

# Παρουσίαση Ευρωκώδικα 2

## Εφαρμογή στο FESPA

---

**Χάρης Μουζάκης**  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

# Εισαγωγή

---

Ο Ευρωκώδικας 2 περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

Μέρος 1.1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια

Μέρος 1.2: Σχεδιασμός για πυρασφάλεια

Μέρος 2: Γέφυρες από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα

Μέρος 3: Υδατοδεξαμενές και κατασκευές υπό υδατοφόρτιση

# Κεφάλαια του μέρους 1.1

---

**Κεφάλαιο 1:** Εισαγωγή

**Κεφάλαιο 2:** Βάσεις του σχεδιασμού

**Κεφάλαιο 3:** Υλικά

**Κεφάλαιο 4:** Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

**Κεφάλαιο 5:** Ανάλυση του δομικού συστήματος

**Κεφάλαιο 6:** Οριακές καταστάσεις αστοχίας

**Κεφάλαιο 7:** Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

**Κεφάλαιο 8:** Κατασκευαστική διαμόρφωση των χαλαρών οπλισμών και των τενόντων προέντασης - Γενικά

**Κεφάλαιο 9:** Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες

**Κεφάλαιο 10:** Συμπληρωματικοί κανόνες για προκατασκευασμένα στοιχεία και κατασκευές από σκυρόδεμα

**Κεφάλαιο 11:** Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα

**Κεφάλαιο 12:** Άοπλες και ελαφρώς οπλισμένες κατασκευές

# Μοντέλο περίσφιγξης EC2

Προσδιορισμός παραμόρφωσης σκυροδέματος  $\epsilon_{cu2,c}$

$$f_{ck,c} = f_{ck} \cdot (1,000 + 5,0 \cdot \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{για } \sigma_2 \leq 0,05 \cdot f_{ck}$$

$$f_{ck,c} = f_{ck} \cdot (1,125 + 2,50 \cdot \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{για } \sigma_2 > 0,05 \cdot f_{ck}$$

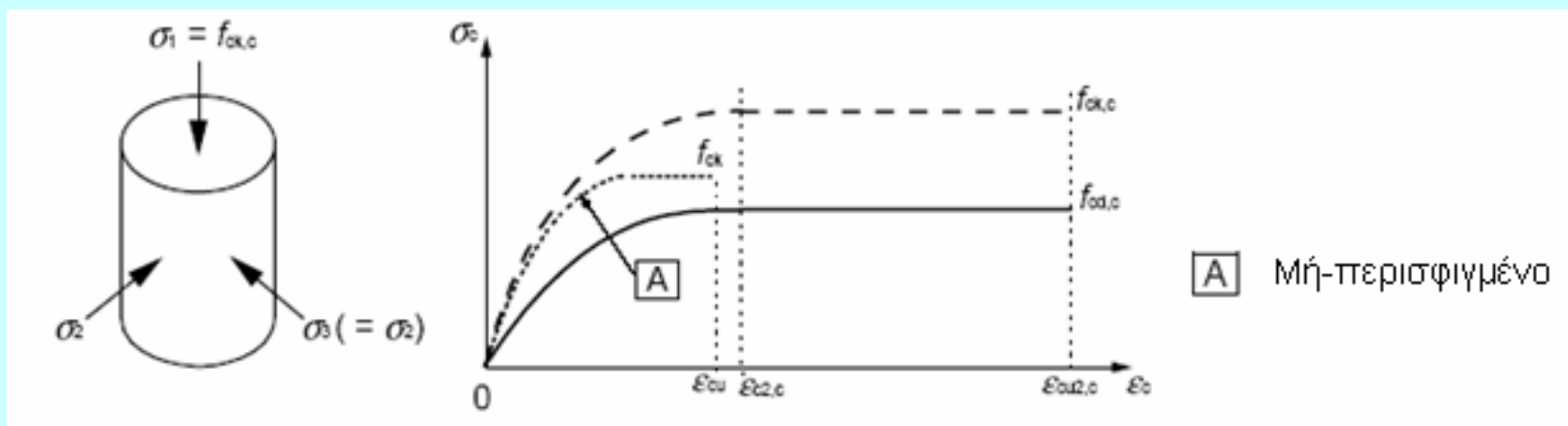
$$\epsilon_{c2,c} = \epsilon_{c2} \cdot (f_{ck,c} / f_{ck})^2$$

$$\epsilon_{cu2,c} = \epsilon_{cu2} + 0,2 \cdot \sigma_2 / f_{ck}$$

Το  $\sigma_2$  μπορεί να λαμβάνεται ίσο με  $\sigma_2 = a \cdot \rho_s \cdot f_{yk}$

