



# Software Tecnico Scientifico

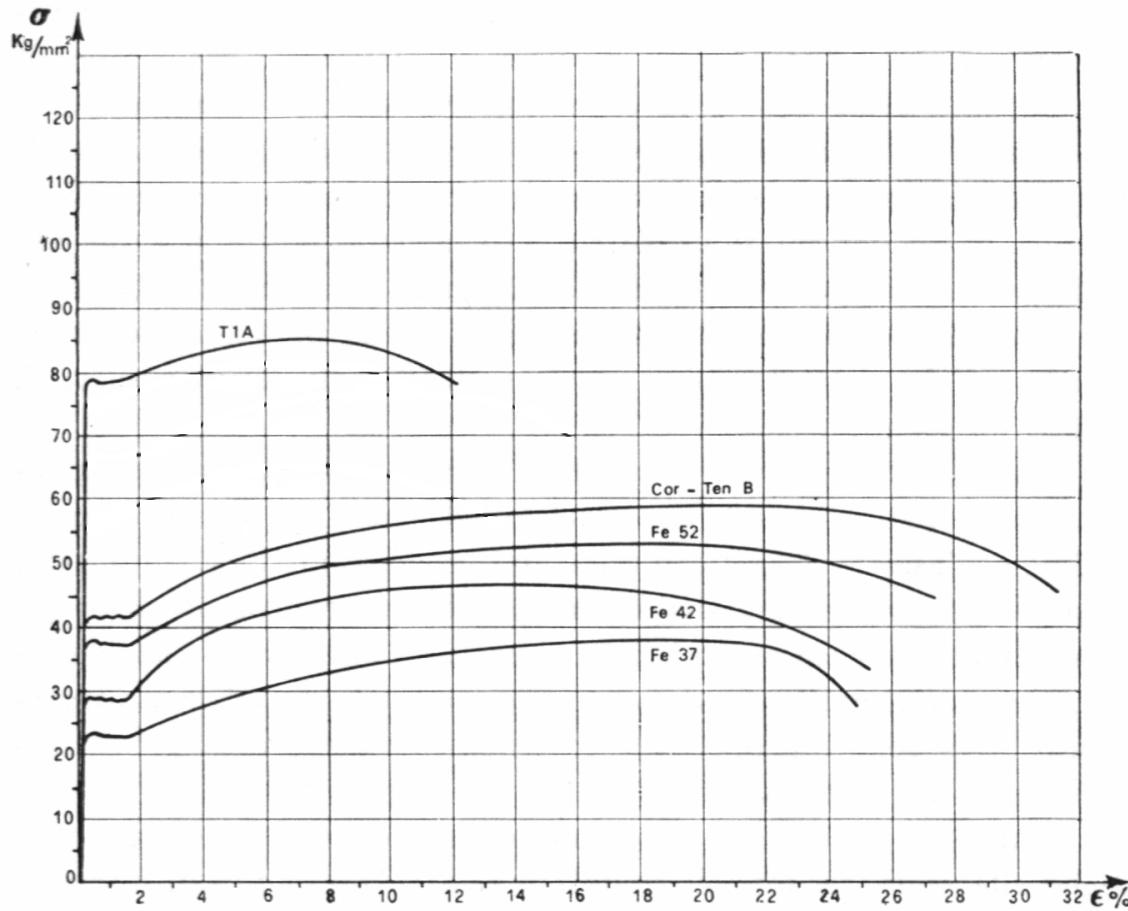
## VERIFICHE SEZIONI IN ACCIAIO

- Classificazione e verifica sezioni
- Modelli sismo-resistenti dissipativi per le strutture in acciaio
- Verifiche per gli elementi dissipativi
- Applicazione della Gerarchia di Resistenza



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

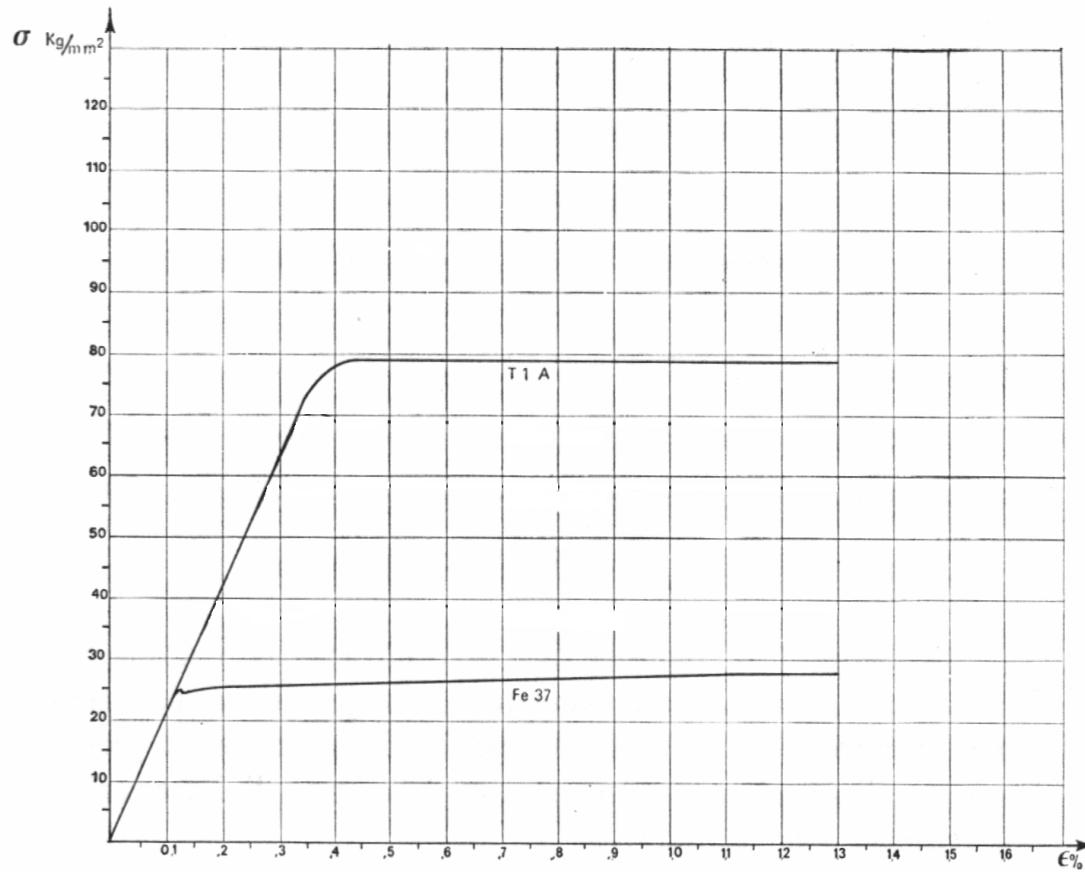
Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345



Legame costitutivo per l'acciaio da costruzione

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

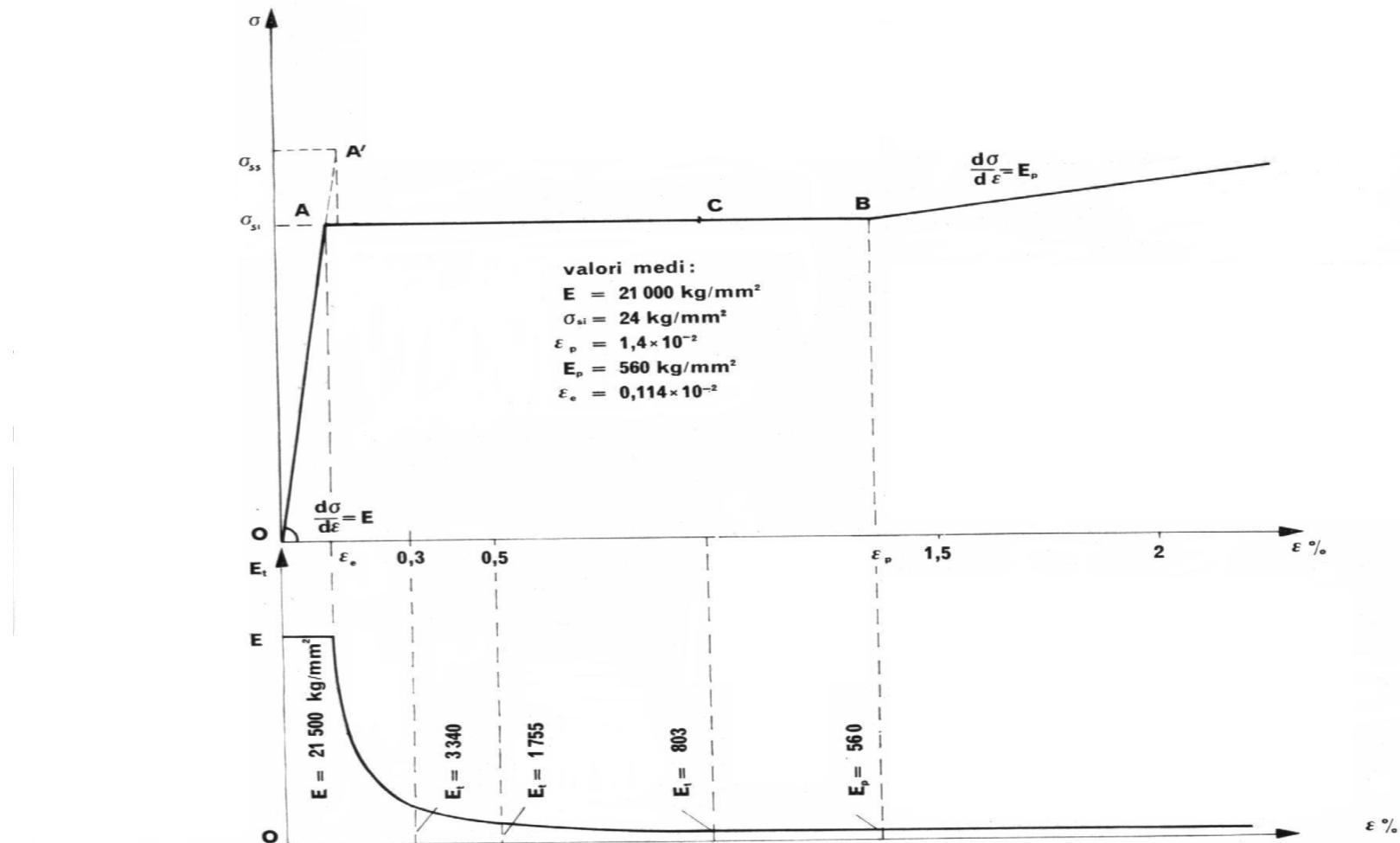
Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345



Legame costitutivo per l'acciaio: ingrandimento della parte iniziale del grafico

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345



Legame costitutivo linearizzato per l'acciaio S235

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 - mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) - skype: horaesrl2345

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

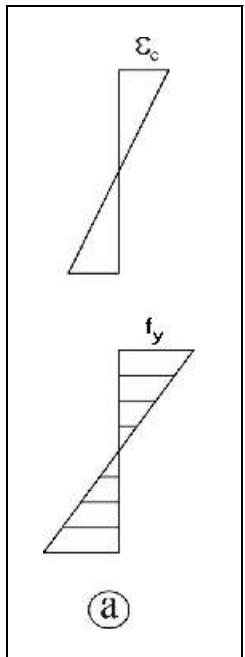
Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE A SEZIONE DOPPIAMENTE SIMMETRICA

## FASE ELASTICA



Il momento massimo elastico  $M_e$  si realizza nell'istante in cui la deformazione nelle fibre estreme raggiunge il limite elastico  $\varepsilon_e$  (la tensione solo in questi punti varrà  $f_y$ ); l'espressione dal momento vale:

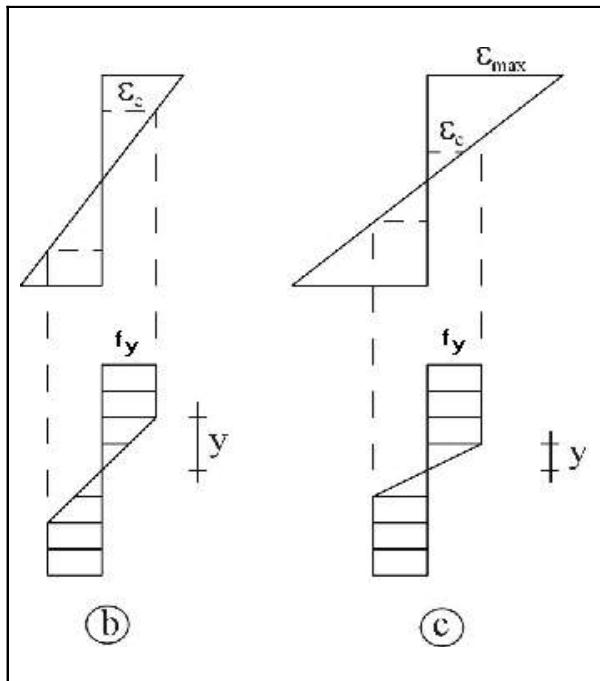
$$M_e = f_y \cdot W_e$$

La curvatura corrispondente è la curvatura massima elastica:

$$\chi_e = \frac{M_e}{E \cdot I} = \frac{f_y \cdot W_e}{E \cdot I} = \frac{f_y}{E} \cdot \frac{W_e}{I} = \varepsilon_e \cdot \frac{2}{h}$$

# FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE A SEZIONE DOPPIAMENTE SIMMETRICA

## FASE PLASTICA



Aumentando la curvatura della trave  $\chi$  ( $>\chi_e$ ) si cominciano a plasticizzare (la tensione rimane costante pari alla tensione di snervamento  $f_y$ ) le fibre più esterne della sezione mentre dentro la distanza  $y$  dall'asse neutro si trovano i due campi della sezione che rimangono in fase elastica, una è la parte compressa e l'altra è tesa.

