

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEGLI EDIFICI ESISTENTI MEDIANTE MATERIALI COMPOSITI E CALCESTRUZZI STRUTTURALI LEGGERI

Relatore: Ing. Giorgia Giansanti– Referente Tecnico Laterlite Lazio-Abruzzo



PROGRAMMA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

Ore 15:00 – 16:00

- Archi, volte e sistemi spingenti: tipologie costruttive, funzionamento meccanico, modalità di dissesto e provvedimenti tecnici d'intervento;
- Lettura critica dei quadri fessurativi e della risposta sismica di edifici in muratura riconducibili alla meccanica di archi e volte;
- Meccanismi locali e comportamento globale di strutture murarie per la valutazione delle vulnerabilità sismica ai sensi delle NTC 2018.

Ore 16:00 – 17.00

- Inquadramento tecnico-normativo dei materiali compositi per il consolidamento strutturale
- Sistemi FRCM, FRP, CRM (differenze ed aspetti progettuali)
- Tecniche e modalità di intervento su muratura portante.

Ore 17:00 – 18:00

- Tecniche di intervento sulle strutture in muratura a livello di diaframma di piano e collegamento parete-solaio
- Solai esistenti: tipologie e criticità
- Rinforzo dei solai dall'estradosso e dall'intradosso

Ore 19:00

Fine Lavori e spazio alle domande

I SOLAI ITALIANI



I SOLAI ITALIANI



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

- 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



Solaio a doppia orditura
con assito in legno.



Solaio a doppia orditura
con piastrelle in cotto.



Voltine ad estradosso piano.

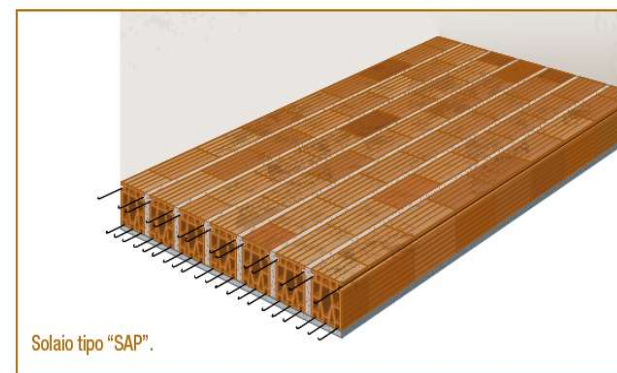
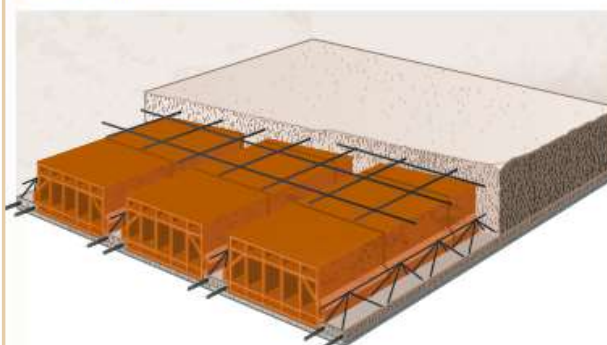


Voltine curve "volterrane".



Solaio a volta.

Solaio a travetti tralicciati.

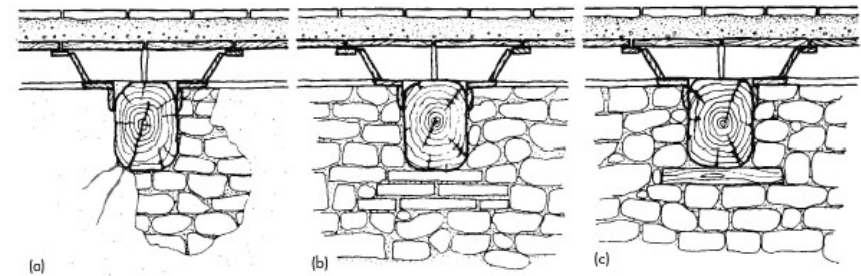
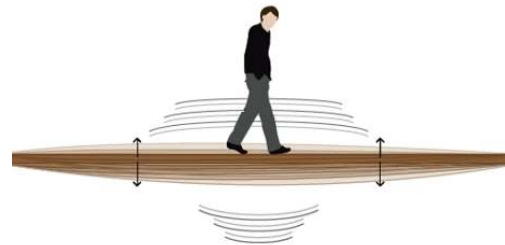
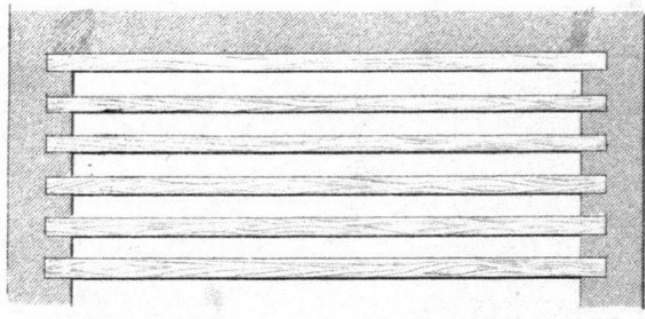


Solaio tipo "SAP".

I SOLAI ITALIANI

SOLAI IN LEGNO – criticità strutturali

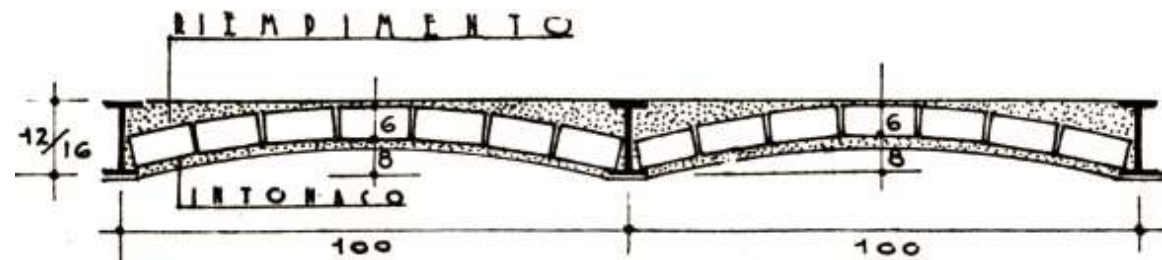
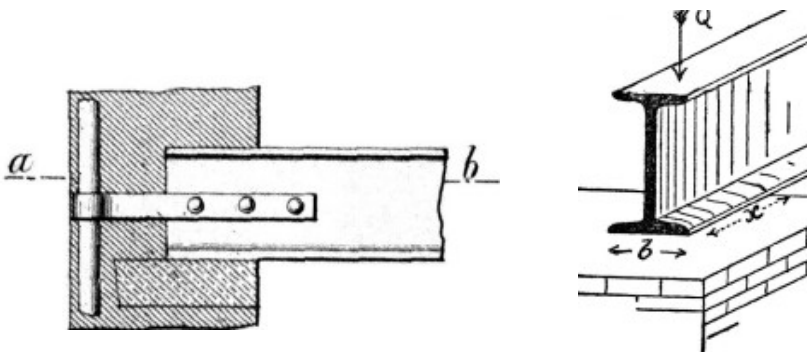
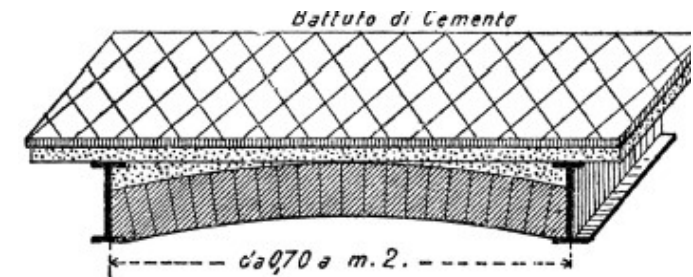
- Lunghezze ca. 3 – 4 metri a **semplice orditura**
- Lunghezze > 4 metri e sezioni di grande dimensione a **doppia orditura**
- Criticità negli appoggi
- Deformazione flessionale in mezzeria → sottodimensionamento, degrado, vibrazioni



I SOLAI ITALIANI

SOLAI IN ACCIAIO – criticità strutturali

- Lunghezze spesso elevate
- Interasse tra le travi significativo
- Criticità negli appoggi → collegamenti e superficie
- Deformazioni flessionali → sottodimensionamento, degrado, vibrazioni



I SOLAI ITALIANI

SOLAI IN LATERO-CEMENTO & LATERIZIO ARMATO – materiale

- Diffusione a partire dai primi del decenni del secolo scorso
- Utilizzo del laterizio come materiale base → poi a seguire l'avvento del calcestruzzo
- Ricco di prefabbricazione locale
- Tante tipologie costruttive → Solaio S.A.P. – STIMIP – SAPAL, gettato in opera, a travetti prefabbricati, ecc...

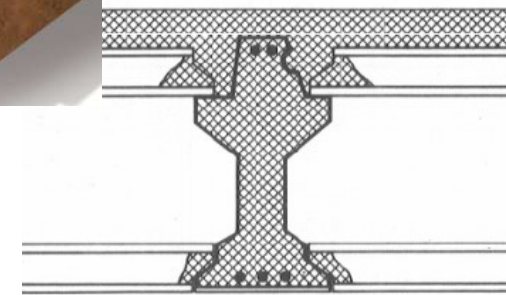
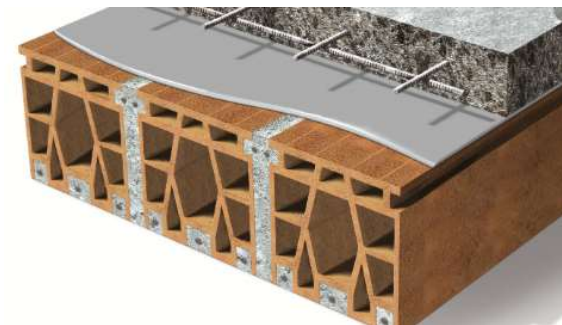
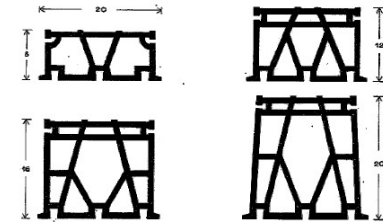
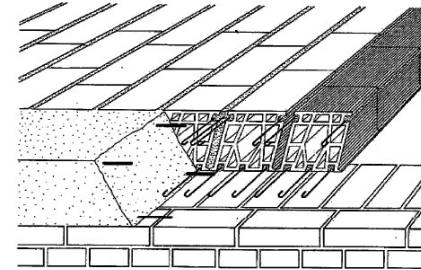
Progettazione svolta in passato mediante tabelle di predimensionamento



SOLAIO SAP – Portata sino a m 6

Solella costituita da travi in laterizio armato confezionate a pié d'opera, accostate e collegate tra loro con malta di cemento, caratterizzata da una grande suddivisione dell'armatura metallica in tondi di piccolo diametro posti a 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 flessione 1,2 e coefficiente di rottura 2,5 sono riportati nella tabella.

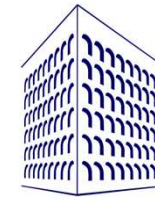
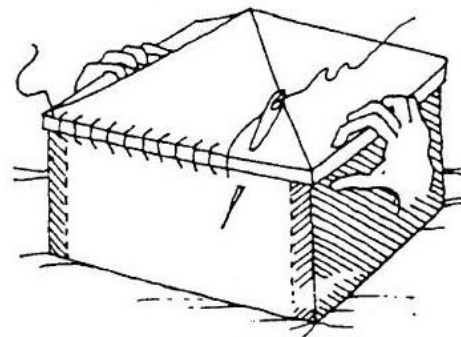
Tipo di struttura	Peso proprio, kg/m ²	Momenti totali massimali di servizio in kg/m ² riferiti alla striscia di soletta larga cm 1					
SAP 8	85	230	290	405	—	—	—
SAP 12	110	385	540	655	—	—	—
SAP 16	130	615	720	960	1290	—	—
SAP 20	175	700	1170	1430	1890	2025	—
Armatura per ogni trave (larghezza cm 20 (g. mm))		3 Ø 3	3 Ø 4	3 Ø 5	3 Ø 6	4 Ø 6	—
Carico di snerv. minimo dell'armatura σ_s kg/mm ²		70	60	55	50	50	—



PERCHÉ CONSOLIDARE?

Il ruolo del solaio è:

1. Sostenere i carichi verticali
2. Trasferire le azioni orizzontali alle pareti e scongiurare l'attivazione dei meccanismi fuori piano delle stesse



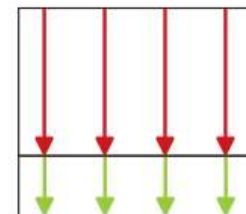
Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

Portata utile $\approx 90 \text{ kg/m}^2$

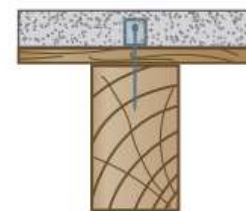


Struttura esistente

Portata utile $\approx 300 \text{ kg/m}^2$



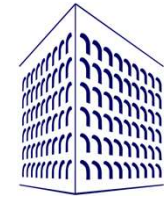
+230%



Struttura esistente con nuova soletta
INTERCONNESSA

- Aumentare la portata statica del solaio e migliorare il comportamento flessionale;
- Ridurre deformazioni e vibrazioni;
- Garantire il collegamento con le pareti e i cordoli perimetrali;
- Migliorare le prestazioni termiche e acustiche, se il rinforzo strutturale è associato anche ad opportuni sottofondi e/o massetti.

SOLETTA MISTA COLLABORANTE



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

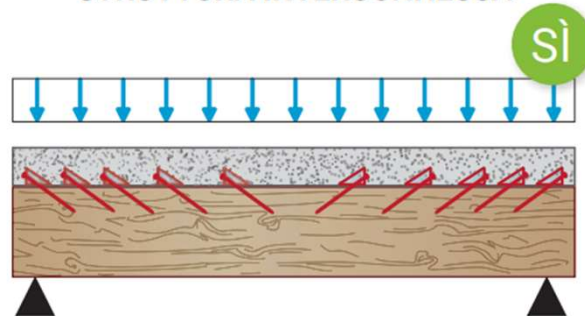
Una SEZIONE MISTA è composta dai seguenti elementi:

1. TRAVE ESISTENTE (legno, acciaio, calcestruzzo)
2. SISTEMA DI CONNESSIONE
3. SOLETTA IN CALCETRUZZO ARMATO + RETE ELETTROSALDATA

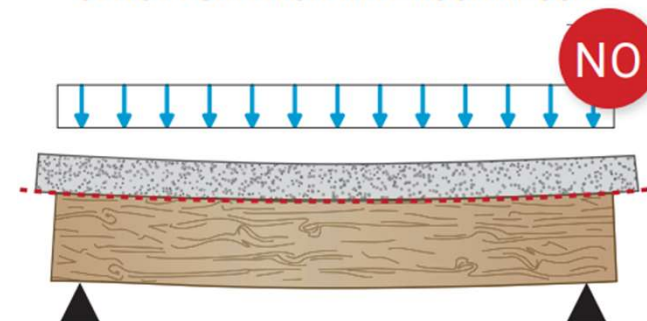


Creare un
PIANO RIGIDO
e permettere la distribuzione dei
carichi agenti

STRUTTURA INTERCONNESSA



STRUTTURA NON INTERCONNESSA



RUOLO DELLE CONNESSIONI



Solaio NON interconnesso



Solaio interconnesso

CONCETTO DI DIAFRAMMA RIGIDO

Il paragrafo 7.2.6 delle NTC 2018 relativo ai criteri generali di modellazione della struttura in caso di analisi sismica precisa che:

*“A meno di specifiche valutazioni e purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidezza, gli orizzontamenti piani possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano medio a condizione che siano realizzati in calcestruzzo armato, oppure in **latero-cemento** con soletta in calcestruzzo armato di almeno **40 mm** di spessore, o in struttura mista con soletta in calcestruzzo armato di almeno **50 mm** di spessore collegata agli elementi strutturali in **acciaio** o in **legno** da connettori a taglio opportunamente dimensionati.”*

C8.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

“Oltre agli interventi volti a sanare le carenze nei confronti delle azioni non sismiche, quelli che generalmente inducono i maggiori benefici nei riguardi delle azioni sismiche riguardano:

1. La formazione dei diaframmi di piano, a livello dei solai ed eventualmente nelle falde di copertura.
2. Le connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano.
3. I collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli.
4. L'incremento della sismo-resistenza delle pareti.
5. Il contenimento delle spinte ed il consolidamento di archi e volte.”

