

109年專門職業及技術人員高等考試建築師、32類科技師  
(含第二次食品技師)、大地工程技師考試分階段考試  
(第二階段考試)暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試、  
109年第二次專門職業及技術人員特種考試驗光人員考試試題

等 別：高等考試  
類 科：結構工程技師  
科 目：結構動力分析與耐震設計  
考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、單自由度線彈性結構系統承受簡諧載重 (Harmonic excitation) 作用下，其穩態位移反應振幅與在相同大小靜態力作用下的位移反應之比值稱為動力放大因子 (Dynamic magnification factor)；而被動傳導率 (Passive transmissibility) 則是相同結構系統承受地表簡諧加速度擾動下，結構物絕對加速度振幅與地表加速度振幅的比值。請在推導動力放大因子與被動傳導比後畫出阻尼 0.01、0.05 和 0.20 對應的曲線，並分別用以解釋結構消能減震原理和基礎隔震原理和性質。(25 分)

二、假設某筆地震紀錄在結構阻尼比為 0.05 下之加速度反應譜如下：

| 週期 (秒)    | $0 \leq T < 0.2$ | $0.2 \leq T < 1$ | $1 \leq T < 2.5$ |
|-----------|------------------|------------------|------------------|
| $S_a$ (g) | $0.2+1.5T$       | 0.5              | $0.5/T$          |

其中， $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ 。一個三自由度平面剪力建築，已知各樓層的質量都相等，其振態參數如下表所示：

| 性質       | 振態-1                                                          | 振態-2                                                            | 振態-3                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 振態週期 (秒) | 1.7                                                           | 0.5                                                             | 0.3                                                            |
| 振態向量     | $\begin{Bmatrix} 0.46346 \\ 0.86379 \\ 1.00000 \end{Bmatrix}$ | $\begin{Bmatrix} -1.24698 \\ -0.55496 \\ 1.00000 \end{Bmatrix}$ | $\begin{Bmatrix} 1.80194 \\ -2.24698 \\ 1.00000 \end{Bmatrix}$ |
| 振態阻尼比    | 0.05                                                          | 0.05                                                            | 0.05                                                           |

若依某設計規範要求，估計最大反應時需考量累積有效振態質量至少為 95% 結構總質量的低頻振態反應之貢獻合。試以最少的振態數量估算本結構頂樓的最大位移反應。其中，以 SRSS 法估算振態疊加最大反應。(25 分)

三、有一個五自由度結構，各樓層質量均相等，各振態阻尼比都等於 0.03。  
若其振態頻率、振態向量以及地震譜位移皆為已知：

振態頻率 (Hz)：

| 振態1   | 振態2   | 振態3  | 振態4   | 振態5   |
|-------|-------|------|-------|-------|
| 0.285 | 0.831 | 1.31 | 1.682 | 1.919 |

振態向量：

| 樓層 | 振態 1  | 振態2    | 振態3    | 振態4    | 振態5    |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 0.160 | -0.455 | 0.597  | 0.549  | 0.326  |
| 2  | 0.326 | -0.597 | 0.170  | -0.455 | -0.549 |
| 3  | 0.455 | -0.326 | -0.549 | -0.170 | 0.597  |
| 4  | 0.549 | 0.170  | -0.326 | 0.597  | -0.455 |
| 5  | 0.597 | 0.549  | 0.455  | 0.326  | 0.170  |

地震譜位移：

| 頻率 (Hz) | 譜位移 (m)            |
|---------|--------------------|
| <0.1    | 0.01               |
| 0.1-0.5 | 0.01+0.15* (ω-0.1) |
| 0.5-1.5 | 0.07               |
| >1.5    | 0.105/ω            |

若設計規範要求必須考慮累積有效振態質量比達95%以上，則最少應採計多少個振態反應？接著請分別以 SRSS (Square Root of Square Sum Method) 及 CQC (Complete Quadratic Combination Method) 法估計頂樓最大位移為何？(25分)

參考公式：

$$r_a = \left( \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N S_{jk} r_j r_k \right)^{1/2}, \quad S_{jk} = \frac{8\sqrt{\xi_j \xi_k} (\xi_j + r \xi_k) r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi_j \xi_k r (1+r^2) + 4(\xi_j^2 + \xi_k^2) r^2},$$

$$r = \frac{\omega_k}{\omega_j}$$

四、建築結構耐震設計規範規定，規則性之建築物，不須進行動力分析者，可以靜力法進行結構分析。其中有關於地震力的規定分為設計地震、中小度地震與最大考量地震等三種。一般工址之檢核總橫力的規定如下：

$$\text{設計地震水平總橫力：} V = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left( \frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W$$

$$\text{中小地震水平總橫力：} V^* = \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left( \frac{S_{aD}}{F_u} \right)_m W$$

$$\text{最大考量地震水平總橫力：} V_M = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left( \frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right)_m W$$

試回答下列問題：

- (一) 考量建物 50 年設計年限，三種地震對應的年超越機率為何？其結構分別應該達到何種性能（破壞程度）？此規定的目的為何？這三個地震力的大小次序一定是  $V_M > V > V^*$  嗎？為什麼？（10 分）
- (二) 震區、工址地盤種類、結構韌性、結構基本週期、近斷層等如何在設計地震水平總橫力中被考慮？計算中小地震有何差異處？（儘量以公式解釋說明，公式可以不完整，重點在說明計算上的邏輯）（15 分）