

Corso di aggiornamento
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

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

6 - Tipologia strutturale "pareti non accoppiate":
problemi specifici

Bologna

10 gennaio 2013

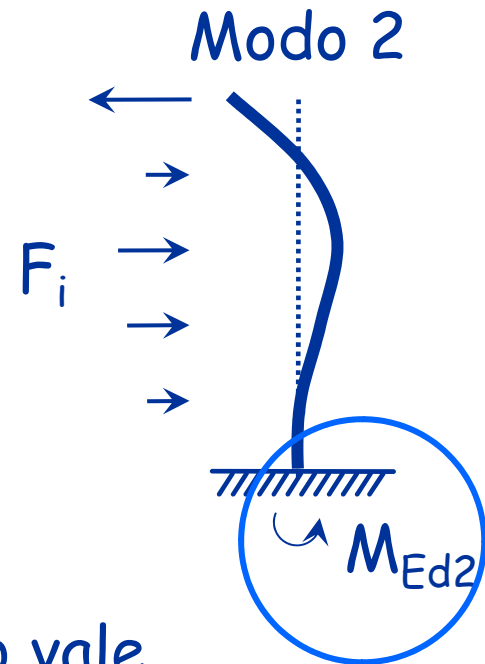
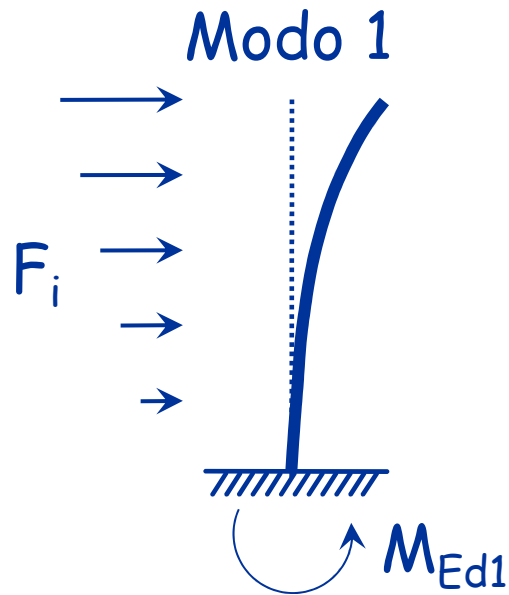
Edoardo M. Marino

Comportamento lineare e non lineare

- L'analisi modale valuta correttamente il comportamento elastico lineare
- Durante il sisma si supera la resistenza della struttura e si va in campo non lineare
 - La maggior resistenza (sovrarresistenza) a flessione induce maggiori sollecitazioni a taglio
 - Il contributo dei modi successivi al primo può diventare più rilevante

Amplificazione delle sollecitazioni per effetto dei modi superiori

- Consideriamo i primi due modi di vibrazione



È molto piccolo

Il taglio al generico piano vale

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed1}^2 + V_{Ed2}^2}$$

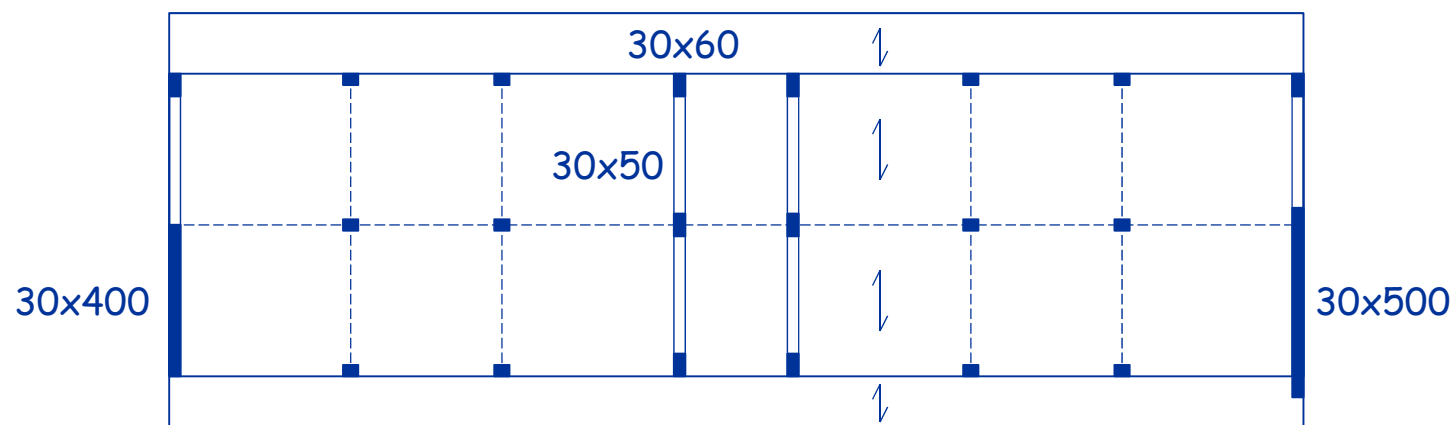
Amplificazione delle sollecitazioni per effetto dei modi superiori

- Il momento flettente alla base della parete è provocato sostanzialmente dal primo modo
- Il contributo del modo 2 non è influenzato dal momento alla base e dunque dalla plasticizzazione della parete
- Si può immaginare che la struttura risponda secondo il modo 2 elasticamente (cioè senza poter applicare la riduzione di q) e dunque il taglio va calcolato come segue

