

Corso di aggiornamento
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**Problemi specifici nel progetto di strutture
antisismiche con pareti in c.a.**

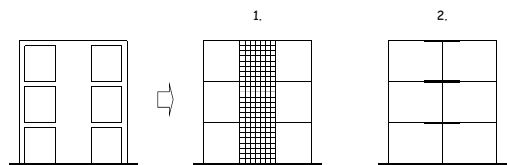
9 - Modellazione. Influenza di fondazione e terreno

Bologna
10 gennaio 2013
Edoardo M. Marino

Modellazione di pareti in c.a.

Possibili modellazioni:

1. Discretizzazione della parete con elementi finiti
2. Uso di elementi monodimensionali con tratti rigidi



**Modellazione di pareti in c.a.
con elementi finiti**

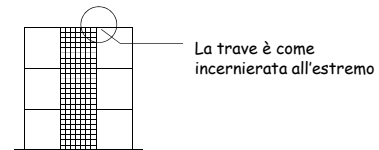
- Per cogliere il comportamento nel piano:
elementi membranali (lastra)
- Se fa parte di un sistema spaziale e si vuol cogliere
il comportamento fuori piano:
elementi flessionali (piastra)

Cosa fa il vostro programma?

**Modellazione di pareti in c.a.
con elementi finiti**

Problemi:

Drilling - i punti nodali non sono vincolati alla rotazione



I programmi usano vari artifici
per eliminare il problema

Ma quanta approssimazione c'è?

**Modellazione di pareti in c.a.
con elementi finiti**

Problemi:

- Il modello a elementi finiti fornisce uno stato
tensionale
- La normativa fornisce prescrizioni in termini di
caratteristiche di sollecitazione (M , V)

Calcolando la risultante delle tensioni
si può risalire a M e V

Ma quanta approssimazione c'è?

**Modellazione di pareti in c.a.
aste con tratti rigidi**

- Per cogliere il comportamento nel piano, il modello
fornisce valori accettabili (purché si consideri la
deformabilità a taglio dell'asta)
- Si possono usare
 - Tratti infinitamente rigidi
 - Tratti con rigidezza finita ma molto grande
- Fuori piano, la parete potrebbe comportarsi come
un'asta qualsiasi, senza tratti rigidi

Modellazione di pareti in c.a. aste con tratti rigidi

Problemi:

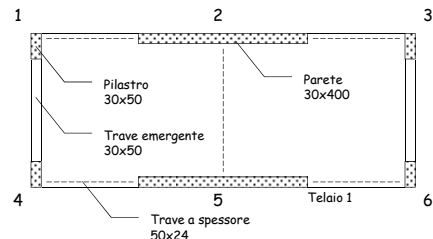
- La presenza di elementi con rigidità molto diversa può dar luogo a problemi numerici (ad esempio, squilibri nei nodi)

Il programma segnala questi problemi?

Se vi sono squilibri, quanto sono rilevanti?

Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

- 5 piani - incastro al piede



Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

1. Asta con tratti infinitamente rigidi

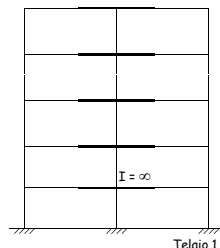


Analisi modale:

Modo 3, traslazione x

$T = 0.2016 \text{ s}$

$M^* = 70.03\%$



Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

1. Asta con tratti infinitamente rigidi

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

Analisi statica

pilastro	piano	momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sforzo normale (kN)
4	5	7.53	-5.67	4.12	5.91
4	4	3.99	-4.55	2.67	12.94
4	3	4.13	-4.44	2.68	19.35
4	2	2.92	-3.73	2.08	24.76
4	1	0.98	-1.98	0.76	28.18
5	5	42.31	-91.29	41.75	0.00
5	4	-42.44	-513.36	84.66	0.00
5	3	-269.58	-635.43	114.64	0.00
5	2	-597.63	-1038.32	135.94	0.00
5	1	-1008.41	-1542.90	148.47	0.00

SQUILIBRIO NEI NODI

pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	N (kN)
4	1	----	----	-3.27
5	1	----	----	-20.62
6	1	----	2.80	-3.27
6	2	----	-6.42	-5.16
5	2	----	----	-32.57
6	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri
(poco rilevanti)

Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

2. Asta con tratti molto rigidi (ma non infinitamente)



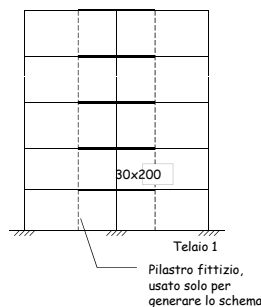
Analisi modale:

Modo 3, traslazione x

$T = 0.2019 \text{ s}$

$M^* = 70.02\%$

Quasi identici a $I = \infty$



Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

2. Asta con tratti molto rigidi (ma non infinitamente)

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

Analisi statica

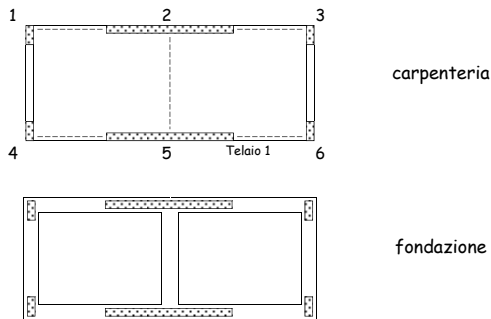
pilastro	piano	momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sforzo normale (kN)
4	5	7.47	-5.62	4.09	5.85
4	4	3.95	-4.51	2.65	12.79
4	3	4.09	-4.41	2.66	19.12
4	2	2.89	-3.71	2.06	24.46
4	1	0.86	-1.87	0.78	27.83
5	5	41.01	-92.00	41.01	0.00
5	4	-43.02	-314.09	84.71	0.00
5	3	-270.74	-637.74	114.68	0.00
5	2	-600.48	-1035.28	135.88	0.00
5	1	-1011.79	-1546.28	149.49	0.00

Era -1542.90

Piccole differenze rispetto a $I = \infty$
ma ora lo squilibrio non c'è

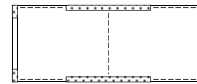
Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Stessa struttura, con fondazione

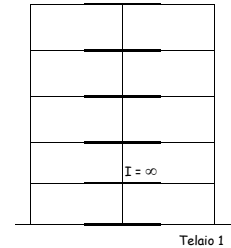


Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Asta con tratti infinitamente rigidi



Analisi modale:
Modo 2, traslazione x
 $T = 0.2790$ s
 $M^* = 77.32\%$



Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Asta con tratti infinitamente rigidi

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI FILASTRI

pilastro piano		momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sfuerzo normale (kN)
4	5	9.42	-7.08	5.16	7.40
5	4	5.07	5.68	3.36	16.25
5	3	5.55	-5.93	3.59	24.53
5	2	4.02	4.27	2.64	21.52
5	1	3.35	-7.75	3.26	37.87
5	5	52.96	-74.02	39.60	0.00
5	4	-17.54	-779.02	83.23	0.00
5	3	-221.17	-582.22	112.83	0.00
5	2	-530.55	-961.87	134.78	0.00
5	1	-920.56	-1437.07	143.48	0.00

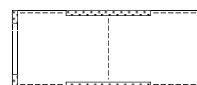
SQUILIBRIO NEI NODI

pilastro piano		Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-4.82	-5.64
5	1	----	----	-35.84
5	1	----	4.82	-5.64
4	2	----	-6.04	-7.05
5	2	----	----	-44.80
5	2	----	6.04	-7.05
5	4	----	11.36	-91.15

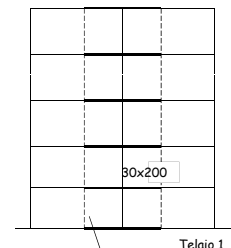
Piccoli squilibri (poco rilevanti)

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Asta con tratti rigidi (ma non infinitamente)



Analisi modale:
Modo 2, traslazione x
 $T = 0.3243$ s
 $M^* = 79.56\%$
Differenze non trascurabili



Pilastro fittizio, usato solo per generare lo schema

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Asta con tratti rigidi (ma non infinitamente)

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI FILASTRI

pilastro piano		momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sfuerzo normale (kN)
4	5	12.33	-9.14	6.74	9.65
4	4	6.73	-7.45	4.43	21.22
4	3	7.65	-7.99	4.89	32.31
4	2	6.19	-6.07	3.83	42.73
4	1	7.07	-12.21	3.35	52.22
5	5	60.54	-47.53	36.52	0.00
5	4	32.42	-227.23	81.14	0.00
5	3	-148.81	-502.63	110.22	0.00
5	2	-428.87	-853.35	132.34	0.00
5	1	-787.63	-1288.05	139.25	0.00

