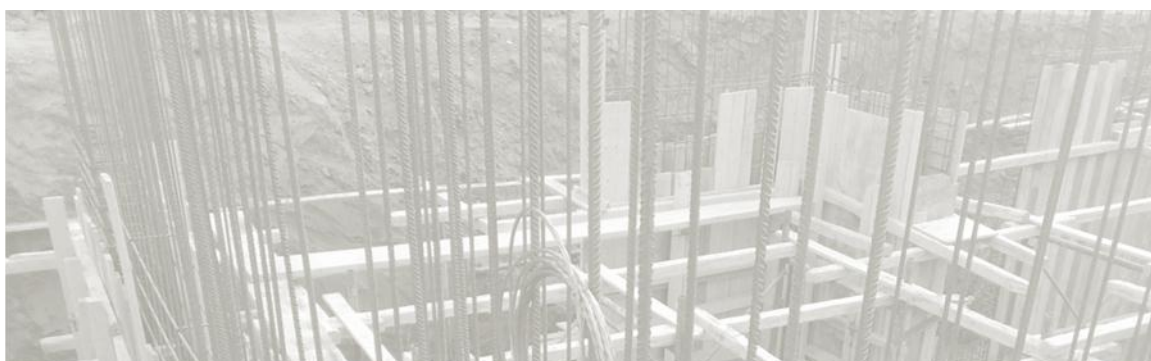




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ
ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2-1-1 ΜΕ ΕΚΩΣ



Επιμέλεια : Καλαϊτζοπούλου Γαλήνη
Επιβλέπων : Τρέζος Κωνσταντίνος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα
Μάρτιος 2011

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2-1-1 ΜΕ ΕΚΩΣ

Εισαγωγή

Θέμα της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η σύγκριση του Ευρωκώδικα EN2-1-1 (που αφορά το ωπλισμένο σκυρόδεμα) με τον Ελληνικό Κανονισμό Ωπλισμένου Σκυροδέματος .Σκόπιμο είναι να γίνουν διακριτές στον αναγνώστη οι διαφορές ,οι κοινές αναφορές , ενδεχόμενες καταργήσεις διατάξεων όπως και νέα κανονιστικά στοιχεία .

Η εργασία αποτελείται από :

- Το θεωρητικό ανάπτυγμα
- Τις εφαρμογές

Η θεωρία αναπτύσσεται με άξονα την πορεία που διαγράφει το κείμενο του Ευρωκώδικα ,δηλαδή εκμεταλλευόμαστε τόσο την αρίθμηση των παραγράφων όσο και τους τίτλους αυτών . Παρουσιάζεται με τη μορφή πίνακα 2 στηλών, όπου στην αριστερή στήλη βρίσκονται οι διατάξεις του EN2-1-1 ,ενώ στην δεξιά στήλη δίνονται οι αντίστοιχες αναφορές του ΕΚΩΣ .

Στο τμήμα των εφαρμογών διακρίνει κανείς στην πράξη τις υπαγορεύσεις του Ευρωκώδικα σχετικά με το σχεδιασμό κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα.

Ο πίνακας περιεχομένων χωρίζεται σε 3 κατηγορίες :

- (i) Μέρος I : Διαφορές και κοινά μεταξύ των 2 κανονισμών
- (ii) Μέρος II : Νέες κανονιστικές διατάξεις
- (iii) Μέρος III : Καταργήσεις διατάξεων του ΕΚΩΣ
- (iv) Μέρος IV : Εφαρμογές

Σημείωση : Για το μέρος III ,άλλοτε επισημαίνονται παράγραφοι του Ευρωκώδικα και άλλοτε παράγραφοι του ΕΚΩΣ. Τούτο συμβαίνει διότι κάποιες διατάξεις του Ελληνικού Κανονισμού είτε καταργούνται εν΄μέρει είτε εξ΄ολοκλήρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Μέρος Ι : Διαφορές –Κοινά

2. Βάσεις του σχεδιασμού

2.3.1.3 Διαφορικές καθιζήσεις	10
2.3.3 Παραμορφώσεις σκυροδέματος	10
2.4.2.1 Επιμέρους συντελεστής για την δράση της συρρίκνωσης (ΟΚΑ)	10
2.4.2.2 Επιμέρους συντελεστής για την προένταση (τμήμα δράσεων)	11
2.4.2.4 Επιμέρους συντελεστές για τα υλικά	11
2.4.2.5 Επιμέρους συντελεστής για τα υλικά θεμελίωσης	11

3. Υλικά

3.1.2 Αντοχή σκυροδέματος	12
3.1.3 Ελαστικές παραμορφώσεις (σκυρόδεμα)	13
3.1.4 Ερπυσμός και συρρίκνωση (σκυρόδεμα)	14
3.1.5 Σχέση έντασης-παραμόρφωσης για τη μη γραμμική ανάλυση (σκυρόδεμα)	16
3.1.6 Θλιπτική και εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού (σκυρόδεμα)	16
3.1.7 Σχέσεις έντασης –παραμόρφωσης για το σχεδιασμό των διατομών (σκυρόδεμα)	16
3.1.8 Καμπτική εφελκυστική αντοχή (σκυρόδεμα)	17
3.2.2 Ιδιότητες χάλυβα	17
3.2.5 Συγκόλληση χάλυβα	17
3.2.7 Παραδοχές σχεδιασμού	17
3.3.2 Ιδιότητες χάλυβα προέντασης	18
3.3.3 Αντοχή χάλυβα προέντασης	19
3.3.6 Παραδοχές σχεδιασμού χάλυβα προέντασης	19

4. Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

4.2 Περιβαλλοντικές συνθήκες	20
4.4.1.2 Ελάχιστη επικάλυψη , c_{min}	21
4.4.1.3 Ανοχές σχεδιασμού (επικάλυψη οπλισμών)	23

5. Ανάλυση του δομικού συστήματος

5.2 Γεωμετρικές ατέλειες	24
5.3.1 Μοντέλα για την ανάλυση του δομικού συστήματος (πλαστική ανάλυση)	25
5.3.2.1 Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού	26
5.3.2.2 Θεωρητικό άνοιγμα δοκών και πλακών στα κτίρια	27
5.5 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή	28
5.6.2 Πλαστική ανάλυση δοκών ,πλαισίων και πλακών	29
5.6.4 Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων –ελκυστήρων	31
5.8.3.1 Κριτήριο λυγηρότητας σε μεμονωμένα στοιχεία (επιρροές 2ας τάξης)	31
5.8.3.2 Λυγηρότητα και ενεργό μήκος μεμονωμένων στοιχείων (επιρροές 2ας τάξης)	31
5.8.3.3 Επιρροές 2ας τάξεως στο σύνολο του κτιρίου	32
5.8.4 Ερπυσμός (επιρροές 2ας τάξης)	33
5.8.5 Μέθοδοι ανάλυσης (επιρροές 2ας τάξης)	33
5.8.6 Γενική μέθοδος (επιρροές 2ας τάξης)	33
5.8.8 Μέθοδος ανάλυσης βάσει ονομαστικών καμπυλοτήτων (επιρροές 2ας τάξης)	34

5.8.9	Διαξονική κάμψη (επιρροές 2ας τάξης)	34
5.10.2.1	Μέγιστη δύναμη τάνυσης (προεντεταμένα στοιχεία)	35
5.10.2.2	Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος (προεντεταμένα στοιχεία)	35
5.10.3	Δύναμη προέντασης	35
5.10.5.1	Απώλειες λόγω της άμεσης παραμόρφωσης του σκυροδέματος	36
5.10.5.2	Απώλειες λόγω τριβών	36
5.10.6	Χρόνιες απώλειες κατά την προένταση	36
5.10.8	Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΑ	36
5.10.9	Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΛ και οριακή κατάσταση κοπώσεως	37
 6. Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ΟΚΑ)		
6.1	Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη	38
6.2.2	Στοιχεία στα οποία δεν απαιτείται κατά τον σχεδιασμό οπλισμός διάτμησης	39
6.2.3	Στοιχεία στα οποία απαιτείται κατά τον σχεδιασμό οπλισμός διάτμησης	40
6.2.4	Διάτμηση στη σύνδεση πελμάτων –κορμού πλακοδοκών	42
6.3	Στρέψη	43
6.4.1	Γενικά για τη διάτρηση	44
6.4.2	Κατανομή φορτίων και βασική περίμετρος ελέγχου	44
6.4.3	Υπολογισμός της τέμνουσας διάτρησης	46
6.4.4	Αντοχή σε διάτρηση πλακών και βάσεων υποστυλωμάτων χωρίς οπλισμό διάτμησης	47
6.4.5	Αντοχή σε διάτρηση πλακών και βάσεων υποστυλωμάτων με οπλισμό διάτμησης	47
6.5	Σχεδιασμός βάσει μοντέλων θλιπτήρων-ελκυστήρων	48
 7. Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας		
7.2	Περιορισμός τάσεων	50
7.3	Περιορισμός ρηγμάτωση	50
7.3.2	Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός	50
7.3.3	Έλεγχος ρηγμάτωσης χωρίς υπολογισμούς	51
7.4.2	Περιπτώσεις όπου μπορούν να παραληφθούν οι υπολογισμοί για τον περιορισμό των παραμορφώσεων	56
7.4.3	Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων	57
 8. Κατασκευαστική διαμόρφωση των κοινών οπλισμών και των τενόντων προέντασης		
8.3	Επιτρεπόμενες διαμέτροι τυμπάνου για καμπυλούμενες ράβδους	59
8.4	Αγκύρωση διαμήκων οπλισμών	61
8.4.2	Οριακή τάση συνάφειας	62
8.4.4	Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού	64
8.5	Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης	66
8.7.2	Ενώσεις με υπερκάλυψη	68
8.7.3	Μήκος υπερκάλυψης	68
8.7.4.1	Εγκάρσιοι οπλισμοί για εφελκυσόμενες ράβδους	71
8.7.5.2	Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού ή οπλισμού διανομής	73
8.9.1	Δέσμες ράβδων (γενικά)	75
8.9.2	Αγκύρωση δεσμών ράβδων	75
8.9.3	Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων	76
8.10.1.2	Τένοντες τανυόμενοι πριν την διάστρωση του σκυροδέματος	77

8.10.1.3 Τένοντες τανυόμενοι μετά την διάστρωση του σκυροδέματος	78
8.10.2 Αγκύρωση τενόντων τανυόμενων πριν την διάστρωση του σκυροδέματος	79
8.10.2.2 Μεταβίβαση της προέντασης	80
8.10.2.3 Αγκύρωση της εφελκυστικής δύναμης κατά την ΟΚΑ	80

9. Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανονές

9.2 Δοκοί	
9.2.1.1 Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά διαμήκους οπλισμού για δοκούς	82
9.2.1.2 Άλλες κατασκευαστικές διατάξεις	82
9.2.1.3 Περάτωση του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού	82
9.2.1.4 Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε ακραίες στηρίξεις	83
9.2.1.5 Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε μεσαίες στηρίξεις	86
9.2.2 Οπλισμός διάτμησης	88
9.2.3 Οπλισμός στρέψης	89
9.3.1.1 Οπλισμός κάμψης πλακών (γενικά)	91
9.3.1.2 Οπλισμός πλακών κοντά στις στηρίξεις	92
9.3.1.3 Οπλισμός στις γωνίες	92
9.3.1.4 Οπλισμός στα ελεύθερα άκρα	93
9.3.2 Οπλισμός διάτμησης	93
9.4.3 Οπλισμός διάτμησης (μυκητοειδής πλάκα)	95
9.5.2 Διαμήκης οπλισμός	97
9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός υποστυλώματος	97
9.6.2 Κατακόρυφος οπλισμός τοιχωμάτων	101
9.6.3 Οριζόντιος οπλισμός τοιχωμάτων	103
9.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός τοιχωμάτων	103
9.7 Υψίκορμες δοκοί	104
9.8.2 Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων	106

Παραρτήματα

Παράρτημα Β Παραμόρφωση λόγω ερπυσμού και συρρίκνωσης	145
Παράρτημα C Ιδιότητες του οπλισμού	150

Μέρος Ι Ι : Νέα

2. Βάσεις του σχεδιασμού

2.3.1.4 Προένταση	10
2.4.2.2 Επιμέρους συντελεστής για την προένταση (τμήμα δράσεων)	11
2.4.2.3 Επιμέρους συντελεστής κοπώσεως	11
2.4.2.5 Επιμέρους συντελεστής για τα υλικά θεμελίωσης	11

3. Υλικά

3.1.2 Αντοχή σκυροδέματος	12
3.1.4 Ερπυσμός και συρρίκνωση σκυροδέματος	14
3.3.5 Κόπωση χάλυβα προέντασης	19
3.4.2 Εξωτερικοί τένοντες χωρίς συνάφεια	19

4. Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

4.4.1.2 Ελάχιστη επικάλυψη , c_{min}	21
--	----

5. Ανάλυση του δομικού συστήματος

5.1.3	Περιπτώσεις και συνδυασμοί φορτίσεων	24
5.3.2.2	Θεωρητικό άνοιγμα δοκών και πλακών στα κτίρια	27
5.6.3	Διαθέσιμη ικανότητα στροφής (πλαστική ανάλυση)	30
5.8.3.2	Λυγηρότητα και ενεργό μήκος μεμονωμένων στοιχείων	31
5.8.6	Γενική μέθοδος	33
5.8.7	Ανάλυση 2ας τάξεως βάσει ονομαστικών δυσκαμψιών	33
5.8.7.3	Μέθοδος του συντελεστή επαύξησης των ροπών	33
5.8.8	Μέθοδος ανάλυσης βάσει ονομαστικών καμπυλοτήτων	34
5.8.9	Διαξονική κάμψη	34
5.9	Στρέβλωση υψίκορμων δοκών	35
5.10.2.1	Μέγιστη δύναμη τάνυσης	35
5.10.2.2	Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος	35
5.10.8	Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΑ	36
5.10.9	Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΛ και οριακή κατάσταση κοπώσεως	37

6. Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ΟΚΑ)

6.2.2	Στοιχεία στα οποία δεν απαιτείται κατά τον σχεδιασμό οπλισμός διάτμησης	39
6.2.5	Διάτμηση στην διεπιφάνεια σκυροδεμάτων που διαστρώθηκαν σε διαφορετικό χρόνο	43
6.3	Στρέψη	43
6.4.5	Αντοχή σε διάτμηση πλακών και βάσεων υποστυλωμάτων με οπλισμό διάτμησης	47
6.7	Περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση	48
6.8.2	Εσωτερικές δυνάμεις και τάσεις για τον έλεγχο σε κόπωση	48
6.8.3	Συνδυασμός δράσεων (κόπωση)	48
6.8.4	Διαδικασία ελέγχου για χαλαρό οπλισμό και χάλυβα προέντασης (κόπωση)	49
6.8.5	Έλεγχος βάσει του εύρους διακύμανσης τάσεων που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο βαθμό βλάβης (κόπωση)	49
6.8.6	Άλλοι έλεγχοι (κόπωση)	49
6.8.7	Έλεγχος σκυροδέματος υπό θλίψη ή διάτμηση (κόπωση)	49

7. Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

7.3	Περιορισμός ρηγμάτωση	50
7.3.2	Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός	50
7.3.3	Έλεγχος ρηγμάτωσης χωρίς υπολογισμούς	51
7.3.4	Υπολογισμός του εύρους της ρωγμής	55
7.4.3	Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων	57

8. Κατασκευαστική διαμόρφωση των κοινών οπλισμών και των τενόντων προέντασης

8.6	Αγκύρωση με συγκόλληση οπλισμών	67
8.7.5	Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων με ράβδους από νευροχάλυβα	72
8.7.5.2	Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού ή οπλισμού διανομής	73
8.8	Συμπληρωματική κανόνες για ράβδους μεγάλης διαμέτρου	74
8.9.1	Δέσμες ράβδων (γενικά)	75
8.9.2	Αγκύρωση δεσμών ράβδων	75
8.10.1.2	Τένοντες τανυόμενοι πριν την διάστρωση του σκυροδέματος	77

8.10.2	Αγκύρωση τενόντων τανυόμενων πριν την διάστρωση του σκυροδέματος	79
8.10.2.2	Μεταβίβαση της προέντασης	80
8.10.2.3	Αγκύρωση της εφελκυστικής δύναμης κατά την ΟΚΑ	80
 9. Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες		
9.2.1.1	Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά διαμήκους οπλισμού για δοκούς	82
9.2.5	Έμμεσες στηρίξεις	90
9.3.1.3	Οπλισμός στις γωνίες	92
9.4.1	Οπλισμοί πλακών επί εσωτερικών υποστυλωμάτων (μυκητοειδείς πλάκες)	94
9.4.2	Οπλισμοί πλακών επί περιμετρικών υποστυλωμάτων (μυκητοειδείς πλάκες)	95
9.5.3	Εγκάρσιος οπλισμός υποστυλώματος	97
9.7	Υψίκορμες δοκοί	104
9.8.1	Κεφαλόδεσμοι	105
9.8.2.2	Αγκύρωση ράβδων πεδίων	107
9.8.3	Συνδετήριες δοκοί	108
9.8.4	Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου	108
9.8.5	Έγχυτοι πάσσαλοι	109
9.9	Περιοχές με ασυνέχειες στη γεωμετρία και την ροή των δυνάμεων	109
9.10.1	Συστήματα σύνδεσης (γενικά)	110
9.10.2	Διαστασιολόγηση συνδετήρων	110
9.10.3	Συνέχεια και αγκύρωση ελκυστήρων	112
 10. Συμπληρωματικοί κανόνες για προκατασκευασμένα στοιχεία και κατασκευές από σκυρόδεμα		
10.2	Βάσεις σχεδιασμού	113
10.3.1.1	Αντοχή σκυροδέματος	113
10.3.1.2	Ερπυσμός και συρρίκνωση	113
10.3.2.1	Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	114
10.5.2	Απώλειες προέντασης	115
10.9.1	Ροπές λόγω σύνδεσης των πλακών	115
10.9.2	Συνδέσεις τοιχωμάτων – πατωμάτων	115
10.9.3	Συστήματα πατωμάτων	116
10.9.4.3	Συνδέσεις προκατασκευασμένων στοιχείων που μεταβιβάζουν θλιπτικές δυνάμεις	117
10.9.4.5	Συνδέσεις που μεταβιβάζουν καμπτικές ροπές ή εφελκυστικές δυνάμεις	118
10.9.4.6	Ημιαρθρώσεις	119
10.9.4.7	Αγκύρωση οπλισμών στις στηρίξεις	119
10.9.5	Εφέδρανα	120
10.9.6	Εντορμίες	123
 11. Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα		
11.1.1	Πεδίο εφαρμογής	125
11.2	Βάσεις σχεδιασμού	125
11.3	Υλικά	125
11.4	Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη	129
11.5	Διαθέσιμη ικανότητα στροφής	131
11.6.1	Στοιχεία στα οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης (ΟΚΑ)	131
11.6.3	Στρέψη (ΟΚΑ)	132
11.6.4	Διάτρηση (ΟΚΑ)	132
11.6.5	Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (ΟΚΑ)	133
11.6.6	Κόπωση (ΟΚΑ)	134

11.7	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	134
11.8	Κατασκευαστική διαμόρφωση του οπλισμού	135

12. Άοπλες και ελαφρώς οπλισμένες κατασκευές από σκυρόδεμα

12.3	Υλικά	136
12.5	Ανάλυση του δομικού συστήματος : ΟΚΑ	137
12.6	Οριακές καταστάσεις αστοχίας	137
12.7	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	140

Παραρτήματα

Παράρτημα Α	Τροποποίηση των επιμέρους συντελεστών για τα υλικά	142
Παράρτημα Β	Παραμόρφωση λόγω ερπυσμού και συρρίκνωσης	145
Παράρτημα C	Ιδιότητες του οπλισμού	150
Παράρτημα D	Μέθοδος υπολογισμού των απωλειών προέντασης λόγω χαλάρωσης	153
Παράρτημα Ε	Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για την ανθεκτικότητα σε διάρκεια	155
Παράρτημα F	Σχέσεις για τον οπλισμό υπό συνθήκες έντασης εντός επιπέδου	156
Παράρτημα G	Αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής	158
Παράρτημα Η	Επιρροές 2ας τάξης στον συνολικό φορέα	159
Παράρτημα Ι	Ανάλυση πλακών και τοιχωμάτων	161
Παράρτημα J	Κανόνες διαμόρφωσης οπλισμών για ειδικές περιπτώσεις	164

Μέρος ΙΙΙ : Καταργήσεις (ανάπτυξη των περιεχομένων με άξονα τον ΕΚΩΣ ή τον ΕC2)

5. Ανάλυση του δομικού συστήματος

5.5	Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή (ΕΝ2-1-1)	28
-----	--	----

8. Κατασκευαστική διαμόρφωση των κοινών οπλισμών και των τενόντων προέντασης

8.4.2	Οριακή τάση συνάφειας (ΕΝ2-1-1)	62
8.7.4.1	Εγκάρσιοι οπλισμοί για εφελκυόμενες ράβδους (ΕΝ2-1-1)	71

9. Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες

9.3.1.1	Οπλισμός κάμψης πλακών (γενικά) (ΕΝ2-1-1)	91
9.4.3	Οπλισμός διάτρησης (μυκητοειδής πλάκα) (ΕΝ2-1-1)	95
18.4.4.2	Οπλισμός περίσφιγξης (ΕΚΩΣ)	100
18.4.8	Υποστυλώματα με σπειροειδή οπλισμό (ΕΚΩΣ)	100
18.4.9	Κοντά υποστυλώματα (ΕΚΩΣ)	101
9.6.2	Κατακόρυφος οπλισμός τοιχωμάτων (ΕΝ2-1-1)	101
9.6.3	Οριζόντιος οπλισμός τοιχωμάτων (ΕΝ2-1-1)	103
9.8.2	Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων (ΕΝ2-1-1)	106
9.8.3	Συνδετήριες δοκοί (ΕΝ2-1-1)	108

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

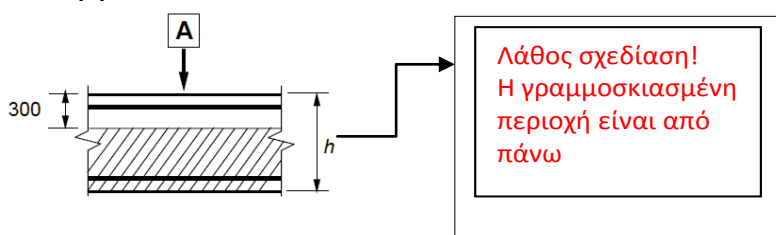
Εφαρμογή Ε.1	Έλεγχος ορθογωνικής διατομής με πολύ μεγάλη θλιπτική δύναμη	170
Εφαρμογή Ε.2	Έλεγχος και διαστασιολόγηση ορθογωνικών διατομών με δοκιμές	173
Εφαρμογή Ε.3	Υπολογισμός δοκού Δ1-Δ2-Δ3	179
Εφαρμογή Ε.4	Σχεδιασμός έναντι στρέψης	189
Εφαρμογή Ε.5	Έλεγχος πλακοδοκού	193
Εφαρμογή Ε.6	Έλεγχος ορθογωνικής διατομής έναντι κάμψης	195
Εφαρμογή Ε.7	Διαστασιολόγηση πλάκας	198
Εφαρμογή Ε.8	Διαστασιολόγηση διατομής με απαίτηση θλιβόμενου οπλισμού	199
Εφαρμογή Ε.9	Διάγραμμα Ροπών-καμπυλοτήτων M-1/R	202
Εφαρμογή Ε.10	Διαστασιολόγηση έναντι διάτρησης	206
Εφαρμογή Ε.11	Διαστασιολόγηση έναντι διάτρησης	212
Εφαρμογή Ε.12	Οπλισμός διάτρησης για εσωτερικό υποστύλωμα με αξονική δύναμη και ροπή	218
Εφαρμογή Ε.13	Οπλισμός διάτρησης για εσωτερικό υποστύλωμα με διπλή εκκεντρότητα	225
Εφαρμογή Ε.14	Οπλισμός διάτρησης για περιμετρικό υποστύλωμα με εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις	232
Εφαρμογή Ε.15	Οπλισμός διάτρησης για γωνιακό υποστύλωμα με εκκεντρότητα	241
Εφαρμογή Ε.16	Διερεύνηση του συντελεστή εκκεντρότητας β για περιμετρικό υποστύλωμα	250
Εφαρμογή Ε.17	Έλεγχος βέλους κάμψης	253
Εφαρμογή Ε.18	Έλεγχος ρηγμάτωσης	258

Λάθη στο κείμενο του EN2-1-1

§6.3.2(5)

Για περίπου ορθογωνικές συμπαγείς διατομές αρκεί ένας ελάχιστος οπλισμός (βλέπε 9.2.1.1 9.2.3) με την προϋπόθεση ότι πληρούται η εξής συνθήκη:

§8.4.2(2)



§8.4.3(2)

$$I_{b,rqd} = (\sigma_{sd} / f_{bd}) (\phi^3 / 4)$$

§9.7 (1)

Η τιμή του $A_{s,dbmin}$ αναφέρεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας. Η συνιστώμενη τιμή είναι 0,004% 0.1% αλλά όχι μικρότερη από 150 mm²/m σε κάθε όψη και κάθε διεύθυνση.

§10.3.2

§10.3.2.2 §10.3.2.1

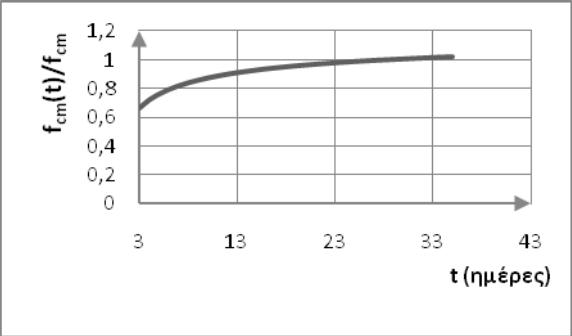
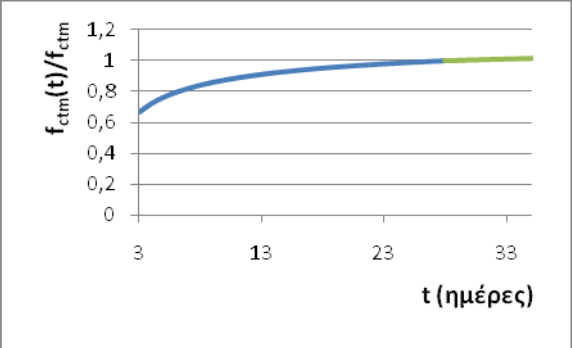
Η.1.3

$$k = (\theta M) / (EI/L) \quad k = (\theta/M) \cdot (EI/L)$$

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
Διαφορικές καθιζήσεις	
EN 1992-1-1 : 2.3.1.3	ΕΚΩΣ : 6.3.2.4
Οι διαφορικές καθιζήσεις εξαιτίας εδαφικής υποχώρησης κατηγοριοποιούνται ως μόνιμες δράσεις, G_{set}	Η καθίζηση του εδάφους λαμβάνεται υπόψη ως τυχηματική δράση, A_k
Η δράση των διαφορικών καθιζήσεων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον έλεγχο έναντι οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας	Δεν γίνεται έλεγχος σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας
Ενώ στην περίπτωση των οριακών καταστάσεων αστοχίας συνεκτιμώνται μόνο στην περίπτωση που οι επιπτώσεις τους είναι σημαντικές	Ο έλεγχος των τυχηματικών δράσεων γίνεται <u>μόνο</u> για την οριακή κατάσταση αστοχίας
Προένταση	
EN 1992-1-1 : 2.3.1.4	ΕΚΩΣ : 4.1
Στον Ευρωκώδικα καλύπτονται οι παρακάτω περιπτώσεις προέντασης : - Τένοντες προεντεταμένοι πριν την έγχυση του σκυροδέματος ενσωματωμένοι με συνάφεια - Τένοντες προεντεταμένοι μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος με ενσωμάτωση - Τένοντες προεντεταμένοι μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος χωρίς ενσωμάτωση - Τένοντες τοποθετημένοι εξωτερικά της διατομής του φορέα με σημεία επαφής στους εκτροπείς και στις αγκυρώσεις	Ο ΕΚΩΣ δεν καλύπτει τένοντες οι οποίοι είναι προεντεταμένοι μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος χωρίς ενσωμάτωση όπως και τένοντες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι εξωτερικά της διατομής του φορέα
Παραμορφώσεις σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 2.3.3	ΕΚΩΣ : 2.3.2.6
Ως μέτρο περιορισμού των παραμορφώσεων και ρηγματώσεων του σκυροδέματος λόγω του ερπυσμού και της συρρίκνωσης προτείνεται η κατασκευή αρμών διακοπής, d_{joint} , ανά 30 m (συνιστώμενη τιμή από Ευρωκώδικα)	Ως μέτρο περιορισμού των παραμορφώσεων και ρηγματώσεων του σκυροδέματος λόγω του ερπυσμού και της συρρίκνωσης προτείνεται η κατασκευή αρμών διακοπής ανά 40 m και σε ειδικές περιπτώσεις ανά 20m
Επιμέρους συντελεστής για την δράση της συρρίκνωσης (ΟΚΑ)	
EN 1992-1-1 : 2.4.2.1	ΕΚΩΣ : 6.3.2.3, 6.3.2.6
Ο επιμέρους συντελεστής για τον έλεγχο σε ΟΚΑ, γ_{SH} , έχει προτεινόμενη τιμή 1,00	Η δράση της συρρίκνωσης δεν λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο σε ΟΚΑ όταν η κατασκευή παρουσιάζει επαρκή πλαστιμότητα, Αλλιώς : -Βασικός συνδυασμός και δυσμενής επιρροή $\gamma_q=1,50$ -Βασικός συνδυασμός και ευμενής επιρροή $\gamma_q=0,00$ -Τυχηματικός συνδυασμός και δυσμενής επιρροή $\gamma_q=1,00$ -Τυχηματικός συνδυασμός και ευμενής επιρροή $\gamma_q=0,00$

Επιμέρους συντελεστής για προένταση (τμήμα δράσεων)	
EN 1992-1-1 : 2.4.2.2	ΕΚΩΣ : 6.3.2.5
Για έλεγχο σε ΟΚΑ όπως και έλεγχο κοπώσεως χρησιμοποιείται ο ευμενής συντελεστής γ_{Pfav} με προτεινόμενη τιμή 1,00	Για έλεγχο σε ΟΚΑ χρησιμοποιείται είτε ο ευμενής είτε ο δυσμενής συντελεστής (εξαρτάται από την κρίση του μηχανικού) με τιμές 1,10 και 0,9 αντίστοιχα για τον βασικό συνδυασμό και 1,00 για τον τυχηματικό .Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας αυξάνεται κατά 20% για δυσμενείς καταστάσεις
Για έλεγχο σε οριακή κατάσταση ευστάθειας στην περίπτωση εξωτερικής προέντασης χρησιμοποιείται ο δυσμενής συντελεστής γ_{Punfav} με προτεινόμενη τιμή 1,30	Δεν γίνεται λόγος σχετικά με την οριακή κατάσταση ευστάθειας
Για έλεγχο τοπικών επιδράσεων χρησιμοποιείται ο δυσμενής συντελεστής γ_{Punfav} με προτεινόμενη τιμή 1,20	Δεν γίνεται λόγος σχετικά με τον έλεγχο τοπικών δράσεων
Επιμέρους συντελεστής κοπώσεως	
EN 1992-1-1 : 2.4.2.3	ΕΚΩΣ :
Ο επιμέρους συντελεστής κοπώσεως συμβολίζεται με $\gamma_{F,fat}$ με προτεινόμενη τιμή 1,00	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Επιμέρους συντελεστές για τα υλικά	
EN 1992-1-1 : 2.4.2.4	ΕΚΩΣ : 6.3.3
Προτεινόμενες τιμές συντελεστών δίνονται στον Πίνακα 2.1Ν . Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι ο Πίνακας αυτός διαφοροποιείται σε σχέση με τον αντίστοιχο του ΕΚΩΣ ως προς τον επιμέρους συντελεστή ασφαλείας του σκυροδέματος (γ_c) για την τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού . Η τιμή που παίρνει ο συντελεστής στον Ευρωκώδικα είναι 1,20	Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας δίνονται στον Πίνακα 6.5. Ο αντίστοιχος συντελεστής γ_c για την τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού παίρνει την τιμή 1,30
Επιμέρους συντελεστής για τα υλικά θεμελίωσης	
EN 1992-1-1 : 2.4.2.5	ΕΚΩΣ :
Ο συντελεστής ασφαλείας του σκυροδέματος γ_c πρέπει να πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή K_f για έγχυτους πασσάλους , με προτεινόμενη τιμή 1,10	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΥΛΙΚΑ	
Αντοχή (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.2	ΕΚΩΣ : 2.3 , 2.4
<p>Δίνεται άνω όριο χαρακτηριστικής κυλινδρικής αντοχής C_{max} που καλύπτεται από τον Eurocode, με προτεινόμενη τιμή C90/105</p>	<p>Ο ΕΚΩΣ δεν καλύπτει σκυροδέματα με αντοχή >C50/60</p>
<p>Δίνονται σχέσεις για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος για χρόνο t διάφορο των 28 ημερών :</p> $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8, 3 < t < 28 \text{ ημ.}$ $f_{ck}(t) = f_{ck}, t > 28 \text{ ημ.}$ $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm} \text{ (σχήμα 3.1)}$ <p>Όταν ζητούμενο είναι να προσδιορίσουμε την αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος σε χρόνο άνω των 28 ημερών τότε πολλαπλασιάζω τις σχέσεις :</p> $f_{cd} = a_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ $f_{ctd} = a_{ct} f_{ctk0,05} / \gamma_c$ <p>με τον συντελεστή K_t με προτεινόμενη τιμή 0,85.</p> <p>Η ανάπτυξη της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος με το χρόνο εκτιμάται ως εξής :</p> $f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t)^\alpha f_{ctm}$ <p>όπου $\alpha = 1$ για $t < 28$ και $\alpha = 2/3$ για $t \geq 28$</p>	<p>Δεν δίνεται σχέση για την εκτίμηση της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος για χρόνο μικρότερο των 28 ημερών όπως επίσης και για την εκτίμηση της ανάπτυξης της εφελκυστικής αντοχής σκυροδέματος με το χρόνο. Τέλος δεν γίνεται αναφορά σε συντελεστές όπως a_{cc}, a_{ct} και K_t</p>
 <p>Σχήμα 3.1 : Λόγος $f_{cm}(t)/f_{cm}$ (για $S=0,20$)</p>	
 <p>Σχήμα 3.2 : Λόγος $f_{ctm}(t)/f_{ctm}$ (για $S=0,20$)</p>	

Ελαστική παραμόρφωση (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.3	ΕΚΩΣ : 2.4 , 2.5
Δίνεται Πίνακας 3.1 με αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών αντοχής και παραμόρφωσης για διαφορετικές κατηγορίες σκυροδέματος Στον Πίνακα 3.1 δίνονται στοιχεία όπως f_{ck} , $f_{ck,cube}$, f_{cm} , f_{ctm} , $f_{ctk,0.05}$, $f_{ctk,0.95}$, E_{cm} , ε_{c1} , ε_{cu1} , ε_{c2} , ε_{cu2} , N , ε_{c3} , ε_{cu3}	Δίνεται ο Πίνακας 2.1 με στοιχεία τα f_{ck} , $f_{ctk,0.05}$, f_{ctm} , $f_{ctk,0.95}$ (όμοια με EN2-1-1) και ο Πίνακας 2.2 με το επιβατικό μέτρο ελαστικότητας E_{cm}

Αντοχή														
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
ε_{cu1} (‰)		3,5								3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
ε_{c2} (‰)		2,0								2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
ε_{cu2} (‰)		3,5								3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
N		2,0								1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
ε_{c3} (‰)		1,75								1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
ε_{cu3} (‰)		3,5								3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

(Πίνακας 3.1 EN1992-1-1)

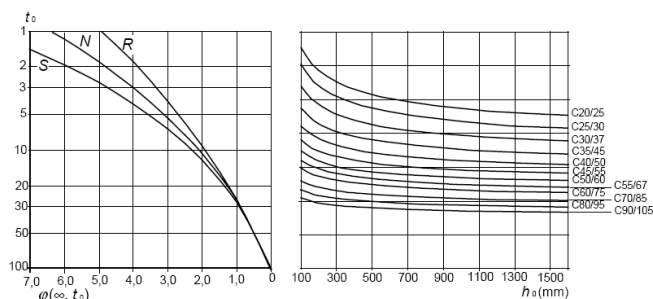
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3
E_{cm} (GPa)	26	27,5	29	30,5	32	33,5	35	36	37

(Πίνακας 2.1-2.2 ΕΚΩΣ)

