PROGETTO DI EDIFICI ANTISISMICI IN CEMENTO ARMATO

Ascoli Piceno, 17-18 maggio 2019

07e – Analisi strutturale

Docente del corso

AURELIO GHERSI

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

Schemi base e combinazioni di carico: esame dei risultati globali ottenuti

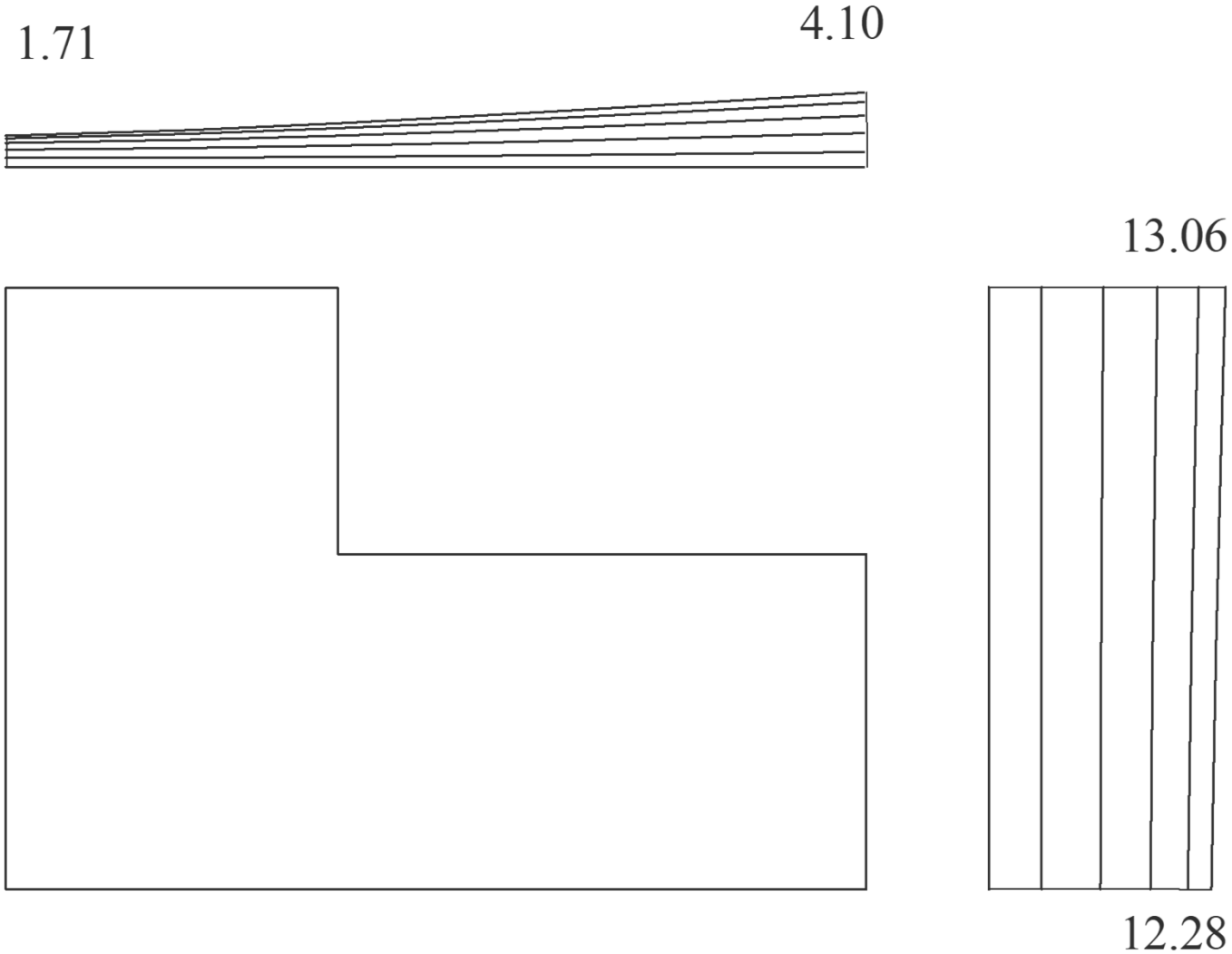
Eccentricità accidentale

Eccentricità accidentale

Esame dei risultati

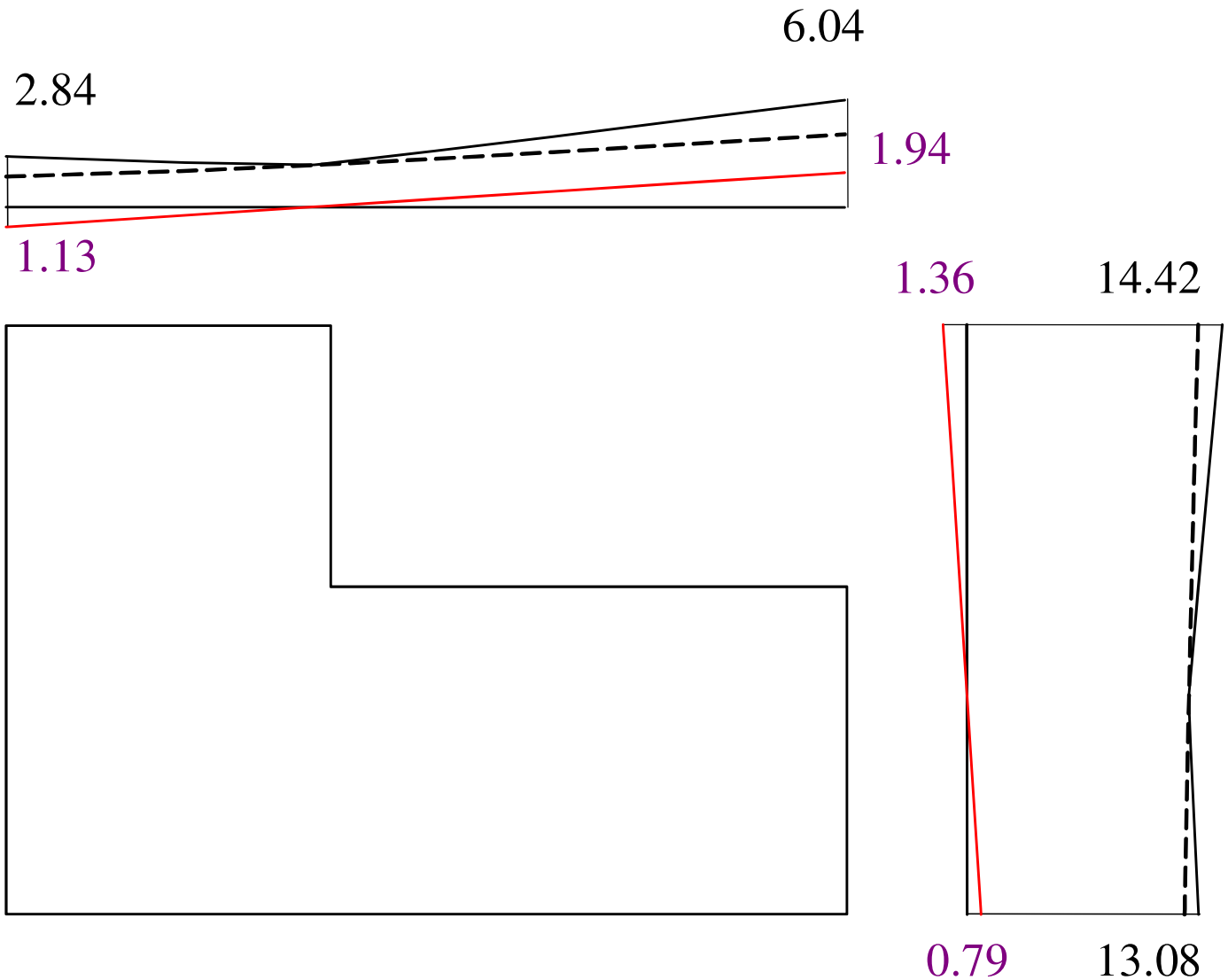
- Esaminare per ciascuna delle due direzioni
  gli spostamenti prodotti dalle coppie e confrontarli con quelli prodotti dalle forze
  - l'effetto delle coppie è lo stesso a tutti i piani?
  - la sua entità è comparabile con quanto previsto?
- Esaminare i momenti massimi nei pilastri e nelle travi e confrontarli con quelli prodotti dalle forze
  - l'incremento dovrebbe essere analogo a quello degli spostamenti

