

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΔΟΧΕΙΑ ΠΙΕΣΗΣ

#### Β.1 Κυλινδρική δεξαμενή

Κυλινδρική μεταλλική δεξαμενή από χάλυβα ακτίνας 10 m, ύψους 12 m, πάχους 10 mm περιέχει υγρό πυκνότητας 1000 kg/m<sup>3</sup>. Η ελεύθερη επιφάνεια βρίσκεται σε ύψος 9 m από τον πυθμένα της δεξαμενής. Η δεξαμενή είναι αγκυρωμένη στο έδαφος και έχει οροφή μάζας 25x10<sup>3</sup> kg και το μέγιστο ύψος της οροφής είναι 12.5 m. Ο προσδιορισμός των σεισμικών δυνάμεων θα γίνει με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5.4.2, που είναι συναφής με αυτήν που αναφέρεται στον Ευρωκώδικα 8, Μέρος 4. Το φάσμα σχεδιασμού είναι αυτό του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ 2000.

Οι υδροδυναμικές δυνάμεις προκύπτουν από την υπέρθεση μιας ωστικής (impulsive) και μιας επαγωγικής (convective) συνιστώσας διέγερσης. Οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Για  $H/R=9/10=0.9$

Από τον Πίνακα Α1 του EC8, Μέρος 4 προκύπτουν μετά από παρεμβολή οι εξής παράμετροι για λόγο  $H/R=0.9$

$$C_I=6.512$$

$$C_{IC}=1.54$$

$$M_I/M_L=0.5145$$

$$M_{IC}/M_L=0.4855$$

$$h_I/H=0.4145$$

$$h_{IC}/H=0.6047$$

Πυκνότητα υγρού:  $\rho=1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kNsec}^2/\text{m}^4$

Πάχος τοιχωμάτων:  $t=10 \text{ mm}$

Οι θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι για τις δύο διεγέρσεις είναι ίσες με

$$T_I = C_I \frac{\sqrt{\rho} H}{\sqrt{t/R} \sqrt{E}} = 6.512 \frac{\sqrt{1 \cdot 10^{-8}} \cdot 900}{\sqrt{1/1000} \sqrt{2.1 \cdot 10^4}} = 0.127 \text{ sec}$$

$$T_{1C} = C_{1C} \sqrt{R} = 1.54 \sqrt{10} = 4.869 \text{ sec}$$

Οι φασματικές αποκρίσεις για ελαστική συμπεριφορά ( $q=1$ ) θα προσδιοριστούν με τη βοήθεια των φασμάτων απόκρισης. Τα φάσματα απόκρισης θα ληφθούν από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000).

Συντελεστής σπουδαιότητας για ρευστό χαμηλώς εύφλεκτο και σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 (ΕΑΚ) προκύπτει :  $\gamma_I = 1.15$

Τιμή ποσοστού κρίσιμης απόσβεσης μεταλλικής δεξαμενής  $\zeta = 2\%$

Για κατηγορία εδάφους Β ισχύει σύμφωνα με το ΕΑΚ, Πίνακας 2.5

$$T_1 = 0.15 \text{ sec} \quad T_2 = 0.60 \text{ sec} \quad \beta_0 = 2.5$$

Σύμφωνα με το ΕΑΚ ισχύουν

Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης:

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+2}} = 1.32 > 0.7$$

και οι φασματικές τιμές είναι ίσες με

- Ωστική διέγερση

$$0 < T_I = 0.1279 \text{ sec} < T_1 = 0.15 \text{ sec}$$

$$S_A(T_I) = R_e(0.1279) = A \gamma_I [1 + (\eta \beta_0 - 1) (T/T_I)] = 0.24g \cdot 1.15 [1 + (1.32 \cdot 2.5 - 1) (0.1279/0.15)] = 0.8172g$$

- Επαγωγική διέγερση

Για την επαγωγική διέγερση, το ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης είναι ίσο με  $\zeta = 0.5\%$ , οπότε

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+0.5}} = 1.67$$

$$T_{1C} = 4.869 \text{ sec} > T_2 = 0.60 \text{ sec}$$

$$S_A(T_{1C}) = A \gamma_I \eta \beta_0 (T_2/T_{1C}) = 0.24g \cdot 1.15 \cdot 1.67 \cdot 2.5 (0.6/4.869) = 0.1419g$$

$$\text{Μάζα υγρού:} \quad M_L = \rho \pi R^2 H = 1000 \pi (10)^2 \cdot 9 = 2.83 \times 10^6 \text{ kgr}$$

$$\text{Ωστική μάζα:} \quad M_I = 0.5145 \times 2.83 \times 10^6 \text{ kgr} = 1.46 \times 10^6 \text{ kgr}$$

$$\text{Επαγωγική μάζα:} \quad M_{1C} = 0.4855 \times 2.83 \times 10^6 \text{ kgr} = 1.37 \times 10^6 \text{ kgr}$$

Τέμνουσα βάσης λόγω της οριζόντιας συνιστώσας του σεισμού

$$\text{Ίδιο βάρος τοιχωμάτων δεξαμενής:} \quad 78.5 \times 0.010 = 0.785 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Συνολικό βάρος τοιχωμάτων δεξαμενής:} \quad W_s = 591 \text{ kN}$$

Συνολικό βάρος οροφής δεξαμενής:  $W_r = 245 \text{ kN}$

Συνολικό βάρος ρευστού:  $W_L = 27737 \text{ kN}$

Ωστικό βάρος ρευστού:  $W_I = 14270 \text{ kN}$

Επαγωγικό βάρος ρευστού:  $W_{IC} = 13466 \text{ kN}$

$$Q = (W_I + W_S + W_r) S_A(T_I) / g + W_{IC} S_A(T_{IC}) / g = 14255 \text{ kN} = 14.3 \text{ MN}$$

Θέση κέντρου βάρους υδροδυναμικών πιέσεων

- Ωστική διέγερση:  $h_I = 0.4145 \times 9 = 3.7305 \text{ m}$
- Επαγωγική διέγερση:  $h_{IC} = 0.60475 \times 9 = 5.44275 \text{ m}$

Θέση κέντρου βάρους οροφής:  $h_r = 12 \text{ m}$

Θέση κέντρου βάρους τοιχωμάτων δεξαμενής:  $h_S = 6 \text{ m}$

Ροπή ανατροπής  $M$  στη βάση της δεξαμενής

$$M = (W_I h_I + W_S h_S + W_r h_r) S_A(T_I) / g + W_{IC} h_{IC} S_A(T_{IC}) / g = 59.203 \text{ MNm}$$

## Β.2 Σφαιρικό δοχείο πίεσης

Σφαιρικό δοχείο πίεσης περιέχει προπυλένιο με πυκνότητα  $553\text{kg/m}^3$ . Το δοχείο έχει διάμετρο και πάχος  $21216\text{ mm}$  και  $43\text{ mm}$  αντίστοιχα. Η μάζα του ρευστού όταν είναι ημι-γεμάτο ( $e=0$ ) είναι  $1.38 \times 10^6\text{ kgr}$  και η μάζα του άδειου δοχείου είναι  $0.48 \times 10^6\text{ kgr}$ . Το δοχείο στηρίζεται σε ένα σύστημα από 12 σωληνωτούς στύλους  $\varnothing 1160\text{mm} \times 60\text{mm}$  με ύψος  $h_L=9.2\text{m}$  και Χ συνδέσμους κλίσης  $60^\circ$  με το έδαφος, με διατομές ορθογωνικές  $250\text{mm} \times 35\text{mm}$  και ενεργό μήκος  $L_b=8.2\text{ m}$ . Θεωρώντας τους στύλους ως αμφίπακτους και το ότι μόνον οι εφελκυόμενοι σύνδεσμοι συμμετέχουν στην ακαμψία της κατασκευής στήριξης, χρησιμοποιείται ο τύπος για τον υπολογισμό της ακαμψίας

$$K_{bs} = \sum_{j=1}^{N_{legs}} \frac{12EI_L}{h_L^3} + \sum_{k=1}^{N_{braces}} \frac{EA_b}{L_b} \cos^2 a_k \cos^2 \beta$$

που αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.4.5.2.

Οι δύο ιδιοπερίοδοι του συστήματος  $T_{1C}$ ,  $T_1$  είναι αρκετά μακριά ( $5.18\text{sec}$  και  $0.255\text{sec}$ ), ενώ οι αντίστοιχες μάζες είναι

Ωστική μάζα:  $M_I = 0.82 \times 10^6\text{ kgr}$

Επαγωγική μάζα:  $M_{IC} = 0.56 \times 10^6\text{ kgr}$

Μάζα τοιχωμάτων δεξαμενής:  $M_S = 0.48 \times 10^6\text{ kgr}$

Μάζα υγρού:  $M_L = 1.38 \times 10^6\text{ kgr}$

Οι φασματικές αποκρίσεις για ελαστική συμπεριφορά ( $q=1$ ) θα προσδιοριστούν με τη βοήθεια των φασμάτων απόκρισης. Τα φάσματα απόκρισης θα ληφθούν από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000).

Συντελεστής σπουδαιότητας για ρευστό χαμηλώς εύφλεκτο και σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 (ΕΑΚ) προκύπτει :  $\gamma_I = 1.15$

Τιμή ποσοστού κρίσιμης απόσβεσης μεταλλικής δεξαμενής  $\zeta = 2\%$

Για κατηγορία εδάφους Β ισχύει σύμφωνα με το ΕΑΚ, Πίνακας 2.5

$T_1 = 0.15\text{ sec}$     $T_2 = 0.60\text{ sec}$     $\beta_0 = 2.5$

Σύμφωνα με το ΕΑΚ ισχύουν

Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης:

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+2}} = 1.32 > 0.7$$

και οι φασματικές τιμές είναι ίσες με

- Ωστική διέγερση

$$0 < T_I = 0.255 \text{ sec} > T_1 = 0.15 \text{ sec}$$

$$S_A(T_I) = A \gamma_I \eta \beta_0 = 0.24g \cdot 1.15 \cdot 1.32 \cdot 2.5 = 0.9108g$$

- Επαγωγική διέγερση

Για την επαγωγική διέγερση, το ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης είναι ίσο με  $\zeta = 0.5\%$ , οπότε

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = \sqrt{\frac{7}{2+0.5}} = 1.67$$

$$T_{1C} = 5.18 \text{ sec} > T_2 = 0.60 \text{ sec}$$

$$S_A(T_{1C}) = A \gamma_I \eta \beta_0 (T_2/T_{1C}) = 0.24g \cdot 1.15 \cdot 1.67 \cdot 2.5 \cdot (0.6/5.18) = 0.1334g$$

Τέμνουσα βάσης λόγω της οριζόντιας συνιστώσας του σεισμού

$$Q = (M_I + M_S) S_A(T_I) + W_{1C} S_A(T_{1C}) = 12.53 \text{ MN}$$

Θέση κέντρου βάρους υδροδυναμικών πιέσεων είναι το κέντρο της σφαίρας. Σημειώνεται πως οι υδροδυναμικές πιέσεις είναι κάθετες στο τοίχωμα άρα περνούν από το κέντρο της σφαίρας.

- Ωστική διέγερση:  $h_I = 14.32 \text{ m}$
- Επαγωγική διέγερση:  $h_{1C} = 14.32 \text{ m}$

$$\text{Θέση κέντρου βάρους τοιχωμάτων δεξαμενής: } h_S = 14.32 \text{ m}$$

Ροπή ανατροπής  $\mathcal{M}$  στη βάση της δεξαμενής

$$\mathcal{M} = (M_I h_I + M_S h_S) S_A(T_I) + M_{1C} h_{1C} S_A(T_{1C}) = 179.42 \text{ MNm}$$