

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

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

11 - Problematiche sismiche

Spoletto
17-19 febbraio 2011
Aurelio Ghersi

Modellazione

Struttura, fondazione e terreno

Effetto della deformabilità della fondazione:

- cedimenti verticali differenziali
- rotazioni al piede dei pilastri del primo ordine



variazione della rigidezza relativa dei diversi pilastri e quindi diversa distribuzione delle azioni sismiche
attenzione in particolare agli elementi molto rigidi, come le pareti, la cui rigidezza può essere vanificata dalla rotazione al piede

Struttura, fondazione e terreno

Ulteriore effetto della deformabilità del terreno:

- maggiore deformabilità complessiva



aumento del periodo proprio della struttura;
ciò comporta in genere una riduzione dell'azione sismica, ma un aumento degli spostamenti

Struttura, fondazione e terreno

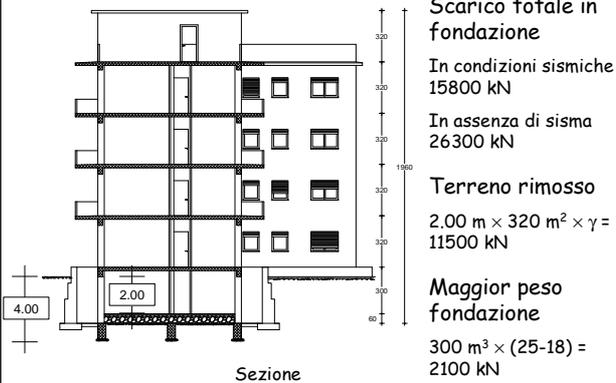
È necessario modellare insieme struttura, fondazione e terreno quando:

- La fondazione non è adeguatamente rigida (rischio di cedimenti differenziali, rotazioni al piede, ridistribuzione dell'azione sismica)
- Il terreno è molto deformabile (rischio di variazione notevole del periodo proprio)

In caso contrario (fondazione più rigida della struttura in elevazione, terreno non particolarmente deformabile), si può considerare la struttura incastrata al piede ed analizzare poi separatamente l'insieme fondazione-terreno con le azioni trasmesse dalla struttura sovrastante

Verifica di struttura e fondazioni

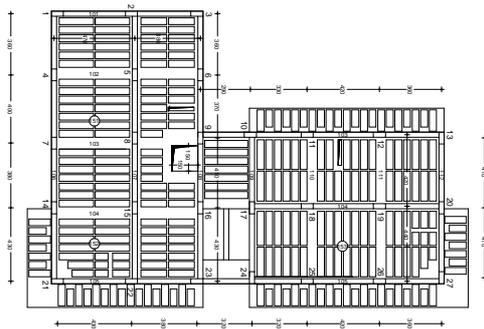
Edificio analizzato



Piano tipo



Carpenteria del piano tipo



Stima del carico limite (molto approssimata)

$$Q_{im} = N_c c' + 0.5 N_\gamma B \gamma + N_q q$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(\pi/4 + \phi'/2) = 29.44$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi' = 38.37$$

$$q = 2.00 \times 18.0 = 36 \text{ kPa}$$

se $B=1.50 \text{ m}$ (ipotizzo striscia indefinita)

$$Q_{im} = 0.5 \times 38.37 \times 1.50 \times 18.0 + 29.44 \times 36 = 518.0 + 1059.8 = 1577.8 \text{ kPa} = 1.58 \text{ MPa}$$

$$Q_{rd} = \frac{1577.8}{2.3} = 686 \text{ kPa} = 0.69 \text{ MPa}$$

Un ottimo valore. Fin troppo alto ?

Dimensionamento fondazione: area di impronta

- Area di impronta complessiva

$$A = \frac{N_{Ed}}{Q_{Rd}} = \frac{26300}{686} = 38.3 \text{ m}^2$$

- Voglio realizzare un reticolo di travi di fondazione
- La lunghezza totale delle travi è oltre 100 m: basterebbe una larghezza $B = 0.40 \text{ m}$

Io però avevo previsto una larghezza 1.50 m

Dimensionamento fondazione: sezione

- Il massimo scarico in fondazione è circa 1200 kN
- Essendo un reticolo, sulla singola trave prevedo circa 700 kN
- Il taglio massimo sarà circa $V_{Ed} = 400 \text{ kN}$
- Il taglio resistente è $V_{Rd} = \frac{0.5 f_{cd} b z \cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$

e usando $\cot \theta = 2$ posso calcolare $b z$

$$b d = \frac{1}{0.9} \frac{V_{Ed}}{0.2 f_{cd}} = \frac{400 \times 10}{0.18 \times 14.17} = 1568 \text{ cm}^2$$

Basterebbe una sezione piccola ...

