

Incontro di aggiornamento
**Progetto e verifica di edifici antisismici
in cemento armato secondo le indicazioni
delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008**

Sala degli specchi, Palazzo della Provincia
Messina, 14-15 gennaio 2010

Corso organizzato da:
Prof. Ing. Aurelio Ghersi, Università di Catania

Incontro di aggiornamento
**Progetto e verifica di edifici antisismici
in cemento armato secondo le indicazioni
delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008**

Sala degli specchi, Palazzo della Provincia
Messina, 14-15 gennaio 2010

Patrocinio di:
Ordine degli ingegneri della provincia di Messina
Ordine degli architetti della provincia di Messina
Ordine degli ingegneri della provincia di Reggio Calabria

Sponsor:
SICILFERRO.IT

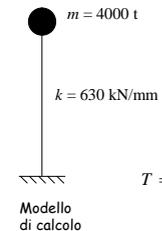
Incontro di aggiornamento
**Progetto e verifica di edifici antisismici
in cemento armato secondo le indicazioni
delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008**

Sala degli specchi, Palazzo della Provincia
Messina, 14-15 gennaio 2010

Spettri di risposta di normativa

Aurelio Ghersi

A cosa servono gli spettri?



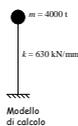
Conoscendo
massa e rigidezza
possiamo
determinare il
periodo proprio

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} =$$

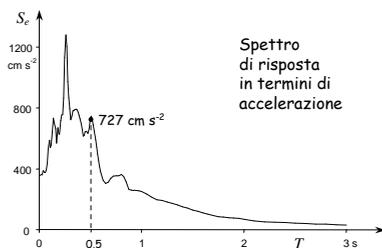
$$= 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{4000 \times 10^3}{630 \times 10^6}} =$$

$$= 0.5 \text{ s}$$

A cosa servono gli spettri?



$T = 0.5 \text{ s}$

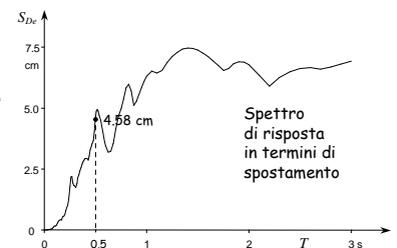


Noto il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima $a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$

A cosa servono gli spettri?

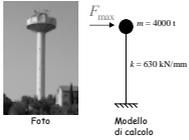


$T = 0.5 \text{ s}$



Noto il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima $a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$ o lo spostamento relativo massimo $u_{\max} = 4.58 \text{ cm}$

A cosa servono gli spettri?



$$T = 0.5 \text{ s}$$

Ma dall'accelerazione possiamo ricavare anche la massima forza d'inerzia

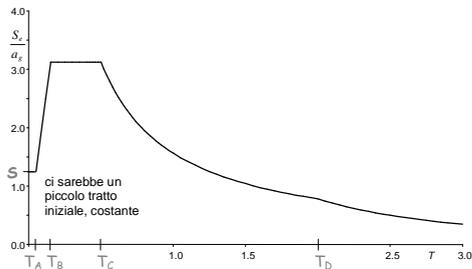
$$F_{\max} = m a_{\max} = 4000 \times 7.27 = 29000 \text{ kN}$$

e quindi le massime sollecitazioni nella struttura

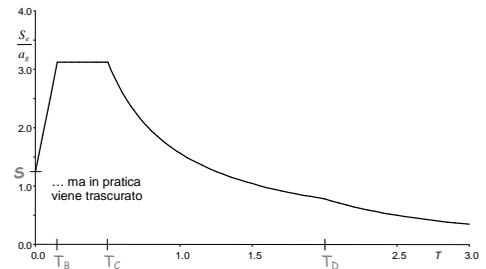
Nota il periodo proprio, possiamo leggere dallo spettro l'accelerazione assoluta massima $a_{\max} = 7.27 \text{ m s}^{-2} = 0.74 \text{ g}$ o lo spostamento relativo massimo $u_{\max} = 4.58 \text{ cm}$

Spettri di risposta elastica NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

