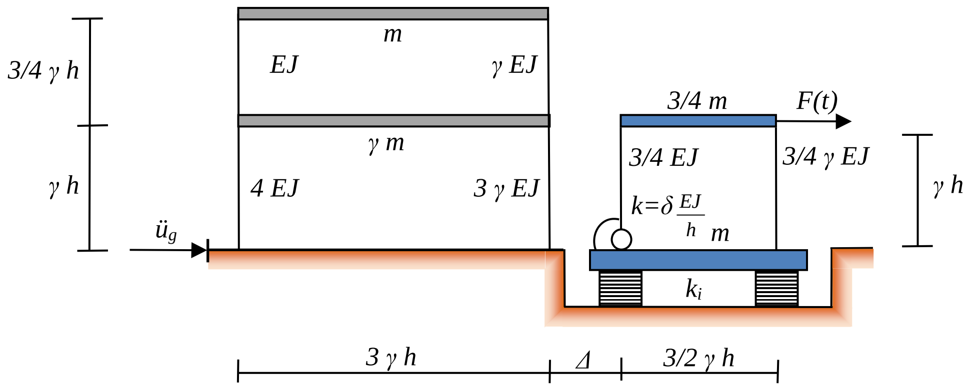
Università degli Studi di Bergamo, Scuola di Ingegneria, Dalmine
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture
a.a. 2016/2017

I ELABORATO

Si considerino il telaio multipiano "shear-type" ed il portale monopiano in C.A. in figura. Si ritengano le colonne assialmente inestensibili, con rigidezza flessionale indicata e prive di massa; gli impalcati infinitamente rigidi. Il portale può considerare la presenza di un isolatore sismico elastico lineare di rigidezza nota.



Dati:

- parametri allievo: $\gamma = \gamma_a = 1 + 0.015\ (N-C)$, $\delta_a = 10 + 0.13\ (N-C)$ (N = n. lettera iniziale nome, C = n. lettera iniziale cognome);
- momento d'inerzia: $J = J_a = 0.0005 + 0.00001\ (N-C)\ \text{m}^4$;
- altezza caratteristica delle colonne: $h = 3.5$ m;
- modulo di elasticità: $E = 32000$ MPa;
- massa degli impalcati: $m = 40000$ kg;
- rigidezza isolatore: $k_i = 2\,\gamma\, EJ/h^3$.

Richieste:

- Si consideri inizialmente il solo **portale monopiano** ponendo $k_i \to \infty$ ("isolatore inattivo", **sistema SDOF**):
  - **1.** Determinare e rappresentare la risposta non forzata del sistema, considerando i valori $\delta=0$, $\delta=\delta_a$, $\delta \to \infty$, con condizioni iniziali u_0=2 cm, $\dot{u}_0$=20 cm/s, per i fattori di smorzamento ζ=0%, 3.5%, 7%.
  - **2.** Assumendo $\delta=\delta_a$ e ζ=3.5%, 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=15000 N e periodo T=0.5 s. Verificare se spostamento e velocità massimi a regime risultano inferiori a 3 cm e 40 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 (sistema MDOF)**:
  - **1.** Si determinino: **a)** matrici di massa e rigidezza $\boldsymbol{M}$ e $\boldsymbol{K}$ della struttura; **b)** modi principali di vibrare, fornendo autovettori $\boldsymbol{\phi}_i$, pulsazioni proprie ω_i e periodi propri T_i (utilizzare il metodo dell'iterazione vettoriale inversa e soluzioni alternative; rappresentare graficamente i modi principali di vibrare corrispondenti agli autovettori determinati); **c)** matrici degli autovettori e degli autovalori $\boldsymbol{\Phi}$ e $\boldsymbol{\Omega}$ (verificare le relazioni matriciali seguenti: $\boldsymbol{K\Phi} = \boldsymbol{M\Phi\Omega}^2$, $\boldsymbol{\mathcal{M}} = \boldsymbol{\Phi}^T\boldsymbol{M\Phi} = \boldsymbol{diag}[\mathcal{M}_i]$, $\boldsymbol{\mathcal{K}} = \boldsymbol{\Phi}^T\boldsymbol{K\Phi} = \boldsymbol{diag}[\mathcal{K}_i]$, $\boldsymbol{\Omega}^2 = \boldsymbol{\mathcal{M}}^{-1}\boldsymbol{\mathcal{K}} = \boldsymbol{diag}[\mathcal{K}_i/\mathcal{M}_i]$); **d)** trasformazioni diretta $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{\Phi p}$ ed inversa $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{\Phi}^{-1}\boldsymbol{q}$ tra coordinate principali $\boldsymbol{p}$ e lagrangiane $\boldsymbol{q}$.
- **2.** Assumendo uno smorzamento strutturale "alla Rayleigh", $\boldsymbol{C} = \alpha\boldsymbol{M} + \beta\boldsymbol{K}$, con i parametri α, β da calibrare in modo che i fattori di smorzamento per i due modi risultino pari a ζ_1=5%, ζ_2=2.5%, si valuti la risposta del sistema ad un'eccitazione sismica secondo lo spettro di risposta di accelerazione relativo al terremoto de L'Aquila del 06/04/2009, stazione AQV (dati scaricabili dalla pagina del corso o dal sito dell'Itaca). Considerare la componente orizzontale WE del sisma (periodo proprio in s, ζ=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 portale ($\delta=\delta_a$, ζ=3.5%) per k_i infinito ("isolatore inattivo"), determinare il valore minimo della distanza Δ tra le due strutture tale da impedire il fenomeno del "martellamento" tra gli edifici.
- ***Facoltativo***: Riconsiderare la risposta sismica del portale per k_i finito assegnato ("isolatore attivo"), confrontandola con quella del caso precedente. Determinare quindi la risposta sismica (spostamento, velocità ed accelerazione) del portale per k_i infinito e/o k_i finito all'accelerogramma sismico scaricabile dalle stesse fonti (time step: Δt =0.005 s), mediante integrazione diretta con metodo di Newmark e/o integrale di Duhamel. Confrontare gli esiti con quelli delle stime precedenti.