

Corso di aggiornamento
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

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

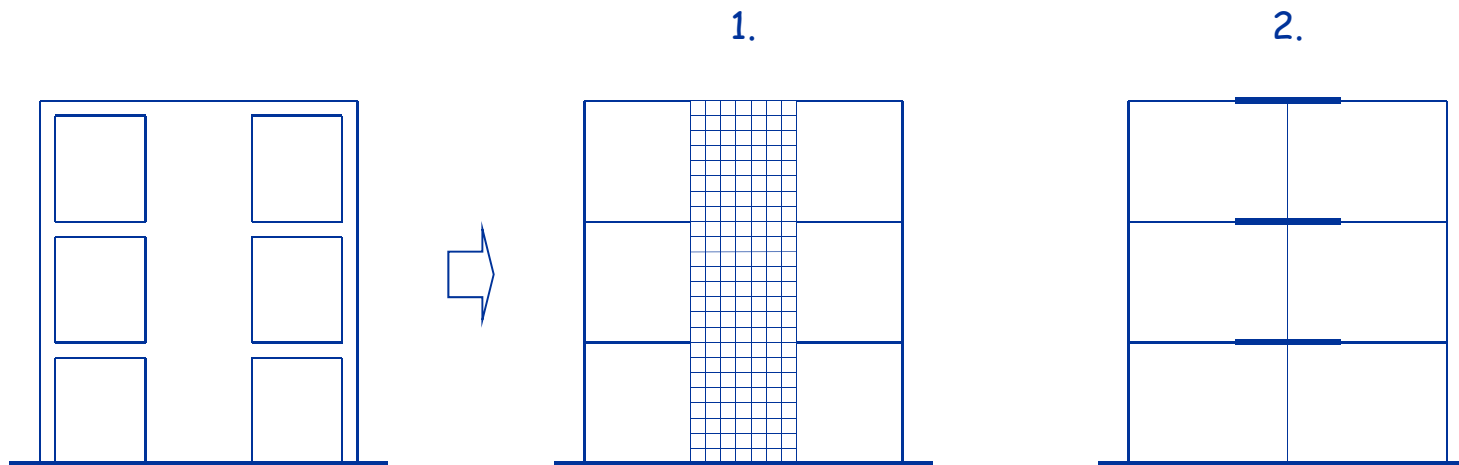
9 - Modellazione. Influenza di fondazione e terreno

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

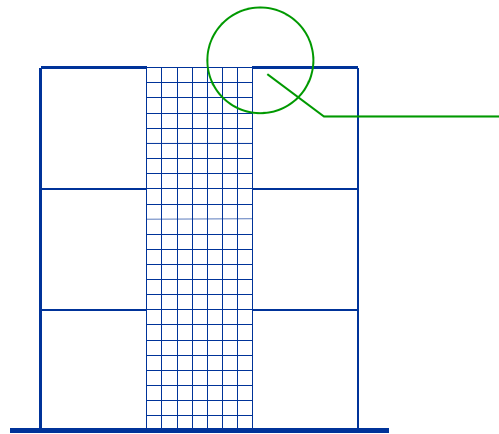
- Per cogliere il comportamento nel piano:
elementi membranali (lastra)
- Se fa parte di un sistema spaziale e si vuol cogliere
il comportamento fuori piano:
elementi flessionali (piastra)

Cosa fa il vostro programma?

Modellazione di pareti in c.a. con elementi finiti

Problemi:

Drilling - i punti nodali non sono vincolati alla rotazione



La trave è come
incernierata all'estremo

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)

