



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

“Sapienza” Università degli studi di Roma  
Facoltà di Architettura

**MASTER ACT**

**MASTER DI II LIVELLO IN VALORIZZAZIONE  
E GESTIONE DEI CENTRI STORICI MINORI**

Prof. Ing. Antonio Ambrosi

Anno accademico 2014-2015

E' vietato riprodurre il contenuto di questo file senza autorizzazione.

Le immagini ed i contenuti di tale presentazione sono utilizzati esclusivamente a scopo didattico



# DISSESTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA ED IN CEMENTO ARMATO

## Applicazioni e casi di studio

### I LEZIONE

Prof. Ing. Antonio Ambrosi

Anno accademico 2014-2015

E' vietato riprodurre il contenuto di questo file senza autorizzazione.

Le immagini ed i contenuti di tale presentazione sono utilizzati esclusivamente a scopo didattico

# AGGREGATI EDILIZI: L'AQUILA



Stralcio del Piano di ricostruzione dell'aquila con l'identificazione degli aggregati strutturali individuati



**L' AGGREGATO STRUTTURALE** è definito come un **insieme non omogeneo di edifici** (unità strutturali), interconnessi tra loro con un collegamento più o meno strutturalmente efficace determinato dalla loro storia evolutiva, che possono interagire sotto un'azione sismica o dinamica in genere.

Pertanto, nel caso dei centri storici **l'aggregato**, ove non siano presenti giunti o altre disconnessioni tra i diversi edifici, **coincide con il termine (urbanistico) di isolato**, la cui soluzione di continuità dal resto del tessuto urbano è costituita dalla presenza di strade e piazze.

*Nell'analisi di un edificio facente parte di un **aggregato edilizio** occorre tener conto delle **possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti.***

*A tal fine dovrà essere individuata **l'Unità Strutturale: US**, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.*

*L' U.S. dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi.*

*(Da NTC 2008, Circolare 617/2009, Cap. 8.7.1)*





**AGGREGATI EDILIZI: L'AQUILA, vista dall'alto**



# MORFOLOGIA DELL'AGGREGATO EDILIZIO

7



L'edificio d'angolo di un aggregato strutturale rappresenta l'elemento più soggetto alle sollecitazioni sismiche se progettato con i criteri elencati di seguito resiste all'azione sismica:

- Simmetria della geometria in pianta e in altezza;
- Presenza di cantonali, ben connessi alle murature perimetrali;
- Buona consistenza della muratura;
- Comportamento scatolare.

# MORFOLOGIA DELL' AGGREGATO EDILIZIO



Aggregato edilizio:  
L'Unità Strutturale  
all'angolo opposto  
rispetto a quella  
mostrata  
precedentemente.

Caratteristiche  
costruttive diverse da  
quelle descritte hanno  
determinato il crollo  
totale della stessa.





# MORFOLOGIA DELL' AGGREGATO EDILIZIO



Qualità della muratura scarsa, mancanza di collegamenti tra i paramenti murari

# MORFOLOGIA DELL'AGGREGATO STRUTTURALE: EDIFICI CENTRALI

11



Le unità strutturali intermedie all'interno di un aggregato, sono soggette, oltre che alle lesioni proprie, a fenomeni di martellamento delle strutture vicine, ciò è dovuto al fatto che ogni struttura ha un proprio periodo di oscillazione.

Il fenomeno di martellamento è tanto più visibile quando l'altezza di edifici contigui è diversa.

## MORFOLOGIA DELL' AGGREGATO EDILIZIO



Lesione verticale di martellamento tra due edifici contigui.

## MORFOLOGIA DELL' AGGREGATO EDILIZIO

Lesione verticale di martellamento tra due porzioni dello stesso edificio ad altezze diverse.



# MORFOLOGIA DELL'AGGREGATO STRUTTURALE - LA CORTE INTERNA 14



Gli aggregati edilizi sono caratterizzati dalla presenza di corti interne dovute alla modalità di formazione degli stessi, ovvero al processo di aggregazione di case a schiera che vanno a costituire un isolato, delimitato poi esternamente da strade e piazze.

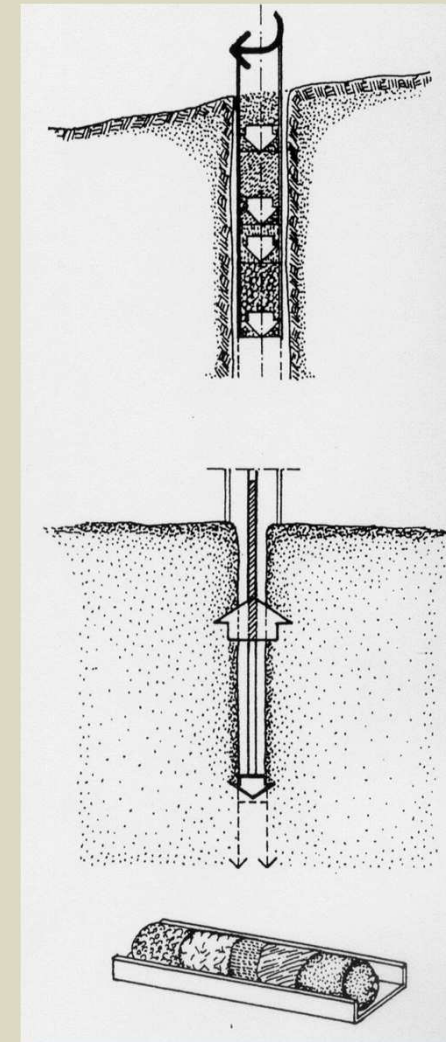
## ELEMENTI COSTITUTIVI DI UNA STRUTTURA IN MURATURA

- FONDAZIONI;
- STRUTTURE VERTICALI
- ORIZZONTAMENTI
- COPERTURE

# FONDAZIONI

## TIPOLOGIE DI FONDAZIONI:

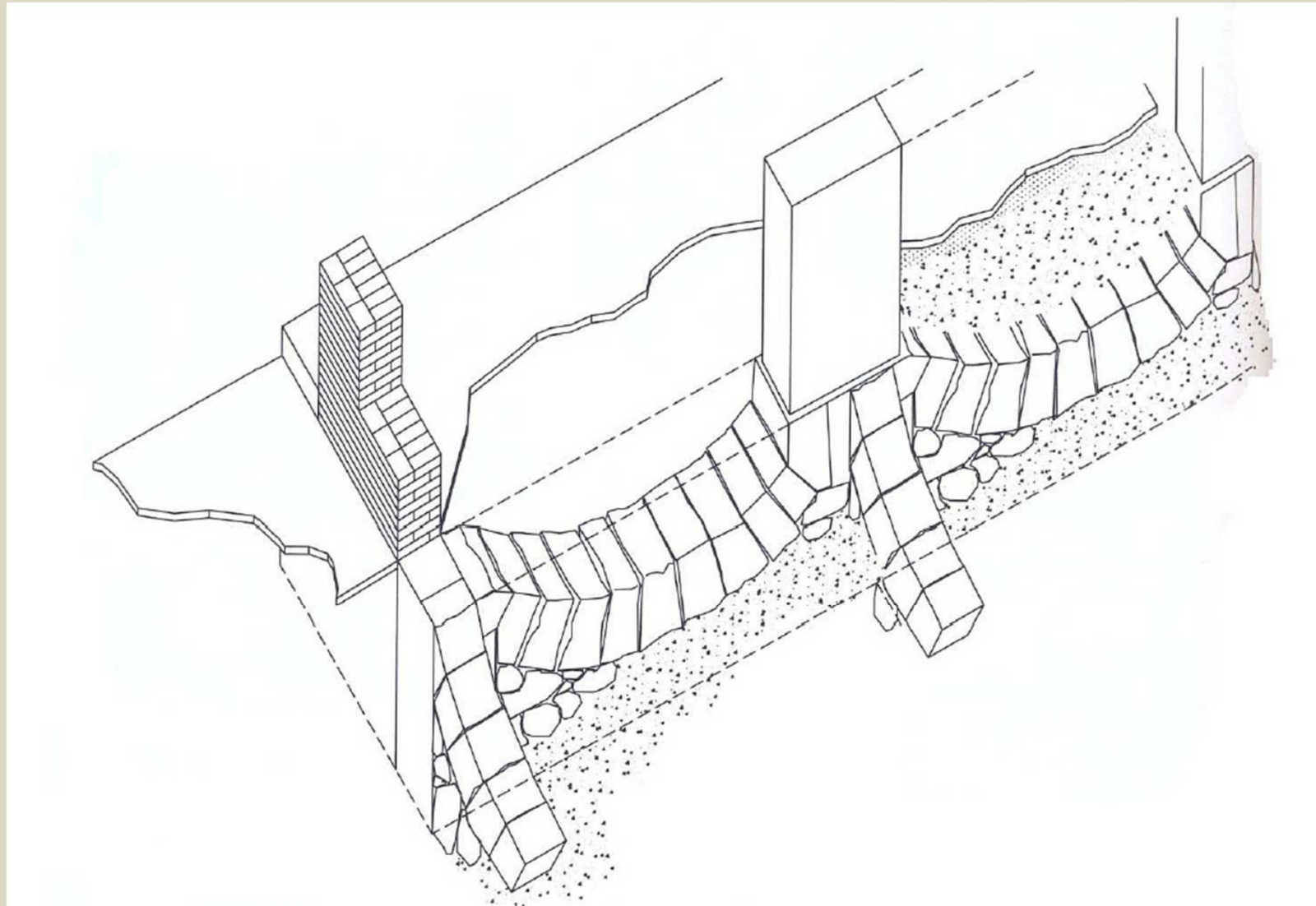
A seconda del tipo di terreno indagato, tramite indagini apposite, si può optare per la scelta di **fondazioni continue superficiali** o **fondazioni profonde**, costituite da **muratura continua su pali**, con l'intento di raggiungere lo strato resistente di terreno.



