

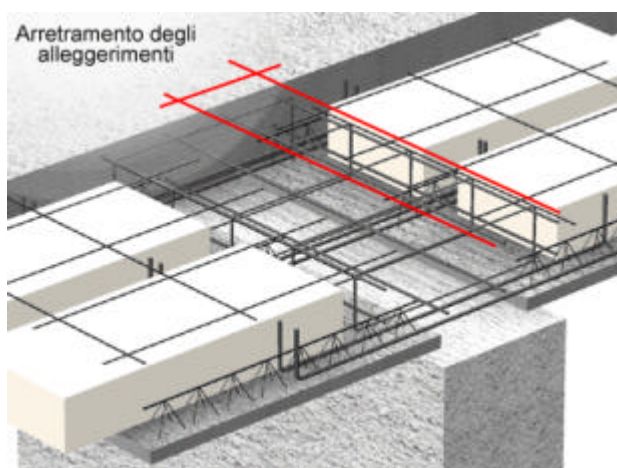
# Particolarità di esecuzione valide per tutti i solai

## 1. - Premessa

In genere nei solai la zona in prossimità degli appoggi risulta particolarmente critica in quanto le sollecitazioni in gioco sono molto spesso elevate. Il cambio repentino di sezione resistente (da una sezione a "T" o doppio "T" ad una sezione rettangolare di calcestruzzo) può rendere necessario l'aumento della larghezza della nervatura al fine di assorbire efficacemente le sollecitazioni di taglio. Le misure da mettere in atto in questo campo sono ovviamente diverse a seconda delle problematiche da affrontare.

### 1.1 - Arretramento degli alleggerimenti

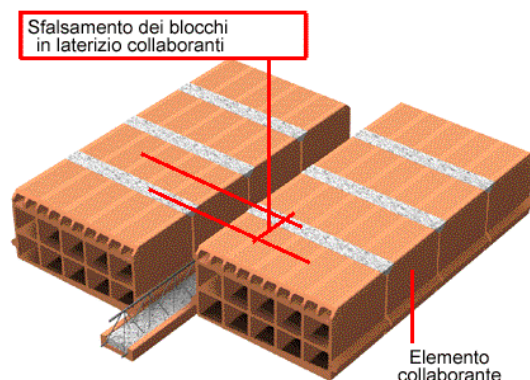
Questo intervento consiste nel creare delle fasce piene in prossimità dell'appoggio arretrando gli elementi di alleggerimento. La larghezza dell'area di calcestruzzo viene determinata dal soddisfacimento delle condizioni di verifica, in maniera tale che nel punto di cambio di sezione, le tensioni prodotte dagli sforzi di momento flettente siano inferiori a quelle ammissibili. E' buona norma contenere la dimensione massima della fascia piena ad un valore prossimo allo spessore dell'impalcato.



**Fig. 1 – Particolare dell'arretramento degli alleggerimenti in testata**

### 1.2 - Sfalsamento dei giunti dei blocchi in laterizio (se collaboranti)

Nel caso di alleggerimento costituito da blocchi in laterizio, è opportuno effettuare la posa sfalsando tra loro quelli delle file adiacenti. Evitando l'allineamento dei giunti tra un blocco e l'altro, si ottengono delle sezioni che offrono maggiore resistenza agli sforzi tangenziali. Tale disposizione impedisce infatti la soluzione di continuità per una sezione ortogonale all'orditura del solaio e permette di incrementare le prestazioni di rigidità e taglio del solaio.



