

L'Aquila, 14 maggio 2010

## STRUTTURE IN ACCIAIO SISMORESISTENTI: L'AZIONE , LE STRATEGIE e LE REGOLE GENERALI DI PROGETTO

**Raffaele Landolfo**

*Università degli Studi di Napoli  
Federico II*



# INDICE

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



# CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE



## La moderna strategia di prevenzione

- **Classificazione sismica del territorio**
- **Progettazione antisismica delle nuove costruzioni**
- **Adeguamento e miglioramento degli edifici esistenti**





## Classificazione delle norme

---

1. Norme di **I** generazione *(sino al 1960)*

---

2. Norme di **II** generazione *(dal 1960 al 1980)*

---

3. Norme di **III** generazione *(dal 1980 ai giorni nostri)*

---

4. Norme di **IV** generazione *(attuali tendenze)*

---



## Le norme: generalità

### Principali normative sismiche

#### IN EUROPA

- **ECCS n.54 (First edition 1988)**  
European recommendations for steel structures in seismic zones
- **CEN, EN 1998-1 (2005)**  
Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

#### IN ITALIA

- **Ordinanza della P.C. n. 3274**
- **D.M. 14.09.2005 Norme Tecniche**
- **D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche**

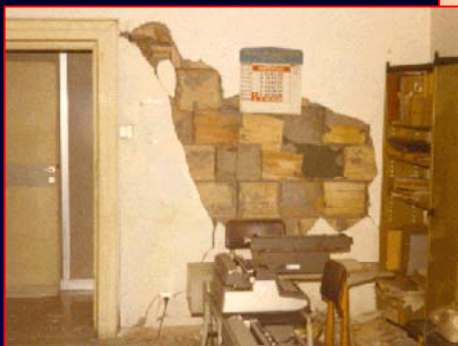
### Prerogative e/o aspetti innovativi

- **Norme specifiche per le costruzioni metalliche**
- **Nuove strategie di progettazione**
- **Filosofia di progetto agli Stati Limite**
- **Microzonazione di II Livello**



## Principali Stati Limite

### Stato Limite di Danno (SLD)



- **Evento:**

Sisma moderatamente frequente  $T_r=95$  anni  
(Terremoto di servizio o di I Livello)

- **Livello prestazionale:**

Il sistema (includendo anche gli elementi non strutturali) non deve subire gravi danni, conservando intatta la sua funzionalità.

- **Parametro di prestazione:**

Deformabilità o Rigidezza

### Stato Limite Ultimo (SLU)



- **Evento:**

Sisma raro  $T_r=475$  anni.  
(Terremoto Distruttivo o II Livello)

- **Livello prestazionale:**

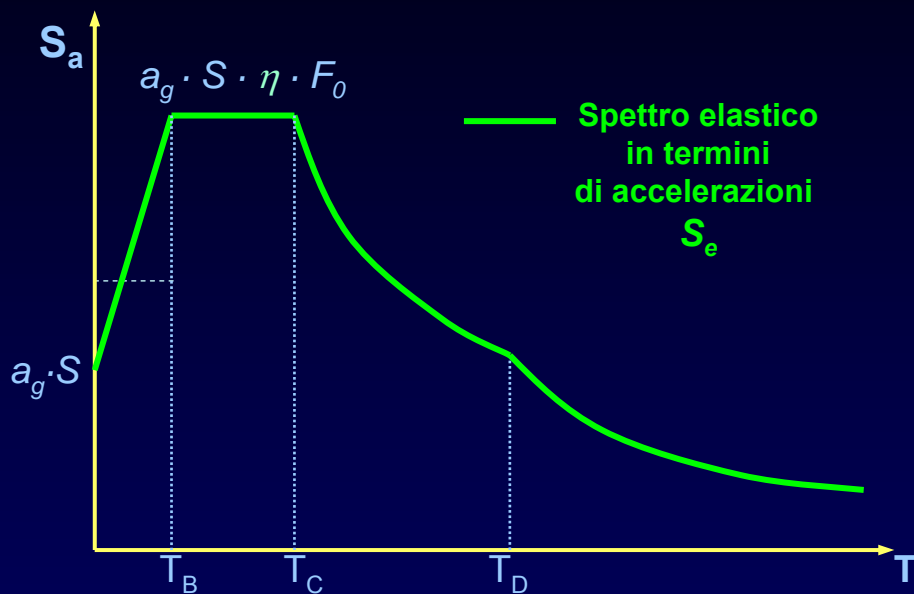
Il sistema pur subendo danni di grave entità agli elementi strutturali deve garantire la salvaguardia delle vite umane.

- **Parametro di prestazione:**

Resistenza (R)



# L'azione sismica (NTC / 08)



- $a_g$  = accelerazione di picco o PGA
  - $F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima (min 2,2)
  - $T_c^*$  = periodo a cui corrisponde l'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
  - $\eta$  = fattore di smorzamento (per  $\xi \neq 5\%$ )
  - $S$  = fattore per categoria di suolo
  - $T_B, T_C, T_D$  = periodi di riferimento
- } in funz. di  $F_0$  e  $T_c^*$

**PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

Definita in base alla latitudine e alla longitudine del sito per ciascuna  $P_{VR}$

**SPECIFICITA' LOCALI DEL SITO**

Amplificazione stratigrafica ( $S_S C_C$ )  
 Amplificazione topografica ( $S_T$ )

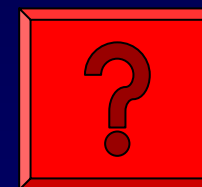


## L'azione sismica di progetto



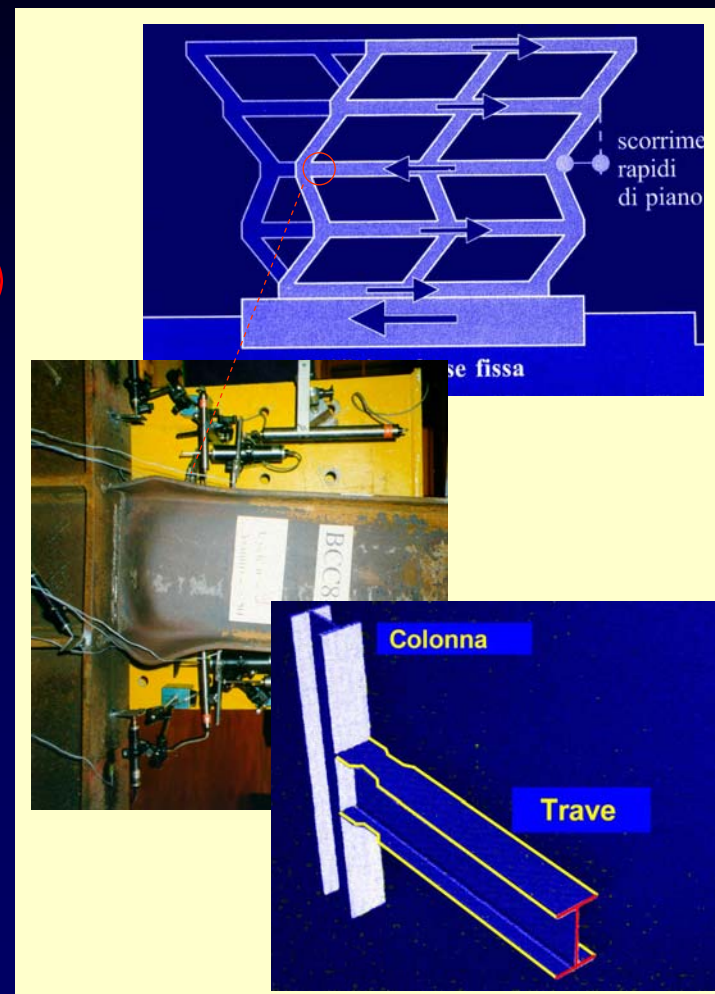
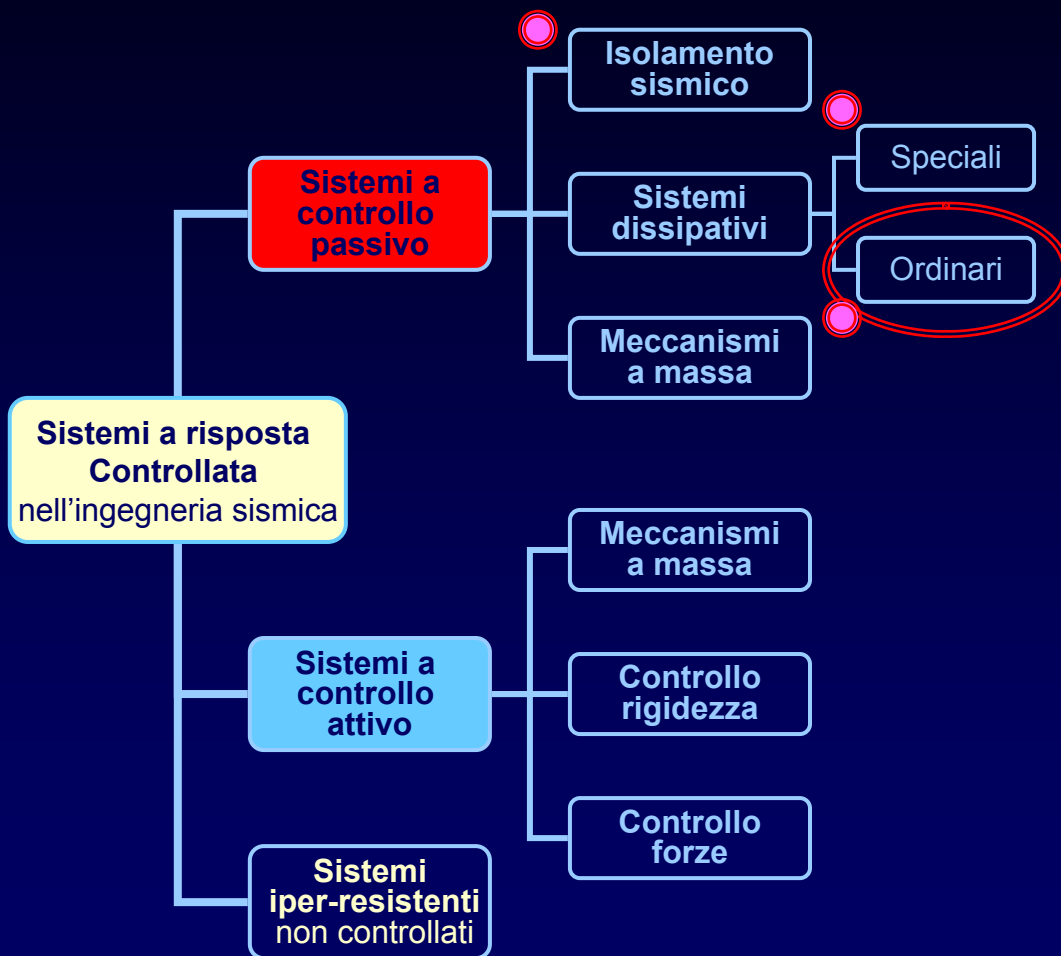
$$a_{max} = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \approx g$$

