

I controventi

La struttura di una costruzione edilizia è un elemento tridimensionale costituito di fondazioni, pilastri, travi e solai, che deve essere in grado di assorbire le molteplici sollecitazioni esterne prodotte da forze verticali e orizzontali (vento, sisma, instabilità ecc.); ogni componente della struttura, in relazione al materiale da costruzione impiegato, alle sue dimensioni e alla sua collocazione strutturale, assolve a funzioni ben definite, ossia è in grado di sopportare un certo tipo di carico e quindi la o le sollecitazioni che esso produce. Poiché i materiali da costruzione sono molteplici, con caratteristiche di resistenza differenti tali da consentire o meno la realizzazione di certi schemi strutturali (ad esempio il vincolo di incastro perfetto si può ipotizzare di realizzarlo nelle strutture in acciaio, mentre nelle strutture in cemento armato si può parlare al massimo di semincastro e in quelle in muratura ordinaria, salvo particolari interventi, si considera quasi sempre l'appoggio o la cerniera), ne consegue che la tipologia delle strutture varia in relazione al materiale impiegato.

L'organismo strutturale, sia pure con procedimento un po' approssimato, può essere scomposto nei suoi vari componenti, che vengono calcolati separatamente, tenendo però presente la loro collocazione nell'ambito di una struttura tridimensionale e verificando il loro equilibrio, ma successivamente è opportuno, e in molti casi necessario, procedere a una verifica dell'intera struttura per vedere se, così come è stata concepita e dimensionata nei suoi elementi, è in grado di assorbire tutte le possibili azioni esterne.

In particolare, ogni struttura deve comprendere elementi in grado di assorbire le forze orizzontali, che vengono definiti **controventi**, e possono essere *orizzontali* o *verticali* [figg. 1a e b].

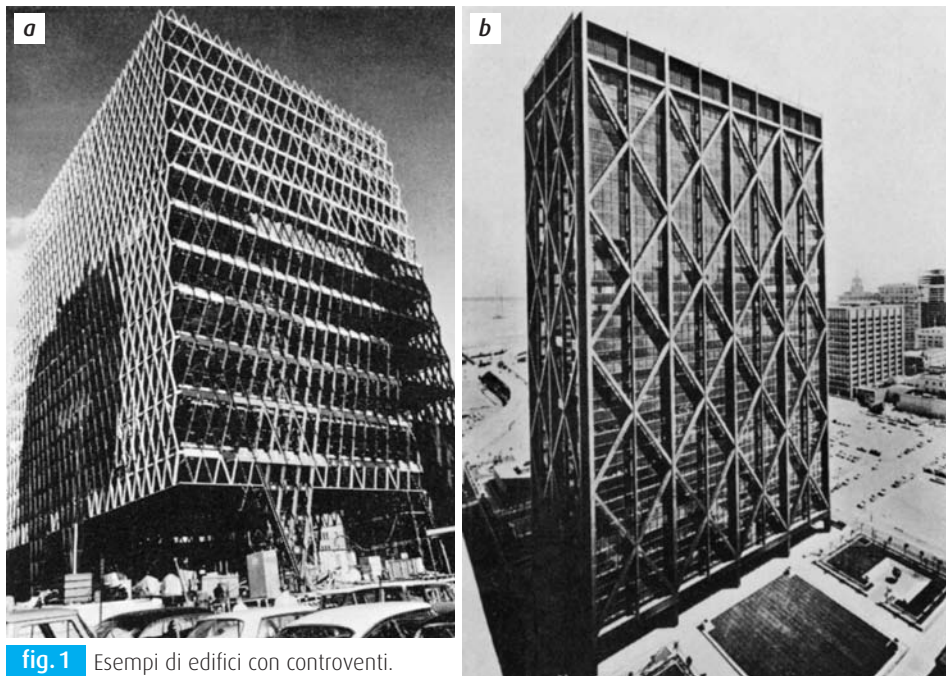


fig. 1 Esempi di edifici con controventi.

Consideriamo un parallelepipedo ottenuto solo con aste in corrispondenza degli spigoli [fig. 2]; se per l'azione di forze verticali può anche rimanere in equilibrio, non lo è certamente sotto l'azione di forze orizzontali [fig. 2a].

Nei confronti di queste ultime, l'equilibrio dell'elemento può essere ottenuto disponendo opportunamente aste diagonali in corrispondenza di alcune pareti [fig. 2b], oppure mediante pannelli di tamponamento: vengono così ottenuti i controventi.

Nelle strutture in muratura portante con solai misti in cemento armato e laterizi, gli orizzontamenti, oltre al compito di sostenere i carichi verticali, hanno anche quello di assorbire le forze orizzontali, realizzando un irrigidimento a ogni piano dell'edificio, ossia realizzano controventi orizzontali; i muri portanti devono essere in grado di sopportare i carichi verticali trasmessi dai solai ma anche le spinte orizzontali e di trasmettere il tutto alle fondazioni, per cui realizzano controventi verticali.

