

## SEMINARIO DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE



**Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Macerata**  
Commissione Strutture e Geotecnica



**Venerdì 05/02/2021**

### OBIETTIVI E CONTENUTI:

*Il seminario si propone di analizzare le possibilità di intervento su edifici esistenti tramite l'impiego di calcestruzzi leggeri.*

*Particolare attenzione verrà dedicata al tema del rinforzo dei solai e del loro collegamento alle pareti.*

*Gli argomenti verranno presentati con l'ausilio di numerosi esempi applicativi tratti dall'esperienza professionale dei relatori*

### DOCENTI:

**Dott. Ing. Giovanni Cangì**

*Libero professionista e associato di ricerca presso l'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del CNR*

**Dott. Arch. Emanuele Vietri**

*Responsabile Area Progettazione – Laterlite Spa*

### ORGANIZZAZIONE E COORDINAMENTO:

*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Macerata  
Commissione Strutture e Geotecnica*

**4 C.F.P.** (in fase di accreditamento)

## CONSOLIDAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI CON CALCESTRUZZO STRUTTURALE LEGGERO

### PROGRAMMA:

**15:00 – 17:00 Ing. Cangì**

- *Indagini e rilievo critico degli edifici esistenti*
- *Analisi della vulnerabilità strutturale*
- *Tecniche di intervento*
- *Riduzione delle masse tramite impiego di calcestruzzi leggeri*
- *Miglioramento dei collegamenti solaio-pareti*

**17:00 – 19:00 Arch. Vietri**

- *I calcestruzzi strutturali leggeri (LWAC): criteri di progettazione e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari*
- *Esempi applicativi:*
  - *consolidamento flessionale di solai;*
  - *collegamento solaio-parete*
  - *alleggerimento dei solai*

### ISCRIZIONE

*(entro il 04/02/2021)*

#### Quota di partecipazione:

Per il riconoscimento dei crediti formativi l'iscrizione dovrà essere perfezionata presso l'Ordine di Macerata, utilizzando esclusivamente le procedure online tramite il seguente link:

<https://macerata.ordinequadrocloud.it/>

N.B.

L'erogazione dei C.F.P. è subordinata alla partecipazione al seminario per l'intera durata.

La partecipazione è riservata ai soli iscritti all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Macerata (come da Circolare CNI n. 537/XIX Sess./2020)

#### Modalità di fruizione:

*FAD sincrona tramite piattaforma  
GOTOWEBINAR*

Evento realizzato con il contributo incondizionato di:

**LATERLITE S.p.a.**



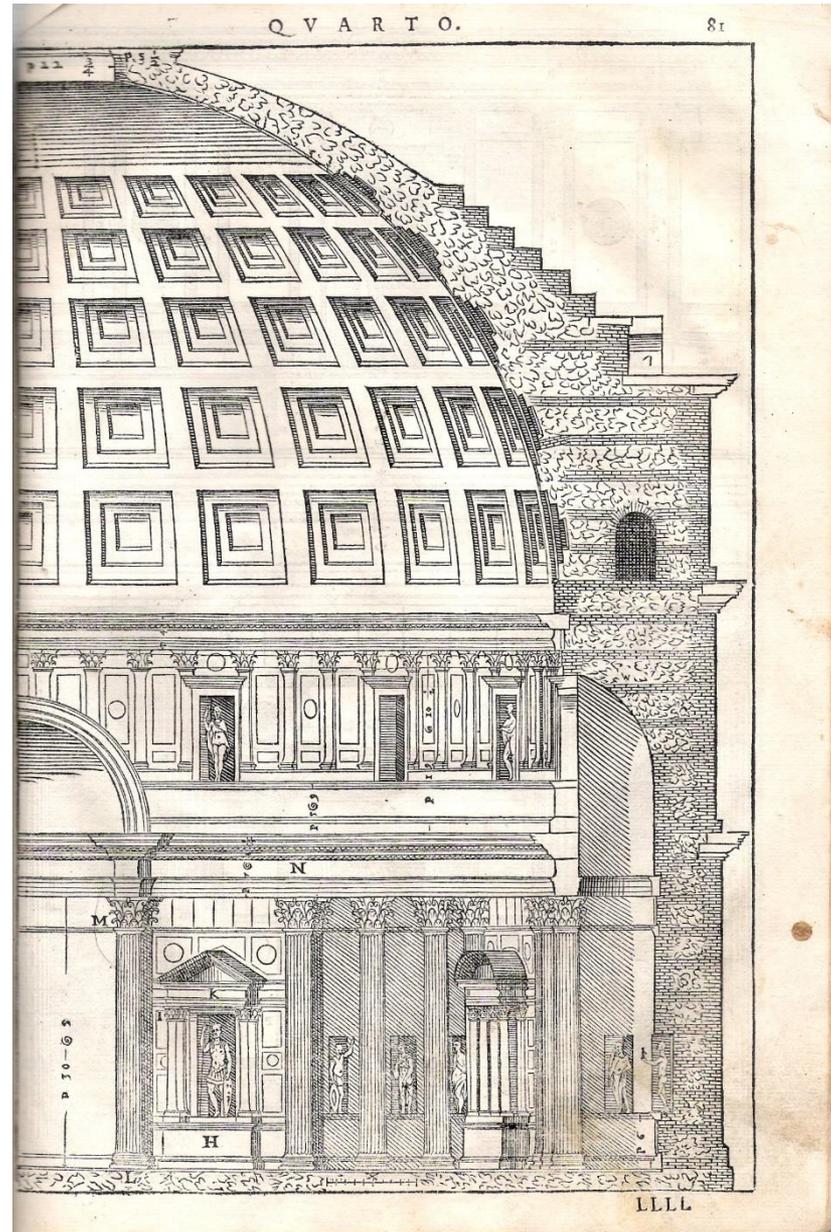
**Calcestruzzi Leggeri Strutturali**

# Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

## Pantheon

- ❖ circa 100 d.C.
- ❖ circa 40 m di diametro
- ❖ circa 20 m di altezza

(disegno di A. Palladio 1570)



## Perchè l'utilizzo dei calcestruzzi leggeri?

Benefici già noti nell'uso del calcestruzzo leggero già dall'antichità:

Riduzione del peso  
della struttura

Riduzione delle masse sismiche partecipanti

Riduzione della domanda sismica in termini di taglio e flessione negli elementi

Minore carico assiale sui pilastri →  
miglioramento del comportamento duttile

Riduzione dei carichi in fondazione



*L'uso del calcestruzzo leggero risale all'antichità. Un esempio illustre è dato dal Pantheon romano (115-127 D.C.).*

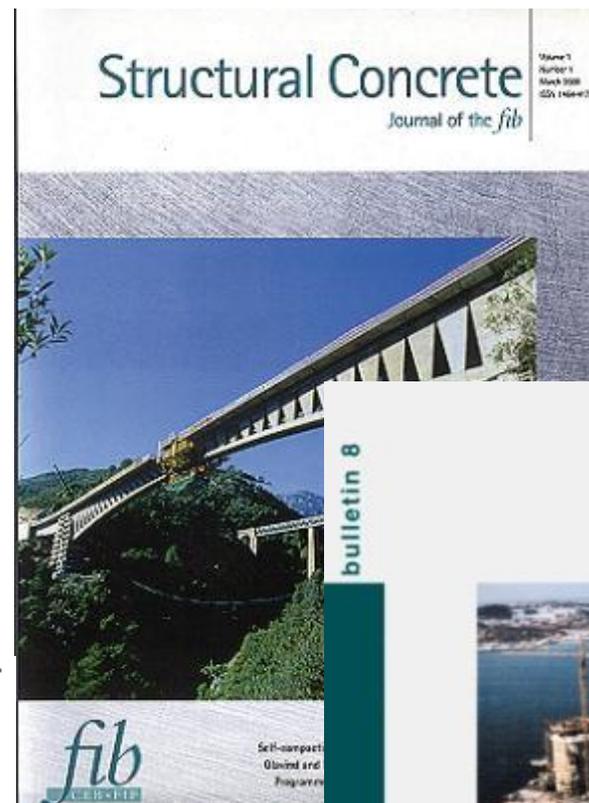
# Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari



MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

CIRCOLARE 11 ottobre 1996, n. 282 AA/GG/ST.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.



bulletin 8



guidance documents

## Lightweight Aggregate Concrete

- Recommended extensions to Model Code 90 Guide
- Identification of research needs  
Technical report
- Case studies  
State-of-art report

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.

***Inquadramento Normativo dei  
calcestruzzi strutturali Leggeri  
(LWAC)***

# Inquadramento Normativo

situazione pregressa	
D.M.1996	esclude espressamente i cls leggeri strutturali
CIRCOLARE 1996 (applicativa del D.M. 1996)	da indicazioni per l'uso di cls leggeri strutturali



**NTC 2008-NTC 2018**

**circolare esplicativa 21  
gennaio 2019**

**Euro Codice 2**

# Inquadramento Normativo

## Norme Tecniche per le Costruzioni (Ntc 2018)

La normativa italiana in materia di costruzioni è rappresentata dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (da qui in poi abbreviate NTC), in vigore dal 22 Marzo 2018; il testo raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità secondo un'impostazione coerente con gli Eurocodici.

**Il capitolo 4.1.12 "Calcestruzzo di aggregati leggeri" caratterizza l'impiego dell'aggregato leggero; esso deve essere esclusivamente di origine minerale, artificiale o naturale, escludendo i calcestruzzi aerati. L'argilla espansa è quindi un aggregato leggero idoneo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali leggeri.**

## Circolare esplicativa 21 gennaio 2019

Le Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche (Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL. PP) forniscono importanti indicazioni, elementi informativi ed integrazioni per una più agevole ed univoca applicazione delle NTC.

**Il capitolo 4.1.12 "Calcestruzzo di aggregati leggeri" approfondisce le regole di calcolo ed i principi di progettazione che regolano i calcestruzzi strutturali di aggregati leggeri; in particolare debbono essere specificati in ragione della classe di resistenza e di massa per unità di**

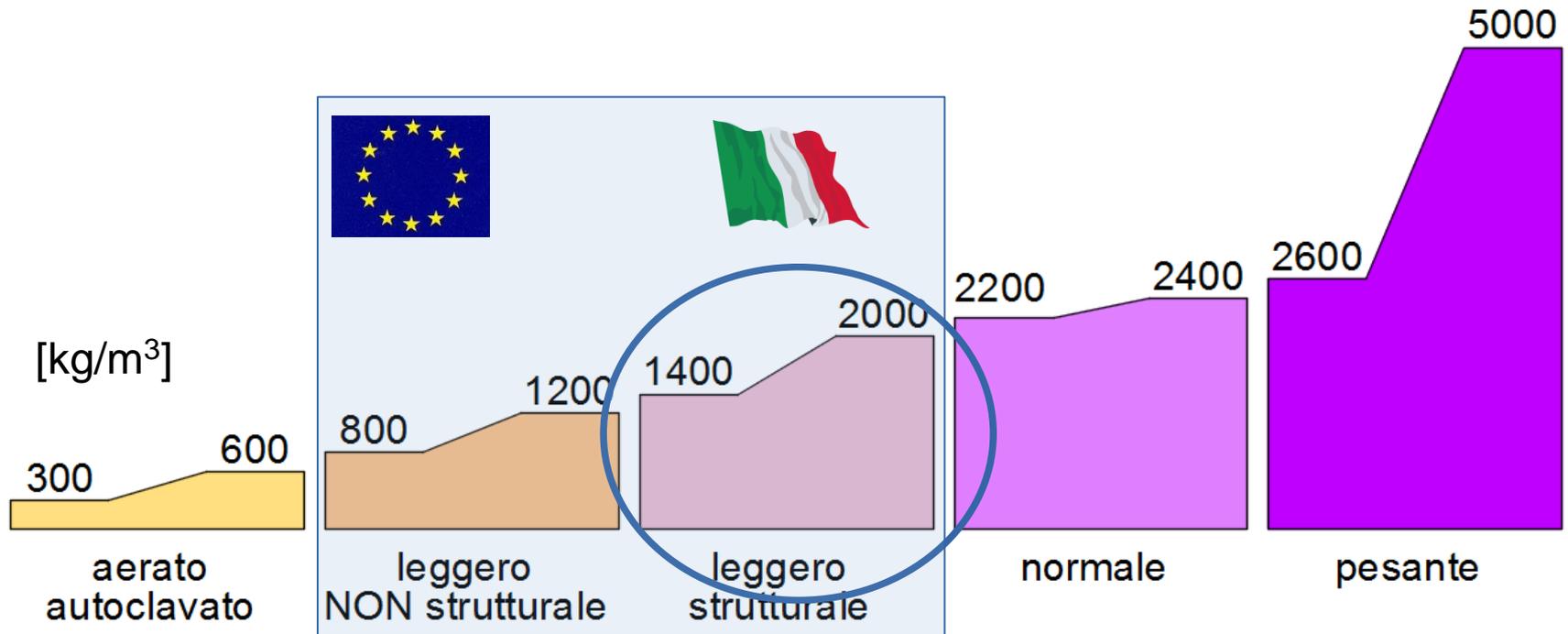
## Eurocodice 2

Gli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali, in particolare l'Eurocodice 2, costituiscono la terza base di riferimento normativo a supporto applicativo delle NTC. Sono quindi da considerarsi norme e documenti tecnici di comprovata validità, a cui far riferimento per il reperimento di ulteriori indicazioni normative rispetto a quanto riportato nelle NTC nazionali.

All'interno della parte 1-1 "Regole generali e regole per gli edifici", capitolo 11 "Progettazione delle strutture in c.a.", è possibile trovare approfondimenti tecnici utili ai fini del calcolo.

## 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: classi di massa volumica a secco e di progetto

Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero strutturale (tabella C4.1.VI. della Circ. 02.02.2009)

Classe di massa volumica	D1,5	D1,6	D1,7	D1,8	D1,9	D2,0
Intervallo di massa volumica a secco [kg/m <sup>3</sup> ]	$1400 < \rho \leq 1500$	$1500 < \rho \leq 1600$	$1600 < \rho \leq 1700$	$1700 < \rho \leq 1800$	$1800 < \rho \leq 1900$	$1900 < \rho \leq 2000$
Massa volumica calcestruzzo non armato [kg/m <sup>3</sup> ]	1550	1650	1750	1850	1950	2050
Massa volumica calcestruzzo armato [kg/m <sup>3</sup> ]	1650	1750	1850	1950	2050	2150

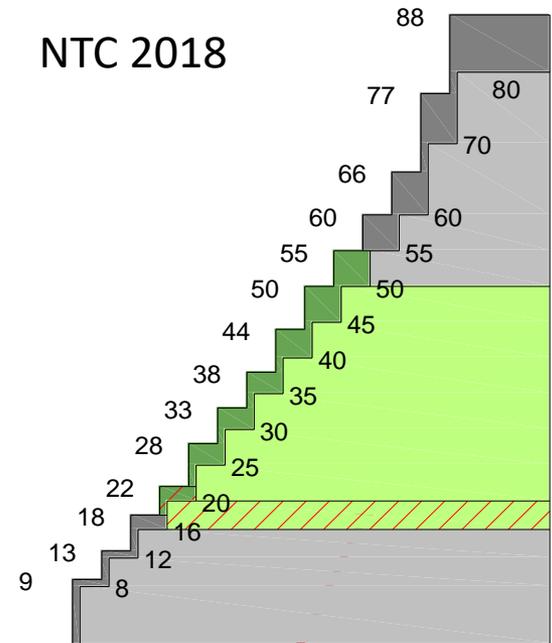
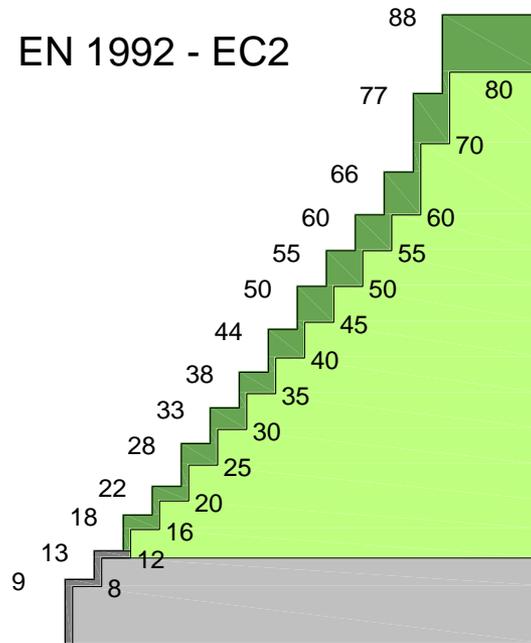
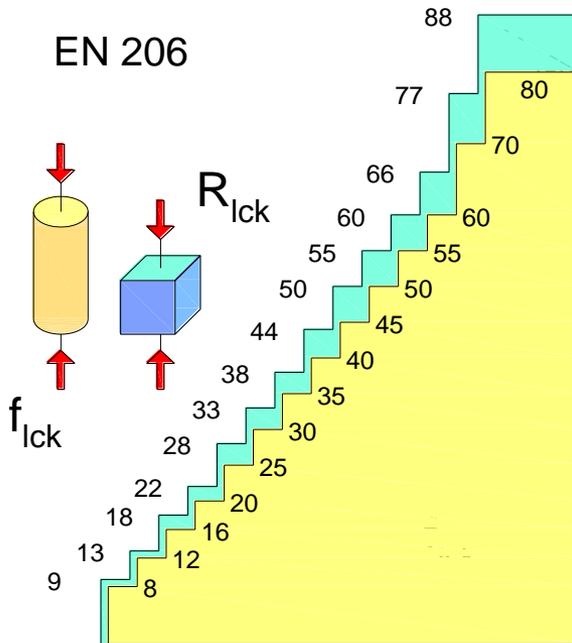
### Esempio:

- densità a secco: 1410 kg/m<sup>3</sup>
- classe: D1,5
- densità di riferimento: 1500 kg/m<sup>3</sup> (il valore maggiore della classe di appartenenza)
- densità di progetto: 1550 kg/m<sup>3</sup> (+ 50 kg di contenuto di acqua, circa 3%)
- densità di calcolo considerando l'armatura: 1650 kg/m<sup>3</sup> (+ 100 kg armatura)

# Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

## Calcestruzzo leggero strutturale: EN vs. NTC'08

Classi di resistenza a compressione LC (N/mm<sup>2</sup>) per  $f_{lck}$  e  $R_{lck}$



Nelle NTC 2018 non ammesso per progettazione per azioni sismiche

Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{lck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Resistenza caratteristica cubica minima $R_{lck}$ (N/mm <sup>2</sup> )
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 40/44	35	38
LC 45/50	40	44
LC 50/55	45	50
LC 55/60	50	55
LC 55/60	55	60

Per la progettazione e la costruzione di opere soggette all'azione sismica è ammesso l'uso di conglomerati di classe pari o superiore a LC 20/22 (NTC 2018 par. 7.4).

Il rapporto tra  $f_{lck}$  e  $R_{lck}$  nei calcestruzzi strutturali ordinari è 0,83 mentre nei calcestruzzi strutturali leggeri invece è 0,90.

## 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  $\leq 2.000 \text{ kg/m}^3$

## Resistenza a trazione diretta

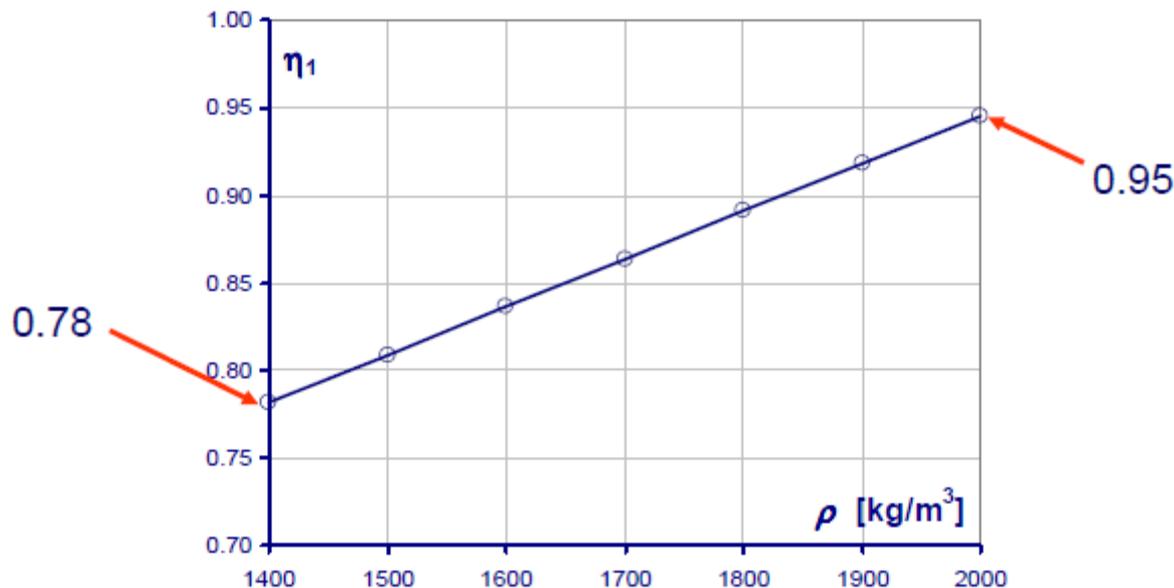
La resistenza a trazione diretta può ora essere stimata a partire dalla resistenza a compressione (media cilindrica) del calcestruzzo leggero, senza quindi obbligo di sperimentazione preventiva, e dipende linearmente dalla densità del calcestruzzo (è crescente con questa):

per calcestruzzo di classe  $\leq$  LC 50/55  
per calcestruzzo di classe  $>$  LC 50/55

$$f_{lctm} = 0,30 f_{lck}^{2/3} \eta_1$$

$$f_{lctm} = 2,12 \ln[1+(f_{lcm}/10)] \eta_1$$

$$\eta_1 = 0,40 + 0,60\rho / 2200$$



## Modulo elastico:

In assenza di sperimentazione diretta, una stima del modulo elastico secante a compressione a 28 giorni, utilizzabile quale valore indicativo per il calcolo della deformabilità delle membrature, può essere ottenuta dall'espressione:

$$E_{lcm} = 22000 \left[ \frac{f_{lcm}}{10} \right]^{0,3} \eta_E \quad [N/mm^2]$$

essendo:

$f_{lcm}$  = valore della resistenza media cilindrica a compressione in  $N/mm^2$  ( $f_{lcm} = f_{lck} + 8$   $N/mm^2$ )

$$\eta_E = \left( \frac{\rho}{2200} \right)^2$$

$\rho$  = valore limite superiore della massa volumica del calcestruzzo, per la classe di massa volumica di appartenenza in  $kg/m^3$

**PRESENTIAMO CHE COS'E'**

**L'ARGILLA ESPANSA LECA**



# NATURALE



1200° C



Cottura a 1.200 gradi ed espansione.





# *Il granulo di Leca:* *Leggerezza, isolamento e resistenza*



# ARGILLA ESPASA LECA

## LEGGERO

È 4-5 volte più leggero rispetto agli aggregati tradizionali.

## RESISTENTE

Grazie alla scorza esterna, compatta e indeformabile, assicura un'ottima **resistenza a compressione**. È impiegato per **riempimenti e isolamenti** nel settore edile ma anche per applicazioni stradali e geotecniche.

## DURABILE

L'argilla espansa è **inalterabile e resistente nel tempo**: non necessita di manutenzione.

## RICICLABILE

L'argilla espansa è **riciclabile e riusabile 100%**: non si degrada neanche sotto l'azione chimica o sottoposta al gelo mantenendo inalterate nel tempo le proprie caratteristiche tecniche.

## RESISTENTE AL FUOCO

È classificato come materiale incombustibile, **norma Classe A1**. Non ha quindi reazione con il fuoco, non emette gas o fumi, mantiene le proprie caratteristiche fisiche e resistenza meccanica anche negli incendi più disastrosi. È **praticamente indistruttibile**.

## NEI CALCESTRUZZI

Quando viene impiegato come aggregato nel calcestruzzo, il Leca **riduce il peso** del conglomerato anche del **50%** senza comprometterne la resistenza.

## ISOLAMENTO TERMICO

L'argilla espansa è nota nel mercato per le ottime prestazioni di isolamento termico, sia applicata sfusa che all'interno di conglomerati quali sottofondi, massetti, calcestruzzi e malte. Il **comfort termico estivo e invernale** è sempre assicurato.

## ISOLAMENTO ACUSTICO

Il Leca contribuisce all'isolamento acustico in varie tipologie di applicazioni, sia in **elementi di facciata** che all'interno degli edifici.

## INALTERABILE NEL TEMPO

L'argilla espansa è **chimicamente inerte**, non emette silice libera, sostanze fibrose, gas Radon o nocivi.

## PROTEGGE L'AMBIENTE

Il Leca è **stabile e non reattivo**, non rilasciando alcuna sostanza nociva anche quando a diretto contatto con il terreno, acqua, non emette VOC o altre sostanze pericolose. È **compatibile con l'ambiente e la salute delle persone**.

## IDEALE PER TUTTI I CLIMI

Grazie all'unicità di caratteristiche, è un aggregato **non resistente, isolante, incombustibile**: è ideale per applicazioni in tutte le condizioni ambientali, **proteggendo dal caldo e dal freddo** negli inverni più severi.

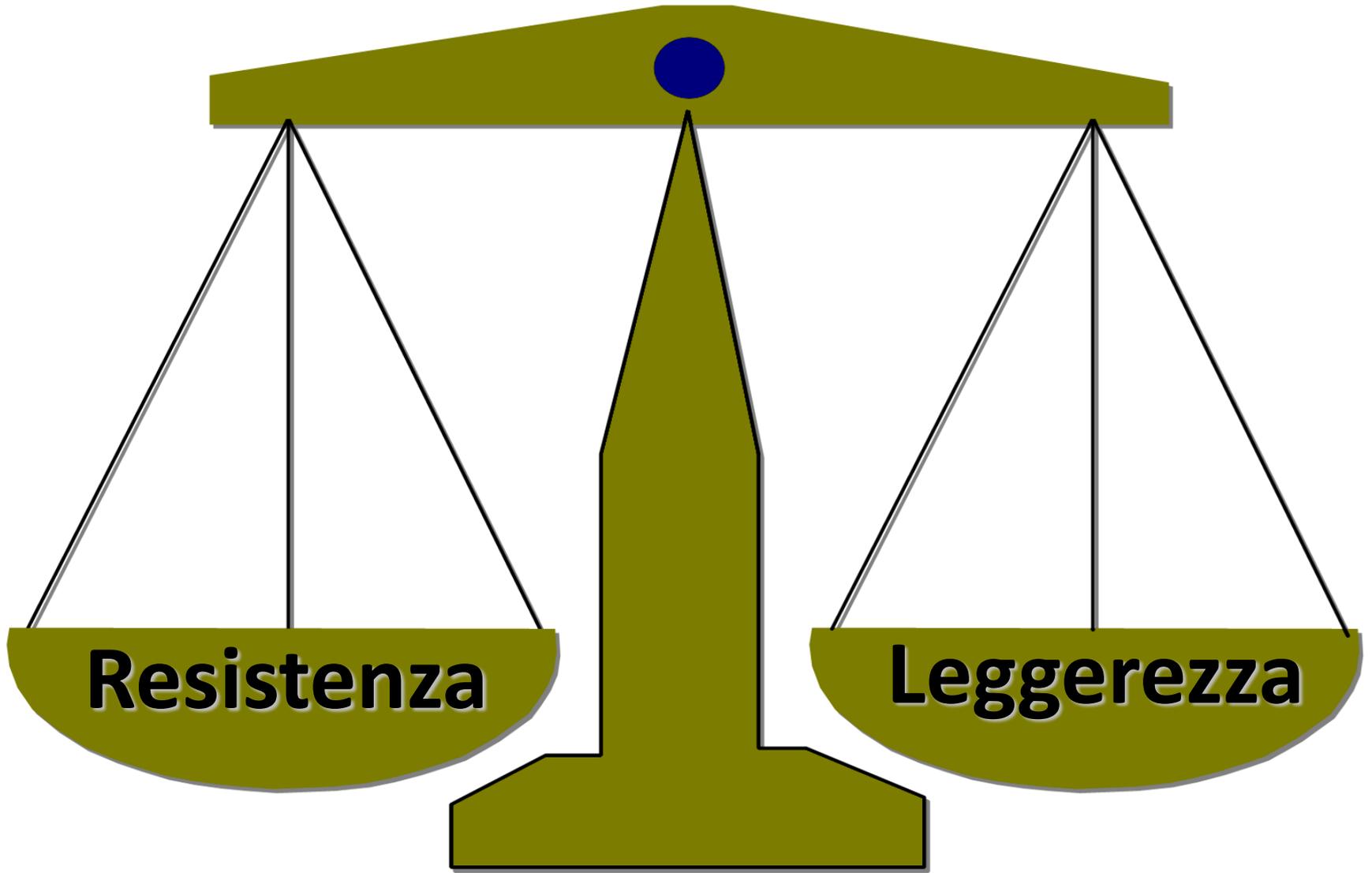
## CONTROLLA LE PIOGGE

Assicura il **drenaggio dell'acqua** grazie a circa il **50% di vuoti d'aria** tra granulo e granulo. È ideale per impieghi in ambienti urbani e per controllare le forti piogge.



# Riassumendo, Leca è:

- **inalterabile nel tempo**
- **pH Basico**
- **non corrosiva**
- **resistente al fuoco**
- **isolante termico e acustico**
- **ma soprattutto è...**

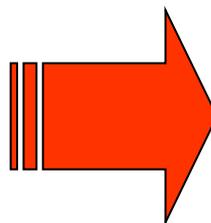


# Il sacco Leca





# Da Leca ... a LECAPIU'



***In natura esistono oltre all'Argilla Espansa altri inerti leggeri:***



***Lapillo***



***Pumice***

## 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



## 5.1 Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

### 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)		



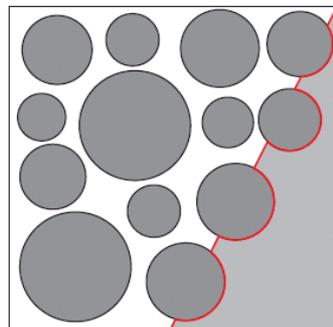
Argilla espansa Leca Terrecotte.

## COMPOSIZIONE DEI CALCESTRUZZI STRUTTURALI LEGGERI

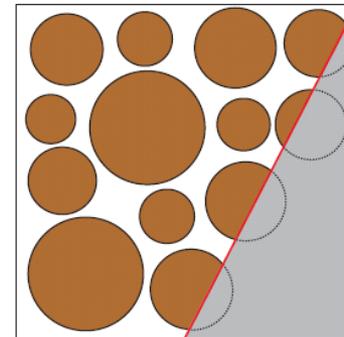
**Acqua Efficace** = contenuta nella pasta cementizia e condiziona la lavorabilità e resistenza del calcestruzzo strutturale leggero a parità di quantitativo di cemento.

**Acqua Assorbita** dall'aggregato nel periodo di tempo tra la miscelazione e la posa in opera.

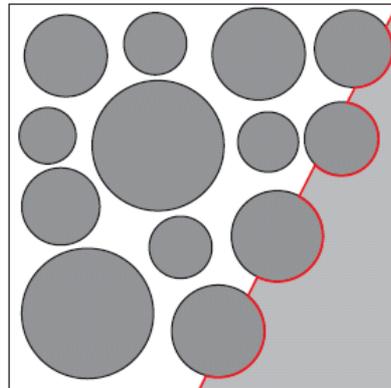
**Relazioni di lavorabilità e resistenza** possono essere modulate introducendo nell'impasto specifici additivi (superfluidificanti, etc...).



A. CALCESTRUZZO TRADIZIONALE



B. CALCESTRUZZO LEGGERO

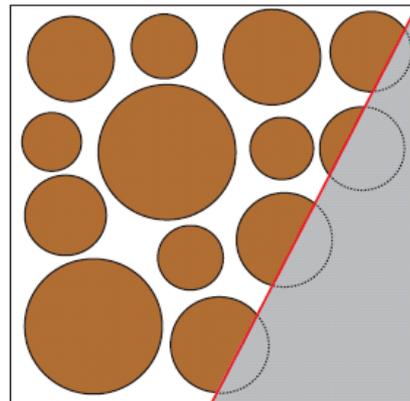


A. CALCESTRUZZO TRADIZIONALE

**Andamento delle linee di  
frattura nel cls tradizionale**

**Rottura della pasta cementizia**

**La resistenza a compressione del cls dipende  
dalla qualità della pasta cementizia**



B. CALCESTRUZZO LEGGERO

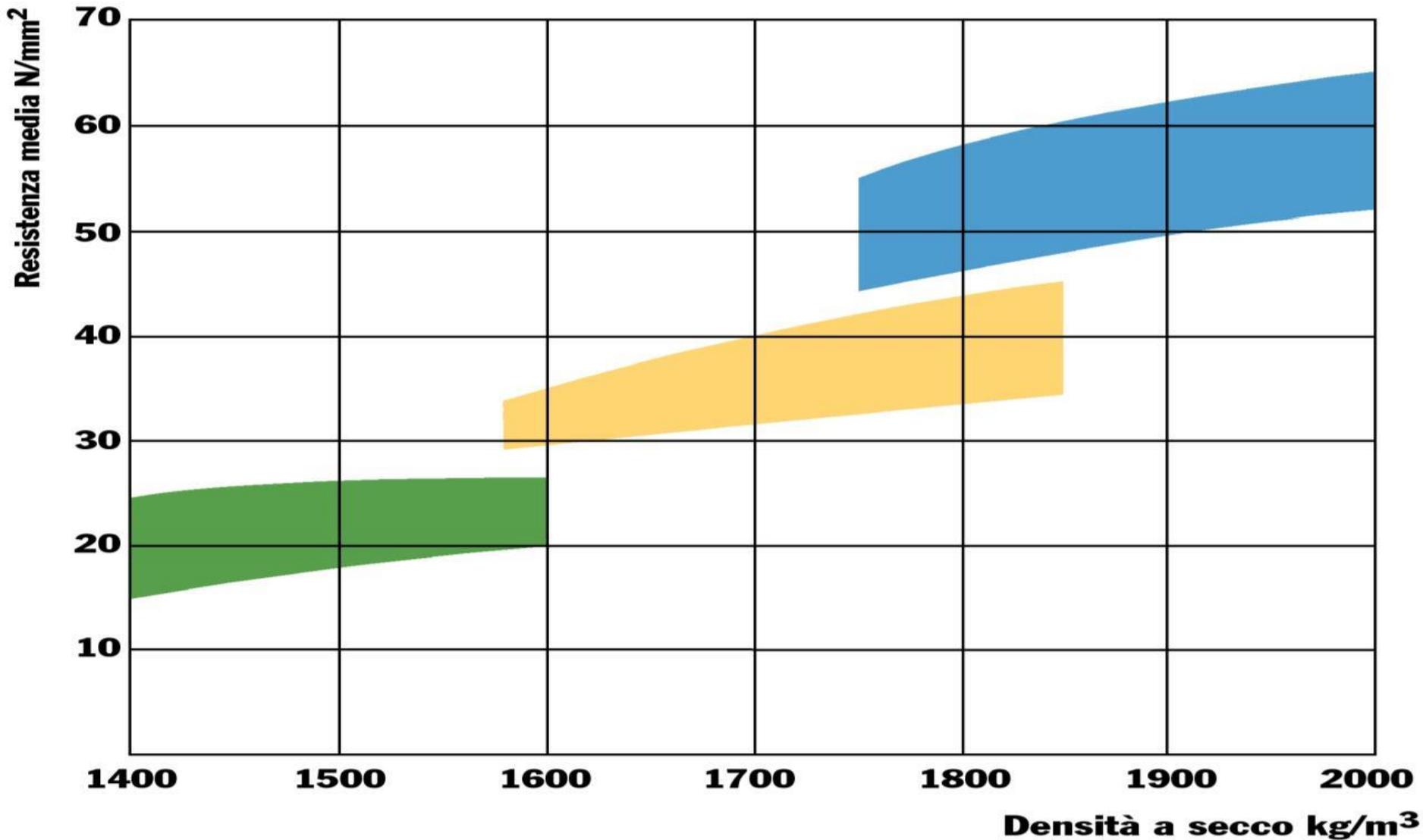
**Andamento delle linee di frattura  
nel cls leggero strutturale**

**Rottura dell'aggregato leggero**

**La resistenza a compressione del cls dipende  
dalla resistenza dell'aggregato leggero**

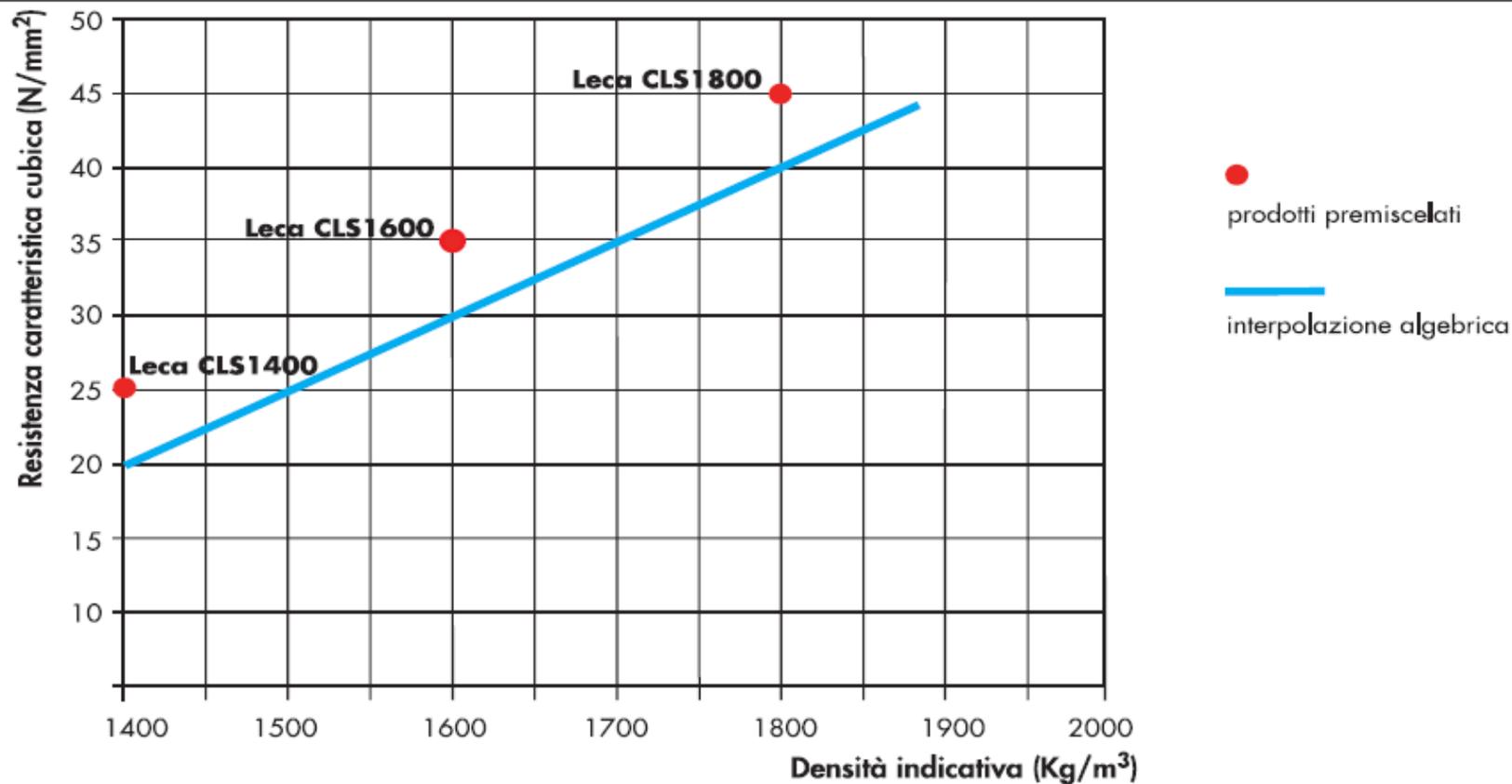
# Definizioni e differenze rispetto ai calcestruzzi ordinari

## PRESTAZIONI MECCANICHE



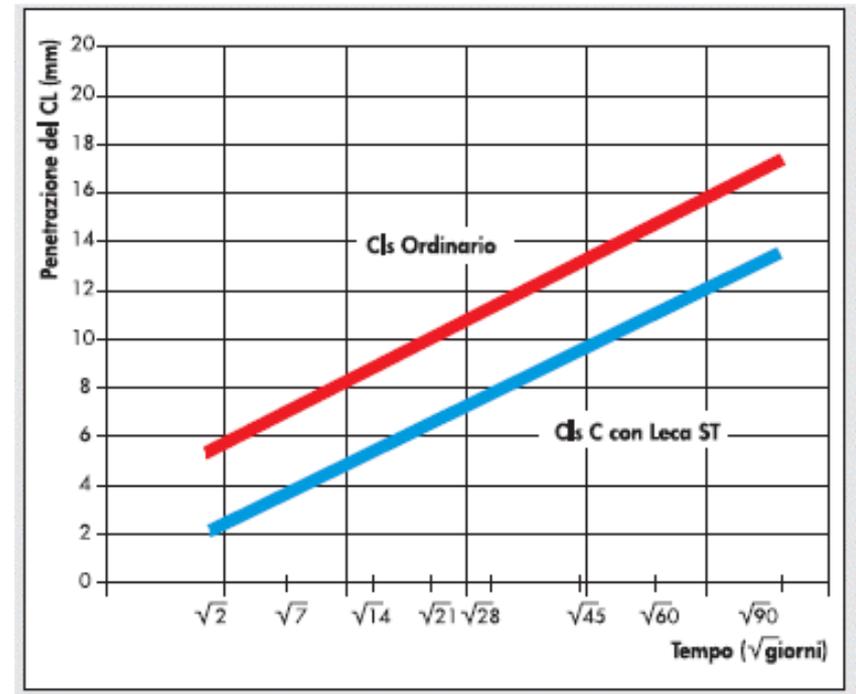
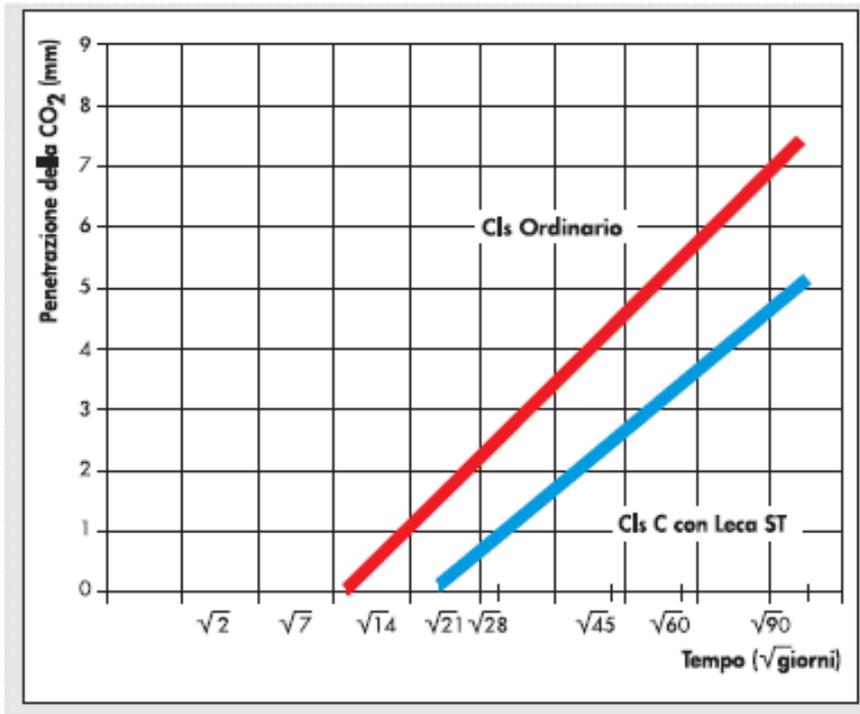
## PRESTAZIONI MECCANICHE

DIAGRAMMA ANDAMENTO RESISTENZE-DENSITÀ



## DURABILITA'

### CONFRONTO CLS LEGGERO VS TRADIZIONALE





**ESEMPIO 1: effetti della  
viscosità del LWAC a lungo  
termine**

## VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO STRUTTURALE

Si ricorda che la viscosità di un CLS è funzione:

1. Umidità dell'ambiente
2. Dimensione degli elementi
3. Resistenza e modulo elastico del conglomerato

$$\varphi(t_{\infty}, t_0) = \varphi \left( \frac{\rho}{2200} \right)^2 \eta_2$$

$t_0$	$\alpha \leq 20 \text{ cm}$	$\alpha \geq 60 \text{ cm}$
1 + 7 gg	2,7	2,1
8 + 60 gg	2,2	1,9
> 60 gg	1,4	1,7

Tabella 7.5 Coefficiente finale di viscosità  $\varphi(t_{\infty}, t_0)$  per calcestruzzi in ambiente con umidità relativa pari a circa 75%

$t_0$	$\alpha \leq 20 \text{ cm}$	$\alpha \geq 60 \text{ cm}$
1 + 7 gg	3,8	2,9
8 + 60 gg	3,0	2,5
> 60 gg	1,7	2,0

Tabella 7.6 Coefficiente finale di viscosità  $\varphi(t_{\infty}, t_0)$  per calcestruzzi in ambiente con umidità relativa pari a circa 55%

In cui:

- $\varphi$  è il coefficiente riportato nelle tabelle seguenti, in funzione del tempo  $t_0$  di messa in carico, della dimensione fittizia  $\alpha$ , e dell'umidità relativa dell'ambiente;
- $\rho$  è la massa volumica del conglomerato in  $\text{kg/m}^3$ ;
- $\eta_2$  è un coefficiente che vale 1,0, ad eccezione per i calcestruzzi di classe LC<16/18, per i quali vale 1,3.

-  $t_0$  = età del calcestruzzo a partire dalla quale si calcolano gli effetti del ritiro;

-  $\alpha$  = dimensione fittizia della sezione pari a  $\frac{2A_c}{u}$ ;

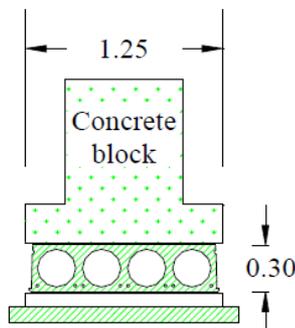
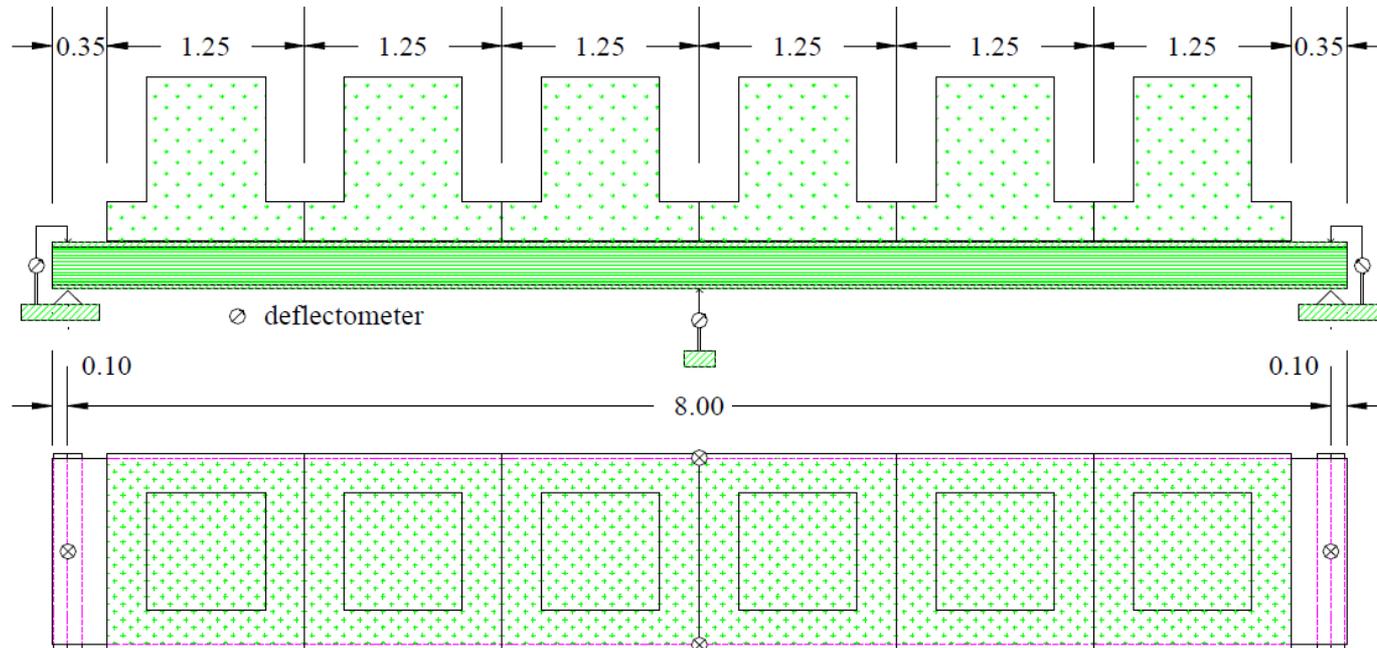
-  $A_c$  = area della sezione di conglomerato;

-  $u$  = perimetro della sezione del conglomerato a contatto con l'atmosfera.

