

# Edifici in muratura

## Interventi di recupero

Catania, 21 aprile 2004

Bruno Calderoni

DAPS, Università di Napoli Federico II

# INTERVENTI SULLA MURATURA

1. CUCI E SCUCI

2. INIEZIONI NON ARMATE

3. INIEZIONI ARMATE

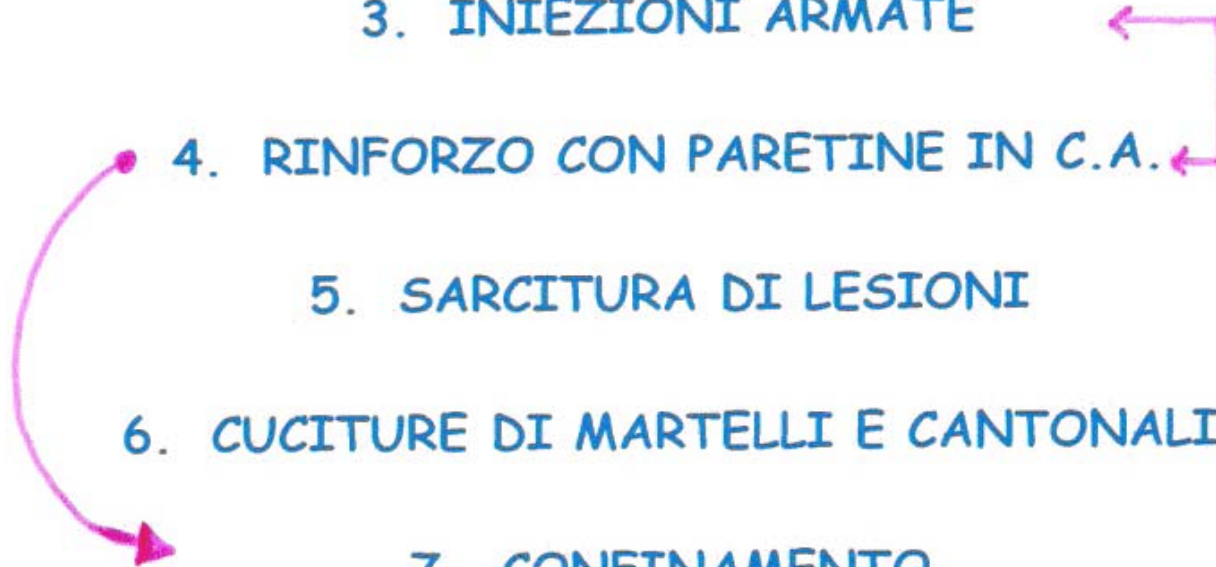
4. RINFORZO CON PARETINE IN C.A.

5. SARCITURA DI LESIONI

6. CUCITURE DI MARTELLI E CANTONALI

7. CONFINAMENTO

8. PIATTABANDE



# 1. SOSTITUZIONE (CUCI E SCUCI)

## CONSOLIDAMENTO PER SOSTITUZIONE

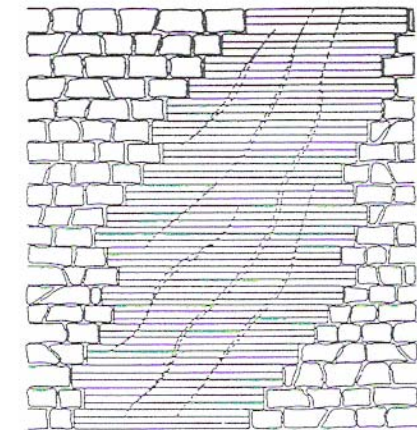
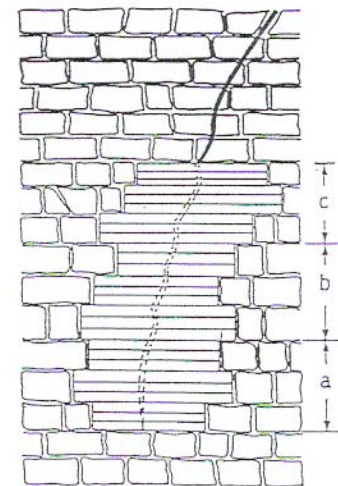
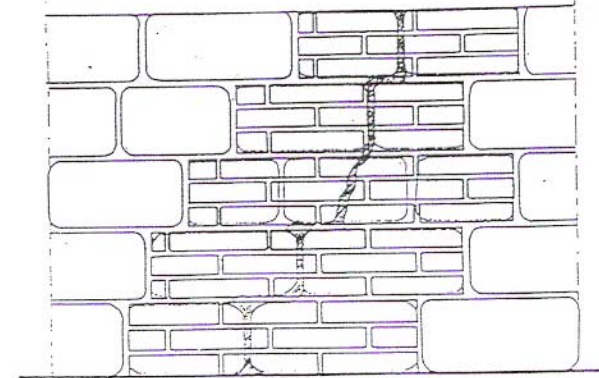
È mirato alla sostituzione di porzioni esistenti di muratura allo scopo di operarne un rafforzamento oppure per praticare aperture;

### PRATICA CORRENTE

- riparazione locale di porzioni dissestate di muratura con mattoni o pietrame e malta ad elevata resistenza ("cuci e scuci" o "sostruzione");
- inserimento di elementi portanti in c.a. o acciaio allo scopo di assorbire in parte o per intero i carichi precedentemente sostenuti dalla muratura (p.e. apertura di vani nei setti murari);
- inserimento di elementi integrativi in c.a. o in acciaio allo scopo di incrementare la capacità portante della muratura, in particolar modo nei riguardi delle azioni orizzontali;

### NOTE:

- si raccomanda di prestare la massima attenzione alla messa in forza dei nuovi elementi con la muratura esistente; a tal proposito si consiglia:
  - puntellatura provvisoria della struttura oggetto del consolidamento;
  - letti di malta sottili allo scopo di limitare i fenomeni di ritiro e di assestamento;
  - uso di cunei per la messa in forza progressiva delle parti aggiunte;
  - predisposizione di un efficace collegamento tra la muratura e i nuovi elementi in c.a. o in acciaio;
  - studio delle sequenze di esecuzione, anche in relazione a possibili fenomeni di assestamento differenziale;



## 2. INIEZIONI NON ARMATE

CONSOLIDAMENTO DELLA MURATURA CON INIEZIONI DI MALTA

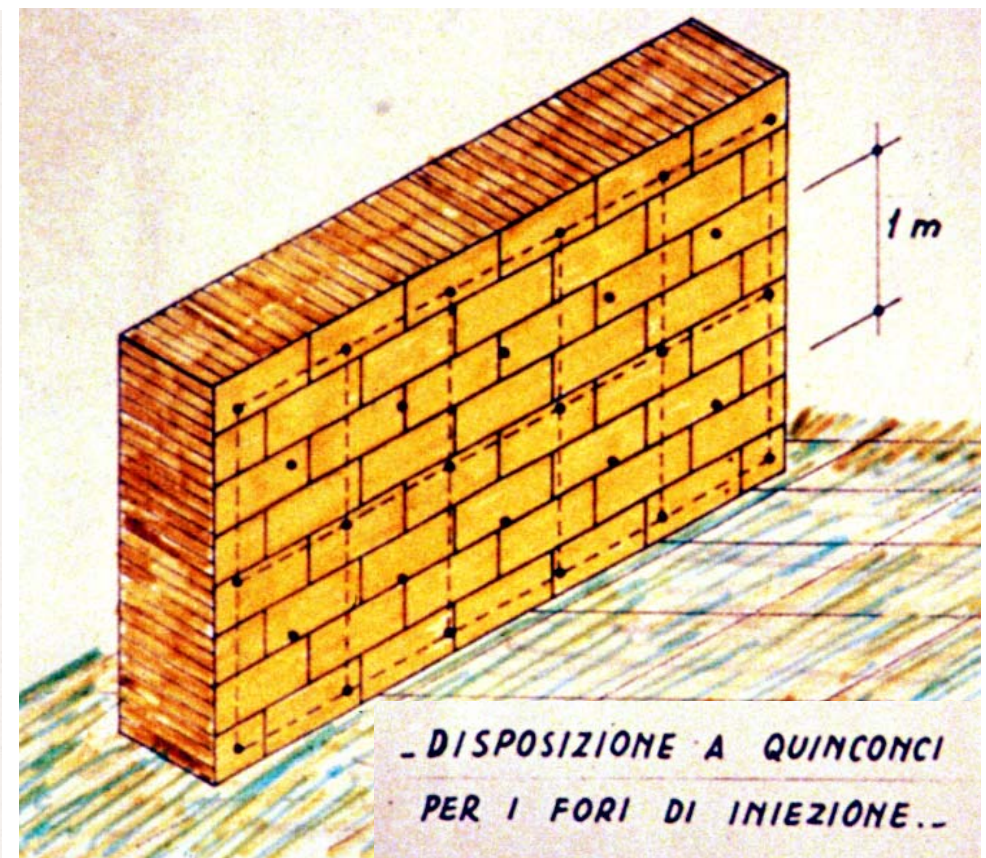
FASI DI ESECUZIONE:

- eliminazione dell'intonaco e dei frammenti murari dalle parti fessurate;
- esecuzione di fori ( $\varnothing 30 \div 50$  mm) distanziati di  $30 \div 50$  cm ed inclinati a  $45^\circ$  nel corpo della muratura;
- sigillatura dei giunti tra i corsi murari allo scopo di prevenire la fuoriuscita di malta;
- inserimento di tubi ( $l \cong 10$ cm,  $d = \frac{3}{4}''$ ) nei fori;  $\cong \varnothing 20$
- iniezione di acqua a bassa pressione allo scopo di saturare la muratura;
- iniezione di malta a pressione ( $1 \div 6$  kg/cm<sup>2</sup>) a partire dai fori inferiori (dosaggio  $150 \div 200$  kg/m<sup>3</sup>, rapporto acqua/cemento  $1 \div 2$ );

NOTE:

- la perforazione può avvenire da un solo lato per spessori fino a 60cm, da entrambi i lati per spessori superiori;
- si raccomanda l'impiego di additivi fluidificanti antiritiro allo scopo di favorire la completa penetrazione della malta all'interno della muratura;
- si consiglia la foratura in corrispondenza dei giunti tra i mattoni;
- intervento irreversibile;

MIGLIORIAMO LA RESISTENZA A COMPRESSIONE



## CONSOLIDAMENTO MEDIANTE RESINE

### VANTAGGI

- spessori estremamente contenuti;
- assenza di ritiro (nessuna evaporazione di solventi);
- elevate caratteristiche meccaniche ( $\sigma_c \cong 100 \text{ N/mm}^2$ );
- ampia varietà di prestazioni;
- facilità di posa in opera;
- capacità di riempire lesioni microscopiche;
- indurimento molto rapido;
- ottima aderenza alle superfici murarie;
- eccellente resistenza alla corrosione;

### SVANTAGGI

- costo elevato;
- scorrimenti viscosi elevati, soprattutto nelle resine pure;
- infiammabilità e scarsa resistenza alle alte temperature (softening);
- comportamento fragile;
- elevata sensibilità a fenomeni di invecchiamento con perdita di aderenza;
- resistenze modeste quando usate in combinazione con inerti;
- modulo elastico di valore basso ( $E_r \cong 1/10 E_c$ );
- necessità di manodopera specializzata;
- applicazione non reversibile;

### 3. INIEZIONI ARMATE

CONSOLIDAMENTO DELLA MURATURA CON BARRE METALLICHE ED INIEZIONI DI MALTA IN PRESSIONE

SCOPI:

- aumento del concatenamento fra i corsi murari;
- incremento della resistenza a taglio della muratura;
- incremento della duttilità della muratura;

linee resistenti a trazione

NOTE:

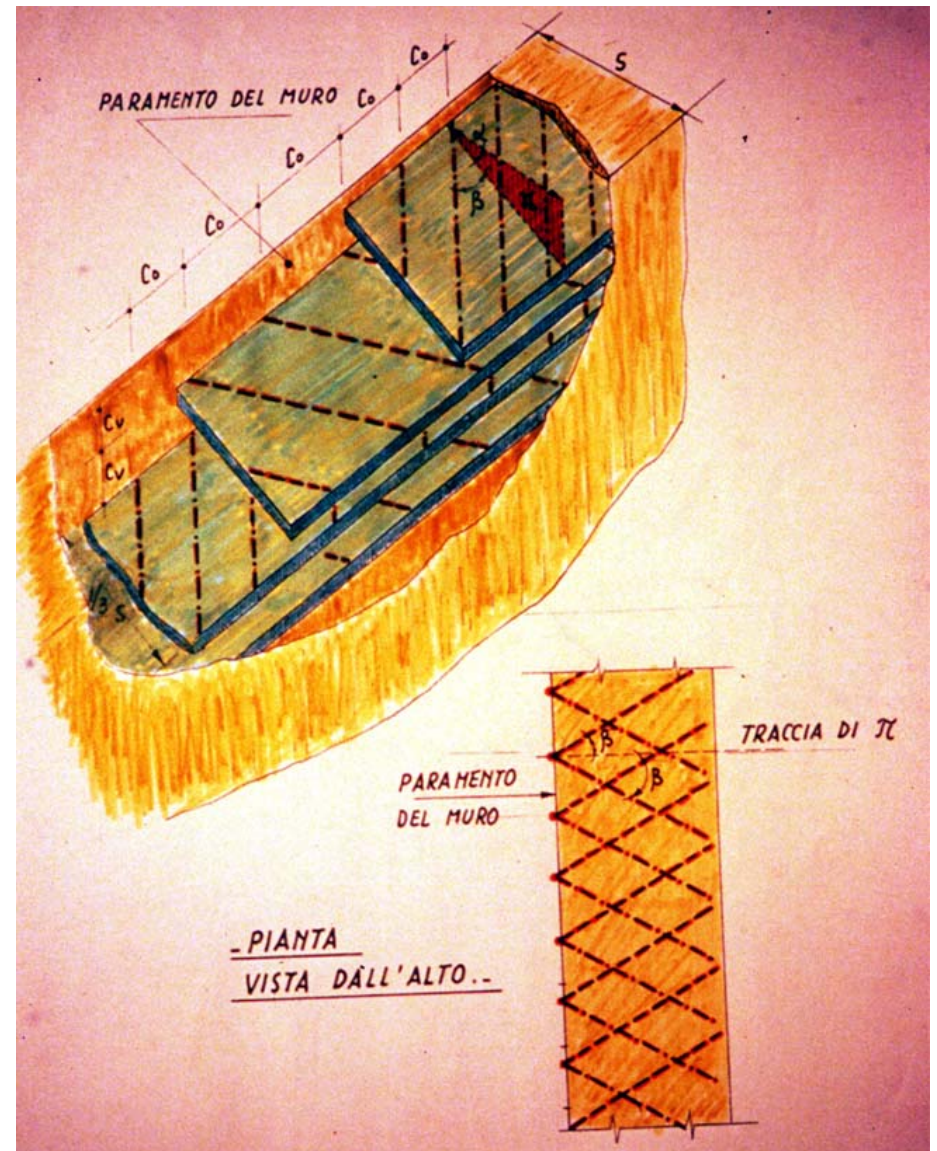
- l'effetto delle perforazioni armate è basato sul confinamento laterale della muratura dovuto alle barre metalliche;
- l'intervento è particolarmente efficace per incrementare la resistenza di incroci, martelli e cantonali murari;

l'intervento presuppone una muratura di buone proprietà meccaniche, altrimenti si raccomanda un consolidamento preventivo;

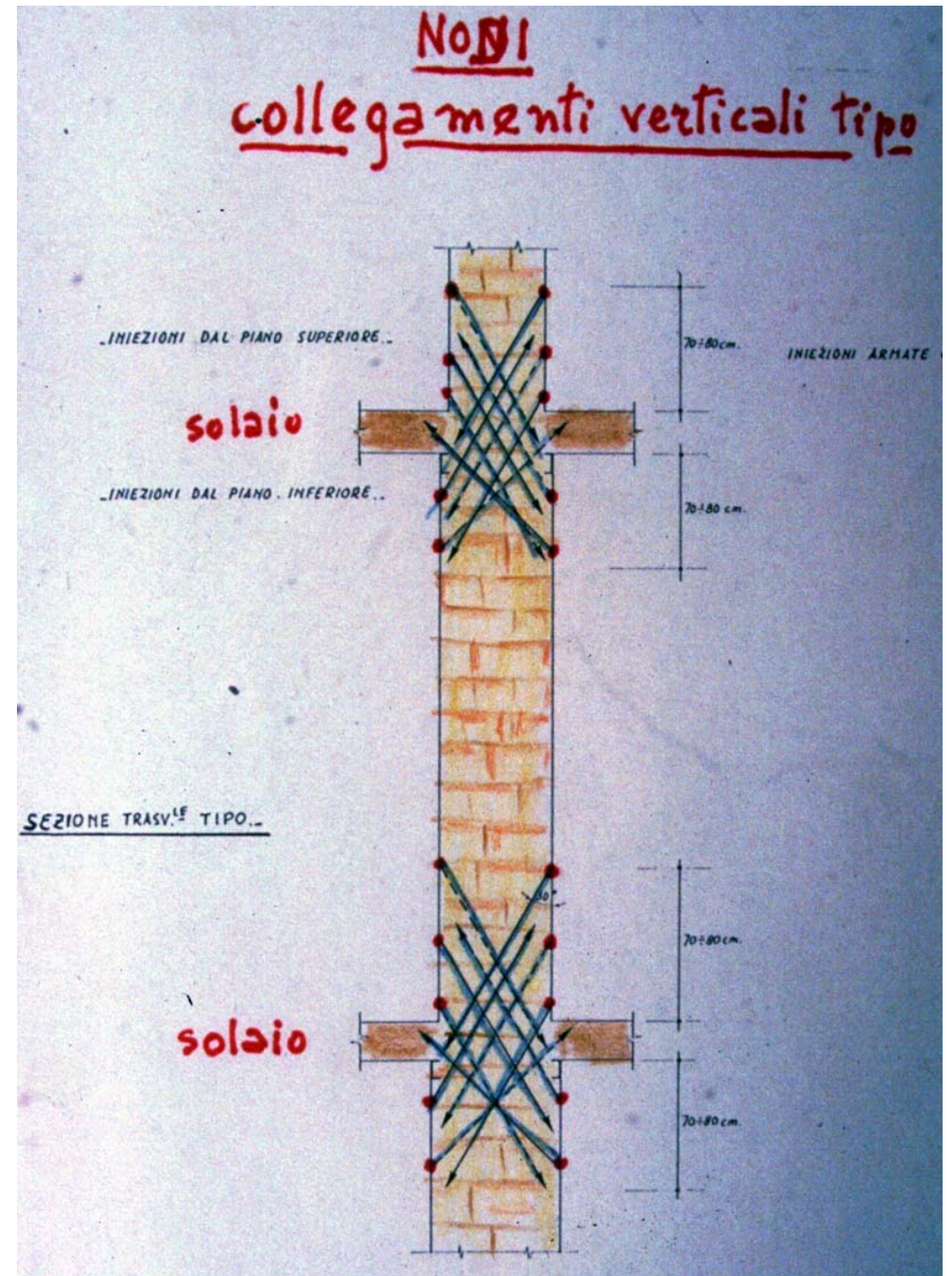
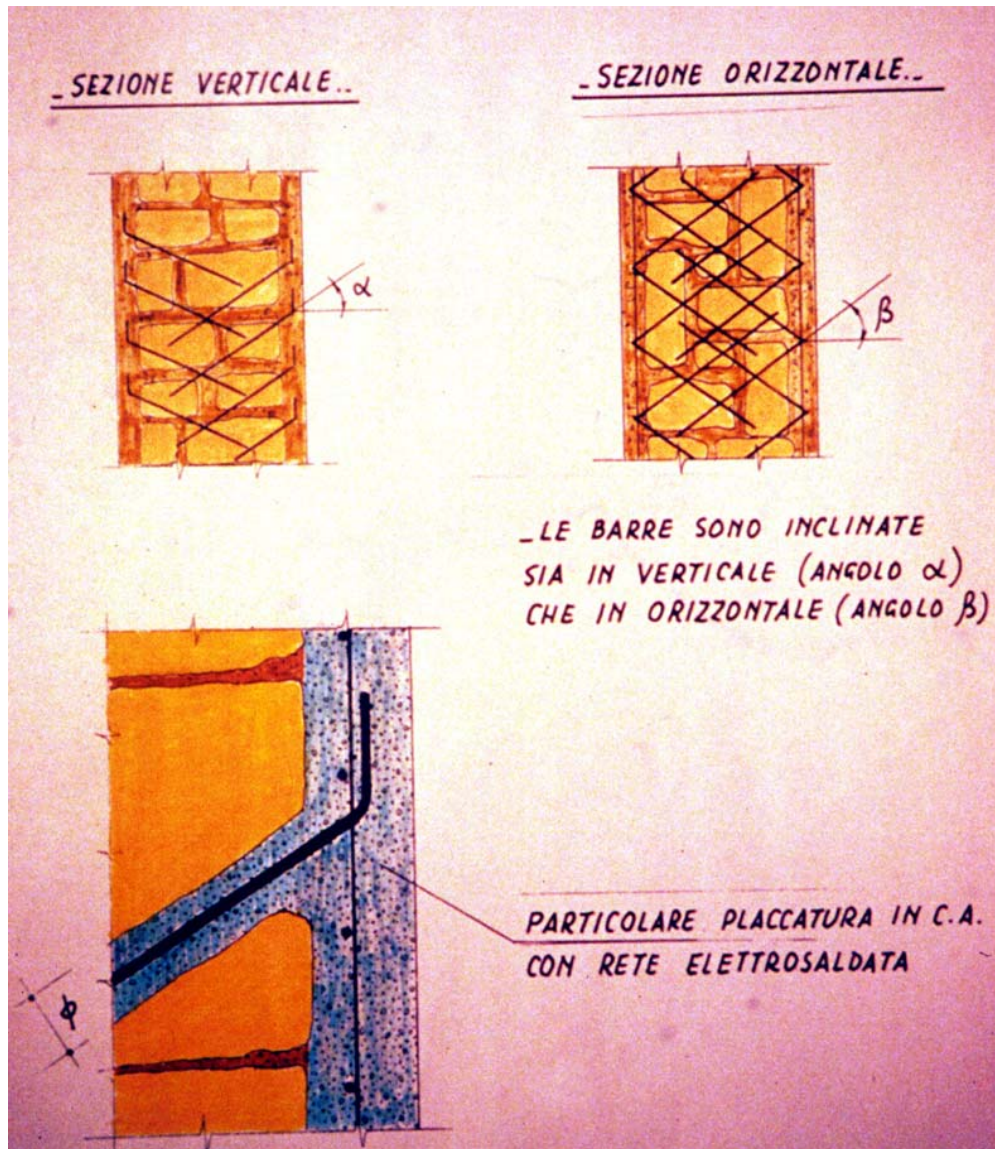
l'intervento può essere integrato da paretine in c.a. poste da ambo i lati del setto murario, allo scopo di migliorarne il confinamento laterale e di incrementarne la sezione resistente;

- intervento non reversibile;

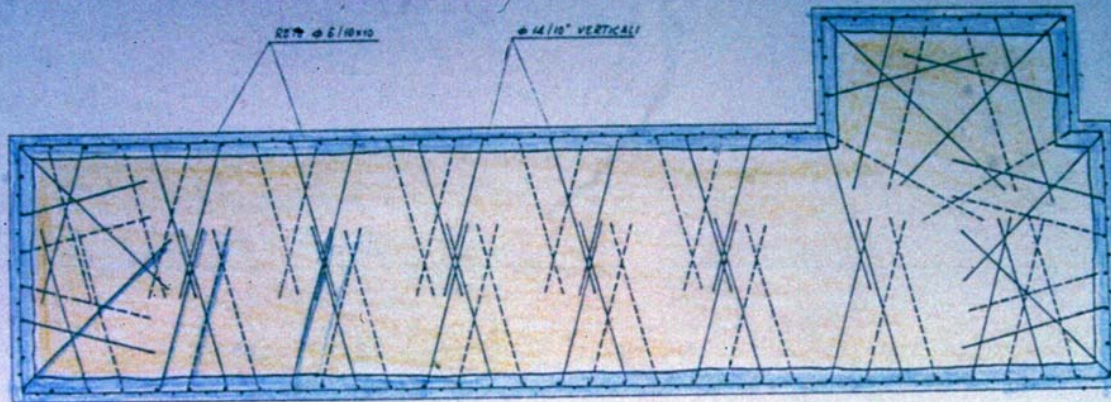
### 4. RINFORZO CON PARETINE IN C.A.



