

Corso di aggiornamento

Progetto di strutture antisismiche  
con pareti in c.a. ed in acciaio

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

7 - Modellazione. Influenza di fondazione e terreno

Imola

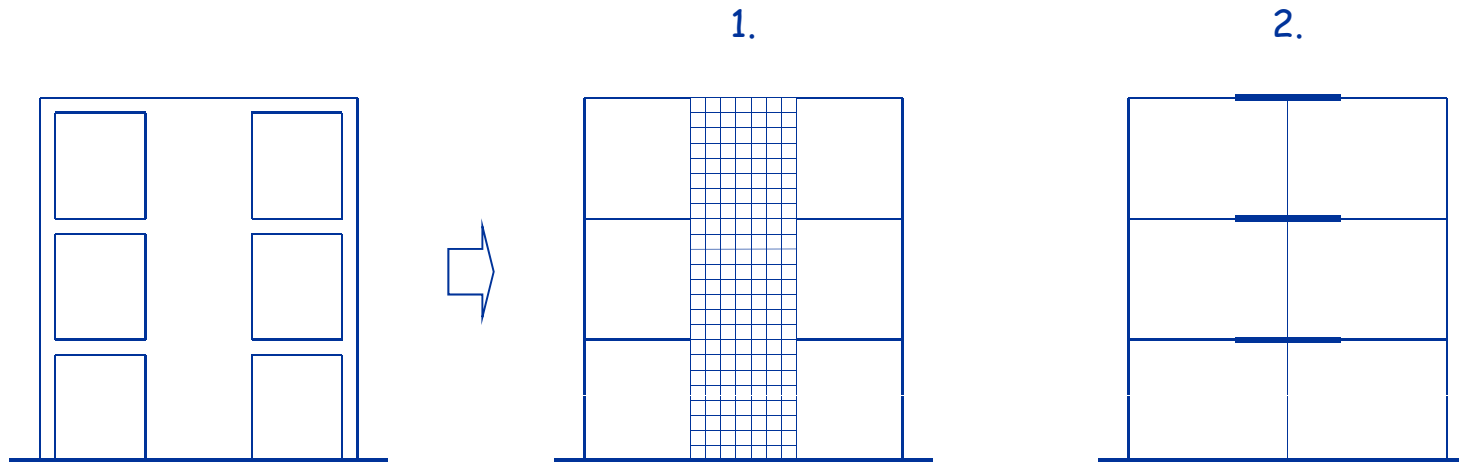
23-25 giugno 2011

Aurelio Gheresi

# 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

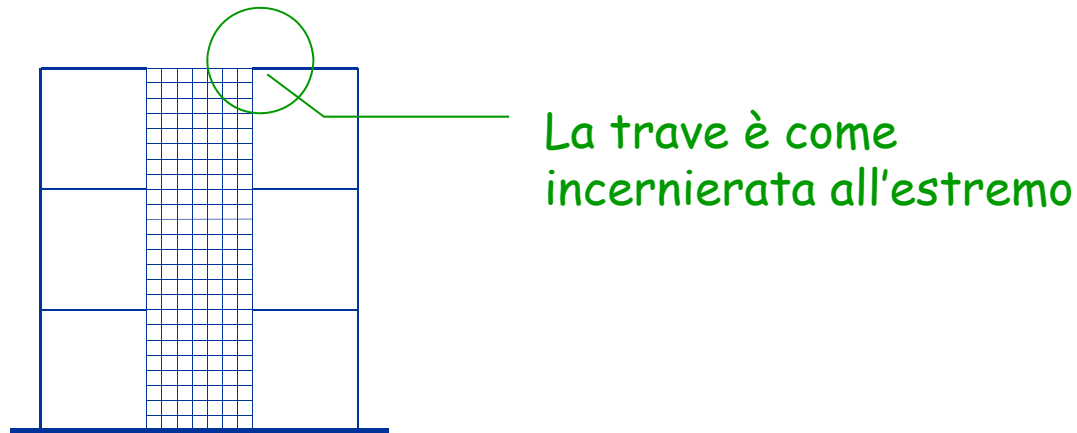
- Per cogliere il comportamento nel piano:  
elementi membranali (lastra)
- Se fa parte di un sistema spaziale e si vuol cogliere  
il comportamento fuori piano:  
elementi flessionali (piastra)

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?



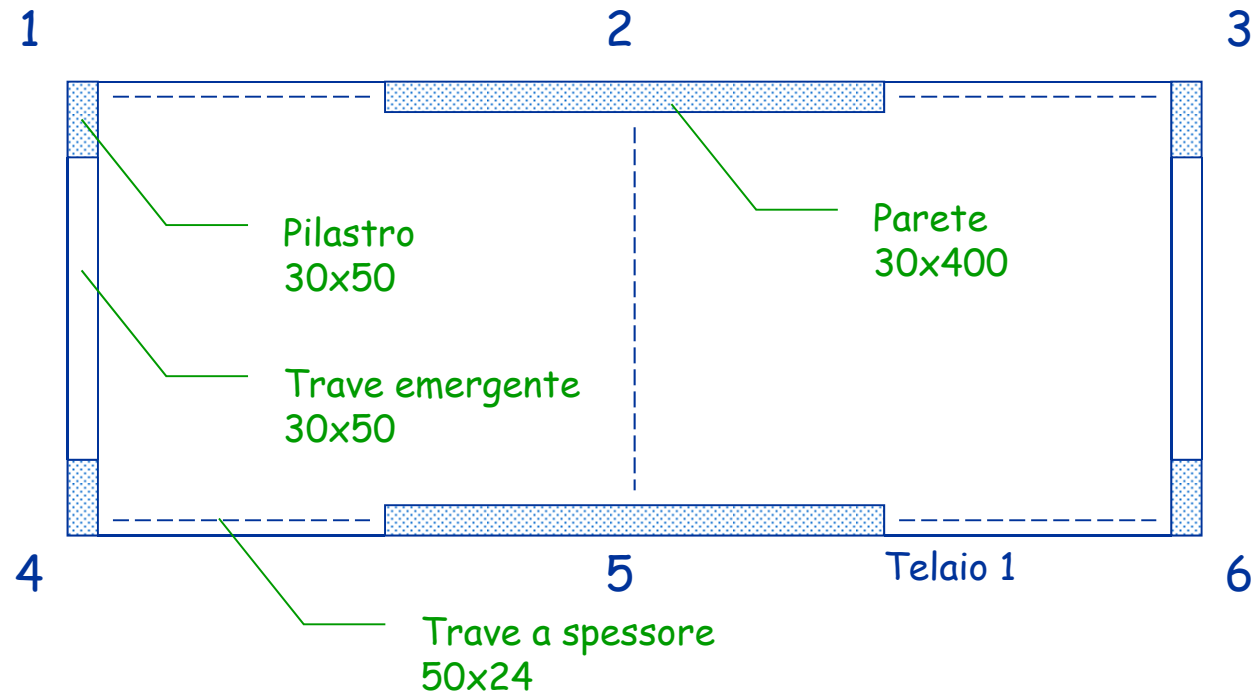
Un tratto rigido con buona rigidezza torsionale?  
oppure pilastri fittizi agli estremi?



# Modellazione con tratti rigidi

## Un esempio "artigianale"

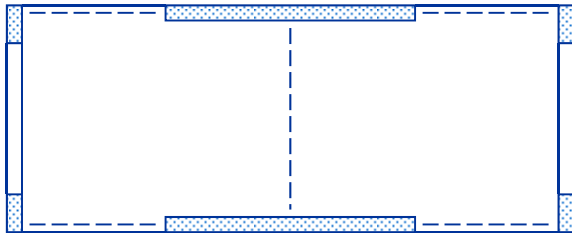
- 5 piani - incastro al piede



# Modellazione con tratti rigidi

## Un esempio "artigianale"

### 1. Asta con tratti infinitamente rigidi

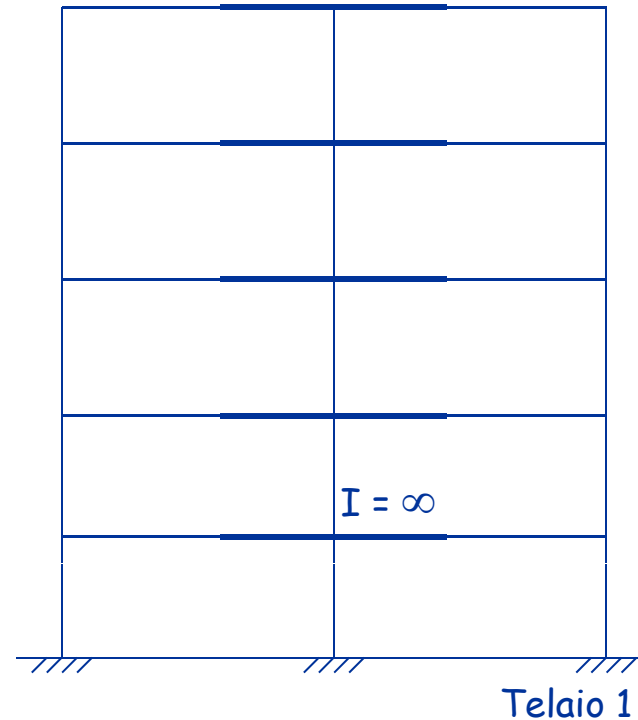


Analisi modale:

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

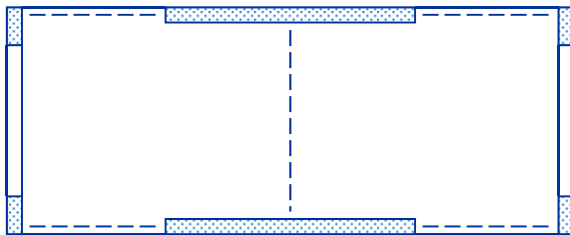
pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-2.80	-3.27
5	1	----	----	-20.62
6	1	----	2.80	-3.27
4	2	----	-4.42	-5.16
5	2	----	----	-32.57
6	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri  
(poco rilevanti)

# Modellazione con tratti rigidi

## Un esempio "artigianale"

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



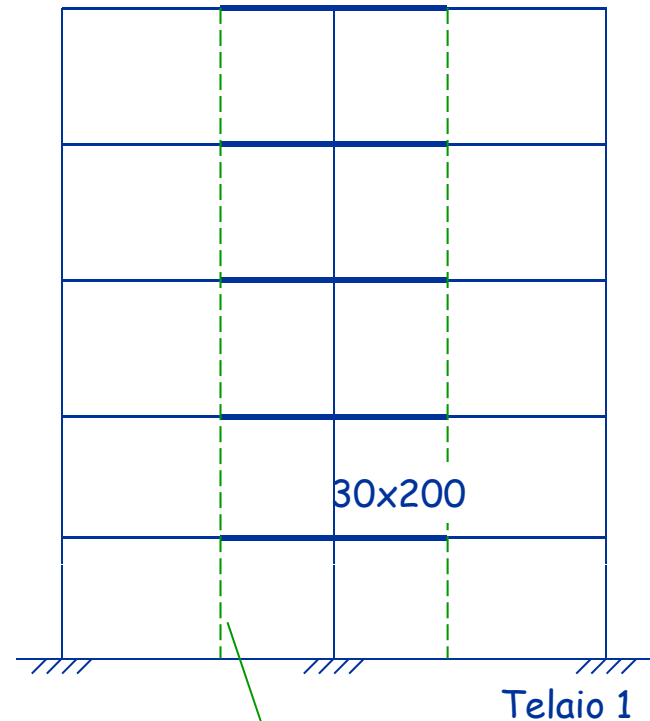
Analisi modale:

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

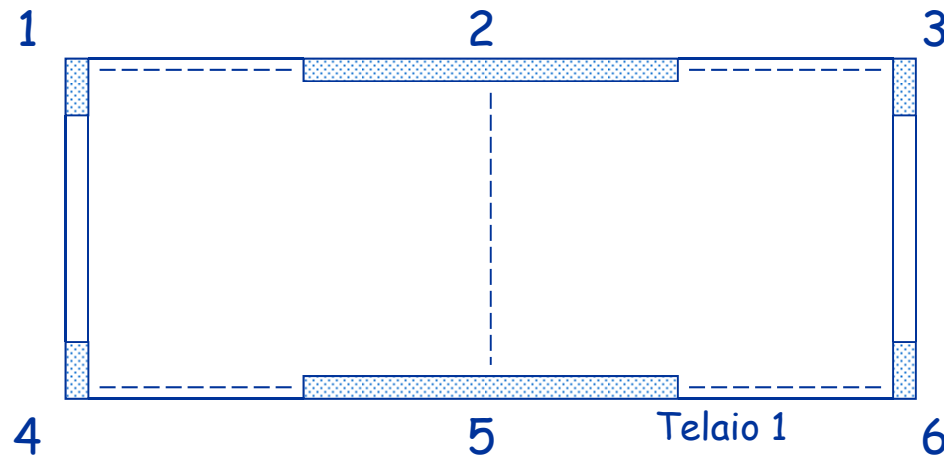
Era -1542.90

Piccole differenze rispetto a  $I = \infty$

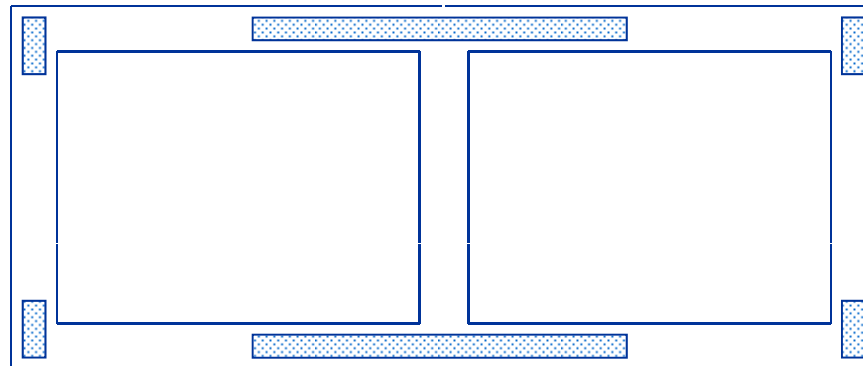
ma ora lo squilibrio non c'è

# Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

- Stessa struttura, con fondazione



carpenteria

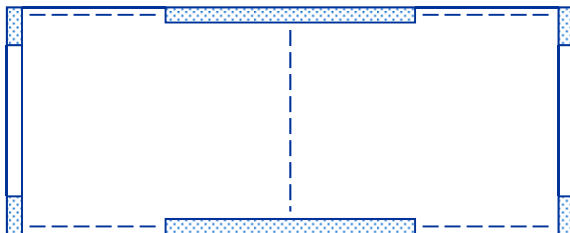


fondazione

# Modellazione con tratti rigidi

## In presenza di fondazione

### 1. Asta con tratti infinitamente rigidi

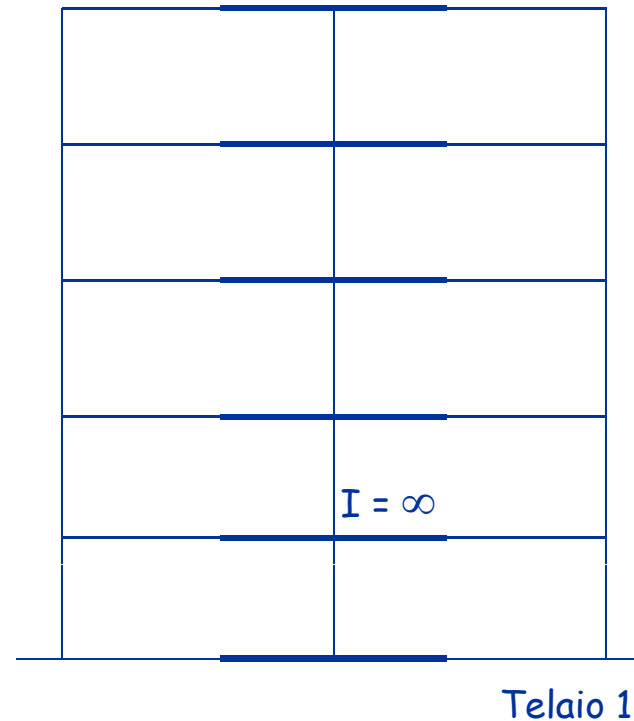


Analisi modale:

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

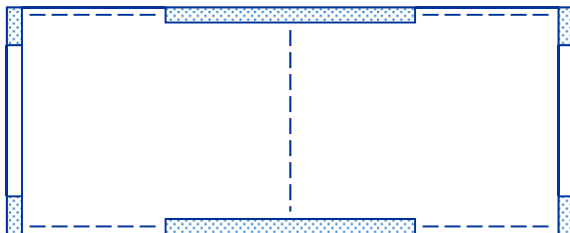
pilastro	piano	Fx (kN)	Fy (kN)	M (kNm)
4	1	----	-4.82	-5.64
5	1	----	----	-35.52
6	1	----	4.82	-5.64
4	2	----	-6.04	-7.05
5	2	----	----	-44.50
6	2	----	6.04	-7.05
6	2	----	4.42	-5.16

Piccoli squilibri  
(poco rilevanti)



# Modellazione con tratti rigidi In presenza di fondazione

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



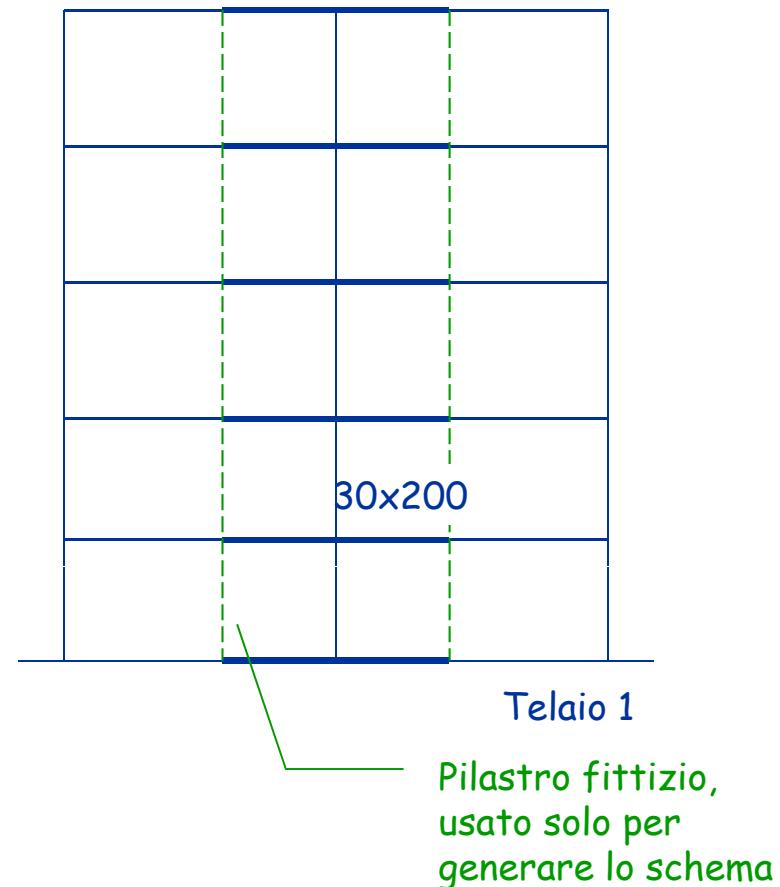
Analisi modale:

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

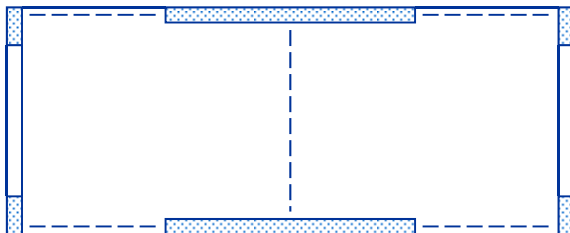
Differenze sensibili rispetto a  $I = \infty$

ma ora lo squilibrio non c'è

# Modellazione con tratti rigidi

## In presenza di fondazione

### 3. Asta con tratti più rigidi



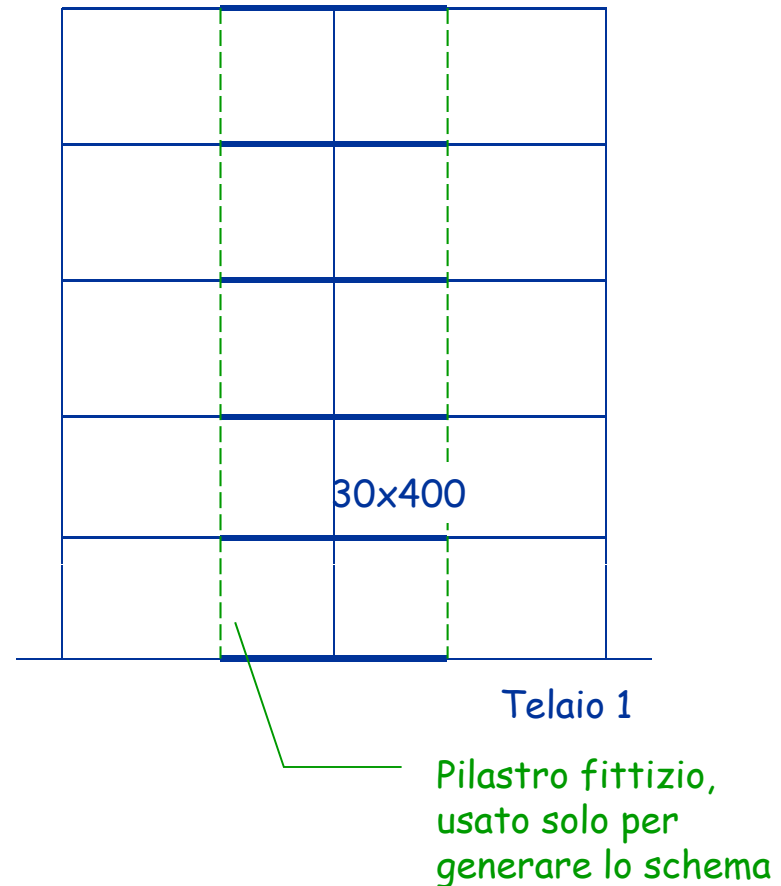
Analisi modale:

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

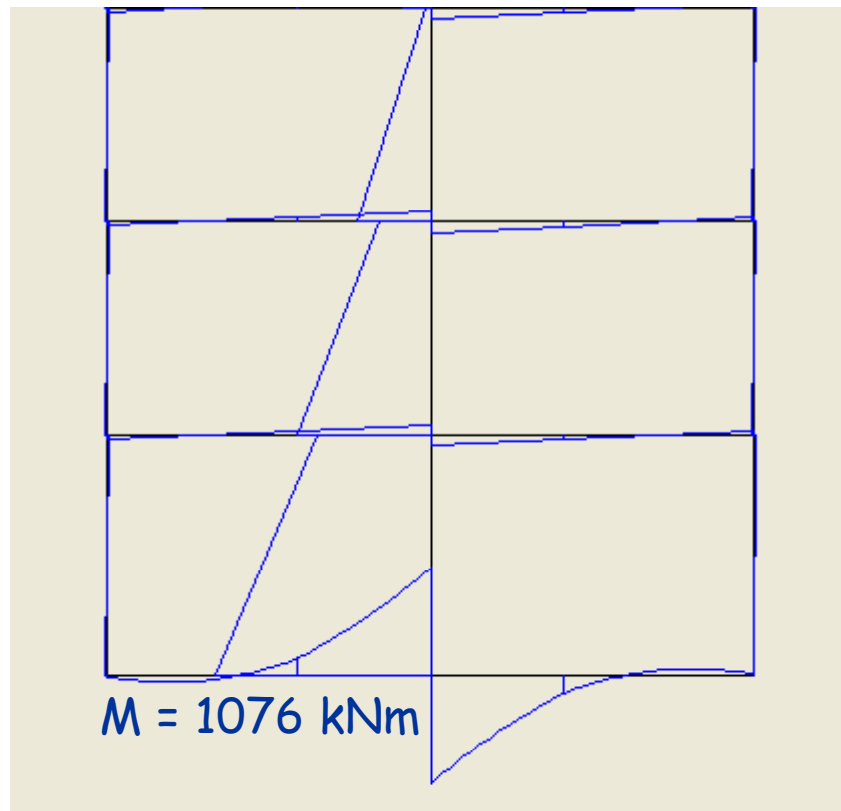
Analisi statica

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

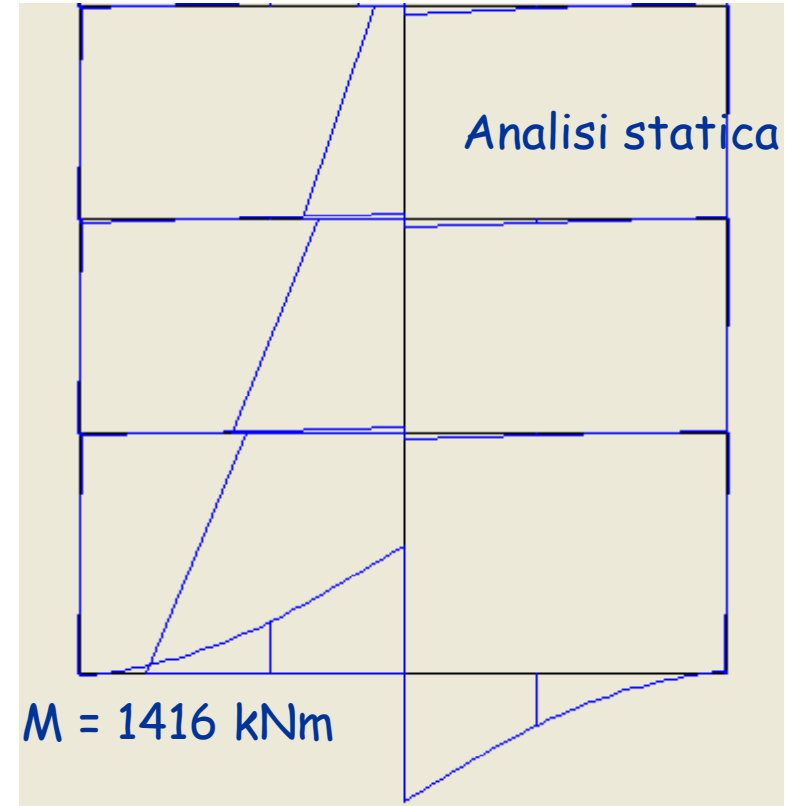
Differenze modeste rispetto a  $I = \infty$   
e lo squilibrio non c'è

# Influenza della rigidezza della trave di fondazione



Trave fond. bassa

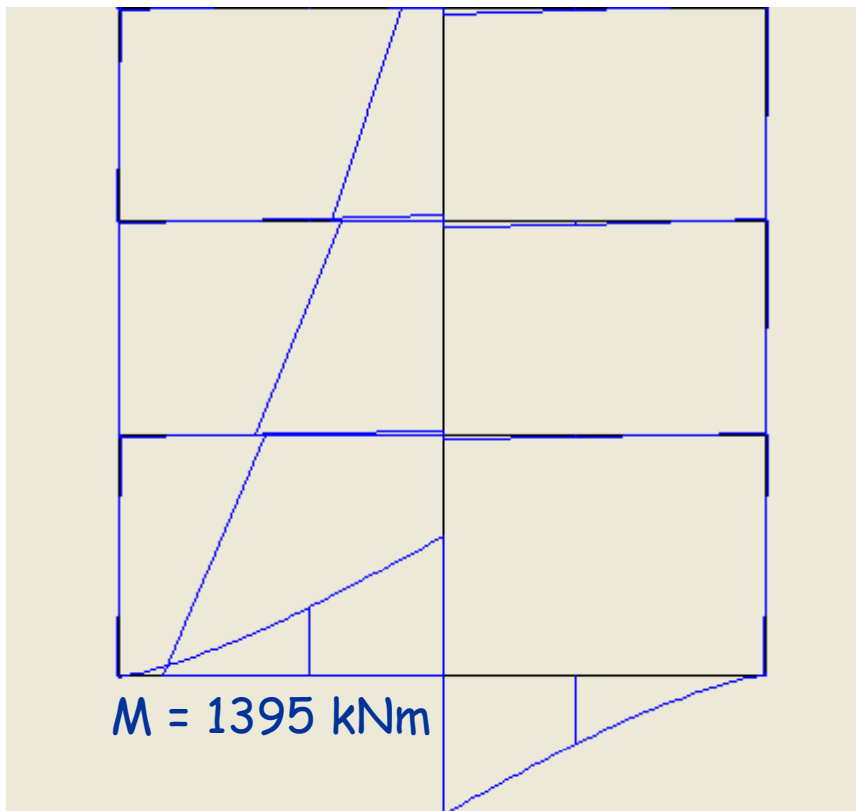
$T = 0.3908 \text{ s}$



Caso base

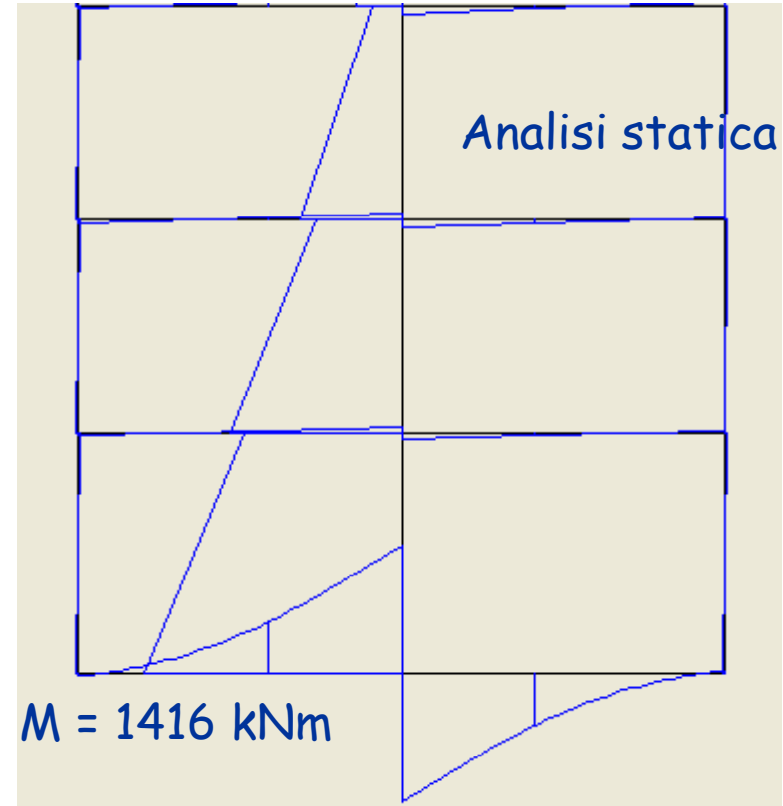
$T = 0.2858 \text{ s}$

# 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)

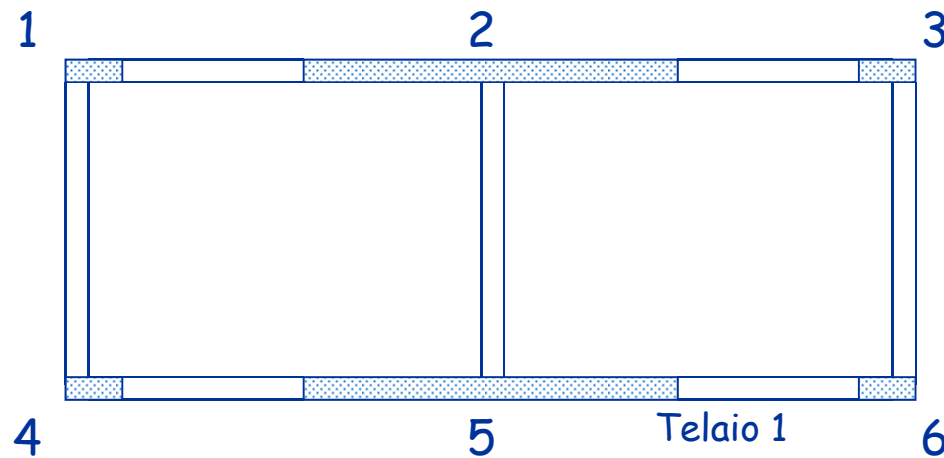
ordine	% pil	% par
5	22.3	77.7
4	8.1	91.9
3	6.6	93.4
2	4.1	95.9
1	5.5	94.5

fondazione  
(bassa)

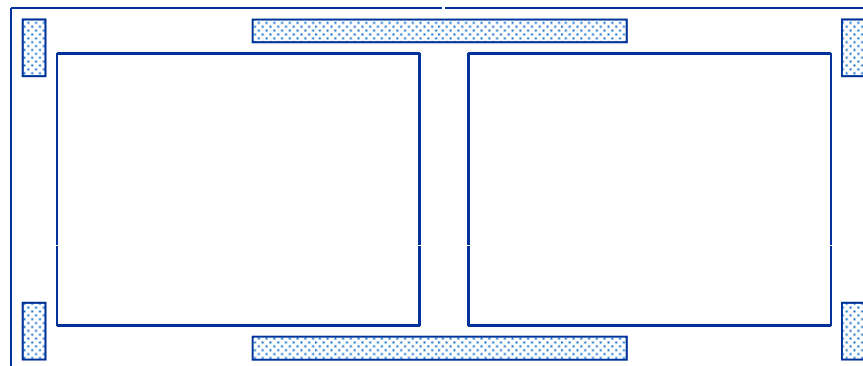
ordine	% pil	% par
5	37.2	62.8
4	13.9	86.1
3	11.3	88.7
2	10.0	90.0
1	5.2	94.8

# 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