

Corsi di aggiornamento
**Progettazione strutturale e
 Norme Tecniche per le Costruzioni 2008**

Villa Redenta, Spoleto
 febbraio - giugno 2012

Organizzati da Aurelio Ghersi

Con il patrocinio di:
 Comune di Spoleto
 Ordine degli ingegneri della provincia di Perugia
 Ordini degli ingegneri delle province di Ancona, Catania,
 Lecce, Messina, Oristano, Parma, Rimini, Siracusa, Viterbo
 ATE, Associazione Tecnologi dell'Edilizia, Milano

Corso di aggiornamento

**Progettazione strutturale
 di fondazioni e opere di sostegno**

1 - Problematiche generali

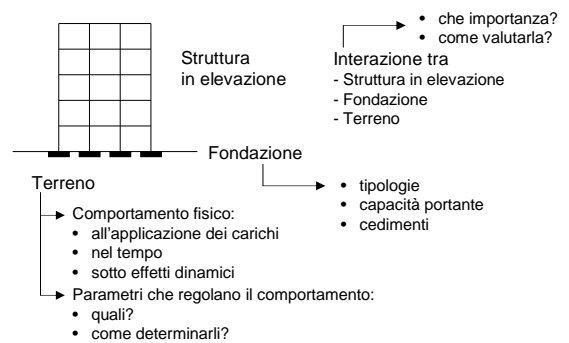
Spoleto
 19-20 aprile 2012

Aurelio Ghersi

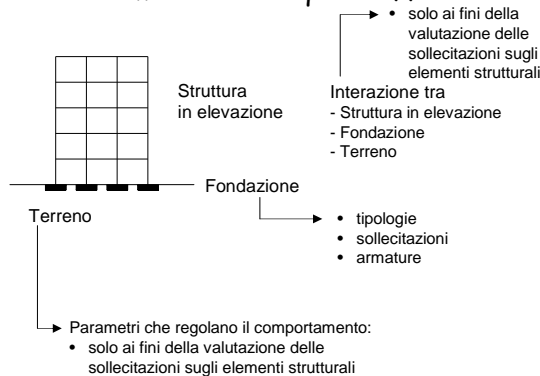
Obiettivi del corso

- Viene data per scontata la conoscenza delle problematiche geotecniche (già discusse nel corso del'8-10 marzo)
- Si approfondiscono gli aspetti strutturali relativi agli elementi di fondazione e ai muri di sostegno
 - Azioni di calcolo (da carichi verticali e da sisma)
 - Modellazione degli elementi strutturali e scelta degli eventuali parametri geotecnici necessari per calcolare le sollecitazioni
 - Dimensionamento delle sezioni e calcolo e disposizione delle armature

Alcune problematiche già discusse



Problematiche che qui si affronta



**Incertezze
 e approcci per la sicurezza**

Verifiche da effettuare

- Stato limite ultimo (SLU)
 - Dal punto di vista geotecnico: controllare la capacità portante della fondazione
 - Dal punto di vista strutturale: controllare la resistenza degli elementi di fondazione
- Stato limite di esercizio (SLE)
 - Dal punto di vista geotecnico: controllare i cedimenti della fondazione
 - Dal punto di vista strutturale: niente di specifico (implicito: controllo della fessurazione tramite il rispetto di minimi di armature)

Approcci per verifica SLU

Normativa:

- Approccio 1
 - Combinazione 1: $(A1+M1+R1)$
 - Combinazione 2: $(A2+M2+R2)$
- Approccio 2
 - $(A1+M1+R3)$

Nota:

A = coefficienti per azioni
M = coefficienti per materiali (calcestruzzo, acciaio, terreno)
R = coefficienti per resistenza sistema

Approcci per verifica SLU per tutti gli elementi strutturali

Normativa:

- Approccio 1
 - Combinazione 1: $(A1+M1+R1)$
 - Combinazione 2: $(A2+M2+R2)$
- Approccio 2
 - $(A1+M1+R3)$

Secondo me è proprio inutile citare questi approcci quando si parla di struttura

Per calcestruzzo e acciaio coefficienti γ_c e γ_s
Per il terreno coefficienti = 1
I coefficienti R in realtà non intervengono proprio
Quindi non sono due approcci diversi

Verifica SLU degli elementi strutturali Materiali strutturali

- Per le resistenze dei materiali strutturali:
 - valore di riferimento: valore caratteristico, corrispondente ad una resistenza al di sotto della quale si può scendere solo in casi estremamente rari (es. nel 0.1% dei casi)
 - per il calcolo: uso di coefficienti di sicurezza parziali per passare da valore caratteristico a valore di calcolo

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \quad \gamma_M \text{ coefficiente di sicurezza parziale}$$