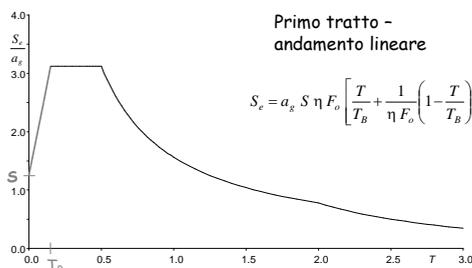
Forma generale degli spettri di risposta elastica



Forma generale degli spettri di risposta elastica



Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali

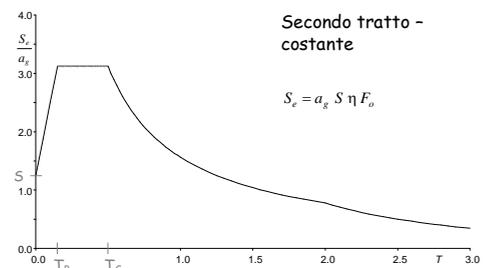


$$S_e = a_g S \eta F_o \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

Amplificazione, legata al tipo di terreno

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

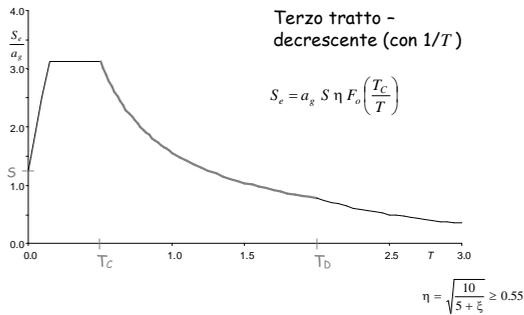
Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



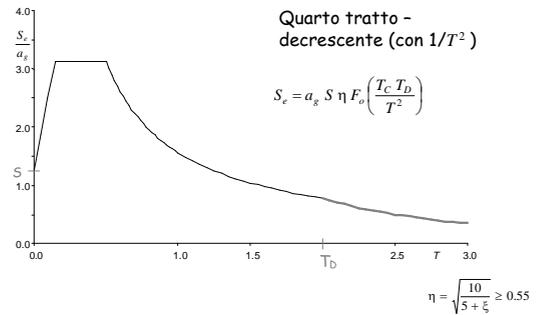
$$S_e = a_g S \eta F_o$$

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



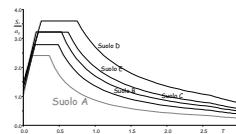
Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali

Per definire uno spettro di risposta elastico occorre indicare i parametri

- a_g accelerazione del terreno (su roccia)
- S amplificazione dovuta al tipo di terreno
- T_B, T_C, T_D periodi che separano i diversi tratti
- ξ smorzamento della struttura

S, T_B, T_C, T_D si ricavano a partire dai tre parametri a_g, F_o, T_C^* (che sono legati al sito e al periodo di ritorno T_r) e dipendono anche dalle caratteristiche del terreno

Classificazione dei suoli e spettri di risposta



Suolo A

Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi

$V_{S30} > 800$ m/s

$S = 1 \quad T_B = 0.15$ s $T_C = 0.4$ s $T_D = 2.5$ s

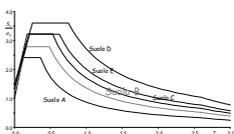
Valori orientativi per terremoti con alto periodo di ritorno

V_{S30}

Velocità media di propagazione delle onde di taglio nei 30 m superiori del suolo

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



Suolo B

Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti

360 m/s $< V_{S30} < 800$ m/s

Resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$

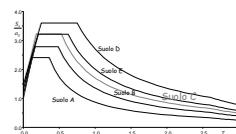
Coesione non drenata $c_u > 250$ kPa

$S = 1.20 \quad T_B = 0.15$ s $T_C = 0.5$ s
Valori orientativi per terremoti con alto periodo di ritorno

V_{S30}

Velocità media di propagazione delle onde di taglio nei 30 m superiori del suolo

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



Suolo C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza

180 m/s $< V_{S30} < 360$ m/s

Resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$

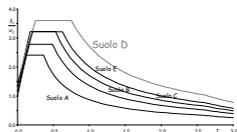
Coesione non drenata $70 < c_u < 250$ kPa

$S = 1.30 \quad T_B = 0.15$ s $T_C = 0.5$ s
Valori orientativi per terremoti con alto periodo di ritorno

