PROGETTO DI EDIFICI ANTISISMICI IN CEMENTO ARMATO

Ascoli Piceno, 17-18 maggio 2019

07d – Analisi strutturale

Docente del corso

AURELIO GHERSI

Corso organizzato da: FONDAZIONE DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI ASCOLI PICENO

Giudizio sulla struttura – analisi modale

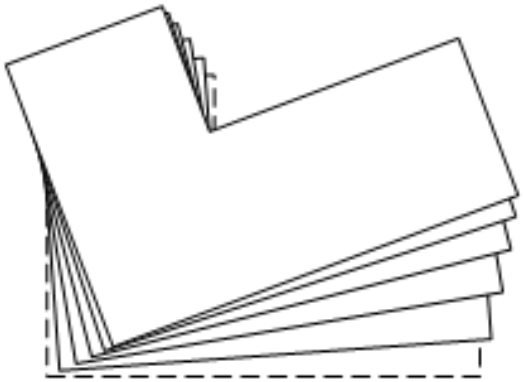
Un mare di numeri. Come non perdersi?
Analisi modale

- Esaminare le deformate modali (indipendentemente dalla direzione del sisma)
  - sono disaccoppiate oppure accoppiate?
- Esaminare le masse partecipanti (per ciascuna direzione del sisma) per vedere quali modi danno maggior contributo
  - prevale un solo modo, o più di uno?
- Esaminare i periodi dei modi predominanti
  - corrispondono alle previsioni o no?

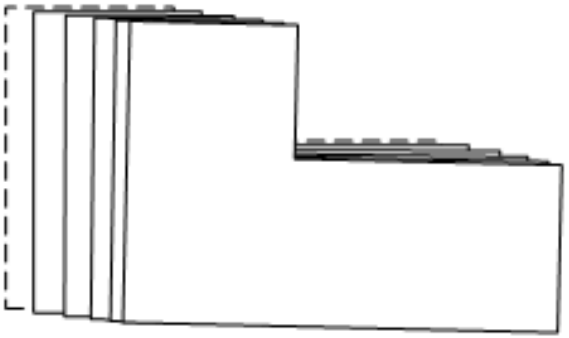
Un mare di numeri. Come non perdersi?
Analisi modale

- Esaminare l'inviluppo delle deformate modali, per le due direzioni del sisma
  - spostamenti analoghi nelle due direzioni o molto diversi?
  - solo traslazione, rotazione dell'impalcato modesta oppure forte?
- Esaminare i momenti massimi nei pilastri e nelle travi
  - rispettano le previsioni o no?

