12. TRAVI–PARETE O LASTRE

Le regole di dimensionamento per le travi–parete sono riportate in (1 b, par. 2). Nel fasc. 178 del DAfStb. (69) sono stati illustrati gli esperimenti compiuti per un tracciato appropriato ed afficace dell'armatura.

La traiettoria dell'armatura nelle travi-parete dipende fortemente dal tipo di introduzione del carico (applicato dall'alto o sospeso in basso) e dal tipo di appoggio (appoggiato in basso o ripartito in altezza per un collegamento con altre travi). Una particolare attenzione spetta all'armatura nelle zone d'appoggio, dove le sollecitazioni sono sfavorevoli in massimo grado. I valori limite riportati in (1 b, par. 2.52) per la pressione sull'appoggio presuppongono che la capacità portante a compressione della zona d'appoggio non risulti indebolita da un'armatura accumulata o sfavorevole, per es., da ganci verticali.

12.1 Travi-parete ad appoggio diretto, caricate dall'alto

12.1.1 Travi-parete a una campata

Con le travi-parete con carico dall'alto è essenziale il fatto che le traiettorie di tensione hanno un andamento molto piatto (fig. 12.1), per cui l'armatura principale deve avere una traiettoria fondamentalmente orizzontale. Le staffe sono richieste solo costruttivamente per la recinzione dell'armatura di corrente e come legame dell'armatura orizzontale. Le barre ripiegate sono dannose. L'armatura per la forza massima di corrente Z va condotta senza graduazioni da supporto a supporto, e nella zona d'appoggio va ancorata per la forza 0,8 Z, in caso di una breve lunghezza d'ancoraggio con ganci orizzontali o con piastre o angolari d'ancoraggio in acciaio secondo il par. 4.3.6. L'armatura di corrente va ripartita su un'altezza di circa $0{,}15 \div 0{,}20\ d$ (fig. 12.1). Con $\ell/d < 1$ va introdotta per d la luce ℓ. Il restante settore di parete riceve un'armatura a rete sui due lati con gli interferri secondo la fig. 12.1.

I bordi verticali e le barre di bordo vanno racchiusi con barre orizzontali a staffa che in prossimità degli appoggi, in particolare se si tratta di lesene o pilastri, vanno disposte a una distanza minore che nel restante campo (fig. 12.2).

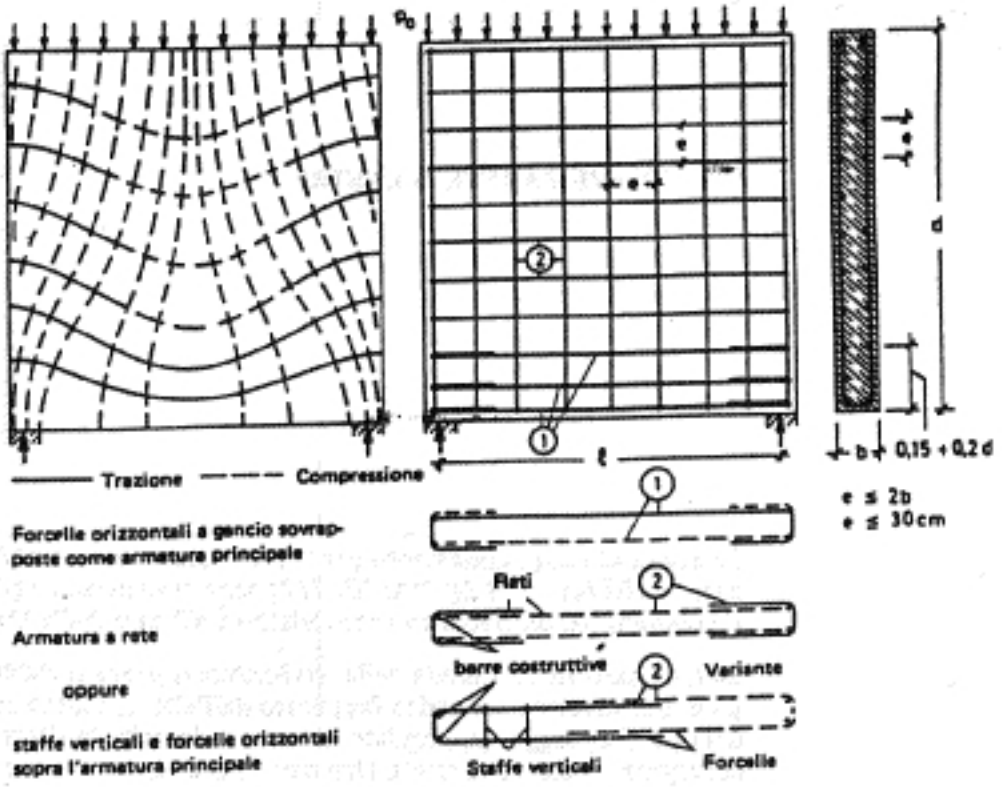

Fig. 12.1: Andamento delle traiettorie delle tensioni principali e armatura di una trave-parete ad appoggio diretto e caricata dall'alto

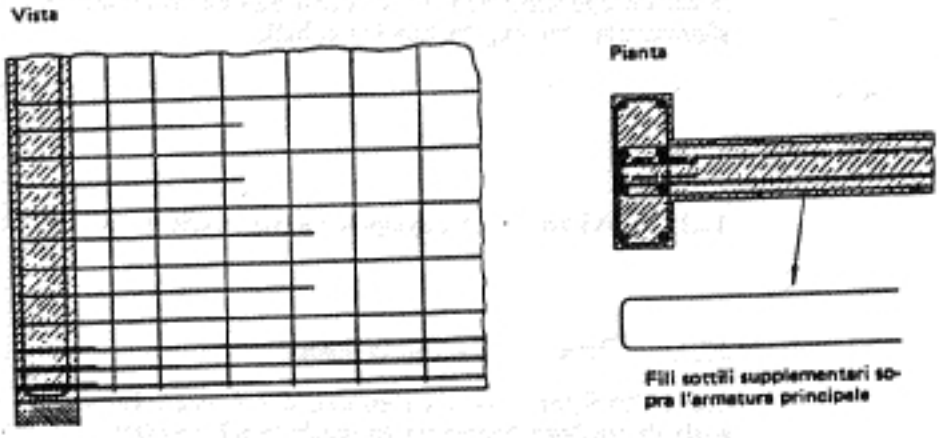

Fig. 12.2: Conformazione dell'armatura nella zona di trasmissione del carico di una trave sec. fig. 12.1, il cui supporto sia rinforzato da pilastri o lesene

12.1.2 Travi-parete a più campi

Anche con le travi-parete a più campi le traiettorie di trazione hanno un andamento molto piatto (fig. 12.3). L'armatura del corrente inferiore viene opportunamente condotta senza graduazioni sull'intera lunghezza della parete; può essere collegata a giunzione per sovrapposizione sui supporti intermedi; ancoraggi terminali e ripartizione sulla zona tesa, come nel paragrafo precedente.

