

VIA  
DELL'INNOVAZIONE  
GIÀ VIA CASE VECCHIE

Nuovo sistema di  
**consolidamento solai**

**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti  
**Laterlite**

**CentroStorico**

15.00	Introduzione del Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Modena.
15.10	<b>ANALISI DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE:</b> - le tipologie di solai italiani; - obiettivi e opportunità della riqualificazione statica dei divisori orizzontali. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
15.30	<b>SISTEMI E SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO E RINFORZO DEI SOLAI ESISTENTI</b> <b>(in legno-acciaio-calcestruzzo) con la tecnica della soletta mista collaborante:</b> - interconnessione meccanica; - interconnessione chimica. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
16.00	<b>LE CARATTERISTICHE DI UN CALCESTRUZZO STRUTTURALE LEGGERO: requisiti e prestazioni.</b> Il contributo dei calcestruzzi leggeri strutturali nel miglioramento del comportamento sismico dell'edificio (studi effettuati in collaborazione con Eucentre di Pavia). <i>(Ing. M. Quaini)</i>
17.00	<i>Pausa caffè</i>
17.15	<b>LA PROGETTAZIONE E IL CALCOLO DEL CONSOLIDAMENTO:</b> - la valutazione della sicurezza sismica; - indicazioni progettuali di primo dimensionamento; - il software di calcolo; - il ruolo dei solai nella sicurezza sismica. <i>(Ing. M. Quaini)</i>
18.15	<b>SOLUZIONI E SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO IN "CENTRO STORICO":</b> - analisi delle soluzioni tecniche per il rinforzo strutturale, isolamento termico e acustico; - alleggerimento dei solai, riscaldamento a pavimento a bassi spessori, isolamento contro terra. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
19.00	<i>Termine dei lavori</i>



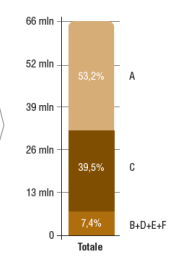
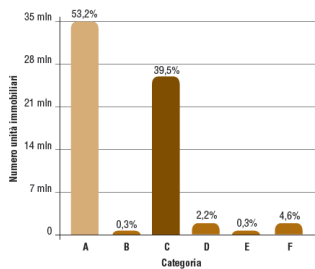


1 Il patrimonio edilizio esistente

1.1 L'analisi del patrimonio edilizio italiano

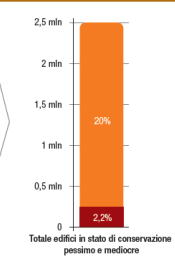
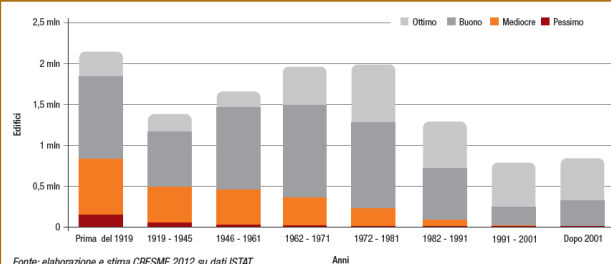
Distribuzione del patrimonio immobiliare al 31.12.12 (n° unità)

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



Fonte: statistiche catastali 2012 Agenzia delle Entrate.

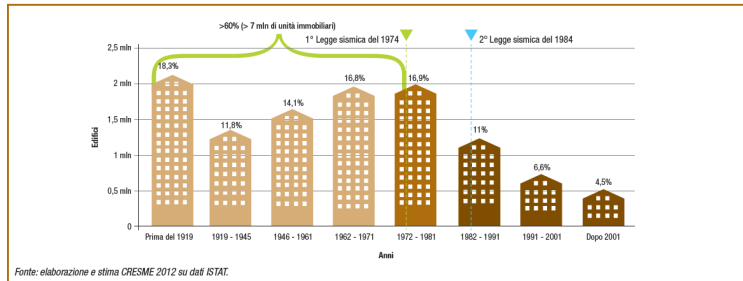
Stato di conservazione degli edifici esistenti al 31.12.12



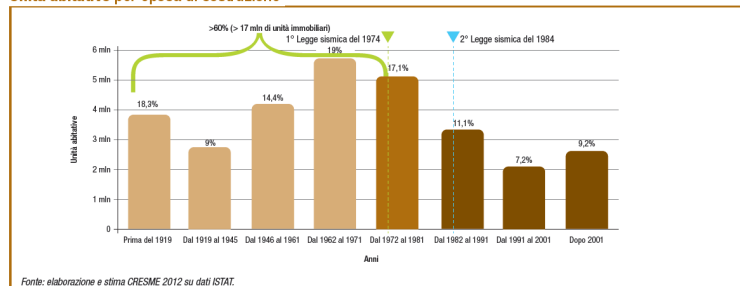
Fonte: elaborazione e stima CRESME 2012 su dati ISTAT.

1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.1 L'analisi del patrimonio edilizio italiano

Edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione



Unità abitative per epoca di costruzione



1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.1 L'analisi del patrimonio edilizio italiano



Non solo edilizia storica



1 Il patrimonio edilizio esistente

1.1 L'analisi del patrimonio edilizio italiano



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



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



I solai italiani.

1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

- 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 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in legno



Solaio a semplice orditura  
con assito in legno.



1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in legno



1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in legno



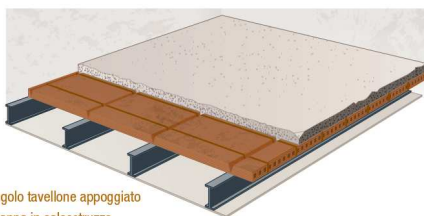
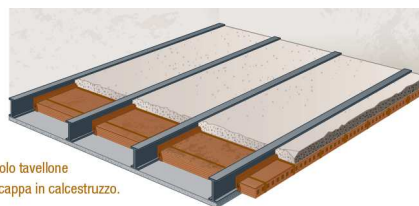
1 Il patrimonio edilizio esistente  
 1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in acciaio



1 Il patrimonio edilizio esistente  
 1.2 Le tipologie di solai italiani

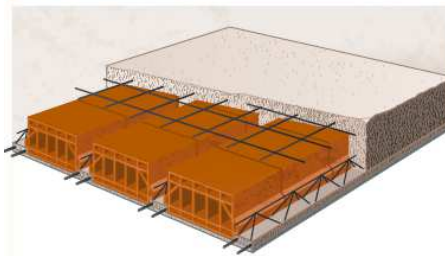
1.2.1 Solai in acciaio



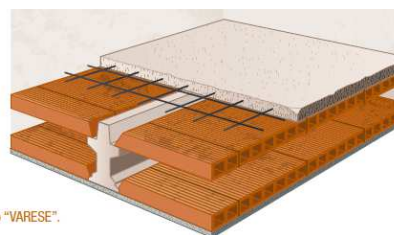
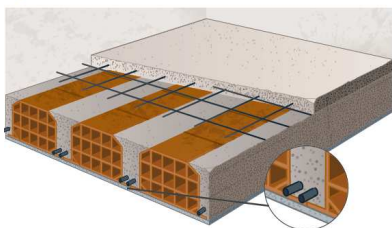
1 Il patrimonio edilizio esistente  
 1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in laterocemento

Solaio a travetti tralicciati.



Pignatte con fondello accostato.



Solaio tipo "VARESE".

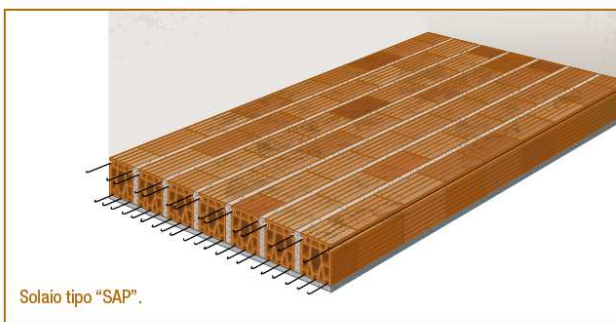


1 Il patrimonio edilizio esistente  
 1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai SAP



senza armatura provvisoria



Solaio tipo "SAP".





1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

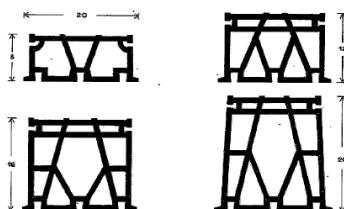
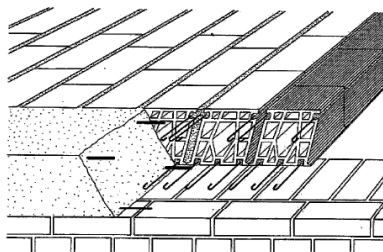
1.2.1 Solai SAP

**SOLAIO SAP – Portata sino a m 6**

Soletta costituita da travi in laterizio armato confezionate a piú 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 distanza non superiore a cm 7.

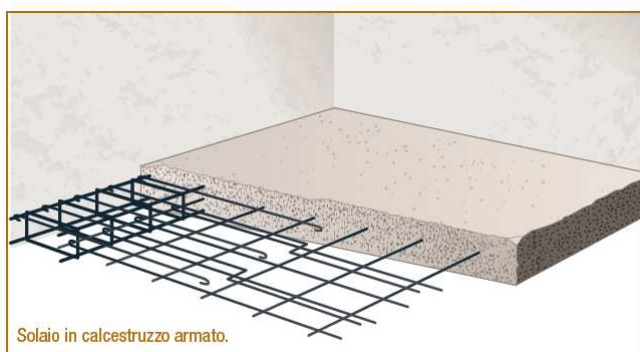
La larghezza delle travi è costantemente di cm 20. La larghezza minima dei cassetti di sigillatura tra le travi è di cm 2,5. I momenti di servizio ammissibili dedotti sperimentalmente, con coefficiente di sicurezza alla fessurazione 1,2 e coefficiente di rottura 2,5 sono riportati nella tabella.

Tipo di struttura	Peso proprio kg/m <sup>2</sup>	Momenti massimi ammessi di servizio in kg/m riferiti alla sezione di soletta larga m 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 (larghezza cm 20 (ca. max))		3 Ø 3	3 Ø 4	3 Ø 5	3 Ø 6	4 Ø 6
Categoria di servizio, minimo dell'aspettato $\alpha_s$ kg/m <sup>2</sup>		70	60	55	50	50



1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai in soletta piena

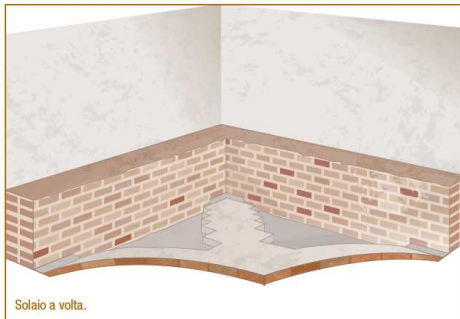


Solaio in calcestruzzo armato.



1 Il patrimonio edilizio esistente  
1.2 Le tipologie di solai italiani

1.2.1 Solai ad arco e volta



Solaio a volta.



PERCHÉ  
CONSOLIDARE

2

# Miglioramento del comportamento sismico.

2 Perché consolidare  
2.1 Miglioramento del comportamento sismico

Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano (INGV)

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

Esempio di meccanismo locale di collasso.

Meccanismo di risposta globale

NO cordolo  
Solaio deformabile

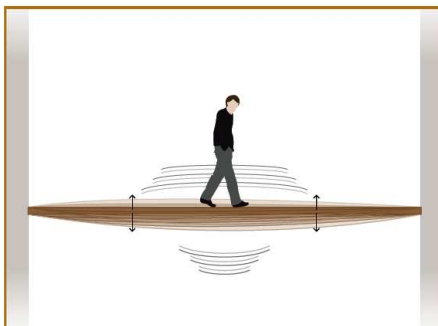
CON cordolo  
Solaio deformabile

Aumento della portata del solaio.

Miglioramento del comportamento  
flessionale del solaio.

2 Perché consolidare

## 2.3 Miglioramento del comportamento flessionale del solaio



Solaio eccessivamente deformabile, con evidenti vibrazioni provocate dal calpestio.



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

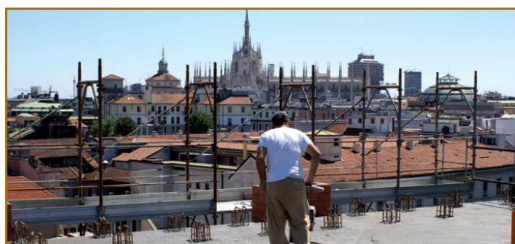


Recupero del solaio di copertura.

2 Perché consolidare

## 2.4 recupero del solaio di copertura per sopraelevazione

Aumento della capacità portante del solaio di copertura con sovraccarico minimo o senza sovraccarico.



Miglioramento delle prestazioni del divisorio.

2 Perché consolidare

## 2.5 Miglioramento delle prestazioni tecniche del divisorio orizzontale

L'intervento di consolidamento e rinforzo del solaio esistente con la tecnica della soletta collaborante produce altri significativi benefici nel comportamento del divisorio orizzontale.

**Isolamento acustico**

La formazione di una nuova soletta in calcestruzzo, abbinata ad uno **specifico materassino acustico anticalpestio** e laddove possibile ad un massetto di finitura, consente di **migliorare** sensibilmente le prestazioni di **potere fonoisolante apparente al rumore per via aerea  $R'_{w}$** , e il **livello di rumore di calpestio normalizzato per rumori trasmessi per via strutturale  $L'_{n,w}$**  (Legge n. 447 del 26/10/95 e D.P.C.M. 5/12/97).

**Isolamento termico**

L'impiego di soluzioni leggere, oltre a favorire il miglioramento del comportamento statico del rinforzo del solaio, assicurano un **aumento dell'isolamento termico del divisorio orizzontale**. Infatti i **calcestruzzi leggeri strutturali** in abbinamento a **massetti di finitura leggeri** (quando lo spessore lo consente), grazie alla **bassa conducibilità termica  $\lambda$** , contribuiscono al **miglioramento della trasmittanza termica** dell'intero divisorio orizzontale con l'obiettivo di raggiungere il requisito di Legge  **$U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$**  (D.Lgs 311/06).

**Protezione al fuoco**

La presenza di una nuova soletta in calcestruzzo favorisce un **miglior comportamento al fuoco del divisorio orizzontale**, grazie alla presenza di uno **strato pieno di materiale isolante incombustibile** (per maggiori approfondimenti contattare l'Assistenza Tecnica Laterite e scaricare la specifica documentazione su [www.leca.it](http://www.leca.it)).



2 Perché consolidare

## 2.5 Miglioramento delle prestazioni tecniche del divisorio orizzontale



LECA

13 Decreti MI.S.E. del 26.06.2015



"Requisiti minimi edifici"

"Schemi relazioni tecniche"

"Linee guida per la certificazione"



Bollettino Ufficiale n. 184 del 24.07.2015

Deliberazione della Giunta Regionale 20 Luglio 2015 n. 967

Approvazione dell'atto di coordinamento tecnico regionale per la definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici (artt. 25 e 25-bis L.R. 26/2004 e s.m.)



2 Perché consolidare

## 2.5 Miglioramento delle prestazioni tecniche del divisorio orizzontale

### La trasmittanza dei divisori interni

La Regione Emilia Romagna è molto più chiara e prevede espressamente  $U=0,8$  anche in caso di riqualificazione.



#### SEZIONE D. REQUISITI E PRESCRIZIONI SPECIFICI PER GLI EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

1. Le disposizioni della presente Sezione D. si applicano agli edifici esistenti sottoposti a interventi di riqualificazione energetica di cui alla categoria 4 dell'art. 1 del presente Allegato, aventi destinazione d'uso appartenenti alle categorie di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, fatte salve le eccezioni espressamente indicate.

#### D.1.5 TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI: PARETI DI SEPARAZIONE

- Ad eccezione della categoria E.8, il valore della trasmittanza (U) delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti, fatto salvo il rispetto del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997, recante determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, deve essere inferiore o uguale a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali, e inclinate, ed inferiore a  $2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  nel caso di chiusure trasparenti comprensive di infissi.
- Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento, sempreché questi siano adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati. I limiti di cui sopra possono essere omessi qualora tali ambienti risultino aerati tramite aperture permanenti rivolte verso l'esterno.



2 Perché consolidare

## 2.5 Miglioramento delle prestazioni tecniche del divisorio orizzontale

### Nuova Termica: Requisiti Minimi in Edilizia

#### EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO (NZEB)

La Direttiva europea 2010/31/UE (energies in Italia con la legge 90/2013) ha introdotto il concetto di edificio a energia quasi zero o NZEB, definito come un edificio ad altissima prestazione energetica.

Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ); tale concetto, ben diverso da quello di una Passiv house, è collegato ad una ottimizzazione economica (analisi costi/benefici) di cui il Decreto "Requisiti minimi" rappresenta la sintesi.

A livello nazionale, l'edificio a energia quasi zero è quello che soddisfa i requisiti "minimi" in vigore dall'1/1/2019 (1/1/2021 per edifici privati), con fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria coperti da fonti rinnovabili come previsto dal D.lgs n.28 del 3 marzo 2011.

Data di richiesta del titolo edilizio	Consumi per produzione acqua calda sanitaria (acc)	Consumi per climatizzazione invernale ed estiva e produzione acc
dal 1/1/2012 al 31/12/2013	50%	20%
dall'1/1/2014 al 31/12/2015	50%	35%
dall'1/1/2017	50%	50%

Fonte: 4/2015. Copertura dei consumi termici prodotti da fonti rinnovabili, per edifici nuovi e sottoposti a ristrutturazioni rilevanti.

**Superficie disperdente S (m<sup>2</sup>):** superficie che delimita il volume climatizzato V rispetto all'esterno, al terreno, ad ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione.

**NUOVE COSTRUZIONI**  
titolo abilitativo richiesto dopo il 1° ottobre 2015.

**EDIFICI SOTTOPOSTI A DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE**

**AMPLIAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI**

- sia in aderenza che in sopra elevazione  
- chiusura di spazi aperti (logge, porticati, etc).  
Requisiti da rispettare solo sulla nuova porzione di edificio.



**RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO**

interessano l'involucro edilizio con **S<sub>0</sub> > 50%**.  
Requisiti da applicarsi all'intero edificio.



**RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 2° LIVELLO**

interessano l'involucro edilizio con **S<sub>0</sub> > 25%**.  
Requisiti da applicarsi all'oggetto di intervento con estensione all'intera parte edilizia.



**RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE**

interessano l'involucro edilizio con **S<sub>0</sub> > 5%**.  
Requisiti da applicarsi solo all'oggetto di intervento.



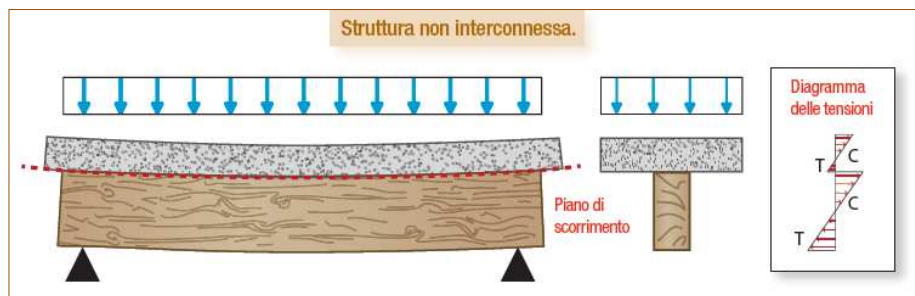




La tecnica della soletta mista  
collaborante.

3 Le soluzioni tecniche

## 3.1 La tecnica della soletta mista collaborante

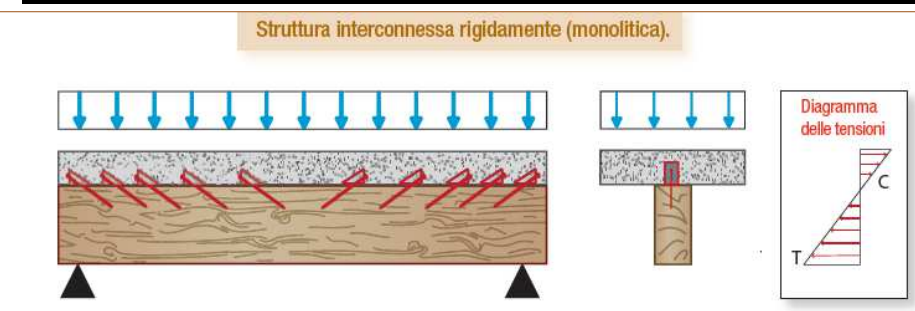


Il sistema, non assicurando l'unione tra solaio e soletta, risulta un **accoppiamento in parallelo della parte in calcestruzzo armato con la struttura esistente e conseguente scorrimento reciproco nel piano orizzontale** (la sezione ottenuta non è monolitica). La nuova soletta rappresenta un carico permanente agente sul solaio esistente.

Il solaio, seppur irrobustito dalla nuova soletta in calcestruzzo, risulta **poco rigido** e con **deformazioni** (frecce) potenzialmente **significative**.

3 Le soluzioni tecniche

## 3.1 La tecnica della soletta mista collaborante



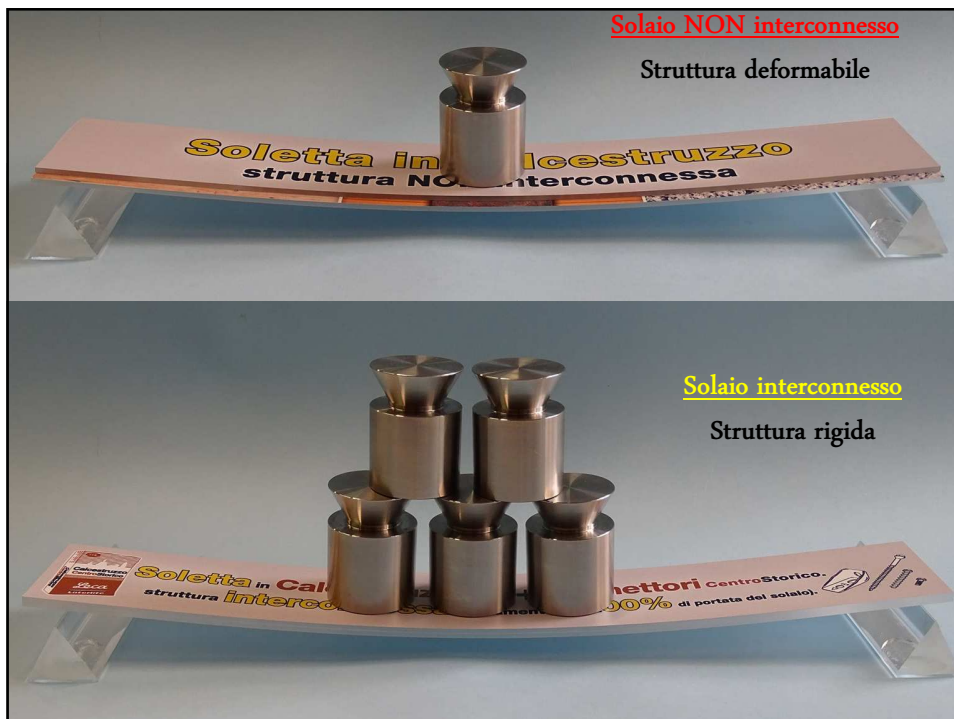
Il sistema crea una vera e propria struttura mista con un'effettiva continuità strutturale. Il **connettore ha la funzione di "cucire" assieme solaio esistente e calcestruzzo impedendone lo scorrimento reciproco** e assicurando un considerevole aumento della rigidità e della resistenza della struttura. Il diagramma delle tensioni evidenzia come le prestazioni dei materiali risultino ottimizzate: il calcestruzzo è tutto compresso, la trave in legno interamente tesa. Il connettore lavora "a taglio", **moltiplicando il contributo statico** dei due elementi, soletta in c.a. e solaio esistente.

**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**.

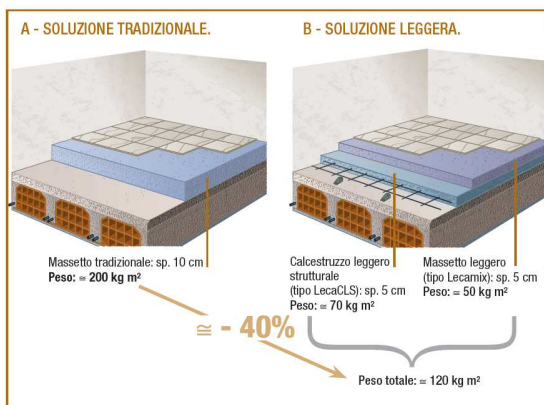
Il confronto diretto.



