

Corso

Dinamica delle strutture e progetto di costruzioni in zona sismica - mod. B

Catania

marzo-maggio 2018

09 - Primo dimensionamento delle sezioni di travi e pilastri

Aurelio Gheresi

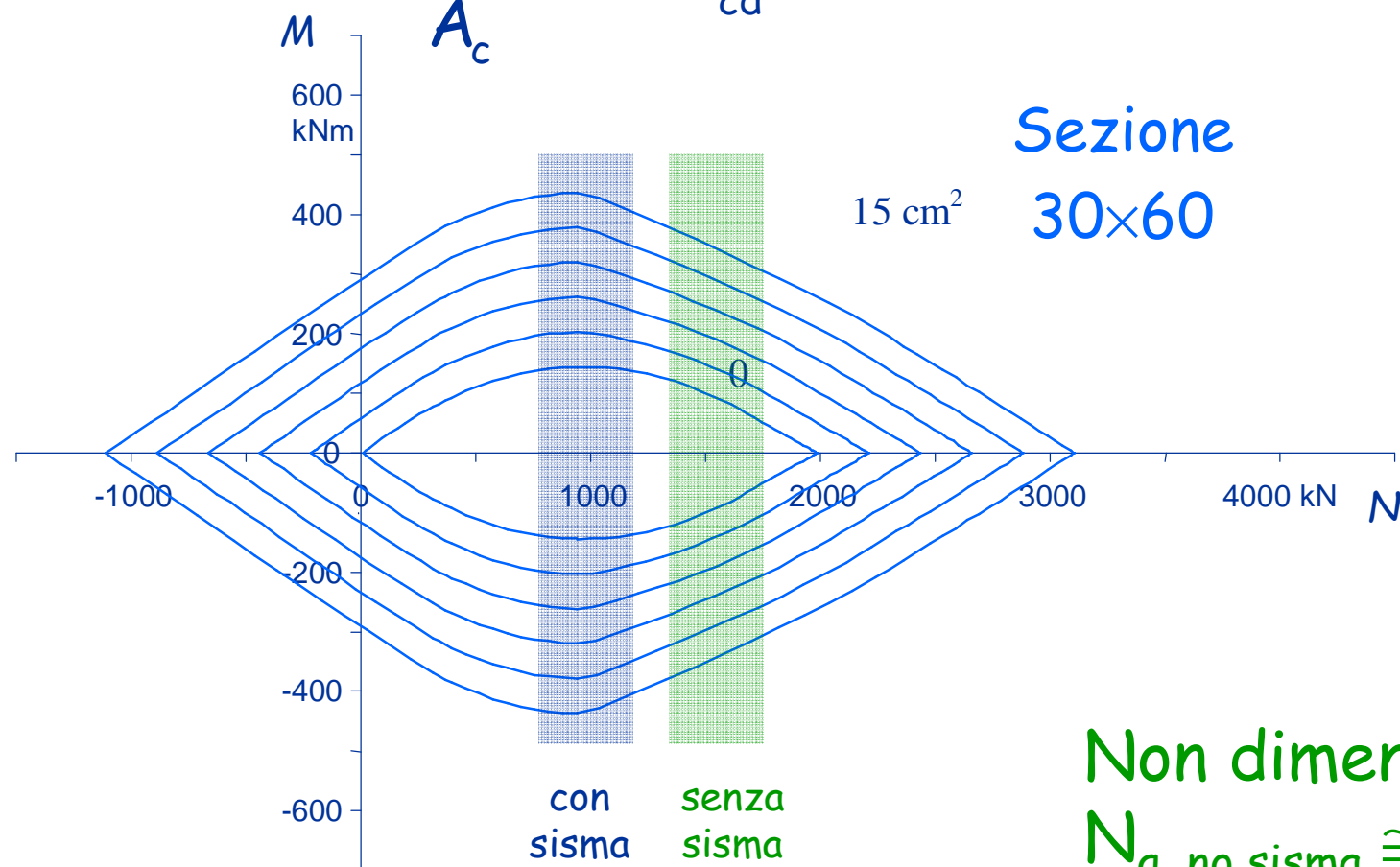
(a)

Considerazioni generali

Considerazioni domini M-N per i pilastri

Il massimo momento flettente può essere portato
quando:

$$\frac{N}{A_c} \cong 0.5 f_{cd}$$

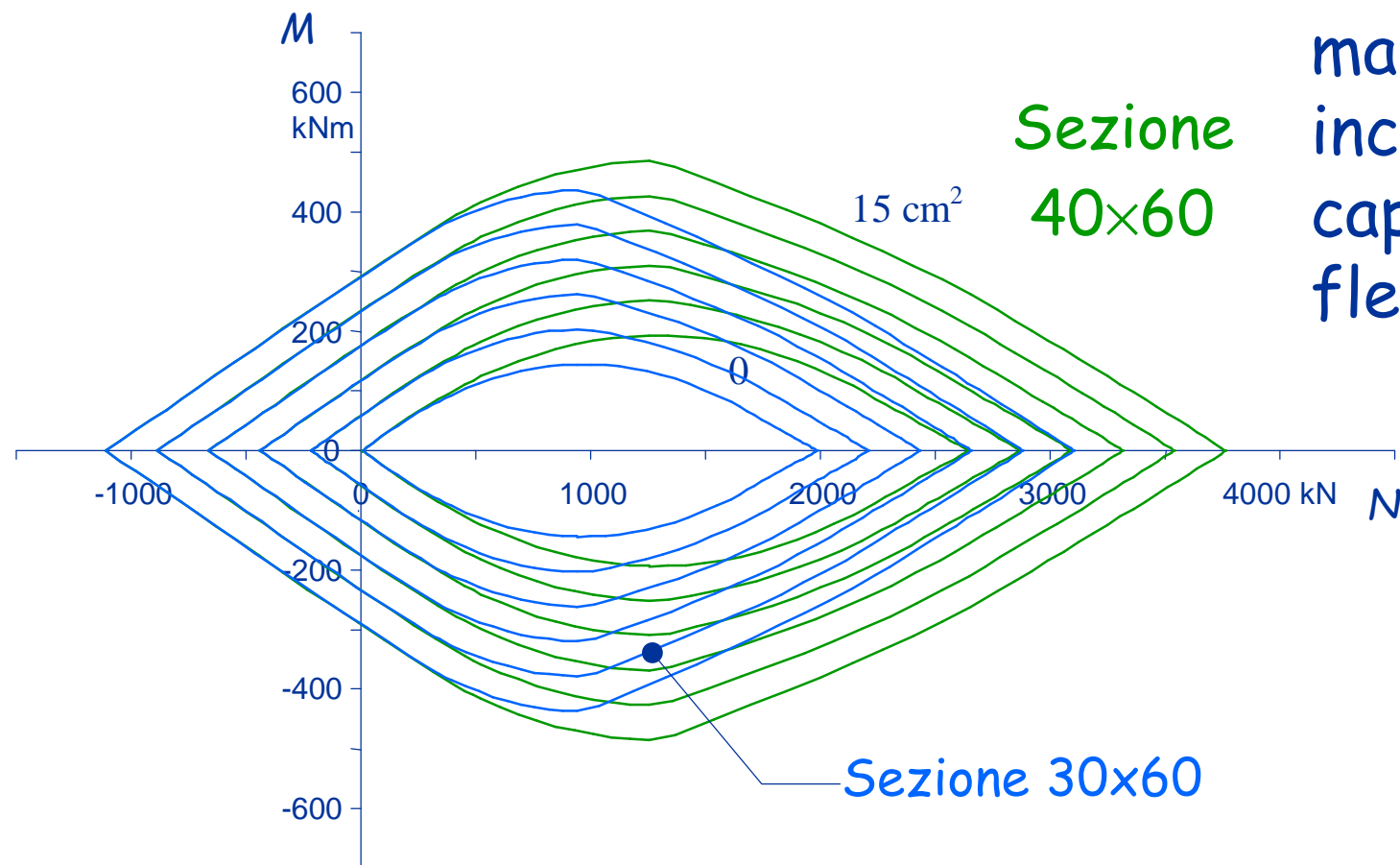


Sezione
30x60

Non dimenticare che
 $N_{q, no sisma} \cong 1.5 N_{q+sisma}$

Considerazioni domini M-N per i pilastri

- Un aumento della larghezza della sezione produce un aumento dello sforzo normale resistente

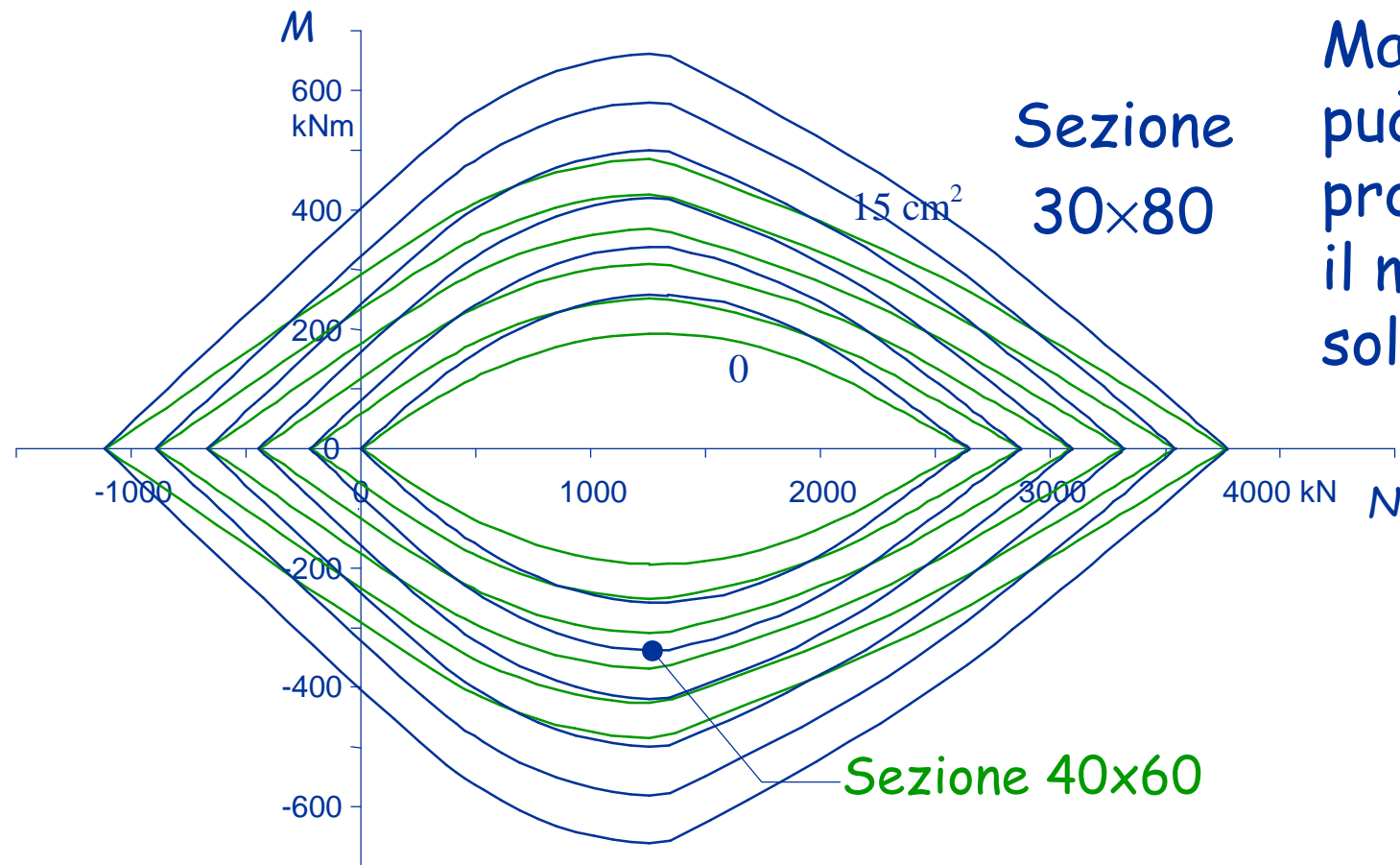


Sezione
 40×60

ma un modesto
incremento di
capacità
flessionale

Considerazioni domini M-N per i pilastri


Un aumento di altezza della sezione (a parità di area)
produce un buon incremento di capacità flessionale



Ma, attenzione:
può aumentare
proporzionalmente
il momento
sollecitante

Considerazioni sezioni dei pilastri

In linea di massima può essere opportuno controllare che, nella sezione del primo ordine, la tensione media N/A_c non superi:

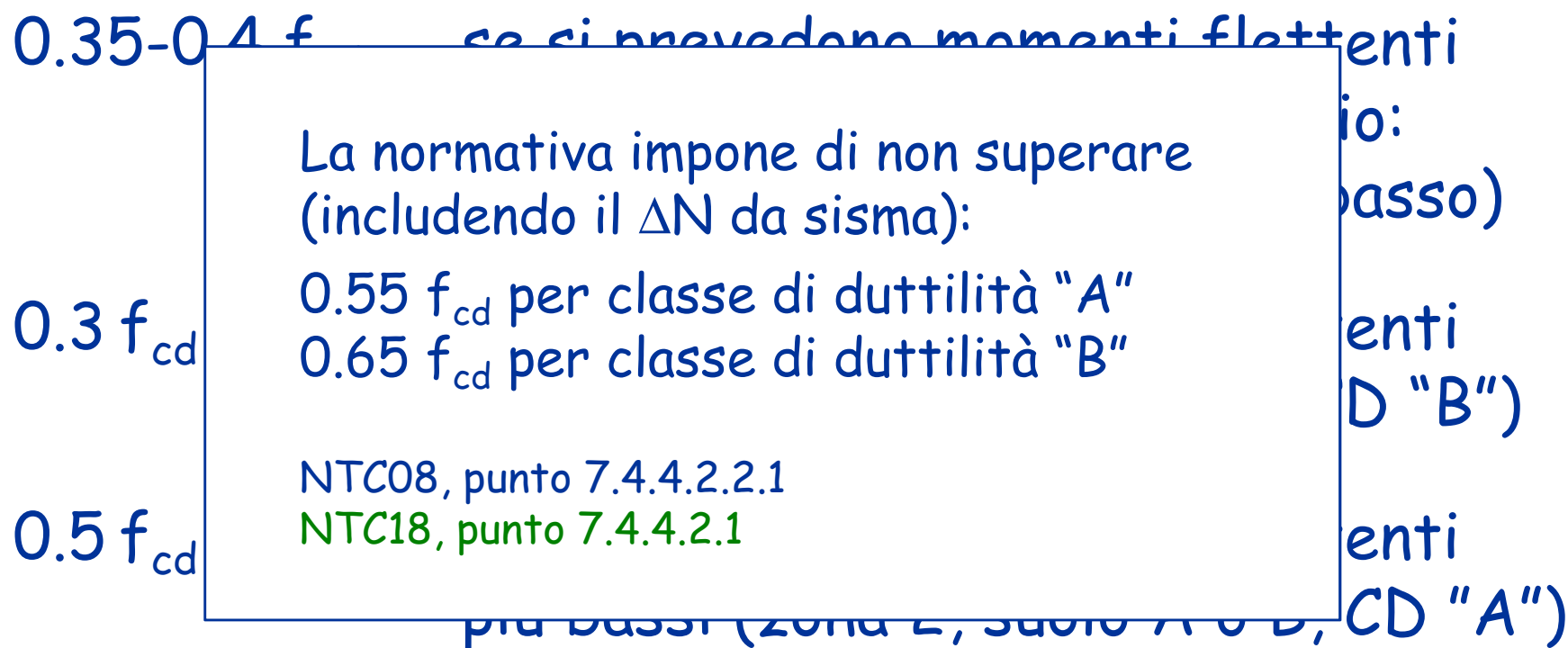
in presenza di sisma 

- | | |
|-------------------|---|
| $0.35-0.4 f_{cd}$ | se si prevedono momenti flettenti elevati, ma non troppo (esempio: zona 2, suolo C, q non troppo basso) |
| $0.3 f_{cd}$ | se si prevedono momenti flettenti più elevati (zona 1 o suolo D, CD "B") |
| $0.5 f_{cd}$ | se si prevedono momenti flettenti più bassi (zona 2, suolo A o B, CD "A") |

Considerazioni sezioni dei pilastri

In linea di massima può essere opportuno controllare che, nella sezione del primo ordine, la tensione media N/A_c non superi:

in presenza di sisma ↗



Considerazioni sezioni dei pilastri

- Si inizia in genere a dimensionare la sezione più sollecitata, cioè quella del primo ordine
- Lo si fa tenendo conto delle tensioni medie innanzi indicate ma soprattutto in base alle coppie M-N previste
- È opportuno usare per i diversi pilastri del primo ordine un numero basso di tipi di sezione (max 2 o 3) ed evitare eccessive differenze di momento d'inerzia:
 - quindi cercare di mantenere - più o meno - la stessa altezza delle sezioni e variare la base

Considerazioni sezioni dei pilastri

- È opportuno ridurre gradualmente la sezione andando verso l'alto, ma è importante:
 - limitare le variazioni di sezione, che sono sempre possibile causa di errori costruttivi
 - evitare forti riduzioni di tutti i pilastri ad uno stesso piano
 - mantenere una dimensione adeguata, non troppo piccola, anche ai piani superiori

Dimensionamento travi e pilastri per tener conto anche del sisma

Preliminarmente:
effetto dei carichi verticali

- Valutare il momento flettente nelle travi, in assenza e in presenza di sisma
- Valutare lo sforzo normale nei pilastri, in assenza e in presenza di sisma


Poi:
effetto del sisma

- Valutare il momento flettente indotto dal sisma nelle travi e nei pilastri
- Valutare la variazione di sforzo normale indotto dal sisma nei pilastri

(b)

Prima stima dell'effetto del sisma

Effetto del sisma

- Stima delle masse
 - Fattore di struttura e spettro di progetto
 - Stima iniziale del periodo
 - Valutazione delle forze per analisi statica
 - Ripartizione del taglio tra i pilastri
 - Stima del momento flettente nei pilastri
 - Stima del momento flettente nelle travi
- 
- Dimensionamento sezioni
 - Valutazione rigidezze e nuova stima periodo
 - Stima degli spostamenti per SLD
 - Eventuali iterazioni

Esempio

peso delle masse

- Già stimato in una presentazione precedente

| Impalcato | Superficie m ² | Incidenza kN/m ² | Peso kN |
|-------------|------------------------------|--------------------------------|------------|
| Torrino + V | 379.9 | 9.0 | 3419 |
| IV, III, II | 323.5 | 10.0 | 3235 |
| I | 263.2 | 10.0 | 2632 |

Peso totale = 15756 kN

Spettro di progetto

È ottenuto dividendo lo spettro di risposta elastica per il fattore di struttura q

$$q = q_0 K_R$$

q_0 dipende dalla classe di duttilità (CD "A" o CD "B")

può dipendere anche dal valore α_u/α_1 legato alla iperstaticità dello schema

K_R dipende dalla regolarità in altezza

anche la regolarità in pianta influisce (poco) su q

Quale valore per q ?

Classe di duttilità:

la scelta è molto importante

- È obbligatorio usare classe di duttilità "B" per strutture con solo travi a spessore
- Può essere preferibile usare classe di duttilità "B" quando le ordinate dello spettro di risposta elastico non sono molto alte
- Conviene usare classe di duttilità "A" quando le ordinate dello spettro di risposta elastico sono molto alte

Quale valore per q ?

Classe di duttilità:

la scelta è molto importante

- È obbligatorio usare la classe di duttilità "B" quando le ordinate dello spettro di risposta elastico sono molto alte
 - Può essere usata la classe di duttilità "A" quando le ordinate dello spettro di risposta elastico non sono molto alte
- Ordinate alte e quindi forze alte rendono necessarie dimensioni degli elementi strutturali maggiori, quindi struttura più rigida, periodo minore e forze ancora più alte
- Convieniente usare classe di duttilità "A" quando le ordinate dello spettro di risposta elastico sono molto alte

Già discussa nella presentazione precedente

Quale valore per q ?

Regolarità della struttura:
deve esserci sempre

- La regolarità in altezza deve essere ottenuta dosando opportunamente la variazione delle sezioni lungo la verticale
- La regolarità in pianta (che corrisponde ad un comportamento traslazionale e non rotazionale) deve essere ottenuta dosando dimensioni ed orientamento dei pilastri in pianta

Spettro di progetto

È ottenuto dividendo lo spettro di risposta elastica per il fattore di struttura q

$$q = q_0 K_R$$

Nell'esempio:

$q_0 = 4.5 \alpha_u / \alpha_1$ struttura intelaiata in c.a. - CD "A"

$q_0 = 3.0 \alpha_u / \alpha_1$ struttura intelaiata in c.a. - CD "B"

$\alpha_u / \alpha_1 = 1.3$ telaio con più piani e più campate

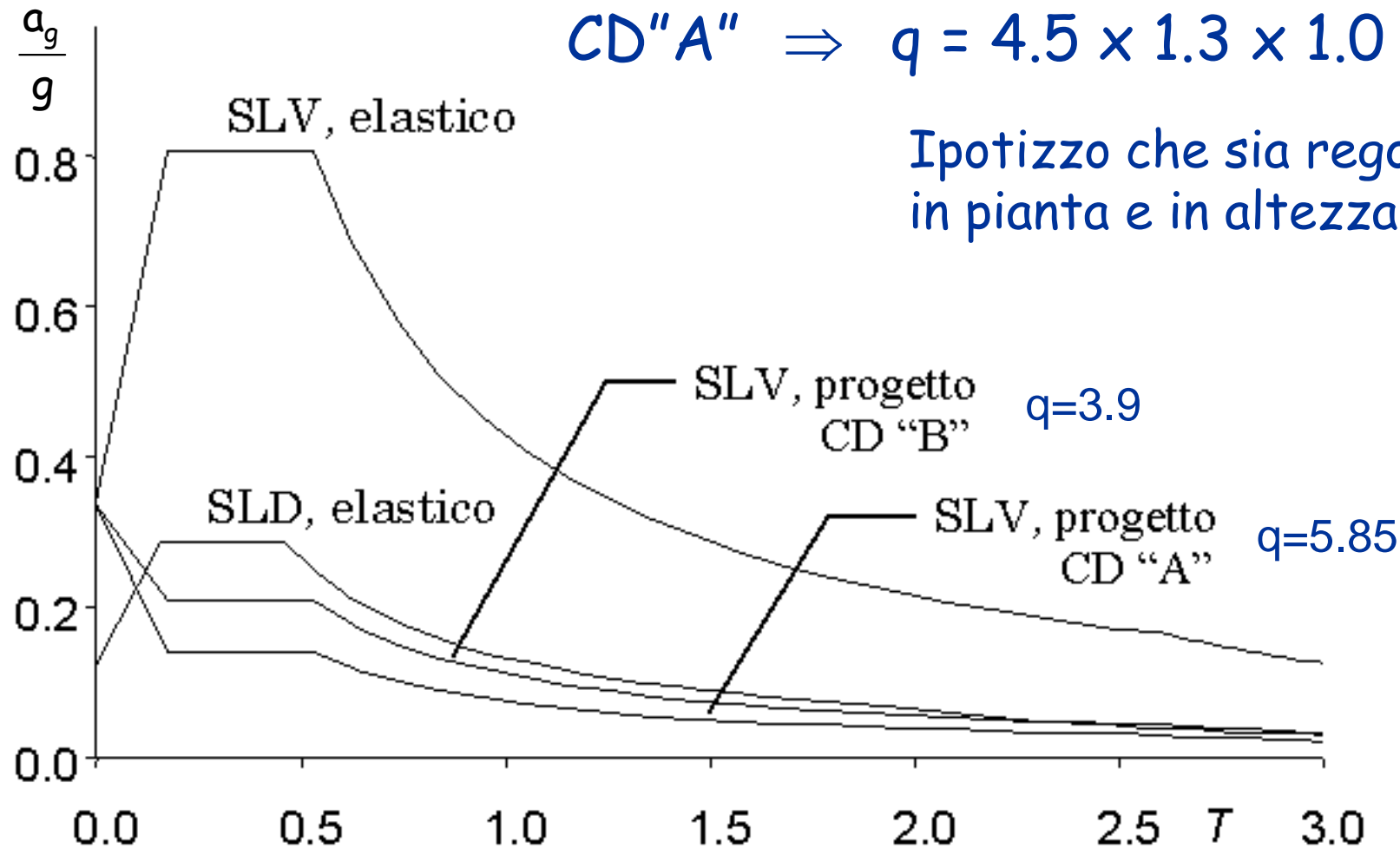
$K_R = 1$ la struttura è regolare in altezza