Con uguale criterio viene concepita la struttura in cemento armato, sia pure con differente realizzazione; in questo caso la struttura si può considerare monolitica con solai costituiti di due ordini di travi fra loro perpendicolari e travetti in genere disposti secondo una direzione, per cui sono in grado di sopportare, oltre i carichi verticali, anche le spinte orizzontali agenti in direzioni orizzontali fra loro ortogonali, e quindi realizzano controventi orizzontali.

Con questa tipologia non si hanno muri portanti, che sono sostituiti da pilastri nei quali si innestano le travi su cui si innestano a loro volta i travetti, realizzando in tale modo una struttura intelaiata con nodi rigidi.

I pilastri unitamente alle travi devono essere in grado di assorbire i carichi verticali e orizzontali e di trasmetterli alle fondazioni, per cui assolvono la funzione di controventi orizzontali. Il calcolo di un telaio a nodi rigidi, nel quale cioè il giunto trave-pilastro è in grado di assorbire totalmente i momenti flettenti che in esso si verificano e che costituisce una struttura a molte iperstatiche, risulta notevolmente laborioso, ma soprattutto di difficile e non economica realizzazione, per cui molte volte la funzione di controvento verticale, anziché dai telai, viene assolta da nuclei verticali

che, per la loro forma e il loro posizionamento, sono in grado di costituire un irrigidimento capace di assorbire le forze orizzontali, quali i vani scala e ascensore; in tale modo si ottiene uno schema isostatico e il telaio assolve al compito di sostenere i carichi verticali e solo di trasmissione di quelli orizzontali. Nelle strutture ora esaminate, le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati definiscono tipologie strutturali e dimensioni di sezioni degli elementi componenti tali da far sì che il complesso strutturale ottenuto presenti già le caratteristiche necessarie per poter assorbire azioni verticali e orizzontali.

Altrettanto non avviene nelle strutture in acciaio dove l'elevata resistenza del materiale determina strutture piuttosto esili, in grado di assorbire forze orizzontali e verticali solo se vengono realizzati telai a nodi rigidi, per i quali l'acciaio risulta particolarmente indicato; però, per i motivi prima indicati, nell'edilizia civile ci si orienta di norma verso schemi isostatici più semplici, nei quali i controventi rappresentano in genere elementi strutturali in aggiunta a quelli tradizionali (fondazioni, pilastri, travi e solai).

Tali schemi possono essere di due tipi:

- edifici monopiano o multipiano con struttura totalmente in acciaio;
- edifici multipiano con struttura in acciaio e torri in cemento armato.

Nelle opere in acciaio, per le ragioni esposte, i controventi assolvono a compiti determinanti per la stabilità globale, dovendo assorbire, oltre che eventuali carichi verticali, soprattutto azioni flettenti e torcenti. La tipologia dei controventi è molto varia, sia in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio, sia al suo sviluppo verticale.

Negli edifici industriali, oltre ai carichi permanenti e accidentali, al vento e al sisma, vi è in genere la presenza di carri-ponte e di macchinari che provocano azioni agenti in svariate direzioni che devono anch'esse essere assorbite dai controventi.

Di norma negli edifici monopiano la struttura è interamente in acciaio, compresi i controventi verticali e orizzontali, con colonne incastrate o incernierate al piede nel senso sia longitudinale sia trasversale oppure incastrate in un senso e incernierate nell'altro.

Nella direzione in cui le colonne sono incastrate, esse assolvono la funzione di controventi verticali [figg. 3 + 6], mentre nel senso in cui possono essere incernierate sono necessari specifici controventi che vengono realizzati in modo semplice tramite diagonali incrociate (croci di Sant'Andrea) oppure con elementi a **K** rovesciato; altri controventi orizzontali vengono previsti nelle falde e, insieme a quelli verticali, hanno il compito di mantenere invariata la forma geometrica dell'edificio, assicurandone la stabilità globale.