όπου  $a$ : απόδοση περίσφιγξης

$\rho_s$ : ποσοστό οπλισμού στην εξεταζόμενη διεύθυνση



## Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

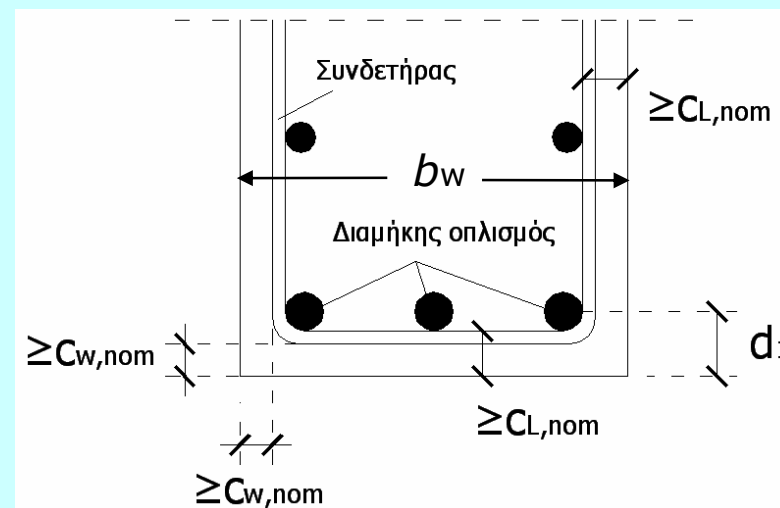
Με επαρκή επικάλυψη εξασφαλίζεται:

- Επαρκής συνάφεια
- Επιβράδυνση διάβρωσης οπλισμών
- Αύξηση ανθεκτικότητας σε πυρκαγιά (EC2-1-2)

Στον EC2-1-2 καθορίζονται όρια για τα  $b_w/d_1$

**Ονομαστική επικάλυψη (σχεδιασμού)**

$$C_{nom} = C_{min} + 10mm$$



Η ελάχιστη επικάλυψη θα εξασφαλίζεται τόσο για τους διαμήκεις οπλισμούς όσο και για τους συνδετήρες

# Παράγοντες που επηρεάζουν την επικάλυψη

---

- Συνθήκες έκθεσης
- Ποιότητα σκυροδέματος
- Διάρκεια ζωής του έργου
- Είδος στοιχείου (πλάκα ή άλλο)
- Διασφάλιση ειδικού ποιοτικού ελέγχου

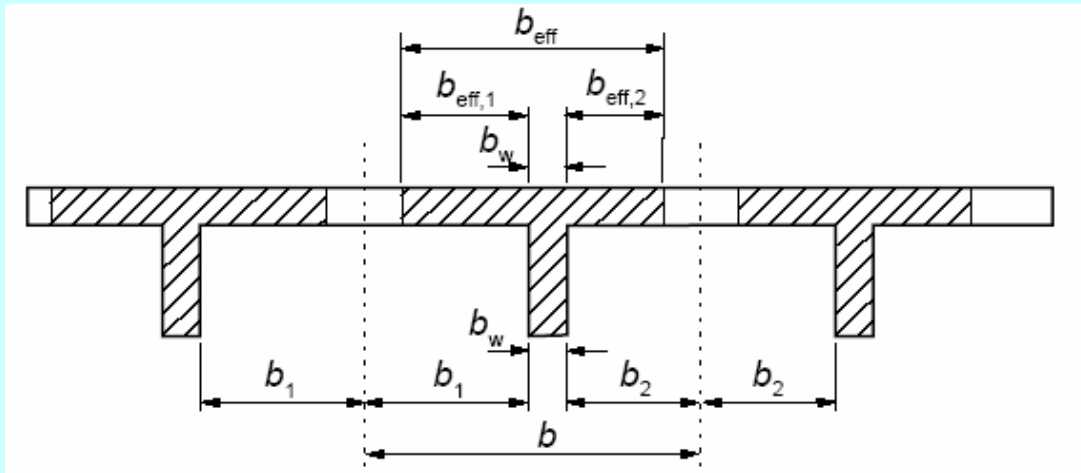
*Υπάρχουν περισσότερες απαιτήσεις για κατασκευές μνημειακού χαρακτήρα*

