

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

**Evoluzione della normativa: quali effetti su
progetto e verifica di edifici in cemento armato?**

4 - Evoluzione della normativa
(seconda parte)

Villa Redenta, Spoleto

1 dicembre 2017

Aurelio Ghersi

Cosa cambia con le nuove norme?

Aspetti di immediata percezione:

- Nuova terminologia
- Nuova organizzazione del testo di alcuni capitoli delle NTC

Aspetti nascosti nel testo:

- Modifiche di regole applicative
- Modifica di coefficienti

Divido questi (soggettivamente) in:

- Aspetti rilevanti, ma che non incidono troppo sulla mia impostazione progettuale
- Aspetti che mi fanno riflettere (e modificare?) la mia impostazione progettuale

Aspetti rilevanti,
ma che non incidono troppo sulla mia
impostazione progettuale

Costruzioni di calcestruzzo

Paragrafo 4.1

- Cambia la classificazione del calcestruzzo
scompaiono le classi C28/35 e C32/40
compare la classe C30/37
- Vengono fornite indicazioni sul calcestruzzo
confinato (punto 4.1.2.1.2)
Nelle verifiche si può tener conto del confinamento
(punto 7.4.1)
- Cambiano i coefficienti suggeriti per la verifica a
pressoflessione deviata

Costruzioni di calcestruzzo

Osservazioni:

- Giusto adeguamento agli Eurocodici
- Sui coefficienti per la pressoflessione deviata si può ancora migliorare

Azione sismica

Paragrafo 3.2 - Classificazione dei suoli

- Unico parametro velocità delle onde di taglio V_s ma può, con giustificata motivazione, essere valutato tramite relazioni empiriche con i risultati di altre prove in sito, come le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche
- Suolo E - profondità del substrato non superiore a 30 m (era 20 m)
- Scompaiono i suoli S1 e S2

Azione sismica

Osservazioni:

- Nel tempo, in particolare in alcune regioni, si tende a dare sempre maggiore importanza agli spettri di risposta locali
- È giusto ma
 - Applicando le procedure per ottenerli, per suoli conformi a quelli standard si dovrebbe ottenere lo spettro di normativa
 - Si dovrebbe utilizzare un numero di accelerogrammi tale da rendere stabili i risultati ottenuti

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali di progettazione

Paragrafo 7.2.2

Le costruzioni soggette all'azione sismica devono essere progettate in accordo con uno dei seguenti comportamenti strutturali:

- a) comportamento strutturale non dissipativo
- b) comportamento strutturale dissipativo.

Paragrafo 7.3.1

- Valori di q per strutture non dissipative

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1.5$$

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali di progettazione

Paragrafo 7.0

Costruzioni site in zona a bassissima sismicità
 $a_g S \leq 0.075 g$ (ex zona 4, ora non più citata così):

- Progettazione non dissipativa
- Analisi per forze orizzontali con $F_h = 0.10 W \lambda$.

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali di progettazione

Osservazioni:

- La distinzione tra strutture dissipative e non dissipative è importante
- In pratica, un fattore di struttura $q=1.5$ non lo si nega a nessuno

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - regolarità

Paragrafo 7.2.1

- Piccole modifiche alla definizione di regolarità in pianta e in altezza
- Chiarimento relativo alla presenza di una struttura scatolare rigida alla base dell'edificio
(i controlli sulla regolarità possono essere riferiti alla sola struttura sovrastante)

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - regolarità

Osservazioni:

- Nonostante le modifiche, la parte che concerne la regolarità strutturale non recepisce (nell'impostazione generale ma soprattutto nelle regole applicative) i concetti ben noti nel mondo scientifico

Progettazione per azioni sismiche

Analisi e verifica

- Paragrafo 7.3 - Tabella con valori limite di q

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Progettazione per azioni sismiche

Analisi e verifica

- Paragrafo 7.3 - Lunga tabella con i valori di q_0 per tutte le tipologie

Tipologia strutturale	q_0	
	CD" A"	CD" B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Progettazione per azioni sismiche

Analisi e verifica

Paragrafo 7.3 - Analisi lineare statica:

- Può essere usata per le costruzioni "la cui risposta sismica, in ogni direzione principale, non dipenda significativamente dai modi di vibrare superiori" (non ha senso il riferimento alla regolarità in altezza)
- Il periodo fondamentale deve essere stimato in funzione dello spostamento d ottenuto applicando forze orizzontali pari alle masse

$$T_1 = 2 \sqrt{d}$$

(non più in funzione dell'altezza)