Per i valori intermedi della dimensione fittizia  $\alpha$  si potrà interpolare linearmente

## Long-term deformations of high-strength lightweight-aggregate concrete

*Setup of the flexural tests*

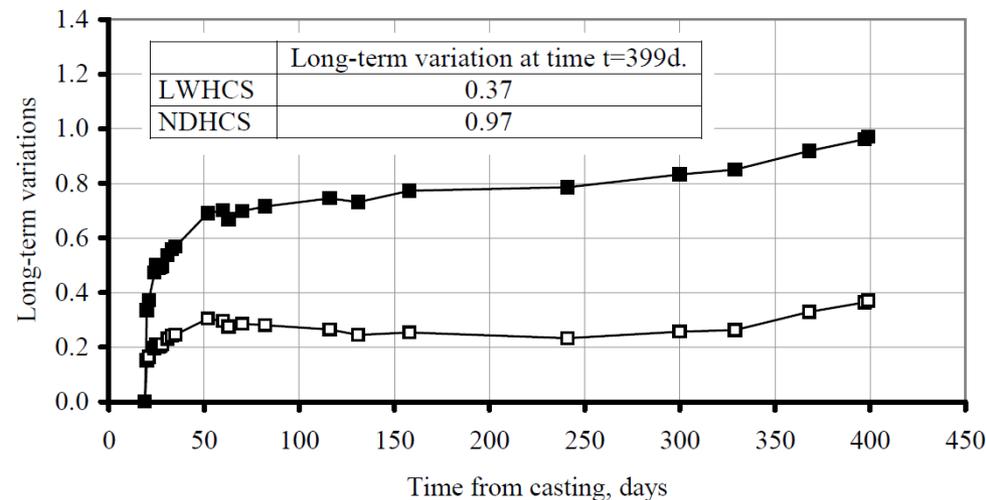
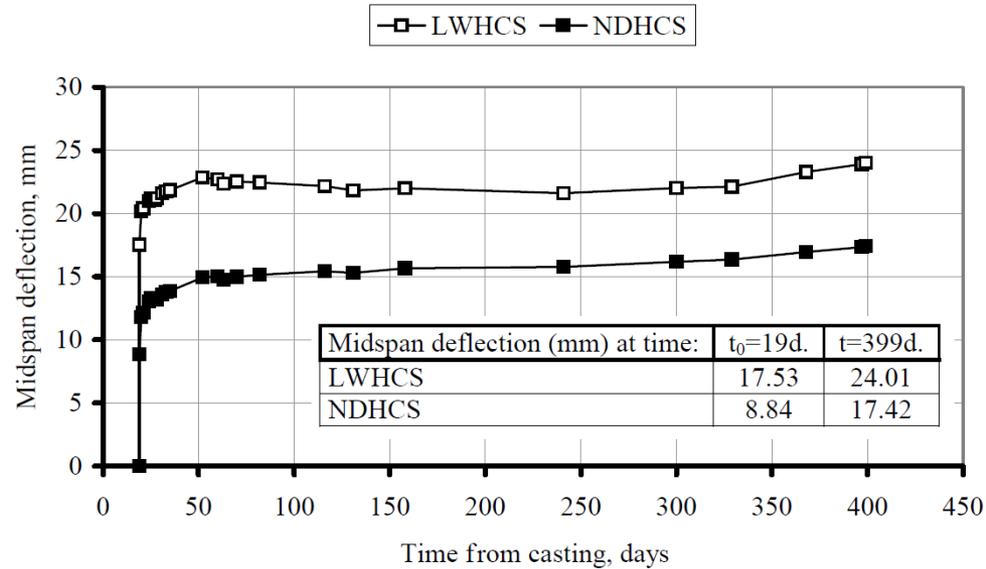


Dead Load: 3.5kN/m (LWHCS) 4.5kN/m (NDHCS)

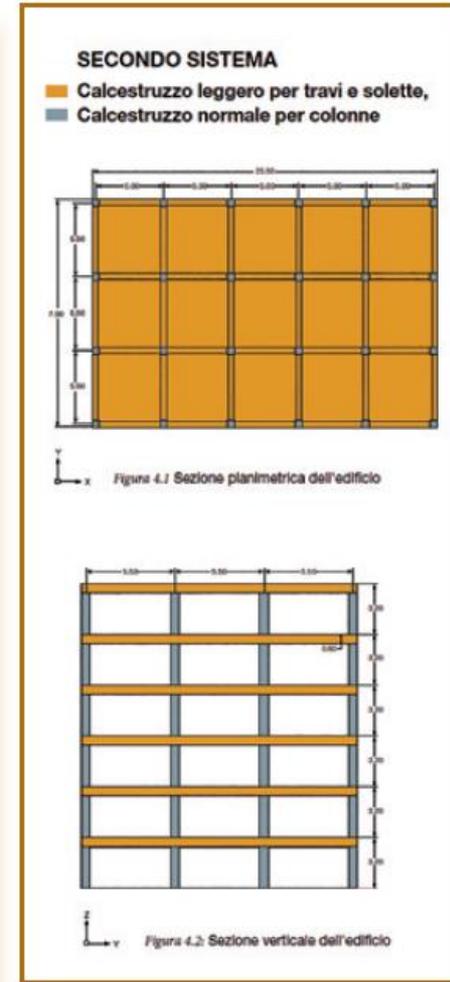
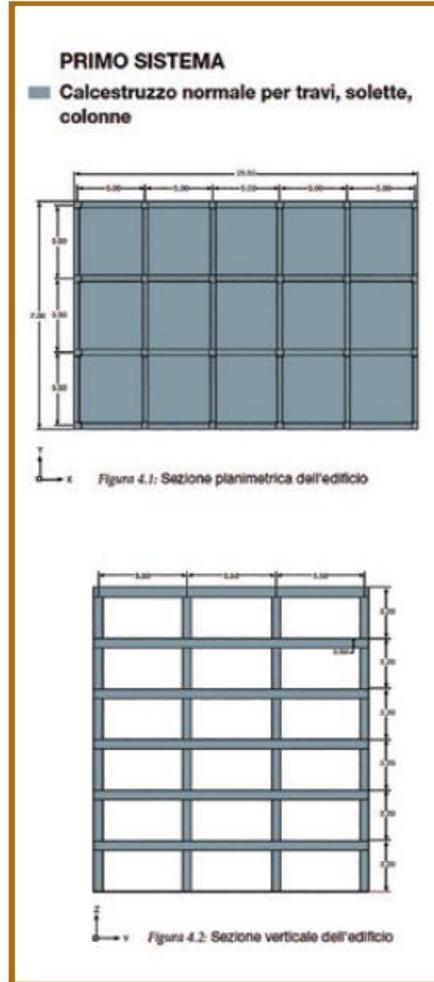
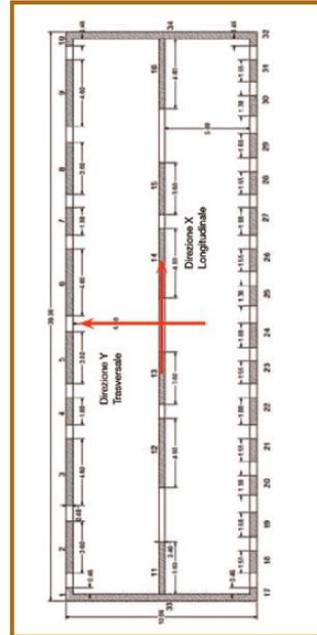
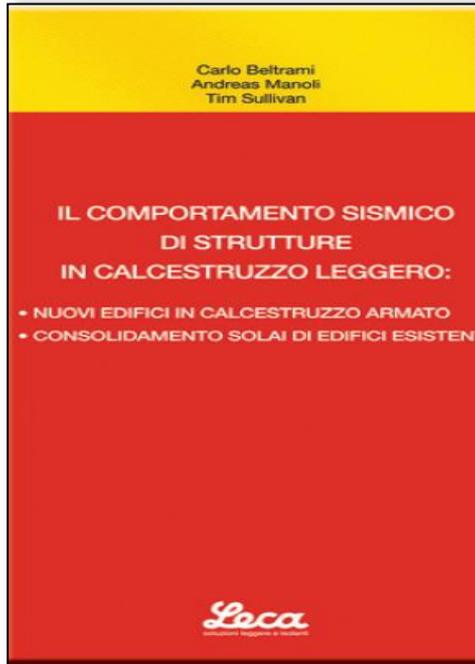
Over Load (concrete blocks): 14.4kN/m

OL/DL = 4.1 (LWHCS) 3.2 (NDHCS)

## Long-term deformations of high-strength lightweight-aggregate concrete



# 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

## *Scopo della ricerca*

La riduzione delle masse sismiche modifica la risposta dinamica della struttura

Cosa accade alla rigidezza del sistema modificando il materiale?

Quali ulteriori benefici o svantaggi derivano dall'uso del calcestruzzo leggero?

## *Aspetti esaminati:*

- Effetti sul comportamento di nuovi edifici in c.a.
- Applicazioni su edifici esistenti in muratura.

*Parte I*

# APPLICAZIONI SU EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

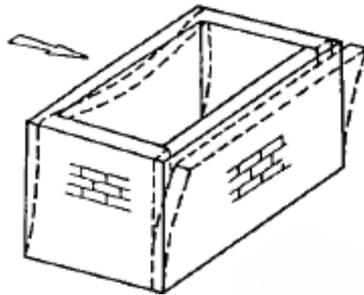
**Obiettivo:**

studio degli effetti dell'impiego del calcestruzzo leggero nella strategia di consolidamento / ristrutturazione / adeguamento degli edifici esistenti.

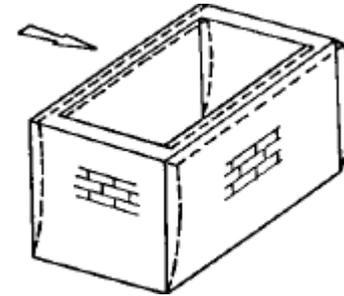
## *Caratteristiche della risposta sismica degli edifici in muratura*

Per impedire le modalità di collasso fuori piano è necessaria un'adeguata connessione delle pareti fra loro e con i solai, che devono comportarsi come **diaframmi rigidi** nel proprio piano

I diaframmi sono efficaci se trasmettono adeguatamente le forze ai diversi pannelli murari; i diaframmi devono essere opportunamente progettati, ma in via semplificata le norme ammettono come diaframma rigido un solaio dotato di soletta collaborante di adeguato spessore.



Meccanismo di collasso fuori piano



Collasso fuori piano impedito, diaframma rigido

**EC8-Parte 3:** *“I solai lignei possono essere rinforzati e irrigiditi nei confronti delle distorsioni nel proprio piano sovrapponendo una soletta in calcestruzzo armato con una rete in acciaio elettrosaldato. La soletta deve essere connessa a taglio al solaio in legno e collegata alle pareti”.*

## Edifici studiati

E' stato condotto uno studio parametrico su due edifici esistenti di 3 piani in muratura con geometria ricorrente a solai lignei. I solai sono stati così adeguati:

- **Edificio NW:** al solaio è stata applicata una soletta in **cls normale C20/25**
- **Edificio LW:** al solaio è stata applicata una soletta in **cls leggero Leca CLS 1400**

La soletta ha spessore  $s=8\text{cm}$  e realizza la condizione di diaframma rigido

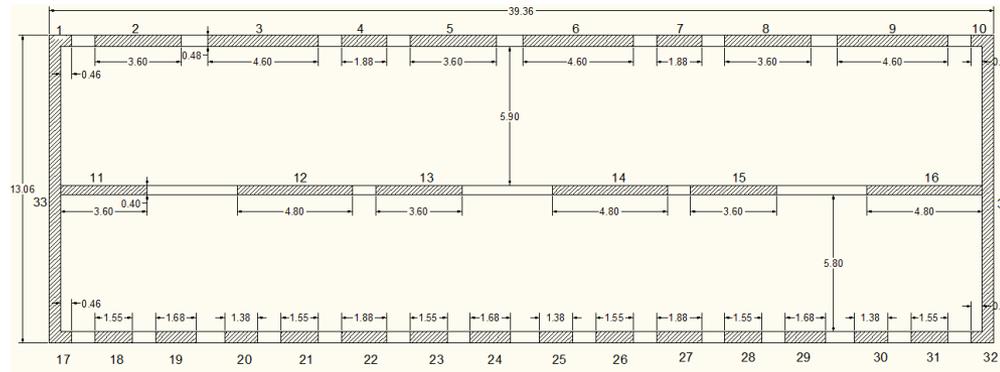
### Geometria

Pianta 39,36 x 13,06 m

Altezza piani 3,30 m

Pareti esterne  $t=48\text{ cm}$

Pareti interne  $t=40\text{ cm}$



**N.B.** Solaio ordito in direzione Y → il peso del solaio insiste prevalentemente sulle pareti orientate lungo X. Le pareti in direzione Y sono soggette al solo peso proprio.

## *Conclusioni*

Lo studio condotto ha evidenziato che:

- L'impiego di calcestruzzo alleggerito nel consolidamento del solaio ligneo permette un abbattimento delle sollecitazioni sismiche fino a circa il 10% grazie alla riduzione di peso;
- Nelle pareti poco caricate o non caricate dai solai (come quelle perimetrali), dove il fattore di sicurezza dipende (quasi) solo dalle sollecitazioni, il collasso può essere evitato nei casi di basse e medie sismicità ricorrendo al calcestruzzo alleggerito;
- Poiché il collasso strutturale globale avviene principalmente per crisi delle pareti perimetrali, la probabilità di rottura può essere diminuita ricorrendo al calcestruzzo leggero.

*Parte II*

**EFFETTI SUL COMPORTAMENTO DEI NUOVI EDIFICI IN C.A.**

## Ruolo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri in zona sismica

E' stato condotto uno studio parametrico su **due telai** di 6 piani con identica geometria, differenziati solo nella scelta del calcestruzzo:

- **Edificio NW:** costituito da pilastri, travi e solette in calcestruzzo normale (normal weight concrete,  $\gamma_{ca} = 2500 \text{ kg/mc}$ );
- **Edificio LW:** costituito da pilastri in calcestruzzo normale, ma con travi e solette in calcestruzzo leggero (lightweight concrete,  $\gamma_{ca} = 1750 \text{ kg/mc}$ ).

### Geometria

Pianta 25,50 x 17,00 m

Campate 5 m x 5 m

Altezza piani 3,20 m

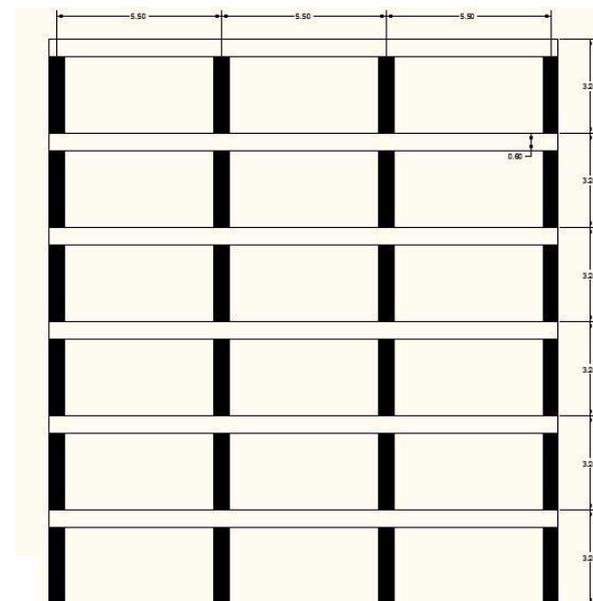
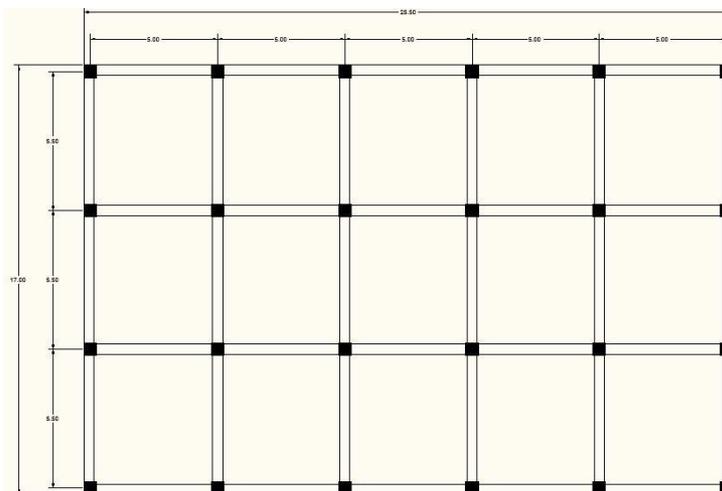
Pilastri 50 x 50 cm

Travi 40 x 60 cm

### Materiali

CLS C30/37

Acciaio B500C



## Progetto sismico degli edifici studiati – Parametri di progetto

- Edifici progettati secondo EC2 ed EC8;
- Classe di importanza **II** ( $\gamma_{II} = 1,0$ ), edificio residenziale normale;
- Edifici **regolari** in pianta e in altezza;
- Classe di dissipazione **media (DCM)**;
- Progettazione condotta attraverso l'**analisi statica equivalente** (analisi statica lineare);

**Fattore di struttura:**  $q = q_0 k_w = 3,9$

Dove: per sistema a telaio:  $q_0 = 3,0\alpha_u / \alpha_1$ ;

per telai a più piani e più campate:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$ ;

per edifici a telaio  $k_w = 1,00$ .

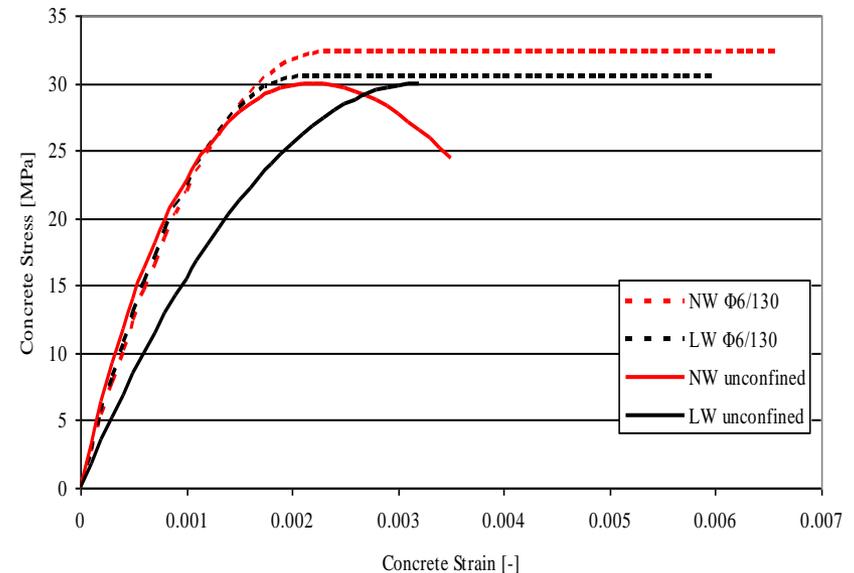
## *Conclusioni*

Rispetto alla struttura NW, il telaio LW presenta le seguenti differenze:

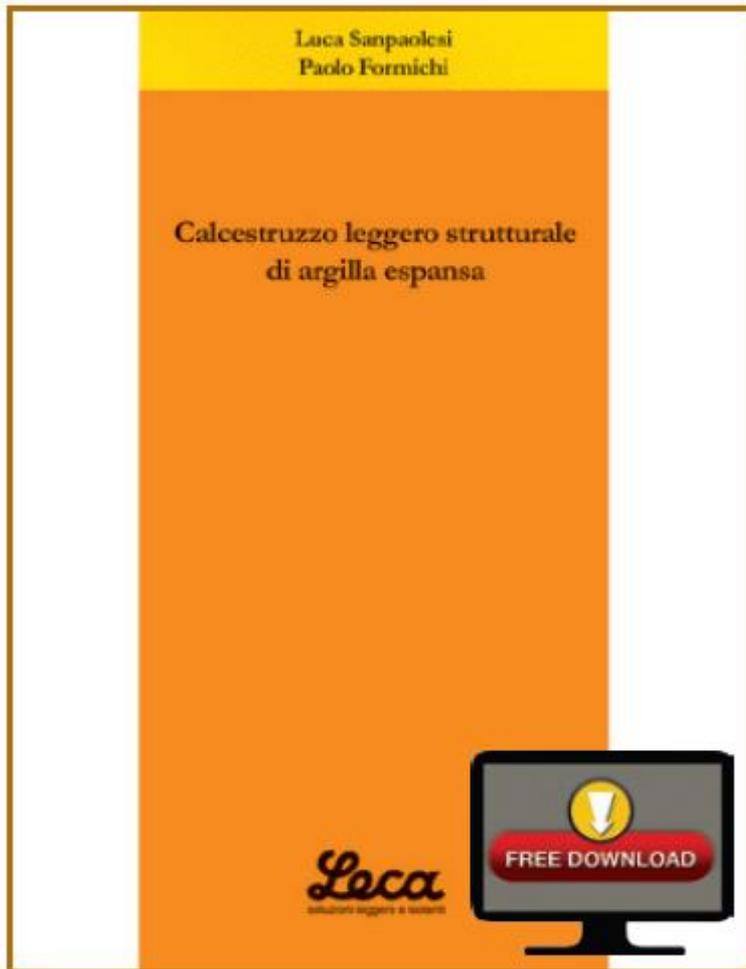
- Per alte sismicità la q.tà di armatura necessaria è il 27% inferiore;
- Per medio-basse sismicità la q.tà di armatura necessaria è il 7% inferiore (maggiore influenza dei carichi statici rispetto a quelli sismici);
- Minori tagli di piano;
- Stesse curvature mobilitate nelle sezioni critiche;
- Riduzione delle dimensioni dei plinti dell'11% in zone ad elevata sismicità;
- Minore taglio (-20-24%) e minore sovra-resistenza richiesta agli elementi strutturali.
- In zone a bassa e moderata sismicità la rigidezza dinamica (non-lineare) in condizione fessurata del telaio è superiore al telaio in cls normale.

## Caratteristiche del materiale - Gli Eurocodici

- Le differenze di rigidezza in campo elastico non hanno grande importanza in condizione sismica SLU, semmai la differenza sarà in condizione SLE statica;
- I coefficienti di riduzione delle resistenze a compressione (sia diretta che del puntone a taglio) non hanno generalmente una influenza significativa nelle verifiche sismiche;
- **Diversamente il comportamento del calcestruzzo in compressione confinato, come dai grafici a fianco esposti tracciati con le equazioni EC2, evidenzia un comportamento quasi del tutto simile al cls normale. Evidenziando di fatto capacità di deformazione del tutto analoghe.**



*Legame costitutivo dell' EC2 per il calcestruzzo normale e alleggerito, non confinato e confinato ( $f_{ck}=30\text{MPa}$ ).*



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)

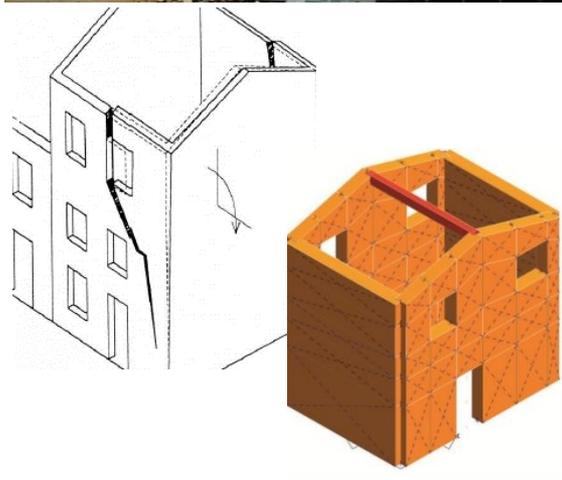
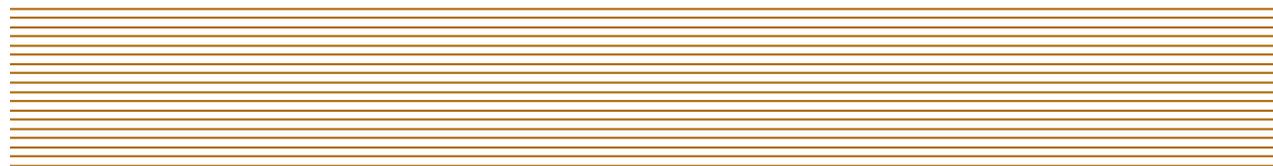


UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

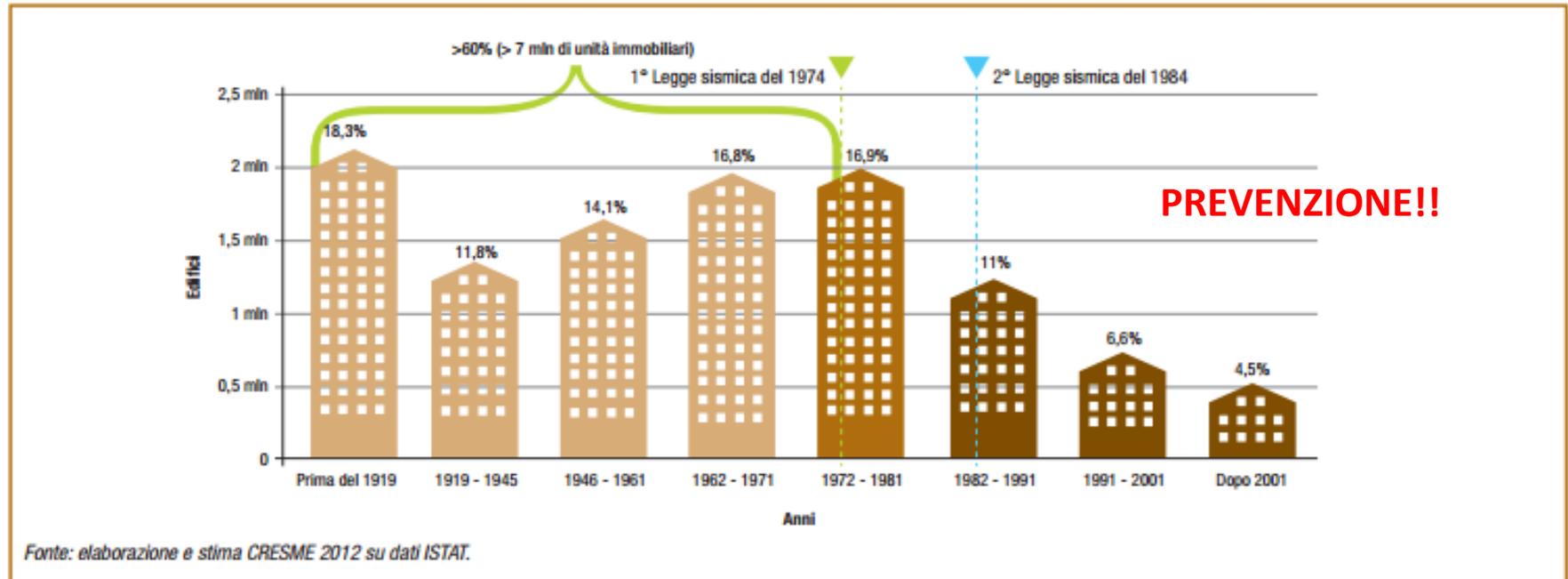


## *Interventi negli edifici in MURATURA: I SOLAI*



***I solai italiani***

## 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).

## 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



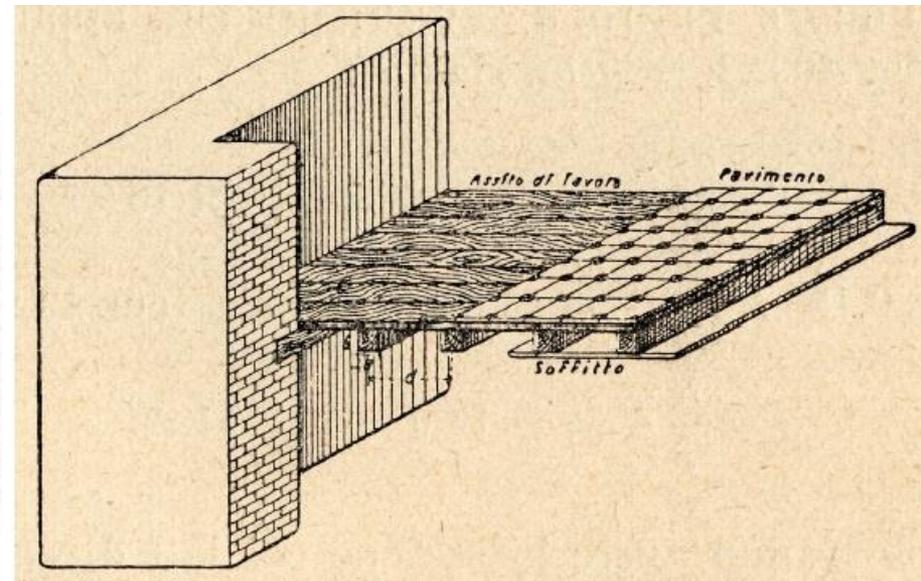
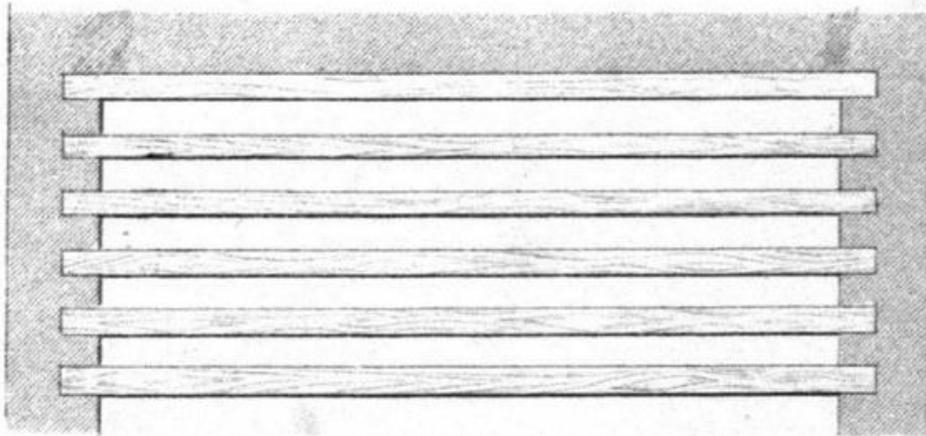
## 1) Solai in legno



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

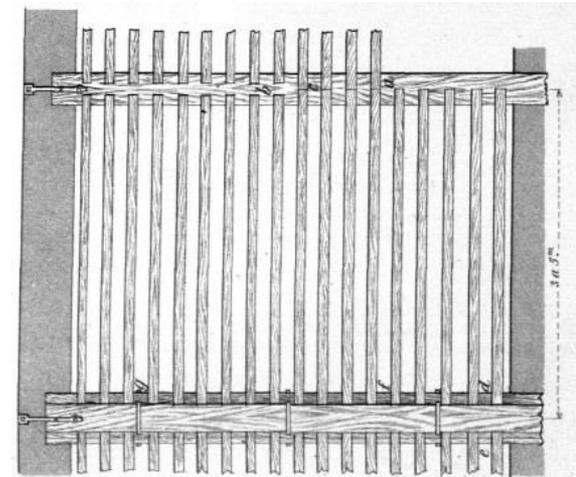
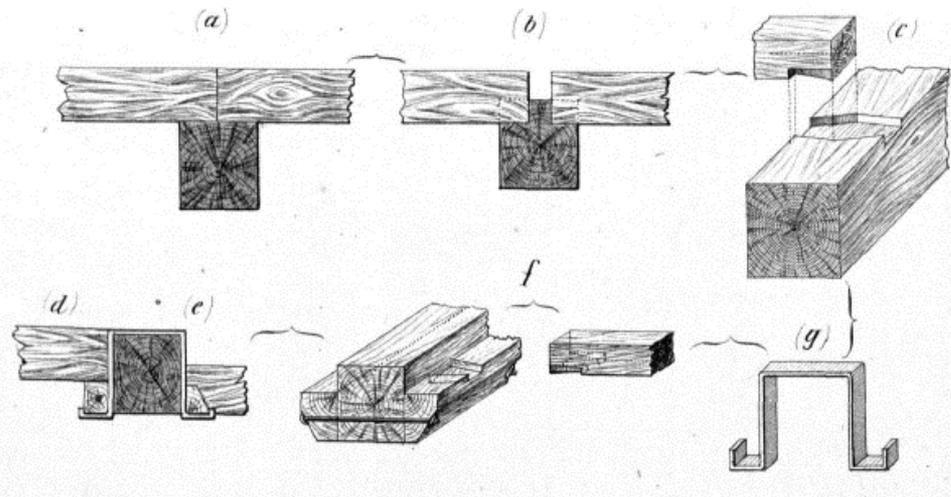




In genere travi principali di grandi dimensioni ad interasse di 3 – 4 metri e travetti secondari posti ad interasse di 30 – 60 cm

**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

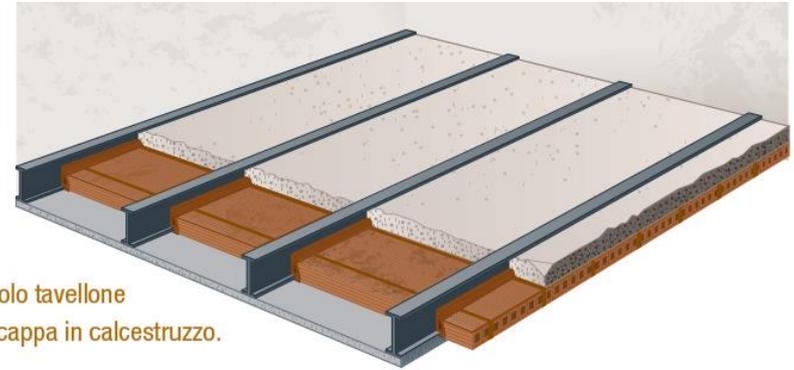




Voltine ad estradosso piano.

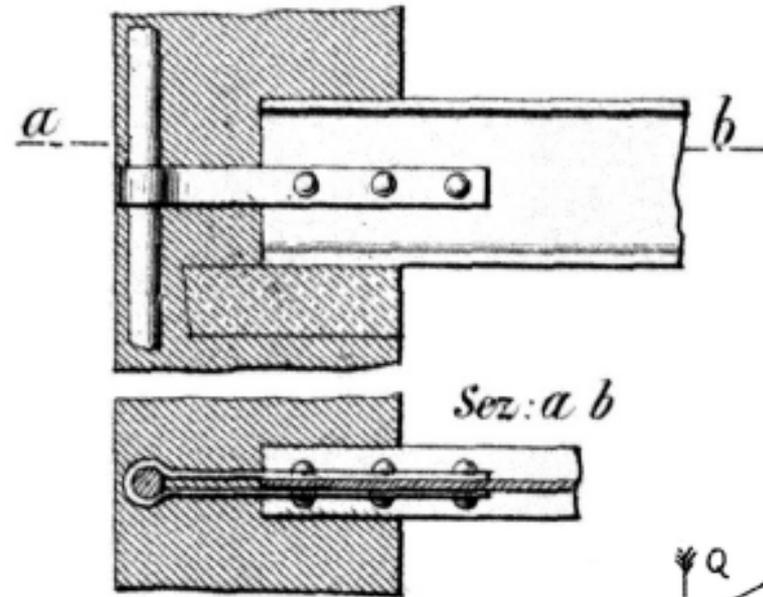


Voltine curve "volterrane".



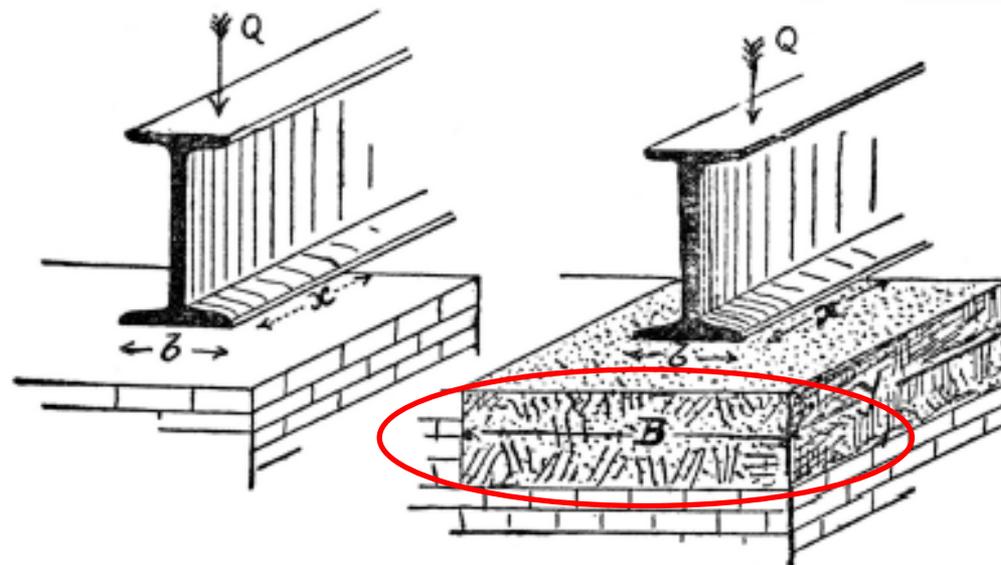
Singolo tavellone  
con cappa in calcestruzzo.





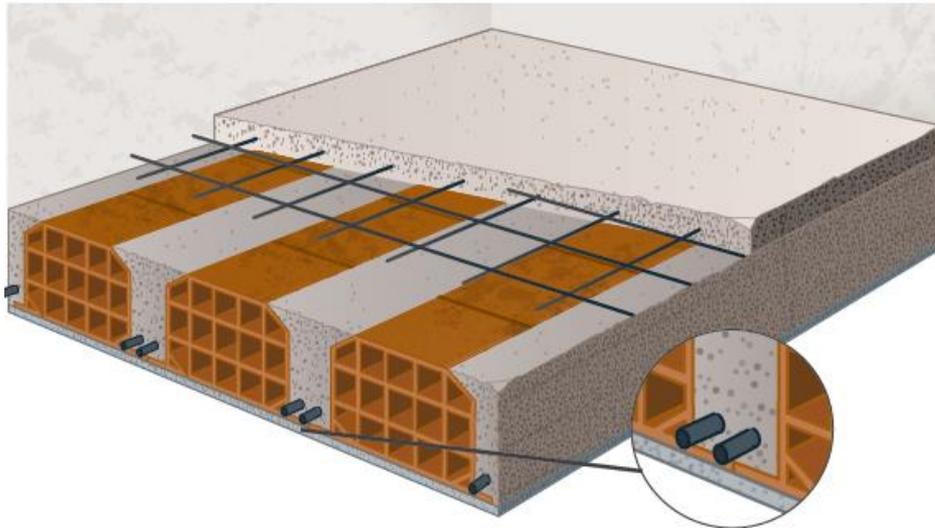
**Bulzone** inserito al fine di prevenire lo sfilamento dalla muratura

Fondamentale ampiezza della superficie di appoggio



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

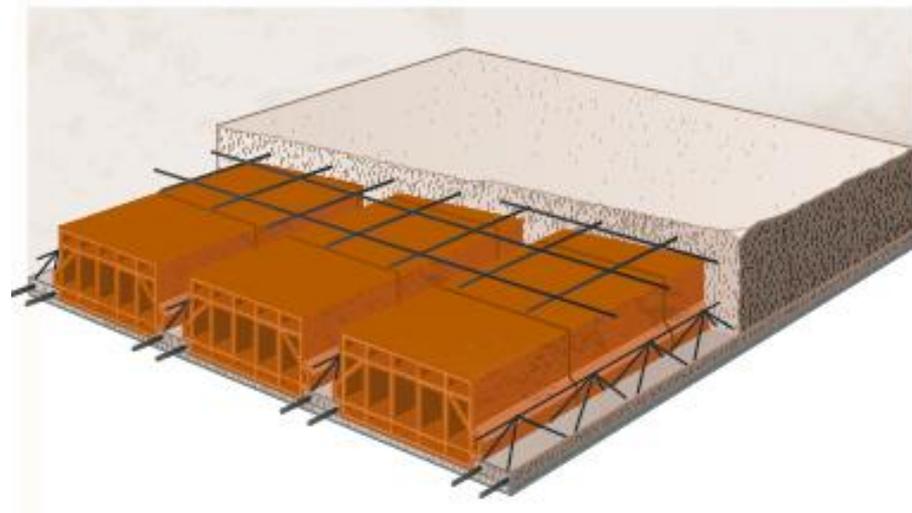
Pignatte con fondello accostato.



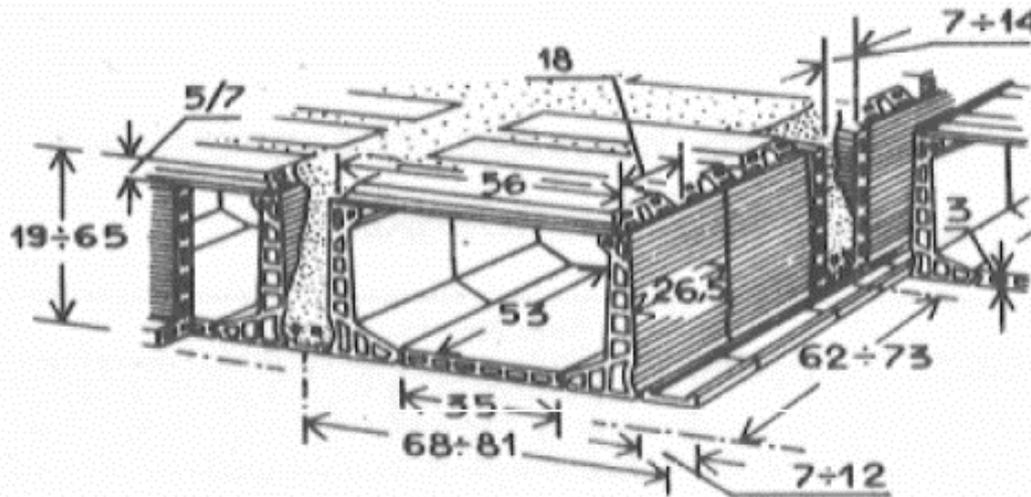
In seguito sono stati realizzati diversi **blocchi di alleggerimento specifici e pezzi speciali** sino arrivare ai giorni nostri

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.

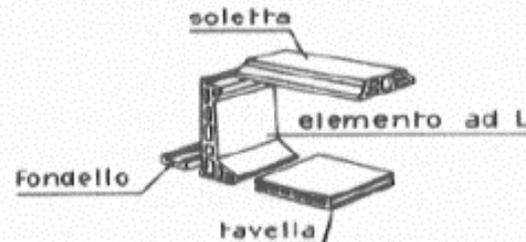
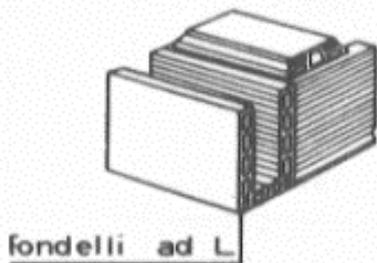


## Vecchi SOLAI STIMIP

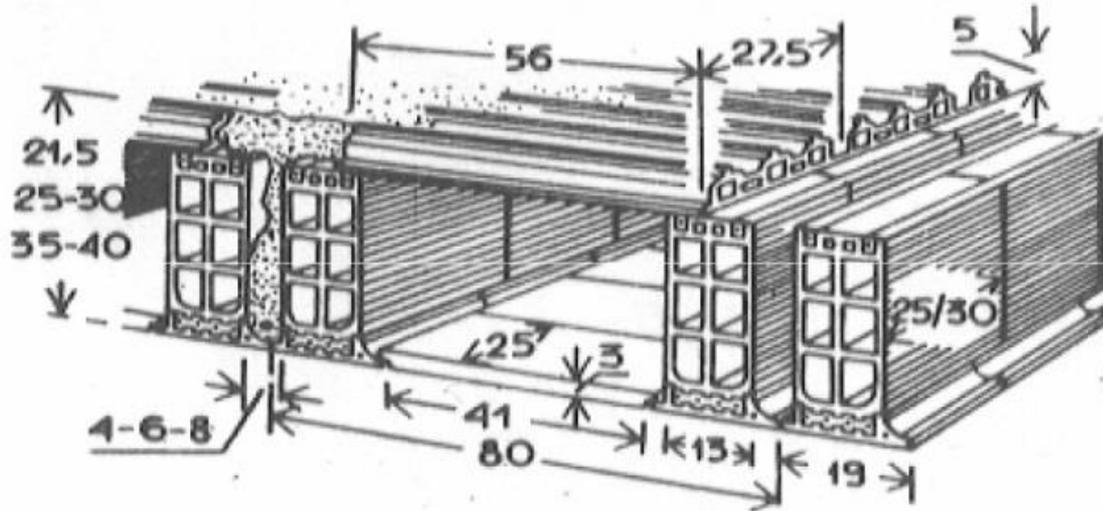


Solaio idoneo a coprire grandi luci e forti sovraccarichi

**Difetto di avere elevato peso proprio e complessità di montaggio con banchinaggio mediante assito completo**



## Vecchi SOLAI SAPAL



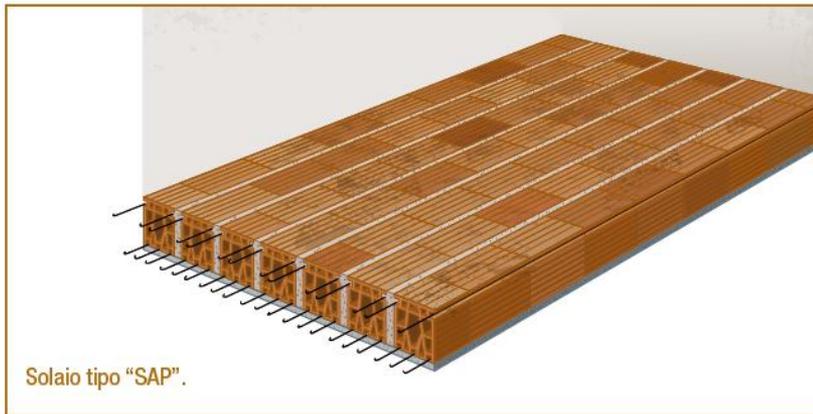
Solaio idoneo a coprire luci da 4 sino a 10 metri

Pesi propri da 30 sino a 210 kg/mq

Esiste anche il solaio SAPAL BM con nervature da 7 cm di larghezza



## SOLAIO TIPO SAP

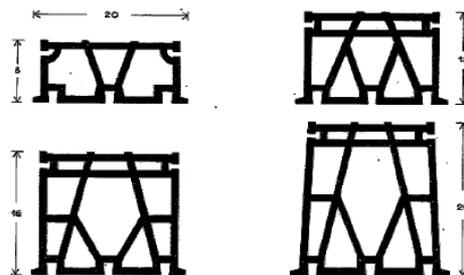
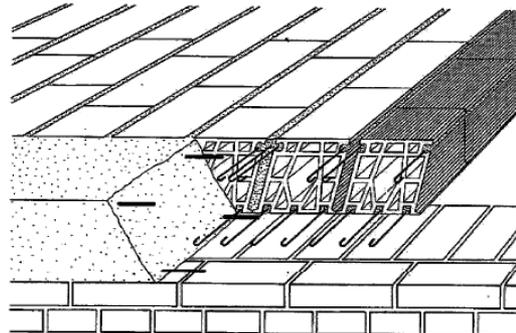


SOLAIO SAP – Portata sino a m 6

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.