Come fronteggiare accelerazioni orizzontali di questa intensità



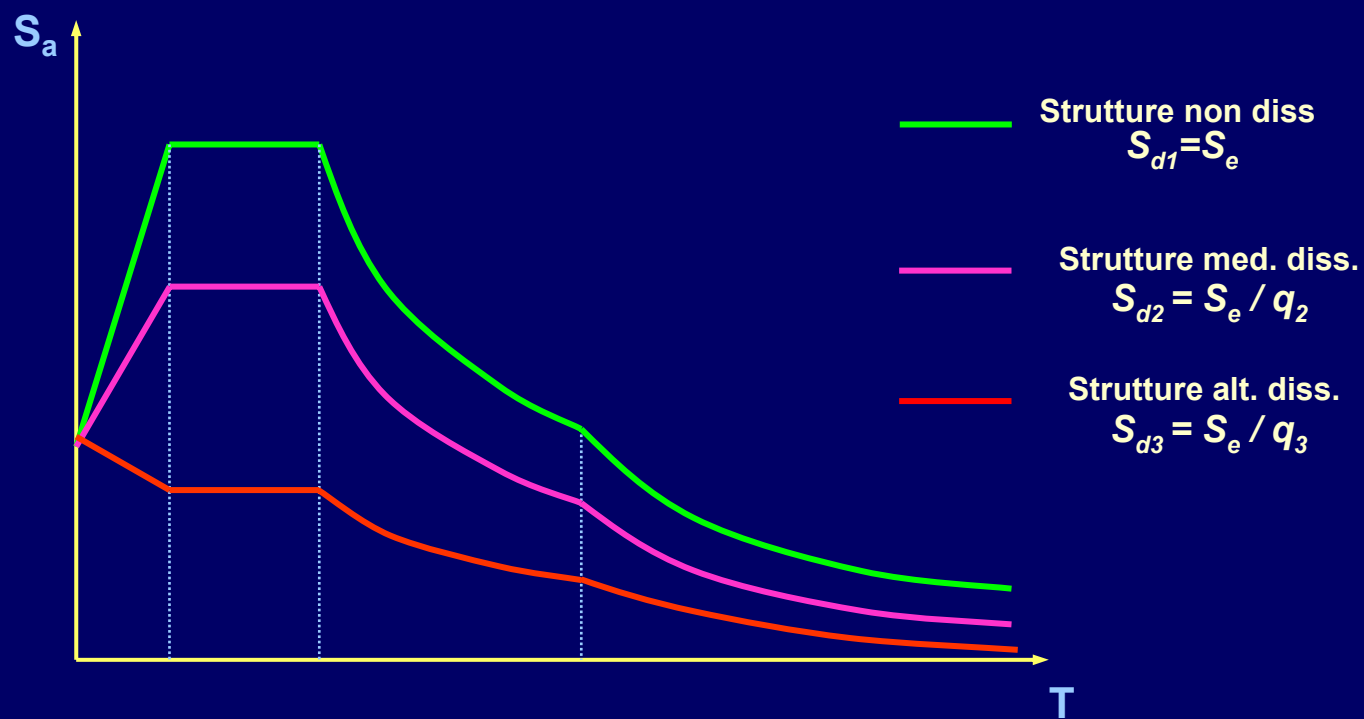


# Moderne strategie di progetto





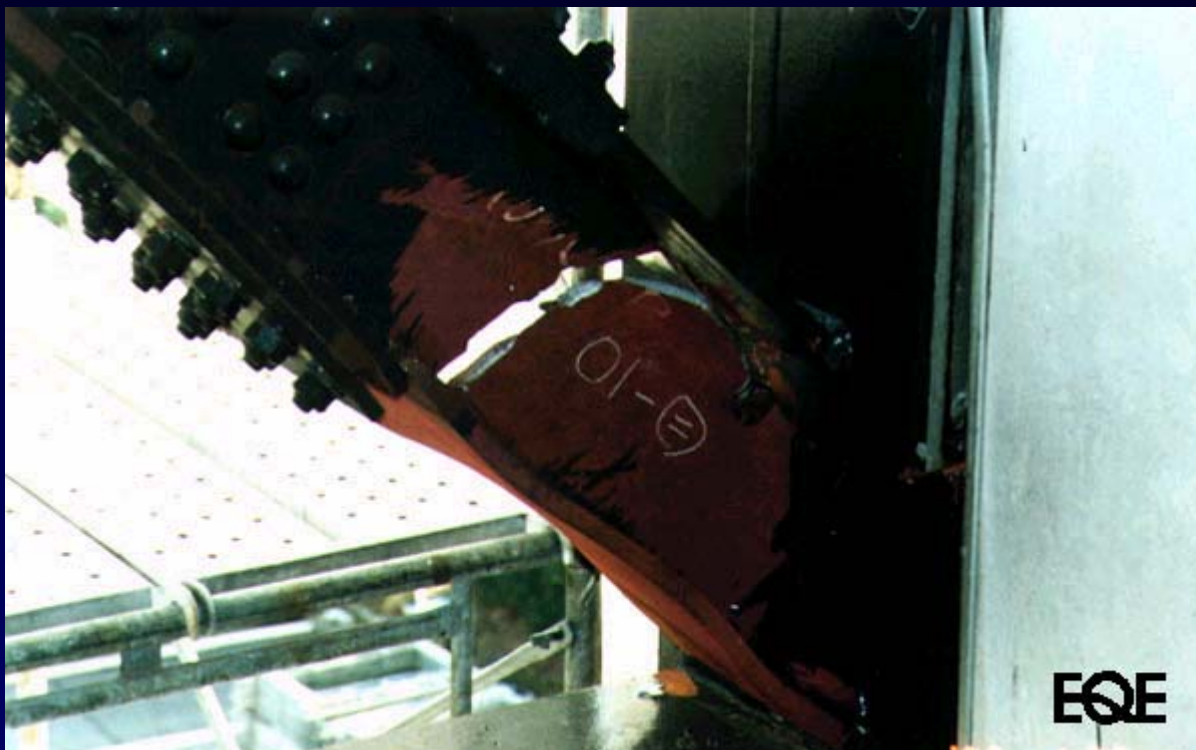
## La duttilità ed il fattore di struttura $q$ ( $SLU$ )



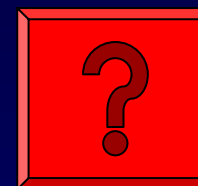
Spettri di progetto



## L'azione sismica di progetto



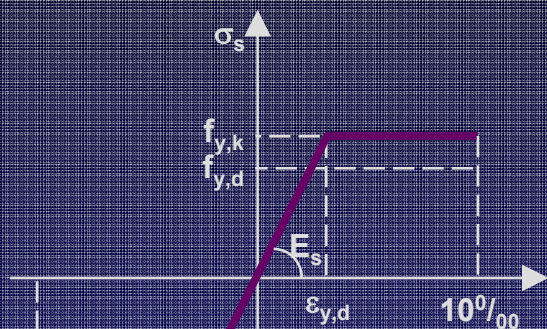
Come si progetta  
una struttura duttile





# La duttilità

## ELEMENTO DUTTILE

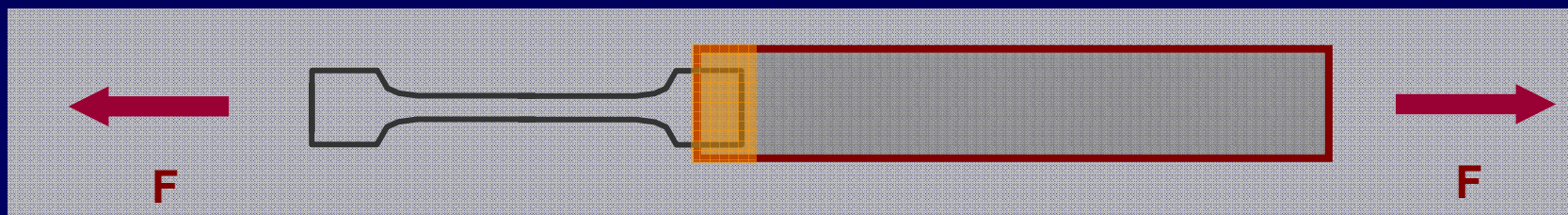
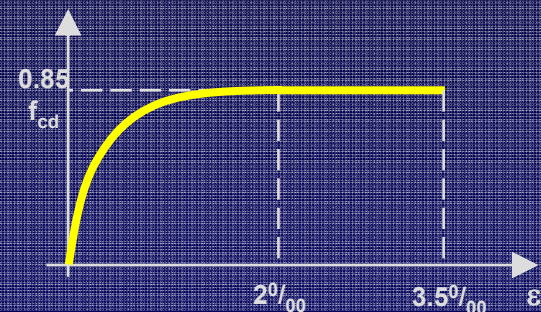


Barretta di acciaio

## ELEMENTO FRAGILE



Cubo di calcestruzzo

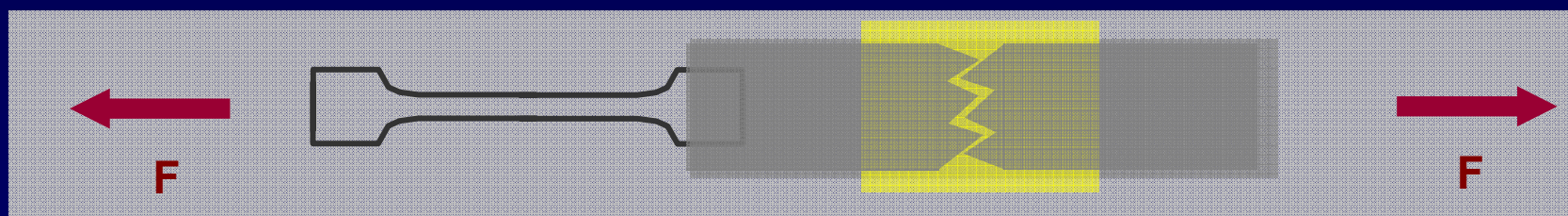
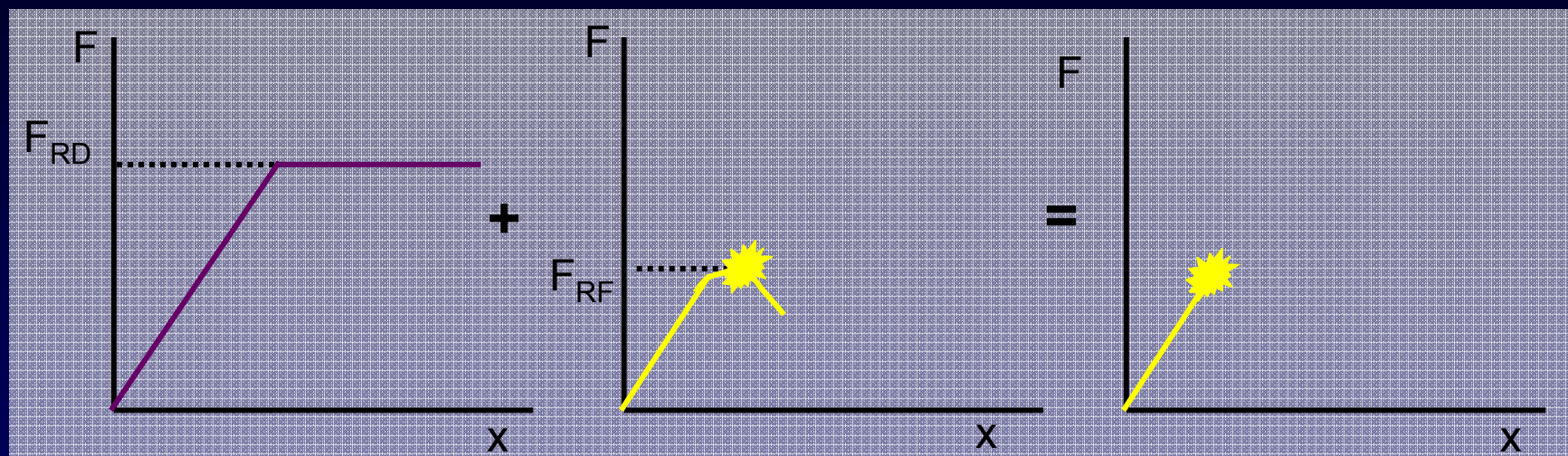




## La duttilità

1°CASO: la resistenza dell'elemento duttile è più grande dell'elemento fragile

$$F_{RD} \gg F_{RF}$$



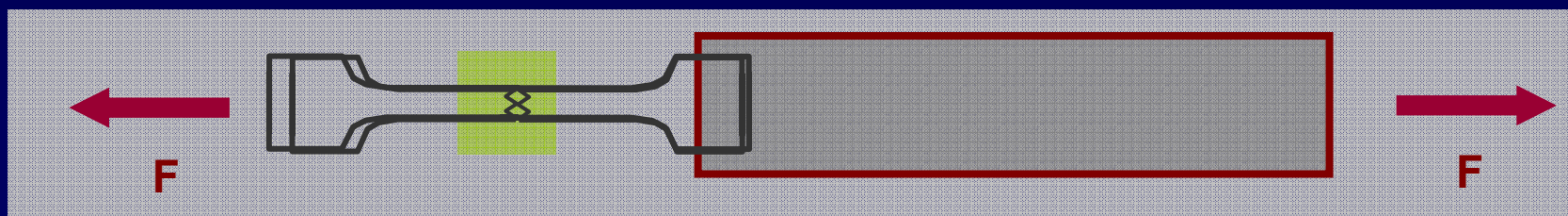
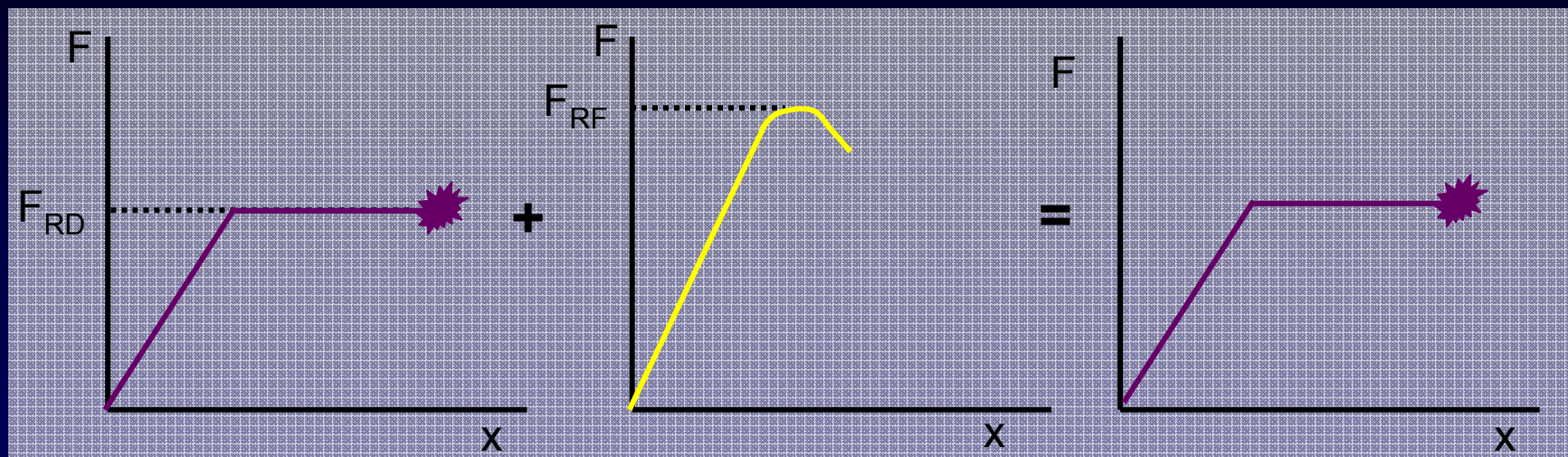
La resistenza globale sarà governata dall'elemento fragile:  
IL COMPORTAMENTO GLOBALE E' FRAGILE



## La duttilità

2°CASO: la resistenza dell'elemento duttile è minore dell'elemento fragile

$$F_{RD} < F_{RF}$$



La resistenza globale sarà governata dall'elemento duttile:  
IL COMPORTAMENTO GLOBALE E' DUTTILE



## Filosofia di Progetto

- Individuazione preliminare degli **elementi duttili** o **zone dissipative**, destinate alla plasticizzazione, e degli **elementi fragili**, destinati a restare in campo elastico.

