

ΤΕΕ-ΣΠΜΕ-ΟΑΣΠ

Ημερίδα

*Σχεδιασμός Κτηρίων Σκυροδέματος με βάση τους
Ευρωκώδικες 2 & 8*

Κων/νος Γ. Τρέζος

Εργ. Ω.Σ./ΕΜΠ

Τρίπολη, 9 Απριλίου 2011

Εισαγωγή

Ευρωκώδικες: σύμπλεγμα κανονισμών για τον σχεδιασμό έργων πολιτικού μηχανικού.

Συντάχθηκαν και αναπτύχθηκαν από την CEN (=30 ευρωπαϊκές χώρες) στο πλαίσιο της Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ «Προϊόντα Δομικών Έργων».

Προβλέπεται να γίνουν υποχρεωτικοί (εντός της CEN) το 2010

Αλλά και μη ευρωπαϊκές χώρες όπως Σιγκαπούρη, Βιετνάμ, Μαλαισία, Ινδία, Ρωσία, καθώς και ορισμένες χώρες της Β. Αφρικής ενδιαφέρονται να υιοθετήσουν τους Ευρωκώδικες.

Σήμερα υπάρχουν συνολικά 10 Ευρωκώδικες.

EN 1990	Ευρωκώδικας 0:	EC 0:	Βάσεις Σχεδιασμού
EN 1991	Ευρωκώδικας 1:	EC 1:	Δράσεις
EN 1992	Ευρωκώδικας 2:	EC 2:	Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα
EN 1993	Ευρωκώδικας 3:	EC 3:	Σχεδιασμός Φορέων από Χάλυβα
EN 1994	Ευρωκώδικας 4:	EC 4:	Σχεδιασμός Σύμμεικτων Φορέων από Χάλυβα και Σκυρόδεμα
EN 1995	Ευρωκώδικας 5:	EC 5:	Σχεδιασμός Ξύλινων Φορέων
EN 1996	Ευρωκώδικας 6:	EC 6:	Σχεδιασμός Φορέων από Τοιχοποιία
EN 1997	Ευρωκώδικας 7:	EC 7:	Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
EN 1998	Ευρωκώδικας 8:	EC 8:	Αντισεισμικός Σχεδιασμός
EN 1999	Ευρωκώδικας 9:	EC 9:	Σχεδιασμός Φορέων από Αλουμίνιο

Μελλοντικώς μπορεί να συνταχθούν Ευρωκώδικες για τα ανθρακονήματα, το γυαλί κλπ.

Κάθε Ευρωκώδικας αποτελείται από διάφορα «Μέρη» τα οποία έχουν ισχύ Ευρωπαϊκού Προτύπου (EN). Σήμερα υπάρχουν συνολικά 58 μέρη

EN 1990 - Basis of structural design

- EN 1990 Basis of structural design
- EN 1990 Basis of structural design - Annex A.2 Bridges

EN 1991 - Actions on structures

- EN 1991-1-1 Actions on structures • Self weight & imposed loads
- EN 1991-1-2 Actions on structures • Fire
- EN 1991-1-3 Actions on structures • Snow loads
- EN 1991-1-4 Actions on structures • Wind actions
- EN 1991-1-5 Actions on structures • Thermal Actions
- EN 1991-1-6 Actions on structures • Execution
- EN 1991-1-7 Accidental actions
- EN 1991-2 Actions on structures • Traffic loads on bridges
- EN 1991-3 Actions • Cranes and machinery
- EN 1991-4 Actions on structures • Silos and tanks

EN 1992 - Design of concrete structures

- EN 1992-1-1 Design of concrete structures • General req.
- EN 1992-1-2 Design of concrete structures • Fire design
- EN 1992-2 Design of concrete structures - Bridges
- EN 1992-3 Concrete • Liquid retaining

EN 1997 - Geotechnical design

- EN 1997-1 Geotechnical design • General requirements
- EN 1997-2 Geotechnical ground investigation

EN 1998 - Design provisions for earthquake resistance of structures

- EN 1998-1 Design for earthquake resistance • Gen. requirements
- EN 1998-2 Design for earthquake resistance • Bridges
- EN 1998-3 Design for earthquake resistance • Assess. and retrofitting
- EN 1998-4 Earthquake • Silos, tanks & pipelines
- EN 1998-5 Design for earthquake resistance • Foundations
- EN 1998-6 Design for earthquake resistance • Towers masts

Δομή των Ευρωκωδίκων

Τίθενται κατ' αρχάς οι **βασικές απαιτήσεις** (βλ EN 1990) τις οποίες πρέπει να πληροί ένα δόμημα. Τέτοιες είναι οι απαιτήσεις **ασφαλείας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας**. Μελλοντικώς, προβλέπεται οι Ευρωκώδικες να καλύπτουν και άλλες απαιτήσεις όπως υγιεινής, σεβασμού του περιβάλλοντος, οικονομίας (εξοικονόμηση ενέργειας), θερμότητας κλπ.

Στην συνέχεια, σε κάθε έναν Ευρωκώδικα, ορίζονται οι **αρχές** με τις οποίες ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις. Οι Αρχές διακρίνονται στο κείμενο των Ευρωκωδίκων από το γράμμα P που ακολουθεί τον αριθμό της παραγράφου π.χ. (2)P.

Ακολουθώς δίνονται οι **κανόνες εφαρμογής** οι οποίοι θεωρείται ότι υπακούν στις βασικές απαιτήσεις και ικανοποιούν τις αρχές. Οι κανόνες εφαρμογής δεν είναι υποχρεωτικοί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εναλλακτικοί κανόνες εφαρμογής με την προϋπόθεση ότι είναι σε συμφωνία με τις αρχές και ότι είναι τουλάχιστον ισοδύναμοι από πλευράς αντοχής, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας με τους κανόνες εφαρμογής του κανονισμού.

Ενσωματωμένες στο κείμενο του Ευρωκώδικα, υπάρχουν και οι **Σημειώσεις** (είναι γραμμένες με μικρότερη γραμματοσειρά) οι οποίες επεξηγούν το κείμενο του κανονισμού.

Οι “Σημειώσεις” στους Ευρωκώδικες είναι κατά κάποιο τρόπο το αντίστοιχο των “Σχολίων” που υπάρχουν στον ΕΚΩΣ.

Μια ιδιαιτερότητα των Ευρωκωδίκων είναι ότι σε αρκετές περιπτώσεις επιτρέπουν να γίνει Εθνική Επιλογή ορισμένων παραμέτρων (οι παράμετροι αυτές είναι σαφώς ορισμένες σε κάθε Ευρωκώδικα και μόνον τις αριθμητικές τιμές αυτών των παραμέτρων δικαιούται να τροποποιήσει κάθε χώρα.

Συνήθως αν δεν υπάρχει άλλος λόγος υιοθετούνται οι προτεινόμενες από τον Ευρωκώδικα τιμές).

Για να είναι δυνατή η εφαρμογή των Ευρωκωδίκων είναι υποχρεωτικό κάθε χώρα να εκδώσει για κάθε ένα Μέρος του κάθε Ευρωκώδικα το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα (ή Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής, National Application Document) χωρίς το οποίο δεν είναι δυνατή η εφαρμογή του Ευρωκώδικα.

Εθνική επιλογή επιτρέπεται στο EN 1992-1-1 στα παρακάτω εδάφια:

2.3.3 (3)	4.4.1.3 (3)	6.2.4 (4)	9.2.1.2 (1)	9.10.2.3 (3)
2.4.2.1 (1)	4.4.1.3 (4)	6.2.4 (6)	9.2.1.4 (1)	9.10.2.3 (4)
2.4.2.2 (1)	5.1.2 (1)P	6.4.3 (6)	9.2.2 (4)	9.10.2.4 (2)
2.4.2.2 (2)	5.2 (5)	6.4.4 (1)	9.2.2 (5)	11.3.5 (1)P
2.4.2.2 (3)	5.5 (4)	6.5.2 (2)	9.2.2 (6)	11.3.5 (2)P
2.4.2.3 (1)	5.6.3 (4)	6.5.4 (4)	9.2.2 (7)	11.3.7 (1)
2.4.2.4 (1)	5.8.3.1 (1)	6.5.4 (6)	9.2.2 (8)	11.6.1 (1)
2.4.2.4 (2)	5.8.3.3 (1)	6.8.4 (1)	9.3.1.1(3)	11.6.1 (2)
2.4.2.5 (2)	5.8.3.3 (2)	6.8.4 (5)	9.4.3(1)	11.6.2 (1)
3.1.2 (2)P	5.8.5 (1)	6.8.6 (1)	9.5.2 (1)	11.6.4.1 (1)
3.1.2 (4)	5.8.6 (3)	6.8.6 (2)	9.5.2 (2)	12.3.1 (1)
3.1.6 (1)P	5.10.1 (6)	6.8.7 (1)	9.5.2 (3)	12.6.3 (2)
3.1.6 (2)P	5.10.2.1 (1)P	7.2 (2)	9.5.3 (3)	A.2.1 (1)
3.2.2 (3)P	5.10.2.1 (2)	7.2 (3)	9.6.2 (1)	A.2.1 (2)
3.2.7 (2)	5.10.2.2 (4)	7.2 (5)	9.6.3 (1)	A.2.2 (1)
3.3.4 (5)	5.10.2.2 (5)	7.3.1 (5)	9.7 (1)	A.2.2 (2)
3.3.6 (7)	5.10.3 (2)	7.3.2 (4)	9.8.1 (3)	A.2.3 (1)
4.4.1.2 (3)	5.10.8 (2)	7.4.2 (2)	9.8.2.1 (1)	C.1 (1)
4.4.1.2 (5)	5.10.8 (3)	8.2 (2)	9.8.3 (1)	C.1 (3)
4.4.1.2 (6)	5.10.9 (1)P	8.3 (2)	9.8.3 (2)	E.1 (2)
4.4.1.2 (7)	6.2.2 (1)	8.6 (2)	9.8.4 (1)	J.1 (3)
4.4.1.2 (8)	6.2.2 (6)	8.8 (1)	9.8.5 (3)	J.2.2 (2)
4.4.1.2 (13)	6.2.3 (2)	9.2.1.1 (1)	9.8.5 (4)	J.3 (2)
4.4.1.3 (2)	6.2.3 (3)	9.2.1.1 (3)	9.10.2.2 (2)	J.3 (3)

2. ΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2.1 Απαιτήσεις

2.1.1 Βασικές απαιτήσεις

- (1)P Ο σχεδιασμός των κατασκευών από σκυρόδεμα πρέπει να είναι εναρμονισμένος με τους γενικούς κανόνες που δίνονται στο EN 1990.
- (2)P Πρέπει επίσης να εφαρμόζονται οι συμπληρωματικές διατάξεις που δίνονται στην ενότητα αυτή για τις κατασκευές από σκυρόδεμα.
- (3) Οι βασικές απαιτήσεις του Κεφαλαίου 2 του EN 1990 κρίνεται ότι ικανοποιούνται για κατασκευές από σκυρόδεμα όταν εφαρμόζονται ταυτοχρόνως τα κάτωθι:

- σχεδιασμός οριακής κατάστασης σε συνδυασμό με τη μέθοδο του μερικού συντελεστή ασφαλείας σύμφωνα με το EN 1990
- δράσεις σύμφωνα με το EN 1991,
- συνδυασμός δράσεων σύμφωνα με το EN 1990 και
- αντοχή, ανθεκτικότητα σε διάρκεια και λειτουργικότητα σύμφωνα με το παρόν πρότυπο.

Σημείωση: Απαιτήσεις που αφορούν αντοχή σε φωτιά (βλ. EN 1990 Ενότητα 5 και EN 1992-1-2) είναι δυνατόν να υπαγορευθούν μεγαλύτερες διαστάσεις δομικών στοιχείων σε σχέση με αυτές που απαιτούνται για την αντοχή της κατασκευής υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας.

Αρχές

Κανόνες
εφαρμογής

Σημει
ώσεις

**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:

Μέρος 1.1:	Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια
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 τοιχίων
 - 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:

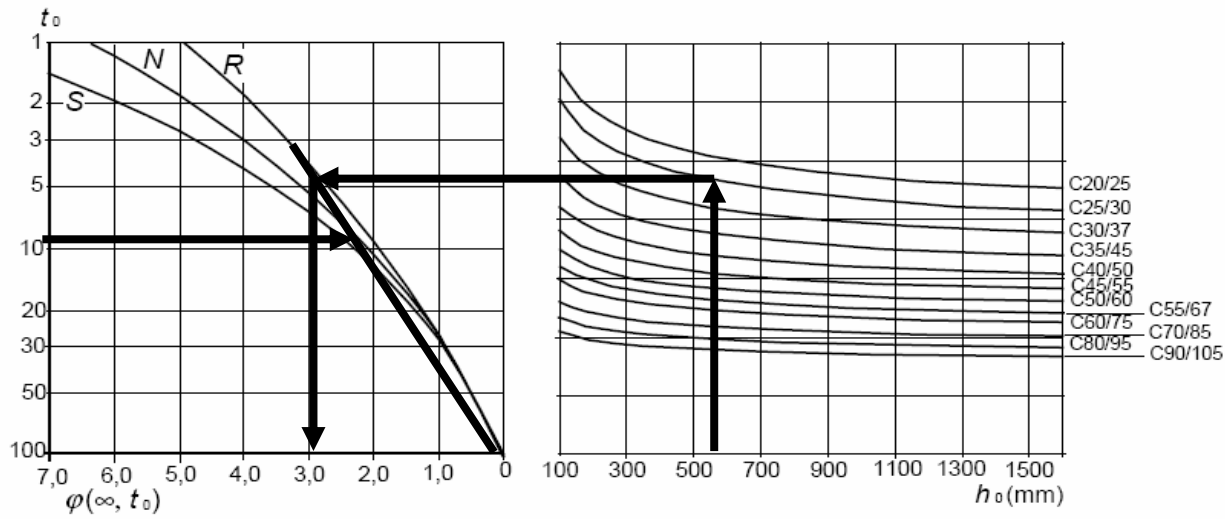
- Χρήση των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας σύμφωνα με το EN1990
- Δράσεις σύμφωνα με το EN 1991
- Συνδυασμός δράσεων σύμφωνα με το EN 1990

