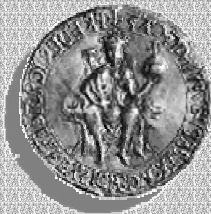


Ordine degli Ingegneri
della
Provincia di NAPOLI

Associazione Ingegneri
Napoli Nord



*Università di Napoli
"Federico II"*

Corso di aggiornamento professionale

**LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE
IN ZONA SISMICA
Il nuovo quadro normativo**

LE STRUTTURE IN ACCIAIO

Criteri di progetto e calcolo agli stati limite

Prof. Raffaele LANDOLFO (landolfo@unina.it)

Frattamaggiore, 6 febbraio 2007

INDICE

- Considerazioni introduttive
- Criteri di progetto per le strutture dissipative
- Regole di dettaglio per tutte le tipologie
- Regole di dettaglio per le strutture intelaiate (MRF)
- Regole di dettaglio per i controventi concentrici (CBF)
- Regole di dettaglio per i controventi (EBF)



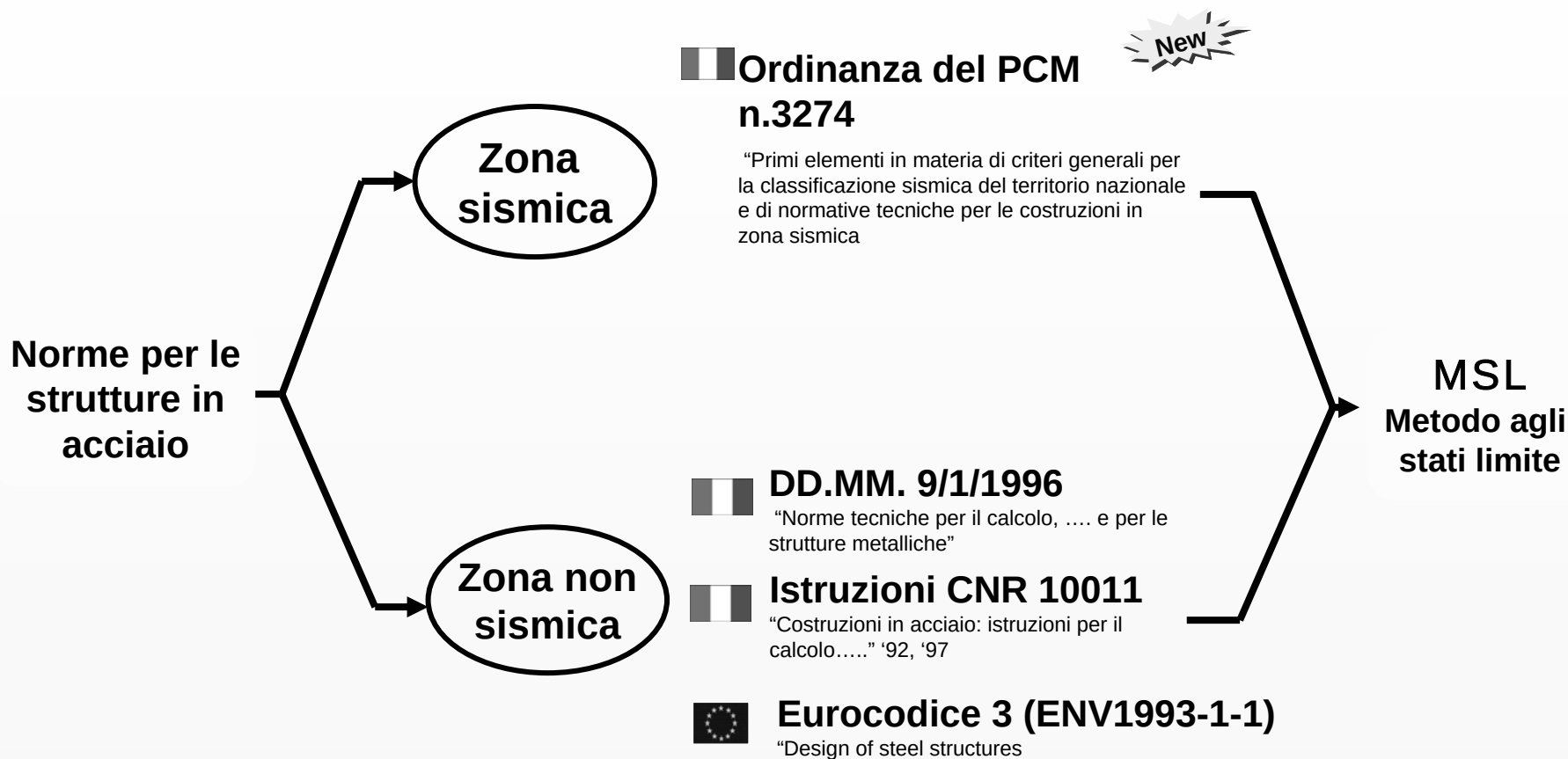
Prof. Raffaele Landolfo



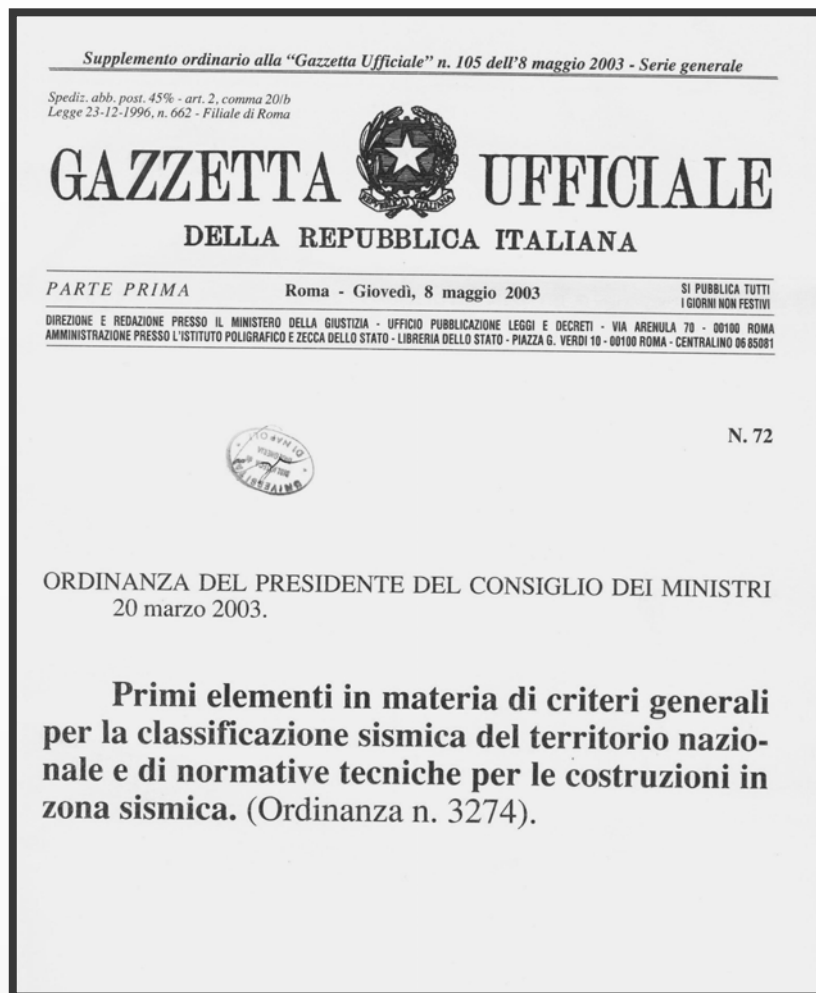
CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE



Introduzione: *inquadramento normativo*



Considerazioni introduttive



Struttura Norma

n. 4 Articoli

n. 4 Allegati

Allegato 1: Riclassificazione sismica

Allegato 2: Gli Edifici

Allegato 3: I Ponti

Allegato 4: Le Fondazioni



L'ordinanza del P.C. n.3274: *Aspetti innovativi*

- **Introduzione della 4^a Categoria**
- **Filosofia di sicurezza basata solo su STATI LIMITE**
- **Norme specifiche per altre tipologie costruttive:**
 - Strutture in acciaio*
 - Strutture in acciaio-cls*
 - Strutture isolate*
- **Edifici esistenti**

L'ordinanza del P.C. n.3274: *STATO LIMITE ULTIMO (SLU)*

–**Evento:** Sisma raro $T_r=475$ anni.
(Terr. Distruttivo o II Liv)

–**Livello prestazionale:** Il sistema pur subendo danni di grave entità agli elementi strutturali non deve collassare...

–**Param. di prestazione:** Resistenza (R)

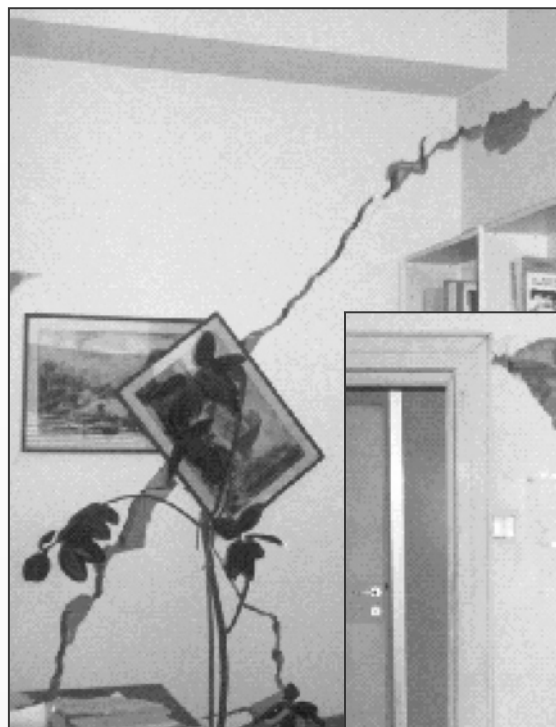


L'ordinanza del P.C. n.3274: *STATO LIMITE DI DANNO (SLD)*

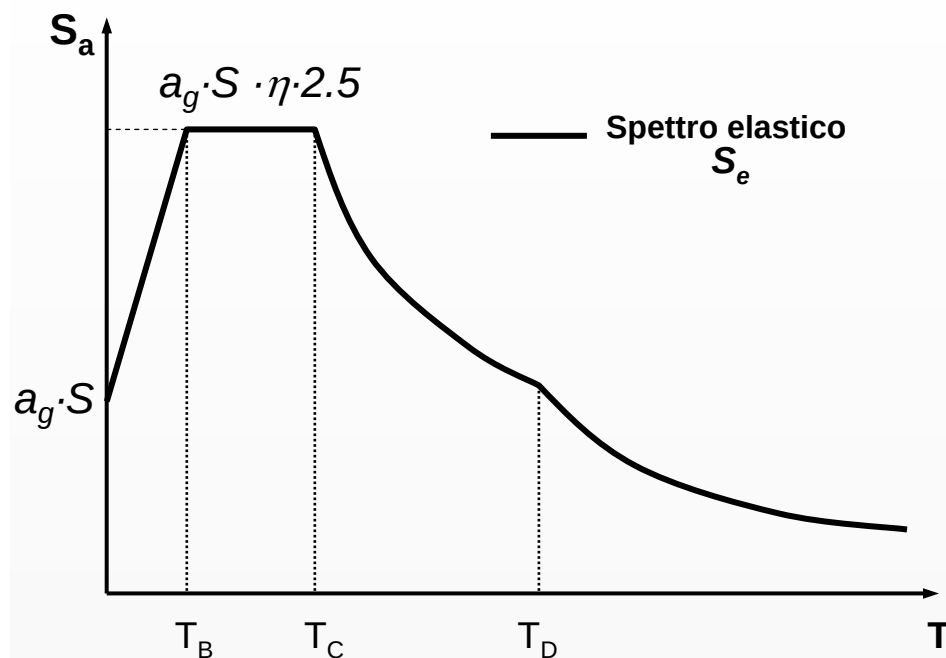
–**Evento:** Sisma moderatamente frequente
 $T_r=95$ anni (Terr. di servizio o di I Liv)

–**Livello prestazionale:** Il sistema (incluso anche gli elementi non strutturali) non deve subire gravi danni, conservando intatta la sua funzionalità.

