

Materiali ed Approcci Innovativi per il Progetto in Zona Sismica e la Mitigazione della Vulnerabilità delle Strutture

Salerno, 12 – 13 febbraio 2006

**Una più semplice procedura
per la valutazione della risposta sismica delle
strutture attraverso analisi statica non-lineare**

M. Bosco, A. Ghersi, E.M. Marino

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
UNIVERSITÀ DI CATANIA



I METODI STATICI NON LINEARI

Metodo dello Spettro di Capacità (Freeman)

Metodo N2 (Fajfar)

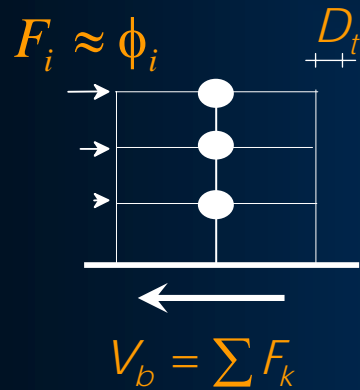
OBIETTIVI

Esaminare i metodi statici non lineari derivati dal metodo N2 evidenziandone gli eventuali limiti.

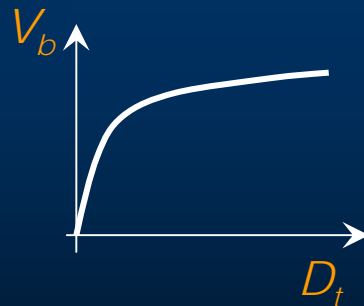
Proporre un nuovo metodo statico non lineare per la valutazione della risposta sismica degli edifici.

METODO N2: analisi del sistema MDOF

Sistema MDOF

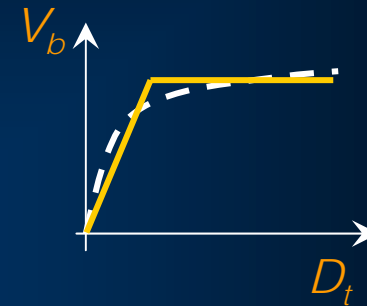


Analisi pushover



Curva di prestazione

Legame bilineare



Condizioni di
equivalenza

METODO N2: sistema SDOF equivalente

Massa

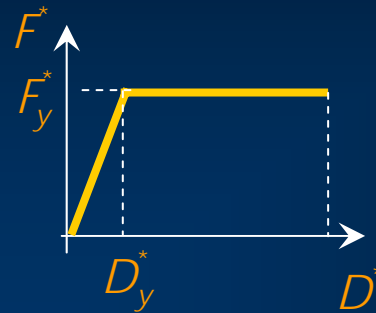
$$m^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \phi_i}{\phi_n}$$

Legame forza - spostamento

$$F^* = \frac{V_b}{\Gamma \phi_n}$$

$$D^* = \frac{D_t}{\Gamma \phi_n}$$

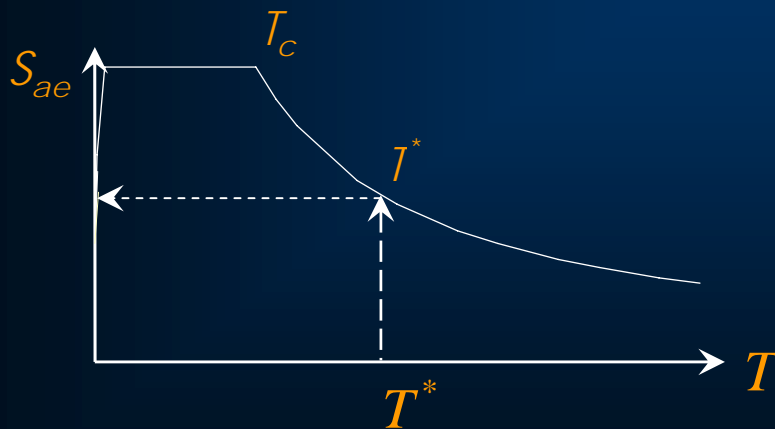
$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \phi_i}{\sum_{i=1}^n m_i \phi_i^2}$$