Inviluppo modale
sisma x



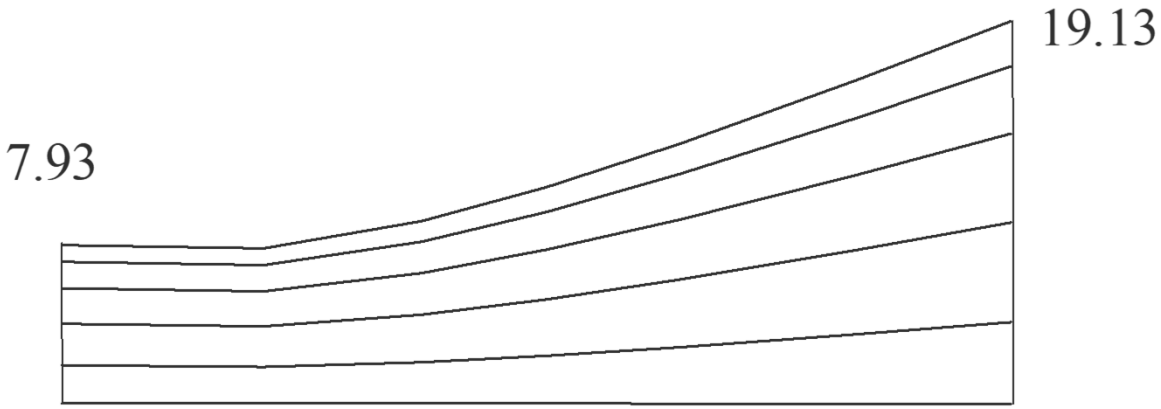
Spostamenti includendo eccentricità

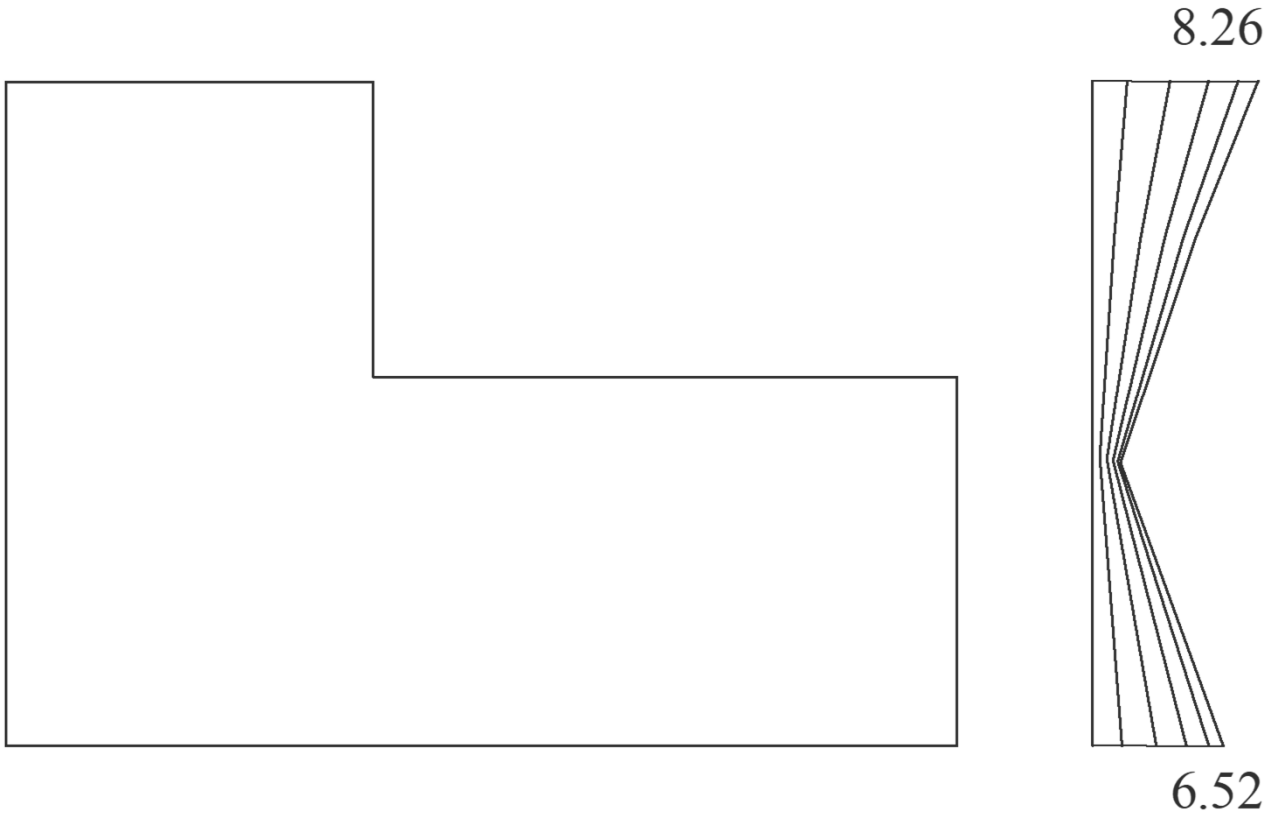
direzione x (analisi modale)



