



**Lunedì 5 dicembre ore 14.15
Cittadella dell'Edilizia**

Via Banchina dell'azoto, 15 - Marghera

in collaborazione con:



DICEA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale
Università di Padova

Interventi di miglioramento sismico su edifici tradizionali in muratura e/o calcestruzzo



ing. Alessandro Gasparini e.mail: alessandro.gasparini@dicea.unipd.it

Libero professionista - Padova

Collaboratore Dipart. Ingegneria Civile Edile e Ambientale

Alcuni problemi degli edifici tradizionali in muratura e c.a.

Edifici in Muratura

Mancanza di un comportamento scatolare (possibilità di attivazione di meccanismi di collasso fuori piano)

Insufficiente resistenza a taglio della muratura

Effetti di interventi non coordinati (aggiunte/ampliamenti/riduzione di sezione muraria/forometrie/etc)

Edifici in Calcestruzzo Armato

Mancanza di elementi resistenti alle azioni orizzontali in una direzione (edifici progettati solo per azioni verticali)

Effetto dei tamponamenti (inibiscono il comportamento a telaio nudo/creano pilastri tozzi/irregolarità, etc)

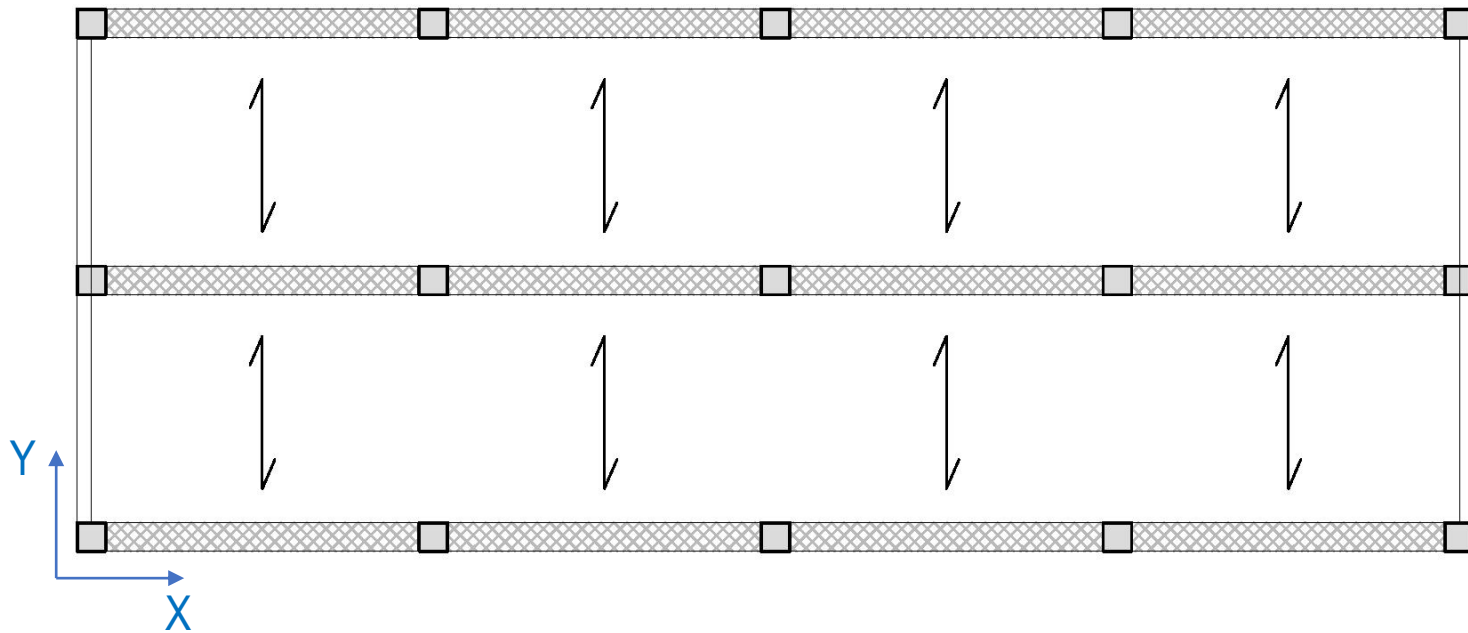
Possibilità di piano soffice (piano terra ad uso commerciale e piani superiori tamponati)

Scarsa cura nei dettagli costruttivi dei nodi e staffatura insufficiente

Irregolarità in pianta e in elevazione

Mancanza delle strutture: edifici in c.a.

Telaio in c.a. Unidirezionale



Direzione X



Direzione Y



Mancanza delle strutture: edifici in muratura

Controllo della Regolarità in pianta e dell'area resistente

Confronto piante piano terra edificio storico dal 1950 al 2010

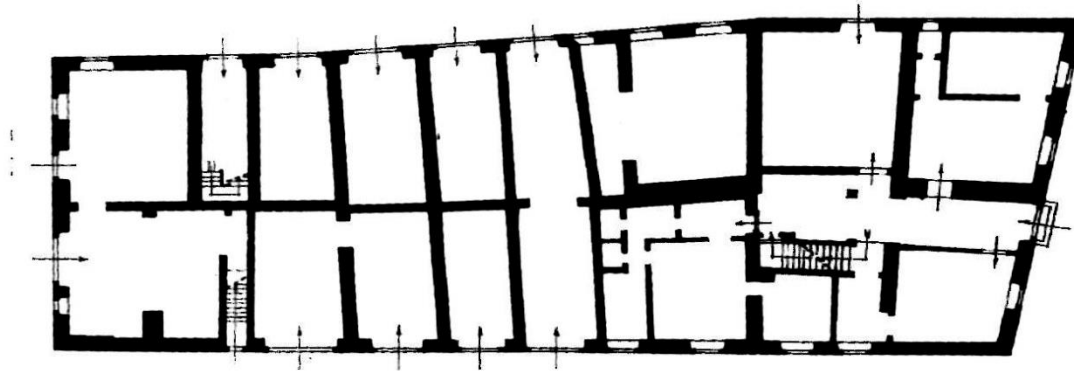


Figura 4. Edificio centro storico di Firenze, pianta piano terra anno 1950.

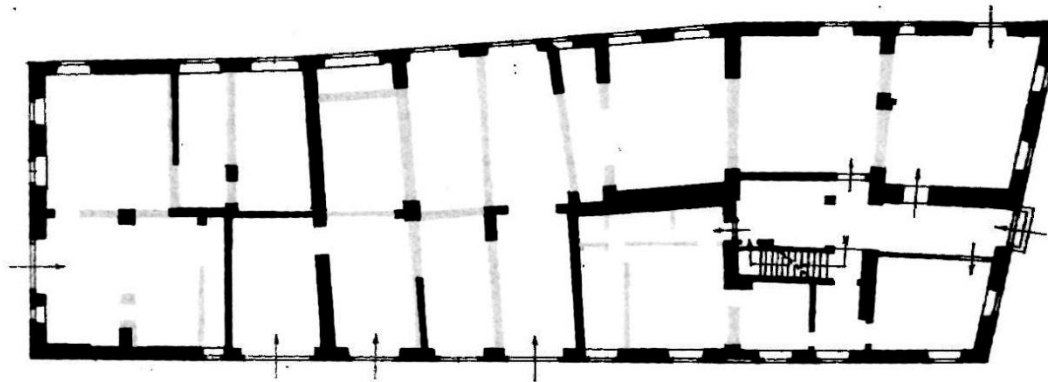
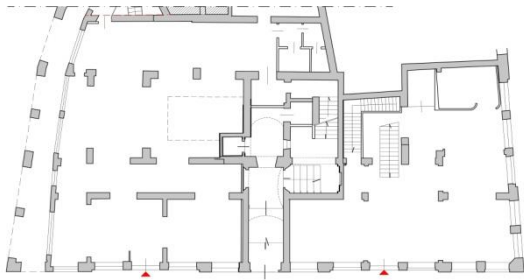


Figura 5. Edificio centro storico di Firenze, pianta piano terra anno 2010.

