

Lezione

Progetto di Strutture

Sistemi costruttivi in acciaio

Sistemi costruttivi

	Sistema costruttivo	Sottosistema strutturale
1	Edifici con struttura in cemento armato	<ul style="list-style-type: none"> - a telaio; - a pareti; - misto a telai e pareti; - a nucleo; - a ossatura pendolare in acciaio, con pareti o nuclei che costituiscono il sistema resistente principale per le azioni orizzontali; - prefabbricato
2	Edifici con struttura in acciaio	<ul style="list-style-type: none"> - a telaio, - a telaio con controventi concentrici; - a telaio con controventi eccentrici; - a mensola; - intelaiato controventato.
3	Edifici con struttura mista in acciaio e calcestruzzo	<ul style="list-style-type: none"> - a telaio, - a telaio con controventi concentrici; - a telaio con controventi eccentrici - a mensola; - intelaiato controventato.
4	Edifici con struttura in muratura	<ul style="list-style-type: none"> - a pareti in muratura ordinaria; - a pareti in muratura armata; - misto con pareti in muratura ordinaria o armata
5	Edifici con struttura in legno	
6	Edifici isolati	

Acciai per strutture metalliche

Generalità

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai recanti la Marcatura CE e conformi alle norme armonizzate della serie

UNI EN 10025 (per i laminati),
UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura)
UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati)

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate precedenti, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_{eH}$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

Acciai per strutture metalliche

Generalità

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$
- coeff. di espansione termica $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
(per temperature fino a $100 \text{ }^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Acciai per strutture metalliche

Laminati a caldo a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm < $t \leq 80$ mm	
	f_{yk} (N/mm ²)	f_{tk} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{tk} (N/mm ²)
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 275 N/NL	355	490	335	470
S 355 N/NL	420	520	390	520
S 450 N/NL	460	540	430	540

Acciai per strutture metalliche

Acciai laminati

Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U

Prodotti piani

- lamiere e piatti
- nastri

Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo)

Acciai per strutture metalliche

Bulloni

I bulloni devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella Tabella.

	Normali			Ad alta resistenza	
<i>Vite</i>	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
<i>Dado</i>	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento e di rottura delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella sono:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Acciai per strutture metalliche

Bulloni per giunzioni ad attrito

Viti e dadi per giunzioni ad attrito devono essere associati come indicato nella tabella precedente.

I bulloni devono essere conformi alle prescrizioni della tabella seguente:

Elemento	Materiale	Riferimento
<i>Vite</i>	8.8 - 10.9 secondo UNI ISO 898-1 : 2001	UNI EN 14399 : 2005 parti 3 e 4
<i>Dado</i>	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2 : 1994	
<i>Rosetta</i>	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 : 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	UNI EN 14399 : 2005 parti 5 e 6
<i>Piastrina</i>	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 : 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	

Acciai per strutture metalliche

Specifiche per utilizzo in zona sismica

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole :

- il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} (nominale) e la tensione di snervamento f_{yk} (nominale) deve essere maggiore di 1.20
- la tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare minore o uguale a $1.20 f_{yk}$
- l'allungamento a rottura A_5 , misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

Tipologie strutturali

Le strutture sismo-resistenti in acciaio

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo

la resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole definite per zona non sismica, non essendo necessario soddisfare i requisiti di duttilità.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo

le strutture devono essere progettate in maniera tale che le zone dissipative si sviluppino ove la plasticizzazione o l'instabilità locale o altri fenomeni di degrado dovuti al comportamento isteretico non influenzano la stabilità globale della struttura.

Le parti non dissipative delle strutture dissipative ed i collegamenti tra le parti dissipative ed il resto della struttura devono possedere una sovrarresistenza sufficiente a consentire lo sviluppo della plasticizzazione ciclica delle parti dissipative.

Tipologie strutturali

Caratteristiche dei materiali

Il coefficiente di sovrarresistenza del materiale, γ_{Rd} , è definito come il rapporto fra il valore medio $f_{y,m}$ della tensione di snervamento e il valore caratteristico f_{yk} nominale.

