

# Βασικές αρχές Ευρωκώδικα 8

Γιάννης Ν. Ψυχάρης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

# Γενικά περί Ευρωκωδίκων

- Κάθε Ευρωκώδικας αποτελείται από δύο τεύχη:
  - Το **Βασικό κείμενο**, ίδιο για όλες τις χώρες (μεταφρασμένο στη γλώσσα της χώρας)
  - Το **Εθνικό Προσάρτημα** που εκδίδει κάθε χώρα και καθορίζει τις παραμέτρους και μεθοδολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν στη χώρα.

Το Εθνικό Προσάρτημα αναφέρεται μόνο σε συγκεκριμένες διατάξεις του βασικού κειμένου, όπου γίνεται σαφής αναφορά ότι οι αντίστοιχες τιμές παραμέτρων ή μέθοδοι υπολογισμού θα οριστούν στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.

# Διάκριση διατάξεων

## Αρχές

- Χαρακτηρίζονται από το γράμμα **P** (Principle) που ακολουθεί τον αριθμό της παραγράφου
- Αφορούν σε γενικές διατυπώσεις, ορισμούς, απαιτήσεις και αναλυτικά προσομοιώματα
- **Δεν υπάρχει εναλλακτική επιλογή** (εκτός εάν ρητά αναφέρεται διαφορετικά)

## Κανόνες εφαρμογής

- Αναγνωρισμένοι κανόνες που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των Αρχών
- **Επιτρέπεται** η χρήση **εναλλακτικών κανόνων σχεδιασμού**, (διαφορετικών από αυτούς που δίνονται στους Ευρωκώδικες), αλλά θα πρέπει να αποδεικνύεται ότι συμφωνούν με τις Αρχές και εξασφαλίζουν ισοδύναμη ασφάλεια, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα με τους Ευρωκώδικες

# Διατάξεις άλλων Ευρωκωδίκων

ΕΚ0: Βάσεις Σχεδιασμού

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας
- Χαρακτηρισμός δράσεων
- Συνδυασμοί δράσεων

ΕΚ1: Δράσεις – Μέρος 1-1: Γενικές δράσεις – Πυκνότητες, ίδιον βάρος, επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια

- Ορισμός τιμών δράσεων

ΕΚ7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός – Μέρος 1: Γενικοί κανόνες

- Αντοχή και φέρουσα ικανότητα εδάφους

# Συνδυασμοί δράσεων (Ευρωκώδικας 0)

Συμβολισμοί

+ = «προς συνδυασμό με ...»

$\Sigma$  = «το συνδυασμένο αποτέλεσμα του ....»

$\xi$  = μειωτικός συντελεστής για δυσμενείς μόνιμες δράσεις

Οριακές καταστάσεις αστοχίας

- Θεμελιώδης συνδυασμός

$$E_d = \Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Για οριακές καταστάσεις **STR** και **GEO**, εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιείται η **λιγότερο ευμενής** από τις σχέσεις:

$$E_d = \Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$E_d = \Sigma \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Σεισμικός συνδυασμός

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

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Κατάταξη εδαφών

- A** Βραχώδη
- B** Αποθέσεις από πολύ πυκνά αμμοχάλικα ή πολύ σκληρές αργίλους μεγάλου πάχους
- C** Αποθέσεις από πυκνά αμμοχάλικα ή σκληρές αργίλους μεγάλου πάχους
- D** Αποθέσεις από χαλαρά έως μέτρια, μη συνεκτικά εδάφη ή μαλακά έως σκληρά συνεκτικά εδάφη
- E** Επιφανειακό αλλουβιακό στρώμα πάχους 5-20m με τιμή  $v_s$  αντίστοιχη των εδαφών C ή D, που υπέρκειται σκληρού εδάφους
- S1** Αποθέσεις που αποτελούνται ή περιλαμβάνουν στρώμα πάχους τουλάχιστον 10 m από μαλακές αργίλους και ιλύες με μεγάλο δείκτη πλαστικότητας ( $PI > 40$ ) και μεγάλο ποσοστό υγρασίας
- S2** Αποθέσεις από εδάφη επικίνδυνα για ρευστοποίηση ή ευαίσθητες αργίλους και εδάφη που δεν υπάγονται στις παραπάνω κατηγορίες

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Κατάταξη εδαφών (συνέχεια)

Η κατάταξη των εδαφών γίνεται με βάση την ταχύτητα διάδοσης των διατμητικών κυμάτων,  $V_{S,30}$ , εάν είναι διαθέσιμη, αλλιώς χρησιμοποιείται η τιμή NSPT.

Η ταχύτητα  $V_{S,30}$  αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα των διατμητικών κυμάτων στα ανώτερα 30m εδάφους και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$h_i$  = πάχος στρώματος (m)

$V_i$  = ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων στρώματος  $i$  (για  $\gamma \leq 10^{-5}$ , δηλαδή για πρακτικά ελαστική συμπεριφορά)

$N$  = πλήθος στρωμάτων στα ανώτερα 30 m εδάφους

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Σεισμικές ζώνες – εδαφική επιτάχυνση

- Έχουν υιοθετηθεί οι τρεις ζώνες του ΕΑΚ2003.
- Σε κάθε σεισμική ζώνη ορίζεται μία τιμή αναφοράς  $a_{gR}$  της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης σε έδαφος **κατηγορίας A**, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή αναφοράς για περίοδο επαναφοράς  $T_{NCR} = 475$  έτη (10% πιθανότητα υπέρβασης σε 50 χρόνια).
- Για διαφορετικές περιόδους επανάληψης ορίζεται συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_I$  και η επιτάχυνση σχεδιασμού για έδαφος A είναι:  $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$

Κατηγορία σπουδαιότητας	I	II	III	IV
$\gamma_I$	0.80	1.00	1.20	1.40

- Για τις τιμές της  $a_{gR}$  έχουν υιοθετηθεί οι τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης του ΕΑΚ2003.



# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

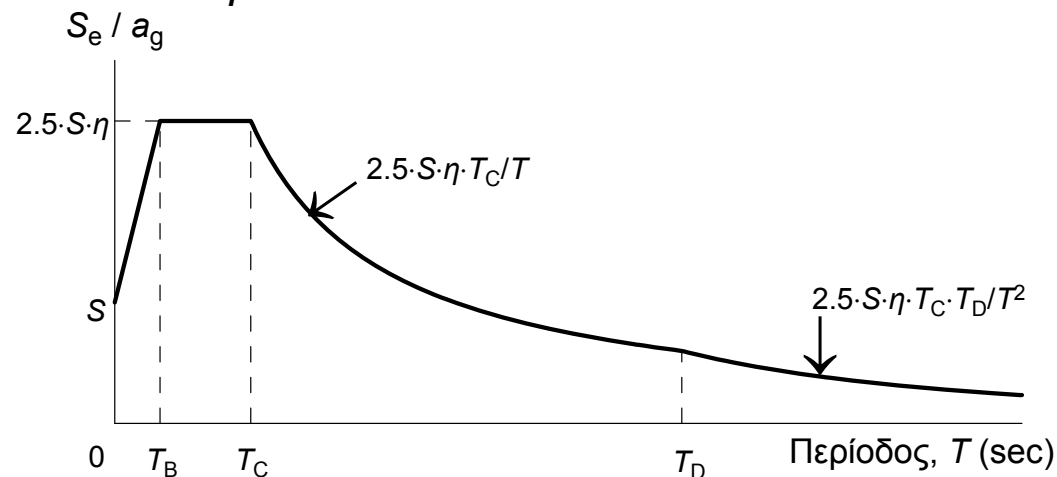
Ελαστικό φάσμα απόκρισης σε οριζόντια διεύθυνση

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

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

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

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



# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

- Συντελεστής εδάφους και χαρακτηριστικές περιόδους

Έδαφος	S	$T_B$ (sec)	$T_C$ (sec)	$T_D$ (sec)
A	1.00	0.15	0.40	2.50
B	1.20	0.15	0.50	2.50
C	1.15	0.20	0.60	2.50
D	1.35	0.20	0.80	2.50
E	1.40	0.15	0.50	2.50

- Συντελεστής απόσβεσης

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Τοπογραφική ενίσχυση

- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για κατασκευές με σπουδαιότητα  $\gamma_I > 1$ .
- Τοπογραφική ενίσχυση συμβαίνει ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κορυφών πρανών και λόφων ύψους μεγαλύτερου των 30m.
- Μπορεί να λαμβάνεται υπόψη μέσω του **συντελεστή μεγέθυνσης  $S_T$** , με τον οποίο πολλαπλασιάζονται οι φασματικές τιμές.