# Κατηγορίες έκθεσης - επικάλυψη C<sub>nom</sub>

Κατηγορία έκθεσης	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα	C <sub>nom</sub> (mm)	C <sub>nom</sub> πλάκες	Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής
<b>1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής</b>					
<b>X0</b>	Άοπλο σκυρόδεμα Οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος	<b>20</b>	<b>20</b>	-
<b>2 Διάβρωση από ενανθράκωση</b>					
<b>XC1</b>	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα <b>εντός κτιρίων</b> με <b>μέτρια ή υψηλή υγρασία</b> αέρος <b>ή</b> μόνιμα βυθισμένο στο νερό	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>C20</b>
<b>XC2</b>	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. <b>Πληθώρα θεμελιώσεων.</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>C25</b>
<b>XC3</b>	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος. Εξωτερικό σκυρόδεμα <b>προσβαλλόμενο από τη βροχή</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>C30</b>
<b>XC4</b>	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος <b>σε επαφή με το νερό, εκτός θεμελιώσεων</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>C30</b>
<b>3 Διάβρωση από χλωριούχα</b>					
<b>XD2</b>	Υγρό, σπανίως ξηρό	<b>Πισίνες.</b> Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>C30</b>
<b>XD3</b>	Περιοδικά υγρό και ξηρό	<b>Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.</b>	-	<b>50</b>	<b>C35</b>
<b>4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού</b>					
<b>XS1</b>	Εκτεθειμένο σε <b>άλατα θαλάσσης</b> αερομεταφερόμενα χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές <b>κοντά ή επί της ακτής</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>C30</b>

# Γεωμετρικά δεδομένα

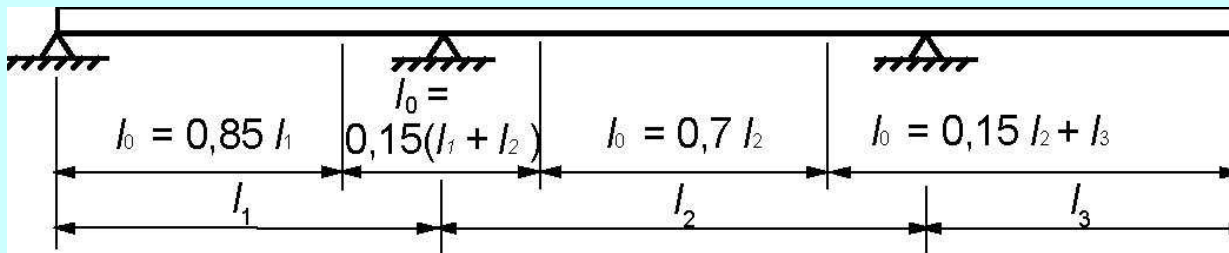
## Συνεργαζόμενο πλάτος



$$b_{eff,i} = \min \{ 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 ; 0.2 \cdot l_0 ; b_i \}$$

Η διαδικασία υπολογισμού απλοποιείται σχετικά με τον ΕΚΩΣ, ενώ γενικά προκύπτουν **μικρότερα πλάτη**.