–**Param. Di prestazione:**
Deformabilità o rigidzza



L'ordinanza del P.C. n.3274: L'azione sismica e la microzonazione



Lo spettro di risposta in termini di accel.

a_g = accelerazione di picco o PGA

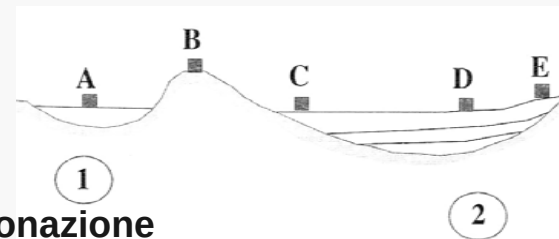
S = fattore suolo

T_B T_C = Periodi di riferimento per la individuazione della zona di max amplificazione

T_D = Periodo a cui corrisponde l'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

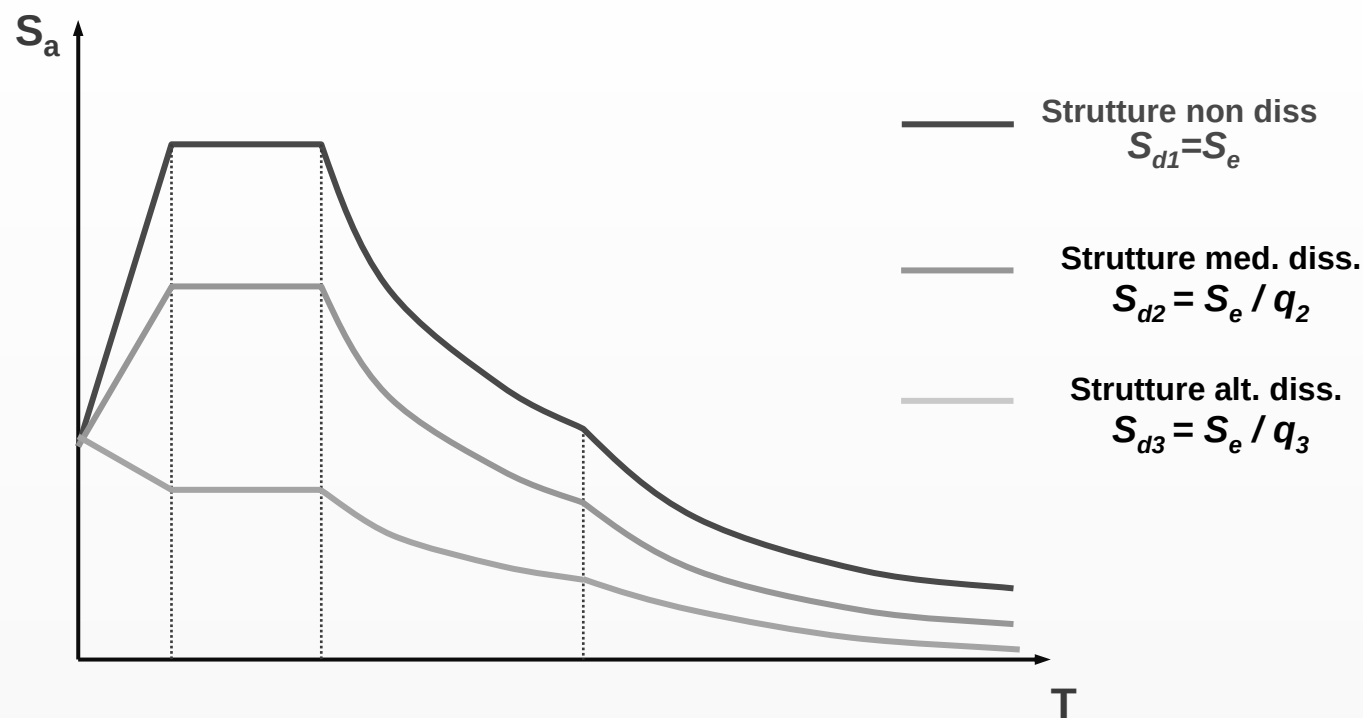
η = fattore di smorzamento (per $\xi \neq 5\%$)

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00





L'ordinanza del P.C. n.3274: *La duttilità ed il fattore di struttura q (SLU)*



Spettri di progetto

Considerazioni introduttive: La duttilità ed il fattore di struttura

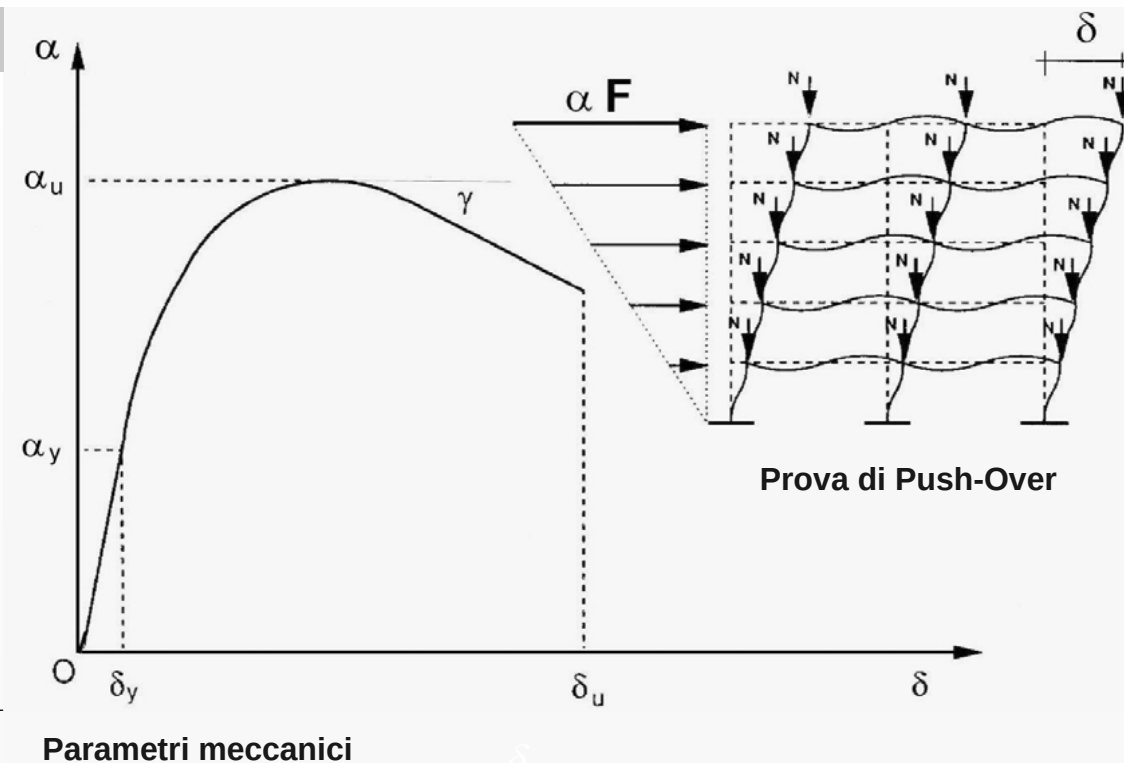
Livelli di duttilità

I) Duttilità puntuale

II) Duttilità locale

III) Duttilità globale

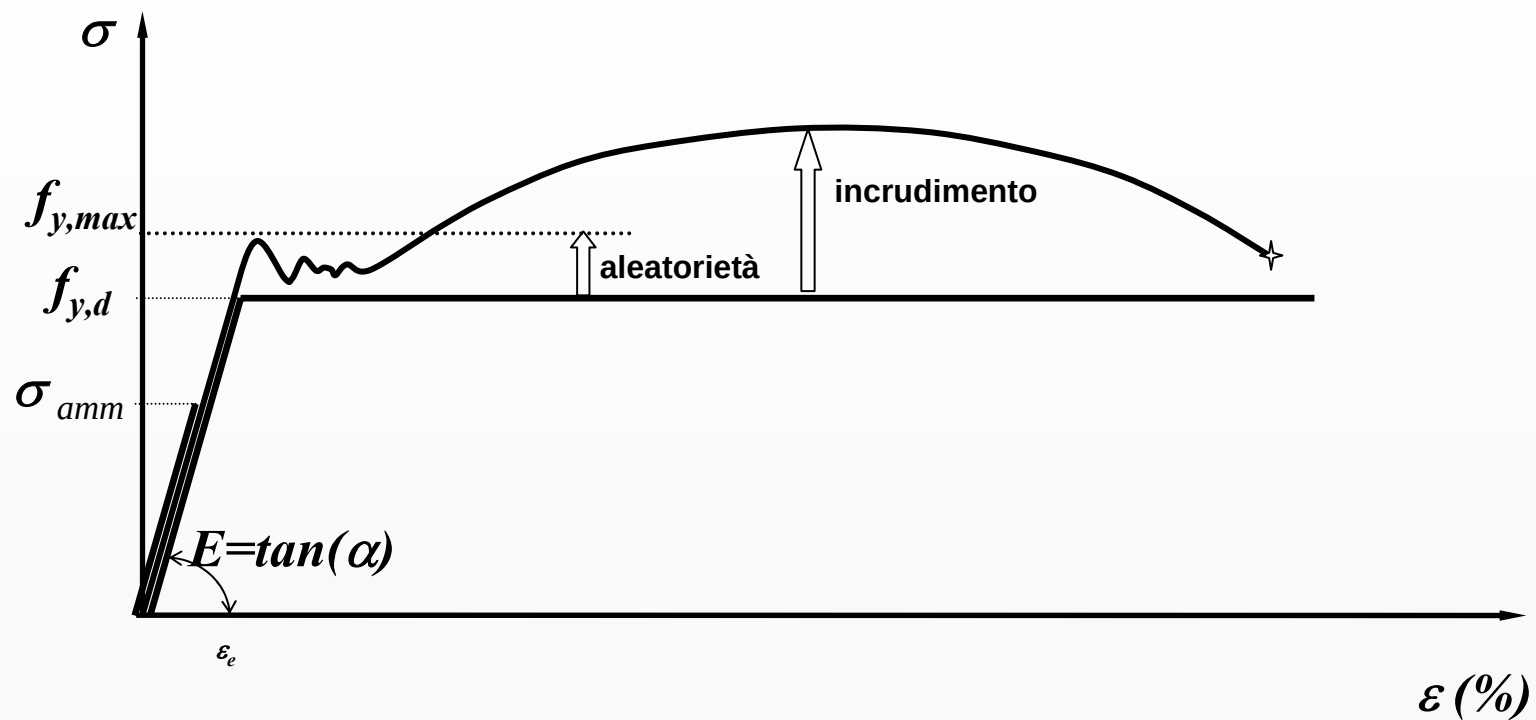
*Tipologia e schema
strutturale*



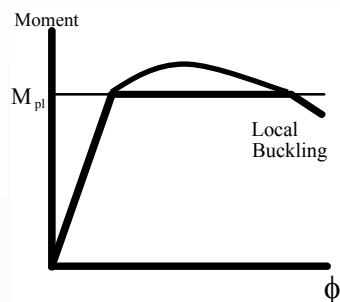
$$\mu_s = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad \text{Duttilità}$$

$$\Omega_s = \frac{\alpha_u}{\alpha_y} \quad \text{Sovreresist.}$$

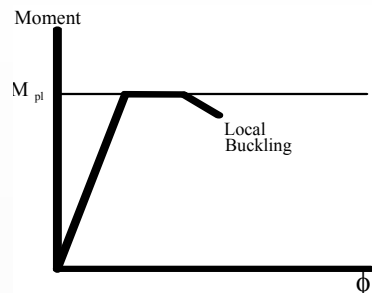
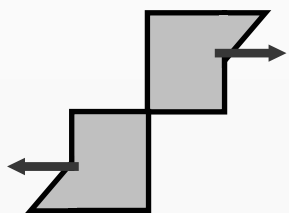
Il modello meccanico del materiale