Tipo 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 $\sigma_s$ kgf/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**



## DIFFUSIONE DEL LATERO – CEMENTO IN ITALIA

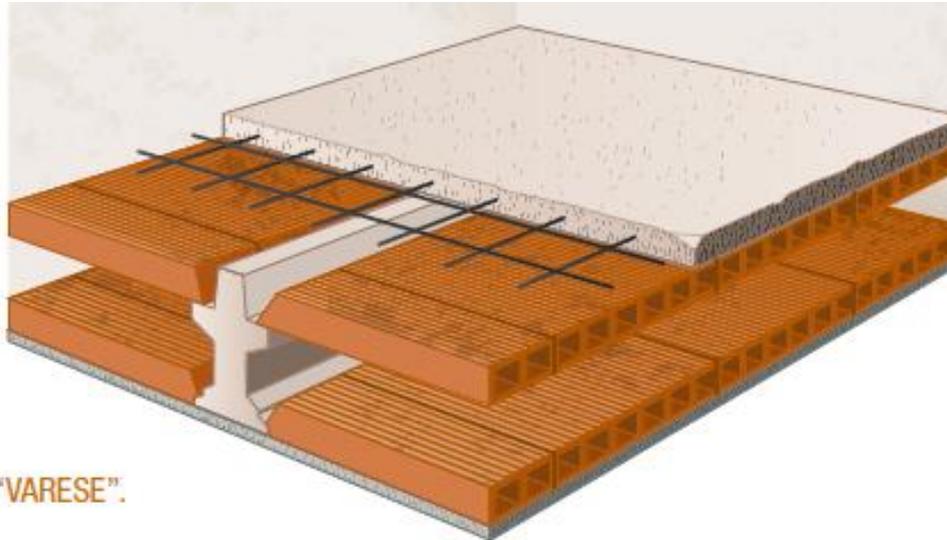
A partire dal dopoguerra (anni 40') iniziò la diffusione di solai a travetti di laterizio armati e prefabbricati il cui dimensionamento faceva riferimento al **Regio Decreto n.2229 del 16/11/1939** impiegato per oltre trent'anni sino all'entrata in vigore della legge n.1086 del 5/11/1971



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 nervaturine 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 nervaturine.**

## SOLAIO A TRAVI VARESE



Solaio idoneo a coprire luci da  
4,5 sino a 10 metri

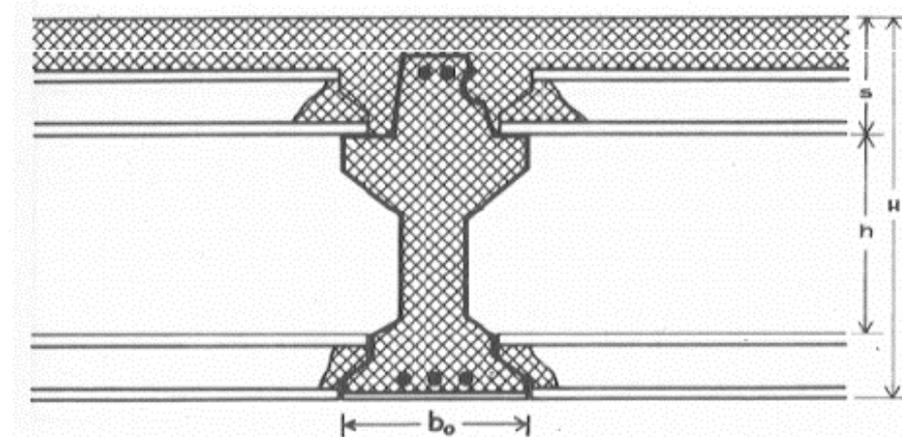
**Travi sagomate a doppia  
armatura eseguite fuori opera  
+ soletta di circa 3 cm di  
spessore che completa l'intero  
sistema**

**Alleggerimento mediante  
tavole di laterizio in duplice  
ordine**

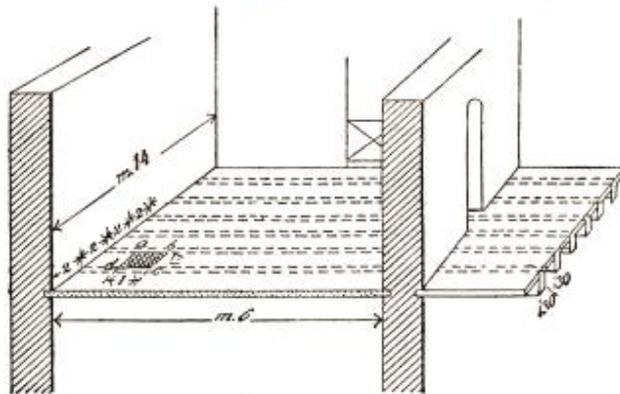
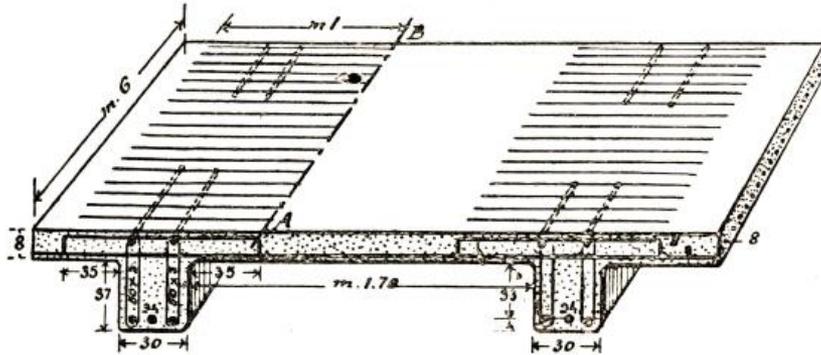
Solaio tipo "VARESE".

Larga diffusione a partire dagli  
anni 50' del secolo scorso

Anche per questi solai  
esistevano delle tabelle di  
carico in funzione dell'altezza  
del solaio ed interasse



#### 4) Solai con struttura in C. A.

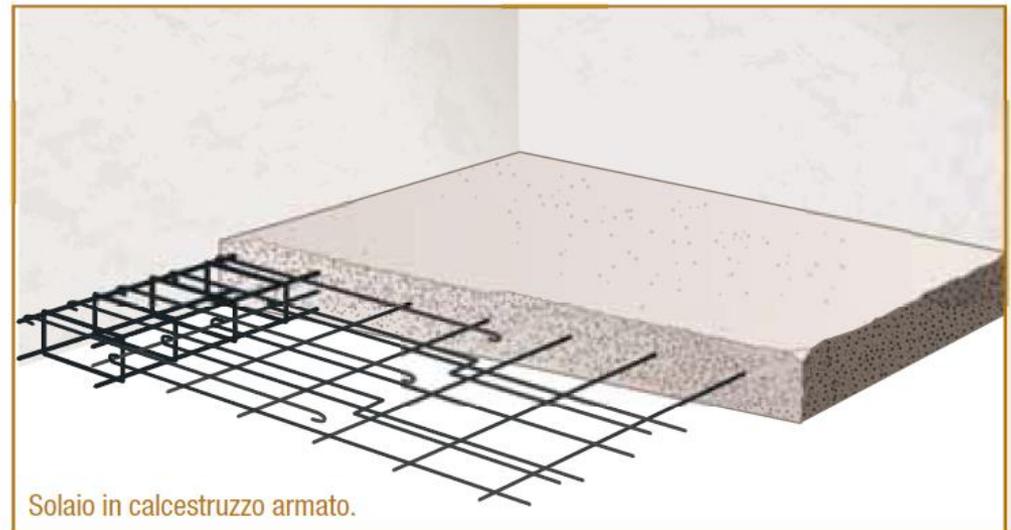


Impiegati per luci non superiori ai 6 – 7 metri in ambienti rettangolari molto allungati

Si diffusero molto rapidamente a partire dal primo decennio del '900 perché univano i pregi di rigidezza delle volte senza scaricare azioni orizzontali sui muri perimetrali.

Inoltre erano monolitici, resistenti al fuoco e prestazionali quanto i solai metallici.

Realizzati anche con elementi prefabbricati



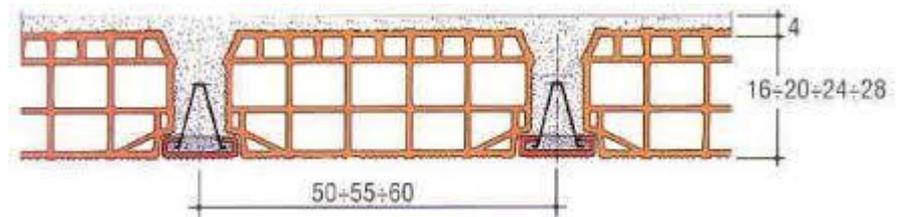
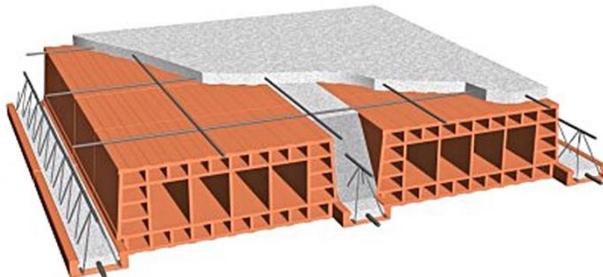
Solaio in calcestruzzo armato.

## SOLAIO TIPO IN ITALIA OGGI

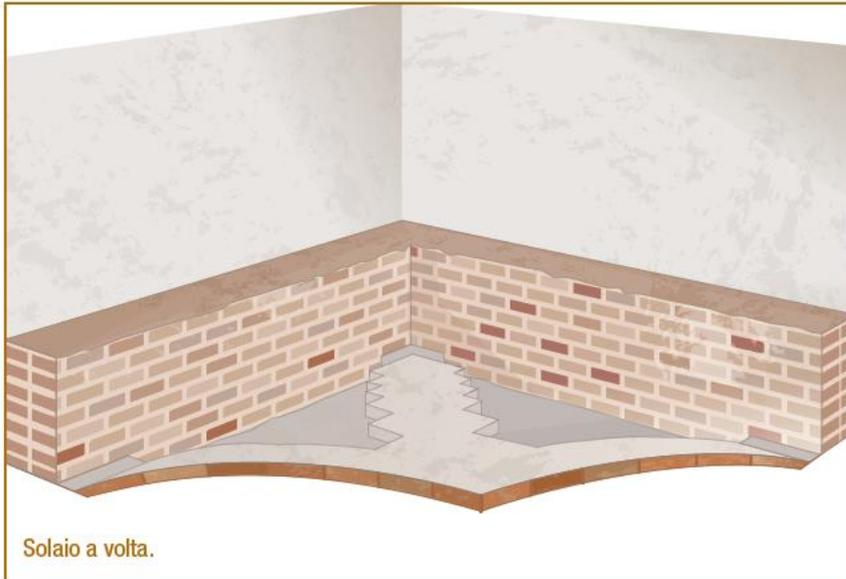
- SOLAI GETTATI IN OPERA



- SOLAI PREFABBRICATI



## 5) Solai ad Arco, Volte e Cupole



Si possono distinguere due classificazioni:

- Classificazione **tipologica**
- Classificazione **in base alla curvatura**

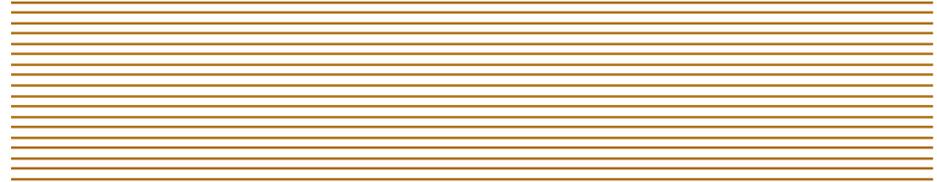
**IMPORTANTE ANCHE L'ANALISI DELLE TECNICHE COSTRUTTIVE STORICHE, SIA DAL PUNTO DI VISTA DEI MATERIALI IMPIEGATI CHE LE TECNICHE ADOTTATE:**

- **Volte in laterizio;**
- **Volte in pietra;**
- **Volte in tubi fittili;**
- **Volte in camorcanna.**



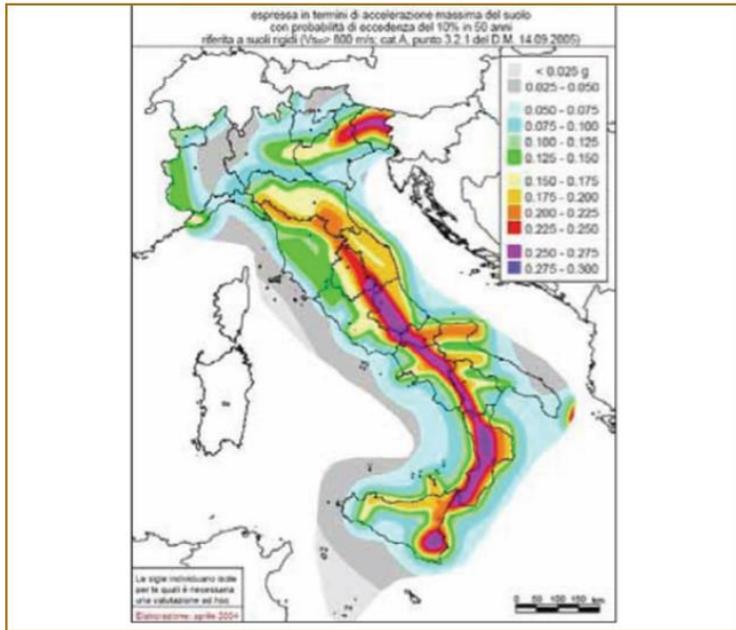


***Perché intervenire sui  
SOLAI ESISTENTI***

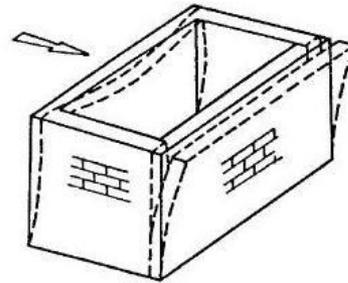
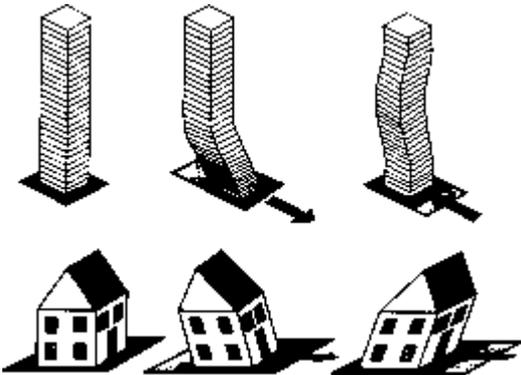
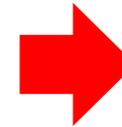
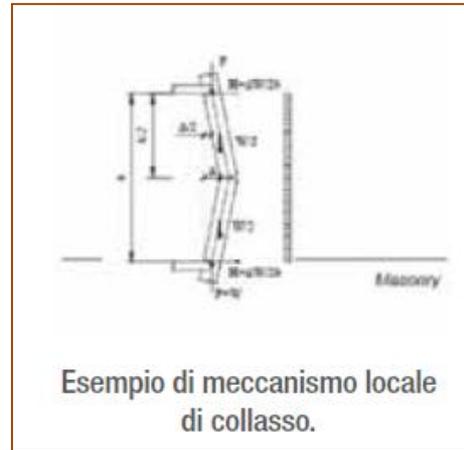
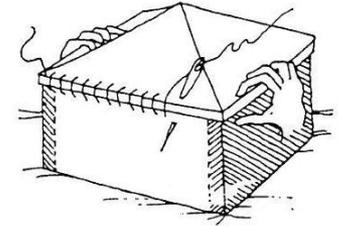


# Miglioramento del comportamento sismico

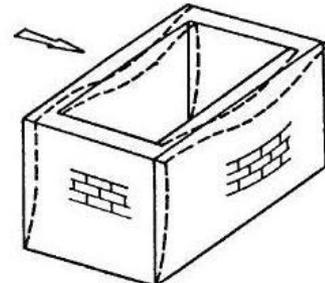
Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano (INGV).



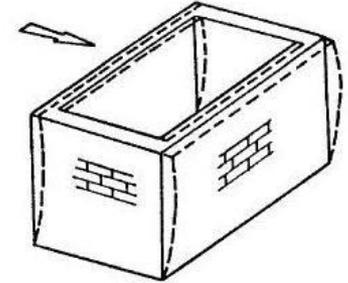
Murature connesse tra loro da un solaio con caratteristiche di diaframma rigido



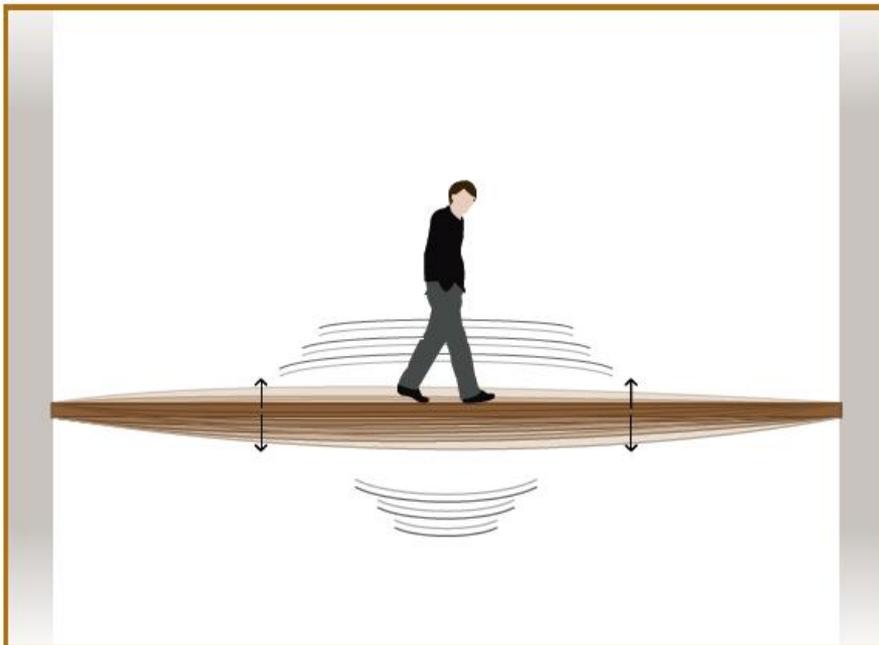
NO cordolo  
Solaio deformabile



CON cordolo  
Solaio deformabile



# Miglioramento del comportamento flessionale



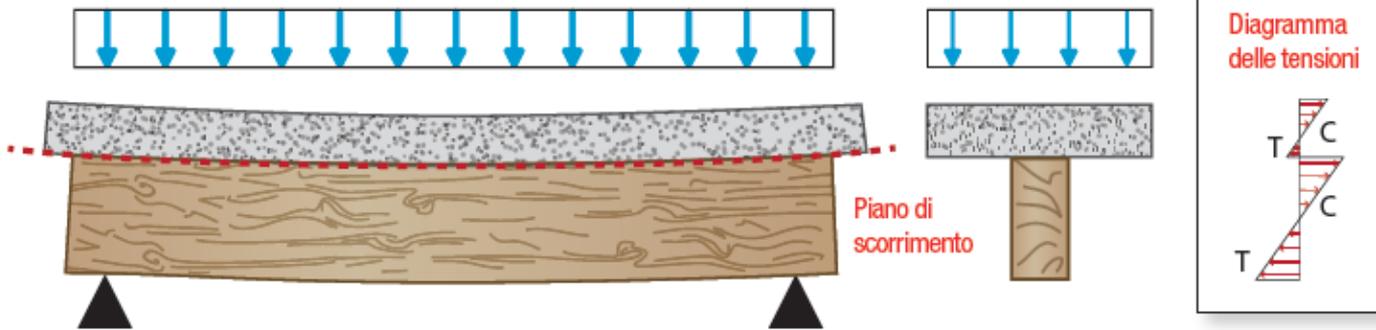
Solaio eccessivamente deformabile, con evidenti vibrazioni provocate dal calpestio.



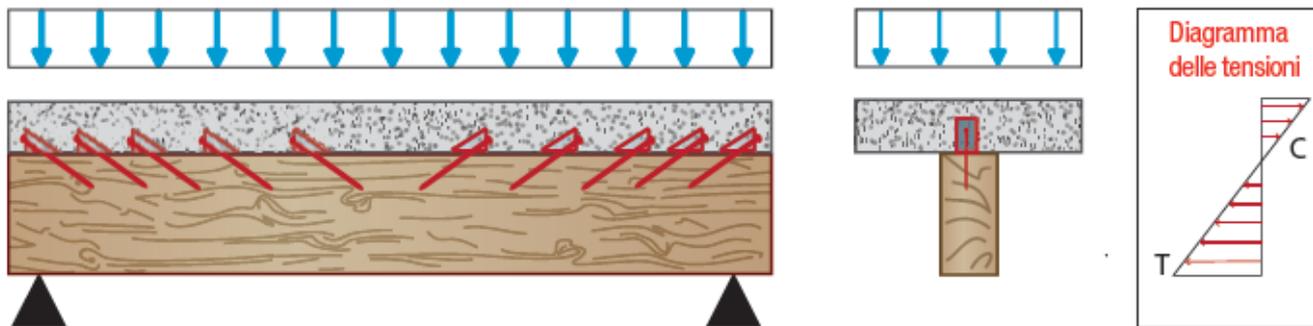
Solaio eccessivamente deformabile, con conseguenti danneggiamenti del massetto e della pavimentazione sotto carico.

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

**Struttura non interconnessa.**



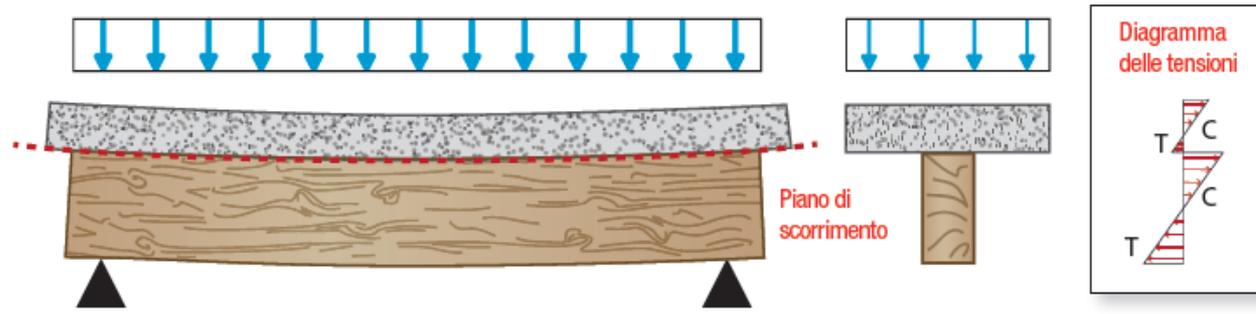
**Struttura interconnessa rigidamente (monolitica).**



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

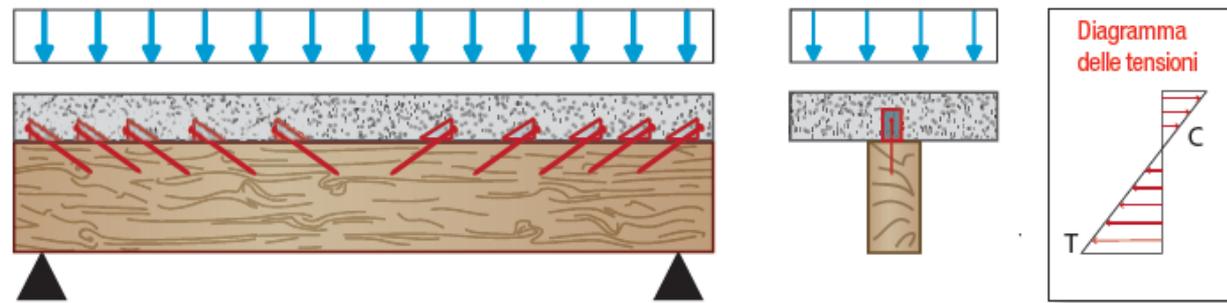
Il confronto diretto.

**Struttura non interconnessa.**



Formazione di una nuova soletta in calcestruzzo armato, perfettamente interconnessa con il solaio esistente grazie all'impiego di specifici connettori

**Struttura interconnessa rigidamente (monolitica).**



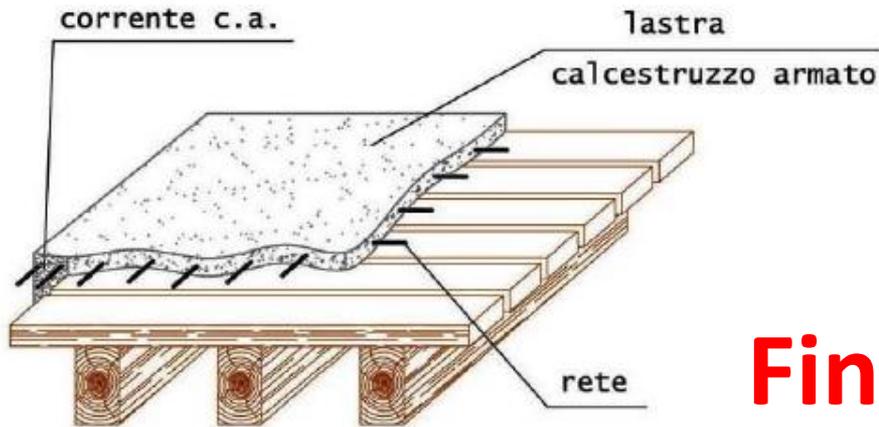
**CONFRONTO SISTEMI**

L'analisi delle prestazioni dei due sistemi conduce alle seguenti conclusioni:

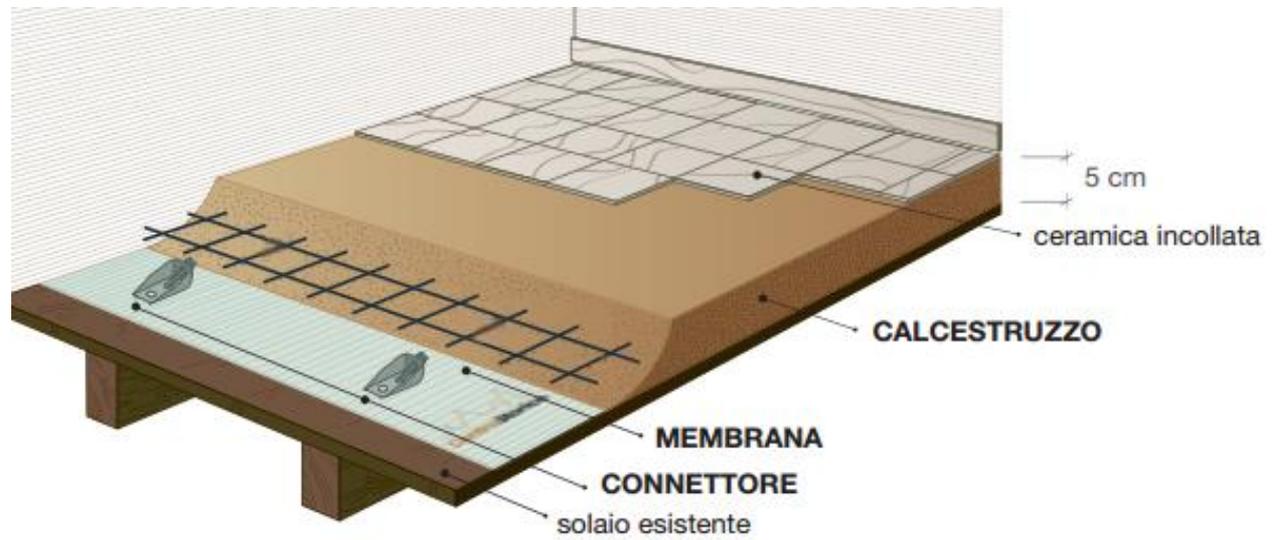
- la struttura interconnessa consente una **riduzione della deformazione statica, freccia del solaio**, di ca. il **70%** rispetto a quella della struttura non interconnessa;
- la struttura interconnessa presenta una **rigidezza flessionale** ben superiore a quella della struttura non interconnessa, nell'ordine di circa **3 volte**.

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

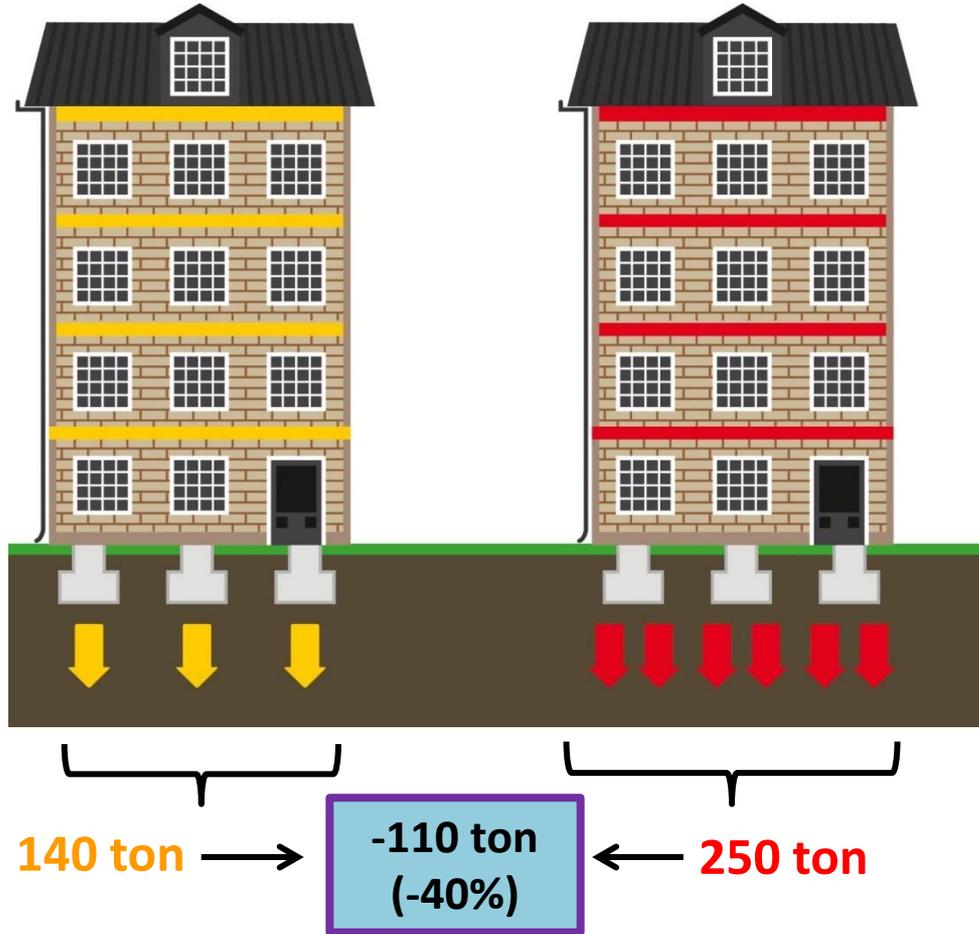
### 3.1.2 Importanza del contenimento dei carichi



**Fino a -40% di peso**



**Soluzione leggera.**



**Soluzione tradizionale.**



*Le soluzioni tecniche*

**CONSOLIDAMENTO**

**STATICO/FLESSIONALE**

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



Connettore «Inghisato»

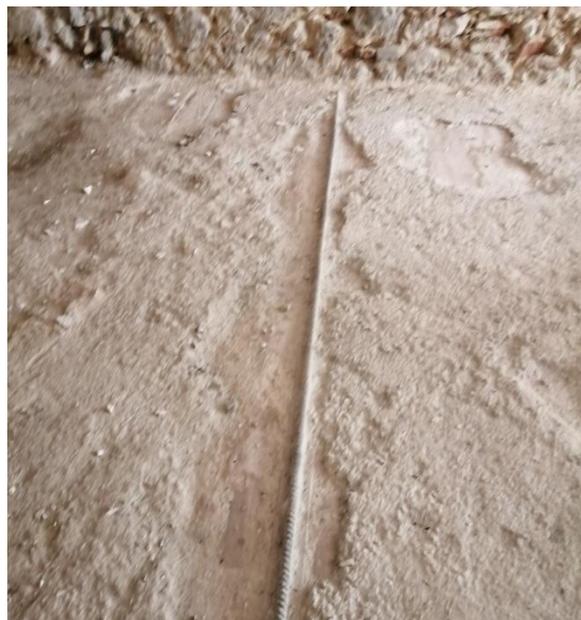


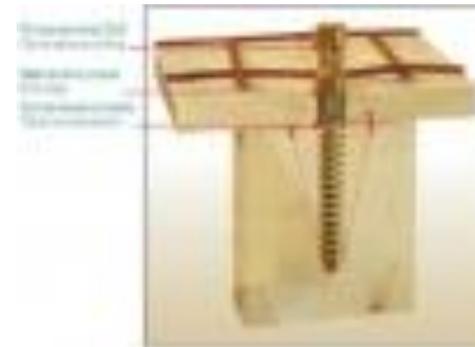
Connettore Saldato



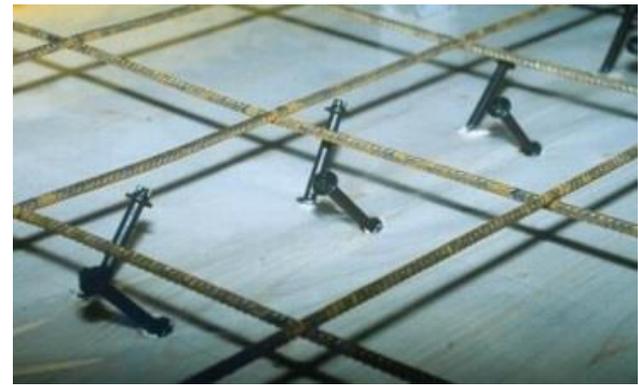
**Connettore fai da te in cantiere, è come se non ci fosse connessione!**

### 3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi artigianali



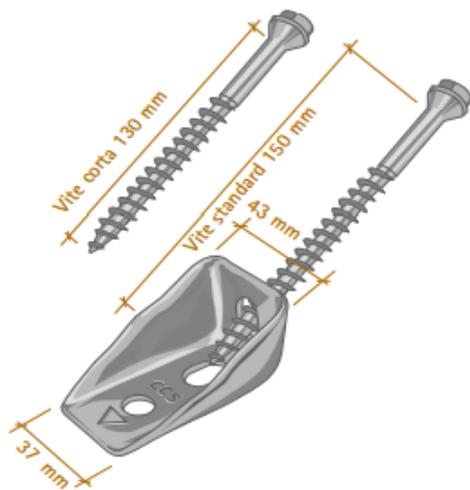
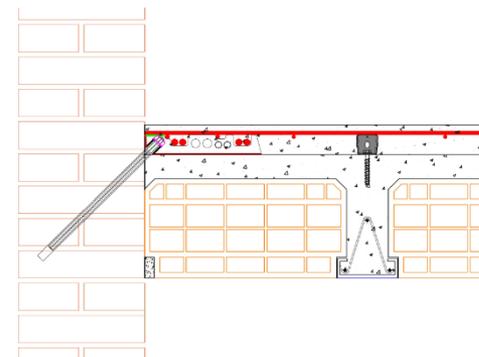
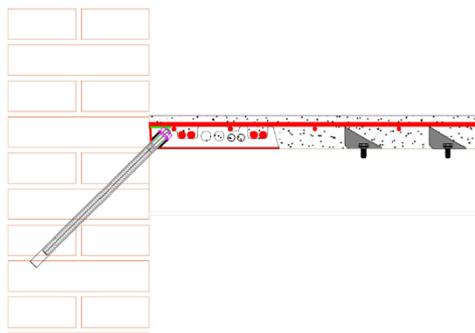
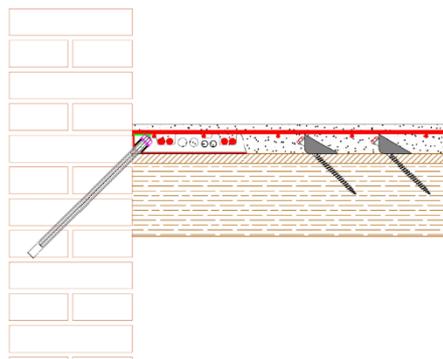


# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

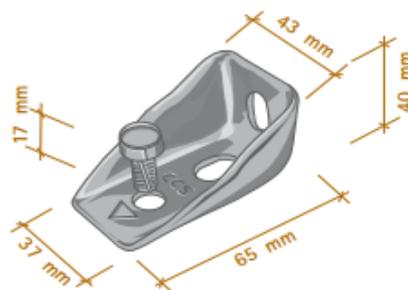




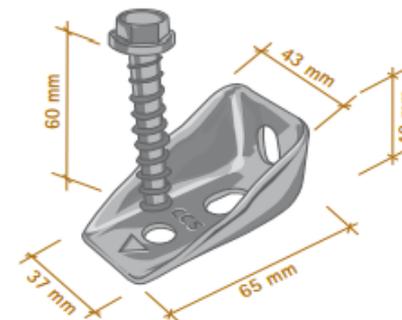
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



Connettore per solai in legno.



Connettore per solai in acciaio.



Connettore per solai in calcestruzzo.

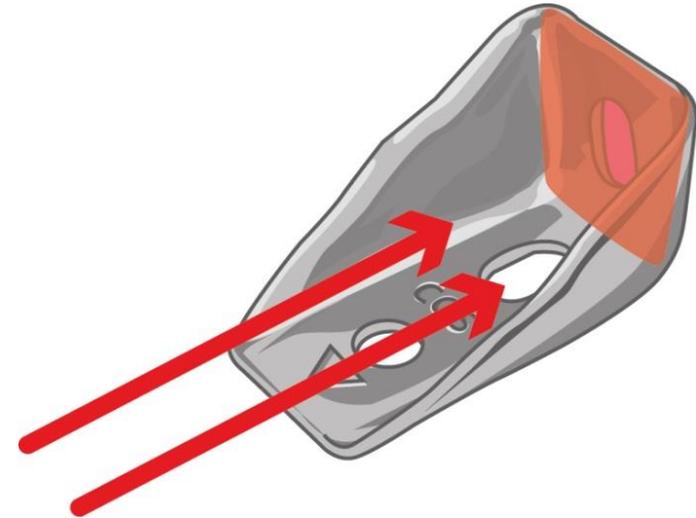
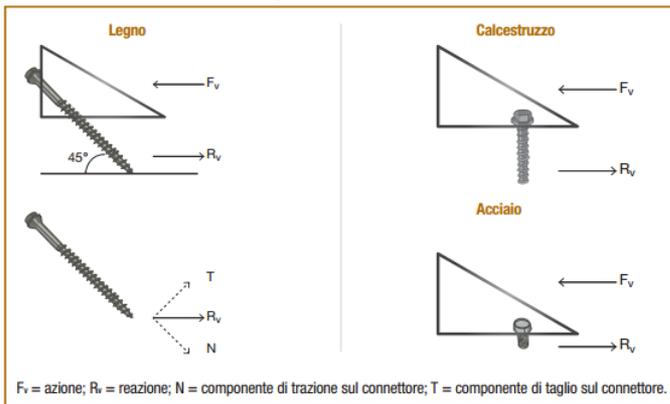
Connettore industrializzato (tipo sistema Connettore CentroStorico)



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**.

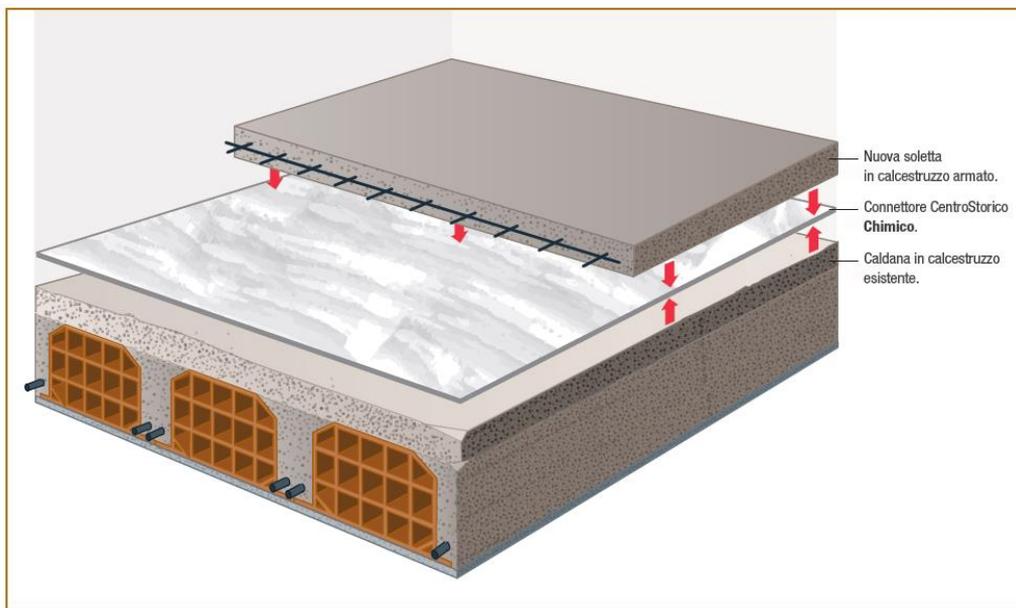
**Innovazione tecnica sostanziale rispetto ai sistemi a piolo o a barre piegate**

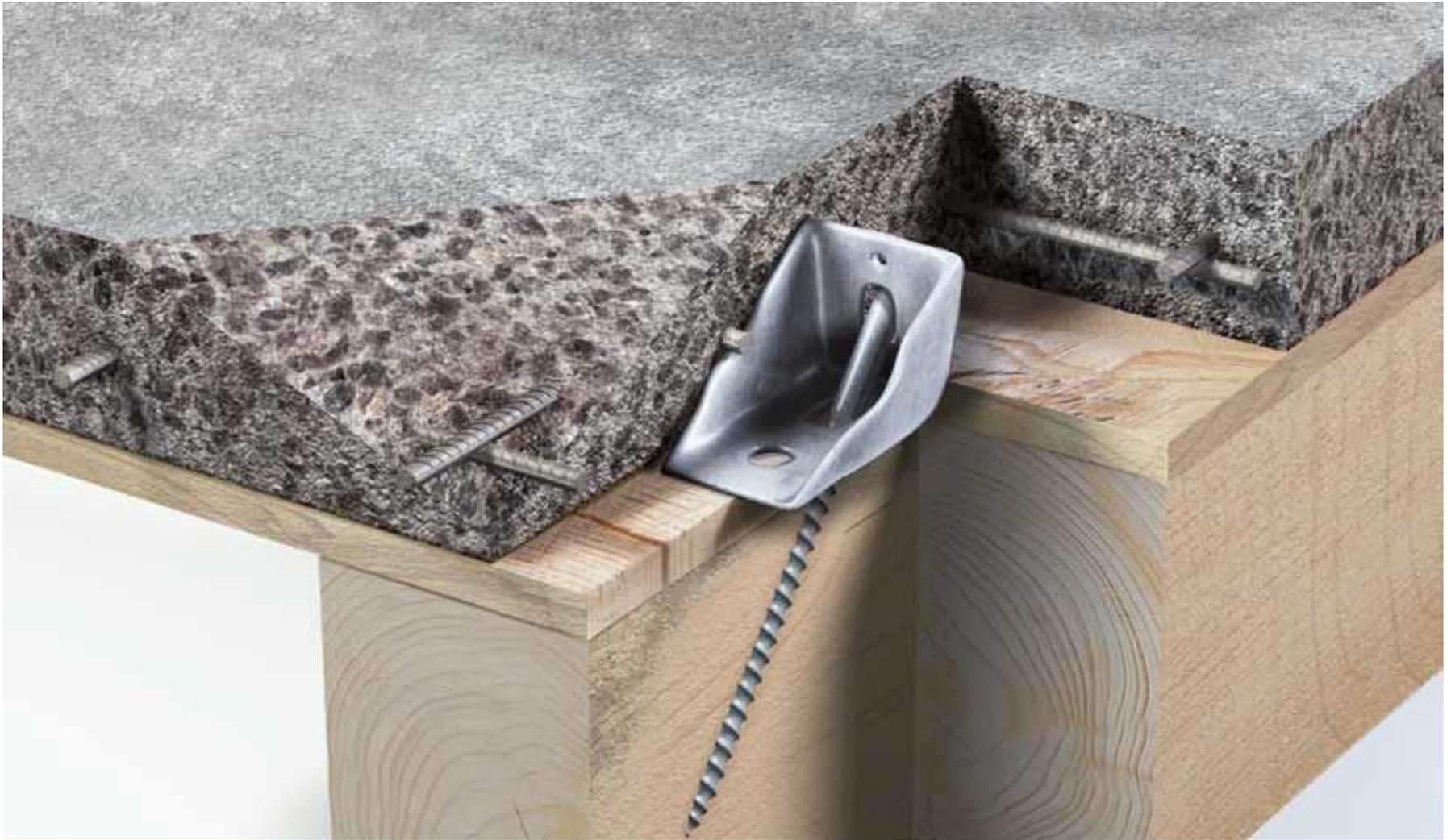
POLITECNICO DI MILANO



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

Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie

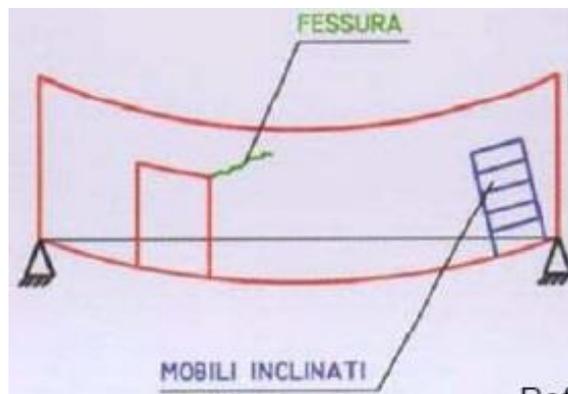
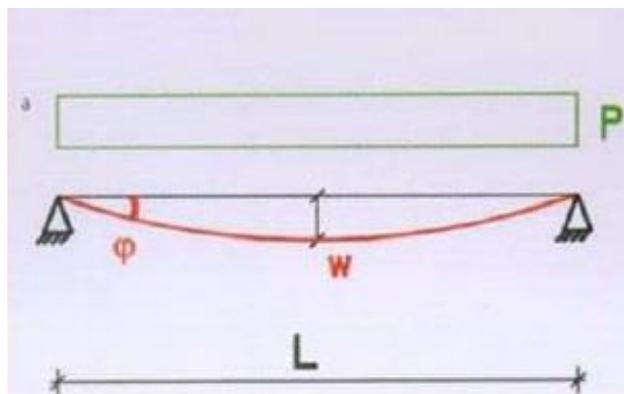


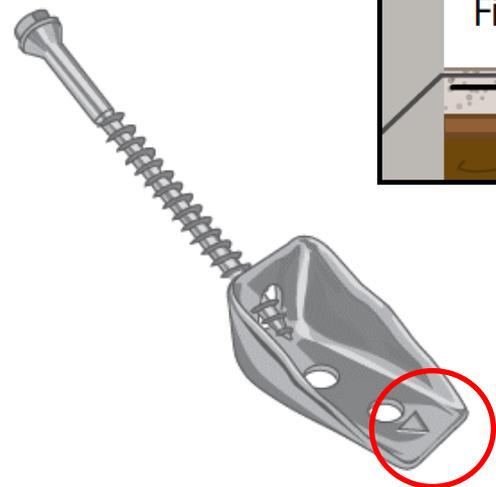
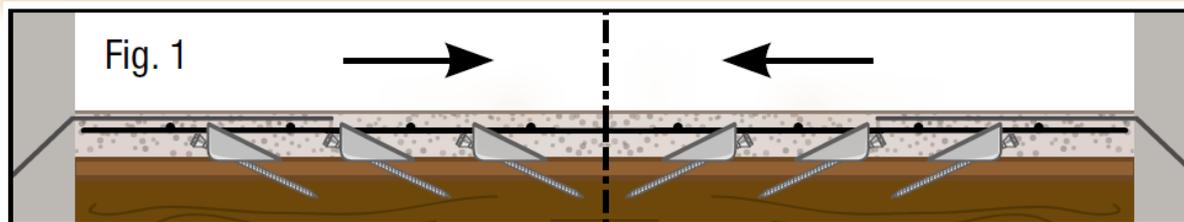


**Il consolidamento dei solai in legno**

Le principali criticità dei solai in legno sono rappresentate da:

- **Eccessiva deformabilità;**
- **Rumorosità al calpestio**

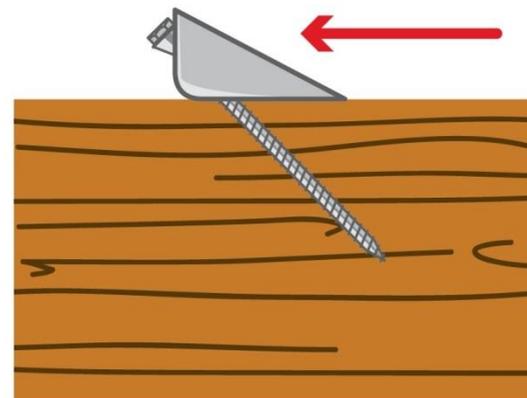




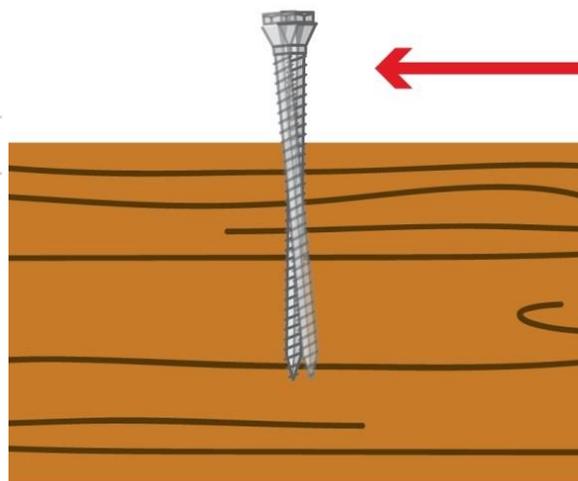
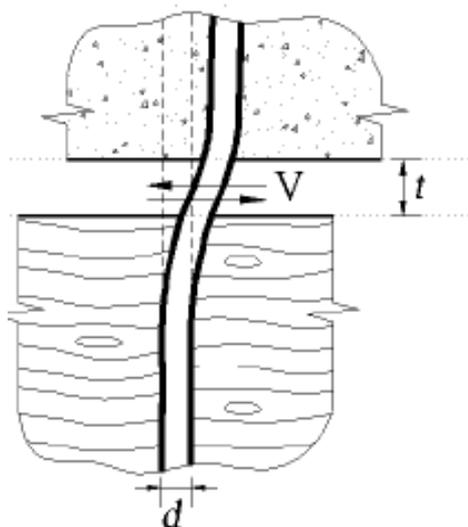
# SOLAI IN LEGNO A DOPPIA ORDITURA

## SISTEMA CON VITE INCLINATA

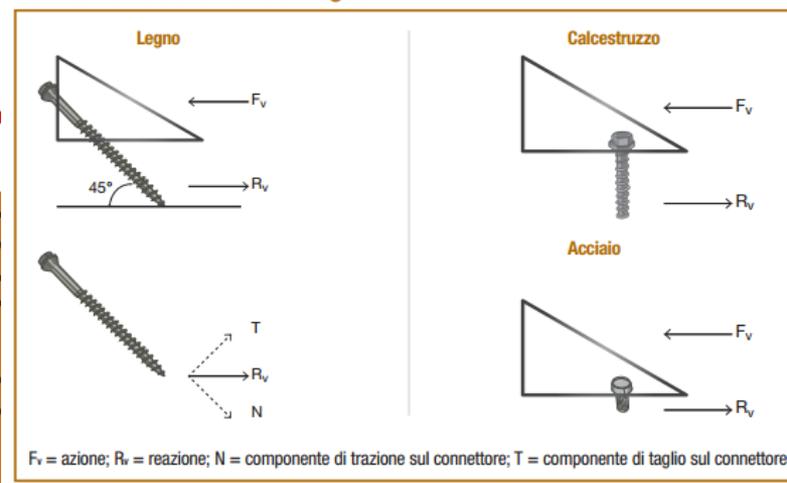
Il connettore CentroStorico Legno, grazie alla disposizione della vite a  $45^\circ$  ottimizza l'interazione con le fibre del legno, lavorando principalmente a estrazione e non solo a taglio – flessione come le viti tradizionali, che sono soggette a rischi di rifollamento nel tempo.