Aumentando la curvatura della trave facendola tendere ad infinito (soluzione puramente matematica) la sezione risulta tutta plasticizzata. Il momento plastico  $M_{pl}$  si realizza nell'istante in cui la tensione raggiunge il limite di snervamento del metallo  $f_y$  in tutta la sezione; esso vale per definizione:

$$M_{pl} = f_y \cdot W_{pl}$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE A SEZIONE DOPPIAMENTE SIMMETRICA

Se il diagramma è rettangolare, la tensione vale  $f_y$  nella parte delle  $y$  positive e  $-f_y$  nella parte delle  $y$  negative per cui l'equazione di equilibrio del momento si può scrivere nella forma :

$$M_p = f_y \cdot \int_A |y| \cdot dA$$

Da cui:

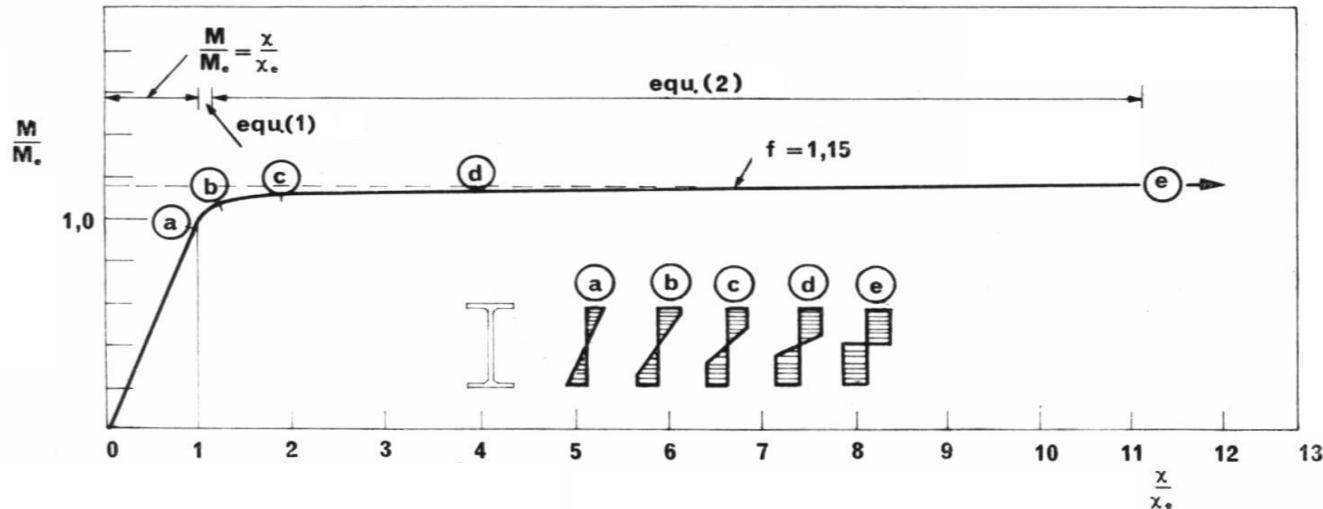
$$W_{pl} = \int_A |y| \cdot dA = 2 \cdot S_x$$

cioè il modulo plastico è uguale a due volte il momento statico di metà della sezione retta rispetto all'asse di simmetria orizzontale.

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

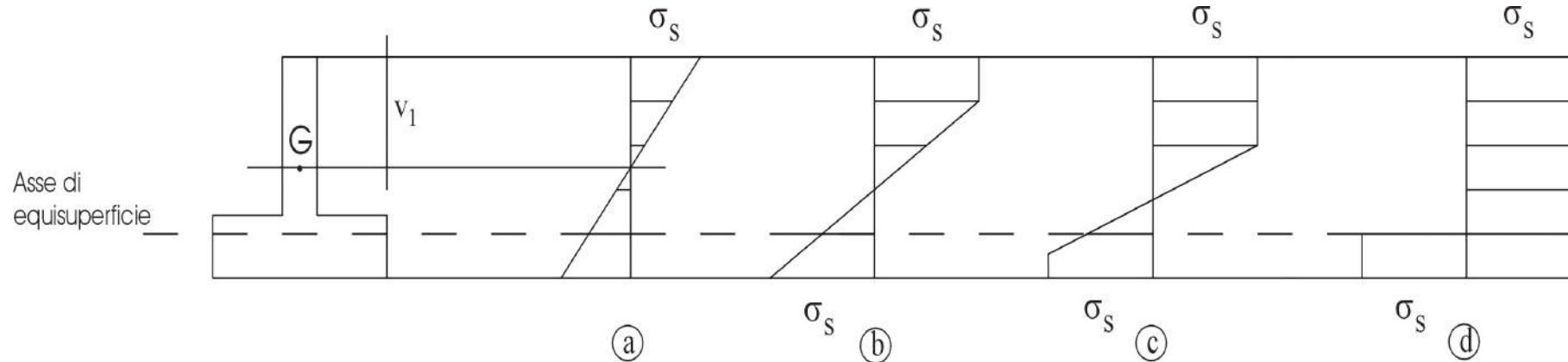
# DIAGRAMMA MOMENTO CURVATURA PROFILATO DOPPIO T



Possono essere individuati i seguenti punti:

- (a) fine fase elastica
- (b) ali totalmente plasticizzate
- (c) e (d) la plasticizzazione penetra progressivamente nell'anima
- (e) collasso della sezione

# FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE CON UN SOLO ASSE DI SIMMETRIA



Possono essere individuati i seguenti punti:

- (a) fine fase elastica
- (b) plasticizzazione penetra progressivamente nell'anima
- (c) plasticizzazione parziale dell'ala
- (d) collasso della sezione

## FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE CON UN SOLO ASSE DI SIMMETRIA

nel campo (d) l'equazione di equilibrio alla traslazione vale:

$$N = \int_A \sigma \cdot dA = f_y \cdot (A_1 - A_2) = 0$$

Che permette di trovare la posizione dell'asse neutro plastico che è quella per cui  $A_1 = A_2$ ; con l'equazione di equilibrio alla rotazione si trova il momento plastico per la sezione qualunque ad un asse di simmetria

$$M = \int_A \sigma \cdot y \cdot dA = f_y \cdot (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2)$$

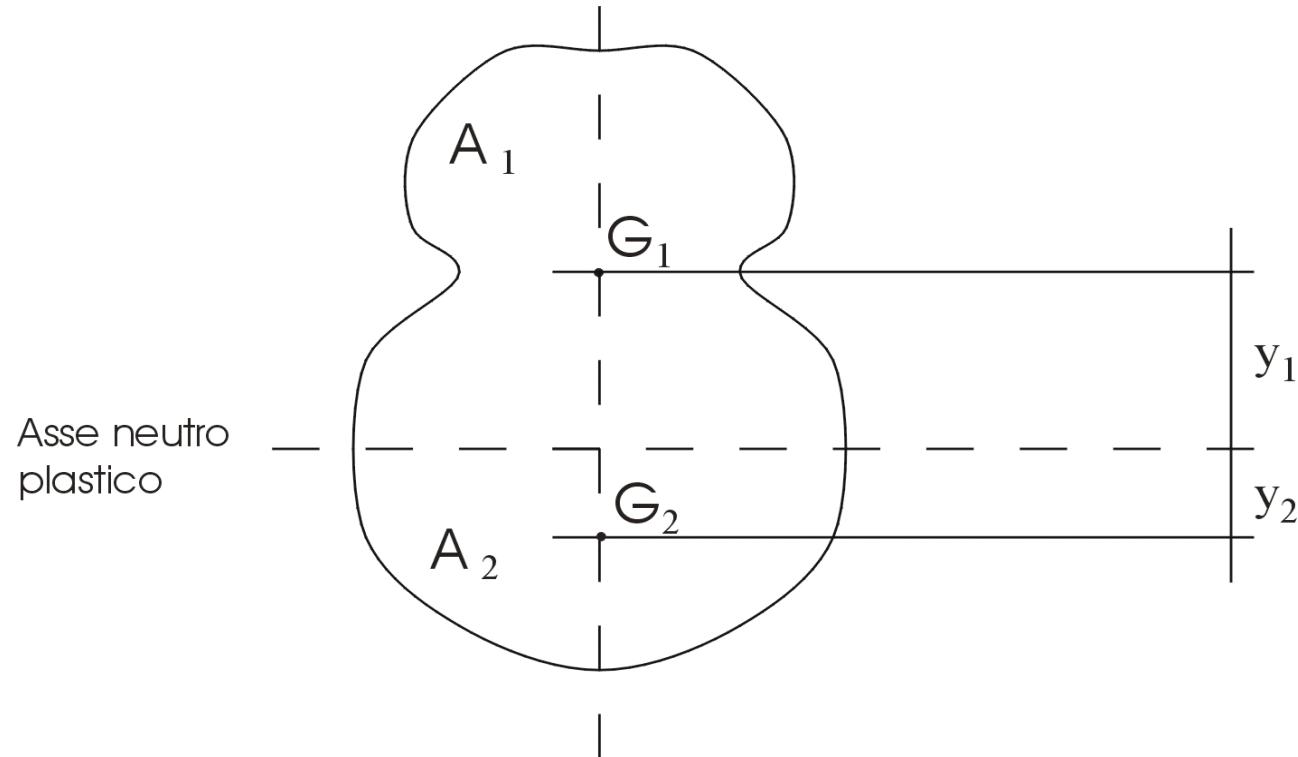
Il modulo di resistenza plastico in questo caso vale:

$$W_{pl} = \frac{M_p}{f_y} = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) = \frac{A}{2} \cdot (y_1 + y_2)$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## FLESSIONE SEMPLICE DI UNA TRAVE CON UN SOLO ASSE DI SIMMETRIA

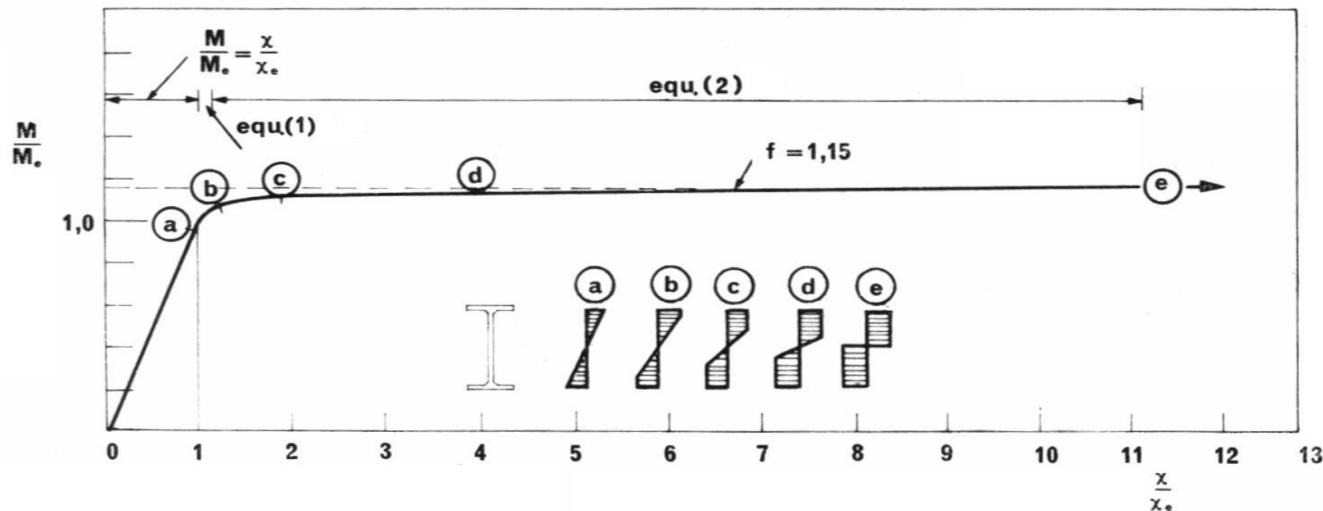


$$W_{pl} = \frac{M_p}{f_y} = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) = \frac{A}{2} \cdot (y_1 + y_2)$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# DIAGRAMMA MOMENTO CURVATURA PROFILATO DOPPIO T



- (a) linea base elastica
- (b) ali totalmente plasticizzate
- (c) e (d) la plasticizzazione penetra progressivamente nell'anima
- (e) collasso della sezione

$$\text{duttilità} = \frac{\chi_u}{\chi_e} = \frac{\Theta_r}{\Theta_y}$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI

**Classe 1:** quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico. Capacità rotazionale maggiore o uguale a 3 (sezione compatta).