## 4 - Iniezioni armate con paretine in c.a.



## FASCIATURE DEI MASCHI CON LASTRE IN CEM. ARM.

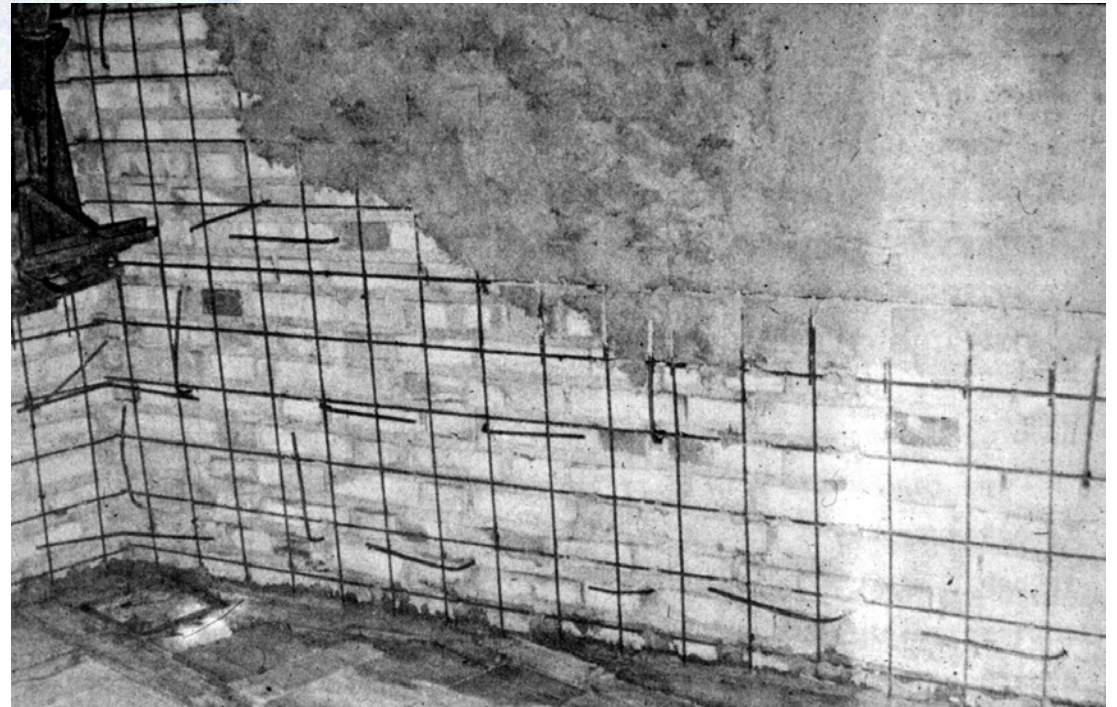


LA LASTRA E' ARMATA  
CON RETI METALLICHE  
NON SALDATE; MANIGLIONI  
DI ACCIAIO LA ANCORANO  
ALLA MURATURA

### NOTA:

DISPORRE ARMATURE  $\phi 20/20 \times 20$   
IN INIEZIONI SUPERIORI ED INFERIORI  
PER 70+80 cm.

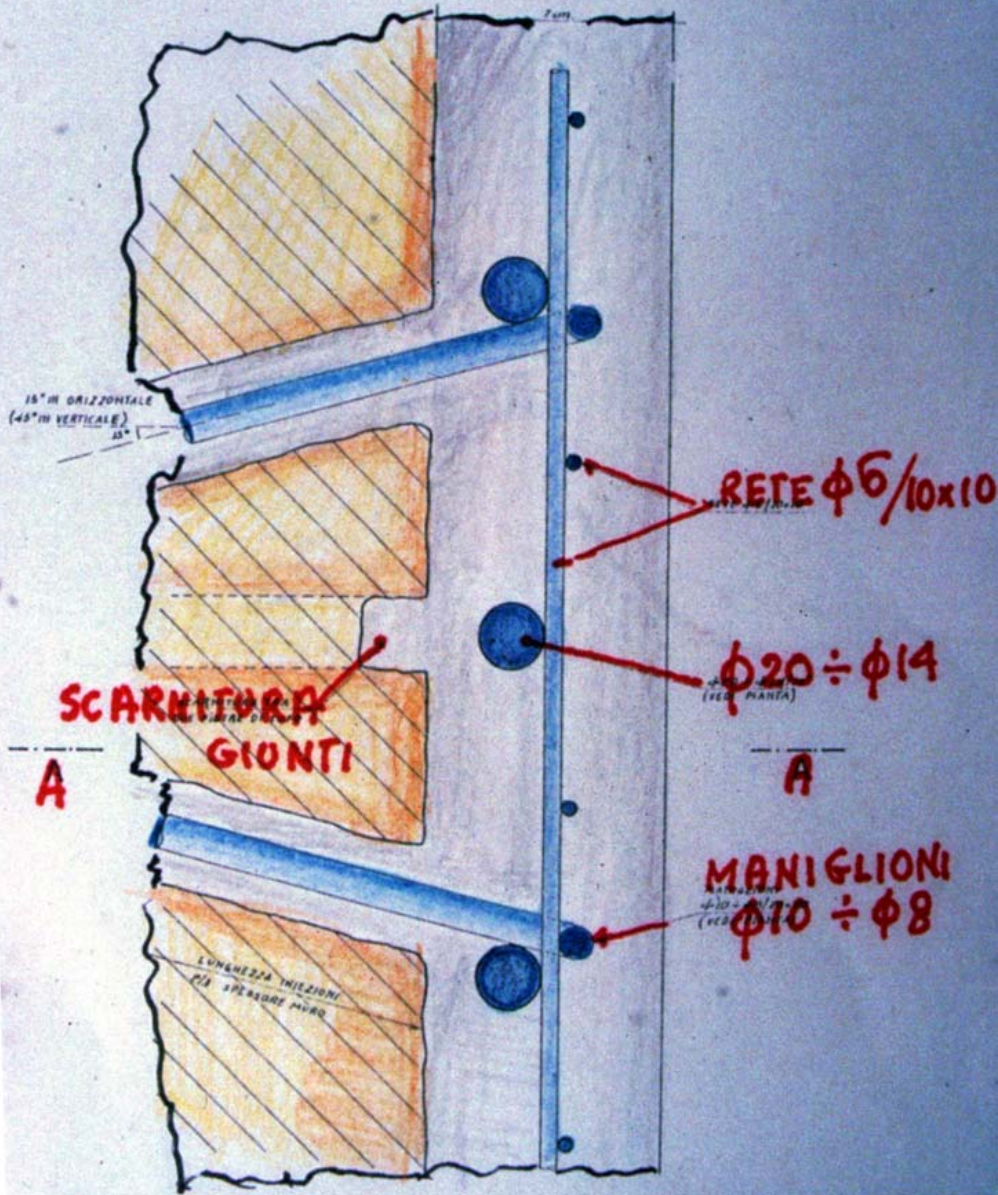
## 4 - Fasciatura di maschi murari



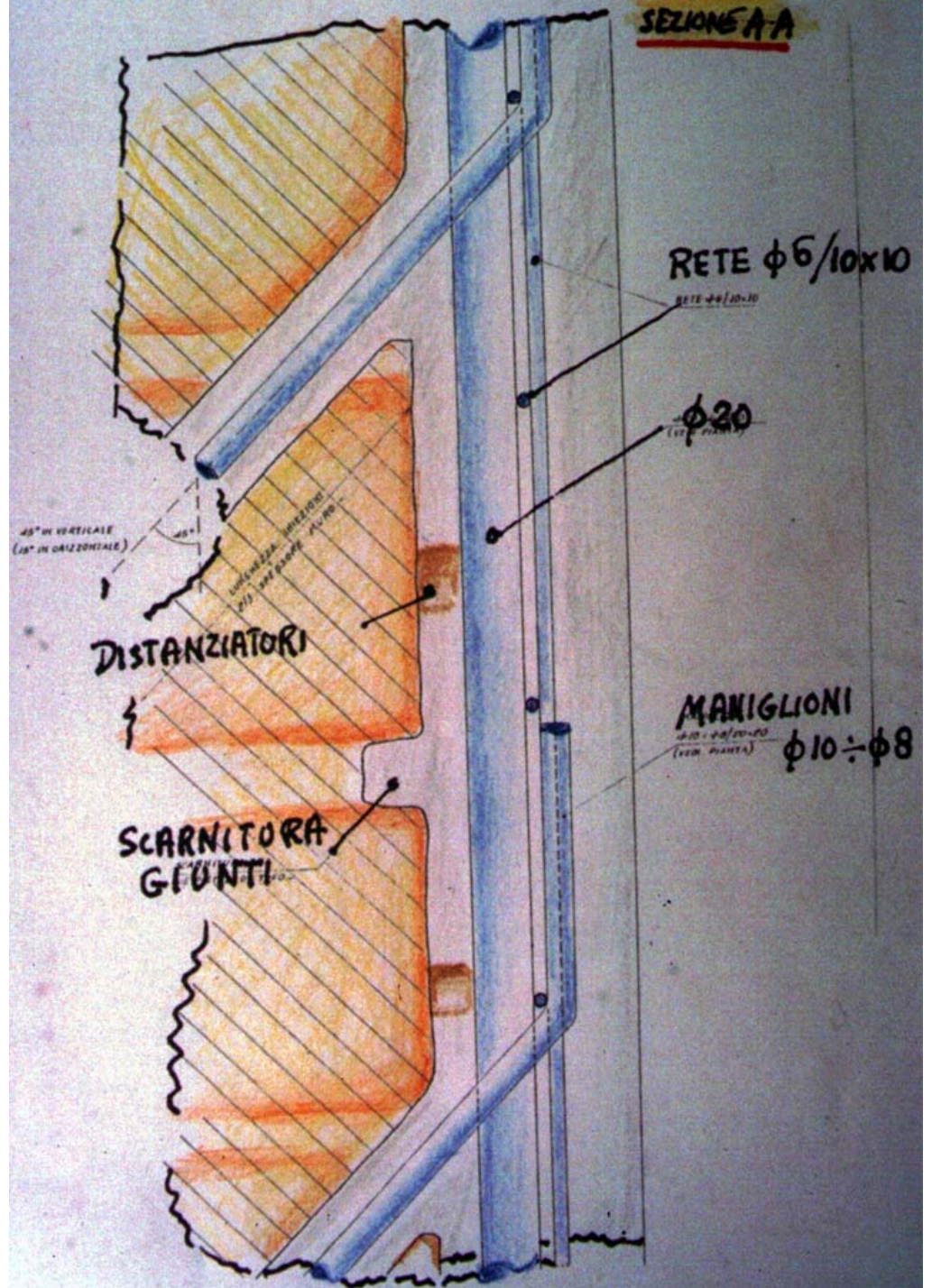


# FASCIATURA MASCHI

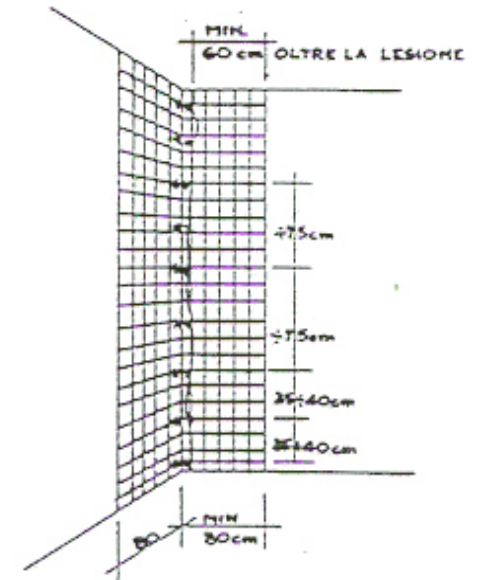
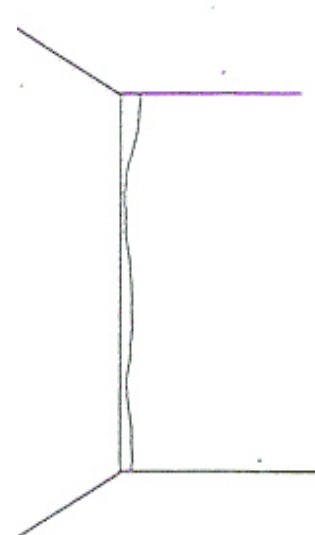
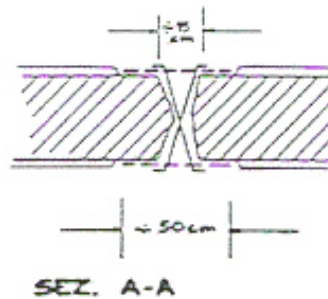
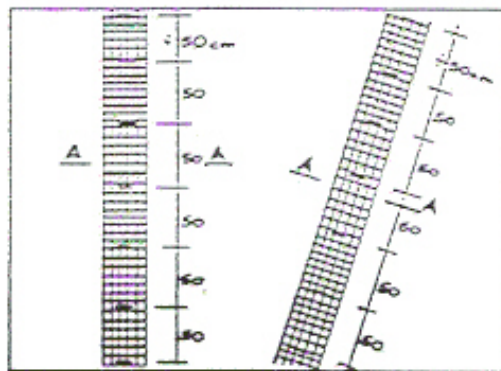
## PIANTA



## SEZIONE A-A



# 5. SARCITURA DI LESIONI

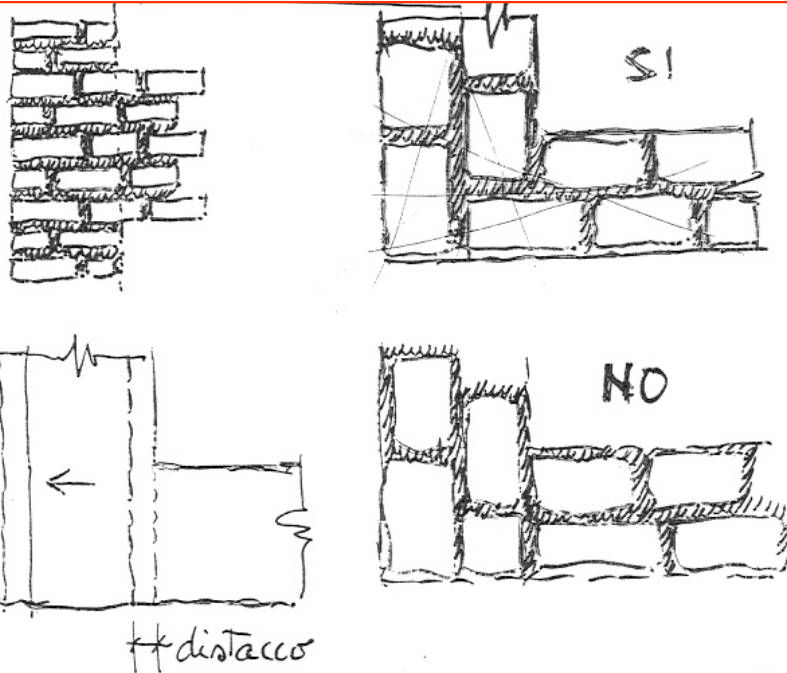


N.B. Negli angoli piegare senza interrompere le reti o comunque risvoltarle e sovrapporle per 25 cm. I tiranti d'angolo potranno essere posti inclinati sulla



## Inadeguate connessioni tra le pareti

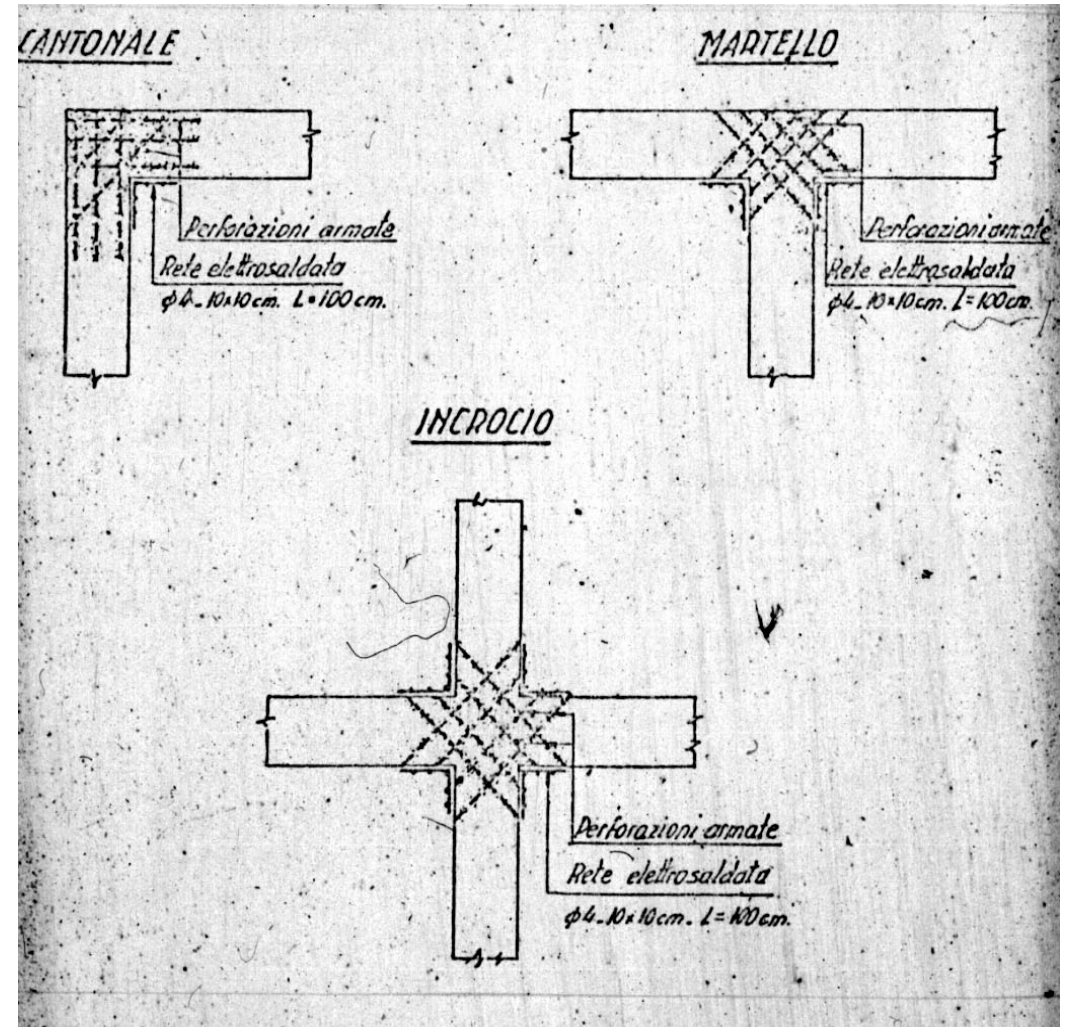
## 6 - Cuciture di croci di muro, martelli, cantonali, etc.



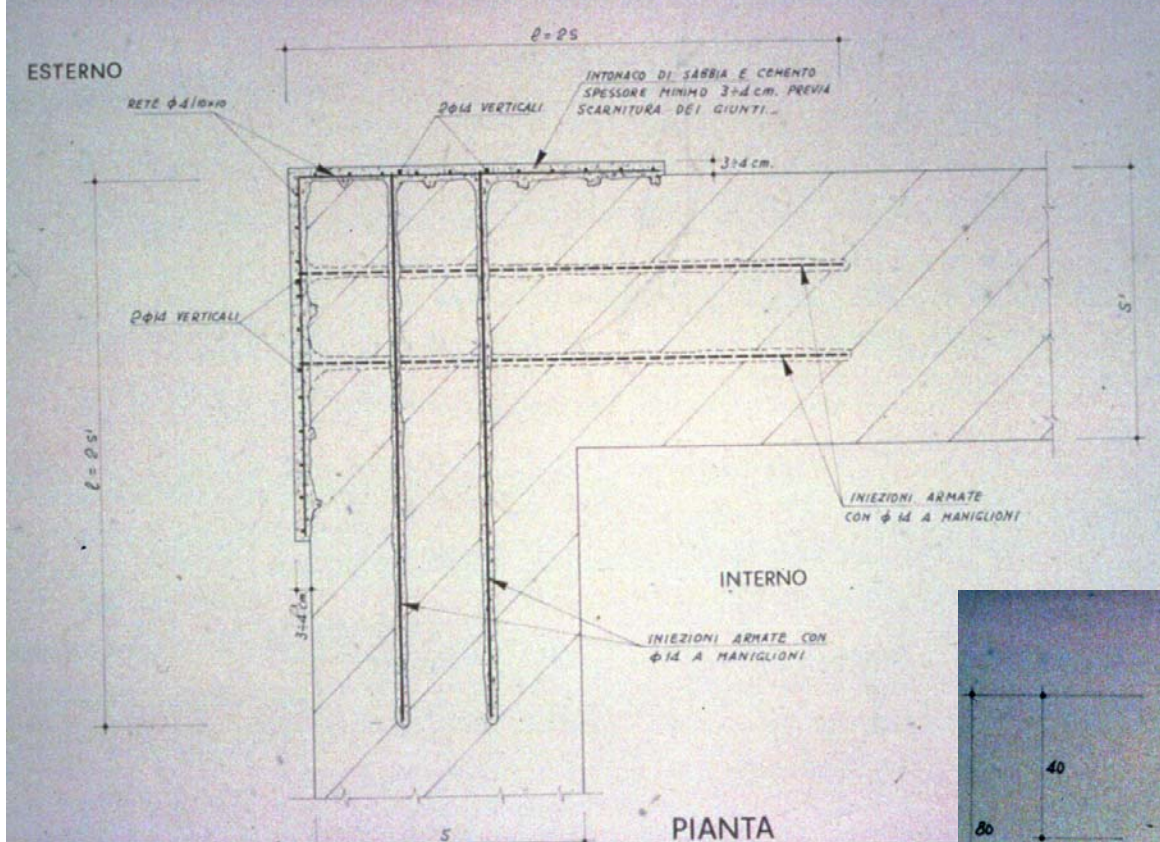
Il problema riguarda principalmente i cantonali ed i martelli (invece sulle murature di facciata).