Periodo

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* D_y^*}{F_y^*}}$$

Spostamento Richiesto SDOF



$$D^* = \frac{T^{*2}}{4\pi^2} S_{ae} \quad T_e \geq T_c$$

$$D^* = \frac{T^{*2}}{4\pi^2} \frac{1}{R_\mu} \left[1 + (R_\mu - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] S_{ae} \quad T_e < T_c$$

$$R_\mu = \frac{m^* S_{ae}}{F_y^*}$$

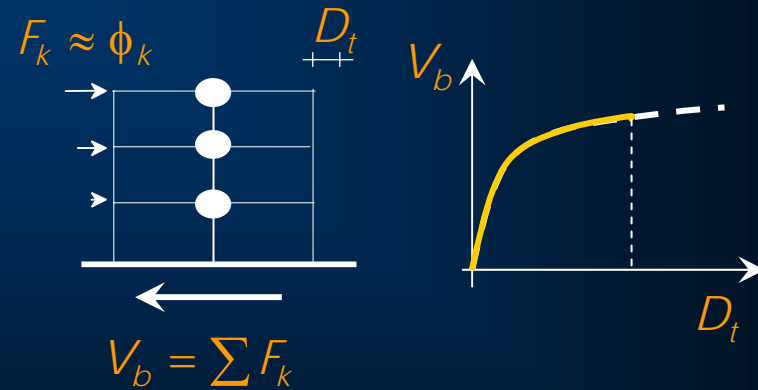
METODO N2: risposta inelastica del sistema MDOF

Spostamento sistema MDOF

$$D_t = \phi_n \Gamma D^*$$



Risposta sistema MDOF

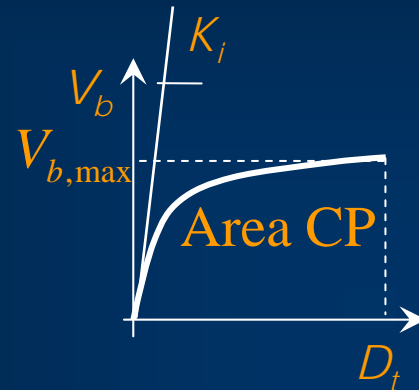
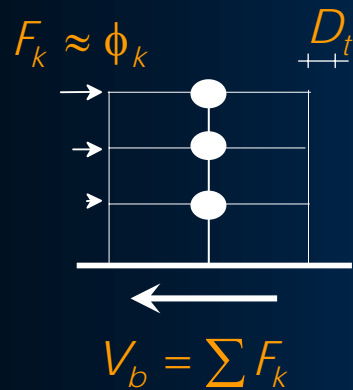


IL METODO DELL'O.P.C.M. 3431

Recepisce integralmente il metodo N2 e specifica i criteri di equivalenza per definire la relazione V-D bilineare.

Curva di prestazione

Sistema MDOF

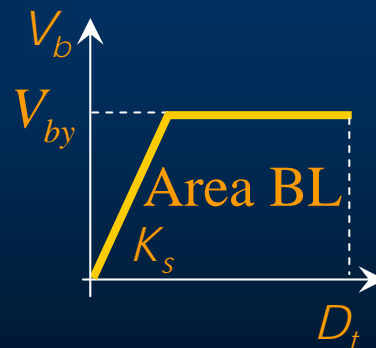


Relazioni di equivalenza

$$V_{by} = V_{b,max}$$

$$\text{Area CP} = \text{Area BL}$$

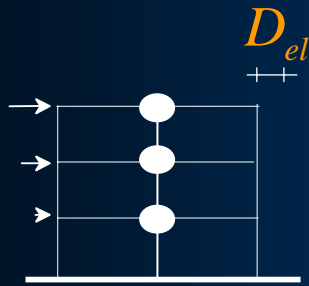
Relazione bilineare



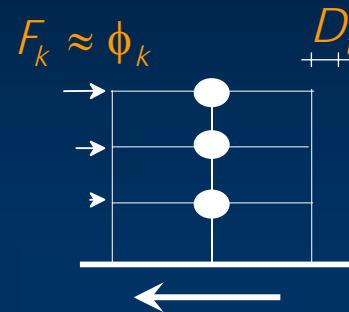
L'applicazione del metodo è macchinosa a causa della necessità di definire il sistema SDOF equivalente.

