

Corso di Laurea in Ingegneria Edile-Architettura

Progetto di costruzioni in zona sismica
A.A. 2023/2024

09 – RISPOSTA ELASTICA SISTEMI MDOF:
STRUTTURA SOTTOPOSTA AD ECCITAZIONE SISMICA

Edoardo M. Marino, Università degli Studi di Catania

Metodi per la valutazione della risposta sismica

- Analisi dinamica, con valutazione della storia della risposta (istante per istante)
 - Questo procedimento può servire per valutare la risposta ad un accelerogramma specifico
 - Se volessi usarlo come strumento progettuale dovrei individuare un insieme di accelerogrammi che rappresentano quello che potrà avvenire nel sito
- Analisi modale con spettro di risposta, per valutare la massima risposta
 - Questo procedimento è utile come strumento progettuale proprio perché ci fornisce direttamente i valori massimi
- Analisi statica lineare (metodo delle forze orizzontali secondo EC8)
 - È una semplificazione dell'analisi modale

Considerazioni sull'analisi modale con spettro di risposta

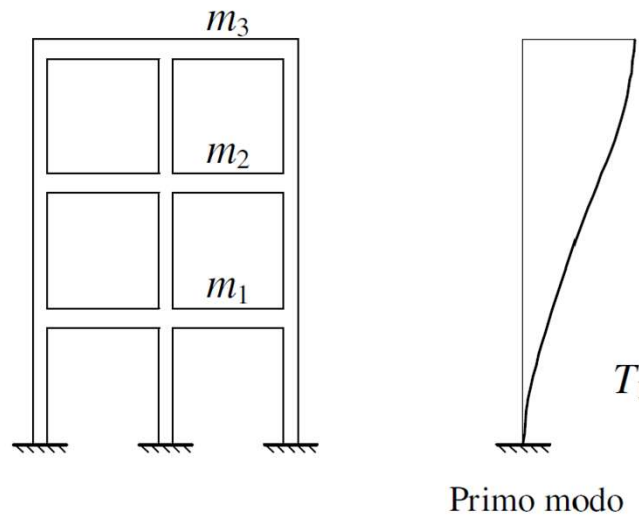
- La risposta massima è determinando considerando i contributi massimi dei diversi modi di vibrazione (a ciascun modo partecipa una parte della massa totale)
- Il contributo massimo di ciascun modo di vibrazione si può ottenere applicando un opportuno sistema di forze alla struttura

$$F_{i,j} = \Gamma_j m_i \phi_{i,j} S_e(T_j)$$

- Il primo modo di vibrazione fornisce il contributo più importante

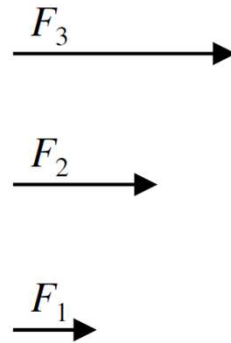
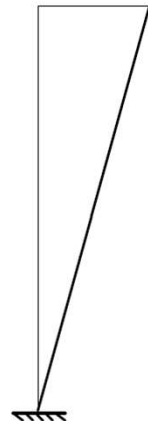
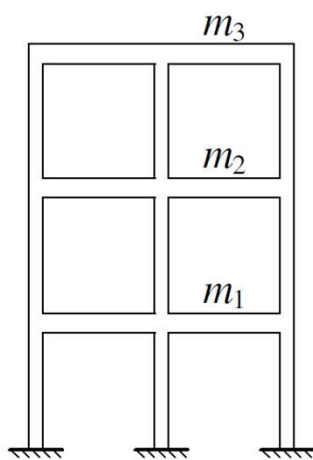
Considerazioni sull'analisi modale con spettro di risposta

- Il primo modo è pressappoco lineare lungo l'altezza



Analisi statica lineare

- Posso trascurare tutti modi superiori al primo
- Assumo che tutta la massa partecipi al primo modo
- Assumo che il primo modo abbia un andamento lineare lungo l'altezza



$$F_{i,1} = m_k z_k \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n m_i z_i} S_e(T_1)$$

z_k è la quota del piano dalla spiccato di fondazione

Analisi statica lineare secondo le NTC18

- Bisogna applicare un sistema di forze con risultante (taglio alla base)

$$F_h = \lambda \sum_{i=1}^n m_i S_e(T_1)$$

- La forza da applicare al generico piano è

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

- Il periodo proprio può essere valutato con formule semplificate
- Serve per evitare che l'analisi statica lineare risulti troppo conservativa