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

Συντελεστής μεγέθυνσης τοπογραφικής ενίσχυσης

A/A	Περιγραφή	Μέση κλίση	$S_T$
1	Μεμονωμένοι λόφοι και πρηνή	$i < 15^\circ$	1.00
		$i > 15^\circ$	$\geq 1.20$
2	“Κορυφογραμμές” με πλάτος στέψης σημαντικά μικρότερο από το πλάτος βάσης	$i < 15^\circ$	1.00
		$15^\circ < i < 30^\circ$	$\geq 1.20$
		$i > 30^\circ$	$\geq 1.40$
3	Περίπτωση 1 και παρουσία χαλαρής επιφανειακής στρώσης	$i < 15^\circ$	1.00
		$i > 15^\circ$	$\geq 1.44$
4	Περίπτωση 2 και παρουσία χαλαρής επιφανειακής στρώσης	$i < 15^\circ$	$\geq 1.00$
		$15^\circ < i < 30^\circ$	$\geq 1.44$
		$i > 30^\circ$	$\geq 1.68$

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

Ελαστικό φάσμα απόκρισης στην κατακόρυφη διεύθυνση

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3.0 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4\text{sec}$$

$a_{vg}/a_g$	$T_B$ (sec)	$T_C$ (sec)	$T_D$ (sec)
0.90	0.05	0.15	1.00

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

Ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού στην οριζόντια διεύθυνση

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

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

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

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

- Οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$ , που δίνονται στα κεφάλαια που αναφέρονται στα διάφορα υλικά, **περιέχουν** και την επιρροή συντελεστή απόσβεσης διάφορου του 5%. Γι' αυτό δεν εμφανίζεται ο συντελεστής απόσβεσης,  $\eta$ .
- Ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  μπορεί να είναι διαφορετικός στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις.
- Η κατηγορία πλαστιμότητας είναι ίδια σε όλες τις διευθύνσεις.

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού στην κατακόρυφη διεύθυνση

- Εφαρμόζονται οι παραπάνω σχέσεις με τις εξής τροποποιήσεις:
  - Χρησιμοποιείται η κατακόρυφη εδαφική επιτάχυνση,  $a_{vg}$ , αντί της  $a_g$
  - Τίθεται  $S=1.0$
  - Οι χαρακτηριστικές περίοδοι λαμβάνονται όπως στο ελαστικό φάσμα για την κατακόρυφη διεύθυνση.
- Λαμβάνεται  $q \leq 1.5$  για όλα τα υλικά και στατικά συστήματα. Μπορεί να ληφθεί  $q > 1.5$  μετά από αιτιολόγηση με κατάλληλη ανάλυση.

# Υπολογισμός σεισμικών δράσεων

## Υπολογισμός μαζών

Λαμβάνονται υπόψη οι μάζες που συνδέονται με όλα τα φορτία βαρύτητας που περιλαμβάνονται στον ακόλουθο συνδυασμό:

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{όπου} \quad \psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i}$$

$\psi_{2i}$  = από Παράρτημα Α1 του ΕΚ0

$\varphi$  = σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα

Κατηγορία κτιρίου	Όροφος	$\varphi$
Α-С	Δώμα	1.0
	Όροφοι με συσχετισμένες χρήσεις	0.8
	Όροφοι με μη-συσχετισμένες χρήσεις	0.5
Д-Ф		1.0

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Ο μειωτικός συντελεστής  $\varphi$  λαμβάνεται υπόψη μόνο στον υπολογισμό των μαζών των κινητών φορτίων και όχι στην επαλληλία των σεισμικών δράσεων με τις μεταβλητές δράσεις, η οποία γίνεται σύμφωνα με τον ΕΚ0, με χρήση ολόκληρου του συντελεστή  $\psi_2$ .



# Επαύξηση εντατικών μεγεθών

## Φαινόμενα δεύτερης τάξης (P-Δ)

Λαμβάνονται ή δεν λαμβάνονται υπόψη ανάλογα με το συντελεστή ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης ορόφου,  $\theta$

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h}$$

- $\theta \leq 0.10$  σε όλους τους ορόφους  
Δεν απαιτείται να ληφθούν υπόψη φαινόμενα δεύτερης τάξης
- $0.10 \leq \theta \leq 0.20$   
Τα φαινόμενα δεύτερης τάξης μπορούν να λαμβάνονται υπόψη προσεγγιστικά με πολλαπλασιασμό των σεισμικών εντατικών μεγεθών και μετακινήσεων με το συντελεστή:  $1/(1-\theta)$
- $0.20 \leq \theta \leq 0.30$   
Τα φαινόμενα δεύτερης τάξης λαμβάνονται υπόψη με ακριβή τρόπο.
- $0.30 \leq \theta$   
Δεν επιτρέπεται

# Επαύξηση εντατικών μεγεθών

## Pilotis

Προσαύξηση της επιρροής της σεισμικής δράσης στα κατακόρυφα στοιχεία των αντίστοιχων ορόφων, σύμφωνα με το μεγεθυντικό συντελεστή,  $\eta$

$$\eta = (1 + \Delta V_{Rw} / \Sigma V_{Ed}) \leq q$$

$\Delta V_{Rw}$  = συνολική μείωση της αντοχής των τοιχοπληρώσεων στον υπόψη όροφο, σε σύγκριση με τον υπερκείμενο όροφο που έχει τοιχοπληρώσεις.

$\Sigma V_{Ed}$  = άθροισμα των τεμνουσών δυνάμεων στα πρωτεύοντα κατακόρυφα στοιχεία του υπόψη ορόφου λόγω σεισμού.

Εάν προκύπτει  $\eta < 1.1$ , δεν απαιτείται προσαύξηση.

# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε κάτοψη

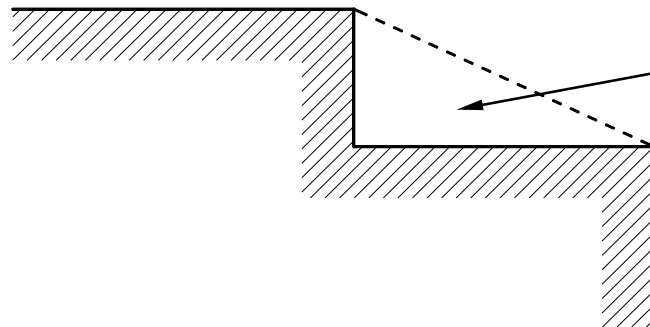
Πρέπει να ικανοποιούνται όλοι οι παρακάτω όροι:

- Κατά προσέγγιση συμμετρικό σε κάτοψη κτίριο, σε σχέση με δύο ορθογώνιους άξονες. Η συμμετρία αφορά:
  - στην αντοχή σε οριζόντια φορτία και
  - στην κατανομή της μάζας
- Αρκετά μεγάλη δυσκαμψία των πλακών των ορόφων μέσα στο επίπεδό τους, (η παραμόρφωση της πλάκας να έχει μικρή επίδραση στη κατανομή των δυνάμεων μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων). Κατόψεις με μορφή L, Π, Η, Ι, και Χ πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά.
- Λυγηρότητα του κτιρίου σε κάτοψη:  $\lambda \leq 4$ , όπου  $\lambda = L_{\max}/L_{\min}$

# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε κάτοψη (συνέχεια)

- Κάθε πλάκα ορόφου πρέπει να οριοθετείται από κυρτή πολυγωνική γραμμή. Εάν υπάρχουν εισέχουσες γωνίες ή εσοχές στην περίμετρο:
  - οι ανωμαλίες αυτές δεν πρέπει να έχουν επιπτώσεις στη δυσκαμψία της πλάκας στο επίπεδό της
  - σε κάθε ανωμαλία, η περιοχή μεταξύ του περιγράμματος της πλάκας και της κυρτής πολυγωνικής γραμμής που περιβάλλει την πλάκα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% της επιφάνειας του ορόφου.



Επιφάνεια εσοχής =  
επιφάνεια μεταξύ  
εξωτερικής γραμμής  
κάτοψης και κυρτής  
πολυγωνικής γραμμής που  
περιβάλλει την κάτοψη

# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε κάτοψη (συνέχεια)

- Σε κάθε επίπεδο και για κάθε διεύθυνση της ανάλυσης  $x$  και  $y$ , η στατική εκκεντρότητα  $e_0$  και η ακτίνα δυστροπείας  $r$  πρέπει να ικανοποιούν τις δύο παρακάτω συνθήκες:

$$e_{0x} \leq 0,30 \cdot r_x \quad (\text{για διεύθυνση ανάλυσης } y - \text{ ανάλογα για } x)$$

$$r_x \geq \ell_s$$

$e_{0x}$  = η απόσταση μεταξύ του κέντρου δυσκαμψίας και του κέντρου μάζας, που μετράται κατά την διεύθυνση  $x$  (κάθετα στην εξεταζόμενη διεύθυνση της ανάλυσης)

$r_x$  = ακτίνα δυστροπείας

$$r_x = \sqrt{\frac{\text{στροφική δυσκαμψία}}{\text{μεταφορική δυσκαμψία στη διεύθυνση } y}}$$

$\ell_s$  = ακτίνα αδρανείας της μάζας της πλάκας ορόφου

$$\ell_s = \sqrt{\frac{\text{πολική ροπή αδράνειας πλάκας ως προς το κέντρο μάζας}}{\text{μάζα ορόφου}}}$$

# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε ύψη

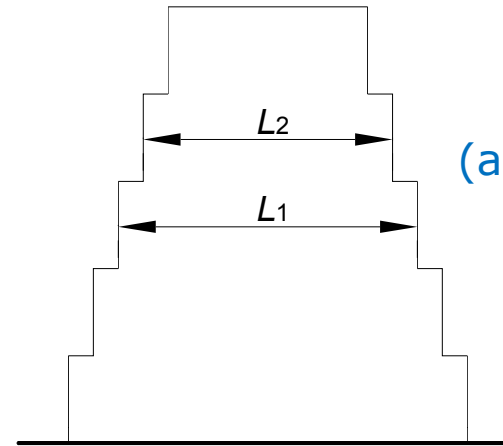
Πρέπει να ικανοποιούνται όλοι οι παρακάτω όροι:

- Όλα τα συστήματα ανάληψης οριζοντίων φορτίων, όπως πυρήνες, φέροντα τοιχώματα ή πλαίσια, πρέπει να είναι συνεχή χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτιρίου, ή, εάν υπάρχουν ζώνες εσοχών με διαφορετικά ύψη, έως την άνω επιφάνεια της σχετικής ζώνης του κτιρίου.
- Η μεταφορική δυσκαμψία και η μάζα των επιμέρους ορόφων θα παραμένουν σταθερές ή θα μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες αλλαγές.
- Σε κτίρια με **πλαισιωτό σύστημα**, ο λόγος της πραγματικής αντοχής ορόφων προς την αντοχή που απαιτείται από την ανάλυση δεν πρέπει να διαφέρει δυσανάλογα μεταξύ συνεχόμενων ορόφων (κτίρια με pilotis δεν ικανοποιούν αυτή τη συνθήκη).

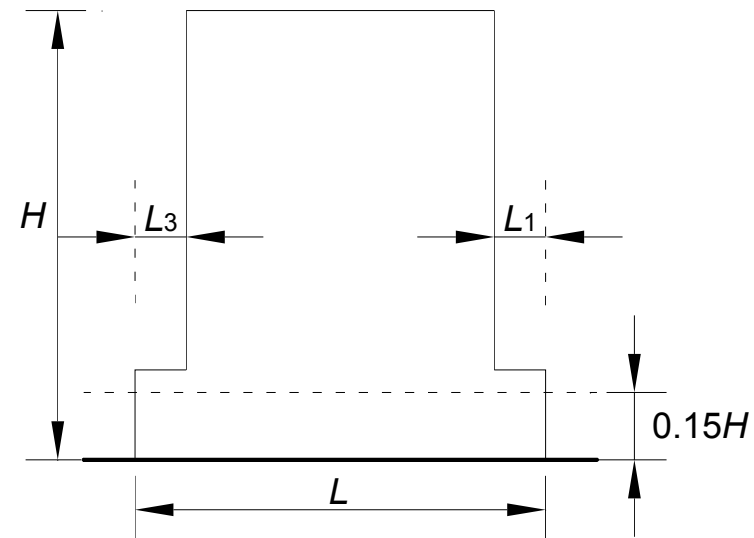
# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε όψη (συνέχεια)

- Για βαθμιδωτές εσοχές που διατηρούν την αξονική συμμετρία του φορέα, η εσοχή σε οποιονδήποτε όροφο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 20% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη στη διεύθυνση της εσοχής (Σχ. a, b).



$$(a) L_1 - L_2 \leq 0.20 L_1$$

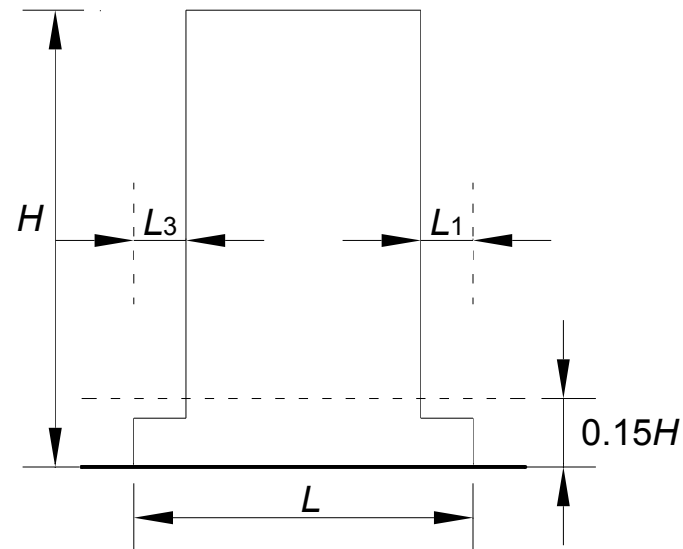


$$(b) L_3 + L_1 \leq 0.20 L$$

# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε όψη (συνέχεια)