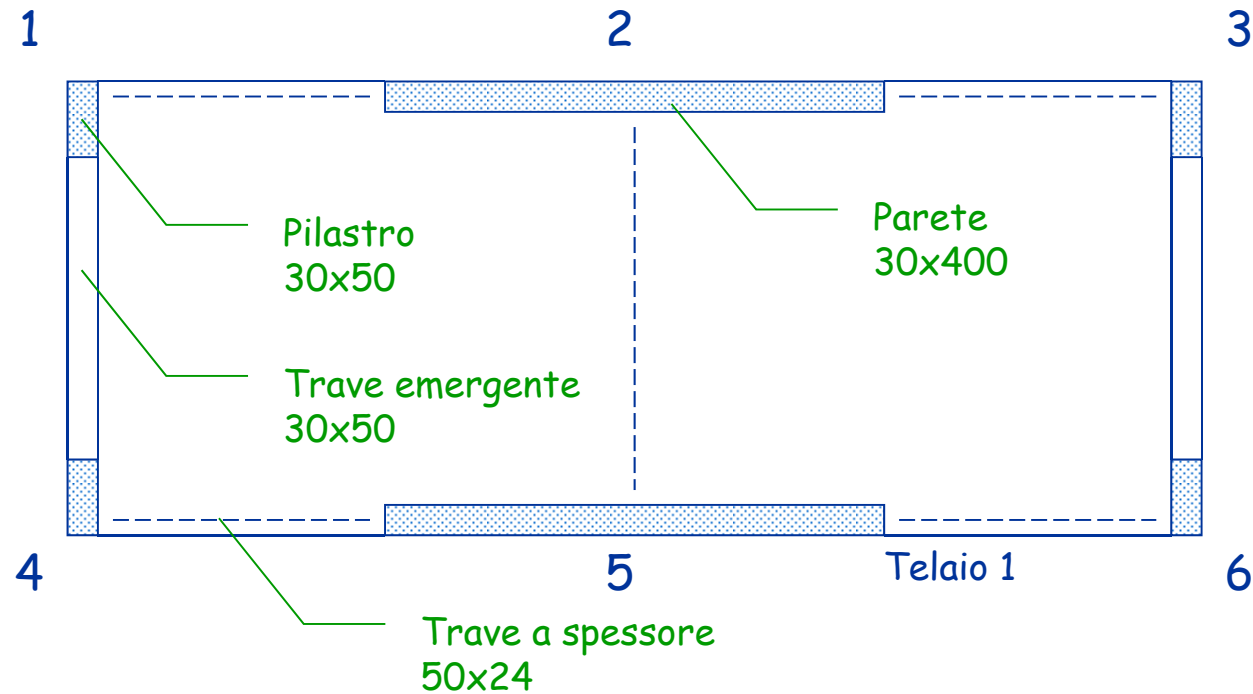
Il programma segnala questi problemi?

Se vi sono squilibri, quanto sono rilevanti?

Modellazione con tratti rigidi

Un esempio "artigianale"

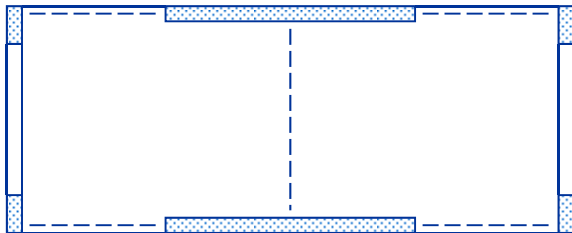
- 5 piani - incastro al piede



Modellazione con tratti rigidi

Un esempio "artigianale"

1. Asta con tratti infinitamente rigidi

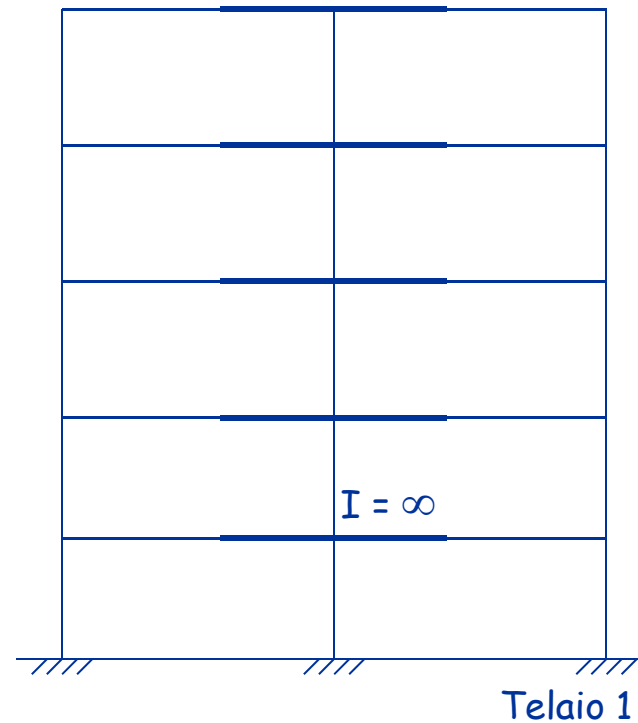


Analisi modale:

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	0.88	-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

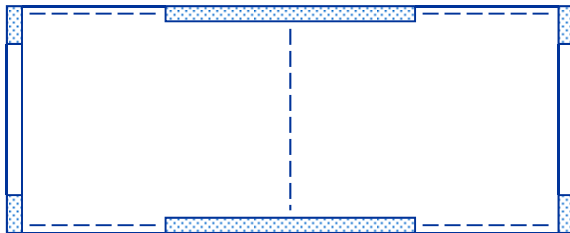
pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-2.80	-3.27
5	1	----	----	-20.62
6	1	----	2.80	-3.27
4	2	----	-4.42	-5.16
5	2	----	----	-32.57
6	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri
(poco rilevanti)

Modellazione con tratti rigidi

Un esempio "artigianale"

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



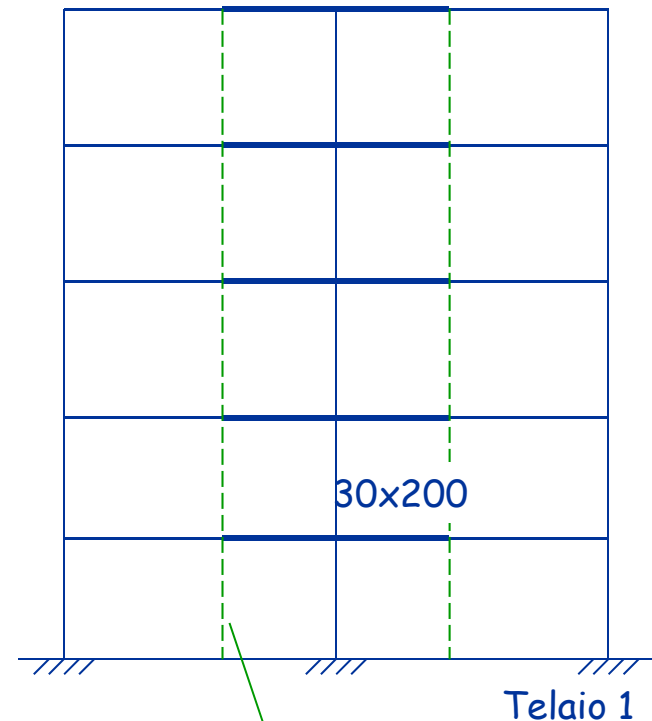
Analisi modale:

Modo 3, traslazione x

$T = 0.2019 \text{ s}$

$M^* = 70.02\%$

Quasi identici a $I = \infty$



Pilastro fittizio,
usato solo per
generare lo schema

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

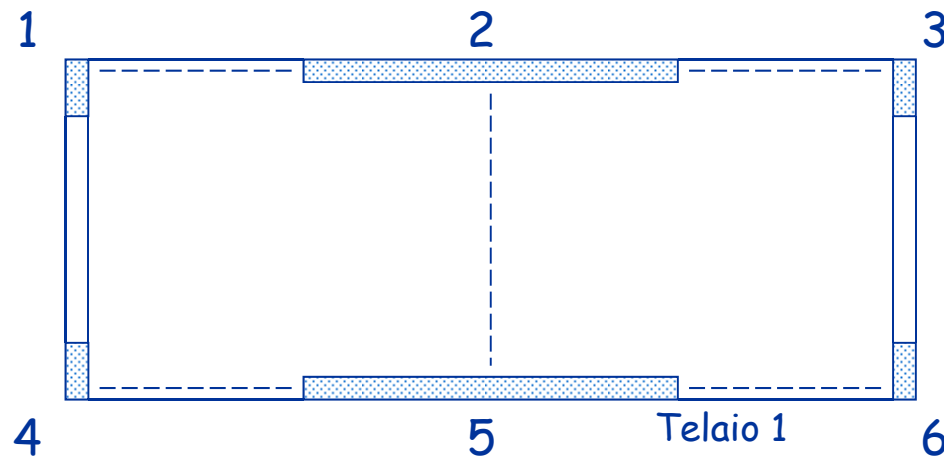
Era -1542.90

Piccole differenze rispetto a $I = \infty$

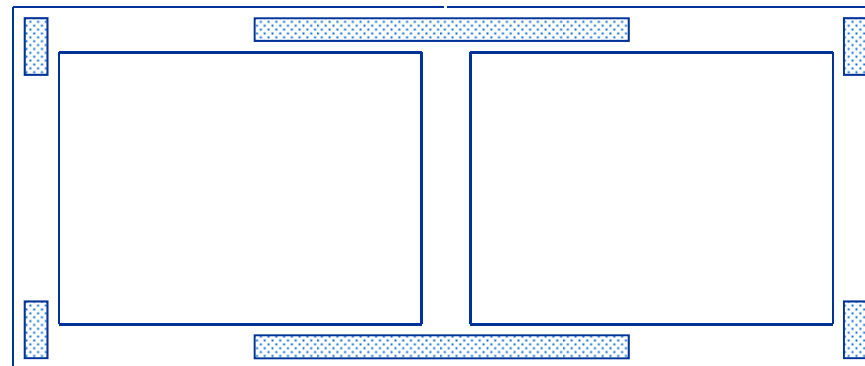
ma ora lo squilibrio non c'è

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Stessa struttura, con fondazione



carpenteria

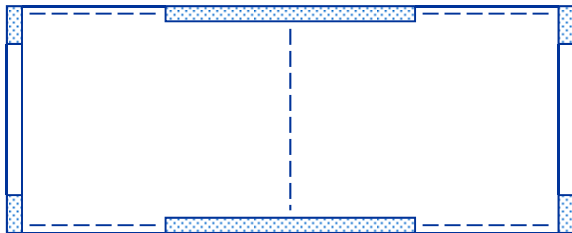


fondazione

Modellazione con tratti rigidi

In presenza di fondazione

1. Asta con tratti infinitamente rigidi

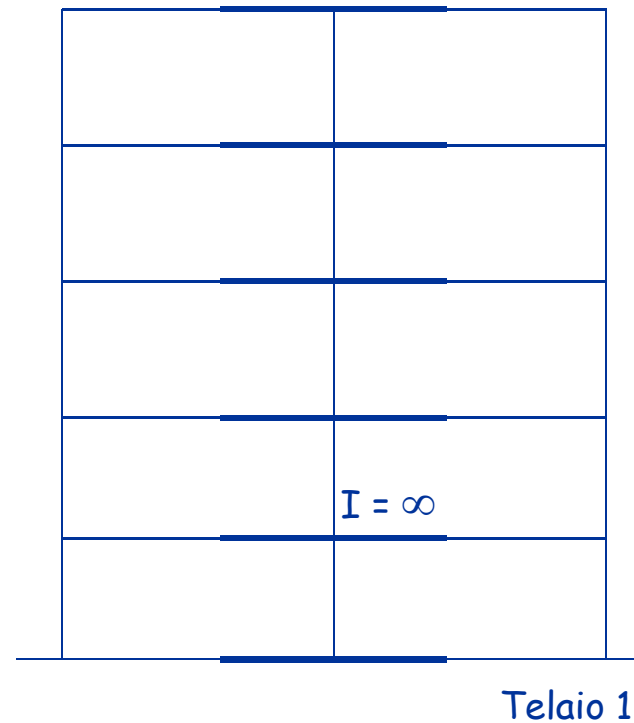


Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.2790 \text{ s}$

$M^* = 77.32\%$



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

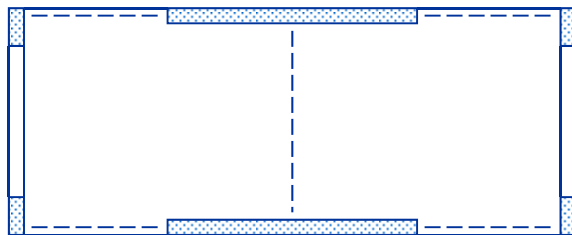
SQUILIBRIO NEI NODI

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	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri
(poco rilevanti)

Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

2. Asta con tratti rigidi (ma non infinitamente)



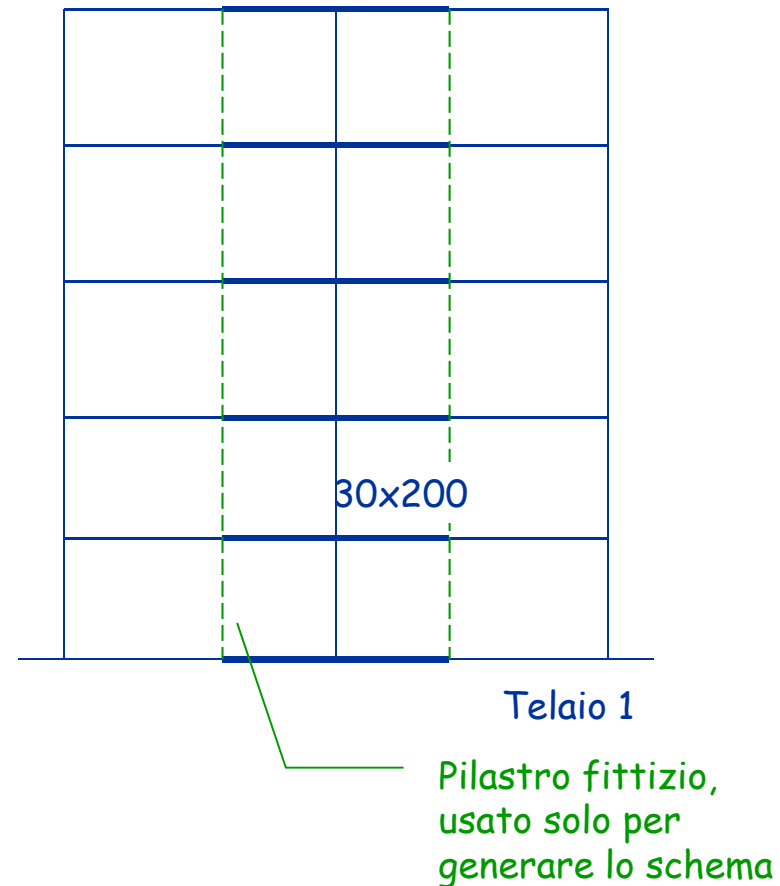
Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.3243 \text{ s}$

$M^* = 79.56\%$

Differenze non trascurabili



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	-149.91	-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

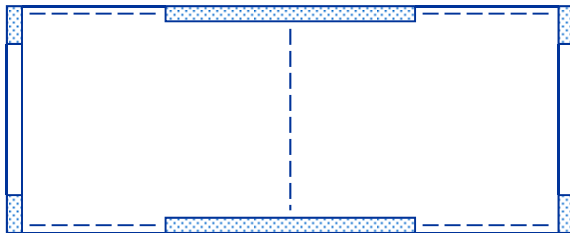
Era -1437.07

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



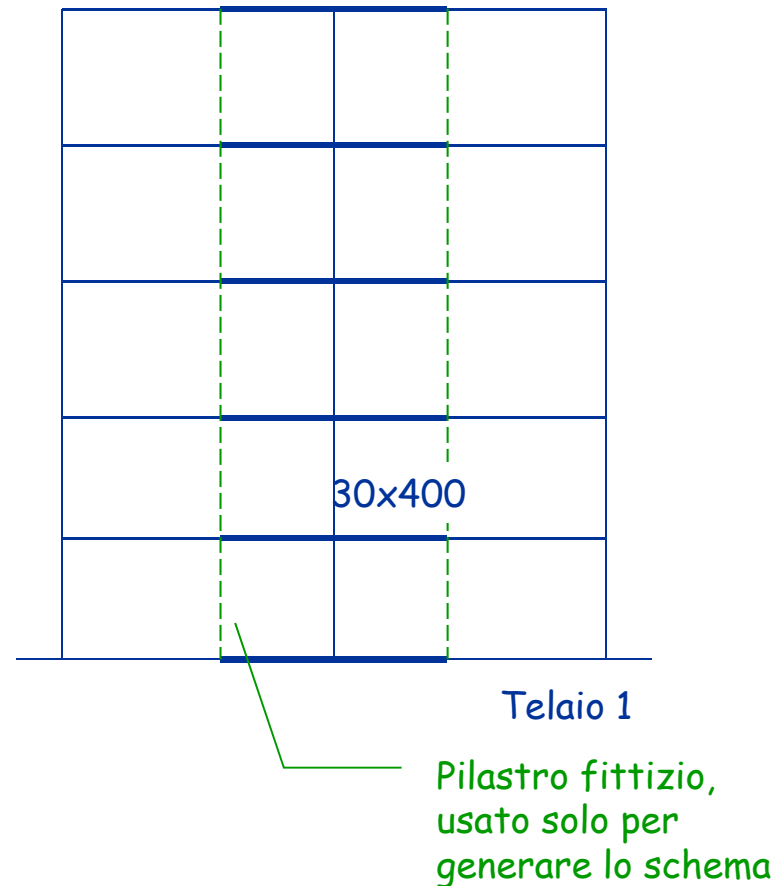
Analisi modale:

Modo 2, traslazione x

$T = 0.2858 \text{ s}$

$M^* = 77.34\%$

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

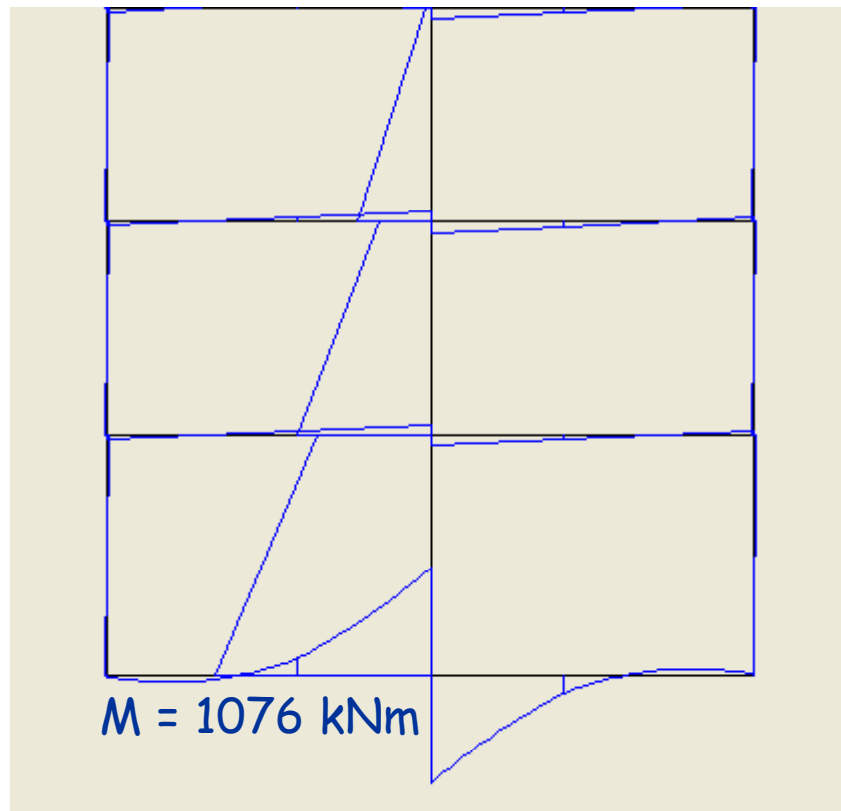
Analisi statica

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

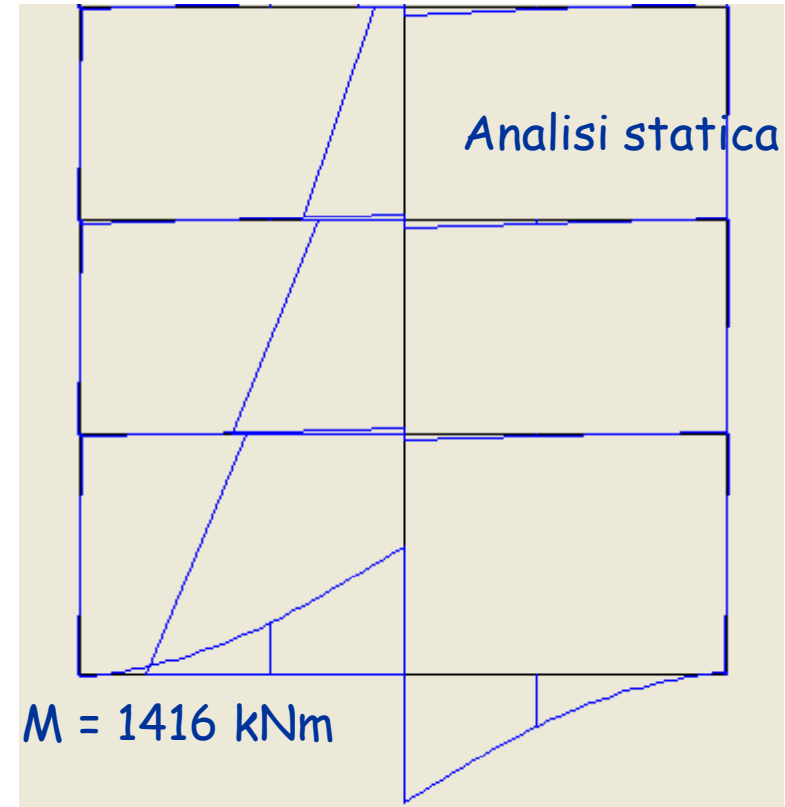
Differenze modeste rispetto a $I = \infty$
e lo squilibrio non c'è

