

«CORSO DI FORMAZIONE  
NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI  
E  
LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI AI  
FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO»  
**“Costruzioni di acciaio e composte”**



*Prof. Ing. Walter Salvatore, Ing. Francesco Morelli*

*Università di Pisa*

*Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale (DICI)*



# INDICE

1. **Introduzione ed inquadramento generale:**
  - a) Tipologie tipiche;
  - b) Elementi principali;
  - c) Elementi secondari;
  - d) Costruzioni composte acciaio-calcestruzzo.
2. **Nuove NTC vs NTC2008 - principali differenze:**
3. **Progettazione prestazionale e prescrittiva delle costruzioni in acciaio:**
  - a) Regole generali;
  - b) Strutture intelaiate;
  - c) Strutture con controventi concentrici;
  - d) Strutture con controventi eccentrici;



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

FUNZIONE CUI L'OPERA DEVE ADEMPIERE



CONCEZIONE DELLA STRUTTURA

**SISTEMA STRUTTURALE:**

la scelta della tipologia  
gioca un ruolo  
fondamentale nelle  
progettazione strutturale

- Impianti sportivi
- Impianti industriali



**EDIFICI MONOPIANO**

- Abitazioni
- Centri commerciali
- Scuole



**EDIFICI MULTIPIANO**



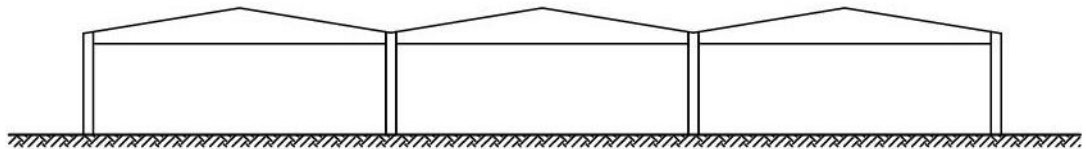
## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### EDIFICI MONOPIANO



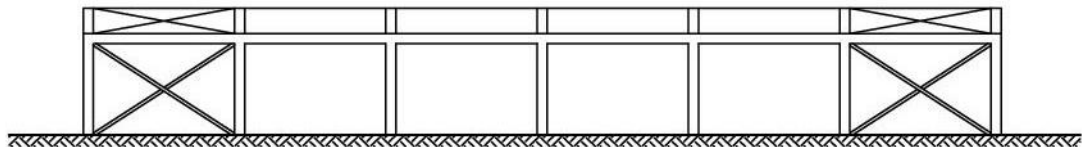
**DIREZIONE TRASVERSALE:**

- **STRUTTURA A PORTALE INCASTRATO ALLA BASE**
- **STRUTTURA A PORTALE INCERNIERATO ALLA BASE**



**DIREZIONE LONGITUDINALE:**

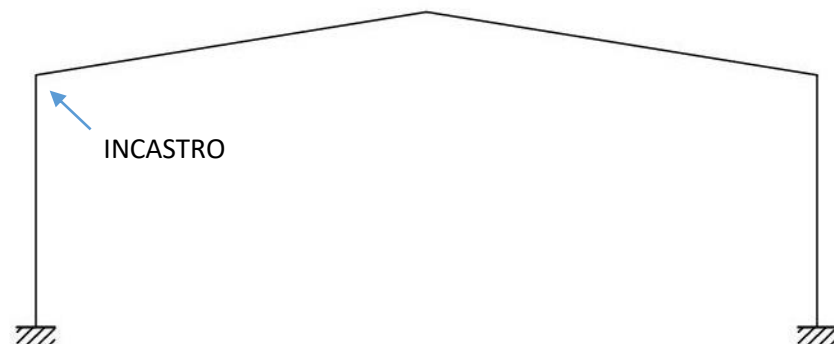
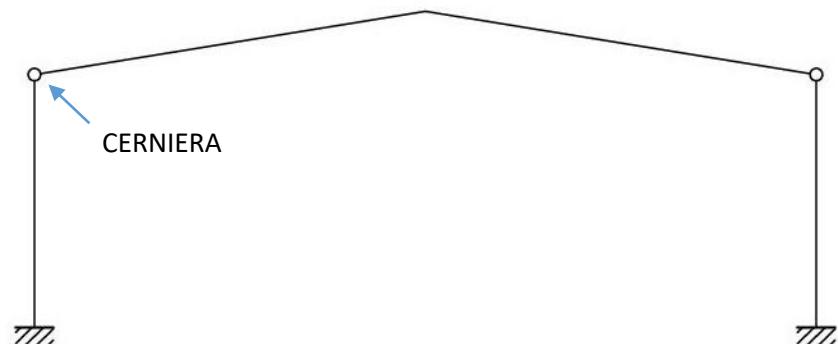
- **STRUTTURA CONTROVENTATA**





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➔ STRUTTURA A PORTALE INCASTRATO ALLA BASE



	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORIZZONTALI
COLONNE	Soggette a compressione	Soggette a flessione
TRAVI	Soggette a flessione	Soggette a compressione o trazione

	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORIZZONTALI
COLONNE	Soggette a presso-flessione	Soggette a flessione
TRAVI	Soggette a flessione	Soggette a presso-flessione o tenso-flessione

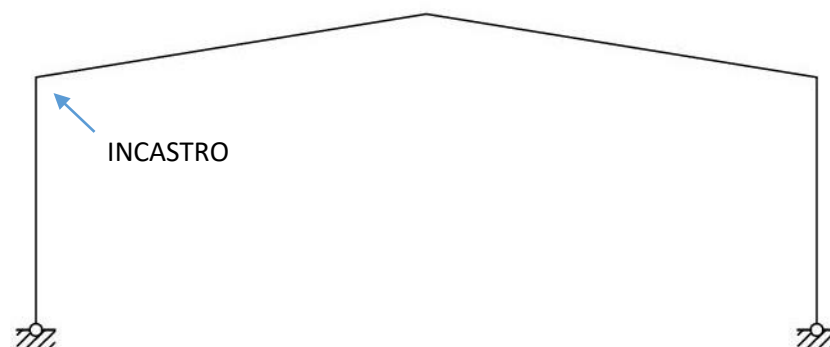
- Semplicità di calcolo
- Semplicità di fabbricazione in officina
- Semplicità di realizzazione in cantiere
- Versatilità di utilizzo

- Sollecitazioni minori nella trave
- Deformazione minore della trave per carichi verticali



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➔ STRUTTURA A PORTALE INCERNIERATO ALLA BASE



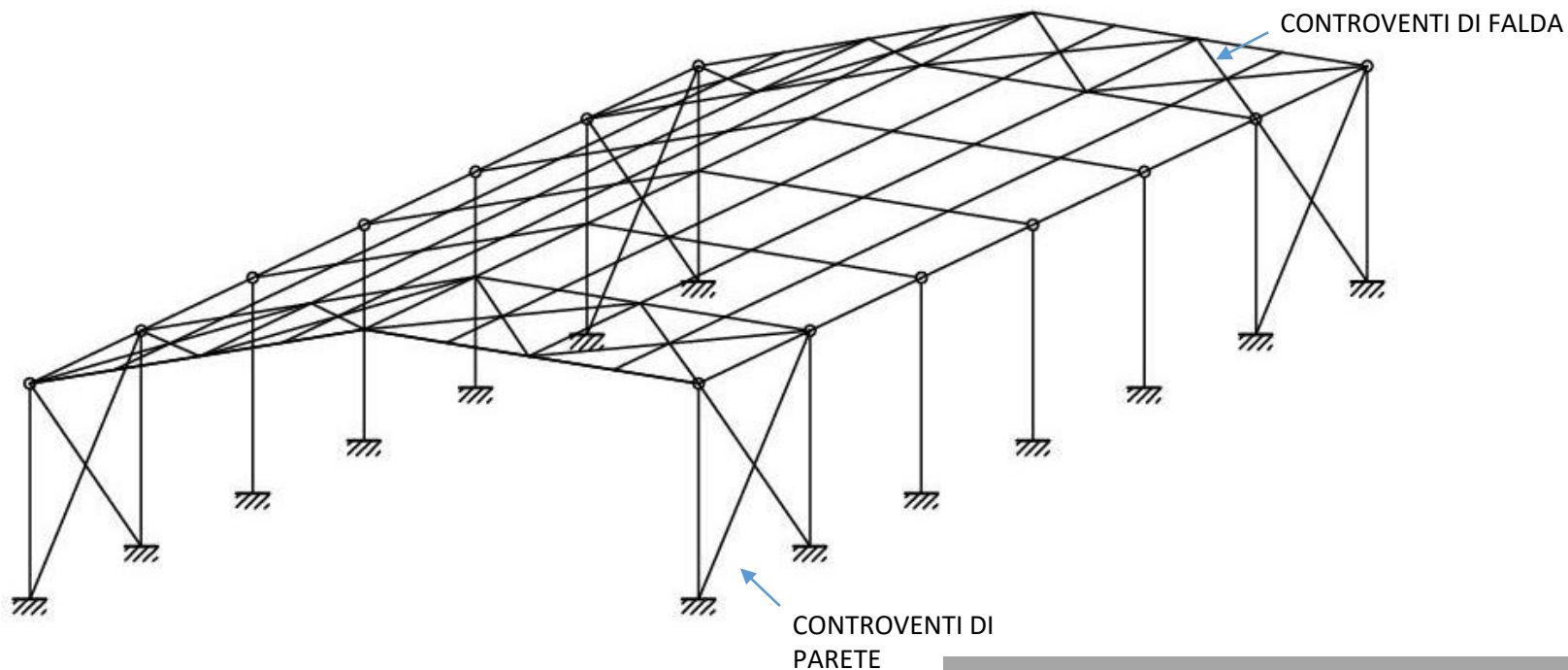
	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORIZZONTALI
COLONNE	Soggette a presso-flessione	Soggette a flessione
TRAVI	Soggette a flessione	Soggette a presso-flessione o tenso-flessione

- Nodo alla base scarico nei confronti del momento flettente
- Minori sollecitazioni nella fondazione
- Maggior pesantezza della trave; problemi di deformabilità



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➡ STRUTTURA CONTROVENTATA IN DIREZIONE LONGITUDINALE



#### AZIONI ORIZZONTALI DOVUTE A:

- Eventi sismici
- Azione del vento
- Scorrimento dei carriponte



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ EDIFICI MONOPIANO AD USO INDUSTRIALE



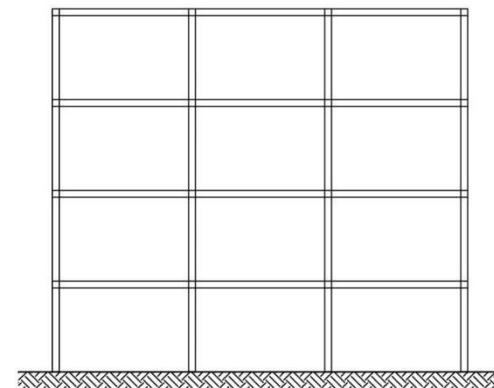


## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

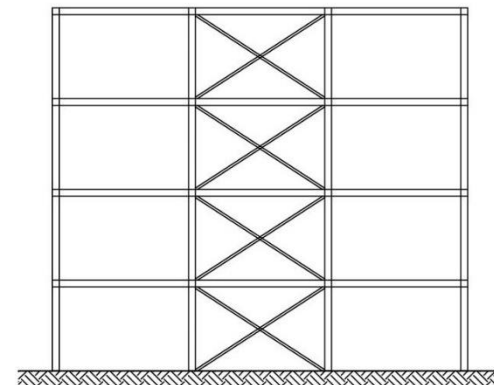
**EDIFICI MULTIPIANO**



**STRUTTURA INTELAIATA**



**STRUTTURA CONTROVENTATA**





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### → STRUTTURA INTELAIATA

	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORIZZONTALI
COLONNE	Soggette a presso-flessione	Soggette a presso-flessione o tenso-flessione
TRAVI	Soggette a flessione	Soggette a presso-flessione

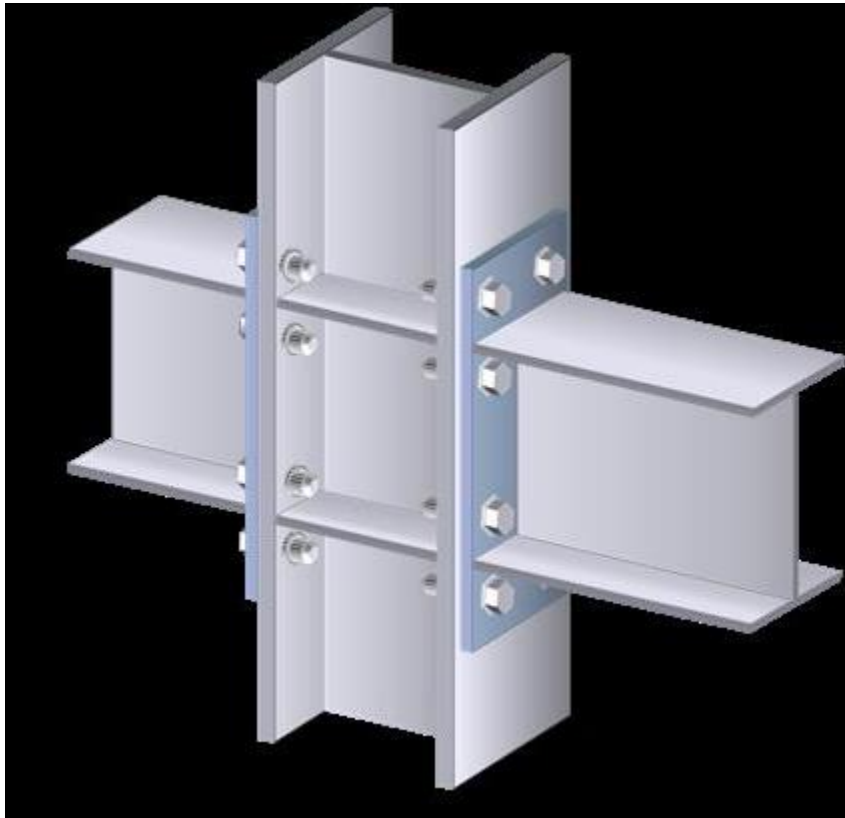
Le strutture prive di controventi possono resistere alle azioni orizzontali **solo se le membrature verticali e orizzontali sono rigidamente connesse tra loro** dando luogo ad una **struttura ad elevato grado di iperstaticità**. Ne consegue che:

- Le giunzioni tra i vari elementi sono maggiormente costose rispetto ai corrispondenti collegamenti a cerniera
- Le colonne risulteranno essere presso-inflesse
- La **deformabilità globale della struttura potrà essere elevata** in quanto legata alla sola rigidezza flessionale di travi e colonne



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ **STRUTTURA INTELAIATA**



**NODO TRAVE-COLONNA**



**INCASTRO**



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ **STRUTTURA INTELAIATA**



**NODO TRAVE-COLONNA**



**INCASTRO**



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

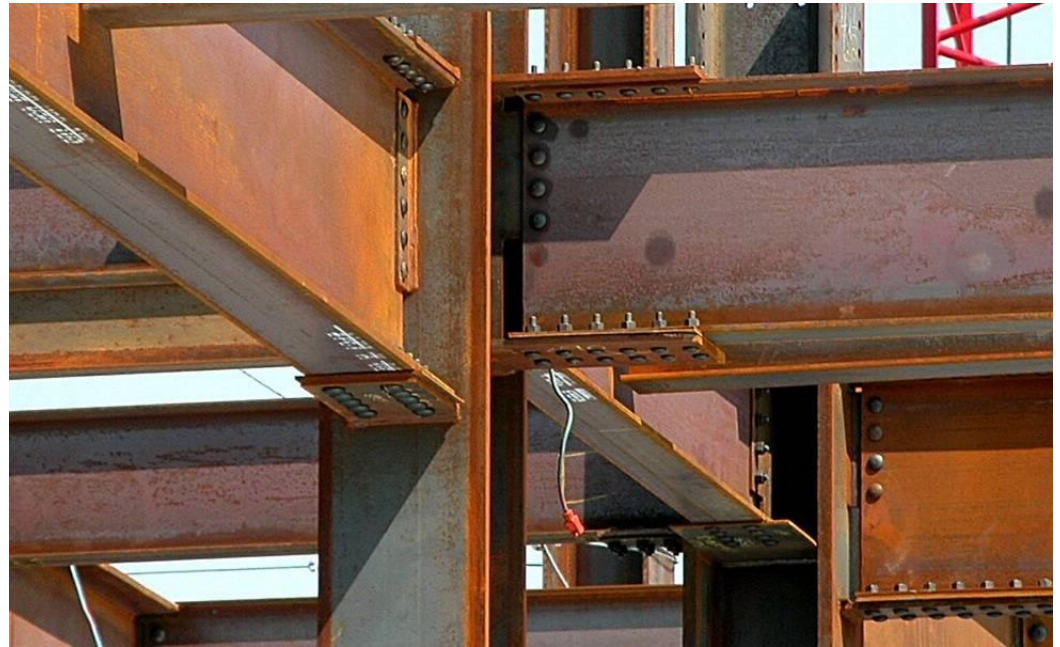
### → STRUTTURA INTELAIATA





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### → STRUTTURA INTELAIATA





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### → STRUTTURA CONTROVENTATA

	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORIZZONTALI
COLONNE	Soggette a compressione	Soggette a compressione o trazione
TRAVI	Soggette a flessione	Soggette a compressione o trazione

Le strutture con controventi permettono una ripartizione dei compiti tra le varie membrature.

Ne consegue che:

- Le giunzioni tra i vari elementi saranno più semplici (cerniere)
- Le colonne risulteranno essere prevalentemente soggette a compressione e limitatamente a flessione
- La **deformabilità globale della struttura sarà ridotta** in quanto legata alla rigidezza del sistema di controvento

Tuttavia le strutture controventate presentano alcune controindicazioni:

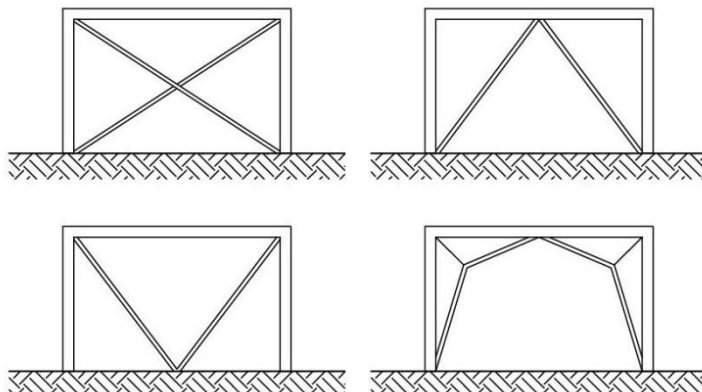
- Possibili problemi di carattere architettonico dovuti alla presenza dei controventi
- Azioni in fondazione concentrate in alcuni elementi e non distribuite su tutta la pianta dell'edificio (in funzione della disposizione dei controventi).



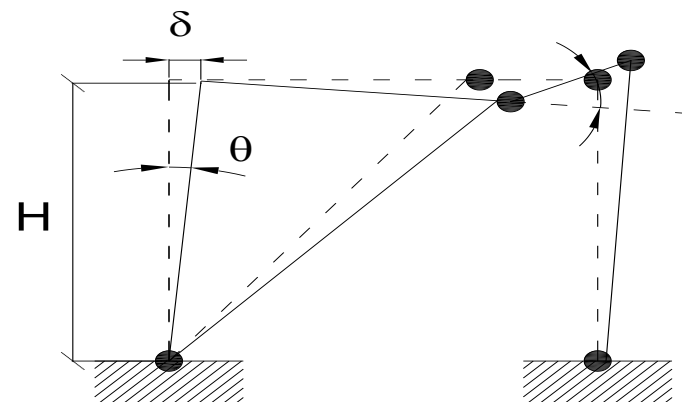
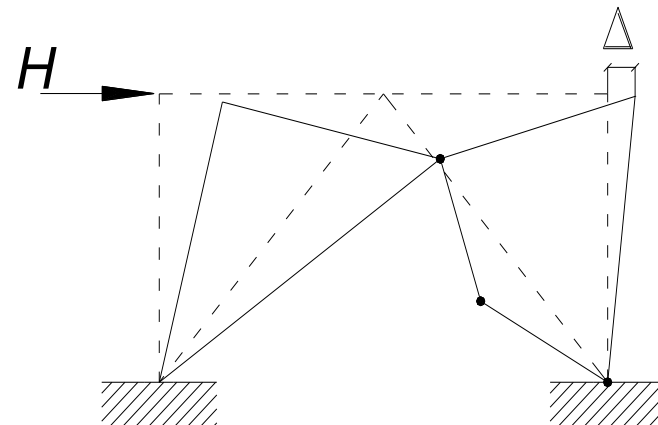
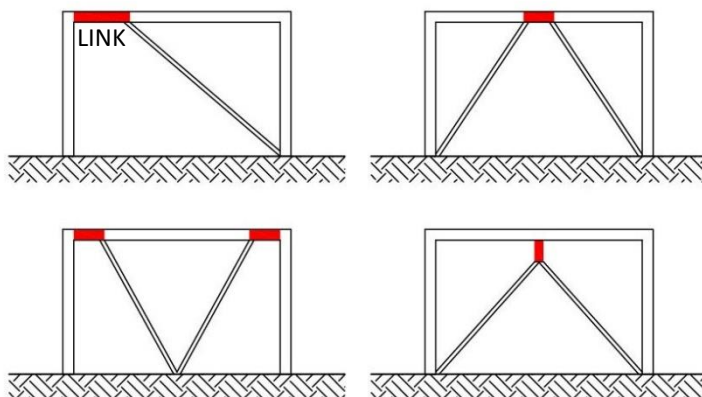
## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➡ STRUTTURA CONTROVENTATA

#### ➡ CONTROVENTI CONCENTRICI:



#### ➡ CONTROVENTI ECCENTRICI:

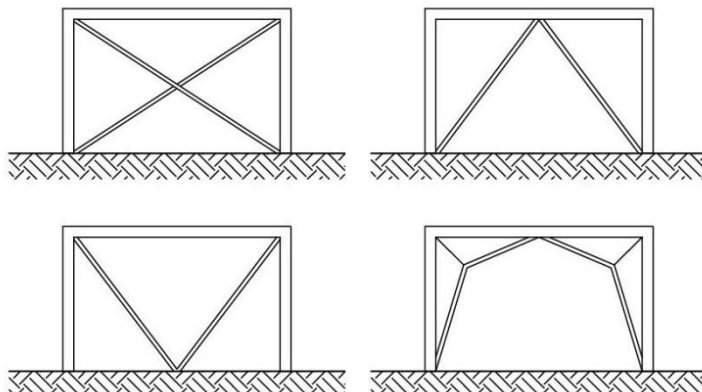




# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ➔ STRUTTURA CONTROVENTATA

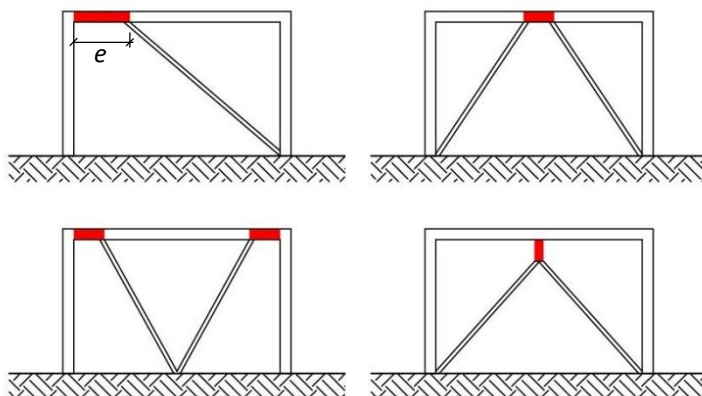
### ➔ CONTROVENTI CONCENTRICI:



Nelle strutture dissipative:

La plasticizzazione avviene nel controvento teso poiché il controvento compresso è soggetto a fenomeni di instabilità

### ➔ CONTROVENTI ECCENTRICI:



Link corti, la plasticizzazione avviene per **taglio**

$$e \leq 0,8(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}}$$

Link intermedi, la plasticizzazione è un effetto combinato di **taglio e flessione**

*valori intermedi*

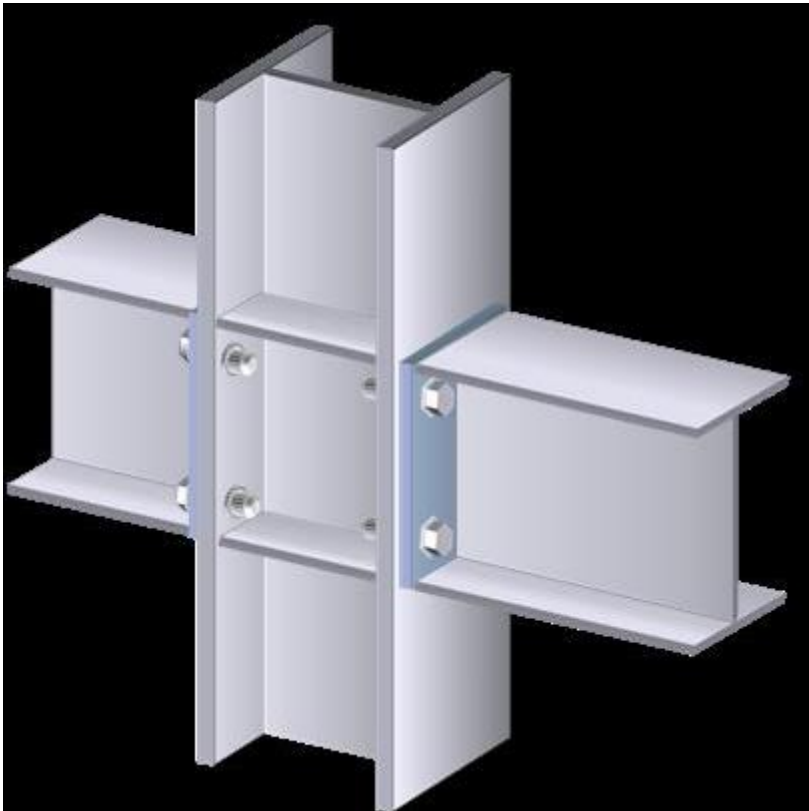
Link lunghi, la plasticizzazione avviene per **flessione**

$$e \geq 1,5(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}}$$



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ **STRUTTURA CONTROVENTATA**