### INTERVENTI

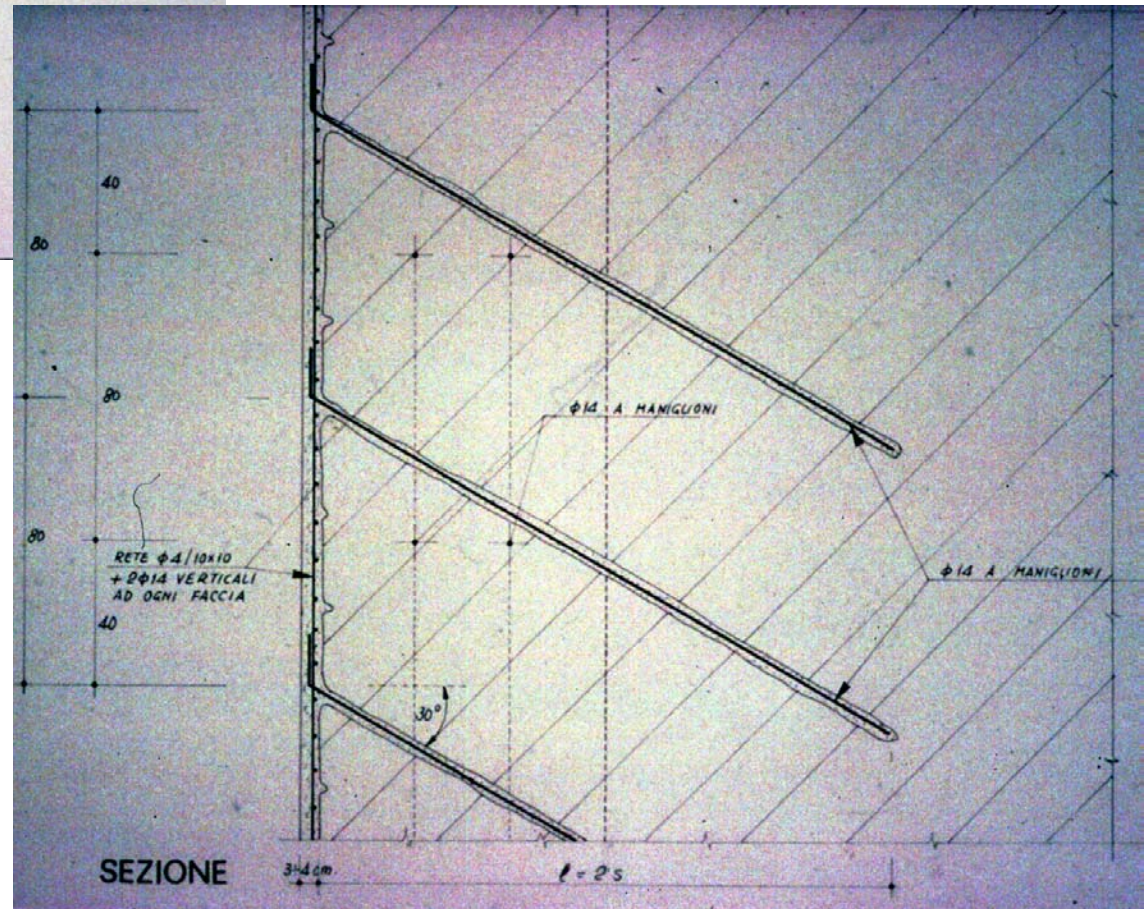
- 1) Cuciture con perforazioni armate.
- 2) Creazione di cordoli in c.a.
- 3) Posizionamento di catene o tiranti.
- 4) Rivestimento con lastre in betoncino armato.



# CROCE DI MURO AD "L"



Cucitura di un cantonale  
(croce di muro ad L)



## Cucitura di un cantonale



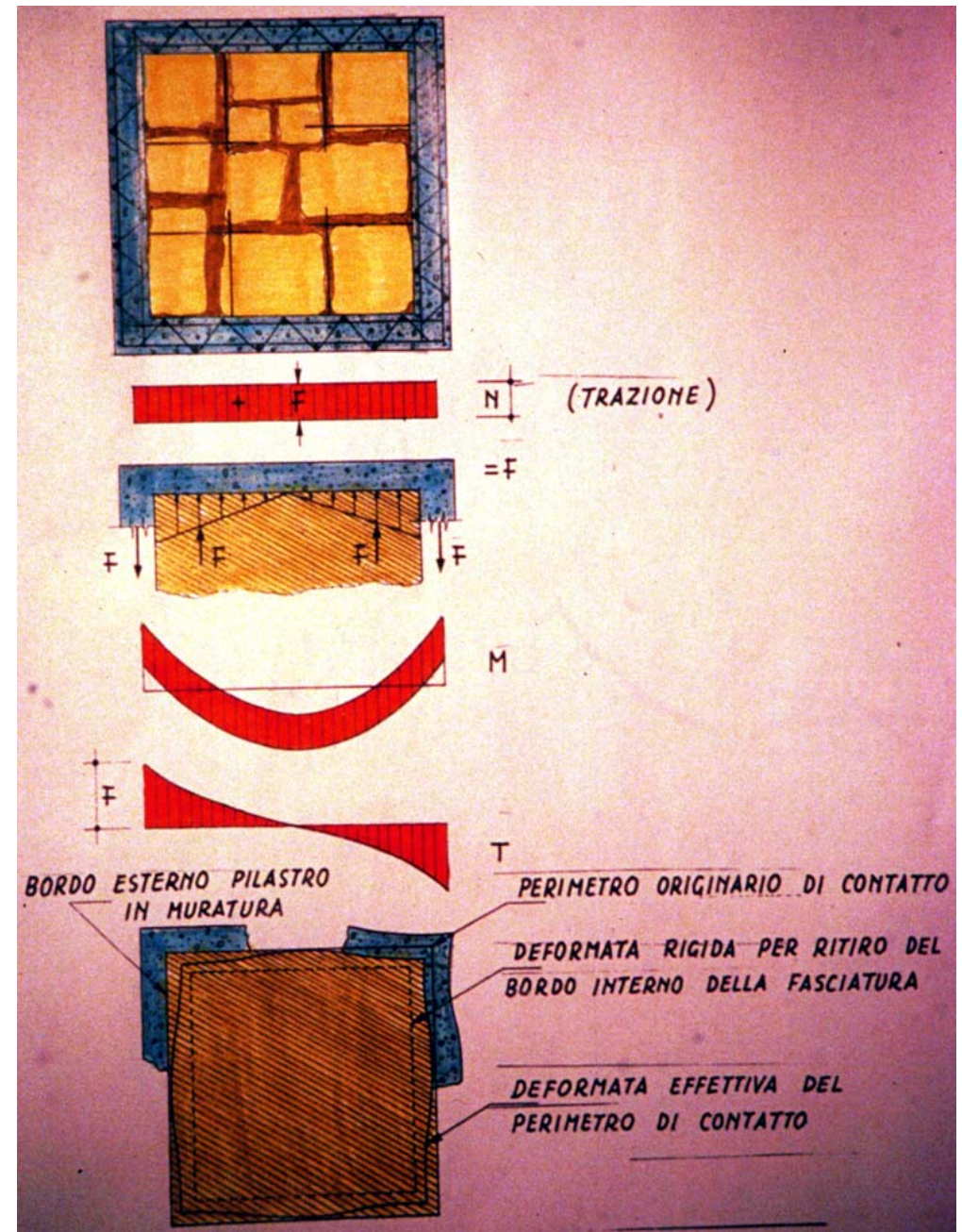
# Cerchiatura con paretina in c.a.

## 7. CONFINAMENTO

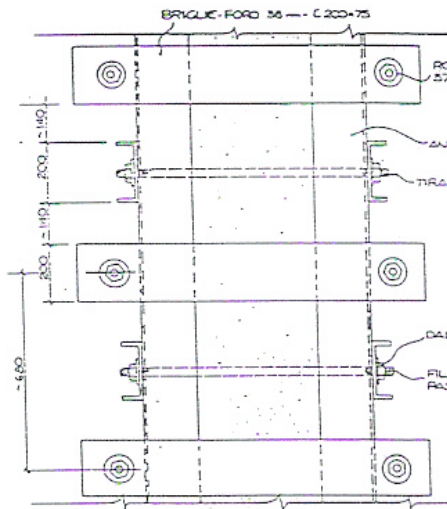
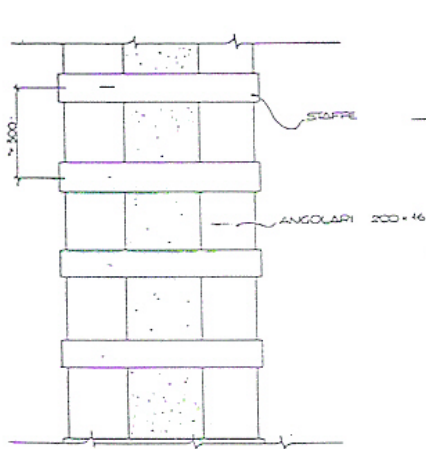
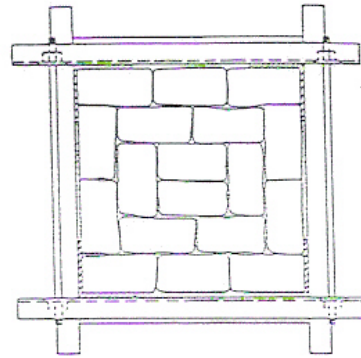
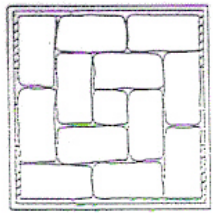
### CONFINAMENTO

#### SCOPI:

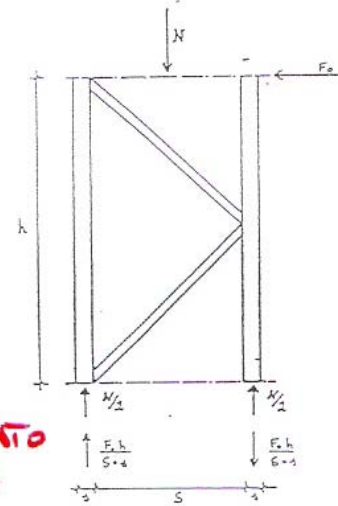
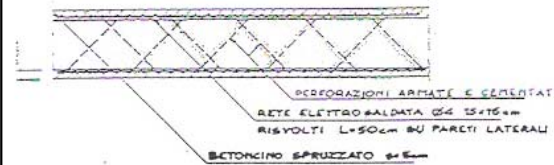
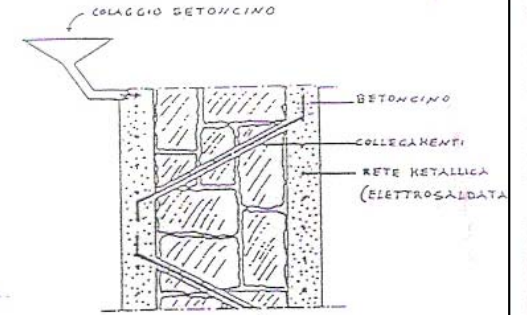
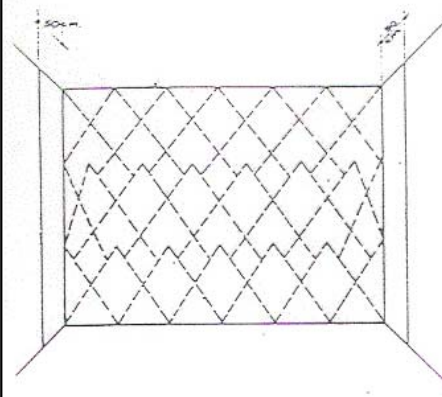
- creazione di uno stato di sollecitazione pluriassiale attraverso l'introduzione di uno sforzo di compressione in direzione trasversale al carico applicato;
- incremento della rigidezza in fase elastica;
- incremento della capacità portante;
- incremento della duttilità a rottura;



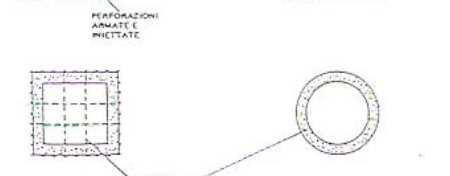
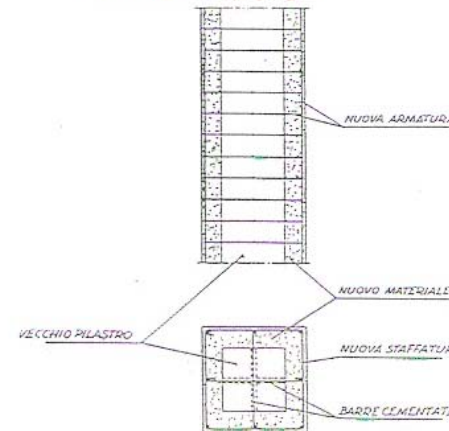
# CONFINAMENTO DI COLONNE A SEZIONE QUADRATA CON ELEMENTI METALLICI SALDATI O BULLONATI



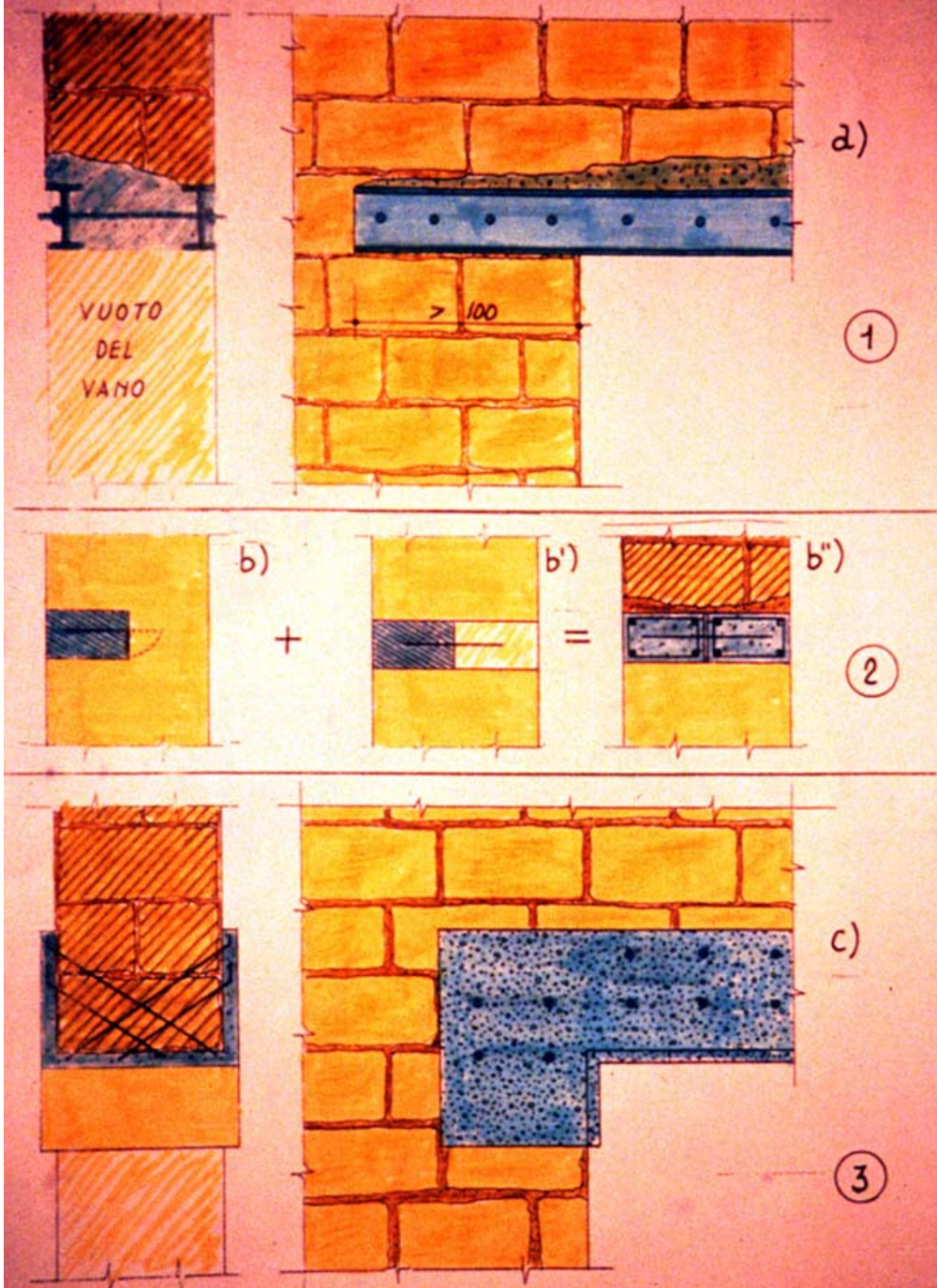
# PERFORAZIONI ARMATE CON PARETINE IN C.A.



**N.B.:**  
**LE PARETINE IN C.A.**  
**OLTRE A FORNIRE UN INCREMENTO**  
**DI SEZIONE RESISTENTE DANNO**  
**ANCHE UN CONTRIBUTO**  
**"CERCHIANTE"**



**- SOSTITUZIONE DI ARCOTRAVI IN MURATURA  
CON PIATTABANDE IN C.A. O ACCIAIO**



**8 - Creazione o rifazione  
di piattabande**





# INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO E L'ADEGUAMENTO SISMICO

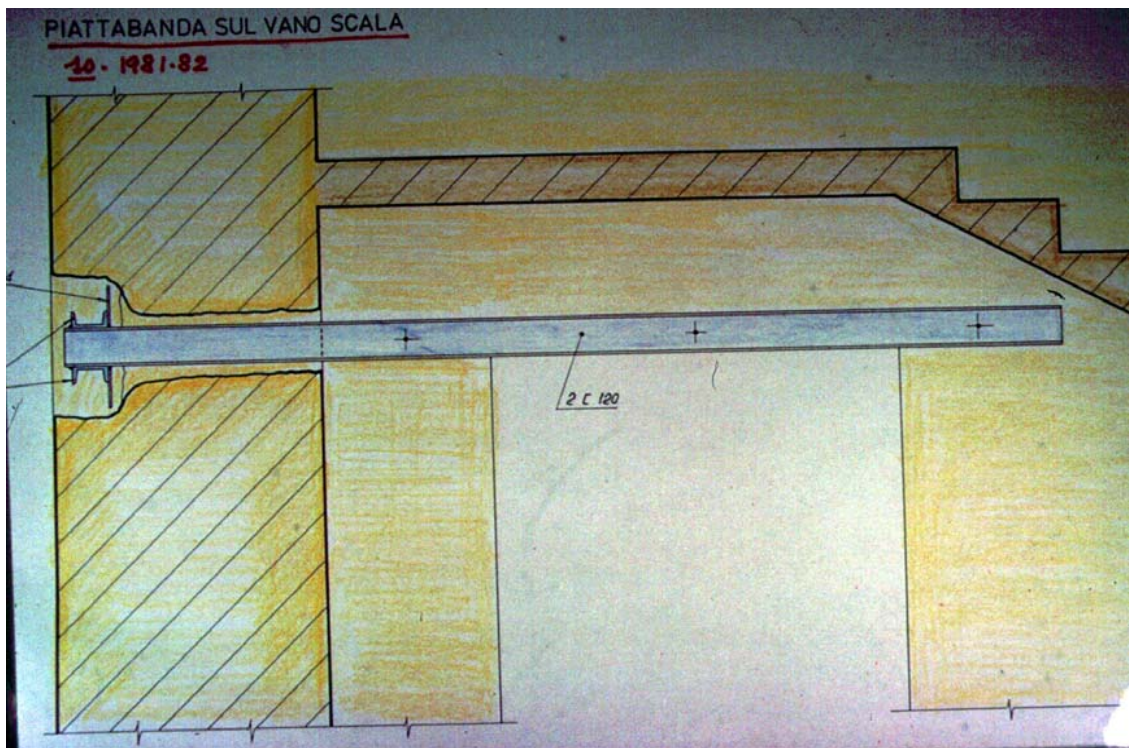
L'EDIFICIO DEVE COMPORTARSI COME UNA STRUTTURA SPAZIALE AVENTE COMPORTAMENTO SCATOLARE OSSIA IN CUI GLI ELEMENTI RESISTENTI VERTICALI (PARETI) RISULTANO BEN COLLEGATI TRA LORO.

