

Per quanto riguarda il ritiro, va tenuto presente che i setti vengono progressivamente costruiti per le altezze dei piani, per cui il ritiro di un tratto di parete si manifesta quando quello del setto del piano inferiore e del corrispondente solaio si è già in parte esplicito, ciò che ovviamente può comportare non trascurabili stati di sollecitazione; l'armatura orizzontale ha quindi l'importante funzione, a parte il leggero contrasto al ritiro, di assicurare la maggiore dilatabilità che il calcestruzzo acquista quando è rinforzato dall'armatura, e di limitare le eventuali ampiezze delle lesioni.

Problemi analoghi pongono le variazioni termiche differenziali fra solette e pareti, o fra pareti tra loro ortogonali saldate lungo lo spigolo comune.

Sovente — come già si è accennato proprio in relazione alle variazioni termiche differenziali che, per le ragioni già esposte nel cap. IV, sono particolarmente accentuate per l'ultimo piano e quello interrato — si presidiano con armature i setti del primo e dell'ultimo piano, mentre per tutti gli altri piani si impiegano pareti pressochè non armate. Per l'ultimo piano, come si è già accennato (cap. IV), può essere opportuno realizzare una specie di telaio mediante ampi fori nella parete, da imbottire con muratura.

5.2.3. Problemi particolari connessi con il calcolo delle pareti con fori. Effetti di variazioni di dimensioni dei setti. Setti su appoggi isolati.

a) Generalmente le pareti portanti sono indebolite da una o più file di aperture, di solito di forma rettangolare, e si pone naturalmente il problema di valutarne gli effetti.

Se tali aperture sono, come mostra la fig. 5.33, di altezza paragonabile a quella dei piani, il tratto di parete compreso fra due aperture (una sopra all'altra) e solidale con il corrispondente solaio, può essere considerato come una trave; le sollecita-

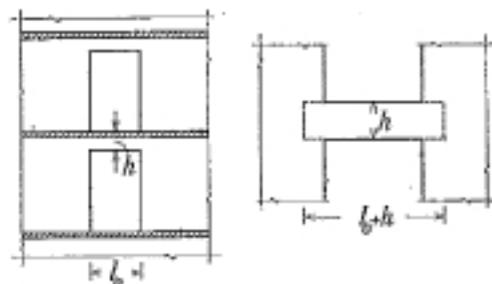


Fig. 5.33

zioni flessionali possono essere valutate, abbastanza attendibilmente, considerando la trave equivalente della stessa fig. 5.33, incastrata agli estremi e di luce $l = l_0 + h$, essendo l_0 la luce netta e h l'altezza stessa della trave^(5.10). È chiaro però che tale indicazione può essere considerata attendibile per travi sufficientemente snelle

(membrature compresse) riguardanti soltanto i pilastri. In realtà manca il sostegno di valide ragioni. Sembra tuttavia consigliabile che la percentuale minima delle armature verticali non scenda sotto lo 0,2; e che il volume delle armature orizzontali non sia minore di quello delle armature verticali. Si può vedere in proposito l'articolo citato nella nota (5.17).

^(5.10) È da tener presente, come si vedrà nel cap. VII, che, a motivo delle azioni orizzontali e di altre azioni (quali, ad esempio, quelle termiche), gli architravi risultano spesso soggetti a stati di sollecitazione di gran lunga superiori a quelli derivanti dai soli carichi verticali (si veda inoltre il cap. XVI del vol. II, parte 1°).

($h/l_0 \leq 1/4$); se l'altezza della trave è paragonabile alla luce, è opportuno tener conto del comportamento bidimensionale.

In prossimità degli spigoli, che per ragioni pratiche non sono smussati, le tensioni possono attingere valori elevati; anzi, nell'ipotesi di comportamento elastico del materiale, sarebbero infinite, e risultano in realtà limitate per adattamenti plastici del conglomerato. Può essere quindi opportuno disporre, attorno alle aperture, ferri verticali di rinforzo (oltre a quelli orizzontali) opportunamente staffati.

b) *Criteri di distribuzione delle armature in corrispondenza di fori di limitate dimensioni rispetto a quelle della parete.* Si consideri, a titolo d'esempio, il caso limite di una parete uniformemente compressa con un'apertura rettangolare isolata (fig. 5.34). Analisi numeriche ed esperienze fotoelastiche hanno mostrato che, anche in regime elastico-lineare, l'alterazione dello stato di tensione in conseguenza del foro è sensibile in una zona circostante l'apertura approssimativamente uguale alla parte compresa entro la linea tratteggiata riportata nella fig. 5.34; in altri termini, al di là di tale zona la presenza del foro non fa risentire perturbazioni apprezzabili. L'andamento delle tensioni σ_x e σ_y per alcune significative sezioni è riportato nella stessa figura (positive le tensioni di trazione). È interessante notare che, per i correnti rapporti a/b , le massime tensioni di trazione σ_x che si registrano in corrispondenza della mezzeria dei lembi superiore e inferiore dell'apertura (sezione A-A della figura) hanno intensità uguale o di poco superiore a quella della tensione normale $\sigma_{y\text{media}} = q/s$.