Spettro di progetto

Ipotizzo di realizzare la struttura
ad alta duttilità

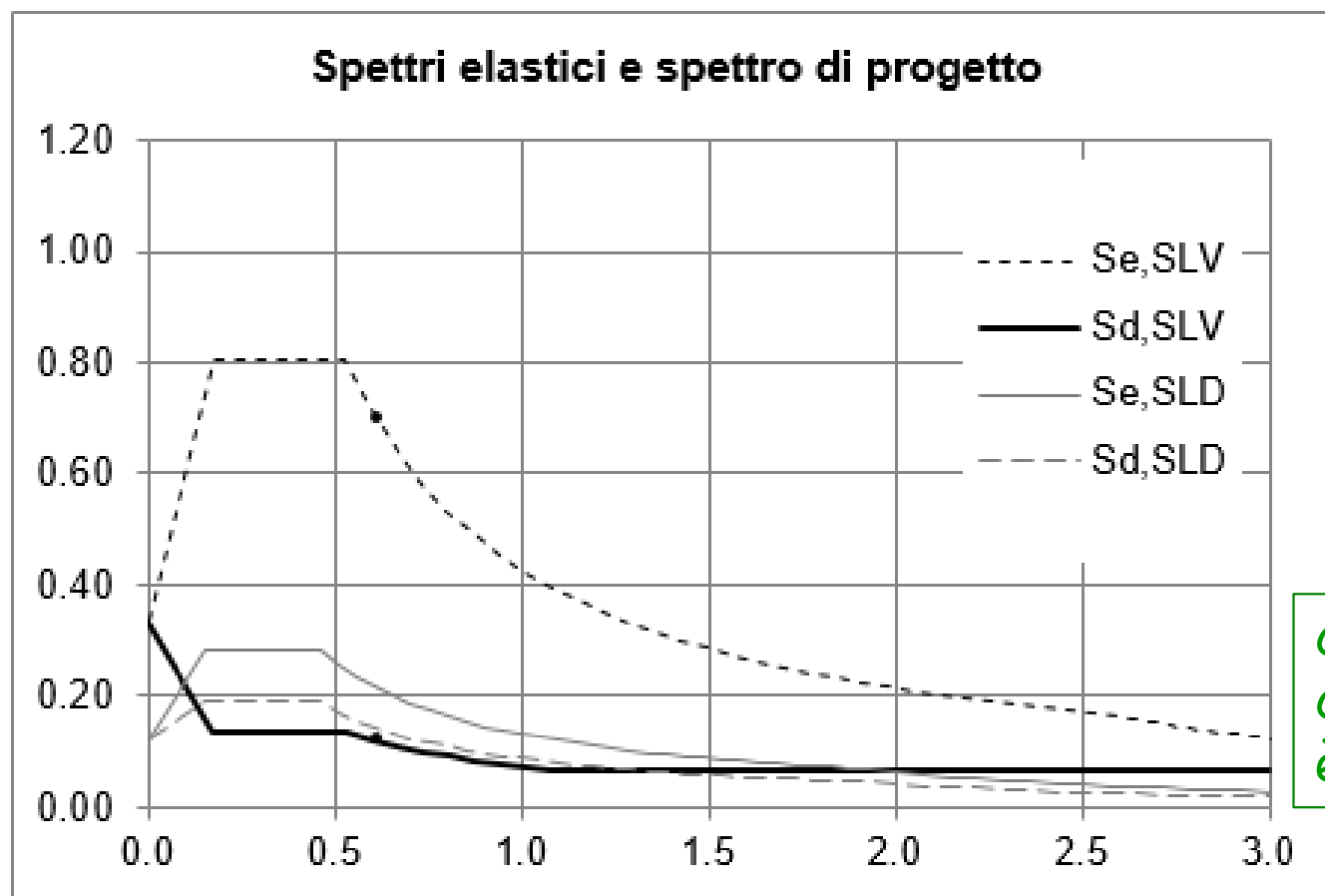
$$CD "A" \Rightarrow q = 4.5 \times 1.3 \times 1.0 = 5.85$$

Ipotizzo che sia regolare
in pianta e in altezza



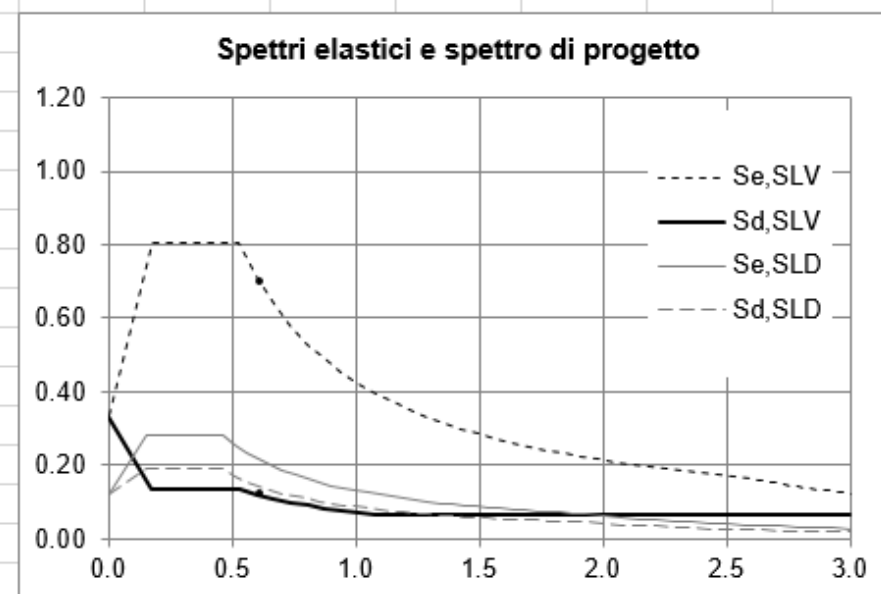
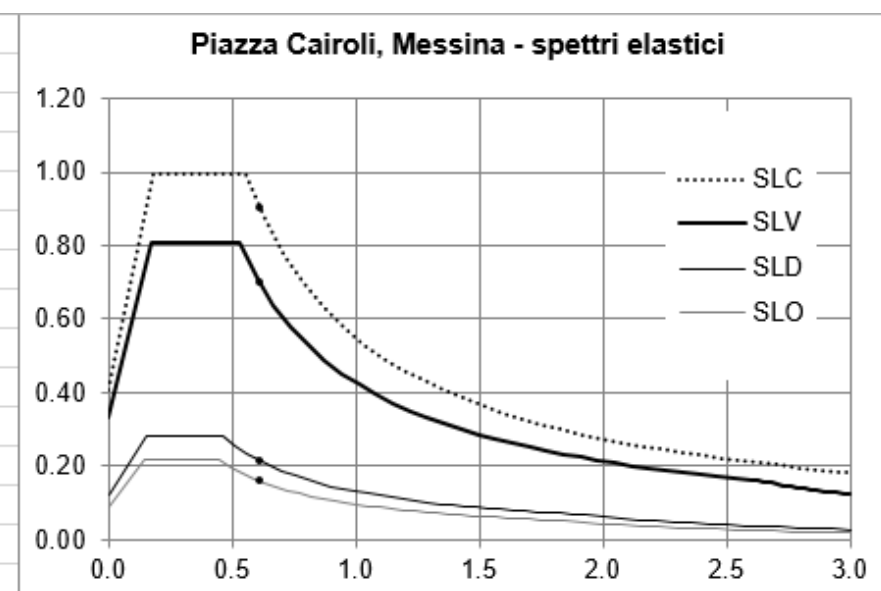
Considerazioni: novità introdotte dalle Nuove NTC

- Viene indicato di scegliere valori del fattore di comportamento q tali che sia $S_{d(SLV)} \geq S_{d(SLD)}$



con $q = 5.85$ la
condizione non
è rispettata

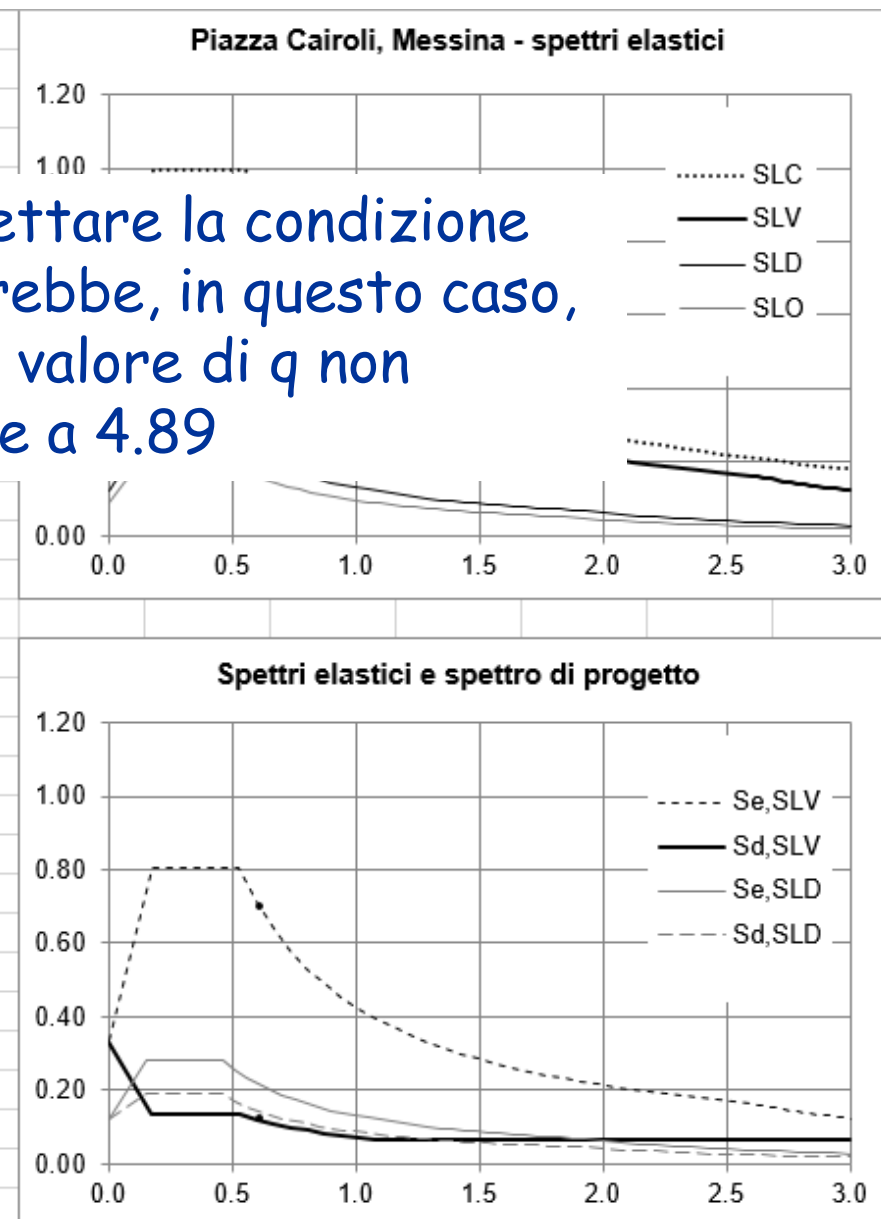
| Spettri di risposta | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Località | Piazza Cairoli, Messina | | | | | |
| Pericolosità sismica | | | | | | |
| stato limite | T _r | a _g | F _o | T _C * | | |
| SLO | 30 | 0.061 | 2.360 | 0.280 | | |
| SLD | 50 | 0.082 | 2.316 | 0.292 | | |
| SLV | 475 | 0.250 | 2.410 | 0.360 | | |
| SLC | 975 | 0.339 | 2.445 | 0.383 | | |
| | | | | | | |
| categoria topografica | T1 | | posizione | 0% | | |
| smorzamento | 5% | | | | | |
| suolo | C | | | | | |
| | | | | | | |
| Si ottiene: | S | S a _g | T _B | T _C | T _D | S _e (T _C) |
| SLO | 1.500 | 0.092 | 0.149 | 0.447 | 1.844 | 0.216 |
| SLD | 1.500 | 0.123 | 0.153 | 0.460 | 1.928 | 0.285 |
| SLV | 1.339 | 0.335 | 0.177 | 0.530 | 2.600 | 0.806 |
| SLC | 1.203 | 0.408 | 0.184 | 0.552 | 2.956 | 0.997 |
| | | | | | | |
| | | | | | | S _e (T ₁) |
| periodo fondamentale T1 | 0.611 | | | | SLO | 0.158 |
| | | | | | SLD | 0.215 |
| | | SLV/SLO | 4.42 | | SLV | 0.699 |
| | | 1.5 SLV/SLD | 4.89 | | SLC | 0.901 |
| | | | | | | |
| | | | | | S _d (T _C) | S _d (T ₁) |
| fattore di comportamento q | 5.85 | | | | 0.138 | 0.119 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



| Spettri di risposta | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|---------|-------|------------|------------|
| Località | Piazza Cairoli, Messina | | | | | | |
| Pericolosità sismica | | | | | | | |
| stato limite | T_r | a_g | F_o | T_C^* | | | |
| SLO | 30 | 0.061 | 2.360 | 0.280 | | | |
| SLD | 50 | 0.082 | 2.316 | 0.292 | | | |
| SLV | 475 | 0.250 | 2.410 | 0.360 | | | |
| SLC | 975 | 0.339 | 2.445 | 0.383 | | | |
| categoria topografica | T1 | | posizione | 0% | | | |
| smorzamento | 5% | | | | | | |
| suolo | C | | | | | | |
| Si ottiene: | S | $S a_g$ | T_B | T_C | T_D | $S_e(T_C)$ | |
| SLO | 1.500 | 0.092 | 0.149 | 0.447 | 1.844 | 0.216 | |
| SLD | 1.500 | 0.123 | 0.153 | 0.460 | 1.928 | 0.285 | |
| SLV | 1.339 | 0.335 | 0.177 | 0.530 | 2.600 | 0.806 | |
| SLC | 1.203 | 0.408 | 0.184 | 0.552 | 2.956 | 0.997 | |
| periodo fondamentale T_1 | 0.611 | | | | | $S_e(T_1)$ | |
| | | | | | SLO | 0.158 | |
| | | | | | SLD | 0.215 | |
| | | | | | SLV | 0.699 | |
| | | | | | SLC | 0.901 | |
| | | S_{LV}/S_{LO} | 4.42 | | | | |
| | | 1.5 S_{LV}/S_{LD} | 4.89 | | | | |
| fattore di comportamento q | 5.85 | | | | | $S_d(T_C)$ | $S_d(T_1)$ |
| | | | | | 0.138 | 0.119 | |