Progettazione per azioni sismiche

Analisi e verifica

Paragrafo 7.3 - Criteri di verifica:

- Sono unificati nel paragrafo 7.3.6
- Inserita tabella di riepilogo

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG					
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

- Limiti di rigidezza per SLO (anziché SLD) nel caso di classe III e IV

Progettazione per azioni sismiche

Analisi e verifica

Osservazioni:

- Organizzazione più razionale del testo
- La formula indicata per calcolare il periodo è sicuramente più precisa, ma inutilizzabile ai fini di un dimensionamento iniziale

Progettazione per azioni sismiche

Costruzioni di calcestruzzo

Paragrafo 7.4:

- Possibilità di tener conto del confinamento (7.4.1)
- Limite più restrittivo per costruzioni torsionalmente deformabili (7.4.3)
- Riorganizzazione, più organica, del paragrafo 7.4.4 (travi, pilastri)
- Limiti meno forti nella verifica a taglio dei pilastri (non si tiene conto dell'incremento da gerarchia flessionale travi-pilastri)

Progettazione per azioni sismiche

Costruzioni di calcestruzzo

Osservazioni:

- Modifiche modeste
- La revisione della gerarchia taglio-flessione per i pilastri evita il cumularsi di più coefficienti cautelativi

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - fondazioni

Paragrafo 6.4.2.1 - Fondazioni superficiali

- Ad esclusione della verifica di stabilità globale, tutte le verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio2
 - Quindi per il calcolo del carico limite non si può più usare l'Approccio 1

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - fondazioni

Paragrafo 7.2.5

- Azioni sulle fondazioni scelte liberamente tra:
 - valori ottenuti ipotizzando un comportamento non dissipativo (sostituisce il riferimento a $q=1$)
 - valori derivanti dalla capacità di resistenza a flessione dei pilastri
 - valori di calcolo incrementati mediante γ_{Rd}
- Scompare la frase "le fondazioni superficiali devono essere progettate per rimanere in campo elastico"
- Si parla esplicitamente di zone dissipative (cerniere plastiche) nei pali

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - fondazioni

Paragrafo 7.2.6

- La domanda sismica può essere valutata considerando gli effetti di interazione terreno-struttura, ma:
"la risultante globale di taglio e sforzo normale trasmessa all'estradosso della fondazione della costruzione deve essere almeno pari al 70 % di quella ottenuta da identico modello strutturale con vincoli fissi all'estradosso della fondazione e con input sismico corrispondente allo spettro di risposta per sottosuolo tipo A"

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali - fondazioni

Osservazioni:

- Si abbandona in alcuni casi la pluralità di approcci
- Si limita la possibilità di sfruttare l'interazione terreno-struttura per ridurre le azioni sismiche sulla struttura

Costruzioni esistenti

Analisi e verifica, paragrafo 7.3

Analisi statica non lineare:

- Vengono eliminate le limitazioni all'uso dell'analisi statica non lineare, prima presenti
- Non sono più precisati gli scopi e i casi in cui si utilizza

È un ulteriore passo verso la diffusione di tale analisi, sicuramente molto importante, in particolare nella verifica di strutture esistenti