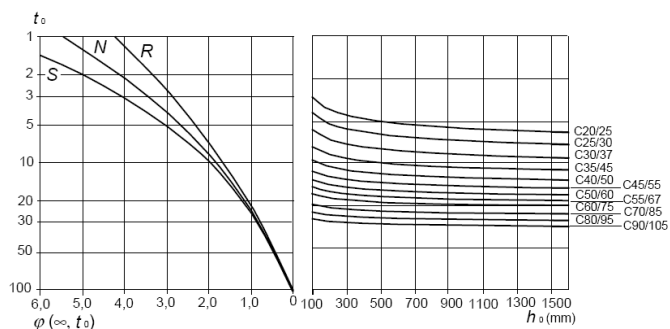
Πίνακας 3.1 : Χαρακτηριστικά αντοχής και παραμόρφωσης σκυροδέματος

Το μέτρο ελαστικότητας του Πίνακα 3.1 αφορά τα χαλαζιακά αδρανή ,για ασβεστολιθικά-ψαμμιτικά μειώνω την τιμή από 10% έως 30%,για βασαλτικά μειώνω την τιμή κατά 20%	Ενιαία τιμή μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος για όλα τα είδη αδρανών
---	---

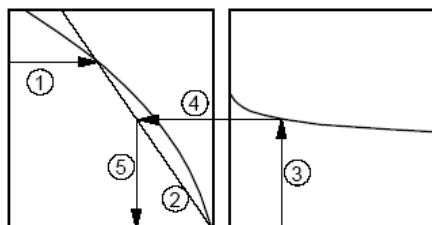
$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} < C50/60$ $f_{ctm} = 2.12 f_l \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$ $f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm} 5\%$ $f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{ctm} 95\%$ $E_{cm} = 22 (f_{cm}/10)^{0.3}$ $E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0.3} E_{cm}$	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$ για όλες τις κατηγορίες σκυροδέματος $f_{ctk,0.05}, f_{ctk,0.95}$ κατευθείαν από τον Πίνακα $E_{cm} = 9.50 (f_{cm})^{1/3}$
Ερπυσμός και συρρίκνωση (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.4	ΕΚΩΣ : 2.5.4
Το σκυρόδεμα δεν πρέπει να υποβάλλεται σε θλιπτική τάση μεγαλύτερη του $0.45 f_{ck}(t_0)$	Το σκυρόδεμα δεν πρέπει να υποβάλλεται σε θλιπτική τάση μεγαλύτερη του $0.50 f_{ck}(t_0)$
Όταν υπερβαίνει την παραπάνω τιμή η εξ' ερπυσμού μη γραμμικότητα πρέπει να εκτιμάται ως εξής : $\phi_k(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) \exp(1.5(K_\sigma - 0.45))$ Ο συντελεστής $\phi(\infty, t_0)$ προκύπτει από τα διαγράμματα στο σχήμα 3.1	Δεν λαμβάνεται υπόψη η εξ ερπυσμού μη γραμμικότητα Ο συντελεστής $\phi(\infty, t_0)$ εκτιμάται σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3



(α) Συνθήκες εσωτερικού χώρου – RH = 50%



(β) Συνθήκες υπαίθρου – RH = 80%



(Σχήμα 3.1 EN1992-1-1)

Ηλικία t_0 την στιγμή της φόρτισης (ημέρες)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c/u$ σε mm					
	50	150	600	50	150	600
	Ξηρές ατμοσφαιρικές συνθήκες εσωτερικού χώρου (RH=50%)			Υγρές ατμοσφαιρικές συνθήκες (RH=80%)		
1	5.50	4.60	3.70	3.60	3.20	2.90
7	3.90	3.10	2.60	2.60	2.30	2.00
28	3.00	2.50	2.00	1.90	1.70	1.50
90	2.40	2.00	1.60	1.50	1.40	1.20
365	1.80	1.50	1.20	1.10	1.00	1.00

(Πίνακας 2.3(α) ΕΚΩΣ)

<p>Οι τιμές της συνολικής παραμόρφωσης συρρίκνωσης προκύπτουν ως εξής :</p> $\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$ <p>Όπου</p> $\epsilon_{cs} = \text{συνολική συρρίκνωση}$ $\epsilon_{cd} = \text{αυτογενής παραμόρφωση συστολής συρρίκνωσης}$ $\epsilon_{ca} = \text{συστολή ξήρανσης}$ <p>Η τελική συστολή ξήρανσης προκύπτει ως</p> $\epsilon_{cd,\infty} = K_h \epsilon_{cd,0}$ <p>Όπου</p> $\epsilon_{cd,0} \text{ είναι η ανεμπόδιστη συστολή ξήρανσης (βλέπε Πίνακα 3.2)}$ $K_h \text{ συντελεστής που δίνεται στον Πίνακα 3.3}$ <p>Δίνεται η ανάπτυξη της παραμόρφωσης συστολής ξήρανσης με το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση</p> $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot K_h \cdot \epsilon_{cd,0}$ <p>Όπου</p> $\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / ((t - t_s) + 0.04(h_o)^{3/2})$ $t_s \text{ ηλικία του σκυροδέματος στην αρχή της συστολής ξήρανσης}$ <p>Τέλος σχετικά με την αυτογενή παραμόρφωση συστολής ξήρανσης ισχύει :</p> $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca}(\infty)$ <p>Όπου</p> $\epsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6}$ $\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$	<p>Δεν γίνεται λόγος για την αυτογενή παραμόρφωση συστολής συρρίκνωσης ϵ_{ca} .</p> <p>Ο Πίνακας 2.3(β) δίνει την τελική συστολή ξήρανσης $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_o)$</p>
--	---

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (Mpa)	Σχετική Υγρασία (σε ποσοστό %)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0.62	0.58	0.49	0.30	0.17	0
40/50	0.48	0.46	0.38	0.24	0.13	0
60/75	0.38	0.36	0.30	0.19	0.10	0
80/95	0.30	0.28	0.24	0.15	0.08	0
90/105	0.27	0.25	0.21	0.13	0.07	0

(Πίνακας 2.3 – $\epsilon_{cd,0}$ (%) EN1992-1-1)

h_o	K_h
100	1
200	0.85
300	0.75
≥500	0.70

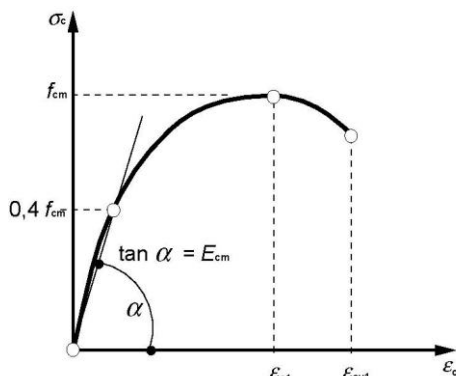
(Πίνακας 3.3 EN1992-1-1)

Θέση του στοιχείου	Σχετική υγρασία α (%)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c/u$ (mm)	
		≤150	≥600
Εσωτερικός χώρος	50	-0,6	-0,5
Υπαίθριος	80	-0,33	-0,28

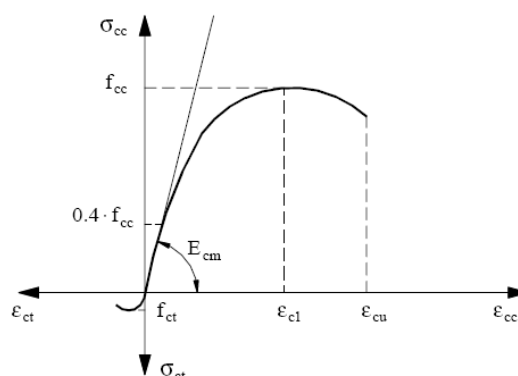
(Πίνακας 2.3(β) – $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_o)$ ΕΚΩΣ)

Πίνακας 3.2 : Συστολή ξήρανσης

Σχέση έντασης – παραμόρφωσης για τη μη γραμμική ανάλυση (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.5	ΕΚΩΣ : 2.5.1
Δίνεται σχηματική παράσταση της σχέσης τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος για την ανάλυση των κατασκευών (Σχήμα 3.2).	Δίνεται το σχήμα 2.1 αλλά δεν υπάρχει αναλυτική σχέση μεταξύ σ_c και ε_c (όμοια με Ευρωκώδικα)



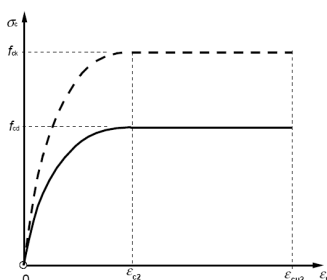
(Σχήμα 3.2 EN1992-1-1)



(Σχήμα 2.1 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 3.1: Σχέση τάσεων - παραμορφώσεων

<p>Η σχέση ανάμεσα στην σ_c και ε_c δίνεται από :</p> $\sigma_c/f_{cm} = (k\eta - \eta^2)/(1 + (k-2)\eta)$ <p>όπου $\eta = \varepsilon_c/\varepsilon_{c1}$ και $k = 1.05 E_{cm} \times \varepsilon_{c1} /f_{cm}$ η σχέση ισχύει για $0 < \varepsilon_c < \varepsilon_{cu1}$</p>	
Θλιπτική και εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.6	ΕΚΩΣ : 6.3.
$f_{cd} = a_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ $f_{ctd} = a_{ct} f_{ctk0,05}/\gamma_c$ Όπου ο συντελεστής a_{cc} κυμαίνεται μεταξύ 0.8 και 1.00, ενώ προτεινόμενη τιμή αποτελεί το 0.85	$f_d = f_k/\gamma_m$
Σχέση τάσεων-παραμορφώσεων (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.7	ΕΚΩΣ : 6.3.3 , 10.4.3.2
$\sigma_c = f_{cd} [1 - (1 - \varepsilon_c/\varepsilon_{c2})^\eta]$ $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$ $\sigma_c = f_{cd}$ $\varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ Οι παραπάνω σχέσεις αντιστοιχούν στο παραβολικό-ορθογωνικό διάγραμμα για σκυρόδεμα υπό θλίψη	Απεικονίζεται το ίδιο διάγραμμα χωρίς σχέσεις υπολογισμού τάσεων-παραμορφώσεων

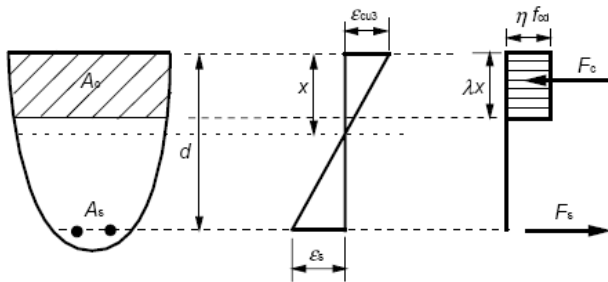


Σχήμα 3.2: Σχέση τάσεων - παραμορφώσεων

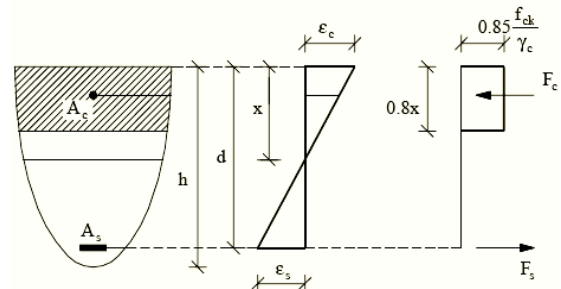
Θεωρείται ορθογωνική κατανομή των τάσεων (όπως στο Σχήμα S3.3). Το ενεργό ύψος της θλιβόμενης ζώνης ορίζεται από τον συντελεστή λ , ενώ η δρώσα αντοχή προκύπτει από τον συντελεστή η . Οι τιμές των συντελεστών προκύπτουν ως εξής :

$\lambda=0,8$ και $\eta=1,0$ για $f_{ck} \leq 50$ MPa
 $\lambda=0,8-(f_{ck}-50)/400$ και $\eta=1,0-(f_{ck}-50)/200$ για $50 \leq f_{ck} \leq 90$ MPa

Θεωρείται ορθογωνική κατανομή των τάσεων (όπως στο Σχήμα S3.3). Το ενεργό ύψος της θλιβόμενης ζώνης προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το βάθος x με το συντελεστή 0,8, ενώ η δρώσα αντοχή προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το f_{cd} με το συντελεστή 0,85 (για όλες τις κατηγορίες σκυροδεμάτων)



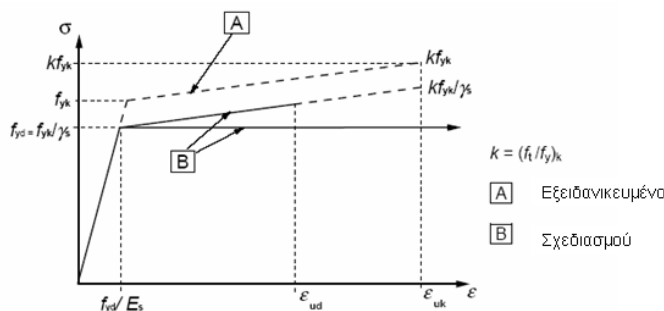
(Σχήμα 3.5 EN1992-1-1)



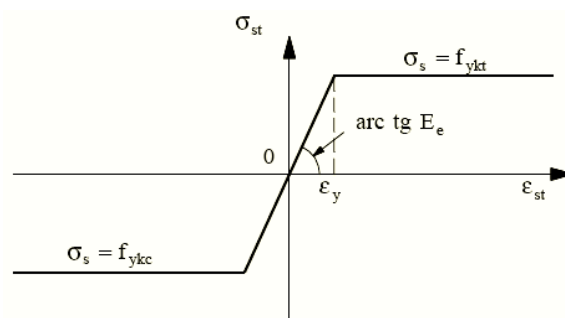
(Σχήμα 10.2 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 3.3: Ορθογωνικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων

Καμπτική εφελκυστική αντοχή (σκυροδέματος)	
EN 1992-1-1 : 3.1.8	ΕΚΩΣ : 2.4
Η μέση καμπτική εφελκυστική αντοχή προκύπτει από τη σχέση : $f_{ctm,fl} = \max\{(1,6-h)/1000 f_{ctm} ; f_{ctm}\}$. Η σχέση ισχύει και για την χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή	Γίνεται λόγος για την καμπτική εφελκυστική αντοχή αλλά δεν υπάρχει σχέση υπολογισμού
Ιδιότητες χάλυβα	
EN 1992-1-1 : 3.2.2	ΕΚΩΣ : 3.1.3
Συγκεκριμένο εύρος αντοχής διαρροής f_{yk} από 400 έως 600 MPa	Το εύρος αντοχής διαρροής για το ΕΚΩΣ κυμαίνεται από 220 έως 500 MPa
Συγκόλληση	
EN 1992-1-1 : 3.2.5	ΕΚΩΣ : 3.1.7
Δίνεται Πίνακας 3.4 με λεπτομερή παρουσίαση των επιτρεπόμενων διαδικασιών συγκόλλησης	Παραπομπή στα αντίστοιχα κεφάλαια του ΚΤΧ και ΕΛΟΤ 959,971
Παραδοχές σχεδιασμού χάλυβα	
EN 1992-1-1 : 3.2.7	ΕΚΩΣ : 3.1.6.1
Δίνεται στο Σχήμα 3.8 εξιδανικευμένο διάγραμμα με 2 περιπτώσεις 2 ^{ου} κλάδου , έναν οριζόντιο και έναν κεκλιμένο	Στο σχήμα 3.1 του ΕΚΩΣ απεικονίζεται μόνο η περίπτωση του οριζόντιου κλάδου, χωρίς κράτυνση



(Σχήμα 3.8 EN1992-1-1)



(Σχήμα 3.1 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 3.4: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων του χάλυβα

Ιδιότητες χάλυβα προέντασης	
EN 1992-1-1 : 3.3.2	ΕΚΩΣ : 3.2.6.4
<p>Ορίζονται τρεις κατηγορίες χαλάρωσης :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Κατηγορία 1: σύρματα και συρματόσχοινα με υψηλή χαλάρωση -Κατηγορία 2: σύρματα και συρματόσχοινα με χαμηλή χαλάρωση -Κατηγορία 3: εν θερμώ επεξεργασμένες ράβδοι προέντασης 	<p>Ορίζονται δύο κλάσεις χαλάρωσης:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Κλάση 1: χάλυβες προέντασης χωρίς ειδική μέριμνα έναντι χαλάρωσης -Κλάση 2: χάλυβες προέντασης χαμηλής χαλάρωσης
<p>Ο υπολογισμός των απωλειών λόγω χαλάρωσης του χάλυβα προέντασης στηρίζεται στην τιμή ρ_{1000}, η οποία εκφράζεται και προκύπτει ως το ποσοστό της αρχικής τάσης. Η αρχική τάση είναι ίση προς $0,7f_p$</p>	<p>Η αρχική τάση στην περίπτωση του ΕΚΩΣ παίρνει μία από τις ακόλουθες τιμές :</p> <p>$0,6f_{ptk}$, $0,7f_{ptk}$, $0,8f_{ptk}$</p>
<p>Οι τιμές του ρ_{1000} μπορούν να ληφθούν ίσες προς 8% για Κατηγορία 1, 2, 5% για την Κατηγορία 2 , και 4% για την Κατηγορία 3 ή από το πιστοποιητικό</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Κλάση 1 : 4.00% για $0,6f_{ptk}$ 8.00% για $0,7f_{ptk}$ 12.00% για $0,8f_{ptk}$ -Κλάση 2 : 1.50% για $0,6f_{ptk}$ 3.00% για $0,7f_{ptk}$ 6.00% για $0,8f_{ptk}$
<p>Οι απώλειες λόγω χαλάρωσης υπολογίζονται με τις εκφράσεις παρακάτω :</p> <p>Κατηγορία 1:</p> $\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5.39 \cdot \rho \cdot e^{6.7\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$ <p>Κατηγορία 2:</p> $\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho \cdot e^{9.1\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$ <p>Κατηγορία 3:</p> $\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1.98 \cdot \rho \cdot e^{8\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$	<p>Οι απώλειες λόγω χαλάρωσης υπολογίζονται με την παρακάτω έκφραση:</p> $\frac{\Delta\sigma_{p,rel,t}}{\Delta\sigma_{p,rel,1000}} = \left(\frac{t}{1000} \right)^\beta$ <p>$\beta=0,12$ για κλάση 1 $\beta=0,19$ για κλάση 2</p>

Αντοχή χάλυβα προέντασης	
EN 1992-1-1 : 3.3.3	ΕΚΩΣ : 3.2.3
$f_{p0,1k}$ είναι η συμβατική τάση διαρροής f_{pk} είναι η αντοχή σε εφελκυσμό	Ως χαρακτηριστικό όριο διαρροής μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε το $f_{p0,1k}$ είτε το $f_{p0,2k}$
Κόπωση (χάλυβα προέντασης)	
EN 1992-1-1 : 3.3.5	ΕΚΩΣ :
Οι τένοντες προέντασης πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή έναντι κόπωσης. Το εύρος των τάσεων κοπώσεως πρέπει να συμμορφώνεται με το EN 10138 ή να δίνεται από κατάλληλη Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Παραδοχές σχεδιασμού χάλυβα προέντασης	
EN 1992-1-1 : 3.3.6	ΕΚΩΣ : 3.2.6.2 , 3.2.6.1
Η τιμή σχεδιασμού του μέτρου ελαστικότητας λαμβάνεται ίση προς 205GPa για σύρματα και ράβδους ενώ λαμβάνεται ίση προς 195 GPa για συρματόσχοινα	Η τιμή σχεδιασμού του μέτρου ελαστικότητας λαμβάνεται ίση προς 200GPa για όλους τους χάλυβες
Για το σχεδιασμό των διατομών μπορεί να γίνει μία από τις παρακάτω παραδοχές: κεκλιμένος δεύτερος με οριακή παραμόρφωση ϵ_{ud} ή οριζόντιος δεύτερος κλάδος χωρίς όριο παραμόρφωσης	Διγραμμικό διάγραμμα χωρίς εμφανές όριο παραμόρφωσης
Εξωτερικοί τένοντες χωρίς συνάφεια	
EN 1992-1-1 : 3.4.2	ΕΚΩΣ :
Το σύστημα προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος με εξωτερικούς τένοντες πρέπει να συμμορφώνεται με την κατάλληλη Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Περιβαλλοντικές συνθήκες

EN 1992-1-1 : 4.2

ΕΚΩΣ : 5.1

Δίνεται Πίνακας 4.1 με τις κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Υπάρχουν 6 βασικές κατηγορίες:

- 1.Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής
- 2.Διάβρωση από ενανθράκωση
- 3.Διάβρωση από χλωριούχα
- 4.Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού
- 5.Προσβολής ψύξης / απόψυξης
- 6.Χημική προσβολή

Οι παραπάνω κατηγορίες χωρίζονται σε υποκατηγορίες με πιο λεπτομερή περιγραφή των συνθηκών

Ορίζονται 4 κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος ως εξής :

- 1.Ελάχιστο διαβρωτικό περιβάλλον
- 2.Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον
- 3.Παραθαλάσσιο περιβάλλον
- 4.Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον. Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα

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

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.
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
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	Καταστώματα οδών ή γεφυρών εκτεθειμένα σε παράγοντες απόψυξης. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκασμό με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.
6. Χημική προσβολή		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

(Πίνακας 4.1 EN1992-1-1)

Πίνακας 4.1 : Συνθήκες περιβάλλοντος

Ελάχιστη επικάλυψη, c_{min}	
EN 1992-1-1 : 4.4.1.2	ΕΚΩΣ : 5.1
Η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο για τις συνθήκες συνάφειας όσο και για τις περιβαντολλογικές, ενώ η τιμή του προκύπτει ως εξής :	Η ελάχιστη επικάλυψη καθορίζεται από τις συνθήκες έκθεσης, από τη διεπιφάνεια μεταξύ σκυροδέματος και εδάφους ή σκυροδέματος και υγρού. Ενώ υφίσταται διόρθωση ανάλογα με το είδος του δομικού στοιχείου
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$	

<p>Η επικάλυψη $c_{min,b}$ αποτελεί την ελάχιστη επικάλυψη βάσει απαίτησης συνάφειας και προσδιορίζεται ανάλογα με το είδος του χάλυβα:</p> <p>-για τον χάλυβα οπλισμού προσδιορίζεται από τον Πίνακα 4.2 και εξαρτάται από την διάταξη του οπλισμού</p> <p>-για τον χάλυβα προέντασης ισχύει :</p> <ul style="list-style-type: none"> - τάνυση μετά την σκλήρυνση του σκυροδ. : 1.για κυλίνδρους το $c_{min,b}$ ισούται με τη διάμετρο ϕ 2.για ορθογωνικούς σωλήνες ισχύει $c_{min,b} = \max(\min(\text{διάσταση}; 1/2(\max(\text{διάσταση})))$ <p>-τάνυση πριν την έγχυση του σκυροδ. :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 2,0×διάμετρο του συρματοσχοίνου 2. 3,0×διάμετρο του πλεγμένου σύρματος <p>Εάν η μέγιστη διάσταση των αδρανών είναι μεγαλύτερη από 32mm τότε το $c_{min,b}$ πρέπει να προσαυξάνεται κατά 5m</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η επικάλυψη $c_{min,dur}$ αποτελεί την ελάχιστη επικάλυψη βάσει περιβαλλοντικών συνθηκών. Η τιμή του $c_{min,dur}$ προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη την συσχέτιση μεταξύ της Κατηγορίας Έκθεσης και της Κατηγορίας Κατασκευής. Στον Πίνακα 4.3N δίνεται η κατηγοριοποίηση της κατασκευής ενώ στους Πίνακες 4.4N και 4.5N δίνονται απαιτήσεις τιμών $c_{min,dur}$ για τον οπλισμό χάλυβα και τον οπλισμό προέντασης αντίστοιχα</p>	<p>Η ελάχιστη επικάλυψη βάσει περιβαλλοντικών συνθηκών δίνεται στον Πίνακα 5.1. Δεν γίνεται λόγος για κατηγοριοποίηση της κατασκευής. Οι κατηγορίες έκθεσης διαφοροποιούνται ως προς τον Ευρωκώδικα όπως και οι τιμές της ελάχιστης επικάλυψης που περιλαμβάνονται στον πίνακα. Δεν υπάρχει διάκριση ανάμεσα σε χάλυβα οπλισμού και χάλυβα προέντασης</p>

Περιβαλλοντολογική απαίτηση για την $c_{min,dur}$ (mm)							
Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

(Πίνακας 4.4N-για χάλυβα οπλισμού EN1992-1-1)

Περιβαλλοντολογική απαίτηση για την $c_{min,dur}$ (mm)							
Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

(Πίνακας 4.5N-για χάλυβα προέντασης EN1992-1-1)

Τιμές c_{min}				Διόρθωση για :		
Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος				Πλάκες ή κελύφη	Προτανυόμενους τένοντες	Προεντεταμένους τένοντες
1	2	3	4	-5	5	10
20	25	30	30-45			

(Πίνακας 5.1 ΕΚΩΣ)

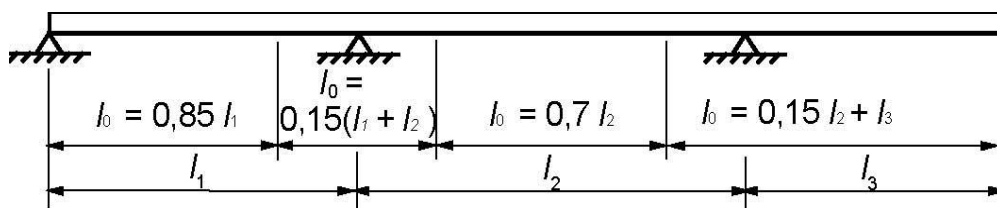
Πίνακας 4.2 : Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυψης

Το $\Delta c_{dur,y}$ διορθωτικός συντελεστής ασφάλειας με προτεινόμενη τιμή 0mm	Η διόρθωση είναι -5mm για τις πλάκες ,+5mm για τους προτανυόμενους τένοντες και +10mm για τους προεντεταμένους τένοντες
$\Delta c_{dur,st}$ αποτελεί μειωτικός συντελεστής στην περίπτωση χρήσης ανοξείδωτου χάλυβα με προτεινόμενη τιμή 0mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για σκυρόδεμα με πρόσθετη προστασία επίστρωσης η ελάχιστη επικάλυψη μειώνεται κατά $\Delta c_{dur,add}$ με προτεινόμενη τιμή 0mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στην περίπτωση χυτού σκυροδέματος επί άλλων στοιχείων σκυροδέματος η ελάχιστη επικάλυψη στην διεπιφάνεια δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή που αντιστοιχεί στην απαίτηση συνάφειας υπό τρεις προϋποθέσεις.	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για ανώμαλες επιφάνειες (π.χ. αδρανή) το c_{min} αυξάνεται κατά 5mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η επιφανειακή φθορά από τριβή στο σκυρόδεμα αντιμετωπίζεται με την αύξηση της επικάλυψης του σκυροδέματος. Το c_{min} αυξάνεται κατά k_1 για την κατηγορία εκδοράς ΧΜ1 , κατά k_2 για την ΧΜ2 και κατά k_3 για την ΧΜ3.Οι προτεινόμενες τιμές των k_1,k_2,k_3 είναι 5mm,10mm και 15mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ανοχές σχεδιασμού και παρεκλίσεις	
EN 1992-1-1 : 4.4.1.3	ΕΚΩΣ : 5.1
Η συνιστώμενη τιμή της ανοχής Δc_{dev} είναι 10mm .Σε περίπτωση κατά την οποία η κατασκευή υπόκειται σε σύστημα διασφάλισης της ποιότητας το Δc_{dev} μπορεί να κυμαίνεται από 5mm έως 10mm ενώ όταν χρησιμοποιείται ακριβές όργανο μέτρησης της επικάλυψης τότε μπορεί να κυμαίνεται από 0mm έως 10mm	Η ανοχή της επικάλυψης στην περίπτωση του ΕΚΩΣ κυμαίνεται από 5mm έως 10mm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
Περιπτώσεις και συνδυασμοί φορτίσεων	
EN 1992-1-1 : 5.1.3	ΕΚΩΣ :
<p>Για κτίρια, συνιστώνται οι ακόλουθες απλοποιημένες διατάξεις φόρτισης :</p> <p>(α) εναλλάξ ανοίγματα φέρουν το μεταβλητό και το μόνιμο φορτίο σχεδιασμού ($\gamma_Q Q_k + \gamma_G G_k + P_m$), ενώ τα άλλα ανοίγματα φέρουν μόνο το μόνιμο φορτίο σχεδιασμού ($\gamma_G G_k + P_m$)</p> <p>(β) οποιαδήποτε δύο διπλανά ανοίγματα φέρουν το μεταβλητό και το μόνιμο φορτίο σχεδιασμού ($\gamma_Q Q_k + \gamma_G G_k + P_m$). Όλα τα άλλα ανοίγματα φέρουν μόνο το μόνιμο φορτίο σχεδιασμού ($\gamma_G G_k + P_m$)</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Γεωμετρικές ατέλειες	
EN 1992-1-1 : 5.2	ΕΚΩΣ :
<p>Οι γεωμετρικές ατέλειες παριστάνονται από την κλίση θ_i, η οποία δίνεται από :</p> <p>$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m$</p> <p>όπου - θ_0 έχει συνιστώμενη τιμή 1/200 - α_h είναι μειωτικός συντελεστής για το μήκος ή το ύψος - α_m είναι μειωτικός συντελεστής για τον αριθμό των στοιχείων</p>	<p>Οι γεωμετρικές ατέλειες παριστάνονται από την πρόσθετη κλίση α, η οποία δίνεται από :</p> $\alpha = \left(\frac{1}{100 \sqrt{h_{tot}}} \right) rad$ <p>το α μπορεί να πολλαπλασιαστεί με μειωτικό συντελεστή</p> $\sqrt{(1 + 1/n)/2}$ <p>Για $\alpha \geq 1/400$ είναι αμελητέα ενώ για $\alpha \geq 1/200$ δεν είναι αμελητέα</p>
<p>Για μεμονωμένα δομικά στοιχεία η επιρροή των ατελειών μπορεί να λαμβάνεται υπόψη με 2 εναλλακτικούς τρόπους :</p> <p>α) ως εκκεντρότητα e_i, η οποία δίνεται ως $e_i = \theta_i l_o / 2$ όπου l_o είναι το μήκος λυγισμού</p> <p>β) ως εγκάρσια δύναμη H_i, στην θέση που δίνει τη μέγιστη καμπτική ροπή :</p> <ul style="list-style-type: none"> - για μη πλευρικώς παγωμένα δομικά στοιχεία $H_i = \theta_i N$ - για πλευρικώς παγωμένα στοιχεία $H_i = 2\theta_i N$ - για το σύστημα πλευρικής παγίωσης $H_i = \theta_i (N_b - N_a)$ - για το διάφραγμα ορόφου $H_i = \theta_i (N_b + N_a) / 2$ - για το διάφραγμα στέγης $H_i = \theta_i N_a$ <p>Όπου N είναι το αξονικό φορτίο. Τέλος δίνεται και σχήμα με παραδείγματα επιρροής των γεωμετρικών ατελειών</p>	<p>Η ολική εκκεντρότητα στον ΕΚΩΣ εκφράζεται ως :</p> $e_{tot} = e_o + e_a + e_2$ <p>όπου</p> <ul style="list-style-type: none"> - e_o εκκεντρότητα 1^{ης} τάξης M_{sd}/N_{sd} - e_a πρόσθετη εκκεντρότητα - e_2 εκκεντρότητα 2ας τάξης <p>Ως προς τις οριζόντιες δυνάμεις γίνεται λόγος αλλά δεν δίνονται σχέσεις υπολογισμού</p>

Μοντέλα για την ανάλυση του δομικού συστήματος	
EN 1992-1-1 : 5.3.1	ΕΚΩΣ : 18.1.1 , 18.2.1 , 18.2.2.1 , 18.2.2.3 , 18.3.1 ,18.4.2 18.5.1
Δοκός είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο το άνοιγμα του δεν είναι μικρότερο από τρεις φορές το ύψος της διατομής . Διαφορετικά θεωρείται υψίκορμη δοκός	Για κάθε δοκό πρέπει να ικανοποιείται η ανισότητα $b_w \geq 200\text{mm}$ ενώ για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ισχύει: α) $b_w < 2 \cdot b_c$ και $b_w < b_c + h_c/2$ όπου b_c , h_c διαστάσεις υποστυλώματος β) ο λόγος ανοίγματος προς ύψος να είναι τουλάχιστον ίσος προς 4 γ) η εκκεντρότητα του άξονα της δοκού να μην υπερβαίνει το 1/3 του πλάτους του υποστυλώματος που τη στηρίζει στη θέση του κόμβου Ενώ για την λεπτόκορμη δοκό πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες: $b_w > l_o/50$ και $b_w > h_b/8$
Πλάκα είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο η ελάχιστη διάσταση ακμής δεν είναι μικρότερη από 5 φορές το συνολικό πάχος της πλάκας	Πλάκα είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο η ελάχιστη διάσταση της ακμής δεν είναι μικρότερη από 4 φορές το συνολικό πάχος της πλάκας
Μια πλάκα με νευρώσεις δεν είναι απαραίτητο να αντιμετωπίζεται ως συντιθέμενη από διακριτά στοιχεία αν ισχύουν τα παρακάτω : -η απόσταση μεταξύ των νευρώσεων δεν υπερβαίνει τα 1500mm -το ύψος της νευρώσης κάτω από την πλάκα δεν υπερβαίνει το 4πλάσιο του πλάτους της -το πάχος της πλάκας είναι τουλάχιστον ίσο με το 1/10 της καθαρής απόστασης μεταξύ των νευρώσεων ή 50mm -προβλέπονται εγκάρσιες νευρώσεις σε καθαρή απόσταση που δεν υπερβαίνει το 10πλάσιο του συνολικού πάχους της πλάκας	Μια πλάκα με νευρώσεις δεν είναι απαραίτητο να αντιμετωπίζεται ως συντιθέμενη από διακριτά στοιχεία αν ισχύουν τα παρακάτω : -η απόσταση μεταξύ των νευρώσεων είναι μικρότερη από 700mm -το πάχος της πάνω ή της κάτω πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/10 της ελεύθερης απόστασης των νευρώσεων ή 50mm -προβλέπονται εγκάρσιες νευρώσεις σε καθαρή απόσταση που δεν υπερβαίνει το 10πλάσιο του συνολικού πάχους της πλάκας
Υποσύλωμα είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο το ύψος της διατομής δεν υπερβαίνει το 4πλάσιο του πλάτους και το ύψος του στοιχείου είναι τουλάχιστον 3πλάσιο του ύψους της διατομής . Αλλιώς πρέπει να θεωρείται τοίχωμα	Υποσύλωμα είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο η ελάχιστη διάσταση της διατομής είναι τουλάχιστον 250mm . Για γωνιακά υποστυλώματα (μορφής Γ) το κάθε σκέλος πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 200mm και μήκος τουλάχιστον 350mm . Τοίχωμα θεωρείται το κατακόρυφο στοιχείο με μήκος $l_w > 4b$. Τέλος για τοιχώματα που καταλήγουν σε υποστυλώματα πρέπει να ισχύει $b \geq 150\text{mm}$ ενώ σε άλλες περιπτώσεις το πλάτος b πρέπει να είναι τουλάχιστον 250mm

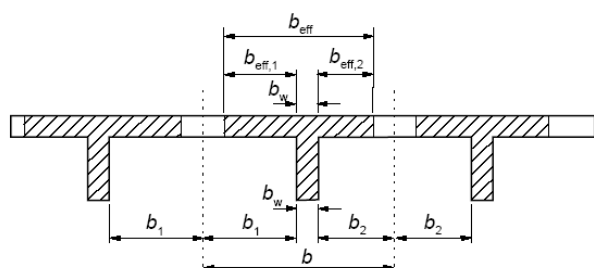
Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού	
EN 1992-1-1 : 5.3.2.1	ΕΚΩΣ : 8.4
<p>Για τον προσδιορισμό της απόστασης l_0 μεταξύ των σημείων μηδενισμού των ροπών ισχύουν τα παρακάτω :</p> <p>-για ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού μήκους l_1 , $l_0=0,85 l_1$</p> <p>-για μεσαίο άνοιγμα συνεχούς δοκού μήκους l_2 , $l_0=0,70 l_2$</p> <p>-για προβόλους μήκους l_3 και διπλανού ανοίγματος l_2 , $l_0=0,15 l_2 + l_3$</p> <p>-μεσαία στηρίγματα με διαδοχικά ανοίγματα l_1 και l_2 , $l_0=0,15 (l_1 + l_2)$</p>	<p>Για τον προσδιορισμό της απόστασης l_0 μεταξύ των σημείων μηδενισμού των ροπών ισχύουν τα παρακάτω :</p> <p>-για ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού μήκους l_1 , $l_0=0,80 l_1$</p> <p>-για μεσαίο άνοιγμα συνεχούς δοκού μήκους l_2 , $l_0=0,60 l_2$</p> <p>-για προβόλους μήκους l_3 και διπλανού ανοίγματος l_2 , $l_0=0,50 l_2 + l_3$</p> <p>-μεσαία στηρίγματα με διαδοχικά ανοίγματα l_1 και l_2 , $l_0=0,15 (l_1 + l_2)$ (ίδιο με Ευρωκώδικα)</p>