- Attraverso dei criteri (**GERARCHIA DELLE RESISTENZE**) si farà in modo che la resistenza degli elementi fragili sia sempre maggiore di quella degli elementi duttili (**ELEMENTI SOVRARESISTENTI**)

$$F_{RF} \geq \alpha F_{RD}$$

- Attraverso delle regole di dettaglio si cercherà di conferire la **MASSIMA DUTTILITA'** alle zone dissipative (e quindi all'intera struttura)





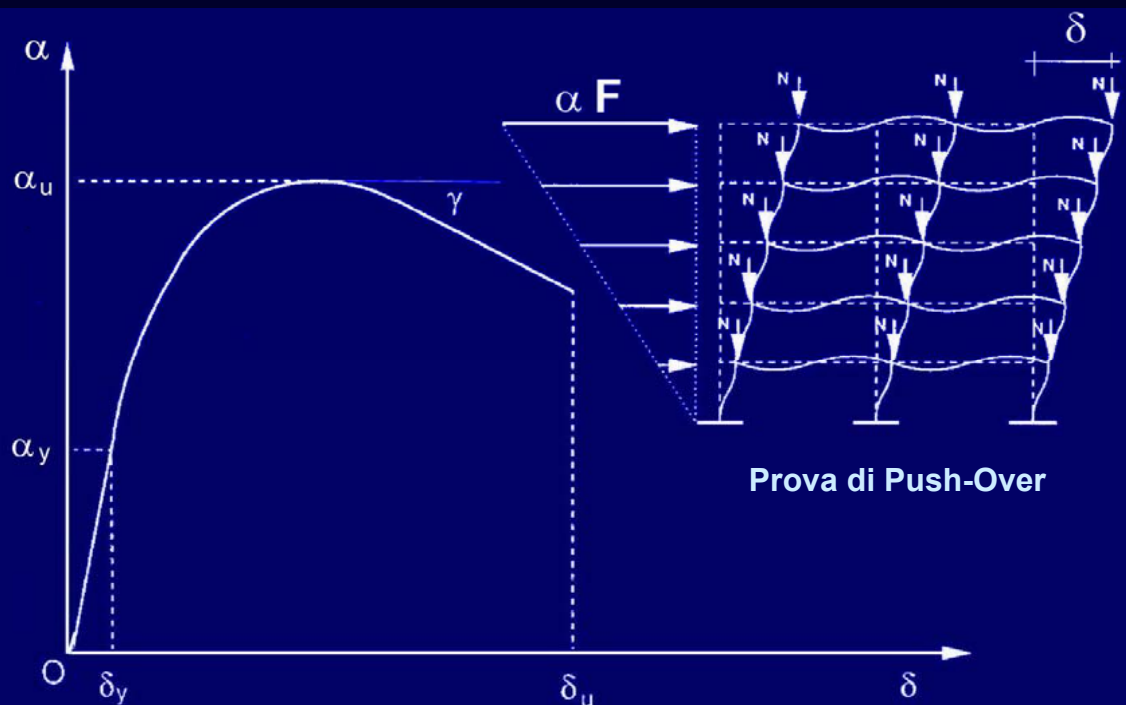
# Duttilità e Sovraresistenza

## Livelli di duttilità

I) **Duttilità puntuale**  
*Materiale*

II) **Duttilità locale**  
*Membratura*

III) **Duttilità globale**  
*Tipologia e schema strutturale*



Parametri meccanici

$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_u}{\delta_y} \text{ Duttilità}$$

$$\Omega_{\delta} = \frac{\alpha_u}{\alpha_y} \text{ Sovraresist.}$$

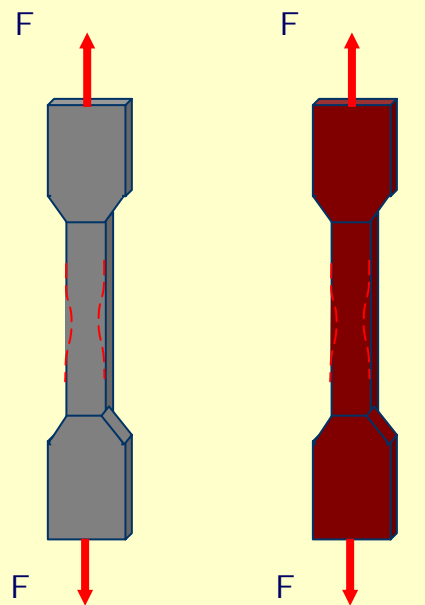


## IL MATERIALE



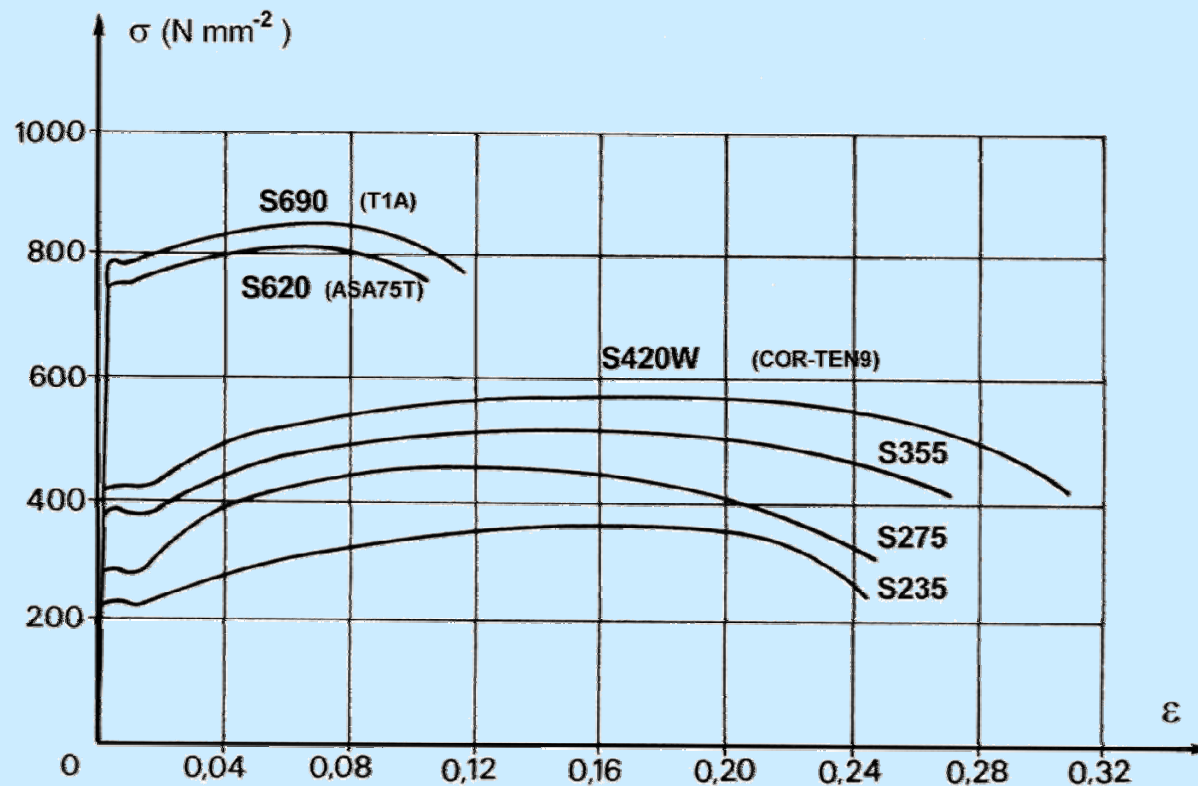
## Indagini sperimentali: *La prova a trazione*

### Interpretazione



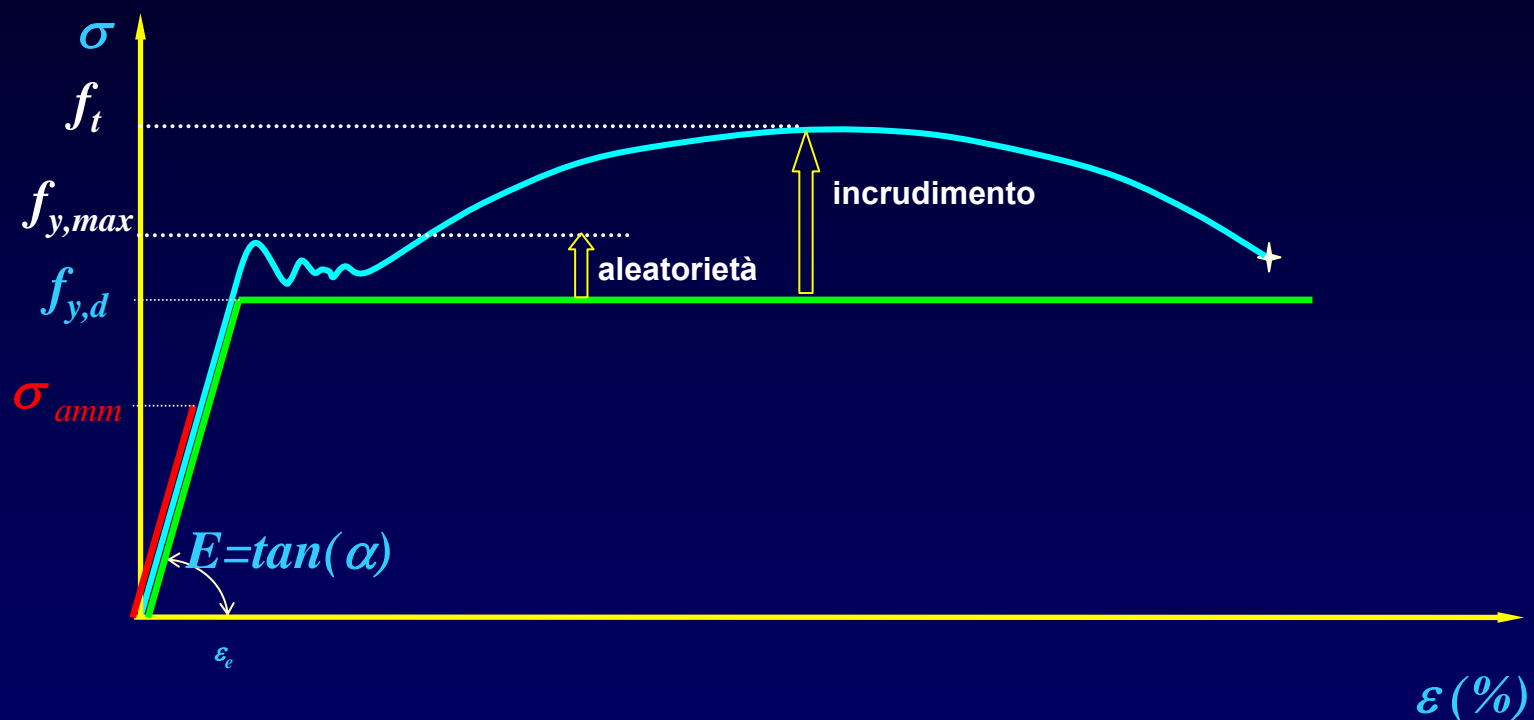
S235

S420W





## Il modello meccanico del materiale

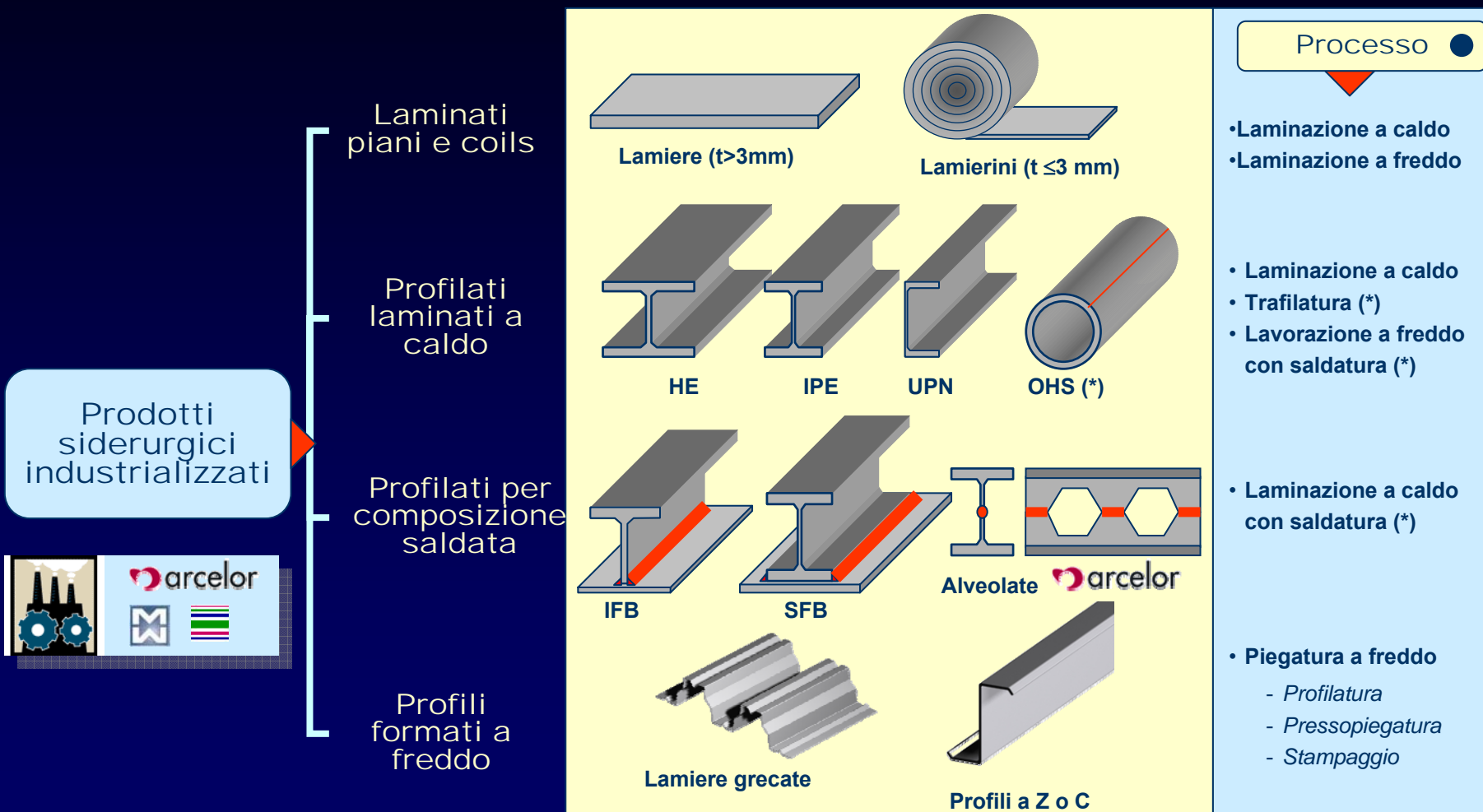




## LE MEMBRATURE

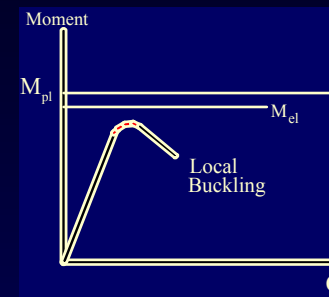
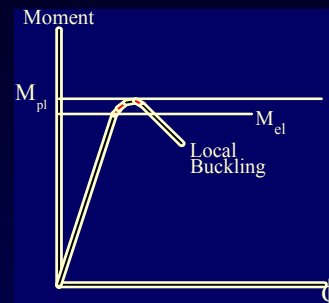
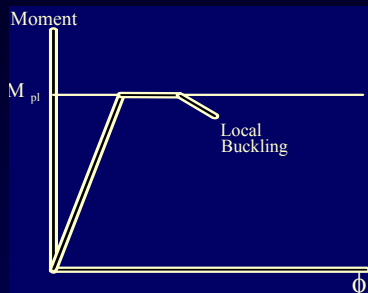
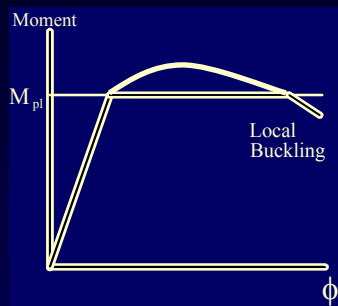


