

Corso di aggiornamento
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**Problemi specifici nel progetto di strutture
antisismiche in acciaio**

NTC08 e resistenza sismica di telai in acciaio

Spoletto
4-5 febbraio 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

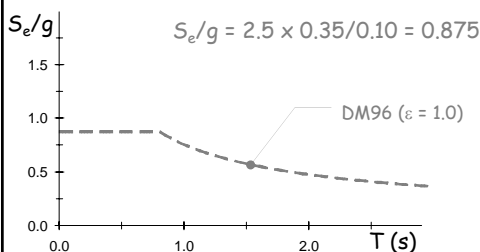
D.M. 16/01/1996

$\varepsilon = 1.0$ (ordinario)

$\varepsilon = 1.3$ (soffice)

4

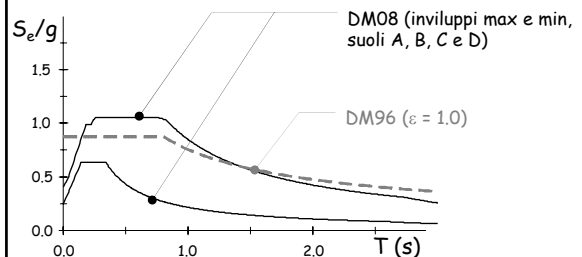
Spettri elastici per terremoto severo



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

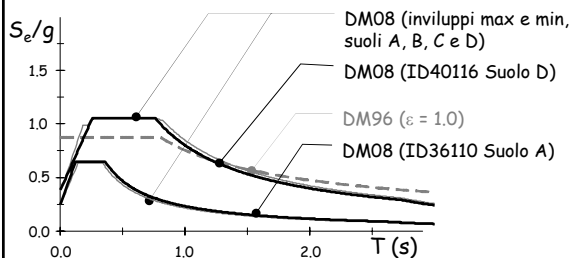
Spettri elastici per terremoto severo



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

6

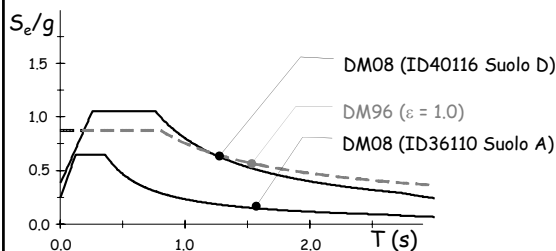
Spettri elastici per terremoto severo



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

7

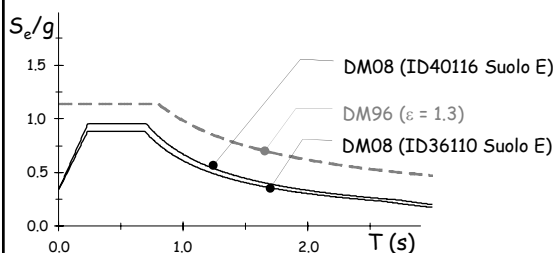
Spettri elastici per terremoto severo



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

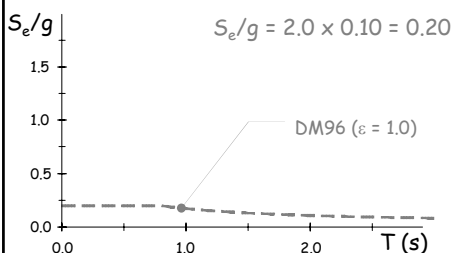
Spettri elastici per terremoto severo



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

9

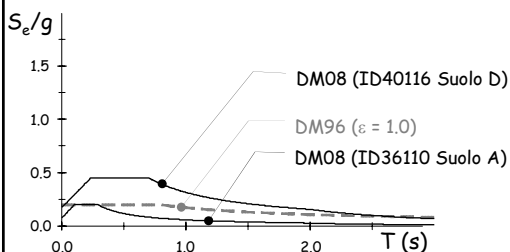
Spettri elastici per terremoto moderato



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

10

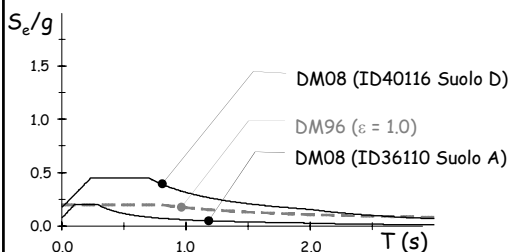
Spettri elastici per terremoto moderato



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:

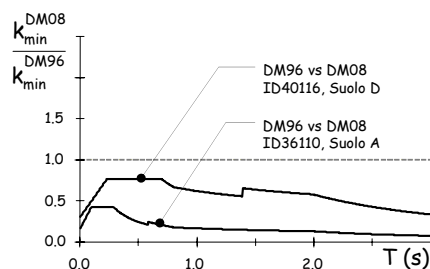
$$\frac{k_{DM08}^{DM08}}{k_{DM96}^{DM96}} = \frac{V_{di}^{DM08}}{d_{r,Max}^{DM96}} \frac{d_{di}^{DM96}}{V_{di}^{DM96}} = 0.4 \frac{S_{e,SLD}}{g \lambda C R \varepsilon \beta I}$$

Rapporto tra spostamenti limite

Rapporto tra ordinate spettrali

16

Rigidezza richiesta

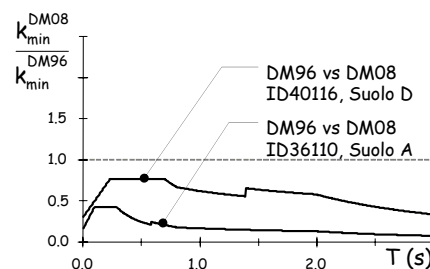


La rigidezza richiesta dal DM08 è sempre inferiore a quella richiesta dal DM96 (fina ad 1/3).