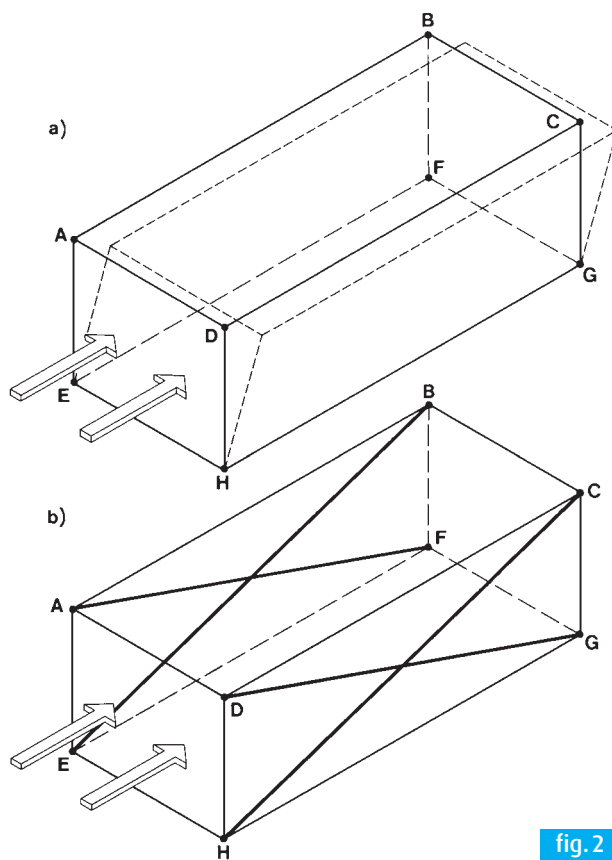


fig. 2

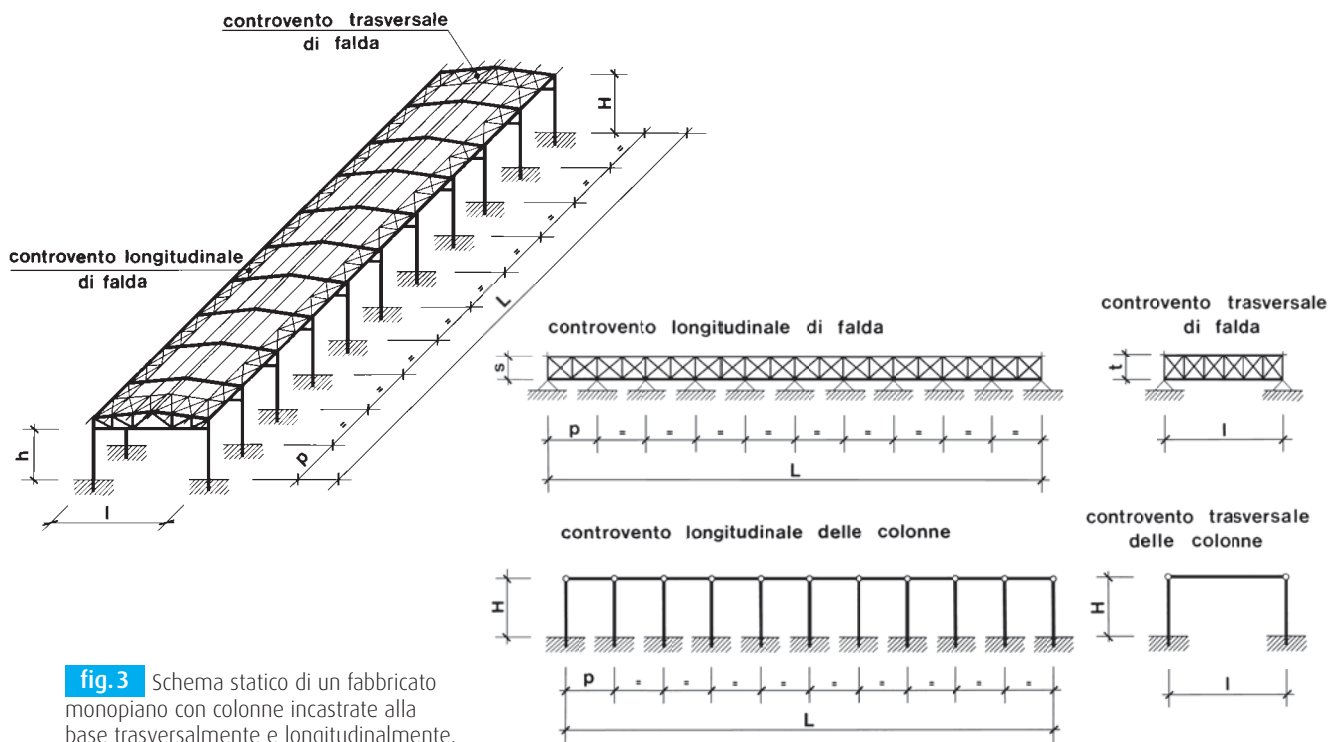


fig. 3 Schema statico di un fabbricato monopiano con colonne incastrate alla base trasversalmente e longitudinalmente.