**NODO TRAVE-COLONNA**



➡ **CERNIERA**



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ STRUTTURA CONTROVENTATA



NODO TRAVE-COLONNA

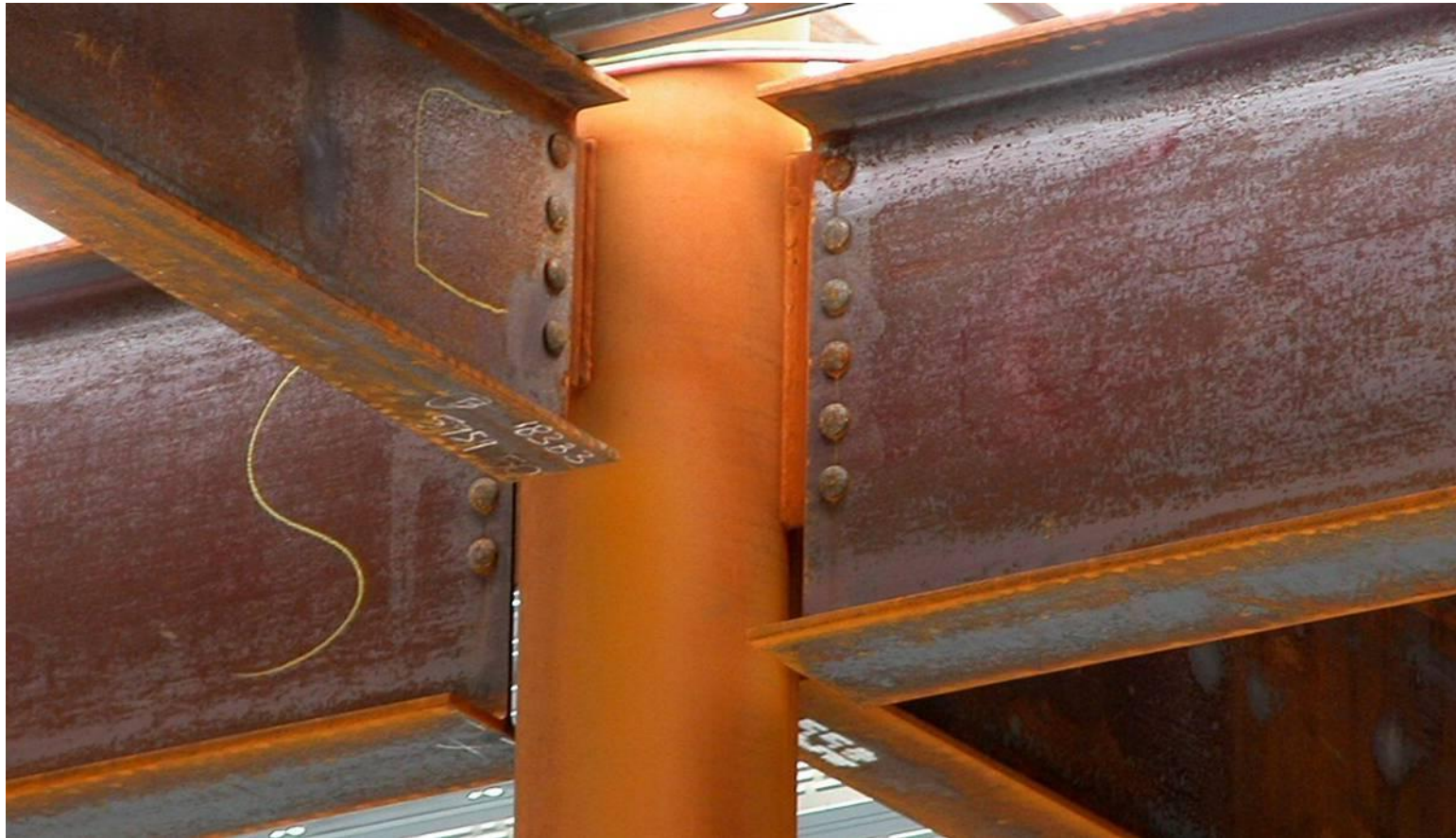


CERNIERA



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### → STRUTTURA CONTROVENTATA



NODO TRAVE-COLONNA

CERNIERA



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➡ STRUTTURA CONTROVENTATA – CONTROVENTI CONCENTRICI





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ **STRUTTURA CONTROVENTATA – CONTROVENTI ECCENTRICI**





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➡ STRUTTURA CONTROVENTATA – CONTROVENTI ECCENTRICI





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ CONTROVENTI PROVVISORI DI MONTAGGIO





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

➡ CONTROVENTI PROVVISORI DI MONTAGGIO





# **SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI**

## **ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE**

 **ELEMENTI IN PARETE PIENA**

 **ELEMENTI CELLULARI**

 **ELEMENTI CALASTRELLATI**

 **ELEMENTI RETICOLARI**

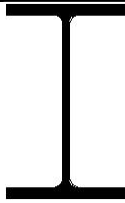
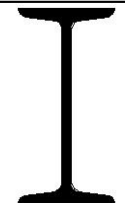
 **ELEMENTI CAVI**



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI IN PARETE PIENA LAMINATI

	IPE – travi a I ad ali parallele					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	IPE 80	80	IPE 750	750	5,0	196,0
	IPN – travi a I ad ali inclinate					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	IPN 80	80	IPN 600	600	5,9	199

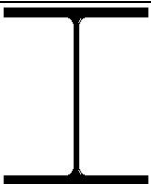
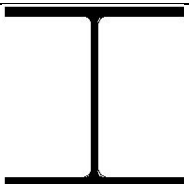

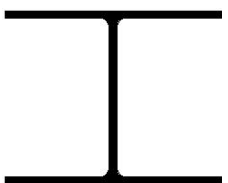


# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE



### ELEMENTI IN PARETE PIENA LAMINATI






	HE – travi a H ad ali larghe					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	HE 100	100	HE 1000	1000	12,2	584
	HL – travi ad ali extra-larghe					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	HL 920	920	HL 1100	1100	342	499
	HD – colonne ad ali larghe					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	HD 260	260	HD 400	400	54,1	1086
	HP – colonne portanti ad ali larghe					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	HP 200	200	HP 400	400	42,5	231



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI IN PARETE PIENA LAMINATI

	UPE – travi a U ad ali parallele					
	Dimensioni (h – mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	UPE 80	80	UPE 400	400	7,90	72,2
	UPN – travi a U ad ali inclinate					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	UPN 80	80	UPN 400	400	8,65	71,8
	U – travi a U ad ali inclinate					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	U 40 x 20	40	U 65 x 42	65	2,87	7,09
	L – angolari a lati uguali					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	L 20 x 20 x 3	20	L 250 x 250 x 35	250	0,9	128
	L – angolari a lati disuguali					
	Dimensioni (h - mm)				Massa (kg/m)	
	da:		a:		da:	a:
	L 120 x 80 x 8	120	L 200 x 100 x 14	200	12,2	31,6



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

➔ ELEMENTI IN PARETE PIENA LAMINATI





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE



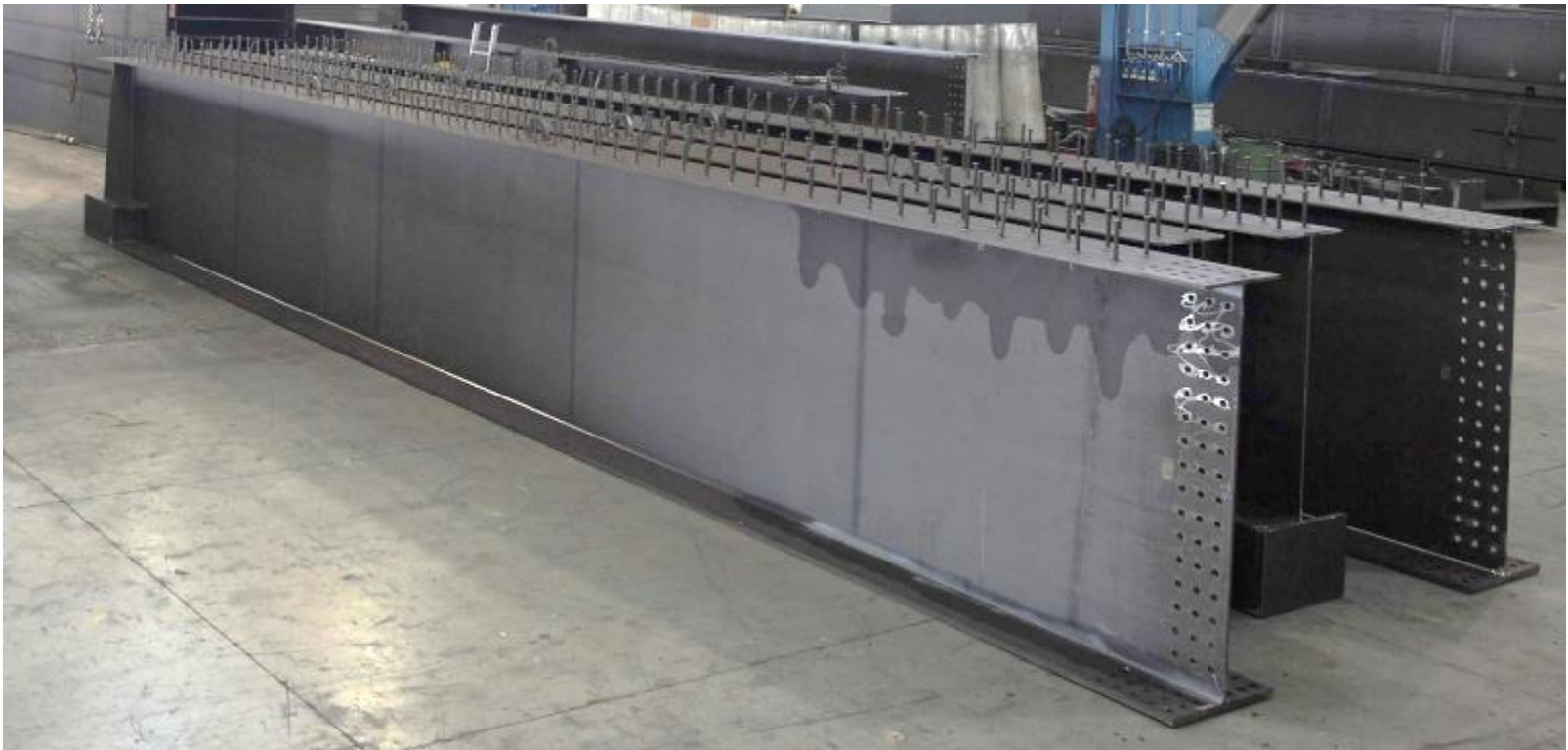
#### ELEMENTI IN PARETE PIENA COMPOSTI

- Le travi composte saldate sono realizzate mediante saldatura di lamiere e larghi piatti aventi spessori solitamente maggiori di 12 mm
- Questa tecnica permette di ottenere, mediante semplici operazioni di saldatura, profili dalle forme e dimensioni altrimenti non ottenibili con la normale laminazione a caldo
- L'impiego delle travi composte saldate nel mondo delle costruzioni ha subito un notevole incremento negli ultimi anni soprattutto nell'ingegneria dei ponti
- L'utilizzo delle lamiere grosse (heavy plates) ad elevata resistenza offre la possibilità di ridurre notevolmente le dimensioni delle sezioni



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ➔ ELEMENTI IN PARETE PIENA COMPOSTI





# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

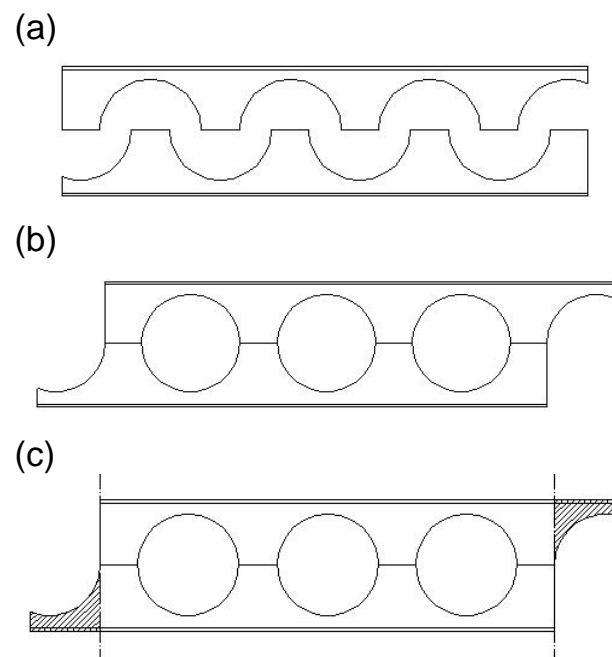
## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI CELLULARI

- Le travi alveolari sono prodotti realizzati tramite ossitaglio di un profilo di base laminato a caldo (IPE, HE, HL) e successiva saldatura delle parti ottenute a seguito del taglio stesso.



- a) Ossitaglio e separazione delle parti del profilo  
b) Assemblaggio e saldatura delle parti tagliate  
c) Taglio delle parti eccedenti






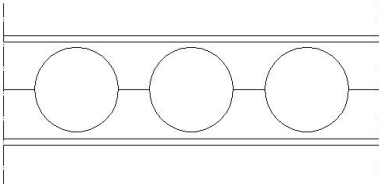

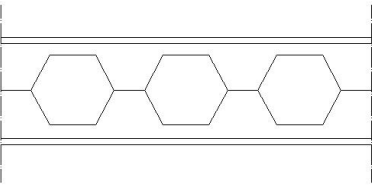

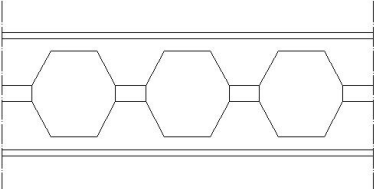

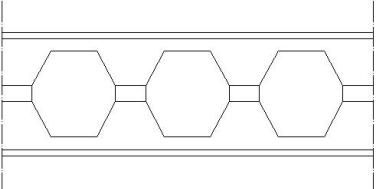
# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE



### ELEMENTI CELLULARI

- travi con foro circolare
- travi con foro esagonale
- travi con foro ottagonale

		Travi alveolari a fori circolari					
		Dimensioni (h – mm) profilo di base				Altezza (mm)	
		da:		a:		da:	a:
		IPE 200	200	IPE 750	750	300	1300
		HE 260	260	HE 1000	1000	400	1700
		Travi alveolari a fori esagonali					
		Dimensioni (h – mm) profilo di base				Altezza (mm)	
		da:		a:		da:	a:
		IPE 200	200	IPE 750	750	300	1155
		HE 260	260	HE 1000	1000	375	1580
		Travi alveolari a fori ottagonali					
		Dimensioni (h – mm) profilo di base				Altezza (mm)	
		da:		a:		da:	a:
		IPE 200	200	IPE 750	750	400	1540
		HE 260	260	HE 1000	1000	500	2100
		HL 920	920	HL 1100	1100	1850	2230



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE



### ELEMENTI CELLULARI

Le travi alveolari sono disponibili in molteplici combinazioni geometriche in termini di altezza finale, diametro dei fori e loro spaziatura, sono utilizzate prevalentemente nella realizzazione di tetti di copertura, solai ed orizzontamenti e possono offrire i seguenti vantaggi:

- a parità di peso un aumento dell'altezza della trave e dell'inerzia;
- **un facile passaggio delle tubazioni attraverso l'anima della trave;**
- ottimizzazione del rapporto rigidezza/peso;
- **maggior trasparenza della struttura grazie alle aperture apportate nelle anime dei profili.**



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI CELLULARI





# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI CELLULARI





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

#### ELEMENTI CAVI

I tubi, fabbricati con l'ausilio di saldature, sono ottenuti mediante formatura a caldo o a freddo, su profilo circolare, di un prodotto piano laminato a caldo o a freddo i cui bordi vengono quindi saldati; la saldatura può essere longitudinale o elicoidale.

Per la designazione dei profili cavi si utilizza una sequenza alfanumerica del tipo:

CFRHS S 235 J0 100x100x8

**CFRHS** la sigla identificativa di forma e finitura del profilo (profilo rettangolare formato a freddo)

**S 235 J0** la sequenza alfanumerica indicante le caratteristiche dell'acciaio

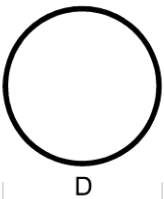
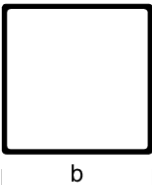
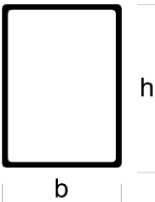
**100x100x8** le caratteristiche dimensionali del prodotto



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ ELEMENTI CAVI

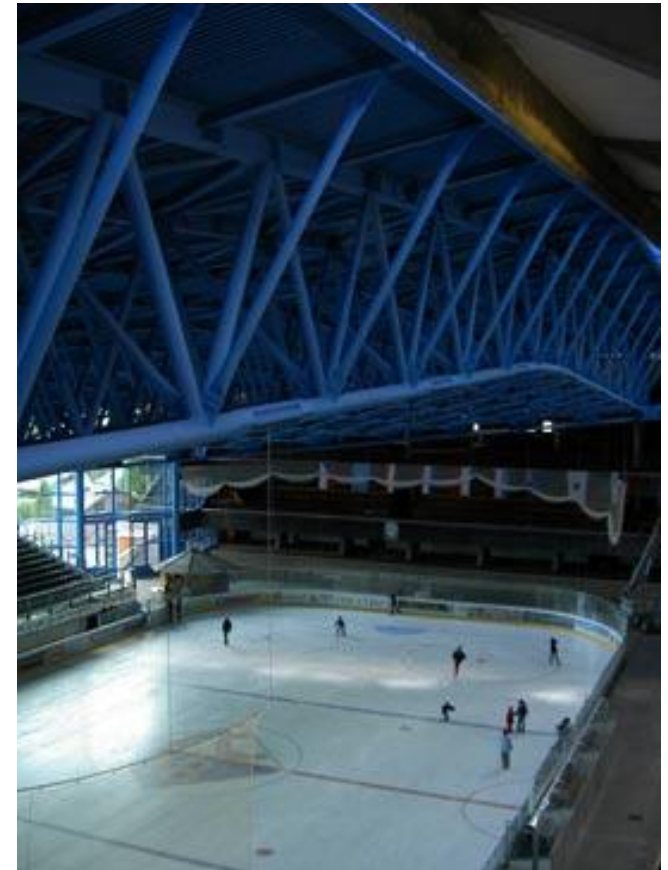
	Profili cavi a sezione circolare						<b><i>HCHS</i></b>
	Spessore (mm)		Dimensioni (D - mm)		Massa (kg/m)		<b><i>CHCHS</i></b>
	da:	a:	da:	a:	da:	a:	
	2,3	25	21	1219	1,1	736	
	Profili cavi a sezione quadrata						<b><i>HFSHS</i></b>
	Spessore (mm)		Dimensioni (b - mm)		Massa (kg/m)		<b><i>CFSHS</i></b>
	da:	a:	da:	a:	da:	a:	
	2	20	20	400	1,1	235	
	Profili cavi a sezione rettangolare						<b><i>HFRHS</i></b>
	Spessore (mm)		Dimensioni (b x h - mm)		Massa (kg/m)		<b><i>CFRHS</i></b>
	da:	a:	da:	a:	da:	a:	
	2,5	20	25 x 50	300 x 500	2,7	20	



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

➔ ELEMENTI CAVI





# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### TRAVI RETICOLARI

Generalmente utilizzati per le travi di grande luce, sono formati dall'unione saldata o bullonata di più elementi. Possono avere forme e tracciati diversi a seconda delle loro esigenze. Se gli arcarecci cadono sui nodi della trave reticolare gli elementi risulteranno sostanzialmente tesi o compressi:

- La briglia superiore risulterà per lo più compressa
- La briglia inferiore risulterà per lo più tesa
- Le diagonali e i montanti risulteranno tesi o compressi

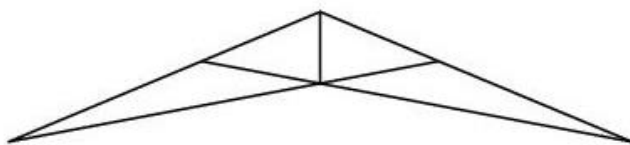
**È opportuno fare adeguata attenzione al fenomeno dell'instabilità degli elementi compressi sia nel piano della capriata che fuori piano.**



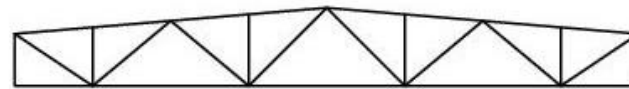
# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ TRAVI RETICOLARI



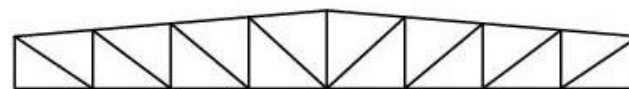
A cesoia



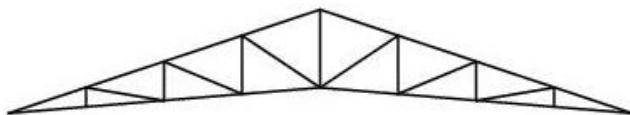
Warren



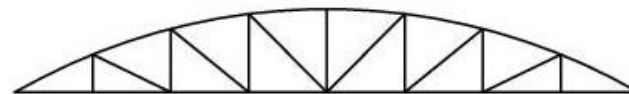
Polonceau



Mohnié



Inglese



Bowstring



# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ TRAVI RETICOLARI TRIDIMENSIONALI





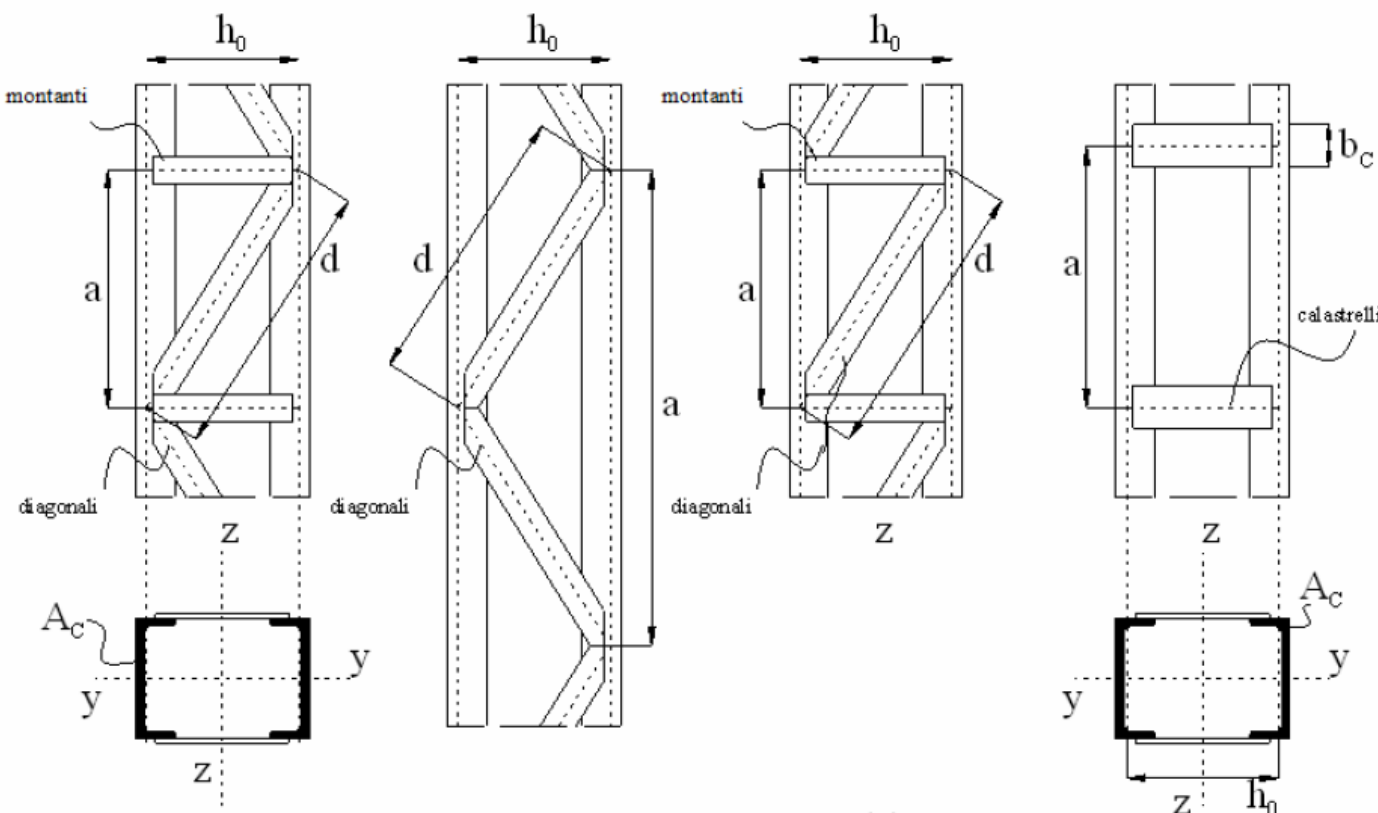
# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➔ COLONNE TRALICCIATE E CALASTRELLATE

Costituite da due o più profili a parete piena a sviluppo verticale, collegati reciprocamente mediante elementi in acciaio che, a seconda della loro disposizione, determinano:

- COLONNE TRALICCIATE – elementi di collegamento disposti in direzione orizzontale e diagonale;
- COLONNE CALASTRELLATE – elementi di collegamento disposti in direzione orizzontale





# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ELEMENTI PRINCIPALI: TRAVI E COLONNE

### ➡ COLONNE TRALICCIATE E CALASTRELLATE

In fase progettuale, per questa tipologia di elementi è necessario valutare i possibili fenomeni di instabilizzazione che possono verificarsi. Nel caso in cui si instabilizzino globalmente nel piano della tralicciatura ( o della calastrellatura) è necessario considerare la trave deformabile anche a taglio.





