

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**  
**ΓΓΔΕ**

Ενημερωτική Ημερίδα: ΟΙ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ 0,1,2,7,8

***EN 1992: Ευρωκώδικας 2 μέρος 1.1***  
***Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα***

**Κων/νος Γ. Τρέζος**

**Εργ. Ω.Σ./ΕΜΠ**

**Λαμία, 8 Δεκεμβρίου 2012**

**ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2: “Σχεδιασμός φορέων από Σκυρόδεμα”  
Μέρος 1-1: Γενικοί Κανόνες και κανόνες για κτίρια**

Ο παρών Ευρωκώδικας εγκρίθηκε από τη CEN στις 16 Απριλίου 2004.

Τα μέλη της CEN δεσμεύονται να συμμορφωθούν με τους Εσωτερικούς Κανονισμούς της CEN/ CENELEC οι οποίοι θέτουν τους όρους υπό τους οποίους ο παρών Ευρωκώδικας θα λάβει την υπόσταση ενός εθνικού προτύπου, χωρίς καμία τροποποίηση. Επικαιροποιημένοι κατάλογοι τέτοιων εθνικών προτύπων καθώς και οι σχετικές βιβλιογραφικές παραπομπές μπορούν να αποκτηθούν κατόπιν σχετικής αίτησης στο Κέντρο Διαχείρισης ή σε οποιοδήποτε μέλος της CEN.

Ο παρών Ευρωκώδικας διατίθεται σε τρεις επίσημες εκδοχές (Αγγλική, Γαλλική, Γερμανική). Η απόδοση σε μια άλλη γλώσσα, όταν η μετάφραση γίνεται με ευθύνη μέλους της CEN και κοινοποιείται στο Κέντρο Διαχείρισης, έχει την ίδια υπόσταση με τις επίσημες εκδοχές.

Τα μέλη της CEN είναι οι εθνικοί οργανισμοί τυποποίησης των εξής χωρών: Αυστρία, Βέλγιο, Κύπρος, Δημοκρατία της Τσεχίας, Δανία, Εσθονία, Φιλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ιταλία, Λεττονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μάλτα, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία και Μεγάλη Βρετανία.



European Committee for Standardisation  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Τυποποίηση  
**Κεντρική γραμματεία: rue de Stassart 36, B-1050 Brussels**

## Ευρωκώδικας 2 Σκυρόδεμα

Ο Ευρωκώδικας 2 περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

<b>Μέρος 1.1:</b>	<b>Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια</b>
Μέρος 1.2:	Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
Μέρος 2:	Γέφυρες από σκυρόδεμα
Μέρος 3:	Υδατοδεξαμενές και κατασκευές υπό υδατοφόρτιση

Για την εφαρμογή του Ευρωκώδικα 2 είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενός συνόλου Κανονισμών, Προτύπων κλπ κυριότερα από τα οποία είναι:

- Ο Ευρωκώδικας 0: Βάσεις υπολογισμού
- Ο Ευρωκώδικας 1: Δράσεις (όποια Μέρη του Ευρωκώδικα έχουν εφαρμογή στο υπόψη έργο)
- Ο Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικά
- Ο Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικά
- Το Πρότυπο EN 206: Σκυρόδεμα (ως υλικό)
- Το Πρότυπο EN 13670: Εκτέλεση έργων από σκυρόδεμα
- Το Πρότυπο EN 10080: Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος

## Περιεχόμενα Ευρωκώδικα EN1992-1-1

Ο Ευρωκώδικας 2 Μέρος 1-1 περιλαμβάνει 12 Κεφάλαια και 9 Παραρτήματα:

1. Εισαγωγή
2. Βάσεις σχεδιασμού
3. Υλικά
4. Ανθεκτικότητα – Επικάλυψη
5. Ανάλυση
6. Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας
7. Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας
8. Λεπτομέρειες όπλισης
9. Κανόνες διαμόρφωσης και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες
- 10. Προκατασκευασμένα στοιχεία**
- 11. Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα**
- 12. Άοπλο και Ελαφρώς Οπλισμένο Σκυρόδεμα**
  - A. Τροποποίηση συντελεστών ασφαλείας υλικών
  - B. Ερπυσμός και συστολή ξηράνσεως
  - C. Ιδιότητες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος
  - D. Χαλάρωση τενόντων προεντάσεως
  - E. Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για λόγους ανθεκτικότητας
  - F. Υπολογισμός εφελκυόμενου οπλισμού για επίπεδη εντατική κατάσταση
  - G. Αλληλεπίδραση εδάφους ανωδομής
  - H. Φαινόμενα 2ας τάξεως
  - I. Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς και τοιχιών
  - J. Παραδείγματα περιοχών με ασυνέχειες στην γεωμετρία ή στις δράσεις

## Κυριότερες διαφορές EN1992-1-1 και ΕΚΩΣ 2000 περιληπτικά

- Οι δύο κανονισμοί έχουν μεγάλες ομοιότητες ιδιαίτερα σε ότι αφορά τον υπολογισμό στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας.
- Ο EN1992-1-1 δεν περιέχει Α/Σ διατάξεις (τις οποίες περιέχει ο ΕΚΩΣ) και γι' αυτό δεν μπορεί να εφαρμοσθεί μόνος του, αλλά πρέπει να εφαρμοσθεί σε συνδυασμό με τον Ευρωκώδικα 8. (ακριβέστερα ο EN1992-1-1 μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές με χαμηλή σεισμικότητα, που δεν είναι όμως η περίπτωση της Ελλάδος)
- Ο EN1992-1-1 αναφέρεται σε τρεις κατηγορίες έργων οι οποίες δεν καλύπτονται από τον ΕΚΩΣ: Προκατασκευή, Ελαφροσκυρόδεμα και Άοπλο (ή ελαφρώς οπλισμένο) σκυρόδεμα.

- Ο EN1992-1-1 αναφέρεται διεξοδικά σε κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα, και επιτρέπει την χρήση τενόντων χωρίς συνάφεια καθώς και την εξωτερική προένταση
- Ο EN1992-1-1 επιτρέπει την χρήση της πλαστικής ανάλυσης για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας σε αντίθεση με τον ΕΚΩΣ ο οποίος την επέτρεπε μόνο για τον έλεγχο υφισταμένων κατασκευών. Στο πλαίσιο αυτό εισάγει και νομιμοποιεί την εφαρμογή της μεθόδου «θλιπτήρα-ελκυστήρα» για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας και (υπό ορισμένες προϋποθέσεις) για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας
- Ο EN1992-1-1, σε αντίθεση προς τον ΕΚΩΣ, δεν αναφέρεται στην εκλογή των υλικών, στην εκτέλεση των εργασιών, στον ποιοτικό έλεγχο και στην συντήρηση των κατασκευών (Κεφ. 19 έως 22 του ΕΚΩΣ) διότι παραπέμπει σε άλλα πιο εξειδικευμένα πρότυπα και κανονισμούς.

**Πεδίο εφαρμογής:** περιλαμβάνει τις βασικές αρχές του σχεδιασμού των κατασκευών από άοπλο, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα, με συνήθη ή ελαφρά αδρανή, καθώς και τους ειδικούς κανόνες για κτίρια

Το Μέρος 1.1 δεν καλύπτει:

- τη χρήση λείων χαλύβων
- την πυρασφάλεια
- ειδικές κατασκευές όπως: ψηλά κτίρια, γέφυρες, φράγματα, δοχεία πίεσης, υπεράκτιες εξέδρες ή κατασκευές υπό υδατοφόρτιση
- σκυρόδεμα χωρίς λεπτόκοκκα αδρανή, στοιχεία από κυψελοσκυρόδεμα, καθώς και εκείνα με βαρέα αδρανή ή τις σύμμεικτες κατασκευές

### Βάσεις σχεδιασμού:

- Χρήση των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας σύμφωνα με το EN1990
- Δράσεις σύμφωνα με το EN 1991
- Συνδυασμός δράσεων σύμφωνα με το EN 1990

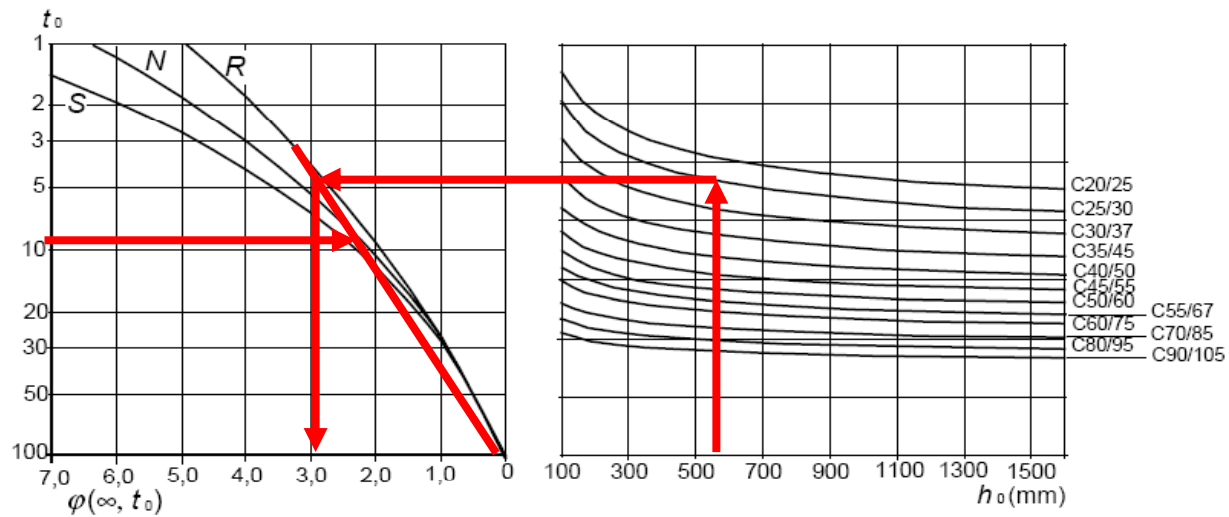
Καταστάσεις σχεδιασμού	$\gamma_c$ για σκυρόδεμα	$\gamma_s$ για χάλυβα όπλισης	$\gamma_s$ για χάλυβα προέντασης
Μόνιμες & Παροδικές	1,5	1,15	1,15
Τυχηματικές	1,2	1,0	1,0

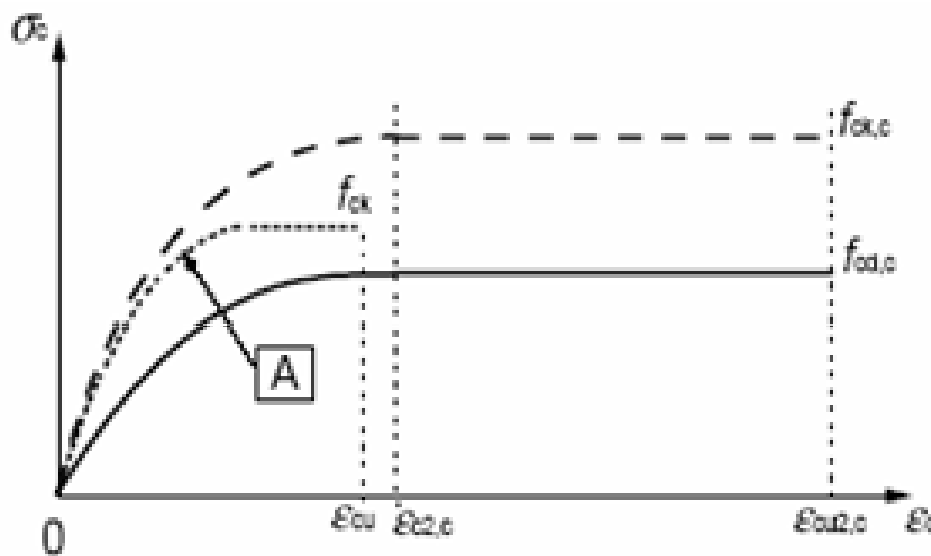
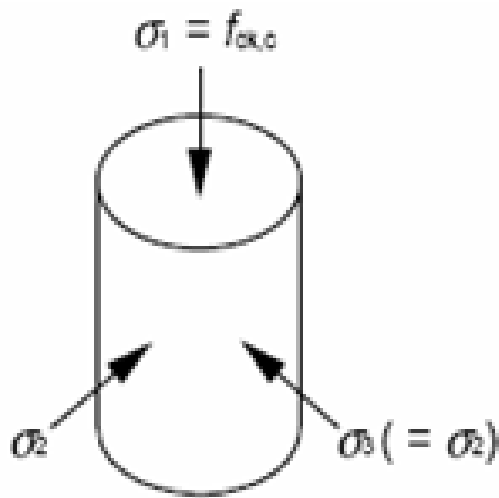
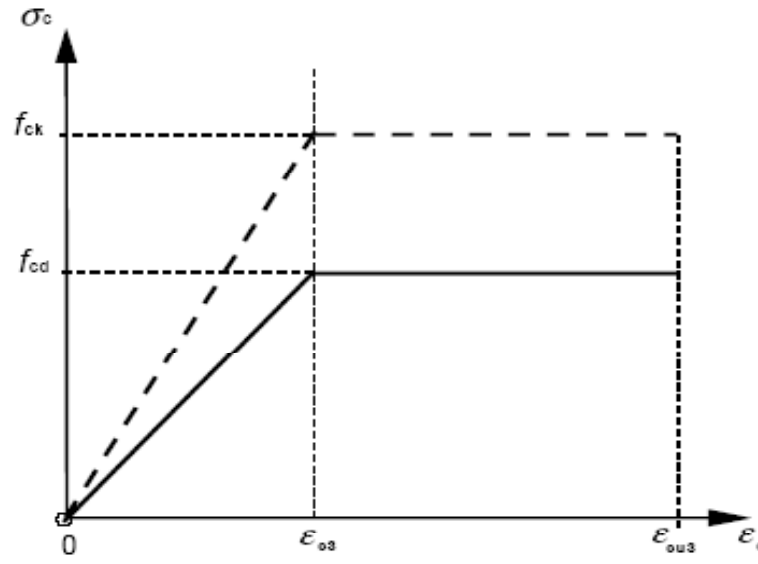
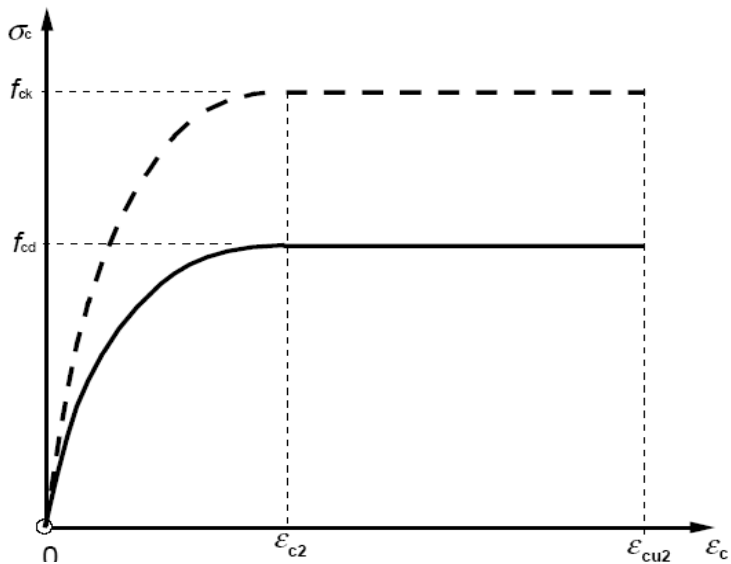


## Κεφάλαιο 3 Υλικά

Δίνονται λεπτομερείς σχέσεις για τον ερπυσμό και την συστολή ξηράνσεως του σκυροδέματος

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot (\sigma_c / E_c)$$





**A** Μή-περισφιγμένο

$$f_{ck,c} = f_{ck} (1,000 + 5,0 \sigma_2 / f_{ck}) \text{ για } \sigma_2 \leq 0,05 f_{ck} \quad (3.24)$$

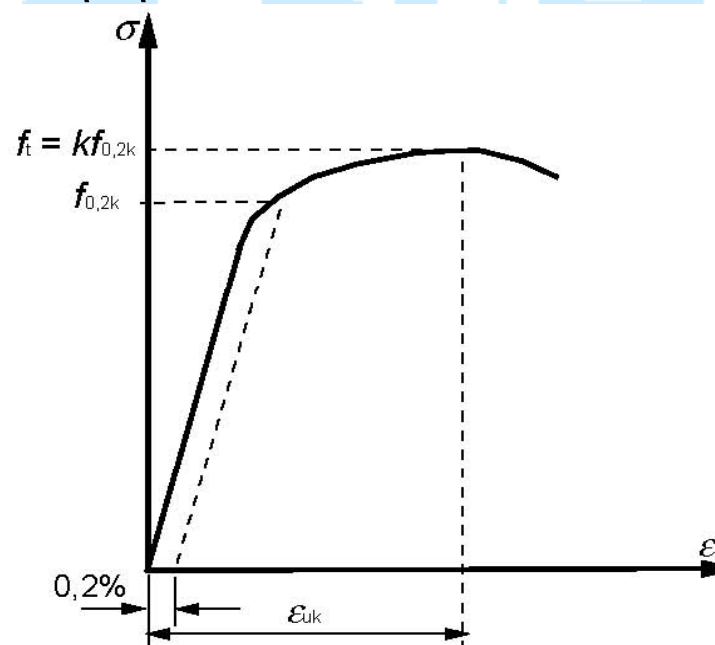
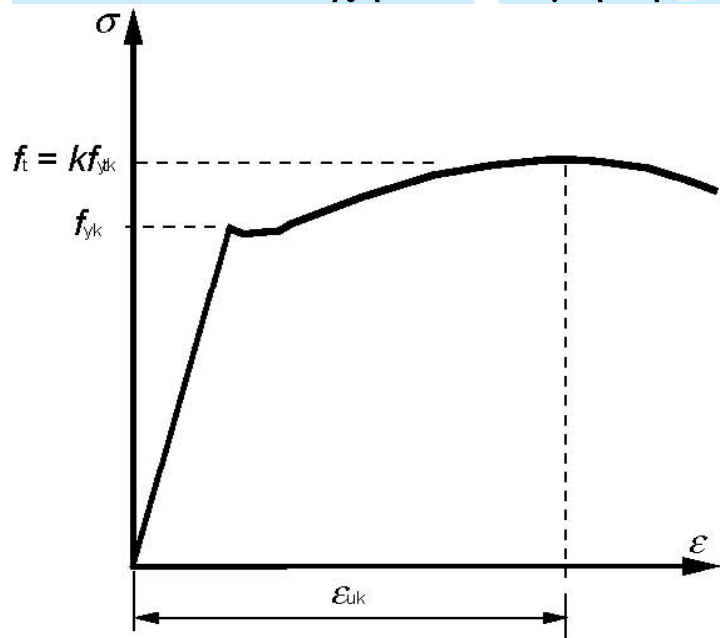
$$f_{ck,c} = f_{ck} (1,125 + 2,50 \sigma_2 / f_{ck}) \text{ για } \sigma_2 > 0,05 f_{ck} \quad (3.25)$$

$$\epsilon_{c2,c} = \epsilon_{c2} (f_{ck,c} / f_{ck})^2 \quad (3.26)$$

$$\epsilon_{cu2,c} = \epsilon_{cu2} + 0,2 \sigma_2 / f_{ck} \quad (3.27)$$

Η συμπεριφορά του χάλυβα οπλισμού ορίζεται μέσω των παρακάτω ιδιοτήτων:

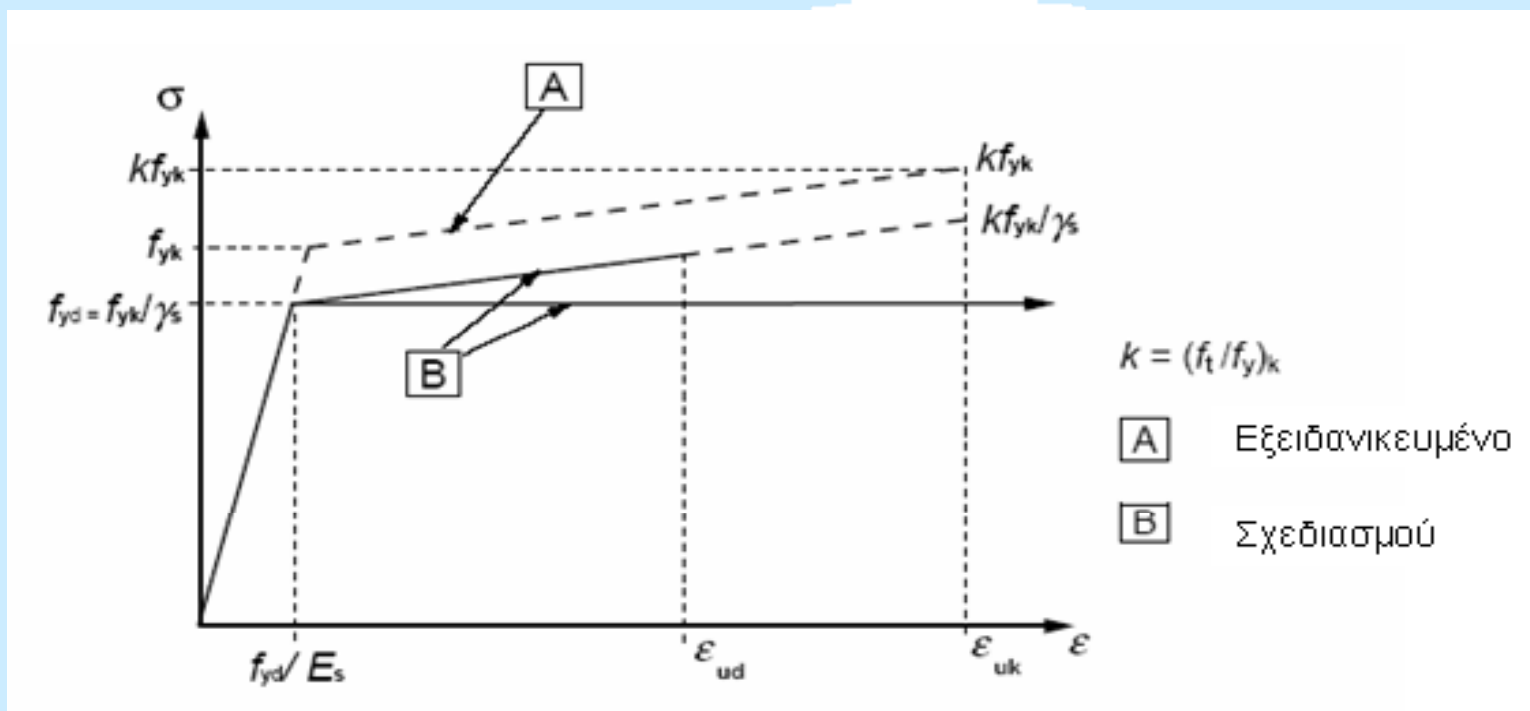
- όριο διαρροής ( $f_{yk}$  ή  $f_{0,2k}$ )
- μέγιστο πραγματικό όριο διαρροής ( $f_{y,max}$ )
- εφελκυστική αντοχή ( $f_t$ )
- πλαστιμότητα ( $\epsilon_{uk}$  και  $f_t/f_{yk}$ )
- δυνατότητα κάμψης
- χαρακτηριστικά συνάφειας ( $f_R$ : βλ. Ενότητα C)
- γεωμετρικά χαρακτηριστικά διατομής και ανοχές
- αντοχή σε κόπωση
- συγκολλησιμότητα
- αντοχή σε διάτμηση και συγκόλληση



## Μηχανικές ιδιότητες χαλύβων Συμβολισμός π.χ. B500C

Μορφή προϊόντος	Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κουλούρες			Πλέγματα		
	A	B	C	A	B	C
Κατηγορία						
Χαρακτηριστική αντοχή διαρροής $f_{yk}$ ή $f_{0,2k}$ (MPa)	400 έως 600					
Ελάχιστη τιμή του $k = (f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$
Χαρακτηριστική ανηγμένη παραμόρφωση στην μέγιστη δύναμη, $\varepsilon_{uk}$ (%)	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$

## Συμβατικό διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος



Ο συνήθης σχεδιασμός μπορεί να γίνει με μια από τις παρακάτω παραδοχές :

- Κεκλιμένος δεύτερος κλάδος με όριο παραμόρφωσης  $\epsilon_{UD}$  και μέγιστη τάση  $kF_{YK} / \gamma_S$  στην  $\epsilon_{UK}$ , όπου  $k = (F_T / F_Y)_K$
- Οριζόντιος δεύτερος κλάδος χωρίς την ανάγκη ελέγχου του ορίου παραμόρφωσης.