CLS LEGGERI STRUTTURALI



CLS STRUTTURALI LEGGERI – RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI EN 206:2021 *«Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità»*

4.3.1 Classi di resistenza a compressione

4.3.2 Classi di massa volumica del calcestruzzo leggero

Aggregati a base di argilla espansa sono conformi alla **UNI EN 13055:2016** *«Aggregati leggeri»*

**Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018 (NTC 2018) +
Circolare Esplicativa n.7/C.S.LL.PP. del 21/01/2019**

4.1.12 Calcestruzzo di aggregati leggeri (LC)

7.4.2 Caratteristiche dei materiali

UNI EN 1992-1:2015 Eurocodice 2 *«Progettazione delle strutture di calcestruzzo, Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici»*

Sezione 11 - Strutture di calcestruzzo con aggregati leggeri



CLS STRUTTURALI LEGGERI – RIFERIMENTI NORMATIVI

Circolare Esplicativa n.7/C.S.LL.PP. del 21/01/2019

C4.1.12	CALCESTRUZZO DI AGGREGATI LEGGERI
C4.1.12.1	Norme di calcolo
C4.1.12.1.1	Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo
C4.1.12.1.1.1	Resistenza a trazione
C4.1.12.1.1.2	Modulo di elasticità
C4.1.12.1.2	Verifiche agli stati limite ultimi
C4.1.12.1.2.1	Resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali)
C4.1.12.1.2.2	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti
C4.1.12.1.2.2.1	Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio
C4.1.12.1.2.2.2	Elementi con armature trasversali resistenti al taglio
C4.1.12.1.2.3	Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti
C4.1.12.1.3	Verifiche agli stati limite di esercizio
C4.1.12.1.3.1	Verifiche di deformabilità
C4.1.12.1.4	Dettagli costruttivi
C4.1.12.1.4.1	Diametro massimo delle barre e dei trefoli
C4.1.12.1.4.2	Raggio di curvatura delle barre
C4.1.12.1.4.3	Ancoraggio delle barre e sovrapposizioni

CLS STRUTTURALI LEGGERI – RIFERIMENTI NORMATIVI



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

Eurocodice 2, UNI EN 1992-1:2015

SEZIONE 11 STRUTTURE DI CALCESTRUZZO CON AGGREGATI LEGGERI

11.1 Generalità

11.1.1 Scopo e campo di applicazione

11.1.2 Simboli particolari

11.2 Criteri generali di progettazione

11.3 Materiali

11.3.1 Calcestruzzo

11.3.2 Deformazione elastica

11.3.3 Viscosità e ritiro

11.3.4 Relazioni tensione-deformazione per analisi strutturale non lineare

11.3.5 Resistenze di progetto a compressione e trazione

11.3.6 Relazioni tensione-deformazione per il progetto delle sezioni

11.3.7 Calcestruzzo confinato

11.4 Durabilità e ricoprimento delle armature

11.4.1 Condizioni ambientali

11.4.2 Ricoprimento e proprietà del calcestruzzo

11.5 Analisi strutturale

11.5.1 Capacità di rotazione

11.6 Stati limite ultimi

11.6.1 Elementi che non richiedono armature a taglio

11.6.2 Elementi che richiedono armature a taglio

11.6.3 Torsione

11.6.3.2 Procedimento di calcolo

11.6.4 Punzonamento

*11.6.4.1 Resistenza a punzonamento di solette o fondazioni di pilastri
senza armatura a taglio*

*11.6.4.2 Resistenza a punzonamento di solette o fondazioni di pilastri
con armatura a taglio*

11.6.5 Aree parzialmente caricate

11.6.6 Fatica

11.7 Stati limite di esercizio

11.8 Dettagli costruttivi per l'armatura - Generalità

11.8.1 Diametri ammissibili del mandrino per barre piegate

11.8.2 Tensione ultima di aderenza

11.9 Dettagli costruttivi per gli elementi e regole particolari

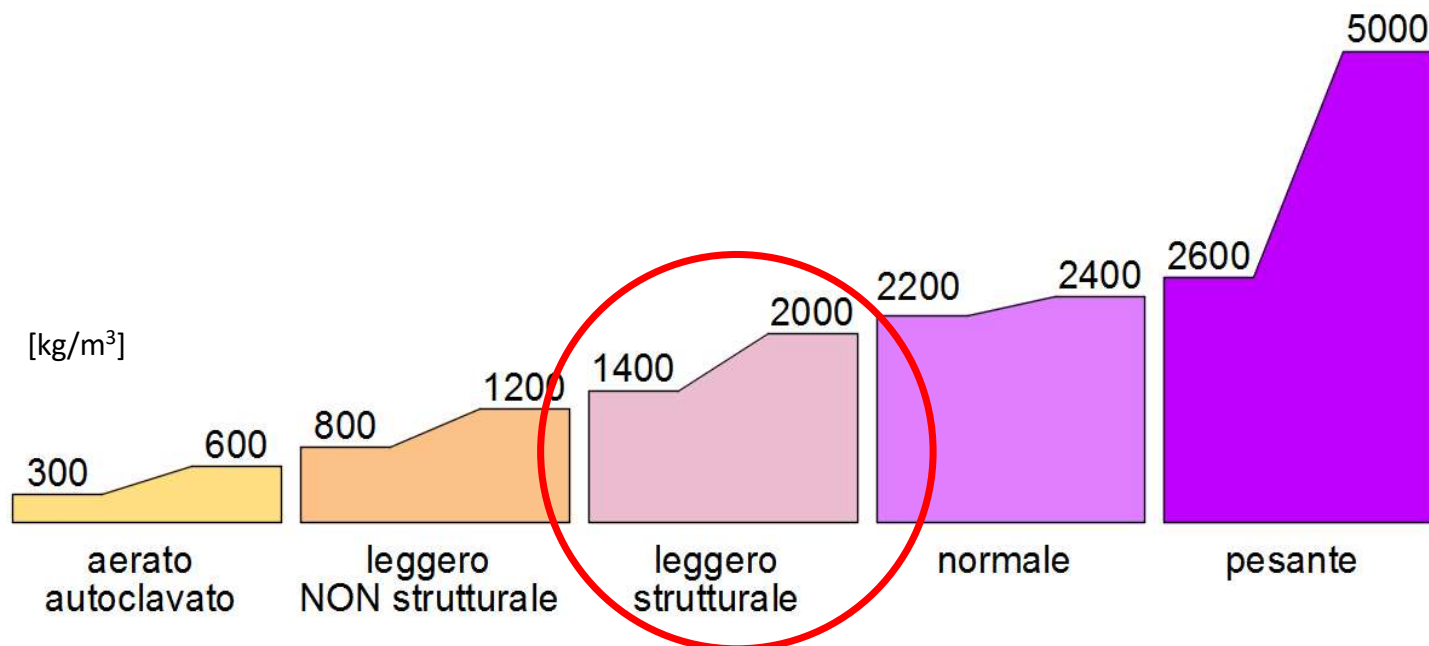
11.10 Regole aggiuntive per elementi e strutture prefabbricati

11.11 Strutture di calcestruzzo non armato o debolmente armato

CLS STRUTTURALI LEGGERI



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Classe di massa per unità di volume	D1,5	D1,6	D1,7	D1,8	D1,9	D2,0
Intervallo di massa per unità di volume [kg/m³]	1400ρ≤1500	1500ρ≤1600	1600ρ≤1700	1700ρ≤1800	1800ρ≤1900	1900ρ≤2000
Massa per unità di volume calcestruzzo non armato [kg/m³]	1550	1650	1750	1850	1950	2050
Massa per unità di volume calcestruzzo armato [kg/m³]	1650	1750	1850	1950	2050	2150

CLS STRUTTURALI LEGGERI

Le classi di resistenza ammesse per impieghi strutturali sono dalla **LC 16/18** fino alla **LC 55/60**
Per progettazione nei confronti dell'azione sismica, la classe minima diventa **LC 20/22**

Tab. 4.1.I – Classi di resistenza

Classe di resistenza
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Tabella C4.1.V - Classi di resistenza a compressione per il calcestruzzo leggero strutturale

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

CLS STRUTTURALI LEGGERI – RIFERIMENTI NORMATIVI

ALCUNE PRECISAZIONI...

- Le prescrizioni sui materiali risultano coerenti con le norme di prodotto per gli aggregati leggeri (**UNI EN 13055**);
- Non sono marcati CE come non lo è il calcestruzzo normale (non c'è una norma europea armonizzata);
- Sono utilizzabili anche in forma di premiscelati, cui va aggiunta solamente l'acqua, senza richiesta di idoneità e/o autorizzazioni specifiche ministeriali;
- Sono soggetti alle stesse prescrizioni sui controlli di qualità previste per i calcestruzzi “normali”
- Rispetto ai calcestruzzi normali sono soggetti anche ai controlli di accettazione relativi alla massa per unità di volume, da eseguirsi conformemente alla **UNI EN 206** e alla **UNI EN 12390-7**



CLS STRUTTURALI LEGGERI – RESISTENZA A TRAZIONE

In mancanza di sperimentazione, il valore medio della resistenza a trazione semplice (per classi di calcestruzzo inferiore a **LC 50/55**) risulta:

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

dove:

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

ρ = valore limite superiore della massa per unità di volume del calcestruzzo, per la classe di massa per unità di volume di appartenenza in kg/m³;

f_{lck} = valore della resistenza cilindrica caratteristica a compressione in N/mm².

f_{lcm} = valore della resistenza media cilindrica a compressione in N/mm².

pari a:

- 22 N/mm² per LC16/20
- $f_{lck} + 8$ N/mm² per $f_{lck} > 20$ N/mm²

La resistenza a trazione di calcolo è pari a:

$$f_{lctd} = 0,85 f_{lck} / \gamma_c \quad f_{lctk,0,05} = 0,7 f_{lctm}$$

CLS STRUTTURALI LEGGERI – MODULO DI ELASTICITA'

In assenza di sperimentazione diretta, una stima del modulo elastico a 28 giorni può essere ottenuta dalla seguente espressione:

$$E_{lcm} = 22000 \left[\frac{f_{lcm}}{10} \right]^{0,3} \eta_E \text{ N/mm}^2 \quad [C4.1.16]$$

essendo:

f_{lcm} = valore della resistenza media cilindrica a compressione in N/mm²;

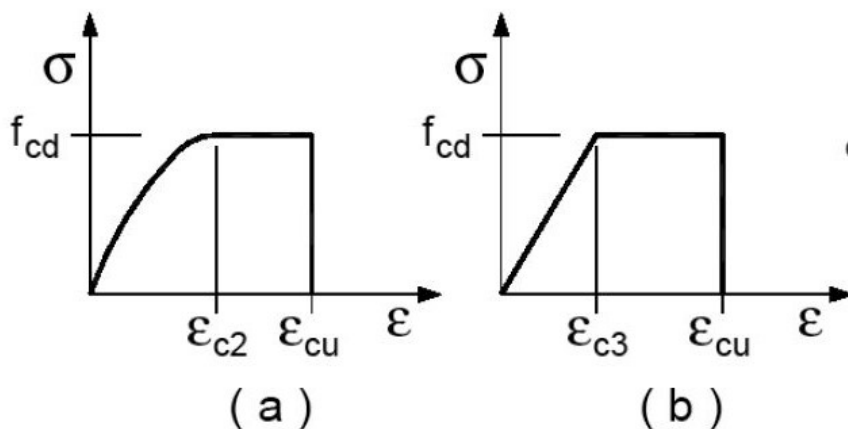
$$\eta_E = \left(\frac{\rho}{2200} \right)^2$$

ρ = valore limite superiore della massa per unità di volume del calcestruzzo, per la classe di massa per unità di volume di appartenenza in kg/m³.

Determinazione sperimentale in accordo alla **UNI EN 12390-13:2013** «*Prove su calcestruzzo indurito – Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione*».

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

- Il calcolo per le sezioni in c.a., realizzate con calcestruzzo leggero strutturale, si conduce in analogia al caso del calcestruzzo di peso normale.
- Le sperimentazioni fin qui condotte e la tendenza normativa internazionale suggeriscono di evitare diagrammi semplificati tipo «stress block».



I limiti deformativi ε_{c2} , ε_{c3} ed ε_{cu} possono essere assunti

- per calcestruzzi di classe di resistenza inferiore o uguale a LC 50/55 pari a:
 $\varepsilon_{c2} = 0,20\%$
 $\varepsilon_{c3} = 0,175\%$
 $\varepsilon_{cu} = \eta_1 0,35\%$, essendo $\eta_1 = 0,40 + 0,60 \rho / 2200$
- per calcestruzzi di classe di resistenza pari a LC 55/60 pari a:
 $\varepsilon_{c2} = 0,22\%$
 $\varepsilon_{c3} = 0,18\%$
 $\varepsilon_{cu} = \eta_1 0,31\%$

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio

$$V_{IRd,c} = \left[0,15 \eta_1 k (100 \rho_l f_{lck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp} \right] b_w d \geq (v_{l,min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d \quad [C4.1.17]$$

nella quale:

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

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{l,min} = 0,030 k^{3/2} f_{lck}^{1/2}$$

essendo:

d l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

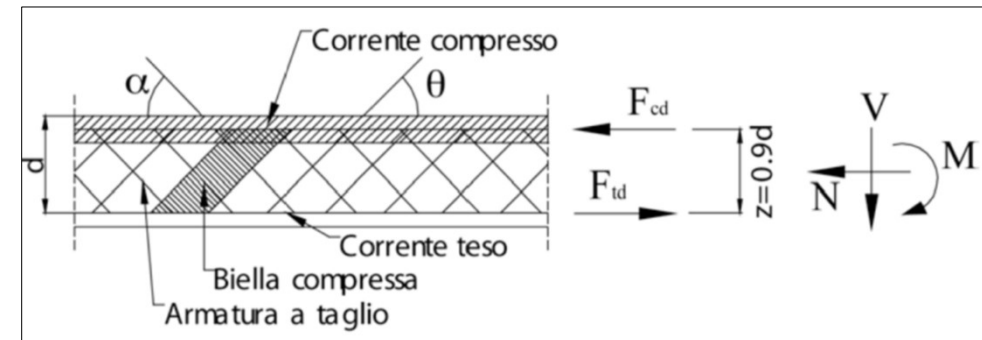
b_w la larghezza minima della sezione (in mm).

$$V_{Rd} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b_w d \geq (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d$$

CALCESTRUZZI TRADIZIONALI

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio



Formulazione con traliccio di Ritter-Morsch, analoga ai calcestruzzi tradizionali

CALCESTRUZZI TRADIZIONALI

$$v_1 = 0,5$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 \frac{f_{lcd} (\cot \theta + \cot \alpha)}{(1 + \cot^2 \theta)}$$

CALCESTRUZZI LEGGERI

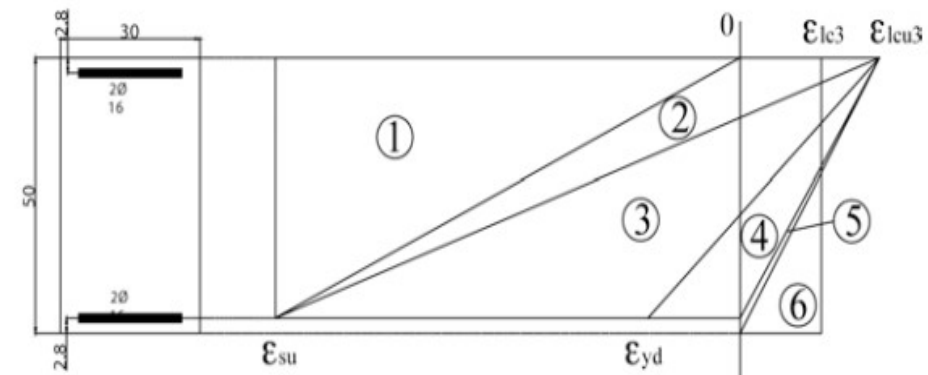
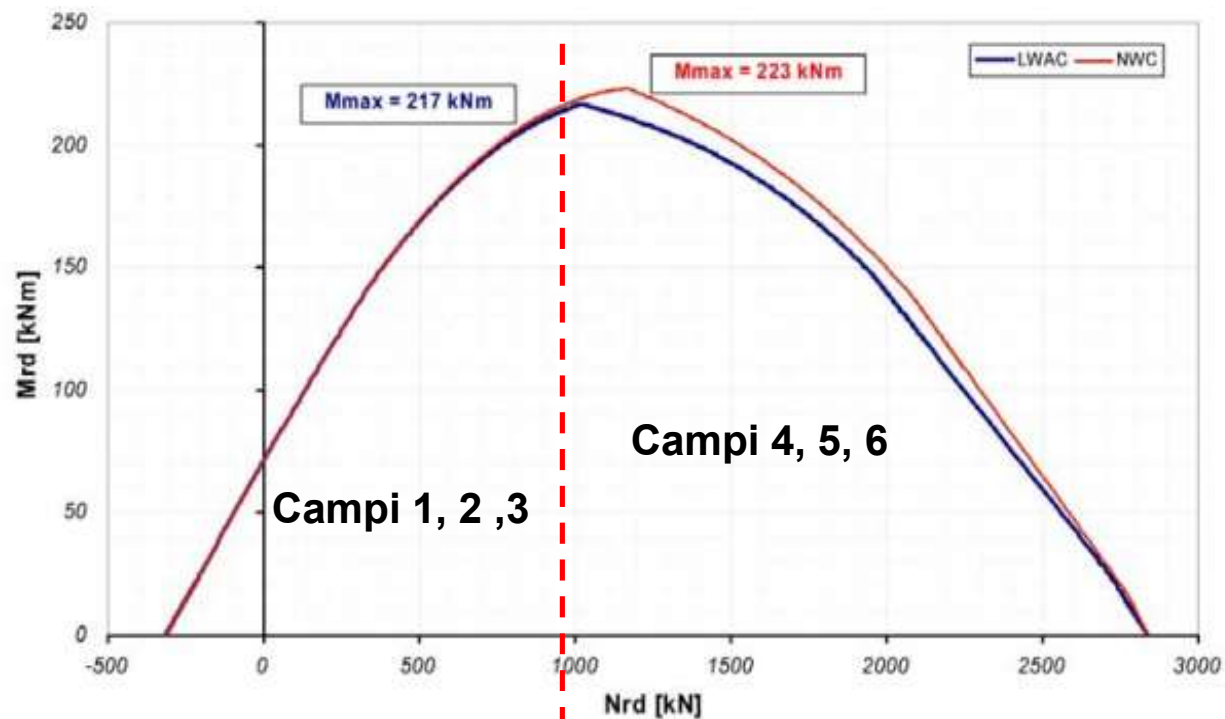
$$v_1 = 0,4$$

CLS STRUTTURALI LEGGERI

ESEMPIO PRESSOFLESSIONE PILASTRO IN C.A.