In assenza di valutazioni specifiche si possono assumere i valori indicati.

Acciaio	γ_{Rd}
S 235	1.20
S 275	1.15
S 355	1.10
S 420	1.10
S 460	1.10

Tipologie strutturali

Le strutture intelaiate in acciaio

1 *strutture a telaio*

composte da telai che resistono alle forze orizzontali con un comportamento prevalentemente flessionale. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate alle estremità delle travi in prossimità dei collegamenti trave-colonna, dove si possono formare le cerniere plastiche e l'energia viene dissipata per mezzo della flessione ciclica plastica.

Tipologie strutturali

Le strutture intelaiate in acciaio



Tipologie strutturali

Le strutture intelaiate in acciaio



Tipologie strutturali

Le strutture con controventi concentrici

2

**strutture con
controventi
concentrici**

nelle quali le forze orizzontali sono assorbite principalmente da membrature soggette a forze assiali. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate nelle diagonali tese. Pertanto possono essere considerati in questa tipologia solo quei controventi per cui lo snervamento delle diagonali tese precede il raggiungimento della resistenza delle aste strettamente necessarie ad equilibrare i carichi esterni.

Tipologie strutturali

Le strutture con controventi concentrici

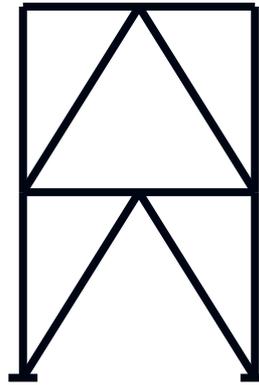
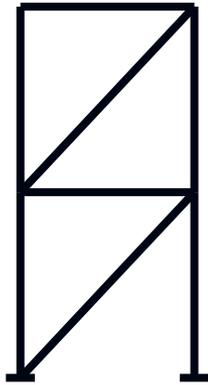
2

**strutture con
controventi
concentrici**

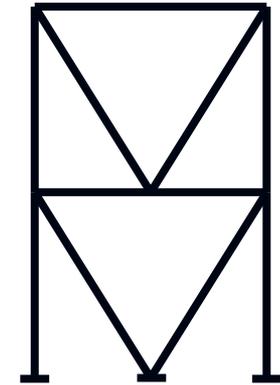
- 2a) *controventi con diagonale tesa attiva*, in cui la resistenza alle forze orizzontali e le capacità dissipative sono affidate alle aste diagonali soggette a trazione.
- 2b) *controventi a V*, in cui le forze orizzontali devono essere assorbite considerando sia le diagonali tese che quelle compresse. Il punto d'intersezione di queste diagonali giace su di una membratura orizzontale che deve essere continua.
- 2c) *controventi a K*, in cui il punto d'intersezione delle diagonali giace su una colonna. Questa categoria non deve essere considerata dissipativa in quanto il meccanismo di collasso coinvolge la colonna.

Tipologie strutturali

Configurazioni geometriche per controventi concentrici

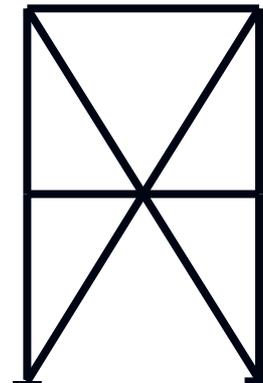
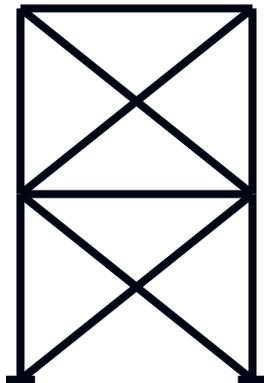


