

*Dipartimento di Ingegneria*

*Università degli Studi di Ferrara*

*Corso di*

**“PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI”**

*Prof. Ing. Maurizio Biolcati Rinaldi*

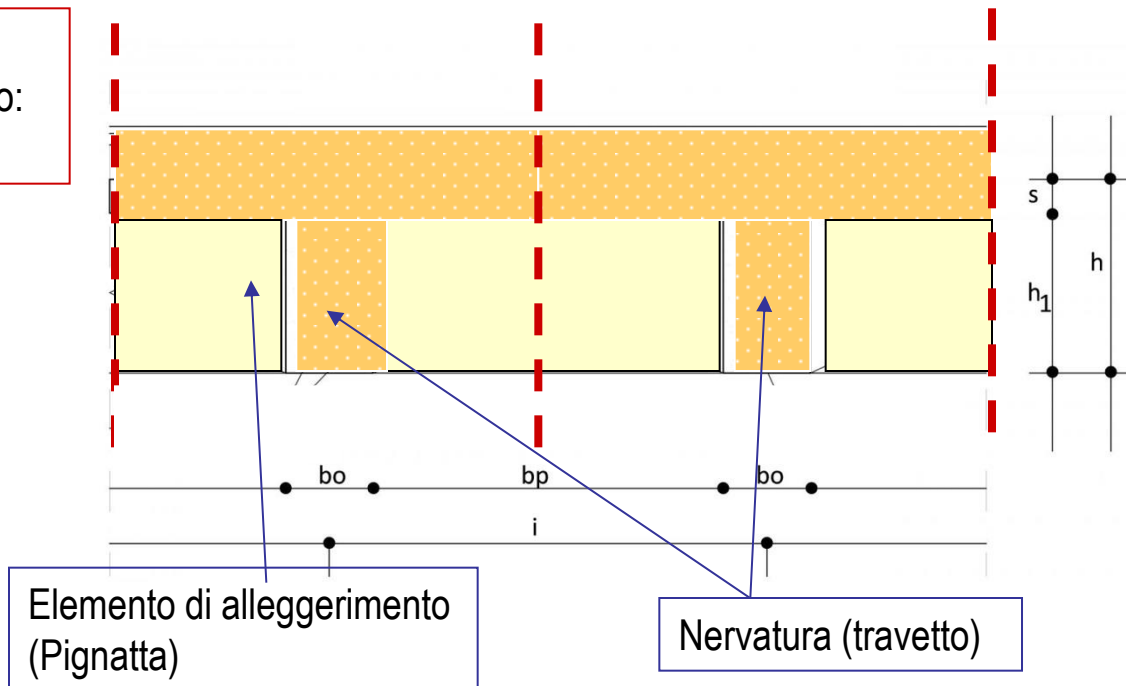
***MEMBRATURE ORIZZONTALI  
TIPOLOGIE DI SOLAI***

*Sintesi degli argomenti trattati a lezione*

## CLASSIFICAZIONE

- I) **Solai omogenei**: in cemento armato (c.a.), in acciaio, in legno.
- II) **Solai misti con travetti prefabbricati in c.a., c.a.p.**, e blocchi interposti di alleggerimento collaboranti e non, realizzati in laterizio od altro materiale.
- III) **Solai totalmente prefabbricati** realizzati dall'associazione di elementi in c.a. e c.a.p. prefabbricati con unioni e o getti di completamento.

Funzionamento statico del solaio:  
**Sezione a T**



Elemento di alleggerimento  
(Pignatta)

Nervatura (travetto)

Le nervature possono essere monodirezionali e bidirezionali (cioè la trasmissione dei carichi può avvenire secondo una sola direzione alla volta o secondo due direzioni). Le monodirezionali possono essere distinte in impalcati a semplice orditura o a doppia orditura con travi principali e secondarie

## Carichi e pesi

### I carichi permanenti:

- sono dovuti al peso proprio della struttura;
- sono dovuti ai carichi che sulla struttura gravano per il suo intero periodo di vita (o per una sua significativa frazione);
- non sono rimovibili durante il normale esercizio della costruzione;
- devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi per unità di volume dei materiali costituenti.

### I carichi accidentali [KN/m<sup>2</sup> ]

- abitazione 2,00
- uffici aperti al pubblico 3,00
- uffici non aperti al pubblico 2,00
- ospedali, banche, scuole 3,00
- balconi, ballatoi, cinema, teatri, chiese, ecc. 4,00
- musei, stazioni, sale da ballo, palestre, ecc. 5,00

### PESI PER UNITÀ DI VOLUME DEI PRINCIPALI MATERIALI STRUTTURALI ESPRESSI IN [KN/m<sup>3</sup> ]

Conglomerato cementizio ordinario 24,0

Conglomerato cementizio ordinario armato (e/o precompresso) 25,0

Conglomerati "leggeri" (14,0÷ 20,0)

Conglomerati "pesanti" (28,0÷ 50,0)

Acciaio 78,5

Ghisa 72,5

Alluminio 27,0

Legname: Abete, Castagno. 6,0

Quercia, Noce 8,0

Pietrame:

Tufo vulcanico 17,0

Calcare compatto 26,0

Calcare tenero 22,0

Granito 27,0

Laterizio (pieno) 18,0

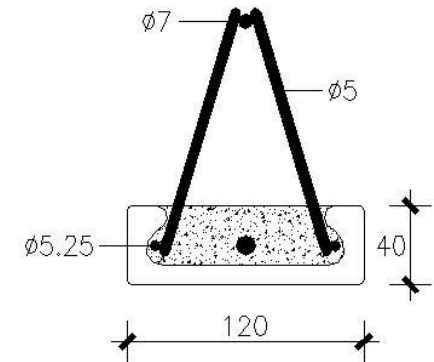
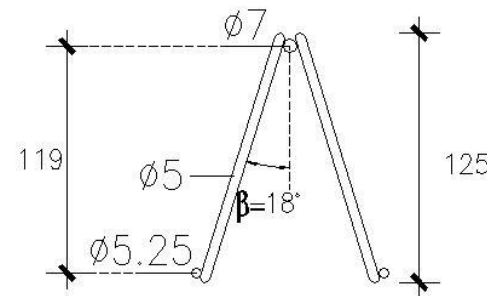
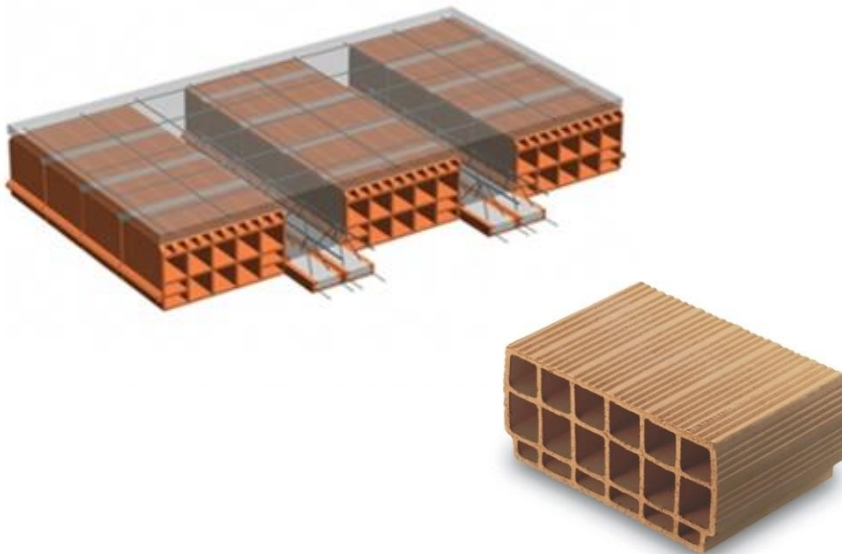
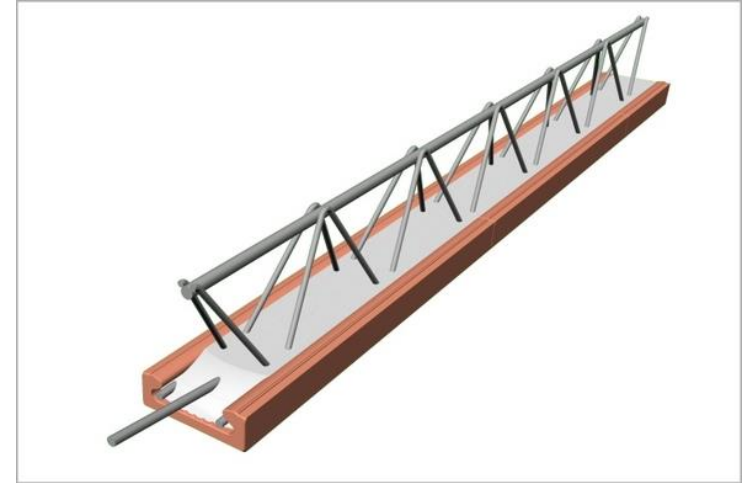
Malta di calce 18,0

Malta di cemento 21,0

# SOLAI

## SOLAI MISTI con travetti prefabbricati e pignatte (di alleggerimento o collaboranti).

1. Travetti tralicciati (o travetti bausta): fondello di cotto e doppio traliccio
2. Pignatta di alleggerimento
3. Pignatta collaborante – strato irrigidito:
  1.  $h = 1/5$  dell'altezza totale
  2.  $h \text{ min } 5 \text{ cm.}$
  3. vuoti meno del 50% del pieno



# SOLAI A TRAVETTI TRALICCIATI

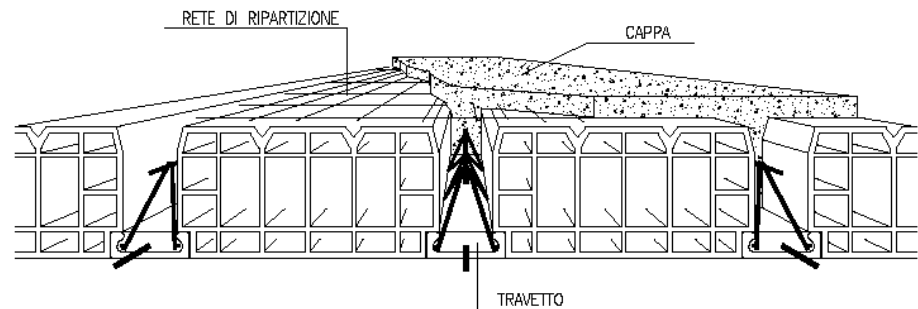
**DM 9 gennaio 1996**

## **SPESORE MINIMO DEI SOLAI**

Lo spessore dei solai a portata unidirezionale che non siano di semplice copertura non deve essere minore di **1/25 della luce** di calcolo ed **in nessun caso minore di 12 cm.**

Per i solai costituiti da travetti precompressi e blocchi interposti il predetto limite può scendere ad 1/30. Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

**LATERIZI** - Per i laterizi dei solai sono riportati maggiori dettagli nella Circolare esplicativa n. 617/09 (C.4.1.9.1), dove vengono forniti disposizioni e modelli comportamentali del tutto coincidenti con quelli del cap. 7 del “vecchio” DM 9/01/96.