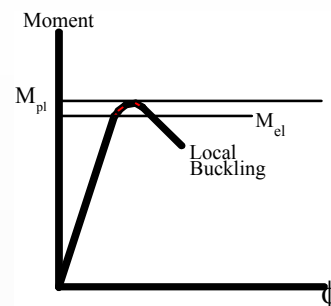
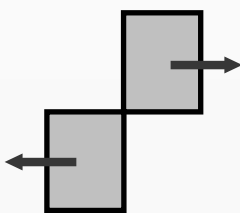
Resistenza e capacità rotazionale



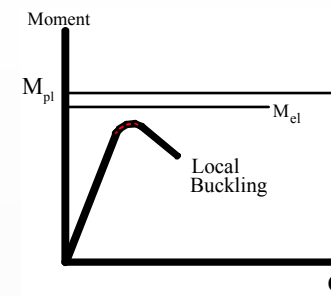
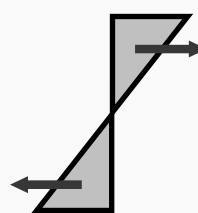
$$M_{ult} = \kappa \cdot f_y \cdot W_{pl}$$



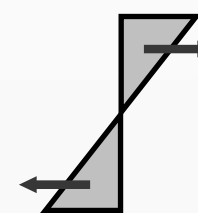
$$M_P = f_y \cdot W_{pl}$$



$$M_y = f_y \cdot W$$



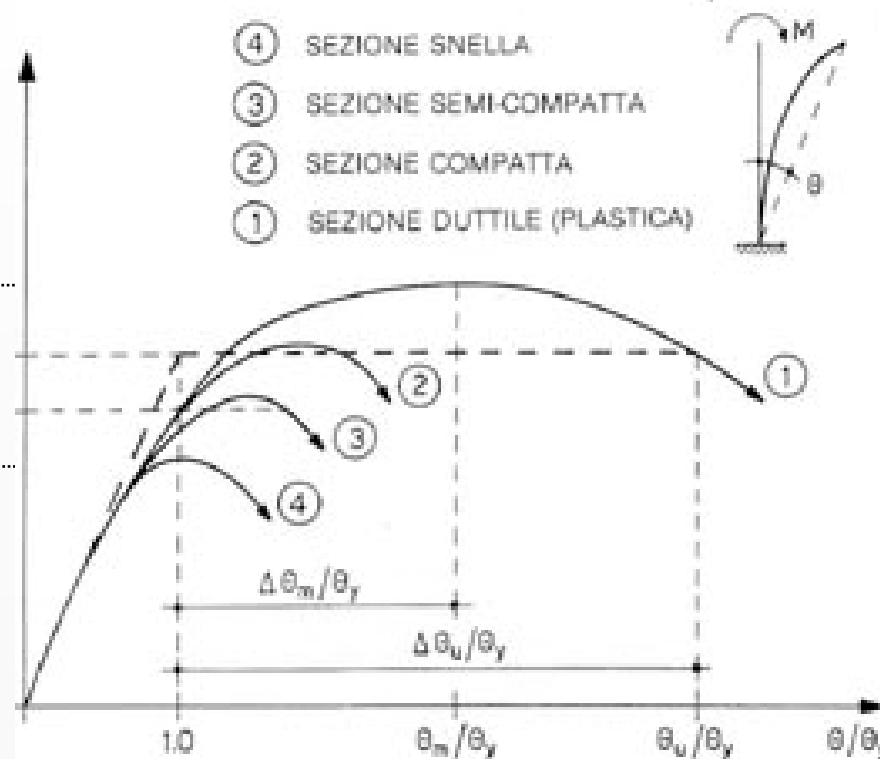
$$M_{rid} = f_y \cdot W_{eff}$$



la classificazione delle sezioni trasversali

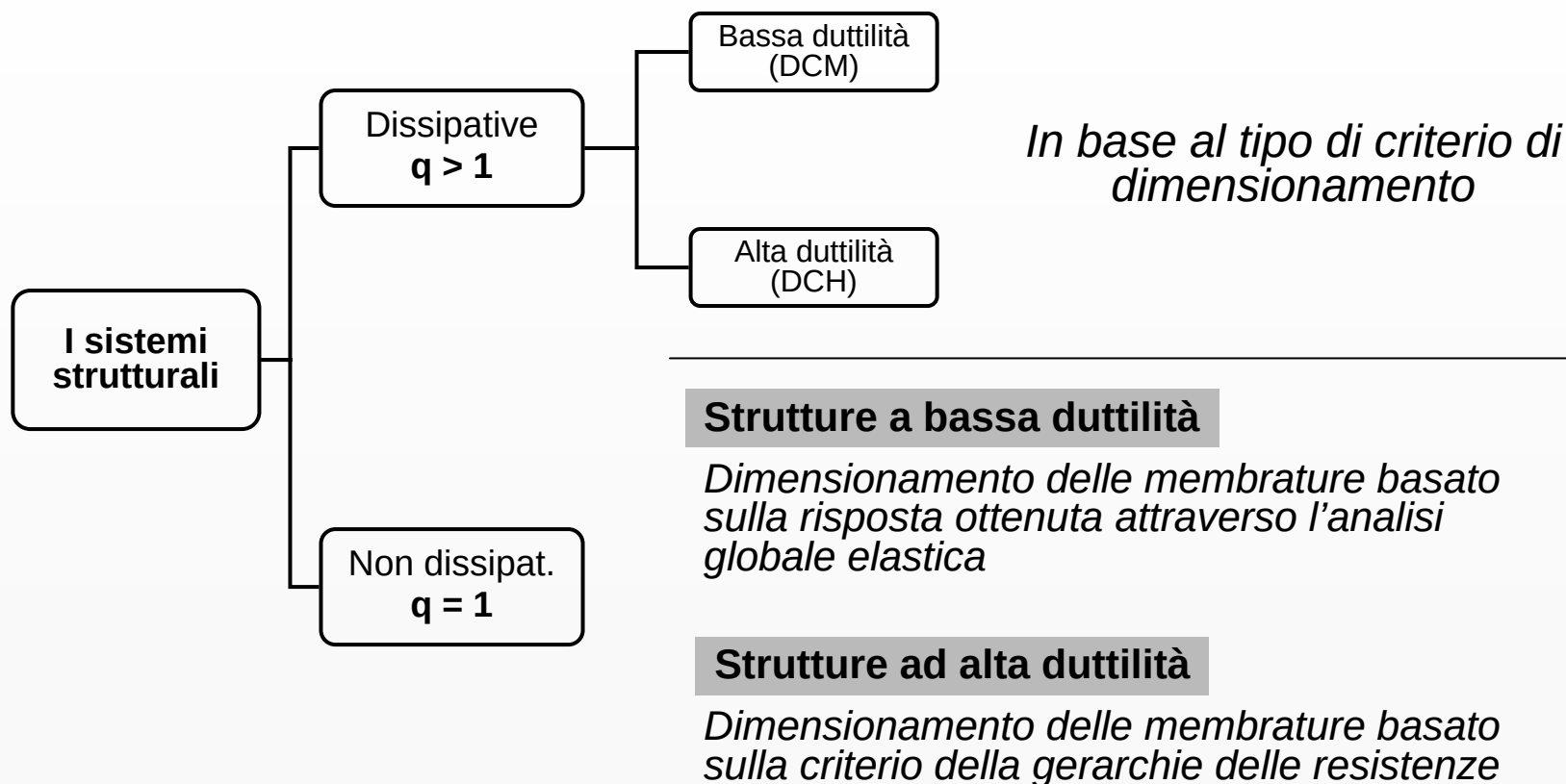
Incrudimento $\uparrow$ M_{ult}
 Fattore di forma $\uparrow$ M_{pl}
 M_y
 M_{rid}

Rapporti b/t delle
parti compresse





L'ord. n.3274 e gli Edifici in acciaio: *I principi di progettazione*



I principi di progettazione

$q = f$ {
Tipologia strutturale
Criteri di dimensionamento
Regole di dettaglio

L'espressione generale

$$q = \psi_R \cdot q_0$$

prima
versione

Valore di base

New

$$q = K_D \cdot K_R \cdot q_0$$

Revisione

$\psi_R = K_D$ duttilità locale zone dissipative

$K_R = 0.8 - 1$ regolarità dell'edificio

L'ord. n.3274 e gli edifici in acciaio: Le tipologie strutturali in acciaio ed il fattore di struttura

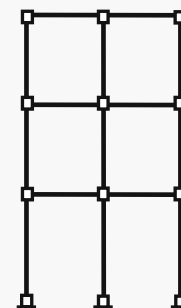
Strutture intelaiate
(MRF)

Controventi reticolari concentrici
(CBF)

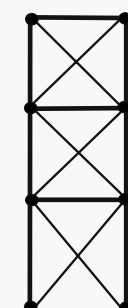
Controventi reticolari eccentrici
(EBF)

Strutture a mensola o a pendolo
invertito

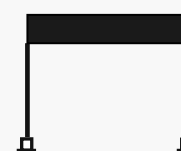
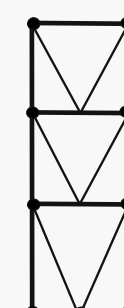
Tipologia Strutturale	Classe di Duttilità	
	Bassa	Alta
Strutture intelaiate	4	5 (α_u/α_l)
Controventi ret. concent.	4 2	4
Controventi ret. eccentrici	4	5 (α_u/α_l)
Strut. a mensola o pend.	2	-



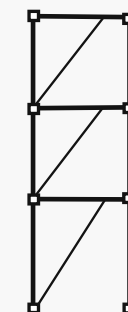
Strut.
Intelaiata



Contr. Concentrici



Strut. a pend.
inv.