Era -1437.07

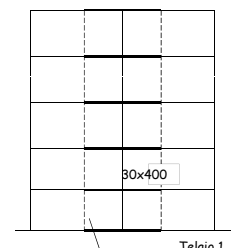
Differenze sensibili rispetto a $I = \infty$
ma ora lo squilibrio non c'è

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Asta con tratti più rigidi



Analisi modale:
Modo 2, traslazione x
 $T = 0.2858$ s
 $M^* = 77.34\%$
Le differenze ora sono molto minori



Pilastro fittizio, usato solo per generare lo schema

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

3. Asta con tratti più rigidi

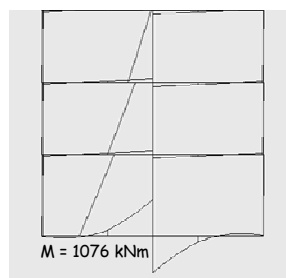
CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

pilastro piano		momento		taglio (kN)	sforzo normale (kN)
		sup. (kNm)	inf. (kNm)		
4	0	9.84	-7.39	5.38	7.72
4	4.5	5.51	-5.94	3.51	16.56
4	9	5.05	-6.22	3.77	25.64
4	13.5	4.39	-4.59	2.79	39.46
4	18	4.40	-0.41	3.56	39.92
univ. 0.00	0	55.24	-70.31	39.23	0.00
univ. 0.00	4.5	-6.13	-271.64	82.97	0.00
univ. 0.00	9	-211.00	-570.86	112.46	0.00
univ. 0.00	13.5	-516.21	-246.38	134.43	0.00
univ. 0.00	18	-901.58	-1415.56	142.58	0.00

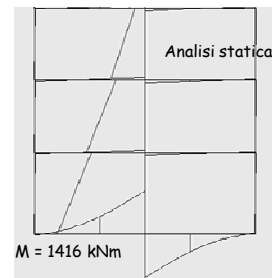
Era -1437.07

Differenze modeste rispetto a $I = \infty$
e lo squilibrio non c'è

Influenza della rigidezza della trave di fondazione

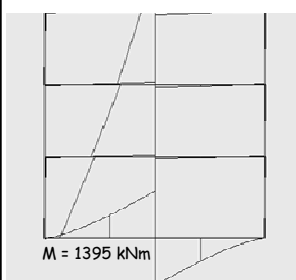


Trave fond. bassa
 $T = 0.3908$ s

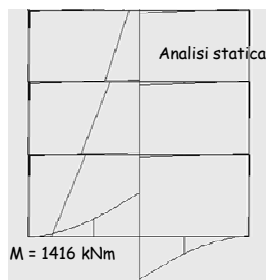


Caso base
 $T = 0.2858$ s

Influenza della rigidezza del terreno



Terreno deformabile
 $T = 1.4973$ s



Caso base
 $T = 0.2858$ s

Confronto taglio pilastri/pareti

incastro		
ordine	% pil	% par
5	16.4	83.6
4	5.9	94.1
3	4.4	95.6
2	2.9	97.1
1	1.0	99.0

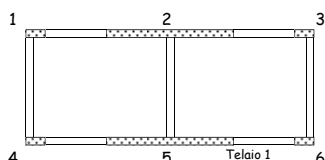
fondazione (caso base)		
ordine	% pil	% par
5	21.5	78.5
4	7.8	92.2
3	6.3	93.7
2	4.0	96.0
1	4.7	95.3

fondazione (terreno soffice)		
ordine	% pil	% par
5	22.3	77.7
4	8.1	91.9
3	6.6	93.4
2	4.1	95.9
1	5.5	94.5

fondazione (bassa)		
ordine	% pil	% par
5	37.2	62.8
4	13.9	86.1
3	11.3	88.7
2	10.0	90.0
1	5.2	94.8

Confronto

- Stessa struttura, con pilastri e travi rigide



carpenteria

fondazione

Confronto taglio pilastri/pareti

incastro		
ordine	% pil	% par
5	32.2	67.8
4	13.8	86.2
3	10.8	89.2
2	7.8	92.2
1	2.8	97.2

fondazione (caso base)		
ordine	% pil	% par
5	41.8	58.2
4	18.4	81.6
3	15.6	84.4
2	12.7	87.3
1	12.0	88.0

fondazione (terreno soffice)		
ordine	% pil	% par
5	42.6	57.4
4	18.8	81.2
3	16.0	84.0
2	13.0	87.0
1	13.1	86.9

fondazione (bassa)		
ordine	% pil	% par
5	48.2	51.8
4	21.7	78.3
3	18.0	82.0
2	19.9	80.1
1	-0.4	100.4