V_{S30}

Velocità media di propagazione delle onde di taglio nei 30 m superiori del suolo

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno

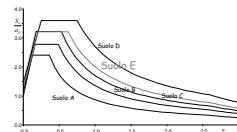


$S = 1.45$ $T_B = 0.25$ s $T_C = 0.8$ s
Valori orientativi per terremoti con alto periodo di ritorno

V_{S30}
Velocità media di propagazione delle onde di taglio nei 30 m superiori del suolo

Suolo D
Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
 $V_{S30} < 180$ m/s
Resistenza penetrometrica $N_{SPT} < 15$
Coesione non drenata $c_u < 70$ kPa

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno



$S = 1.30$ $T_B = 0.2$ s $T_C = 0.6$ s
Valori orientativi per terremoti con alto periodo di ritorno

V_{S30}
Velocità media di propagazione delle onde di taglio nei 30 m superiori del suolo

Suolo E
Strati superficiali alluvionali, di caratteristiche simili ai tipi C e D e spessore tra 5 e 20 m, su un substrato più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali, alto periodo di ritorno

Suolo S1
Depositi con strato di almeno 10 m di argille di bassa consistenza ed elevato indice di plasticità e contenuto di acqua
 $V_{S30} < 100$ m/s
Coesione non drenata $10 < c_u < 20$ kPa

Per questi tipi di terreno occorrono studi speciali

Suolo S2
Depositi di terreni soggetti a liquefazione

Esempio

- Dall'alto:
- 12 m - sabbie marnose $N_{SPT} = 26$
 - 6.1 m - argille grigio-brune $N_{SPT} = 47$
 - 1.9 m - marne sabbiose $N_{SPT} = 16$
 - 6.5 m - argille marnose $N_{SPT} = 18$
 - 3.5 m - ciottoli, argille brune $N_{SPT} = 40$

SONDAGGIO N° 5									
ATTIVITÀ DI INGEGNERIA: CANTIERE E TUTTO									
SABOTTEGGI/INCISIONI: 8									
Quota (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Caratteristiche	Pressione	Contenuto d'acqua (%)	Indice di plasticità	Indice di consistenza	SPT	Profilo
0.00	0.00	Strato di sabbie marnose	...	...	...	...	...	26	...
6.10	6.10	Argille grigio-brune	...	...	...	...	...	47	...
8.00	8.00	Marne sabbiose	...	...	...	...	...	16	...
14.50	14.50	Argille marnose	...	...	...	...	...	18	...
18.00	18.00	Ciottoli, argille brune	...	...	...	...	...	40	...

Esempio

- Dall'alto:
- 12 m - sabbie marnose $N_{SPT} = 26$
 - 6.1 m - argille grigio-brune $N_{SPT} = 47$
 - 1.9 m - marne sabbiose $N_{SPT} = 16$
 - 6.5 m - argille marnose $N_{SPT} = 18$
 - 3.5 m - ciottoli, argille brune $N_{SPT} = 40$

$$N_{SPT} = \frac{30}{\frac{12}{26} + \frac{6.1}{47} + \frac{1.9}{16} + \frac{6.5}{18} + \frac{3.5}{40}}$$

$N_{SPT} = 25.9$
Si può considerare suolo di tipo C, perché $15 < N_{SPT} < 50$

Classificazione sismica oggi (NTC 08)

La normativa fornisce a_g, F_o, T_C^*

A che servono?
- consentono di definire lo spettro di risposta

I valori sono forniti per ogni punto e per qualsiasi periodo di ritorno

Serve veramente tutta questa precisione?

Determinazione dei dati sismici

Periodo di riferimento V_R

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Sono indicizzato e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività	30	0.061	2.363	0.280
Danno	50	0.082	2.318	0.293
Salvaguardia Vita	475	0.249	2.410	0.360
Prevenzione Collasso	975	0.338	2.445	0.382

ACCA software S.p.A.
Il software per l'edilizia
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/69.12.35
P.N.A. 01883/10647 - E-mail: info@acca.it

Determinazione dei dati sismici

Periodo di riferimento V_R

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Sono indicizzato e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività	30	0.061	2.363	0.280
Danno	50	0.082	2.318	0.293
Salvaguardia Vita	475	0.249	2.410	0.360
Prevenzione Collasso	975	0.338	2.445	0.382