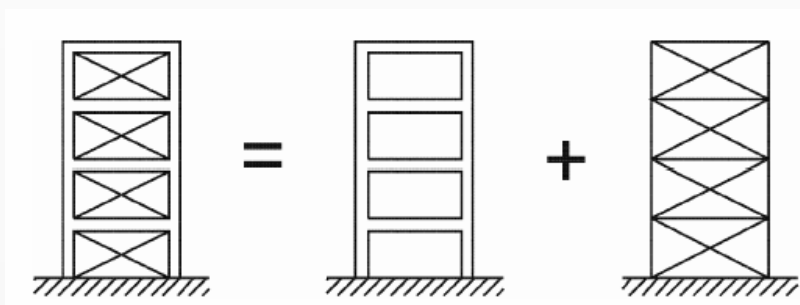


Contr. Eccentrici

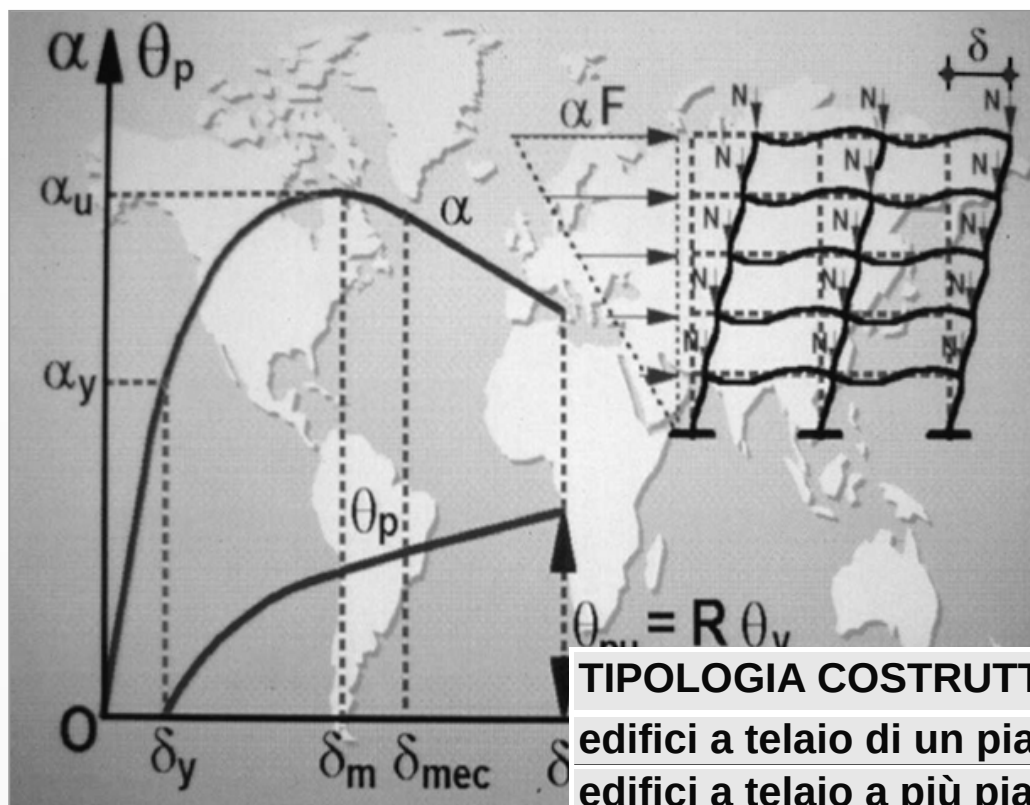
q_0

Valori di q_o

TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE DI DUTTILITÀ	
	BASSA	ALTA
Strutture intelaiate	4	$5\alpha u/\alpha 1$
Controventi reticolari concentrici	2	4
Controventi eccentrici	4	$5\alpha u/\alpha 1$
Strutture a mensola o a pendolo invertito	2	—
Strutture intelaiate controventate	4	$4\alpha u/\alpha 1$



L'ord. n.3274 e gli edifici in acciaio: *Le tipologie strutturali in acciaio ed il fattore di struttura*



TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

edifici a telaio di un piano

edifici a telaio a più piani, con una sola campata

edifici a telaio con più piani e più campate

edifici con controventi eccentrici

α_u/α_y

1,1

1,2

1,3

1,2

Criteri di progetto per le strutture dissipative

Criteri di progetto

Il progetto delle strutture di tipo dissipativo deve garantire una risposta globale stabile anche in presenza di fenomeni locali di plasticizzazione, instabilità o altri connessi al comportamento isteretico della struttura

Requisiti

Zone dissipative

Resistenza

- (D.M. 9/1/96); CNR 10011; Eurocodice 3

Duttilità

- Efficaci dettagli costruttivi
- Capacità dissipativa attribuibile sia agli elementi che ai collegamenti

Zone NON dissipative

Sovreresistenza

- (D.M. 9/1/96); CNR 10011; Eurocodice 3

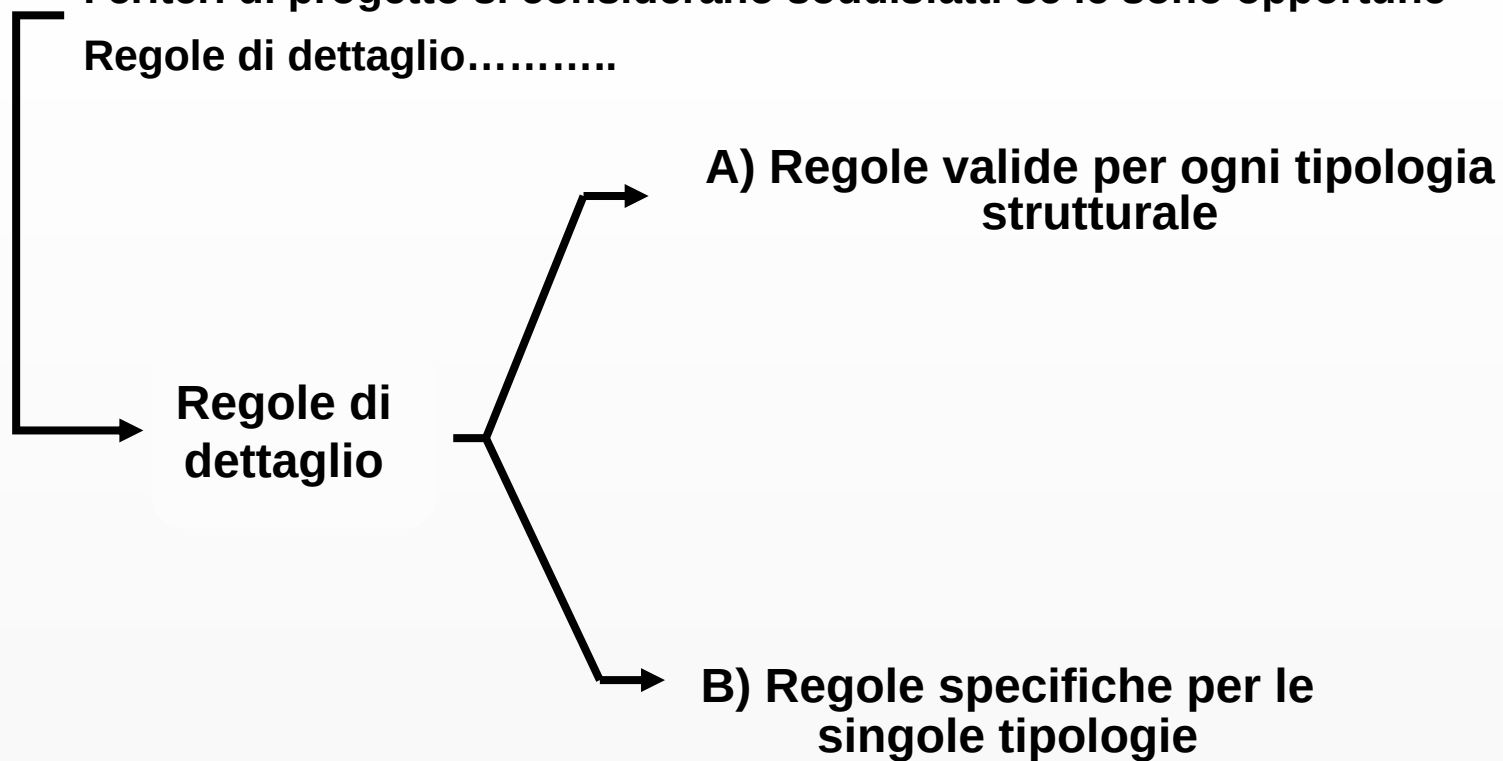


REGOLE DI DETTAGLIO PER LE STRUTTURE DISSIPATIVE

Regole di dettaglio

I criteri di progetto si considerano soddisfatti se le sono opportune

Regole di dettaglio.....



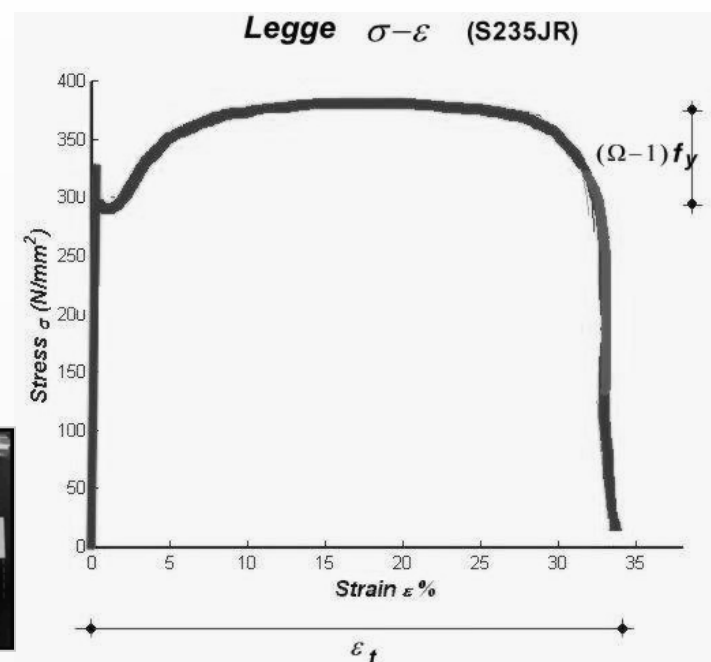
Regole di dettaglio (Principi generali)

Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile

1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrane



•Acciai qualificati

vedi Eurocodice 3

•Sovraresistenza

$$\Omega_0 = \frac{f_u}{f_y} \geq 1.20$$

•Def. a rottura

$$\varepsilon_t \geq 20\%$$

Regole di dettaglio (valide per ogni tipologia)

Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile

1. Il materiale

New

$$\gamma_{ov} = \frac{f_{y,m}}{f_y} \quad \text{coefficiente di sovraresistenza del materiale}$$

2. Le connessioni

Acciaio	γ_{ov}
S235	1.20
S275	1.15
S355	1.10

3. Le membrane

$$f_{y,max} \leq 1.15 \cdot f_y \cdot \gamma_{ov}$$

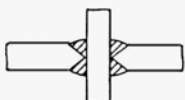
Regole di dettaglio (Principi generali)

Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile

1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrane



a)

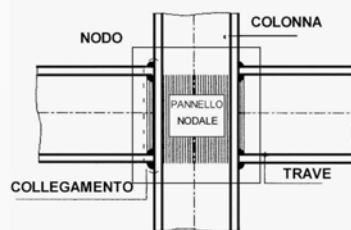


b)

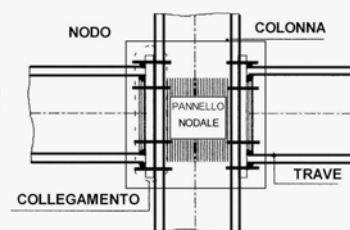
a) Saldature di I Classe

b) Bulloni ad alta resist.
(Classe 8.8 o 10.9)

c) Collegamenti dotati di
adeguata sovraresistenza



NODO SALDATO



NODO BULLONATO

c)

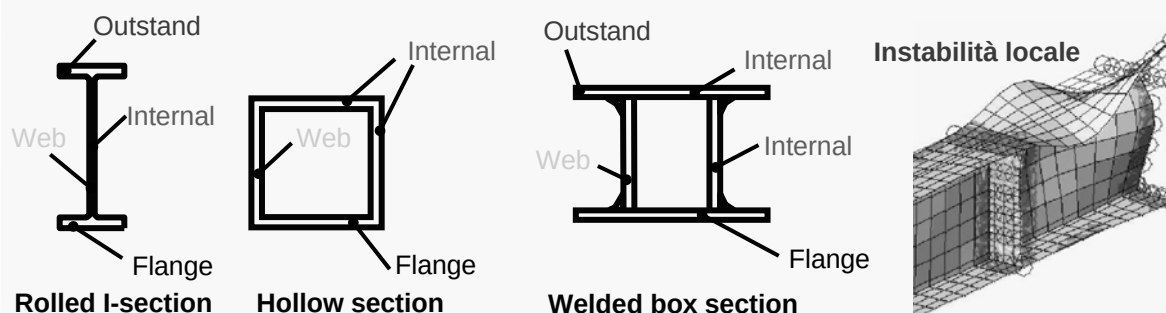
$$R_d \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_y$$

