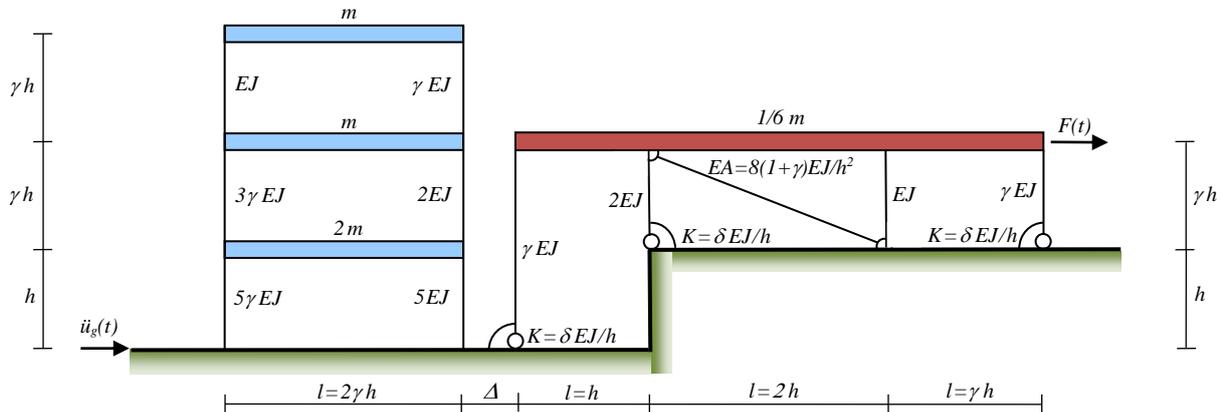


Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture
a.a. 2020/2021

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: $\gamma = \gamma_a = 1 + 0.01 (N - C)$, $\delta = \delta_a = 10 + 0.12 (N - C)$; ▪ massa degli impalcati: $m = 60000 \text{ kg}$;
- ($N = n$. lettera iniziale nome, $C = n$. lettera iniziale cognome); ▪ altezza caratteristica delle colonne: $h = 3.2 \text{ m}$;
- momento d'inerzia: $J = J_a = 0.0006 + 0.00003 (N - C) \text{ m}^4$; ▪ modulo di elasticità: $E = 32000 \text{ MPa}$.

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 $u_0 = 5 \text{ cm}$, $\dot{u}_0 = 10 \text{ cm/s}$, per i fattori di smorzamento $\zeta = 0\%$, 4% , 8% .
 2. Assumendo $\delta = \delta_a$ e $\zeta = 4\%$, determinare e rappresentare la risposta con c.i. nulle $u_0 = \dot{u}_0 = 0$ dovuta a forzante armonica $F(t) = F \sin(\omega t)$ di ampiezza $F = 38000 \text{ N}$ e periodo $T = 0.2 \text{ s}$. Verificare se spostamento e velocità massimi a regime risultano inferiori a 5 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 \mathbf{M} e \mathbf{K} della struttura; **b)** modi principali di vibrare, fornendo autovettori ϕ , 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: $\mathbf{K}\Phi = \mathbf{M}\Phi\Omega^2$, $\mathcal{M} = \Phi^T \mathbf{M} \Phi = \text{diag}[\mathcal{M}_i]$, $\mathcal{K} = \Phi^T \mathbf{K} \Phi = \text{diag}[\mathcal{K}_i]$, $\Omega^2 = \mathcal{M}^{-1} \mathcal{K} = \text{diag}[\mathcal{K}_i / \mathcal{M}_i]$); **d)** trasformazioni diretta $\mathbf{q} = \Phi \mathbf{p}$ ed inversa $\mathbf{p} = \Phi^{-1} \mathbf{q}$ tra coordinate principali \mathbf{p} e lagrangiane \mathbf{q} .
 2. Assumendo uno smorzamento strutturale “alla Rayleigh”, $\mathbf{C} = \alpha \mathbf{M} + \beta \mathbf{K}$, con i parametri α, β da calibrare in modo tale che i fattori di smorzamento associati ai due modi risultino pari a $\zeta_1 = 8\%$, $\zeta_2 = 4\%$, 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 $\zeta = 4\%$), 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 $\zeta = 4\%$) 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.