

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale sulla base delle
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

Progetto e verifica di edifici antisismici in c.a.

1 - Novità della norma sismica

Spoletto
10-12 dicembre 2009
Aurelio Ghersi

Obiettivi del corso di aggiornamento

- Capire che cosa cambia veramente con le nuove norme e cosa invece è solo un aggiustamento formale
- Mostrare con esempi concreti in che modo si procede nella progettazione strutturale
- Riagganciare il "nuovo" modo di procedere con quanto si faceva in passato, mostrando che non ci sono poi tante differenze
- Rassicurare i progettisti strutturali: chi sapeva operare prima è in grado di farlo anche ora

**Nuove norme sismiche:
cosa cambia?**

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (1)

Ieri: Norme molto carenti,
non sufficientemente sicure

Oggi: Norme molto più dettagliate Apparenza
e precise

Ieri: Alle norme si affiancavano
principi di buona progettazione
che le rendevano più efficaci Sostanza

Oggi: La complessità delle norme può
portare a errori che annullano
la loro maggior precisione

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (2)

Ieri: DM 16/1/96, 30 pagine

Oggi: centinaia, anzi migliaia di Apparenza
pagine

Norme di riferimento - generalità

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC08)
D.M. 14/1/08
Circolare 2/2/09
 - Capitolo 1: Oggetto
 - Capitolo 2: Sicurezza e prestazioni attese
 - Capitolo 3: Azioni sulle costruzioni
- EN 1990: Criteri generali di progettazione strutturale
- EN 1991 (Eurocodice 1): Azioni sulle strutture

Norme di riferimento - cemento armato

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC08)
D.M. 14/1/08
Circolare 2/2/09
 - Capitolo 4, par. 1: Costruzioni di calcestruzzo
 - Capitolo 11: Materiali e prodotti per uso strutturale
- EN 1992 (Eurocodice 2), parte 1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Regole generali e regole per gli edifici

Norme di riferimento - sismica

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC08)
D.M. 14/1/08
Circolare 2/2/09
 - Capitolo 3, par. 2: Azione sismica
 - Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche
 - Capitolo 10: Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo
- O.P.C.M. 3431, Allegato 2: Edifici
- EN 1998 (Eurocodice 8), parte 1: Regole generali, azione sismica e regole per edifici

Norma sismica: cosa cambia? Apparenza e sostanza (2)

Ieri: DM 16/1/96, 30 pagine

Oggi: in NTC08, 115 pagine; Apparenza
OPCM 3431, 140 pagine;
EC8 parte 1, 190 pagine

Oggi: Principi Sostanza
- obiettivi da raggiungere,
obbligatori

Regole applicative
- come farlo, consigli
autorevoli ma non obbligatori

Principi e regole applicative Un cambio radicale di mentalità

Ieri: normativa cogente, prescrittiva
- tutte regole da applicare

Oggi: impostazione prestazionale
- è obbligatorio raggiungere gli obiettivi, cioè seguire i principi
- per farlo, si possono seguire regole applicative diverse da quelle indicate nella normativa (ma nella relazione bisogna spiegarlo)

Principi e regole applicative Come distinguerli?

1. Fare riferimento agli Eurocodici (lì la distinzione è chiara)
2. Confrontare le diverse versioni delle norme, dal 2003 a oggi (quello che di volta in volta è cambiato è sicuramente una regola applicativa)
3. Fare riferimento a indicazioni autorevoli (libri, articoli scientifici)
4. Affidarsi al proprio buon senso

Principi e regole applicative La normativa è perfetta?

- Nel testo della normativa ci sono alcuni errori facilmente individuabili (ad esempio riferimenti incrociati chiaramente sbagliati)
- Nel testo della normativa ci sono punti ambigui che potrebbero portare ad interpretazioni sbagliate
- Nel testo della normativa ci sono regole applicative discutibili (e mancano richiami bibliografici per chiarirle)

Ma tutto questo riguarda le regole applicative, non i principi generali

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (3)

Ieri: metodo delle tensioni ammissibili (TA)

Oggi: metodo degli stati limite (SLU) Apparenza

Oggi: La verifica SLU è più facile di quella TA e fornisce risultati non molto diversi Sostanza