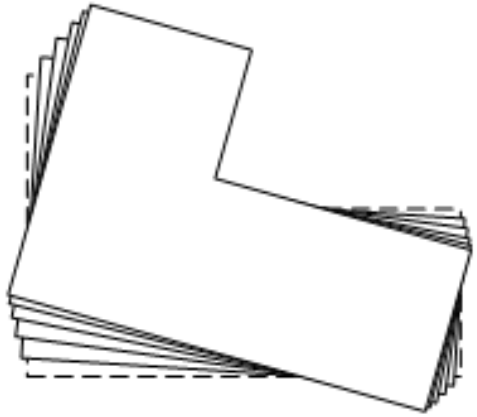
Deformate modali



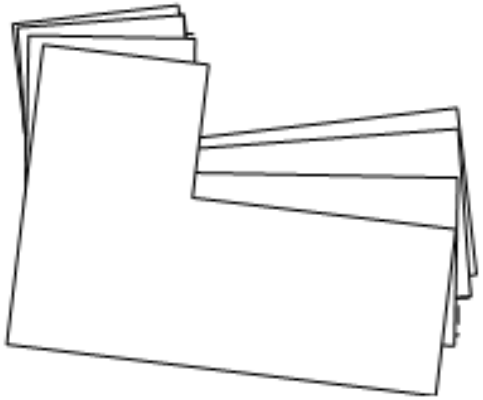
Modo 1 T = 0.582 s



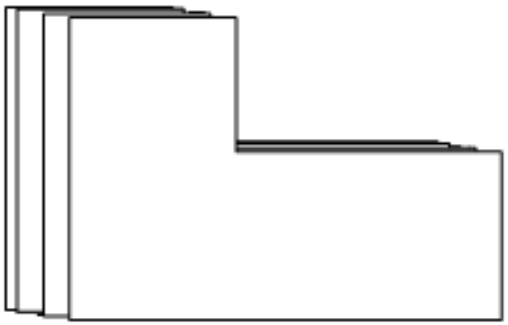
Modo 2 T = 0.553 s



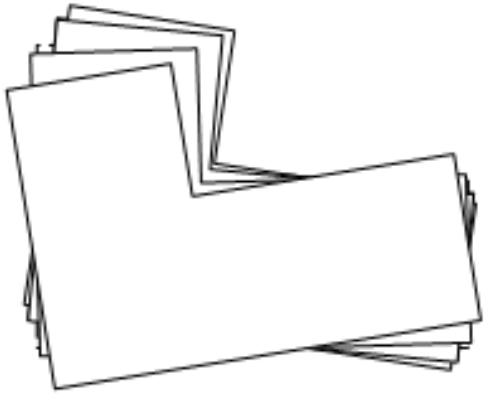
Modo 3 T = 0.463 s



Modo 4 T = 0.183 s



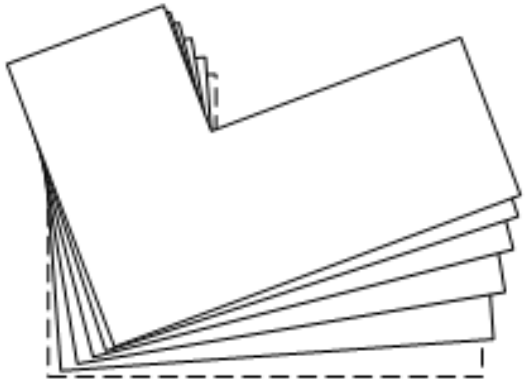
Modo 5 T = 0.177 s



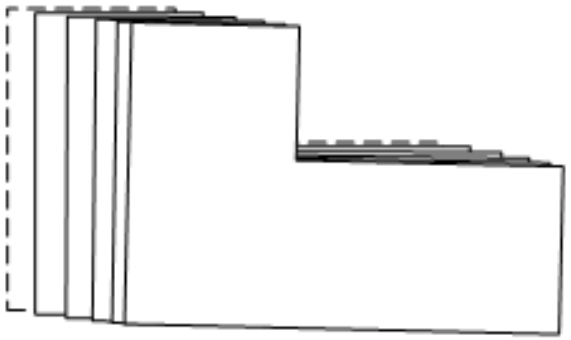
Modo 6 T = 0.148 s

Deformate modali

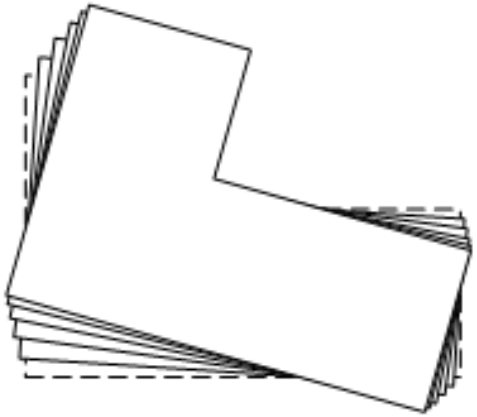
Modo 1 T = 0.582 s



Modo 2 T = 0.553 s



Modo 3 T = 0.463 s

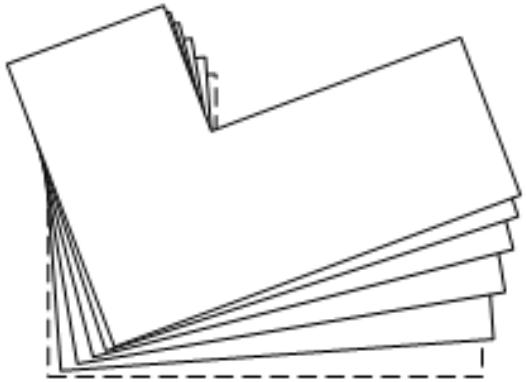


Il modo 2 è sostanzialmente di traslazione secondo x

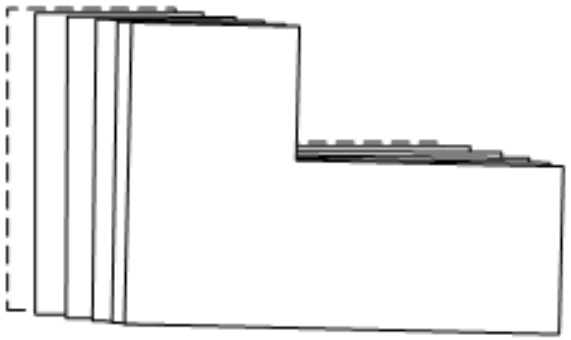
I modi 1 e 3 sono accoppiati (traslazione secondo y e rotazione)

Deformate modali

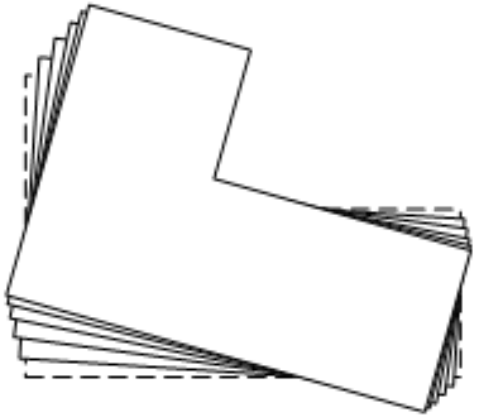
Modo 1 T = 0.582 s



Modo 2 T = 0.553 s



Modo 3 T = 0.463 s

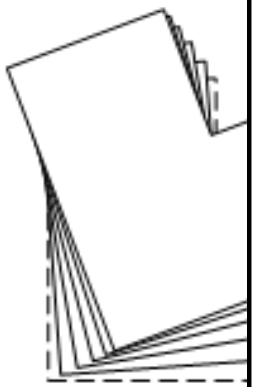


La struttura è torsionalmente rigida perché il rapporto tra periodo traslazionale e rotazionale è maggiore di 1

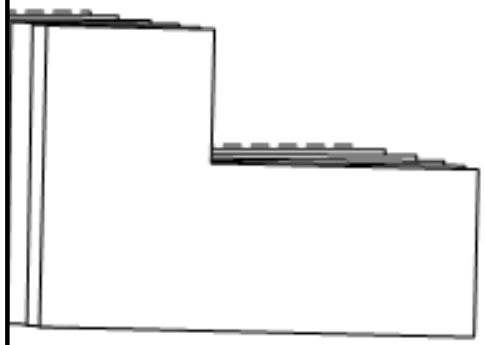
Sarebbe fortemente deformabile torsionalmente se il rapporto fosse ≤ 0.8

Deformate modali

Modo 1 T



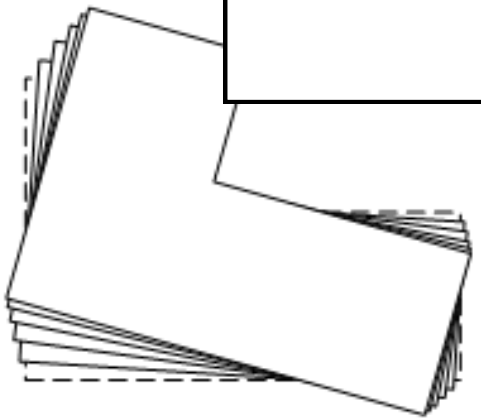
T = 0.553 s



Nota: il confronto dovrebbe essere fatto con riferimento ai modi disaccoppiati (ovvero quelli che si ottengono quando C_M=C_R)

In questo caso i due modi x e y avrebbero periodo di 0.55 s, quello rotazionale di 0.495 s circa ed il rapporto sarebbe 1.11