Per risposta
occorrenza
usare un
superiore

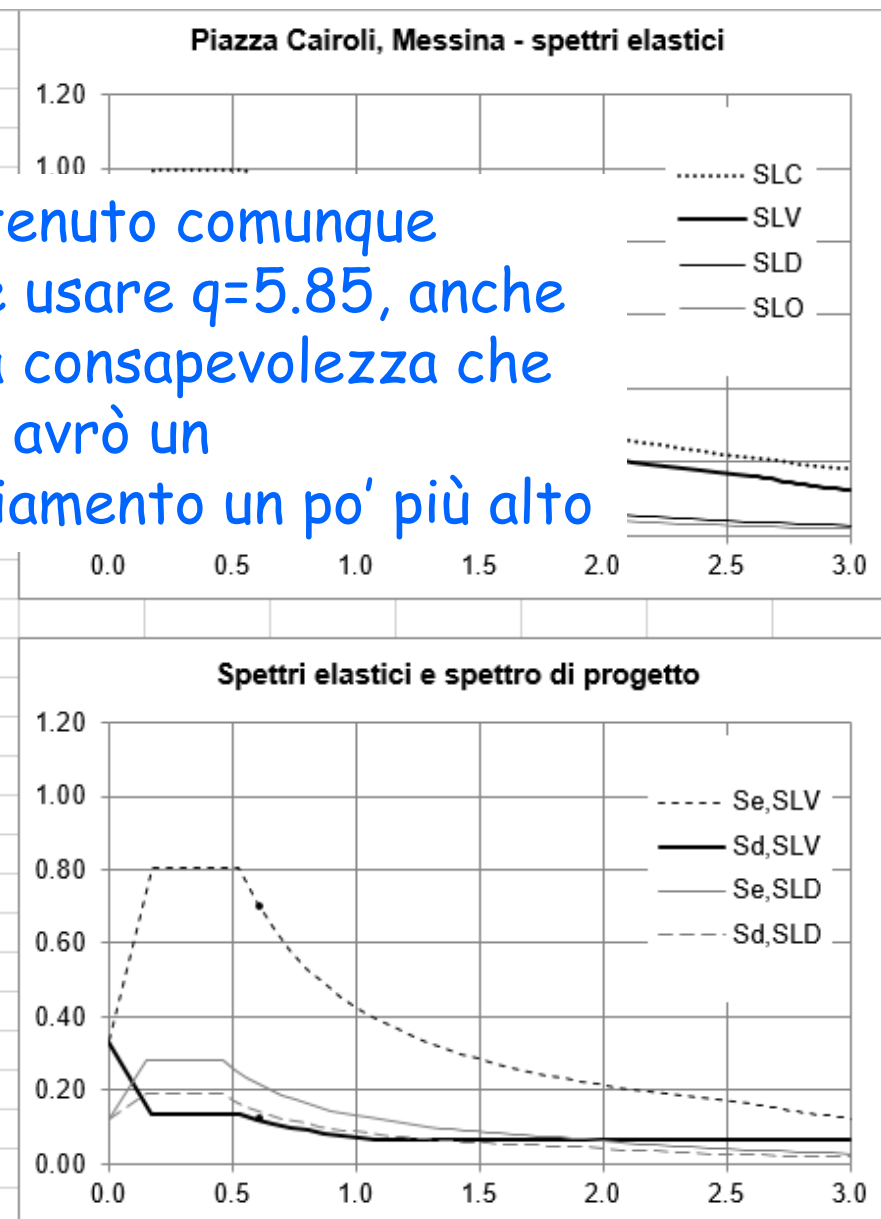
Per rispettare la condizione
occorrerebbe, in questo caso,
usare un valore di q non
superiore a 4.89



| Spettri di risposta | | | | | | | |
|----------------------------|--|-------------------------|-------------|-----------|---------|------------|------------|
| Località | | Piazza Cairoli, Messina | | | | | |
| Pericolosità sismica | | | | | | | |
| stato limite | | T_r | a_g | F_o | T_C^* | | |
| SLO | | 30 | 0.061 | 2.360 | 0.280 | | |
| SLD | | 50 | 0.082 | 2.316 | 0.292 | | |
| SLV | | 475 | 0.250 | 2.410 | 0.360 | | |
| SLC | | 975 | 0.339 | 2.445 | 0.383 | | |
| categoria topografica | | T1 | | posizione | 0% | | |
| smorzamento | | 5% | | | | | |
| suolo | | C | | | | | |
| Si ottiene: | | S | $S a_g$ | T_B | T_C | T_D | $S_e(T_C)$ |
| SLO | | 1.500 | 0.092 | 0.149 | 0.447 | 1.844 | 0.216 |
| SLD | | 1.500 | 0.123 | 0.153 | 0.460 | 1.928 | 0.285 |
| SLV | | 1.339 | 0.335 | 0.177 | 0.530 | 2.600 | 0.806 |
| SLC | | 1.203 | 0.408 | 0.184 | 0.552 | 2.956 | 0.997 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | $S_e(T_1)$ |
| periodo fondamentale T1 | | 0.611 | | | | SLO | 0.158 |
| | | | | | | SLD | 0.215 |
| | | | SLV/SLO | 4.42 | | SLV | 0.699 |
| | | | 1.5 SLV/SLD | 4.89 | | SLC | 0.901 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | $S_d(T_C)$ | $S_d(T_1)$ |
| fattore di comportamento q | | 5.85 | | | | 0.138 | 0.119 |

Io ho rit
possibile
se con la
per SLD
danneggi

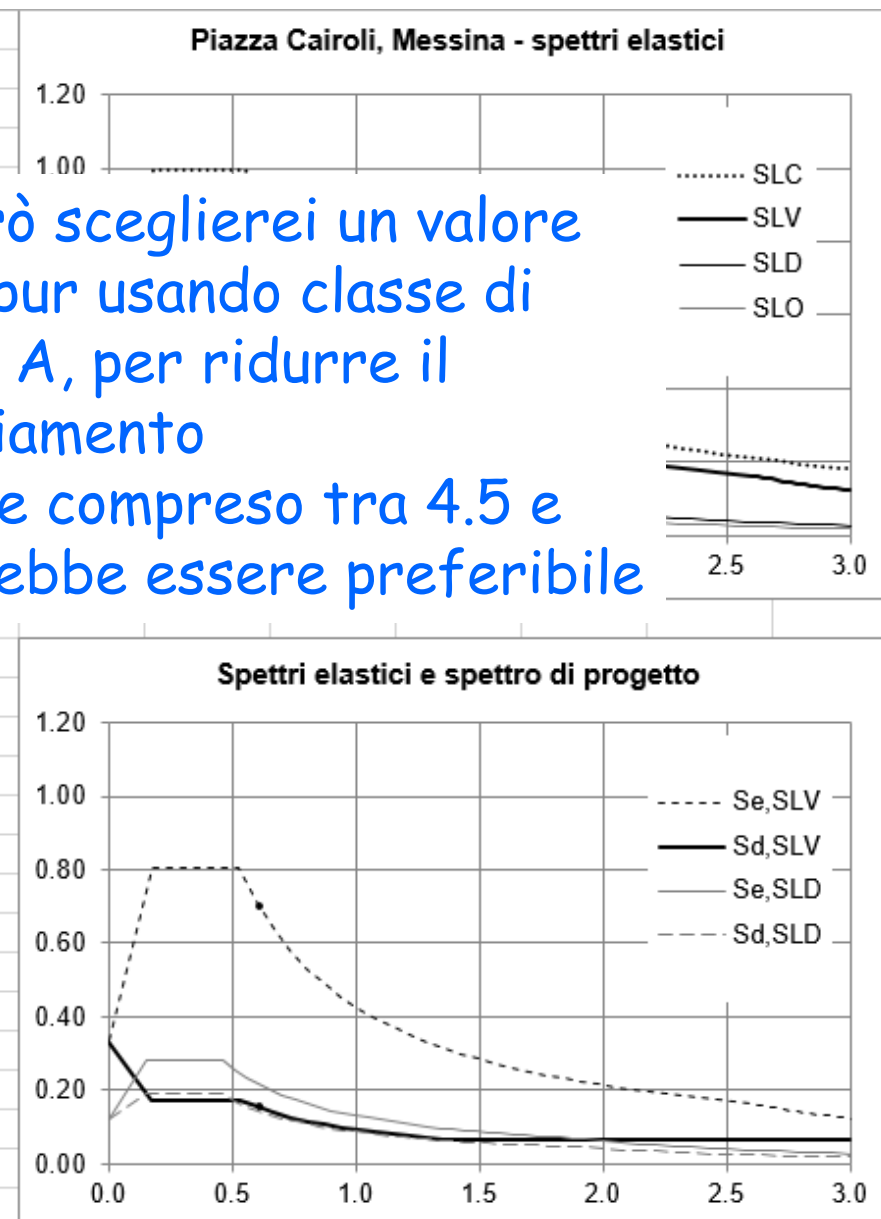
Io ho ritenuto comunque possibile usare $q=5.85$, anche se con la consapevolezza che per SLD avrò un danneggiamento un po' più alto



| Spettri di risposta | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------------------------|-----------|---------|-------|-----------------------|
| Località | | Piazza Cairoli, Messina | | | | |
| Pericolosità sismica | | | | | | |
| stato limite | T_r | a_g | F_o | T_C^* | | |
| SLO | 30 | 0.061 | 2.360 | 0.280 | | |
| SLD | 50 | 0.082 | 2.316 | 0.292 | | |
| SLV | 475 | 0.250 | 2.410 | 0.360 | | |
| SLC | 975 | 0.339 | 2.445 | 0.383 | | |
| categoria topografica | T1 | | posizione | 0% | | |
| smorzamento | 5% | | | | | |
| suolo | C | | | | | |
| Si ottiene: | S | $S a_g$ | T_B | T_C | T_D | $S_e(T_C)$ |
| SLO | 1.500 | 0.092 | 0.149 | 0.447 | 1.844 | 0.216 |
| SLD | 1.500 | 0.123 | 0.153 | 0.460 | 1.928 | 0.285 |
| SLV | 1.339 | 0.335 | 0.177 | 0.530 | 2.600 | 0.806 |
| SLC | 1.203 | 0.408 | 0.184 | 0.552 | 2.956 | 0.997 |
| | | | | | | $S_e(T_1)$ |
| periodo fondamentale T_1 | 0.611 | | | | SLO | 0.158 |
| | | | | | SLD | 0.215 |
| | | SLV/SLO | 4.42 | | SLV | 0.699 |
| | | 1.5 SLV/SLD | 4.89 | | SLC | 0.901 |
| | | | | | | $S_d(T_C)$ $S_d(T_1)$ |
| fattore di comportamento q | 4.6 | | | | 0.175 | 0.152 |

Oggi per
minore, p
duttilità
danneggi
Un valor
4.9 potre

Oggi però sceglierei un valore minore, pur usando classe di duttilità A, per ridurre il danneggiamento
Un valore compreso tra 4.5 e 4.9 potrebbe essere preferibile



Ordinata spettrale

Dipende dal periodo

Si può assumere in prima approssimazione $T_1 = C_1 H^{3/4}$

con

$$C_1 = 0.075$$

per strutture intelaiate in c.a.