## L'importanza del contenimento dei carichi.

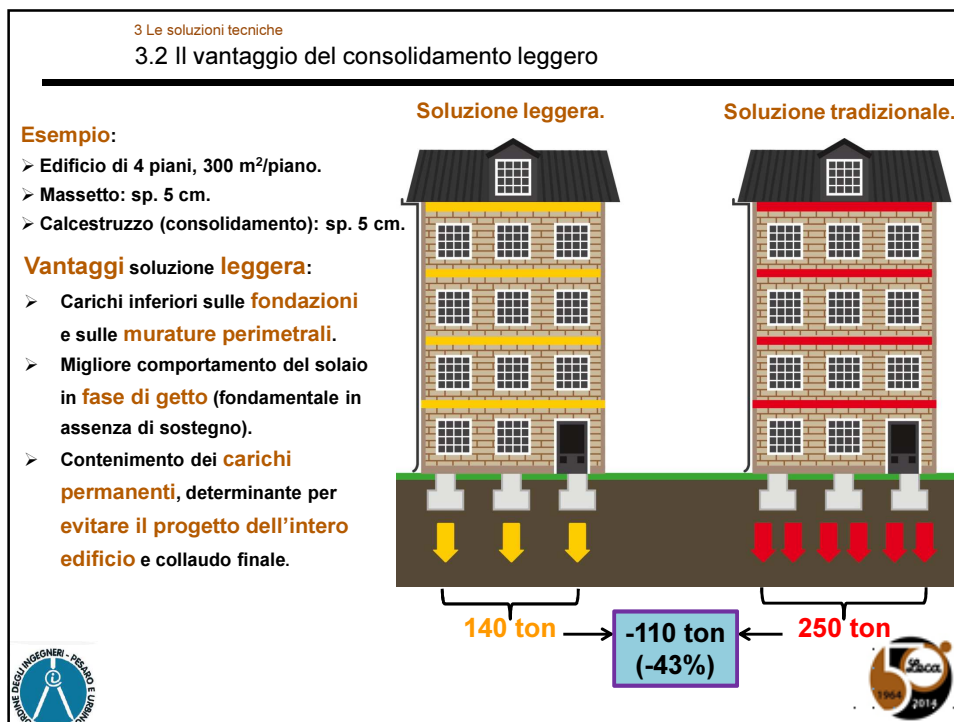
### 3 Le soluzioni tecniche

#### 3.2 Il vantaggio del consolidamento leggero



L'utilizzo di **calcestruzzi strutturali leggeri** per la realizzazione della soletta collaborante e di **massetti e sottofondi leggeri** per gli strati complementari, permette **risparmi di peso fino al 40%**

Un ridotto carico permanente strutturale consente di **disporre di maggiori carichi utili**, in questo caso pari a 80 kg/m<sup>2</sup>, a tutto favore di un **aumento dei carichi permanenti portati o accidentali di esercizio** altrimenti non possibile



15.00	Introduzione del Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Modena.
15.10	<b>ANALISI DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE:</b> - le tipologie di solai italiani; - obiettivi e opportunità della riqualificazione statica dei divisori orizzontali. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
15.30	<b>SISTEMI E SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO E RINFORZO DEI SOLAI ESISTENTI (in legno-acciaio-calcestruzzo) con la tecnica della soletta mista collaborante:</b> - interconnessione meccanica; - interconnessione chimica. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
16.00	<b>LE CARATTERISTICHE DI UN CALCESTRUZZO STRUTTURALE LEGGERO: requisiti e prestazioni.</b> Il contributo dei calcestruzzi leggeri strutturali nel miglioramento del comportamento sismico dell'edificio (studi effettuati in collaborazione con Eucentre di Pavia). <i>(Ing. M. Quaini)</i>
17.00	<i>Pausa caffè</i>
17.15	<b>LA PROGETTAZIONE E IL CALCOLO DEL CONSOLIDAMENTO:</b> - la valutazione della sicurezza sismica; - indicazioni progettuali di primo dimensionamento; - il software di calcolo; - il ruolo dei solai nella sicurezza sismica. <i>(Ing. M. Quaini)</i>
18.15	<b>SOLUZIONI E SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO IN "CENTRO STORICO":</b> - analisi delle soluzioni tecniche per il rinforzo strutturale, isolamento termico e acustico; - alleggerimento dei solai, riscaldamento a pavimento a bassi spessori, isolamento contro terra. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
19.00	<i>Termine dei lavori</i>



Connessione Meccanica

3 Le soluzioni tecniche

### 3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi artigianali

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



3 Le soluzioni tecniche

### 3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi artigianali



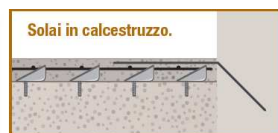
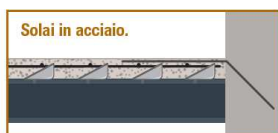
3 Le soluzioni tecniche

3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi industrializzati

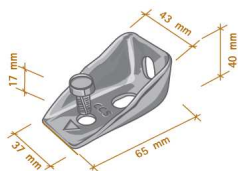


3 Le soluzioni tecniche

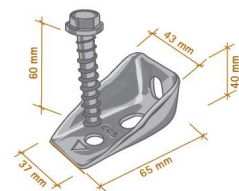
3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi industrializzati



Connettore per solai in legno.



Connettore per solai in acciaio.



Connettore per solai in calcestruzzo.





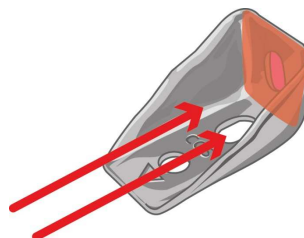
3 Le soluzioni tecniche

## 3.3 L'interconnessione meccanica\_sistemi industrializzati

Connettore industrializzato (tipo sistema Connettore CentroStorico)



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



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**



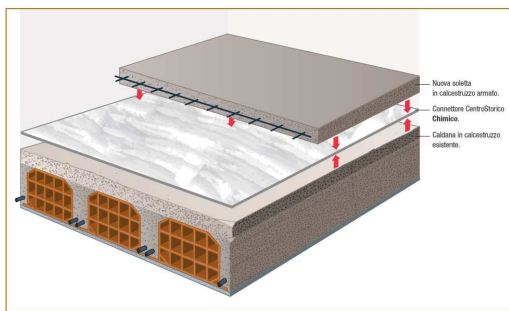
Connessione Chimica.

3 Le soluzioni tecniche

## 3.4 L'interconnessione chimica

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

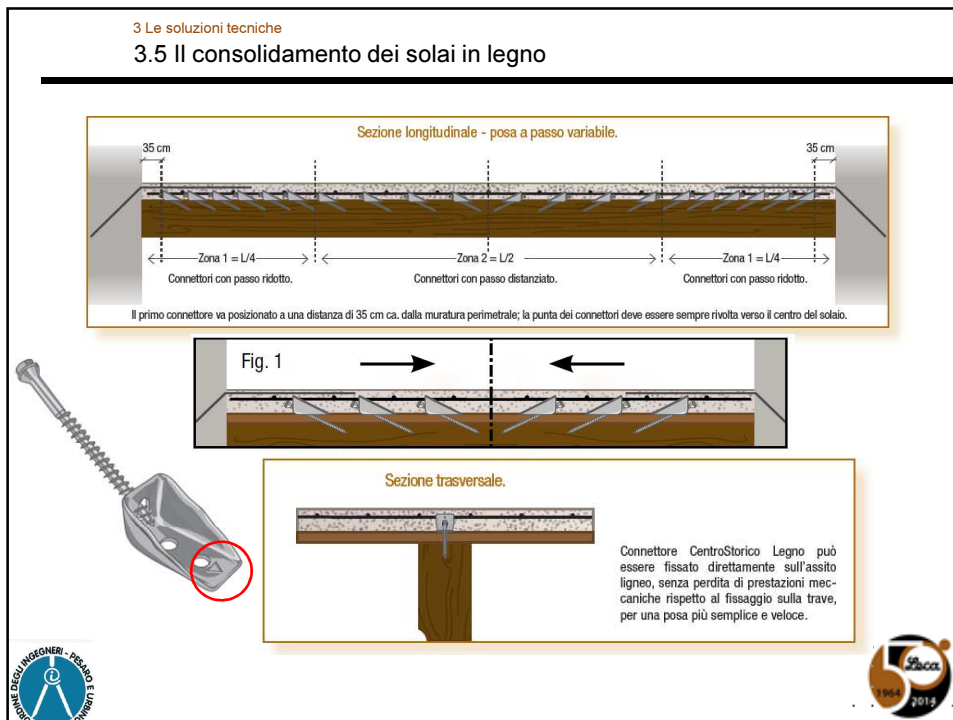
Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie



## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

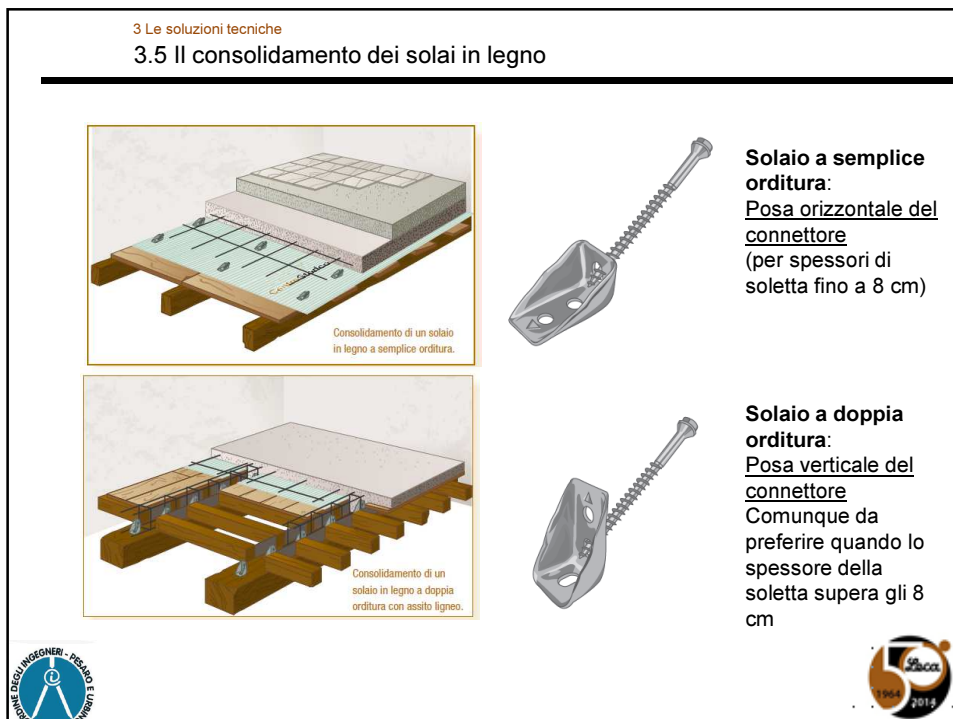
3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno



3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno



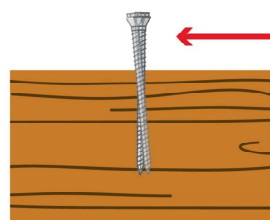
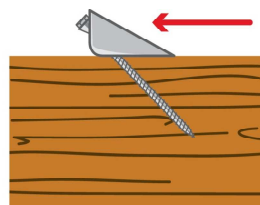
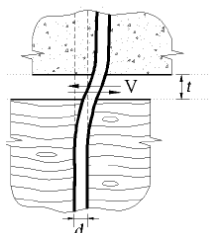
3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

## SISTEMA INDUSTRIALE

Il connettore CentroStorico Legno, grazie alla disposizione della vite a 45° 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 ARTIGIANALE



3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

**Membrana di separazione**

Evita il **contatto diretto** tra il tavolato in legno (o le piastrelle in cotto) e il getto di calcestruzzo e gli eventuali **percolamenti di boiaccia cementizia**.

Ha **elevata permeabilità al vapore** per evitare fenomeni di condensa.

È **semi-trasparente** per facilitare il corretto posizionamento dei connettori

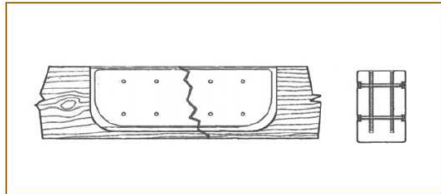


3 Le soluzioni tecniche

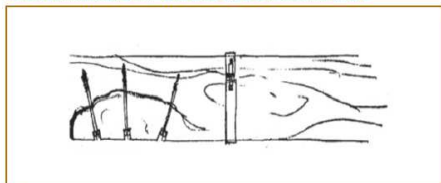
## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

N.B. Precondizione: integrità e sufficiente resistenza delle travi in legno esistenti

Consolidamento con l'inserimento di lamine metalliche



Consolidamento con viti e di staffe di cerchiatura



3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

## 1) Fessure da Ritiro



Si creano sempre nella direzione più breve della fibratura (deviazione della fibratura)

Influiscono sulla prestazione meccanica se la fessura è passante da una faccia all'altra o passante nella sezione



3 Le soluzioni tecniche

## 3.5 Il consolidamento dei solai in legno

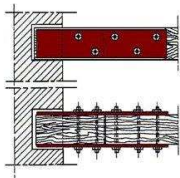
## 2) Difetti e Nodi



Le prove sulle travi in legno non sono sempre significative → importanza dei difetti

Grandezza e distribuzione dei nodi in funzione della dimensione della sezione («gruppo di nodi»)

## 3) Particolari costruttivi e miglioramento dell'appoggio



Inserimento di Barre

Protesi con profilati metallici



c) Riparazione degli appoggi danneggiati tramite aggiunta di flangie bullonate

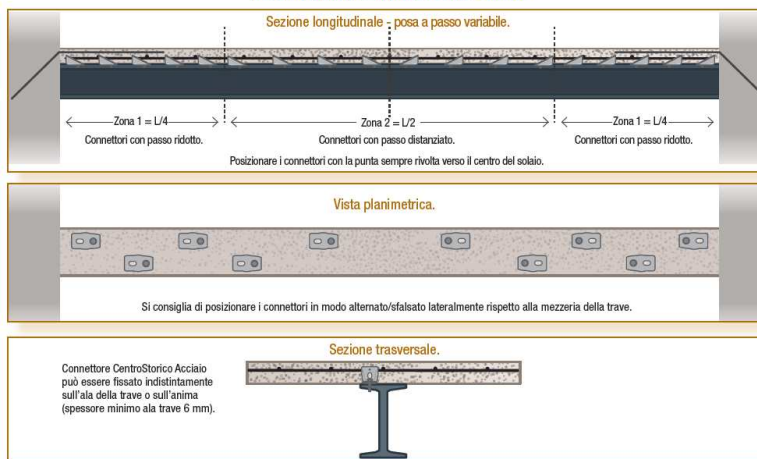


## 3.6 Il consolidamento dei solai in acciaio

3 Le soluzioni tecniche

## 3.6 Il consolidamento dei solai in acciaio

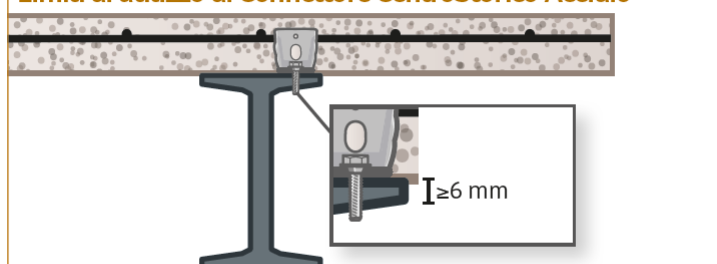
## Posizionamento Connettori CentroStorico



3 Le soluzioni tecniche

## 3.6 Il consolidamento dei solai in acciaio

## Limiti di utilizzo di Connettore CentroStorico Acciaio



Connettore CentroStorico è certificato per spessori minimi dell'ala pari ad almeno 6 mm.



3 Le soluzioni tecniche

## 3.6 Il consolidamento dei solai in acciaio

**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



## 3.7 Il consolidamento dei solai in calcestruzzo

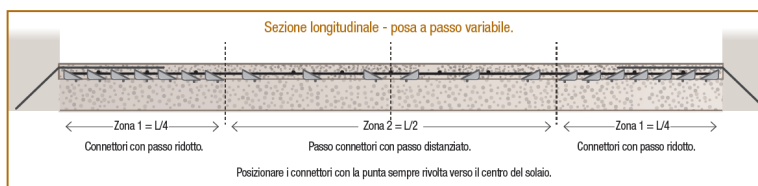


## Interconnessione dei solai in calcestruzzo: Interconnessione meccanica

3 Le soluzioni tecniche

### 3.7 Il consolidamento dei solai in laterocemento – interconnessione meccanica

#### Posizionamento Connettori CentroStorico

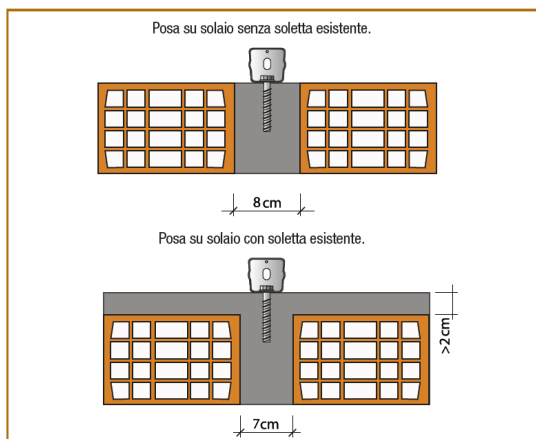


#### Sezione trasversale.



3 Le soluzioni tecniche

## 3.7 Il consolidamento dei solai in laterocemento – interconnessione meccanica



**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

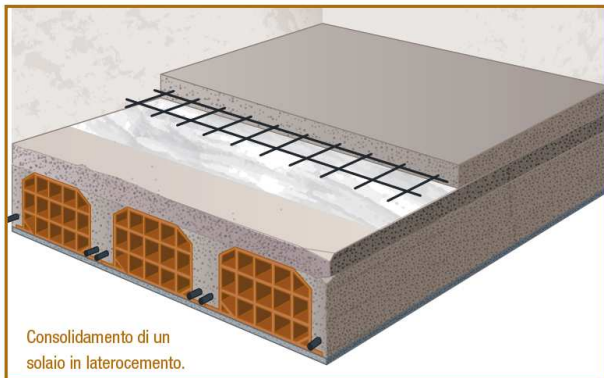


Interconnessione dei solai in calcestruzzo:

Interconnessione chimica

3 Le soluzioni tecniche

3.7 Il consolidamento dei solai in laterocemento – interconnessione chimica



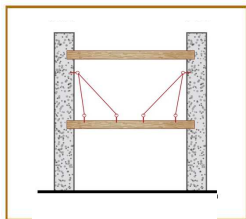
Consolidamento di un solaio in laterocemento.



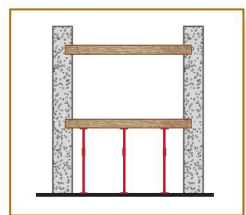
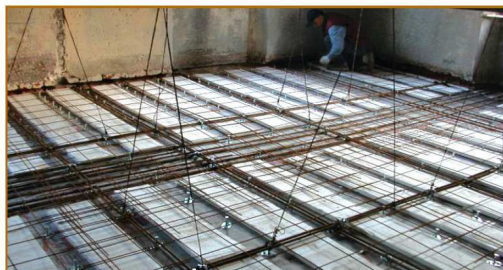
Il sostegno del solaio.

3 Le soluzioni tecniche

### 3.8 Il sostegno del solaio



Sostegno del solaio dall'alto.



Sostegno del solaio dal basso.

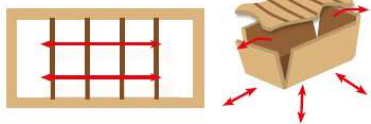


La connessione  
muri-soletta.

3 Le soluzioni tecniche

3.9 La connessione muri-soletta

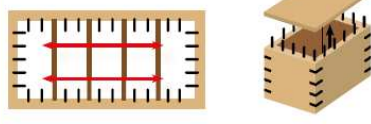
Solaio deformabile.



Le pareti sono scollegate con il solaio, con conseguente forte rischio di crollo sotto l'azione sismica.



Solaio rigido.



Le pareti sono collegate con il solaio, assicurando il comportamento scatolare all'edificio. Le pareti poste in direzione parallela all'azione sismica svolgono una funzione resistente, mentre quelle trasversali sono trattenute dai solai evitandone il rischio di crollo.

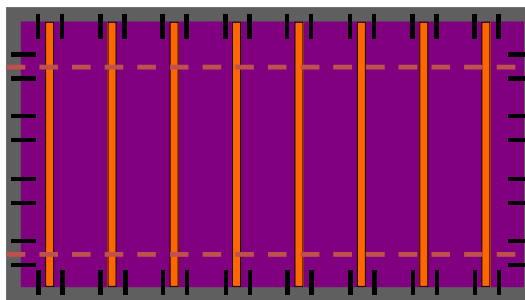
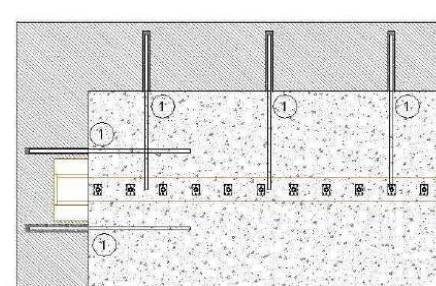
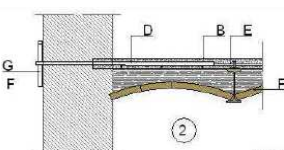
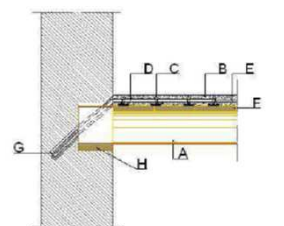
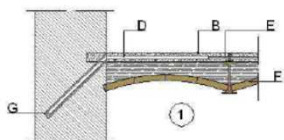
Il collegamento delle pareti al solaio è importante per la continuità strutturale (comportamento scatolare), mentre il funzionamento a diaframma è efficace per la rigidità nel piano (ridistribuzione delle forze nel piano).

Attenzione ai collegamenti e ai particolari costruttivi



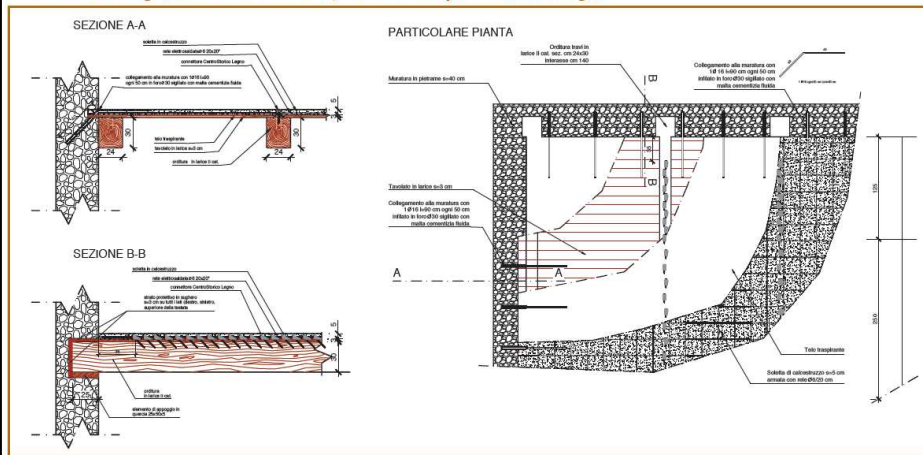
3 Le soluzioni tecniche

3.9 La connessione muri-soletta



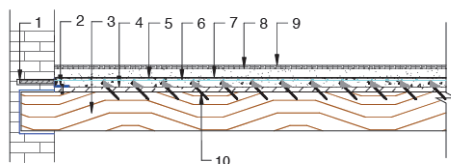
3 Le soluzioni tecniche  
3.9 La connessione muri-soletta

Particolare collegamento alla muratura, solaio a semplice orditura legno



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

3 Le soluzioni tecniche  
3.9 La connessione muri – soletta



- Legenda:
- 1 - Barra filettata  $\varnothing 16/50$  L=25 cm in foro resinato  $\varnothing 20$ ;
  - 2 - cordolo in acciaio S235 profilo a L 100 x 50 x 8;
  - 3 - nuova trave in legno;
  - 4 - tavolato in legno s=3,5 cm;
  - 5 - soletta in calcestruzzo strutturale leggero Leca;
  - 6 - rete elettrosaldata  $\varnothing 6/15$  x 15;
  - 7 - materassino acustico tipo Calpestop;
  - 8 - massetto tipo Lecamix;
  - 9 - pavimento s=2 cm;
  - 10 - Connettore CentroStorico Legno.





La valutazione della sicurezza.

4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

Aspetto di estrema importanza nella Valutazione della Sicurezza è capire la progettazione degli interventi, che potranno essere pensati sia in termini di condizioni ultime (SLU) che di condizioni di esercizio (SLE/SLS).

Condizioni nelle quali sarà sempre necessaria la Valutazione della Sicurezza secondo il Cap. 8 delle Norme Tecniche delle Costruzioni (N.T.C. 2008) del 2008.

Cambio di destinazione d'uso e/o dei carichi variabili



Interventi interni non strutturali (es. abbattimento tramezzature)



4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

### Categorie di Intervento

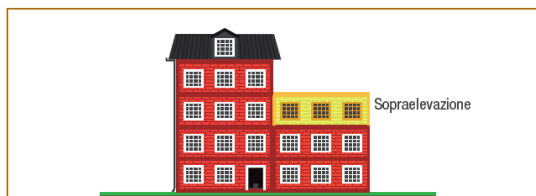
1. Interventi di **ADEGUAMENTO**
2. Interventi di **MIGLIORAMENTO**
3. Interventi di **RIPARAZIONE O LOCALI**



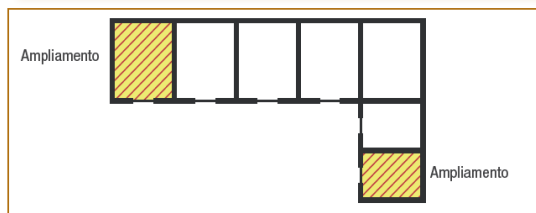


4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

**Interventi di Adeguamento**

1. Sopraelevazione della costruzione.



2. Ampliamento della costruzione mediante opere strutturalmente connesse all'esistente.

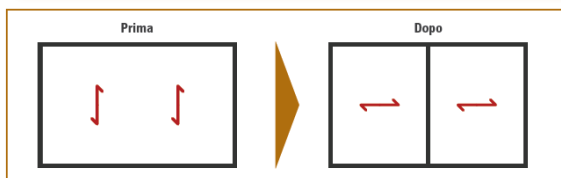


4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

**Interventi di Adeguamento**

3. Variazioni di classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi (permanentemente portati e variabili accidentali) in fondazione superiori al 10% (resta fermo comunque l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione).



4. Interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino a un organismo edilizio diverso dal precedente.



4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

**Interventi di Miglioramento**

Tutti gli interventi finalizzati ad accrescere la capacità portante delle strutture



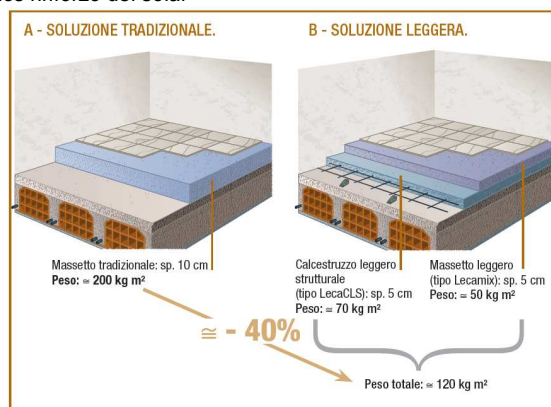
4 La progettazione e il calcolo

## 4.1 La valutazione della sicurezza nelle costruzioni esistenti

**Interventi di riparazione e/o locali**

Quelli che riguardano singole parti e/o elementi della struttura:

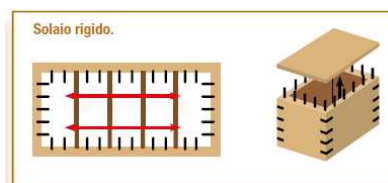
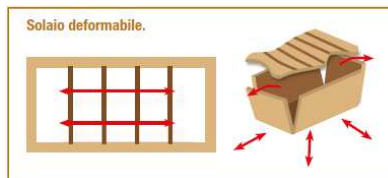
È il caso del semplice rinforzo dei solai



**Diaframma rigido**

Un soffitto può essere considerato come diaframma rigido se soddisfa le seguenti caratteristiche come da N. T. C. 2008:

- In calcestruzzo e/o latero – cemento con soletta superiore in calcestruzzo armato (spessore minimo 40 mm);
- In struttura mista, con soletta in calcestruzzo armato (spessore minimo 50 mm) collegata agli elementi strutturali in acciaio o in legno da connettori a taglio opportunamente dimensionati.



