

Corso di aggiornamento  
 Progetto di strutture antisismiche  
 con pareti in c.a. ed in acciaio  
**Problemi specifici nel progetto di strutture  
 antisismiche in acciaio**

10- NTC08 e resistenza sismica di telai in acciaio

Imola  
 23-25 giugno 2011  
 Edoardo M. Marino

## Obiettivi

Confrontare la resistenza sismica di telai in acciaio a nodi rigidi e con controventi concentrici progettati secondo il DM08 ed il DM96 tenendo conto delle differenze tra:

- gli spettri di risposta
- i fattori di struttura
- le prescrizioni sugli spostamenti
- i criteri di verifica

Si considerano strutture per edifici ordinari

- con normale affollamento (classe d'uso II,  $V_R = 50$  anni).
- multipiano ( $\alpha_u/\alpha_1=1.3$ )
- regolari in altezza ( $K_R=1.0$ )
- in zona ad alta sismicità

2

## Tipi di suolo e spettri di risposta

Il DM08 distingue 5 tipi di suolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$

IL DM96 fornisce due tipi di suolo e li distingue attraverso una descrizione qualitativa

D.M. 14/01/2008

Suolo A  
 Suolo B  
 Suolo C  
 Suolo D  
 Suolo E

D.M. 16/01/1996

$\varepsilon = 1.0$  (ordinario)  
 $\varepsilon = 1.3$  (soffice)

3

## Tipi di suolo e spettri di risposta

Confrontando tra la descrizione dei tipi di suoli segue la seguente corrispondenza:

D.M. 14/01/2008

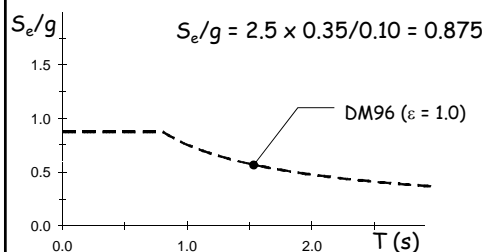
Suolo A  
 Suolo B  
 Suolo C  
 Suolo D  
 Suolo E

D.M. 16/01/1996

$\varepsilon = 1.0$  (ordinario)  
 $\varepsilon = 1.3$  (soffice)

4

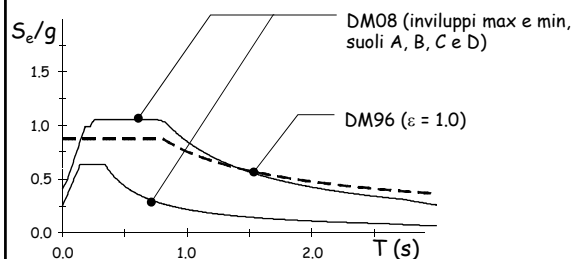
## Spettri elastici per terremoto severo



Ottenuto moltiplicando lo spettro di progetto per il rapporto tra 2.5 volte  $a_g$  (0.35 g) e l'accelerazione massima dello spettro di progetto (0.10 g).

5

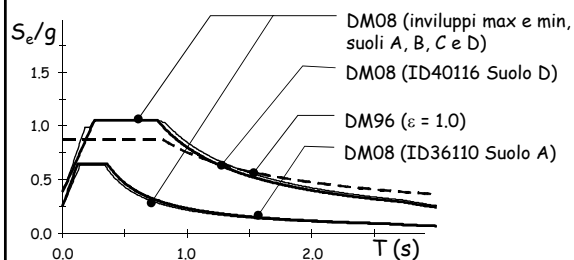
## Spettri elastici per terremoto severo



Ottenuti per  $T_R = 475$  anni e categoria topografica T1, dagli involuppi, minimo e massimo, degli spettri relativi ai punti del reticolo di riferimento con  $a_g > 0.25$  g.

6

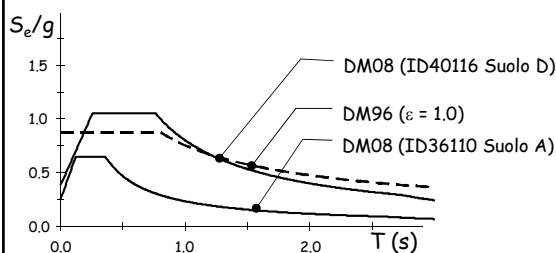
### Spettri elastici per terremoto severo



Gli spettri ai punti ID36110 e ID40116 descrivono con buona approssimazione gli inviluppi delle ordinate spettrali minime e massime del DM08.

