

14^η ΑΣΚΗΣΗ

(Θα γίνει στην τάξη)

Για το μονώροφο κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα του Σχήματος 1 δίνονται το μητρώο μάζας και οι ιδιομορφές:

$$[m] = \begin{bmatrix} 173 & 0 & 0 \\ 0 & 173 & 0 \\ 0 & 0 & 4417 \end{bmatrix}, \quad [\phi] = \begin{bmatrix} -0.537 & 1.000 & -0.147 \\ 1.000 & 0.500 & 1.000 \\ 0.066 & 0.022 & -0.637 \end{bmatrix}$$

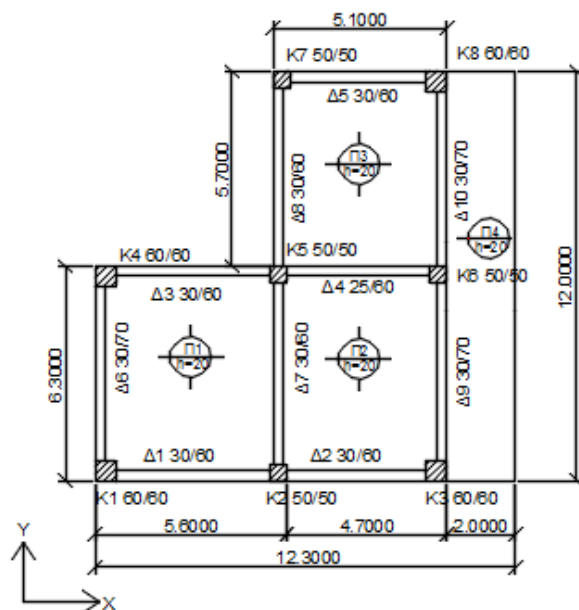
Επίσης, δίδονται οι ιδιοπερίοδοι: $T_1 = 0.214$ sec, $T_2 = 0.212$ sec και $T_3 = 0.167$ sec, οι συντελεστές συμμετοχής: $\Gamma_1^{(x)} = -0.38$, $\Gamma_1^{(y)} = 0.71$, $\Gamma_2^{(x)} = 0.79$, $\Gamma_2^{(y)} = 0.40$, $\Gamma_3^{(x)} = -0.01$, $\Gamma_3^{(y)} = 0.09$ (ο εκθέτης δηλώνει τη διεύθυνση της σεισμικής διέγερσης) και οι ιδιομορφικές μάζες $m_1^{*(x)} = 35.60$, $m_1^{*(y)} = 123.51$, $m_2^{*(x)} = 137.07$, $m_2^{*(y)} = 34.28$, $m_3^{*(x)} = 0.33$, $m_3^{*(y)} = 15.21$ (σε Mgr).

Για τις παραδοχές που δίνονται παρακάτω και για σεισμική διέγερση κατά x-x και y-y (χωριστά), να εφαρμοστεί η μέθοδος ανάλυσης φάσματος απόκρισης. Συγκεκριμένα ζητούνται:

1. Τα σεισμικά φορτία των ιδιομορφών σε κάθε διεύθυνση σεισμικής διέγερσης.
2. Οι μετακινήσεις και η στροφή στο ΚΒ καθώς και στην κορυφή του υποστυλώματος Κ₈.
3. Για σεισμό y-y υπολογίστε τα εντατικά μεγέθη V_{x-x} , V_{y-y} , M_{x-x} και M_{y-y} στη βάση του υποστυλώματος Κ₈ θεωρώντας ότι το Κ₈ συμπεριφέρεται ως αμφίπακτο.