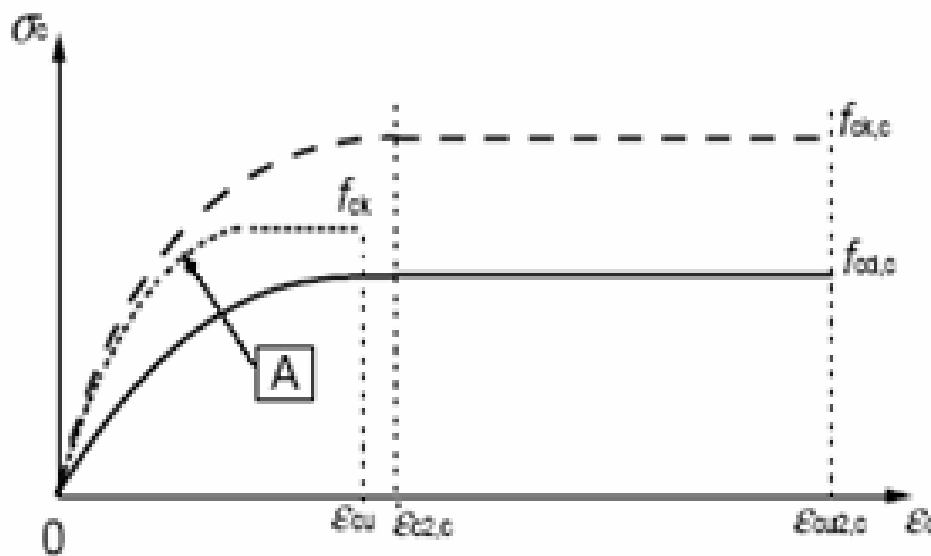
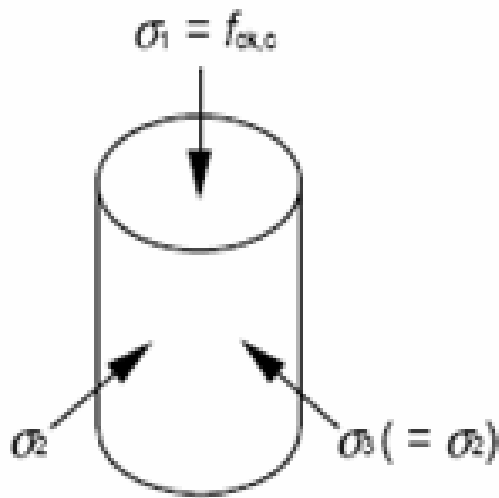
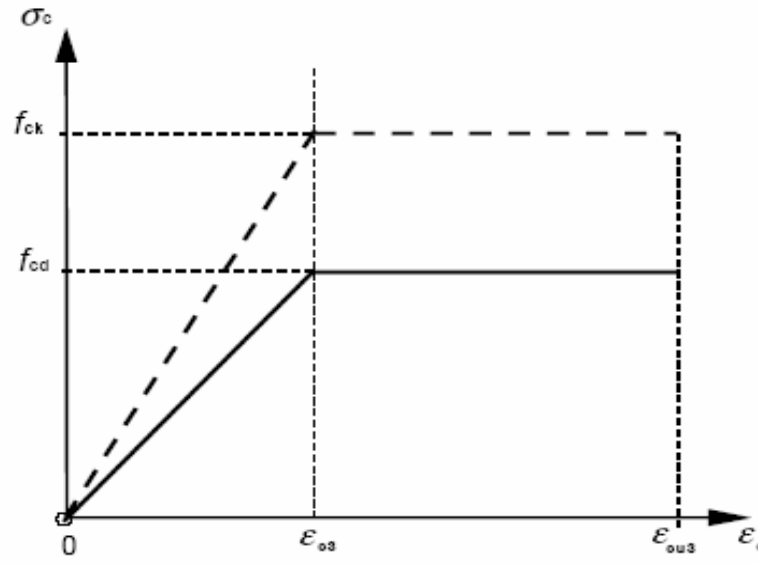
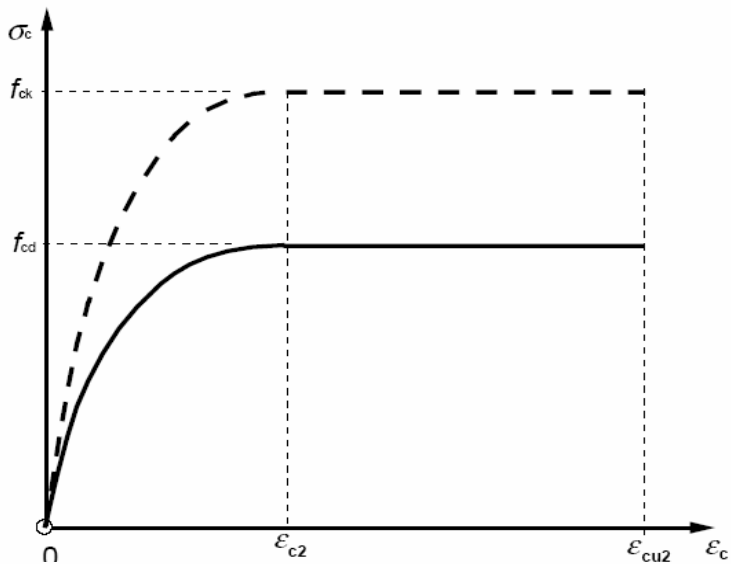
Καταστάσεις σχεδιασμού	γ_C για σκυρόδεμα	γ_S για χάλυβα όπλισης	γ_S για χάλυβα προέντασης
Μόνιμες & Παροδικές	1,5	1,15	1,15
Τυχηματικές	1,2	1,0	1,0

Κεφάλαιο 3 Υλικά

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

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





A Μή-περισφιγμένο

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

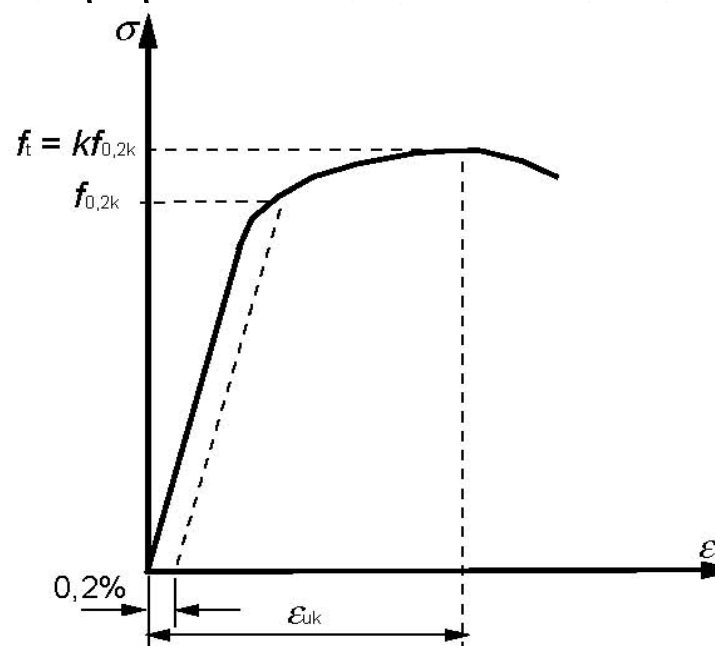
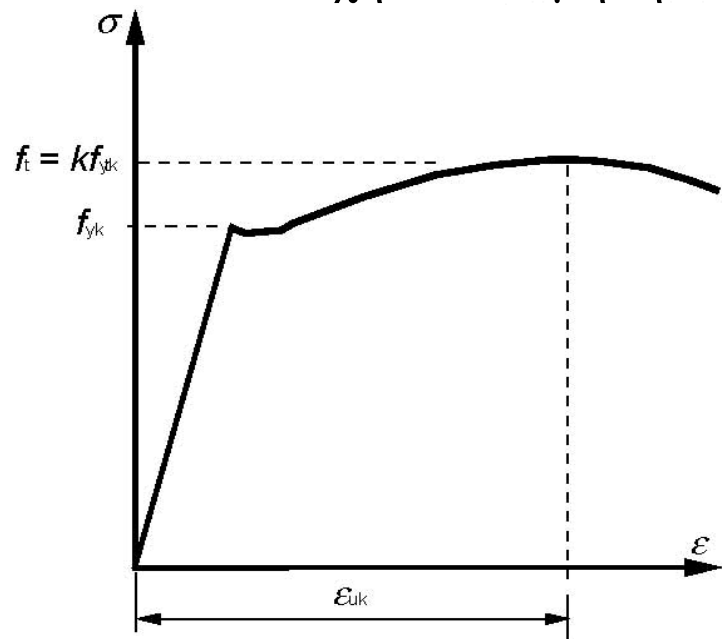
$$f_{ck,c} = f_{ck} (1,125 + 2,50 \sigma_2 / f_{ck}) \text{ για } \sigma_2 > 0,05 f_{ck} \quad (3.25)$$

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

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

Η συμπεριφορά του χάλυβα οπλισμού ορίζεται μέσω των παρακάτω ιδιοτήτων:

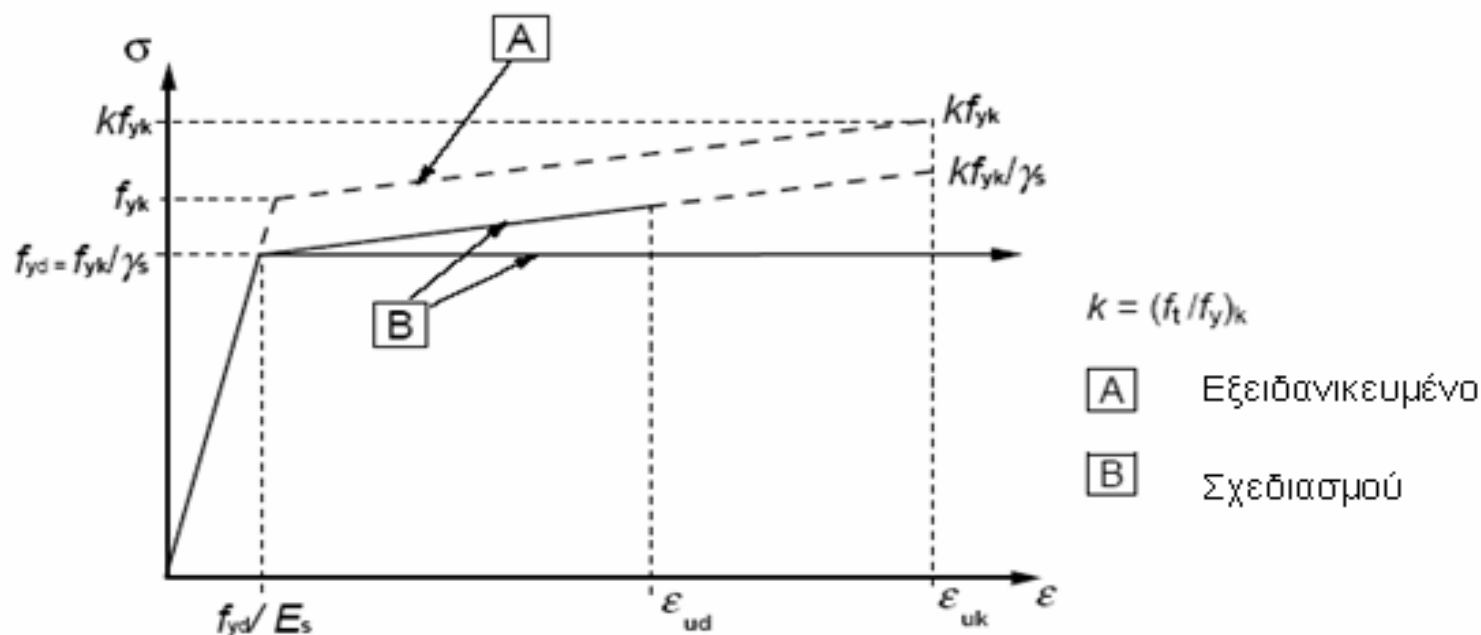
- όριο διαρροής (f_{yk} ή $f_{0,2k}$)
- μέγιστο πραγματικό όριο διαρροής ($f_{y,max}$)
- εφελκυστική αντοχή (f_t)
- πλαστιμότητα (ϵ_{uk} και f_t/f_{yk})
- δυνατότητα κάμψης
- χαρακτηριστικά συνάφειας (f_R : βλ. Ενότητα C)
- γεωμετρικά χαρακτηριστικά διατομής και ανοχές
- αντοχή σε κόπωση
- συγκολλησιμότητα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



Μηχανικές ιδιότητες χαλύβων Συμβολισμός π.χ. B500C

Μορφή προϊόντος	Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κουλούρες			Πλέγματα		
Κατηγορία	A	B	C	A	B	C
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, ϵ_{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 ϵ_{UD} και μέγιστη τάση

kF_{YK}/γ_S στην ϵ_{UK} , όπου $k = (F_T/F_Y)_K$

- Οριζόντιος δεύτερος κλάδος χωρίς την ανάγκη ελέγχου του ορίου παραμόρφωσης.

Σημείωση 1: Η τιμή της ϵ_{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
1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής		
X0	<p><i>Για άοπλο σκυρόδεμα χωρίς ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία: όλες οι συνθήκες έκθεσης εκτός περιπτώσεων ύπαρξης ψύξης / απόψυξης, επιφανειακής τριβής ή χημικής προσβολής.</i></p> <p><i>Για οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό περιβάλλον</i></p>	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
2 Διάβρωση από ενανθράκωση		
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
3 Διάβρωση από χλωριούχα		
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
4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού		
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
5. Προσβολή ψύξης / απόψυξης		
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
6. Χημική προσβολή		
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										
Διάβρωση										
	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	
Βλάβες στο σκυρόδεμα										
	Κανένας κίνδυνος	Προσβολή από παγετό/επανυγροποίηση ¹				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, Δc_{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:

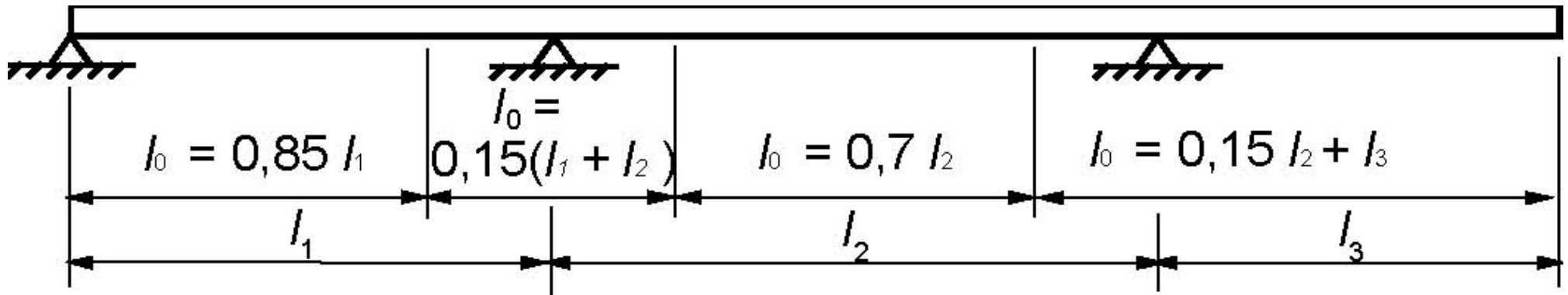
- Είτε στον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών (δυνάμεων και ροπών)
- Είτε στον προσδιορισμό των τάσεων, ανηγμένων παραμορφώσεων και μετακινήσεων (π.χ. περίπτωση πεπερασμένων στοιχείων). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ιδιαίτερη μεθοδολογία για την αξιοποίηση αυτών των αποτελεσμάτων κατά την διενέργεια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