- Για μια μεμονωμένη εσοχή μέσα σε ύψος  $<15\%$  του συνολικού ύψους του κύριου στατικού συστήματος, η εσοχή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το  $50\%$  της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη (Σχ. c).



$$(c) L_3 + L_1 \leq 0.50 L$$

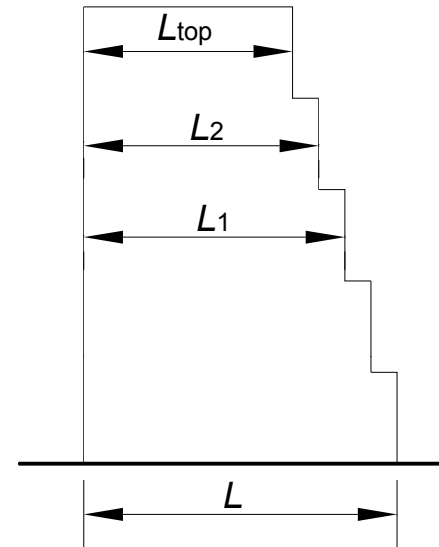
Σε τέτοια περίπτωση, το κάτω μέρος του φορέα που περιλαμβάνεται μέσα στην κατακόρυφη προβολή της περιμέτρου των ανώτερων ορόφων πρέπει να μελετηθεί ώστε να αναλαμβάνει τουλάχιστον  $75\%$  των οριζόντιων τεμνουσών δυνάμεων που θα αναπτύσσονταν στην ίδια ζώνη σε παρόμοιο κτίριο χωρίς τη διεύρυνση του κάτω μέρους.



# Κανονικότητα κτιρίων

## Κανονικότητα σε όψη (συνέχεια)

- Εάν οι εσοχές δεν διατηρούν τη συμμετρία του φορέα, το άθροισμα των εσοχών όλων των ορόφων σε κάθε όψη δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 30% της διάστασης της κάτοψης στο ισόγειο επάνω από την θεμελίωση ή επάνω από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου, και κάθε επιμέρους εσοχή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 10% της προηγούμενης διάστασης κάτοψης (Σχ. d).



(d)  $L - L_2 \leq 0.30 L$  και  
 $L_1 - L_2 \leq 0.10 L_1$

# Κατάταξη κτιρίων Ω.Σ.

Χαρακτηρισμός	Επεξήγηση
Τοιχωματικό σύστημα	Στατικό σύστημα με συζευγμένα ή ασύζευκτα τοιχώματα, των οποίων η συνολική διατμητική αντοχή στη βάση είναι $\geq 65\%$ της συνολικής διατμητικής αντοχής του κτιρίου στη βάση.
Πλαισιωτό σύστημα	Στατικό σύστημα με χωρικά πλαίσια, των οποίων η συνολική διατμητική αντοχή στη βάση είναι $\geq 65\%$ της συνολικής διατμητικής αντοχής του κτιρίου στη βάση.
Διπλό σύστημα (γενικά)	Τα κατακόρυφα φορτία παραλαμβάνονται κυρίως από τα πλαίσια και τα οριζόντια εν μέρει από πλαίσια και εν μέρει από τοιχώματα.
Διπλό σύστημα που συμπεριφέρεται ως πλαισιωτό	Διπλό στατικό σύστημα, στο οποίο τα πλαίσια έχουν συνολική διατμητική αντοχή στη βάση $\geq 50\%$ της συνολικής διατμητικής αντοχής του κτιρίου στη βάση.
Διπλό σύστημα που συμπεριφέρεται ως τοιχωματικό	Διπλό στατικό σύστημα, στο οποίο τα τοιχώματα έχουν συνολική διατμητική αντοχή στη βάση $\geq 50\%$ της συνολικής διατμητικής αντοχής του κτιρίου στη βάση.

# Κατάταξη κτιρίων Ω.Σ.

Χαρακτηρισμός	Επεξήγηση
Σύστημα με μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα	Τοιχωματικό σύστημα με τις παρακάτω πρόσθετες προϋποθέσεις: i. Τουλάχιστον δύο μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα στην υπόψη διεύθυνση, τα οποία παραλαμβάνουν τουλάχιστον το 20% των φορτίων βαρύτητας του σεισμικού συνδυασμού. ii. Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος στην υπόψη διεύθυνση $\leq 0.5$ sec (με θεώρηση πάκτωσης στη βάση).
Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα	Διπλό ή τοιχωματικό σύστημα χωρίς την ελάχιστη στρεπτική δυσκαμψία έστω και σε μία οριζόντια διεύθυνση, δηλ. δεν ικανοποιείται η σχέση: $r_x \geq \ell_s$ ή $r_y \geq \ell_s$ .
Σύστημα ανεστραμένου εκκρεμούς	Σύστημα στο οποίο μάζα μεγαλύτερη από το 50% της συνολικής είναι συγκεντρωμένη στο ανώτερο 1/3 του ύψους. Δεν υπάγονται σε αυτή την κατηγορία μονώροφα με $v_d \leq 0.3$ σε όλα τα υποστυλώματα.

# Κατηγορίες πλαστιμότητας

Τα κτίρια από Ω.Σ. κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες πλαστιμότητας ανάλογα με την ικανότητα απόδοσης ενέργειας μέσω υστερητικής συμπεριφοράς που διαθέτουν:

- **ΚΠΜ** (Κατηγορία Πλαστιμότητας Μεσαία)
- **ΚΠΥ** (Κατηγορία Πλαστιμότητας Υψηλή)

Στην Ελλάδα **δεν επιτρέπεται** η κατασκευή κτιρίων **κατηγορίας πλαστιμότητας X** (χαμηλή πλαστιμότητα), τα οποία δεν διαθέτουν ικανότητα πλάστιμης συμπεριφοράς και διαστασιολογούνται μόνον σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ2.

Η αυξημένη πλαστιμότητα που διαθέτουν τα κτίρια που σχεδιάζονται για ΚΠΥ (διαστασιολογούνται για μεγαλύτερο  $q$ ), έναντι αυτών που σχεδιάζονται για ΚΠΜ, εξασφαλίζεται από το γεγονός ότι, σε αυτή την περίπτωση, εφαρμόζονται περισσότεροι και αυστηρότεροι έλεγχοι και διατάξεις.

# Συντελεστής συμπεριφοράς

Κτίρια από Ω.Σ.

Γενικώς:  $q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$

- $k_w = 1$

για πλαισιωτά συστήματα ή συστήματα που συμπεριφέρονται ως πλαισιωτά.

- $0.5 \leq k_w \leq 1.0$

για τοιχωματικά συστήματα ή συστήματα που συμπεριφέρονται ως τοιχωματικά και για στρεπτικά εύκαμπτα συστήματα. Η τιμή του  $k_w$  εξαρτάται από το λόγο *ύψους/μήκος* των τοιχωμάτων που αποτελεί μέτρο της προέχουσας μορφής αστοχίας.

- $q_0 =$  βασικός συντελεστής συμπεριφοράς.

# Συντελεστής συμπεριφοράς

- Τιμές  $q_0$  για συστήματα με κατακόρυφη κανονικότητα

Στατικός τύπος	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πλαισιωτά – Διπλά συστήματα – Συστήματα με συζευγμένα τοιχώματα	$3.0\alpha_u/\alpha_1$	$4.5\alpha_u/\alpha_1$
Συστήματα με ασύζευκτα τοιχώματα	3.0	$4.0\alpha_u/\alpha_1$
Στρεπτικά εύκαμπτα συστήματα	2.0	3.0
Ανεστραμένα εκκερεμή	1.5	2.0

- Για συστήματα χωρίς κατακόρυφη κανονικότητα, οι τιμές του  $q_0$  μειώνονται κατά 20%
- Συστήματα με μεγάλα, ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα: μόνο ΚΠΜ.