**Σημείωση 1:** Η τιμή της  $\epsilon_{UD}$  για χρήση σε κάθε χώρα μπορεί να ληφθεί από το αντίστοιχο Εθνικό προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι  $0,9\epsilon_{UK}$

## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής</b>		
X0	<i>Για άοπλο σκυρόδεμα χωρίς ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία: όλες οι συνθήκες έκθεσης εκτός περιπτώσεων ύπαρξης ψύξης / απόψυξης, επιφανειακής τριβής ή χημικής προσβολής. Για οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό περιβάλλον</i>	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος

## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>2 Διάβρωση από ενανθράκωση</b>		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρος Σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιώσεων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος Εξωτερικό σκυρόδεμα προσβαλλόμενο από τη βροχή
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2

## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>3 Διάβρωση από χλωριούχα</b>		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερομεταφερόμενα χλωριούχα
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες. Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.



## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού</b>		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων
XS3	Ζώνες παλίρροιας, παφλασμού και πιτσιλίσματος.	Τμήματα λιμενικών έργων

## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>5. Προσβολή ψύξης / απόψυξης</b>		
XF1	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF2	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος κατασκευών οδοποιίας εκτεθειμένες σε ψύξη και παράγοντες απόψυξης που μεταφέρονται με τον αέρα.
XF3	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF4	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης ή θαλασσινό νερό	Καταστρώματα οδών ή γεφυρών ή επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκασμό με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.

## Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>6. Χημική προσβολή</b>		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1,	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

## Πίνακας Ε.1Ν: Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής

Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1										
<b>Διάβρωση</b>										
	Διάβρωση οφειλόμενη σε ενανθράκωση				Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωρίδια			Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωρίδια από θαλάσσιο νερό		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
<b>Βλάβες στο σκυρόδεμα</b>										
	Κανένας κίνδυνος	Προσβολή από παγετό/επανυγροποίηση <sup>1</sup>				Χημική προσβολή				
	X0	XF1	XF2	XF3		XA1	XA2	XA3		
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45		

1: κακή μετάφραση του αγγλικού όρου: freeze/thaw=ψύξη/απόψυξη

## Επικάλυψη οπλισμών

Η **ονομαστική** επικάλυψη, αυτή που αναγράφεται στα σχέδια, ορίζεται ως: η **ελάχιστη** επικάλυψη  $c_{\min}$ , συν την σχεδιαστική **ανοχή** για την αντιμετώπιση αποκλίσεων,  $\Delta c_{\text{dev}}$ :

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}}$$

### Ελάχιστη επικάλυψη:

Πρέπει να προβλέπεται ελάχιστη επικάλυψη  $c_{\min}$ , προκειμένου να διασφαλιστεί:

- ασφαλής μεταφορά των δυνάμεων συνάφειας
- η προστασία του χάλυβα έναντι διάβρωσης
- επαρκής πυροπροστασία

$$c_{\min} = \max \{ c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

## Προσδιορισμός της εντατικής κατάστασης

Γίνεται δεκτό ότι η ανάλυση μπορεί να αποσκοπεί:

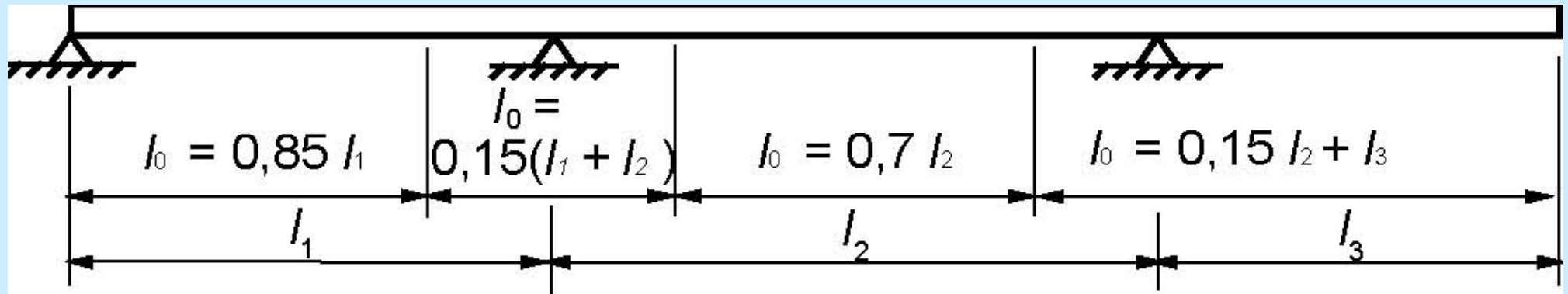
- Είτε στον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών (δυνάμεων και ροπών)
- Είτε στον προσδιορισμό των τάσεων, ανηγμένων παραμορφώσεων και μετακινήσεων (π.χ. περίπτωση πεπερασμένων στοιχείων). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ιδιαίτερη μεθοδολογία για την αξιοποίηση αυτών των αποτελεσμάτων κατά την διενέργεια των σχετικών ελέγχων)

Επίσης τοπικές αναλύσεις σε περιοχές όπου δεν ισχύει η επιπεδότητα των διατομών:

- στις παρειές των στηρίξεων
- πλησίον συγκεντρωμένων φορτίων
- στους κόμβους δοκού-υποστυλώματος
- σε ζώνες αγκύρωσης
- σε θέσεις μεταβολής των διατομών.

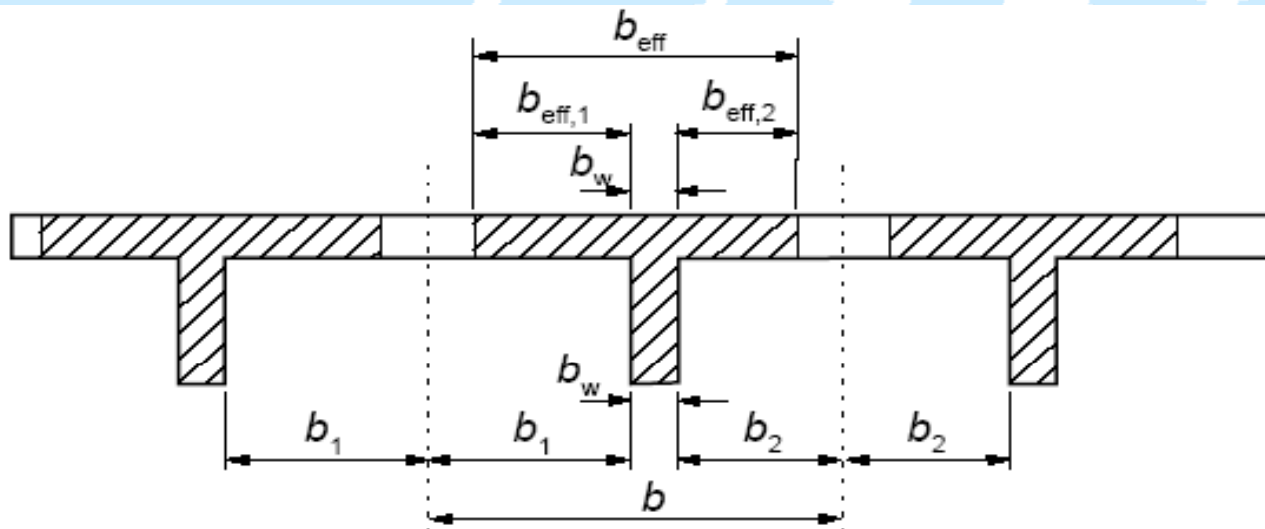
Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού (για όλες τις οριακές καταστάσεις)

Προσδιορίζεται από τα σημεία μηδενισμού του διαγράμματος ροπών:



$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

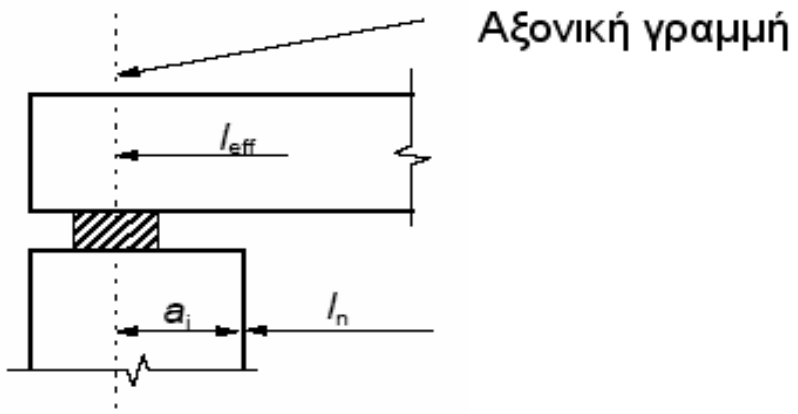
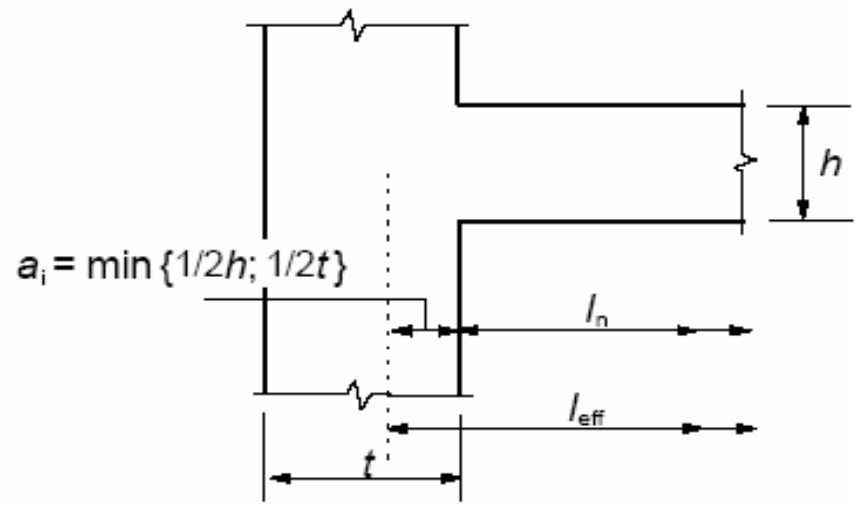
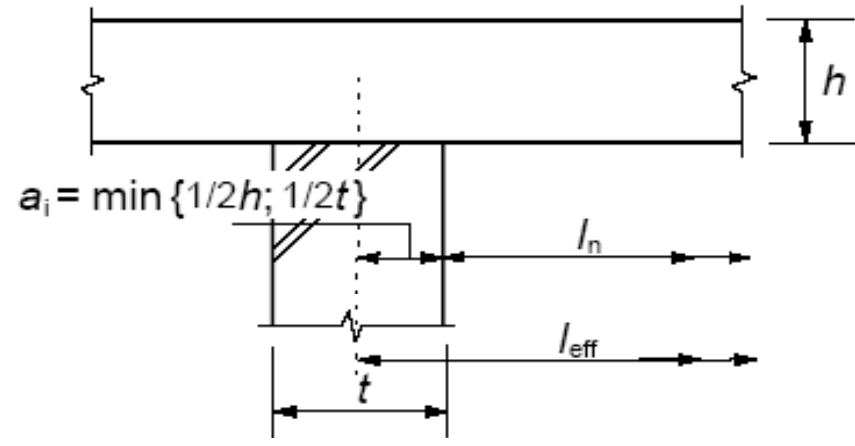
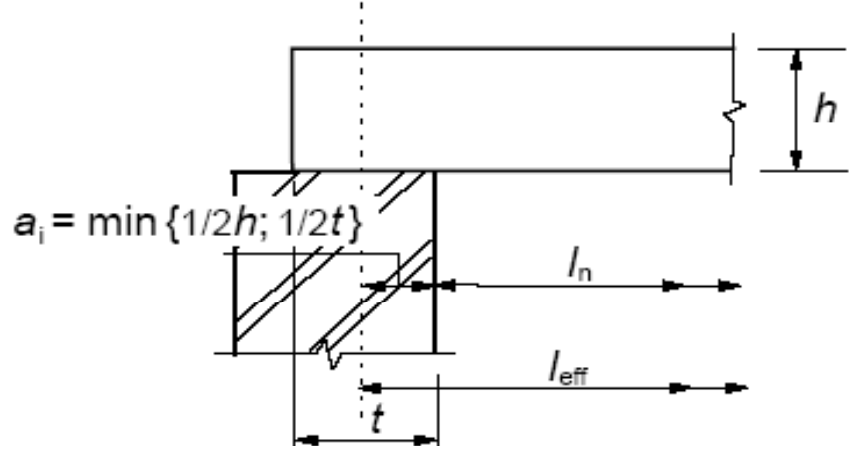
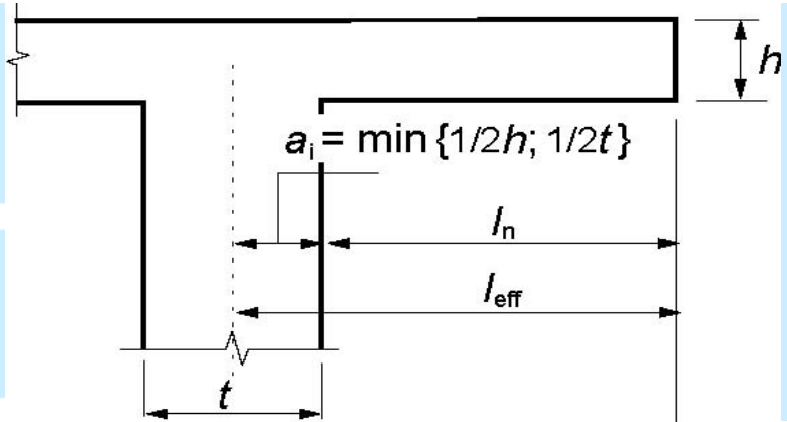
$$b_{eff,i} = 0.2b_i + 0.1l_0 \leq 0.2l_0$$



# Θεωρητικό άνοιγμα

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2$$

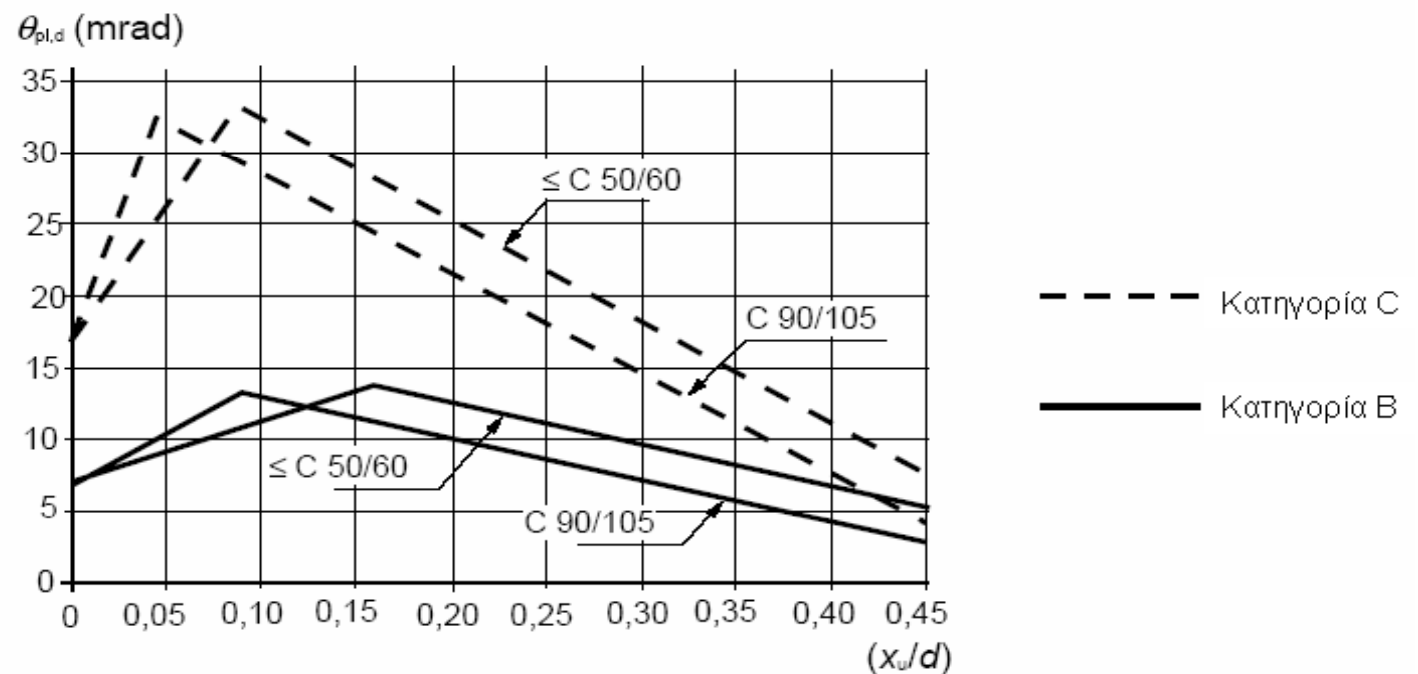
$$a_i = \min(1/2h, 1/2t)$$





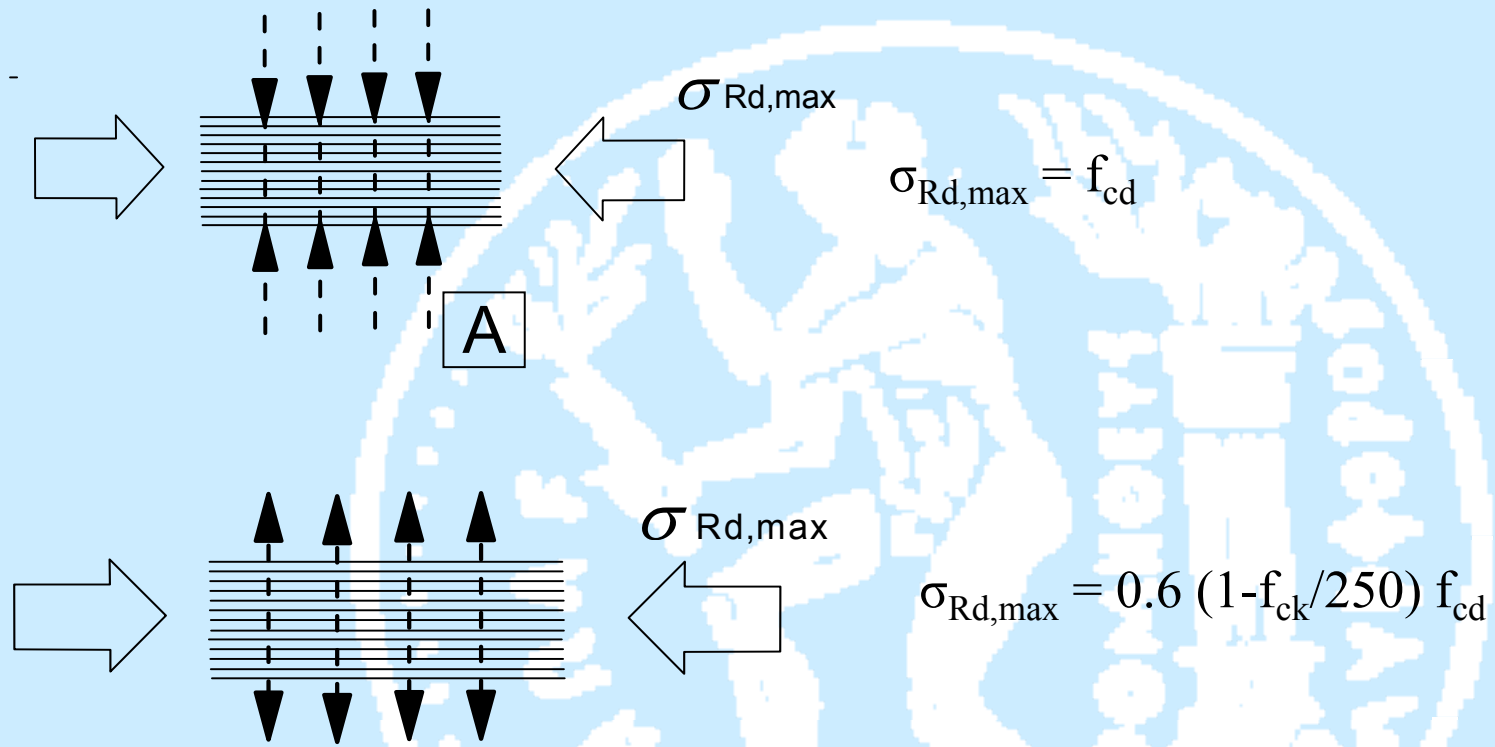
Διακρίνονται τέσσερις τύποι αναλύσεων:

- Ελαστική ανάλυση (αρηγμάτωτες διατομές,  $\sigma = E_m \varepsilon$ )
- Ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή (μέχρι 30%)
- Πλαστική ανάλυση (συμπεριλαμβανομένης και της μεθόδου θλιπτήρα-ελκυστήρα) (μόνο για ΟΚΑ, επαρκής πλαστιμότητα, μήκος πλαστικής άρθρωσης  $1.2d$ )
- Μη γραμμική ανάλυση

