

**ΑΣΚΗΣΗ 5**

(Θα γίνει στην τάξη)

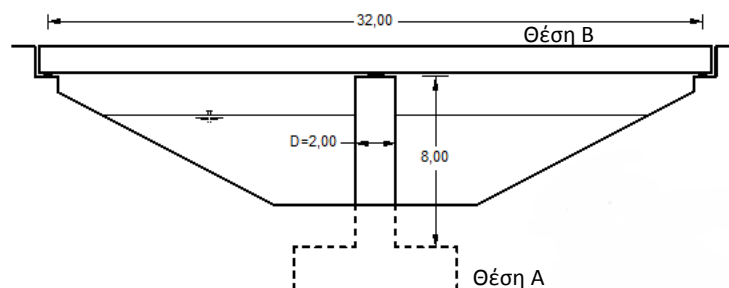
Για τη διέλευση μιας οδού πάνω από τη διευθετημένη κοίτη ενός ποταμού κατασκευάζεται γέφυρα από Ω.Σ. δύο ανοιγμάτων με μονόστυλο μεσοβάθρο κυκλικής διατομής διαμέτρου  $D = 2.0$  m, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Ο φορέας στηρίζεται στα ακρόβαθρα σε 4 ελαστομεταλλικά εφεδράνα σε κάθε βάθρο, διατομής  $400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$  και πάχους ελαστομερούς  $T = 80 \text{ mm}$  και στο μεσόβαθρο σε ένα κυλινδρικό εφεδράνο διαμέτρου  $d = 800 \text{ mm}$  και πάχους ελαστομερούς  $T = 100 \text{ mm}$ . Οι κορμοί των ακροβάθρων θεωρούνται απαραμόρφωτοι (στα δυναμικά χαρακτηριστικά της γέφυρας συμμετέχουν μόνο τα εφεδράνα). Τα εφεδράνα είναι υψηλής απόσβεσης, με αποτέλεσμα η συνολική απόσβεση να είναι μεγαλύτερη από 5% (εξαρτάται από τη μέγιστη απόκριση κατά τη διάρκεια του σεισμού). Επιταχυνσιογράφοι στις θέσεις Α (στάθμη θεμελίωσης) και Β (φορέας) κατέγραψαν τη σεισμική δόνηση στις θέσεις αυτές. Από ανάλυση αυτών των καταγραφών προέκυψαν τα ελαστικά φάσματα (σε μορφή ADRS) του Σχήματος 2 για διάφορες τιμές απόσβεσης.

Ζητούνται:

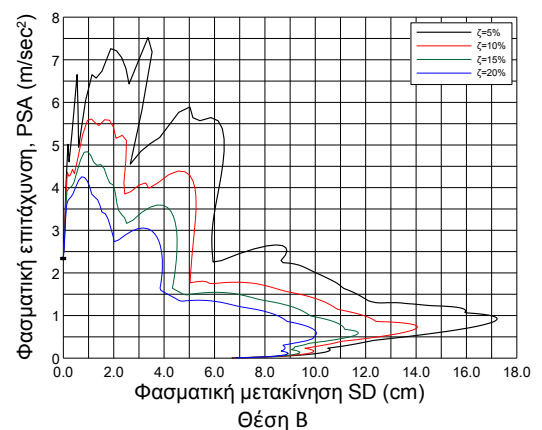
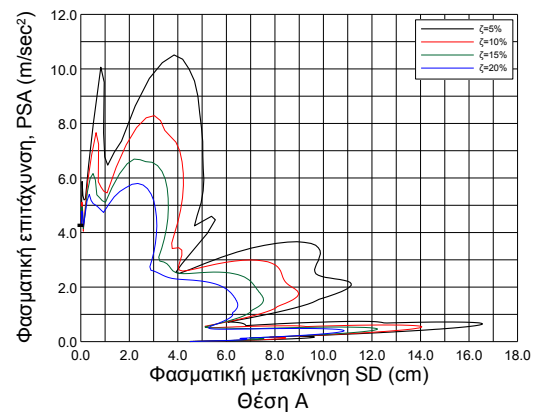
1. Πόση ήταν η μέγιστη επιτάχυνση της διέγερσης στη βάση της γέφυρας (Θέση Α).
2. Πόση ήταν η μέγιστη επιτάχυνση στο κατάστρωμα της γέφυρας (Θέση Β).
3. Εκτιμήστε το συντελεστή απόσβεσης της γέφυρας.
4. Η μετακίνηση του φορέα (σχετική ως προς το έδαφος) που αναπτύχθηκε στο σεισμό (έλεγχος αρμών στα ακρόβαθρα).
5. Η μετακίνηση της κορυφής του στύλου του μεσοβάθρου που αναπτύχθηκε στο σεισμό.
6. Η σεισμική διατμητική παραμόρφωση των εφεδράνων των ακροβάθρων και του μεσοβάθρου και να συγκριθεί με την επιτρεπόμενη διατμητική παραμόρφωση  $\gamma_{\text{επ}} = 2.00$
7. Η σεισμική ροπή που αναπτύχθηκε στη βάση του μεσοβάθρου.