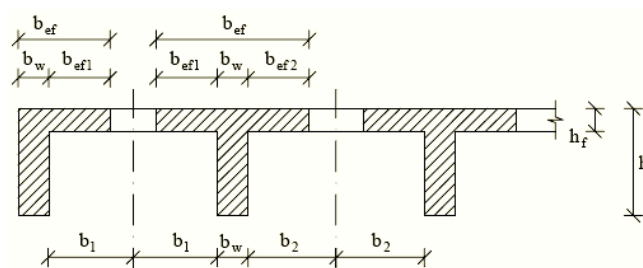
(Σχήμα 5.2 EN1992-1-1)

Σχήμα 5.1: Ορισμός του l_0 , για τον υπολογισμό του συνεργαζόμενου πλάτους της πλακοδοκού

<p>Το συνεργαζόμενο πλάτος b_{eff} , προκύπτει ως $b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$</p> <p>όπου</p> <p>$b_{eff,i} = 0.2b_i + 0.1l_0 \leq 0.2l_0$ και $b_{eff,i} \leq b_i$</p>	<p>Το συνεργαζόμενο πλάτος b_{eff} , υπολογίζεται ως $b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$</p> <p>Το $b_{eff,i}$ προκύπτει από τους Πίνακες P5.1(a)-(b) και εξαρτάται από το είδος του διαγράμματος ροπών και του λόγου h_f/h όπου h_f ύψος πλάκας και h ύψος πλακοδοκού</p>
---	--



(Σχήμα 5.3 EN1992-1-1)



(Σχήμα Σ8.2 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 5.2: Παράμετροι συνεργαζόμενου πλάτους πλακοδοκού

h_f / h	b_i / l_0								
	1.00	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05
≤ 0.15	0.20	0.25	0.33	0.40	0.49	0.62	0.78	0.94	1.00
0.20	0.22	0.27	0.35	0.42	0.52	0.64	0.78	0.94	1.00
0.30	0.33	0.40	0.50	0.56	0.63	0.72	0.83	0.94	1.00

(Πίνακας 8.1 ΕΚΩΣ)

Πίνακας 5.1(a): Τιμές $b_{eff,i}/b_i$ για παραβολικό διάγραμμα ροπών

h_f / h	b_i / ℓ_o								
	1.00	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05
≤ 0.15	0.12	0.14	0.19	0.23	0.30	0.38	0.50	0.74	0.97
0.20	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.38	0.50	0.74	0.97
0.30	0.22	0.25	0.31	0.36	0.40	0.47	0.57	0.74	0.97

(Πίνακας 8.2 ΕΚΩΣ)

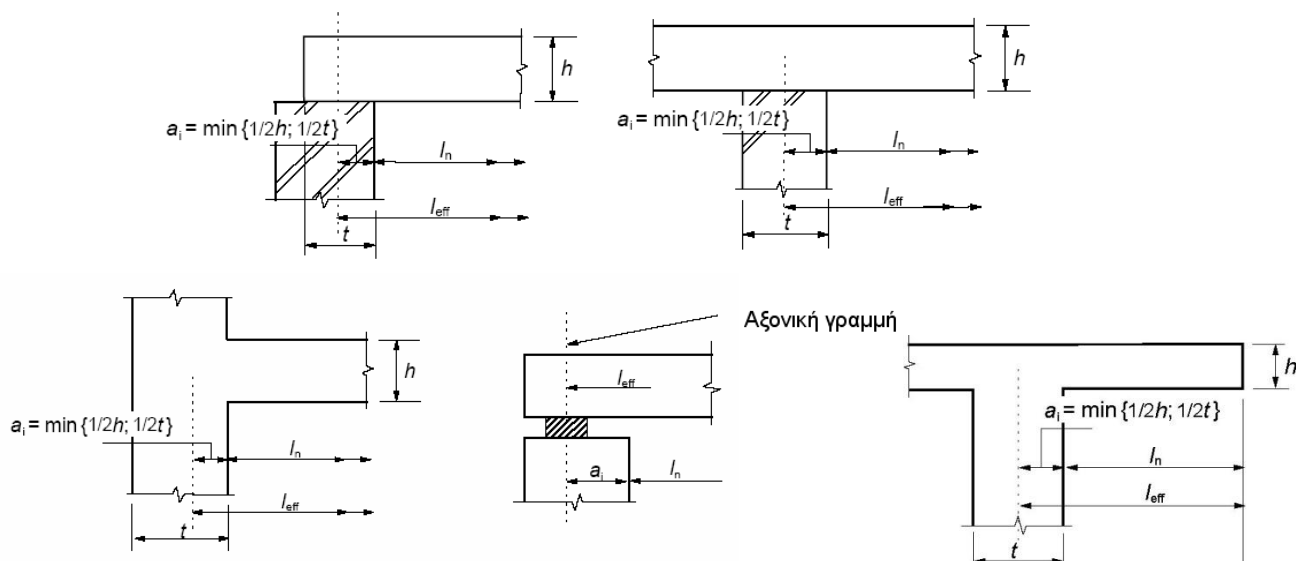
Πίνακας 5.1(b): Τιμές $b_{eff,i}/b_i$ για τριγωνικό διάγραμμα ροπών

	l_o (m)	καθ. απο. δοκών (m)	b_w (m)	h_f (m)	h (m)	h_f/h	b_i/l_o	$b_{eff,i}$ (m)	b_{eff} (m)
EC2	7	5	0.30	0.20	0.6	–	–	1.2	<u>2.7</u>
ΕΚΩΣ	7	5	0.30	0.20	0.6	0.33	0.35	1.7	<u>3.7</u>

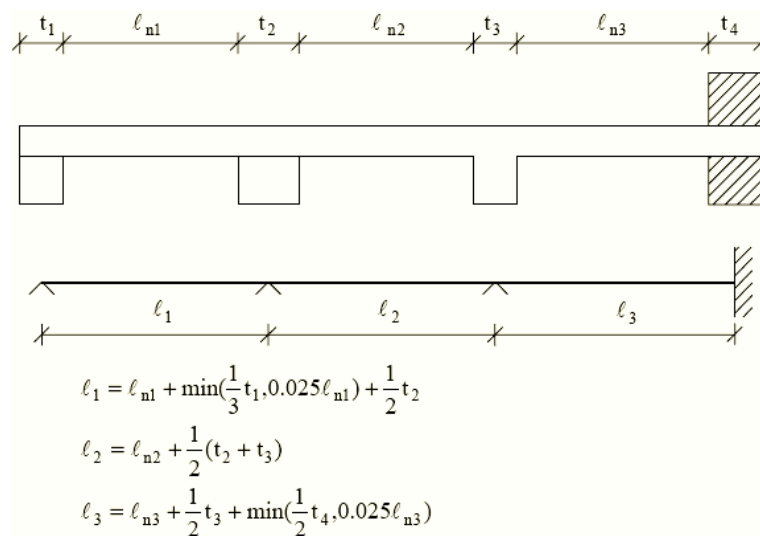
Πίνακας 5.2 : Σύγκριση συνεργαζόμενων πλατών

Θεωρητικό άνοιγμα δοκών και πλακών	
ΕΝ 1992-1-1 : 5.3.2.2	ΕΚΩΣ : 7.2.2
<p>Το θεωρητικό άνοιγμα l_{eff} ενός δομικού στοιχείου υπολογίζεται ως εξής :</p> $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ <p>όπου l_n καθαρή απόσταση μεταξύ των παρειών των στηρίξεων ενώ a_1 και a_2 ανάλογα την περίπτωση :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $a_i = \min(1/2h; 1/2t)$ για μη συνεχή στοιχεία, για συνεχή στοιχεία, για προβόλους και για στηρίξεις θεωρούμενες ως άστρεπτες (όπου h το πάχος και t το πάχος της στήριξης). Λεπτομερής απεικόνιση στο Σχήμα 5.3 - λεπτομερή απεικόνιση των συμβολισμών a_i στο Σχήμα 5.3 <p>Παρατήρηση :</p> <p>Παράμετρος υπολογισμού των a_i αποτελεί το πάχος h της πλάκας, κάτι που δεν ισχύει στον ΕΚΩΣ</p>	<p>Το θεωρητικό άνοιγμα l ενός δομικού στοιχείου υπολογίζεται ως εξής :</p> $l = l_n + \alpha_1 + \alpha_2$ <p>όπου l_n καθαρή απόσταση μεταξύ των παρειών των στηρίξεων ενώ α_1 και α_2 ανάλογα την περίπτωση :</p> <ul style="list-style-type: none"> -για μη συνεχή στοιχεία $\alpha_i = \min(1/3t ; 0.025l_n)$ -για συνεχή στοιχεία $\alpha_i = 1/2t$ -για στηρίξεις θεωρούμενες ως άστρεπτες $\min(1/2t_4 ; 0.025l_n)$ -για πακτωμένο πρόβολο $\alpha_i = 0$ <p>Λεπτομερής απεικόνιση των συμβολισμών στο Σχήμα 5.3</p> <p>Παρατήρηση :</p> <p>Στους υπολογισμούς των α_i λαμβάνεται υπόψη το καθαρό άνοιγμα l_n και όχι το πάχος h της πλάκας</p>
Στην περίπτωση που μια δοκός ή πλάκα είναι συνεχής επί μιας στήριξης η οποία μπορεί να θεωρηθεί ελευθέρως στρεπτή (π.χ. επί τοιχωμάτων), η καμπτική ροπή σχεδιασμού στη	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

στήριξη υπολογιζόμενη επί τη βάση ενός ανοίγματος ίσου με την αξονική απόσταση μεταξύ των στηρίξεων μπορεί να μειώνεται κατά μια τιμή $\Delta M_{Ed} = F_{ed, sup} t / 8$



(Σχήμα 5.4 EN1992-1-1)



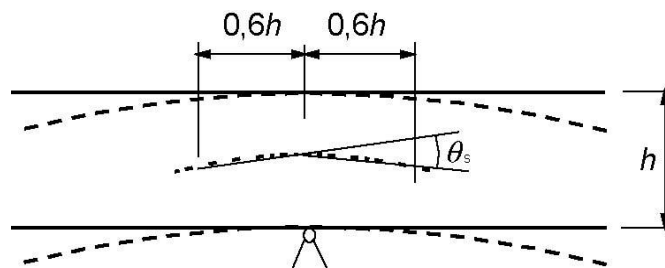
(Σχήμα 5.3 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 5.3: Θεωρητικό άνοιγμα l_{eff} για διαφορετικές συνθήκες στήριξης

Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή	
EN 1992-1-1 : 5.5	ΕΚΩΣ : 8.2.2.2
Σε συνεχείς δοκούς και πλάκες οι οποίες : α) κυρίως υπόκεινται σε κάμψη β) έχουν λόγο μήκους διαδοχικών ανοιγμάτων ο οποίος κυμαίνεται από 0.5 έως 2	Η ανακατανομή των ροπών κάμψης μπορεί να πραγματοποιείται χωρίς ειδικό έλεγχο της στρωφικής ικανότητας υπό την προϋπόθεση ότι : $\delta \geq 0.44 + 1.25x_u/d$ για σκυρόδεμα έως C35/45 $\delta \geq 0.56 + 1.25x_u/d$ για σκυροδέματα μεγαλύτερης αντοχής

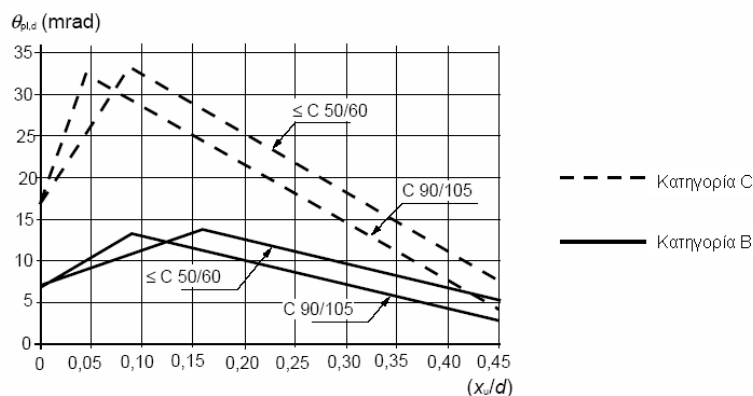
<p>Η ανακατανομή των ροπών κάμψης μπορεί να πραγματοποιείται χωρίς ειδικό έλεγχο της στροφικής ικανότητας υπό την προϋπόθεση ότι :</p> <p>$\delta \geq k_1 + k_2 x_u/d$ για $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$</p> <p>$\delta \geq k_3 + k_4 x_u/d$ για $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$</p> <p>$\delta \geq k_5$ όπου χρησιμοποιείται οπλισμός κατηγορίας B και C</p> <p>$\delta \geq k_6$ όπου χρησιμοποιείται οπλισμός κατηγορίας A όπου δ ο λόγος της ανακατανεμημένης ροπής προς την ελαστική ροπή .</p> <p>Οι προτεινόμενες τιμές για τους συντελεστές k_i είναι οι εξής:</p> <p>$k_1=0.44$, $k_2=1.25(0.6+0.0014/\epsilon_{cu2})$</p> <p>$k_3=0.54$, $k_4=1.25(0.6+0.0014/\epsilon_{cu2})$,</p> <p>$k_5=0.7$ και $k_6=0.8$</p>	<p>Επίσης πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες :</p> <p>$\delta > 0.70$ για χάλυβες H για συνεχείς δοκούς</p> <p>$\delta > 0.85$ για χάλυβες N για συνεχείς δοκούς</p> <p>$x/d \leq 0.45$ για σκυρόδεμα C12/16 έως C35/45</p> <p>$x/d \leq 0.35$ για σκυρόδεμα C40/50 και πάνω όπου δ ο λόγος της ανακατανεμημένης ροπής προς την ελαστική ροπή</p>
<p>Δεν γίνεται λόγος στον Ευρωκώδικα</p>	<p>Στην περίπτωση συνεχών δοκών και ζυγωμάτων πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με ανοίγματα $< 12 \text{ m}$ και με σταθερή ροπή αδρανείας , οι ροπές στήριξης μπορούν να μειώνονται ή να αυξάνονται κατά 15% χωρίς έλεγχο</p>
<p>Πλαστική ανάλυση δοκών, πλαισίων και πλακών</p>	
<p>EN 1992-1-1 : 5.6.2</p>	<p>ΕΚΩΣ : 9.1.4</p>
<p>Η πλαστική ανάλυση χωρίς κανέναν άμεσο έλεγχο της στροφικής ικανότητας μπορεί να χρησιμοποιείται υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις :</p> <ul style="list-style-type: none"> -το εμβαδόν του εφελκυσμένου οπλισμού περιορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε διατομή: <p>$x_u/d \leq 0.25$ για σκυροδέμα $\leq \text{C}50/60$</p> <p>$x_u/d \leq 0.15$ για σκυροδέμα $\geq \text{C}55/67$</p> <ul style="list-style-type: none"> -ο χάλυβας οπλισμού είναι είτε B είτε C -ο λόγος των ροπών σε ενδιάμεσες στηρίξεις προς τις ροπές ανοίγματος κυμαίνεται από 0.5 έως 2 	<p>Η πλαστική ανάλυση χωρίς κανέναν άμεσο έλεγχο της στροφικής ικανότητας μπορεί να χρησιμοποιείται υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις :</p> <ul style="list-style-type: none"> -ο εφελκυσμένος οπλισμός δεν υπερβαίνει το μισό εκείνου που αντιστοιχεί σε διατομή για την οποία η ΟΚΑ σε κάμψη χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω παραμορφώσεις : <p>$\epsilon_s = \epsilon_{yd}$ και $\epsilon_c = -0.0035$</p> <ul style="list-style-type: none"> -εάν εφαρμόζεται η στατική μέθοδος ο λόγος των χρησιμοποιημένων ροπών στήριξης προς τις τιμές τους πρέπει να κείται μεταξύ : <p>0.50 και 1.25 για χάλυβες θερμής έλασης</p> <p>0.75 και 1.25 για χάλυβες ψυχρής κατεργασ.</p> <p>0.85 και 1.15 για τένοντες με συνάφεια</p> <ul style="list-style-type: none"> -εάν εφαρμόζεται κινηματική μέθοδος ο λόγος των ροπών στήριξης προς τις ροπές ανοίγματος : <p>0.50 και 2.00 για χάλυβες θερμής έλασης</p> <p>0.75 και 1.33 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας</p> <p>0.85 και 1.15 για τένοντες με συνάφεια</p>

Διαθέσιμη ικανότητα στροφής	
EN 1992-1-1 : 5.6.3	ΕΚΩΣ :
<p>Ο έλεγχος των πλαστικών στροφών στην οριακή κατάσταση αστοχίας θεωρείται ότι πληρούται εφόσον αποδεικνύεται ότι υπό τις σχετικές δράσεις η υπολογισθείσα στροφή θ_s, είναι μικρότερη ή ίση προς την επιτρεπόμενη πλαστική στροφή, $\theta_{pl,d}$.</p> <p>Οι συνιστώμενες τιμές του $\theta_{pl,d}$ για κατηγορία για κατηγορίες χάλυβα Β και C και κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος μικρότερες ή ίσες της C50/60 και C90/105 και λυγηρότητα $\lambda=3,0$ δίνονται στο σχήμα 5.5. Για διαφορετικές τιμές λυγηρότητας η $\theta_{pl,d}$ πολλαπλασιάζεται επί k_λ</p> <p>Όπου :</p> $k_\lambda = \sqrt{\lambda/3}$ <p>και λ ο λόγος της απόστασης μεταξύ των σημείων μηδενικής και μέγιστης ροπής μετά την ανακατανομή προς το ενεργό ύψος της διατομής ή απλουστευτικά</p> $\lambda = M_{sd} / (V_{sd}d)$	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>



(Σχήμα 5.5 EN2-1-1)

Σχήμα 5.4: Πλαστική στροφή θ_s διατομών οπλισμένου σκυροδέματος για συνεχείς δοκούς και συνεχείς διέρειστες πλάκες

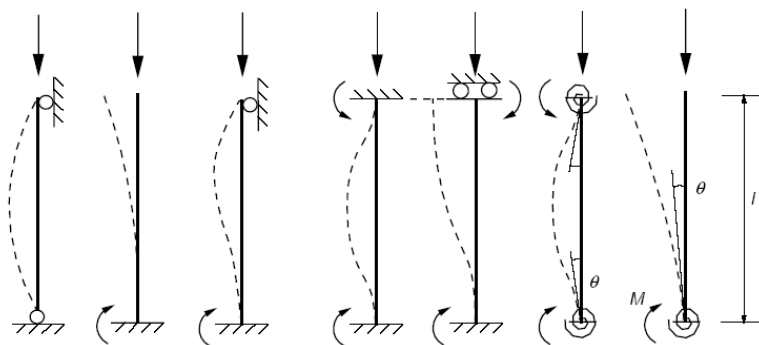


(Σχήμα 5.6N EN2-1-1)

Σχήμα 5.5: Επιτρεπόμενη πλαστική στροφή $\theta_{pl,d}$ διατομών οπλισμένου σκυροδέματος για κατηγορίες οπλισμού Β, C για $\lambda=3,0$

Ανάλυση με μοντέλα θλιπτήρων-ελκυστήρων	
EN 1992-1-1 : 5.6.4	ΕΚΩΣ : 7.1 και Παράρτημα Α
Η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης χρησιμοποιείται η για το σχεδιασμό έναντι ΟΚΑ περιοχών με συνέχεια (ρηγματωμένη κατάσταση δοκών και πλακών) για το σχεδιασμό έναντι ΟΚΑ καθώς και για τους κανόνες όπλισης περιοχών με ασυνέχεια. Η μέθοδος θλιπτήρων ελκυστήρων χρησιμοποιείται για δομικά στοιχεία όπου υποτίθεται γραμμική κατανομή εντός της διατομής.	Για τον προσδιορισμό της εντατικής κατάστασης ενός δομικού συστήματος μπορεί να γίνει με το μέθοδο θλιπτήρων ελκυστήρων σε ειδικές περιπτώσεις όπως βραχείς πρόβολοι και υψίκορμες δοκοί
Έλεγχοι έναντι οριακής κατάστασης λειτουργικότητας μπορούν επίσης να πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας το μοντέλο θλιπτήρων-ελκυστήρων	Για τον προσδιορισμό της εντατικής κατάστασης ενός δομικού συστήματος μπορεί να γίνει με το μέθοδο θλιπτήρων ελκυστήρων σε ειδικές περιπτώσεις όπως βραχείς πρόβολοι και υψίκορμες δοκοί
Κριτήριο λυγηρότητας για μεμονωμένα στοιχεία	
EN 1992-1-1 : 5.8.3.1	ΕΚΩΣ : 14.4.6
Τα φαινόμενα 2ας τάξης μπορούν να αγνοηθούν όταν η λυγηρότητα λ είναι μικρότερη μιας ορισμένης τιμής λ_{lim} :	Τα φαινόμενα 2ας τάξης μπορούν να αγνοηθούν όταν η λυγηρότητα λ είναι μικρότερη μιας ορισμένης τιμής λ_{crit} :
$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C \sqrt{n}$	$\lambda_{crit} = 25(2 - e_{01}/e_{02})$
όπου οι επιμέρους συντελεστές δίνονται στη αντίστοιχη παράγραφο	Όπου e_{01} , e_{02} εκκεντρότητες των 2 άκρων
Λυγηρότητα και μήκος λυγισμού μεμονωμένων στοιχείων	
EN 1992-1-1 : 5.8.3.2	ΕΚΩΣ : 14.4.1 , 14.4.2
Δίνονται παραδείγματα μήκους λυγισμού για μεμονωμένα στοιχεία στο σχήμα 5.6. Συγκεκριμένα στην περίπτωση μεμονωμένου θλιβόμενου στοιχείου όπως στο 5.6b) ισχύει $l_o = 2l$	Για μεμονωμένα θλιβόμενα στοιχεία το μήκος λυγισμού επιτρέπεται προσεγγιστικά να ληφθεί ίσο με $l_o = l_{col}$ Όπου l_{col} το ύψος μεταξύ των κεντρών των στηρίξεων
Για στοιχεία υπό σύνθλιψη σε συνήθη πλαίσια το μήκος λυγισμού υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο :	Για τον υπολογισμό του μήκους λυγισμού υποστυλωμάτων σε μεταθετά και αμετάθετα πλαίσια δίνεται στα νομογραφήματα στο Σχήμα 14.1 και 14.2 αντίστοιχα όπου :
-για στοιχεία με πλευρική παγίωση	$K_i = \frac{\sum (E_{cm} \cdot I_{col} / l_{col})}{\sum (E_{cm} \cdot \alpha \cdot I_b / l_{eff})}$
$l_o = 0.5l \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{k_1}{0.45 + k_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{0.45 + k_2}\right)}$	όπου $\alpha = 1.00$ για απέναντι άκρο ελαστικό
-για στοιχεία χωρίς πλευρική παγίωση	$\alpha = 0.50$ για απέναντι άκρο ελευθέρως στρεπτό
$l_o = l \cdot \max \left\{ \sqrt{1 + 10 \cdot \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}} ; \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2}\right) \right\}$	$\alpha = 0$ για πρόβολο
όπου $k = (\theta/M) \cdot (EI/l)$ με ελάχιστη τιμή 0,1	

Σε περίπτωση που ένα υπερκείμενο σε έναν κόμβο θλιβόμενο στοιχείο (υποστύλωμα) πιθανολογείται ότι συνεισφέρει στη στρόφη σε συνθήκες λυγισμού τότε ο λόγος (EI/I) στον ορισμό του k πρέπει να αντικατασταθεί από το άθροισμα $\{ (EI/I)_a + (EI/I)_b \}$ όπου a και b αντιπροσωπεύουν το θλιβόμενο υποστύλωμα άνω και κάτω από τον κόμβο	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Σε περιπτώσεις στοιχείων με μεταβλητή ορθή δύναμη και /ή διατομή το κριτήριο λυγηρότητας πρέπει να ελέγχεται με τη χρήση ενός μήκους λυγισμού το οποίο προκύπτει από το φορτίο λυγισμού το οποίο υπολογίζεται π.χ. με αριθμητική μέθοδο : $l_o = \pi \sqrt{EI/N_B}$ όπου N_B είναι το φορτίο λυγισμού	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στον υπολογισμό του μήκους λυγισμού συνεκτιμάται η δέσμευση εγκάρσιων τοιχωμάτων μέσω του συντελεστή β που δίνεται στην παράγραφο 12.6.5.1	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



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) $l_0 > 2l$

(Σχήμα 5.7 EN2-1-1)

Σχήμα 5.6: Παραδείγματα διαφορετικών μορφών λυγισμού

Συνολικά φαινόμενα 2ας τάξης σε κτίρια	
EN 1992-1-1 : 5.8.3.3	ΕΚΩΣ : 14.3.1
<p>Φαινόμενα 2ας τάξης σε κτίρια μπορούν να αγνοηθούν εφόσον :</p> $F_{V,Ed} \leq k_1 \cdot \frac{n_s}{n_s + 1.6} \cdot \frac{\sum E_{cd} I_c}{L^2}$ <p>εφόσον πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις :</p> <ul style="list-style-type: none"> -η αστάθεια λόγω στρέψης δεν είναι κυρίαρχη -οι συνολικές διατμητικές παραμορφώσεις είναι αμελητέες -τα στοιχεία πλευρικής παγίωσης είναι πλήρως πακτωμένα στη βάση -η δυσκαμψία των στοιχείων πλευρικής παγίωσης είναι αρκούντως σταθερή καθ' ύψος -το συνολικό κατακόρυφο φορτίο αυξάνει κατά 	<p>Φαινόμενα 2ας τάξης αγνοούνται όταν ικανοποιείται η ακόλουθη σχέση :</p> $h_{tot} \sqrt{F_V / E_{cm} I} \leq 0.20 + 0.10n$ <p>για $n \leq 3$</p> <p>και</p> $h_{tot} \sqrt{F_V / E_{cm} I} \leq 0.60$ <p>για $n \geq 4$</p> <p>υπό την προϋπόθεση ότι :</p> <ul style="list-style-type: none"> -τα κατακόρυφα στοιχεία ακαμψίας είναι επαρκώς ομοιόμορφα κατανεμημένα μέσα στο κτίριο

περίπου τον ίδιο βαθμό ανά όροφο	
Ερπυσμός	
EN 1992-1-1 : 5.8.4	ΕΚΩΣ : Παράρτημα Δ
<p>Η διάρκεια φόρτισης μπορεί να λαμβάνεται υπόψη μέσω ενός ενεργού συντελεστή ερπυσμού</p> $\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed}$ <p>Ενώ η επίδραση του ερπυσμού μπορεί να αγνοείται όταν ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες :</p> $\varphi_{(\infty, t_0)} \leq 2$ $\lambda \leq 75$ $M_{0Ed} / N_{Ed} \geq h$	<p>Η επιρροή του ερπυσμού μπορεί να ληφθεί υπόψη είτε μέσω της πρόσθετης καμπυλότητας είτε χρησιμοποιώντας ένα ενεργό μέτρο ελαστικότητας. Δεν γίνεται λόγος για ενεργό συντελεστή ερπυσμού</p>
Μέθοδοι ανάλυσης	
EN 1992-1-1 : 5.8.5	ΕΚΩΣ : 14.4.7
<p>Οι μέθοδοι ανάλυσης περιλαμβάνουν τη γενική μέθοδο, την μέθοδο βασισμένη στην ονομαστική δυσκαμψία (για μεμονωμένα στοιχεία όσο και για πλήρεις κατασκευές) και τη μέθοδο βασισμένη στην ονομαστική καμπυλότητα (για μεμονωμένα κυρίως στοιχεία)</p>	<p>Για τον έλεγχο μεμονωμένων θλιβόμενων στοιχείων χρησιμοποιείται η μέθοδος του προτύπου υποστυλώματος, όταν $\lambda \leq 140$ και η εκκεντρότητα 1^{ns} τάξης ικανοποιεί την συνθήκη $e_0 \geq 0.10h$ (όπου h το ύψος της διατομής) με κύριο κριτήριο η μέγιστη επιτρεπόμενη εκκεντρότητα 2ας τάξης. Ενώ στην περίπτωση αμετάθετων πλαισίων επιβάλλεται κάθε υποστύλωμα να ελέγχεται μεμονωμένα</p>
Γενική μέθοδος	
EN 1992-1-1 : 5.8.6	ΕΚΩΣ : Παράρτημα Δ
<p>Η γενική μέθοδος στηρίζεται στη μη γραμμική ανάλυση, συμπεριλαμβανομένης της γεωμετρικής μη-γραμμικότητας, δηλ. φαινομένων 2ας τάξης</p> <p>Ο ερπυσμός λαμβάνεται υπόψη πολλαπλασιάζοντας όλες τις τιμές μηκώνσεων του σκυροδέματος επί έναν συντελεστή ($\varphi_{ef}+1$) όπου φ_{ef} ενεργός συντελεστής ερπυσμού</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p> <p>Ο ερπυσμός λαμβάνεται υπόψη είτε μέσω πρόσθετης καμπυλότητας $(1/r)_{cc}$ είτε χρησιμοποιώντας ένα ενεργό μέτρο ελαστικότητας $E_{c,eff}$</p>
Μέθοδος βασισμένη στην ονομαστική δυσκαμψία	
EN 1992-1-1 : 5.8.7	ΕΚΩΣ :
<p>Η ονομαστική δυσκαμψία εκτιμάται ως :</p> $EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$ <p>ενώ οι συντελεστές K_c και K_s μεταβάλλονται ανάλογα με το ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού. Ενώ το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος μεταβάλλεται για ρηγματωμένη διατομή ως εξής $E_{cd,eff} = E_{cd} / (1 + \varphi_{ef})$</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
Μέθοδος του συντελεστή αύξησης των ροπών	
EN 1992-1-1 : 5.8.7.3	ΕΚΩΣ : 14.4.7.1
<p>Η συνολική ροπή σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένης και της ροπής 2ας, μπορεί να εκφραστεί ως :</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

$M_{Ed} = M_{0Ed} \left[1 + \frac{\beta}{(N_B/N_{Ed}) - 1} \right]$ <p>όπου M_{0Ed} ροπή 1^{ης} τάξης.</p> <p>ροπών υπολογίζεται ως $\beta = \pi^2/c_0$. Ενώ το β παίρνει την τιμή 1 για λόγους απλοποίησης</p>	
Μέθοδος ανάλυσης βάσει ονομαστικών καμπυλοτήτων	
EN 1992-1-1 : 5.8.8	ΕΚΩΣ : 14.4.7
<p>Η συνολική ροπή σχεδιασμού ,συμπεριλαμβανομένης και της ροπής 2ας , είναι : $M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$</p> <p>όπου M_{0Ed} ροπή 1^{ης} τάξης και M_2 ροπή 2^{ας} τάξης</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Όταν οι ροπές στήριξης διαφέρουν μεταξύ τους τότε $M_{0Ed} = 0.6 M_{02} + 0.4 M_{01} \geq 0.4 M_{02}$.</p> <p>Ενώ η ροπή 2ας τάξης υπολογίζεται ως $M_2 = N_{Ed} e_2$</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η παραμόρφωση e_2 προκύπτει ως $e_2 = (1/r) l_0^2/c$</p> <p>όπου $1/r$ καμπυλότητα, l_0 μήκος λυγισμού και c συντελεστής που εξαρτάται από την κατανομή της καμπυλότητας</p>	<p>Η παραμόρφωση e_2 προκύπτει ως</p> $e_2 = K_1 \frac{l_0^2}{10r}$ <p>(ισχύει για μεμονωμένα στοιχεία) Ο συντελεστής K_1 εξαρτάται από την λυγηρότητα λ</p>
<p>Η καμπυλότητα υπολογίζεται ως εξής $1/r = K_r \cdot K_\phi \cdot 1/r_0$ όπου K_r και K_ϕ συντελεστές που λαμβάνουν υπόψη το αξονικό φορτίο και τον ερπυσμό αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα :</p> $K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \text{ (ίδιο με ΕΚΩΣ)}$ $K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef}$	<p>Η καμπυλότητα υπολογίζεται ως εξής $1/r = (2 \cdot K_2 \cdot \epsilon_{yd}) / (0.90 \cdot d)$</p> <p>Όπου για τον συντελεστή K_2 ισχύει $K_2 = (N_{Rd} - N_{Sd}) / (N_{Rd} - N_{bal})$</p> <p>Δεν γίνεται λόγος σχετικά με την επιρροή του ερπυσμού</p>
Διαξονική κάμψη	
EN 1992-1-1 : 5.8.9	ΕΚΩΣ : 14.4.7.2
<p>Επιτρέπεται χωριστός σχεδιασμός σε κάθε διεύθυνση όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες :</p> $\lambda_y/\lambda_z \leq 2 \text{ και } \lambda_z/\lambda_y \leq 2$ $\frac{e_y/h}{e_z/b} \leq 0,2 \text{ ή } \frac{e_z/b}{e_y/h} \leq 0,2$	<p>Επιτρέπεται χωριστός σχεδιασμός σε κάθε διεύθυνση όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες :</p> $\frac{e_y/h}{e_z/b} \leq 0,2 \text{ και } e_z \leq 0.2b$ <p>ή $\frac{e_z/b}{e_y/h} \leq 0,2$</p> <p>δεν υπάρχει κριτήριο σχετικά με την λυγηρότητα</p>
<p>Σε περίπτωση που δεν ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες για τον σχεδιασμό της διατομής έναντι διαξονικής κάμψης χρησιμοποιείται το παρακάτω απλοποιητικό κριτήριο :</p> $\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a \leq 1,0$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Δεν γίνεται λόγος στον Ευρωκώδικα	<p>Αν $e_z \geq 0.2b$ τότε ο έλεγχος για κάμψη περί τον δευτερεύοντα άξονα της διατομής βασίζεται στο μειωμένο πλάτος b'</p>

Στρέβλωση υψίκορμων δοκών	
EN 1992-1-1 : 5.9	ΕΚΩΣ : 14.4.7.2
Φαινόμενα 2ας τάξης σχετιζόμενα με τη στρέβλωση μπορούν να αγνοούνται εφόσον πληρούνται οι παρακάτω συνθήκες : -μόνιμες καταστάσεις: $\frac{l_{0ε}}{b} \geq \frac{50}{\left(\frac{h}{b}\right)^{1/3}} \text{ και } h/b \leq 2,5$ -παροδικές καταστάσεις $\frac{l_{0ε}}{b} \geq \frac{70}{\left(\frac{h}{b}\right)^{1/3}} \text{ και } h/b \leq 3,5$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Μέγιστη δύναμη τάνυσης	
EN 1992-1-1 : 5.10.2.1	ΕΚΩΣ : 4.2
Η δύναμη που εφαρμόζεται σε έναν τένοντα δεν πρέπει να υπερβαίνει την παρακάτω τιμή : $P_{\max} = A_p \cdot \sigma_{p,\max}$ Όπου $\sigma_{p,\max} = \min\{k_1 f_{pk}; k_2 f_{p0,1k}\}$ με προτεινόμενες τιμές $k_1 = 0,8$ και $k_2 = 0,9$	Η μέγιστη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν τένοντα είναι : $\sigma_{p,\max} = \min\{0,70 f_{ptk}; 0,80 f_{p0,1k}\}$
Σε περίπτωση απρόβλεπτης υψηλής τριβής σε προεντάσεις μεγάλου μήκους επιτρέπεται η μέγιστη δύναμη προέντασης να αυξηθεί κατά $K_3 f_{p0,1k}$ με προτεινόμενη τιμή 0,95	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 5.10.2.2	ΕΚΩΣ : 15.4.1.2
Σε περίπτωση που η προένταση σε έναν μεμονωμένο τένοντα εφαρμόζεται σε διαδοχικά βήματα , τότε η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να μειώνεται. Η ελάχιστη αντοχή $f_{cm}(t)$ πρέπει να είναι ίση προς το $k_4(\%)$ της απαιτούμενης αντοχής του σκυροδέματος για πλήρη τάνυση. Η προτεινόμενη τιμή του k_4 είναι 50	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για προεντεταμένα στοιχεία , η τάση τη στιγμή της μεταφοράς της προέντασης μπορεί να αυξηθεί κατά $k_6 f_{ck}(t)$, όπου για το k_6 προτείνεται η τιμή 0,7	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Εάν η θλιπτική τάση υπερβαίνει μονίμως την τιμή $0,45 f_{ck}(t)$ τότε πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμικότητα του ερπυσμού	Εάν η θλιπτική τάση υπερβαίνει μονίμως την τιμή $0,50 f_{ck}(t)$ τότε πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμικότητα του ερπυσμού
Δύναμη προέντασης	
EN 1992-1-1 : 5.10.3	ΕΚΩΣ : 4.2
Η αρχική τάση του τένοντα μετά την απομάκρυνση των γρύλων και αφού λειτουργήσουν οι αγκυρώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή : $\sigma_{pmo}(x) = \min\{0,75 f_{pk}; 0,85 f_{p0,1k}\}$	Η αρχική τάση του τένοντα μετά την απομάκρυνση των γρύλων και αφού λειτουργήσουν οι αγκυρώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή : $\sigma_{pmo}(x) = \min\{0,65 f_{pk}; 0,75 f_{p0,1k}\}$