H = altezza dell'edificio dal
piano di fondazione (m)

La NTC 18 dice che il periodo fondamentale deve essere stimato (non più in funzione dell'altezza ma) in funzione dello spostamento d ottenuto applicando forze orizzontali pari alle masse $T_1 = 2\sqrt{d}$

Questa indicazione non è utile in fase di dimensionamento

NTC 18, punto 7.3

Ordinata spettrale

Dipende dal periodo

Si può assumere in prima approssimazione $T_1 = C_1 H^{3/4}$

con

$$C_1 = 0.075$$

per strutture intelaiate in c.a.

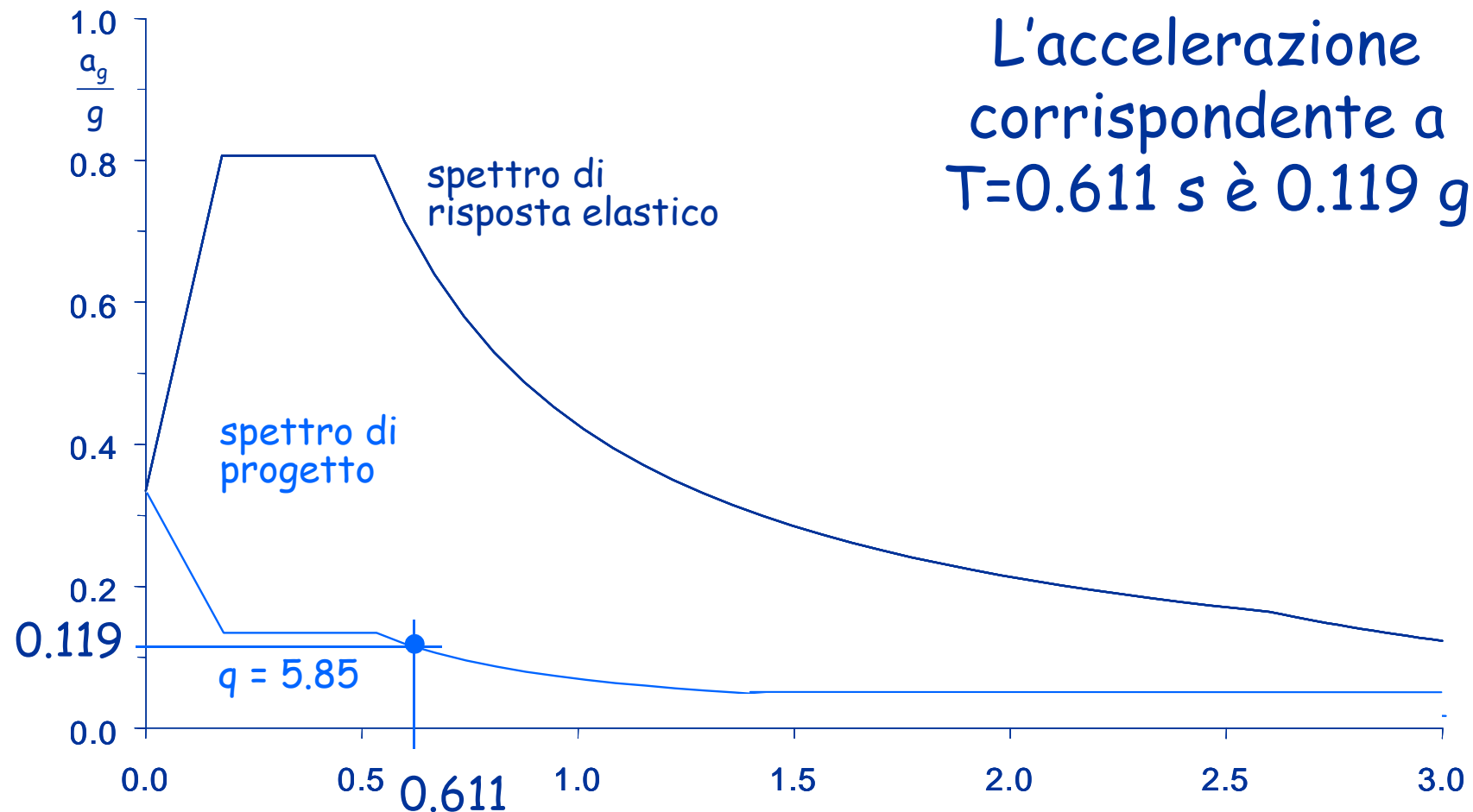
H = altezza dell'edificio dal
piano di fondazione (m)

Nell'esempio:

$$H = 16.40 \text{ m} \quad (\text{escluso torrino})$$

$$T_1 = 0.075 \times 16.40^{3/4} = 0.611 \text{ s}$$

Esempio - ordinata spettrale



Forze per analisi statica

Taglio alla base

$$V_b = 0.85 \sum_{i=1}^n m_i S_d(T_1) =$$
$$= 0.85 \times 15756 \times 0.119 = 1593.7 \text{ kN}$$

Forza al piano

$$F_k = \frac{m_k z_k}{\sum_{i=1}^n m_i z_i} V_b$$

Forze per analisi statica

| Piano | Peso W (kN) | Quota z (m) | Wz (kNm) | Forza F (kN) | Taglio V (kN) |
|-----------|----------------|----------------|-------------|-----------------|------------------|
| 5+torrino | 3419 | 16.40 | 56072 | 549.6 | 549.6 |
| 4 | 3235 | 13.20 | 42702 | 418.6 | 968.2 |
| 3 | 3235 | 10.00 | 32350 | 317.1 | 1285.3 |
| 2 | 3235 | 6.80 | 21998 | 215.6 | 1500.9 |
| 1 | 2632 | 3.60 | 9475 | 92.9 | 1593.8 |
| somma | 15756 | | 162597 | | |

Prima previsione dei risultati del calcolo

Per stimare l'effetto delle forze orizzontali:

1. Ripartire il taglio di piano tra i pilastri "che contano"; se necessario, incrementarlo per tener conto dell'eccentricità propria del sistema
2. Valutare il momento nei pilastri, in funzione del taglio e della posizione del punto di nullo di M
3. Valutare il momento nelle travi, dall'equilibrio dei nodi
4. Valutare il ΔN nei pilastri, dal taglio nelle travi
5. Incrementare i momenti per tenere conto di:
 - eccentricità accidentale
 - effetto combinato delle diverse componenti
 - gerarchia delle resistenze per i pilastri

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

1. Ripartire il taglio di piano tra i pilastri "che contano" (pilastri allungati nella direzione del sisma e collegati con una trave emergente)

Nella fase iniziale di dimensionamento conviene (in genere) pensare di assegnare la stessa sezione a tutti i pilastri di uno stesso piano

Poiché non si conosce ancora la sezione dei pilastri e delle travi si può pensare che il sisma si è portato dai pilastri "che contano" cioè quelli di coltello e con travi emergenti

In alternativa (e in particolare nel caso di sole travi a spessore) si può considerare come pilastro base quello di coltello con due travi emergenti e stimare la rigidezza degli altri come aliquota di questa ("pilastri equivalenti")

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

1. Ripartire il taglio di piano tra i pilastri "che contano" (pilastri allungati nella direzione del sisma e collegati con una trave emergente)

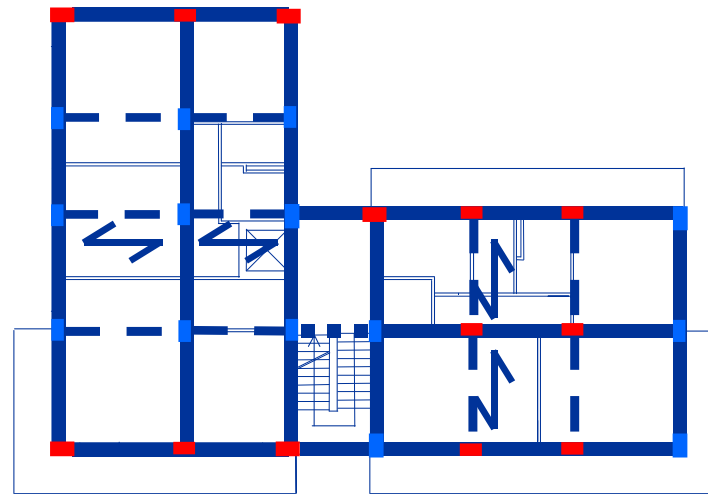
In fasi successive, una volta dimensionate le sezioni di travi e pilastri si può stimare con maggior precisione la rigidezza dei singoli pilastri e quindi ripartire il taglio in base a questa rigidezza

In alcuni casi questa maggior precisione porta a risultati diversi, ma spesso le differenze sono minime ed il maggior onere del calcolo è poco utile perché non comporta vantaggi

Caratteristiche della sollecitazione

1 - ripartizione

| Piano | Taglio globale (kN) |
|-------|---------------------|
| 5 | 549.6 |
| 4 | 968.2 |
| 3 | 1285.3 |
| 2 | 1500.9 |
| 1 | 1593.8 |



I pilastri (tutti uguali) sono:
13 allungati in direzione x
14 allungati in direzione y

Ripartisco il taglio globale
tra 13 pilastri (direzione x)

Caratteristiche della sollecitazione

1 - ripartizione

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) |
|-------|---------------------|----------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 |
| 4 | 968.2 | 74.5 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 |
| 1 | 1593.8 | 122.6 |

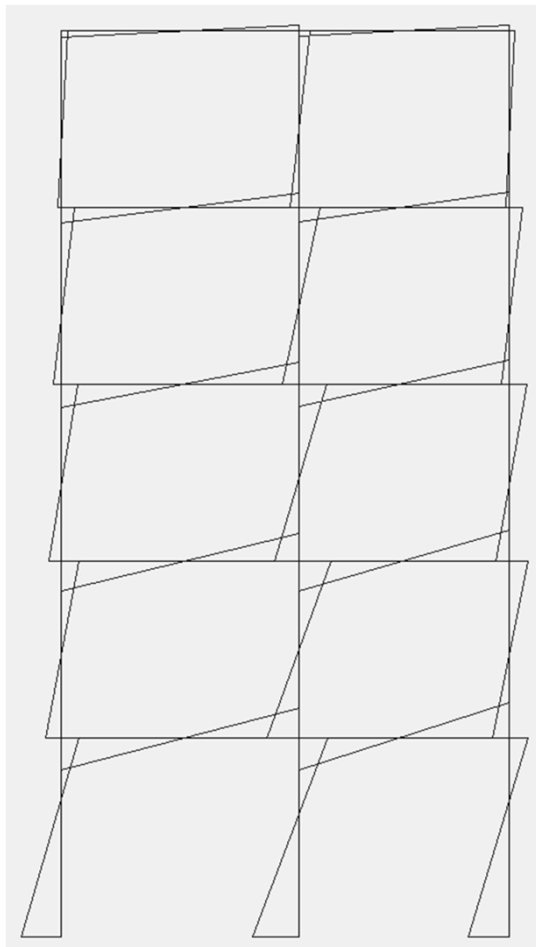
In eventuali iterazioni posso ripartire in base alle rigidezze calcolate separatamente per ciascun pilastro

Avrò una precisione maggiore, ma con più fatica

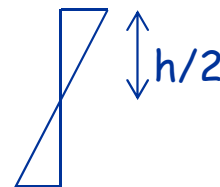
Ritengo che non vi siano rilevanti rotazioni per effetto dell'eccentricità propria del sistema, quindi non modifico questi valori

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

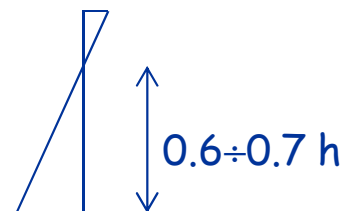
2. Valutare il momento nei pilastri, in funzione del taglio e della posizione del punto di nullo di M