**Fig. 2 – Sfalsamento tra file di blocchi collaboranti**

### 1.3 - Le nervature trasversali di ripartizione

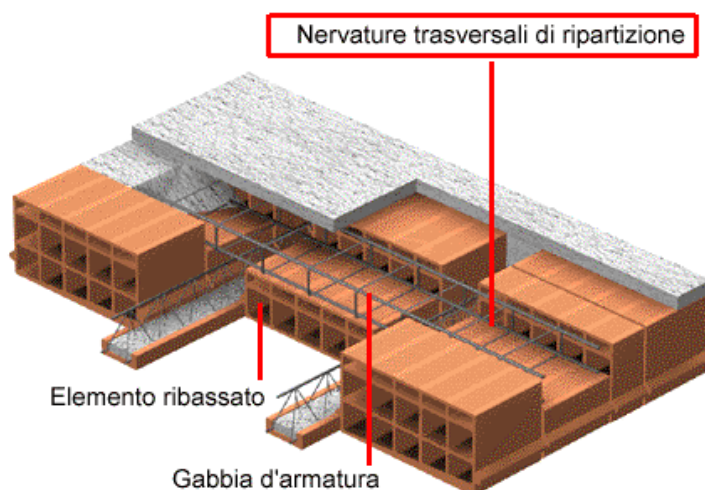
In presenza di carichi concentrati o agenti trasversalmente all'orditura è necessario prevedere opportune nervature di ripartizione. Le tramezzature ad esempio generano dei carichi concentrati che possono creare lesioni o deformazioni indesiderate. Per ovviare a tali problemi è necessario prevedere degli elementi strutturali trasversali in grado di assicurare la necessaria ripartizione.

La realizzazione di tali "corree di ripartizione" genera un comportamento a piastra dell'impalcato e risulta particolarmente utile anche nel caso di campiture di solaio adiacenti con luci diverse. Infatti nella linea di confine tra le due zone con differenti caratteristiche di inflessione, si creano delle tensioni elevate con conseguente lesione degli elementi di alleggerimento. Solitamente vengono predisposte una o due nervature trasversali, dotate di armatura simmetrica e costante (in genere  $4\phi 2$ ) in abbinamento con una staffatura di diametro minimo 6 mm e passo non inferiore a 25 cm.

Il fondo della correa può essere realizzato con elementi di alleggerimento ribassati o con dei fondelli speciali in grado di contenere il getto di calcestruzzo.

L'inserimento di nervature trasversali nei solai a pannelli risulta particolarmente complicato in quanto occorre prevederne in fase di produzione la posizione corretta, inserendo i blocchi di laterizio di altezza ridotta.

La normativa prevede che, nel caso di solaio con luci superiori a 4.5 m, debba essere predisposta una cappa di completamento di almeno 4 cm di spessore, dotata di un'armatura di ripartizione pari ad almeno  $3\phi 6$  per metro o al 20% dell'armatura longitudinale all'intradosso. Tali strutture sono necessarie per assorbire eventuali azioni ortogonali alle nervature principali. Nel caso di solai rasati con luci superiori a 4.5 metri, la normativa obbliga ad inserire almeno una correa di ripartizione (DM 09/01/96 punto 7.1.4.6).



**Fig. 3 – Nervatura trasversale di ripartizione**

### 1.4 - La fase di getto

Prima di effettuare il getto di calcestruzzo di completamento è necessario bagnare gli alleggerimenti in laterizio e le tavole di cassetta in modo da evitare che assorbano acqua dall'impasto cementizio. Il conglomerato deve essere studiato in modo da non presentare nidi di ghiaia o segregazione.

Il diametro massimo degli inerti solitamente non supera i 15 mm, e comunque non deve superare né una quota pari ad un quinto dello spessore minimo della nervatura, né la distanza netta minima tra le armature. Il getto deve essere eseguito in maniera tale da avvolgere completamente le armature, ed essere vibrato e costipato, impedendo così il formarsi di sacche d'aria e consentendo di ottenere una perfetta aderenza con gli alleggerimenti ed il manufatto prefabbricato.

E' buona norma eseguire la fase di getto in contemporanea per travi e solai, partendo dalle strutture portanti per poi passare alle nervature del solaio (iniziando dagli appoggi) e alla eventuale cappa. E' importante compattare con cura il getto utilizzando, se necessario, appositi vibratori e costipatori.

Nel caso non fosse possibile un getto contemporaneo e continuo, le interruzioni devono avvenire in aree sottoposte a sollecitazioni minime (momento flettente minore).