Απώλειες λόγω της άμεσης παραμόρφωσης του σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 5.10.5.1	ΕΚΩΣ : 4.3.3.1
Οι απώλειες αυτές υπολογίζονται ως ακολούθως : $\Delta P_{sl} = A_p \cdot E_p \cdot \sum \left[\frac{j \cdot \Delta \sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right]$ <p>όπου j είναι ίσο προς $(n-1)/2n$, n ο αριθμός των τενόντων</p>	Οι απώλειες αυτές υπολογίζονται ως ακολούθως : $\Delta \sigma_{p02}(x) = \frac{1}{2} \frac{E_s}{E_{c,j}} \sigma_c(x)$
Απώλειες λόγω τριβών	
EN 1992-1-1 : 5.10.5.2	ΕΚΩΣ : 4.3.3.2
Η τάση του τένοντα σε μια απόσταση x από την αγκύρωση είναι μειωμένη σε σχέση με την τάση σ_{pmax} κατά τις μειώσεις λόγω τριβής $\sigma_p(x) = \sigma_{p,max} \exp(-\mu(\theta + kx))$ η τιμή του k κυμαίνεται μεταξύ 0,005 και 0,01 ανά μέτρο μήκους, ενώ δίνεται Πίνακας με τιμές του συντελεστή τριβής	Η τάση του τένοντα σε μια απόσταση x από την αγκύρωση είναι μειωμένη σε σχέση με την τάση $\sigma_{p0,max}$ κατά τις μειώσεις λόγω τριβής, $\sigma_{p0}(x) = \sigma_{p0,max} \exp(-\mu(\theta + kx))$ η τιμή του k δίνεται από τα πιστοποιητικά των συστημάτων προέντασης με προτεινόμενη τιμή $0,01m^{-1}$, ενώ δίνονται τιμές του συντελεστή τριβής για διαφόρων ειδών τένοντες και σύρματα (οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του Ευρωκώδικα)
Χρόνιες απώλειες κατά την προένταση	
EN 1992-1-1 : 5.10.6	ΕΚΩΣ : 4.3.4
Οι χρόνιες απώλειες υπολογίζονται από την έκφραση : $\Delta P_{c+s+r} = A_p \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_o) \cdot \sigma_{c,Qp}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0,8 \varphi(t, t_o)]}$	Για τον ΕΚΩΣ οι χρόνιες απώλειες υπολογίζονται ως εξής : $\Delta \sigma_p = \Delta \sigma_{p,s+c,\infty} + \Delta \sigma_{p,rsl,\infty} \left(1 - 2 \cdot \frac{\Delta \sigma_{p,s+c,\infty}}{\sigma_{p0}} \right)$ $\Delta \sigma_{p,s+c,\infty} = E_s (\varepsilon_{c\infty} + \varepsilon_{s\infty})$
Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΑ	
EN 1992-1-1 : 5.10.8	ΕΚΩΣ : 4.5.3 , 6.3.2.5
Για προεντεταμένα στοιχεία με τένοντες με μόνιμη απουσία συνάφειας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται η παραμόρφωση ολόκληρου του στοιχείου κατά τον υπολογισμό της αύξησης των τάσεων στον χάλυβα προέντασης. Εάν δεν πραγματοποιείται αναλυτικός	Δεν υπάρχουν διατάξεις σχετικές με τένοντες χωρίς συνάφεια. Ενώ η δύναμη της προέντασης θεωρείται τμήμα της αντοχής όταν $\varepsilon_p \geq \varepsilon_{p0,1d}$
υπολογισμός, μπορεί να θεωρηθεί πως η αύξηση των τάσεων από την ενεργή προένταση στην τάση στην οριακή κατάσταση αστοχίας είναι $\Delta \sigma_{p,OKA}$ με προτεινόμενη τιμή 100MPa	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η τιμή σχεδιασμού της αύξησης των τάσεων πρέπει να καθορίζεται εφαρμόζοντας τους μερικούς συντελεστές ασφαλείας $\gamma_{\Delta P,sup}$, $\gamma_{\Delta P,inf}$. Οι προτεινόμενες τιμές των συντελεστών αυτών είναι 1,2 και 0,8 αντίστοιχα. Ενώ σε περίπτωση θεώρησης αρηγμάτων διατομών συνιστάται η τιμή 1,00 και για τους δύο συντελεστές	Οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας $\gamma_{P,sup}$ και $\gamma_{P,inf}$ είναι 1,10 και 0,90 για τον βασικό συνδυασμό

Επιρροή της προέντασης στην ΟΚΛ και στην κόπωση	
EN 1992-1-1 : 5.10.9	ΕΚΩΣ : 4.5.3 , 6.3.2.5
<p>Στον έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης λειτουργικότητας και κόπωσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ανοχές λόγω πιθανών μεταβολών της προέντασης . Για αυτό το λόγο λαμβάνονται υπόψη δύο χαρακτηριστικές τιμές της δύναμης προέντασης στην ΟΚΛ :</p> $P_{k,sup}=r_{sup} P_{m,t}(x)$ $P_{k,inf}=r_{inf} P_{m,t}(x)$ <p>Οι προτεινόμενες τιμές των r_{sup} και r_{inf} είναι :</p> <ul style="list-style-type: none"> -για προένταση πριν την διάστρωση του σκυροδέματος ή τένοντες χωρίς συνάφεια είναι 1,05 και 0,95 αντίστοιχα -για προένταση μετά την σκλήρυνση του Σκυροδέματος με τένοντες συνάφειας είναι 1,10 και 0,90 αντίστοιχα <p>όταν λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα (ακριβείς μετρήσεις) οι τιμές λαμβάνονται ίσες με τη μονάδα</p>	<p>Στον έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης λειτουργικότητας η προένταση λαμβάνεται υπόψη ως τμήμα των εξωτερικών δράσεων ενώ δεν γίνεται λόγος για ανωτέρη και κατώτερη χαρακτηριστική τιμή</p>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΟΚΑ)

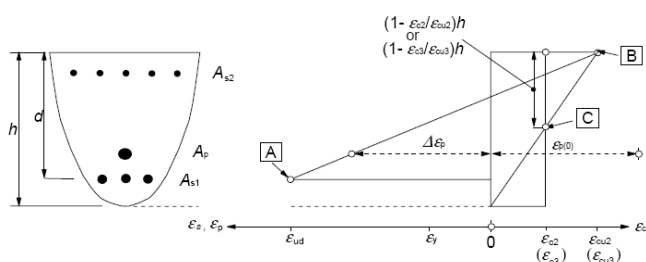
Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη

EN 1992-1-1 : 6.1

Η θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές ϵ_{cu2} , ϵ_{cu3} ανάλογα με το αν χρησιμοποιείται το παραβολικό-ορθογωνικό ή το διγραμμικό διάγραμμα αντίστοιχα. Οι παραμορφώσεις του χαλαρού ή του προεντεταμένου οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή ϵ_{ud} (από το διγραμμικό διάγραμμα με τον κεκλιμένο ή τον οριζόντιο δεύτερο κλάδο)

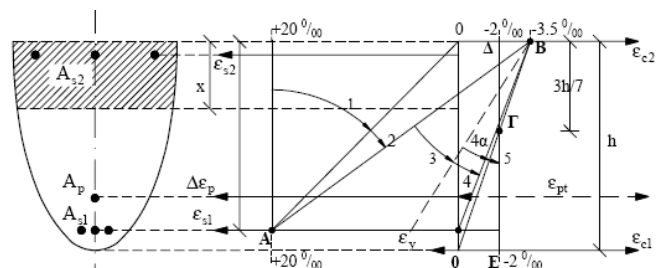
ΕΚΩΣ : 10.4.2 , 10.4.3.1 , 10.4.3.2 , 10.4.4

Η θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή ϵ_{cu} του παραβολικού-ορθογωνικού διαγράμματος, ενώ επιτρέπεται η χρήση κατάλληλου γραμμικοποιημένου διαγράμματος τάσεων παραμορφώσεων. Τέλος οι παραμορφώσεις του χαλαρού ή του προεντεταμένου οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή ϵ_{su} από το διγραμμικό διάγραμμα με οριζόντιο δεύτερο κλάδο

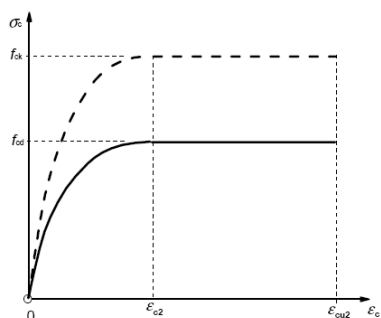


(Σχήμα 6.1 EN1992-1-1)

Σχήμα 6.1: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων

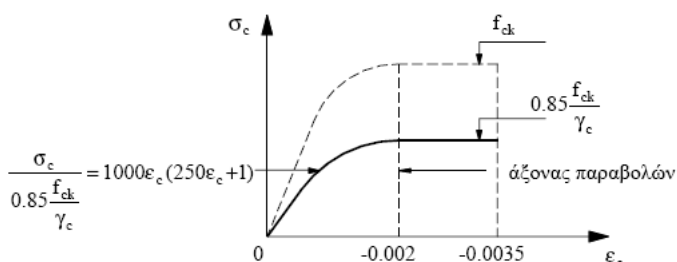


(Σχήμα 10.1 ΕΚΩΣ)

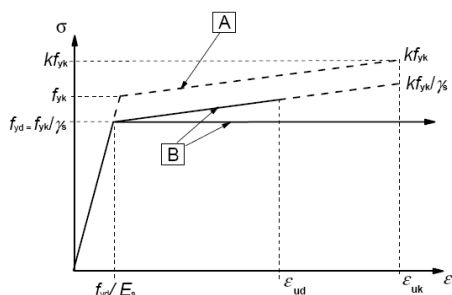


(Σχήμα 3.3 EN1992-1-1)

Σχήμα 6.2: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του σκυροδέματος

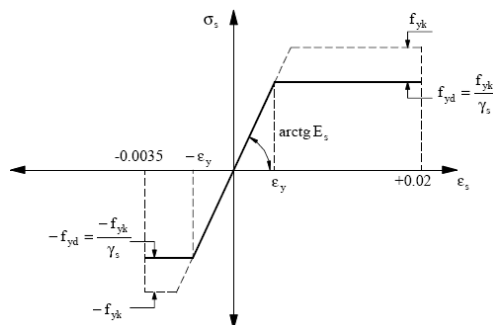


(Σχήμα 10.2 ΕΚΩΣ)



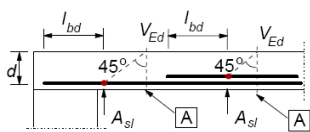
(Σχήμα 3.8 EN1992-1-1)

Σχήμα 6.3: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του χάλυβα

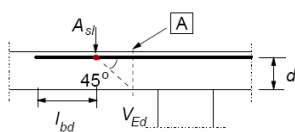


(Σχήμα 10.3 ΕΚΩΣ)

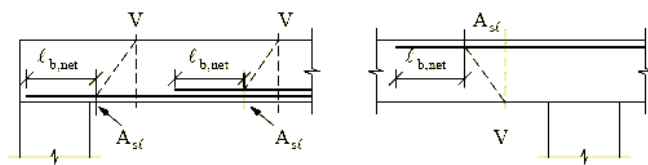
<p>Για διατομές με συμμετρικό οπλισμό υπό θλιπτική δύναμη είναι αναγκαίο να λαμβάνεται υπόψη η ελάχιστη εκκεντρότητα $e_o=h/30$,όχι μικρότερη από 20mm,όπου h το ύψος της διατομής</p>	<p>Στην περίπτωση του Ελληνικού Κανονισμού η αθέλητη εκκεντρότητα εκτιμάται περίπου 20mm και υπολογίζεται ως εξής : $\alpha l_o/2$ Όπου l_o μήκος λυγισμού και α η απόκλιση του υποστυλώματος από την κατακόρυφο ίση με $\alpha = \frac{1}{100\sqrt{l_{col}}}$ Όπου l_{col} το ύψος του υποστυλώματος</p>
Στοιχεία χωρίς απαίτηση οπλισμού διάτμησης	
EN 1992-1-1 : 6.2.2 (και εν μέρει 6.2.1)	ΕΚΩΣ : 11.1
<p>Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα υπολογίζεται ως εξής :</p> $V_{Rdc} = [C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$ <p>και $V_{Rdc,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$</p> <p>Όπου</p> $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ , με } d \text{ σε mm}$ $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0.02$ <p>A_{sl} είναι το εμβαδό του εφελκυσμένου οπλισμού που εκτείνεται σε απόσταση $\geq l_{bd} + d$ από την εξεταζόμενη διατομή (βλέπε Σχήμα 6.4)</p> <p>b_w πλάτος της διατομής στην εφελκυσμένη ζώνη (mm)</p> <p>C_{Rdc} είναι 0,18/γ_c</p> <p>k_1 ισούται με 0,15</p> <p>$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$</p> <p>$V_{Rdc}$ σε N</p> <p>Όταν ικανοποιείται η ανίσωση $V_{Ed} \leq V_{Rdc}$ τότε δεν απαιτείται υπολογιστικός οπλισμός διάτμησης παρά μόνον ο ελάχιστος οπλισμός που δίνεται στην παράγραφο 9.2.2</p> <p>Σε στοιχεία που φέρουν κυρίως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία η τέμνουσα σχεδιασμού V_{Rdc} δεν χρειάζεται να ελέγχεται σε απόσταση μικρότερη του d (στατικό ύψος της διατομής) από την παρειά της στήριξης)</p>	<p>Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα υπολογίζεται ως εξής :</p> $V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1.20 + 40 \rho_l) + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d$ <p>Όπου</p> <p>$k = 1.60 - d$ σε m</p> <p>$\tau_{Rd} = 0.25 \cdot f_{ctd}$</p> $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0.02$ <p>A_{sl} είναι το εμβαδό του εφελκυσμένου οπλισμού που εκτείνεται σε απόσταση $\geq l_{net} + d$ από την εξεταζόμενη διατομή (βλέπε Σχήμα 6.4)</p> <p>b_w πλάτος της διατομής στην εφελκυσμένη ζώνη</p> <p>Όταν ικανοποιείται η ανίσωση $V_{Ed} \leq V_{Rd1}$ τότε δεν απαιτείται υπολογιστικός οπλισμός διάτμησης παρά μόνον ο ελάχιστος οπλισμός που δίνεται στις παραγράφους 18.1.6 και 18.3.4</p> <p>Ο παραπάνω έλεγχος δεν είναι απαραίτητος για διατομές που βρίσκονται μεταξύ της παρειάς μιας άμεσης στήριξης και μέχρι απόστασης d από αυτήν. Είναι όμως υποχρεωτικός όταν υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία ή όταν η στήριξη είναι έμμεση</p>



(Σχήμα 6.3 EN1992-1-1)



Σχήμα 6.4: Προσδιορισμός του εφελκυσμένου οπλισμού A_{sl}



(Σχήμα Σ11.1 ΕΚΩΣ)

<p>Σε προεντεταμένα στοιχεία σε περιοχές που δεν έχουν ρηγματωθεί λόγω κάμψης η αντοχή σε τέμνουσα δίνεται από τη σχέση :</p> $V_{Rd,c} = \frac{I b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_l \sigma_{cp} f_{ctd}}$	<p>Δεν γίνεται κάποια αναφορά</p>
<p>Όταν φορτίο ασκείται στην πάνω παρειά δομικού στοιχείου μέσα σε μια απόσταση $0,5d \leq a_v \leq 2d$ από την παρειά της στήριξης, τότε το φορτίο αυτό συμβάλλει στην τέμνουσα πολλαπλασιάζοντας την τιμή της με το συντελεστή $\beta = a_v/2d$. Παρολαυτά η τέμνουσα V_{Ed}, υπολογιζόμενη χωρίς τη μείωση κατά β, πρέπει να πληρεί τη συνθήκη : $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$ Όπου $v = 0,6[1 - f_{ck}/250]$</p>	<p>Όταν φορτίο ασκείται στην πάνω παρειά δομικού στοιχείου μέσα σε μια απόσταση $a_v \leq 2,5d$ από τον άξονα της στήριξης, η τιμή του τ_{Rd} επιτρέπεται να αυξηθεί κατά $\beta = 2.5d/a_v$. Η αυξημένη V_{Rd1} πρέπει να ικανοποιεί την ανίσωση : $V_{Rd1} \leq \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z$</p>
Στοιχεία με απαίτηση οπλισμού διάτμησης	
EN 1992-1-1 : 6.2.3	ΕΚΩΣ : 11.2.5
<p>Η γωνία θ που σχηματίζουν οι λοξοί θλιπτήρες του σκυροδέματος με τον κάθετο προς την διεύθυνση της τέμνουσας άξονα της δοκού, δεν πρέπει να ξεπερνά τα παρακάτω όρια : $1 < \cot \theta < 2.5$</p>	<p>Σε περίπτωση δοκών με σταθερό διαμήκη οπλισμό η γωνία θ των λοξών θλιπτήρων πρέπει να ικανοποιεί τα παρακάτω όρια: $0.40 < \cot \theta < 2.50$ Σε περίπτωση δοκών με κλιμακούμενο οπλισμό : $0.50 < \cot \theta < 2.00$</p>
<p>Η διαδικασία ελέγχου είναι η εξής : Όταν $V_{Rd,c} < V_{Ed}$ τότε απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Rd} = V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$ Δηλαδή όταν δεν επαρκεί η αντοχή του σκυροδέματος, η αντοχή σε τέμνουσα του δομικού στοιχείου προκύπτει αποκλειστικά και μόνο από τον απαιτούμενο οπλισμό που θα τοποθετηθεί</p>	<p>Η διαδικασία ελέγχου είναι η εξής : α) Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση : $V_{sd} \leq V_{Rd2}$ β) Ο οπλισμός έναντι τεμνουσών θα υπολογίζεται από τη συνθήκη : $V_{sd} \leq V_{Rd3}$ όπου $V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd}$ Από την παραπάνω σχέση αντιλαμβανόμαστε ότι η αντοχή σε τέμνουσα ενός δομικού στοιχείου οφείλεται τόσο στην συμβολή του σκυροδέματος όσο και στην συμβολή του οπλισμού που τοποθετείται</p>
<p>Η αντοχή σε τέμνουσα λόγω οπλισμού προκύπτει ως η μικρότερη τιμή που προκύπτει από τις σχέσεις: $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{S} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$ και $V_{Rd,max} = a_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$ Ενώ μέγιστη ενεργός διατομή του οπλισμού διάτμησης είναι : $\frac{A_{sw,max} f_{ywd}}{b_w s} \leq \frac{1}{2} \alpha_{cw} v_1 f_{cd} / \sin \alpha$</p>	<p>Για τον υπολογισμό των αντοχών δίνονται δύο μέθοδοι, η τυπική μέθοδος και γενική μέθοδος</p> <p>(α) Τυπική μέθοδος - Τέμνουσα αντοχής λόγω λοξής θλίψης κορμού : $V_{Rd2} = 1/2 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z$ Όπου $v = 0.7 - (f_{ck}/200)$ $z = 0.9d$ ενώ η V_{Rd2} μειώνεται σε $V_{Rd2,red}$ όταν υπάρχουν ορθές θλιπτικές δυνάμεις</p>

Όπου

α_{cw} είναι συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εντατική κατάσταση στη θλιβόμενη διαγώνιο
 v_1 είναι δείκτης μείωσης της αντοχής για ρηγματωμένο σκυρόδεμα

- Τέμνουσα αντοχής λόγω οπλισμού διάτμησης :
(i) για στοιχεία που δεν περιλαμβάνουν σεισμό:

$$V_{cd} = V_{Rd1}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot s \cdot \sin \alpha$$

(ii) για στοιχεία που περιλαμβάνουν σεισμό και είναι κυρίως καμπτόμενα:

- Για τον όρο V_{cd} :

$$V_{cd} = 0.3 V_{Rd1} \text{ για γραμμικά στοιχεία} \\ \text{(κρίσιμες περιοχές)}$$

$$V_{cd} = 0.25 V_{Rd1} \text{ για τοιχώματα} \\ \text{(κρίσιμες περιοχές)}$$

- Ενώ για τον όρο V_{wd} ισχύουν τα ακόλουθα :

(1) Στην περίπτωση των γραμμικών στοιχείων η συμβολή των οπλισμών εξαρτάται από το λόγο της ελάχιστης προς την μέγιστη τέμνουσα μιας διατομής και συμβολίζεται με ζ :

- Αν $\zeta \geq -0.50$ τότε

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot s \cdot \sin \alpha$$

- Αν $\zeta < -0.50$ και $V_{sd} \leq 4.5(2 + \zeta) \tau_{Rd} b_{wd}$ τότε :

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot s \cdot \sin \alpha$$

- Αν $\zeta < -0.50$ και $V_{sd} \geq 9(2 + \zeta) \tau_{Rd} b_{wd}$ τότε :
όλη η τέμνουσα αναλαμβάνεται από δισδιαγώνιους οπλισμούς

(2) Στην περίπτωση των τοιχωμάτων εξαρτάται από το λόγο διατμήσεως
 $\alpha_s = M_{sd} / V_{sd} l_w$

(iii) για στοιχεία που περιλαμβάνουν σεισμό και υπόκεινται τόσο σε κάμψη όσο και σε θλίψη :

- Ο όρος V_{cd} στις κρίσιμες περιοχές με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ισούται με :

$$V_{cd} = 0.90 V_{Rd1} \text{ για γραμμικά στοιχεία}$$

$$V_{cd} = 0.70 V_{Rd1} \text{ για τοιχώματα}$$

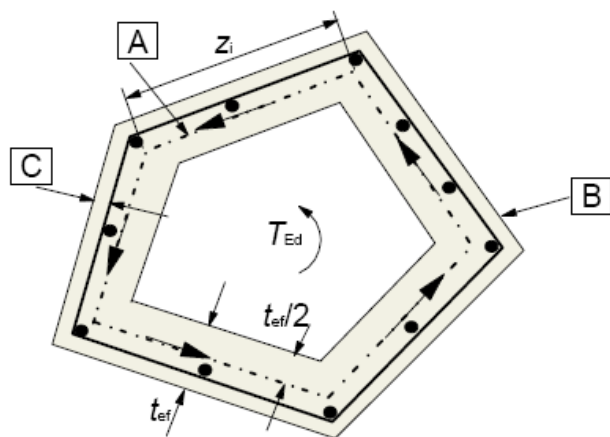
Αλλιώς

$$V_{cd} = V_{Rd1}$$

- $V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0.90 \cdot f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \cdot s \cdot \sin \alpha$

	<p>(β)Γενική μέθοδος</p> $V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} (0.90d) v f_{ywd} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha$ $V_{Rd2} = b_w (0.90d) v f_{cd} (\cot\theta + \cot\alpha) / (1 + \cot^2\theta)$ $\frac{A_{sw,max} f_{ywd}}{b_w s} \leq \frac{1}{2} v f_{cd} \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha}$
<p>Όταν φορτίο ασκείται στην πάνω παρειά δομικού στοιχείου μέσα σε μια απόσταση $0,5d \leq a_v \leq 2d$ από την παρειά της στήριξης, τότε το φορτίο αυτό συμβάλλει στην τέμνουσα πολλαπλασιάζοντας την τιμή της με το συντελεστή $\beta = a_v/2d$. Η τέμνουσα V_{Ed} που προκύπτει μετά την μείωση πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη</p> $V_{Ed} \leq A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \sin\alpha \quad (\alpha \text{ η κλίση του οπλισμού})$ <p>Ενώ η V_{Ed} χωρίς την μείωση πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη</p> $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$	<p>Όταν φορτίο ασκείται στην πάνω παρειά δομικού στοιχείου μέσα σε μια απόσταση $a_v \leq 2,5d$ από τον άξονα της στήριξης, η τιμή του τ_{Rd} επιτρέπεται να αυξηθεί κατά $\beta = 2.5d/a_v$. Η αυξημένη V_{Rd1} πρέπει να ικανοποιεί την ανίσωση :</p> $V_{Rd1} \leq \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z$
Διάτμηση στη σύνδεση πελμάτων κορμού	
EN 1992-1-1 : 6.2.4	ΕΚΩΣ : 11.3
<p>Η διαμήκης διατμητική τάση, v_{Ed}, στην ένωση μεταξύ πέλματος και κορμού δίνεται στη σχέση :</p> $v_{Ed} = \Delta F_d / (h_f \cdot \Delta x)$ <p>Η μέγιστη τιμή που επιτρέπεται να ληφθεί για Δx είναι το μισό της απόστασης μεταξύ μεταξύ της διατομής όπου μηδενίζεται η ροπή και της διατομής όπου αναπτύσσεται η μέγιστη ροπή . Όπου ασκούνται μεμονωμένα φορτία το μήκος Δx δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την απόσταση μεταξύ των φορτίων</p>	<p>Η δρώσα διαμήκης τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους είναι :</p> $v_{sd} = \Delta F_{d,max} / a_v$ <p>Όπου a_v είναι η απόσταση ανάμεσα στα σημεία μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης</p>
<p>Ο εγκάρσιος οπλισμός ανά μέτρο μήκους μπορεί να υπολογίζεται ως εξής :</p> $(A_{sf} f_{yd} / s_f) \geq v_{Ed} \cdot h_f / \cot\theta_f \quad (a)$ <p>Ενώ για να αποφευχθεί η συντριβή των θλιπτήρων του πέλματος πρέπει να ικανοποιείται η παρακάτω σχέση :</p> $v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin\theta_f \cos\theta_f$ <p>Σε περίπτωση ταυτόχρονης λειτουργίας κάμψης και διάτμησης το εμβαδό του οπλισμού πρέπει να είναι ίσο με τη μεγαλύτερη από τις τιμές που προκύπτουν από την σχέση (a) ή από το μισό αυτής της σχέσης συν το εμβαδό οπλισμού που απαιτείται λόγω εγκάρσιας κάμψης</p>	<p>Ο εγκάρσιος οπλισμός ανά μέτρο μήκους μπορεί να υπολογίζεται ως εξής :</p> $V_{sd} \leq V_{Rd3} = (A_{sf} / s_f) f_{yd} + 2.50 \tau_{Rd} h_f \quad (b)$ <p>Ενώ για να αποφευχθεί η συντριβή των θλιπτήρων του πέλματος πρέπει να ικανοποιείται η παρακάτω ανίσωση :</p> $V_{sd} \leq V_{Rd2} = 0.20 \cdot f_{cd} \cdot h_f$ <p>Οι διατομές των οπλισμών κάμψης οι οποίοι διέρχονται από την διεπιφάνεια μεταξύ κορμού και πέλματος μπορούν να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του A_{sf}</p>

Εάν $v_{Ed} \leq k f_{ctd}$ δεν απαιτείται οπλισμός πέραν εκείνου λόγω κάμψης με προτεινόμενη τιμή $k=0,4$	Αν οι οπλισμοί λόγω κάμψης ικανοποιούν την ανίσωση (b) τότε δεν χρειάζεται να διαταχθούν πρόσθετοι οπλισμοί
Διάτμηση σκυροδεμάτων που διαστρώθηκαν σε διαφορετικό χρόνο	
EN 1992-1-1 : 6.2.5	ΕΚΩΣ :
Η διατμητική τάση στη διεπιφάνεια σκυροδεμάτων που έχουν διαστρωθεί σε διαφορετικό χρόνο πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση : $v_{Edi} \leq v_{Rdi}$ όπου: $v_{Edi} = \beta v_{Ed} / (z b_i)$ και $v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στρέψη	
EN 1992-1-1 : 6.3	ΕΚΩΣ : 12.2
Σχεδιασμός έναντι στρέψης που θα καλύπτει τόσο την ΟΚΑ όσο και την ΟΚΛ	Ο ΕΚΩΣ καλύπτει μόνο τον σχεδιασμό έναντι στρέψης μόνο σε ΟΚΑ

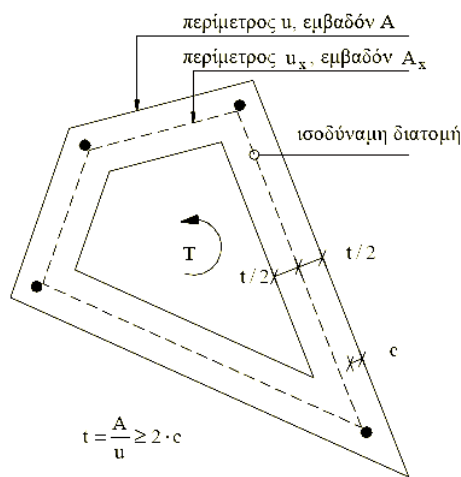


(Σχήμα 6.11 EN1992-1-1)

A : μέση γραμμή

B : εξωτερικό άκρο της ισοδύναμης διατομής

C : επικάλυψη



(Σχήμα Σ12.2 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 6.5: Σύμβολα και ορισμοί για τη στρέψη

Για να διασφαλίζεται η αντίσταση της διατομής υπό ταυτόχρονη στρέψη και διάτμηση από την αντοχή των λοξών θλιπτήρων του σκυροδέματος πρέπει να πληρούται η εξής σχέση:

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

όπου $T_{Rd,max}$ είναι :

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

α_{cw} είναι ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εντατική κατάσταση στη θλιβόμενη διαγώνιο

Για να διασφαλίζεται η αντίσταση της διατομής υπό ταυτόχρονη στρέψη και διάτμηση πρέπει να πληρούται η εξής σχέση:

(α) στις κοίλες διατομές

$$T_{Sd}/T_{Rd1} + V_{Sd}/V_{Rd2} \leq 1,0$$

(β) στις άλλες διατομές

$$(T_{Sd}/T_{Rd1})^2 + (V_{Sd}/V_{Rd2})^2 \leq 1,0$$

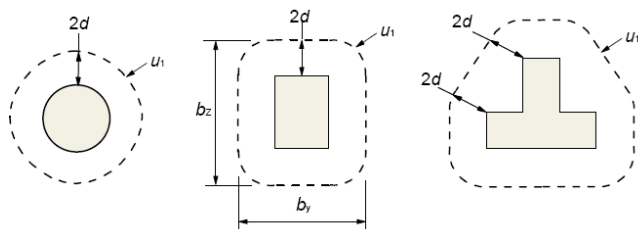
$$T_{Sd} \leq T_{Rd2}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd3}$$

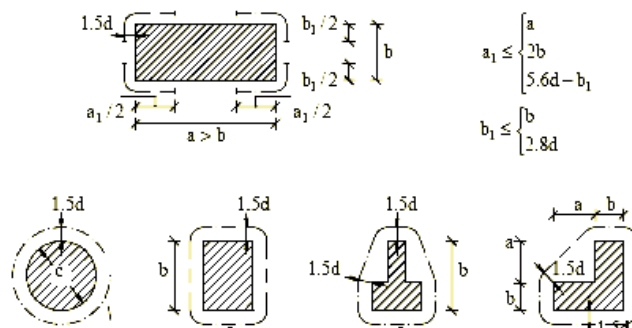
όπου T_{Rd1} είναι :

$$T_{Rd1} = 2 v f_{cd} A_k t / (\cot \theta + \tan \theta)$$

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα είναι απαραίτητη η τοποθέτηση οπλισμού για την ανάληψη της τέμνουσας λόγω στρέψης. Ο οπλισμός αυτός μπορεί να αποτελείται είτε από συνδετήρες είτε από διαμήκης οπλισμούς	Ο οπλισμός στρέψης αποτελείται από κλειστούς συνδετήρες κάθετους στον άξονα της δοκού και από διαμήκεις ράβδους κατανεμημένες ομοιόμορφα κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής
Το εμβαδόν του διαμήκους οπλισμού υπολογίζεται από τη σχέση : $\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot \theta$ (ίδιο με τη σχέση που δίνεται στον ΕΚΩΣ)	Το εμβαδόν του διαμήκους οπλισμού υπολογίζεται από τη σχέση : $T_{Rd3} = 2 \cdot A_k \cdot (f_{yld} A_{sl} / u_k) \tan \theta$ (ίδιο με τη σχέση που δίνεται στον Ευρωκώδικα)
Ενώ γίνεται λόγος για την δυνατότητα τοποθέτησης συνδετήρων για την ανάληψη των στρεπτικών δυνάμεων δεν δίνεται κάποια σχέση υπολογισμού του απαιτούμενου εμβαδού . Για αυτό το λόγο καταφεύγουμε στην αντίστοιχη διάταξη του ΕΚΩΣ	Το απαιτούμενο εμβαδόν των συνδετήρων υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση : $T_{Rd2} = 2 \cdot A_k \cdot (f_{ywd} A_{sw} / s) \cot \theta$
Στην περίπτωση περίπου ορθογωνικών συμπαγών διατομών αρκεί ο ελάχιστος οπλισμός $A_{s,min} = 0,26 (f_{ctm} / f_{yk}) b_t d$ (ορίζεται στην §9.2.3) όταν ικανοποιείται η παρακάτω ανισότητα $T_{Ed} / T_{Rd,c} + V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1,0$ όπου $T_{Rd,c}$ είναι η ροπή στρέψης κατά τη ρηγμάτωση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Διάτρηση (περίμετρος ελέγχου)	
EN 1992-1-1 : 6.4.1 , 6.4.2	ΕΚΩΣ : 13.1.1 , 13.1.2, 13.2
Στη βασική διατομή ελέγχου η γωνία θ προκύπτει ως $\theta = \arctan(1/2) = 26,6^\circ$	Στη βασική διατομή ελέγχου η γωνία θ κυμαίνεται μεταξύ 30° και 35°
Η βασική περίμετρος u_1 λαμβάνεται σε μια απόσταση 2,0d από την φορτιζόμενη επιφάνεια. Ενώ η τιμή της απόστασης μπορεί να μειωθεί όταν δρα μια μεγάλη πίεση σε διεύθυνση αντίθετη προς το συγκεντρωμένο φορτίο	Η βασική περίμετρος u_1 λαμβάνεται σε μια απόσταση 1,5d από την φορτιζόμενη επιφάνεια. Δεν γίνεται λόγος για την περίπτωση μείωσης της απόστασης



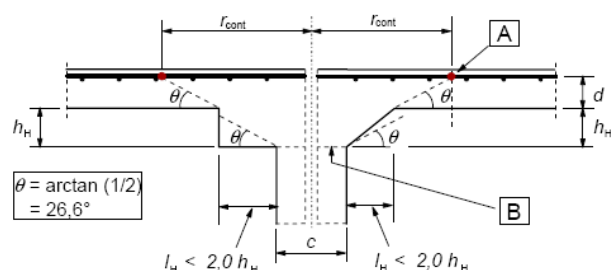
(Σχήμα 6.13 EN1992-1-1)



(Σχήμα Σ13.4 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 6.6: Βασική περίμετρος ελέγχου

<p>Σχετικά με την φορτιζόμενη επιφάνεια ενός πεδίου η γωνία θ πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω ανίσωση : $\theta \geq \arctan(1/2) \rightarrow \theta > 26.6^\circ$</p> <p>(α) Σε πλάκες επί (ορθογωνικών ή κυκλικών) υποστυλωμάτων με (ορθογωνική ή κυκλική) διαπλάτυνση στην κεφαλή όπου $l_H < 2h_H$ (σχήμα 6.7(α)) ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων λόγω διάτρησης γίνεται εξωτερικά της διαπλάτυνσης. Η απόσταση της διατομής ελέγχου από το κέντρο του υποστυλώματος είναι $r_{cont} = 2d + l_H + 0.5c$ (όπου d το πάχος της πλάκας). Ενώ για την γωνία κλίσης θ ισχύει $\theta = \arctan(1/2)$</p> <p>(β) Στην περίπτωση κυκλικών υποστυλωμάτων όπου $l_H > 2(d+h_H)$ (σχήμα 6.8(α)), οι απόστασεις των διατομών ελέγχου από το κέντρο του υποστυλώματος είναι :</p> <p>$r_{cont,ext} = l_H + 2d + 0.5c$ για την πλάκα $r_{cont,int} = 2(h_H + d) + 0.5c$ για την διαπλάτυνση</p> <p>(γ) Σε πλάκες επί υποστυλωμάτων με κιονόκρανα όπου $l_H > 2h_H$ ο έλεγχος γίνεται τόσο εντός του κιονόκρανου όσο και στην πλάκα</p> <p>(δ) Σε πλάκες επί ορθογωνικών υποστυλωμάτων με ορθογωνικό κιονόκρανο για το οποίο $l_H < 2h_H$ (σχήμα 6.7(α)) και συνολικές διαστάσεις $l_1 = c_1 + 2L_{H1}$ και $l_2 = c_2 + 2L_{H2}$ ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων γίνεται σε απόσταση :</p> <p>$r_{cont} = \min\{2d + 0.56(l_1 l_2) 0.5 ; 2d + 0.69l_1\}$</p>	<p>Σχετικά με την φορτιζόμενη επιφάνεια ενός πεδίου η γωνία θ πρέπει να είναι ίση με 45°</p> <p>(α) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση στην κεφαλή όπου $l_H < 1.5h_H$ (σχήμα 6.7(α)) ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων λόγω διάτρησης γίνεται εξωτερικά της διαπλάτυνσης. Η απόσταση της διατομής ελέγχου από το κέντρο του υποστυλώματος είναι $d_{crit} = 1.5d + l_H + 0.5d_c$ (όπου d_c το πάχος της πλάκας). Ενώ για την γωνία κλίσης θ ισχύει $\theta = \arctan(2/3)$</p> <p>(β) Για πλάκες επί κυκλικών υποστυλωμάτων με διαπλάτυνση της κεφαλής έτσι $l_H > 1.5(h_H + d)$ (σχήμα 6.8(α)) ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων απαιτείται :</p> <ul style="list-style-type: none"> - και στην πλάκα σε απόσταση $d_{crit} = 1.5d + l_H + 0.5d_c$ από το κέντρο του υποστυλώματος - και στην διαπλάτυνση σε απόσταση $d_{crit} = 1.5(d + h_H) + 0.5d_c$ <p>(γ) Για διαπλάτυνσεις όπου $1.5h_H < l_H \leq 1.5(d + h_H)$ η διατομή ελέγχου απέχει απόσταση :</p> <p>$d_{crit} = 1.5l_H + 0.5d_c$</p> <p>(δ) Για ορθογωνικά υποστυλώματα ($b \times h$) με ορθογωνικές διαπλάτυνσεις $l_1 = b + 2l_{H1}$, $l_2 = h + 2l_{H2}$ η διατομή ελέγχου απέχει από το κέντρο του υποστυλώματος απόσταση</p> <p>$d_{crit} = \min\{2d + 0.56(l_1 l_2) 0.5 ; 2d + 0.69l_1\}$</p>
--	---