## SISTEMA CON VITE ORTOGONALE AL PIANO



### Distribuzione delle forze di taglio



# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

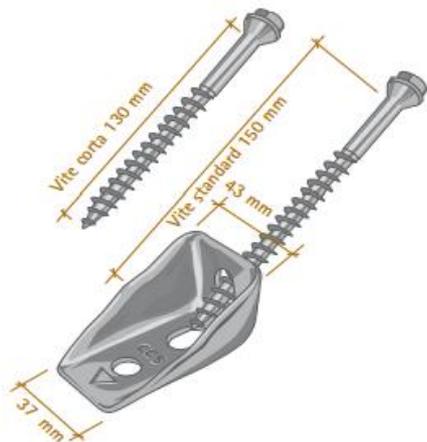
## DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI MECCANICHE CERTIFICATE

### ATTREZZATURE DI POSA

Trapano con punta per legno  $\phi$  6 mm (necessario in presenza di legni duri).



Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 13 mm.



$K_{ser}$  – modulo di scorrimento

$K_u$  – modulo istantaneo di scorrimento per gli stati limite ultimi

$F_{v,Rk}$  – capacità portante caratteristica per singolo piano di taglio per mezzo di unione

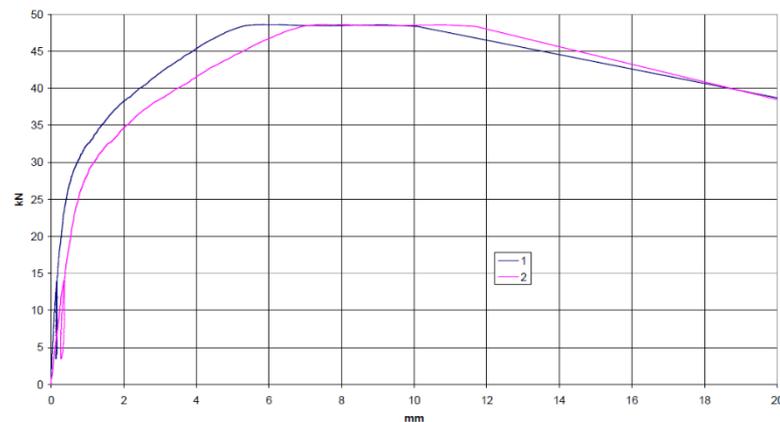
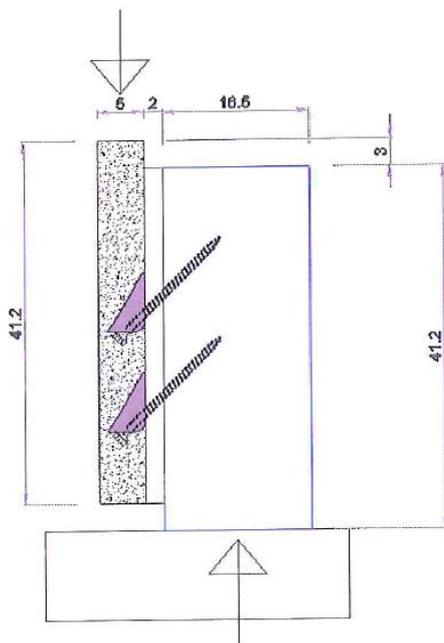
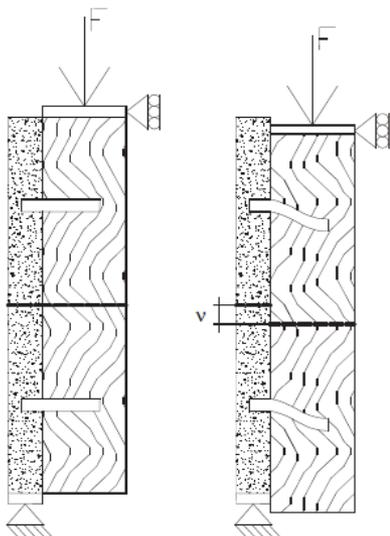
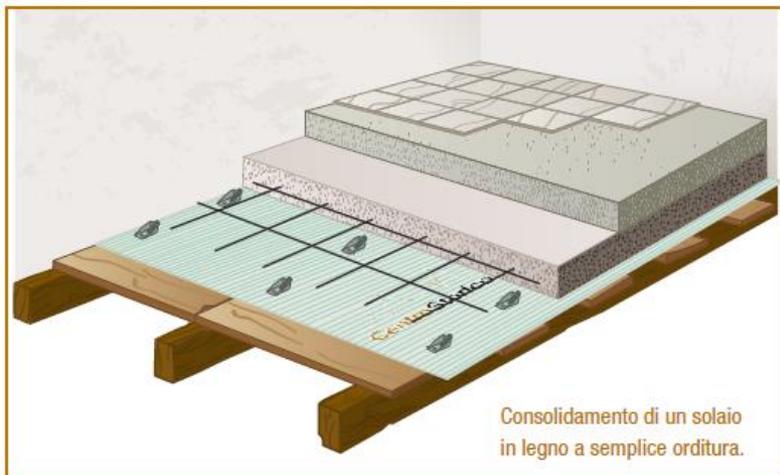


Gráfico 5: CS Timber campione 09 - diagramma carico - scorrimento.-



**Solaio a semplice orditura:**  
Posa orizzontale del connettore  
(per spessori di soletta fino a 8 cm)

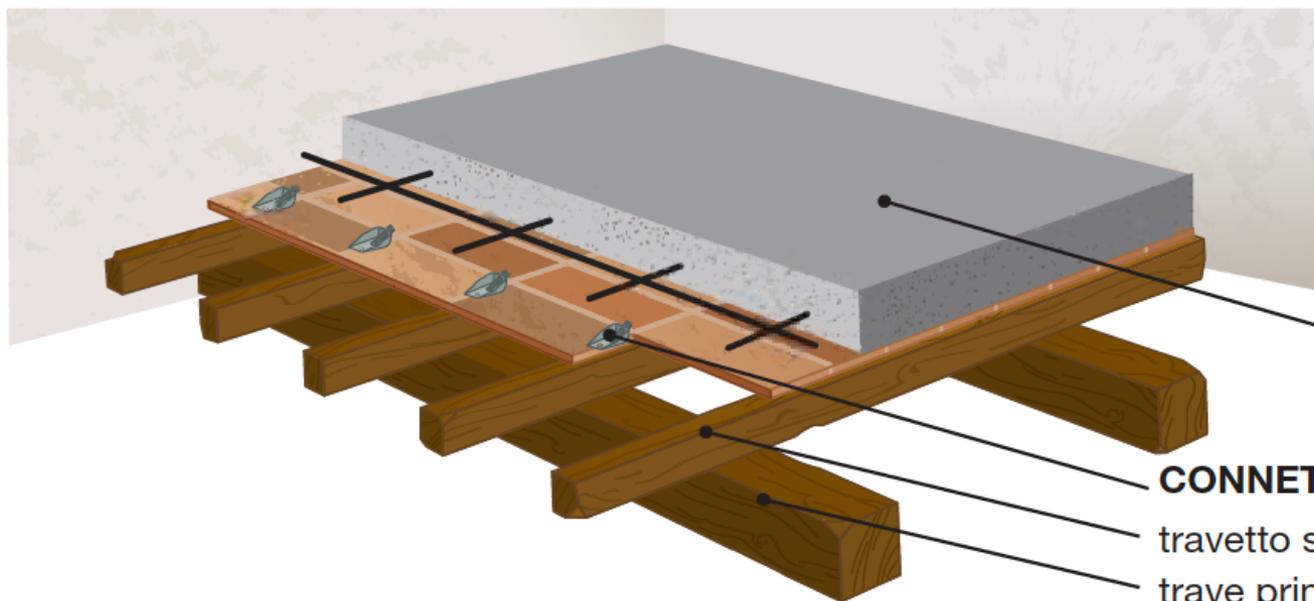


**Solaio a doppia orditura:**  
Posa verticale del connettore  
Comunque da preferire quando lo spessore della soletta supera gli 8 cm

# SOLAI IN LEGNO A DOPPIA ORDITURA

## Rinforzo dei travetti secondari

La soluzione prevede il **rinforzo dei travetti secondari**, il sistema più rapido e facile da realizzare perchè prevede il fissaggio del connettore sul piano superiore del solaio senza lavorazioni accessorie. Si ottengono benefici effetti irrigidenti e un miglioramento dell'andamento deformativo del solaio, ma sarà comunque necessaria la verifica della resistenza ultima delle sezioni a causa dell'assenza della connessione della trave principale alla nuova soletta. La nuova "**vite corta L=13 cm**" è idonea per i fissaggi diretti su travetti con ridotta altezza (8 cm).



CALCESTRUZZO

CONNETTORE

travetto secondario

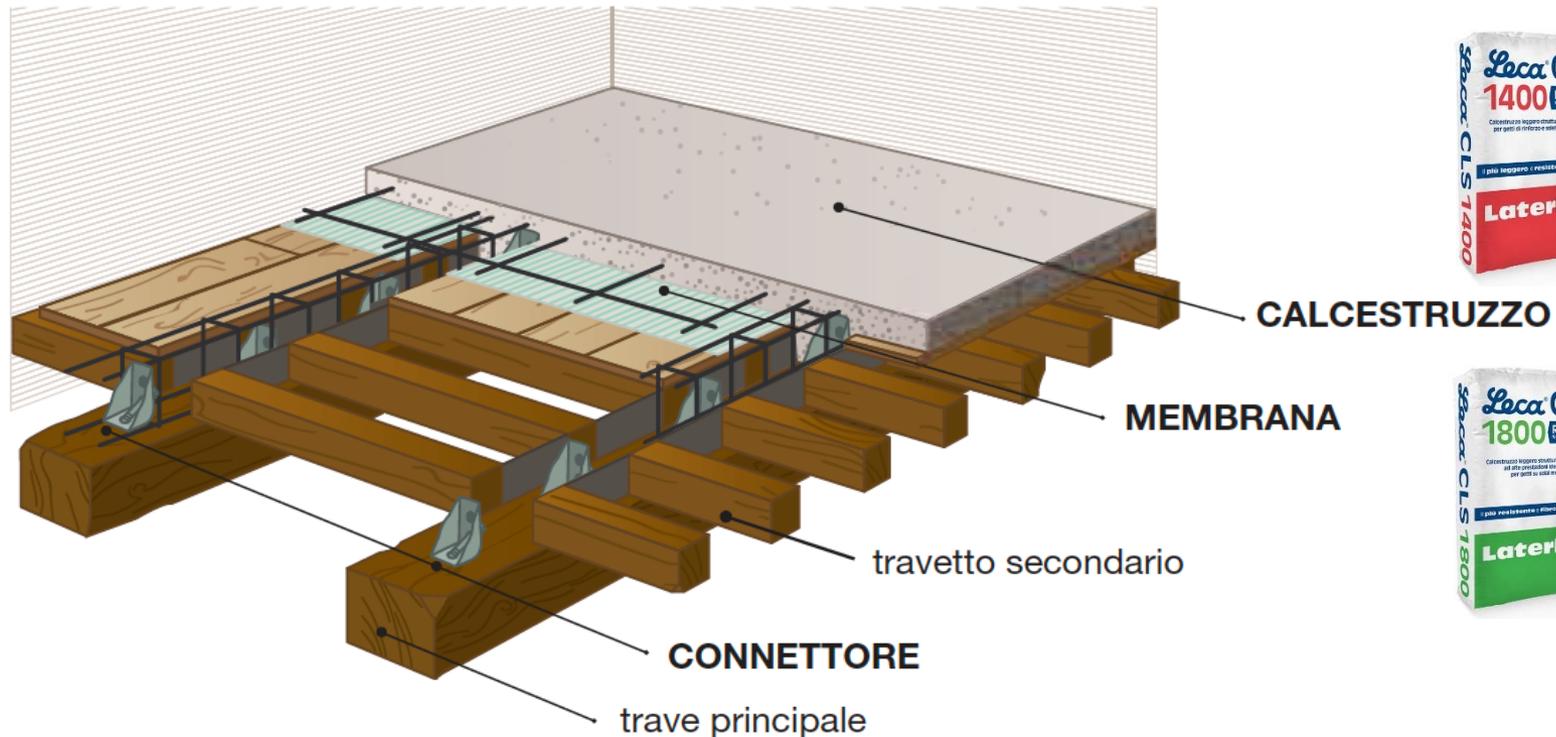
trave principale



# SOLAI IN LEGNO A DOPPIA ORDITURA

## Rinforzo della trave principale

La soluzione prevede il **consolidamento delle le travi principali**, la soluzione più efficiente in termini di aumento della portata del solaio che richiede lavorazioni più impegnative (taglio dell'assito, creazione cordolo in calcestruzzo, posa di elementi di contenimento del getto). Il sistema si caratterizza per il fissaggio di **Connettore CentroStorico Legno** utilizzando la **vite standard L=15 cm**, posizionando la **base prismatica in senso verticale** sulla trave principale.





### Messa in opera:

- **Stesura della membrana**
- Tracciamento delle distanze
- Inserimento delle viti senza preforo  
(solo su legni duri eseguire preforo con punta da 6 mm)
- Posizionamento rete metallica
- Getto del CLS leggero



Membrana  
Centro



me





**Il consolidamento dei solai in acciaio**

### Posizionamento Connettori CentroStorico





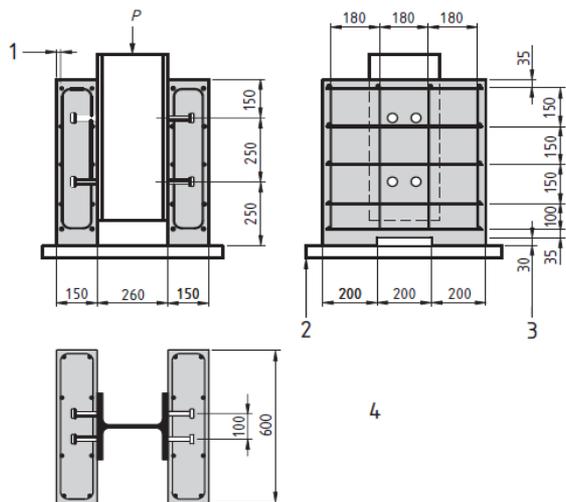
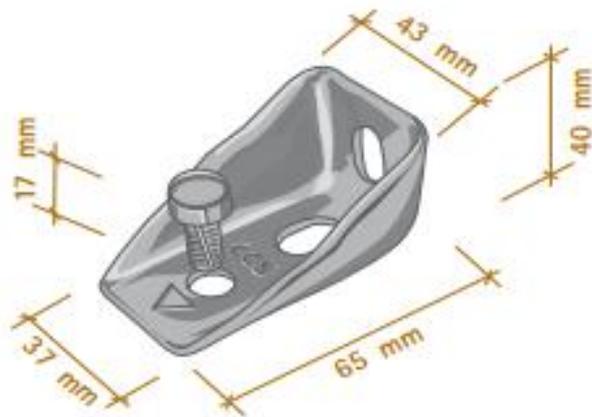
### **Variante per massimo contenimento dei carichi:**

- 1) Livellamento non portante con Lecacem Classic, Lecacem Mini o Leca sfusa fino alla quota dell'ala delle putrelle
- 2) Getto della soletta collaborante in spessore costante

### **Messa in opera:**

- Tracciamento delle distanze - Esecuzione del preforo da 8 mm - Inserimento delle viti
- Posizionamento rete metallica - Getto del CLS leggero

## DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI MECCANICHE CERTIFICATE



### ATTREZZATURE DI POSA

Trapano con punta per acciaio  $\phi$  8 mm.



Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 13 mm.



### CARATTERISTICHE TECNICHE

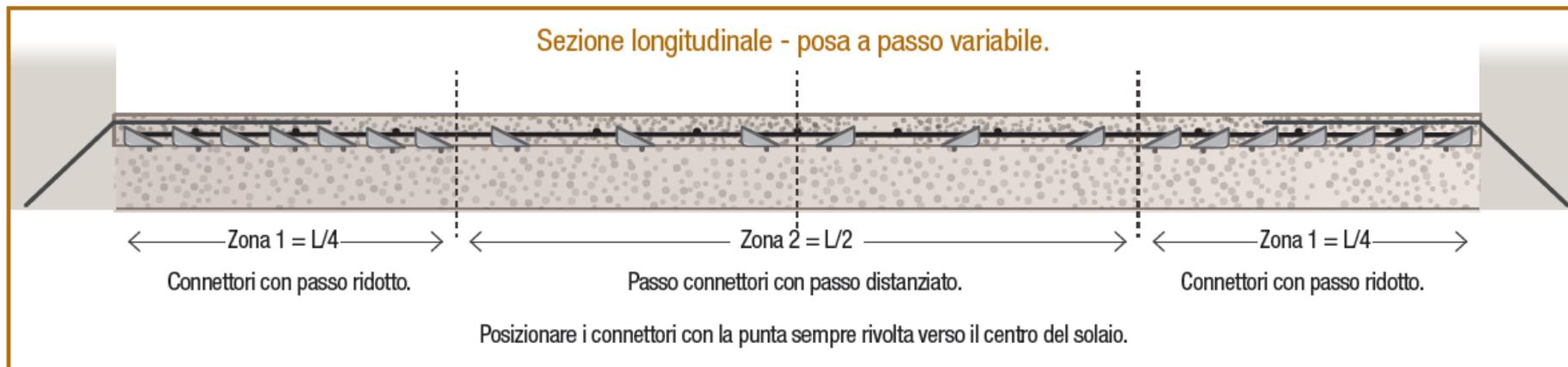
Resistenza caratteristica $P_{RK}$	23,1 kN
Resistenza di progetto $P_{Rd}$	15,4 kN
Spessore minimo ala della trave	6 cm
Confezione	Secchielli da 100 pz.
Certificazione soluzione	Università di Trieste





**Il consolidamento dei solai in LC**

### Posizionamento Connettori CentroStorico



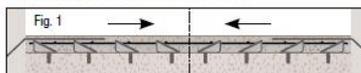
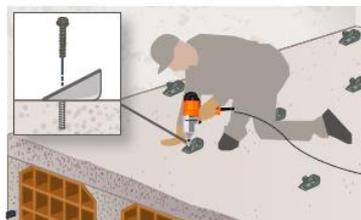
Applicazione connettore CentroStorico Calcestruzzo



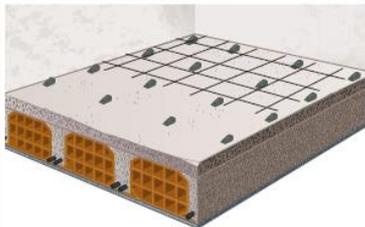
**1** Segnare le distanze a cui vanno posizionati i connettori.



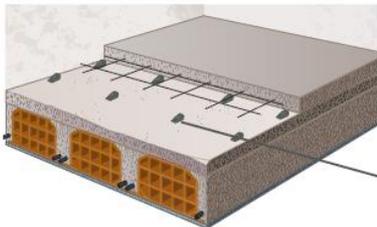
**2** Eseguire il preforo con un trapano e una punta da 8 mm.



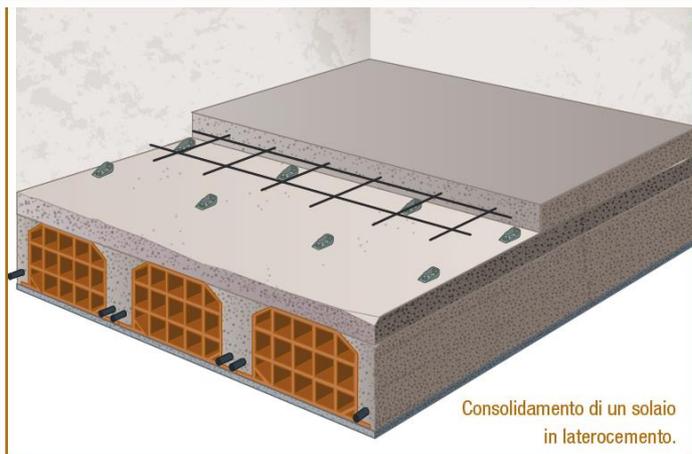
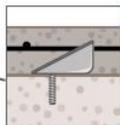
**3** Posizionare i connettori con la freccia rivolta verso la mezzeria del solaio (ovvero con la parte posteriore rialzata rivolta verso i muri, vedi fig. 1) e fissarli con le viti inserite nel foro circolare del connettore al calcestruzzo mediante l'avvitatore.



**4** Posizionare la rete metallica.



**5** Gettare il calcestruzzo per la formazione della nuova soletta collaborante.

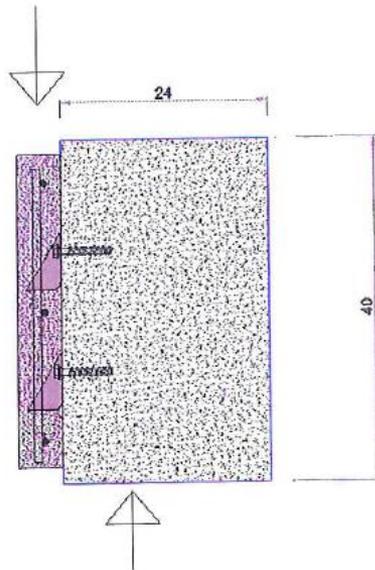
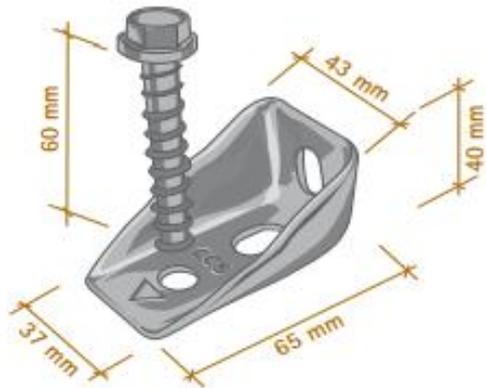


Consolidamento di un solaio in laterocemento.



# 3.6 Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

## DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI MECCANICHE CERTIFICATE



### ATTREZZATURE DI POSA

Trapano con punta per calcestruzzo  $\phi$  8 mm.



Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 13 mm.

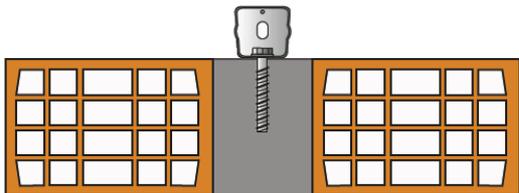


### CARATTERISTICHE TECNICHE

Resistenza caratteristica $P_{RK}$	12,6 kN
Resistenza di progetto $P_{Rd}$	10,0 kN
Calcestruzzo travetto esistente	$R_{ck} \geq 20$ MPa
Confezione	Secchielli da 100 pz.
Certificazione soluzione	Università di Trieste

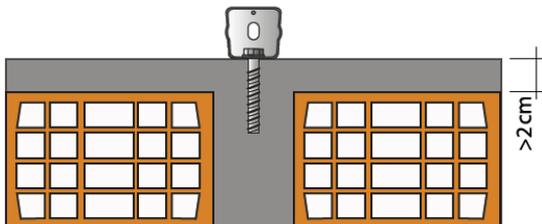


Posa su solaio senza soletta esistente.



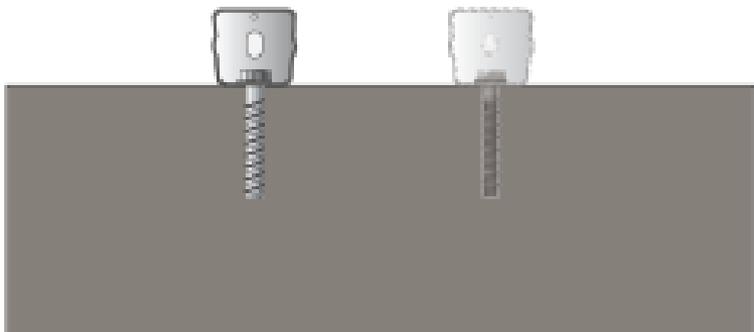
8 cm

Posa su solaio con soletta esistente.



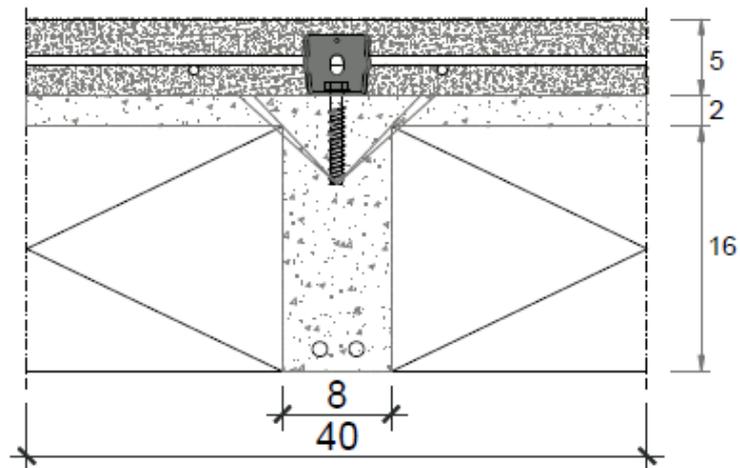
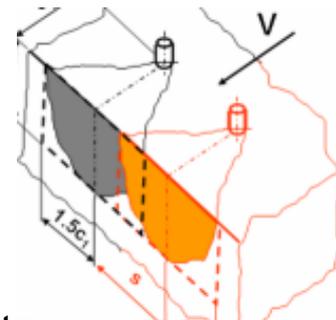
7 cm

>2 cm



**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

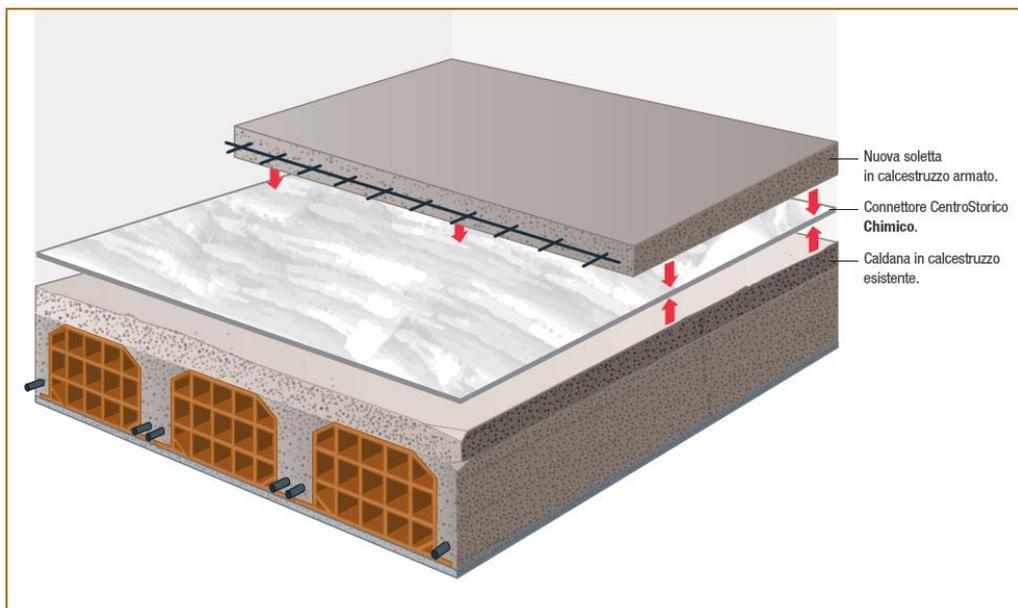


POLITECNICO DI MILANO



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

Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie



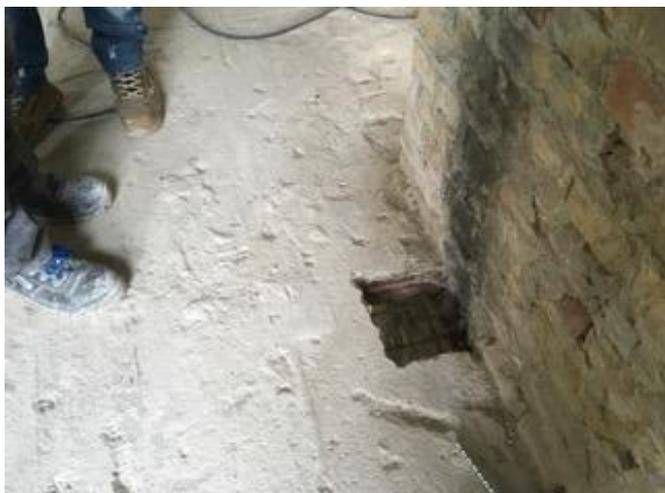
Richiedi il documento di approfondimento a cura del Politecnico di Milano (leca.it - infoleca@leca.it)

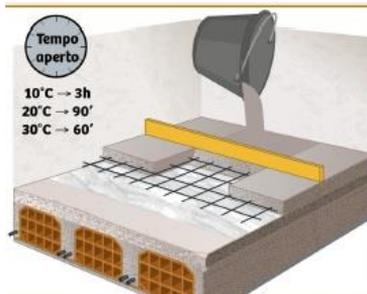
Tipo solaio	Portata utile solaio non consolidato	Portata utile solaio consolidato	Incremento portata utile
SAP H 12 cm senza cappa	120 kg/m <sup>2</sup>	240 kg/m <sup>2</sup>	+100%
SAP H 16 cm senza cappa	190 kg/m <sup>2</sup>	340 kg/m <sup>2</sup>	+80%

Prestazioni calcolate su solaio luce 5 m, armatura 3φ6, acciaio FeB32K, consolidato con Connettore Chimico e LecaCLS 1400 (nuova soletta collaborante spessore 5 cm)

41446340.txt

### Diffusione del Solaio SAP in ITALIA





## 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

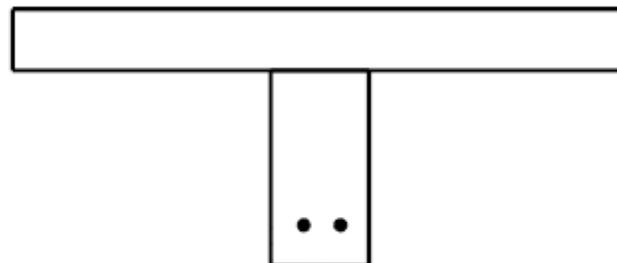
## Solaio composto calcestruzzo-calcestruzzo

### →→ Interconnessione Chimica

*Il calcolo viene condotto in modo del tutto analogo al caso dell'interconnessione meccanica, in questo caso sarà necessario confrontare le sollecitazioni taglianti agenti all'interfaccia nuova soletta collaborante – supporto esistente con la resistenza all'adesione del connettore chimico*

- Calcolo del Momento resistente elastico con le consuete teorie di calcolo delle sezioni in C. A.;
- Il calcolo del taglio resistente secondo l'espressione § 4.1.2.1.3.1 NTC 2008 per elementi strutturali resistenti privi di armatura specifica a taglio;
- Calcolo della tensione tangenziale all'interfaccia struttura esistente – nuova soletta collaborante con la nota formula di Jourawsky confrontando la tensione agente con la resistenza all'adesione del connettore chimico ( $\tau_{\text{ammissibile}}$ )

$$\tau_{\text{interfaccia}} = \frac{V \cdot S'}{b \cdot J_{\text{sezione}}}$$



## Solaio composto calcestruzzo-calcestruzzo →→ Interconnessione Chimica



# Connettore



### CARATTERISTICHE TECNICHE

Peso specifico	ca. 1,4 Kg/L
Tempo di lavorabilità	10°C → 90'   20°C → 60'   30°C → 45'
Tempo aperto	10°C → 3 h   20°C → 90'   30°C → 60'
Temperatura limite di applicazione	+ 5°C ÷ + 40°C
Colore	Grigio
Consistenza	Fluida
Resistenza all'adesione (taglio)	Calcestruzzo-Connettore Chimico-Calcestruzzo: > 10 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione	> 15 N/mm <sup>2</sup> (8h)   > 40 N/mm <sup>2</sup> (24 h)   > 70 N/mm <sup>2</sup> (7 gg)
Resistenza a trazione diretta	> 15 N/mm <sup>2</sup> (7 gg)
Resistenza a trazione per flessione	> 10 N/mm <sup>2</sup> (8 h)   > 25 N/mm <sup>2</sup> (24 h)   > 40 N/mm <sup>2</sup> (7 gg)
Modulo elastico	8.000 N/mm <sup>2</sup> (7 gg.)
Resa in opera <small>(indicativa in funzione dell'asperità del substrato e dal metodo d'applicazione)</small>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incollaggi strutturali su calcestruzzo indurito per il consolidamento dei solai esistenti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-1,2 kg/m<sup>2</sup> circa (posa con lancia a tramoggia);</li> <li>- 1,5 kg/m<sup>2</sup> circa (posa con rullo o pennellessa in funzione dell'irregolarità del supporto).</li> <li>- in ogni caso min 1 kg/m<sup>2</sup> per assicurare l'efficacia del sistema e il rispetto delle certificazioni;</li> </ul> </li> <li>• Incollaggio di elementi in calcestruzzo: ca. 1,4 kg/m<sup>2</sup> per mm di sp.</li> <li>• Sigillatura di fessure: ca. 1,4 kg/L di vuoto da riempire.</li> </ul>
Adesione al supporto	Connettore Chimico - Calcestruzzo: > 3,5 N/mm <sup>2</sup>



perimetro  
**FORTE**





tro  
TE







## 3.7 Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

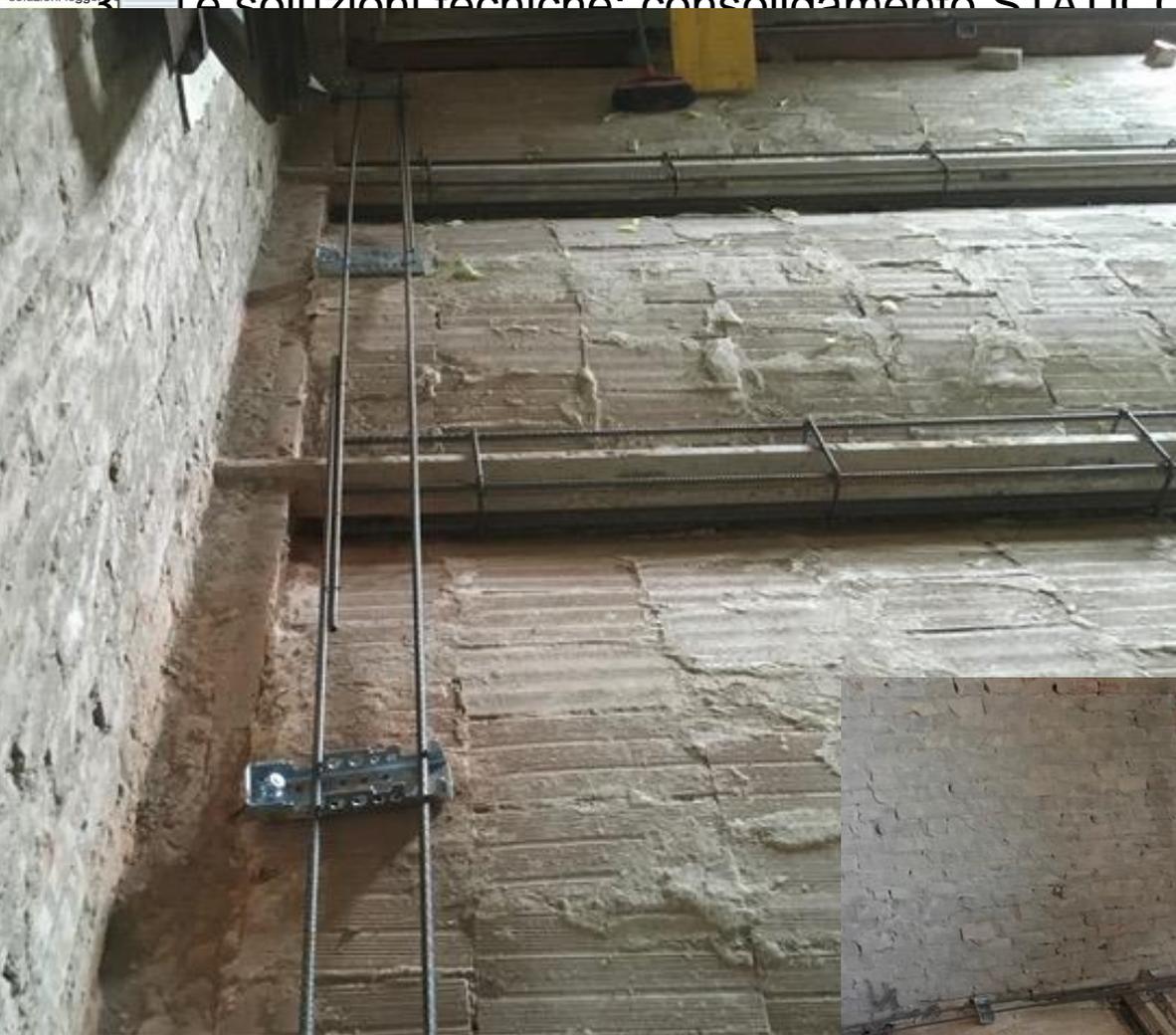


## Solaio in VARESE

→→ Interconnessione Chimica



# Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO



## Le soluzioni tecniche: consolidamento STATICO

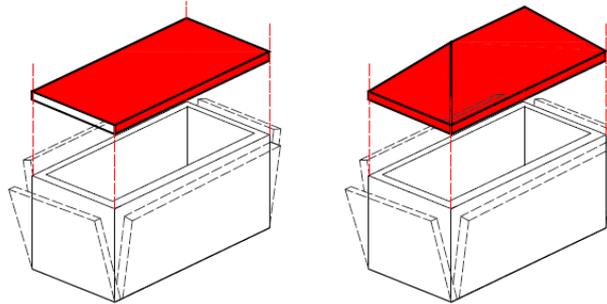
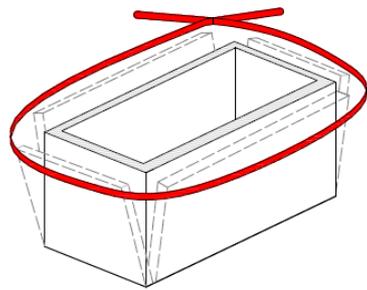
Solaio in VARESE

→ Interconnessione  
Chimica



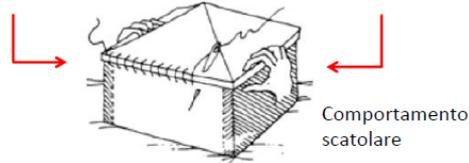
***Ruolo dei diaframmi di piano e dei collegamenti solaio – pareti***

DIAFRAMMI DI PIANO E DI FALDA

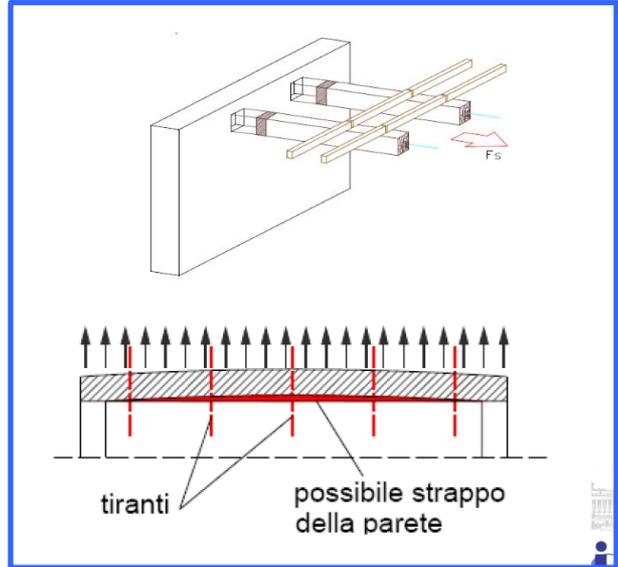
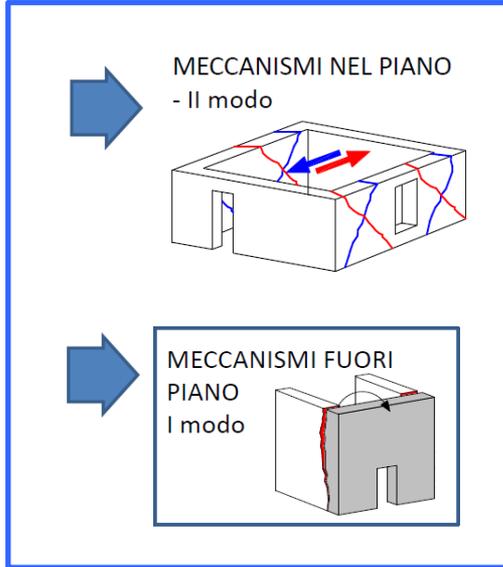
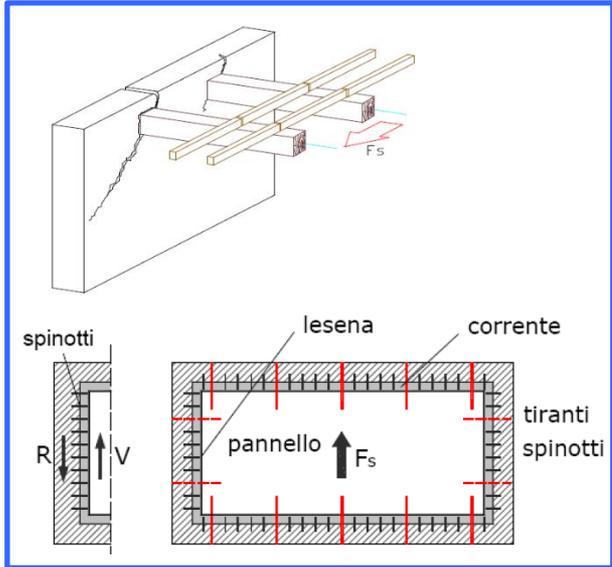
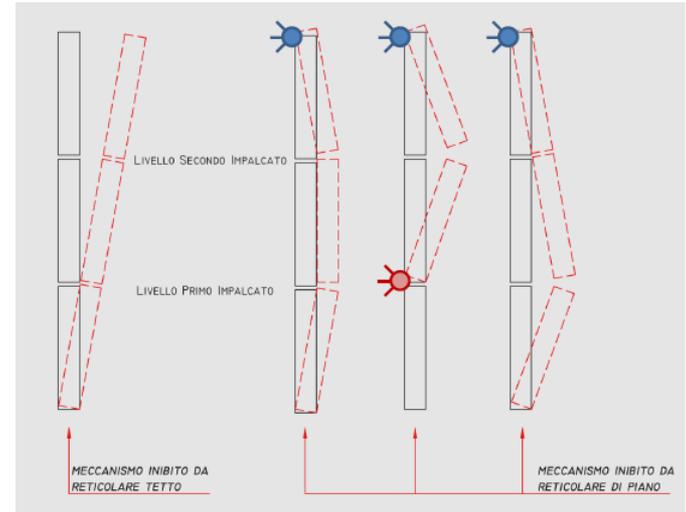


Diaframmi di piano

Diaframmi di falda



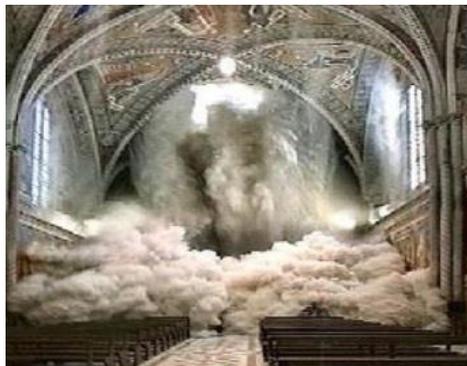
Comportamento scatolare





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

Assisi 1997



L'Aquila 2009

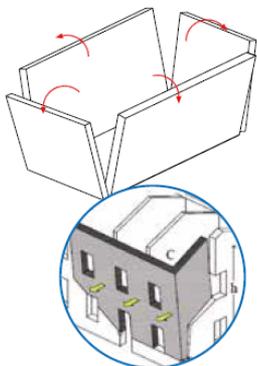


# Metodi di mitigazione del rischio sismico:

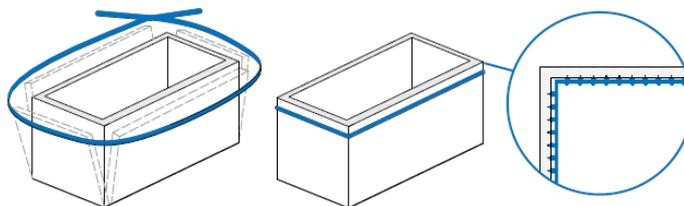
Prevenire o ritardare i meccanismi di collasso fuori piano mediante alcuni sistemi costruttivi che contribuiscono al comportamento scatolare

INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.

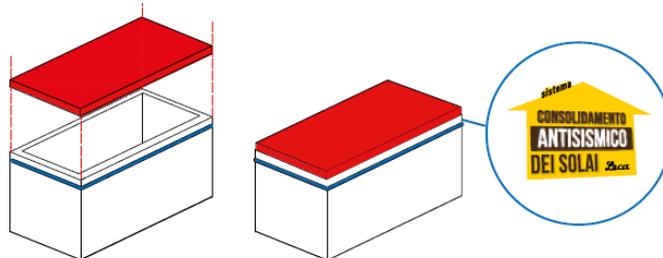
EDIFICIO SENZA COLLEGAMENTI SOLAIO-PARETI.



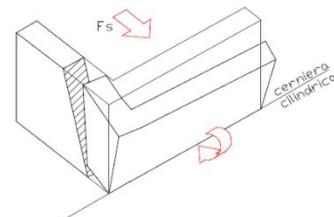
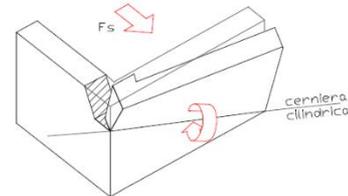
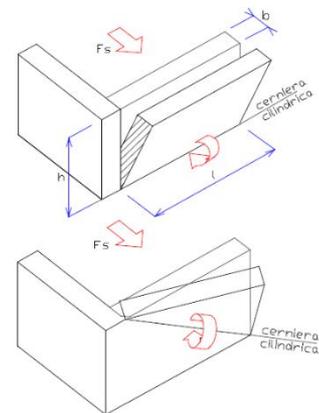
Ribaltamento delle facciate.