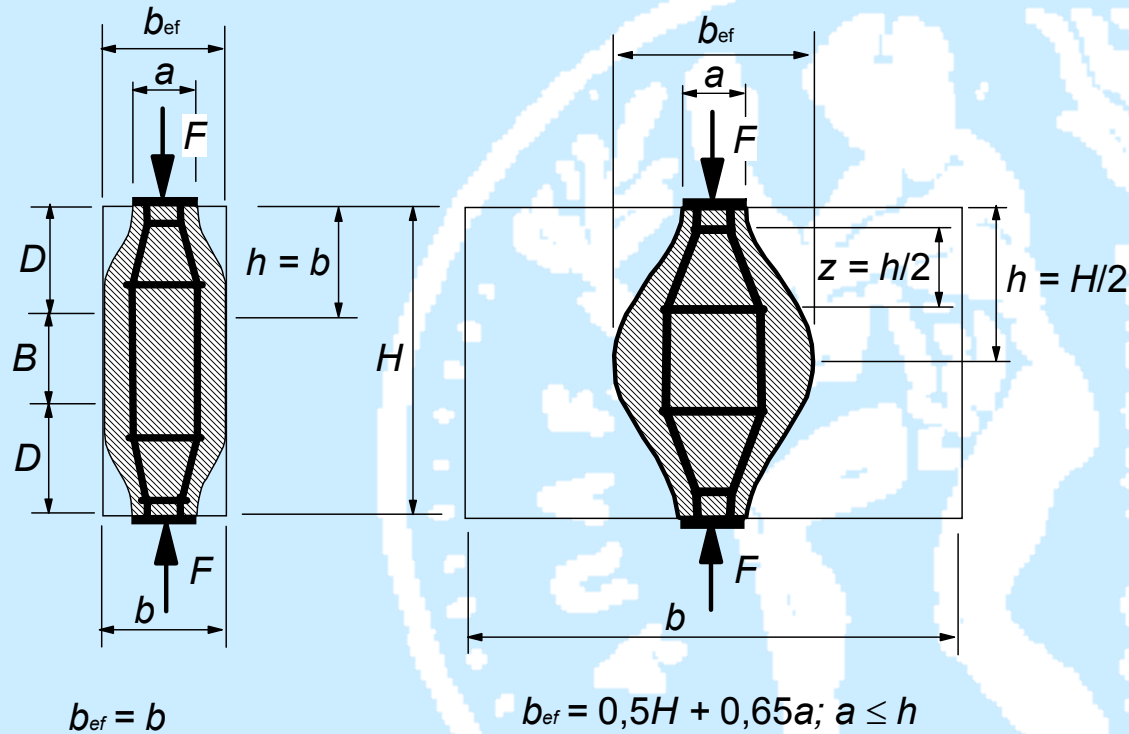


# Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων – ελκυστήρων:

## Θλιπτήρας



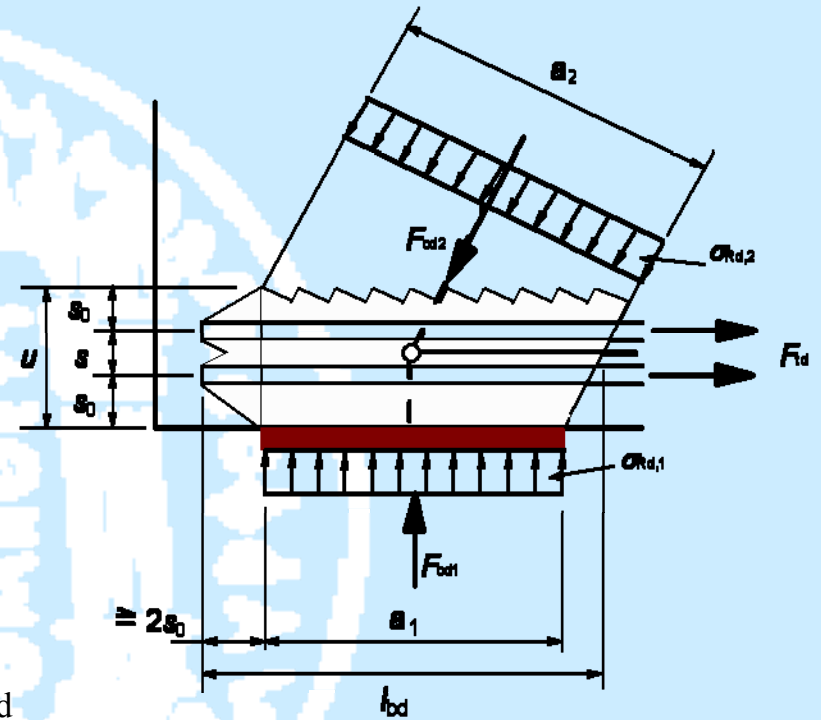
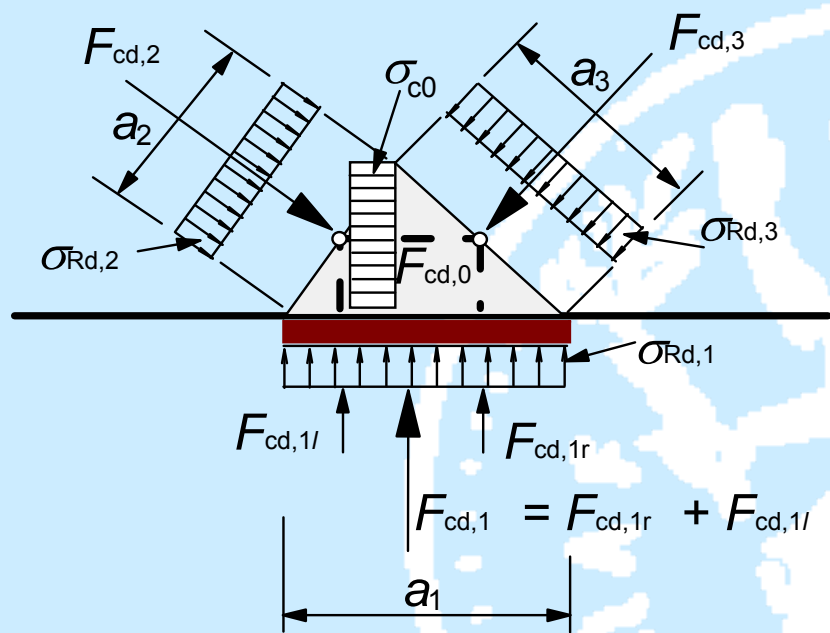
# Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων – ελκυστήρων: Ελκυστήρας



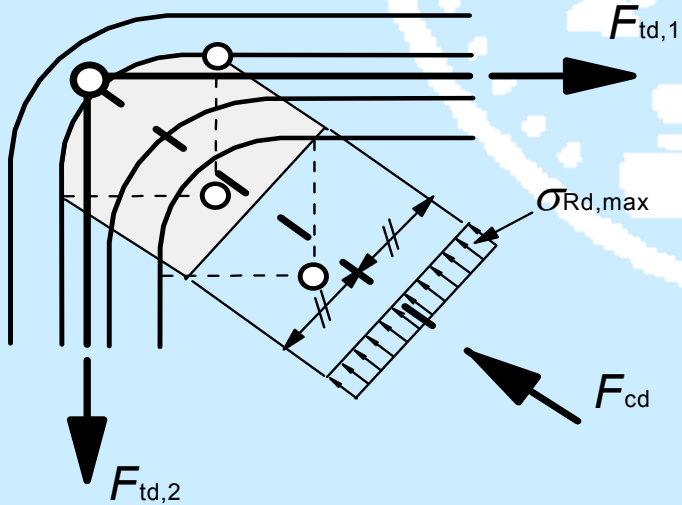
$$T = \frac{1}{4} \frac{b - a}{b} F$$

$$T = \frac{1}{4} \left( 1 - 0,7 \frac{a}{h} \right) F$$

# Κόμβοι



$$\sigma_{Rd,max} = k_i v f_{cd}$$

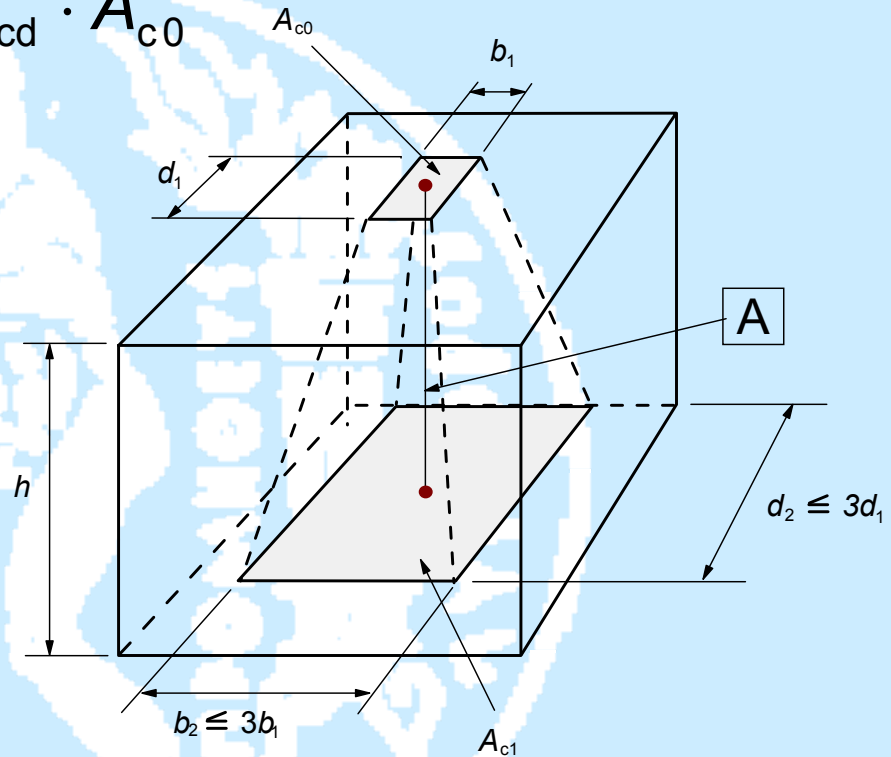


## Περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1} / A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Οπου

- $A_{c1}$  η μέγιστη επιτρεπόμενη επιφάνεια κατανομής (όμοια με την  $A_{c0}$ )
- $h \geq (b_2 - b_1)$  και  $h \geq (d_2 - d_1)$
- Σύμπτωση άξονα κέντρων με άξονα φόρτισης



## Φαινόμενα 2ας τάξης

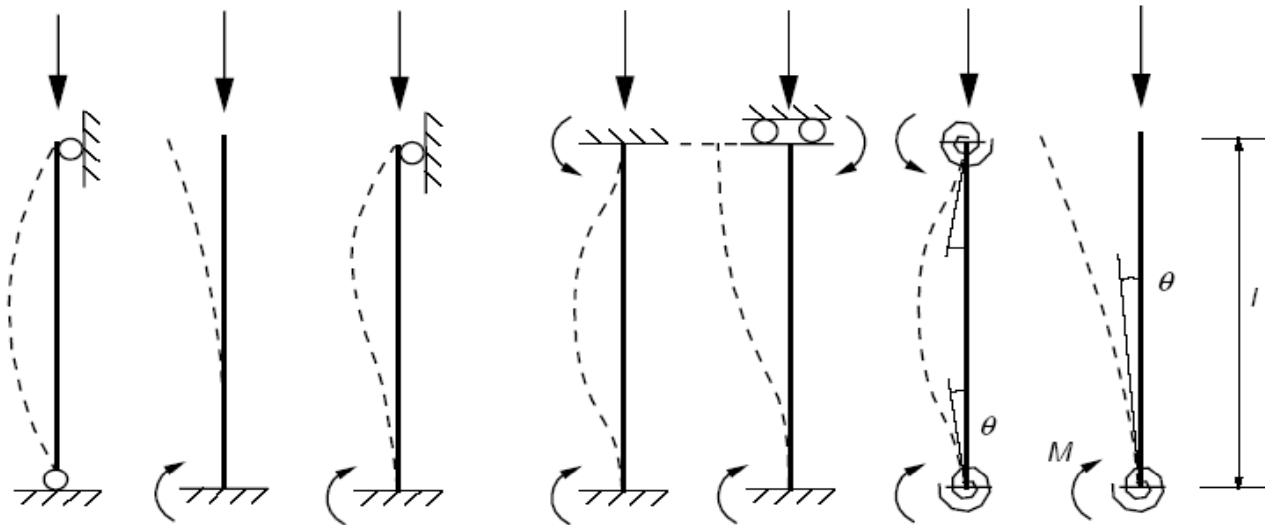
Τα φαινόμενα 2ας τάξης μπορούν να αγνοηθούν εάν δεν υπερβαίνουν το 10% των αντίστοιχων φαινομένων 1ης τάξης.

Απλοποιητικά τα φαινόμενα 2ας τάξης, **σε μεμονωμένα στοιχεία**, μπορούν να αγνοηθούν εφόσον η λυγηρότητα  $\lambda=l_0/i$  είναι μικρότερη από  $\lambda_{lim}=20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$

$A=1/(1+0,2\varphi_{ef})$  (εάν το  $\varphi_{ef}$  είναι άγνωστο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή  $A=0,7$ )

$B= \sqrt{1+2\omega}$  (εάν το  $\omega$  είναι άγνωστο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή  $B=1,1$ )

$C= 1,7-r_m$  (εάν το  $r_m$  είναι άγνωστο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή  $C=0,7$ )



a)  $l_0 = l$    b)  $l_0 = 2l$    c)  $l_0 = 0,7l$    d)  $l_0 = l/2$    e)  $l_0 = l$    f)  $l/2 < l_0 < l$    g)  $l_0 > 2l$

## Φαινόμενα 2ας τάξης

Τα φαινόμενα 2ας τάξης μπορούν να αγνοηθούν εάν δεν υπερβαίνουν το 10% των αντίστοιχων φαινομένων 1ης τάξης.

Απλοποιητικά τα φαινόμενα 2ας τάξης, **συνολικά στο κτήριο**, μπορούν να αγνοηθούν εφόσον το συνολικό κατακόρυφο φορτία  $F_{V,Ed}$ :

$$F_{V,Ed} \leq k_1 \cdot \frac{n_s}{n_s + 1.6} \cdot \frac{\sum E_{cd} I_c}{L^2}$$

## Φαινόμενα 2ας τάξης

Αν τα φαινόμενα 2ας τάξης δεν μπορούν να αγνοηθούν τότε μπορεί να εφαρμοσθεί μια από τις εξής μεθόδους:

- Η γενική μέθοδος
- Η μέθοδος της ονομαστικής δυσκαμψίας
- Η μέθοδος της ονομαστικής καμπυλότητας

**Γενική μέθοδος:** μη γραμμική ανάλυση, δ/τα σ-ε, ερπυσμός  $(1+\varphi_{ef})$  κλπ

**Η μέθοδος της ονομαστικής δυσκαμψίας:** λαμβάνεται υπόψη η ρηγμάτωση, η μη γραμμικότητα του υλικού και ο ερπυσμός. Υπολογίζεται η ονομαστική δυσκαμψία (σκυρόδεμα και χάλυβας):

$$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$$

από την οποία υπολογίζεται ο προσαυξητικός συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάζεται η ροπή 1<sup>ης</sup> τάξεως και προκύπτει η συνολική ροπή με την οποία γίνεται κατά τα γνωστά ο έλεγχος:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \left[ 1 + \frac{\beta}{(N_B / N_{Ed}) - 1} \right]$$



**Η μέθοδος της ονομαστικής καμπυλότητας:** (ουσιαστικά είναι η μέθοδος του προτύπου υποστυλώματος κατά ΕΚΩΣ).

Εφαρμόζεται σε μεμονωμένα υποστυλώματα και δίνει την ονομαστική ροπή 2ας τάξεως,  $M_2$ , βάσει της μετατόπισης 2ας τάξεως,  $e_2$ , η οποία προκύπτει από το μήκος λυγισμού,  $l_0$ , και μια εκτίμηση της μέγιστης καμπυλότητας ( $1/r$ ) η οποία με τη σειρά της προκύπτει από την καμπυλότητα διαρροής ( $1/r_0$ ):

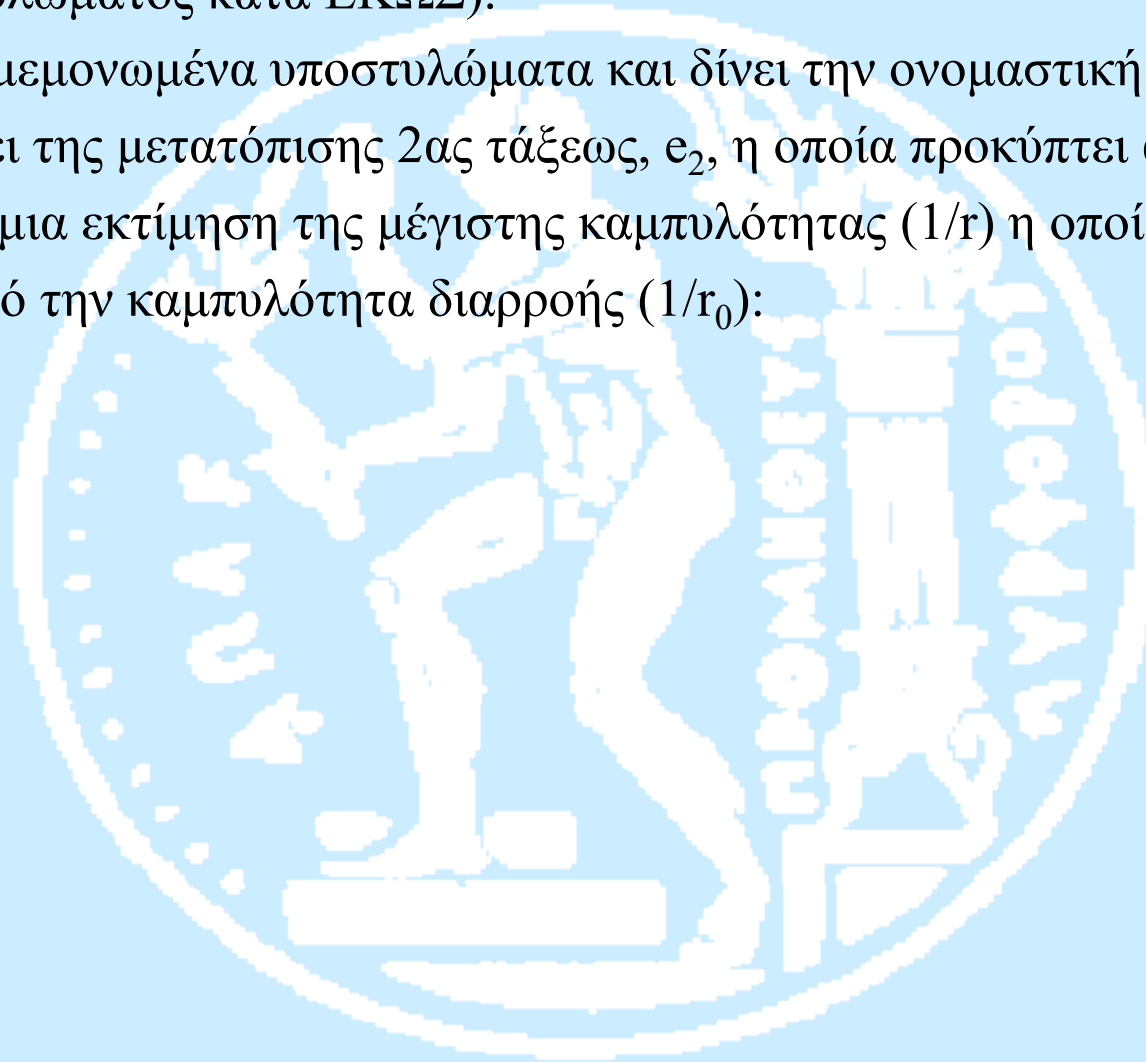
$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45d)$$

$$1/r = K_r K_\phi / r_0$$

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c$$

$$c = 8 \text{ έως } \pi^2 \approx 10$$

$$M_2 = N_{Ed} e_2$$



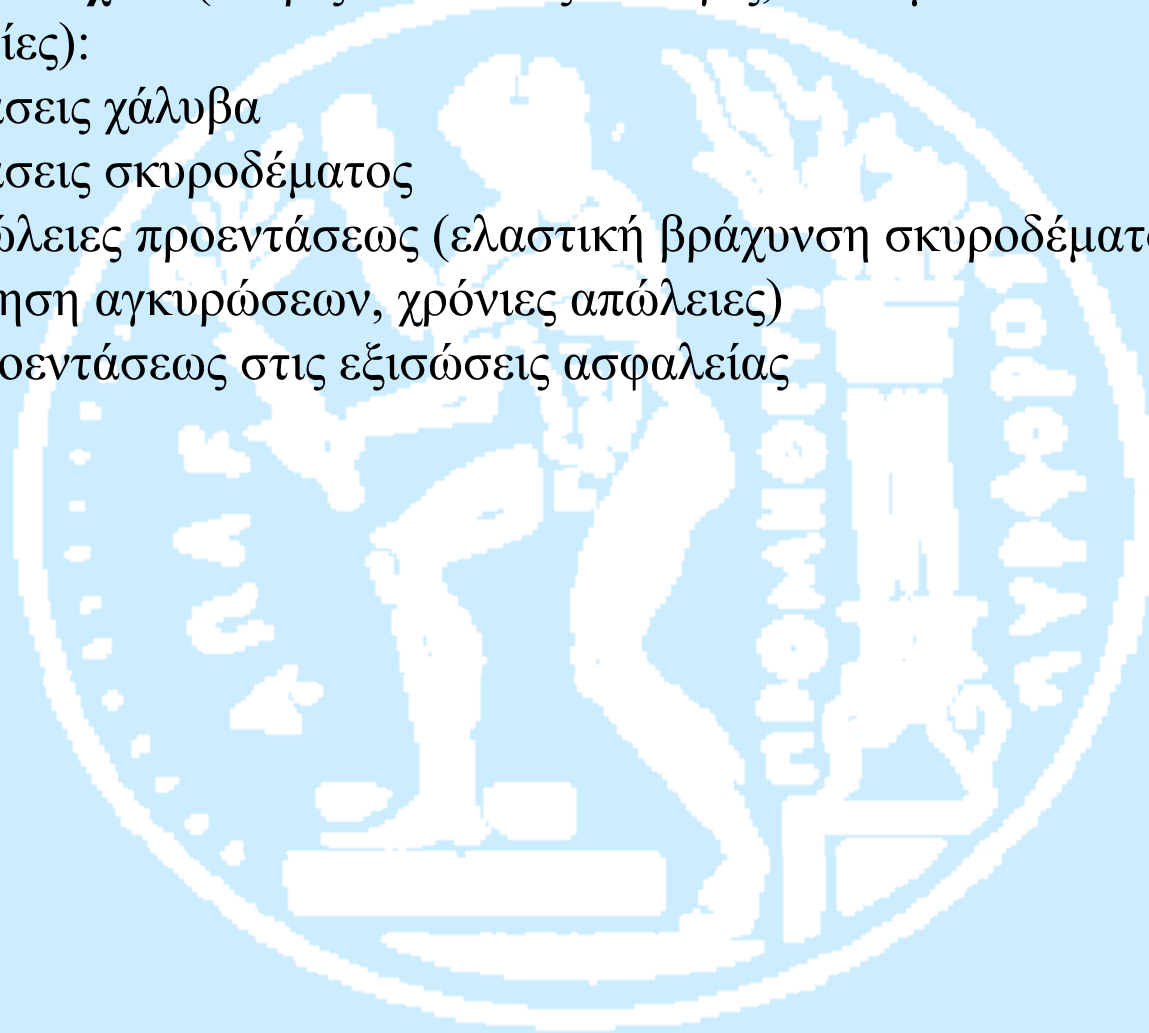
**Προεντεταμένα στοιχεία** (Χωρίς ουσιώδεις αλλαγές, αλλά με ουσιαστικές και λεπτομερείς οδηγίες):

Επιτρεπόμενες τάσεις χάλυβα

Επιτρεπόμενες τάσεις σκυροδέματος

Μειώσεις και απώλειες προεντάσεως (ελαστική βράχυνση σκυροδέματος, τριβές, χαλάρωση, ολίσθηση αγκυρώσεων, χρόνιες απώλειες)

