

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

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

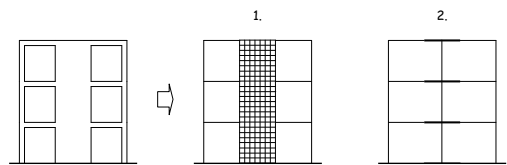
7 - Modellazione. Influenza di fondazione e terreno

Spoletto
3-4 febbraio 2011
Aurelio Ghersi

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**

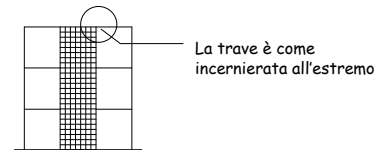
- Per cogliere il comportamento nel piano:
elementi membranali (lastra)
- Se fa parte di un sistema spaziale e si vuol cogliere
il comportamento fuori piano:
elementi flessionali (piastra)

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

Problemi:

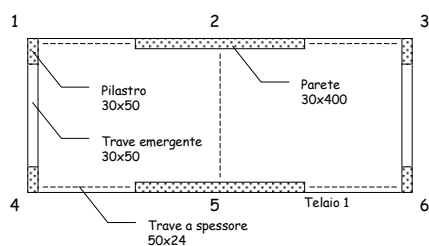
- Come si modella la struttura se sulla parete concorrono due distinti telai ortogonali?



Un tratto rigido con buona rigidezza torsionale?
oppure pilastri fittizi agli estremi?

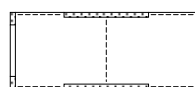
Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

- 5 piani - incastro al piede



Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

- Asta con tratti infinitamente rigidi

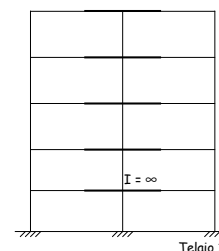


Analisi modale:

Modo 3, traslazione x

$T = 0.2016$ s

$M^* = 70.03\%$



Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

- Asta con tratti infinitamente rigidi

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

pilastro	piano	momento (kNm)		taglio (kN)	sforzo normale (kN)
		sup.	inf.		
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	0.88	-1.88	0.76	28.18
5	5	42.31	-91.29	41.75	0.00
5	4	-42.44	313.36	84.66	0.00
5	3	-268.58	-635.43	114.64	0.00
5	2	-597.63	-1032.32	135.84	0.00
5	1	-1008.41	-1542.90	148.47	0.00

SQUILIBRIO NEI NODI

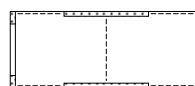
pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-2.80	-3.27
5	1	----	----	-20.62
6	1	----	2.80	-3.27
4	2	----	-4.42	-5.16
5	2	----	----	-32.57
6	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri
(poco rilevanti)

Analisi statica

Modellazione con tratti rigidi Un esempio "artigianale"

- Asta con tratti molto rigidi (ma non infinitamente)



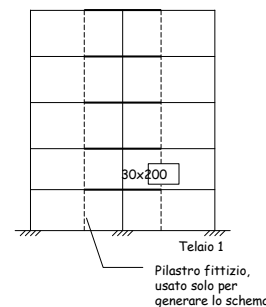
Analisi modale:

Modo 3, traslazione x

$T = 0.2019$ 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

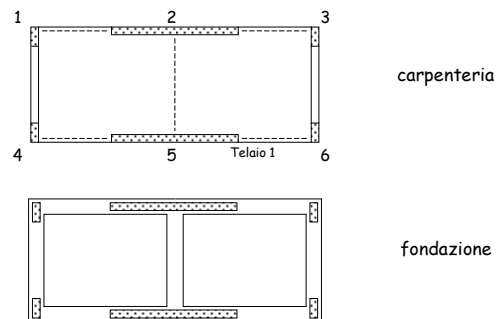
		Analisi statica			
pilastro	piano	momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sforzo normale (kN)
4	5	7.47	-5.62	4.09	5.85
4	4	3.95	-4.51	2.65	12.79
4	3	4.09	-4.41	2.66	19.12
4	2	2.89	-3.71	2.06	24.46
4	1	0.86	-1.87	0.76	27.83
5	5	41.81	-92.00	41.81	0.00
5	4	-43.82	-314.89	84.71	0.00
5	3	-270.74	-637.74	114.69	0.00
5	2	-600.48	-1035.29	135.88	0.00
5	1	-1011.74	-1546.28	148.48	0.00

Era -1542.90

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

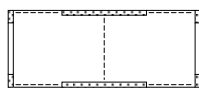
Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Stessa struttura, con fondazione



Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

1. Asta con tratti infinitamente rigidi

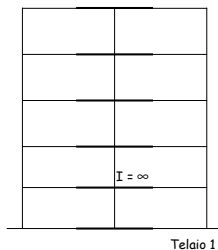


Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.2790$ s

$M^* = 77.32\%$



Telaio 1

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

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	9.42	-7.08	5.16	7.40
4	4	5.07	-5.68	3.36	16.25
4	3	5.55	-5.93	3.59	24.53
4	2	4.09	-4.27	2.61	31.92
4	1	3.95	-7.79	3.26	37.87
5	5	52.96	-74.02	39.68	0.00
5	4	-12.54	-279.02	83.28	0.00
5	3	-221.17	-582.22	112.83	0.00
5	2	-530.59	-961.87	134.78	0.00
5	1	-920.56	-1437.07	143.48	0.00