Confronto calcestruzzo tradizionale C30/35 e LecaCLS 1600 (R_{ck} 35 MPa)

Sezione 30 x 50 cm armata con 2 Φ 16 superiori e inferiori



CLS STRUTTURALI LEGGERI



CRITERI DI PROGETTAZIONE AGLI SLE

La progettazione agli SLE delle strutture in calcestruzzo leggero segue sostanzialmente le stesse regole delle strutture realizzate in calcestruzzo tradizionale; si ricordano le tre seguenti verifiche agli SLE:

1. Verifica delle tensioni
2. Verifica delle fessurazioni
3. Verifica della deformabilità

Per ciascuno stato limite ci si riferisce alle combinazioni di carico della membratura rispettivamente di tipo CARATTERISTICA, FREQUENTE e QUASI PERMANENTE.

CALCESTRUZZI STRUTTURALI LEGGERI LECA

Soluzioni premiscelate in sacco in commercio

Classe volumica Classe resistenza		<i>D 1,5</i> <i>LC 20/22</i>	<i>D 1,7</i> <i>LC 30/33</i>	<i>D 1,9</i> <i>LC 40/44</i>	<i>D 1,6</i> <i>LC 25/28</i>
f_{lck} certificato	MPa	22,5	31,5	40,5	25,0
R_{lck} certificato	MPa	25,0	35,0	45,0	28,0
E_{lcm} certificato	MPa	15000	20000	25000	17000
Massa secca (EN 206)	kN/m ³	15,0	17,0	19,0	16,0
Massa in opera n.a.	kN/m ³	15,5	17,5	19,5	16,5
Massa in opera a.	kN/m ³	16,5	18,5	20,5	17,5

CALCESTRUZZI STRUTTURALI LEGGERI LECA



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



		Leca Cls 1400	Leca Cls 1600	Leca Cls 1800	Calcestruzzo CentroStorico
Classe volumica		<i>D 1,5</i>	<i>D 1,7</i>	<i>D 1,9</i>	<i>D 1,6</i>
Classe resistenza		<i>LC 20/22</i>	<i>LC 30/33</i>	<i>LC 40/44</i>	<i>LC 25/28</i>
f_{lck} certificato	MPa	22,5	31,5	40,5	25,0
R_{lck} certificato	MPa	25,0	35,0	45,0	28,0
E_{lcm} certificato	MPa	15000	20000	25000	17000
Massa secca (EN 206)		kN/m ³			
		15,0	17,0	19,0	16,0
Massa in opera n.a.		kN/m ³			
		15,5	17,5	19,5	16,5
Massa in opera a.		kN/m ³			
		16,5	18,5	20,5	17,5

SISTEMI DI CONNESSIONE



SISTEMI DI CONNESSIONE

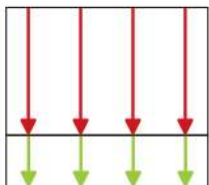
- CONNETTORI MECCANICI
- CONNETTORE CHIMICO

Portata utile $\approx 90 \text{ kg/m}^2$

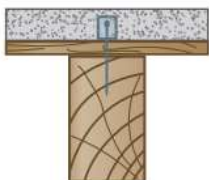


Struttura esistente

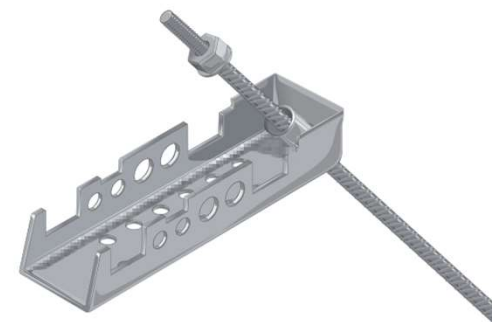
Portata utile $\approx 300 \text{ kg/m}^2$



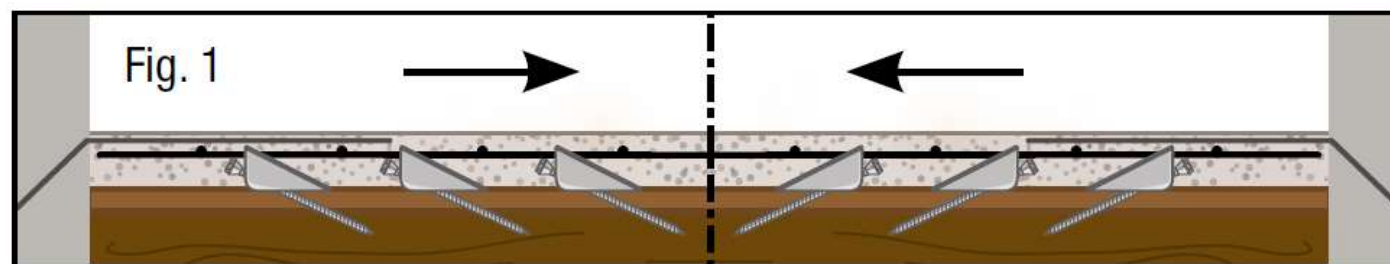
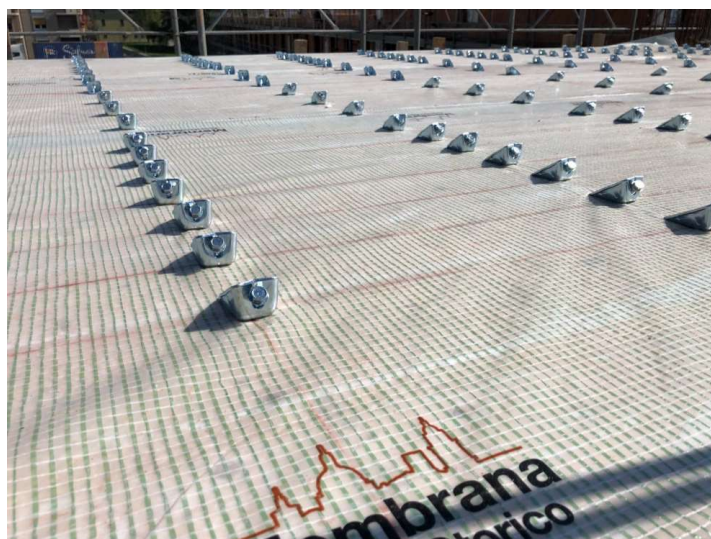
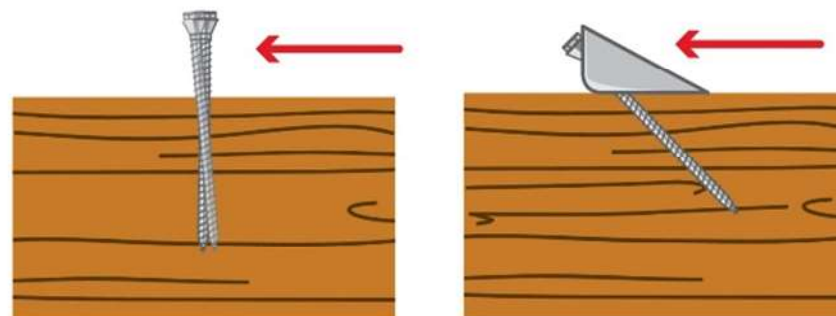
+230%



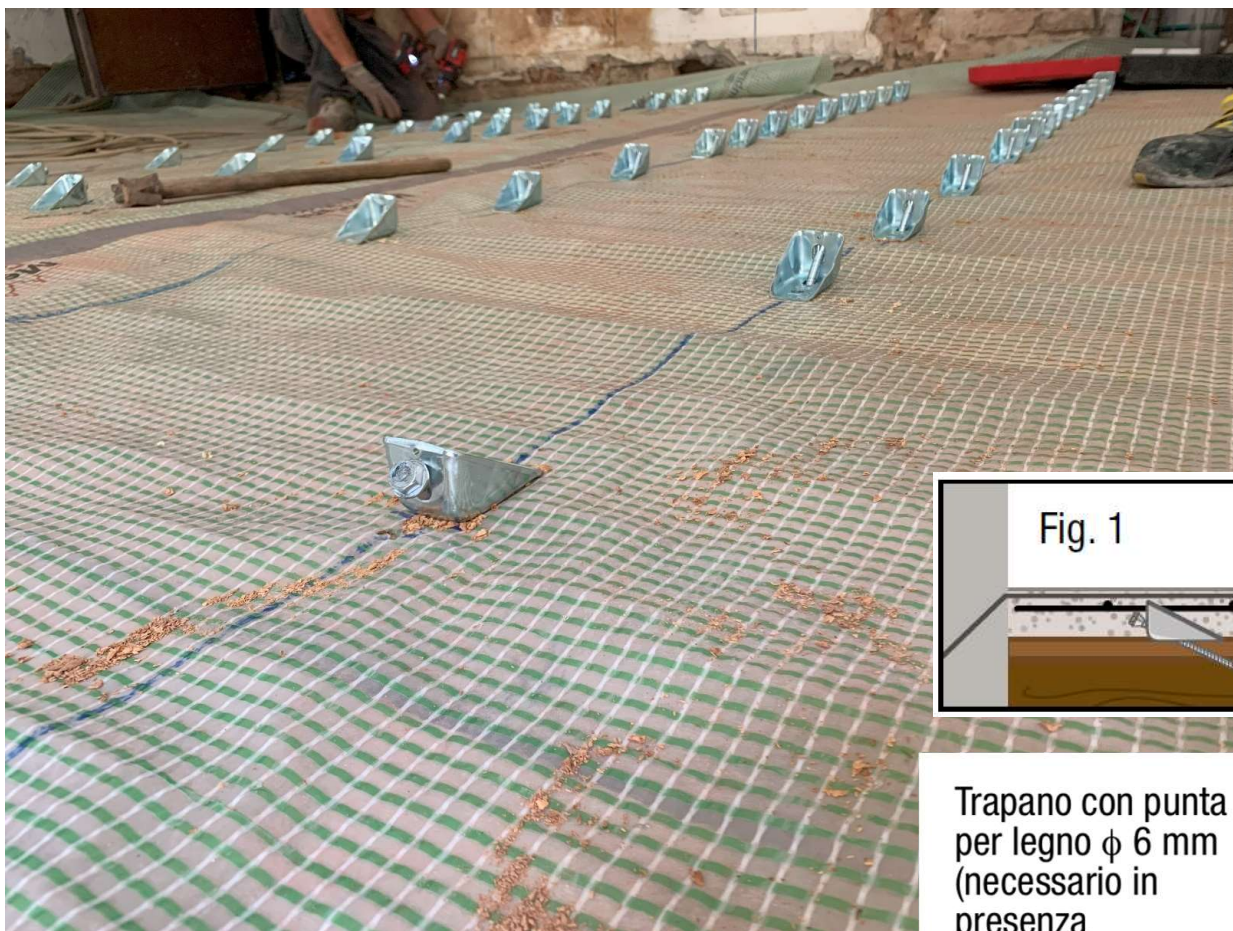
Struttura esistente con nuova soletta
INTERCONNESSA



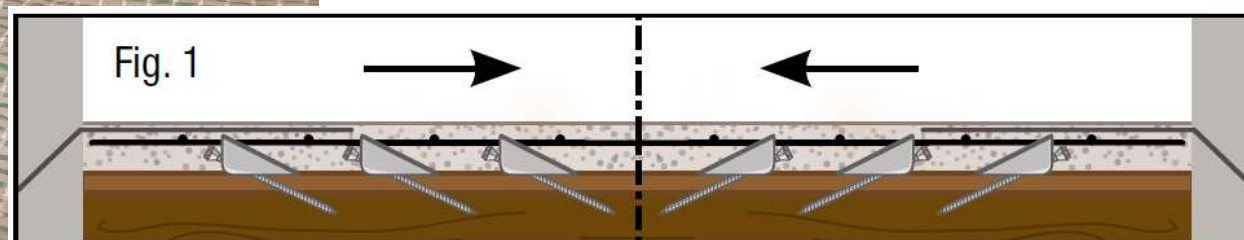
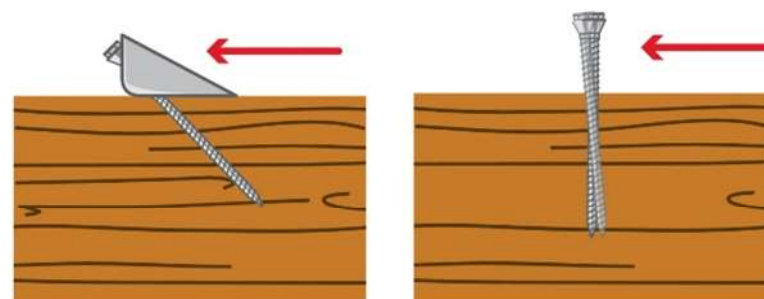
SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO



Primo connettore a 35 cm dal muro



Trapano con punta
per legno ϕ 6 mm
(necessario in
presenza
di legni duri)

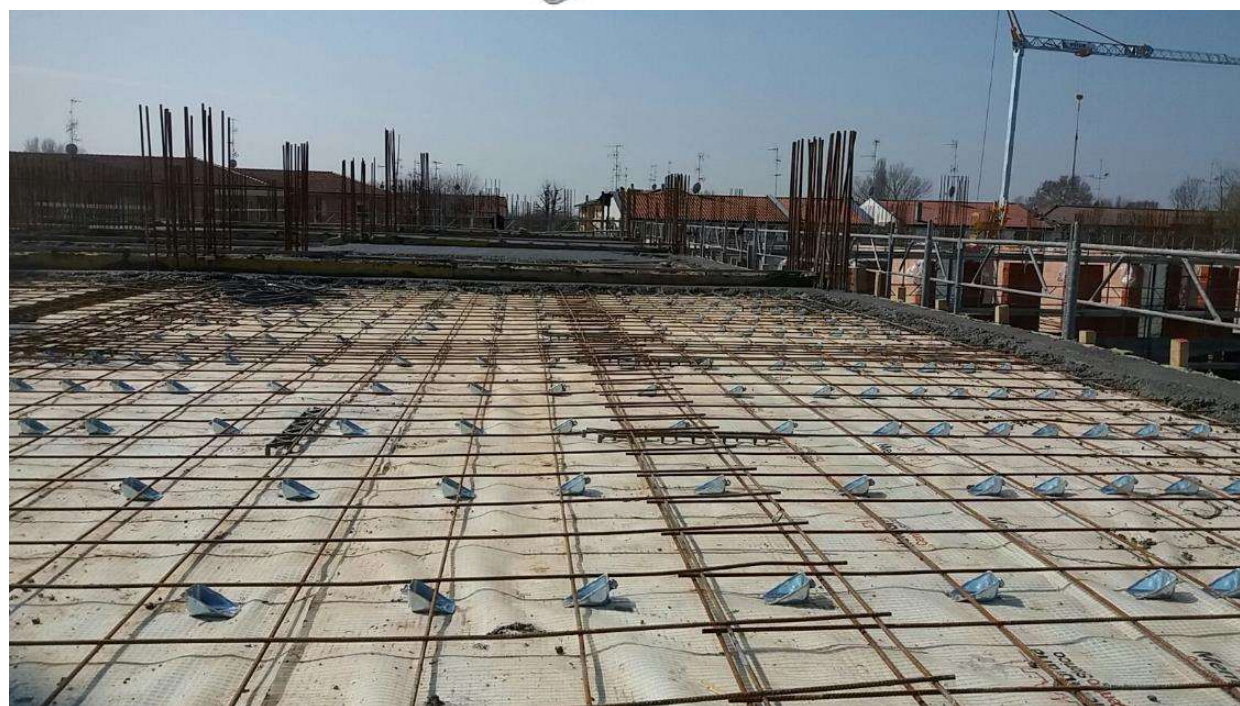
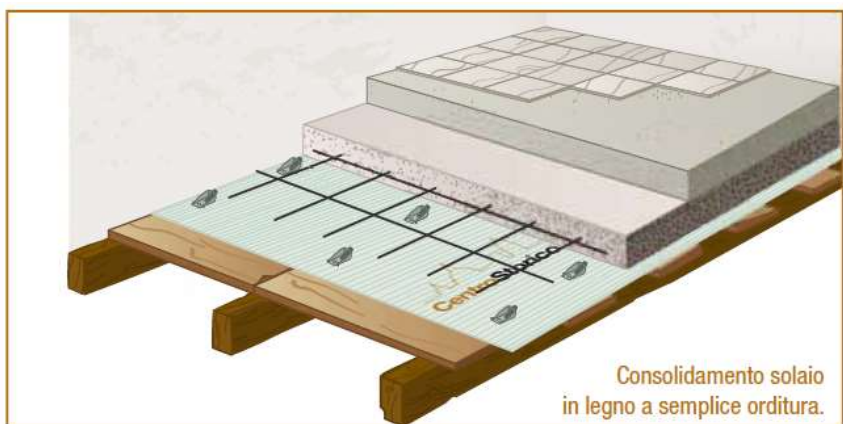


Avvitatore dotato
di buona coppia
(meglio se ad impulsi)
con bussola
esagonale 13 mm.