Χειρισμός της προεντάσεως στις εξισώσεις ασφαλείας

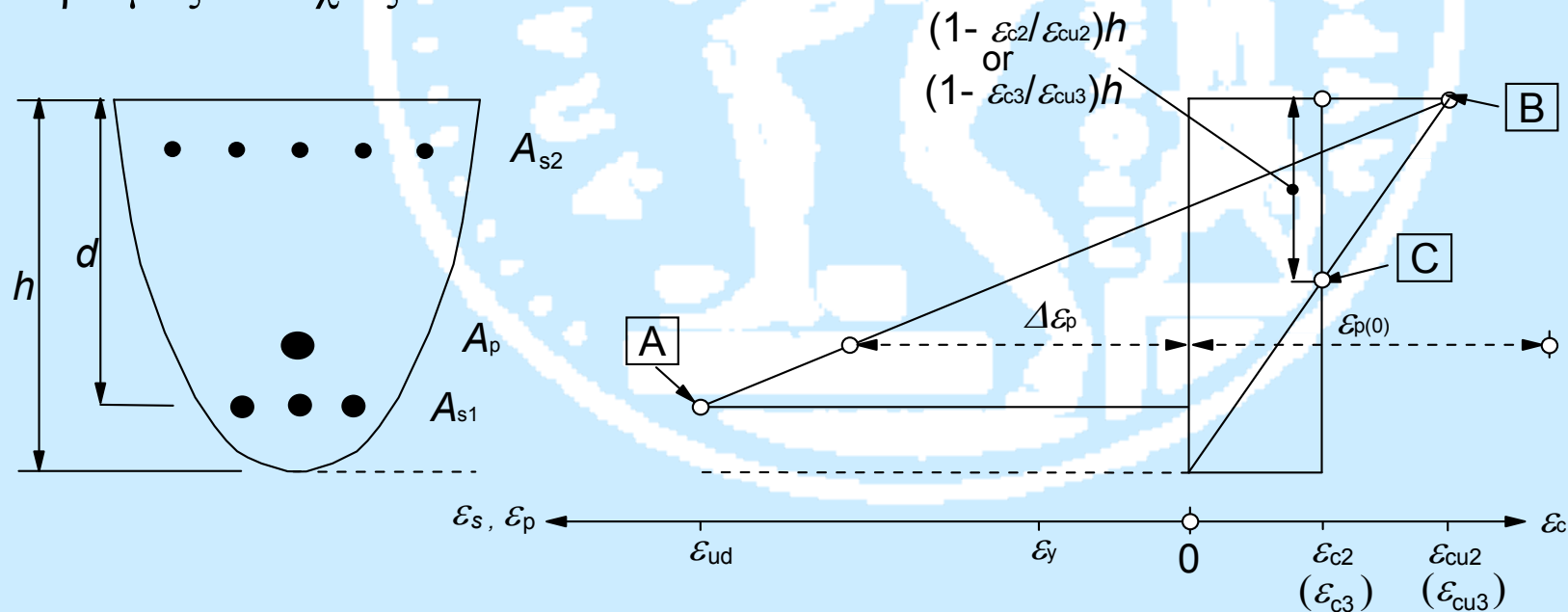


## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη χωρίς ουσιαστικές αλλαγές:

Παραδοχές:

- Επιπεδότητα διατομών
- Κοινές παραμορφώσεις χάλυβα και περιβάλλοντος σκυροδέματος
- η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος αγνοείται.
- $\sigma_c - \varepsilon_c$  (ή παραβολικό ή τριγωνικό ή ορθογωνικό)
- $\sigma_s - \varepsilon_s$ , (ή με κράτυνση και με όριο  $\varepsilon_{ud} = 0.9\varepsilon_{uk} = 0.9 * 75\text{‰} = 67.5\text{‰}$  ή χωρίς κράτυνση και χωρίς κανένα όριο για το  $\varepsilon_{ud}$ . Σε σύγκριση με την τιμή 20‰ του ΕΚΩΣ)
- Ορισμός αστοχίας



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση:** χωρίς ουσιαστικές αλλαγές:

- Δεν λαμβάνεται υπόψη η συμβολή των «λοιπών μηχανισμών» (δράση βλήτρου, τραχύτητα χειλέων ρωγμής, θλιβόμενη ζώνη) για την μείωση των συνδετήρων:  $V_{cd}=0$  (ακόμη και χωρίς σεισμό)
- Σε στοιχεία με μεταβλητό στατικό ύψος, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση του κεκλιμένου πέλματος στην δρώσα τέμνουσα
- Μικρή αλλαγή στην πρόσθετη δύναμη του εφελκυόμενου οπλισμού λόγω της λοξής ρηγματώσης (το αντίστοιχο της μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψης κατά ΕΚΩΣ)
- Περιορίσθηκε η γωνία κλίσεως των θλιπτήρων:  $1 < \cot\theta < 2.5$  δηλαδή  $21.8^\circ < \theta < 45^\circ$  (έναντι  $0.4 < \cot\theta < 2.5$  δηλαδή  $21.8^\circ < \theta < 68,2^\circ$ ) (δεν έχει ιδιαίτερη πρακτική σημασία)
- Διάτμηση στην διεπιφάνεια παλαιού και νέου σκυροδέματος
- Και βέβαια δεν υπάρχουν όλες εκείνες οι διατάξεις που αναφέρονται στον σεισμό

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ): Διάτμηση

Αλλαγές στους συμβολισμούς:

Μέγεθος	Σύμβολο	
	EC2	EKΩΣ
Δράση	$V_{Ed}$	$V_{Sd}$
Αντοχή άοπλου σκυρ/τος	$V_{Rd,c}$	$V_{Rd1}$
Τέμνουσα συνδετήρων	$V_{Rd,s}$	$V_{wd}$
Μέγιστη τέμνουσα	$V_{Rd,max}$	$V_{Rd2}$

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ): Διάτμηση

**Αναλυτικά η διαδικασία υπολογισμού έχει ως εξής:**

- Αν  $V_{Ed} < V_{Rd,c}$  τότε δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση, αλλά τίθεται ένας ελάχιστος οπλισμός (με εξαίρεση τις πλάκες στις οποίες παραλείπεται ακόμη και ο ελάχιστος οπλισμός).
- Αν  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  τότε **ολόκληρη** η τέμνουσα παραλαμβάνεται από συνδετήρες και θα πρέπει επίσης να εξασφαλισθεί ότι και το σκυρόδεμα δεν θα αστοχήσει από λοξή θλίψη, δηλαδή ταυτόχρονα πρέπει να ισχύουν:
  - ✓  $V_{Ed} < V_{Rd,max}$  (αν όχι, τότε αλλαγή διαστάσεων)
  - ✓  $V_{Ed} < V_{Rd,s}$  (υπολογίζονται οι συνδετήρες)

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ): Διάτμηση

Τέμνουσα για την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διατμήσεως:

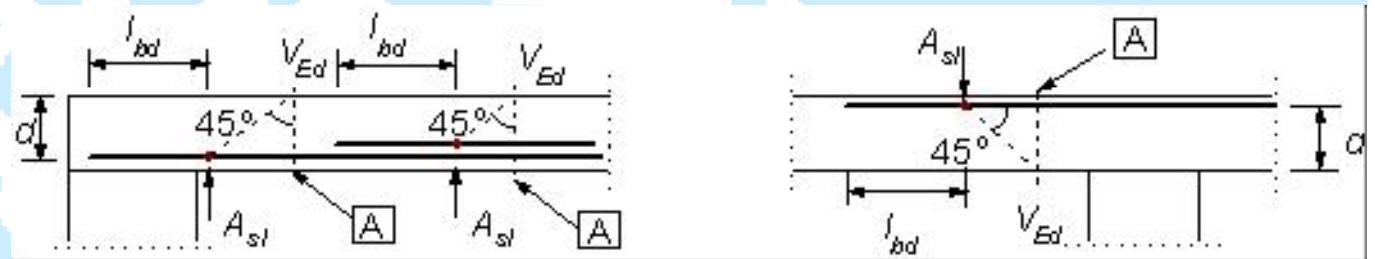
$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

όπου:

$f_{ck}$  σε MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl}/bd < 0.02$$



$A_{sl}$  είναι το εμβαδόν του εφελκυόμενου οπλισμού που εκτείνεται σε απόσταση μεγαλύτερη από  $(l_{bd} + d)$  πέρα από τη θεωρούμενη διατομή

$b_w$  είναι το ελάχιστο πλάτος της διατομής στην εφελκυόμενη ζώνη [mm]

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0,2 f_{cd} \text{ [MPa]}$$

$N_{Ed}$  είναι η αξονική δύναμη στη διατομή [σε N] ( $N_{Ed} > 0$  για θλίψη). Η επιρροή των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων στην  $N_E$  μπορεί να αγνοείται.

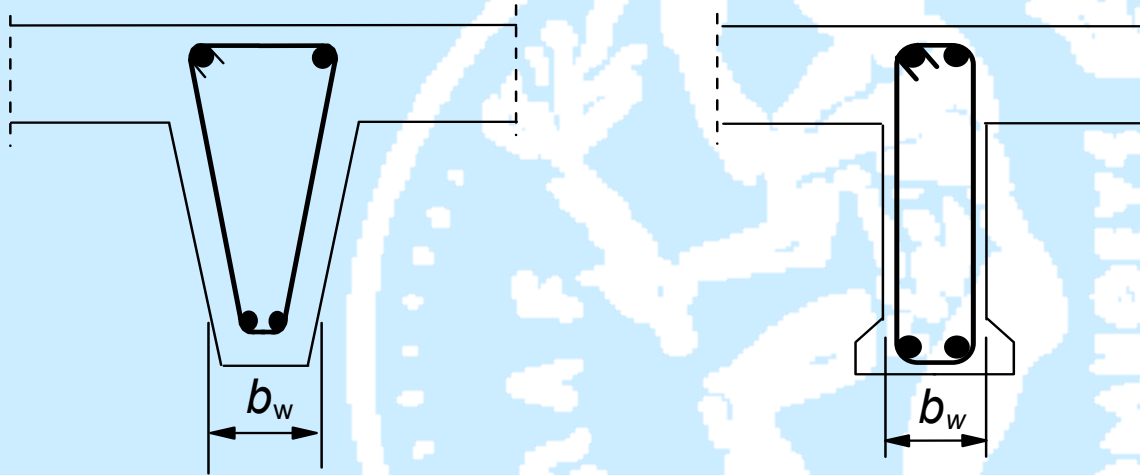
$A_c$  είναι το εμβαδόν της διατομής του σκυροδέματος [mm<sup>2</sup>]

$$V_{Rd,c} \text{ σε [N]}$$

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Διάτμηση:

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





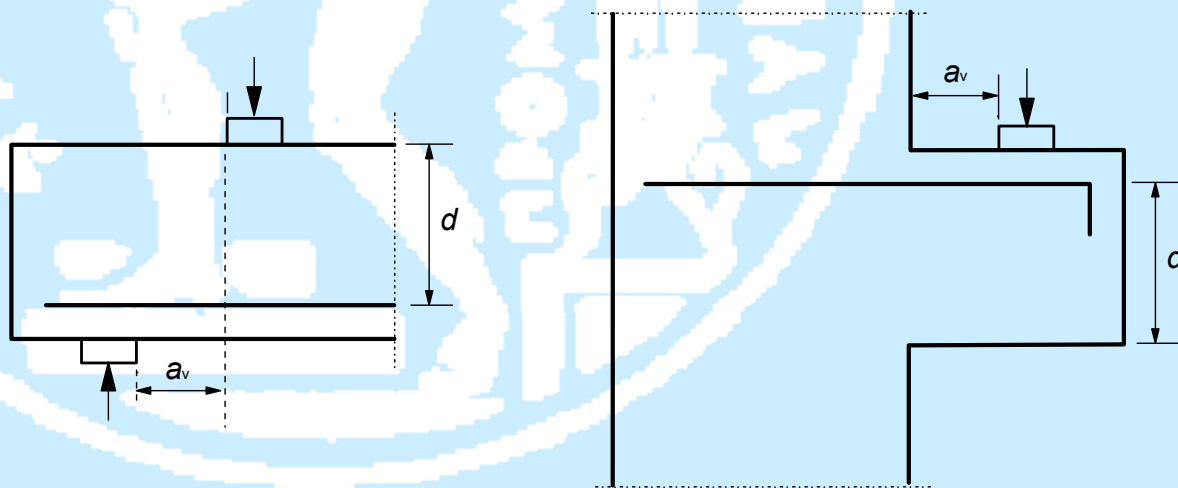
## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ): Διάτμηση

Συγκεντρωμένα φορτία «κοντά» σε μια άμεση στήριξη:

Η συμβολή στην τιμή της δρώσας τέμνουσας  $V_{Ed}$ , που έχει ένα συγκεντρωμένο φορτίο «κοντά» ( $a < 2d$ ) σε μια άμεση στήριξη μπορεί να πολλαπλασιάζεται επί τον μειωτικό συντελεστή  $\beta = a/2d$ .

Ο συντελεστής  $\beta$  δεν μπορεί να είναι μικρότερος από 0.25

Η μείωση αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά τον έλεγχο της  $V_{Rd,c}$



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ): Διάτμηση

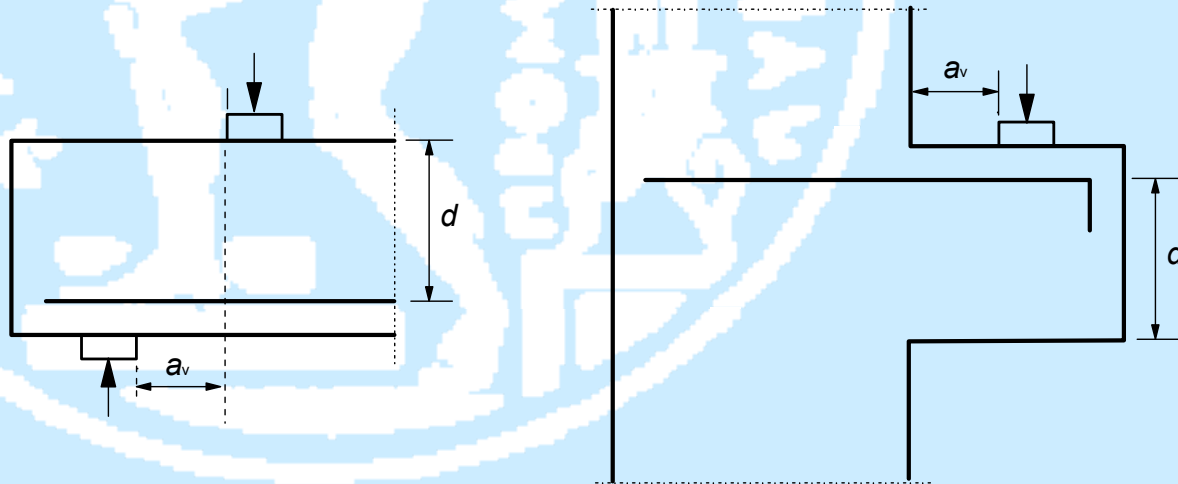
Συγκεντρωμένα φορτία «κοντά» σε μια άμεση στήριξη (συνέχεια):

**Προϋπόθεση** για την μείωση αυτή: ο οπλισμός να είναι καλά αγκυρωμένος στην στήριξη.

**Ωστόσο** θα πρέπει να ελέγχεται ότι η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$ , που υπολογίζεται χωρίς την μείωση αυτή, δεν υπερβαίνει την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος (το οποίο ευρίσκεται υπό διαξονική εντατική κατάσταση):  $V_{Ed} \leq 0.5b_w d v f_{cd}$

όπου ο συντελεστής  $v$  λαβαίνει υπόψη του την μείωση αυτή της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος λόγω της διαξονικής εντάσεως:  $v = 0.6[1 - f_{ck}/250]$  όπου το  $f_{ck}$  σε MPa

Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμόζεται και η μέθοδος θλιπτήρα-ελκυστήρα

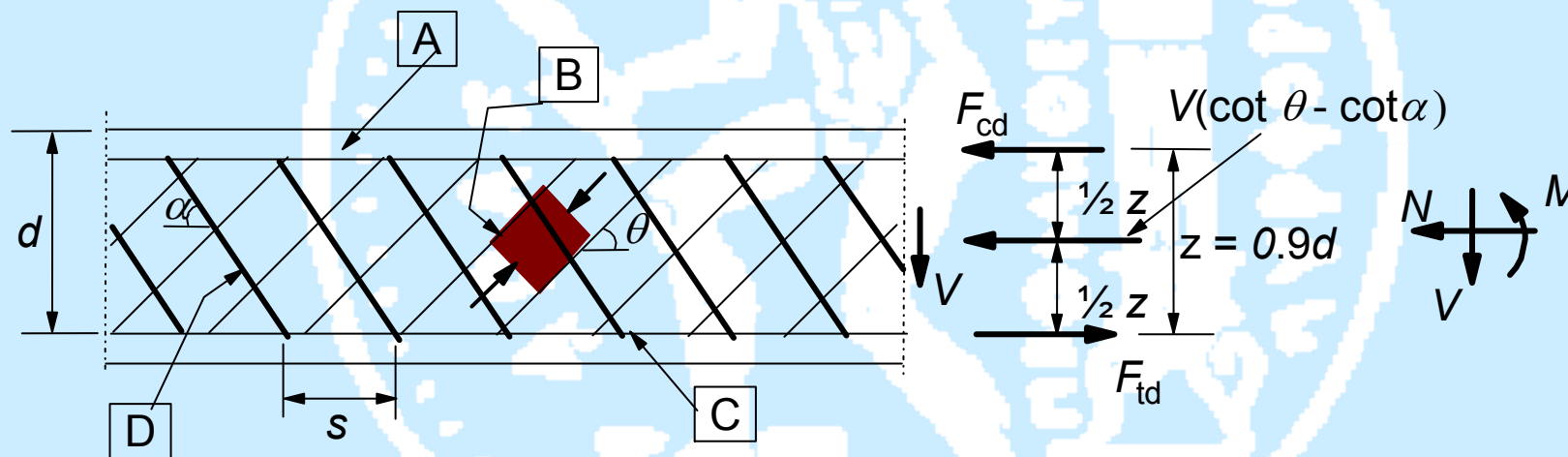


## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

Ο σχεδιασμός βασίζεται σ' ένα γενικευμένο δικτύωμα Moersch,

- με θλιβόμενες ράβδους σκυροδέματος (γωνία κλίσεως  $\theta$ :  $21.8^\circ < \theta < 45^\circ$ ),  $V_{Rd,max}$  και
- εφελκυόμενες ράβδους χάλυβα (γωνία κλίσεως  $\alpha$ :  $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ )  $V_{Rd,s}$



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

Στην γενική περίπτωση οι αντίστοιχες τέμνουσες αντοχής δίνονται από τις σχέσεις:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

Στην περίπτωση κατακόρυφων συνδετήρων ( $\alpha=90^\circ$ ) και γωνία κεκλιμένων ράβδων σκυροδέματος  $\theta=45^\circ$ , οι σχέσεις γίνονται ίδιες με του ΕΚΩΣ:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / 2$$

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

**Σημείωση:** και στον ΕΚΩΣ προβλέποταν η μεταβλητή γωνία κλίσεως των θλιπτέρων, μόνο που τα όρια ήταν  $21.8^\circ < \theta < 68.2^\circ$

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

**Σημείωση:** Επίδραση της γωνίας  $\theta$ :

Από την σχέση της  $V_{Rd,s}$  προκύπτει ότι οικονομικότερη είναι η επιλογή της γωνίας  $\theta=22^\circ$  (2.5 φορές μεγαλύτερη) αλλά για αυτήν την γωνία η  $V_{Rd,max}$  λαμβάνει την μικρότερη τιμή (32% μικρότερη). Αρα για την οικονομικότερη επιλογή των συνδετήρων, ελέγχουμε κατ' αρχάς ποια είναι η ελάχιστη γωνία  $\theta$  για την οποία ικανοποιείται η  $V_{Rd,max}$  (συνήθως θα είναι  $\theta=22^\circ$ ) και για την γωνία αυτή υπολογίζουμε τους συνδετήρες.

$V_{Rd,s}$		$\alpha(^{\circ})$			
		45	60	75	90
$\theta(^{\circ})$	22	2,47	2,67	2,67	2,50
	30	1,93	2,00	1,93	1,73
	40	1,55	1,53	1,41	1,19
	45	1,41	1,37	1,22	1,00

$V_{Rd,max}$		$\alpha(^{\circ})$			
		45	60	75	90
$\theta(^{\circ})$	22	0,48	0,42	0,38	0,34
	30	0,68	0,58	0,50	0,43
	40	0,91	0,73	0,60	0,49
	45	1,00	0,79	0,63	0,50

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

Στην πράξη, και για την συνήθη περίπτωση των κατακόρυφων συνδετήρων ( $\alpha=0^\circ$ ) έχουμε:

$$V_{Rd,max} = 0.5 \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} \sin 2\theta$$

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

Εξισώνοντας την 1<sup>η</sup> σχέση με την δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  υπολογίζεται η ελάχιστη γωνία  $\theta$  για την οποία ικανοποιείται ο έλεγχος της  $V_{Rd,max}$ , και με βάση την γωνία αυτή, από την 2<sup>η</sup> σχέση υπολογίζονται οι απαιτούμενοι συνδετήρες.

Σημειώνεται ότι αν προκύψει:

- $\theta < 21.8^\circ$  τότε λαμβάνεται  $\theta = 21.8^\circ$
- $\theta > 45^\circ$  τότε απαιτείται αλλαγή διατομής
- $21.8^\circ < \theta < 45^\circ$  τότε με αυτή την τιμή της  $\theta$  υπολογίζονται οι συνδετήρες

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

Το **ελάχιστο** ποσοστό του οπλισμού διατμήσεως είναι (παρ. 9.2.2 (3) Σημ. ):

$$\rho_{w,min} = A_{sw,min} / [b_w s] = 0.08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$$

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα ελάχιστα ποσοστά για τις διάφορες ποιότητες σκυροδέματος και χάλυβα (και γίνεται σύγκριση με τον ΕΚΩΣ)

$\rho_{wmin}(\%)$		$f_{ck}(\text{MPa})$												
		16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{yk}$ (MPa)	220	1,45	1,63	1,82	1,99	2,15	2,30	2,44	2,57	2,70	2,82	3,04	3,25	3,45
	400	0,80	0,89	1,00	1,10	1,18	1,26	1,34	1,41	1,48	1,55	1,67	1,79	1,90
	500	0,64	0,72	0,80	0,88	0,95	1,01	1,07	1,13	1,19	1,24	1,34	1,43	1,52
ΕΚΩΣ	500	0,70	0,70	1.10	1.10	1.10	1.30	1.30	1.30	Δεν προβλέπεται αυτή η κατηγορία				

Εφαρμογή: για C20/25 και B500C έχουμε:

$$\rho_{w,min} = 0.08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0.08 \sqrt{(20)} / [500] = 0.08 * 4.47 / 435 = \mathbf{0.72\%}$$

π.χ για δοκό 250/500 προκύπτει Φ8 ανά 550mm

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

Εκτός από το ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διατμήσεως ορίζεται και **μέγιστο** ποσοστό του οπλισμού διατμήσεως (παρ. 6.2.3 (5) Σημ. 4) (νέα διάταξη, δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο στον ΕΚΩΣ):

$$\rho_{w,max} = A_{sw,max} / [b_w s] = 0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd} / f_{yd}$$

Εφαρμογή: για C20/25 και B500C έχουμε:

$$\rho_{w,max} = 0.5 * 1 * 0.6 * [1 - 20/250] * 20 * 1.15 / [500 * 1.5] = \mathbf{8.5\%} \text{ (π.χ για δοκό 250/500 προκύπτει } \Phi 10 \text{ ανά } 74\text{mm ή } \Phi 8/47\text{mm.)}$$

Η τέμνουσα που αντιστοιχεί στο μέγιστο ποσοστό οπλισμού διατμήσεως είναι:

$$V_{Rd,s,max} = \frac{A_{sw,max}}{s} z f_{ywd} = \rho_{w,max} b_w z f_{ywd} = \frac{0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd}}{f_{ywd}} b_w z f_{ywd}$$

Η οποία είναι ίση με την  $V_{Rd,max}$  για  $\theta=45^\circ$  και  $\alpha=90^\circ$ . Δηλαδή για την συνήθη περίπτωση ( $\theta=45^\circ$  και  $\alpha=90^\circ$ ) η διάταξη αυτή είναι ανενεργή.



