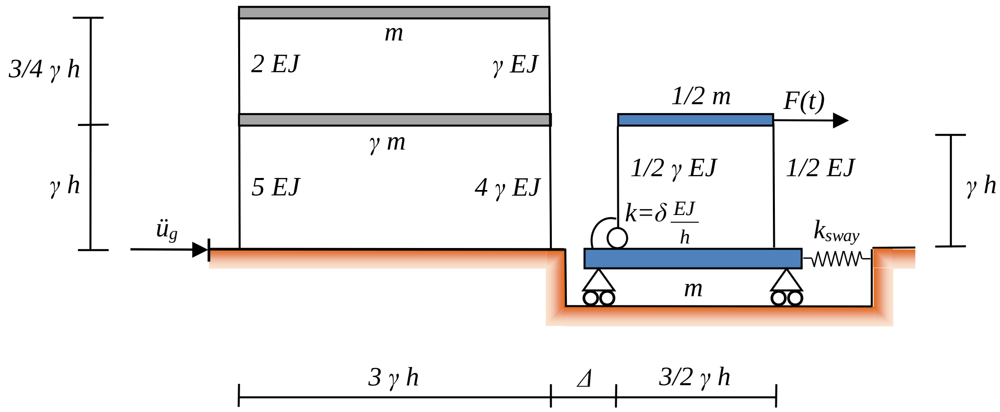
Università degli Studi di Bergamo, Scuola di Ingegneria, Dalmine
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture
a.a. 2015/2016

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 risultare soggetto ad interazione suolo-struttura (Soil-Structure Interaction - SSI), secondo un modello puramente "sway" orizzontale.



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: $J=J_a=0.00048+0.00001\,(N-C)$ m^4;
- altezza caratteristica delle colonne: $h=3$ m;
- modulo di elasticità: $E=33000$ MPa;
- massa degli impalcati: $m=18000$ kg;
- rigidezza SSI sway model: $k_{sway}=10\,\gamma\,EJ/h^3$.

Richieste:

- Si consideri inizialmente il solo **portale monopiano (sistema SDOF)**, ponendo $k_{sway}\to\infty$ ("fixed base"):
  - **1.** Determinare e rappresentare la risposta non forzata del sistema, considerando i valori $\delta=0$, $\delta=\delta_a$, $\delta\to\infty$, con condizioni iniziali $u_0=3$ cm, $\dot{u}_0=30$ 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 $F(t)=F\cos(\omega t)$ di ampiezza $F=10000$ N e periodo $T=0.7$ s. Verificare se spostamento e velocità massimi a regime risultano inferiori a 2.5 cm e 10 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 $\zeta_1=6\%$, $\zeta_2=4\%$, si valuti la risposta del sistema ad un'eccitazione sismica secondo lo spettro di risposta di accelerazione relativo al terremoto de L'Aquila del 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, $\zeta=5\%$). 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 portale ($\delta=\delta_a$, $\zeta=4\%$) per k_{sway} infinito e k_{sway} finito assegnato ("flexible-base"), determinare il valore minimo della distanza Δ tra le due strutture tale da impedire il fenomeno del "martellamento" tra gli edifici. Discutere le differenze fra i due casi di k_{sway}.
- ***Facoltativo***: determinare la risposta sismica (spostamento, velocità ed accelerazione) del portale per i due casi di k_{sway} all'accelerogramma sismico scaricabile dalle stesse fonti (time step: $\Delta t=0.005$ s), mediante il metodo di Newmark e/o tramite valutazione numerica dell'integrale di Duhamel. Confrontare gli esiti con le stime precedenti.