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed1}^2 + (qV_{Ed2})^2}$$

Esempio analizzato

- Edificio a sei impalcati, con due pareti
 - Pareti diverse, ma centro masse = centro rigidezze



6 piani
 $H_{\text{piani}} = 3.20 \text{ m}$
 $L_{\text{travi}} = 4.00 \text{ m}$

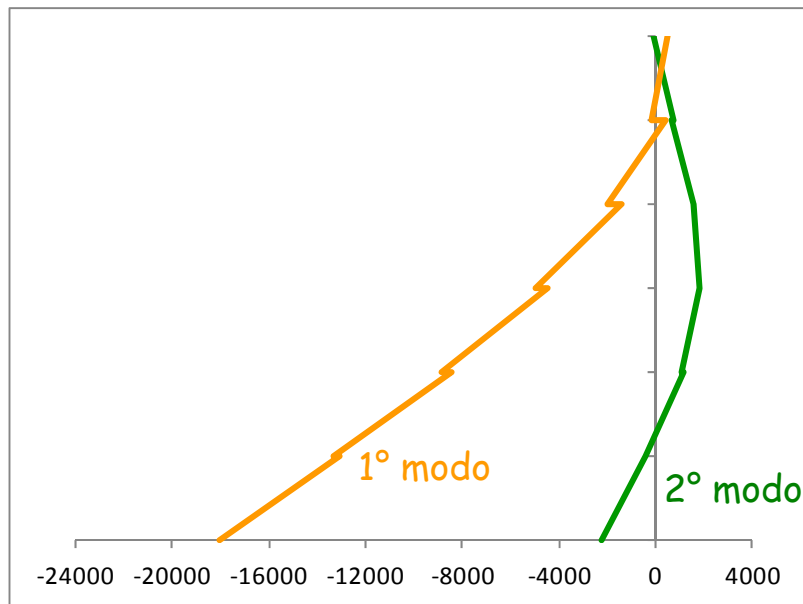
$W_6 = 3000 \text{ kN}$
 $W_{\text{altri}} = 3300 \text{ kN}$
 $C_M = C_R$

Vedi cartella "Pareti"

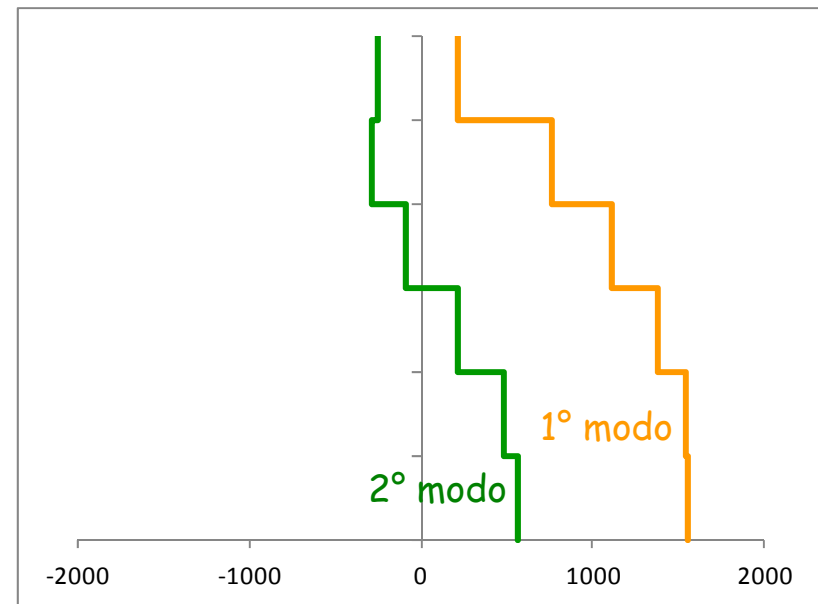
Comportamento elastico lineare

analisi modale

- Risultati dell'analisi modale (parete 30x500)