Inviluppo modale

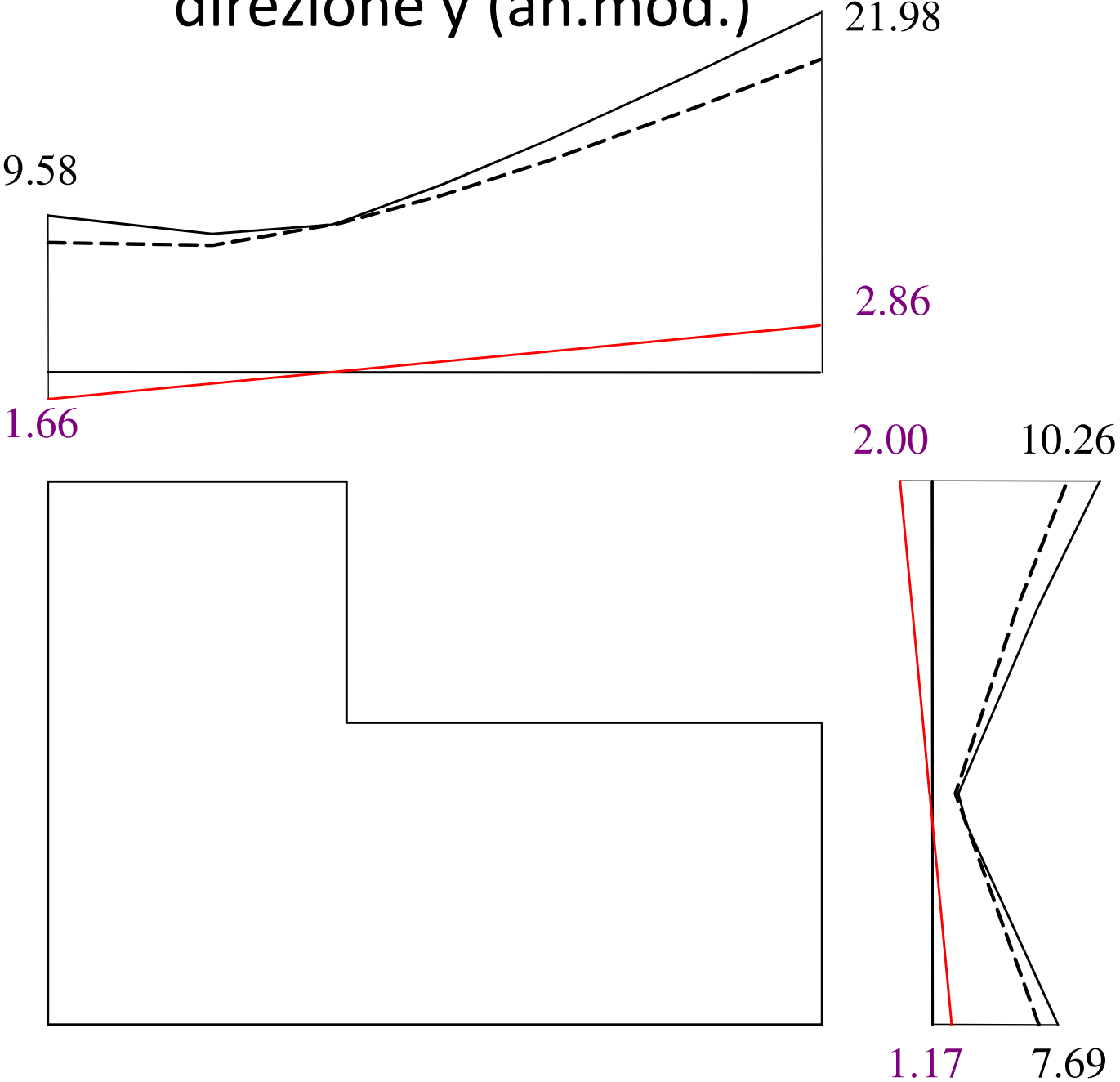
sisma y





Spostamenti includendo eccentricità

direzione y (an.mod.)



Includendo eccentricità

considerazioni su spostamenti

- Le coppie provocano un incremento di spostamento percentualmente analogo a tutti i piani
- L'incremento va dal 6% (inf) al 10% (sup) nel caso di azioni in direzione x
- L'incremento va dal 16% (sin) al 17% (des) nel caso di azioni in direzione y

Includendo eccentricità

considerazioni su caratteristiche della sollecitazione

- L'incremento percentuale di sollecitazione dovuto alle coppie è lo stesso di quanto riscontrato per gli spostamenti:
  - dal 6% (inf) al 10% (sup) nel caso di azioni in direzione x
  - dal 16% (sin) al 17% (des) nel caso di azioni in direzione y

Combinazione delle azioni nelle due direzioni

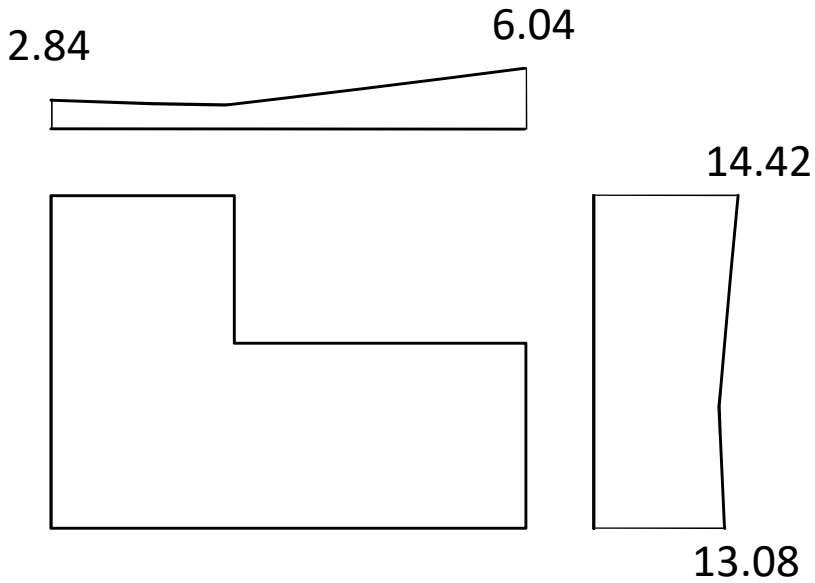
Le componenti orizzontali

“I valori massimi della risposta ottenuti da ciascuna delle due azioni orizzontali applicate separatamente potranno essere combinati sommando, ai massimi ottenuti per l’azione applicata in una direzione, il 30% dei massimi ottenuti per l’azione applicata nell’altra direzione”