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 ...

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

Rapporto tra ordinate spettrali

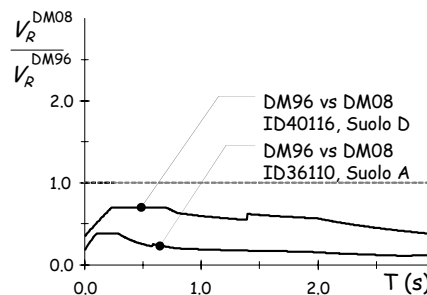
Rapporto tra spostamenti massimi

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

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

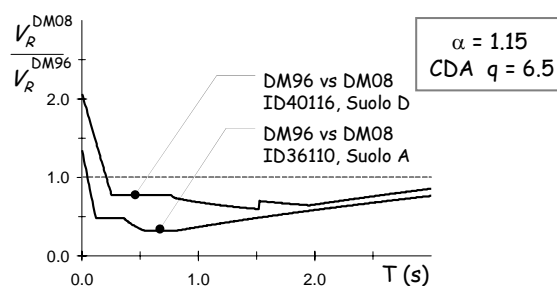
Rapporto tra le azioni di progetto

Fattore di forma della sezione (calcolo plastico anziché elastico)

Rapporto tra le resistenze

21

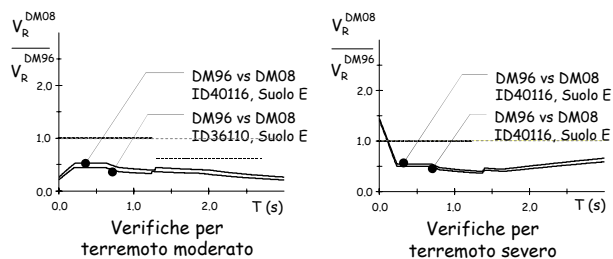
Resistenza sismica di telai a nodi rigidi (verifiche per terremoto severo condizionanti)



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

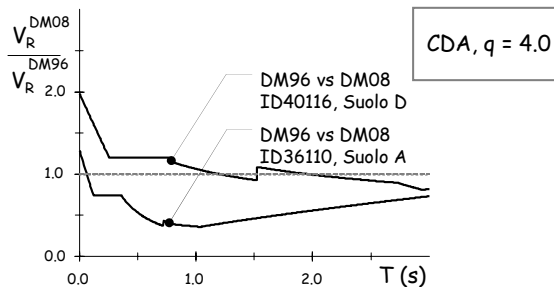
$$\frac{V_R^{DM08}}{V_R^{DM96}} = \frac{S_d}{gCR \varepsilon \beta I} \frac{\bar{\sigma}_s \gamma_{M0}}{f_{yk}}$$

Rapporto tra le azioni di progetto

Rapporto tra le resistenze

24

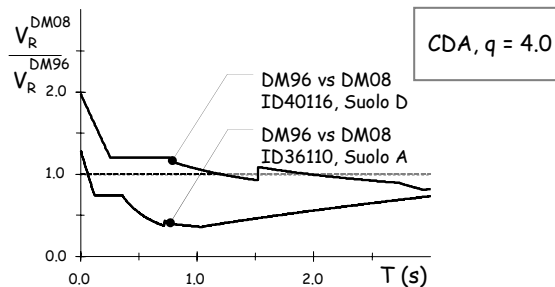
Resistenza sismica di telai con controventi a diagonale tesa attiva



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

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

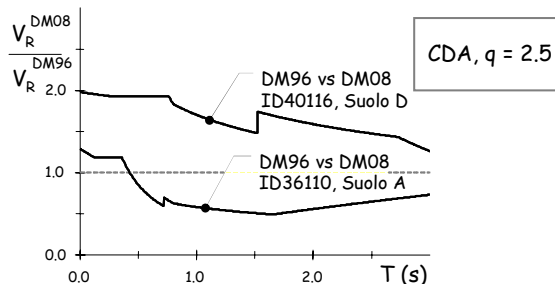
Rapporto tra le azioni di progetto

Coefficienti di instabilità (≈ 1.0)

Rapporto tra le resistenze

27

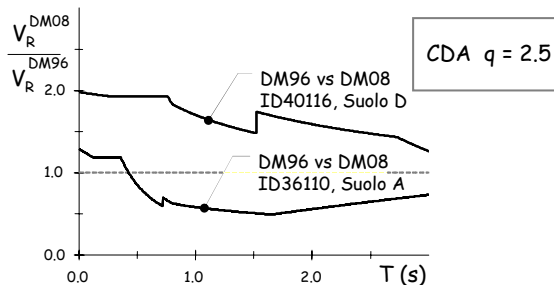
Resistenza sismica di telai con controventi a V



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