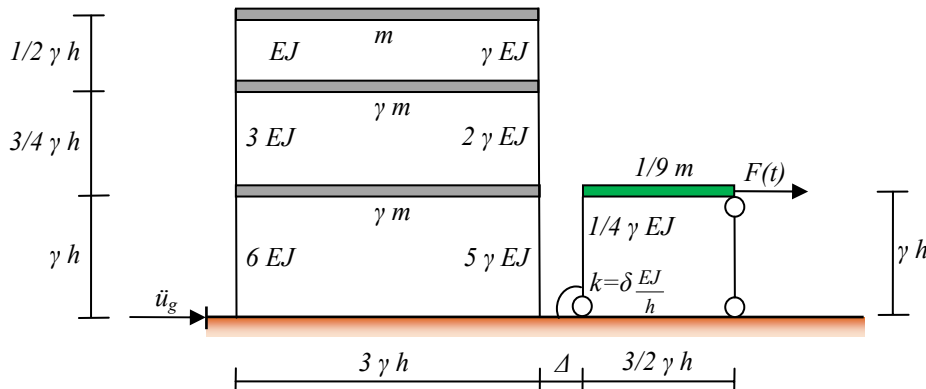


**Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture**  
**a.a. 2012/2013**

**I ELABORATO**

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



**Dati:**

- parametri allievo:  $\gamma = \gamma_a = 1 + 0.01 (N - C)$ ,  $\delta_a = 10 + 0.12 (N - C)$  (N=n. lettera iniziale nome, C=n. lettera iniziale cognome);
- momento d'inerzia:  $J = J_a = 0.00048 + 0.00001 (N - C) \text{ m}^4$ ;
- massa caratteristica:  $m = 18000 \text{ kg}$ ;
- altezza caratteristica:  $h = 3 \text{ m}$ ;
- modulo di elasticità:  $E = 33000 \text{ MPa}$ .

**Richieste:**

- Si consideri inizialmente la sola pensilina:
  - ♦ 1. Determinare e rappresentare la risposta non forzata del sistema, considerando i valori  $\delta = 0$ ,  $\delta = \delta_a$ ,  $\delta \rightarrow \infty$ , con condizioni iniziali  $u_0 = 3 \text{ cm}$ ,  $\dot{u}_0 = 30 \text{ cm/s}$ , per i fattori di smorzamento  $\zeta = 0\%$ ,  $5\%$ ,  $10\%$ .
  - ♦ 2. Assumendo  $\delta = \delta_a$  e  $\zeta = 5\%$ , determinare e rappresentare la risposta con c.i. nulle  $u_0 = \dot{u}_0 = 0$  dovuta a forzante armonica  $F(t) = F \cos(\omega t)$  di ampiezza  $F = 10000 \text{ N}$  e periodo  $T = 0.7 \text{ s}$ . Verificare se spostamento e velocità massimi a regime risultano inferiori a  $3 \text{ cm}$  e  $30 \text{ cm/s}$ . 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:
  - ♦ 1. Si determinino: **a)** matrici di massa e rigidità  $\mathbf{M}$  e  $\mathbf{K}$  della struttura; **b)** modi principali di vibrare, fornendo autovettori  $\phi$ , pulsazioni proprie  $\omega_i$  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  $\Phi$  e  $\Omega$  (verificare le relazioni matriciali:  $\mathbf{K}\Phi = \mathbf{M}\Phi\Omega^2$ ,  $\mathbf{M} = \Phi^T \mathbf{M} \Phi = \text{diag}[\mathcal{M}_i]$ ,  $\mathbf{K} = \Phi^T \mathbf{K} \Phi = \text{diag}[\mathcal{K}_i]$ ,  $\Omega^2 = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{K} = \text{diag}[\mathcal{K}_i / \mathcal{M}_i]$ ); **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  $\alpha, \beta$  da calibrare in modo tale che i fattori di smorzamento risultanti per i primi due modi risultino pari a  $\zeta_1 = 5\%$ ,  $\zeta_2 = 4\%$ , 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  $\zeta$  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 della pensilina (per  $\delta = \delta_a$ ), determinare il valore minimo della distanza  $\Delta$  tra le due strutture tale da impedire il “martellamento”.
- **Facoltativo:** determinare la risposta sismica della pensilina in termini di spostamento all'accelerogramma sismico scaricabile dalle stesse fonti (intervallo di registrazione:  $\Delta t = 0.005 \text{ s}$ ), mediante integrazione nel tempo col metodo di Newmark e/o tramite valutazione numerica dell'integrale di Duhamel. Confrontare gli esiti con le stime precedenti.