**Classe 2:** quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma ha una capacità rotazionale limitata. Capacità rotazionale maggiore o uguale a 1,5 (sezione compatta).

**Classe 3:** quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico (sezione moderatamente snella).

**Classe 4:** quando, per determinare la resistenza flettente, è necessario tenere in conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione (sezione snella).

Essendo la capacità rotazionale definita come rapporto fra le curvature corrispondenti al raggiungimento delle deformazione ultima e di snervamento meno 1.

$$C_{\Theta} = \frac{\chi_u}{\chi_e} - 1 = \frac{\Theta_r}{\Theta_y} - 1$$

Tabella 4.2.I - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

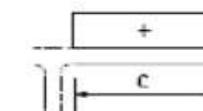
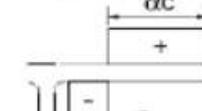
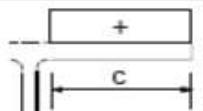
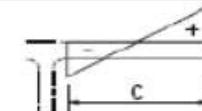
Parti interne compresse			
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)			
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)			
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1 : c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1^* : c/t \leq 62\epsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275
	$\epsilon$	1,00	0,92
		0,81	0,75
		0,71	460

\*)  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\epsilon_y > f_{yk}/E$

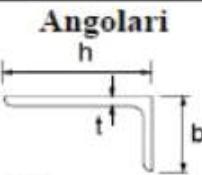
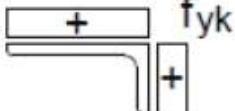
**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

**Tabella 4.2.II- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse**

		Piattabande esterne		
		Profili laminati a caldo		Sezioni saldate
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione		
		Con estremità in compressione	Con estremità in trazione	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)				
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)				
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per $k_e$ vedere EN 1993-1-5		
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81
			420	460
			0,75	0,71

**Tabella 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse**

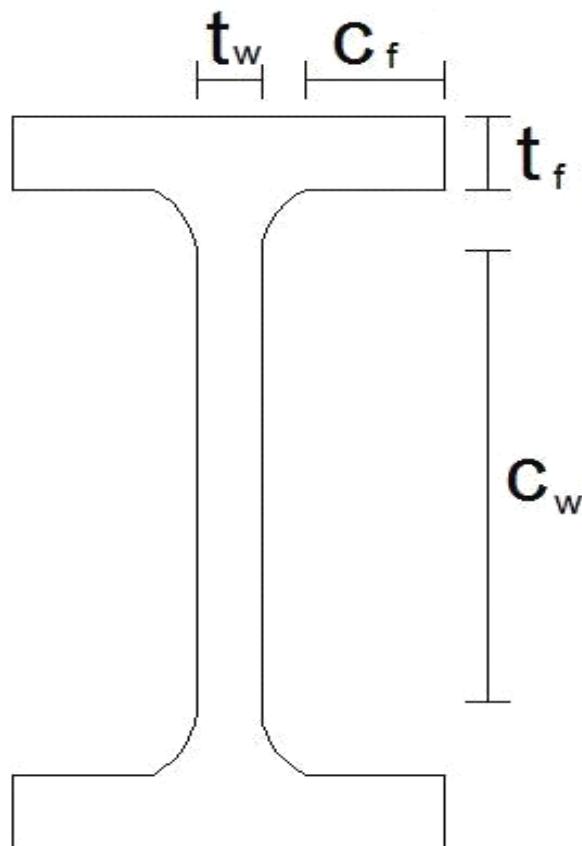
Angolari	
	
Classe	Sezione in compressione
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)	
3	$h/t \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$
Sezioni Tubolari	
Classe	Sezione inflessa e/o compressa
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$
	235
	275
	355
	420
	460
	$\epsilon$
	1,00
	0,92
	0,81
	0,75
	0,71
	$\epsilon^2$
	1,00
	0,85
	0,66
	0,56
	0,51

Per gli angolari non è prevista il caso della flessione

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 - mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) - skype: horaesrl2345

# CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI INFLESSE



La classificazione della sezione è determinata dal massimo valore fra la classificazione dell'anima e quella delle ali.

## Classificazione dell'anima:

	S 235; $\varepsilon=1$	S 355; $\varepsilon=0,81$
Classe 1	72	58
Classe 2	83	67
Classe 3	124	100

## Classificazione dell'ala:

	S 235; $\varepsilon=1$	S 355; $\varepsilon=0,81$
Classe 1	9	7
Classe 2	10	8
Classe 3	14	11

Ipotizziamo:  $c_w/t_w = 62$  e  $c_f/t_f = 9$

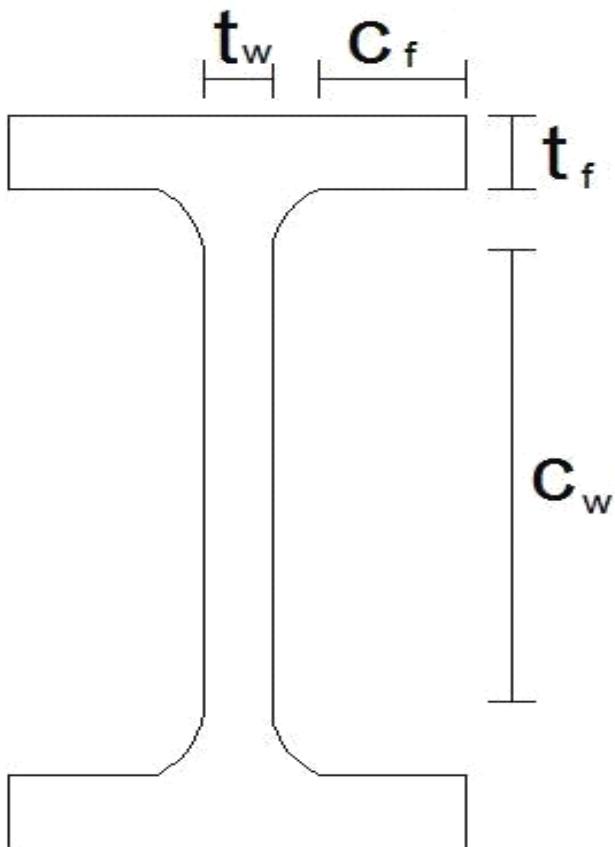
S235 va in classe 1

S355 va in classe 3

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 - mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) - skype: horaesrl2345

# CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI COMPRESSE



## Classificazione dell'anima:

$c_w/t_w$	S 235; $\varepsilon=1$	S 355; $\varepsilon=0,81$
Classe 1	33	26
Classe 2	38	30
Classe 3	42	34

## Classificazione dell'ala:

$c_f/t_f$	S 235; $\varepsilon=1$	S 355; $\varepsilon=0,81$
Classe 1	9	7
Classe 2	10	8
Classe 3	14	11

La classificazione della sezione è determinata dal massimo valore fra la classificazione dell'anima e quella delle ali.

Ipotizziamo:  $c_w/t_w = 62$  e  $c_f/t_f = 9$

Va in classe 4

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# LE SEZIONI DI CLASSE 4

26-2-2009

Supplemento ordinario n. 27 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 47

Ad eccezione delle verifiche di stabilità, che devono essere condotte con stretto riferimento alla classificazione della Tabella 4.2.I delle NTC, una parte di sezione di classe 4 può essere trattata come una parte di sezione di classe 3 se è caratterizzata da un rapporto larghezza/spessore entro il limite previsto per la classe 3, incrementato di  $\bar{k}$ ,

$$\bar{k} = \sqrt{\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sigma_{c,Ed}}} \quad (\text{C4.2.1})$$

essendo  $\sigma_{c,Ed}$  la massima tensione di compressione indotta nella parte considerata dalle azioni di progetto.

$$\varepsilon_{new} = \varepsilon \cdot \bar{k} = \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} \cdot \sqrt{\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sigma_{c,Ed}}} = \sqrt{\frac{235}{\gamma_{M0} \cdot \sigma_{c,Ed}}}$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# VERIFICA A TAGLIO PER SEZIONI DI CLASSE 1 E 2

I Il valore di calcolo dell'azione tagliante  $V_{Ed}$  deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.17)$$

c dove la resistenza di calcolo a taglio  $V_{c,Rd}$ , in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y k}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}, \quad (4.2.18)$$

c dove  $A_v$  è l'area resistente a taglio.

I Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f; \quad (4.2.19)$$

I per profilati a C o ad U caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f; \quad (4.2.20)$$

I per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si può assumere

$$A_v = A - \sum (h_w t_w); \quad (4.2.21)$$

I per profilati a T caricati nel piano dell'anima si può assumere

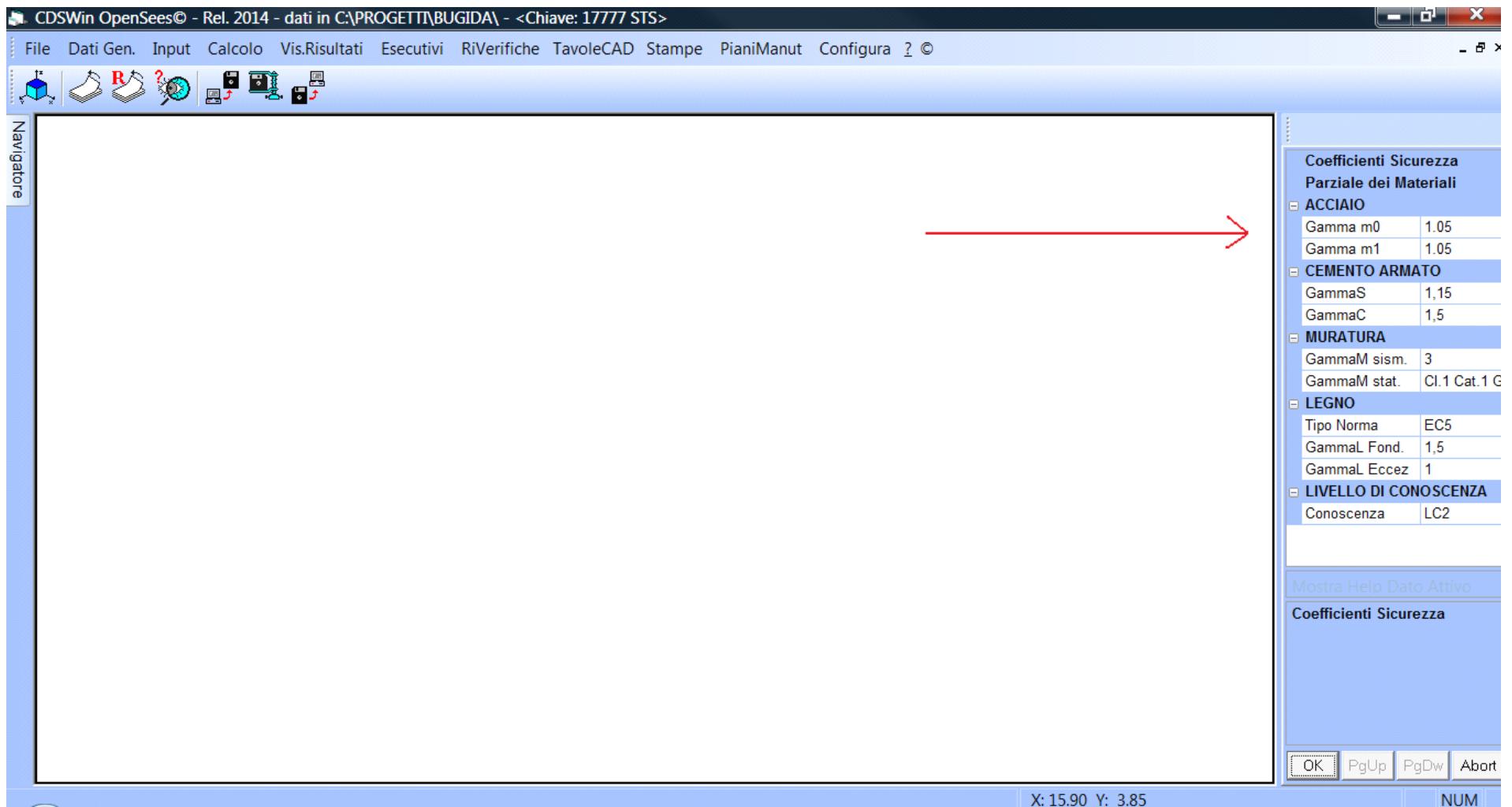
$$A_v = 0,9 (A - b t_f); \quad (4.2.22)$$