L'armatura per l'assorbimento dei momenti d'appoggio va ripartita in funzione di ℓ/d secondo la fig. 12.4 sull'intera zona tesa, essa va condotta almeno per metà sull'intera lunghezza della lastra come parte dell'armatura a rete. L'altra metà può essere costituita da lunghezze di barre di

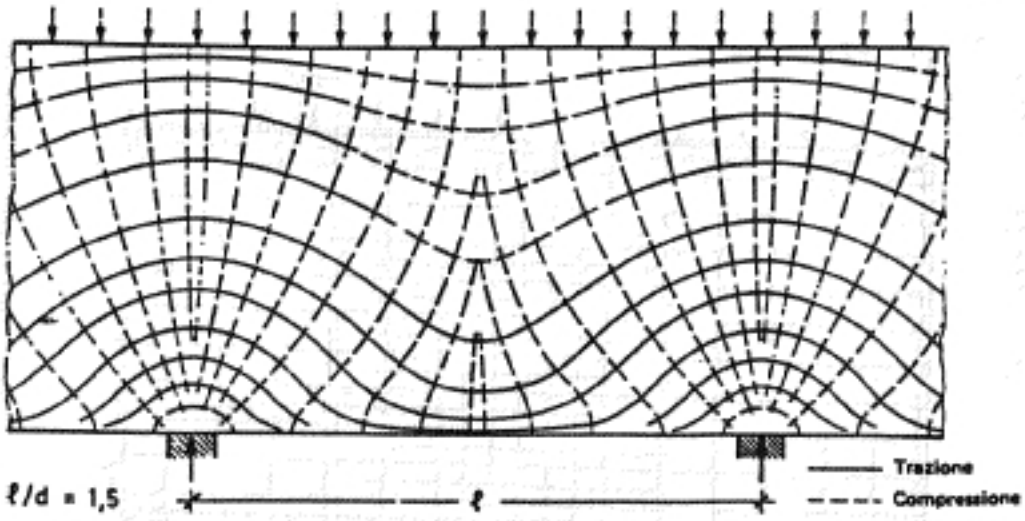

Fig. 12.3: Andamento delle traiettorie delle tensioni principali nella trave-parete a più campi nello stato I con carico applicato dall'alto

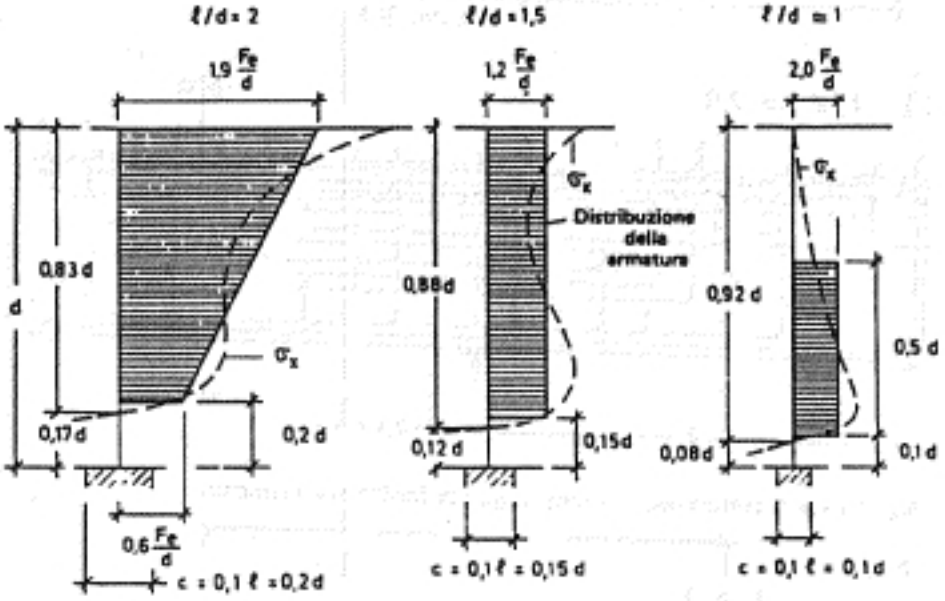

Fig. 12.4: Diagrammi di riferimento per la ripartizione dell'armatura del corrente teso su supporti di travi a più campi

circa 0,8 d e rispett. 0,7 ÷ 0,8 ℓ (se ℓ/d < 1) e interferri di 10 ÷ 15 cm (fig. 12.5). L'armatura d'appoggio così suddivisa assorbe anche le forze di trazione dovute all'introduzione della reazione d'appoggio, non si richiede quindi alcuna ulteriore armatura di trazione a fenditura. Anche nelle travi con ℓ/d ≤ 1 nel bordo superiore delle quali non si verifica in linea teorica alcuna tensione di trazione σ_x sul supporto, va eseguita una armatura superiore longitudinale di bordo. Le barre piegate sono razionali solo con un carico sospeso o con un'introduzione indiretta del carico (vedi par. 12.2).

Va considerata la sensibilità delle travi-parete agli spostamenti verticali disuguali degli appoggi, come anche a compressioni elastiche dei supporti e delle zone di parete adiacenti.

