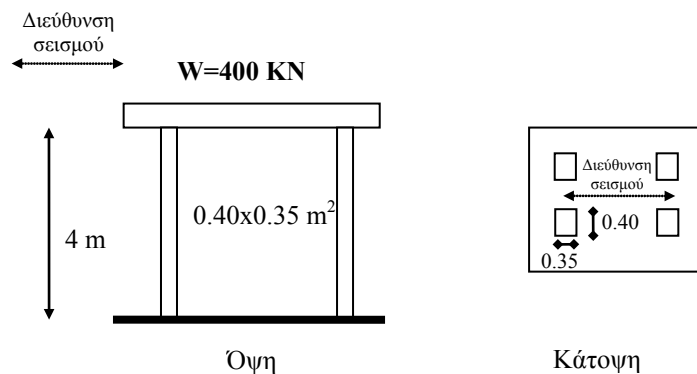


### ΑΣΚΗΣΗ 1

Η κατασκευή του σχήματος 1, βάρους 400 kN, σχεδιάστηκε αντισεισμικά για συντελεστή συμπεριφοράς  $q=3$ . Το κτίριο θεωρείται σπουδαιότητας II, και βρίσκεται σε μια περιοχή του Ελλαδικού χώρου με ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Z2, θεμελιώνεται σε έδαφος κατηγορίας Β. Το ποσοστό απόσβεσης της κατασκευής είναι  $\xi=5\%$ . Η κατασκευή στηρίζεται σε 4 αμφίπακτα υποστυλώματα διατομής  $0.40 \times 0.35 \text{ m}^2$  και συνολικού ύψους 4m.

Ζητούνται να υπολογιστούν:

1. Η σεισμική δύναμη με την οποία διαστασιολογήθηκε η δεξαμενή.
2. Η τέμνουσα και η ροπή στη βάση του καθενός στύλου της δεξαμενής.
3. Η μέγιστη αναμενόμενη σχετική μετακίνηση της κατασκευής σε περίπτωση σεισμού.
4. Η απαιτούμενη πλαστιμότητα της κατασκευής εάν η υπεραντοχή είναι 40%.



Σχήμα 1

- Μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος  $E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ .
- $g=10 \text{ m/s}^2$ .

### Λύση Άσκησης

1. Η σεισμική δύναμη με την οποία διαστασιολογήθηκε η δεξαμενή.

#### Εύρεση Ιδιοπερίοδου κατασκευής $T_o$

Μάζα κατασκευής,  $m$

$$m = \frac{W}{g} = \frac{400 \text{ kN}}{10 \text{ m/s}^2} = 40 \text{ t}$$

Δυσκαμψία του υποστυλώματος,  $K_{\text{οπ}}$

$$K_{\text{οπ}} = \frac{12EI}{h^3}, \text{ αμφίπακτα υποστυλώματα,}$$

$$(\text{αν ήταν μονόπακτα θα ήταν } K_{\text{οπ}} = \frac{3EI}{h^3})$$

Δυσκαμψία της κατασκευής,  $K$

$$K = 4K_{\text{οπ}} = 4 \frac{12EI}{h^3}$$

όπου:

$$E = 2.9 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

$$I = \frac{ab^3}{12} = \frac{0.4 \times 0.35^3}{12} = 0.0014 \text{ m}^4$$

$$h = 4 \text{ m}$$

Άρα η συνολική δυσκαμψία της κατασκευής θα είναι:

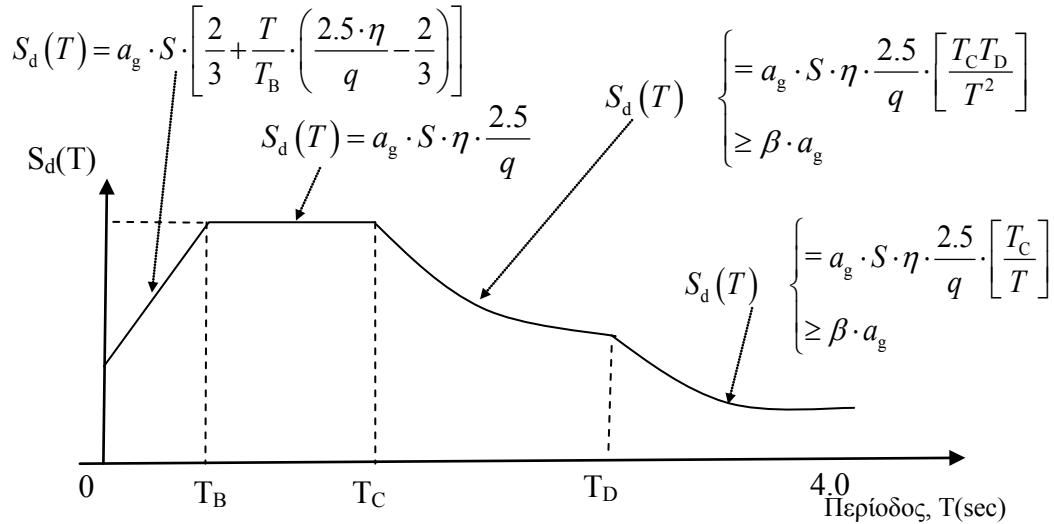
$$K = 4 \frac{12EI}{h^3} = 4 \frac{12 \times 2.9 \cdot 10^7 \text{ kPa} \times 0.0014 \text{ m}^4}{(4 \text{ m})^3} = 31084 \text{ kN / m}$$

και η ιδιοπερίοδος της

$$T_o = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{40 \text{ t}}{32084 \text{ kN / m}}} = 0.22 \text{ s}$$

**Εύρεση Επιτάχυνσης κατασκευής  $S_d(T_0)$**

Η επιτάχυνση δίδεται από έναν από τούς παρακάτω σχέσεις, ανάλογα τη σχέση του  $T_0$  με τις χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος  $T_B, T_C, T_D$



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

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

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

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

ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	S	T <sub>B</sub> (S)	T <sub>C</sub> (S)	T <sub>D</sub> (S)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Για έδαφος κατηγορίας B, συμφωνά με τον παρακάτω πίνακα έχουμε:

$$S=1.2$$

$$T_B=0.15\text{sec}$$

$$T_C=0.5\text{sec}$$

$$T_D=2\text{sec}$$

$$\text{Επειδή } T_B=0.15\text{sec} < T_0=0.22\text{sec} < T_C=0.5\text{sec}$$

Η επιτάχυνση της κατασκευής θα δίνεται από της σχέση

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q}$$

$a_g$  είναι η επιτάχυνση του εδάφους.

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

όπου  $\gamma_I$  συντελεστής σπουδαιότητας κτιρίου και  $a_{gR}$  η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση στο βράχο.

Για κατηγορία σπουδαιότητας II σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Κτίριο	Τιμή $\gamma_1$
I	Μικρής σπουδαιότητας για τη δημόσια ασφάλεια	0.8
II	Σύνηθες	1.0
III	Με μεγάλες συνέπειες κατάρρευσης (σχολεία, χώροι συγκέντρωσης κοινού, πολιτιστικά ιδρύματα κ.λ.π.)	1,2
IV	Ζωτικής σημασίας για την Πολιτική Προστασία (νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας.)	1,4

ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_1$  με βάση τον παραπάνω πίνακα θα είναι:

$$\gamma_1=1$$

ενώ η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση στο βράχο,  $a_{gR}$  με βάση τις τρεις ζώνες

σεισμικότητας του Ελλαδικού χώρου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Ζώνη	$a_{gR}$
Z1	0.16g
Z2	0.24g
Z3	0.36g

Για ζώνη Z2, με βάση τον παραπάνω πίνακα έχουμε:

$$a_{gR}=0.24g$$

Επομένως

$$a_g=\gamma_1 \times a_{gR}=1 \times 0.24g=0.24g$$

ο συντελεστής διόρθωσης,  $\eta$ , δίδεται από τη σχέση:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

όπου  $\xi$ , η απόσβεση της κατασκευής (%). Για  $\xi=5\%$  η παραπάνω σχέση δίνει  $\eta=1$ .