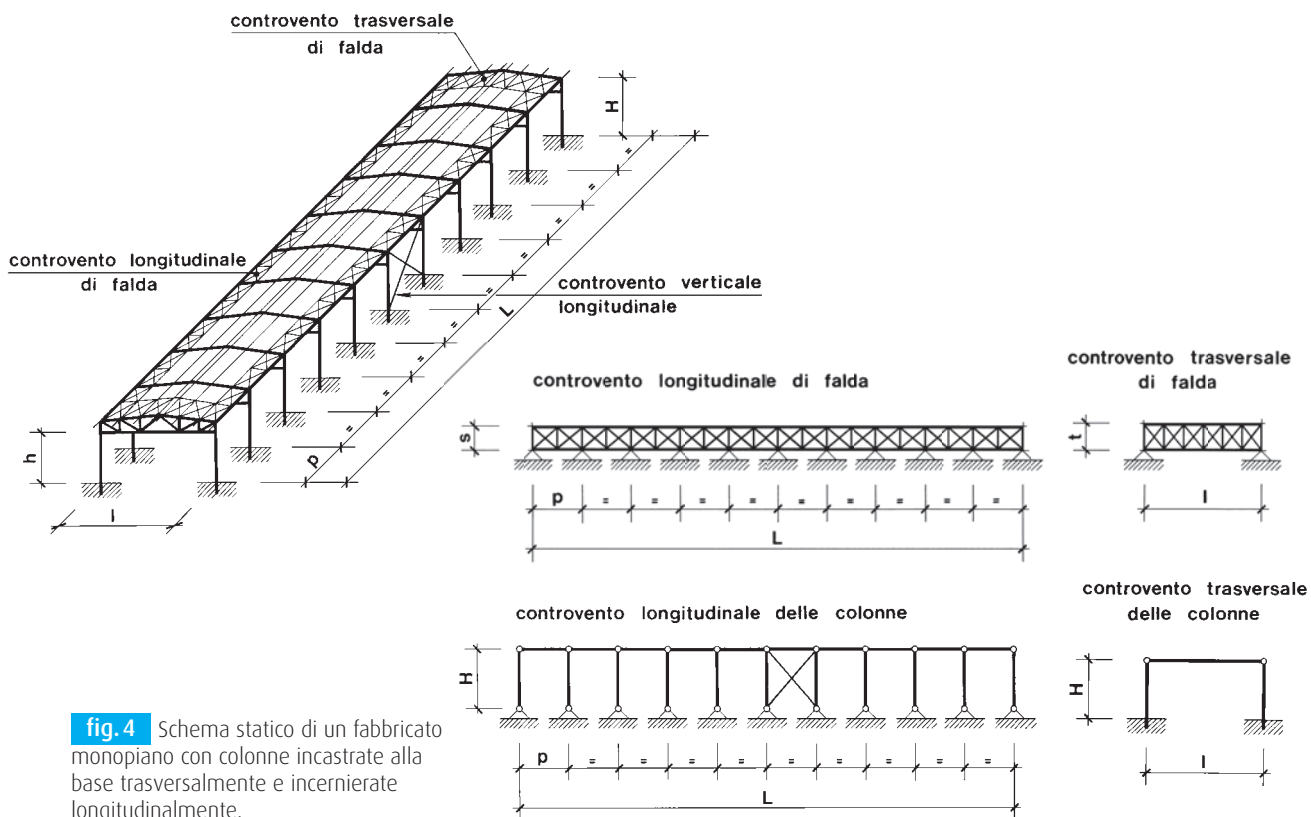


fig. 4 Schema statico di un fabbricato monopiano con colonne incastrate alla base trasversalmente e incernierate longitudinalmente.

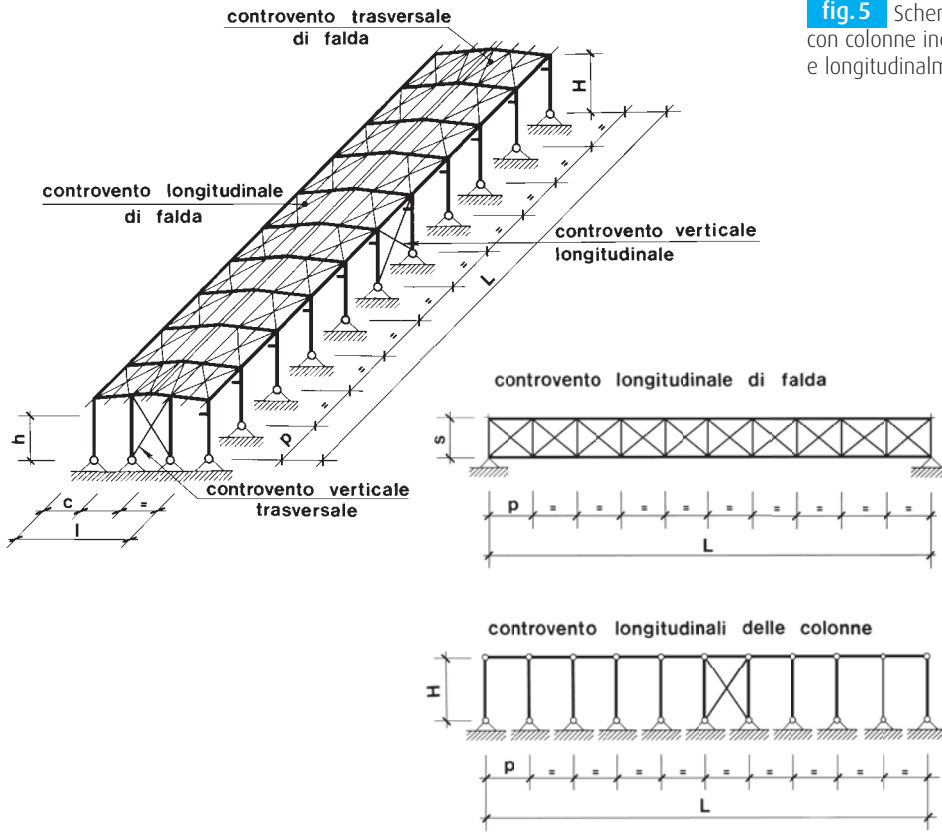


fig.5 Schema statico di un fabbricato monopiano con colonne incernierate alla base trasversalmente e longitudinalmente.