METODO DEL FEMA 368

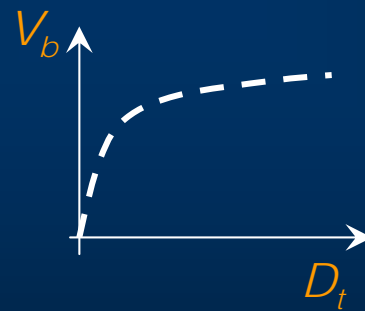
Analisi Modale



Analisi Pushover



$$V_b = \sum F_k$$



Amplificazione
Spostamento
(Solo se $T_1 \leq T_c$)

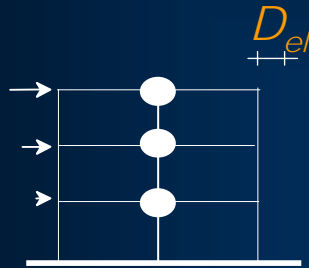
$$D_t = C_i D_{el}$$

$$C_i = \frac{1}{R_\mu} \left[1 + (R_\mu - 1) \frac{T_c}{T_1} \right]$$

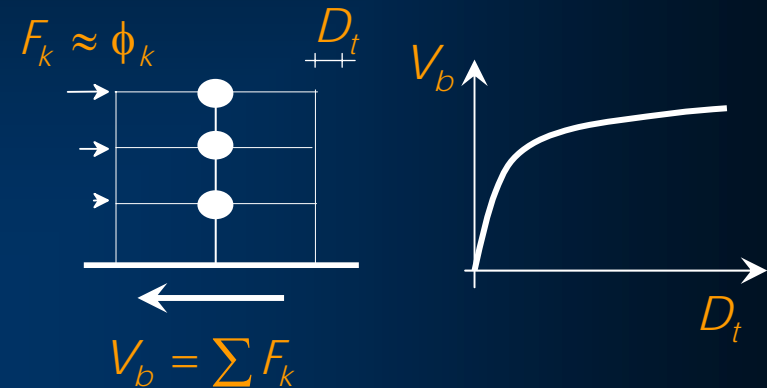
Molto semplice ma sottostima lo spostamento richiesto perché si impiega il periodo fondamentale T_1 in luogo di quello corrispondente alla rigidità secante.

METODO PROPOSTO: METODO "N1"

Spostamento elastico
(analisi modale)



Curva di Prestazione

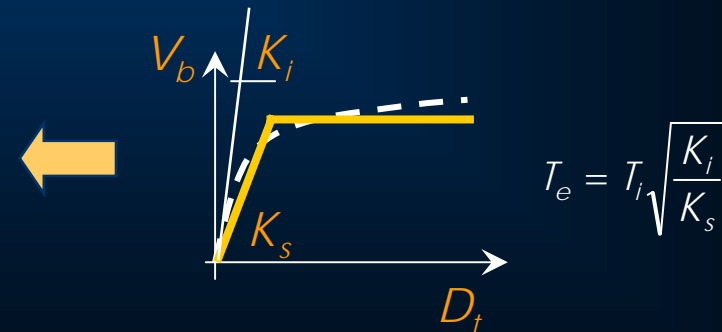


Amplificazione spostamento

$$D_t = D_{el} \frac{S_{de}(T_e)}{S_{de}(T_1)} \quad T_e \geq T_c \text{ o } R_\mu \leq 1$$

$$D_t = D_{el} \frac{S_{de}(T_e)}{S_{de}(T_1)} \frac{1}{R_\mu} \left[1 + (R_\mu - 1) \frac{T_c}{T_e} \right] \quad T_e < T_c \text{ e } R_\mu > 1$$