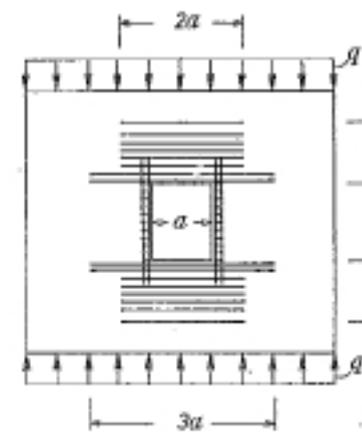


Fig. 5.35

non è in grado di assorbire. Alcune regole suggerite dalle osservazioni precedenti, e in parte convalidate anche dalla pratica possono, a tale proposito, tornare utili.

Ai lembi superiore e inferiore dell'apertura vanno disposte armature orizzontali, idonee ad assorbire gli sforzi di trazione cui dianzi si è fatto cenno; la risultante delle trazioni è all'incirca pari al 20% del carico che insiste sul tratto di larghezza a ; inoltre aggiuntive armature calcolate con lo stesso sforzo vanno distribuite per un'altezza pari, circa, alla luce dell'apertura, per assorbire le trazioni in corrispondenza delle sezioni di incastro (fig. 5.35).

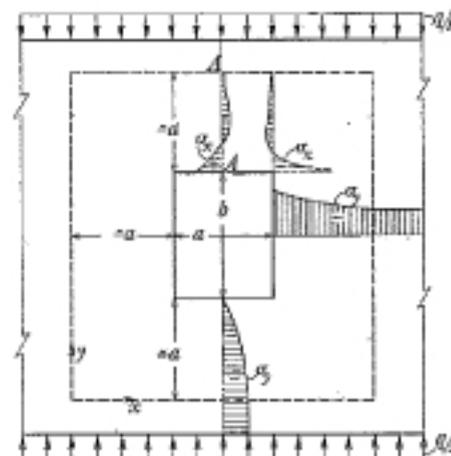


Fig. 5.34

c) *Pareti su appoggi isolati. Pareti con brusche variazioni di sezione. Problemi particolari si presentano anche quando — e sono casi non infrequenti — le pareti sono sostenute in corrispondenza di brevi tratti del bordo inferiore.*

Come è noto, se l'altezza della parete è superiore a metà circa della distanza degli appoggi, lo stato di tensione si scosta sempre più, con l'aumentare di h/l , da quello che si potrebbe valutare mediante la consueta ipotesi di Navier, relativa alle travi snelle.

Lo studio delle travi-parete, vale a dire di lastre caricate nel loro piano, esula dagli scopi della presente trattazione, e i brevi e incompleti richiami seguenti hanno

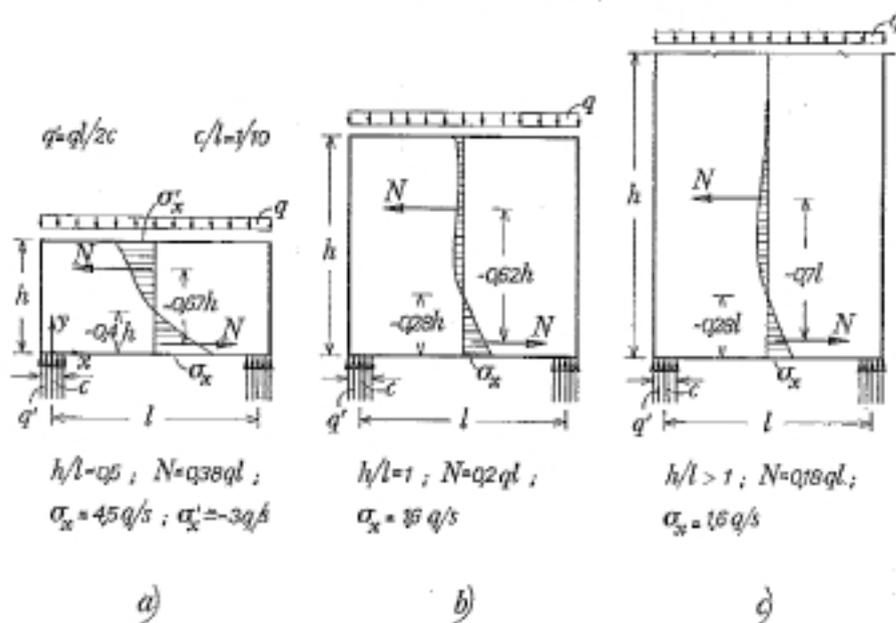


Fig. 5.36

soltanto la finalità di porre in luce alcuni particolari aspetti del loro comportamento, aspetti che possono tornare utili al fine del dimensionamento delle strutture in esame.