Παραδοχές:

- Μόνιμο και κινητό φορτίο φορέα:  $300 \text{ kN/m}$  (μαζί με την επιρροή της μάζας του μεσοβάθρου).
- Δυστένεια εφεδράνων:  $K_{\text{εφ}} = GA/T$ , όπου  $G = 1200 \text{ kPa}$  είναι το μέτρο διάτμησης του ελαστομερούς,  $A$  είναι η διατομή του εφεδράνου και  $T$  το πάχος του ελαστομερούς.
- Μέτρο ελαστικότητας Ω.Σ.:  $E = 30 \times 10^6 \text{ kPa}$ .
- Ροπή αδράνειας κυκλικής διατομής:  $I = \pi D^4/64$ .
- Η δυσκαμψία του στύλου του μεσοβάθρου να ληφθεί υπόψη με το 50% της γεωμετρικής τιμής.
- Να αμεληθεί η επιρροή του νερού στα δυναμικά χαρακτηριστικά.
- Η γέφυρα συμπεριφέρθηκε ελαστικά στο σεισμό.
- Ο έλεγχος να γίνει μόνο στη διαμήκη διεύθυνση της γέφυρας.
- $g \approx 10 \text{ m/sec}^2$



Σχήμα 1



Σχήμα 2

### ΛΥΣΗ

1. Η μέγιστη επιτάχυνση της διέγερσης στη βάση της γέφυρας (Θέση Α) υπολογίζεται από το ADRS της θέσης αυτής για  $T=0 \Rightarrow x_{g,A}'' = 4.3 \text{ m/s}^2$
2. Ομοίως για τη Θέση Β  $\Rightarrow x_{g,B}'' = 2.35 \text{ m/s}^2$
3. Για να υπολογιστεί ο συντελεστής απόσβεσης της γέφυρας, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τα φάσματα βάσης και κορυφής καταλλήλως, σε συνδυασμό με την ιδιοπερίοδο της γέφυρας.

- Υπολογισμός δυσκαμψιών:

$$K_{\varepsilon\varphi} = \frac{GA}{T} = \begin{cases} 1200 \frac{0.4 \cdot 0.6}{0.08} = 3600 \text{ kN/m} & \text{για το ακρόβαθρο} \\ 1200 \frac{\pi 0.8^2 / 4}{0.1} = 6028.8 \text{ kN/m} & \text{για το μεσόβαθρο} \end{cases}$$

$$K_{\sigma\tau} = 0.5 \frac{3EI}{h^3} = 0.5 \frac{3 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot \pi 2^4 / 64}{8^3} = 68994.14 \text{ kN/m}$$

$$K_{\mu\epsilon\sigma} = \frac{K_{\sigma\tau} + K_{\varepsilon\varphi, \mu\epsilon\sigma}}{K_{\sigma\tau} K_{\varepsilon\varphi, \mu\epsilon\sigma}} = 5544.33 \text{ kN/m}$$

$$K_{tot} = K_{\mu\epsilon\sigma} + 2 \cdot 4K_{\varepsilon\varphi, \alpha\kappa\rho} = 34344.33 \text{ kN/m}$$

- Υπολογισμός μάζας:  $m = \frac{w}{g} = \frac{300 \cdot 32}{10} = 960 \text{ Mg}$

- Υπολογισμός ιδιοπεριόδου:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_{tot}}} \Rightarrow T = 1.05 \text{ s}$

Έχουμε  $SA(\zeta) = x_{g,B}'' = 2.35 \text{ m/s}^2$ . Για να βρούμε την  $SA(\zeta=5\%)$ , θα χτυπήσουμε για την  $T=1.05 \text{ s}$  το φάσμα ADRS της βάσης. Στο ADRS η περίοδος απεικονίζεται ακτινικά, άρα θα ενώσουμε το (0,0) με ένα ακόμη σημείο.

$$\text{Έστω για } SA = 4 \text{ m/s}^2 \Rightarrow SD = \frac{SA}{\omega^2} = \frac{4}{\left(\frac{2\pi}{1.05}\right)^2} = 0.1118 \text{ m}$$

Η ευθεία που ενώνει τα δύο σημεία τέμνει το φάσμα Α για  $SA = 2.35 \text{ m/s}^2$  για  $\zeta \cong 17\%$ .

$$4. \text{ Η μετακίνηση του φορέα είναι } SD = \frac{SA}{\omega^2} = \frac{2.35}{\left(\frac{2\pi}{1.05}\right)^2} = 0.0657 \text{ m} = 65.7 \text{ mm}$$

$$5. \delta_{\mu\epsilon\sigma} = \delta_{\varepsilon\varphi, \mu\epsilon\sigma} + \delta_{\sigma\tau} = \delta_{ολ} = 0.0657 \text{ m}$$

$$V_{\mu\epsilon\sigma} = \delta_{\mu\epsilon\sigma} K_{\mu\epsilon\sigma} = 0.0657 \cdot 5544.33 = 364.26 \text{ kN}$$

$$\delta_{\sigma\tau} = \frac{V_{\mu\epsilon\sigma}}{K_{\mu\epsilon\sigma}} = 5.27 \text{ mm}$$

6. Για τα εφέδρανα των ακροβάθρων:

$$\delta_{\varepsilon\varphi, \alpha\kappa\rho} = \delta_{ολ} = 65.7 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\varepsilon\varphi, \alpha\kappa\rho} = \frac{65.7}{80} = 0.821 < \gamma_{\varepsilon\pi} = 2$$

Για το εφέδρανο του μεσοβάθρου:

$$\delta_{\varepsilon\varphi, \mu\epsilon\sigma} = \delta_{ολ} - \delta_{\sigma\tau} = 60.43 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\varepsilon\varphi, \mu\epsilon\sigma} = \frac{60.43}{100} = 0.6 < \gamma_{\varepsilon\pi} = 2$$

$$7. \text{ Ροπή: } M = Vh = 364.26 \times 8 = 2914.08 \text{ kNm}$$