

## PROGRAMMA DEL SEMINARIO

Ore 14.40 Registrazione dei partecipanti e saluti

Ore 15.00 Introduzione ai lavori e saluti iniziali

Ordine degli Ingegneri Latina

Ore 15.15 Prima Parte - Ing. Roberto Andreoli

### Il patrimonio edilizio esistente in Italia:

- Distribuzione del costruito e suo stato di conservazione
- Analisi dei sistemi costruttivi: murature in mattoni, in pietra e a sacco.
- Concetto di rischio: pericolosità di base, vulnerabilità ed esposizione
- Ruolo degli orizzontamenti nell'organismo edilizio e criticità di intervento

### Criteri prestazionali applicati agli edifici esistenti

- Valutazione della sicurezza e categorie di intervento
- Analisi storico – critica e diversi livelli di conoscenza

### Interventi di consolidamento strutturale sulle partizioni orizzontali

- Tecnica della sezione composta
- Tecniche di intervento in tutte le tipologie di solai esistenti

Ore 17.00 Pausa

Ore 17.15 Seconda Parte – Ing. Marco Quaini e Ing. Marco Mignone

### Interventi di CERCHIATURA ANTISISMICA, abaco delle soluzioni a livello di diaframma di piano

- Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti: connessioni solaio/parete
- Concetto della cerchiatura antisismica – prestazioni, vantaggi e influenza sull'involucro edilizio
- Il vantaggio della leggerezza in zona sismica – sistema soletta strutturale, connessioni e sottofondi leggeri

### Ruolo dei calcestruzzi strutturali leggeri (LWAC)

- Definizioni, criteri di progettazione e differenze con i calcestruzzi tradizionali
- Opportunità nella nuova edificazione – vantaggi in zone ad alta sismicità
- Case History e referenze

### Sistemi termoacustici sui solai ed interazioni con il consolidamento strutturale

- L'isolamento termico e acustico dei solai, il sistema acustico e Termico Leca08
- Soluzioni per il solaio di contro – terra e le fondazioni compensate in argilla espansa

Ore 19.00 Fine lavori



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI LATINA



con il contributo incondizionato di

---

## Seminario formativo SISTEMI E SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO STATICO ED ANTISISMICO DEI SOLAI ESISTENTI

Venerdì 8 Giugno 2018 – dalle ore 15,00 alle ore 19.00  
Sala Conferenze dell'Ordine degli Ingegneri di Latina

---

*Il seminario è valido ai fini della Formazione Professionale Continua  
e darà diritto a n. 3 CFP*



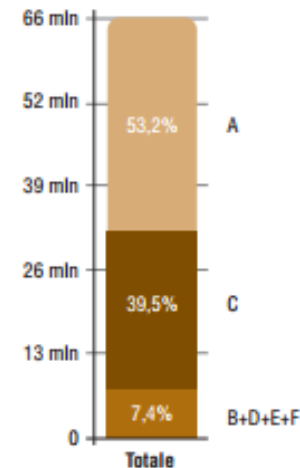
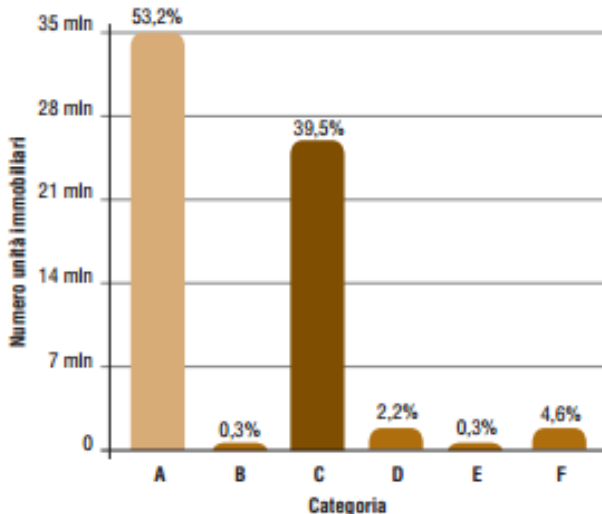
## ***Analisi del Patrimonio Edilizio Esistente in Italia***



# ***Distribuzione del Costruito e Pericolosità Sismica***

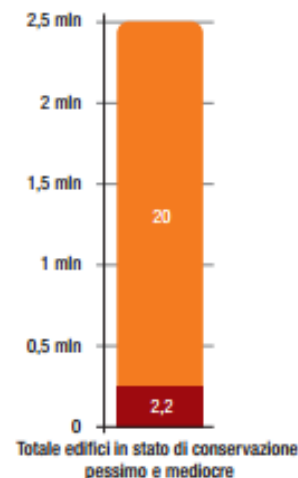
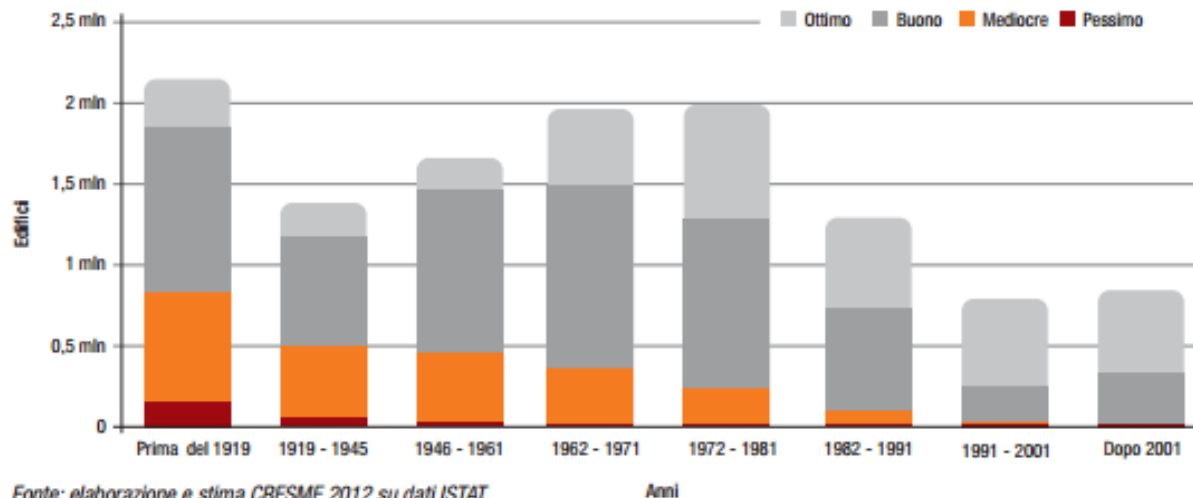
## Distribuzione del patrimonio immobiliare al 31.12.12 (n° unità)

A	Abitazioni, uffici e studi privati
B	Uffici pubblici, scuole, biblioteche, caserme
C	Negozi, magazzini, autorimesse
D	Alberghi, teatri, ospedali, fabbricati ad uso sportivo – commerciale – industriale
E	Stazioni ferroviarie e a aeroportuali, chiese
F	Lastrici solari, unità in corso di costruzione/definizione, fabbricati inutilizzabili



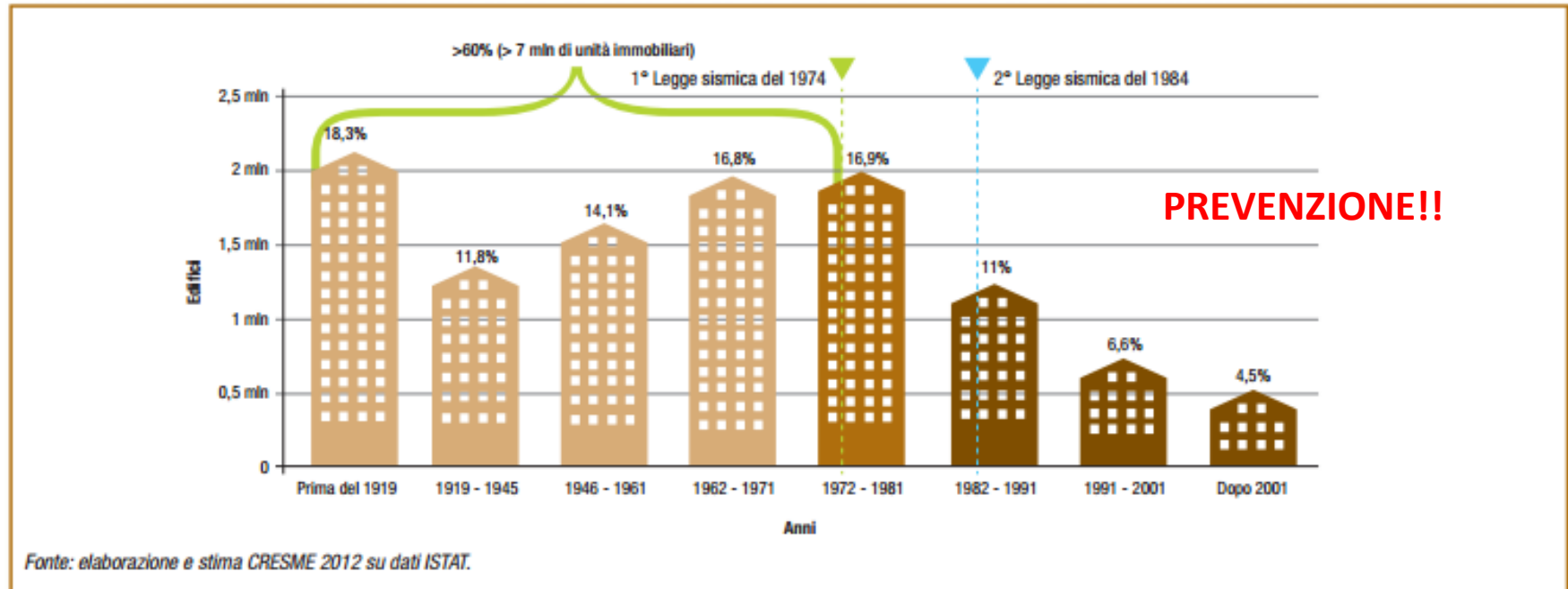
Fonte: statistiche catastali 2012 Agenzia delle Entrate.

## Stato di conservazione degli edifici esistenti al 31.12.12



Fonte: elaborazione e stima CRESME 2012 su dati ISTAT.

## Edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione



Per quanto riguarda il rischio sismico, la classificazione territoriale per grado di pericolo evidenzia come oltre 21,5 milioni di persone abitino in aree del paese esposte a rischio sismico molto o abbastanza elevato (classificate, rispettivamente, 1 e 2), con una quota pari quasi a 3 milioni nella sola zona 1 di massima esposizione (tab.3).



Oltre **2,5 milioni** di edifici da **ristrutturare** in stato di conservazione pessimo o mediocre (oltre il **25%** del patrimonio edilizio esistente).



Oltre **7 milioni** di edifici costruiti prima delle **leggi antisismiche** del 1974 e 1984 (ca. il **60%** del patrimonio edilizio italiano).

***I solai italiani***

## CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA DEGLI ORIZZONTAMENTI/SOLAI ESISTENTI

- 1) Solai in legno
- 2) Solai in acciaio
- 3) Solai in laterocemento
- 4) Solai prefabbricati
- 5) Solai in calcestruzzo armato
- 6) Solai ad arco e volta





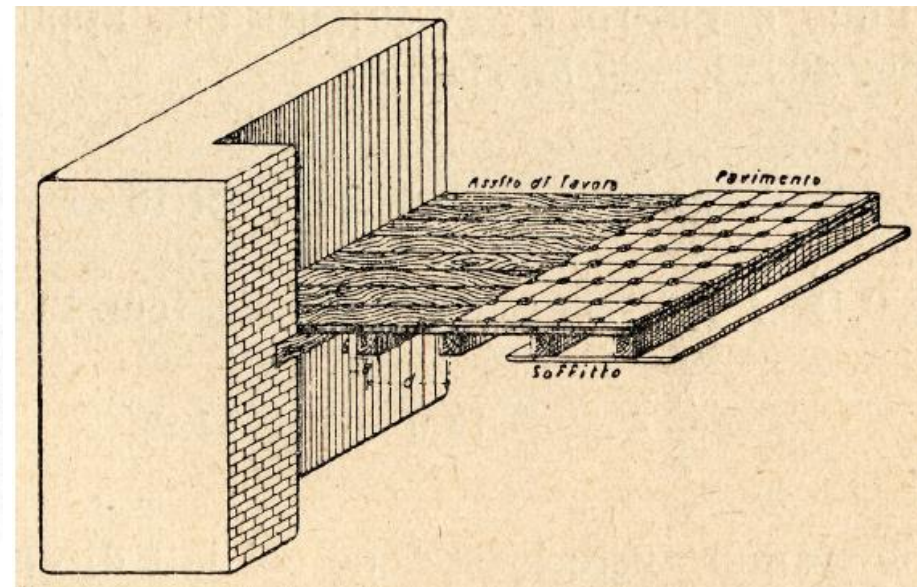
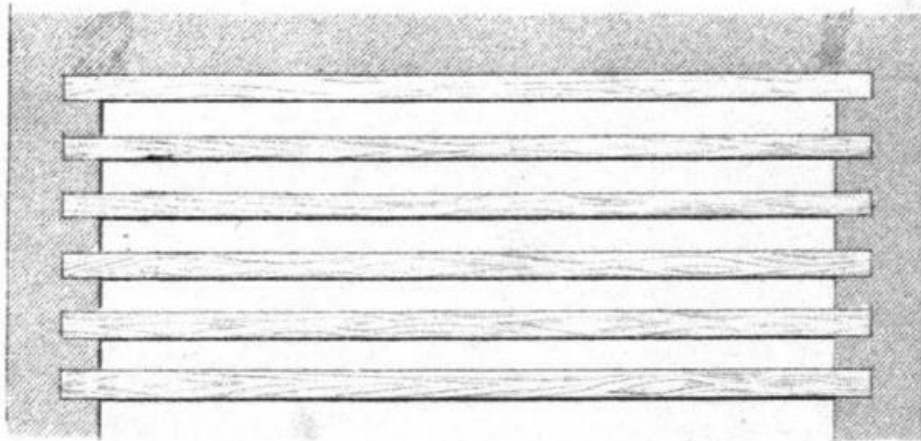
## 1) Solai in legno



In genere impiegati per luci non superiori ai 3 – 4 metri

Hanno l'inconveniente di scaricare il peso del solaio soltanto su due dei quattro muri che costituiscono l'ambiente

Soffitto di solito costituito da stuoia di canne intonacata con malta di calce e gesso

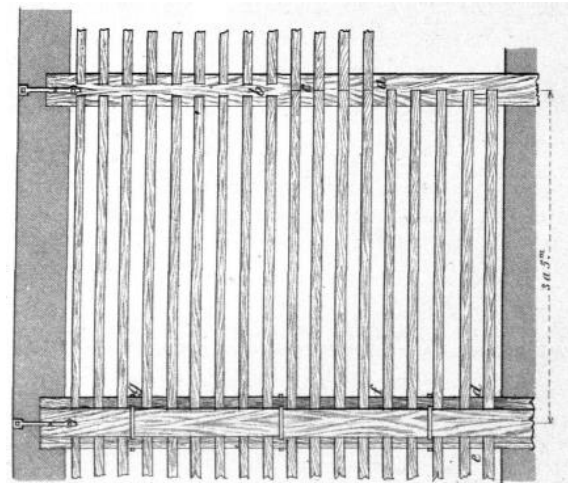
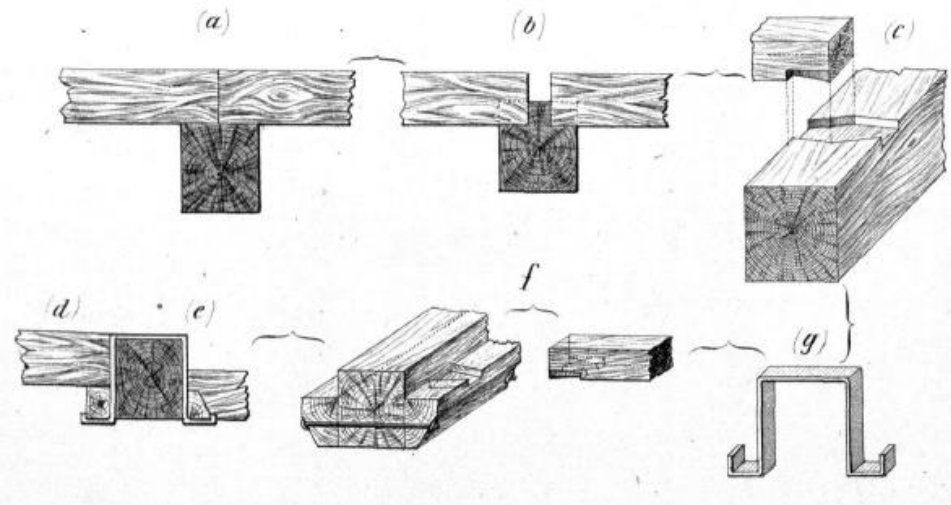


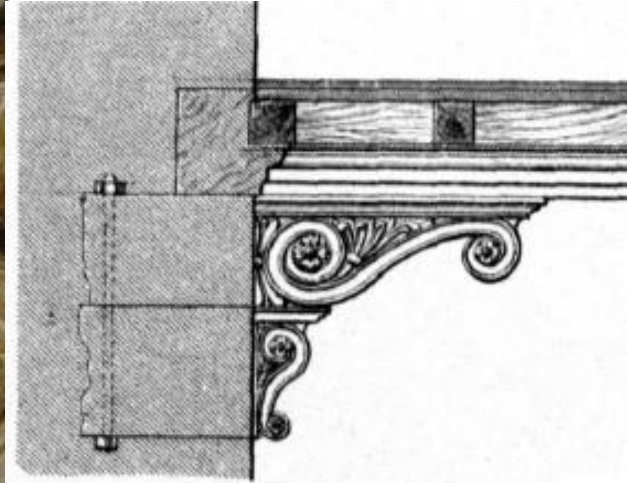


In genere travi principali di grandi dimensioni ad interasse di 3 – 4 metri e travetti secondari posti ad interasse di 30 – 60 cm

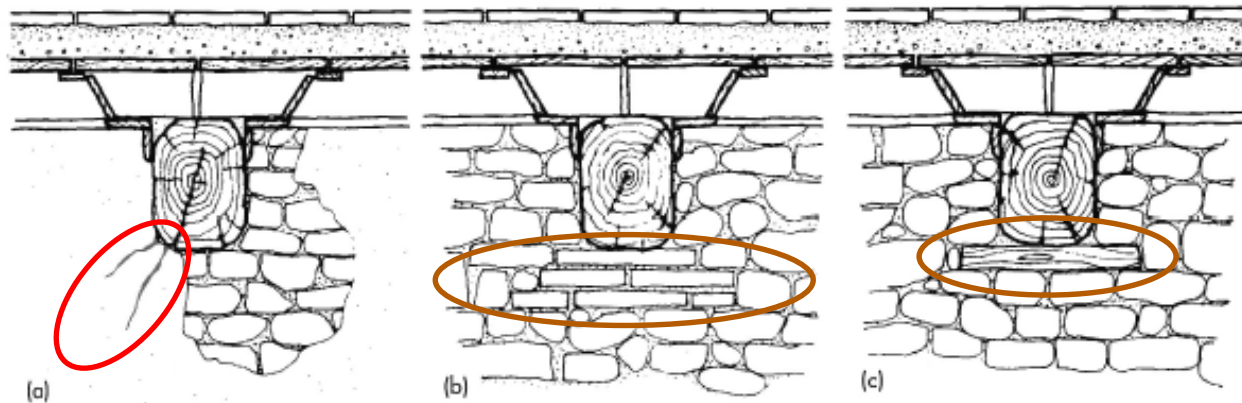
**Scaricano il peso del solaio su tutti e quattro muri, anche se in corrispondenza delle travi principali esistono concentrazioni di sforzo**

Solai di **alto spessore**, a volte per ovviare a questo l'orditura secondaria veniva realizzata nello spessore di quella principale



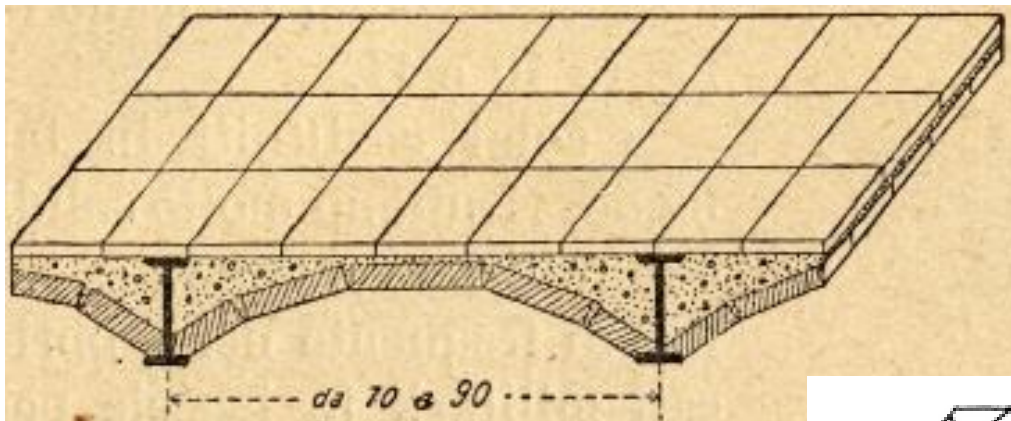
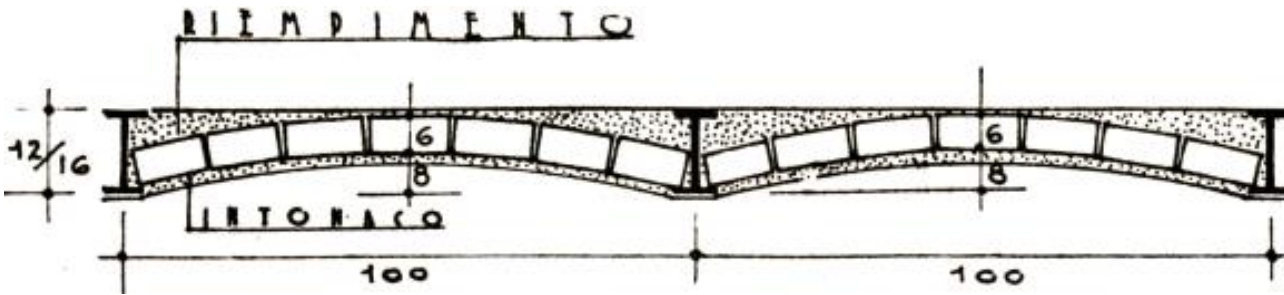


Appoggio delle travi  
maestre su un muro  
rappresentano punto  
critico



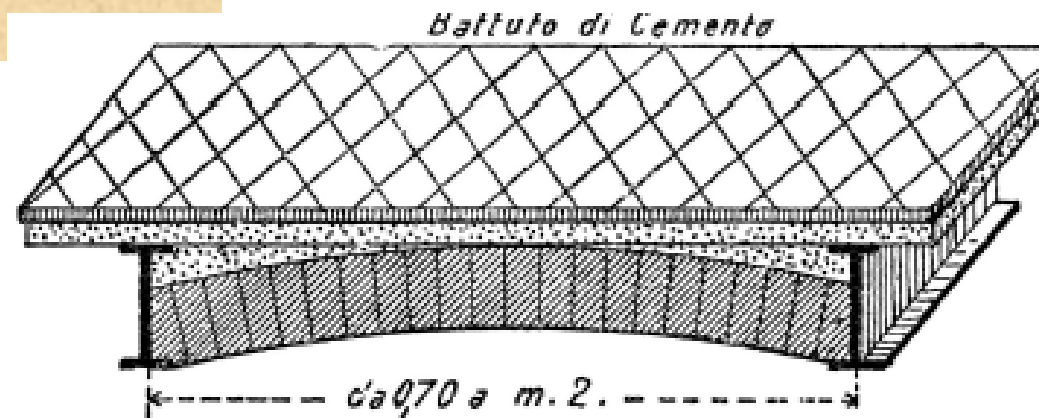
Per effetto degli sforzi di  
taglio negli appoggi si  
creano delle fessure  
inclinate di 45°

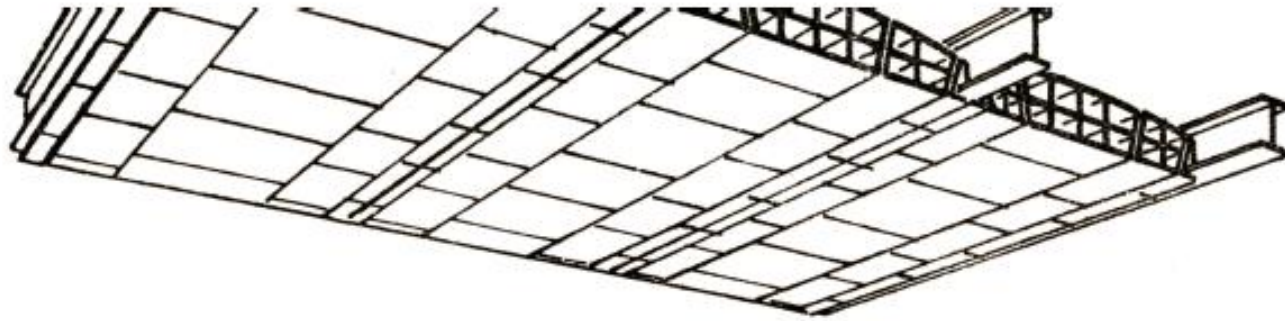
## 2) Solai in acciaio



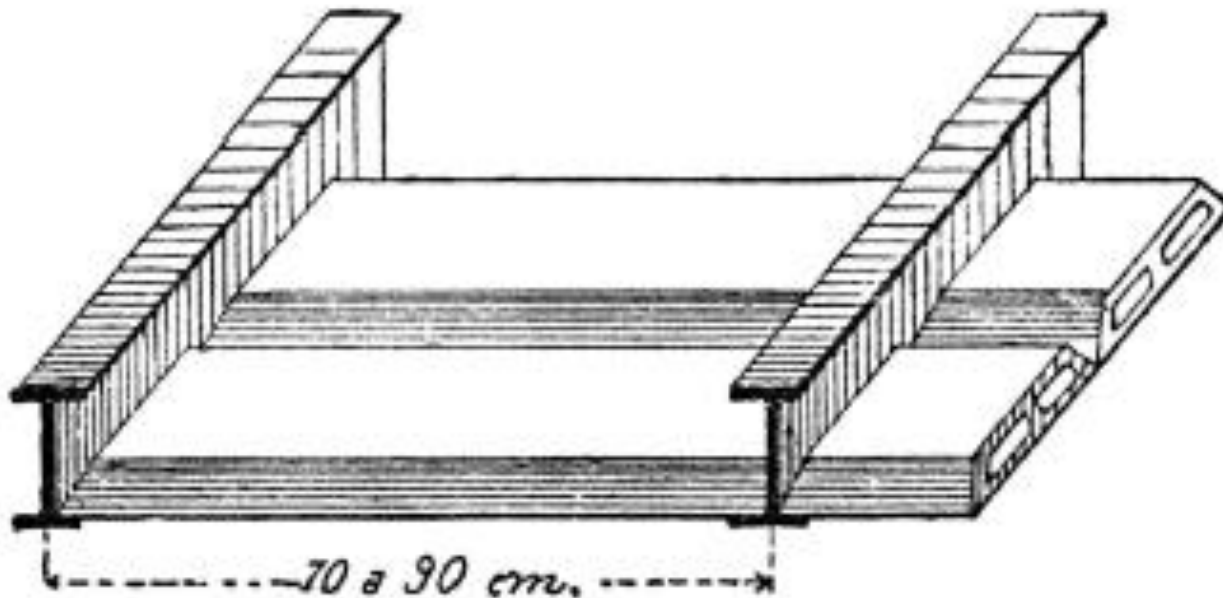
**Voltine in «foglio»** adatte per carichi modesti (5 – 6 cm di spessore)

**Voltine «ad una testa»** adatte per carichi più importanti (12 – 13 cm di spessore)





PARTICOLARE DI UNA  
TRAVE IN FERRO  
PROTETTA DA COPRI-  
FERRO



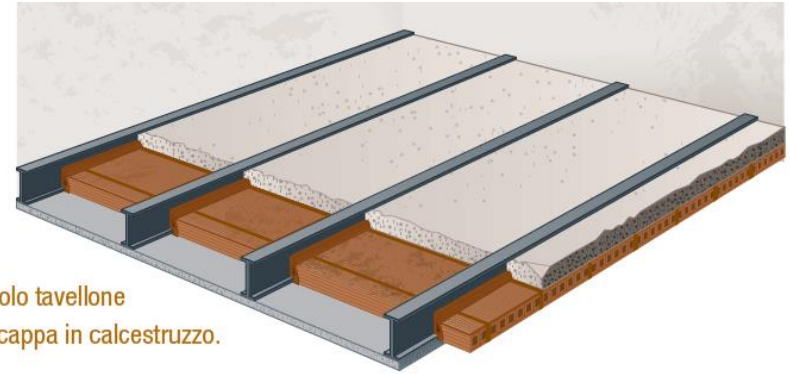
I solai con **tavelloni e volterrane** non differiscono molto da quelli contemporanei



Voltine ad estradosso piano.



Voltine curve "volterrane".

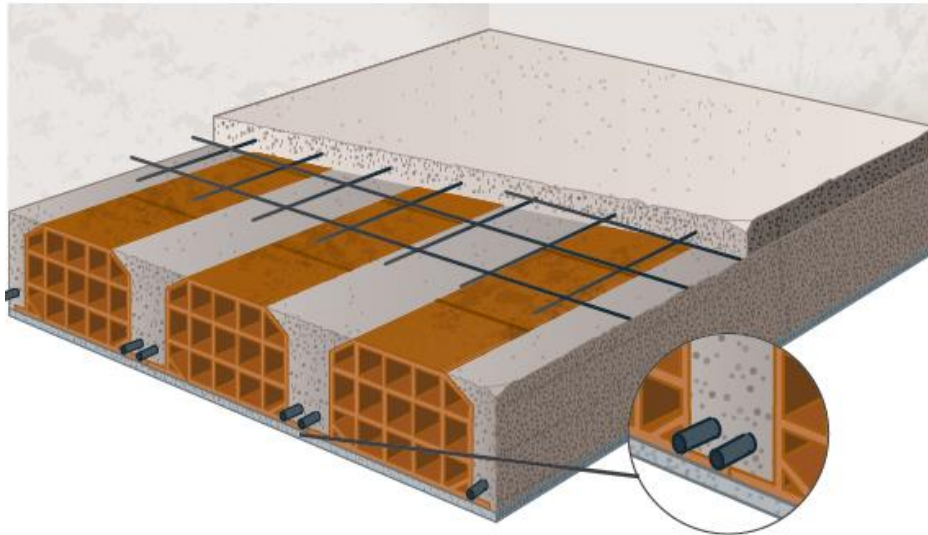


Singolo tavellone  
con cappa in calcestruzzo.



### 3) Solai in latero – cemento e laterizi armati

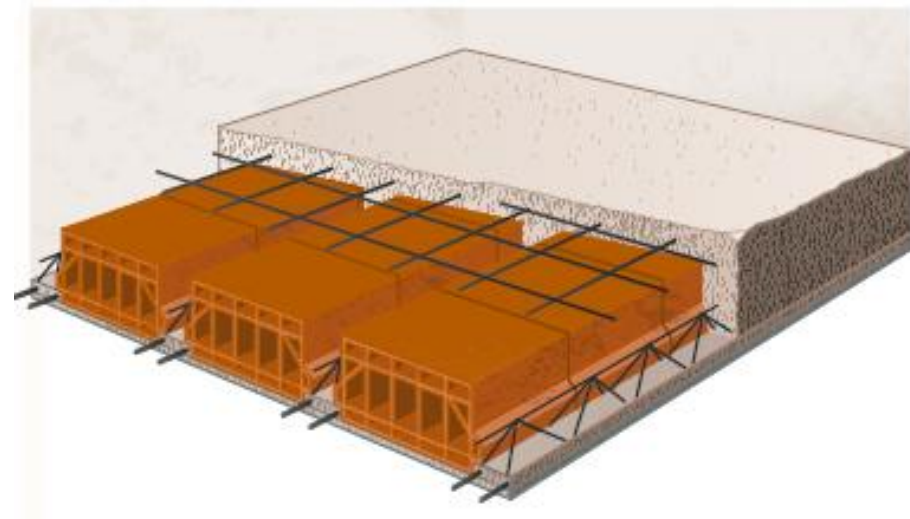
Pignatte con fondello accostato.



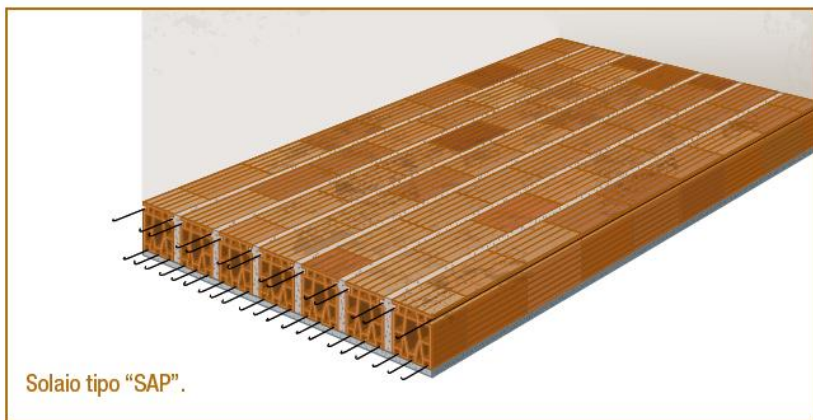
In seguito sono stati realizzati diversi **blocchi di alleggerimento specifici e pezzi speciali** sino arrivare ai giorni nostri

I primi **elementi laterizi** impiegati per **alleggerire** solai latero – cementizi sono stati i **classici mattoni forati** nei primi decenni del secolo scorso

Solaio a travetti tralicciati.



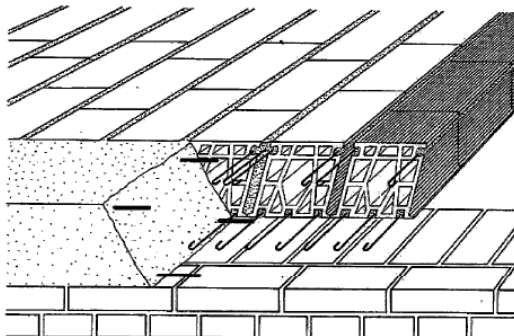
## SOLAIO TIPO SAP



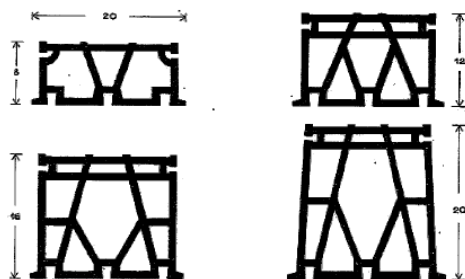
SOLAIO SAP – Portata sino a m 6

Soletta costituita da travi in laterizio armato confezionate a pié d'opera, accostate e collegate tra loro con malta di cemento, caratterizzata da una grande suddivisione dell'armatura metallica in tondi di piccolo diametro posti a distanze non superiore a cm 7.

La larghezza delle travi è costantemente di cm 20. La larghezza minima dei canaletti di sigillatura tra le travi è di cm 2,5. I momenti di servizio ammissibili dedotti sperimentalmente, con coefficiente di sicurezza alla fessurazione 1,2 e coefficiente di rottura 2,5 sono riportati nella tabella.



Tipi di struttura	Peso propr. kg/m <sup>2</sup>	Momenti totali massimi di servizio in kgm riferiti alla serie di solai larga ex 1				
SAP 8	85	230	290	405	—	—
SAP 12	110	385	540	655	—	—
SAP 16	130	615	720	960	1290	—
SAP 20	175	700	1170	1430	1890	2025
Armatura per ogni trave (largh. cm 20 (g mm))		3 Ø 3	3 Ø 4	3 Ø 5	3 Ø 6	4 Ø 6
Carico di snerv. minimo dell'acciaio $\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	70	60	55	50	50	



Solaio brevettato nel 1925 dalla RDB di Piacenza conosciuto come solaio S.A.P. (solaio auto portante)

Nervature di 2,5 cm poste ad interasse di 22,5 cm

Solai molto diffusi ed impiegati su intero territorio nazionale

**SOLAIO SAP**





## DIFFUSIONE DEL LATERO – CEMENTO IN ITALIA

A partire dal dopoguerra (anni 40') iniziò la diffusione di solai a travetti di laterizio armati e prefabbricati il cui dimensionamento faceva riferimento al **Regio Decreto n.2229 del 16/11/1939** impiegato per oltre trent'anni sino all'entrata in vigore della legge n.1086 del 5/11/1971

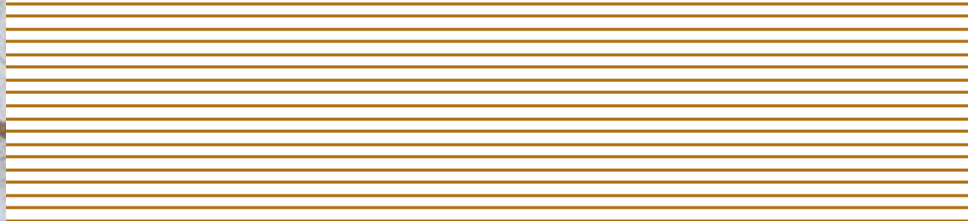


In particolare l'art. 25 del Regio Decreto 2229 diceva:

- Lo spessore di una soletta (che non sia di semplice copertura) non deve essere inferiore ad **1/30 della portata ed in ogni caso non inferiore a 8 cm**;
- Nei solai speciali con laterizi la soletta deve essere di **almeno 4 cm**;
- In tutti i solai con laterizi la **larghezza delle nervature non deve essere inferiore a 7 cm** ed il loro **interasse non deve superare i 40 cm** nei tipi a nervature parallele e 80 cm in quelli incrociati;
- Di regola devono essere previste nervature trasversali per luci maggiori di 5 m in quelli a nervature parallele;
- **È consentito l'uso di solai speciali con nervature in cemento armato e laterizi, senza soletta di conglomerato, purchè i laterizi, di provata resistenza, presentino rinforzi di conveniente spessore atti a sostituire la soletta di conglomerato e rimangano incastrati tra le dette nervature.**



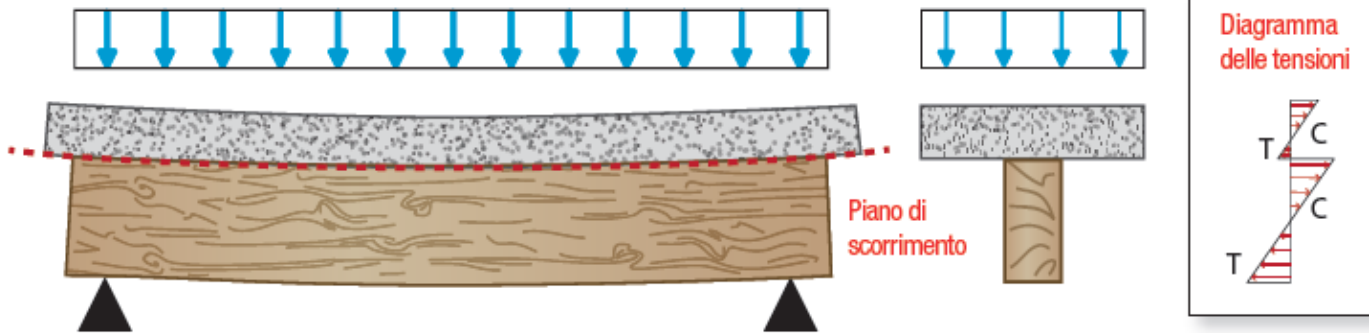
## ***Consolidamento Statico & Antisismico dei solai***



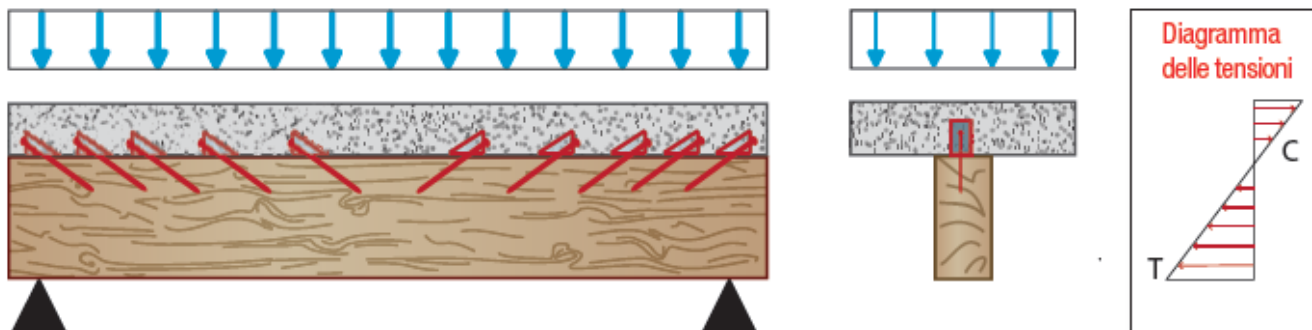
***Consolidamento  
Statico/Flessionale  
mediante la tecnica della  
soletta mista collaborante***

### 3.1.1 La tecnica della soletta mista collaborante

Struttura non interconnessa.



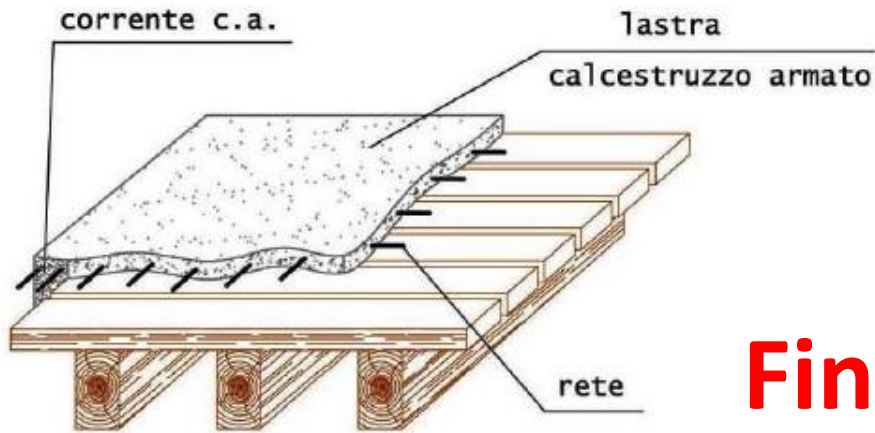
Struttura interconnessa rigidamente (monolitica).



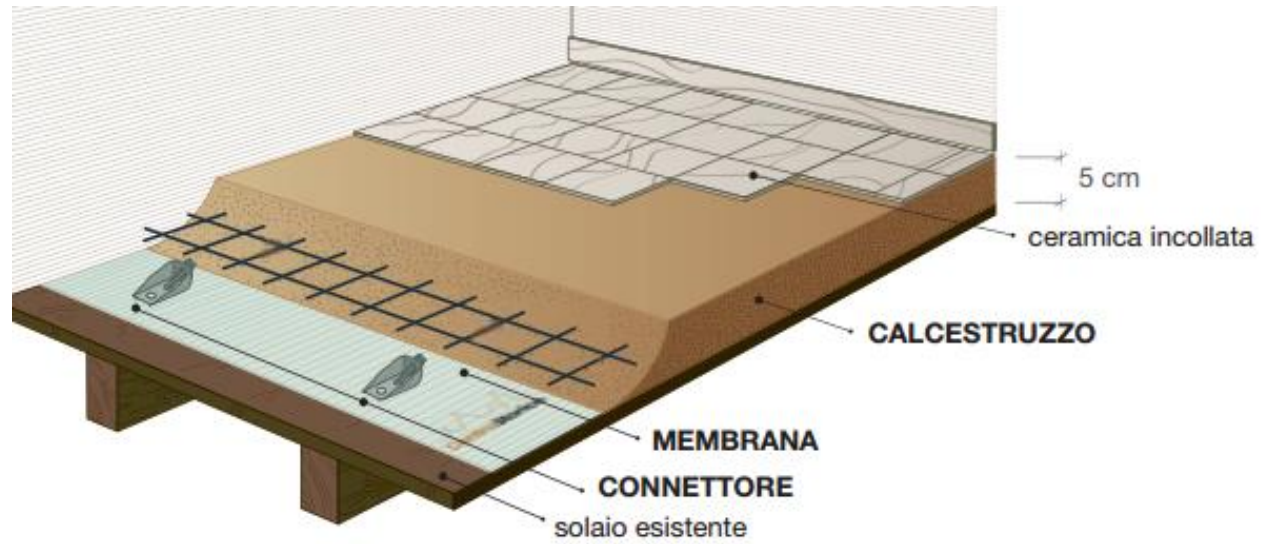
**3 volte** più rigida della struttura non interconnessa e circa il **70% in meno** delle deformazioni flessionali

***L'importanza del  
contenimento dei carichi***

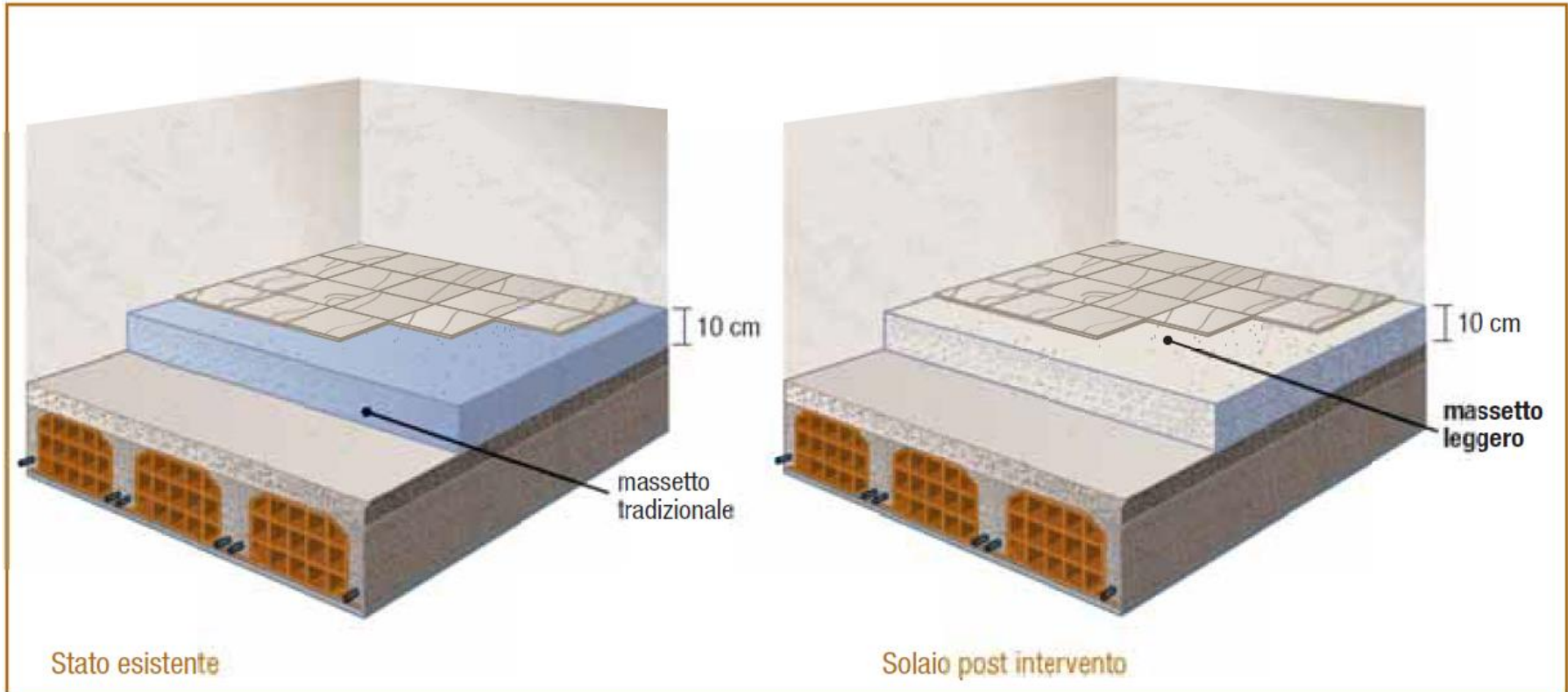
### 3.1.2 Importanza del contenimento dei carichi



**Fino a -40% di peso**



## Fino al 50% in meno di peso



Esempio: rimozione del sottofondo e la formazione di un nuovo massetto di finitura.

L'impiego di massetti leggeri Lecamix consente di ridurre significativamente il peso proprio complessivo sino al **50%** rispetto ad una soluzione tradizionale, a favore di un **eventuale** aumento dei carichi accidentali e/o permanenti portati.

**SOLUZIONE TRADIZIONALE**  
**CIRCA 200 kg/mq**

**SOLUZIONE LEGGERA**  
**CIRCA 100 kg/mq**

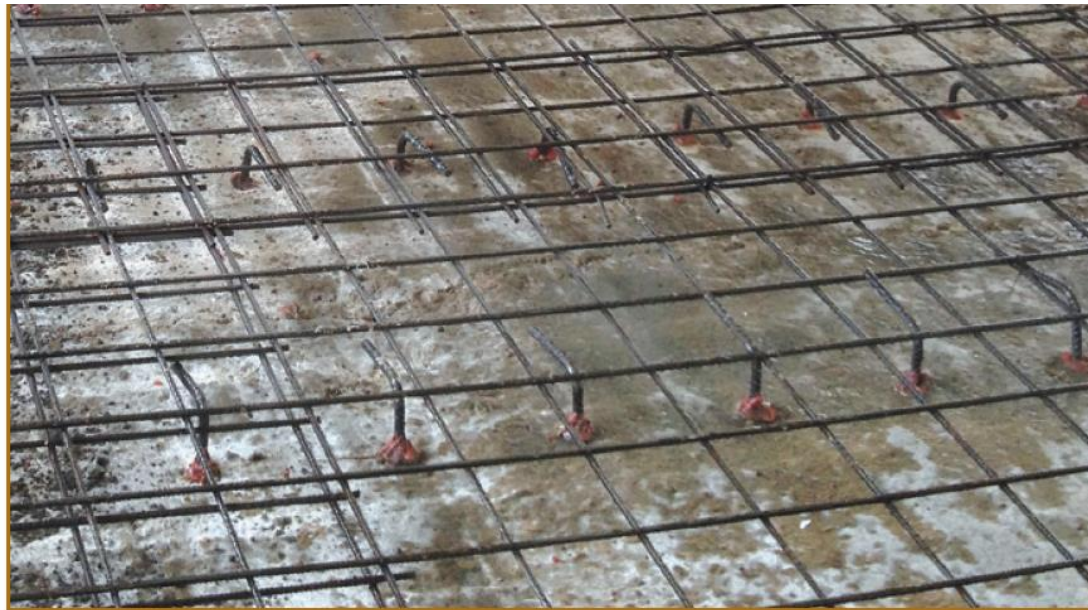
*Le soluzioni tecniche*

**CONSOLIDAMENTO**

**STATICO/FLESSIONALE**



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



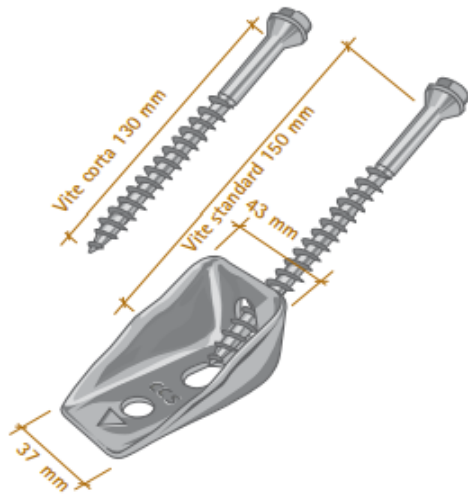
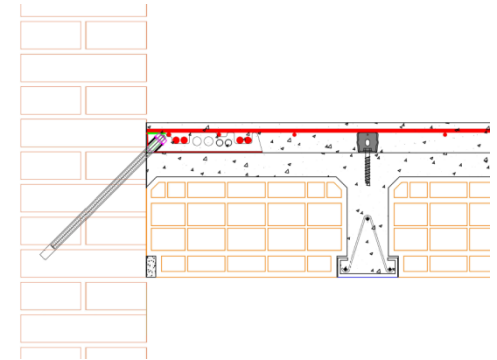
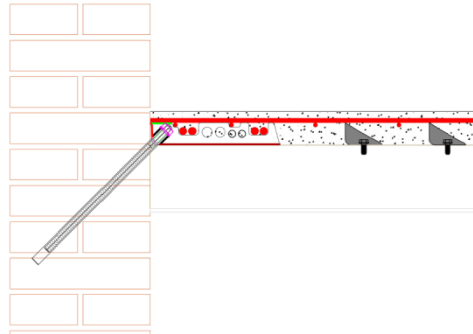
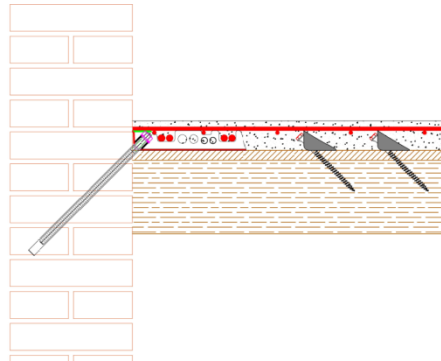
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



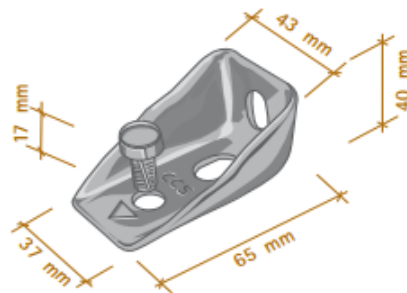
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



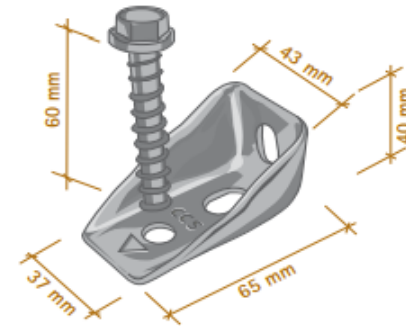
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Connettore per solai in legno.



Connettore per solai in acciaio.



Connettore per solai in calcestruzzo.

## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

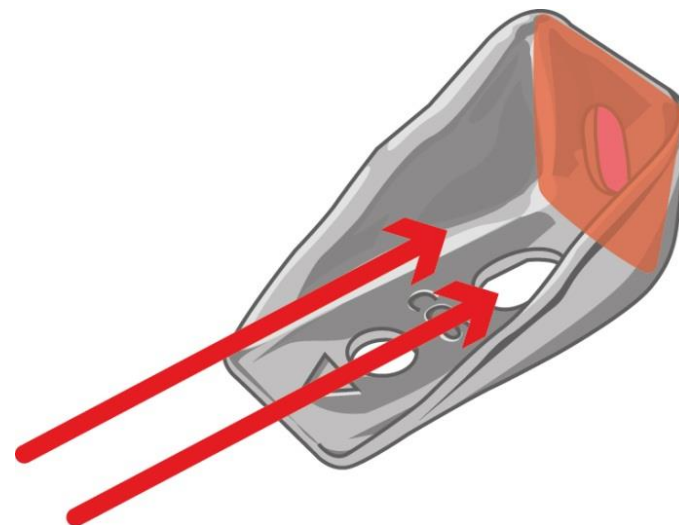
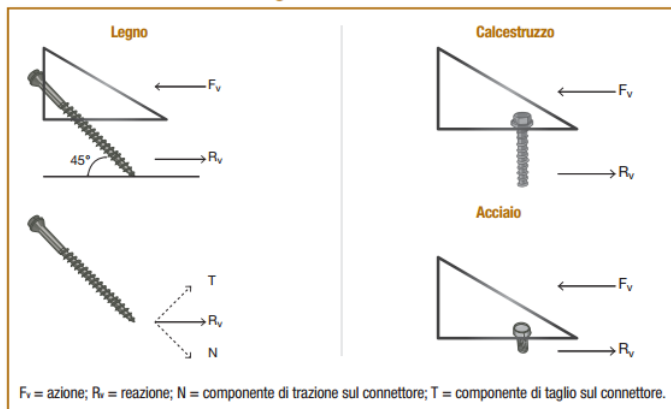
Connettore industrializzato (tipo sistema Connettore CentroStorico)



Connettore non industrializzato (tipo sistema "Turrini-Piazza")



Distribuzione delle forze di taglio



La particolare **conformazione a cuneo del prisma di base** del connettore centro storico permette di disporre di un'ampia **superficie verticale di contatto tra connettore e calcestruzzo**, che permette un'ottimale **trasmissione delle azioni di taglio**.

**Innovazione tecnica sostanziale rispetto ai sistemi a piolo o a barre piegate**

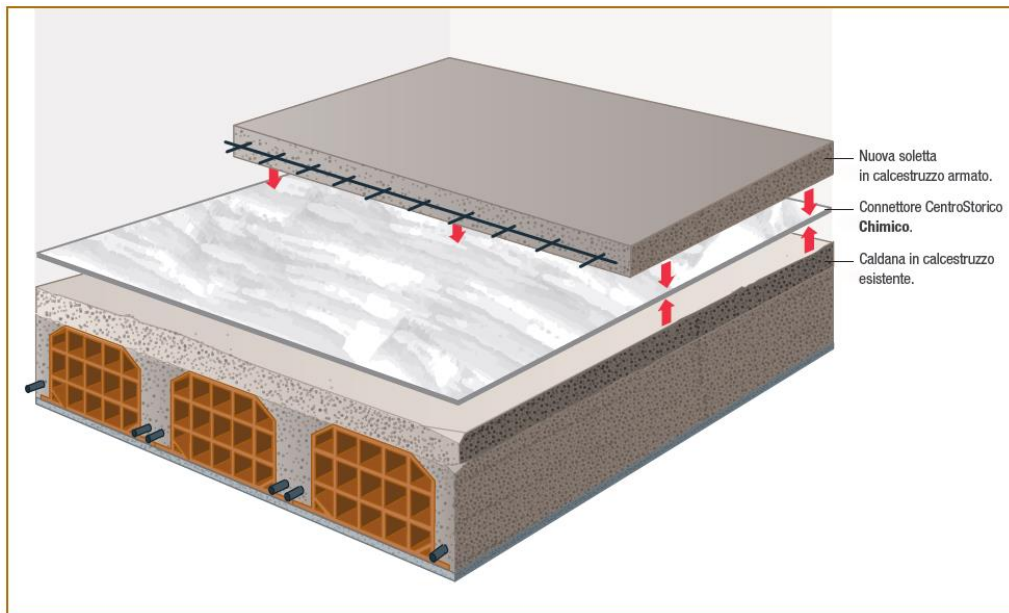
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

POLITECNICO DI MILANO



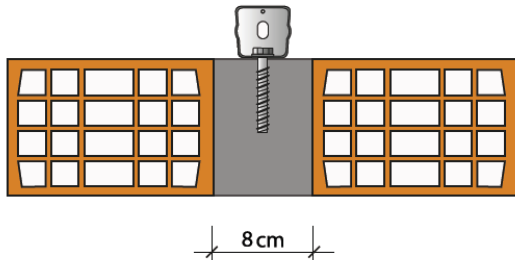
Sistema di **incollaggio strutturale** tra calcestruzzo esistente e nuova soletta collaborante.

Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie

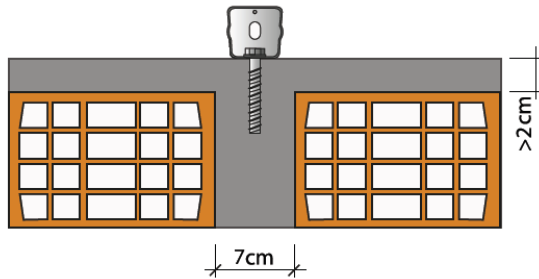


## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

Posa su solaio senza soletta esistente.

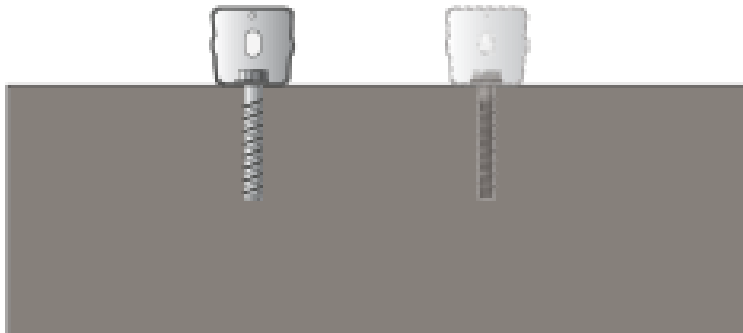
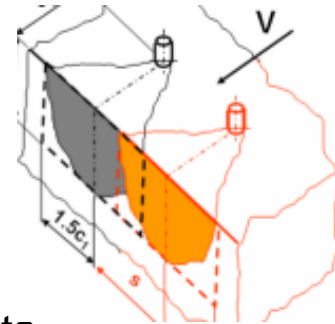


Posa su solaio con soletta esistente.



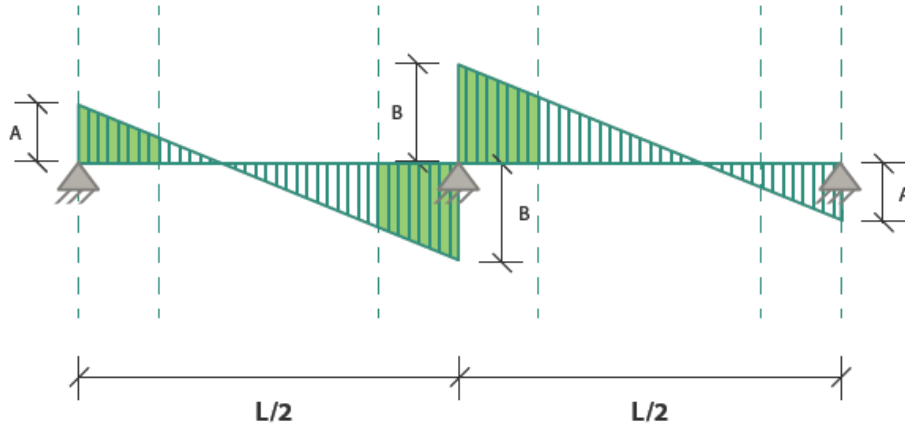
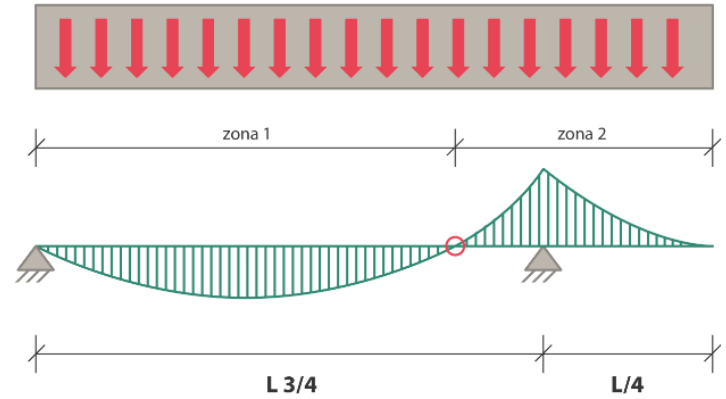
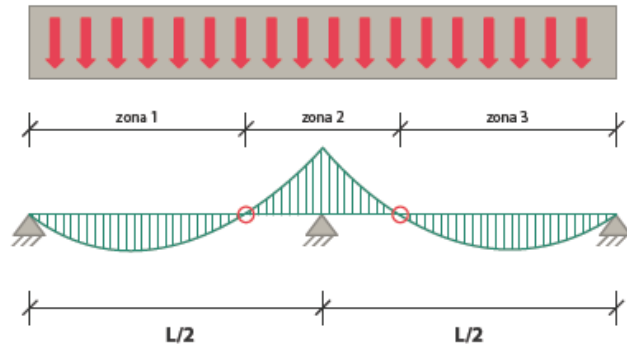
**Larghezza del travetto sufficiente a permettere l'applicazione del connettore:**

- 8 cm nel caso di solaio senza soletta esistente o di spessore inferiore ai 2 cm
- 7 cm nel caso di solaio con soletta esistente superiore ai 2 cm

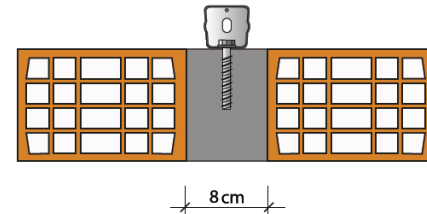


# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

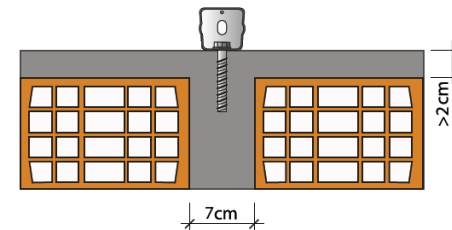
Trave continua su più appoggi- diagramma del Momento flettente



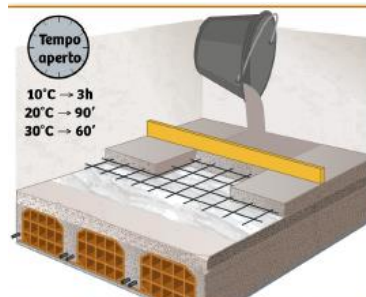
Posa su solaio senza soletta esistente.



Posa su solaio con soletta esistente.



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



### AVVERTENZE

- Applicare entro il tempo di vita utile, calcolato dall'inizio della miscelazione; il prodotto miscelato che rimane nel barattolo indurisce rapidamente e diventa non più utilizzabile.
- Non gettare il calcestruzzo fresco su Connettore CentroStorico Chimico indurito.
- Qualora la temperatura scendesse al di sotto dei +10°C, Connettore Chimico potrebbe presentare un aumento della viscosità e la formazione di grumi. Prima di utilizzarlo, scaldare le confezioni immergendo (a confezione chiusa) parte della latta in acqua calda fino alla scomparsa dei grumi.
- Non applicare su superfici bagnate, su supporti polverosi e poco consistenti.

### DURABILITÀ

La normativa di riferimento per la Marcatura CE del prodotto è la UNI EN 1504-4 "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 4: Incollaggio strutturale".

Tra i requisiti prestazionali della Marcatura CE è richiesto quello della Durabilità secondo EN 13733: "Il carico



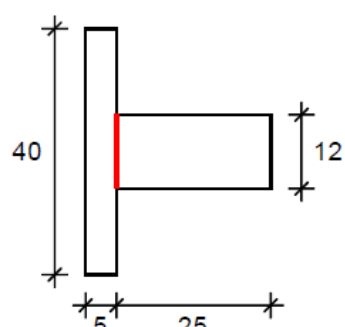
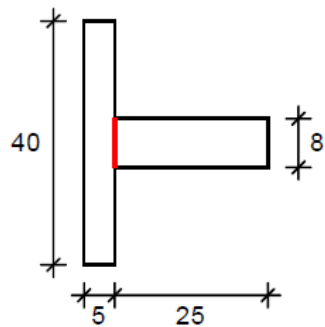
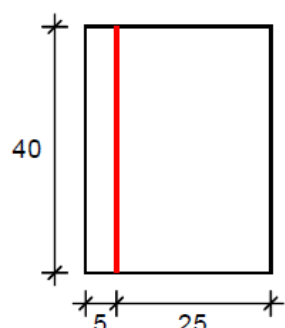
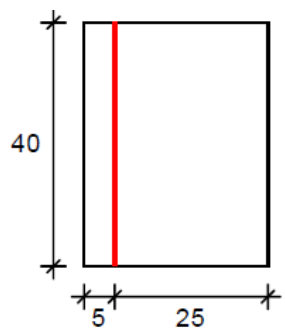
## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

POLITECNICO DI MILANO

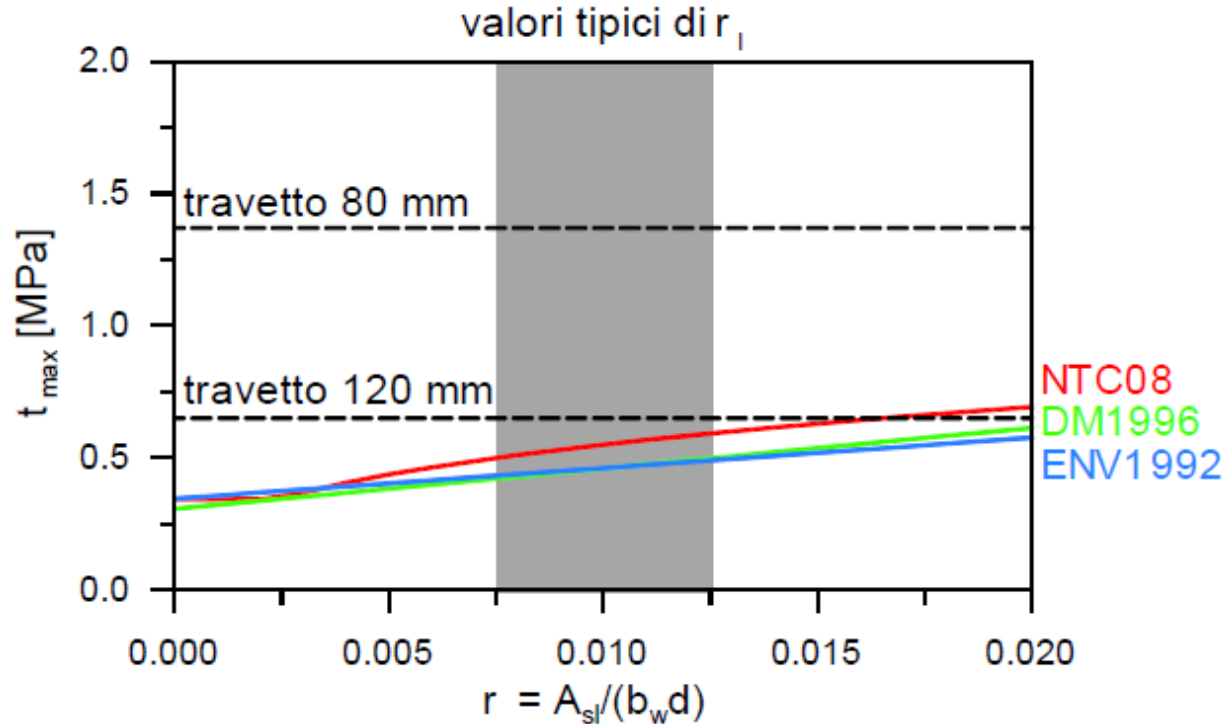


Relazione finale del contratto di consulenza  
Politecnico di Milano - Laterlite

**"Caratterizzazione del comportamento di resine epossidiche per il consolidamento di solai in latero-cemento"**



## 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

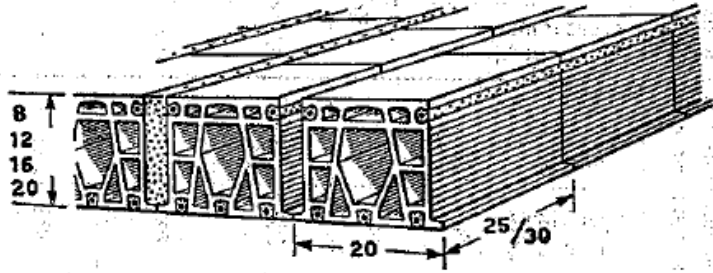


Dal grafico si evidenzia come la tensione tangenziale limite all'interfaccia sia sempre superiore alle tensioni massime ottenute con le prescrizioni normative, ad esclusione di un intervallo limitato per  $\rho_{sl} \geq 1.5\%$  dove risulta  $\tau_{NTC} > \tau_{INT}$  (per il travetto di larghezza pari a 120 mm).

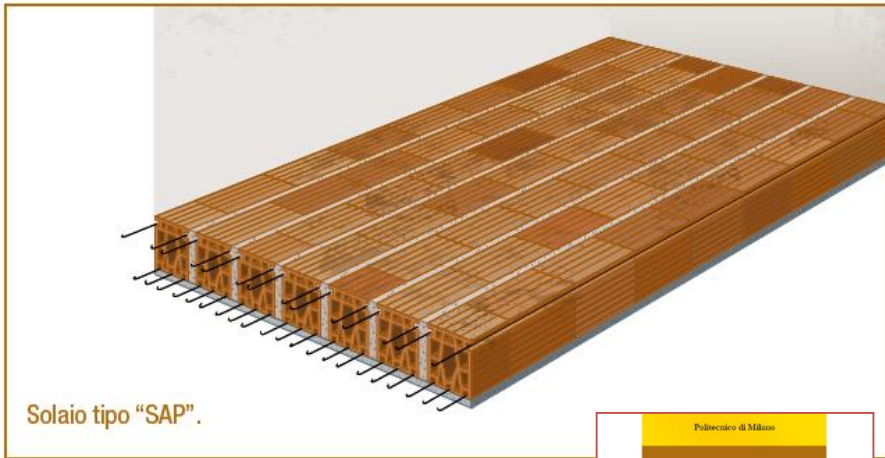
gruppo	media	dev.st.	c.o.v.	$\tau_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]
CC-80	2.15	0.39	18.0%	1.58	1.52
CC-120	1.36	0.28	20.5%	0.90	0.72

# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

S O L A I O S A P



# SOLAIO SAP



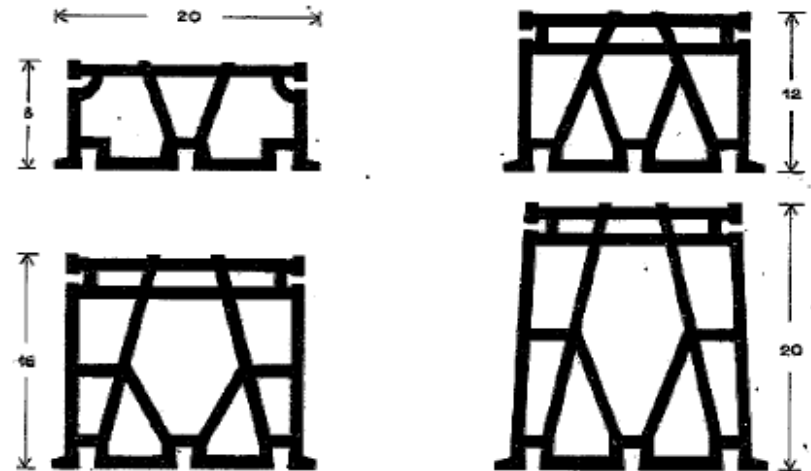
Solaio tipo "SAP".

Politecnico di Milano

INDAGINE SPERIMENTALE  
SUL CONSOLIDAMENTO DI SOLAI  
A TRAVETTI ARMATI TIPO SAP

Rinforzo mediante la tecnica  
della soletta mista collaborante:

- Calcestruzzi Leggeri Strutturali Leca.
- Cornettone CentroStorico Chimico.



# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

SAP H 12 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 1

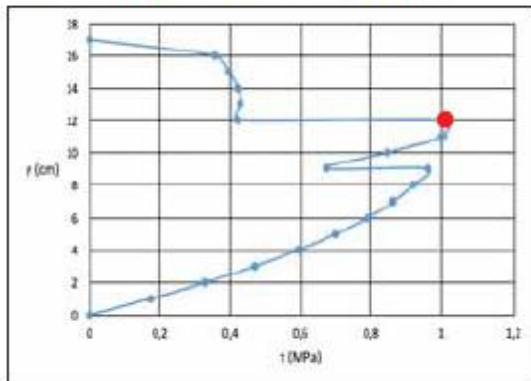


Figura 76: Andamento sforzi tangenziali per il primo solaio consolidato di  $h = 12 + 5$  cm.

SAP H 16 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 1

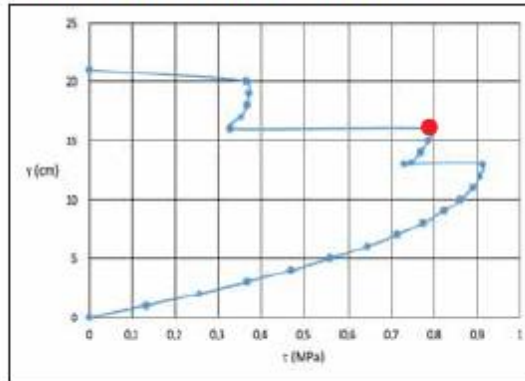


Figura 78: Andamento sforzi tangenziali per il primo solaio consolidato di  $h = 16 + 5$  cm.

SAP H 12 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 2

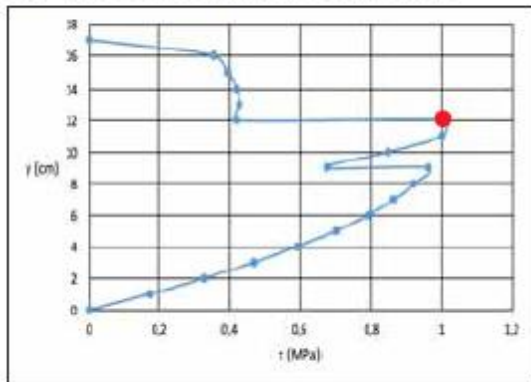


Figura 77: Andamento sforzi tangenziali per il secondo solaio consolidato di  $h = 12 + 5$  cm.

SAP H 16 CONSOLIDATO: SOLAIO N° 2

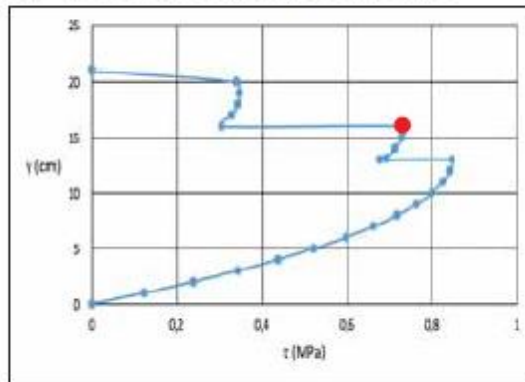
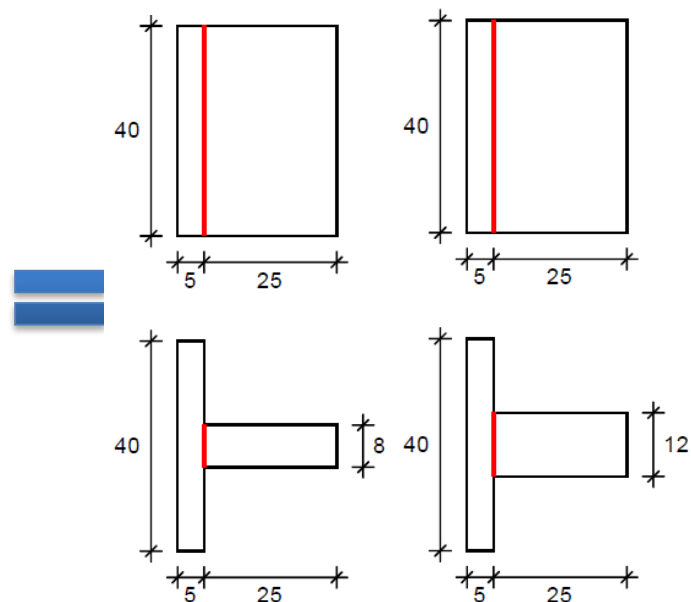


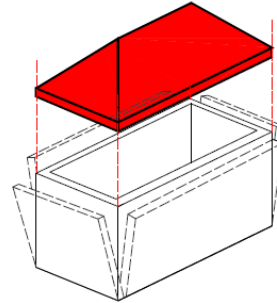
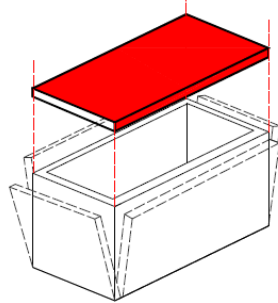
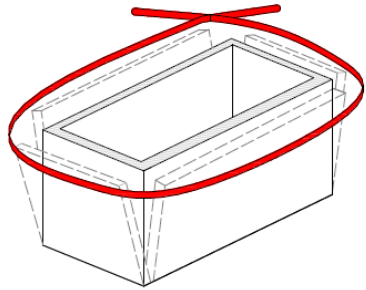
Figura 79: Andamento sforzi tangenziali per il secondo solaio consolidato di  $h = 16 + 5$  cm.



***Ruolo dei diaframmi di piano e dei collegamenti solaio – pareti***

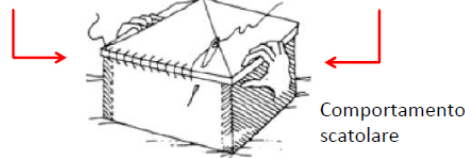
# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

DIAFRAMMI DI PIANO E DI FALDA

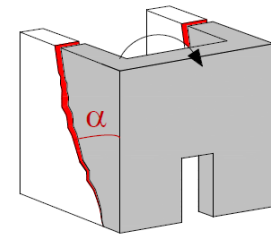


Diaframmi di piano

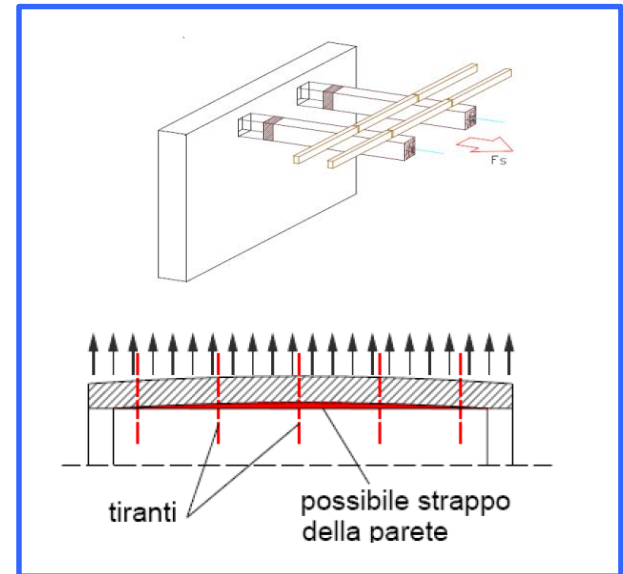
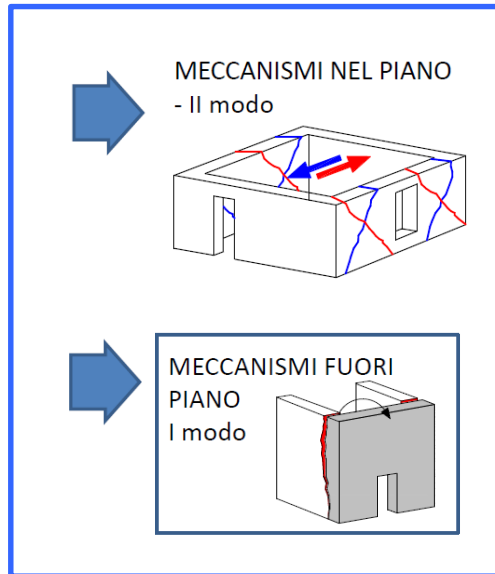
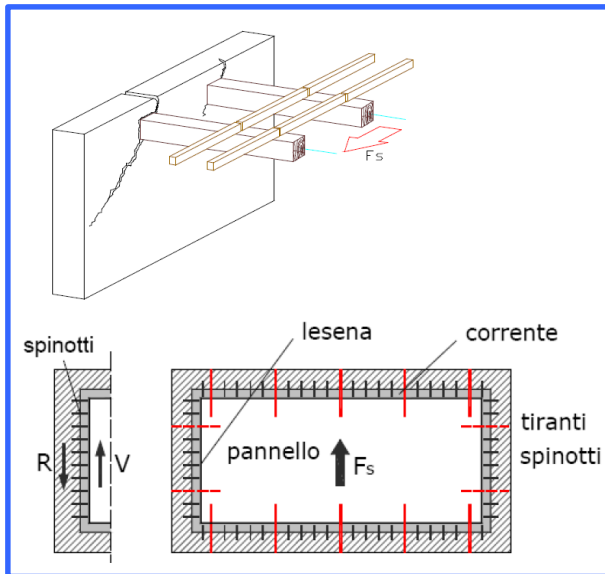
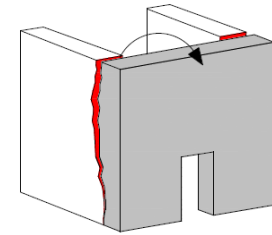
Diaframmi di falda



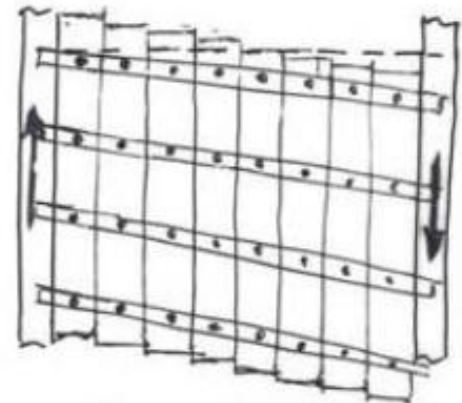
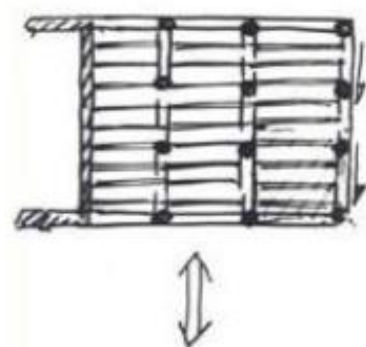
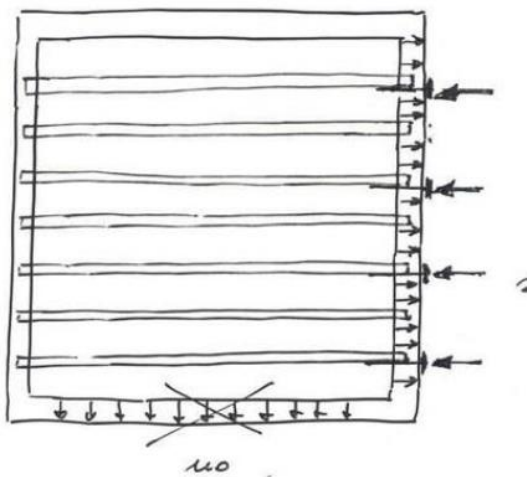
Comportamento scatolare



?  $\alpha_{Max} = 10^\circ - 15^\circ$



# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



Trasmissione azioni di taglio nel piano

I solai/volte non sono in grado di contenere le pareti

Comportamento scatolare ipotizzabile???

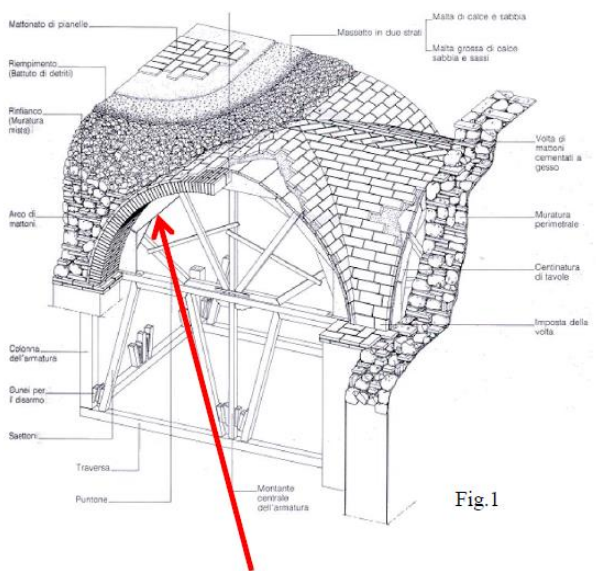
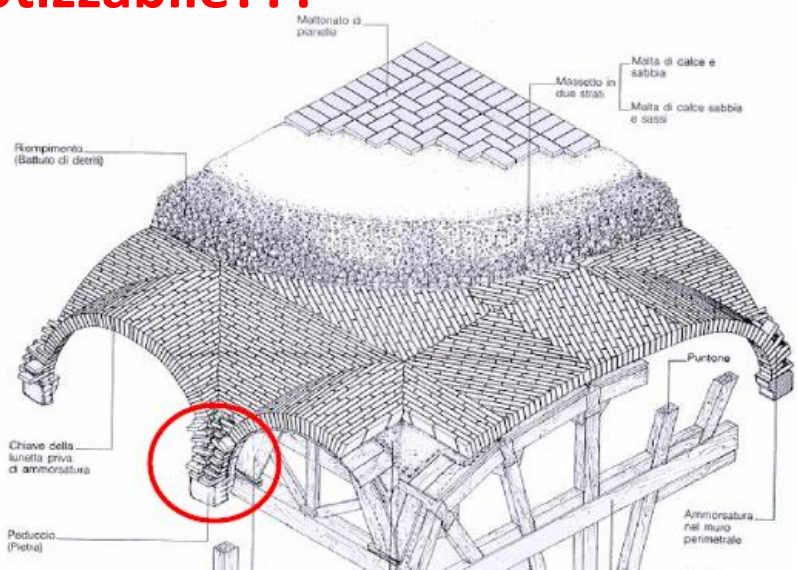


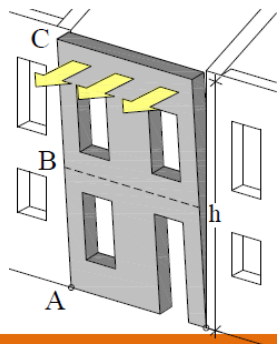
Fig.1



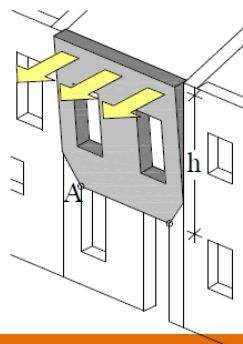
Collegamento solo ai peducci - no sulla direttrice

# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

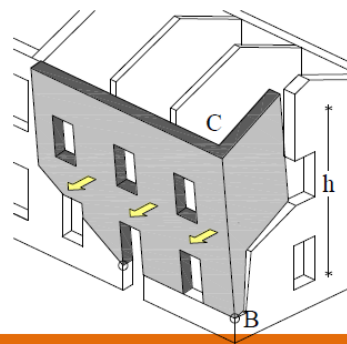
RIBALTAMENTO SEMPLICE



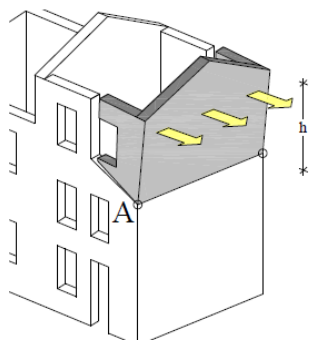
RIBALTAMENTO SEMPLICE



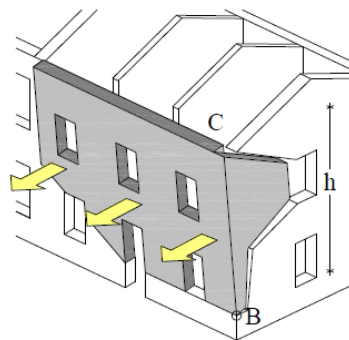
RIBALTAMENTO COMPOSTO



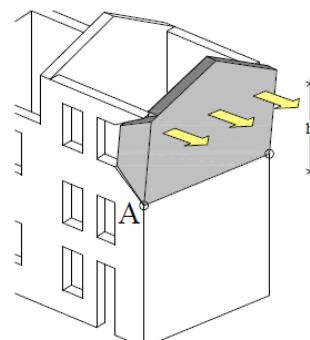
RIBALTAMENTO COMPOSTO



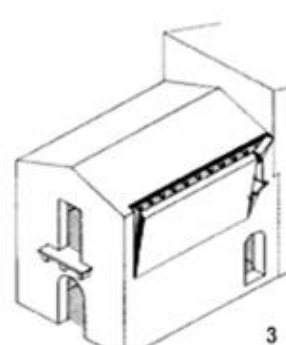
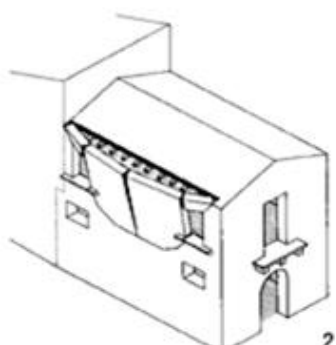
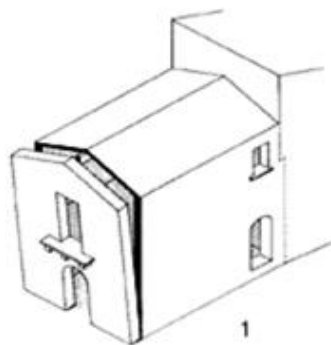
RIBALTAMENTO COMPOSTO



RIBALTAMENTO COMPOSTO



Edifici in MURATURA:  
esempi di meccanismi di danno e fuori piano



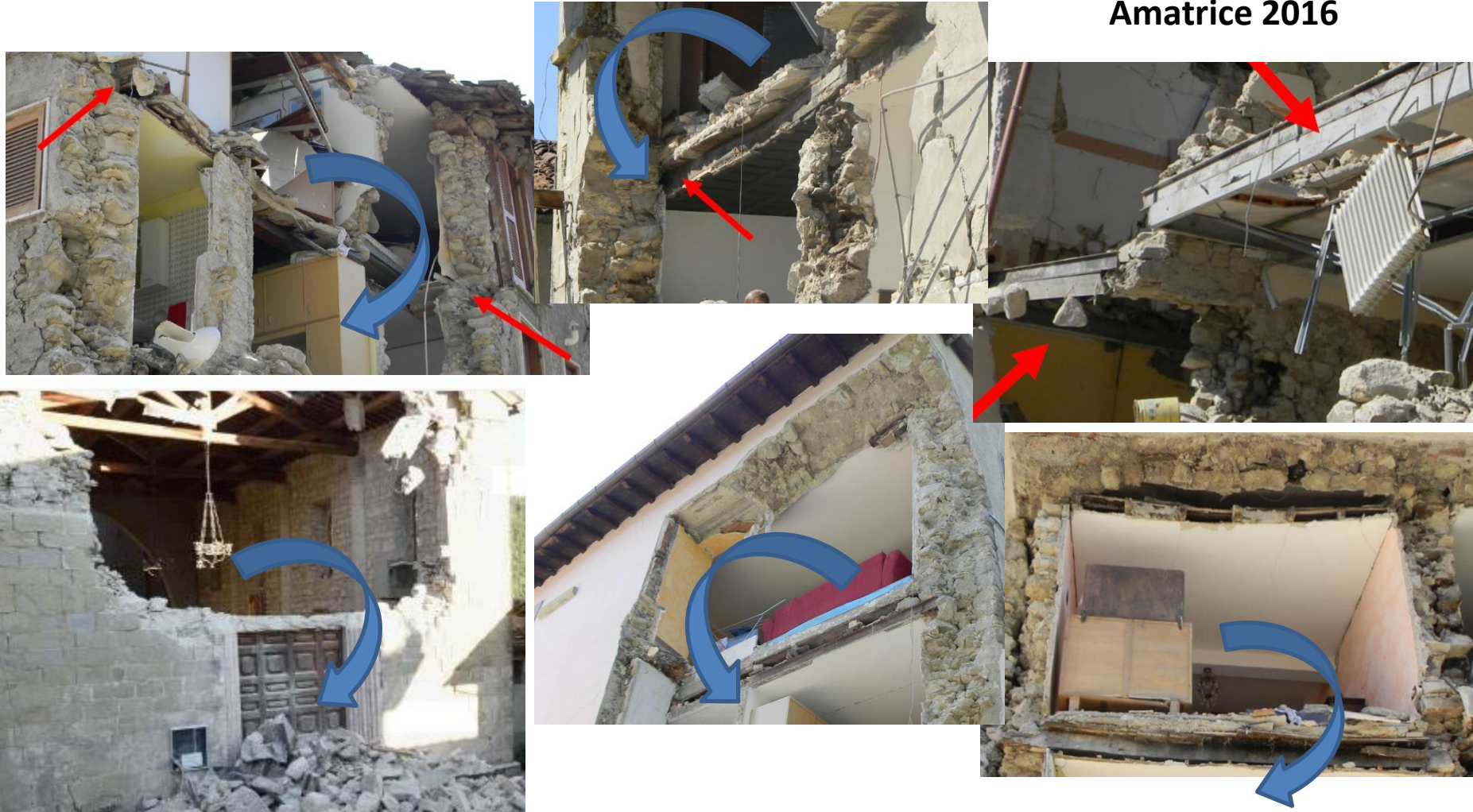


## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

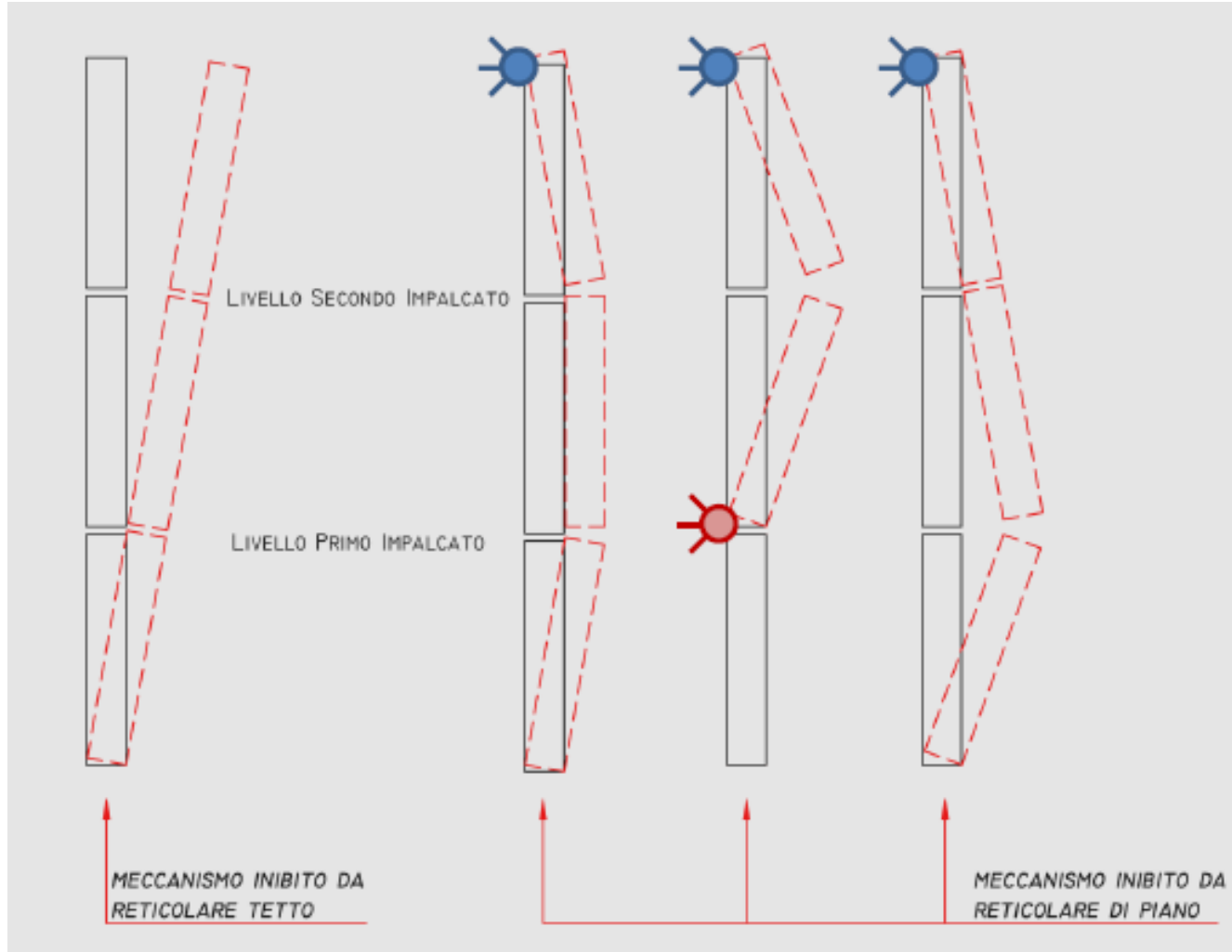


Edifici in **MURATURA**: esempi di  
**meccanismi di danno e fuori piano**

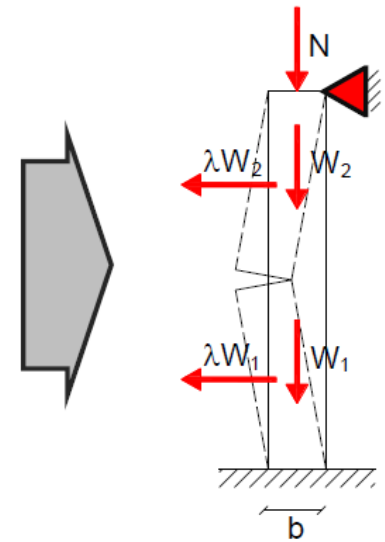
Amatrice 2016



# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



VULNERABILITA' NELLE CONDIZIONI POST INTERVENTO



$$\alpha_{0, ANTE} \gg \alpha_{0, POST}$$

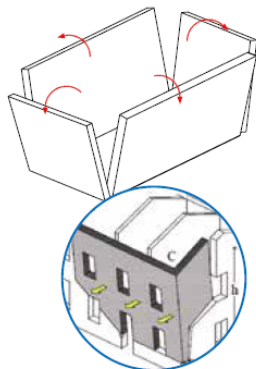
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Metodi di mitigazione del rischio sismico:

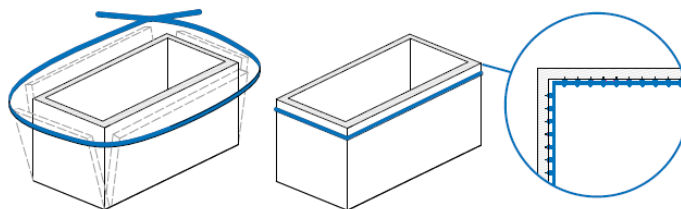
Prevenire o ritardare i meccanismi di collasso fuori piano **mediante alcuni sistemi costruttivi** che contribuiscono al comportamento scatolare

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.

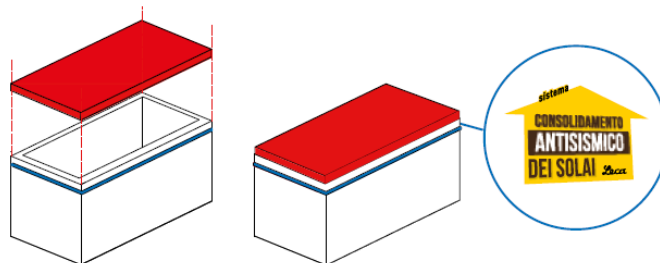
EDIFICIO SENZA COLLEGAMENTI SOLAIO-PARETI.



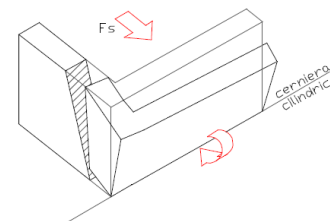
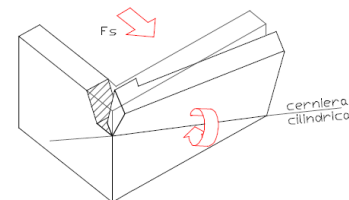
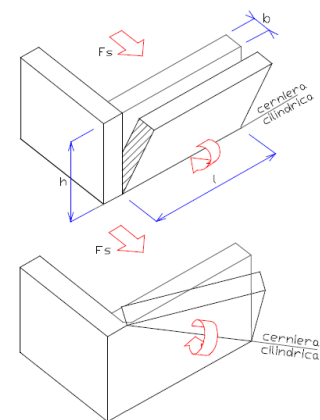
Ribaltamento delle facciate.



**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).

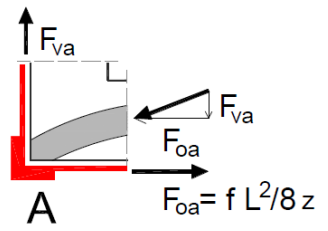
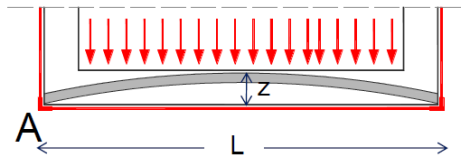
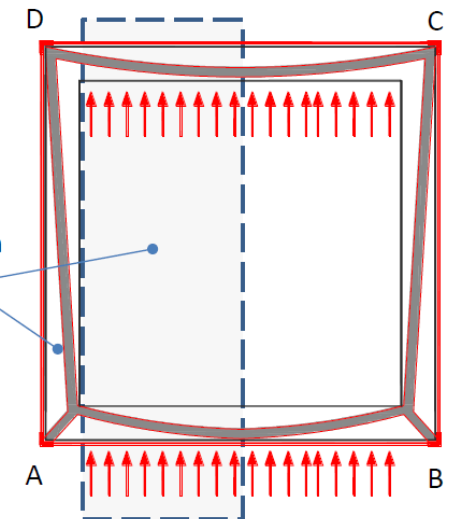


**PIANO RIGIDO:** formazione della nuova soletta collaborante leggera interconnessa al solaio esistente (Calcestruzzo Leca + Connettore CentroStorico).

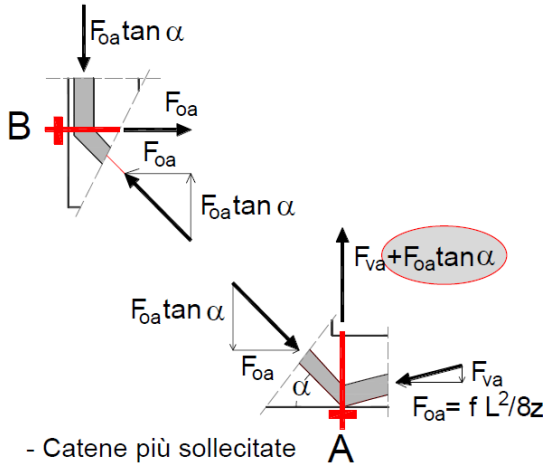
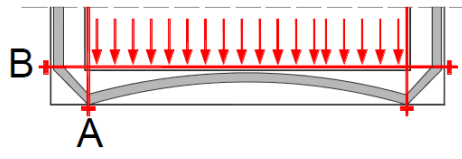
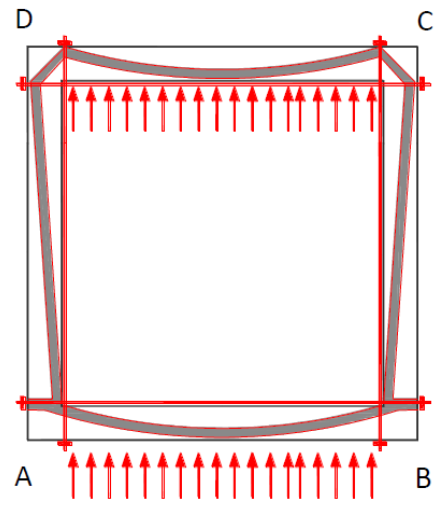


# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

Azione sismica trasferita alla parete sismo-resistente che può risultare troppo sollecitata.



+ Catene meno sollecitate  
- Impatto visivo



- Catene più sollecitate  
+ Nascoste alla vista

## Catene

- Esterne oppure alloggiato entro scanalature di qualche centimetro di profondità o raramente, entro fori, praticati con la carotatrice
- Attive, passive, aderenti o non aderenti
- Tesate con martinetto o sistemi a vite

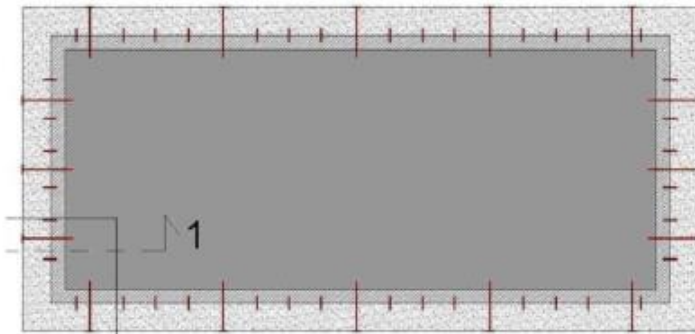
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Catene

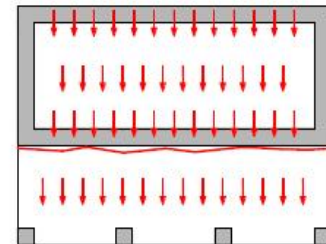
#### Inefficaci quando:

- Snellezza eccessiva delle pareti
- **Discontinuità della fascia muraria**
- Murature scadenti
- Presenza di canne fumarie e quindi impossibilità di realizzare il sistema arco – catena
- Incatenamento incompleto/inefficace
- **Presenza di porticati o irregolarità in pianta**

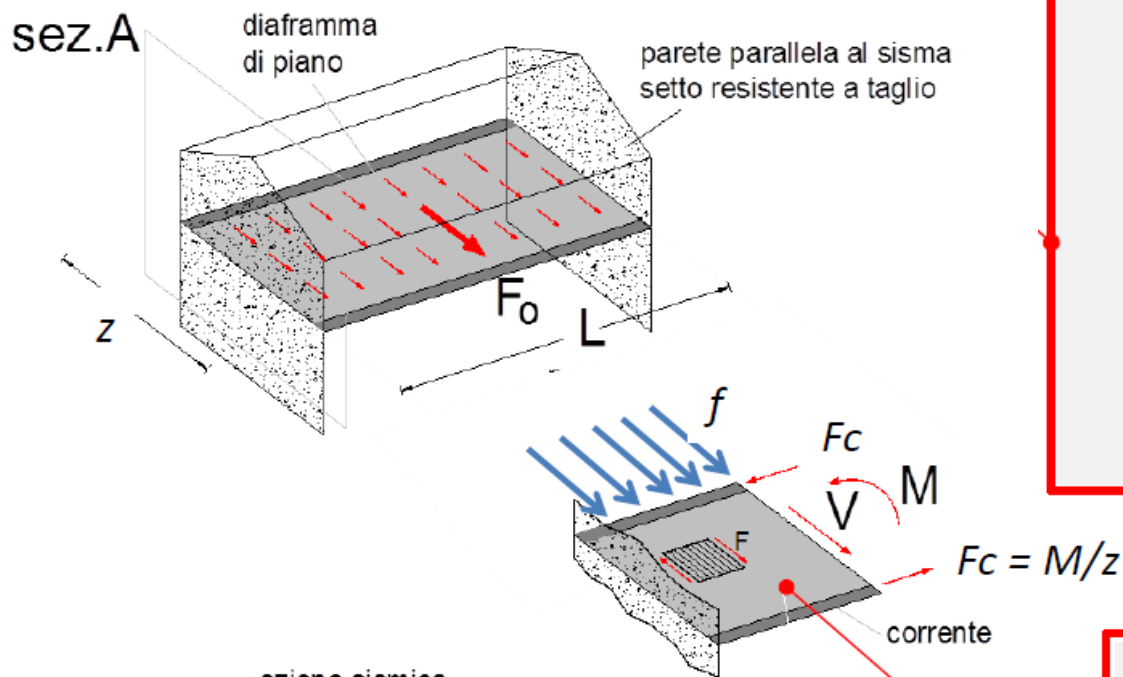
→ Necessità diaframmi di piano



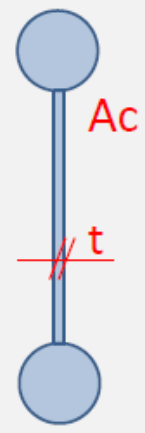
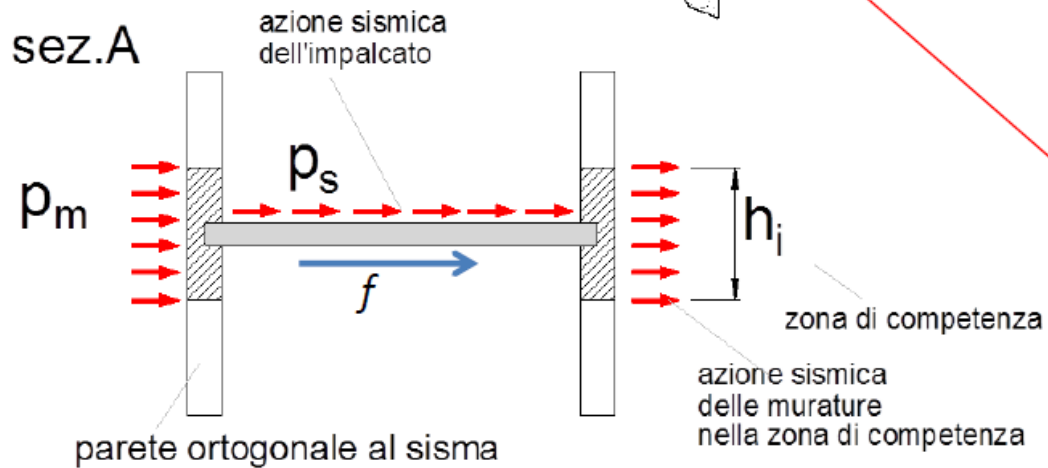
→ Catene inefficaci;  
necessità di  
diaframma di piano.



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



**SCHEMA STATICO:**  
**ELEMENTO BIDIMENSIONALE A CORRENTI E PANNELLO**  
 APPOGGIATO SUI SETTI SISMORESISTENTI

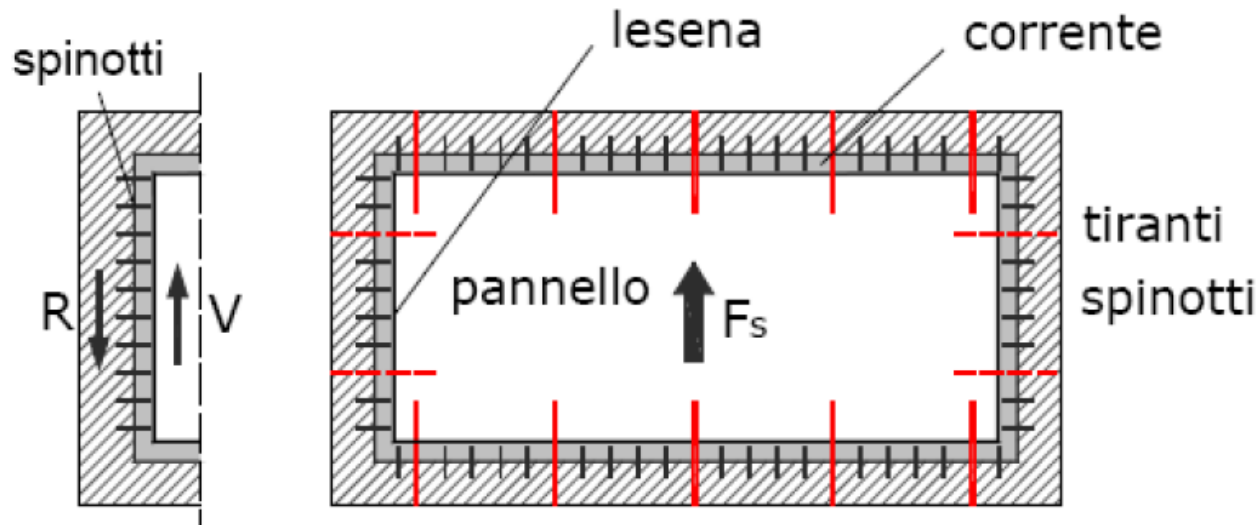



**SUDDIVISIONE DEI COMPITI:**

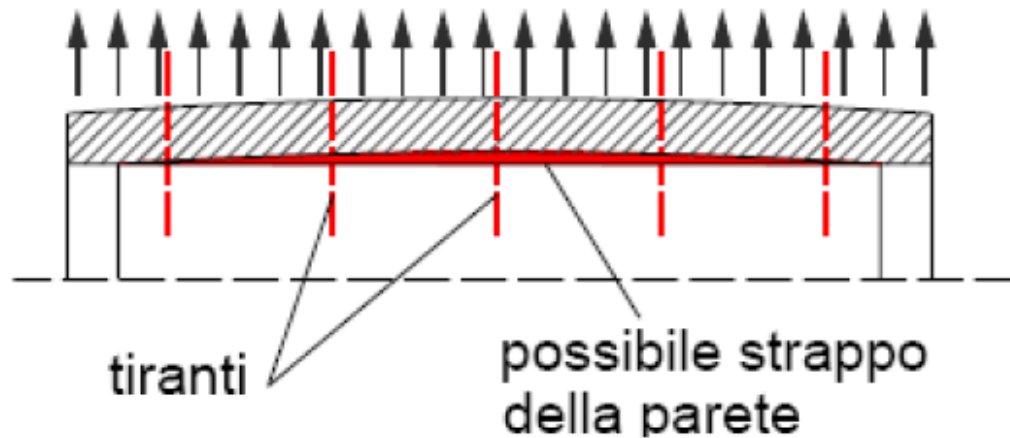
- MOMENTO FLETTENTE AI CORRENTI
- TAGLIO AL PANNELLO D'ANIMA.



### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



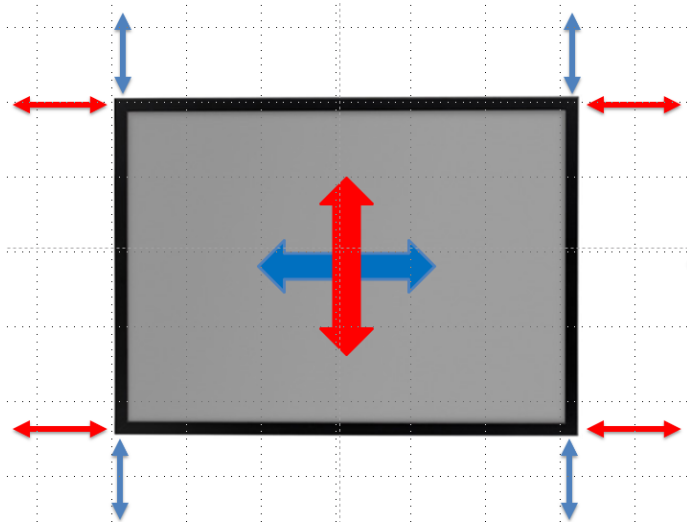
**Spinotti a taglio**



**Tiranti a trazione**

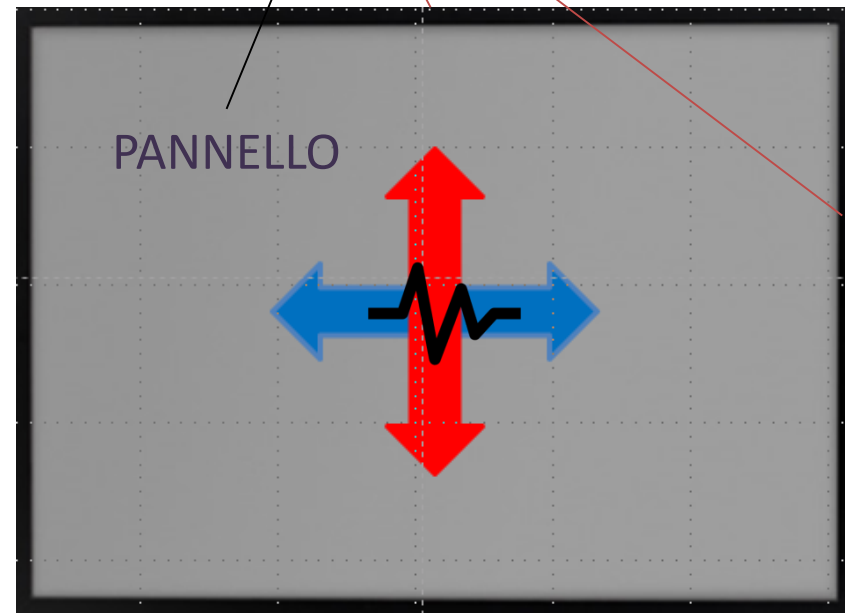
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### 1) Organizzazione del diaframma

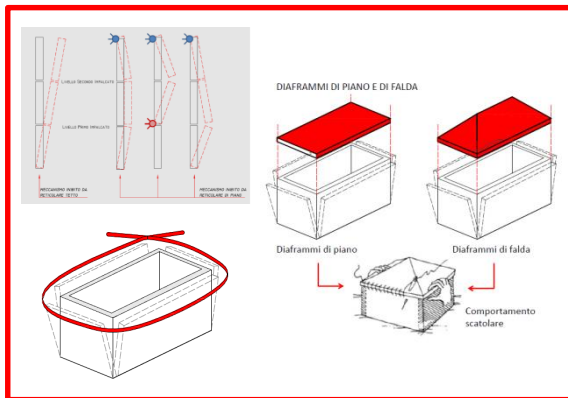


**DIAFRAMMA**

CORRENTI E  
RIPARTITORI



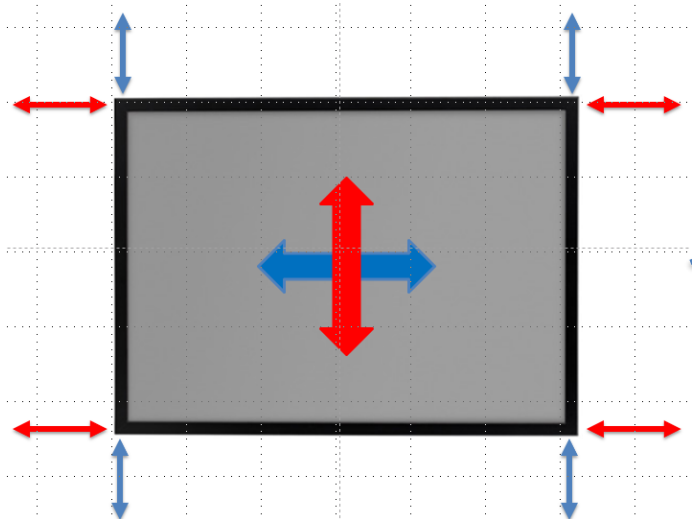
PANNELLO





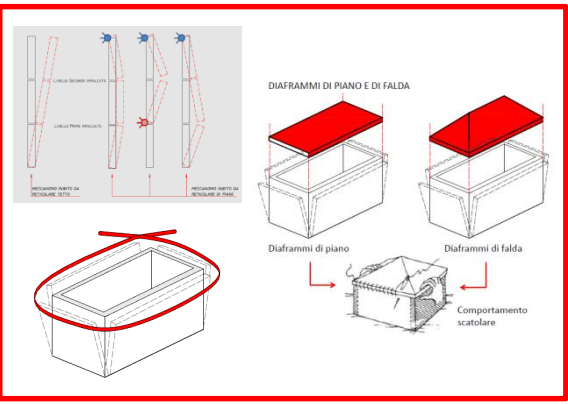
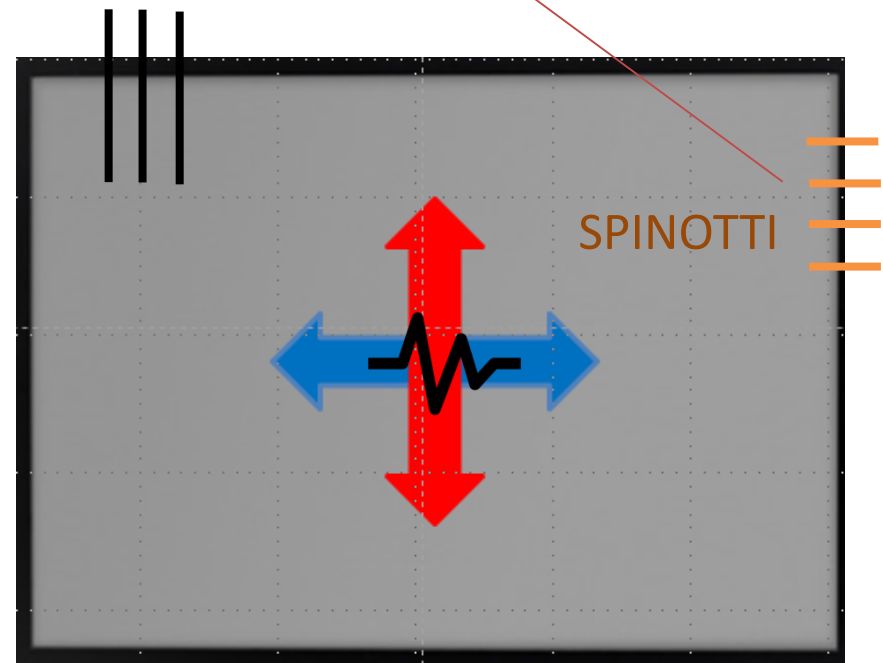
# 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

## 2) Organizzazione dei collegamenti



### COLLEGAMENTI

TIRANTI



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Cordolo in acciaio (angolare perimetrale)

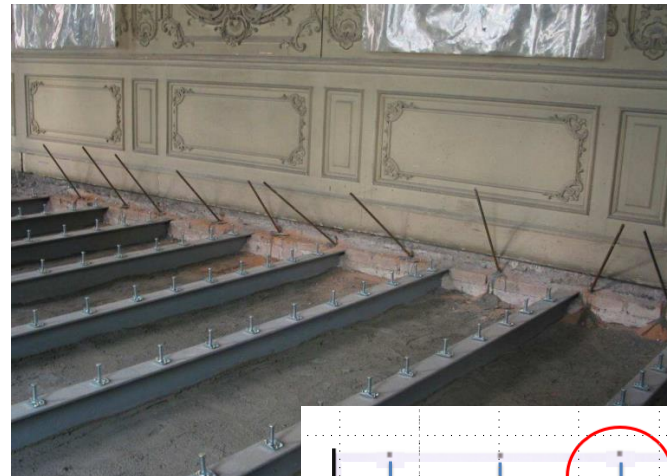


#### Sistema efficiente ma impegnativo nella sua realizzazione:

- Taglio degli angolari (lavori di carpenteria metallica);
- Trasporto e movimentazione;
- Saldatura;
- Inserimento degli spinotti e tiranti all'interno di sedi già forate degli angolari (poco versatile);
- Difficoltà nel seguire irregolarità di perimetro.

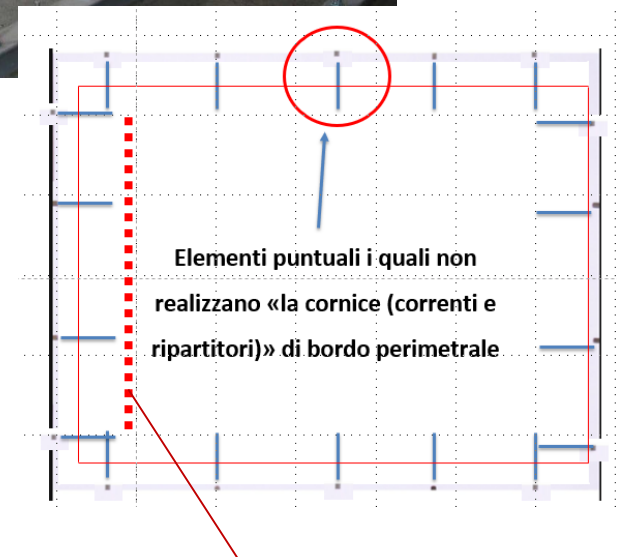
## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Barre/Spazzoni «inghisati» nelle pareti



#### Sistema artigianale:

- Aleatorietà legata alla posa in opera (inclinazione, lunghezza e diametro scelto, tipo di resina);
- Difficoltà di controllo delle quote;
- Mancanza dell'efficienza del sistema a CORRENTI/RIPARTITORI di perimetro (diaframma e collegamenti no organizzati!).



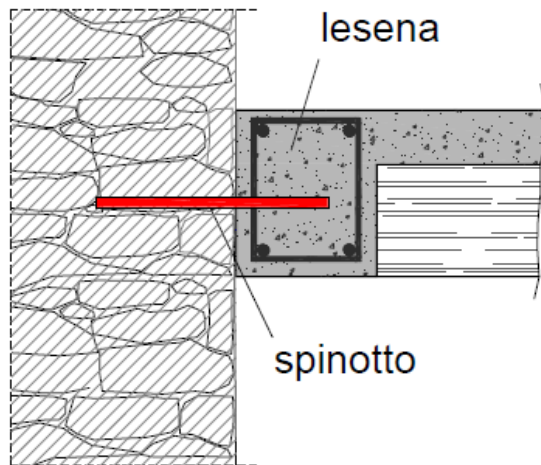
**RISCHIO DI LESIONI PER MANCANZA DI ELEMENTI CHE ASSORBONO TRAZIONI/COMPRESIONI DI BORDO**

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### Trave di bordo – cordolo in CA fuori spessore

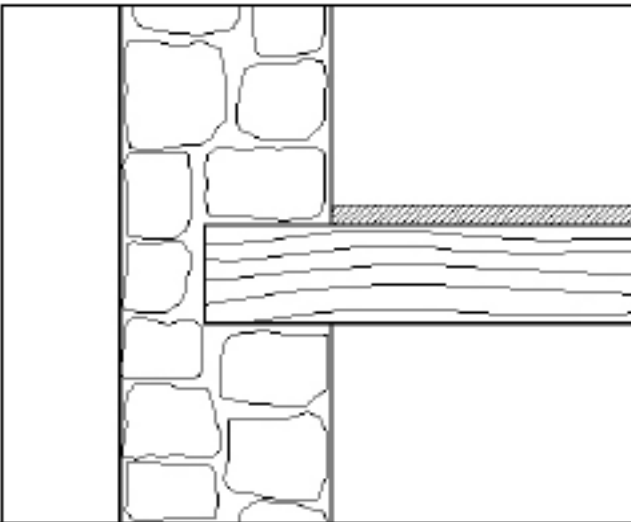
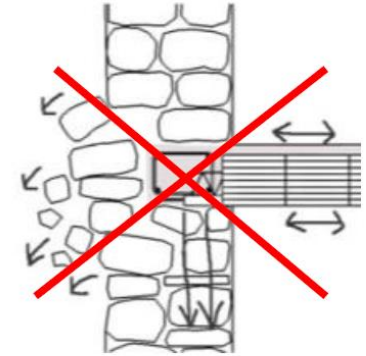
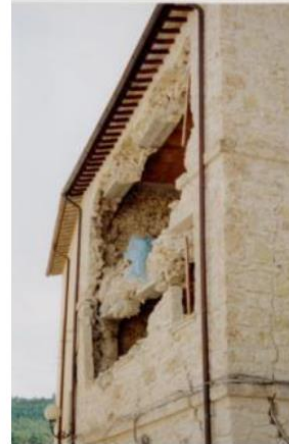
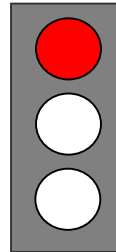
#### Sistema invasivo e impattante:

- Impossibilità del contenimento delle quote;
- Lavoro impattante per la realizzazione del cordolo in CA, testa delle travi coinvolte.

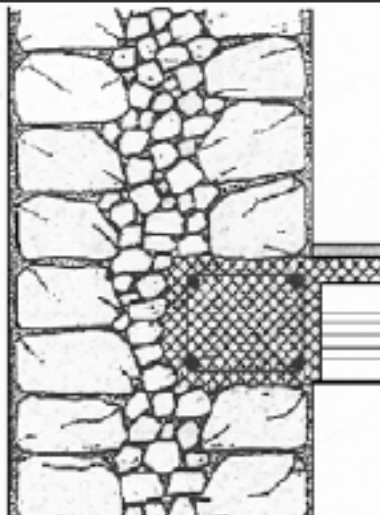


## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

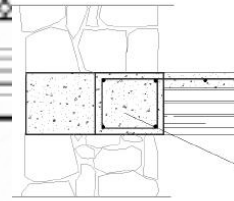
**Interventi da EVITARE!!!**



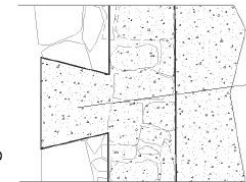
*Assenza totale o parziale di cordoli o catene.*



*Collegamenti tra orizzontamenti e pareti tramite cordoli in c.a. in breccia su un solo paramento.*



**EVITARE**  
cordoli  
perimetrale  
realizzato entro  
lo spessore  
della muratura



**EVITARE**  
connessioni  
a code di  
rondine

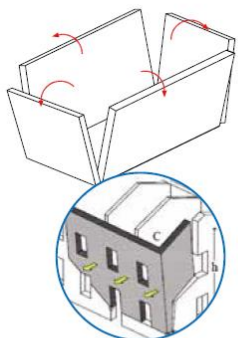
*Fonte: Regione Toscana: rilevamento della vulnerabilità sismica edifici in muratura*

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

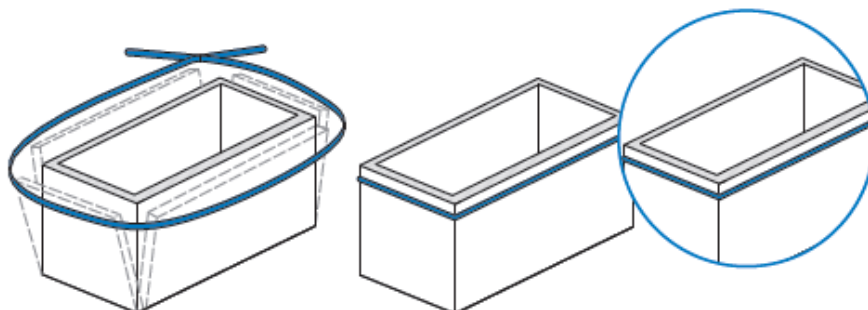
### Innovativo sistema costruttivo PERIMETRO FORTE

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.

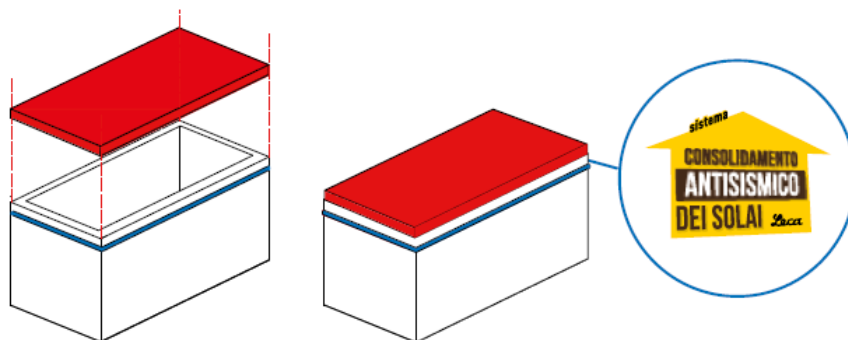
EDIFICIO SENZA COLLEGAMENTI SOLAIO-PARETI.



Ribaltamento delle facciate.



**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).



**PIANO RIGIDO:** formazione della nuova soletta collaborante leggera interconnessa al solaio esistente (Calcestruzzo Leca + Connettore CentroStorico).



RENDI PIÙ SICURA LA TUA CASA

Il sistema di **CONSOLIDAMENTO STATICO** e **ANTISISMICO** dei solai.

**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti

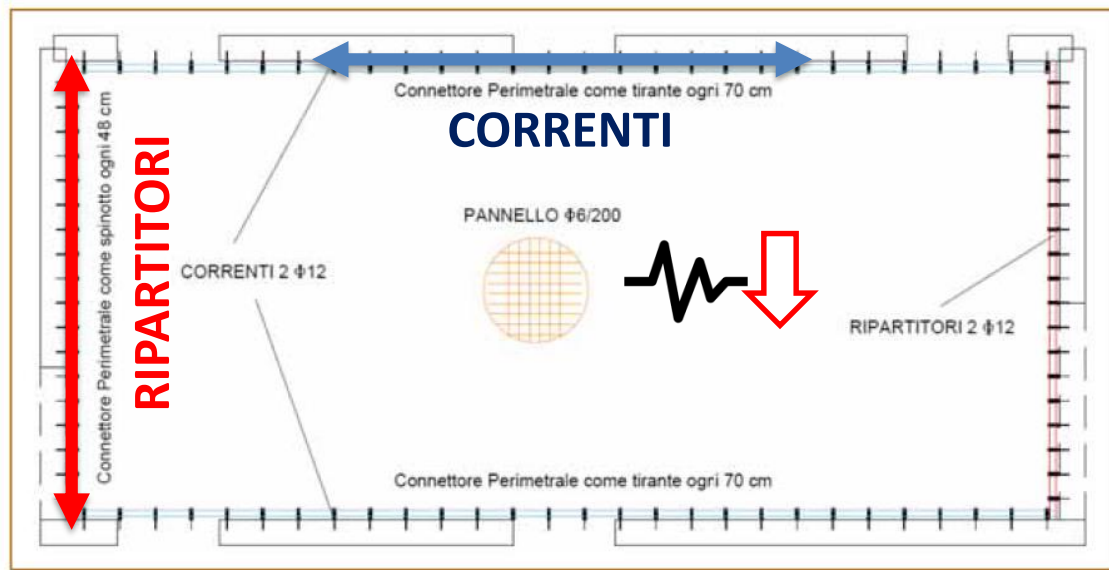
**perimetro FORTE**

**CentroStorico**

sistema  
**CONSOLIDAMENTO ANTISISMICO DEI SOLAI** Leca

### 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

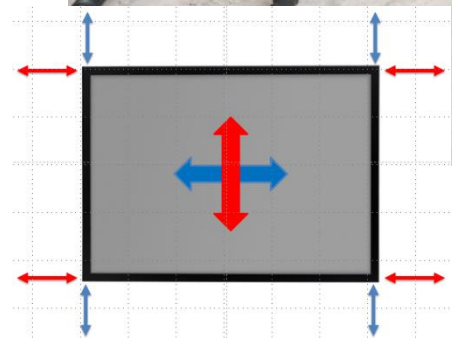
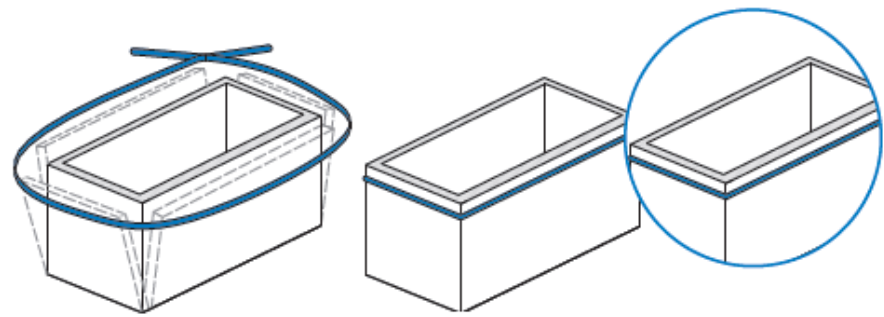
## Collegamento solaio – pareti & CERCHIATURA ANTISISMICA



**perimetro FORTE**



INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.



**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

# CONNETTORE PERIMETRALE



**1** il CONNETTORE con funzione antisismica brevettato, industrializzato, certificato.



perimetro  
**FORTE**

Carico ultimo a trazione	15 kN
Carico ultimo a taglio	8,2 kN
Rigidezza della connessione	7,5 kN/mm
Confezione: scatole da 12 pezzi	
Certificazione soluzione: Università di Bergamo.	

Connettore Perimetrale è l'innovativo sistema certificato e brevettato in grado di realizzare la cerchiatura perimetrale antisismica Perimetro Forte, finalizzata a ridistribuire le forze sismiche dal solaio alle pareti riducendo i rischi di collassi locali causati dallo sfilamento dei solai e dal ribaltamento dei muri fuori dal loro piano.

Il sistema antisismico è studiato per completarsi al meglio con il consolidamento statico dei solai Leca-CentroStorico (Connettore CentroStorico, Calcestruzzi e Massetti Leca), soluzione certificata per l'aumento della portata utile del divisorio portante orizzontale. È certificato dall'Università di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate.



### ✓ COMPORTAMENTO SCATOLARE DELL'EDIFICIO

Il sistema riduce la vulnerabilità dell'edificio con interventi finalizzati ad assicurare la stabilità delle pareti.

### ✓ MIGLIORAMENTO CAPACITÀ PORTANTE DEL SOLAIO

Connettore Perimetrale contribuisce all'aumento dei carichi di esercizio del solaio.



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



# ANCORANTE CHIMICO



perimetro  
**FORTE**

Bussola metallica



Carico consigliato a trazione (barra $\phi$ 12)	2,8 kN (mattoni pieni) 13,5 kN (cls C20/25)
Carico consigliato a taglio	3,9 kN (mattoni pieni) 17,4 kN (cls C20/25)
Resa in opera (indicativa in funzione della tipologia di parete, della profondità e riempimento del foro)	1 cartuccia ogni 6 fori (L 30 cm, $\phi$ 16 mm)
Tempo di lavorabilità	10' (5-10°C) 6-8' (10-20°C) 4-5' (20-30°C)
Tempo di indurimento	2h (5-10°C) 75-85' (10-20°C) 40-50' (20-30°C)
Confezione: cartuccia da 300 ml in scatole da 6 pezzi	
Durata: 12 mesi (in imballi originali e ben conservati)	

Ancorante Chimico è la speciale resina metacrilato priva di stirene a consistenza tixotropica bicomponente per l'ottimale fissaggio strutturale del tirante-spinotto di Connettore Perimetrale all'interno delle pareti sismo-resistenti.

I due componenti vengono miscelati nel beccuccio mixer semplicemente estrudendo la cartuccia con la tradizionale pistola applicatrice (tipo silicone).

È certificato dall'Università di Bergamo in abbinamento al Connettore Perimetrale.

### ✓ ECCELLENTE ADESIONE STRUTTURALE E ALTO POTERE ADESIVO

Consente di ottenere monoliticità tra il solaio e le pareti sismo-resistenti.

### ✓ RAPIDO SVILUPPO DELLE PRESTAZIONI

Consente una veloce messa in esercizio di Connettore Perimetrale.

### ✓ SEMPLICE DA USARE, FACILE DA ESTRUDERE

La pratica confezione da 300 ml consente l'impiego della tradizionale "pistola" da silicone.

## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



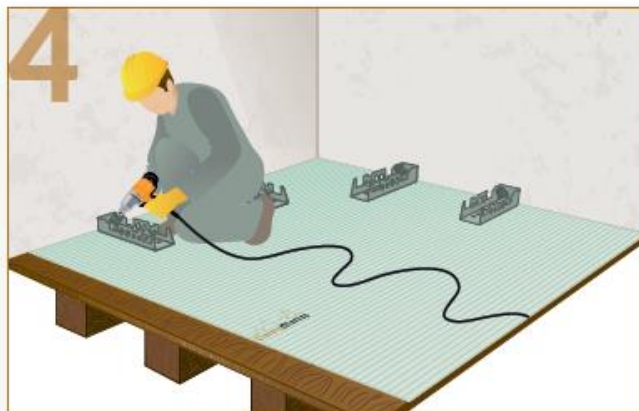
1 Posizionare il Prisma di base lungo l'intero perimetro del solaio (adeguatamente pulito e regolarizzato) secondo lo schema di posa previsto dal Progetto. Eseguire il foro a 45° nella muratura utilizzando la dima presente nel Connettore Perimetrale servendosi di un trapano tassellatore (punta  $\phi$  16 mm) per una lunghezza pari a circa 300 mm.



2 Pulire il foro (con pistola ad aria compressa, scovolino metallico, aspirazione), inserire l'eventuale bussola metallica (in presenza di muratura eterogenea) e riempire con Ancorante Chimico sino a circa i 3/5 della profondità posizionando la cartuccia dentro la "pistola" applicatrice.



3 Inserire immediatamente il Tirante-Spinotto (completo del relativo Prisma) all'interno del foro resinato applicando un leggero movimento di rotazione.



4 Attendere l'indurimento di Ancorante Chimico (in funzione della temperatura da ca. 5 h, +5°C, a ca. 40 min, +30°C) e procedere al serraggio del Tirante-Spinotto al Prisma di base a mezzo avvitatore con bussola da 19 mm.

perimetro  
**FORTE**

Trapano tassellatore con punta  $\phi$  16 mm e lunghezza min 315 mm.



Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 19 mm.

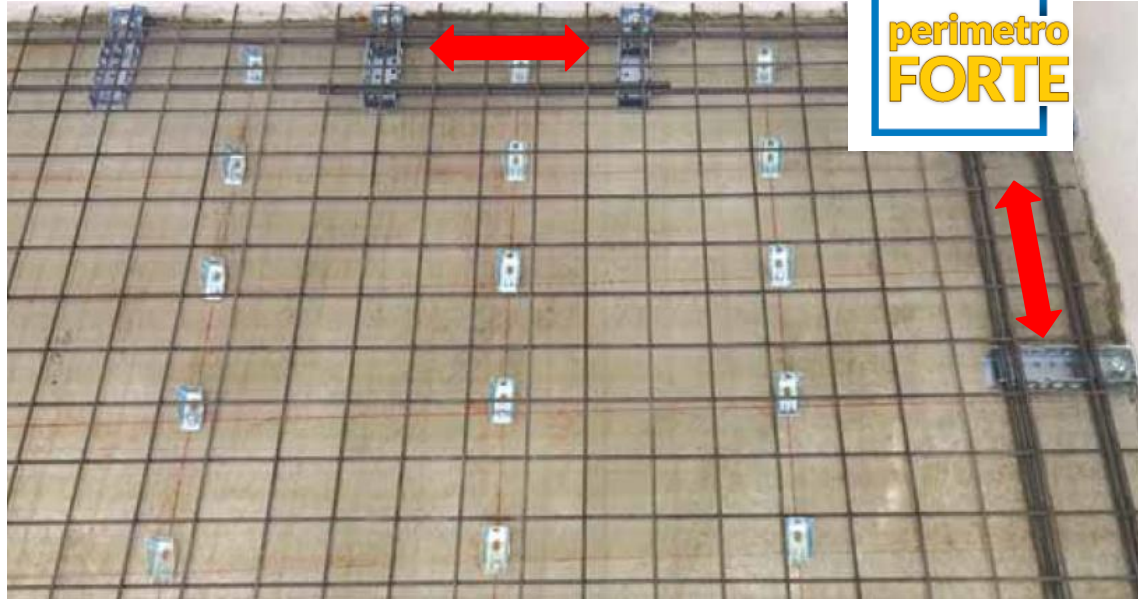


Scovolino metallico o aria compressa per pulizia foro.



## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

### PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



perimetro  
**FORTE**

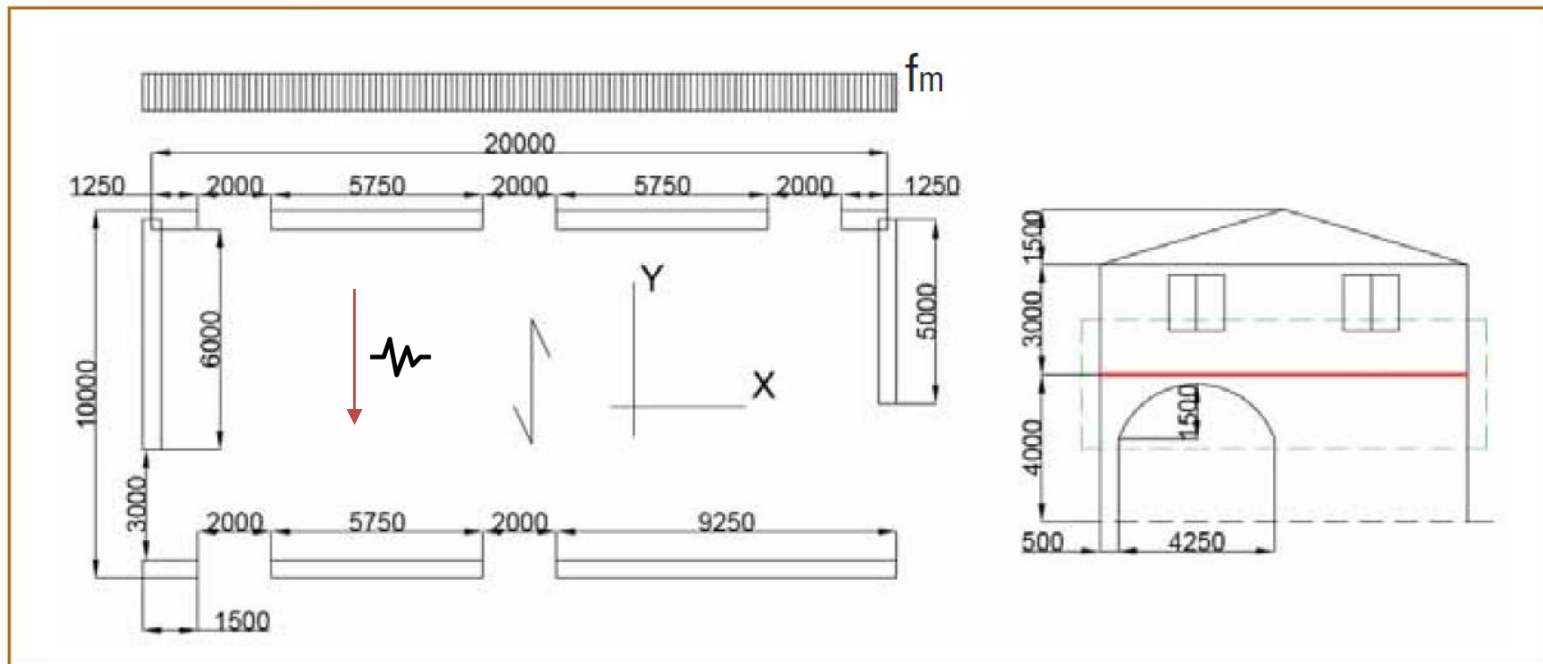


# *Esempi di calcolo del diaframma*

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Esempio di calcolo con Perimetro Forte

Il diaframma di piano oggetto di intervento è il seguente:



#### Analisi dei carichi:

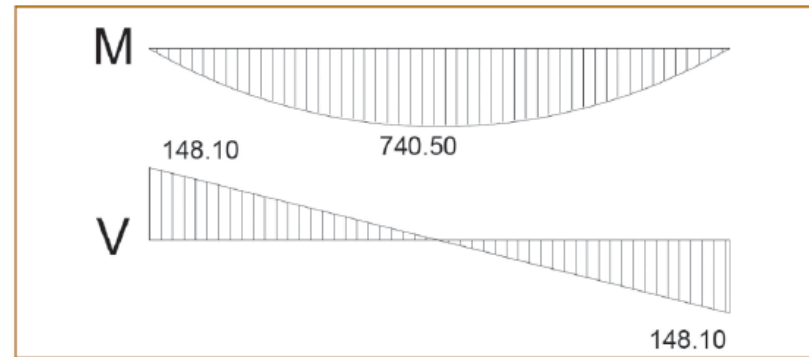
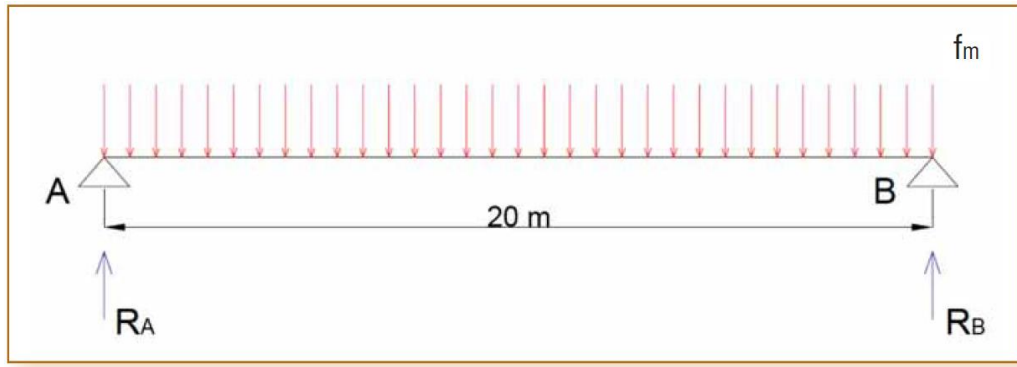
- $G = 4.40 \text{ kN/m}^2$  (carichi strutturali e permanenti portati);
- $Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$  (civile abitazione oppure uffici non aperti al pubblico);
- $G + 0.30 Q = 5.00 \text{ kN/m}^2$   
(combinazione sismica secondo N.T.C. 2018);
- $a_g = 0.15g$  (accelerazione applicata al piano in oggetto).

#### Carichi raccolti dall'impalcato di piano:

$$W_{\text{piano}} = (20 - 0.50) \cdot (10 - 0.50 \cdot 2) \cdot (G + 0.30 \cdot Q) = 877.50 \text{ kN}$$

$$W_{\text{pareti di competenza}} = (20 + 0.50) \cdot h_i \cdot \gamma_m \cdot s \cdot 0.85 \cdot 2 = 1097.78 \text{ kN}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO



Dove:

$$f_m = (W_{piano} + W_{pareti di competenza}) \cdot \frac{a_g}{L} = (877.50 + 1097.78) \cdot \frac{0.15}{20} = 14.81 \text{ kN/m}$$

Equazione di equilibrio alla traslazione

$$R_A + R_B = f_m \cdot L$$

Equazione di equilibrio attorno ad A

$$f_m \cdot L \cdot \frac{L}{2} - R_B \cdot 20 = 0 \rightarrow R_B = 148.10 \text{ kN}$$

$$R_A = 148.10 \text{ kN}$$

Progetto rete elettrosaldata

$$q_{V,max} = \frac{V_{max}}{z} = \frac{148.10}{8.77} = 16.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ (flusso di taglio massimo)}$$

Ipotizzando l'impiego di una rete filo 6 mm, si ottiene:

$$s \leq \frac{A_s \cdot f_{yd}}{q_{V,max}} = 655 \text{ mm} \rightarrow \text{Ø6 ogni 200 mm} \rightarrow \text{OK}$$

Verifica spessore del pannello

$$\frac{q_{V,max}}{h_c} < \tau_{ud} \rightarrow 0.282 < 0.71 \text{ (resistenza a trazione di progetto del Leca CLS 1400)} \rightarrow \text{OK}$$

Il valore di  $\tau_{ud}$  rappresenta un valore limite agli SLU per la verifica dello spessore minimo del pannello.Verifica di duttilità del pannello

$$\omega_{(x,y)} = \frac{(A_{s(x,y)} \cdot f_{yd})}{(\Delta_{(x,y)} \cdot h_c \cdot f_{cd} \cdot v)} < 0.3$$

$$\omega_{(x,y)} = 0.163 < 0.3 \rightarrow \text{OK}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione dei correnti

#### ARMATURA

$$T_{CORRENTE} = \frac{M_{max}}{z} = \frac{740.50}{8.77} \cong 84.44 \text{ kN}$$

$$z = 9 - 0.115 \text{ (metà larghezza prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \cdot 2 \cong 8.77 \text{ m}$$

$$f_{yd} = 391 \text{ MPa}$$

$$A_{s,min} = \frac{T_{CORRENTE}}{f_{yd}} \cong 215.96 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ } \phi 12 = 226 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### SEZIONE IN CALCESTRUZZO

$$C_{CORRENTE} \cong 84.44 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 0.85 \cdot \frac{20}{1.50} = 11.33 \text{ MPa (ipotizzato impiego del Leca CLS 1400)}$$

$$A_{c,min} = \frac{C_{CORRENTE}}{f_{cd}} \cong 7452.78 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 b &= 230 \text{ mm (larghezza del prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \rightarrow h_{c,min} \\
 &= \frac{7452.78}{230} = 32.40 \text{ mm (spessore minimo e quindi con } h_c = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{OK)}
 \end{aligned}$$

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione dei ripartitori

Si sceglie il valore dell'azione tagliante più significativo, in questo caso in corrispondenza del polo B perché la parete lungo la quale viene distribuito il flusso di taglio ha le dimensioni più corte e pertanto il flusso di taglio di competenza del ripartitore è incrementato.

$$V_B = 148.10 \text{ kN}$$

$$q_{V,B} = \frac{V_B}{z} = \frac{148.10}{8.77} = 16.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_{\text{parete}} = B_m = 5 - 0.115 = 4.885 \text{ m}$$

#### ARMATURA

$$N_{LESENA} = q_{V,B} \cdot (z - B_m) = 16.89 \cdot (8.77 - 4.885) = 65.62 \text{ kN}$$

$$A_{s,min} = \frac{N_{LESENA}}{f_{yd}} \cong 167.83 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ } \varnothing 12 = 226 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### SEZIONE IN CALCESTRUZZO

$$A_{c,min} = \frac{N_{LESENA}}{f_{cd}} \cong 5791.70 \text{ mm}^2$$

$$b = 230 \text{ mm (larghezza del prisma del Connettore Perimetrale CentroStorico)} \rightarrow h_{c,min}$$

$$= \frac{5791.70}{230} = 25.18 \text{ mm (spessore minimo e quindi con } h_c = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{OK)}$$



## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Progettazione degli spinotti a taglio

La progettazione del numero e passo degli spinotti a taglio viene determinato in funzione della prestazione del Connettore Perimetrale CentroStorico certificata dall'Università degli Studi di Bergamo (vedere sezione 4.4.1).

In questo caso l'azione tagliante massima che dovrà trasferire il Connettore Perimetrale CentroStorico è la seguente:

$$V_{max} = 148.10 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,Connettore Perimetrale CS} = 8.2 \text{ kN}$$

$$n = \frac{V_{max}}{V_{Rd,Connettore Perimetrale CS}} \cong 18 \text{ spinotti}$$

$$L_{parete} = 8.77 \text{ m} \rightarrow \text{passo} = \frac{8.7}{18} = 0.48 \text{ m}$$

**Posando il Connettore Perimetrale CentroStorico (con funzione spinotto) ogni 48 cm la verifica risulta soddisfatta.**

### Progettazione dei tiranti

In questo caso si dovrà determinare l'azione sollecitante che determina l'innescarsi di meccanismi di collasso di primo modo delle pareti di competenza, nella direzione dell'azione sismica considerata.

In funzione della prestazione del Connettore Perimetrale CentroStorico certificata dall'Università degli Studi di Bergamo secondo tutte le condizioni al contorno ben definite (vedere sezione 4.4.1).

In questo caso l'azione di trazione massima che dovrà sostenere il Connettore Perimetrale CentroStorico è la seguente:

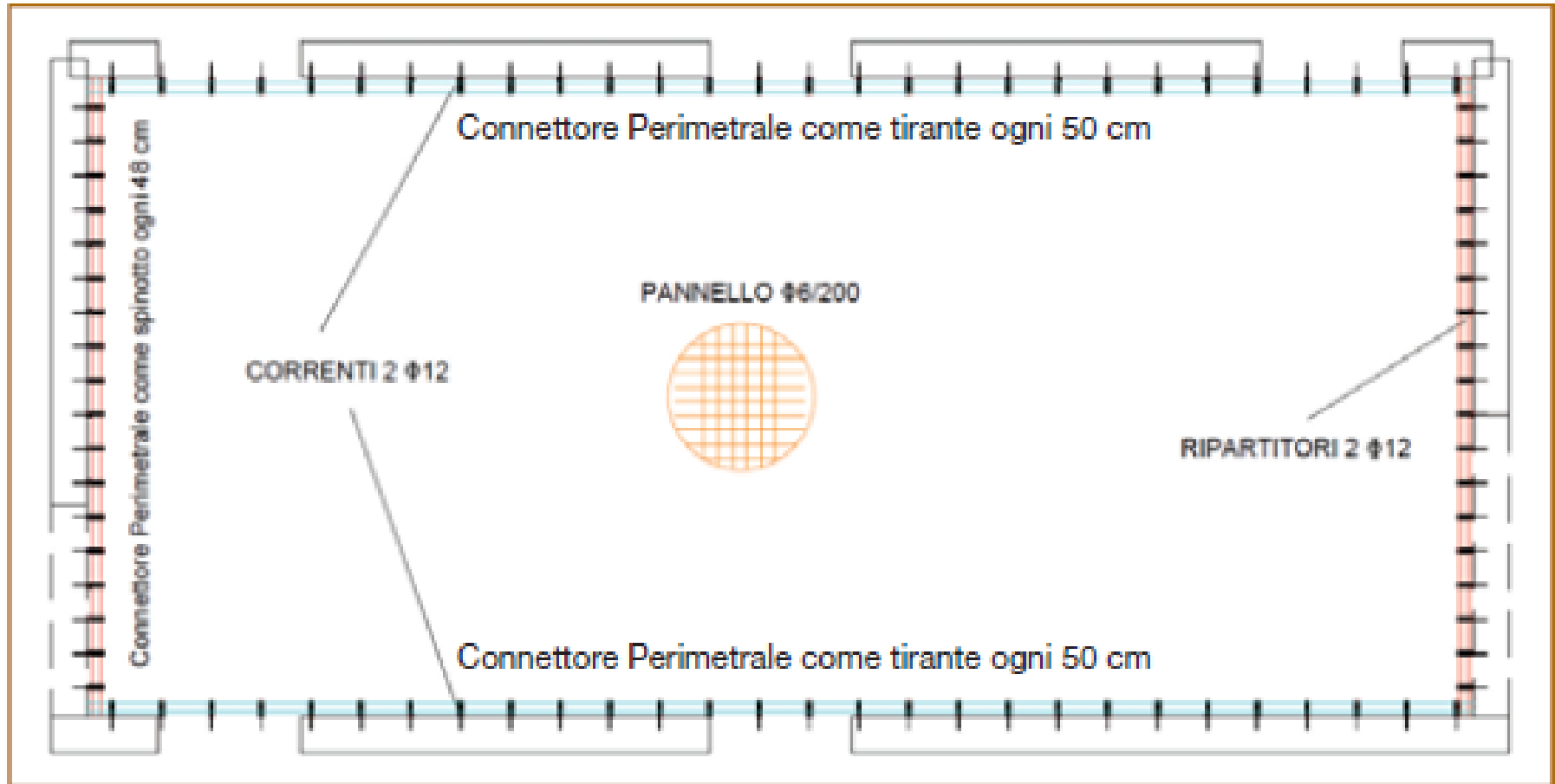
$$f_m = h_i \cdot s \cdot \gamma_m \cdot \frac{a_g}{g} = 4.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$T_{Rd,Connettore Perimetrale CS} = 2.4 \text{ kN}$$

$$\text{passo} = \frac{T_{Rd,Connettore Perimetrale CS}}{f_m} = 0.51 \text{ m}$$

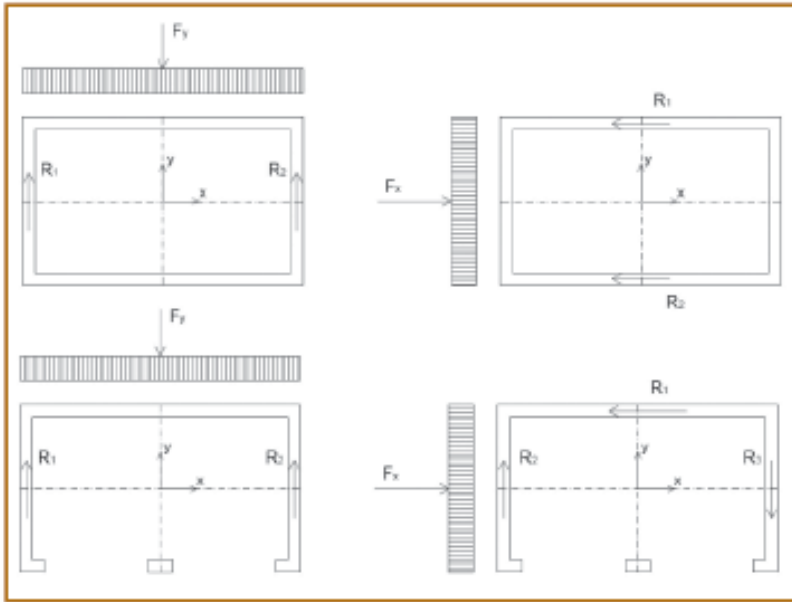
**Posando il Connettore Perimetrale CentroStorico (con funzione tirante) ogni 50 cm la verifica risulta soddisfatta.**

## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

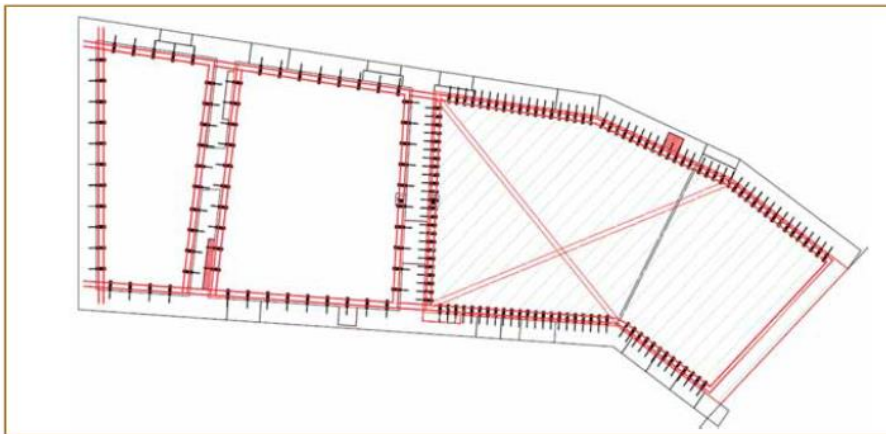
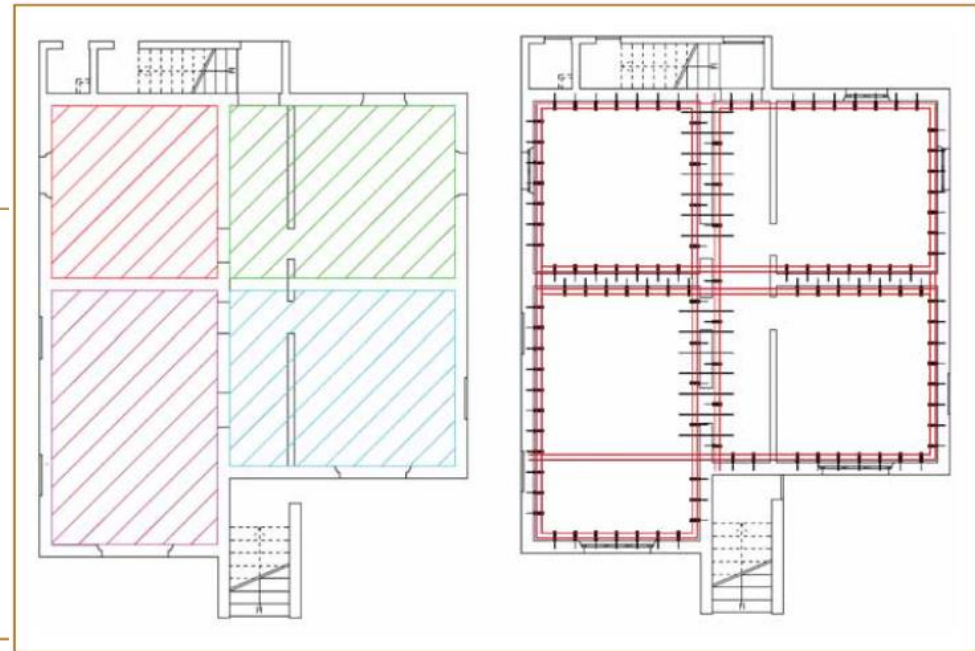
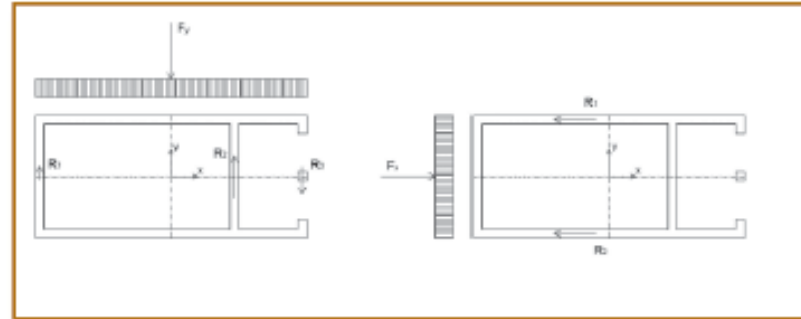


## 3.8 Esempi di calcolo del DIAFRAMMA DI PIANO

### Alcuni esempi di schemi strutturali



Quando è presente una discontinuità delle fasce murarie (per esempio la presenza di un elemento ad arco o loggiato sottostante).

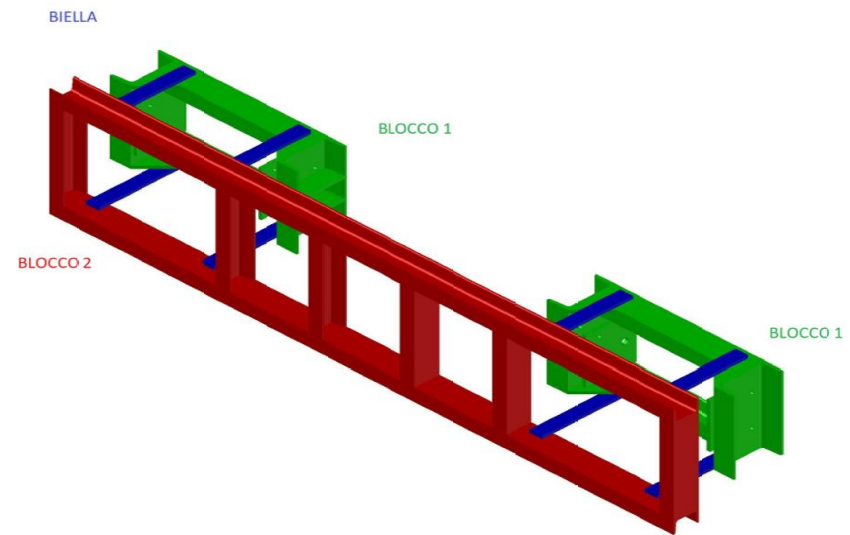
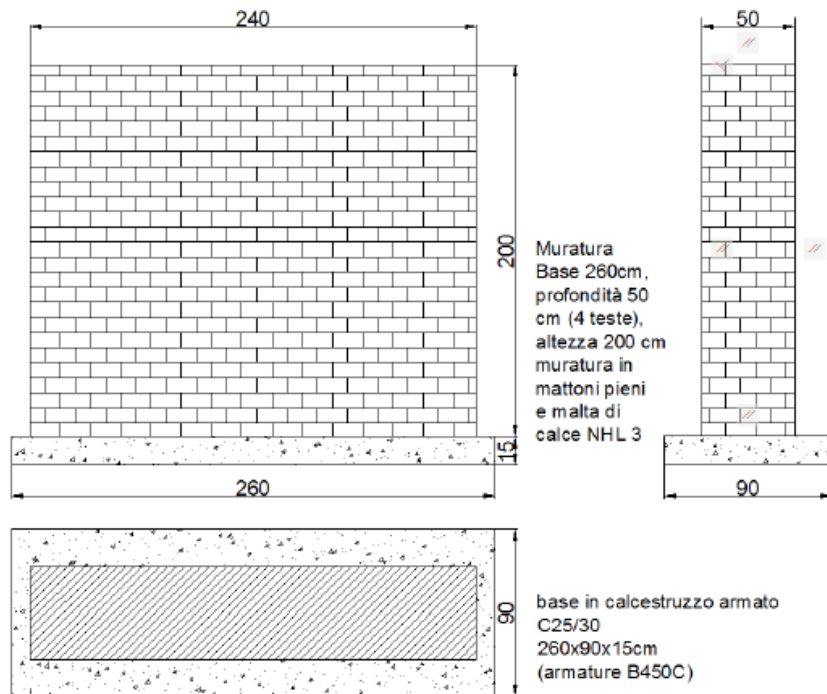


***Sperimentazione presso  
Università degli Studi di Bergamo***

## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO  
Dipartimento di Ingegneria e Scienze applicate

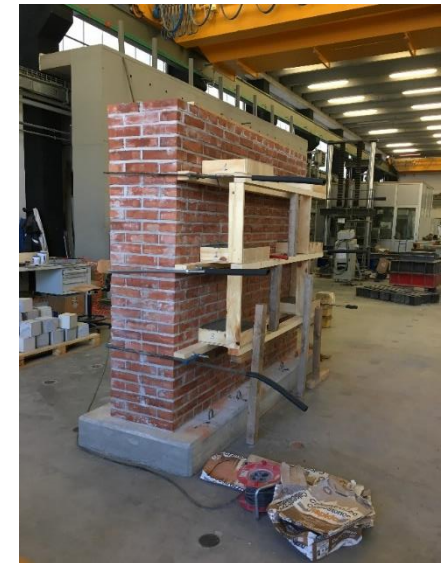
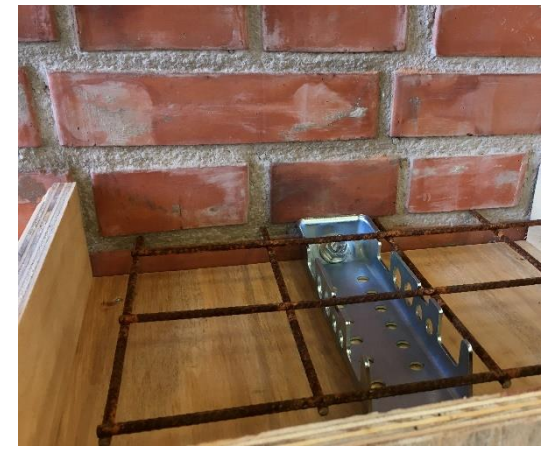
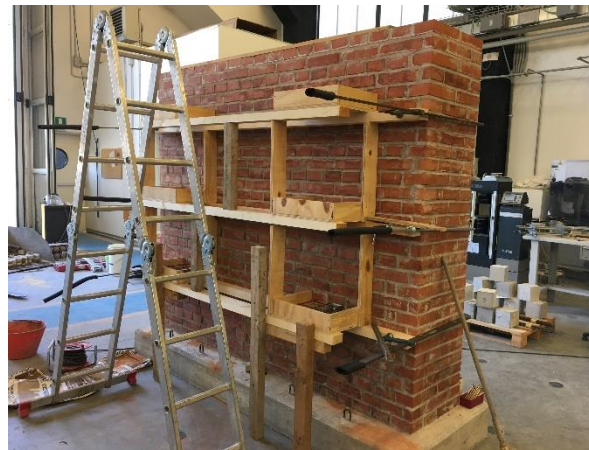


**Ricostruito modello solaio – parete in scala reale e determinate le prestazioni:**

- Taglio puro del sistema spinotto
- Trazione pura del sistema tirante

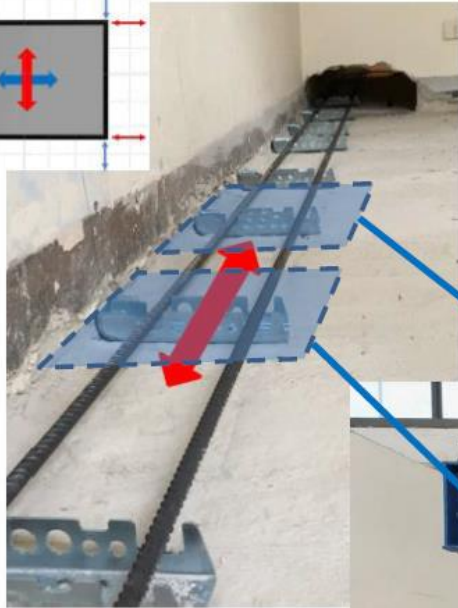
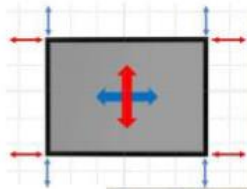
## 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

# PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



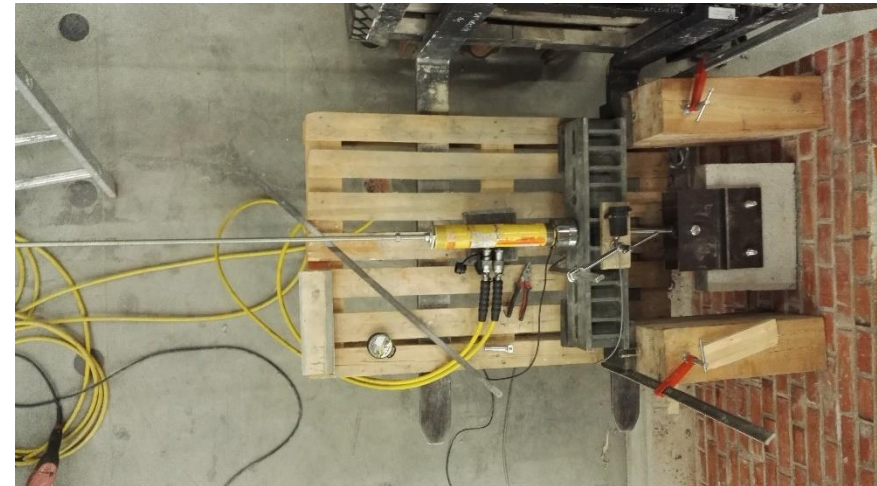
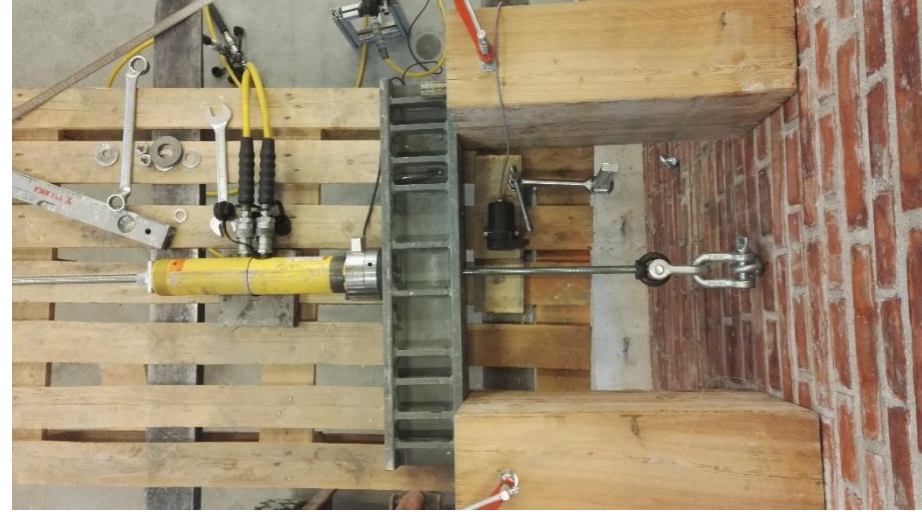
## 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

# PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



### 3.9 Sperimentazione presso UNI BG

## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA

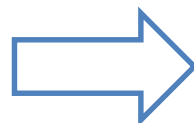
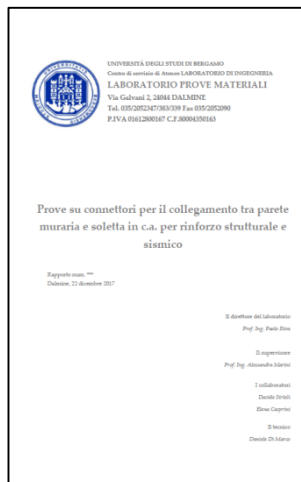




# 3.9 Sperimentazione presso UNI BG



## PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



### Report Prove UNI BG

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

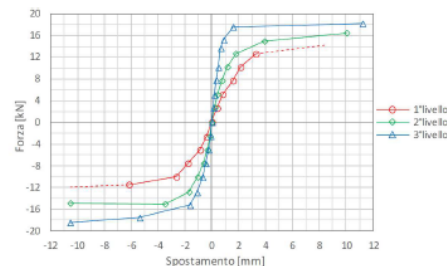
##### Resistenza a taglio del singolo connettore\*

$V_n$ [kN] spostamento corrispondente +2 mm	9.5 / 13 / 17.5
$V_n$ [kN] spostamento corrispondente -2 mm	-8.2 / -13.2 / -15.5

##### Rigidità media del singolo connettore\*

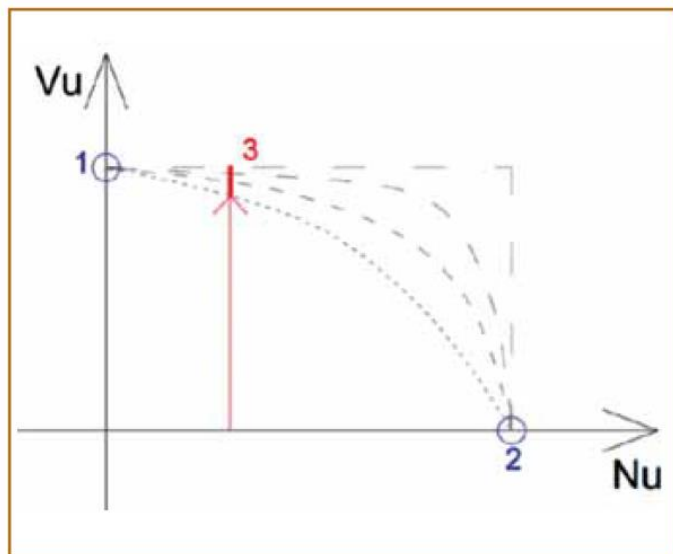
K [kN/mm] ciclo di carico +5 kN	7.5 / 17.3 / 28.1
K [kN/mm] ciclo di carico -5 kN	7.5 / 11.9 / 30.4

##### Grafico Forza – Spostamento massimi e minimi raggiunti nel primo ciclo di ogni tripletta\*



V

\*le prestazioni sono determinate dalle prove sperimentali condotte presso il Laboratorio Prove Materiali dell'Università degli Studi di Bergamo applicate a 3 coppie di mensole su differenti livelli e muratura di mattoni pieni (per maggiori approfondimenti consultare il Report di prova disponibile sul sito [www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu))



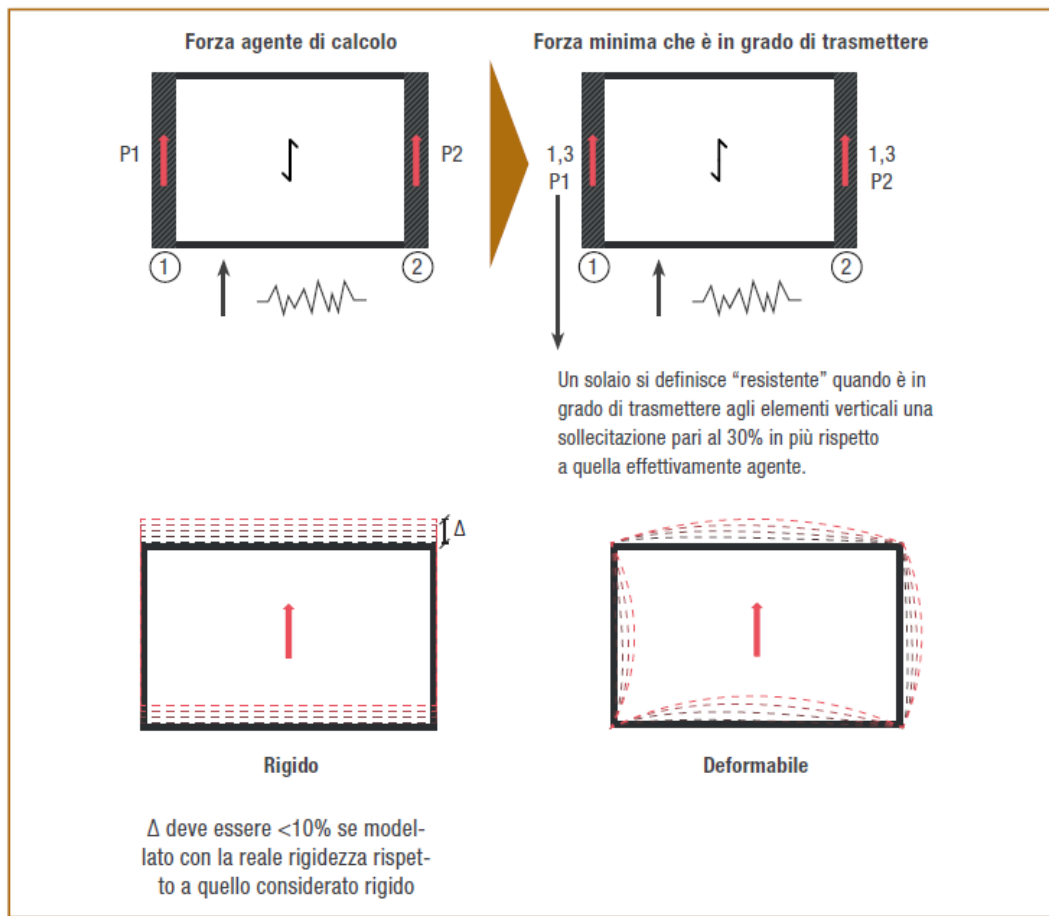
N

Resistenza a Trazione (Pull – Out) del singolo tirante – spinotto $F_{max}$ [kN]**	$27.69 \pm 4.30$
Resistenza a Trazione (Pull – Out) della connessione danneggiata a taglio ultimo $F_{max}$ [kN]**	$19.46 \pm 4.23$

\*\*le prestazioni sono determinate dalle prove sperimentali condotte presso il Laboratorio Prove Materiali dell'Università degli Studi di Bergamo applicate sia sui singoli tirante – spinotto, sia sul sistema di connessione completo già danneggiato dalle precedenti prove a taglio applicati su muratura di mattoni pieni (per maggiori approfondimenti consultare il Report di prova disponibile sul sito [www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu))

***Ruolo delle soluzioni leggere e  
criticità nel diaframma***

## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza



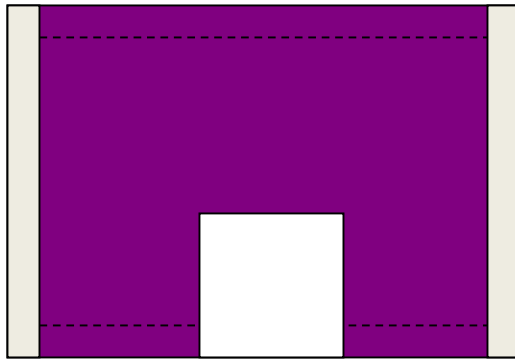
Ruolo del diaframma di piano e definizione di piano rigido

Ovviamente declinando il ruolo dei diaframmi orizzontali anche nei confronti degli aspetti statici, questi dovranno essere calcolati nei confronti delle azioni ultime ed esercizio (**deformabilità principalmente**) quando si tiene conto dell'azione dei carichi gravitazionali (vedere cap. 3.1 e 3.2).

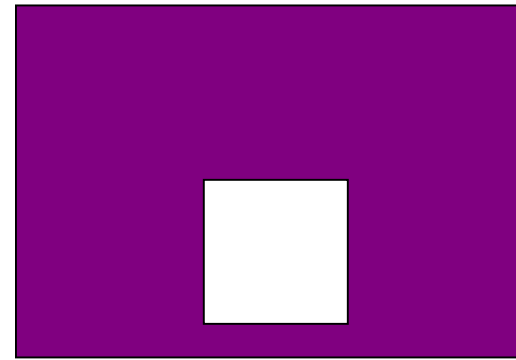
Si ricorda che **secondo le N.T.C. 2018 un diaframma si definisce rigido di piano se:**

- Realizzato in **latero – cemento con una cappa collaborante armata di almeno 4 cm di spessore;**
- In struttura mista **acciaio – calcestruzzo** oppure **legno – calcestruzzo** con uno **spessore della cappa collaborante di almeno 5 cm di spessore collegata** alle strutture esistenti **mediante sistemi di connessione a taglio opportunamente dimensionati.**

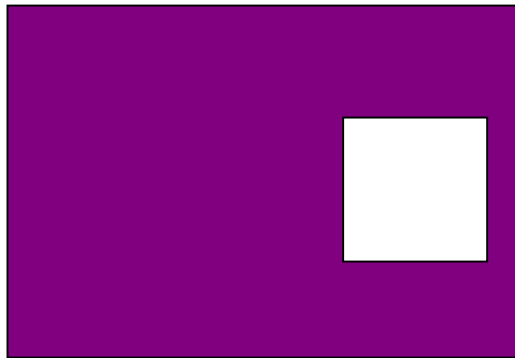
## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza



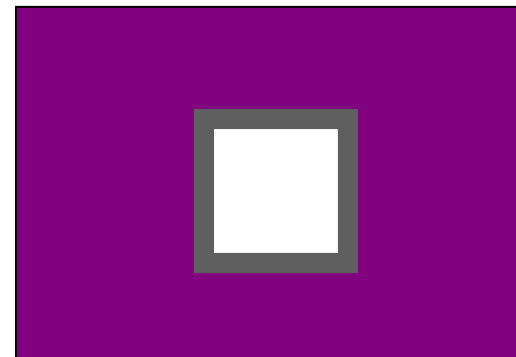
la cavità interrompe il  
cordolo/catena



la cavità non interrompe il  
cordolo/catena

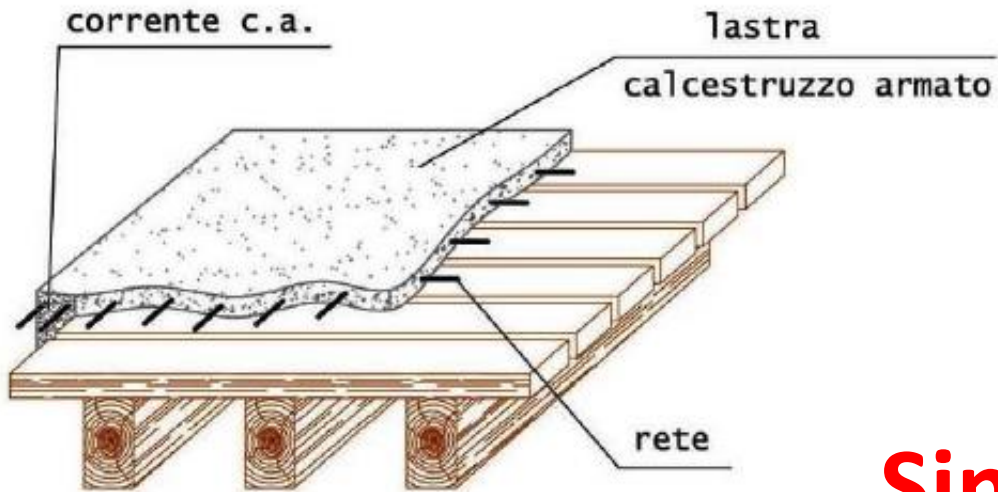


la cavità interrompe il collegamento al  
muro ove il taglio è max

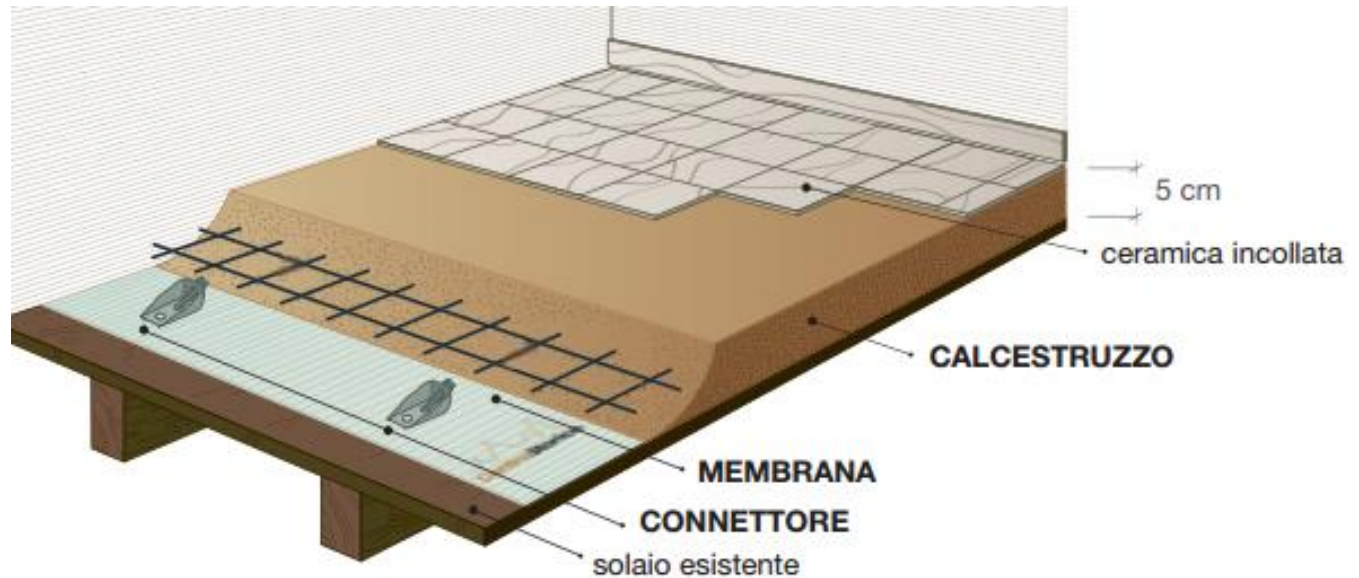


soluzione migliore

## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

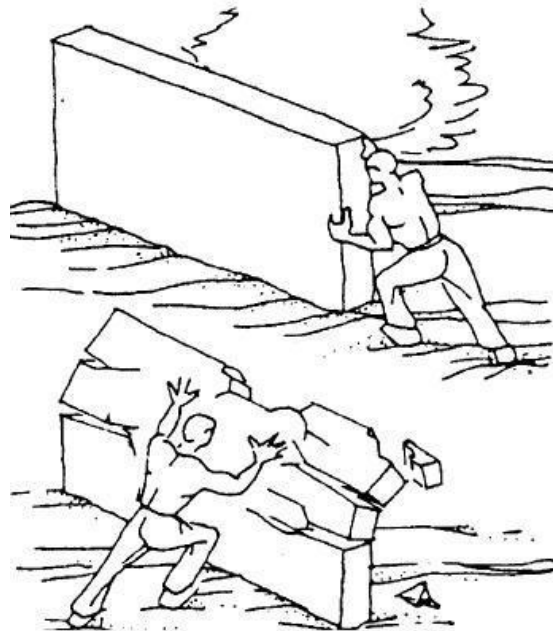
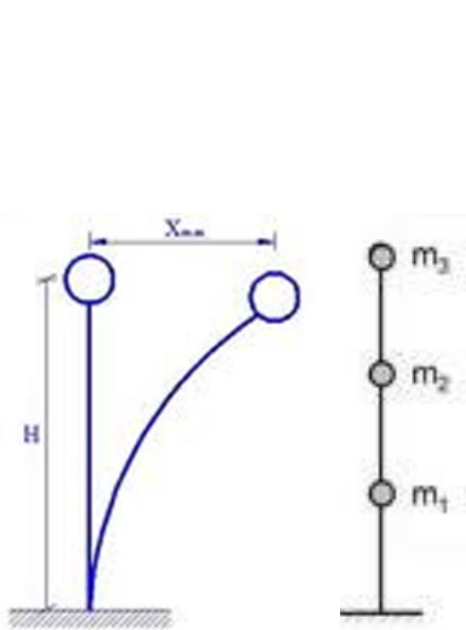


**Sino a -40% di peso**



## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

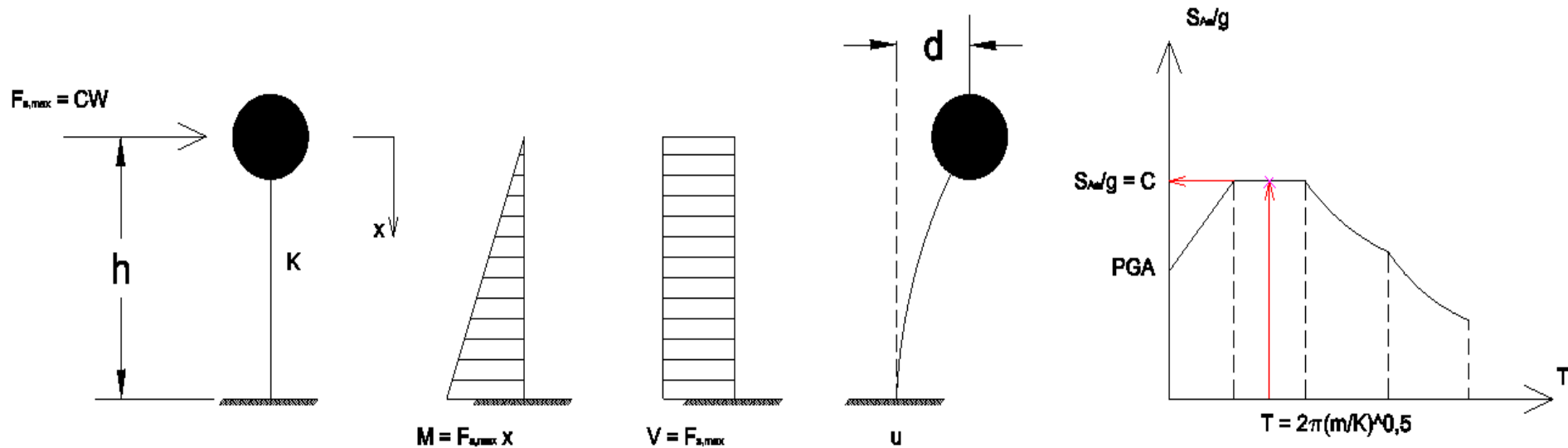
Il contenimento delle masse inerziali è fondamentale per il contenimento delle azioni indotte dal sisma sulla struttura



Meno massa nei solai = meno spinta orizzontale in caso di sisma

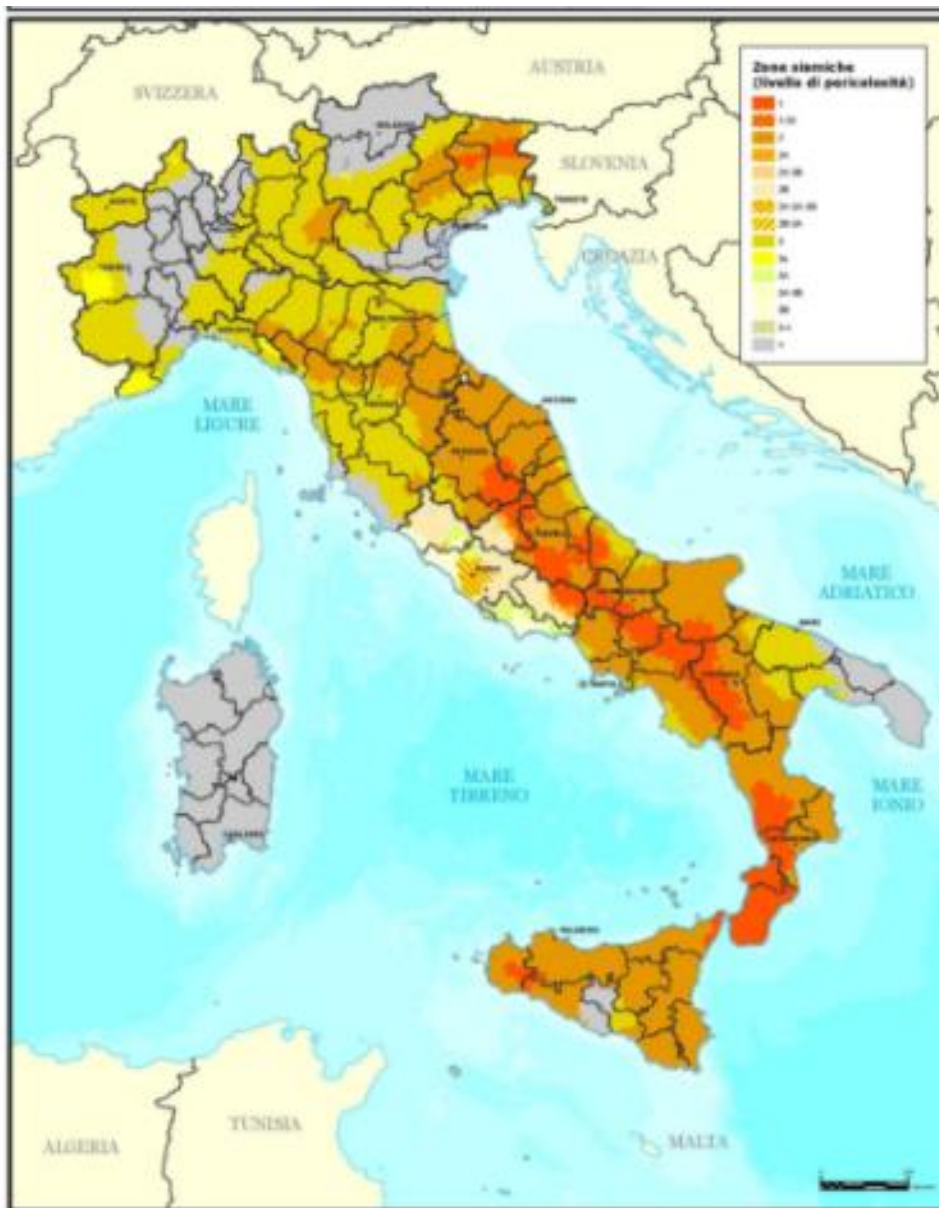
## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

### TRASFORMAZIONE DI UN SISTEMA SISMICO IN UNO STATICO



**$C$  = coefficiente sismico elastico =  $SA_e/g$**

**$F_{s,max} = mSA_e$  considerando che  $W = mg$**



## *La classificazione del rischio sismico degli edifici*

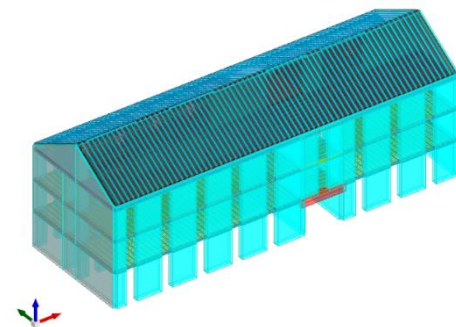
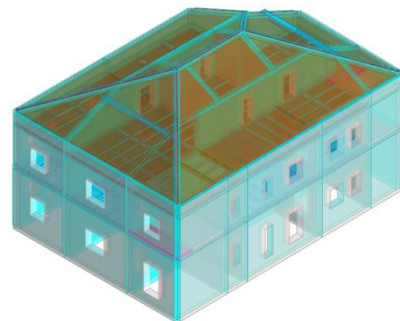




# ***Casi studio: Edificio A & B***

### Edifici oggetto di studio:

- Edificio in muratura ordinaria tipo A
- Edificio in muratura ordinaria tipo B



### Caratteristiche edifici:

- Muratura ordinaria in **mattoni pieni e malta di calce**
- **Solai in legno** (semplice e doppia orditura) in abete tipo S2
- **Livello di conoscenza** dell'edificio come da NTC 2008 tipo **LC2** (livello intermedio che necessita di: rilievo geometrico – strutturale completo, verifiche estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini estese sulle proprietà dei materiali);
- Destinazione d'uso **Residenziale o Uffici non aperti al pubblico**
- Categoria topografica T1 e sottosuolo tipo C (per l'azione sismica);
- Classe di duttilità bassa (per le verifiche in zona sismica)

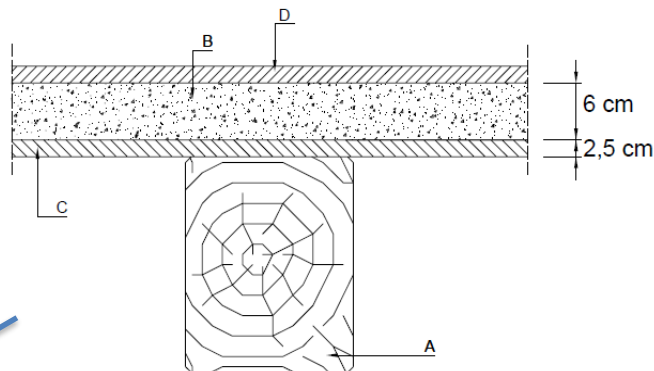
## 4.2 Casi studio affrontati

### Osservazioni sulle analisi:

- L'edificio di partenza (esistente) è stato analizzato tenendo conto della **possibilità** di collassi – meccanismi locali
- Gli edifici tipo A & B con entrambe le soluzioni (leggero VS tradizionale) sono stati analizzati **impedendo** i collassi – meccanismi locali



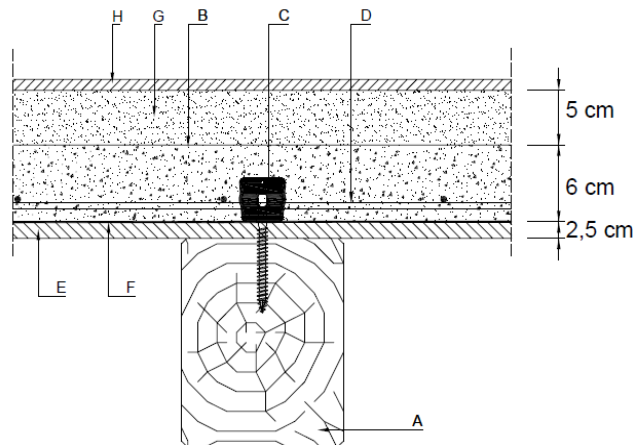
## 4.2 Casi studio affrontati



- A: travetto in legno
- B: vecchio sottofondo di materiale incoerente 2000 kg/mc
- C: assito in legno
- D: pavimento esistente 1,5 cm 2000 kg/mc

### Stratigrafie piano tipo:

- Edificio esistente
- Soluzione leggera VS tradizionale

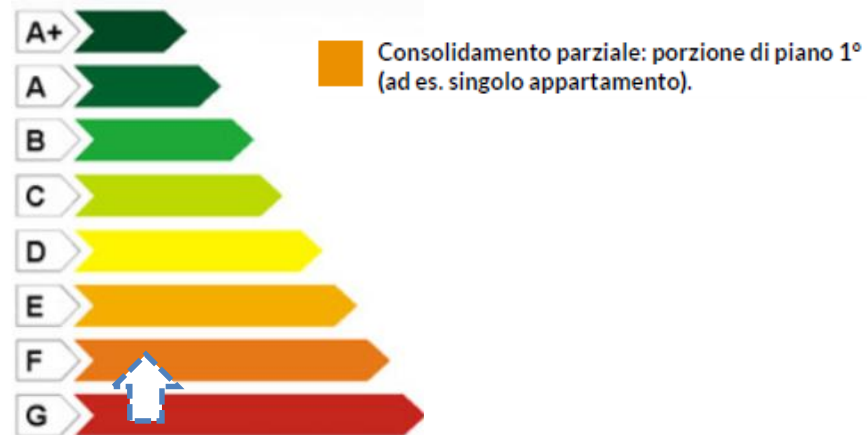
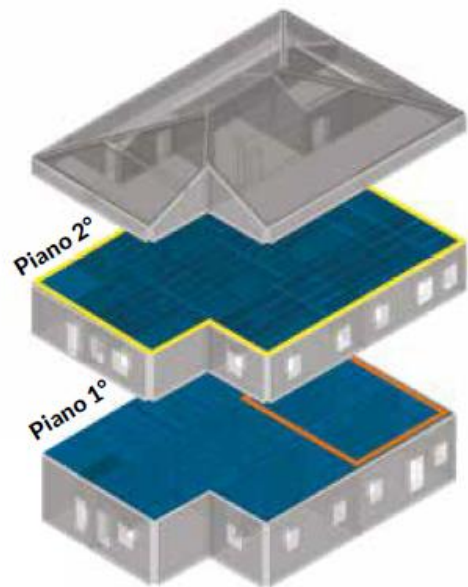


- A: travetto in legno
- B: nuova soletta in calcestruzzo strutturale
- C: connettore Centrostorico posato su assito
- D: rete elettrosaldata
- E: assito in legno o cassero in altri materiali
- F: membrana CentroStorico
- G: Massetto di finitura
- H: Nuovo pavimento spessore 1 cm

# *Risultati*

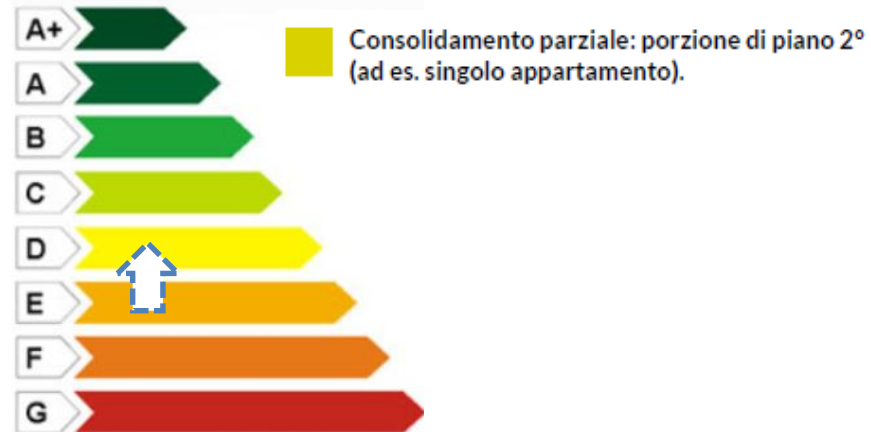
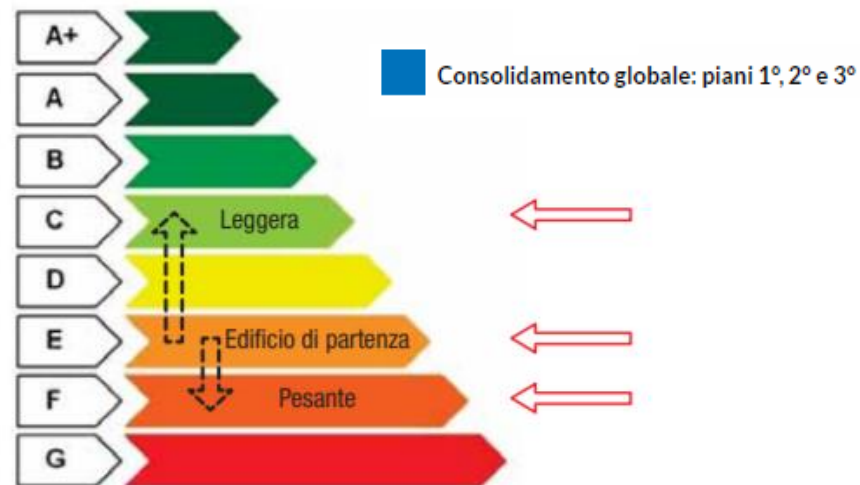
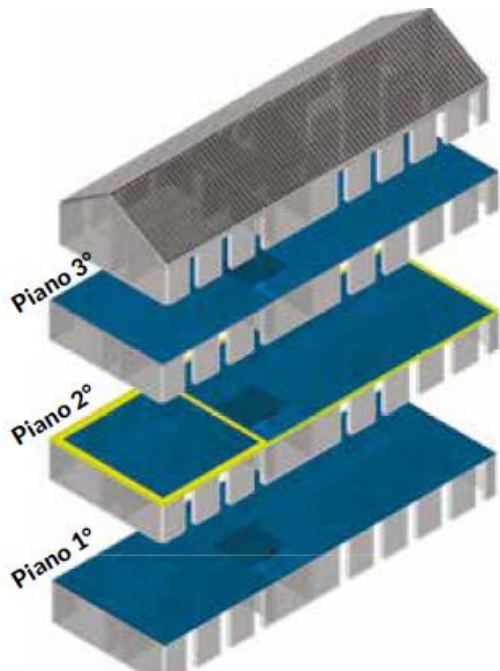
### 4.3 Risultati

## EDIFICIO TIPO A: $PGA = 0,18 \text{ g}$ (sismicità medio – alta) – Ancona



# 4.3 Risultati

## EDIFICIO TIPO B: $PGA = 0,10\text{ g}$ (sismicità medio – bassa) – Milano





**Calcestruzzi leggeri strutturali**



# 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

CIRCOLARE 11 ottobre 1996, n. 282 AA.GG./S.T.C.

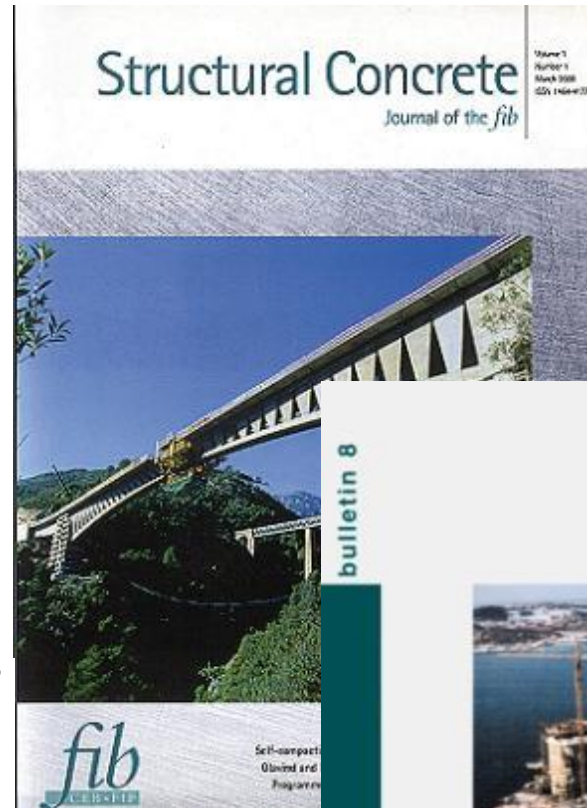
Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996.

NORMA EUROPEA

**Eurocodice 2**  
**Progettazione delle strutture di calcestruzzo**  
**Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici**

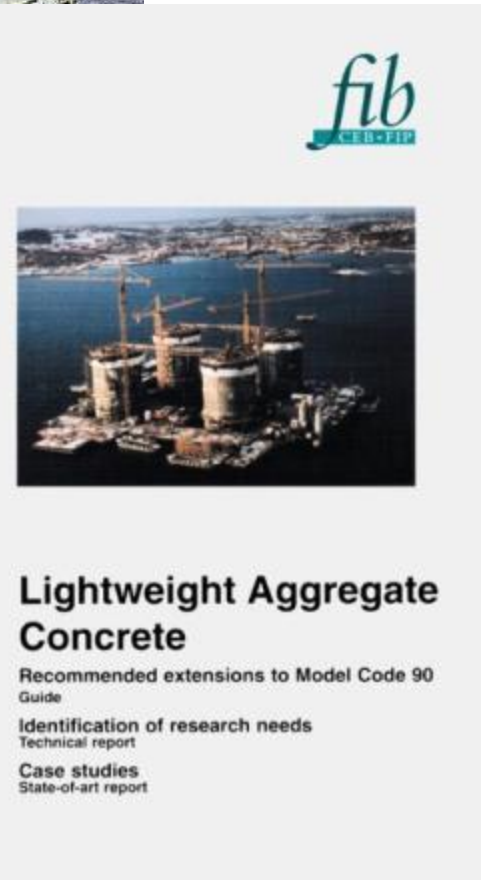
Eurocode 2  
Design of concrete structures  
Part 1-1: General rules and rules for buildings

La norma fornisce i criteri generali per la progettazione delle strutture di calcestruzzo non armato, armato e precompresso di edifici e opere di ingegneria civile, stabilisce i requisiti per la sicurezza, l'esercizio e la durabilità di tali strutture e si basa sul concetto di stato limite, congiuntamente al metodo dei coefficienti parziali.



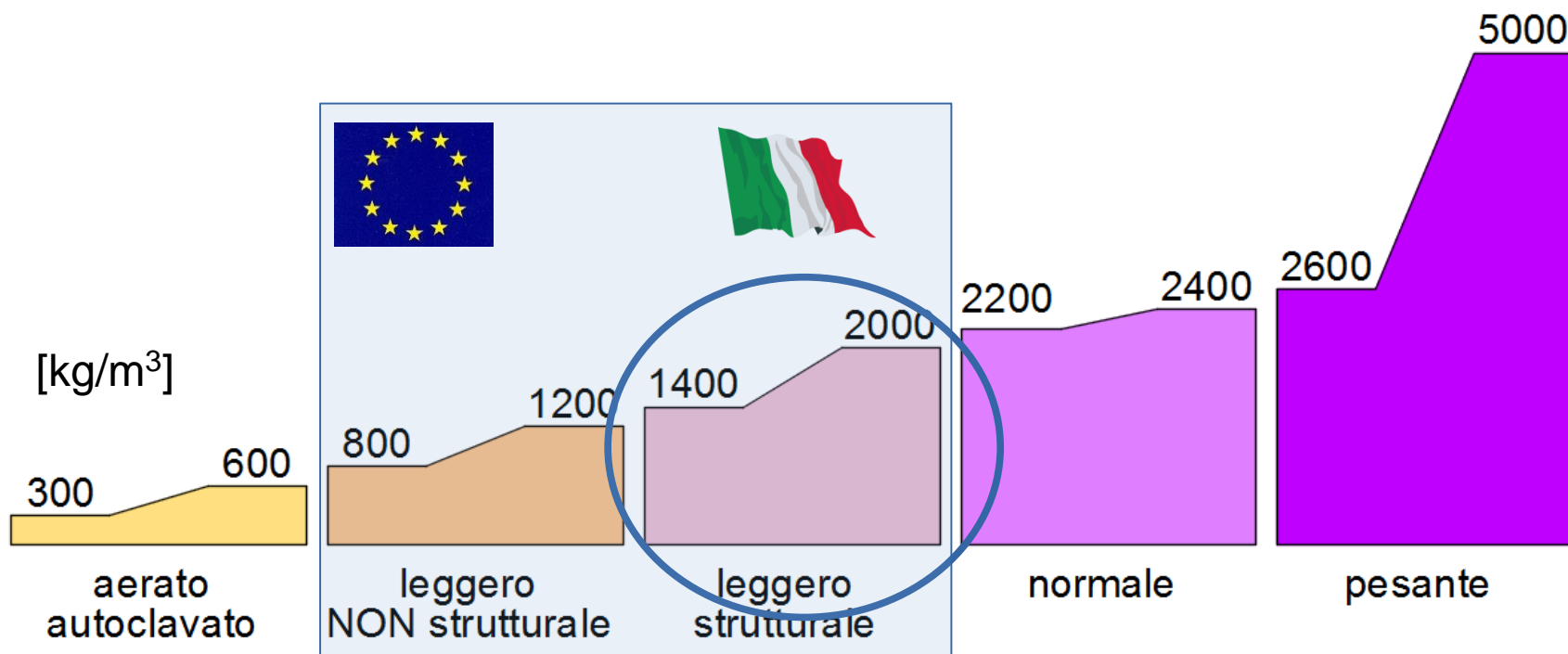
bulletin 8

guidance documents



## Definizione di calcestruzzo leggero strutturale

Vale la pena di porre l'attenzione, almeno all'inizio, sul fatto che non è correttissima l'espressione "calcestruzzo leggero" (che per brevità tutti, e anche qui noi, adottano), ma è più corretta l'espressione "**calcestruzzo di aggregati leggeri**" (**LWAC**), infatti un calcestruzzo può essere "leggero" perché a struttura aperta (anche se confezionato in parte con aggregati leggeri), o perché molto aerato (es: cls autoclavato), o perché con aggregati leggeri (es: polistirolo), ma non minerali ... e questi non sono *calcestruzzi strutturali leggeri*



## Definizione di calcestruzzo leggero strutturale

Secondo le NTC 2008 (§ 4.1.12 e §C 4.1.12, § C.4.1.12.1) si ha un cls leggero strutturale se:

contiene **aggregati leggeri minerali**, artificiali o naturali conformi alla UNI EN 13055-1

ha classe di **resistenza minima LC 16/18** ( $f_{ck} \leq 16 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \leq 18 \text{ N/mm}^2$ )

***(LC20/22 nella progettazione per azioni sismiche con le NTC 2018)***

ha classe di **resistenza massima LC 55/60** ( $f_{ck} \leq 55 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2$ )

ha **densità minima** a secco  $\geq 1.400 \text{ kg/m}^3$

ha **densità massima** a secco  $\leq 2.000 \text{ kg/m}^3$

## Definizione di inerte leggero per calcestruzzo

- ❖ ha origine minerale (sia che sia naturale sia che sia “artificiale”)
- ❖ ha densità (apparente) dei granuli non superiore a  $2000 \text{ kg/m}^3$
- ❖ ha densità in mucchio non superiore a  $1200 \text{ kg/m}^3$

da notare che “**artificiale**” è la traduzione adottata in italiano di “**manufactured**”, termine utilizzato nella versione originale inglese della norma che invece è molto più vicino al senso di trasformato/processato e che infatti è ben chiara nella definizione :

- ❖ manufactured aggregate: aggregate of mineral origin from an industrial process involving thermal or other modification



## Definizione di aggregato leggero per calcestruzzo

deve essere conforme alla UNI EN 13055-1 (che a breve sarà ribattezzata semplicemente UNI EN 13055), quindi deve:

- ❖ **essere marcato CE** con relativa **DoP** (Dichiarazione di prestazione) disponibile per tutti gli interessati
- ❖ essere soggetto a un sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione AVCP (Assesment and Verification of Constancy of Performance) di **classe 2+**



## ARGILLE ESPANSE PER CALCESTRUZZI STRUTTURALI

LECA			
Denominazione commerciale	0 - 2	2 - 3	3 - 8
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	700	480	380
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 4,5	≥ 2,5	≥ 1,5
Conducibilità termica certificata λ W/mK	0,12	0,10	0,09
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		



Argilla espansa Leca.

LECA STRUTTURALE			
Denominazione commerciale	0 - 5	5 - 15	0 - 15
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	720	600	650
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 10,0	≥ 4,5	≥ 9,0
Conducibilità termica certificata λ W/mK	0,12	0,12	0,13
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		



Argilla espansa Leca Strutturale.

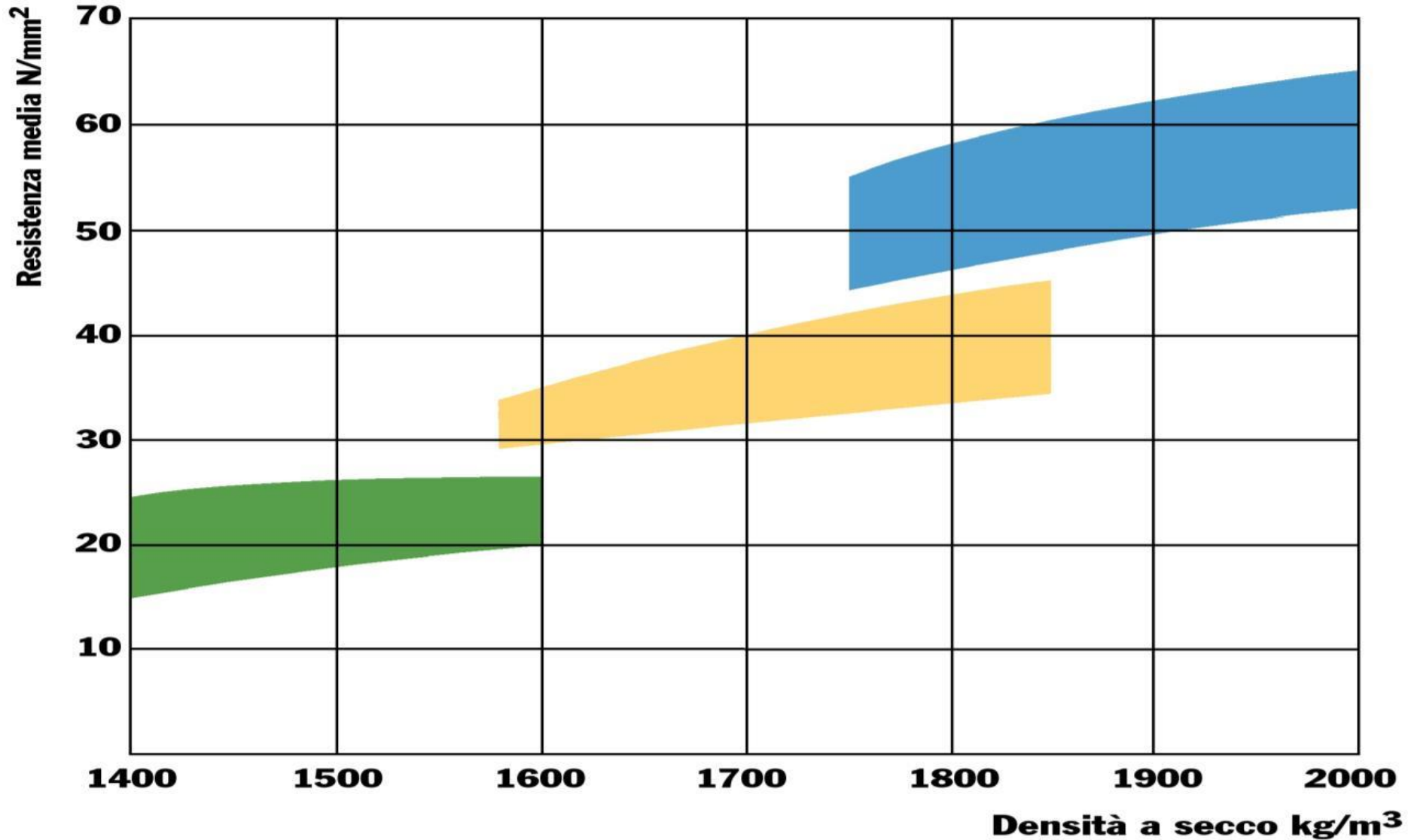
LECA TERRECOTTE			
Denominazione commerciale	0 - 6	6 - 12	0 - 12
Densità in mucchio Kg/m <sup>3</sup> circa	950	800	900
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm <sup>2</sup>	≥ 15,0	≥ 7,0	≥ 12,0
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (Incombustibile)		



Argilla espansa Leca Terrecotte.

## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

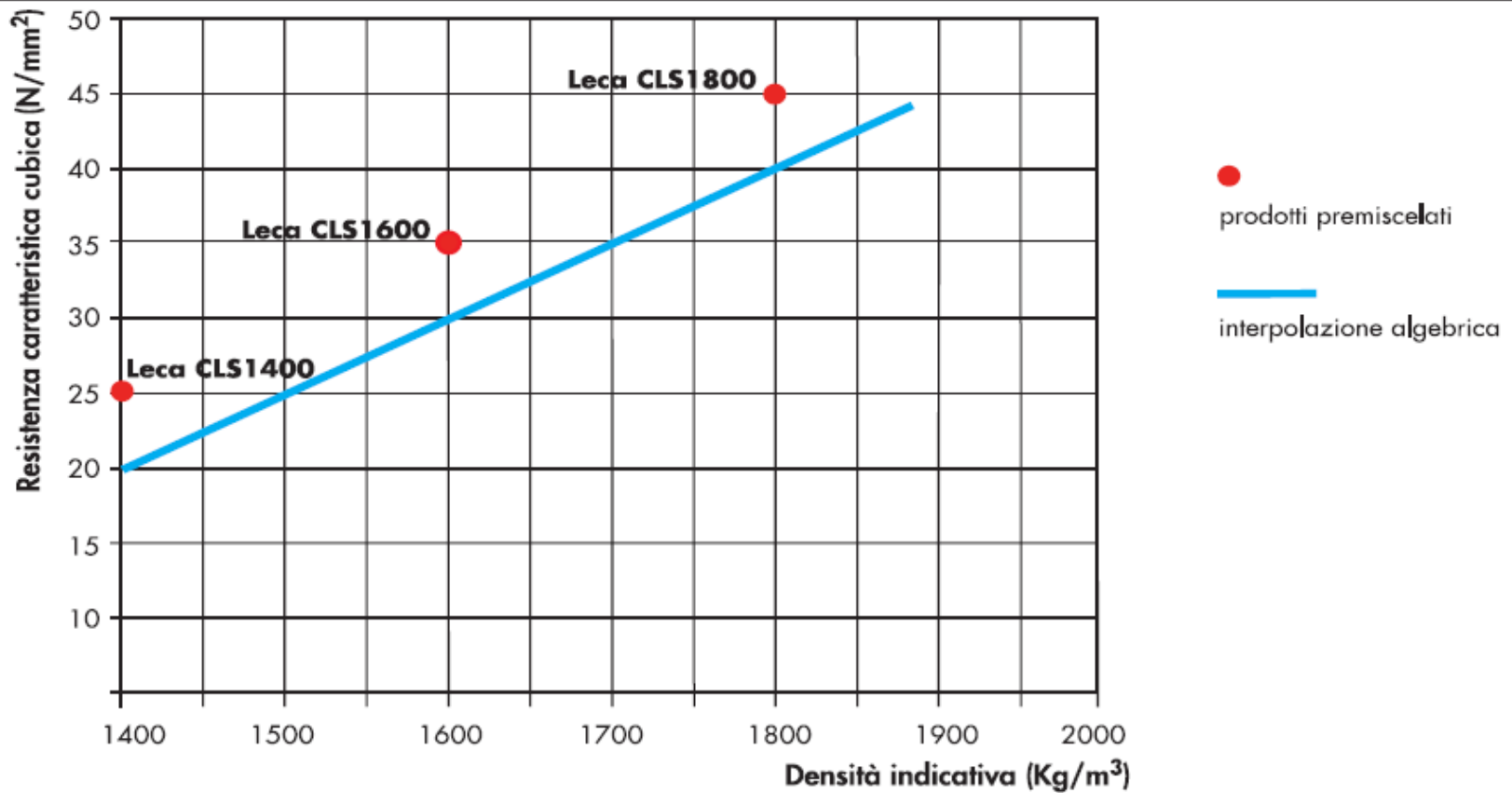
### PRESTAZIONI MECCANICHE



## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

### PRESTAZIONI MECCANICHE

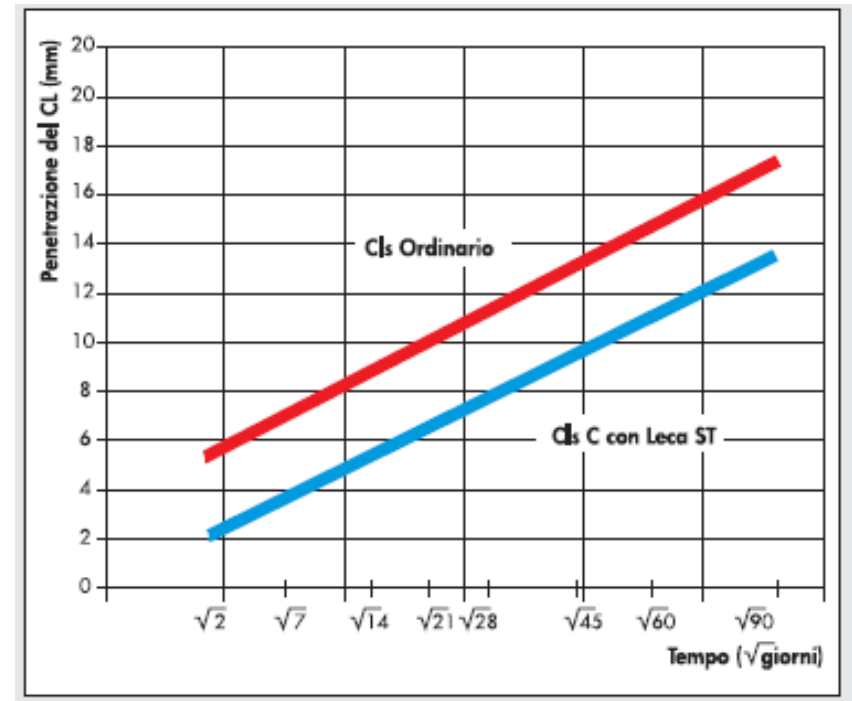
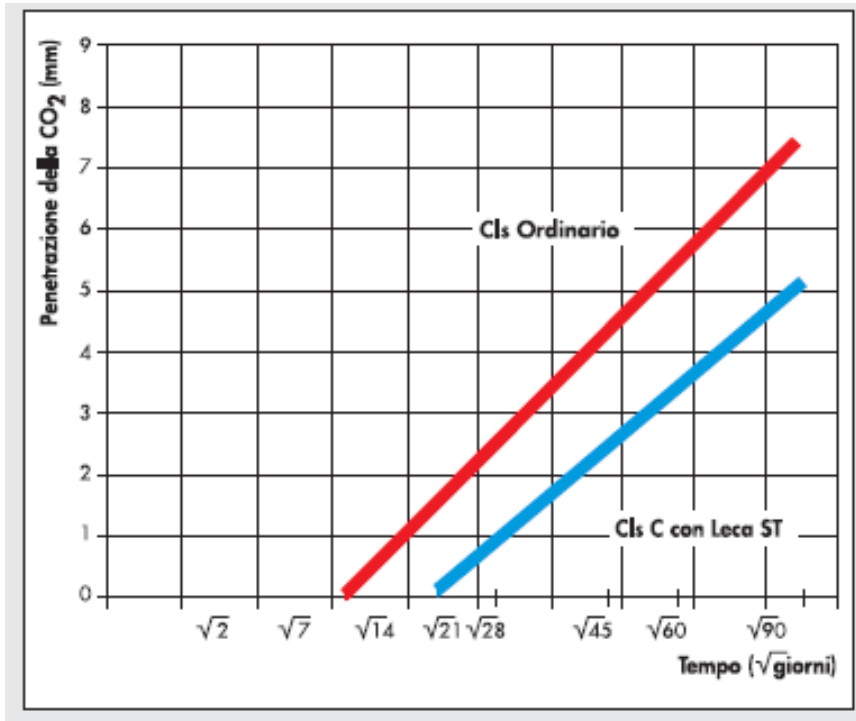
DIAGRAMMA ANDAMENTO RESISTENZE-DENSITÀ



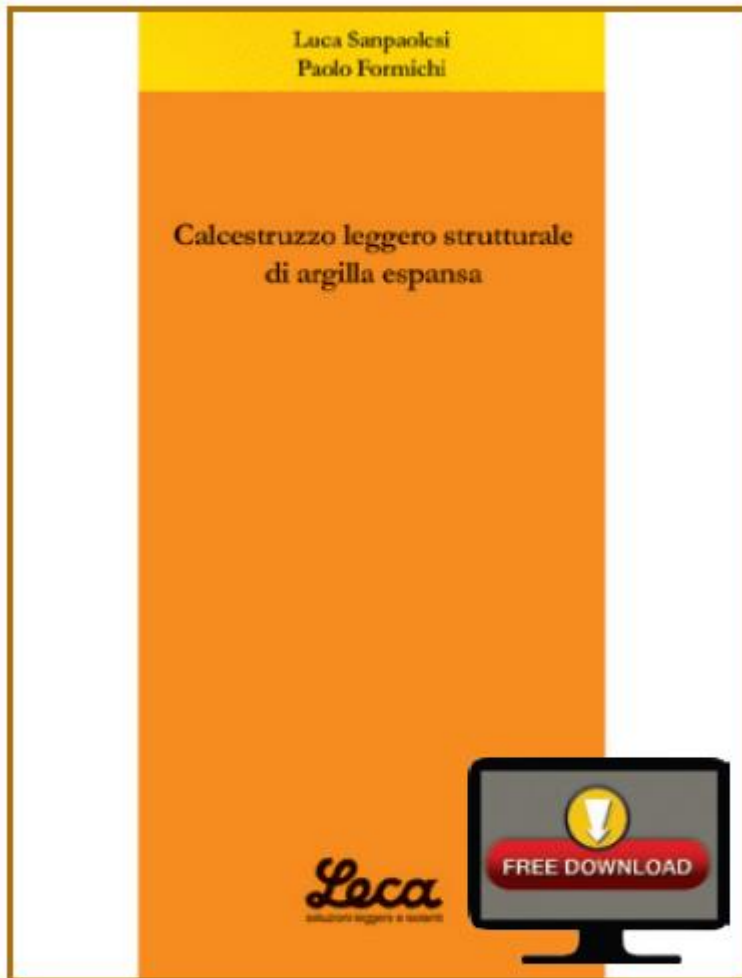


## DURABILITA'

### CONFRONTO CLS LEGGERO VS TRADIZIONALE



## 5.2 Esempi applicativi



La teoria e il calcolo dei calcestruzzi strutturali leggeri di argilla espansa secondo le norme nazionali ed internazionali, così come il mix design ed il confezionamento sono trattati nel manuale «Calcestruzzi strutturali leggeri di argilla espansa» a cura dei Prof. Sanpaolesi e Formichi dell'università di Pisa.

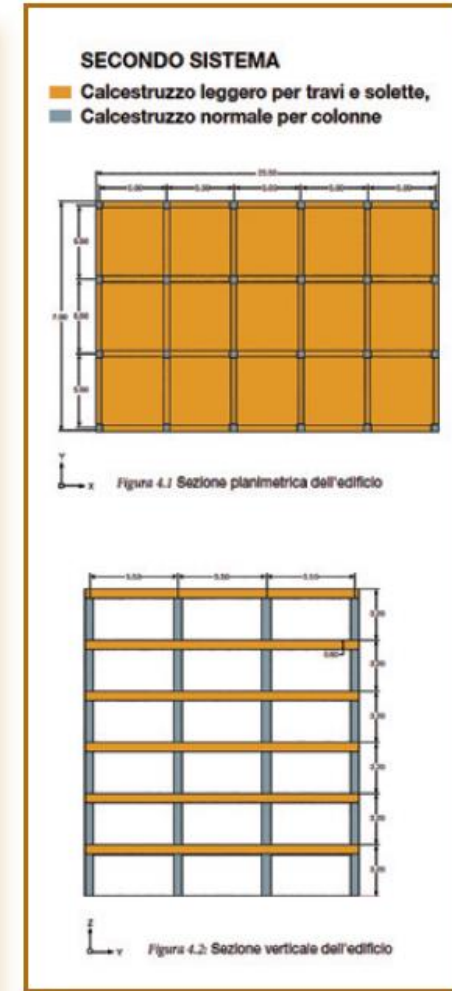
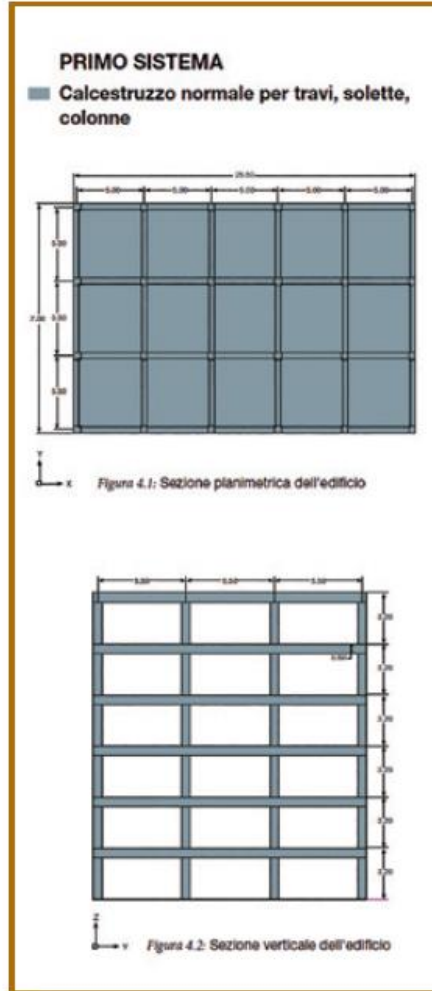
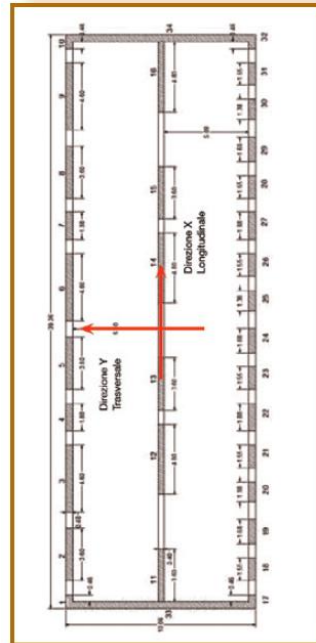
Il volume è scaricabile sul sito [www.leca.it](http://www.leca.it)



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

# 5.3 Ruolo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri in zona sismica



Da una ricerca Laterlite in collaborazione con Eucentre di pavia ([www.leca.it](http://www.leca.it)), emerge come i solai rinforzati con calcestruzzi leggeri manifestino una maggiore sicurezza sismica

*I vantaggi della leggerezza*

*Referenze ed esempi di strutture  
in LWAC*

## Torre di Fuksas (Pescara)



## Residenze Citylife (Milano)



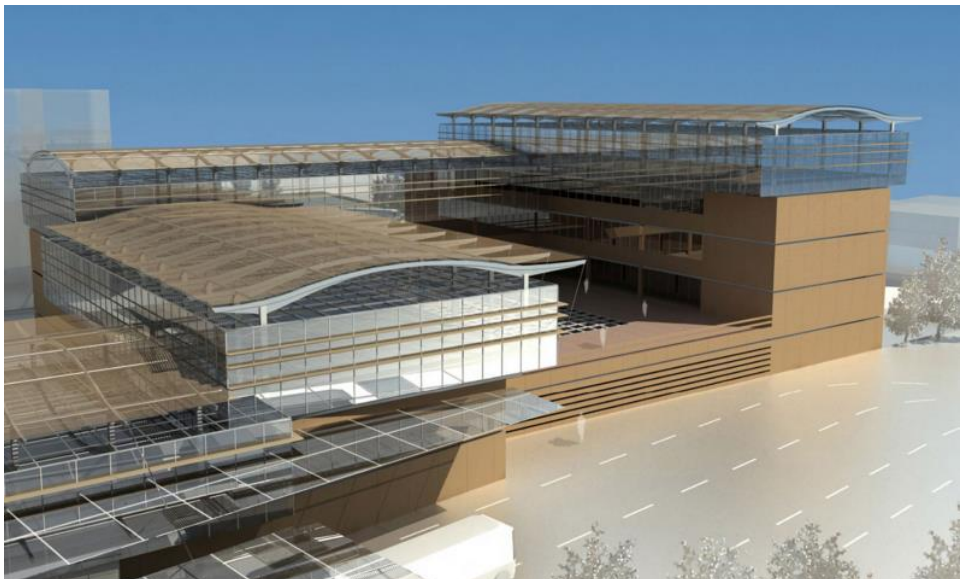
## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



Auditorium «Teatro  
della musica»  
Ravello (SA)



## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



Complesso  
Multifunzionale Sesta  
Porta (Pisa)



## 5.4 Referenze e case history di impiego dei LWAC



Torre  
Polifunzionale  
(PD)

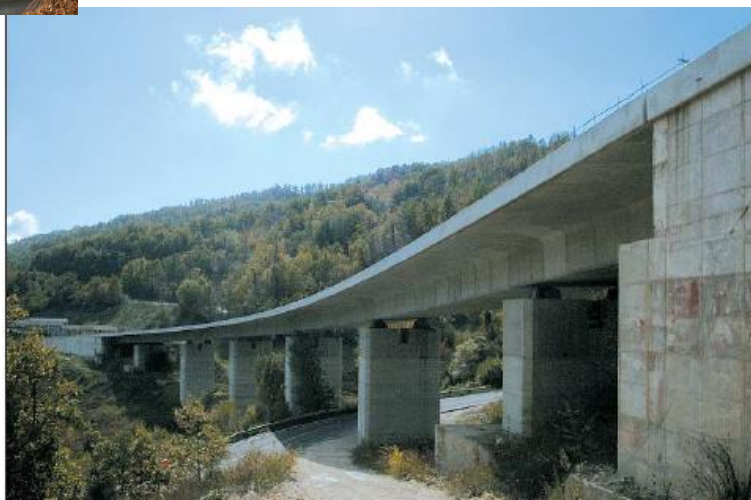
Cassoni del  
MOSE (Venezia)



Grattacielo BMW  
(Monaco di Baviera)



Viadotto S.S. Isernia  
Castel di Sangro (AQ)





## Durabilità: Nordhordland Bridge

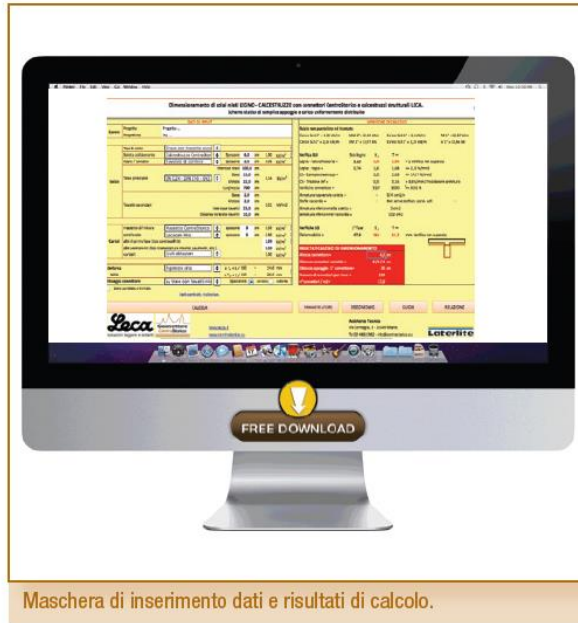


Nordhordland Bridge - Norvegia



## *Servizi e Assistenza Tecnica*

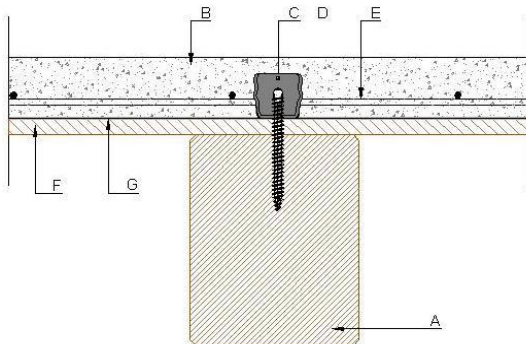




Maschera di inserimento dati e risultati di calcolo.

The image shows a detailed calculation report. It includes project information, a list of main assumptions, material properties for the wood and steel, and a table of analysis results for different components like the wood beam, steel beam, and connector. The report is organized into sections with sub-headers and lists of parameters and their values.

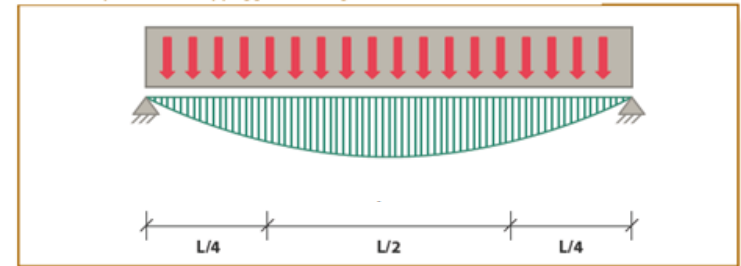
Relazione di calcolo.



Connettore Centrostorico su tavolato  
Altezza 40 mm

- A: trave in legno
- B: soletta in calcestruzzo
- C: connettore Centrostorico posato su tavolato
- E: rete elettrosaldata
- F: tavolato o cassero in altri materiali
- G: telo protettivo

Trave semplicemente appoggiata - diagramma del Momento flettente



**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

**Intervento di ristrutturazione in Prato (PO)**  
Relazione Tecnica e di Calcolo

**Laterlite**

[www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu)

**CentroStorico**  
Milano, 21/07/2015

Spett.le  
SERRA PASCALUCCI  
PROGETTAZIONE  
Via Cavour, 106/108  
Int. Centro Storico II  
Via Sreiner, 7  
40138-Carpi (MO)

**OGGETTO:** Ristrutturazione tecnica e di calcolo per il miglioramento sismico del colonnato di Via Dante in Prato

**Descrizione dell'intervento**

L'intervento di recupero sismico in sede idraulica di fornire una soluzione tecnica adatta per il consolidamento del colonnato esistente in particolare il sistema passivo frangimento del sovrano mediante il legno a doppio anello mediante relativi collaudi e la sostituzione del legno esistente "Colonnato CentroStorico" di Laterlite.

La finalità del presente documento è quella di proporre una soluzione per il miglioramento della zona sismica e per lo sicurezza sismica del colonnato.

Le soluzioni individuate sono:

- Tutte le solette in legno a doppia anello, non fessate, si appoggiano su travetti sottili ad appoggio sulle linee perimetrali (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15x15, con spessore variabile in base a quanto indicato in progetto.
- Soluzioni strutturali in "Colonnato CentroStorico" anche spessore pari a 20 x 20 cm, in legno, per i nodi operati e sostituito in legno che non consentano il riporto sul massetto di fibbia, la soletta di calcestruzzo esistente anche alla funzione di tirante di fissaggio per le pose correnti della guarnizione per la sostituzione in legno.
- Correnti puntali in legno per il miglioramento del nodo tagliato tra le travi ortogonali e la soletta esistente.

**Laterlite**

[www.centrostorico.com](http://www.centrostorico.com)

**Leca Laterlite**

Struttura di legno in calcestruzzo di portata per luci fino a 8 m da sola tipo SAP appoggiato all'interno, i carichi di progetto previsti da norme tecniche sismiche, norme sismiche delle Comunità Europee (EN1998-1-1) - Norme UNI e C.E.

Tutte le solette in legno a doppia anello, non fessate, si appoggiano su travetti sottili ad appoggio sulle linee perimetrali (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15x15, con spessore variabile in base a quanto indicato in progetto.

Le finalità del presente documento è quella di proporre una soluzione per il miglioramento della zona sismica e per lo sicurezza sismica del colonnato.

Le soluzioni individuate sono:

- Tutte le solette in legno a doppia anello, non fessate, si appoggiano su travetti sottili ad appoggio sulle linee perimetrali (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15x15, con spessore variabile in base a quanto indicato in progetto.
- Soluzioni strutturali in "Colonnato CentroStorico" anche spessore pari a 20 x 20 cm, in legno, per i nodi operati e sostituito in legno che non consentano il riporto sul massetto di fibbia, la soletta di calcestruzzo esistente anche alla funzione di tirante di fissaggio per le pose correnti della guarnizione per la sostituzione in legno.
- Correnti puntali in legno per il miglioramento del nodo tagliato tra le travi ortogonali e la soletta esistente.

Spessore	Spessore	Spessore	Spessore	Spessore	Spessore
SAP 8	8	8	8	8	8
SAP 10	10	10	10	10	10
SAP 12	12	12	12	12	12
SAP 15	15	15	15	15	15
SAP 20	20	20	20	20	20

**Leca**

**Leca Laterlite**

Struttura di legno in calcestruzzo di portata per luci fino a 8 m da sola tipo SAP appoggiato all'interno, i carichi di progetto previsti da norme tecniche sismiche, norme sismiche delle Comunità Europee (EN1998-1-1) - Norme UNI e C.E.

Tutte le solette in legno a doppia anello, non fessate, si appoggiano su travetti sottili ad appoggio sulle linee perimetrali (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15x15, con spessore variabile in base a quanto indicato in progetto.

Le finalità del presente documento è quella di proporre una soluzione per il miglioramento della zona sismica e per lo sicurezza sismica del colonnato.

Le soluzioni individuate sono:

- Tutte le solette in legno a doppia anello, non fessate, si appoggiano su travetti sottili ad appoggio sulle linee perimetrali (come da DM consolidato) e anche di spessore da 15x15, con spessore variabile in base a quanto indicato in progetto.
- Soluzioni strutturali in "Colonnato CentroStorico" anche spessore pari a 20 x 20 cm, in legno, per i nodi operati e sostituito in legno che non consentano il riporto sul massetto di fibbia, la soletta di calcestruzzo esistente anche alla funzione di tirante di fissaggio per le pose correnti della guarnizione per la sostituzione in legno.
- Correnti puntali in legno per il miglioramento del nodo tagliato tra le travi ortogonali e la soletta esistente.

**Leca**

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

**Connettore CentroStorico Legno**

Dettaglio costruttivo - travetti

A: Travetto in legno massello  
B: Soletta in calcestruzzo Leca/CLS 1400 sp 5 cm  
C: Connettore CentroStorico posato su assito  
D: Rete elettrosaldata Ø8/20x20 oppure Ø6/15x15  
E: Assito  
F: Membrana trasparente ed impermeabile CentroStorico

**Leca**

Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

PANNELLO Ø6/200

CORRENTI 2 Ø12

RIPARTITORI 2 Ø12

Connettore Perimetrale come spinnotto ogni 45 cm

Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

**PERIMETRO FORTE**  
DETTAGLI POSA CONNETTORE PERIMETRALE

**Dettagli Posa Connettori Perimetrali**

**2A - Fissaggio su travetto**  
Schema fissaggio suggerito

**2B - Fissaggio su soletto**  
Schema fissaggio suggerito

a) Rimuovere l'elemento spinotto/trante  
b) Fissare connettore perimetrale su travetto con viti

a) Inserire l'elemento spinotto/trante  
b) Fissare connettore perimetrale su soletto con viti

1. Trave in Legno  
2. Azzo/Travetto in Legno  
3. Connettore CS Legno  
4. Connettore Perimetrale CS  
5. Rete Elettrosaldata Ø6/100 mm  
6. Barre Armatura Longitudinale Perimetro Forte  
7. Getto CLS Leggero Strutturale sp. min. consigliata 8 cm

**Connettore CentroStorico Legno**  
Esempio di connettore sezione semplice

15 cm    XX in L4/L6 cm    XX in L2 cm    XX in L4/L6 cm    15 cm

10" totale connettori per travetto XX

LOGGE: -  
Interasse: XX cm  
LARG. XIBLO: XX cm  
1" connettori: XX  
INCIDENZA: XX/10°

**Connettore CentroStorico Acciaio**  
Dettaglio normale

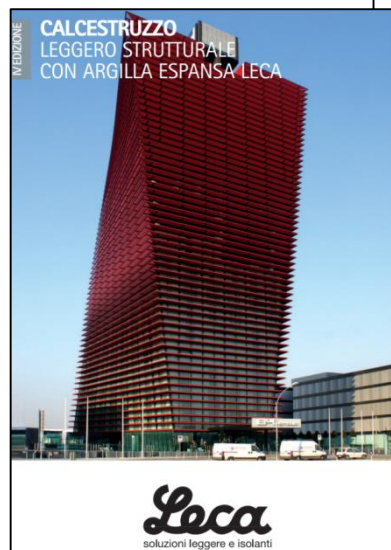
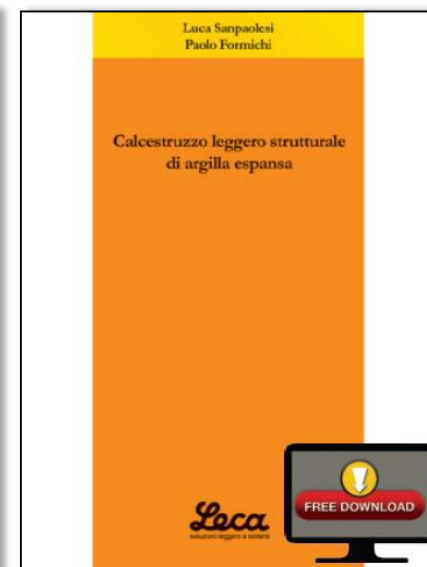
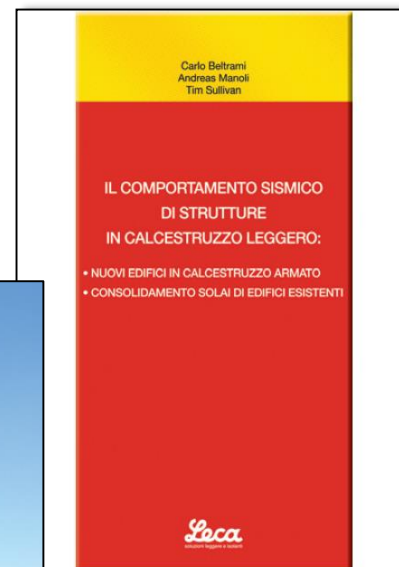
**CONNETTORE CENTROSTORICO SU PROFILO IN ACCIAIO**  
Battuto con rotelle disposte di taglio con sottofondo e pannelli di riempimento/aggiramento

1. profilo in acciaio  
2. rotelle disposte di taglio con sottofondo  
3. connettore CENTROSTORICO Connettore forato  
4. rete elettrosaldata  
5. viti acciaio  
6. appoggiategole e sfregamento in Leca/CS  
7. pannelli di aggiramento/riempimento



Per il **download completo** e gratuito dei particolari di collegamento alla muratura e sezioni tipo di consolidamento in formato **dwg** per **AutoCAD**, visitare il sito **www.CentroStorico.eu** o **www.Leca.it**.

# 6.4 Documentazione Tecnica



[www.Leca.it](http://www.Leca.it)



[www.CentroStorico.eu](http://www.CentroStorico.eu)



**Newsletter**  
*Iscrivetevi!*



è anche sui principali **Social Network.**



Clicca **Mi piace** sulla nostra pagina e rimani in contatto con noi.

Per te

- novità,
- referenze,
- convegni

..... e tanto altro!





Grazie  
*Ing. Marco Quaini*



Assistenza Tecnica

[infoleca@leca.it](mailto:infoleca@leca.it) – [www.leca.it](http://www.leca.it)

Tel 02 48011962