Pre – dimensionamento  
&  
Calcolo

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Il progetto del consolidamento: le prestazioni e certificazioni del sistema

Elementi necessari da conoscere per la Tecnica Mista della sezione composta:

- **Caratteristiche prestazionali del connettore**
- **Passo massimo e minimo consentito**
- **Lavorazioni necessarie per la messa in opera del sistema di interconnessione**
- **Caratteristiche fisico – meccaniche dei materiali**
- **Schemi statici e di vincolo presenti**

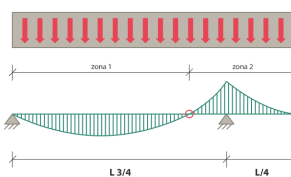
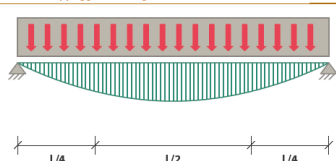


4 La progettazione e il calcolo

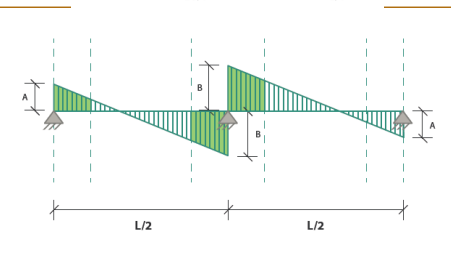
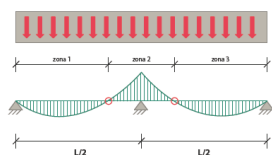
## 4.2 Il progetto del consolidamento: le prestazioni e certificazioni del sistema

## ALCUNE TIPOLOGIE DI SCHEMI STATICI

Trave semplicemente appoggiata - diagramma del Momento flettente



Trave continua su più appoggi - diagramma del Momento flettente



# Le certificazioni & Teorie di Calcolo

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Quadro Normativo per il calcolo

legno / cls

**NTC2008:** rinvio a EC

**EC 5:** appendice B dedicata alle travi giuntate meccanicamente (teoria di Möhler)

**EC 2:** per cls, sezione 11 per cls leggeri

acciaio / cls

**NTC2008:** capitolo 4.3 per strutture composite, ampia trattazione (come da EC4)

**EC 4:** tutto dedicato

**EC 2:** per cls, sezione 11 per cls leggeri

cls / cls  
connessione  
meccanica

cls / cls  
(incollaggio)

non c'è normativa strutturale specifica per l'unione

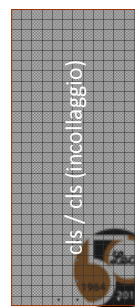
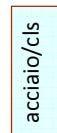
**EC 2:** per cls, sezione 11 per cls leggeri



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Quadro Normativo per le certificazioni

- ❖ **UNI EN ISO 8970 (EX UNI EN 28970)** Strutture di legno. prova degli assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento – Prescrizioni relative alla massa volumica del legno
- ❖ **UNI EN 26891:1991** Strutture di legno. Assemblaggi realizzati tramite elementi meccanici di collegamento. Principi generali per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità
- ❖ **UNI EN 1994-1-1:2004** Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – parte 1-1 Regole generali e regole per gli edifici. Appendice B: Prove standard
- ❖ **UNI EN 1504 –4:2005** Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione del calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione di conformità - Parte 4: incollaggio strutturale
- ❖ **UNI EN 1504 –9:2005** Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione del calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione di conformità - Parte 9: principi generali per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi
- ❖ **UNI EN 1504 –10:2005 (+EC)** Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione del calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione di conformità - Parte 10: applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori



## Solaio in legno

4 La progettazione e il calcolo

### 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

$K_{ser}$  – 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

sono derivati sperimentalmente e dipendono da: legno, cls e connettore

4 La progettazione e il calcolo

### 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

#### Connettore Legno

Prestazioni fisico – meccaniche

Grafico 5: CS Timber campione 09 - diagramma carico – scorrimento.-

#### Geometria dei campioni provati

**Curva di carico – spostamento, determinando la resistenza a rottura  $F_{max}$  che è il massimo carico raggiunto entro uno scorrimento di 15 mm.**

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

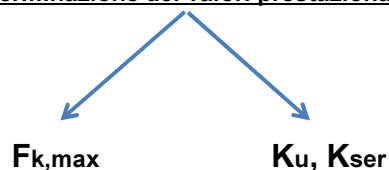
**Connettore Legno**

Prestazioni fisico – meccaniche

**Tipo di Legno** → specie legnosa Abete tipo C24 e tavolato tipo pannello in truciolato con caratteristiche meccaniche minime, sicuramente inferiori ad un tavolato in legno massiccio o similare

**Tipo di Calcestruzzo della soletta collaborante** → Leca CLS 1400

La rottura, in tutti i campioni sottoposti a prova, si è evidenziata per sfilamento della vite dalla propria sede e conseguente scorrimento della soletta di calcestruzzo nei confronti del travetto di supporto.

**Determinazione dei valori prestazionali**

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

**Prestazioni fisico – meccaniche del Connettore Legno**

RESISTENZA AL TAGLIO DEL CONNETTORE $F_{v,rk}$ [kN]	MODULO DI SCORRIMENTO AL TAGLIO $K_{ser}$ [N/mm]	MODULO DI SCORRIMENTO AL TAGLIO $K_u$ [N/mm]
<b>15,5</b> (posizionato direttamente su trave)	<b>19340</b> (posizionato direttamente su trave)	<b>16990</b> (posizionato direttamente su trave)
<b>14,6</b> (posizionato su assito spessore 2 cm)	<b>12670</b> (posizionato su assito spessore 2 cm)	<b>12670</b> (posizionato su assito spessore 2 cm)
<b>11,2</b> (posizionato su assito spessore 4 cm)	<b>9200</b> (posizionato su assito spessore 4 cm)	<b>9200</b> (posizionato su assito spessore 4 cm)





4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

Le analisi statiche dei solai misti legno – calcestruzzo vengono eseguite secondo la teoria di Mohler, le ipotesi di base sono le seguenti:

- 1) Travi semplicemente appoggiate di luce  $L$
- 2) Le singole parti sono tra loro monolitiche
- 3) Le singole parti sono collegate tra loro per mezzo di elementi di unione meccanica con modulo di scorrimento/rigidezza  $k$
- 4) La spaziatura tra gli elementi di unione varia uniformemente tra i valori di  $s_{min}$  ed  $s_{max}$
- 5) Il carico agisce in direzione ortogonale alla sezione

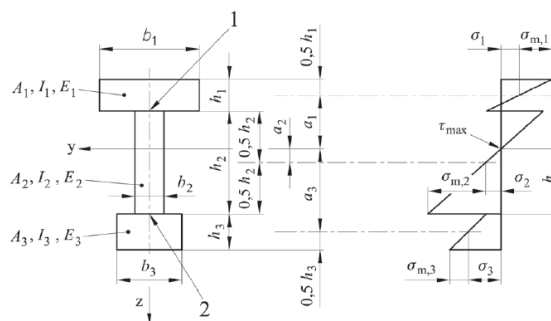


4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

Altre ipotesi di base sono le seguenti:

- Sezione di calcestruzzo considerata interamente reagente, quindi qualora il cls andasse in trazione si deve prevedere un'opportuna armatura longitudinale;
- Elasticità lineare;
- Carico ripartito uniformemente sulla luce;
- Unica fase di calcolo



4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

METODO DI MÖHLER

$$I_{eff} = I_0 + \gamma(I_{id} - I_0) \tag{1}$$

con:

$$1/\gamma = 1 + \pi^2 \frac{E_w(I_{id} - I_0)}{d_G^2 K_P L^2} s$$

e con il seguente significato dei simboli:

- $\gamma$  = coefficiente di efficacia;
- $E_w$  e  $E_c$  = moduli elastici del legno e del calcestruzzo;
- $I_{id}$  = momento d'inerzia della sezione ideale omogeneizzata al legno ( $mm^4$ );
- $I_0 = I_w + nI_c$  ( $mm^4$ ) = momento d'inerzia della sezione priva di connessione omogeneizzata al legno;
- $n = E_c/E_w$  coefficiente di omogenizzazione;
- $d_G$  = distanza fra i baricentri della soletta e del travetto (mm);
- $s$  = passo dei connettori (mm);
- $K_P$  = rigidezza del singolo connettore (N/mm);
- $L$  = luce della trave (mm).



4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

METODO DI MÖHLER

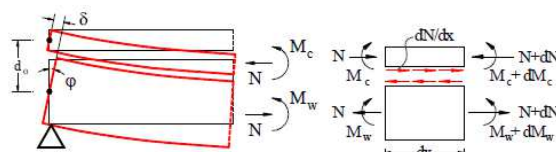


Figura 2. Azioni interne nella soletta e nel travetto.

Le aliquote  $M_c$  e  $M_w$  (Fig. 2) del momento flettente esterno  $M$ , portate per flessione rispettivamente dalla soletta di calcestruzzo e dal travetto, si possono calcolare con le formule:

$$M_c = \frac{nI_c}{I_{eff}} M; \quad M_w = \frac{I_w}{I_{eff}} M \tag{2}$$

L'aliquote rimanente del momento flettente, che chiameremo  $M_N$ , è equilibrata dalla coppia  $Nd_G$ , essendo  $N$  la forza di scorrimento (taglio longitudinale) trasmessa dalla connessione. Pertanto l'azione assiale  $N$  diviene:

$$N = \frac{M_N}{d_G} = \frac{M - M_c - M_w}{d_G} \tag{3}$$

$$N = \frac{M}{d_G} \left( 1 - \frac{I_0}{I_{eff}} \right) = \frac{M}{d_G} \gamma \frac{I_{id} - I_0}{I_{eff}} \tag{3'}$$

Le tensioni nella soletta e nel travetto si calcolano con le formule note della pressoflessione:

$$\sigma_c = -\frac{N}{A_c} + \frac{M_c}{W_c}; \quad \sigma_w = \frac{N}{A_w} + \frac{M_w}{W_w} \tag{4}$$

Il flusso di taglio all'interfaccia ( $q$ ) è pari a:

$$q = \frac{dN}{dx} = \frac{1}{d_G} \gamma \frac{I_{id} - I_0}{I_{eff}} \frac{dM}{dx} = \frac{1}{d_G} \gamma \frac{I_{id} - I_0}{I_{eff}} V \tag{5}$$



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

## ESEMPIO DI CALCOLO

Caratteristiche del solaio da consolidare:

- Solaio in semplice orditura;
- Luce di calcolo delle travi pari a circa 4 metri;
- Interasse delle travi pari a 50 cm;
- Sezione della trave in legno 12 x h=16 cm tipo C24;
- Soletta collaborante in Leca CLS 1400 spessore 5 cm;
- Tavolato/Assito di conifera soprastante spessore 2 cm;
- Posa dei connettori direttamente su assito/tavolato;
- Carichi di civile abitazione (Cat. A), massetto di finitura leggero tipo Lecamix spessore 7 cm, pavimento 40 daN/mq, tramezze + intonaci/controsoffitti 120 daN/mq

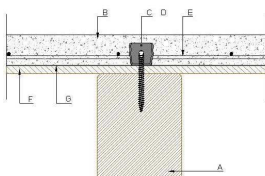
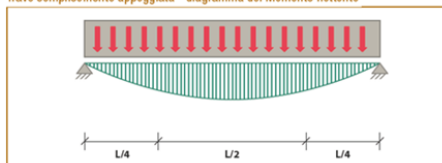


4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

## ESEMPIO DI CALCOLO

Trave semplicemente appoggiata - diagramma del Momento flettente



Connettore Centrostorico su tavoli  
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



Maschera di inserimento dati e risultati di calcolo.



Relazione di calcolo.

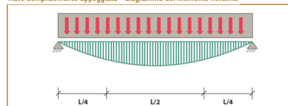


## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE LEGNO – CLS

**SOLAIO CONSOLIDATO vs SOLAIO NON CONSOLIDATO**Caratteristiche del solaio a semplice orditura:

- Luce 4,0 mt;
- Interasse travi principali 0,5 mt;
- Sezione trave in abete C24 12 x 16 cm;
- Assito di conifera spessore 2 cm;
- Soletta in LWAC classe di massa volumica D1,5 spessore 5 cm;
- Carichi permanenti portati 2,41 kN/mq;
- Sovraccarichi accidentali (Civile Abitazione) 2,0 kN/mq.

Trave semplicemente appoggiata - diagramma del Momento flettente

Solaio consolidato interconnesso:

- Deformazione ottenuta pari a **7,7 mm (istantanea) e 11,3 mm (tempo infinito)** rispettivamente;
- Carico massimo applicato (propri + permanenti + accidentali) = **5,43 kN/mq**.

Solaio non consolidato (solo legno):

- Deformazione ottenuta pari a **7,7 mm (istantanea) e 8,1 mm (tempo infinito)** rispettivamente;
- Carico massimo ammissibile (propri + permanenti + accidentali) = **2,08 kN/mq**;
- Con gli **stessi carichi del solaio consolidato** (senza soletta)

Si ottengono le seguenti deformazioni:

**istantanea = 17,2 mm**

**tempo infinito = 23,3 mm**



Solaio in acciaio

4 La progettazione e il calcolo

### 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

**Key**

- 1 cover 15 mm
- 2 bedded in mortar or gypsum
- 3 recess optional
- 4 reinforcement: ribbed bars  $\phi$  10 mm resulting in a high bond with  $450 \leq f_{bk} \leq 550$  N/mm<sup>2</sup> steel section: HE 260 B or 254 x 254 x 89 kg. UC

4 La progettazione e il calcolo

### 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

#### Connettore Acciaio

Prestazioni fisico – meccaniche

RESISTENZA AL TAGLIO DEL CONNETTORE $P_{rk}$ [kN] valore caratteristico	RESISTENZA AL TAGLIO DEL CONNETTORE $P_{rd}$ [kN] valore di progetto
<b>23,1</b>	<b>15,4</b>

\*Spessore minimo dell'ala della trave esistente in acciaio pari a 6 mm

**La rottura, in tutti i campioni sottoposti a prova, si è evidenziata per tranciamento della vite - slabramento piastra**

Disposizione degli strumenti di misura sul campione.

Aspetto del campione al termine della prova.

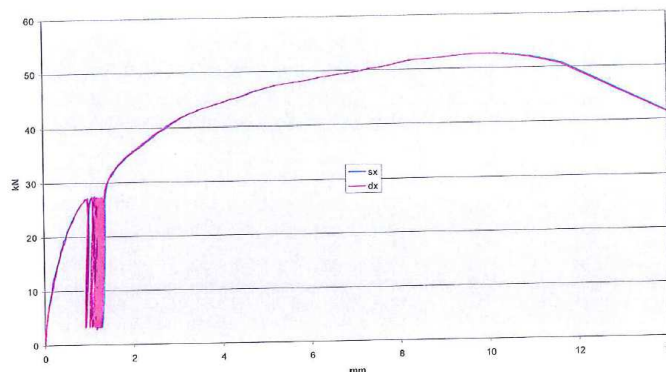
4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

**Connettore Acciaio**

Prestazioni fisico – meccaniche

La determinazione del valore caratteristico è stata condotta come procedura da Annex B EC4 UNI EN 1994-1-1



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

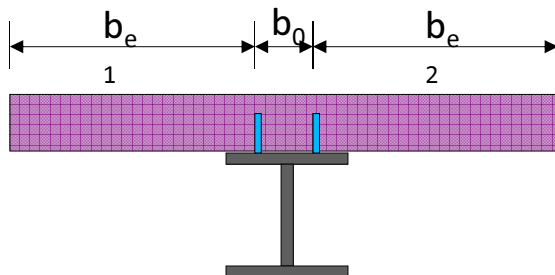
- Le analisi statiche dei solai misti acciaio – calcestruzzo vengono eseguite secondo le indicazioni fornite dalle NTC 2008 (D. M. 14/01/2008) e da EC4 (UNI EN 1994 – 1 – 1).
- Il calcolo (come viene eseguito nel software) sarà condotto nell'ipotesi di travi in semplice appoggio con carico uniformemente distribuito ed il calcolo del momento flettente viene condotto in fase elastica.
- Si ritiene infatti opportuno calcolare le travi esistenti mantenendo i materiali in fase elastica, poiché non si conoscono le caratteristiche di resistenza e riserve plastiche dei materiali esistenti. Inoltre nel caso di connettori non duttili le NTC 2008 non consentono il calcolo di tipo plastico, invece ammesso da EC4.



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

la larghezza efficace della soletta in cls dipende dalle condizioni di vincolo e varia in funzione della posizione della sezione



$$b_e = \min (L_e/8 ; b_i + b_o/2) ; \text{trave in semplice appoggio } L_e = L$$

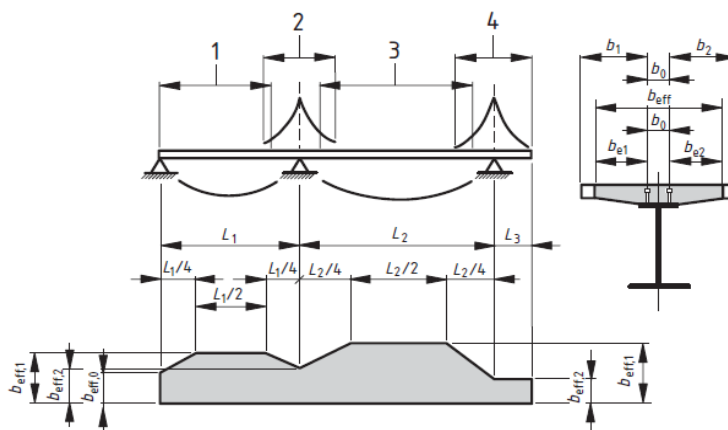
nel nostro caso supponiamo che gli interassi a dx e sx della trave siano uguali e quindi  $b_{e1} = b_{e2}$ , inoltre supponiamo di avere un solo connettore e quindi  $b_o = 0$



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

la larghezza efficace della soletta varia in funzione della luce del solaio, del tipo di momento (+ o -) e della distanza dall'appoggio:



4 La progettazione e il calcolo

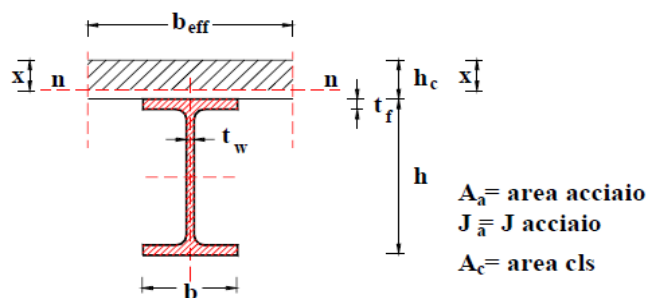
## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

- se l'asse neutro taglia la soletta di cls (sezione parzializzata) la posizione dell'asse neutro è data dall'equilibrio dei momenti statici:

$$A_c(y_n - h_c/2) + nA_s(y_n - h_s) + nA_y(y_n - h_a) = 0 \quad \text{da cui: } y_n$$

- e il momento di inerzia ideale della sezione è (omogeneizzato all'acciaio):

$$I_{id} = I_y + A_y(y_n - y_{Gy})^2 + A_s(y_n - y_s)^2 + A_c(y_n - y_{Gc})^2/n + b_{eff}h_c^3/n12$$



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

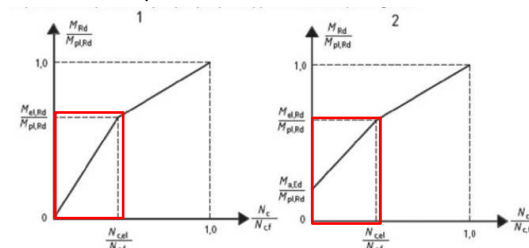
Il momento resistente elastico  $M_{el,Rd}$  corrispondente ad un numero di connettori per la massima resistenza elastica si basa sulle seguenti ipotesi (EC4 6.2.1.5):

- La tensione massima dell'acciaio strutturale della trave esistente è la massima tensione di progetto allo snervamento del materiale  $f_{yd}$ ;
- La tensione massima di compressione sulla fibra superiore dell'area di calcestruzzo efficace è pari a  $f_{cd}$ ;
- Il contributo a compressione dell'armatura compressa nella soletta viene trascurato.

Momento resistente:

$$M_{Rd} = M_{a,Ed} + (M_{el,Rd} - M_{a,Ed}) \frac{N_c}{N_{c,el}}$$

$N_{c,el}$  = compressione nel CLS corrispondente a  $M_{el,Rd}$   
 $N_c$  = compressione effettiva nel CLS  
 $M_{a,Ed}$  = momento sollecitante applicato alla trave in acciaio prima della fase composta (pari a zero nel caso di travi puntellate)



Il campo elastico è quello incluso in  $0 < N_c < N_{c,el}$

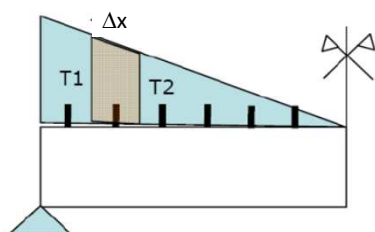




4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

la verifica dei connettori si effettua tramite l'applicazione della formula di Jourawsky



$$F_i = \tau b_{\text{eff}} \Delta x = (T_1 + T_2) S' \Delta x / 2 I_{id}$$

dove  $S'$  è il momento statico della parte compressa della soletta in cls



4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

Le verifiche effettuate sono le seguenti (sia in fase transitoria che in fase finale):

- Resistenza delle sezioni trasversali critiche a flessione e taglio (SLU);
- Deformazioni della trave composta (SLE/SLS);
- Resistenza e distribuzione dei connettori (verifica a scorrimento);
- Calcolo della minima armatura trasversale da posizionare nella soletta.



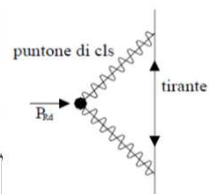
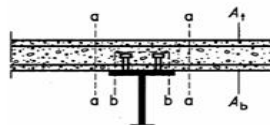
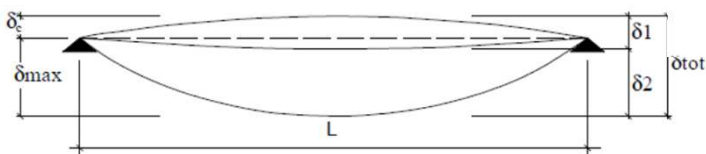
4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE ACCIAIO – CLS

Altre Verifiche.**Verifica resistenza al taglio**

Calcolo Taglio resistente come da Ec 4 6.2.2.2.2

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_v / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

where  $A_v$  is the shear area.**Taglio  
longitudinale  
nella soletta****Verifiche allo  
SLE/SLS**

Solaio in calcestruzzo

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE CLS – CLS

**Connettore Calcestruzzo**

Prestazioni fisico – meccaniche

RESISTENZA AL TAGLIO DEL CONNETTORE Prk [kN] valore caratteristico	RESISTENZA AL TAGLIO DEL CONNETTORE Prd [kN] valore di progetto
<b>12,6</b>	<b>10</b>

\*Larghezza minima del travetto esistente pari a 8 cm con Rck ≥ 20 MPa

La rottura, in tutti i campioni sottoposti a prova, si è evidenziata per **rottura del calcestruzzo del supporto con distacco laterale**.



Disposizione degli strumenti di misura sul campione.



Aspetto del campione al termine della prova.



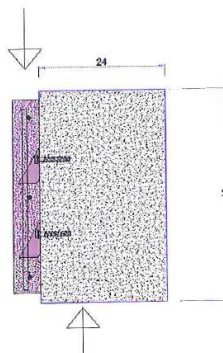
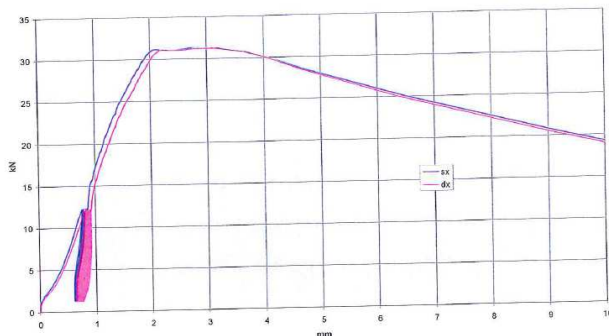
4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema: SEZIONI COMPOSTE CLS – CLS

**Connettore Calcestruzzo**

Prestazioni fisico – meccaniche

La determinazione del valore caratteristico è stata condotta come procedura da Annex B EC4 UNI EN 1994-1-1



## 4.2 Teorie di Calcolo: SEZIONI COMPOSTE CLS – CLS

*Il calcolo si basa sulle indicazioni fornite nel D. M. 14/01/2008 (NTC 2008) secondo una verifica di tipo elastico poiché l'acciaio dei travetti esistenti in calcestruzzo non garantisce la sufficiente duttilità per un calcolo di tipo plastico.*

- Calcolo del Momento resistente elastico confrontando il raggiungimento del limite tensionale lato acciaio con quello del lato calcestruzzo determinando quale limite viene raggiunto per primo, 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 dei connettori con la nota formula di Jourawsky confrontando tale scorrimento con la resistenza di progetto del connettore;
- $B_{eff} = \min \left\{ i_{travetti}; \max \left[ \left( base_{travetto} + \frac{2 \cdot L_{trave}}{10} \right); (base_{travetto} + 2 * 5 * sp.soletta esist.) \right] \right\}$

$$\tau \cdot b = \frac{T \cdot S}{J}$$



Solaio in calcestruzzo:

Interconnessione chimica

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Certificazioni del sistema : SEZIONI COMPOSTE CLS – CLS

**Connettore Chimico**

Prestazioni fisico – meccaniche

Il Connettore Chimico trova il proprio utilizzo ideale in ambito di recupero e consolidamento di solai in Laterocemento con il vantaggio di un sistema di posa non invasivo per la struttura esistente realizzando un'interfaccia continuo

La resistenza all'adesione (taglio) nell'interfaccia calcestruzzo – **connettore Chimico** – calcestruzzo risulta essere superiore al valore di 10 Mpa

**Il valore ottenuto dai dati sperimentali con i supporti esistenti è pari a circa 1 MPa**



Disposizione degli strumenti di misura sul campione.



Solaio in calcestruzzo:

Solai SAP

4 La progettazione e il calcolo

4.2 Solai SAP: dimensionamenti svolti in origine

Dimensionamento originale dei solai SAP

**DATI DI INPUT**  
 Luce del solaio = L [m]  
 Carichi massimi applicati = q [kg/m²]  
 Vincolo di semi - incastro  
 Limite di snellezza = 1/30 L  
 Peso proprio del solaio SAP = p. p.

**PROCEDIMENTO**

$$H, \text{ solaio} = \frac{L}{30} \rightarrow \text{scelta dell'altezza del solaio SAP}$$

$$M, \text{ servizio} = \frac{L^2 \cdot 1.05}{12} \cdot (q + p.p.) \rightarrow \text{definizione delle caratteristiche di resistenza}$$

**SOLUZIONE A**

**SOLUZIONE B**

- **Soluzione A:** Metodo tabellare mediante risultati ottenuti da prove su prototipi, impiegando acciai con limiti di snervamento indicati nella tabella stessa (calcolati sulla striscia di 1.00 metro lineare).
- **Soluzione B:** Prefabbricando a piè d'opera le travi, con acciai normali e utilizzando per il proporzionamento le caratteristiche della sezione parzializzata della sezione.