Modo 3 T



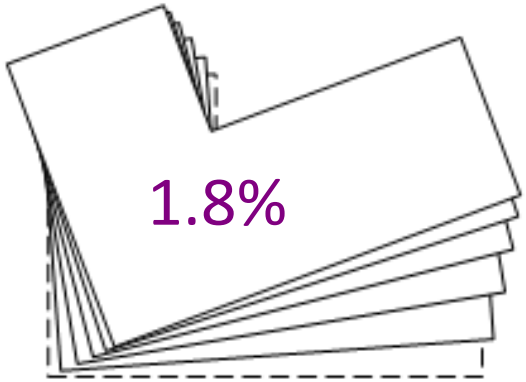
torsionalmente rigida

orto tra periodo traslazionale e rotazionale è maggiore di 1

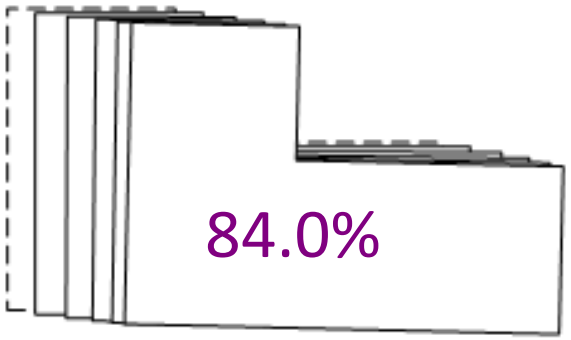
Sarebbe fortemente deformabile torsionalmente se il rapporto fosse ≤ 0.8

Masse partecipanti, sisma x

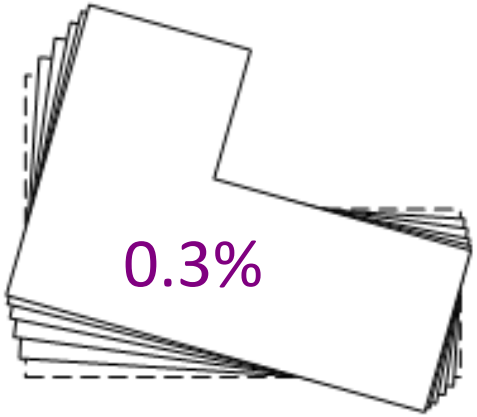
Modo 1 T = 0.582 s



Modo 2 T = 0.553 s



Modo 3 T = 0.463 s

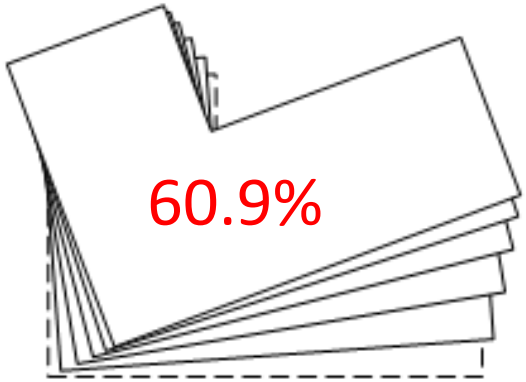


Il modo 2 dà il contributo massimo

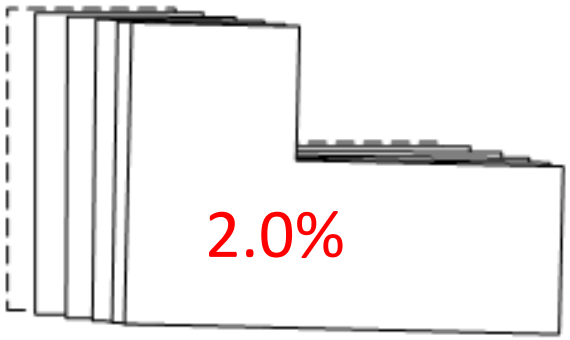
Il modo 5, di traslazione x con spostamenti nei due versi, dà un ulteriore contributo (8.9%)

Masse partecipanti, sisma y

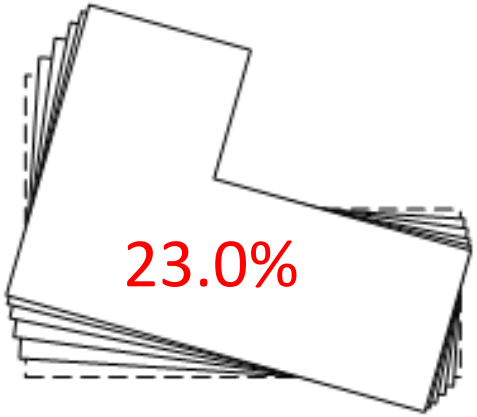
Modo 1 T = 0.582 s



Modo 2 T = 0.553 s



Modo 3 T = 0.463 s

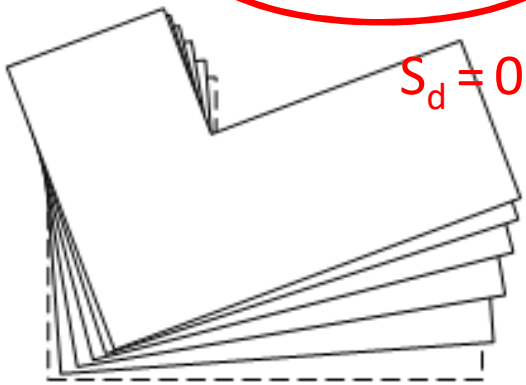


I modi 1 e 3 danno il contributo massimo

Il modo 4, di traslazione y e rotazione con spostamenti nei due versi, dà un ulteriore contributo (6.9%)