**DM 9 gennaio 1996**

### **Spessori pareti e setti delle pignatte –**

Lo spessore delle pareti orizzontali compresse non deve essere minore di 8 mm, quello delle pareti perimetrali non minore di 8 mm, quello dei setti non minore di 7 mm.

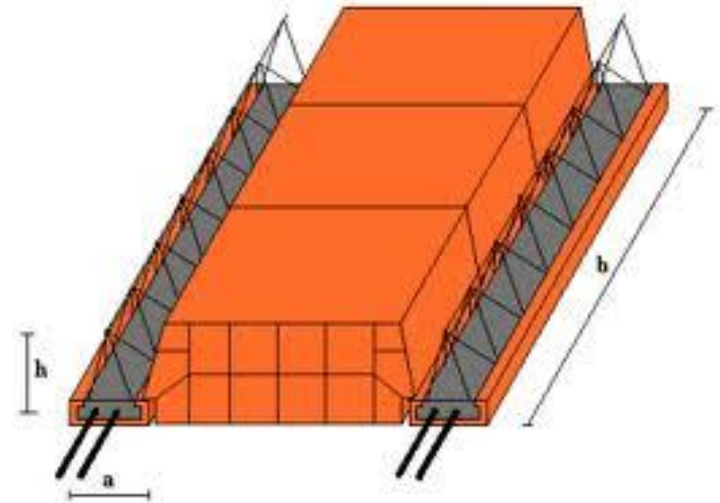
### **Caratteristiche fisico-meccaniche pignatte –**

La **resistenza caratteristica a compressione**, determinata secondo le prescrizioni dell'allegato 7 del Decreto e riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature deve risultare non minore di:

- 30 N/mm<sup>2</sup> nella direzione dei fori;
- 15 N/mm<sup>2</sup> nella direzione trasversale ai fori, nel piano del solaio, per i blocchi di alleggerimento;
- 15 N/mm<sup>2</sup> nella direzione dei fori;
- 5 N/mm<sup>2</sup> nella direzione trasversale ai fori, nel piano del solaio, per i blocchi collaboranti.

La **resistenza caratteristica a trazione** per flessione deve essere non minore di:

- 10 N/mm<sup>2</sup> per i blocchi collaboranti;
- 7 N/mm<sup>2</sup> per i blocchi di alleggerimento.



## Sezioni

### DM 9 gennaio 1996

Le pareti laterali e la parete orizzontale superiore dei blocchi stessi, con l'impiego di blocchi non collaboranti, in unione con il calcestruzzo di completamento, possono partecipare, se è garantita una perfetta aderenza con il calcestruzzo, alla resistenza alle forze di taglio e all'aumento della rigidità flessionale. I blocchi collaboranti, in particolare, possono essere impiegati con funzione statica, partecipando, con il conglomerato, alla definizione della sezione resistente ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio e ultimi, nonché delle deformazioni.

Rapporti dimensionali per un solaio in laterocemento secondo la Circolare ministeriale n. 617/2009

### SPESSORE NERVATURA

$$n > i/8$$

$$n \geq 8 \text{ cm}$$

$n > 5 \text{ cm}$  per produzioni in stabilimento di pannelli di solaio completi

### SPESSORE SOLETTE

soletta in calcestruzzo  $s \geq 4 \text{ cm}$

### INTERASSE DELLE NERVATURE

$i \leq 15 s$  (solaio con soletta in cls)

$l \leq 52 \text{ cm}$  (pignatta di 40 cm.)

## Sezioni

### DM 9 gennaio 1996

Le pareti laterali e la parete orizzontale superiore dei blocchi stessi, con l'impiego di blocchi non collaboranti, in unione con il calcestruzzo di completamento, possono partecipare, se è garantita una perfetta aderenza con il calcestruzzo, alla resistenza alle forze di taglio e all'aumento della rigidità flessionale. I blocchi collaboranti, in particolare, possono essere impiegati con funzione statica, partecipando, con il conglomerato, alla definizione della sezione resistente ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio e ultimi, nonché delle deformazioni.

Rapporti dimensionali per un solaio in laterocemento secondo la Circolare ministeriale n. 617/2009

### SPESSORE NERVATURA

$$n > i/8$$

$$n \geq 8 \text{ cm}$$

$n > 5 \text{ cm}$  per produzioni in stabilimento di pannelli di solaio completi

### SPESSORE SOLETTE

soletta in calcestruzzo  $s \geq 4 \text{ cm}$

### INTERASSE DELLE NERVATURE

$i \leq 15 s$  (solaio con soletta in cls)

$l \leq 52 \text{ cm}$  (pignatta di 40 cm.)



## Dettagli Costruttivi

**DM 9 gennaio 1996**

### Armatura trasversale

Per i solai con nervatura gettata o completata in opera e di luce superiore a 4,50 m o quando sia sensibile il comportamento a piastra o quando agiscano carichi concentrati che incidano in misura considerevole sulle sollecitazioni di calcolo, si deve prevedere all'estradosso una soletta gettata in opera di spessore non inferiore a 4 cm munita di adeguata armatura delle solette o nelle eventuali nervature pari almeno a  $3 \text{ } \varnothing 6$  al metro o al 20% di quella longitudinale nell'intradosso del solaio.

Particolare attenzione deve essere dedicata alla sicurezza al distacco di parti laterizie, specialmente in dipendenza di sforzi trasversali anche di carattere secondario.