Bilinearizzazione



VALIDAZIONE DEL METODO PROPOSTO

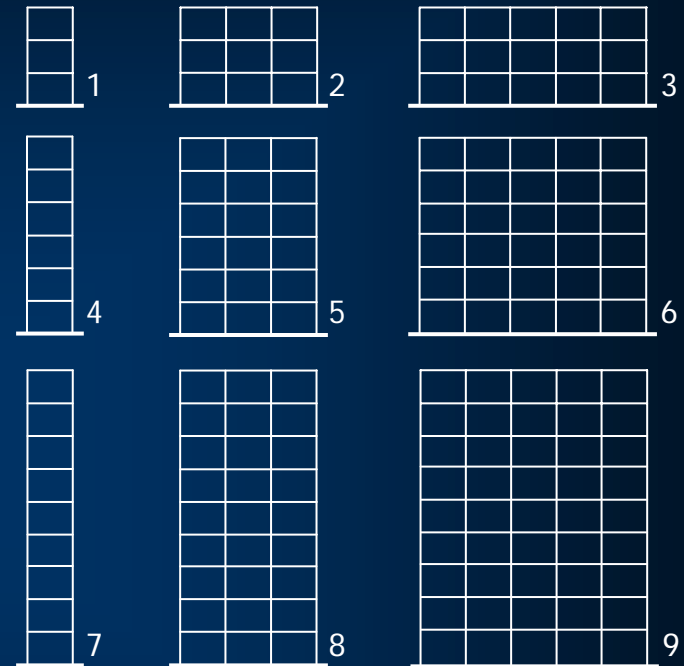
108 telai che differiscono per:

- Numero di piani
- Numero di campate
- Sezioni delle travi
- Carico sulle travi
- Luci delle campate

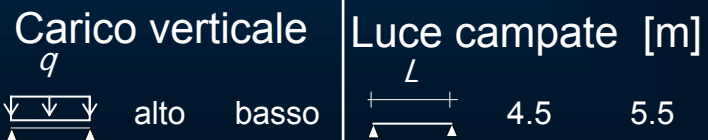
Metodi di analisi confrontati:

- **O.P.C.M. 3431 (metodo N2)**
- FEMA 368
- Metodo N1

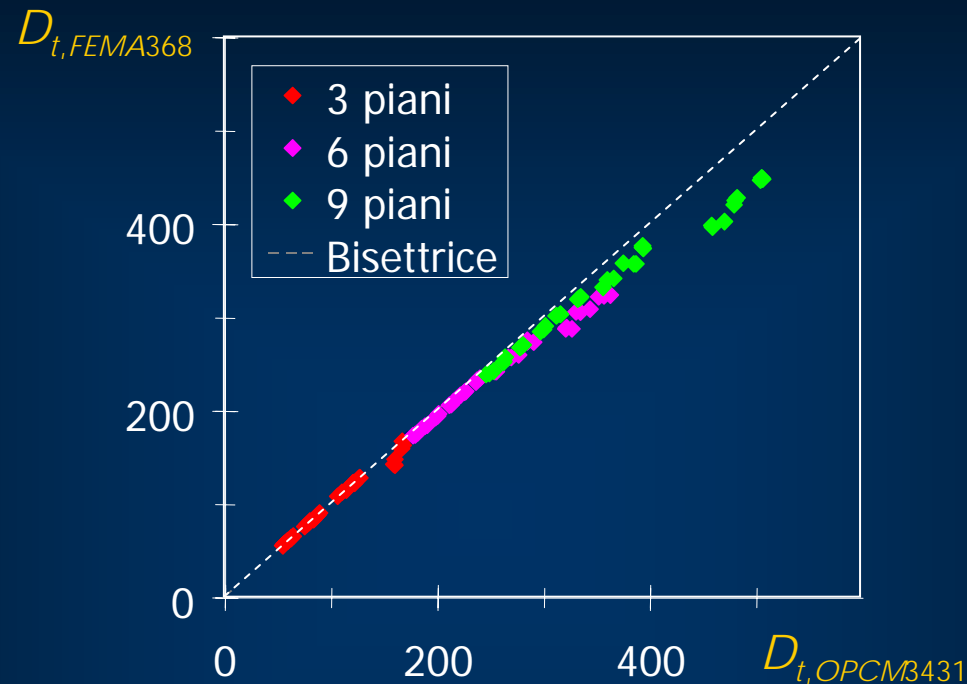
Schema geometrico



Profilati delle travi



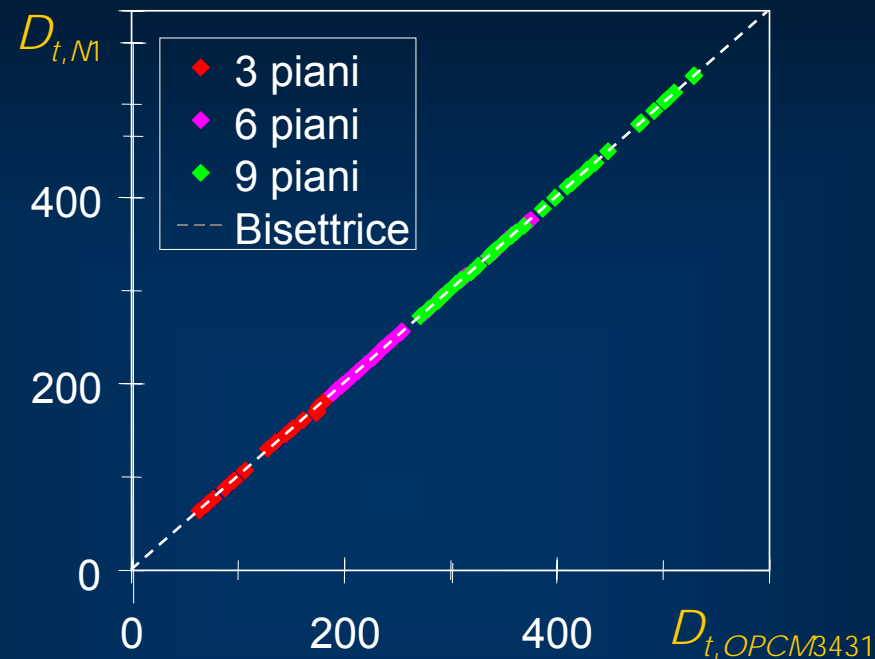
CONFRONTO RISULTATI OPCM 3431 - FEMA 368



Il metodo proposto dal FEMA 368 sottostima la domanda di spostamento rispetto al metodo dell'O.P.C.M. 3431.

Ciò accade perché il periodo fondamentale T_1 del telaio considerato seguendo le indicazioni del FEMA 368 è minore di quello del sistema SDOF equivalente T_e .

CONFRONTO RISULTATI OPCM 3431 – METODO N1



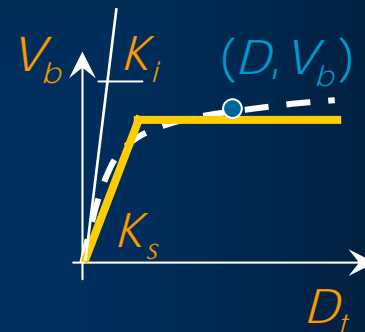
Il metodo N1 consente di tenere conto della differenza tra T_1 e T_e senza richiedere la definizione di un sistema SDOF equivalente.

I risultati sono sostanzialmente coincidenti con quelli ottenuti attraverso il metodo dell'O.P.C.M. 3431.

METODO "N1": PROCEDIMENTO INVERSO

Consente anche di calcolare la PGA corrispondente ad un qualsiasi punto della curva di prestazione (livello di prestazione).

Noto il punto sulla curva si determina la bilineare ed il corrispondente periodo T_e .