Momento flettente



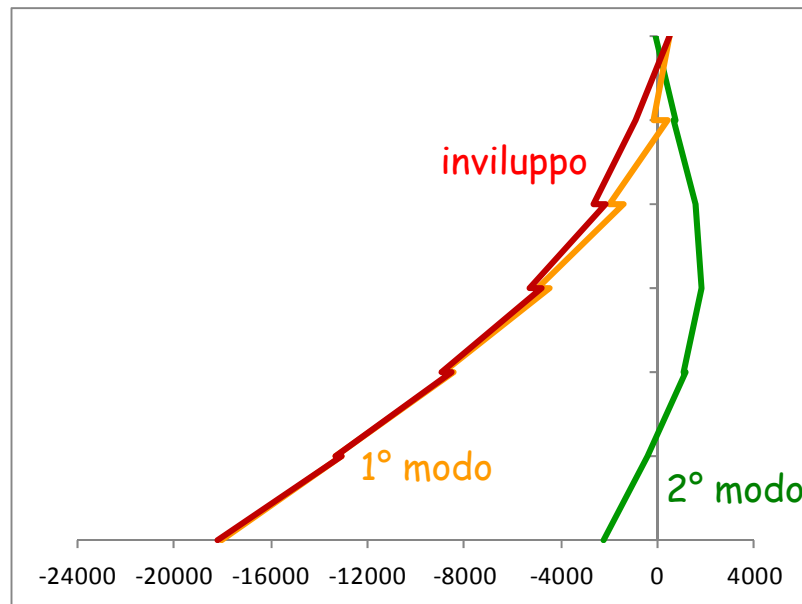
Taglio

Comportamento elastico lineare

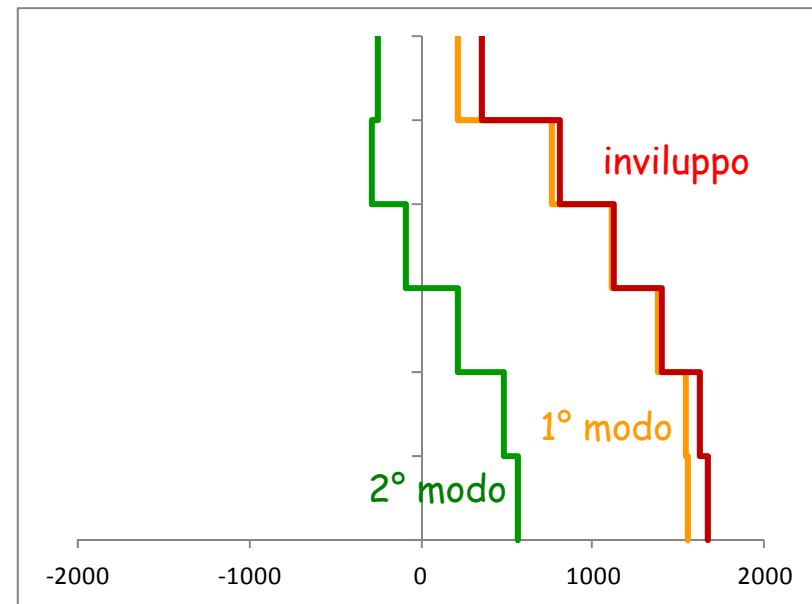
analisi modale

- Risultati dell'analisi modale (parete 30x500)

Il 2° modo da un contributo minimo



Momento flettente

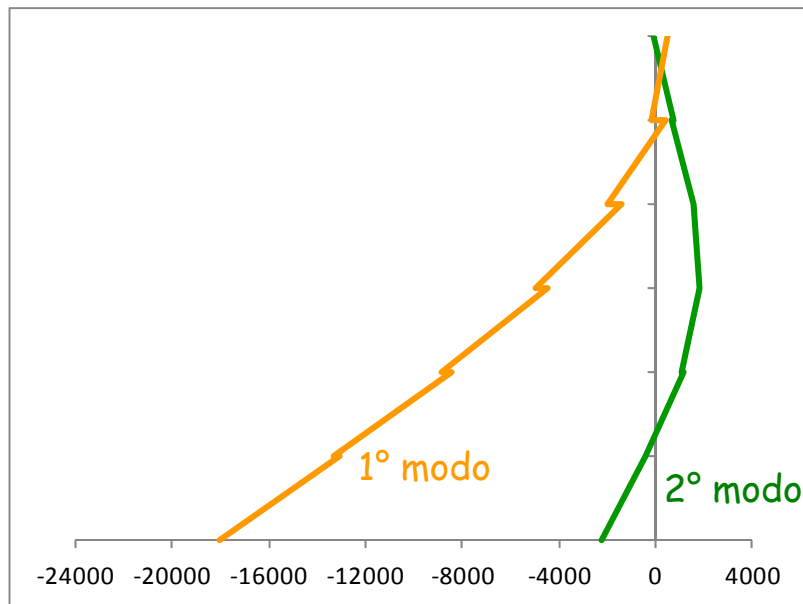


Taglio

Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Il 2° modo provoca alla base momenti flettenti modesti
- Quando la sezione alla base si plasticizza l'effetto del secondo modo può dare ulteriori contributi



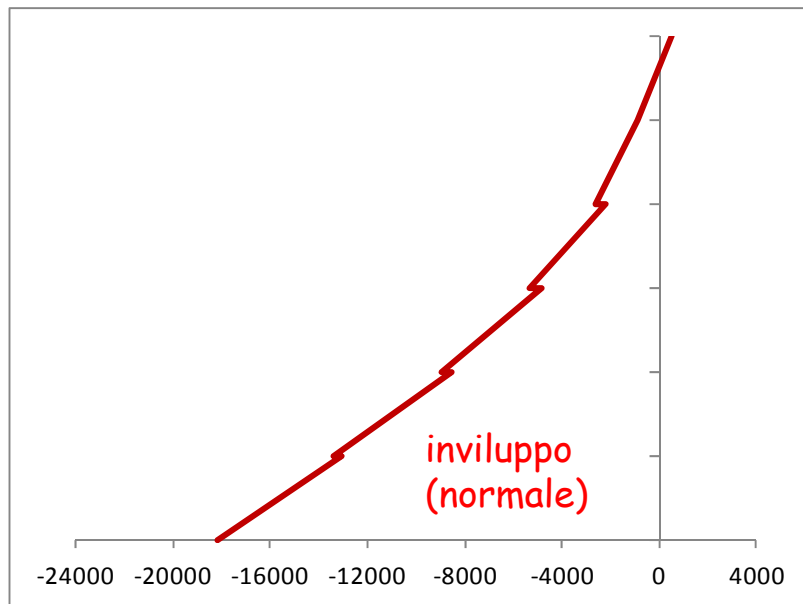
Momento flettente

- Per tener conto di questo:
 - moltiplicare per q il contributo del 2° modo
 - calcolare di nuovo l'involuppo modale

Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Il 2° modo provoca alla base momenti flettenti modesti
- Quando la sezione alla base si plasticizza l'effetto del secondo modo può dare ulteriori contributi



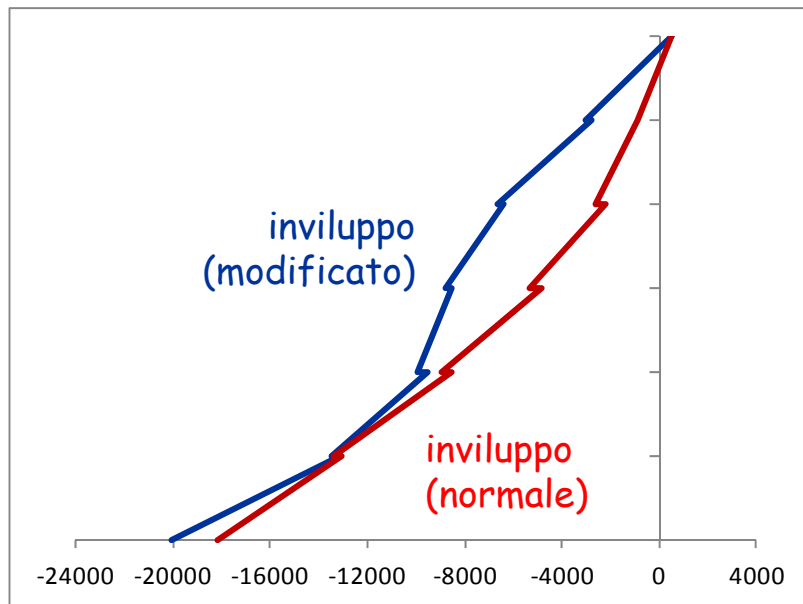
Momento flettente

- Per tener conto di questo:
 - moltiplicare per q il contributo del 2° modo
 - calcolare di nuovo l'inviluppo modale

Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Il 2° modo provoca alla base momenti flettenti modesti
- Quando la sezione alla base si plasticizza l'effetto del secondo modo può dare ulteriori contributi



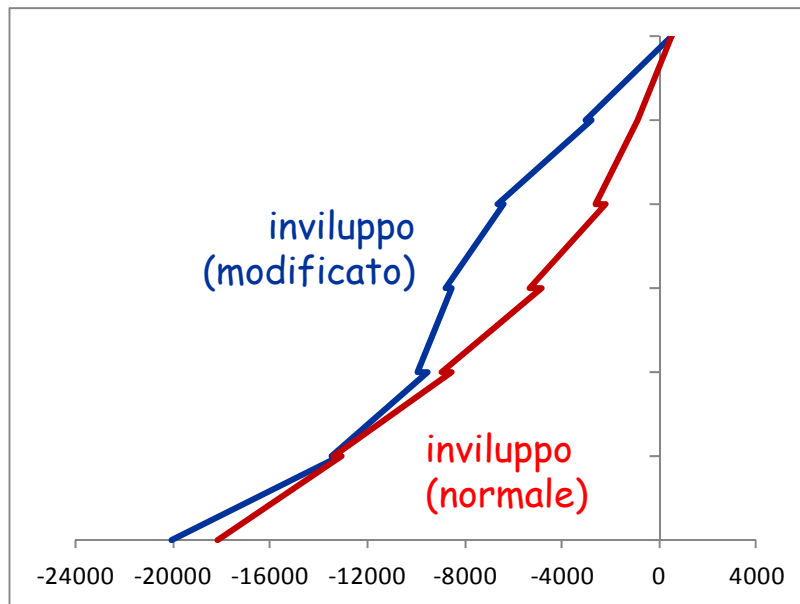
Momento flettente

- Per tener conto di questo:
 - moltiplicare per q il contributo del 2° modo
 - calcolare di nuovo l'involuppo modale

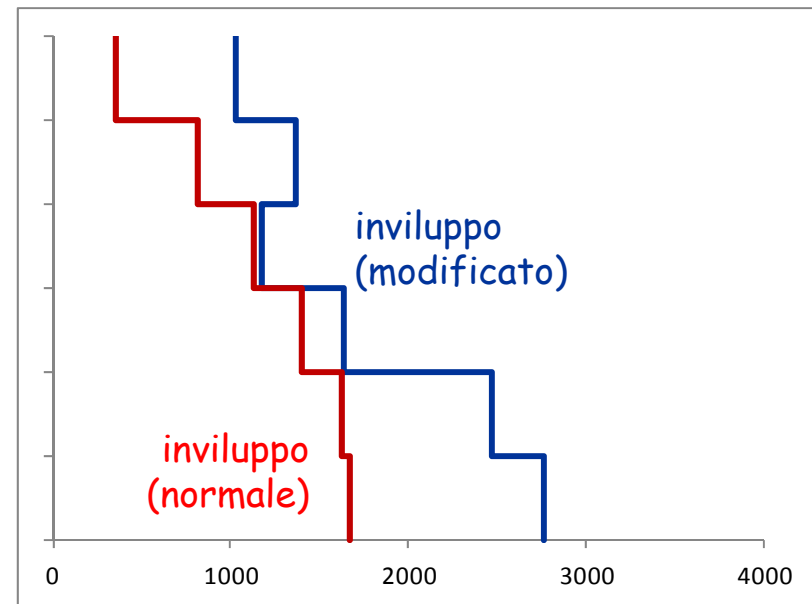
Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Il 2° modo provoca alla base momenti flettenti modesti
- Quando la sezione alla base si plasticizza l'effetto del secondo modo può dare ulteriori contributi



