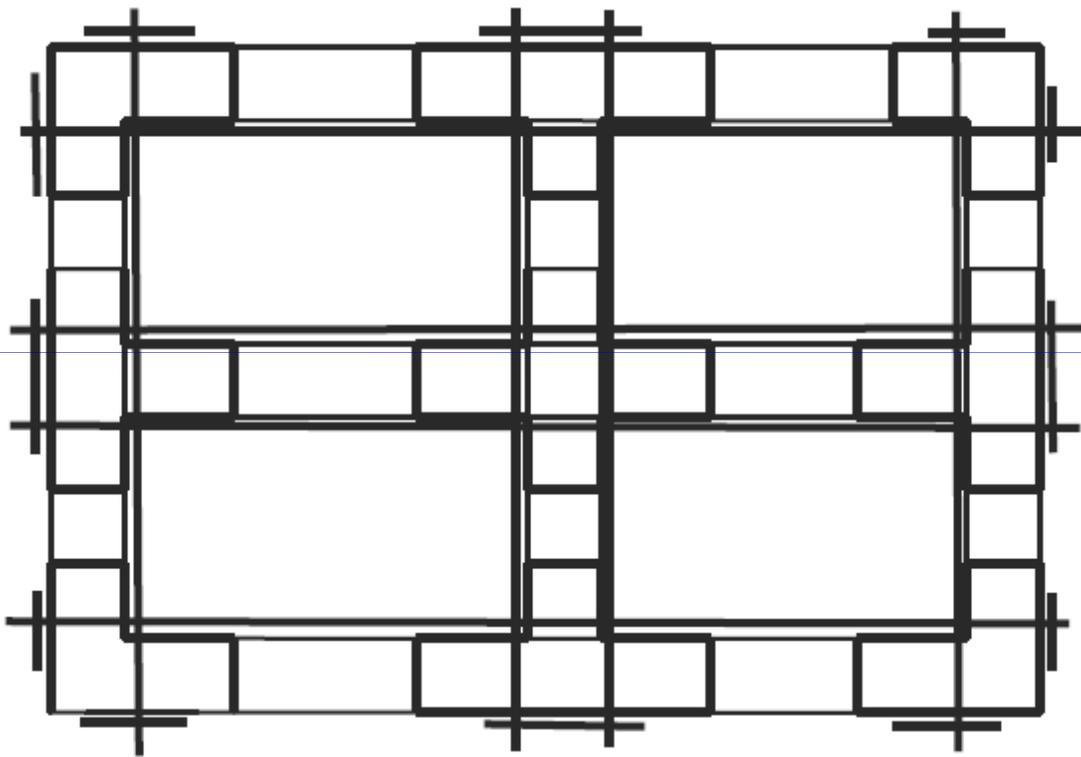


DANNI FUORI DAL PIANO



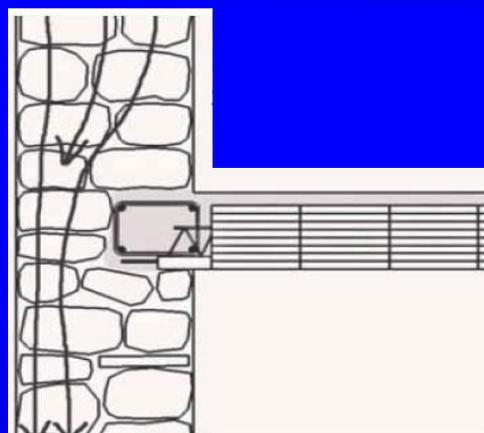
INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

- inserimento di tiranti metallici
- cerchiature esterne
- ammorsatura
- perforazioni armate
- cordoli in sommità

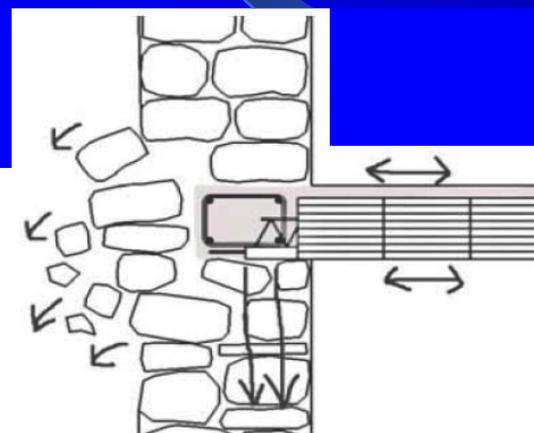


TIRANTI - disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, a livello dei solai ed in corrispondenza delle pareti portanti, ancorati alle murature mediante capochiave (a paletto o a piastra)