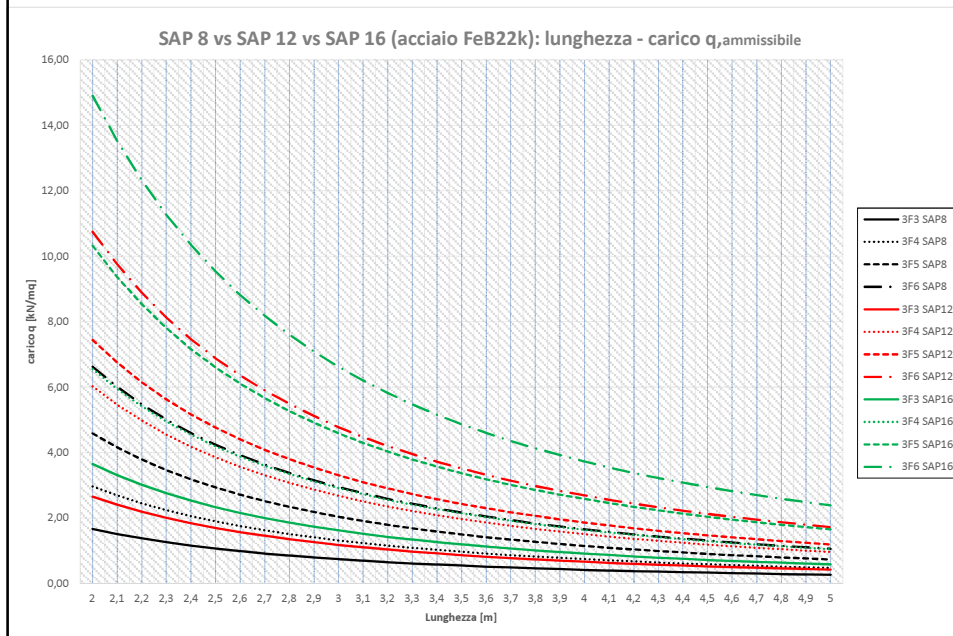
4 La progettazione e il calcolo

4.2 Solai SAP: dimensionamenti svolti in origine

48 - SOLAI										SAP - 49																				
SOLAIO SAP										PARZIALIZZATA LARGA 1 METRO																				
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE										Sezione tutta reagente																				
MOMENTI MASSIMI DI SERVIZIO RIFERITI ALLA STRISCIA DI SOLAIO LARGA 1 m										RESISTENZE TERMICHE																				
Altezza solaio H	Peso netto	Peso proprio	Peso solaio	Peso opera	Mmax	Altezza utile h	Asse neutro x	Mom. d'inerzia di compr. J	Mom. d'inerzia di tens. Wc	Mom. resistenti di compr. Wf	Mom. resistenti di tens. Wt	Asse neutro x	Mom. d'inerzia di compr. J	Mom. d'inerzia di tens. Wc	Mom. resistenti di compr. Wf	Mom. resistenti di tens. Wt	Distanza asse baricentrico x0	Area sezione Ab	Mom. d'inerzia baricentrico J0	Calore dal basso r1	Calore dall'alto r2									
cm	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kgm	cm	cm	cm⁴	cm³	cm³	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm³	cm³	cm	cm²	cm⁴	m² h °C	Kcal									
8	50	14	7	85	230	290	405	7	1,12	409	365	6,95	1,46	683	469	12,35	1,81	990	547	19,1	2,17	1332	614	27,60	4,05	445	3400	0,20	0,17	
8	50	14	37	160	360	490	605	10	1,35	865	641	10	1,76	1460	829	17,70	2,15	2150	1000	27,4	2,52	2910	1155	38,95	4,81	745	8955	0,22	0,19	
12	70	18	11	110	385	540	655	11	1,43	1059	739	11,05	1,94	1793	924	19,80	2,44	2653	1089	31,0	2,94	3615	1230	44,80	5,60	600	10000	0,33	0,30	
12	70	18	41	185	510	750	945	14	1,61	1744	1085	14,10	2,12	2972	1400	25,10	2,60	4415	1698	38,7	3,05	6045	1983	55,20	6,23	700	20105	0,35	0,32	
16	80	20	15	130	540	720	960	15	1,72	2015	1170	15,20	2,36	3443	1462	27,30	3	5150	1720	43	3,55	7105	2000	62,10	7,75	750	21800	0,40	0,37	
16	80	20	45	205	650	1000	1274	18	1,84	2947	1602	18,25	2,42	5037	2080	32,40	2,98	7555	2538	50,4	3,52	10340	2940	71,50	8,10	1050	40155	0,42	0,39	
20	95	22	30	175	700	1070	1430	1890	19	1,98	3300	1670	19,40	2,71	5650	2080	34,80	3,40	8485	2490	54,4	4,03	11685	2890	78	9,50	975	40400	0,45	0,42
20	95	22	60	250	800	1236	1837	2144	22	2,05	4462	2180	22,40	2,70	7480	2844	39,80	3,32	11520	3470	61,9	3,92	15900	4050	88,10	9,91	1275	68232	0,47	0,44
Armatura					3 Ø 3	3 Ø 4	3 Ø 3	3 Ø 4																						
σ <sub>ts</sub> kg/mm²					70	60	55	50	Limite elastico al 2% dell'acc. trafilato che si impiega nei travetti prefabbricati dalla RDB																					

4 La progettazione e il calcolo

## 4.2 Solai SAP: dimensionamenti svolti in origine



Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

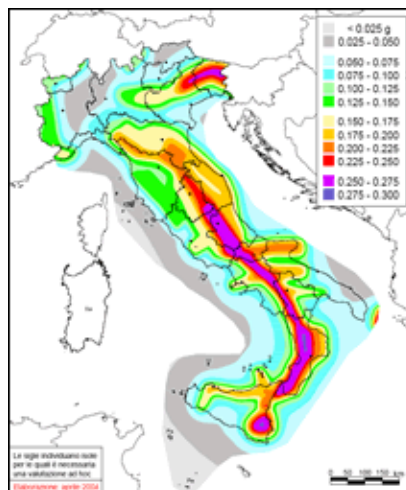
4 La progettazione e il calcolo

## 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

**PRESTAZIONI ANTISISMICHE**

Miglioramento antisismico:

- ❖ miglioramento e controllo della rigidezza nel piano
- ❖ miglioramento della connessione alle murature portanti
- ❖ miglioramento della connessione alle murature di controvento non portanti
- ❖ miglioramento della distribuzione dei carichi verticali



4 La progettazione e il calcolo

## 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

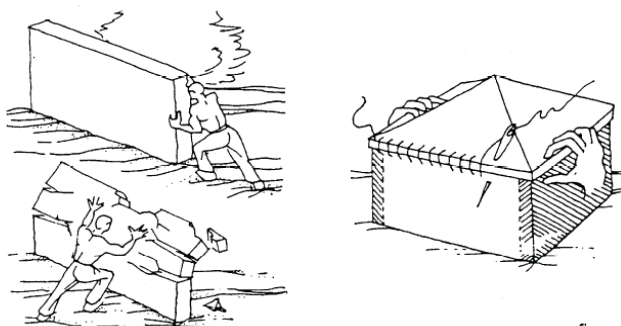
**Comportamento globale o "scatolare" dell'edificio in muratura**

figura da Touliatos, 1996

In generale la muratura ha **buona resistenza a compressione**, trascurabile resistenza a trazione, **lavora bene quando è sollecitata nel suo piano** e meno bene quando è sollecitata fuori dal suo piano, per questo i muri devono essere adeguatamente "cuciti" tra loro e con gli altri elementi strutturali





4 La progettazione e il calcolo  
4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

### Comportamento globale o "scatolare" dell'edificio in muratura

comportamento "locale"

comportamento "globale"

INCATENAMENTI

CORDOLI

AMMORSAMENTI

azione sismica

RISPOSTA GLOBALE

INGEGNERI - PISARO E PARTNERS

50 ANNI 1964 2014

4 La progettazione e il calcolo  
4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

### Solai considerabili infinitamente rigidi nel loro piano

A

B

CV1 CV2 CV3

CV1 CV2 CV3

A – il solaio è rigido e in grado di ripartire le azioni orizzontali fra i muri di controvento (supposti qui uguali)

B – il solaio non è sufficientemente rigido e ripartisce le azioni orizzontali fra i muri di controvento in modo non congruente (supposti qui uguali)

INGEGNERI - PISARO E PARTNERS

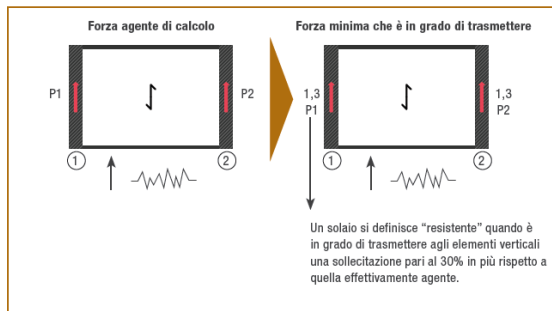
50 ANNI 1964 2014

4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

Il ruolo dei solai durante un evento sismico è quello di saper ridistribuire le azioni orizzontali indotte dal sisma agli elementi resistenti verticali ed assicurare una corretta collaborazione tra di essi

Un solaio deve perciò avere un'adeguata RESISTENZA e RIGIDEZZA

RESISTENZA

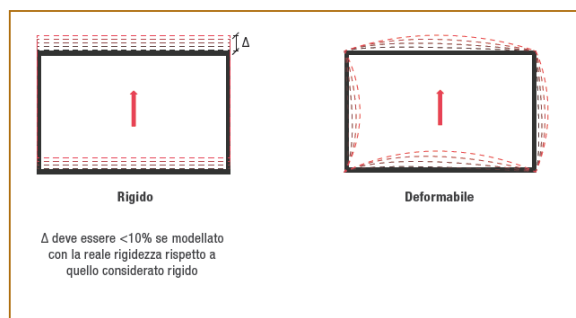


4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

In particolare, il ruolo dei solai durante un evento sismico è quello di saper ridistribuire le azioni orizzontali indotte dal sisma agli elementi resistenti verticali ed assicurare una corretta collaborazione tra di essi

Un solaio deve perciò avere un'adeguata RESISTENZA e RIGIDEZZA

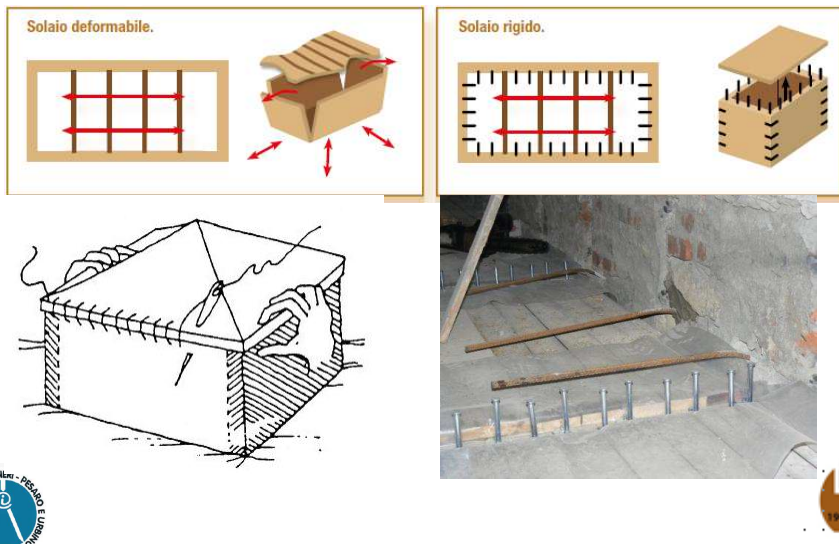
RIGIDEZZA



4 La progettazione e il calcolo

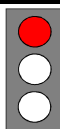
4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

Connessione con le pareti e rigidità del solaio sono fondamentali per il miglioramento sismico



4 La progettazione e il calcolo

4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica




Assenza totale o parziale di cordoli o catene.	Collegamenti tra orizzontamenti e pareti tramite cordoli in c.a. in breccia su un solo paramento.	Assenza di ammorsamento efficace tra pareti ortogonali.

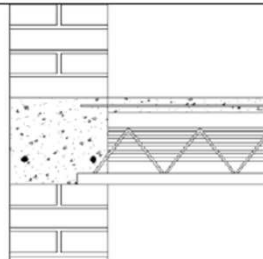
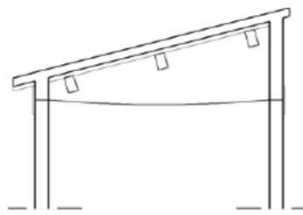
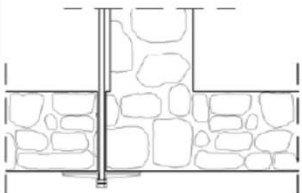
Fonte: Regione Toscana: rilevamento della vulnerabilità sismica edifici in muratura



4 La progettazione e il calcolo

### 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica




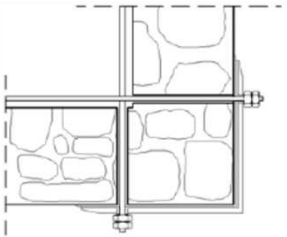
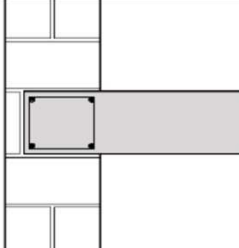
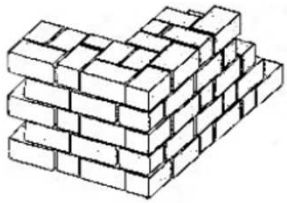
		
<p><i>Collegamenti tra orizzontamenti e pareti tramite cordoli in c.a. non armati o debolmente armati.</i></p>	<p><i>Catena metallica non in tensione.</i></p>	<p><i>Catena disposta su un solo lato del paramento murario.</i></p>

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

4 La progettazione e il calcolo

### 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica



		
<p><i>Collegamenti a tutti i livelli con catene.</i></p>	<p><i>Collegamenti a tutti i livelli con cordoli.</i></p>	<p><i>Buon ammorsamento dei muri maestri ortogonali.</i></p>

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

4 La progettazione e il calcolo

### 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica

la cavità interrompe il cordolo/catena

la cavità non interrompe il cordolo/catena

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

soluzione migliore

4 La progettazione e il calcolo

### 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica\_ orizzontamenti tipicamente deformabili

solaio in latero cemento con caldana non armata

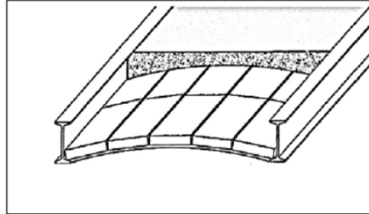
solaio in travetti SAP privi di soletta

solaio in travetti prefabbricati tipo V-trapezoidali o in c.a.p. senza soletta armata

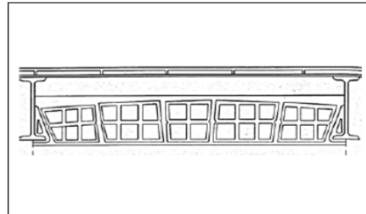
solaio in putrelle in acciaio e tavelloni senza soletta

4 La progettazione e il calcolo

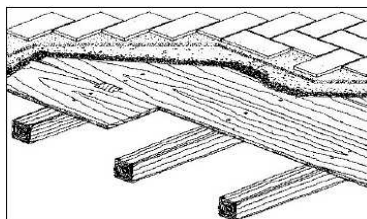
4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica\_ orizzontamenti tipicamente deformabili



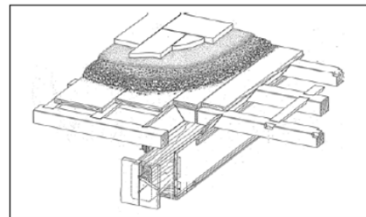
solaio in putrelle e voltine



solaio in putrelle e volterranee



solaio in legno a semplice orditura con tavolato



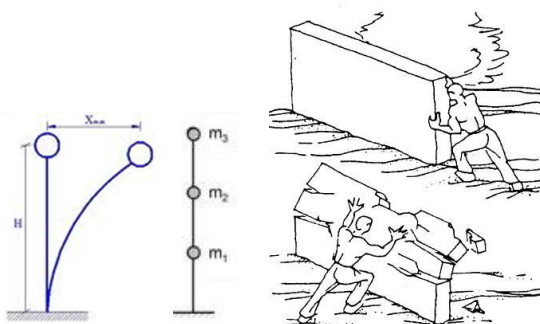
solaio in legno a doppia orditura con tavolato



4 La progettazione e il calcolo

4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica: i benefici della leggerezza

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



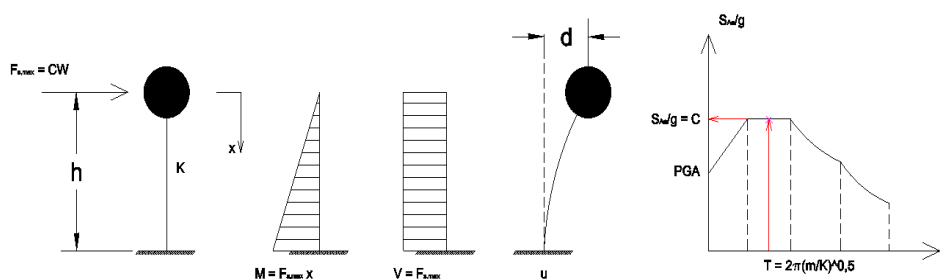
Meno massa nei solai = meno spinta orizzontale in caso di sisma



4 La progettazione e il calcolo

## 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica: i benefici della leggerezza

## TRASFORMAZIONE DI UN SISTEMA SISMICO IN UNO STATICO



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

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



4 La progettazione e il calcolo

## 4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica: i benefici della leggerezza



4 La progettazione e il calcolo

4.3 Il ruolo dei solai nella sicurezza sismica: i benefici della leggerezza







Calcestruzzi leggeri strutturali

4 La progettazione e il calcolo  
 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

GAZZETTA UFFICIALE  
 DELLA REPUBBLICA ITALIANA

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

CIRCOLARE 17 ottobre 1996, n. 39544/SG/SCC

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

---

**NORMA EUROPEA**

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

**UNI EN 1992-1-1**

---

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

Correttiva 1  
 6 aprile 2005

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.

Structural Concrete  
 Journal of the fib

bulletin 8

fib  
 CONCRETE

guidance documents



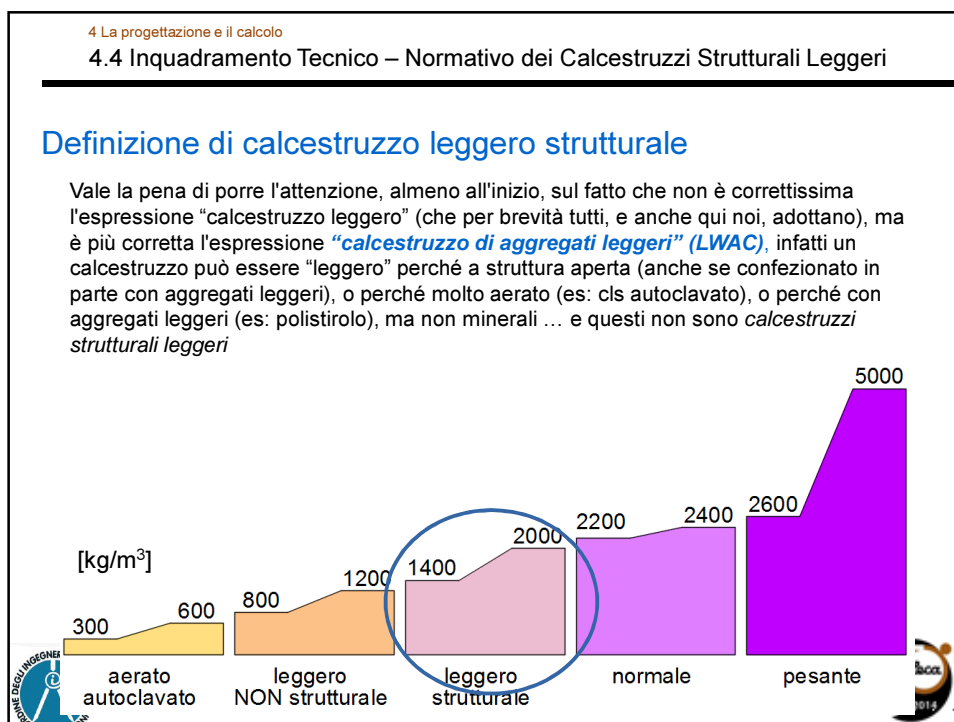
Lightweight Aggregate Concrete  
 Recommended extensions to Model Code 90  
 Guide  
 Identification of research needs  
 Technical report  
 Case studies  
 State-of-art report

1964 2015

4 La progettazione e il calcolo

4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

situazione pregressa		situazione attuale	
<b>DM 09.01 '96</b> (costruzioni in cls e acciaio)	<b>esclude</b> espressamente i cls leggeri strutturali	<b>NTC' 08</b>	<b>previsti</b> nelle costruzioni di cls
<b>CIRC 15.10.'96</b> (applicativa del DM 09.01.'96)	da <b>indicazioni</b> per l'uso di cls leggeri strutturali		
<b>DM 16.01'96</b> (costruzioni in zona sismica)	<b>ignorati</b>	<b>CIRC '09</b>	<b>trattati</b> per esteso

4 La progettazione e il calcolo

## 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei 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)



4 La progettazione e il calcolo

## 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

Confrontando i valori considerati nelle NTC 2008 ed EC2 con la EN 206 si può notare che:

	strutturale per NTC'08	Classe di resistenza a compressione EN206	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Resistenza caratteristica cubica minima $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
	NO	LC 8/9	8	9
	NO	LC 12/13	12	13
	SI	LC 16/18	16	18
	SI	LC 20/22	20	22
	SI	LC 25/28	25	28
	SI	LC 30/33	30	33
	SI	LC 35/38	35	38
	SI	LC 40/44	40	44
	SI	LC 45/50	45	50
	SI	LC 50/55	50	55
	SI	LC 55/60	55	60
	NO	LC 60/66	60	66
	NO	LC 70/77	70	77
	NO	LC 80/88	80	88

Nelle NTC 2015 non ammesso per progettazione per azioni sismiche



### 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 per progettazione per azioni sismiche con le NTC 2015*)

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

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

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



### Definizione di inerte leggero per calcestruzzo

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

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

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



4 La progettazione e il calcolo

## 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

## 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)		

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)		

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.



Argilla espansa Leca Strutturale.



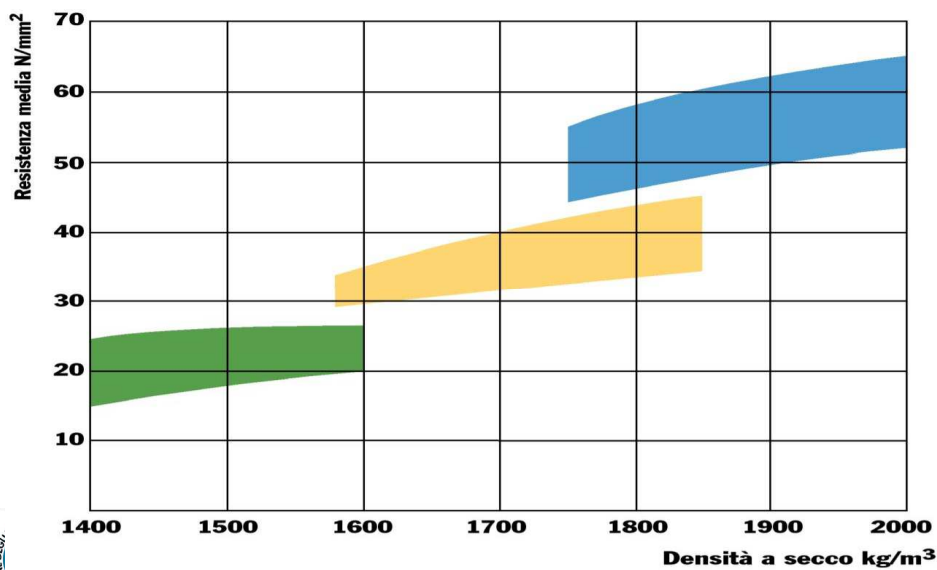
Argilla espansa Leca Terrecotte.



4 La progettazione e il calcolo

## 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

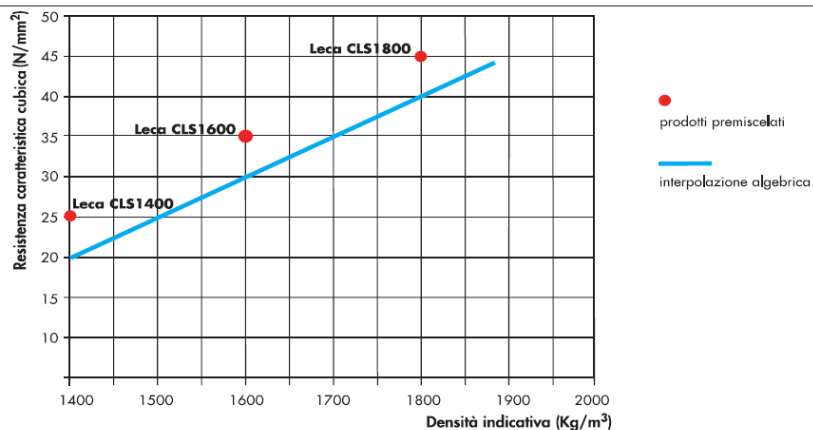
## PRESTAZIONI MECCANICHE



4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

PRESTAZIONI MECCANICHE

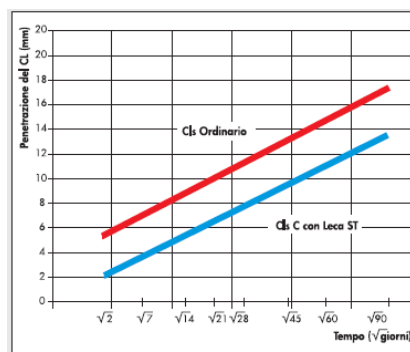
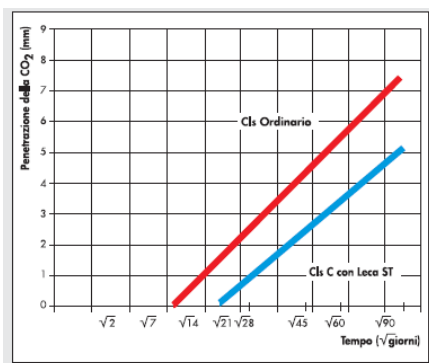
DIAGRAMMA ANDAMENTO RESISTENZE-DENSITÀ



4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

DURABILITA'

CONFRONTO CLS LEGGERO VS TRADIZIONALE





## ESEMPIO APPLICATIVO: Effetti della viscosità del LWAC a lungo termine

4 La progettazione e il calcolo

### 4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

#### 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

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

$t_0$	$\alpha \leq 20 \text{ cm}$	$\alpha \geq 60 \text{ cm}$
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  $\varphi(t_x, t_0)$  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  $\varphi(t_x, t_0)$  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



4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

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

**Mix designs**

Mix design	HSLWAC for specimens	HSLWAC for hollow-core slab	NDC for hollow-core slab
Portland cement 52.5R <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	500	450	370
Fine aggregate (0-2mm) (kg/m <sup>3</sup> )	440	490	220
Fine aggregate (0-4mm) (kg/m <sup>3</sup> )	185	215	661
Gravel (4-7 mm) (kg/m <sup>3</sup> )	--	--	219
Gravel (7-15 mm) (kg/m <sup>3</sup> )	--	--	775
Lightweight aggregate (2-10mm) (kg/m <sup>3</sup> )	555	575	--
Silica fume (kg/m <sup>3</sup> )	50	45	0
Water (total) (kg/m <sup>3</sup> )	180	145	148
Superplasticizer <sup>(2)</sup> (l/m <sup>3</sup> )	10	0	0
W/C	0.36	0.31	0.40
W/(C+SF)	0.32	0.28	0.40
Slump (mm)	220	0	0
Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	1920	1920	2393

<sup>(1)</sup> Portland cement ENV197-1 CEM I 52.5R.