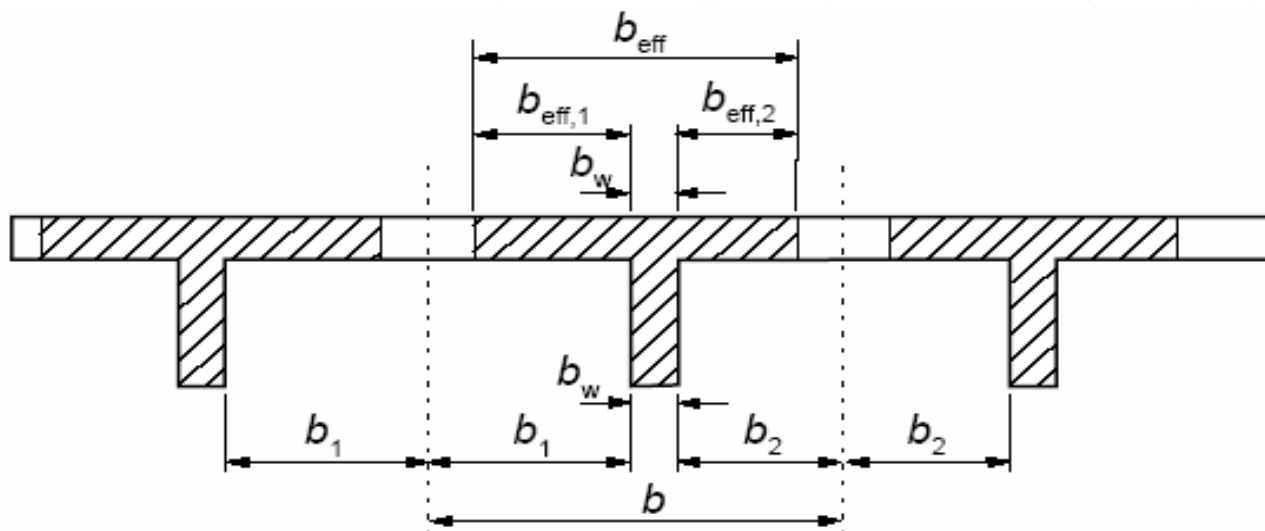
Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού (για όλες τις οριακές καταστάσεις)

Προσδιορίζεται από τα σημεία μηδενισμού του διαγράμματος ροπών:



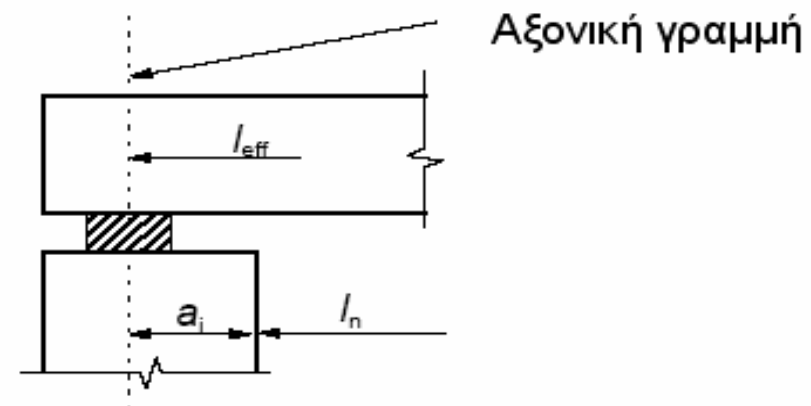
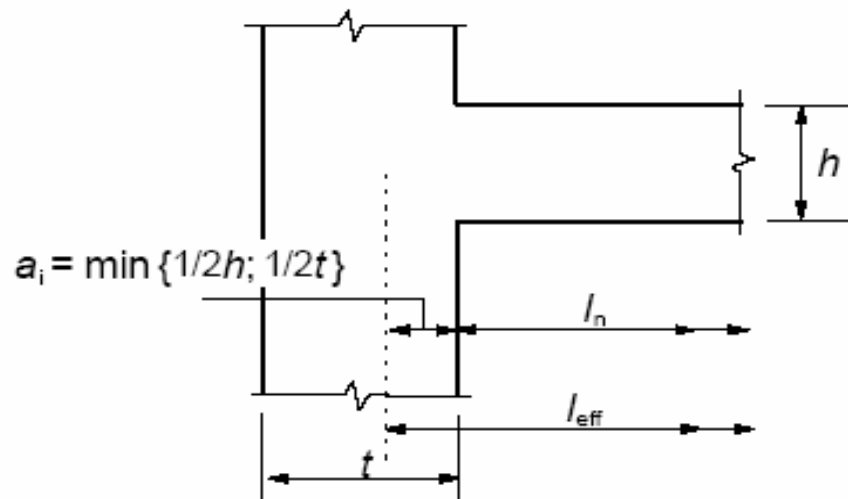
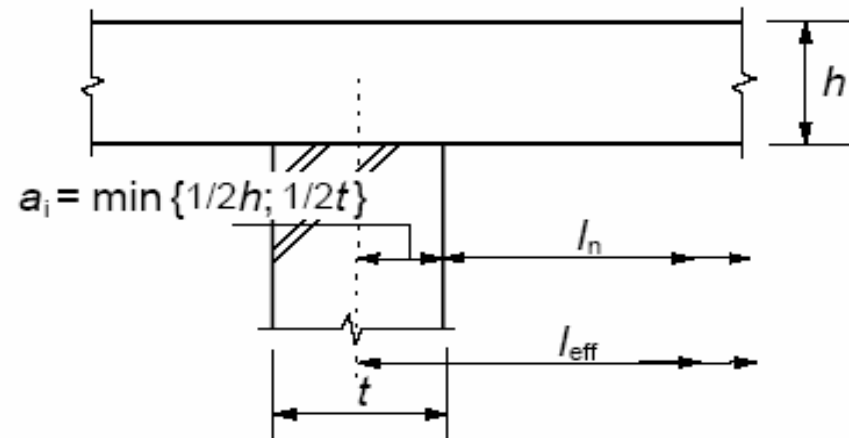
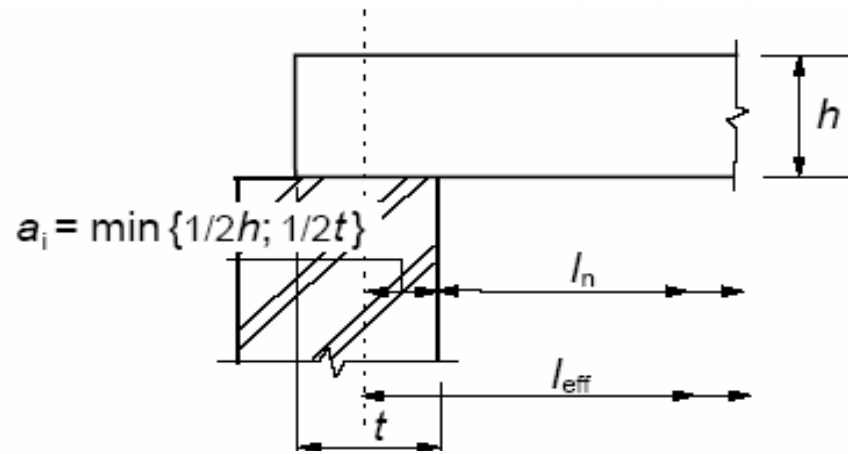
$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

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



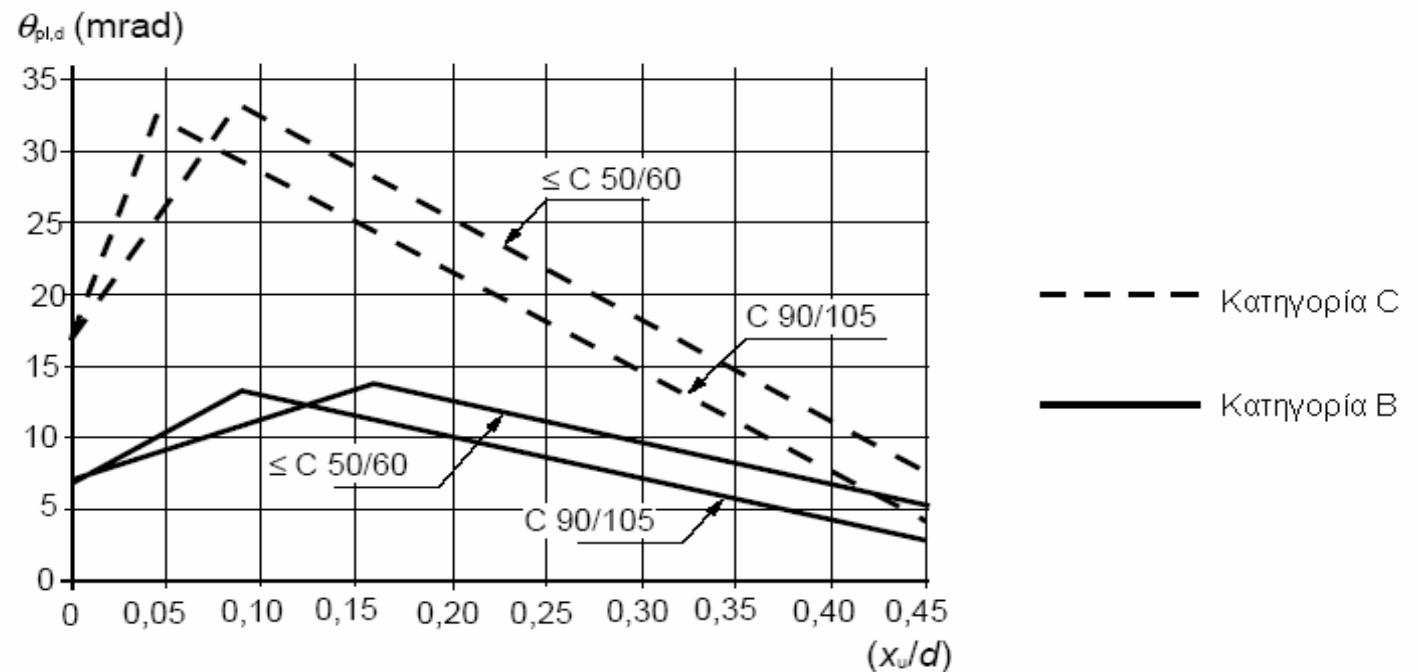
Θεωρητικό άνοιγμα

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

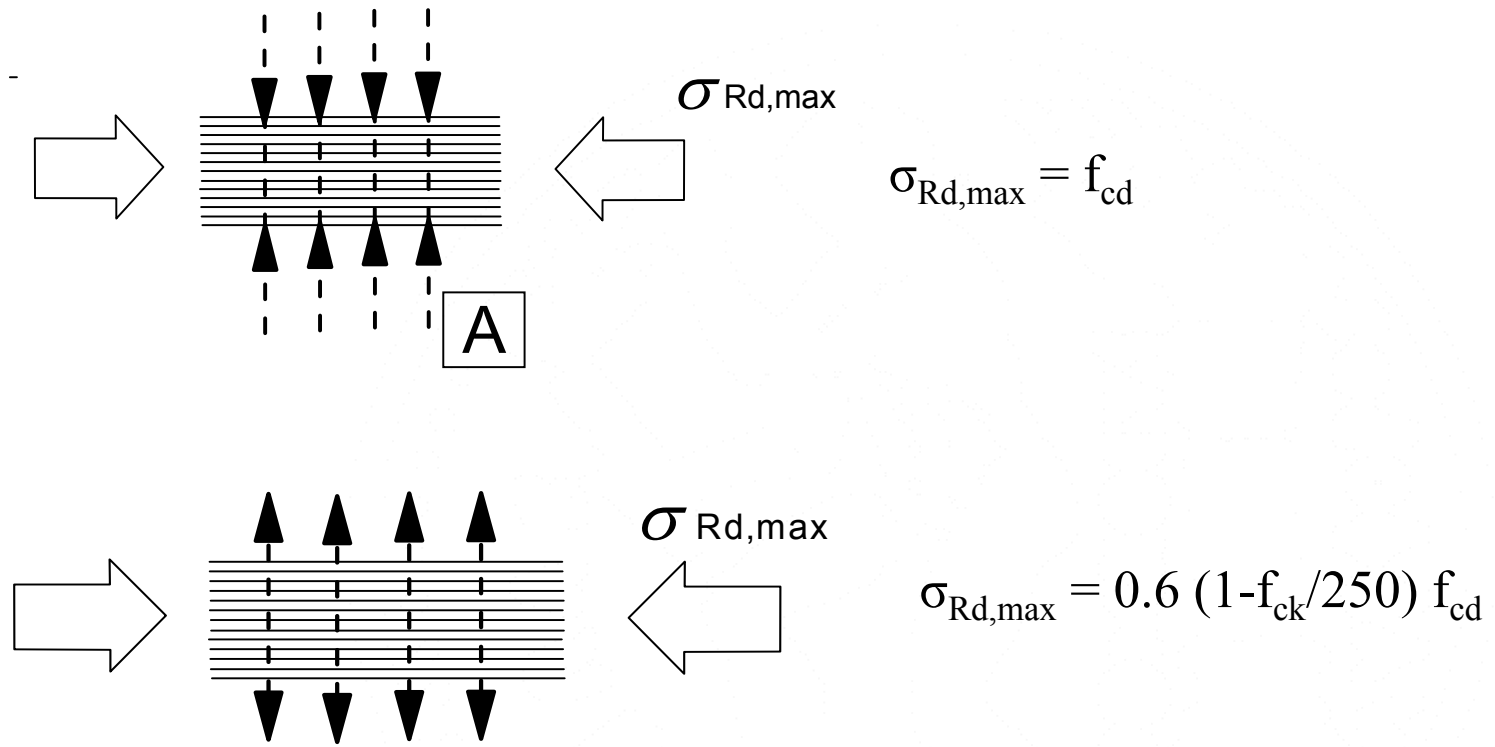


Διακρίνονται τέσσερις τύποι αναλύσεων:

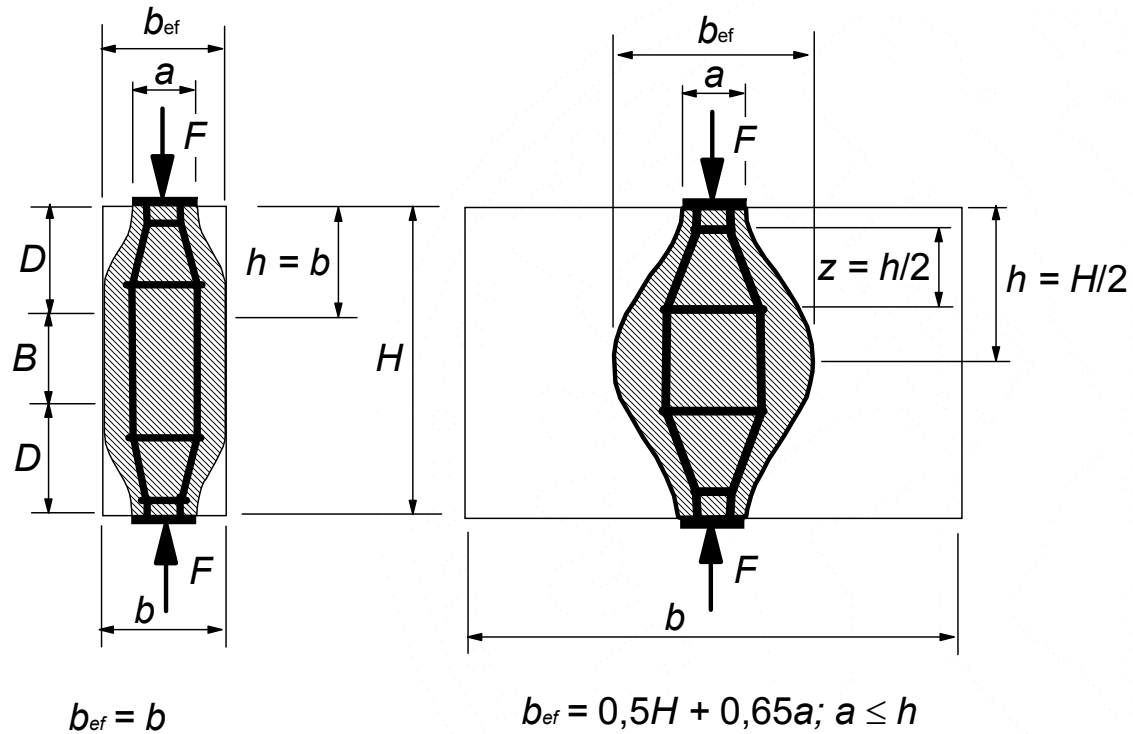
- Ελαστική ανάλυση (αρηγμάτωτες διατομές, $\sigma = E_m \varepsilon$)
- Ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή (μέχρι 30%)
- Πλαστική ανάλυση (συμπεριλαμβανομένης και της μεθόδου θλιπτήρα-ελκυστήρα) (μόνο για ΟΚΑ, επαρκής πλαστιμότητα, μήκος πλαστικής άρθρωσης $1.2d$)
- Μη γραμμική ανάλυση



Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων – ελκυστήρων: Θλιπτήρας



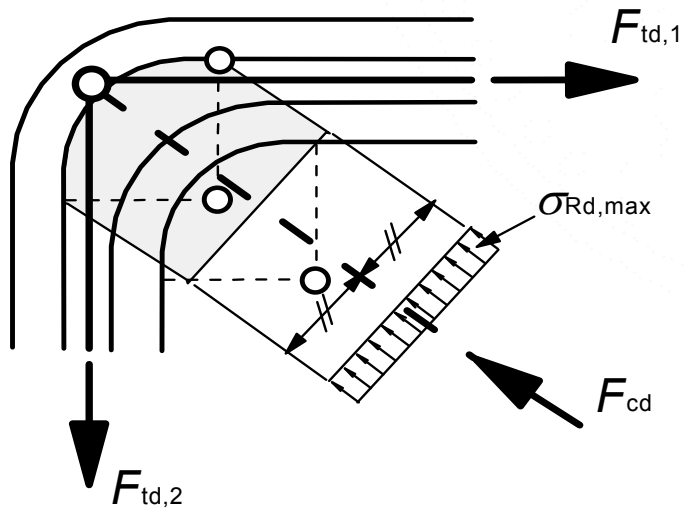
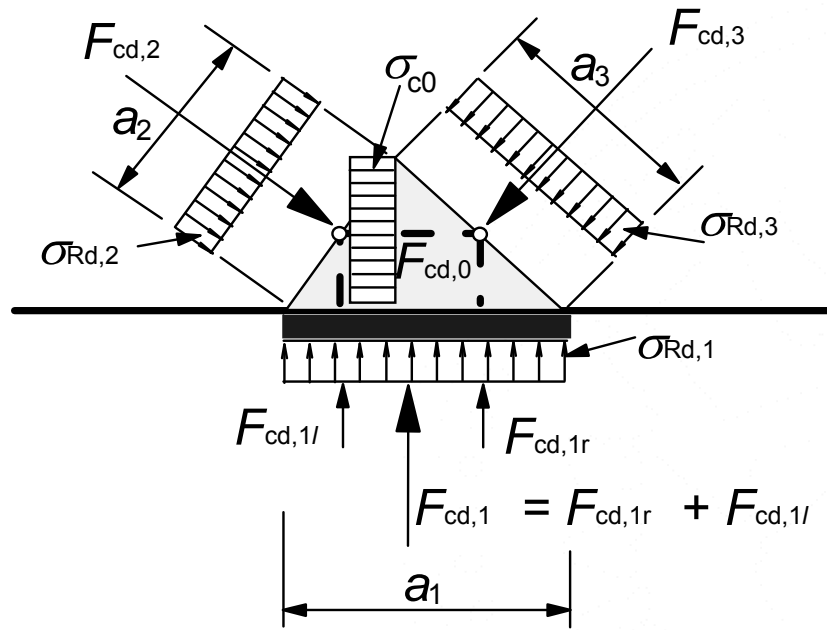
Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων – ελκυστήρων: Ελκυστήρας



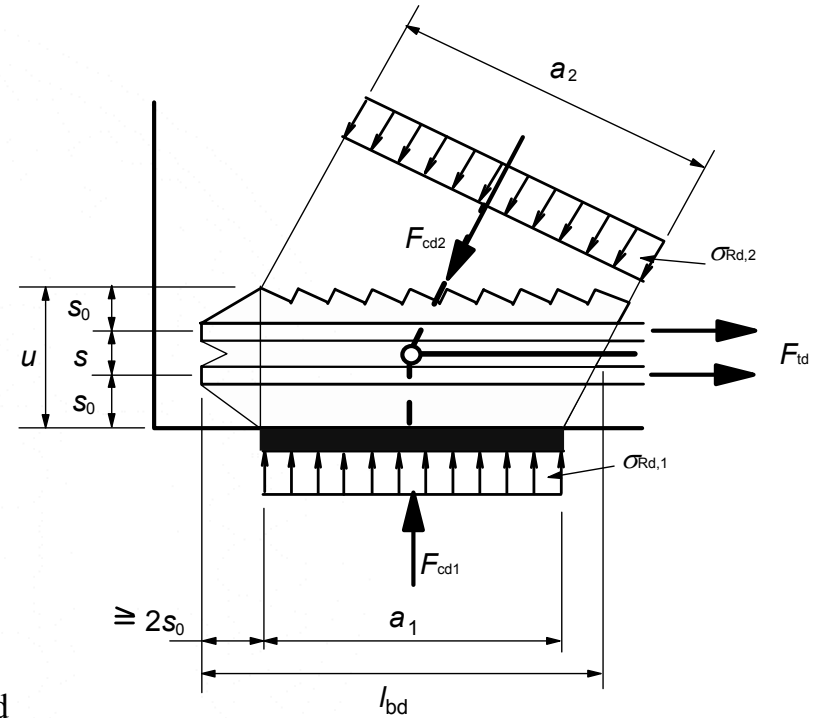
$$T = \frac{1}{4} \frac{b - a}{b} F$$

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

Κόμβοι



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

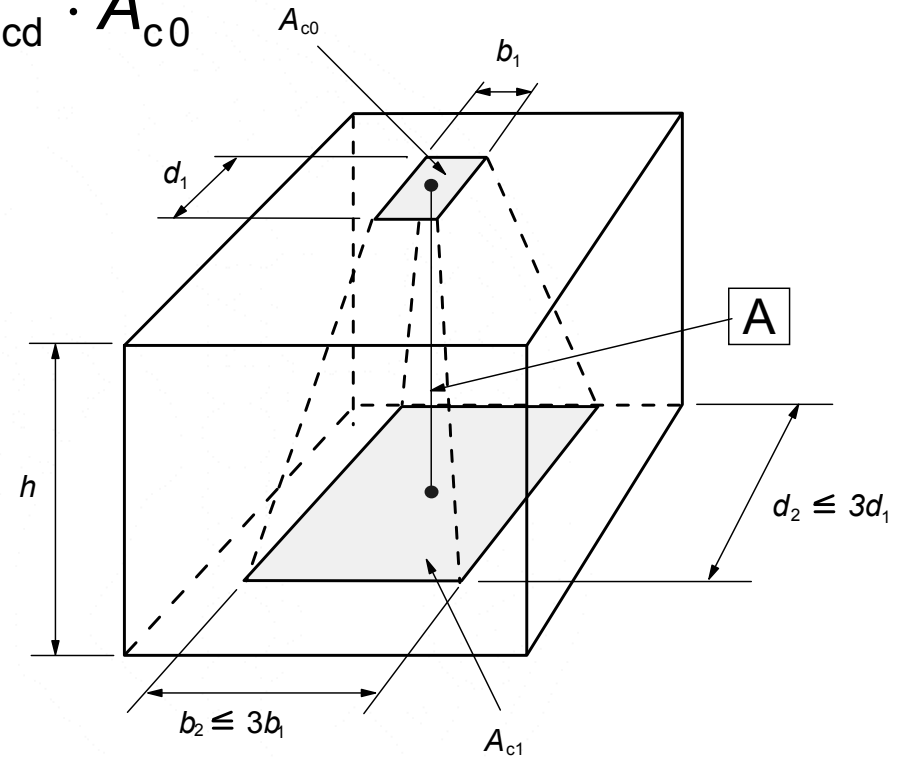


Περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση

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

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

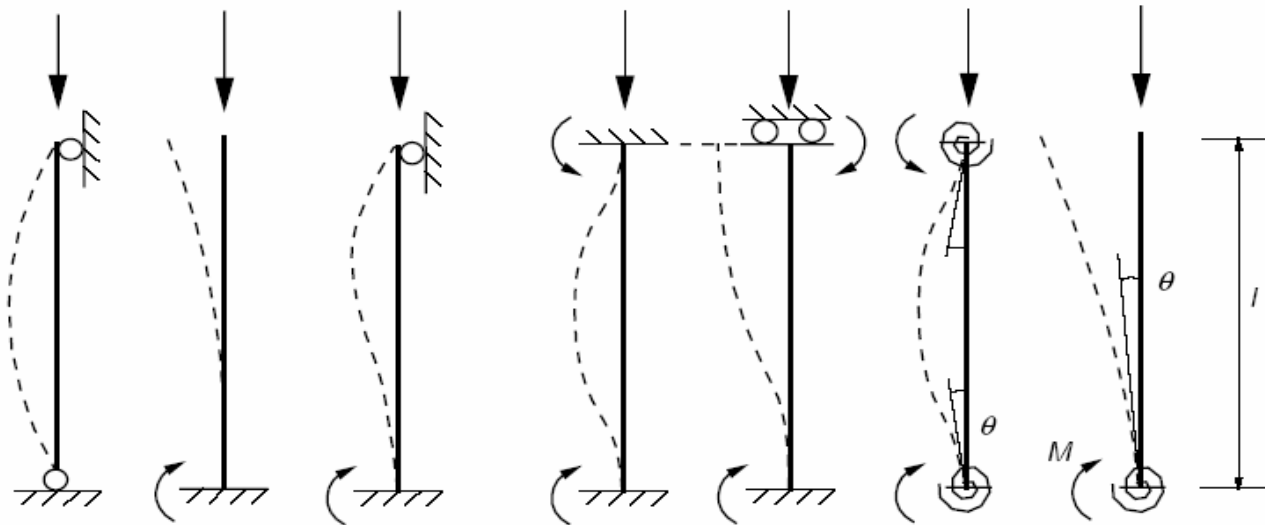
Τα φαινόμενα 2ας τάξης μπορούν να αγνοηθούν εάν δεν υπερβαίνουν το 10% των αντίστοιχων φαινομένων 1ης τάξης.

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 φ_{ef} είναι άγνωστο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή $A = 0,7$)

$B = \sqrt{1 + 2\omega}$ (εάν το ω 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^{ης} 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)

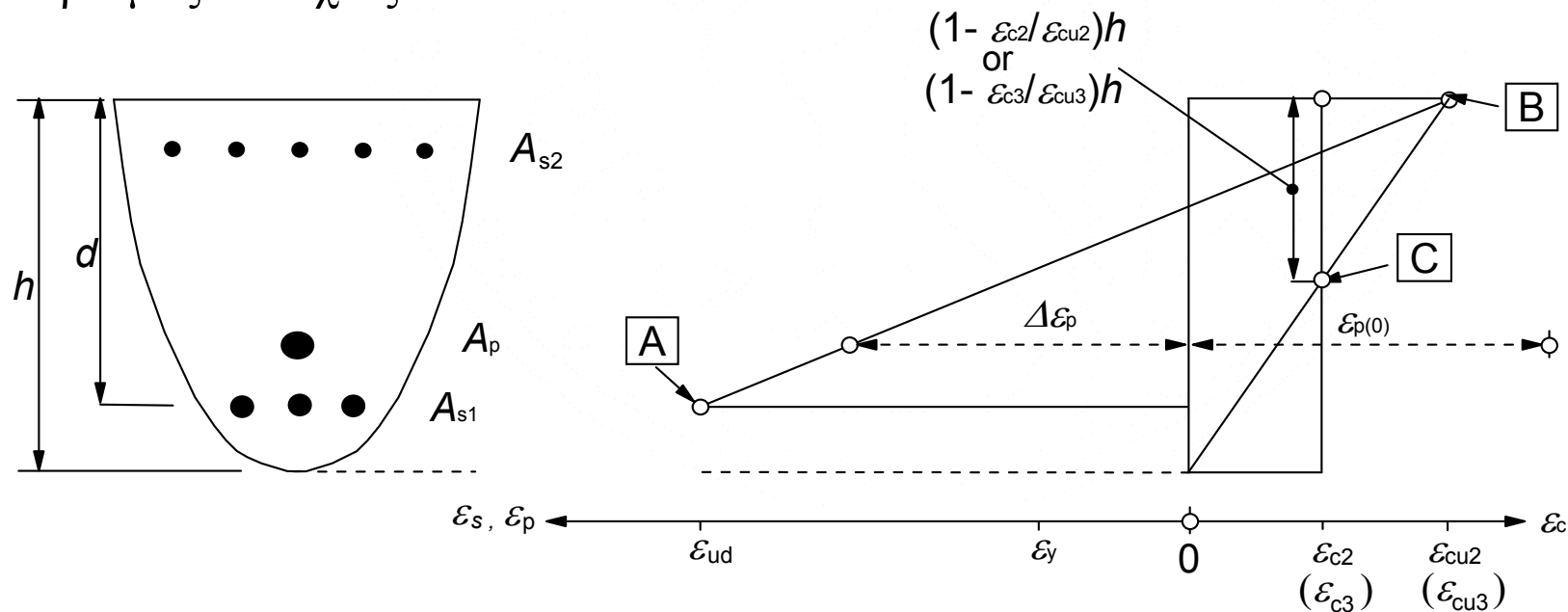
Χειρισμός της προεντάσεως στις εξισώσεις ασφαλείας