Momento flettente

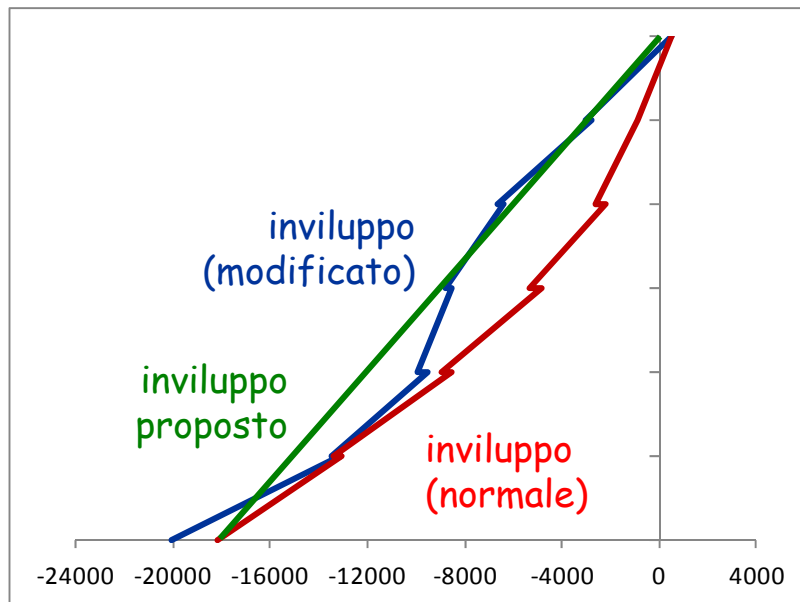


Taglio

Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Commento: flessione
 - Si ha un incremento del momento flettente ai piani superiori



Momento flettente

- Suggerimento di normativa
- Adottare un diagramma del momento flettente lineare

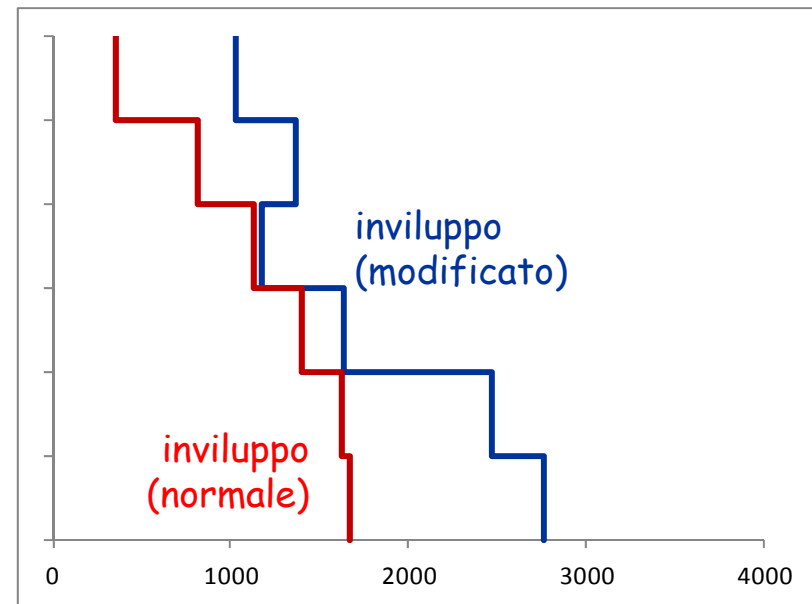
Comportamento elasto-plastico

analisi modale

- Commento: taglio
 - Si ha un forte incremento del taglio alla base
 - Ai piani superiori il taglio si mantiene forte

Suggerimento di normativa

- Calcolare l'incremento alla base
- Mantenere in testa un taglio pari a metà del valore alla base