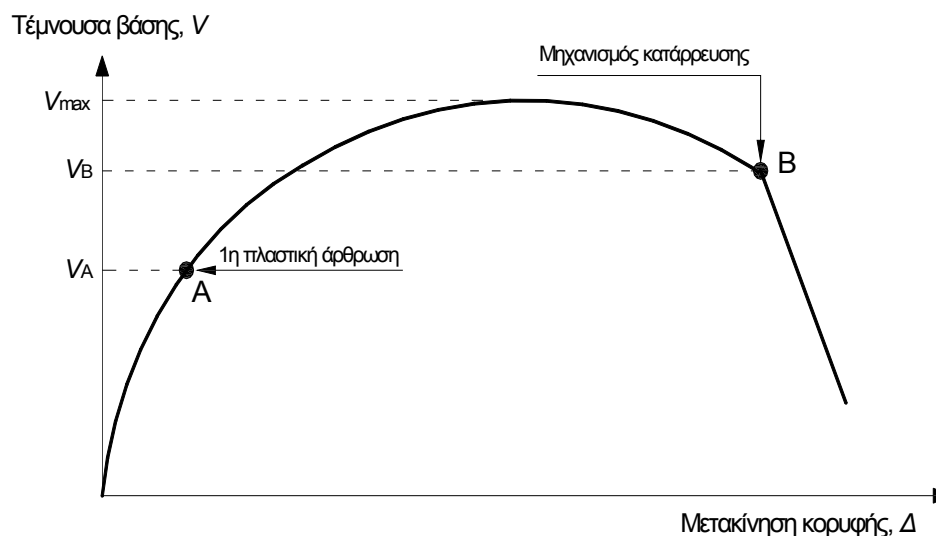
# Συντελεστής συμπεριφοράς

- Ο λόγος  $a_u / a_1$  δηλώνει την αντοχή πέραν της 1ης διαρροής:

$a_1$  = ο απαιτούμενος συντελεστής επαύξησης των σεισμικών φορτίων για τη δημιουργία της 1ης πλαστικής άρθρωσης οπουδήποτε στην κατασκευή.

$a_u$  = ο απαιτούμενος συντελεστής επαύξησης των σεισμικών φορτίων για τη δημιουργία αρκετών πλαστικών αρθρώσεων ώστε να προκληθεί μηχανισμός κατάρρευσης.

Στον ΕΚ8 προτείνονται τιμές για το λόγο  $a_u / a_1$  ανάλογα με το στατικό σύστημα, που κυμαίνονται από **1.1 έως 1.3**. Επιτρέπονται μεγαλύτερες τιμές εάν αποδεικνύονται με χωρική **ανάλυση pushover**, με μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή **1.5**.



# Συντελεστής συμπεριφοράς

Συντελεστής συμπεριφοράς για πλαισιωτά συστήματα

Τύπος κατασκευής	ΚΠΜ (DCM)				ΚΠΥ (DCH)			
	Με οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Μόνο οριζόντια κανονικότητα	Μόνο κατακόρ. κανονικότητα	Χωρίς οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Με οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Μόνο οριζόντια κανονικότητα	Μόνο κατακόρ. κανονικότητα	Χωρίς οριζόν. & κατακ. κανονικότητα
<b>A</b>	3.30	2.64	3.15	2.52	4.95	3.96	4.20	3.36
<b>B</b>	3.60	2.88	3.30	2.64	5.40	4.32	4.95	3.96
<b>Γ</b>	3.90	3.12	3.45	2.76	5.85	4.68	5.17	4.14

**A** = Μονώροφα κτίρια

**B** = Πολυώροφα κτίρια με πλαίσια ενός ανοίγματος

**Γ** = Πολυώροφα κτίρια με πλαίσια ή διπλά συστήματα που συμπεριφέρονται ως πλαισιωτά πολλών ανοιγμάτων



# Συντελεστής συμπεριφοράς

Συντελεστής συμπεριφοράς για τοιχωματικά συστήματα ( $k_w=1$ )

Τύπος κατασκευής	ΚΠΜ (DCM)				ΚΠΥ (DCH)			
	Με οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Μόνο οριζόντια κανονικότητα	Μόνο κατακόρ. κανονικότητα	Χωρίς οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Με οριζόν. & κατακ. κανονικότητα	Μόνο οριζόντια κανονικότητα	Μόνο κατακόρ. κανονικότητα	Χωρίς οριζόν. & κατακ. κανονικότητα
<b>A</b>	3.00	2.40	3.00	2.40	4.00	3.20	4.00	3.20
<b>B</b>	3.00	2.40	3.00	2.40	4.40	3.52	4.20	3.36
<b>Γ</b>	3.60	2.88	3.30	2.64	5.40	4.32	4.95	3.96

A = τοιχωματικά συστήματα με μόνο δύο ασύζευκτα τοιχώματα ανά διεύθυνση

B = λοιπά τοιχωματικά συστήματα με ασύζευκτα τοιχώματα

Γ = διπλά συστήματα ισοσδύναμα με τοιχωματικά και συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων

# Στρεπτικά εύκαμπτα συστήματα

## Ορισμός

Πλαισιωτά συστήματα, συστήματα τοιχωμάτων και διπλά συστήματα χαρακτηρίζονται ως **στρεπτικά εύκαμπτα** εάν δεν διαθέτουν την ελάχιστη στρεπτική δυσκαμψία, δηλαδή **δεν ικανοποιούνται** οι σχέσεις:

$$r_x \geq \ell_s \quad \text{Ίδιες σχέσεις με έλεγχο}$$
$$r_y \geq \ell_s \quad \text{οριζόντιας κανονικότητας}$$

$r_x, r_y$  = ακτίνες δυσστρεψίας στις διευθύνσεις  $x$  και  $y$

$\ell_s$  = ακτίνα αδρανείας

- Για τον υπολογισμό της ακτίνας δυσστρεψίας, απαιτείται ο υπολογισμός του κέντρου δυσκαμψίας των ορόφων
- Για πολυώροφα κτίρια, δεν υπάρχει σαφής τρόπος υπολογισμού του κέντρου δυσκαμψίας. Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σημείο  $P_0$  κάθε ορόφου, που αντιστοιχεί στον ελαστικό άξονα.

# Δοκοί Ω.Σ.

## Γεωμετρικοί περιορισμοί

- Μέγιστη εκκεντρότητα (απόσταση μεταξύ άξονα δοκού και άξονα υποστύλωματος)

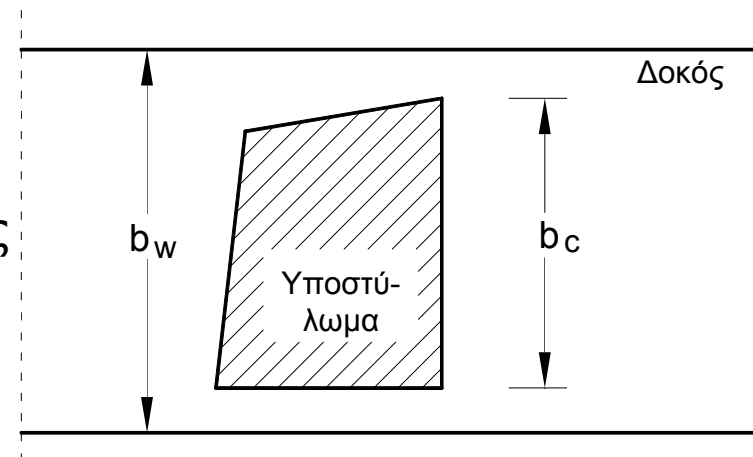
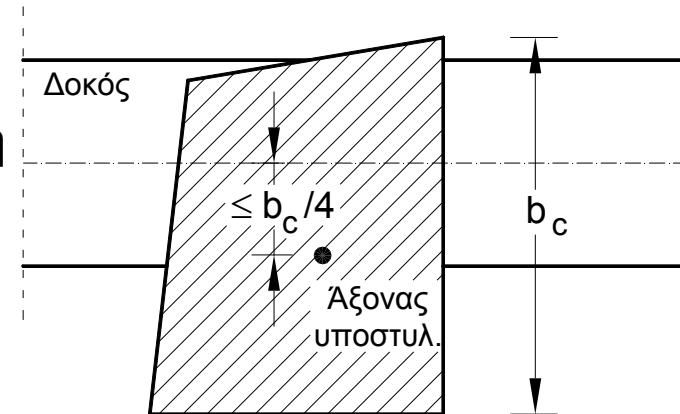
$$\leq b_c / 4$$

