

Corso di aggiornamento professionale

**Valutazione della vulnerabilità sismica
di edifici esistenti in c.a.**

Parma

27-28 maggio 2016

Aurelio Ghersi

01 - Normativa: cosa cambia?

Evoluzione della normativa

alla fine del XX secolo e all'inizio del XXI

Normativa italiana

- Decreti Ministeriali
Fondati sulle leggi
1086/71 e 64/74 (poi
unificate nel Testo Unico
per l'Edilizia DPR 380/01)



- Norme sintetiche
(poche decine di pagine)
- Intese come prescrittive,
cogenti (cioè da applicare
nei singoli dettagli)

Normativa europea

- Eurocodici
Anni '90 come ENV, norme
europee provvisorie
Dopo il 2000 come EN,
norme europee



- Norme molto ampie
(molte centinaia di pagine)
- Intese come prestazionali
(distinzione tra principi e
regole applicative)

Evoluzione della normativa

alla fine del XX secolo e all'inizio del XXI

Normativa italiana, inizio XXI secolo

- 2003 - OPCM 3274 e successive
Riprendono sostanzialmente gli Eurocodici
- 2005 e poi 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
Ribadiscono la concordanza con gli Eurocodici



- È oggetto di lunghi dibattiti il termine "norme prestazionali" ...
... ma in sostanza non ha senso applicarle se non accettando la distinzione tra principi e regole applicative

Principi e regole applicative

La distinzione tra

- Principi
obiettivi da raggiungere, obbligatori
 - Regole applicative
come farlo, consigli autorevoli ma non obbligatori
- è alla base della normativa europea e deve esserlo
anche per la normativa italiana

I principi non cambiano

Le regole applicative si modificano
(perché le conoscenze scientifiche evolvono)

Principi e regole applicative

I principi non cambiano

Le regole applicative si modificano
(perché le conoscenze scientifiche evolvono)



Si noti che anche in passato esistevano

- Le norme, molto sintetiche
- I criteri di buona progettazione, non scritti nella normativa, ma fondamentali per realizzare una buona opera

Normativa: cosa cambia?

Novembre 2014:

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici approva le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

Modifiche:

- Nuova terminologia
- Nuova organizzazione del testo di alcuni capitoli
- Modifiche di regole applicative, sparse nel testo

... ma i principi (cioè la sostanza) non cambiano

Nuova terminologia

- q , fattore di struttura → fattore di comportamento
- criterio di gerarchia delle resistenze
→ progettazione in capacità
- classe di duttilità B (bassa duttilità)
→ classe di duttilità B (media duttilità)
- zone critiche → zone dissipative

Nuova organizzazione del testo

- Informazioni riunite in tabelle che prima non esistevano
- Informazioni spostate in altri punti

Razionalizzazione del testo, ma richiede un po' di studio per abituarsi e ritrovare le informazioni