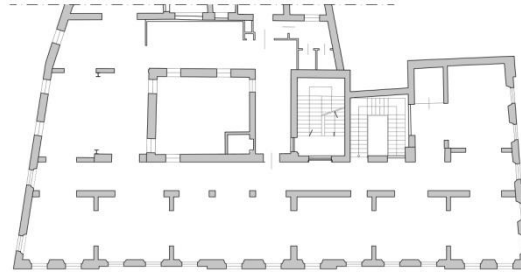
Mancanza delle strutture: edifici in muratura

Controllo della Regolarità in pianta e dell'area resistente

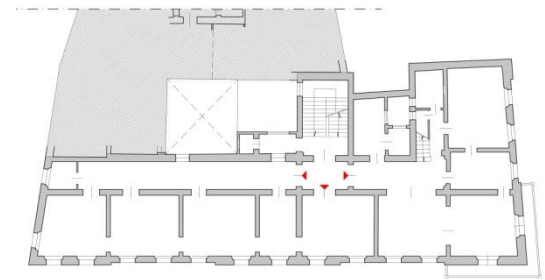
Palazzetto



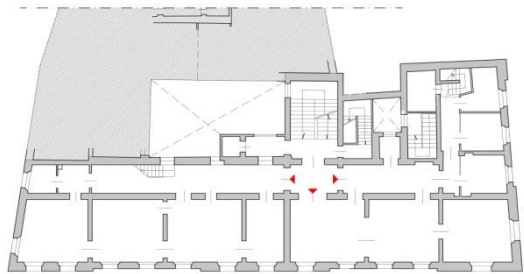
PIANO TERRA (NEGOZI)



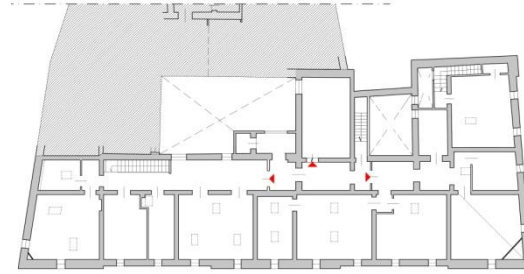
PIANO PRIMO (NEGOZI)



PIANO SECONDO (UFFICI)



PIANO TERZO (UFFICI)



PIANO QUARTO (RESIDENZE)

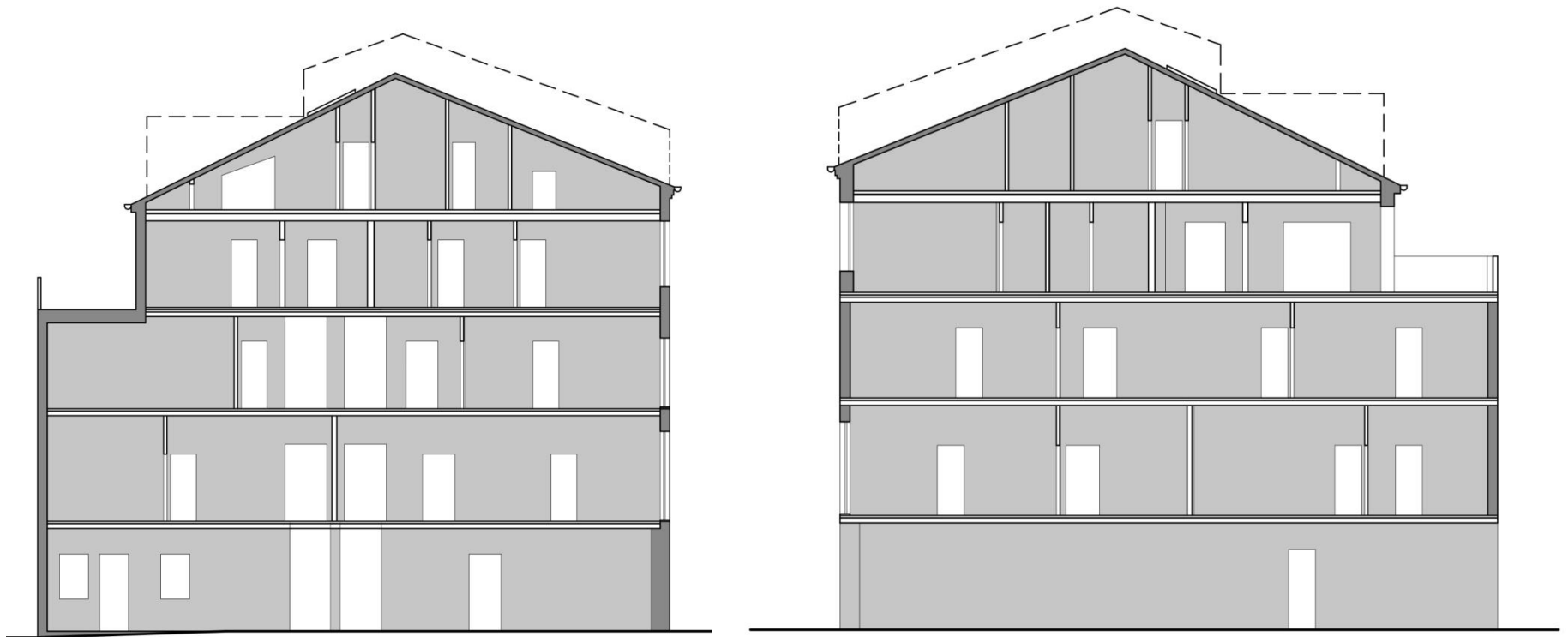
Densità strutturale CRESCENTE con l'altezza !?!

Purtroppo situazione frequente legata alle modifiche nel tempo legate alle destinazione d'uso

Mancanza delle strutture: edifici in muratura

Esame degli alzati delle pareti portanti

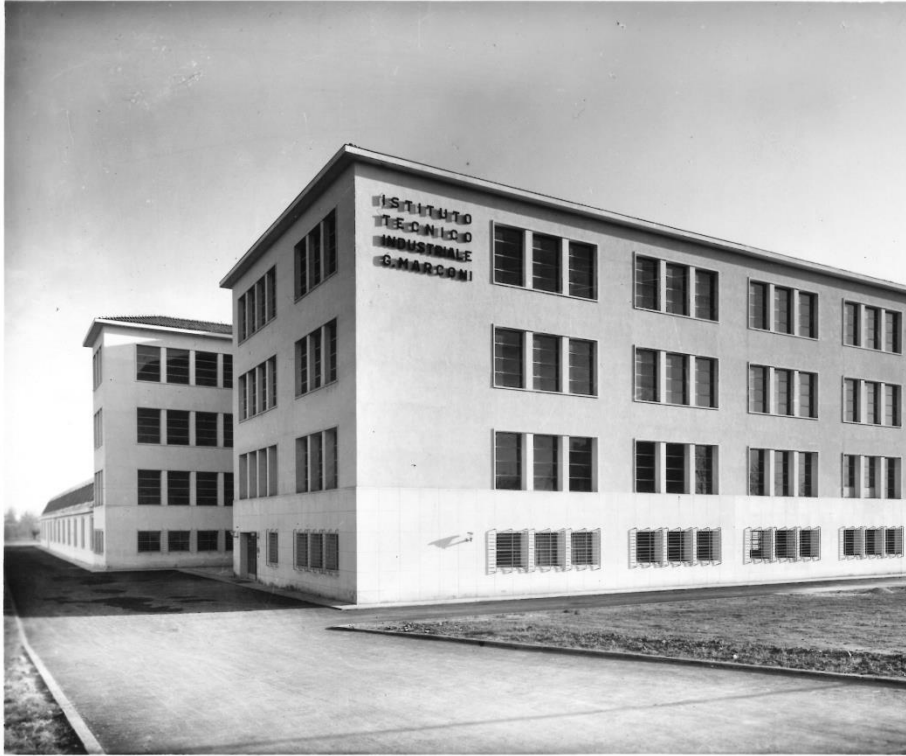
Vanno realizzati gli alzati di tutte le pareti portanti (non dei soli prospetti esterni) e verificato l'allineamento delle forometrie



Prospetti di due pareti portanti interne di un palazzetto oggetto di una perizia statica

INTRODUZIONE

Ampliamenti e aggiunte



Gli edifici sono inizialmente concepiti in un certo modo...