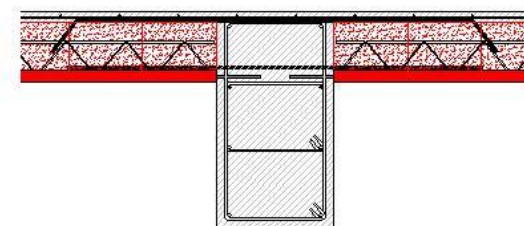
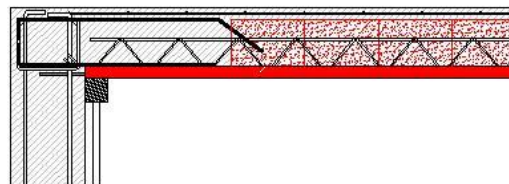
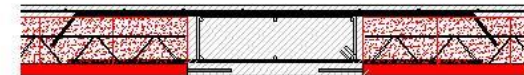
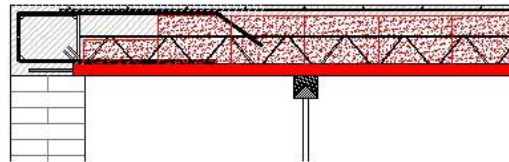
In assenza di soletta in calcestruzzo (solaio rasato) è necessaria l'adozione di almeno una nervatura trasversale per luci superiori a 4,5 m. Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli solaio completi, la capacità di ripartizione trasversale può essere garantita anche a mezzo di altri dispositivi la cui efficacia è da dimostrarsi con idonee prove sperimentali.

### Armatura longitudinale

L'armatura longitudinale  $A_s$  min deve essere superiore a  $0,07 h \text{ cm}^2$  al metro, ove  $h$  è l'altezza del solaio espressa in cm.

### Armatura per il taglio

Quando occorre far ricorso ad una armatura per il taglio, non è ammesso tener conto della collaborazione delle pareti laterali di laterizio ai fini della valutazione della sollecitazione tangenziale



## Dettagli Costruttivi

**DM 9 gennaio 1996**

### Protezione delle armature

Nei solai la cui armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve risultare contornata in ogni direzione da uno spessore minimo di 5 mm di malta cementizia.

Per armatura collocata entro nervatura, le dimensioni di questa devono essere tali da consentire il rispetto dei seguenti limiti:

- distanza netta tra armatura e blocco  $\geq 8$  mm;
- distanza netta tra armatura ed armatura  $\geq 10$  mm.

### Bagnatura degli elementi

Prima di procedere ai getti i laterizi devono essere convenientemente bagnati.

### Caratteristiche degli impasti per elementi prefabbricati.

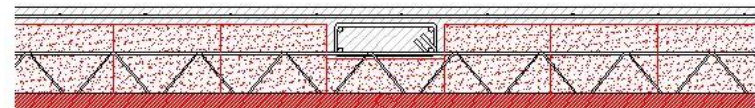
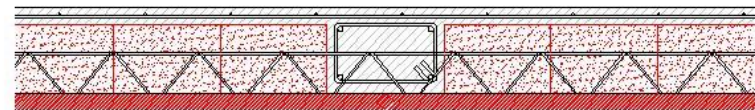
Devono impiegarsi malte cementizie con dosature di legante non minori a 450 kg/m<sup>3</sup> di cemento e conglomerati con Rck  $\geq 25$  N/mm<sup>2</sup>.

### Blocchi

Gli elementi con rilevanti difetti di origine o danneggiati durante la movimentazione devono essere eliminati.

### Allineamenti e forzature

Si deve curare il corretto allineamento dei blocchi evitando la forzatura dei blocchi interposti tra i travetti prefabbricati.



**DM 9 gennaio 1996**

### **BLOCCHI COLLABORANTI**

Devono avere modulo elastico superiore a  $8 \text{ kN/mm}^2$  ed inferiore a  $25 \text{ kN/mm}^2$ .

Devono essere totalmente compatibili con il conglomerato con cui collaborano sulla base di dati e caratteristiche dichiarate dal produttore e verificate dalla Direzione dei lavori. Devono soddisfare tutte le caratteristiche fissate per i blocchi in laterizio collaboranti.

### **BLOCCHI NON COLLABORANTI**

Devono avere modulo elastico inferiore ad  $8 \text{ kN/mm}^2$  e svolgere funzioni di solo alleggerimento. I solai con blocchi non collaboranti richiedono necessariamente una soletta di ripartizione, dello spessore minimo di 4 cm, armata opportunamente e dimensionata per la flessione trasversale. Il profilo e le dimensioni dei blocchi devono essere tali da soddisfare le prescrizioni dimensionali imposte per i blocchi in laterizio non collaboranti.

### **RESISTENZA AL PUNZONAMENTO**

In assenza di cassero continuo inferiore durante la fase di armatura e getto i blocchi di qualunque tipo devono resistere ad un carico concentrato, applicato al centro della faccia superiore (su un'area di  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ ), non inferiore a 1,5 kN. La prova va effettuata secondo le modalità indicate nell'allegato 7 del Decreto.

### **VERIFICHE DI RISPONDEZZA**

Le caratteristiche dei blocchi devono essere controllate mediante prove certificate da Laboratori Ufficiali, con frequenza almeno annuale.

### **SPESSORI MINIMI**

Per tutti i solai, così come per i componenti collaboranti, lo spessore delle singole parti di calcestruzzo contenenti armature di acciaio non può essere inferiore a 4 cm

**DM 9 gennaio 1996**

### **ALTEZZA MINIMA DEL SOLAIO**

L'altezza minima del solaio va determinata con riferimento alle dimensioni finali di esercizio e non riguarda le dimensioni degli elementi componenti nelle fasi di costruzione.