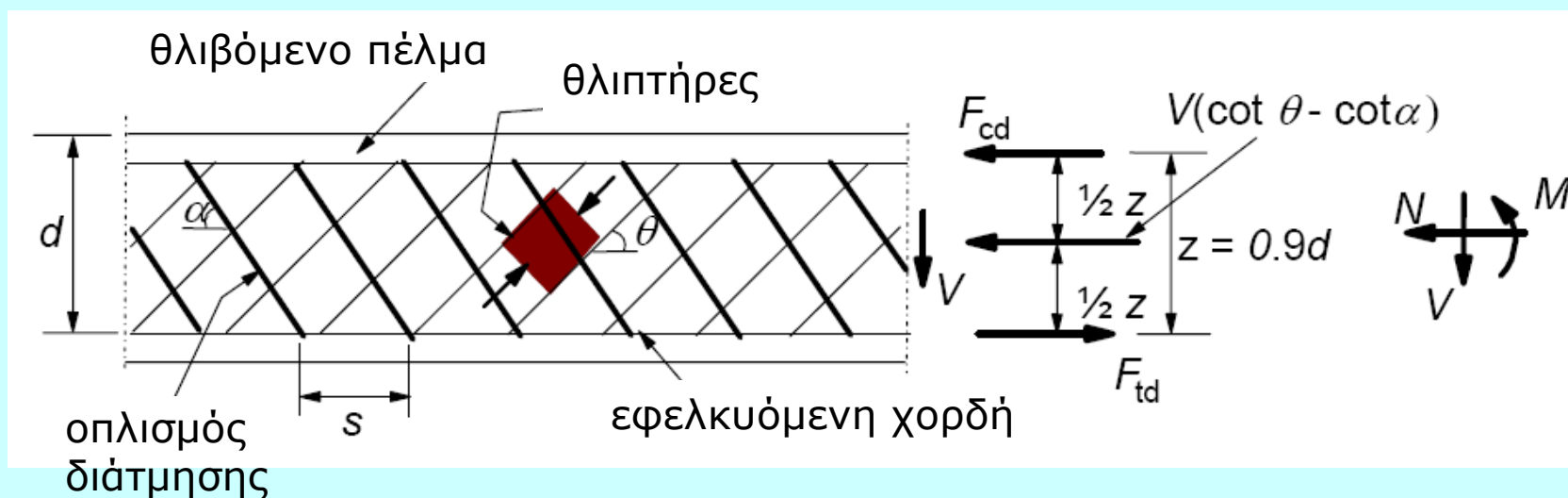
## Προσδιορισμός $l_0$



# Οριακές καταστάσεις αστοχίας

## Διάτμηση

Μοντέλο δικτυώματος



Η γωνία  $\theta$  του θλιπτήρα μπορεί να λαμβάνεται

$$21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

# Σχεδιασμός έναντι τέμνουσας

## Έλεγχος μέγιστης τέμνουσας

που μπορεί να αναληφθεί από το στοιχείο, όπως καθορίζεται από τη αστοχία των λοξών θλιπτήρων

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \cdot f_{ck}$$

## Υπολογισμός συνδετήρων

Έλεγχος της  $V_{Ed}$  σε απόσταση  $d$  από τη στήριξη:

- Εάν  $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$  τότε τοποθετείται ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης
- Εάν  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  τότε

### i. Προσδιορισμός $\cot\theta$

- Εάν  $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$  για  $\cot\theta = 2.5$  τότε  $\cot\theta = 2.5$
- Εάν  $V_{Ed} > V_{Rd,max}$  για  $\cot\theta = 2.5$  τότε

$$\sin 2\theta = \frac{2 \cdot V_{Ed}}{b_w \cdot z \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \cdot f_{cd}} \quad \text{όπου } 1.0 \leq \cot\theta \leq 2.5$$

