

Desligue o telemóvel
Identifique todas as folhas com o número e nome
Entregue cada problema em folhas separadas
Justifique adequadamente todas as respostas
Duração: 2h30m

Problema 1 (9,5)

Considere o modelo estrutural de um edifício de betão armado representado na figura 1, com os graus de liberdade indicados. As vigas são rígidas à flexão e todos os elementos são axialmente rígidos com exceção das bielas inclinadas. A massa encontra-se distribuída ao longo do comprimento das vigas. A estrutura tem um coeficiente de amortecimento de 5%.

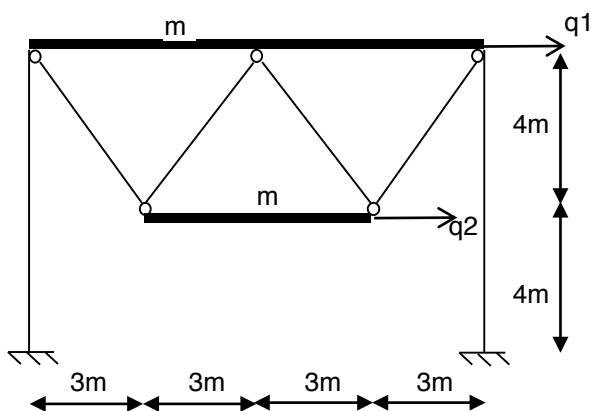


Figura 1: Modelo estrutural de edifício

$$EI_{\text{pilares}} = 500\,000 \text{ kNm}^2$$

$$EA_{\text{bielas}} = 50\,000 \text{ kN}$$

$$m = 20 \text{ ton/m}$$

- Calcule as matrizes de massa e rigidez considerando os graus de liberdade indicados. (2,0)
- Calcule os períodos e os modos de vibração do modelo estrutural ilustrado, utilizando a equação característica. (2,0)
- Calcule o período e o modo de vibração fundamental recorrendo ao método de Rayleigh Simplificado. Compare o resultado obtido com o determinado na alínea b) e comente. (1,5)

No âmbito de uma análise dinâmica linear por espectros de resposta e de acordo com o EC8/Anexo Nacional, considere que a estrutura é de Classe de Importância III, se situa em Faro em solo do tipo C e é atuada por um sismo do tipo 1 (zona 1.2). Considerando um coeficiente de comportamento $q=3$.

- Calcule o valor da força de corte na base e o correspondente coeficiente sísmico. (3,0)
- Calcule o valor do esforço axial máximo nas bielas inclinadas. (1,0)

Se não resolveu a alíneas b) considere $T_1=0,9s$, $T_2=0,4s$, $v_1 = \begin{Bmatrix} 0,6 \\ 1 \end{Bmatrix}$ e $v_2 = \begin{Bmatrix} -0,9 \\ 1 \end{Bmatrix}$

Problema 2 (5,0)

Considere o modelo estrutural do problema 1 com bielas rígidas.

- Calcule o período da estrutura. (1,5)
- Calcule a amplitude máxima de vibração da estrutura se se aplicarem forças horizontais no piso superior iguais a $F=100 \cos 8t$ [kN] e $F=200 \cos 4t$ [kN]. (2,5)
- Relativamente aos resultados da alínea b) comente as relações entre os valores máximos das forças aplicadas e dos deslocamentos que provocam. (1,0)

Problema 3 (5,5)

- a) Considere a estrutura da figura 2, em que tanto a viga como o pilar são axialmente indeformáveis, sujeita a uma acção sísmica na direcção horizontal. Quais os graus de liberdade relevantes para efeitos de uma análise dinâmica plana da estrutura? Justifique a resposta. (1,5)

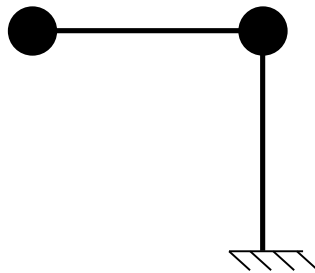


Figura 2

- b) Pode efectuar-se a análise não linear de estruturas com base na análise modal? Justifique a resposta. (1,0)
- c) As Classe de Importância das estruturas, tal como definidas no EC 8, estão associadas a diferentes probabilidade de rotura no período de vida da estrutura, o que é tido em conta pelos Coeficientes de Importância. Descreva, em termos conceptuais, como é que o cálculo dos Coeficientes de Importância depende da probabilidade de rotura. (1,0)
- d) Qual o nº mínimo de estações necessário para determinar o epicentro de um sismo? Justifique a resposta descrevendo o processo de determinação do epicentro. (1,0)
- e) Do ponto de vista da concepção sísmica de edifícios qual a melhor zona em planta para colocar paredes estruturais, no centro ou na periferia? Justifique a resposta. (1,0)

Quadro NA.I – Aceleração máxima de referência a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas

Acção sísmica Tipo 1		Acção sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s^2)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	–	–

f) NA-3.2.2.2(2)P

Em Portugal, para a definição dos espectros de resposta elásticos o valor do parâmetro S deve ser determinado através de:

$$\begin{aligned} \text{para } a_g \leq 1 \text{ m/s}^2 & \quad S = S_{\max} \\ \text{para } 1 \text{ m/s}^2 < a_g < 4 \text{ m/s}^2 & \quad S = S_{\max} - \frac{S_{\max} - 1}{3} (a_g - 1) \\ \text{para } a_g \geq 4 \text{ m/s}^2 & \quad S = 1,0 \end{aligned}$$

em que:

a_g valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno do tipo A, em m/s^2 ;

S_{\max} parâmetro cujo valor é indicado nos Quadros NA-3.2 e NA-3.3.

Em Portugal, para a definição dos espectros de resposta elásticos para a Acção sísmica Tipo 1 devem adoptar-se os valores do Quadro NA-3.2 em vez do Quadro 3.2.

Quadro NA-3.2 – Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para a Acção sísmica Tipo 1

Tipo de Terreno	S_{\max}	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,1	0,6	2,0
B	1,35	0,1	0,6	2,0
C	1,6	0,1	0,6	2,0
D	2,0	0,1	0,8	2,0
E	1,8	0,1	0,6	2,0

h) NA-4.2.5(5)P

Em Portugal, os coeficientes de importância a adoptar são os indicados no Quadro NA.II.

Quadro NA.II – Coeficientes de importância γ

Classe de Importância	Acção sísmica Tipo 1	Acção sísmica Tipo 2	
		Continente	Açores
I	0,65	0,75	0,85
II	1,00	1,00	1,00
III	1,45	1,25	1,15
IV	1,95	1,50	1,35

(4)P Para as componentes horizontais da acção sísmica, o espectro de cálculo, $S_d(T)$, é definido pelas seguintes expressões:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.13)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.14)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.15)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.16)$$

Excertos da NP EN 1998-1 (Anexo Nacional NA, 2009)

$$a_g = a_{gR} \gamma_I$$

$$\beta = 0,2$$