## **SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI**

### **ELEMENTI SECONDARI**

 **COPERTURE E ORIZZONTAMENTI**

 **SISTEMI DI IRRIGIDIMENTO**

 **ORDITURE DI PARETE**

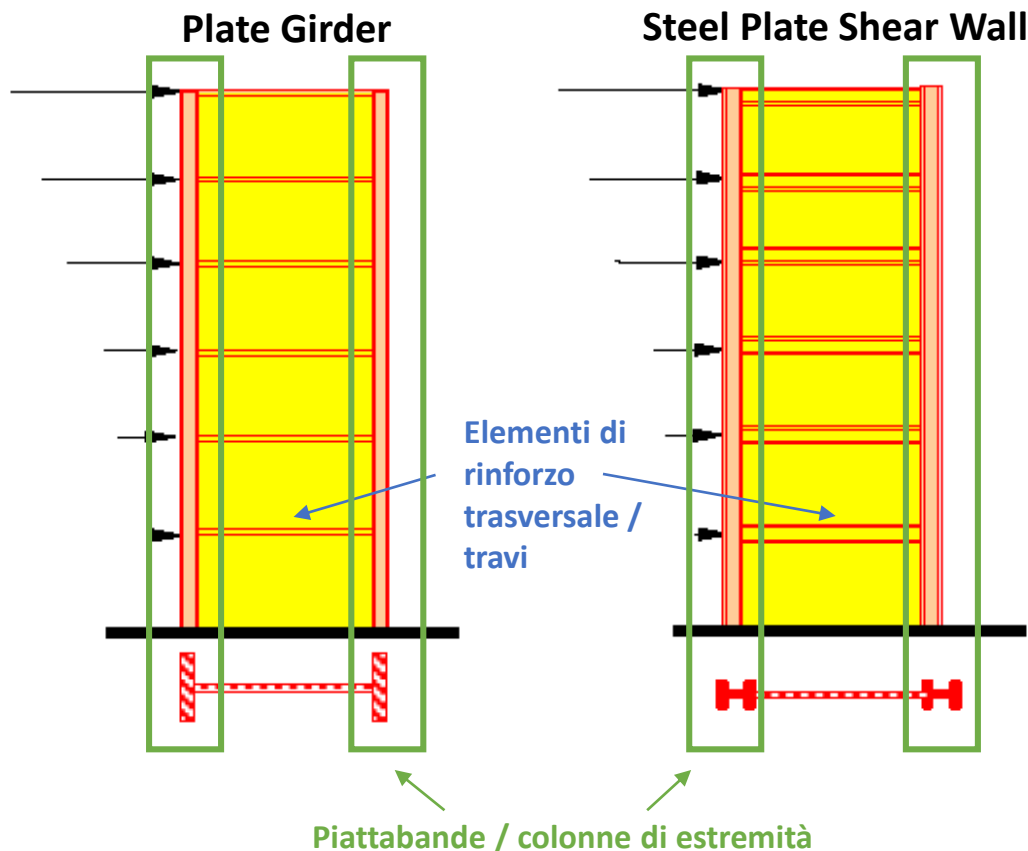


# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ORDITURE DI PARETE



### PARETI IN ACCIAIO



Le «Steel Plate Shear Wall» (SPSW) funzionano come mensole a parete piena rinforzate (Plate Girder), dove la parete in acciaio funziona come l'anima, le due colonne di estremità come le piattabande, e le travi come elementi di rinforzo trasversale.



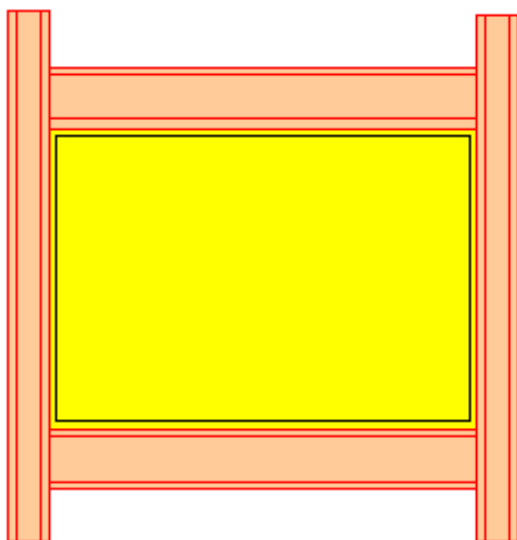
## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ORDITURE DI PARETE

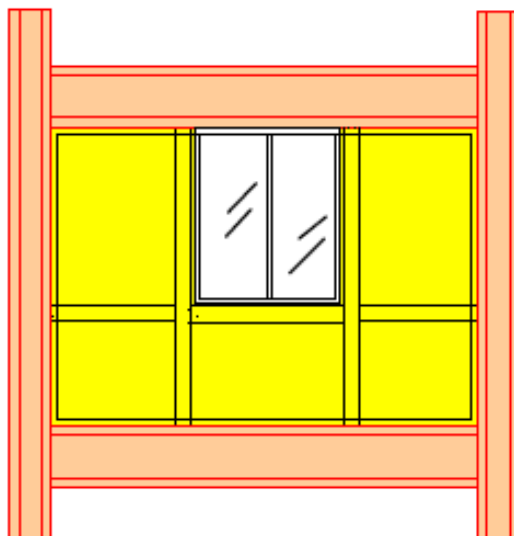


#### PARETI IN ACCIAIO

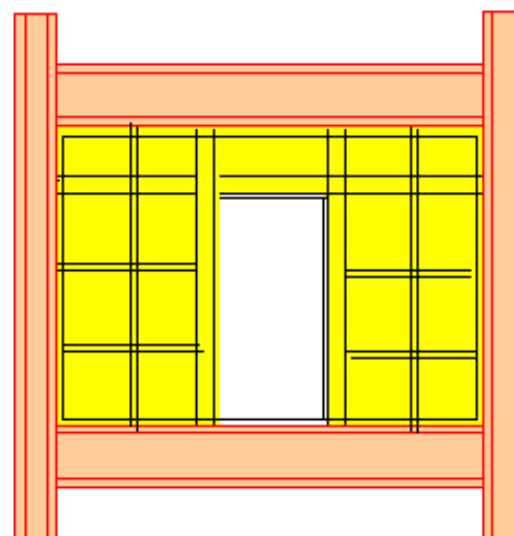
È possibile realizzare più ordini di rinforzo delle pareti in acciaio in funzione delle aperture presenti.



Steel Plate Shear Wall  
(Unstiffened)



Stiffened Steel Shear  
Wall With Opening



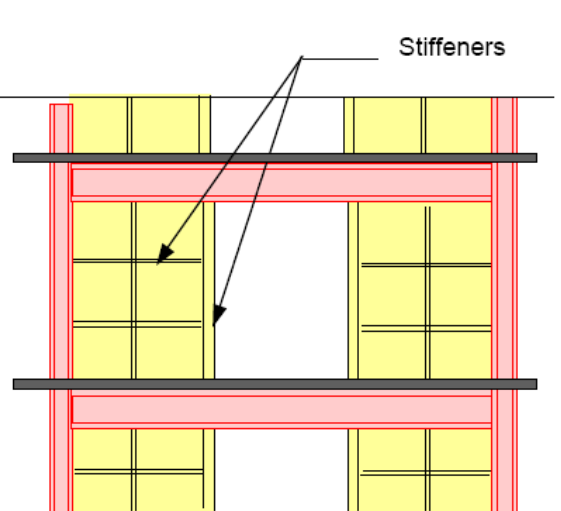
Stiffened Steel Shear  
Wall with Opening



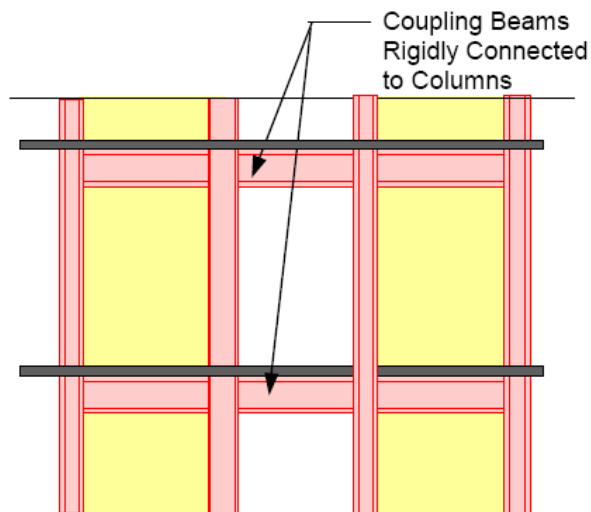
# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## ORDITURE DI PARETE

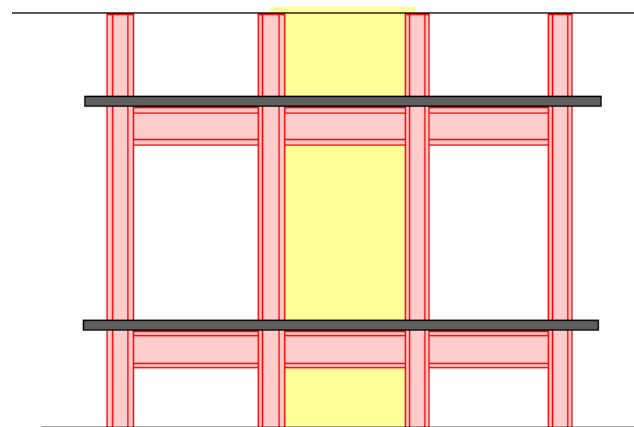
### ➔ PARETI IN ACCIAIO



Stiffened Steel Shear Wall  
with Opening



Two Unstiffened Steel Shear  
Walls with Coupling Beams



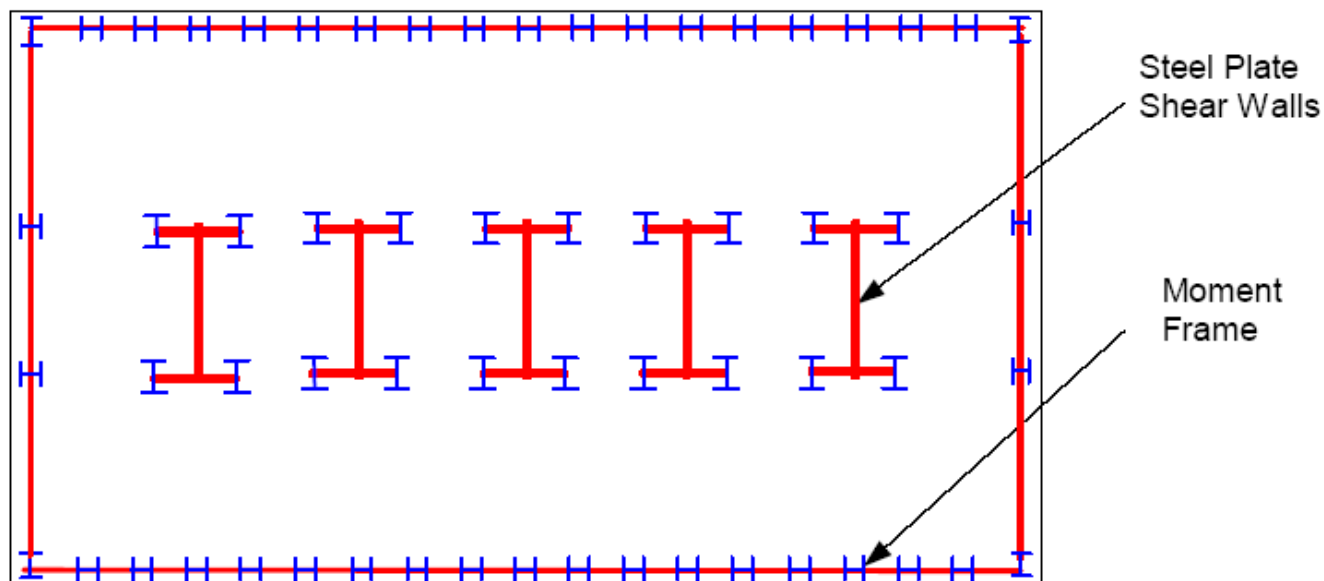
An Un-stiffened Steel Shear Wall with  
Coupling Beams on Both Sides



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### ORDITURE DI PARETE

➔ PARETI IN ACCIAIO



Typical floor plan of Nippon Steel Building



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

Le **costruzioni composte acciaio-calcestruzzo** possono essere realizzate con riferimento alle tipologie strutturali seguenti, il cui funzionamento è descritto nel § 7.5.2:

- a) strutture intelaiate;
- b) strutture con controventi concentrici realizzati in acciaio strutturale;
- c) strutture con controventi eccentrici nelle quali gli elementi di connessione, attraverso la plasticizzazione dei quali avviene la dissipazione, devono essere realizzati in solo acciaio strutturale;
- d) strutture a mensola o a pendolo inverso;
- e) strutture intelaiate controventate

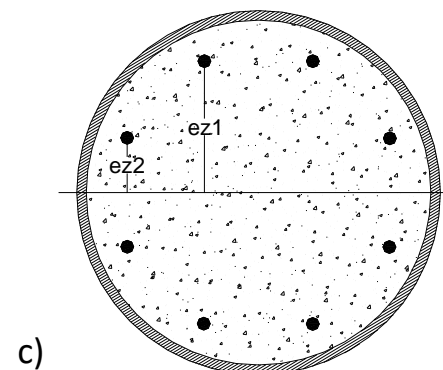
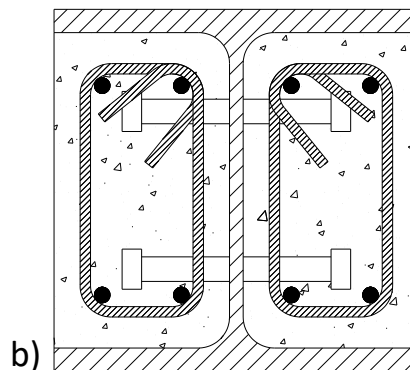
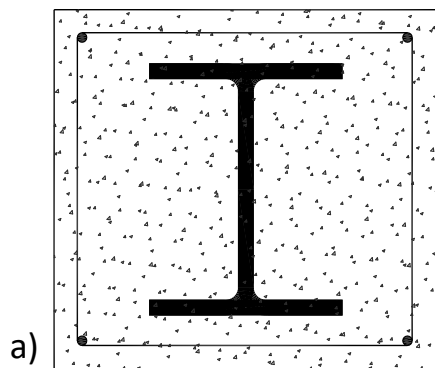


# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

Tipologie di colonna composta:

- a) Rivestita di calcestruzzo;
- b) Parzialmente rivestita di calcestruzzo;
- c) Tubolare riempita di calcestruzzo.

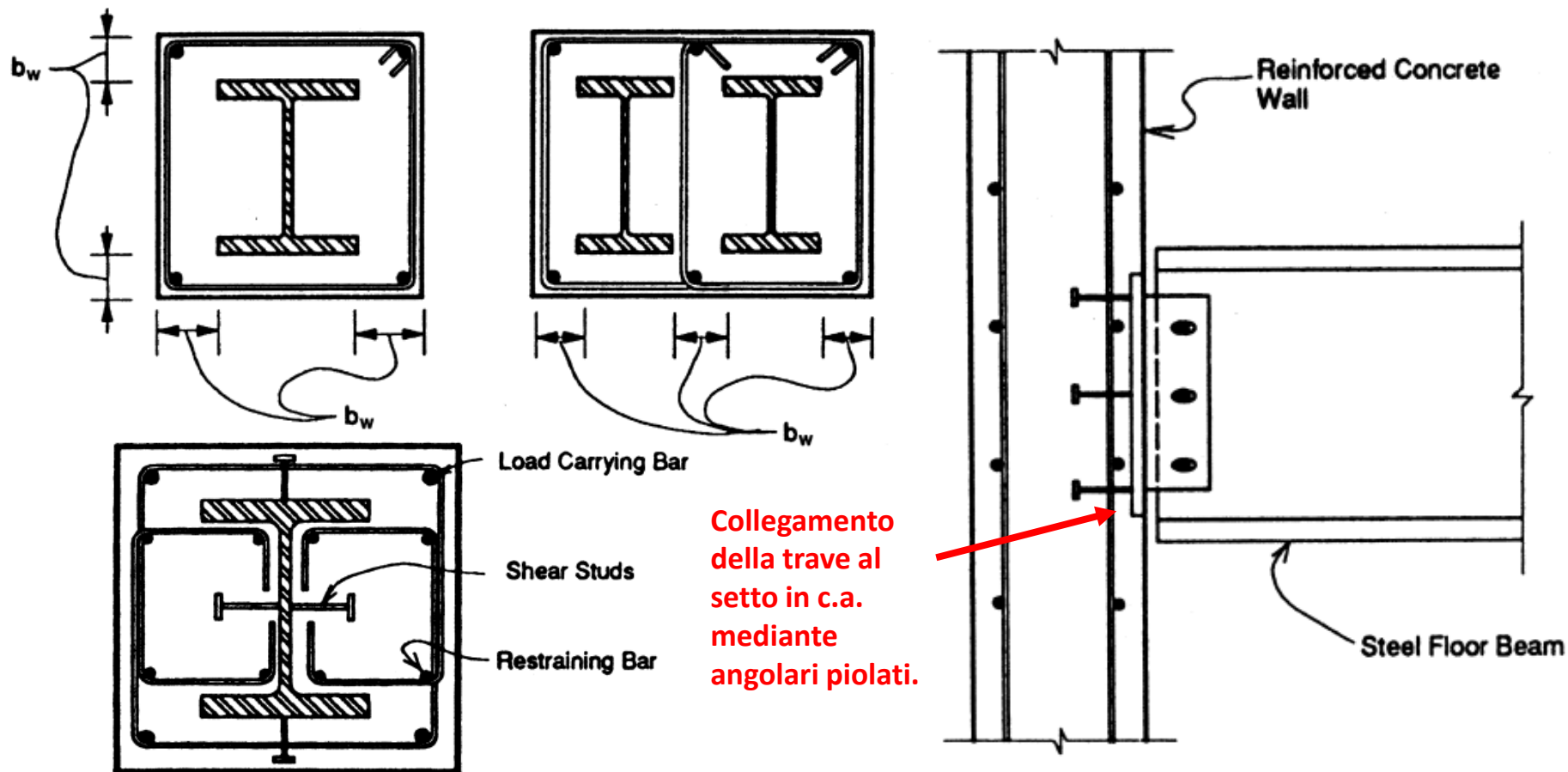


CHS 457/12



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

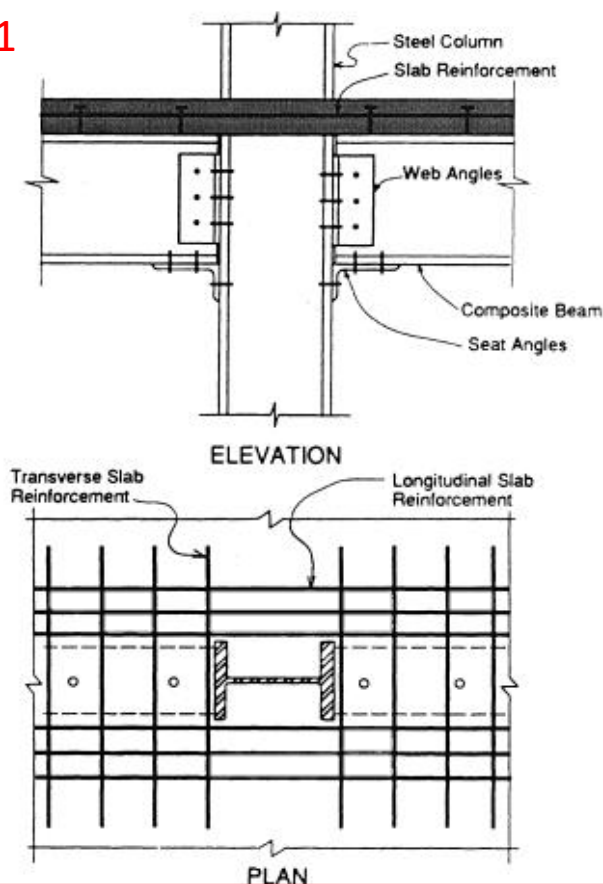




# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

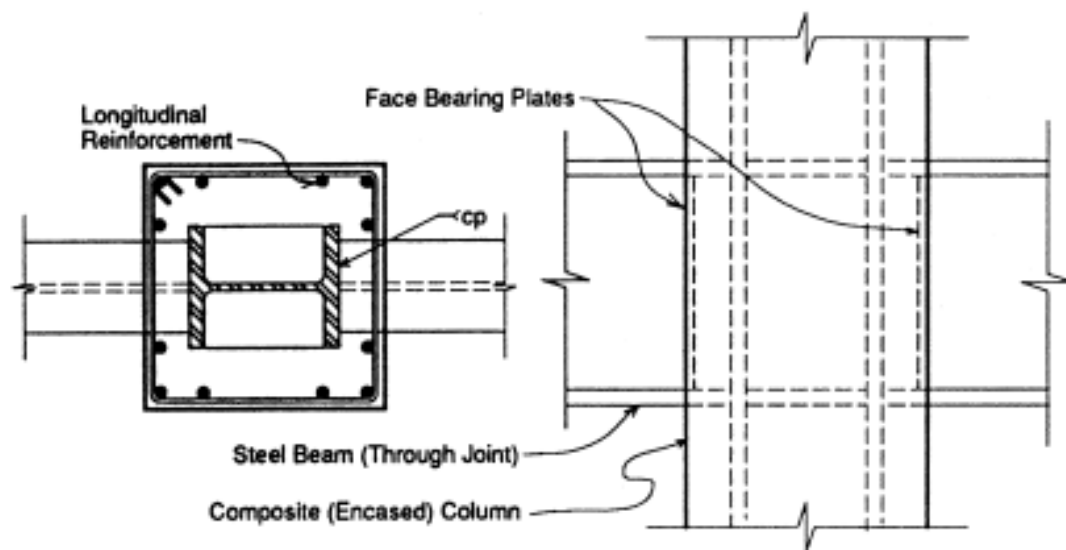
## COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

1



- 1) Collegamento rigido trave composta – colonna in acciaio
- 2) Collegamento trave in acciaio – colonna composta tipo «encased»: trave collegata al profilo interno alla colonna, rinforzato trasversalmente in corrispondenza del collegamento. Il collegamento è inglobato nel getto in cls.

2

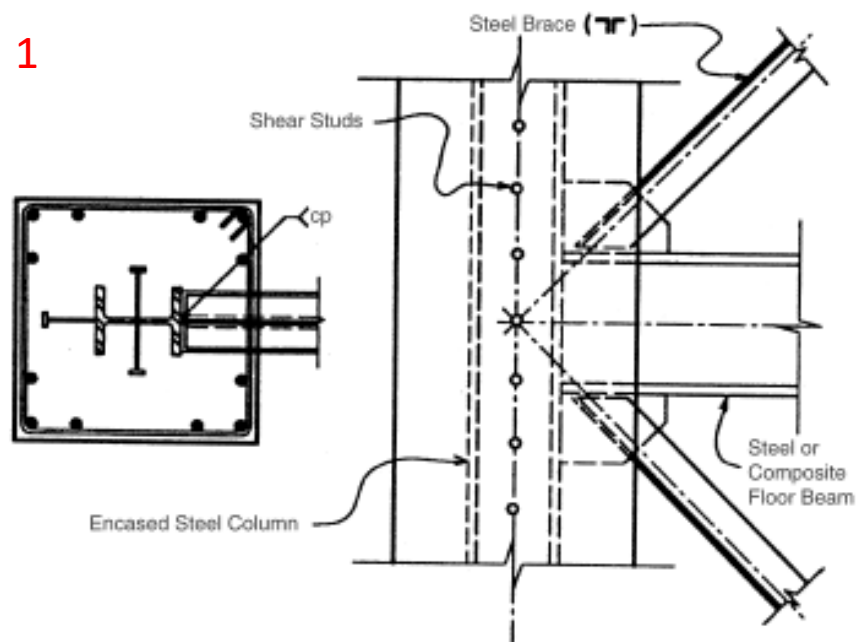




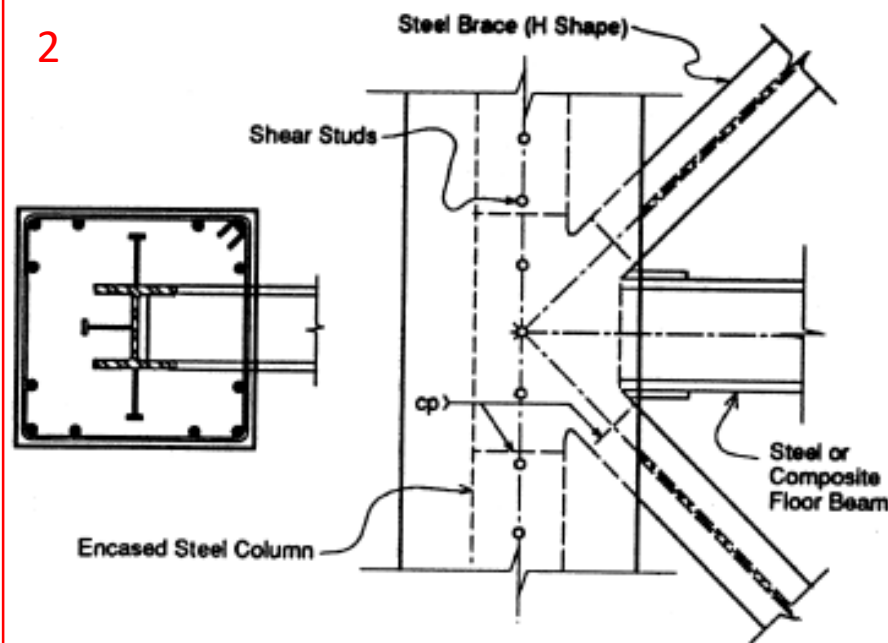
# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

1



2



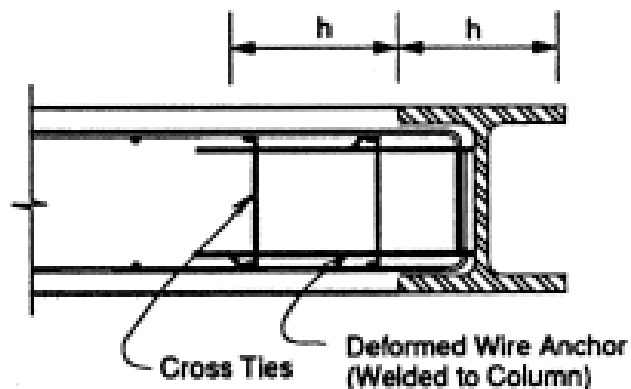
**Collegamento trave composta – colonna composta tipo «encased» in presenza di elementi di controvento:**

- 1) trave collegata mediante saldatura c.p. al profilo interno alla colonna, piolato. Elementi di controvento collegati alla trave . Tutti i collegamenti sono inglobati nel getto della colonna composta.
- 2) In corrispondenza del nodo, la piattabanda della colonna è sagomata in modo da consentire il collegamento mediante saldatura c.p. con gli elementi di controventamento. La trave è collegata rigidamente all'anima della colonna.