- Μέγιστο πλάτος

$$b_w \leq \min \begin{cases} b_c + h_w \\ 2b_c \end{cases}$$

$b_c$  = μέγιστη διάσταση διατομής υποστύλωματος κάθετα στον άξονα της δοκού

$h_w$  = ύψος δοκού



# Δοκοί Ω.Σ.

## Γεωμετρικοί περιορισμοί (συνέχεια)

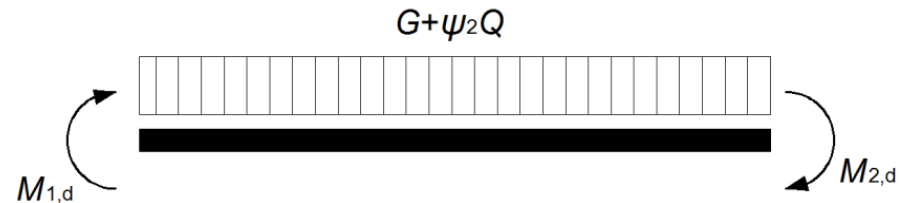
- Ειδικά για δοκούς που φέρουν φυτευτά υποστυλώματα:
  - Καμμία εκκεντρότητα μεταξύ άξονα δοκού και άξονα υποστυλώματος
  - Η δοκός πρέπει να στηρίζεται σε τουλάχιστον δύο άμεσες στηρίξεις (υποστυλώματα ή τοιχώματα)
  - Δεν επιτρέπονται φυτευτά τοιχώματα
- Πρόσθετες διατάξεις μόνο για ΚΠΥ
  - Ελάχιστο πλάτος:  $b_w \geq 200 \text{ mm}$
  - $h_w / b_w \leq 3.5$   
(οδηγεί σε μέγιστο ύψος δοκού:  $\max h_w = 0.875 \text{ m}$  για  $b_w = 0.25 \text{ m}$ )
  - $\frac{\ell_{0t}}{b_w} \leq \frac{70}{(h_w / b_w)^{1/3}}$   
 $\ell_{0t}$  = απόσταση μεταξύ στρεπτικών στηρίξεων

# Διαστασιολόγηση δοκών Ω.Σ.

## Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

Η διαστασιολόγηση γίνεται για την ικανοτική τέμνουσα σχεδιασμού,  $V_{Ed}$ , που υπολογίζεται από την ισορροπία των μέγιστων ροπών που μπορούν να αναπτυχθούν στα άκρα της δοκού,  $M_{1,d}$  και  $M_{2,d}$ , και των φορτίων που αντιστοιχούν στο σεισμικό συνδυασμό

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** : Στον υπολογισμό των ροπών αντοχής των δοκών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο οπλισμός της πλάκας που βρίσκεται μέσα στο συνεργαζόμενο πλάτος  $b_{eff}$  εφόσον επεκτείνεται πέραν των παρειών του υποστυλώματος σε μήκος μεγαλύτερο του μήκους αγκύρωσης



Για άμεση στήριξη στο άκρον  $i$

□ εάν  $\sum M_{Rb} > \sum M_{Rc}$ :  $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}$

□ εάν  $\sum M_{Rb} < \sum M_{Rc}$ :  $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i}$

( $\gamma_{Rd}=1.0$  για ΚΠΜ,  $\gamma_{Rd}=1.2$  για ΚΠΥ)

Για έμμεση στήριξη στο άκρον  $i$   
(στήριξη επί δοκού):  $M_{i,d} = M_{Ed,i}$

## Υποστυλώματα Ω.Σ.

Ανηγμένη αξονική

- ΚΠΜ:  $v_d \leq 0.65$
- ΚΠΥ:  $v_d \leq 0.55$

Ικανοτικός σχεδιασμός κόμβων

$$\sum M_{Rc} \geq 1.3 \cdot \sum M_{Rb}$$

- Δεν απαιτείται έλεγχος στον ανώτερο όροφο πολυορόφων κτιρίων.
- Σε επίπεδα πλαίσια με τουλάχιστον 4 υποστυλώματα της ίδιας περίπου διατομής, η παραπάνω σχέση δεν χρειάζεται να ικανοποιείται σε όλα τα υποστυλώματα, αλλά αρκεί να ικανοποιείται σε 3 κάθε 4 υποστυλώματα.
- Σε δώροφα κτίρια, η παραπάνω σχέση, εκτός από τον ανώτερο όροφο, δεν χρειάζεται να ικανοποιείται ούτε στον κατώτερο όροφο εάν  $v_d \leq 0.3$ .

# Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων Ω.Σ.

## Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

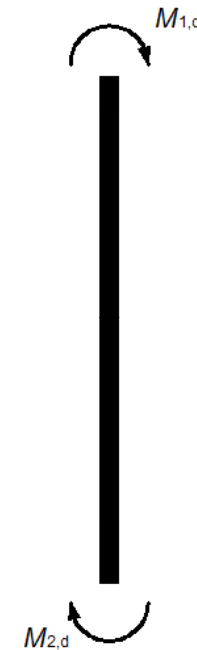
- Η διαστασιολόγηση γίνεται για την ικανοτική τέμνουσα σχεδιασμού,  $V_{Ed}$ , που υπολογίζεται από την ισορροπία των ροπών στα άκρα του υποστυλώματος,  $M_{1,d}$  και  $M_{2,d}$ , που αντιστοιχούν στο σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων

- εάν  $\sum M_{Rb} < \sum M_{Rc}$ :  $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}}$

- εάν  $\sum M_{Rb} > \sum M_{Rc}$ :  $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i}$

$\gamma_{Rd} = 1.1$  για ΚΠΜ,  $\gamma_{Rd} = 1.3$  για ΚΠΥ

- $V_{Ed} = \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{\ell_{cl}}$



# Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων Ω.Σ.