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση:** Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως

**Επίδραση της λοξής ρηγματώσεως στον διαμήκη οπλισμό:**

Ο EC2 προβλέπει πρόσθετο διαμήκη οπλισμό, για την ανάληψη της πρόσθετης εφελκυστικής δύναμης  $\Delta F_{td}$  που οφείλεται στη διάτμηση. Ο εν λόγω οπλισμός μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

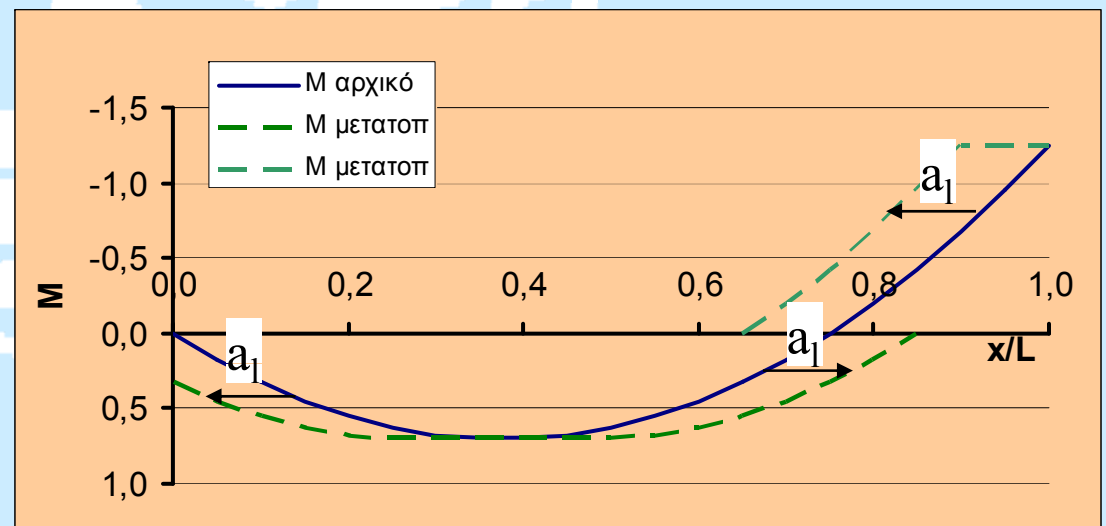
$$\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (\cot\theta - \cot\alpha)$$

αλλά η τιμή  $(M_{Ed}/z) + \Delta F_{td}$  δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή  $(M_{Ed,max}/z)$ . Η σχέση αυτή πρακτικώς ισοδυναμεί με μετατόπιση του διαγράμματος ροπών κάμψεως κατά:

$$a_1 = 0.5z(\cot\theta - \cot\alpha)$$

Η διάταξη αυτή:

- δεν έχει επίπτωση στον μέγιστο οπλισμό
- επηρεάζει τις θέσεις στις οποίες μπορεί να σταματήσει ο διαμήκης οπλισμός (κλιμάκωση του οπλισμού και απαιτήσεις αγκύρωσης)



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτμηση: Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως**

**Στοιχεία με κεκλιμένα πέλματα:**

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση που έχουν, στην τέμνουσα αντοχής, οι κατακόρυφες συνιστώσες των εσωτερικών (κεκλιμένων) δυνάμεων (του άνω και κάτω πέλματος). Σε στοιχεία με οπλισμό διάτμησης, η συνολική τέμνουσα αντοχής είναι ίση προς :

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{ccd} + V_{td}$$

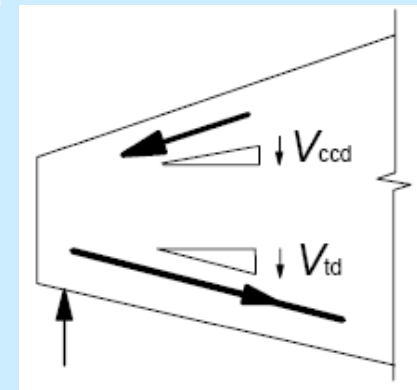
Επίσης, η επίδραση αυτή των πελμάτων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και στην δρώσα τέμνουσα με την οποία ελέγχεται η αντοχή έναντι λοξής θλίψης:

$$V_{Rd,max} > V_{Ed} - V_{ccd} - V_{td}$$

όπου:

$V_{ccd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής συνιστώσας της δύναμης στη θλιβόμενη περιοχή, στην περίπτωση θλιβόμενης κεκλιμένης χορδής.

$V_{td}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής συνιστώσας της δύναμης στον εφελκόμενο οπλισμό, στην περίπτωση εφελκόμενης κεκλιμένης χορδής.



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

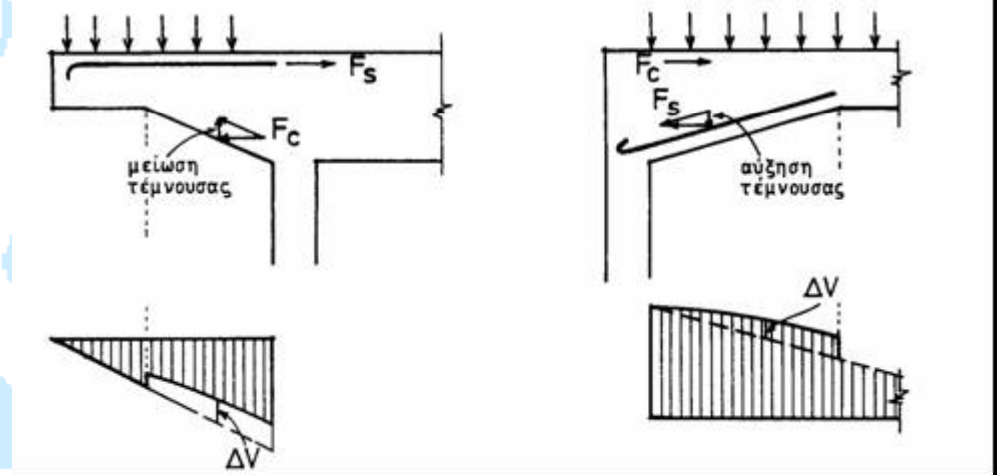
**Διάτμηση:** Στοιχεία για τα οποία απαιτείται οπλισμός διατμήσεως

**Στοιχεία με κεκλιμένα πέλματα:**

Οι συνιστώσες αυτές μπορεί να έχουν ευμενή ή δυσμενή επιρροή ανάλογα με την σχετική μεταβολή της ροπής κάμψεως σε σχέση με την μεταβολή του ύψους της δοκού.

Πράγματι:

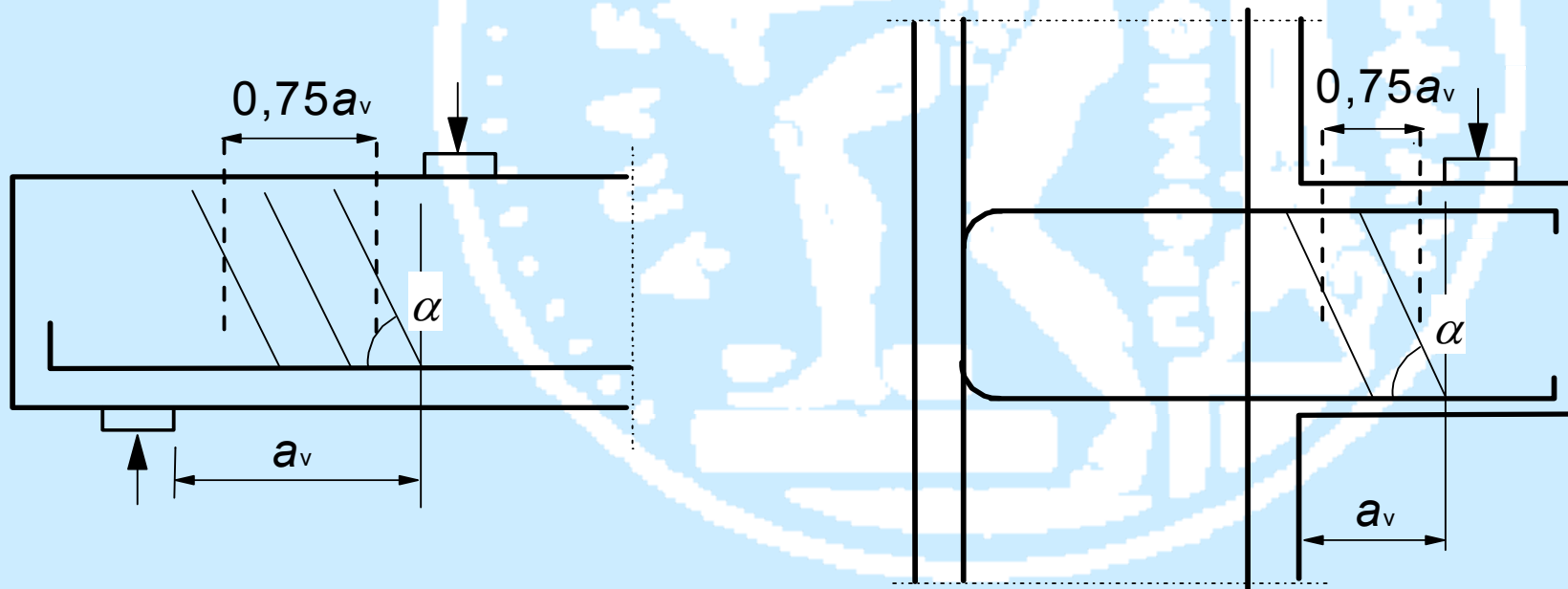
- Εάν η κάτω κεκλιμένη παρειά της δοκού θλίβεται τότε, λόγω της κλίσεως-της, η κατακόρυφη συνιστώσα συμβάλλει στην μείωση της δρώσας τέμνουσας  $V_{Ed}$ .
- Αντιθέτως η κατακόρυφη συνιστώσα του εφελκυόμενου πέλματος του δεξιά σχήματος προστίθεται στην κατακόρυφη δρώσα τέμνουσα.



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

### Διάτμηση:

Συγκεντρωμένα φορτία στην πάνω παρειά τους κοντά στο στήριγμα ( $0,5d \leq a_v \leq 2,0d$ ) η συμβολή του φορτίου αυτού στην τέμνουσα  $V_{Ed}$  μπορεί να μειωθεί με βάση το συντελεστή  $\beta = a_v/2d$ .



# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

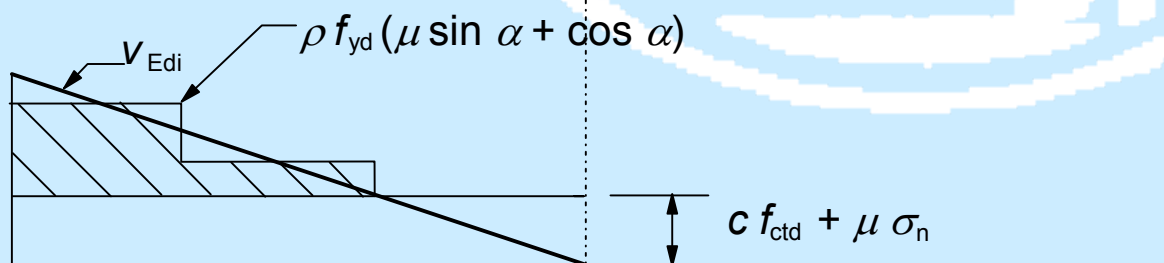
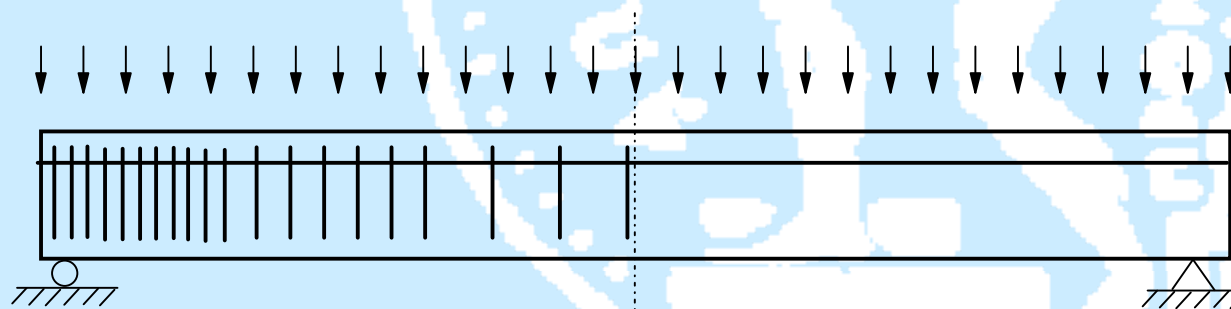
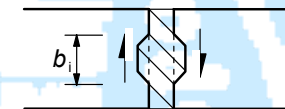
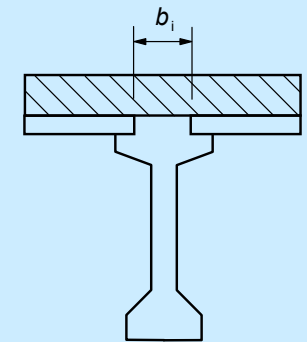
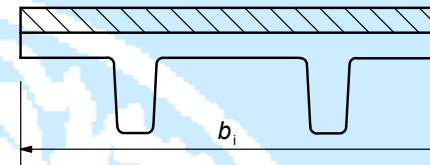
## Διάτμηση:

Διάτμηση στη διεπιφάνεια σκυροδεμάτων που διαστρώθηκαν σε διαφορετικό χρόνο

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Edi} = \beta V_{Ed} / (z b_i)$$

$$V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$$



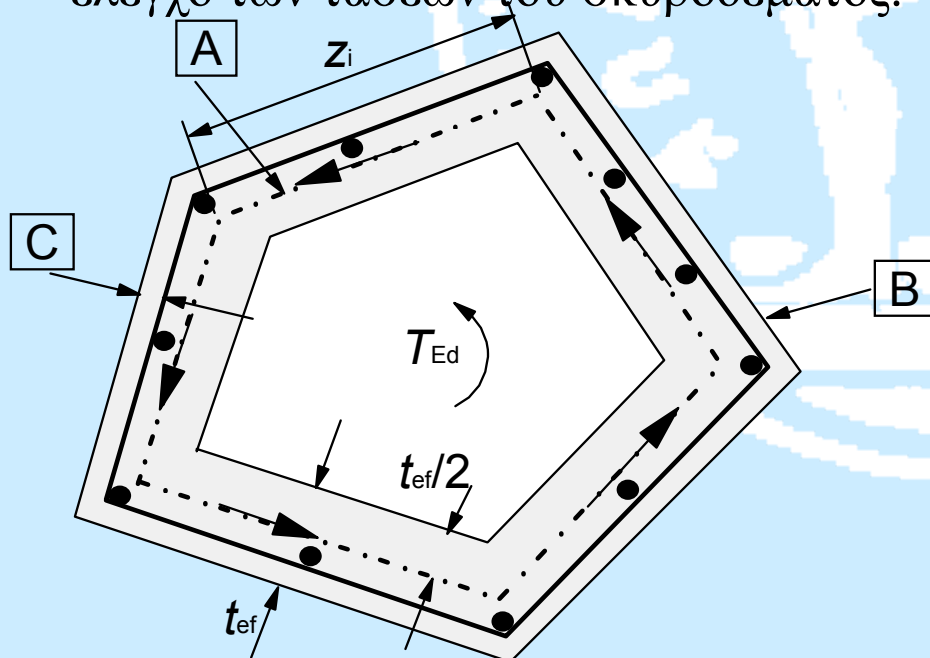
## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Στρέψη:** Δεν υπάρχουν ουσιαστικές αλλαγές από τον ΕΚΩΣ με εξαίρεση:

- το κριτήριο αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη υπό την ταυτόχρονη παρουσία στρέψεως και διατμήσεως που έγινε δυσμενέστερο:

$$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 1$$

- Δεν δίνεται έκφραση για τον υπολογισμό των συνδετήρων (όπως συμβαίνει στον ΕΚΩΣ), αλλά υπολογίζεται η τέμνουσα δύναμη που αναπτύσσεται σε κάθε τοίχωμα της κοίλης διατομής λόγω της ροπής στρέψεως  $T_{Ed}$  και γι' αυτήν την τέμνουσα υπολογίζονται οι συνδετήρες.
- Δεν αναφέρεται τίποτα για τον συνδυασμό στρέψεως και κάμψεως όσον αφορά τον έλεγχο των τάσεων του σκυροδέματος.



# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

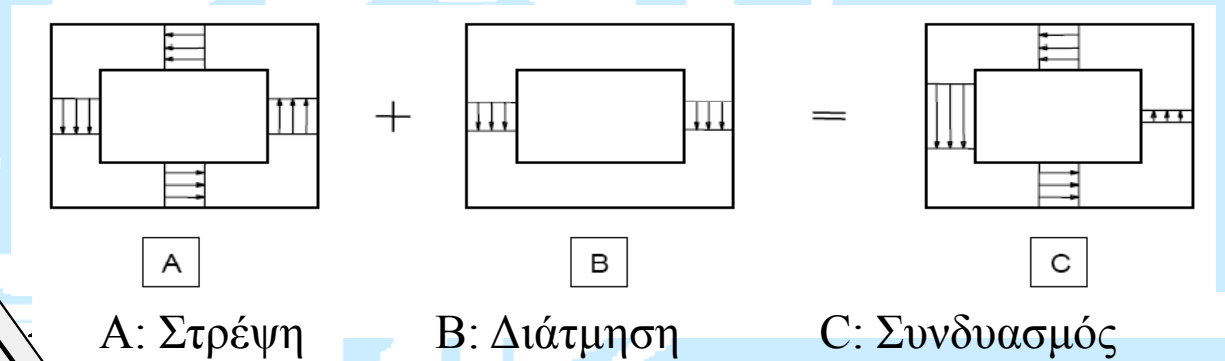
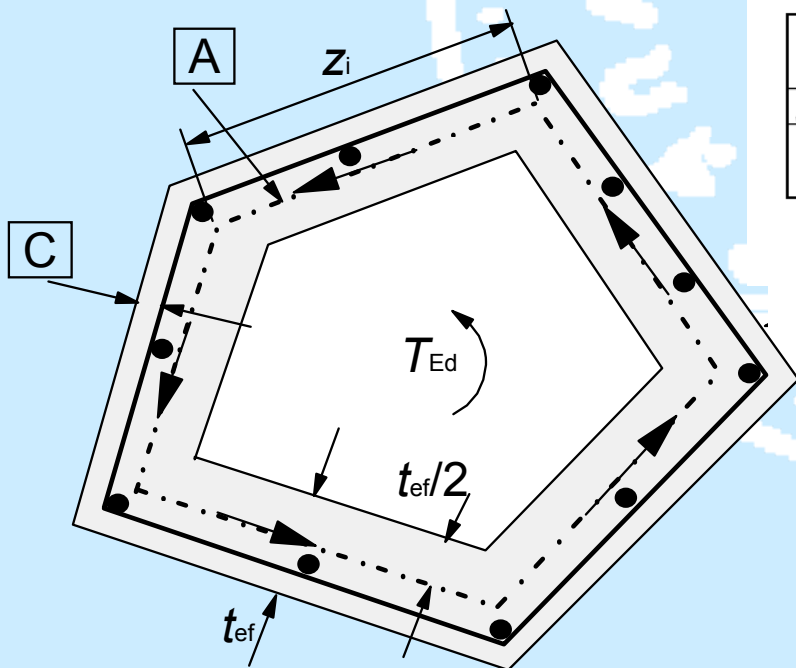
Ισοδύναμη λεπτότοιχη διατομή: πάχος τοιχώματος  $t_{ef} = A/u$

$$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 1,0$$

$$T_{Rd,max} = 2\nu\alpha_{cw}f_{cd}A_k t_{ef,i} \sin\theta \cos\theta.$$

$$\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot\theta$$

$$\frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_w} = \frac{T_{Ed}}{2A_k \cot\theta}$$



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** χωρίς «πολλές» αλλαγές. Συνοπτικά οι αλλαγές έχουν ως εξής:

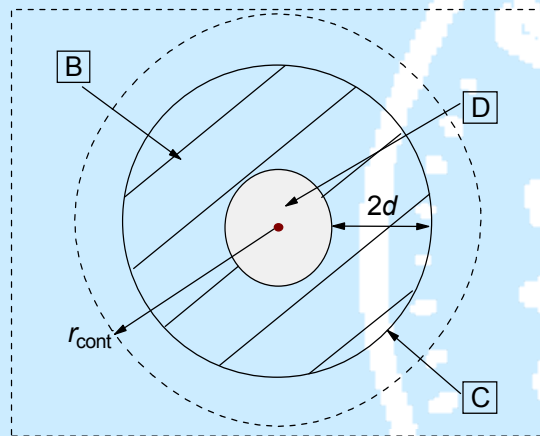
- Αύξηση του μήκους της βασικής περιμέτρου ελέγχου,  $u_1$ , (κρίσιμη περίμετρος κατά τον ΕΚΩΣ), επειδή η ελάχιστη απόσταση αυξήθηκε σε  $2d$  από  $1.5d$  που είναι στον ΕΚΩΣ
- Γίνονται έλεγχοι σε δύο θέσεις: στην παρειά του υποστυλώματος και στην βασική περίμετρο ελέγχου
- Δίνονται ακριβέστερες σχέσεις για τον υπολογισμό της έκκεντρης διάτρησης
- Δεν προβλέπονται περιορισμοί της βασικής περιμέτρου ελέγχου σε «επιμήκη» στοιχεία ( $b_{\text{υποστ}} > 2a_{\text{υποστ}}$ ) ή σε υποστυλώματα με μεγάλες διαστάσεις ( $d_{\text{υποστ}} > 3.5d_{\text{πλακ}}$ ) στα οποία μαζί με την διάτρηση εμφανίζεται και η διάτμηση
- Αν απαιτηθεί οπλισμός διατρήσεως, τότε υπολογίζεται και εκείνη η περίμετρος,  $u_{\text{out,ef}}$ , για την οποία από εκεί και πέρα δεν απαιτείται πλέον οπλισμός διατρήσεως.
- Ο οπλισμός διατρήσεως (κατακόρυφα σκέλη συνδετήρων) τίθεται κατά προτίμηση σε ομόκεντρες περιμέτρους. Η απόσταση  $s_r$  των ομόκεντρων περιμέτρων και η απόσταση  $s_t$  του οπλισμού διατρήσεως κατά μήκος της κάθε περιμέτρου υπόκεινται σε περιορισμούς (δεν πρέπει να υπερβαίνουν ορισμένες τιμές).