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 $\varepsilon_{ud} = 0.9\varepsilon_{uk} = 0.9 \cdot 75\text{‰} = 67.5\text{‰}$ ή χωρίς κράτυνση και χωρίς κανένα όριο για το ε_{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 εφελκυσμένου οπλισμού λόγω της λοξής ρηγματώσης (το αντίστοιχο της μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψεως 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

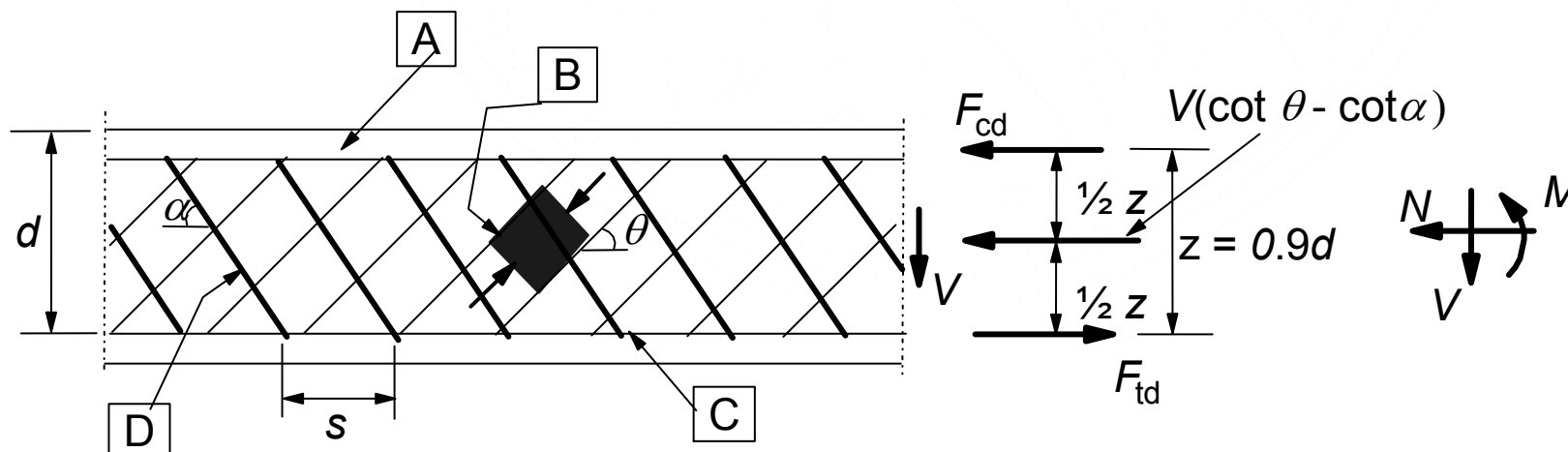
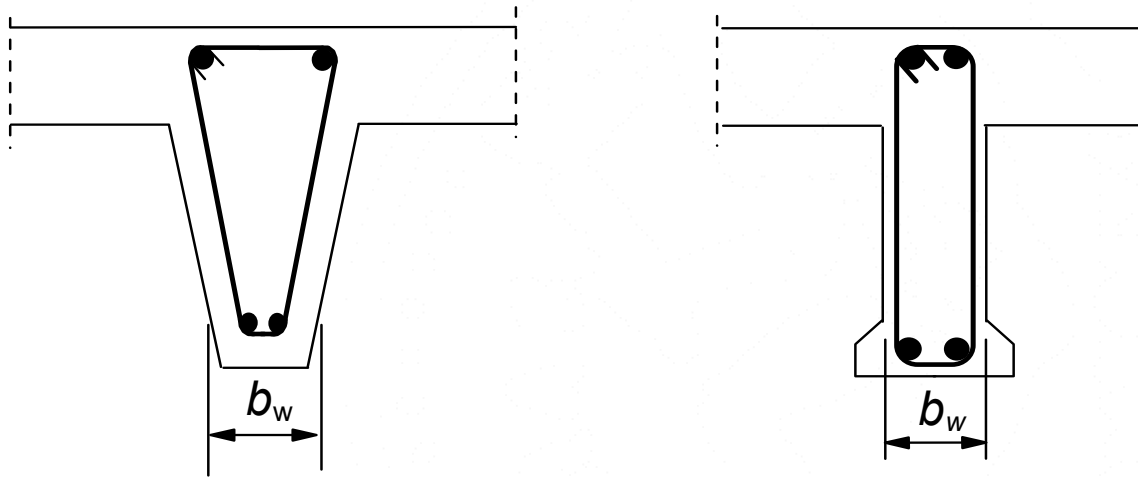
Αλλαγές στους συμβολισμούς:

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:

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



ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Διάτμηση:

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

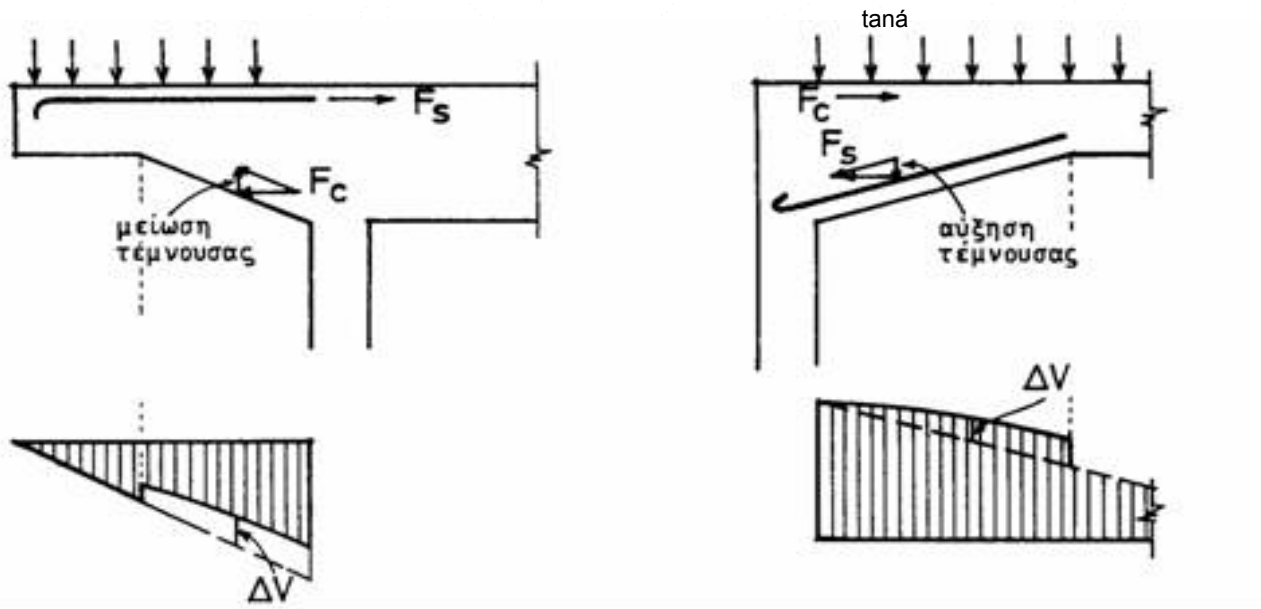
$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Διάτμηση:

Σε στοιχεία με μεταβλητό ύψος πρόσθετη αξονική δύναμη:

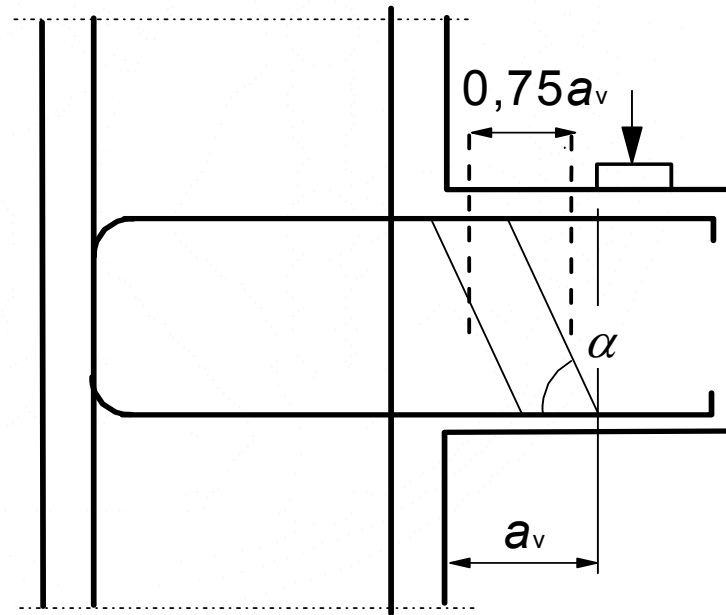
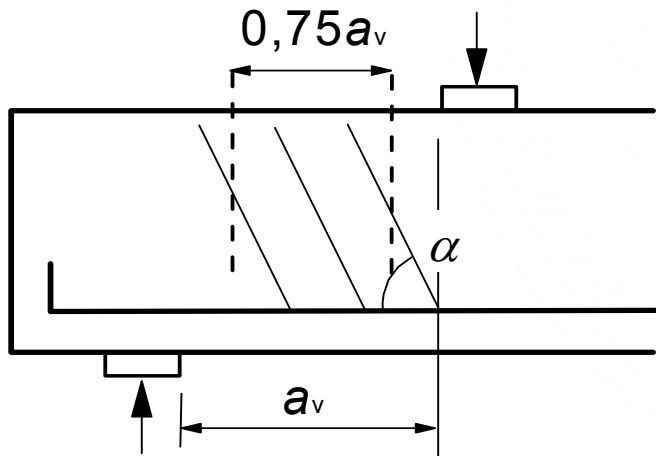
$$\Delta V = \pm \frac{M}{h} \cdot \tan \alpha$$



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)

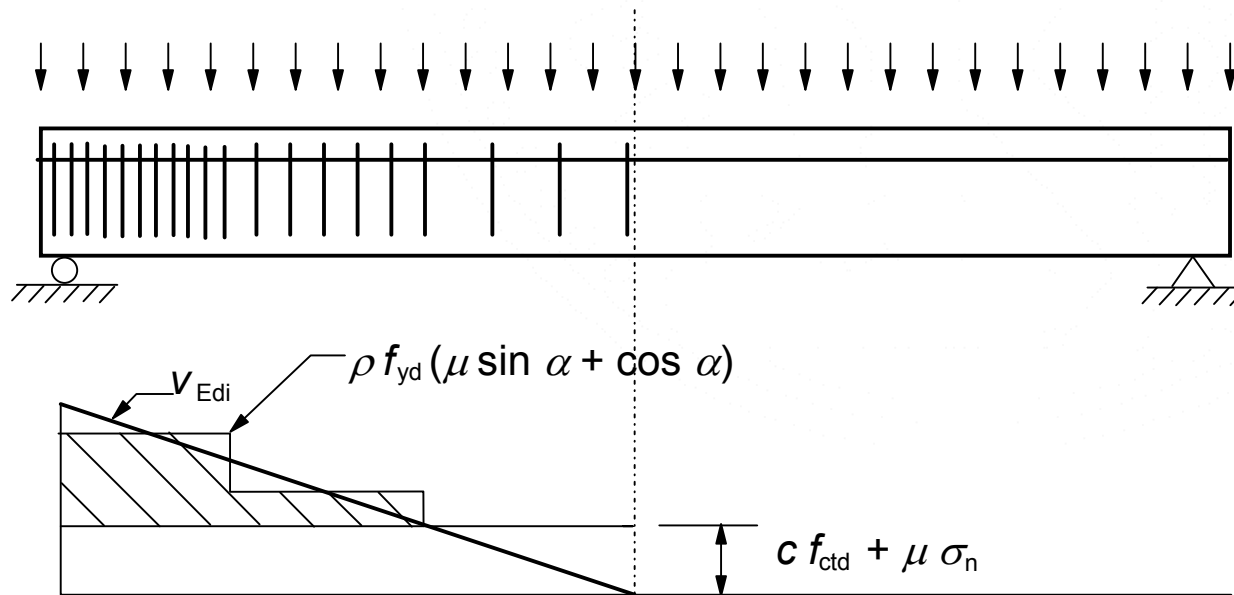
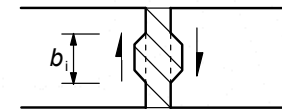
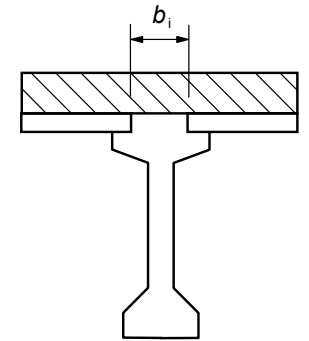
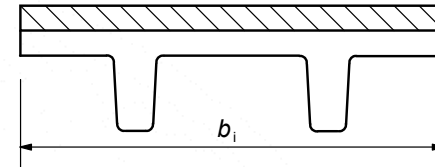
Διάτμηση:

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: χωρίς ουσιαστικές αλλαγές:

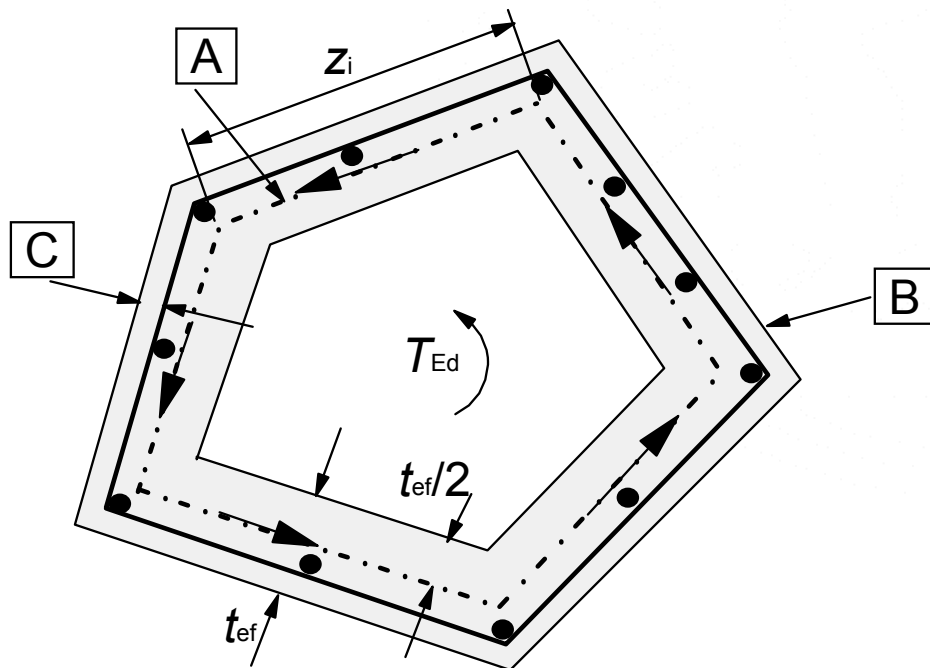
Ισοδύναμη λεπτότοιχη διατομή: πάχος τοιχώματος $t_{ef}=A/u$