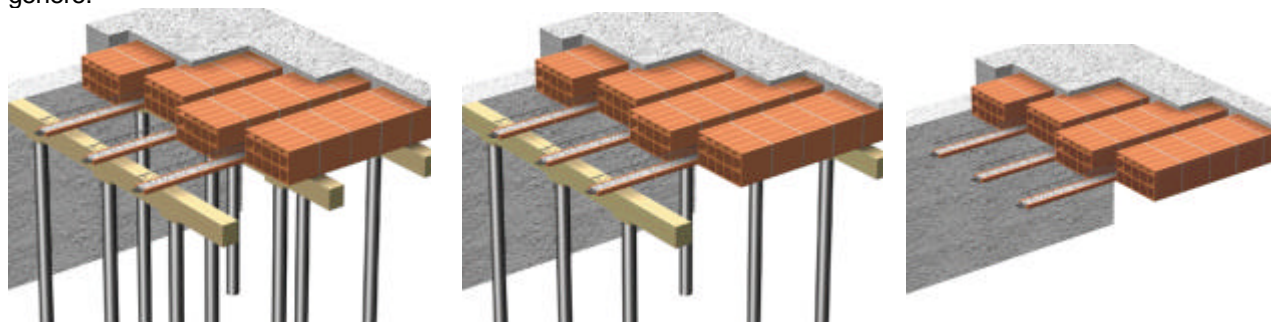
Se il getto viene effettuato in situazioni climatiche particolari, occorre seguire alcuni accorgimenti:

- a) con temperature piuttosto elevate bisogna coprire i solai con teli umidi e bagnarli ripetutamente anche nei giorni successivi al getto, per evitare un essiccamento troppo repentino della parte superiore;

- b) in caso di clima rigido è consigliabile sostituire parte dell'acqua dell'impasto cementizio con appositi additivi fluidificanti in modo da ridurre i rischi di possibili gelate;
- c) In condizioni di temperatura estreme occorre utilizzare sacchi, teli o altri elementi simili per proteggere dal freddo il getto.

## 1.5 - La fase di disarmo

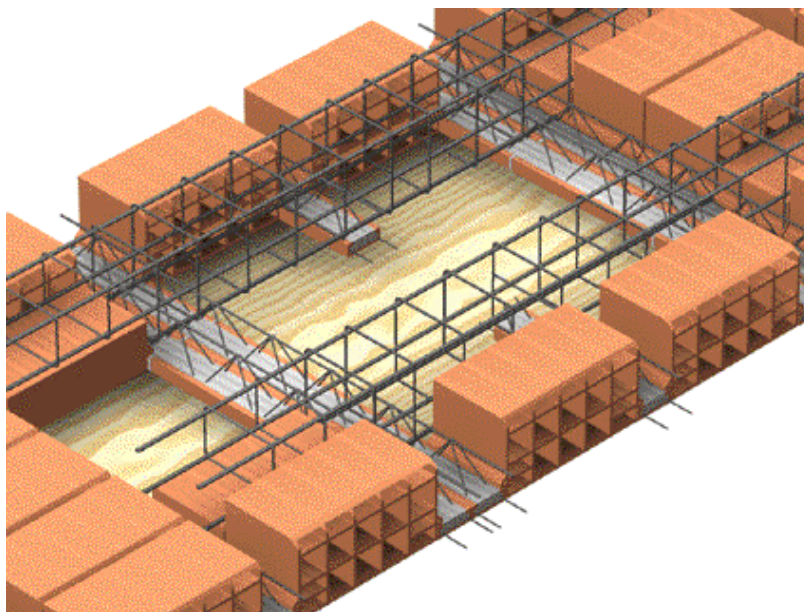
La fase di disarmo deve essere effettuata nel momento in cui il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza tale da assorbire efficacemente le sollecitazioni ed i carichi prodotti dalle successive attività di cantiere. Tale procedura deve essere avviata dal Direttore dei Lavori che ha anche il compito di controllarne la corretta esecuzione. Il disarmo deve essere svolto gradualmente, evitando che eccessive azioni dinamiche causino lesioni alla struttura. E' buona norma procedere con ordine, eliminando inizialmente i puntelli intermedi, poi quelli posti alle testate ed infine le strutture provvisorie su cui poggiano le travi o gli elementi portanti in genere.