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO

POSA ORIZZONTALE: solai a semplice orditura o
doppia orditura su travetto secondario

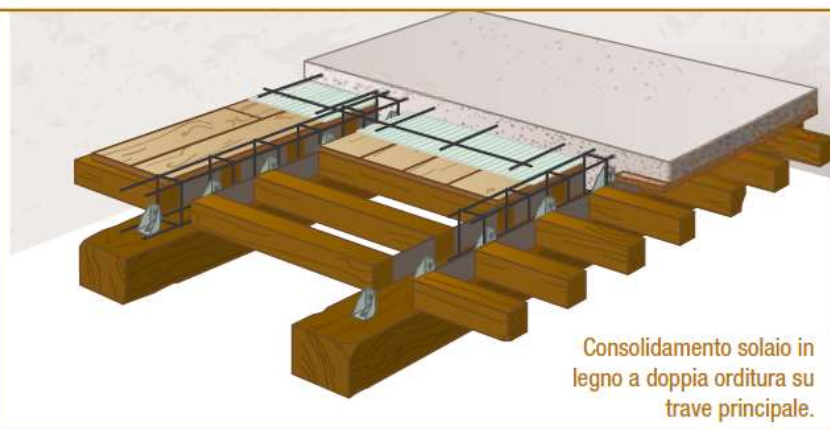


SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

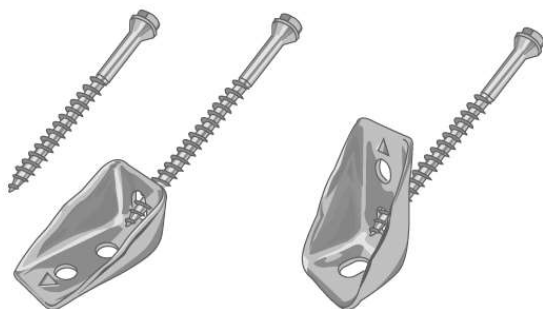
POSA VERTICALE: solai a doppia orditura su trave principale



Consolidamento solaio in
legno a doppia orditura su
trave principale.

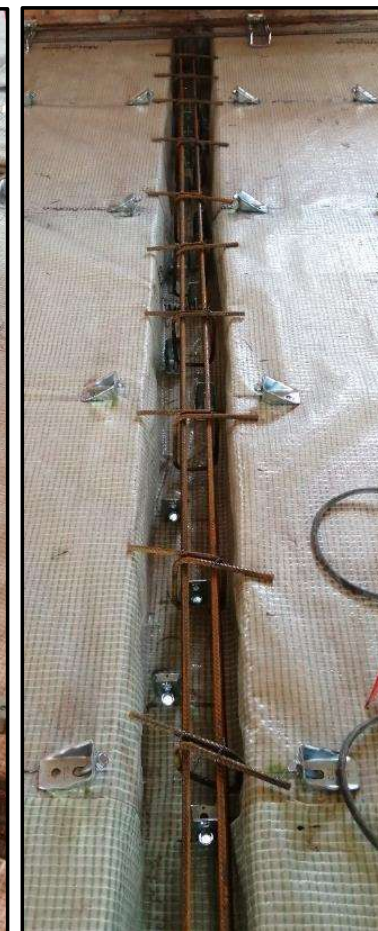
La gamma Connettore Legno si amplia con la nuova "vite corta L=13 cm", in aggiunta alla "vite standard L=15 cm".

La nuova vite corta è ideale per fissaggi diretti su travetti con ridotta altezza (altezza minima travetto con assito/pianella/tavella in cotto 8 cm).



Posa orizzontale.

Posa verticale, da preferire in presenza di solette in calcestruzzo con spessore superiore a 8 cm e per solai in legno a doppia orditura.

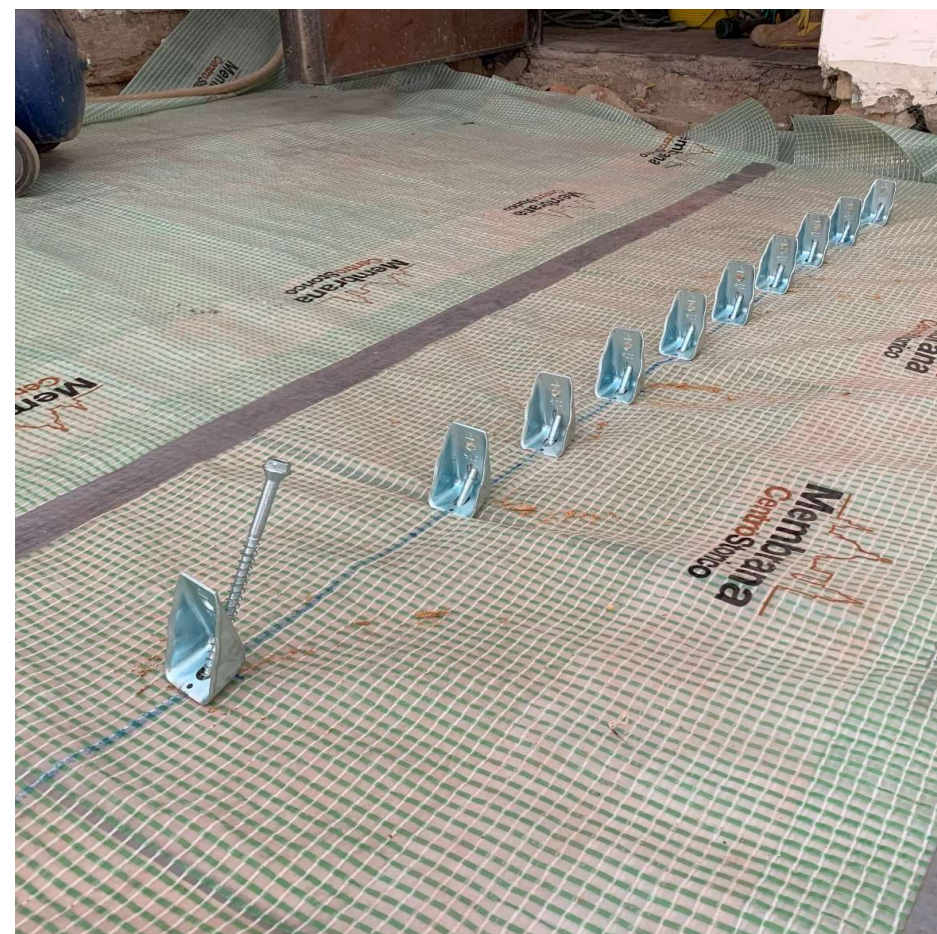


SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO

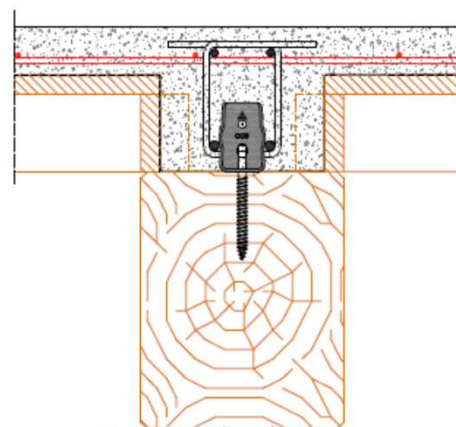
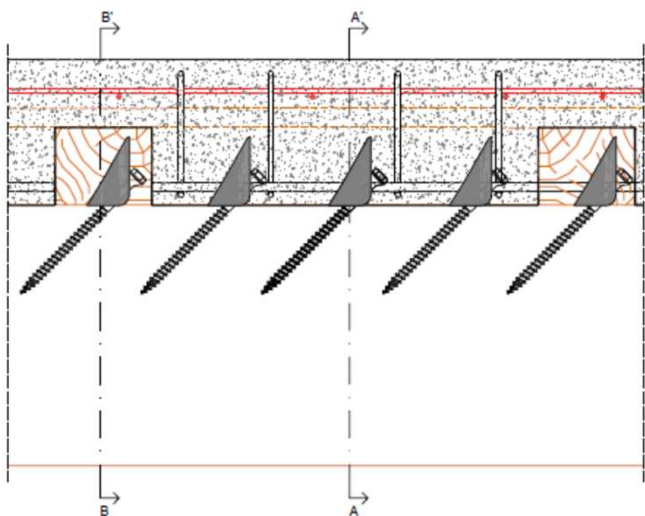
POSA IN ORIZZONTALE



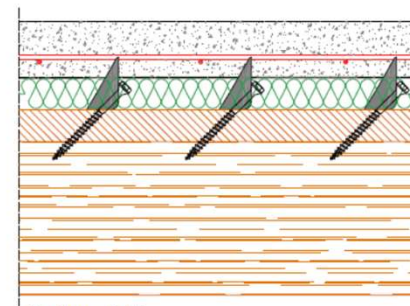
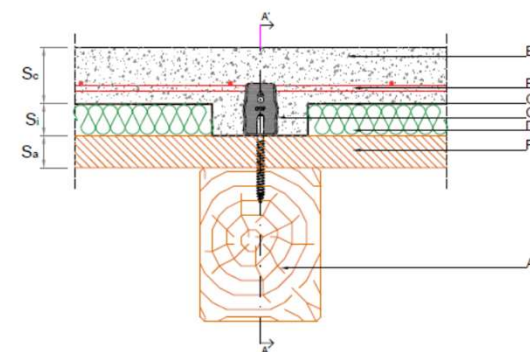
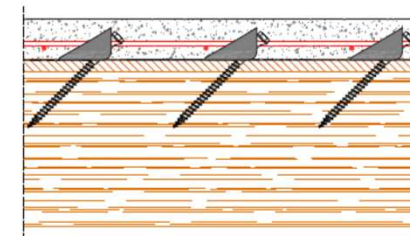
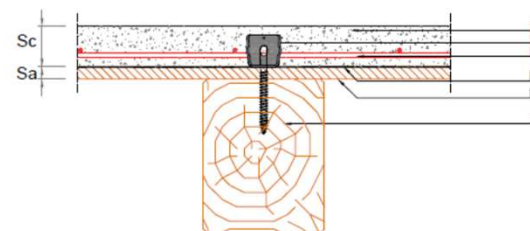
POSA IN VERTICALE



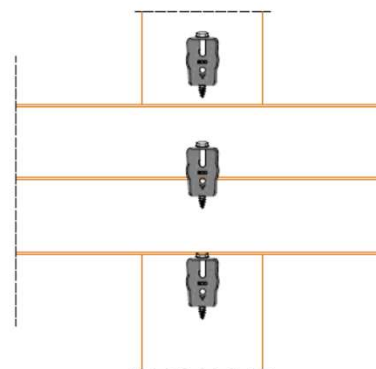
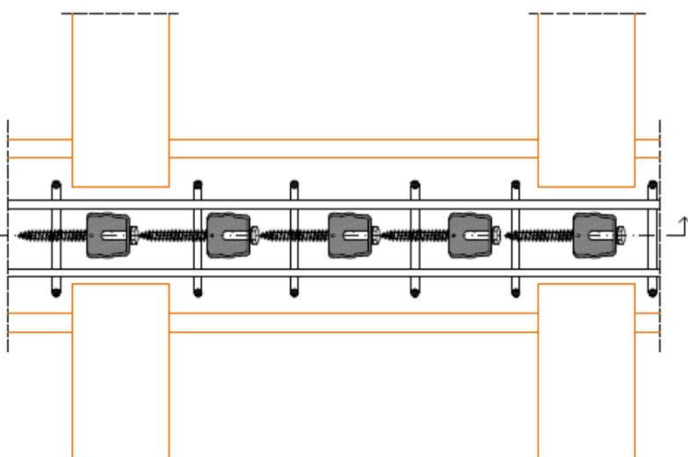
SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO



Sezione A-A'



Sezione A-A'

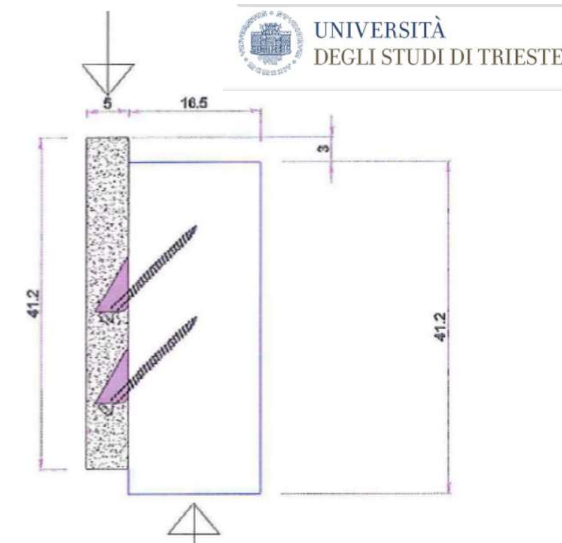
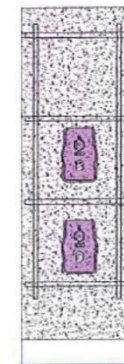
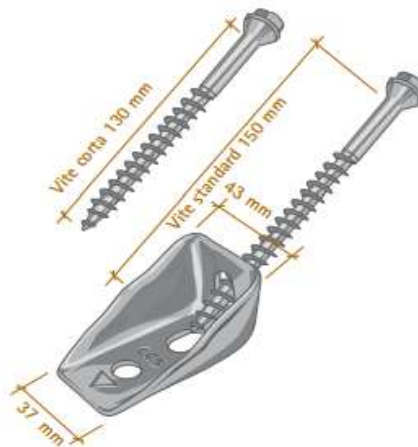


SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO



Il prodotto è marcato CE, in possesso del certificato di Valutazione Tecnica Europea (ETA) in accordo alla **EAD 130090-00-0303**: “*Wood-Concrete composite slab with dowel-type fasteners*”.

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

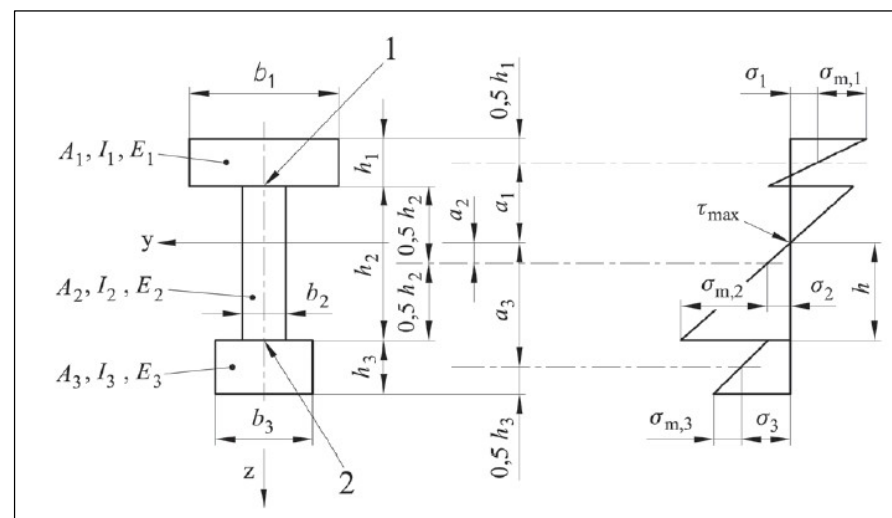


SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LEGNO

Il calcolo dei solai misti legno-calcestruzzo proposto si basa sulla teoria di Möhler nella versione proposta nell'**Eurocodice 5** all'**Annesso B** «Travi giuntate meccanicamente» (UNI EN 1995-1-1:2009 «*Progettazione delle strutture in legno – Parte 1-1: Regole generali*»).

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
- 6) Sezione di calcestruzzo considerata interamente reagente, quindi qualora il cls andasse in trazione si deve prevedere un'opportuna armatura longitudinale



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



ACCIAIO AVVITATO



ACCIAIO INCOLLATO



ACCIAIO SALDATO





Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO



CONNESSIONE AVVITATA



Vista planimetrica.



Si consiglia di posizionare i connettori in modo alternato/sfalsato lateralmente rispetto alla mezziera della trave.

Sezione trasversale.

Connettore CentroStorico Acciaio può essere fissato indistintamente sull'ala della trave o sull'anima (spessore minimo ala trave 6 mm).



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAO

Le analisi statiche dei solai misti acciaio-calcestruzzo vengono eseguite secondo le indicazioni fornite dalle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018) e dall'Eurocodice 4 (UNI EN 1994-1-1:2005 «*Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali*»).

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



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

Punta
per acciaio
 ϕ 8 mm
contenuta
nel
secchiello.



Trapano
con
punta
per acciaio
 ϕ 8 mm.



Avvitatore con bussola
esagonale 13 mm:

- a filo
 - coppia di serraggio: 13,80 Nm.
 - velocità a vuoto 0 – 2500 giri/min.
- a batteria
 - massima coppia (dura): 80 Nm.
 - massima coppia (morbida): 42 Nm.
 - velocità a vuoto 0 – 450/1300/2000 giri/min.