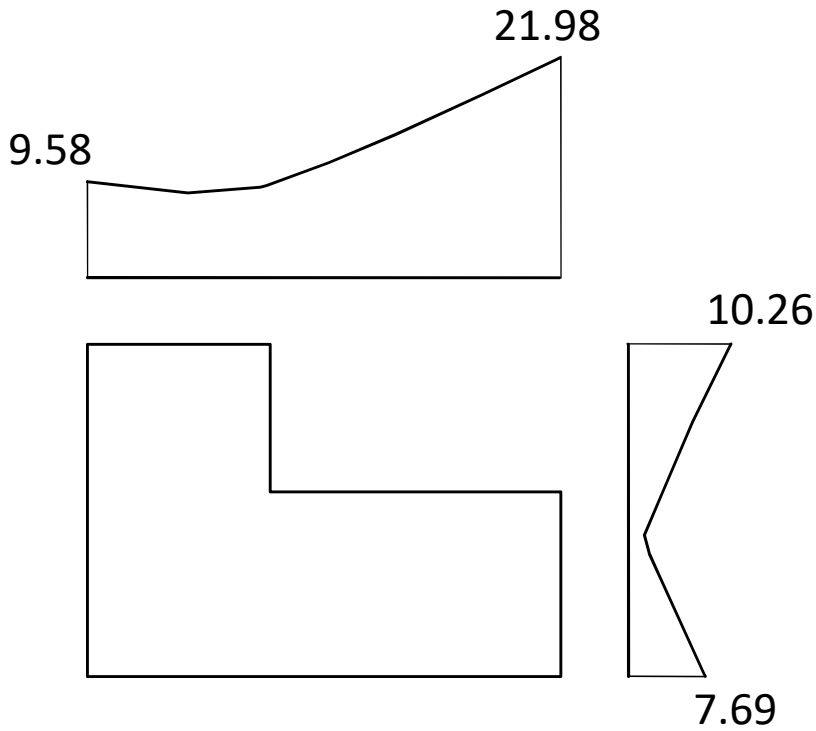
In che modo capire quanta importanza ha questa combinazione?