L'altezza minima non può essere inferiore ad 8 cm.

Nel caso di solaio vincolato in semplice appoggio monodirezionale, il rapporto tra luce di calcolo del solaio e spessore del solaio stesso non deve essere superiore a 25.

Per solai costituiti da pannelli piani, pieni od alleggeriti, prefabbricati precompressi (tipo III), senza soletta integrativa, in deroga alla precedente limitazione, il rapporto sopra indicato può essere portato a 35.

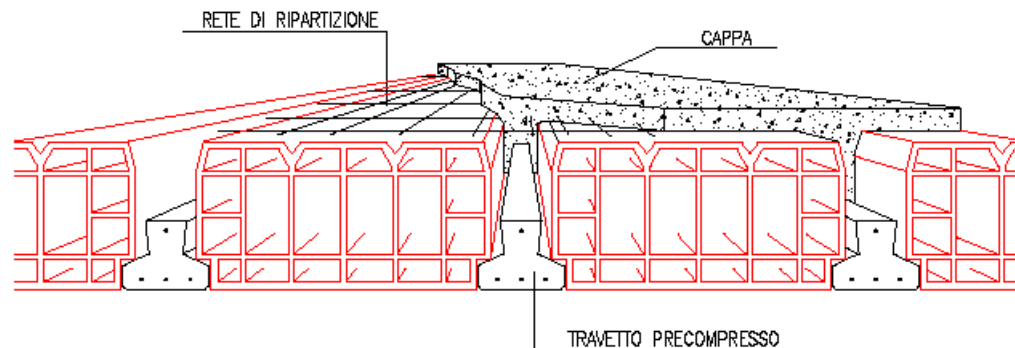
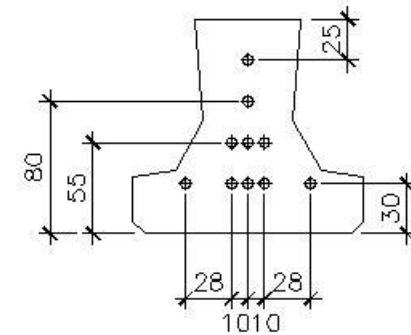
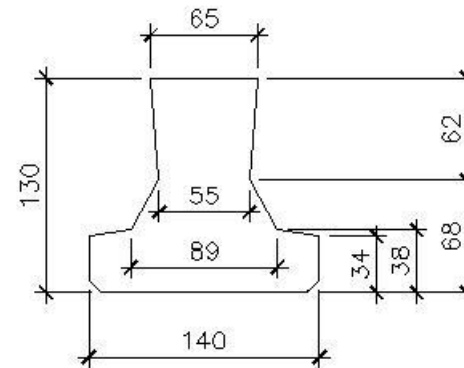
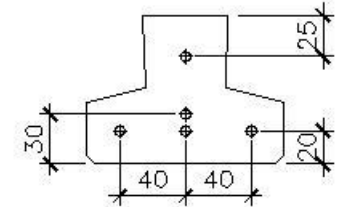
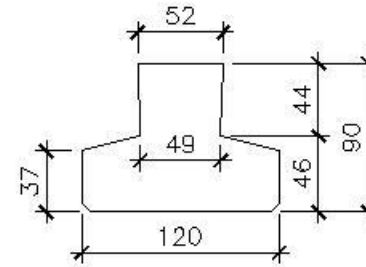
Per i solai continui, in relazione al grado d'incastro o di continuità realizzato agli estremi, tali rapporti possono essere incrementati fino ad un massimo del 20%.

# SOLAI A TRAVETTI PRECOMPRESSI

**TRAVETTI IN CALCESTRUZZO  
VIBRATO PRECOMPRESSO ARMATI  
CON TRECCE D'ACCIAIO ARMONICO,  
CON INTERPOSTI BLOCCHI IN  
LATERIZIO**

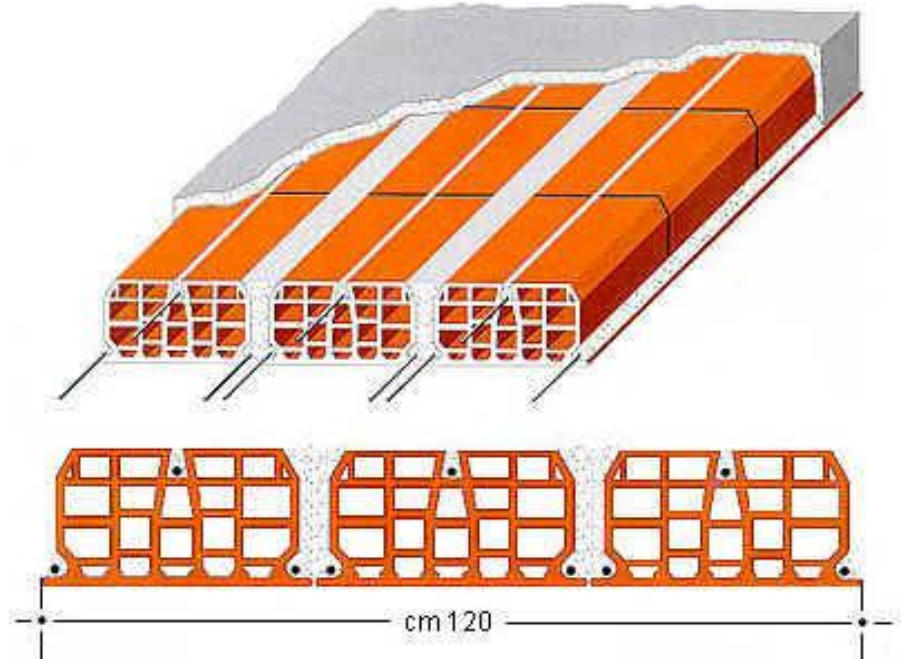
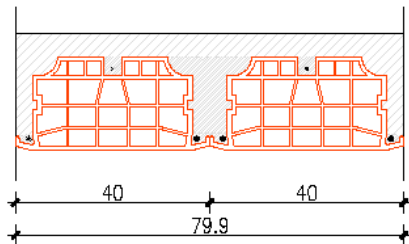
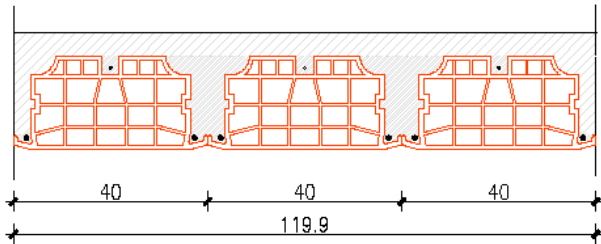
## Caratteristiche dei solai con travetti precompressi