ACCA software S.p.A.
Il software per l'edilizia
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/69.12.35
P.N.A. 01883/10647 - E-mail: info@acca.it

Spettri di risposta NTC08 S - amplificazione dovuta al terreno

- Dipende da
 - S_S - Categoria di sottosuolo
 - S_T - Categoria topografica

$$S = S_S \times S_T$$

Intervengono anche F_0 e a_g

Categoria sottosuolo	S_S
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.4 - 0.4 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.7 - 0.6 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.4 - 1.5 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.0 - 1.1 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.60$

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni

Spettri di risposta NTC08 S - amplificazione dovuta al terreno

- Dipende da
 - S_S - Categoria di sottosuolo
 - S_T - Categoria topografica

$$S = S_S \times S_T$$

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera	S_T
T1	...	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Spettri di risposta NTC08 T_B, T_C, T_D - periodi

- T_C dipende dal suolo e da T_C^*

$$T_C = C_C \times T_C^*$$

Categoria sottosuolo	C_C
A	1.00
B	$1.10 (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.05 (T_C^*)^{-0.33}$
D	$1.25 (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.15 (T_C^*)^{-0.40}$

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni

Spettri di risposta NTC08 T_B, T_C, T_D - periodi

- T_C dipende dal suolo e da T_C^*
- T_B dipende da T_C

$$T_B = T_C / 3$$
- T_D dipende da a_g

$$T_D = 4.0 \times \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni

Spettri di risposta NTC 08

Esempio: località Spoleto

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni

Ad esempio, nel punto di Lat. 42.732 e Long. 12.673 sito nel comune di Spoleto (PG) si ha:

per $T_R = 475$ anni: $a_g = 0.1938$ g $F_o = 2.42$ $T_C^* = 0.32$ s
 per $T_R = 50$ anni: $a_g = 0.0803$ g $F_o = 2.46$ $T_C^* = 0.28$ s

Tab. 7. Valori dei coefficienti che definiscono lo spettro di risposta elastico: accelerazioni orizzontali, terremoto con $T_R=475$ anni (SLV), Spoleto, D.M. 14/1/08

Categoria suolo	accelerazione orizzontale	S	F _o	T _B	T _C	T _D
A	0.194 g	1.00	2.42	0.107 s	0.320 s	2.375 s
B	0.194 g	1.20	2.42	0.147 s	0.442 s	2.375 s
C	0.194 g	1.42	2.42	0.163 s	0.489 s	2.375 s
D	0.194 g	1.70	2.42	0.236 s	0.707 s	2.375 s
E	0.194 g	1.48	2.42	0.193 s	0.580 s	2.375 s

Spettri di risposta NTC 08

Esempio: località Spoleto

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni

Ad esempio, nel punto di Lat. 42.732 e Long. 12.673 sito nel comune di Spoleto (PG) si ha:

per $T_R = 475$ anni: $a_g = 0.1938$ g $F_o = 2.42$ $T_C^* = 0.32$ s
 per $T_R = 50$ anni: $a_g = 0.0803$ g $F_o = 2.46$ $T_C^* = 0.28$ s

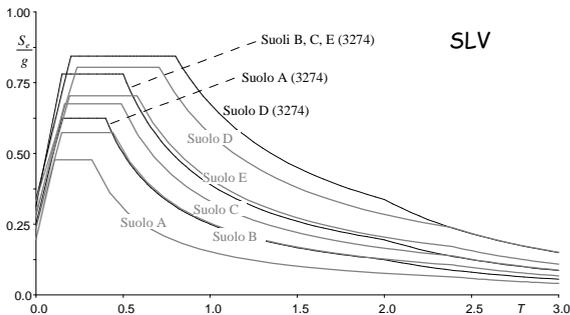
Tab. 8. Valori dei coefficienti che definiscono lo spettro di risposta elastico: accelerazioni orizzontali, terremoto con $T_R=50$ anni (SLD), Spoleto, D.M. 14/1/08