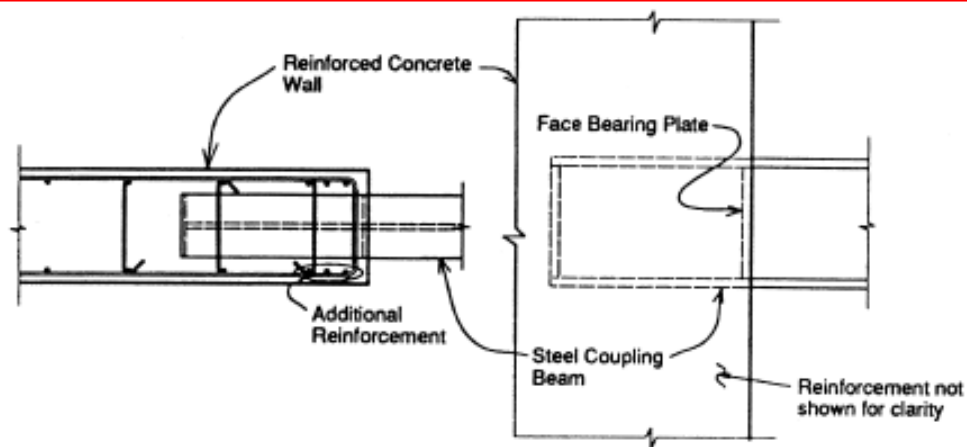


## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO



Collegamento setto in c.a. – colonna in acciaio



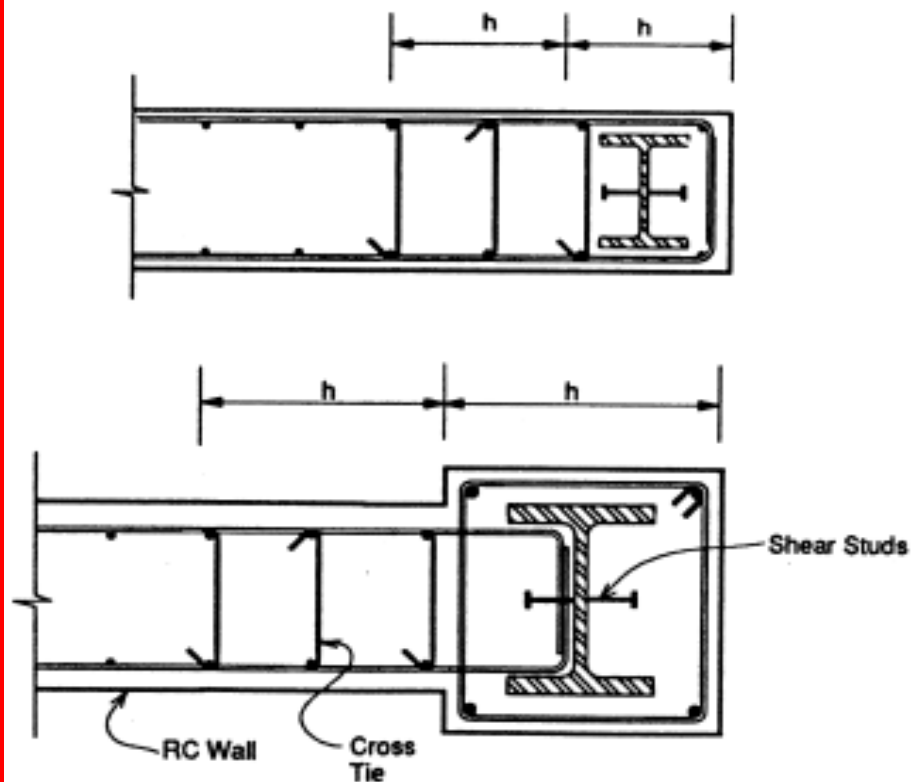
Collegamento setto in c.a. – trave in acciaio



## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

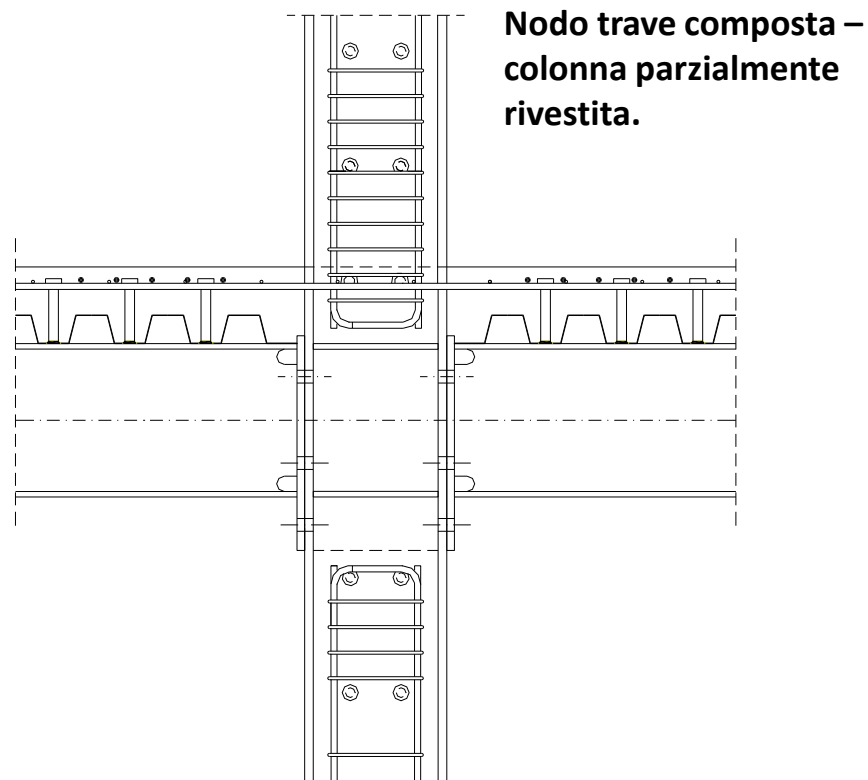
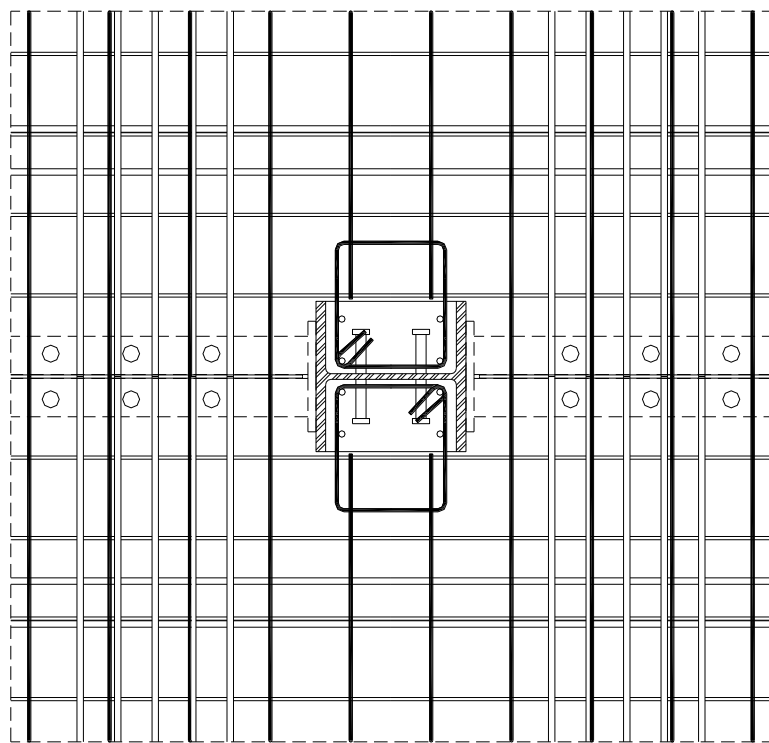
Setto in c.a. e colonna «fully encased»





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





# SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

## COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





## SISTEMI STRUTTURALI TIPICI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO DEGLI EDIFICI

### COSTRUZIONI COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO





## UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE

### UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER

Le più recenti innovazioni mirano ad eliminare l'uso di una quantità eccessiva di piastre di collegamento nei giunti in acciaio, grazie all'utilizzo della tecnologia del taglio laser (LCT).

Soprattutto nei giunti trave-colonna tra elementi con sezioni cave, è possibile migliorare notevolmente il progetto dal punto di vista economico, della realizzazione, nonché dell'estetica dei giunti in acciaio.





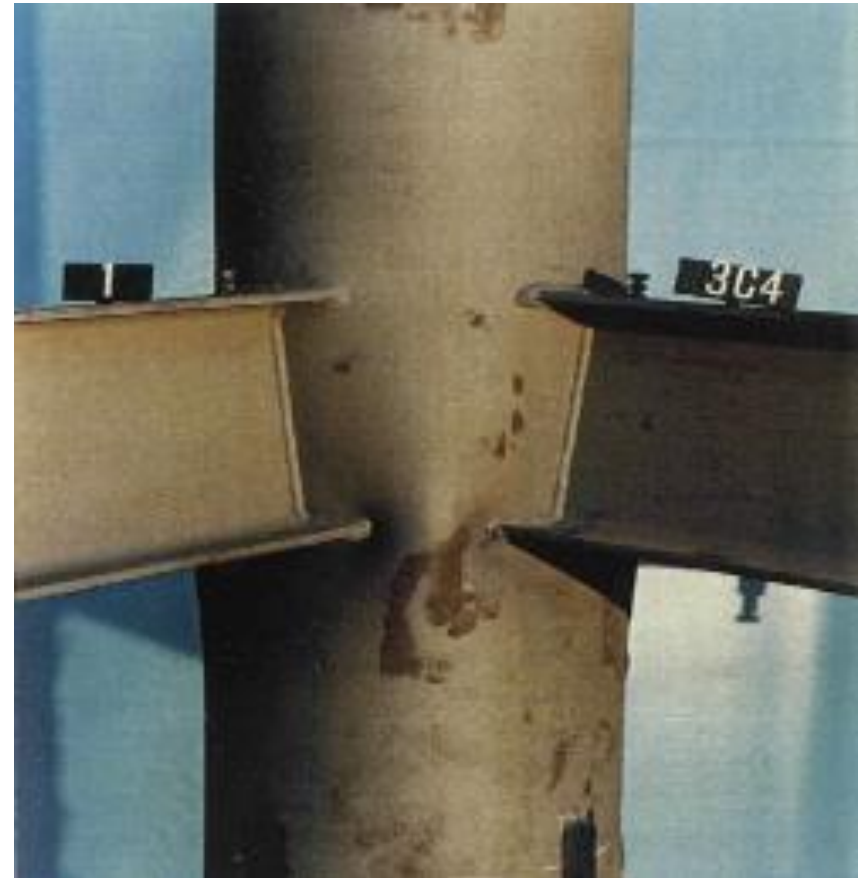
## UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE

### UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER

Attualmente, l'uso di elementi tubolari nell'edilizia non è sufficientemente sviluppato, nonostante le enormi potenzialità sia dal punto di vista strutturale che estetico.

La causa è l'eccessiva complessità dei giunti tra i vari elementi che provocano un enorme aumento dei costi e un rallentamento del processo di progettazione e costruzione.

La realizzazione di giunti privi di piastre di rinforzo tra colonne tubolari e travi può portare alla crisi locale delle colonne.





## UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE

### UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER

Per la realizzazione di giunti tra elementi tubolari sono quindi tipicamente impiegati rinforzi locali e fazzoletti che consentono il trasferimento del carico tra trave e colonna.

Questi causano difficoltà economiche e pratiche durante la costruzione e possono rovinare l'estetica della struttura.





## **UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE**

### **UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER**

Grazie all'utilizzo della tecnologia del taglio laser è possibile migliorare l'esecuzione dei giunti tra travi e colonne tubolari. I principali vantaggi nell'utilizzo di questa tecnologia sono:

- Maggior precisione nella realizzazione dei giunti;
- Riduzione dei costi di fabbricazione, di ispezione e di manutenzione nell'arco dell'intera vita di una struttura;
- Miglior comportamento strutturale grazie all'eliminazione delle saldature dirette sulla superficie laterale della colonna, con conseguente limitazione delle distorsioni locali;
- Limitazione delle zone termicamente alterate, con conseguente maggior sicurezza riguardo le caratteristiche meccaniche degli elementi saldati;
- Maggior sostenibilità della costruzione sia dal punto di vista energetico che della sicurezza dei lavoratori.



## UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE

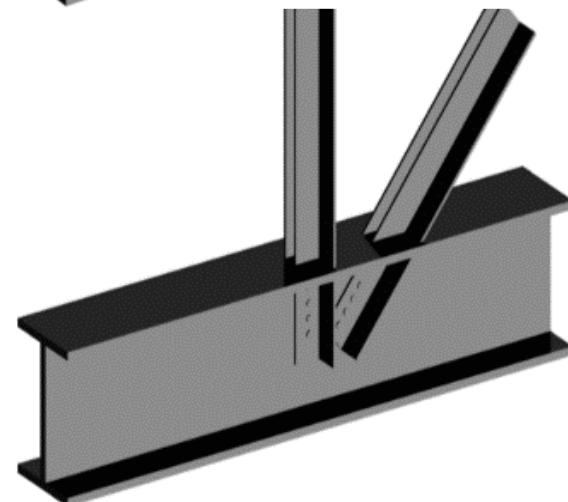
### UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER





## UNIONI SALDATE: APPLICAZIONI INNOVATIVE

### UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA DEL TAGLIO-LASER





## NUOVE NTC vs NTC08 - principali differenze: COSA E' CAMBIATO?

### REGOLE GENERALI

- **Coefficiente di sovrarresistenza** del materiale ( $\gamma_{Rd} \Rightarrow \gamma_{ov}$ )
- Definizione di **struttura a mensola o a pendolo inverso**  $\Rightarrow$  nuova definizione
- Specificazione (generale) della classificazione di **strutture con appositi dispositivi antisismici**
- Diversa impostazione delle verifiche (**suddivisione in verifiche di RES e DUT**)
- **Introduzione delle verifiche esplicite di duttilità**

### STRUTTURE INTELAIATE

- **Nuova definizione del fattore  $\Omega$**
- Nuove specifiche per la **progettazione in capacità del nodo trave-colonna**
- Indicazioni per **collegamenti colonna-fondazione**

### STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

- Possibilità di eseguire le **verifiche di duttilità esplicite**

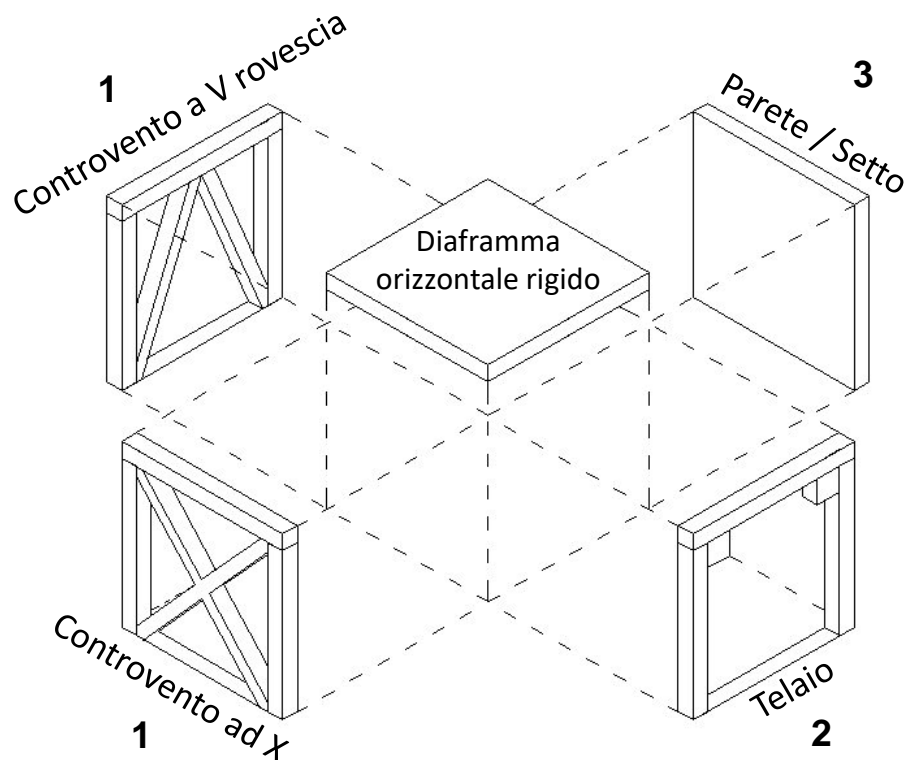
### STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

- Indicazioni supplementari nel caso in cui  $N_{Ed}/N_{pl,Rd} > 0.15$
- Possibilità di eseguire le **verifiche di duttilità esplicite**



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ SISTEMA STRUTTURALE



In generale si distinguono:

- strutture a telaio
- strutture con controventi (concentrici o eccentrici)
- strutture a mensola o pendolo inverso
- Strutture intelaiate con controventi
- strutture con pareti

Tali strutture devono essere caratterizzate da una opportune:

- rigidezza
- resistenza
- duttilità

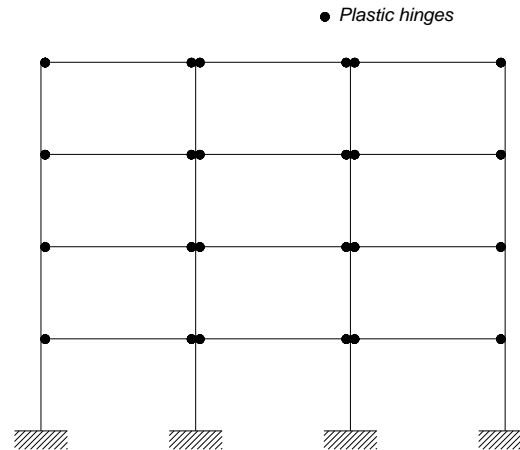


## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

a) **Strutture intelaiate:** sono composte di 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 è dissipata per mezzo della flessione ciclica plastica.

Uguale a NTC08





## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

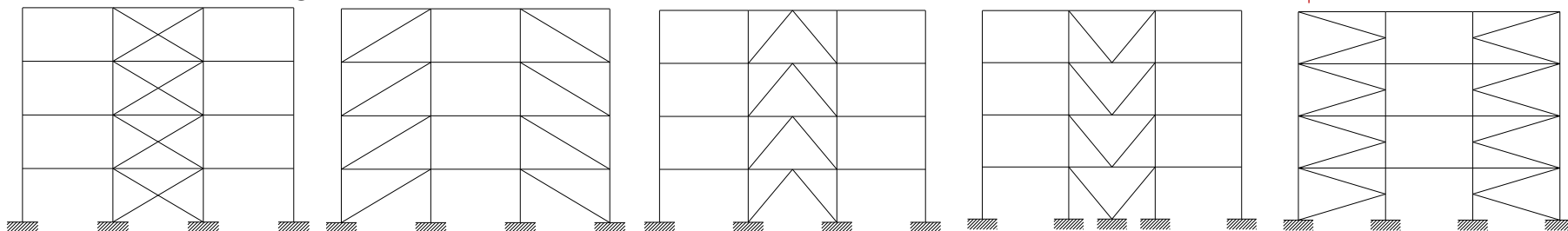
b) **Strutture con controventi concentrici:** in esse le forze orizzontali sono assorbite principalmente da membrature soggette a forze assiali. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate nelle diagonali tese. Pertanto possono essere considerati in questa tipologia solo quei controventi per cui lo snervamento delle diagonali tese precede il raggiungimento della resistenza delle aste strettamente necessarie ad equilibrare i carichi esterni. I controventi reticolari concentrici possono essere distinti nelle seguenti tre categorie (Fig. 7.5.1):

b1) **controventi con diagonale tesa attiva**, in cui la resistenza alle forze orizzontali e le capacità dissipative sono affidate alle aste diagonali soggette a trazione.

b2) **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.

b3) **controventi a K**, in cui il punto d'intersezione delle diagonali giace su una colonna. Questa categoria non deve essere considerata dissipativa poiché il meccanismo di collasso coinvolge la colonna.

Uguale a NTC08



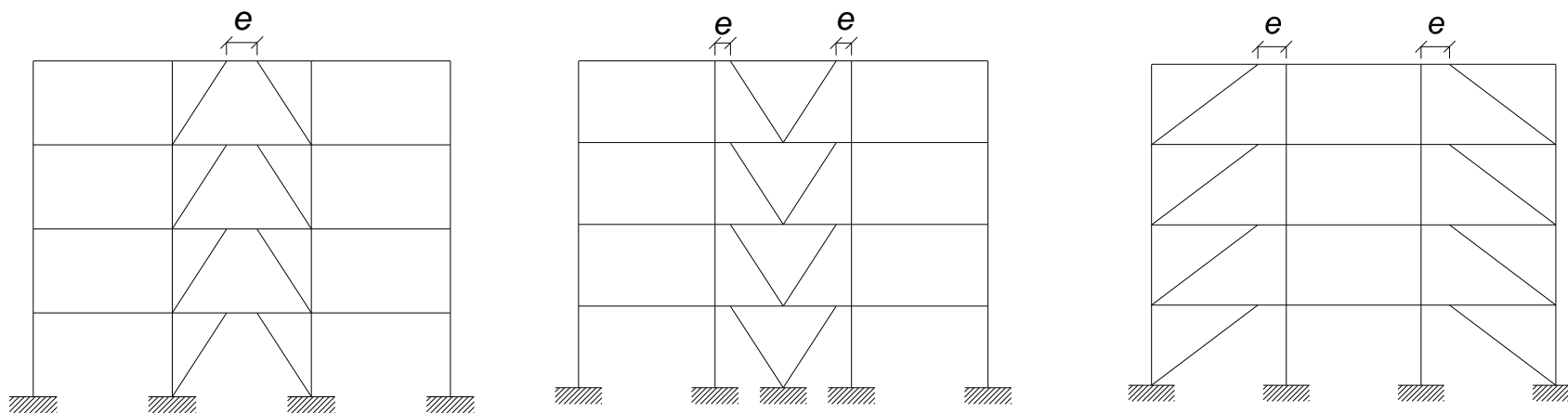


## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

- c) **Strutture con controventi eccentrici:** in esse 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.

Uguale a NTC08



*Alcune delle possibili configurazioni delle strutture con controventi eccentrici (link orizzontale)*



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

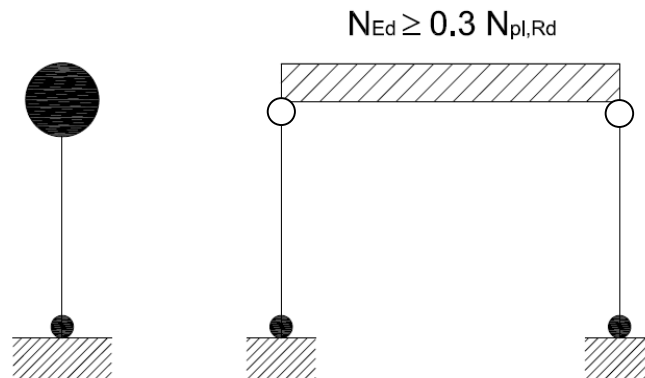
### NUOVE NTC

d) **Strutture a mensola o a pendolo inverso**: in esse almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione oppure la dissipazione di energia è localizzata principalmente alla base.