PER UNA EFFICACE RIPARTIZIONE DELLE AZIONI ORIZZONTALI DOVUTE AL SISMA ONDULATORIO E' NECESSARIO CHE I SOLAI RISULTINO BEN COLLEGATI ALLE PARETI PORTANTI ED ABBIANO UNA ADEGUATA RIGIDEZZA NEL PROPRIO PIANO

SONO IPOTIZZABILI PERTANTO I SEGUENTI INTERVENTI TESI A RIPORTARE EDIFICI DI I E II CLASSE AD EDIFICI DI III CLASSE:

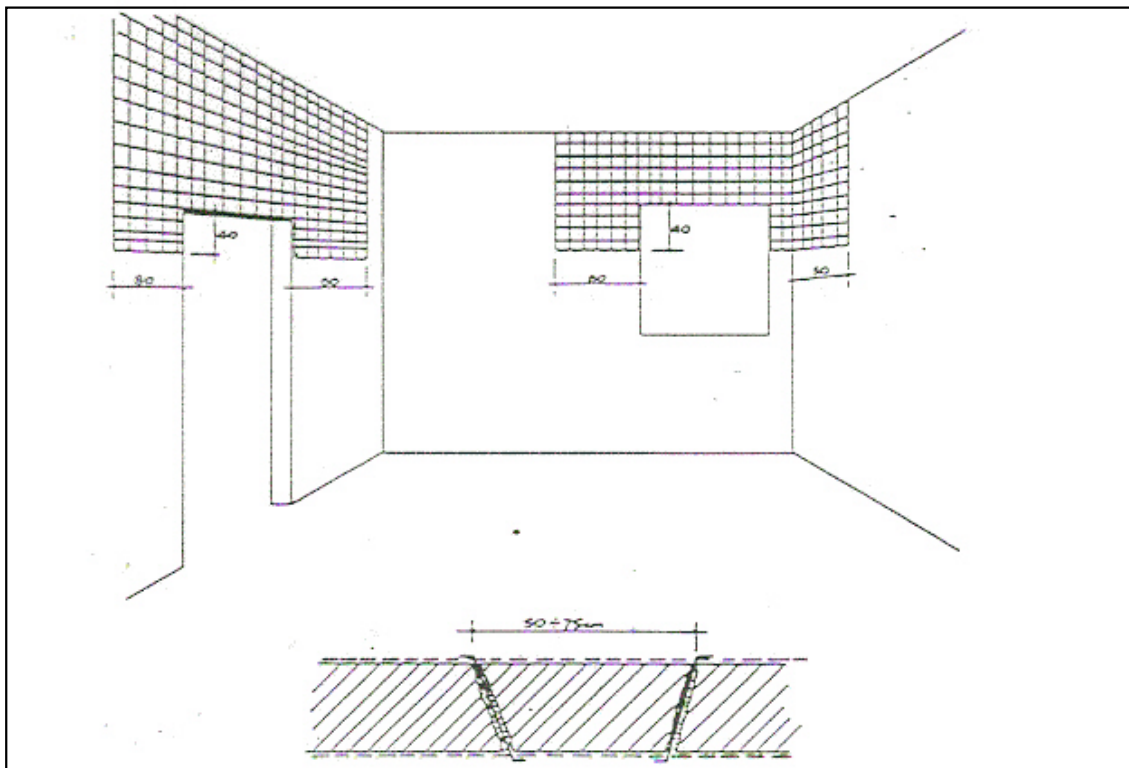
- INSERIMENTO DI CATENE PER IL COLLEGAMENTO DELLE PARETI
- INSERIMENTO DI CORDOLI ORIZZONTALI A LIVELLO DI SOLAIO
- IRRIGIDIMENTO DEI SOLAI NEL PROPRIO PIANO
- COLLEGAMENTI DI SOLAI ALLE PARETI
- RINFORZI DELLE FASCE DI PIANO

E' INOLTRE NECESSARIO ELIMINARE, O ALMENO RIDURRE, LE SPINTE CHE ELEMENTI, COME GLI ARCHI E LE VOLTE, RIPORTANO SULLE MURATURE PORTANTI



## Interventi sulla fasce di piano

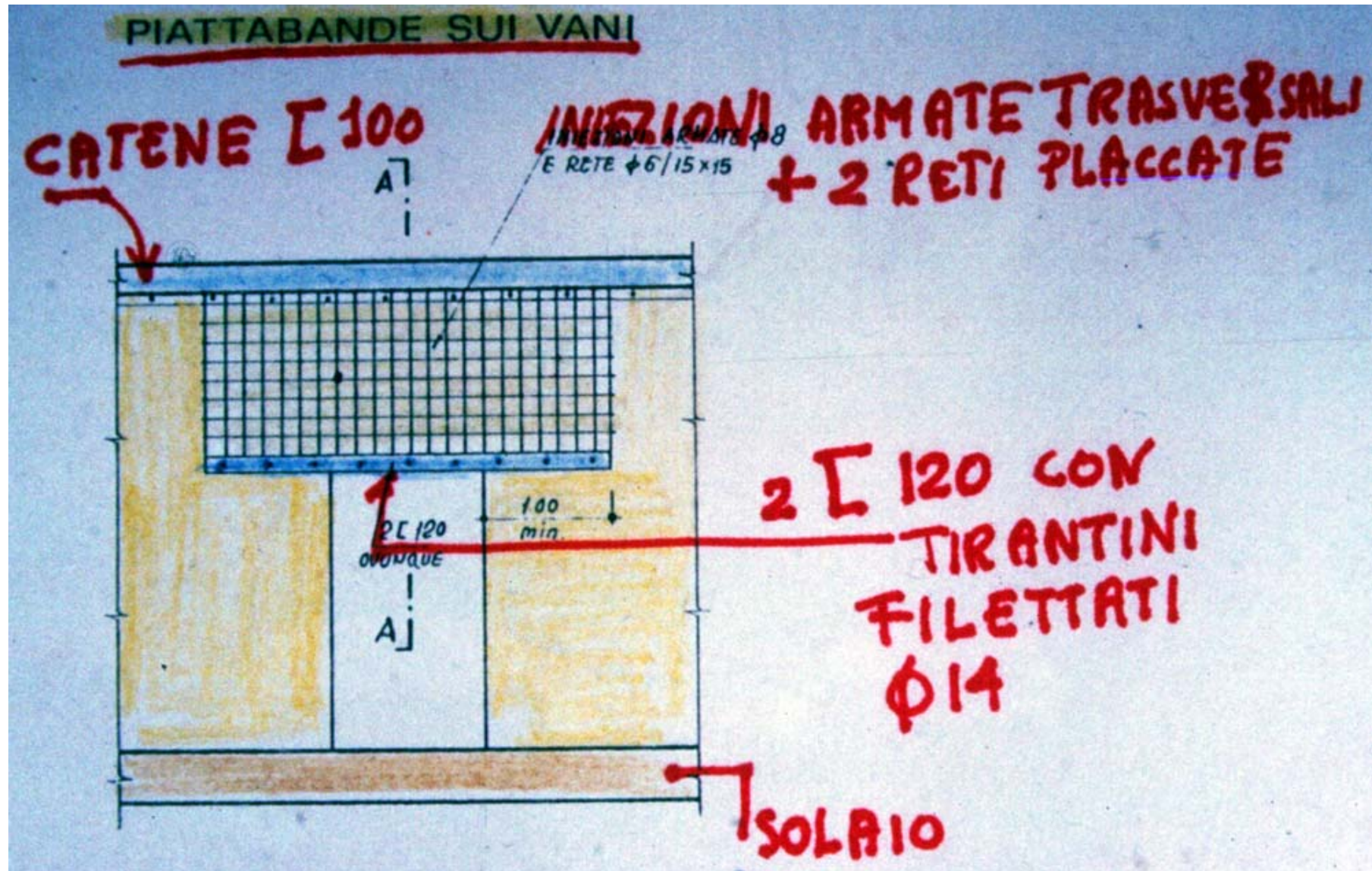
Incremento della resistenza a flessione



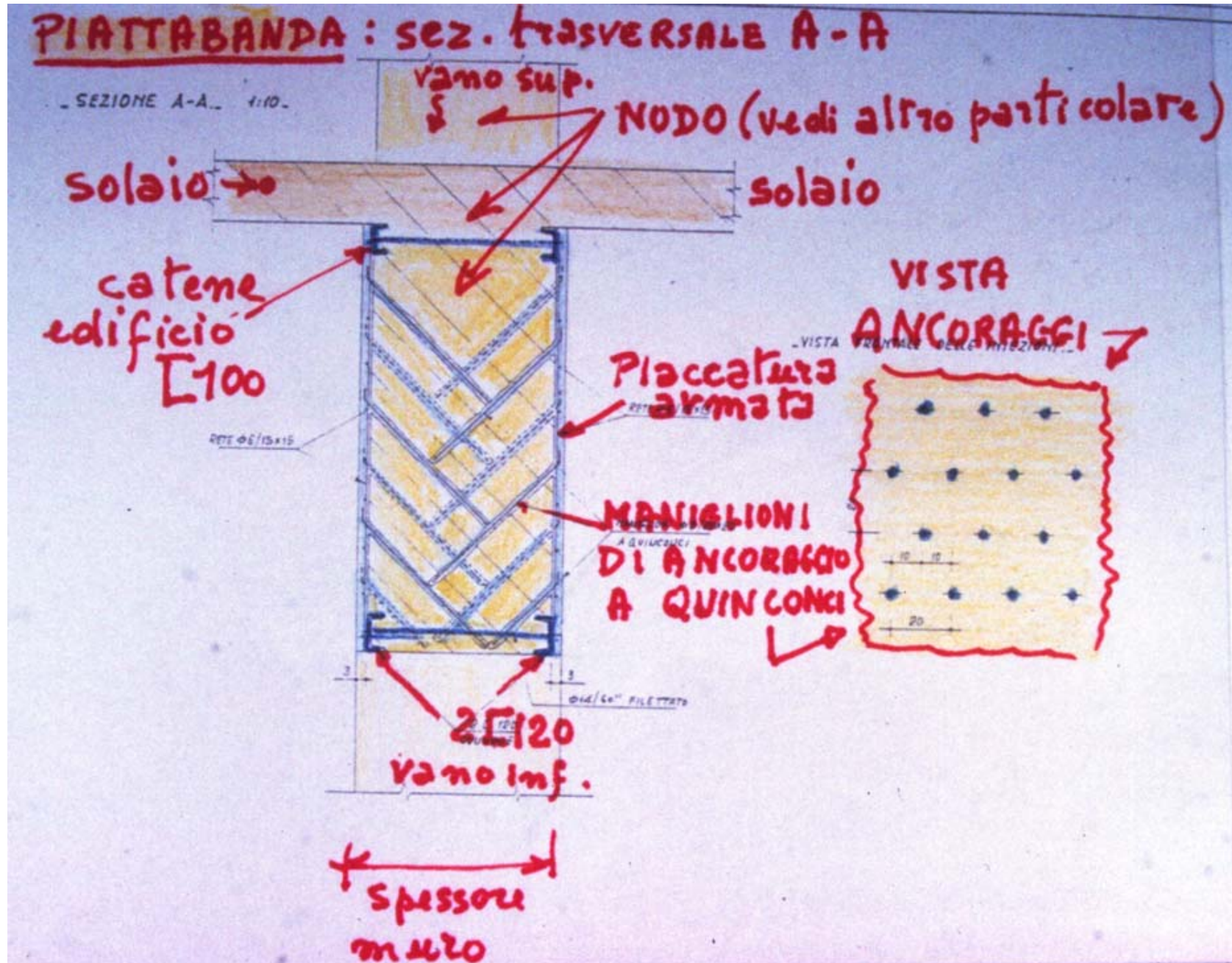
Incremento della resistenza a taglio

# Interventi sulla fasce di piano

Incremento della resistenza a flessione e a taglio



# Incremento della resistenza a flessione e a taglio



# Inserimento di catene metalliche

## SCOPI:

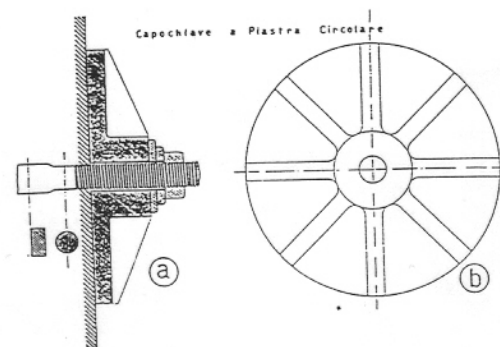
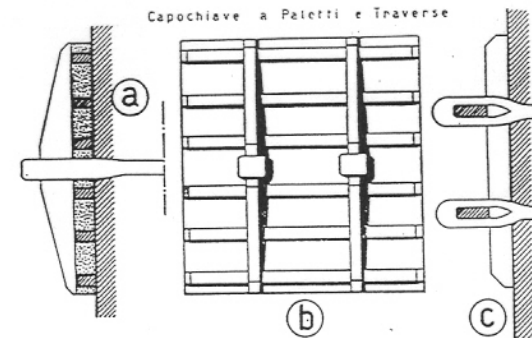
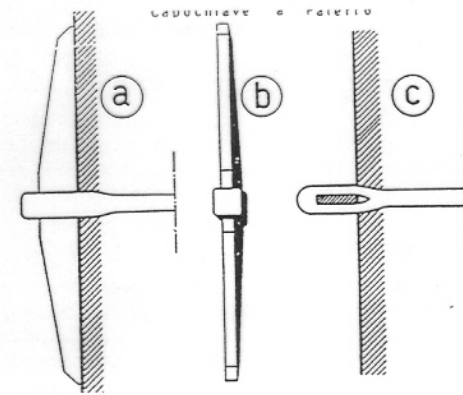
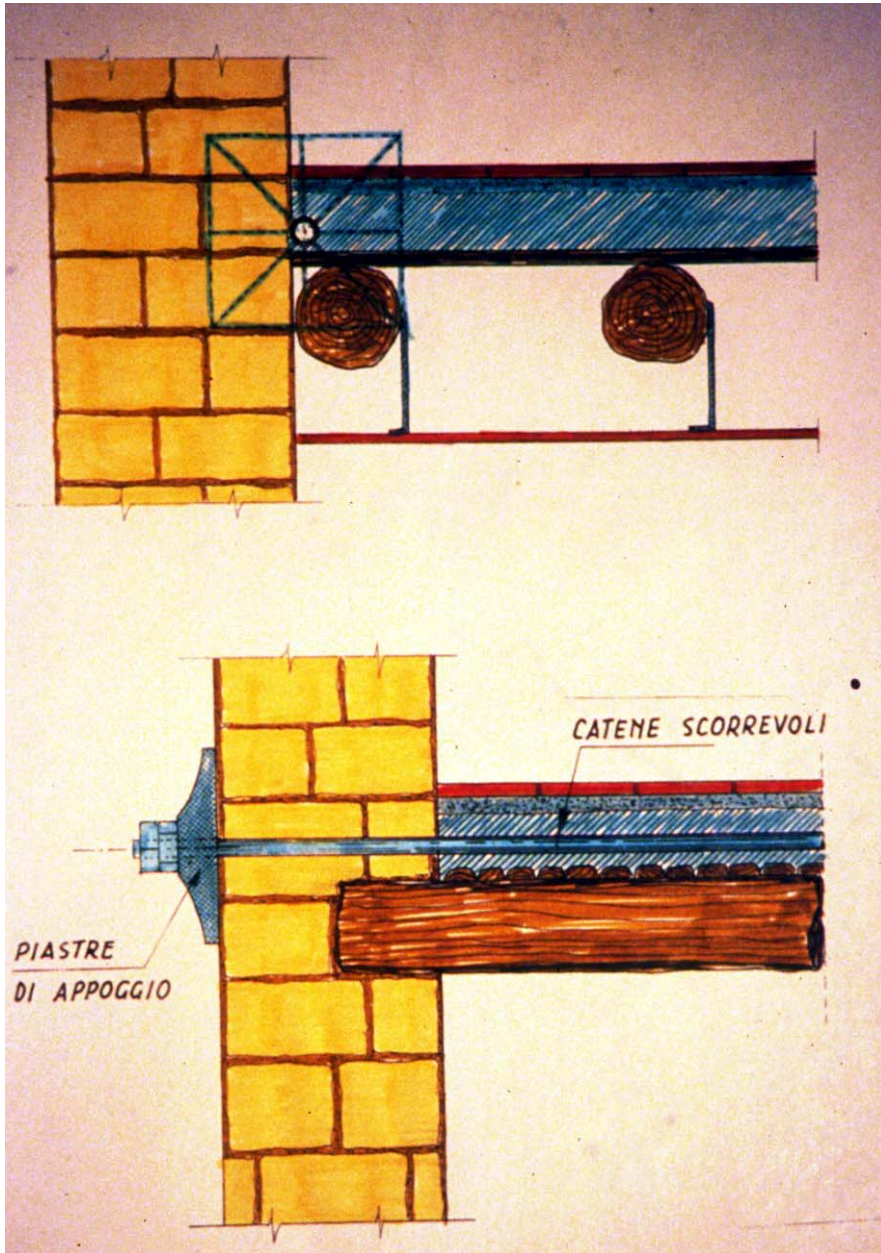
- mutuo collegamento delle pareti murarie di un edificio allo scopo di migliorarne il comportamento scatolare;
- miglioramento del collegamento tra le strutture orizzontali (solai o volte) e quelle verticali;
- riduzione o eliminazione della spinta di archi e volte;
- incremento degli sforzi di compressione nella muratura allo scopo di incrementarne la resistenza alle azioni di taglio;

## NOTE:

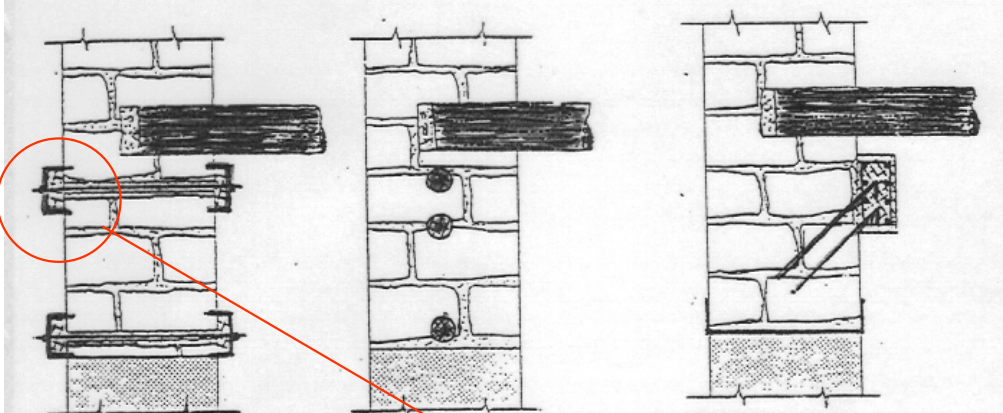
- l'uso delle catene è raccomandato con murature aventi resistenza abbastanza elevata;
- si raccomanda l'impiego di materiali aventi elevata rigidità (acciai), allo scopo di ottenere il richiesto grado di coazione con spostamenti il più possibile ridotti;
- è sempre consigliabile una leggera pretensione degli elementi allo scopo di ottenere una soddisfacente collaborazione strutturale anche per piccoli valori del carico;
- notevole influenza della temperatura di posa in opera;
- facilità di installazione;



# Catene scorrevoli



# Catene aderenti e cordoli

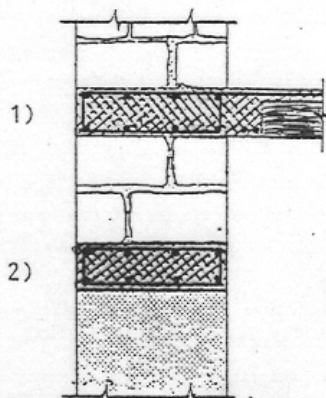


COPPIA DI PROFILATI A U COLLEGATI DA TIRANTI INIETTATI

TIRANTI DI ACCIAIO ORDINARIO O PRECOMPRESSO INIETTATI CON MALTA CEMENTIZIA

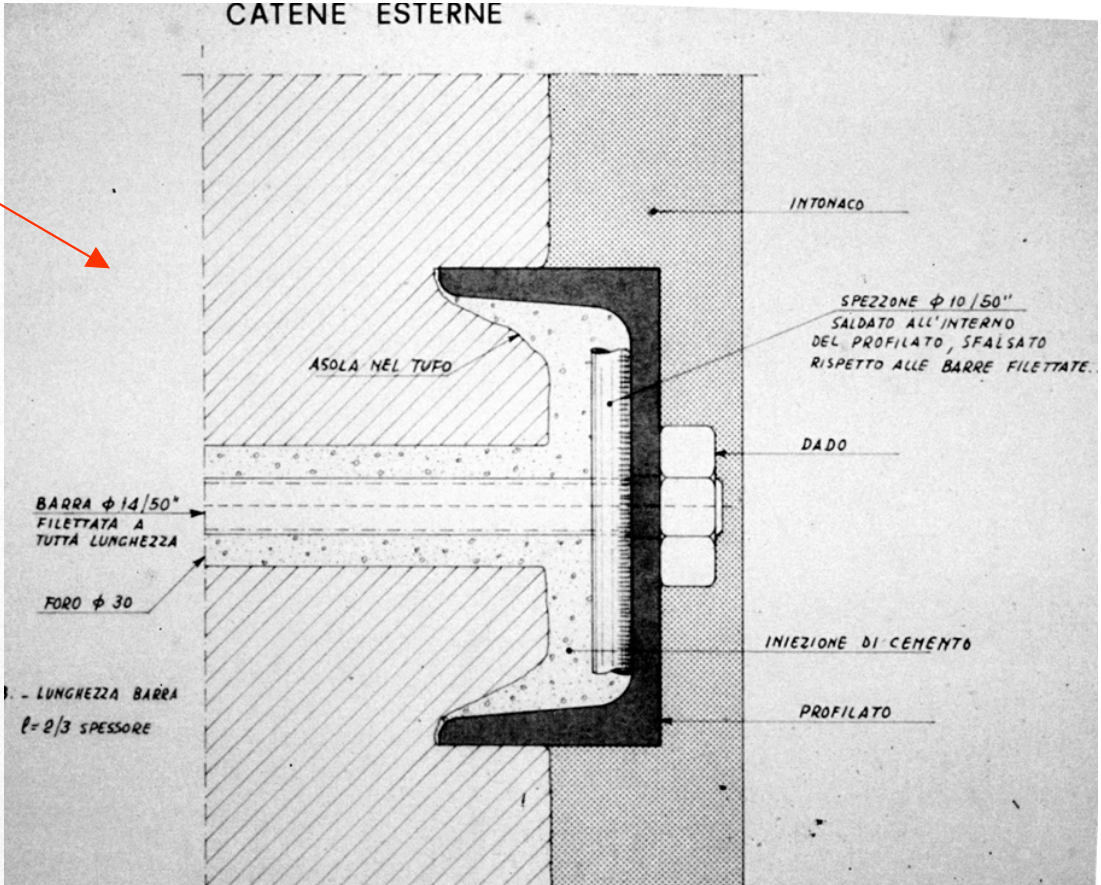
CORDOLO IN C.A. CHIODATO ALLA MURATURA

II.1

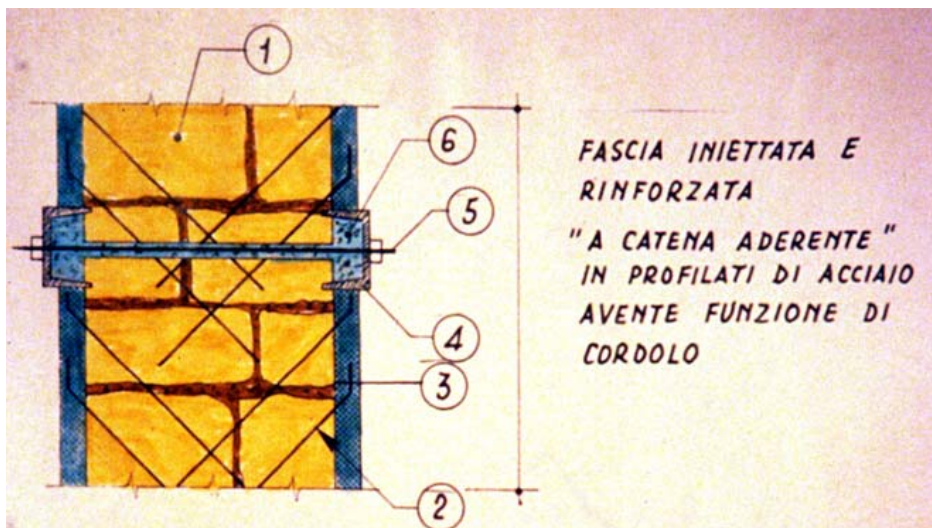


1) CORDOLO PERIMETRALE DI SOLAIO IN C.A.  
2) PIATTABANDA IN C.A.