INTRODUZIONE

Ampliamenti e aggiunte

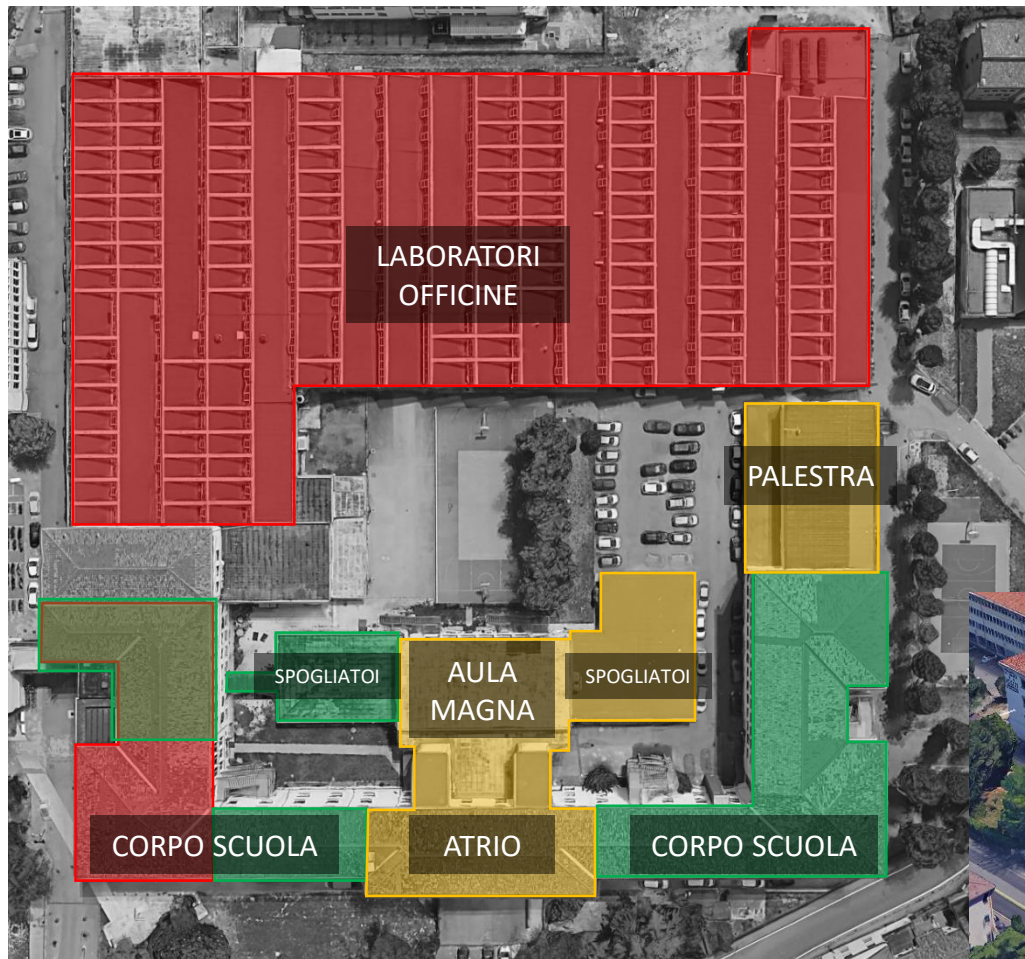


Gli edifici sono inizialmente concepiti in un certo modo...



INTRODUZIONE

Ampliamenti e aggiunte



I LOTTO (1953)

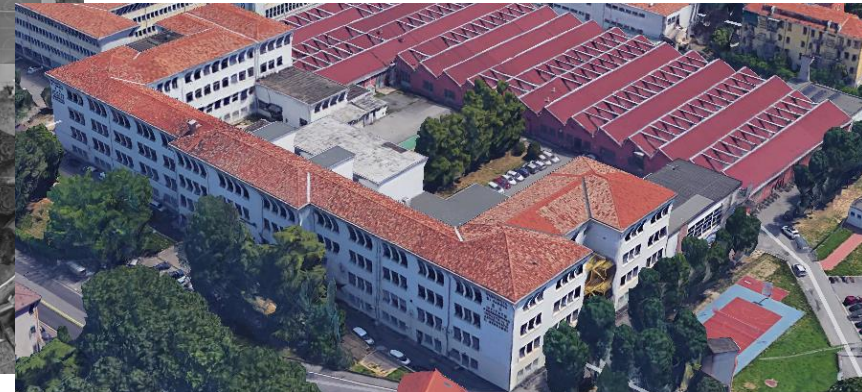
- Laboratori e officine
- Corpo scuola ala Nord (9 aule)

II LOTTO (1954):

- Completamento corpo scuola ala Nord
- Corpo scuola
- Parte di spogliatoi e lavabi

III LOTTO (1960):

- Atrio e aula magna
- Palestra con docce e servizi



...e molto frequentemente negli anni successivi vengono realizzati nuovi ampliamenti o superfetazioni per far fronte a nuove esigenze, diverse destinazioni d'uso, ecc.

INTRODUZIONE

Sopraelevazioni



LEGENDA

- 1) Sopraelevazione ali nord e sud (anni '60)
- 2) Realizzazione copertura ala ovest (anni '60)
- 3) Intervento su cavedio (1969)
- 4) Ristrutturazione primo piano ala est (1970)
- 5) Realizzazione passo carraio ala est (2002)

Elaborato del 2011

Istituto scolastico realizzato nel 1935

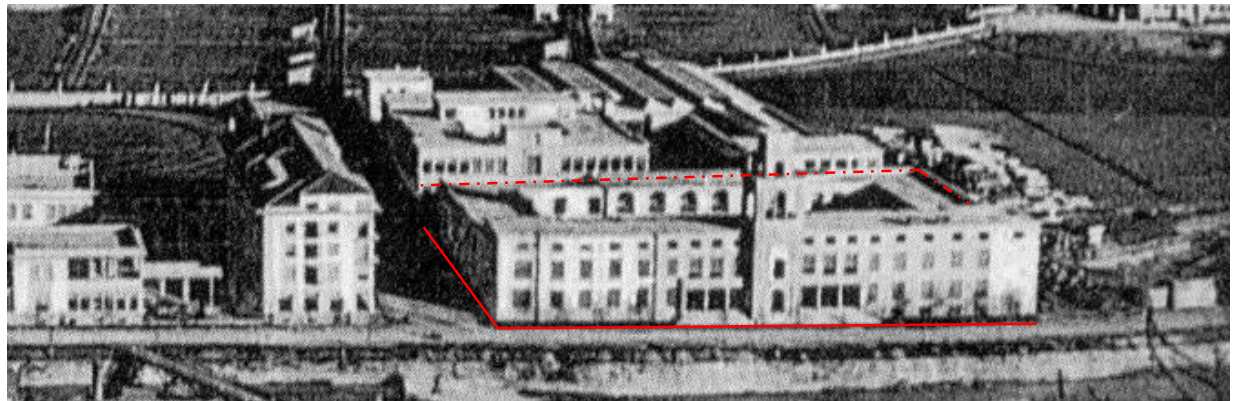
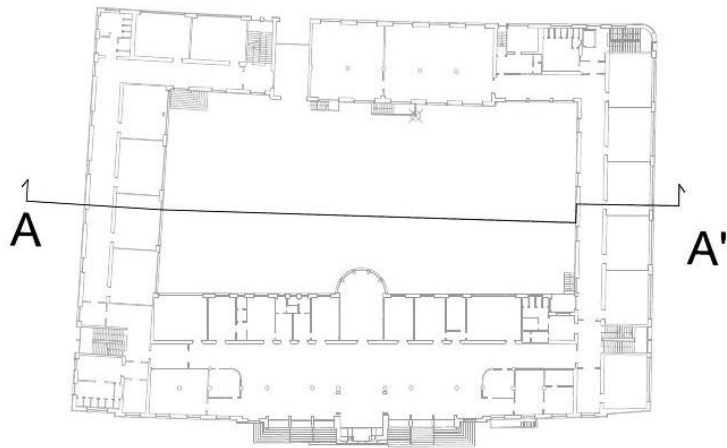


Foto storica – prima delle sopraelevazioni

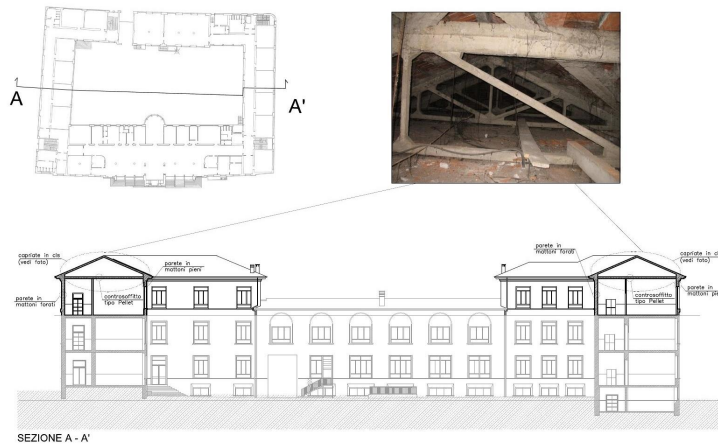
INTRODUZIONE

Sopraelevazioni



SEZIONE A - A'

L'importanza della conoscenza



L'importanza di una adeguata conoscenza della struttura (ricerche storiche, disegni di progetto, rilievi metrici, ecc) è **FONDAMENTALE** per una corretta valutazione e successivo sviluppo di un progetto di intervento.

NOTA:

Molti associano ad una adeguata conoscenza (LC1,LC2,LC3) il rispetto delle sole indicazioni della circolare relative a 1,2 o 3 carotaggi ogni 300 mq di piano, 1,2 o 3 prelievi di barre di armatura, ecc. Importanti da un lato ma quasi ininfluenti se ad esempio non è nota adeguatamente la geometria.