Nel campo delle lesene d'appoggio vanno disposte armature supplemen-

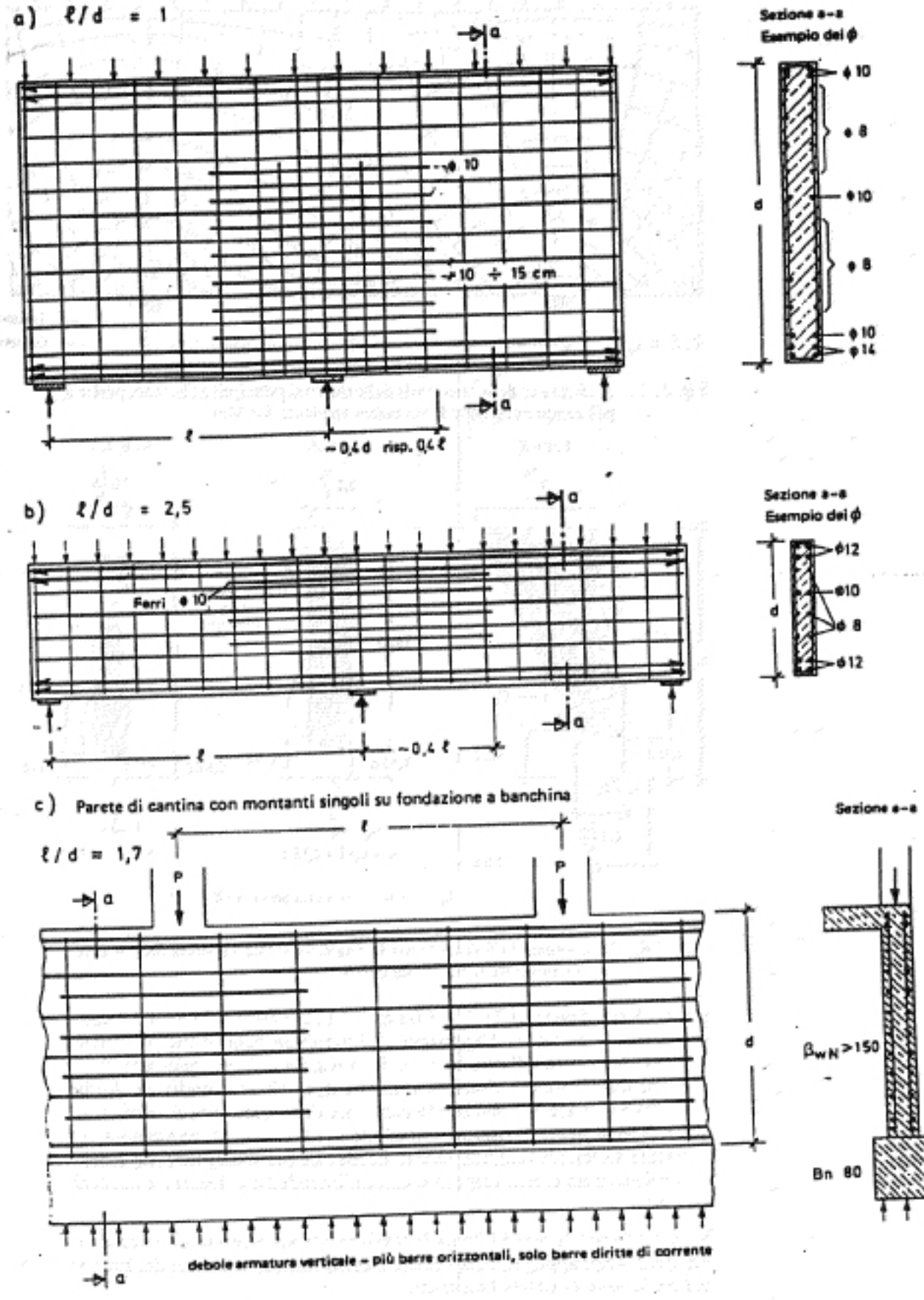

Fig. 12.5: Esempi per l'armatura di travi-parete a più campi

tari secondo la fig. 12.2.

12.1.3 Lastre di parete a sbalzo

Con lastre di parete a sbalzo, caricate dall'alto, l'armatura di corrente orizzontale va ripartita in funzione di ℓ/d secondo la fig. 12.6 secondo l'altezza e ancorata alla fine dello sbalzo con forcelle (vedi fig. 12.1). Il proseguimento dell'armatura di corrente dipende dalla posizione delle forze di ritegno della mensola (vedi fig. 12.7). Per le reti vedi fig. 12.1.

Se nelle zone indicate per l'armatura di corrente si ritrovano lastre di solaio, una parte dell'armatura può essere introdotta in queste ultime.

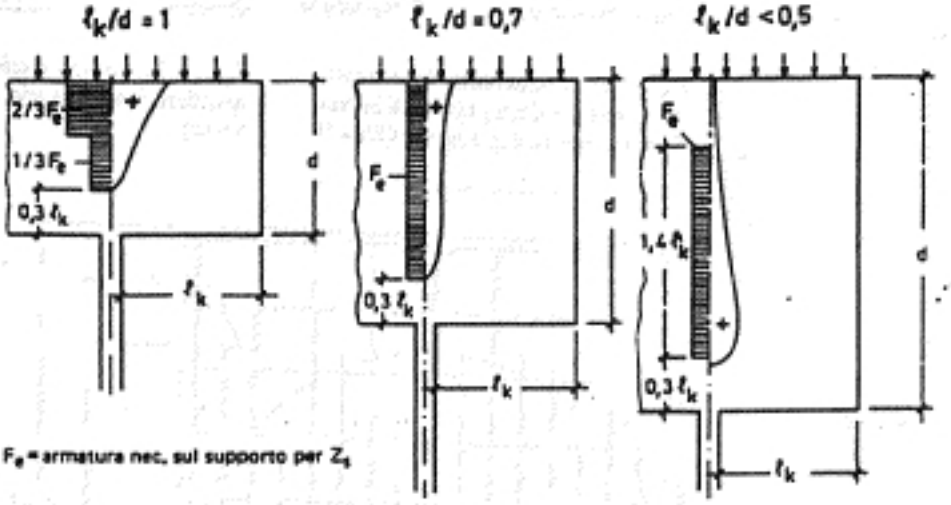

Fig. 12.6: Ripartizione delle tensioni σ_x e distribuzione in altezza dell'armatura di corrente con lastre a sbalzo

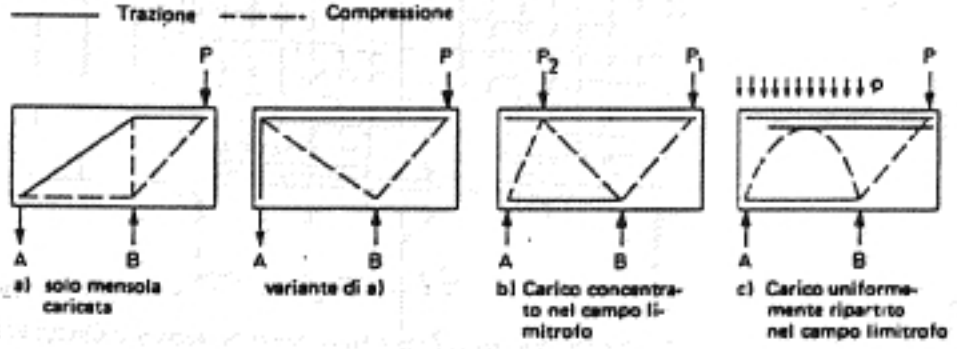

Fig. 12.7: Andamento schematico delle forze in lastre a sbalzo come riferimento per il tracciato dell'armatura (—— Trazione ----- Compressione)

12.2 Travi-parete con carico sospeso in basso

Con carico sospeso in basso le traiettorie hanno un andamento secondo la fig. 12.8. Oltre all'armatura di corrente secondo il par. 12.1 (vedi fig. 12.1), per i carichi nella zona tratteggiata della lastra secondo la fig. 12.9 va incorporata un'armatura verticale di sospensione in forma di staffe o di reti a staffe (interferro 10 ÷ 15 cm) da ancorare con con $\ell/d > 1{,}2$ pressapoco lungo un semicerchio con altezza al vertice $y = \ell$ (fig. 12.10).