Ragioniamo ancora esaminando gli spostamenti

Effetto complessivo del sisma
separatamente nelle due direzioni



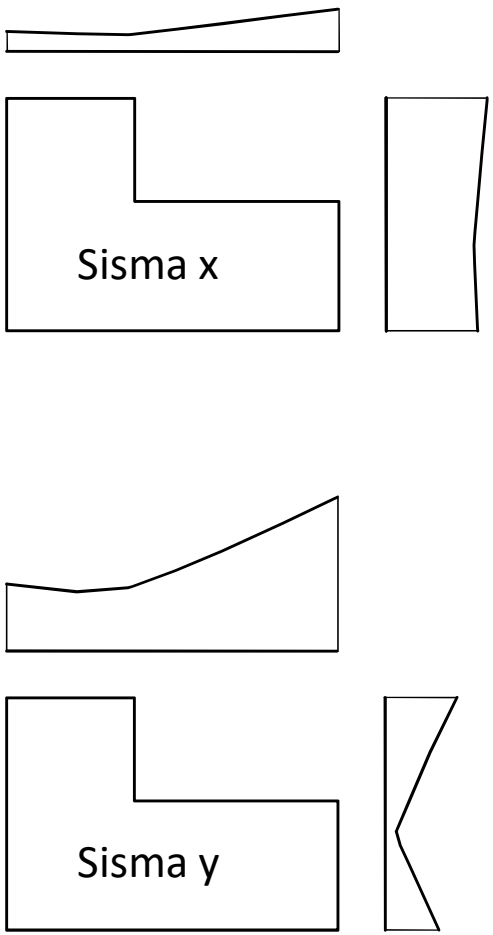
Sisma in direzione x

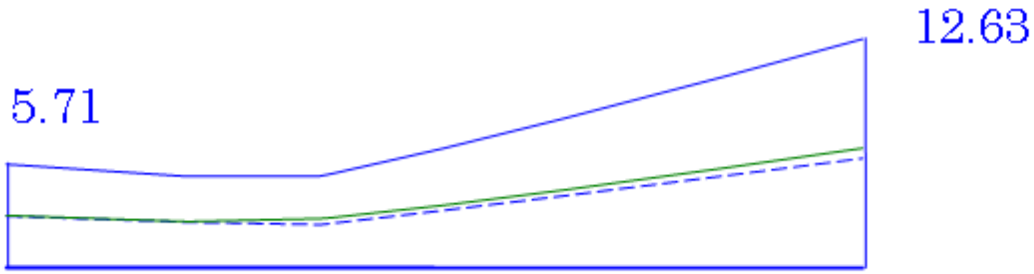


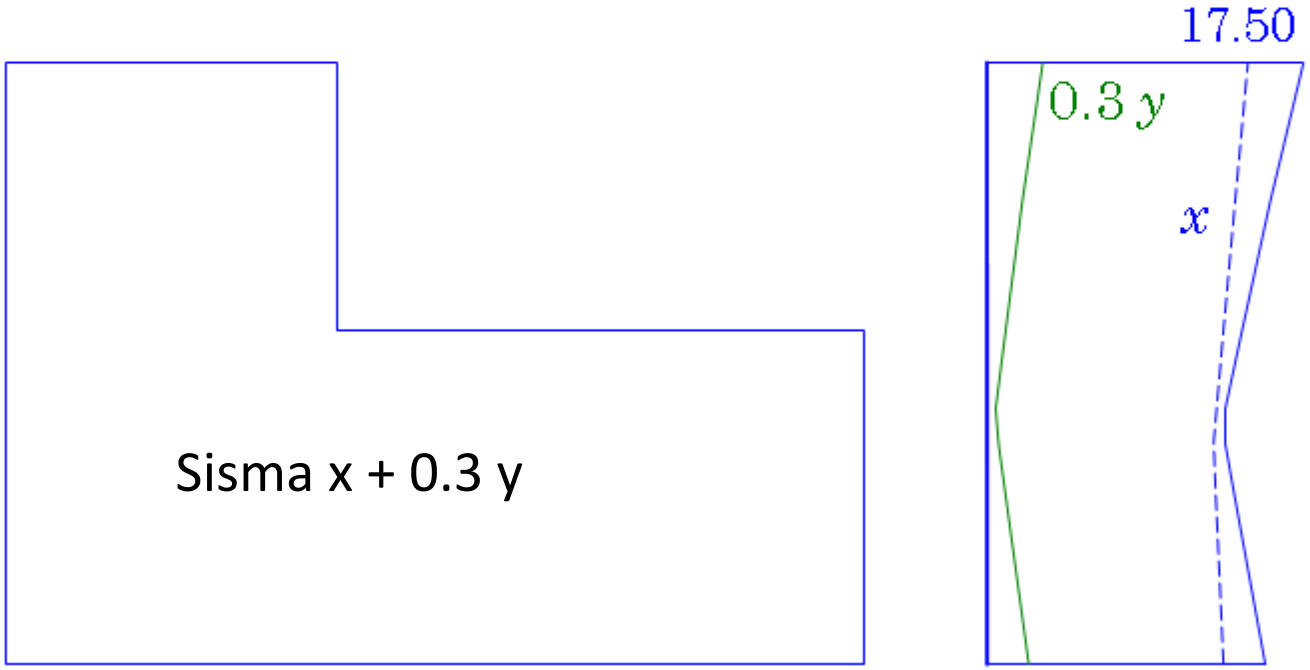
Sisma in direzione y

Inviluppo: sisma x + 0.3 sisma y

analisi modale

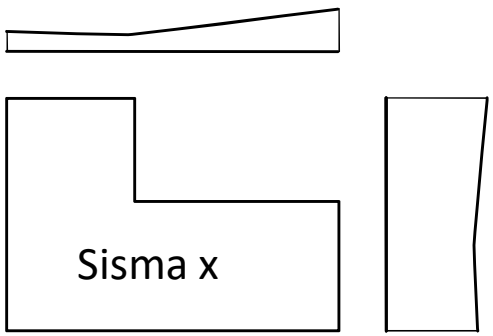


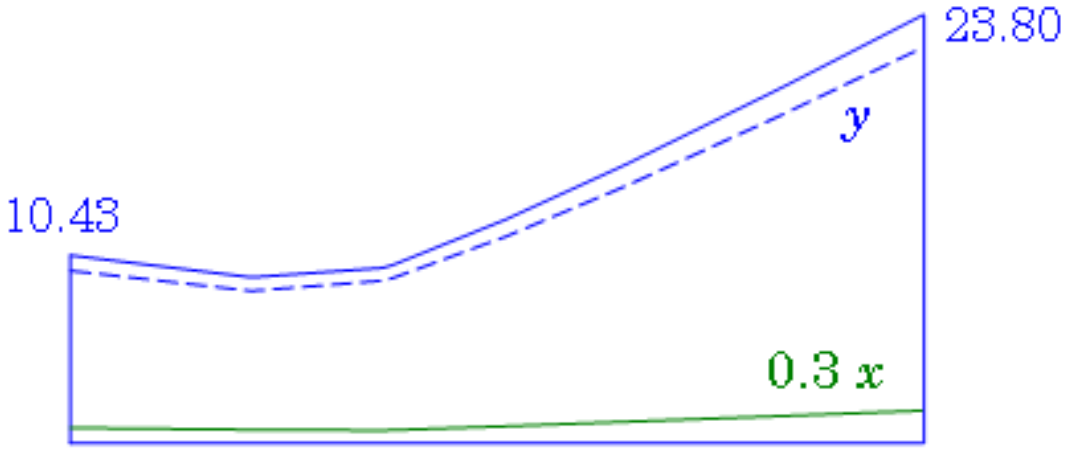


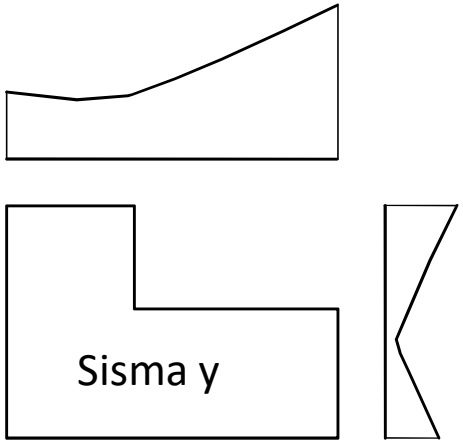


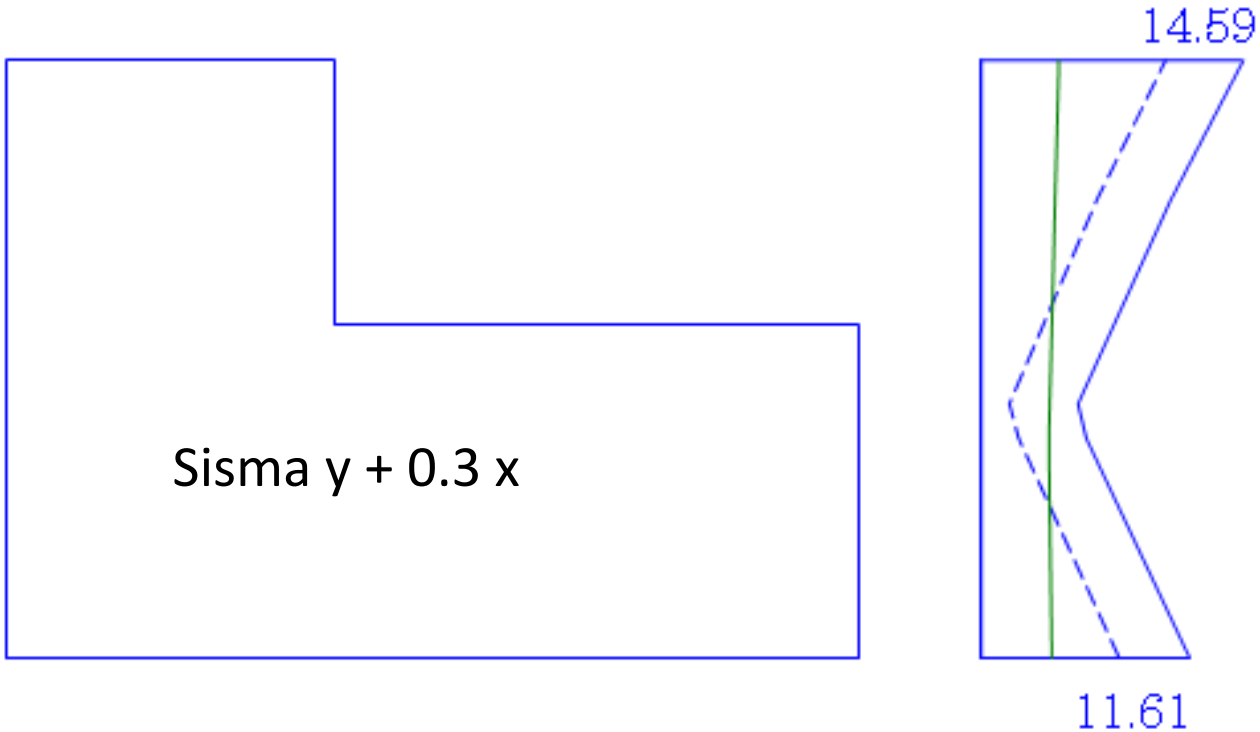
Inviluppo: sisma y + 0.3 sisma x

analisi modale









Includendo combinazione x e y

considerazioni su spostamenti e sollecitazioni

- Tenendo conto anche del 30% di sisma in direzione ortogonale si ha un ulteriore incremento di spostamento percentualmente, analogo a tutti i piani
- L'incremento, rispetto all'analisi modale base, arriva ad un massimo del 34% nel caso di azioni in direzione x
- L'incremento, rispetto all'analisi modale base, arriva ad un massimo del 32% nel caso di azioni in direzione y
- Variazioni analoghe si hanno per le sollecitazioni

Questa differenza è maggiore del 20% inizialmente stimato, a causa del cattivo bilanciamento della struttura

Effetto complessivo

di eccentricità accidentale e combinazione x y

Travi:

- le travi dei telai centrali ne risentono in misura minima

- le travi dei telai di estremità hanno, rispetto allo schema con sole forze, un incremento di caratteristiche di sollecitazione fino a circa il 20%

Effetto complessivo

di eccentricità accidentale e combinazione x y

Pilastri:

- i pilastri nella parte centrale dell'edificio non hanno variazioni rilevanti delle caratteristiche di sollecitazione massima, ma devono essere verificati a pressoflessione deviata con momenti trasversali pari a circa il 30% del massimo

- i pilastri perimetrali hanno un incremento di caratteristiche di sollecitazione fino a circa il 20%, ed inoltre devono essere verificati a pressoflessione deviata con momenti trasversali pari a circa il 40%-60% del massimo