R_d resistenza di progetto de
collegamento

R_y resistenza plastica della
membratura collegata

Regole di dettaglio (Principi generali)

Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile



La snellezza locale b/t e la duttilità locale

Duttilità locale associata alla Classif. delle Membrature

New

$$s = \frac{f_{c,loc}}{f_y}$$

Tensione di snervamento

Tensione di instabilità locale



$$f(\lambda_w; \lambda_f; L^*)$$

λ_w, λ_f snellezze locali anima e flangia

L^* distanza tra il punto di nullo di $M(x)$ e la cerniera plastica

Hp. Sezioni a doppio T

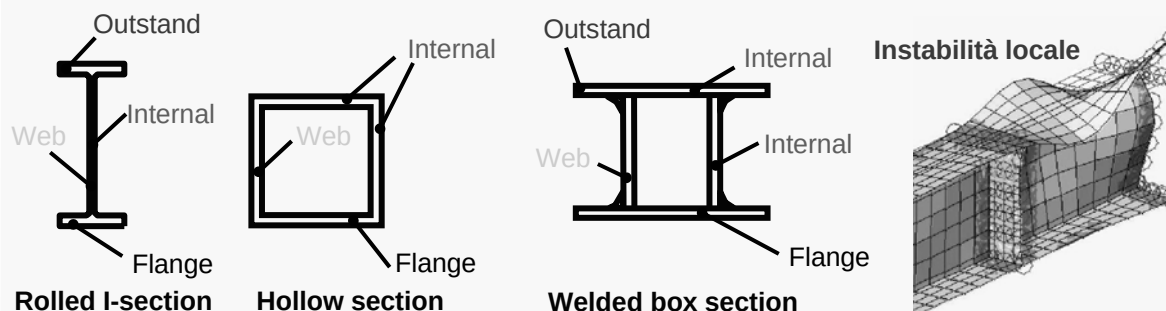
1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrane

Regole di dettaglio (Principi generali)

Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile



La snellezza locale b/t e la duttilità locale

Classe membratura	Parametro s	Fattore Ψ_R
Duttili	$s \geq 1,2$	1,00
Plastiche	$1,0 < s < 1,2$	0,75
Snelle	$s \leq 1$	0,50

Ord. della P.C.
n°3274

1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrane

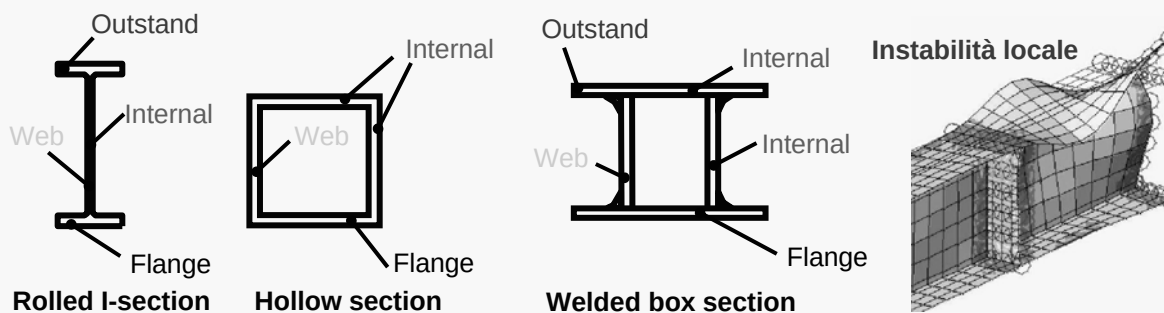
Regole di dettaglio (valide per ogni tipologia)

1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrature

Parti tese delle zone dissipative



La snellezza locale b/t e la duttilità locale

$$s = \min \left\{ \frac{f_t}{f_y}; 1.25 \right\}$$

parti tese sempre duttili

$$\frac{A_{net}}{A} \geq 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \frac{f_y}{f_u}$$

A_{net} = area netta in corrispondenza dei fori

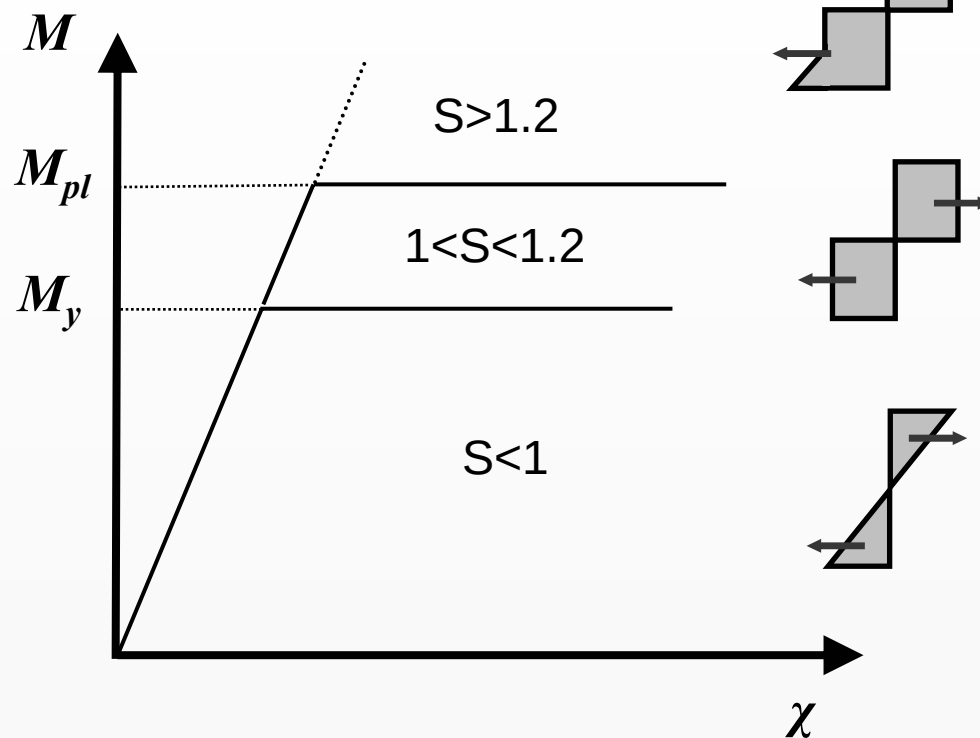
A = area lorda

La classificazione dell'Ordinanza

Sezioni duttili ($M_{cr} > M_{pl}$)

Sezioni plastiche ($M_y < M_{cr} < M_{pl}$)

Sezioni snelle ($M_{cr} > M_y$)



α = fattore di forma della sezione ~ 1.2

Regole di dettaglio (Principi generali)

Classificazione delle sezioni

f_u = tensione ultima;

f_y = tensione di snervamento;

b_f = larghezza delle flange;

L^* = distanza tra il punto di nullo del diagramma del momento e la cerniera plastica (zona dissipativa);

$$s = \frac{1}{0.695 + 1.632\lambda_f^2 + 0.062\lambda_w^2 - 0.602\frac{b_f}{L^*}} \leq \frac{f_u}{f_y}$$

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_w = \frac{d_{w,e}}{t_w} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

dove:

t_f = lo spessore delle flange

t_w = lo spessore dell'anima

$$d_{w,e} = \frac{d_w}{2} \left(1 + \frac{A}{A_w} \rho \right) \leq d_w$$

dove:

d_w = l'altezza dell'anima;

A = area della sezione;

A_w = area dell'anima;

$\rho = N_{sd}/A f_y$ = rapporto fra lo sforzo normale di progetto e lo sforzo normale plastico.



Regole di dettaglio (valide per ogni tipologia)

Per sezioni diverse



In mancanza di una più precisa valutazione di s , si può fare riferimento al criterio di classificazione dell'EC3

- duttili le sezioni appartenenti alla classe 1;
- plastiche le sezioni appartenenti alle classi 2 e 3;
- snelle le sezioni appartenenti alla classe 4.



Regole di dettaglio (Principi generali)

Confronto tra le procedure di classificazione

	SEZIONE	DUTTILE		PLASTICA			SNELLA	
	CLASSE	A	1	B	2	3	C	4
	PROFILO							
LAMINATI	HEA	★	●	★	●			
	HEB	★	●					
	HEM	★	●					
	IPE	★	●					
	ISE	★	●		●			
SALDATI	HSU			★	●	●	★	●
	HSA	★	●	★	●	●	★	
	HSE	★	●					
	HSL	★	●	★	●	●		
	HSH	★	●	★	●	●		

Normativa italiana (★) e l'Eurocodice 3 (●)

	SEZIONE	DUTTILE		PLASTICA			SNELLA	
	CLASSE	A	1	B	2	3	C	4
	PROFILO							
LAMINATI	HEA	★	●	★	●			
	HEB	★	●					
	HEM	★	●					
	IPE	★	●					
	ISE	★	●					
SALDATI	HSU					●	★	●
	HSA	★	●	★	●	●	★	●
	HSE	★	●					
	HSL	★	●	★	●	●		
	HSH	★	●	★	●	●		

	SEZIONE	DUTTILE		PLASTICA			SNELLA	
	CLASSE	A	1	B	2	3	C	4
	PROFILO							
LAMINATI	HEA	★	●	★	●			
	HEB	★	●	★				
	HEM	★	●					
	IPE	★	●	★				
	ISE	★	●	★				
SALDATI	HSU					●	★	●
	HSA	★	●	★	●	●	★	●
	HSE	★	●					
	HSL	★	●	★	●	●	★	
	HSH	★	●	★	●	●	★	

Regole di dettaglio (valide per ogni tipologia)

Fondazioni



Il valore di progetto delle azioni deve essere coerente con l'ipotesi di formazione di zone plastiche al piede delle colonne, tenendo conto della resistenza reale che tali zone sono in grado di sviluppare

Diaframmi orizzontali



È necessario verificare che i diaframmi ed i controventi orizzontali siano in grado di trasmettere nel loro piano ai diversi elementi sismo-resistenti verticali da essi collegati le forze derivanti dalla analisi di insieme dell'edificio moltiplicate per un fattore di amplificazione pari ad α_u/α_1



REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE INTELAIATE (MRF)

Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per gli MRF (*alta e bassa duttilità*)

Regole di dettaglio comuni

○ Collegamenti Trave-Colonna

Resistenza delle travi

Collegamenti colonna fondazione

Resistenza a taglio delle colonne

dove:

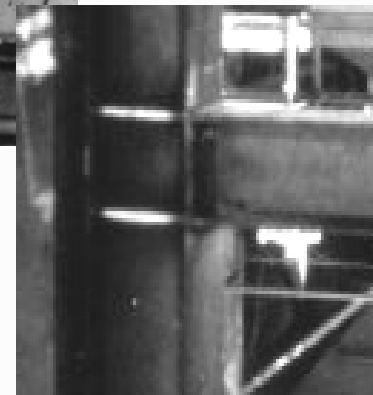
$M_{j,Rd}$ è la resistenza flessionale di progetto dei collegamenti trave-colonna

$M_{b,Rd}$ è la resistenza flessionale di progetto delle travi collegate

s si valuta assumendo $L^* = L/2$ e $r = 0$

Sovreresistenza del collegamento

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





Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per gli MRF (*alta e bassa duttilità*)