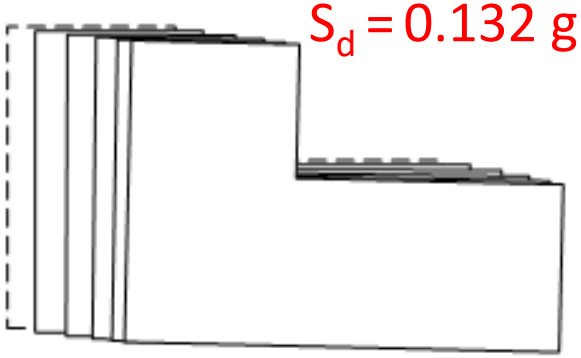
Periodi dei modi predominanti

Modo 1 T = 0.582 s



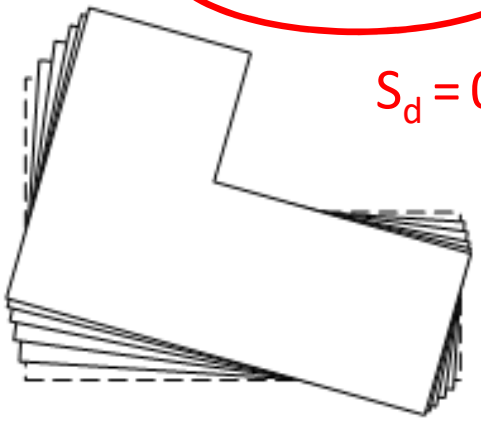
$S_d = 0.125$ g

Modo 2 T = 0.553 s



$S_d = 0.132$ g

Modo 3 T = 0.463 s



$S_d = 0.138$ g

Periodi stimati: ~~0.611 s~~