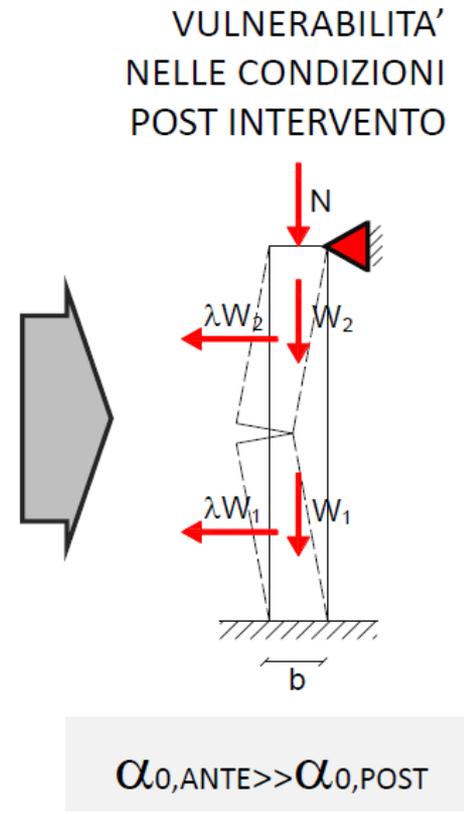
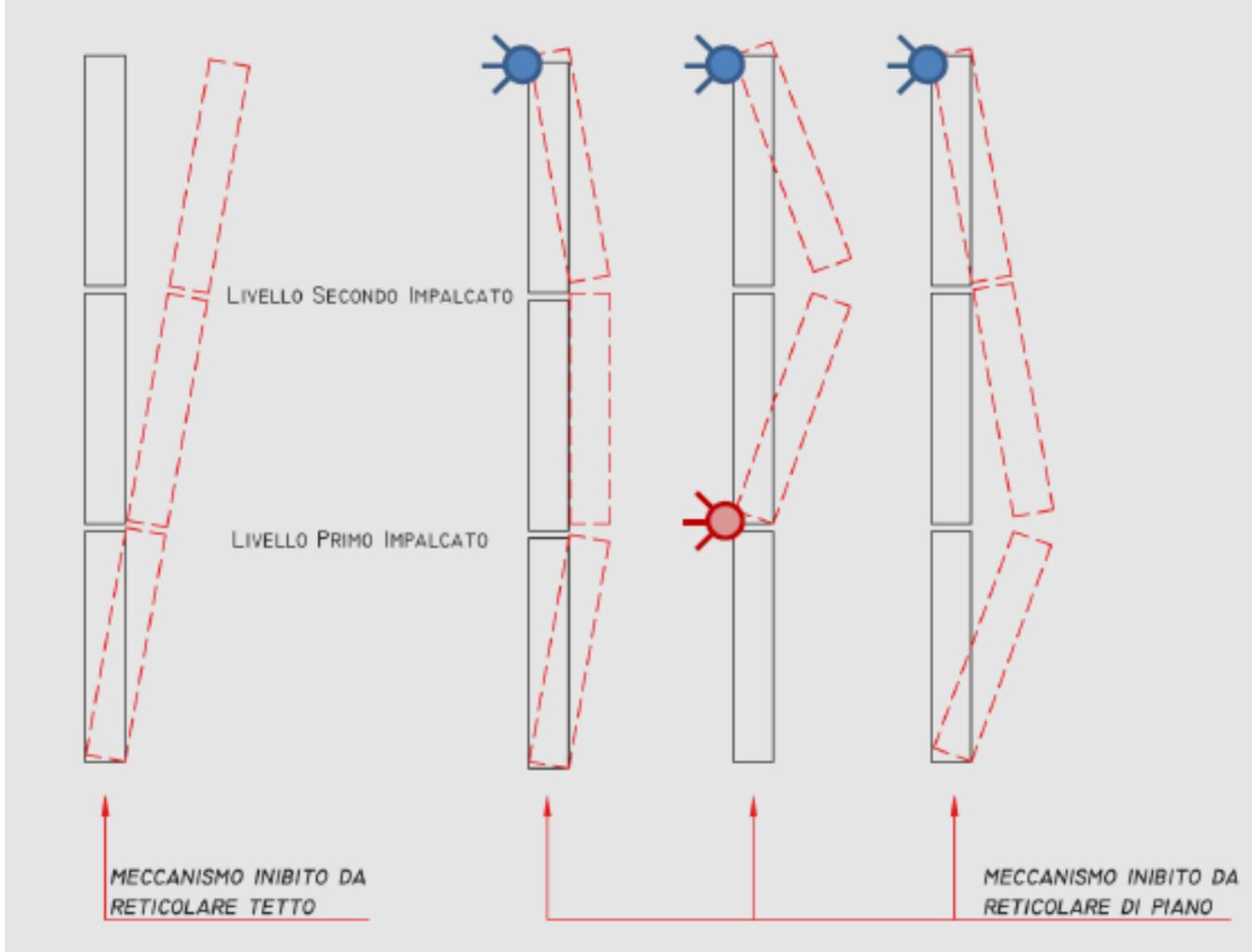


**PERIMETRO FORTE:** formazione della cerchiatura perimetrale per evitare il ribaltamento delle pareti (Connettore Perimetrale).



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

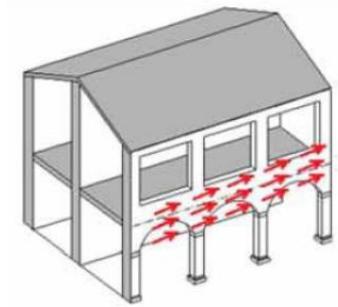
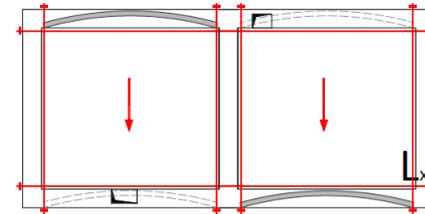
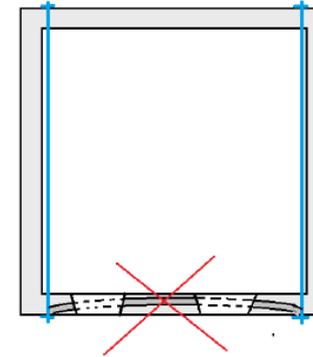
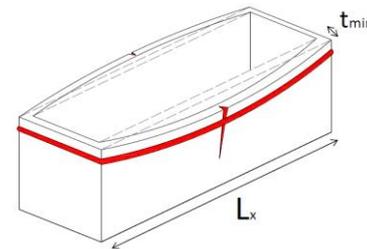




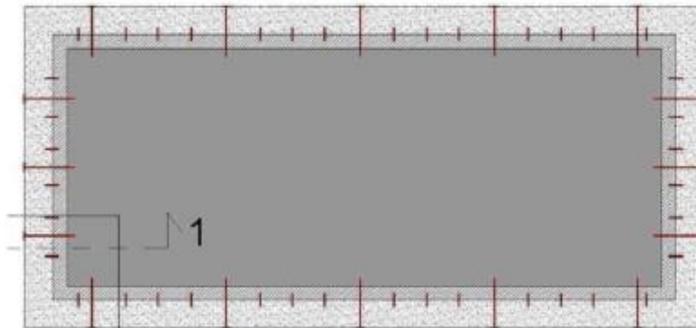
## Catene

### 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**

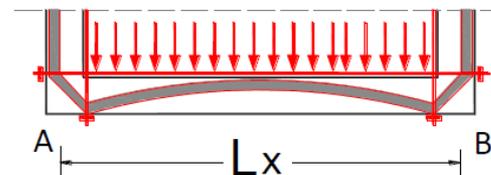
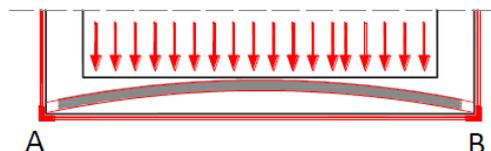
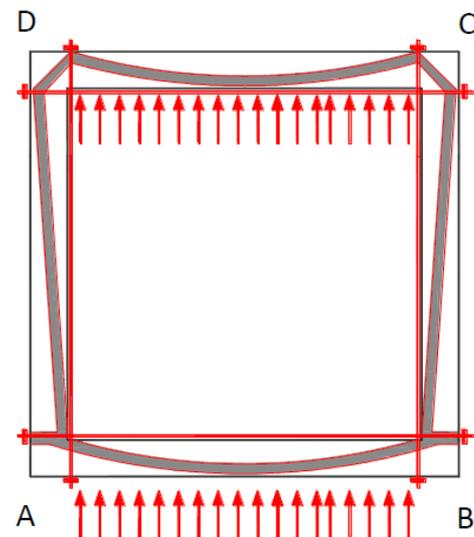
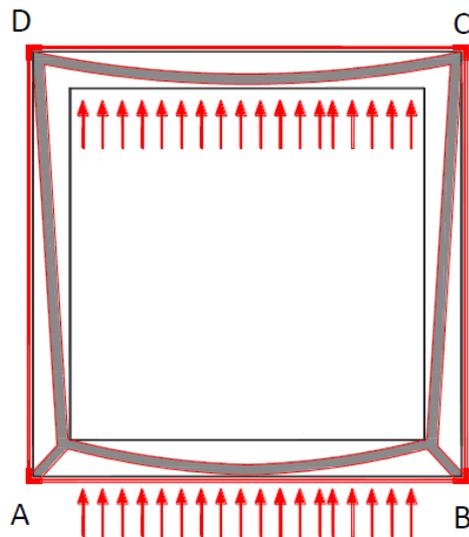


→ Necessità diaframmi di piano

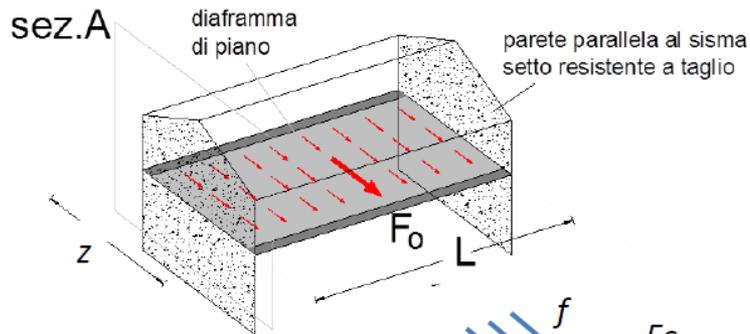


## Catene possono essere:

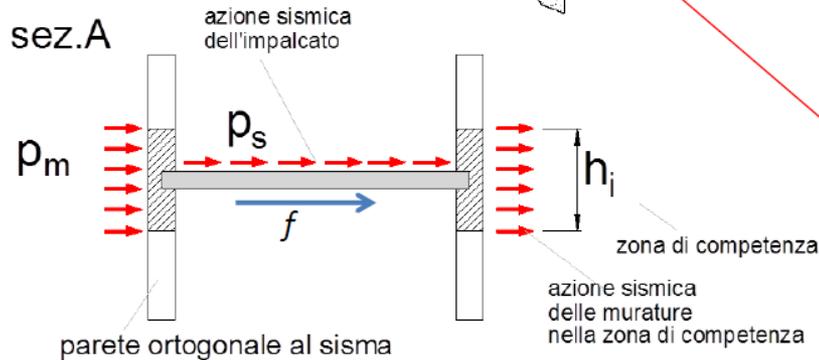
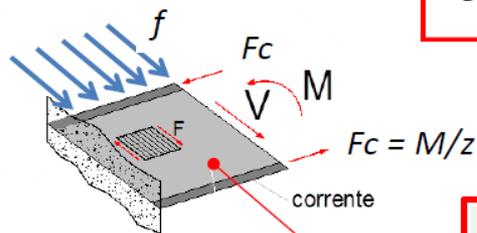
- Esterne oppure alloggiato entro scanalature di qualche centimetro di profondità o raramente, entro fori, praticati con la carotatrice
- Attive, passive, aderenti o non aderenti
- Tesate con martinetto o sistemi a vite



# Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO



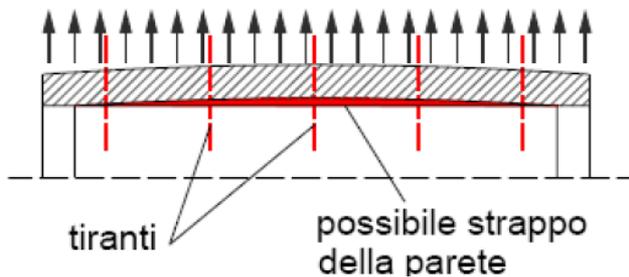
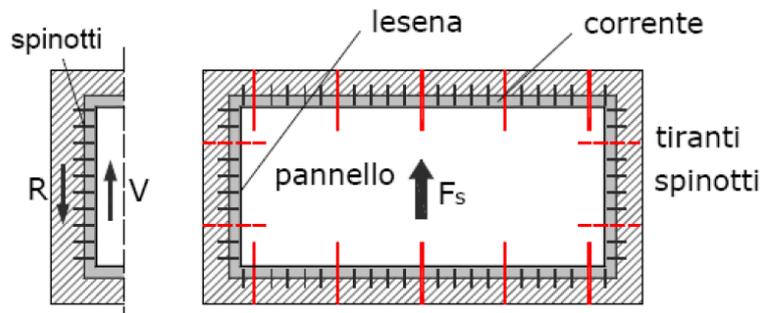
**OBIETTIVO:** organizzare nello spessore del solaio un diaframma che, opportunamente collegato alle pareti perimetrali, trasferisca l'azione sismica dell'impalcato e delle murature di competenza ai setti resistenti al taglio.



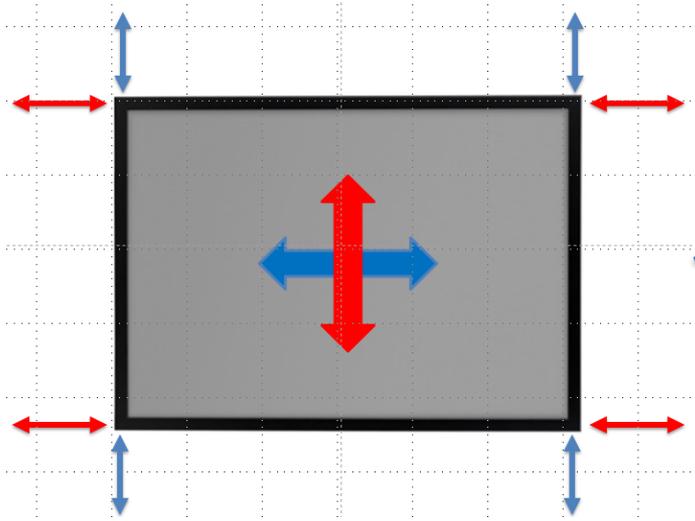
**SUDDIVISIONE DEI COMPITI:**

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

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

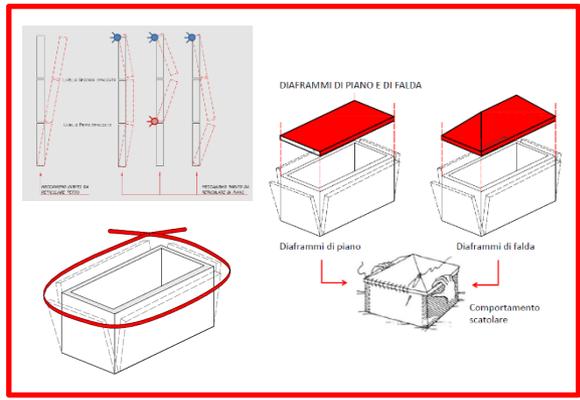
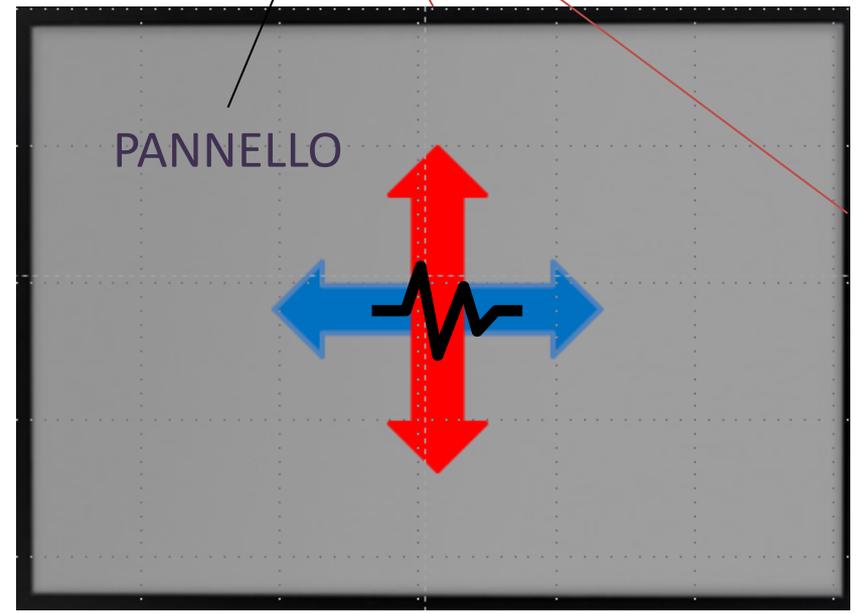


# 1) Organizzazione del diaframma

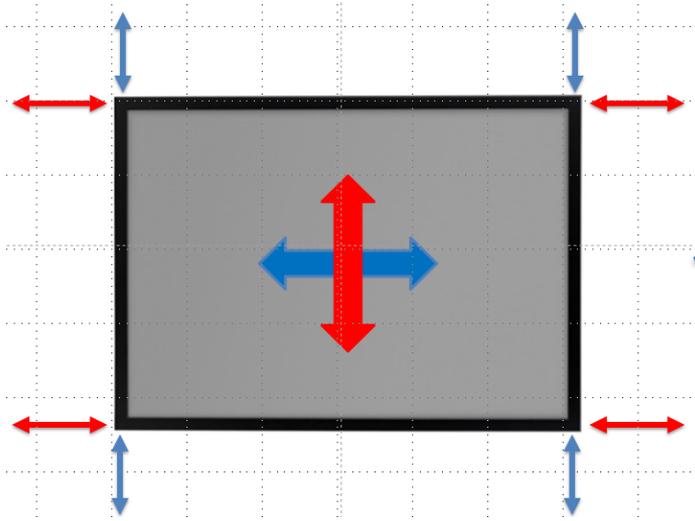


**DIAFRAMMA**

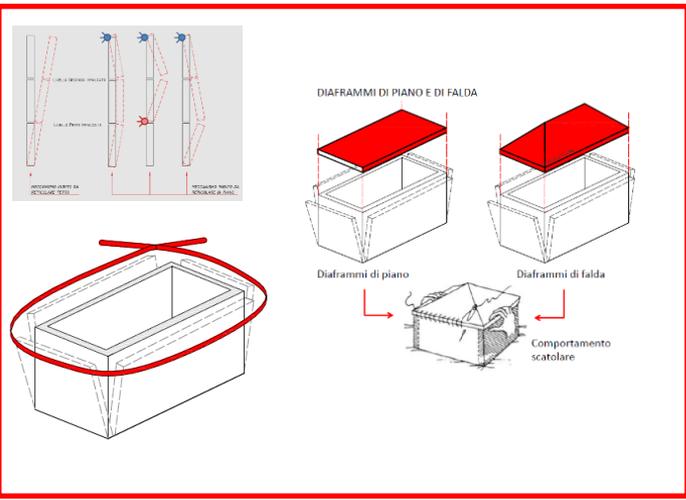
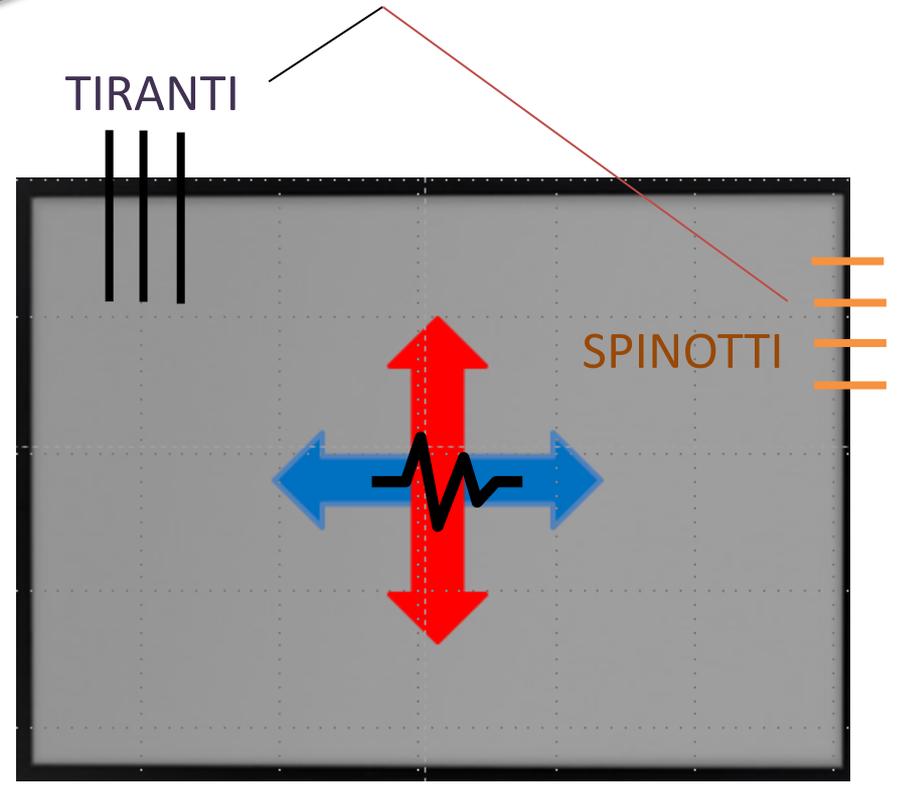
CORRENTI E  
RIPARTITORI

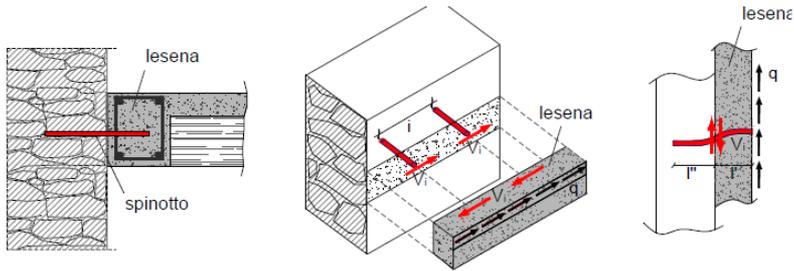


## 2) Organizzazione dei collegamenti



### COLLEGAMENTI



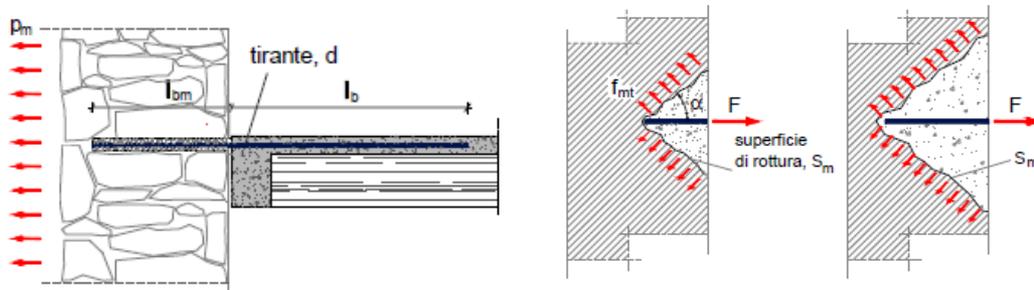


## SPINOTTI A TAGLIO SOLETTA – PARETE

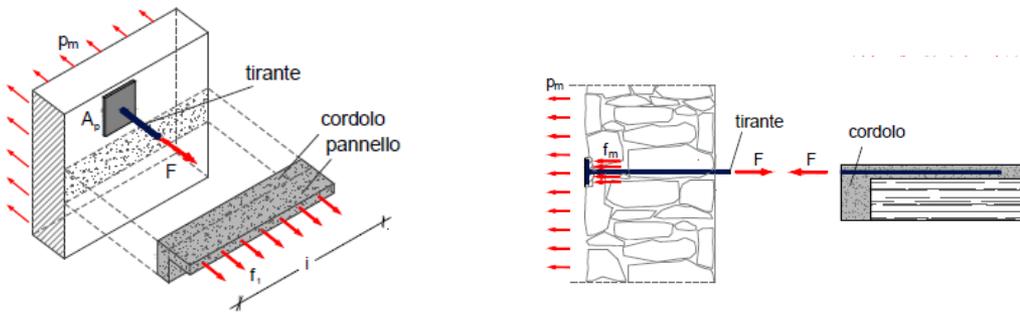
Forza di taglio sul connettore:

$$V_i = q \times i$$

$$i = V/q$$



## TIRANTI PER TRATTENERE LE PARETI FUORI PIANO



Forza di trazione sul tirante:

$$F = \sigma_s A_s = p_m \times h_i \times i$$

## 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.

## Cordolo in acciaio (angolare perimetrale)

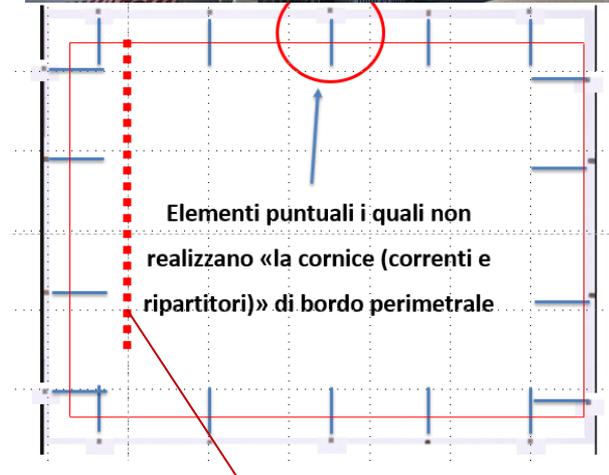


## Barre/Spazzoni «inghisati» nelle pareti



### 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 non organizzati)

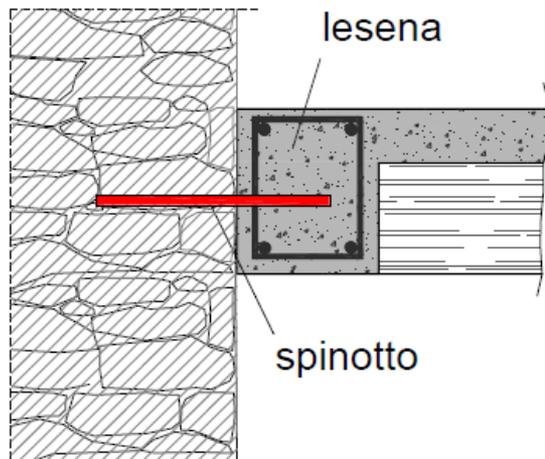


**RISCHIO DI LESIONI PER MANCANZA DI ELEMENTI CHE ASSORBONO TRAZIONI/COMPRESIONI DI BORDO**

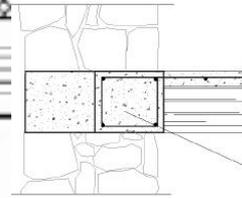
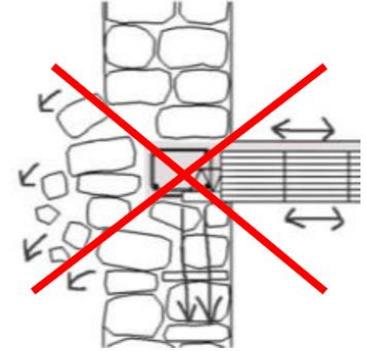
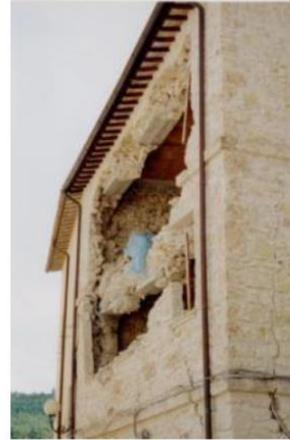
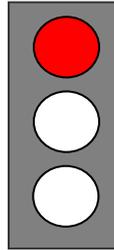
## Trave di bordo – cordolo in CA fuori spessore

### Sistema invasivo e impattante:

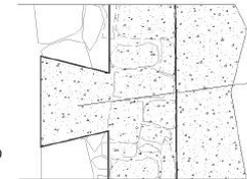
- Impossibilità del contenimento delle quote;
- Lavoro impattante per la realizzazione del cordolo in CA, testa delle travi coinvolte.



## Interventi da EVITARE!!!



EVITARE  
cordoli  
perimetrale  
realizzato entro  
lo spessore  
della muratura



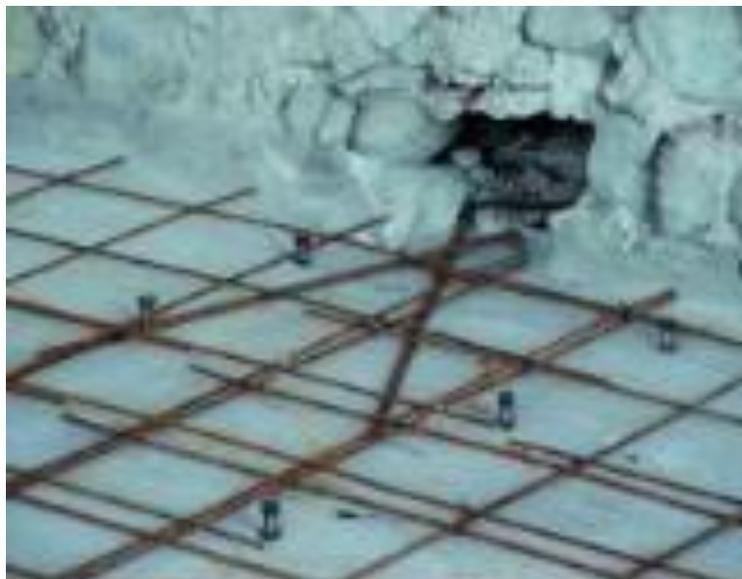
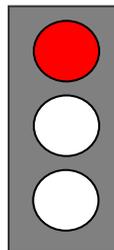
EVITARE  
connessioni  
a code di  
rondine

Assenza totale o parziale di  
cordoli o catene.

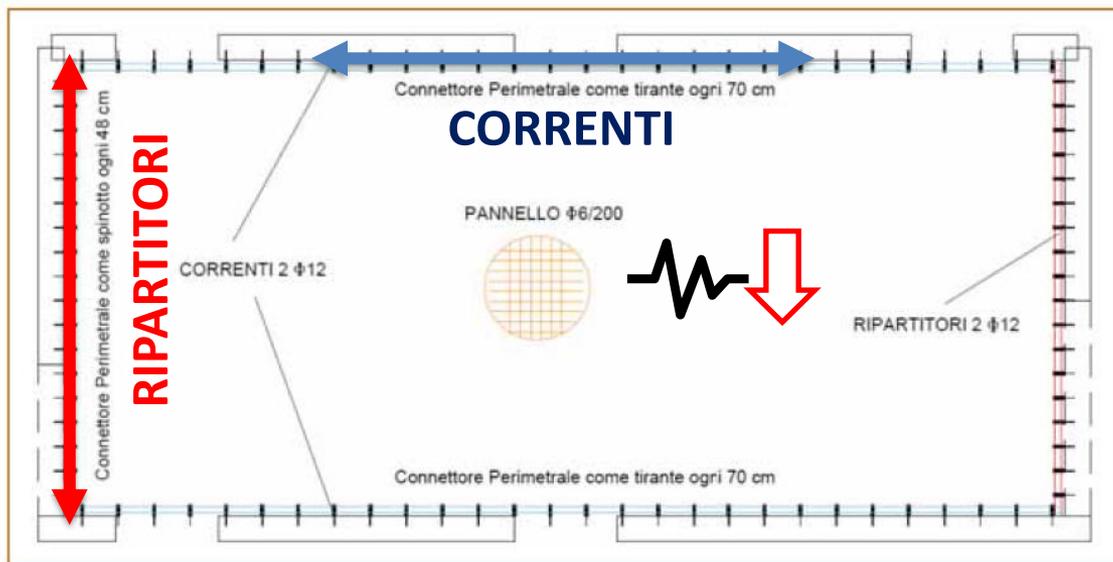
Collegamenti tra orizzontamenti e  
pareti tramite cordoli in c.a. in breccia  
su un solo paramento.

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

**Interventi da EVITARE!!!**



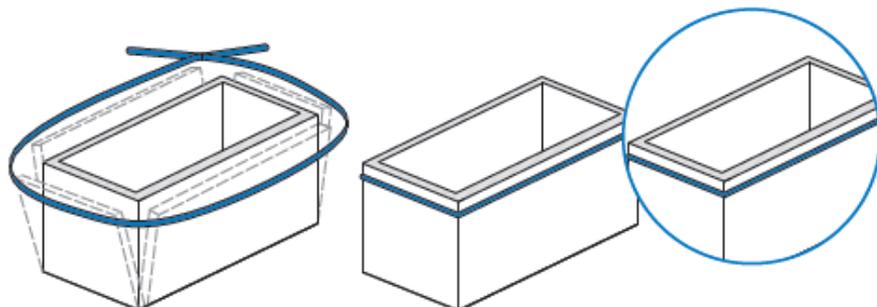
## Collegamento solaio – pareti & CERCHIATURA ANTISISMICA



**perimetro FORTE**

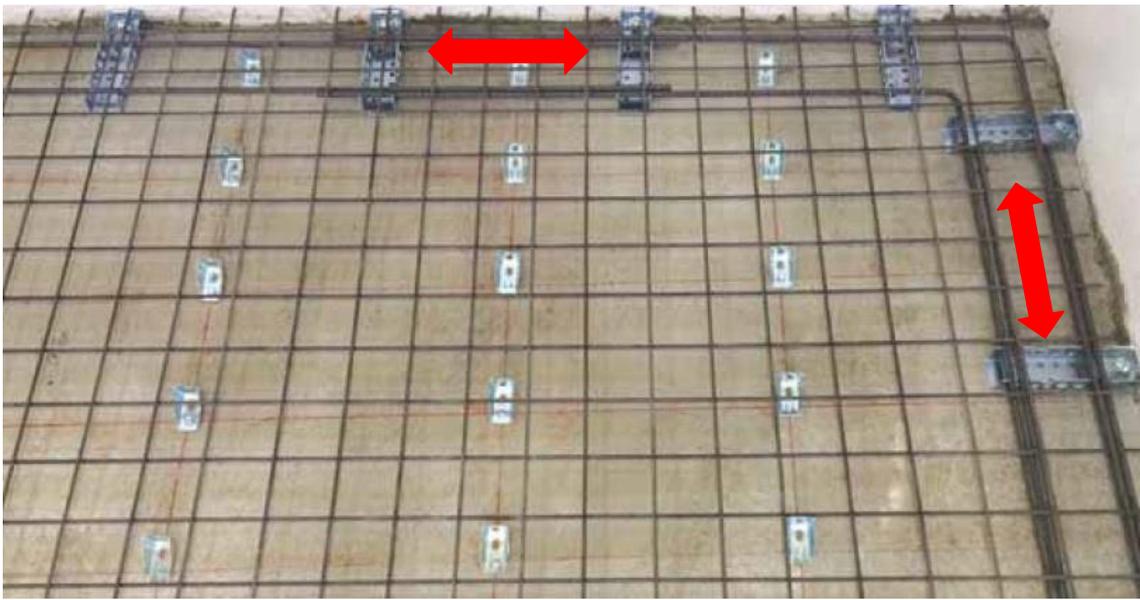


INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO.



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

# PERIMETRO FORTE: collegamento solaio – parete CERCHIATURA ANTISISMICA



# Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO

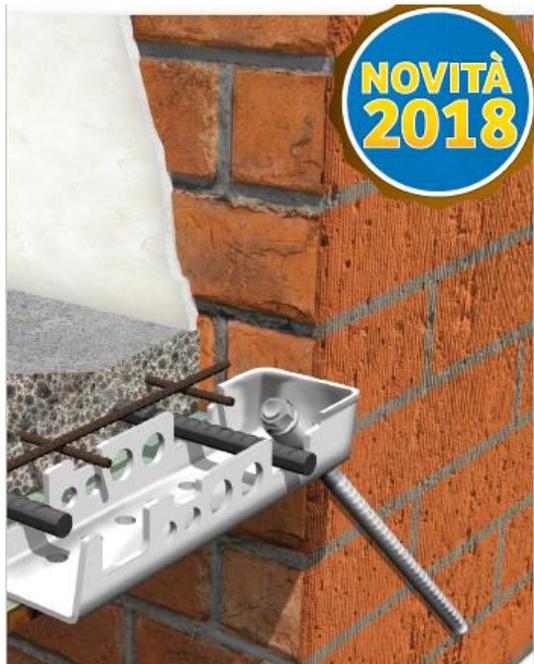


perimetro  
**FORTE**



# Le soluzioni tecniche: consolidamento ANTISISMICO





## ANCORANTE CHIMICO



perimetro  
**FORTE**

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 estraendo la cartuccia con la tradizionale pistola applicatrice (tipo silicone).

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

✓ **ECCELLENTI 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.



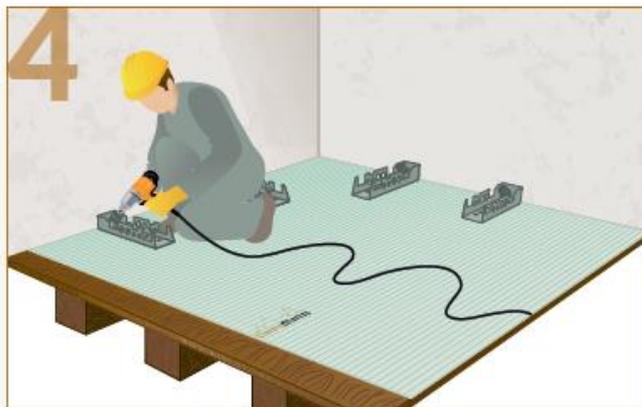
1 Posizionare il Prisma di base lungo l'intero perimetro del solaio (adeguatamente pulito e regolarizzato) secondo lo schema di posa previsto dal Progetto. Eseguire il foro a 45° nella muratura utilizzando la dima presente nel Connettore Perimetrale servendosi di un trapano tassellatore (punta  $\phi$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

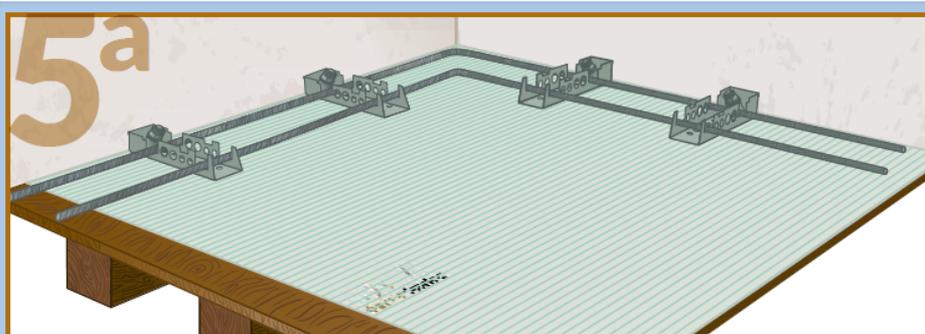


Avvitatore dotato di buona coppia (meglio se ad impulsi) con bussola esagonale 19 mm.

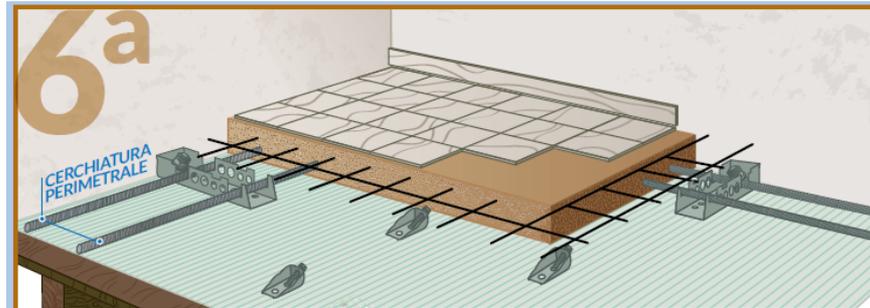


Scovolino metallico o aria compressa per pulizia foro.

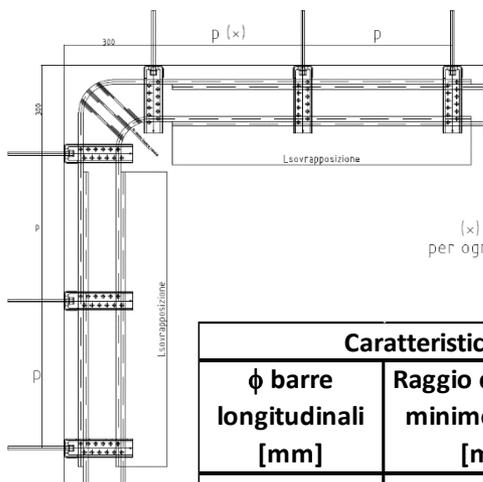




5<sup>a</sup>  
Posare le barre d'armatura longitudinali (si consiglia  $\phi$  12 o 14 o 16 mm) all'interno delle sedi previste nel Prisma di base così da realizzare la cerchiatura antisismica perimetrale (si suggerisce, negli angoli, di impiegare barre già piegate a misura).



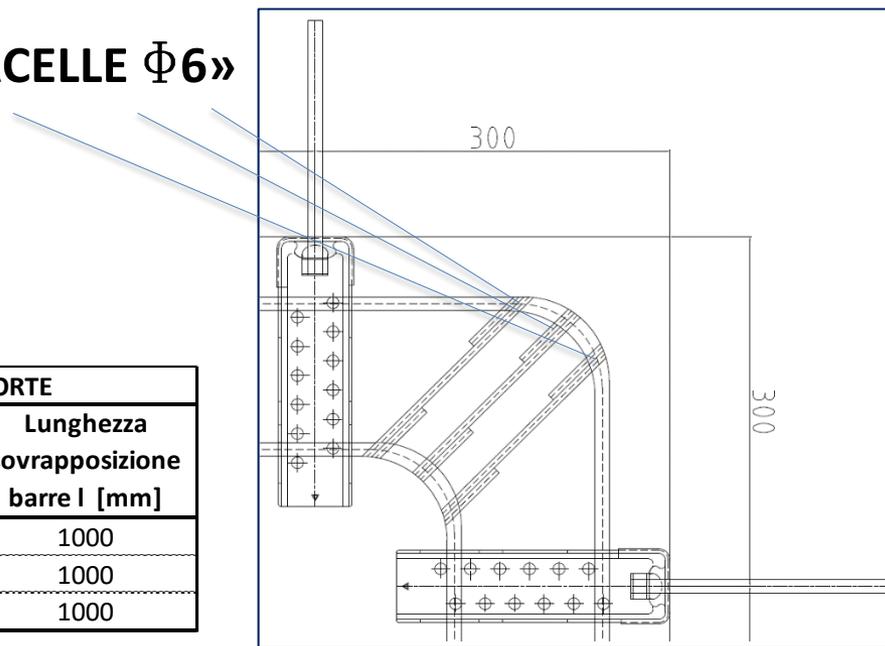
6<sup>a</sup>  
Completare il sistema con la posa di Connettore CentroStorico Legno/Acciaio/Calcestruzzo/Chimico, la rete elettrosaldata (legata al Connettore sfruttando le apposite sedi previste nel Prisma) e il getto di Calcestruzzo Leca per la formazione della soletta collaborante oltre all'eventuale strato di finitura in massetto leggero Leca.



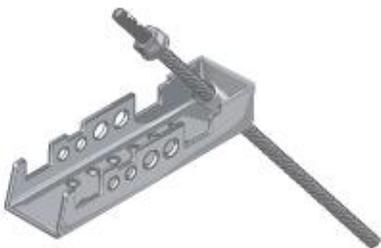
(x) - Il passo tra i connettori p deve essere definito per ogni progetto in funzione dell'azione sismica sollecitante e delle caratteristiche del solaio esistente

Caratteristiche geometriche armatura PERIMETRO FORTE				
$\phi$ barre longitudinali [mm]	Raggio curvatura minimo Rc min [mm]	$\phi$ graffe trasversali [mm]	Passo graffe trasversali [mm]	Lunghezza sovrapposizione barre l [mm]
12	72	6	40	1000
14	84	6	40	1000
16	96	6	40	1000

## «FORCELLE $\Phi 6$ »



1



**perimetro FORTE**

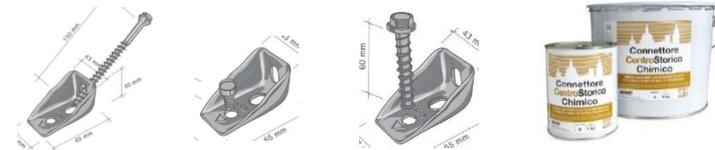


**Ancorante Chimico CentroStorico**

Bussola metallica



2



Connettore CentroStorico Chimico

3

**Leca CLS 1400** **Leca CLS 1600**

Calcestruzzo ALTE PRESTAZIONI **CentroStorico**

**Leca CLS 1800** CALCESTRUZZO

4

**Leca mix Facile** **Leca mix Fast**

DOPIO SACCO, DOPIA RESA

**Leca mix Forte** **CentroStorico**

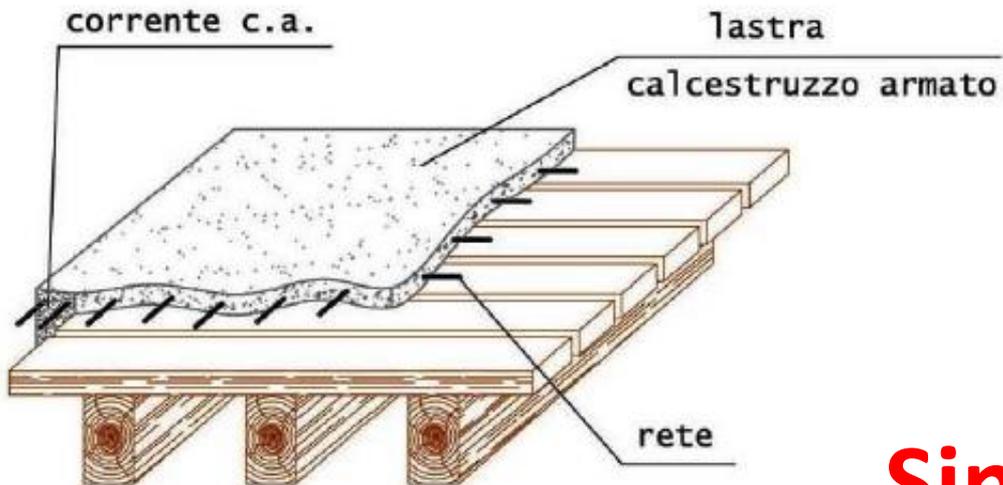
DOPIO SACCO, DOPIA RESA **MASSETTO**

sistema

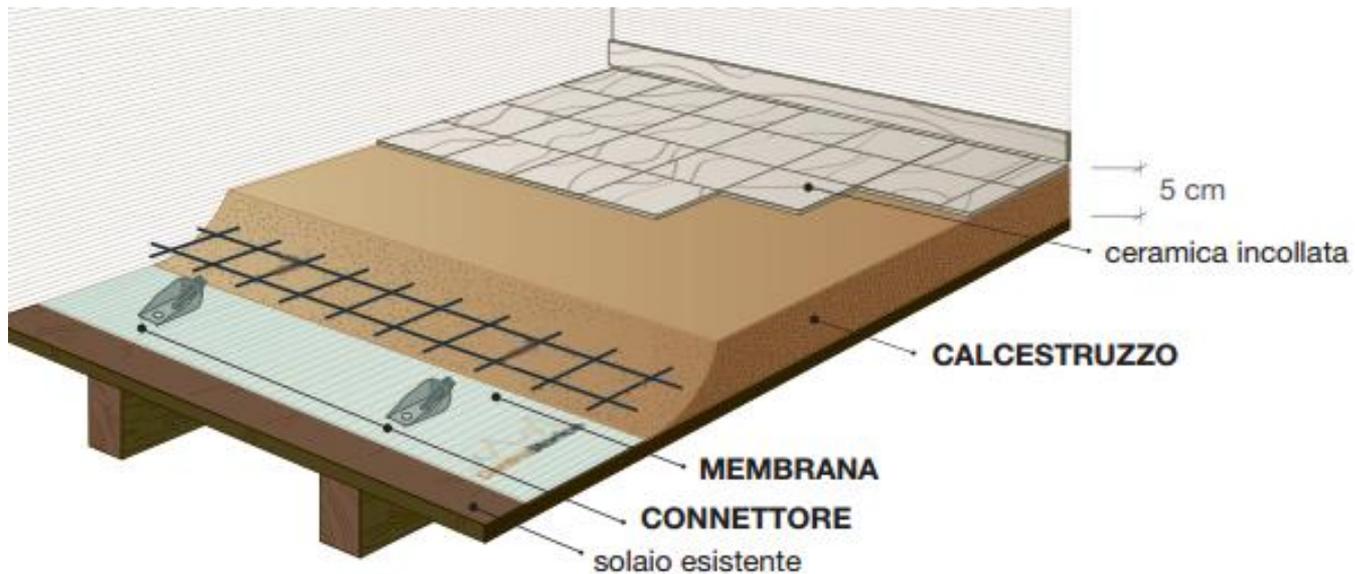
**CONSOLIDAMENTO ANTISISMICO DEI SOLAI** *Leca*

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

# 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

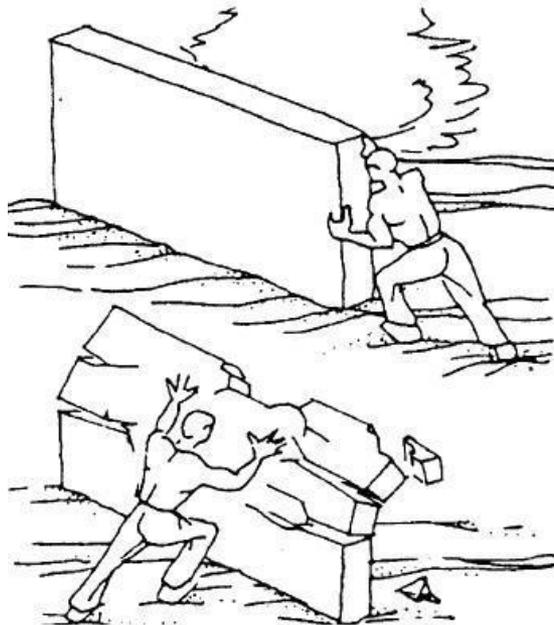
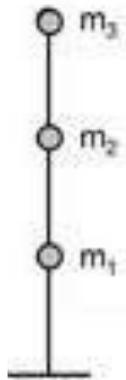
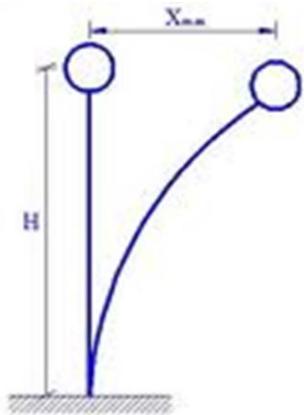


**Sino a -40% di peso**



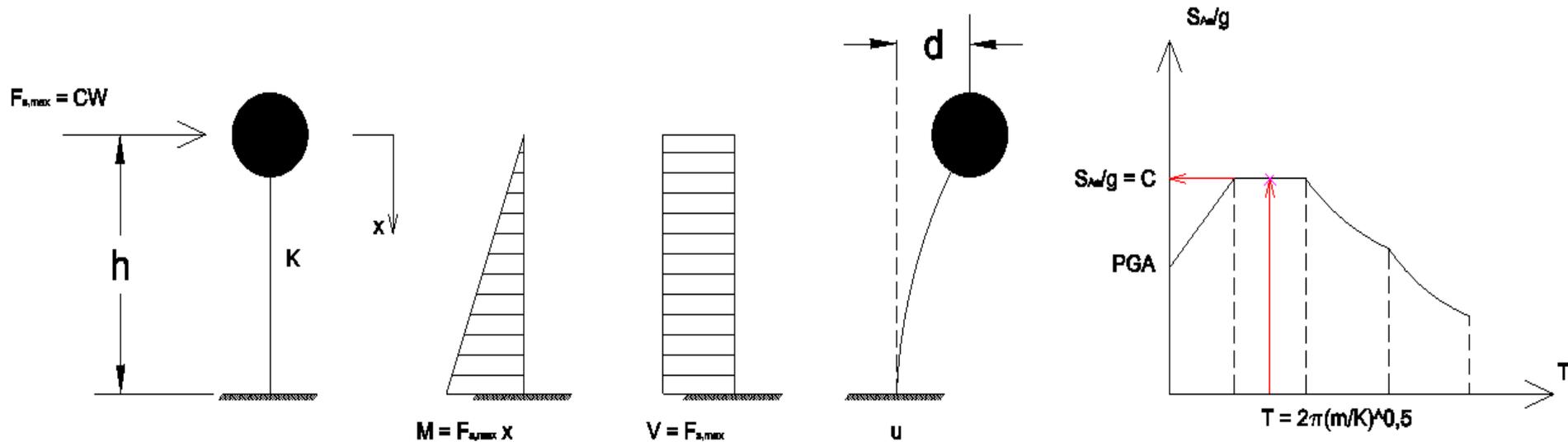
## 3.10 Criticità del diaframma e ruolo della leggerezza

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

## TRASFORMAZIONE DI UN SISTEMA SISMICO IN UNO STATICO



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

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



*I vantaggi della leggerezza*

*Referenze ed esempi di strutture  
in LWAC*

## Durabilità: Nordhordland Bridge



Nordhordland Bridge - Norvegia

I calcestruzzi strutturali leggeri a base di argilla espansa Leca, grazie al favorevole rapporto resistenza/peso sono ideali per:

- Strutture con peso proprio preponderante ai carichi portati
- Grandi opere di ingegneria (grandi luci o altezze)
- Interventi su terreni con limitata portanza
- Ristrutturazione in generale
- Strutture soggette ad elevate azioni orizzontali (sisma per esempio)
- Riduzione di ponti termici grazie alla ridotta conduttività termica
- Strutture a rischio di incendio
- Solai in calcestruzzo pieno di ridotto spessore



Edificio pluripiano con elementi in aggetto (parapetti) e struttura portante di sommità (piano attico e superattico) in calcestruzzo leggero strutturale (CityLife Milano).

