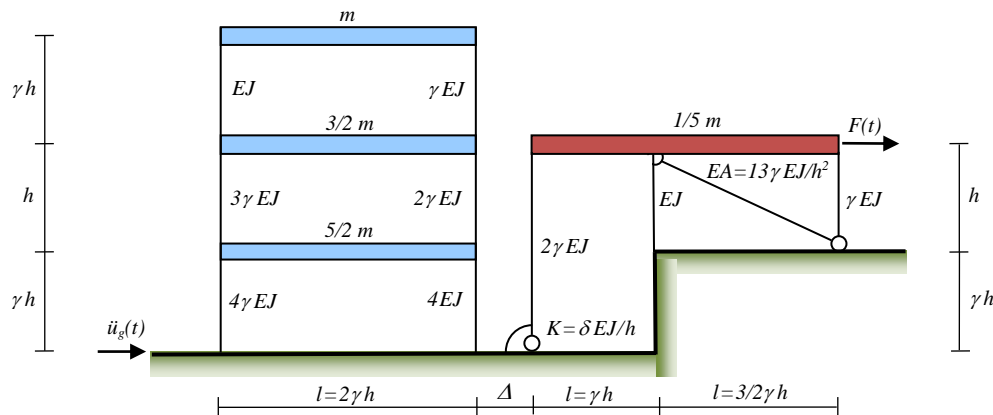


Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture
a.a. 2023/2024

I ELABORATO

Si considerino il telaio multipiano “shear-type” ed il telaio monopiano in C.A. in figura. Si ritengano le colonne assialmente inestensibili, con rigidezza flessionale indicata e prive di massa; gli impalcati infinitamente rigidi.



Dati:

▪ parametri allievo:

$\gamma = \gamma_a = 1 + 0.01 (N - C + M)$, $\delta = \delta_a = 10 + 0.08 (N - C + M)$
($N = n$. lettera iniziale del nome,
 $C = n$. lettera iniziale del cognome,
 $M =$ somma delle ultime due cifre del n. di matricola);

▪ momento d'inerzia:

$J = J_a = 0.0005 + 0.00003 (N - C + M) \text{ m}^4$;

▪ massa degli impalcati: $m = 58200 \text{ kg}$;

▪ altezza caratteristica delle colonne: $h = 2.9 \text{ m}$;

▪ modulo di elasticità: $E = 32700 \text{ MPa}$.

Richieste:

• Si consideri inizialmente il solo **telaio monopiano a destra (sistema SDOF)**:

1. Determinare e rappresentare la risposta non forzata del sistema, considerando i valori $\delta = 0$, $\delta = \delta_a$, $\delta \rightarrow \infty$, con condizioni iniziali $u_0 = 3.5 \text{ cm}$, $\dot{u}_0 = 7 \text{ cm/s}$, per i fattori di smorzamento $\zeta = 0\%$, 4.5% , 9% .

2. Assumendo $\delta = \delta_a$ e $\zeta = 4.5\%$, determinare e rappresentare la risposta con c.i. nulle $u_0 = \dot{u}_0 = 0$ a forzante armonica $F(t) = F \sin(\omega t)$ di ampiezza $F = 37500 \text{ N}$ e periodo $T = 0.25 \text{ s}$. Verificare se spostamento e velocità massimi a regime risultano inferiori a 10 cm e 60 cm/s . Rappresentare il diagramma di Argand delle risposte $z(t)$, $\dot{z}(t)$, $\ddot{z}(t)$ a forzante armonica $F(t) = F e^{i\omega t}$ e delle forze in gioco: forzante $F e^{i\omega t}$, forza elastica $F_e = k z$, forza smorzante $F_d = c \dot{z}$ (F_e e F_d positive se opposte a z e \dot{z}), forza d'inerzia $F_i = -m \ddot{z}$. Indicare lo sfasamento tra risposta e forzante ed il modulo di tutte le forze sopra indicate:

• Si consideri quindi il **telaio multipiano a sinistra (sistema MDOF)**:

1. Si determinino: **a)** matrici di massa e rigidezza M e K della struttura; **b)** modi principali di vibrare, fornendo autovettori ϕ_i , pulsazioni proprie ω_i e periodi propri T_i (utilizzare il metodo numerico dell'iterazione vettoriale inversa e confrontare con soluzioni alternative; rappresentare graficamente i modi principali di vibrare corrispondenti agli autovettori determinati); **c)** matrici degli autovettori e degli autovalori Φ e Ω (verificare le relazioni matriciali: $K\Phi = M\Phi\Omega^2$, $\mathcal{M} = \Phi^T M \Phi = \text{diag}[\mathcal{M}_i]$, $\mathcal{K} = \Phi^T K \Phi = \text{diag}[\mathcal{K}_i]$, $\Omega^2 = \mathcal{M}^{-1} \mathcal{K} = \text{diag}[\mathcal{K}_i / \mathcal{M}_i]$); **d)** trasformazioni diretta $q = \Phi p$ ed inversa $p = \Phi^{-1} q$ tra coordinate principali p e lagrangiane q .

2. Assumendo uno smorzamento strutturale “alla Rayleigh”, $C = \alpha M + \beta K$, con i parametri α, β da calibrare in modo tale che i fattori di smorzamento associati ai due modi risultino pari a $\zeta_1 = 9\%$, $\zeta_2 = 4.5\%$, si valuti la risposta del sistema ad un'eccitazione sismica secondo lo spettro di risposta di accelerazione relativo al terremoto de L'Aquila del 6 aprile 2009, stazione AQV (dati scaricabili dalla pagina del corso o dal sito dell'Itaca). Considerare la componente orizzontale WE del sisma (periodo proprio in s, $\zeta = 5\%$). Per ottenere lo spettro di risposta associato a ζ differenti si moltiplichino le ordinate per il fattore $\eta = \sqrt{[0.10 / (0.05 + \zeta)]}$. In particolare, si determinino: **a)** fattori di partecipazione e masse modali efficaci; **b)** spostamenti massimi attesi degli impalcati (stima SRSS); **c)** forze equivalenti modali ed azioni interne ad esse corrispondenti (rappresentare i diagrammi N,T,M, N esclusa per le travi); **d)** valori massimi attesi delle azioni interne (SRSS) nelle sezioni caratteristiche del telaio; **e)** considerando anche la risposta sismica del telaio monopiano (per $\delta = \delta_a$ e $\zeta = 4.5\%$), determinare il valore minimo della distanza Δ tra le due strutture tale da impedire il fenomeno del “martellamento”.

• **Facoltativo:** determinare la risposta sismica in termini di spostamento, velocità ed accelerazione del telaio monopiano (con vs. senza controvento, per $\delta = \delta_a$ e $\zeta = 4.5\%$) all'accelerogramma sismico scaricabile dalle stesse fonti (time step: $\Delta t = 0.005 \text{ s}$), mediante integrazione diretta nel tempo col metodo di Newmark e/o tramite valutazione numerica dell'integrale di Duhamel. Confrontare e commentare gli esiti anche alla luce delle stime precedenti.