CONNETTORE CENTROSTORICO ACCIAIO AVVITATO



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

ETA[®]

EUROPEAN ASSESSMENT DOCUMENT

EAD 200033-00-0602

March 2016

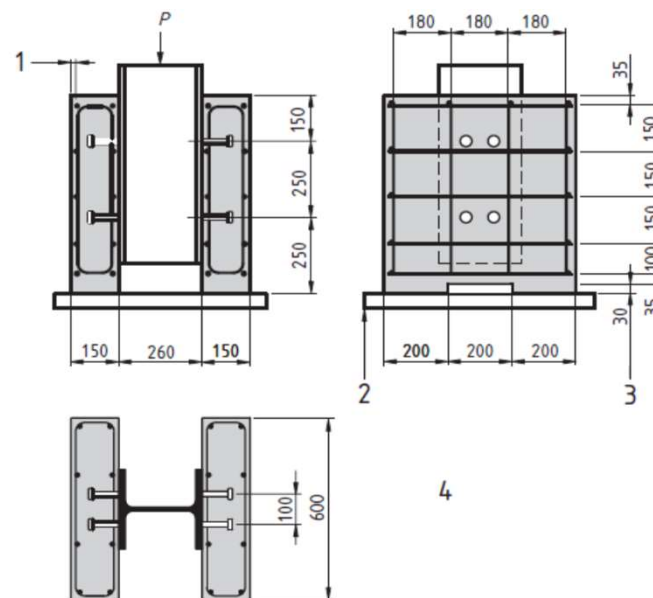
NAILED SHEAR CONNECTOR

ETA

©2016

www.eta.eu

Attualmente il connettore CentroStorico Acciaio è stato testato in accordo all'Annesso B dell'Eurocodice 4 (UNI EN 1994-1-1:2005 «Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo»). In corso l'iter per il rilascio del **certificato di Valutazione Tecnica Europea (ETA)** e della relativa **marcatrice CE** in accordo alla **EAD 200033-01-0602: "Nailed and screwed shear connector"**.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO



CONNESSIONE SALDATA



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO



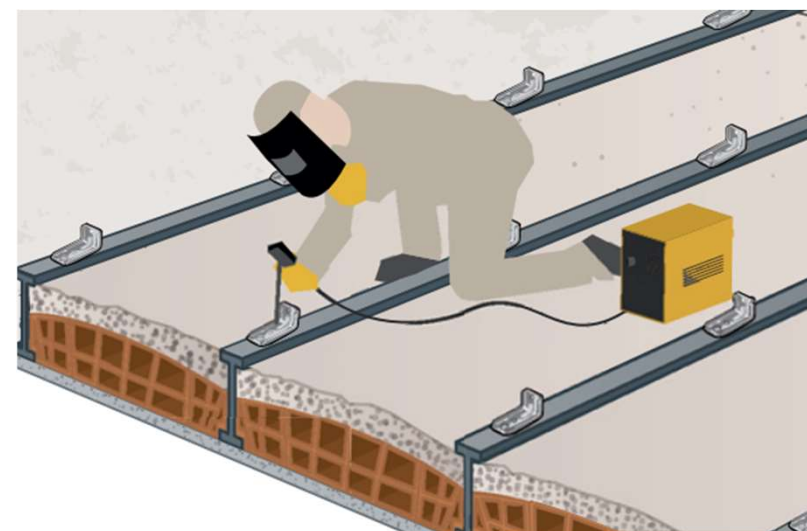
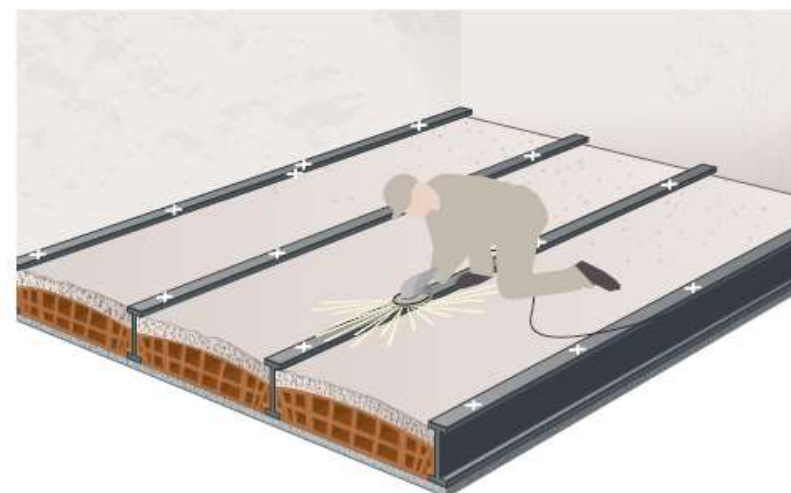
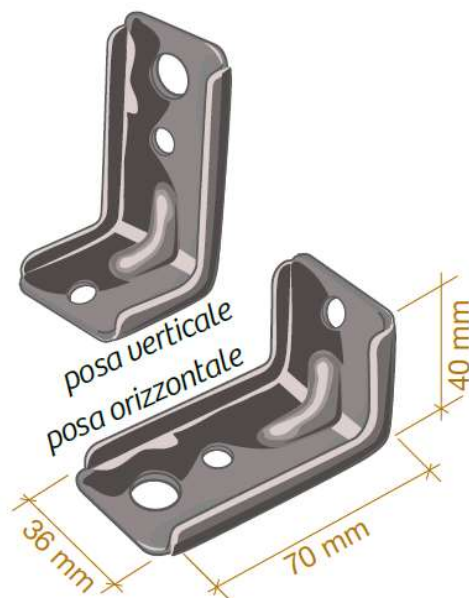
Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

Pulire adeguatamente il solaio metallico (putrella) almeno nei punti di posizionamento dei connettori (dis. 1).

Posizionare il Connettore sulla trave e **fissarlo alla putrella con due o tre punti di saldatura localizzati;**

i connettori vanno posizionati specchiati rispetto alla mezzeria del solaio, ovvero con la parte posteriore rialzata rivolta verso i muri.

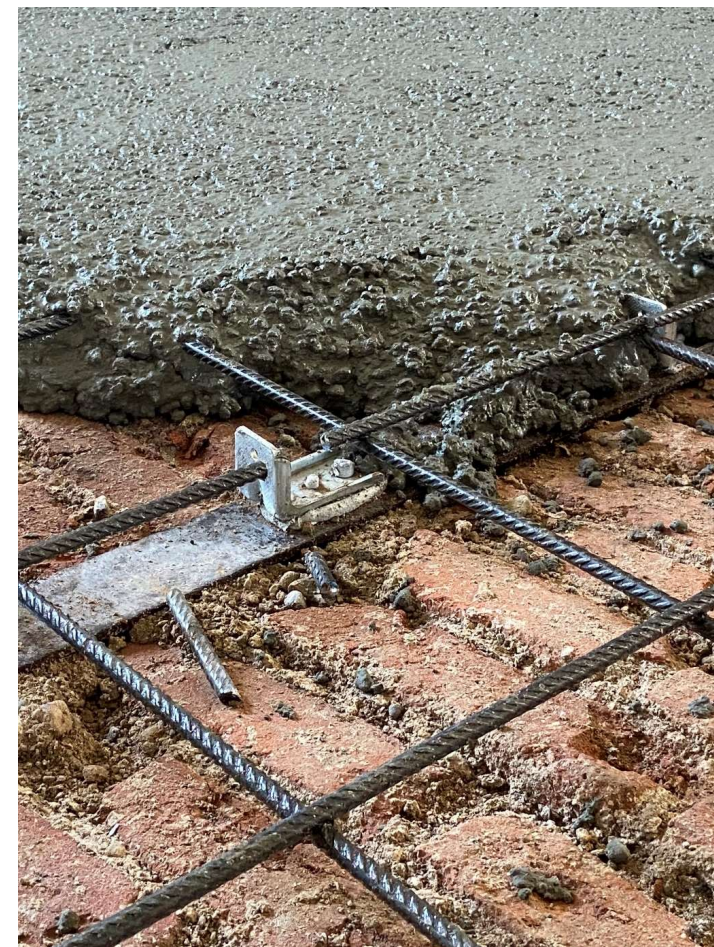
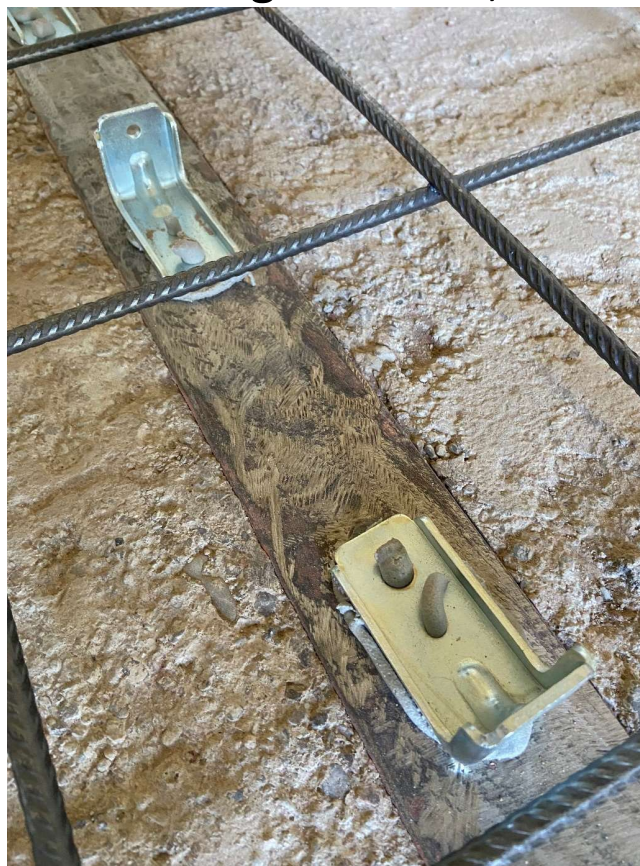
Procedere con la **saldatura sui soli due lati lunghi** (70 mm se installato in posizione "orizzontale" o 40 mm se installato in posizione "verticale") ed, eventualmente, sul lato corto di testa (36 mm). **Pulire la saldatura dalle scorie dell'elettrodo** e gettare il Calcestruzzo Leca per la formazione della soletta collaborante armata.



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO

Necessaria una preparazione accurata del supporto:

- Spazzolatura meccanica
- Sabbiatura di grado Sa 2,5



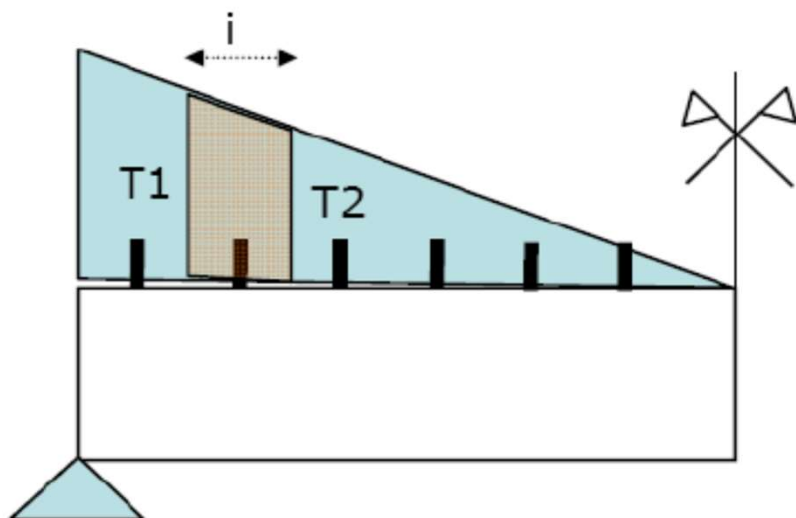
CONNESSIONE INCOLLATA



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO ACCIAIO

Le analisi statiche dei solai misti acciaio-calcestruzzo vengono eseguite secondo le indicazioni fornite dalle **NTC 2018** (D.M. 17/01/2018) e dall'**Eurocodice 4** (UNI EN 1994-1-1:2005 «*Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali*»).

Le **ipotesi di base** sono le seguenti:



- 1) Travi semplicemente appoggiate di luce L
- 2) Momento flettente calcolato in fase elastica
- 3) La spaziatura tra gli elementi di unione varia uniformemente
- 4) Il carico uniformemente distribuito agente in direzione ortogonale alla sezione

La verifica dei connettori si effettua tramite l'applicazione della **formula di Jourawsky**.

SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LATEROCEMENTO



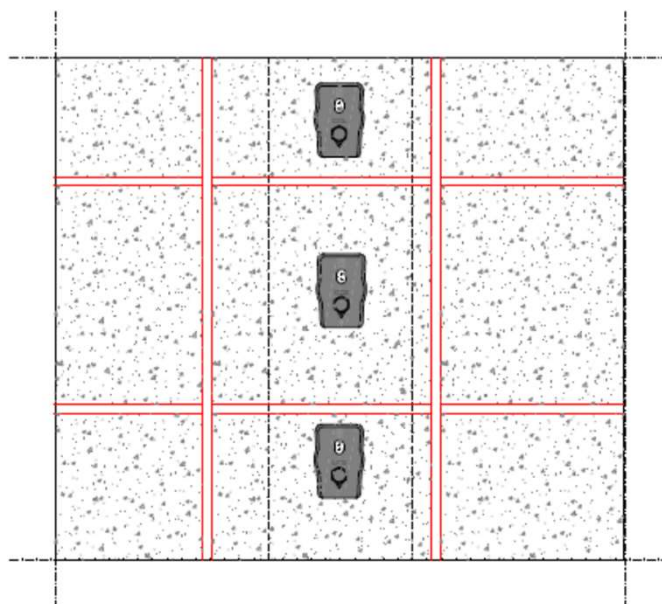
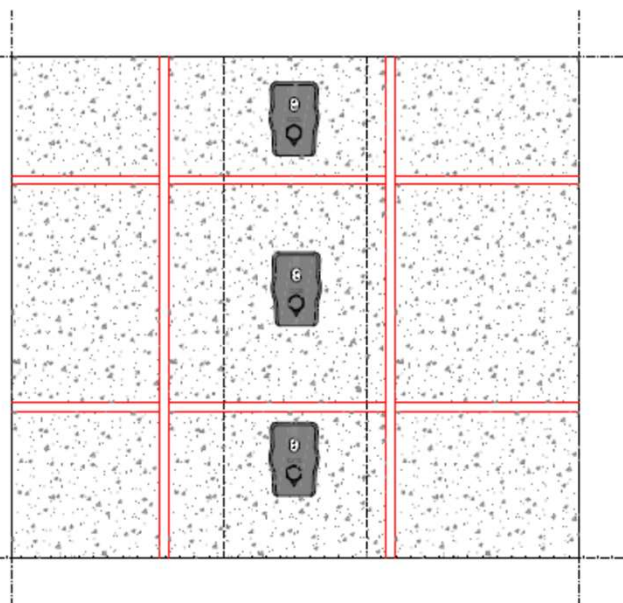
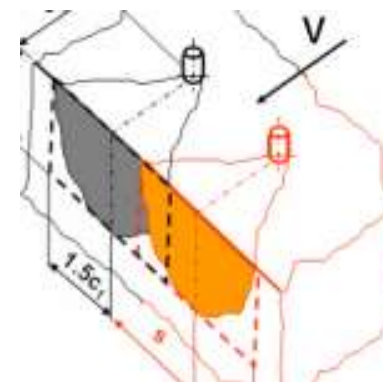
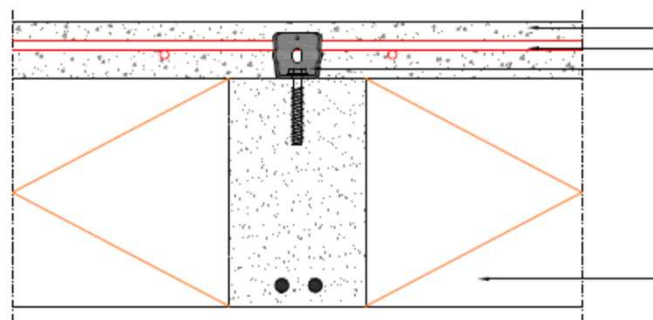
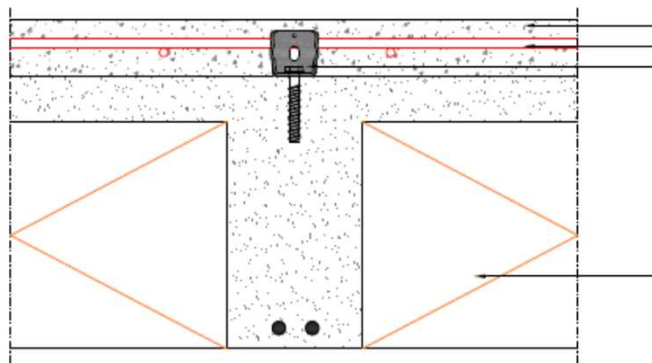
CONNESSIONE MECCANICA



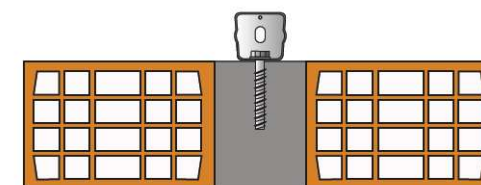
SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LATEROCEMENTO



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

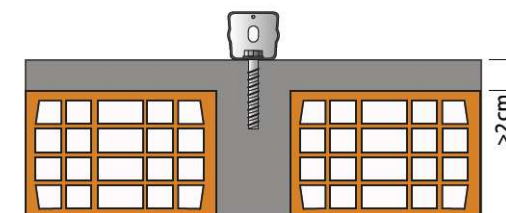


Posa su solaio senza soletta esistente.



8 cm

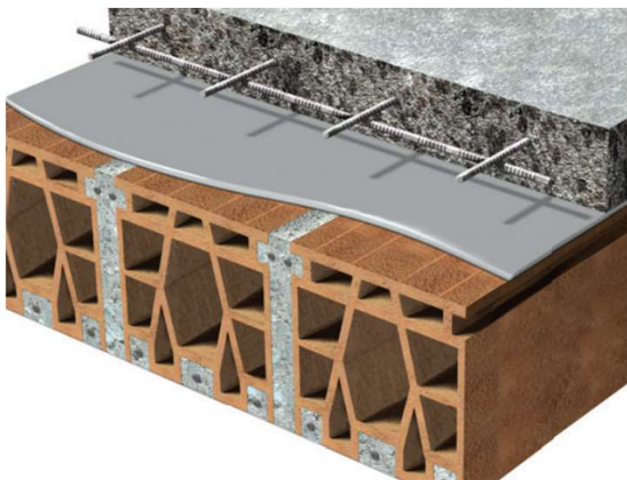
Posa su solaio con soletta esistente.