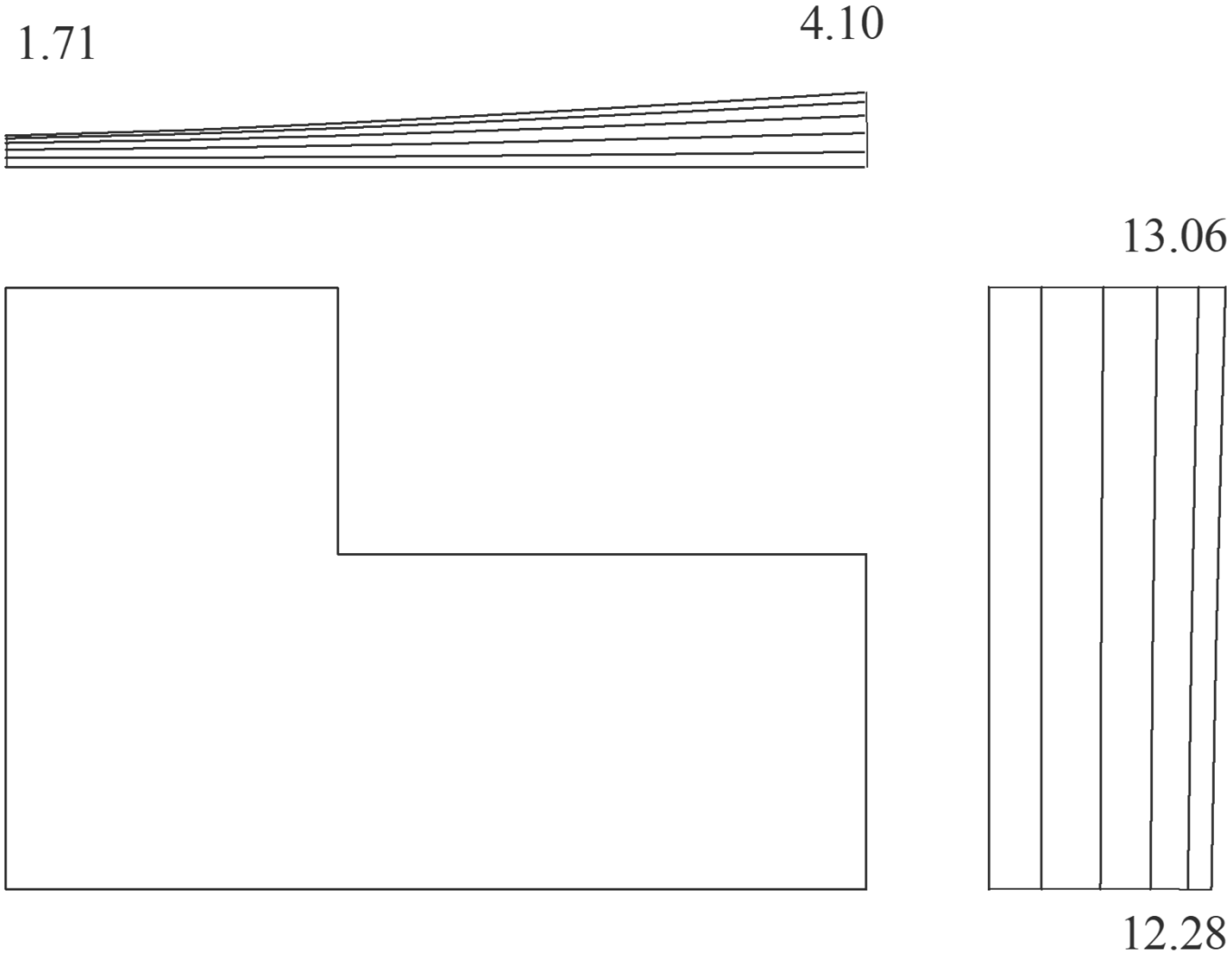
$T_x = 0.553$ s $S_d = 0.132$ g

$T_y = 0.552$ s $S_d = 0.132$ g

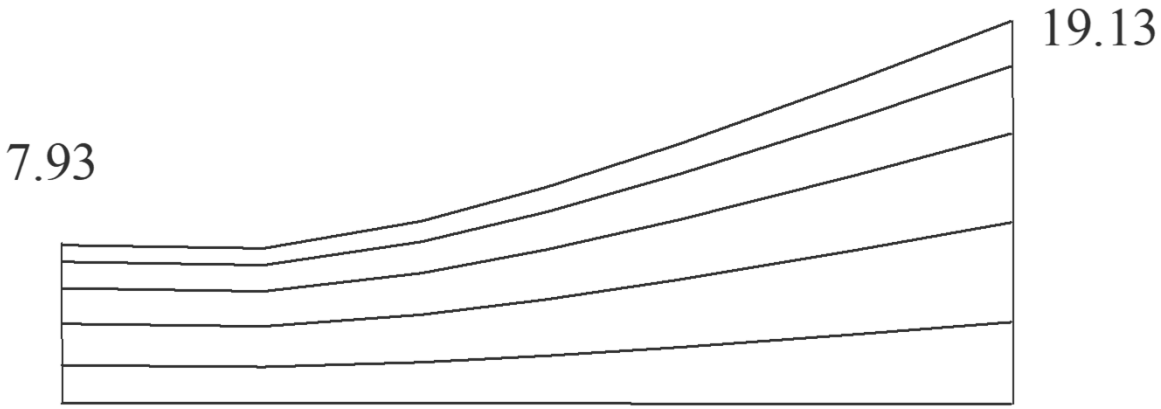
I periodi sono analoghi

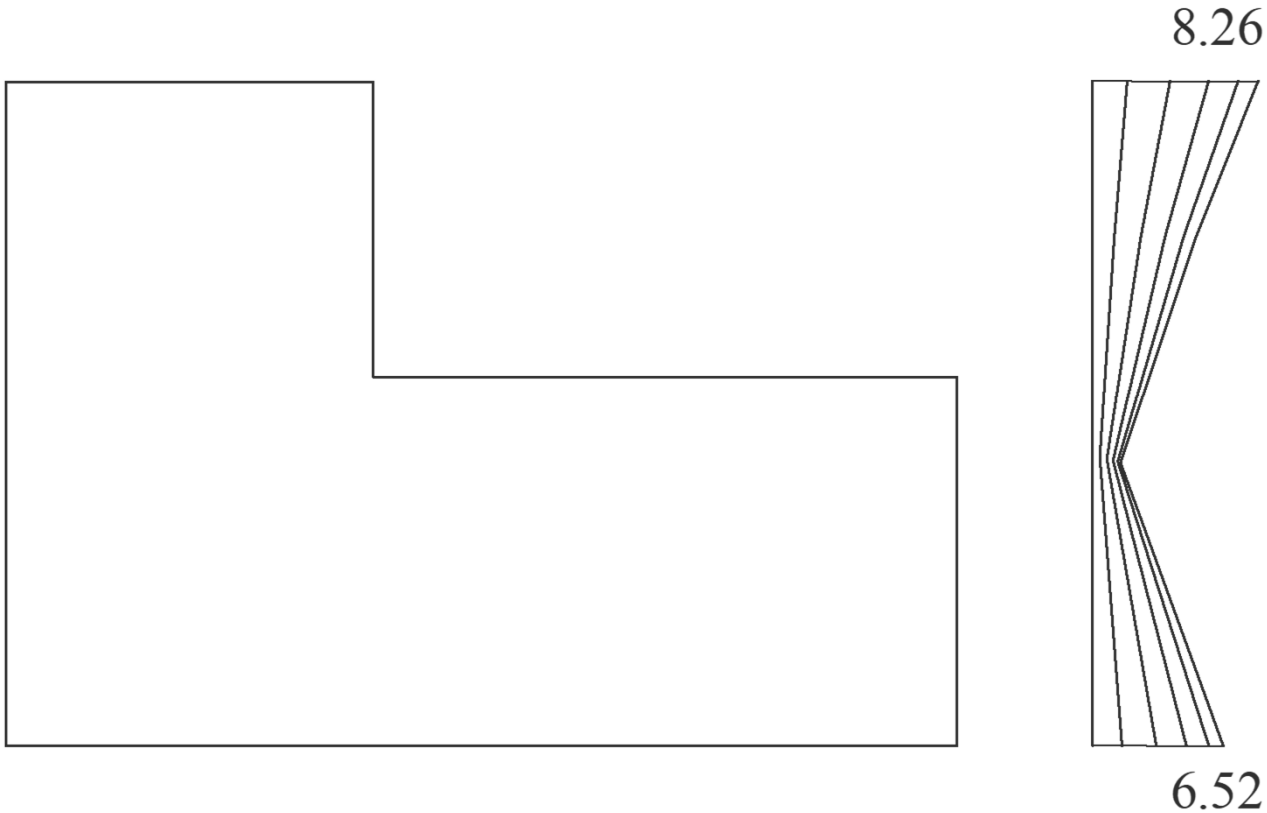
Le ordinate spettrali sono quindi analoghe