I per profili rettangolari cavi "profilati a caldo" di spessore uniforme si può assumere

$$A_v = Ah/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo all'altezza del profilo,} \\ A_v = Ab/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo alla base del profilo;} \quad (4.2.23)$$

I per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = 2A/\pi; \quad (4.2.24)$$



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## VERIFICA A TAGLIO PER SEZIONI DI CLASSE 1 E 2

Condizione di verifica:

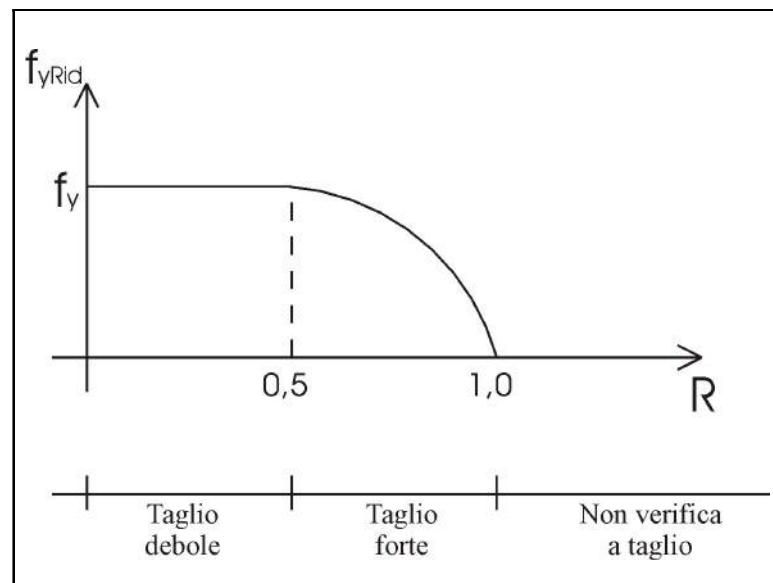
$$R = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

Se  $R < 0.5$  taglio debole  
(non vi è alcuna riduzione  
della tensione di calcolo)

$$f_{yrid} = f_y$$

Se  $0.5 < R < 1$  taglio forte  
(vi è una riduzione della  
tensione di calcolo)

$$f_{yrid} = 4 \cdot R \cdot (1 - R) \cdot f_{yd}$$



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 - mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) - skype: horaesrl2345

## VERIFICA A TAGLIO PER SEZIONI DI CLASSE 3

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_{yd}$$

Nel caso limite di verifica

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$f_{yrid}^2 + 3 \cdot \tau^2 = f_{yd}^2$$

$$f_{yrid} = f_{yd} \cdot \sqrt{1 - \frac{\tau^2}{f_{yd}^2 / 3}}$$

Ricordando che

$$R = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{\tau \cdot A_v}{\frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}}$$

$$f_{yrid} = f_{yd} \cdot \sqrt{1 - R^2}$$

# VERIFICA A FLESSIONE COMPOSTA

Sezioni di classe 1 e 2

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot W_{pl,y}} + \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot W_{pl,z}} \leq 1$$

Sezioni di classe 3

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot W_{el,y}} + \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk} \cdot W_{el,z}} \leq 1$$

$$\left[ \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \right]$$

## **VERIFICA A FLESSIONE COMPOSTA per le sezioni di classe 1 e 2**

$$\left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

Dove  $M_{N,y,Rd}$  è il momento resistente della sezione diminuito dalla presenza dello sforzo normale e dipende dalla forma della sezione. A esempio per la sezione rettangolare piena è:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left( 1 - \left( \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right)$$

Anche i coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$  dipendono dalla forma della sezione.

Per la sezione a doppio T valgono:

$$\alpha = 2 \quad \beta = 5 \cdot n$$

Per la sezione circolare valgono:

$$\alpha = 2 \quad \beta = 2$$

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## VERIFICA DI INSTABILITÀ PRESSO-FLESSIONALE

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y eq, Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z eq, Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

La differenza fra le sezioni di classe 1 e 2 con quella di classe 3 è che i moduli di resistenza nelle prime sono plastici nelle seconde sono elastici.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

$$\Phi = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_0^2}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad \text{Snellezza adimensionale}$$

## Fattore di imperfezione

**Tabella 4.2.VI** Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compresi.

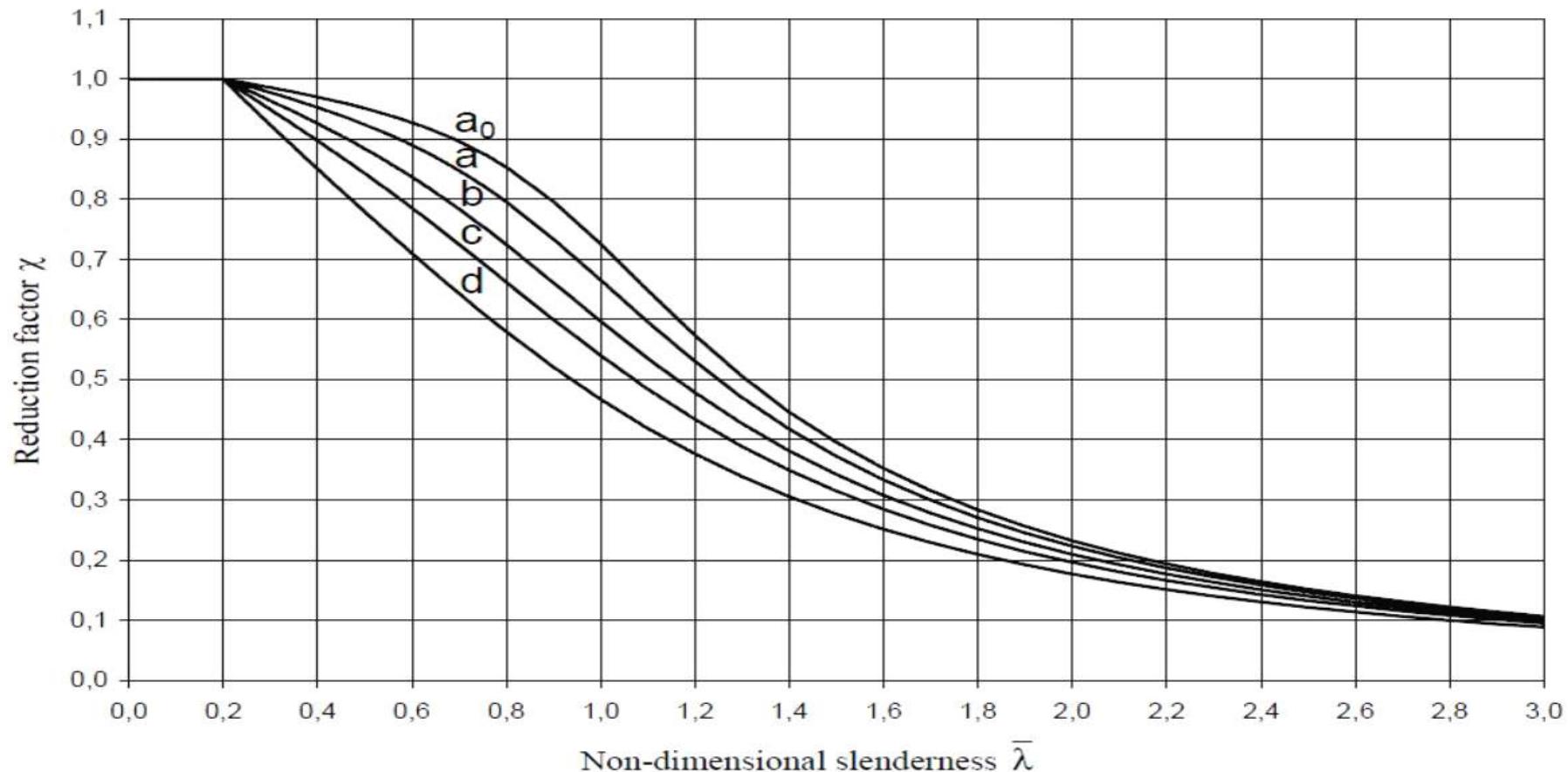
Sezione trasversale		Limiti		Inflexione intorno all'asse	Curva di instabilità
Sezioni laminate				y-y z-z	S235, S275, S355, S420
		hb > 1.2	$t_e \leq 40 \text{ mm}$	a b	a <sub>0</sub>
			$40 \text{ mm} < t_e \leq 100 \text{ mm}$	b c	a
		hb < 1.2	$t_e \leq 100 \text{ mm}$	b c	a
			$t_e > 100 \text{ mm}$	d d	c
Sezioni ad I saldate			$t_e \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c
			$t_e > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d
Sezioni cave			Sezione formata "a caldo"	qualsiasi	a
			Sezione formata "a freddo"	qualsiasi	a <sub>0</sub>
Sezioni scaldate saldate			In generale	qualsiasi	b b
			saldature "spesse": $a > 0.54$ , $b/t_e < 30$ , $h/t_e < 30$	qualsiasi	c c
Sezioni piene, ad U e T				qualsiasi	c c
Sezioni ad L				qualsiasi	b b
Curva di instabilità		a <sub>0</sub>	a	b	c
Fattore di imperfezione $\alpha$		0.13	0.21	0.34	0.49
					0.76

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# VERIFICA DI INSTABILITÀ' PRESSO-FLESSIONALE

prEN 1993-1-1 : 2003 (E)



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## VERIFICA DI INSTABILITÀ PRESSO-FLESSIONALE

Ricordando che:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_0^2} \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

Se  $N_{Ed} < 0.04 \cdot N_{cr}$  o  $\bar{\lambda} < 0.2$

Si possono trascurare le verifiche di instabilità.

In qualunque caso per le menbrature compresse è opportuno che la snellezza di quelle principali sia minore di 200 (per quelle secondarie tale limitazione sale a 250)

$$\lambda = \frac{l_o}{i}$$

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## VERIFICA DI INSTABILITÀ' FLESSO-TORSIONALE

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{yseq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{zseq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

La differenza fra le sezioni di classe 1 e 2 con quella di classe 3 è che i moduli di resistenza nelle prime sono plastici nelle seconde sono elastici.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

con  $\chi_{LT} \leq 1$

$$\chi_{LT} \leq \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}^2)$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + 1 \cdot \bar{\lambda}^2)$$

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yk}}{M_{cr}}}$

in CDSWin  $\lambda_{LT,0}=0,2$  e  $\beta=1$ ;  
valori consigliati in EC3

## VERIFICA DI INSTABILITÀ FLESSO-TORSIONALE

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yk}}{M_{cr}}} \quad (4.2.52)$$

in cui  $M_{cr}$  è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione linda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme. Il fattore di imperfezione  $\alpha_{LT}$  è ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tab. 4.2.VII. Il coefficiente  $\bar{\lambda}_{LT,0}$  può essere assunto in generale pari a 0.2 e comunque mai superiore a 0.4 (consigliato per sezioni laminate e composte saldate) mentre il coefficiente  $\beta$  può essere assunto in generale pari ad 1 e comunque mai inferiore a 0.75 (valore consigliato per sezioni laminate e composte saldate).

Il fattore  $f$  considera la reale distribuzione del momento flettente tra i ritegni torsionali dell'elemento inflesso ed è definito dalla formula

$$f = 1 - 0,5(1 - k_c) \left[ 1 - 2,0(\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right], \quad (4.2.53)$$

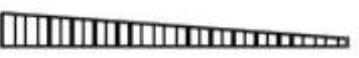
in cui il fattore correttivo  $k_c$  assume i valori riportati in Tab. 4.2.VIII.

**Tabella 4.2.VII** Definizione delle curve d'instabilità per le varie tipologie di sezione e per gli elementi inflessi.

Sezione trasversale	Limiti	Curva di instabilità da Tab. 4.2.VI
Sezione laminata ad I	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Sezione composta saldata	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Altre sezioni trasversale	-	d

# VERIFICA DI INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE

Table 6.6: Correction factors  $k_c$

Moment distribution	$k_c$
 $\psi = 1$	1,0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# VERIFICA DI INSTABILITA' FLESSO-TORSIONALE

Table 6.3: Imperfection factors for lateral torsional buckling curves

Buckling curve	a	b	c	d
Imperfection factor $\alpha_{LT}$	0,21	0,34	0,49	0,76

The recommendations for buckling curves are given in Table 6.4.