Diversa da NTC08

*NOTA: strutture ad un solo piano che posseggano più di una colonna, con le estremità superiori delle colonne collegate nelle direzioni principali dell'edificio e con il valore del carico assiale normalizzato della colonna non maggiore di 0,3 in alcun punto possono essere considerate strutture a telaio*

**Definizione da NTC08: costituite da membrature pressoinflesse in cui le zone dissipative sono localizzate alla base.**





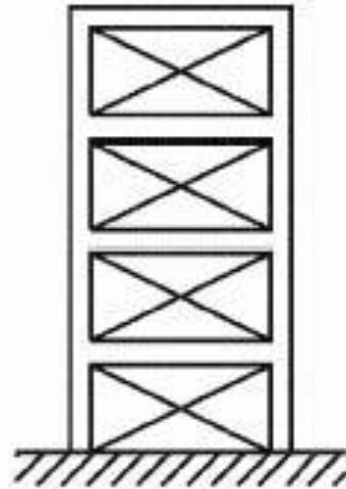
## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

e) **Strutture intelaiate con controventi concentrici:** in esse le azioni orizzontali sono assorbite sia da telai sia da controventi agenti nel medesimo piano verticale.

Uguale a NTC08

f) **Strutture intelaiate con tamponature:** sono costituite da strutture intelaiate con le quali le tamponature in muratura o calcestruzzo sono in contatto, non collegate.



Da tale classificazione sono escluse le strutture di acciaio in cui la dissipazione di energia è realizzata mediante l'impiego di appositi dispositivi antisismici.

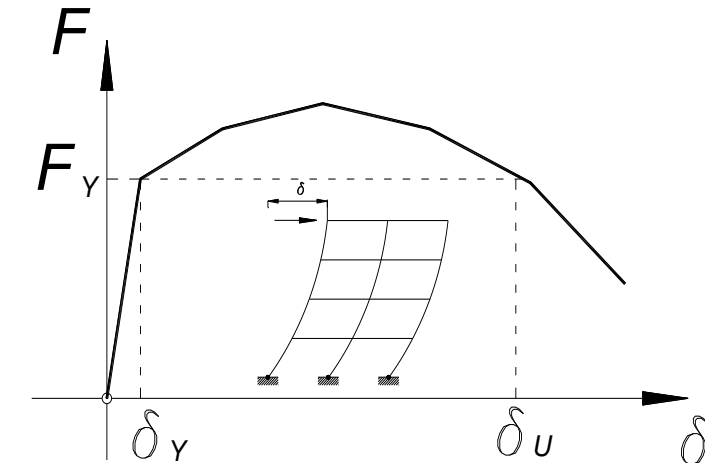
Introdotta dalle  
Nuove NTC



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO



### SISTEMA STRUTTURALE



$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_U}{\delta_Y}$$

Duttilità della struttura

### Principi generali di progettazione

- Per terremoti di piccola intensità, una struttura deve avere sufficiente rigidezza per assicurare che vengano minimizzati i danni non strutturali;
- Per terremoti di media intensità, una struttura deve avere sufficiente resistenza per assicurare che rimanendo in campo elastico vengano minimizzati i danni strutturali e non;
- Per terremoti di elevata intensità, una struttura deve avere sufficiente duttilità per potersi deformare in campo plastico senza perdita eccessiva di resistenza (pur ammettendo gravi danni, si evita il collasso strutturale e la perdita di vite umane).



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

Tipologia strutturale	q <sub>0</sub>	
	CD "A"	CD "B"
<b>Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)</b>		
Strutture intelaiate	5,0 $\alpha_u/\alpha_1$	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 $\alpha_u/\alpha_1$	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 $\alpha_u/\alpha_1$	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0

### NTC 08

TIPOLOGIA STRUTTURALE	q <sub>0</sub>	
	CD "B"	CD "A"
a) Strutture intelaiate		
c) Strutture con controventi eccentrici	4	5 $\alpha_u/\alpha_1$
b1) Controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4	4
b2) Controventi concentrici a V	2	2,5
d) Strutture a mensola o a pendolo inverso	2	2 $\alpha_u/\alpha_1$
e) Strutture intelaiate con controventi concentrici	4	4 $\alpha_u/\alpha_1$
f) Strutture intelaiate con tamponature in muratura	2	2

Uguale a NTC08



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

Tipologia strutturale	q <sub>0</sub>	
	CD''A''	CD''B''
<b>Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)</b>		
Strutture intelaiate	5,0 $\alpha_w/\alpha_1$	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 $\alpha_w/\alpha_1$	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 $\alpha_w/\alpha_1$	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0

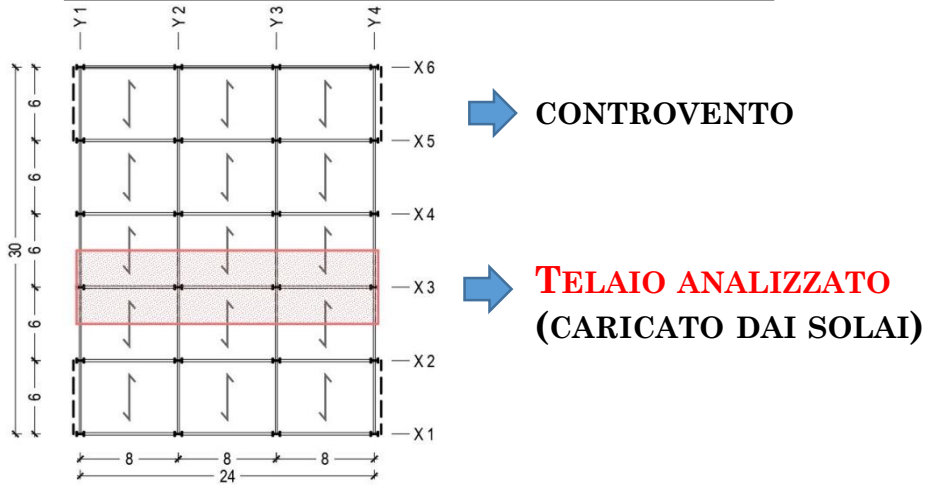
**Uguale a NTC08**

- edifici a un piano  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,1$
- edifici a telaio a più piani, con una sola campata  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$
- edifici a telaio con più piani e più campate  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,3$
- edifici con controventi eccentrici a più piani  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$
- edifici con strutture a mensola o a pendolo inverso  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,0$



# PROGETTAZIONE CASI STUDIO SECONDO EC8

## GEOMETRIA DELLA STRUTTURA



Destinazione d'uso	$\psi_{2,i}$
Cat. D: Area Commerciale	0,6

4
3
2
1

4 PIANI

8
7
6
5
4
3
2
1

8 PIANI

12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

12 PIANI

## 3 FATTORI DI STRUTTURA UTILIZZATI

STRUTTURE	Fattore di Struttura $q$
<i>MRF 4 Piani</i>	2, 4 & 6
<i>MRF 8 Piani</i>	2, 4 & 6
<i>MRF 12 Piani</i>	2 & 4

- $a_g =$ 
  - $0,1 \cdot g$  BASSA
  - $0,2 \cdot g$  MEDIA
  - $0,3 \cdot g$  ALTA
- SPETTRO TIPO 1
- CATEGORIA SUOLO  $\rightarrow$  B

*\*TESI DI LAUREA DI ADRIATIK CULLHAJ*



# PROGETTAZIONE CASI STUDIO SECONDO EC8

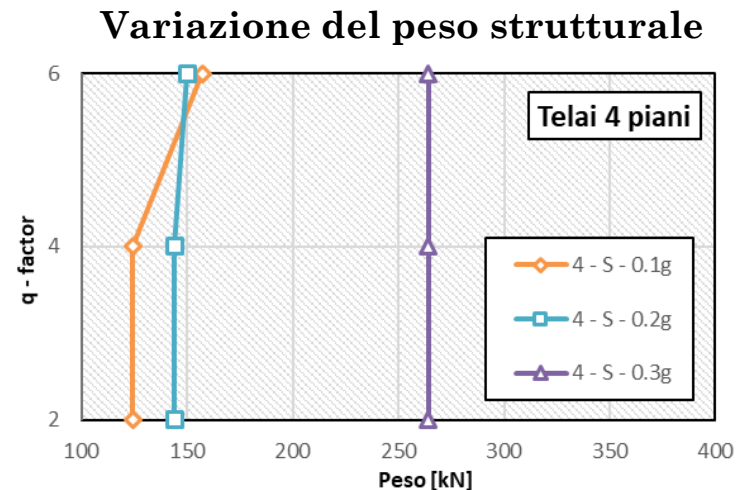
## TELAI DI 4 PIANI

### Verifiche effettuate:

- ☐ verifiche di resistenza
- ☐ Verifiche di stabilità
- ☐ Verifiche di deformabilità allo stato limite di danno (spostamenti di interpiano)
- ☐ Verifiche di deformabilità allo stato limite ultimo (effetti P-D )

### Verifiche condizionanti:

- ☐ Bassa sismicità
  - Per  $q = 2$  **stabilità delle colonne**
  - Per  $q = 4 \& 6$ , limitazione degli effetti **P-D** (SLV)
- ☐ Media sismicità
  - Per  $q = 2 \& 4$  limitazione dello **spostamento di interpiano**
  - Per  $q = 6$  limitazione degli effetti **P-D** (SLV)
- ☐ Alta sismicità
  - limitazione dello **spostamento di interpiano** per tutti i fattori di struttura





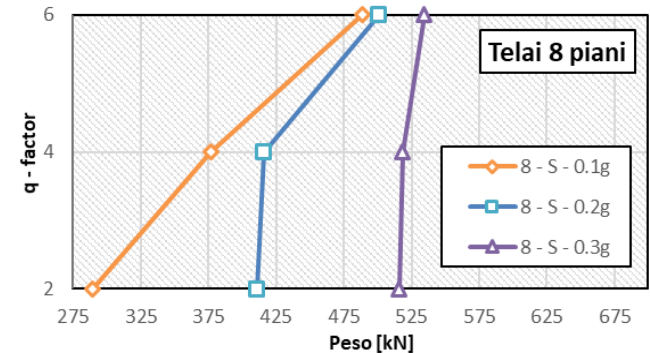
# PROGETTAZIONE CASI STUDIO SECONDO EC8

## TELAI DI 8 PIANI

### Verifiche condizionanti:

- ❑ Bassa sismicità
  - limitazione degli **effetti del secondo ordine** (SLV) per tutti i fattori di struttura impiegati
- ❑ Media sismicità
  - Per  $q = 2$  limitazione dello **spostamento di interpiano** (SLD)
  - Per  $q = 4 \& 6$  limitazione degli effetti **P-D** (SLV)
- ❑ Alta sismicità
  - Per  $q = 2$  **stabilità delle colonne** e limitazione dello **spostamento di interpiano**
  - Per  $q = 4 \& 6$ , limitazione dello **spostamento di interpiano** (SLD)

### Variazione del peso strutturale



SI RISCONTRA SEMPRE  
INCREMENTO DI PESO  
ALL'AUMENTARE DEL  
FATTORE DI  
STRUTTURA ASSUNTO



# PROGETTAZIONE CASI STUDIO SECONDO EC8

## TELAI DI 12 PIANI

### Verifiche condizionanti:

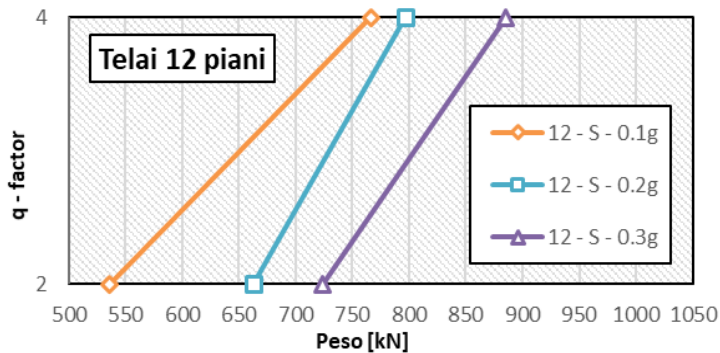
☐ Bassa / media  
sismicità

- limitazione degli **effetti del secondo ordine** (SLV) per tutti i fattori di struttura impiegati

☐ Alta sismicità

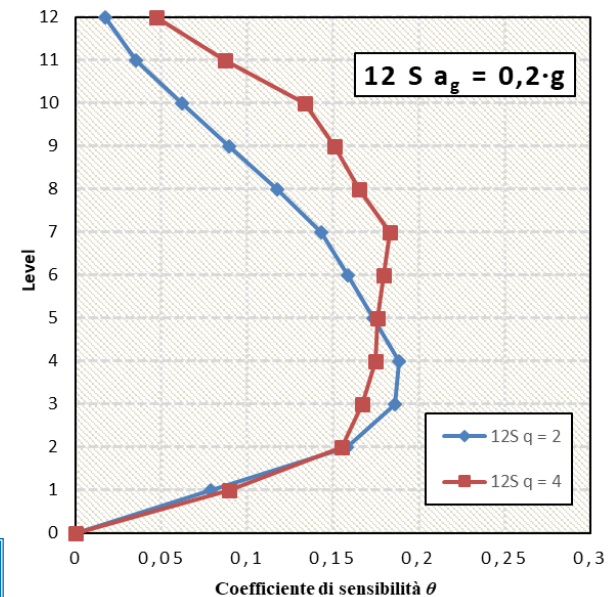
- Per  $q = 2$  **stabilità delle colonne** e limitazione **dello spostamento di interpiano** e limitazione degli **effetti P-D**
- Per  $q = 4$ , limitazione degli **effetti P-D**

### Variazione del peso strutturale



SI RISCONTRA SEMPRE  
INCREMENTO DI PESO  
ALL'AUMENTARE DEL  
FATTORE DI  
STRUTTURA ASSUNTO

### Coefficiente di sensibilità $\theta$

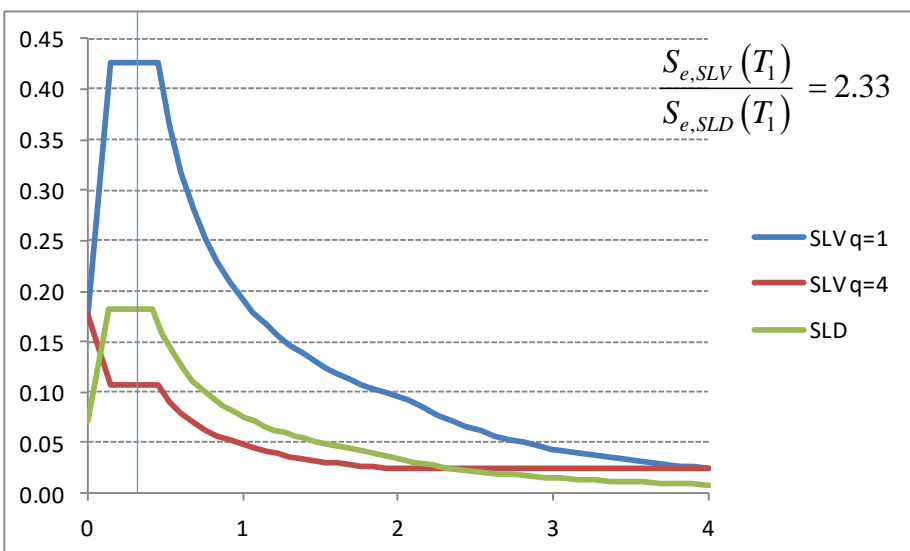




## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo SLV risulti inferiore a quella allo SLD, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo SLD invece che allo SLV. In tal caso il fattore di comportamento allo SLV deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo SLV siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo SLD.

Aggiunta nella  
nuova NTC



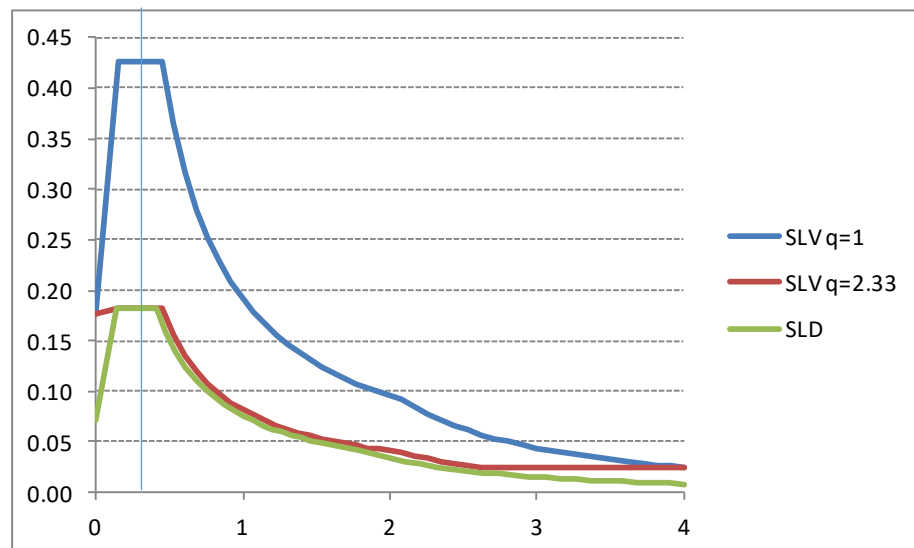
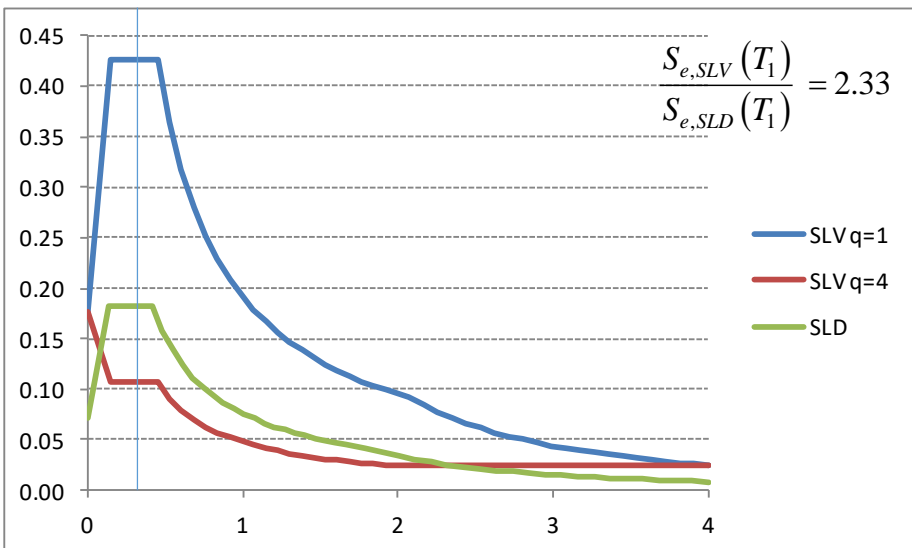
*Spettri Pisa – terreno cat. C – cat. Topografica T1*



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo *SLV* risulti inferiore a quella allo *SLD*, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo *SLD* invece che allo *SLV*. In tal caso il fattore di comportamento allo *SLV* deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo *SLV* siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo *SLD*.

**Aggiunta nella  
nuova NTC**



*Spettri Pisa – terreno cat. C – cat. Topografica T1*



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo *SLV* risulti inferiore a quella allo *SLD*, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo *SLD* invece che allo *SLV*. In tal caso il fattore di comportamento allo *SLV* deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo *SLV* siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo *SLD*.

Il nuovo fattore di comportamento  $q'$  può essere ottenuto, per ciascuna direzione, dalla relazione C7.3.1:

$$q' = q_{ND} \cdot \frac{S_{e,SLV}(T_1)}{S_{e,SLD}(T_1)} \quad 1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

Aggiunta nella  
nuova NTC

Nuova circolare



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo *SLV* risulti inferiore a quella allo *SLD*, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo *SLD* invece che allo *SLV*. In tal caso il fattore di comportamento allo *SLV* deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo *SLV* siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo *SLD*.

Il nuovo fattore di comportamento  $q'$  può essere ottenuto, per ciascuna direzione, dalla relazione C7.3.1:

$$q' = q_{ND} \cdot \frac{S_{e,SLV}(T_1)}{S_{e,SLD}(T_1)} \quad 1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

$$q' = 1.5 \cdot 2.33 = 3.5$$

Rapporto tra ordinate spettrali

$q_{ND}$

Aggiunta nella  
nuova NTC

Nuova circolare

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo SLV risulti inferiore a quella allo SLD, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo SLD invece che allo SLV. In tal caso il fattore di comportamento allo SLV deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo SLV siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo SLD.

Aggiunta nella nuova NTC

Il nuovo fattore di comportamento  $q'$  può essere ottenuto, per ciascuna direzione, dalla relazione C7.3.1:

Nuova circolare

$$q' = q_{ND} \cdot \frac{S_{e,SLV}(T_1)}{S_{e,SLD}(T_1)} \quad 1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

$$q' = 1.5 \cdot 2.33 = 3.5$$

Rapporto tra ordinate spettrali

Quindi lo spettro di progetto all'SLV può essere "più basso" di quello all'SLD?

$q_{ND}$



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

Qualora la domanda in resistenza allo *SLV* risulti inferiore a quella allo *SLD*, **si può scegliere** di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo *SLD* invece che allo *SLV*. In tal caso il fattore di comportamento allo *SLV* deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo *SLV* siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo *SLD*.

Aggiunta nella nuova NTC

Il nuovo fattore di comportamento  $q'$  può essere ottenuto, per ciascuna direzione, dalla relazione C7.3.1:

Nuova circolare

$$q' = q_{ND} \cdot \frac{S_{e,SLV}(T_1)}{S_{e,SLD}(T_1)}$$

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

$$q' = 1.5 \cdot 2.33 = 3.5$$

Rapporto tra ordinate spettrali

Quindi lo spettro di progetto all'SLV può essere "più basso" di quello all'SLD?

$q_{ND}$

Anche per la verifica all'SLD è possibile assumere fattori di comportamento maggiori dell'unità (ma minori di 1.5)

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		



## TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

### NUOVE NTC

Tipologia strutturale	q <sub>0</sub>	
	CD''A''	CD''B''
<b>Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)</b>		
Strutture intelaiate	5,0 $\alpha_U/\alpha_1$	4,0
Strutture con controventi eccentrici	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	2,5	2,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,0 $\alpha_U/\alpha_1$	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	4,0 $\alpha_U/\alpha_1$	4,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	2,0	2,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature		

**Quando si assume un fattore di comportamento maggiore di 3.5 si sta implicitamente accettando che la struttura si possa danneggiare anche allo SLD**



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### REGOLE DI PROGETTO GENERALI PER ELEMENTI STRUTTURALI DISSIPATIVI

#### Nuove NTC

Le regole di progetto seguenti si applicano alle parti delle strutture sismo-resistenti progettate per avere un comportamento strutturale dissipativo. Le zone dissipative devono avere un'adeguata duttilità ed una sufficiente capacità.

Nelle disposizioni di cui al presente capitolo, le zone dissipative sono localizzate nelle membrature; pertanto i collegamenti e tutte le componenti non dissipative della struttura devono essere dotate di adeguata capacità.

#### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

#### VERIFICHE DI DUTTILITA' (DUT)



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

I collegamenti in zone dissipative devono consentire la plasticizzazione delle parti dissipative collegate, garantendo il soddisfacimento del seguente requisito:

$$R_{j,d} \geq 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot R_{pl,Rd} = R_{U,Rd}$$

**NUOVE NTC**

dove:

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

$R_{pl,Rd}$  è la **capacità** al limite plastico della membratura dissipative collegata

$R_{U,Rd}$  è il limite superiore della **capacità** della membratura collegata.

**NUOVE NTC**

Acciaio	$\gamma_{ov}$
S235	<b>1.25</b>
S275	
S355	
S420	<b>1.15</b>
S460	

$$R_{j,d} \geq \gamma_{Rd} \cdot 1,1 \cdot R_{pl,Rd} = R_{U,Rd}$$

**NTC 08**

**NTC 08**

Acciaio	$\gamma_{Rd} = \frac{f_{y,m}}{f_{yk}}$
S 235	1,20
S 275	1,15
S 355	1,10
S 420	1,10
S 460	1,10



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

Nel **caso di membrature tese con collegamenti bullonati**, la capacità corrispondente al raggiungimento della tensione di snervamento della sezione deve risultare inferiore alla capacità corrispondente al raggiungimento della tensione di rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di collegamento; si deve quindi verificare che:

$$\frac{A_{\text{res}}}{A} \geq 1,1 \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \frac{f_{yk}}{f_{tk}}$$

**NUOVE NTC = NTC08**

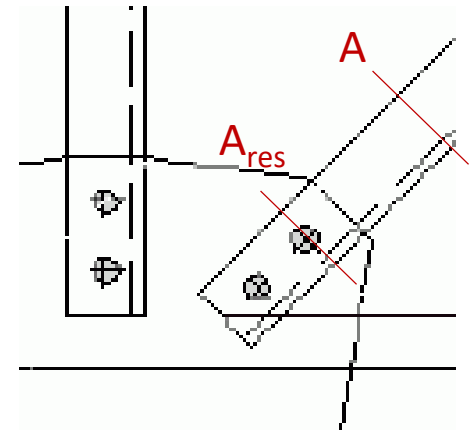
dove:

$f_{tk}$  è la resistenza ultima a trazione caratteristica del materiale;

$f_{yk}$  è la tensione caratteristica di snervamento del materiale;

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M0} = 1.25$$





## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### VERIFICHE DI DUTTILITA'(DUT)

In ogni zona o elemento dissipativo si deve garantire una capacità in duttilità superiore alla corrispondente domanda in duttilità.

**VERIFICA DI DUTTILITA'**  
**ESPLICITA**

**VERIFICA DI DUTTILITA'**  
**IMPLICITA**



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ VERIFICHE DI DUTTILITA'(DUT)

In ogni zona o elemento dissipativo si deve garantire una capacità in duttilità superiore alla corrispondente domanda in duttilità.