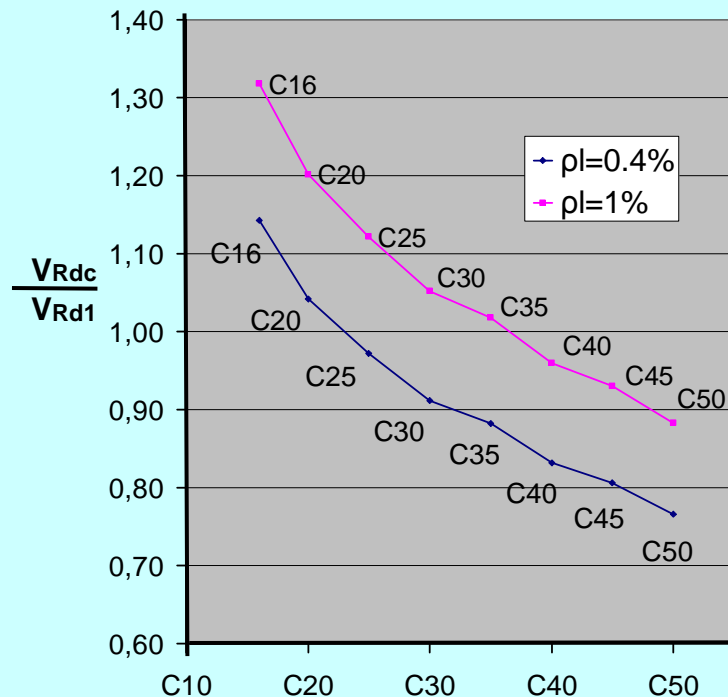
### ii. Υπολογισμός συνδετήρων

$$V_{Ed} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

# Διάτμηση: Σύγκριση EC2 - ΕΚΩΣ

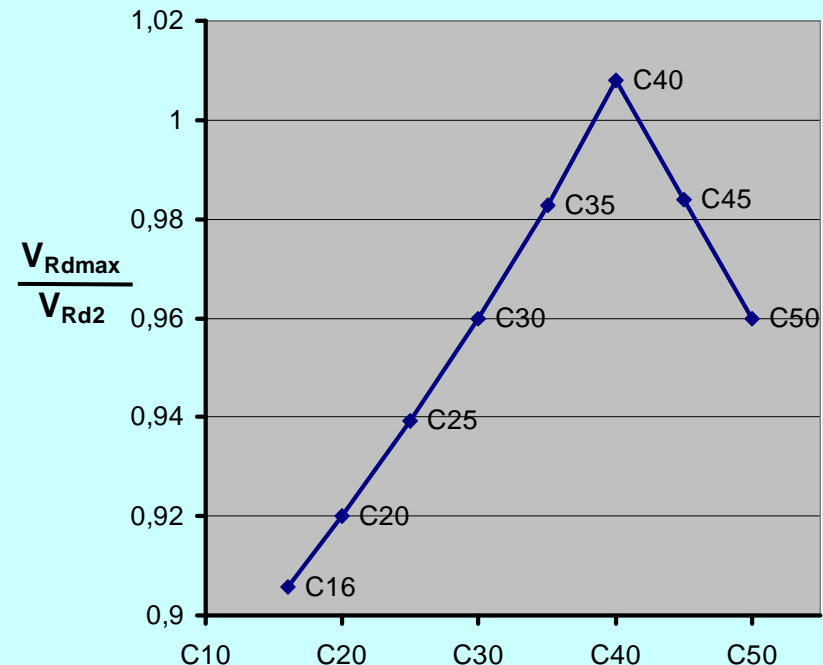
Αντοχή διατομής σε τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$



Αντοχή λοξού θλιπτήρα σκυροδέματος

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$



# Διάτμηση: Σύγκριση EC2 - ΕΚΩΣ

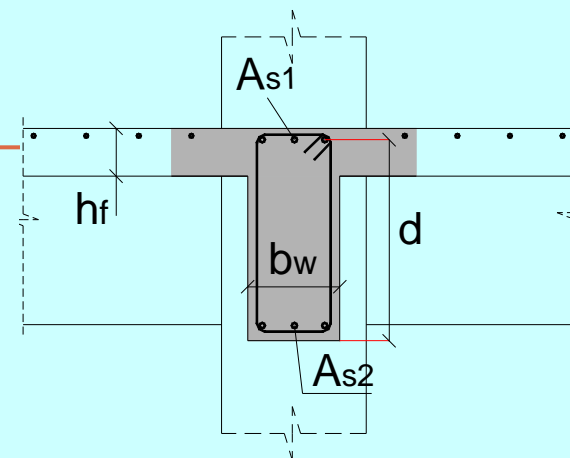
C20/25,  $f_{Rd}=0.26\text{Mpa}$

$\rho_{l1}=0.4\%$

$d=0.50\text{m}$ ,  $z=0.45\text{m}$

$V_{Ed}=359.0\text{kN}$

$b_w=0.25\text{m}$



## EC2

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_{l1} \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d$$
$$= 49.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

•  $\cot \theta = 2.5 \rightarrow V_{Rd,max} = 285.0 < V_{Ed}$

•  $\cot \theta = 1.0 \rightarrow V_{Rd,max} = 414.0 > V_{Ed}$

ΚΠ Υ  $\rightarrow \cot \theta = 1.0 \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 18.3 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

ΚΠ Μ  $\rightarrow \cot \theta = 1.7 \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 10.6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$