II.2

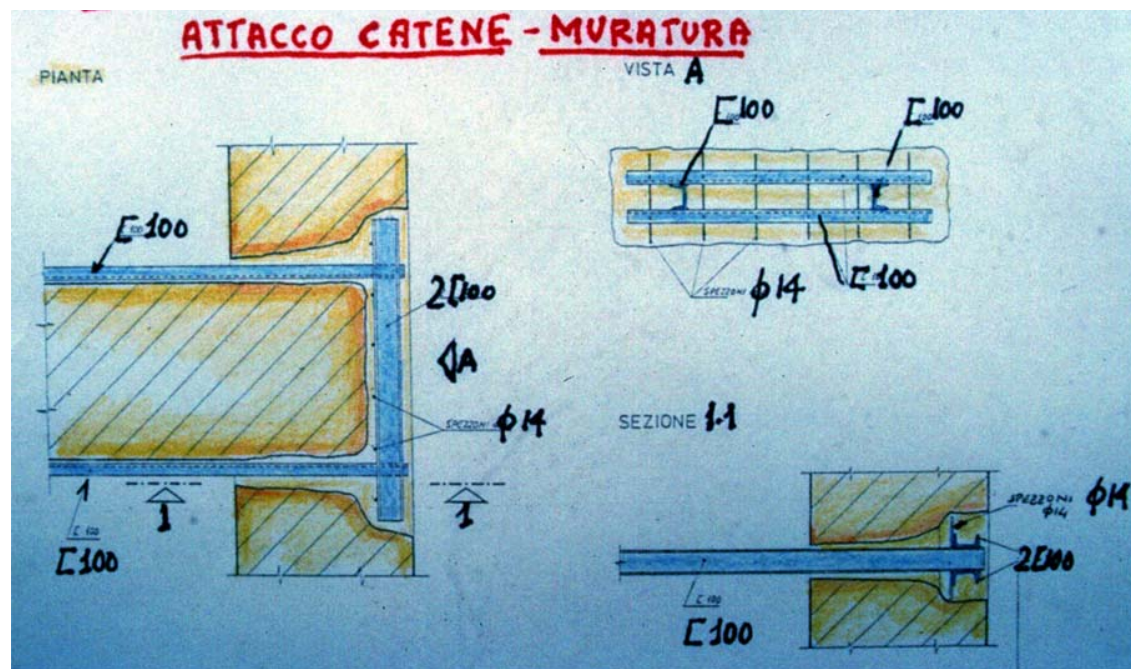


# Catene aderenti con profilati in acciaio



- ① MURO DA INCATENARE
- ② FORI PER INIEZIONI RINFORZATE CON BARRE METALLICHE
- ③ PLACCATURE (EVENTUALI)
- ④ PROFILATI METALLICI A C AVENTI FUNZIONE DI "CATENA ADERENTE"
- ⑤ BARRE TRASVERSALI INTERVALLATE PER CONFERIRE ADERENZA ALLA CATENA
- ⑥ MALTA DI INIEZIONE DELLE FORATURE TRASVERSALI E DELL'INTERSPAZIO CATENA - MURATURA PER ASSICURARE L'ADERENZA

Ancoraggio terminale di catene di un muro trasversale

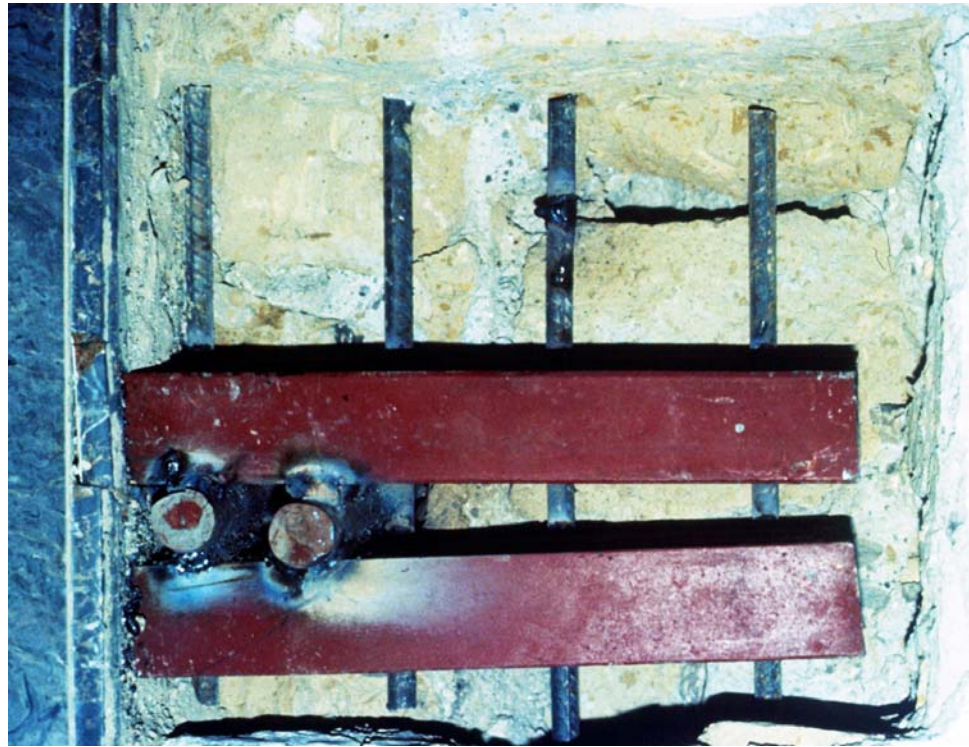




# Catene aderenti con profilati in acciaio

## Realizzazione in cantiere

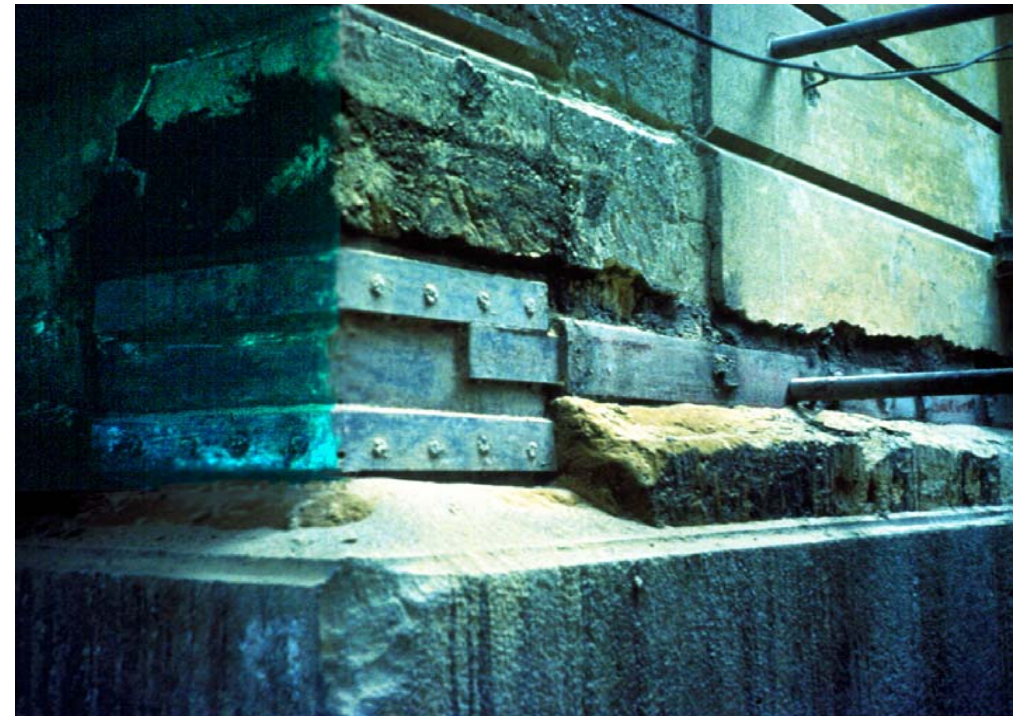




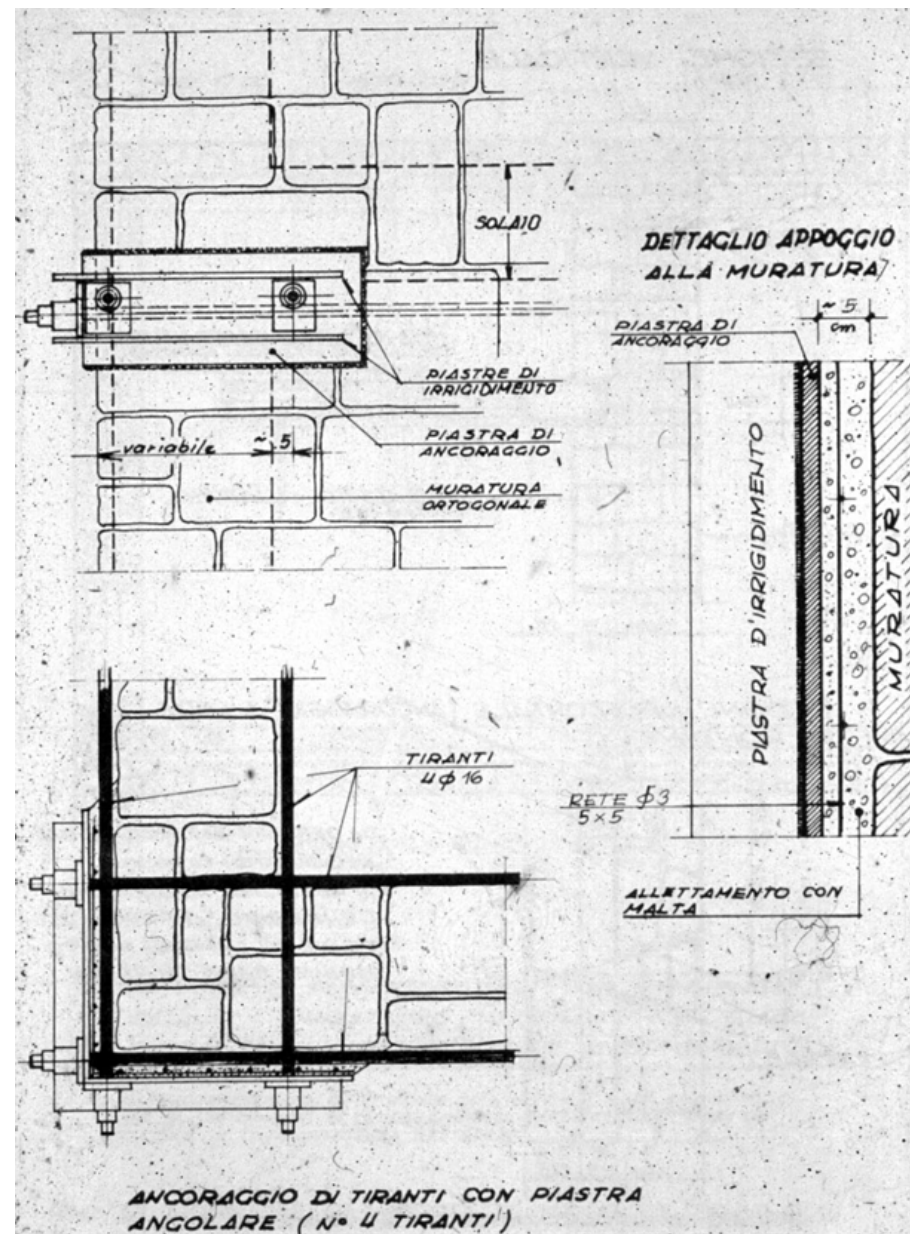
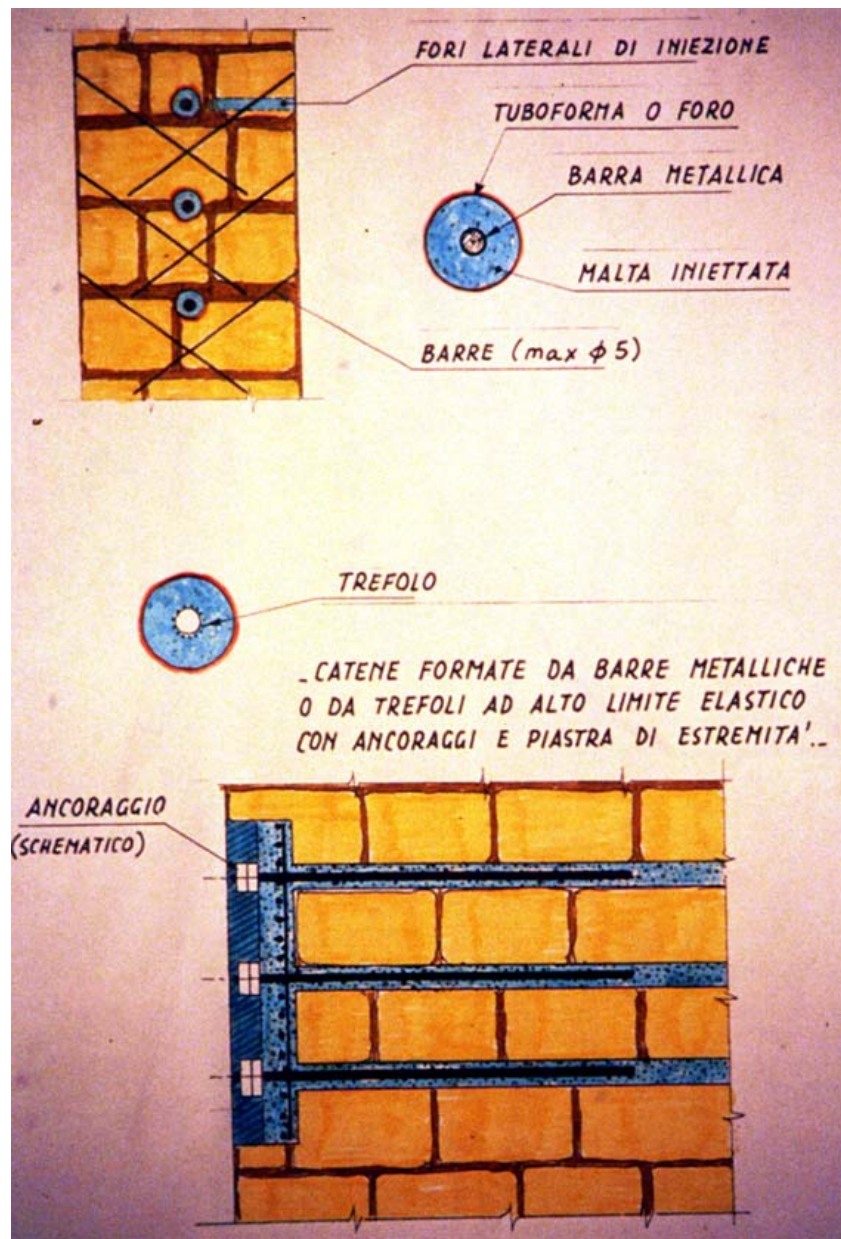
Catene aderenti con  
profilati in acciaio