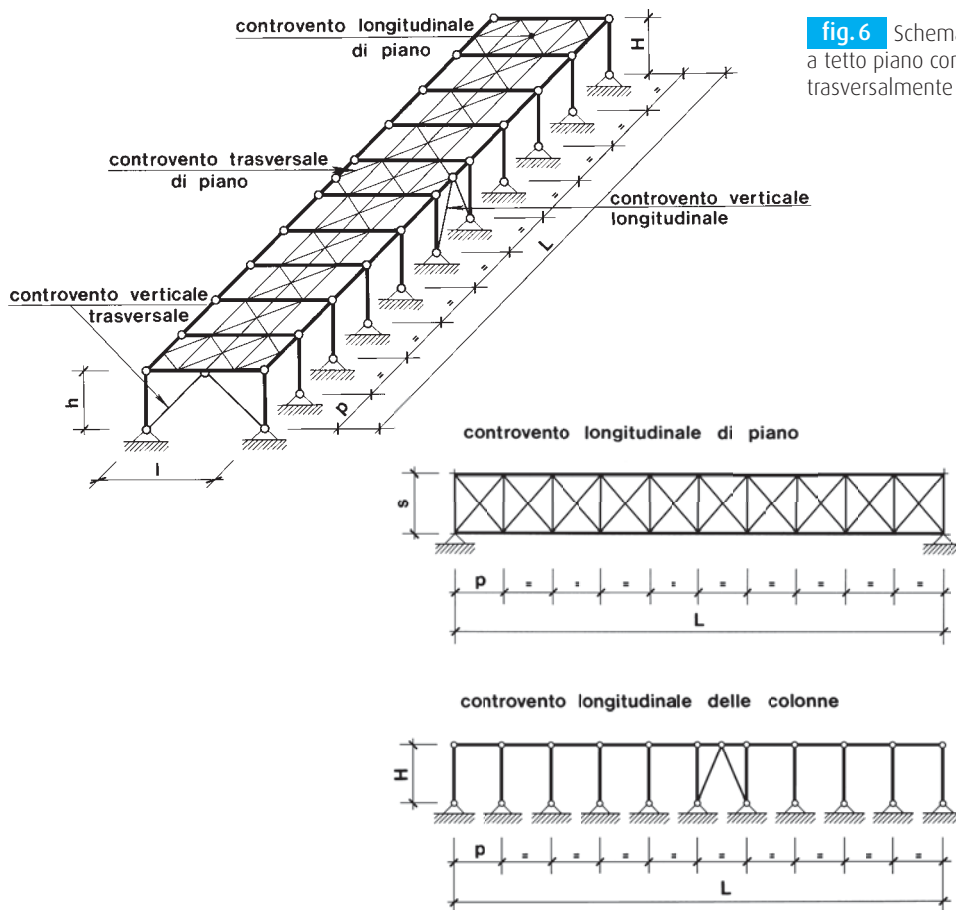


fig.6 Schema statico di un fabbricato monopiano a tetto piano con colonne incernierate alla base trasversalmente e longitudinalmente.

Negli edifici multipiano totalmente in acciaio, nei solai, a ogni piano, vengono inserite le diagonali dei controventi longitudinali e trasversali; altri controventi verticali si hanno nelle pareti di testata e su una campata delle pareti longitudinali.

Con questa tipologia la stabilità complessiva dell'intero edificio è totalmente affidata ai controventi in acciaio, il cui posizionamento e schema strutturale devono essere accuratamente studiati. Nelle figure 7 e 8 è riportato lo schema statico per strutture completamente in acciaio.

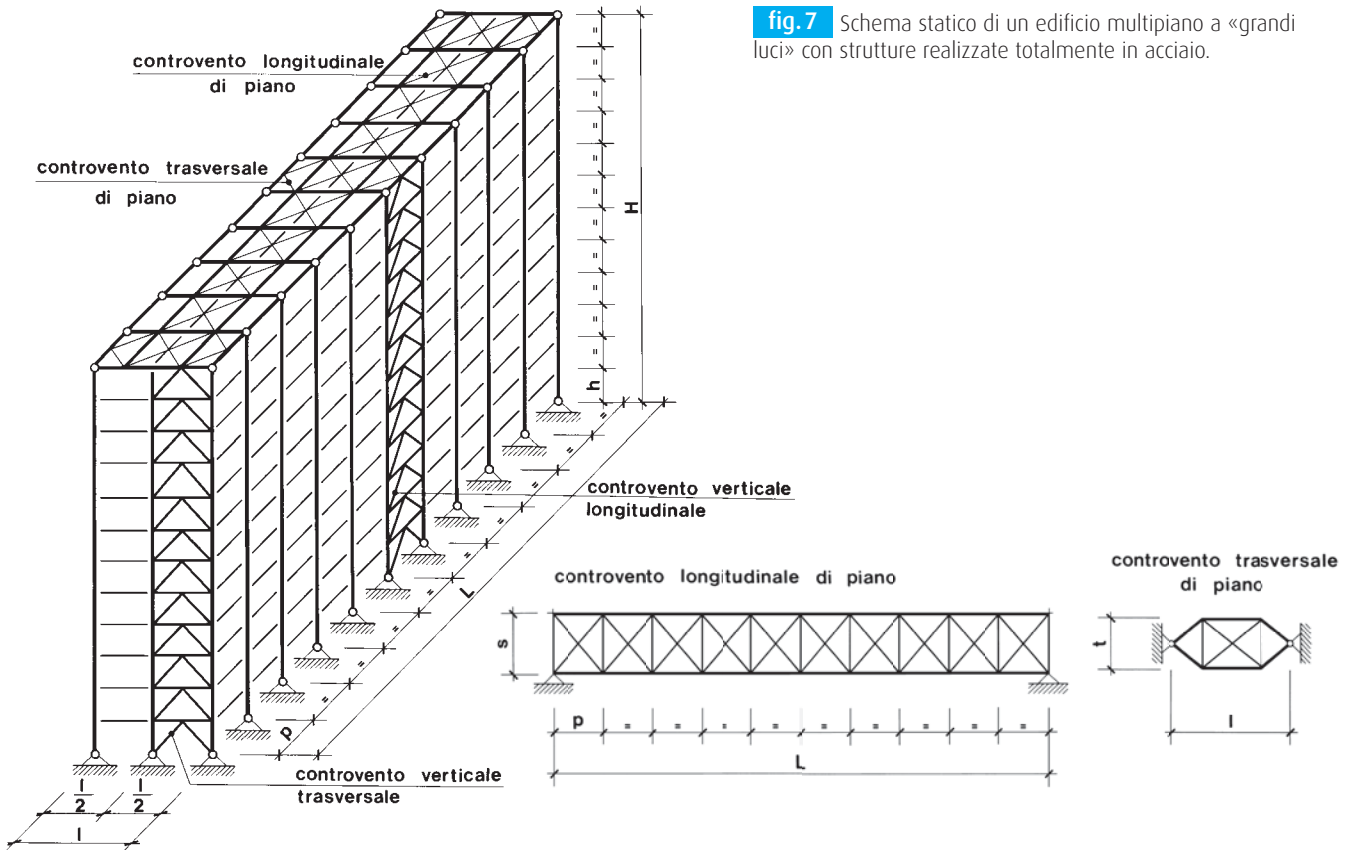


fig. 7 Schema statico di un edificio multipiano a «grandi luci» con strutture realizzate totalmente in acciaio.

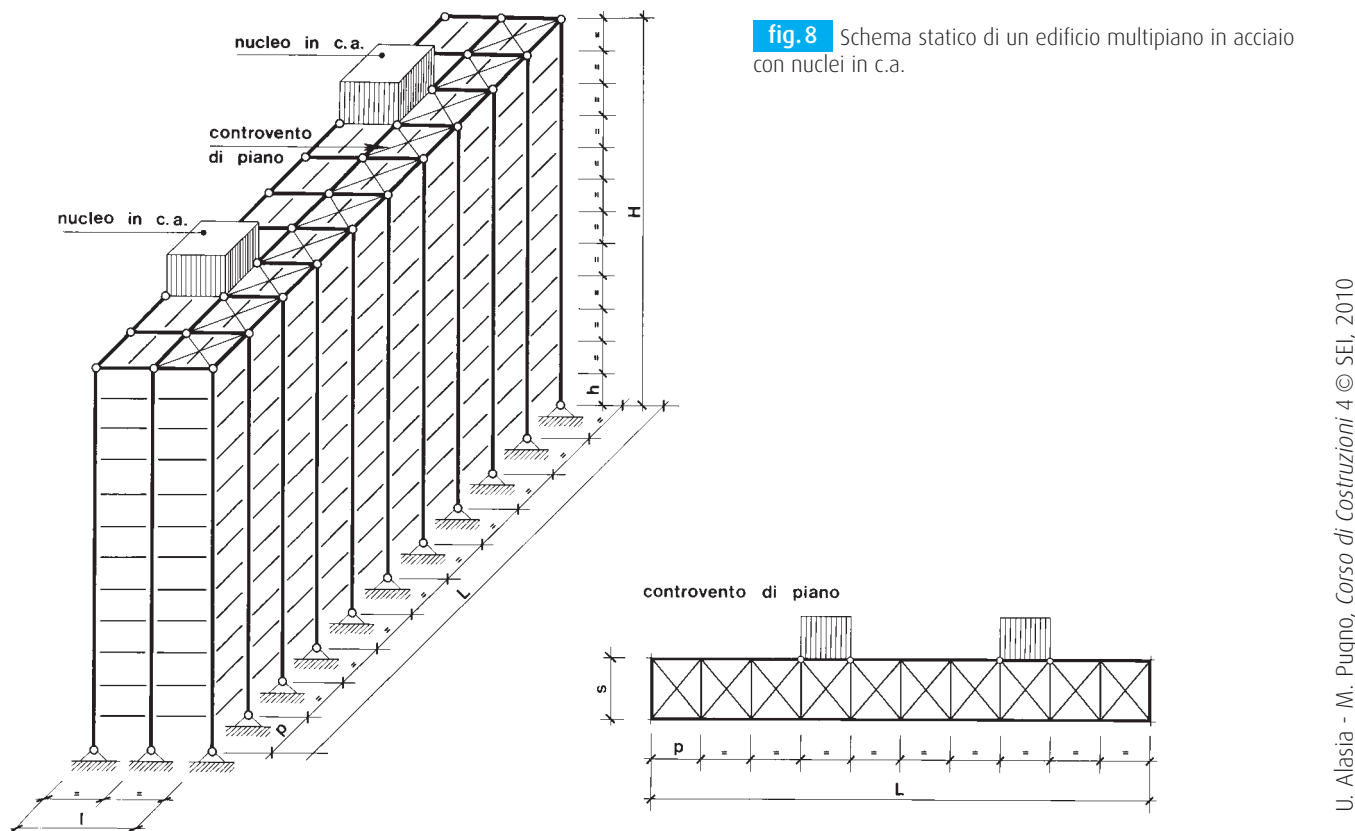


fig. 8 Schema statico di un edificio multipiano in acciaio con nuclei in c.a.

La struttura portante perimetrale di vani scala e ascensore può essere realizzata in cemento armato anziché in acciaio, ottenendo così nuclei verticali che, per forma e dimensioni, presentano una elevata rigidezza, tale da essere in grado di assorbire le forze orizzontali [fig. 8].

La soluzione ottimale a livello statico è quella di realizzare due torri in cemento armato, costruite prima del montaggio delle strutture in acciaio, alle quali vengono collegati le travi e i controventi orizzontali. Questa tipologia consente una notevole economia nel costo globale.

Nel caso di solai strettamente connessi alle strutture portanti, non sono necessari controventi orizzontali, in quanto sono in grado di sopportare carichi che agiscono nel loro piano; quando invece i solai sono semplicemente appoggiati, è necessario inserire controventi orizzontali con uno schema costruttivo come quello riportato in figura 9.

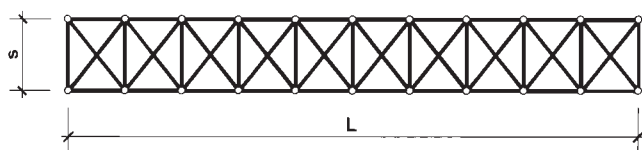


fig. 9

Per quanto concerne invece i controventi verticali, i tipi più comuni in ordine di difficoltà crescente sia di calcolo sia costruttiva sono:

- controvento a *croci di Sant'Andrea* [fig. 10a];
- controvento reticolare a **K** [fig. 10b];
- controvento a *portalini sovrapposti* [fig. 10c];
- controvento con *telaio a nodi rigidi* [fig. 10d].

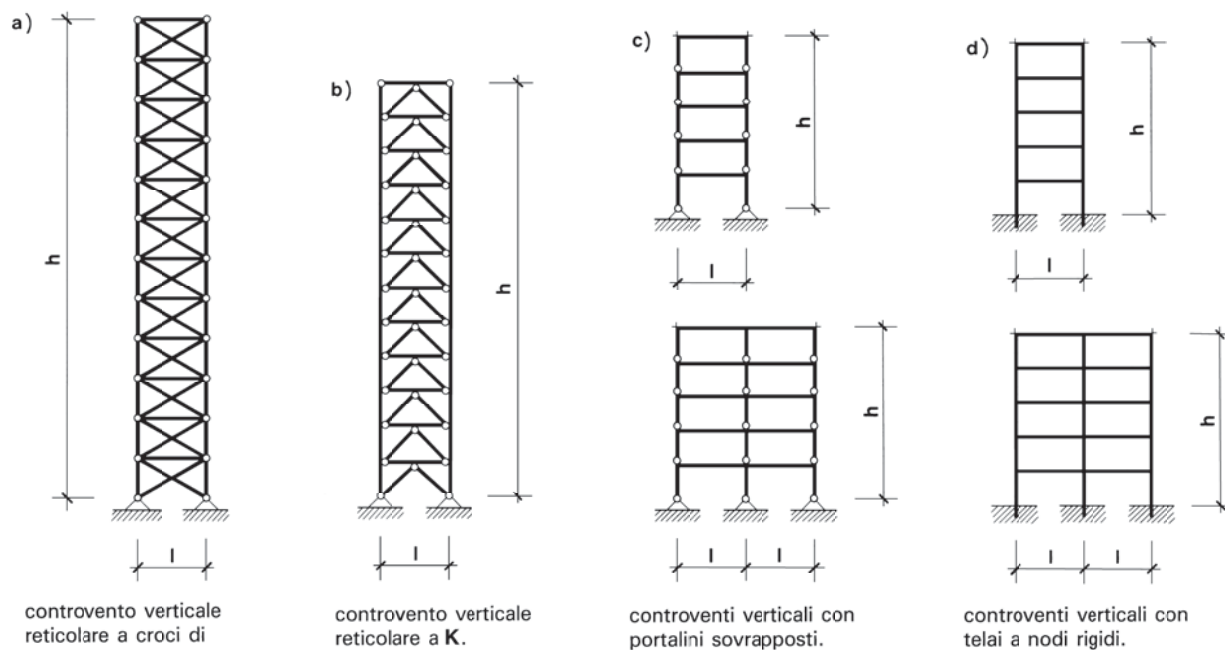


fig. 10

La scelta di uno o dell'altro tipo è semplicemente dovuta a motivi di ordine architettonico, distributivo ed economico.

Per quanto concerne il calcolo, dopo aver definito la geometria del complesso strutturale (maglie dei pilastri, orditura dei solai, tipo e posizione dei controventi ecc.) si procede al dimensionamento dei vari elementi secondo i metodi della Scienza delle Costruzioni e in osservanza a quanto contenuto dalle normative; in particolare, per quanto attiene ai controventi, ipotizzando che la costruzione non debba essere realizzata in zona sismica, si procede alla determinazione della spinta del vento, che si considera orizzontale, con gli stessi criteri che verranno esposti trattando le strutture murarie.

Tale spinta, ripartita sulla facciata dell'edificio, viene scaricata sulle colonne e a livello dei solai di piano e deve essere assorbita dai controventi, che sono essenzialmente strutture reticolari, ai cui nodi sono applicati i carichi derivanti dalla ripartizione dell'azione del vento.

Tabella 1	
n. nota	Sforzo (t)
①	- 49
②	- 36,8
③	- 18,4
④	- 37,1
⑤	- 28,9
⑥	- 16,5
⑦	- 127
⑧	- 68,3
⑨	- 13,6

Con il diagramma cremoniano o il metodo di Ritter vengono determinati la natura e l'entità degli sforzi che si verificano nelle varie aste, che risultano sollecitate solo a trazione o compressione, tenendo presente che sui montanti verticali possono gravare anche altri carichi verticali trasmessi dalle travi dei solai. In figura 11 sono riportati gli schemi di carico relativi a due controventi verticali e per il secondo anche il relativo diagramma cremoniano, mentre in tabella 1 sono riportati i valori degli sforzi nei diversi elementi del controvento.

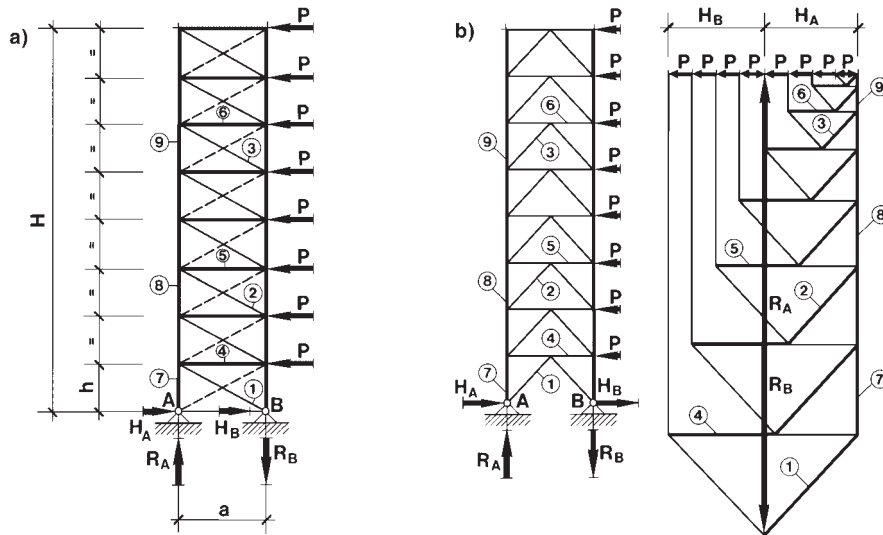


fig. 11