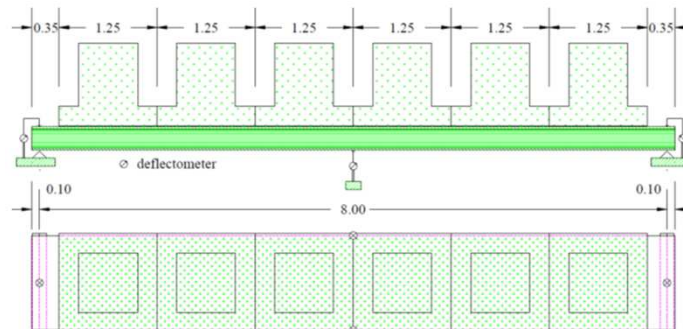
<sup>(2)</sup> Carboxylated acrylic ester copolymer.



4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

*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)

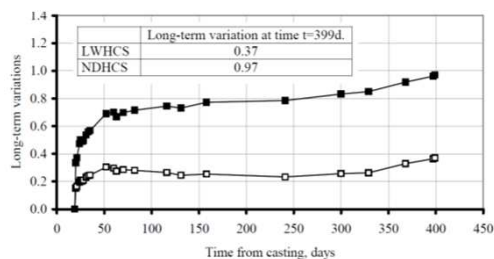
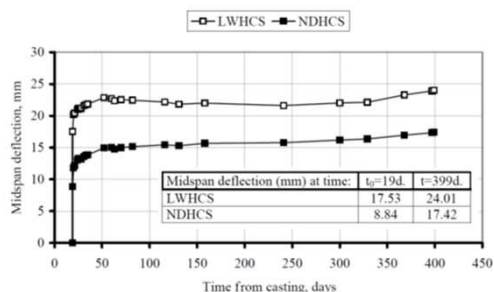




4 La progettazione e il calcolo

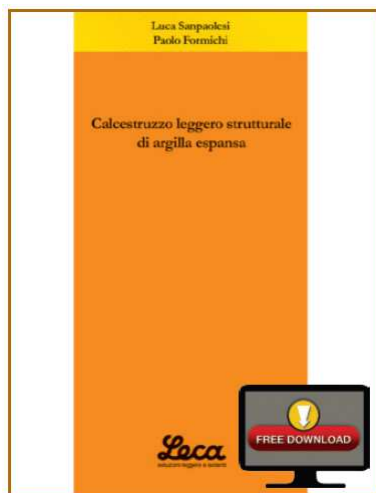
4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri

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



4 La progettazione e il calcolo

4.4 Inquadramento Tecnico – Normativo dei Calcestruzzi Strutturali Leggeri



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. Sanpaolosi 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



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

# IL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO LEGGERO

Carlo Beltrami, Andreas Manoli, Tim Sullivan,

**Lombardi**  
Lombardi Ingegneria S.r.l.

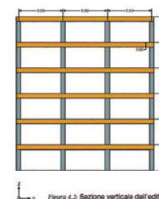
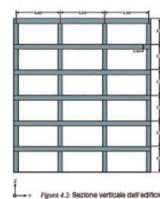
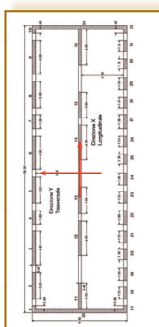
**Leca**  
soluzioni leggere e isolanti  
**Laterlite**

**EUCENTRE** Fondazione  
Ente Sostenitore



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri



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



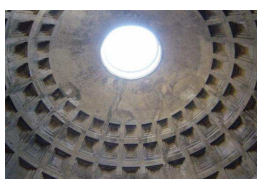
4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

Benefici già noti nell'uso del calcestruzzo leggero:

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.).*



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

## IL COMPORTAMENTO DEI MATERIALI

Comportamento **ELASTICO**.

Ad ogni incremento del carico corrisponde un aumento proporzionale della deformazione e, quando il carico viene rimosso, il campione ritorna esattamente alla sua configurazione originaria

Comportamento **PLASTICO**.

Il carico eccede una certa soglia di resistenza (tensione di snervamento), la deformazione aumenta più sensibilmente rispetto al regime elastico e, rimuovendo il carico, una parte di questa continua a permanere sul campione.



4 La progettazione e il calcolo

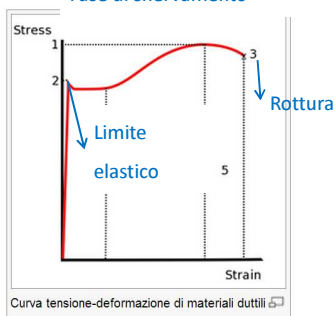
## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

## IL COMPORTAMENTO DEI MATERIALI

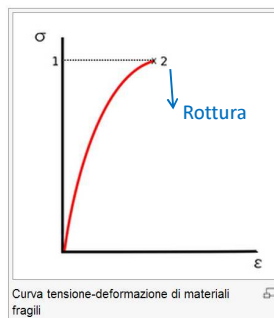
→ Sopportano grandi deformazioni prima della rottura

→ Materiali DUTTILI: es. alluminio

Fase di snervamento



Materiali FRAGILI: es. vetro



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

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.



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

**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

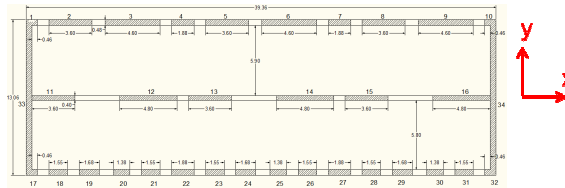
Geometria

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  $\rightarrow$  il peso del solaio insiste prevalentemente sulle pareti orientate lungo X. Le pareti in direzione Y sono soggette al solo peso proprio.



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

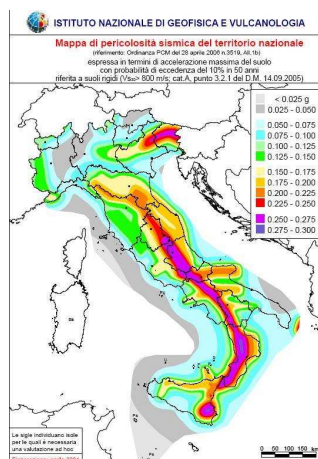
**Progetto sismico degli edifici studiati – La pericolosità sismica in Italia**

La **pericolosità sismica**, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Uno dei possibili parametri con cui si può definire l'intensità dello moto del suolo è la sua **accelerazione massima (PGA)**.

Con riferimento alla zonazione sismica italiana, i valori di accelerazione scelti in questo studio sono:

- Bassa intensità,  $\text{PGA} = 0,05\text{g}$  (zone grigio-azzurro)
- Media intensità,  $\text{PGA} = 0,1\text{g}$  (zone azzurro-verde)
- Alta intensità,  $\text{PGA} = 0,3\text{g}$  (zone viola)



4 La progettazione e il calcolo

#### 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

### *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.



4 La progettazione e il calcolo

#### 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

### *Parte II*

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



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

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

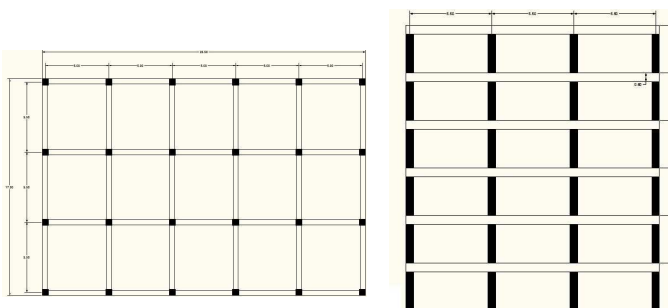
Pilastri 50 x 50 cm

Travi 40 x 60 cm

Materiali

CLS C30/37

Acciaio B500C



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

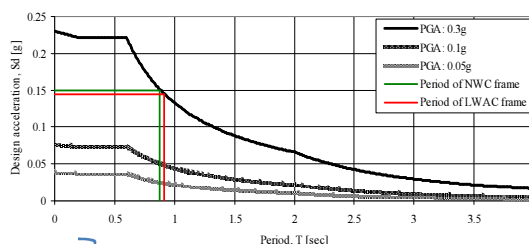
Progetto sismico degli edifici studiati – Spettri di progetto

- Spettro EC8 Tipo 1,  $P_{VR}=10\%$ ,  $T_R=50$  anni, suolo C;
- Il progetto dei due telai è stato ripetuto per le seguenti accelerazioni massime al suolo:

$$\alpha_{gr} = 0,3g, \quad \alpha_{gr} = 0,1g, \quad \alpha_{gr} = 0,05g$$

PGA	NW	LW
	$T_1 = 0.877 \text{ sec}$ $m = 468 \text{ ton}$	$T_1 = 0.915 \text{ sec}$ $m = 379 \text{ ton}$
0.3g	0.153 g	0.146 g
0.1g	0.051 g	0.049 g
0.05g	0.026 g	0.024 g

$T_1(LW) > T_1(NW)$   
Il telaio LW è più flessibile per il minore modulo elastico del materiale



Complessivamente sono stati progettati **6 edifici**.

3 telai NW  
3 telai LW

Stessa carpenteria, differiscono solo nelle armature degli elementi



4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

**Progetto sismico degli edifici studiati – Masse sismiche e taglio alla base**

Dall'analisi dei carichi si ricavano le masse sismiche:

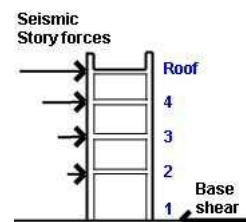
Piano	Telaio NW		Telaio LW		Differenza massa sismica %
	SLU sismica G + 0.3Q (kN)	Massa sismica (ton)	SLU sismica G + 0.3Q (kN)	Massa sismica (ton)	
6	653	67	508	52	22.4
5	787	80	642	65	18.8
4	787	80	642	65	18.8
3	787	80	642	65	18.8
2	787	80	642	65	18.8
1	787	80	642	65	18.8
<b>Totale:</b>		<b>468</b>		<b>379</b>	<b>19</b>

*Nota:* la massa sismica totale *m* dell'edificio LW è circa il 20% inferiore a quella dell'edificio NW.

da cui deriva il taglio sismico totale alla base dell'edificio:

PGA	Calcestruzzo NW T1= 0.877 sec m= 468 tones		Calcestruzzo LW T1= 0.915 sec m= 379 tones		Differenza in taglio alla base %
	Sd(T1)	Fb (kN)	Sd(T1)	Fb (kN)	
0.3g	0.153 g	595.0	0.146 g	460.8	22.6
0.1g	0.051 g	198.3	0.049 g	153.6	22.6
0.05g	0.026 g	99.2	0.024 g	76.8	22.6

*Nota:* il taglio totale sismico nell'edificio LW è inferiore del **22,6%** a quello dell'edificio NW.



4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

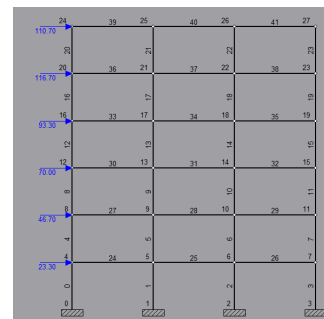
**Progetto sismico degli edifici studiati – Tagli sismici di piano**

Nell'analisi statica lineare il taglio totale alla base viene distribuito sui vari piani secondo la relazione:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

*Fi* = forza orizzontale sull'*i*-esimo piano  
*Fb* = taglio sismico totale alla base  
*mi* = massa del singolo piano  
*zi* = quota del piano dal livello fondazione

Piano	zi (m)	Calcestruzzo NW			Calcestruzzo LW				
		mi (ton)	0.3g (kN)	0.1g (kN)	0.05g (kN)	mi (ton)	0.3g (kN)	0.1g (kN)	0.05g (kN)
6	19.2	67	148.2	49.4	24.7	52	110.7	36.9	18.5
5	16	80	148.9	49.6	24.8	65	116.7	38.9	19.4
4	12.8	80	119.1	39.7	19.9	65	93.3	31.1	15.6
3	9.6	80	89.4	29.8	14.9	65	70.0	23.3	11.7
2	6.4	80	59.6	19.9	9.9	65	46.7	15.6	7.8
1	3.2	80	29.8	9.9	5.0	65	23.3	7.8	3.9
<b>Tot.</b>			<b>595.0</b>	<b>198.3</b>	<b>99.2</b>		<b>460.8</b>	<b>153.6</b>	<b>76.8</b>



Distribuzione delle forze sismiche di piano nell'edificio LW per PGA=0,1g





4 La progettazione e il calcolo

4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

**Progetto sismico degli edifici studiati – Armature nelle travi**

Con le consuete tecniche dell'analisi strutturale si determinano le sollecitazioni di progetto negli elementi e le conseguenti armature a taglio e flessione.

Sismicità	Armatura flessionale necessaria nelle travi: sezioni in campata				Differenza di armatura
	Calcestruzzo normale		Calcestruzzo leggero		
	Momenti positivi (kN.m)	Area d'armatura richiesta (mm <sup>2</sup> )	Momenti positivi (kN.m)	Area d'armatura richiesta (mm <sup>2</sup> )	
0.3g	258	1138	160	684	40
0.1g	105	444	82	344	22
0.05g	105	444	82	344	22

L'impiego di calcestruzzo leggero consente di ridurre la richiesta di armatura flessionale **fino al 40%** per PGA=0.3g e **fino al 22%** per livelli di intensità del sisma minori.

Sismicità	Armatura necessaria a taglio (sezioni critiche)				Differenza di armatura
	Calcestruzzo normale		Calcestruzzo leggero		
	Taglio (kN)	Area d'armatura richiesta (mm <sup>2</sup> /mm)	Taglio (kN)	Area d'armatura richiesta (mm <sup>2</sup> /mm)	
0.3g	308	0.569	22	0.436	23
0.1g	238	0.413	202	0.346	16
0.05g	235	0.407	200	0.342	16

Il minore taglio alla base negli edifici LW comporta una minore armatura specifica, fino a circa il 25%.

Maggiori benefici in zone ad alta sismicità.



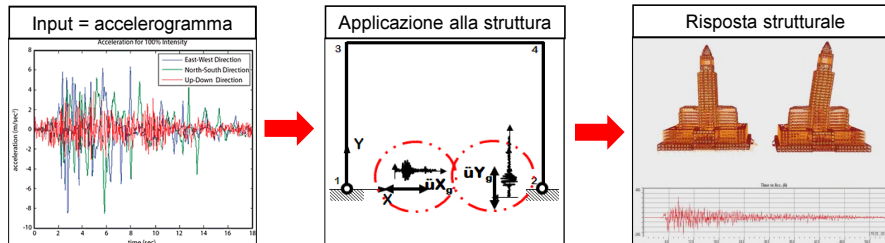
4 La progettazione e il calcolo

4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

**Analisi numeriche**

La risposta sismica dei telai è stata indagata attraverso **analisi dinamiche non lineari**

Nell'analisi dinamica non lineare la risposta della struttura è calcolata integrando direttamente l'equazione non lineare del moto del sistema passo a passo. Ai vincoli di base della struttura sono applicati direttamente gli accelerogrammi nelle tre direzioni rilevanti in cui può scomporsi l'input sismico.



Durante l'analisi i parametri di risposta sono calcolati per ogni passo di calcolo (cioè in ogni "istante" in cui è stato discretizzato l'intervallo temporale di durata del sisma/accelerogramma). Perciò è possibile conoscere la loro entità in ogni istante, dall'inizio alla fine del sisma.



4 La progettazione e il calcolo

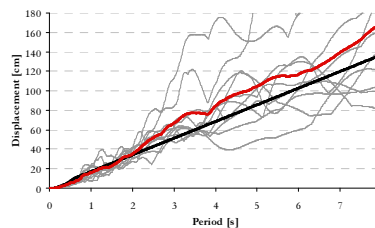
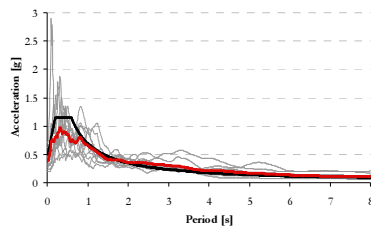
### 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

#### Analisi numeriche – Input sismico

Per ogni struttura è stata analizzata la risposta strutturale a 10 diversi accelerogrammi registrati e scalati in modo da risultare spettro-compatibili con lo spettro di progetto di EC8 per ogni intensità sismica di progetto considerata.

#	Sisma	Stazione	Fattore di scala (PGA=0,3g)	Magnitudo
LC1	Chi-Chi, Taiwan	CHY082	3.0	7.62
LC2	Kocaeli	KOERI Bolas	5.2	7.51
LC3	Landers	CDMG 14368 Downey - Co Maint Bldg	3.4	7.28
LC4	Hector	Mecca - CVWD Yard	2.2	7.13
LC5	St Elias, Alaska	USGS 2728 Yakutat	2.2	7.54
LC6	Loma Prieta*	USGS 1028 Hollister City Hall	1.3	6.93
LC7	Northridge-01	Neenach - Sacatara Ck	4.4	6.69
LC8	Superstition Hills-02	Westmorland Fire Sta	1.4	6.54
LC9	Imperial Valley-05	El Centro Array#1	3.8	6.53
LC10	Chi-Chi, Taiwan-03*	TCU061	5.1	6.2

Complessivamente sono state condotte 60 analisi dinamiche NL



4 La progettazione e il calcolo

### 4.5 Comportamento Sismico di Calcestruzzi Strutturali Leggeri

#### Analisi numeriche – Criteri di modellazione

Masse concentrate

Rigidità fessurata degli elementi secondo Priestley:  $I_{cr} = M_n / \phi_n E_c$

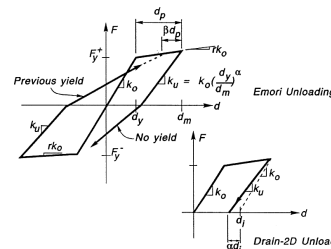
Momento di inerzia fessurato, $I_{cr}$ [m <sup>4</sup> ]				
Elemento	Input sismico	NW	LW	Differenza %
Travi	0,3g	0,002323	0,002747	15,4
	0,1g	0,001127	0,001833	38,5
	0,05g	0,001058	0,001584	33,2

Nota: le rigidità fessurate degli elementi LW sono sensibilmente superiori a quelle degli elementi NW!

Smorzamento alla Rayleigh:  $[C] = \alpha[M] + \beta[K]$

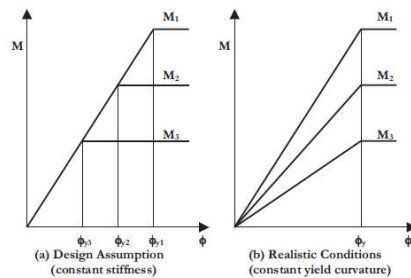
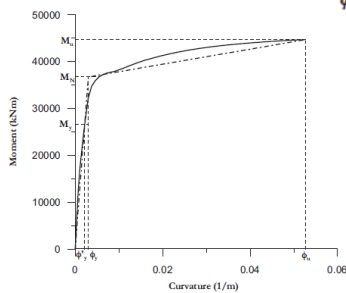
Input sismico applicato solo in direzione orizzontale

Comportamento ciclico delle sezioni in c.a. secondo il modello di Takeda modificato

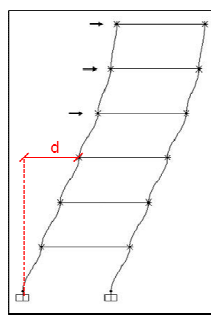


**Definizioni – Rigidezza flessionale elastica e fessurata**

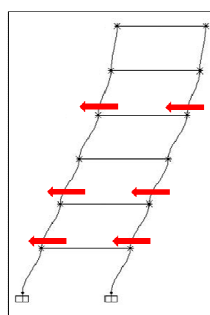
- **Rigidezza elastica:**  
Rigidezza flessionale  $EJ = E \text{ materiale} \times J = bh^3/12$  (inerzia sez. interamente reagente)
- **Rigidezza fessurata:**  
Rigidezza flessionale  $EI_{cr} = EI = \frac{M_N}{\phi_y}$  (inerzia sez. fessurata)



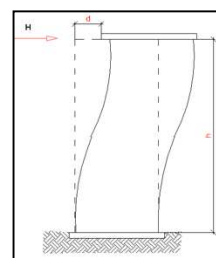
**Analisi numeriche – Parametri di risposta considerati**



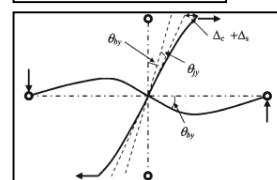
Spostamenti di piano



Tagli di piano



Scorrimenti di piano  $\delta/h$



### 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 rigidità dinamica (non-lineare) in condizione fessurata del telaio è superiore al telaio in cls normale.



I vantaggi della leggerezza

4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 i vantaggi della leggerezza



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

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

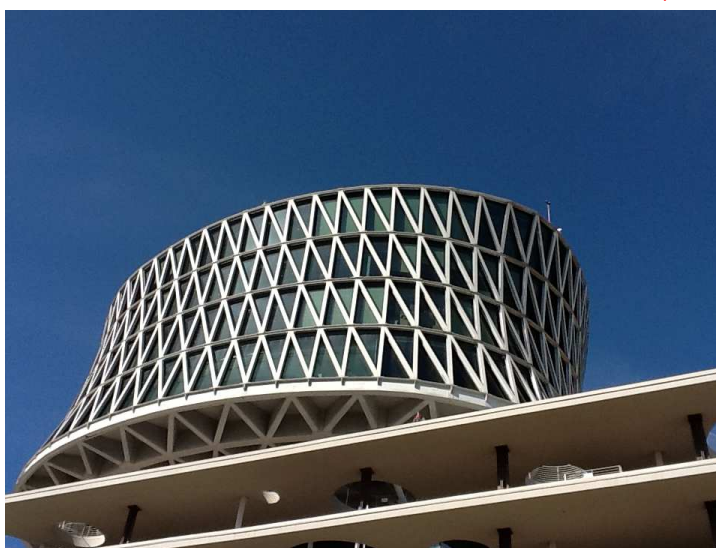
- Strutture con peso proprio preponderante ai carichi portati
- Grandi opere di ingegneria (grandi luci o altezze)
- Interventi su terreni con limitata portanza
- Ristrutturazione in generale
- Strutture soggette ad elevate azioni orizzontali (sisma per esempio)
- Riduzione di ponti termici grazie alla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



4 La progettazione e il calcolo

## 4.5 i vantaggi della leggerezza

Torre di Fuksas  
(Pescara)



4 La progettazione e il calcolo  
4.5 i vantaggi della leggerezza



Residenze Citylife  
(Milano)

Complesso  
Multifunzionale Sesto  
Porta (Pisa)



4 La progettazione e il calcolo  
4.5 i vantaggi della leggerezza



Torre  
Polifunzionale  
(PD)

Cassoni del  
MOSE (Venezia)



Grattacielo BMW  
(Monaco di Baviera)



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



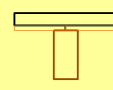
## Gli strumenti e i servizi

### 4 La progettazione e il calcolo




#### 4.5 Gli strumenti per il progettista: il software di calcolo

Per solai in **legno**, **acciaio**, **calcestruzzo**.