Rende meno facile il confronto con la versione precedente

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

paragrafo 3.2 e 7.3

Spettri di risposta e spettri di progetto

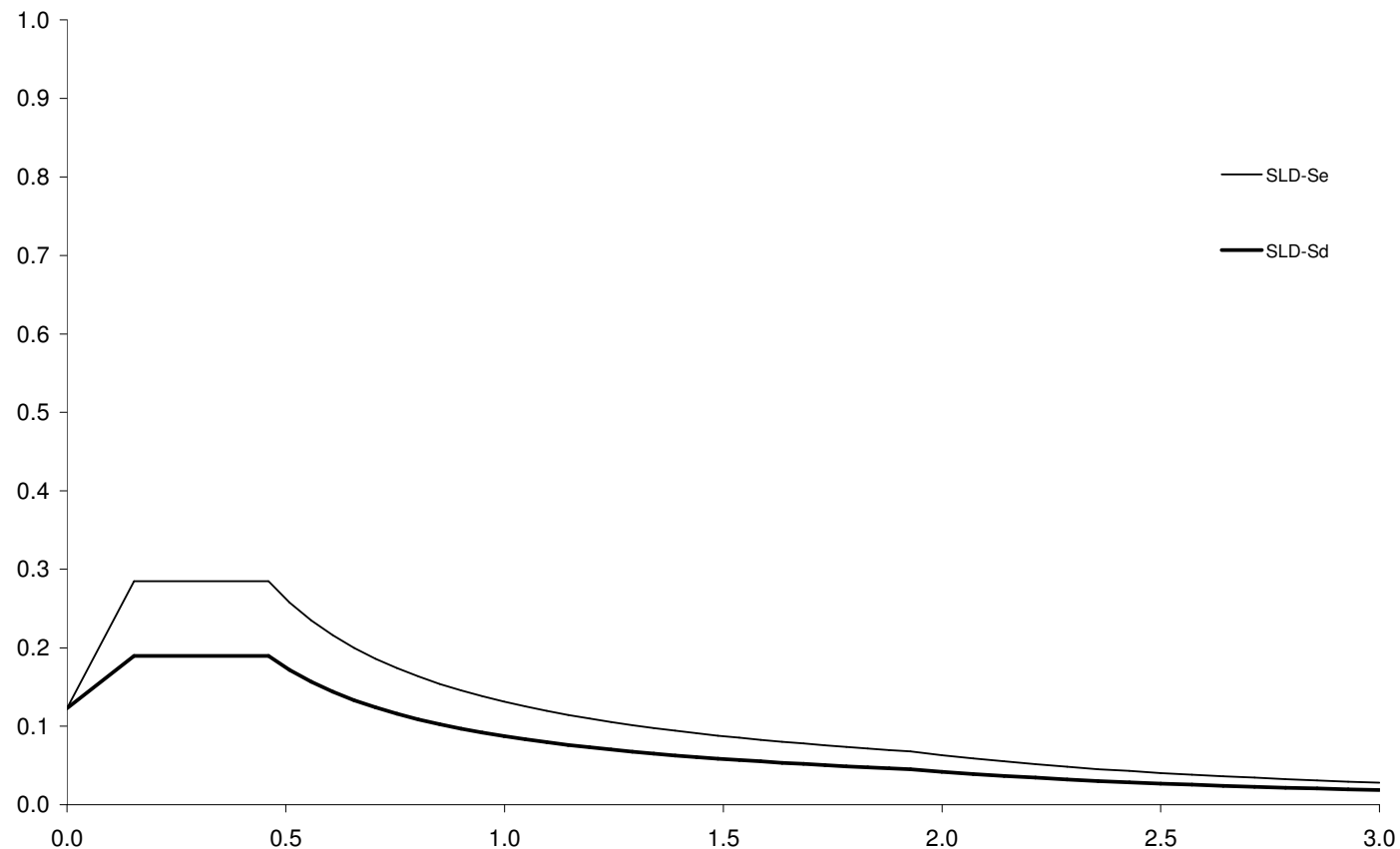
- Viene inserito un fattore di struttura anche per lo stato limite di danno SLD
 $q \leq 1.5$

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 $q \leq 1.5$

Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

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



Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

- 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 $1/q$

NTC 2014, 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

NTC 2014, punto 7.3.1

Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

- 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 (SLV) e di Sicurezza (SLC) ... le ordinate relative al

Qualora ... si può ...

Ma allora si deve o si può ... ?

3.2.3.5

Qualora la domanda di resistenza sia superiore a quella allo SLD, si può scegliere 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