## Torre di Fuksas (Pescara)



## Residenze Citylife (Milano)



## REFERENZE

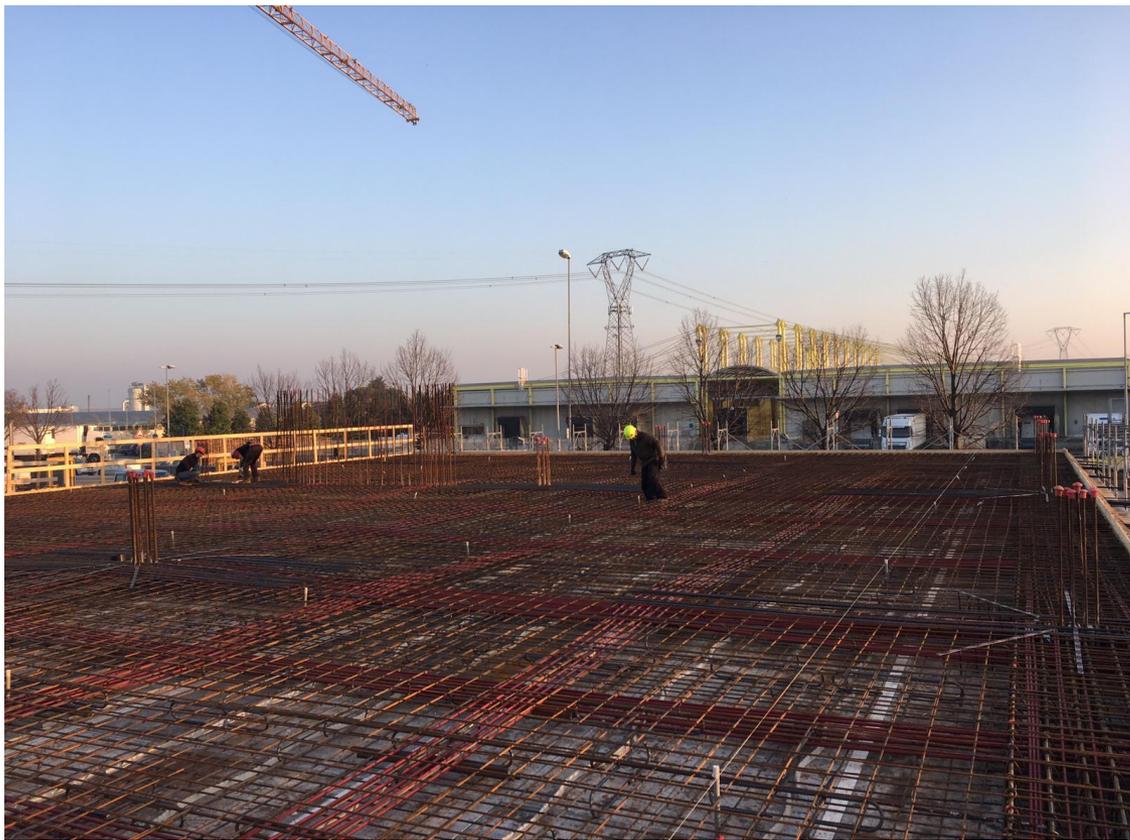


Uffizi Firenze



Duomo L'Aquila



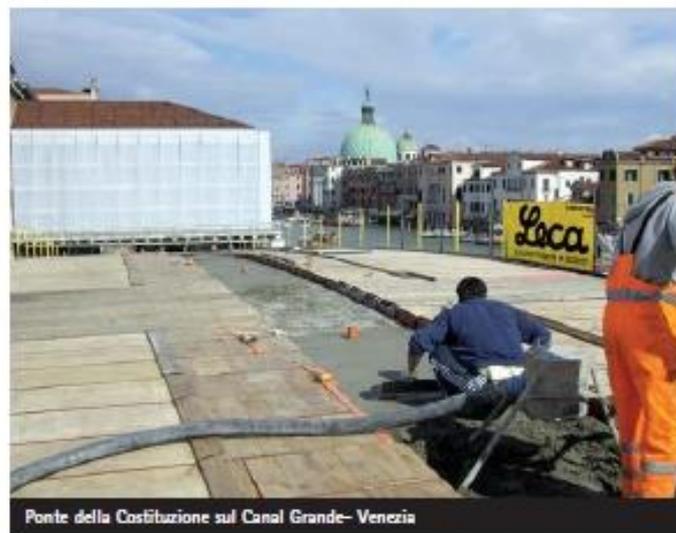


Nuova sede MARR Rimini

## REFERENZE

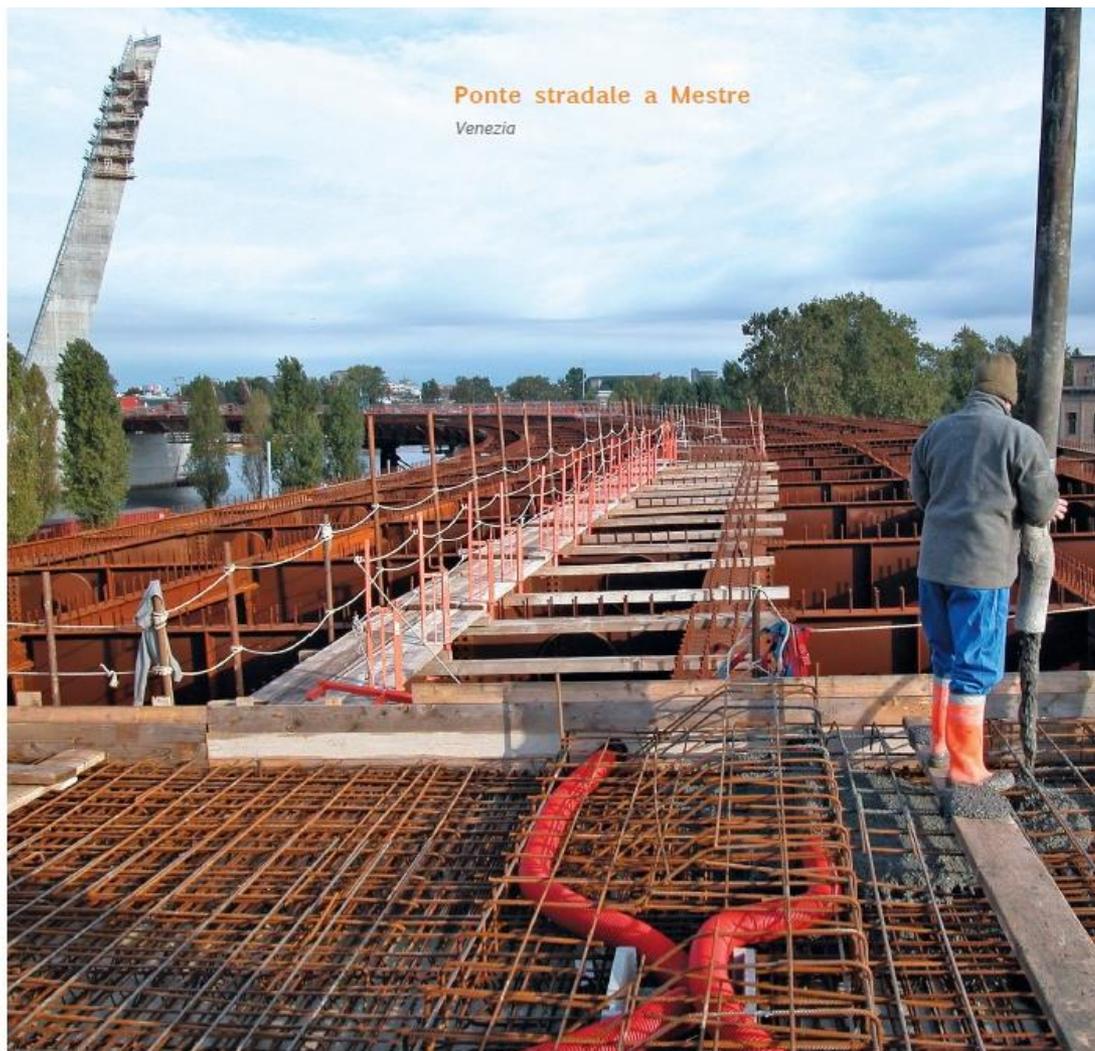


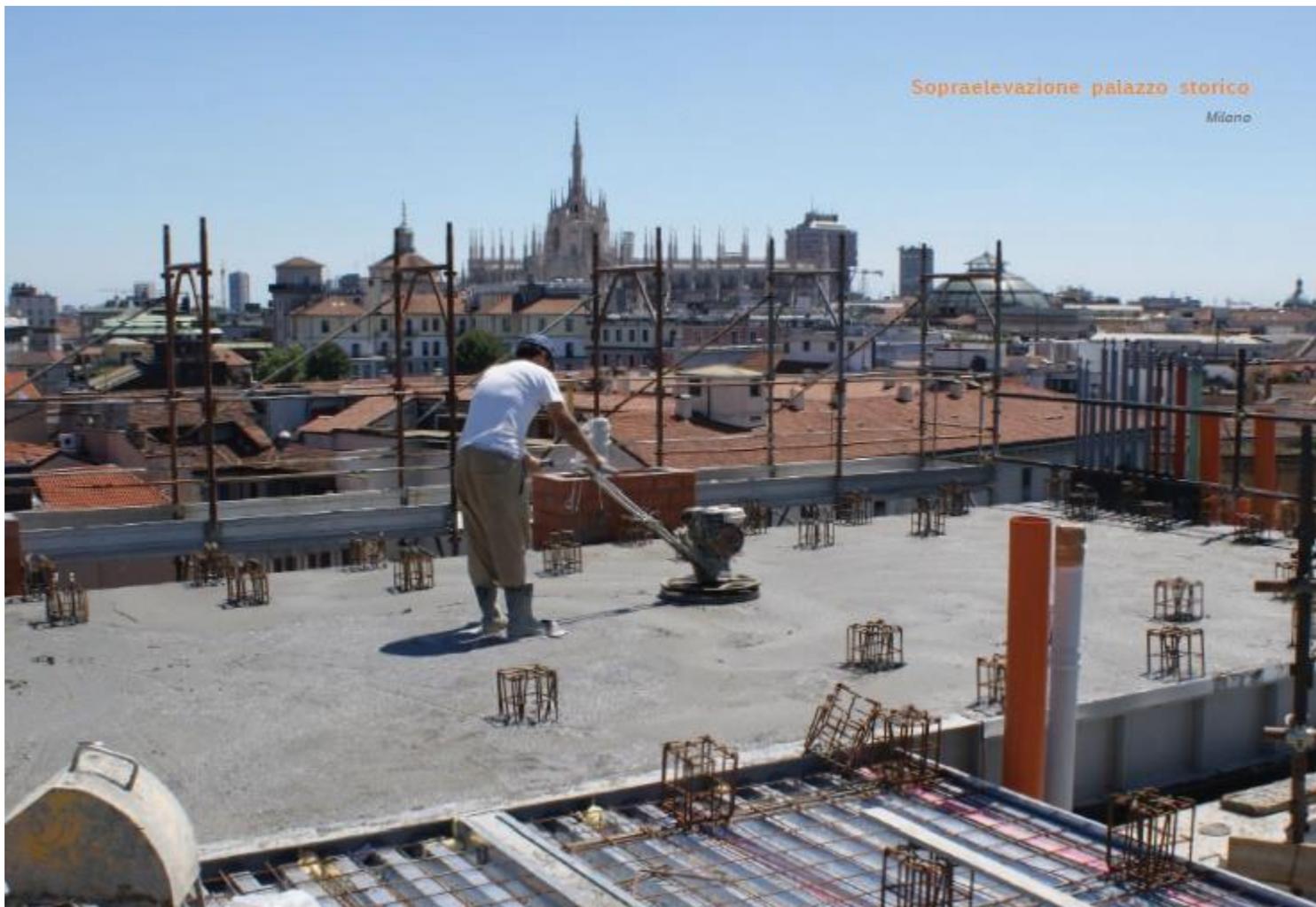
30



221

# REFERENZE





Sopraelevazione palazzo storico

Milano

## REFERENZE



Torre  
Polifunzionale  
(PD)

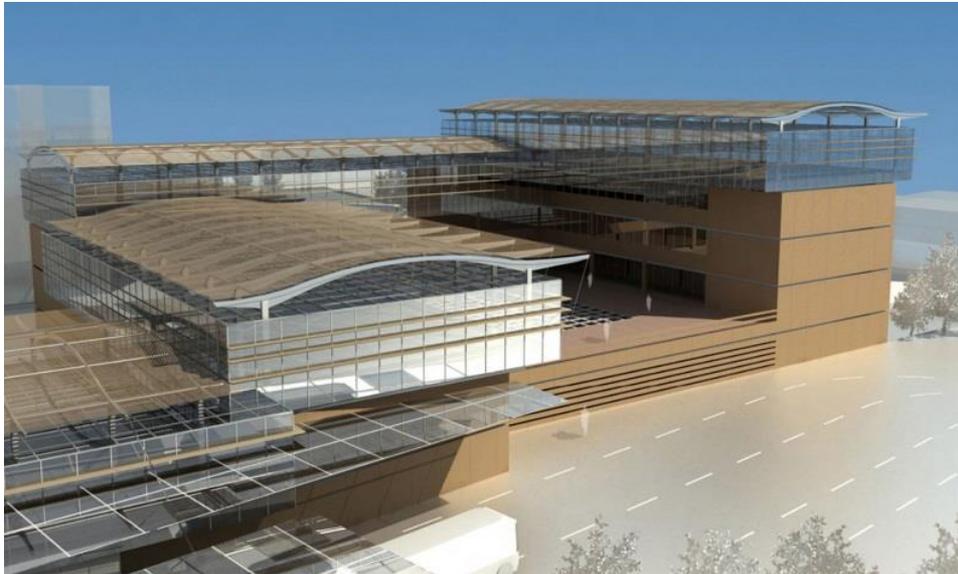
Torre NET  
Padova





Auditorium «Teatro della musica»  
Ravello (SA)





**Complesso  
Multifunzionale Sesta  
Porta (Pisa)**

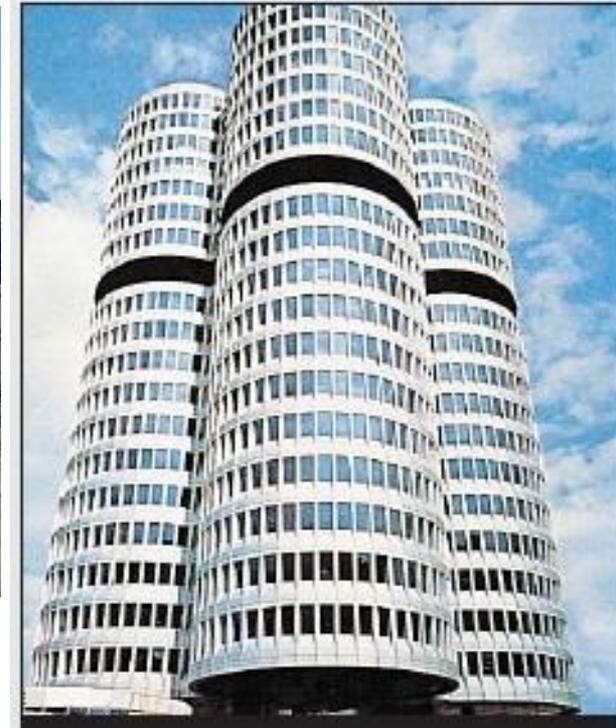




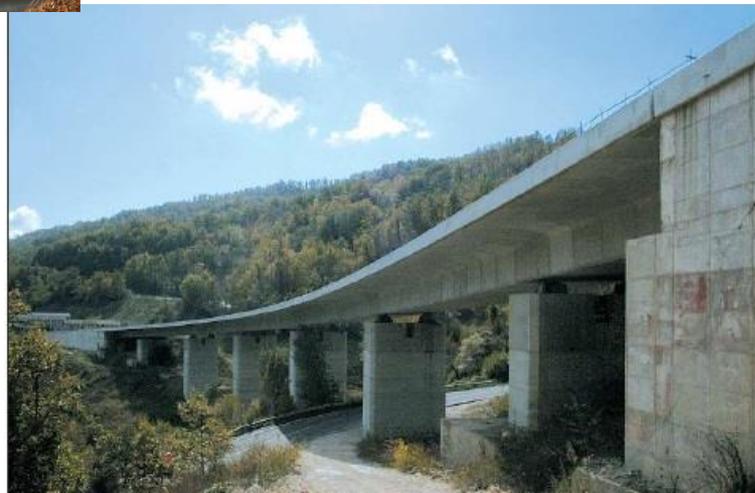
Cassoni del  
MOSE (Venezia)



Grattacielo BMW  
(Monaco di Baviera)



Torre  
Polifunzionale  
(PD)



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



Betoniera a bicchiere



Mescolatore planetario



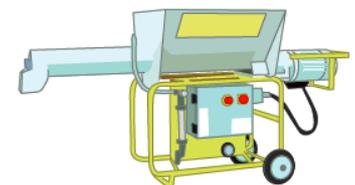
Impastatrice a coclea



Pompa pneumatica per sottofondi (per LecaCLS 1600-1800 contattare l'Assistenza Tecnica Laterlite).



Miscelatore in continuo



## Calcestruzzo Strutturale Leggero Da centrale di Betonaggio



- A composizione prescritta
- A prestazione garantita
- Densità minima 1750/1800 kg/mc

## Calcestruzzo Strutturale Leggero Con Prodotto Premiscelato

### 1. Preparazione dell'impasto

Impastare con la q.tà di acqua riportata sul sacco (per betoniera a bicchiere non caricare oltre il 60% della capacità nominale, introdurre prima una buona parte dell'acqua e poi il prodotto con la restante acqua).  
Mescolare per almeno 3 minuti fino a consistenza "semi-fluida".



Betoniera a bicchiere



Mescolatore planetario



Impastatrice a coclea



Pompa pneumatica per sottofondi (per LecaCLS 1600-1800 contattare l'Assistenza Tecnica Laterlite).



Miscelatore in continuo



- A prestazione garantita

# Soluzioni per il centro storico

Betoniera a bicchiere



Mescolatore planetario



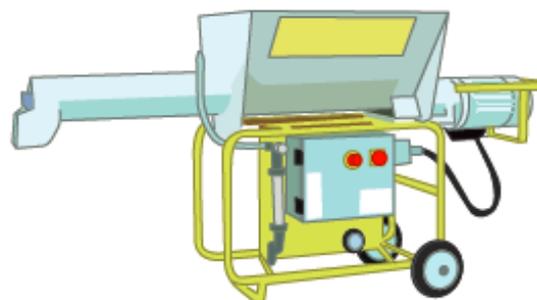
Impastatrice a coclea



Pompa pneumatica per sottofondi (per LecaCLS 1600-1800 contattare l'Assistenza Tecnica Laterlite).



Miscelatore in continuo



**NTC 2008 e NTC 2018: 4.3.3.1.2. STRUTTURE ACCIAIO CLS**  
si riferisce ad una densità minima del calcestruzzo strutturale leggero di 1800 solo per strutture in acciaio nuove.



  
**R E P U B B L I C A I T A L I A N A**  
IN NOME DEL POPOLO ITALIANO  
Il Consiglio di Stato  
in sede giurisdizionale (Sezione Sesta)

ha pronunciato la presente

**SENTENZA**

sul ricorso numero di registro generale 7940 del 2012, proposto da Izzo Mario Costruzioni s.r.l., in persona del legale rappresentante, rappresentato e difeso dall'avvocato Michele Damiani, con domicilio eletto presso il suo studio in Roma, via Antonio Mordini, 14;

*contro*

Arcidiocesi di Gaeta, in persona del legale rappresentante, rappresentata e difesa dall'avvocato Alfredo Zaza D'Aulizio, con domicilio eletto presso lo studio dell'avvocato Francesco Cardarelli in Roma, vicolo Orbitelli, 31; Di Cesare Gino s.r.l., in persona del legale rappresentante, non costituita in giudizio;

*nei confronti di*

Sacen s.r.l., in persona del legale rappresentante, rappresentata e difesa dall'avvocato Vincenzo Colalillo, con domicilio eletto presso Clementino Palmiero

**4.3.3.1.2 CALCESTRUZZO**  
Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo devono risultare da prove eseguite in conformità alle indicazioni delle presenti norme sulle strutture di calcestruzzo armato ordinario o precompresso. Nei calcoli statici non può essere considerata né una classe di resistenza del calcestruzzo inferiore a C20/25 né una classe di resistenza superiore a C60/75; per i calcestruzzi con aggregati leggeri, la cui densità non può essere inferiore a 1800 kg/m<sup>3</sup>, le classi limite sono LC20/22 e LC55/60. Per classi di resistenza del calcestruzzo superiori a C45/55 e LC 40/44 si richiede che prima dell'inizio dei lavori venga eseguito uno studio adeguato e che la produzione segua specifiche procedure per il controllo qualità. Qualora si preveda l'utilizzo di calcestruzzi con aggregati leggeri, si deve considerare che i valori sia del modulo di elasticità sia dei coefficienti di viscosità, ritiro e dilatazione termica dipendono dalle proprietà degli aggregati utilizzati; pertanto i valori da utilizzare sono scelti in base alle proprietà del materiale specifico. Nel caso si utilizzino elementi prefabbricati, si rinvia alle indicazioni specifiche delle presenti norme.

**In sintesi si può usare il Cls Strutturale leggero Leca Cls1400 anche in strutture in acciaio se il solaio è esistente.**

**Entra in gioco il capitolo 8 NTC**

Prodotto	Classe di massa volumica	Resistenza caratteristica a compressione cubica	Classe di resistenza
LecaCLS 1400	D 1,5 (ca. 1400 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 25 N/mm <sup>2</sup>	LC 20/22
LecaCLS 1600	D 1,7 (ca. 1600 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 35 N/mm <sup>2</sup>	LC 30/33
LecaCLS 1800	D 1,9 (ca. 1800 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 45 N/mm <sup>2</sup>	LC 40/44
Calcestruzzo CentroStorico	D 1,6 (ca. 1500 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 28 N/mm <sup>2</sup>	LC 25/28
Calcestruzzo Rapido	D 1,5 (ca. 1400 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 25 N/mm <sup>2</sup>	LC 20/22
Calcestruzzo Fluido	D 1,9 (ca. 1800 kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>ck</sub> 40 N/mm <sup>2</sup>	LC 35/38



# Calcestruzzi leggeri strutturali



## Caratteristiche tecniche

	<b>LecaCLS 1400</b>	<b>LecaCLS 1600</b>	<b>LecaCLS 1800</b>	<b>Calcestruzzo CentroStorico</b>	<b>Calcestruzzo CentroStorico Rapido</b>	<b>Calcestruzzo CentroStorico Fluido</b>
Massa volumica in opera (UNI EN 206-1)	D 1,5 (ca. 1400 kg/m <sup>3</sup> ca.)	D 1,7 (ca. 1600 kg/m <sup>3</sup> ca.)	D 1,9 (ca. 1800 kg/m <sup>3</sup> ca.)	D 1,6 (ca. 1500 kg/m <sup>3</sup> ca.)	D 1,5 (ca. 1400 kg/m <sup>3</sup> ca.)	D 1,9 (ca. 1900 kg/m <sup>3</sup> ca.)
Classe di resistenza a compressione	LC 20/22	LC 30/33	LC 40/44	LC 25/28	LC 20/22	LC 35/38
Resistenza a compressione certificata	$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 22,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)	$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 31,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)	$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 40,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)	$R_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)	$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 22,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ (cubica a 28 gg.) $f_{ck} = 35,5 \text{ N/mm}^2$ (cilindrica a 28 gg.)
Modulo elastico certificato	$E = 15.000 \text{ N/mm}^2$	$E = 20.000 \text{ N/mm}^2$	$E = 25.000 \text{ N/mm}^2$	$E = 17.000 \text{ N/mm}^2$	$E = 15.000 \text{ N/mm}^2$	$E = 25.000 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	X0-XC1	X0-XC1-XC2-XC3-XD1-XF2-XF3-XF4	X0-XC1-XC2-XC3-XC4-XS1-XS2-XS3-XD1-XD2-XD3-XF1-XF2-XF3-XF4-XA1	X0-XC1-XC2	X0-XC1(EN 206)	X0-XC1-XC2-XC3-XC4-XS1-XD1-XD2-XF1-XF2-XF3-XF4-XA1
Conducibilità termica $\lambda$ , certificata	0,42 W/mK	0,54 W/mK	0,70 W/mK	0,47 W/mK	0,42 W/mK	0,70 W/mK
Resa in opera (in funzione del grado di compattazione)	0,47 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 2,13 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.	0,47 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 2,13 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.	0,61 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 1,64 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.	0,74 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 1,35 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.	0,74 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 1,35 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.	0,74 sacchi/m <sup>2</sup> sp. 1 cm ca. 1,35 m <sup>2</sup> /sacco sp. 1 cm ca.

# Soluzioni per il centro storico

## I Calcestruzzi leggeri strutturali

Il più **TECNICO**

Il più **LEGGERO**

Il più **PRATICO**

Il più **RESISTENTE**



Il **PIÙ TECNICO**, fibrorinforzato e adatto anche alla posa diretta della pavimentazione.

Il **PIÙ LEGGERO**, per getti di rinforzo e solette collaboranti.

Il **PIÙ PRATICO**, ideale per tutte le applicazioni in ristrutturazione.

Il **PIÙ RESISTENTE**, fibrorinforzato per getti con elevate prestazioni e su solai metallici.

Densità	ca. 1.500 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza caratteristica certificata	R <sub>ck</sub> = 28 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico certificato	E = 17.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica certificata	λ = 0,47 W/mK

Densità	ca. 1.400 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza caratteristica certificata	R <sub>ck</sub> = 25 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico certificato	E = 15.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,42 W/mK

Densità	ca. 1.600 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza caratteristica certificata	R <sub>ck</sub> = 35 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico certificato	E = 20.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,54 W/mK

Densità	ca. 1.800 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza caratteristica certificata	R <sub>ck</sub> = 45 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico certificato	E = 25.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,70 W/mK

Densità 1500 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 28 N/mm<sup>2</sup>  
E=17.000 N/mm<sup>2</sup>

Densità 1400 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 25 N/mm<sup>2</sup>  
E=15.000 N/mm<sup>2</sup>

Densità 1600 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 35 N/mm<sup>2</sup>  
E=20.000 N/mm<sup>2</sup>

Densità 1800 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 45 N/mm<sup>2</sup>  
E=25.000 N/mm<sup>2</sup>



# **Consolidamento strutturale**

## 1. Preparazione dell'impasto

Impastare con la q.tà di acqua riportata sul sacco (per betoniera a bicchiere non caricare oltre il 60% della capacità nominale, introdurre prima una buona parte dell'acqua e poi il prodotto con la restante acqua).

Miscelare per almeno 3 minuti fino a consistenza "semi-fluida".



Betoniera a bicchiere



Mescolatore planetario



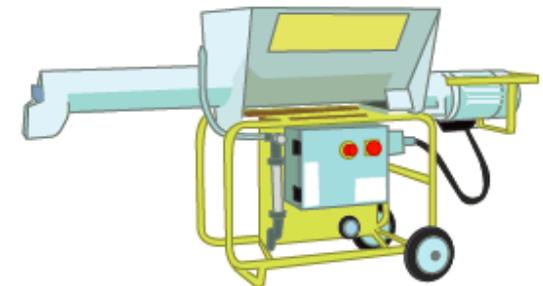
Impastatrice a coclea



Pompa pneumatica per sottofondi (per LecaCLS 1600-1800 contattare l'Assistenza Tecnica Laterlite).



Miscelatore in continuo



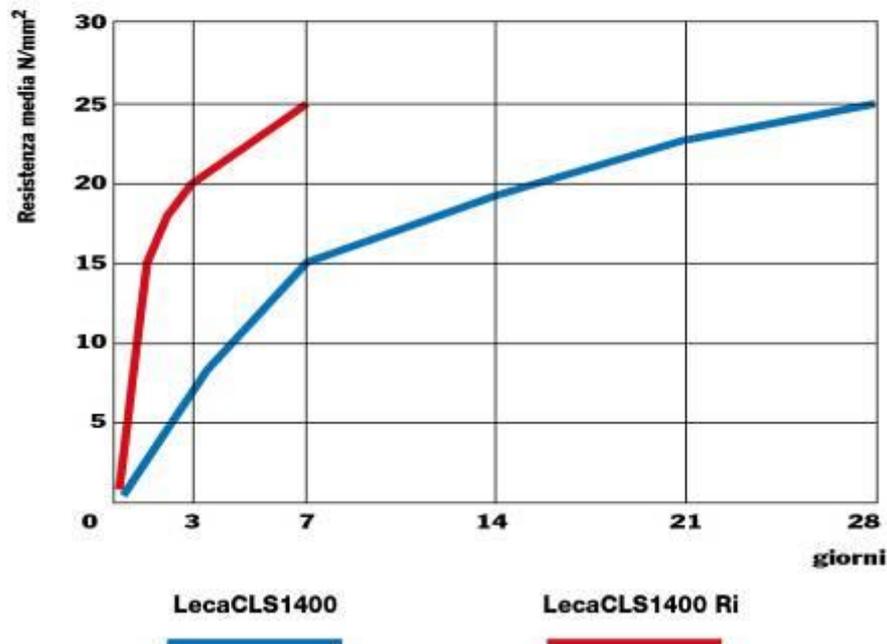
- Rck 250 Kg/cm<sup>2</sup>
- Densità: 1400 Kg/m<sup>3</sup>



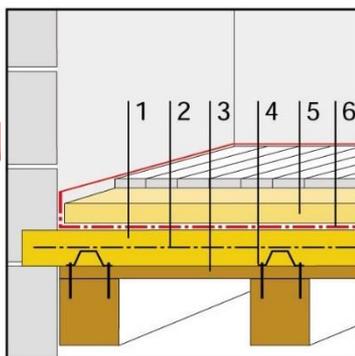
**Nuova confezione da 25 U!**

## Calcestruzzo Strutturale Premiscelato Leca CLS 1400 e Leca CLS 1400 Ri

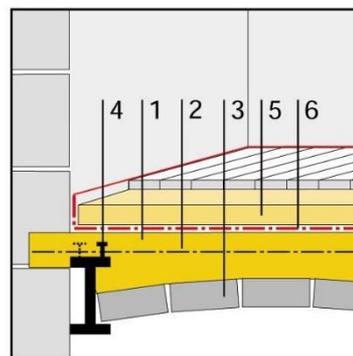
Diagramma di confronto tempi e Resistenza



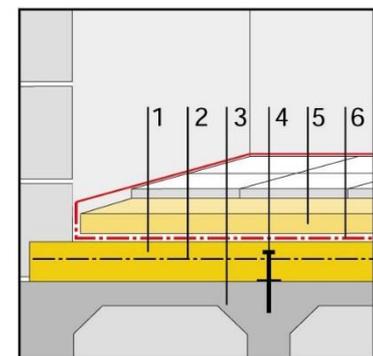
**soffitto  
legno**



**soffitto putrelle  
e laterizio**



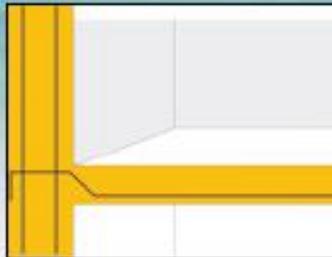
**soffitto  
laterocemento**



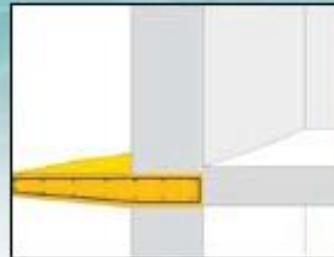
- Rck 350 Kg/cm<sup>2</sup>
- Densità: 1600 Kg/m<sup>3</sup>



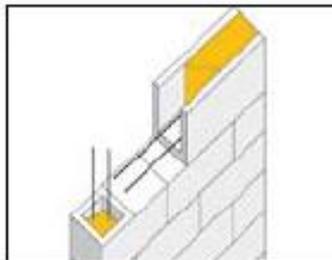
Per tutte le applicazioni



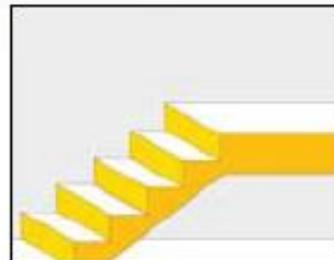
GETTI STRUTTURALI



SPORGENZE

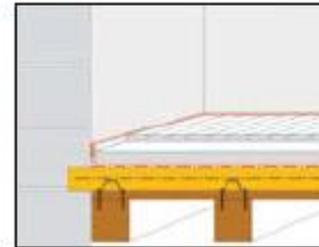


RINFORZO DI MURATURE

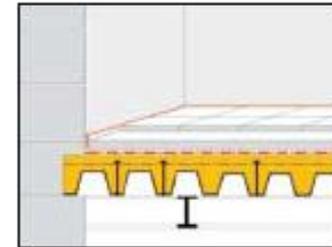


SCALA

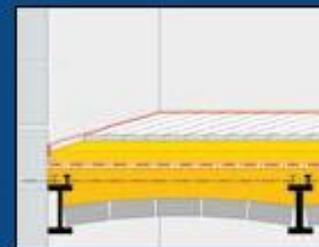
Per il recupero solai



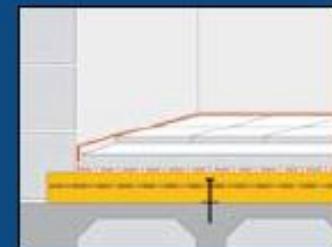
SOLAI IN LEGNO



SOLAI IN LAMIERA GRECATA



SOLAI A VOLTE IN  
PUTRELLE E LATERIZIO



SOLAI IN LATERO CEMENTO

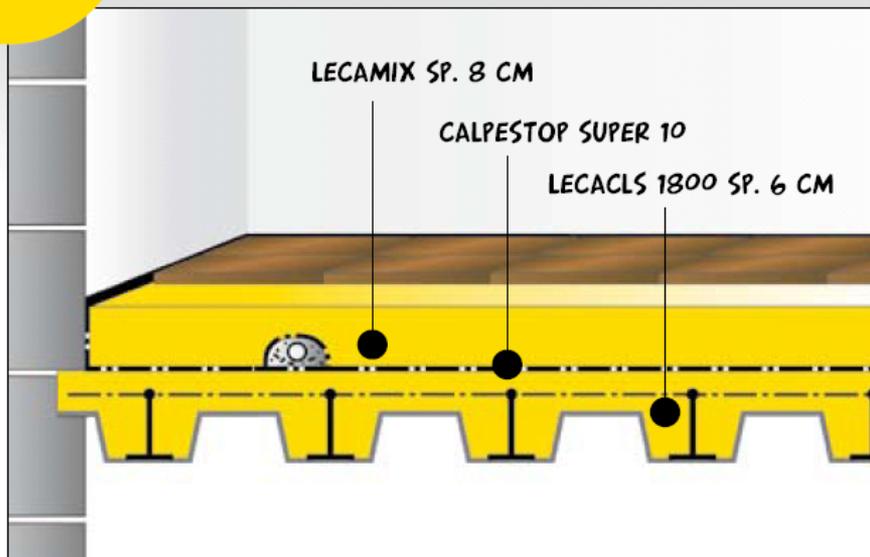
- Rck 400 Kg/cm<sup>2</sup>
- Densità: 1800 Kg/m<sup>3</sup>

*Calcestruzzo ad alte prestazioni*



6

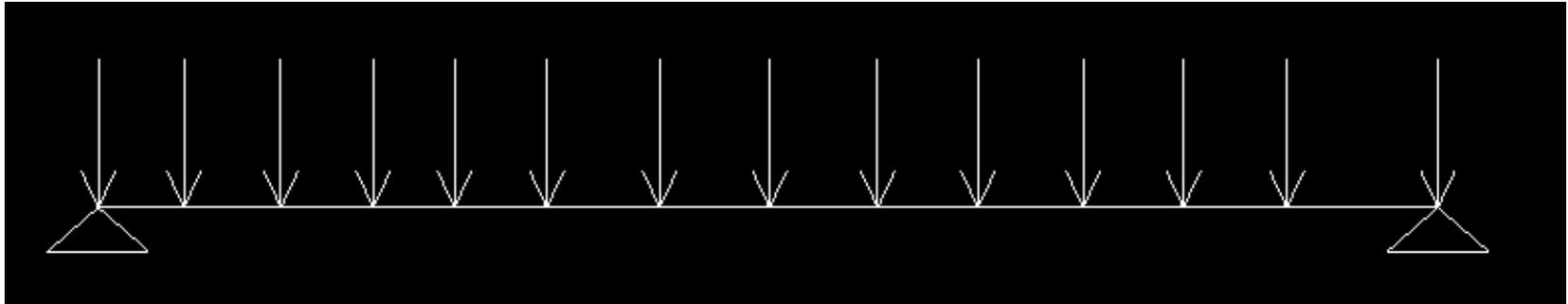
## CONSOLIDAMENTO SOLAIO IN LAMIERA GRECATA



$R_{ck}$	RESISTENZA CALCESTRUZZO	$\geq 40$
	N/mm <sup>2</sup>	
	SPESORE SOLUZIONE	15
cm		
	PESO SOLUZIONE	190
	Kg/m <sup>2</sup>	

**NOVITÀ LECA CLS 1800  
PER SOLAI IN LAMIERA GRECATA.**

# PERCHE' CONSOLIDARE IN MODO LEGGERO CON I CALCESTRUZZI STRUTTURALI LECA???????

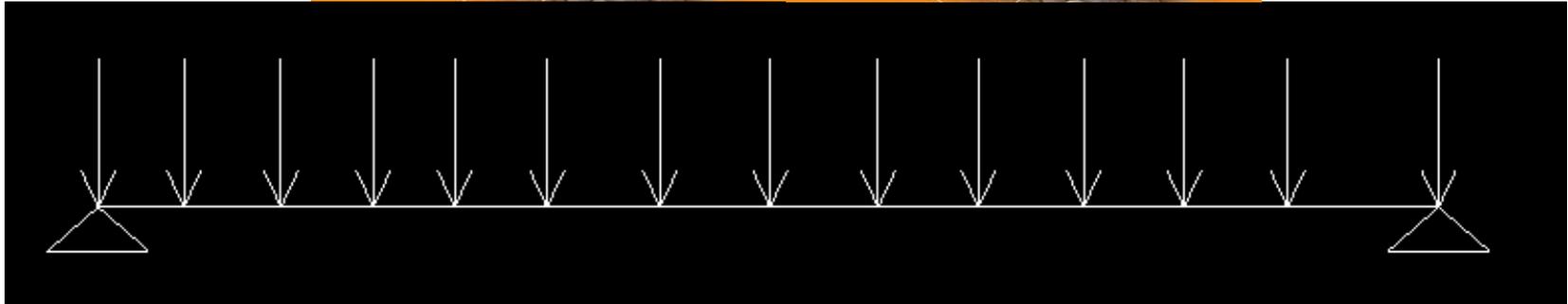


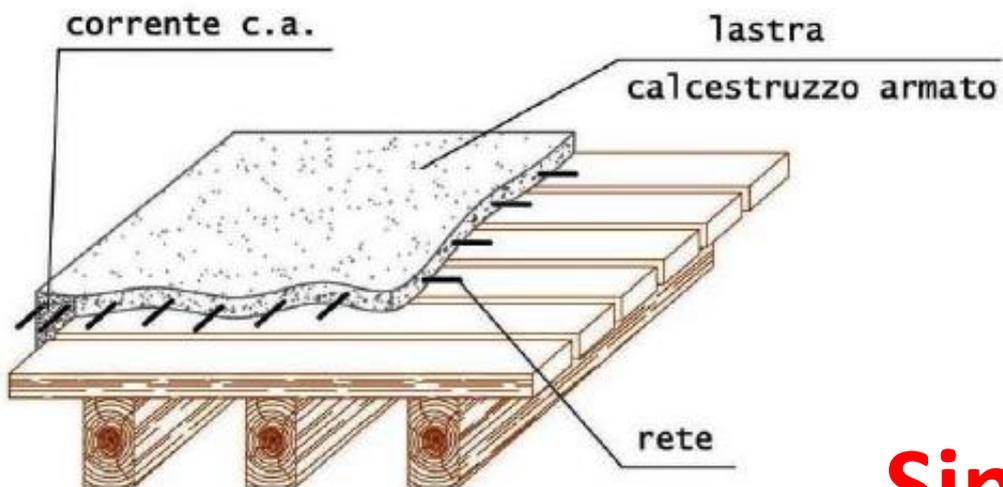
Solaio con soletta spessore 5 cm di calcestruzzo centro storico =  
 $1500 \cdot 0,05 = 75 \text{ kg/mq} \cdot 100 \text{ mq} = 7500 \text{ kg} = 7,5 \text{ ton}$

Solaio con soletta spessore 5 cm di calcestruzzo tradizionale =  
 $2400 \cdot 0,05 = 120 \text{ kg/mq} \cdot 100 \text{ mq} = 12000 \text{ kg} = 12 \text{ ton}$

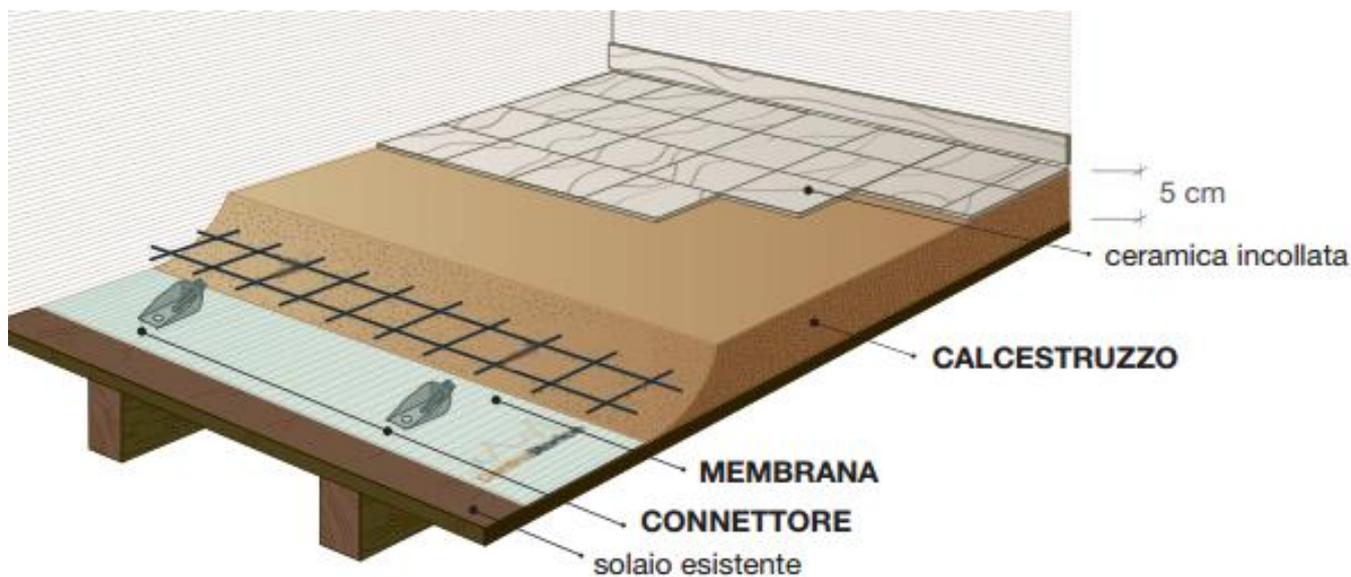
**$\Delta = 4,5 \text{ ton}$**

**$\Delta = 4,5$  ton**





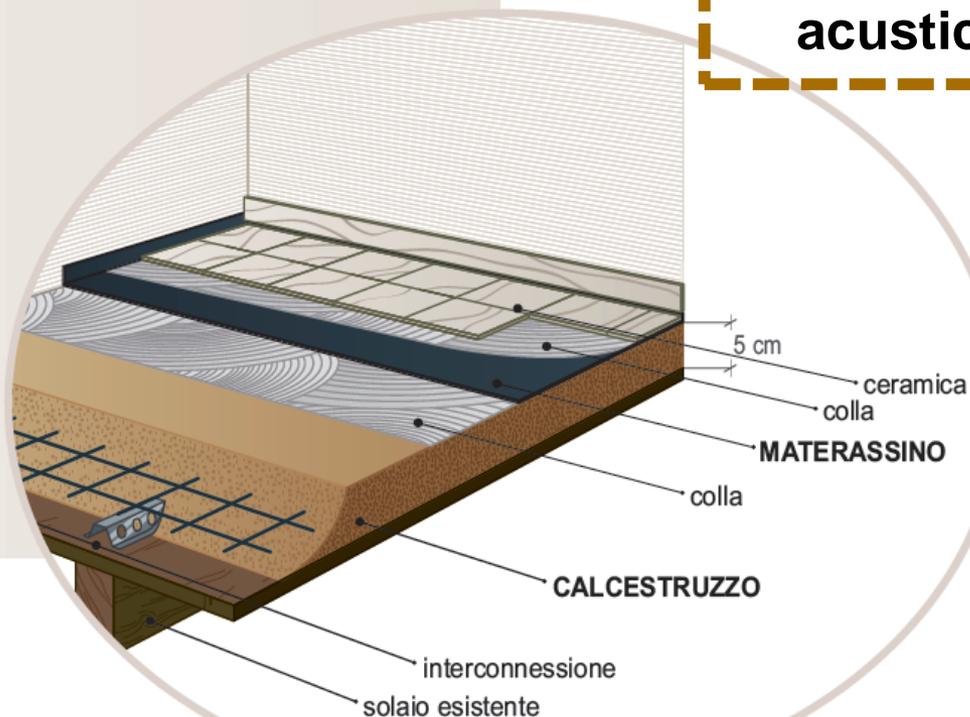
**Sino a -40% di peso**



## Consolidamento solaio. Basso spessore

### Risanamento **acustico**

Materassino CentroStorico assicura il miglioramento delle prestazioni acustiche al calpestio del divisorio orizzontale (ca.  $\Delta L_w$  9 dB), in spessori contenuti (2 mm) e applicato direttamente sotto qualsiasi tipologia di pavimento (nel caso di posa di parquet, prevedere Primer CentroStorico).