**Dimensionamento di solai misti LEGNO - CALCESTRUZZO con connettori CentroStorico e calcestruzzi strutturali LECA.**  
Schema statico di semplice appoggio e carico uniformemente distribuito

DATI DI INPUT		VERIFICHE DI CALCOLO	
Lavoro	Progetto Progettista	<b>Solaio puntellato o tirantato</b> Carico SLU = 3,58 kN/m    MED = 11,17 kNm Carico SLS = 2,46 kN/m    VEd = 8,94 kN	
Tipo di solaio	Trave in semplice orditura	<b>Verifica SLS</b> T <sub>0</sub> T <sub>∞</sub> Legno - tendiflessione =    0,67    0,69    <= 1 Legno - taglio =    0,67    0,69    <= 2,13 N/mm <sup>2</sup> Cls - Compressione sup =    3,85    3,15    <= 14,17 N/mm <sup>2</sup> Cls - Trazione Inf =    0,29    -0,34    <= 0,8 N/mm <sup>2</sup> Verifiche connettore =    7658    7507    <= 7776 N Armatura trasversale soletta =    -    0,44 cm <sup>2</sup> /m	
Soletta collaborante	Calcestruzzo CentroStorico	<b>Verifiche SLS</b> T <sub>0</sub> T <sub>∞</sub> Deformabilità =    8,8    12,7    mm	
Assito / tavolato	Tavolato di conifera	<b>RISULTATI CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO</b> Altezza connettore =    4 cm Distanza connettori variabile =    15,5 / 37 / 18,5 cm Distanza appoggio - 1° connettore =    35 cm Numero di connettori per trave =    18 n° connettori / m <sup>2</sup> =    7,2	
Trave	EN C24 - EN338:2009		
	Spessore 2,0 cm    0,08 kN/m <sup>2</sup>		
	Interasse travili 50,0 cm		
	Base 12,0 cm    0,20 kN/m <sup>2</sup>		
	Altezza 20,0 cm		
	Lunghezza 900 cm		
massetto di finitura	Massetto CentroStorico		
sottofondo	Sottofondo CentroStorico		
Carichi	altri permanenti (tipo tramezzature interne, pavimenti, etc.)		
	altri permanenti (tipo tramezzature interne, pavimenti, etc.)		
	Civili abitazioni		
Deformabilità	Rigidità alta		
	a T <sub>0</sub> < L / 500 = 10,0 mm		
	a T <sub>∞</sub> < L / 350 = 14,3 mm		
Fissaggio connettore	su tavolato		
	Spaziatura: <input checked="" type="radio"/> variabile <input type="radio"/> costante		
	<input checked="" type="checkbox"/> Solaio puntellato o tirantato		

        [www.leca.it](http://www.leca.it)    [www.centrostorico.eu](http://www.centrostorico.eu)    Assistenza Tecnica  
 Via Correggio, 3 - 20149 Milano  
 Tel 02 48011962 - info@centrostorico.eu    

4 La progettazione e il calcolo  
 4.5 Gli strumenti per il progettista: la relazione tecnica e di calcolo



4 La progettazione e il calcolo  
 4.5 Gli strumenti per il progettista: il manuale tecnico





15.00	Introduzione del Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Modena.
15.10	<b>ANALISI DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE:</b> - le tipologie di solai italiani; - obiettivi e opportunità della riqualificazione statica dei divisori orizzontali. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
15.30	<b>SISTEMI E SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO E RINFORZO DEI SOLAI ESISTENTI (in legno-acciaio-calcestruzzo) con la tecnica della soletta mista collaborante:</b> - interconnessione meccanica; - interconnessione chimica. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
16.00	<b>LE CARATTERISTICHE DI UN CALCESTRUZZO STRUTTURALE LEGGERO: requisiti e prestazioni.</b> Il contributo dei calcestruzzi leggeri strutturali nel miglioramento del comportamento sismico dell'edificio (studi effettuati in collaborazione con Eucentre di Pavia). <i>(Ing. M. Quaini)</i>
17.00	<i>Pausa caffè</i>
17.15	<b>LA PROGETTAZIONE E IL CALCOLO DEL CONSOLIDAMENTO:</b> - la valutazione della sicurezza sismica; - indicazioni progettuali di primo dimensionamento; - il software di calcolo; - il ruolo dei solai nella sicurezza sismica. <i>(Ing. M. Quaini)</i>
18.15	<b>SOLUZIONI E SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO IN "CENTRO STORICO":</b> - analisi delle soluzioni tecniche per il rinforzo strutturale, isolamento termico e acustico; - alleggerimento dei solai, riscaldamento a pavimento a bassi spessori, isolamento contro terra. <i>(Arch. Emanuele Vietri)</i>
19.00	<i>Termine dei lavori</i>



Soluzioni e sistemi per la  
ristrutturazione dei solai

3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico****Le soluzioni: due famiglie di interventi**

- **SOLAIO DA IRRIGIDIRE / RINFORZARE?**

- **Sistemi di consolidamento solai**

- In legno
- In acciaio
- In calcestruzzo

- **Costituiti da:**

- Sistema di interconnessione
- Calcestruzzi strutturali leggeri Leca
- Strati complementari

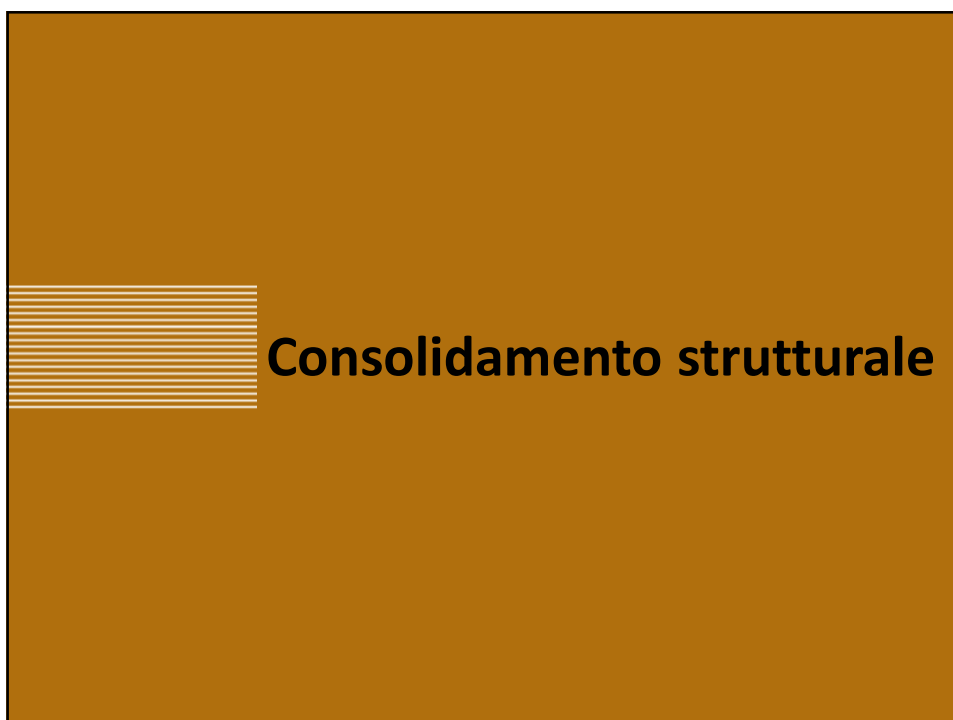
- **SOLAIO CONSOLIDATO (adeguatamente rigido e resistente)?**

- **Sottofondi termoacustici**

- Per tutti i tipi di solaio
- Per tutti i tipi di pavimentazione
- Ottimizzati per ogni spessore disponibile

- **Costituiti da:**

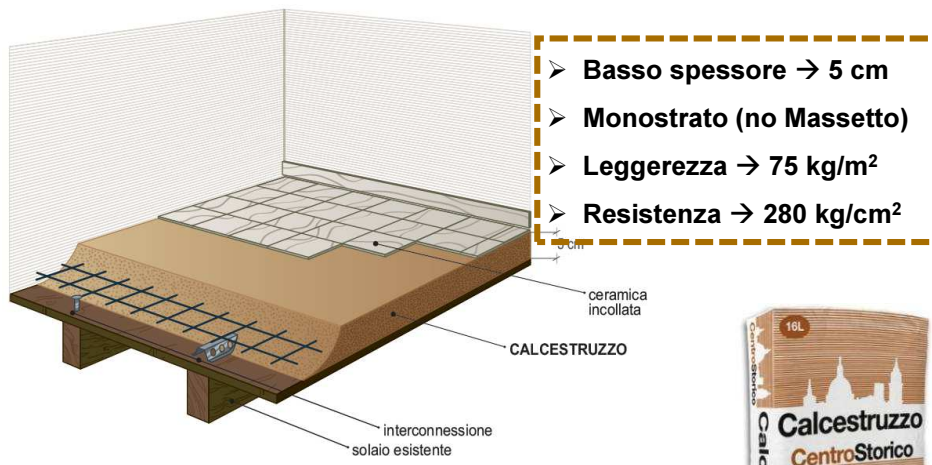
- Massetti leggeri
- Sottofondi leggeri
- Livelline
- Materassini acustici
- Strati complementari



3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

### Consolidamento e rinforzo del solaio





- **Basso spessore** → 5 cm
- **Monostrato (no Massetto)**
- **Leggerezza** → 75 kg/m<sup>2</sup>
- **Resistenza** → 280 kg/cm<sup>2</sup>

ceramica incollata

CALCESTRUZZO

interconnessione solaio esistente

**Non è possibile applicare un massetto di finitura**

3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

### Calcestruzzo CentroStorico



- ▶ **LEGGERO** — ca. 1.500 kg/m<sup>3</sup>
- ▶ **FIBRORINFORZATO** — ca. 75 kg/m<sup>2</sup> sp. 5 cm
- ▶ **A RITIRO CONTROLLATO**
- ▶ **RESISTENTE** — 280 kg/cm<sup>2</sup>
- ▶ **ISOLANTE**
- ▶ **L'UNICO PER LA POSA DIRETTA DELLA PAVIMENTAZIONE**
  - ceramica dopo 28 gg
  - parquet dopo 15 gg (con Primer)
- ▶ **PRATICO DA MOVIMENTARE** — sacco leggero ca. 18 kg (16 L)




## Calcestruzzo CentroStorico

### 2. APPLICAZIONE

Posare come un tradizionale calcestruzzo; realizzare le fasce e il riempimento a fresco. Vibrare in modo uniforme evitando di far risalire in superficie i granuli di Lecapiù.

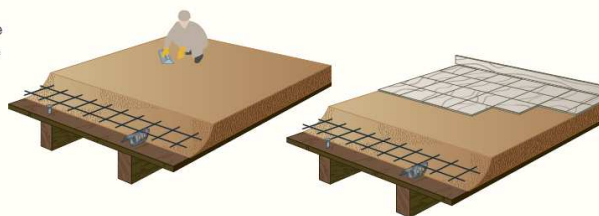


Formazione delle fasce.

Staggiatura.

### 3. FINITURA

La pavimentazione può essere posata direttamente su Calcestruzzo, in accordo alle indicazioni riportate alla voce "Caratteristiche tecniche" e "Avvertenze", dopo 28 gg (tipo ceramica) e dopo almeno 15 gg (tipo parquet). La posa di parquet necessita l'applicazione di Primer CentroStorico, previa verifica che l'umidità massima del Calcestruzzo sia  $\leq 6\%$  (con igrometro al carburo).



Fratazzatura.

Posa pavimentazione.

#### 3 Le soluzioni tecniche

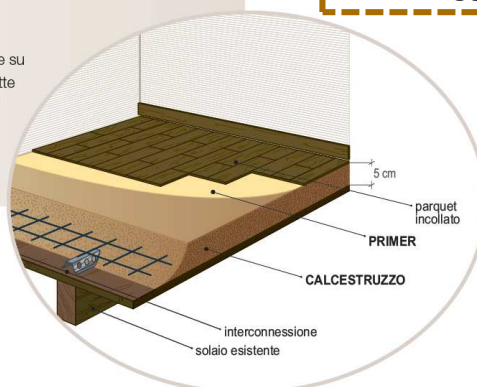
### Soluzioni per il centro storico

#### Consolidamento solaio. Basso spessore

Pavimentazione in **parquet** e assimilabile

Primer CentroStorico, da applicare su Calcestruzzo CentroStorico, permette la posa diretta di pavimenti sensibili all'umidità quale il parquet.

#### ➤ Incollaggio del parquet



3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

### I Calcestruzzi leggeri strutturali

**Il più TECNICO**



**Calcestruzzo CentroStorico**

fibrorinforzato e adatto anche alla posa diretta della pavimentazione.

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 tabellare	λ = 0,47 W/mK

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

**Il più LEGGERO**



**Leca CLS1400**  
Calcestruzzo LEGGERO

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

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

**Il più PRATICO**



**Calcestruzzo PRATICO**  
Laterite

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

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

**Il più RESISTENTE**



**Leca CLS1800**  
Calcestruzzo ALTE PRESTAZIONI

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

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




3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

### 1. Preparazione dell'impasto

Impastare con la q.tà di acqua riportata sul sacco (per betoniera a bichiere 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".



Acqua

Betoniera a bichiere



Mescolatore planetario



Impastatrice a coclea



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




Miscelatore in continuo





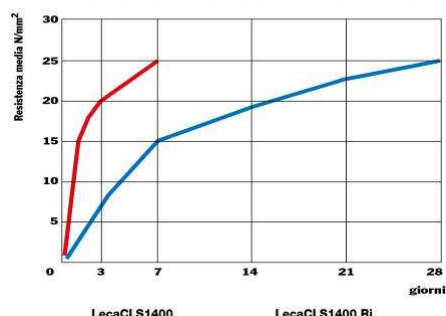

- Rck 250 Kg/cm<sup>2</sup>
- Densità: 1400 Kg/m<sup>3</sup>



**Nuova confezione da 25 U!**

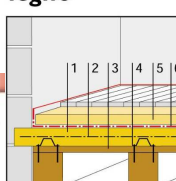
**Calcestruzzo Strutturale Premiscelato  
Leca CLS 1400 e Leca CLS 1400 Ri**

Diagramma di confronto tempi e Resistenza

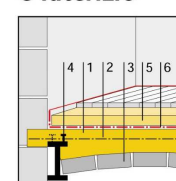


giorni	LecaCLS1400 (N/mm <sup>2</sup> )	LecaCLS1400 Ri (N/mm <sup>2</sup> )
0	0	0
3	~8	~18
7	~15	~25
14	~18	-
21	~22	-
28	~25	-

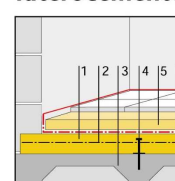
**solai  
legno**




**solai  
putrelle  
e laterizio**



**solai  
laterocemento**

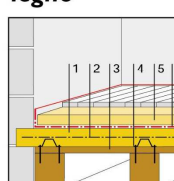




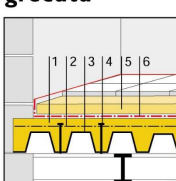
**25 litri**

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

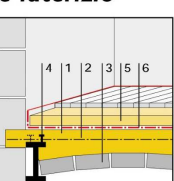
**solai  
legno**



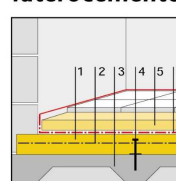
**solai  
lamiera  
grecata**



**solai  
putrelle  
e laterizio**



**solai  
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**

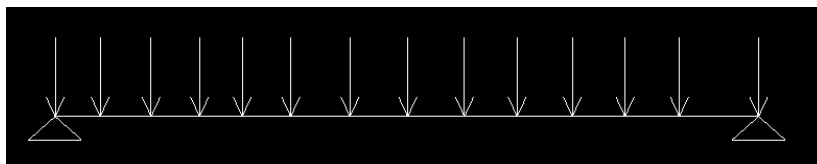
LECAMIX SP. 8 CM  
 CALPESTOP SUPER 10  
 LECACL5 1800 SP. 6 CM

R <sub>ck</sub>	RESISTENZA CALCESTRUZZO	N/mm <sup>2</sup>	≥ 40
	SPESORE SOLUZIONE	cm	15
	PESO SOLUZIONE	Kg/m <sup>2</sup>	190

NOVITÀ LECA CLS 1800  
 PER SOLAI IN LAMIERA GRECATA.



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



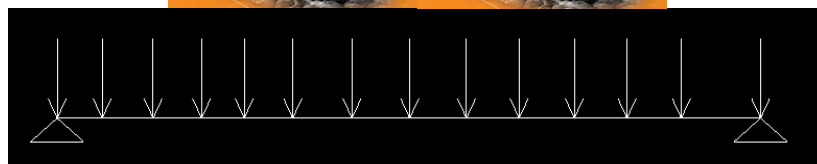
Solaio con soletta spessore 5 cm di calcestruzzo centro storico =  
 $1500 \cdot 0,05 = 75 \text{ kg/mq} \cdot 100 \text{ mq} = 7500 \text{ kg} = 7,5 \text{ ton}$

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

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



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





3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico

#### 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)




3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico

#### Calcestruzzo alleggerito + Massetto alleggerito

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




3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per ponte termico dei Balconi

### BALCONI



Per il calcolo di diversi casi, in termini di spessori, caratteristiche geometriche e tipologia, si ricorda all'utente la nostra Lezione del 02/03/2015 - [info@leca.it](mailto:info@leca.it). Le soluzioni tipo in formato .dwg per AutoCAD sono disponibili su [www.leca.it](http://www.leca.it)

**IPOTESI DI CALCOLO**

- Trasmissione termica parete:  $U=0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmissione termica elemento orizzontale isolante:  $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Isolante termico in soletta: tipo EPS, conducibilità termica  $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$  e spessore 6 cm.
- Soletta balcone: spessore 20 cm.
- Conducibilità termica calcestruzzo tradizionale:  $\lambda=1,71 \text{ W/mK}$ .
- Conducibilità termica calcestruzzo leggero strutturale tipo LecaCLS 1000:  $\lambda=0,54 \text{ W/mK}$ .
- Profondità balcone: 1,5 m.

I balconi rappresentano un potenziale **ponte termico** il cui effetto, se non adeguatamente corretto, può pregiudicare la prestazione di isolamento termico dell'intera facciata penalizzando quindi il comportamento energetico dell'edificio. Infatti i balconi si configurano sia come **ponte termico di struttura** (materiale che di forma) **geometrica**, rappresentando punti di eterogeneità della struttura. È quindi un dettaglio costruttivo che merita un'accurata progettazione delle connessioni tra i vari componenti edili.

Se il balcone è **privo di isolamento**, il calore si disperde sul lato non isolato permettendo la formazione di un importante ponte termico; questo porta dispersione energetica, abbassamento della temperatura nel locale, formazione di condensa e muffe.

Le soluzioni proposte prevedono l'impiego del calcestruzzo isolante **LecaCLS**, realizzato con argilla espansa Leca: il basso valore di conducibilità termica, unitamente all'elevata resistenza meccanica necessaria per la stabilità del manufatto, consente di isolare omogeneamente ed efficacemente l'elemento a sbalzo mantenendo inalterata la tradizionale mobilità costruttiva evitando l'impiego di sofisticate e dispendiose soluzioni tecniche alternative.

**SOLUZIONE NON PRESTAZIONALE, SCONSIGLIATA**

**SOLETTA IN CALCESTRUZZO TRADIZIONALE**

È prevista la realizzazione del solaio del balcone in calcestruzzo tradizionale.



**SOLETTA IN CALCESTRUZZO TRADIZIONALE CON RIVESTIMENTO IN PANNELLI TIPO EPS**

È prevista la realizzazione del solaio del balcone in calcestruzzo tradizionale, con elemento isolante aggiuntivo a completo rivestimento della struttura.

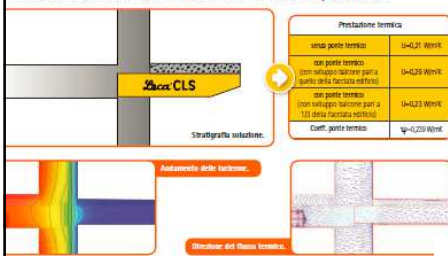


3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

**SOLETTA IN CALCESTRUZZO LEGGERO STRUTTURALE ISOLANTE**

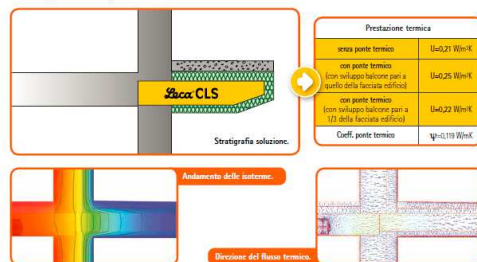
È prevista la realizzazione del solaio del balcone in calcestruzzo strutturale tradizionale tipo LecaCLS 1000.



**SOLETTA IN CALCESTRUZZO LEGGERO ISOLANTE CON RIVESTIMENTO IN PANNELLI TIPO**

**SOLETTA IN CALCESTRUZZO LEGGERO ISOLANTE CON RIVESTIMENTO IN PANNELLI TIPO EPS**

È prevista la realizzazione del solaio del balcone in calcestruzzo strutturale leggero e isolante tipo LecaCLS 1000, con elemento isolante aggiuntivo a completo rivestimento della struttura.



Ristrutturazione delle partizioni orizzontali

Le soluzioni: due famiglie di interventi

• SOLAIO DA IRRIGIDIRE / RINFORZARE?

→ Sistemi di consolidamento solai

- In legno
- In acciaio
- In calcestruzzo

• Costituiti da:

- Sistema di interconnessione
- Calcestruzzi strutturali leggeri Leca
- Strati complementari



• SOLAIO CONSOLIDATO (adeguatamente rigido e resistente)?

→ Sottofondi termoacustici

- Per tutti i tipi di solaio
- Per tutti i tipi di pavimentazione
- Ottimizzati per ogni spessore disponibile

• Costituiti da:

- Massetti leggeri
- Sottofondi leggeri
- Livelline
- Materassini acustici
- Strati complementari



5 I Prodotti

5.3 Calcestruzzi leggeri strutturali

Il più **TECNICO**



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

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 = 32.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica certificata	λ = 0,47 W/mK

Densità ca. 1500 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 28 N/mm<sup>2</sup>

Il più **LEGGERO**



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

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 = 31.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,42 W/mK

Densità ca. 1400 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 25 N/mm<sup>2</sup>

Il più **PRATICO**



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

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 = 30.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,54 W/mK

Densità ca. 1600 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 35 N/mm<sup>2</sup>

Il più **RESISTENTE**



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

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 = 35.000 N/mm <sup>2</sup>
Isolante, conducibilità termica tabellare	λ = 0,70 W/mK

Densità ca. 1800 kg/m<sup>3</sup>  
Rck 45 N/mm<sup>2</sup>

Ristrutturazione delle partizioni orizzontali

Le soluzioni: due famiglie di interventi

Se non Consolidiamo come possiamo procedere?



Ristrutturazione delle partizioni orizzontali

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!!!**



## Ristrutturazione delle partizioni orizzontali

### Le soluzioni: due famiglie di interventi

Nel momento in cui intervengo su un solaio posso anche cercare di ottenere un miglioramento Termico e Acustico del solaio.



## LE NUOVE COSTRUZIONI: PRINCIPALI NORMATIVE

**LA NORMATIVA TERMICA VIGENTE: il Dlgs 311/06:**  
**che detta le regole per l'involucro.** *Inquadra i parametri attuali  
 e introducono il nuovo concetto di Certificazione Energetica*

**Normativa acustica: legge 447/95 e DPCM 5/12/97**  
*La Nuova certificazione acustica norma UNI 11367 Volontaria*



## L'INVOLUCRO EDILIZIO

### ISOLAMENTO TERMICO ACUSTICO INTERPIANO

**INTERPIANO**  
**TERMICA U 0,8 W/m²k**  
**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/α = somma delle resistenze termiche limitari, i cui valori espressi in m²K/W sono (UNI EN ISO 6946):

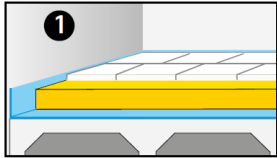
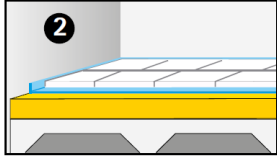
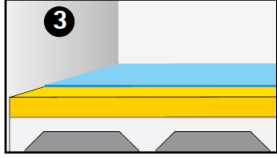
Direzione del flusso di calore	Solai rivolti all'esterno	Solai interpiani
Riscaldato ↑	0,14	0,28
Raffreddato ↓	0,21	0,34

∑R = somma delle resistenze termiche degli strati che compongono la struttura, così calcolati:  
R = spessore strato (metri)/λ (conduttività termica in W/mK).  
I dati di conducibilità termica λ 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 conduttività termiche.

Schema indicativo delle zone climatiche italiane secondo il DPR 41/2001

**Decreto Legislativo 311/2006**

### Considerazioni acustiche nei solai di interpiano

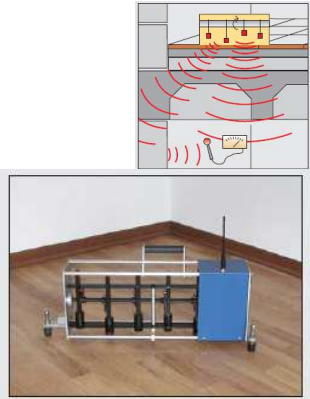
- 1) Massetto galleggiante su strato resiliente
- 2) Strato resiliente sotto pavimento
- 3) Pavimento resiliente o fonoassorbente

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

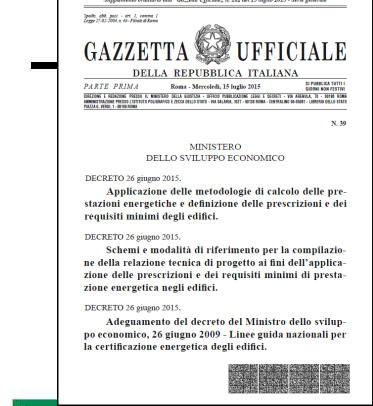
Categorie	Valori massimi del livello di rumore di calpestio trasmesso L <sub>1, mw</sub>
1. A-C	63
2. D-E	58
3. B-F-G	55

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.







## LECA

### 13 Decreti Min.S.T.E. del 26.06.2015

"Requisiti minimi edifici"



"Schemi relazioni tecniche"

"Linee guida per la certificazione"

Bollettino Ufficiale n. 184 del 24.07.2015

**Deliberazione della Giunta Regionale 20 Luglio 2015 n. 967**

Approvazione dell'atto di coordinamento tecnico regionale per la definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici (artt. 25 e 25-bis L.R. 26/2004 e s.m.)

## La trasmittanza dei divisori interni

La Regione Emilia Romagna è molto più chiara e prevede espressamente  $U=0,8$  anche in caso di riqualificazione.



Regione Emilia-Romagna

### SEZIONE D. REQUISITI E PRESCRIZIONI SPECIFICI PER GLI EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

1. Le disposizioni della presente Sezione D. si applicano agli edifici esistenti sottoposti a interventi di riqualificazione energetica di cui alla categoria 4 dell'art. 1 del presente Allegato, aventi destinazione d'uso appartenenti alle categorie di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, fatte salve le eccezioni espressamente indicate.

#### D.1.5 TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI: PARETI DI SEPARAZIONE

1. Ad eccezione della categoria E.8, il valore della trasmittanza (U) delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti, fatto salvo il rispetto del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997, recante determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, deve essere inferiore o uguale a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali, e inclinate, ed inferiore a  $2,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  nel caso di chiusure trasparenti comprensive di infissi.
2. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento, sempreché questi siano adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati. I limiti di cui sopra possono essere omessi qualora tali ambienti risultino aerati tramite aperture permanenti rivolte verso l'esterno.



## Nuova Termica: Requisiti Minimi

### ERMICI

ermici" si intendono quelle zone dove si verificano **disomogeneità** (per esempio i pilastri all'interno delle tamponature in muratura) **di forma** (per esempio angoli o spigoli).  
 zone vi è un **incremento del valore dei flussi termici** e una delle temperature superficiali interne, con conseguente **aumento di calore disperso attraverso le pareti o gli altri elementi**.

ermici generalmente si possono dividere in:

**ermici di struttura (o di materiale)**, ove la presenza di elementi di diversa conduttività incrementa il flusso termico;  
**ermici di forma (o geometrici)**, ove la presenza di spigoli provoca insamento delle isoterme con un aumento del flusso termico.

ro che caratterizza un ponte termico lineare è la **trasmittanza lineica  $\psi$**  ( $\text{W/mK}$ ) che esprime il flusso termico specifico scambiato di lunghezza. Per effetto dei ponti termici, il coefficiente di scambio è calcolato come:  $H = \sum A_i U_i + \sum L_j \psi_j$ .

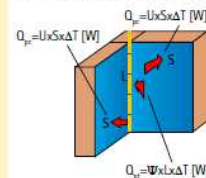
### DEI PONTI TERMICI

nza i ponti termici erano analizzati generalmente in modo forfettario ne della tipologia costruttiva utilizzata (pareti con isolamento s, a cassa vuota con o senza isolamento nell'intercapedine, ecc...).

l'ultima versione della norma UNI TS 11300-1 (emanata nel 2014) non fu tale calcolo forfettario: i ponti termici vanno quindi valutati secondo elementi finiti realizzati secondo la norma UNI EN ISO 10211.

a necessità di valutazioni più approfondite unitamente a prestazioni più severe richieste dal Decreto "Requisiti minimi" rende il **tema termici** un passaggio fondamentale della nuova normativa enza energetica degli edifici.