Tipico diagramma di M per
effetto di forze orizzontali



ai piani superiori

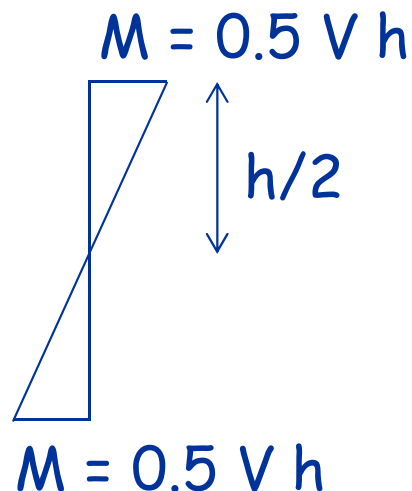


al primo ordine

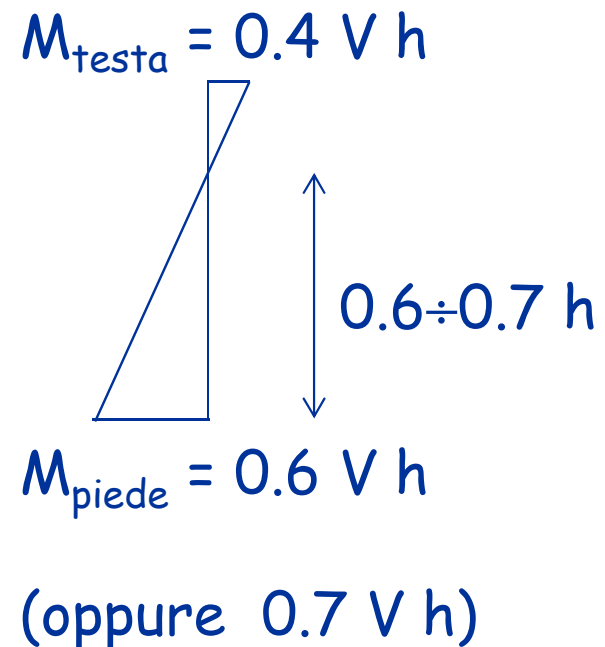
Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

2. Valutare il momento nei pilastri, in funzione del taglio e della posizione del punto di nullo di M

ai piani superiori



al primo ordine



Caratteristiche della sollecitazione

2 - momento flettente nei pilastri

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 | 67.6 |
| 4 | 968.2 | 74.5 | 119.2 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 | 158.2 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 | 184.7 |
| 1 testa | 1593.8 | 122.6 | 176.5 |
| piede | | | 264.8 |

$M = V h / 2$

$M = V 0.4 h$

$M = V 0.6 h$

Caratteristiche della sollecitazione

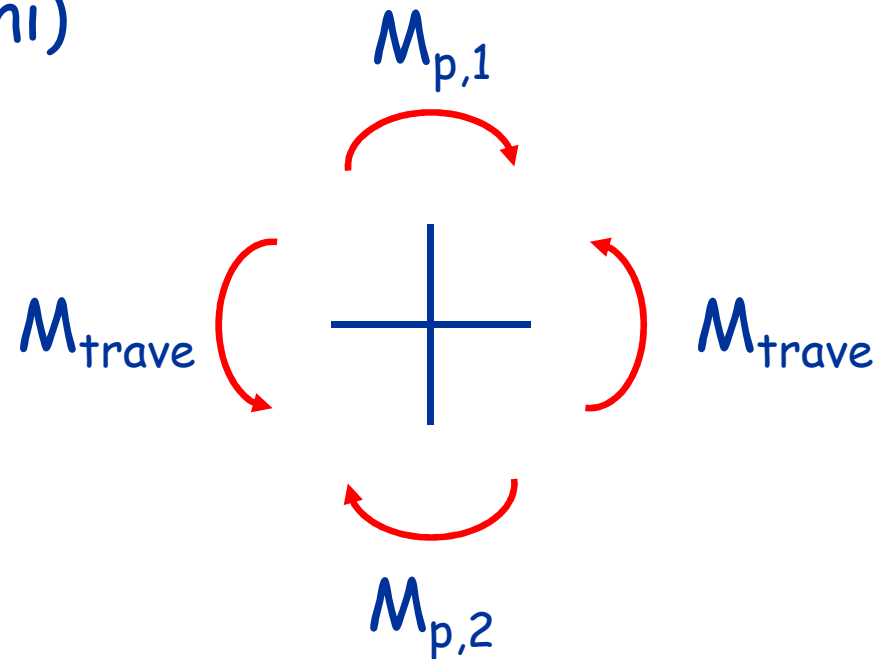
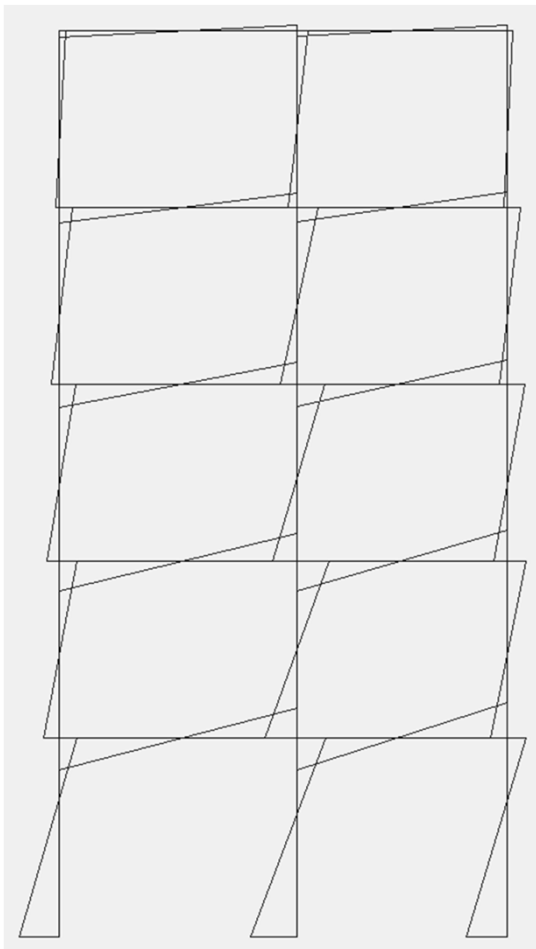
2 - momento flettente nei pilastri

Pilastri con una sola trave emergente:

- Può essere utile ricordare già in questa fase che i pilastri con una sola trave emergente sono meno rigidi (60-80%) e quindi avranno momenti flettenti minori
- Per questi pilastri diventa rilevante anche la variazione di sforzo normale indotto dal taglio della trave (per pilastri con due travi emergenti i tagli delle due travi si bilanciano)

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

3. Valutare il momento nelle travi, dall'equilibrio dei nodi (nei nodi interni)

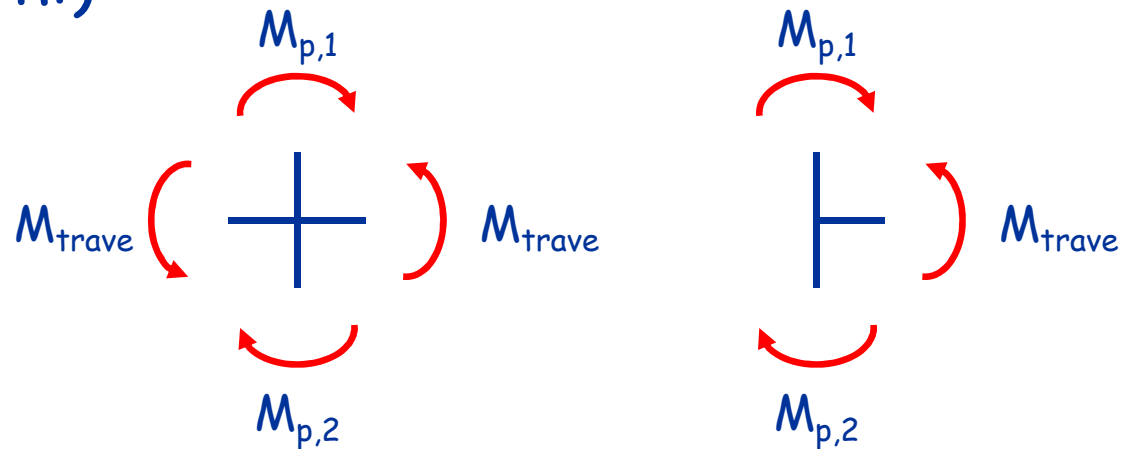
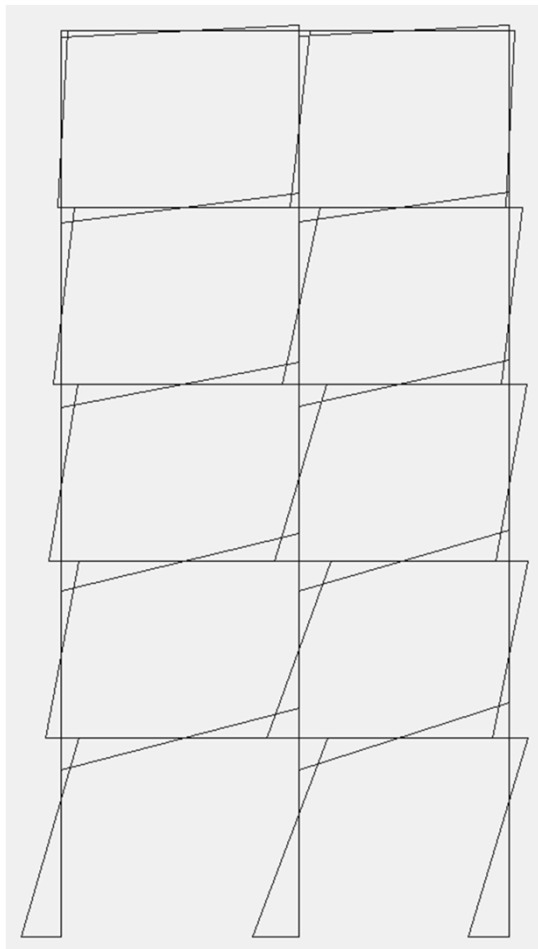


Per l'equilibrio:

$$M_{trave} = \frac{M_{p,1} + M_{p,2}}{2}$$

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

3. Valutare il momento nelle travi, dall'equilibrio dei nodi (nei nodi interni)



In fasi successive, facendo un calcolo più preciso valutando la rigidezza dei singoli pilastri, si può anche differenziare la situazione per i nodi perimetrali da quella dei nodi interni

Caratteristiche della sollecitazione

3 - momento flettente nelle travi

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 | 67.6 | 33.8 |
| 4 | 968.2 | 74.5 | 119.2 | 93.4 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 | 158.2 | 138.7 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 | 184.7 | 171.5 |
| 1 testa | 1593.8 | 122.6 | 176.5 | 180.6 |
| piede | | | 264.8 | |

$$M_+ = M_{p5}/2$$

$$M_+ = (M_{p5} + M_{p4})/2$$

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

4. Valutare il ΔN nei pilastri

Nei pilastri di estremità (o dove c'è una trave rigida ed una a spessore) nasce un ΔN dovuto al taglio nelle travi

Il taglio può essere stimato, pensando a momenti uguali ed opposti ai due estremi della trave, come

$$V_{\text{trave}} = \frac{2 M_{\dagger}}{l_{\text{trave}}}$$

Il ΔN ad un ordine è la somma dei tagli delle travi sovrastanti

$$\Delta N_{\text{pil},n} = \sum_{i=n}^N V_{\text{trave},i}$$

Caratteristiche della sollecitazione

4 - ΔN nei pilastri

$$V_{t,5} = 2 M_{t,5} / l$$

$$l_{trave} = 4.10 \text{ m} \quad \Delta N = V_{t,5}$$

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) | ΔN pilastro (kN) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 | 67.6 | 33.8 | 16.5 |
| 4 | 968.2 | 74.5 | 119.2 | 93.4 | 62.0 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 | 158.2 | 138.7 | 129.7 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 | 184.7 | 171.5 | 213.4 |
| 1 testa | 1593.8 | 122.6 | 176.5 | 180.6 | 301.5 |
| piede | | | 264.8 | | |

$$\Delta N = V_{t,5} + V_{t,4}$$

file Dimensionamento, foglio Car.Soll.

Caratteristiche della sollecitazione

4 - ΔN nei pilastri

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) | ΔN pilastro (kN) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 | 67.6 | 33.8 | 16.5 |
| 4 | 968.2 | 74.5 | 119.2 | 93.4 | 62.0 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 | 158.2 | 138.7 | 129.7 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 | 184.7 | 171.5 | 213.4 |
| 1 testa | 1593.8 | 122.6 | 176.5 | 180.6 | 301.5 |
| piede | | | 264.8 | | |

IMPORTANTE: Questi valori dovrebbero corrispondere a quelli forniti dal calcolo (analisi statica)

Caratteristiche della sollecitazione

- I valori innanzi mostrati sono stati calcolati facendo riferimento all'asse

| | | | | | | | | |
|--|--------|------------|-------|--------------------------------|-------|--|-------|------|
| Sisma in direzione x | | | | | | | | |
| | | n.pilastri | | 13 | | | | |
| | | | | | | | | |
| Risoluzione dello schema base, traslante | | | | pilastro con 2 travi emergenti | | | trave | |
| ordine/impalcato | Vi TOT | hi | n.pil | Vpil | Mpil | | Mtra | Vtra |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 5 + torrino | 549.6 | 3.20 | 13 | 42.3 | 67.6 | | 33.8 | 16.5 |
| 4 | 968.1 | 3.20 | 13 | 74.5 | 119.2 | | 93.4 | 45.6 |
| 3 | 1285.2 | 3.20 | 13 | 98.9 | 158.2 | | 138.7 | 67.6 |
| 2 | 1500.8 | 3.20 | 13 | 115.4 | 184.7 | | 171.5 | 83.6 |
| 1 testa | 1593.7 | 3.60 | 13 | 122.6 | 176.5 | | 180.6 | 88.1 |
| 1 piede | | | | | 264.8 | | | |

Questi valori dovrebbero corrispondere a quelli forniti dal calcolo
(analisi statica)

file Dimensionamento, foglio Car.Soll.