7

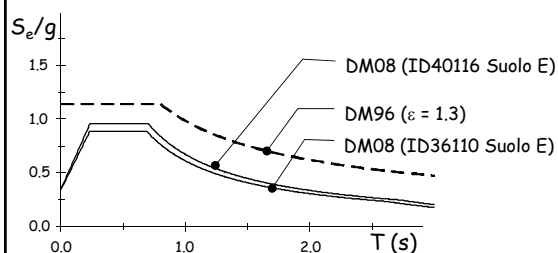
### Spettri elastici per terremoto severo



Le ordinate spettrali previste dal DM08 per i suoli A, B, C e D sono generalmente inferiori a quelle previste dal DM96 per suolo ordinario.

8

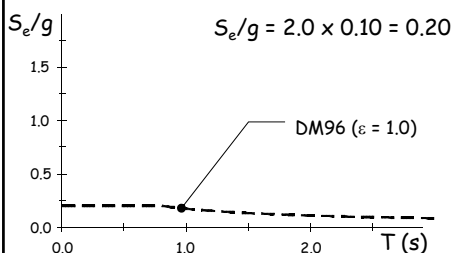
### Spettri elastici per terremoto severo



Per suolo di tipo E ed  $\varepsilon = 1.3$  lo spettro del DM08 è sempre meno gravoso di quello del DM96.

9

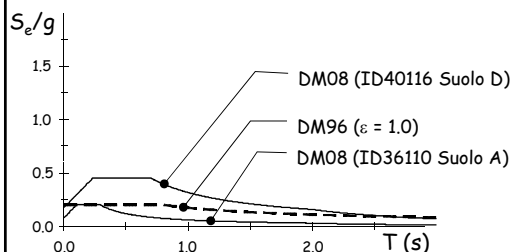
### Spettri elastici per terremoto moderato



Gli spettri del DM96 si ottengono moltiplicando le ordinate degli spettri di progetto per terremoto severo per  $\lambda = 2$ .

10

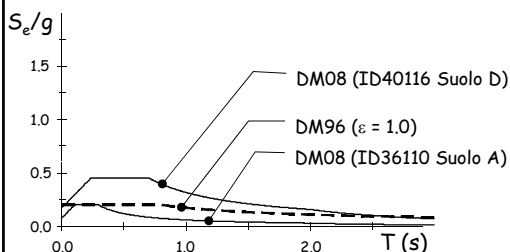
### Spettri elastici per terremoto moderato



Gli spettri del DM08 sono quelli corrispondenti ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni.

11

### Spettri elastici per terremoto moderato



Gli spettri del DM08 sono generalmente più conservativi.

12

### Fattore di struttura

Tipologia	DM08		DM96
	CDB	CDA	
Telai a nodi rigidi	4	6.5	5.83
Controventi a X	4	4	4.86
Controventi a V	2	2.5	4.86

Il fattore di struttura del DM96 è stato dedotto

Telai a nodi rigidi  $q = S_e/S_d = 0.875/(1.5 \times 0.10) = 5.83$

Controventi  $q = q / \beta = 5.83/1.2 = 4.86$

13

### Fattore di struttura

Tipologia	D.M. 14/01/2008		D.M. 16/01/1996
	CDB	CDA	
Telai a nodi rigidi	4	6.5	5.83
Controventi a X	4	4	4.86
Controventi a V	2	2.5	4.86

Il DM08 assegna quasi sempre valori di  $q$  inferiori di quelli del DM96 (sino al 60% per telai con controventi a V in CDB).

14

### Limiti di spostamento

Elementi non strutturali	DM08	DM96
Fragili o interferenti con la struttura	0.5 %	0.2%
Duttili o non interferenti con la struttura	1.0 %	0.4%

I limiti sugli spostamenti previsti dal DM08 sono 2.5 volte quelli previsti dal DM96 indipendentemente dagli elementi non strutturali.

15

### Rigidezza richiesta

È pari al rapporto tra taglio di piano per terremoto moderato e spostamento limite:

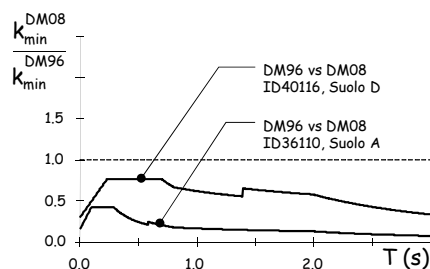
$$\frac{k_{DM08}^{DM08}}{k_{DM96}^{DM96}} = \frac{V_{di}^{DM08}}{d_{r,Max}^{DM96}} \frac{d_{r,Max}^{DM96}}{V_{di}^{DM96}} = 0.4 \frac{S_{e,SLD}}{g \lambda C R \varepsilon \beta I}$$

Rapporto tra spostamenti limite

Rapporto tra ordinate spettrali

16

### Rigidezza richiesta

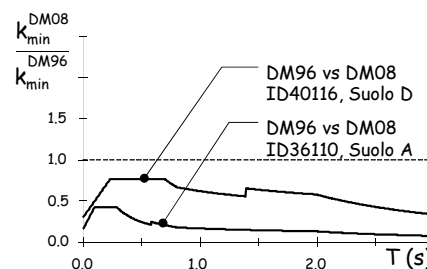


La rigidezza richiesta dal DM08 è sempre inferiore a quella richiesta dal DM96 (fina ad 1/3).