**Fig. 3 – La fase di disarmo**

## 1.6 - La forometria

E' consigliabile prevedere già in fase di progettazione dell'impalcato gli eventuali passaggi per gli impianti idraulici e termici in modo tale da non compromettere successivamente la stabilità e la resistenza della struttura. Per quanto riguarda i solai a travetti, è possibile ricavare delle aperture rimuovendo i blocchi di laterizio dalla posizione desiderata, dopodiché occorre rinforzare i lati del foro con delle nervature di bordo in calcestruzzo armato. Così facendo si ottengono delle "asole" di larghezza pari a quella dell'elemento di alleggerimento e con lunghezza massima pari alla luce del solaio. E' necessario comunque bilanciare la diminuzione della sezione resistente incrementando l'armatura delle nervature adiacenti al foro. Nel caso di aperture con larghezza maggiore dell'interasse del solaio, occorre realizzare delle nervature trasversali in grado di sorreggere i travetti interrotti e di distribuire le sollecitazioni prodotte sui travetti interi laterali: spesso questi ultimi vengono raddoppiati in modo da aumentare la resistenza della struttura. Per le lastre tralicciate invece, le forometrie vengono progettate ed eseguite direttamente in stabilimento sagomando l'elemento in maniera opportuna. Le aperture vengono in seguito delimitate da cordoli e nervature di ripartizione, che hanno il compito di distribuire le sollecitazioni dovute alla discontinuità della sezione resistente sulle lastre laterali contigue.

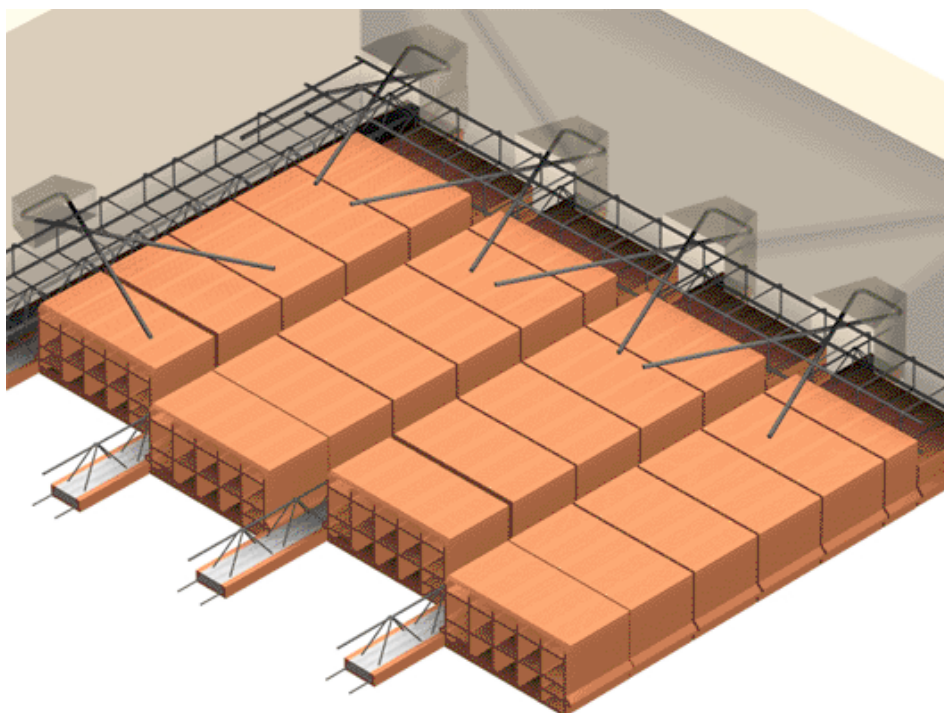


**Fig. 4 – Esecuzione di fori in un impalcato a travetti tralicciati**

## 1.7 - Particolari costruttivi

Si elencano di seguito alcune procedure da applicare in particolari situazioni statiche e strutturali dell'impalcato.