Costruzioni esistenti

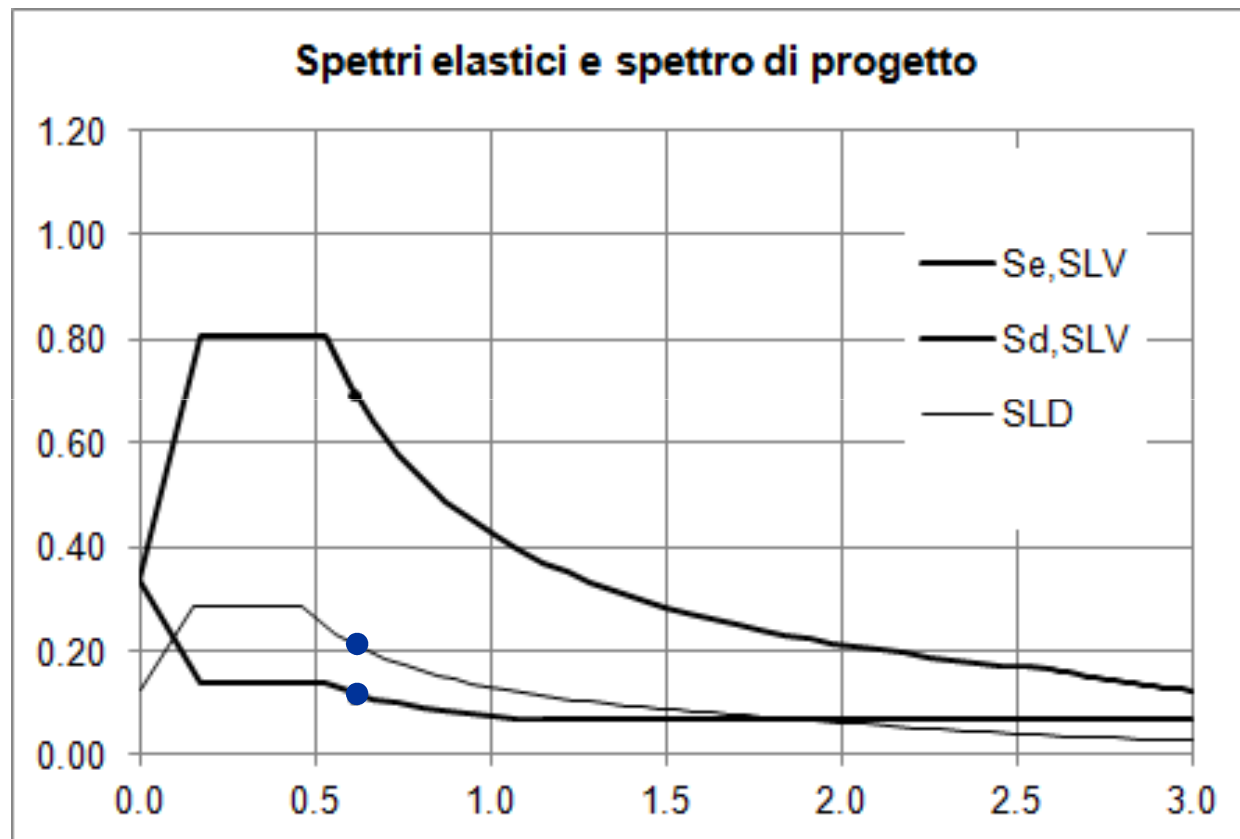
capitolo 8

- Lungo dibattito:
agli edifici esistenti deve essere richiesto lo stesso grado di sicurezza previsto per le nuove costruzioni?
- Proposta (rientrata):
ridurre la vita nominale degli edifici esistenti
- Introduzione di un coefficiente ζ_E , definito come "il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione"

Aspetti che mi fanno riflettere
(e modificare?) la mia impostazione
progettuale

Considerazioni sugli spettri

- Se si usano fattori di struttura alti, lo spettro di risposta elastico per SLD può avere ordinate maggiori rispetto allo spettro di progetto per SLV



Considerazioni sugli spettri

- Se si usano fattori di struttura alti, lo spettro di risposta elastico per SLD può avere ordinate maggiori rispetto allo spettro di progetto per SLV
- Questo implica che già per lo SLD vi siano danni strutturali ...
... ma un danno strutturale modesto si può ritenere accettabile (un fattore $q = 1.5$ non lo si nega a nessuno)