## ΕΚΩΣ

$$V_{Rd,1} = 48.6 \text{ kN}$$

σε κρίσιμες περιοχές δοκών με ΑΑΠ

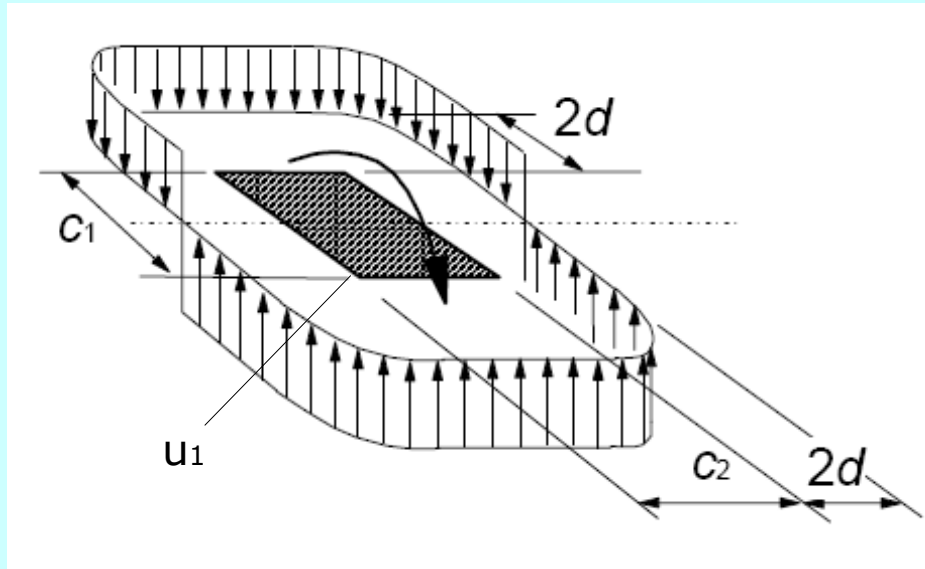
$$V_{cd} = 0.3 \cdot V_{Rd1} = 14.6 \text{ kN}, \quad V_{wd} = 224.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,2} = 450.0 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$\text{ΑΑΠ} \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 17.6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

# Έλεγχος έναντι διάτρησης

## Συνεισφορά της εκκεντρότητας της φόρτισης



Διατμητική **τάση** σχεδιασμού στην περίμετρο  $u_1$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Ο συντ.  **$\beta$**  εισάγει την συνεισφορά της εκκεντρότητας της φόρτισης

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$$

Το  **$W_1$**  αντιστοιχεί σε μια κατανομή της τέμνουσας στην περίμετρο  $u_1$

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$$

# Συνδυασμοί για ελέγχους λειτουργικότητας

## Έλεγχος Περιορισμού εφελκυστικών τάσεων στον οπλισμό

- Χαρακτηριστικός συνδυασμός (μη-αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις)