- Forma tozza per resistere alle compressioni
- Minore utilizzo dei puntelli rompitratta
- Spessore ridotto del solaio finito (1/30 L)
- Elevato modulo elastico con conseguente riduzione delle frecce di inflessione.



# SOLAI A PANNELLI IN LATEROCEMENTO

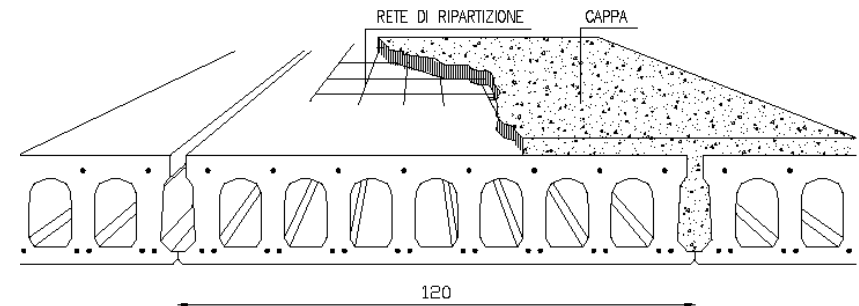
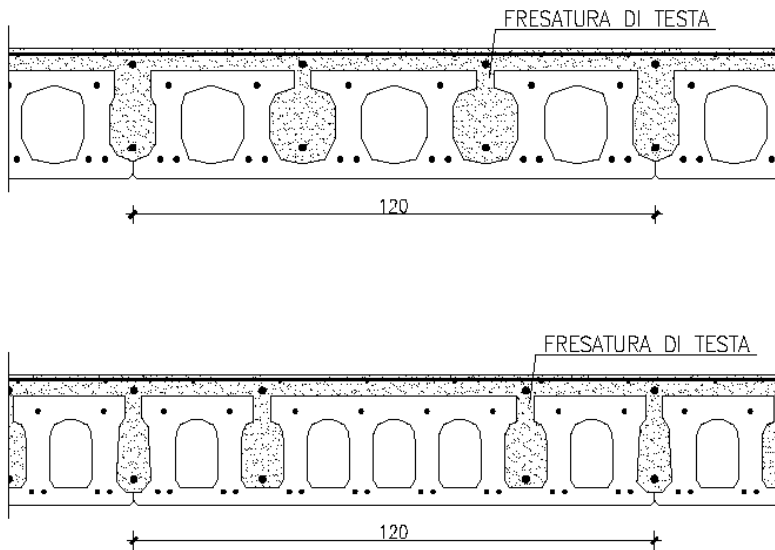
Solaio a pannelli costituito da vere e proprie porzioni di solaio strutturalmente finite, larghe cm 80 o cm 120.



# SOLAI A PANNELLI ALVEOLARI

Solaio alveolare prefabbricato in cemento armato precompresso.

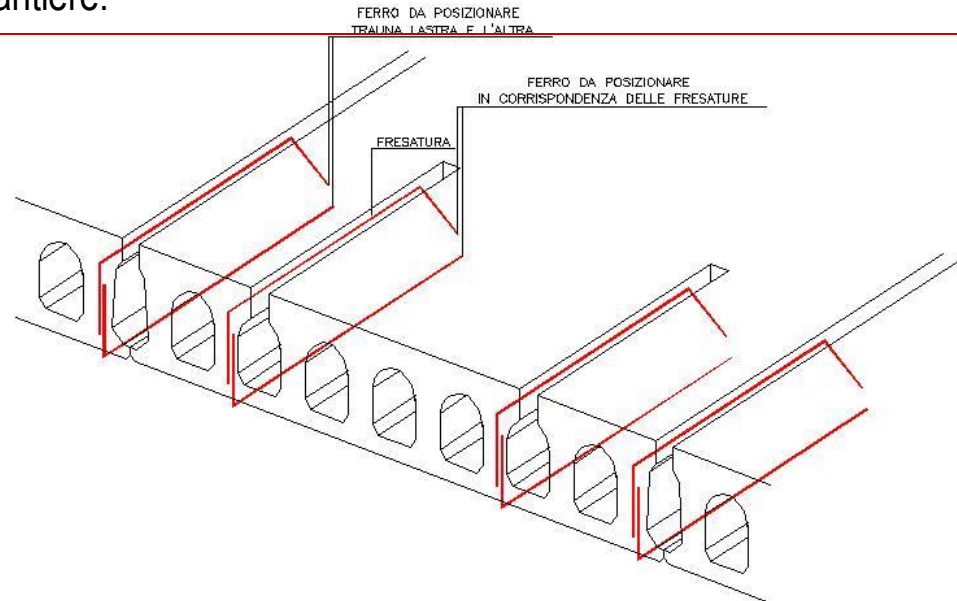
Viene prodotto in modelli di sezioni differenti da 20 cm a oltre 40 cm per l'uso in continuità e in semplice appoggio