- a) E' consigliabile far appoggiare gli impalcato sulle strutture portanti in maniera adeguata. Per i solai a travetti, l'appoggio deve essere di almeno 5 cm, sia su travi in c.a. che su muratura, mentre nel caso di ristrutturazione è consigliabile appoggiare 20 cm sulle strutture esistenti. Per solai a lastre o pannelli, ove risulti problematico far appoggiare l'elemento, occorre dimensionare le armature inferiori in modo tale che si ancorino efficacemente alla struttura portante ed eventualmente inserire delle barre di ammaraggio in grado di assorbire le sollecitazioni di taglio. Nelle ristrutturazioni in cui risulta impossibile realizzare dei cordoli in prossimità dell'appoggio dei solai, è opportuno creare degli agganci che colleghino l'impalcato alla struttura portante. Tale sistema viene implementato creando delle brecce sulla muratura (in corrispondenza delle nervature e distribuite in maniera uniforme parallelamente all'orditura) che si collegano alla rete elettrosaldata presente nella cappa del solaio tramite dei ferri piegati a "coda di rondine" con diametro pari a 8-10 mm.
- b) In presenza di due campate adiacenti e con medesima orditura, i due travetti in continuità rispetto all'appoggio devono essere allineati ed armati in modo tale da realizzare una effettiva continuità strutturale.
- c) La continuità in presenza di uno sbalzo, viene realizzata prolungando l'armatura della mensola all'interno della campata adiacente: ancorando in tal modo le barre, si otterrà anche l'assorbimento delle sollecitazioni negative della campata.
- d) Nel caso di sbalzi con orditura perpendicolare a quella dell'impalcato della campata contigua, occorre prolungare l'armatura dello sbalzo oltre l'appoggio e all'interno della cappa del solaio di campata per almeno due interassi. E' possibile, inoltre, utilizzare dei blocchi ribassati nella prima fila di interposti del solaio di campata in prossimità dello sbalzo. Questo consente di ottenere una maggiore rigidità strutturale ed un migliore ancoraggio delle barre integrative al negativo.
- e) Può capitare di dover creare delle zone di impalcato in pendenza per contribuire al funzionamento degli impianti idraulici. In tal caso è possibile realizzare dei solai ribassati utilizzando interposti di altezza minore o riducendo lo spessore della soletta di completamento. Così facendo si ottengono aree di impalcato con sezioni resistenti ridotte, quindi è d'obbligo effettuare delle verifiche locali.
- f) Nel caso in cui sia necessario creare delle pendenze per il deflusso dell'acqua piovana verso dei punti particolari, è consigliabile far decrescere lo spessore della cappa in calcestruzzo fino a valori prossimi allo zero; l'utilizzo di blocchi collaboranti in queste situazioni risulta essere un requisito indispensabile.
- g) Un'altra alternativa per risolvere il problema delle pendenze è la posa in opera del solaio con intradosso inclinato, anche se naturalmente, l'incidenza dei costi di posa aumenta notevolmente.
- h) La soluzione ideale, comunque, consiste nella creazione di aree inclinate agendo unicamente sul sottofondo dell'impalcato in maniera tale da non intaccare la struttura prefabbricata.



**Fig. 5 – Corretta esecuzione dell'aggancio di un solaio a travetti tralicciati su di una struttura esistente. L'aggancio è ottenuto creando delle brecce all'interno della struttura ed utilizzando barre opportunamente sagomate (a coda di rondine). Si consiglia l'uso di calcestruzzo espansivo per il getto all'interno delle cavità del muro.**