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

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

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

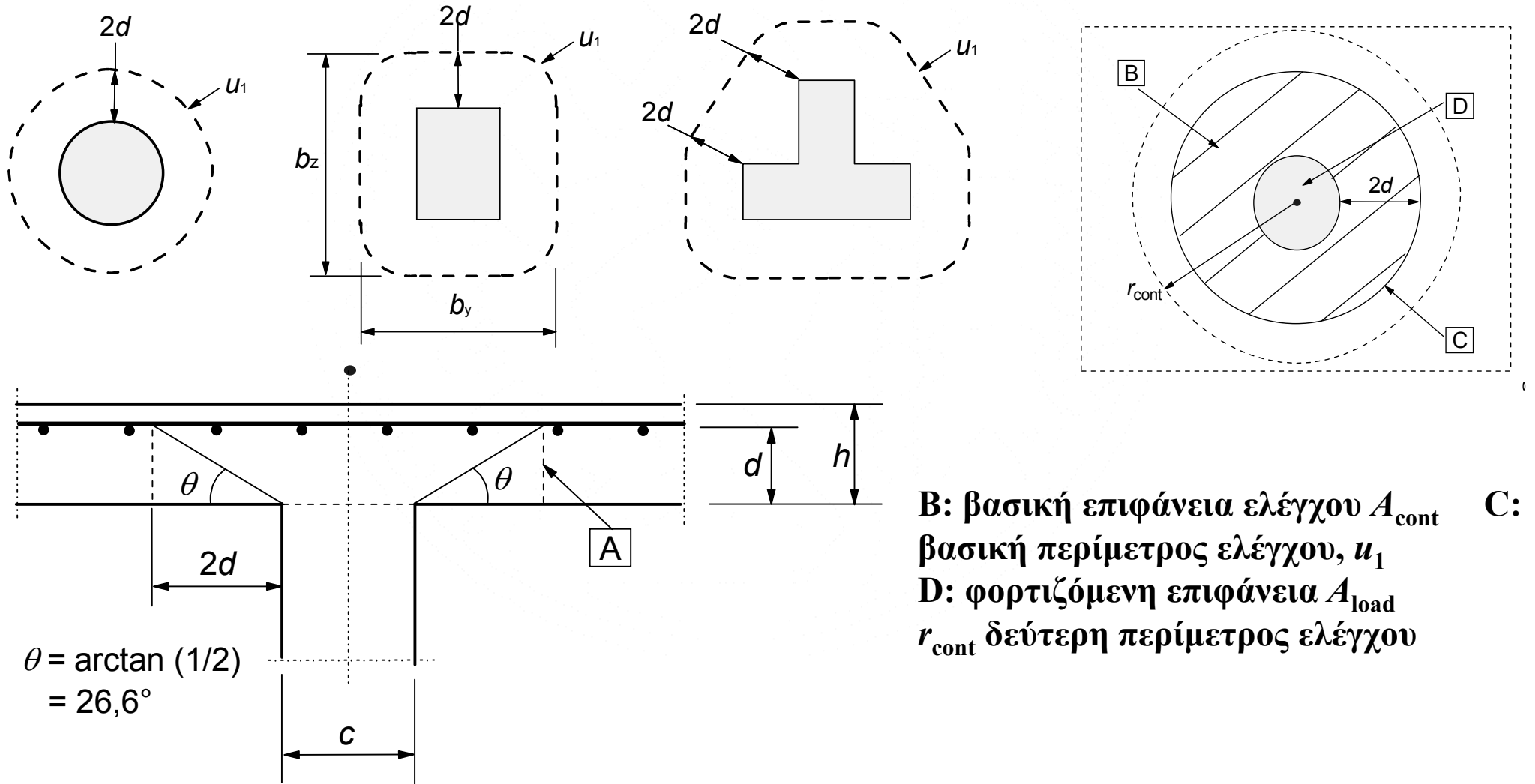
$$\frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_w} = \frac{T_{Ed}}{2A_k \cot\theta}$$



ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Διάτρηση: χωρίς ουσιαστικές αλλαγές:

Αύξηση του μήκους της κρίσιμης περιμέτρου (η ελάχιστη απόσταση αυξήθηκε σε $2d$ από $1.5d$ που είναι στον ΕΚΩΣ)



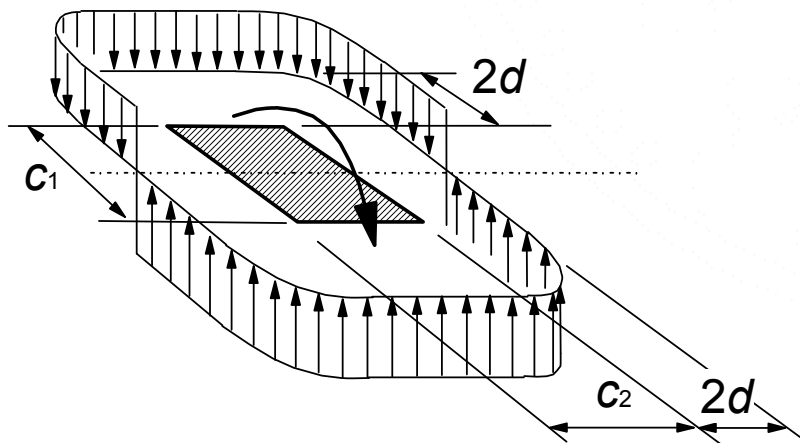
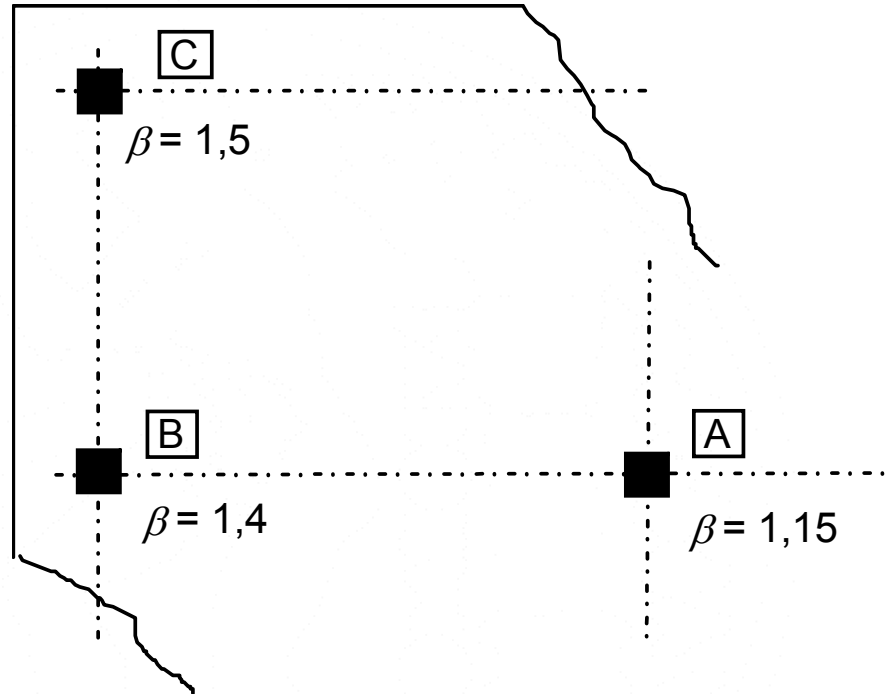
ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

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:

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

$$V_{Rd,cs} = 0,75 V_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

Κόπωση: νέο κεφάλαιο:

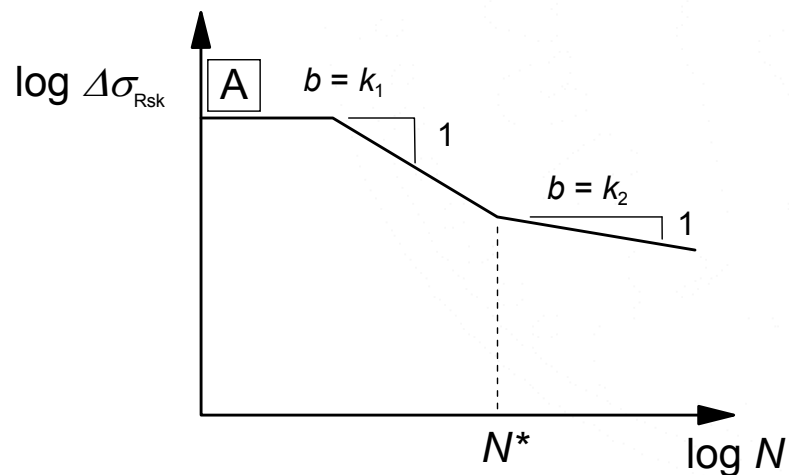
Ελεγχος μόνο σε ειδικές περιπτώσεις: γερανοτροχιές, γέφυρες

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:

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

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

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

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)

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

- Οι ανελαστικές παραμορφώσεις
 - Η μη ανεκτή ρηγματώση
 - 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:

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	0,3	0,2
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Απόθλιψη

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

Περιορισμός της ρηγματώσεως:

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

$$A_{s,\min} \sigma_s = k_c k_f A_{ct}$$

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 διάμετροι ράβδων Φ_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 διαμοτής
- Είτε με αναλυτικό υπολογισμό

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

Περιορισμός των παραμορφώσεων:

Απαλλαγή:

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

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

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΚΛ)

Περιορισμός των παραμορφώσεων:

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)

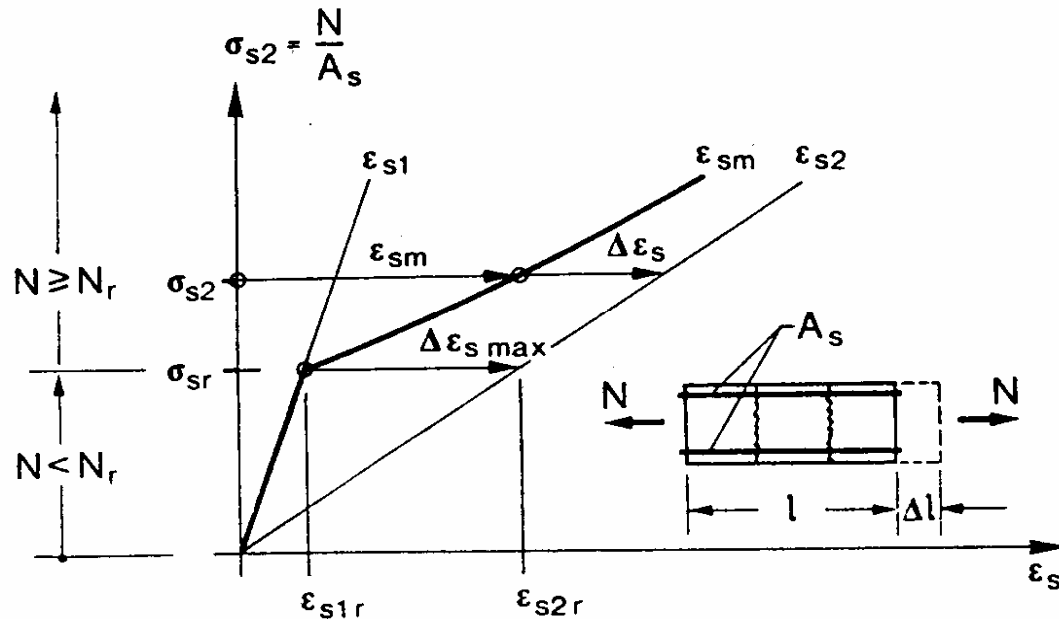
Περιορισμός των παραμορφώσεων:

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 (αρηγμάτωση 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 εγκαρσίως 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:

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$$

η_1 : συνθήκες συνάφειας
 η_2 : διάμετρος ράβδου

Βασικό μήκος αγκυρώσεως

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

Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

α_1 : μορφή των ράβδων

α_2 : επιρροή της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

α_3 : επιρροή της περίσφιξης μέσω εγκάρσιου οπλισμού.

α_4 : επίδραση μίας ή περισσοτέρων συγκολλημένων εγκάρσιων ράβδων

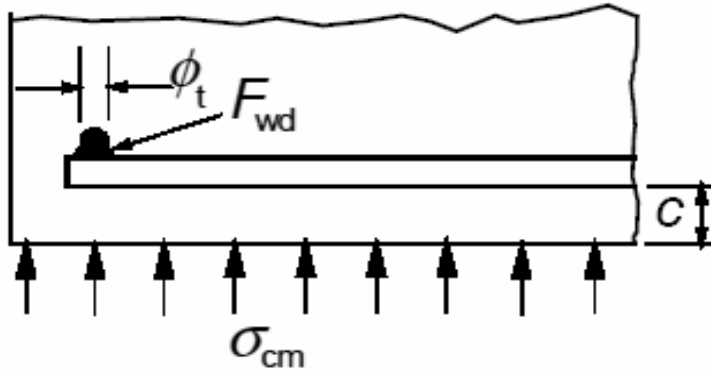
α_5 : επιρροή της εγκάρσιας πίεσης

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.

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

Είναι δυνατόν να συγκολληθούν αντιδιαμετρικά δύο ράβδοι

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΕΩΣ

Μήκος υπερκάλυψης:

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

α_1 : μορφή των ράβδων

α_2 : επιρροή της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

α_3 : επιρροή της περίσφιξης μέσω εγκάρσιου οπλισμού.

α_4 : επίδραση μίας ή περισσότερων συγκολλημένων εγκάρσιων ράβδων

α_5 : επιρροή της εγκάρσιας πίεσης

α_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 2200kg/m^3 το οποίο αποτελείται πλήρως, ή περιέχει κατά ένα ποσοστό τεχνητά ή φυσικά ελαφρά αδρανή που έχουν πυκνότητα μικρότερη από 2000 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 1000kg/m^3 έως 2000kg/m^3).