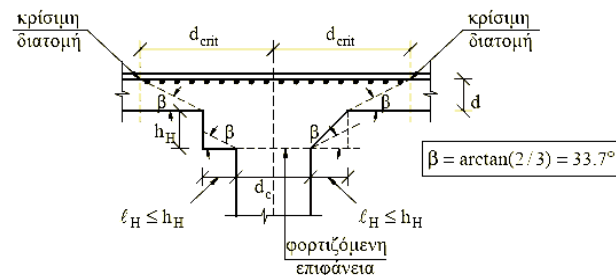


A : Βασική περίμετρος ελέγχου

B : Φορτιζόμενη επιφάνεια

(α)

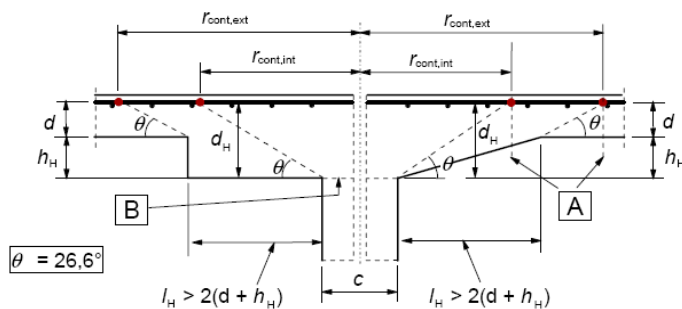
(Σχήμα 6.17 EN1992-1-1)



(α)

(Σχήμα Σ13.2 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 6.7: Περίπτωση διαπλάτυνσης της κεφαλής

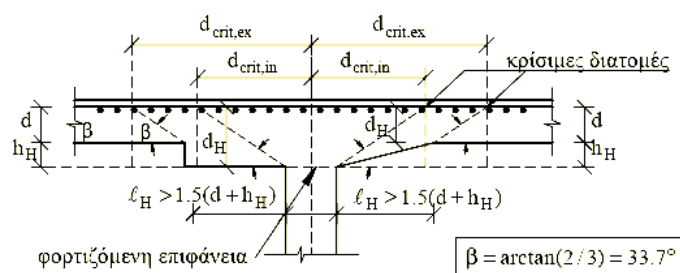


A : Βασικές περιμέτροι ελέγχου

B : Φορτιζόμενη επιφάνεια

(a)

(Σχήμα 6.18 EN1992-1-1)



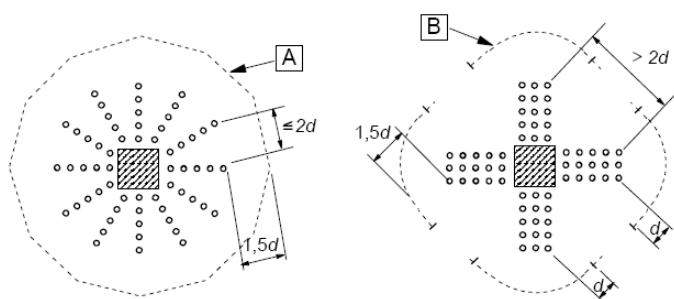
(α)

(Σχήμα Σ13.3 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 6.8: Περίπτωση διαπλάτυνσης της κεφαλής

Υπολογισμός της τέμνουσας διάτρησης	
EN 1992-1-1 : 6.4.3	ΕΚΩΣ : 13.3
<p>Πρέπει να γίνονται οι εξής έλεγχοι :</p> <p>-Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση</p> <p>$V_{Ed} < V_{Rd,max}$</p> <p>όπου</p> <p>$V_{Rd,max} = 0.5 v_f c_d$</p> <p>-Στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1 (σε απόσταση $2d$ από την παρειά του υποστυλώματος) υπολογίζουμε την αντοχή της πλάκας έναντι διάτρησης $V_{Rd,c}$ και την συγκρίνουμε με την δρώσα τάση</p> <p>(a) Όταν $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης</p> <p>(b) Όταν $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ τότε απαιτείται οπλισμός διάτρησης</p>	<p>Στην βασική περίμετρο ελέγχου υπολογίζουμε την αντοχή της πλάκας έναντι διάτρησης $V_{Rd,1}$ και την συγκρίνουμε με την δρώσα τάση v_{Sd}</p> <p>(α) Όταν $v_{Sd} \leq v_{Rd,1}$ δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης</p> <p>(β) Όταν $v_{Sd} > v_{Rd,1}$ τότε απαιτείται οπλισμός διάτρησης και γενικά ισχύει :</p> <p>$V_{Sd} \leq V_{Rd2} = 1.6 v_{Rd1}$</p> <p>$V_{Sd} \leq V_{Rd3}$</p> <p>$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \sum A_{sw} f_{yd} \sin \alpha / u$</p>
<p>Η ασκούμενη διατμητική τάση ισούται με :</p> <p>$v_{Ed} = V_{Ed} / u_i d$</p> <p>Όπου</p> <p>V_{Ed} δρώσα τέμνουσα</p> <p>u_i η εκάστοτε περίμετρος ελέγχου</p> <p>d το στατικό ύψος της πλάκας</p>	<p>Η ασκούμενη διατμητική τάση ισούται με :</p> <p>$v_{Sd} = V_{Sd} / u_i$</p> <p>Όπου</p> <p>V_{Sd} δρώσα τέμνουσα</p> <p>u_i η εκάστοτε περίμετρος</p>
<p>Όταν η αντίδραση σε μια στήριξη δρα έκκεντρα ως προς την περίμετρο ελέγχου η μέγιστη διατμητική τάση υπολογίζεται ως εξής :</p> <p>$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$</p> <p>Όπου</p> <p>$\beta$ συντελεστής εκκεντρότητας</p>	<p>Στην περίπτωση έκκεντρου φορτίου η τιμή της V_{Sd} πολλαπλασιάζεται επί ένα αυξητικό συντελεστή β:</p> <p>-για γωνιακά υποστυλώματα $\beta=1.50$</p> <p>-για περιμετρικά υποστυλώματα $\beta=1.40$</p> <p>-για εσωτερικά υποστυλώματα $\beta=1.15$ (όμοια με τον Ευρωκώδικα)</p>

<p>Ο συντελεστής β μπορεί :</p> <p>(i) να λάβει προσεγγιστικές τιμές $\beta=1.5$ για γωνιακό υποστύλωμα $\beta=1.4$ για περιμετρικό υποστύλωμα $\beta=1.15$ για εσωτερικό υποστύλωμα</p> <p>(ii) να υπολογιστεί από αναλυτικές σχέσεις</p>	
Αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό διάτμησης	
EN 1992-1-1 : 6.4.4	ΕΚΩΣ : 13.4
<p>Η αντοχή σχεδιασμού σε διάτρηση υπολογίζεται ως εξής :</p> $v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}$ <p>και</p> $v_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$ <p>όπου</p> <p>$C_{Rd,c}$ παίρνει την τιμή $0,18/\gamma_c$</p> <p>k_1 είναι $0,1$</p> <p>$k = 1 + (200/d)^{0.5}$, d σε mm</p> <p>$\rho_l = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$</p>	<p>Η αντοχή σχεδιασμού σε διάτρηση υπολογίζεται ως εξής :</p> $v_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1.20 + 40 \rho_l) \cdot d$ $\tau_{Rd} = 0.25 f_{ctd}$ $\kappa = 1.60 - d \geq 1$ $\rho_l = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{0.5}$ <p>Η v_{Rd1} μπορεί να αυξηθεί κατά $0,15 \sigma_{cp}$</p>
Αντοχή σε διάτρηση με οπλισμό διάτμησης	
EN 1992-1-1 : 6.4.5	ΕΚΩΣ : 13.4.2
<p>Ο οπλισμός διάτμησης υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:</p> $v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$	<p>Ο οπλισμός διάτμησης υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση :</p> $v_{Rd3} = v_{Rd1} + \sum A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha / u$
<p>Η περίμετρος ελέγχου πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης u_{out} υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :</p> $u_{out} = \beta V_{Ed} / (v_{Rd,c} d)$ <p>Η τελευταία σειρά οπλισμού δεν επιτρέπεται να τοποθετηθεί σε απόσταση μεγαλύτερη από $1.5d$ από την εξώτατη περίμετρο (προς το εσωτερικό της)</p> <p>Λεπτομερής απεικόνιση της περιμέτρου και της τοποθέτησης του οπλισμού στο Σχήμα 6.9</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ για περίμετρο ελέγχου πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός</p>



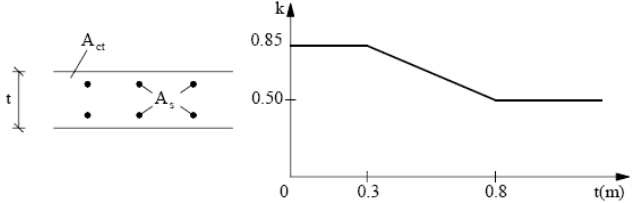
(Σχήμα 6.22 EN1992-1-1)

Σχήμα 6.9: Εξώτατη περίμετρος u_{out}

Σχεδιασμός με μοντέλα θλιπτήρων -ελκυστήρων	
EN 1992-1-1 : 6.5	ΕΚΩΣ : Παράρτημα Α
Όταν η κατανομή των παραμορφώσεων η μη γραμμική μπορεί να χρησιμοποιούνται μοντέλα θλιπτήρων –ελκυστήρων	Προτείνεται η μέθοδος θλιπτήρων –ελκυστήρων σε ειδικές περιπτώσεις όπως οι βραχείς πρόβολοι και οι υψίκορμες δοκοί
Στις παραγράφους 6.5.2 , 6.5.3 , 6.5.4 δίνονται τα στατικά μοντέλα των ελκυστήρων , θλιπτήρων και των κόμβων βάσει των οποίων γίνεται ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων	Στο παράρτημα Α δίνονται οδηγίες για τον οπλισμό όσο και την διάταξή αυτού μέσα στη διατομή των βραχέων προβόλων και των υψίκορμων δοκών
Περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση	
EN 1992-1-1 : 6.7	ΕΚΩΣ :
Σε περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση πρέπει να εξετάζεται η τοπική συντριβή του σκυροδέματος και οι εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις. Για ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο επί μιας επιφάνειας A_{c0} η ανθιστάμενη δύναμη υπολογίζεται ως εξής :	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$ <p>Οι επιφάνειες A_{c0} και A_{c1} απεικονίζονται στο Σχήμα 6.29</p>	
Εσωτερικές δυνάμεις για τον έλεγχο σε κόπωση	
EN 1992-1-1 : 6.8.2	ΕΚΩΣ :
Ο χαλαρός οπλισμός σε σχέση με τον οπλισμό προέντασης παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά σε συνάφεια. Η διαφορά αυτή λαμβάνεται υπόψη αυξάνοντας το εύρος διακύμανσης της τάσης του χαλαρού οπλισμού κατά τον παράγοντα η , ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση :	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
$\eta = \frac{A_S + A_P}{A_S + A_P \sqrt{\xi(\varphi_S/\varphi_P)}}$ <p>Η τιμή του ξ δίνεται στον Πίνακα 6.2 ενώ τα φ_S και φ_P αποτελούν τις διαμέτρους του χαλαρού οπλισμού και του χάλυβα προέντασης αντίστοιχα</p>	
Συνδυασμός δράσεων	
EN 1992-1-1 : 6.8.3	ΕΚΩΣ :
Για τον υπολογισμό του εύρους διακύμανσης των τάσεων , η δράση διαχωρίζεται σε <u>μη ανακυκλική</u> και <u>ανακυκλική</u> -Ο βασικός συνδυασμός μη-ανακυκλικών δράσεων ορίζεται ως εξής :	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
$E_d = E \{ G_{kj}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i} \} j \geq 1$	

<p>- Ο βασικός συνδυασμός για ανακυκλική δράση ορίζεται ως εξής :</p> $E_d = E \left\{ \left\{ G_{k,j}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}; Q_{fat} \right\} j \geq 1, i > 1 \right\}$	
Διαδικασίες ελέγχου κοπώσεως	
EN 1992-1-1 : 6.8.4 , 6.8.5 , 6.8.6 , 6.8.7	ΕΚΩΣ :
<p>- Διαδικασία ελέγχου για χαλαρό σπλισμό και χάλυβα προέντασης -Έλεγχος βάσει του εύρους διακύμανσης τάσεων που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο βαθμό βλάβης -Έλεγχος σκυροδέματος υπό θλίψη ή διάτμηση</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ	
Περιορισμός τάσεων	
EN 1992-1-1 : 7.2	ΕΚΩΣ : 15.3.1 , 15.4.1.2
Αν η τάση στο σκυρόδεμα υπό οιονεί μόνιμες δράσεις υπερβεί την τιμή $0.45 f_{ck}$ τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη η μη-γραμμικότητα του ερπυσμού	Αν η τάση στο σκυρόδεμα υπό οιονεί μόνιμες δράσεις υπερβεί την τιμή $0.50 f_{ck}$ τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη η μη-γραμμικότητα του ερπυσμού
Ο περιορισμός της μη ανεκτής ρηγμάτωσης επιτυγχάνεται εφόσον η εφελκυστική τάση στον οπλισμό δεν υπερβαίνει την τιμή $k_3 f_{yk}$ (όπου k_3 συνιστάται η τιμή 0.8). Όταν η τάση προέρχεται από επιβαλλόμενη παραμόρφωση, η εφελκυστική τάση δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή $k_4 f_{yk}$ (όπου k_4 συνιστάται η τιμή 1). Τέλος η μέση τάση στους τένοντες δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή $k_5 f_{pk}$ (όπου k_5 συνιστάται η τιμή 0,75)	Ο περιορισμός της μη ανεκτής ρηγμάτωσης επιτυγχάνεται εφόσον η εφελκυστική τάση στον οπλισμό δεν υπερβαίνει την τιμή $0.70 f_{yk}$ (απλοποιητικός έλεγχος). Ενώ για τους τένοντες ισχύει $\sigma_p \leq 0.65 f_{ptk}$
Περιορισμός της ρηγμάτωσης	
EN 1992-1-1 : 7.3	ΕΚΩΣ : 15.3.2
Ορίζεται ανεκτό εύρος ρωγμής, w_{max} , λαμβάνοντας υπόψη την λειτουργία και τη φύση της κατασκευής. Οι τιμές του w_{max} δίνονται στο εθνικό προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές του Ευρωκώδικα δίνονται στον Πίνακα 7.1N (ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τον συνδυασμό των δράσεων, το είδος του οπλισμού)	Ο έλεγχος για περιορισμό της ρηγμάτωσης επιτυγχάνεται όταν η τιμή του ανοίγματος των ρωγμών είναι μικρότερη από 0.3mm για οπλισμένο σκυρόδεμα και 0.2mm για προεντεταμένο σκυρόδεμα
Για στοιχεία, όπου οι τένοντες είναι όλοι χωρίς συνάφεια, ισχύουν οι απαιτήσεις για τα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για στοιχεία, όπου συνυπάρχουν τένοντες με και χωρίς συνάφεια, ισχύουν οι απαιτήσεις για τα στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα με τένοντες με συνάφεια	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για δομικά στοιχεία εκτεθειμένα σε περιβάλλον κατηγορίας XD3 λαμβάνονται ειδικά μέτρα	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός	
EN 1992-1-1 : 7.3.2	ΕΚΩΣ : 15.5
Ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (για την αποφυγή ρηγμάτωσης) για τα επιμέρους μέρη που συνθέτουν μια διατομή (πέλματα, κορμοί) υπολογίζεται ως εξής : $A_{s,min} \sigma_s = k_c k_{ct,eff} A_{ct} \quad (c)$	Ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται ως εξής : $A_s = k \cdot f_{ctm} \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$
Το k είναι ένας συντελεστής για να ληφθεί υπόψη η επιρροή των ανομοιομορφων αυτοισορροπούμενων τάσεων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι : - $k=1,0$ για κορμούς με $h \leq 300mm$ ή πέλματα με πλάτη $< 300mm$ - $k=0,65$ για κορμούς με $h \geq 800mm$ πέλματα με πλάτη $> 800mm$	Δεν αναφέρεται κάτι σχετικό στον ΕΚΩΣ

<p>Το k_c είναι ένας συντελεστής για να ληφθεί υπόψη η ανακατανομή των τάσεων εντός της διατομής αμέσως μετά την ρηγμάτωση. Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι :</p> <p>-για καθαρό εφελκυσμό $k_c = 1,0$</p> <p>-για καθαρή κάμψη ή κάμψη με ορθή δύναμη ισχύει:</p> <p>-για ορθογωνικές διατομές και κορμούς πλακοδοκών :</p> $k_c = 0,4 \cdot \left[1 - \frac{\sigma_c}{k_1(h/h^*)f_{ct,eff}} \right] \leq 1$ <p>-για πέλματα πλακοδοκών ή κιβωτιοειδών διατομών :</p> $k_c = 0,9 \frac{F_{cr}}{A_{ct}f_{ct,eff}} \geq 0,5$	<p>Το k είναι ένας συντελεστής συναρτήσει της εντατικής κατάστασης του στοιχείου :</p> <p>-$k=0,5$ για κάμψη</p> <p>-για καθαρό εφελκυσμό και ορθογωνική διατομή οι τιμές του k συναρτήσει του πάχους του στοιχείου t από το σχήμα παρακάτω</p>  <p>(Σχήμα 15.1 ΕΚΩΣ)</p>
<p>Η παρουσία τενόντων με συνάφεια που βρίσκονται στην εφελκυσόμενη ζώνη συμβάλλει στον περιορισμό της ρηγμάτωσης εντός απόστασης $\leq 150\text{mm}$. Η συμβολή αυτή λαμβάνεται υπόψη προσθέτοντας τον όρο $\xi_1 A'_p \Delta \sigma_p$ στο αριστερό μέλος της σχέσης (c)</p> <p>Όπου, $\xi_1 = \sqrt{\xi \cdot \frac{\varphi_s}{\varphi_p}}$, είναι ο ανηγμένος λόγος σε συνάφεια</p>	<p>Οι τένοντες προεντάσεως επιτρέπεται να προσμετρώνται στον ελάχιστο οπλισμό ρηγματώσεως στο εσωτερικό τετραγώνου πλευράς 300mm με κέντρο τον τένοντα</p>
<p>Σε προεντεταμένα στοιχεία, υπό τον χαρακτηριστικό συνδυασμό δράσεων και την χαρακτηριστική τιμή της προέντασης, δεν απαιτείται ελάχιστος οπλισμός όταν το σκυρόδεμα βρίσκεται υπό θλίψη ή η εφελκυστική τάση στο σκυρόδεμα είναι μικρότερη από $\sigma_{ct,p}$ (η συνιστώμενη τιμή του $\sigma_{ct,p}$ είναι $f_{ct,eff}$)</p>	<p>Δεν απαιτείται ελάχιστος οπλισμός σε θλιβόμενα στοιχεία κτιρίων (υποστυλώματα) που δεν φορτίζονται εγκαρσίως</p>
Έλεγχος ρηγμάτωσης χωρίς υπολογισμούς	
EN 1992-1-1 : 7.3.3	ΕΚΩΣ : 15.3.1.1 , 15.3.1.2 , 15.6
<p>Δεν απαιτούνται ειδικά μέτρα για τον περιορισμό της ρηγμάτωσης σε οπλισμένες ή προεντεταμένες πλάκες κτιρίων, υπό κάμψη χωρίς σημαντική εφελκυστική δύναμη, όταν το συνολικό πάχος των πλακών δεν ξεπερνά τα 200mm και έχουν τηρηθεί οι απαιτήσεις της παραγράφου 9.3</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Για τον περιορισμό της ρηγμάτωσης οφειλόμενη κυρίως σε παρεμπόδιση των παραμορφώσεων, οι διάμετροι των ράβδων δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 7.1(α) (όπου στη σχέση (c) η τάση του χάλυβα σ_s είναι η τιμή που υπολογίζεται αμέσως μετά τη ρηγμάτωση)</p>	<p>Η απαίτηση του περιορισμού της ρηγμάτωσης ικανοποιείται είτε εάν οι διάμετροι των ράβδων του οπλισμού δεν ξεπερνά τις τιμές του Πίνακα 7.1(α) είτε όταν οι αποστάσεις των ράβδων του οπλισμού δεν ξεπερνούν τις τιμές του Πίνακα 7.2(α) (οι τιμές αυτές ισχύουν για τις ράβδους που βρίσκονται στις</p>
<p>Για τον περιορισμό της ρηγμάτωσης οφειλόμενη κυρίως σε φορτία τηρούνται</p>	

είτε οι απαιτήσεις του Πίνακα 7.1(a) (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές των διαμέτρων των ράβδων) είτε του Πίνακα 7.2(a) (μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις των ράβδων)	εφελκυστικές περιοχές δομικών στοιχείων ,τα οποία καταπονούνται από κάμψη ή έκκεντρη θλίψη)
Σχετικά με την προένταση πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος , όπου ο περιορισμός της ρηγμάτωσης εξασφαλίζεται κυρίως με τένοντες με άμεση συνάφεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι Πίνακες 7.1(a) και 7.2(a) του Ευρωκώδικα (η τάση σ_s είναι ίση προς την συνολική τάση μείον την προένταση) . Ενώ για προεντεταμένο μετά την σκλήρυνση σκυρόδεμα ,όπου ο περιορισμός της ρηγμάτωσης εξασφαλίζεται κυρίως με συνήθη οπλισμό , οι πίνακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνεκτιμώντας την επιρροή της προέντασης στην υπολογιζόμενη για τον οπλισμό αυτόν τάση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η επιλογή της μέγιστης ανεκτής διαμέτρου από τον Πίνακα 7.1(a) γίνεται με βάση 2 κριτήρια : -την τάση του χάλυβα σ_s (οι τιμές των τάσεων που δίνονται στο Πίνακα διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του Πίνακα 7.1(a) του ΕΚΩΣ) -το εύρος της ρωγμής ,η οποία ενδέχεται να εμφανιστεί	Η επιλογή της μέγιστης ανεκτής διαμέτρου από τον Πίνακα 7.1(a) γίνεται με βάση 2 κριτήρια : -την τάση του χάλυβα σ_s (οι τιμές των τάσεων που δίνονται στο Πίνακα διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του Πίνακα 7.1(a) του Ευρωκώδικα) -η κατηγορία συνθηκών του περιβάλλοντος
Η επιλογή της μέγιστης απόστασης των ράβδων από τον Πίνακα 7.2(a) γίνεται με βάση 2 κριτήρια : -την τάση του χάλυβα σ_s (οι τιμές των τάσεων που δίνονται στο Πίνακα διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του Πίνακα 7.2(a) του ΕΚΩΣ) -το εύρος της ρωγμής ,η οποία ενδέχεται να εμφανιστεί	Η επιλογή της μέγιστης απόστασης των ράβδων από τον Πίνακα 7.2(a) γίνεται με βάση 2 κριτήρια : -την τάση του χάλυβα σ_s (οι τιμές των τάσεων που δίνονται στο Πίνακα διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτές του Πίνακα 7.2(a) του Ευρωκώδικα) -η κατηγορία συνθηκών του περιβάλλοντος
Η μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος ράβδων πρέπει να τροποποιείται ως εξής: -Στην περίπτωση κάμψης (τμήμα της διατομής βρίσκεται υπό θλίψη) : $\varphi_s = \varphi_s^* (f_{ct,eff} / 2,9) \frac{k_{cr} h_{cr}}{2(h-d)}$ -Στην περίπτωση του εφελκυσμού (ομοιόμορφος αξονικός εφελκυσμός) : $\varphi_s = \varphi_s^* (f_{ct,eff} / 2,9) \frac{h_{cr}}{8(h-d)}$	Η μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος δεν δέχεται περαιτέρω τροποποιήσεις

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]		
	w _k = 0,4 mm	w _k = 0,3 mm	w _k = 0,2 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	-

(a)

(Σχήμα 7.2N EN2-1-1)

Πίνακας 7.1 : Μέγιστες διαμέτροι ράβδων για περιορισμό της ρηγματώσεως

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]	
	Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος 1,2	Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος 3,4
160	36	28
200	36	20
240	28	16
280	25	12
350	16	8
400	10	6
450	6	-

(α)

(Σχήμα 15.1 ΕΚΩΣ)

Τάση χάλυβα ² [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	-

(a)

(Σχήμα 7.3N EN2-1-1)

Πίνακας 7.2 : Μέγιστη απόσταση ράβδων για περιορισμό της ρηγματώσεως

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη απόσταση ράβδων [mm]	
	Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος 1,2	Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος 3,4
160	250	250
200	250	200
240	250	150
280	200	100
350	150	70

(α)

(Σχήμα 15.2 ΕΚΩΣ)

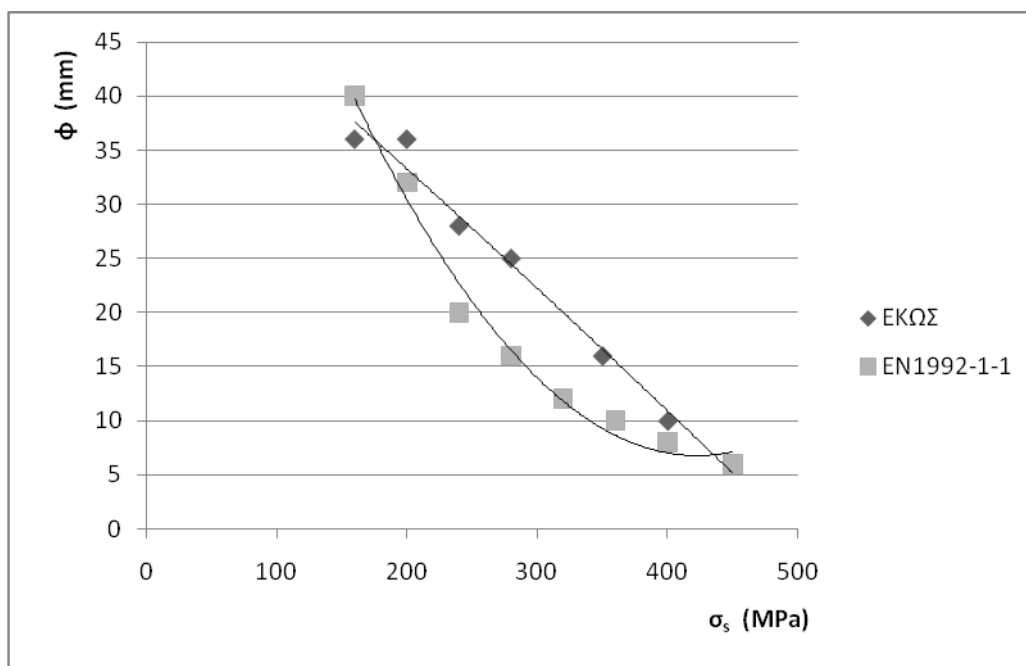
Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις δοκούς συνολικού ύψους 1000mm ή περισσότερο, στις οποίες ο κύριος οπλισμός συγκεντρώνεται σε μικρό μόνο ποσοστό του ύψους της διατομής. Σε αυτή την περίπτωση τοποθετείται πρόσθετος επιδερμικός οπλισμός για τον περιορισμό της ρηγματώσεως στις πλευρικές παρειές της διατομής. Το εμβαδόν του οπλισμού αυτού πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο της τιμής που προκύπτει από την σχέση :

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

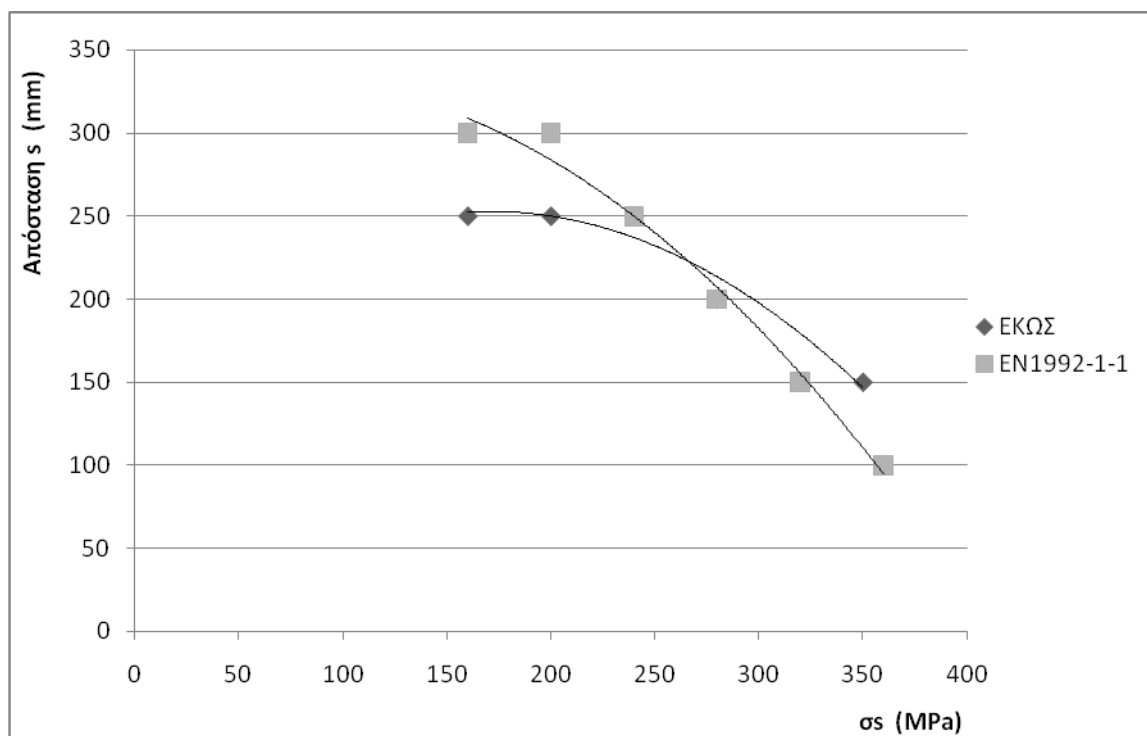
όπου $k=0,5$ και $\sigma_s=f_{yk}$

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα μεταξύ της στάθμης του εφελκυσμένου οπλισμού και του ουδέτερου άξονα και να βρίσκεται εντός των συνδετήρων

Σε περίπτωση που το τελικό ελάχιστο πάχος επικάλυψης σκυροδέματος είναι >50mm επιβάλλεται η χρήση πρόσθετου επιδερμικού οπλισμού. Ο επιδερμικός οπλισμός αποτελείται από πλέγματα ή λεπτούς ράβδους υψηλής συνάφειας ενώ το απαιτούμενο εμβαδό $A_{s,surf}$ είναι μεγαλύτερο από $0.01A_{ct,ext}$, όπου $A_{ct,ext}$ είναι το εμβαδό της εφελκυσμένης επικάλυψης του σκυροδέματος του σκυροδέματος

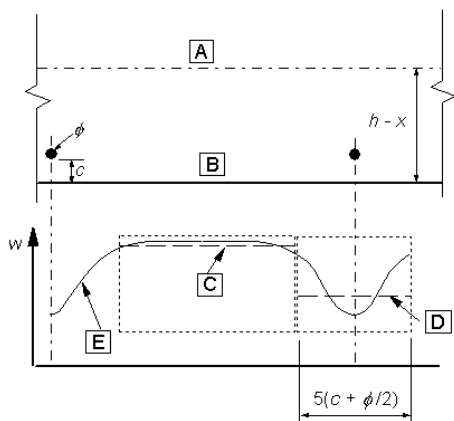


Σχήμα 7.1 : Συγκριτικό διάγραμμα μέγιστων επιτρεπόμενων διαμέτρων ράβδων για περιορισμό της ρηγμάτωσης



Σχήμα 7.2 : Συγκριτικό διάγραμμα μέγιστων επιτρεπόμενων αποστάσεων s ράβδων για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Υπολογισμός του εύρους της ρωγμής	
EN 1992-1-1 : 7.3.4	ΕΚΩΣ :
<p>Το εύρος της ρωγμής, w_k, υπολογίζεται ως εξής :</p> $w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ <p>όπου $s_{r,max}$ η μέγιστη απόσταση των ρωγμών</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η διαφορά $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ υπολογίζεται ως εξής :</p> $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$ <p>όπου</p> $\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 A'_p) / A_{c,eff}$ <p>και</p> <p>$k_t = 0,6$ για βραχυχρόνια φόρτιση</p> <p>$k_t = 0,4$ για μακροχρόνια φόρτιση</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η μέγιστη τελική απόσταση των ρωγμών στην περίπτωση που ο σπλισμός είναι τοποθετημένος σε μικρές αποστάσεις μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :</p> $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$ <p>(στην περίπτωση δέσμης ράβδων χρησιμοποιείται ισοδύναμη διάμετρος)</p> <p>Τέλος δίνεται απεικόνιση του εύρους της ρωγμής, w, συναρτήσει της απόστασης από τη ράβδο στο Σχήμα 7.3</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



- A** - Ουδέτερος άξονας **D** - Απόσταση ρωγμών
B - Εφελκόμενη παρειά του σκυροδέματος **E** - Πραγματικό εύρος ρωγμής
C - Απόσταση ρωγμών βάσει

(Σχήμα 7.2 EN2-1-1)

Σχήμα 7.2 : Εύρος ρωγμής, w , στην επιφάνεια του σκυροδέματος

<p>Όταν η απόσταση του οπλισμού με συνάφεια υπερβαίνει την τιμή $5(c+\varphi/2)$ ή όπου δεν υπάρχει οπλισμός με συνάφεια εντός της εφελκυσμένης ζώνης ισχύει η παρακάτω σχέση :</p> $s_{r,max} = 1,3(h-x)$	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Σε περίπτωση που η γωνία μεταξύ των αξόνων των κυρίων τάσεων και της διεύθυνσης του οπλισμού, για στοιχεία με οπλισμό σε δύο διευθύνσεις, είναι $>15^\circ$, τότε η απόσταση των ρωγμών υπολογίζεται από τη σχέση :</p> $s_{r,max} = \frac{1}{\frac{\cos\theta}{s_{r,max,y}} + \frac{\sin\theta}{s_{r,max,z}}}$	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Σε τοιχώματα που υπόκεινται σε πρόωρη θερμική συστολή, όταν το εμβαδό του οριζόντιου οπλισμού A_s δεν πληροί τις απαιτήσεις της παραγράφου 7.3.2 και στο κάτω μέρος του τοιχώματος παρεμποδίζεται η παραμόρφωση λόγω της ύπαρξης μιας βάσης που έχει σκυροδετηθεί σε προηγούμενη φάση, τότε :</p> $s_{r,max} = 1,3h$ <p>όπου h το ύψος του τοιχώματος</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Περιπτώσεις απαλλαγής από τον έλεγχο βελών κάμψης</p>	
<p>ΕΝ 1992-1-1 : 7.4.2</p>	<p>ΕΚΩΣ : 16.2</p>
<p>Όταν δομικά στοιχεία όπως δοκοί ή πλάκες έχουν σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να πληρούνται τα όρια του λόγου άνοιγμα/ύψος, τότε δεν απαιτείται έλεγχος των βελών. Τα όρια αυτά υπολογίζονται ως εξής :</p> $\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho} + 3,2\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_o}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right], \rho \leq \rho_o$ $\frac{l}{d} = K \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_o}} \right], \rho > \rho_o$ <p>Οι παραπάνω σχέσεις προέκυψαν με την παραδοχή ότι η τάση του χάλυβα σε μια ρηγματωμένη διατομή στο κέντρο ενός ανοίγματος μιας δοκού ή πλάκας είναι 310MPa (αντιστοιχεί περίπου στην τάση διαρροής του χάλυβα). Όταν χρησιμοποιούνται άλλες στάθμες, οι τιμές που προκύπτουν από τις παραπάνω σχέσεις πρέπει να πολλαπλασιάζονται με τον λόγο $310/\sigma_s$. Με την παραδοχή ότι :</p> $310/\sigma_s = 500 / \left(\frac{f_{yk} A_{s,req}}{A_{s,prov}} \right)$	<p>Ο έλεγχος των βελών κάμψης δεν είναι απαραίτητος εφόσον τηρούνται τα όρια καμπτικής λυγηρότητας $\alpha \cdot l / d$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -αμφιέριστες ή τετραέριστες πλάκες με λόγο $\alpha \cdot l / d$ μικρότερο ή ίσο με 30 -για πλάκες με σώματα πλήρωσης ή με νευρώσεις το αντίστοιχο όριο είναι 25 -δοκοί με λόγο $\alpha \cdot l / d$ μικρότερο ή ίσο με 20 -δοκοί και πλάκες που φέρουν ευαίσθητα διαχωριστικά με λόγο $(\alpha \cdot l)^2 / d$ μικρότερο ή ίσο με 150