Influenza della rigidezza della trave di fondazione



Trave fond. bassa

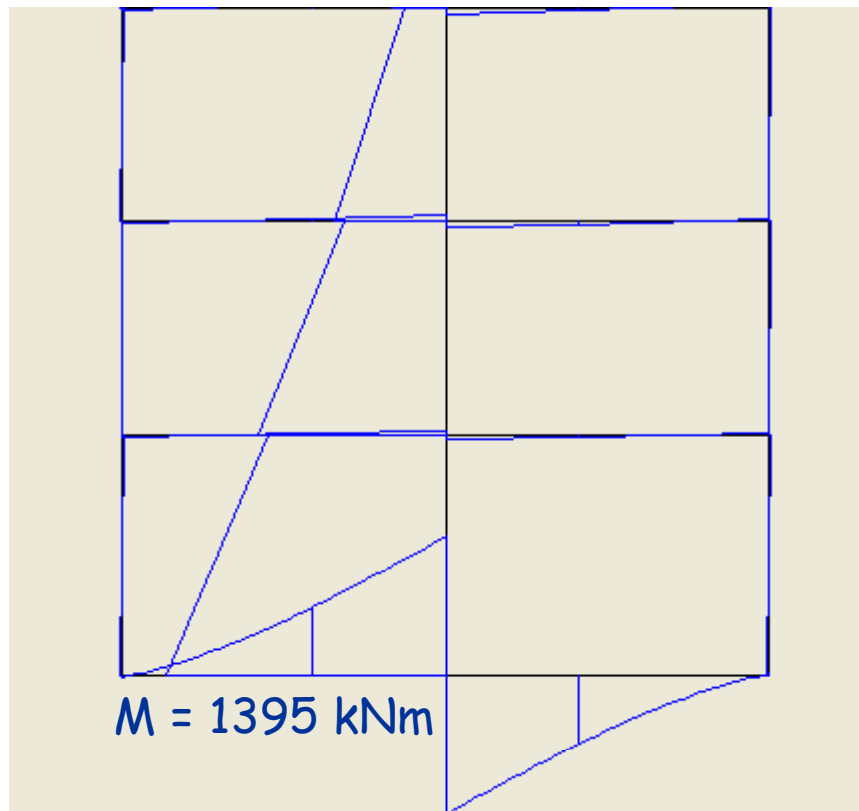
$T = 0.3908 \text{ s}$



Caso base

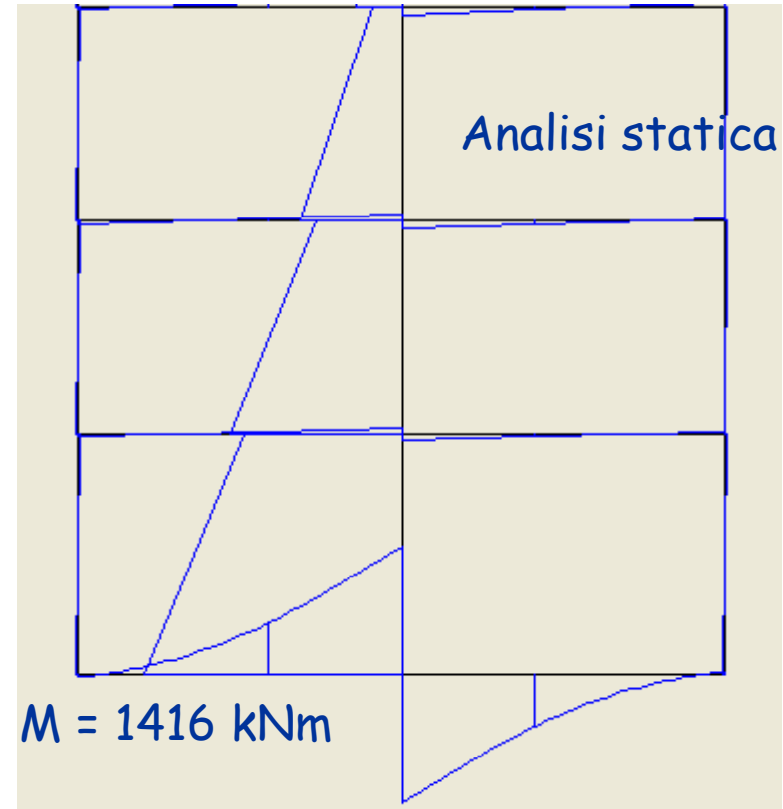
$T = 0.2858 \text{ s}$

Influenza della rigidezza del terreno



Terreno deformabile

$$T = 1.4973 \text{ s}$$



Caso base

$$T = 0.2858 \text{ s}$$