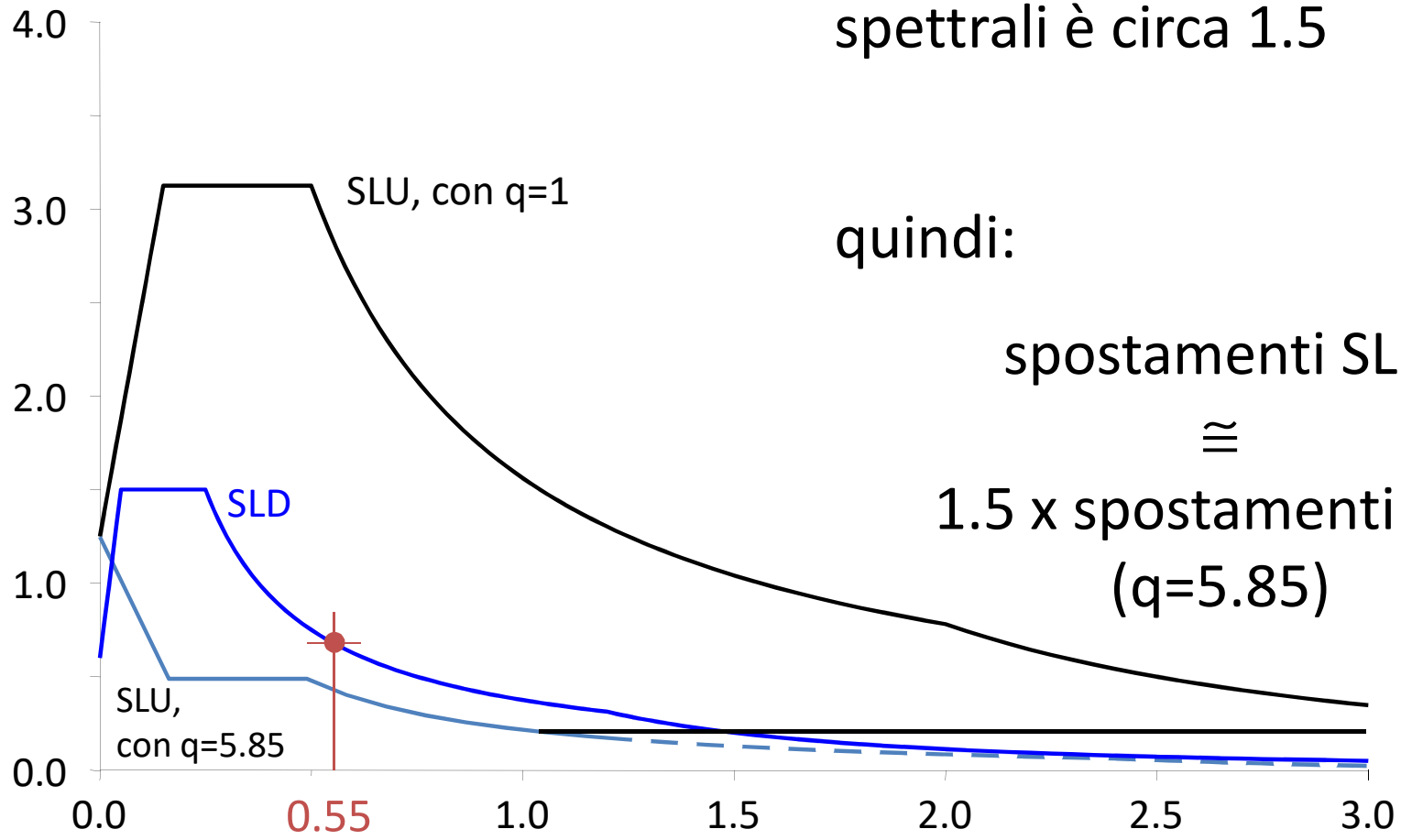
Stato limite di danno

Stato limite di danno

Prima di passare alla definizione delle armature, è opportuno controllare gli spostamenti per lo stato limite di danno

Occorrerebbe ripetere tutto il calcolo, usando gli spettri relativi allo SLD, ma può essere più semplice valutare gli spostamenti a partire da quelli per lo SLU, tenendo conto della differenza di ordinata dei relativi spettri

Spettri per SLU e SLD



nel caso in esame, per un periodo pari a circa 0.55 s il rapporto tra le ordinate spettrali è circa 1.5

quindi:

spostamenti SLD

≅

1.5 x spostamenti SLU

(q=5.85)

Verifica spostamenti per SLD

Spostamento relativo accettabile: 0.005 h

Nel caso in esame: 0.005 x 3200 = 16 mm

Spostamento relativo massimo,
fornito dall'analisi: 1.5x6.4=9.6 mm
(tra II e I impalcato)

La verifica è soddisfatta con ampio margine
(il limite è 1.67 volte il valore massimo)

Commenti finali

Giudizio complessivo

prima di passare ad una verifica dettagliata

Rispetto alla stima iniziale, fatta in fase di dimensionamento:

- la previsione iniziale del periodo ha sottostimato l'azione sismica di circa un 10%
- la previsione dell'effetto di forze statiche era abbastanza corretta, ma con sottostima delle sollecitazioni nella parte destra (dovuta alla eccessiva eccentricità masse-rigidezze)
- l'effetto dell'eccentricità accidentale è stato ben stimato
- la contemporanea presenza delle due componenti del sisma è in alcuni casi più gravosa del previsto

Il dimensionamento iniziale è accettabile?

Il dimensionamento è tutto sommato accettabile,
anche se in alcuni elementi le sollecitazioni sono un po' più grandi del previsto

La risposta sismica mostra però rotazioni rilevanti, non accettabili. È quindi opportuno ritornare al dimensionamento, per correggere le carenze evidenziate

In particolare, è opportuno irrigidire la parte destra dell'edificio, aumentando le dimensioni di alcuni elementi o girando alcuni pilastri, e/o indebolire la parte sinistra