Considerazioni sugli spettri

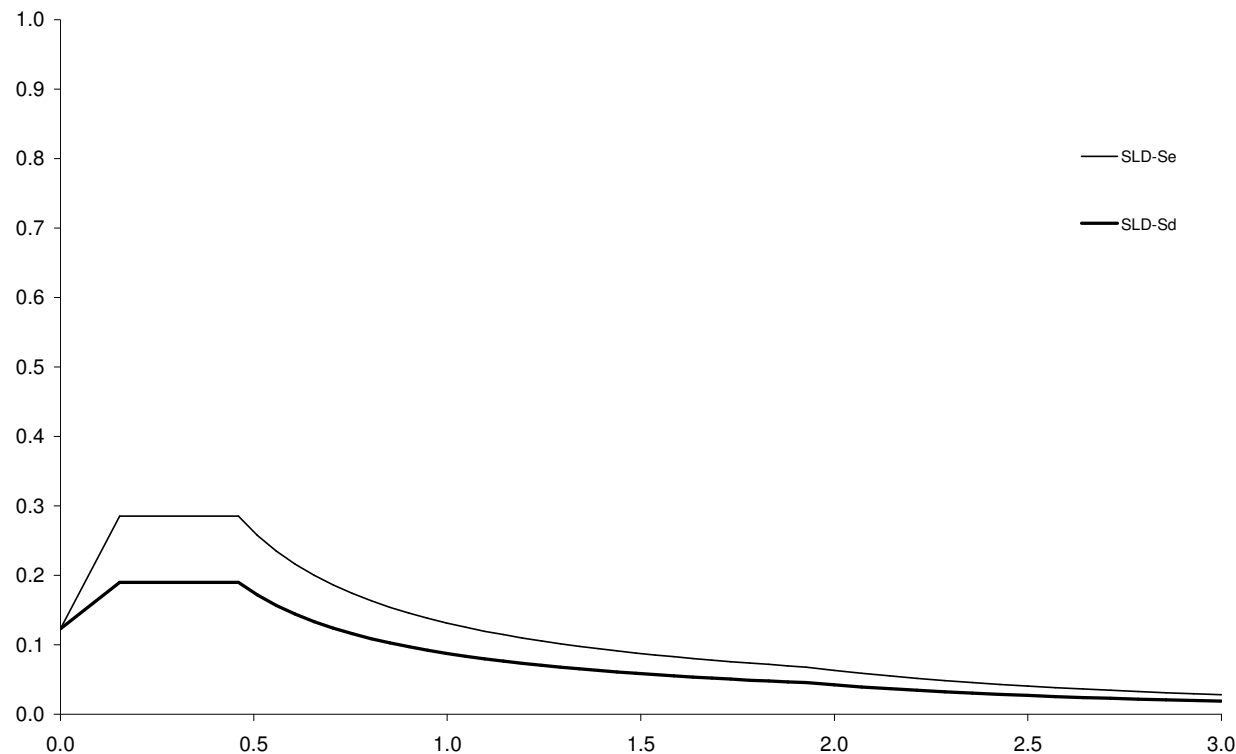
Paragrafo 3.2.3.5 e 7.3

- Viene inserito un fattore di struttura anche per lo stato limite di danno SLD
 $q \leq 1.5$

Questa modifica si basa sulla considerazione che per terremoti corrispondenti ad un periodo di ritorno di 50 anni si riscontrano danni strutturali e non strutturali, anche se non troppo rilevanti. Si assume quindi che il danneggiamento strutturale possa corrispondere a $q \leq 1.5$

Considerazioni sugli spettri

- Viene inserito un fattore di struttura anche per lo stato limite di danno SLD
 $q \leq 1.5$



Considerazioni sugli spettri

fattore di struttura per SLV

- Viene indicato di scegliere valori del fattore di comportamento q tali che sia $S_{d(SLV)} \geq S_{d(SLD)}$

Spettro di risposta di progetto per gli stati limite di danno (SLD), di Salvaguardia della vita (SLV) e di prevenzione del collasso ... le ordinate ridotte ... con $1/q$