Regole di dettaglio comuni

Collegamenti Trave-Colonna

○ Resistenza delle travi

Collegamenti colonna fondazione

Resistenza a taglio delle colonne

Controllo del degrado sulla resistenza e capacità rotazionale delle cerniere plastiche per effetto contemporaneo di:

Flessione $M_{Sd} < M_{pl,Rd}$

Sforzo assiale $N_{Sd} < 0.15 \cdot N_{pl,Rd}$

Taglio $V_{g,Sd} + V_{M,Sd} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd}$

dove

M_{Sd} e N_{Sd} sono i valori di progetto del momento flettente e dello sforzo assiale risultanti dall'analisi strutturale

$M_{pl,Rd}$, $N_{pl,Rd}$ e $V_{pl,Rd}$ sono i valori delle resistenze plastiche di progetto, flessionale, assiale e tagliente

$V_{g,Sd}$ è la sollecitazione di taglio di progetto dovuta alle azioni non-sismiche

$V_{M,Sd}$ è la forza di taglio dovuta all'applicazione dei momenti resistenti

Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per gli MRF (*alta e bassa duttilità*)

Regole di dettaglio comuni

Collegamenti Trave-Colonna

Resistenza delle travi

○ Collegamenti colonna fondazione

Resistenza a taglio delle colonne

Dove

M_{Sd} è il momento flettente di progetto del collegamento

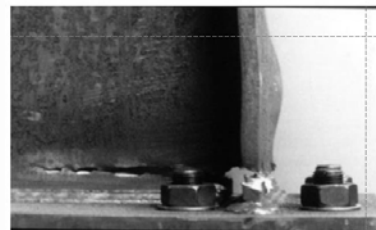
$M_{pl,Rd}$ è il momento plastico di progetto della sezione delle colonne

ρ è il valore adimensionale dello sforzo assiale

Sovreresistenza del collegamento

$$M_{Sd} = \gamma_{ov} \cdot (s - \rho) \cdot M_{pl,Rd}$$

$$\left(\rho = \frac{N_{Sd}}{A \cdot f_y} \right)$$



Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per gli MRF (*alta e bassa duttilità*)

Regole di dettaglio comuni

Collegamenti Trave-Colonna

Resistenza delle travi

Collegamenti colonna fondazione

○ **Resistenza a taglio delle colonne**

dove:

$\Sigma M_{pl,Rd}$ = sommatoria dei momenti plastici delle travi;

h_b = altezza della sezione della trave;

H = altezza interpiano;

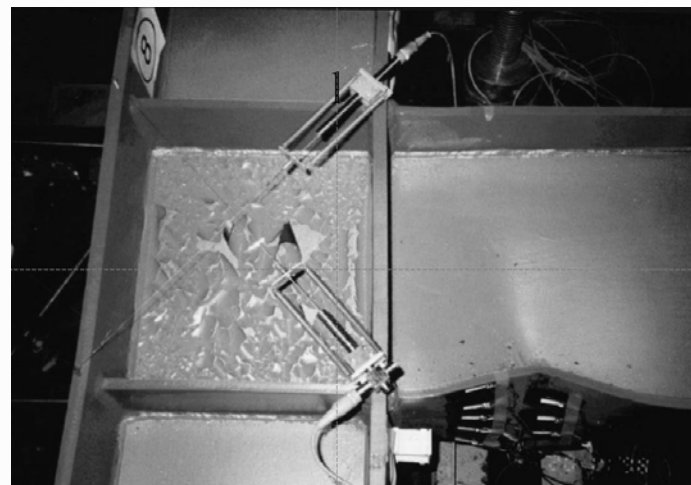
$V_{wp,Rd}$ = resistenza di progetto pannello nodale.

Controllo a taglio della colonna

$$V_{Sd} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd}$$

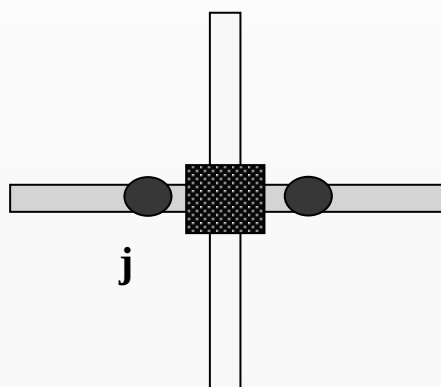
Sovraresistenza del pannello nodale

$$V_{wp,Rd} \geq \frac{\Sigma M_{pl,Rd}}{h_b - t_f} \left(1 - \frac{h_b - t_f}{H - h_b} \right)$$



Regole di dettaglio per gli MRF ad alta duttilità: *Il principio*

I telai ad alta duttilità sono progettati mediante criteri semplificati per il controllo del meccanismo di collasso. Rientra in tale ambito il criterio di gerarchia trave-colonna



In corrispondenza di ogni nodo, le resistenze di progetto delle colonne devono essere maggiori delle sollecitazioni che si possono verificare nelle stesse nell'ipotesi che le travi abbiano raggiunto la loro resistenza flessionale ultima.

Regole di dett. per gli MRF ad alta duttil. : *Condizione di plasticizzazione della trave*

Per la j-esima trave

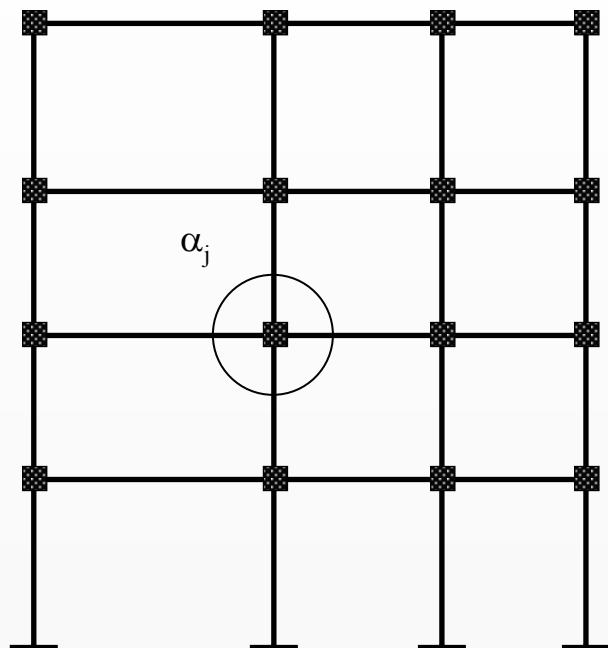
$$M_{b,ult,j} = \gamma_{ov} \cdot S_j \cdot M_{b,pl,j} = M_{b,G} + \alpha_j \cdot M_{b,S}$$

Diagram illustrating the condition of plasticization of the beam:

- The ultimate moment $M_{b,ult,j}$ is equal to the product of the overstrength factor γ_{ov} , the seismic resistance factor S_j , and the plastic moment $M_{b,pl,j}$.
- This is also equal to the sum of the gravity moment $M_{b,G}$ and the seismic moment $\alpha_j \cdot M_{b,S}$.
- An upward arrow from the seismic moment term points to a box: **Aliquota di momento dovuta ai carichi non sismici** (Aliquota di momento dovuta ai carichi non sismici).
- A downward arrow from the ultimate moment term points to a box: **Resistenza ultima della trave** (Resistenza ultima della trave).
- A downward arrow from the seismic moment term points to a box: **Aliquota di momento dovuta alle forze sismiche di progetto** (Aliquota di momento dovuta alle forze sismiche di progetto).

$$\alpha_j = \frac{\gamma_{ov} \cdot S_j \cdot M_{b,pl,j} - M_{b,G}}{M_{b,S}}$$

Regole di dettaglio per gli MRF ad alta duttilità: *Il valore di α*



$$\alpha = \min \left\{ \frac{\gamma_{ov} \cdot S_i \cdot M_{b,pl,i} - M_{b,G}}{M_{b,S}} ; q \right\}$$

Regole di dett. per gli MRF ad alta duttil. : *Il criterio di gerarchia*

- Il criterio di gerarchia trave-colonna si ritiene soddisfatto quando per le colonne convergenti in ogni nodo risulta verificata la disuguaglianza

$$M_{c,Rd,red} = M_{c,Rd} (N_{c,b:ult}) \geq N_{c,G} + \alpha \cdot M_{c,S}$$

$$N_{c,b:ult} = N_{c,G} + \alpha \cdot N_{c,S}$$

$$V_{c,Sd} = V_{c,Sd,G} + \alpha \cdot V_{c,Sd,E}$$

- Il rispetto della stessa non è necessario al piano superiore degli edifici multipiano e nel caso degli edifici monopiano. Occorre in ogni caso verificare che in ogni nodo risulti

$$\sum_i M_{c,Rd,red} \geq \gamma_{ov} \cdot \sum_i s_i \cdot M_{b,pl,Rd,i}$$



REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI (CBF)

Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per I CBF (*alta e bassa duttilità*)

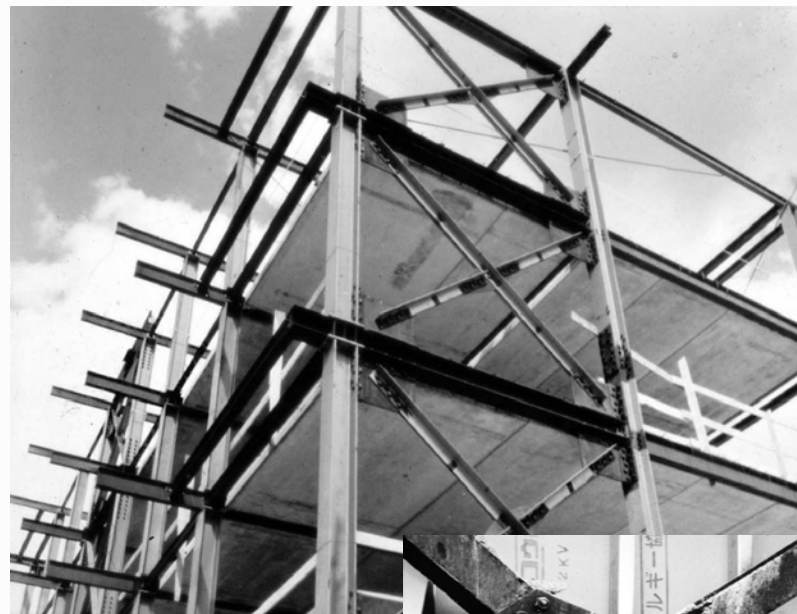
Sovreresistenza dei collegamenti delle
diagonali

$$R_{j,d} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot N_{pl,Rd}$$

dove:

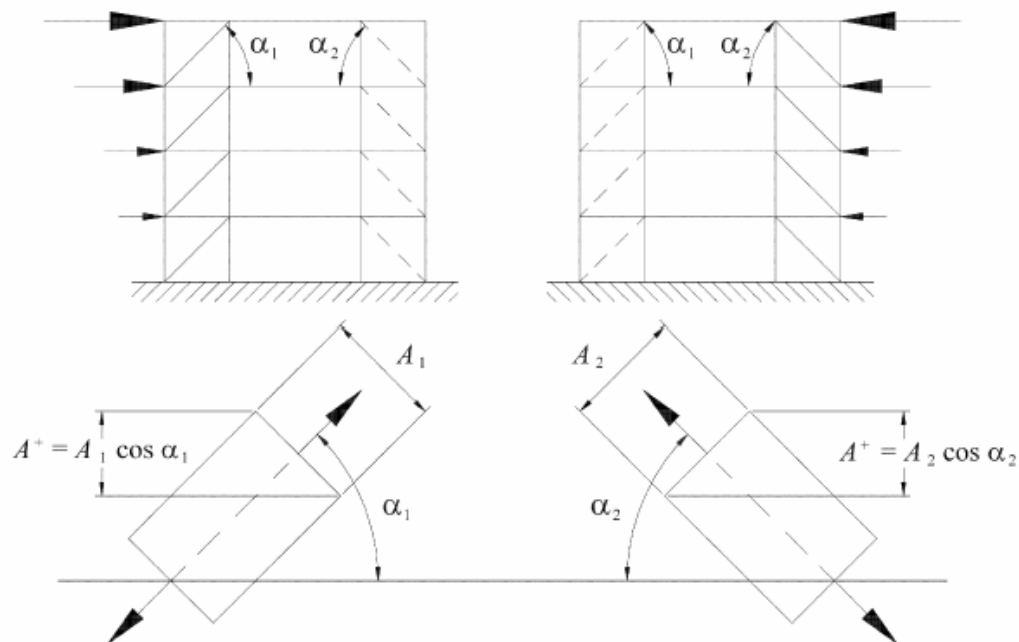
$R_{j,d}$ è la resistenza di progetto del
collegamento