Questa armatura di sospensione deve recingere a staffa il campo d'ap-

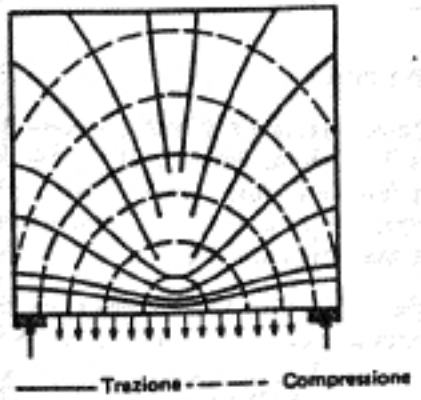

Fig. 12.8: Andamento delle traiettorie delle tensioni principali in travi-parete con carico sospeso (ℓ/d= 1)

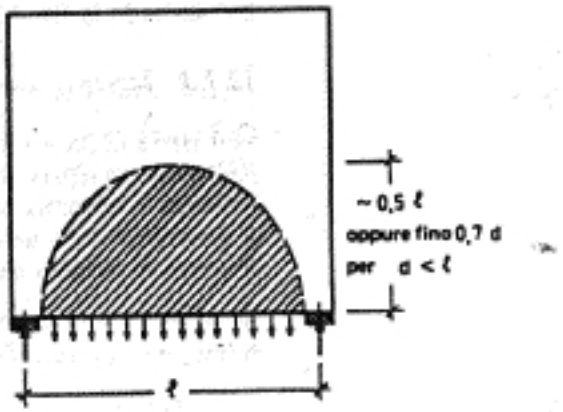

Fig. 12.9: Campo d'influsso di carichi da sospendere (peso proprio e carichi applicati in basso)

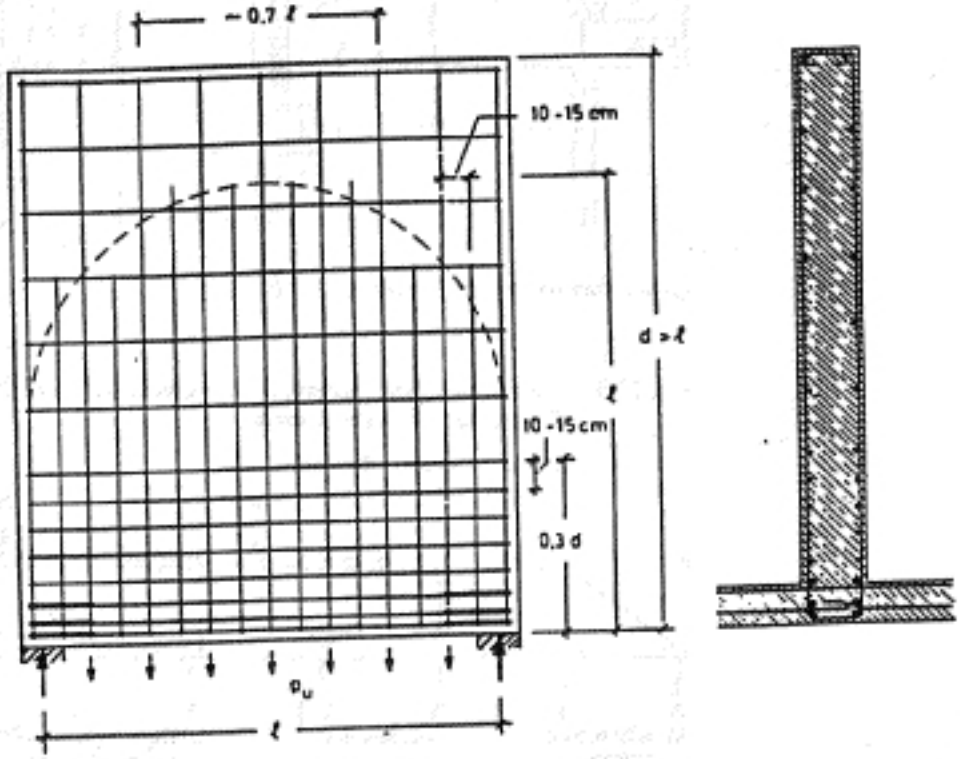

Fig. 12.10: Armatura di una trave-parete ad appoggio diretto con carico sospeso (ℓ/d ≤ 1,2)

poggio della struttura introducente il carico. Conseguentemente, l'armatura inferiore di una piastra di solaio sospesa alla trave-parete deve poggiare sullo strato più basso dell'armatura di corrente della trave-parete stessa; ciò allo scopo di assorbire le forze del corrente compresso che vi pervengono inclinate (figg. 12.10 e 12.11). Con una grande altezza costruttiva delle travi-parete e con fabbricazione a settori (giunti di ripresa orizzontali) si può effettuare la giunzione dell'armatura di sospensione a staffa in base alle regole per le giunzioni a sovrapposizione sotto trazione secondo il par. 5.3.

Si ricorda in particolare che l'altezza della mensola nella fig. 12.11 a sinistra dev'essere maggiore di 1,2 a, affinchè la diagonale compressa possa essere assorbita.

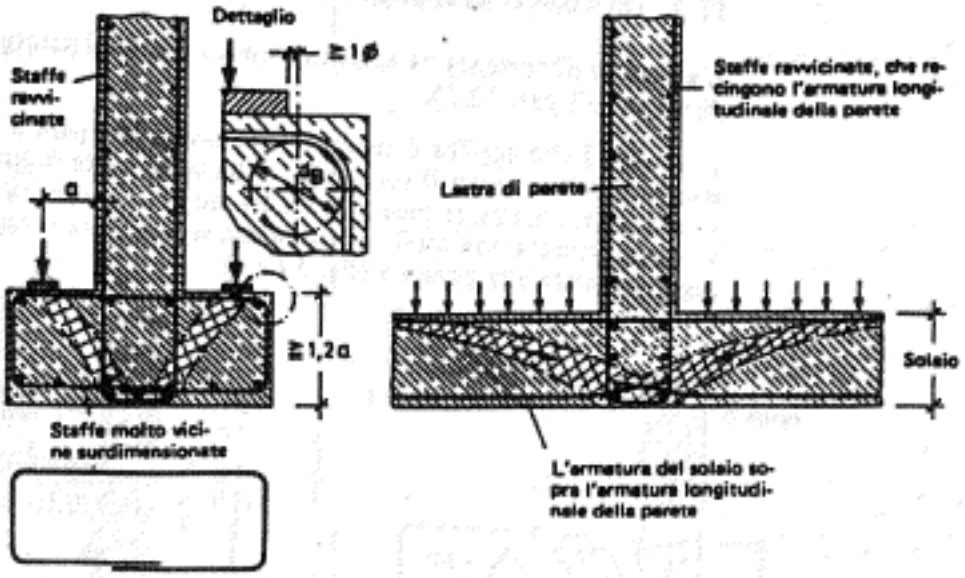

Fig. 12.11: Soltanto le staffe che recingono con i ferri stretti l'armatura longitudinale della parete autoportante possono assorbire favorevolmente il carico della mensola o del solaio sospesi in basso