Taglio

Comportamento elasto-plastico

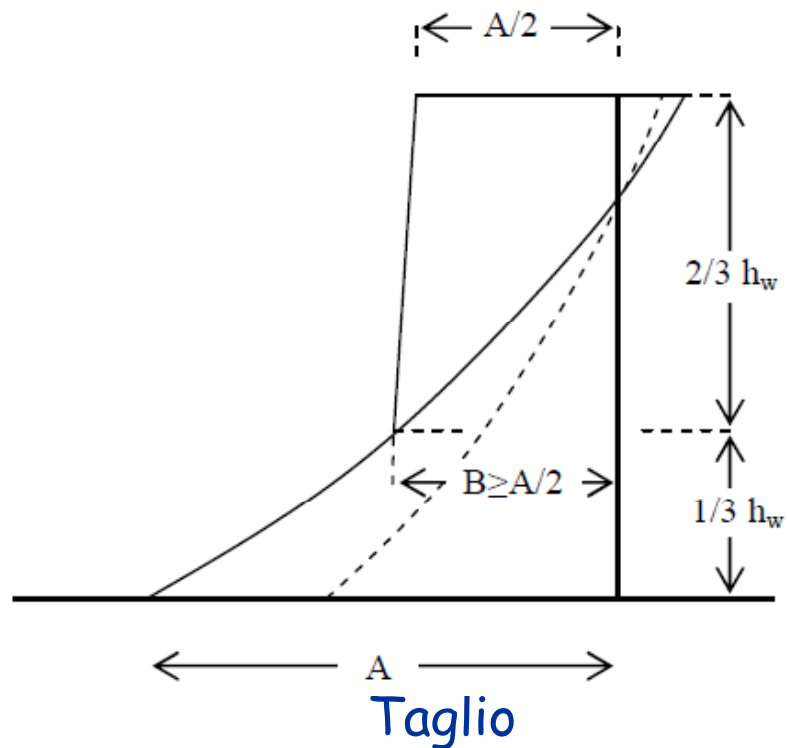
analisi modale

- Commento: taglio
 - Si ha un forte incremento del taglio alla base
 - Ai piani superiori il taglio si mantiene forte

Suggerimento di normativa

- Calcolare l'incremento alla base
- Mantenere in testa un taglio pari a metà del valore alla base
- Amplificare secondo la figura per $z > h_w/3$

Nota: l'immagine di normativa non è molto verosimile, perché il taglio è costante a tratti



NTC 08, punto 7.4.4.5.1

Amplificazione delle sollecitazioni per effetto dei modi superiori

- Il taglio andrebbe calcolato come segue

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed1}^2 + (qV_{Ed2})^2}$$

- Il contributo alla risposta sismica del modo 2 può essere espresso in funzione di quello del modo 1

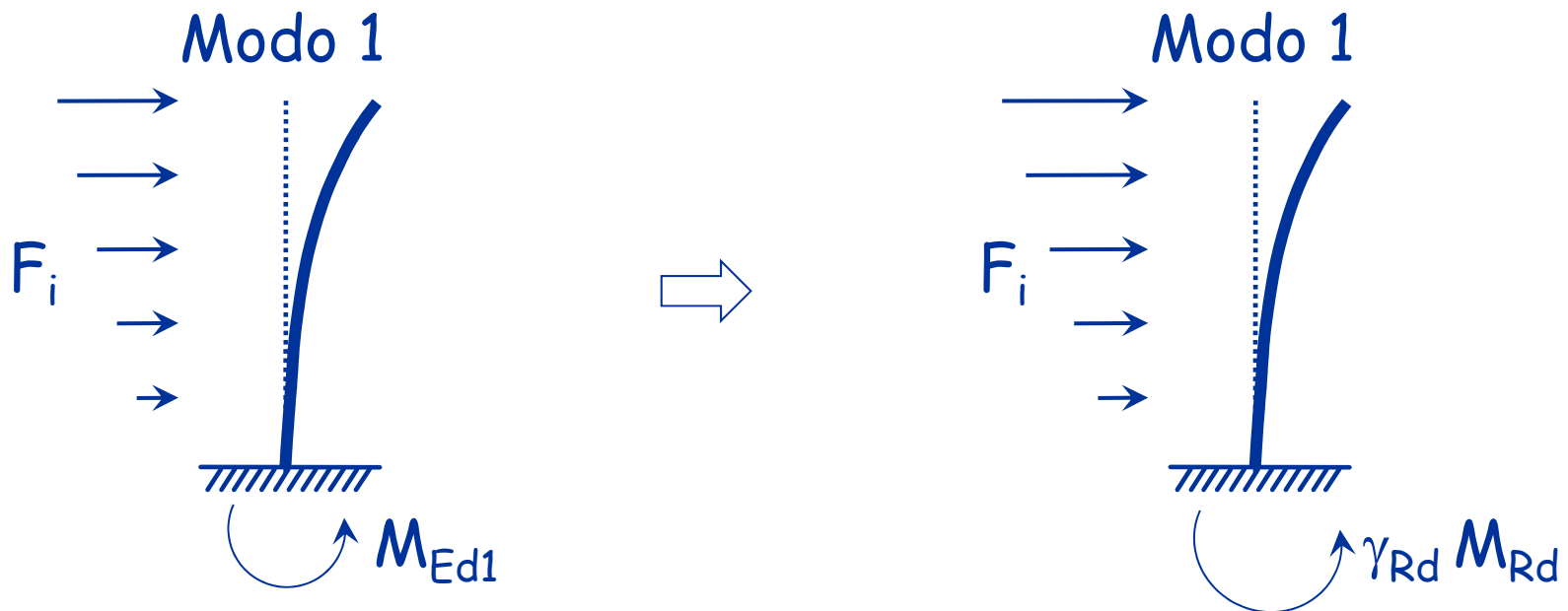
$$V_{Ed2} = \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} V_{Ed1}$$

ottenendo quindi

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed1}^2 + \left(q\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} V_{Ed1} \right)^2}$$

Amplificazione delle sollecitazioni per effetto della sovraresistenza

- La parete può avere al piede una resistenza a flessione maggiore di quella di calcolo
- Di conseguenza anche il taglio può aumentare