Table 6.4: Lateral torsional buckling curve for cross sections using equation (6.56)

Cross-section	Limits	Buckling curve
Rolled I-sections	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Welded I-sections	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Other cross-sections	-	d

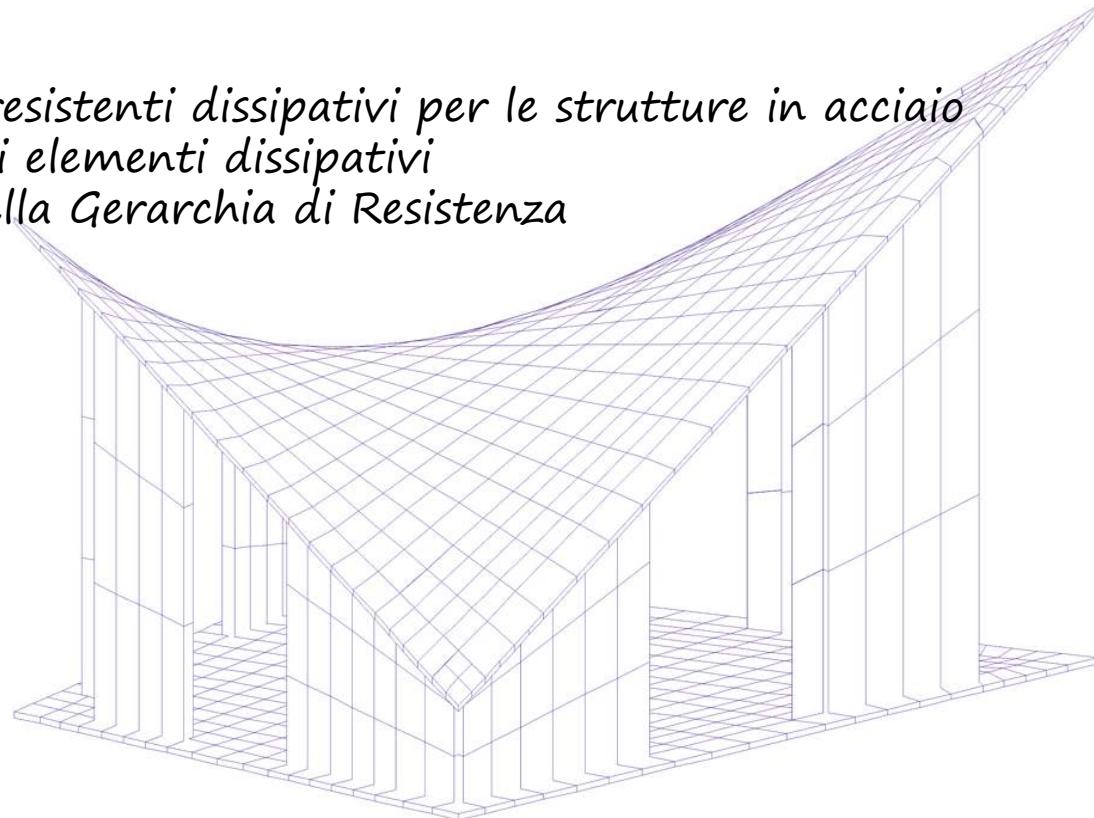
(3) Values of the reduction factor  $\chi_{LT}$  for the appropriate non-dimensional slenderness  $\bar{\lambda}_{LT}$  may be obtained from Figure 6.4.

(4) For slendernesses  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,2$  (or  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$  (see 6.3.2.3)) or for  $\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq 0,04$  (or  $\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq 0,16$  (see 6.3.2.3)) lateral torsional buckling effects may be ignored and only cross sectional checks apply.



# Software Tecnico Scientifico

- Modelli sismo-resistenti dissipativi per le strutture in acciaio
- Verifiche per gli elementi dissipativi
- Applicazione della Gerarchia di Resistenza



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## 7.5 COSTRUZIONI D'ACCIAIO

La resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole presentate nella vigente normativa, integrate dalle regole di progettazione e di dettaglio fornite dal § 7.5.4 al § 7.5.6.

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al § 4.2. delle presenti norme, non essendo necessario soddisfare i requisiti di duttilità.

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

Nelle zone dissipative, al fine di assicurare che le stesse si formino in accordo con quanto previsto in progetto, la possibilità che il reale limite di snervamento dell'acciaio sia maggiore del nominale deve essere tenuta in conto attraverso un opportuno coefficiente di sovraresistenza del materiale  $\gamma_{Rd}$ , definito al § 7.5.1.

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

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

### 7.5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

L'acciaio strutturale deve essere conforme ai requisiti del § 11.3.4.9.

Il coefficiente di sovraresistenza del materiale,  $\gamma_{Rd}$ , è definito come il rapporto fra il valore medio  $f_{y,m}$  della tensione di snervamento e il valore caratteristico  $f_{yk}$  nominale. In assenza di valutazioni specifiche si possono assumere i valori indicati nella Tab. 7.5.I;

**Tabella 7.5.I - Fattori di sovraresistenza  $\gamma_{Rd}$**

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

Se la tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'acciaio delle zone non dissipative e delle connessioni è superiore alla  $f_{y,max}$  dell'acciaio delle zone dissipative, è possibile assumere  $\gamma_{Rd}=1,00$ .

## TIPOLOGIE STRUTTURALI

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

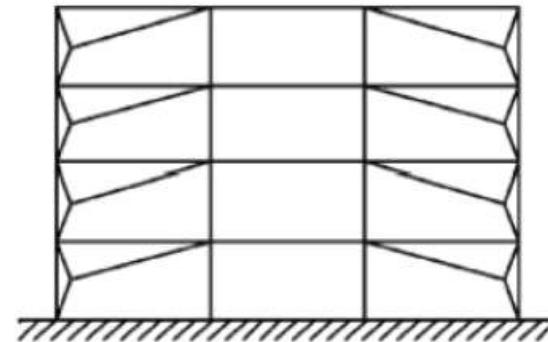
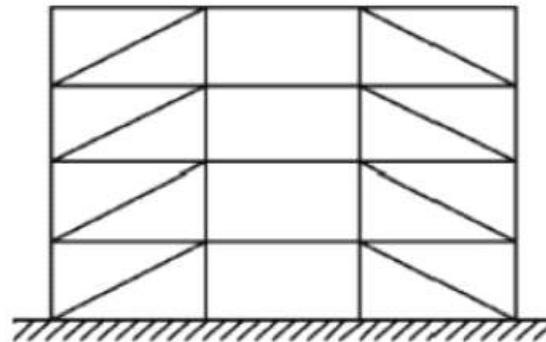
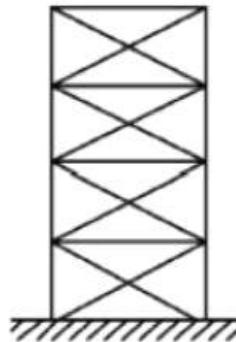
**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

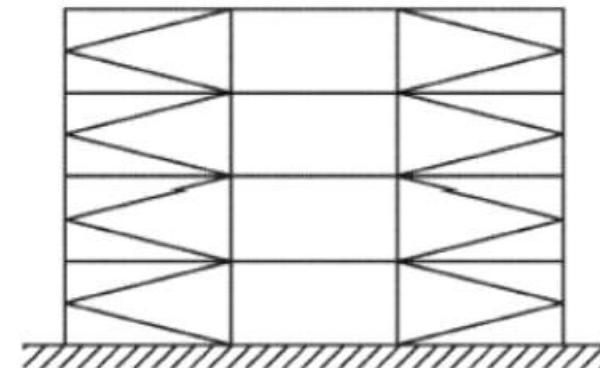
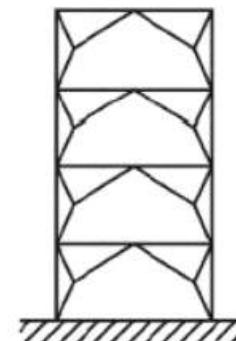
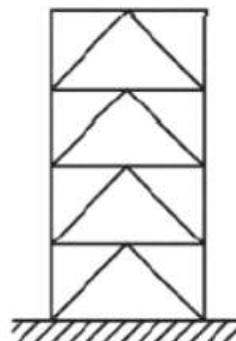
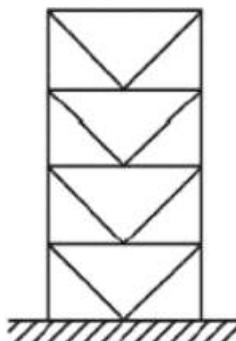
## TIPOLOGIE STRUTTURALI

- b) **Strutture con controventi concentrici:** nei quali le forze orizzontali sono assorbite principalmente da membrature soggette a forze assiali. In queste strutture le zone dissipative sono principalmente collocate nelle diagonali tese. Pertanto possono essere considerati in questa tipologia solo quei controventi per cui lo snervamento delle diagonali tese precede il raggiungimento della resistenza delle aste strettamente necessarie ad equilibrare i carichi esterni. 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 in quanto il meccanismo di collasso coinvolge la colonna.

## TIPOLOGIE STRUTTURALI



b1) Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva



b2) Strutture con controventi concentrici a V

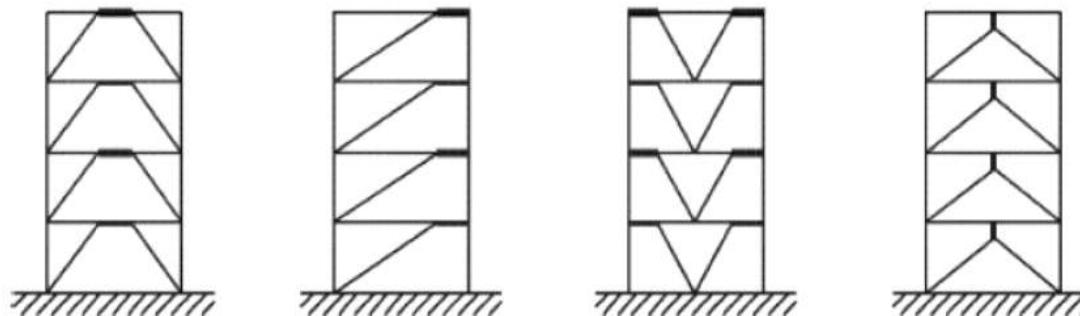
b3) Strutture con controventi concentrici a K

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## TIPOLOGIE STRUTTURALI

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



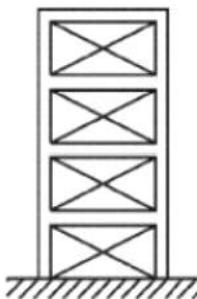
c) Strutture con controventi eccentrici

**Horae** *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

## TIPOLOGIE STRUTTURALI

- d) **strutture a mensola o a pendolo inverso:** costituite da membrature pressoinflesse in cui le zone dissipative sono collocate alla base.
- e) **Strutture intelaiate con controventi concentrici:** nelle quali le azioni orizzontali sono assorbite sia da telai che da controventi agenti nel medesimo piano.



- e) Strutture intelaiate con controventi concentrici
- f) **Strutture intelaiate con tamponature:** costituite da tamponature in muratura o calcestruzzo non collegate ma in contatto con le strutture intelaiate.

### 7.5.2.2

### Fattori di struttura

Per ciascuna tipologia strutturale il valore massimo di riferimento per  $q_0$  è indicato in Tab. 7.5.II.

**Tabella 7.5.II – Limiti superiori dei valori di  $q_0$  per le diverse tipologie strutturali e le diverse classi di duttilità.**

TIPOLOGIA STRUTTURALE	$q_0$	
	CD “B”	CD “A”
a) Strutture intelaiate	4	$5\alpha_u/\alpha_1$
c) Strutture con controventi eccentrici		
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

Per le strutture regolari in pianta possono essere adottati i seguenti valori di  $\alpha_u/\alpha_1$ :

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

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

## 7.5.4.1 Travi

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

$$M_{Ed}/M_{pl,Rd} \leq 1 \quad (7.5.3)$$

$$N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0,15 \quad (7.5.4)$$

$$(V_{Ed,G} + V_{Ed,M})/V_{pl,Rd} \leq 0,50 \quad (7.5.5)$$

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.

In assenza di ritegni trasversali, le travi devono avere resistenza sufficiente nei confronti dell'instabilità flessionale e flesso-torsionale, determinata come in § 4.2.4.1.3. ed assumendo la formazione della cerniera plastica nella sezione più sollecitata in condizioni sismiche.