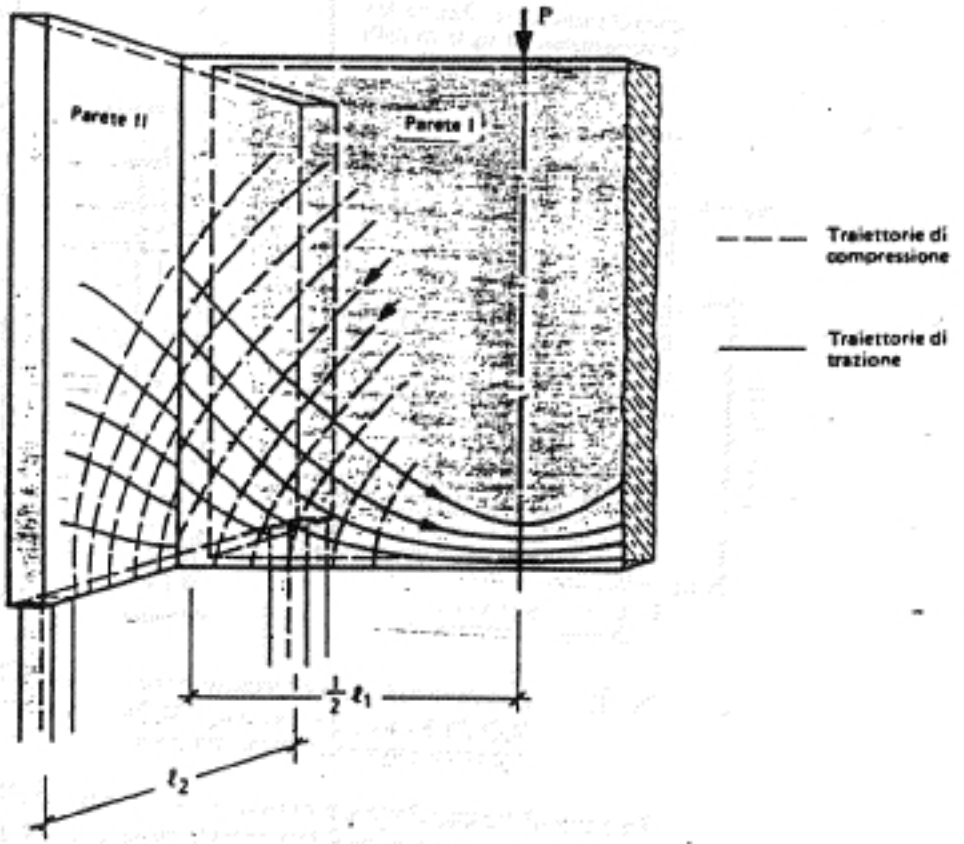

Fig. 12.12: Traiettorie di tensione nella zona d'appoggio di una parete ad appoggio indiretto

12.3 Travi-parete ad appoggio indiretto

L'armatura di corrente va disposta come nelle travi-parete ad appoggio diretto (vedi par. 12.1).

La parete I che applica il carico, lo trasmette alla parete II prevalentemente tramite diagonali compresse nella terza parte inferiore della sua altezza (fig. 12.12); la parete II risulta quindi caricata in basso e deve essere armata con staffe di sospensione per l'intera reazione d'appoggio dovuta alla parete I (fig. 12.13).

