



ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΝΩΤΑΤΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Αντισεισμικές Κατασκευές (εργαστήριο) Εφαρμογή 3

Σεισμική Απόκριση Κατασκευών

- Σύμφωνα με την Απλοποιημένη φασματική μέθοδο, για κάθε **κύρια διεύθυνση του κτηρίου**, το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων (**ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΒΑΣΗΣ**) υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_o = M \cdot \Phi_d(T)$$

όπου **M**: η **συνολική ταλαντούμενη μάζα** της κατασκευής.
 $\Phi_d(T)$: η **φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού** για την υπολογισμένη **Ιδιοπερίοδο της κατασκευής**

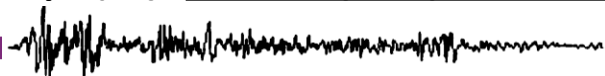
Σε κτήρια **ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΚΑΤΟΨΗΣ**, η **Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος** τους, **εμπειρικά** υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$T = 0.09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}}$$

όπου **H**: το **συνολικό ύψος** του κτηρίου.

L: το μήκος του κτηρίου κατά τη θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού

ρ : ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης, προς την συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστρωμάτων.



Σεισμική Απόκριση Κατασκευών

- Σύμφωνα με την Απλοποιημένη φασματική μέθοδο, η **καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων σε κανονικά κτήρια** υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_j m_j \cdot z_j}$$

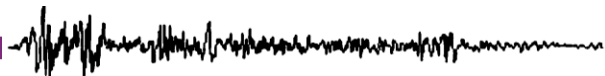
όπου m_i : η **συγκεντρωμένη** μάζα στη στάθμη i

z_i : η **απόσταση της στάθμης i** από την βάση

V_o : η **σεισμική τέμνουσα βάσης**

V_H : πρόσθετη δύναμη που εφαρμόζεται στην κορυφή του κτηρίου όταν **$T \geq 1.0 \text{sec}$**

$$V_H = 0.07 \cdot T \cdot V_o \leq 0.25 \cdot V_o,$$



Επιρροή Εδάφους Θεμελίωσης

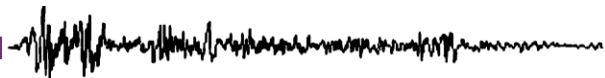
$$0 \leq T < T_1 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2 : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$T_2 < T : \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$$

Κατηγορία εδάφους	A	B	Γ	Δ
T_1	0.10	0.15	0.20	0.20
T_2	0.40	0.60	0.80	1.20

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	<p>Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση</p> <p>Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.</p>
B	<p>Εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη.</p> <p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p>
Γ	<p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.</p>
Δ	<p>Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.</p>
Χ	<p>Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων)</p> <p>Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]).</p> <p>Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.</p> <p>Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπυκνώσεως ή απώλειας αντοχής.</p> <p>Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.</p> <p>Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.</p>



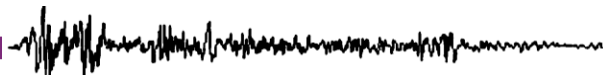
$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$$

γ_I: συντελεστής σπουδαιότητας κτιρίων

Κατηγορία Σπουδαιότητας		γ _I
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1.30



Μέγιστη αναμενόμενη οριζόντια επιτάχυνση

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots$$

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας

I

II

III

α

0.16

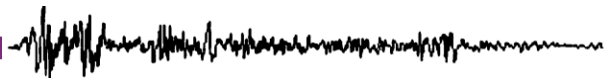
0.24

0.36

α: μέγιστη αναμενόμενη εδαφική επιτάχυνση στην περιοχή της κατασκευής

Μέγιστη οριζόντια εδαφική σεισμική επιτάχυνση:

$$\mathbf{A = \alpha \times g}$$



Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης, διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης για ζ≠5%

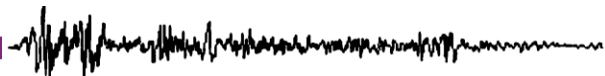
$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \dots\dots\dots$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \cdot \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots$$

- **β₀**: συντελεστής φασματικής ενίσχυσης (=2.50)
- **η** : διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης για ζ≠5%:

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



Συνεισφορά Θεμελίωσης

Κατηγορία εδάφους	θ	
A , B	1	
Γ , Δ	0.9	1α. Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο 1β. Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση. 1γ. Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην κεφαλή
Γ , Δ	0.8	2α. Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια 2β. Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική κοιτόστρωση 2γ. Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)

θ : συντελεστής θεμελίωσης

•βαθιά θεμελίωση

•δύσκαμπτη θεμελίωση



ΜΕΙΩΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ



Πίνακας 2.6: Μέγιστες Τιμές Συντελεστή Συμπεριφοράς q .