Inviluppo modale
sisma x

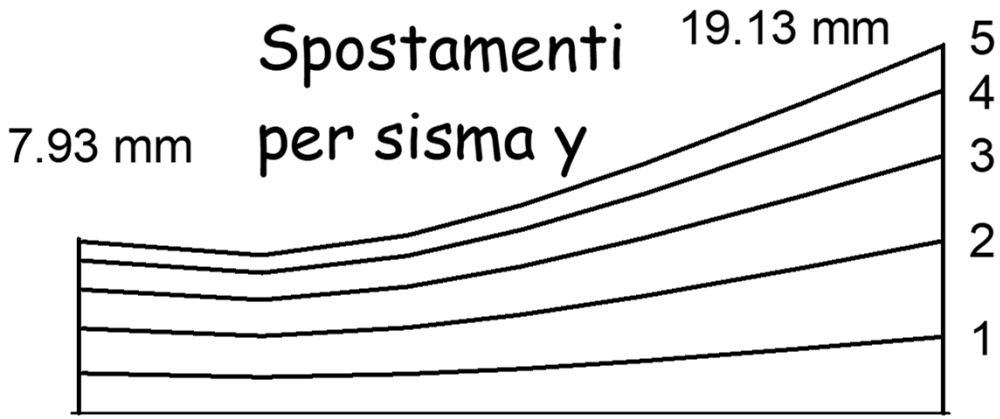


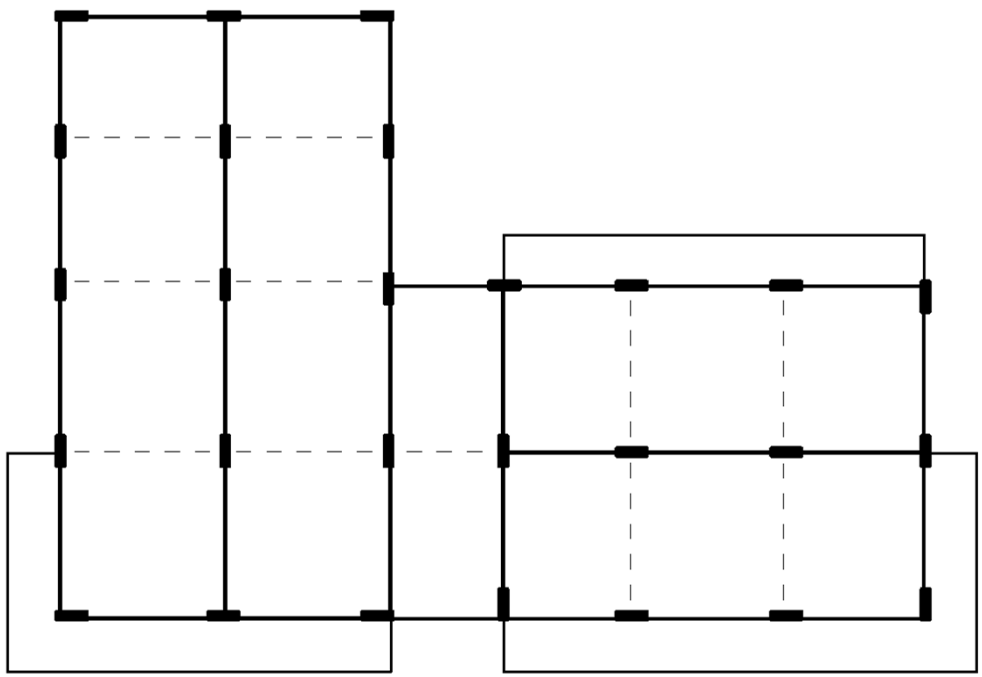
Inviluppo modale sisma y

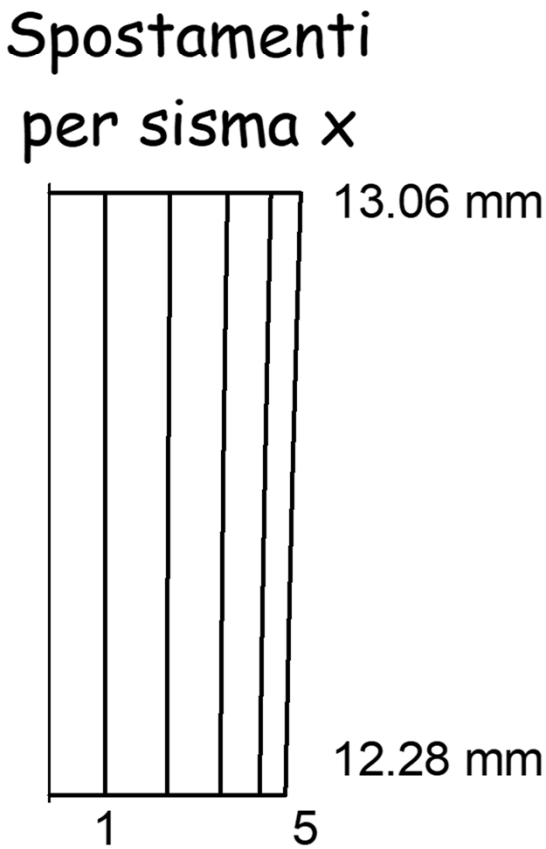




Spostamenti, inviluppo modale



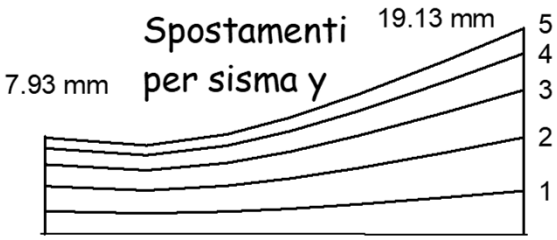


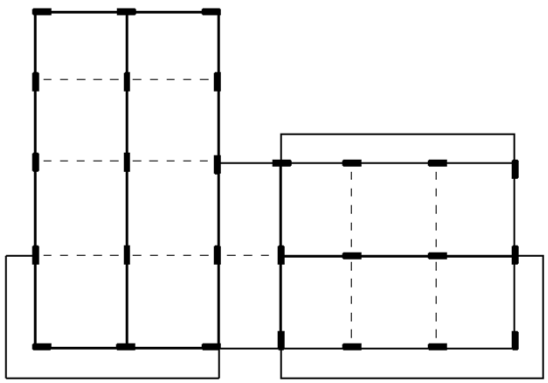


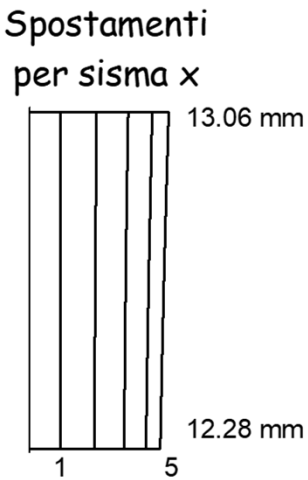
Spostamenti, inviluppo modale

Rotazione non trascurabile per sisma y (spostamenti dovuti ai modi 1 e 3)

La parte destra andrebbe irrigidita







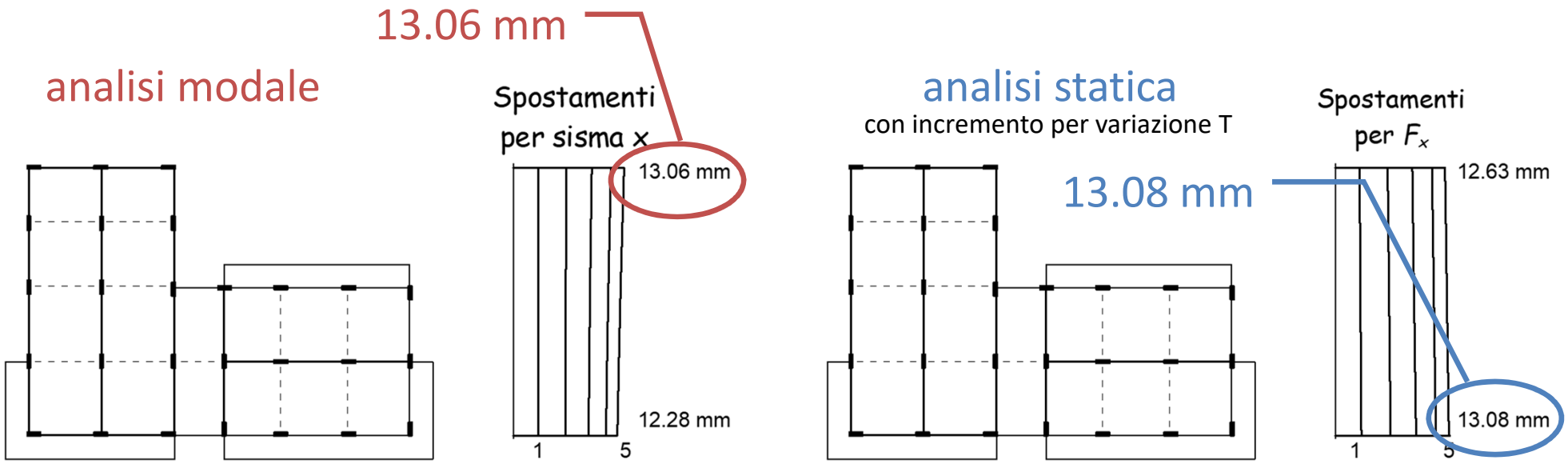
gli spostamenti massimi per sisma y sono maggiori di circa il 50% rispetto a quelli per sisma x