**Χωρίς** επιβαλλόμενες μετακινήσεις

- $G + S + \psi_0 \cdot Q$

- $G + Q + \psi_0 \cdot S$

**Με** επιβαλλόμενες μετακινήσεις)

- $G + \Sigma.\Xi. \pm Y.\Sigma. + Q + \psi_0 \cdot (T^- + S)$

- $G + \Sigma.\Xi. \pm Y.\Sigma. + T^- + \psi_0 \cdot (Q + S)$

- $G + \Sigma.\Xi. \pm Y.\Sigma. + S + \psi_0 \cdot (T^- + Q)$

## Έλεγχος ρηγμάτωσης - Έλεγχος βέλους κάμψης

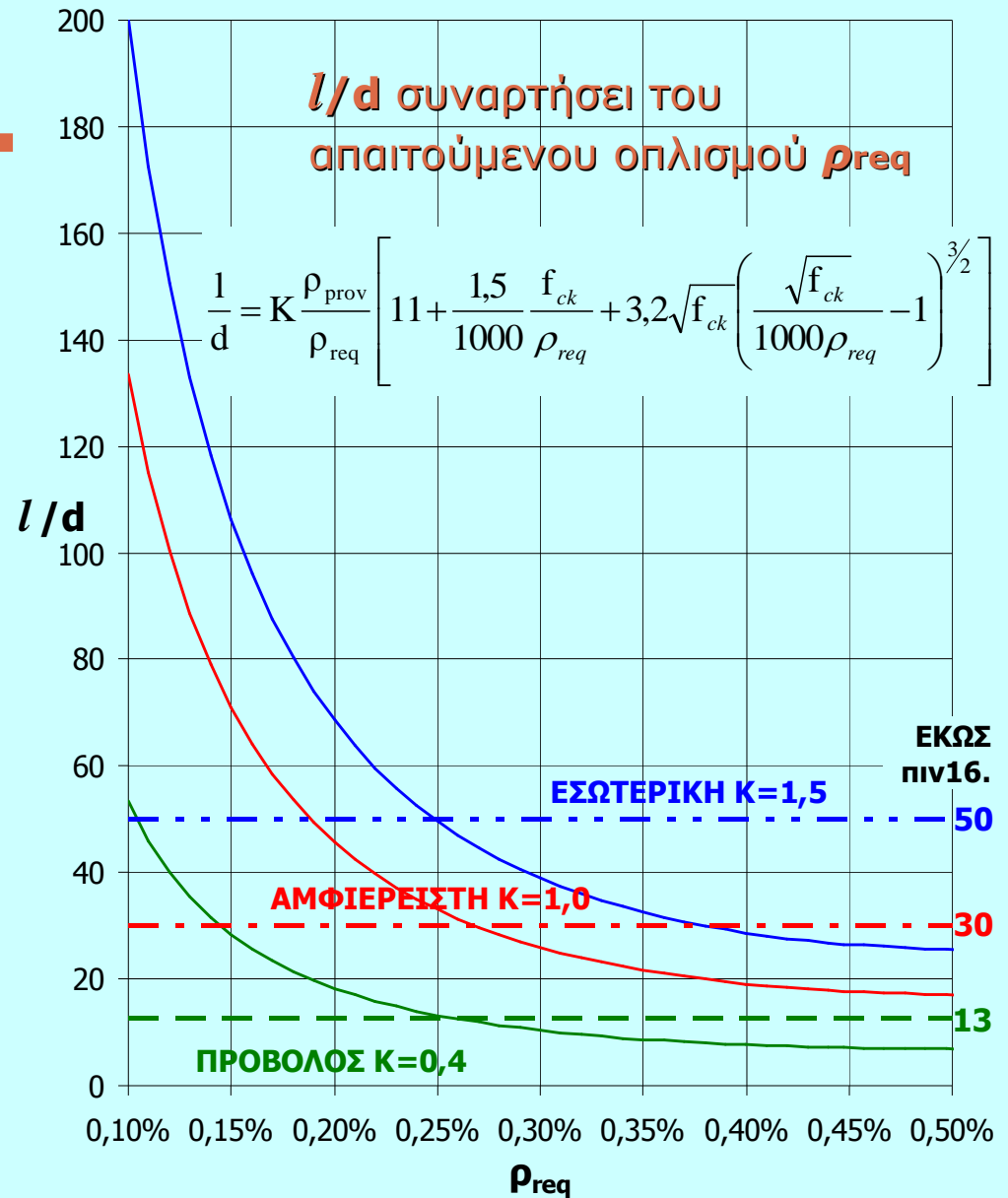
- Οιονεί – μόνιμος συνδυασμός (μακροχρόνιες επιδράσεις)
  - $G + \Sigma.\Xi. \pm Y.\Sigma. + \psi_2 \cdot Q$

# Έλεγχος βέλους

## Απλοποιημένος έλεγχος

Όριο  $l/d$  μη απαίτησης υπολογιστικού ελέγχου βέλους

Στη *συνήθη* περίπτωση πλακών με χαμηλή απαίτηση οπλισμού το όριο  $l/d$  του **EC2** ενδέχεται να προκύπτει σημαντικά υψηλότερο από αυτό του **ΕΚΩΣ**



# Έλεγχος βέλους

## Παράδειγμα σύγκρισης EC2-ΕΚΩΣ

### EC2

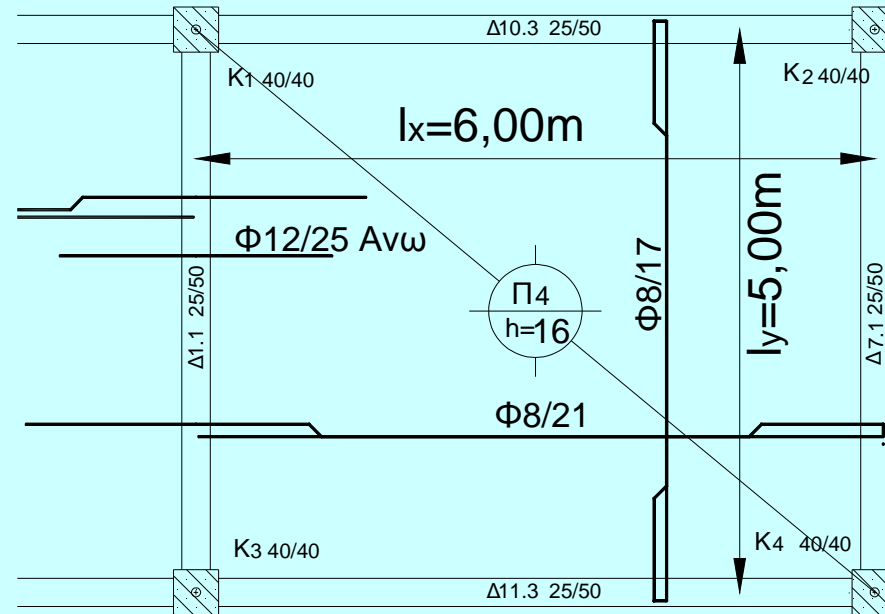
ο έλεγχος πραγματοποιείται μόνο βάσει του μικρότερου ανοίγματος  $l_y$  ( $K=1.0$ ).