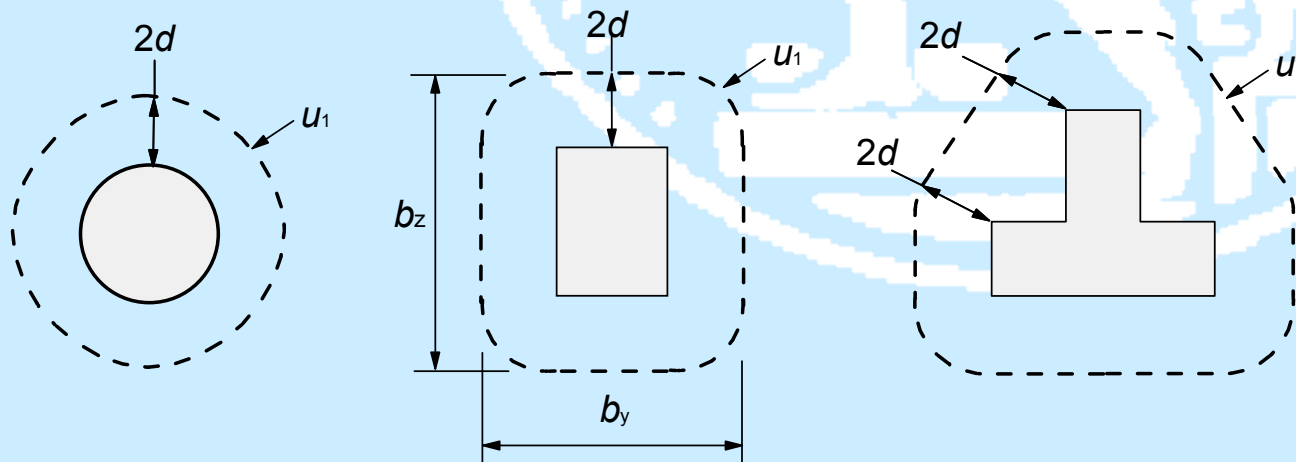
## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Βασική περίμετρος ελέγχου:

Η βασική περίμετρος ελέγχου  $u_1$  περιβάλλει την φορτίζουσα επιφάνεια, δεν απέχει από αυτήν απόσταση μικρότερη από  $2d$  και έχει το ελάχιστο μήκος. Όλες οι άλλες περίμετροι ελέγχου που θα ορισθούν στην συνέχεια θα έχουν σχήμα όμοιο με αυτό της βασικής περιμέτρου ελέγχου.



**B:** βασική επιφάνεια ελέγχου  $A_{cont}$   
**C:** βασική περίμετρος ελέγχου,  $u_1$   
**D:** φορτιζόμενη επιφάνεια  $A_{load}$   
 $r_{cont}$  δευτέρα περίμετρος ελέγχου



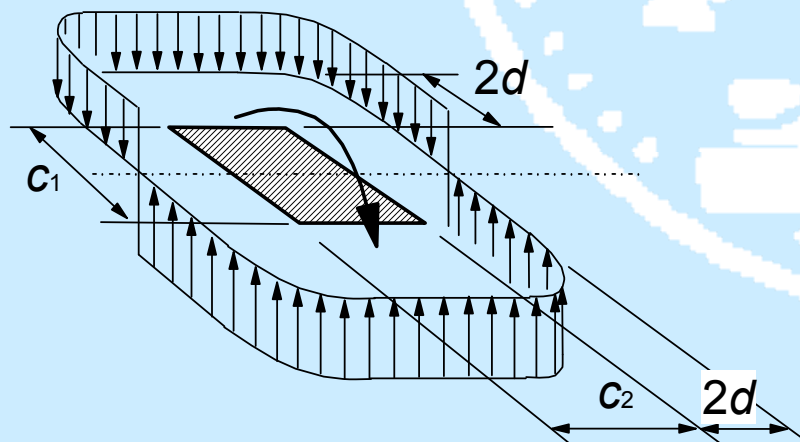
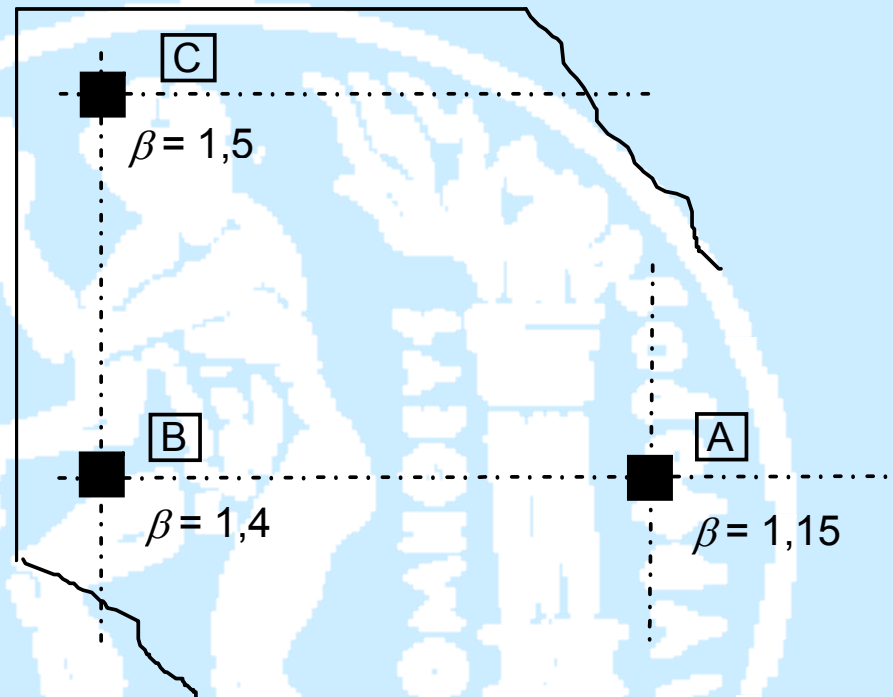
# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Διάτρηση:

$$V_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

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

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



Κατανομή της τέμνουσας από ροπή λόγω εκκεντρότητας σε έναν κόμβο πλάκας - εσωτερικού υποστυλώματος

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Τέμνουσες αντοχής:

Κατ' αντιστοιχία με την διάτμηση ορίζονται και εδώ οι ακόλουθες διατμητικές τάσεις σχεδιασμού (σε MPa) στις διατομές ελέγχου:

- $V_{Rd,c}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας **χωρίς οπλισμό** διάτμησης, στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου (*άοπλο σκυρόδεμα*)
- $V_{Rd,cs}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας **με οπλισμό** διάτμησης, στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου (*υπολογισμός συνδετήρων*)
- $V_{Rd,max}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου (*αλλαγή διαστάσεων*).

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Τέμνουσες αντοχής:

Η αντοχή σε διάτρηση μιας πλάκας **χωρίς οπλισμό** διάτρησης,  $v_{Rd,c}$  δίνεται από την σχέση:

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

Σχέση ανάλογη προς αυτήν της διάτμησης, με την παρατήρηση ότι:  $\rho_l$  είναι ο γεωμετρικός μέσος των  $\rho_{lz}$  και  $\rho_{ly}$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$$

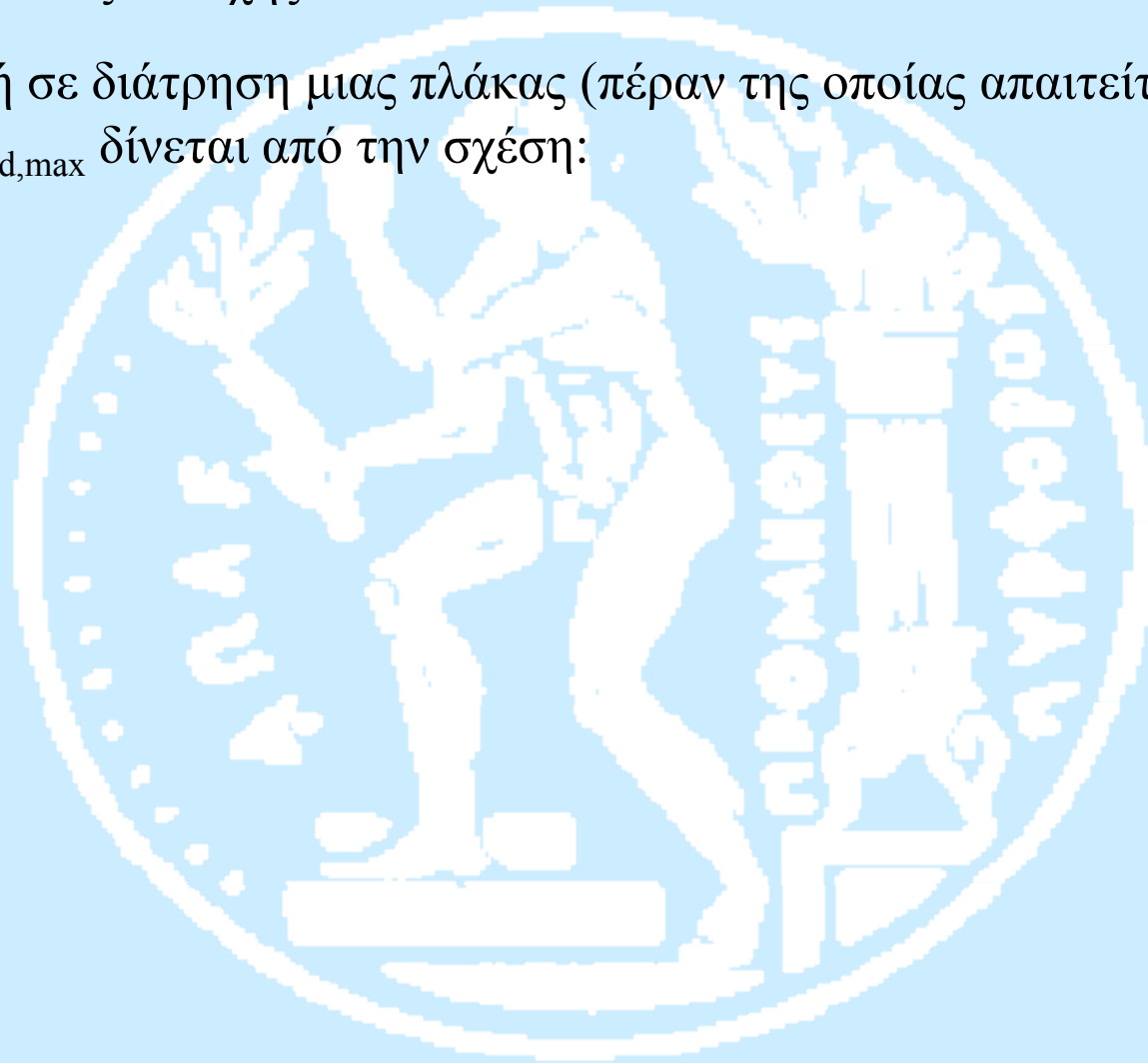
Οπου τα  $\rho_{lz}$  και  $\rho_{ly}$  αναφέρονται στον εφελκυσμένο οπλισμό με συνάφεια στις διευθύνσεις y και z, αντιστοίχως. Οι τιμές  $\rho_{ly}$  και  $\rho_{lz}$  πρέπει να υπολογίζονται ως μέσες τιμές, θεωρώντας ένα πλάτος πλάκας ίσο προς το πλάτος του υποστρώματος συν 3d σε κάθε πλευρά

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Τέμνουσες αντοχής:

Η μέγιστη αντοχή σε διάτρηση μιας πλάκας (πέραν της οποίας απαιτείται αλλαγή διαστάσεων),  $V_{Rd,max}$  δίνεται από την σχέση:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot$$
$$v = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Τέμνουσες αντοχής:

Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας με οπλισμό διάτρησης,

$V_{Rd,cs}$ , δίνεται από την σχέση:

$$V_{Rd,cs} = 0,75V_{Rd,c} + 1,5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin\alpha$$

όπου:

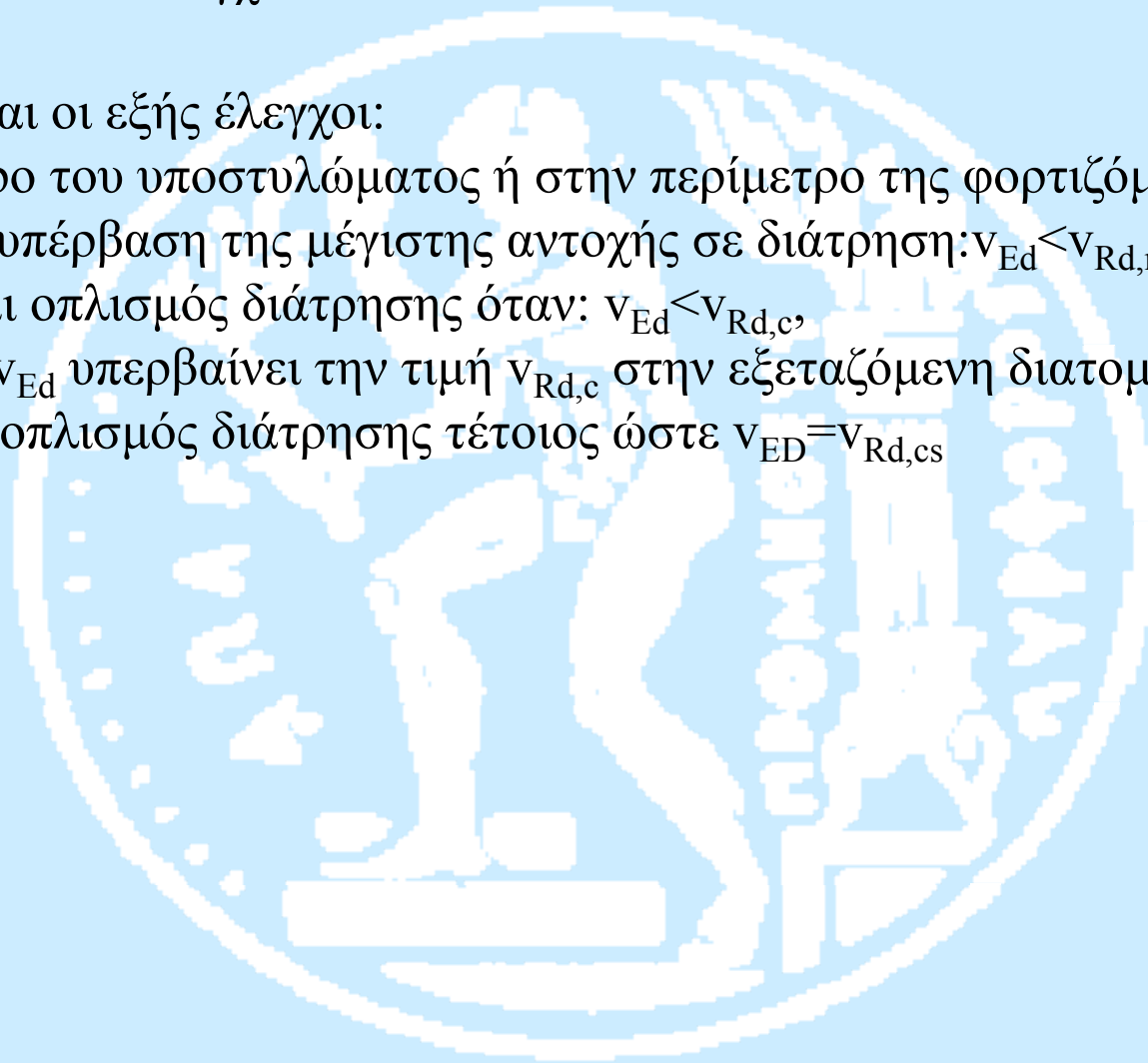
- $A_{sw}$  είναι το εμβαδόν του οπλισμού διάτμησης καταμήκος μιας από τις περιμέτρους γύρω από το υποστύλωμα [ $\text{mm}^2$ ]
- $s_r$  είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτμησης [ $\text{mm}$ ]
- $f_{ywd,ef}$  είναι η δρώσα τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτμησης, σύμφωνα με τη σχέση  $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$  [ $\text{MPa}$ ] (σε μικρού πάχους στοιχεία λαβαίνεται μικρότερη τάση των συνδετήρων)
- $d$  είναι ο μέσος όρος των στατικών υψών σε δύο κάθετες διευθύνσεις [ $\text{mm}$ ]
- $\alpha$  είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτμησης με το επίπεδο της πλάκας

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Διαδικασία ελέγχου:

Πρέπει να γίνονται οι εξής έλεγχοι:

- (a) Στην περίμετρο του υποστυλώματος ή στην περίμετρο της φορτιζόμενης επιφάνειας, δεν επιτρέπεται υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση:  $V_{Ed} < V_{Rd,max}$ ,
- (b) Δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης όταν:  $V_{Ed} < V_{Rd,c}$ ,
- (c) Όταν η τάση  $V_{Ed}$  υπερβαίνει την τιμή  $V_{Rd,c}$  στην εξεταζόμενη διατομή ελέγχου, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός διάτρησης τέτοιος ώστε  $V_{Ed} = V_{Rd,cs}$

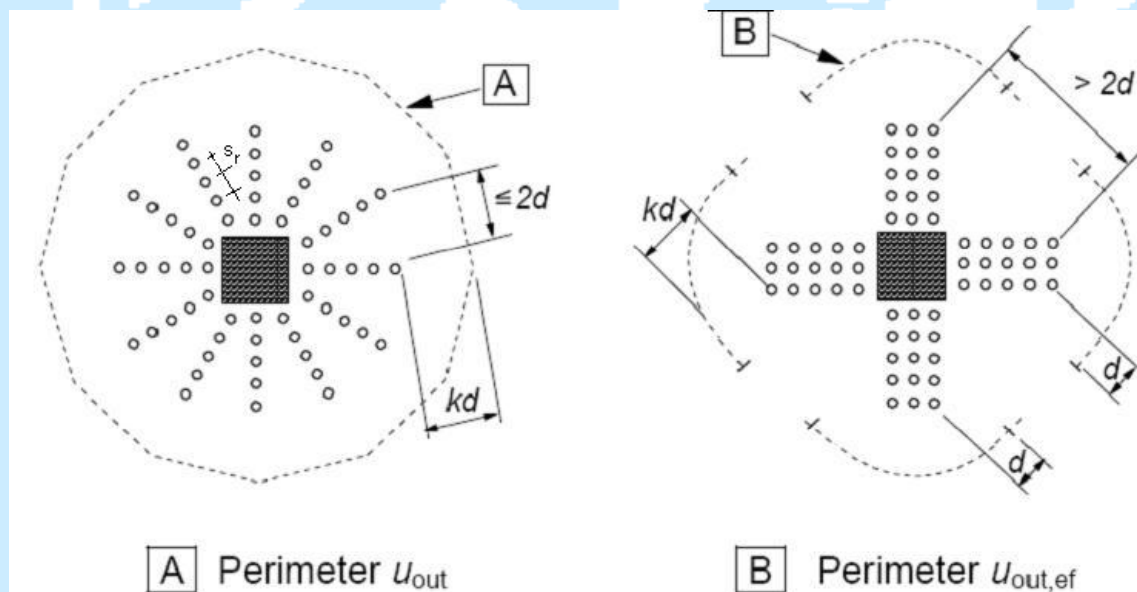


## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Διάτρηση:** Διαδικασία ελέγχου:

Πρέπει να γίνονται οι εξής έλεγχοι:

(d) Αν προκύψει ανάγκη για τοποθέτηση οπλισμού διάτρησης, τότε θα υπολογίζεται η περίμετρος ελέγχου,  $u_{out}$  ή  $u_{out,ef}$ , για την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διατρήσεως, δηλαδή για την οποία η δρώσα τέμνουσα γίνεται ίση με την  $v_{Rd,c}$ :  $u_{out,ef} = \beta V_{Ed} / [v_{Rd,c} d]$   
Η τελευταία (εξωτερική) περίμετρος οπλισμού διάτμησης πρέπει να τοποθετείται σε μια απόσταση όχι μεγαλύτερη από  $kd$  εντός της  $u_{out}$  (ή  $u_{out,ef}$ ) όπου  $k=1.5$ .





## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Κόπωση:** νέο κεφάλαιο:

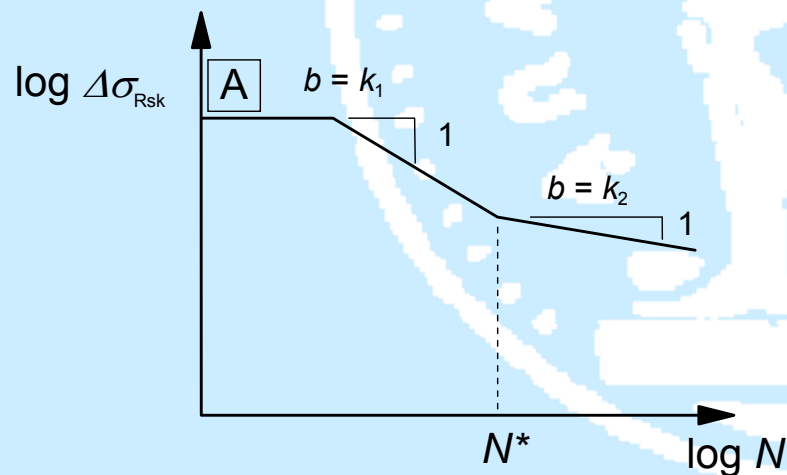
Ελεγχος μόνο σε ειδικές περιπτώσεις: γερανοτροχιές, γέφυρες

Η δράση θα διαχωρίζεται σε δύο μέρη

- Στο μη-μεταβαλλόμενο μέρος (πρακτικώς ο συχνός συνδυασμός) και
- Στο ανακυκλιζόμενο μέρος (συνίσταται σε αριθμό κύκλων επαναλαμβανόμενης φόρτισης) το οποίο προκαλεί κόπωση

Ελέγχονται οι τάσεις του χάλυβα και οι τάσεις του σκυροδέματος

Οι τάσεις του **χάλυβα** ελέγχονται με τις καμπύλες S-N



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

**Κόπωση :**

Ο έλεγχος του **σκυροδέματος** ικανοποιείται όταν:

$$\frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0,5 + 0,45 \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}}$$

$$f_{cd,fat} = k_1 \beta_{cc}(t_0) f_{cd} \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{\left\{ s \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right] \right\}}$$

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

**Περιορισμός τάσεων:** Των θλιπτικών τάσεων του σκυροδέματος και των εφελκυστικών τάσεων του χάλυβα.

Η θλιπτική τάση στο **σκυρόδεμα** πρέπει να περιορίζεται ώστε να αποφεύγεται:

- η διαμήκης ρηγμάτωση ή μικρο-ρηγμάτωση ( $<0.6f_{ck}$ )
- τα υψηλά επίπεδα ερπυσμού ( $<0.45f_{ck}$ )

Η εφελκυστική τάση του **χάλυβα** πρέπει να περιορίζεται ώστε να αποφεύγονται:

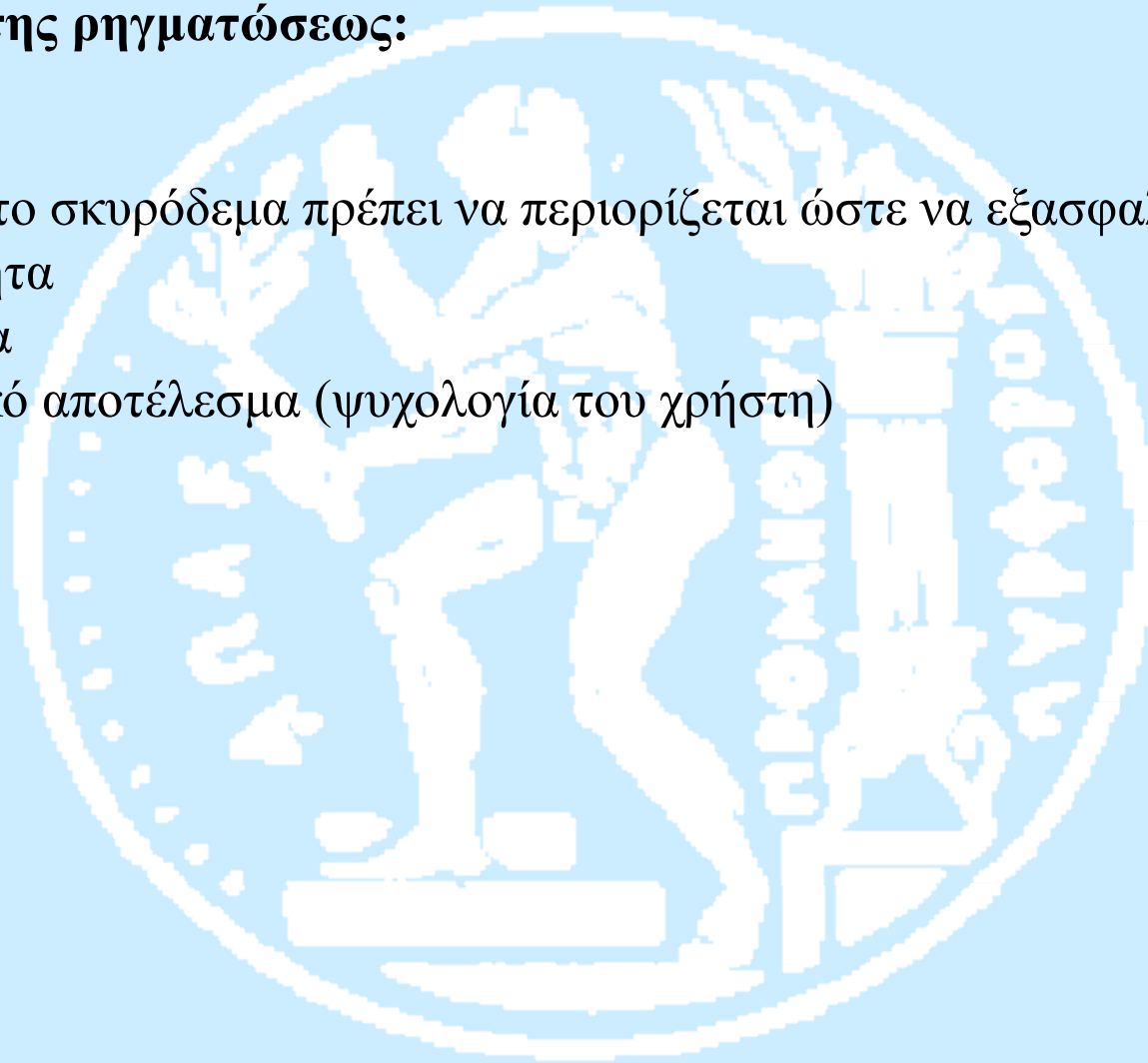
- Οι ανελαστικές παραμορφώσεις
  - Η μη ανεκτή ρηγμάτωση
  - Οι μη ανεκτές παραμορφώσεις
- $<0.8f_{yk}$  για τον χαλαρό οπλισμό  
 $<0.75f_{pk}$  για τον χάλυβα προεντάσεως

# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

## Περιορισμός της ρηγματώσεως:

Η ρηγματώση στο σκυρόδεμα πρέπει να περιορίζεται ώστε να εξασφαλίζονται:

- η λειτουργικότητα
- Η ανθεκτικότητα
- Ανεκτό αισθητικό αποτέλεσμα (ψυχολογία του χρήστη)



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

Περιορισμός της ρηγματώσεως:

Συνιστώμενες τιμές του  $w_{\max}$  (mm)

Συνθήκες περιβάλλοντος	Οπλισμένα στοιχεία	Προεντεταμένα στοιχεία
Συνδυασμός	Οιονεί-μόνιμος	Συχνός
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4		0,2
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Απόθλιψη

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

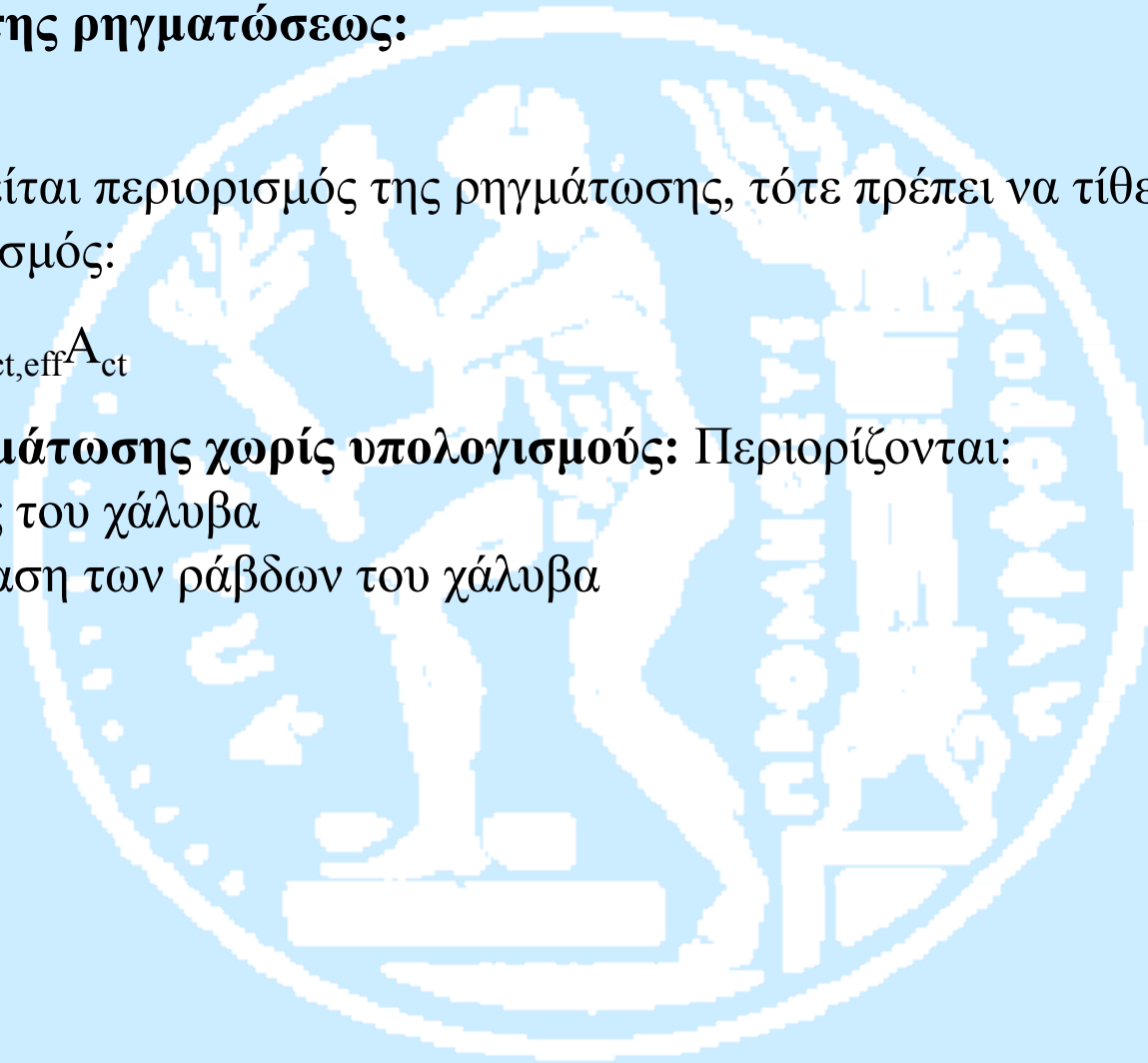
### Περιορισμός της ρηγματώσεως:

Εφόσον απαιτείται περιορισμός της ρηγματώσεως, τότε πρέπει να τίθεται ένας ελάχιστος οπλισμός:

$$A_{s,\min} \sigma_s = k_c = k f_{ct,eff} A_{ct}$$

**Έλεγχος ρηγματώσεως χωρίς υπολογισμούς:** Περιορίζονται:

- είτε οι τάσεις του χάλυβα
- είτε η απόσταση των ράβδων του χάλυβα



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

### Περιορισμός της ρηγματώσεως:

Μέγιστες διαμέτροι ράβδων  $\Phi_s$  για περιορισμό της ρηγματώσεως

( $c = 25\text{mm}$ ,  $f_{ct,eff} = 2,9\text{MPa}$ ,  $h_{cr} = 0,5$ ,  $(h-d) = 0,1h$ ,  $k_1 = 0,8$ ,  $k_2 = 0,5$ ,  $k_c = 0,4$ ,  $k = 1,0$ ,  $k_t = 0,4$  και  $k' = 1,0$ )

Τάση χάλυβα [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

Περιορισμός της ρηγματώσεως:

**Μέγιστη απόσταση ράβδων για περιορισμό της ρηγματώσεως**

( $c = 25\text{mm}$ ,  $f_{ct,eff} = 2,9\text{MPa}$ ,  $h_{cr} = 0,5$ ,  $(h-d) = 0,1h$ ,  $k_1 = 0,8$ ,  $k_2 = 0,5$ ,  $k_c = 0,4$ ,  $k = 1,0$ ,  $k_t = 0,4$  και  $k' = 1,0$ )

Τάση χάλυβα [MPa]	Μέγιστη απόσταση ράβδων [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-



# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

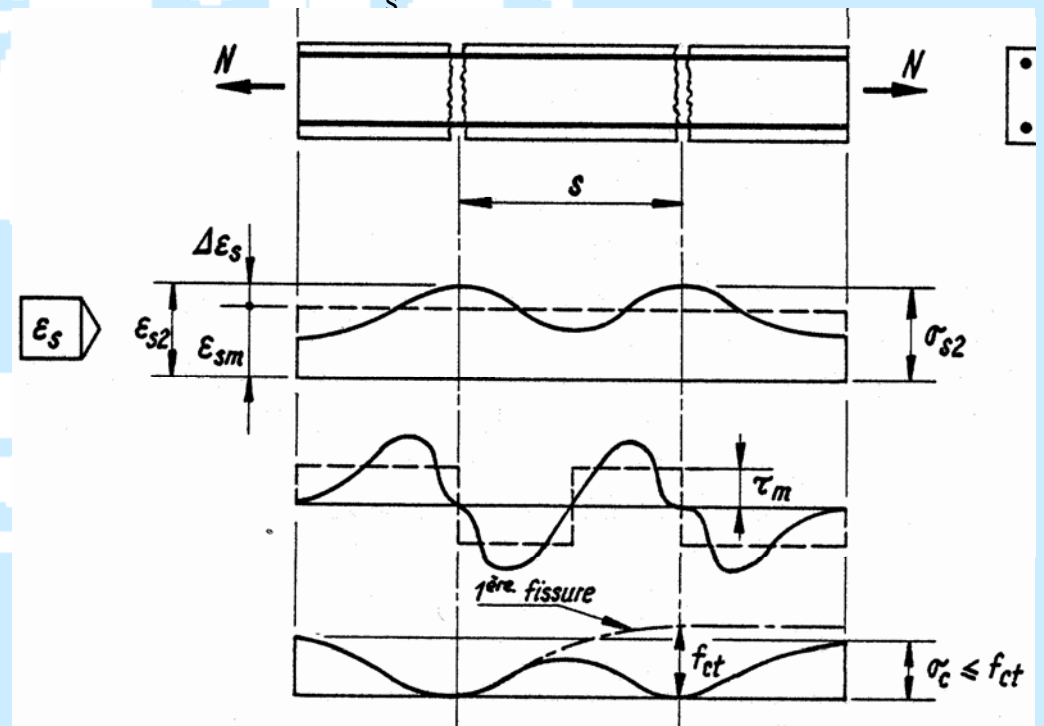
Περιορισμός της ρηγματώσεως:

Υπολογισμός του εύρους ρωγμής

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$



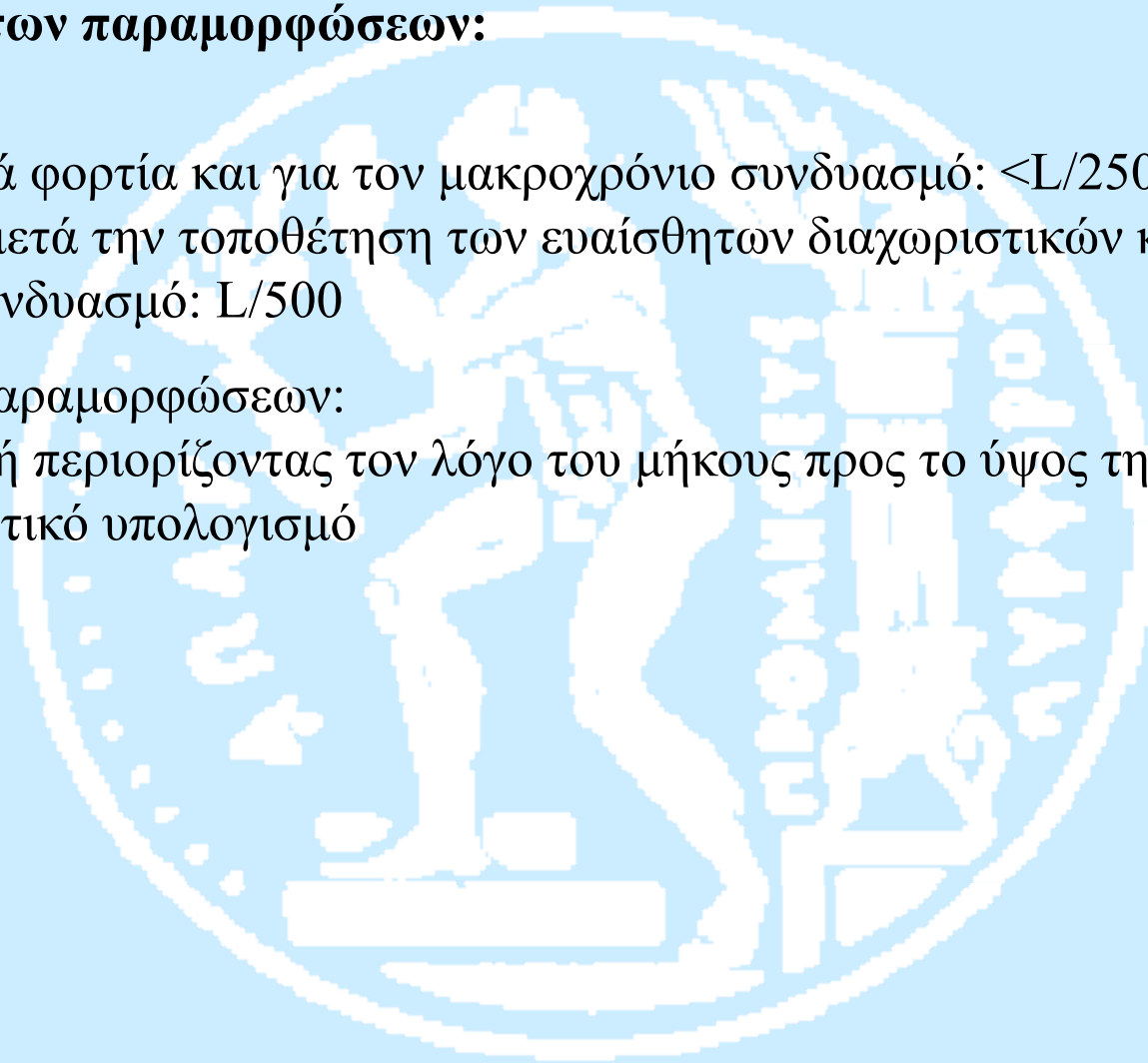
## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

### Περιορισμός των παραμορφώσεων:

- Με τα συνολικά φορτία και για τον μακροχρόνιο συνδυασμό:  $<L/250$
- Με τα φορτία μετά την τοποθέτηση των ευαίσθητων διαχωριστικών και για τον μακροχρόνιο συνδυασμό:  $L/500$

### Έλεγχος των παραμορφώσεων:

- Είτε απαλλαγή περιορίζοντας τον λόγο του μήκους προς το ύψος της διατομής
- Είτε με αναλυτικό υπολογισμό



## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

**Περιορισμός των παραμορφώσεων:**

**Απαλλαγή:** Βασικοί λόγοι μήκους προς στατικό ύψος

Δομικό σύστημα	K	Σκυρόδεμα υπό υψηλή τάση $\rho = 1,5\%$	Σκυρόδεμα υπό χαμηλή τάση $\rho = 0,5\%$
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,0	14	20
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	1,3	18	26
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5	20	30
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	1,2	17	24
Πρόβολος	0,4	6	8

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

### Περιορισμός των παραμορφώσεων:

Απαλλαγή: (ευνοϊκότερες τιμές σε σχέση με τον προηγούμενο Πίνακα)

$$\text{εάν } \rho \leq \rho_0 \quad \frac{1}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right]$$

$$\text{εάν } \rho > \rho_0 \quad \frac{1}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right]$$

# ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

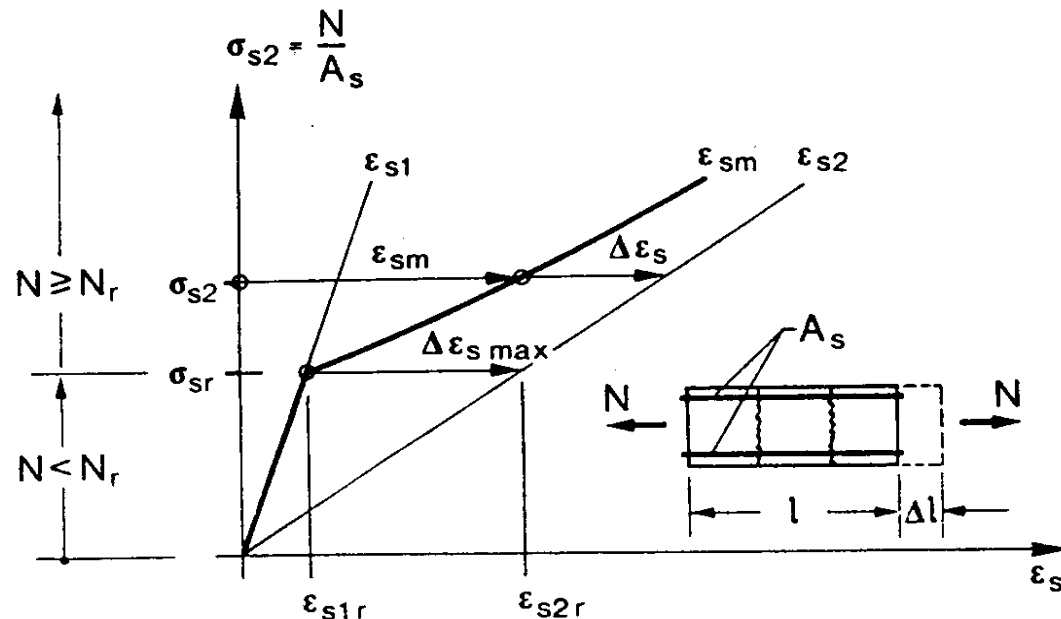
## Περιορισμός των παραμορφώσεων:

Υπολογιστικός έλεγχος:

$$a = \zeta a_{II} + (1 - \zeta) a_I$$

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$a_I$ ,  $a_{II}$  οι παραμορφώσεις σταδίου I (αρηγμάτωτη διατομή) και σταδίου II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή)



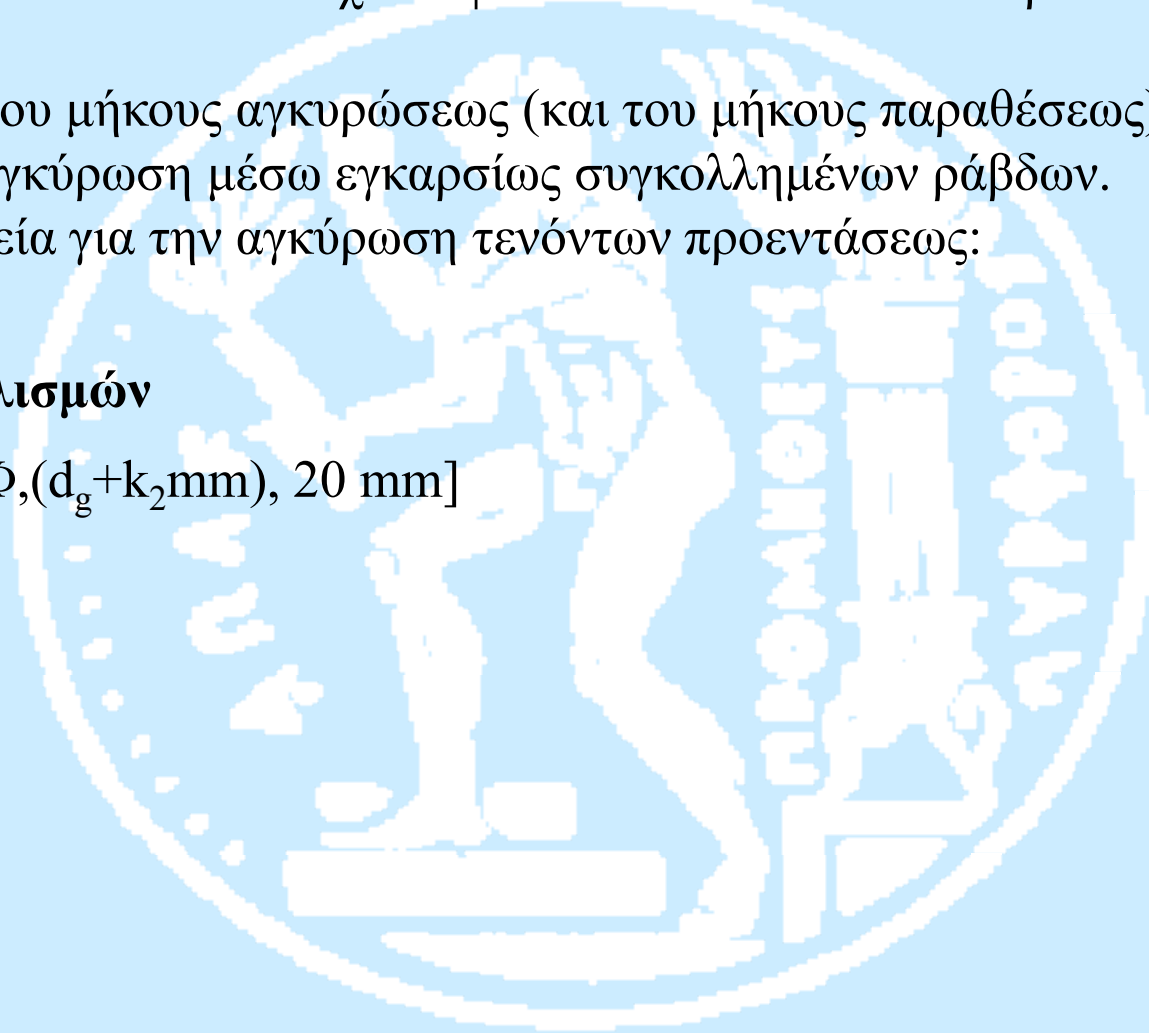
## ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

Μικρές αλλαγές από το αντίστοιχο Κεφ. 17 του ΕΚΩΣ. Ειδικότερα:

- Υπολογισμός του μήκους αγκυρώσεως (και του μήκους παραθέσεως)
- Προβλέπεται αγκύρωση μέσω εγκάρσιως συγκολλημένων ράβδων.
- Δίνονται στοιχεία για την αγκύρωση τενόντων προεντάσεως:

### Απόσταση οπλισμών

$$s_{\min} = \max[k_1 \Phi, (d_g + k_2 \text{mm}), 20 \text{ mm}]$$



## ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

**Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης:**

Τάση συνάφειας:

$$f_{bd}=2,25\eta_1\eta_2f_{ctd}$$

$\eta_1$ : συνθήκες συνάφειας

$\eta_2$ : διάμετρος ράβδου

Βασικό μήκος αγκυρώσεως

$$l_{b,rqd}=(\Phi/4)(\sigma_{sd}/f_d)$$

Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού

$$l_{bd}=\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5l_{b,rqd}\geq l_{b,min}$$

$\alpha_1$ : μορφή των ράβδων

$\alpha_2$ : επιρροή της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

$\alpha_3$ : επιρροή της περίσφιξης μέσω εγκάρσιου οπλισμού.