controventi a V invertita



controventi a V

controventi a X



controventi a X
di due piani

Tipologie strutturali

Le strutture con controventi concentrici



American Institute of Steel Construction

Tipologie strutturali

Le strutture con controventi concentrici



Tipologie strutturali

Le strutture con controventi concentrici



Tipologie strutturali

Le strutture con controventi eccentrici

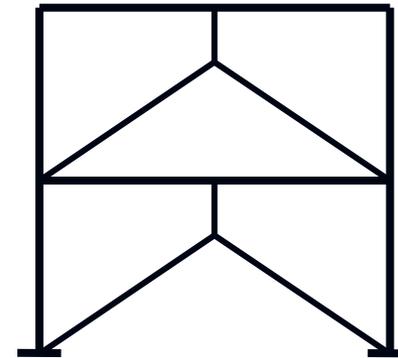
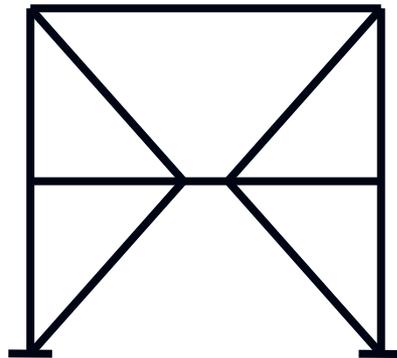
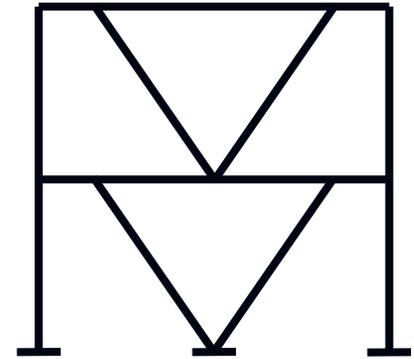
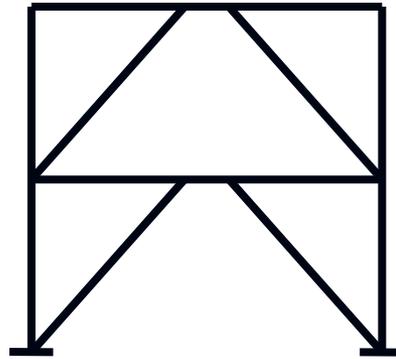
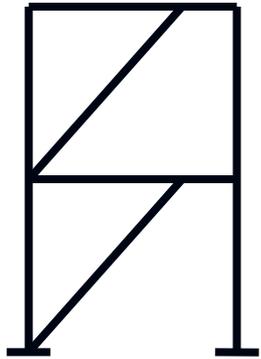
3

**strutture con
controventi
eccentrici**

nei quali le forze orizzontali sono principalmente assorbite da membrature caricate assialmente, ma la presenza di eccentricità di schema permette la dissipazione di energia nei traversi per mezzo del comportamento ciclico a flessione e/o taglio. I controventi eccentrici possono essere classificati come dissipativi quando la plasticizzazione dei traversi dovuta alla flessione e/o al taglio precede il raggiungimento della resistenza ultima delle altre parti strutturali.

Tipologie strutturali

Le strutture con controventi eccentrici



Tipologie strutturali

Le strutture con controventi eccentrici



Tipologie strutturali

Le strutture con controventi eccentrici



Tipologie strutturali

Le strutture a mensola

4

**strutture a
mensola o a
pendolo inverso**

costituite da membrature pressoinflesse in cui le zone dissipative sono collocate alla base.

Tipologie strutturali

Le strutture intelaiate con controventi concentrici

5

**strutture
intelaiate con
controventi
concentrici**

Strutture nelle quali le azioni orizzontali sono assorbite sia da telai che da controventi agenti nel medesimo piano.