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	Vxp1Rd Kg	Vyp1Rd Kg	T Rd kg*m	f <sub>y</sub> rid Kg/cmq	Rap %
Sez.N. 189	1	5,50	9	0	-1108	0	0	393	0	74685	6388	1301	27751	20521	166	2238	17	
IPE220	qn=	-26	32	0	212	0	0	-1	0	74685	6388	1301	27751	20521	166	2238	3	
Asta: 103	2	5,50	3	0	-1061	0	0	-412	0	74685	6388	1301	27751	20521	166	2238	17	
Instab.:l= 665,7	B*1=466,0		0	1108	0	c1=1	$\epsilon=1,00$	lmd=188	Rpf= 0	Rft= 24	Wmax/rel/lim= 7,4			1,2	26,6	mm		

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER LE TRAVI IN ACCIAIO DI TELAI SISMORESISTENTI																		
Trave	Filo	Quota	Asse X						Asse Y						N(kg)	Npl(kg)	F1	ClasProf. STATUS
		(m)	VG (kg)	VE (kg)	Vt (kg)	VR/2 kg	F1	Mp kg*m	VG (kg)	VE (kg)	Vt (kg)	VR/2 kg	F1	Mp kg*m				
Asta: 103	1	5,50	0	391	391	13876	1301	80	1919	2000	10261	6388	0	74685		1		
	2	5,50	0	391	391	13876	1301	94	1919	2013	10261	6388	0	74685		OK		

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

## 7.5.4.2 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:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1\gamma_{Rd} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \quad (7.5.6)$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1,1\gamma_{Rd} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} \quad (7.5.7)$$

$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1,1\gamma_{Rd} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E} \quad (7.5.8)$$

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 ~~non~~ sismiche;

$\gamma_{Rd}$  è il fattore di sovraresistenza;

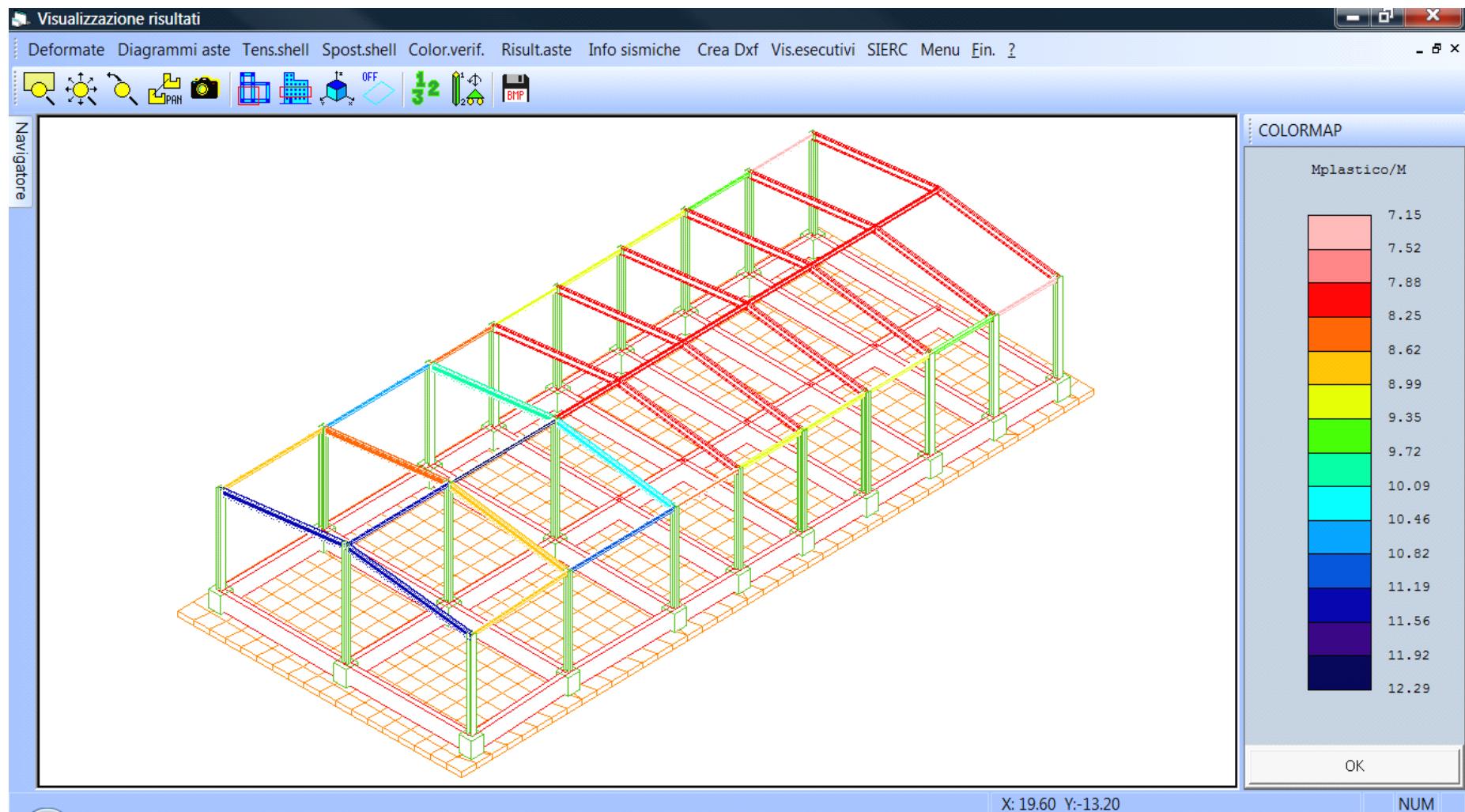
$\Omega$  è il minimo valore tra gli  $\Omega_i = M_{pl,Rd,i}/M_{Ed,i}$  di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche, essendo  $M_{Ed,i}$  il momento flettente di progetto della i-esima trave in condizioni sismiche e  $M_{pl,Rd,i}$  il corrispondente momento plastico.

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:

$$V_{Ed}/V_{pl,Rd} \leq 0,50 \quad (7.5.9)$$

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

## STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO

COLONNE IN ACCIAIO			
Classe Acciaio	GammaRd	Omega	Increm. Sollecit
S235	1,20	10,702	14,127

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	VxplRd	VyplRd	T Rd	fy rid	Rap
Sez.N. 81	2	5,50	28	-1343	2072	3252	1443	-792	0	251848	30959	14350	116632	48171	882	2238	29	
HEA300	qn=	0	16	-1472	561	721	-1451	239	0	251848	30959	14350	116632	48171	882	2238	7	
Asta: 65	2	0,00	28	-1829	-2286	-4687	1443	-792	0	251848	30959	14350	116632	48171	882	2238	40	
Instab.:l=	550,0	B*l=550,0	-1829	914	1875	cl=1	$\epsilon=1,00$	lmd= 73	Rpf= 17	Rft= 17	Wmax/rel/lim=	8,0	8,0	22,0	mm			

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER I PILASTRI IN ACCIAIO DI TELAI SISMORESISTENTI															
Pilastro	Filo	Quota	Asse X						Asse Y						ClasProf.
		(m)	VG (kg)	VE (kg)	Vt (kg)	VR/2 kg	F1	Mp kg*m	VG (kg)	VE (kg)	Vt (kg)	VR/2 kg	F1	Mp kg*m	STATUS
Asta: 65	2	5,50	4	1519	1523	58316	14350	277	2088	2365	24085	30959		1	
	2	0,00	4	1519	1523	58316	14350	277	2088	2365	24085	30959	OK		

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

## 7.5.4.3 Gerarchia delle resistenze trave-colonna

Per assicurare lo sviluppo del meccanismo globale dissipativo è necessario rispettare la seguente gerarchia delle resistenze tra la trave e la colonna dove, oltre ad aver rispettato tutte le regole di dettaglio previste nella presente norma, si assicuri per ogni nodo trave-colonna del telaio che

$$\sum M_{C,pl,Rd} \geq \gamma_{RD} \cdot \sum M_{b,pl,Rd} \quad (7.5.11)$$

dove  $\gamma_{RD}=1,3$  per strutture in classe CD”A” e 1,1 per CD”B”,  $M_{C,pl,Rd}$  è il momento resistente della colonna calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nella colonna nelle combinazioni sismiche delle azioni ed  $M_{b,pl,Rd}$  è il momento resistente delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

## 7.5.4.4 Collegamenti trave-colonna

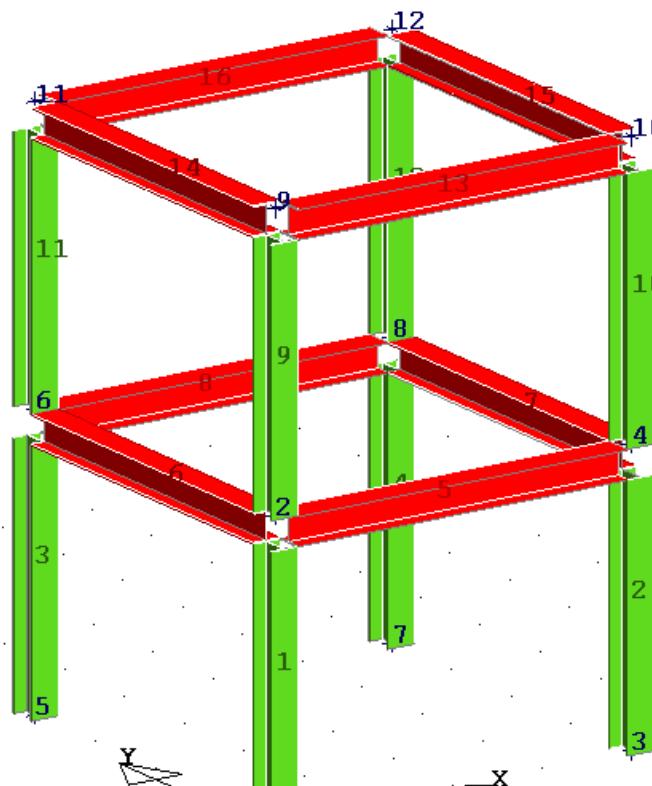
I collegamenti trave-colonna devono essere progettati in modo da possedere una adeguata sovraresistenza per consentire la formazione delle cerniere plastiche alle estremità delle travi secondo le indicazioni di cui al § 7.5.3.3. In particolare, il momento flettente resistente del collegamento,  $M_{j,Rd}$ , trave-colonna deve soddisfare la seguente relazione

$$M_{j,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{b,pl,Rd} \quad (7.5.12)$$

dove  $M_{b,pl,Rd}$  è il momento resistente della trave collegata e  $\gamma_{Rd}$  è il coefficiente di sovra-resistenza indicato nella tabella 7.5.I.

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER ALTA/BASSA DUTTILITA' ASTE IN ACCIAIO - GERARCHIA TRAVE/COLONNA													
VERIFICHE AGGIUNTIVE PER LA GERARCHIA TRAVE/COLONNA DI TELAI IN ACCIAIO SISMORESISTENTI													
Nodo3d	Filo	Quota (m)	Pillnf Num3d	PilSup Num3d	TravX+ Num3d	TravX- Num3d	TravY+ Num3d	TravY- Num3d	$\Sigma M_{xc,pl,Rd}$ kg*m	$g \Sigma M_{xb,pl,Rd}$ kg*m	$\Sigma M_{yc,pl,Rd}$ kg*m	$g \Sigma M_{yb,pl,Rd}$ kg*m	Flag
2	1	3,00	1	9	5		6		63240	34782	27568	34782	NO VERIF
4	2	3,00	2	10		5	7		63240	34782	27568	34782	NO VERIF
6	3	3,00	3	11	8			6	63240	34782	27568	34782	NO VERIF
8	4	3,00	4	12		8		7	63240	34782	27568	34782	NO VERIF



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) - skype: horaesrl2345

# **REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE INTELAIATE**

## **7.5.4.5 Pannelli nodali**

Nei nodi trave-colonna, i pannelli d'anima delle colonne devono possedere una resistenza sufficiente e consentire lo sviluppo del meccanismo dissipativo della struttura a telaio, e cioè la plasticizzazione delle sezioni delle travi convergenti nel nodo trave-colonna.

La forza di taglio agente sul pannello d'anima del nodo trave-colonna deve essere determinata assumendo la completa plasticizzazione delle travi in esso convergenti secondo lo schema e le modalità previste in fase di progetto.

## **7.5.4.6 Collegamenti colonna-fondazione**

Il collegamento colonna-fondazione deve essere progettato in modo tale da risultare sovra-resistente rispetto alla colonna ad esso collegata.

In particolare, il momento resistente plastico del collegamento deve rispettare la seguente disuguaglianza

$$M_{C,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{c,pl,Rd}(N_{Ed}) \quad (7.5.13)$$

dove  $M_{c,pl,Rd}$  è il momento resistente plastico di progetto della colonna, calcolato per lo sforzo normale di progetto  $N_{Ed}$  che fornisce la condizione più gravosa per il collegamento di base. Il coefficiente  $\gamma_{Rd}$  è fornito nel § 7.5.1.

## **REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI**

### **7.5.5 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI**

Le strutture con controventi concentrici devono essere progettate in modo che la plasticizzazione delle diagonali tese preceda la rottura delle connessioni e l'instabilizzazione di travi e colonne.

Le diagonali 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.

Le membrature di controvento devono appartenere alla prima o alla seconda classe di cui al § 4.2.2.1. 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.