Evitare l'esecuzione di cordolature ai livelli intermedi, eseguite nello spessore della parete (specie se di muratura in pietrame), dati gli effetti negativi che le aperture in breccia producono nella distribuzione delle sollecitazioni sui paramenti



deviazione delle
isostatiche di
compressione



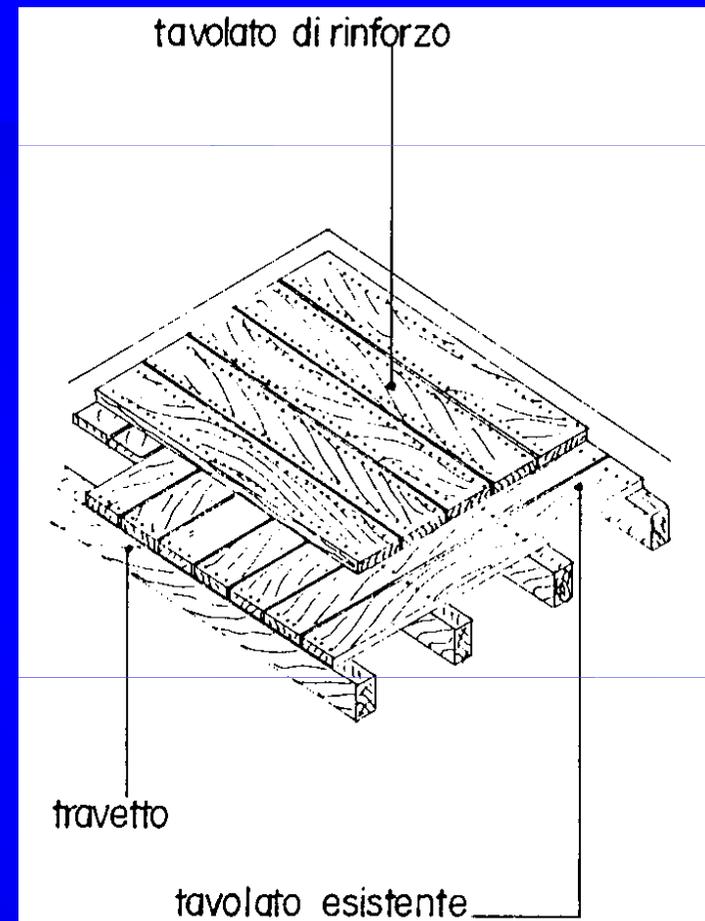
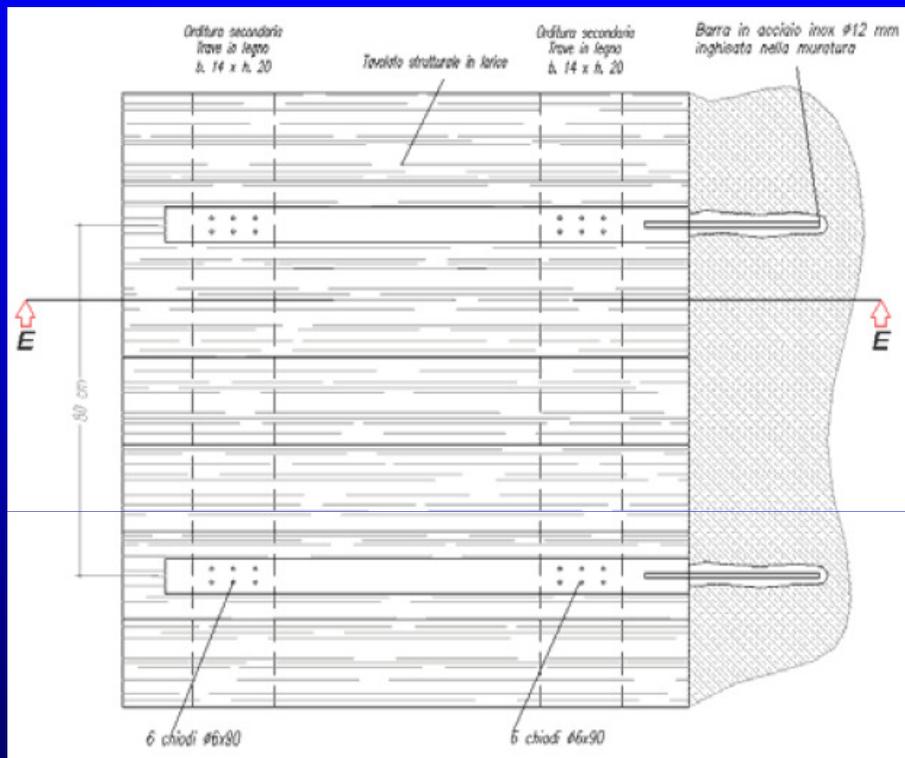
azione di martellamento
sulla muratura

inoltre cordoli in breccia su murature a doppio
paramento:

1. scarico del solaio solo sul paramento interno
2. problemi di stabilità per il paramento esterno

Tecniche di rinforzo solai lignei

secondo tavolato su quello esistente

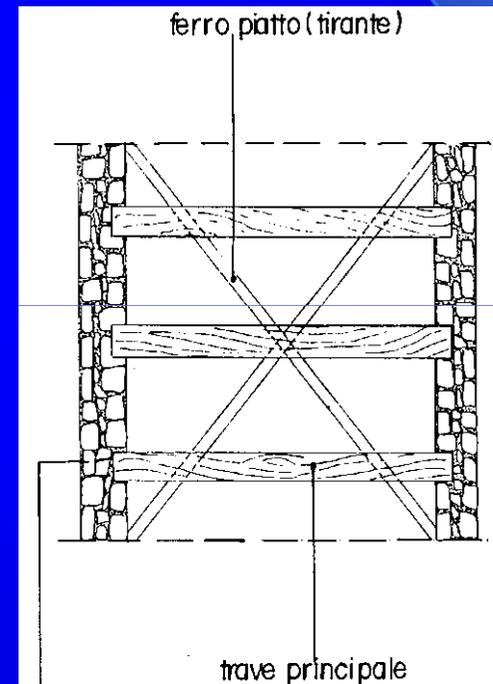


Tecniche di rinforzo solai lignei



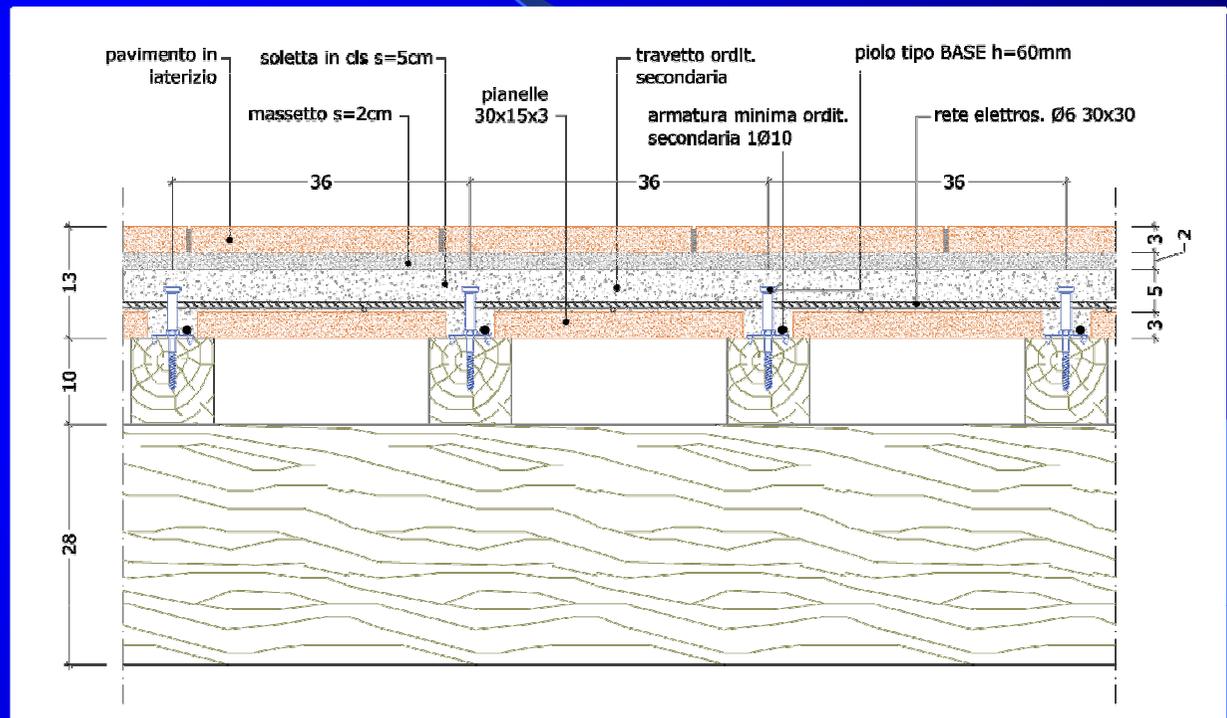
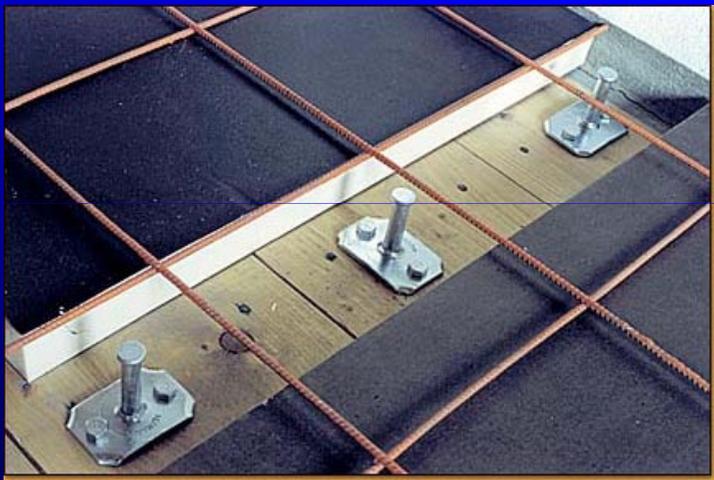
in alternativa, o in aggiunta, si possono usare rinforzi con bandelle metalliche, o di materiali compositi, fissate al tavolato con andamento incrociato