Il rapporto si riduce al crescere del periodo.

17

### Rigidezza richiesta



Il risultato è confermato anche per il suolo di tipo E.

18

## Resistenza sismica di telai a nodi rigidi

Se le verifiche per terremoto moderato sono condizionanti ...

$$\frac{V_R^{DM08}}{V_R^{DM96}} = \left[ \frac{S_{e,SLD}}{g\lambda CR \varepsilon \beta I} \frac{d_{r,Max}^{DM96}}{d_{r,Max}^{DM08}} \left( \frac{1 - \gamma' - 1}{\gamma'} s \right)^{3/4} \right]$$

Rapporto tra ordinate spettrali

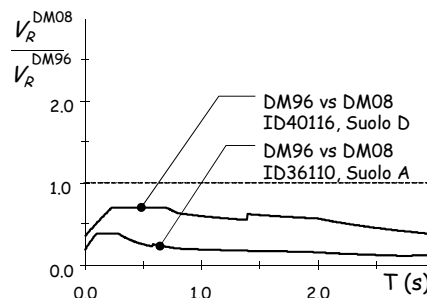
Rapporto tra spostamenti massimi

Applicazione del criterio di gerarchia delle resistenze

CDA  $\gamma'=1.61$   
CDB  $\gamma'=1.30$

19

## Resistenza sismica di telai a nodi rigidi (verifiche per terremoto moderato condizionanti)



Come la rigidezza, la resistenza richiesta dal DM08 è sensibilmente inferiore di quella richiesta dal DM96.

20

## Resistenza sismica di telai a nodi rigidi

Se le verifiche per terremoto severo sono condizionanti

$$\frac{V_R^{DM08}}{V_R^{DM96}} = \left[ \frac{S_d}{gCR \varepsilon \beta I} \frac{1}{\alpha} \frac{\bar{\sigma}_s \gamma_{M0}}{f_{yk}} \right]$$

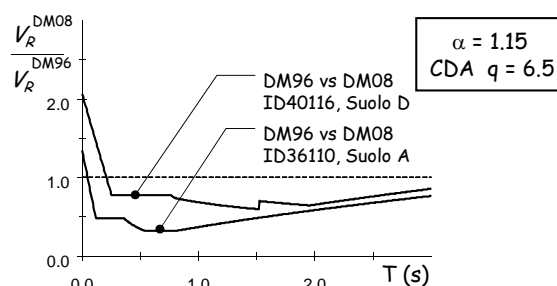
Rapporto tra le azioni di progetto

Fattore di forma della sezione (calcolo plastico anziché elastico)

Rapporto tra le resistenze

21

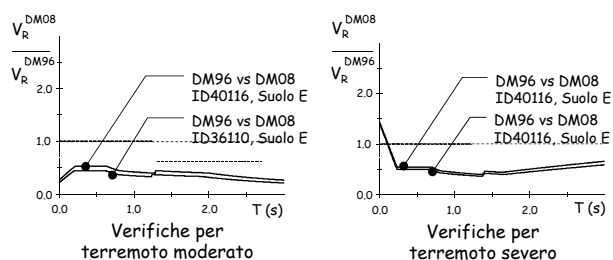
## Resistenza sismica di telai a nodi rigidi (verifiche per terremoto severo condizionanti)



Anche in questo caso, il DM08 è meno conservativo del DM96 per il valore più alto del fattore di struttura e per verifiche allo SLU.

22

## Resistenza sismica di telai a nodi rigidi



Analoghi risultati si ottengono per il suolo di tipo E, indipendentemente dalla verifica condizionante.

23

## Resistenza sismica di telai con controventi a diagonale tesa attiva

In questo caso le verifiche per terremoto severo sono generalmente condizionanti

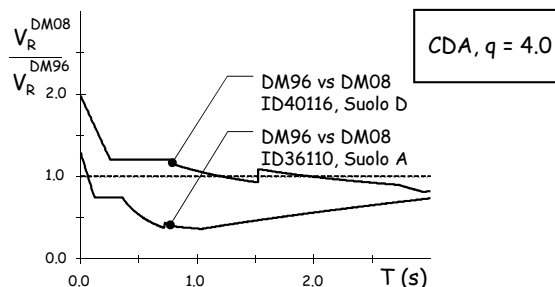
$$\frac{V_R^{DM08}}{V_R^{DM96}} = \left[ \frac{S_d}{gCR \varepsilon \beta I} \frac{\bar{\sigma}_s \gamma_{M0}}{f_{yk}} \right]$$