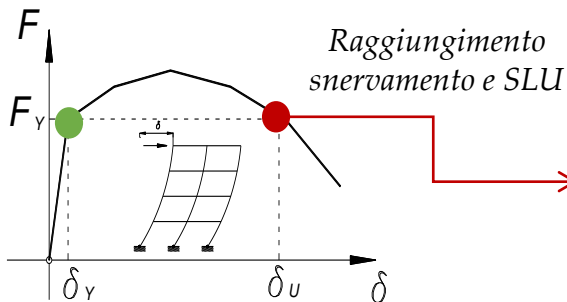
VERIFICA DI DUTTILITA'  
**ESPLICITA**

VERIFICA DI DUTTILITA'  
**IMPLICITA**

$$\mu_{\theta, CAPACITA'} = \frac{\theta_u}{\theta_Y} \geq \mu_{\theta, DOMANDA}$$

$\mu_{\theta, DOMANDA}$

Si misura tramite analisi non lineare o analisi lineare con fattore di comportamento



- elementi inflessi o presso inflessi di strutture intelaiate: **rotazione alla corda**;
- elementi prevalentemente tesi e compressi di strutture controventate: **allungamento complessivo della diagonale**;
- elementi sottoposti a taglio e flessione di strutture con controventi eccentrici (elementi di collegamento): **rotazione rigida tra l'elemento di connessione e l'elemento contiguo**.



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ VERIFICHE DI DUTTILITA'(DUT)

In ogni zona o elemento dissipativo si deve garantire una capacità in duttilità superiore alla corrispondente domanda in duttilità.

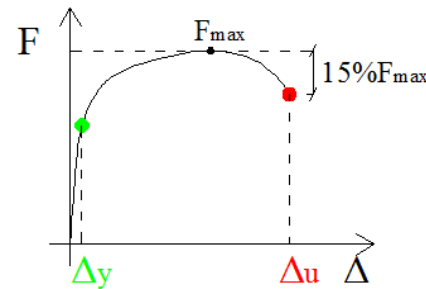
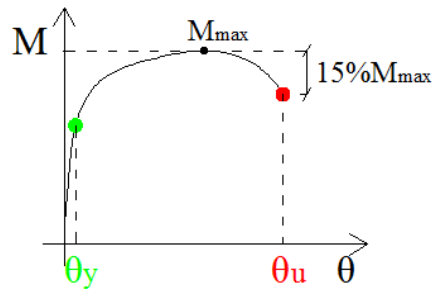
#### VERIFICA DI DUTTILITA' ESPLICITA

#### VERIFICA DI DUTTILITA' IMPLICITA

$$\mu_{\theta, CAPACITA'} = \frac{\theta_u}{\theta_Y} \geq \mu_{\theta, DOMANDA}$$

$\mu_{\theta, CAPACITA'}$

Rapporto tra la misura di deformazione al collasso  $q_u$ , valutata in corrispondenza della riduzione del 15% della massima resistenza dell'elemento, e la deformazione  $q_y$  corrispondente al raggiungimento della prima plasticizzazione





## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### ➔ VERIFICHE DI DUTTILITA'(DUT)

In ogni zona o elemento dissipativo si deve garantire una capacità in duttilità superiore alla corrispondente domanda in duttilità.

#### VERIFICA DI DUTTILITA' ESPLICITA

#### VERIFICA DI DUTTILITA' IMPLICITA

La verifica di duttilità si ritiene comunque soddisfatta qualora siano rispettate, in funzione della classe di duttilità e del valore di base del fattore di comportamento  $q_0$  utilizzato in fase di progetto, le prescrizioni relative alle classi di sezioni trasversali per le zone/elementi dissipativi riportate in Tab. 7.5.I nonché le prescrizioni specifiche di cui ai successivi paragrafi relativi a ciascuna tipologia strutturale e sia soddisfatta, per le sezioni delle colonne primarie delle strutture a telaio in cui si prevede la formazione di zone dissipative, la relazione:

Analoga a  
NTC08

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} \leq 0,3$$

<i>Classe di duttilità</i>	<i>Valore di riferimento del fattore di struttura <math>q_0</math></i>	<i>Classe di sezione trasversale richiesta</i>
<b>CD "B"</b>	<b><math>2 &lt; q_0 \leq 4</math></b>	<b>Classe 1 o 2</b>
<b>CD "A"</b>	<b><math>q_0 &gt; 4</math></b>	<b>Classe 1</b>



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

Le strutture a telaio possono avere un gran numero di elementi dissipativi localizzati essenzialmente in corrispondenza dei collegamenti trave colonna.

La dissipazione di energia avviene essenzialmente per cicli a flessione.

Il telaio non controventato rappresenta una soluzione idonea alla realizzazione delle strutture ordinarie di altezza non elevata.

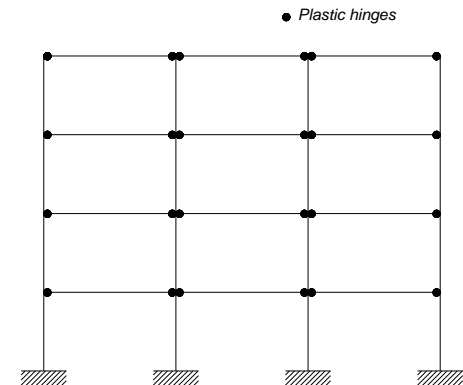
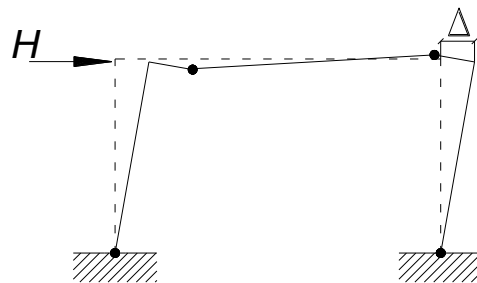
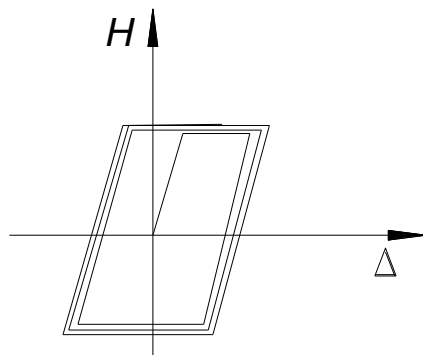
### VANTAGGI

- Nessun impedimento alle aperture
- Elevata duttilità ( $q_{\max}=6.5$ )
- Reazioni in fondazione non concentrate

### SVANTAGGI

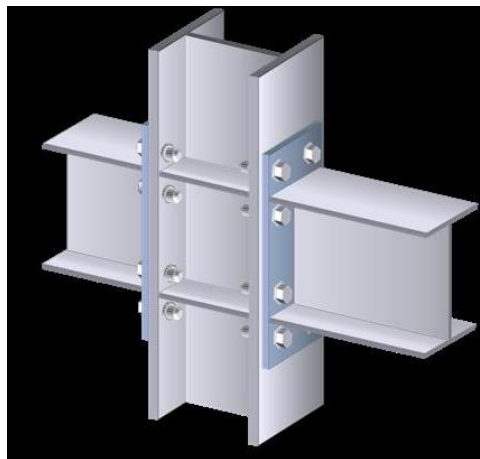
- Elevata deformabilità
- Nodi costosi (incastri)

*Sensibilità agli effetti del II ordine*  
*Verifica degli elementi non strutt.*





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

Progettazione strutture  
con *ANALISI LINEARI*

- FATTORE di STRUTTURA
- Riduzione AZIONE SISMICA

Elementi con sezioni  
RIDOTTE rispetto a quelle  
ottenute da analisi elastica

FENOMENI DEL II ORDINE  
VALUTAZIONE di  $\theta$

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h}, \quad d_r = d_{e,d} \cdot q$$

Valida perché si rimane in campo  
lineare:  $d_{e,d}$  è ricavato da analisi  
con spettro di progetto

Se gli effetti del II ordine sono  
**limitati**, si possono effettuare **analisi**  
**di tipo lineare**:

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h} = \frac{P \cdot q \cdot d_{e,d}}{K \cdot d_{e,d} \cdot h} = \frac{P \cdot q}{K \cdot h}$$

**LEGAME DIRETTO  
TRA  $q$  E  $\theta$**



**PROBLEMA**

*Edifici duttili:  $q$   
elevato,  $K$  ridotta*

*$\theta$  tende a  
crescere*

*Per limitare  $\theta$  ed eseguire analisi lineari  
SI DEVONO AUMENTARE LE SEZIONI*

**SOVRADIMENSIONAMENTO**

**Sfruttamento PARZIALE delle risorse plastiche**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Travi

Nelle sezioni in cui è attesa la formazione delle cerniere plastiche devono essere verificate le seguenti relazioni:

$$M_{Ed} / M_{pl,Rd} \leq 1$$

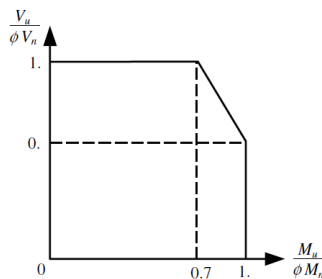
$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} \leq 0,15$$

$$(V_{Ed,G} + V_{Ed,M}) / V_{pl,Rd} \leq 0,50$$

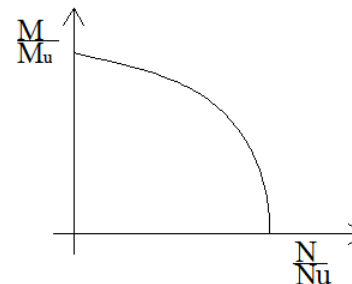
*Si può trascurare  
l'interazione con il  
momento flettente*

dove:

- $M_{Ed}$ ,  $N_{Ed}$  e  $V_{Ed}$  sono i valori di progetto del momento flettente, della sollecitazione assiale e del taglio;
- $M_{pl,Rd}$ ,  $N_{pl,Rd}$  e  $V_{pl,Rd}$  sono i valori delle resistenze plastiche di progetto, flessionale, assiale e tagliante determinate secondo criteri di cui al § 4.2.4.1.2;
- $V_{Ed,G}$  è la sollecitazione di taglio di progetto dovuta alle azioni non-sismiche;
- $V_{Ed,M}$  è la forza di taglio dovuta all'applicazione di momenti plastici equiversi  $M_{pl,Rd}$  nelle sezioni in cui è attesa la formazione delle cerniere plastiche.



Interazione Momento-Taglio (dalle AISC)



Rappresentazione schematica  
interazione Sforzo Normale-Momento

**Analoga a**  
**NTC08**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Colonne

Le colonne devono essere verificate in compressione considerando la più sfavorevole combinazione di sollecitazioni assiali e flessionali. Le sollecitazioni di progetto sono determinate come:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E}$$

in cui

- $N_{Ed,G}$ ,  $M_{Ed,G}$ ,  $V_{Ed,G}$  sono le sollecitazioni di compressione, flessione e taglio dovute alle azioni non sismiche;
- $N_{Ed,E}$ ,  $M_{Ed,E}$ ,  $V_{Ed,E}$  sono le sollecitazioni dovute alle azioni sismiche;
- $\gamma_{ov}$  è il fattore di sovraresistenza del materiale.

Impostazione  
analoga a  
NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Colonne

Le colonne devono essere verificate in compressione considerando la più sfavorevole combinazione di sollecitazioni assiali e flessionali. Le sollecitazioni di progetto sono determinate come:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E}$$

in cui

- $N_{Ed,G}$ ,  $M_{Ed,G}$ ,  $V_{Ed,G}$  sono le sollecitazioni di compressione, flessione e taglio dovute alle azioni non sismiche;
- $N_{Ed,E}$ ,  $M_{Ed,E}$ ,  $V_{Ed,E}$  sono le sollecitazioni dovute alle azioni sismiche;
- $\gamma_{ov}$  è il fattore di sovraresistenza del materiale.

$$\Omega = \min(\Omega_i)$$

### Nuove NTC

$$\Omega_i = \frac{(M_{pl,Rd,i} - M_{Ed,G,i})}{M_{Ed,E,i}}$$

### NTCC08

$$\Omega_i = \frac{M_{pl,Rd,i}}{M_{Ed,i}}$$

Impostazione  
analogia a  
NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Colonne

Le colonne devono essere verificate in compressione considerando la più sfavorevole combinazione di sollecitazioni assiali e flessionali. Le sollecitazioni di progetto sono determinate come:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E}$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E}$$

in cui

- $N_{Ed,G}$ ,  $M_{Ed,G}$ ,  $V_{Ed,G}$  sono le sollecitazioni di compressione, flessione e taglio dovute alle azioni non sismiche;
- $N_{Ed,E}$ ,  $M_{Ed,E}$ ,  $V_{Ed,E}$  sono le sollecitazioni dovute alle azioni sismiche;
- $\gamma_{ov}$  è il fattore di sovraresistenza del materiale.

**Impostazione  
analogia a  
NTC08**

**Nuove NTC**

$$\Omega = \min(\Omega_i)$$

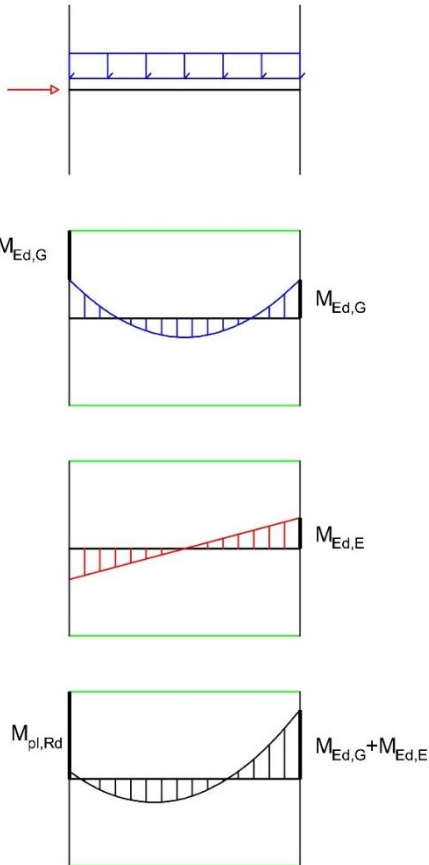
**NTC08**

$$\Omega_i = \frac{M_{pl,Rd,i}}{M_{Ed,i}}$$

*La nuova impostazione porta a ad avere valori di  $\Omega$  maggiori*



$$\Omega_i = \frac{(M_{pl,Rd,i} - M_{Ed,G,i})}{M_{Ed,E,i}}$$





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

$$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}}$$

Fattore di "sfruttamento"

### Nuove NTC

$$\Omega_i = \frac{(M_{pl,Rd,i} - M_{Ed,G,i})}{M_{Ed,E,i}}$$

### NTC08

$$\Omega_i = \frac{M_{pl,Rd,i}}{M_{Ed,i}}$$

		Nuove NTC	NTC08
$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}} = 1.00$	$M_{Ed,E,i} = 4 M_{Ed,G,i}$	1.00	1.00
	$M_{Ed,E,i} = M_{Ed,G,i}$	1.00	1.00
	$M_{Ed,G,i} = 4 M_{Ed,E,i}$	1.00	1.00
$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}} = 0.90$	$M_{Ed,E,i} = 4 M_{Ed,G,i}$	1.14	1.11
	$M_{Ed,E,i} = M_{Ed,G,i}$	1.22	1.11
	$M_{Ed,G,i} = 4 M_{Ed,E,i}$	1.56	1.11
$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}} = 0.50$	$M_{Ed,E,i} = 4 M_{Ed,G,i}$	2.25	2.00
	$M_{Ed,E,i} = M_{Ed,G,i}$	3.00	2.00
	$M_{Ed,G,i} = 4 M_{Ed,E,i}$	6.00	2.00
$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}} = 0.10$	$M_{Ed,E,i} = 4 M_{Ed,G,i}$	12.25	10.00
	$M_{Ed,E,i} = M_{Ed,G,i}$	19.00	10.00
	$M_{Ed,G,i} = 4 M_{Ed,E,i}$	46.00	10.00



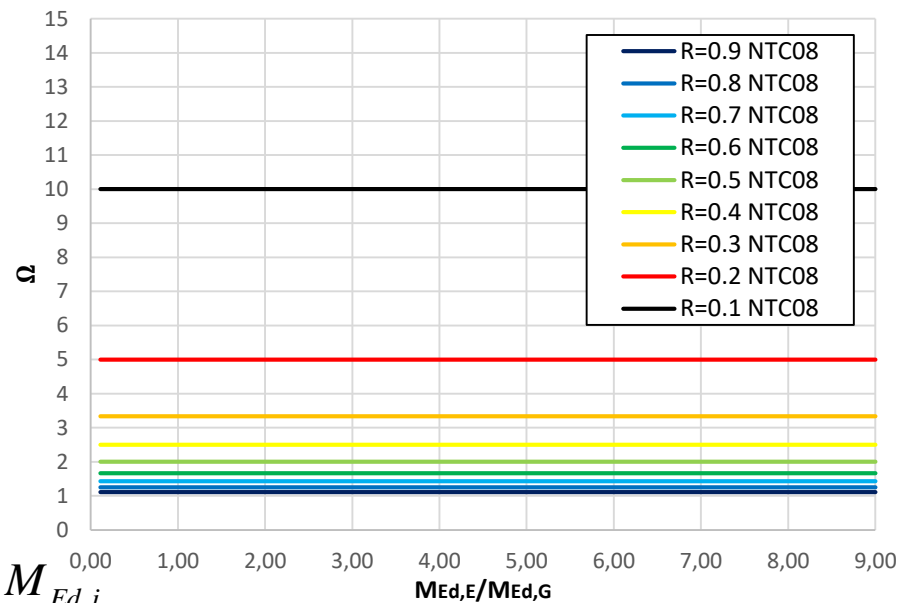
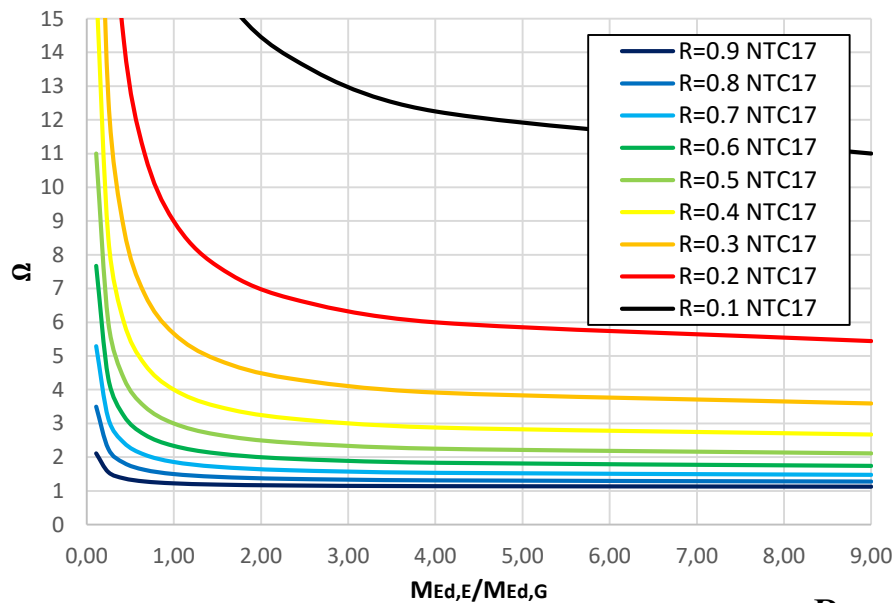
## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

Travi progettate a  
carichi verticali

Travi progettate  
per carichi sismici

Travi progettate a  
carichi verticali

Travi progettate  
per carichi sismici



$$R = \frac{M_{Ed,i}}{M_{pl,Rd,i}}$$

**Nuove NTC**

$$\Omega_i = \frac{(M_{pl,Rd,i} - M_{Ed,G,i})}{M_{Ed,E,i}} = \frac{(M_{pl,Rd,i} - M_{Ed,G,i})}{M_{Ed,i} - M_{Ed,G,i}}$$

**NTC08**

$$\Omega_i = \frac{M_{pl,Rd,i}}{M_{Ed,i}}$$



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

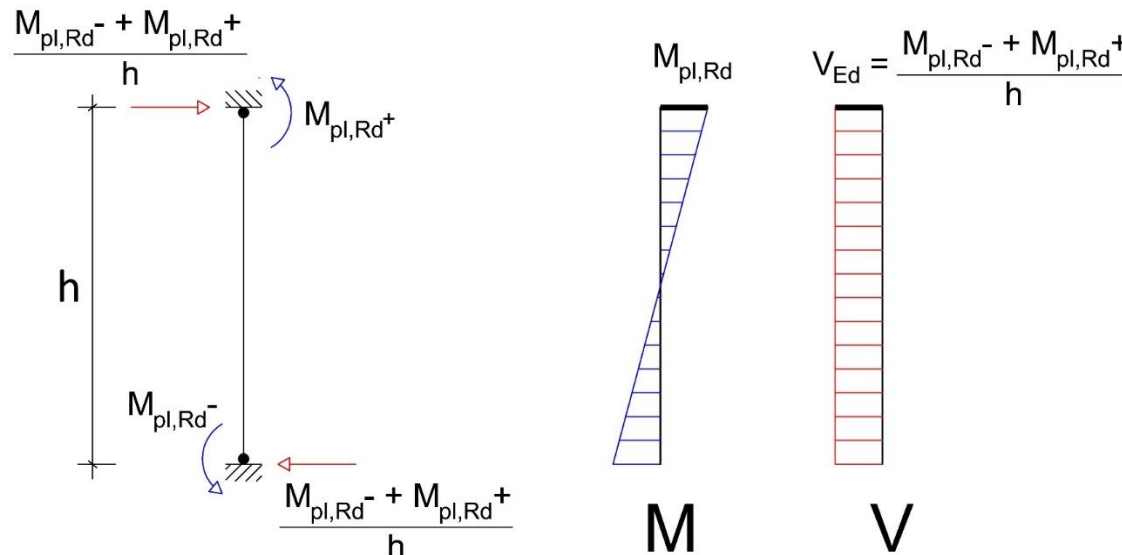
### Colonne

Nelle colonne in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, le sollecitazioni devono essere calcolate nell'ipotesi che nelle cerniere plastiche il momento flettente sia pari a  $M_{pl,Rd}$ .

Il taglio di progetto deve rispettare la seguente limitazione:

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} \leq 0,50$$

Impostazione  
analoga a  
NTC08





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Colonne

Nelle colonne in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, le sollecitazioni devono essere calcolate nell'ipotesi che nelle cerniere plastiche il momento flettente sia pari a  $M_{pl,Rd}$ .

Il taglio di progetto deve rispettare la seguente limitazione:

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} \leq 0,50$$

Per assicurare lo sviluppo del meccanismo globale dissipativo, deve inoltre essere rispettata la seguente disuguaglianza per ogni nodo trave-colonna del telaio

$$\sum M_{C,pl,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot \sum M_{b,pl,Rd}$$

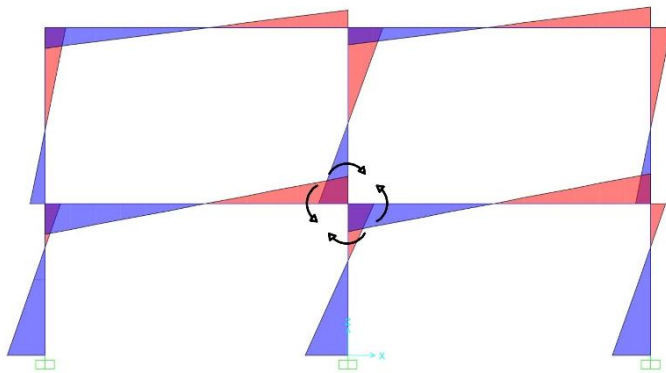
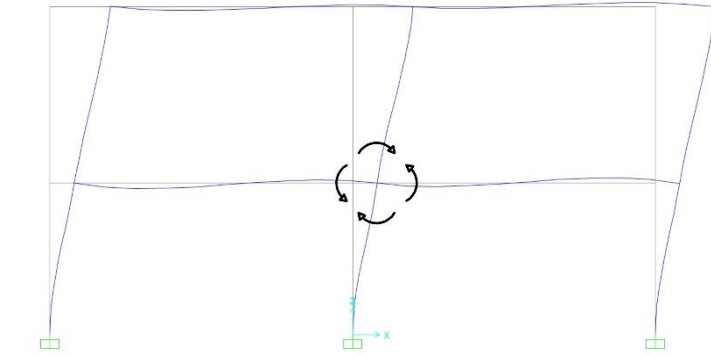
dove  $\gamma_{Rd}$  è dato in Tab. 7.2.I,  $M_{C,pl,Rd}$  è la capacità a flessione della colonna calcolata per i livelli di domanda a sforzo normale valutata nelle combinazioni sismiche delle azioni ed  $M_{b,pl,Rd}$  è la capacità delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

Nella [7.5.11] si assume il nodo in equilibrio ed i momenti, sia nelle colonne sia nelle travi, tra loro concordi. Nel caso in cui i momenti nella colonna al di sopra e al di sotto del nodo siano tra loro discordi, al primo membro della formula [7.5.11] va posta la maggiore tra le capacità a flessione delle colonne, mentre la minore va sommata alle capacità a flessione delle travi.