# Le Membrature





# La capacità rotazionale

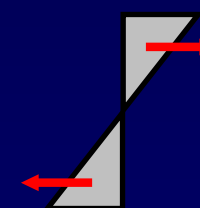
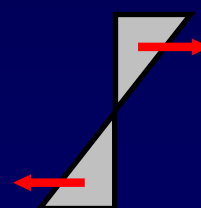
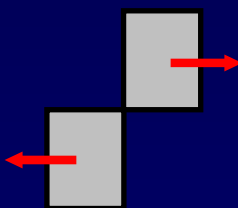
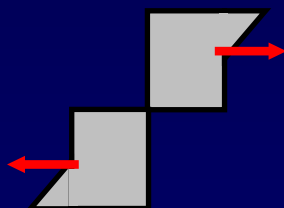


$$M_{ult} = \kappa \cdot f_y \cdot W_{pl}$$

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

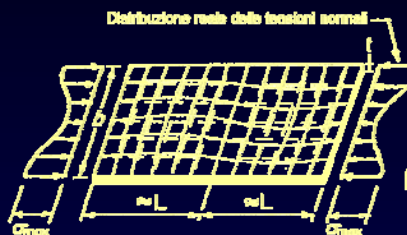
$$M_y = f_y \cdot W$$

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





## Le membrature: Metodologia di classificazione



Element model

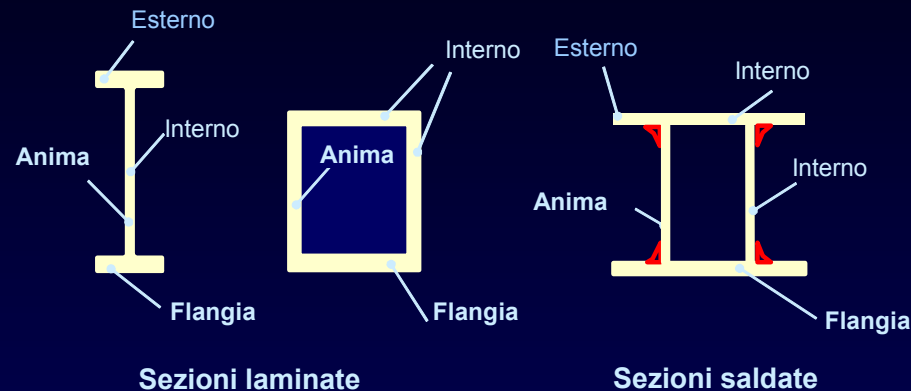
Limiti di appartenenza

Classe 1  $\lambda_p < 0,5$

Classe 2  $\lambda_p < 0,6$

Classe 3  $\lambda_p < 0,9$  per elementi sottoposti a gradiente di tensione  
 $\lambda_p < 0,74$  per elementi semplicemente compressi

$$\bar{\lambda}_p = \left( \frac{f_y}{\sigma_{cr}} \right)^{0.5} = \left( \frac{\bar{b}/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \right)$$



Sezioni laminare

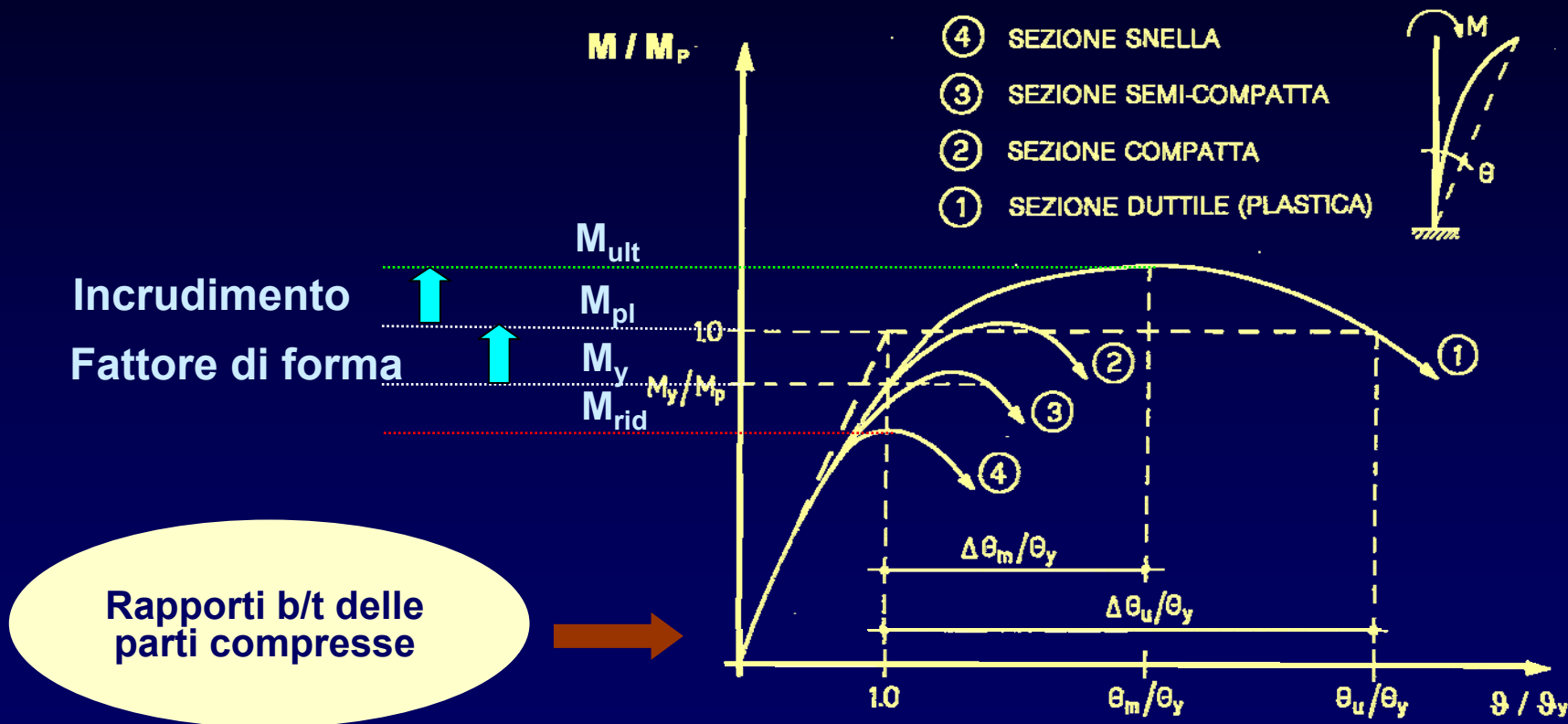
Sezioni saldate

Elemento	[Snellezza locale]		
	Classe 1	Classe 2	Class 3
Flangia	$c/t_f \leq 10 \varepsilon$	$c/t_f \leq 11 \varepsilon$	$c/t_f \leq 15 \varepsilon$
Anima soggetta a flessione	$d/t_w \leq 72 \varepsilon$	$d/t_w \leq 83 \varepsilon$	$d/t_w \leq 124 \varepsilon$
Anima soggetta a compressione	$d/t_w \leq 33 \varepsilon$	$d/t_w \leq 38 \varepsilon$	$d/t_w \leq 42 \varepsilon$

Stress distribution (compression positive)	Effective width $b_{eff}$			
	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$			
	$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -1$
Buckling factor $k_\sigma$	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$



# La classificazione delle sezioni trasversali





# La classificazione delle sezioni trasversali



## Massimi rapporti b/t

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
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	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



# La classificazione delle sezioni trasversali



Massimi rapporti b/t

		Piattabande esterne				
		Profilati 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	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



## La classificazione secondo NTC/08: *La capacità rotazionale*

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C_g = \vartheta_I / \vartheta_Y - 1$

dove  $\vartheta_I / \vartheta_Y$  sono le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

COMPATTE	CLASSE 1	la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente capacità rotazionale adeguata	$C_g \geq 3$
	CLASSE 2	la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata	$C_g \geq 1,5$
MODERATAMENTE SNELLE	CLASSE 3	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	$C_g = 0$
SNELLE	CLASSE 4	nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace	$C_g = 0$

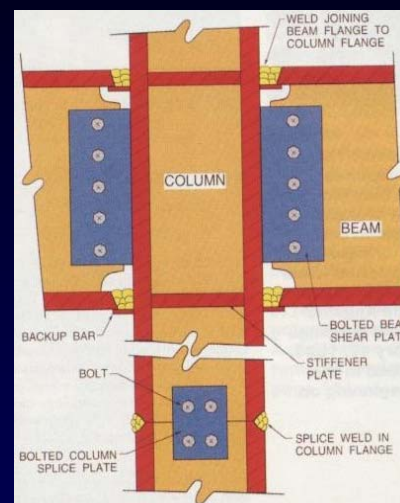
La norma italiana recepisce la classificazione delle sezioni secondo i rapporti b/t dell' EC3



## TIPOLOGIE STRUTTURALI

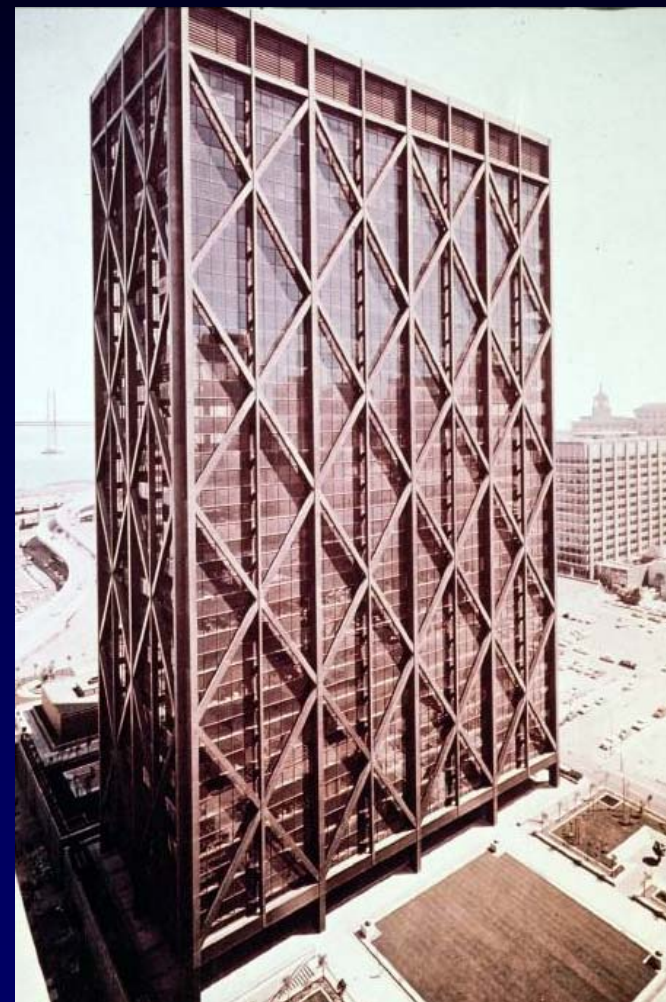


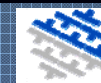
# Strutture Intelaiate





## Strutture Controventate





## Strutture Controventate





## Controventi Concentrici





## Controventi Eccentrici

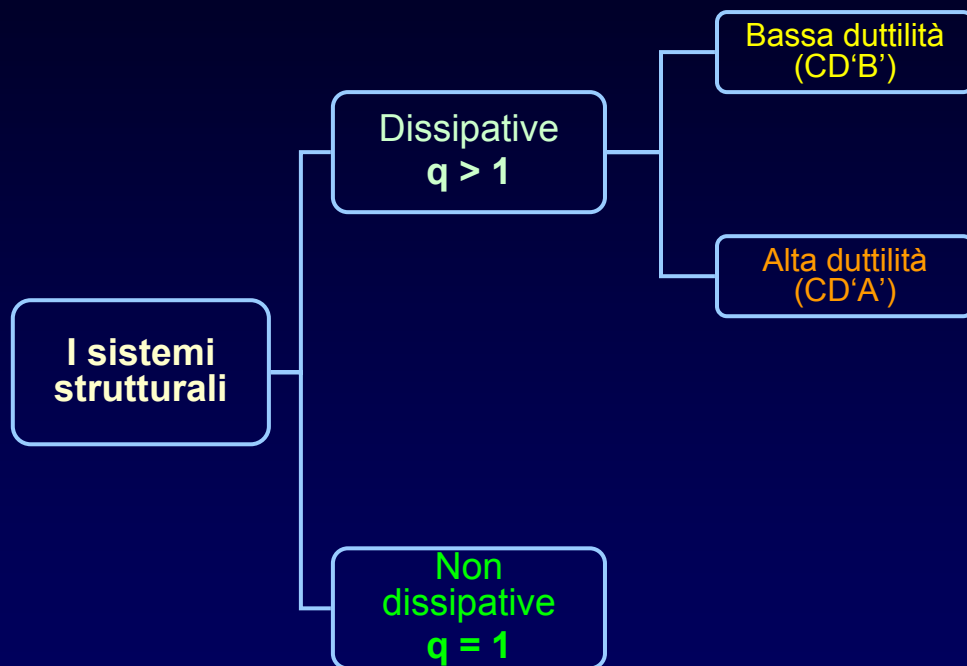




# CRITERI DI PROGETTO PER LE STRUTTURE DI ACCIAIO



# I Principi di Progettazione



Il dimensionamento delle membrature avviene nel rispetto del criterio di **Gerarchia delle Resistenze**:

le membrature non dissipative (**Gerarchia Globale**) ed i collegamenti delle parti dissipative al resto della struttura (**Gerarchia Locale**) devono possedere, nei confronti delle zone dissipative, una *sovraresistenza* sufficiente a consentire lo sviluppo in esse della plasticizzazione ciclica.