... ma occorre fornire una elevata rigidezza

Verifica delle fondazioni 4 - fondazioni su pali

- Tener conto, se occorre, dell'interazione cinematica
- Disporre un'armatura longitudinale non inferiore allo 0.3% della sezione

NTC 08, punto 7.2.5

Verifica delle fondazioni 5 - spostamenti relativi

- 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:

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

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

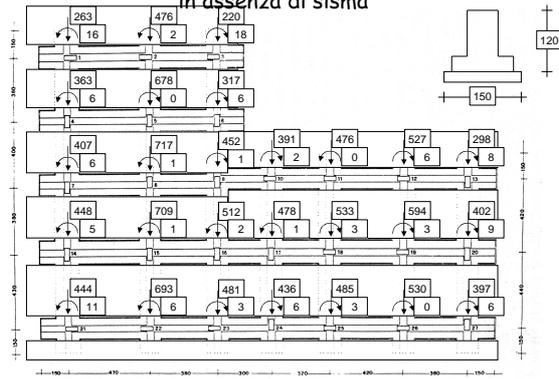
$$0.6 N_{sd} a_{max}/g \quad \text{per suolo tipo D}$$

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

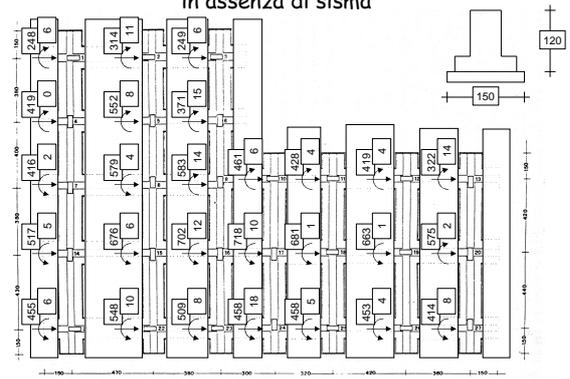
$$a_{max} = a_g S$$

NTC 08, punto 7.2.5

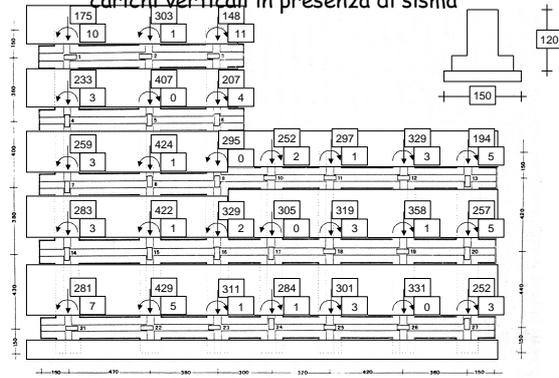
Azioni sulle travi in direzione x in assenza di sisma



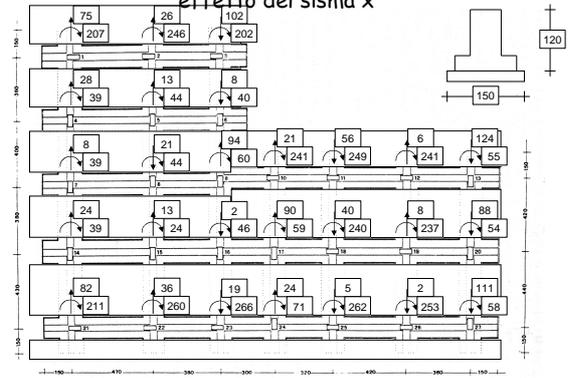
Azioni sulle travi in direzione y in assenza di sisma



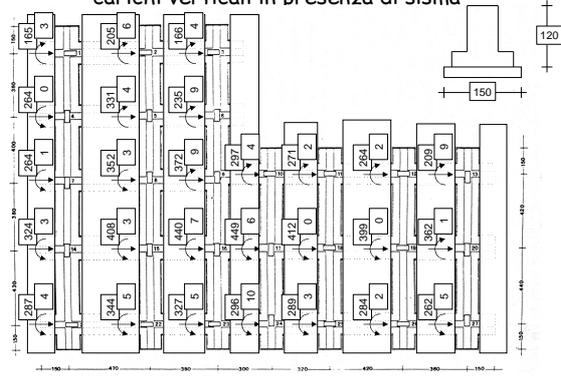
Azioni sulle travi in direzione x carichi verticali in presenza di sisma



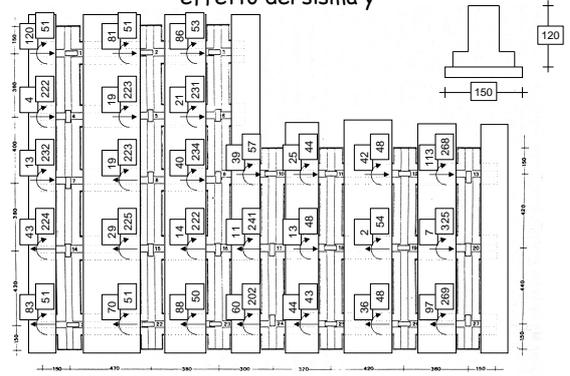
Azioni sulle travi in direzione x effetto del sisma x



Azioni sulle travi in direzione y carichi verticali in presenza di sisma



Azioni sulle travi in direzione y effetto del sisma y



Trave 14-20

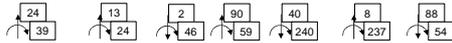
Carichi verticali, in assenza di sisma:



Carichi verticali, in presenza di sisma:



Sisma:



Trave 14-20

Carichi verticali, in assenza di sisma:



Carichi verticali più sisma:

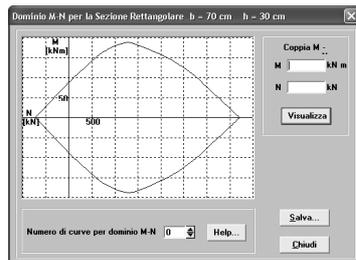


Carichi verticali meno sisma:



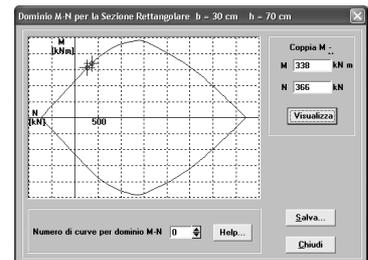
Resistenza dei pilastri

- Per i pilastri di piatto (70x30, 2Ø20+2Ø14 per lato) il momento resistente è superiore a 100 kNm
- Userò $1.3 M_{Ed}$



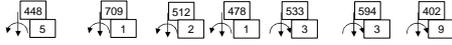
Resistenza dei pilastri

- Per i pilastri 18 e 19 (30x70, 3Ø20 per lato) il momento resistente è circa 320-340 kNm
- Userò $1.3 M_{Ed}$

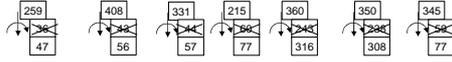


Trave 14-20

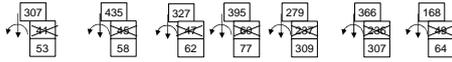
Carichi verticali, in assenza di sisma:



Carichi verticali più sisma:



Carichi verticali meno sisma:

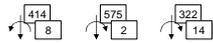


Trave 14-20

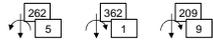
		sbalzo								sbalzo				
	L	1.50	4.70	3.80	3.00	3.20	4.20	3.60	1.50					
	pilastro		14	15	16	17	18	19	20					
	x	0.00	1.50	6.20	10.00	13.00	16.20	20.40	24.00	25.90				
no sisma	N		449.0	708.6	511.9	477.9	533.1	593.8	402.2		ZN	3670.4		
	M		-4.6	-1.3	-2.4	-1.2	2.6	3.1	9.2		ZMh	5.2		
			672.0	4393.3	5118.9	6210.8	8636.3	12114.0	9653.6		ZMl	46798.9	xG(N)	12.73
											ZM	46804.1	xG	12.73
										L'	25.47			
q+F	N		259.2	408.2	330.8	214.5	369.6	349.8	344.9		ZN	2267.1		
	M		46.9	55.7	57.1	76.7	316.0	309.1	77.0		ZMh	938.6		
			388.8	2531.1	3308.5	2788.5	5625.2	7135.4	6277.8		ZMl	30255.2	xG(N)	13.35
											ZM	31193.8	xG	13.76
										L'	23.48			
q-F	N		306.6	435.0	327.1	395.5	279.4	366.1	168.2		ZN	2277.8		
	M		-53.4	-68.2	-61.6	-77.5	-307.8	-307.1	-63.9		ZMh	-929.5		
			459.8	2686.7	3271.1	5141.3	4526.0	7467.6	4037.2		ZMl	27599.8	xG(N)	12.12
											ZM	26670.3	xG	11.71
										L'	23.42			

Trave 27-13

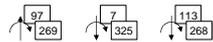
Carichi verticali, in assenza di sisma:



Carichi verticali, in presenza di sisma:

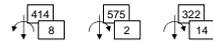


Sisma:

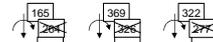


Trave 27-13

Carichi verticali, in assenza di sisma:



Carichi verticali più sisma:



Carichi verticali meno sisma:



Trave 27-13

		sbalzo							sbalzo				
	L	1.50	4.10	4.10	1.50								
	pilastro		14	16	16								
	x	0.00	1.50	5.60	9.70	11.20							
no sisma	N		413.6	574.9	322.1					ZN	1310.6		
	M		6.0	-1.9	-14.3					ZMh	8.1		
			620.4	3219.7	3124.1					ZMl	6864.2	xG(N)	5.31
											ZM	6956.1	xG
										L'	10.61		
q+F	N		165.2	369.0	321.6					ZN	855.7		
	M		-342.5	-424.3	-350.4					ZMh	-1127.6		
			247.7	2066.2	3119.6					ZMl	5433.6	xG(N)	6.35
											ZM	4306.0	xG
										L'	10.66		
q-F	N		359.3	354.3	95.9					ZN	809.4		
	M		356.2	421.5	337.5					ZMh	1115.2		
			539.0	1863.8	930.0					ZMl	3452.8	xG(N)	4.27
											ZM	4568.0	xG
										L'	11.11		