# SOLAI A PANNELLI ALVEOLARI

## CARATTERISTICHE

- Copertura di luci notevoli e sopportare carichi estremamente elevati.
- Riduzione degli spessori dell'impalcato per la notevole rigidezza.
- Capacità autoportante: non necessita di banchinaggi.
- Rapidità di posa in opera dell'orizzontamento.
- Impiego di eventuale getto di sigillatura dei giunti longitudinali per ridurre gli oneri relativi ai getti in opera.
- Intradosso perfettamente liscio.
- Orizzontamenti per i quali è richiesta una alta resistenza al fuoco.
- Alta durabilità del manufatto prefabbricato.
- Elevata sicurezza durante le lavorazioni in cantiere.





## *SOLAI A PANNELLI ALVEOLARI*



## SOLAI A LASTRE TRALICCIATE

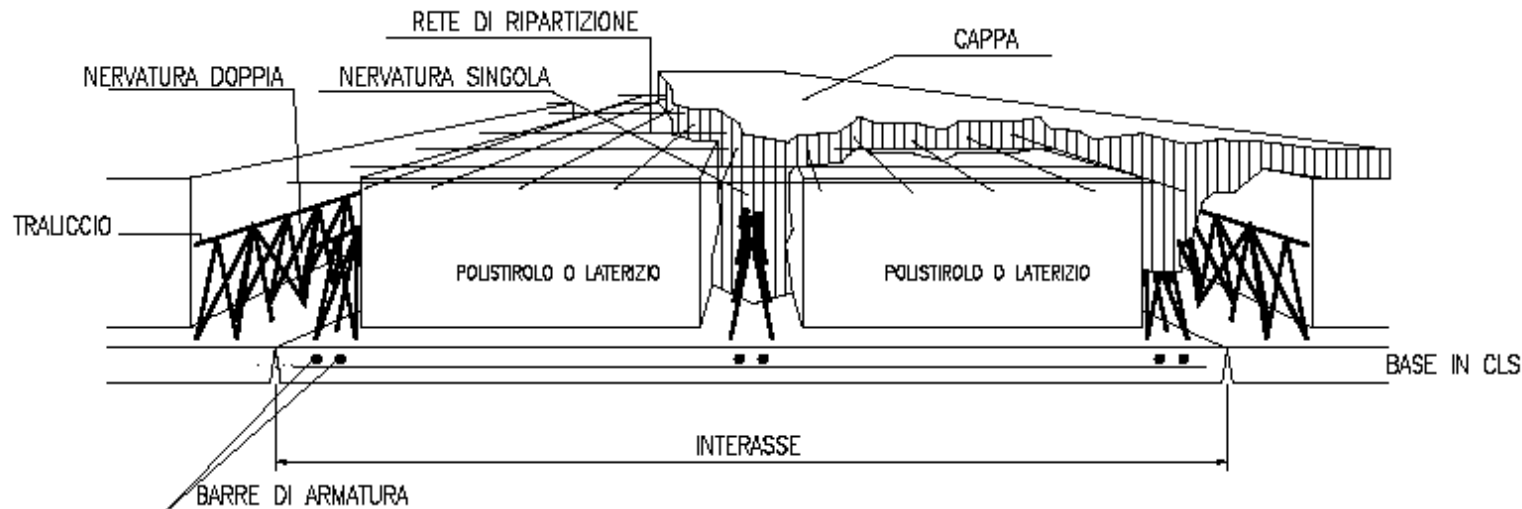
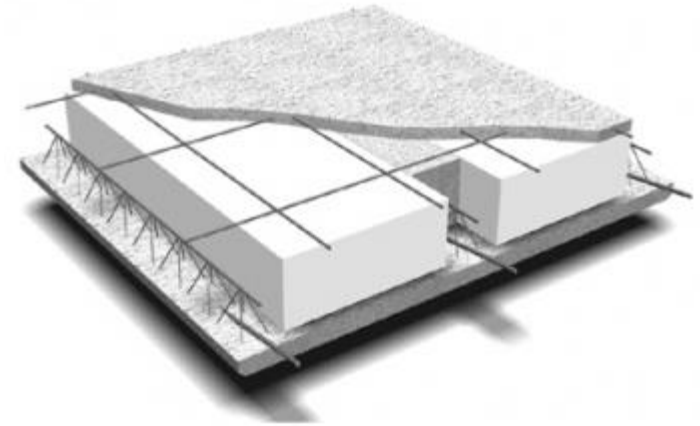
Lastre piane tralicciate prefabbricate.

Lastre composte da soletta in c.a. vibrato, di altezza compresa tra 4 cm e 6 cm irrigidita da una serie di tralici elettrosaldati disposti nella direzione della sua lunghezza, il cui numero dipende dalla larghezza dell'elemento.

- Lastre da 120 cm (larghezza standard) : sono previsti tre tralici, due laterali ed uno centrale.
- Lastre da 240 cm : 5 tralici.

Vengono interposti alleggerimenti in polistirolo.

Vengono usate anche per impalcati stradali, scatolari e piccoli ponti.