$N_{pl,Rd}$ è la resistenza plastica di progetto
della diagonale collegata



Regole di dettaglio comuni per I CBF (*alta e bassa duttilità*)

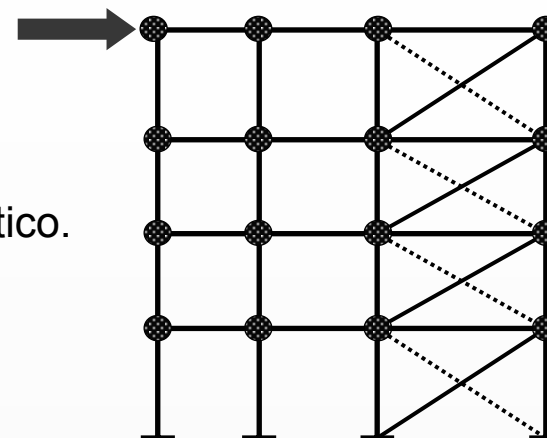
$$\frac{|A^+ - A^-|}{A^+ + A^-} \leq 0.05$$



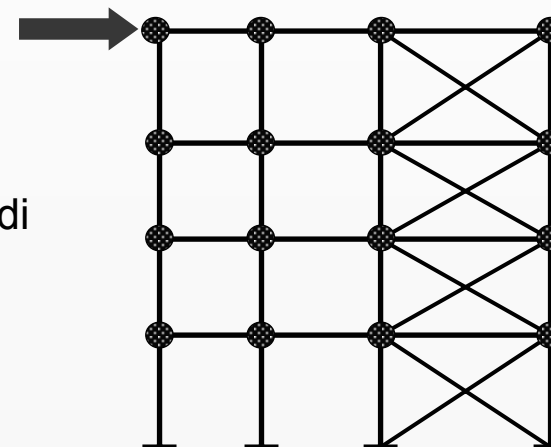
Regole di dettaglio comuni per I CBF (*alta e bassa duttilità*)

La modellazione delle diagonali

Nei controventi concentrici la principale fonte di dissipazione risiede nelle aste diagonali soggette a trazione in campo plastico. Pertanto nell'applicazione del criterio di gerarchia delle resistenze il contributo delle diagonali compresse non va considerato.



Tuttavia, la presenza delle diagonali compresse può essere portata in conto per determinare le proprietà di vibrazione in campo elastico (frequenze, modi), nonché le forze sismiche di progetto, avendo cura di verificare la stabilità delle diagonali compresse.

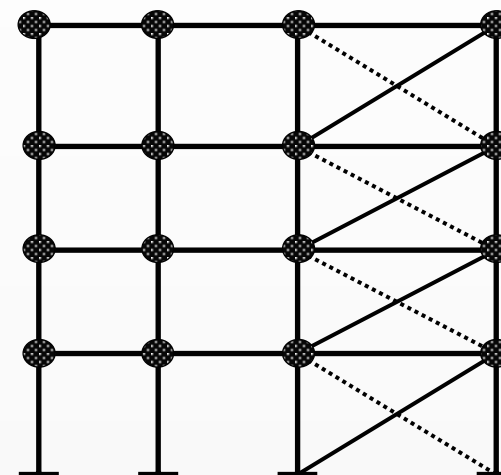


Regole di dettaglio comuni per I CBF (*alta e bassa duttilità*)

La resistenza delle diagonali

In entrambi i casi, quando la diagonale compressa è instabilizzata, occorre anche verificare che le aste tese siano in grado di resistere da sole alle forze sismiche di progetto precedentemente determinate.

Nei controventi a V devono essere sempre considerate sia le diagonali tese che quelle compresse. Le travi intersecate dalle membrature di controvento devono essere in grado di sostenere i carichi verticali assumendo che il controvento non sia presente.

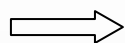


Ord. N.3274 (Edifici in acciaio)

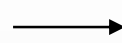
Regole di dettaglio per i CBF ad alta duttilità: *Il principio*

I controventi concentrici devono essere progettati in maniera tale che la plasticizzazione delle diagonali tese abbia luogo prima della plasticizzazione o della instabilità delle travi o delle colonne e prima del collasso dei collegamenti.

ZONE DISSIPATIVE

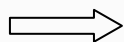


DIAGONALI TESE



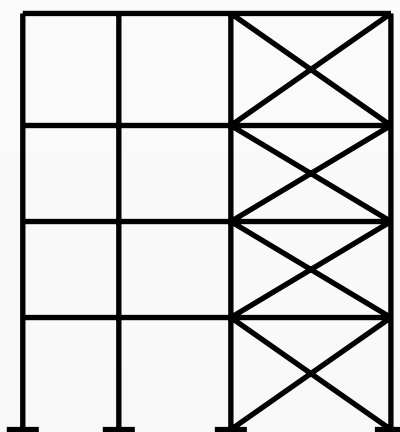
ADEGUATA RESISTENZA
E DUTTILITA'

ZONE NON DISSIPATIVE

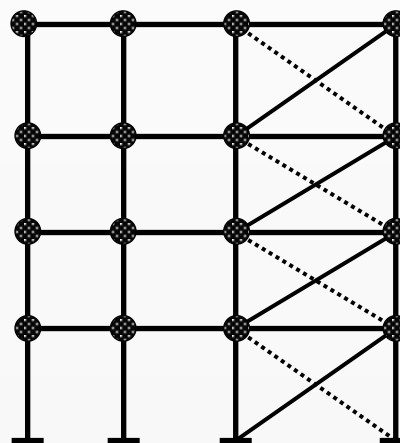
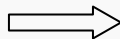


COLONNE, TRAVI
E COLLEGAMENTI

SUFFICIENTE
SOVRARESISTENZA (20%)



SISMA



TESA



COMPRESSA



Ord. N.3274 (Edifici in acciaio)
Regole di dettaglio per I CBF ad alta duttilità:
Condizione di plasticizzazione della diagonale

Per la j-esima diagonale

Aliquota di sforzo normale dovuta ai
carichi non sismici



$$\gamma_{ov} \cdot S \cdot N_{d,pl} = N_{d,G} + \alpha_j \cdot N_{d,S}$$



Resistenza plastica della
diagonale tesa

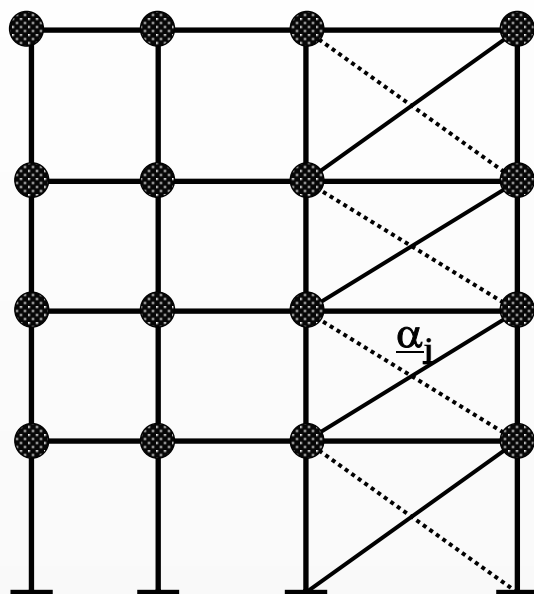


Aliquota di sforzo normale dovuta alle
forze sismiche di progetto

$$\alpha_j = \frac{\gamma_{ov} \cdot S_j \cdot N_{d,pl} - N_{d,G}}{N_{d,S}}$$

Se $N_{d,G} = 0$

Regole di dettaglio per i CBF ad alta duttilità: Il valore di α



$$\alpha = \min \left\{ \frac{\gamma_{ov} \cdot S_i \cdot N_{pl,Rd,i}}{N_{Sd,i}} ; q \right\}$$



Regole di dettaglio per i CBF ad alta duttilità: Il criterio di gerarchia

- Il criterio di gerarchia si ritiene soddisfatto quando per le travi e le colonne convergenti in ogni nodo risulta verificata la disuguaglianza

$$N_{Rd}(M_{Sd}) \geq N_{Sd,G} + \alpha \cdot N_{Sd,E}$$

- Nel caso dei controventi a V la trave dove convergono le diagonali deve essere verificata per l'azione concentrata dovuta allo squilibrio derivante dagli sforzi trasmessi dalla diagonale tesa in condizioni ultime e dalla diagonale compressa instabilizzata ($0.3 N_{pl,Rd}$).



REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI (EBF)

Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per I EBF (*alta e bassa duttilità*)

Classificazione dei LINK

Corti

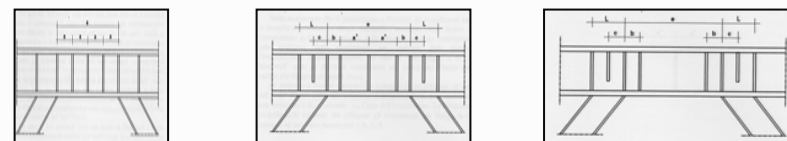
$$e \leq 1.6 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

Intermedi:

$$1.6 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}} \leq e \leq 3 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

Lunghi

$$e \geq 3 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$

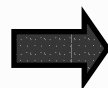


Ord. N.3274 (Edifici in acciaio): Regole di dettaglio comuni per I EBF (*alta e bassa duttilità*)

Resistenza Ultima dei LINK

Corti

$$e \leq 1.6 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$



$$\begin{aligned} M_u &= 0.75 \cdot e \cdot V_{l,Rd} \\ V_u &= 1.5 \cdot V_{l,Rd} \end{aligned}$$