Tipologie strutturali

Le strutture intelaiate con tamponature

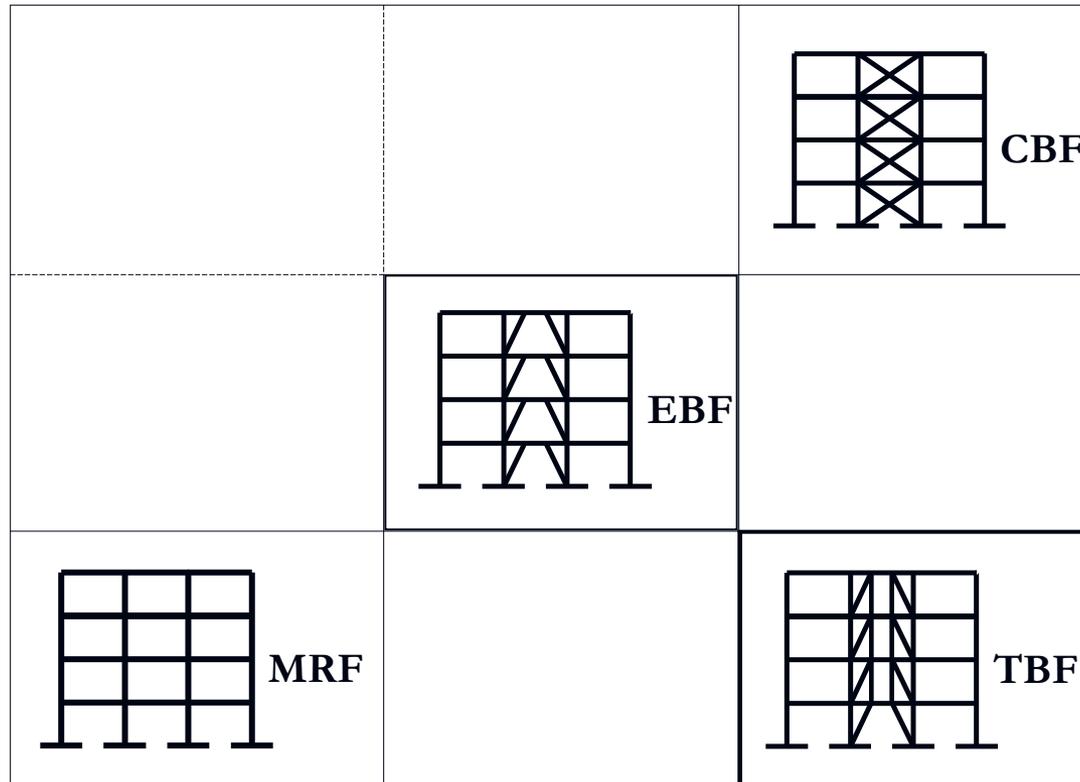
6

**strutture
intelaiate con
tamponature**

Strutture costituite da tamponature in muratura o calcestruzzo non collegate ma in contatto con le strutture intelaiate

Tipologie strutturali

Telai in acciaio



Tipologie strutturali

Le strutture sismo-resistenti in acciaio

q_0

	CD "B"	CD "A"
<i>Strutture a telaio, con controventi eccentrici</i>	4.0	5.0 α_u/α_1
<i>Controventi concentrici a diagonale tesa attiva</i>	4.0	4.0
<i>Controventi concentrici a V</i>	2.0	2.5
<i>Strutture a mensola o a pendolo inverso</i>	2.0	2.0 α_u/α_1
<i>Strutture intelaiate con controventi concentrici</i>	4.0	4.0 α_u/α_1
<i>Strutture intelaiate con tamponature in muratura</i>	2.0	2.0

Fattore di strutture

Fattore di sovraresistenza

Qualora non si proceda ad una analisi non lineare per la valutazione di a_u/a_1 , possono essere adottati i seguenti valori :

Strutture in acciaio	a_u/a_1
edifici a ad un piano	1.1
edifici a telaio a più piani, con una sola campata	1.2
edifici a telaio con più piani e più campate	1.3
edifici con controventi eccentrici e più piani	1.2
edifici con strutture a mensola o a pendolo inverso	1.0

Regole di progetto generali

Parti compresse e/o inflesse delle zone dissipative

Si deve garantire una duttilità locale sufficiente degli elementi che dissipano energia in compressione e/o flessione limitando il rapporto larghezza-spessore b/t secondo le classi di sezioni trasversali specificate nelle presenti norme, in funzione della classe di duttilità e del fattore di struttura q_0 usato in fase di progetto.

Le prescrizioni relative alle classi di sezioni trasversali di elementi in acciaio che dissipano energia, sono indicate in tabella.