Για τις μηχανικές ιδιότητες, χρησιμοποιείται ο επιπρόσθετος κάτω δείκτης l (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:

η_E είναι συντελεστής μετατροπής του μέτρου ελαστικότητας

η_1 είναι συντελεστής για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής

η_2 είναι συντελεστής για τον προσδιορισμό του συντελεστή ερπυσμού

η_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 ≥ 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 γ_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 Ανηγμένες παραμορφώσεις από ερπυσμό και συστολή ξηράνσεως

Προτείνονται ελάχιστες κατηγορίες σκυροδέματος έστω 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	C30/37	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 σ_{Edx} , σ_{Edy} και τ_{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 δύναμης 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»

Ημερίδα με θέμα τους **Ευρωκώδικες:**
Σχεδιασμός Κτηρίων Σκυροδέματος με βάση τους
Ευρωκώδικες 2 & 8

Ευρωκώδικας EN 1992-1-1:
Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από σκυρόδεμα.
Σημειώσεις από τις διαφάνειες

Κ.Γ. Τρέζος

Τρίπολη, 9-4-2011

Εισαγωγή

Ευρωκώδικες: σύμπλεγμα κανονισμών για τον σχεδιασμό έργων πολιτικού μηχανικού.

Συντάχθηκαν και αναπτύχθηκαν από την CEN (=30 ευρωπαϊκές χώρες) στο πλαίσιο της Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ «Προϊόντα Δομικών Έργων».

Προβλέπεται να γίνουν υποχρεωτικοί (εντός της CEN) το 2010

Αλλά και μη ευρωπαϊκές χώρες όπως Σιγκαπούρη, Βιετνάμ, Μαλαισία, Ινδία, Ρωσία, καθώς και ορισμένες χώρες της Β. Αφρικής ενδιαφέρονται να υιοθετήσουν τους Ευρωκώδικες.

Υπάρχουν συνολικά 10 Ευρωκώδικες.

EN 1990	Ευρωκώδικας 0:	EC 0:	Βάσεις Σχεδιασμού
EN 1991	Ευρωκώδικας 1:	EC 1:	Δράσεις
EN 1992	Ευρωκώδικας 2:	EC 2:	Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα
EN 1993	Ευρωκώδικας 3:	EC 3:	Σχεδιασμός Φορέων από Χάλυβα
EN 1994	Ευρωκώδικας 4:	EC 4:	Σχεδιασμός Σύμμεικτων Φορέων από Χάλυβα και Σκυρόδεμα
EN 1995	Ευρωκώδικας 5:	EC 5:	Σχεδιασμός Ξύλινων Φορέων
EN 1996	Ευρωκώδικας 6:	EC 6:	Σχεδιασμός Φορέων από Τοιχοποιία
EN 1997	Ευρωκώδικας 7:	EC 7:	Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
EN 1998	Ευρωκώδικας 8:	EC 8:	Αντισεισμικός Σχεδιασμός
EN 1999	Ευρωκώδικας 9:	EC 9:	Σχεδιασμός Φορέων από Αλουμίνιο

Κάθε Ευρωκώδικας αποτελείται από διάφορα «Μέρη» τα οποία έχουν ισχύ Ευρωπαϊκού Προτύπου (EN). Συνολικά υπάρχουν 58 μέρη.

58 Eurocode parts + Annex A.2 to EN 1990 published beginning of 2007

EN 1990 - Basis of structural design

- EN 1990 Basis of structural design
- EN 1990 Basis of structural design - Annex A.2 Bridges

EN 1991 - Actions on structures

- EN 1991-1-1 Actions on structures • Self weight & imposed loads
- EN 1991-1-2 Actions on structures • Fire
- EN 1991-1-3 Actions on structures • Snow loads
- EN 1991-1-4 Actions on structures • Wind actions
- EN 1991-1-5 Actions on structures • Thermal Actions
- EN 1991-1-6 Actions on structures • Execution
- EN 1991-1-7 Accidental actions
- EN 1991-2 Actions on structures • Traffic loads on bridges
- EN 1991-3 Actions • Cranes and machinery

- EN 1991-4 Actions on structures • Silos and tanks

EN 1992 - Design of concrete structures

- EN 1992-1-1 Design of concrete structures • General req.
- EN 1992-1-2 Design of concrete structures • Fire design
- EN 1992-2 Design of concrete structures - Bridges
- EN 1992-3 Concrete • Liquid retaining

EN 1993 - Design of steel structures

- EN 1993-1-1 Design of Steel structures • General req.
- EN 1993-1-2 Design of Steel structures • Fire design
- EN 1993-1-3 Steel • Cold thin gauge members
- EN 1993-1-4 Steel • Structures in stainless
- EN 1993-1-5 Steel -- Strength planar plated
- EN 1993-1-6 Steel • Shell structures

- EN 1993-1-7 Steel • Out of plane loading
- EN 1993-1-8 Design of Steel structures - Design of joints
- EN 1993-1-9 Design of Steel structures- Fatigue strength
- EN 1993-1-10 Design of Steel structures • Mat. toughness
- EN 1993-1-11 Steel • Tension components
- EN 1993-1-12 Steel • HSS
- EN 1993-2 Steel -- Bridges
- EN 1993-3-1 Steel • Towers and masts
- EN 1993-3-2 Steel -- Chimneys
- EN 1993-4-1 Steel • Silos
- EN 1993-4-2 Steel • Tanks
- EN 1993-4-3 Steel • Pipelines
- EN 1993-5 Steel • Piling
- EN 1993-6 Steel • Crane supporting structures

EN 1994 - Design of composite steel and concrete structures

- EN 1994-1-1 Design of composite structures • General req.
- EN 1994-1-2 Design of composite structures • Fire design
- EN 1994-2 Design of composite structures • Bridges

EN 1995 - Design of timber structures

- EN 1995-1-1 Design of timber structures • General req.
- EN 1995-1-2 Design of timber structures • Fire design
- EN 1995-2 Design of timber structures • Bridges

EN 1996 - Design of masonry structures

- EN 1996-1-1 Design of masonry structures • General req.
- EN 1996-1-2 Design of masonry structures • Fire design
- EN 1996-2 Design of masonry structures • Selection & execution
- EN 1996-3 Design of masonry structures • Simplified calculation

EN 1997 - Geotechnical design

- EN 1997-1 Geotechnical design • General requirements
- EN 1997-2 Geotechnical ground investigation

EN 1998 - Design provisions for earthquake resistance of structures

- EN 1998-1 Design for earthquake resistance • Gen. requirements
- EN 1998-2 Design for earthquake resistance • Bridges
- EN 1998-3 Design for earthquake resistance • Assess. and retrofitting
- EN 1998-4 Earthquake • Silos, tanks & pipelines
- EN 1998-5 Design for earthquake resistance • Foundations
- EN 1998-6 Design for earthquake resistance • Towers masts

EN 1999 - Design of aluminium structures

- EN 1999-1-1 Aluminium • Common rules
- EN 1999-1-2 Aluminium • Fire design
- EN 1999-1-3 Aluminium • Fatigue
- EN 1999-1-4 Aluminium • Trapezoidal sheeting
- EN 1999-1-5 Aluminium • Shell structures

Δομή των Ευρωκωδίκων

Τίθενται κατ' αρχάς οι **βασικές απαιτήσεις** (βλ EN 1990) τις οποίες πρέπει να πληροί ένα δόμημα. Τέτοιες είναι π.χ. οι απαιτήσεις ασφαλείας, λειτουργικότητας, ανθεκτικότητας, αλλά και οικονομίας, σεβασμού του περιβάλλοντος κλπ.

Στην συνέχεια, σε κάθε έναν Ευρωκώδικα, ορίζονται οι **αρχές** με τις οποίες ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις. Οι Αρχές διακρίνονται στο κείμενο των Ευρωκωδίκων από το γράμμα P που ακολουθεί τον αριθμό της παραγράφου.

Ακολούθως δίνονται οι **κανόνες εφαρμογής** οι οποίοι θεωρείται ότι υπακούν στις βασικές απαιτήσεις και ικανοποιούν τις αρχές. Οι κανόνες εφαρμογής δεν είναι υποχρεωτικοί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικοί κανόνες εφαρμογής με την προϋπόθεση ότι είναι σε συμφωνία με τις

αρχές και ότι είναι τουλάχιστον ισοδύναμοι από πλευράς αντοχής, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας με τους κανόνες εφαρμογής του κανονισμού.

Ενσωματωμένες στο κείμενο του Ευρωκώδικα, υπάρχουν και οι **Σημειώσεις** (είναι γραμμένες με μικρότερη γραμματοσειρά) οι οποίες επεξηγούν το κείμενο του κανονισμού (Οι “Σημειώσεις” στους Ευρωκώδικες είναι κατά κάποιο τρόπο το αντίστοιχο των “Σχολίων” που υπάρχουν στον ΕΚΩΣ.). Μια ιδιαιτερότητα των Ευρωκωδίκων είναι ότι σε αρκετές περιπτώσεις επιτρέπουν να γίνει Εθνική Επιλογή ορισμένων παραμέτρων (οι παράμετροι αυτές είναι σαφώς ορισμένες σε κάθε Ευρωκώδικα). Για τον σκοπό αυτό είναι υποχρεωτικό κάθε χώρα να εκδώσει για κάθε ένα Μέρος του κάθε Ευρωκώδικα το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα (ή Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής, National Application Document) χωρίς το οποίο δεν είναι δυνατή η εφαρμογή του Ευρωκώδικα.

Ευρωκώδικας 2 Σκυρόδεμα

Ο Ευρωκώδικας 2 περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

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

Σ' ετούτη την παρουσίαση θα γίνει αναφορά στο μέρος 1.1 του Ευρωκώδικα 2 (Στην συνέχεια θα συμβολίζεται ως EC2).

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

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. Αοπλο και Ελαφρώς Οπλισμένο Σκυρόδεμα
- Παρ. Α. Τροποποίηση συντελεστών ασφαλείας υλικών
Παρ. Β. Ερπυσμός και συστολή ξηράνσεως
Παρ. C. Ιδιότητες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος

- Παρ. D. Χαλάρωση τενόντων προεντάσεως
- Παρ. E. Ενδεικτικές κλάσεις αντοχής για λόγους ανθεκτικότητας
- Παρ. F. Υπολογισμός εφελκόμενου οπλισμού για επίπεδη εντατική κατάσταση
- Παρ. G. Αλληλεπίδραση εδάφους ανωδομής
- Παρ. H. Φαινόμενα 2ας τάξεως
- Παρ. I. Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς και τοιχιών
- Παρ. J. Παραδείγματα περιοχών με ασυνέχειες στην γεωμετρία ή στις δράσεις

Όλα τα παραρτήματα είναι πληροφοριακά με εξαίρεση το Παράρτημα C το οποίο είναι κανονιστικό.

Κυριότερες διαφορές EC2 και ΕΚΩΣ 2000 περιληπτικά

- Οι δύο κανονισμοί έχουν μεγάλες ομοιότητες ιδιαίτερα σε ότι αφορά τον υπολογισμό στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας.
- Ο EC2 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 EC2 μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές με χαμηλή σεισμικότητα, που δεν είναι όμως η περίπτωση της Ελλάδος)
- Ο EC2 αναφέρεται σε τρεις κατηγορίες έργων οι οποίες δεν προβλέπονται στον ΕΚΩΣ: Προκατασκευή, Ελαφροσκυρόδεμα και Άοπλο (ή ελαφρώς οπλισμένο) σκυρόδεμα.
- Ο EC2 αναφέρεται διεξοδικά σε κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα, και επιτρέπει την χρήση τενόντων χωρίς συνάφεια καθώς και την εξωτερική προένταση
- Ο EC2 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 EC2, 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.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαφορές που υπάρχουν στα κοινά σημεία των EC2 και ΕΚΩΣ (δεν θα γίνει αναφορά στα νέα πεδία εφαρμογής του EC2 και συγκεκριμένα Προκατασκευή, Ελαφροσκυρόδεμα και Άοπλο (ή ελαφρώς οπλισμένο) σκυρόδεμα καθώς και στην προένταση).

Λοιπές διαφορές

Κεφάλαιο 2 Βάσεις του σχεδιασμού

- Οι οριακές καταστάσεις που εξετάζονται είναι ίδιες με τον ΕΚΩΣ (δηλαδή: Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας και Λειτουργικότητας ΟΚΑ και ΟΚΛ αντιστοίχως). Ωστόσο (από τον EC0 εισάγεται και η έννοια των **Καταστάσεων Σχεδιασμού** οι οποίες για μή σεισμικές περιοχές ορίζονται ως:
 - Με διάρκεια ή παραμένουσες (Persistent) Αφορούν την κανονική χρήση
 - Παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού, (Transient) Αφορούν προσωρινές συνθήκες: ανέγερση, επισκευή
 - Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού, (Accidental). Αφορούν έκτακτες ή εξαιρετικές συνθήκες: πυρκαϊά, έκρηξη, πρόσκρουση οχήματος, τοπική αστοχία.
- **Τιμές σχεδιασμού:** γενικώς επικρατεί η ίδια λογική με τον ΕΚΩΣ με εξαίρεση την τιμή σχεδιασμού της αντοχής του σκυροδέματος f_{cd} η οποία δεν είναι πλέον ίση με f_{ck}/γ_c αλλά $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ όπου ο συντελεστής α_{cc} είναι ο συντελεστής που λαβαίνει υπόψη του την

μακροχρόνια φόρτιση του σκυροδέματος. Αν για τον συντελεστή αυτό υιοθετηθεί τελικά, από το Εθνικό Προσάρτημα, η τιμή $\alpha_{cc}=0.85$ αυτό θα έχει επίπτωση σε όλες τις σχέσεις στις οποίες εμφανίζεται το f_{cd} και όχι μόνον στην ορθή ένταση (και στην διάτμηση, στρέψη διάτρηση κλπ).

Κεφάλαιο 3 Υλικά

- Η **μέγιστη κατηγορία σκυροδέματος** είναι C90/105 (στον ΕΚΩΣ ήταν C50/60).
- Μέχρι την κατηγορία C50/60 οι τιμές των ιδιοτήτων στον EC2 και ΕΚΩΣ είναι ίδιες με μικροδιαφορές στο μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος.
- Για τις διάφορες κατηγορίες σκυροδέματος γίνεται παραπομπή στο EN206 το οποίο δέχεται και **ενδιάμεσες ποιότητες** (π.χ. C26/32, C28/35, C32/40 κλπ). Σημειώνεται όλες οι ιδιότητες του σκυροδέματος δίνονται με αναλυτικές σχέσεις με βάση την χαρακτηριστική αντοχή f_{ck} (θλιπτική αντοχή κυλίνδρου).
- Δίνονται λεπτομερείς σχέσεις για τον **ερπυσμό και την συστολή ξηράνσεως** του σκυροδέματος
- Λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της **περίσφιγξης** στο διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος.
- Το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος μπορεί να είναι τριών τύπων: παραβολικό-ορθογωνικό, διαγραμμικό και ορθογωνικό.
- Η χαρακτηριστική τιμή της αντοχής του χάλυβα μπορεί να είναι μεταξύ $400 \leq f_{yk} \leq 600 \text{MPa}$ (ωστόσο στην Ελλάδα, ο νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων, ΚΤΧ2008, επιτρέπει μόνον την τιμή $f_{yk}=500 \text{MPa}$).
- Προβλέπει τρεις κατηγορίες ολκιμότητας του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος: A, B και C (όπως και στο πρότυπο EN 10080). Σημειώνεται πάντως ότι ο ΚΤΧ2008 επιτρέπει για την Ελλάδα την χρήση χάλυβα ολκιμότητας C σε δομικά στοιχεία με απαιτήσεις αντισεισμικότητας (ο χάλυβας ολκιμότητας A επιτρέπεται μόνο για πλέγματα, ενώ η χρήση χάλυβα ολκιμότητας B δεν επιτρέπεται).
- Εκτός από το καθαρά ελαστοπλαστικό διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του χάλυβα (με οριζόντιο τον μετελαστικό κλάδο) προβλέπεται και διγραμμικό διάγραμμα με κράτυνση (σταθερή κλίση του μετελαστικού κλάδου από την διαρροή, f_{yk} , έως την αστοχία, f_{tk}).