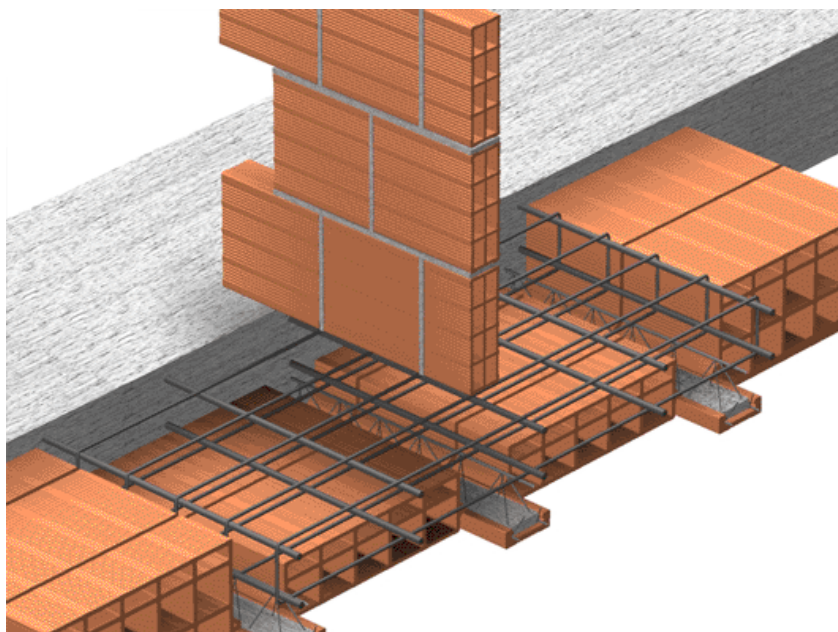
## 1.8 - Errori da evitare e precauzioni

Si elencano di seguito una serie di indicazioni utili al progettista e al Direttore dei Lavori o di cantiere:

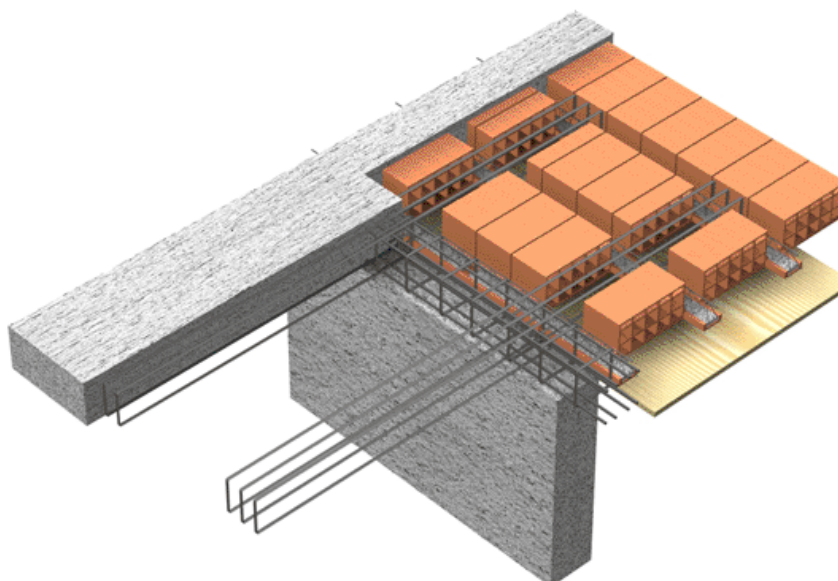
- a) Lo stoccaggio dei manufatti deve avvenire in maniera corretta per evitare possibili fessurazioni o rotture. In fase di movimentazione gli elementi prefabbricati non devono essere capovolti, in quanto subirebbero sollecitazioni non previste in fase di progettazione, che potrebbero causarne la rottura.
- b) In fase di puntellazione è buona norma posizionare i rompitratta su superfici solide e sicure, inserendo tra i puntelli ed il terreno degli elementi di supporto in maniera da aumentare la superficie d'appoggio. E' opportuno, inoltre, utilizzare un puntello dimensionato adeguatamente, evitando di sovrapporre più rompitratta per raggiungere l'altezza desiderata.
- c) Se si utilizzano delle reti di ripartizione con maglia asimmetrica è consigliabile disporre i ferri con diametro maggiore (o la maglia con interasse minore) in posizione ortogonale rispetto all'orditura dell'impalcato.
- d) La posizione delle forometrie deve essere stabilita prima di effettuare il getto di completamento del solaio in maniera tale da poter rinforzare il perimetro dei fori ed inserire delle casseforme in base alle indicazioni del Direttore dei Lavori. E' da evitare la creazione di fori in seguito all'indurimento del calcestruzzo.
- e) Durante il montaggio dell'impalcato occorre evitare la formazione di elevati carichi concentrati per non sollecitare in maniera sconsiderata le strutture e le opere di sostegno provvisorie con conseguente deformazione o rottura del solaio.
- f) In fase di disarmo è necessario evitare di generare sollecitazioni non previste dalle condizioni di calcolo della struttura.
- g) Le tramezzature ed i tamponamenti devono essere realizzati solo dopo aver rimosso la puntellazione provvisoria: in caso contrario l'impalcato si troverebbe in una condizione statica diversa da quella di progettazione che potrebbe portare, in seguito al disarmo, a fessurazioni indesiderate.
- h) Durante la posa in opera di solai a travetti con interposto in laterizio, è necessario predisporre dei percorsi pedonabili tali da evitare accumuli di carico.
- i) Nel caso di solai a travetti è buona norma iniziare la posa con un travetto a ridosso del muro parallelo all'orditura. Iniziando con un blocco in laterizio, questo potrebbe lesionarsi in quanto non è