Categoria suolo	accelerazione orizzontale	S	F _o	T _B	T _C	T _D
A	0.080 g	1.00	2.46	0.093 s	0.280 s	1.921 s
B	0.080 g	1.20	2.46	0.132 s	0.397 s	1.921 s
C	0.080 g	1.50	2.46	0.149 s	0.447 s	1.921 s
D	0.080 g	1.80	2.46	0.220 s	0.661 s	1.921 s
E	0.080 g	1.60	2.46	0.179 s	0.536 s	1.921 s

Spettri di risposta NTC 08

Esempio: località Spoleto

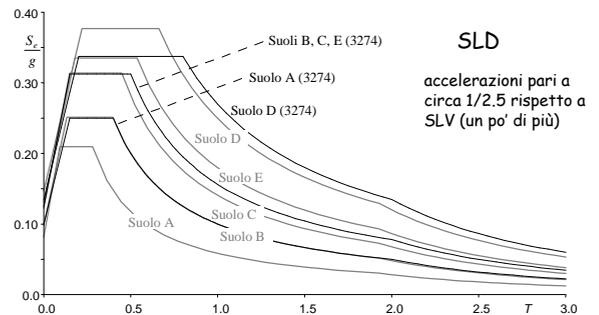
Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni



Spettri di risposta NTC 08

Esempio: località Spoleto

Vedere foglio Excel "Spettri" per applicazioni



Spettri di risposta NTC08 accelerazioni verticali

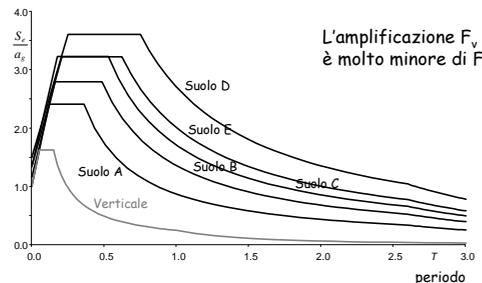
- Lo spettro ha la stessa forma, cambiano i parametri

Categoria di sottosuolo	S _s	T _B	T _C	T _D
A, B, C, D, E	1.0	0.05	0.15	1.00

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali e verticali, alto periodo di ritorno

accelerazione (normalizzata)

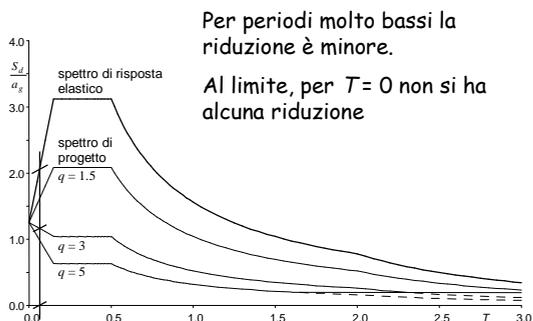


Spettri di progetto per SLV NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

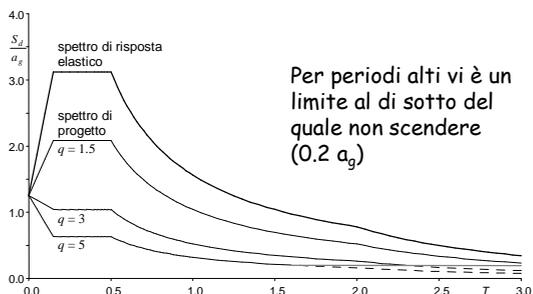
Spettri di progetto di normativa



Spettri di progetto di normativa

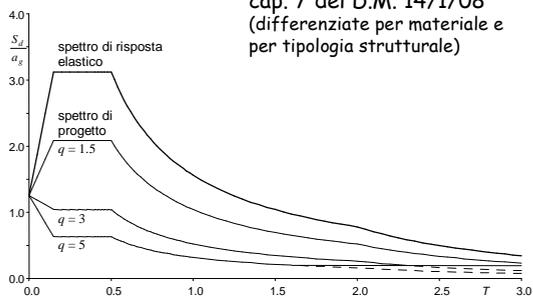


Spettri di progetto di normativa



Spettri di progetto di normativa accelerazioni orizzontali

Il valore del fattore di struttura q è definito nel cap. 7 del D.M. 14/1/08 (differenziate per materiale e per tipologia strutturale)



Spettri di progetto di normativa accelerazioni verticali

Per le accelerazioni verticali si assume sempre $q = 1.5$