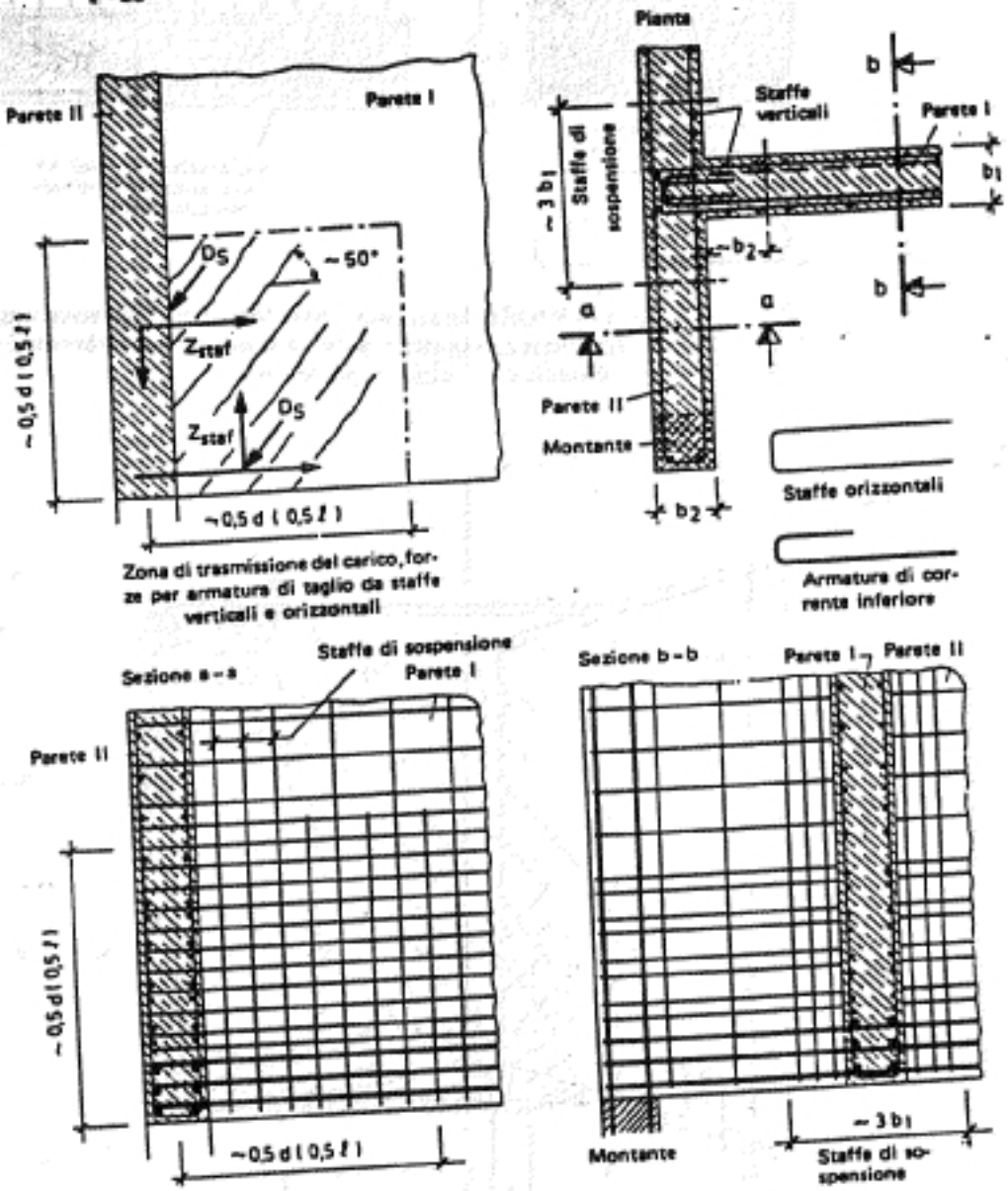

Fig. 12.13: Armatura nella zona di trasmissione del carico della parete ad appoggio indiretto I e nella parete II che assorbe il carico con staffe verticali ed orizzontali con sollecitazione moderata

La zona di trasmissione del carico contrassegnata nella fig. 12.13 (0,5 d × 0,5 d) della trave-parete I va armata ortogonalmente in presenza di una sollecitazione moderata ($Q \approx 1/2\ Q_{am}$ con $Q_{am} = 0{,}09\ d \cdot b \cdot \beta_R$) con staffe verticali e orizzontali ravvicinate, da dimensionare per $Z_{staf} = 0{,}8\ Q$. Le staffe di sospensione disposte nella parete I possono essere considerate nel calcolo. Con una sollecitazione elevata ($Q > 1/2\ Q_{am}$) nella rete

ortogonale della lastra vanno introdotte delle staffe con inclinazione di 45° ÷ 55° rispetto all'orizzontale, dimensionandole almeno per 0,5 Q (fig. 12.14). Le staffe di sospensione della parete II assorbente il carico possono essere sostituite, in presenza di una sollecitazione elevata, per una limitazione delle larghezze di fessurazione, per metà da staffe oblique o da barre ricurve con grande raggio di piegatura (fig. 12.15). Con lastre a mensola con un carico indiretto elevato l'armatura obliqua secondo la fig. 12.16 va ancorata in basso a forcelle nella trave-parete I e collegata in alto all'armatura dello sbalzo.

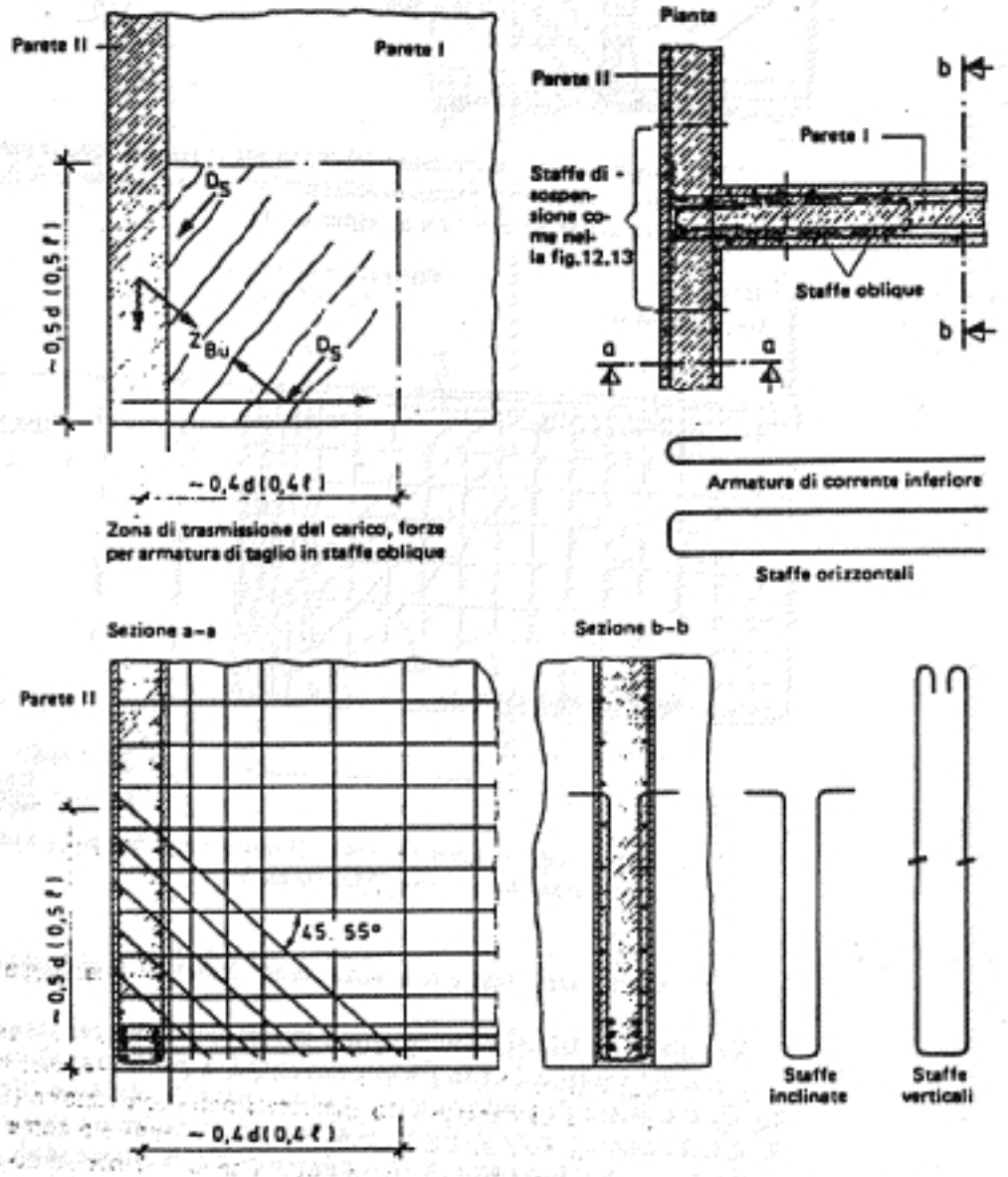

Fig. 12.14: Armatura con sollecitazione elevata nella zona di trasmissione del carico della parete I ad appoggio indiretto con staffe inclinate