Παραδοχές

- Κατηγορία εδάφους Α, Ζώνη Ζ3, Κατηγορία Σπουδαιότητας ΙΙ, ελαστική συμπεριφορά.
- Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος $E = 29$ GPa. Στους υπολογισμούς να ληφθεί υπόψη το 50% της γεωμετρικής δυσκαμψίας, ύψος ορόφου $h = 3.5$ m,
- Το κέντρο βάρους του διαφράγματος είναι $X_{KM} = 6.59$ m και $Y_{KM} = 5.22$ m.
- Η αρχή των αξόνων είναι η κάτω αριστερή γωνία του υποστυλώματος Κ₁.
- $g \approx 10 \text{ m/sec}^2$



Σχ. 1

Λύση

1ο Ερώτημα: Σεισμικά φορτία των ιδιομορφών

Σεισμός Κατά Χ

Οι δύο πρώτες ιδιομορφές καλύπτουν το 90% της μάζας ($35.60 + 137.07 = 172.67 > 0.90 \times 173 = 155.7$)

1^η Ιδιομορφή ($T_1 = 0.214 \text{ sec}$)

$$\{F_1^X\} = \begin{Bmatrix} F_{1,x}^X \\ F_{1,y}^X \\ M_1^X \end{Bmatrix} = \Gamma_1^X \cdot [M] \cdot \{\Phi_1\} \cdot S_e(T_1, \zeta_1)$$

$S_e(T_1, \zeta_1)$: η ελαστική φασματική επιτάχυνση.

Κατηγορία εδάφους A ($T_B = 0.15 \text{ sec}$, $T_C = 0.40 \text{ sec}$, $T_D = 2.5 \text{ sec}$, $S = 1.0$), Ζώνη Z3 ($a_{gR} = 0.36g$), Σπουδαιότητα συνήθης $\gamma_I = 1.00$

$$S_e(T_1, \zeta_1) = a_g \cdot 2.5 \cdot \eta \cdot S = 0.36 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 1 \cdot 1 = 9.0 \text{ m/sec}^2$$

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} \text{ και } \eta = 1 \text{ για } (\zeta = 5\%)$$

$$\{F_1^X\} = \begin{Bmatrix} F_{1,x}^X \\ F_{1,y}^X \\ M_1^X \end{Bmatrix} = -0.38 \cdot \begin{bmatrix} 173 & 0 & 0 \\ 0 & 173 & 0 \\ 0 & 0 & 4417 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} -0.537 \\ 1.000 \\ 0.066 \end{Bmatrix} \cdot 9.0 = \begin{Bmatrix} 317.73 \text{ kN} \\ -591.65 \text{ kN} \\ -997.00 \text{ kNm} \end{Bmatrix}$$

2^η Ιδιομορφή ($T_2 = 0.212 \text{ sec}$)

$$S_e(T_2, \zeta_2) = 9.0 \text{ m/sec}^2$$

$$\{F_2^X\} = \begin{Bmatrix} F_{2,x}^X \\ F_{2,y}^X \\ M_2^X \end{Bmatrix} = 0.79 \cdot \begin{bmatrix} 173 & 0 & 0 \\ 0 & 173 & 0 \\ 0 & 0 & 4417 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.500 \\ 0.022 \end{Bmatrix} \cdot 9.0 = \begin{Bmatrix} 1230.03 \text{ kN} \\ 615.03 \text{ kN} \\ 690.90 \text{ kNm} \end{Bmatrix}$$

Σεισμός Κατά Υ

1^η Ιδιομορφή ($T_1 = 0.214 \text{ sec}$)

Οι δύο πρώτες ιδιομορφές καλύπτουν το 90% της μάζας ($123.51 + 34.28 = 157.79 > 0.90 \times 173 = 155.7$)

$$S_e(T_1, \zeta_1) = a_g \cdot 2.5 \cdot \eta \cdot S = 0.36 \cdot 10 \cdot 2.5 \cdot 1 \cdot 1 = 9.0 \text{ m/sec}^2$$

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} \text{ και } \eta = 1 \text{ για } (\zeta = 5\%)$$

$$\{F_1^Y\} = \begin{Bmatrix} F_{1,x}^Y \\ F_{1,y}^Y \\ M_1^Y \end{Bmatrix} = 0.71 \cdot \begin{bmatrix} 173 & 0 & 0 \\ 0 & 173 & 0 \\ 0 & 0 & 4417 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} -0.537 \\ 1.000 \\ 0.066 \end{Bmatrix} \cdot 9.0 = \begin{Bmatrix} -593.63 \text{ kN} \\ 1105.47 \text{ kN} \\ 1862.83 \text{ kNm} \end{Bmatrix}$$