Si consideri, per semplicità, la «trave-parete» della fig. 5.36 libera alle estremità, su appoggi isolati di estensione c e caricata in modo uniforme.

La stessa fig. 5.36 mostra, a titolo d'esempio, i diagrammi delle tensioni σ_x per la sezione di mezzeria, e per diversi valori del rapporto h/l (la variazione del rapporto c/l ha limitata importanza, s'intende a condizione che c sia piccolo rispetto ad l): può essere significativo notare che, per valori del rapporto h/l maggiori di 1, la distribuzione delle tensioni σ_x non risulta sostanzialmente diversa da quella valutata per $h/l=1$, e che, in pratica, la parte reagenti della parete resta limitata ad un'altezza all'incirca uguale alla luce della trave, circostanza questa prevedibile tenuto presente il principio di De Saint-Venant.

Indagini sperimentali da tempo condotte su «travi-parete» di calcestruzzo, variamente vincolate e armate, hanno mostrato che l'interpretazione elastica è sufficientemente attendibile, a condizione che lo stato di fessurazione sia limitato; ciò che in genere si verifica nelle condizioni di esercizio se le tensioni principali di trazione, calcolate mediante l'interpretazione elastica, sono minori delle corrispondenti tensioni di rottura, e se le armature sono sufficientemente diffuse.

Un criterio che si è dimostrato in genere favorevole per la sicurezza può essere quello di valutare lo stato di tensione delle «travi-parete» nella loro condizione non fessurata ipotizzando, per semplicità di calcolo, omogeneo ed elastico il calcestruzzo; le armature, adeguatamente diffuse, devono essere dimensionate in modo tale da assorbire le tensioni di trazione.

Al fine di illustrare brevemente il criterio sopra citato si consideri, sempre per fissare le idee, la trave parete della fig. 5.36b. Per la sezione di mezzeria la risultante delle tensioni di trazione e di quelle di compressione devono costituire una coppia di intensità uguale al momento flettente $M = ql^2/8$, e poiché le due risultanti distano all'incirca $0,62h$ (l'estensione del tratto appoggiato ha scarsa influenza), la risultante degli sforzi di trazione vale:

$$S = \frac{ql^2}{8 \cdot 0,62h} \approx 0,2 \frac{ql^2}{h};$$

di conseguenza l'armatura totale necessaria vale, indicando con σ_a la tensione delle armature, $A_a = S/\sigma_a$, e deve essere distribuita per una fascia d'altezza pari circa a $0,28h$, ovviamente più addensata in corrispondenza dell'intradosso, dove sono maggiori le tensioni di trazione. Essa inoltre deve essere mantenuta costante per l'intera luce della trave e adeguatamente ancorata in corrispondenza degli appoggi⁽⁵⁻¹¹⁾.

Per le «travi-parete» direttamente appoggiate, com'è appunto il caso esaminato, le tensioni principali di trazione in prossimità degli appoggi non attingono in genere valori elevati in rapporto alle massime tensioni di trazione σ_x , e solitamente non si pone il problema della resistenza al taglio.

⁽⁵⁻¹¹⁾ La regola citata è essenzialmente giustificata da due motivi. Il primo è che le tensioni all'intradosso della trave hanno, a partire dalla sezione di mezzeria, andamento pressoché stazionario o addirittura leggermente crescente, e solo in prossimità dell'appoggio si abbassano bruscamente; corrispondentemente la risultante delle trazioni varia poco, mentre si riduce il braccio della coppia interna e ciò in accordo con la circostanza che il momento flettente conseguente ai carichi è via via minore per le sezioni più prossime agli appoggi.

Il secondo motivo trae origine essenzialmente da osservazioni di carattere sperimentale su travi parete in vera grandezza, o su modelli di calcestruzzo convenientemente armati. Le esperienze hanno mostrato che, con fessurazione spinta, si instaura una sorta di comportamento ad arco, la cui stabilità è garantita dalle armature di intradosso aventi funzione di catena.

Si veda, ad esempio, F. LEONHARDT, *Poutres-cloisons*, ITBTP, n. 765, genn. 1970; F. LEONHARDT e M. ALBIGÈS, *Recommandations Internationales du CEB*, ITBTP, n. 765, genn. 1970.