La **sovraresistenza** è valutata moltiplicando la resistenza nominale di calcolo delle zone dissipative per un opportuno coefficiente di sovraresistenza  $\gamma_{RD}$

$$\gamma_{RD} = 1,3 \text{ per CD''A''}$$

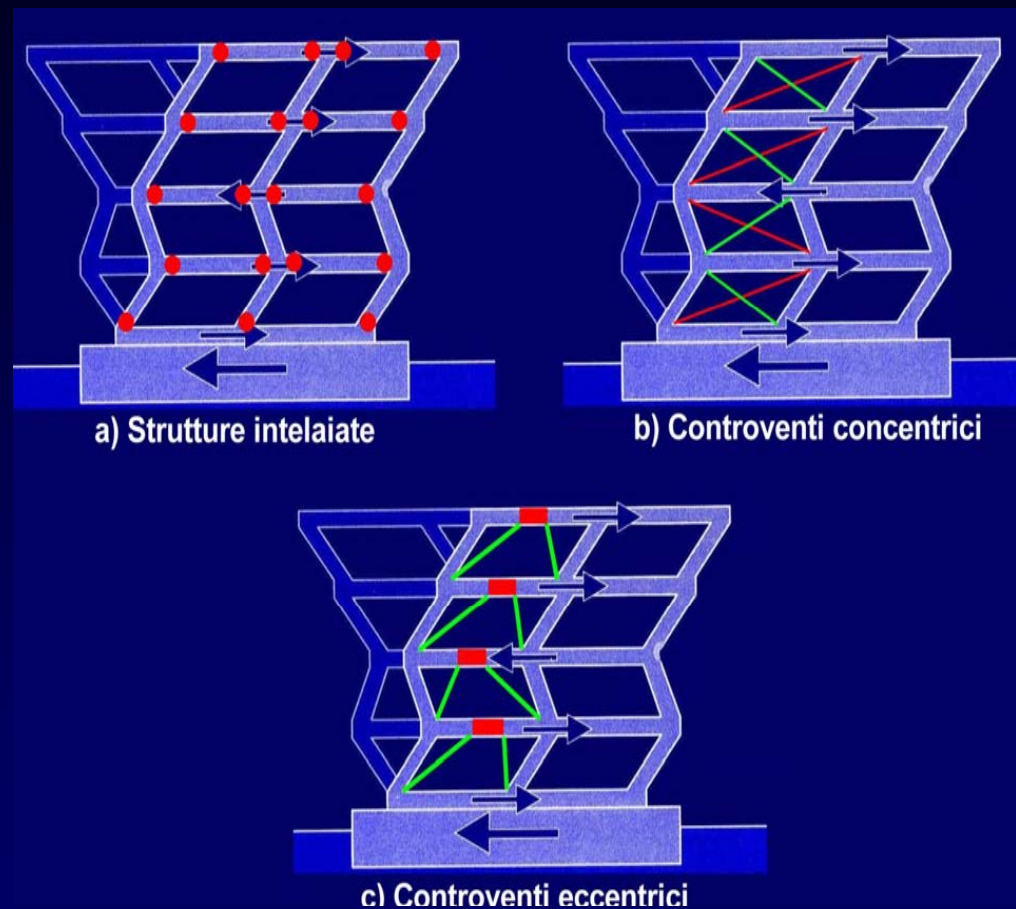
$$\gamma_{RD} = 1,1 \text{ per CD''B''}$$

se non diversamente specificato



## Il Capacity Design

- In un approccio alle forze, si controlla il meccanismo di collasso distribuendo in modo opportuno le resistenze
- Le zone dissipative (zone critiche) fungono da fusibili favorendo la formazione di meccanismi di collasso globali
- Le parti non dissipative ed i collegamenti delle parti dissipative al resto della struttura devono possedere sufficienti sovraresistenze





## Il fattore di struttura

$q = f$

Tipologia strutturale

Criteri di dimensionamento

Regole di dettaglio

L'espressione generale

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

OPCM 3274

Valore di base

New

$$q = K_R \cdot q_0$$

NTC / 08

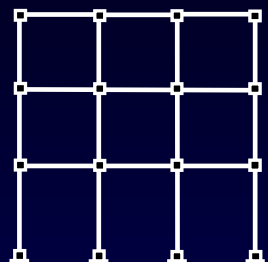
$K_D$  = duttilità locale zone dissipative

$K_R$  = 0.8 ÷ 1 regolarità dell'edificio

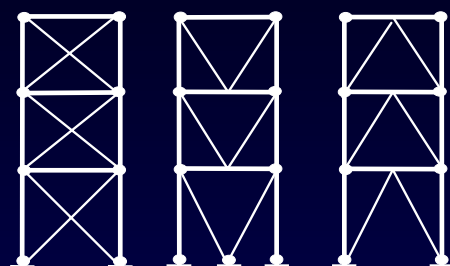


## Le tipologie strutturali ed il fattore di struttura

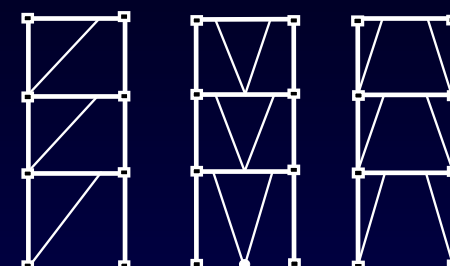
Strutture a Telaio



Controventi Concentrici



Controventi Eccentrici



Strutture a pendolo inverso

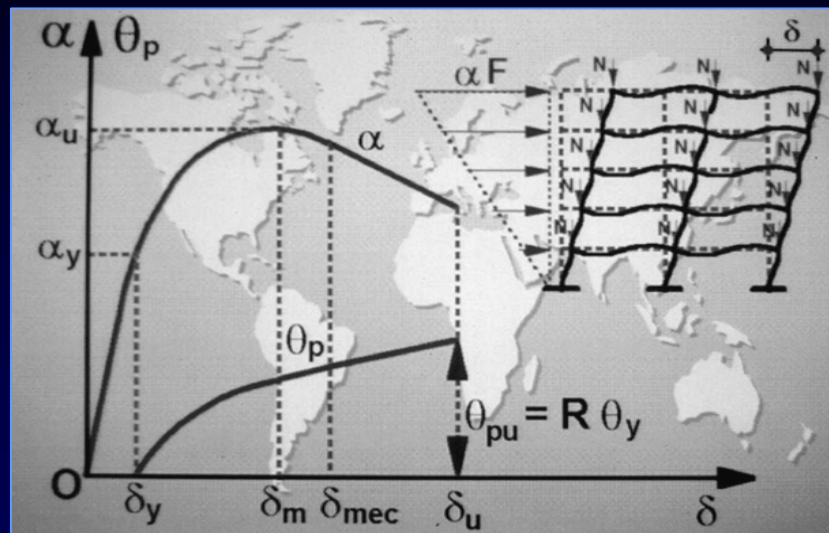


$q_0$

TIPOLOGIA STRUTTURALE	Classe Duttilità	
	CD'B'	CD'A'
Strutture Intelaiate	4	$5\alpha_u/\alpha_1$
Controventi Eccentrici	4	$5\alpha_u/\alpha_1$
Controventi Concentrici a diagonale tesa attiva	4	4
Controventi Concentrici a V	2	2,5
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2	$2\alpha_u/\alpha_1$
Strutture Intelaiate con controventi concentrici	4	$4\alpha_u/\alpha_1$
Strutture Intelaiate con tamponature in muratura	4	2



## Le tipologie strutturali ed il fattore di struttura



$\alpha$

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	$\alpha_u/\alpha_1$
Edifici a un piano	1,1
Edifici a telaio a più piani, con sola campata	1,2
Edifici a telaio con più piani e più campate	1,3
Edifici con controventi eccentrici a più piani	1,2
Edifici a mensola o a pendolo invertito	1,0



# REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE DISSIPATIVE



## 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. 14-01-08; CNR 10011; Eurocodice 3

#### Duttilità

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

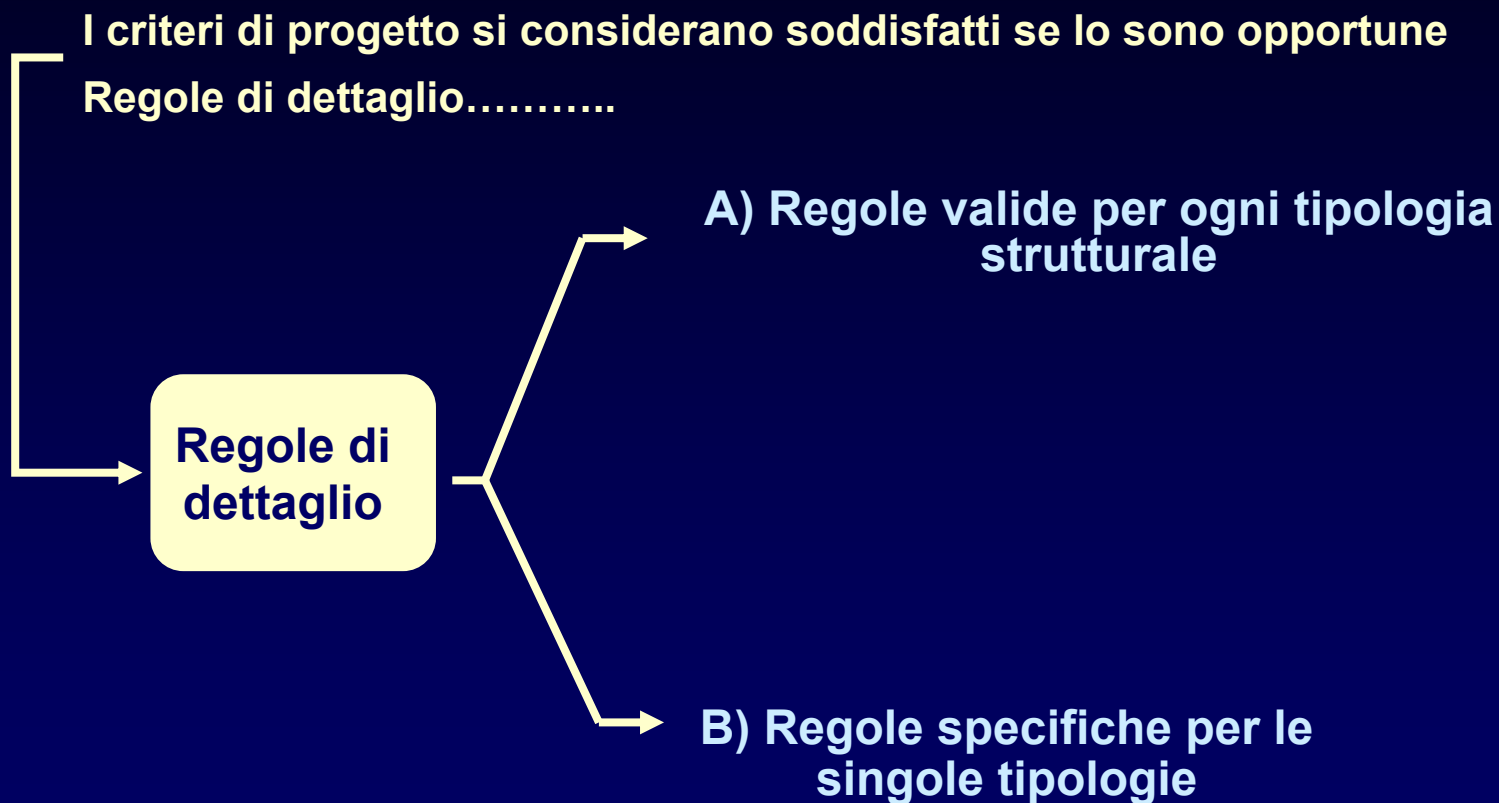
#### Zone NON dissipative

#### Sovraresistenza

- D.M. 14-01-08; CNR 10011; Eurocodice 3



## Regole di Dettaglio





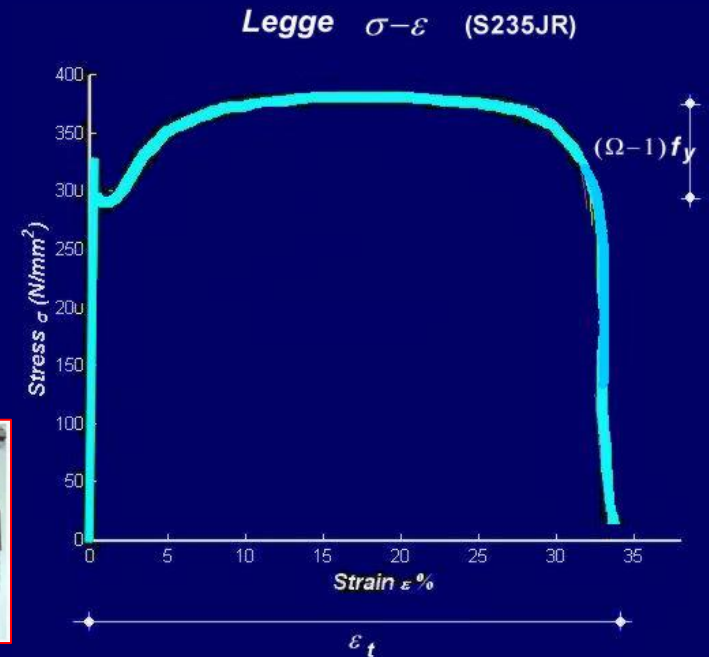
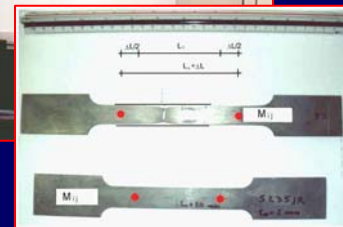
# Regole di dettaglio valide per ogni tipologia

## Prerequisiti delle zone dissipative per il progetto duttile

1. Il materiale

2. Le connessioni

3. Le membrane



•Sovreresistenza

$$\frac{f_{tk}}{f_{yk}} > 1.20$$

•Def. a rottura

$$\varepsilon_t \geq 20\%$$

•Tensione max di snerv.