Realizzazione in cantiere

Dettagli di ancoraggi  
terminali

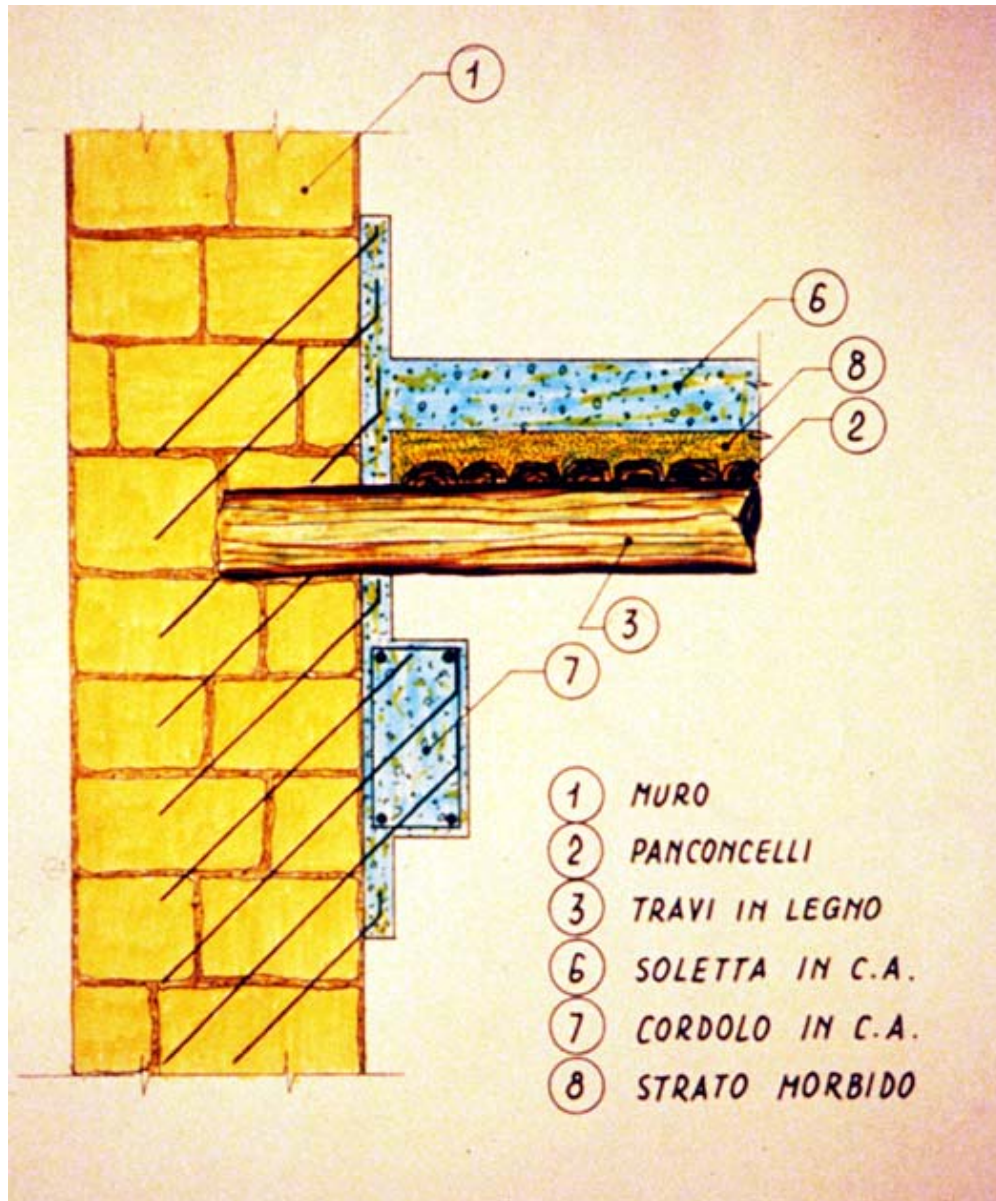


# Catene aderenti con barre di acciaio o trefoli

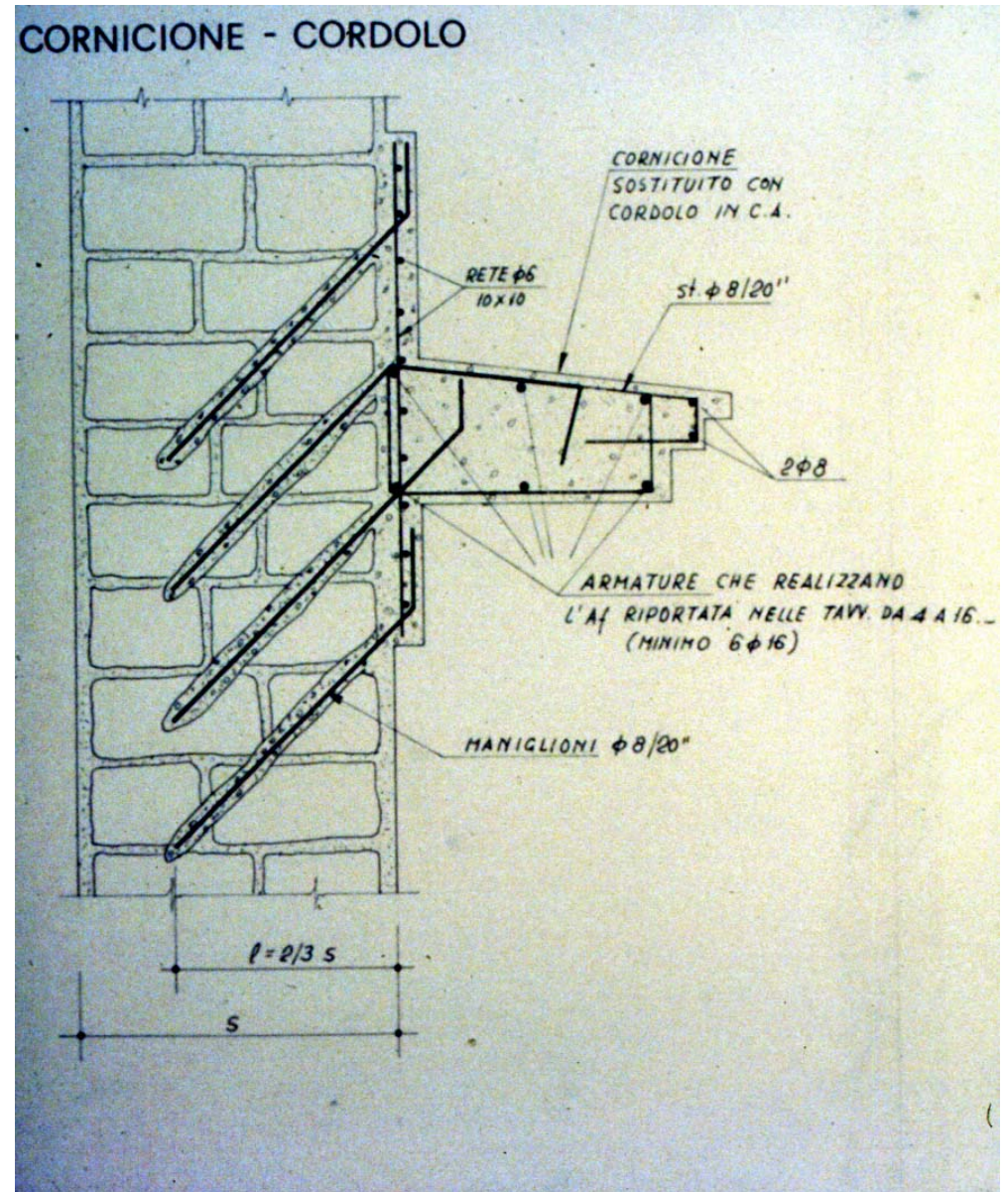


# Catene aderenti e cordoli in c.a.

Per un solaio in legno

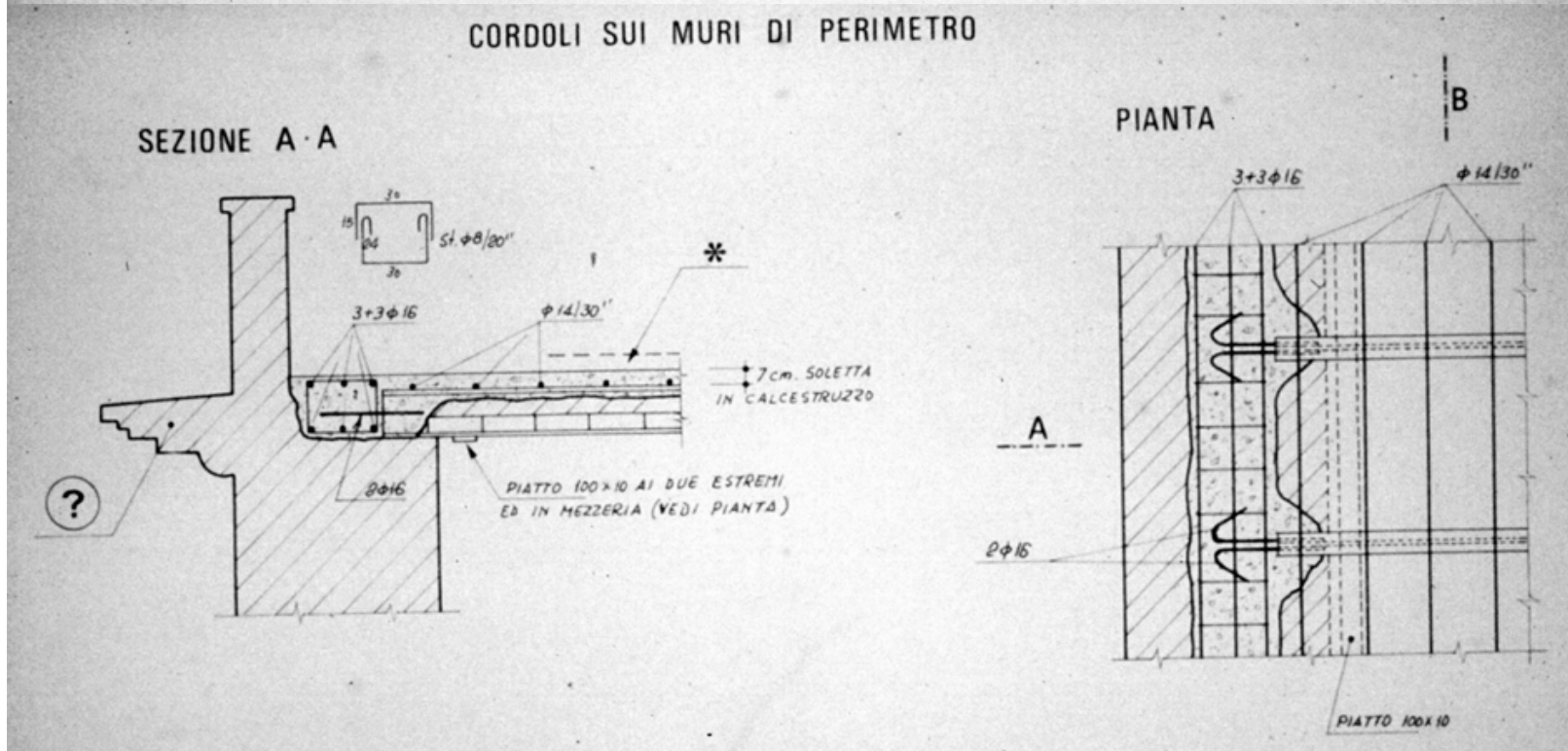
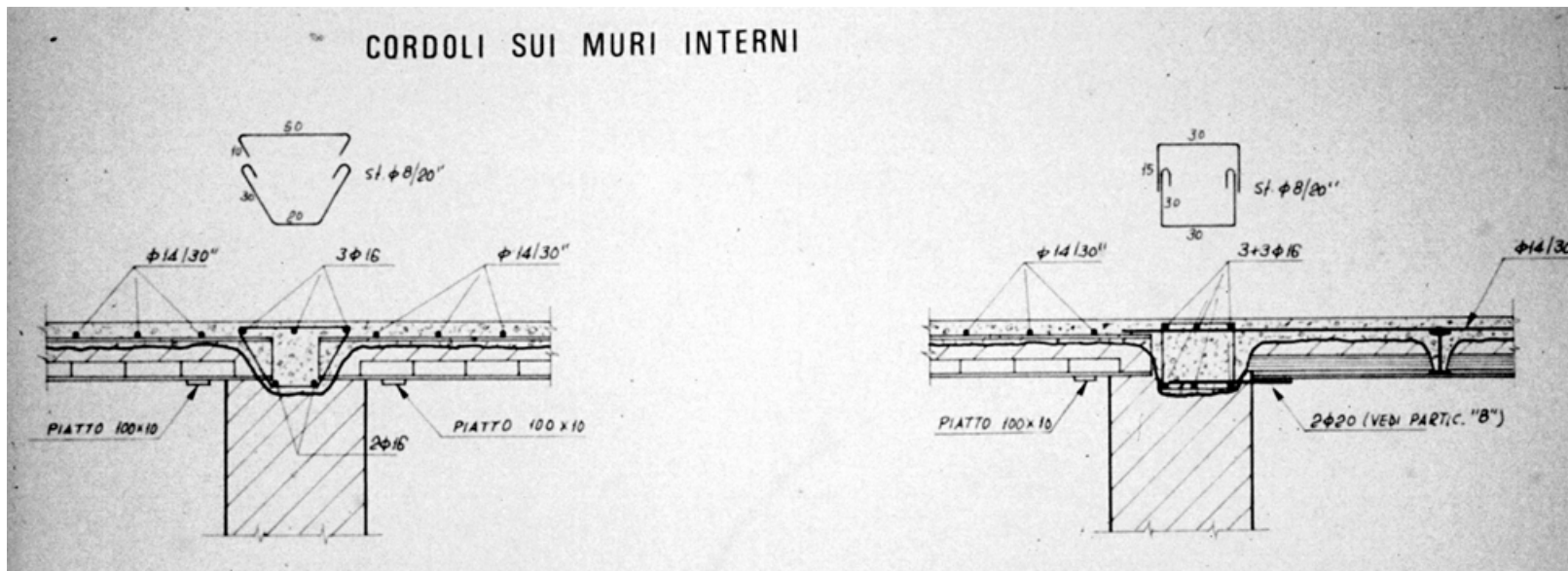


Al posto del cornicione



# Catene aderenti e cordoli in c.a.

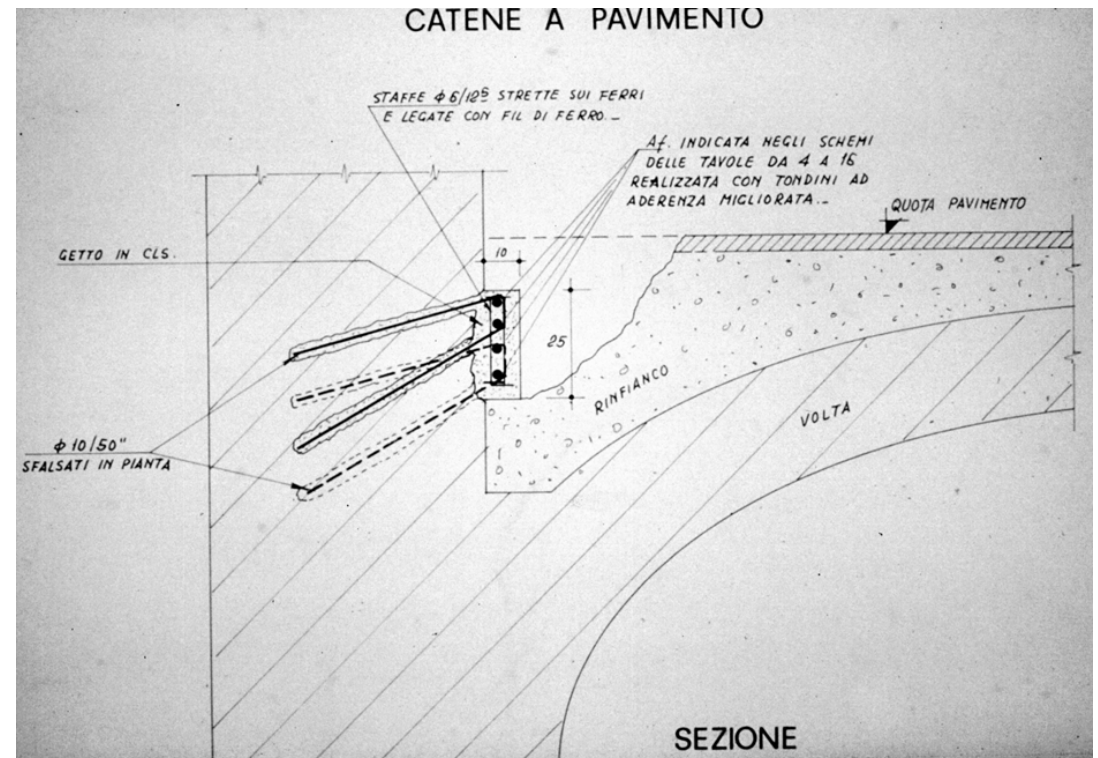
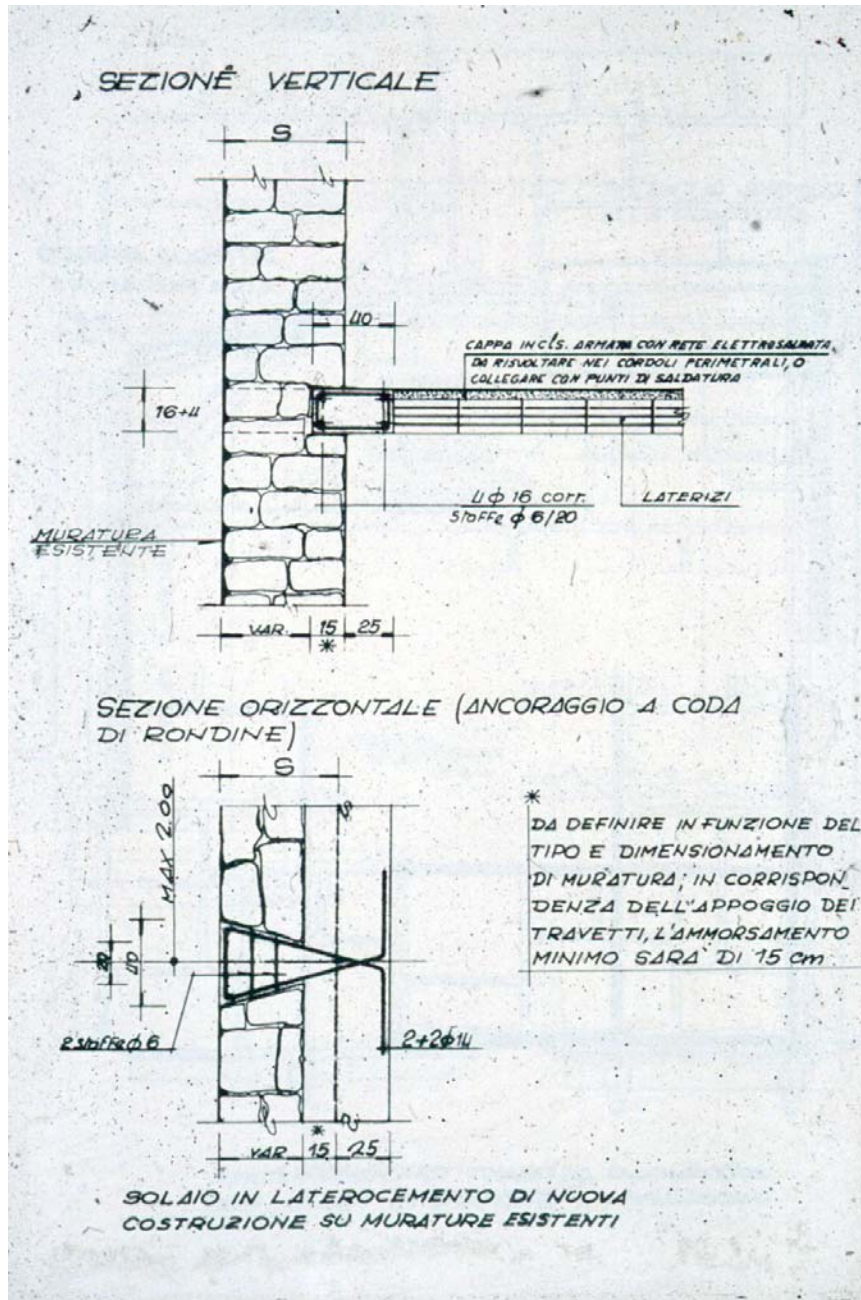
# Solaio di copertura con travi in acciaio



Per l'inserimento di un nuovo solaio in c.a.

Catene aderenti e cordoli in c.a.

A pavimento nel rinfianco della volta

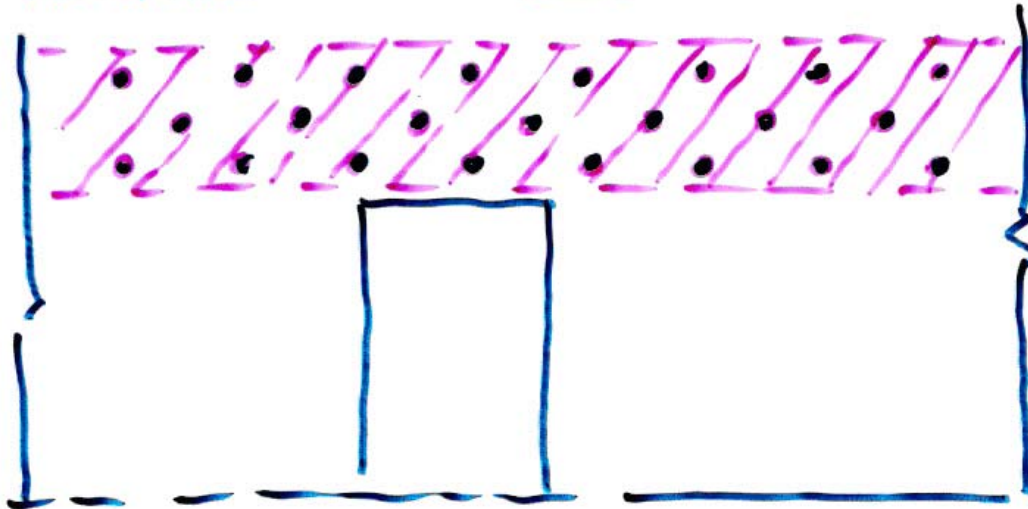


# Catene aderenti e cordoli

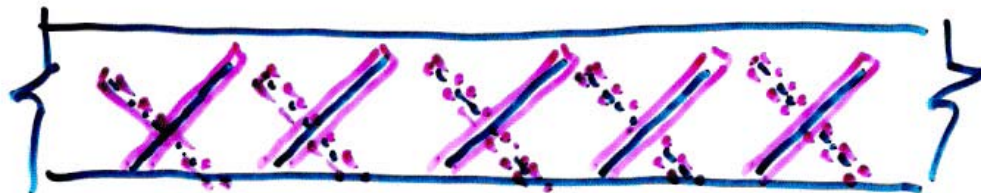
CORDOLI CON PERFORAZIONI ARMATE

PROSPETTO

 fascia armata



PIANTA

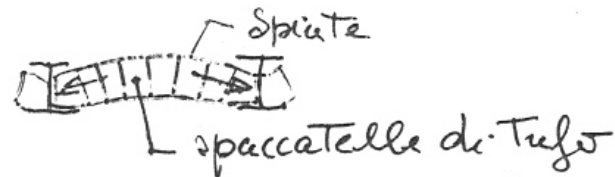
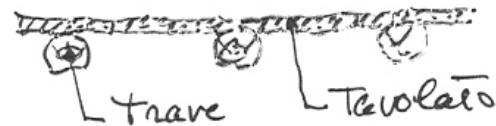


# Insufficiente rigidezza dell'impalcato nel piano (orizzontale)

Collegamento cattivo o mancante fra  
i solai e le pareti

Solai in legno

Solai in ferro

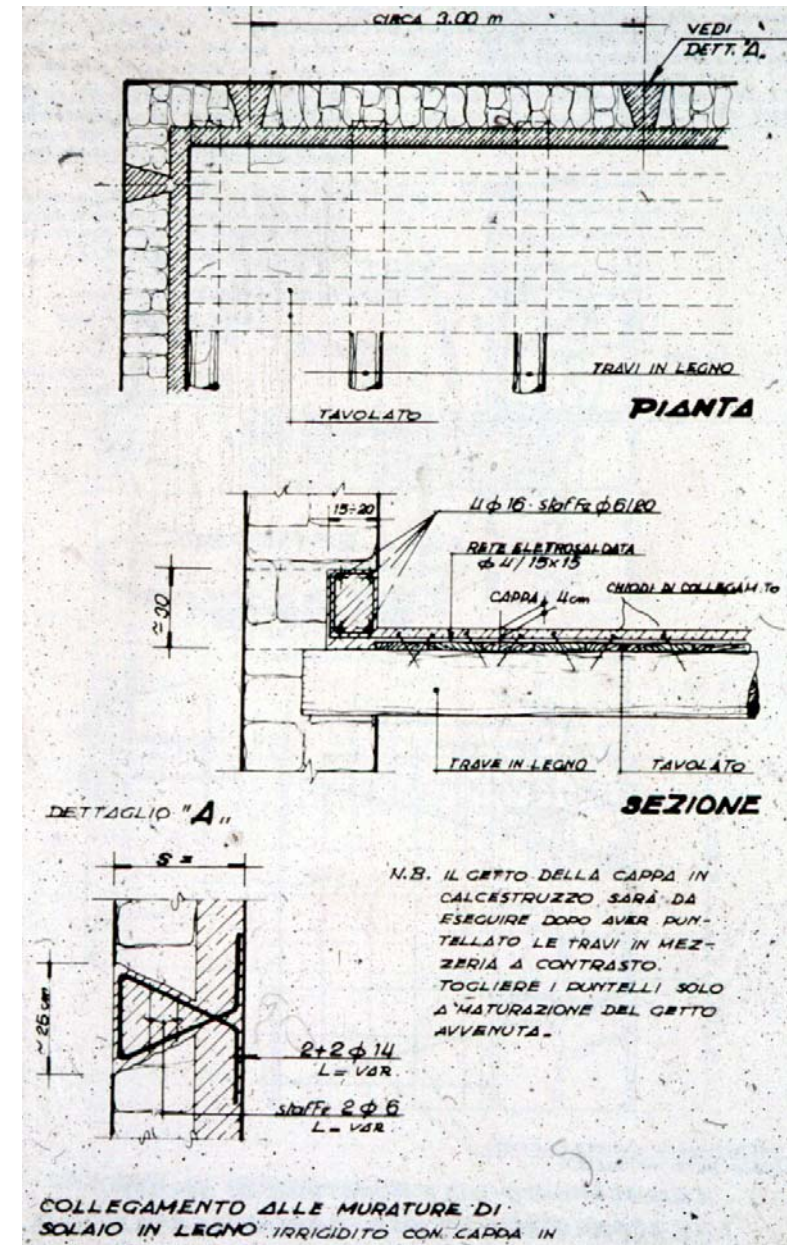
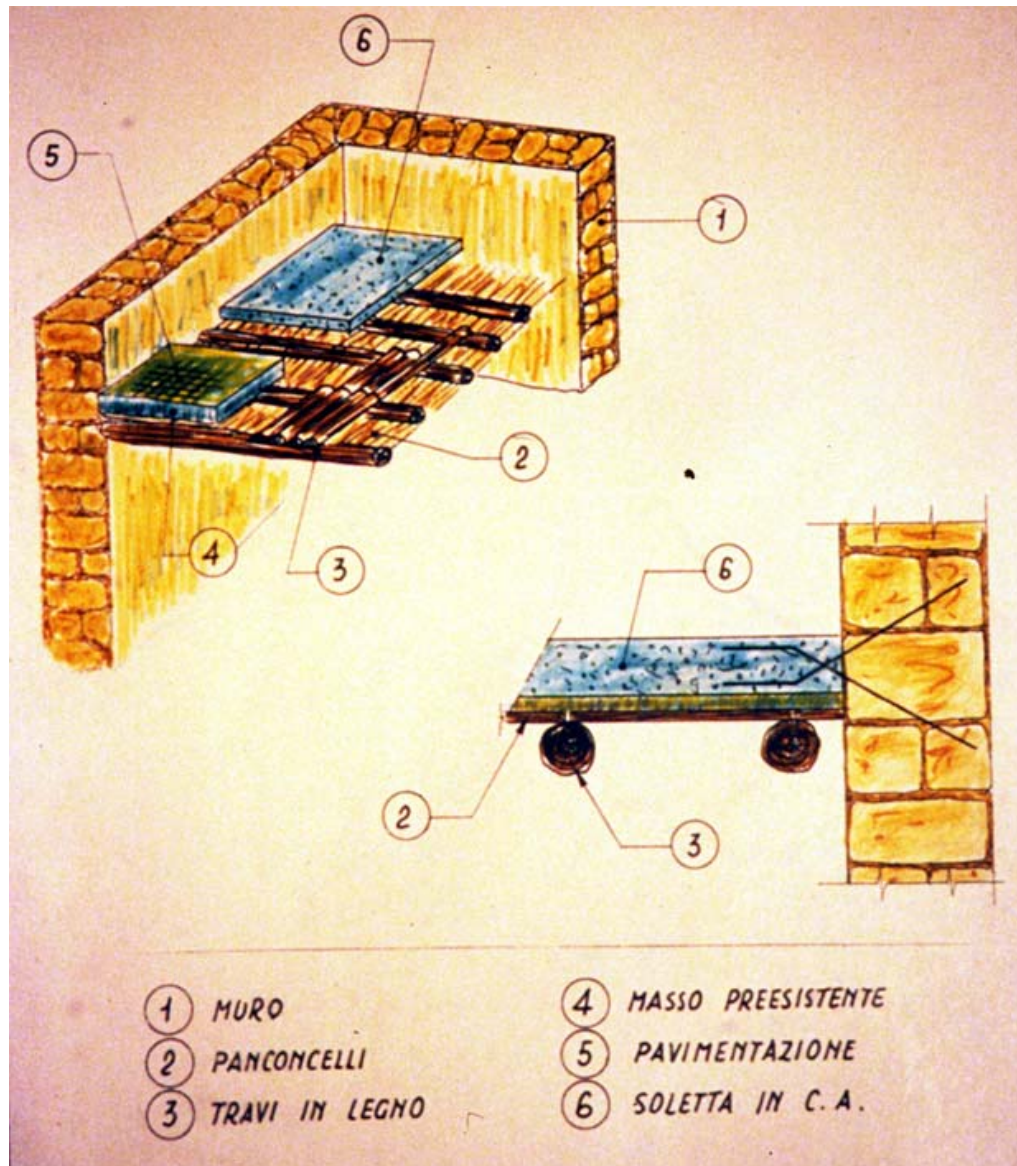