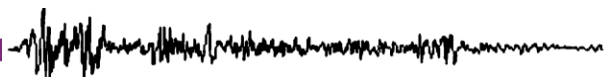
q : συντελεστής συμπεριφοράς κατασκευής

• ικανότητα κατασκευής να απορροφά & να διαχέει ενέργεια με πλαστική συμπεριφορά, **χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή της**

• μείωση σεισμικών επιταχύνσεων λόγω **μετελαστικής συμπεριφοράς** κατασκευής

• **$q=1$** , για ελαστική συμπεριφορά

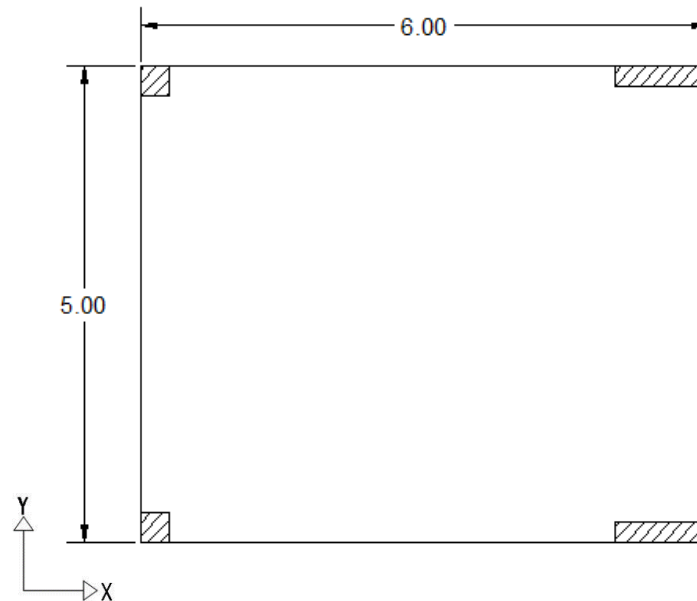
ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3.50
	β. Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν σαν πρόβολοι	3.00
	γ. Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνο-λικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους.	2.00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4.00
	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα *	4.00
	γ. Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα:	
	• διαγώνιοι σύνδεσμοι	3.00
	• σύνδεσμοι τύπου V ή L	1.50
	• σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται*)	1.00
	* Βλέπε Παράρτημα Γ.	
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1.50
	β. Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2.00
	γ. Οπλισμένη (κατακόρυφα και οριζόντια)	2.50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1.00
	β. Δοκοί – Τόξα – Κολλητά πετάσματα	1.50
	γ. Πλαίσια με κοχλιώσεις	2.00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3.00



Δίνεται το **τριώροφο κτίριο** μιας **τυπικής κατοικίας** από Ο/Σ με **ύψος ορόφου 3m** και κάτοψη αυτή που φαίνεται στο σχήμα.

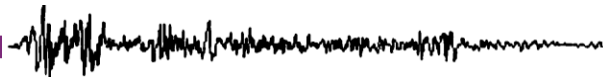
Ζητείται να υπολογιστούν για **σεισμική διέγερση στη χ διεύθυνση** σύμφωνα με το φάσμα σχεδιασμού κατά ΕΑΚ:

1. η **τέμνουσα βάση** και η **καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων**, κάνοντας χρήση της **απλοποιημένης φασματικής μεθόδου**
2. η **ροπή ανατροπής** του κτιρίου, για την καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων



Δεδομένα -Παραδοχές:

- Οι διαστάσεις του σχήματος είναι σε **m**.
- Το **βάρος του κάθε ορόφου** δίνεται ίσο με 500kN.
- Οι διαστάσεις των **υποστυλωμάτων** και **τοιχωμάτων** είναι **(0.30x0.30)m** και **(0.20x1.00)m**, αντίστοιχα.
- Το κτίριο είναι θεμελιωμένο σε **Έδαφος Κατηγορίας Β**.
- Η κατασκευή ανήκει σε ζώνη **σεισμικής επικινδυνότητας II**.
- Η απόσβεση της κατασκευής είναι ίση με $\zeta=5\%$.
- Ο **συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής** είναι ίσος με 3.5.
- Επιτάχυνση της βαρύτητας: $g=9.81\text{m/sec}^2$.





Thank you