$$f_{y,max} \leq 1,2 \cdot f_{y,k}$$



## Regole di dettaglio valide per ogni tipologia

Prerequisiti delle **zone dissipative** per il progetto duttile

### 1. Il materiale

$$\gamma_{Rd} = \frac{f_{y,m}}{f_{y,k}}$$

coefficiente di sovraresistenza del materiale

### 2. Le connessioni

Acciaio	$\gamma_{Rd}$
S235	1.20
S275	1.15
S355	1.10
S420	1.10
S460	1.10

### 3. Le membrature

Se nelle zone non dissipative e nelle connessioni

$$f_{y,k} > f_{y,max} \quad \text{si assume} \quad \gamma_{Rd} = 1,00$$



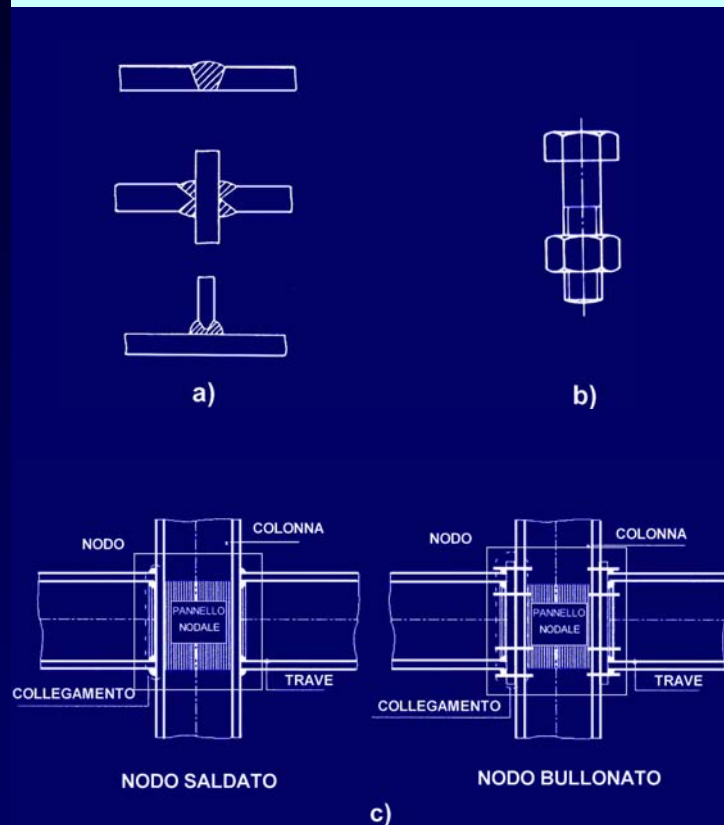
# Regole di dettaglio valide per ogni tipologia

## 1. Il materiale

## 2. Le connessioni —

## 3. Le membrature

### Collegamenti nelle **zone dissipative**



Collegamenti dotati di adeguata sovreresistenza:

a) Saldature a completa penetrazione

b) Saldature a cordoni d'angolo e collegamenti bullonati:

$$R_d \geq \gamma_{Rd} \cdot 1,1 \cdot R_{pl}$$

$R_d$  resistenza di progetto del collegamento

$R_{pl}$  resistenza plastica della membratura collegata



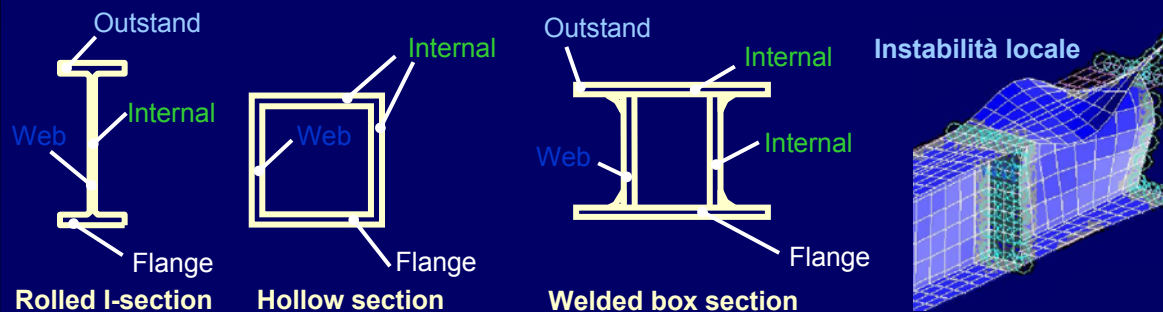
# Regole di dettaglio valide per ogni tipologia

## 1. Il materiale

## 2. Le connessioni

## 3. Le membrature —

### Parti **comprese** delle zone dissipative



La snellezza locale  $b/t$  e la duttilità locale

In funzione della classe di duttilità e del valore di  $q_0$  usati in fase di progetto sono determinate le classi di sezioni trasversali da usare per le parti dissipative

Classe di duttilità	Valore di riferimento del fattore di struttura $q_0$	Classe di sezione trasversale richiesta
CD 'B'	$2 < q_0 \leq 4$	Classe 1 o 2
CD 'A'	$q_0 > 4$	Classe 1



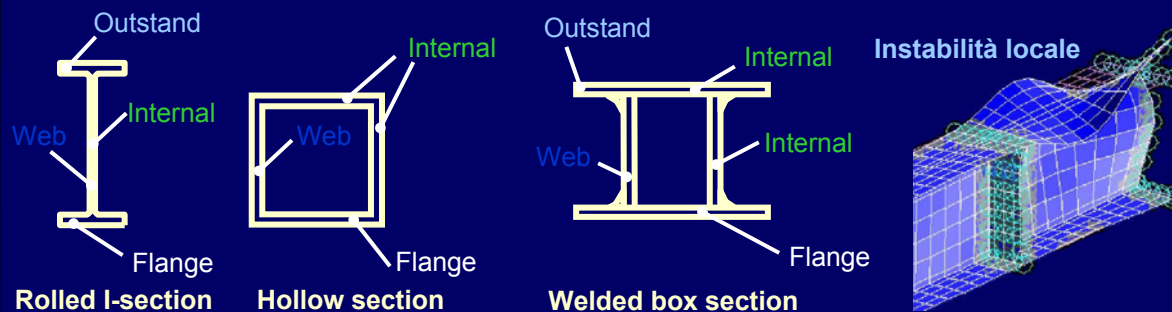
# Regole di dettaglio valide per ogni tipologia

## 1. Il materiale

## 2. Le connessioni

## 3. Le membrane

### Parti **tese** delle zone dissipative



### La snellezza locale b/t e la duttilità locale

La resistenza plastica di progetto deve risultare inferiore alla resistenza ultima di progetto della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di collegamento. Pertanto si deve verificare che:

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

$A_{res}$  = area resistente netta

$A$  = area lorda

$\gamma_{M0}$  = coeff sicurezza per resistenza della membratura senza fori

$\gamma_{M2}$  = coeff sicurezza per resistenza della membratura con fori

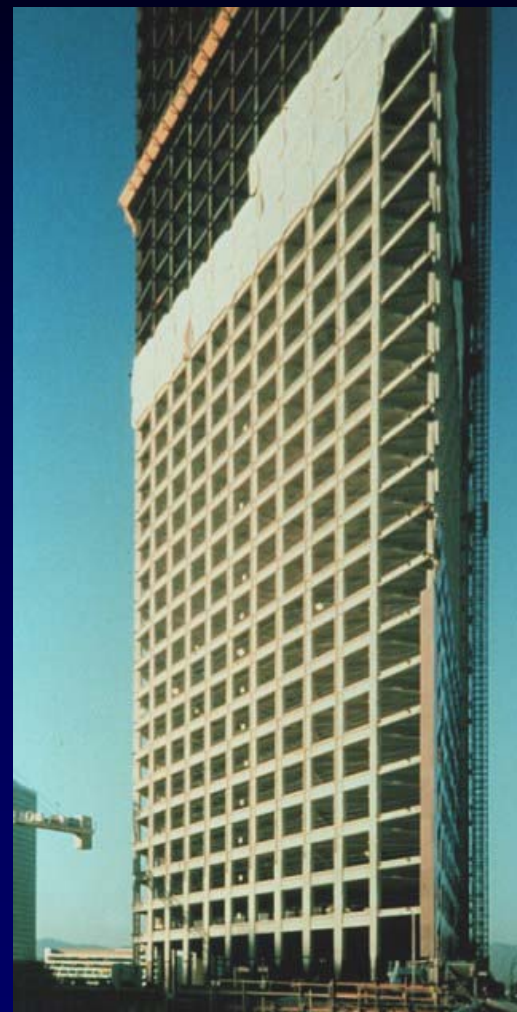
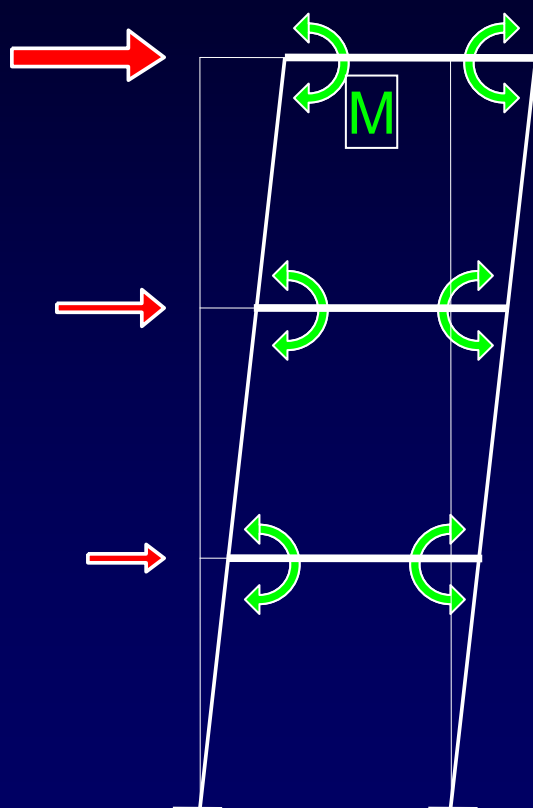


## REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE INTELAIATE (MRF)



## Le Strutture Intelaiate

### Moment Resisting Frame - MRF

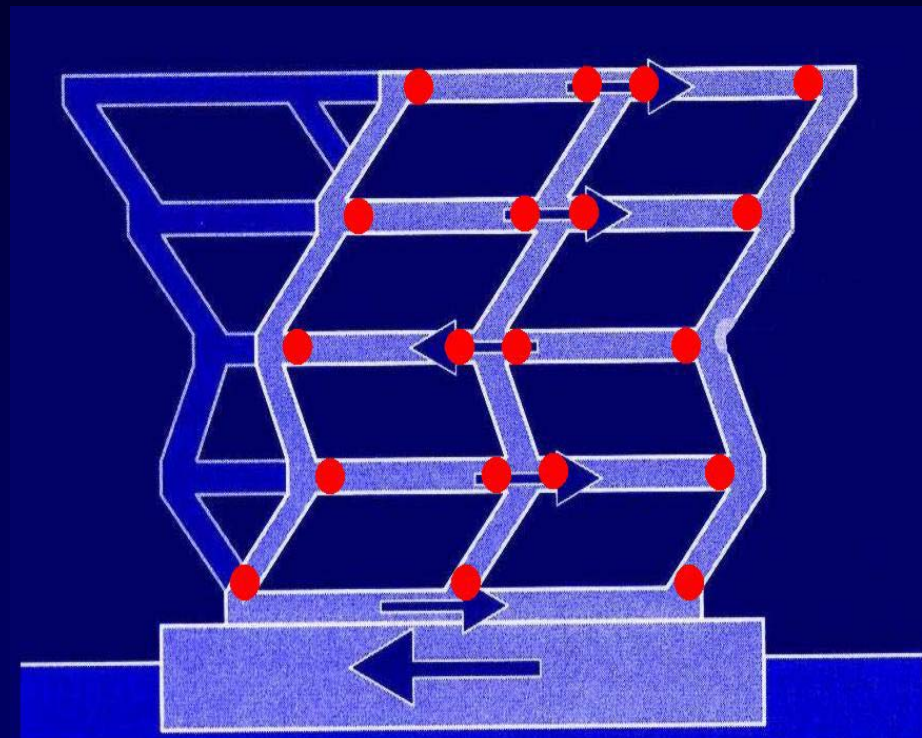




## Il Principio di Base

Il dimensionamento delle membrature avviene nel rispetto del criterio di **Gerarchia delle Resistenze**:

Al fine di conseguire un comportamento duttile i telai devono essere progettati in modo che le cerniere plastiche si formino nelle travi piuttosto che nelle colonne, tranne che per le sezioni delle colonne alla base ed alla sommità dei telai multipiano e per tutte le sezioni degli edifici monopiano.



a) Strutture intelaiate



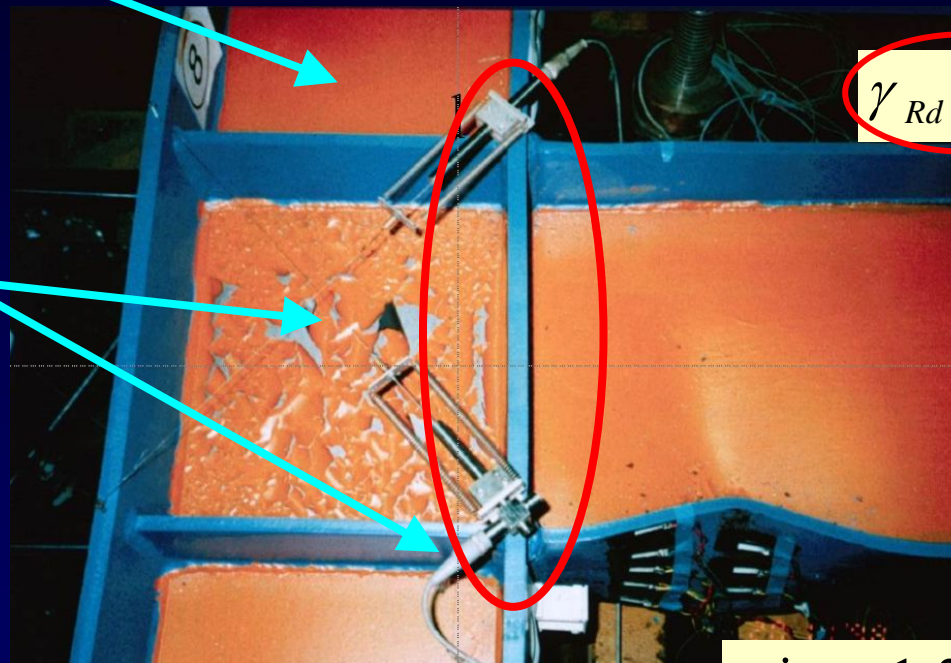
## Il Principio di Base

### SOVRARESISTENTE (Gerarchia Globale)

$$\gamma_{RD} = 1,3 \text{ per CD "A"}$$
$$\gamma_{RD} = 1,1 \text{ per CD "B"}$$