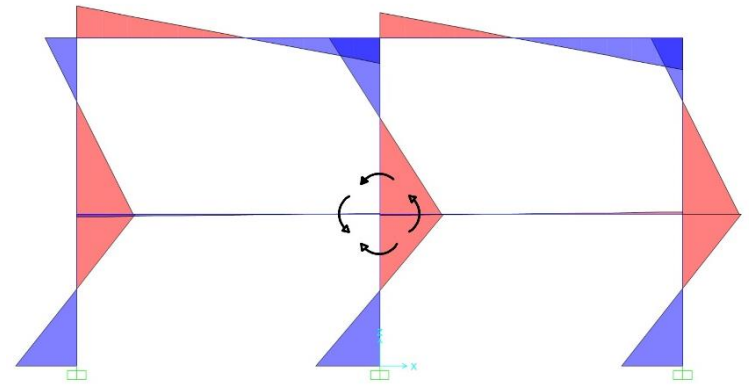
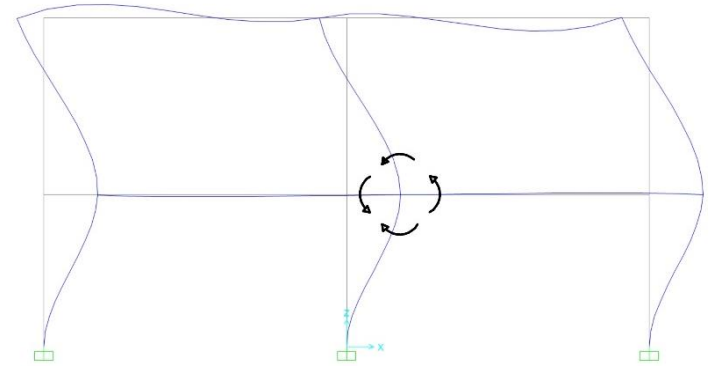
Impostazione  
analogia a  
NTC08

Precisazione  
nuove NTC





$$\sum M_{C,pl,Rd} \geq \gamma_{OV} \sum M_{b,pl,Rd}$$



$$M_{C,inf,pl,Rd} \geq \gamma_{OV} \left( \sum M_{b,pl,Rd} + M_{C,sup,pl,Rd} \right)$$



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Collegamenti trave-colonna

#### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

I collegamenti trave-colonna devono essere progettati in modo da consentire la formazione delle zone dissipative alle estremità delle travi secondo le indicazioni di cui al § 7.5.3.1. In particolare, la capacità a flessione del collegamento trave-colonna,  $M_{j,Rd}$ , deve soddisfare la seguente relazione

$$M_{j,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot M_{b,pl,Rd}$$

dove  $M_{b,pl,Rd}$  è la capacità a flessione della trave collegata e  $\gamma_{ov}$  è il coefficiente di sovrarresistenza.

- $\gamma_{Rd} = 1,3$  e  $1,1$  rispettivamente per strutture in classe CD"A" e CD"B" (NTC08)
- $\gamma_{ov} = 1.25$  e  $1.15$  rispettivamente per (S235, S275, S355) e (S420, S460) (Nuove NTC)

### Pannelli d'anima dei collegamenti trave-colonna

#### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES) VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

Tale requisito si può ritenere soddisfatto quando:

$$V_{vp,Ed} / \min(V_{vp,Rd}, V_{vb,Rd}) < 1$$

essendo  $V_{vp,Ed}$ ,  $V_{vp,Rd}$  e  $V_{vb,Rd}$  rispettivamente la domanda a taglio, la capacità a taglio per plasticizzazione del pannello e la capacità a taglio per instabilità del pannello, queste ultime valutate come in § 4.2.4.1.2 e 4.2.4.1.3. La domanda a taglio  $V_{vp,Ed}$  deve essere determinata assumendo il raggiungimento della capacità a flessione nelle sezioni delle travi convergenti nel nodo trave-colonna, secondo lo schema e le modalità previste in fase di progetto.

Impostazione

analoga a

NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE A TELAIO

### Collegamenti colonna-fondazione

#### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

Il collegamento colonna-fondazione deve essere progettato in modo tale che la sua capacità sia maggiore della capacità della colonna ad esso collegata.

In particolare, la capacità a flessione del collegamento deve rispettare la seguente disuguaglianza

$$M_{C,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot M_{c,pl,Rd}(N_{Ed})$$

dove  $M_{c,pl,Rd}$  è la capacità a flessione della colonna, valutata per la domanda a sforzo normale  $N_{Ed}$  che fornisce la condizione più gravosa per il collegamento di base. Il coefficiente  $\gamma_{ov}$  è fornito nel § 7.5.1.

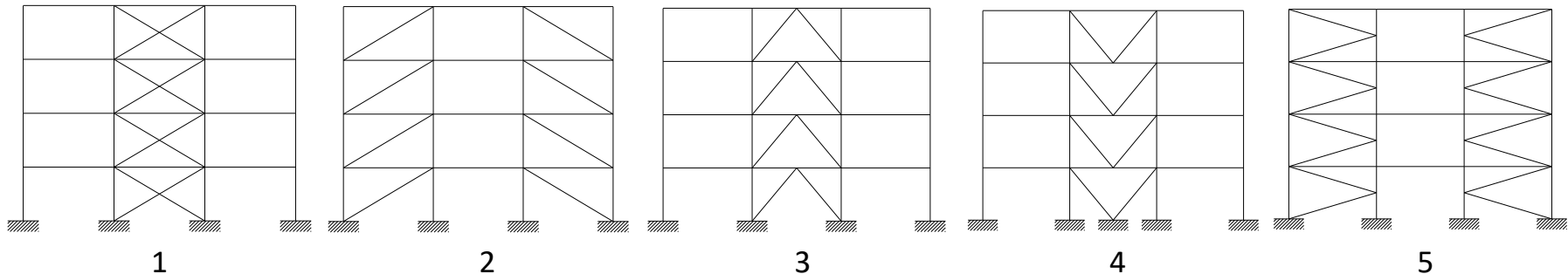
- $\gamma_{Rd} = 1,3$  e  $1,1$  rispettivamente per strutture in classe CD"A" e CD"B" (**NTC08**)
- $\gamma_{ov} = 1.25$  e  $1.15$  rispettivamente per (S235, S275, S355) e (S420, S460) (**Nuove NTC**)

Eslicitato  
rispetto alle  
NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Le zone dissipative si localizzano nelle aste tese, anche se le capacità dissipative sono spesso poco soddisfacenti a causa dei ripetuti fenomeni di instabilità che interessano le aste diagonali compresse. Ciò produce una progressiva diminuzione dell'area racchiusa nei cicli di isteresi.



1. CONTROVENTO A X
2. CONTROVENTO A DIAGONALE
3. CONTROVENTO A V ROVESCIA
4. CONTROVENTO A V
5. CONTROVENTO A K

*Controventi a diagonale tesa attiva*

*Controventi in cui anche la diagonale compressa deve resistere*

**NON PUO' ESSERE PROGETTATA COME DISSIPATIVA**

### VANTAGGI

- Elevata rigidezza
- Moderata duttilità per i contr. a diagonale tesa attiva ( $q_{max}=4$ )
- Nodi meno costosi (cerniere)

### SVANTAGGI

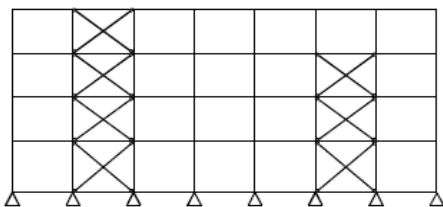
- Azioni in fondazione generalmente concentrate
- Impedimenti alle aperture
- Bassa duttilità per i contr. a V ( $q_{max}=4$ )
- Difficoltà di modellazione



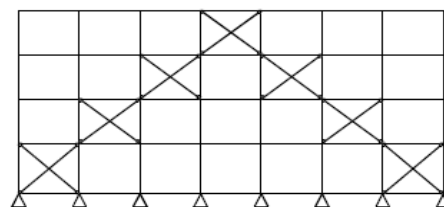
# REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

## POSSIBILI DISPOSIZIONI DEI CONTROVENTI

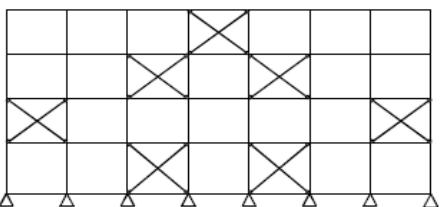
### Disposizioni nel piano



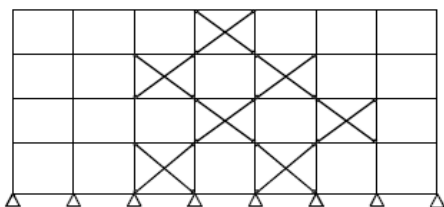
a) Case 2 (Multi-Story)



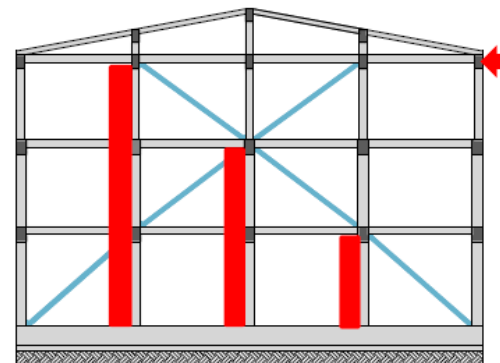
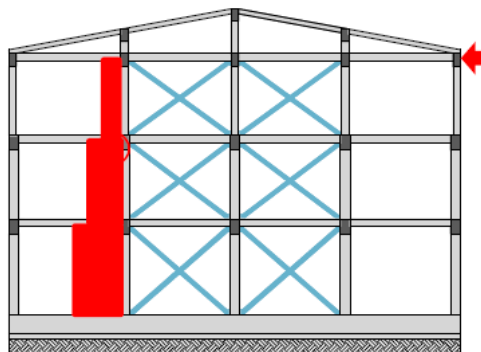
b) Case 3 (Mountain Type)



c) Case 4 (Discontinuous)



d) Case 5 (Checkered Type)

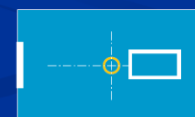


### Disposizioni in pianta

#### Sistemi instabili



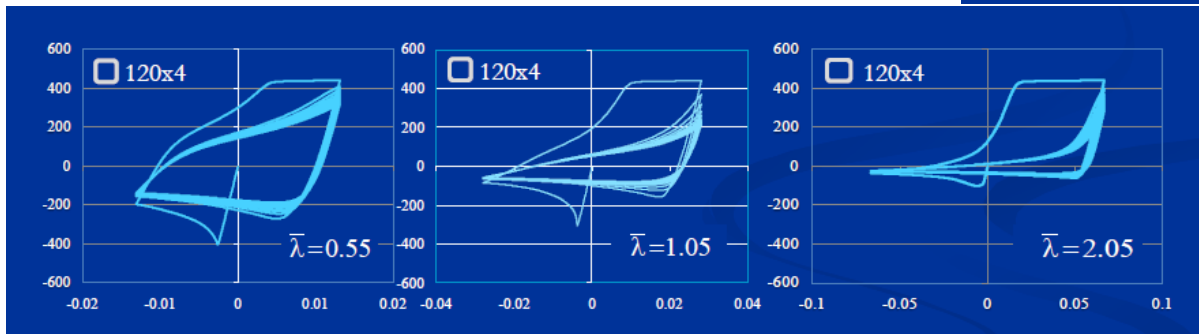
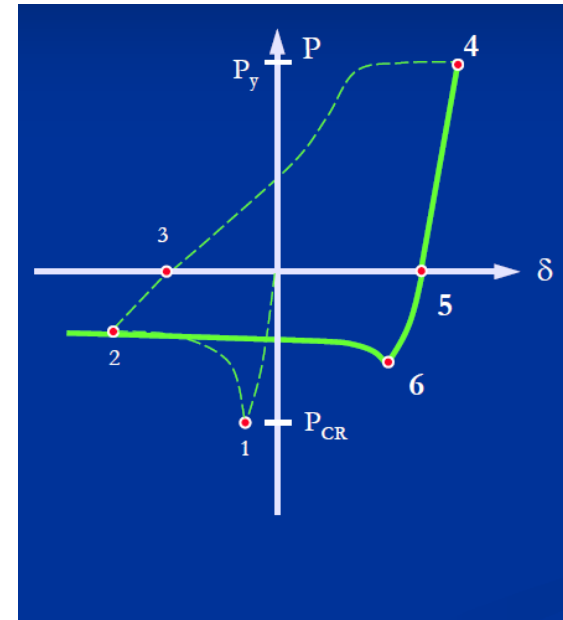
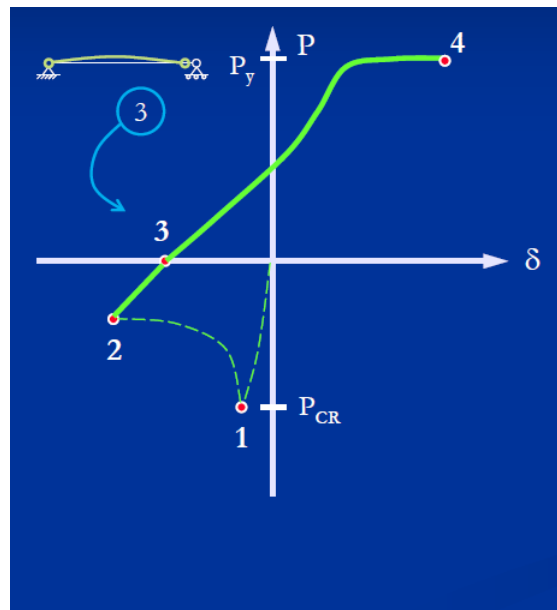
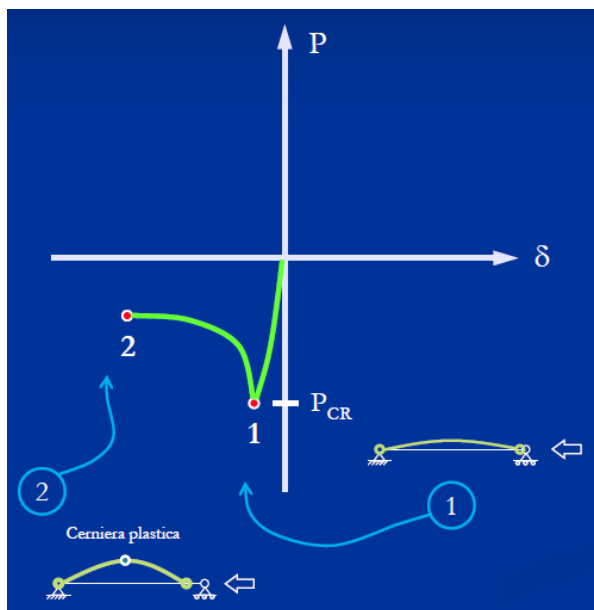
#### Sistemi stabili





# REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

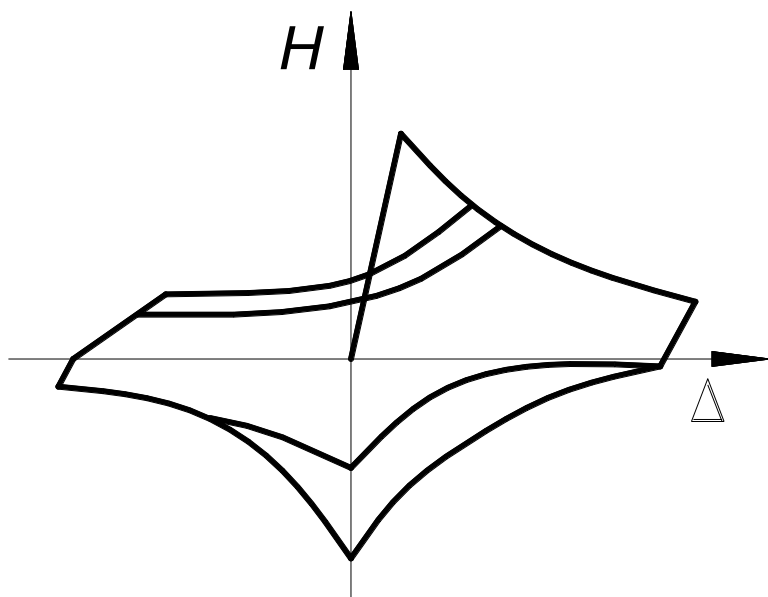
## Comportamento di una singola asta di controvento



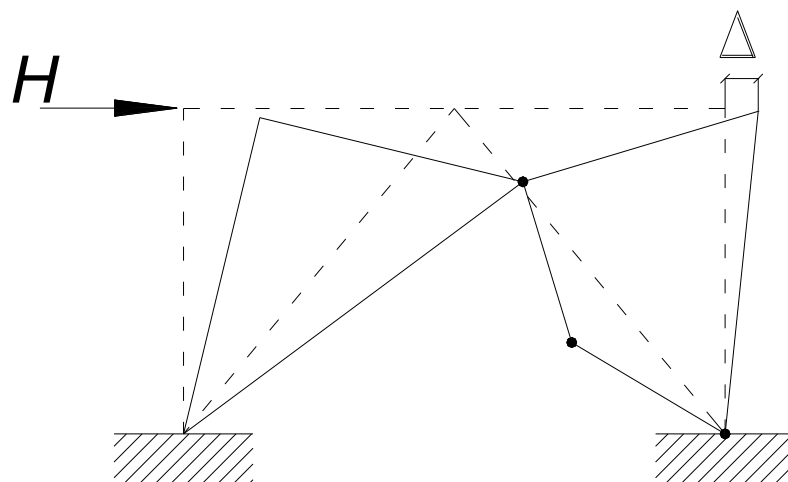


## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

I controventi a V, quando entrambe le diagonali tesa e compressa resistono alle azioni orizzontali, dissipano energia solo in corrispondenza degli elementi tesi.



Tipico comportamento isteretico di un controvento concentrico a V rovescia.





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Nelle strutture con controventi concentrici le membrature costituenti le travi e le colonne ed i collegamenti devono possedere una capacità sufficiente a consentire lo sviluppo delle zone dissipative nelle diagonali.

Le diagonali di controvento hanno essenzialmente funzione portante nei confronti delle azioni sismiche e, a tal fine, tranne che per i controventi a V, devono essere considerate le sole diagonali tese.

La risposta carico-spostamento laterale deve essere sostanzialmente indipendente dal verso dell'azione sismica.

Per edifici con più di due piani, la snellezza adimensionale delle diagonali deve rispettare le seguenti condizioni:

**Analogo alle  
NTC08**

$$\boxed{1,3 \leq \bar{\lambda} \leq 2} \quad \text{Controventi ad X}$$
$$\bar{\lambda} \leq \boxed{2} \quad \text{Controventi a V}$$

*Il limite inferiore serve ad evitare che le diagonali compresse trasmettano agli elementi connessi sollecitazioni maggiori di quelle previste in fase di calcolo*

*Una elevata snellezza implicherebbe un rapido degrado ciclico della resistenza degli elementi di controvento*



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

**Travi e colonne** considerate soggette prevalentemente a sforzi assiali in condizioni di sviluppo del meccanismo dissipativo previsto per tale tipo di struttura devono rispettare la condizione:

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} (M_{Ed}) \leq 1$$

essendo

$N_{b,Rd}$  la capacità nei confronti dell'instabilità, calcolata come in § 4.2.4.1.3.1 tenendo conto dell'interazione con il momento flettente  $M_{Ed}$ ,

$N_{Ed}$  ed  $M_{Ed}$  i valori della domanda a sforzo normale e flessione dovuta alle combinazioni sismiche di progetto, valutate rispettivamente ~~mediante le espressioni~~ 7.5.7 e 7.5.8, ponendo  $\Omega$  il minimo valore tra gli  $\Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$  dove  $N_{pl,Rd,i}$  è la capacità a sforzo normale della i-esima diagonale e  $N_{Ed,i}$  la domanda a sforzo normale per la combinazione sismica, calcolati per tutti gli elementi di controvento in cui si attende la formazione di zone dissipative.

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \\ M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} \end{array} \right.$$

Per garantire un comportamento dissipativo omogeneo delle diagonali all'interno della struttura

$$\Delta\Omega = \Omega_{\max} - \Omega_{\min} \leq 25\% \cdot \Omega_{\min} \quad \text{o di } \Omega_{\max} ?$$

Analogo alle  
NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

**Travi e colonne** considerate soggette prevalentemente a sforzi assiali in condizioni di sviluppo del meccanismo dissipativo previsto per tale tipo di struttura devono rispettare la condizione:

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} (M_{Ed}) \leq 1$$

essendo

$N_{b,Rd}$  la capacità nei confronti dell'instabilità, calcolata come in § 4.2.4.1.3.1 tenendo conto dell'interazione con il momento flettente  $M_{Ed}$ ,

$N_{Ed}$  ed  $M_{Ed}$  i valori della domanda a sforzo normale e flessione dovuta alle combinazioni sismiche di progetto, valutate rispettivamente mediante le espressioni 7.5.7 e 7.5.8, ponendo  $\Omega$  il minimo valore tra gli  $\Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$  dove  $N_{pl,Rd,i}$  è la capacità a sforzo normale della i-esima diagonale e  $N_{Ed,i}$  la domanda a sforzo normale per la combinazione sismica, calcolati per tutti gli elementi di controvento in cui si attende la formazione di zone dissipative.

$$\begin{cases} N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \\ M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} \end{cases}$$

**Analogo alle  
NTC08**

**Eurocodice 8**

- (8) Per soddisfare un comportamento dissipativo omogeneo delle diagonali, si raccomanda di controllare che la massima sovrarresistenza  $\Omega$  definita nel punto 6.7.4(1) non differisca dal valore minimo  $\Omega$  di più del 25%.



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

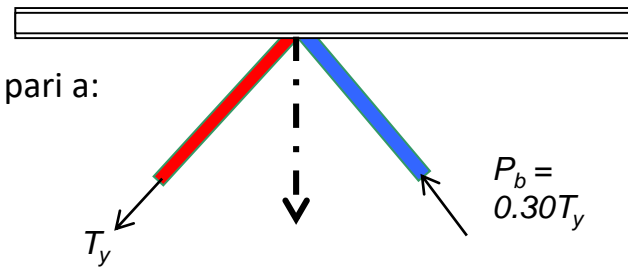
Nei telai con **controventi a V** le travi devono resistere agli effetti delle azioni di natura non sismica senza considerare il supporto dato dalle diagonali e alle forze verticali squilibrante che si sviluppano per effetto delle azioni sismiche a seguito della plasticizzazione delle diagonali tese e dell'instabilizzazione delle diagonali compresse.

Per determinare questo effetto si può considerare una forza pari a:

- $N_{pl,Rd}$  nelle diagonali tese
- $\gamma_{pb} \cdot N_{Rd}$  nelle diagonali compresse

Essendo:

- $\gamma_{pb}=0,30$  il fattore che permette di stimare la resistenza residua dopo l'instabilizzazione. I collegamenti delle diagonali alle altre parti strutturali devono garantire il rispetto del requisito di sovra-resistenza di cui al § 7.5.3.3.



**Analogo alle  
NTC08**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

### VERIFICHE DI DUTTILITÀ (DUT)

Qualora non si eseguano le specifiche verifiche di duttilità di cui al § 7.5.3.2, le membrature di controvento devono appartenere alla prima o alla seconda classe di cui al § 4.2.3.1 secondo la Tab. 7.5.I. Qualora esse siano costituite da sezioni circolari cave, il rapporto tra il diametro esterno  $d$  e lo spessore  $t$  deve soddisfare la limitazione  $d/t \leq 36$ . Nel caso in cui le aste di controvento siano costituite da profili tubolari a sezione rettangolare, i rapporti larghezza-spessore delle parti che costituiscono la sezione non devono eccedere 18, a meno che le pareti del tubo non siano irrigidite.

Introdotta da  
Nuove NTC

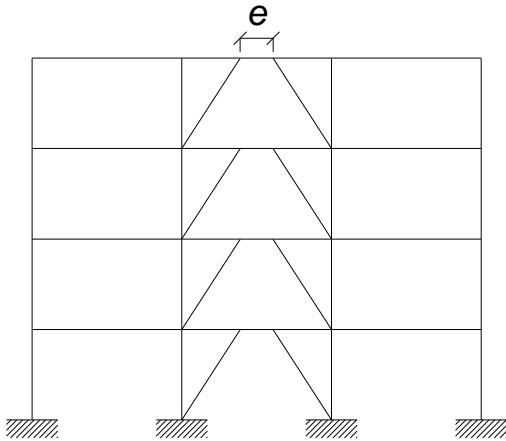
Analogo a  
NTC08

<i>Classe di duttilità</i>	<i>Valore di riferimento del fattore di struttura <math>q_0</math></i>	<i>Classe di sezione trasversale richiesta</i>
<b><i>CD "B"</i></b>	<b><math>2 &lt; q_0 \leq 4</math></b>	<b><i>Classe 1 o 2</i></b>
<b><i>CD "A"</i></b>	<b><math>q_0 &gt; 4</math></b>	<b><i>Classe 1</i></b>

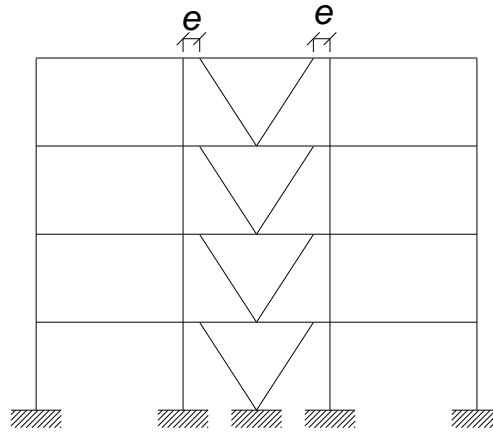


## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

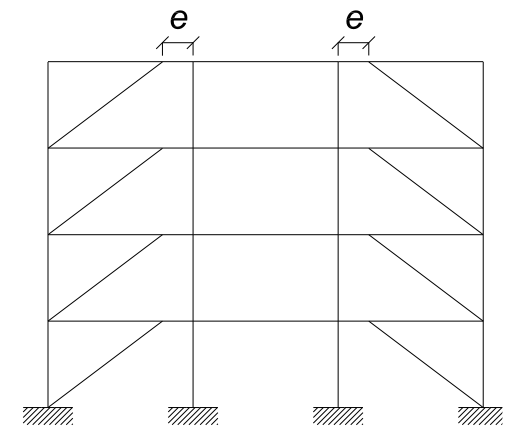
I link dissipativi devono essere realizzati in acciaio strutturale e la dissipazione di energia conseguita per plasticizzazione a taglio e/o flessione degli stessi.