Nuove NTC, punto 3.2.3.5

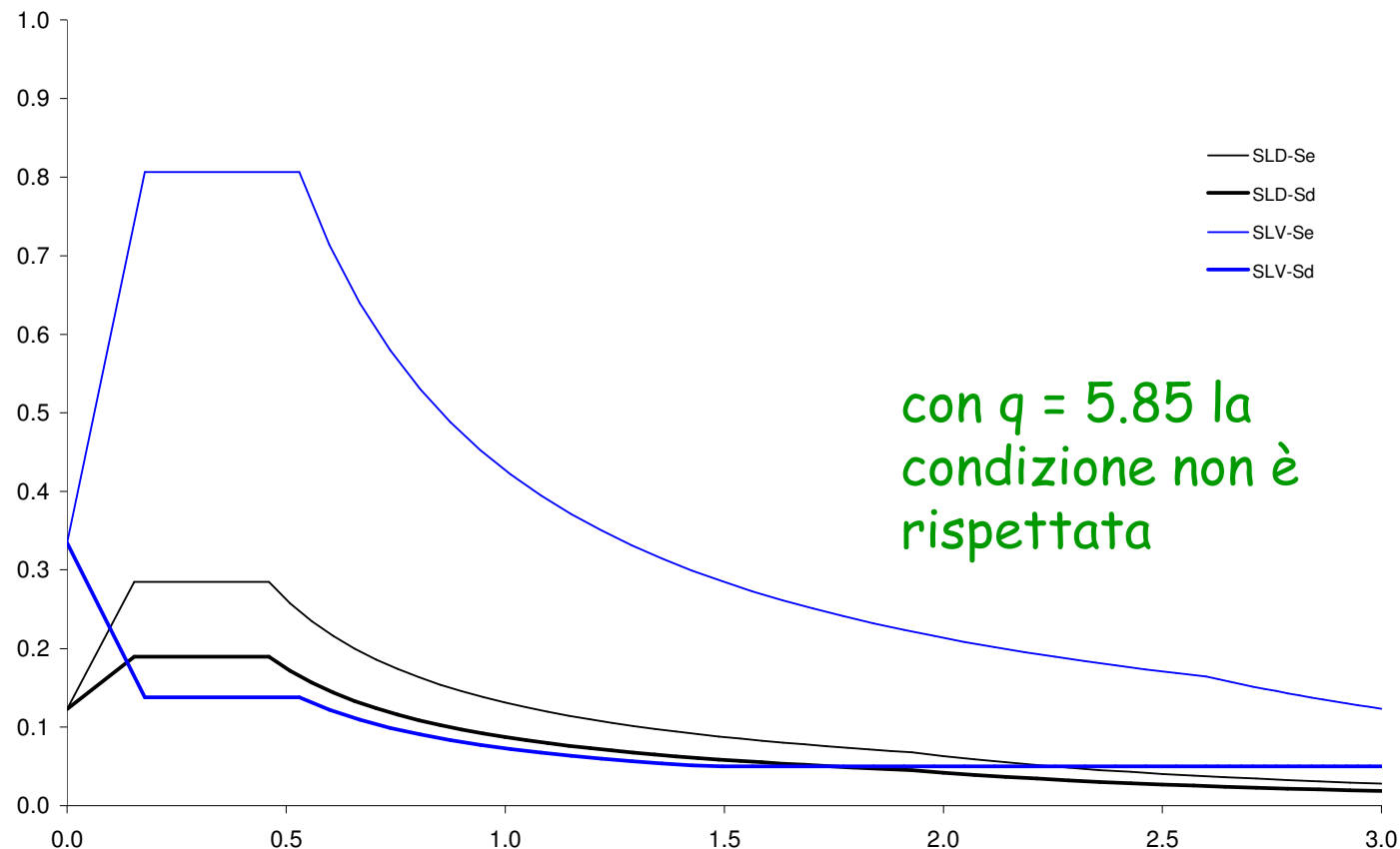
Qualora la domanda di resistenza allo SLV risulti inferiore a quella allo SLD, si può scegliere di progettare la capacità di resistenza sulla base della domanda allo SLD invece che allo SLV. In tal caso il fattore di comportamento allo SLV deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo SLV siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo SLD

Nuove NTC, punto 7.3.1

Considerazioni sugli spettri

fattore di struttura per SLV

- Viene suggerito (... si può ...) di scegliere valori del fattore di comportamento q tali che sia $S_{d(SLV)} \geq S_{d(SLD)}$



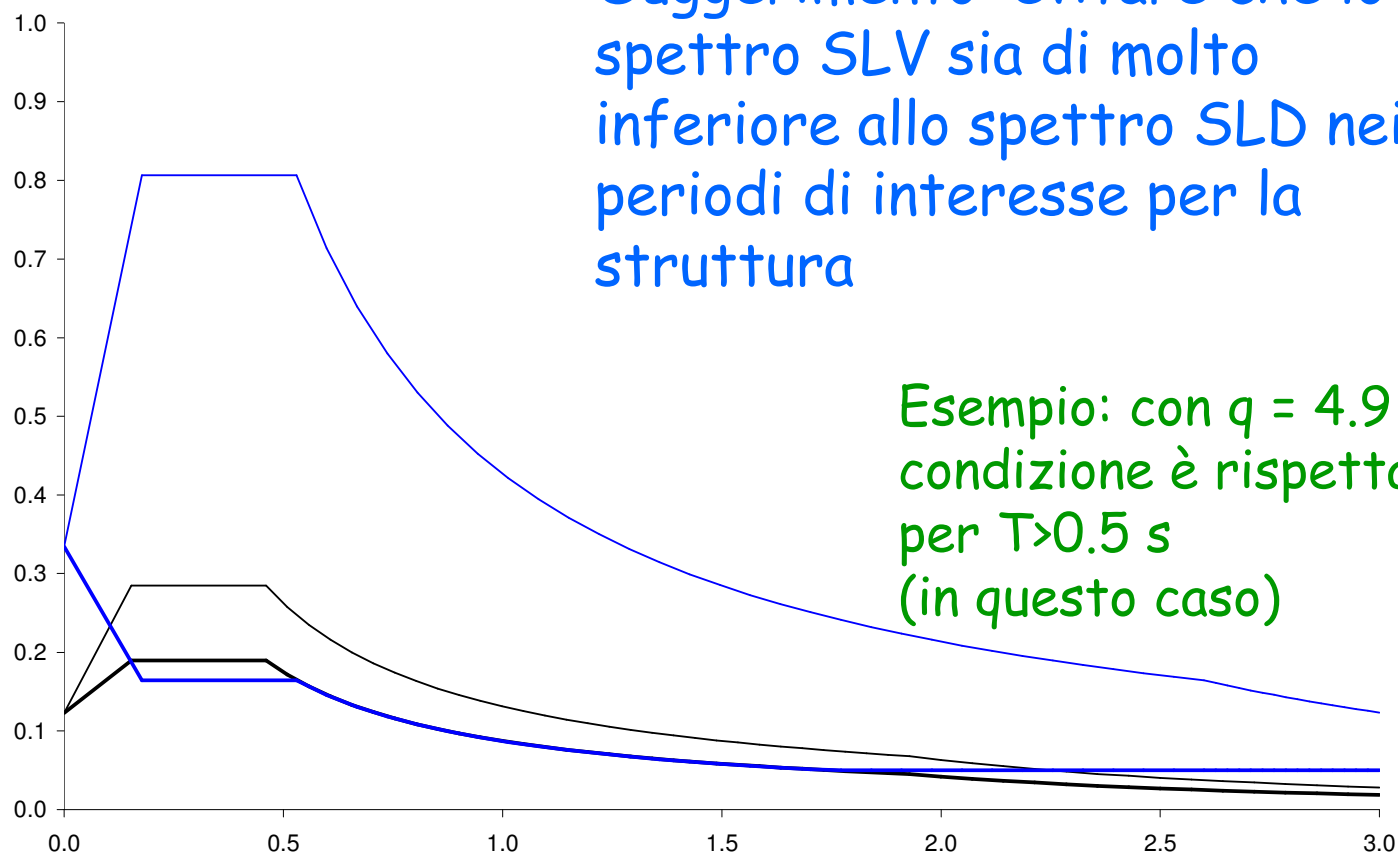
Considerazioni sugli spettri

fattore di struttura per SLV

- Viene indicato di scegliere valori del fattore di comportamento q tali che sia $S_{d(SLV)} \geq S_{d(SLD)}$

Suggerimento: evitare che lo spettro SLV sia di molto inferiore allo spettro SLD nei periodi di interesse per la struttura

Esempio: con $q = 4.9$ la condizione è rispettata per $T > 0.5$ s (in questo caso)