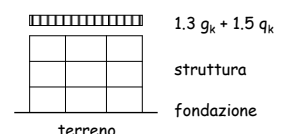
Verifica SLU degli elementi strutturali Terreno

- Come parametri del terreno:
 - non interessa la resistenza (verificata per gli aspetti geotecnici come carico limite)
 - interessano le azioni trasmesse dal terreno agli elementi strutturali
- Possibili approcci:
 - solo condizioni di equilibrio (comportamento del terreno "perfettamente plastico")
 - relazione tra carichi e cedimenti (modello elastico di Winkler, eventualmente tenendo conto in maniera approssimata della non linearità del terreno)

Verifica SLU degli elementi strutturali Carichi (in assenza di sisma)

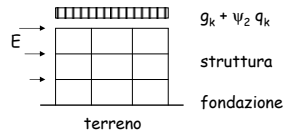
- Per i carichi verticali:
 - valore di riferimento: valore caratteristico, corrispondente ad un carico che può essere superato solo in casi estremamente rari (es. nel 0.1% dei casi, per tutta la vita della struttura)
 - da valore caratteristico a valore di calcolo:

$$F_d = \gamma_F F_k \quad \gamma_F \text{ coefficiente di sicurezza parziale}$$



Verifica SLU degli elementi strutturali Carichi (in presenza di sisma)

- Per i carichi verticali:
 - valore da considerare: valore quasi permanente, corrispondente al valore medio durante la vita della struttura
- Per il sisma:
 - valore corrispondente ad un evento con periodo di ritorno molto alto (es. $T_r=475$ anni)



Azioni sulle fondazioni in presenza di sisma

- Le azioni sulle fondazioni devono essere valutate nel rispetto della gerarchia delle resistenze

Si considera quindi agente:

- lo sforzo normale dovuto a carichi quasi permanenti più azione sismica;
- il momento resistente del pilastro associato a quel valore dello sforzo normale

Nota: come momento M non si deve prendere più di:

- γ_{Rd} per valore uscito dal calcolo ($\gamma_{Rd} = 1.1$ per CD "B", 1.3 per CD "A")
- il valore che esce dal calcolo con $q=1$

NTC 08, punto 7.2.5

Verifica delle fondazioni in presenza di sisma

- Normali verifiche allo stato limite ultimo

Nota: la normativa dice

"Le fondazioni superficiali devono essere progettate per rimanere in campo elastico. Non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile" ma questo vuol dire semplicemente che non occorrono accorgimenti particolari, a parte la normale verifica agli SLU

NTC 08, punto 7.2.5

Verifica delle fondazioni in presenza di sisma

- Occorre tener conto degli effetti che possono essere indotti da spostamenti relativi
- Non occorre calcolo specifico di tali effetti se si collegano le fondazioni con un reticolo di travi o con una piastra in grado di sopportare azioni assiali:

$$0.3 N_{sd} a_{max}/g \quad \text{per suolo tipo B}$$

$$0.4 N_{sd} a_{max}/g \quad \text{per suolo tipo C}$$

$$0.6 N_{sd} a_{max}/g \quad \text{per suolo tipo D}$$

N_{sd} = valore medio delle forze verticali sugli elementi collegati

$$a_{max} = a_g S$$

NTC 08, punto 7.2.5.1

Verifica delle fondazioni in presenza di sisma

- Possibile valutazione degli spostamenti:
 - spostamento orizzontale del terreno

$$d_g = 0.025 a_g S T_c T_b$$

- Esempio:

$$a_g = 0.250 \quad g = 2.453 \text{ m/s}^2$$

$$S = 1.339 \quad T_c = 0.53 \text{ s} \quad T_b = 2.60 \text{ s}$$

$$d_g = 0.025 \times 2.453 \times 1.339 \times 0.53 \times 2.60 = 0.113 \text{ m} = 113 \text{ mm}$$

NTC 08, punto 3.2.3.3

Verifica delle fondazioni in presenza di sisma

- Possibile valutazione degli spostamenti:
 - spostamento relativo tra punti a distanza inferiore di 20 m

$$d_{ij,max} = 1.25 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2} \quad d_{ij}(x) = \frac{d_{ij,max}}{v_s} 3.0 x \quad \text{Suolo diverso da D, terreno omogeneo}$$

- Esempio:

$$v_s = 250 \text{ m/s} \quad (\text{velocità delle onde di taglio, suolo C})$$

$$x = 5.00 \text{ m} \quad d_{gi} = d_{gj} = 113 \text{ mm}$$

$$d_{ij,max} = 200 \text{ mm} \quad d_{ij}(5.00) = 12.0 \text{ mm}$$

NTC 08, punto 3.2.5.2