un analogo beneficio può essere conseguito attraverso controventature realizzate con tiranti metallici



Tecniche di rinforzo solai lignei

soletta collaborante in c.a.

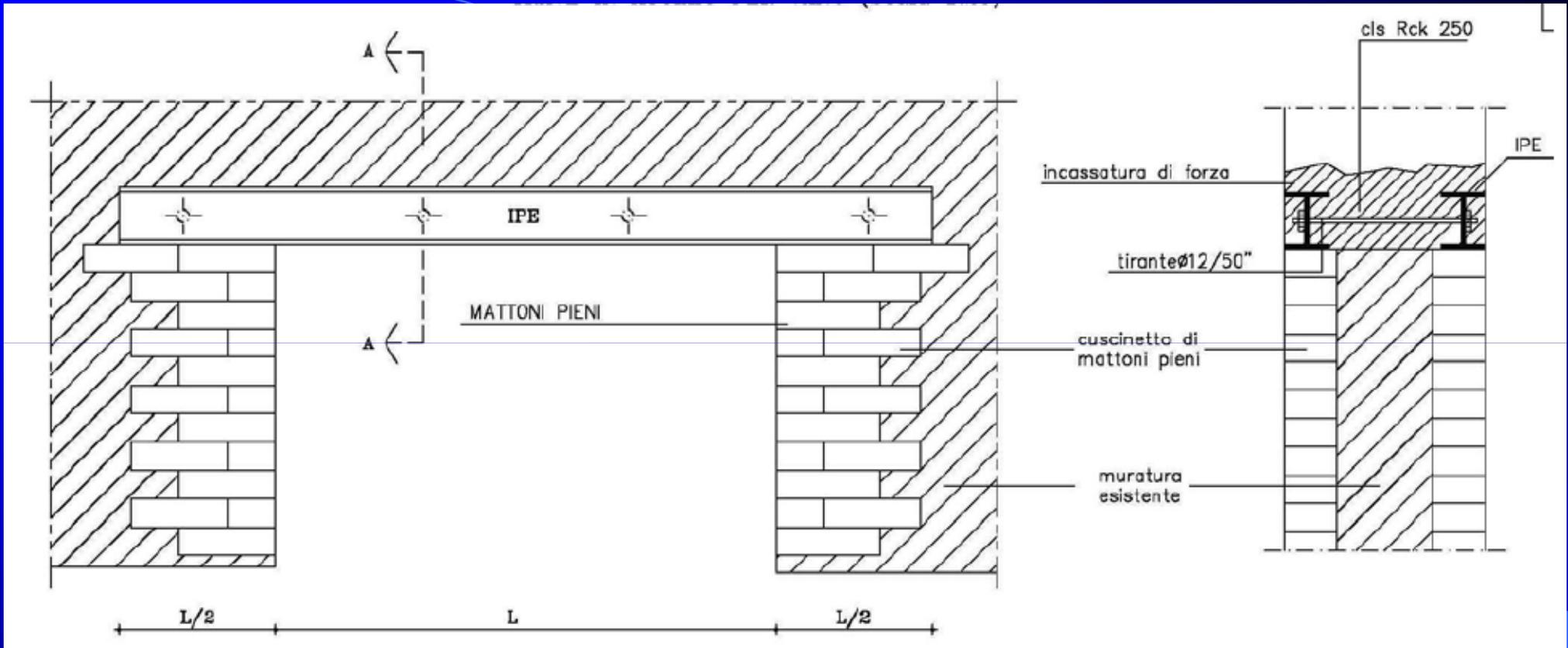


ARCHITRAVE

Elemento monolitico che lavora a flessione come una trave ed è la soluzione più intuitiva per la realizzazione di una apertura all'interno di un muro

architrave di pietra
(modesta resistenza a trazione)
 $h/l = 1/3, 1/5$





- 1) Apertura traccia per alloggiamento putrella da un solo lato della muratura;
- 2) Formazione delle basi di appoggio in mattoni pieni;
- 3) Messa in opera della prima putrella;
- 4) Incassatura di forza con scaglie di mattoni pieni e malta cementizia;
- 5) Ripetere le operazioni 1-4 per l'altro lato della muratura;
- 6) Esecuzione dei fori per l'alloggiamento dei tiranti;
- 7) Demolizione della muratura compresa tra le putrelle;
- 8) Casseratura e getto.