### SOVRARESISTENTI (Gerarchia Locale)

Acciaio	$\gamma_{Rd}$
S235	1.20
S275	1.15
S355	1.10
S420	1.10
S460	1.10



$$\gamma_{Rd} \cdot 1,1 \cdot M_{b,Rd}$$



$$\text{min } 1,21 \cdot M_{b,Rd}$$

$$\text{max } 1,32 \cdot M_{b,Rd}$$

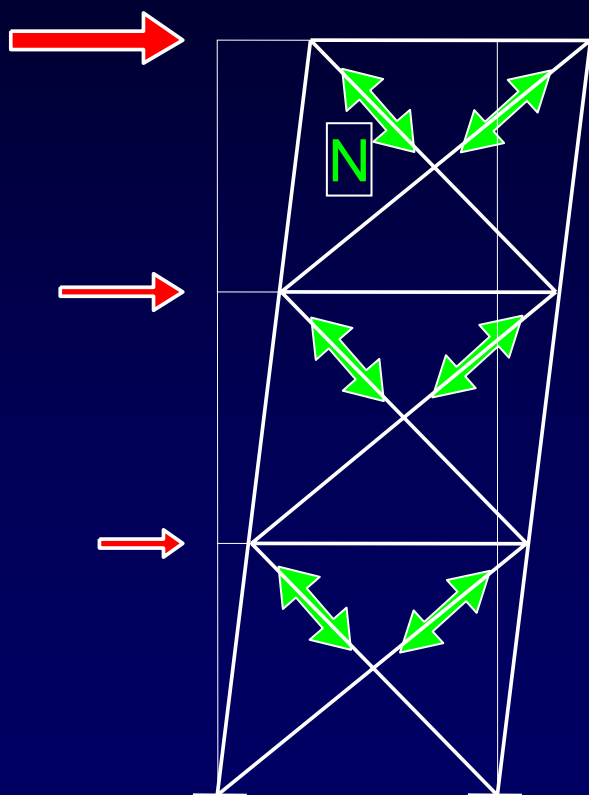


## REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE A CONTROVENTI CONCENTRICI (CBF)



## Le Strutture a Controventi Concentrici

### Concentrically Braced Frame - CBF

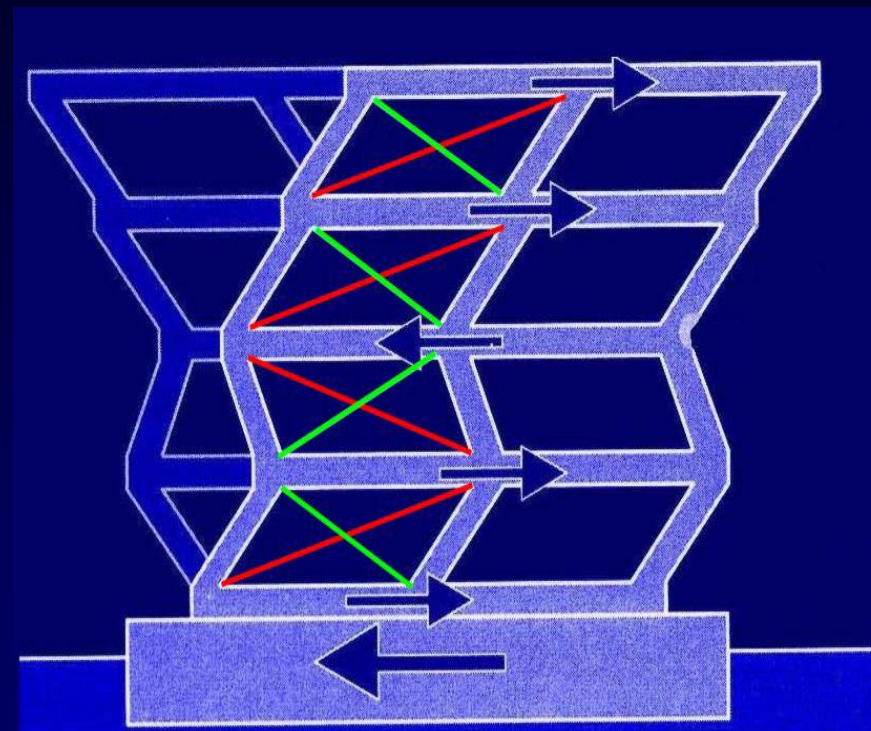




## Il Principio di Base

Il dimensionamento delle membrature avviene nel rispetto del criterio di **Gerarchia delle Resistenze**:

Al fine di conseguire un comportamento duttile, 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.

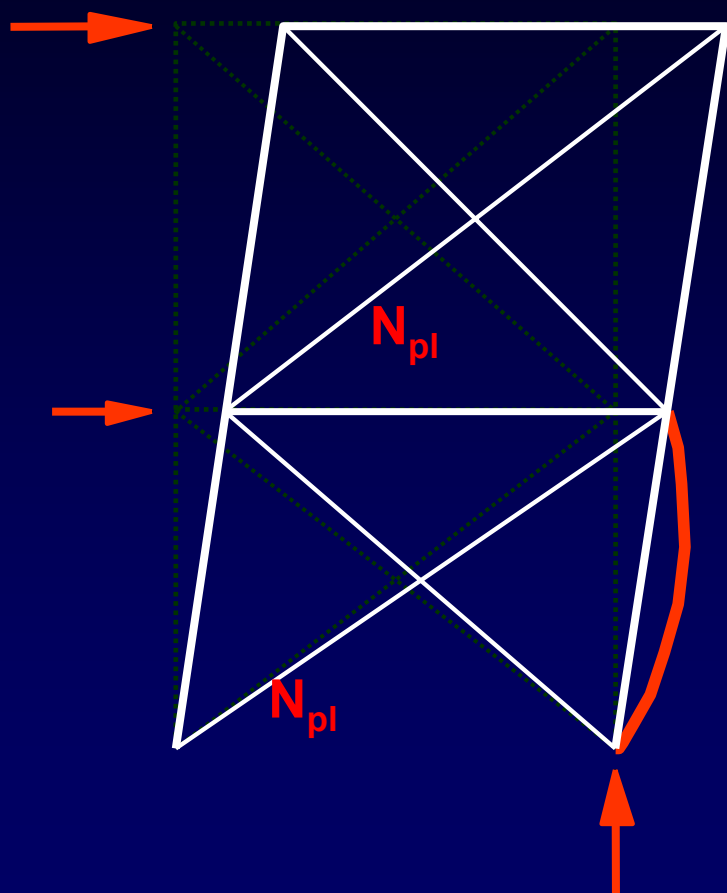


b) Controventi concentrici



## Il Principio di Base

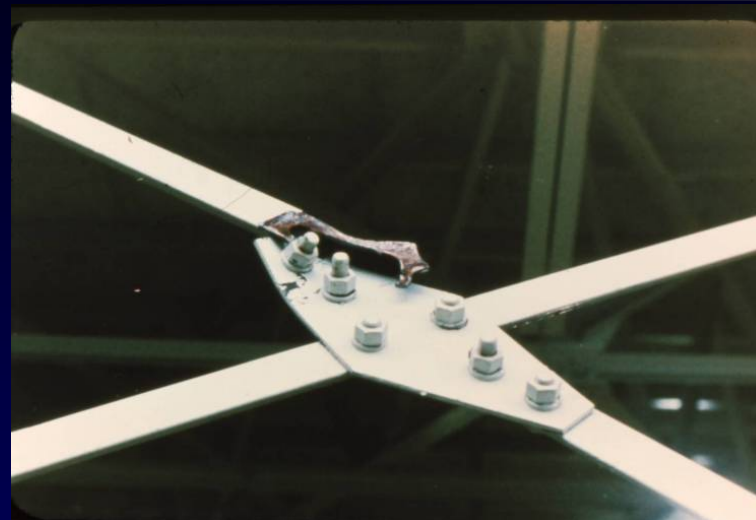
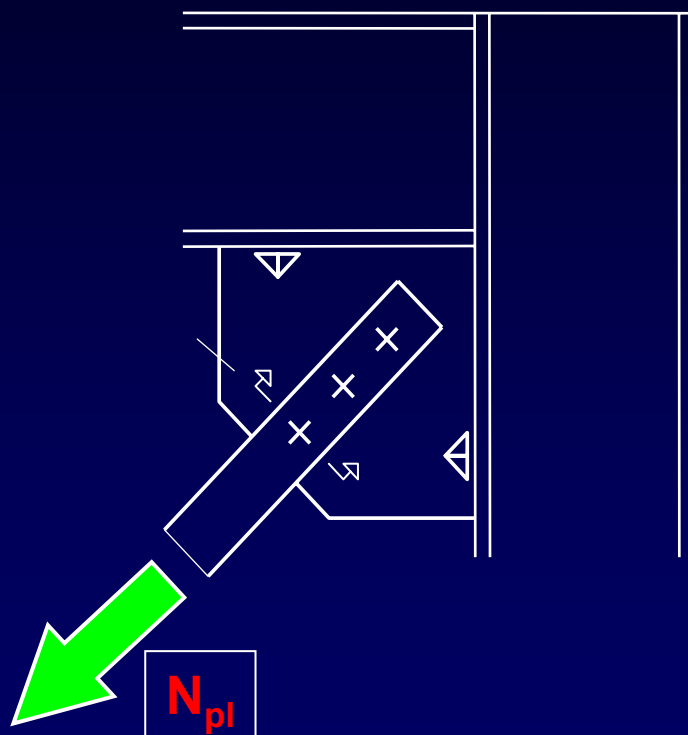
### Gerarchia Globale





## Il Principio di Base

### Gerarchia Locale



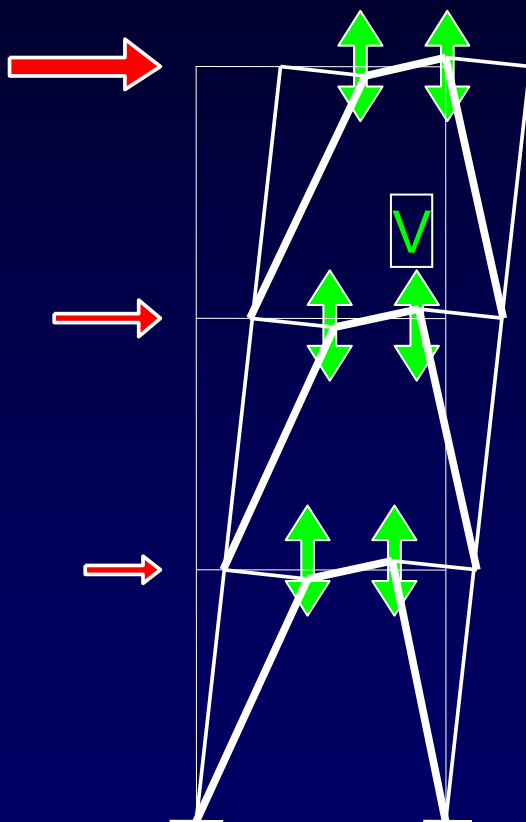


## REGOLE DI DETTAGLIO PER STRUTTURE A CONTROVENTI ECCENTRICI (EBF)



## Le Strutture a Controventi Eccentrici

### Eccentrically Braced Frame - EBF

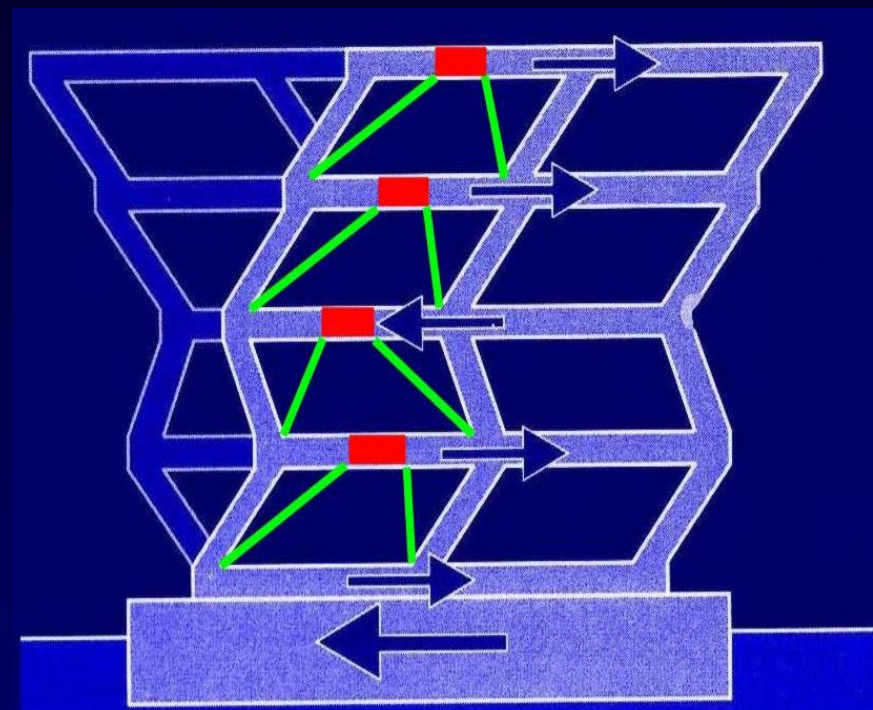




## Il Principio di Base

Il dimensionamento delle membrature avviene nel rispetto del criterio di **Gerarchia delle Resistenze**:

Al fine di conseguire un comportamento duttile, le strutture con controventi eccentrici devono essere progettate in modo che la plasticizzazione degli 'elementi di connessione' o 'link' preceda la rottura delle connessioni e l'instabilizzazione delle altre membrature.



c) Controventi eccentrici

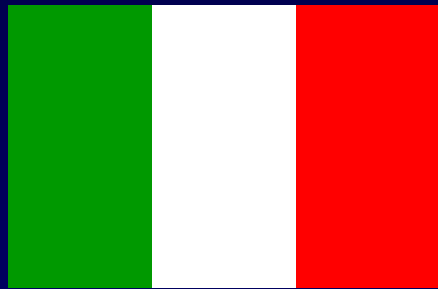


## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

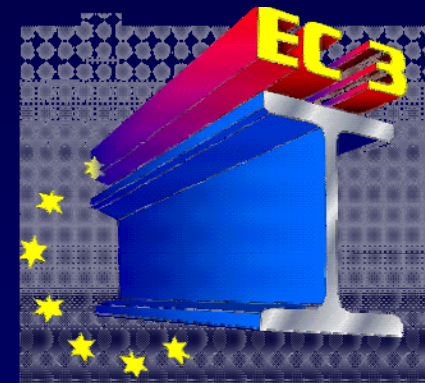
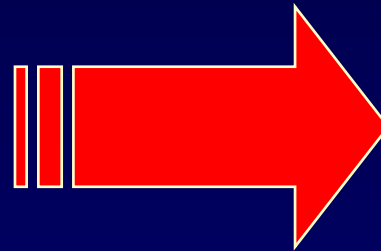


## Considerazioni Conclusive

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con **D.M. 14.01.2008**, nelle parti dedicate alle strutture in acciaio ed alla progettazione per azioni sismiche recepiscono in pieno le vigenti Norme Europee per l'acciaio e per la sismica.