7 cm

>2 cm

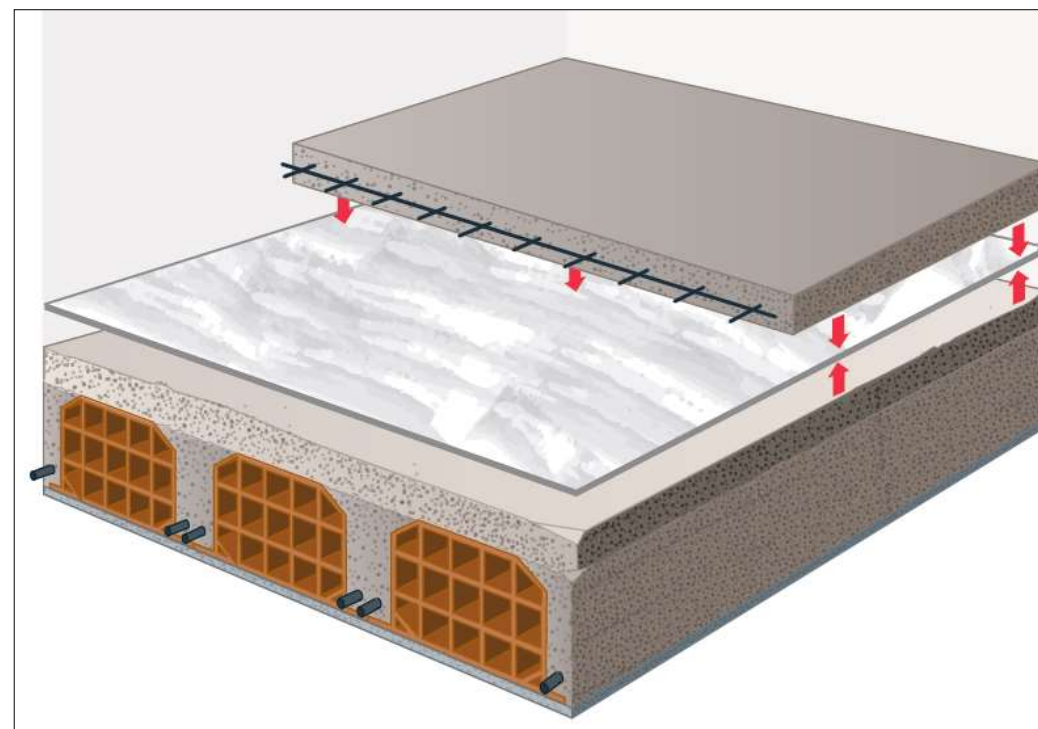
SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LATEROCEMENTO



CONNESSIONE CHIMICA

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

Le azioni di taglio vengono trasferite su tutta la superficie



SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LATEROCEMENTO

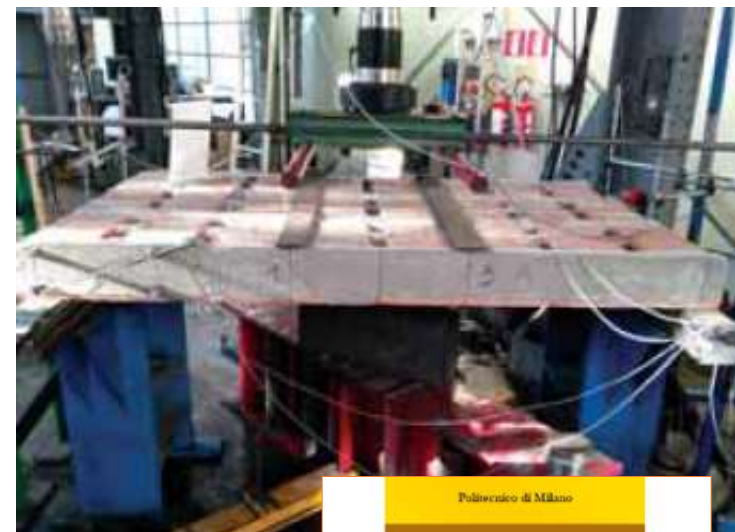
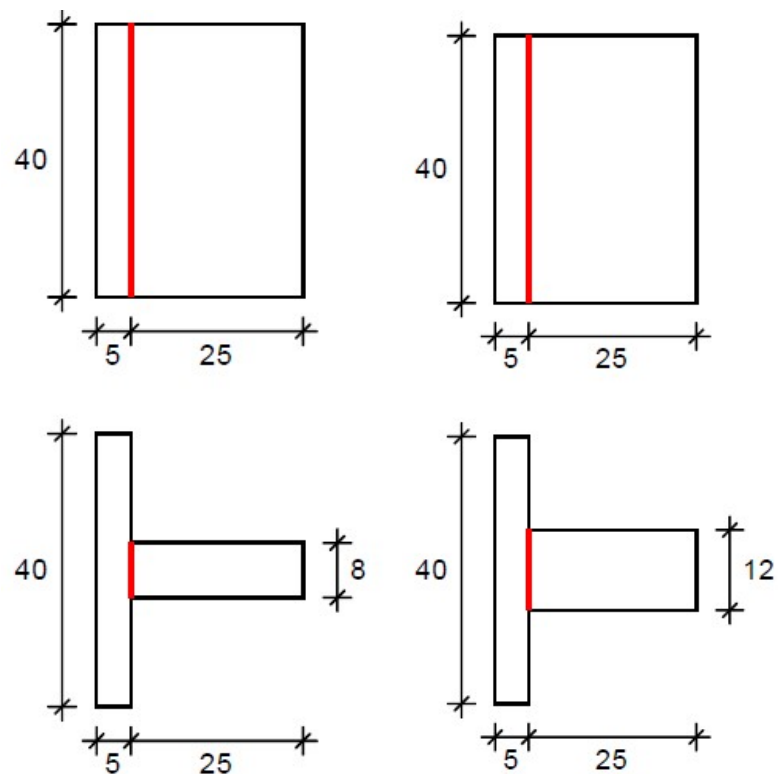


CONNETTORE CHIMICO-SPERIMENTAZIONE Polimi



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

POLITECNICO DI MILANO



Politecnico di Milano

INDAGINE SPERIMENTALE
SUL CONSOLIDAMENTO DI SOLAI
A TRAVETTI ARMATI TIPO SAP

Rinforzo mediante la tecnica
della soletta mista collaborante:

- Calcestruzzi Leggeri Strutturali Leca.
- Connettore CentroStorico Chimico.

Leca

SISTEMI DI CONNESSIONE: SOLAIO LATEROCEMENTO

VERIFICA DELL'ADESIONE TRA NUOVA SOLETTA E SOLAIO ESISTENTE

Confronto tra tensione tangenziale presente all'interfaccia soletta-solaio esistente con il valore di progetto del Connettore CentroStorico Chimico

$$\tau_{interfaccia} = \frac{V_{Sd,max} \cdot S_{int}}{J_n \cdot b} < 0.72 \text{ MPa}$$

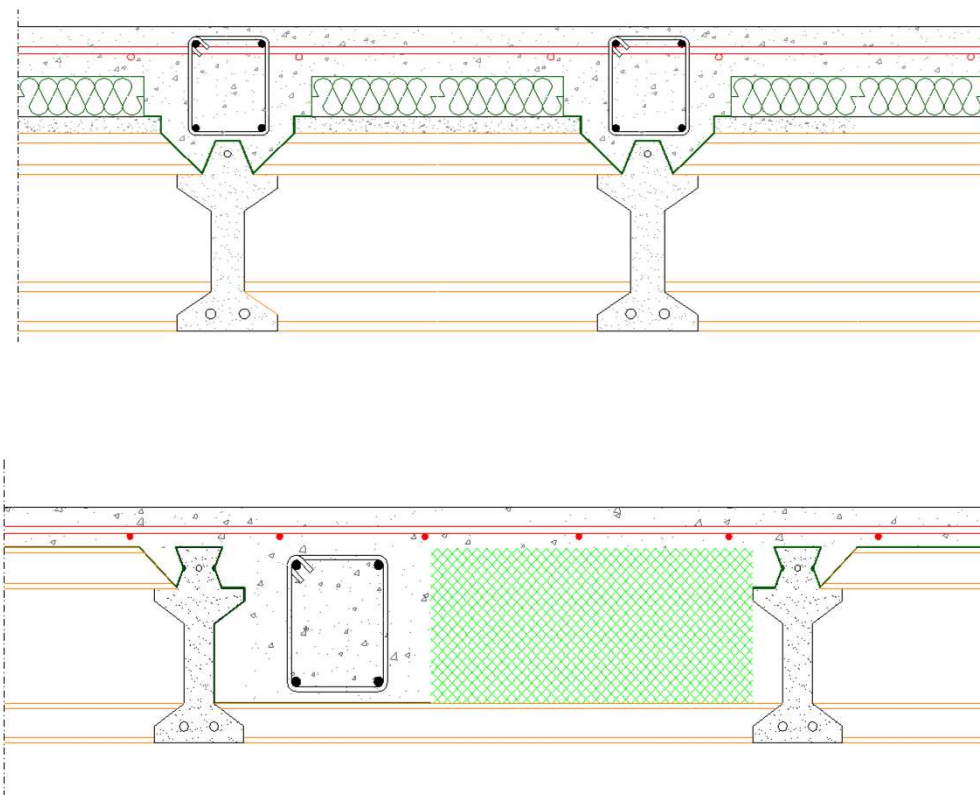
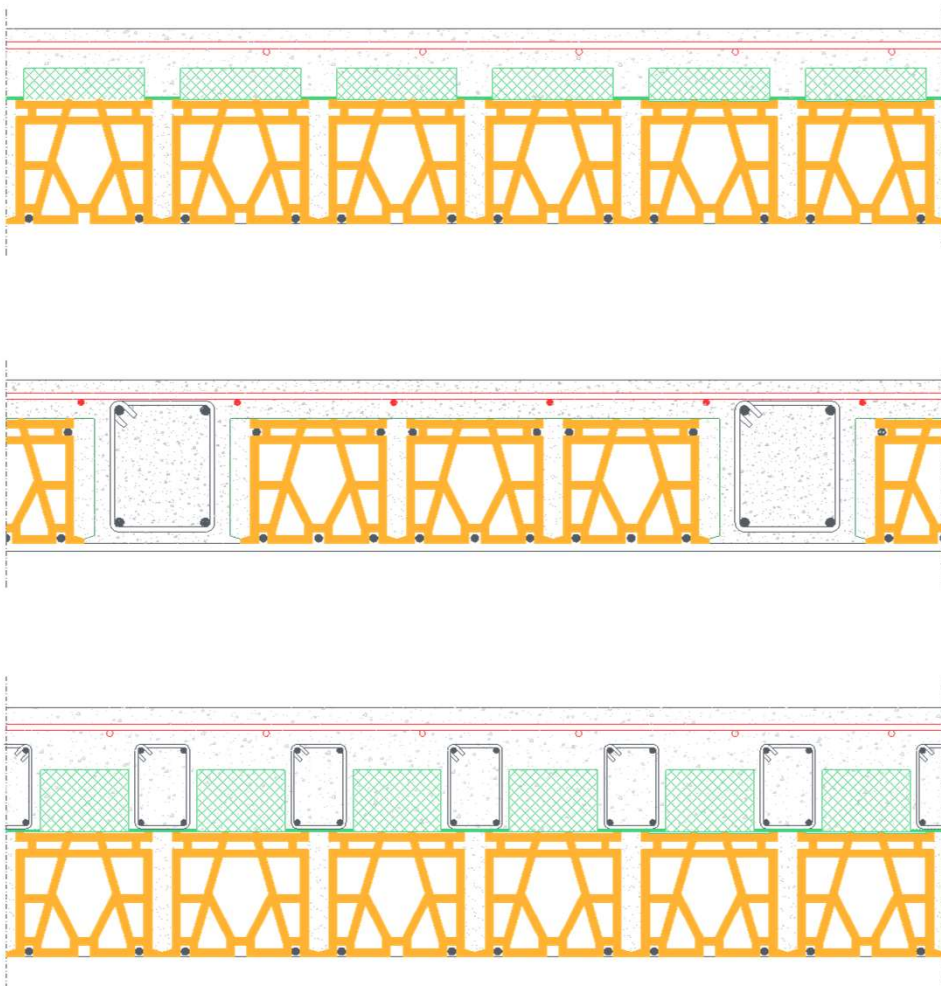
I termini della formula di Jourawsky indicano:

- S_{int} : momento statico (sezione parzializzata) della porzione che sottende la corda rispetto alla quale calcolare lo sforzo di taglio;
- J_n : inerzia dell'intera sezione parzializzata rispetto all'asse neutro;
- b : larghezza della corda da considerare

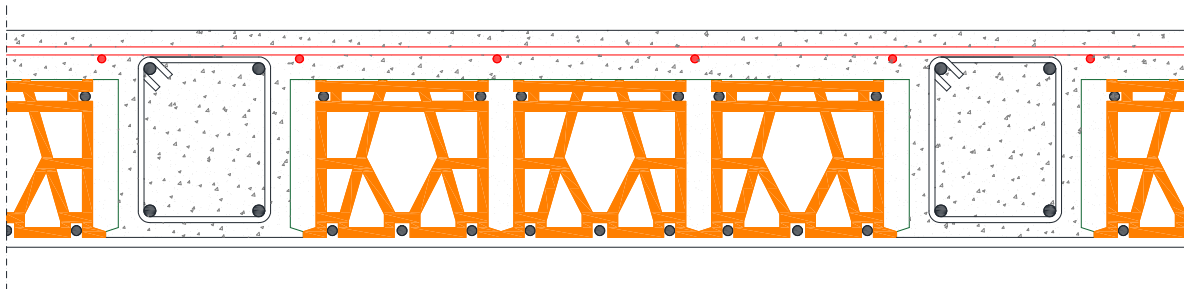
INTERVENTI DI IRRIGIDIMENTO



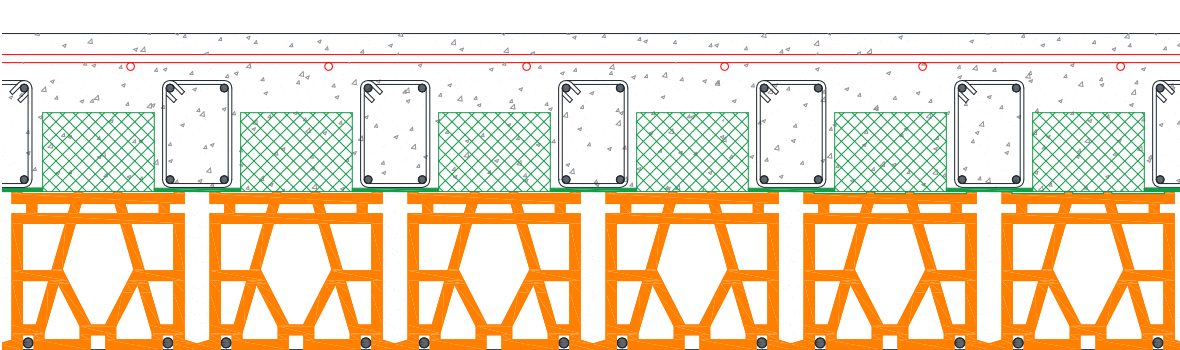
INTERVENTI DI IRRIGIDIMENTO



INTERVENTI DI IRRIGIDIMENTO: IN SPESSORE DI SOLAIO



INTERVENTI DI IRRIGIDIMENTO: FUORI SPESSORE DI SOLAIO



CERCHIATURA PERIMETRALE

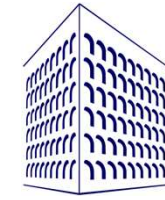


C8.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

“Oltre agli interventi volti a sanare le carenze nei confronti delle azioni non sismiche, quelli che generalmente inducono i maggiori benefici nei riguardi delle azioni sismiche riguardano:

1. **La formazione dei diaframmi di piano**, a livello dei solai ed eventualmente nelle falde di copertura.
2. **Le connessioni delle pareti tra loro e ai diaframmi di piano.**
3. I collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli.
4. L'incremento della sismo-resistenza delle pareti.
5. Il contenimento delle spinte ed il consolidamento di archi e volte.”