NTC 2014, punto 7.3.1

Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

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

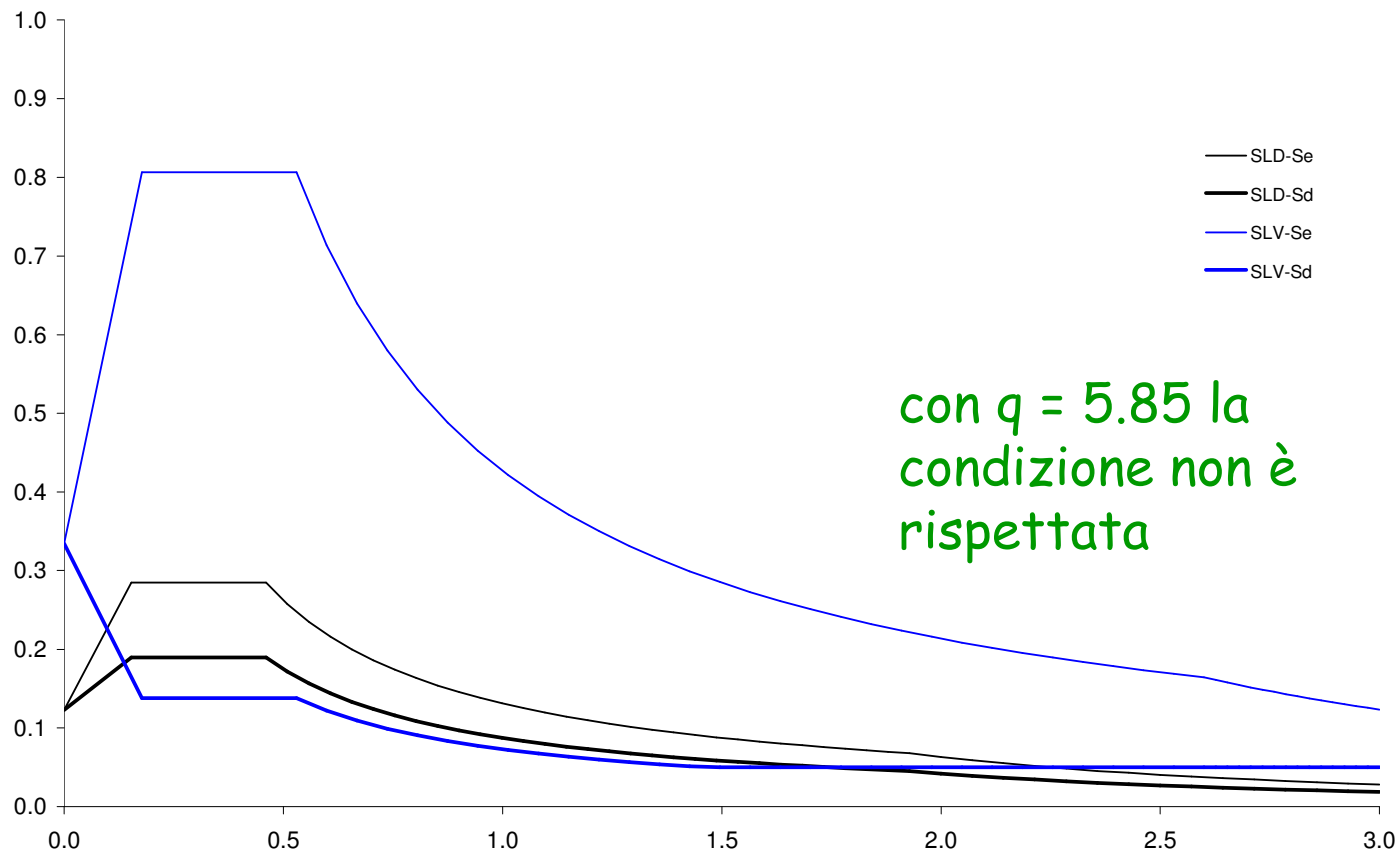
Questa modifica ha un senso, perché usare un fattore di comportamento tanto alto da avere ordinate dello spettro di progetto SLV maggiori di quelle di SLD vuol dire che per il terremoto relativo a SLD si ha un danneggiamento maggiore di quanto solitamente accettato

Ma questa prescrizione, se obbligatoria, impedirebbe quasi sempre di usare i fattori di comportamento tipici della classe di duttilità alta

Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

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



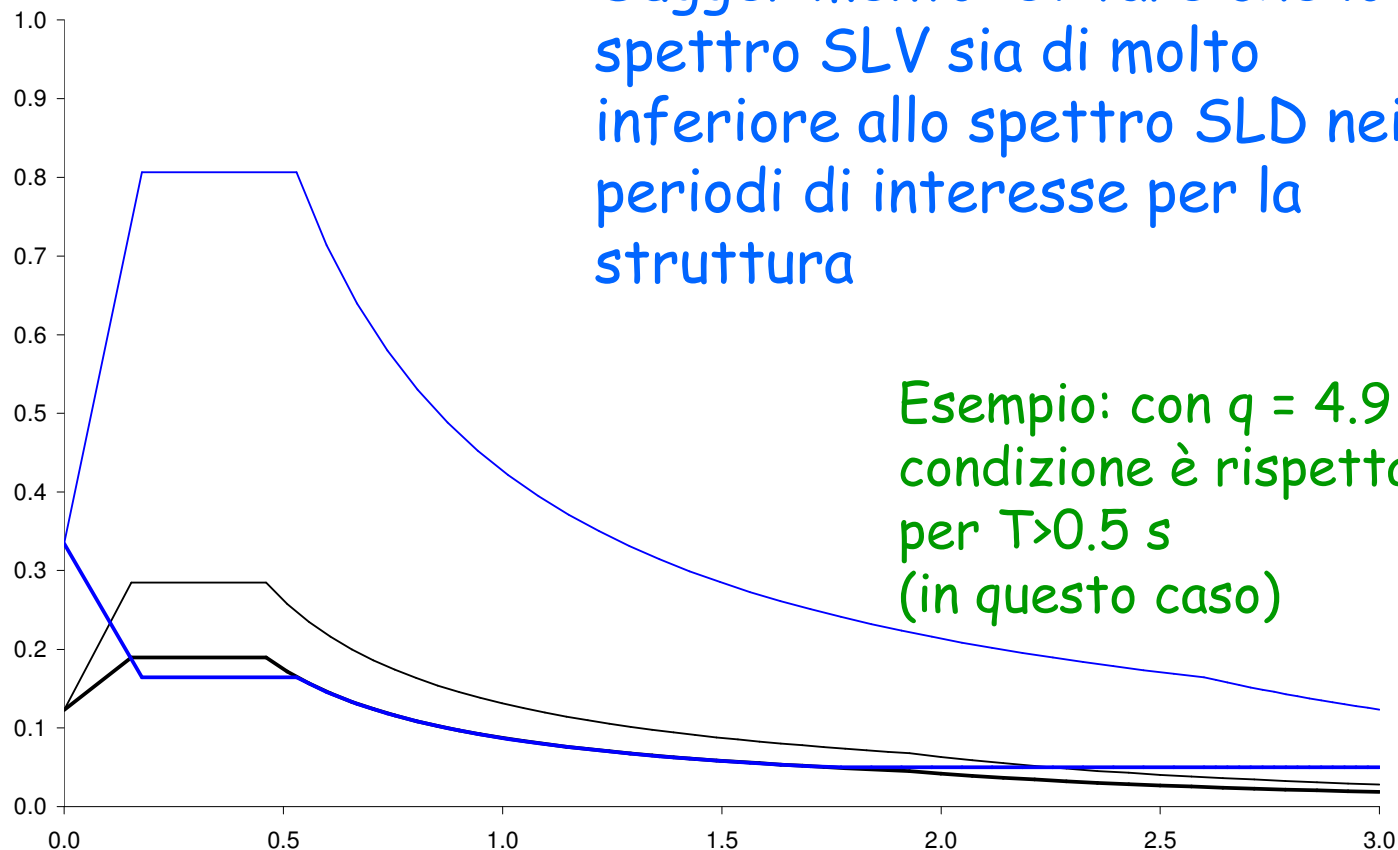
Azione sismica

paragrafo 3.2 e 7.3

- 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)



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

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali, 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, paragrafo 7.2

- Piccole modifiche alla definizione di regolarità in pianta e in altezza (che però rimane - a mio parere - priva di significato)
- Chiarimento relativo alla presenza di una struttura scatolare rigida alla base dell'edificio (i controlli sulla regolarità possono essere riferiti alla sola struttura sovrastante)
- Distinzione tra comportamento strutturale dissipativo e non dissipativo (quest'ultimo è ora esplicitamente ammesso nella progettazione)

Progettazione per azioni sismiche

Criteri generali, paragrafo 7.2

Fondazioni:

- 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
- Limiti alla riduzione di accelerazione dovuta all'interazione terreno-struttura

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)	$4,5 \alpha_v / \alpha_1$	$3,0 \alpha_v / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_v / \alpha_1$	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

- Valori di q per strutture non dissipative

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

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

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

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

Costruzioni di calcestruzzo

paragrafo 7.4

Minime variazioni:

- 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)

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"