Κεφάλαιο 4 Ανθεκτικότητα και επικάλυψη οπλισμού

- Εισάγονται οι κατηγορίες περιβάλλοντος σύμφωνα με τον EN206. Ειδικότερα καθορίζονται οι πηγές/αιτίες της διάβρωσης: από ενανθράκωση, XC, από χλωριούχα, XD, από θαλασσίνο νερό, Xs, από παγετό, XF, και χημική προσβολή, XA. Για κάθε μια από τις κατηγορίες αυτές ορίζονται επιμέρους υποκατηγορίες.
- Αναλόγως της κατηγορίας περιβάλλοντος ορίζεται και η ελάχιστη συνιστώμενη αντοχή σκυροδέματος. Στο σημείο αυτό υπάρχει μια αντίφαση με το EN206: π.χ. για τις παραθαλάσσιες κατασκευές στον EC2 ορίζεται ελάχιστη κατηγορία C30/37 ενώ στο EN206 C25/30.¹
- Η ελάχιστη επικάλυψη των ράβδων οπλισμού εξαρτάται από τις απαιτήσεις συνάφειας, $c_{min,b}$, ανθεκτικότητας, $c_{min,dur}$, και πυρασφάλειας, $c_{min,fire}$. Οι απαιτήσεις για τις δύο πρώτες παραμέτρους δίνονται στον παρόντα κανονισμό EC2 ενώ οι απαιτήσεις για την πυρασφάλεια δίνονται στον Ευρωκώδικα 2 Μέρος 1-2.

¹ Το EN206 εκτός από την ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος θέτει και άλλους περιορισμούς: μέγιστο λόγο νερού/τσιμέντο και ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο (ενδεικτικά για παραθαλάσσιο περιβάλλον οι αντίστοιχες τιμές είναι $N/T < 0.50$ και τσιμέντο 330kg/m^3 .)

Κεφάλαιο 5 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)
- Διακρίνονται τέσσερις τύποι αναλύσεων:
 - ✓ Ελαστική ανάλυση
 - ✓ Ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή
 - ✓ Πλαστική ανάλυση (συμπεριλαμβανομένης και της μεθόδου θλιπτήρα-ελκυστήρα)
 - ✓ Μη γραμμική ανάλυση
- Δοκός με μήκος μικρότερο από τα 3πλάσιο του ύψους-της θεωρείται υψίκορμη.
- Ως πλάκα θεωρείται στοιχείο με μήκος ελάχιστης πλευράς τουλάχιστον πενταπλάσιο του πάχους
- Στις πλάκες με νευρώσεις, έχει αυξηθεί πολύ η απόσταση των νευρώσεων (1500mm στον EC2, έναντι των 700mm στον ΕΚΩΣ)
- Για τα φαινόμενα 2ας τάξεως (λυγισμός): χωρίς ουσιώδεις αλλαγές. Δίνονται οι περιπτώσεις κατά τις οποίες τα φαινόμενα 2ας τάξεως μπορούν να αγνοηθούν, ενώ για τις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα φαινόμενα 2ας τάξεως πρέπει να ληφθούν υπόψη προτείνονται τρεις μέθοδοι:
 - ✓ Η γενική μέθοδος (μη γραμμική μέθοδος)
 - ✓ Η μέθοδος της ονομαστικής δυσκαμψίας (προσαυξάνονται οι ροπές 1^{ης} τάξεως)
 - ✓ Η μέθοδος της ονομαστικής καμπυλότητας (είναι αντίστοιχη της μεθόδου του «προτύπου υποστυλώματος» κατά ΕΚΩΣ).
- Λεπτομερής αναφορά στον υπολογισμό προεντεταμένων στοιχείων (Χωρίς ουσιώδεις αλλαγές)
 - ✓ Επιτρεπόμενες τάσεις χάλυβα
 - ✓ Επιτρεπόμενες τάσεις σκυροδέματος
 - ✓ Μειώσεις και απώλειες προεντάσεως (ελαστική βράχυνση σκυροδέματος, τριβές, χαλάρωση, ολίσθηση αγκυρώσεων, χρόνιες απώλειες)
- Υπολογισμός πλακών χωρίς δοκούς και τοιχίων (βλ. και Παράρτημα. Ι)

Κεφάλαιο 6 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

6.1 Ορθή ένταση (κάμψη με αξονική δύναμη): χωρίς ουσιώδεις αλλαγές. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

- ✓ Από τις γνωστές 5 παραδοχές για τον υπολογισμό σε ορθή ένταση, οι 3 πρώτες (επιπεδότητα διατομής, κοινές παραμορφώσεις χάλυβα/σκυροδέματος και ότι αγνοείται η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος) είναι οι ίδιες
- ✓ Η 4^η παραδοχή, που αφορά τα συμβατικά διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων, ισχύει με ελαφρώς τροποποιημένα τα διαγράμματα σ - ϵ :
 - Για το σκυρόδεμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τριών τύπων διαγράμματα: παραβολικό-ορθογωνικό, διγραμμικό και ορθογωνικό
 - Για τον χάλυβα μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαγραμμικό διάγραμμα με κράτυνση ή χωρίς κράτυνση
- ✓ Η 5^η παραδοχή, που αφορά τον ορισμό της αστοχίας, εμφανίζεται να έχει αλλάξει, αλλά οι αλλαγές αυτές δεν έχουν ουσιαστικό αποτέλεσμα (δηλαδή δεν αλλάζουν πρακτικά τα υπολογιζόμενα μεγέθη αντοχής). Συγκεκριμένα:
 - Η παραμόρφωση που αφορούσε τον πλέον εφελκυσμένο χάλυβα (σημείο A) στον ΕΚΩΣ ($\epsilon_{s1}=20\%$) ήταν μια συμβατική τιμή η οποία στην ουσία αφορούσε την επισκευασιμότητα του σκυροδέματος πέριξ του χάλυβα και δεν αφορούσε την

φυσική αστοχία του χάλυβα. Τώρα στον EC2 είτε δεν τίθεται κανένα όριο (περίπτωση οριζόντιου μετελαστικού κλάδου) είτε το όριο αφορά την φυσική αστοχία του χάλυβα (90% της παραμόρφωσης θραύσεως) (περίπτωση κεκλιμένου μετελαστικού κλάδου). Ακόμη όμως και στην 2^η αυτή περίπτωση (κεκλιμένος μετελαστικός κλάδος) ο περιορισμός είναι τις περισσότερες φορές πρακτικά ανενεργός. Δηλαδή είναι σαν να μην υπάρχει όριο για τον χάλυβα. Αυτό βέβαια συμβαίνει διότι στην Ελλάδα χρησιμοποιούμε χάλυβες κατηγορίας ολκιμότητας C οι οποίοι έχουν μεγάλη παραμόρφωση θραύσεως. Δεν θα ήταν το ίδιο για τους χάλυβες A και B (με παραμορφώσεις θραύσεως 25% και 50% αντ.)

- Για το σκυρόδεμα η μέγιστη παραμόρφωση για θλίψη εκ κάμψεως (σημείο B) είναι: για σκυροδέματα μέχρι $f_{ck}=50\text{MPa}$ $\epsilon_{cu}=3.5\%$ (το ίδιο όπως και στον ΕΚΩΣ), ενώ για μεγαλύτερης αντοχής σκυροδέματα μειώνεται σταδιακά μέχρι $\epsilon_{cu}=2.6\%$ έως 2.8%.
- Όταν όλη η διατομή είναι υπό θλίψη, το σημείο C δεν είναι σταθερό (στα 4/7h ήταν στον ΕΚΩΣ) αλλά ανεβαίνει προς τα πάνω καθώς αυξάνεται η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος (για $f_{ck}>50\text{MPa}$)

6.2 Διάτμηση: χωρίς ουσιώδεις αλλαγές. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

- ✓ Αλλαγή στους συμβολισμούς:

Μέγεθος	Σύμβολο	
	EC2	ΕΚΩΣ
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}

- ✓ 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 εφελκόμενου οπλισμού λόγω της λοξής ρηγμάτωσης (το αντίστοιχο της μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψεως κατά ΕΚΩΣ)
- ✓ Περιορίστηκε 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 Επίδραση του κεκλιμένου πέλματος (σε στοιχεία με μεταβλητό στατικό ύψος) στην δρώσα τέμνουσα
- ✓ 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)
- ✓ Στην πράξη η διαδικασία υπολογισμού είναι η εξής:

- ❖ εξισώνοντας την αντοχή $V_{Rd,max}$ με την δρώσα τέμνουσα V_{Ed} υπολογίζεται η ελάχιστη γωνία θ για την οποία ικανοποιείται ο έλεγχος της $V_{Rd,max}$
- ❖ στην συνέχεια, με βάση την γωνία αυτή, και εξισώνοντας την δρώσα τέμνουσα V_{Ed} με την τέμνουσα αντοχής των συνδετήρων $V_{Rd,s}$ 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 θ υπολογίζονται οι συνδετήρες

6.3 Στρέψη: χωρίς ουσιαστικές αλλαγές. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

- Αλλαγή του συνδυασμένου κριτηρίου αστοχίας παρουσία διάτμησης και στρέψης, έγινε δυσμενέστερο: $T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 1$
- Δεν δίνεται ρητώς η 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 (πάντως με την διαδικασία αυτή οι υπολογιζόμενοι συνδετήρες είναι οι ίδιοι όπως και στον ΕΚΩΣ)
- Δεν αναφέρεται τίποτα για τον συνδυασμό στρέψεως και κάμψεως όσον αφορά τον έλεγχο των τάσεων του σκυροδέματος.

6.4 Διάτρηση: χωρίς πολλές αλλαγές. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

- Αυξήθηκε το μήκος της βασικής περιμέτρου ελέγχου, u_1 , (κρίσιμη περίμετρος κατά τον ΕΚΩΣ), επειδή αυξήθηκε η ελάχιστη απόσταση 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 ($b_{υποστ} > 2a_{υποστ}$) ή σε υποστυλώματα με μεγάλες διαστάσεις ($d_{υποστ} > 3.5d_{πλακ}$) στα οποία μαζί με την διάτρηση εμφανίζεται και η διάτμηση
- Αν απαιτηθεί οπλισμός διατρήσεως, τότε υπολογίζεται και εκείνη η περίμετρος, $u_{out,ef}$, 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_T 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).

6.5 Μέθοδος θλιπτήρα-ελκυστήρα: Νέο κεφάλαιο, του οποίου όμως η λογική ενυπήρχε στον ΕΚΩΣ

- ✓ Δίνονται στοιχεία για τον γεωμετρικό καθορισμό του προσομοιώματος ώστε να υπολογισθούν δυνάμεις των θλιπτήρων και των ελκυστήρων
- ✓ Δίνονται στοιχεία για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής του θλιπτήρα: διαφοροποίηση της θλιπτικής αντοχής συναρτήσει των εγκάρσιων τάσεων (θλίψη ή εφελκυσμός)
- ✓ Διανομή συγκεντρωμένου φορτίου – εγκάρσιος εφελκυσμός

6.5 Κόπωση: Νέο κεφάλαιο: Έλεγχος μόνο σε ειδικές περιπτώσεις: γερανοτροχιές, γέφυρες

- ✓ Συνδυασμοί δράσεων
- ✓ Έλεγχος χάλυβα: καμπύλη S-N

- ✓ Ελεγχος σκυροδέματος: Περιορισμός της μέγιστης τάσης $\sigma_{c,max}$ συναρτήσει της ελάχιστης τάσης $\sigma_{c,min}$.

Κεφάλαιο 7 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Περιλαμβάνουν τον περιορισμό:

- ❖ των τάσεων (σκυροδέματος και χάλυβα)
- ❖ του εύρους των ρωγμών και
- ❖ των βελών κάμψεως

7.1 Περιορισμός των τάσεων:

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

7.2 Περιορισμός του εύρους των ρωγμών:

Η **ρηγμάτωση** στο σκυρόδεμα πρέπει να περιορίζεται ώστε να εξασφαλίζονται:

- η λειτουργικότητα
- η ανθεκτικότητα
- ανεκτό αισθητικό αποτέλεσμα (ψυχολογία του χρήστη)

Σε αντίθεση με τον ΕΚΩΣ, στον EC2 δίνονται συνιστώμενες τιμές για τα εύρη των ρωγμών: από 0.2mm έως 0.4mm αναλόγως των συνθηκών περιβάλλοντος.

Οι απαλλακτικές διατάξεις (μέγιστη διάμετρος ή απόσταση ράβδων) παραμένουν ίδιες με μικροαλλαγές στις αριθμητικές τιμές.

Δίνεται μεθοδολογία για τον αναλυτικό υπολογισμό του εύρους ρωγμής.

7.3 Περιορισμός των βελών κάμψεως:

Οι **παραμορφώσεις** στοιχείων από σκυρόδεμα πρέπει να περιορίζονται ώστε

- να εξασφαλίζονται τα ευαίσθητα διαχωριστικά: μέγιστο βέλος $L/500$ για φορτία που εμφανίζονται μετά την τοποθέτηση των διαχωριστικών
- να μην δημιουργείται αρνητική εντύπωση στους χρήστες: μέγιστο βέλος $L/250$ με το σύνολο των φορτίων για τον μακροχρόνιο συνδυασμό

Ελεγχος των παραμορφώσεων μπορεί να γίνει:

- Είτε με απαλλακτικές διατάξεις περιορίζοντας τον λόγο του μήκους προς το ύψος της διατομής
- Είτε με αναλυτικό υπολογισμό του βέλους και σύγκριση με τα επιτρεπτά όρια

Οι απαλλακτικές διατάξεις δεν εξαρτώνται μόνον από το μήκος του στοιχείου και τις συνθήκες στηρίζεως, αλλά και από την ποσότητα του οπλισμού (θλιβόμενου και εφελκυσμένου) καθώς και από την χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος.