

# QUADERNI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

## 1: FONDAMENTI DI PROGETTAZIONE DI STRUTTURE IN ACCIAIO



*Unilever Haus, Amburgo - © Behnisch Architekten – Adam Mørk*

## IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE DI UNA STRUTTURA IN ACCIAIO

Sebbene il termine “struttura” venga utilizzato quotidianamente dai progettisti, principalmente ingegneri o architetti, non è così immediata una sua definizione. Dal punto di vista legislativo, una Circolare del Servizio tecnico centrale del 14 febbraio 1974, n. 11951, ha voluto esemplificare quali siano le opere di ingegneria che ricadono nella legge n. 1086 del 1971, che disciplina il calcolo di strutture in acciaio.

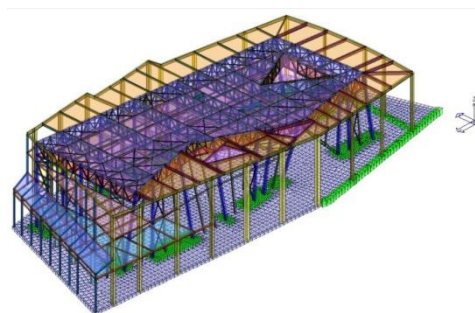
Si può subito osservare come la circolare risalga a 40 anni fa e, naturalmente, in questo lasso di tempo il modo di costruire e le tecnologie a disposizione si sono molto evolute. Immaginare di relegare a “struttura” o ad elemento “strutturale” solo quanto considerato nella citata circolare è molto riduttivo e non in linea con i tempi. Compiuta questa opportuna premessa, si possono comunque fare delle affermazioni di carattere generale, considerando una struttura come un sistema di elementi strutturali diversi, tra loro interconnessi e organizzati.

Nel caso di uno scheletro portante in acciaio, si può schematizzare il corrispondente processo di progettazione strutturale secondo le seguenti modalità:

- Si inizia scegliendo materiali, geometria ed azioni sull'oggetto edilizio;

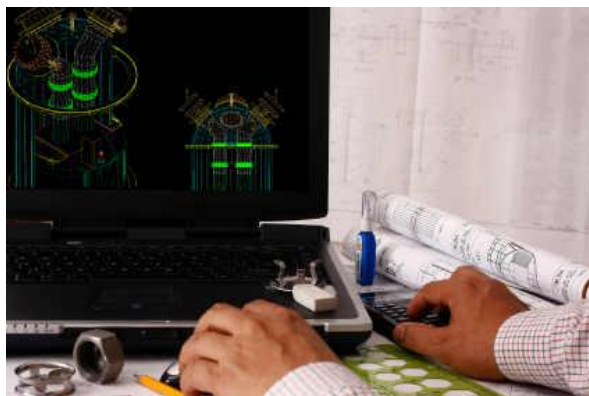


- Si effettua un predimensionamento strutturale, normalmente basandosi su regole pratiche ed esperienze pregresse;

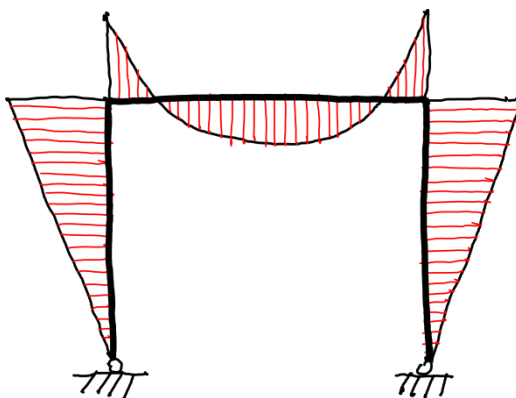


*A destra: estratto modello strutturale “Teatrino” di Palazzo Grassi - © Tecnobrevetti srl*

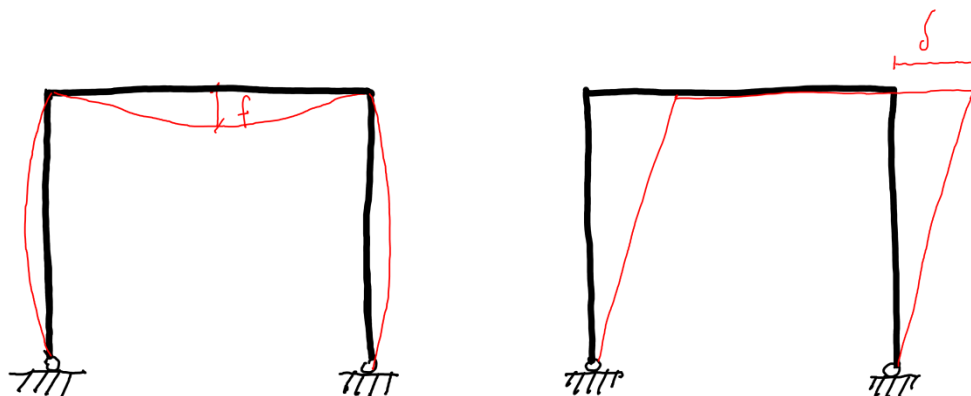
- Si esegue un'analisi strutturale, valutando gli effetti delle azioni esterne sulla struttura;



- Si eseguono le verifiche sulla resistenza della struttura: le sollecitazioni resistenti devono essere maggiori di quelle agenti;



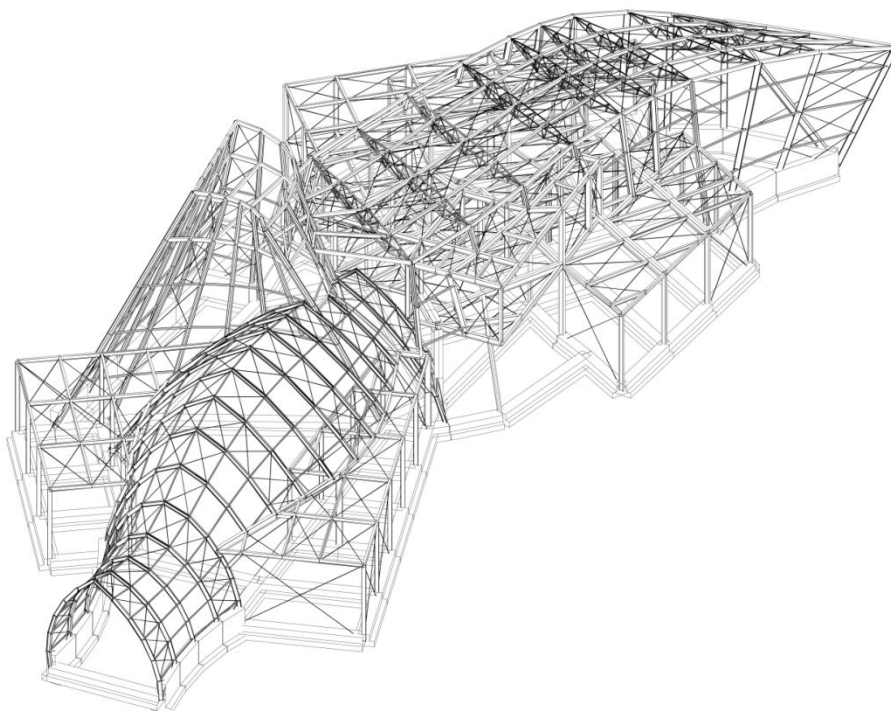
- Si verifica, simultaneamente, che le deformazioni della struttura siano inferiori ai limiti prestabiliti dalla normativa;



- Se le verifiche non sono soddisfatte, si procede a un nuovo dimensionamento;



- In caso contrario, il processo di progettazione è concluso.



*Vista 3D strutture in acciaio mercato ittico di Porto San Giorgio - © ACALE*

## **SISTEMA STRUTTURALE, COMPONENTI E COLLEGAMENTI**

Un sistema strutturale è, in generale, scomponibile in sistemi via via più semplici, fino ad arrivare ai singoli elementi componenti.

In questo modo, nell'eseguire un'analisi strutturale, si può studiare il comportamento globale attraverso lo studio dei singoli componenti strutturali, e viceversa.

## **REQUISITI STRUTTURALI**

Un edificio, così come una qualsivoglia opera di ingegneria civile, dal punto di vista strutturale deve soddisfare una serie di requisiti, che possono essere qui di seguito riassunti:

Resistenza meccanica e stabilità: l'edificio deve essere in grado di resistere ai carichi agenti in fase di esecuzione e di esercizio, rispettando inoltre i limiti imposti per le deformazioni;

Funzionalità: l'opera deve garantire il proprio utilizzo in maniera affidabile per tutto il suo ciclo di vita;

Robustezza: in caso di eventi eccezionali, i danni strutturali non devono essere sproporzionati rispetto alle cause scatenanti;

Durabilità: le caratteristiche fisiche e meccaniche devono rimanere invariate per tutta la vita utile dell'opera;

Resistenza al fuoco: in caso di incendio, le capacità portanti dell'edificio non devono venir meno per un certo lasso di tempo, normalmente dipendente dalla destinazione d'uso dell'opera edile.

## CRITERI DI PROGETTAZIONE

Dal punto di vista strutturale, è auspicabile seguire una serie di criteri, elencati di seguito, che possono migliorare le prestazioni dell'oggetto edilizio che si sta progettando.

Semplicità: più una struttura è semplice, più è facile prevederne il comportamento;

Regolarità geometrica e simmetria: quando una struttura rispetta queste due condizioni, il suo comportamento meccanico è migliore rispetto a quando non si tiene conto di questi due aspetti;

Iperstaticità e ridondanza: è bene garantire queste "riserve" di resistenza, in modo da assicurare, in caso di collasso parziale, che i carichi possano essere ugualmente portati a terra dalle rimanenti parti dell'edificio, senza che il danno si propaghi;

Prevedibilità nel tempo: è sempre necessario utilizzare materiali e componenti che non mutino il proprio comportamento al trascorrere del tempo;

Principio di precauzione: materiali e componenti devono avere caratteristiche geometriche e meccaniche certe. Nel caso dell'acciaio, questo viene garantito dalla marcatura CE del prodotto.

## GLI ELEMENTI STRUTTURALI DEGLI SCHEMI STATICI

Il progettista, nel momento in cui decide di approcciarsi a un problema strutturale (ad esempio in seguito ad un nuovo incarico o alla richiesta da parte di un committente), generalmente, una volta valutate le esigenze progettuali e le dimensioni in gioco (altezza dell'edificio, luce da coprire, ecc.), inizia a ideare uno schema statico. I passi che vengono seguiti, come già anticipato, sono:

- analisi delle esigenze progettuali;
- valutazioni delle dimensioni in gioco;
- ideazione di un iniziale schema statico (anche bidimensionale) e dei relativi carichi agenti;

- perfezionamento dello schema statico nella sua configurazione spaziale (con relativi vincoli interni ed esterni);
- scomposizione degli elementi dello schema statico, in modo da assegnarne materiali e tipologia dei singoli componenti, individuando quella più efficiente;
- analisi strutturale vera e propria, per come visto sopra.

Nell'affrontare il calcolo strutturale, gli elementi vengono analizzati secondo la sequenza:

- solai;
- travi e colonne;
- controventi.

Generalmente, i solai impiegati per strutture in acciaio sono formati da lamiera grecata fissate alle travi. Sulle lamiere viene posata una rete elettrosaldata ed eseguito un getto di completamento in calcestruzzo alleggerito.

È possibile individuare un sistema di travi secondarie, sulle quali vengono poggiati i solai, e un sistema di travi principali, che si occupano di trasferire sulle colonne i carichi provenienti dalle travi secondarie. Per quanto riguarda le travi principali, in un sistema a telaio con travi quali IPE, HE, ecc., esse sono soggette prevalentemente a flessione. Nel caso, invece, di sistemi con travi reticolari, gli elementi che le compongono sono soggetti prevalentemente a trazione o a compressione.

Le colonne, normalmente compresse o presso-inflesse, trasferiscono sulle fondazioni i carichi provenienti dagli elementi strutturali precedentemente descritti.

In un sistema intelaiato in acciaio, i collegamenti tra i vari elementi strutturali avvengono, usualmente, tramite vincoli con funzionamento a cerniera. Per stabilizzare lo scheletro portante nei confronti delle azioni orizzontali (vento e sisma, ad esempio), si ricorre all'uso dei controventi.

Questi ultimi, inseriti sia nei piani verticali che orizzontali, sono elementi strutturali diagonali che stabilizzano il sistema portante.

In alternativa, se non si desidera o non si può fare ricorso a elementi obliqui, si progettano dei nodi rigidi tra gli elementi strutturali. In questo modo sarà possibile trasmettere sforzo normale, taglio e momento tra elementi strutturali adiacenti.

---

***Per approfondire l'argomento, si allega uno stralcio dei capitoli 1 e 2 del libro [“Progettazione di strutture in acciaio”](#) di Stefania Arangio, Francesca Bucci, Franco Bontempi – Fondazione Promozione Acciaio.***

## 1.1. Il processo di progettazione di una struttura in acciaio

Per definire quali sono i principi che governano il processo di progettazione di una struttura prima di tutto è necessario specificare cosa si intende con il termine "struttura". Una definizione semplice potrebbe essere "insieme di elementi in grado di sopportare le azioni applicate e di trasmetterle al suolo". Una definizione di questo tipo risulta però piuttosto vaga: infatti non spiega cosa effettivamente caratterizzi una struttura e conseguentemente non aiuta ad inquadrare quali siano i fattori da considerare nella progettazione strutturale.

Nella realtà il concetto di struttura è legato ad aspetti più complessi e articolati; per esempio è necessario considerare che:

- una struttura è un *oggetto fisico reale*;
- una struttura è un oggetto complesso che funziona come un *sistema*: non ha senso considerare solo i vari elementi separatamente;
- una struttura non è quindi un puro assemblaggio di elementi: è proprio l'*organizzazione delle relazioni funzionali* fra gli elementi che conferisce alla struttura il carattere di interezza.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte la definizione di struttura data deve essere più completa; ad esempio una struttura è una "entità fisica composta da elementi strutturali diversi interrelati da una organizzazione che le conferisce un carattere di sistema".

In questa definizione sono messi in evidenza diversi fattori che caratterizzano i problemi strutturali ma manca ancora un aspetto caratteristico legato alle situazioni reali: è necessario infatti considerare che una struttura è sempre inserita in un *ambiente di progetto* che necessariamente ha un ruolo fondamentale nella determinazione delle sue caratteristiche.

In definitiva, a partire dalla definizione più generale di *sistema* che è quella di "complesso di elementi che interagiscono tra loro e con l'ambiente" ci si rende conto che l'approccio progettuale moderno deve passare dall'analisi della *struttura* (intesa come costituita da elementi che interagiscono tra di loro) a quella del *sistema strutturale* (elementi che interagiscono tra di loro e con l'ambiente).

Nel caso di sistemi strutturali a scheletro portante in acciaio il processo di progettazione strutturale può essere schematizzato attraverso il diagramma di flusso in figura 1.1.

Dopo aver definito la tipologia di materiale e la geometria dell'opera il processo di progettazione si snoda attraverso le seguenti fasi.

- inizialmente vengono scelti *modelli* adeguati del materiale, della struttura e delle azioni;
- successivamente viene effettuato un primo *dimensionamento* degli elementi strutturali; per questa fase vengono generalmente utilizzate regole pratiche e conoscenze acquisite e si ottiene dunque il cosiddetto predimensionamento;
- la fase successiva è quella dell'*analisi strutturale*: in questa fase sono definite le possibili combinazioni delle azioni di progetto e vengono valutati gli effetti sulla struttura; nel caso di edifici questi vengono generalmente valutati in termini di

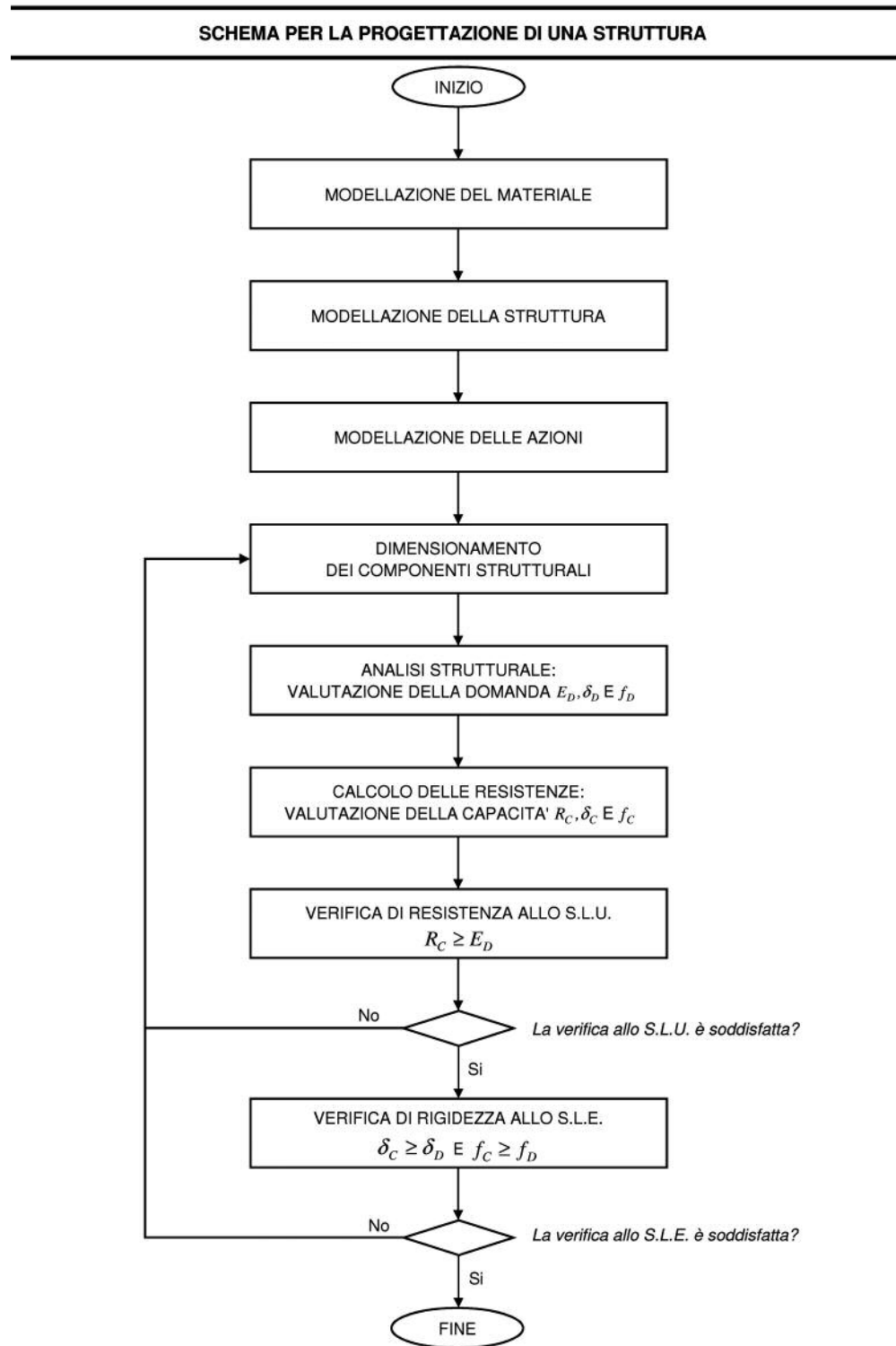


Figura 1.1 - Processo di progettazione di una struttura in acciaio

4

sollecitazioni sugli elementi strutturali  $E_D$ , di spostamenti  $\delta_D$  e di frequenze di vibrazione dei solai  $f_D$ ; in definitiva, l'analisi strutturale permette di valutare la *domanda*  $D$  di una struttura, ossia  $E_D$ ,  $\delta_D$ ,  $f_D$  sulla base del materiale da costruzione, della geometria e delle azioni applicate;

- una volta definita la domanda è necessario valutare la *capacità*  $C$  della struttura: questa viene valutata in termini di resistenza  $R_C$ , di spostamento limite  $\delta_C$  e di frequenza di vibrazione minima  $f_C$ ;
- i due passi successivi riportati in figura 1.1 riguardano il processo di verifica: per ognuna delle prestazioni considerate la capacità della struttura deve essere maggiore o al più uguale alla domanda:

$$C \geq D$$

La prima verifica in termini di *resistenza* della struttura è allo stato limite ultimo: consiste nel verificare che le sollecitazioni resistenti  $R_C$  siano maggiori delle sollecitazioni agenti  $E_D$ . Il concetto di stato limite e i relativi formati di verifica sono approfonditi nel capitolo 3:

$$R_C \geq E_D$$

La seconda parte delle verifiche è legata alla *deformabilità* della struttura in condizioni di esercizio (stato limite di esercizio): gli spostamenti degli elementi strutturali  $\delta_D$  dovuti alle azioni di progetto e le frequenze proprie dei solai  $f_D$  devono essere inferiori a dei limiti prestabiliti  $\delta_C$  e  $f_C$ :

$$\delta_C \geq \delta_D$$

$$f_C \geq f_D$$

Se le verifiche sono soddisfatte il processo di progettazione è terminato; se anche una sola delle relazioni risulta non verificata è necessario ripetere le varie fasi del processo partendo da un nuovo dimensionamento. Per ulteriori approfondimenti si veda Bontempi et al. (2008).

Le varie fasi del processo di progettazione saranno discusse e approfondite all'interno del volume.

## 1.2. Sistema strutturale, componenti e collegamenti

Come introdotto precedentemente, una costruzione è un organismo composto da diverse parti strutturali atte a raccogliere e trasferire al suolo i carichi verticali e orizzontali. All'interno di una struttura, per quanto complessa, è possibile identificare delle sottostrutture che hanno uno specifico comportamento strutturale. Queste, a loro volta, sono costituite da componenti strutturali che possono ulteriormente essere suddivisi in singoli elementi (figura 1.2).

Il corretto funzionamento di una costruzione è quindi legato a un corretto assemblaggio dei vari elementi e, a livello superiore, dei vari componenti. Questo aspetto riveste un ruolo fondamentale nelle costruzioni in acciaio: i singoli elementi sono generalmente prodotti standardizzati realizzati in serie e solo una attenta progetta-

zione dei collegamenti e una corretta disposizione dei componenti strutturali può assicurare un comportamento strutturale coerente e ottimale.

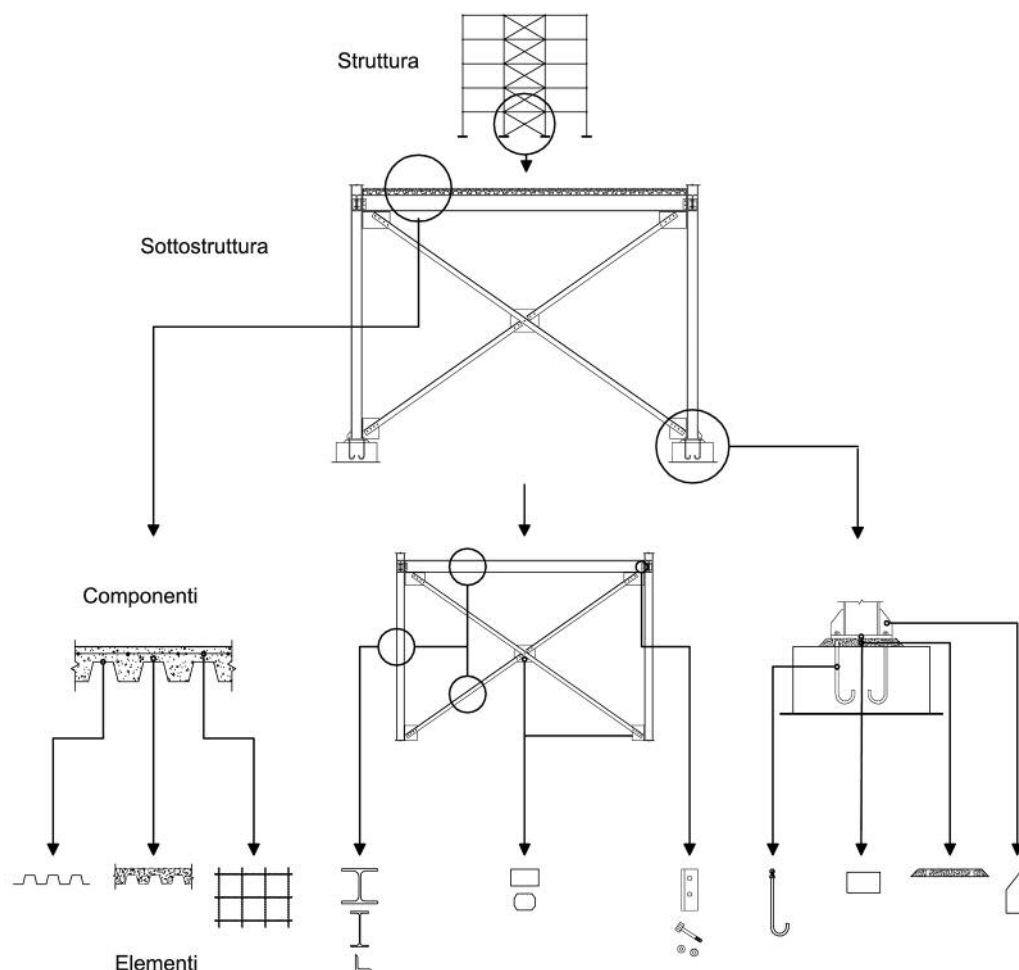


Figura 1.2 - Scomposizione di una struttura in acciaio

### 1.3. Requisiti strutturali

Le costruzioni devono soddisfare molteplici requisiti che garantiscono la possibilità di poter essere utilizzate in modo corretto durante tutta la loro vita utile. Tali requisiti devono essere stabiliti in modo chiaro e univoco a tutti i livelli, a partire dalle caratteristiche dei materiali da costruzione. Questo vale, ovviamente, sia per la comunità italiana sia a livello internazionale.

A tal fine, la Direttiva 89/106/CE "Prodotti da costruzione" del Consiglio Europeo, del 21 dicembre 1988, recepita in Italia con il D.P.R. n. 246 del 21 aprile 1993, è stata formulata con l'obiettivo di garantire la libera circolazione di tutti i materiali da

costruzione nell'Unione Europea mediante l'armonizzazione delle legislazioni nazionali nel campo dei requisiti essenziali per tali prodotti.

La Direttiva si applica "a qualsiasi prodotto fabbricato al fine di essere permanentemente incorporato in opere di costruzione, le quali comprendono gli edifici e le opere di ingegneria".

I *prodotti da costruzione* possono essere immessi sul mercato soltanto se idonei all'uso previsto. A tale riguardo, essi devono consentire la costruzione di opere che soddisfano, per una durata di vita economicamente accettabile, la conformità a una serie di requisiti riportati nell'allegato I della citata Direttiva.

Oltre ai requisiti legati ai materiali, anche i *requisiti strutturali di base* sono definiti all'interno delle norme nazionali ed europee. Questi vengono indicati nella sezione 2.1 dell'Eurocodice 0 (UNI EN 1990).

Requisito essenziale è che un'opera debba essere in grado di sopportare le azioni per le quali è stata progettata rimanendo adeguata allo scopo per il quale è stata concepita. Il soddisfacimento di tale requisito, essenziale sia dal punto di vista della sicurezza (*safety*) che della funzionalità (*serviceability*), si ottiene se le strutture, sia a livello di singolo elemento, sia di intero sistema, soddisfano i requisiti riportati di seguito (UNI EN 1990, 2.1 – (2)P).

- RESISTENZA MECCANICA E STABILITÀ

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che le azioni a cui può essere sottoposta durante la costruzione e l'utilizzazione non provochino il crollo dell'intera opera o di una sua parte. Devono inoltre essere evitate deformazioni di importanza inammissibile, danni ad altre parti dell'opera o alle attrezzature principali o accessorie in seguito a una deformazione di primaria importanza degli elementi portanti.

- FUNZIONALITÀ

La struttura deve poter essere utilizzata con un adeguato livello di affidabilità per lo scopo per il quale è stata costruita durante tutta la vita utile di progetto.

- ROBUSTEZZA

La robustezza strutturale consiste nella capacità di evitare, nel caso di eventi eccezionali, quali incendi, esplosioni, urti o conseguenze di azioni antropiche, danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti.

- DURABILITÀ

La struttura deve mantenere invariate, al trascorrere del tempo, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, purché venga effettuata la prevista manutenzione ordinaria. La durabilità è funzione dell'ambiente in cui la struttura è inserita e del numero di cicli di carico a cui potrà essere sottoposta. Una buona durabilità può essere ottenuta utilizzando materiali a ridotto degrado o assegnando dimensioni strutturali maggiorate in grado di compensare il deterioramento prevedibile dei materiali durante la vita utile di progetto, oppure mediante procedure di manutenzione programmata.

- RESISTENZA AL FUOCO

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che, in caso di incendio, la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo predeterminato. La produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere devono essere limitate in maniera tale che gli occupanti possano lasciare l'opera o essere soccorsi.

#### 1.4. Criteri di progettazione

Il processo di progettazione è complesso e generalmente iterativo come illustrato dallo schema di figura 1.1. È importante considerare una serie di criteri che possono aiutare nel raggiungimento delle prestazioni richieste. Questi criteri sono riportati di seguito.

- SEMPLICITÀ

Il criterio più generale di progetto riguarda la semplicità: per l'ingegneria questo è un valore fondamentale perché pone le basi per la certezza di comportamento. Questo principio diventa quindi una strategia globale per non introdurre ulteriori complessità in un ambiente già di per sé altamente incerto.

- REGOLARITÀ GEOMETRICA E SIMMETRIA

La regolarità geometrica riguarda la disposizione in pianta e in elevazione della struttura. È consigliata l'adozione di una configurazione geometrica lineare, con eccentricità limitate e possibili simmetrie, senza variazioni brusche di masse e rigidità. Tale regolarità dovrebbe essere considerata a diverse scale, dalla forma della pianta fino alle connessioni tra i singoli elementi strutturali.

- IPERSTATICITÀ E RIDONDANZA

La sicurezza globale in caso di crisi di una parte del sistema strutturale deve essere assicurata dalla presenza di percorsi di carico alternativi che permettano la creazione di diversi meccanismi resistenti e dalla presenza di vincoli e connessioni sovrabbondanti rispetto alla quantità strettamente necessaria.

- PREVEDIBILITÀ NEL TEMPO

È necessario utilizzare materiali e componenti strutturali il cui comportamento nel tempo sia il più possibile prevedibile al fine di evitare alterazioni brusche del comportamento meccanico.

- PRINCIPIO DI PRECAUZIONE

Per garantire il rispetto dei requisiti sopra indicati è necessario operare una scelta accurata dei materiali. Per poter essere utilizzati ai fini strutturali, materiali e componenti devono avere caratteristiche geometriche e meccaniche certe. Se vengono utilizzati materiali non esplicitamente citati nelle norme il produttore ne deve garantire prestazioni in linea con quanto richiesto dalla norma stessa.

## 2.1. Caratteristiche dell'acciaio

L'acciaio da costruzione è una lega composta per il 98% da ferro e da piccole percentuali di carbonio, manganese, silicio, rame e cromo; il manganese e il silicio migliorano la saldabilità, mentre il rame e il cromo migliorano la resistenza agli agenti atmosferici. L'acciaio è un materiale utilizzato per formare profili, a caldo o a freddo, di solito standardizzati, con i quali si può assemblare una struttura tridimensionale attraverso dei collegamenti.

Le proprietà meccaniche del materiale vengono generalmente ricavate tramite la prova di trazione monoassiale (secondo le norme [UNI EN ISO 377:1999](#), [UNI 552:1986](#), [UNI EN 10002-1:2004](#)) su provini standardizzati per forma e dimensioni, in modo da rendere confrontabili le prove eseguite in tempi e luoghi diversi. La prova viene effettuata applicando al provino una forza assiale, prima crescente e poi decrescente, fino alla rottura del provino stesso. Considerando una fase di carico e una di scarico è possibile determinare le deformazioni elastiche e plastiche del materiale.

Nel diagramma carico  $N$  – allungamento  $\Delta L$  che si ottiene dalla prova di trazione è possibile distinguere quattro zone (figura 2.1):

1. nella prima zona si evidenzia un comportamento lineare: la legge di Hooke è valida, gli allungamenti sono piccolissimi e la riduzione delle dimensioni trasversali del provino per l'effetto Poisson è trascurabile;

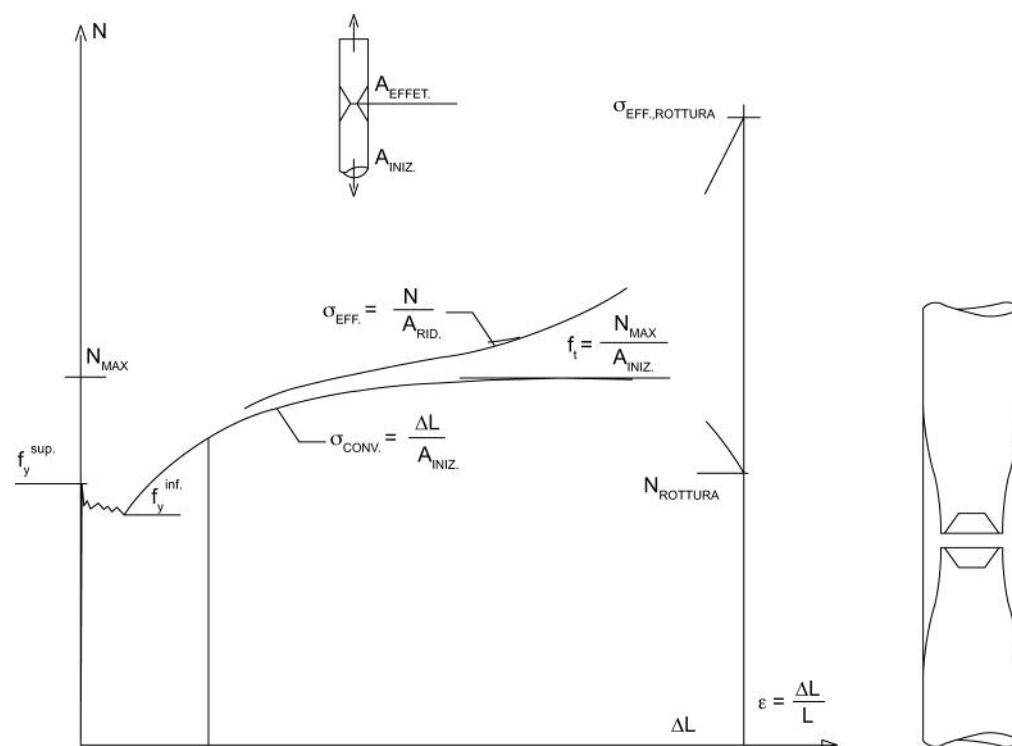


Figura 2.1 – Diagramma carico-deformazione della prova di trazione monoassiale

2. la seconda zona è caratterizzata da un tratto ondulato con andamento medio pressoché orizzontale dovuto all'insorgere delle deformazioni plastiche (*snervamento*);
3. la terza zona è caratterizzata da un ramo ascendente in cui l'aumento dell'allungamento si ottiene solo aumentando il carico (*incrudimento*); durante questa fase la contrazione trasversale del provino non è più trascurabile, cosicché si comincia a notare una differenza tra la tensione calcolata dividendo il carico per l'area effettiva ridotta e quella calcolata utilizzando l'area iniziale (ossia tra la misura di sforzo vero e quella ingegneristica o nominale). Il tratto crescente termina quando la contrazione trasversale cessa di essere uniforme e si localizza in una zona ristretta del provino (*strizione*);
4. la quarta zona, ad andamento discendente, descrive la riduzione del carico di prova effettuata per seguire l'evoluzione delle deformazioni plastiche nel provino. A causa della strizione, la sezione del provino non è più costante, ma si restringe sempre di più fino a quando si verifica la rottura. In tutta la quarta zona la tensione effettiva aumenta, anche se il carico viene gradualmente ridotto, perché prevale l'influenza della strizione che diminuisce, come si è detto, l'area della sezione trasversale.

Dalla prova di trazione appena descritta si ricavano i parametri riportati in tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Parametri ricavabili dalla prova di trazione monoassiale

|       |                                               |
|-------|-----------------------------------------------|
| $f_t$ | Tensione di rottura                           |
| $f_y$ | Tensione di snervamento                       |
| $E$   | Modulo di elasticità tangenziale (o di Young) |
| $e_t$ | Allungamento percentuale a rottura            |

## 2.2. Classificazione e denominazione

Nelle normative nazionali ed europee si considerano le seguenti classi di acciaio da carpenteria per la realizzazione di profilati laminati a caldo a sezione aperta. (NTC 2008, tabella 11.3.IX; UNI EN 1993, prospetto 3.1):

- S 235 (Fe 360)
- S 275 (Fe 430)
- S 355 (Fe 510)
- S 460.

Il valore dopo la S (*steel*) indica la tensione caratteristica di snervamento. Tra parentesi è indicata la denominazione che gli stessi acciai avevano nelle normative precedenti nelle quali però il numero utilizzato nella sigla indicava il valore della tensione di rottura.

Si noti che nelle nuove norme è stata inclusa nella gamma degli acciai normalmente impiegabili anche la classe S 460 che prima non era considerata.

Secondo le norme europee l'acciaio è denominato attraverso una sigla che ne riassume le caratteristiche principali, ad esempio:

EN 10025-2 S 235 J2 + Z25 + M

dove

EN 10025-2 = normativa europea di riferimento

S = simbolo dell'acciaio strutturale

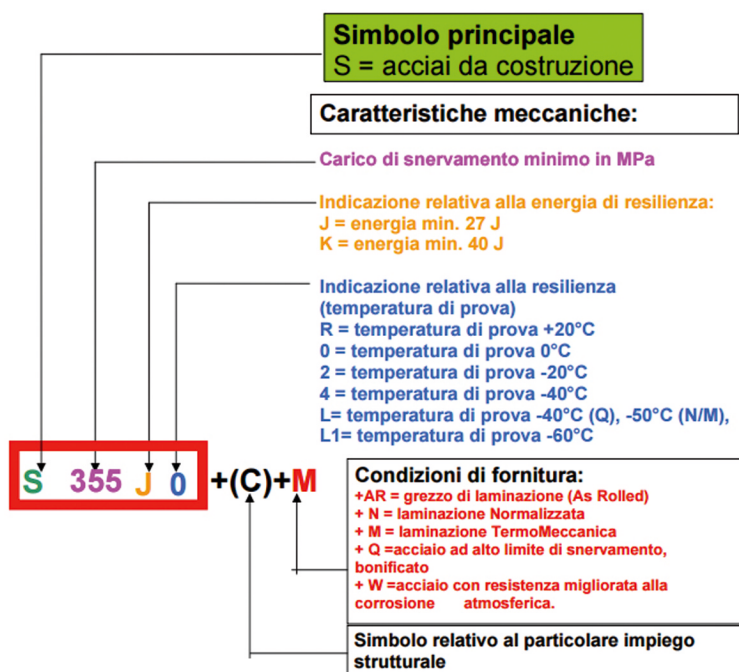
235 = tensione di snervamento espressa in N/mm<sup>2</sup>

J2 = sigla per la resilienza per intaglio

Z25 = simbolo che indica richieste particolari (in questo caso la riduzione dell'area del 25%)

M = simbolo che indica le condizioni di trattamento (laminazione termo meccanica).

In figura 2.2 sono schematizzate le sigle più utilizzate per gli acciai strutturali, mentre negli allegati riportati alla fine del testo è fornita la legenda completa dei simboli utilizzati dai vari sistemi di designazione.



N.B. la figura 2.2 del volume è stata sostituita con la presente, più aggiornata

### 2.3. Modello di calcolo dell'acciaio

Per la progettazione di strutture in acciaio si considera un comportamento del materiale semplificato (figura 2.3): il secondo tratto della curva mostrata in figura 2.1 viene

semplificato con un tratto rettilineo a partire dalla tensione di snervamento, trascurando quindi l'incremento di tensione che si ha successivamente fino alla rottura.

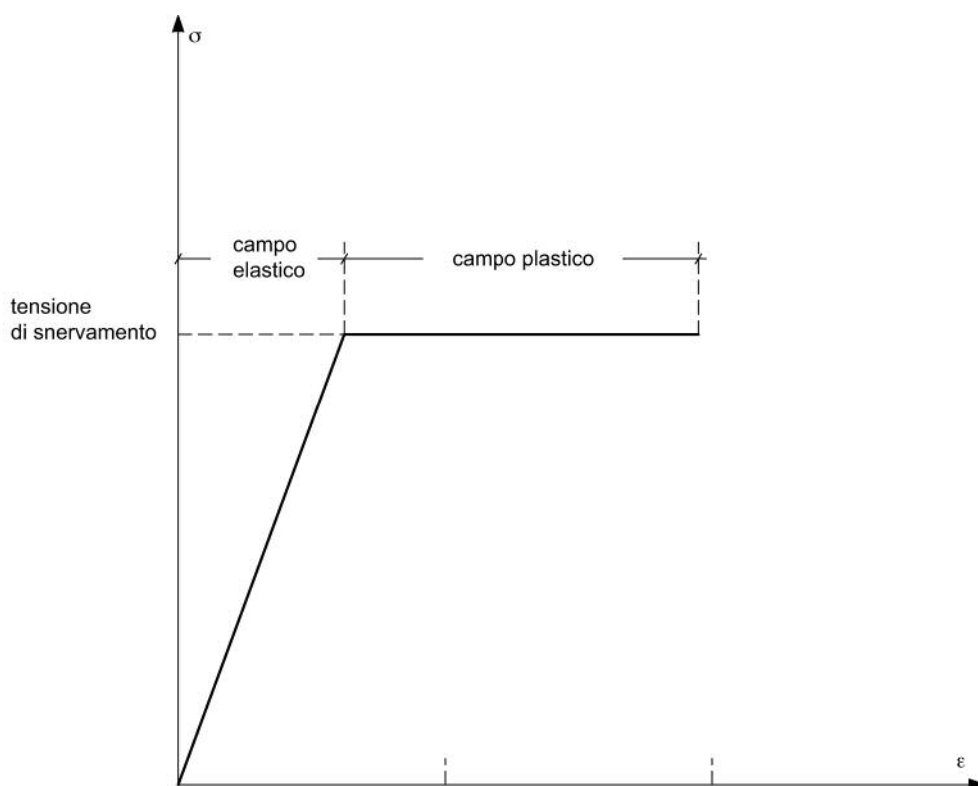


Figura 2.3 - Diagramma tensioni-deformazioni semplificato

## 2.4. Morfologia degli elementi strutturali

Una struttura è costituita da un insieme di elementi soggetti a carichi verticali e orizzontali che, opportunamente organizzati, sono in grado di resistere alle azioni esterne trasferendole a terra.

Un edificio in acciaio è generalmente costituito dai seguenti componenti strutturali (figura 2.4):

- solai;
- travi;
- colonne;
- controventi.

Esistono poi elementi strutturali secondari ed elementi non strutturali come le tamponature che servono a delimitare la superficie tridimensionale.

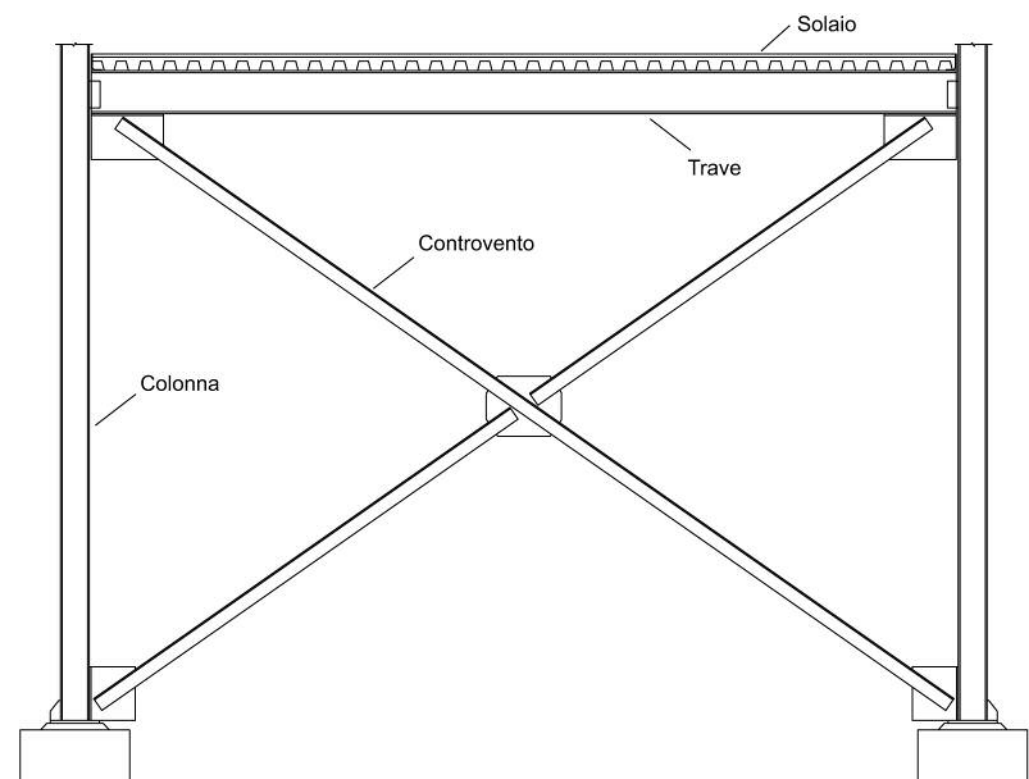


Figura 2.4 - Elementi resistenti di una struttura in acciaio

I solai sono strutture bidimensionali orizzontali in grado di trasferire i carichi agenti sugli altri componenti strutturali. La tipologia di solaio tipicamente utilizzata per le costruzioni in acciaio è costituita da una lamiera grecata, fissata alle travi tramite appositi bottoni di saldatura, all'interno della quale viene disposta una rete elettrosaldata e viene gettata una soletta di calcestruzzo alleggerito (figura 2.5). Le lamiere sono ottenute mediante sagomatura a freddo di nastri di lamiera di spessore variabile tra 5 e 20 decimi di millimetro e vengono generalmente fornite in elementi di lunghezza circa pari a 6 m; tale limitazione è legata ad esigenze di trasporto e montaggio.

Le travi sono elementi in cui una dimensione è prevalente rispetto alle altre due. Sono elementi prevalentemente inflessi, soggetti quindi a sforzo di taglio e momento flettente. Negli impalcati degli edifici in acciaio solitamente si dispone una orditura costituita da travi secondarie, su cui è appoggiato il solaio, e da travi principali che sopportano i carichi trasmessi dalle travi secondarie e li trasferiscono alle colonne.

Le colonne sono elementi strutturali prevalentemente compressi o presso-inflessi. Sopportano il carico proveniente dagli orizzontamenti e lo trasferiscono alle strutture di fondazione.

I profili commerciali più diffusi per la realizzazione di travi e colonne, le cui caratte-

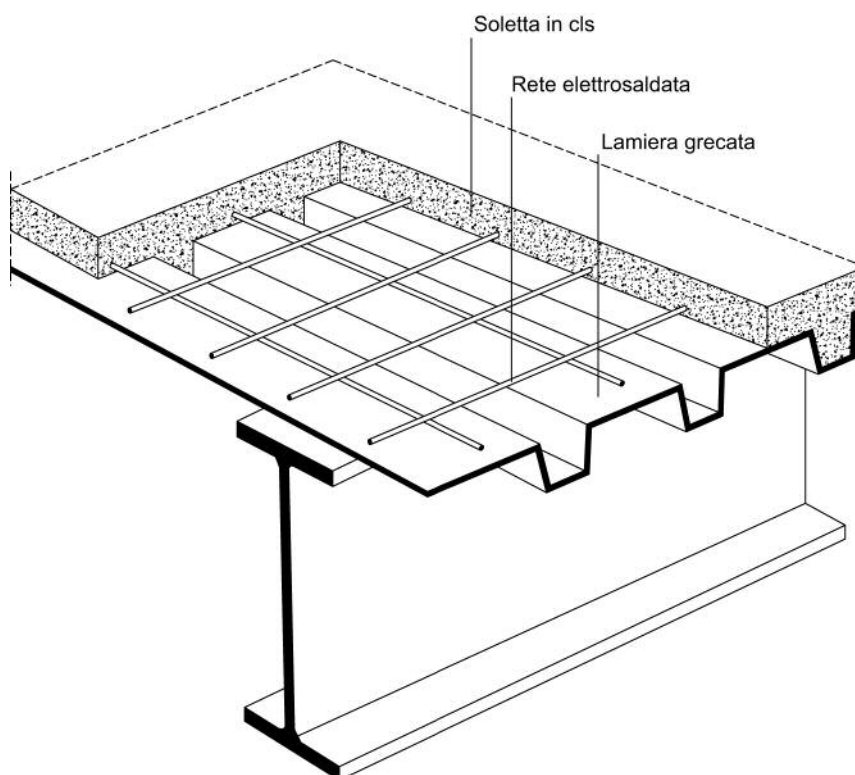


Figura 2.5 - Solaio in lamiera grecata

ristiche geometriche e meccaniche sono riportate nel dettaglio negli allegati, sono i seguenti:

- profili IPE: sono profili a doppia T ad ali parallele in cui l'altezza  $h$  della sezione è circa il doppio della base  $b$  ( $h \cong 2b$ ). Dato che il momento di inerzia in una direzione è notevolmente maggiore di quello nell'altra direzione, questo profilo è efficiente per sopportare sollecitazioni di tipo flessionale agenti marcatamente in una direzione, come quelle a cui sono soggette le travi. I profili IPE vengono prodotti con lunghezze fino a 12 m; per coprire luci maggiori è necessario realizzare profili composti le cui dimensioni e caratteristiche inerziali sono definite caso per caso;
- profili HE: sono profili a doppia T in cui le misure dell'altezza  $h$  e della base  $b$  sono molto simili ( $h \cong b$ ). Queste sezioni presentano un buon comportamento nei confronti dei fenomeni di instabilità poiché posseggono caratteristiche inerziali simili nelle due direzioni; per questo motivo sono spesso utilizzate per realizzare le colonne. Esistono, in ordine decrescente di resistenza, tre differenti classi di profili HE (figura 2.6): tipo pesante M, normale B, leggero A.

I controventi sono elementi inseriti sia nel piano verticale che orizzontale per eliminare le labilità di una struttura a ritri pendolari nei confronti delle azioni orizzontali.

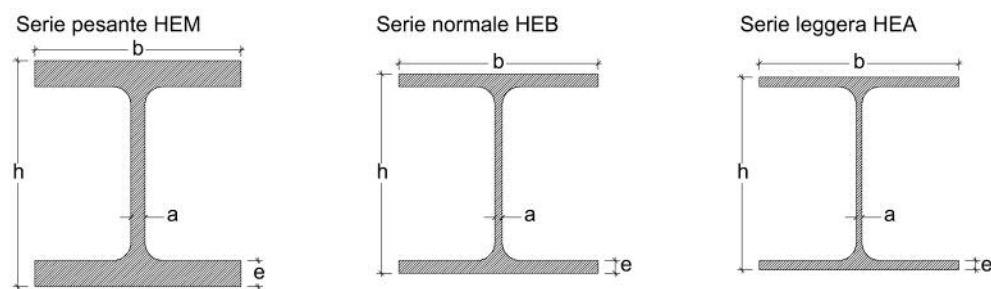


Figura 2.6 - Profili di tipo HE

Infatti, nel tipico schema a ritri pendolari, si ipotizza che i vari elementi siano collegati tra di loro tramite vincoli assimilabili a cerniere; l'organismo strutturale risultante è in grado di sopportare i carichi verticali ma risulta labile per azioni orizzontali. Inserendo elementi di controventamento questa labilità viene eliminata (figura 2.7).

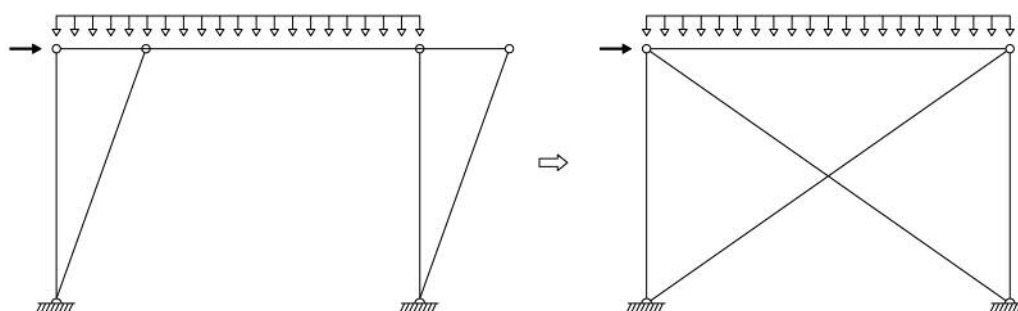


Figura 2.7 - Schema di una struttura a ritri pendolari

Un'altra soluzione per eliminare la labilità nei confronti delle azioni orizzontali è quella di progettare nodi rigidi tra gli elementi strutturali in grado di trasmettere sforzo assiale, taglio e momento, realizzando così una tipologia strutturale denominata *a telaio* (figura 2.8).

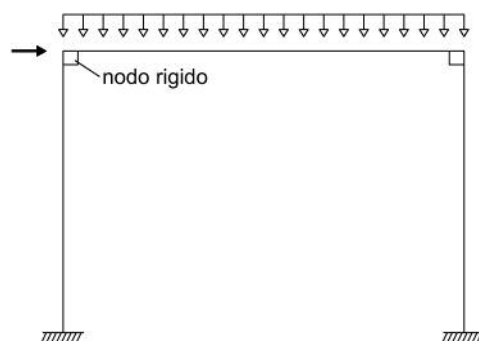


Figura 2.8 - Schema a telaio