Lunghi

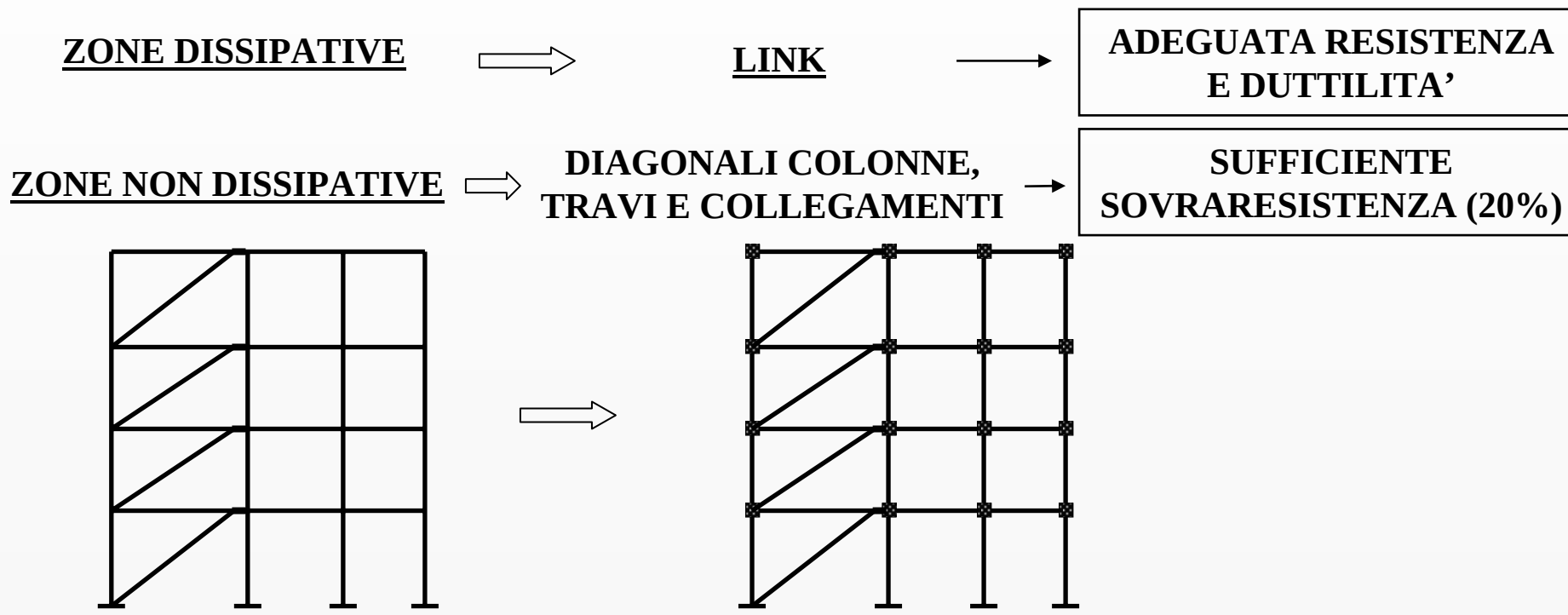
$$e \geq 3 \frac{M_{l,Rd}}{V_{l,Rd}}$$



$$\begin{aligned} M_u &= 1.5 \cdot M_{l,Rd} \\ V_u &= 2 \cdot \frac{M_{l,Rd}}{e} \end{aligned}$$

Ord. N.3274 (Edifici in acciaio) Regole di dettaglio per I EBF ad alta duttilità: *Il principio*

I controventi eccentrici si fondano sull'idea di irrigidire i telai per mezzo di diagonali eccentriche che dividono la trave in due o più parti. La parte più corta in cui la trave risulta suddivisa viene chiamata «link» ed ha il compito di dissipare l'energia sismica attraverso deformazioni plastiche cicliche taglienti e/o flessionali.



Regole di dettaglio per I EBF ad alta duttilità: *Condizione di plasticizzazione del link*

$$M_{lk,ult} = \gamma_{ov} \cdot S \cdot M_{lk,Pl} = M_{lk,G} + \alpha_M \cdot M_{lk,S}$$

$$V_{lk,ult} = \gamma_{ov} \cdot V_{lk,Pl} = V_{lk,G} + \alpha_V \cdot V_{lk,S}$$

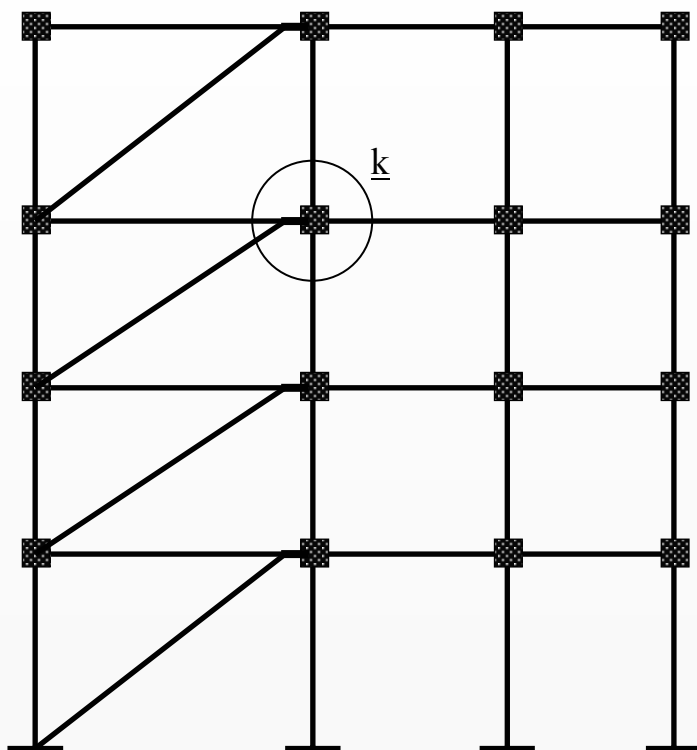


$$\alpha_M = \frac{M_{lk,ult} - M_{lk,G}}{M_{lk,S}}$$

$$\alpha_V = \frac{V_{lk,pl} - V_{lk,G}}{V_{lk,S}}$$

$$\alpha = \min\{\alpha_V, \alpha_M\}$$

Regole di dettaglio per I EBF ad alta duttilità: Il valore di α



min

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\gamma_{ov} \cdot V_{u,i} - V_{Sd,G,i}}{V_{Sd,E,i}} ; q \right\}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\gamma_{ov} \cdot M_{u,i} - M_{Sd,G,i}}{M_{Sd,E,i}} ; q \right\}$$



Regole di dettaglio per I EBF ad alta duttilità: *Il criterio di gerarchia*

- Il criterio di gerarchia si ritiene soddisfatto quando per le colonne, le travi e la diagonale convergenti in ogni link risulta verificata la disuguaglianza

$$N_{Rd}(M_{Sd}) \geq N_{Sd,G} + \alpha \cdot N_{Sd,E}$$

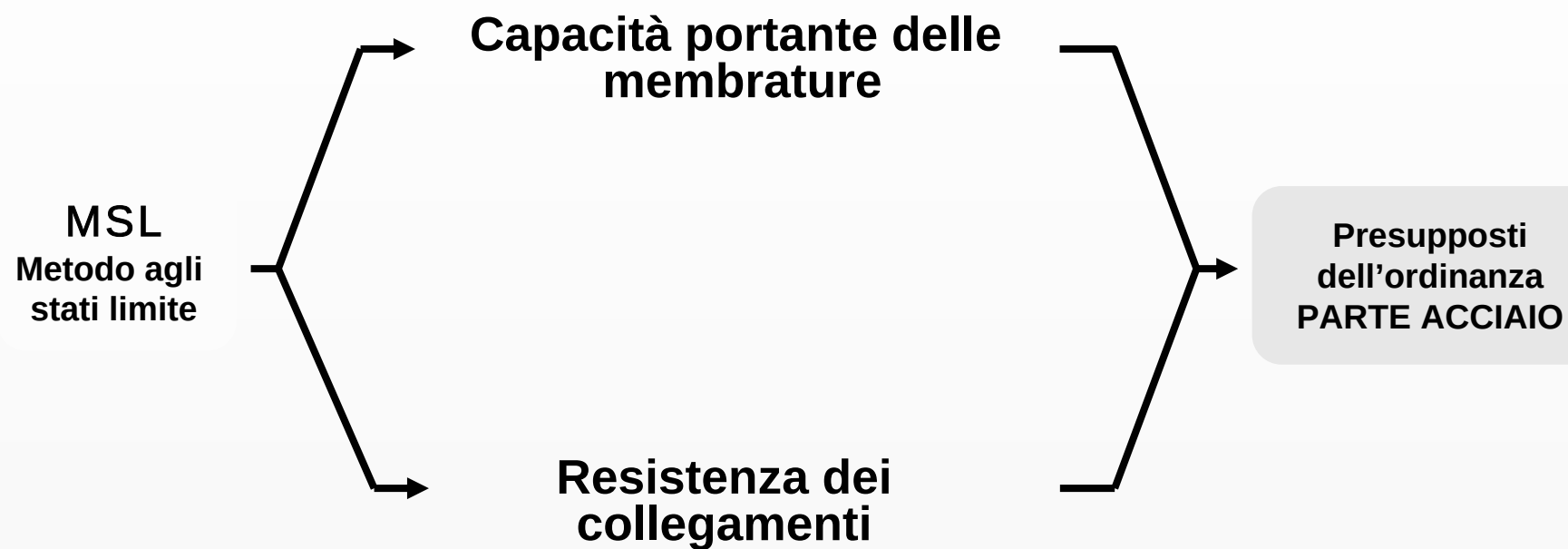
I «link» vengono denominati

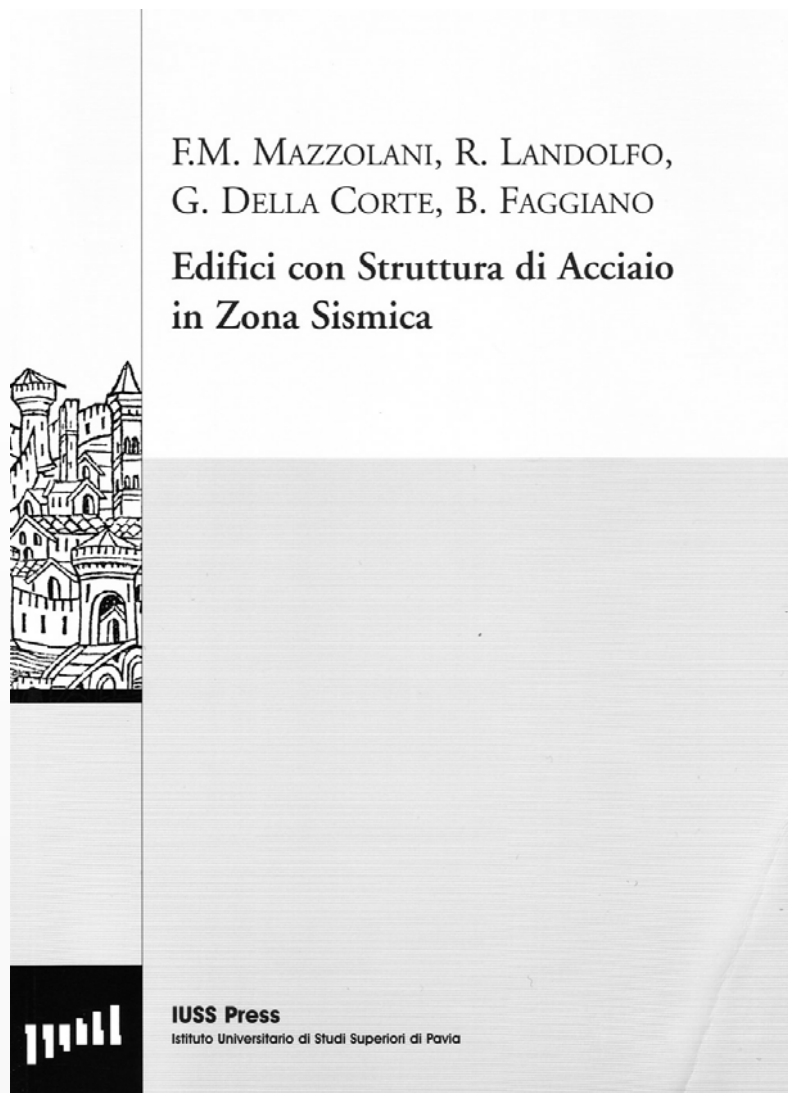
- «corti» quando la plasticizzazione avviene per taglio;
- «lunghi» quando la plasticizzazione avviene per flessione;
- «intermedi» quando la plasticizzazione è un effetto combinato di taglio e flessione.

La classificazione è basata sul valore del rapporto $M_{Ik,Rd}/V_{Ik,Rd}$



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE





IUSS Press – Pavia
info@iusspress.it
www.iusspress.it