

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 1

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Περίοδος επανάληψης σεισμού για πιθανότητα υπέρβασης p του μεγέθους σχεδιασμού σε Δt χρόνια:

$$T_E = -\frac{\Delta t}{\ln(1-p)} \approx \frac{\Delta t}{p}$$

Η εδαφική επιτάχυνση αναφοράς σε έδαφος κατηγορίας Α του Ε.Κ.8, a_{gR} , αντιστοιχεί σε $p = 10\%$ και $\Delta t = 50$ χρόνια, δηλαδή $T_E = 475$ χρόνια. Η επιτάχυνση αυτή εφαρμόζεται για συνήθεις κατασκευές ($\gamma_I = 1$). Για κατασκευές μεγαλύτερης σπουδαιότητας η εδαφική επιτάχυνση αυξάνεται μέσω του συντελεστή σπουδαιότητας θέτοντας $\gamma_I > 1$.

ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ

Ιδιοπερίοδος: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

Ιδιοσυχνότητα: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{K}{m}}$

Δυσκαμψίες: Αμφίπακτο υποστώλιωμα: $K = \frac{12 \cdot E \cdot I}{h^3}$

Μονόπακτο υποστώλιωμα: $K = \frac{3 \cdot E \cdot I}{h^3}$

ΦΑΣΜΑΤΑ

Σχέση φασματικών μεγεθών: $PSA = \omega^2 \cdot SD \approx SA$

$$PSV = \omega \cdot SD \approx SV$$

Όρια φασμάτων: $T \rightarrow 0$: $SD \rightarrow 0$, $SV \rightarrow 0$, $SA \rightarrow \ddot{x}_{g,max}$

$T \rightarrow \infty$: $SD \rightarrow x_{g,max}$, $SV \rightarrow \dot{x}_{g,max}$, $SA \rightarrow 0$

όπου: $x_{g,max}$ = μέγιστη μετακίνηση εδάφους,

$\dot{x}_{g,max}$ = μέγιστη ταχύτητα εδάφους,

$\ddot{x}_{g,max}$ = μέγιστη επιτάχυνση εδάφους.

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

Δείκτης πλαστιμότητας: $\mu = \frac{d_u}{d_y}$

όπου: d_u = μέγιστη μετακίνηση,
 d_y = μετακίνηση διαρροής

Συντελεστής συμπεριφοράς: $q = \frac{F_u^{el}}{F_d}$

όπου: F_u^{el} = μέγιστο σεισμικό φορτίο ισοδύναμου ελαστικού συστήματος
 F_d = φορτίο σχεδιασμού

Ισχύει: $q = \gamma_{Rd} \cdot q_y$

όπου: $q_y = \frac{F_u^{el}}{F_y}$ και

$\gamma_{Rd} = \frac{F_y}{F_d}$ = υπεραντοχή

F_y = σεισμικό φορτίο διαρροής

Παραδοχή ίσων μετακινήσεων (μεταξύ ελαστικού και ελαστοπλαστικού συστήματος): $q_y = \mu$

Παραδοχή ίσων ενεργειών (μεταξύ ελαστικού και ελαστοπλαστικού συστήματος): $q_y = \sqrt{2\mu - 1}$

ΜΟΝΩΡΟΦΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΣΤΡΟΦΗ

Συντ/νες Κέντρου Δυσκαμψίας: $X_{P_0} = \frac{\sum X_i \cdot K_{y,i}}{\sum K_{y,i}}$, $Y_{P_0} = \frac{\sum Y_i \cdot K_{x,i}}{\sum K_{x,i}}$

Δυσκαμψίες συστήματος:

$K_x = \sum K_{x,i}$, $K_y = \sum K_{y,i}$, $K_\theta = \sum (K_{\theta,i} + x_i^2 \cdot K_{y,i} + y_i^2 \cdot K_{x,i})$

Γωνία στροφής: $\theta = \frac{P \cdot \sin\phi \cdot x_{KM} - P \cdot \cos\phi \cdot y_{KM}}{K_\theta}$

Μετακίνηση τυχαίου σημείου Σ: $u_{x,\Sigma} = \frac{P \cdot \cos\phi}{K_x} - y_\Sigma \cdot \theta$ (κατά x)

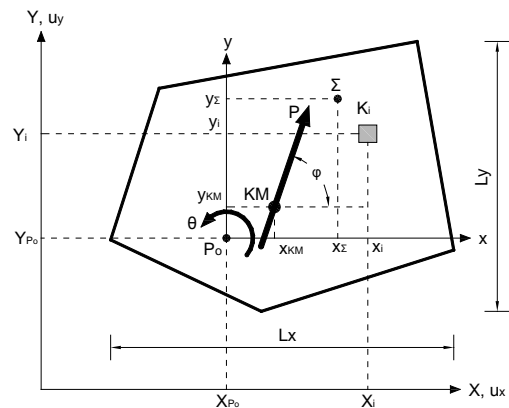
$u_{y,\Sigma} = \frac{P \cdot \sin\phi}{K_y} + x_\Sigma \cdot \theta$ (κατά y)

Τέμνουσες υποστυλώματος K_i : $V_{x,i} = K_{x,i} \cdot u_{x,i}$, $V_{y,i} = K_{y,i} \cdot u_{y,i}$

Ειδικές περιπτώσεις:

Σεισμός x ($\phi=0^\circ$): $\theta^x = -\frac{P \cdot y_{KM}}{K_\theta}$, $u_{x,\Sigma}^x = \frac{P}{K_x} + \frac{P}{K_\theta} \cdot y_{KM} \cdot y_\Sigma$, $u_{y,\Sigma}^x = -\frac{P}{K_\theta} \cdot y_{KM} \cdot x_\Sigma$

Σεισμός y ($\phi=90^\circ$): $\theta^y = +\frac{P \cdot x_{KM}}{K_\theta}$, $u_{x,\Sigma}^y = -\frac{P}{K_\theta} \cdot x_{KM} \cdot y_\Sigma$, $u_{y,\Sigma}^y = \frac{P}{K_y} + \frac{P}{K_\theta} \cdot x_{KM} \cdot x_\Sigma$



$x = X - X_{P_0}$, $y = Y - Y_{P_0}$

ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ιδιοσυχρότητες: προκύπτουν από τη λύση της χαρακτηριστικής εξίσωσης: $[[K]-\omega^2[M]]=0$

Ιδιοδιανύσματα (ιδιομορφές): προκύπτουν από τη λύση του συστήματος: $[[K]-\omega_i^2[M]]\{\phi_i\}=\{0\}$

Συμβολισμός: $\{\phi_i\} = i$ ιδιομορφή, $\phi_{ji} = j$ συνιστώσα της i ιδιομορφής

Στον Ε.Κ.8 οι ιδιομορφές συμβολίζονται με: $\{s_i\}$

Ορθογωνικότητα ιδιομορφών: $\{\phi_i\}^T[M]\{\phi_j\} = 0$ και $\{\phi_i\}^T[K]\{\phi_j\} = 0$ για $i \neq j$

Γενικευμένη μάζα i ιδιομορφής: $\tilde{m}_i = \{\phi_i\}^T[M]\{\phi_i\}$

Σημείωση: $\tilde{m}_i = \sum_j m_j \cdot \phi_{ji}^2$ για διαγώνιο μητρώο μάζας

Γενικευμένη δυσκαμψία i ιδιομορφής: $\tilde{k}_i = \{\phi_i\}^T[K]\{\phi_i\}$

Σημείωση: Ισχύει $\tilde{k}_i = \tilde{m}_i \cdot \omega_i^2$

Συντελεστής συμμετοχής i ιδιομορφής: $\Gamma_i = \frac{\{\phi_i\}^T[M]\{r\}}{\{\phi_i\}^T[M]\{\phi_i\}}$, $\{r\}$ = διάνυσμα διεύθυνσης σεισμικής διέγερσης

Δρώσα ιδιομορφική μάζα i ιδιομορφής: $M_i = \Gamma_i \cdot \{\phi_i\}^T \cdot [M] \cdot \{\phi_i\}$

Σεισμικά φορτία σχεδιασμού i ιδιομορφής: $\{F_i\} = [M] \cdot \{\phi_i\} \cdot \Gamma_i \cdot S_d(T_i, \zeta_i)$, όπου S_d = φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού

Στον j βαθμό ελευθερίας: $F_{ji} = m_j \cdot \phi_{ji} \cdot \Gamma_i \cdot S_d(T_i, \zeta_i)$

Μετακινήσεις σχεδιασμού i ιδιομορφής: $\{u_i\} = \{\phi_i\} \cdot \Gamma_i \cdot q \cdot S_d(T_i, \zeta_i) / \omega_i^2$

Απλοποιημένοι τύποι για 1 βαθμό ελευθερίας ανά μάζα, στη διεύθυνση της σεισμικής διέγερσης: $\{r\} = \{1\}$

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{j=1}^N m_j \phi_{ji}}{\sum_{j=1}^N m_j (\phi_{ji})^2} \quad M_i = \Gamma_i \sum_{j=1}^N m_j \phi_{ji}$$

ΣΥΝΕΧΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΟΣ ΠΡΟΒΟΛΟΣ

Ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων: $v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$

Ιδιοπερίοδοι: $T_i = \frac{4H}{(2i-1)v_s}$, $i = 1, 2, \dots$

Ιδιοσχήματα: $\phi_i(z) = \sin\left[\frac{(2i-1)\pi z}{2H}\right]$

Συντελεστές συμμετοχής: $\Gamma_i = \frac{4}{(2i-1)\pi}$

Μέγιστες μετακινήσεις i ιδιομορφής: $u_i(z) = \Gamma_i \cdot S_d(T_i, \zeta_i) \cdot \phi_i(z)$

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Τέμνουσα δύναμη βάσης: $F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$

όπου: $T_1 =$ θεμελιώδης ιδιοπερίοδος στην εξεταζόμενη διεύθυνση

$S_d(T_1) =$ φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού για περίοδο T_1

$m =$ συνολική μάζα κτιρίου

$\lambda =$ διορθωτικός συντελεστής:

$\lambda = 0,85$ εάν $T_1 \leq 2 \cdot T_c$ και το κτίριο έχει πάνω από 2 ορόφους

$\lambda = 1,00$ σε κάθε άλλη περίπτωση

Για κτίρια με ύψος $H \leq 40$ m, η ιδιοπερίοδος T_1 (σε sec) μπορεί να προσεγγιστεί από τις παρακάτω εμπειρικές σχέσεις:

1. $T_1 = C_t \cdot H^{3/4}$

$$\text{όπου } C_t = \begin{cases} 0,085 & \text{για χαλύβδινα πλαίσια} \\ 0,075 & \text{για πλαίσια από σκυρόδεμα και για χαλύβδινα πλαίσια με έκκεντρους δικτυωτούς συνδέσμους} \\ 0,050 & \text{για κάθε άλλο φορέα} \end{cases}$$

Εναλλακτικά, για κτίρια με τοιχώματα: $C_t = 0,075 / \sqrt{A_c}$

$$\text{όπου: } A_c = \sum [A_i \cdot (0,2 + (l_{wi}/H))^2]$$

$A_c =$ συνολική δρώσα επιφάνεια των τοιχωμάτων στον 1^ο όροφο πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης (σε m²)

$A_i =$ δρώσα επιφάνεια του τοιχώματος i στον 1^ο όροφο πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης (σε m²)

2. $T_1 = 2 \cdot \sqrt{d}$

όπου: $d =$ οριζόντια ελαστική μετακίνηση του δώματος (σε m) για οριζόντια φορτία ίσα με τα φορτία βαρύτητας

Κατανομή σεισμικών δυνάμεων: $F_i = F_b \frac{m_i \cdot \phi_i}{\sum m_j \cdot \phi_j}$

Για 1^η ιδιομορφή τριγωνικής μορφής: $F_i = F_b \frac{m_i \cdot z_i}{\sum m_j \cdot z_j}$

ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΜΒΩΝ

Σε πλαισιωτά και ισοδύναμα προς πλαισιωτά συστήματα, στους κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\sum M_{Rc} \geq 1,3 \sum M_{Rb}$$

όπου:

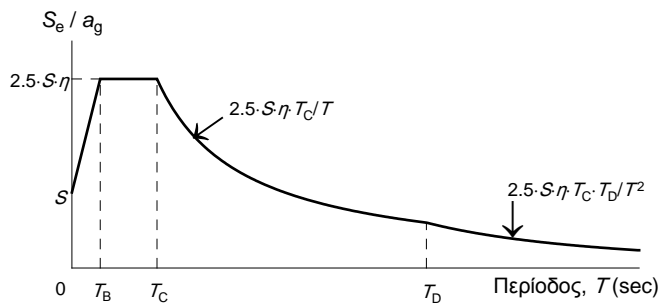
$\sum M_{Rc} =$ άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συμβάλλουν στον κόμβο

$\sum M_{Rb} =$ άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συμβάλλουν στον κόμβο

- Ο έλεγχος γίνεται και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης (προκαλούν σεισμικές ροπές στις δοκούς με διαφορετικό πρόσημο).
- Δεν γίνεται έλεγχος στο δώμα πολυωρόφων κτιρίων.

Ε.Κ. 8

Ελαστικό φάσμα απόκρισης (S_e =ελαστική φασματική επιτάχυνση)



$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

όπου:

$$a_g = \gamma_i \cdot a_{gR}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{\zeta + 5}} \geq 0.55 = \text{συντελεστής απόσβεσης (το } \zeta \text{ τίθεται επί τοις εκατό)}$$

S = συντελεστής εδάφους

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	a_{gR} (g)	Κατηγορία Σπουδαιότητας	γ_i	Κατηγορία Εδάφους	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S
Z1	0.16	I	0.80	A	0.15	0.40	2.50	1.00
Z2	0.24	II	1.00	B	0.15	0.50	2.50	1.20
Z3	0.36	III	1.20	C	0.20	0.60	2.50	1.15
		IV	1.40	D	0.20	0.80	2.50	1.35
				E	0.15	0.50	2.50	1.40

Φάσμα σχεδιασμού για ανελαστική συμπεριφορά (S_d =φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού)

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, η τιμή β ορίζεται σε $\beta=0.2$.

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ

Χωρικός συνδυασμός σεισμικών δράσεων (όταν μπορεί να αμεληθεί η κατακόρυφη συνιστώσα):

$$A_{ED} = \pm E_x \pm 0.3 \cdot E_y \quad \text{ή} \quad A_{ED} = \pm 0.3 \cdot E_x \pm E_y$$

Σεισμικός συνδυασμός δράσεων:

$$E_d = \sum G_{k,j} "+" P "+" A_{ED} "+" \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

όπου: "+" = σε συνδυασμό με

$G_{k,j}$ = χαρακτηριστική τιμή μόνιμης δράσης j

P = προένταση

A_{ED} = σεισμική δράση σχεδιασμού

$Q_{k,i}$ = χαρακτηριστική τιμή μεταβλητής δράσης i

$\psi_{2,i}$ = συντελεστής συνδυασμού μεταβλητής δράσης i σύμφωνα με παρακάτω πίνακα:

Δράσεις	ψ_2
A: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,3
B: χώροι γραφείων	0,3
C: χώροι συνάθροισης	0,6
D: χώροι καταστημάτων	0,6
E: χώροι αποθήκευσης	0,8
F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων για βάρος οχημάτων $\leq 30\text{kN}$	0,6
G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων για $30\text{kN} < \text{βάρος οχημάτων} \leq 160\text{kN}$	0,3
H: στέγες	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτίρια: για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000\text{ m}$	0,20
για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000\text{ m}$	0
Φορτία ανέμου σε κτίρια	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτίρια	0

Στο σεισμικό συνδυασμό δεν συμπεριλαμβάνονται δράσεις καταναγκασμού.