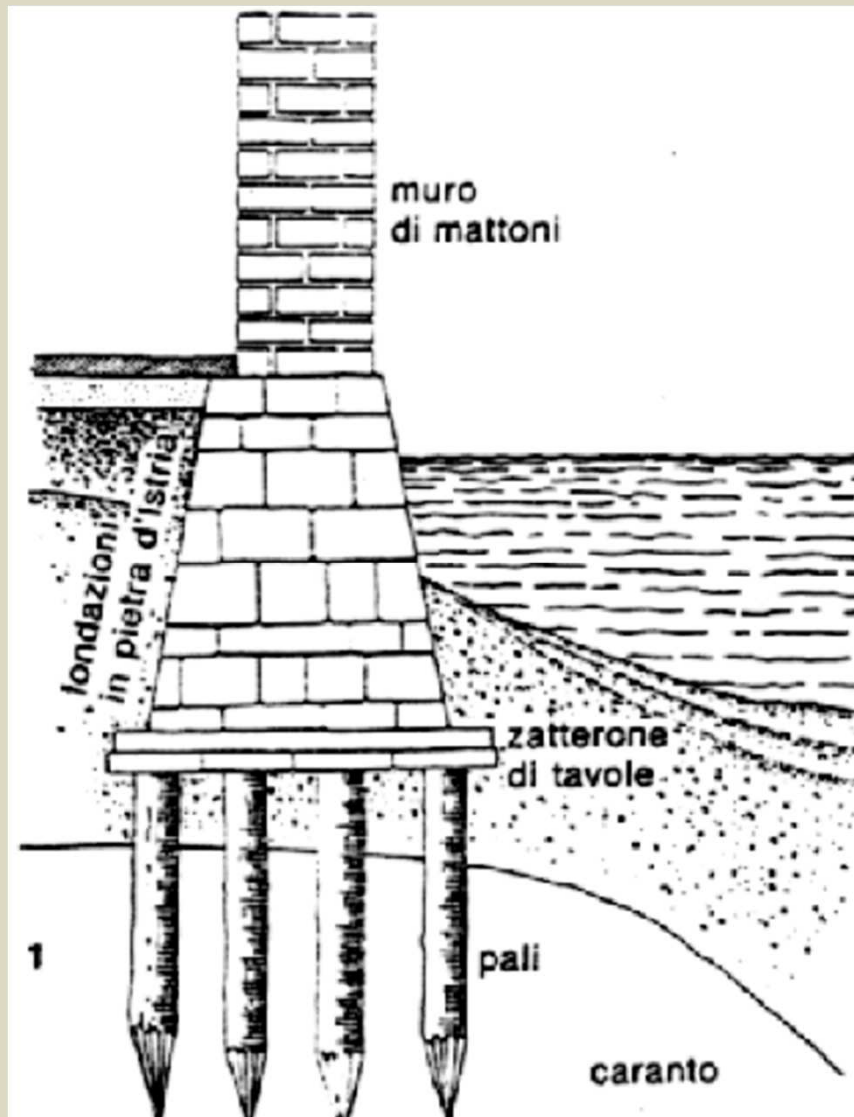




Fondazione costituita da muratura continua in corrispondenza dei muri perimetrali e di spina con presenza di inspessimenti della sezione

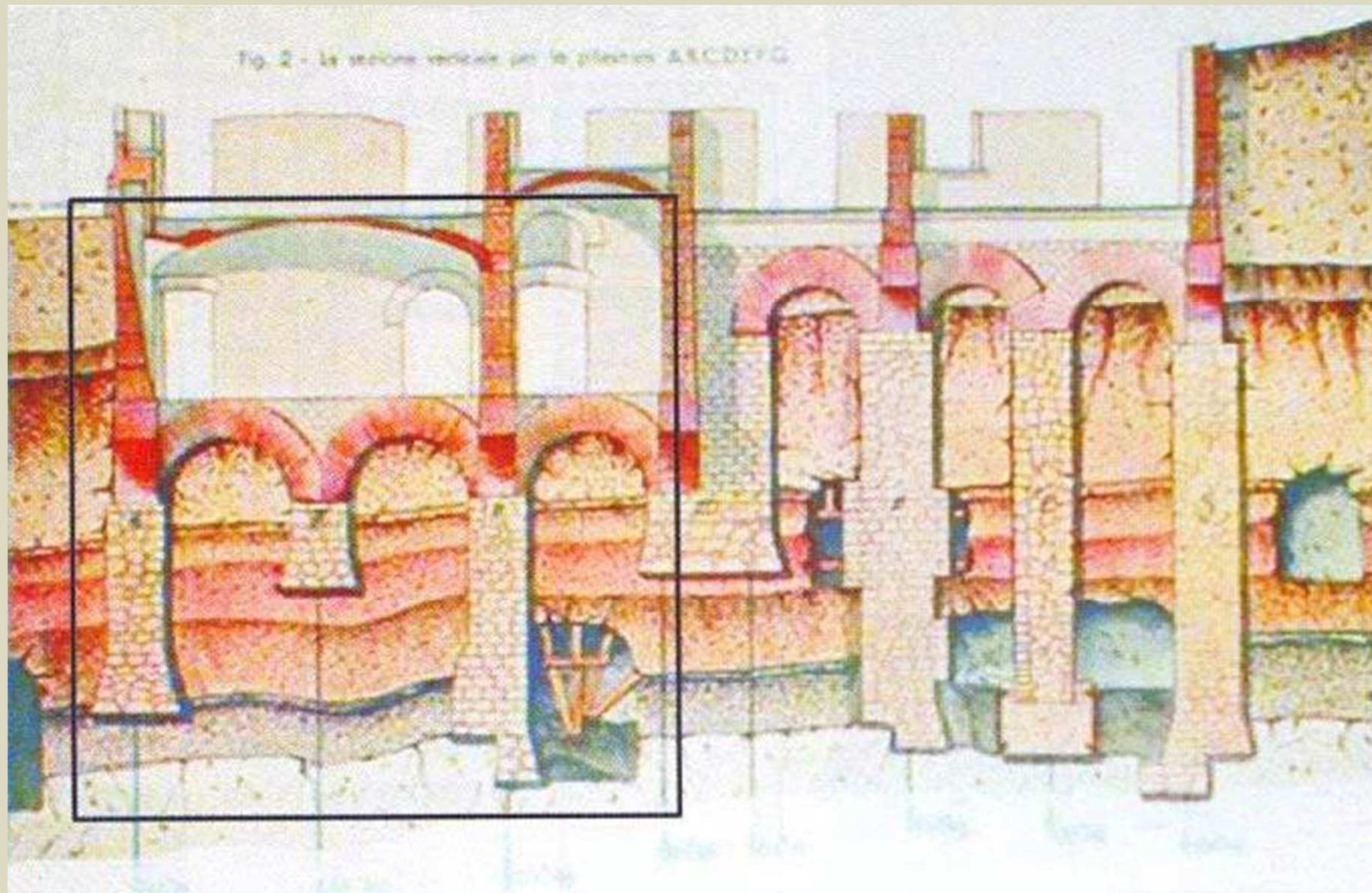


Fondazione ad archi rovesci



Fondazione profonde su pali, utilizzate quando quando gli strati superficiali del terreno non hanno una portanza sufficiente per sopportare il carico della struttura.

Fondazione profonde su pali



Fondazione profonde a pozzi e barulle

# MURATURE

## Tipologie murarie: esempi nell'area aquilana

Tra gli elementi significativi della vulnerabilità dell'edilizia storica aquilana il ruolo principale spetta alla qualità della muratura.

Questa è prevalentemente costituita da pietre calcaree di forma irregolare di medie dimensioni 15-25 cm.

Sulla base di procedimenti utilizzati nella tradizione costruttiva si possono differenziare le murature in relazione alla finitura del paramento tra muratura a faccia vista e muratura intonacata.

Le tipologie di murature presenti sono:

- *Muratura a sacco irregolare in pietra calcarea.*
- *Murature in pietra calcarea di forma irregolare, sabbia ghiaietto e scarsa percentuale di calce.*
- *Muratura in pietra calcarea di forma irregolare con ricorsi regolari in mattoni pieni in laterizio.*
- *Muratura regolare in blocchi squadrate di pietra calcarea;*
- *Muratura regolare costituita da mattoni pieni in laterizio con malta di cemento,*
- *Muratura regolare costituita da mattoni forati in laterizio con malta di cemento.*



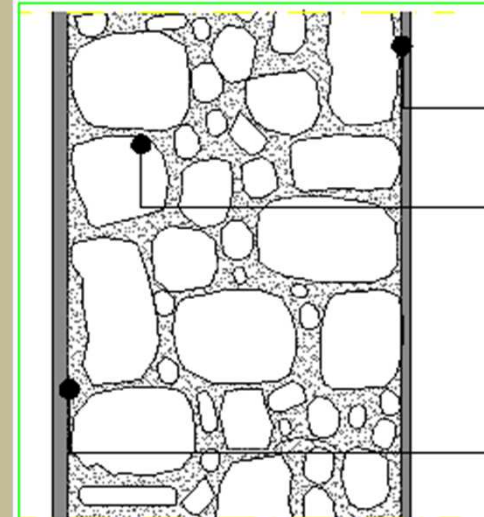
# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



### TIPOLOGIA MURARIA N°1:

Muratura in pietre calcaree di forma irregolare, sabbia, ghiaietto e scarsa percentuale di calce



Intonaco di cemento

Paramento in pietra calcarea, di forma irregolare, con sabbia, ghiaietto e scarsa percentuale di calce

Intonaco di cemento

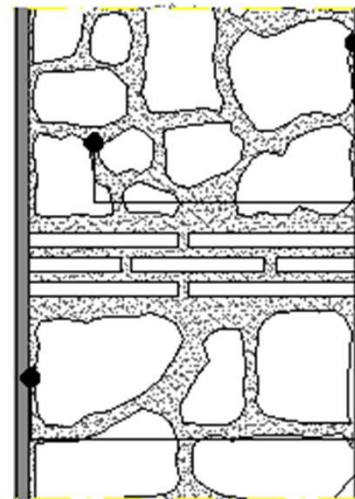
# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



### TIPOLOGIA MURARIA N°2:

Muratura in pietra calcarea di forma irregolare con ricorsi regolari in mattoni pieni in laterizio



Intonaco di cemento

Paramento in pietra calcarea di forma irregolare con ricorsi regolari in mattoni pieni in laterizio

Intonaco di cemento

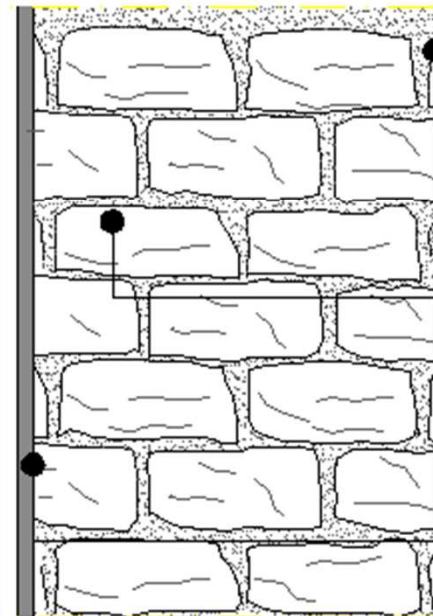
# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



### TIPOLOGIA MURARIA N°3:

Muratura regolare in blocchi squadrati di pietra calcarea



Intonaco di cemento

Paramento regolare in muratura con blocchi squadrati in pietra calcarea

Intonaco di cemento

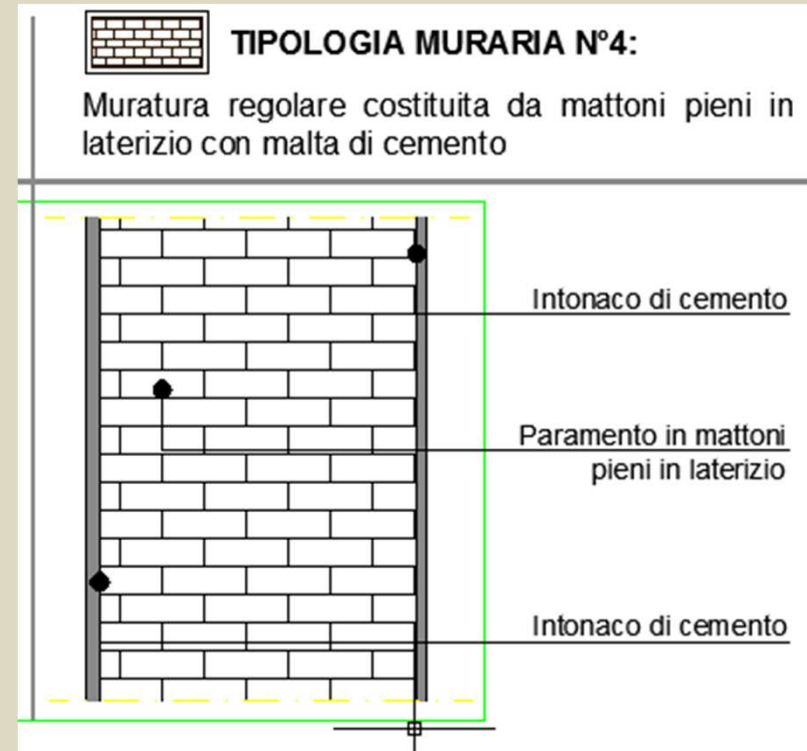
Tipologia muraria utilizzata prevalentemente in corrispondenza dei cantonali





# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



Tipologia di muratura generalmente riscontrata in caso di sopraelevazioni e strutture in adiacenza a manufatti preesistenti.

# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



Tipologia di muratura generalmente riscontrata in caso di sopraelevazioni e strutture in adiacenza a manufatti preesistenti.

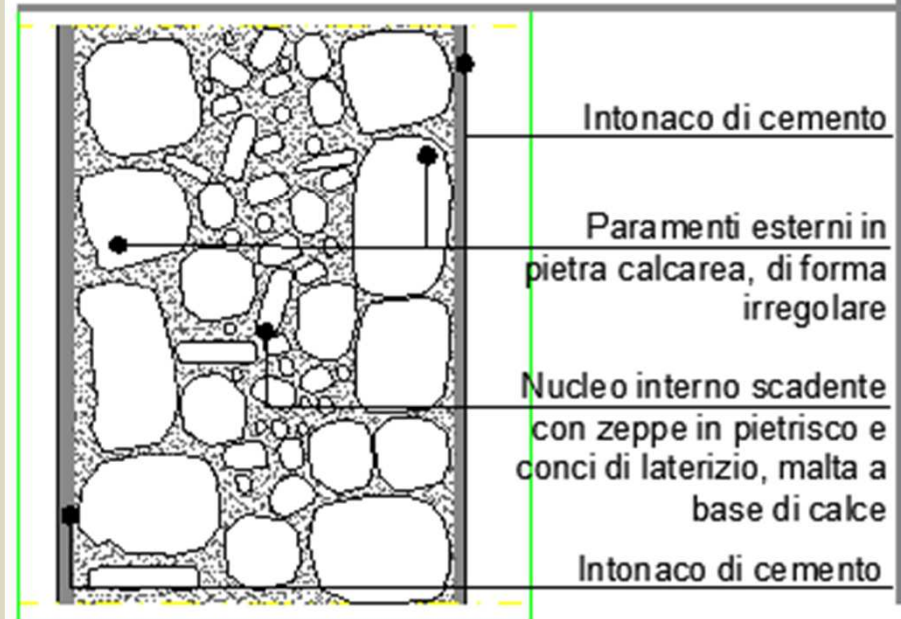
# MURATURE

## Tipologie murarie nell'area aquilana



### TIPOLOGIA MURARIA N° 5

Muratura a sacco irregolare in pietra calcarea e malta con sabbia, ghiaietto e scarsa percentuale di calce



# STRUTTURA IN MURATURA. STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Le cause dei dissesti sulle strutture derivano da problematiche legate a:

- Caratteristiche intrinseche dei materiali:
  1. **Scarsa qualità della muratura;**
- Errori progettuali delle strutture in muratura, o interventi postumi mal realizzati:
  1. **Comportamento non scatolare;**
  2. **Presenza di discontinuità della sezione muraria.**
- Caratteristiche intrinseche dei materiali ed errori progettuali determinano



**Comportamento non monolitico della muratura**, dovuta all'assenza di elementi di collegamento trasversale, diatoni, provocando la disgregazione della stessa.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

29

## SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA

Muratura aquilana, a sacco con nucleo interno incoerente, composte da pietra calcarea di medie dimensioni con malta di cattiva qualità.



Arischia: paramento murario residuo dopo il crollo totale dell'edificio.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA



# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA



# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

32

## SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA

La muratura aquilana, solitamente a sacco con nucleo interno incoerente, è composta da pietra calcarea di medie dimensioni con malta di scarsa qualità.



Arischia: paramento murario residuo dopo il crollo totale dell'edificio.



# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA



Onna (AQ): crolli dovuti a disgregazione della muratura

## COMPORTEMENTO SCATOLARE

Le condizioni per un comportamento scatolare di una struttura in muratura sono:

- **SOLAIO RIGIDO;**
- **PARETI COLLEGATE AL SOLAIO E COLLEGATE TRA DI LORO**

L'importanza di un comportamento d'insieme "scatolare" dell'edificio è sottolineato anche dalle recenti NTC 2008 che dicono '*...l'organizzazione dell'intera struttura e l'interazione ed il collegamento tra le sue parti devono essere tali da assicurare appropriata resistenza e stabilità...*'. A tal fine '*...muri ed orizzontamenti devono essere ben collegati fra loro e le pareti devono essere collegate al livello dei solai mediante*

- *cordoli di piano di calcestruzzo armato,*
- *ammorsamenti lungo le intersezioni verticali;*
- *catene.*

I cordoli di piano, eseguiti a regola d'arte, rappresentano un collegamento continuo tra i pannelli, assicurano una maggiore capacità resistente alle azioni ortogonali: l'elemento sollecitato non reagisce singolarmente, ma coinvolge attraverso il cordolo anche quelli adiacenti.



## COMPORTAMENTO SCATOLARE

### CROLLO TOTALE

Dalla foto emerge l'assenza di collegamento dei solai e della copertura alle murature perimetrali da cui dipende il crollo totale dei suddetti elementi.



## COMPORTAMENTO SCATOLARE

**Crollo dei solai per l'assenza di collegamento con le strutture verticali**

Ribaltamento fuori del piano di pannelli verticali prodotto dallo scarso collegamento tra muri adiacenti, dalla scarsa qualità della muratura e dall'azione spingente del tetto, anch'esso crollato.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

37



## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA

Le lesioni sulla muratura si riscontrano soprattutto in prossimità di aperture, quali canne fumarie, nicchie.

Nella foto lesioni in corrispondenza di un vano chiuso con nuova muratura non ammorsata a quella preesistente.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

38

## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA



Lesioni in corrispondenza di un locale impianti nello spessore di una muratura storica.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

39

## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA



L' Aquila,  
Scuola De Amicis

Lesioni in corrispondenza di una discontinuità per il passaggio degli impianti nello spessore di una muratura storica.

## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA



Lesioni in corrispondenza di un'apertura nello spessore di una muratura storica.



# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

41

## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA



Lesioni passanti e diffuse in corrispondenza di una nicchia



## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA

Lesioni passanti in prossimità del passaggio di una canna fumaria

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

43

## DISCONTINUITA' DELLA SEZIONE MURARIA



Lesioni dagli angoli delle aperture  
Lesioni a croce su un'apertura

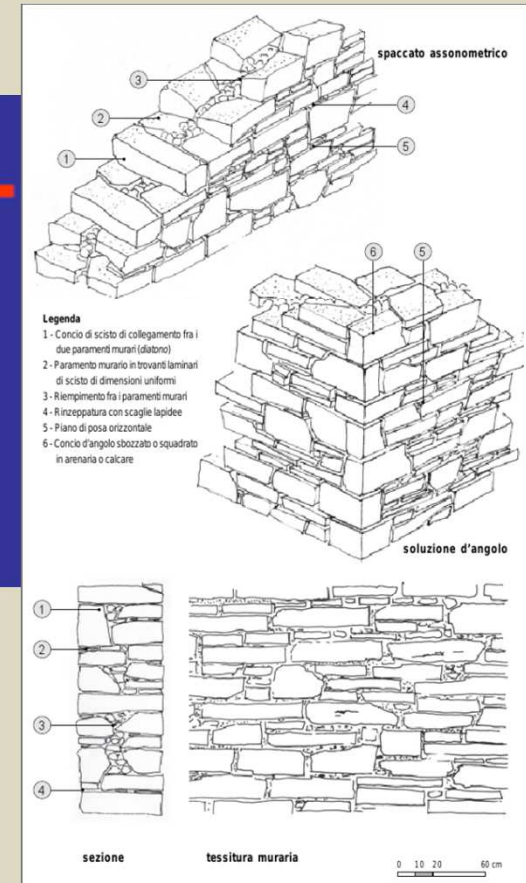
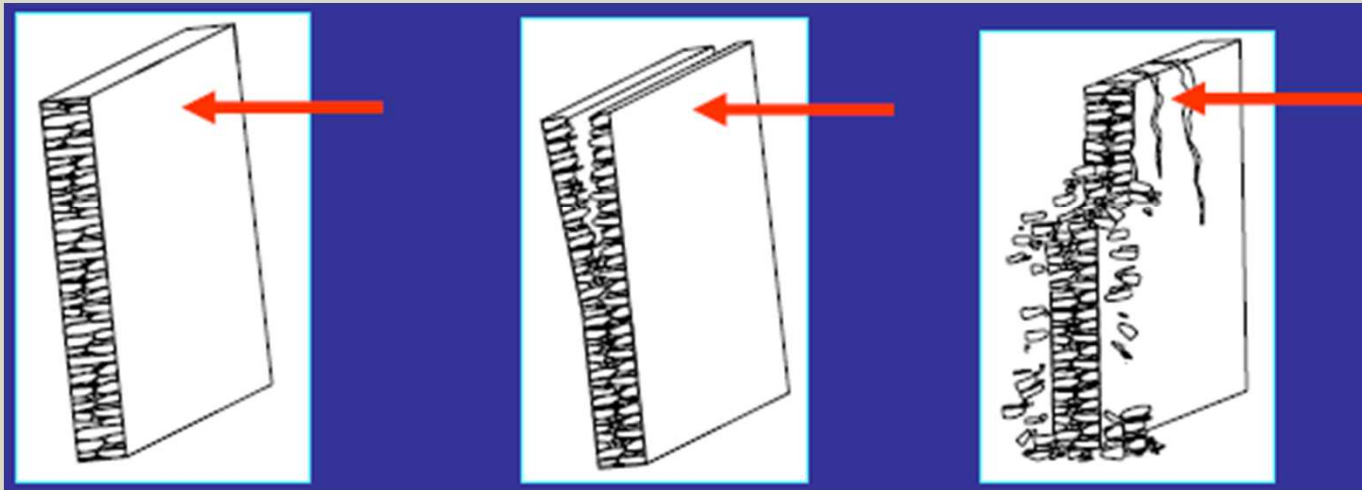
# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

44

## COMPORAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA

Una muratura di BUONA QUALITA' ha un comportamento MONOLITICO

Una muratura di SCARSA QUALITA' si DISGREGA CAOTICAMENTE



Per garantire il **comportamento monolitico** della parete è necessaria la presenza di collegamenti (**DIATONI**) tra paramento interno ed esterno del muro che conferiscono.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA



Disgregazione della muratura

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA



# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA



Distacco paramenti esterni.

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

48

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA



DISGREGAZIONE  
TESSITURA  
MURARIA

Collasso fuori dal piano della porzione superiore di una parete causato dalla scarsa qualità della tessitura muraria senza elementi di connessione trasversale

Per garantire il **comportamento monolitico** della parete è necessaria la presenza di collegamenti (**DIATONI**) tra paramento interno ed esterno del muro che conferiscono.





# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE IN ELEVAZIONE

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA



**Disgregazione tessitura muraria:** espulsione del paramento murario esterno di una muratura a sacco

# STRUTTURA IN MURATURA - STRUTTURE VERTICALI

## COMPORTAMENTO NON MONOLITICO DELLA MURATURA

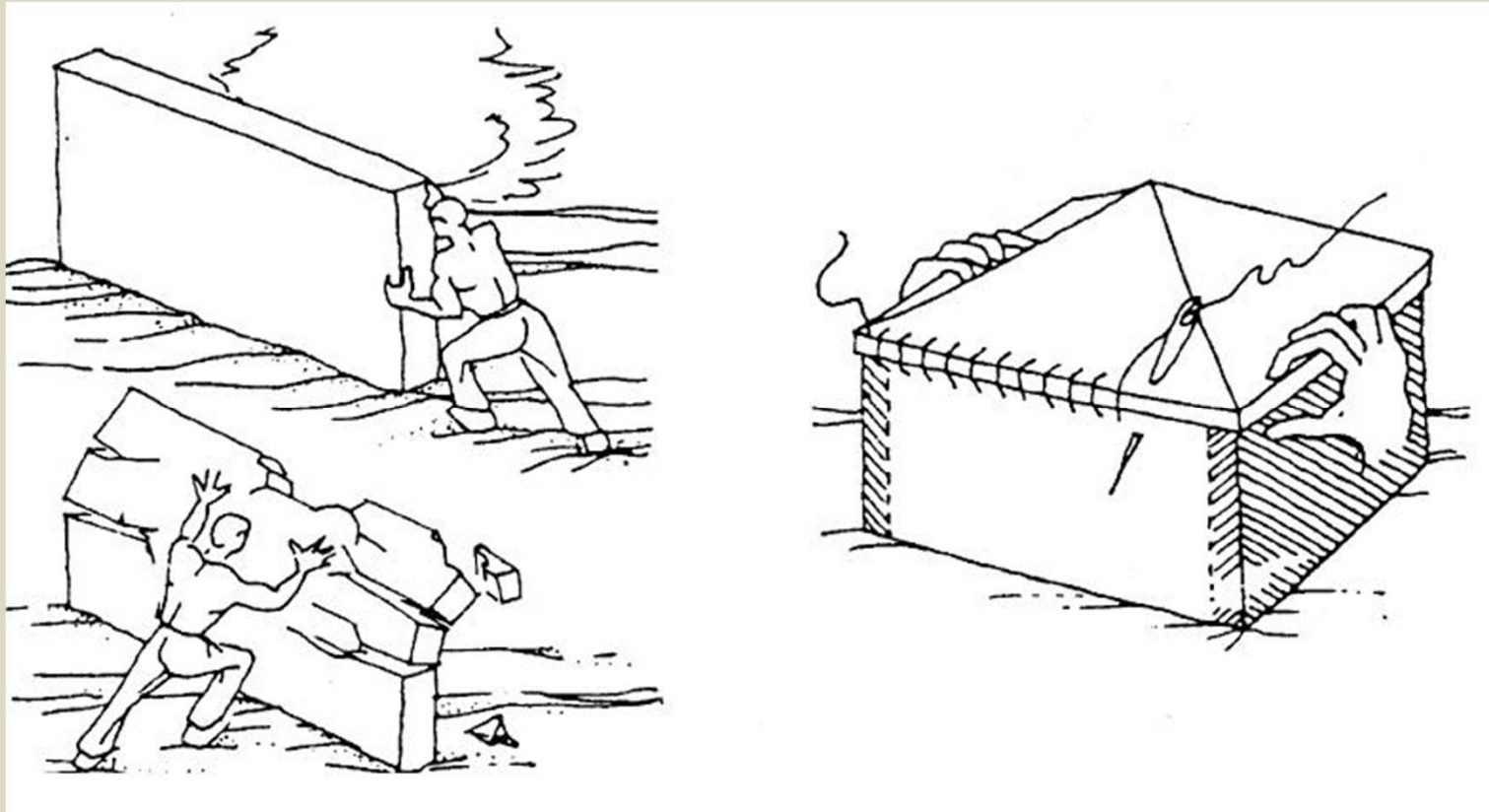


DISGREGAZIONE DELLA  
MURATURA

**Disgregazione tessitura muraria:** il crollo di una parete ha trascinato dietro di sé i solai e la copertura

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI NEL PIANO E FUORI DAL PIANO



## MECCANISMI FUORI PIANO DELLA PARETE: I MODO

### Meccanismi di collasso associati

- RIBALTAMENTO SEMPLICE,
- RIBALTAMENTO COMPOSTO,
- FLESSIONE VERTICALE,
- FLESSIONE ORIZZONTALE

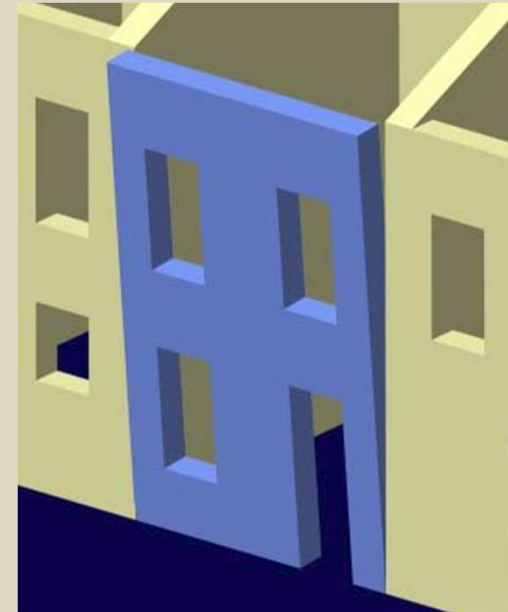
# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO

### RIBALTAMENTO SEMPLICE

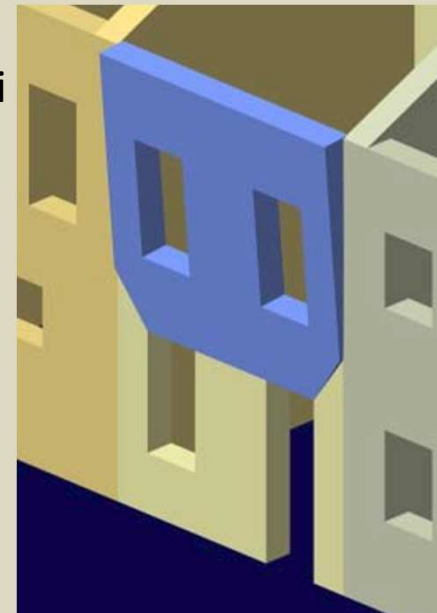
#### CARENZE ASSOCIATE AL MECCANISMO:

- Assenza di cordoli o catene ai piani;
- Orizzontamenti deformabili e/o mal collegati;
- Intersezioni murarie di cattiva qualità;
- Presenza di spinte non contrastate sulla parete;
- Muratura a sacco o paramenti mal collegati.



#### SINTOMI CHE MANIFESTANO L'AVVENUTA ATTIVAZIONE DEL MECCANISMO:

- Lesioni verticali in corrispondenza delle intersezioni murarie (angolate e martelli murari);
- Fuori piombo della parete ribaltante;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## RIBALTAMENTO SEMPLICE



Cantonale non collegato alle murature, pericolo di ribaltamento della facciata



## MECCANISMI FUORI PIANO RIBALTAMENTO

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO



RIBALTAMENTO



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO



Ribaltamento della muratura per martellamento del tetto

## MECCANISMI FUORI PIANO



Distacco della muratura perimetrale dal solaio con rischio ribaltamento

**MECCANISMI FUORI PIANO**

Distacco della muratura perimetrale dal solaio con rischio ribaltamento.

La fasciatura frena il ribaltamento della parete.

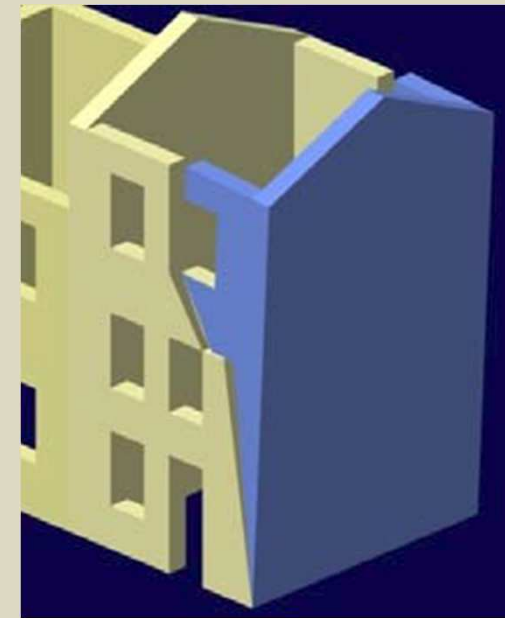
# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO

### RIBALTAMENTO COMPOSTO

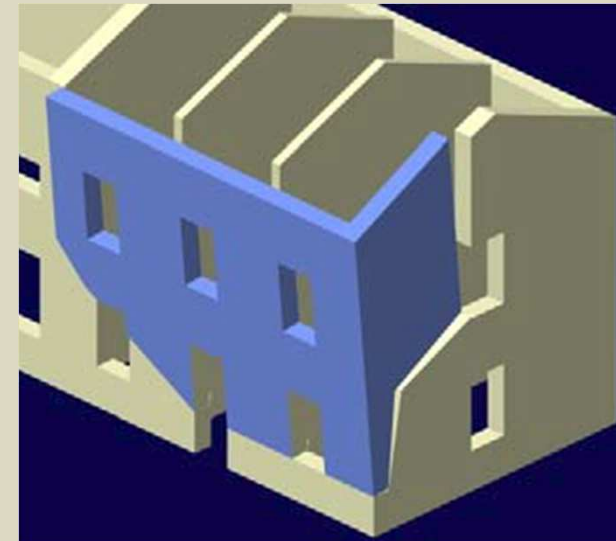
#### CARENZE ASSOCIATE AL MECCANISMO:

- Assenza di cordoli o catene ai piani;
- Orizzontamenti deformabili e/o mal collegati;
- Presenza di spinte non contrastate sulla parete;
- Bucature localizzate in prossimità delle intersezioni murarie (angolate e martelli murari);
- Muratura con ridotte proprietà meccaniche.



#### SINTOMI CHE MANIFESTANO L'AVVENUTA ATTIVAZIONE DEL MECCANISMO:

- Lesioni diagonali sulle pareti di controvento;
- Fuori piombo della parete ribaltante;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO

## FLESSIONE VERTICALE DI PARETE



Ribaltamento composto di cuneo diagonale

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO



Ribaltamento composto di cuneo diagonale

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO

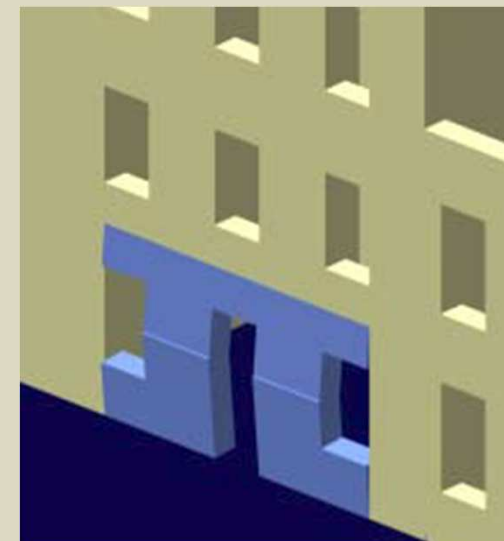
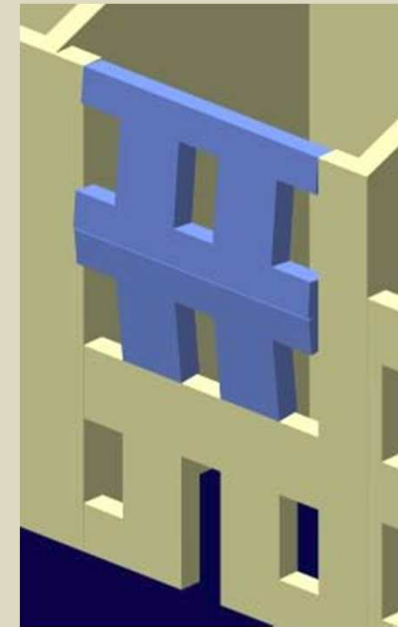
### FLESSIONE VERTICALE DI PARETE

#### CARENZE ASSOCIATE AL MECCANISMO:

- Snellezza eccessiva delle pareti;
- Muratura a sacco o paramenti mal collegati;
- Spinte orizzontali localizzate (archi, volte);
- Orizzontamenti intermedi mal collegati.

#### SINTOMI CHE MANIFESTANO L'AVVENUTA ATTIVAZIONE DEL MECCANISMO:

- Spanciamenti e fuori piombo della parete;
- Lesioni orizzontali e verticali;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti intermedi.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE VERTICALE



Lesioni per flessione sulla facciata, le catene tengono la muratura



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

65

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE VERTICALE



Spanciamento della facciata dovuto a:

- martellamento della struttura orizzontale di interpiano
- Presenza di vincolo efficace in sommità (copertura)

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

66

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE VERTICALE



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

67

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE VERTICALE



La catena evita il ribaltamento della facciata



## MECCANISMI FUORI PIANO

Fessura verticale sulla muratura dovuta al martellamento delle due strutture poste in adiacenza

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO



### SCARSA QUALITA' DELLA MURATURA

Fessure diffuse sulla muratura.

I Presidi evitano il ribaltamento della facciata

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO

### FLESSIONE ORIZZONTALE DI PARETE

### CARENZE E VULNERABILITÀ ASSOCIATE AL MECCANISMO:

- Solaio di copertura mal collegato alla muratura;
- Presenza di coperture spingenti;
- Presenza di aperture ricavate nello spessore murario (nicchie, canne fumarie, ecc.);
- Muratura a sacco o paramenti mal collegati;
- Muri di spina distanti (parete snella).

### SINTOMI CHE MANIFESTANO L'AVVENUTA ATTIVAZIONE DEL MECCANISMO:

- Lesioni verticali ed oblique sulla faccia esterna ed interna della parete e rigonfiamenti;
- Sfilamento delle travi del tetto.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE ORIZZONTALE



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

72

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE ORIZZONTALE



L'azione di martellamento delle travi di copertura sulla muratura può innescare il meccanismo di collasso per flessione orizzontale mediante sfondamento del timpano. Questo fenomeno si verifica in assenza di un buon collegamento tra la parete e le travi di copertura, soprattutto se di grosse dimensioni e quindi in grado di trasmettere spinte rilevanti.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

73

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE ORIZZONTALE



SFONDAMENTO DELLA PARETE  
DEL TIMPANO

Il meccanismo si manifesta con **l'espulsione di materiale dalla zona sommitale della parete del timpano e col distacco di corpi cuneiformi** definiti da sezioni di frattura oblique e verticali per azioni fuori dal piano. Il cinematismo è in genere provocato dall'azione ciclica di **martellamento della trave di colmo della copertura**. In fase sismica la presenza di travi di colmo di notevoli dimensioni causa il trasferimento di una elevata spinta alla parete del timpano e può determinare il distacco di macroelementi cuneiformi e l'instaurarsi delle condizioni di instabilità che si manifestano attraverso la rotazione degli stessi attorno a cerniere oblique.

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

74

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE ORIZZONTALE



Assenza di vincolo efficace in sommità

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI FUORI PIANO: FLESSIONE ORIZZONTALE



Cordolo rigido in sommità

## MECCANISMI NEL PIANO DELLA PARETE (II MODO)

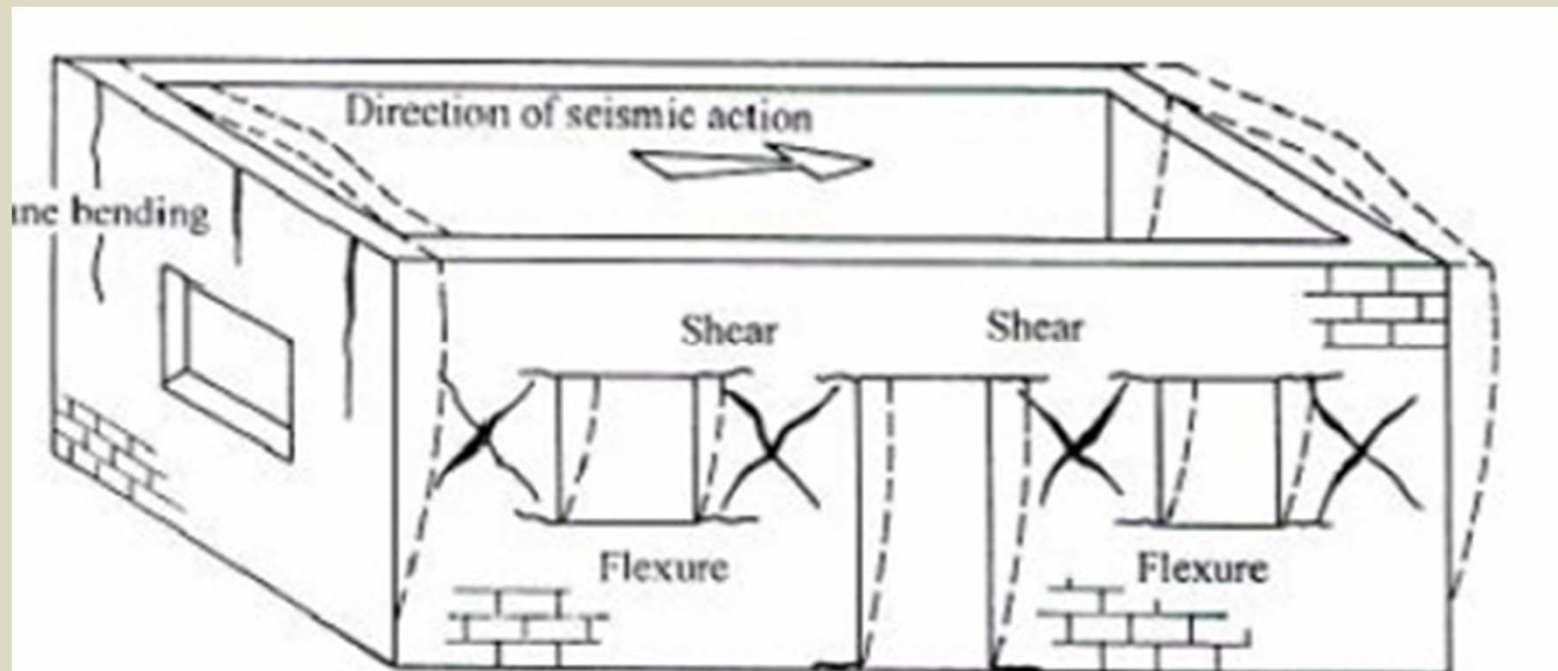
MECCANISMI DI ROTTURA A TAGLIO CON FORMAZIONE DI LESIONI DIAGONALI SULLE PARETI.

- lesioni a taglio per martellamento,
- lesioni a taglio per deformazione angolare;

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI NEL PIANO

Le pareti in muratura a causa della bassissima resistenza a trazione offrono una resistenza limitata ad azioni che tendono a ribaltare fuori dal piano mentre hanno una maggiore capacità resistente per azioni che le sollecitano nel piano.



La vulnerabilità alle azioni sismiche di un edificio in muratura è tanto minore quanto più la configurazione strutturale è tale da attivare la resistenza nel piano dei pannelli. Il comportamento ideale è quello in cui i maschi sono ben ammorzati tra loro e resi collaboranti alla ripartizione delle azioni da solai rigidi

## MECCANISMI NEL PIANO



Lesione a taglio sulla parete



## MECCANISMI NEL PIANO

Lesione a taglio al di sopra di un'apertura



## MECCANISMI NEL PIANO

Lesione a taglio sulla parete



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA



## MECCANISMI NEL PIANO

Lesione a taglio sulla parete



## MECCANISMI NEL PIANO

Lesioni a taglio sulla facciata

Rotazione rigida della parte sommitale della facciata

## MECCANISMI NEL PIANO: Lesioni per taglio



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI NEL PIANO: LESIONI PER TAGLIO



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## MECCANISMI NEL PIANO



**Lesioni diffuse  
passanti a croce  
sulla muratura,  
martellamento  
della copertura  
sottostante**

Lesioni a croce diffuse e passanti sulla muratura

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

86

## MECCANISMI NEL PIANO

### INTERAZIONE TRA GLI EDIFICI CONTIGUI, MARTELLAMENTO



Lesioni di martellamento tra le due coperture



## LESIONI TIPICHE

Lesioni diffuse passanti a croce sulla muratura dovuti alla scarsa qualità della muratura e dei collegamenti alle pareti adiacenti e al solaio di copertura

## LESIONI TIPICHE



LESIONE IN  
CORRISPONDENZA DEL  
SOLAIO PER ASSENZA DI  
CORDOLO DI PIANO.

Assenza di  
collegamento tra la  
struttura nuova e la  
vecchia, del primo  
impalcato,  
riconducibile a prima  
del sisma del 1703.



# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE



**ELEMENTI DELLA FACCIATA - DISTACCO DEL CORNICIONE**

## LESIONI TIPICHE



**Elementi della facciata – martellamento degli elementi della copertura con la muratura**

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE



**CROLLO TOTALE**

## LESIONI TIPICHE



Lesione passante sulla muratura

## LESIONI TIPICHE



Lesioni a croce sulla muratura

## LESIONI TIPICHE



Lesione diagonale sulla muratura

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE



Lesioni profonde sulla muratura, distacco totale di intonaco

## LESIONI TIPICHE



Lesione profonda orizzontale sulla muratura



## LESIONI TIPICHE



Assenza di collegamento tra la muratura ed il solaio.



## LESIONI TIPICHE

Palazzo Camponeschi, L'Aquila

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE



Scuola De Amicis, L'Aquila – Puntellamento della corte interna



## LESIONI TIPICHE: Architravi

Crollo dell'architrave in muratura

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE: ARCHITRAVI



Crollo dell'architrave in muratura

# COMPORTAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

## LESIONI TIPICHE: ARCHITRAVI



Lesioni della muratura in corrispondenza degli architravi in legno

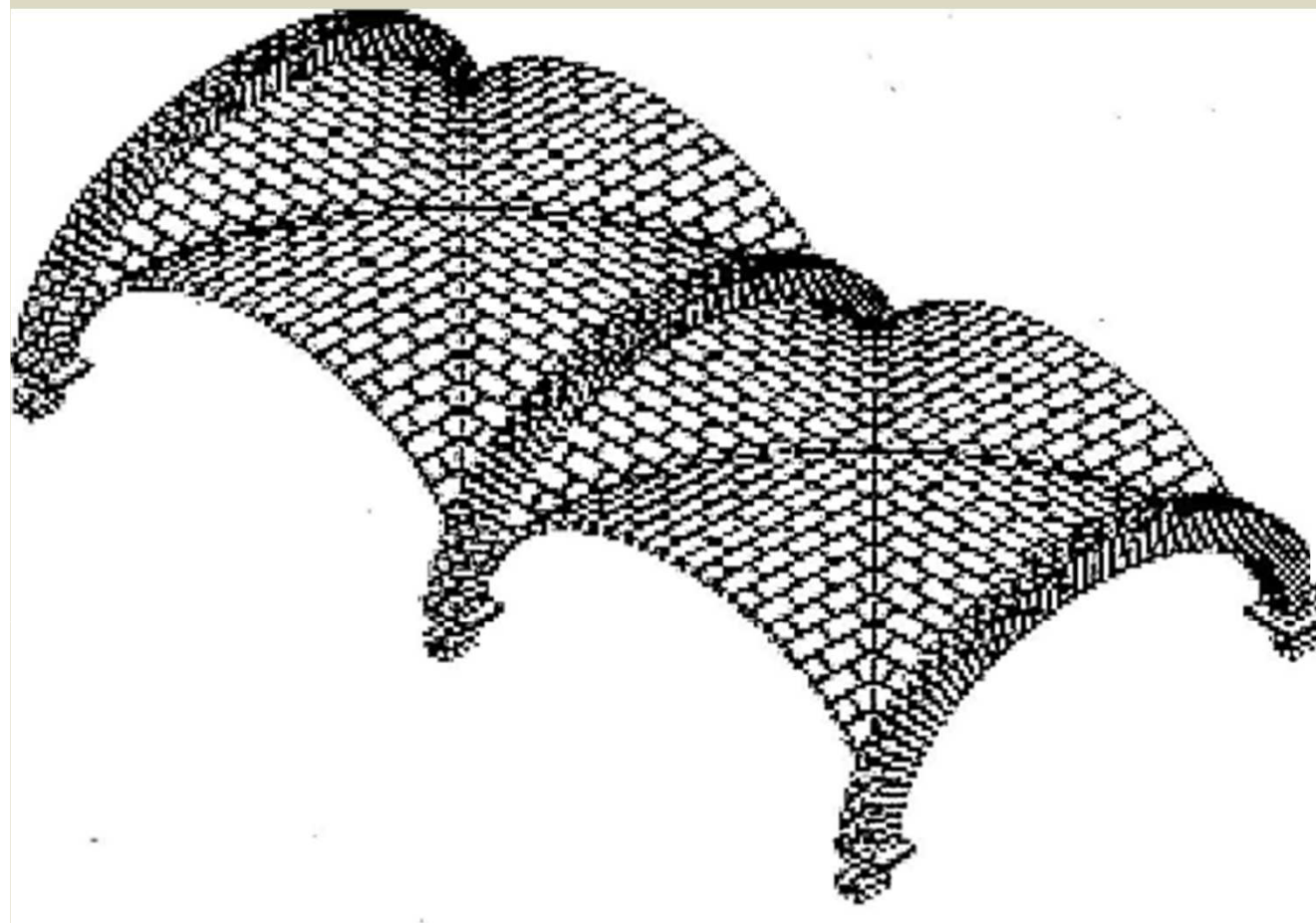
## LESIONI TIPICHE: Cornici in pietra delle finestre



Fratture in corrispondenza degli elementi lapidei della cornice della finestra

# ORIZZONTAMENTI - VOLTE

104



SPESSORI	
Pavimentazione:	2 cm
Massetto:	10 cm
Riempimento:	59 cm
Mattoni (25x14x5):	5 cm
Intonaco:	4 cm
<b>altezza totale</b>	<b>80 cm</b>



# ORIZZONTAMENTI- VOLTE



Lesioni sulla volta a crociera in muratura: puntellamento per evitarne il crollo.

## ORIZZONTAMENTI - VOLTE

106



Volta a crociera con mattoni pieni disposti in folio.

# ORIZZONTAMENTI- VOLTE



Crollo parziale di una volta a botte con mattoni pieni disposti in folio.

## ORIZZONTAMENTI - VOLTE



Crollo di porzione di volta a botte con mattoni pieni disposti in folio.

# ORIZZONTAMENTI - VOLTE



Crollo di porzione di volta a botte con mattoni pieni

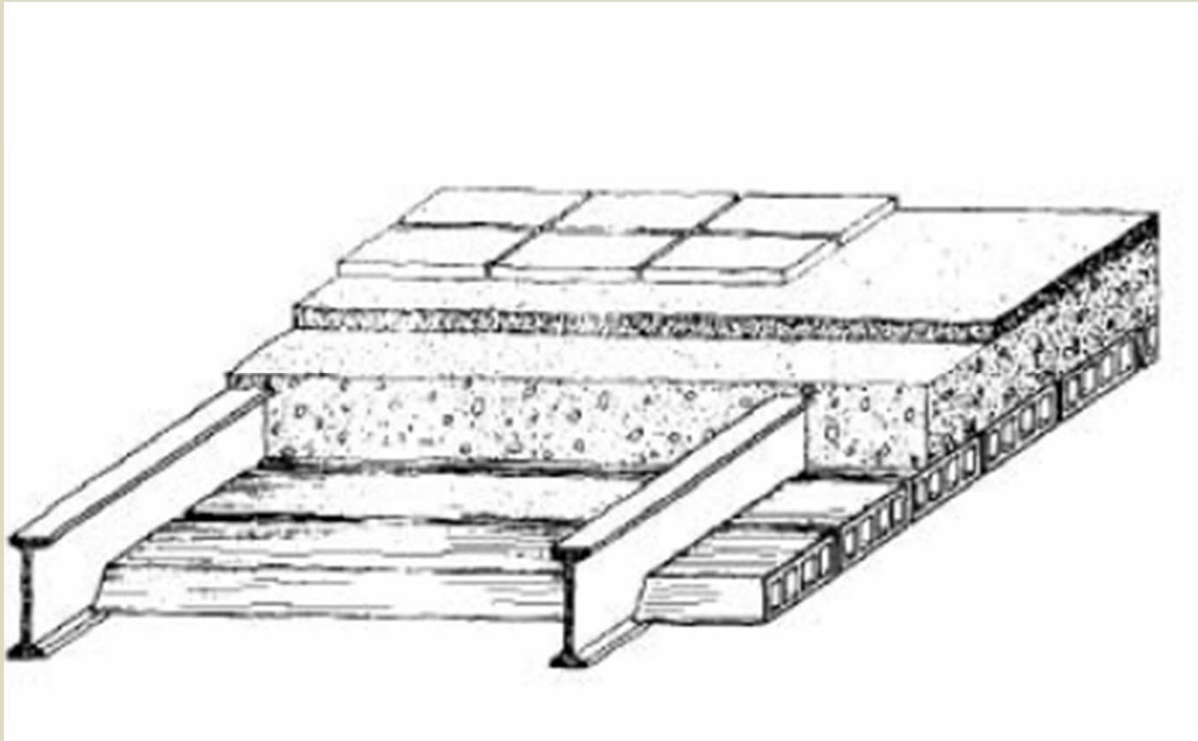
# ORIZZONTAMENTI - VOLTE



Crollo di porzione di volta a botte con mattoni pieni

# ORIZZONTAMENTI- SOLAIO IN PUTRELLE E TAVELLONI

111



<b>Pavimentazione:</b>	3 cm
<b>Massetto:</b>	4 cm
<b>Riempimento:</b>	6 cm
<b>Putrelle:</b>	12x6 cm
<b>Intonaco:</b>	1 cm
<b>Pacchetto di pavimentazione:</b>	20 cm

# ORIZZONTAMENTI - SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Lesioni su solaio in corrispondenza delle putrelle



## ORIZZONTAMENTI - SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Solaio visto da una vano scala. Fessure in corrispondenza delle putrelle

# ORIZZONTAMENTI - SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Solaio visto da una vano scala. Fessure in corrispondenza delle putrelle

## ORIZZONTAMENTI - PUTRELLE E TAVELLONI

115



Lesioni in corrispondenza di un solaio visibili al livello della pavimentazione

# ORIZZONTAMENTI - SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Fessure in corrispondenza delle putrelle;  
Lesioni a pavimento.



# STRUTTURE ORIZZONTALI -SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Distacco di intonaco dal solaio.

# STRUTTURE ORIZZONTALI -SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI



Cedimento del solaio in putrelle e tavelloni opportunamente puntellato e distacco di intonaco.

# STRUTTURE ORIZZONTALI -SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI

119



Crollo del controsoffitto in putrelle e tavelloni e della volta in muratura sovrastante

# STRUTTURE ORIZZONTALI - SOLAI PUTRELLE E TAVELLONI

120

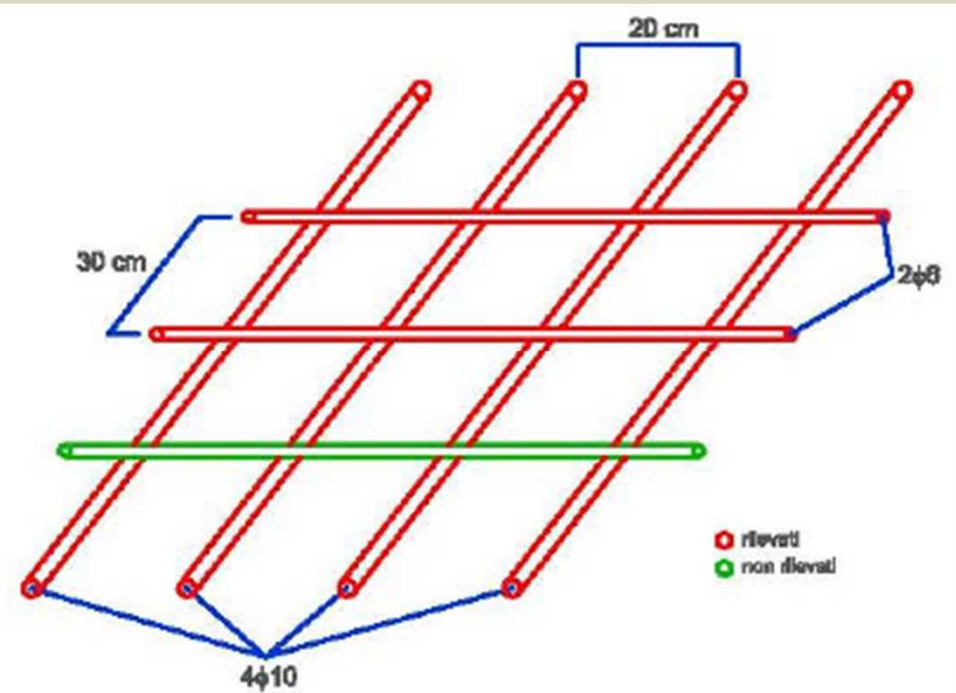


Distacco di intonaco dal solaio e lesioni in corrispondenza delle putrelle



# STRUTTURE ORIZZONTALI - SOLETTA PIENA IN CEMENTO ARMATO 121

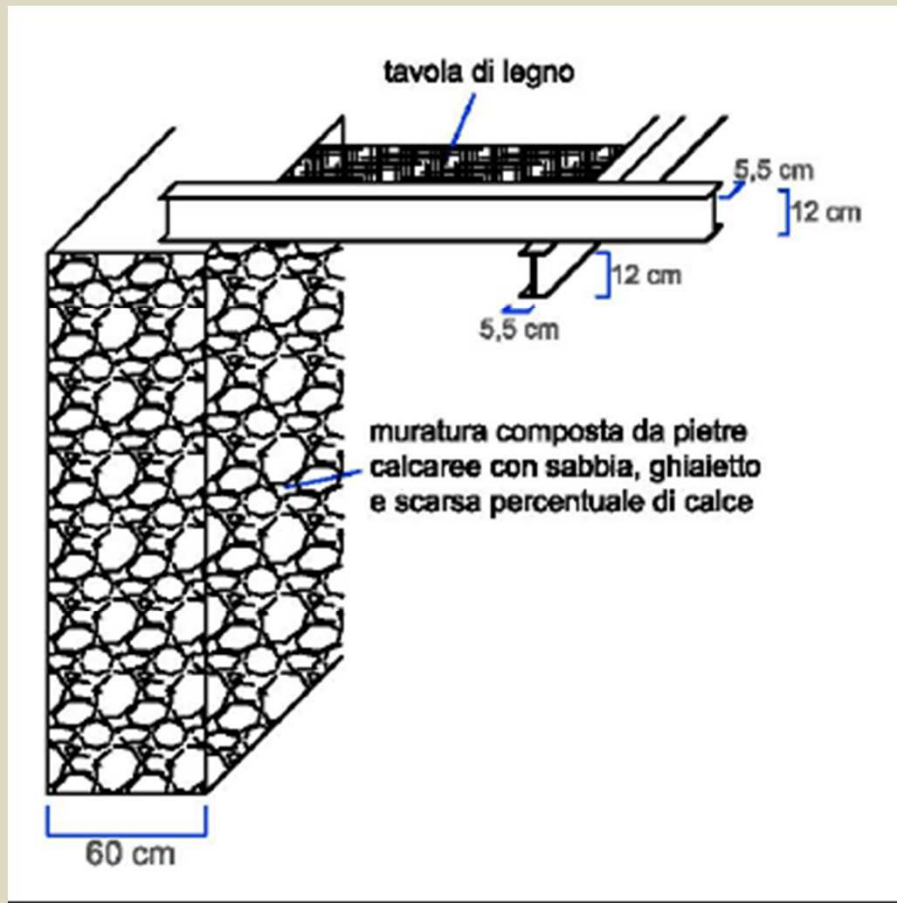
SPESSORI	
Pavimentazione:	1 cm
Calcestruzzo:	16 cm
Intonaco:	4 cm
Pacchetto di pavimentazione:	21 cm



# ORIZZONTAMENTI - SOLETTA PIENA IN CEMENTO ARMATO



# ORIZZONTAMENTI : Solai in putrelle e legno



## ORIZZONTAMENTI : Controsoffitti

124



Gravi lesioni in corrispondenza del controsoffitto con distacco di intonaco

## ORIZZONTAMENTI : solai in putrelle e voltine

125



Cedimento del solaio in putrelle e voltine opportunamente puntellato

# ORIZZONTAMENTI – Solaio in legno



# STRUTTURE ORIZZONTALI: solai in legno



Solaio in legno: crollo parziale

# STRUTTURE ORIZZONTALI: solai in legno



Solaio in legno: crollo parziale per sfilamento delle travi dalla muratura



# STRUTTURE ORIZZONTALI - SOLAI IN LEGNO

129



Lesione verticale data dall'appoggio della trave del solaio sulla muratura, in assenza del cordolo sommitale.

Solaio di copertura in legno

## ORIZZONTAMENTI – solaio in legno

130



Cassettonato in legno: umidità

# ORIZZONTAMENTI – solaio in legno

131



# ORIZZONTAMENTI – COPERTURE IN LEGNO



CAPRIATA IN LEGNO



Capriata in legno: la cattiva esecuzione della stessa ha portato al suo disfacimento ed al conseguente crollo del tetto

# ORIZZONTAMENTI: Copertura in laterocemento



Puntellamento della copertura in laterocemento



Lesione orizzontale per martellamento/sfilamento della copertura a quota inferiore

## COPERTURE



La scomposizione dei coppi a seguito del sisma costituisce una fonte di problemi anche in quanto permette l'infiltrazione dell'acqua



# ELEMENTI DI COLLEGAMENTO VERTICALI

137



Scala in putrelle e tavelloni. Lesioni a livello delle putrelle

# ELEMENTI DI COLLEGAMENTO VERTICALI



Scala in putrelle e tavelloni. Lesioni a livello delle putrelle sulla rampa e sul pianerottolo.

## ELEMENTI DI COLLEGAMENTO VERTICALI

139



Scala in muratura con gradini lapidei da conservare

# SCALA VOLTINE ALLA ROMANA

140



Scala «volta alla romana»

# STRUTTURE ORIZZONTALI: ARCHI E CUPOLE

141



Arischia: Interno della Chiesa di San Domenico, lesioni passanti

# STRUTTURE ORIZZONTALI: ARCHI E CUPOLE



Arischia: Interno della Chiesa di San Domenico, cerchiatura dei pilastri

# STRUTTURE ORIZZONTALI: ARCHI E CUPOLE



Arischia: Interno della Chiesa di San Domenico

# STRUTTURE ORIZZONTALI: ARCHI E CUPOLE

Arischia: Interno della Chiesa di San Domenico, lesioni sulle arcate





# STRUTTURE ORIZZONTALI: ARCHI E CUPOLE

**L'Aquila: Chiesa Santa Maria del Suffragio**

**Opera provvisoria per la copertura della cupola crollata**



## L'Aquila: Chiesa Santa Maria del Suffragio



# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

147

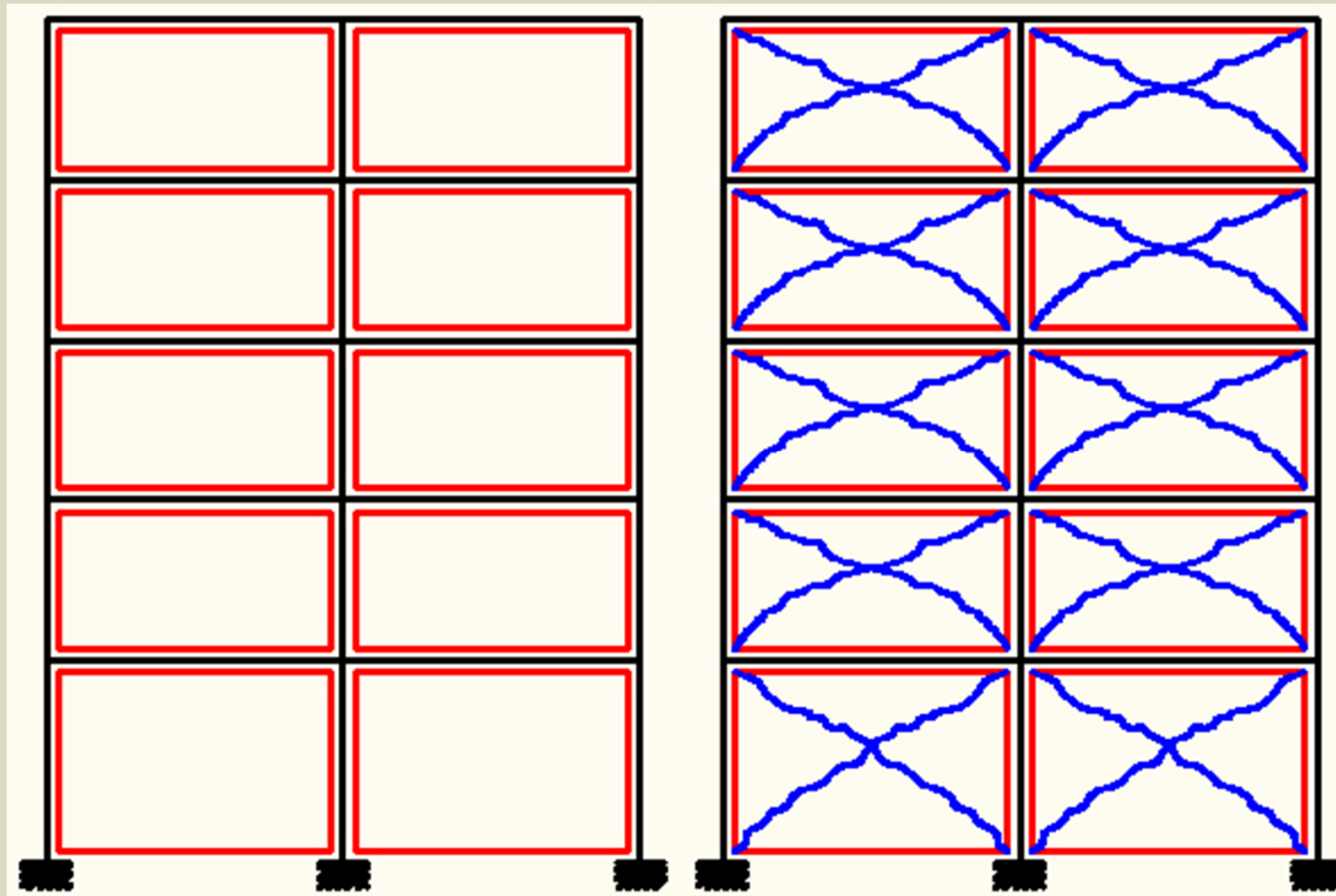
## Cause di dissesto nel cemento armato

- Utilizzo materiali non idonei;
- Cattiva esecuzione ;
- Non corretto posizionamento dell' armatura di confinamento e in particolare in corrispondenza dei nodi trave-pilastri;
- Non adeguato spessore del copriferro;
- Errori progettuali che provocano l'instaurarsi di meccanismi fragili di taglio.

## Danni

- 1) Espulsione della tamponatura;
- 2) Croce in corrispondenza della tamponatura;
- 3) Danni agli infissi;
  - 1) Meccanismi flessionali ;
  - 2) Meccanismi fragili di taglio

# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



MECCANISMO DI PUNTONE COMPRESSO



L'Aquila: esterno dell'edificio ex Isef - lesione in corrispondenza della tamponatura in prossimità del telaio strutturale



© Reluis 2009  
[www.reluis.it](http://www.reluis.it)



Meccanismo di puntone compresso

# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO







L'Aquila: interno dell'edificio ex Isef - lesione in corrispondenza dell'apertura

# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Lesioni in corrispondenza della scala in cemento armato





Espulsione della muratura



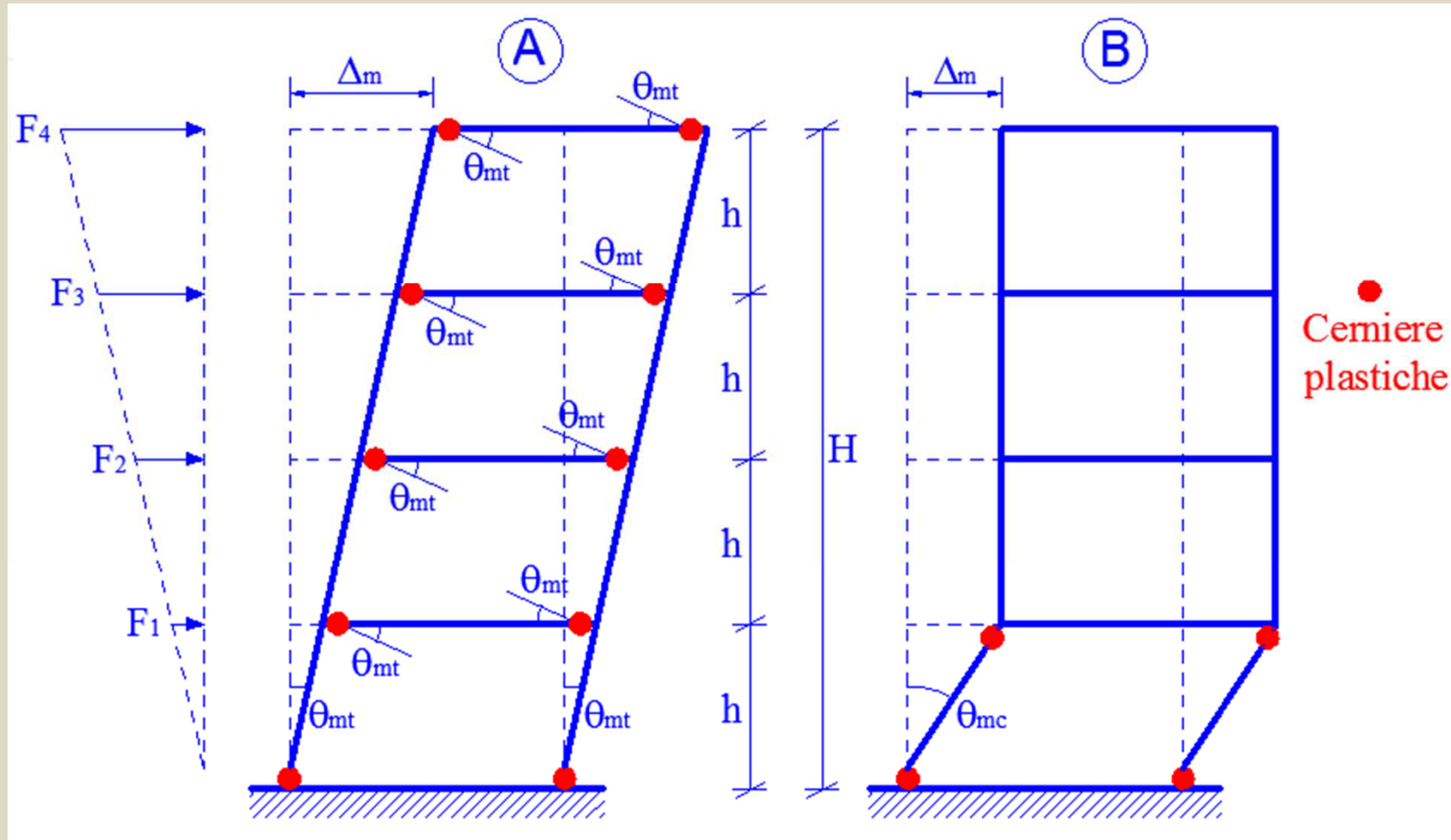
Espulsione copriferro in corrispondenza del pilastro

# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



MECCANISMO FLESSIONALE: Crisi dell'armatura longitudinale del pilastro

## SCHEMATIZZAZIONE MECCANISMO DEL PIANO SOFFICE



A) MECCANISMO GLOBALE

B) MECCANISMO DI PIANO SOFFICE

# STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO



MECCANISMO DEL PIANO SOFFICE: collasso totale del piano terra dell'edificio



## MECCANISMI FRAGILI DI TAGLIO

ESPULSIONE DEL COPRIFERRO in corrispondenza del nodo trave pilastro a causa del mancato confinamento dei ferri.



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

**E' vietato riprodurre il contenuto di questo file senza autorizzazione.  
Le immagini ed i contenuti di tale presentazione sono utilizzati esclusivamente a  
scopo didattico**