$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_s}}$$

Si ricava D_{el} in funzione di D e R_μ .

$$D = D_{el} \frac{S_{de}(T_e)}{S_{de}(T_1)} \quad T_e \geq T_c \text{ o } R_\mu \leq 1$$

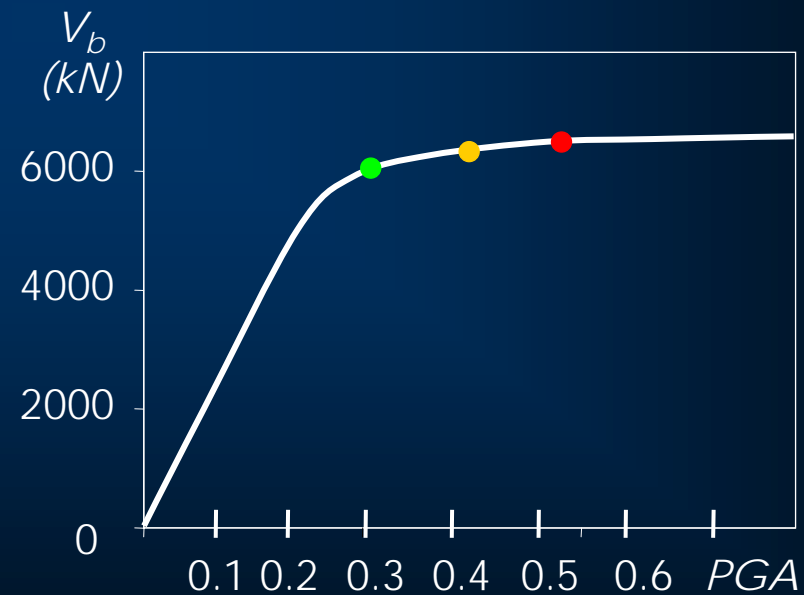
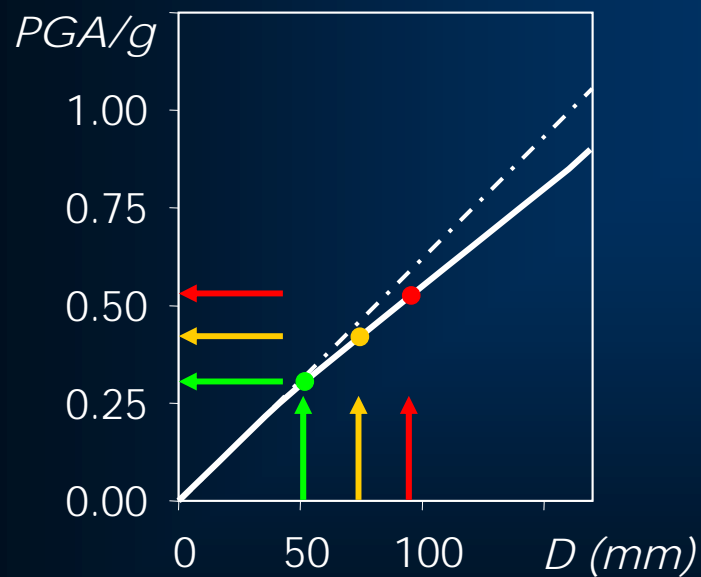
$$D = D_{el} \frac{S_{de}(T_e)}{S_{de}(T_1)} \frac{1}{R_\mu} \left[1 + (R_\mu - 1) \frac{T_c}{T_e} \right] \quad T_e < T_c \text{ e } R_\mu > 1$$

Noto D_{el} , si ricava la PGA cercata dai risultati dell'analisi modale del sistema MDOF.

METODO PROPOSTO: METODO "N1"

Il procedimento descritto può essere utilizzato per descrivere la corrispondenza biunivoca tra spostamenti e valori di PGA che li determinano

La corrispondenza biunivoca consente di rappresentare la curva di prestazione in funzione del PGA



CONCLUSIONI

Il metodo proposto :

- Consente di determinare la richiesta di spostamento a partire dai risultati forniti da un'analisi modale elastica, senza ricorrere al passaggio ad un sistema SDOF;
- fornisce sostanzialmente gli stessi risultati del metodo N2, ma con una maggiore semplicità applicativa;
- consente di tracciare la curva di prestazione in funzione del PGA fornendo una visualizzazione più immediata e completa del comportamento non lineare della struttura.

GRAZIE DELL'ATTENZIONE