Introduzione

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617

*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*

C8A.5. CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DI EDIFICI IN MURATURA

C8A.5.1 INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

C8A.5.2 INTERVENTI SUGLI ARCHI E SULLE VOLTE

C8A.5.3 INTERVENTI VOLTI A RIDURRE L'ECESSIVA DEFORMABILITÀ DEI SOLAI

C8A.5.4 INTERVENTI IN COPERTURA

C8A.5.5 INTERVENTI CHE MODIFICANO LA DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI VERTICALI RESISTENTI

C8A.5.6 INTERVENTI VOLTI AD INCREMENTARE LA RESISTENZA NEI MASCHI MURARI

C8A.5.7 INTERVENTI SU PILASTRI E COLONNE

C8A.5.8 INTERVENTI VOLTI A RINFORZARE LE PARETI INTORNO ALLE APERTURE

C8A.5.9 INTERVENTI ALLE SCALE

C8A.5.10 INTERVENTI VOLTI AD ASSICURARE I COLLEGAMENTI DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

C8A.5.11 INTERVENTI IN FONDAZIONE

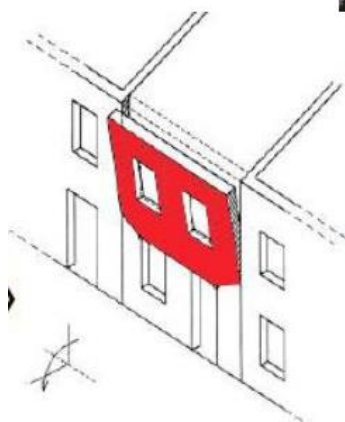
C8A.5.12 REALIZZAZIONE DI GIUNTI SISMICI

Ripristino del comportamento «scatolare» della struttura

INTERVENTI SU EDIFICI IN MURATURA

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Meccanismi di danno di 1° modo



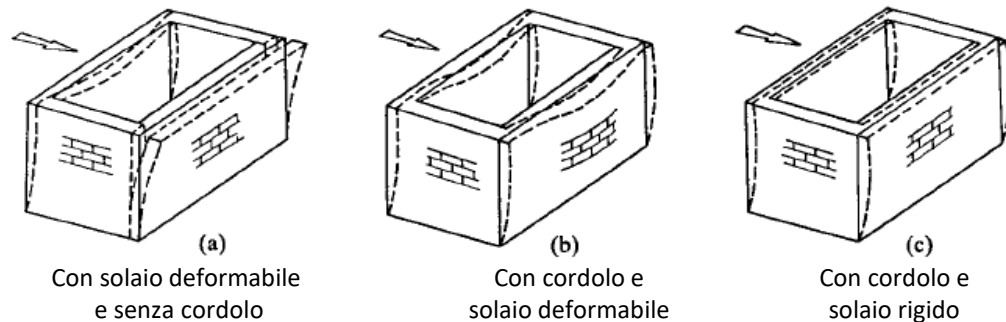
L'Aquila - periferia

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Necessità di buoni collegamenti : **CORDOLI**

Funzioni svolte dal cordolo:

- Vincolo alle pareti sollecitate ortogonalmente al proprio piano
- Collegamento longitudinale dei muri di controventamento tra loro complanari, consentendo la redistribuzione delle azioni orizzontali
- Maggiore stabilità e iperstaticità d'insieme
- Distribuzione di eventuali carichi concentrati

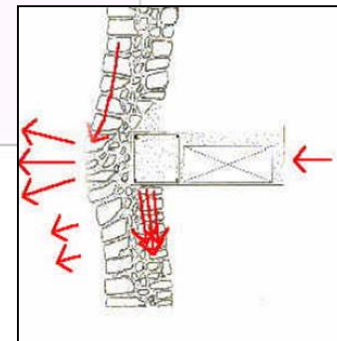
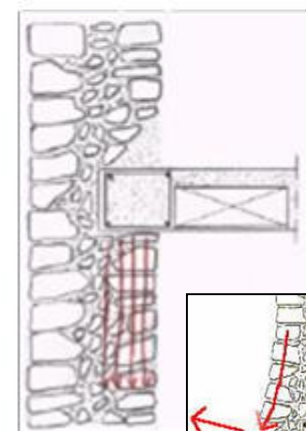
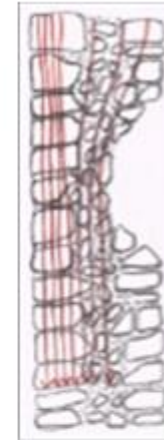


Nota: Parte di queste funzioni possono essere svolte dalle **catene con capochiave**
(esse però sono collegate alla parete solo in alcuni punti
e non sono dotate di rigidezza flessionale)

INTERVENTI SU EDIFICI IN MURATURA

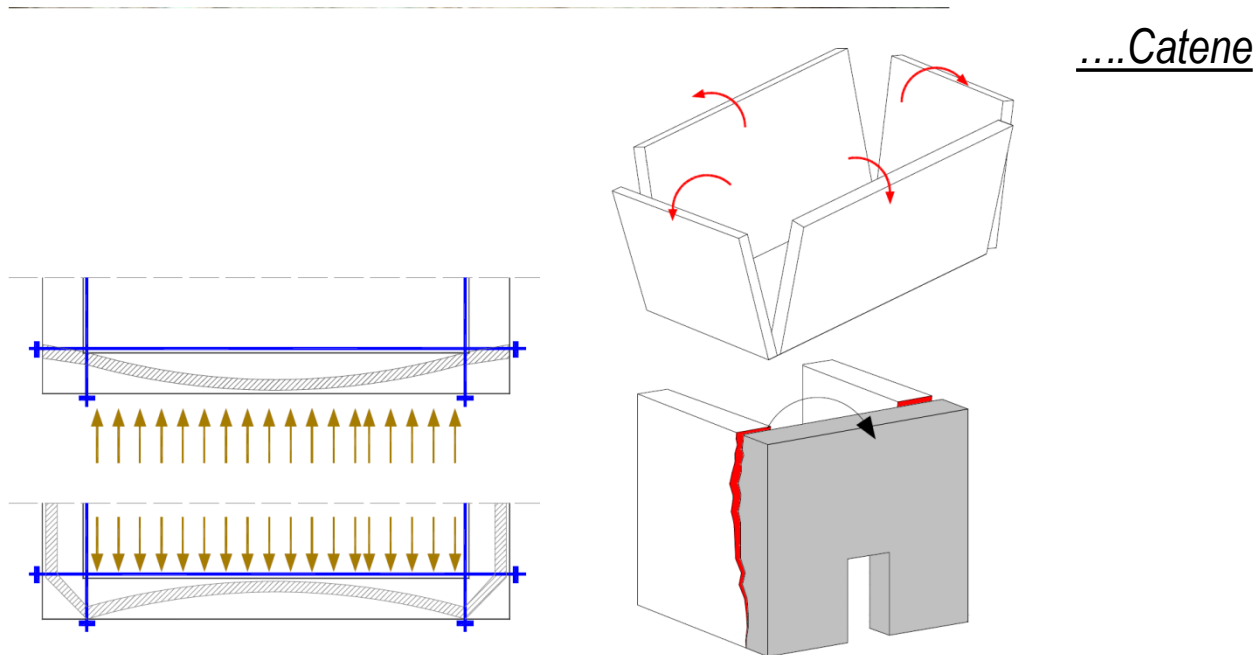
Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Inserimento solaio in latero cemento su edificio esistente



Non vanno mai realizzati **cordoli continui in breccia**, che interessino solo parte dello spessore specie su murature con doppio paramento !!

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

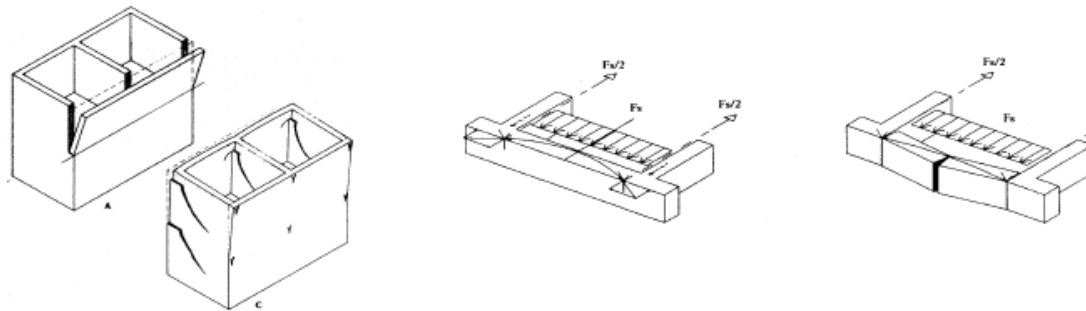


N.B. Un sistema completo di catene lungo le pareti è in grado (con schemi ad arco orizzontale) di fornire un ritegno ortogonale alla parete (efficace sino a $L/t < 10$)