Valutazione semplificata di T_1

- Le **NTC08** forniscono la formula

$$T_1 = C_1 H^{3/4}$$

H è l'altezza dell'edificio

C_1 vale 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio
0.075 per costruzioni con struttura a telaio c.a.
0.050 per altre tipologie strutturali

Esistono anche formule più precise

Valutazione di λ

È un coefficiente che vale

- 0.85 se $T_1 < 2T_C$ e la costruzione ha almeno tre piani
- 1.00 in tutti gli altri casi

Serve per evitare che l'analisi statica risulti troppo conservativa

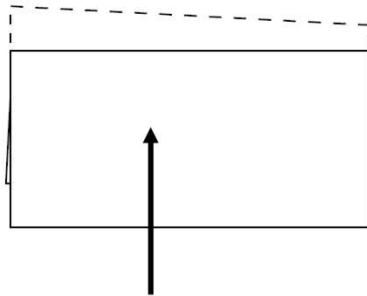
Analisi modale o analisi statica lineare

- L'analisi modale è sicuramente il procedimento usuale per la progettazione sismica
- L'analisi statica lineare è però uno strumento utile per capire il comportamento fisico della struttura
 - Consente di valutare a priori la risposta e stimare le sollecitazioni indotte dal sisma, utili in fase di predimensionamento
 - Consente di controllare a posteriori i risultati dell'analisi modale
 - Aiuta a risolvere i casi dubbi, nei quali l'analisi modale mostra risultati non facilmente comprensibili

Attenzione a volte l'analisi statica va evitata

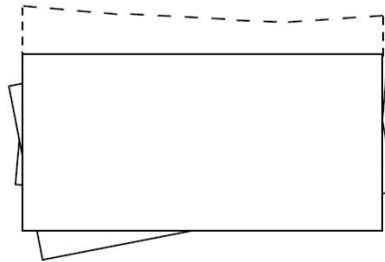
- L'analisi statica lineare fornisce risultati attendibili purché:
 - la struttura abbia comportamento piano (basse rotazioni degli impalcati)

Analisi statica



Per edifici con
forti rotazioni,
non va bene

Analisi modale



modo 1

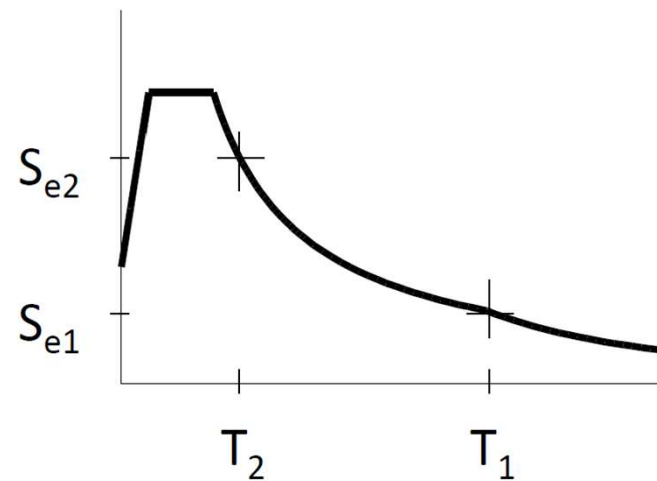
modo 2

inviluppo

Attenzione a volte l'analisi statica va evitata

- L'analisi statica lineare fornisce risultati attendibili purché:
 - la struttura abbia comportamento piano (basse rotazioni degli impalcati)
 - la struttura abbia periodo non eccessivamente alto

accelerazione per
 T_1 molto bassa,
non cautelativa



Attenzione a volte l'analisi statica va evitata

- L'analisi statica lineare fornisce risultati attendibili purché:
 - la struttura abbia comportamento piano (basse rotazioni degli impalcati)
 - la struttura abbia periodo non eccessivamente alto
 - la stima del periodo proprio sia affidabile (ad esempio con la formula di Rayleigh)

Limiti di applicazione dell'analisi statica secondo le NTC

Si può utilizzare quando

- Per le sole costruzioni la cui risposta sismica, in ogni direzione principale, non dipenda significativamente dai modi di vibrare superiori
- il periodo del modo principale non superi $2.5 T_C$
- la costruzione sia regolare in altezza
Nota: il riferimento alla regolarità in altezza non è coerente con gli studi teorici, che evidenziano l'importanza della regolarità in pianta