in grado di seguire le deformazioni del solaio. E' consigliabile, inoltre, irrigidire tali zone inserendo, ad esempio, un cordolo trasversale o, in casi limite, un giunto strutturale.

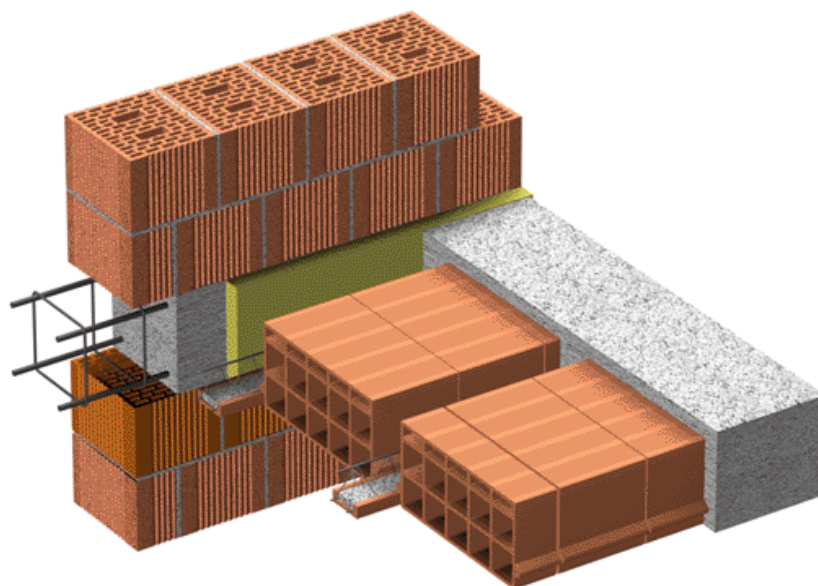
- j) Normalmente in fase di progettazione il sovraccarico permanente sui solai viene incrementato in modo da compensare le sollecitazioni generate dalle tramezzature, la cui posizione esatta non può essere identificata preventivamente. Dato che questi carichi agiscono però in maniera puntuale e non distribuita, è opportuno considerare la diversa inflessione dell'impalcato rispetto alle zone adiacenti ed il rischio di punzonamento nel caso in cui il carico agisca parallelamente all'orditura. E' possibile risolvere il problema inserendo delle corree di ripartizione o aumentando lo spessore della cappa in calcestruzzo.
- k) E' consigliabile alternare l'orditura degli impalcati tra un piano e l'altro. Questa procedura, molto importante nel caso di costruzioni in muratura portante, consente un utilizzo omogeneo delle strutture ed un collegamento efficace tra tutti i setti.



**Fig. 6 – Carico concentrato dovuto all'appoggio di una tramezzatura sul solaio**



**Fig. 7 – Corretta esecuzione di uno sbalzo ortogonale alla direzione di tessitura del solaio**



***Fig. 8 – Corretta esecuzione del nodo muro-solao con tessitura del solaio parallela alla direzione del muro***