2^η Ιδιομορφή ($T_2 = 0.212 \text{ sec}$)

$$S_e(T_2, \zeta_2) = 9.0 \text{ m/sec}^2$$

$$\{F_2^Y\} = \begin{Bmatrix} F_{2,x}^Y \\ F_{2,y}^Y \\ M_2^Y \end{Bmatrix} = 0.40 \cdot \begin{bmatrix} 173 & 0 & 0 \\ 0 & 173 & 0 \\ 0 & 0 & 4417 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.500 \\ 0.022 \end{Bmatrix} \cdot 9.0 = \begin{Bmatrix} 622.80 \text{ kN} \\ 311.40 \text{ kN} \\ 349.83 \text{ kNm} \end{Bmatrix}$$

2^ο Ερώτημα: Μετακινήσεις και η στροφή στο ΚΒ και στην κορυφή του υποστυλώματος Κ₈.

Μετακινήσεις και η στροφή στο ΚΒ

Σεισμός Κατά Χ

1^η Ιδιομορφή (T₁=0.214sec)

$$\{u_1^x\} = \begin{Bmatrix} u_{1,x}^x \\ u_{1,y}^x \\ \theta_1^x \end{Bmatrix} = \Gamma_1^x \cdot \{\phi_1\} \cdot \frac{S_e(T_1, \zeta_1)}{\omega_1^2} = -0.38 \cdot \begin{Bmatrix} -0.537 \\ 1.000 \\ 0.066 \end{Bmatrix} \cdot \frac{9.0}{4 \cdot \pi^2 / 0.214^2} = \begin{Bmatrix} 2.125 \text{ mm} \\ -3.975 \text{ mm} \\ -0.275 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

2^η Ιδιομορφή (T₂=0.212sec)

$$\{u_2^x\} = \begin{Bmatrix} u_{2,x}^x \\ u_{2,y}^x \\ \theta_2^x \end{Bmatrix} = 0.79 \cdot \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.500 \\ 0.022 \end{Bmatrix} \cdot \frac{9.0}{4 \cdot \pi^2 / 0.212^2} = \begin{Bmatrix} 8.10 \text{ mm} \\ 4.05 \text{ mm} \\ 0.177 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

Σεισμός Κατά Υ

1^η Ιδιομορφή (T₁=0.214sec)

$$\{u_1^y\} = \begin{Bmatrix} u_{1,x}^y \\ u_{1,y}^y \\ \theta_1^y \end{Bmatrix} = 0.71 \cdot \begin{Bmatrix} -0.537 \\ 1.000 \\ 0.066 \end{Bmatrix} \cdot \frac{9.0}{4 \cdot \pi^2 / 0.214^2} = \begin{Bmatrix} -3.97 \text{ mm} \\ 7.43 \text{ mm} \\ 0.50 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

2^η Ιδιομορφή (T₂=0.212sec)

$$\{u_2^y\} = \begin{Bmatrix} u_{2,x}^y \\ u_{2,y}^y \\ \theta_2^y \end{Bmatrix} = 0.40 \cdot \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.500 \\ 0.022 \end{Bmatrix} \cdot \frac{9.0}{4 \cdot \pi^2 / 0.212^2} = \begin{Bmatrix} 4.10 \text{ mm} \\ 2.05 \text{ mm} \\ 0.09 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

Μετακινήσεις και η στροφή στην κορυφή του Κ₈

Σεισμός Κατά Χ

1^η Ιδιομορφή (T₁=0.214sec)

$$\{u_{1,K_8}^x\} = \begin{Bmatrix} u_{1,x,K_8}^x \\ u_{1,y,K_8}^x \\ \theta_{1,K_8}^x \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_{1,x}^x - Y_{K_8} \cdot \theta_1^x \\ u_{1,y}^x + X_{K_8} \cdot \theta_1^x \\ \theta_1^x \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2.125 - 5.41 \cdot (-0.275) \\ -3.97 + 6.48 \cdot 0.275 \\ -0.275 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 3.60 \text{ mm} \\ -5.75 \text{ mm} \\ -0.275 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

$$X_{K_8} = 12.00 - 6.59 = 5.41 \text{ m}, Y_{K_8} = 11.70 - 5.22 = 6.48 \text{ m}$$