Ο συντελεστής K εξαρτάται από το δομικό σύστημα και η τιμή του δίνεται στο Εθνικό Προσάρτημα. Οι προτεινόμενες τιμές βρίσκονται στον Πίνακα 7.3(α).	Ο συντελεστής α αποτελεί το λόγο ιδεατού και θεωρητικού μήκους, ενώ οι τιμές του δίνονται στον Πίνακα 7.3(α)
---	--

Δομικό σύστημα	K
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,0
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	1,3
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	1,2
Πρόβολος	0,4

(α)

(Σχήμα 7.4N EN2-1-1)

Πίνακας 7.3 : Συντελεστής για τον βασικό λόγο ανοίγματος προς στατικό ύψος

Δομικό σύστημα	K
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1.0
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	0.8
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	0.6
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	-
Πρόβολος	2.4

(α)

(Σχήμα 16.2 ΕΚΩΣ)

Σε πέλματα ,όπου ο λόγος του πλάτους του πέλματος προς το πάχος του κορμού υπερβαίνει το 3, οι τιμές του l/d που προκύπτουν από τις παραπάνω σχέσεις πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 0,8	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στην περίπτωση δοκών ή πλακών με ανοίγματα πάνω από 7 m,που φέρουν διαχωριστικά ευαίσθητα σε βλάβες από υπερβολική βύθιση, ο λόγος l/d πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί 7/l _{eff}	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Σε μυκητοειδείς πλάκες με άνοιγμα άνω των 8,5m, οι οποίες φέρουν διαχωριστικά ευαίσθητα σε βλάβες από υπερβολική βύθιση , ο λόγος l/d πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί 8.5/l _{eff}	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων	
EN 1992-1-1 : 7.4.3	ΕΚΩΣ : Παράρτημα Δ
<p>Στην περίπτωση μερικής ρηγμάτωσης ή κάμψης ενός δομικού στοιχείου το μέγεθος της παραμόρφωσης υπολογίζεται ως εξής :</p> $\alpha = \zeta\alpha_{ } + (1 - \zeta)\alpha_{\perp}$ <p>Όπου :</p> <ul style="list-style-type: none"> - α το θεωρούμενο μέγεθος παραμόρφωσης π.χ. η ανηγμένη παραμόρφωση, καμπυλότητα ,στροφή - $\alpha_{ }$ και α_{\perp} είναι οι τιμές του α για αρηγμάτωση και ρηγματωμένη κατάσταση αντίστοιχα -είναι συντελεστής κατανομής και δίνεται από τη σχέση (7.19) - β=1,0 για βραχυχρόνιο φορτίο 	Όμοια με την υπολογιστική μέθοδος του Ευρωκώδικα

β=0,5 για μακροχρόνια φορτία ή για πολλούς κύκλους φόρτισης	
<p>Οι καμπυλότητες λόγω συστολής ξήρανσης υπολογίζονται ως εξής :</p> $\frac{1}{r_{cs}} = \varepsilon_{cs} \alpha_e \frac{S}{I}$ <p>Όπου :</p> $\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	<p>Οι καμπυλότητες λόγω συστολής ξήρανσης υπολογίζονται ως εξής :</p> $\frac{1}{r_{cs}} = \xi \varepsilon_{cs} / d$ $\xi = (1 - \rho' / \rho)$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

Επιτρεπόμενες διαμέτροι τυμπάνου για καμπυλούμενες ράβδους

EN 1992-1-1 : 8.3

Η ελάχιστη επιτρεπτή διάμετρος τυμπάνου προς αποφυγή της ρηγμάτωσης προκύπτει από τον Πίνακα 8.1N. Στον Πίνακα κριτήρια επιλογής της κατάλληλης τιμής αποτελούν η διάμετρος της ράβδου αλλά και η “μορφή” της συγκόλλησης

ΕΚΩΣ : 17.2.3.1 , 17.6.1

Η ελάχιστη επιτρεπτή διάμετρος τυμπάνου καμπύλωσης του οπλισμού προκύπτει από τους Πίνακες 17.1 και 17.2. Κριτήρια διαχωρισμού στον Πίνακα 17.1 για την καμπύλωση ράβδων , αγκίστρων, αναβολέων κλπ αποτελούν η διάμετρος των ράβδων , η κατηγορία του χάλυβα , το πάχος της επικάλυψης αλλά και η απόσταση των αξόνων των ράβδων. Ενώ στον Πίνακα 17.2 κριτήριο επιλογής της κατάλληλης τιμής αποτελεί η “μορφή” της συγκόλλησης

Διάμετρος ράβδου	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου για καμπυλώσεις, αγκίστρα και βρόχους ράβδων και συρμάτων
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 \varnothing
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 \varnothing

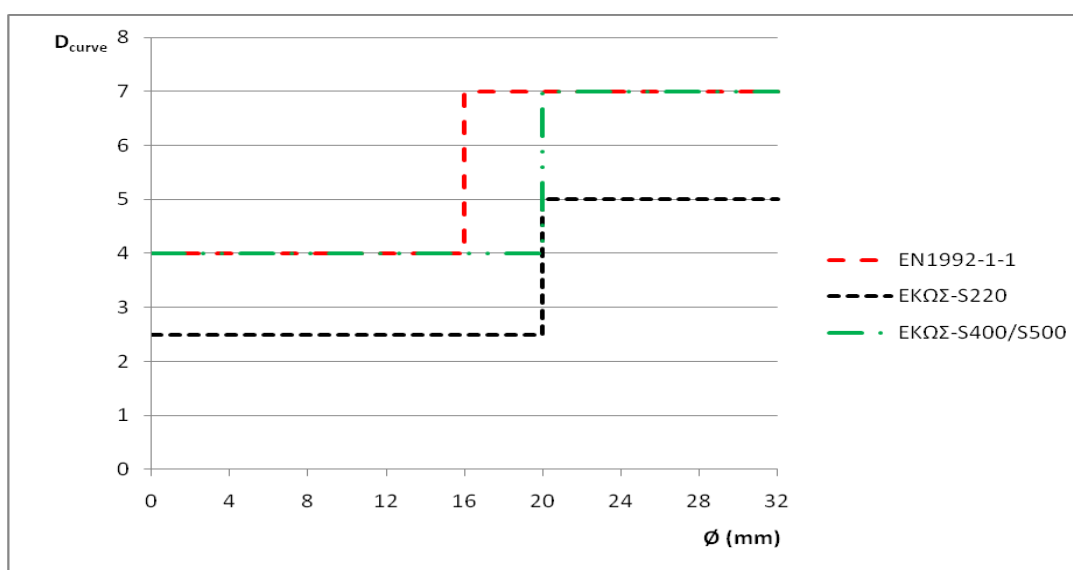
(Πίνακας 8.1N a) EN1992-1-1)

Διάμετρος ράβδου	Άγκιστρα	
	S220	S400 , S500
$\varnothing < 20 \text{ mm}$	2.5 \varnothing	4 \varnothing
$\varnothing \geq 20 \text{ mm}$	5.0 \varnothing	7 \varnothing

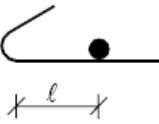
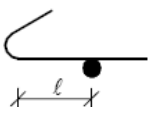
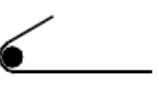
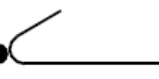
	S220	S400,S500
a>100mm και b>7 \varnothing	10 \varnothing	10 \varnothing
a>50mm και b>3 \varnothing	10 \varnothing	15 \varnothing
a≤50mm ή b≤3 \varnothing	15 \varnothing	20 \varnothing
a : η επικάλυψη του σκυροδέματος και b : η απόσταση μεταξύ των αξόνων των ράβδων		

(Πίνακας 17.1 ΕΚΩΣ)

Πίνακας 8.1 : Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης ράβδου



Διάγραμμα 8.1 : Σύγκριση τιμών ελάχιστης διαμέτρου καμπύλωσης D_{curve}

Θέση συγκολλητού οπλισμού	EN 1992-1-1	ΕΚΩΣ
	5 ϕ για οποιαδήποτε τιμή του l	$l < 4\phi : 20\phi$ $l \geq 4\phi$: Ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 17.1
	$l \geq 3\phi : 5\phi$ $l < 3\phi : 20\phi$ <u>Προσοχή</u> : το μήκος l μετράται από το άκρο της ράβδου και όχι από το κέντρο	$l < 4\phi : 20\phi$ $l \geq 4\phi$: Ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 17.1
	5 ϕ	20 ϕ
	20 ϕ	20 ϕ

Πίνακας 8.2 : Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης D_{curve} για συγκολλητούς οπλισμούς

Υποσημείωση : Οι τιμές στην περίπτωση του Ευρωκώδικα προκύπτουν από τον Πίνακα 8.1Ν b) ενώ στην περίπτωση του ΕΚΩΣ από τον Πίνακα 17.2

<p>Η διάμετρος του τυμπάνου δεν χρειάζεται να ελεγχθεί έναντι αστοχίας του σκυροδέματος εφόσον ισχύουν τα παρακάτω :</p> <ul style="list-style-type: none"> -η αγκύρωση της ράβδου δεν απαιτεί μεγαλύτερο μήκος από 5ϕ πέραν του άκρου της καμπύλωσης -η ράβδος δεν είναι τοποθετημένη επιφανειακά και υπάρχει μια ράβδος με διάμετρο $\geq \phi$ εντός του καμπύλου μήκους -η διάμετρος τυμπάνου είναι τουλάχιστον ίση με τις συνιστώμενες τιμές των Πινάκων 8.1Νa) και b). <p>Τα κριτήρια διάκρισης στους Πίνακες 8.1Νa) και Π1 αποτελούν η διάμετρος της ράβδου υπό καμπύλωση και η θέση της συγκολλησίμης ράβδου αντίστοιχα</p>	<p>Η διάμετρος του τυμπάνου δεν χρειάζεται να ελεγχθεί έναντι αστοχίας του σκυροδέματος εφόσον είναι τουλάχιστον ίση με τις συνιστώμενες τιμές των Πινάκων 17.1(ΕΚΩΣ) και 17.2(ΕΚΩΣ) .</p> <p>Στον Πίνακα 17.1(ΕΚΩΣ) η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος καμπύλωσης προκύπτει συναρτήσει :</p> <ul style="list-style-type: none"> -της διαμέτρου ϕ της υπό καμπύλωση ράβδου -του πάχους της επικάλυψης κάθετη στον οπλισμό -και της απόστασης των αξόνων των ράβδων <p>Ενώ στον Πίνακα 17.2 συναρτήσει :</p> <ul style="list-style-type: none"> -της θέσης του συγκολλησίμου οπλισμού
<p>Σε περίπτωση που δεν ισχύουν τα παραπάνω η διάμετρος τυμπάνου $\phi_{m,min}$ πρέπει να αυξηθεί σύμφωνα με την ανίσωση :</p> $\phi_{m,min} \geq F_{bt} \cdot ((1/a_b) + 1/(2\phi)) / f_{cd}$ <p>Όπου F_{bt} η εφελκυστική δύναμη υπό τα φορτία αστοχίας και a_b είναι το <u>ήμισυ της απόστασης από κέντρο σε κέντρο μεταξύ των ράβδων κάθετα στο επίπεδο της καμπύλωσης</u>. Το a_b μπορεί να λαμβάνεται ίσο με την <u>επικάλυψη</u> $+ \phi/2$</p>	<p>Όπως προαναφέρθηκε, η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος καμπύλωσης επηρεάζεται άμεσα από την μορφή της διάταξης των ράβδων μέσα στην διατομή, την απόσταση των αξόνων των ράβδων και την απόσταση από την εξωτερική παρειά της διατομής όπως παρατηρείται στον Πίνακα 17.1(ΕΚΩΣ)</p> <p>Ειδικότερα στην περίπτωση αναβολών οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ελκυστήρες η ελάχιστη διάμετρος D υπολογίζεται ως εξής :</p> $\frac{D}{\phi} = \left(0.5 + \frac{\phi}{e} \right) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$

Όπου \emptyset η διάμετρος της ράβδου και e η απόσταση μεταξύ των στρώσεων των αναβολιών ή η εγκάρσια επικάλυψη σκυροδέματος των εξωτερικών στρώσεων.

Για την παραλαβή του εγκάρσιου οπλισμού απαιτείται η τοποθέτηση εγκάρσιων οπλισμών τουλάχιστον $2\emptyset 6$, εκτός εάν παραλαμβάνεται με εγκάρσια θλίψη

Εφαρμογή 8.1 : Υπολογισμός ελάχιστης διαμέτρου καμπύλωσης D_{curve}

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι τα εξής :

- Καμπύλη αγκύρωση
- Χάλυβας κατηγορίας B500
- Σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25
- Διάμετρος της ράβδου είναι $18mm$
- Η επικάλυψη παίρνει την τιμή $c=1,5\emptyset=27mm$
- Η απόσταση των αξόνων των ράβδων είναι $2\emptyset=36mm$

- Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα ισχύει :

$$\emptyset_{m,min} = \frac{\pi \emptyset^2}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \cdot \left[\frac{1}{c+\emptyset/2} + \frac{1}{2\emptyset} \right] = \frac{\pi \emptyset}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{3.14 \cdot \emptyset}{4} \cdot \frac{\frac{500}{1.15}}{\frac{20}{1.5}} = 25.6\emptyset \approx 26\emptyset$$

((8.1) §8.3 EC2)

- Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΚΩΣ για την ελάχιστη διάμετρο ισχύει :
 $D_{curve,min}=20\emptyset$, εφόσον $a=27mm \leq 50mm$ και χάλυβας κατηγορίας B400

(Πίν.17.1 §17.2.3.1 ΕΚΩΣ)

- Στην περίπτωση αναβολών που χρησιμοποιούνται ως ελκυστήρες ισχύει :

$$D_{curve,min} = \emptyset \cdot \left[0.5 + \frac{\emptyset}{e} \right] \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \emptyset \left[0.5 + \frac{\emptyset}{1.5\emptyset} \right] \frac{\frac{500}{1.15}}{\frac{20}{1.5}} = \emptyset \cdot 1.17 \cdot 32.61 = 38.15\emptyset$$

((17.3) §17.6.1 ΕΚΩΣ)

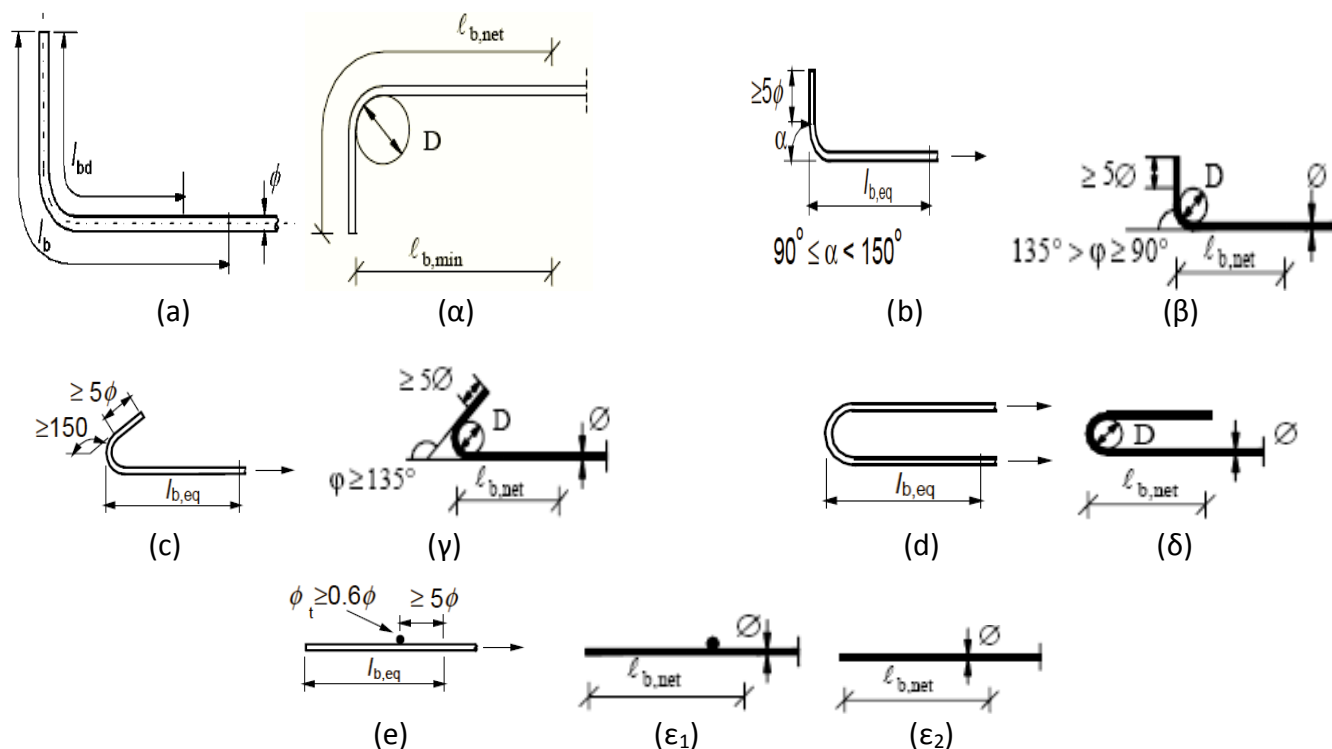
Αγκύρωση διαμήκων ράβδων

EN 1992-1-1 : 8.4

Η αγκύρωση του οπλισμού είναι απαραίτητη για την ασφαλή μεταβίβαση των δυνάμεων συνάφειας στο σκυρόδεμα χωρίς την εμφάνιση ρηγματώσεως. Οι μέθοδοι αγκύρωσης δίνονται παρακάτω

ΕΚΩΣ : 17.6.1 , 17.6.2 , 17.6.3

Για την αποφυγή ρηγματώσεων απαιτείται η αγκύρωση των οπλισμών. Η κατάλληλη μορφή αγκύρωσης για κάθε περίπτωση δίνεται παρακάτω



Σχήμα 8.1: Τύποι αγκυρώσεων και γεωμετρικές απαιτήσεις

Σχόλιο: Τα σχήματα (a) , (b) , (c) , (d) , (e) απεικονίζουν τις απαιτήσεις του Ευρωκώδικα και προκύπτουν από το Σχήμα 8.1 του σχετικού Κανονισμού. Ενώ τα (α) , (β) , (γ) , (δ) , (ε1) , (ε2) σχετίζονται με το Σχήμα 17.1 του ΕΚΩΣ

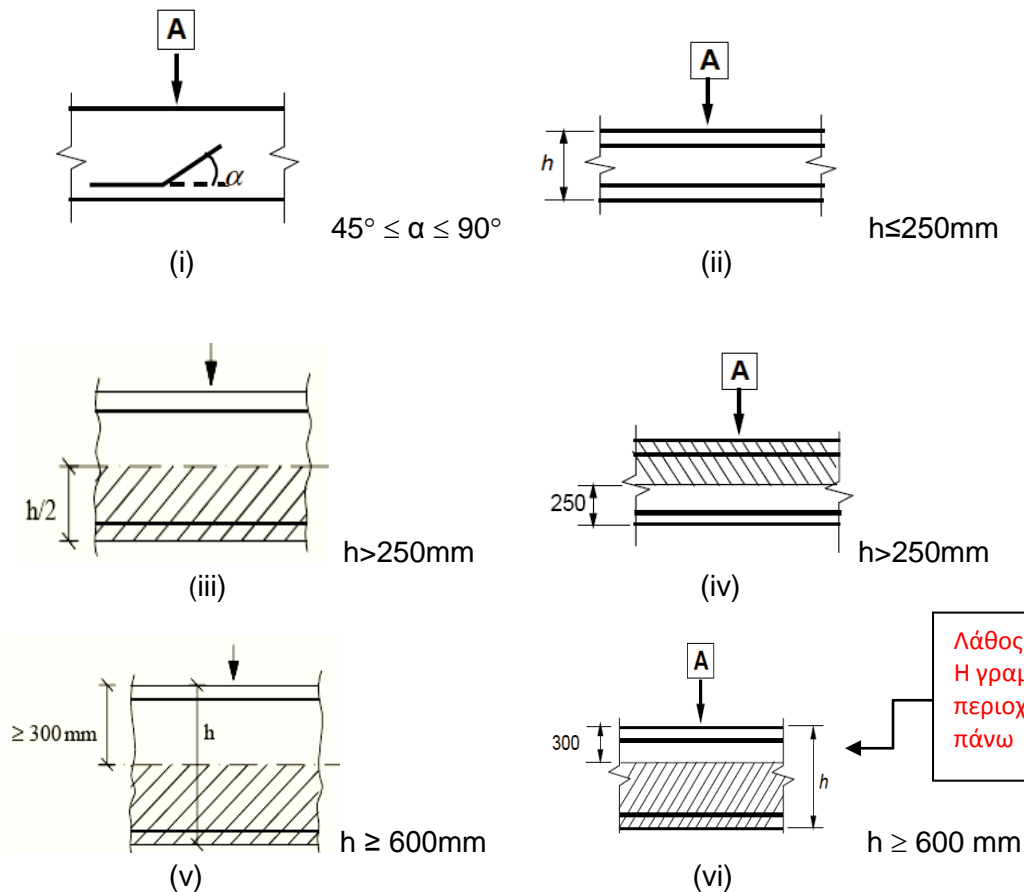
Οριακή τάση συνάφειας	
EN 1992-1-1 : 8.4.2	ΕΚΩΣ : 17.5
<p>Η οριακή τάση συνάφειας σχεδιασμού f_{bd} για ράβδους με νευρώσεις είναι ίση με :</p> <p>$f_{bd}=2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$</p> <p>- η_1 είναι συντελεστής που έχει σχέση με την ποιότητα των συνθηκών συνάφειας και τη θέση της ράβδου κατά την σκυροδέτηση. Συγκεκριμένα :</p> <p>$\eta_1 = 1,0$ για ευνοϊκές συνθήκες</p> <p>$\eta_1 = 0,7$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις και για ράβδους σε δομικά στοιχεία κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλότυπους</p> <p>- η_2 σχετίζεται με την διάμετρο των ράβδων :</p> <p>$\eta_2 = 1,0$ για $\phi \leq 32\text{mm}$</p> <p>$\eta_2 = (132-\phi)/100$ για $\phi > 32\text{mm}$</p> <p>- $f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0,05} / \gamma_c$</p>	<p>Η οριακή τάση συνάφειας για ράβδους υψηλής συνάφειας είναι :</p> <p>$f_{bd}=2,25 \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c$</p> <p>Γίνεται αναφορά και σε λείες ράβδους αλλά οι διατάξεις του Ευρωκώδικα δεν επιτρέπουν την χρήση χάλυβα χωρίς νευρώσεις</p>
Δεν αναφέρεται κάτι σχετικό στον Ευρωκώδικα	Η ανάπτυξη και μεταβίβαση των τάσεων συνάφειας ικανοποιείται με ελάχιστη επικάλυψη $\phi+10\text{mm}$ ή 20mm

Το βασικό μήκος αγκύρωσης στον Ευρωκώδικα
συμβολίζεται ως $l_{b,reqd}$ ή l_b
και υπολογίζεται ως εξής :
 $l_{b,reqd} = (\sigma/f_{bd}) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd})$

Το βασικό μήκος αγκύρωσης στον ΕΚΩΣ
είναι ίσο με :

$$l_b = \frac{\sigma f_{yd}}{4 f_{bd}}$$

Το βασικό μήκος αγκύρωσης l_b είναι το μήκος
αγκύρωσης τύπου 1 του Σχήμα 8.1 (ε2)



Τα σχήματα :

- (i) και (ii) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας (ικανοποιούν τόσο τις διατάξεις του ΕΚΩΣ όσο και του Ευρωκώδικα)
- (iii) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας μόνο για τη διαγραμμισμένη περιοχή σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚΩΣ
- (iv) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας για την μη διαγραμμισμένη περιοχή σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα
- (v) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας μόνο για τη διαγραμμισμένη περιοχή σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚΩΣ
- (vi) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας για την μη διαγραμμισμένη περιοχή σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα

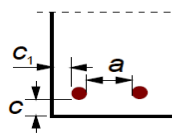
Σχήμα 8.2 : Συνθήκες συνάφειας

Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού	
EN 1992-1-1 : 8.4.4	ΕΚΩΣ : 17.6.3
<p>Το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, l_{bd} υπολογίζεται ως εξής :</p> $l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req} \geq l_{b,min}$ <p>τα α_i είναι συντελεστές που δίνονται στον Πίνακα 8.3. Σύμφωνα με τον Πίνακα το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού εξαρτάται από τη μορφή των ράβδων, τον τύπο αγκύρωσης, την επικάλυψη του σκυροδέματος και το είδος της περίσφιξης</p>	<p>Στον ΕΚΩΣ δεν γίνεται λόγος ούτε για το μήκος σχεδιασμού ούτε για ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης του Ευρωκώδικα. Δίνεται όμως το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{b,net}$, το οποίο υπολογίζεται ως εξής :</p> $l_{b,net} = \alpha \cdot l_b (A_{s,req} / A_{s,prov}) \geq l_{b,min}$ <p>όπου :</p> <p>$\alpha=1$ για ευθύγρ. αγκύρωση υπό θλίψη ή εφελκυσμό $\alpha=0.7$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό εφελκυσμό $\alpha=1$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό θλίψη $\alpha=0.7$ για ευθύγραμμη αγκύρωση με εγκάρσια συγκολλημένη ράβδο</p> <p>Το $l_{b,net}$ είναι εν' γενέει ευθύγραμμο, στην περίπτωση όμως καμπύλων αγκυρώσεων επιτρέπεται να συνυπολογίζεται σε αυτό τόσο το καμπύλο τμήμα όσο και το ευθύγραμμο τμήμα πέραν αυτού (Σχήμα 8.1(α)).</p> <p>Παρατηρείται ότι το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης εξαρτάται από τον τύπο αγκύρωσης όπως και από τον λόγο του απαιτούμενου προς τον διατεθειμένο οπλισμό</p>
<p>Αντί του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά το ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης $l_{b,eq}$ ως εξής :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\alpha_1 l_{b,req}$ για τις μορφές ράβδων των Σχημάτων 8.1b, 8.1c, 8.1d - $\alpha_4 l_{b,req}$ για τη μορφή ράβδου του Σχήματος 8.1e <p>Παρατηρείται ότι το ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης εξαρτάται είτε από τη μορφή των ράβδων (σύμφωνα με τον συντελεστή α_1) είτε από την περίσφιξη (σύμφωνα με τον συντελεστή α_4)</p>	

Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
		Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1=1,0$	$\alpha_1=1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα 8.1 (b), (c) και (d))	$\alpha_1=0,7$ εάν $c_d > 3\varnothing$ αλλιώς $\alpha_1=1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_1=1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	Ευθύγραμμη	$\alpha_2=1 - 0,15 \cdot (c_d - \varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2=1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα 8.1 (b), (c) και (d))	$\alpha_2=1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_2=1,0$
Περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_3=1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3=1,0$
Περίσφιξη με συγκολλημένο εγκάρσιο οπλισμό*	Όλοι οι τύποι, η θέση και το μέγεθος όπως καθορίζεται στο Σχήμα 8.1 (e)	$\alpha_4=0,7$	$\alpha_4=0,7$
Περίσφιξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$\alpha_5=1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-

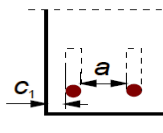
Σημείωση : $\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$, όπου $\Sigma A_{st,min} = 0.25 A_s$

Πίνακας 8.3 (EN1992-1-1) : Τιμές των συντελεστών α_1 , α_2 , α_3 , α_4 και α_5



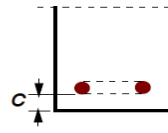
a) Ευθύγραμμες ράβδοι

$$c_d = \min (a/2, c_1, c)$$



b) Καμπτόμενες ράβδοι ή άγκιστρα

$$c_d = \min (a/2, c_1)$$

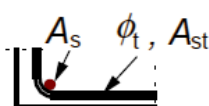


c) Βρόχοι

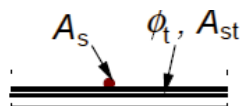
$$c_d = c$$

(Σχήμα 8.3 EN1992-1-1)

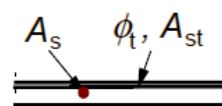
Σχήμα 8.3 : Τιμές του c_d για δοκούς και πλάκες



K=0.1



K=0.05



K=0

(Σχήμα 8.4 EN1992-1-1)

Σχήμα 8.4: Τιμές του K για δοκούς και πλάκες

Εφαρμογή 8.2 : Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού

Δεχόμαστε ότι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B500, η ράβδος έχει διάμετρο 18mm και βρίσκεται υπό εφελκυσμό
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- ευθύγραμμη αγκύρωση με εγκάρσια συγκολλημένη ράβδο
- ο λόγος $A_{s,req}/A_{s,prov}$ ισούται με 1/ 1.30
- το ύψος της διατομής είναι 250mm

- Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα :

Το ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης υπολογίζεται από την σχέση

$$l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$$

((8.4) §8.4.4 EC2)

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/(2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}))$$

((8.3) §8.4.3 EC2)

-καθώς $h=250mm$ το η_1 παίρνει την τιμή 1.0

(§8.4.2 EC2)

-ο συντελεστής $\eta_2=1.0$ εφόσον $\phi < 32mm$

(§8.4.2 EC2)

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0.05}/\gamma_c$$

((3.16) §3.1.6 EC2)

Η συνιστώμενη τιμή του συντελεστή α_{ct} είναι 1.0

(§3.1.6 EC2)

$$f_{ctk,0.05} = 1.5MPa \text{ σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 του EN1992-1-1}$$

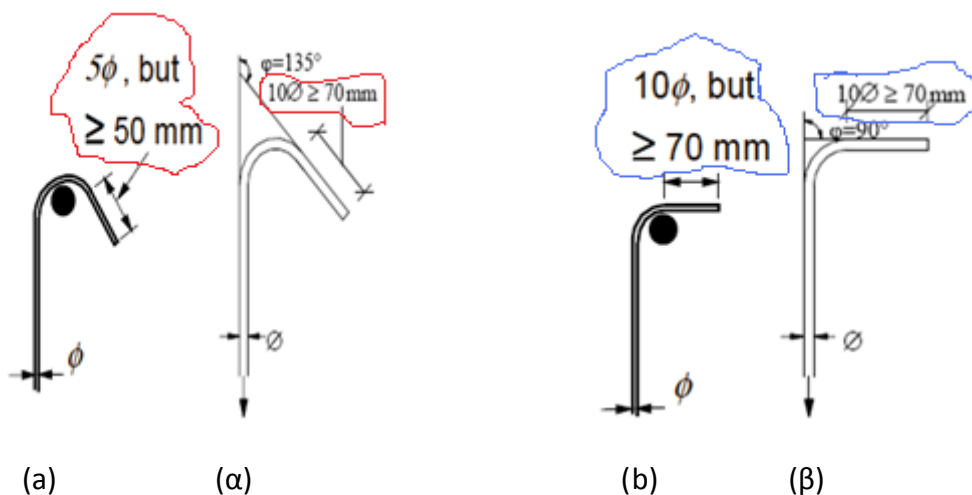
(Πιν. 3.1 EC2)

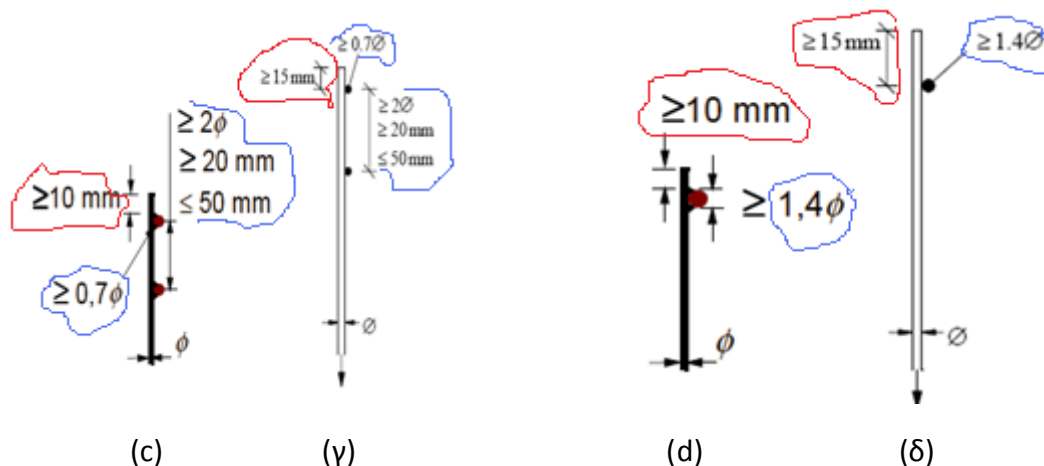
$$f_{ctd} = 1.0 \cdot 1.5 / 1.5 = 1.0 MPa$$

$$l_{b,rqd} = (18/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)) = 870mm = 0.87m$$

<p>Ο συντελεστής α_4 παίρνει την τιμή 0.7</p> <p><u>Επομένως το ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης παίρνει την τιμή :</u> $l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd} = 0.7 \cdot 0.87 = 0.61m$</p> <p>▪ Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ : Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης υπολογίζεται από τη σχέση $l_{b,net} = \alpha \cdot l_b (A_{s,req} / A_{s,prov}) \geq l_{b,min}$</p> <p>$l_b = (\phi / 4) \cdot (f_{yd} / f_{bd})$ (§17.6.2) $f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 2.25 \cdot 1 / 1 = 2.25 \text{ MPa}$ $l_b = (\phi / 4) \cdot (f_{yd} / f_{bd}) = (18 / 4) \cdot ((500 / 1.15) / (2.25)) = 870 \text{ mm} = 0.87m$</p> <p>Ο συντελεστής α ισούται με 0.7 εφόσον έχουμε ευθύγραμμη αγκύρωση με συγκολλημένη ράβδο</p> <p><u>Επομένως το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης παίρνει την τιμή :</u> $l_{b,net} = \alpha \cdot l_b (A_{s,req} / A_{s,prov})$ $= 0.7 \cdot 0.87 \cdot (1 / 1.3) = 0.47m$</p>	<p>(Πιν. 8.2 EC2)</p> <p>((17.2) §17.6.3 Ε.Κ.)</p> <p>((17.1) §17.6.2 Ε.Κ.) ((17.2) §17.5 Ε.Κ.)</p> <p>(Πιν. 17.1 Ε.Κ.)</p>
--	--

Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης	
EN 1992-1-1 : 8.5	ΕΚΩΣ : 17.9.1
<p>Η αγκύρωση συνδετήρων εξασφαλίζεται με την διαμόρφωση καμπύλου άκρου , αγκίστρου και την συγκόλληση εγκάρσιων οπλισμών. <u>Απαιτείται σε κάθε περίπτωση η ύπαρξη διαμήκους οπλισμού μέσα στο άγκιστρο ή το καμπύλο τμήμα</u></p>	<p>Η αγκύρωση του οπλισμού διάτμησης εξασφαλίζεται μέσω της διαμόρφωσης καμπύλων άκρων, αγκίστρων και εγκάρσιων οπλισμών. <u>Δεν είναι αναγκαία σε κάθε περίπτωση η τοποθέτηση διαμήκους οπλισμού</u></p>





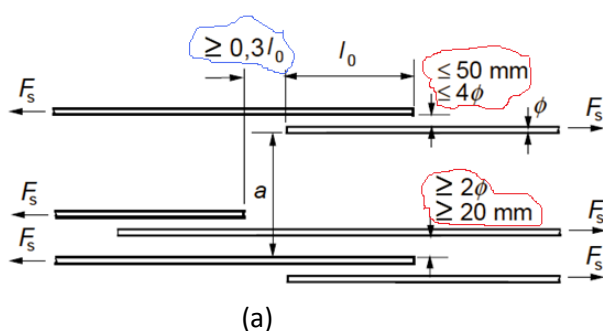
Σχήμα 8.4 : Σύγκριση αγκυρώσεων συνδετήρων μεταξύ EN1992-1-1 και ΕΚΩΣ