### TRASMITTANZA TERMICA LINEICA $\psi$



### L'EFFETTO DEI PONTI TERMICI

Il flusso termico totale "reale" è dato dalla somma di quello in parte corrente e quello del ponte termico  $\psi$ .

$$Q_{tot} = Q_p + Q_{\psi} = \sum (U \times S) \times \Delta T + \sum (\psi \times L) \times \Delta T$$
 [W]

Calcolo delle trasmittanze termiche comprensive dei ponti termici.





## Nuova Termica: Requisiti Minimi in Edilizia

### EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO (NZEB)

La Direttiva europea 2010/31/UE (recepiata in Italia con la Legge 90/2013) ha introdotto il concetto di edificio a energia quasi zero o NZEB, definito come un edificio ad altissima prestazione energetica.

Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ)\*: tale concetto, ben diverso da quello di una Passiv house, è collegato ad una ottimizzazione economica (analisi costi/benefici) di cui il Decreto "Requisiti minimi" rappresenta la sintesi.

A livello nazionale, l'edificio a energia quasi zero è quello che soddisfa i requisiti "finali" in vigore dall'1/1/2019 (1/1/2021 per edifici privati), con fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria coperti da fonti rinnovabili come previsto dal D.Lgs n.28 del 3 marzo 2011.

Data di richiesta del titolo edilizio	Consumi per produzione acqua calda sanitaria (acc)	Consumi per climatizzazione invernale ed estiva e produzione acc.
dal 31/5/2012 al 31/12/2013	50%	20%
Dall'1/1/2014 al 31/12/2016	50%	30%
Dall'1/1/2017	50%	50%

\*D.Lgs n.28/2011

Copertura dei consumi con energia prodotta da fonti rinnovabili, per edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti.

**Superficie disperdente S (m<sup>2</sup>):** superficie che delimita il volume climatizzato V rispetto all'esterno, al terreno, ad ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione.

**NUOVE COSTRUZIONI** titolo abitativo richiesto dopo il 1° ottobre 2015.

**EDIFICI SOTTOPOSTI A DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE**

**AMPLIAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI**

- sia in aderenza che in sopra elevazione - chiusura di spazi aperti (logge, porticati, etc).  
Requisiti da rispettare solo sulla nuova porzione di edificio.



**RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO**

interessano l'involucro edilizio con **S>50%**.  
Requisiti da applicarsi all'intero edificio.



**RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 2° LIVELLO**

interessano l'involucro edilizio con **S>25%**.  
Requisiti da applicarsi all'oggetto di intervento con estensione all'intera parte edilizia.



**RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE**

interessano l'involucro edilizio con **S<25%**.  
Requisiti da applicarsi solo all'oggetto di intervento.



### TRASMITTANZE TERMICHE U (W/m²K) PER NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO

Zona Climatica	Strutture opache orizzontali di pavimento e CONTRO TERRA, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati	
	2015*	2019/2021**
A e B	0,45	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Zona Climatica	Strutture opache orizzontali o inclinate di COPERTURA	
	2015*	2019/2021**
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Zona Climatica	Strutture opache VERTICALI	
	2015*	2019/2021**
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

\* Dal 1° ottobre per tutti gli edifici

\*\* Dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici / Dal 1° gennaio 2021 per tutti gli edifici.

in E

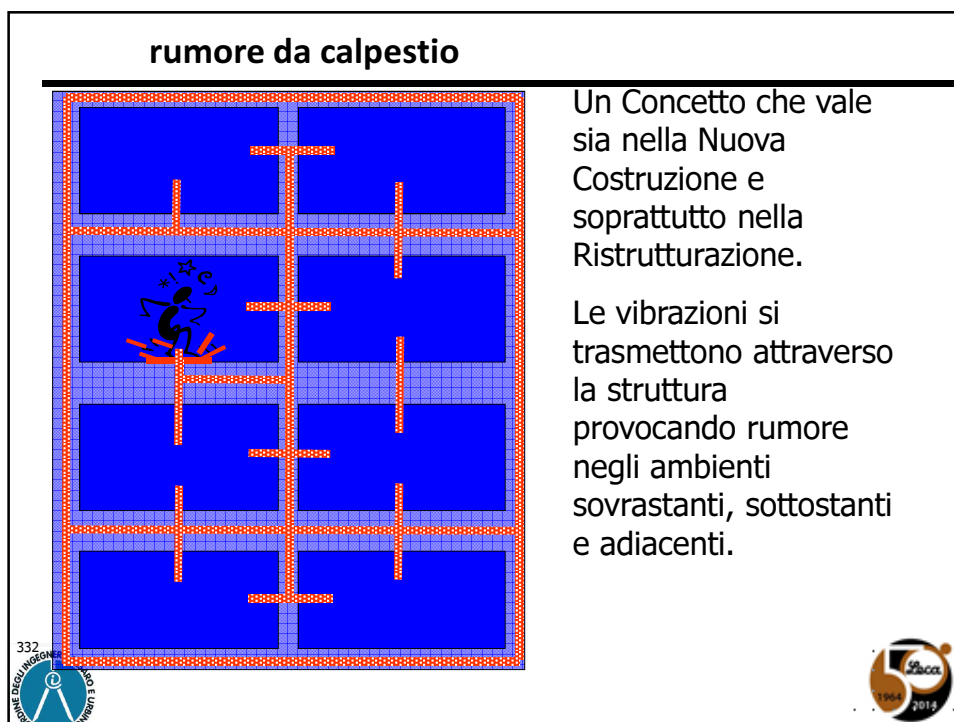


Schema indicativo delle zone climatiche secondo DPR 412/93.

**Zone climatiche**  
 Zona A Zona B   
 Zona C Zona D   
 Zona E Zona F

Trasmittanza termica U (W/m²K) dei divisioni orizzontali e verticali tra edifici o unità confinanti estesa anche alle zone climatiche A e B.

Zona Climatica	dal 1/10/2015
A e B	<b>0,8</b>
C	
D	
E	
F	



## limiti della normativa nazionale

Il riferimento è sempre al DPCM 5/12/97, il limite è espresso dal livello massimo di rumore da calpestio nel locale disturbato:  $L'_{nw}$ \*

TIPO DI EDIFICI	$L'_{nw}$
residenziali, alberghieri	63 dB
ospedali, cliniche, scuole	58 dB
uffici, culto, commerciali	55 dB

**Attenzione:** a differenza del potere fonoisolante  $R'_{w}$ , che indica una "qualità" della parete (più è alto il valore e migliore è la prestazione acustica della parete),  $L'_{nw}$  indica il livello di rumore trasmesso all'ambiente disturbato e quindi più è basso il valore e migliore deve essere la prestazione acustica del solaio

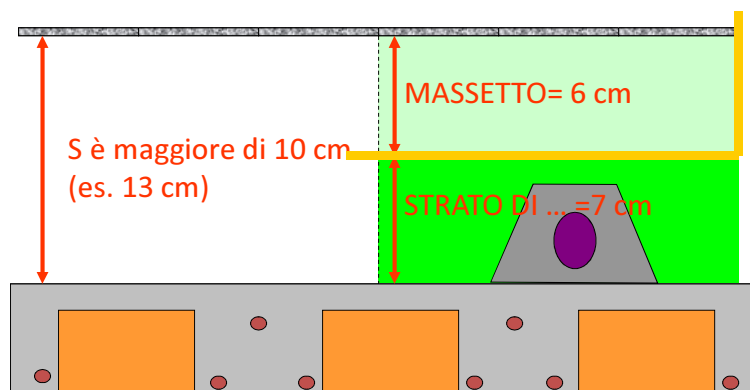


Indice del livello di rumore da calpestio normalizzato



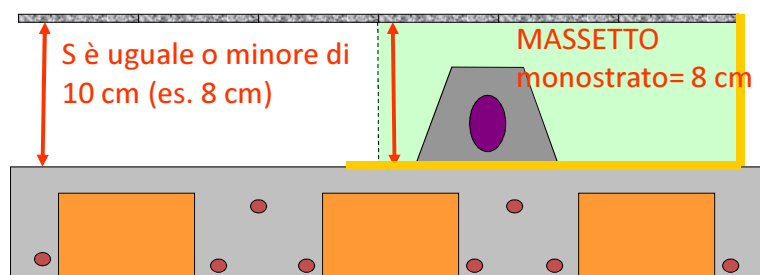
## GLI SPESSORI

### SOTTOFONDO BISTRATO SE ...



## GLI SPESSORI

### SOTTOFONDO MONOSTRATO SE ...



## IL SISTEMA SOTTOFONDO

### CASO A BASSO SPESSORE



3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico** prodotti

**Sistema Monostrato. Basso spessore senza consolidamento del solaio**

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

ceramica o parquet incollato

3 cm

MASSETTO

LATTICE

solaio esistente

ceramica o parquet

colla

MATERASSINO

colla

MASSETTO

LATTICE

solaio esistente

**Massetto CentroStorico**

INGEGNERI - PISARO E  
CANTIERI

1964 2014

3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico** Prodotti

**Massetto CentroStorico**

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

- **LEGGERO** — ca. 1.250 kg/m<sup>3</sup>  
ca. 37 kg/m<sup>2</sup> sp. 3 cm
- **FIBRORINFORZATO**
- **PER BASSI SPESSORI** — 3 cm (con Lattice)
- **ISOLANTE**
- **RESISTENTE** — 180 kg/cm<sup>2</sup>
- **A RAPIDA ASCIUGATURA** — parquet dopo 5 gg (3 cm)  
ceramica dopo 36 h
- **PRATICO DA MOVIMENTARE** — sacco leggero ca. 18 kg (16 L)

INGEGNERI - PISARO E  
CANTIERI

1964 2014

3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico****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: 1150 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

**IL SISTEMA SOTTOFONDO****CASO AD ALTO SPESSORE**

### Caso 1 : sottofondo sp. > 10 cm

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

**U=0,64**

**isolamento termoacustico**  
 $U \leq 0,8$   
 $L'_{n,w} \leq 63$   
 D. Lgs 311 e L. 451

**LECACEM  
+ LECAMIX**

LA SOLUZIONE BISTRATO NEGLI ABITUALI SPESSORI!

Massetto di finitura: LECAMIX

materassino

Strato di alleggerimento, isolante: LECA, LECAPIU' o LECACEM

3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico**

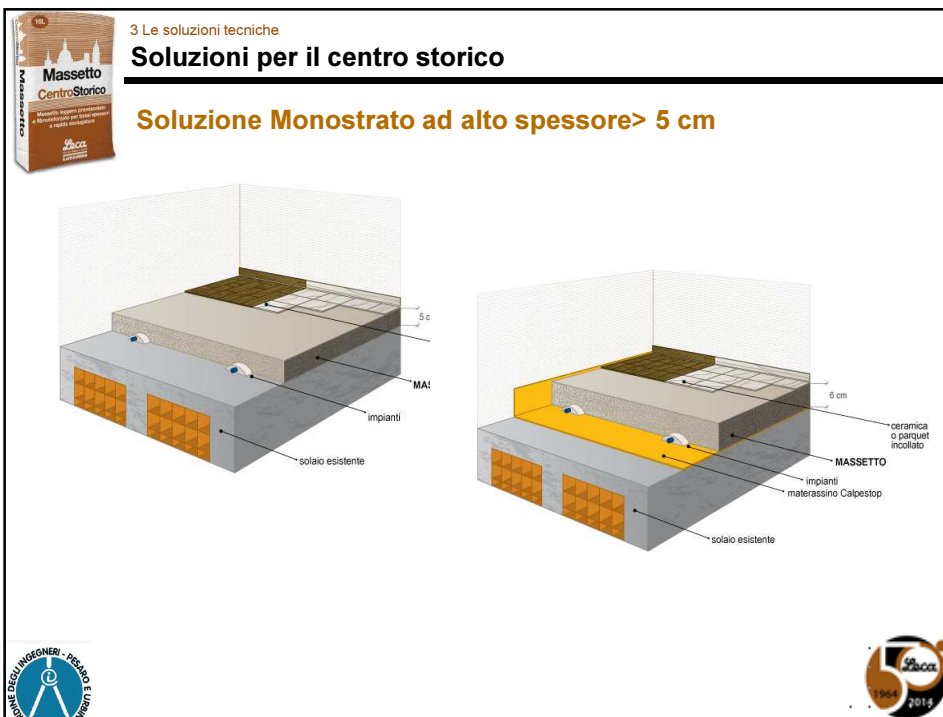
Prodotti

**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);



3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico****Soluzione Monostrato ad alto spessore > 5 cm**



3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico

#### Riempimento di volte

ceramica o parquet incollato

MASSETTO

Lecacem Classic/Maxi

impianti

barriera al vapore

CALCESTRUZZO

interconnessione struttura in volte

Massetto CentroStorico

Leca mix Fast

Leca mix Forte

Leca mix Facile

Lecacem classic

Laterite

1964 2014



3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico

#### Riempimento di volte

Lecacem classic

Massetto CentroStorico

Leca mix Fast

Leca mix Forte

Leca mix Facile

Lecacem classic

Laterite

1964 2014

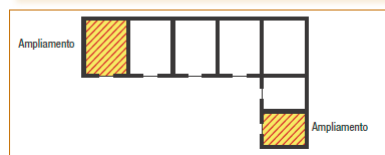


3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

## Soluzione Super Leggera per bassi, medi e alti spessori

Ad esempio: sopraelevazioni

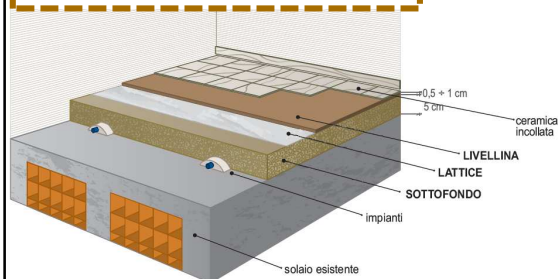


3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

## Medio spessore. Sistema bistrato

- Basso spessore → 6 cm
- Bistrato
- Leggerezza → 50 kg/m<sup>2</sup>
- Ideale per specifiche esigenze cantieristiche




3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico


### Sottofondo CentroStorico





**Sottofondo leggero** premiscelato ad elevata compattezza superficiale e a rapido indurimento



- ▶ **ISOLANTE**
- ▶ **LEGGERO** — ca. 650 kg/m<sup>3</sup>  
ca. 32 kg/m<sup>2</sup> sp. 5 cm
- ▶ **A RAPIDO INDURIMENTO E RESISTENTE** — 70 kg/cm<sup>2</sup>
- ▶ **COMPATTO E A SUPERFICIE CHIUSA**
- ▶ **PRATICO DA MOVIMENTARE** — sacco leggero  
ca. 16 kg (25L)
- ▶ **SICURO PER LA POSA DI LIVELLINA CENTROSTORICO** — sottofondo bistrato a basso spessore
- ▶ **ANCHE PER LA POSA DIRETTA DEL PAVIMENTO**





3 Le soluzioni tecniche


## Soluzioni per il centro storico Prodotti

### Livellina CentroStorico








**Strato di finitura**

**Malta autolivellante** a indurimento rapido per bassi spessori



- ▶ **BASSO SPESSORE** — 1 - 10 mm
- ▶ **RESISTENTE** — 300 kg/cm<sup>2</sup>
- ▶ **A RAPIDA ASCIUGATURA** — parquet dopo 48 - 72 h  
ceramica dopo 24 - 36 h
- ▶ **ANCHE SU VECCHI PAVIMENTI**
- ▶ **IDEALE CON SOTTOFONDO CENTROSTORICO** — sottofondo bistrato a basso spessore

3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico

#### I Sottofondi Premiscelati Laterlite



**PER SOTTOFONDI I AD ALTA RESISTENZA**  
 A grana fine  
 Leggero: 650 kg/m<sup>3</sup>  
 Conduc.: 0,142 W/mK  
 Resistente: 70kg/cm<sup>2</sup>



**PER SOTTOFONDI IN COPERTURA E CON PANNELLI RADIANTI**  
 A grana fine  
 Leggero: 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Conduc.: 0,142 W/mK  
 Resistente: 50 kg/cm<sup>2</sup>



**PER I SOTTOFONDI CONTROTERRA E DI ALTO SPESSORE**  
 A grana grossa  
 Leggero: 450 kg/m<sup>3</sup>  
 Conduc.: 0,126 W/mK  
 Resistente: 10 kg/cm<sup>2</sup>

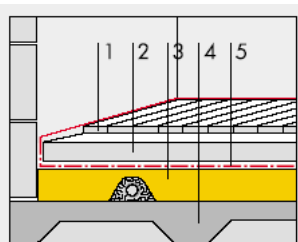


**PER TUTTI I SOTTOFONDI ED ALLEGGERIMENTI**  
 A grana media  
 Leggero: 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Conduc.: 0,134 W/mK  
 Resistente: 25 kg/cm<sup>2</sup>

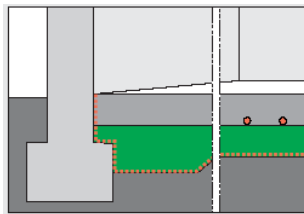
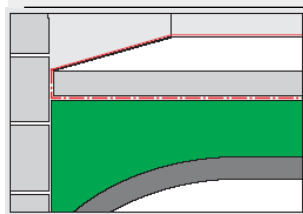
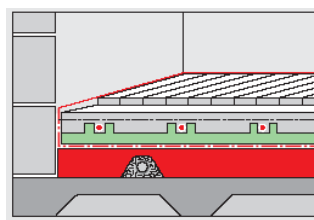


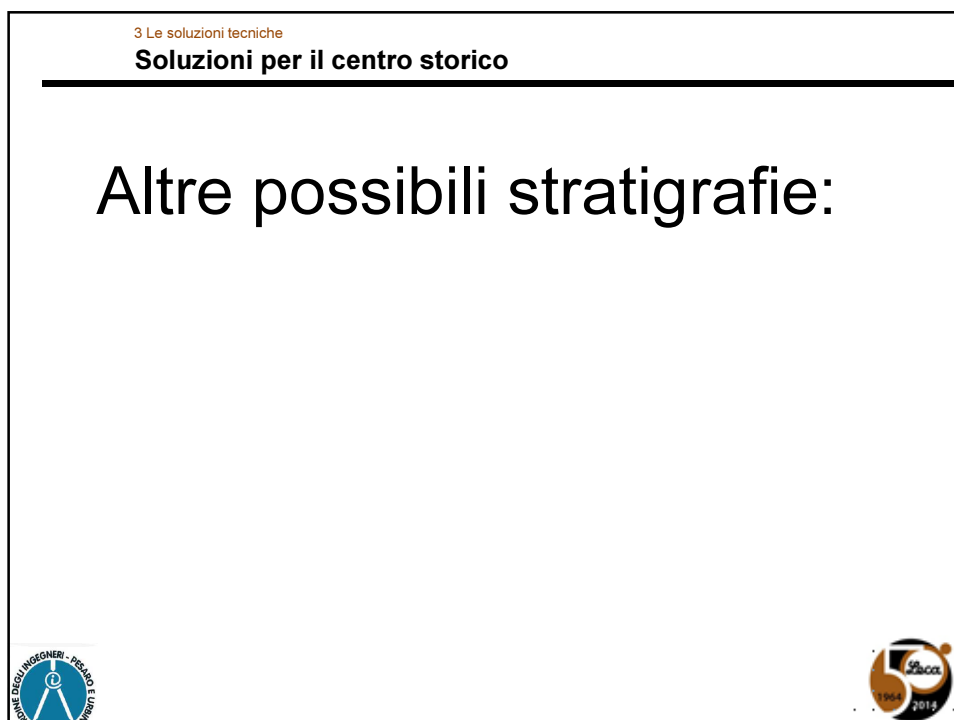
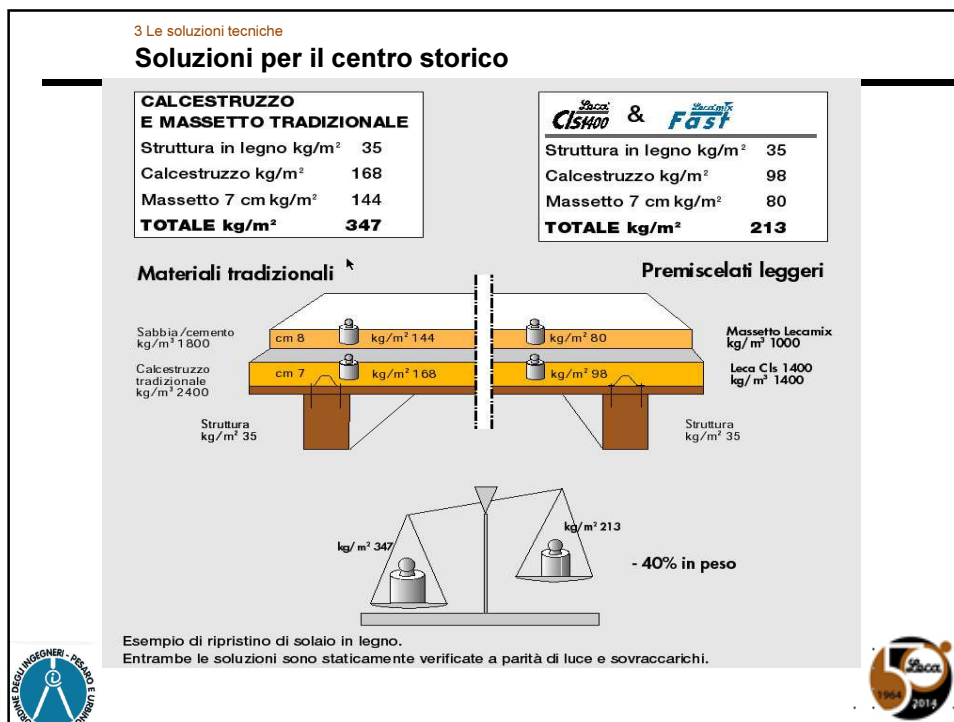
3 Le soluzioni tecniche

### Soluzioni per il centro storico



Sottofondi pluristrato





**Caso 2 : sottofondo sp. < 10 cm**

- 1 Pavimento in parquet (sp. 1 cm)
- 2 Massetto di finitura in Lecamix Forte (sp. 8 cm)
- 3 Materassino acustico anticalpestio Calpestop Super 10 (sp. 1 cm)
- 4 Solaio in laterocemento (20 + 4 cm)
- 5 Intonaco tradizionale (sp. 1,5 cm)

**U= 0,78**

**Isolamento termoacustico**  
 $U \leq 0,8$   
 $L'_{nw} \leq 63$   
 D.Lgs 211 e L.607

**LECAMIX**  
 LECAMIX: L'UNICA SOLUZIONE MONOSTRATO A NORMA!

**Massetto di finitura: LECAMIX**

**CALPESTOP**

## Soluzioni su ambienti non riscaldati

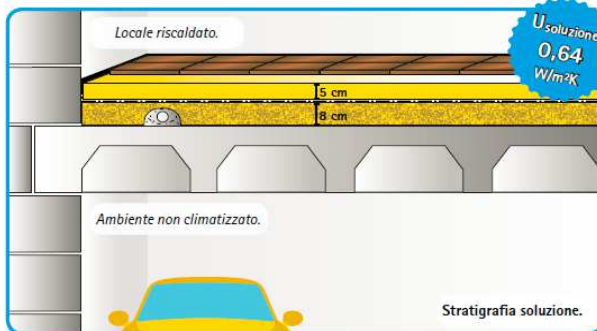


Esempio di calcolo soluzione proposta.

- Zona climatica edificio: E.
  - Trasmittanza termica Decreto:  $U=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$  (valore limite dal 1 ottobre 2015 per strutture orizzontali verso ambienti non riscaldati - edifici esistenti).
  - Coefficiente correttivo dello scambio termico:  $b_{tr,U} = 0,5$  (ambiente non climatizzato senza serramenti e con almeno due pareti esterne).
  - Coefficiente correttivo per intervento di isolamento termico dall'interno: 1,3.
  - Trasmittanza termica limite del divisorio orizzontale su ambiente climatizzato, comprensiva dei coefficienti correttivi e dei ponti termici:  $U=0,31/0,5 \cdot 1,3=0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- La soluzione tecnica proposta, avente trasmittanza termica  $U=0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$ , risulterà ampiamente verificata perché inferiore al limite di  $U=0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ambiente non riscaldato	$b_{tr,U}$
con una parete esterna	0,4
senza serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,5
con serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,6
con 3 pareti esterne	0,8
Piano interrato o seminterrato	$b_{tr,U}$
senza finestre o serramenti esterni	0,5
con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	$b_{tr,U}$
tasso di ventilazione del sottotetto elevato (senza assito)	1
altro tetto non isolato	0,9
tetto isolato	0,7

Fattore di correzione dello scambio termico.



Esempio di calcolo soluzione proposta.

- Zona climatica edificio: E.
  - Trasmittanza termica Decreto:  $U=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$  (valore limite dal 1 ottobre 2015 per strutture orizzontali verso ambienti non riscaldati - edifici esistenti).
  - Coefficiente correttivo dello scambio termico:  $b_{tr,U} = 0,5$  (ambiente non climatizzato senza serramenti e con almeno due pareti esterne).
  - Coefficiente correttivo per intervento di isolamento termico dall'interno: 1,3.
  - Trasmittanza termica limite del divisorio orizzontale su ambiente non climatizzato, comprensiva dei coefficienti correttivi e dei ponti termici:  $U=0,31/0,5 \cdot 1,3=0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- ampiamente verificata perché inferiore al limite di  $U=0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## riscaldati

Ambiente non riscaldato	$b_{tr,U}$
con una parete esterna	0,4
senza serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,5
con serramenti esterni e con almeno 2 pareti esterne	0,6
con 3 pareti esterne	0,8
Piano interrato o seminterrato	$b_{tr,U}$
senza finestre o serramenti esterni	0,5
con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	$b_{tr,U}$
tasso di ventilazione del sottotetto elevato (senza assito)	1
altro tetto non isolato	0,9
tetto isolato	0,7

Fattore di correzione dello scambio termico.