## INTERVENTI

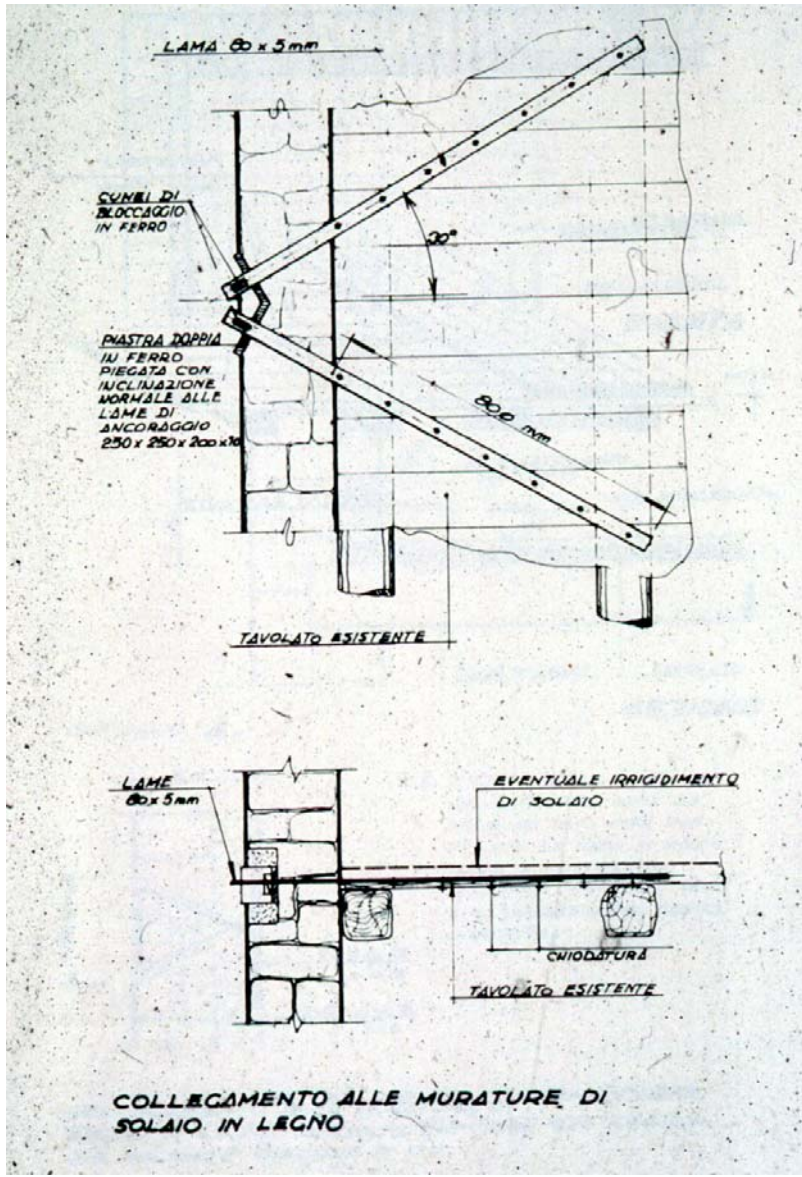
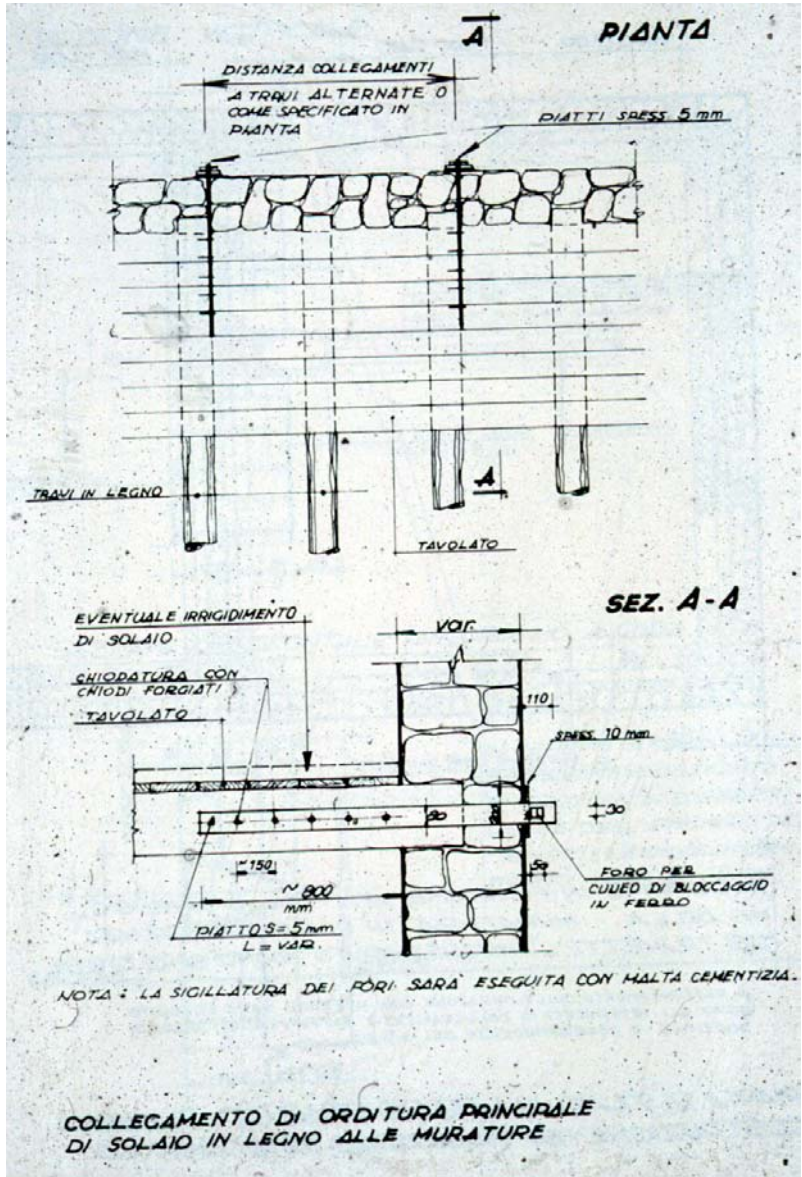
- 1) Costruzione di soletta in c.a. con espansioni a coda di rondine nelle murature.
- 2) Pongimento di un tavolato incrociato collegato alle murature attraverso piatti metallici ancorati in un cordolo esterno.



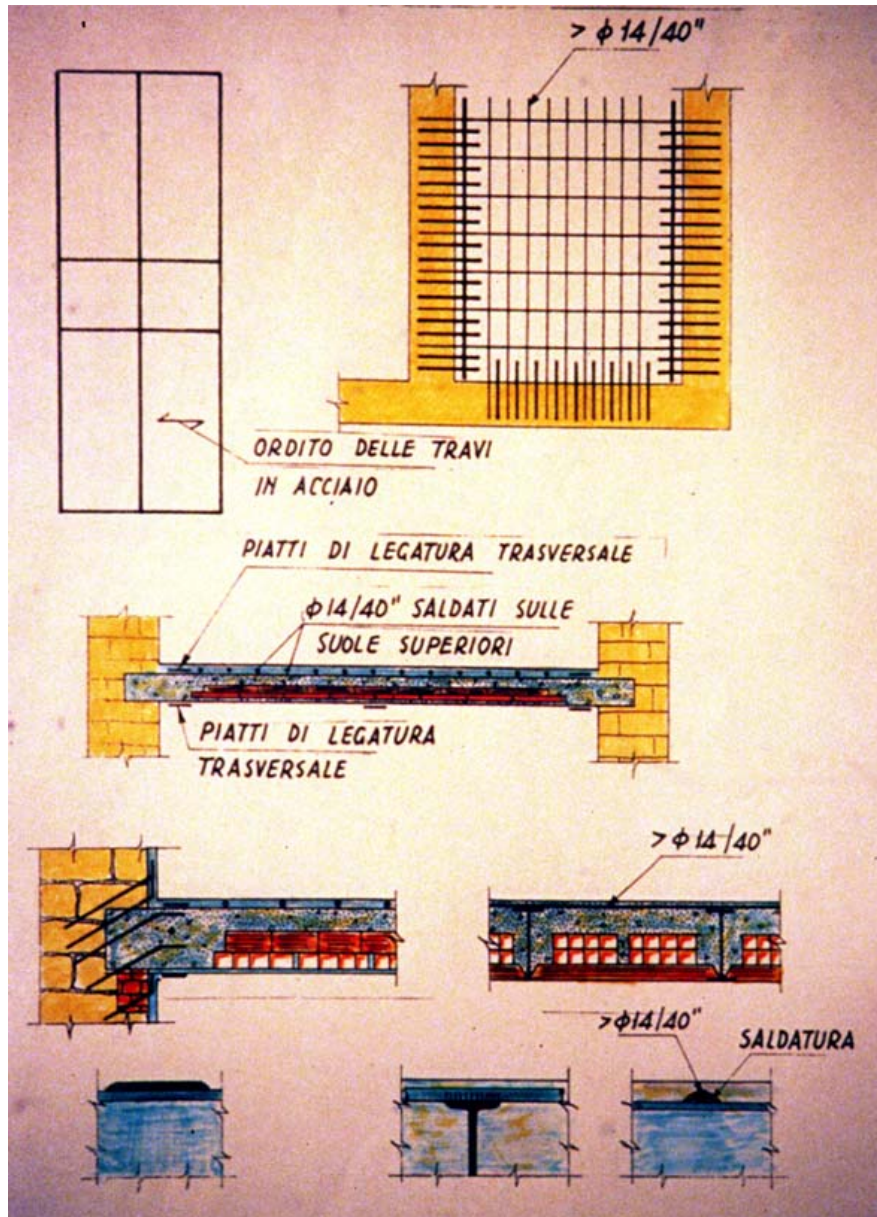
# Realizzazione di soletta superiore in c.a. in solai di legno



# Interventi di irrigidimento e collegamento a secco per solai di legno

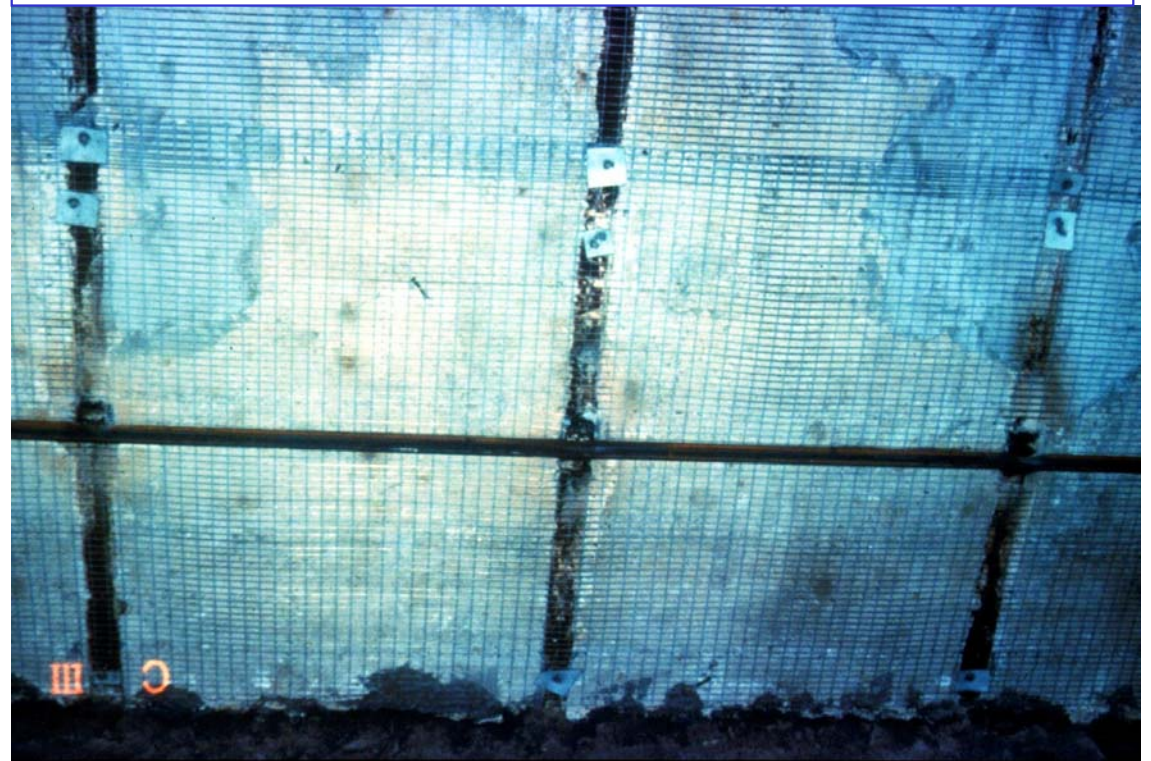


# Realizzazione di solette o controsolette in c.a. per solai di acciaio



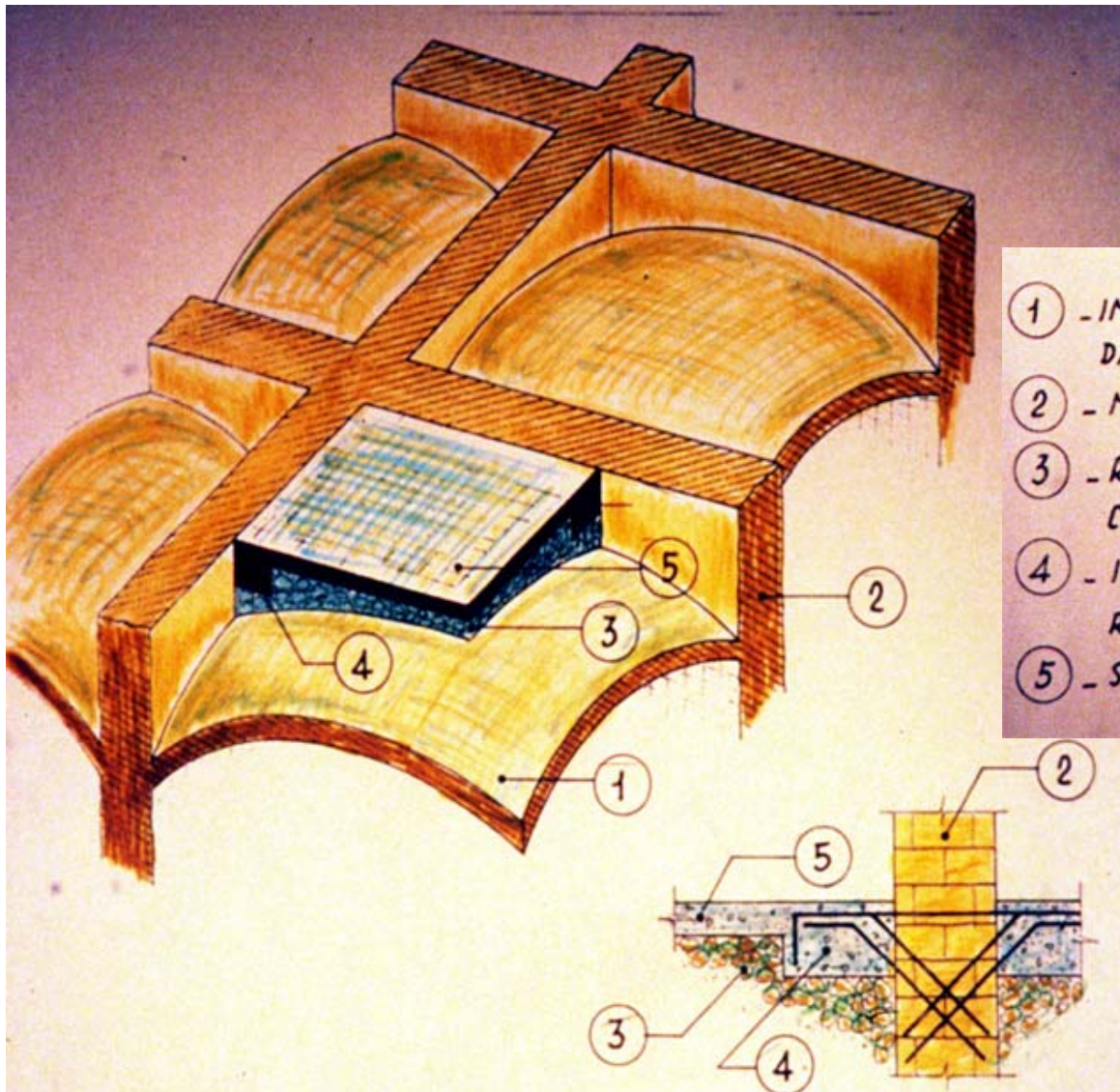
Soletta superiore

Soletta inferiore e piatti trasversali



# Realizzazione di nuovo solaio in c.a. con cordoli al di sopra della volta

La volta viene alleggerita e sostiene solo il peso proprio



Le spinte si riducono e sono assorbite dal nuovo solaio che fa da tirante

- ① - IMPALCATO DI UN EDIFICIO DELLA PRIMA CLASSE COSTITUITO DA VOLTE IN MURATURA
- ② - MURI DELL'EDIFICIO
- ③ - RIEMPIMENTO PER COSTITUIRE SULLE VOLTE UN PIANO DI CALPESTIO ORIZZONTALE
- ④ - ISPESSIMENTO PERIMETRALE DELLA SOLETTA IN C.A. PER RENDERE RIGIDO L'IMPALCATO
- ⑤ - SOLETTA IN C.A. ESTESA A TUTTO L'IMPALCATO

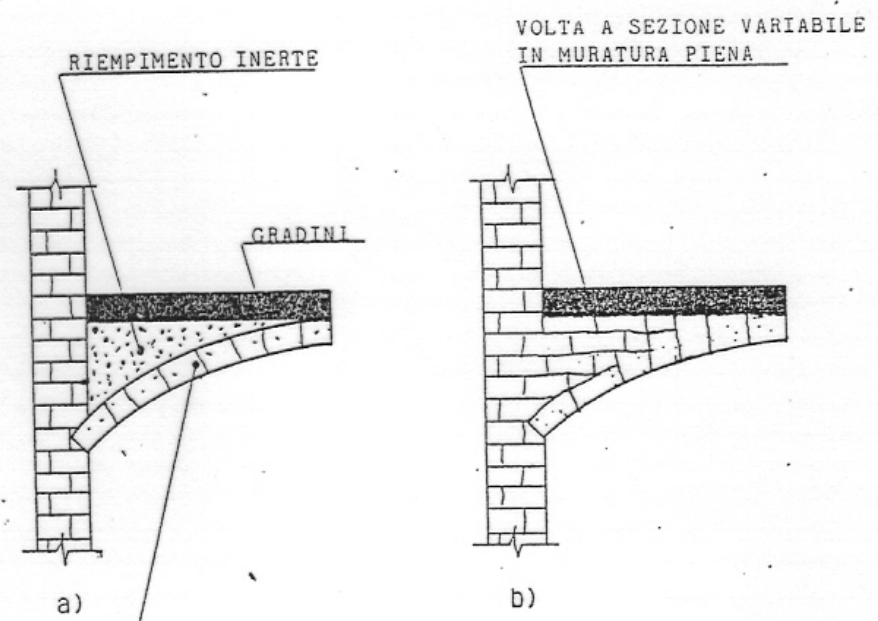
I cordoli collegano il solaio alla scatola muraria

# INTERVENTI SULLE SCALE

1. INSERIMENTO DI APPOSITE ARMATURE

2. REALIZZAZIONE DI UNO  
SCHEMA A MENSOLA

3. INSERIMENTO DI ELEMENTI  
VERTICALI DI SOSTEGNO



VOLTA RAMPANTE IN MURATURA  
 GENERALMENTE DI MATTONI  
 PIENI A GIUNTI SFALSATI  
 (ALLA SICILIANA)

