

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

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

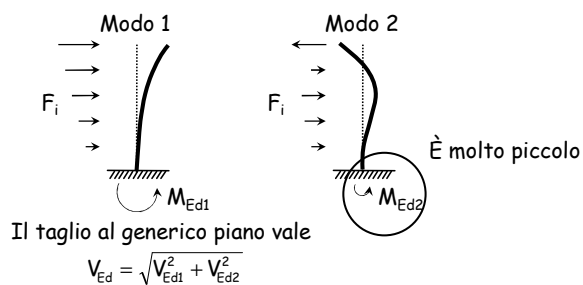
Spoletto  
10-11 maggio 2012  
Aurelio Ghersi

**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 indice 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



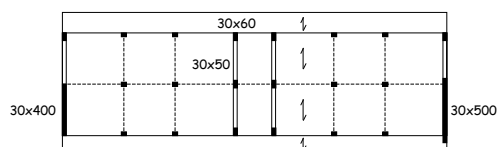
**Amplificazione delle sollecitazioni  
per effetto dei modi superiori**

- 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

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

**Esempio analizzato**

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



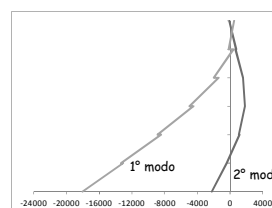
6 piani  
 $H_{piani} = 3.20 \text{ m}$   
 $L_{travi} = 4.00 \text{ m}$

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

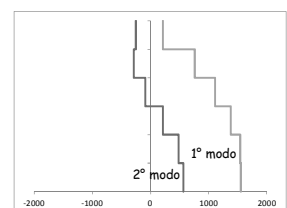
Vedi cartella "Pareti"

**Comportamento elastico lineare  
analisi modale**

- Risultati dell'analisi modale (parete 30x500)



Momento flettente

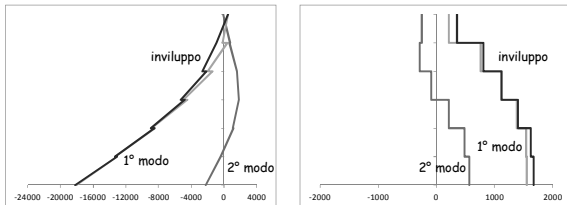


Taglio

## Comportamento elastico lineare analisi modale

- Risultati dell'analisi modale (parete 30x500)

Il 2° modo da un contributo minimo

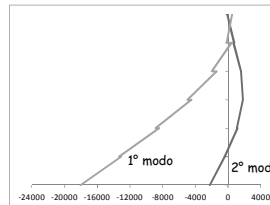


Momento flettente

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

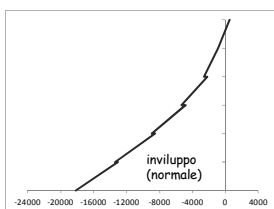


Momento flettente

- 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

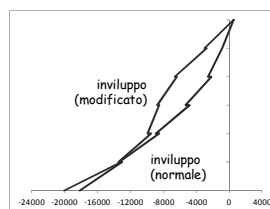


Momento flettente

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

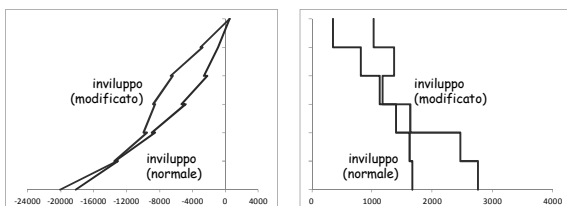


Momento flettente

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

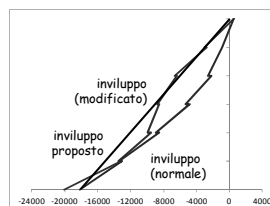


Momento flettente

Taglio

## Comportamento elasto-plastico analisi modale

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



Momento flettente

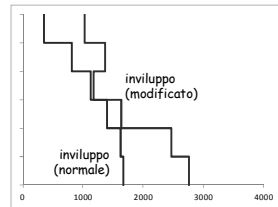
- Suggerimento di normativa
- Adottare un diagramma del momento flettente lineare

## 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 intesa un taglio pari a metà del valore alla base



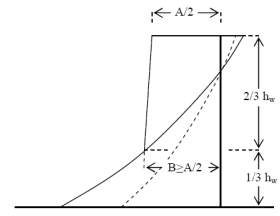
Taglio

## 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 intesa un taglio pari a metà del valore alla base



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

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

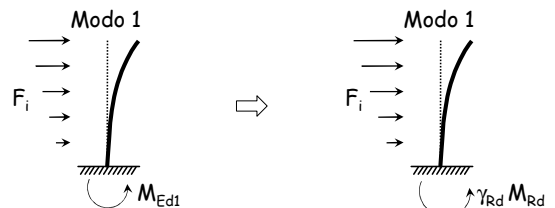
$$V_{Ed2} = \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} V_{Ed1}$$

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 sovrarresistenza

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



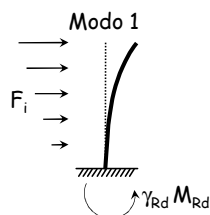
## Amplificazione delle sollecitazioni per effetto della sovrarresistenza

- 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

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

NTC 08, punto 7.4.4.5.1

### 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

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

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

Strutture di classe di duttilità B

$$\text{pareti snelle} \quad 1.5$$

$$\text{pareti estese debolmente armate} \quad \frac{q+1}{2}$$

NTC 08, punto 7.4.4.5.1

### Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità A

$$q = 4$$

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

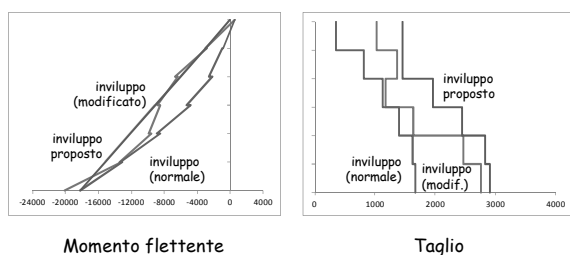
si ipotizza  $M_{Rd} = M_{Ed}$

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

### Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità A incremento taglio 1.744



### Esempio e considerazioni

- Per l'edificio esaminato in precedenza si ha

Struttura di classe di duttilità B incremento taglio 1.5