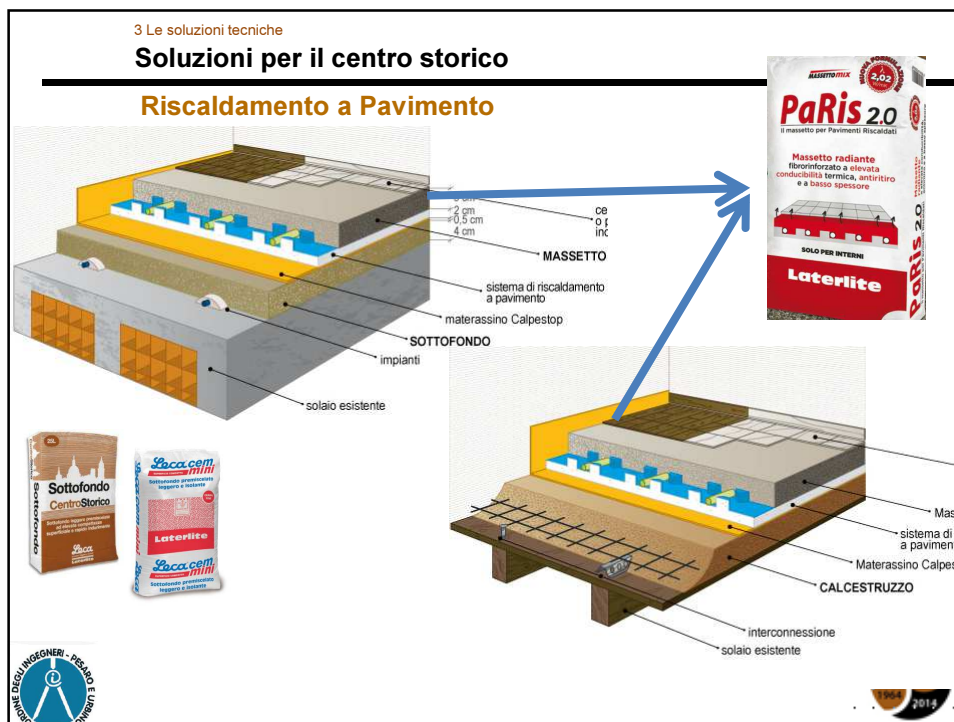
3 Le soluzioni tecniche

## Soluzioni per il centro storico

Quando operiamo nel  
campo delle  
ristrutturazione a basso  
spessore







### Il riscaldamento a Pavimento

## Il MassettoMix Paris 2.0



- ✓ Conduttivo:  $\lambda = 2,02 \text{ W/mK}$
- ✓ Basso spessore: sp. min. 3 cm
- ✓ Asciutto: 7 gg (sp 3 cm), 10 gg (sp 4-5 cm)
- ✓ Antiritiro: superfici senza giunti fino a  $150 \text{ m}^2$



## Il riscaldamento a Pavimento

---

### PARIS 2.0 E LECACEM MINI

### IL SISTEMA PER PAVIMENTI RISCALDATI

**Alta conducibilità termica**  
 $\lambda = 2,02 \text{ W/mK}$  certificata

- Fino al **70% più conduttivo** di un massetto tradizionale
- Maggiore **efficienza del sistema** riscaldante e temperature di esercizio più basse dell'impianto
- Ottimale diffusione del calore** negli ambienti grazie all'omogeneità di temperatura superficiale del massetto
- Primo avviamento impianto** dopo **7 gg**

**Basso spessore,**  
soli **3 cm** sopra tubo

**Ideale** negli interventi di **ristrutturazione** per contenere l'ingombro dell'intero pacchetto radiante.

**Fibrorinforzato e resistente**

- Resistente a compressione **25 N/mm<sup>2</sup>**
- Non è necessaria la **rete di rinforzo**
- Non necessita dell'aggiunta degli **additivi termofiducanti**

**Antiritiro** sino a **150 m<sup>2</sup>**

- Superficie **senza giunti 6 volte** più ampia rispetto a un massetto tradizionale
- Più **qualità e sicurezza** per la **pavimentazione**

**Veloce** per la posa di **tutti i pavimenti**

- Parquet** dopo **7 gg** sp. **3 cm**, **10 gg** sp. **5 cm**
- Ceramica** dopo **7 gg**

**Lecacem MINI, il sottofondo ideale** per la posa dei pannelli radianti

- Indeformabile e stabile** nel tempo
- Superficie chiusa e compatta**
- Isolante termico**  $\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$  certificato
- Leggero** in peso, peso solo **600 kg/m<sup>3</sup>**
- Resistente** a compressione **5 N/mm<sup>2</sup>**

**E in più è premiscelato in sacco:**

- Sicuro e veloce** da posare, basta impastare solo con acqua
- Certificato** a dalle prestazioni costanti in ogni condizione
- Pratico e pompabile**, si impasta con le tradizionali attrezzature
- Non richiede l'aggiunta** dell'additivo termofiducante
- Nuova confezione** da **25 kg**

## Il riscaldamento a Pavimento

---

• **Simulazione: Calcolo a parità di potenza termica**

**Paris 2.0**  $\lambda = 2,02 \text{ W/mK}$  (3 cm)

**Massetto tradizionale + additivo**  $\lambda = 1,20 \text{ W/mK}$  (4 cm)

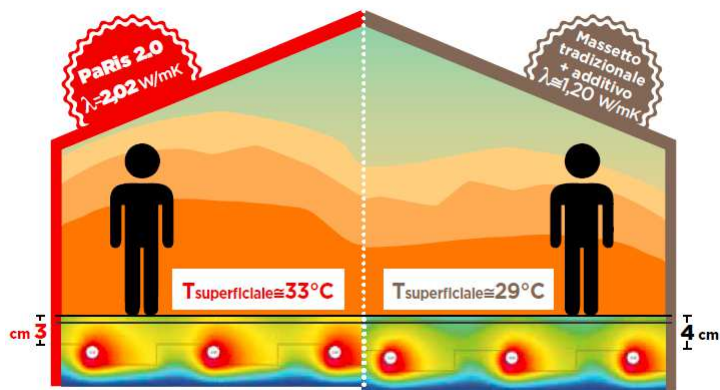
**Pavimento ceramica**  $28,5^\circ\text{C}$  vs  $30,7^\circ\text{C}$

temperatura acqua nei tubi:  $-2,2^\circ\text{C}$  vs  $-2,3^\circ\text{C}$

**Paris 2.0** **7,5% di risparmio**

## Il riscaldamento a Pavimento

- Simulazione: Calcolo a parità di temperatura dell'acqua

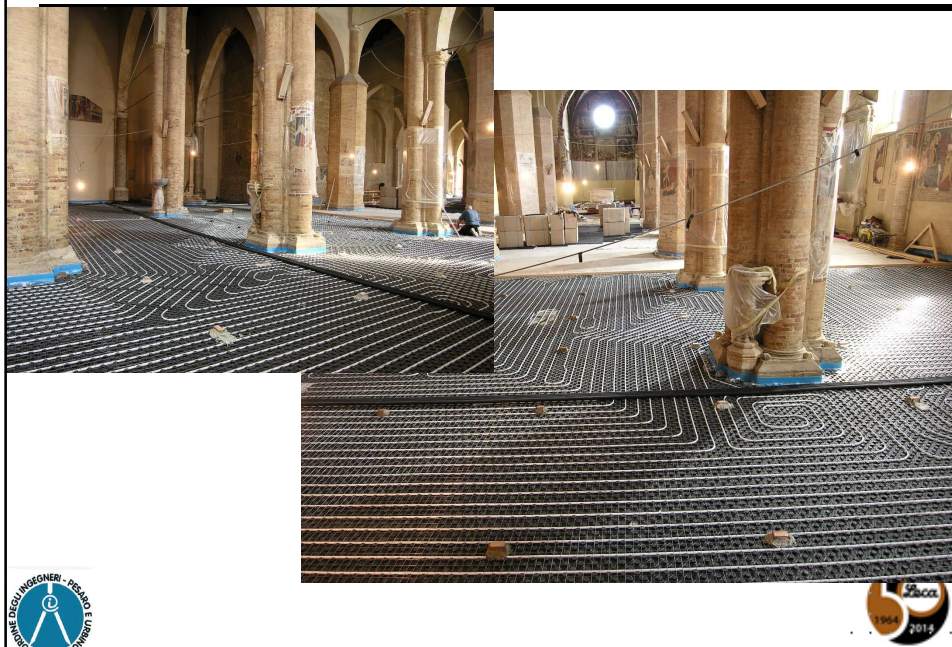


## Il riscaldamento

- CANTIERI

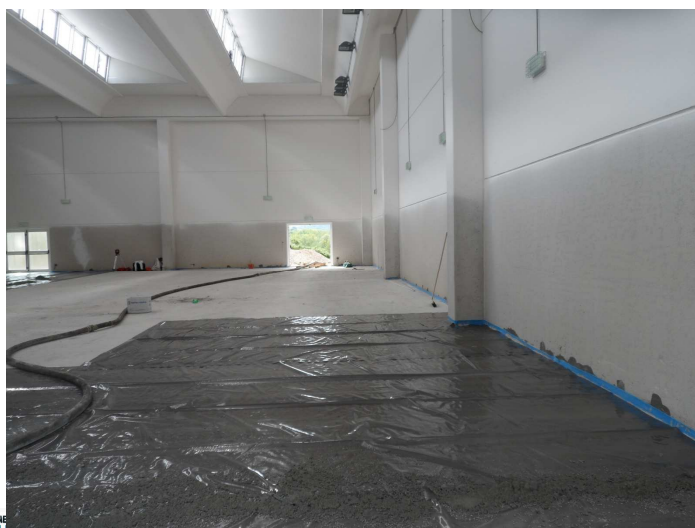


### Il riscaldamento a Pavimento



### Il riscaldamento a Pavimento

- **CANTIERI**





---

**Soluzioni a secco  
super leggere 400 kg/mc**



## Soluzioni a secco

### La soluzione Laterlite per i sottofondi a SECCO

- o miscela "speciale":
- o 50% Leca 2-3 secco e 50% Lecapiù 2-4 FRT

*Come si posa*

**PAVILECA**  
 Leggero: 400 kg/m<sup>3</sup>  
 Conduc.: 0,08 W/m<sup>2</sup>K  
 Asciutto!



Sistema di posa a secco:  
leggero, asciutto, isolante

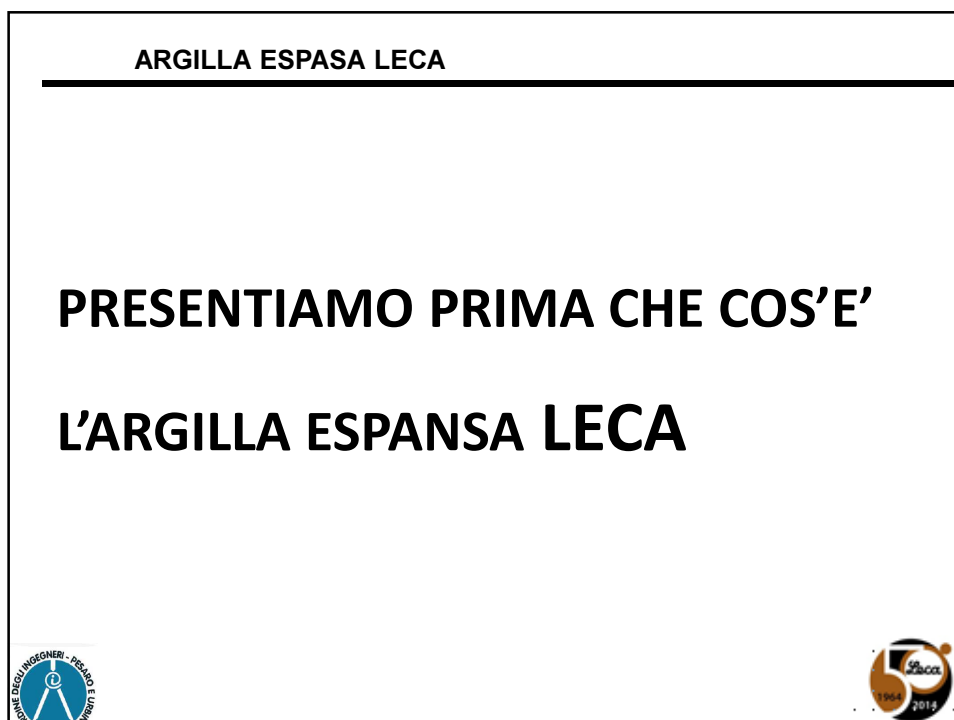
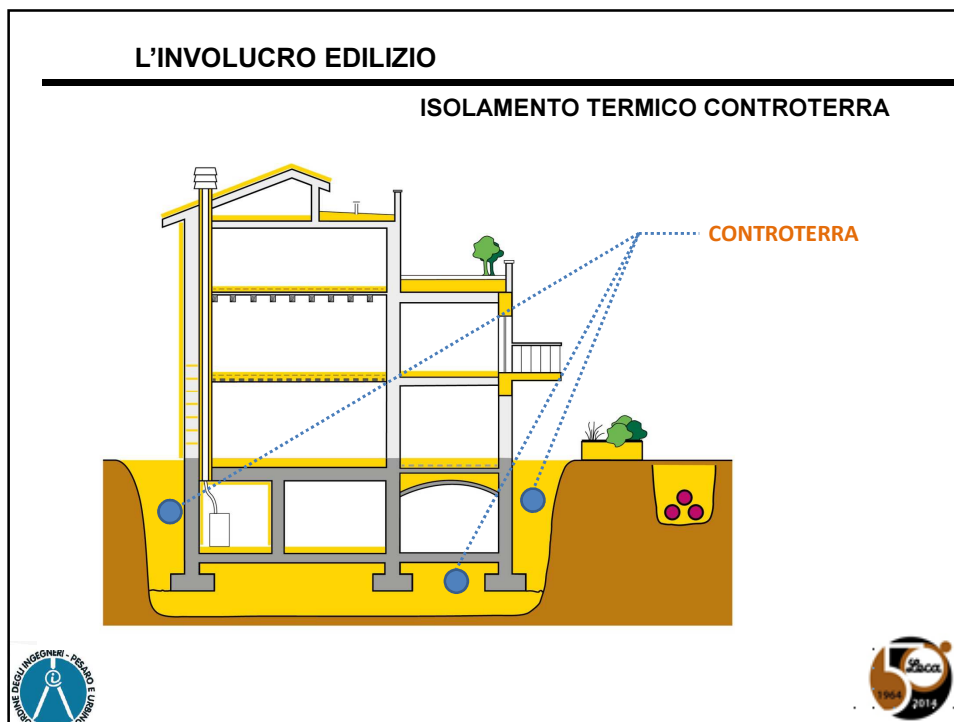


SOTTOFONDI A SECCO



Lavori eseguiti : cantiere casette  
in Legno progetto MAP  
all'AQUILA









*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**  
La pilla 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, **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 nocivi.

**PROTEGGE L'AMBIENTE**  
Il Leca è **stabile e non reattivo**, non rilasciando alcuna sostanza anche quando a diretto contatto con il terreno, acqua, ecc. 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.




## Il sacco Leca








## Da Leca ... a LECAPIU'



## L'INVOLUCRO EDILIZIO: CONTROTERRA

### ISOLAMENTO TERMICO CONTROTERRA

TRASMITTANZE TERMICHE U (W/m²K) PER NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO

Zona Climatica	Strutture opache orizzontali di pavimento e CONTRO TERRA, 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	0,26	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"



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

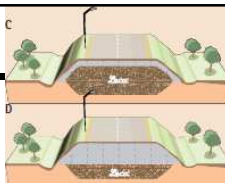


Figure C e D: rilevati alleggeriti in argilla espansa Lecca compensati.

#### VERIFICHE ALLO SPROFONDAMENTO

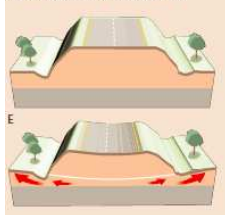
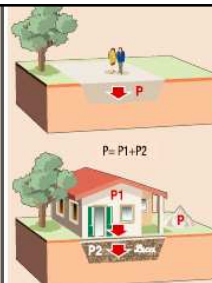


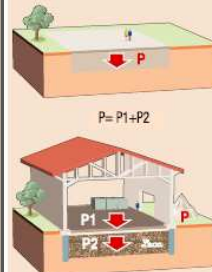
Figure E: stato limite ultimo per estrusione del terreno di fondazione.



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



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 Lecca.



Se i parametri di progetto lo consentono lo Sp...



## L'INVOLUCRO EDILIZIO: DISPERSIONE

LE STRUTTURE CONTRO TERRA SONO UN ELEMENTO DELL'INVOLUCRO

INFLUISCONO PESANTEMENTE SULLE PRESTAZIONI DELL'EDIFICIO E SUL COMFORT INTERNO...ANCHE SE NON SONO VISIBILI!

DEVONO QUINDI ESSERE PROGETTATE ED ESEGUITE CON LE STESSA ATTENZIONI CHE SI RISERVANO ALLE STRUTTURE FUORI TERRA

NEGLI EDIFICI AD ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA DEVONO GARANTIRE LA PERFETTA CORREZIONE DEI PONTI TERMICI E LA CONTINUITÀ DELL'ISOLAMENTO



### CARATTERISTICHE TECNICHE

Dimensione dei granulo	10-20 mm
Assorbimento di umidità per capillarità	Antrisalita ( $\leq 3$ 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 lungn 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 sistemato. 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.

eventuale membrana anti-radon

SUD NORD

Vespaio isolato in Leca/Lecapiu

Fondazione e muri

SUD NORD

~4m

~4m

Ultrazoni d=3100mm

1964 2014

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

Sottofondo

Eventuale barriera al vapore

Soletta in calcestruzzo armato

Terreno

Tessuto non tessuto

Vespaio isolato in Leca

Tessuto non tessuto

Leca

Leca Termopili

umidità

14 cm

0,3%

0,3%

1%

5 cm

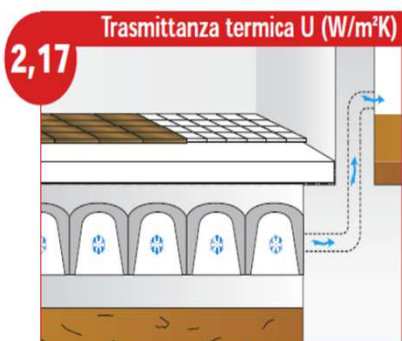
3 cm

1 cm

0

**SOLUZIONI UTILIZZATE PER IL CONTROTERRA**

- Casseri areati tipo igloo

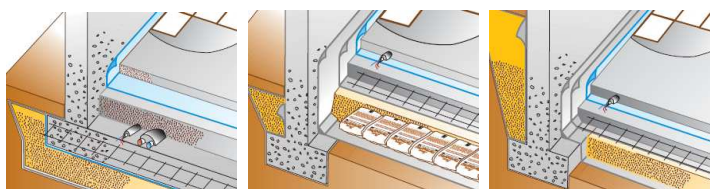


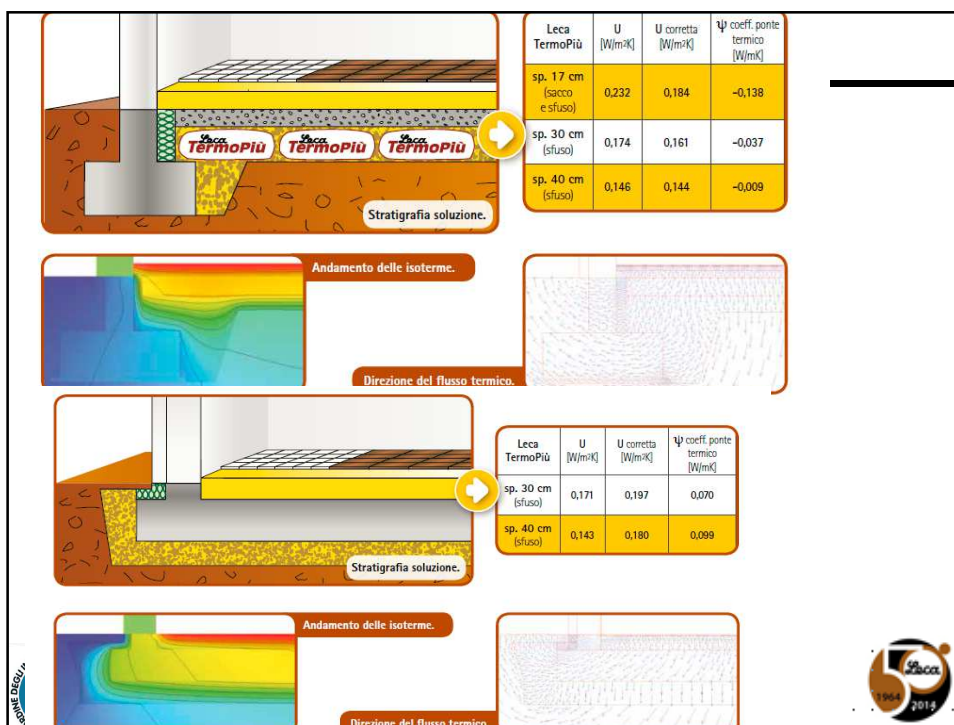
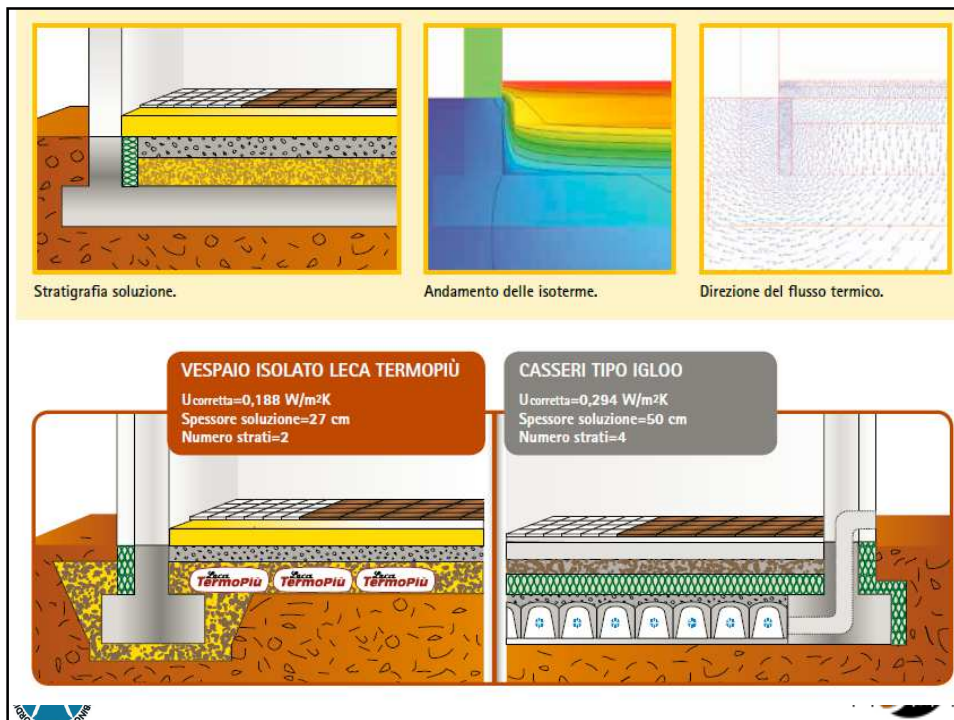
ALTERNATIVA  
VESPAIO IN GIAIA  
O PANNELLO ISOLANTE

Casseri areati tipo igloo+isolante



LA SOLUZIONE

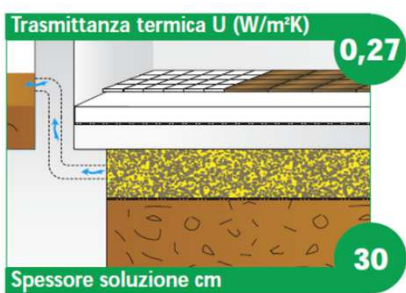




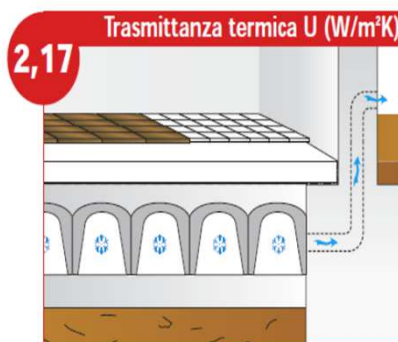


**SOLUZIONI TECNICHE A CONFRONTO**  
(superficie in pianta = 200 mq)

• Casseri areati tipo igloo



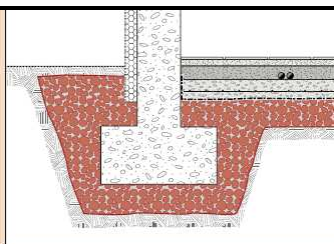
- Numero strati **2**
- 1) Soletta in calcestruzzo
  - 2) Vespaio isolato in argilla espansa (sp. 20 cm)
- Vespaio isolato in argilla espansa



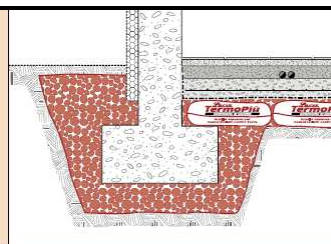
Casseri areati tipo igloo+isolante



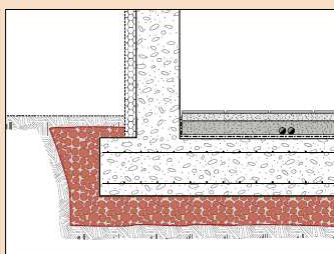
**LE SOLUZIONI CONTROTERRA**



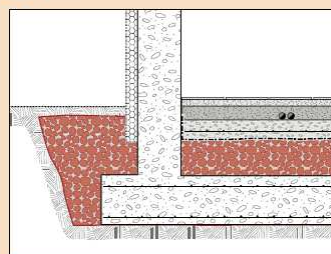
**1** Fondazione su plinti/trave rovescia. Isolamento di vespaio isolato contro terra in Leca TermoPiu' sfuso/imboiacciato/cementato.



**2** Fondazione su plinti/trave rovescia. Isolamento di vespaio isolato contro terra in Leca TermoPiu' in sacco.



**3** Isolamento sotto platea di fondazione. Vespaio isolato contro terra in Leca TermoPiu' sfuso/imboiacciato/cementato.



**4** Isolamento sopra platea di fondazione. Sottofondo isolato in Leca TermoPiu' sfuso/imboiacciato/cementato.



**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.



3 Le soluzioni tecniche

**Soluzioni per il centro storico**

LECA IN SACCHI



LECA IN SACCHI  
CANTIERE A VERUCCHIO RN



LECA IN SACCHI



LECA IN SACCHI



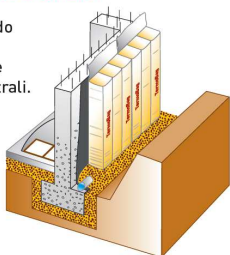
CANTIERE FERMIGNANO PU- CAPANNONE INDUSTRIALE



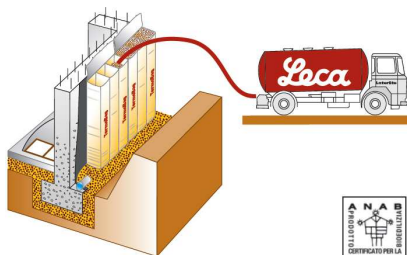
**Soluzioni**  
**Isolamento di pareti interrato**


**MODALITÀ DI MESSA IN OPERA**

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




**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).





**CentroStorico**



**Grazie.**

**CentroStorico**  
Soluzioni per ristrutturare  
*Leca*

**Arch. Emanuele Vietri**  
**Ing. Marco Quaini**