Classe di duttilità	Valore di riferimento del fattore di struttura	Classe di sezione trasversale richiesta
CD "A"	$2 \leq q_0 \leq 4$	1 oppure 2
CD "B"	$q_0 \leq 4$	1

Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_θ definita come:

$$C_\theta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$$

essendo

θ_r la curvatura corrispondente
al raggiungimento della deformazione ultima ;

θ_y la curvatura corrispondente al raggiungimento dello snervamento.

Classificazione delle sezioni

Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

● **CLASSE 1**

quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico senza subire riduzioni della resistenza.

Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_{\theta} \geq 3$

● **CLASSE 2**

quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata.

Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_{\theta} \geq 1.5$

Classificazione delle sezioni

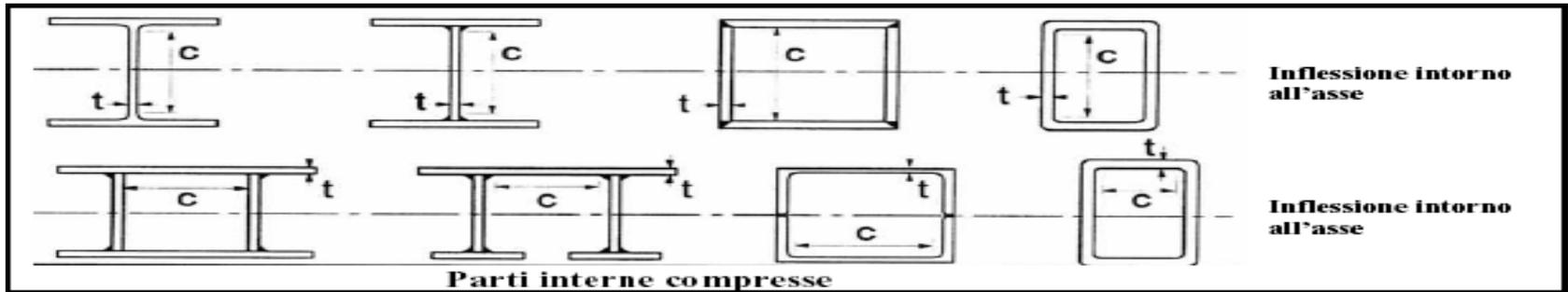
● CLASSE 3

quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;

● CLASSE 4

quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Classificazione delle sezioni



Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e compressione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)			
1	$c/t \leq 72 \varepsilon$	$c/t \leq 33 \varepsilon$	se $\alpha > 0.5$ se $\alpha \leq 0.5$
2	$c/t \leq 83 \varepsilon$	$c/t \leq 38 \varepsilon$	se $\alpha > 0.5$ se $\alpha \leq 0.5$

Regole di progetto generali

Parti tese delle zone dissipative

Nel caso di membrature tese con collegamenti bullonati, la resistenza plastica di progetto deve risultare inferiore alla resistenza ultima di progetto della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di collegamento.

Pertanto si deve verificare che:

$$\frac{A_{res}}{A} \geq 1.1 \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \frac{f_{yk}}{f_{tk}}$$

essendo

A l'area lorda ;

A_{res} l'area resistente costituita dall'area netta in corrispondenza dei fori di rinforzo ;

γ_{M0} γ_{M2} i coefficienti di sicurezza parziale dei materiali.

Regole di progetto generali

Collegamenti in zone dissipative

I collegamenti in zone dissipative devono avere sufficiente sovrarresistenza per consentire la plasticizzazione delle parti collegate.

Si ritiene che tale requisito di sovrarresistenza sia soddisfatto nel caso di saldature a completa penetrazione.

Nel caso di collegamenti con saldature a cordoni d'angolo e nel caso di collegamenti bullonati il seguente requisito deve essere soddisfatto:

$$R_{j,d} \geq \gamma_{Rd} 1.1 R_{pl,Rd} = R_{U,Rd}$$

dove:

$R_{j,d}$ è la resistenza di progetto del collegamento;

$R_{pl,Rd}$ è la resistenza plastica di progetto della membratura collegata;

$R_{U,Rd}$ è il limite superiore della resistenza plastica della membratura collegata.

FINE