Υποσημείωση : Τα σχήματα (α),(β),(c),(d) αναφέρονται στο Σχήμα 8.5 του EN1992-1-1
ενώ τα σχήματα (α),(β),(γ),(δ) παραπέμπουν στο Σχήμα 17.3 του ΕΚΩΣ

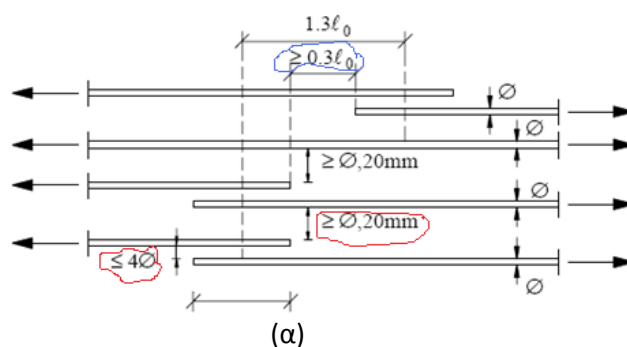
Σχόλιο : Βασική διαφορά μεταξύ ΕΚΩΣ και Ευρωκώδικα αποτελούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αγκύρωσης στις περιπτώσεις (α)-(α), (c)-(γ) , (d)-(δ)

Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων	
EN 1992-1-1 : 8.6	ΕΚΩΣ :
Η αγκύρωση του οπλισμού μπορεί να ενισχυθεί με εγκάρσιο συγκολλημένο οπλισμό	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης μέσω της συγκολλημένης ράβδου (με διάμετρο από 14mm-32mm) είναι ίση με : $F_{btd} = l_{td} \phi_t \sigma_{td} \leq F_{wd}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Εάν 2 ράβδοι ίδιου μεγέθους είναι συγκολλημένες αντιδιαμετρικά στην υπό αγκύρωση ράβδο ,η φέρουσα ικανότητα που προκύπτει από την παραπάνω σχέση μπορεί να διπλασιαστεί εφόσον η εξωτερική επικάλυψη πληροί τις προϋποθέσεις του κεφαλαίου 4	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Εάν 2 ράβδοι είναι συγκολλημένοι στην ίδια πλευρά με ελάχιστη απόσταση 3ϕ , η φέρουσα ικανότητα μπορεί να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή 1,41	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για ράβδους με διάμετρο έως και 12mm η φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης υπολογίζεται ως εξής : $F_{btd} = F_{wd} \leq 16 A_s f_{cd} \phi_t / \phi_l$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Ενώσεις με υπερκάλυψη	
EN 1992-1-1 : 8.7.2	ΕΚΩΣ : 17.7.2
<p>Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται σύμφωνα με τα παρακάτω :</p> <ul style="list-style-type: none"> -η καθαρή απόσταση μεταξύ ζεύγους υπερκαλυπτόμενων ράβδων πρέπει να μην μεγαλύτερη από 4ϕ ή 50mm, αλλιώς το μήκος υπερκάλυψης θα πρέπει να αυξηθεί κατά $\geq 4\phi$ (καθαρός αριθμός) ή 50mm -η διαμήκης απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών ενώσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από $0,3l_0$ (l_0 μήκος υπερκάλυψης) -σε περίπτωση γειτονικών ενώσεων, η καθαρή απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2ϕ ή 20mm 	<p>Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται σύμφωνα με τα παρακάτω :</p> <ul style="list-style-type: none"> -η καθαρή απόσταση μεταξύ ζεύγους υπερκαλυπτόμενων ράβδων πρέπει να μην μεγαλύτερη από 4ϕ, αλλιώς το μήκος υπερκάλυψης θα πρέπει να αυξηθεί κατά (κ-4)ϕ όπου $\kappa > 4$ και $\kappa\phi$ είναι η πραγματική απόσταση μεταξύ των ράβδων -η διαμήκης απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών ενώσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από $0,3l_0$ (l_0 μήκος υπερκάλυψης) -σε περίπτωση γειτονικών ενώσεων, η καθαρή απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από ϕ ή 20mm



(a)
(Σχήμα 8.7 EN1992-1-1)



(α)
(Σχήμα 17.2 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 8.5 : Γεωμετρικές απαιτήσεις γειτονικών ενώσεων με υπερκάλυψη

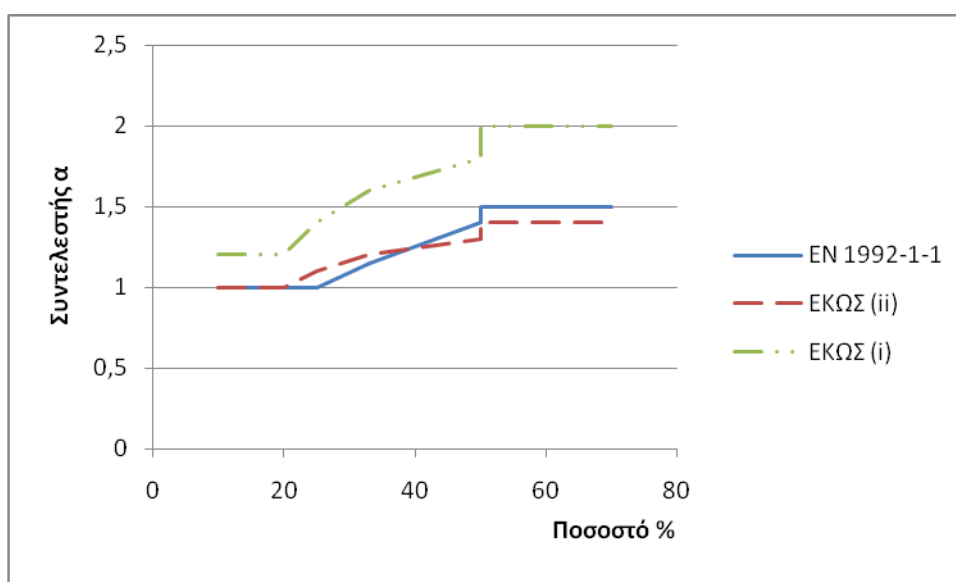
Μήκος υπερκάλυψης	
EN 1992-1-1 : 8.7.3	ΕΚΩΣ : 17.7.2.2
<p>Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται ως εξής :</p> $l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,reqd} \geq l_{0,min}$ <p>$l_{0,min} > \max\{0,3 \alpha_6 l_{b,reqd}, 15\phi, 200mm\}$</p> <p>Ο συντελεστής α_6 προκύπτει σύμφωνα με τον Πίνακα 8.4, ενώ οι συντελεστές α_1-α_5 σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3</p>	<p>Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται ως εξής :</p> $l_0 = \alpha_1 l_{b,net} \geq l_{0,min}$ <p>Οι τιμές των α_1 προκύπτουν από τον Πίνακα 8.4</p> <p>$l_{0,min} > \max\{0,3 \alpha_1 l_b, 15\phi, 200mm\}$</p> <p>Όπου :</p> <ul style="list-style-type: none"> $\alpha=1$ για ευθύγρ. αγκύρωση υπό θλίψη ή εφελκυσμό $\alpha=0.7$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό εφελκυσμό $\alpha=1$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό θλίψη $\alpha=0.7$ για ευθύγραμμη αγκύρωση με εγκάρσια συγκολλημένη ράβδο

Παρατηρείται ότι οι συντελεστές α_6 του σχετικού κανονισμού του Ευρωκώδικα και α_1 του Ελληνικού Κανονισμού για τον προσδιορισμό του μήκους υπερκάλυψης εξαρτώνται από το ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων σε μια θέση σε σχέση με το συνολικό εμβαδό του χάλυβα . Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των διαφορών τους ακολουθεί ο παρακάτω Πίνακας :

Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Θέση ράβδων	EN1992-1-1 α_6	ΕΚΩΣ α_1
20%	$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$	1.0	1.2
	$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$	1.0	1.0
25%	$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$	1.0	1.4
	$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$	1.0	1.1
33%	$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$	1.15	1.6
	$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$	1.15	1.2
50%	$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$	1.4	1.8
	$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$	1.4	1.3
>50%	$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$	1.5	2.0
	$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$	1.5	1.4

Πίνακας 8.4 : Σύγκριση συντελεστών α_6 και α_1

Σύμφωνα με τον παραπάνω Πίνακα διαμορφώνω το αντίστοιχο διάγραμμα :



Περίπτωση (ii) : $a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$

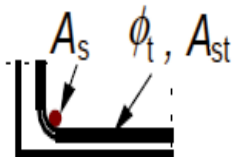
Περίπτωση (i) : $a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$

Διάγραμμα 8.2 : Σύγκριση συντελεστών α_1 και α_6

Εφαρμογή 8.3 : Μήκος υπερκάλυψης

Δεχόμαστε ότι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B500
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- $\phi=20\text{mm}$, απόσταση ράβδων 1.8ϕ , επικάλυψη 1.5ϕ
- η ράβδος εφελκύεται
- η υπερκαλυπτόμενη ράβδος αγκυρώνεται στο τέρμα της με καμπύλωση ενώ η περίσφιξη της πραγματοποιείται με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο
- το εμβαδό της διατομής του εγκάρσιου κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης l_{bd} είναι $\Sigma A_{st}=0.5A_s$, όπου A_s το εμβαδό της υπερκαλυπτόμενης ράβδου
- το ύψος της διατομής είναι $h=0.250\text{m}$
- το ποσοστό της υπερκάλυψης είναι 33%
- $A_{s,req}/A_{s,prov} = 1/1.3$



Απεικόνιση τύπου περίσφιξης

- Σύμφωνα με τον **Ευρωκώδικα** :

Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται από την σχέση

$$l_o = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

((8.10) §8.7.3 EC2)

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/(2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}))$$

((8.3) §8.4.3 EC2)

-καθώς $h=250\text{mm}$ το η_1 παίρνει την τιμή 1.0

(§8.4.2 EC2)

-ο συντελεστής $\eta_2=1.0$ εφόσον $\phi < 32\text{mm}$

(§8.4.2 EC2)

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0.05}/\gamma_c$$

((3.16) §3.1.6 EC2)

Η συνιστώμενη τιμή του συντελεστή α_{ct} είναι 1.0

(§3.1.6 EC2)

$$f_{ctk,0.05}=1.5\text{MPa}$$

(Πιν. 3.1 EC2)

$$f_{ctd}=1.0 \cdot 1.5/1.5=1.0\text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25 \cdot 1 \cdot 1))=966\text{mm}=0.97\text{m}$$

Για τους συντελεστές ισχύει :

- $c_d = \min(1.8\phi/2 ; 1.5\phi) = 0.9\phi < 3\phi$ άρα $\alpha_1=1.0$
- $\alpha_2 = 1-0.15(c_d-3\phi)/\phi = 1.315 > 1.0$ άρα $\alpha_2=1.0$
- περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο, όπου $\Sigma A_{st}=0.5A_s$ και $\Sigma A_{st,min}=0.25 A_s$ (Πίνακα 8.2 EN1992-1-1)
επομένως $\lambda=(\Sigma A_{st}-\Sigma A_{st,min})/A_s=(0.5 A_s-0.25 A_s)/A_s=0.25$
εφόσον η υπερκαλυπτόμενη ράβδος βρίσκεται στη γωνία της διατομής ο συντελεστής K παίρνει την τιμή 1.0
Επομένως $\alpha_3=1-K\lambda=1-1 \cdot 0.25=0.75$
- α_4 και α_5 εφόσον δεν συμμετέχουν παίρνουν την τιμή 1.0
- $\alpha_6=1.15$ εφόσον το ποσοστό υπερκάλυψης ισούται με 33%

(Πιν. 8.2 EC2)

(Πιν. 8.2 EC2)

(Πιν. 8.2 EC2)

(Σχήμα 8.4 ,EC2)

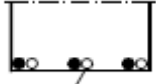

(Πιν. 8.2 EC2)

(Πιν. 8.3 EC2)

Επομένως το μήκος υπερκάλυψης παίρνει την τιμή

<p> $I_o = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 I_{b,rqd}$ $= 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.75 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.15 \cdot 0.97 = 0.84m$ </p> <p> Στη συνέχεια υπολογίζουμε το ελάχιστο επιτρεπόμενο μήκος υπερκάλυψης από τη σχέση </p> $I_{o,min} > \max\{0.3 \alpha_6 I_{b,rqd}, 15\varnothing, 200mm\}$ $> \max\{0.3 \cdot 1.15 \cdot 0.97m, 15 \cdot 0.02m, 0.2m\}$ $> \max\{0.33m, 0.3m, 0.2m\} = 0.33m$ <p> Ισχύει $I_o > I_{o,min}$ επομένως $I_o = 0.84m$ </p> <p> ▪ Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ : Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται από την σχέση $I_o = \alpha_1 I_{b,net} \geq I_{o,min}$ </p> $I_{b,net} = \alpha \cdot I_b (A_{s,req}/A_{s,prov}) \geq I_{b,min}$ $I_b = (\varnothing/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd})$ $f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0.05}/\gamma_c = 2.25 \cdot 1.5/1.5 = 2.25MPa$ <p> Επομένως $I_b = (\varnothing/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd}) = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25))$ $= 5 \cdot (434.78/2.25) = 966mm \approx 0.97m$ </p> <p> Εφόσον η υπερκαλυπτόμενη ράβδος αγκυρώνεται με καμπύλωση και βρίσκεται υπό εφελκυσμό, ο συντελεστής α παίρνει την τιμή 0.7 Επομένως ισχύει, $I_{b,net} = \alpha \cdot I_b (A_{s,req}/A_{s,prov}) = 0.7 \cdot 0.97 \cdot (1/1.3) = 0.52m$ </p> <p> Για ποσοστό υπερκάλυψης 33% και εφόσον ισχύει ότι $a \leq 10\varnothing$ και $b \leq 5\varnothing$ προκύπτει ότι $\alpha_1 = 1.6$ </p> <p> Άρα το μήκος υπερκάλυψης είναι $I_o = \alpha_1 I_{b,net} = 1.6 \cdot 0.52 = 0.83m$ </p> <p> Στη συνέχεια υπολογίζουμε το ελάχιστο επιτρεπόμενο μήκος υπερκάλυψης </p> $I_{o,min} > \max\{0.3 \alpha_1 I_b, 15\varnothing, 200mm\}$ $> \max\{0.3 \cdot 0.7 \cdot 1.6 \cdot 0.97, 15 \cdot 0.02, 0.2\}$ $> \max\{0.33, 0.3, 0.2\} = 0.33m$ <p> Ισχύει $I_o > I_{o,min}$ επομένως $I_o = 0.83m$ </p>	<p>((8.11) §8.7.3 EC2)</p> <p>((17.3) §17.7.2 Ε.Κ.)</p> <p>((17.2) §17.6.3 Ε.Κ.) ((17.1) §17.6.2 Ε.Κ.) ((Σ17.2) §17.5 Ε.Κ.)</p> <p>(σχήμα 17.1 Ε.Κ.)</p> <p>(Πιν.17.5 Ε.Κ.)</p> <p>(§17.7.2.2 Ε.Κ.)</p>
--	---

Εγκάρσιοι οπλισμοί για εφελκυσμένες ράβδους	
EN 1992-1-1 : 8.7.4.1	ΕΚΩΣ : 17.7.2.4
Δεν γίνεται κάποια αναφορά στον Ευρωκώδικα	Ο εγκάρσιος οπλισμός που απαιτείται να τοποθετηθεί σε μια περιοχή υπερκάλυψης εξαρτάται εκτός των άλλων από τη θέση των υπερκαλυπτόμενων ράβδων. Διακρίνονται 2 περιπτώσεις :

	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> (I)  <i>Asl (μιας ράβδου)</i> </div> <div style="text-align: center;"> (II)  <i>ΣAst</i> </div> </div>
<p>Στον Ευρωκώδικα δεν δίνονται οδηγίες σχετικά με τον εγκάρσιο οπλισμό ούτε σε μορφή Πίνακα αλλά ούτε και σε μορφή Σχήματος. Ο Πίνακας 8.5 που δίνεται παρακάτω διαμορφώθηκε με στόχο να γίνουν ευδιάκριτες οι διαφορές μεταξύ των διατάξεων</p>	<p>Δίνεται Πίνακας 8.6 στον οποίο περιλαμβάνονται τα κριτήρια επιλογής του απαιτούμενο εγκάρσιου οπλισμού καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτού (ποσότητα ,μορφή).</p>

Ø ράβδων (mm)	Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Απόσταση γειτονικών ενώσεων στην εγκάρσια έννοια	Εγκάρσιος οπλισμός ΣA _{st}	
			Ποσότητα	Τοποθέτηση
<20mm	Τυχόν	Τυχούσα	Επαρκεί ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός	
≥20mm	<25%	Τυχούσα	Επαρκεί ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός	
	≥25% και <50%	Τυχούσα	ΣA _{st} ≥ A _s As το εμβαδό μιας υπό ένωση ράβδου	Τοποθέτηση εγκάρσιου οπλισμού ανάμεσα στον κύριο οπλισμό και την εξωτερική επιφάνεια
	≥50%	≤10φ	ΣA _{st} ≥ A _s As το εμβαδό μιας υπό ένωση ράβδου	Τοποθέτηση οπλισμού σε μορφή συνδετήρων ή μορφή U

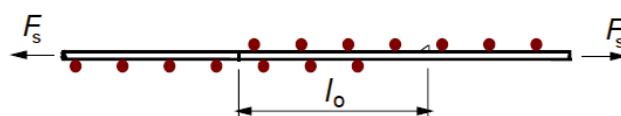
Πίνακας 8.5 : Εγκάρσιος οπλισμός κατά τον EN 1992-1-1

Θέση υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Ø ράβδων (mm)	Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Απόσταση γειτονικών υπερκαλύψεων στην έννοια του μήκους	Εγκάρσιος οπλισμός ΣA _{st}	
				Ποσότητα	Τοποθέτηση
(I)	<16	Τυχόν	Τυχούσα	Δεν απαιτείται ειδικότερη φροντίδα	
	≥16	≤ 20%			
		>20% και ≤50%	Τυχούσα	ΣA _{st} ≥ A _{sl}	Ευθύγραμμες ράβδοι τοποθετούνται εξωτερικά
		>50%	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div>≥10φ</div> <div><10φ</div> </div>		Οπλισμός σε μορφή συνδετήρα
(II)	Τυχόντα			ΣA _{st} ≥ A _{sl}	Οπλισμός σε μορφή συνδετήρα

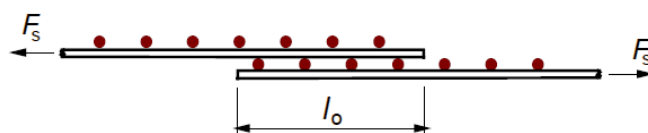
Πίνακας 8.6 : Εγκάρσιος οπλισμός κατά τον ΕΚΩΣ(Πίνακας 17.6)

Υπερ κάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων με ράβδους από νευροχάλυβα	
EN 1992-1-1 : 8.7.5	ΕΚΩΣ : 17.6.2
<p>Οι μέθοδοι υπερκάλυψης είναι 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -ανεστραμμένη επίθεση των δομικών πλεγμάτων -απλή επίθεση των δομικών πλεγμάτων 	<p>Η μόνη αναφορά στα συγκολλητά δομικά πλέγματα γίνεται στην παράγραφο 17.6.2 της αγκύρωσης. Συγκεκριμένα το βασικό μήκος</p>

Σχήμα 8.6	αγκύρωσης ℓ_b αντιστοιχεί σε 4 συγκολλημένες εγκάρσιες ράβδους
Για καταπονήσεις κοπώσεως πρέπει να εφαρμόζεται η ανεστραμμένη επίθεση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για απλή επίθεση των δομικών πλεγμάτων ,η υπερκάλυψη να διατάσσεται γενικά σε ζώνες και η τάση οπλισμού σε ΟΚΑ να είναι <80% της αντοχής σχεδιασμού	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Όπου δεν πληρούται η παραπάνω διάταξη για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας σε κάμψη το στατικό ύψος της διατομής υπολογίζεται από το εσωτερικό πλέγμα προς το εσωτερικό της διατομής	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για ανεστραμμένη επίθεση των πλεγμάτων ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 8.4	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για την περίπτωση της απλής επίθεσης των δομικών πλεγμάτων ,το ποσοστό του κύριου οπλισμού που επιτρέπεται να υπερκαλυφθεί σε μία θέση εξαρτάται από το λόγο $(A_s/s)_{prov}$ όπου s η απόσταση των ράβδων : - 100% εάν $(A_s/s)_{prov} \leq 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ - 60% εάν $(A_s/s)_{prov} > 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ Η αξονική απόσταση μεταξύ διαδοχικών ενώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον $1,3l_0$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



a) Ανεστραμμένη επίθεση δομικών πλεγμάτων



b) Απλή επίθεση δομικών πλεγμάτων

Σχήμα 8.10 (EN1992-1-1)

Σχήμα 8.6: Επικάλυψη συγκολλητών δομικών πλεγμάτων

Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού ή οπλισμού διανομής	
EN 1992-1-1 : 8.7.5.2	ΕΚΩΣ : 17.7.2.1
Όλοι οι δευτερεύοντες οπλισμοί επιτρέπεται να υπερκαλύπτονται στην ίδια θέση .Οι ελάχιστες	Όπως και στον Ευρωκώδικα, ισχύει η υπερκάλυψη όλων των δευτερευόντων οπλισμών στην ίδια

τιμές του μήκους υπερκάλυψης l_o δίνονται στον Πίνακα 8.7. Στο μήκος υπερκάλυψης δευτερευόντων ράβδων θα πρέπει να υπάρχουν 2 κύριες ράβδοι	θέση. Δεν δίνονται οδηγίες για το μήκος υπερκάλυψης των δευτερευόντων οπλισμών
---	--

Διάμετρος δευτερευόντων συρμάτων (mm)	Μήκη υπερκάλυψης
$\varnothing \leq 6$	≥ 150 mm και τουλάχιστον 1 σημείο συγκόλλησης εγκάρσιας ράβδου εντός του μήκους υπερκάλυψης
$6 < \varnothing \leq 8,5$	≥ 250 mm και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων
$8,5 < \varnothing \leq 12$	≥ 350 mm και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων

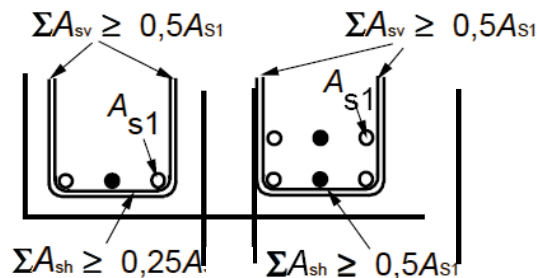
Πίνακας 8.4 (EN1992-1-1)

Πίνακας 8.7: Απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης για δευτερεύοντα σύρματα δομικών πλεγμάτων.

Συμπληρωματικοί κανόνες για ράβδους μεγάλης διαμέτρου	
EN 1992-1-1 : 8.8	ΕΚΩΣ :
Δίνονται οδηγίες για ράβδους με διάμετρο μεγαλύτερη από \varnothing_{large} , όπου $\varnothing_{large}=32$ mm (συνιστώμενη τιμή)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Σε περίπτωση χρήσης ράβδων με μεγάλη διάμετρο ο περιορισμός της ρηγμάτωσης ικανοποιείται με διάταξη επιφανειακού οπλισμού (9.2.4 , 7.3.4)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ράβδοι με μεγάλη διάμετρο πρέπει να αγκυρώνονται με μηχανικά μέσα. Εναλλακτικά αγκυρώνονται με ευθύγραμμο άκρο στο οποίο τοποθετούνται οπλισμοί περίσφιγξης	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ράβδοι μεγάλης διαμέτρου δεν πρέπει να ενώνονται με υπερκάλυψη. Εξαιρούνται δομικά στοιχεία με ελάχιστη διάσταση διατομής 1,0m ή περιοχές όπου η τάση είναι μικρότερη από 80% της οριακής αντοχής σχεδιασμού	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Προβλέπεται η τοποθέτηση εγκάρσιων οπλισμών πέραν των απαιτούμενων για διάτμηση στην περιοχή των αγκυρώσεων	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στην περίπτωση ευθύγραμμων μηκών αγκύρωσης (Σχήμα 8.7) ο επιπρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να είναι ίσος με: -σε διεύθυνση παράλληλη προς το επίπεδο της εφελκυστικής παρειάς : $A_{sh}=0,25 A_s n_1$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
- σε διεύθυνση κάθετη προς το επίπεδο της εφελκυστικής παρειάς :	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

$$A_{sv}=0,25 A_s n_2$$

Ο επιπρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος στην ζώνη αγκύρωσης και οι αποστάσεις των ράβδων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5πλάσιο της διαμέτρου του διαμήκους οπλισμού

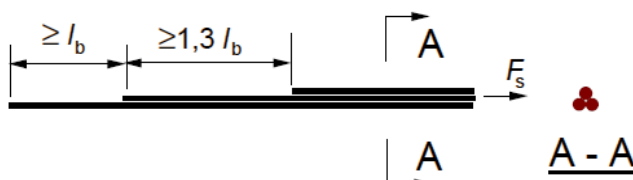


(Σχήμα 8.11 EN1992-1-1)

Σχήμα 8.7 : Επιπρόσθετος οπλισμός στη ζώνη αγκύρωσης ράβδων μεγάλης διαμέτρου όπου δεν υπάρχει θλίψη στην εγκάρσια διεύθυνση.
Παράδειγμα: Αριστερά $n_1 = 1$, $n_2 = 2$, ενώ δεξιά $n_1 = 2$, $n_2 = 2$

Δέσμες ράβδων (γενικά)	
EN 1992-1-1 : 8.9.1	ΕΚΩΣ : 17.12.1
Σε μία δέσμη όλες οι ράβδοι πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (κατηγορία και αντοχή). Ράβδοι διαφορετικών μεγεθών πρέπει ο λόγος τους να μην ξεπερνά το 1,7 για να αποτελέσουν δέσμη.	Δέσμες ράβδων επιτρέπονται για ράβδους με διαμέτρους $\varnothing \leq 28\text{mm}$. Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να έχουν την ίδια διάμετρο και χαρακτηριστικά .
Δύο ράβδοι σε επαφή, εφόσον τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη και οι συνθήκες συνάφειας είναι καλές δεν θεωρούνται δέσμη. Ενώ στην περίπτωση ράβδων σε επαφή στην άνω ίνα (δυσμενείς συνθήκες) μεσαίας στήριξης δοκού θεωρούνται δέσμη	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Αγκύρωση δεσμών ράβδων	
EN 1992-1-1 : 8.9.2	ΕΚΩΣ : 17.12.2
Δέσμες ράβδων υπό εφελκυσμό μπορούν να περατώνονται πάνω από ακραίες και ενδιάμεσες στηρίξεις.	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ για την καταλληλότητα των θέσεων περάτωσης των δεσμών ράβδων
Δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο $< 32\text{mm}$ μπορούν να περατώνονται κοντά σε μία στήριξη χωρίς την απαίτηση διαδοχικής περάτωσης . Ενώ δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο $\geq 32\text{mm}$ που περατώνονται κοντά σε στήριξη πρέπει να διακόπτονται διαδοχικά όπως το Σχήμα 8.8	Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να αγκυρώνονται μεμονωμένα και να τελειώνουν κατά αποστάσεις σε κάθε περίπτωση . Η απόσταση περάτωσης των ράβδων ορίζεται ως εξής : - δέσμη 2 ράβδων / 1.2 φορές το μήκος αγκύρωσης - δέσμη 3 ράβδων / 1.3 φορές το μήκος αγκύρωσης

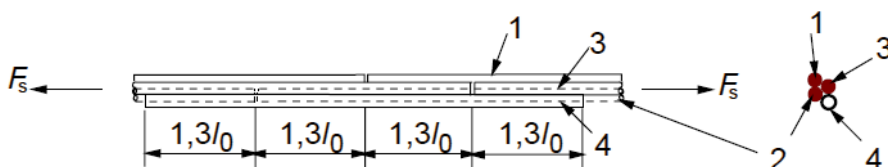
	- δέσμη 4 ράβδων / 1.4 φορές το μήκος αγκύρωσης
Δέσμες ράβδων υπό θλίψη μπορούν να αγκυρωθούν χωρίς διαδοχική διακοπή των ράβδων. Στα άκρα δεσμών με ισοδύναμη διάμετρο $\geq 32\text{mm}$ απαιτούνται τουλάχιστον 4 εγκάρσιοι σύνδεσμοι διαμέτρου $\geq 12\text{mm}$. Στο τέλος του άκρου απαιτείται άλλος ένας σύνδεσμος	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



Σχήμα 8.12 (EN1992-1-1)

Σχήμα 8.8 : Αγκύρωση δέσμης με απαίτηση διαδοχικής διακοπής ράβδων

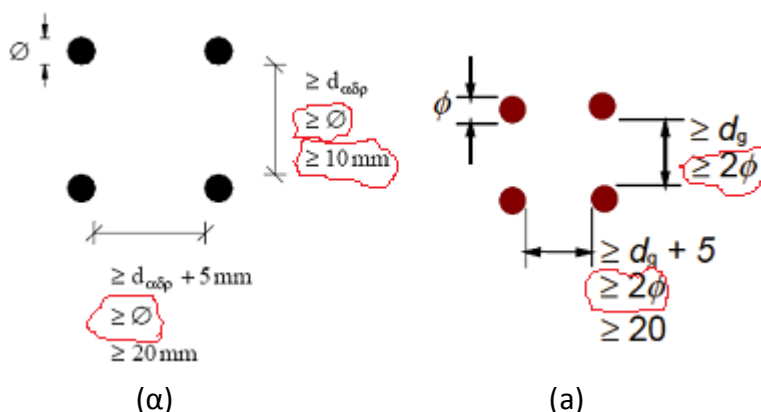
Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων	
EN 1992-1-1 : 8.9.3	ΕΚΩΣ : 17.12.2
Οι ράβδοι μπορούν να ενωθούν ανάλογα με την περίπτωση μεμονωμένα ή ομαδικά	Οι ενώσεις με υπερκάλυψη των δεσμών γίνεται μεμονωμένα σε κάθε ράβδο
Για δέσμες που αποτελούνται από 2 ράβδους με ισοδύναμη διάμετρο $< 32\text{mm}$ οι ράβδοι μπορούν να ενωθούν χωρίς διαδοχική περάτωση . Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 8.7.3 εισάγοντας την ισοδύναμη διάμετρο	Δεν επιτρέπεται να ενωθούν σε μια θέση όλοι οι ράβδοι μιας δέσμης.
Για δέσμες που αποτελούνται από 2 ράβδους με ισοδύναμη διάμετρο $\geq 32\text{mm}$ ή από 3 ράβδους , πρέπει οι μεμονωμένες ράβδοι να διακόπτονται διαδοχικά ανά αποστάσεις $1,3 l_o$ (l_o προκύπτει από την εκάστοτε διάμετρο της ράβδου). Για την περίπτωση αυτή μια πρόσθετη ράβδος χρησιμοποιείται για την υπερκάλυψη. Καθώς απαγορεύεται να υπάρχουν κατά μήκος μιας υπερκάλυψης παραπάνω από 4 ράβδοι, οι δέσμες με περισσότερες από 3 ράβδους δεν επιτρέπεται να ματίζονται (Σχήμα 8.9)	Οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των υπερκαλύψεων είναι Επιτρέπεται το μάτισμα δεσμών μέχρι και 4 ράβδων ενώ δεν γίνεται λόγος για πρόσθετη ράβδο στη θέση της ένωσης



Σχήμα 8.13 (EN1992-1-1)

Σχήμα 8.9 : Διάταξη ένωσης με υπερκάλυψη δέσμης ράβδων υπό εφελκυσμό που περιλαμβάνει τέταρτη πρόσθετη ράβδο

Τένοντες τανυόμενοι πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 8.10.1.2	ΕΚΩΣ : 17.10.2.2β
Οι ελάχιστες καθαρές οριζόντιες και κατακόρυφες αποστάσεις μεταξύ τενόντων ακολουθούν τους περιορισμούς του Σχήματος 8.10 . Παρατηρείται διαφοροποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε σχέση με τον ΕΚΩΣ τόσο στην οριζόντια όσο και στην κάθετη διεύθυνση	Οι ελάχιστες καθαρές οριζόντιες και κατακόρυφες αποστάσεις μεταξύ τενόντων ακολουθούν τους περιορισμούς του Σχήματος 8.10

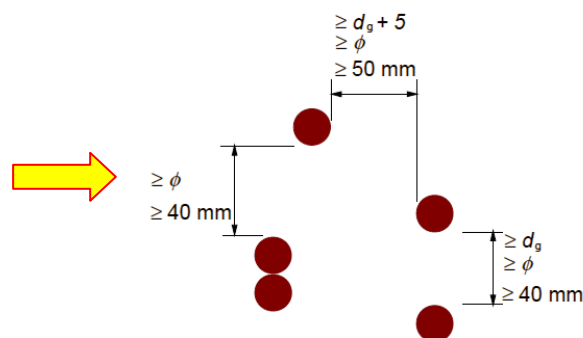


Σημείωση : Το σχήμα (α) προκύπτει από το Σχήμα 17.7 του ΕΚΩΣ ,ενώ το (α) πηγάζει από το Σχήμα 8.14 του EN1992-1-1

Σχήμα 8.10 : Ελάχιστες καθαρές αποστάσεις μεταξύ τανυόμενων πριν την έγχυση του σκυροδέματος τενόντων

Άλλες διατάξεις μπορούν να εφαρμοστούν εφόσον τα πειραματικά δεδομένα δείξουν ικανοποιητική οριακή συμπεριφορά όσον αφορά : -το σκυρόδεμα υπό θλίψη στην αγκύρωση -την αποφλοίωση του σκυροδέματος -την αγκύρωση των τανυόμενων πριν την έγχυση του σκυροδέματος -την διάστρωση του σκυροδέματος μεταξύ των τενόντων	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Επιτρέπεται ο σχηματισμός δεσμών των τενόντων μόνο όταν μπορεί να εκτελεστεί ικανοποιητικά η διάστρωση και η συμπύκνωση του σκυροδέματος και μπορεί να επιτευχθεί επαρκής συνάφεια μεταξύ του σκυροδέματος και των τενόντων	Απαγορεύεται ο σχηματισμός ομάδων τενόντων
Ως αναφορά την ελάχιστη επικάλυψη στην περίπτωση του Ευρωκώδικα ακολουθούνται οι περιορισμοί της παραγράφου 4.4.1.2 : $C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta_{cdur,\gamma} - \Delta_{cdur,st}; \Delta_{cdur,add}; 10\text{ mm}\}$	Η ελάχιστη επικάλυψη c_{min} για δομικά στοιχεία με τένοντες τανυόμενους πριν την έγχυση σκυροδέματος πρέπει να ακολουθεί τις οδηγίες της παραγράφου 5.1 του ΕΚΩΣ. Επιπλέον δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 20mm ή $2\emptyset$ (όταν χρησιμοποιούνται σύρματα από νευροχάλυβες $3\emptyset$)

Τένοντες ταυνόμενοι μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 8.10.1.3	ΕΚΩΣ : 17.10.2.2α
Οι ελάχιστες καθαρές αποστάσεις των σωλήνων πρέπει να ακολουθούν τους περιορισμούς του σχήματος 8.11. Στην περίπτωση ομάδας τενόντων δίνεται περιορισμός και για την κατακόρυφη καθαρή απόσταση εκτός της οριζόντιας	Οι περιορισμοί των οριζόντιων και κάθετων καθαρών αποστάσεων είναι οι εξής : -οριζόντια : $\geq \emptyset$ ή 40mm -κατακόρυφα : $\geq \emptyset$ ή 50mm Ο περιορισμός για την οριζόντια απόσταση ισχύει και στην περίπτωση δεσμών τενόντων

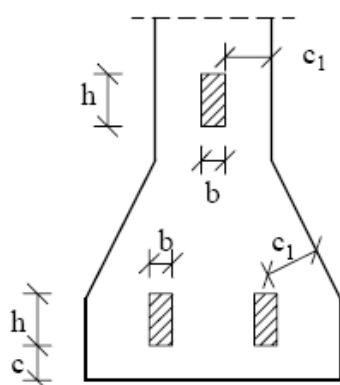


Σημείωση: \emptyset είναι η διάμετρος των σωλήνων και d_g είναι το μέγιστο μέγεθος αδρανούς.