CERCHIATURA PERIMETRALE



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

- **Scadenti collegamenti** tra le murature e tra orizzontamenti e muratura.
- Nessun comportamento scatolare → scomposizione in **macro-elementi**
- Collasso governato dall'attivazione di **meccanismi locali**

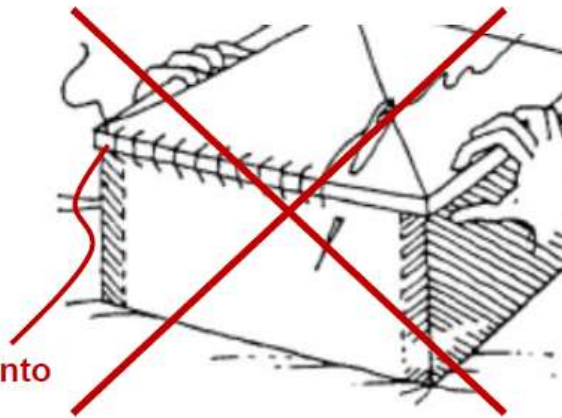
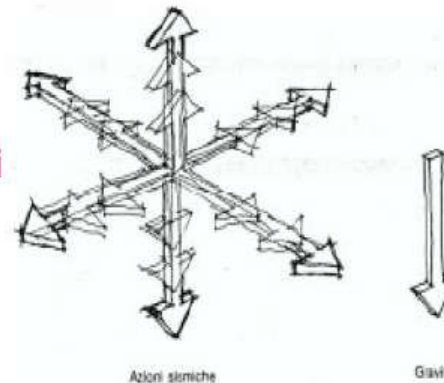


Setto resistente
e rigido nel piano

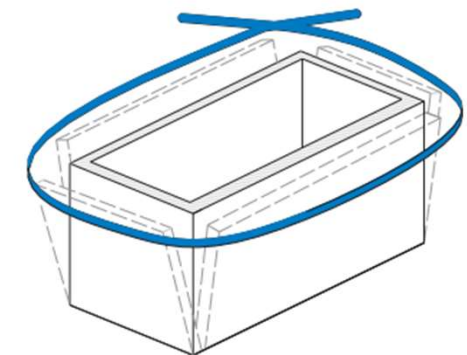
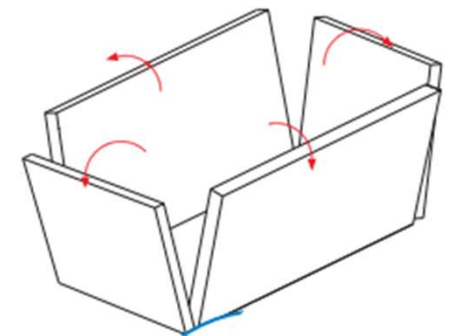
Maschio murario
non resistente e
non rigido fuori piano

(da Touliatos, 1996)

**Terremoti
superficiali**



**Sistemi di collegamento
spesso inefficaci !!!
Nessun comportamento scatolare →
macro-blocchi/macro-elementi**

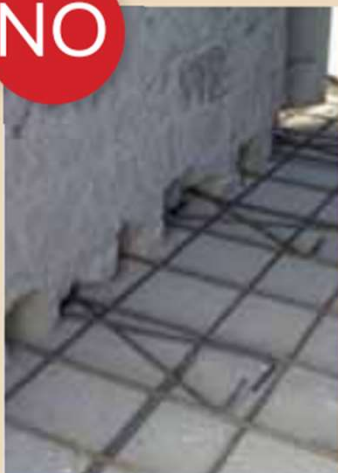


CERCHIATURA PERIMETRALE



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

NO



Cordolo nella muratura.

La formazione del cordolo all'interno della muratura crea un **forte indebolimento della struttura perimetrale**, con effetti negativi di resistenza e stabilità delle pareti. I recenti eventi sismici hanno dimostrato l'inefficacia della soluzione, che pertanto va evitata.

A livello normativo, la Circolare alle NTC vieta la loro realizzazione.



Barra piegata.

L'elemento realizza il **solo collegamento "puntuale"** tra la soletta e le pareti: **non riesce quindi a trasferire in modo completo e continuo le azioni sismiche dal solaio ai muri**. In caso di evento sismico, le alte sollecitazioni potrebbero generare la rottura del calcestruzzo della soletta in corrispondenza delle barre.



Angolare.

La produzione degli elementi di carpenteria metallica richiede un accurato rilievo della geometria dei locali; **la loro messa in opera risulta complessa**, anche per via dell'irregolarità del supporto e del perimetro di posa.



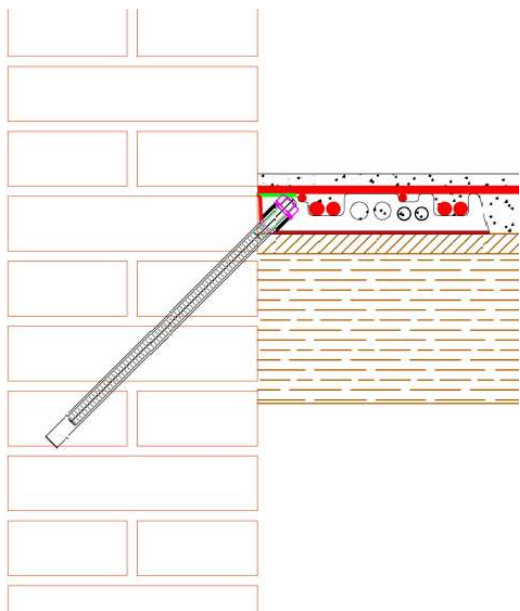
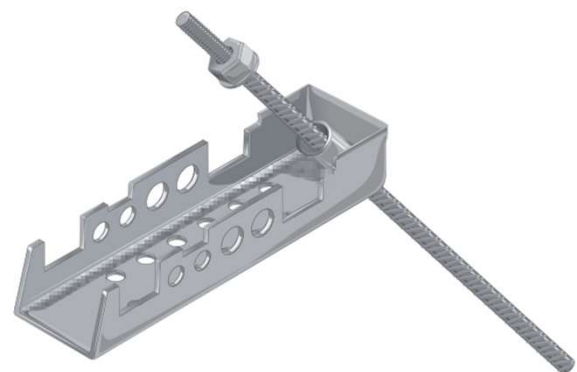
Trave di bordo.

La formazione dell'elemento in c.a. è **molto impegnativo dal punto di vista costruttivo**; richiede uno spessore complessivo di circa **10-15 cm** con conseguente notevole peso, la necessità di realizzare la gabbia di armatura e il posizionamento dei ferri in corrispondenza della testa delle travi.

CERCHIATURA PERIMETRALE



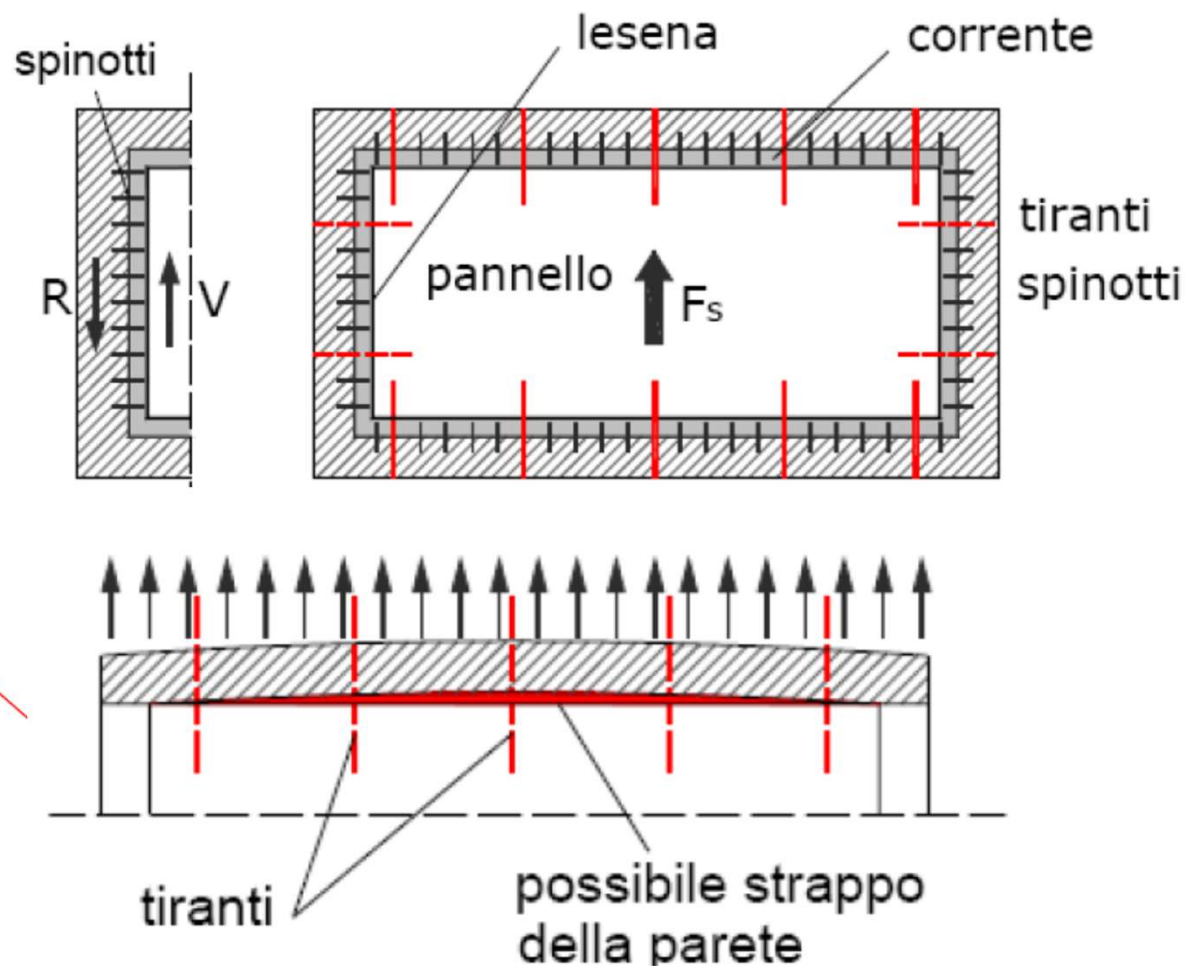
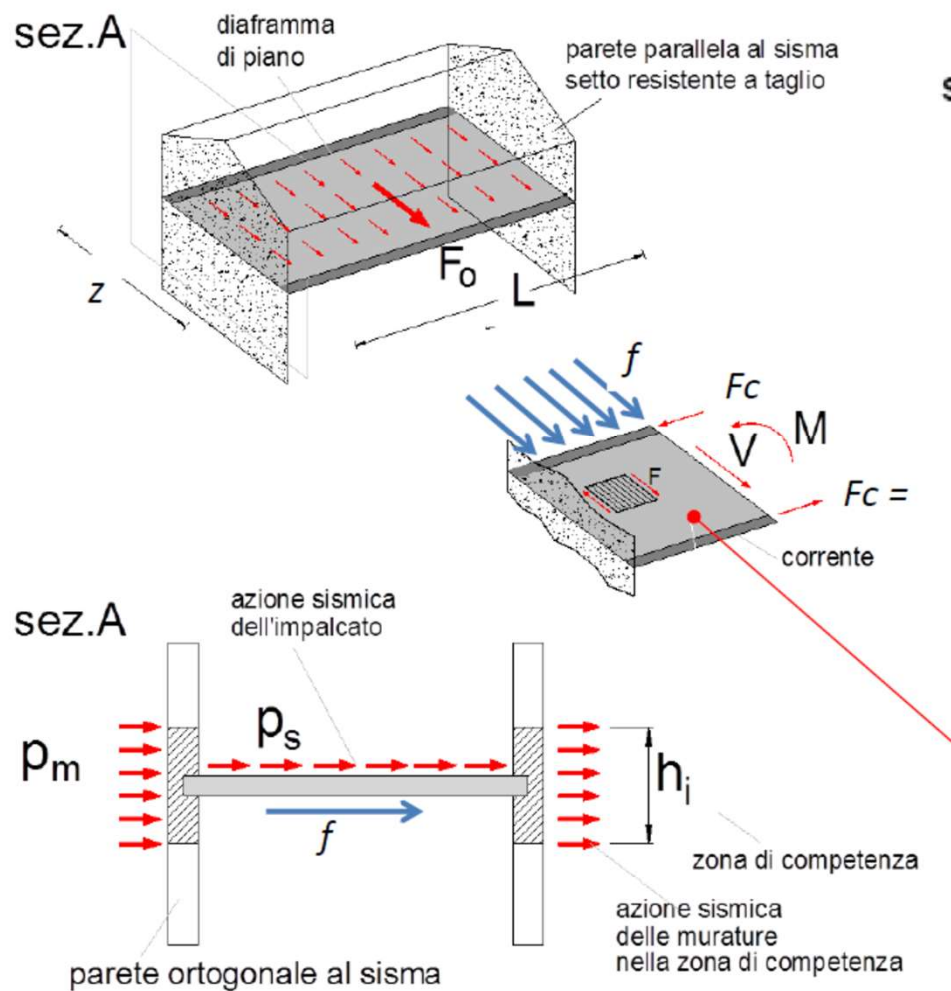
Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



**perimetro
FORTE**



CERCHIATURA PERIMETRALE



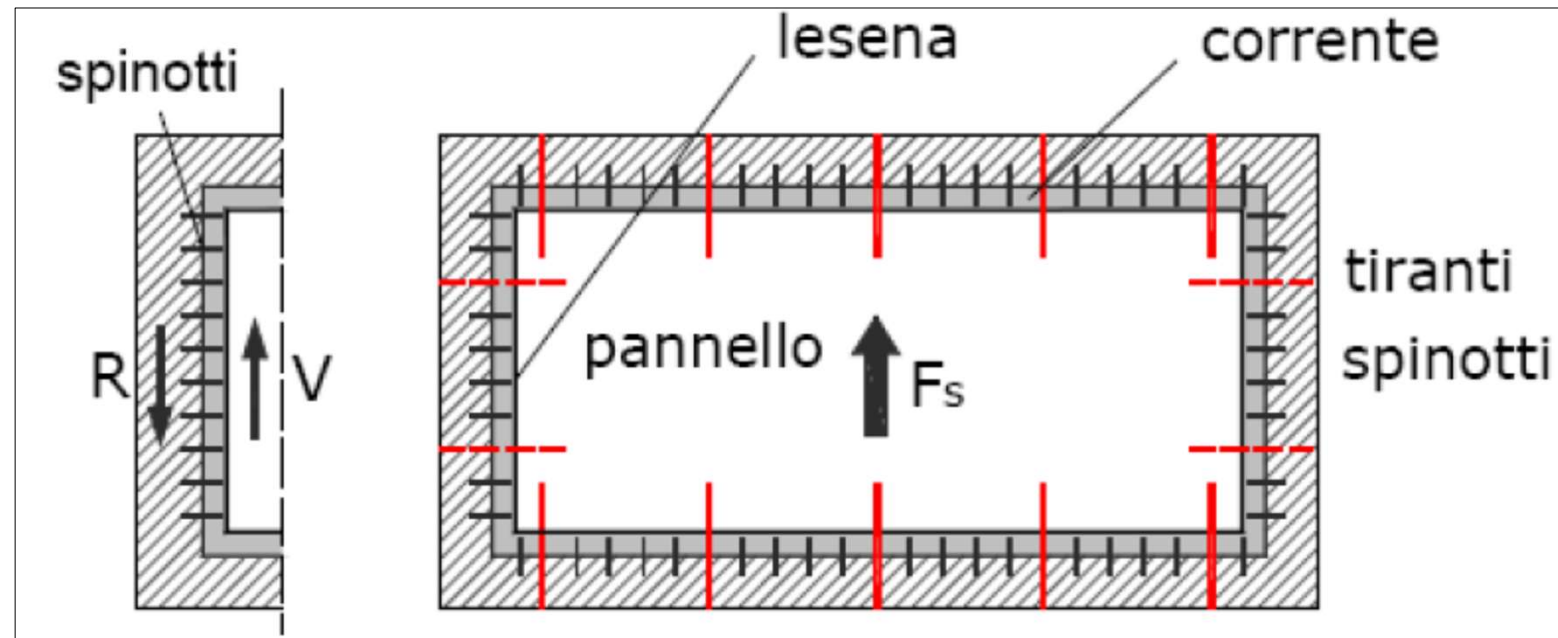
CERCHIATURA PERIMETRALE

Componenti del diaframma:

- Pannello d'anima → Azione tagliante
- Correnti → Azione flettente
- Lesene o ripartitori → Azione tagliante

Collegamenti:

- Spinotti → Taglio
- Tiranti → Strappo

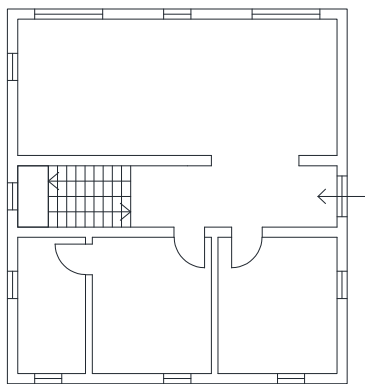


CERCHIATURA PERIMETRALE

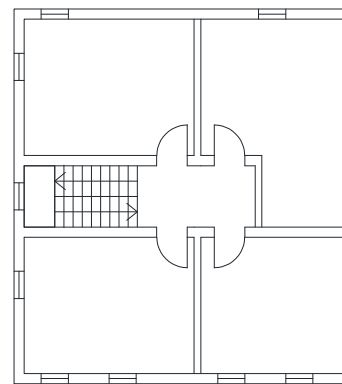
Determinazione delle pareti
sismo-resistenti:

Identificazione dei maschi
murari continui dalla base alla
sommità

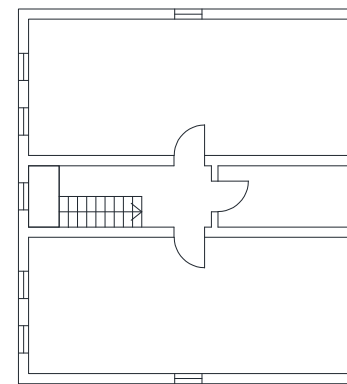
Pianta Piano Terra



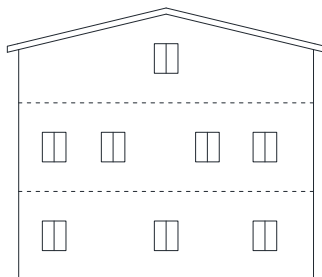
Pianta Piano Primo



Pianta Piano Secondo



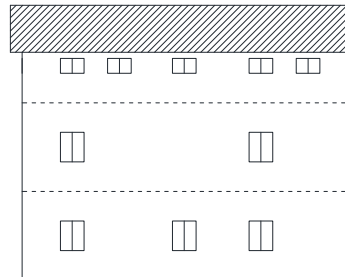
Prospetto Sud



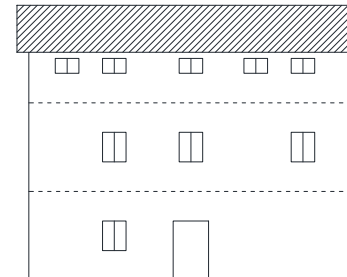
Prospetto Nord



Prospetto Ovest



Prospetto Est

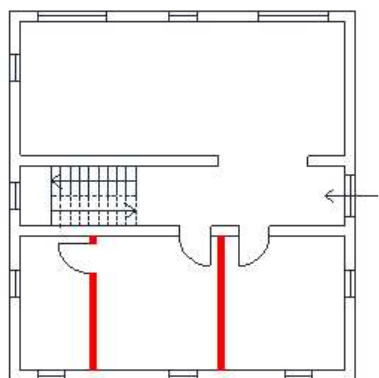


Piano campagna

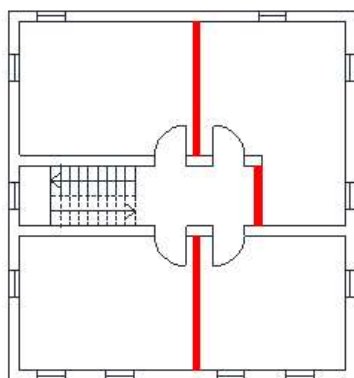
Piano di fondazione

CERCHIATURA PERIMETRALE

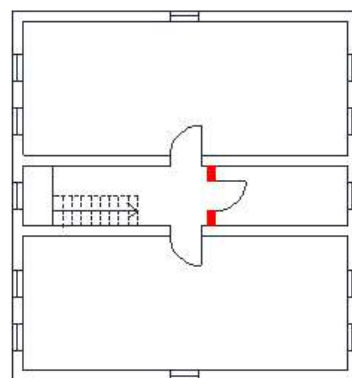
Pianta Piano Terra



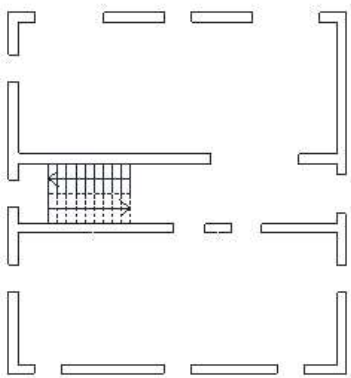
Pianta Piano Primo



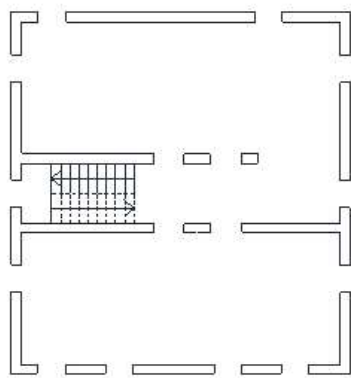
Pianta Piano Secondo



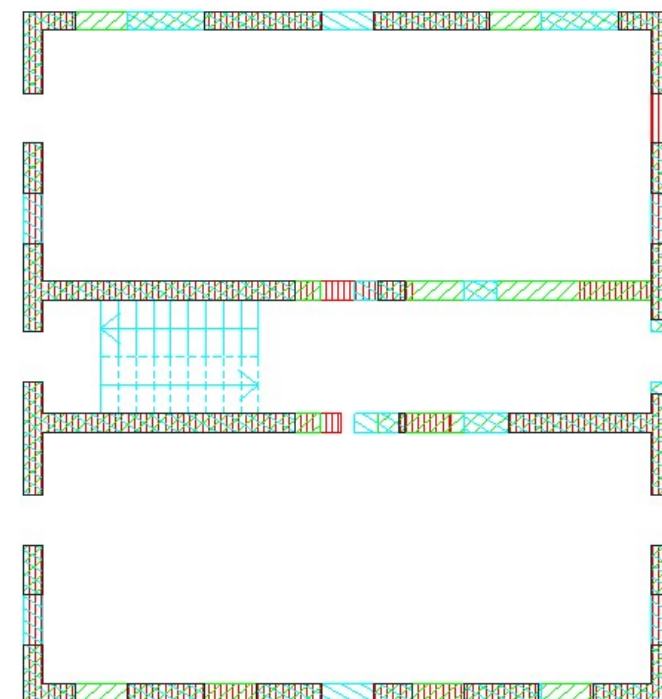
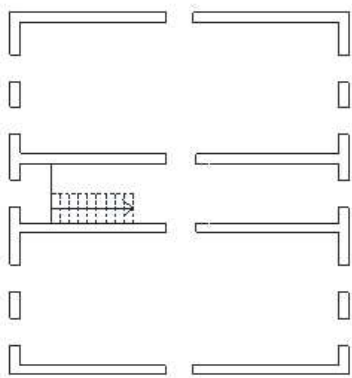
Pianta Piano Terra



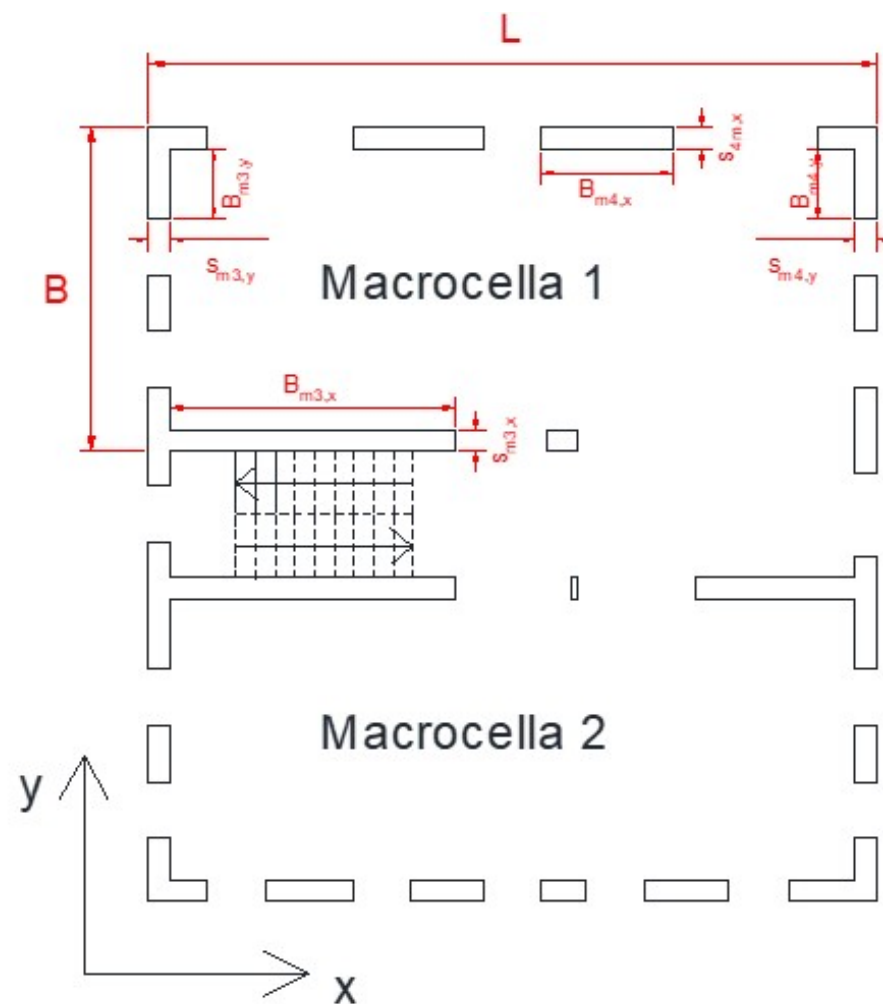
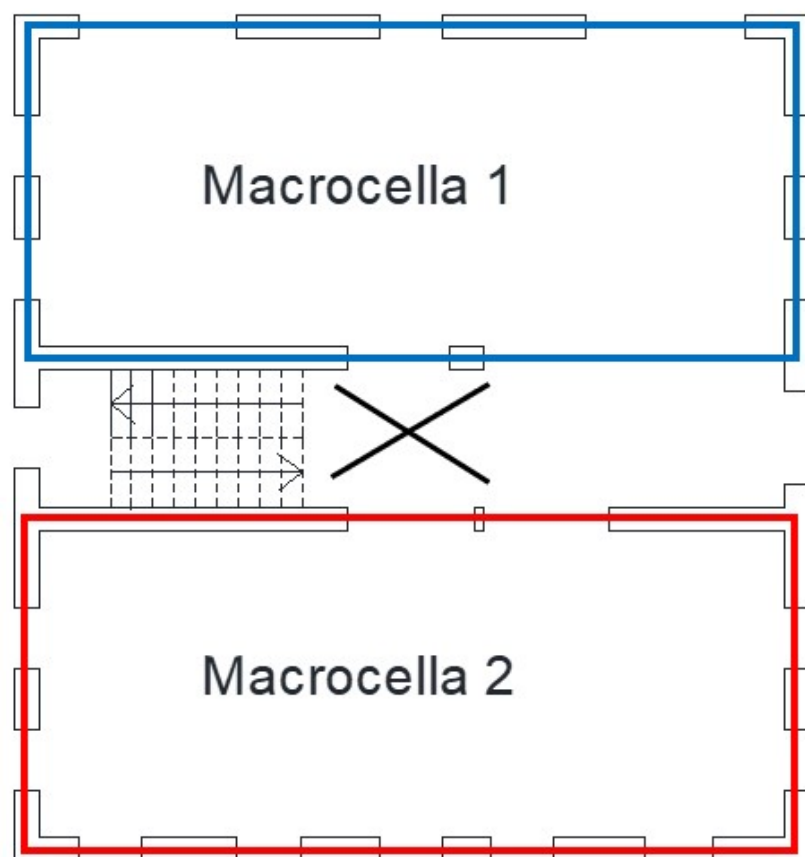
Pianta Piano Primo



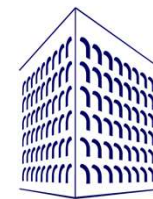
Pianta Piano Secondo



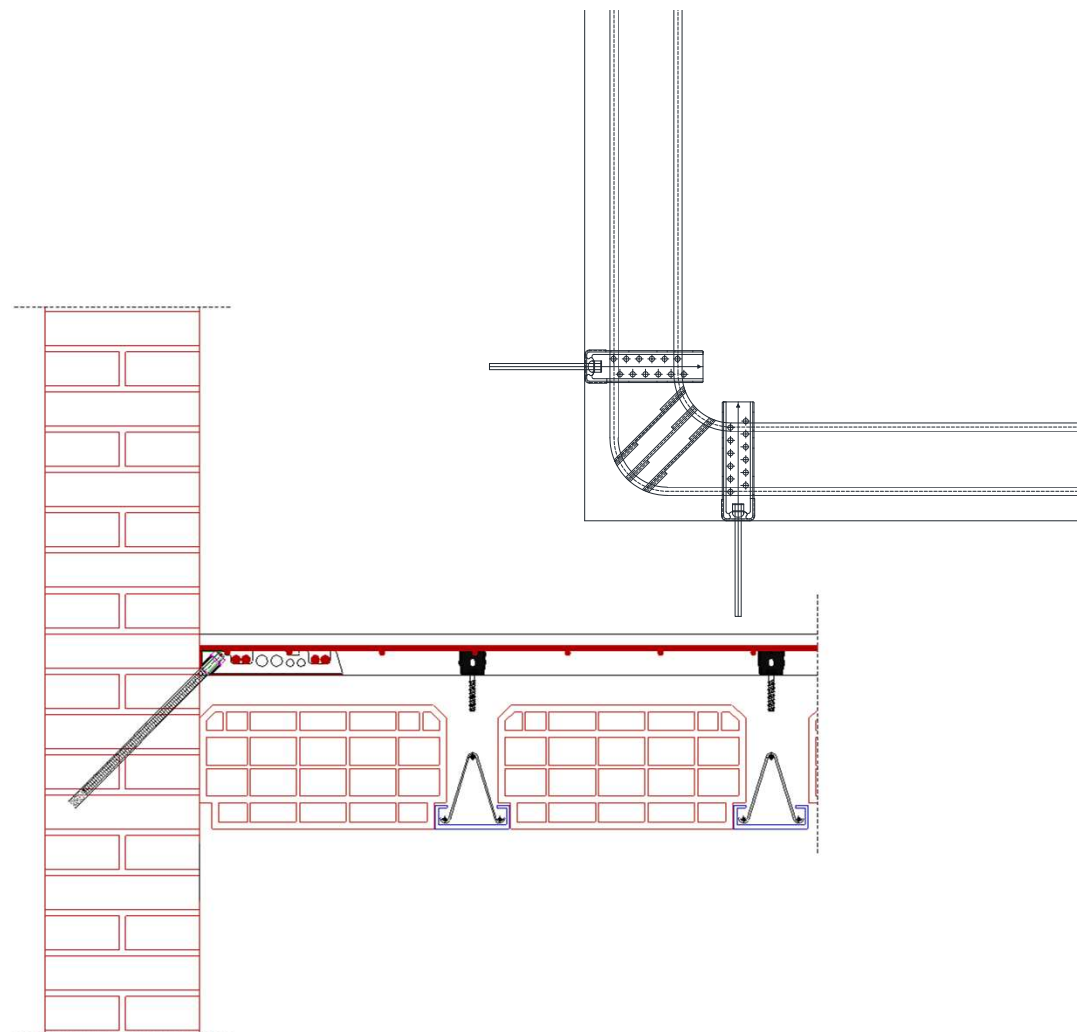
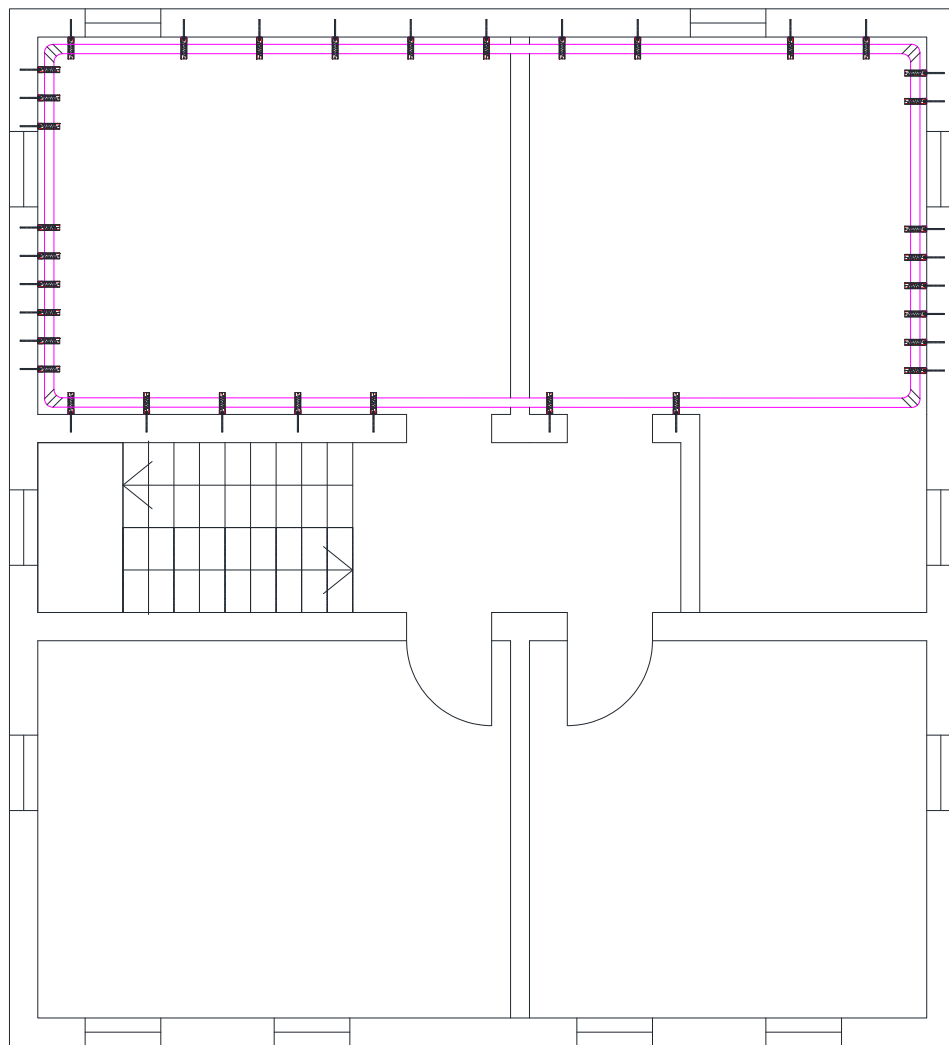
CERCHIATURA PERIMETRALE



CERCHIATURA PERIMETRALE



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Relatore: Ing. Giorgia Giansanti– Referente Tecnico Laterlite Lazio-Abruzzo