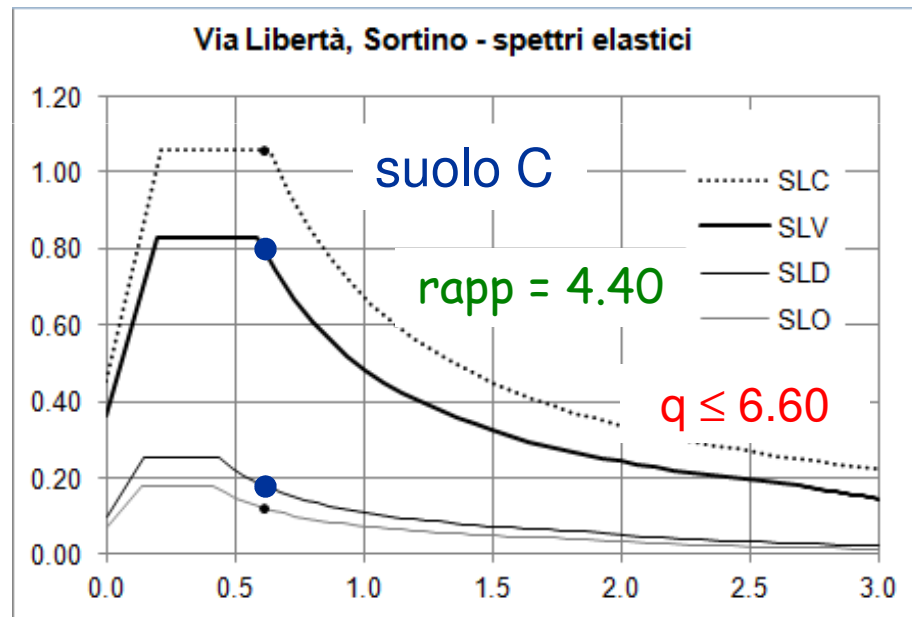
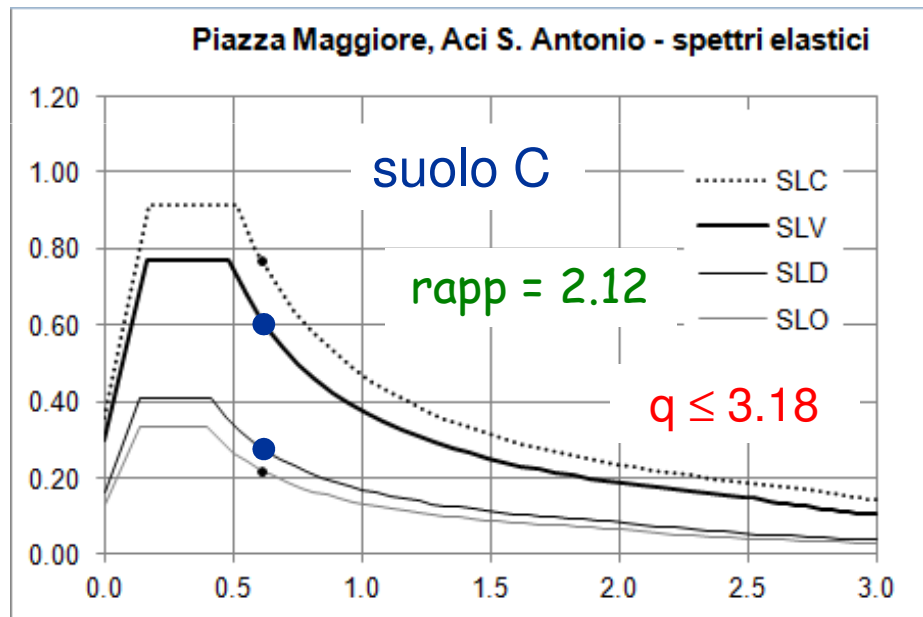
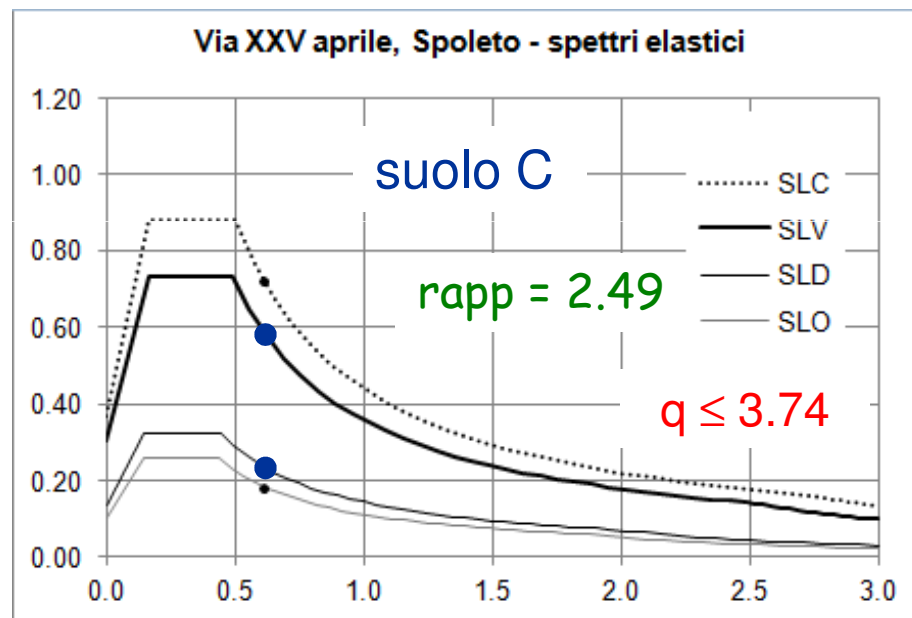
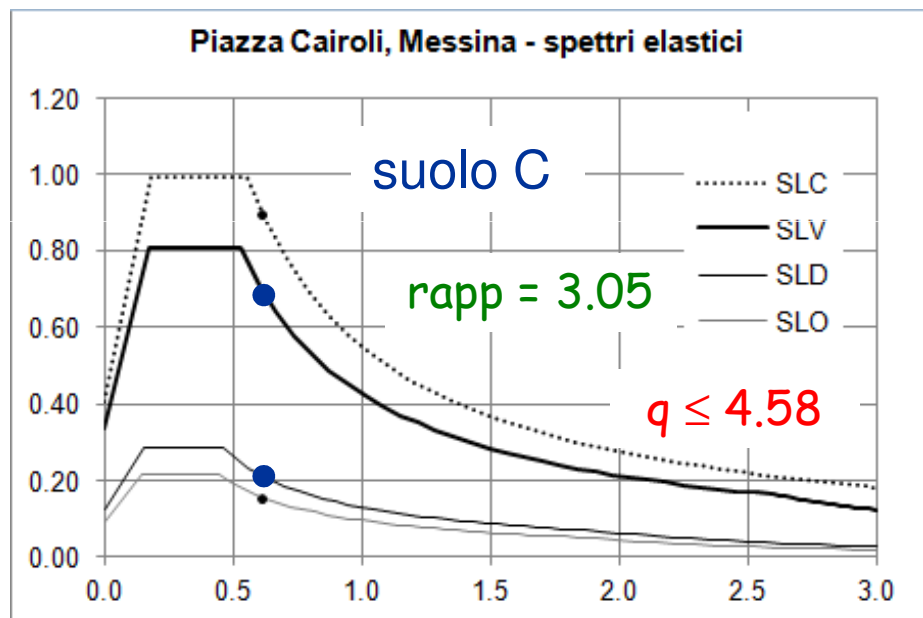
Considerazioni sugli spettri