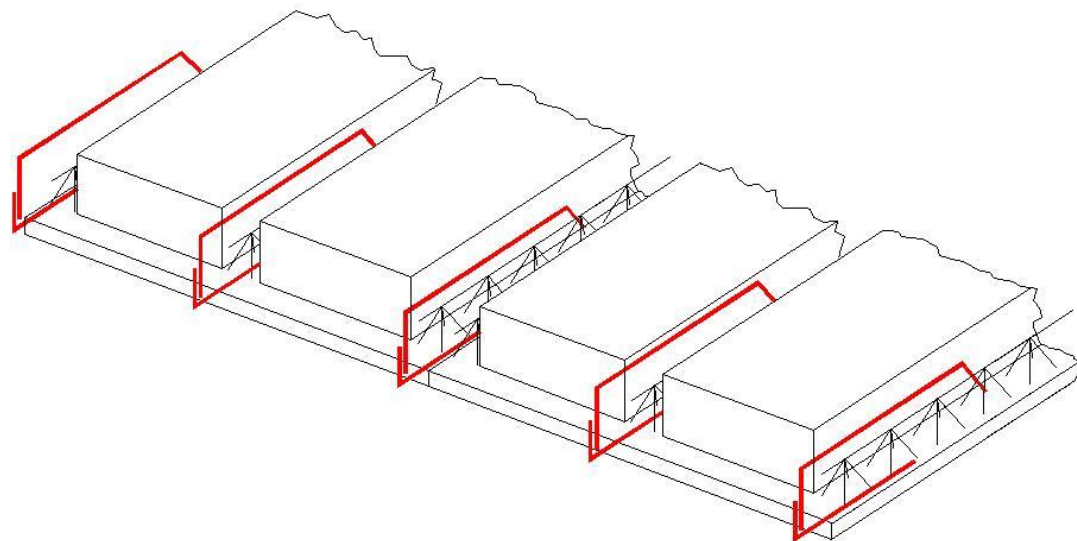
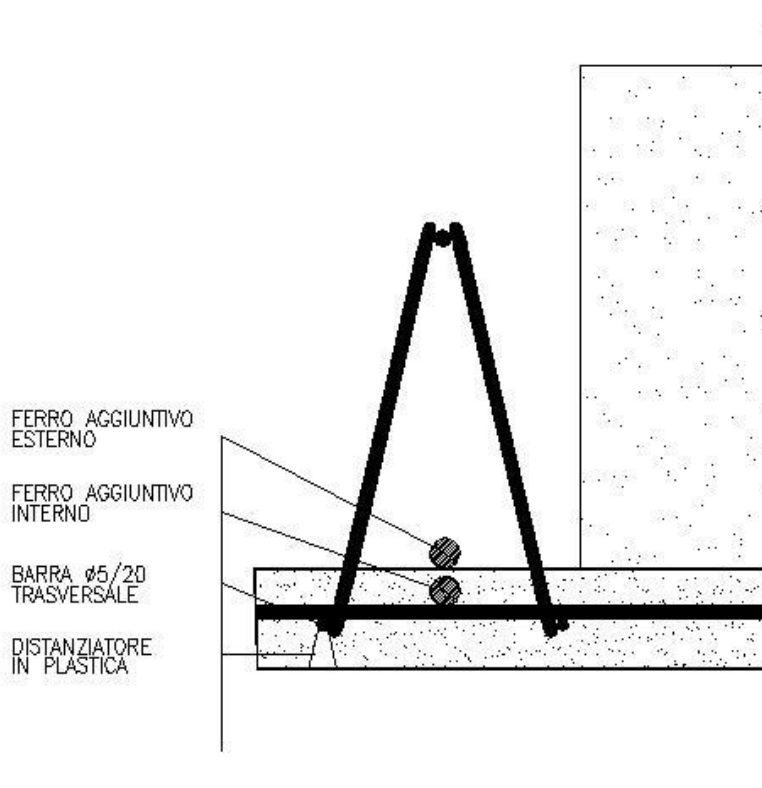
# SOLAI A LASTRE TRALICCIATE

## Caratteristiche

Rapidità della posa in opera.

Eliminazione delle operazioni di casseratura.

Eliminazione della stesura dell'intonaco: l'intradosso si presenta perfettamente liscio ed immune da difetti (in genere è sufficiente eseguire una semplice rasatura e tinteggiatura o, addirittura, lasciare l'intradosso al naturale in ambienti tipo depositi, autoparcheggi, cantine, ecc.).



## ***POSA IN OPERA (Cenni)***

### **TECNICHE E PROCEDURE OPERATIVE NELLA POSA DEI SOLAI**

1. realizzazione dei muri o pilastri perimetrali portanti;
2. realizzazione di un sistema di sostegno provvisorio del solaio –“banchinaggio”- necessario per sostenere il peso dell’opera fino alla maturazione del getto in cemento. Il sistema di sostegno è costituito da puntelli, su cui poggiano strutture tra loro ortogonali quali travetti, piattabande, rompitratta; tali elementi possono essere sostituiti da un sistema di cassetta continua;
3. posa degli elementi costituenti il solaio sul sistema di sostegno (travetti e pignatte, predalles, prefabbricati in laterocemento, ecc);
4. posa della carpenteria metallica;
5. getto del calcestruzzo;
6. disarmo a maturazione avvenuta.

### **METODI DI ACCESSO AI POSTI DI LAVORO IN QUOTA**

L’accesso può avvenire:

1. dal ponteggio perimetrale;
2. dall’edificio esistente in corso di manutenzione;
2. attraverso scale di accesso, fisse o portatili;
4. per mezzo di apposite torri-scala (castellana).

La posizione ed il numero di accessi dovranno essere valutati anche in relazione al numero di operatori presenti contemporaneamente sul piano di lavoro.