$\alpha_4$ : επίδραση μίας ή περισσοτέρων συγκολλημένων εγκάρσιων ράβδων

$\alpha_5$ : επιρροή της εγκάρσιας πίεσης

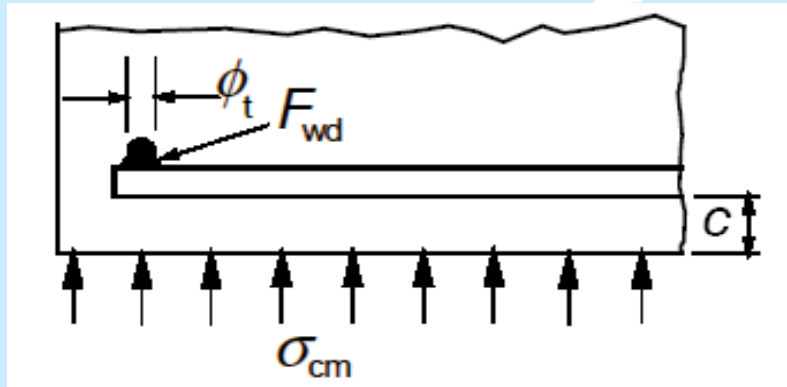
## ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
	Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
Μη ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\emptyset$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
Ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \emptyset) / \emptyset$	$\alpha_2 = 1,0$
Μη ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\emptyset) / \emptyset$	$\alpha_2 = 1,0$
Όλοι οι τύποι	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$	$\alpha_3 = 1,0$
Όλοι οι τύποι	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Όλοι οι τύποι	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$	-



## ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

Αγκυρώσεις με συγκόλληση ράβδων :



Προβλέπεται μεγαλύτερη διατμητική της σταυρωτής σύνδεσης π.χ.

$$F_{wd}=0,5A_s f_{yd}$$

Είναι δυνατόν να συγκολληθούν αντιδιαμετρικά δύο ράβδοι

## ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

Μήκος υπερκάλυψης:

Μήκος υπερκάλυψης  $l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$

$\alpha_1$ : μορφή των ράβδων

$\alpha_2$ : επιρροή της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

$\alpha_3$ : επιρροή της περίσφιξης μέσω εγκάρσιου οπλισμού.

$\alpha_4$ : επίδραση μίας ή περισσοτέρων συγκολλημένων εγκάρσιων ράβδων

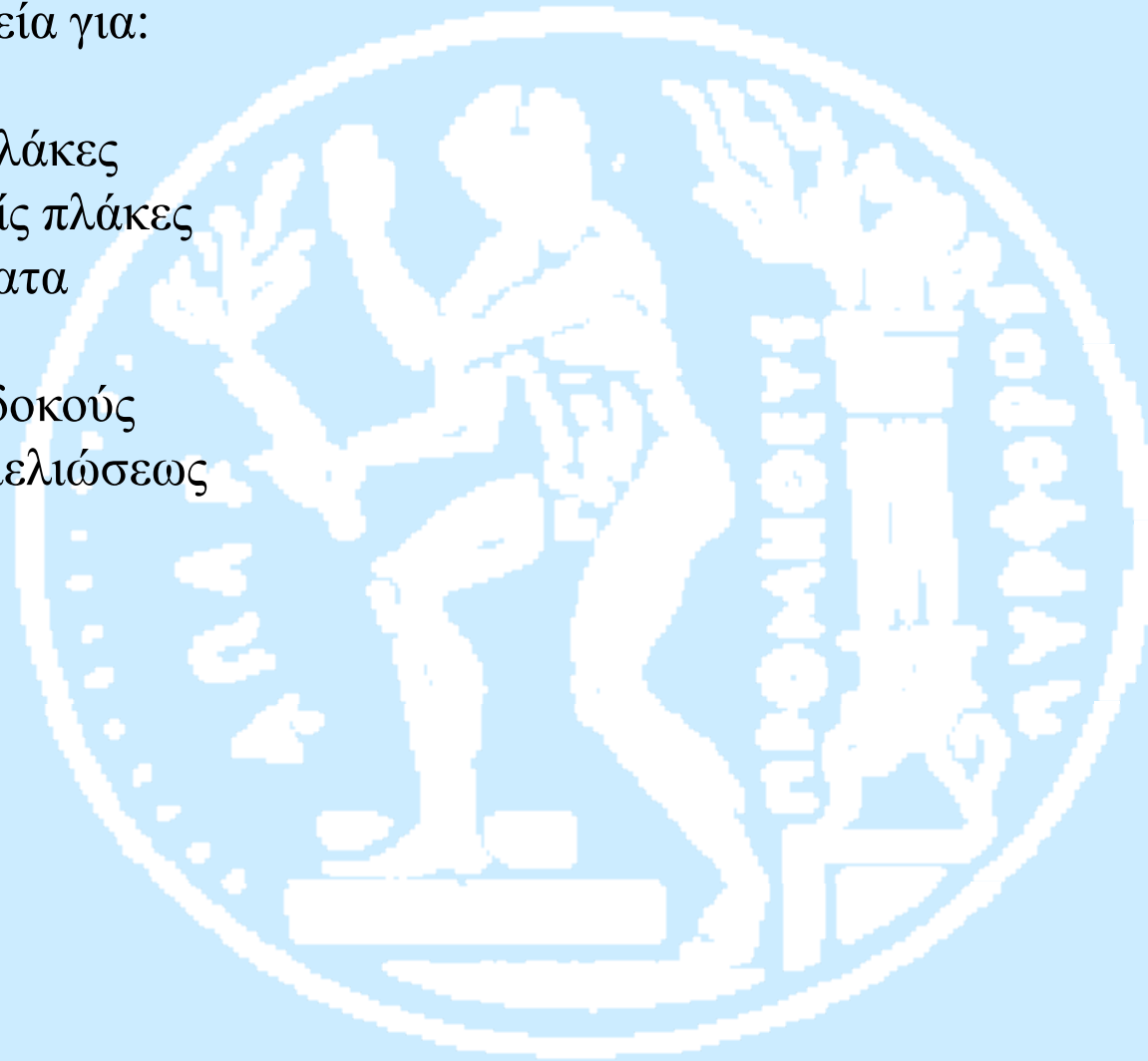
$\alpha_5$ : επιρροή της εγκάρσιας πίεσης

$\alpha_6$ : επιρροή ποσοστού υπερκαλυπτομένων ράβδων

## Κεφάλαιο 9 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες δομικών στοιχείων

Δίνονται στοιχεία για:

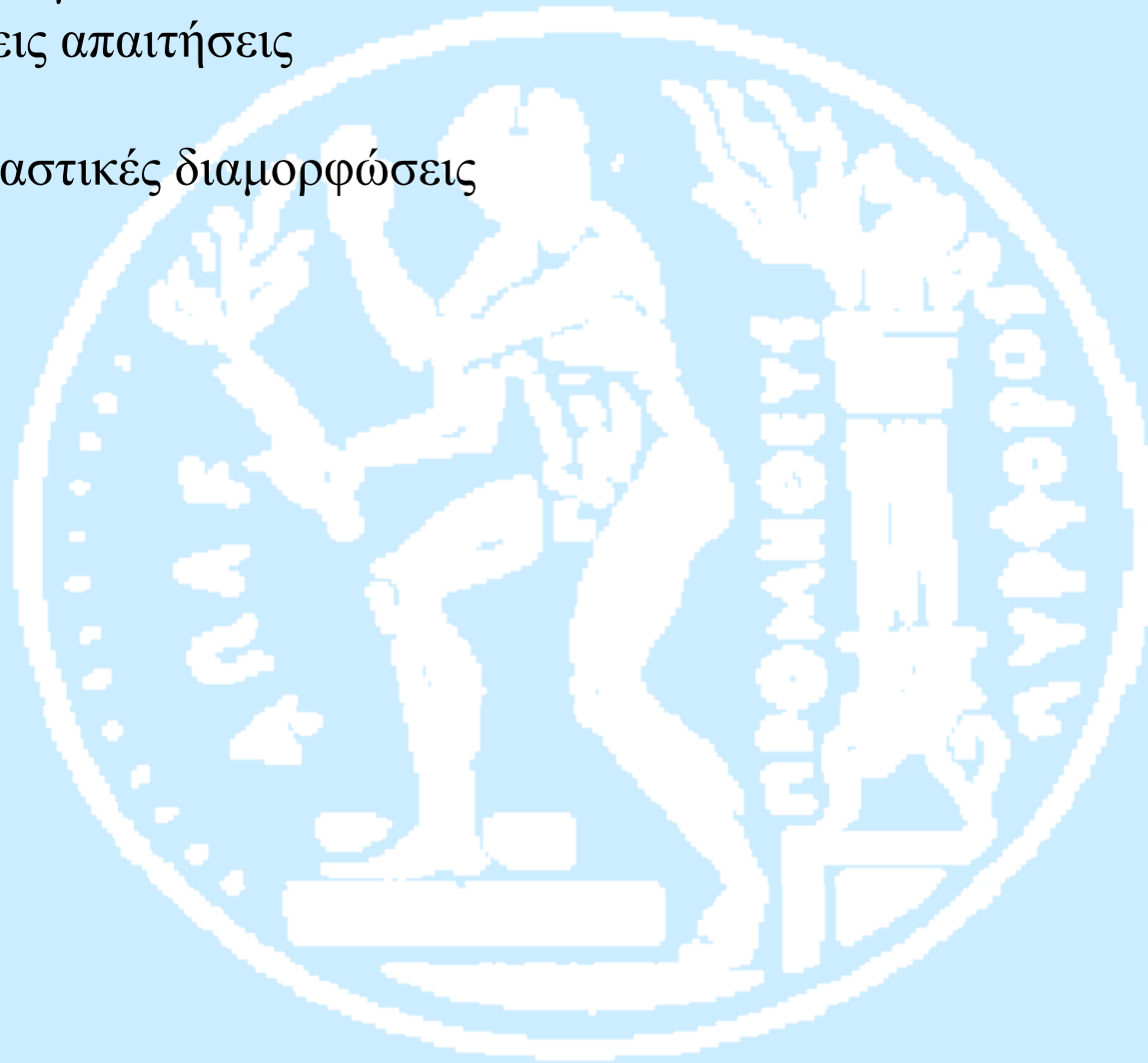
- Δοκούς
- Συμπαγείς πλάκες
- Μυκητοειδείς πλάκες
- Υποστυλώματα
- Τοιχία
- Υψίκορμες δοκούς
- Στοιχεία θεμελιώσεως



## Κεφάλαιο 10 Προκατασκευή (πολύ διεξοδικό)

Δίνονται στοιχεία για:

- Τις θεμελιώδεις απαιτήσεις
- Τα υλικά
- Τις κατασκευαστικές διαμορφώσεις



## Κεφάλαιο 11 Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα

Σκυρόδεμα με πυκνότητα μικρότερη από  $2200\text{kg/m}^3$  το οποίο αποτελείται πλήρως, ή περιέχει κατά ένα ποσοστό τεχνητά ή φυσικά ελαφρά αδρανή που έχουν πυκνότητα μικρότερη από  $2000\text{ kg/m}^3$ .

Οι κατηγορίες αντοχής του ελαφροσκυροδέματος χαρακτηρίζονται από το σύμβολο LC.

Στο EN 206-1, το ελαφροσκυρόδεμα κατηγοριοποιείται ανάλογα με τη πυκνότητά του: από 1.0 έως 2.0 (με αντίστοιχες πυκνότητες από  $1000\text{kg/m}^3$  έως  $2000\text{kg/m}^3$ ).

Για τις μηχανικές ιδιότητες, χρησιμοποιείται ο επιπρόσθετος κάτω δείκτης 1 (lightweight) (π.χ. η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού:  $f_{lcd}$ ).

Γενικώς ισχύουν ότι και για το κανονικό σκυρόδεμα με τροποποιήσεις οι οποίες εισάγονται μέσω διαθρωτικών συντελεστών:

$\eta_E$  είναι συντελεστής μετατροπής του μέτρου ελαστικότητας

$\eta_1$  είναι συντελεστής για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής

$\eta_2$  είναι συντελεστής για τον προσδιορισμό του συντελεστή ερπυσμού

$\eta_3$  είναι συντελεστής για τον προσδιορισμό της συρρίκνωσης

Οι διάμετροι των τυμπάνων καμπύλωσης αυξάνονται κατά 50%.

## Κεφάλαιο 12 Κατασκευές από άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται σε δομικά στοιχεία για τα οποία οι συνέπειες από δυναμικές δράσεις μπορούν να αγνοηθούν π.χ.:

- Στοιχεία που υποβάλλονται κυρίως σε θλίψη εκτός από την προερχόμενη λόγω προέντασης, π.χ. τοιχώματα, υποστυλώματα, τόξα, θόλοι και σήραγγες.
- Θεμελιώσεις μορφής πεδιλοδοκού, ή μεμονωμένα πέδιλα
- Τοίχοι αντιστήριξης
- Πάσσαλοι των οποίων η διάμετρος είναι  $\geq 600$  mm και όπου  $N_{Ed}/A_c \leq 0,3f_{ck}$

Επειδή το άοπλο σκυρόδεμα είναι χαμηλής πλαστιμότητας, οι μηχανικές του ιδιότητες μειώνονται με την χρήση μειωτικών συντελεστών.

Για τον χαρακτηρισμό του άοπλου σκυροδέματος χρησιμοποιείται ο επιπρόσθετος κάτω δείκτης pl (plain) π.χ.  $\alpha_{cc,pl}$ .

Κατ' αντιστοιχία με το κανονικό σκυρόδεμα, δίνονται οι έλεγχοι για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας καθώς και οι κατασκευαστικές διατάξεις για τα καλυπτόμενα δομικά στοιχεία.

## Παράρτημα Α Τροποποίηση επιμέρους συντελεστών υλικών

Όταν υπάρχει καλύτερος έλεγχος ποιότητας και μειωμένες αποκλίσεις τότε οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των υλικών μπορούν να μειωθούν αντιστοίχως σε:  $\gamma_{s,red1}=1.1$  και  $\gamma_{c,red1}=1.4$ .

Όταν υπάρχουν μειωμένες γεωμετρικές αποκλίσεις ή όταν τα γεωμετρικά στοιχεία μπορούν να μετρηθούν (π.χ. σε μια υπάρχουσα κατασκευή) τότε οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των υλικών μπορούν να μειωθούν αντιστοίχως σε:  $\gamma_{s,red2}=1.05$  και  $\gamma_{c,red2}=1.45$ .

Όταν η εκτίμηση της αντοχής βασίζεται σε στοιχεία που ελήφθησαν από υπάρχουσα κατασκευή ο συντελεστής  $\gamma_c$  μπορεί να μειωθεί κατά 15%..

## **Παράρτημα Β Ανηγμένες παραμορφώσεις από ερπυσμό και συστολή ξηράνσεως**

Δίνονται οι βασικές εξισώσεις για τον υπολογισμό των ερπυστικών παραμορφώσεων και των παραμορφώσεων από συστολή ξηράνσεως.

## **Παράρτημα C ιδιότητες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος.**

Προβλέπονται τρεις κατηγορίες ολκιμότητας των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος: Α, Β και C. Ωστόσο στην Ελλάδα με βάση τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΧ2008) επιτρέπεται μόνο η χρήση του χάλυβα C, ο χάλυβας Α προορίζεται για την κατασκευή πλεγμάτων, ενώ απαγορεύεται τελείως η χρήση του χάλυβα Β.

## **Παράρτημα D Απώλειες προεντάσεως λόγω χαλαρώσεως.**



## Παράρτημα Ε: Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για ανθεκτικότητα σε διάρκεια

Προτείνονται ελάχιστες κατηγορίες σκυροδέματος ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής ανθεκτικότητα (τόσο για την διάβρωση του χάλυβα όσο και για την προσβολή του σκυροδέματος) ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος

Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1										
Διάβρωση χάλυβα										
	Διάβρωση οφειλόμενη σε ενανθράκωση				Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωριόντα			Διάβρωση οφειλόμενη σε χλωριόντα από θαλάσσιο νερό		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	<b>C30/37</b>	C35/45	
Βλάβες στο σκυρόδεμα										
	Κανένας κίνδυνος	Προσβολή από παγετό				Χημική προσβολή				
	X0	XF1	XF2	XF3		XA1	XA2	XA3		
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45		

## **Παράρτημα F Σχέσεις για τον υπολογισμό του οπλισμού σε συνθήκες επίπεδης έντασης**

Δίνονται σχέσεις για τον υπολογισμό του απαιτούμενου οπλισμού όταν δίνονται οι τάσεις  $\sigma_{Edx}$ ,  $\sigma_{Edy}$  και  $\tau_{Edxy}$ .

## **Παράρτημα G Αλληλεπίδραση εδάφους-ανωδομής**

Δίνονται στοιχεία για να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση εδάφους και ανωδομής συναρτήσει της σχετικής δυσκαμψίας της ανωδομής και της θεμελιώσεως (τόσο για αβαθείς θεμελιώσεις όσο και για θεμελιώσεις σε πασσάλους).

## **Παράρτημα Η Φαινόμενα 2ας τάξεως στο σύνολο του φορέα**

Δίνονται τόσο απαλλακτικά κριτήρια όσο και οδηγίες για τον αναλυτικό υπολογισμό των φαινομένων 2ας τάξεως στο σύνολο του φορέα

## **Παράρτημα Ι Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς και τοιχίων**

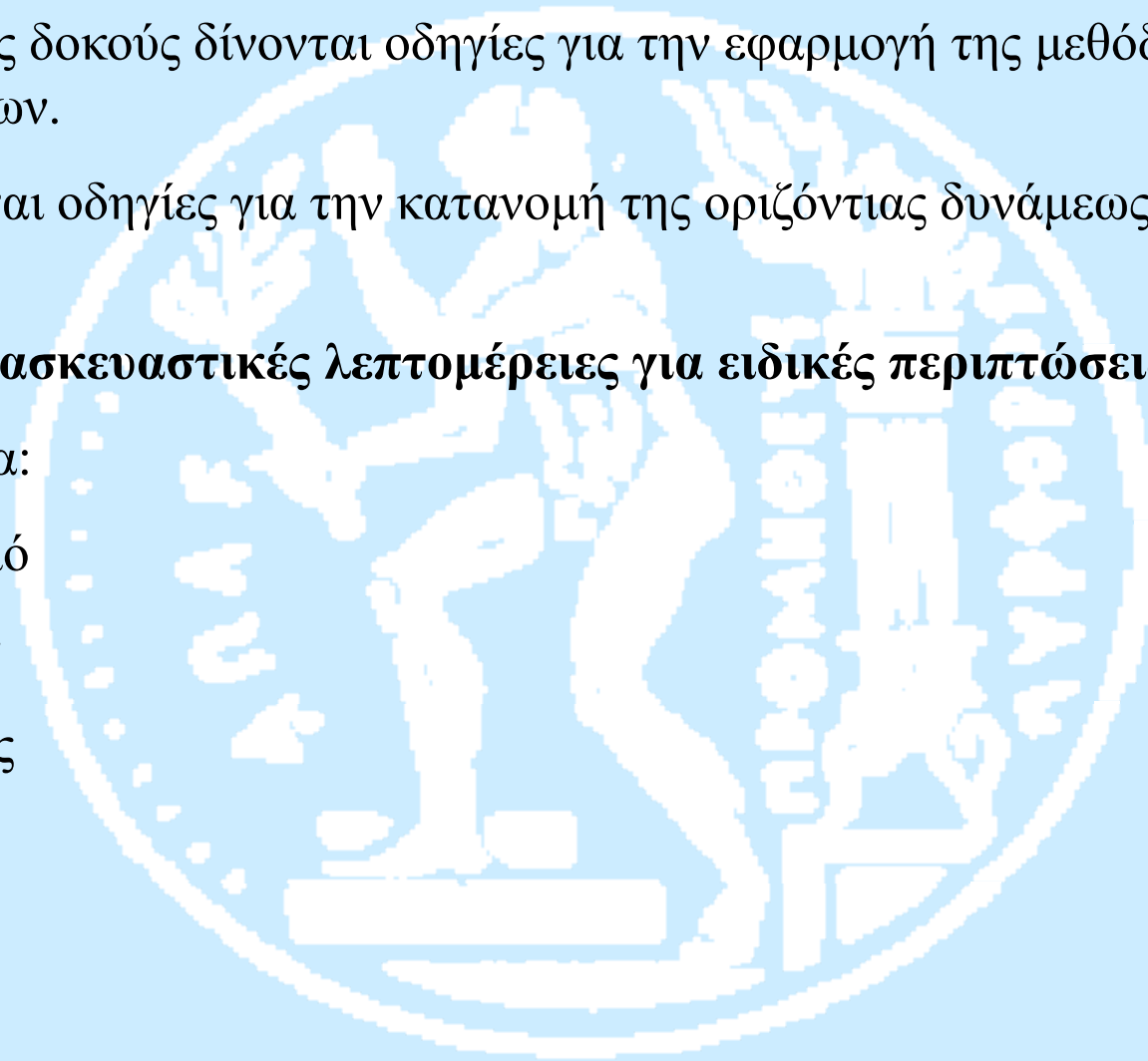
Για τις πλάκες χωρίς δοκούς δίνονται οδηγίες για την εφαρμογή της μεθόδου των ισοδυνάμων πλαισίων.

Για τα τοιχία δίνονται οδηγίες για την κατανομή της οριζόντιας δυνάμεως στα επιμέρους τοιχία.

## **Παράρτημα J Κατασκευαστικές λεπτομέρειες για ειδικές περιπτώσεις**

Δίνονται οδηγίες για:

- Επιδερμικό οπλισμό
- Κόμβους πλαισίων
- Βραχείς προβόλους





International  
Organization for  
Standardization

**ISO = άϊζο ή ίζο (ή και ίσο)?**  
από τον δικτυακό τόπο (<http://www.iso.org>) του  
Διεθνούς Οργανισμού για την  
Τυποποίηση (ISO)  
διαβάζουμε:

## What ISO's name means?

Because "International Organization for Standardization" would have different abbreviations in different languages ("IOS" in English, "OIN" in French for *Organisation internationale de normalisation*),

**it was decided at the outset to use a word derived from the Greek isos, meaning "equal".**

Therefore, whatever the country, whatever the language, the short form of the organization's name is always ISO. (Και όχι I.S.O.) Προφέρεται «ισο»