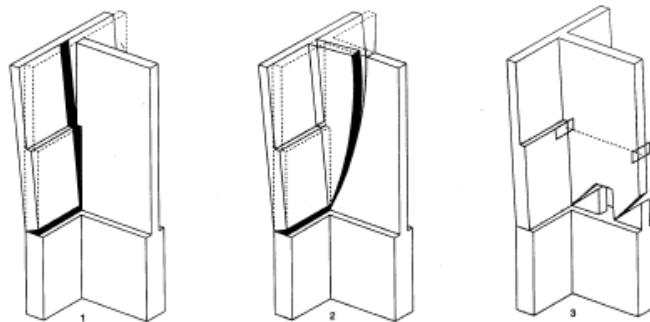
Per la formazione di un sistema scatolare le catene vanno disposte lungo tutti gli allineamenti murari portanti

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Funzioni delle catene per la risposta ad azioni fuori del piano (edifici storici):

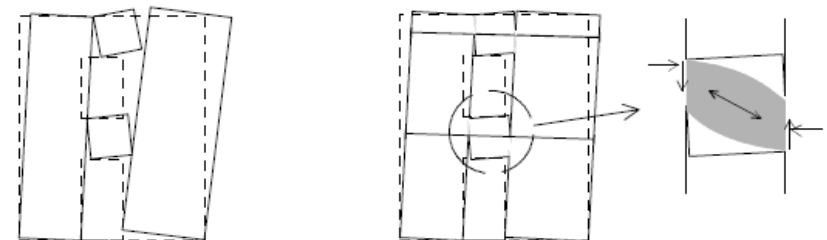


....Catene



No ammortamento Con ammortamento Con catena

Funzione delle catene per la risposta ad azioni nel piano della parete (edifici storici):



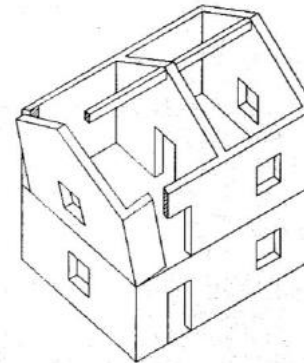
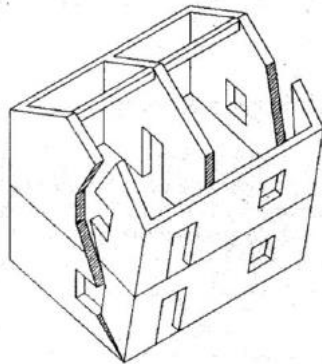
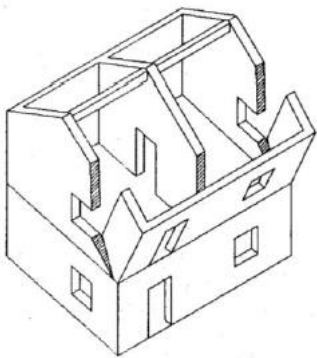
senza catene

con catene

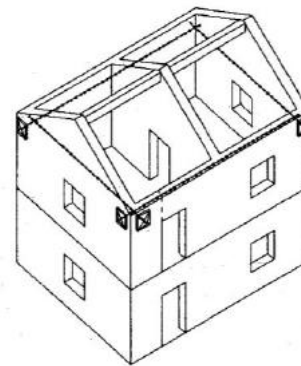
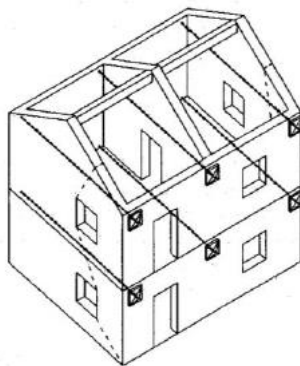
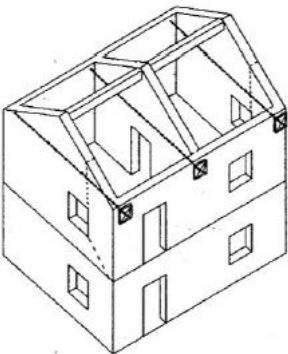
INTERVENTI SU EDIFICI IN MURATURA

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Tiranti e catene



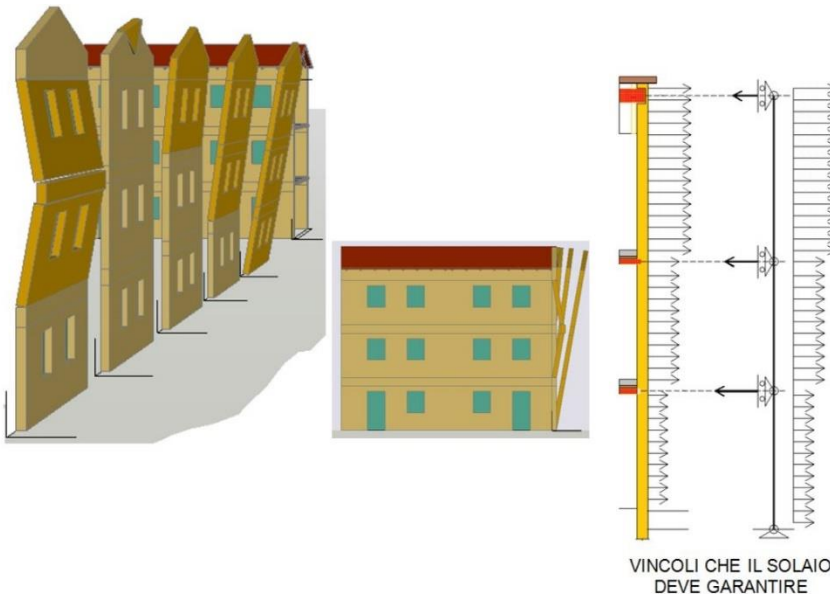
Meccanismi di collasso



Comportamento con
catene

è chiaro il contributo positivo delle catene

Irrigidimento impalcati lignei e collegamento alle pareti



Nei confronti sia della stabilità generale della costruzione che in caso di sisma, il ruolo svolto dal solaio è fondamentale per:

- a) trattenimento e stabilizzazione delle pareti nei confronti delle azioni fuori dal piano; **(fondamentale)**
- b) ripartizione delle azioni orizzontali tra le varie pareti parallele all'azione; **(importante ma non fondamentale)**

In entrambi i casi l'impalcato deve avere un efficace collegamento con le murature (cordoli, angolari, barre, tiranti, ecc.).

Nota: le azioni di trattenimento fuori piano devono essere trasferite alle pareti ortogonali.

L'impalcato deve essere quindi collegato a **TUTTE** le pareti.

Per svolgere la funzione **a)** l'impalcato deve inoltre possedere un minimo di resistenza e rigidità nel piano.

Per svolgere la funzione **b)** l'impalcato deve invece possedere un'elevata rigidità (cosiddetto solaio infinitamente rigido) e corrispondente ed adeguata resistenza nel piano.

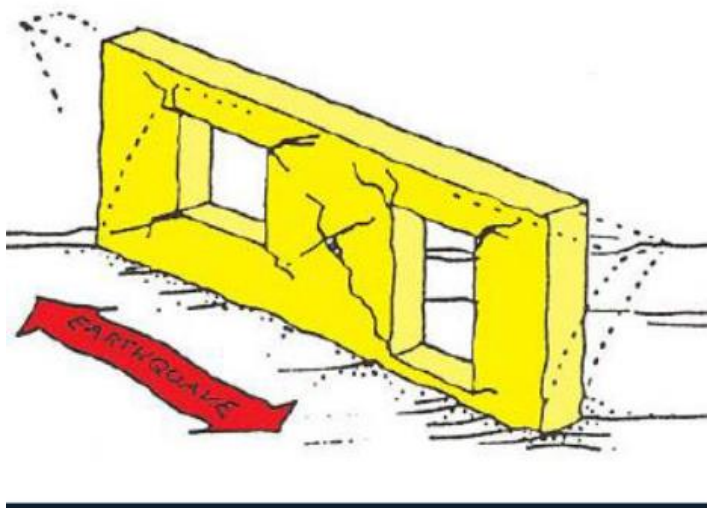
Irrigidimento impalcati lignei e collegamento alle pareti



Esempio di irrigidimento dei solai nel piano mediante la posa di un doppio tavolato incrociato e cerchiatura di bordo con profilo angolare metallico fissato alla muratura ed al solaio



Resistenza nel piano delle pareti



La resistenza nel piano si può sviluppare se i meccanismi di 1° modo sono inibiti.



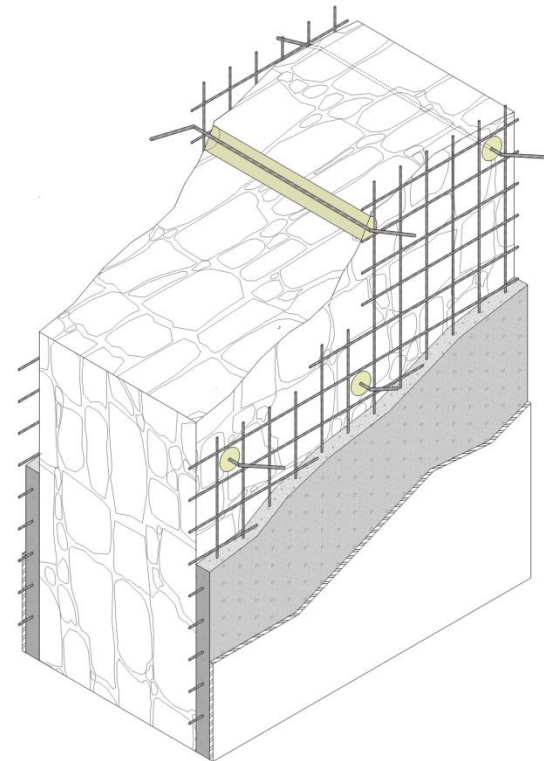
INTERVENTI SU EDIFICI IN MURATURA

Incremento della resistenza dei maschi murari

Iniezioni con miscele leganti



Rinforzo con intonaco armato



Telai di cerchiatura su nuovi fori

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni - NTC08»

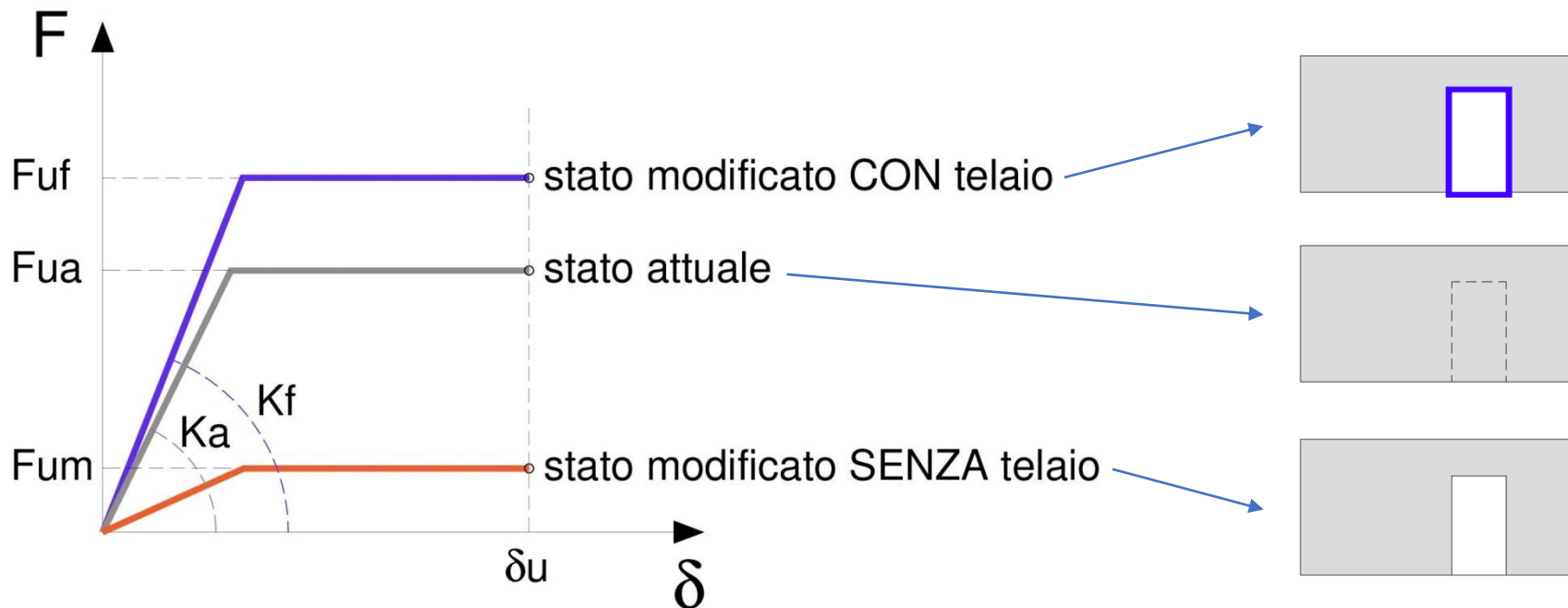
C8A.5.5 INTERVENTI CHE MODIFICANO LA DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI VERTICALI RESISTENTI

.....

La realizzazione di nuove aperture, se non strettamente necessaria, va possibilmente evitata; nel caso in cui la conseguente riduzione di rigidezza risulti problematica per la risposta globale, sarà disposto un telaio chiuso, di rigidezza e resistenza tali da ripristinare per quanto possibile la condizione preesistente.

.....

Nuove aperture e TELAI CHIUSI
Spesso impiegati per non ricadere nell'obbligatorietà dell'**Adeguamento**.
Non bisogna abusarne !!!



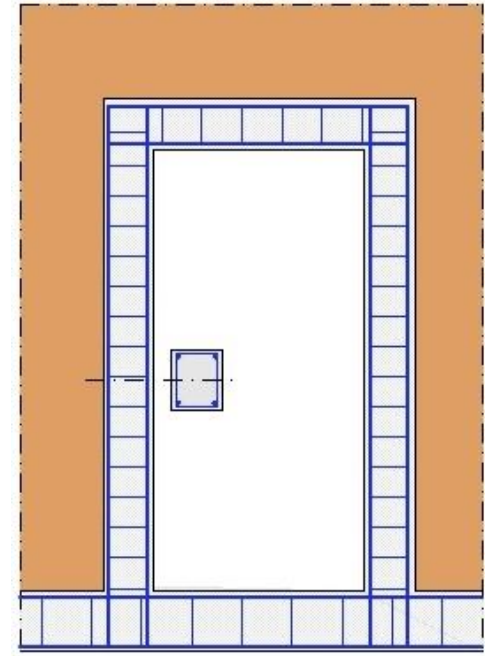
INTERVENTI SU EDIFICI IN MURATURA

Telai di cerchiatura su nuovi fori

Telai metallici

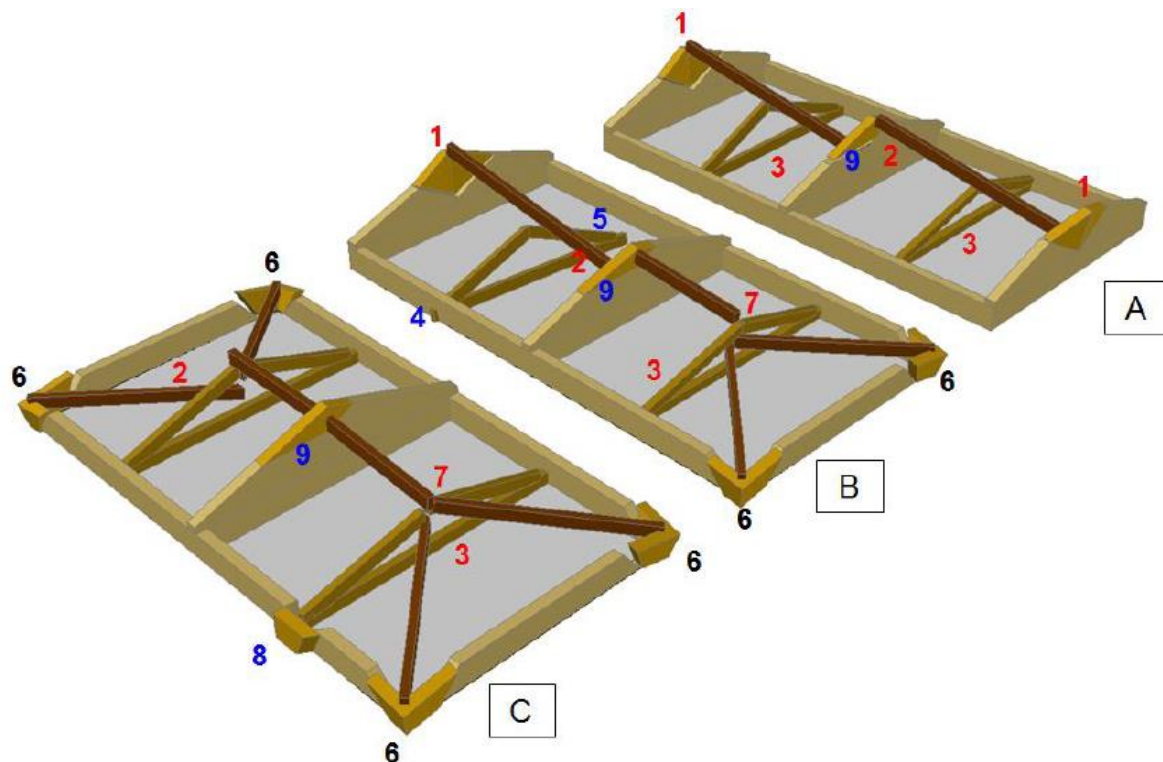


Telai in c.a.