fattore di struttura per SLV

Il rapporto tra le ordinate spettrali di SLV e SLD

- In una impostazione tradizionale (usata da EC8) è costante e pari a 2.5
- Nell'impostazione della normativa italiana, varia da sito a sito
- È opportuno calcolare il rapporto tra le ordinate spettrali di SLV e SLD nel proprio sito (per il periodo fondamentale della struttura), per valutare quale valore massimo di q adottare

Confronto tra spettri al variare del sito



Considerazioni sugli spettri

fattore di struttura per SLV

Se il fattore di comportamento q è tale che non sia

$$S_{d(SLV)} \geq S_{d(SLD)}$$

- Il terremoto relativo a SLD può provocare un danneggiamento strutturale maggiore di quanto solitamente accettato
- Inoltre il costo di riparazione (usato nella definizione di classe di rischio sismico) dovrebbe essere aumentato

È opportuno, anche se non obbligatorio, tener conto di questo nella scelta del fattore di comportamento

Preferisco dire che progettiamo allo SLV per un periodo di ritorno maggiore, non per un q minore

Gerarchia delle resistenze

In particolare:

- I pilastri devono essere più resistenti delle travi

$$\sum M_{c,Rd} \geq \gamma_{Rd} \cdot \sum M_{b,Rd}$$

- NTC08 impone

$$\gamma_{Rd} = 1.3 \text{ per CD "A"} \quad \gamma_{Rd} = 1.1 \text{ per CD "B"}$$

- Nuova versione NTC impone

$$\gamma_{Rd} = 1.3 \text{ per CD "A"} \quad \gamma_{Rd} = 1.3 \text{ per CD "B"}$$



aumentano le sollecitazioni
di calcolo per i pilastri

Gerarchia delle resistenze

In particolare:

- Il nodo deve essere progettato in maniera tale da evitare una sua rottura anticipata rispetto alle zone delle travi e dei pilastri in esso concorrenti

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{S1} + A_{S2}) \cdot f_{yd} - V_C \quad \text{per nodi interni}$$

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{S1} \cdot f_{yd} - V_C \quad \text{per nodi esterni}$$

- NTC08 impone
verifica solo per CD "A"
- Nuova versione NTC impone
verifica sia per CD "A" che per CD "B"

Gerarchia delle resistenze

- Queste modifiche rendono più costoso progettare strutture di classe di duttilità "B"