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)

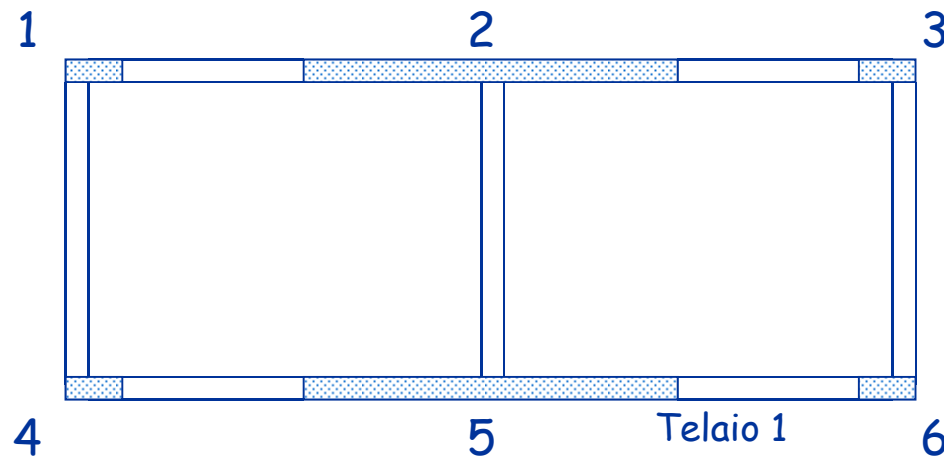
ordine	% pil	% par
5	22.3	77.7
4	8.1	91.9
3	6.6	93.4
2	4.1	95.9
1	5.5	94.5

fondazione
(bassa)

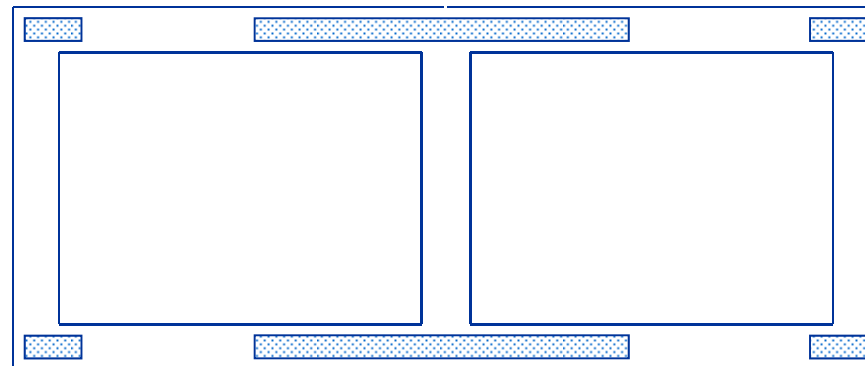
ordine	% pil	% par
5	37.2	62.8
4	13.9	86.1
3	11.3	88.7
2	10.0	90.0
1	5.2	94.8

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