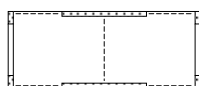
SQUILIBRIO NEI NODI

pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-4.82	-5.64
5	1	----	----	-35.52
6	1	----	4.82	-5.64
4	2	----	-6.04	-7.05
5	2	----	----	-44.50
6	2	----	6.04	-7.05
6	4	----	9.96	-2.16

Piccoli squilibri
(poco rilevanti)

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

2. Asta con tratti rigidi (ma non infinitamente)



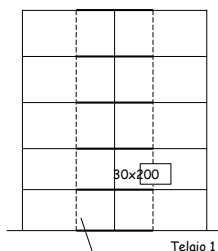
Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.3243$ s

$M^* = 79.56\%$

Differenze non trascurabili



Telaio 1

Pilastro fittizio,
usato solo per
generare lo schema

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

2. Asta con tratti rigidi (ma non infinitamente)

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

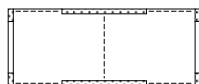
		Analisi statica			
pilastro	piano	momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sforzo normale (kN)
4	5	12.33	-9.24	6.74	9.65
4	4	6.73	-7.45	4.43	21.22
4	3	7.65	-7.99	4.89	32.31
4	2	6.19	-6.07	3.83	42.73
4	1	7.07	-12.21	5.35	52.22
5	5	68.94	-47.93	36.52	0.00
5	4	32.42	-227.23	81.14	0.00
5	3	-149.51	-502.63	110.22	0.00
5	2	-429.87	-853.35	132.34	0.00
5	1	-787.63	-1289.09	139.29	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

3. Asta con tratti più rigidi



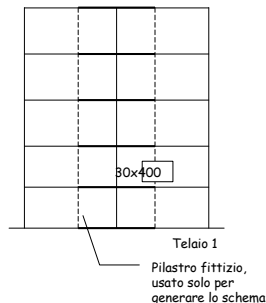
Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.2858$ s

$M^* = 77.34\%$

Le differenze ora sono molto minori



Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

3. Asta con tratti più rigidi

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE NEI PILASTRI

Analisi statica

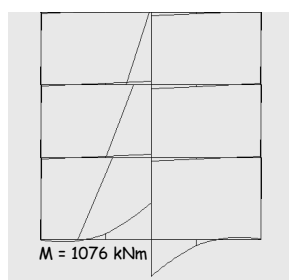
pilastro	piano	momento sup. (kNm)	momento inf. (kNm)	taglio (kN)	sforzo normale (kN)
4	5	9.84	-7.39	5.38	7.72
4	4	5.31	-5.94	3.51	16.96
4	3	5.85	-6.22	3.77	25.64
4	2	4.39	-4.53	2.79	33.46
4	1	4.40	-8.41	3.56	39.92
5	5	55.24	-70.31	39.23	0.00
5	4	-6.13	-271.64	82.97	0.00
5	3	-211.00	-570.86	112.46	0.00
5	2	-516.21	-946.38	134.43	0.00
5	1	-901.58	-1415.96	142.88	0.00

Era -1437.07

Differenze modeste rispetto a $I = \infty$

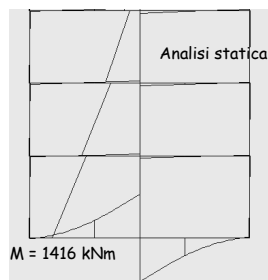
e lo squilibrio non c'è

Influenza della rigidità della trave di fondazione



Trave fond. bassa

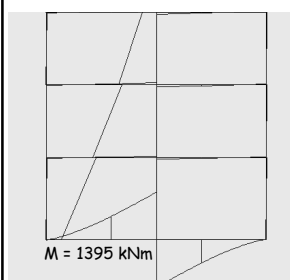
$T = 0.3908$ s



Caso base

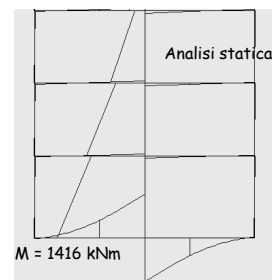
$T = 0.2858$ s

Influenza della rigidità 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 (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 (caso base)

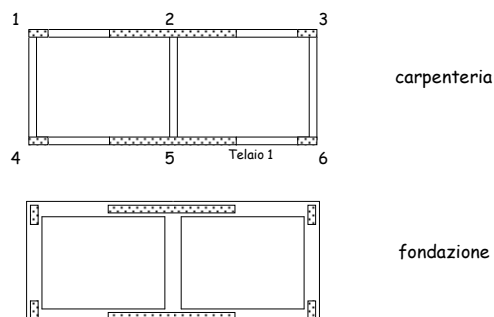
ordine	% pil	% par
5	21.5	78.5
4	7.8	92.2
3	6.3	93.7
2	4.0	96.0
1	4.7	95.3

fondazione (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



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