## Διαστασιολόγηση σε διάτμηση (συνέχεια)

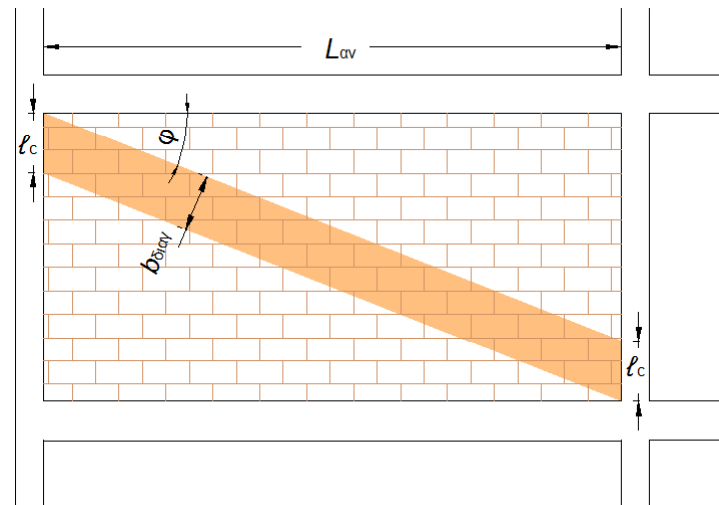
- Για τοίχο πλήρωσης στη μία πλευρά του υποστυλώματος, το μήκος  $\ell_c$  του υποστυλώματος διαστασιολογείται σε διάτμηση με δύναμη:

$$V_{Ed} = \min \begin{cases} f_{vk} \cdot L_{av} \cdot t_w \\ 2 \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{RC,i} / \ell_c \end{cases}$$

- Το μήκος  $\ell_c$  ισούται με την κατακόρυφη προβολή του πλάτους της διαγωνίου:

$$\ell_c = 0.15 \cdot L_{av} / \cos 2\varphi$$

- $M_{RC,i}$  είναι η υπολογιστική ροπή αντοχής στο αντίστοιχο άκρο του υποστυλώματος
- $\gamma_{Rd} = 1.1$  για ΚΠΜ και  $\gamma_{Rd} = 1.3$  για ΚΠΥ





# Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων από Ω.Σ.

## Έλεγχος ακεραιότητας κόμβου (μόνο για ΚΠΥ)

- Οριζόντια **διατμητική δύναμη**  
(διατμητική δύναμη που ενεργεί στον πυρήνα του κόμβου)

- Εσωτερικοί κόμβοι

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} - V_C$$

- Εξωτερικοί κόμβοι

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} - V_C$$

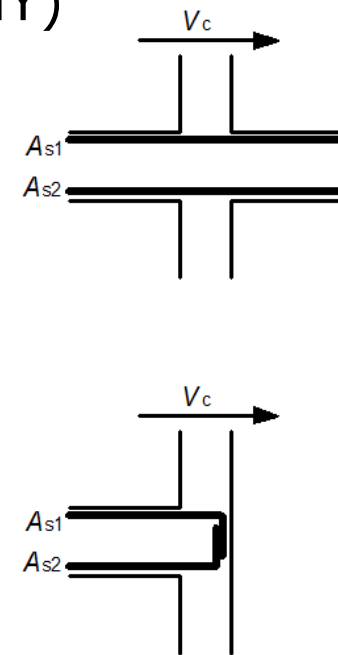
όπου:

$$\gamma_{Rd} \geq 1.2$$

$A_{s1}$  =άνω οπλισμός δοκού στη μία πλευρά του υποστυλώματος

$A_{s2}$  =κάτω οπλισμός δοκού στην απέναντι πλευράς του υποστ/τος

$V_C$  =διατμητική δύναμη του άνω υποστυλώματος για το δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό



# Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων από Ω.Σ.

## Έλεγχος ακεραιότητας κόμβου (συνέχεια)

### ■ Αντοχή σε διαγώνια θλίψη

#### □ Εσωτερικοί κόμβοι

$$V_{jhd} \leq \eta \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{1 - \frac{V_d}{\eta} \cdot b_j \cdot h_{jc}}$$

#### □ Εξωτερικοί κόμβοι

$$V_{jhd} \leq 0.80 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{1 - \frac{V_d}{\eta} \cdot b_j \cdot h_{jc}}$$

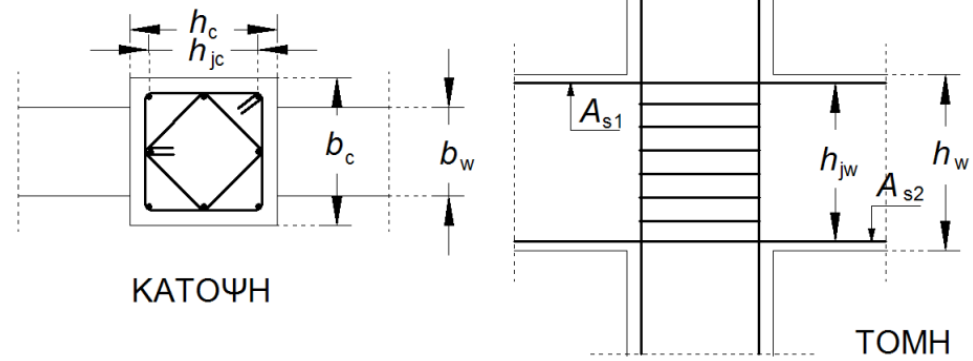
όπου:

$b_j$  = ενεργό πλάτος

$\eta = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$  ( $f_{ck}$  σε MPa)

$h_{jc}$  = απόσταση μεταξύ ακραίων οπλισμών υποστυλώματος

$v_d$  = ανηγμένη αξονική του άνω υποστυλώματος



# Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων από Ω.Σ.

## Έλεγχος ακεραιότητας κόμβου (συνέχεια)

### ■ Αντοχή σε διαγώνιο εφελκυσμό

Χρησιμοποιούνται οριζόντιοι συνδετήρες που μπορούν να υπολογιστούν με δύο τρόπους (οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα):

- A: η μέγιστη διαγώνια εφελκυστική τάση να είναι μικρότερη από την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος:

$$\frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_j \cdot h_{jw}} \geq \frac{\left( \frac{V_{jhd}}{b_j \cdot h_{jc}} \right)^2}{f_{ctd} + v_d f_{cd}} f_{ctd}$$

- B: οι οριζόντιοι συνδετήρες να εξασφαλίζουν την ακεραιότητα του κόμβου μετά τη διαγώνια ρηγμάτωση:
  - Εσωτερικοί κόμβοι:  $A_{sh} \cdot f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0.8v_d)$
  - Εξωτερικοί κόμβοι:  $A_{sh} \cdot f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0.8v_d)$

# Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων από Ω.Σ.

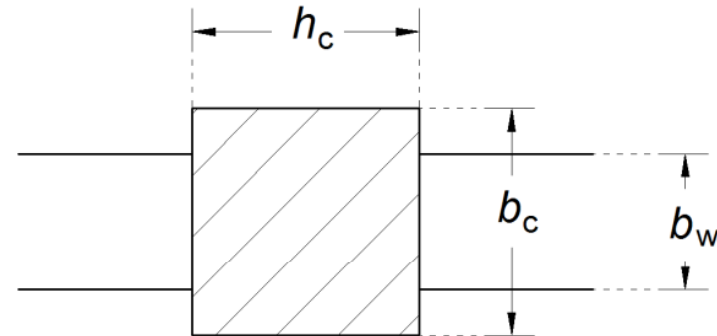
Μέγιστη διάμετρος οπλισμού δοκών,  $d_{bL}$

- Εσωτερικοί κόμβοι

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7.5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1+0.8 \cdot v_d}{1+0.75 \cdot k_D \cdot \rho' / \rho_{max}}$$

- Εξωτερικοί κόμβοι

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7.5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1+0.8 \cdot v_d)$$



# Τοιχώματα από Ω.Σ.

## Ορισμοί

- **Τοίχωμα (wall)** = κατακόρυφο φέρον στοιχείο με επιμήκη διατομή με λόγο  $l_w/b_w \geq 4.00$ .
- **Πλάστιμο τοίχωμα (ductile wall)** = τοίχωμα πακτωμένο στη βάση του που σχεδιάζεται και διαστασιοποιείται να απορροφά ενέργεια μέσω σχηματισμού πλαστικής άρθρωσης σε μία ζώνη ακριβώς πάνω από τη βάση του.
- **Συζευγμένο τοίχωμα (coupled wall)** = σύστημα δύο ή περισσότερων τοιχωμάτων που συνδέονται μεταξύ τους σε περίπου τυπικές αποστάσεις με πλάστιμες δοκούς (δοκοί σύζευξης), με αποτέλεσμα το άθροισμα των ροπών κάμψης των επιμέρους τοιχωμάτων στη βάση να είναι τουλάχιστον 25% μικρότερο από αυτό που θα αντιστοιχούσε στις ροπές των ανεξάρτητων τοιχωμάτων χωρίς τη σύνδεση με τις δοκούς.