Caratteristiche della sollecitazione

Ai fini del dimensionamento

- È più corretto fare riferimento ai valori al filo trave o filo pilastro

Riduzione
forfetaria
del 10%

| Valori a filo pilastro/trave | | | | pilastro con 2 travi emergenti | | | trave | |
|------------------------------|--|--|--|--------------------------------|-------|---------------|-------|------|
| ordine/impalcato | | | | Vpil | Mpil | Mpil ger.res. | Mtra | Vtra |
| | | | | | | | | |
| 5 + torrino | | | | 42.3 | 60.9 | | 30.4 | 16.5 |
| 4 | | | | 74.5 | 107.2 | | 84.1 | 45.6 |
| 3 | | | | 98.9 | 142.4 | | 124.8 | 67.6 |
| 2 | | | | 115.4 | 166.2 | | 154.3 | 83.6 |
| 1 testa | | | | 122.6 | 158.9 | | 162.6 | 88.1 |
| 1 piede | | | | | 264.8 | | | |

Escluso incastro
al piede 1° ordine

file Dimensionamento, foglio Car.Soll.

Caratteristiche della sollecitazione

- Ho stimato esplicitamente anche i valori per un pilastro di estremità (con una sola trave emergente)

| luce della trave di estremità | | | |
|-------------------------------------|------|-------|------------------|
| Ltra | 4.10 | m | |
| pilastro con solo 1 trave emergente | | | |
| riduz. | Vpil | Mpil | ΔN_{pil} |
| | | | |
| | | | |
| 0.6 | 25.4 | 40.6 | 16.5 |
| 0.6 | 44.7 | 71.5 | 62.1 |
| 0.6 | 59.3 | 94.9 | 129.7 |
| 0.6 | 69.3 | 110.8 | 213.3 |
| 0.8 | 98.1 | 141.2 | 301.4 |
| | | 211.8 | |

Anche qui
riduzione
forfetaria
del 10%

| Mpil |
|-------|
| |
| |
| 36.5 |
| 64.3 |
| 85.4 |
| 99.7 |
| 127.1 |
| 211.8 |

Questi valori dovrebbero corrispondere a quelli forniti dal calcolo
(analisi statica)

file Dimensionamento, foglio Car.Soll.

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

5. Incrementare i momenti per tenere conto di:
- eccentricità accidentale
 - effetto combinato delle diverse componenti
 - gerarchia delle resistenze per i pilastri

Se la struttura è sufficientemente rigida torsionalmente, per tener conto dei primi due può essere sufficiente incrementare del 20%

Questo valore dell'incremento (20%) si riferisce solo ai telai più eccentrici e può essere dosato opportunamente per quelli meno eccentrici

Caratteristiche della sollecitazione

5a - incremento per eccentricità

+20%

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) | ΔN pilastro (kN) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 5 | 549.6 | 42.3 | 60.9 | 30.4 | 16.5 |
| 4 | 968.2 | 74.5 | 107.2 | 84.1 | 62.0 |
| 3 | 1285.3 | 98.9 | 142.4 | 124.8 | 129.7 |
| 2 | 1500.9 | 115.5 | 166.2 | 154.4 | 213.4 |
| 1 testa | 1593.8 | 122.6 | 158.9 | 162.5 | 301.5 |
| piede | | | 264.8 | | |

Questo incremento si riferisce solo ai telai più eccentrici e può essere dosato in misura diversa per quelli meno eccentrici

Caratteristiche della sollecitazione

5a - incremento per eccentricità

+20%

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) | ΔN pilastro (kN) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| 5 | 549.6 | 50.7 | 73.1 | 36.5 | 19.8 |
| 4 | 968.2 | 89.4 | 128.7 | 100.9 | 74.5 |
| 3 | 1285.3 | 118.6 | 170.8 | 149.8 | 155.6 |
| 2 | 1500.9 | 138.5 | 199.5 | 185.2 | 256.0 |
| 1 testa | 1593.8 | 147.1 | 190.7 | 195.0 | 361.8 |
| piede | | | 317.7 | | |

Questo incremento si riferisce solo ai telai più eccentrici e può essere dosato in misura diversa per quelli meno eccentrici

Previsione delle caratteristiche della sollecitazione

5. Incrementare i momenti per tenere conto di:
- eccentricità accidentale
 - effetto combinato delle diverse componenti
 - gerarchia delle resistenze per i pilastri

La gerarchia delle resistenze dovrebbe essere presa in considerazione solo dopo aver armato le travi

In via approssimata si possono aumentare le sollecitazioni nei pilastri (a parte la sezione al piede del 1° ordine), moltiplicandole per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD "A" (1.5 anche per CD "B", con le modifiche delle NTC18)

Caratteristiche della sollecitazione

5b - gerarchia delle resistenze

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | 549.6 | 50.7 | 73.1 | 36.5 |
| 4 | 968.2 | 89.4 | 128.7 | 100.9 |
| 3 | 1285.3 | 118.6 | 170.8 | 149.8 |
| 2 | 1500.9 | 138.5 | 199.5 | 185.2 |
| 1 testa | 1593.8 | 147.1 | 190.7 | 195.0 |
| piede | | | 317.7 | |

Questi valori vanno incrementati per garantire un meccanismo di collasso globale

Le NTC18 (punto 7.2.2) impongono gerarchia delle resistenze anche per CD"B", con la stessa sovraresistenza della CD"A" (1.3)

Caratteristiche della sollecitazione

5b - gerarchia delle resistenze

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | 549.6 | 50.7 | 109.6 | 36.5 |
| 4 | 968.2 | 89.4 | 193.0 | 100.9 |
| 3 | 1285.3 | 118.6 | 256.3 | 149.8 |
| 2 | 1500.9 | 138.5 | 299.2 | 185.2 |
| 1 testa | 1593.8 | 147.1 | 286.0 | 195.0 |
| piede | | | 317.7 | |

Moltiplicati
per 1.5

Caratteristiche della sollecitazione 5b - gerarchia delle resistenze

| Piano | Taglio globale (kN) | Taglio pilastro (kN) | Momento pilastro (kNm) | Momento trave (kNm) |
|---------|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | 549.6 | 50.7 | 109.6 | 36.5 |
| 4 | 968.2 | 89.4 | 193.0 | 100.9 |
| 3 | 1285.3 | 118.6 | 256.3 | 149.8 |
| 2 | 1500.9 | 138.5 | 299.2 | 185.2 |
| 1 testa | 1593.8 | 147.1 | 286.0 | 195.0 |
| piede | | | 317.7 | |

Questi valori dovrebbero corrispondere ai massimi forniti dal calcolo, includendo tutte le indicazioni di normativa

Caratteristiche della sollecitazione per sisma in direzione x

| Valori a filo pilastro/trave | | pilastro con 2 travi emergenti | | | trave | | pilastro con solo 1 trave emergente | | | |
|------------------------------|--|--------------------------------|-------|---------------|-------|------|-------------------------------------|-------|---------------|------------------|
| ordine/impalcato | | Vpil | Mpil | Mpil ger.res. | Mtra | Vtra | Vpil | Mpil | Mpil ger.res. | ΔN_{pil} |
| | | | | | | | | | | |
| 5 + torino | | 42.3 | 60.9 | 91.3 | 30.4 | 16.5 | 25.4 | 36.5 | 54.8 | 16.5 |
| 4 | | 74.5 | 107.2 | 160.9 | 84.1 | 45.6 | 44.7 | 64.3 | 96.5 | 62.1 |
| 3 | | 98.9 | 142.4 | 213.5 | 124.8 | 67.6 | 59.3 | 85.4 | 128.1 | 129.7 |
| 2 | | 115.4 | 166.2 | 249.4 | 154.3 | 83.6 | 69.3 | 99.7 | 149.6 | 213.3 |
| 1 testa | | 122.6 | 158.9 | 238.3 | 162.6 | 88.1 | 98.1 | 127.1 | 190.7 | 301.4 |
| 1 piede | | | 264.8 | | | | | 211.8 | | |

Questi valori devono essere moltiplicati per un coefficiente che arriva fino a 1.20 in funzione della distanza del telaio dal centro

Questi valori dovrebbero corrispondere ai massimi forniti dal calcolo, includendo tutte le indicazioni di normativa

Caratteristiche di sollecitazione nella direzione y

- Ho un numero diverso di pilastri (14 anziché 13) ma la differenza è modesta: l'ho fatto ma si può ritenere che i risultati non cambino
- C'è però la possibilità che lo schema non sia ben bilanciato. Ciò comporterebbe:
 - La necessità di aumentare le sollecitazioni in un lato dell'edificio (in questo caso il destro)
 - La necessità di considerare la struttura non regolare in pianta e ridurre leggermente q

Ma in questi casi è opportuno **ridimensionare la struttura** per evitare o almeno ridurre la rotazione

Caratteristiche della sollecitazione per sisma in direzione y

| Valori a filo pilastro/trave | | pilastro con 2 travi emergenti | | | trave | | pilastro con solo 1 trave emergente | | | |
|------------------------------|--|--------------------------------|-------|---------------|-------|------|-------------------------------------|-------|---------------|------------------|
| ordine/impalcato | | Vpil | Mpil | Mpil ger.res. | Mtra | Vtra | Vpil | Mpil | Mpil ger.res. | ΔN_{pil} |
| | | | | | | | | | | |
| 5 + torino | | 39.3 | 56.5 | 84.8 | 28.3 | 15.3 | 23.6 | 33.9 | 50.9 | 15.3 |
| 4 | | 69.2 | 99.6 | 149.4 | 78.1 | 42.3 | 41.5 | 59.7 | 89.6 | 57.6 |
| 3 | | 91.8 | 132.2 | 198.3 | 115.9 | 62.8 | 55.1 | 79.3 | 119.0 | 120.4 |
| 2 | | 107.2 | 154.4 | 231.6 | 143.3 | 77.7 | 64.3 | 92.6 | 138.9 | 198.1 |
| 1 testa | | 113.8 | 147.5 | 221.3 | 151.0 | 81.8 | 91.1 | 147.5 | 221.3 | 279.9 |
| 1 piede | | | 245.9 | | | | | 196.7 | | |

Questi valori devono essere moltiplicati per un coefficiente che arriva fino a 1.20 in funzione della distanza del telaio dal centro

Questi valori dovrebbero corrispondere ai massimi forniti dal calcolo, includendo tutte le indicazioni di normativa

(c)

Dimensionamento

Dimensionamento

- Le sollecitazioni trovate possono essere utilizzate per dimensionare le sezioni di travi e pilastri
- In momenti successivi, dopo aver effettuato il calcolo con un apposito programma, i valori che si otterranno devono essere confrontati con quelli previsti:
 - Una buona corrispondenza consente la validazione del calcolo
 - Eventuali differenze rilevanti possono essere segno di errori nel calcolo, che lo renderebbero "non validato"

Dimensionamento: travi emergenti

- Le sollecitazioni da sisma sono elevate ai piani inferiori e centrali

| Piano | Momento trave (kNm) |
|-------|---------------------------|
| 5 | 36.5 |
| 4 | 100.9 |
| 3 | 149.8 |
| 2 | 185.2 |
| 1 | 195.0 |

Nota: sto considerando i valori moltiplicati per 1.2 cioè includendo l'effetto dell'eccentricità perché c'è una trave perimetrale molto caricata; per le travi centrali questo effetto non c'è

Dimensionamento: travi emergenti

Momento per carichi verticali (con sisma)

$$M = \frac{q L^2}{10} = \frac{33 \times 4.20^2}{10} \cong 60 \text{ kNm}$$

Momento per azione sismica

$$M = 195 \text{ kNm}$$

Nota: ho incluso l'effetto dell'eccentricità perché c'è una trave perimetrale molto caricata; per le travi centrali questo effetto non c'è