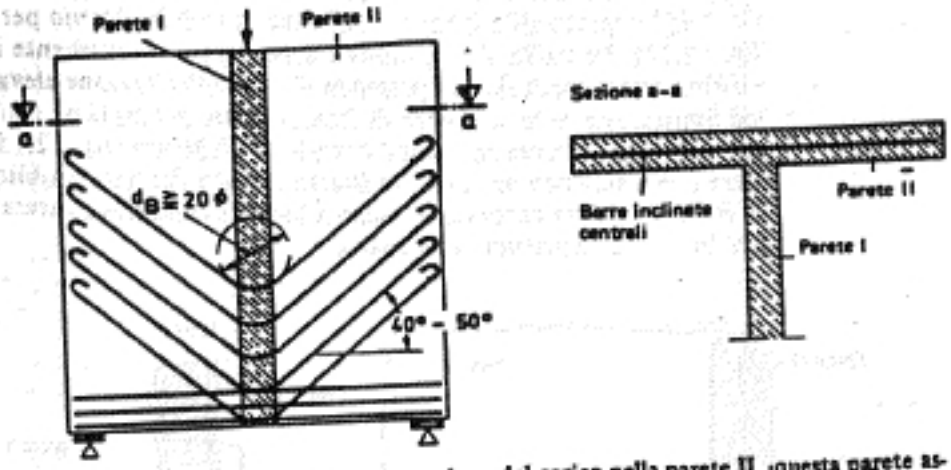

Fig. 12.15: Armatura per la sospensione del carico nella parete II, questa parete assorbe il carico in presenza di sollecitazione elevata con barre inclinate e (non rappresentata) con un'armatura ortogonale ridotta

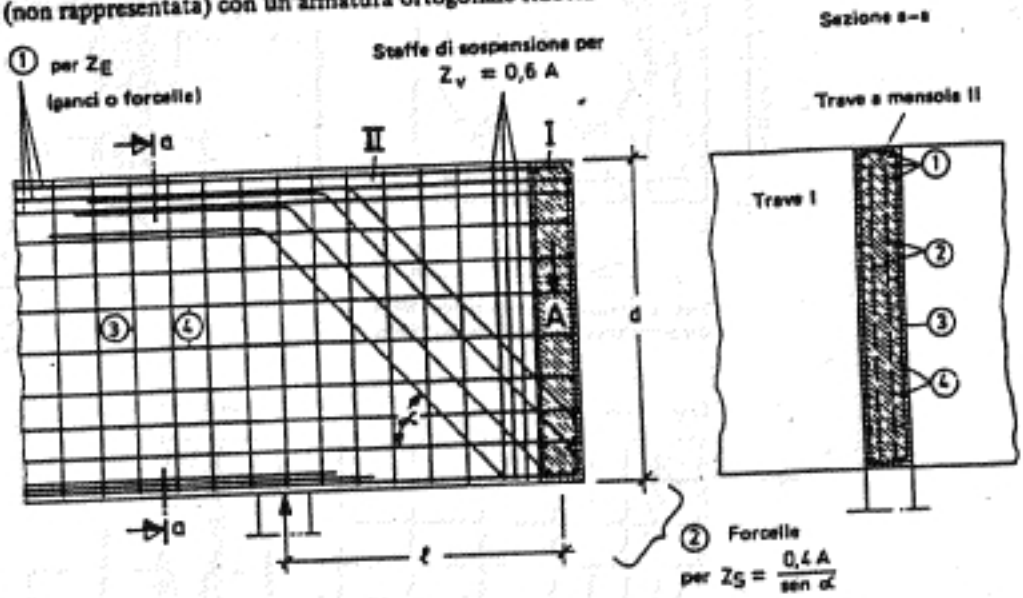

Fig. 12.16: Armatura di una lastra a mensola II con carico indiretto da parte della trave I in presenza di sollecitazione elevata

12.4 Solai di piani, lastre controventanti, lastre di carreggiata

Nell'edilizia i solai dei piani vengono spesso utilizzati per trasmettere le forze del vento, ed altre forze orizzontali, a pochi nuclei verticali rigidi, o a lastre di controvento incastrati nella fondazione (fig. 12.17). In questo caso i montanti dei solai si possono eseguire o come pilastri oscillanti o semplicemente, come pilastri snelli, mantenendoli quindi esenti da rilevanti momenti flettenti. Queste lastre di solaio risultano sollecitate nel loro piano come le travi-parete, e vanno armate per le forze principali di trazione (da M a Q) che in esse agiscono. Va osservata la posizione e il tipo di appoggio sui nuclei o sulle lastre controventanti in merito alla direzione e al punto di applicazione del carico. Il vento può risultare applicato in una qualsiasi direzione, con pressione e risucchio ripartiti anche in modo disuguale. Se più lastre verticali o nuclei collaborano insieme per un appoggio delle lastre di solaio, bisogna considerare le diverse rigidezze a flessione che possono provocare una torsione della lastra di solaio nel suo piano e conseguentemen-

te carichi di pareti poste trasversalmente alla direzione del vento, oppure torsione dei nuclei. Con i solai di grande superficie vanno rese possibili le variazioni longitudinali dei solai stessi, o con supporti mobili su uno dei nuclei, oppure con la deformazione a flessione delle lastre di controvento trasversalmente alla superficie di parete. In tal modo è possibile eseguire le lastre di solaio con lunghezze di 60 ÷ 100 metri senza giunti.