**D.M. 14.01.2008**



**EC3**

**EC8**



[www.acaiacs.it](http://www.acaiacs.it)

**PRIMO PIANO**

L'aggiornamento della normativa per la progettazione delle strutture in zona sismica è un tema di grande attualità. Per comprendere le motivazioni alla base delle recenti proposte di modifica, può essere utile inquadrare lo stato attuale della normativa italiana sia all'interno del suo sviluppo storico sia nel contesto internazionale. In tale spirito, nella presente nota viene fornita una sintesi generale sull'evoluzione dei codici sismici con riferimento in particolare alle strutture metalliche, per le quali solo recentemente sono state proposte, in ambito nazionale, regole di progettazione specifiche.

*The updating of seismic design codes is an in-fashion topic. In order to understand the reasons which the recent revisions proposals are based on, it can be useful to outline the situation of the Italian seismic codification in its historical and international development. In this perspective a general framework of the evolution of seismic codes is presented in this paper with particular regard to steel structures, for which specific national design rules have been only recently introduced.*

Le azioni sismiche, che possono essenzialmente essere considerate come forze d'inerzia generate da una storia di accelerazioni massimose attraverso l'interfaccia terreno-fondazione, determinano infatti nelle costruzioni, normalmente progettate e concepite per resistere ad azioni gravitazionali di tipo statico, regimi di sollecitazioni di tipo dinamico. Tali sollecitazioni, per fenomeni particolarmente intensi, possono portare al collasso i manufatti, causando purtroppo la perdita di numerose vite umane (Fig. 1). I fenomeni interessano gran parte del territorio mondiale, anche l'Italia non sfugge alla vicenda degli eventi sismici che, per la loro frequenza, sono ormai diventati una vera e propria emergenza nazionale, tanto da far parlare apertamente di "Rischio Sismico".

Per far fronte al quadro catastrofico che si è delineato negli ultimi decenni e basta quindi di ridurre in modo significativo il rischio sismico, si è concordato nel ritenere che una moderna strategia di progettazione debba necessariamente essere basata su un approccio unitario che contempli rispettivamente:

1. La classificazione sismica del territorio;
2. La progettazione antisismica delle nuove costruzioni;
3. L'adeguamento degli edifici esistenti.

La prima procedura è volta a stimare, su basi probabilistiche, le azioni sismiche e la loro distribuzione sul territorio nazionale (macro-zonazione), ovvero la pericolosità associata a ciascuna zona sismica. La progettazione di nuove strutture e l'adeguamento del patrimonio edilizio esistente sono invece rivolte alla riduzione della vulnerabilità del costruito nei confronti dell'azione sismica.

È evidente che un simile approccio, anche in relazione alle sue risultanze in termini sociali ed economici, non può essere lasciato al libero arbitrio dei progettisti ma debba necessariamente essere inquadrato in specifici ambiti normativi.

D'altra parte, il legame funzionale tra evento sismico e normativa è testimoniato dall'analisi storica, che dimostra inequivocabilmente come le norme di progettazione antisismica sono qua-

## L'evoluzione della normativa sismica

The evolution of seismic design codes

Raffaele Landolfo

Memoria presentata in occasione del convegno "L'acciaio nelle costruzioni in zona sismica". Napoli, 6 giugno 2003.

### 1. IL RISCHIO SISMICO ED IL QUADRO NORMATIVO

Tra le molteplici azioni che con accettabile probabilità sollecitano un sistema strutturale durante la sua vita di progetto, i terremoti rappresentano senza dubbio gli eventi più pericolosi e devastanti per numero di vittime e danni arrecati (Fig. 1).

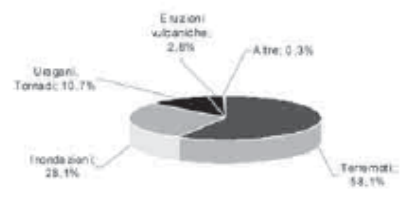


Fig. 1 - Percentuale di vittime dovute a disastri naturali nel XX sec.



## Acciaio & Sisma

Raffaele Landolfo

Il recente terremoto che ha colpito duramente il territorio abruzzese ha portato ancora una volta alla ribalta il problema della riduzione del rischio sismico nel nostro Paese. In questa sfida la struttura di acciaio, le cui potenzialità sono ormai comprovate dall'esperienza e dalla loro diffusione soprattutto in quei paesi dove tale rischio è estremamente elevato, possono svolgere certamente un ruolo di primaria importanza.

Partendo da tali presupposti questa memoria, che trae spunto da una serie di relazioni svolte sul tema, vuole allora preliminarmente comprendere le ragioni per le quali l'acciaio resiste così bene al sisma. Tali ragioni saranno poi discusse ed analizzate in dettaglio alla luce dei principi generali di progettazione contenuti nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni e della corrispondente normativa europea, evidenziandone in particolare i vantaggi in termini di progetto, ma anche le incongruenze e le criticità. Una breve panoramica su alcune tipologie strutturali innovative o non ancora codificate nonché su alcune tematiche di ricerca di grande attualità verrà infine presentata, quasi a dimostrazione della vitalità e del continuo sviluppo che caratterizza il mondo delle costruzioni metalliche, sempre pronto a raccogliere nuove e più impegnative sfide.

### 1. IL TERREMOTO DELL'ABRUZZO

Quando alle ore 3:33 del mattino del 6 aprile 2009 la terra aquilana ha cominciato a tremare, una nuova triste pagina nella storia dei terremoti italiani si stava scrivendo (fig. 1). In realtà la scossa principale (Mw = 6.3), il cui epicentro è stato localizzato a meno di 10 km dalla città di L'Aquila, era stata preceduta da numerosi altri eventi ed ad essa sono seguite numerose repliche, tra le quali quelle di maggiore intensità sono state registrate il 7 aprile (Mw = 5.6) ed il 9 aprile (Mw = 5.3) [1]. Lo sciame sismico (fig. 2) ha interessato

nel suo complesso un'area di oltre 30 km in direzione NO-SE, parallelamente all'asse della catena appenninica, ed i terremoti della sequenza sono avvenuti, per la maggior parte, entro 10-12 km di profondità [2].

Il terremoto che ha colpito l'Abruzzo centrale ha causato più di 300 vittime e 1500 feriti, lasciando circa 65000 persone senza casa [3]. Gli effetti sulle costruzioni sono stati infatti devastanti, con il danneggiamento, secondo una prima stima, di circa 10-15 mila edifici e numerosi casi di collasso globale [4].

Sebbene caratterizzato da una "intensità" sismica paragonabile a quella di altri drammatici episodi verificatisi in Italia nei decenni precedenti, due aspetti hanno infatti reso tale terremoto particolarmente distruttivo: la vicinanza dell'epicentro alla città e le forti amplificazioni locali che si sono registrate in funzione delle diverse caratteristiche geomorfologiche dei terreni. La prima causa ha determinato una forte componente verticale dell'accelerazione del terreno (effetto near-field), che ha prodotto delle sollecitazioni non previste anche nelle costruzioni progettate secondo moderni criteri antisismici (gli effetti dovuti alla componente verticale del sisma vengono infatti considerati solo ed esclusivamente in alcuni casi particolari).

Gli effetti locali, o effetti di sito, hanno invece determinato un danneggiamento disomogeneo ed irregolare del costruito finanche nell'ambito di località molto vicine, a seguito delle forti amplificazioni locali che si sono registrate soprattutto in presenza di se-



Fig. 1 - Ledificio della Prefettura (L'Aquila)

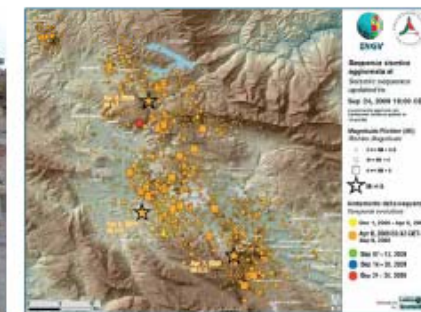


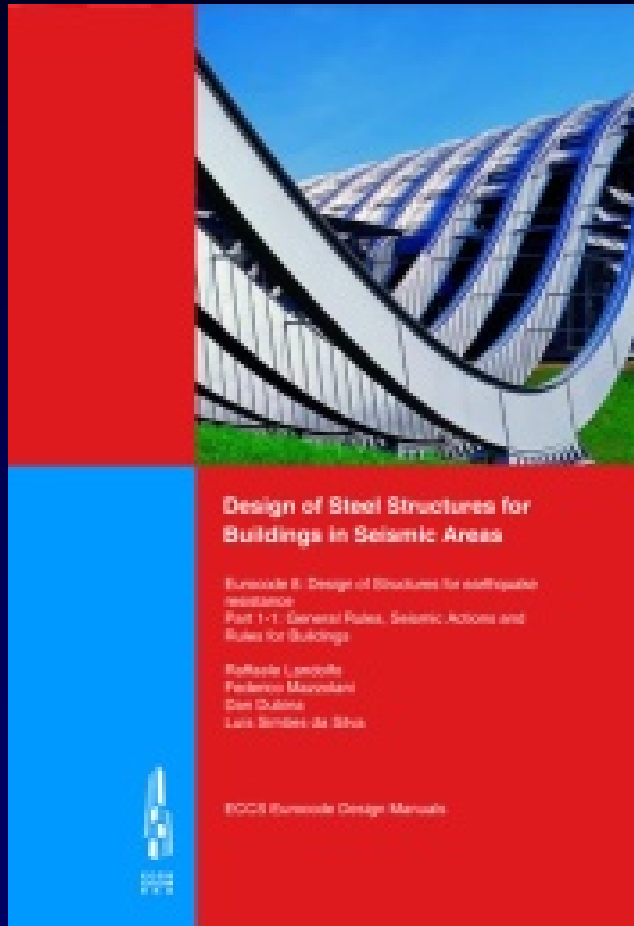
Fig. 2 - La sequenza sismica de L'Aquilano (INGV, 2009)



[www.acaiacs.it](http://www.acaiacs.it)



## ECCS EUROCODE DESIGN MANUAL EC8-1

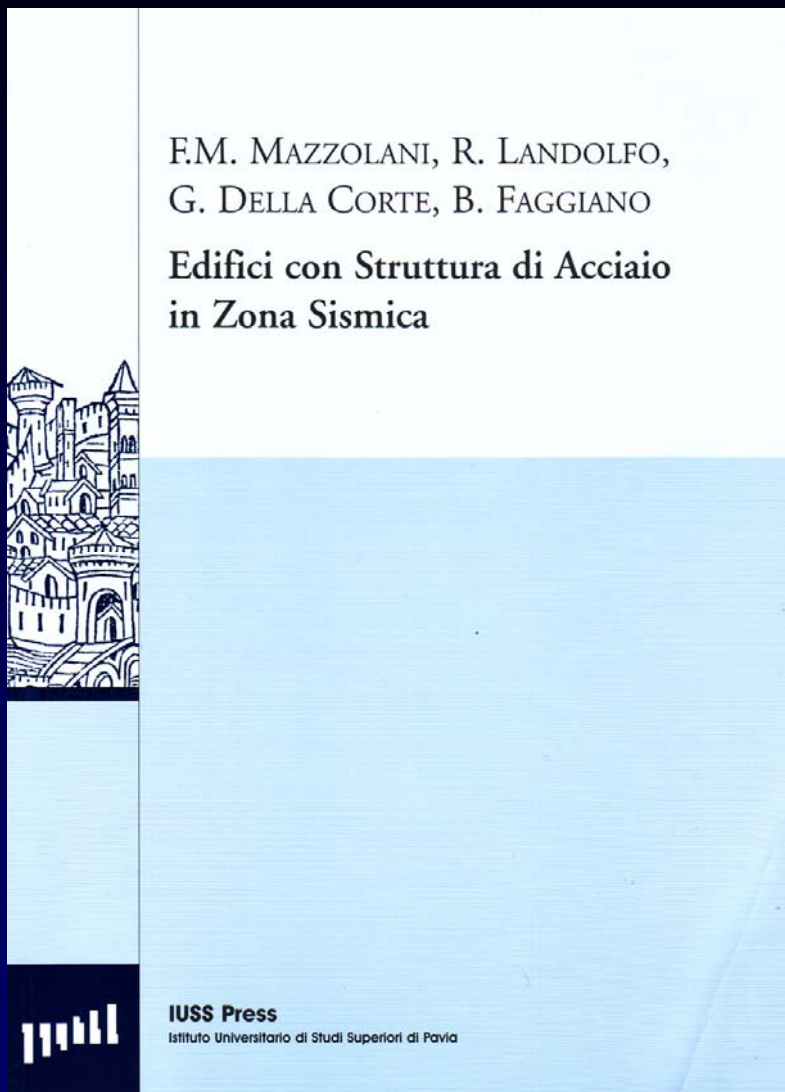


### DESIGN OF STEEL STRUCTURES FOR BUILDINGS IN SEISMIC AREAS

R. Landolfo, F. M. Mazzolani, D. Dubina, L. da Silva

ECCS Publications  
E-store

[publications@steelconstruct.com](mailto:publications@steelconstruct.com)  
[www.steelconstruct.com](http://www.steelconstruct.com)



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



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