Interventi in copertura

Fondamentale nelle coperture lignee garantire un adeguato collegamento tra le varie parti per evitare disarticolazioni e collassi parziali o totali.



Le accelerazioni sismiche sono più elevate nella parte superiore del fabbricato. Importante quindi contenere la massa sismica.

Ricordare che $F = M \cdot a$!!!

Disarticolazione della copertura per mancanza o insufficienza di collegamenti

Strategie di intervento

INTRODURRE LE CONNESSIONI NECESSARIE PER SCATOLARE L'EDIFICIO

evitare i meccanismi di 1° modo, la fuoriuscita delle travi, in generale evitare che si attivino le sconnessioni ecc...

CONTROLLO GLOBALE SULLA QUANTITA' DELLE PARETI MURARIE DISPONIBILI PER RESISTERE ALL'AZIONE SISMICA

regolarità in pianta ed in altezza, pareti nelle due direzioni ecc....

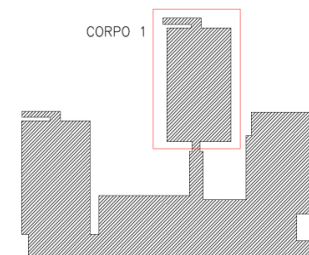
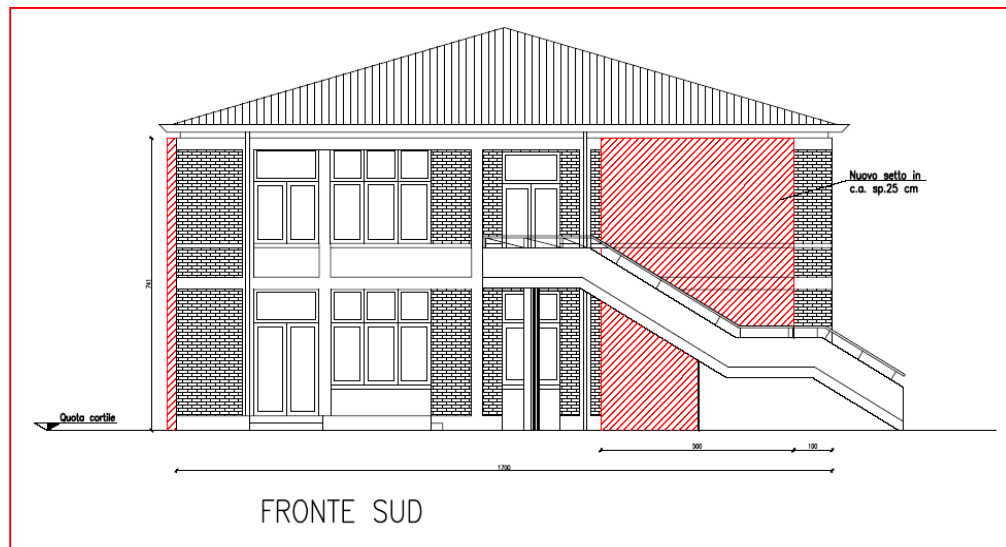
ANALISI SISMICA GLOBALE PER EDIFICI COMPLESSI

corretta solo se sono impediti i meccanismi di primo modo

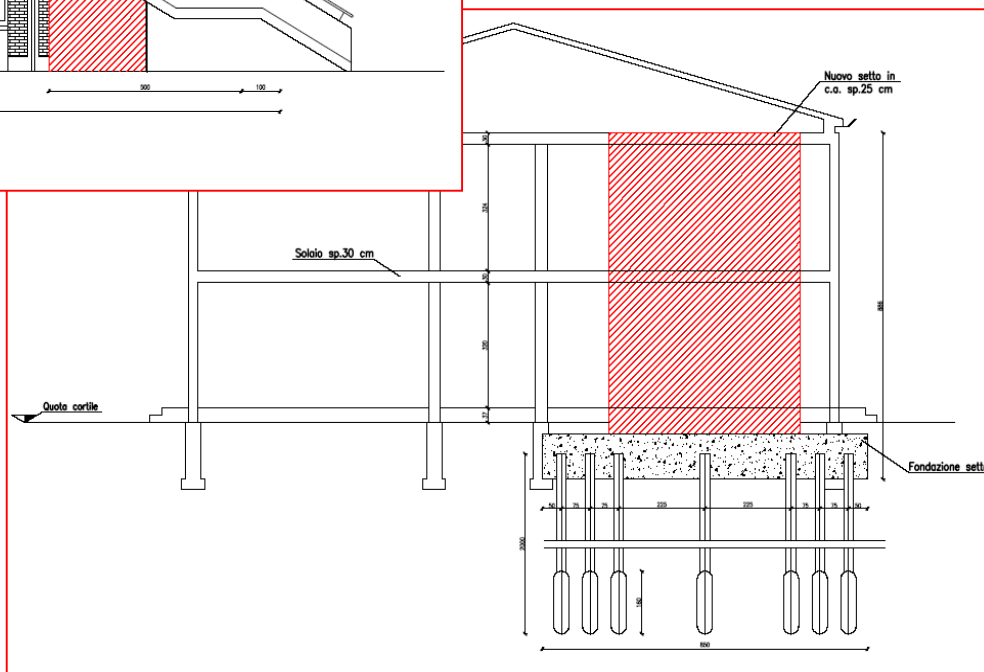
TUTTO SENZA AUMENTARE I PESI

Aggiunta di nuove strutture

Nuovi setti in c.a.

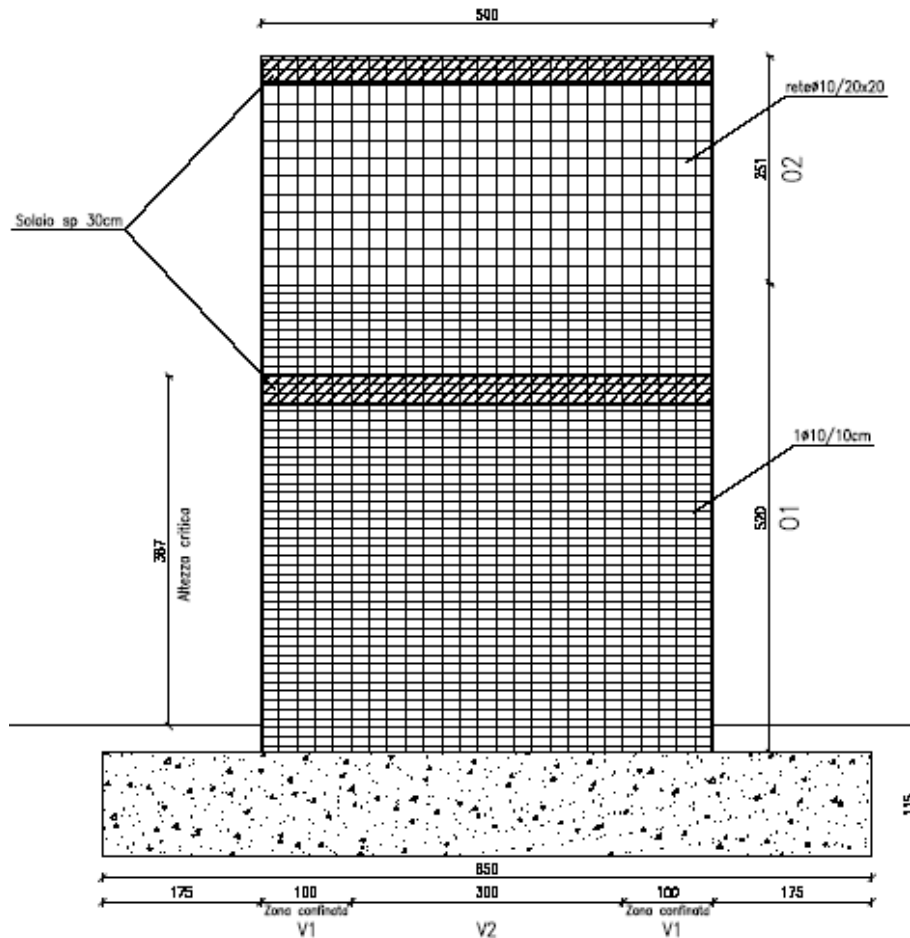


adeguamento sismico
di edificio scolastico

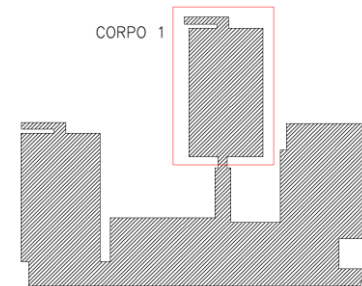
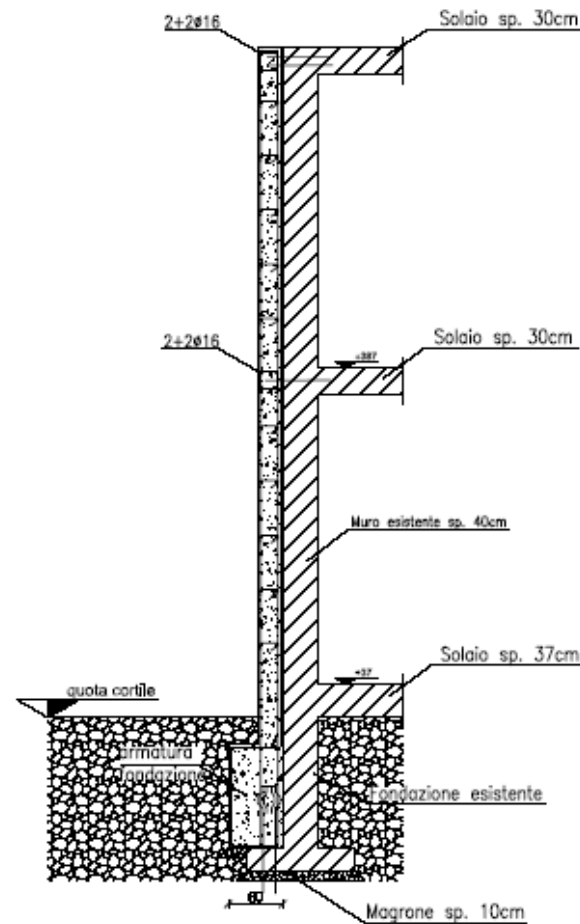


Aggiunta di nuove strutture

adeguamento sismico di
edificio scolastico



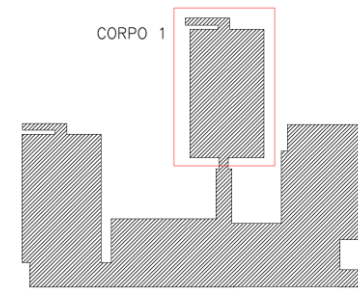
Sezione Setto



Aggiunta di nuove strutture

INTERVENTI SU EDIFICI IN CALCESTRUZZO

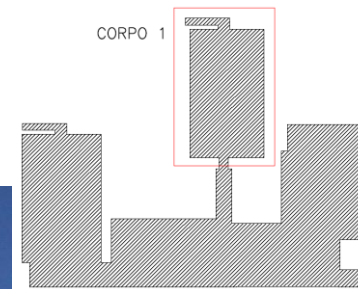
Aggiunta di nuove strutture



adeguamento sismico di edificio scolastico

INTERVENTI SU EDIFICI IN CALCESTRUZZO

Aggiunta di nuove strutture



adeguamento sismico di edificio scolastico

INTERVENTI SU EDIFICI IN CALCESTRUZZO

Aggiunta di nuove strutture

altro esempio di adeguamento sismico



Rinforzo strutture verticali

Cerchiatura e rinforzo di pilastri in c.a.



(a)

Ringrosso sezione con calcestruzzo



(b)

Cerchiatura con struttura metallica

A seconda dei casi è necessario rinforzare / rendere più duttili anche gli elementi strutturali già esistenti

Cerchiatura in FRP di pilastri in c.a.



A seconda dei casi è necessario rinforzare / rendere più duttili anche gli elementi strutturali già esistenti

Consolidamento impalcati

Nuova cappa armata collaborante



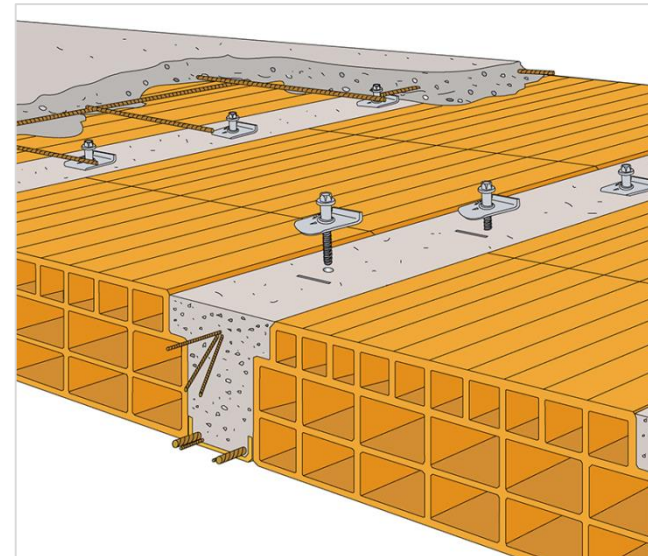
Spesso i vecchi solai non hanno la cappa ed in ogni caso non armata.

La cappa collaborante realizza:

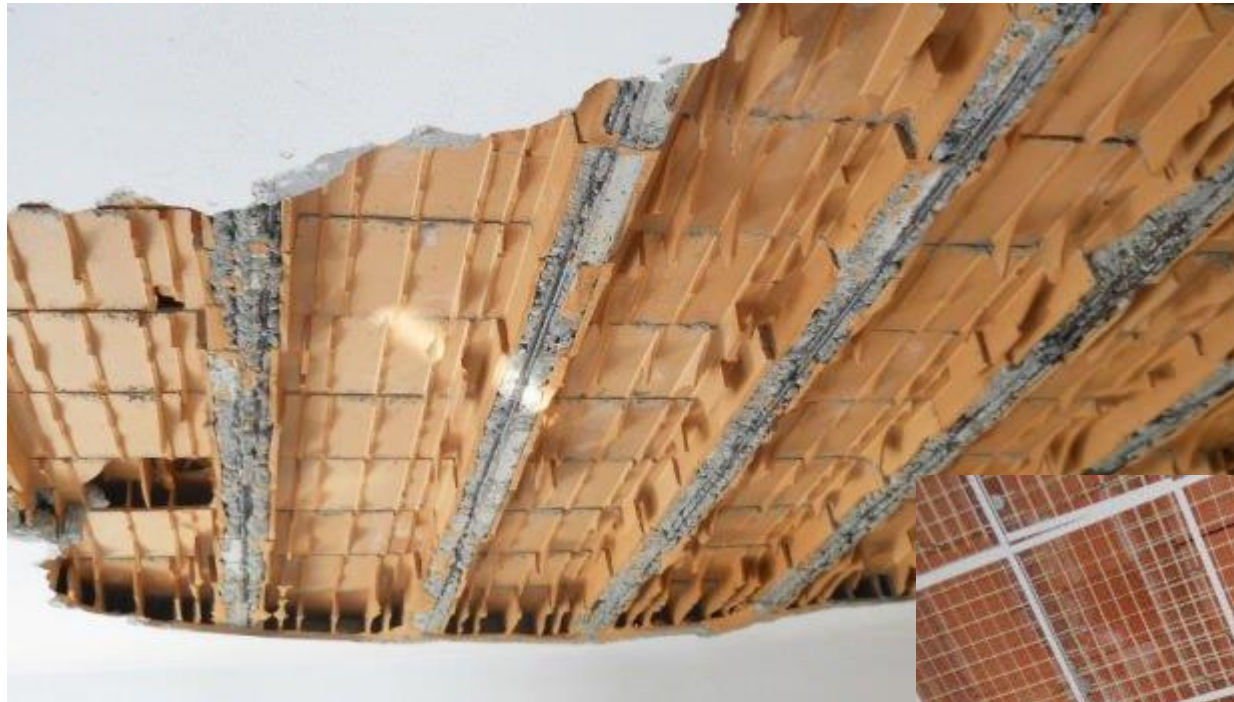
- irrigidimento notevole del solaio nel piano
- aumento della resistenza e rigidezza fuori del piano

Svantaggi:

- Aumento della massa
- Lavorazione ad umido



Problema dello sfondellamento delle pignatte: non strutturale ma pericoloso



Lo sfondellamento, problema molto diffuso in generale, è da valutare con particolare attenzione quando all'impalcato sono richieste «prestazioni» sismiche che lo sollecitano nel suo piano, specie nel caso vengano aggiunti pochi e molto rigidi elementi aggiuntivi (pareti in c.a.)

Valutare sempre la problematica e nel caso adottare opportuni sistemi antisfondellamento (controsoffitti specifici, reti, ecc.)



Per contatti:

alessandro.gasparini@dicea.unipd.it
posta@studio5ingegneria.com