2^η Ιδιομορφή (T₂=0.212sec)

$$\{u_{2,K_8}^x\} = \begin{Bmatrix} u_{2,x,K_8}^x \\ u_{2,y,K_8}^x \\ \theta_{2,K_8}^x \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 8.10 - 5.41 \cdot (0.177) \\ 4.05 + 6.48 \cdot (0.177) \\ 0.177 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 7.12 \text{ mm} \\ 5.02 \text{ mm} \\ 0.177 \text{ mrad} \end{Bmatrix}$$

Σεισμός Κατά Υ

1^η Ιδιομορφή ($T_1=0.214\text{sec}$)

$$\left\{ u_{1,K_8}^Y \right\} = \left\{ \begin{matrix} u_{1,x,K_8}^Y \\ u_{1,y,K_8}^Y \\ \theta_{1,K_8}^Y \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} -3.97 - 5.41 \cdot (0.50) \\ 7.43 + 6.48 \cdot (0.50) \\ 0.50 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} -6.68\text{mm} \\ 10.68\text{mm} \\ 0.50\text{mrad} \end{matrix} \right\}$$

$X_{K_8}=12.00\text{m}$, $Y_{K_8}=11.70\text{m}$

2^η Ιδιομορφή ($T_2=0.212\text{sec}$)

$$\left\{ u_{2,K_8}^Y \right\} = \left\{ \begin{matrix} u_{2,x,K_8}^Y \\ u_{2,y,K_8}^Y \\ \theta_{2,K_8}^Y \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 4.10 - 5.41 \cdot (0.09) \\ 0.82 + 6.48 \cdot (0.09) \\ 0.09 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 3.63\text{mm} \\ 2.63\text{mm} \\ 0.09\text{mrad} \end{matrix} \right\}$$

3^ο Ερώτημα: Για σεισμό γ-γ υπολογίστε τα εντατικά μεγέθη V_{x-x} , V_{y-y} , M_{x-x} και M_{y-y} στη βάση του υποστυλώματος K_8 θεωρώντας ότι το K_8 συμπεριφέρεται ως αμφίπακτο.

$$K_{x-x} = K_{y-y} = 0.5 \cdot 12 \cdot 29\text{E}6 \cdot \frac{(0.6^4/12)}{2.9^3} = 77051.13\text{kN/m}$$

1^η Ιδιομορφή ($T_1=0.214\text{sec}$)

$$V_{1,x-x}^Y = K_{x-x} \cdot u_{1,x,K_8}^Y = 77051.13 \cdot (-6.66/1000) = -514.70\text{kN}, M_{1,y-y}^Y = V_{1,x-x}^Y \cdot h/2 = -117.03 \cdot 1.45 = -746.32\text{kNm}$$

$$V_{1,y-y}^Y = K_{y-y} \cdot u_{1,y,K_8}^Y = 77051.13 \cdot (10.68/1000) = 822.91, M_{1,x-x}^Y = V_{1,y-y}^Y \cdot h/2 = 1193.21\text{kNm}$$

2^η Ιδιομορφή ($T_1=0.212\text{sec}$)

$$V_{2,x-x}^Y = K_{x-x} \cdot u_{2,x,K_8}^Y = 77051.13 \cdot (3.63/1000) = 279.70\text{kN}, M_{2,y-y}^Y = V_{2,x-x}^Y \cdot h/2 = 405.56\text{kNm}$$

$$V_{2,y-y}^Y = K_{y-y} \cdot u_{2,y,K_8}^Y = 77051.13 \cdot (2.63/1000) = 202.64\text{kN}, M_{2,x-x}^Y = V_{2,y-y}^Y \cdot h/2 = 293.83\text{kNm}$$