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

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

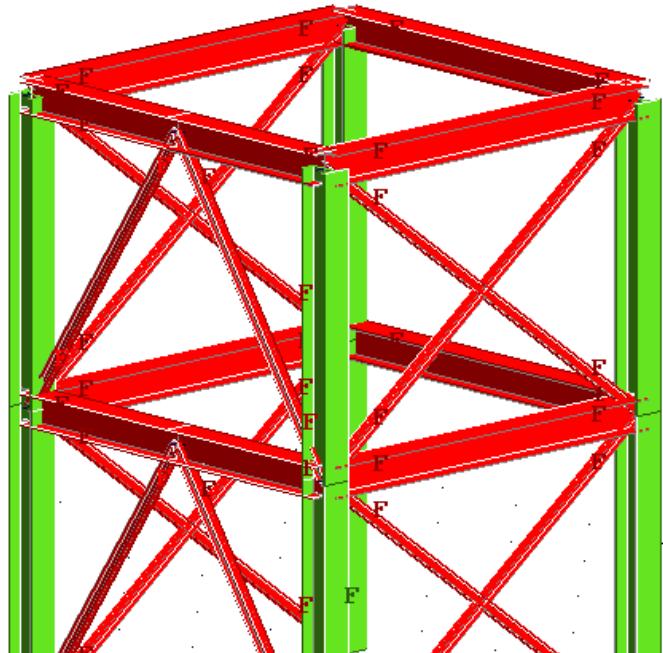
$1,3 \leq \bar{\lambda} \leq 2$  in telai con controventi ad X;

$\bar{\lambda} \leq 2$  in telai con controventi a V.

Per garantire un comportamento dissipativo omogeneo delle diagonali all'interno della struttura, i coefficiente di sovra-resistenza  $\Omega_i = N_{pl,Rd,i}/N_{Ed,i}$  calcolati per tutti gli elementi di controvento, devono differire tra il massimo ed il minimo di non più del 25%.

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Le diagonali 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 condizione si soddisfa verificando con uno sforzo normale di trazione raddoppiato.

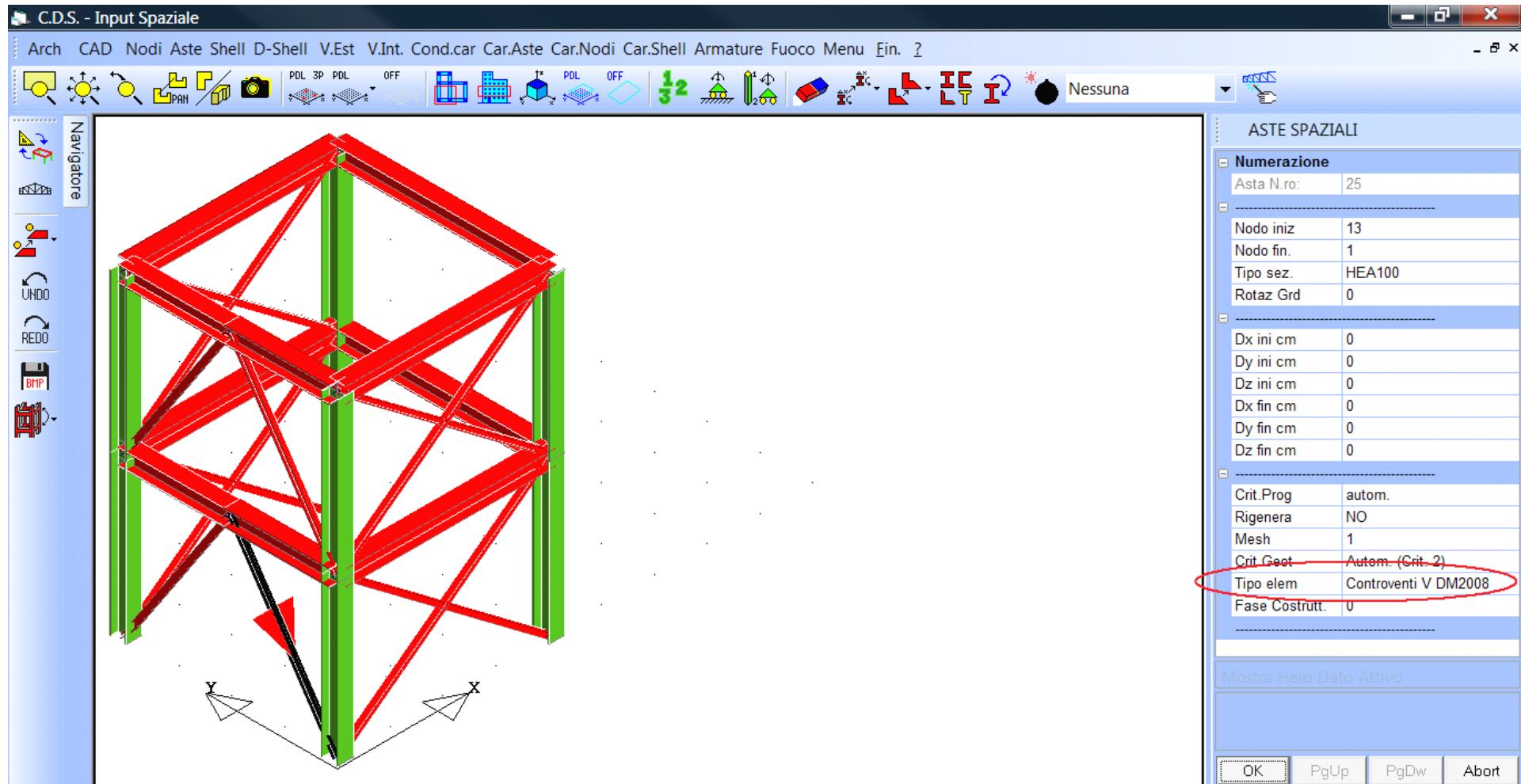
I controventi a V non sono considerati nelle risoluzioni per forze statiche.

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																			
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	Vxp1Rd Kg	Vyp1Rd Kg	T Rd kg*m	f <sub>y</sub> rid Kg/cmq	Rap %	
Nover.	1	3,00		14	2542	0	0	0	33	0	41243	1612	799	19327	8473	83	1942	6	
HEA100	qn=	-13		14	2492	42	0	0	0	0	41243	1612	799	19327	8473	83	1942	6	
Asta:	18	2	0,00		14	2442	0	0	0	-33	0	41243	1612	799	19327	8473	83	1942	6
Instab.:l=	500,0	B*1=500,0		-1862	36	0	c1=1	$\epsilon=1,00$	lmd=199	Rpf= 28	Rft= 30	Wmax/rel/lim=	1,5	1,5	20,0	mm			

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

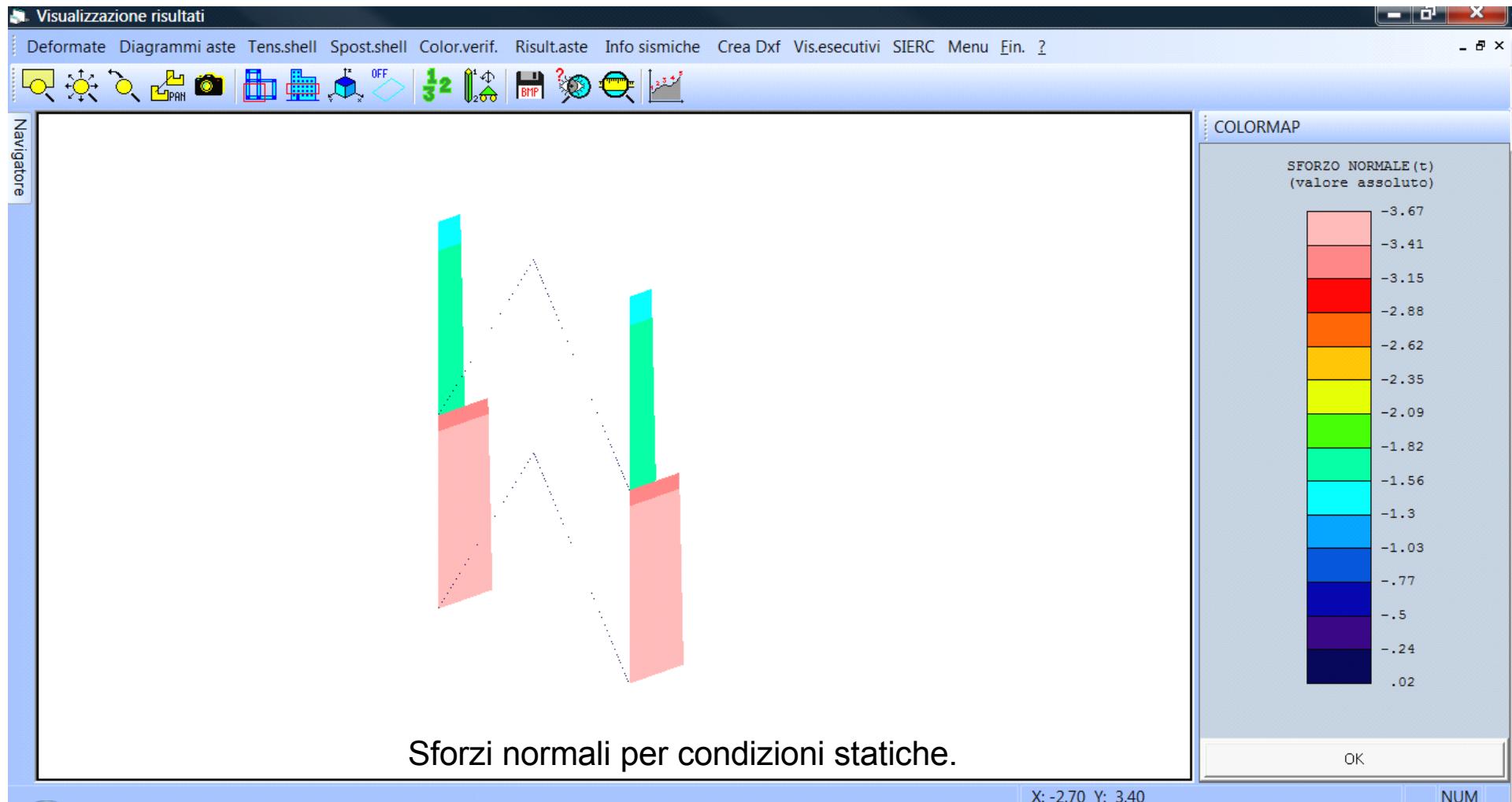
# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

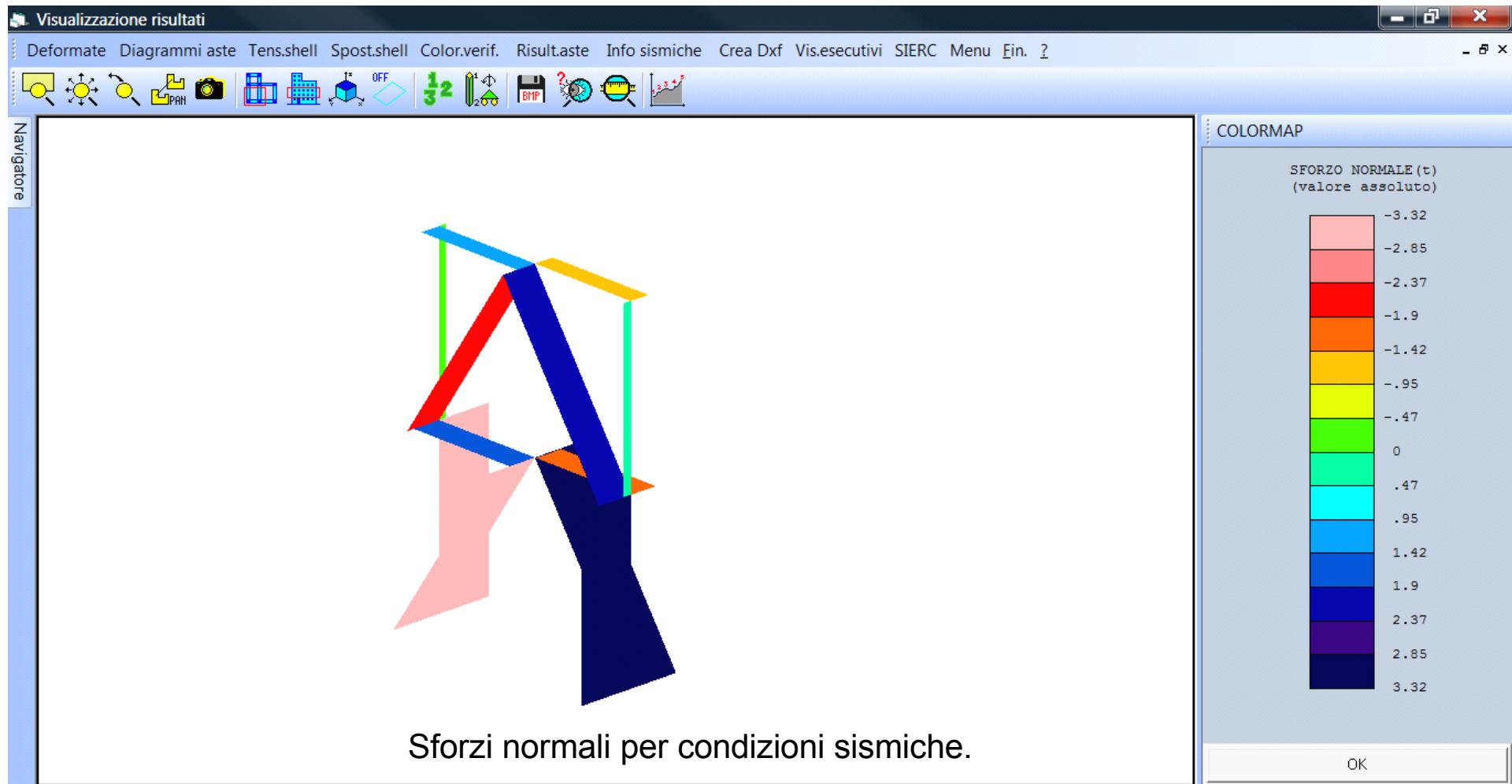
# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