Spostamenti per sisma x uniformi

(vicini a quelli del modo 2)

Spostamenti
confronto tra analisi modale e statica

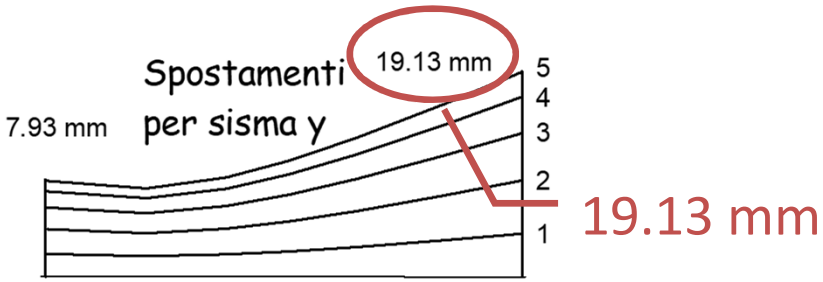
Sisma x: analisi modale – spostamenti uguali

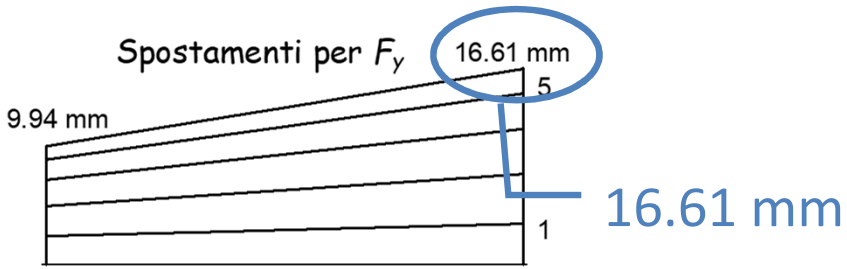


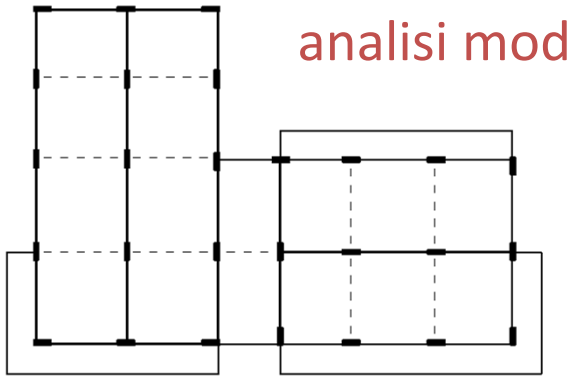
Spostamenti
confronto tra analisi modale e statica

Sisma y: l'analisi modale accentua la rotazione

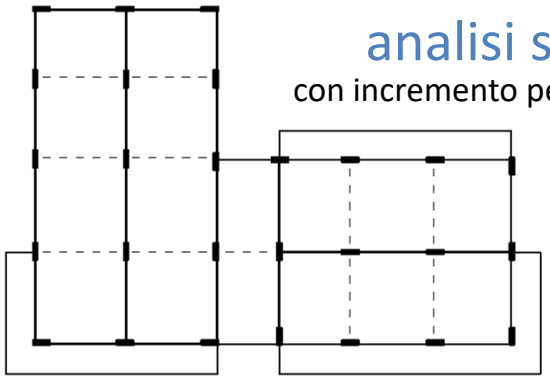
lato destro – spostamenti maggiori (25%)
lato sinistro – spostamenti minori





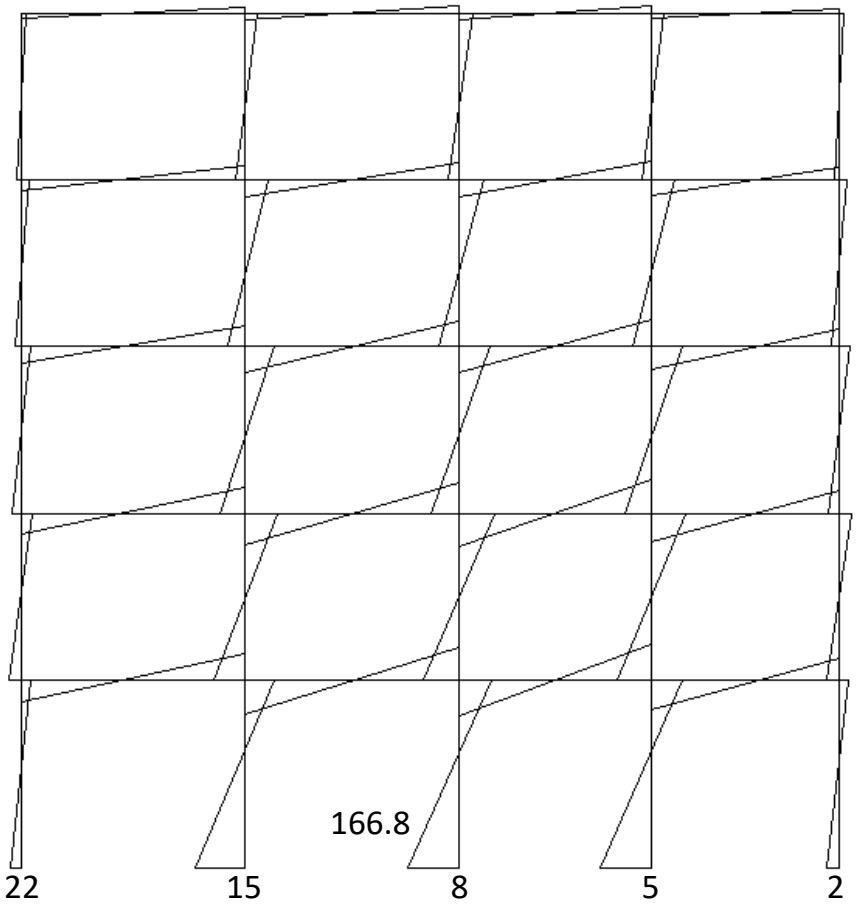


analisi modale

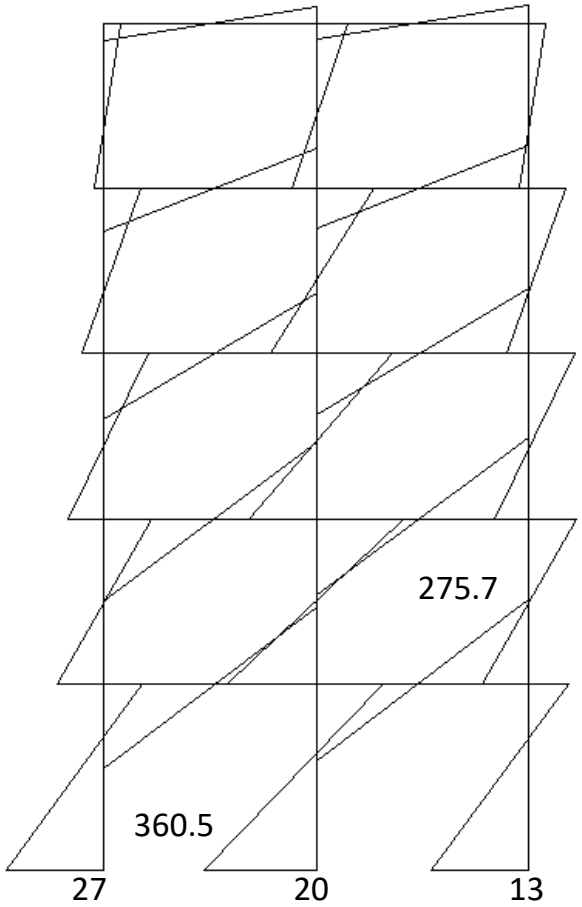


analisi statica
con incremento per variazione T

Sollecitazioni



Telaio 2y



Telaio 7y

Sollecitazioni
per sisma in direzione x

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Taglio An. statica (kN)	Taglio An. modale (kN)
5	39.12	42.73
4	69.41	75.81
3	92.07	101.98
2	108.93	122.03
1	111.18	120.36

+11% per diff. periodo

Il taglio massimo è abbastanza uniforme

Come per l'analisi statica, nei pilastri di estremità il taglio è minore (circa il 50% ai piani superiori, il 75% al piede del I ordine)

Analisi statica e modale forniscono valori sostanzialmente uguali

Sollecitazioni
per sisma in direzione x

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	70.93	77.13
4	122.75	134.37
3	155.93	173.30
2	175.03	196.46
1 testa	153.45	167.40
piede	246.78	265.99

+11%

Il momento massimo è abbastanza uniforme

Come per l'analisi statica, nei pilastri di estremità il momento è minore (circa il 50-60% ai piani superiori, l'85% al piede del I ordine)

Analisi statica e modale forniscono valori sostanzialmente uguali

Sollecitazioni
per sisma in direzione x

Travi emergenti dei telai in direzione x

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	37.57	40.76
4	90.00	97.71
3	133.66	146.61
2	166.76	186.77
1	174.68	203.18

+11%

Il momento massimo è abbastanza uniforme,

sia come distribuzione in pianta che in base alla posizione nel telaio (incluse campate di estremità)

Analisi statica e modale forniscono valori sostanzialmente uguali

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (max, des)

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Taglio An. statica (kN)	Taglio An. modale (kN)
5	44.93	57.03
4	82.85	105.51
3	112.27	145.08
2	135.83	177.19
1	122.95	159.98

+11%

Il taglio varia molto in base alla posizione in pianta, a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono maggiori di quelli dell'analisi statica

(dal 10 al 15% a seconda dei piani)

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (max, des)

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	82.29	103.88
4	147.14	187.92
3	190.12	246.55
2	220.89	287.58
1 testa	165.35	215.55
piede	277.27	360.46

+11%

Il momento varia in base alla posizione in pianta a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono maggiori di quelli dell'analisi statica

(dal 10 al 15% a seconda dei piani)

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (max, des)

Travi emergenti dei telai in direzione y

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	44.37	56.03
4	111.80	141.06
3	166.11	212.26
2	205.49	265.79
1	212.06	275.67

+11%

Il momento varia in base alla posizione in pianta a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono maggiori di quelli dell'analisi statica

(dal 10 al 15% a seconda dei piani)

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (min, sin)

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Taglio An. statica (kN)	Taglio An. modale (kN)
5	27.31	24.81
4	50.93	45.19
3	68.24	61.30
2	80.52	73.31
1	89.89	79.02

+11%

Il taglio varia molto in base alla posizione in pianta, a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono minori di quelli dell'analisi statica

(circa il 15%)

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (min, sin)

Pilastri allungati in questa direzione

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	50.26	45.08
4	90.90	80.71
3	116.18	104.66
2	131.15	119.18
1 testa	125.69	110.19
piede	197.91	174.34

+11%

Il momento varia in base alla posizione in pianta a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono minori di quelli dell'analisi statica

(circa il 15%)

Sollecitazioni
per sisma in direzione y (min, sin)

Travi emergenti dei telai in direzione y

Piano	Momento An. statica (kNm)	Momento An. modale (kNm)
5	26.45	23.66
4	65.80	58.18
3	95.71	85.03
2	119.36	107.23
1	130.89	116.65

+11%

Il momento varia in base alla posizione in pianta a causa della rotazione

I valori dell'analisi modale sono minori di quelli dell'analisi statica

(circa il 15%)

Commento

- La struttura, così come è attualmente dimensionata, presenta un comportamento rotazionale non accettabile (nettamente non bilanciato).
  Anziché andare avanti con il suo esame, si dovrebbe fin d'ora pensare a come modificarla per eliminare questo problema

- Si continua ad esaminarla ed a valutare l'effetto di eccentricità accidentale e combinazione delle azioni nelle due direzione principalmente a fini didattici, ma anche per evidenziare come il comportamento non bilanciato sia aggravi da questi ulteriori aspetti.