Rapporto tra le azioni di progetto

Rapporto tra le resistenze

24

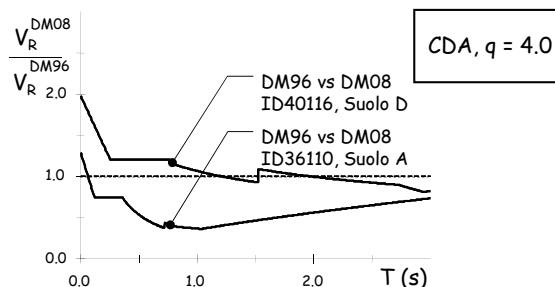
### Resistenza sismica di telai con controventi a diagonale tesa attiva



La massima resistenza sismica richiesta dal DM08 è generalmente più grande ( $\approx 20\%$ ) di quella del DM96.

25

### Resistenza sismica di telai con controventi a diagonale tesa attiva



Per altri punti della zona ad elevata sismicità il rapporto tra le resistenze sismiche si riduce fino a 0.4.

26

### Resistenza sismica di telai con controventi a V

In questo caso le verifiche per terremoto severo sono generalmente condizionanti

$$\frac{V_R^{DM08}}{V_R^{DM96}} = \frac{S_d}{gCR \varepsilon \beta I} \frac{1}{\omega \chi} \frac{\bar{\sigma}_s \gamma_{M1}}{f_{yk}}$$

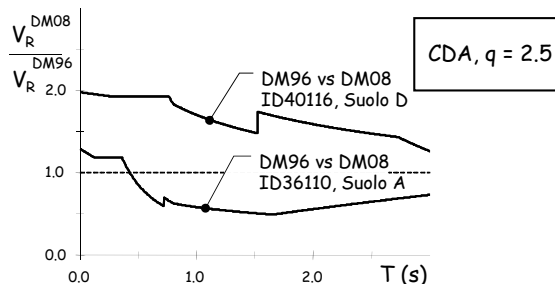
Rapporto tra le azioni di progetto

Coefficienti di instabilità ( $\approx 1.0$ )

Rapporto tra le resistenze

27

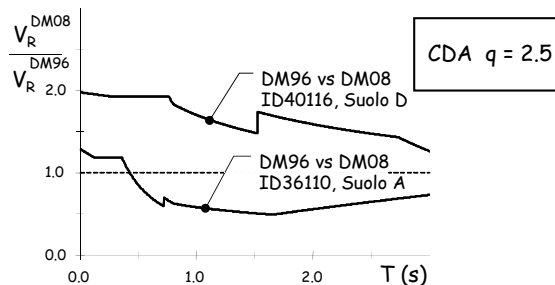
### Resistenza sismica di telai con controventi a V



La massima resistenza sismica richiesta dal DM08 è sempre maggiore di quella richiesta dal DM96, quasi il doppio per periodi inferiori a 0.8 s.

28

### Resistenza sismica di telai con controventi a V



La minima resistenza sismica richiesta dal DM08 è appena superiore a quella del DM96 per  $T < 0.4$  s e si riduce fino al 50% di questa per periodi maggiori.

29

### Conclusioni

- Le ordinate degli spettri elastici per terremoto severo del DM08 sono prevalentemente inferiori a quelle dei corrispondenti spettri del DM96.
- Il DM08 assegna al fattore di struttura (6.5-2.0) valori generalmente più bassi del DM96 (5.83-4.86).
- Il DM08 è decisamente più accurato nel fornire criteri e regole di progetto atti a conferire una adeguata duttilità alla struttura.

30

### Conclusioni

- Le ordinate degli spettri elastici per terremoto moderato forniti dal DM08 sono generalmente più conservativi di quelli del DM96.
- I limiti sugli spostamenti d'interpiano stabiliti dal DM08 sono più grandi di quelli stabiliti dal DM96.
- Per tale ragione la rigidezza laterale richiesta dal DM08 è sempre inferiore di quella richiesta dal DM96.

31

### Conclusioni

- La resistenza sismica dei telai a nodi rigidi ad alta duttilità richiesta dal DM08 è sempre inferiore di quella del DM96.
- Considerazioni analoghe valgono per telai con controventi a diagonale tesa attiva ma le differenze sono meno rilevanti perché  $q = 4.0$  anziché  $q = 6.5$ .
- La resistenza sismica dei controventi a V richiesta dal DM08 è maggiore di quella del DM96 perché  $q$  è estremamente basso ( $q = 2.5$  per CDA).

32