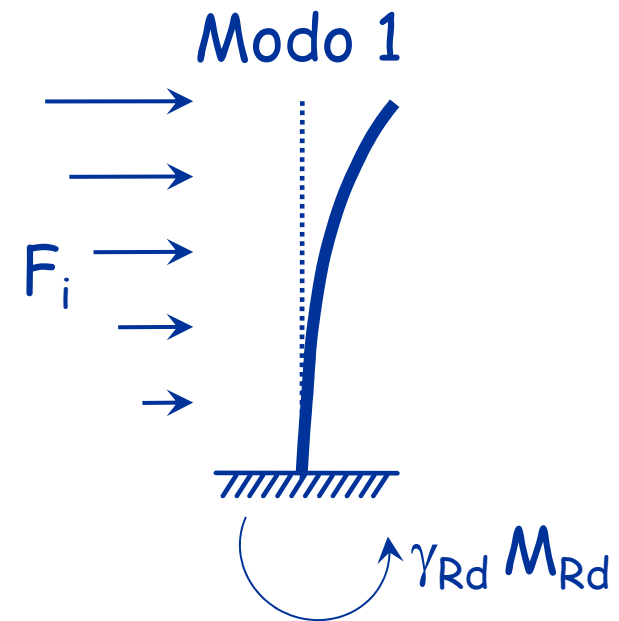


Amplificazione delle sollecitazioni per effetto della sovraresistenza

- La parete può avere al piede una resistenza a flessione maggiore di quella di calcolo
- Di conseguenza anche il taglio può aumentare
- Si può incrementare in proporzione il contributo del primo modo

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Ed1}^2 + \left(q \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} V_{Ed1} \right)^2}$$

Moltiplicare V_{Ed1} per $\frac{\gamma_{Rd} M_{Rd}}{M_{Ed}}$



Amplificazione delle sollecitazioni per effetto di modi superiori e sovrarresistenza

- Tenendo conto di modi superiori e sovrarresistenza

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\gamma_{Rd} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} V_{Ed1} \right)^2 + \left(q \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} V_{Ed1} \right)^2}$$

- La norma prescrive quindi di amplificare il valore di calcolo V_{Ed} mediante il coefficiente

$$1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd} M_{Rd}}{q M_{Ed}} \right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Amplificazione delle sollecitazioni per effetto di modi superiori e sovrarresistenza

- Più precisamente, la normativa prescrive come fattore di incremento

Strutture di classe di duttilità A

pareti snelle $1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)}\right)^2} \leq q$ con $\gamma_{Rd} = 1.2$

pareti tozze $\gamma_{Rd} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \leq q$