Momento massimo, totale

$$M = 60 + 195 = 255 \text{ kNm}$$

Dimensionamento: travi emergenti

Conti più dettagliati: $M_{\max} = 232 \text{ kNm}$

| Travi emergenti | | (le travi a spessore sono verificate per soli carichi verticali) | | | | | | | |
|-----------------|-------|--|-----|--------------------------------|------|--|-----------|---|--|
| trave | 18 | 19 | | impalcato | 1 | | direzione | x | |
| sisma | M = | 162.6 | kNm | multipl.ecc. | 1.00 | perché la trave è vicina al baricentro | | | |
| car.vert. | M = | 60.0 | kNm | porta due campate di solaio | | | | | |
| TOT | MEd = | 222.6 | kNm | | | | | | |
| trave | 20 | 27 | | impalcato | 1 | | direzione | y | |
| sisma | M = | 181.1 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché la trave è molto lontana dal baricentro | | | |
| car.vert. | M = | 30.0 | kNm | al piano terra è quasi scarica | | | | | |
| TOT | MEd = | 211.1 | kNm | | | | | | |
| trave | 20 | 27 | | impalcato | 2 | | direzione | y | |
| sisma | M = | 171.9 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché la trave è molto lontana dal baricentro | | | |
| car.vert. | M = | 60.0 | kNm | porta sbalzo laterale | | | | | |
| TOT | MEd = | 231.9 | kNm | necessaria 30x60 | | oppure 30x50 molto sollecitata | | | |
| trave | 20 | 27 | | impalcato | 4 | | direzione | y | |
| sisma | M = | 93.7 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché la trave è molto lontana dal baricentro | | | |
| car.vert. | M = | 60.0 | kNm | porta sbalzo laterale | | | | | |
| TOT | MEd = | 153.7 | kNm | basterebbe 30x50 | | | | | |

file Dimensionamento, foglio Dimensionamento

Dimensionamento: travi emergenti

Dati:

Sezione rettangolare

$$b = 30 \text{ cm}$$

h = da determinare

$$c = 4 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 232 \text{ kNm}$$

$$\text{Calcestruzzo } f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Calcolo dell'altezza utile:

$$d = r \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.018 \sqrt{\frac{232}{0.30}} = 0.50 \text{ m}$$

$$h_{min} = d + c = 54 \text{ cm}$$

sezione: 30x60

oppure 30x50
molto forzata

Dimensionamento: travi emergenti

- Le sollecitazioni da sisma sono elevate ai piani inferiori e centrali

| Piano | Momento trave (kNm) |
|-------|---------------------------|
| 5 | 36.5 |
| 4 | 100.9 |
| 3 | 149.8 |
| 2 | 185.2 |
| 1 | 195.0 |

... ma si riducono di molto
ai piani superiori

È possibile ridurre le
sezioni, ma avere travi
rigide limita gli spostamenti
della struttura

La riduzione sarebbe necessaria
se le sezioni fossero eccessive

Nel mio caso, mantengo 30x60 al
4° impalcato, passo a 30x50 al 5°

Dimensionamento: pilastri

- Le sollecitazioni da sisma sono elevate al primo e secondo ordine

| Piano | Momento pilastro (kNm) |
|---------|------------------------------|
| 5 | 109.6 |
| 4 | 193.0 |
| 3 | 256.3 |
| 2 | 299.2 |
| 1 testa | 286.0 |
| piede | 317.7 |

Nota: sto considerando i valori includendo l'effetto dell'eccentricità, perché i pilastri perimetrali ne risentono sicuramente

Ho anche considerato forfaitariamente l'effetto della gerarchia di resistenza pilastro-trave per tutte le sezioni (tranne alla base)

Dimensionamento: pilastri

- Le sollecitazioni da sisma sono elevate al primo e secondo ordine

| Piano | Momento pilastro (kNm) | Pilastro d'angolo (kNm) |
|---------|------------------------|-------------------------|
| 5 | 109.6 | 65.7 |
| 4 | 193.0 | 115.8 |
| 3 | 256.3 | 153.8 |
| 2 | 299.2 | 179.5 |
| 1 testa | 286.0 | 228.8 |
| piede | 317.7 | 254.2 |

I pilastri d'angolo hanno momenti flettenti leggermente minori

Dimensionamento: pilastri

| Piano | Momento pilastro (kNm) | Pilastro d'angolo (kNm) | Sforzo normale (kN) | ΔN da sisma (kN) |
|---------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 5 | 109.6 | 65.7 | 77 ÷ 253 | ± 19.8 |
| 4 | 193.0 | 115.8 | 154 ÷ 451 | ± 74.5 |
| 3 | 256.3 | 153.8 | 231 ÷ 649 | ± 155.6 |
| 2 | 299.2 | 179.5 | 308 ÷ 847 | ± 256.0 |
| 1 testa | 286.0 | 228.8 | 385 ÷ 1045 | ± 361.8 |
| piede | 317.7 | 254.2 | | |

Coppie M-N più
gravose

$M = 229 \text{ kNm}$

$N_{\min} = 24 \text{ kN}$

$M = 317 \text{ kNm}$

$N_{\max} = 1407 \text{ kN}$

Dimensionamento: pilastri

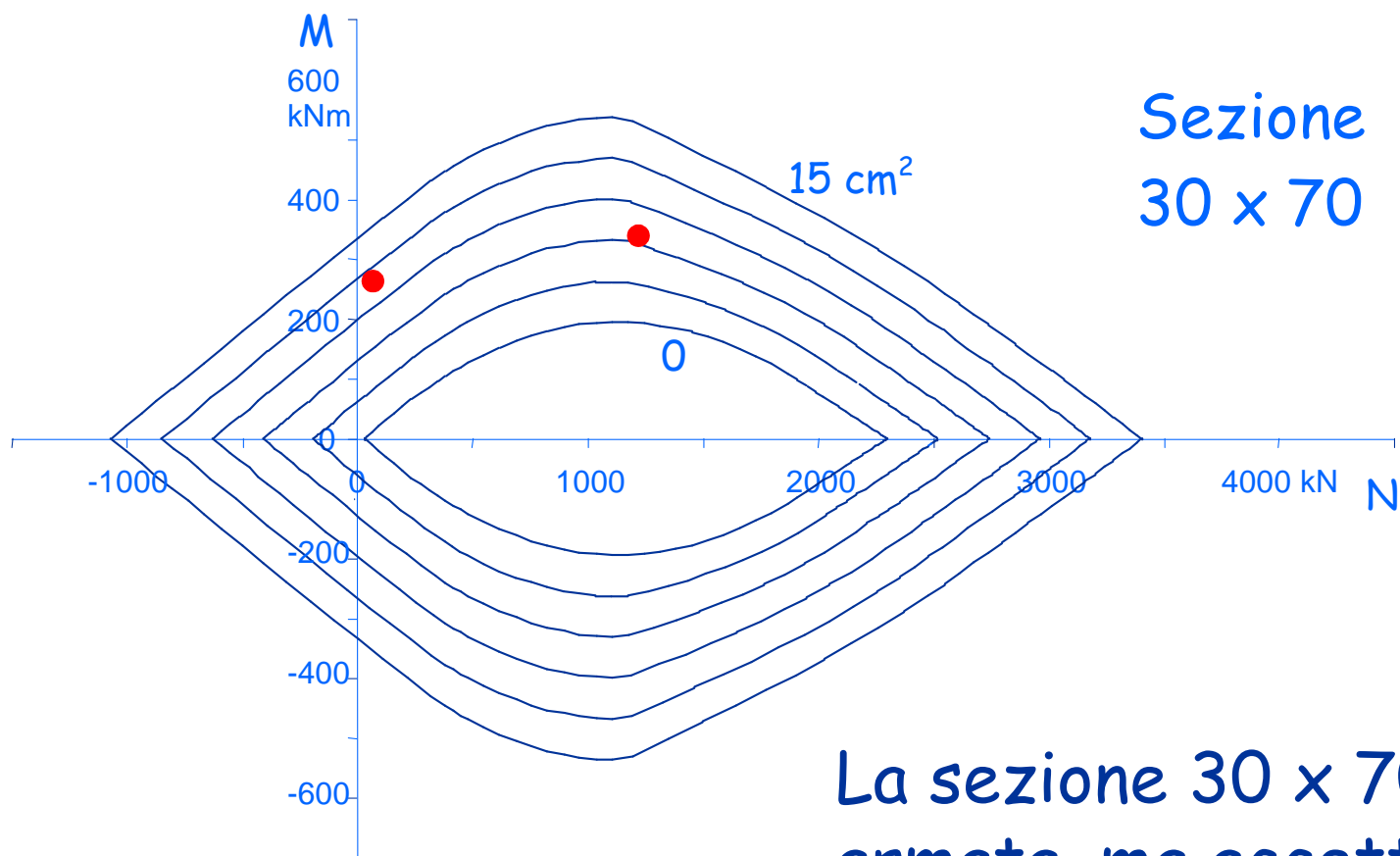
| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-------|-----|------------------------------------|-----------|--|-----------|---|--|--|--|-----------------------------|--|
| Pilastri | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 2 | | | ordine | 1 - piede | | direzione | x | | | | | |
| sisma | MEd = | 317.8 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché il pilastro è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 0 | kN | perché è tra due travi emergenti | | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 550 | kN | perimetrale non d'angolo | | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 550 | kN | | NEd,max = | 550 | kN | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 3 | | | ordine | 1 - piede | | direzione | x | | | | ha una sola trave emergente | |
| sisma | MEd = | 254.2 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 362 | kN | perché ha una sola trave emergente | | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 400 | kN | d'angolo | | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 38 | kN | | NEd,max = | 762 | kN | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 20 | | | ordine | 1 - piede | | direzione | y | | | | | |
| sisma | MEd = | 295.1 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché il pilastro è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 0 | kN | perché è tra due travi emergenti | | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 550 | kN | perimetrale non d'angolo | | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 550 | kN | | NEd,max = | 550 | kN | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 27 | | | ordine | 1 - piede | | direzione | y | | | | ha una sola trave emergente | |
| sisma | MEd = | 236.1 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 336 | kN | perché ha una sola trave emergente | | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 400 | kN | d'angolo | | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 64 | kN | | NEd,max = | 736 | kN | | | | | | |

Dimensionamento: pilastri

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|-----|------------------------------------|-----------|--|-----------|---|--|-----------------------------|--|--|
| Pilastri | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 2 | | | ordine | 2 | | direzione | x | | | | |
| sisma | MEd = | 299.2 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché il pilastro è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 0 | kN | perché è tra due travi emergenti | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 440 | kN | perimetrale non d'angolo | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 440 | kN | | NEd,max = | 440 | kN | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 3 | | | ordine | 2 | | direzione | x | | ha una sola trave emergente | | |
| sisma | MEd = | 179.5 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché è abbastanza lontano dal baricen | | | | riduz.tra. | | |
| | $\Delta N =$ | 256 | kN | perché ha una sola trave emergente | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 320 | kN | d'angolo | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 64 | kN | | NEd,max = | 576 | kN | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 20 | | | ordine | 2 | | direzione | y | | | | |
| sisma | MEd = | 277.9 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché il pilastro è abbastanza lontano dal baricentro | | | | | | |
| | $\Delta N =$ | 0 | kN | perché è tra due travi emergenti | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 440 | kN | perimetrale non d'angolo | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 440 | kN | | NEd,max = | 440 | kN | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| pilastro | 27 | | | ordine | 2 | | direzione | y | | ha una sola trave emergente | | |
| sisma | MEd = | 166.7 | kNm | multipl.ecc. | 1.20 | perché è abbastanza lontano dal baricen | | | | riduz.tra. | | |
| | $\Delta N =$ | 238 | kN | perché ha una sola trave emergente | | | | | | | | |
| car.vert. | N = | 320 | kN | d'angolo | | | | | | | | |
| | NEd,min = | 82 | kN | | NEd,max = | 558 | kN | | | | | |

Dimensionamento: pilastri

Utilizzando il dominio M-N



$$M = 229 \text{ kNm}$$

$$N = 24 \text{ kN}$$

$$M = 317 \text{ kNm}$$

$$N = 1407 \text{ kN}$$

occorrono
4 $\varnothing 20$ per lato

La sezione 30 x 70 è ben
armata, ma accettabile

Dimensionamento: pilastri

- Utilizzerò sezioni 30x70, necessarie per i tre ordini inferiori
- Potrei ridurre la sezione ai due ordini superiori, ma preferisco mantenerla invariata
 - Tutte le riseghe possono essere causa di errori di esecuzione
 - Ne avrei fatte solo se la sezione fosse troppo grande
 - In ogni caso, ai piani superiori non devo mai utilizzare sezioni minori di quella della trave emergente
- Potrei eventualmente variare le dimensioni (o ruotare pilastri) se penso di avere problemi di rotazione in pianta (lato destro deformabile)