➤ **Risanamento  
acustico al calpestio**



• Abbattimento acustico al calpestio: sino a ca.  $\Delta L_w$  9 dB (con Materassino)

## Le soluzioni: due famiglie di interventi

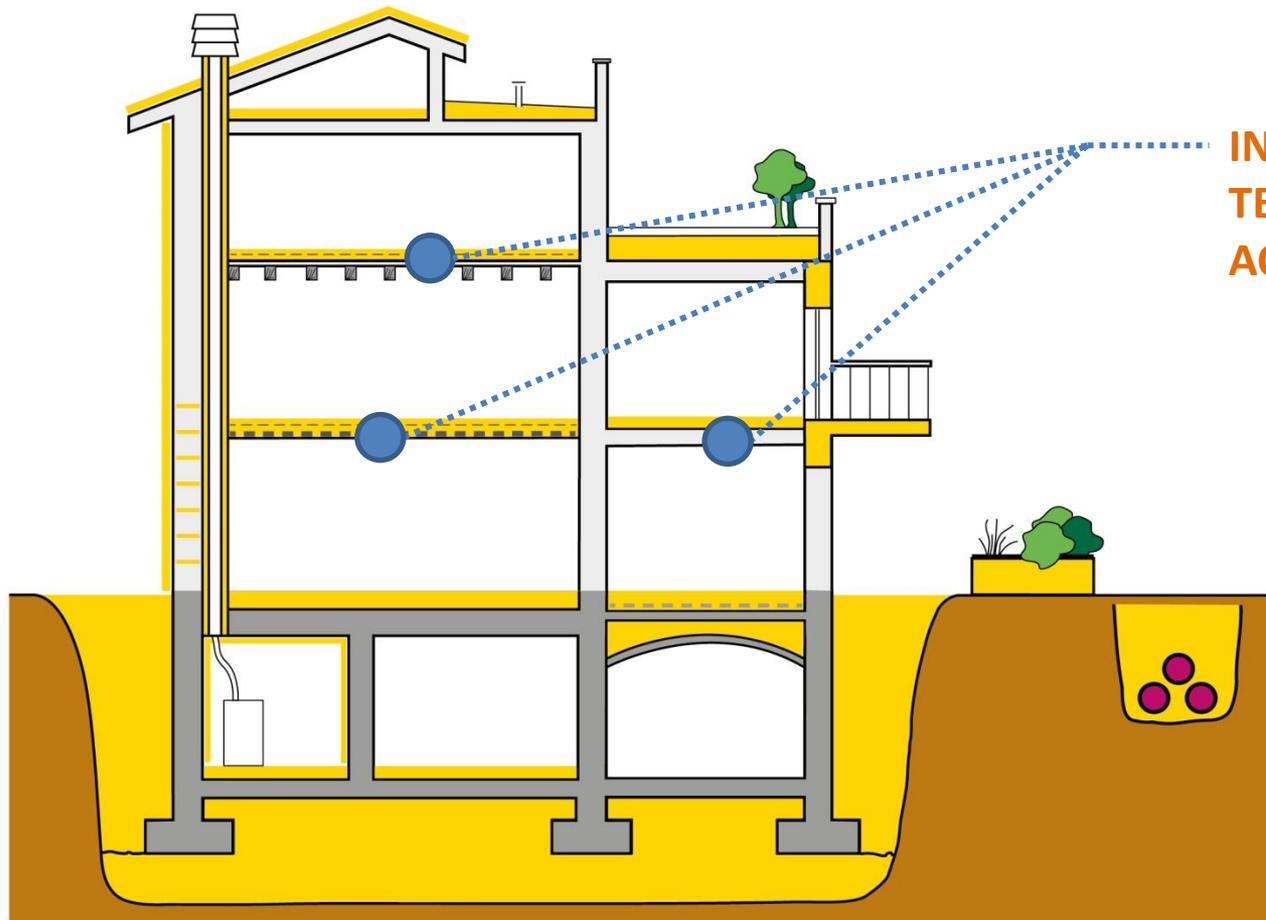
Posso Non Consolidare,

ma tutto quello che aggiunto pesa sicuramente di meno rispetto alle stratigrafie precedenti

**PRECEDENZA ALLA LEGGEREZZA!!!**

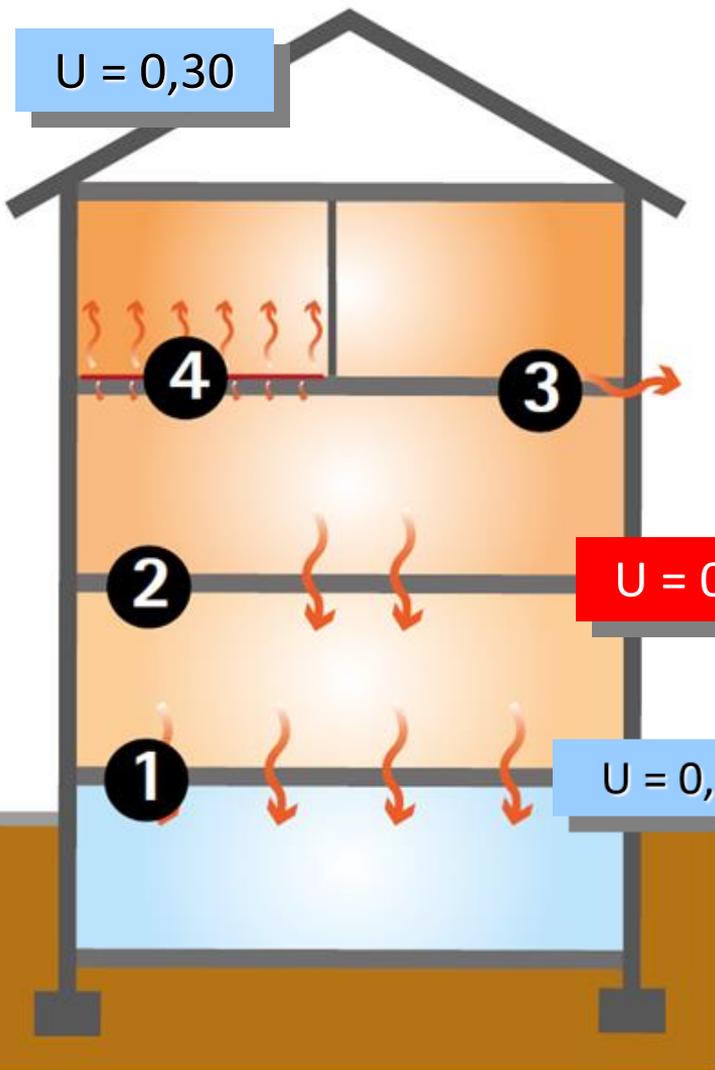
# L'INVOLUCRO EDILIZIO

## ISOLAMENTO TERMICO ACUSTICO INTERPIANO



**INTERPIANO**  
**TERMICA  $U\ 0,8\ W/m^2k$**   
**ACUSTICA  $L'_{nw}\ 63\ dB$**

# Ruolo termico del solaio: alcune considerazioni



- 1) Solaio su ambiente non riscaldato o esterno
- 2) Solaio intermedio generico
- 3) Ponte termico di facciata
- 4) Pavimento radiante

In accordo con le modalità di calcolo prescritte dal D.Lgs 311/06 e dalle normative in vigore in tema di isolamento termico, per pavimenti e coperture su solai la formula generale per il calcolo della trasmittanza termica U è:

$$U = \frac{1}{\sum R + 1/\alpha}$$

dove:

$1/\alpha$  = somma delle resistenze termiche liminari, i cui valori espressi in  $m^2K/W$  sono (UNI EN ISO 6946):

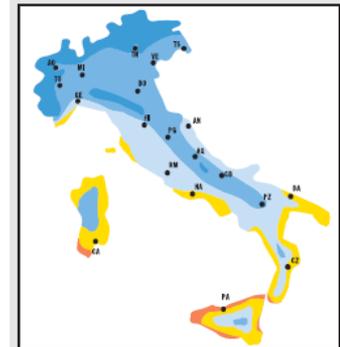
Direzione del flusso di calore	Solai rivolti all'esterno	Solai interpiano
Ascendente ↑	0,14	0,20
Discendente ↓	0,21	0,34

$\sum R$  = somma delle resistenze termiche degli strati che compongono la struttura, così calcolati:

$R$  = spessore strato (metri)/ $\lambda$ . (conducibilità termica in  $W/mK$ ).

I dati di conducibilità termica  $\lambda$  dell'argilla espansa Leca e dei premiscelati sono valori certificati (vedi tabella a lato) mentre quelli degli altri elementi costituenti la stratigrafia sono tratti dalla norma UNI 10351 per le conducibilità termiche.

Schema indicativo delle zone climatiche italiane secondo il DPR 412/93



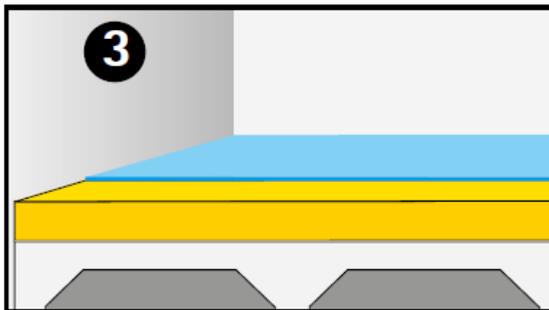
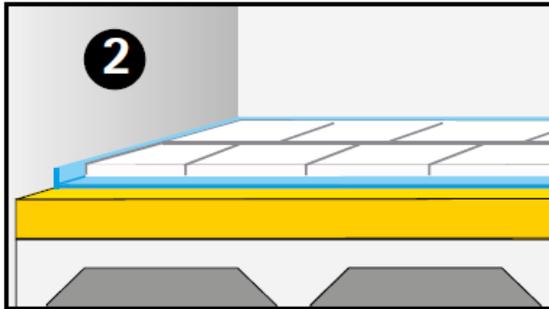
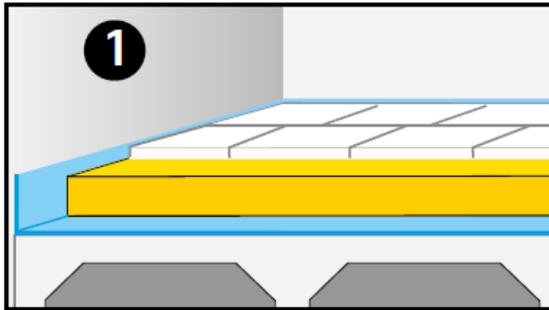
Legenda:

GG = gradi giorno

<b>Zona A</b> GG ≤ 600 (Lampedusa)	<b>Zona B</b> 601 ≤ GG ≤ 900 (Crotone, Agrigento, Catania, Siracusa, Trapani, Messina...)	<b>Zona C</b> 900 ≤ GG ≤ 1400 (Imperia, Caserta, Lecce, Caserta, Ragusa, Sassari...)	<b>Zona D</b> 1401 ≤ GG ≤ 2100 (Trieste, La Spezia, Forlì, Isernia, Foggia, Caltanissetta, Nuora...)	<b>Zona E</b> 2101 ≤ GG ≤ 3000 (Matera, Sondrio, Bolzano, Udine, Rimini, Frosinone, Enna...)	<b>Zona F</b> GG ≤ 3001 (Cosenza, Belluno...)
--	---	--	--	--	---

**Decreto  
Legislativo  
311/2006**

# Considerazioni acustiche nei solai di interpiano



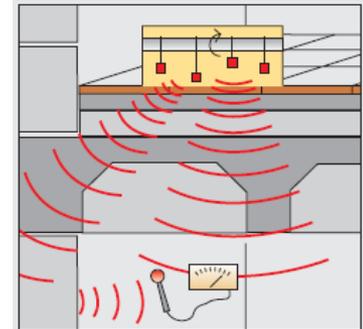
- 1) Massetto galleggiante su strato resiliente
- 2) Strato resiliente sotto pavimento
- 3) Pavimento resiliente o fonoassorbente

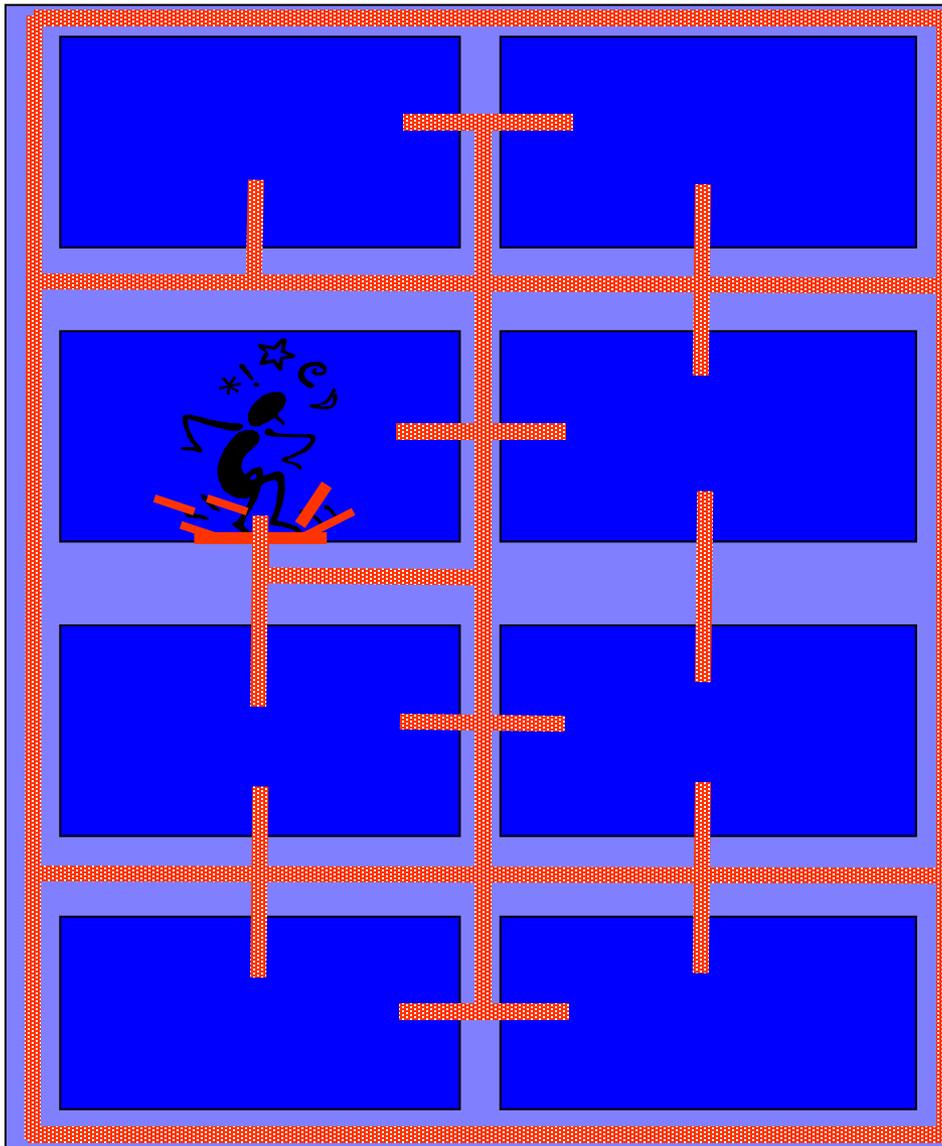
Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici  
**D.P.C.M. 5/12/97**

Categorie	Valori massimi del livello di rumore di calpestio trasmesso $L'_{nw}$
1. A-C	63
2. D-E	58
3. B-F-G	55

## Classificazione degli ambienti abitativi

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;  
 Categoria B: edifici adibiti ad uffici o assimilabili;  
 Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;  
 Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;  
 Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastica a tutti i livelli e assimilabili;  
 Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;  
 Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

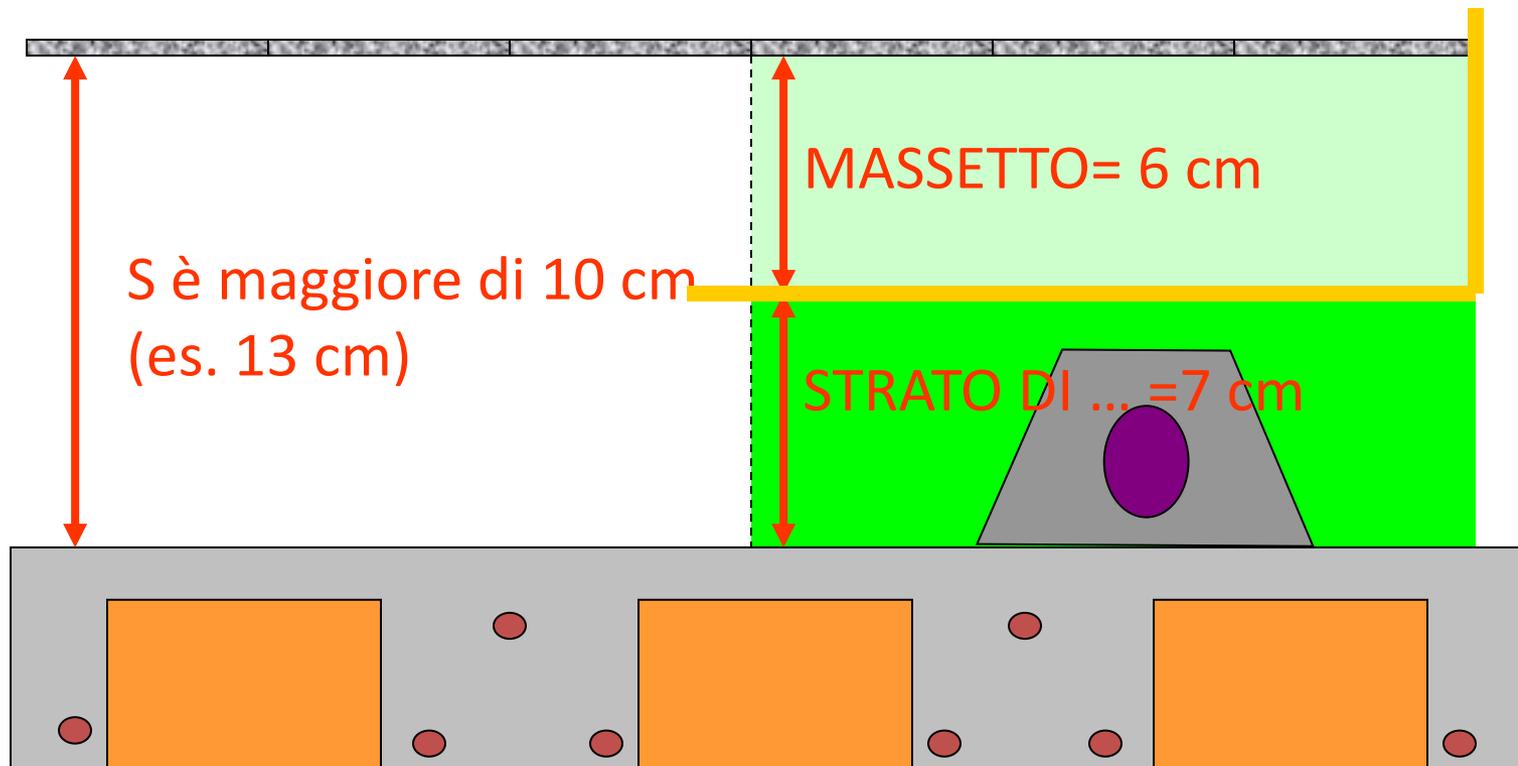




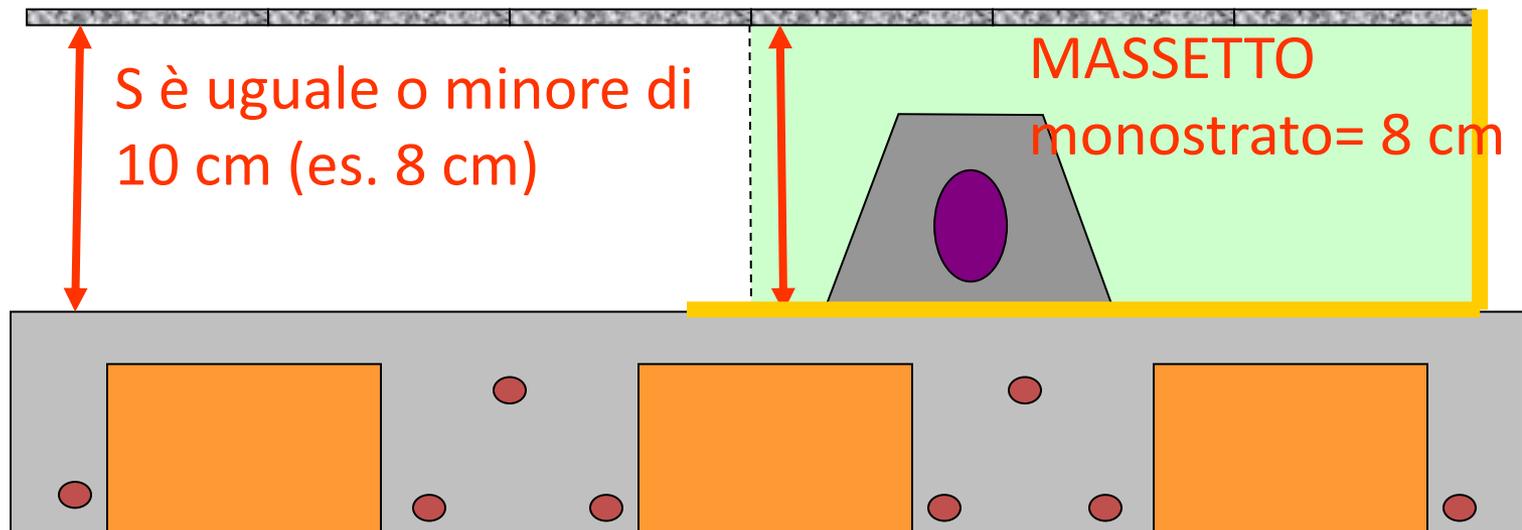
Un Concetto che vale sia nella Nuova Costruzione e soprattutto nella Ristrutturazione.

Le vibrazioni si trasmettono attraverso la struttura provocando rumore negli ambienti sovrastanti, sottostanti e adiacenti.

## SOTTOFONDO BISTRATO SE ...



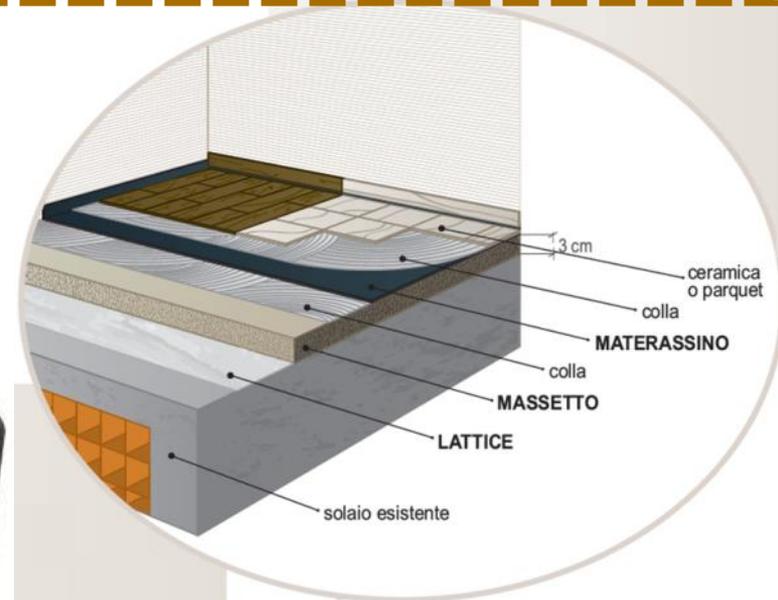
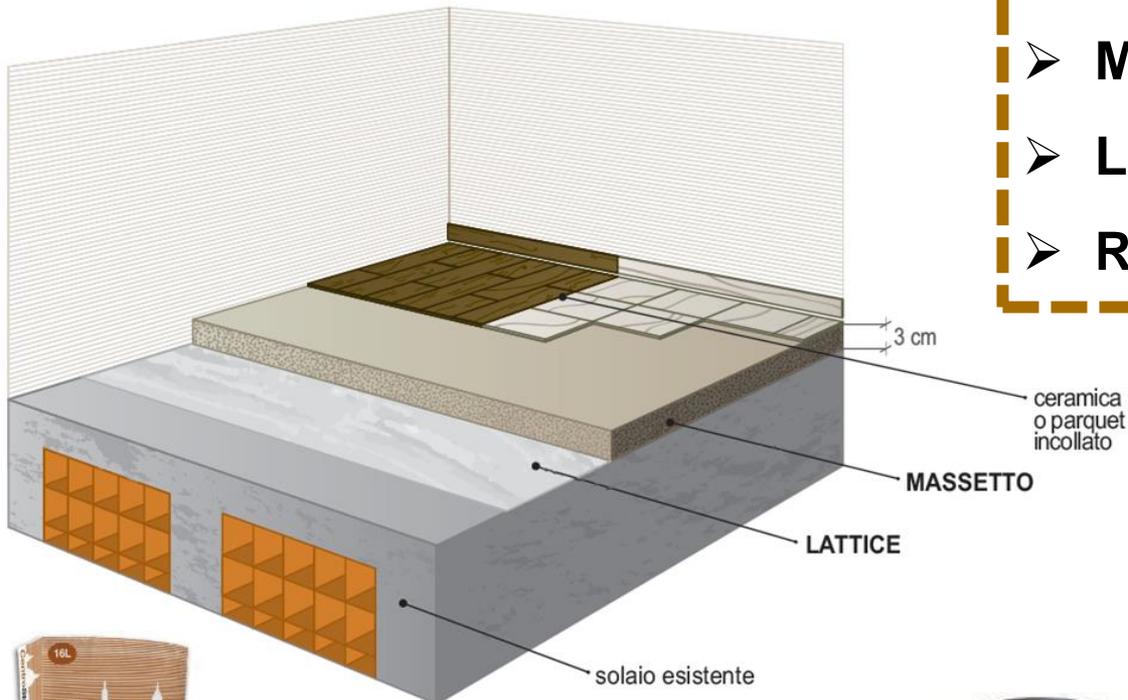
## SOTTOFONDO MONOSTRATO SE ...



## *CASO A BASSO SPESSORE*

## Sistema Monostrato. Basso spessore senza consolidamento del solaio

- Basso spessore → 3 cm
- Monostrato
- Leggerezza → 38 kg/m<sup>2</sup>
- Risanamento acustico → 9 dB



## Massetto CentroStorico

**Massetto leggero fibrorinforzato**  
(con fibre polimeriche) premiscelato  
per bassi spessori e a rapida  
asciugatura



- ▶ **LEGGERO** ————  $\left\{ \begin{array}{l} \text{ca. } 1.250 \text{ kg/m}^3 \\ \text{ca. } 37 \text{ kg/m}^2 \text{ sp. } 3 \text{ cm} \end{array} \right.$
- ▶ **FIBRORINFORZATO**
- ▶ **PER BASSI SPESSORI** ———— 3 cm (con Lattice)
- ▶ **ISOLANTE**
- ▶ **RESISTENTE** ————  $180 \text{ kg/cm}^2$
- ▶ **A RAPIDA ASCIUGATURA** ————  $\left\{ \begin{array}{l} \text{parquet dopo } 5 \text{ gg (3 cm)} \\ \text{ceramica dopo } 36 \text{ h} \end{array} \right.$
- ▶ **PRATICO DA MOVIMENTARE** ———— sacco leggero  
ca. 18 kg (16 L)



## La Famiglia dei Massetti alleggeriti



### IL PIU' RESISTENTE

Leggero: 1250 kg/m<sup>3</sup>  
Conduc.: 0,31 W/mK  
Resistente: 180 kg/cm<sup>2</sup>  
Asciutto: 5gg (sp 33 cm)

### IL PIU' RAPIDO

Leggero: 1200 kg/m<sup>3</sup>  
Conduc.: 0,29 W/mK  
Resistente: 160 kg/cm<sup>2</sup>  
Asciutto: 7gg (sp 5 cm)

### IL PIU' ANTI-RITIRO

Densità: 1050 kg/m<sup>3</sup>  
Conduc.: 0,26 W/mK  
Resistenza: 150 kg/cm<sup>2</sup>  
Asciutto: 35gg (sp 5 cm)

### IL PIU' VERSATILE

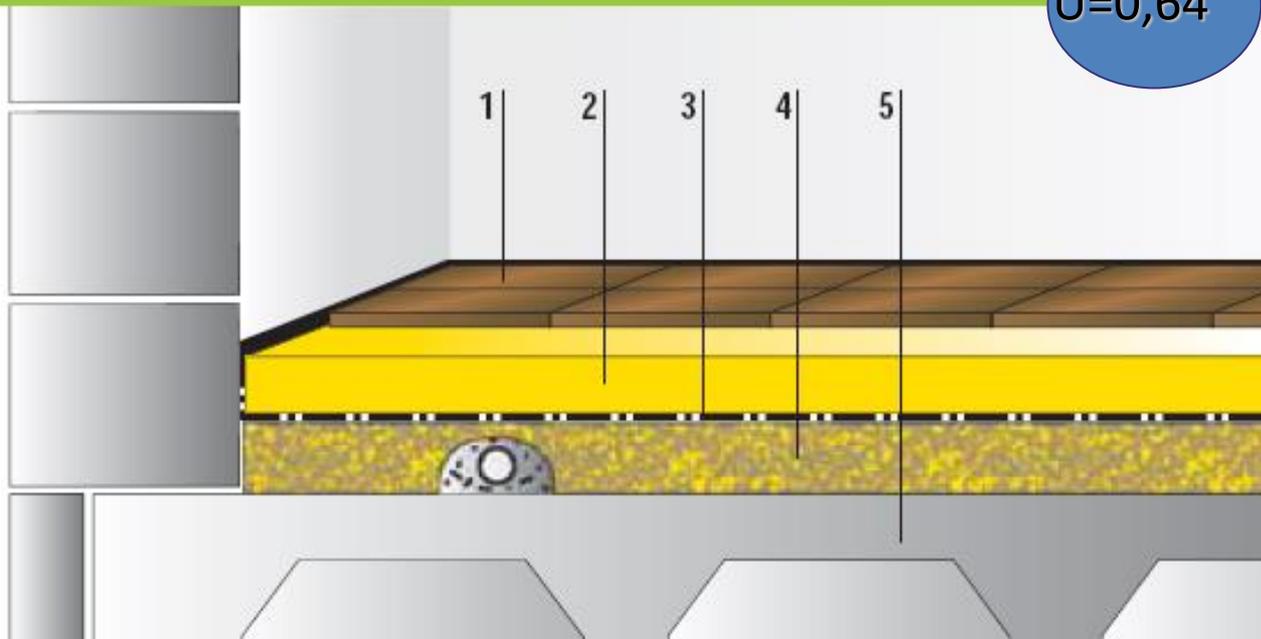
Densità: 1000 kg/m<sup>3</sup>  
Conduc.: 0,25 W/mK  
Resistenza: 90 kg/cm<sup>2</sup>  
Per ceramiche/esterni

## *CASO AD ALTO SPESSORE*

## Caso 1 : sottofondo sp. > 10 cm

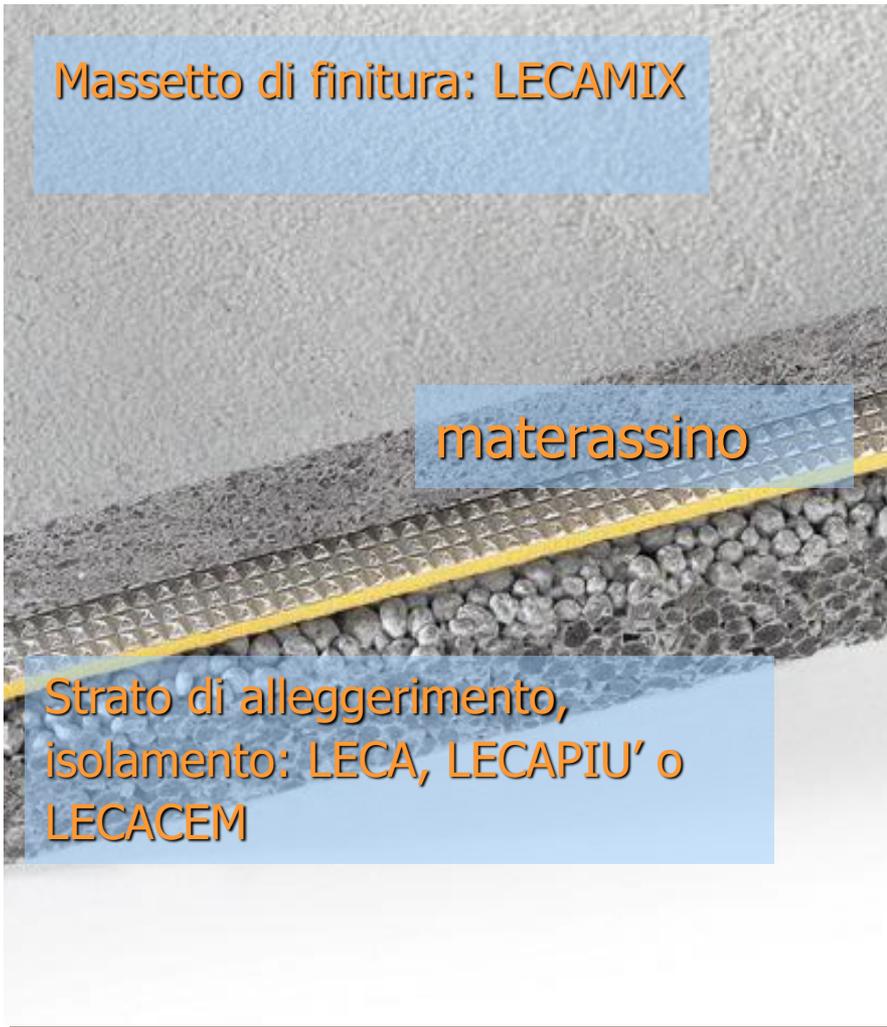
- 1 Pavimento in parquet (sp. 1 cm)
- 2 Massetto di finitura in Lecamix Fast (sp. 6 cm)
- 3 Materassino acustico anticalpestio Calpestop Super 5 (sp. 0,5 cm)
- 4 Sottofondo alleggerito in Lecacem Classic/Mini (sp. 7 cm)
- 5 Solaio in laterocemento (20 + 4 cm) con intonaco tradizionale (sp. 1,5 cm)

$U=0,64$



**LECACEM  
+ LECAMIX**

LA SOLUZIONE  
BISTRATO NEGLI  
ABITUALI SPESSORI!



## Prodotti

### Massetti Alleggeriti premiscelati: densità ca. 1000 Kg/mc

#### 1. PREPARAZIONE DELL'IMPASTO

Impastare con ca. 2,0 L di acqua pulita per sacco (per betoniera a bicchiere non caricare oltre il 60% della capacità nominale, introdurre prima una buona parte dell'acqua e poi il prodotto con la restante acqua);

Miscelare



Betoniera a bicchiere



Mescolatore planetario



Impastatrice a coclea



Pompa pneumatica per sottofondi



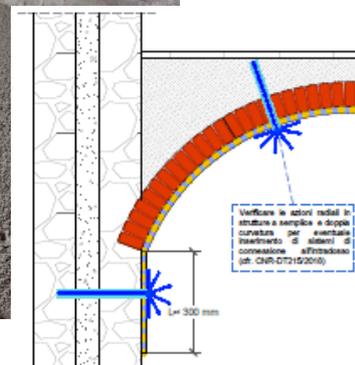
Miscelatore in continuo



# COME SI FACEVA.....



# Interventi negli edifici in muratura



16L

**BETONCINO**  
STRUTTURALE NHL

Predotato a base di calce idraulica naturale per il consolidamento di strutture in muratura e archi-v

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

24L

**SOTTOFONDO**  
LEGGERO NHL

Predotato a base di calce idraulica naturale per riempimenti anche ad alto spessore di volte

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

16L

**MASSETTO**  
LEGGERO NHL

Predotato a base di calce idraulica naturale per strati di finitura in interni ed esterni

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare

**MASSETTO** LEGGERO NHL



## Riempimento di volte



## I Sottofondi Premiscelati Laterlite



### PER SOTTOFONDI I AD ALTA RESISTENZA

A grana fine

Leggero:  $650 \text{ kg/m}^3$

Conduc.:  $0,142 \text{ W/mK}$

Resistente:  $70 \text{ kg/cm}^2$



### PER SOTTOFONDI IN COPERTURA E CON PANNELLI RADIANTI

A grana fine

Leggero:  $600 \text{ kg/m}^3$

Conduc.:  $0,142 \text{ W/mK}$

Resistente:  $50 \text{ kg/cm}^2$



### PER I SOTTOFONDI CONTROTERRA E DI ALTO SPESSORE

A grana grossa

Leggero:  $600 \text{ kg/m}^3$

Conduc.:  $0,126 \text{ W/mK}$

Resistente:  $10 \text{ kg/cm}^2$



### PER TUTTI I SOTTOFONDI ED ALLEGGERIMENTI

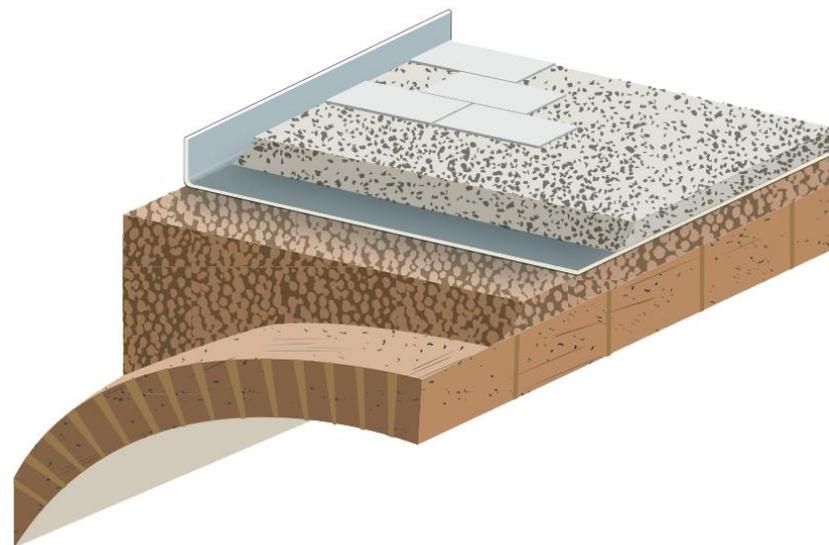
A grana media

Leggero:  $450 \text{ kg/m}^3$

Conduc.:  $0,134 \text{ W/mK}$

Resistente:  $25 \text{ kg/cm}^2$

## I Sottofondi Predosati



### PER SOTTOFONDI IN CALCE

A grana fine

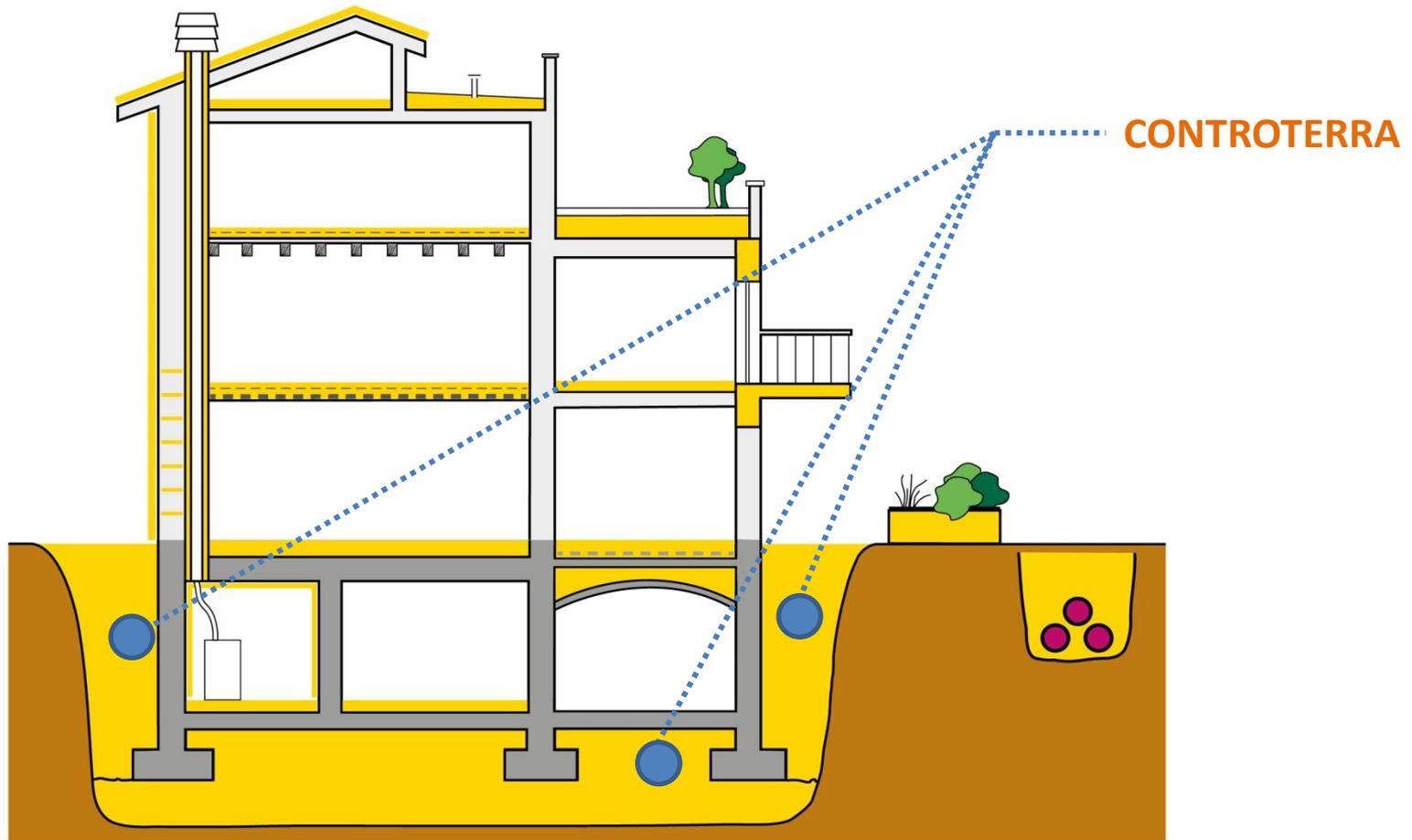
Leggero:  $700 \text{ kg/m}^3$

Conduc.:  $0,19 \text{ W/mK}$

Resistente:  $20 \text{ kg/cm}^2$

# L'INVOLUCRO EDILIZIO

## ISOLAMENTO TERMICO CONTROTERRA



# ARGILLA ESPASA LECA

## LEGGERO

È 4-5 volte più leggero rispetto agli aggregati tradizionali.

## RESISTENTE

Grazie alla scorza esterna, compatta e indeformabile, assicura un'ottima **resistenza a compressione**. È impiegato per **riempimenti e isolamenti** nel settore edile ma anche per applicazioni stradali e geotecniche.

## DURABILE

L'argilla espansa è **inalterabile e resistente nel tempo**: non necessita di manutenzione.

## RICICLABILE

L'argilla espansa è **riciclabile e riusabile 100%**: non si degrada neanche sotto l'azione chimica o sottoposta al gelo mantenendo inalterate nel tempo le proprie caratteristiche tecniche.

## RESISTENTE AL FUOCO

È classificato come materiale incombustibile, **norma Classe A1**. Non ha quindi reazione con il fuoco, non emette gas o fumi, mantiene le proprie caratteristiche fisiche e resistenza meccanica anche negli incendi più disastrosi. È **praticamente indistruttibile**.

## NEI CALCESTRUZZI

Quando viene impiegato come aggregato nel calcestruzzo, il Leca **riduce il peso** del conglomerato anche del **50%** senza comprometterne la resistenza.

## ISOLAMENTO TERMICO

L'argilla espansa è nota nel mercato per le ottime prestazioni di isolamento termico, sia applicata sfusa che all'interno di conglomerati quali sottofondi, massetti, calcestruzzi e malte. Il **comfort termico estivo e invernale** è sempre assicurato.

## ISOLAMENTO ACUSTICO

Il Leca contribuisce all'isolamento acustico in varie tipologie di applicazioni, sia in **elementi di facciata** che all'interno degli edifici.

## INALTERABILE NEL TEMPO

L'argilla espansa è **chimicamente inerte**, non emette silice libera, sostanze fibrose, gas Radon o nocivi.

## PROTEGGE L'AMBIENTE

Il Leca è **stabile e non reattivo**, non rilasciando alcuna sostanza nociva anche quando a diretto contatto con il terreno, acqua, non emette VOC o altre sostanze pericolose. È **compatibile con l'ambiente e la salute delle persone**.

## IDEALE PER TUTTI I CLIMI

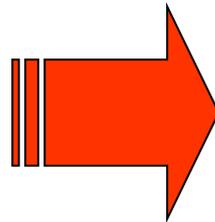
Grazie all'unicità di caratteristiche, è un aggregato **non reattivo, resistente, isolante, incombustibile**: è ideale per applicazioni in tutte le condizioni ambientali, **proteggendo dal caldo e dal freddo** negli inverni più severi.

## CONTROLLA LE PIOGGE

Assicura il **drenaggio dell'acqua** grazie a circa il **50% di vuoti d'aria** tra granulo e granulo. È ideale per impieghi in ambienti urbani e per controllare le forti piogge.







# L'INVOLUCRO EDILIZIO: CONTROTERRA

## ISOLAMENTO TERMICO CONTROTERRA

TRASMITTANZE TERMICHE U (W/m<sup>2</sup>K) PER NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO

Zona Climatica	Strutture opache orizzontali di pavimento e <b>CONTRO TERRA</b> , verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati	
	2015*	2019/2021**
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

# L'INVOLUCRO EDILIZIO:

Autostrada A1 Variante di Valico: Rilevati leggeri in "Terra Armata"



Autostrada A1 Variante di Valico: Rilevati leggeri in "Terra Armata"

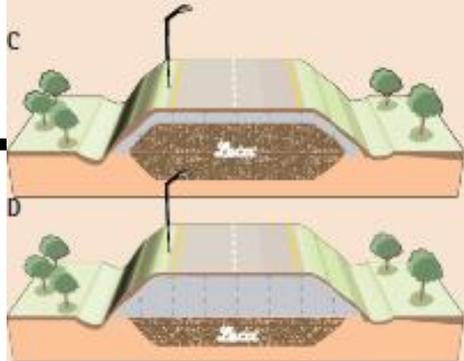


Figure C e D: rilevati alleggeriti in argilla espansa Leca compensati.

## VERIFICHE ALLO SPROFONDAMENTO

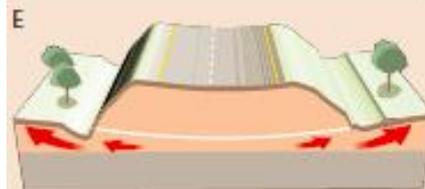
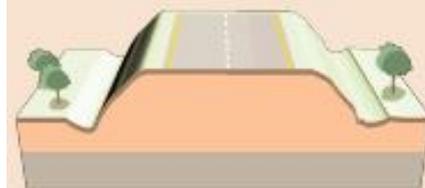


Figure E: stato limite ultimo per estrusione del terreno di fondazione.

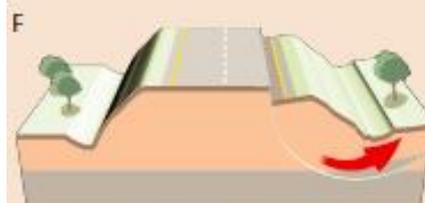
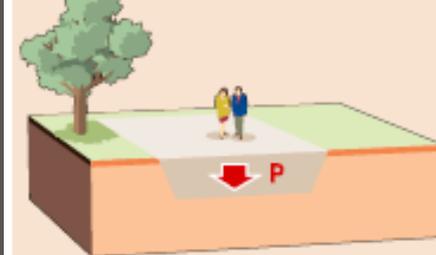


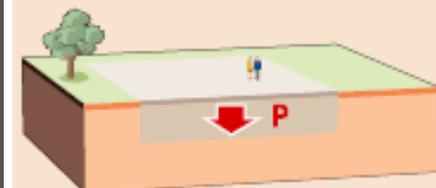
Figure F: stato limite ultimo per rottura globale del sistema rilevato-fondazione.



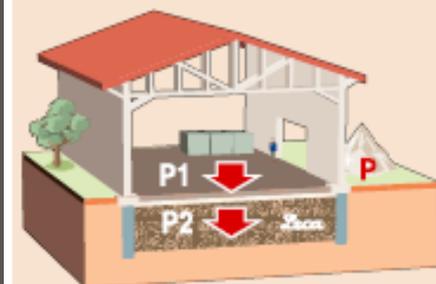
$$P = P_1 + P_2$$



Il principio della compensazione consiste nel sostituire una massa di terreno naturale con una massa equivalente pari al peso della nuova costruzione più il peso della fondazione in Leca.



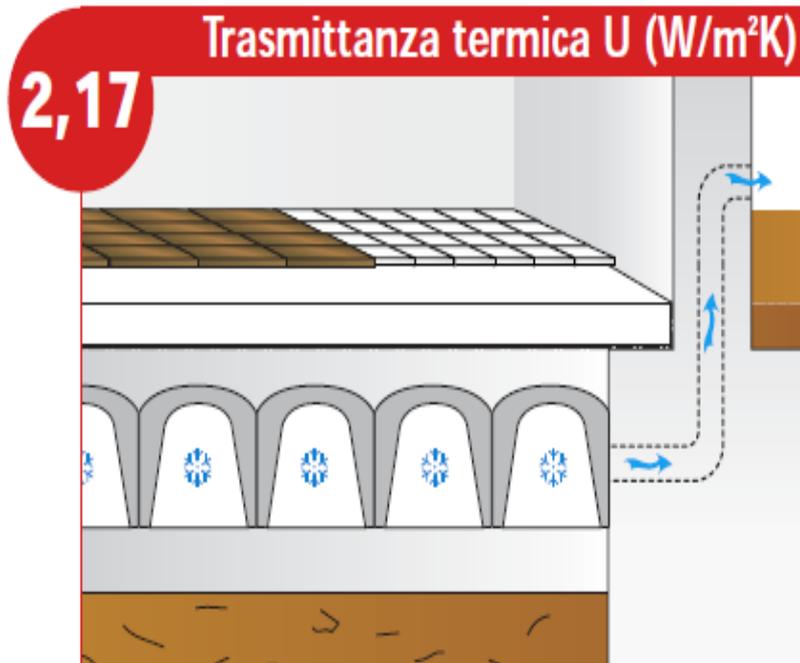
$$P = P_1 + P_2$$



Se i parametri di progetto lo consentono la fon-

**ARGILLA ESPANSA**  
**ESPERIENZA**  
**NASCE DALLA GEOTECNICA**

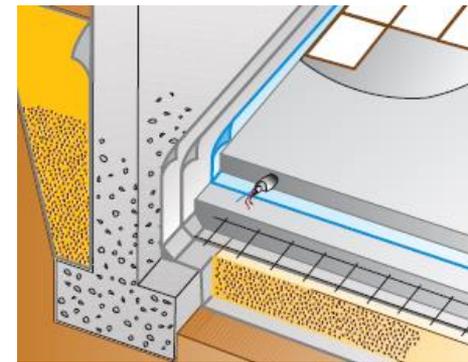
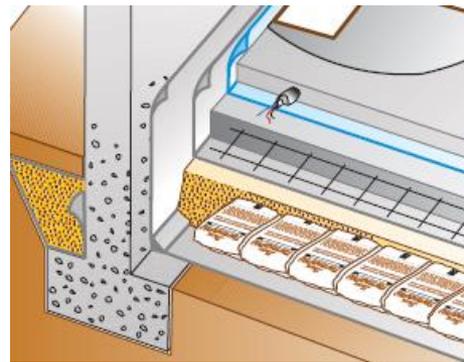
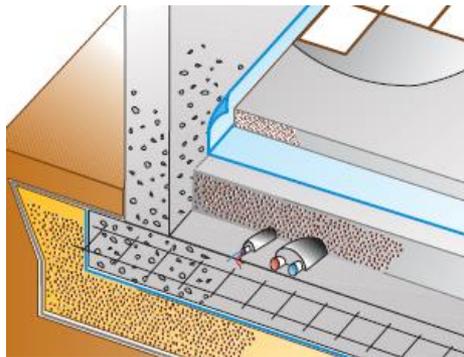
- Casseri areati tipo igloo

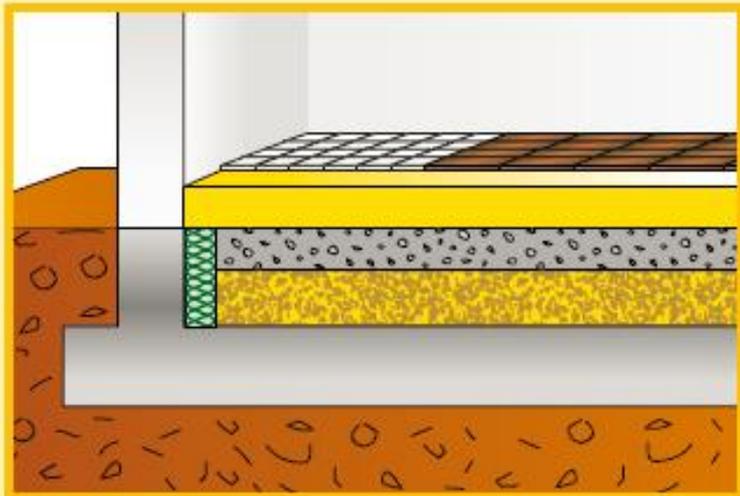


ALTERNATIVA  
VESPAIO IN GIAIA  
O PANNELLO ISOLANTE

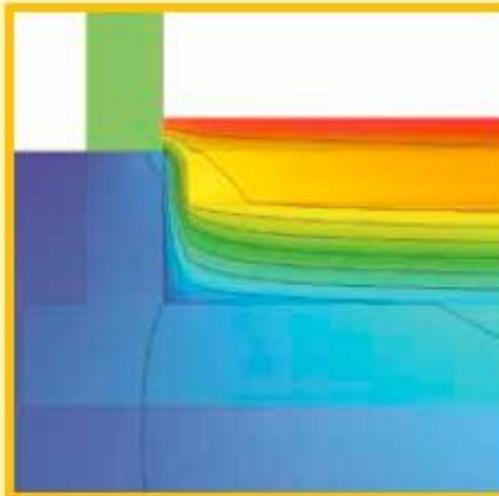
Casseri areati tipo igloo+isolante

# LA SOLUZIONE

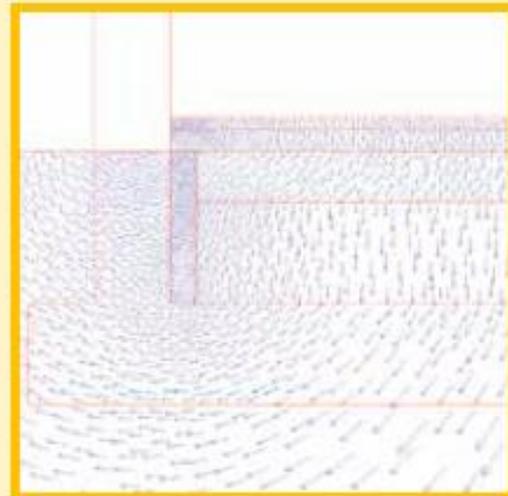




Stratigrafia soluzione.



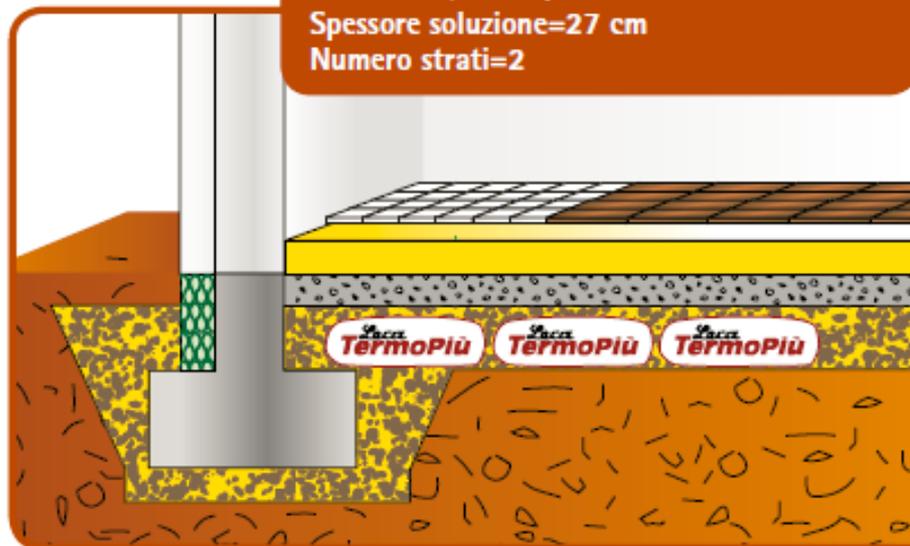
Andamento delle isoterme.



Direzione del flusso termico.

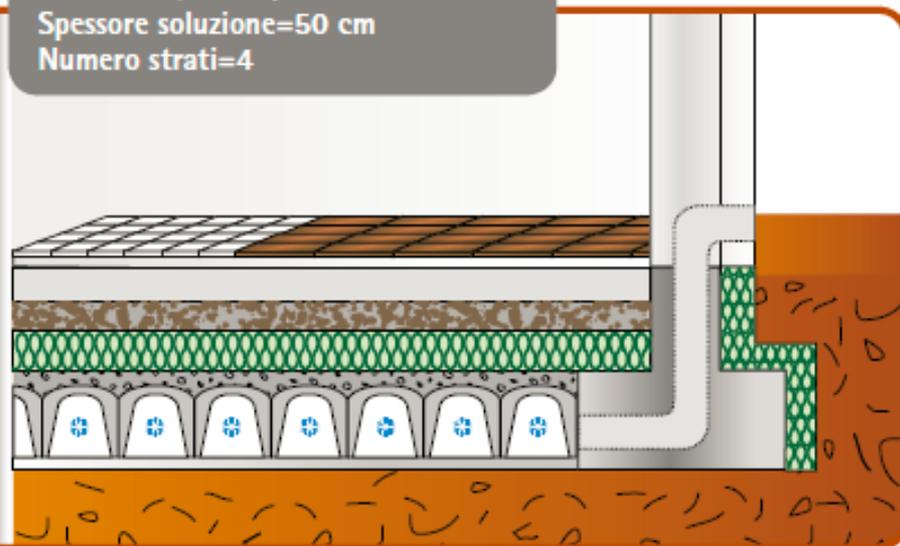
### VESPAIO ISOLATO LECA TERMOPIÙ

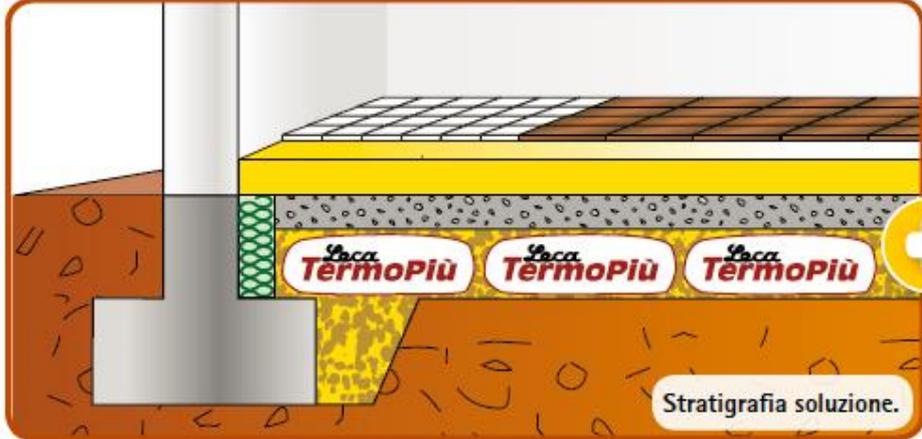
$U_{corretta}=0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Spessore soluzione=27 cm  
 Numero strati=2



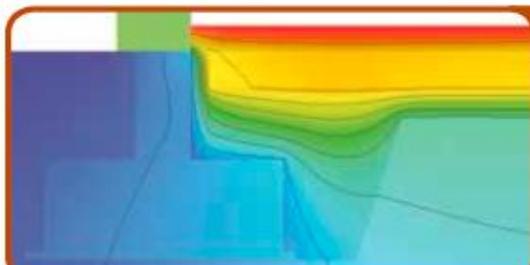
### CASSERI TIPO IGLOO

$U_{corretta}=0,294 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Spessore soluzione=50 cm  
 Numero strati=4

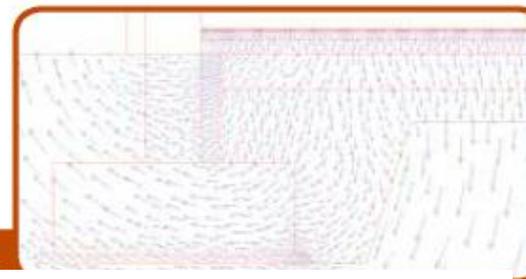




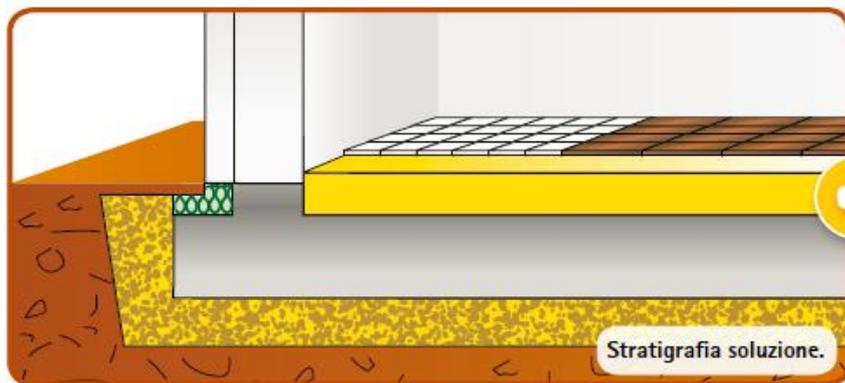
Leca TermoPiù	U [W/m²K]	U corretta [W/m²K]	ψ coeff. ponte termico [W/mK]
sp. 17 cm (sacco e sfuso)	0,232	0,184	-0,138
sp. 30 cm (sfuso)	0,174	0,161	-0,037
sp. 40 cm (sfuso)	0,146	0,144	-0,009



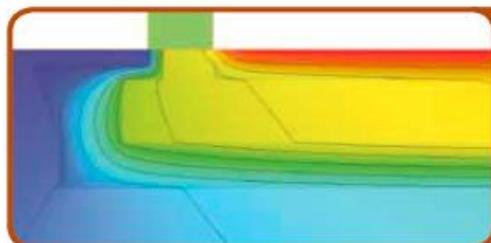
Andamento delle isoterme.



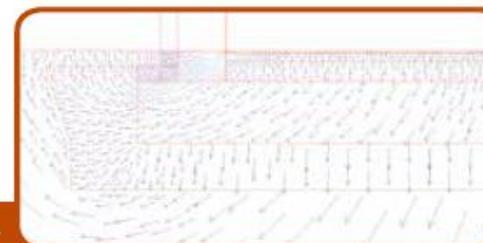
Direzione del flusso termico.



Leca TermoPiù	U [W/m²K]	U corretta [W/m²K]	ψ coeff. ponte termico [W/mK]
sp. 30 cm (sfuso)	0,171	0,197	0,070
sp. 40 cm (sfuso)	0,143	0,180	0,099



Andamento delle isoterme.



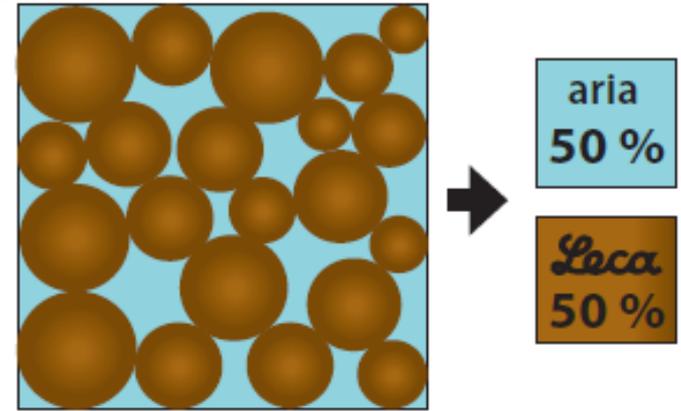
Direzione del flusso termico.



## CARATTERISTICHE TECNICHE

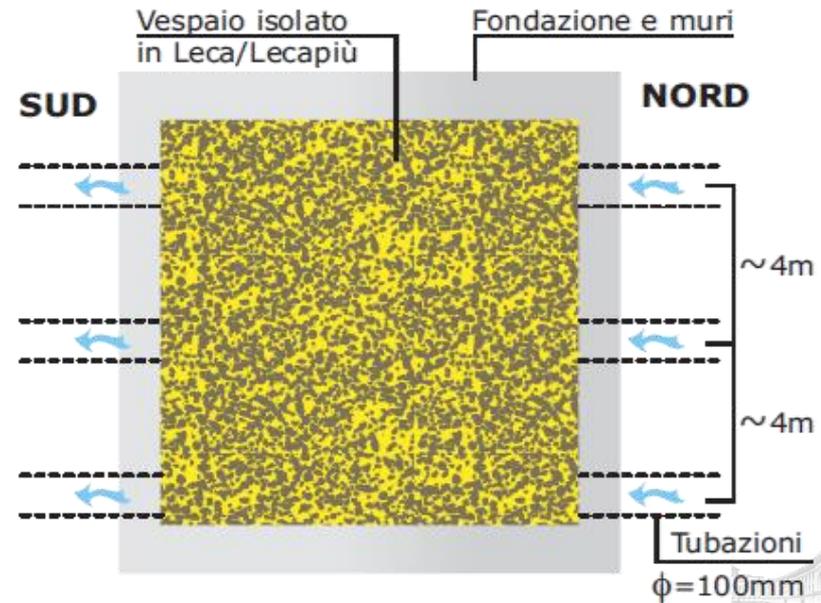
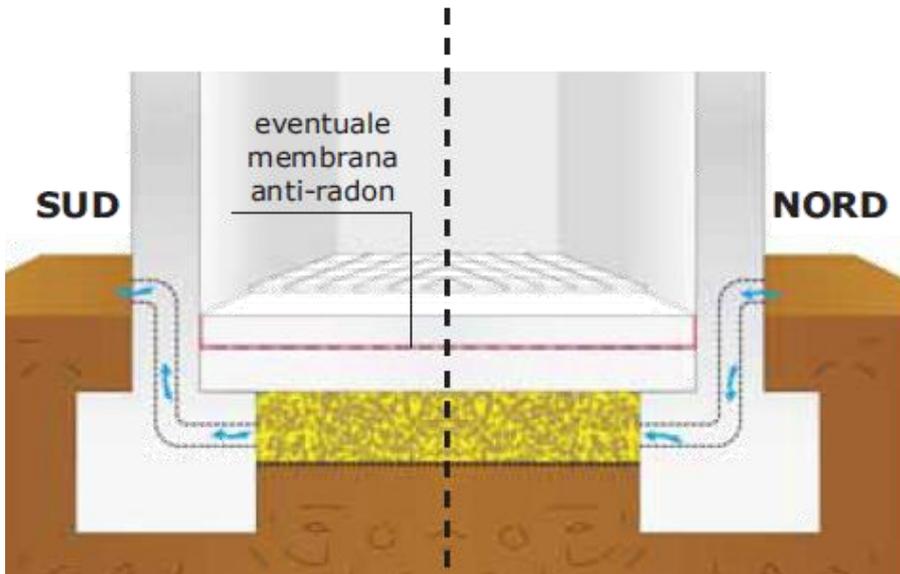
Dimensione dei granulo	10-20 mm
Assorbimento di umidità per capillarità	Antirisalita ( $\leq 3$ cm)
Conducibilità termica $\lambda$	0,09 W/mK
Densità in mucchio, materiale sfuso*	300 kg/m <sup>3</sup> ca.
Addensamento in opera (materiale compattato)	$\leq 10\%$
Peso in opera	330 kg/m <sup>3</sup> ca.
Resistenza a rottura dei granuli alla frantumazione	$\geq 1,0$ N/mm <sup>2</sup>
Carico ammissibile distribuito	100.000 N/mm <sup>2</sup> (100 Kn/mm <sup>2</sup> , 10.000 Kg/cm <sup>2</sup> )
Prove su piastra	100 Kn/mm <sup>2</sup>
Angolo di attrito	$\geq 40^\circ$
Porosità e drenabilità	Elevata, ~ 50% tra granulo e granulo
Resistenza al gelo e disgelo	Non gelivo
Durabilità e riusabilità	Inalterabile nel tempo e riusabile interamente
Ecobiocompatibilità	Certificato ANAB-ICEA per la Bioarchitettura
Fattore di resistenza al vapore d'acqua	$\mu=2$ (campo secco)
Permeabilità al vapore	$\delta = 96,5 \cdot 10^{-12}$ kg/msPa
Capacità termica specifica Cp	1000
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (incombustibile)
Dimensione del sacco	ca. 70 x 48 x 17 (largh x lungh x alt) ca. 3 sacchi/m <sup>2</sup>
Confezione	In sacchi da 50 litri/cad, su bancale in legno a perdere da 75 sacchi pari a 3,75 m <sup>3</sup> di prodotto (su richiesta 35 sacchi: m <sup>3</sup> 1,75). In big-bag da 1,0-1,5-2 m <sup>3</sup> Pompato sfuso con autotreno cisternato. Sfuso con autotreno ribaltabile.

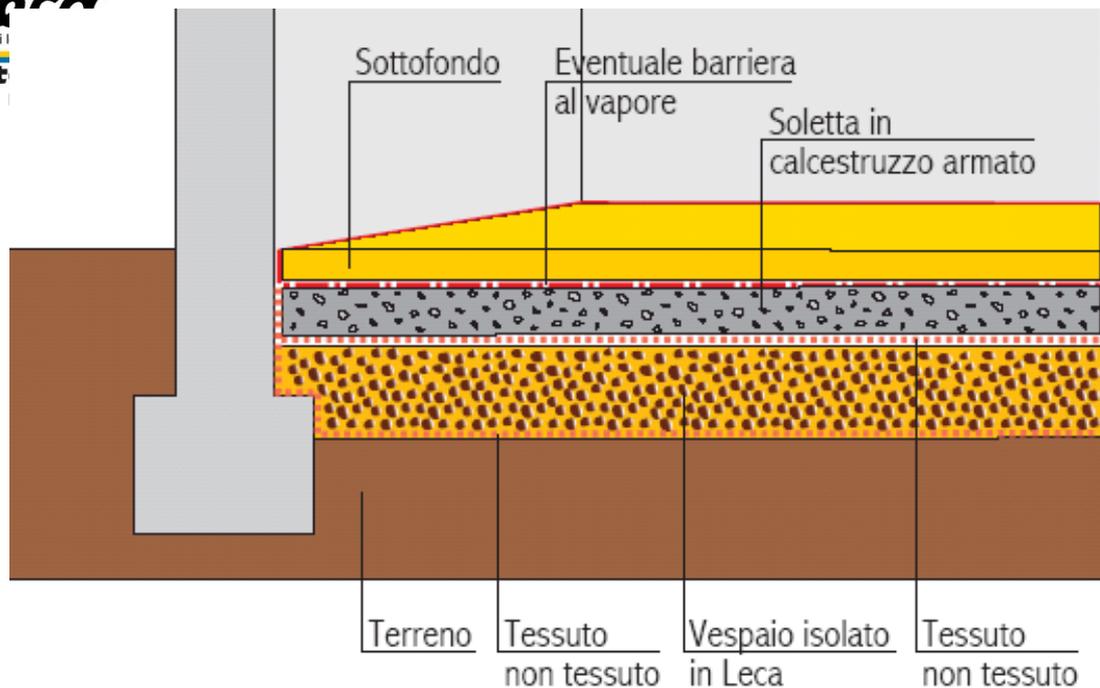
La principale funzione assoluta dal vespaio contro terra è quella di ostacolare la risalita dell'umidità per capillarità.



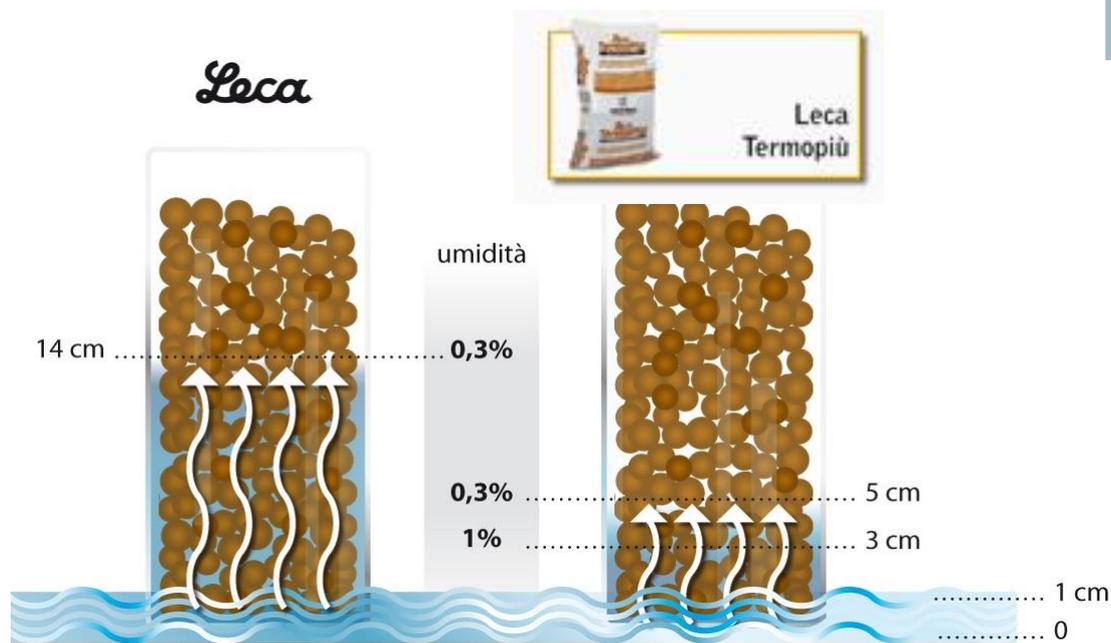
AERAZIONE: SEZIONE SCHEMATICA.

AERAZIONE: PLANIMETRIA SCHEMATICA.





Sottofondi  
controterra  
a norma di  
legge 311 e  
contro la  
risalita di  
umidità



## *Leca sfuso – Fasi operative*



### STEP 1

Pompaggio del Leca



### STEP 2

Posa del tnt

(o in alternativa una  
boiaccia)



### STEP 3

Getto in c.a.

# Soluzioni per il centro storico

## LECA IN SACCHI



LECA IN SACCHI

## EDIFICIO L'AQUILA Palazzo Nardis





LECA IN SACCHI: cantiere a Jesi

## LECA IN SACCHI

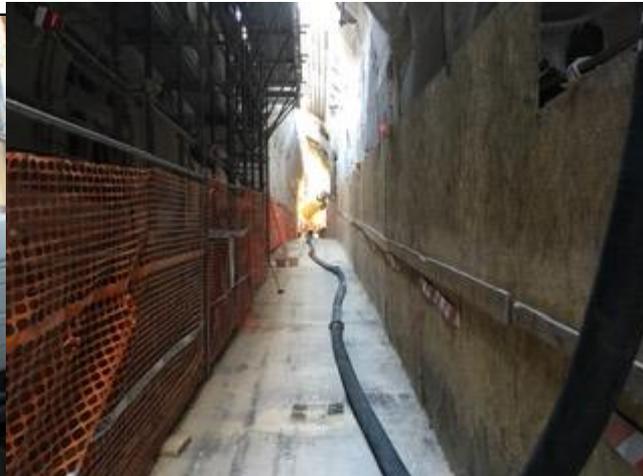




## AGGREGATO L'AQUILA: IL DUOMO







4AF6A293.txt

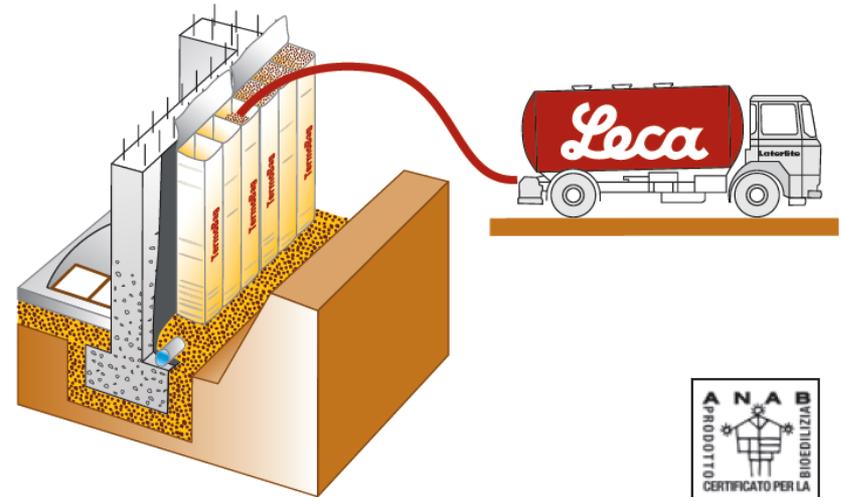
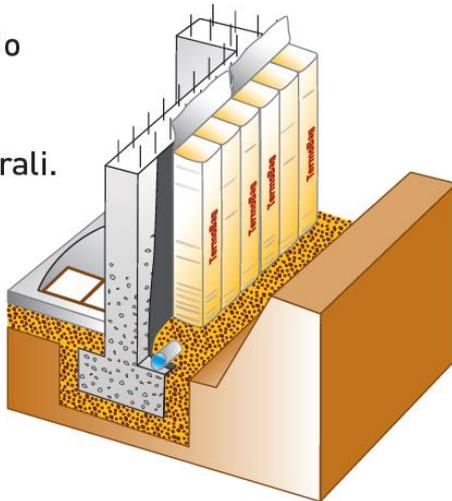
## SOTTOPLATEA CASTELPLANIO AN



**2.** Riempire TermoBag con Leca TermoPiù (pompaggio pneumatico con produttività di ca. 40 m<sup>3</sup>/h e sino a distanza di ca. 80 m).

**MODALITÀ DI MESSA IN OPERA**

**1.** Fissare in modo provvisorio TermoBag alle pareti perimetrali.





## Assistenza tecnica

GUIDA ALLE SOLUZIONI PER IL

# SUPER BONUS

# 110%

Più sicurezza e isolamento per la tua casa



**RUREGOLD**  
INNOVATION & SAFETY FOR BUILDING

CONSOLIDAMENTO  
STATICO E ANTISISMICO  
DEI SOLAI

GUIDA TECNICA 2018

Sistemi tecnici certificati  
per il recupero dei divisioni orizzontali  
nel patrimonio edilizio esistente.

CentroStorico



**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti

### → Servizi

- ✓ Scelta e definizione della migliore soluzione tecnica
- ✓ Progetto e dimensionamento del rinforzo
- ✓ DWG
- ✓ Voci di capitolato e analisi prezzi
- ✓ Supporto normativo e legislativo
- ✓ Certificazione delle soluzioni

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

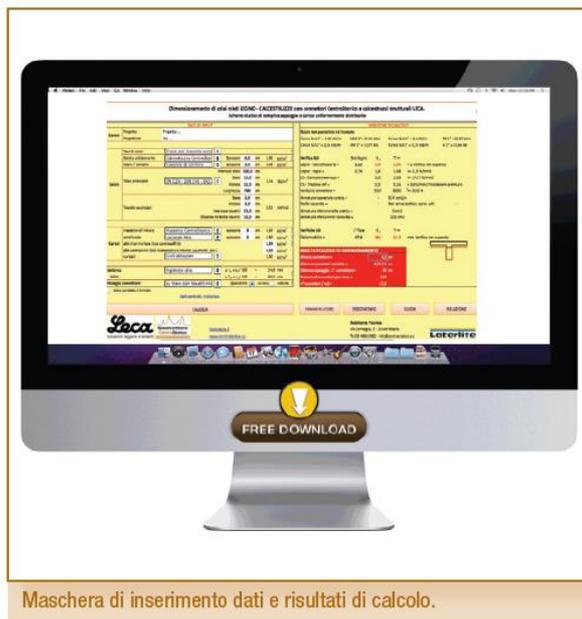
[www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu)

# Assistenza tecnica

[infoleca@leca.it](mailto:infoleca@leca.it)  
[e.vietri@leca.it](mailto:e.vietri@leca.it) 335 7456216



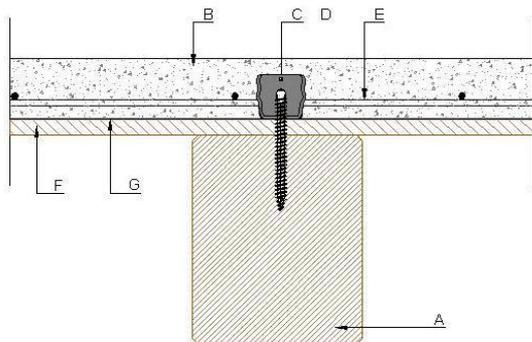
1.B FASI DI CANTIERE		RINFORZO DI TRAVI			
<p><b>PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO</b></p> <p>Asportazione del calcestruzzo ammalorato, pulizia dei ferri e applicazione del PASSIVANTE. Ripristino del calcestruzzo (copriferro) mediante malta da ripristino MX-R4 Ripristino.</p>	<p><b>APPLICAZIONE DEL SISTEMA FRM</b></p> <p>Rinforzo a flessione: posa della MATRICE INORGANICA e rete PRO-MESH/C-MESH lungo la direzione dei ferri longitudinali.</p>	<p><b>RINFORZO A FLESSIONE</b></p> <p>Calcestruzzo esistente, Scarifica del calcestruzzo, Piegola dei ferri, Applicazione del Passivante RUREGOLD, Rinforzo con il compresso con malta da ripristino.</p>	<p><b>RINFORZO A TAGLIO</b></p> <p>Rinforzo a flessione e a taglio discontinuo, Rinforzo a flessione e a taglio continuo.</p>		
<p><b>RINFORZO A TAGLIO DISCONTINUO</b></p>	<p><b>RINFORZO A TAGLIO CONTINUO</b></p>	<p><b>RINFORZO A TAGLIO</b></p> <p>Finito di matrice inorganica, Rete PRO-MESH/C-MESH, Finito di matrice inorganica.</p>	<p><b>RINFORZO A TAGLIO</b></p> <p>Finito di matrice inorganica, Rete PRO-MESH/C-MESH, Finito di matrice inorganica.</p>		
<p><b>Sistemi FRM CALCESTRUZZO</b></p> <p>RETE PBO PRO-MESH 105 + MATRICE INORGANICA MX-PBO Calcestruzzo</p> <p>RETE CARBONIO C-MESH 182 + MATRICE INORGANICA MX-C 50 Calcestruzzo</p> <p>RETE PBO-MESH 105, PBO-MESH 106, PBO-MESH 7018</p>		<p><b>APPLICAZIONE DEL SISTEMA DI RINFORZO</b></p> <p>Calcestruzzo esistente, Rete PRO-MESH/C-MESH, Malta da ripristino R4, Copriferro, Matrice inorganica, Passivante RUREGOLD.</p>			
<p>Per approfondimenti su tutti i prodotti impiegati nella tavola a fianco consultare il capitolo 6 (da pag. 142 a pag. 143).</p>		<p><b>1. PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO</b></p> <p>Asportazione dell'eventuale substrato ammalorato fino al raggiungimento dello strato di calcestruzzo con caratteristiche di buona compattezza e comunque non carbonatato, mediante sfondimento/sabbatura a cura della D.L. Rimozione della ruggine dai ferri d'armatura mediante spazzolatura (manuale o meccanica). Applicazione del PASSIVANTE RUREGOLD sui ferri di armatura esistenti e ripristino del C.S. (copriferro) con l'impiego della malta MX-R4-Ripristino.</p>		<p><b>2. APPLICAZIONE DEL RINFORZO FRM</b></p> <p>Smussare gli spigoli vivi, bagnare a rifiuto il supporto e posare il primo strato di MATRICE INORGANICA per uno spessore di 3-5 mm. Posare la rete PRO-MESH/C-MESH, avendo cura di non creare pieghe del tessuto, lungo la direzione dei ferri longitudinali (rinforzo a flessione) e perpendicolare (rinforzo a taglio). Riposare la rete con un secondo strato di MATRICE INORGANICA per uno spessore di 3-5 mm. Nel caso siano previsti più fasce di rinforzo ripetere i passi precedenti, fresco su fresco.</p>	



Maschera di inserimento dati e risultati di calcolo.

Centrosorico		
Progetto:	Progetto	Versione
Progettato:	Fig.	
<b>Dimensionamento solai misti legno-c/c con connettore CENTROSORICO - Dati</b>		
Versione secondo il D.M. 14671/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni" e ICS UNI EN 1995-1-1:2005 "Eurocodice 5- Progettazione strutturale"		
Trave principale con travetti interrotti		Trave non puntellata né trionata
Connettore Centrosorico su trave con travetti interrotti	41226 N/mm	Rigidezza ultima
Rigidezza in esercizio	15969 N	$\gamma_{M2}$ coefficiente di sicurezza
<b>Geometria</b>		
Seletta in Calcestruzzo Centrosorico	Spessore:	4
	Spessore:	100
	Spessore:	2
Cassero in travertino di cartongesso di spessore 4,2 mm/10	Intonaco:	130
Trave in legno	Spessore:	700
	Spessore:	20
Travetti	Spessore:	20
	Spessore:	30
<b>Materiali</b>		
Calcestruzzo Centrosorico	Peso specifico:	25,0
$f_{ct,d}$ a compressione:	Modulo di elasticità:	35000
Massiccio	$\gamma_{M2}$ coefficiente di sicurezza:	1,39
Legno tipo EN C24 - UNI EN 1909 - F1058/2008	Peso specifico legno:	4,1
$f_{t,d}$ a trazione:	Modulo di elasticità legno:	11000
$f_{c,d}$ a flessione:	$\gamma_{M2}$ coefficiente di sicurezza:	1,3
$f_{c,d}$ a taglio:	$K_{mod}$ coefficiente di modificazione:	0,8
	$K_{def}$ coefficiente di deformazione:	0,6
<b>Analisi dei carichi - Deformabilità</b>		
Peso proprio	2,23 kN/m <sup>2</sup>	Carico SLL 2° fase:
Altri carichi di prima fase	2,00 kN/m <sup>2</sup>	Carico SLL 2° fase:
Massiccio Massetto Centrosorico:	0,96 kN/m <sup>2</sup>	Carico SLL 1° fase:
Secofononda Saccorini M10:	0,80 kN/m <sup>2</sup>	Carico SLL 1° fase:
Altri carichi permanenti	0,00 kN/m <sup>2</sup>	Rapporto SLL/Ultimo amm. $\gamma_{M2}$
Accidenti:	2,00 kN/m <sup>2</sup>	Rapporto SLL/Ultimo amm. $\gamma_{M2}$
$\gamma_{M2}$ :	0,3	200
<b>Risultati</b>		
Connettore Centrosorico con altezza 85 mm	Connettore Centrosorico su trave con travetti interrotti	
Connettori a spessore variabile	Spessore a quarti spessori	4,0
Distanza minima connettore dall'angolo:	Spessore nella web centrale	8,0
Numero di connettori per trave:	Numero di connettori a m <sup>2</sup> :	17,8

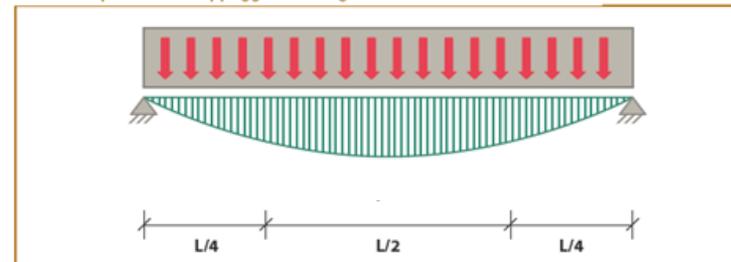
Relazione di calcolo.



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



**Centro Storico**  
Soluzioni per ristrutturare

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

**Laterlite**

*Leca*  
www.centrostorico.eu

**Centro Storico**  
Milano, 21/03/2013

Spett.le  
MAGNUM RISTRUTTURAZIONI  
PROGETTAZIONE  
Via Cavour, 100/104  
40138 Prato (PO)

**OGGETTO:** Ristrutturazione tecnica di calcolo per l'ingrandimento al piano del centro storico di Prato (PO).

**Descrizione dell'intervento**  
L'intervento di recupero prevede il nuovo collegamento di alcune parti della struttura esistente con il nuovo edificio in legno a doppio cantilever mediante noduli collaborativi in tubolare leggero adoperando "Connettori Centro Storico" di Laterlite.

**Caratteristiche tecniche**  
L'analisi di calcolo è stata effettuata con il software SAP 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008.

**Laterlite**

*Leca*  
www.centrostorico.eu

**Leca**  
**Laterlite**

Soluzioni leggere e isolanti  
Soluzioni per ristrutturare

Spett.le  
MAGNUM RISTRUTTURAZIONI  
PROGETTAZIONE  
Via Cavour, 100/104  
40138 Prato (PO)

**Descrizione dell'intervento**  
L'intervento di recupero prevede il nuovo collegamento di alcune parti della struttura esistente con il nuovo edificio in legno a doppio cantilever mediante noduli collaborativi in tubolare leggero adoperando "Connettori Centro Storico" di Laterlite.

**Caratteristiche tecniche**  
L'analisi di calcolo è stata effettuata con il software SAP 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008.

**Laterlite**

*Leca*  
www.centrostorico.eu

**Leca**  
**Laterlite**

Soluzioni leggere e isolanti  
Soluzioni per ristrutturare

Spett.le  
MAGNUM RISTRUTTURAZIONI  
PROGETTAZIONE  
Via Cavour, 100/104  
40138 Prato (PO)

**Descrizione dell'intervento**  
L'intervento di recupero prevede il nuovo collegamento di alcune parti della struttura esistente con il nuovo edificio in legno a doppio cantilever mediante noduli collaborativi in tubolare leggero adoperando "Connettori Centro Storico" di Laterlite.

**Caratteristiche tecniche**  
L'analisi di calcolo è stata effettuata con il software SAP 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008. I risultati sono stati verificati con il software ETABS 2008.

**Laterlite**

*Leca*  
www.centrostorico.eu

**Centro Storico**  
Soluzioni per ristrutturare

**Connettore Centro Storico Legno**

Dettaglio costruttivo - travetti

**Leca**

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

Il presente disegno rappresenta un esempio di dettaglio costruttivo. Per ogni intervento di ristrutturazione, il progettista deve verificare la compatibilità tra i materiali e le soluzioni proposte. Il progettista deve anche verificare la compatibilità tra i materiali e le soluzioni proposte. Il progettista deve anche verificare la compatibilità tra i materiali e le soluzioni proposte.

Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

PANNELLO  $\Phi 6/200$

CORRENTI 2  $\Phi 12$

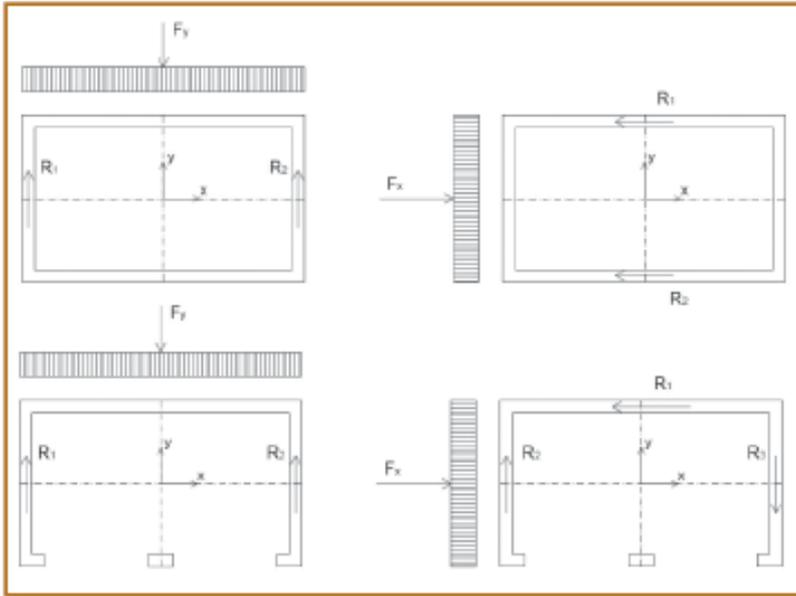
RIPARTITORI 2  $\Phi 12$

Connettore Perimetrale come spinnotto ogni 45 cm

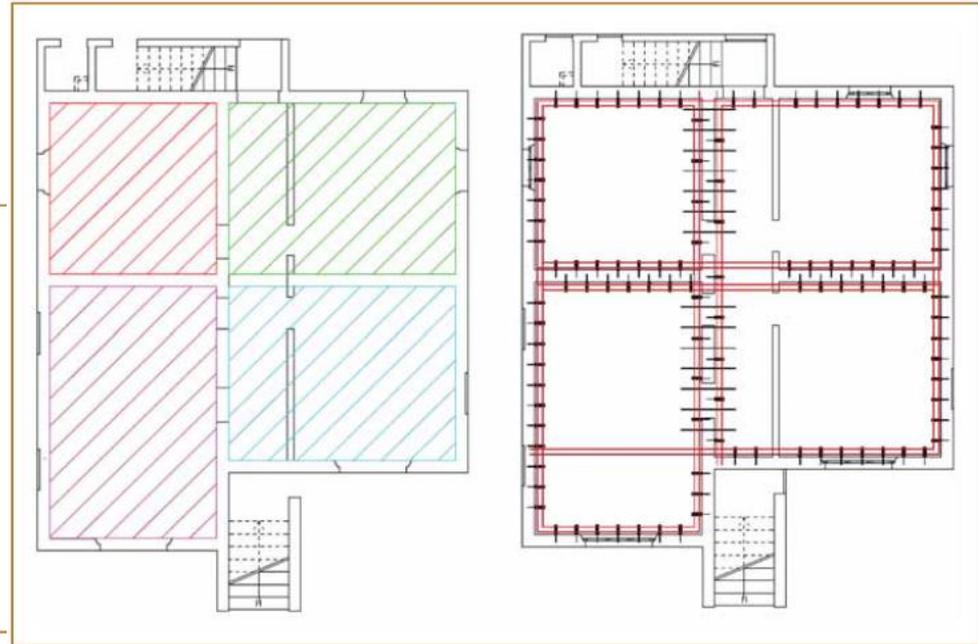
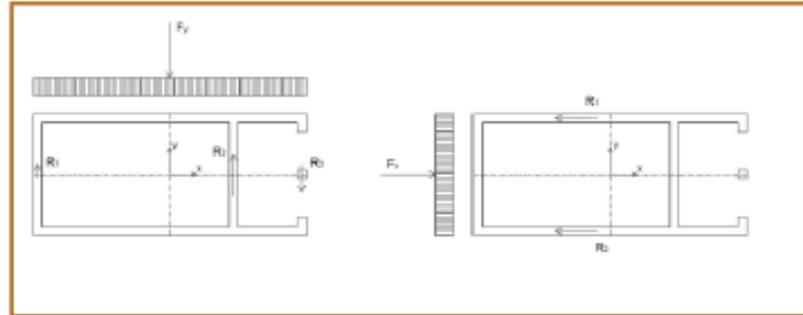
Connettore Perimetrale come tirante ogni 70 cm

# 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).



**PERIMETRO FORTE**  
DETTAGLI POSA CONNETTORE PERIMETRALE

**Dettagli Posa Connettori Perimetrali**

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

**2B - Fissaggio su solaio**  
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 travetto con viti

1. Trave in Legno  
2. Assolo/Travetto in Legno  
3. Connettore CS Legno  
4. Connettore Perimetrale CS  
5. Rete Elettrosaldata  $\phi 6/100$  mm  
6. Barre Armatura Longitudinale Perimetro Forte  
7. Getto C.S. Leggero Strutturale sp. min. consigliata 6 cm

**Connettore CentroStorico Legno**  
Elaborazione di connettori uniblocc semplice

15 cm    XX in L/4 cm    XX in L/2 cm    XX in L/4 cm    15 cm

N° totale connettori per travetto: XX

LOGGE:

Interasse: XX cm  
LARGH. LOGGE: XX cm  
N° connettori: XX

INCIDENZA: XX/90°

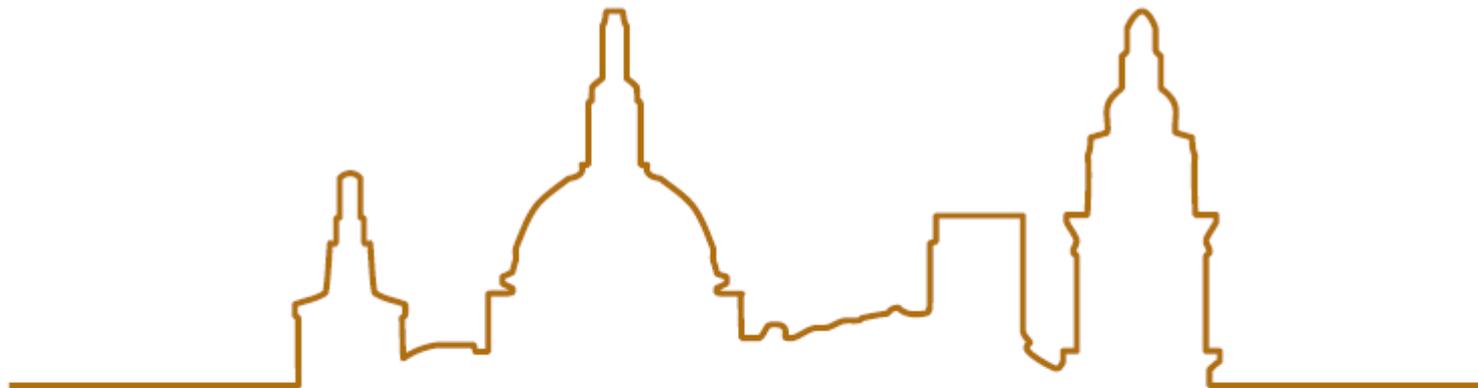
**Connettore CentroStorico Acciaio**  
Dettaglio standard

**CONNETTORE CENTROSTORICO SU PROFILO IN ACCIAIO**  
Buloni con rotelle disposti di taglio con sottobulone e pannello di rinforzo per il collegamento

1. profilo in acciaio  
2. nuovo sistema di connessione legno-legno CentroStorico  
3. connettore ALLIANCE CentroStorico Acciaio  
4. rete elettrosaldata  
5. rotelle standard  
6. appoggio semplice e sfuggimento laterale  
7. sistema di allineamento/centramento



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**.



# CentroStorico



**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare  
*Leca*

# Grazie.

*Arch. Emanuele Vietri*