Interventi con materiali compositi FRP

FRP (Fiber Reinforced Polymer): materiali compositi con fibre di diversi materiali (carbonio, vetro, aramide), disponibili in varie forme: tessuti, barre, reti

Nel campo civile vengono utilizzati prevalentemente per rinforzo di elementi strutturali; a livello sperimentale, in intere strutture

Con i **nastri in FRP** si possono eseguire:

cerchiaggi completi di edifici (incatenamento completo)

nastrature per rinforzo flessionale

per assorbire le spinte di archi e volte

cerchiaggio di elementi compressi

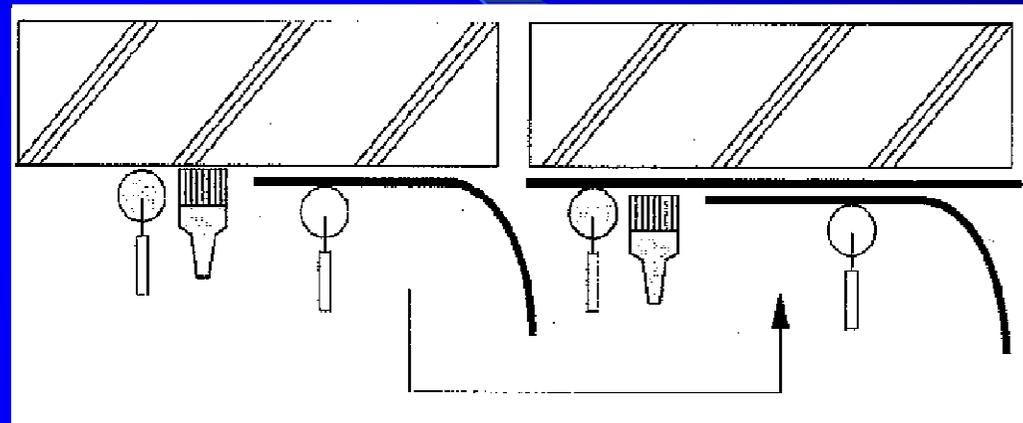
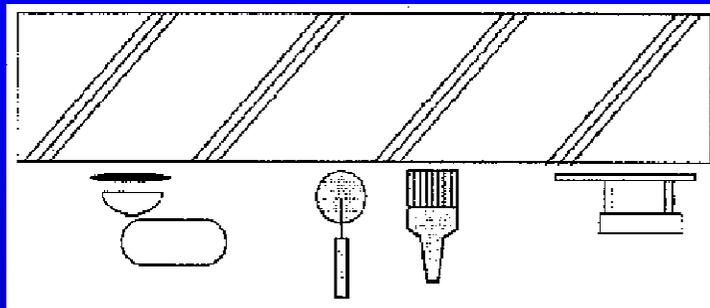
Barre in FRP possono essere usate allo stesso modo dei tondi in acciaio per:

tiranti

tirantini antiespulsivi

barre di collegamento

Procedura per l'applicazione del FRP



Trattamento della
superficie

Primer

Undercoating

Applicazione
FRP

Overcoating

Verniciatura