Ο υπολογιζόμενος οπλισμός στο άνοιγμα είναι  $\rho_{req,y} = 2.14\%$

Ο εφαρμοζόμενος οπλισμός  $\Phi 8/17 \rightarrow \rho_{prov,y} = 2.19\%$

Τελικά:  $l_y/d_y = 5.0/0.135 =$   
 $37.0 < (l/d)_{lim} = 42.3$

Επομένως **δεν απαιτείται** υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων



### ΕΚΩΣ

το ιδεατό μήκος είναι  
στη διεύθυνση **X**:  $a \cdot l = 0.8 \cdot 6 = 4.8m$  και **Z**:  $a \cdot l = 1 \cdot 5 = 5.0m$

Επομένως καθοριστικό είναι το μήκος  $l_x$

$$a \cdot l_x / d_x = 4.8 / 0.125 = 38.4 > (l/d)_{lim} = 30.0$$

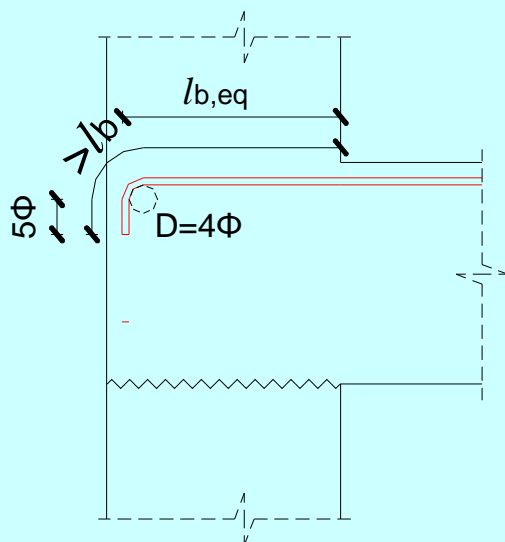
Επομένως **απαιτείται** υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων

# Αγκυρώσεις διαμήκων ράβδων

$$\text{Μήκος αγκύρωσης } l_b = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (\acute{\omicron}\text{πως ακριβ\omega\varsigma και στον ΕΚΩΣ})$$

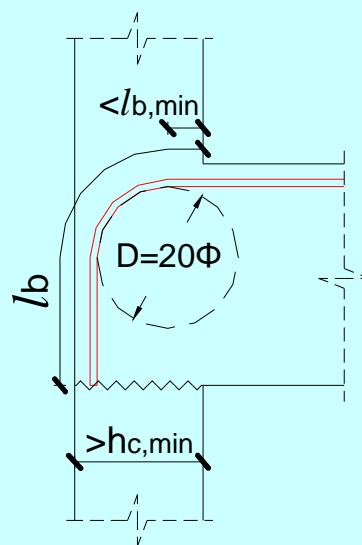
**EC2**

Εάν  $l_{b,eq} + 5\Phi > l_b$   
τότε τύμπανο  
αγκύρωσης  $4\Phi$  ή  $7\Phi$

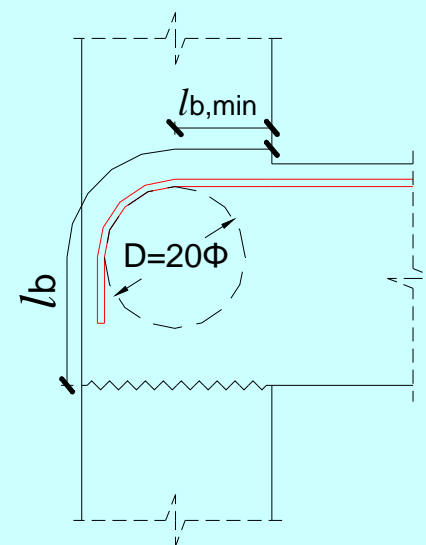


δεν απαιτείται ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης

...αλλιώς  
τύμπανο αγκύρωσης  
 $\approx 20\Phi$



**ΕΚΩΣ**



---

*ευχαριστώ*