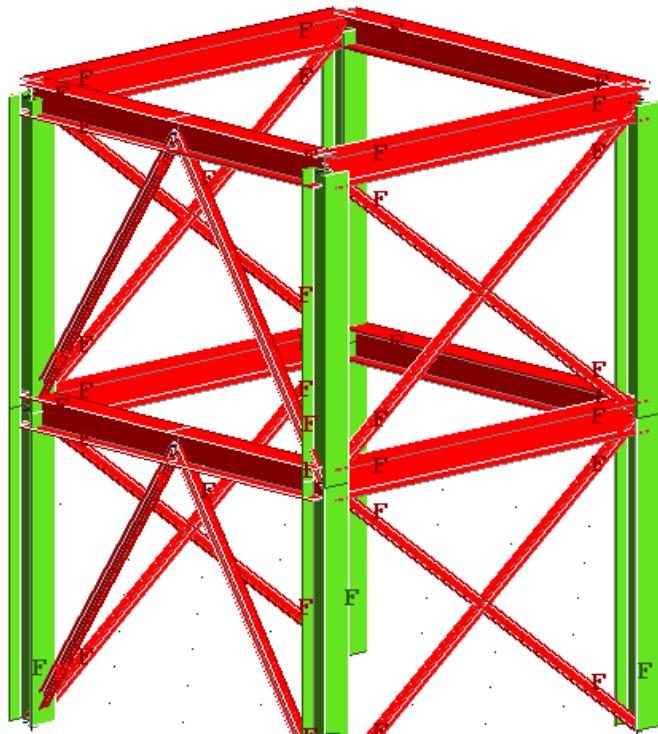


**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Le membrature di controvento devono appartenere alla prima o alla seconda classe di cui al § 4.2.2.1. 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.



La limitazione sul rapporto diametro spessore, per le circolari, e larghezza spessore, per le rettangolari è controllato sempre da flag di verifica per classe.

Se  $q_0 > 4$  la classe della sezione deve essere 1

ASTA	Filo	Quota	Filo	Quota	Tipo	Classe
N.ro	In	(m)	Fin	(m)	Cont	Nr
18	1	3,00	2	0,00	X	1

## **REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI**

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

### **C7.5.5 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI**

La risposta carico-spostamento laterale di una struttura con controventi concentrici deve risultare sostanzialmente indipendente dal verso dell'azione sismica. Tale requisito si ritiene soddisfatto se od ogni piano vale la seguente diseguaglianza:

$$\frac{|A^+ - A^-|}{A^+ + A^-} \leq 0,05 \quad (\text{C7.5.6})$$

essendo  $A^+$  e  $A^-$  le proiezioni verticali delle sezioni trasversali delle diagonali tese, valutate per i due versi possibili delle azioni sismiche secondo quanto presentato nella figura C7.5.3.

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER ALTA/BASSA DUTTILITA' ASTE IN ACCIAIO - CONTROVENTI															
VERIFICHE AGGIUNTIVE PER I CONTROVENTI IN ACCIAIO															
ASTA N.ro	Filo In	Quota (m)	Filo Fin	Quota (m)	Tipo Cont	Nr	Classe Flag	Gruppo Quota	Area X (cmq)	Area Y (cmq)	Snelle Adimen	FI	Omega	DeltOm/ OmMax %	Status Omega
17	1	0,00	2	3,00	X	1		1	16,99	0,00	2,12		16,11	29	NOVER
18	1	3,00	2	0,00	X	1		1	-16,99	0,00	2,12		16,23	28	NOVER
19	1	3,00	2	6,00	X	1		2	16,99	0,00	2,12		22,64	0	
20	1	6,00	2	3,00	X	1		2	-16,99	0,00	2,12		21,46	5	
21	4	6,00	3	3,00	X	1		2	16,99	0,00	2,12		21,46	5	
22	3	6,00	4	3,00	X	1		2	-16,99	0,00	2,12		21,46	5	
23	3	3,00	4	0,00	X	1		1	-16,99	0,00	2,12		16,23	28	NOVER
24	3	0,00	4	3,00	X	1		1	16,99	0,00	2,12		16,11	29	NOVER

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

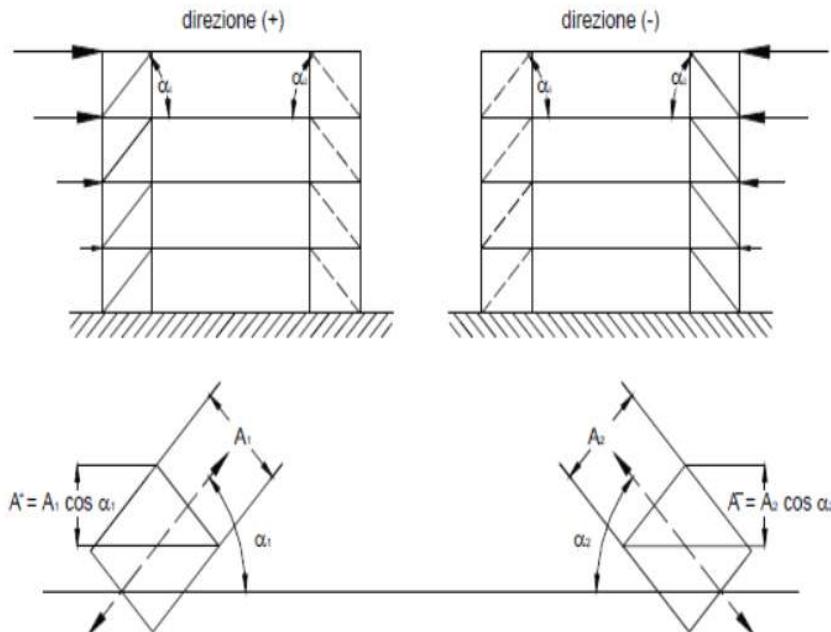
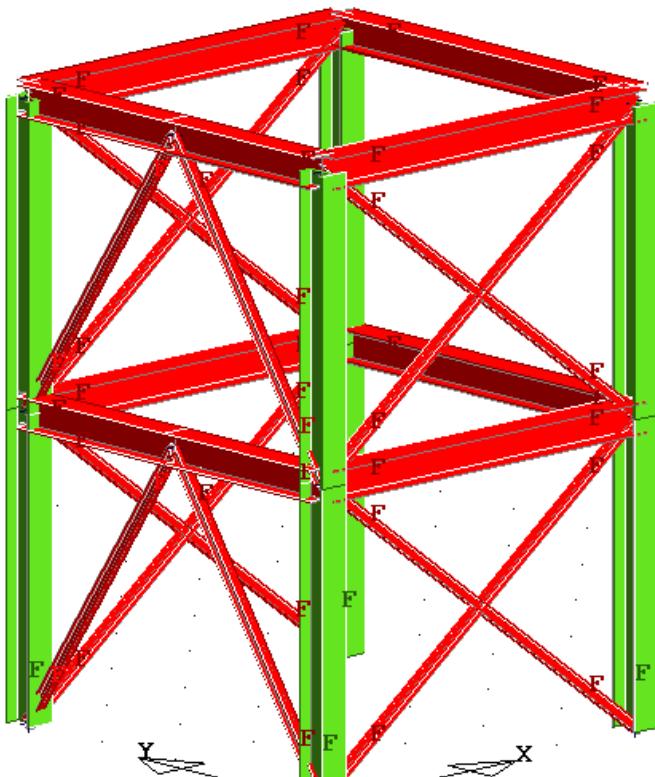


Fig. C7.5.3. Definizione dell'area delle sezioni dei controventi tesi,  $A^+$  ed  $A'$ , da utilizzare nella formula C7.5.6

## VERIFICHE AGGIUNTIVE PER ALTA/BASSA DUTTILITA' ASTE IN ACCIAIO - CONTROVENTI

### VERIFICHE RAPPORTI AREE CONTROVENTI IN ACCIAIO

Gruppo	Quota	Quota	Numer X	Denom X	Rapp.X	Numer Y	Denom Y	Rapp.Y	STATUS
Quota	Inf	Sup	(cmq)	(cmq)		(cmq)	(cmq)		
1	0,00	3,00	0,0	68,0	0,00	0,0	23,6	0,00	
2	3,00	6,00	0,0	68,0	0,00	0,0	23,6	0,00	

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

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

$1,3 \leq \bar{\lambda} \leq 2$  in telai con controventi ad X;

$\bar{\lambda} \leq 2$  in telai con controventi a V.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_0^2}$$

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER ALTA/BASSA DUTTILITA' ASTE IN ACCIAIO - CONTROVENTI															
VERIFICHE AGGIUNTIVE PER I CONTROVENTI IN ACCIAIO															
ASTA N.ro	Filo In	Quota (m)	Filo Fin	Quota (m)	Tipo Cont	Classe Nr	Gruppo Quota	Area X (cmq)	Area Y (cmq)	Snelle Adimen	Fl Snelle	Omega	DeltOm/ OmMax %	Status Omega	
17	1	0,00	2	3,00	X	1	1	16,99	0,00	2,12		16,11	29	NOVER	
18	1	3,00	2	0,00	X	1	1	-16,99	0,00	2,12		16,23	28	NOVER	
19	1	3,00	2	6,00	X	1	2	16,99	0,00	2,12		22,64	0		
20	1	6,00	2	3,00	X	1	2	-16,99	0,00	2,12		21,46	5		
21	4	6,00	3	3,00	X	1	2	16,99	0,00	2,12		21,46	5		
22	3	6,00	4	3,00	X	1	2	-16,99	0,00	2,12		21,46	5		
23	3	3,00	4	0,00	X	1	1	-16,99	0,00	2,12		16,23	28	NOVER	
24	3	0,00	4	3,00	X	1	1	16,99	0,00	2,12		16,11	29	NOVER	

# REGOLE DI PROGETTO PER LE STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Per garantire un comportamento dissipativo omogeneo delle diagonali all'interno della struttura, i coefficiente di sovra-resistenza  $\Omega_i = N_{pl,Rd,i}/N_{Ed,i}$  calcolati per tutti gli elementi di controvento, devono differire tra il massimo ed il minimo di non più del 25%.

VERIFICHE AGGIUNTIVE PER ALTA/BASSA DUTTILITA' ASTE IN ACCIAIO - CONTROVENTI															
VERIFICHE AGGIUNTIVE PER I CONTROVENTI IN ACCIAIO															
ASTA N.ro	Filo In	Quota (m)	Filo Fin	Quota (m)	Tipo Cont	Nr	Classe Flag	Gruppo Quota	Area X (cmq)	Area Y (cmq)	Snelle Adimen	Fl Snelle	Omega	DeltOm/ OmMax %	Status Omega
17	1	0,00	2	3,00	X	1		1	16,99	0,00	2,12		10,56	30	NOVER
18	1	3,00	2	0,00	X	1		1	-16,99	0,00	2,12		11,24	25	NOVER
19	1	3,00	2	6,00	X	1		2	16,99	0,00	2,12		15,06	0	
20	1	6,00	2	3,00	X	1		2	-16,99	0,00	2,12		14,53	3	
21	4	6,00	3	3,00	X	1		2	16,99	0,00	2,12		14,53	3	
22	3	6,00	4	3,00	X	1		2	-16,99	0,00	2,12		14,53	3	
23	3	3,00	4	0,00	X	1		1	-16,99	0,00	2,12		11,24	25	NOVER
24	3	0,00	4	3,00	X	1		1	16,99	0,00	2,12		10,56	30	NOVER
25	5	3,00	1	0,00	V	1		1	0,00	11,78	1,53		8,35	45	NOVER
26	3	0,00	5	3,00	V	1		1	0,00	-11,78	1,53		8,35	45	NOVER
29	3	3,00	5	6,00	V	1		2	0,00	-11,78	1,53		11,93	21	
30	1	3,00	5	6,00	V	1		2	0,00	11,78	1,53		11,93	21	

**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345



## **Software Tecnico Scientifico**

Grazie per l'attenzione  
per maggiori informazioni consultate

**www.horae.it**



**Horae** Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Rivenditore autorizzato STS, via Romana 21 – Perugia - tel 075/5003198 – mob. 329/9434130 - mail: [horae@horae.it](mailto:horae@horae.it) – skype: horaesrl2345