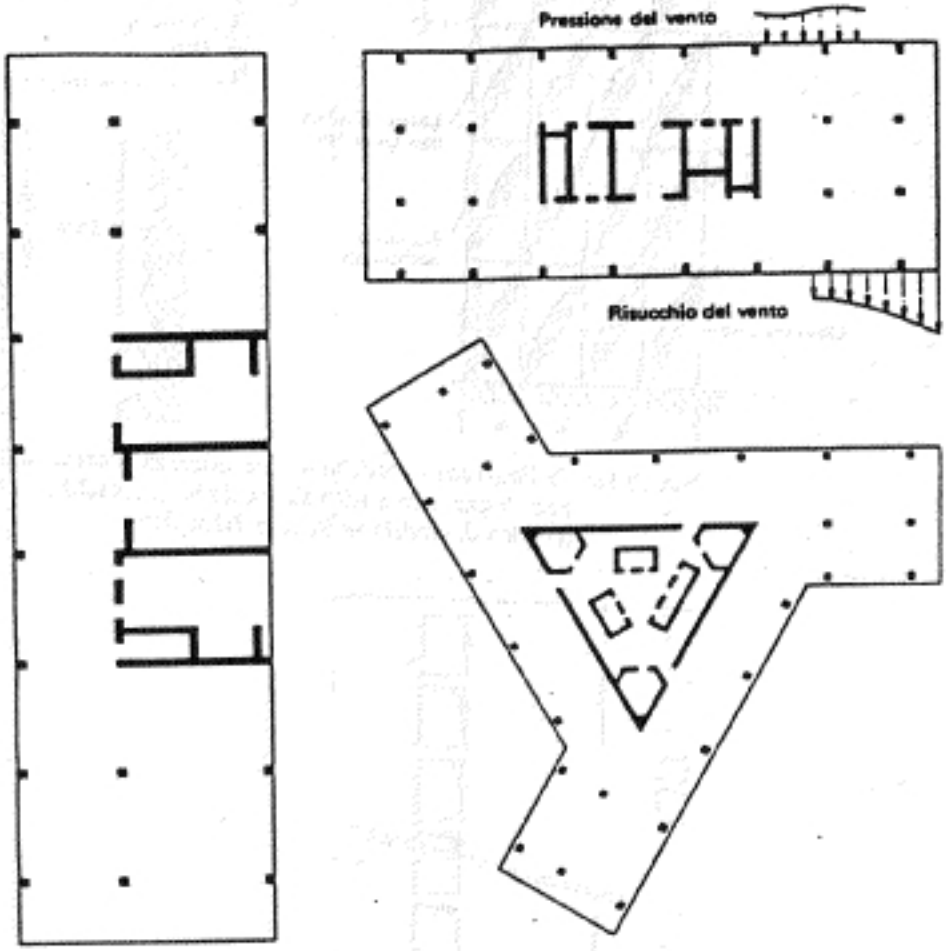

Fig. 12.17: Assorbimento delle forze orizzontali mediante nuclei rigidi o lastre di controvento

E' opportuno utilizzare le lastre di controvento e i nuclei anche per la trasmissione dei carichi verticali, ossia di carichi mediante i solai, affinchè vengano sollecitati, oltre che dal momento flettente M dovuto al carico del vento, anche da forze di compressione N sufficientemente elevate, e sotto il carico di servizio rimangano nello stadio I almeno per il 70% del momento di carico del vento.

L'effetto a lastra dei solai o delle coperture può essere ottenuto anche nel caso di una loro esecuzione in prefabbricati. A questo scopo si devono avere barre di trazione incrociate in un reticolo, per es., le barre d'armatura nei giunti o le travi in profilato sotto gli elementi di piastra, tra le quali possano formarsi nel calcestruzzo le diagonali compresse in direzione appropriata, per ottenere un effetto di rete-traliccio. Questi effetti a lastra sono stati controllati ripetutamente con prove (70).

Anche le lastre di parete possono risultare composte da pannelli (fig. 12.18) predisponendo tiranti orizzontali a ogni altezza di piano e un getto di

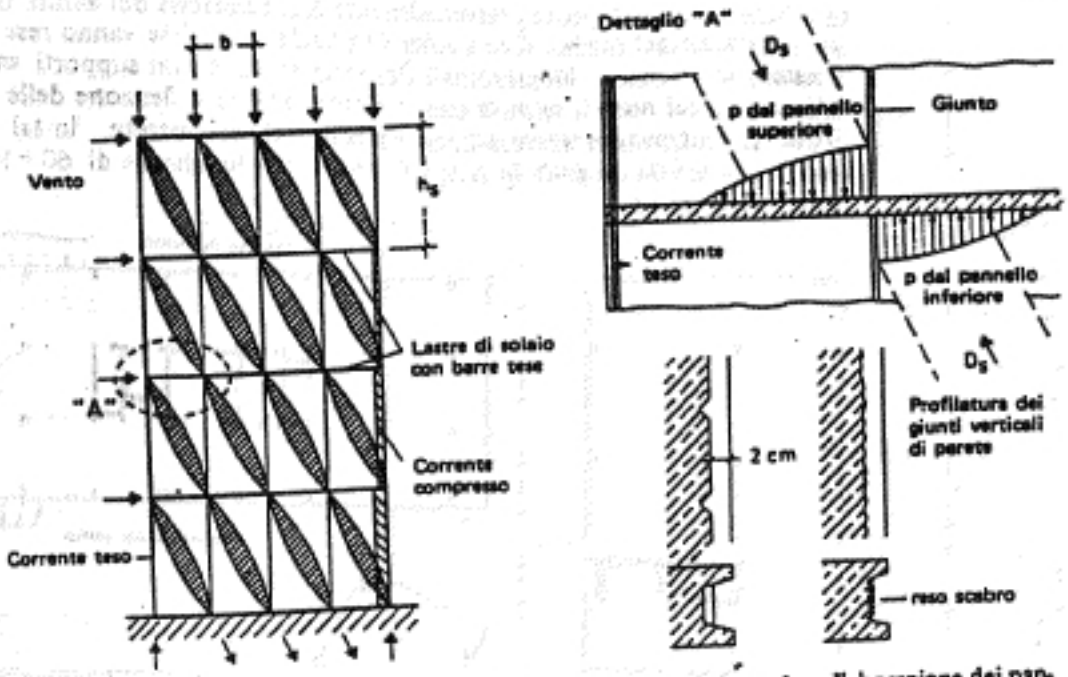

Fig. 12.18: Traliccio come modello teorico utilizzabile per la collaborazione dei pannelli di parete in merito alle verifiche di capacità portante (risultante per il carico di servizio all'interno del nucleo)

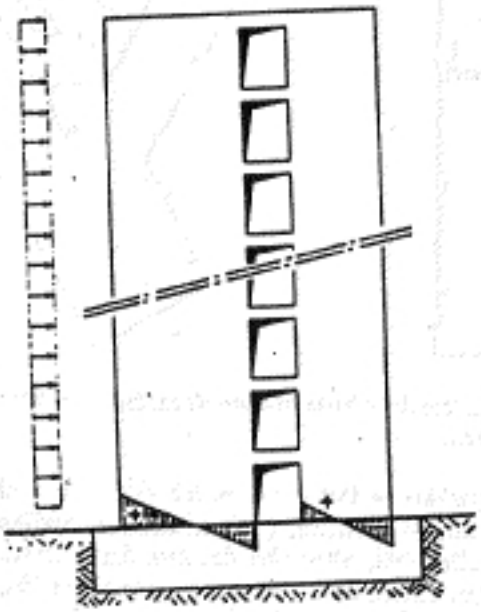

Fig. 12.19:
Lastre controventanti con aperture, collaborazione mediante traverse

sigillatura ben aderente lungo i giunti verticali (spine o caviglie sono sufficienti le superfici ruvide dei giunti), se la risultante di N e M rimane all'interno del nucleo della sezione trasversale della parete (vedi (71)).

Nei grattacieli con corridoio centrale, nelle lastre di controvento sui lati frontali si eseguono spesso grandi aperture di finestre (fig. 12.19). L'accoppiamento di tali lastre controventanti è trattato in numerose pubblicazioni (72).

Nei ponti con carichi orizzontali e verticali il pannello senza giunti della carreggiata agisce, mediante ripartizione dei carichi in direzione trasversale, come una lastra e rispett. come una trave orizzontale. Con le attuali larghezze di ponte B (autostrada fino a 30 m), è idoneo a trasmettere