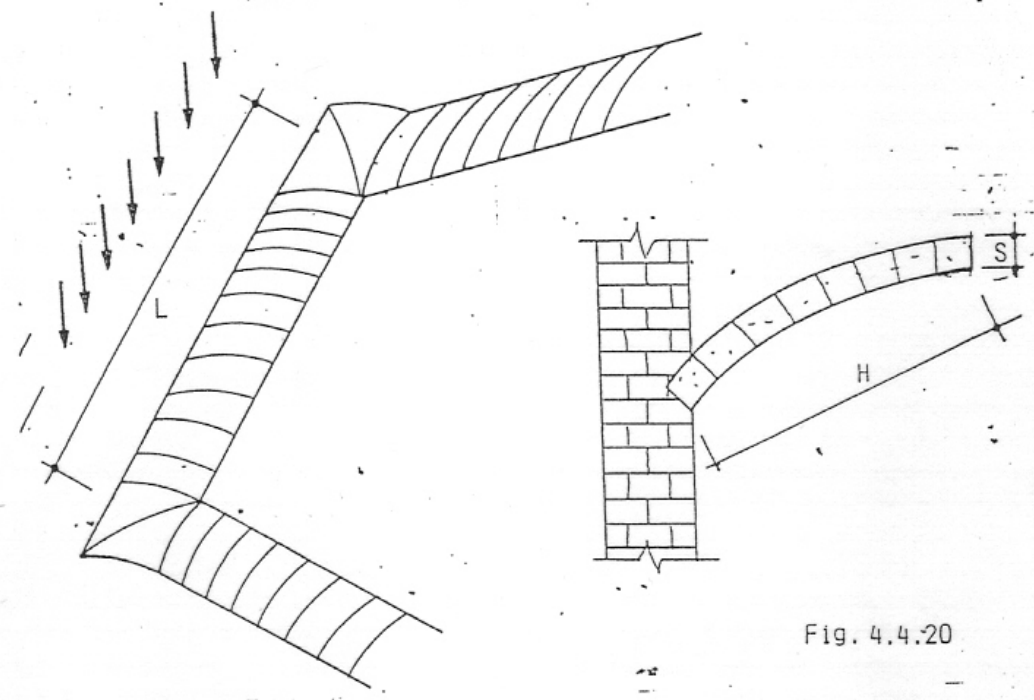
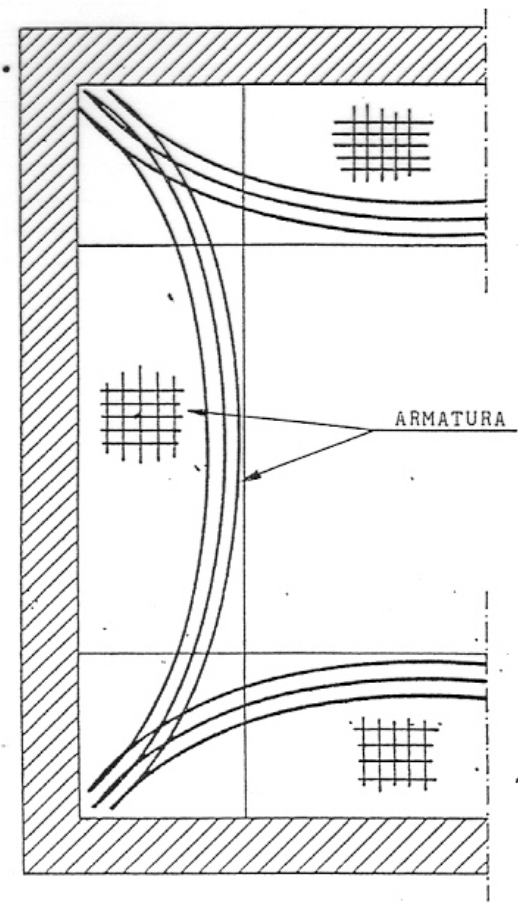


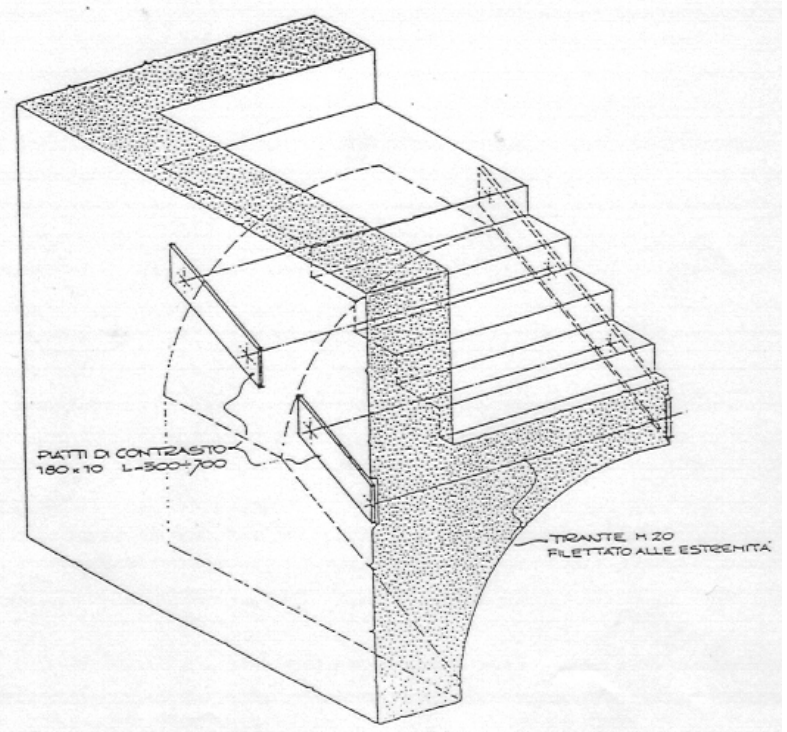
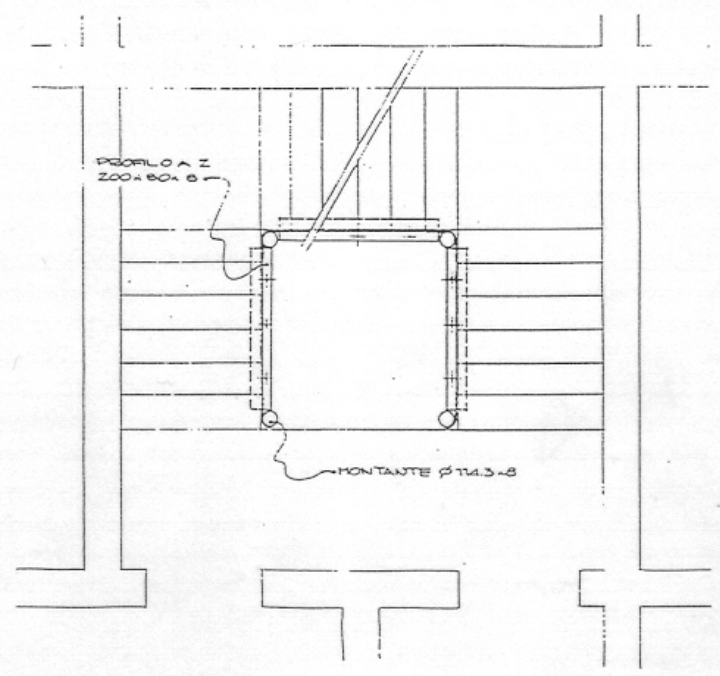
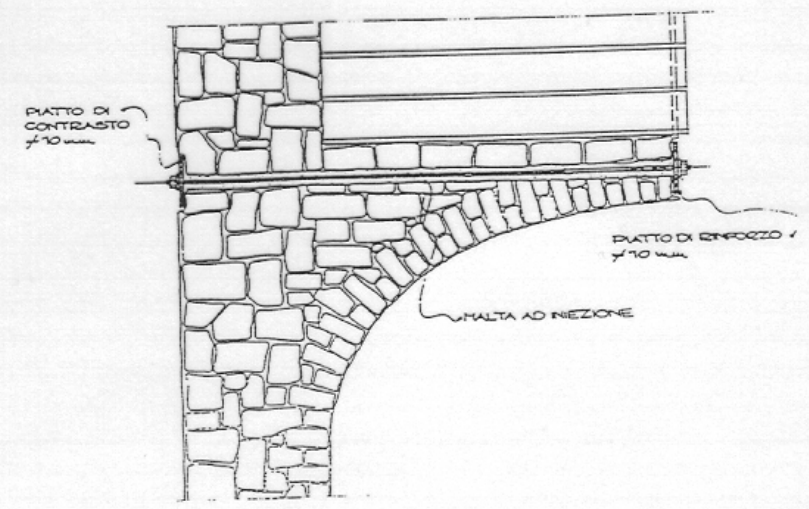
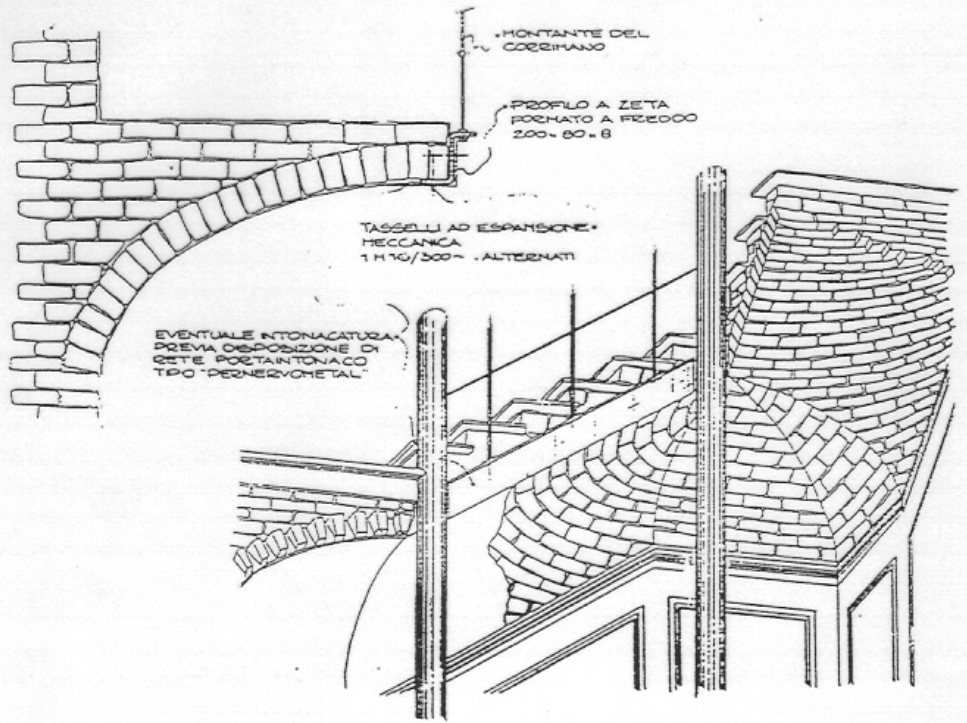
Fig. 4.4.20

Consolidamento della scatola muraria

Inserimento di armature nelle zone tese



# Modifica dello schema statico



# INTERVENTI IN FONDAZIONE

1. SOTTOFONDAZIONI

2. RINFIANCHI

3. FONDAZIONI SU PALI

4. PLATEE



# Interventi in fondazione

## A) EDIFICI IN MURATURA

### PRATICA CORRENTE

#### Situazioni tipo:

- 1) dissesto della muratura della fondazione
- 2) dissesto del terreno di fondazione

Nel caso 1) vengono applicati i provvedimenti usualmente previsti per il consolidamento delle strutture murarie;

Nel caso 2) (più comune) si possono applicare le seguenti procedure:

- sottofondazioni;
- allargamento della base;
- pali di fondazione;
- graticci di travi o platee in c.a.;
- consolidamento del terreno di fondazione;

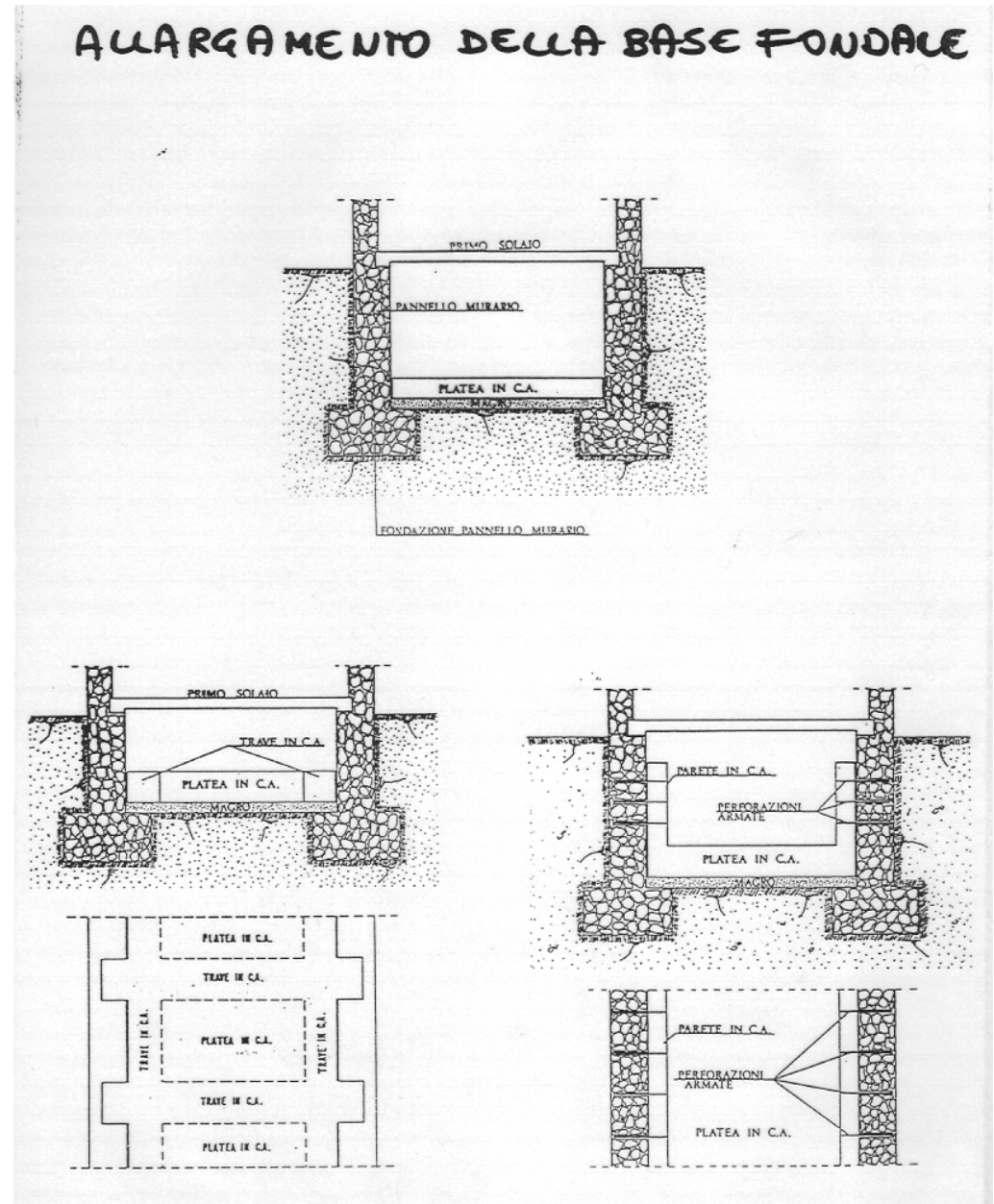
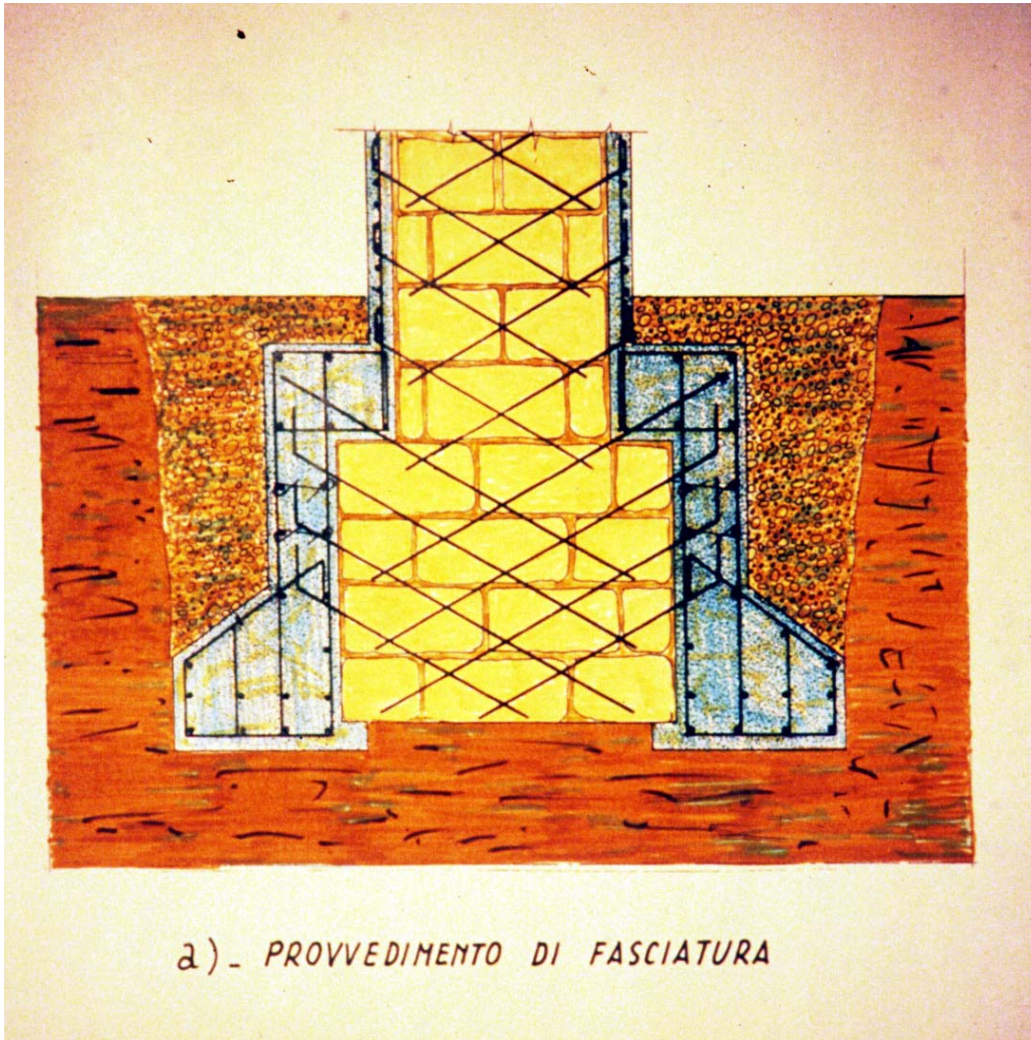
#### NOTE:

- si raccomanda un'adeguata messa in forza della nuova sottofondazione, a mezzo di cunei o di malte espansive;
- nell'esecuzione delle sottofondazioni si raccomanda di effettuare gli scavi alternativamente su porzioni di muratura piuttosto distanti fra di loro, allo scopo di limitare i problemi di assestamento della sovrastruttura;
- un allargamento della base fondale è spesso inefficace a causa degli spostamenti richiesti per la sua messa in carico; per tale ragione esso è consigliabile quando è previsto un incremento dei carichi applicati, nel qual caso è ragionevole attendersi assestamenti della sovrastruttura;
- quando si adottano pali di fondazione, è preferibile l'impiego di pali trivellati, allo scopo di evitare gli eccessivi scuotimenti sulla struttura dovuti all'infissione di pali battuti;
- si raccomanda nella costruzione delle sottofondazioni di non introdurre eccentricità rispetto all'area di impronta sul terreno;
- quando si costruiscono nuove fondazioni in c.a. si raccomanda di prestare attenzione al collegamento con le strutture esistenti;
- si raccomanda solitamente l'impiego di calcestruzzi espansivi o di resine epossidiche;
- si raccomanda di prestare attenzione alle opere di scavo in adiacenza alle fondazioni esistenti allo scopo di evitare assestamenti del terreno;

# Interventi in fondazione

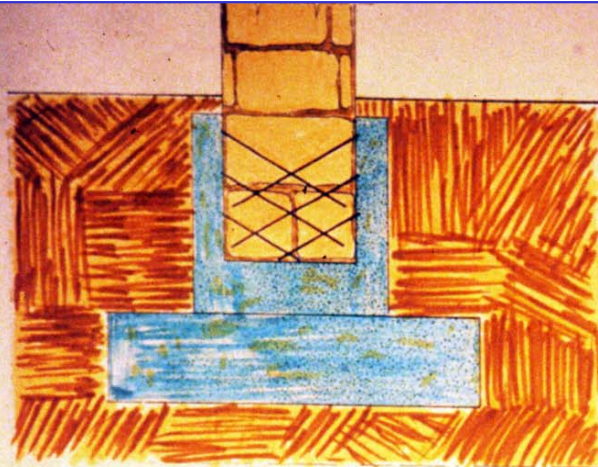
Allargamento della base  
d'appoggio:

Fasciature - Travi - Platee

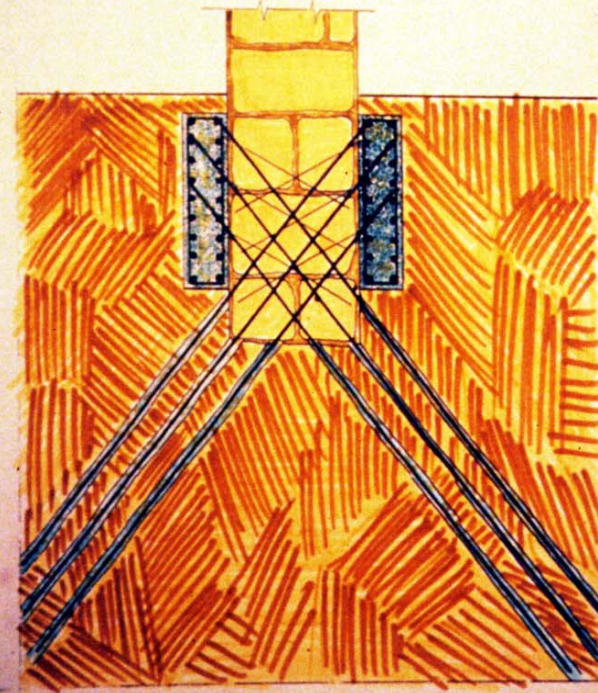


# Interventi in fondazione

## Sottofondazioni: Zoccolature - Inserimento di pali



b) - PROVVEDIMENTO D  
ZOCOLATURA



c) - PALI RADICE