Strutture di classe di duttilità B

pareti snelle 1.5

pareti estese $\frac{q+1}{2}$

debolmente armate $\frac{q+1}{2}$

Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità A

$$q = 4$$

$$T_1 = 0.514 \text{ s} \quad T_C = 0.53 \text{ s} \quad S_d(T_1) = S_d(T_C)$$

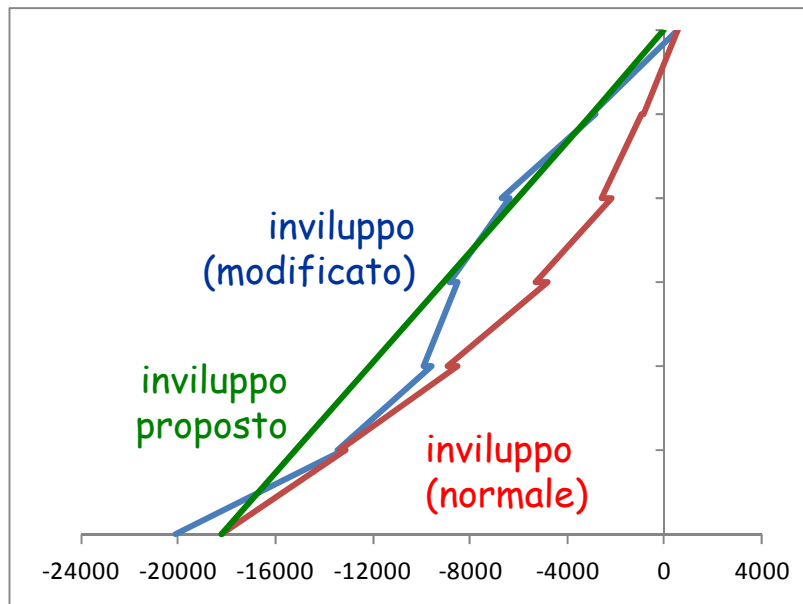
si ipotizza $M_{Rd} = M_{Ed}$

$$q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \right)^2} = 1.744$$

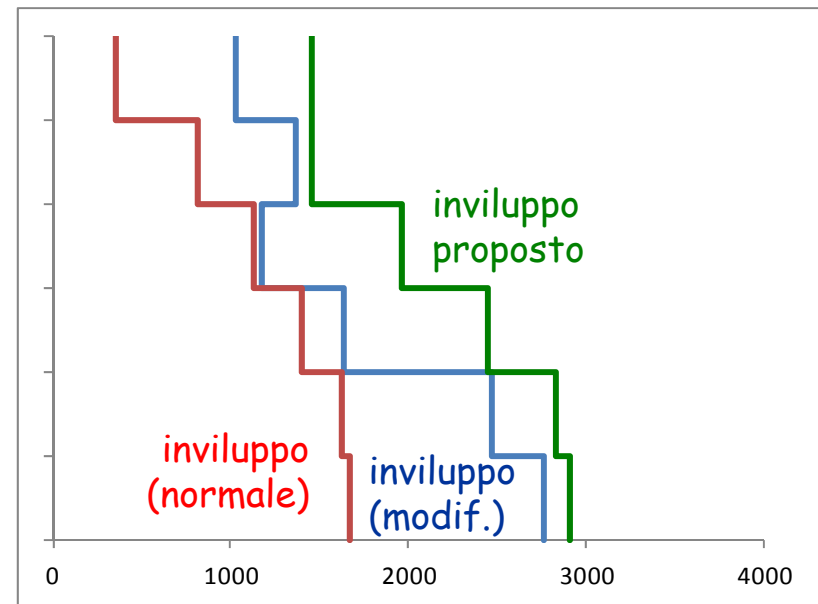
Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità A incremento taglio 1.744



Momento flettente

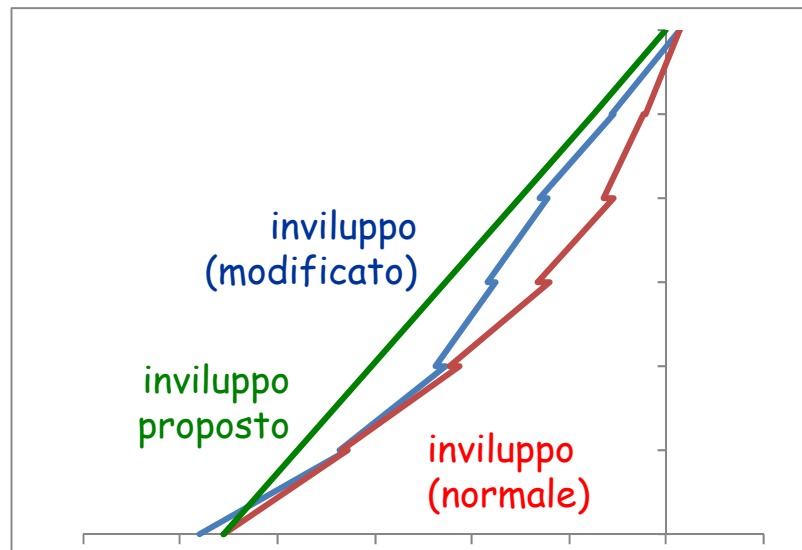


Taglio

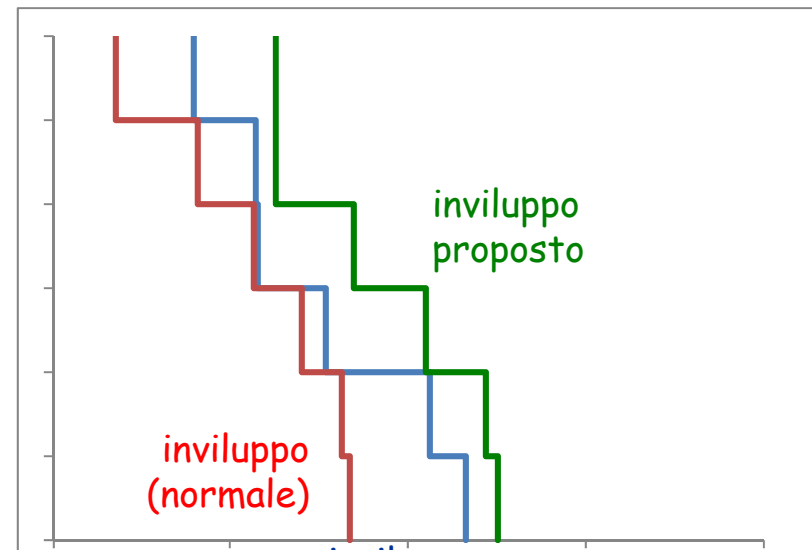
Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità B incremento taglio 1.5



Momento flettente



involuppo
(modif.)

Taglio

Cosa cambia con la Bozza NTC 2013

Uguali prescrizioni per le due classi di duttilità

pareti snelle $1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)}\right)^2} \leq q$

pareti tozze $\gamma_{Rd} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \leq q$

Classe di duttilità A

$$q = 4 \text{ e } \gamma_{Rd} = 1.2$$

Classe di duttilità B

$$q = 3 \text{ e } \gamma_{Rd} = 1.0$$

Cosa cambia con la Bozza NTC 2013

Uguali prescrizioni per le due classi di duttilità

pareti snelle

$$1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Esempio per pareti snelle

$$T_1 = 0.514 \text{ s} \quad T_c = 0.53 \text{ s} \quad S_d(T_1) = S_d(T_c)$$

si ipotizza $M_{Rd} = M_{Ed}$

Classe di duttilità A

$$q = 4 \text{ e } \gamma_{Rd} = 1.2$$

Incremento taglio 1.74

Classe di duttilità B

$$q = 3 \text{ e } \gamma_{Rd} = 1.0$$

Incremento taglio ~~1.38~~

1.50