La vera differenza è nel diverso peso relativo di carichi verticali ed azione sismica

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (4)

Ieri: poche condizioni di carico $q \pm F$

Oggi: numero enorme di condizioni di carico Apparenza

Oggi: Per una struttura ben concepita l'incremento di sollecitazioni è modesto Sostanza

L'esame dei risultati dei singoli schemi base fornisce indicazioni utili

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (5)

Ieri: indicazioni quasi nulle sui dettagli costruttivi

Oggi: indicazioni gravose (per tutti gli elementi?) Apparenza

Oggi: Elementi principali Sostanza

- essenziali per il sisma
- per questi occorrono accorgimenti particolari

Elementi secondari

- irrilevanti per il sisma
- non occorrono accorgimenti

Elementi principali e secondari

Pensiamo a ciò che serve veramente

- Individuare quali elementi sono principali, cioè servono realmente a portare l'azione sismica

Come dimostrare che alcuni elementi sono secondari?

- se necessario, ripetere il calcolo senza questi elementi; confrontare i risultati (gli elementi sono secondari se sostanzialmente non cambia niente)

- Applicare con rigore i criteri antisismici (gerarchia delle resistenze, minimi di armature, ecc.) solo agli elementi principali
 - per quelli secondari, applicarli in maniera blanda

Norma sismica: cosa cambia?

Apparenza e sostanza (6)

Ieri: calcolo abbastanza semplice, alla portata di tutti

Oggi: calcolo troppo complesso, impossibile senza un programma di calcolo Apparenza

Oggi: Il programma di calcolo è essenziale oggi come ieri Sostanza

Il capitolo 10 della norma richiede espressamente "semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali"

Stati limite: concetti e definizioni base

Richiami di concetti esposti nel primo modulo (Progetto e verifica di elementi strutturali in c.a.)

Stati limiti e tensioni ammissibili

Tensioni ammissibili

- Si applica un coefficiente di sicurezza alle resistenze

- Si usa un legame σ - ϵ lineare

- L'analisi strutturale è lineare

Stato limite ultimo

- Si applica un coefficiente di sicurezza sia i carichi che alle resistenze quindi carichi maggiori ma anche resistenze maggiori

- Si usa un legame σ - ϵ non lineare ma questo non comporta complicazioni operative

- Si può usare anche una analisi strutturale non lineare ma in pratica si usa sempre un'analisi lineare

Definizioni: resistenze

- Valore caratteristico della resistenza: corrisponde al frattile 5%, cioè nel 5% dei casi si può avere una resistenza minore
È il valore cui si è sempre fatto riferimento, anche per le tensioni ammissibili (es. R_{ck})

- Valore di calcolo della resistenza: corrisponde a un frattile più piccolo, quindi i casi in cui la resistenza è minore sono ancora meno
Il valore di calcolo si ottiene dividendo il valore caratteristico per un coefficiente di sicurezza

Esempio - cls C25/30
acc B450C

$f_{cd} = 14.1 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = 391 \text{ MPa}$

$\bar{\sigma}_c = 9.75 \text{ MPa}$
 $\bar{\sigma}_s = 255 \text{ MPa}$

Definizioni: carichi

- Valore caratteristico del carico: corrisponde al frattile 95%, cioè nel 95% dei casi si avrà un carico minore (e solo nel 5% maggiore)
È il valore cui si è sempre fatto riferimento, anche per le tensioni ammissibili

- Valore di calcolo del carico: corrisponde a un frattile più alto, quindi i casi in cui il carico è maggiore sono ancora meno

Il valore di calcolo si ottiene moltiplicando il valore caratteristico per un coefficiente di sicurezza

Esempio $g_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$ $g_d = 3.0 \text{ kN/m}^2$

Definizioni: carichi variabili

- Valore caratteristico: frattile 95% del carico massimo che si ha durante il periodo di riferimento (ad esempio 50 anni)
viene superato solo nel 5% degli edifici
- Valore frequente: viene superato solo nel 5% del tempo, durante il periodo di riferimento
- Valore quasi permanente: è il valore medio durante il periodo di riferimento
viene superato nel 50% del tempo