Αντικαθιστώντας τις τιμές για τις παραμέτρους  $a_g$ ,  $S$ ,  $\eta$ , και  $q$  στην παρακάτω σχέση

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q} = 0.24 \cdot g \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot \frac{2.5}{3} = 2.4 m / sec^2$$

Η μέγιστη σεισμική δύναμη  $F_{\Sigma \text{ΕΙΣΜΟΥ}}$  (ή αλλιώς τέμνουσα βάσης, ή δύναμη σχεδιασμού)

θα είναι

$$F_{\Sigma \text{ΕΙΣΜΟΥ}} = m \cdot \Phi_d(T) = 40t \cdot 2.4m / \text{sec}^2 = 96kN$$

## 2. Η τέμνουσα και η ροπή στη βάση του καθενός στύλου της δεξαμενής.

Η τέμνουσα σε κάθε υποστύλωμα  $V_{\text{υπ.}}$  θα είναι:

$$V_{\text{υπ.}} = \frac{F_{\Sigma \text{ΕΙΣΜΟΥ}}}{4} = \frac{96kN}{4} = 24kN$$

αν τα τέσσερα υποστυλώματα δεν ήταν ίδια, η τέμνουσα δύναμη θα ήταν ανάλογη της δυσκαμψίας τους, δηλαδή:

$$V_{\text{υπ.}} = \frac{K_{\text{υπ.}}}{K} F_{\Sigma \text{ΕΙΣΜΟΥ}}$$

Η ροπή σε κάθε αμφίπακτο υποστύλωμα  $M_{\text{υπ.}}$  θα είναι:

$$M_{\text{υπ.}} = \frac{V_{\text{υπ.}} \cdot h}{2} = \frac{24kN \cdot 4m}{2} = 48kNm$$

(αν ήταν μονόπρακτο υποστύλωμα θα είχαμε

$$M_{\text{υπ.}} = V_{\text{υπ.}} \cdot h = 24kN \cdot 4m = 96kNm)$$

## 3. Η μέγιστη αναμενόμενη σχετική μετακίνηση της κατασκευής σε περίπτωση σεισμού.

Η μετακίνηση διαρροής θα είναι

$$d = \frac{F}{K} \Rightarrow \delta_y = \frac{F_{\Sigma \text{ΕΙΣΜΟΥ}}}{K} = \frac{24kN}{31084 kN / m} = 0.0007721m$$

και η μέγιστη μετακίνηση θα είναι :

$$\delta_{\text{max}} = q\delta_y = 3 \cdot 0.0007721m = 0.0023m = 2.3mm$$

**4 Η απαιτούμενη πλαστιμότητα,  $\mu_d$ , της κατασκευής εάν η υπεραντοχή είναι 40%.**

Ο συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής  $q$  είναι ίσος με :

$$q = q_d q_o$$

όπου

$q_d$  : παράγοντας πλαστιμότητας

$q_o$  : παράγοντας υπεραντοχής,

εφόσον η υπεραντοχή είναι 40% (δηλαδή η πραγματική αντοχή 40 % πάνω από αυτή που υπολογίσαμε) τότε  $q_o = 1.4$

άρα

$$q_d = q/q_o = 3/1.4 = 2.14$$

όμως η πλαστιμότητα  $\mu_d$  είναι ίση με:

$$\mu_d = q_d \quad \text{εάν } T_o \geq T_C,$$

ή

$$\mu_d = 1 + (q_d - 1)T_C / T_o \quad \text{εάν } T_o < T_C$$

επειδή  $T_o = 0.22 < T_C = 0.5$ , άρα

$$\mu_d = 1 + (q_d - 1)T_C / T_1 = 1 + (2.14 - 1)0.5 / 0.22 = 2.6$$