Controvento a K



Controvento a V



Controvento a D

### VANTAGGI

- Elevata rigidezza
- Elevata duttilità ( $q_{max}=6.5$ )
- Nodi meno costosi (cerniere)
- Minori impedimenti alle aperture rispetto ai contro. conc.

### SVANTAGGI

- Azioni in fondazione generalmente concentrate
- Maggiori impedimenti alle aperture rispetto ai MRF
- Danneggiamento della trave se il link è compreso in essa



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

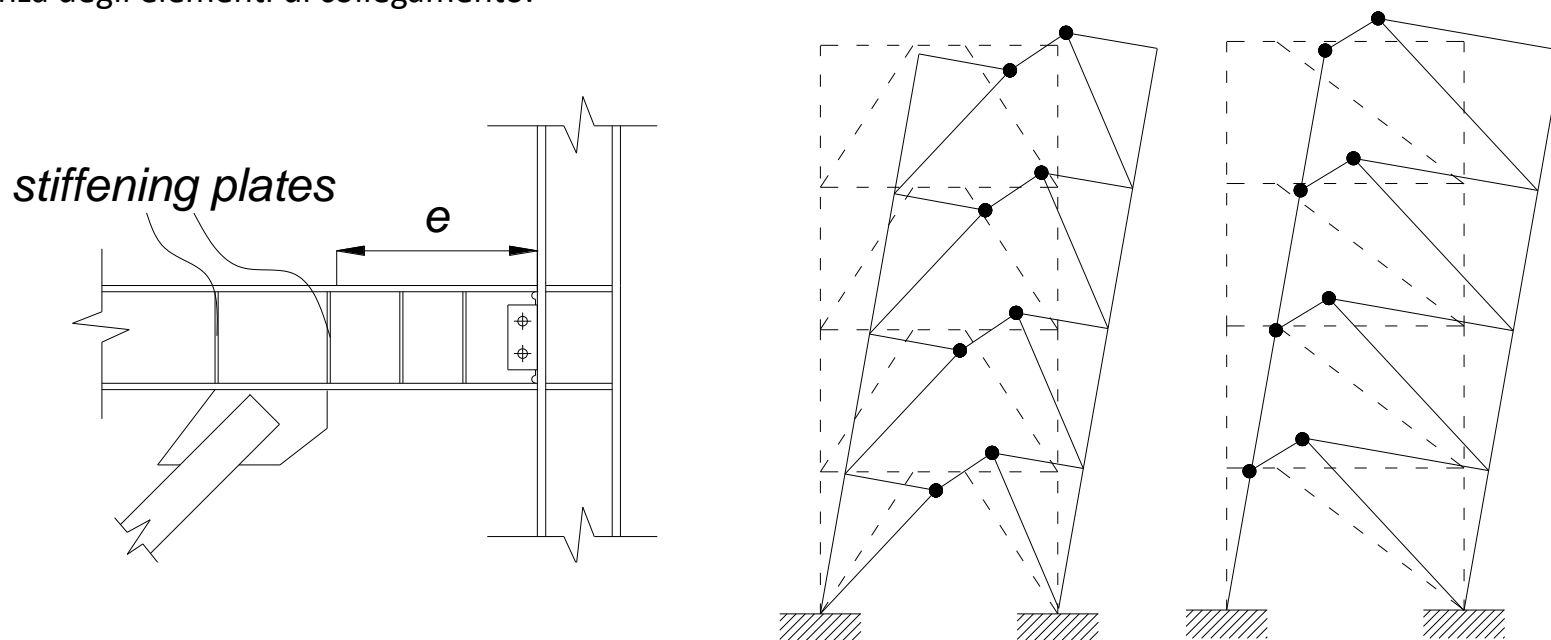




## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

Le azioni orizzontali sono assorbite essenzialmente da elementi soggetti a sollecitazioni assiali.

L'eccentricità del collegamento consente la dissipazione di energia mediante cicli a flessione o a taglio in corrispondenza degli elementi di collegamento.





## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

I controventi eccentrici dividono le travi dei telai in due o più parti. Ad una di queste parti, chiamata «elemento di connessione» o «link», è affidato il compito di dissipare l'energia sismica attraverso deformazioni plastiche cicliche taglienti e/o flessionali.

Gli elementi di connessione vengono denominati «corti» quando la plasticizzazione avviene per taglio, «lunghi» quando la plasticizzazione avviene per flessione e «intermedi» quando la plasticizzazione è un effetto combinato di taglio e flessione. In relazione alla lunghezza “e” dell'elemento di connessione, si adotta la classificazione seguente:

**CORTI** 
$$e \leq 0,8(1 + \alpha) \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

**INTERMEDI** 
$$0,8(1 + \alpha) \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}} < e < 1,5(1 + \alpha) \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

**LUNGH** 
$$e \geq 1,5(1 + \alpha) \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

dove  $M_{l,Rd}$  e  $V_{l,Rd}$  sono, rispettivamente, la resistenza flessionale e la resistenza a taglio di progetto dell'elemento di connessione,  $\alpha$  è il rapporto tra il minore ed il maggiore dei momenti flettenti attesi alle due estremità dell'elemento di connessione.

Analogo a  
NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

Per le sezioni ad I il momento resistente,  $M_{l,Rd}$ , ed il taglio resistente,  $V_{l,Rd}$ , dell'elemento di connessione sono definiti in assenza di sollecitazione assiale, rispettivamente, dalle formule:

$$M_{l,Rd} = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (h - t_f)$$

$$V_{l,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot t_w \cdot (h - t_f)$$

essendo  $b$  e  $t_f$  la larghezza e lo spessore della flangia,  $h$  l'altezza della sezione e  $t_w$  lo spessore dell'anima del profilo costituente la sezione.

**Quando il valore della sollecitazione assiale di calcolo  $N_{Ed}$  presente nell'elemento di connessione supera il 15% della resistenza plastica a sollecitazione assiale della sezione dell'elemento,  $N_{pl,Rd}$ , va tenuta opportunamente in conto la riduzione della resistenza plastica a taglio,  $V_{l,Rd}$ , e flessione,  $M_{l,Rd}$ , dell'elemento di connessione.**

Analogo a  
NTC08

NTC08



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

Quando il valore di progetto della domanda a sforzo normale  $N_{Ed}$  agente sull'elemento di connessione supera il 15% della corrispondente capacità della sezione costituente l'elemento,  $N_{pl,Rd}$ , tale domanda va tenuta opportunamente in conto riducendo la capacità a taglio,  $V_{l,Rd}$ , e a flessione,  $M_{l,Rd}$ , dell'elemento di connessione stesso adottando le seguenti espressioni

$$V_{l,Rd,r} = V_{l,Rd} \left[ 1 - \left( N_{Ed} / N_{pl,Rd} \right)^2 \right]^{0,5}$$
$$M_{l,Rd,r} = M_{l,Rd} \left[ 1 - \left( N_{Ed} / N_{pl,Rd} \right) \right]$$

Se  $N_{Ed}/N_{pl,Rd} \geq 0,15$  occorre anche che sia

$$e \leq 1,6 \cdot M_{l,Rd} / V_{l,Rd} \quad \text{se } R < 0.3$$

$$e \leq (1,15 - 0,5 \cdot R) 1,6 \cdot M_{l,Rd} / V_{l,Rd} \quad \text{se } R \geq 0.3$$

dove  $R = N_{Ed} t_w (d - 2t_f) / (V_{Ed} A)$ , in cui  $A$  è l'area lorda del collegamento.

**Nuove**  
**NTC**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

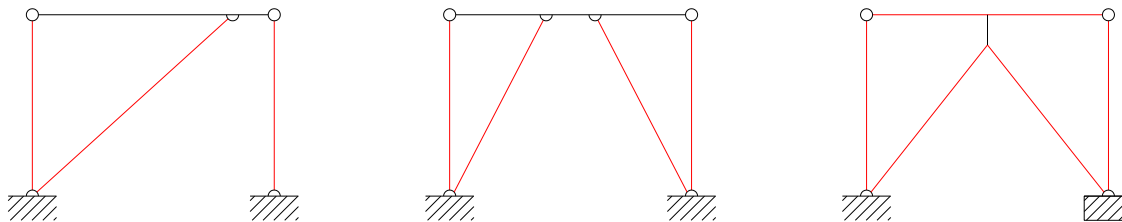
#### Elementi non dissipativi

Le membrature non contenenti elementi di connessione, come le colonne e gli elementi diagonali, se sono utilizzati elementi di connessione orizzontali, e le travi, se sono utilizzati elementi di connessione verticali, devono possedere una capacità tale da soddisfare la combinazione più sfavorevole della domanda a sforzo normale e della domanda a flessione:

$$N_{Rd} (M_{Ed}, V_{Ed}) \leq N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

**LUNGI ed INTERMEDI:**  $\Omega_i = 1,5 \cdot M_{l,Rd,i} / M_{Ed,i}$

**CORTI:**  $\Omega_i = 1,5 \cdot V_{l,Rd,i} / V_{Ed,i}$



**Nuove**  
**NTC**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)

#### Elementi non dissipativi

Le membrature non contenenti elementi di connessione, come le colonne e gli elementi diagonali, se sono utilizzati elementi di connessione orizzontali, e le travi, se sono utilizzati elementi di connessione verticali, devono possedere una capacità tale da soddisfare la combinazione più sfavorevole della domanda a sforzo normale e della domanda a flessione:

$$N_{Rd}(M_{Ed}, V_{Ed}) \leq N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E}$$

**LUNGI ed INTERMEDI:**  $\Omega_i = 1,5 \cdot M_{l,Rd,i} / M_{Ed,i}$

**CORTI:**  $\Omega_i = 1,5 \cdot V_{l,Rd,i} / V_{Ed,i}$

Per garantire un comportamento dissipativo omogeneo delle diagonali all'interno della struttura

$$\Delta\Omega = \Omega_{\max} - \Omega_{\min} \leq 25\% \cdot \Omega_{\min} \quad \text{o di } \Omega_{\max} ?$$

**Nuove**  
**NTC**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### VERIFICHE DI DUTTILITA' (DUT)

Qualora non si effettuino specifiche verifiche di duttilità di cui al § 7.5.3.2:

- gli elementi di collegamento lunghi e intermedi devono appartenere alla prima o alla seconda classe di cui al § 4.2.3.1 secondo la Tab. 7.5.I;
- negli elementi di collegamento intermedi e corti devono essere evitati i fenomeni di instabilità locale fino al raggiungimento della completa plasticizzazione della sezione;
- devono essere soddisfatte le prescrizioni sui dettagli costruttivi di cui al presente paragrafo;
- la domanda di rotazione rigida  $\theta_p$  tra l'elemento di connessione e l'elemento contiguo non deve eccedere i seguenti valori:

**CORTI:**  $\theta_p \leq 0,08 \cdot \text{rad}$

**LUNGI:**  $\theta_p \leq 0,02 \cdot \text{rad}$

Per gli elementi di connessione «intermedi» si interpola linearmente tra questi valori.

<i>Classe di duttilità</i>	<i>Valore di riferimento del fattore di struttura <math>q_0</math></i>	<i>Classe di sezione trasversale richiesta</i>
<b>CD "B"</b>	<b><math>2 &lt; q_0 \leq 4</math></b>	<b>Classe 1 o 2</b>
<b>CD "A"</b>	<b><math>q_0 &gt; 4</math></b>	<b>Classe 1</b>

**Analogo  
a NTC08**



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

### Rotation Angle Example

From computer analysis:

$$\Delta_e = 0.247 \text{ in}$$

Total drift:

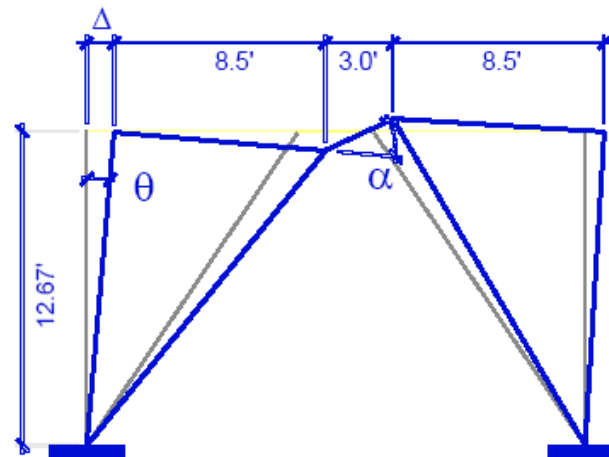
$$\Delta = C_d \Delta_e = 4(0.247) = 0.99 \text{ in.}$$

From geometry:

$$\alpha = \left( \frac{L}{e} \right) \theta = \left( \frac{20}{3} \right) \left( \frac{0.99}{12.67(12)} \right) = 0.043 \text{ rad}$$

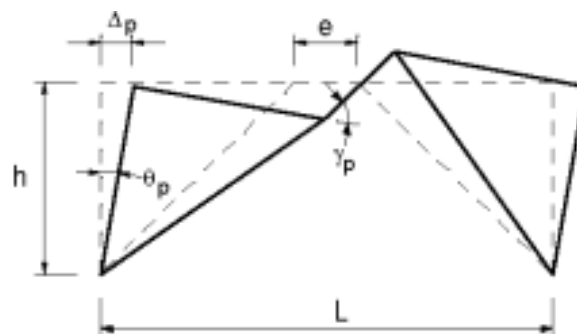
$$\text{Because } e = 3.0' < \frac{1.6M_p}{F_y} = 3.52'$$

$$\alpha_{\max} = 0.08 \text{ rad} > 0.043 \text{ rad} \quad \text{OK}$$

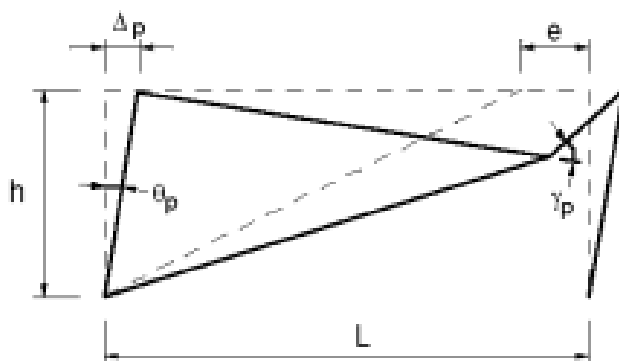




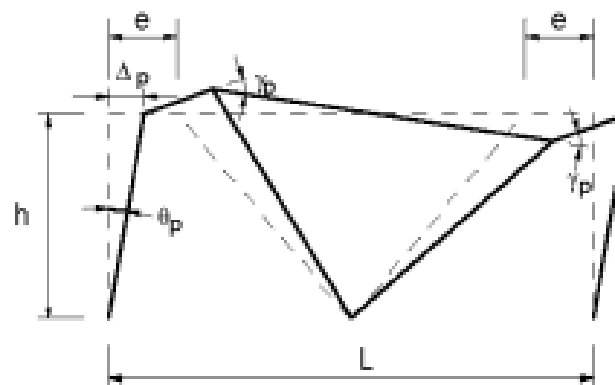
## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI



$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p$$



$$\gamma_p = \frac{L}{e} \theta_p$$



$$\gamma_p = \frac{L}{2e} \theta_p$$



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

Per garantire un comportamento dissipativo omogeneo degli elementi di collegamento all'interno della struttura, i coefficienti di sovra-resistenza  $\Omega_i$  calcolati per tutti gli elementi di collegamento, devono differire tra il massimo ed il minimo di non più del 25%. I coefficienti  $\Omega_i$  degli elementi "link" sono definiti secondo le formule seguenti:

**Analogo  
a NTC08**

**LUNGI** ed **INTERMEDI**:

$$\Omega_i = 1,5 \cdot M_{l,Rd,i} / M_{Ed,i}$$

**CORTI**:

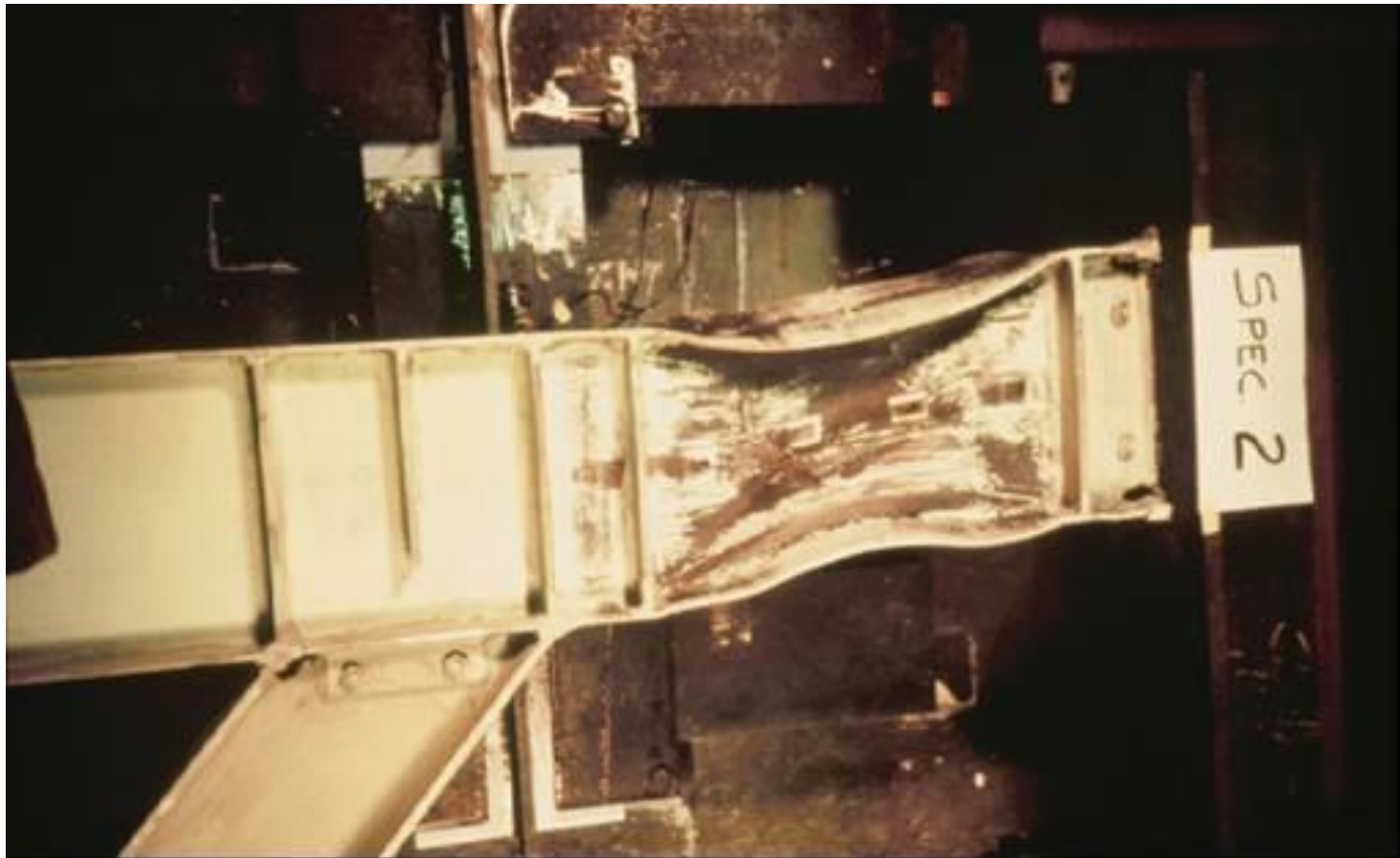
$$\Omega_i = 1,5 \cdot V_{l,Rd,i} / V_{Ed,i}$$

dove  $M_{l,Rd}$  e  $V_{l,Rd}$  sono momento e taglio resistenti dell'elemento di collegamento, mentre  $M_{Ed,i}$  e  $V_{Ed,i}$  sono le sollecitazioni di calcolo ottenute dalla combinazione sismica. Le membrature che non contengono gli elementi di connessione devono essere verificate come indicato in §7.5.5, in cui è il minimo valore tra gli  $\Omega_i = 1,5 \cdot M_{l,Rd,i} / M_{Ed,i}$  di tutti gli elementi di connessione «lunghi» ed il minimo valore  $\Omega_i = 1,5 \cdot V_{l,Rd,i} / V_{Ed,i}$  di tutti gli elementi di connessione «corti».

$$\Delta\Omega = \Omega_{\max} - \Omega_{\min} \leq 25\% \cdot \Omega_{\min} \quad \text{o di } \Omega_{\max} ?$$



## REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI





## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

Analogo  
a NTC08

Il comportamento degli **elementi di connessione lunghi** è dominato dalla plasticizzazione per flessione. Le modalità di collasso tipiche di tali elementi di connessione sono rappresentate dalla instabilità locale della piattabanda compressa e dalla instabilità flesso-torsionale. In tal caso gli irrigidimenti devono distare  $1.5 b_f$  dalla estremità degli elementi di connessione.

In tutti i casi, **gli irrigidimenti d'anima devono essere disposti da ambo i lati in corrispondenza delle estremità delle diagonali**. Con riferimento al dettaglio costruttivo degli irrigidimenti, nel caso di «elementi di connessione corti» e travi di modesta altezza ( 600 mm) è sufficiente che gli irrigidimenti siano disposti da un solo lato dell'anima, impegnando almeno i  $3/4$  della altezza dell'anima. Tali irrigidimenti devono avere spessore non inferiore a  $t_w$ , e comunque non inferiore a 10 mm, e larghezza pari a  $(b_f/2) - t_w$ .

**Nel caso degli elementi di connessione lunghi e degli elementi di connessione intermedi, gli irrigidimenti hanno lo scopo di ritardare l'instabilità locale e, pertanto, devono impegnare l'intera altezza dell'anima.**

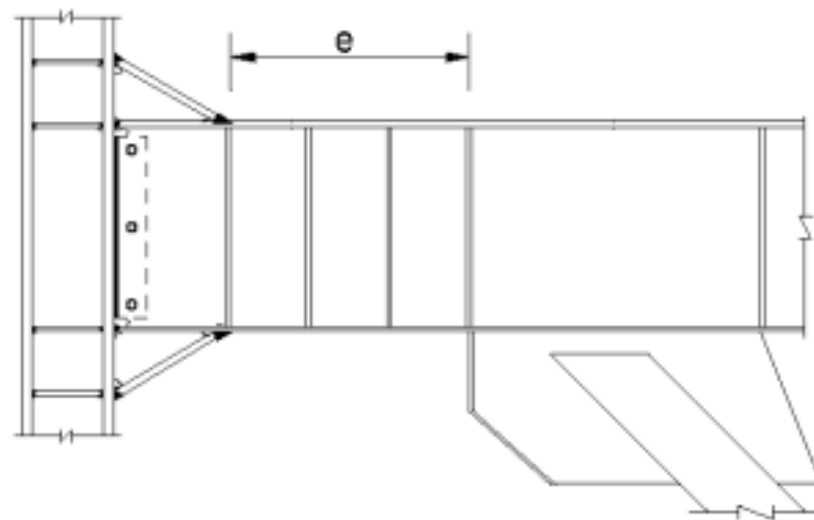
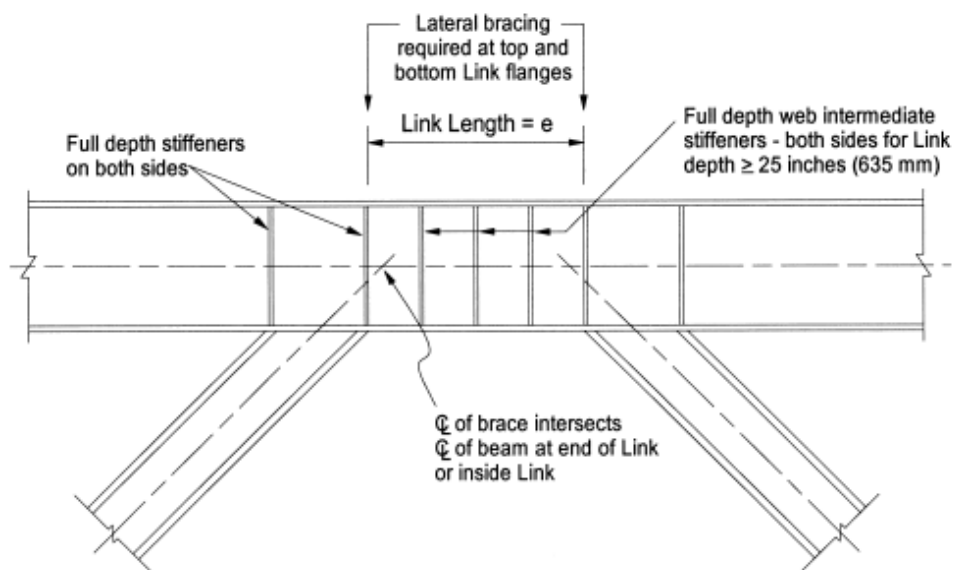
Le saldature che collegano gli elementi di irrigidimento all'anima devono essere progettate per sopportare una sollecitazione pari a  $A_{st} \cdot f_y$ , essendo  $A_{st}$  l'area dell'elemento di irrigidimento, mentre quelle che lo collegano alle piattabande per sopportare una sollecitazione pari a  $A_{st} \cdot f_y / 4$ .



## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### PROGETTAZIONE SISMICA

#### ➔ REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI





## PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE E PRESCRITTIVA

### PROGETTAZIONE SISMICA

#### ➔ REGOLE DI PROGETTO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