# Τοιχώματα από Ω.Σ.

## Ακραία στοιχεία

Περισφιγμένες περιοχές στα άκρα της διατομής

### ■ ΚΠΜ

- Απαιτούνται μόνο στο ύψος της κρίσιμης περιοχής.
- Στο υπόλοιπο ύψος των τοιχωμάτων ισχύουν οι γενικοί κανόνες για τον κατακόρυφο, τον οριζόντιο και τον εγκάρσιο οπλισμό του ΕΚ2.

### ■ ΚΠΥ

- Απαιτούνται στο ύψος της κρίσιμης περιοχής και στο ύψος ενός ακόμη ορόφου πάνω από την κρίσιμη περιοχή, όπου όμως μειώνεται ο οπλισμός περίσφιγξης στο  $\frac{1}{2}$  αυτού που αντιστοιχεί στην κρίσιμη περιοχή

# Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

Ορισμός - συμπεριφορά

- οριζόντια διάσταση διατομής:  $l_w \geq \min \{4.00\text{m}, (2/3) \cdot h_w\}$   
( $h_w$ =ύψος τοιχώματος)
- είναι λογικό να εμφανίσουν περιορισμένες ρωγμές και ανελαστική συμπεριφορά για το σεισμικό συνδυασμό σε οποιαδήποτε θέση
- δεν μπορούν να πακτωθούν στη βάση τους και δεν μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να εμφανίσουν πλαστική άρθρωση σε αυτή τη θέση
- δεν οπλίζονται όπως τα πλάστιμα τοιχώματα, αλλά διαστασιολογούνται σύμφωνα με ειδικούς ελέγχους

# Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

## Απαιτήσεις

- Ο χαρακτηρισμός μιας κατασκευής ως σύστημα με μεγάλα ελαφρά ολισμένα τοιχώματα γίνεται χωριστά για κάθε διεύθυνση
- Σε αυτή τη διεύθυνση, η κατασκευή υπάγεται στην κατηγορία: τοιχωματικό σύστημα
- Σε αυτή τη διεύθυνση, η κατασκευή πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον δύο μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα
- Για το σεισμικό συνδυασμό, αθροιστικά τα δύο τοιχώματα πρέπει να παραλαμβάνουν αξονικό φορτίο μεγαλύτερο από το 20% του συνολικού υπερκείμενου κατακόρυφου φορτίου
- Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος στη διεύθυνση που εξετάζεται, με θεώρηση πάκτωσης στη βάση, πρέπει να είναι:  $T_1 \leq 0.5 \text{ sec}$



# Δευτερεύοντα σεισμικά μέλη

## Ορισμός

- Παραλαμβάνουν κατακόρυφα φορτία
- Δεν συμμετέχουν στην παραλαβή των σεισμικών φορτίων (η δυσκαμψία τους δεν λαμβάνεται υπόψη στις σεισμικές επιλύσεις)
- Η συνολική δυσκαμψία των δευτερευόντων μελών δεν μπορεί να υπερβαίνει το 15% της δυσκαμψίας των πρωτευόντων μελών
- Δεν πρέπει να συγχέονται με τα μή-φέροντα στοιχεία, τα οποία δεν παραλαμβάνουν ούτε σεισμικά ούτε κατακόρυφα φορτία

## Ικανοτικός έλεγχος κόμβων

- Οι δοκοί που έχουν χαρακτηριστεί ως δευτερεύουσες συμμετέχουν κανονικά στον ικανοτικό έλεγχο των κόμβων, στους οποίους συντρέχουν

# Δευτερεύοντα σεισμικά μέλη

## Διαστασιολόγηση

- Στα δευτερεύοντα σεισμικά μέλη **δεν εφαρμόζονται** οι έλεγχοι που ορίζονται στον ΕΚ8 για τα πρωτεύοντα σεισμικά μέλη (κεφ. 5 έως 9 ανάλογα με το υλικό κατασκευής)
- Τα δευτερεύοντα στοιχεία πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή (τα ίδια και οι συνδέσεις τους), ώστε να μπορούν να παραλάβουν τα κατακόρυφα φορτία όταν η κατασκευή μετακινείται σύμφωνα με το δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό. Σε αυτούς τους ελέγχους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και φαινόμενα δεύτερης τάξης (P-Δ).

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

*Η διαστασιολόγηση των δευτερευόντων στοιχείων πρακτικά γίνεται για ελαστική συμπεριφορά στη μέγιστη μετακίνηση, γι' αυτό, αν και δεν εφαρμόζονται οι ειδικοί έλεγχοι των πρωτευόντων μελών, είναι πιθανόν να είναι αδύνατη η διαστασιολόγησή τους σε πολλές περιπτώσεις.*

# Θεμελίωση

## Διατάξεις

- Βασικές αρχές σχεδιασμού:  
ΕΚ8 - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια (παρ. 4.4.2.6 Κεφ. 4 και παρ. 5.8 Κεφ. 5).
- Πρόσθετες διατάξεις που αφορούν τη θεμελίωση:  
ΕΚ8 - Μέρος 5: Θεμελιώσεις – Αντιστηρίξεις – Γεωτεχνικά θέματα (κυρίως στο Κεφ. 5).
- Θέματα που αφορούν την αντοχή του εδάφους: ΕΚ7.

# Θεμελίωση

## Αρχές σχεδιασμού

- Εάν γίνεται ικανοτικός σχεδιασμός, τα στοιχεία της θεμελίωσης αναμένεται να συμπεριφερθούν ελαστικά.
- Εάν δεν γίνεται ικανοτικός σχεδιασμός, εφαρμόζονται όλες οι διατάξεις που ισχύουν και για τα στοιχεία της ανωδομής για την αντίστοιχη κατηγορία πλαστιμότητας.
- Ειδική περίπτωση: **υπόγεια μορφής κιβωτίου:**
  - Η πλάκα σκυροδέματος δρα ως άκαμπτο διάφραγμα στη στάθμη οροφής του υπογείου
  - Θεμελίωση με πλάκα θεμελίωσης ή εσχάρα συνδετήριων δοκών ή πεδιλοδοκών
  - Στο υπόγειο υπάρχουν περιφερειακά ή/και εσωτερικά τοιχώματα

# Θεμελίωση

## Υπόγεια μορφής κιβωτίου

- Ως επίπεδο θεμελίωσης θεωρείται η οροφή υπογείου.
- Τα **υποστυλώματα** και οι **δοκοί** εντός του υπογείου (περιλαμβανομένων και αυτών της οροφής του υπογείου) αναμένεται να παραμείνουν ελαστικά για το σεισμικό συνδυασμό  $\Rightarrow$  διαστασιολογούνται σύμφωνα με τον ΕΚ2.
- Τα **τοιχώματα** ελέγχονται για ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στη στάθμη οροφής υπογείου:
  - Η κρίσιμη περιοχή επεκτείνεται και κάτω από την πλάκα οροφής υπογείου έως βάθος  $h_{cr}$ .
  - Ικανοτικός σχεδιασμός σε διάτμηση για την καμπτική υπεραντοχή στη στάθμη οροφής υπογείου και μηδενική ροπή στη θεμελίωση.