Σχήμα 8.15 (EN1992-1-1)

Σχήμα 8.11 : Ελάχιστες καθαρές αποστάσεις μεταξύ σωλήνων

Ως αναφορά την ελάχιστη επικάλυψη στην περίπτωση του Ευρωκώδικα ακολουθούνται οι περιορισμοί της παραγράφου 4.4.1.2 : $C_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st}; \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$	Η ελάχιστη επικάλυψη στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος ακολουθεί τους κανόνες της παραγράφου 5.1 του ΕΚΩΣ αλλά δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τις τιμές στο Σχήμα 8.12
--	---



$$c_1 \geq b \text{ και } \geq h/2$$

$$c \geq b$$

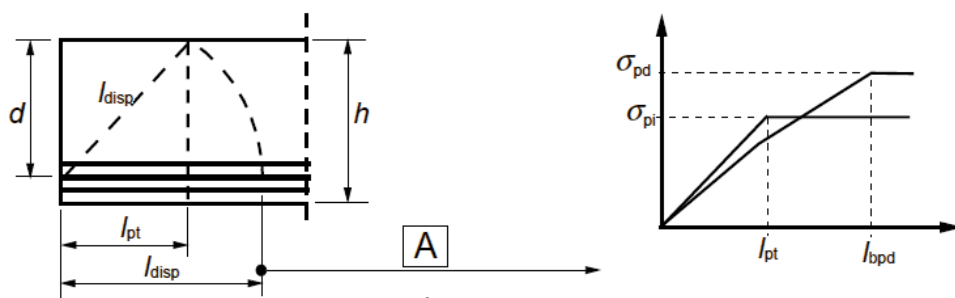
Πλην εξαιρετικών περιπτώσεων:
 $c_1 \geq 40 \text{ mm}, c \geq 40 \text{ mm}$

Σχήμα 17.8 (ΕΚΩΣ)

Σχήμα 8.12 : Επικαλύψεις στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας	
EN 1992-1-1 :	ΕΚΩΣ : 17.10.2.4
Δεν γίνεται κάποια αναφορά στον Ευρωκώδικα	Η διάμετρος των διατάξεων εκτροπής είναι : $\geq 5\emptyset$ για σύρματα $\geq 10\emptyset$ για συρματόσχοινα Η γωνία εκτροπής είναι $\leq 15^\circ$

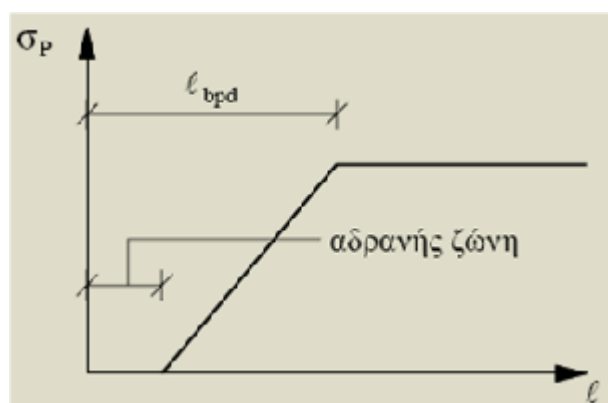
Αγκύρωση τενόντων τανυόμενων πριν την διάστρωση του σκυροδέματος	
EN 1992-1-1 : 8.10.2	ΕΚΩΣ : 3.2.4 , 4.5.1
<p>Σχετικά με τις περιοχές αγκύρωσης τρεις είναι οι παράμετροι μήκους που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό :</p> <p>α) Το μήκος μεταβίβασης l_{pt} στο πέρασ του οποίου η δύναμη προέντασης έχει μεταβιβασθεί πλήρως στο σκυρόδεμα</p> <p>β) Το μήκος διασποράς l_{disp} στο πέρασ του οποίου οι τάσεις του σκυροδέματος παρουσιάζουν γραμμική κατανομή καθ' ύψος της διατομής του σκυροδέματος</p> <p>γ) Το μήκος αγκύρωσης l_{bpd} στο πέρασ του οποίου η δύναμη του τένοντα F_{pd} στην οριακή κατάσταση αστοχίας έχει πλήρως αγκυρωθεί στο σκυρόδεμα</p>	<p>Σχετικά με τις περιοχές αγκύρωσης τρεις είναι οι παράμετροι μήκους που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό :</p> <p>α) Το μήκος αγκύρωσης l_{bp} που απαιτείται για να εξασφαλισθεί η μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα μετά την απελευθέρωση των άκρων</p> <p>β) Το μήκος ανάπτυξης $l_{p,ef}$ πέραν του οποίου η διανομή των ορθών τάσεων λόγω προέντασης θεωρείται γραμμική</p> <p>γ) Η απόσταση πέραν της οποίας η εφελεκυστική τάση σε έναν προτανυόμενο τένοντα λαμβάνει την τιμή σχεδιασμού l_{bpd}</p>



A : Γραμμική κατανομή τάσεων καθ' ύψος της διατομής δομικού στοιχείου

Σχήμα 8.16 (EN1992-1-1)

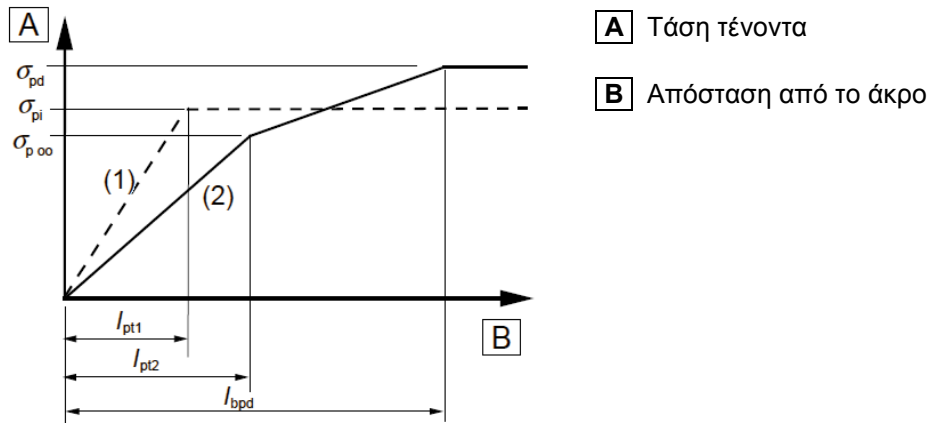
Σχήμα 8.13 : Μεταβίβαση της δύναμης προέντασης σε στοιχεία με τανυόμενους πριν την έγχυση τους σκυροδέματος τένοντες. Παράμετροι μήκους.



Σχήμα 4.3 (ΕΚΩΣ)

Σχήμα 8.14 : Αγκύρωση προτανυόμενου τένοντα

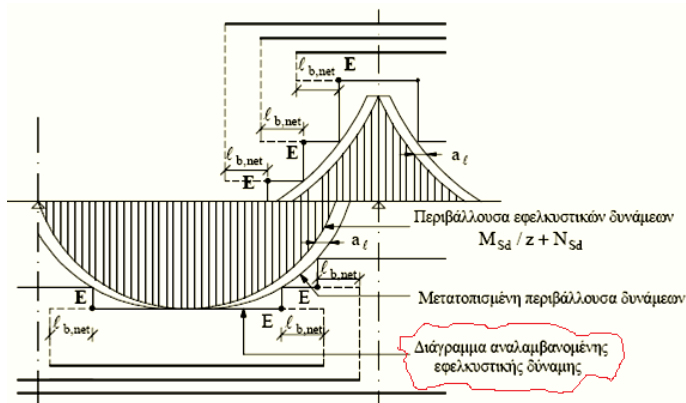
Μεταβίβαση της προέντασης	
EN 1992-1-1 : 8.10.2.2	ΕΚΩΣ : 4.5.1
Η προένταση πρέπει να θεωρηθεί ότι μεταβιβάζεται με σταθερή τάση συνάφειας $f_{bpt} = \eta_{p1}\eta_1 f_{ctd}(t)$	Δεν γίνεται αναφορά στον ΕΚΩΣ σε αντίστοιχη τάση συνάφειας
Η τιμή του μήκους μεταβίβασης l_{pt} δίνεται από : $l_{pt} = \alpha_1 \alpha_2 \sigma_{pm0} / f_{bpt}$ $\alpha_1 = 1,0$ για σταδιακή αποδέσμευση $= 1,25$ για στιγμιαία αποδέσμευση $\alpha_2 = 0,25$ για τένοντες με κυκλική διατομή $= 0,19$ για τρίκλινα και επτάκλινα Συρματόσχοινα σ_{pm0} : τάση του τένοντα μετά την αποδέσμευση Ως τιμή σχεδιασμού του μήκους μεταβίβασης l_{pt} μπορούν να ληφθούν 2 τιμές : $l_{pt1} = 0,8 l_{pt}$ ή $l_{pt2} = 1,2 l_{pt}$ Επιλέγουμε όποια είναι δυσμενέστερη	Το μήκος αγκύρωσης l_{bp} προσδιορίζεται είτε από το πιστοποιητικό του χάλυβα προέντασης είτε από δοκιμές. Όταν δεν δίνονται τιμές από το πιστοποιητικό επιτρέπεται να πάρουμε για τον λόγο μήκους αγκύρωσης προς ονομαστική διάμετρο τιμές μεταξύ των παρακάτω ορίων : - 100 και 140 για σύρματα που δεν είναι λεία - 45 μέχρι 90 για συρματόσχοινα 7 συρμάτων
Οι τάσεις του σκυροδέματος εμφανίζουν γραμμική κατανομή πέραν του μήκους διασποράς : $l_{disp} = \sqrt{l_{pt}^2 + d^2}$	Οι τάσεις του σκυροδέματος εμφανίζουν γραμμική κατανομή πέραν του μήκους ανάπτυξης : $l_{p,ef} = \sqrt{(0.80 l_{bpd})^2 + h^2}$
Αγκύρωση της εφελκυστικής δύναμης κατά την ΟΚΑ	
EN 1992-1-1 : 8.10.2.3	ΕΚΩΣ : 4.5.1 , 15.4.2.1
Η αγκύρωση των τενόντων ελέγχεται σε διατομές όπου η εφελκυστική τάση του σκυροδέματος είναι μεγαλύτερη από $f_{ctk,0,05}$	Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος είναι $f_{ctk,0,05}$. Δεν γίνεται λόγος για κάποια συγκεκριμένη διαδικασία ελέγχου της αγκύρωσης
Η δύναμη συνάφειας στην αγκύρωση κατά την ΟΚΑ είναι : $f_{bpd} = \eta_{p2}\eta_1 f_{ctd}$ όπου $\eta_{p2} = 1,4$ για οδοντωτά σύρματα $\eta_{p2} = 1,2$ για επτάκλινα συρματόσχοινα $\eta_1 = 1,0$ για καλές συνθήκες συνάφειας $\eta_1 = 0,7$ για κάθε άλλη περίπτωση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Λόγω της αυξημένης ψαθυρότητας των σκυροδεμάτων υψηλής αντοχής , το $f_{ctk,0,05}$	
Το συνολικό μήκος αγκύρωσης ενός τένοντα με τάση σ_{pd} είναι : $l_{bpd} = l_{pt2} + \alpha_2 \sigma_{pd} / f_{bpd}$	Η απόσταση πέραν της οποίας η εφελκυστική τάση σε έναν προτανυόμενο τένοντα λαμβάνει την τιμή σχεδιασμού $l_{bpd} = 0,80 l_{bp}$ ή $1,20 l_{bp}$ (όποιο είναι δυσμενέστερο)



Σχήμα 8.17 (EN1992-1-1)

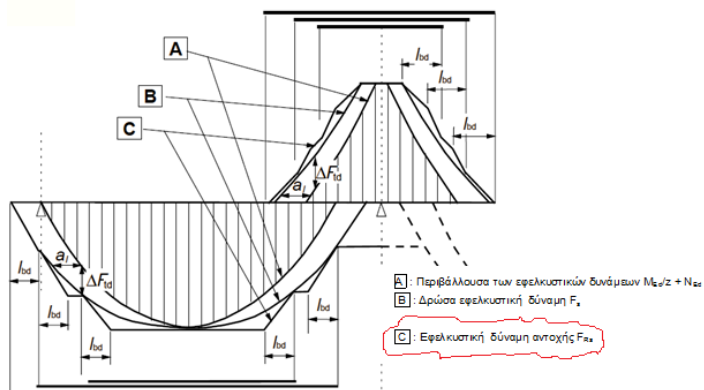
Σχήμα 8.14 : Τάσεις στην ζώνη αγκύρωσης δομικών στοιχείων με τανυόμενους πριν την έγχυση του σκυροδέματος τένοντες:
 (1) κατά την αποδέσμευση των τενόντων,
 (2) στην οριακή κατάσταση αστοχίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ	
Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά διαμήκους οπλισμού για δοκούς	
EN 1992-1-1 : 9.2.1.1	ΕΚΩΣ : 18.3.2
Η συνιστώμενη τιμή του ελάχιστου διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού είναι : $A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$ Σε περίπτωση που μπορεί να γίνει αποδεκτή η πιθανότητα ψαθυρής αστοχίας, το $A_{s,min}$ μπορεί να ληφθεί ίσο με 1,2 φορές την διατομή που απαιτείται στον έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης αστοχίας	Η συνιστώμενη τιμή του ελάχιστου διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού είναι : $A_{s,min} = 0,5 \cdot (f_{ctm}/f_{yd}) \cdot b \cdot d$
Δεν γίνεται λόγος για ελάχιστο θλιβόμενο οπλισμό	Η διατομή του διαμήκους θλιβόμενου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το ήμισυ του εφελκυσμένου οπλισμού
Η διατομή του εφελκυσμένου ή θλιβόμενου οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή : $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$ (εκτός των περιοχών ενώσεων με υπερκάλυψη)	Η διατομή του εφελκυσμένου οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή : $A_{s,max} = (0,65 \cdot (f_{cd}/f_{yd}) \cdot (\rho'/\rho) + 0,0015) \cdot b \cdot d \leq 7/f_{yd}$ Ενώ η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,04A_c
Εάν η αντοχή σε κάμψη είναι ίση τουλάχιστον με 1,15 φορές την καμπτική ροπή ρηγμάτωσης τότε θεωρείται επαρκής	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Άλλες κατασκευαστικές διατάξεις	
EN1992-1-1 : 9.2.1.2	ΕΚΩΣ : 8.2.2.2 , 17.8.1 , 18.3.4
Σε μονολιθικές κατασκευές ακόμα και εάν έχει γίνει παραδοχή ελεύθερα στρεπτών στηρίξεων, οι στηρίξεις σχεδιάζονται για ροπή κάμψης , που προκύπτει από μερική πάκτωση, ίση με 0,15 φορές την μέγιστη καμπτική ροπή στο άνοιγμα	Στην περίπτωση συνεχών δοκών και ζυγωμάτων πλαισίων από οπλισμένο με ανοίγματα <12m και με σταθερή ροπή αδράνειας, οι ροπές στήριξης μπορούν να μειώνονται ή να αυξάνονται κατά 15% , χωρίς έλεγχο
Στην περίπτωση ύπαρξης θλιβόμενου οπλισμού σε μια διατομή πρέπει να περιβάλλεται από εγκάρσιο οπλισμό ανά αποστάσεις όχι μεγαλύτερες από 15φ	Η μέγιστη απόσταση s_{max} μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται ως εξής : $-0,8 \cdot d \leq 300mm$ για $V_{Sd} < (1/5) \cdot V_{Rd2}$ $-0,6 \cdot d \leq 300mm$ για $(1/5) \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq (2/3) \cdot V_{Rd2}$ $-0,3 \cdot d \leq 200mm$ για $V_{Sd} > (2/3) \cdot V_{Rd2}$ Ενώ ειδικότερα στις κρίσιμες περιοχές δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ισχύει : $s_{max} = \min\{ (1/3)h ; 10\phi_{Lmin} ; 20\phi_w ; 200mm \}$
Η συνολική διατομή του εφελκυσμένου οπλισμού A_s μιας διατομής πλακοδοκού πρέπει να διανεμηθεί στο συνεργαζόμενο πλάτος της πλάκας	Σε πλακοδοκούς οι εφελκυσμένοι οπλισμοί μπορούν να τοποθετούνται μέσα στην πλάκα σε ένα πλάτος ίσο με το μισό συνεργαζόμενο πλάτος
Περάτωση του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού	
EN1992-1-1 : 9.2.1.3	ΕΚΩΣ : 17.8.3 , 11.2.4 , 11.2.5
Για στοιχεία χωρίς οπλισμό διάτμησης η πρόσθετη εφελκυστική δύναμη, ΔF_{td} , μπορεί να εκτιμηθεί με μετάθεση του διαγράμματος ροπών κατά απόσταση $a_i = d$. Ενώ για στοιχεία με οπλισμό διάτμησης το a_i παίρνει την τιμή $z(\cot\theta - \cot\alpha)/2$	Για στοιχεία με οπλισμό διάτμησης η πρόσθετη εφελκυστική δύναμη, ΔF_{td} , μπορεί να εκτιμηθεί με μετάθεση του διαγράμματος ροπών κατά $a_i = z(\cot\theta - \cot\alpha)/2$ Δεν δίνεται κάποια οδηγία στην περίπτωση στοιχείων χωρίς οπλισμό διάτμησης



(a)

(Σχήμα 9.2 EN1992-1-1)



(α)

(Σχήμα Σ17.9 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.1 : Κανόνες μετατόπισης και μήκη αγκύρωσης

Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε ακραίες στηρίξεις	
EN1992-1-1 : 9.2.1.4	ΕΚΩΣ : 17.8.4 , 17.6.3 , 18.1.4.1 , 18.3.5
Ο κάτω οπλισμός που τοποθετείται σε ακραίες στηρίξεις , οι οποίες θεωρούνται μερικώς πακτωμένες ή ελεύθερα στρεπτές , πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με 0.25 φορές τον οπλισμό που τοποθετείται στο άνοιγμα	Αντίστοιχα στην περίπτωση του Ελληνικού Κανονισμού ο κάτω οπλισμός των ακραίων στηρίξεων ισούται με το ήμισυ του οπλισμού ανοίγματος
Η εφελκυστική δύναμη την οποία μπορεί να αναλάβει η αγκύρωση σε μια ακραία στήριξη είναι ίση με : $F_E = V_{Ed} \cdot a_l / z + N_{Ed}$ Παρατηρείται ότι στην τιμή της εφελκυστικής δύναμης λαμβάνεται υπόψη η αξονική δύναμη , η οποία προστίθεται ή αφαιρείται ανάλογα με το εάν είναι εφελκυστική ή θλιπτική αντίστοιχα	Η εφελκυστική δύναμη την οποία μπορεί να αναλάβει η αγκύρωση σε μια ακραία στήριξη είναι ίση με : $F_E = V_{Ed} \cdot a_l / z$ Αξιοσημείωτο είναι ότι στη σχέση υπολογισμού της εφελκυστικής δύναμης δεν συμμετέχει η αξονική δύναμη
Το μήκος αγκύρωσης του οπλισμού σε μια ακραία στήριξη είναι ίση με : $l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$ $l_{b,rqd} = (\sigma_s / 4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd})$ $l_{b,min} > \max\{0.3 l_{b,rqd} ; 10\phi ; 100mm\}$ υπό εφελκ. $l_{b,min} > \max\{0.6 l_{b,rqd} ; 10\phi ; 100mm\}$ υπό θλίψη	(α) Το μήκος αγκύρωσης για άμεση ακραία στήριξη είναι ίσο με $2/3 l_{b,net} \quad (\S 17.8.4 \text{ ΕΚΩΣ})$ (β) Το μήκος αγκύρωσης για έμμεση ακραία στήριξη ξεκινάμε και το μετράμε σε βάθος $b/3 \leq 50mm$ από την παρειά της στήριξης και είναι ίσο με $l_{b,net}$ Όπου $l_{b,net} = \alpha \cdot l_b (A_{s,req} / A_{s,prov}) \geq l_{b,min} \quad (\S 17.6.3 \text{ ΕΚΩΣ})$ $l_b = (\phi / 4) (f_{yd} / f_{bd}) \quad (\S 17.6.2 \text{ ΕΚΩΣ})$ $\alpha = 1$ για ευθύγρ. αγκύρωση υπό θλίψη ή εφελκυσμό $\alpha = 0.7$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό εφελκυσμό $\alpha = 1$ για καμπυλωτή αγκύρωση ράβδων υπό θλίψη $\alpha = 0.7$ για ευθύγραμμη αγκύρωση με εγκάρσια συγκολλημένη ράβδο Ενώ στην περίπτωση ακραίων στηρίξεων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ισχύουν τα

παρακάτω (§18.3.5 ΕΚΩΣ) :

(α) το μήκος αγκύρωσης ισούται με

$$l_{b,min}$$

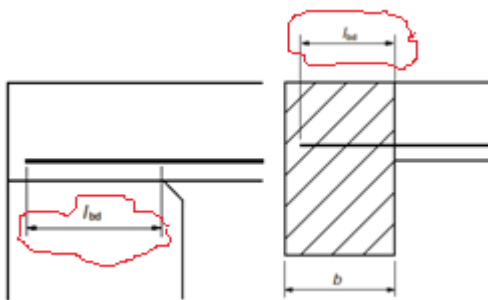
Όπου

$$l_{b,min} = 0.3 l_b (\geq 10\phi) \text{ υπό εφελκ. (§17.6.3 ΕΚΩΣ)}$$

$$= 0.6 l_b (\geq 10\phi) \text{ υπό θλίψη (§17.6.3 ΕΚΩΣ)}$$

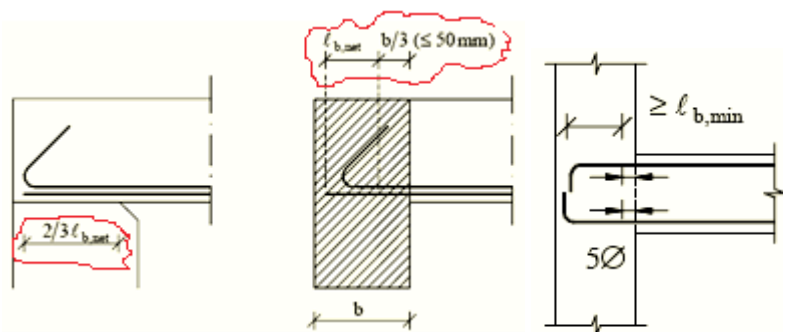
(β) οι ράβδοι πρέπει να επεκτείνονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου όπου και θα κάμπτονται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου

(γ) το μήκος αγκύρωσης μετράται από απόσταση 5ϕ πέρα από το σημείο εισόδου της ράβδου στον κόμβο



(α)

(Σχήμα 9.3 EN1992-1-1)



(α)

(Σχήμα Σ17.12 ΚΑΙ Σ18.13 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.2 : Αγκυρώσεις στις ακραίες στηρίξεις

Εφαρμογή 9.1 : Υπολογισμός μήκους αγκύρωσης σε άμεση ακραία στήριξη

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B500
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- $\phi=20\text{mm}$, απόσταση ράβδων 1.8ϕ , επικάλυψη 1.5ϕ
- η ράβδος εφελκύεται ,αγκυρώνεται με καμπύλωση και η περίσφιξη της πραγματοποιείται με εγκάρσιο οπλισμό και μη συγκολλημένο
- το εμβαδό της διατομής του εγκάρσιου κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης l_{bd} είναι $\Sigma A_{st}=0.5A_s$, όπου A_s το εμβαδό της υπερκαλυπτόμενης ράβδου
- το ύψος της διατομής είναι $h=250\text{mm}$
- $A_{s,req}/A_{s,prov} = 1/1.3$

▪ Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα:

Το μήκος αγκύρωσης σε ακραίες στηρίξεις δίνεται από τη σχέση

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req} \geq l_{b,min} \text{ (μετρούμενο από την παρειά της στήριξης)}$$

$$l_{b,req} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/(2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}))$$

-καθώς $h=250\text{m}$ το η_1 παίρνει την τιμή 1.0

-ο συντελεστής $\eta_2=1.0$ εφόσον $\phi < 32\text{mm}$

(§9.2.1.4 EC2)

((8.4) §8.4.4 EC2)

((8.3) §8.4.3 EC2)

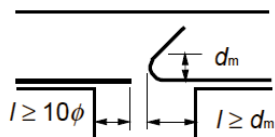
((8.2) §8.4.2 EC2)

((8.2) §8.4.2 EC2)

<p> $-f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0,05}/\gamma_c$ Η συνιστώμενη τιμή του συντελεστή α_{ct} είναι 1.0 $f_{ctk,0,05}=1.5\text{MPa}$ σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 του EN1992-1-1 $f_{ctd}=1.0 \cdot 1.5/1.5=1.0\text{ MPa}$ Επομένως $l_{b,rqd} = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25 \cdot 1 \cdot 1))=966\text{mm}=0.97\text{m}$ </p> <p> Για τους συντελεστές ισχύει : <ul style="list-style-type: none"> • $c_d=\min(1.8\phi/2; 1.5\phi) = 0.9\phi < 3\phi$ άρα $\alpha_1=1.0$ • $\alpha_2 = 1-0.15(c_d-3\phi)/\phi = 1-0.15(0.9\phi-3\phi)/\phi = 1.315 > 1.0$ άρα $\alpha_2=1.0$ • περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο, όπου $\Sigma A_{st}=0.5A_s$ και $\Sigma A_{st,min}=0.25 A_s$ επομένως $\lambda=(\Sigma A_{st}-\Sigma A_{st,min})/A_s=(0.5 A_s-0.25 A_s) / A_s=0.25$ εφόσον η υπερκαλυπτόμενη ράβδος βρίσκεται στη γωνία της διατομής ο συντελεστής K παίρνει την τιμή 1.0 Επομένως $\alpha_3=1-K\lambda=1-1 \cdot 0.25=0.75$ • α_4 και α_5 εφόσον δεν συμμετέχουν παίρνουν την τιμή 1.0 </p> <p> Επομένως το μήκος αγκύρωσης παίρνει την τιμή $l_{bd} = \alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\alpha_5 l_{b,rqd}$ $= 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.75 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.97=0.73\text{ m}$ </p> <p> Ελέγχω το ελάχιστο δυνατό μήκος αγκύρωσης όπου $l_{b,min} > \max\{0.3 l_{b,rqd}; 10\phi; 100\text{mm}\}$ $> \max\{0.3 \cdot 0.97; 10 \cdot 0.02; 0.1\}$ $> \max\{0.29; 0.2; 0.1\} \approx 0.3\text{m}$ Ισχύει $l_{bd} > l_{b,min}$ επομένως $l_{bd}=0.73\text{m}$ </p> <p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας : Το μήκος αγκύρωσης για ακραία άμεση στήριξη ισούται με $2/3 l_{bnet}$ (το μήκος αγκύρωσης μετράται από την παρειά της στήριξης) </p> <p> $l_{b,net}=\alpha \cdot l_b(A_{s,req}/A_{s,prov}) \geq l_{b,min}$ $l_b=(\phi/4)(f_{yd}/f_{bd})$ $f_{bd}=2.25 \cdot f_{ctk,0,05}/\gamma_c = 2.25 \cdot 1.5/1.5=2.25\text{MPa}$ Επομένως $l_b=(\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd})=(20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25))=5 \cdot (434.78/2.25)$ $=966\text{mm} \approx 0.97\text{m}$ Εφόσον η ράβδος αγκυρώνεται με καμπύλωση και βρίσκεται υπό εφελκυσμό, ο συντελεστής α παίρνει την τιμή 0.7 </p> <p> Επομένως ισχύει, $l_{b,net}=\alpha \cdot l_b(A_{s,req}/A_{s,prov}) = 0.7 \cdot 0.97 \cdot (1/1.3)=0.52\text{m}$ </p> <p> Άρα το μήκος αγκύρωσης είναι $2/3 \cdot 0.52=0.35\text{m}$ </p> <p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας : </p>	<p> ((3.15) §3.1.6 EC2) (§3.1.6 EC2) </p> <p> (Πίν 8.2 §8.4.4 EC2) (Πίν 8.2 §8.4.4 EC2) (Πίν 8.2 §8.4.4 EC2) </p> <p> (Σχ. 8.4 §8.4.4 EC2) </p> <p> (Πίν 8.2 §8.4.4 EC2) </p> <p> (§8.4.4 EC2) </p> <p> (§17.8.4 E.K) </p> <p> (§17.6.3 E.K) ((17.1) §17.6.2 E.K) ((Σ17.2) §17.5 E.K) </p> <p> (Σχ. 17.1 E.K.) </p>
--	--

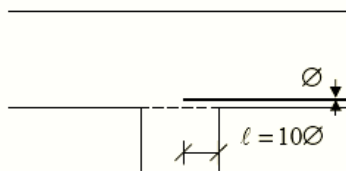
<p>Το μήκος αγκύρωσης για ακραία άμεση στήριξη ισούται με το μήκος $l_{b,min}$, πιο συγκεκριμένα :</p> <p>$l_{b,min} = 0.3 l_b (\geq 10\phi)$ για ράβδους υπό εφελκ. ,</p> <p>$l_b = (\phi/4)(f_{yd}/f_{bd})$</p> <p>$f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0,05}/\gamma_c = 2.25 \cdot 1.5/1.5 = 2.25 \text{ MPa}$</p> <p>Άρα $l_b = (\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd}) = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25)) = 5 \cdot (434.78/2.25)$</p> <p>$= 966 \text{ mm} \approx 0.97 \text{ m}$</p> <p>Και $0.3 l_{b,min} = 0.3 \cdot 0.97 \approx 0.30 \text{ m}$</p> <p>Το μήκος l_b ξεκινάμε να το μετράμε σε απόσταση 5ϕ από την παρειά της στήριξης επομένως το συνολικό μήκος αγκύρωσης ισούται με $0.3 + 5 \cdot 0.02 = 0.4 \text{ m}$</p> <p>Τέλος καμπυλώνουμε την ράβδο κατά 90°</p>	<p>(§18.3.5 Ε.Κ.)</p> <p>(§17.6.3 Ε.Κ.)</p> <p>((17.1) §17.6.2 Ε.Κ.)</p> <p>((Σ17.2) §17.5 Ε.Κ.)</p>
--	--

Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε ενδιάμεσες στηρίξεις	
EN1992-1-1 : 9.2.1.5	ΕΚΩΣ : 18.1.4.1 , 17.8.5
Ο κάτω οπλισμός των ενδιάμεσων στηρίξεων ισούται με 0.25 φορές τον οπλισμό που τοποθετείται στο άνοιγμα	Ο κάτω οπλισμός των ενδιάμεσων στηρίξεων ισούται με το ήμισυ του οπλισμού ανοίγματος
<p>Το μήκος αγκύρωσης πρέπει να είναι :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\geq 10\phi$ για ευθύγραμμες ράβδους - \geq τη διάμετρο του τυμπάνου για άγκιστρα και καμπυλώσεις με διαμέτρους ράβδων μικρότερες ή ίσες των 16mm - \geq το διπλάσιο της διαμέτρου του τυμπάνου για ράβδους με διάμετρο $>16 \text{ mm}$ <p>Βλέπε Σχήμα S9.3(a)</p>	<p>(i) Για δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ο κάτω οπλισμός προεκτείνεται μέσα στην στήριξη τουλάχιστον κατά 10ϕ (§17.8.5 ΕΚΩΣ)</p> <p>(ii) Ενώ στην περίπτωση δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (§18.3.5 ΕΚΩΣ) οι ράβδοι πρέπει να συνεχίσουν μέχρι το επόμενο άνοιγμα πέραν της στήριξης για μήκος τουλάχιστον ίσο προς $l_{b,min}$</p> <p>Όπου</p> <p>$l_{b,min} = 0.3 l_b (\geq 10\phi)$ υπό εφελκ. (§17.6.3 ΕΚΩΣ)</p> <p>$= 0.6 l_b (\geq 10\phi)$ υπό θλίψη (§17.6.3 ΕΚΩΣ)</p> <p>Όταν όμως δεν είναι κατασκευαστικά δυνατή η ευθύγραμμη συνέχιση των τα ράβδων (λόγω άνισουψών δοκών) τότε ισχύει (§18.3.5 ΕΚΩΣ):</p> <p>(α) το μήκος αγκύρωσης ισούται με $l_{b,min}$</p> <p>(β) οι ράβδοι πρέπει να επεκτείνονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου όπου και θα κάμπτονται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου</p> <p>(γ) το μήκος αγκύρωσης μετράται από απόσταση 5ϕ πέρα από το σημείο εισόδου της ράβδου στον κόμβο</p> <p>Βλέπε Σχήμα S9.3(α) και (β)</p>



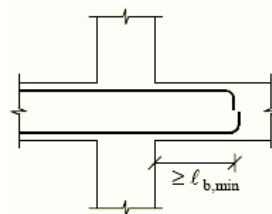
(a)

(Σχήμα 9.4 EN1992-1-1)



(α)

(Σχήμα Σ17.13 ΕΚΩΣ)



(β)

(Σχήμα Σ18.13 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.3 : Αγκυρώσεις σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Εφαρμογή 9.2 : Υπολογισμός μήκους αγκύρωσης κάτω οπλισμού για ενδιάμεση στήριξη

Δεχόμαστε ότι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- $\phi=20\text{mm}$
- η ράβδος εφελκύεται

■ Σύμφωνα με τον **Ευρωκώδικα** :

- Στην περίπτωση ευθύγραμμης αγκύρωσης, το μήκος αγκύρωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 10ϕ , άρα
 $l=10\phi=10\cdot 20\text{mm}=200\text{mm}=0.2\text{m}$

(§9.2.1.5(2) EC2)

- Στην περίπτωση αγκύρωσης με καμπύλωση και διάμετρο ράβδου $>16\text{mm}$, το μήκος αγκύρωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το 2πλάσιο της διαμέτρου του τυμπάνου .
Επιλέγω ως διάμετρο του τυμπάνου την ελάχιστη δυνατή, δηλ 7ϕ
Επομένως το μήκος αγκύρωσης ισούται με
 $l=2\cdot D_{\text{curve}}=2\cdot 7\cdot \phi=2\cdot 7\cdot 20=280\text{mm}=0.28\text{m}$

(§9.2.1.5(2) EC2)

(Πιν.8.1N §8.3 EC2)

■ Σύμφωνα με τον **ΕΚΩΣ** :

- Δοκός χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας :
Το μήκος αγκύρωσης είναι τουλάχιστον το 10πλάσιο της διαμέτρου της ράβδου, άρα
 $l=10\phi=10\cdot 20=200\text{mm}=0.2\text{m}$

(§17.8.5 Ε.Κ)

- Δοκός με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (§18.3.5 ΕΚΩΣ) :

- Για την πλήρη αγκύρωση του οπλισμού η ράβδος πρέπει να συνεχίσει κατά $l_{b,min}$ πέρα από την στήριξη στο επόμενο άνοιγμα
 $l_{b,min} = 0.3 l_b (\geq 10\phi)$
 $l_b = (\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd})$
 $f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0.05}/\gamma_c = 2.25 \cdot 1.5/1.5 = 2.25\text{MPa}$
Επομένως
 $l_b = (\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd}) = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25))$
 $= 5 \cdot (434.78/2.25) = 966\text{mm} \approx 0.97\text{m}$
και $l_{b,min} = 0.3 l_b = 0.3 \cdot 0.97 = 0.29\text{m} \approx 0.3\text{m}$

(§18.3.5 Ε.Κ)

(§17.6.3 Ε.Κ)

((17.1) §17.6.2 Ε.Κ)

((Σ17.2) §17.5 Ε.Κ)

<p>Το συνολικό μήκος αγκύρωσης είναι $b+0.3m$</p> <p>(ii) Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η αγκύρωση στο επόμενο άνοιγμα προτείνεται αγκύρωση μέσα στην στήριξη κατά $l_{b,min}$ και καμπύλωση αυτής κατά 90°</p> <p>$l_{b,min} = 0.3 l_b (\geq 10\phi)$ $l_b = (\phi/4)(f_{yd}/f_{bd})$ $f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0.05}/\gamma_c = 2.25 \cdot 1.5/1.5 = 2.25 MPa$</p> <p>Επομένως $l_b = (\phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd}) = (20/4) \cdot ((500/1.15)/(2.25))$ $= 5 \cdot (434.78/2.25) = 966mm \approx \mathbf{0.97m}$</p> <p>και $l_{b,min} = 0.3 l_b = 0.3 \cdot 0.97 = 0.29m \approx \mathbf{0.3m}$</p>	<p>(§17.6.3 Ε.Κ) ((17.1) §17.6.2 Ε.Κ) ((Σ17.2) §17.5 Ε.Κ)</p>
---	--

Οπλισμός διάτμησης	
EN1992-1-1 : 9.2.2	ΕΚΩΣ : 11.2.1 , 17.9.2 , 18.3.3 , 18.3.4
<p>Τουλάχιστον το 50% του οπλισμού διάτμησης πρέπει να έχει την μορφή συνδετήρων</p>	<p>Λοξοί ράβδοι επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνον εφόσον υπάρχουν συγχρόνως και συνδετήρες τοποθετημένοι κατά γωνία 90° ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου (με εξαίρεση τον οπλισμό των πλακών). Επιπλέον το ποσοστό της τέμνουσας που αναλαμβάνεται από τους συνδετήρες πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό των λοξών ράβδων ,πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση στοιχείου με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας το ποσοστό που αναλαμβάνεται από συνδετήρες είναι τουλάχιστον 65% (§11.2.1 ΕΚΩΣ)</p>
<p>Οι ελάχιστη τιμή του ποσοστού διάτμησης καθορίζεται από τη σχέση :</p> <p>$\rho_{w,min} = (0.08 \sqrt{f_{ck}})/f_{yk}$</p>	<p>Δεν δίνεται σχέση υπολογισμού του ελάχιστου ποσοστού διάτμησης αλλά πίνακας με συνιστώμενες τιμές ανάλογα με τις ιδιότητες των υλικών (§18.3.3 ΕΚΩΣ)</p>

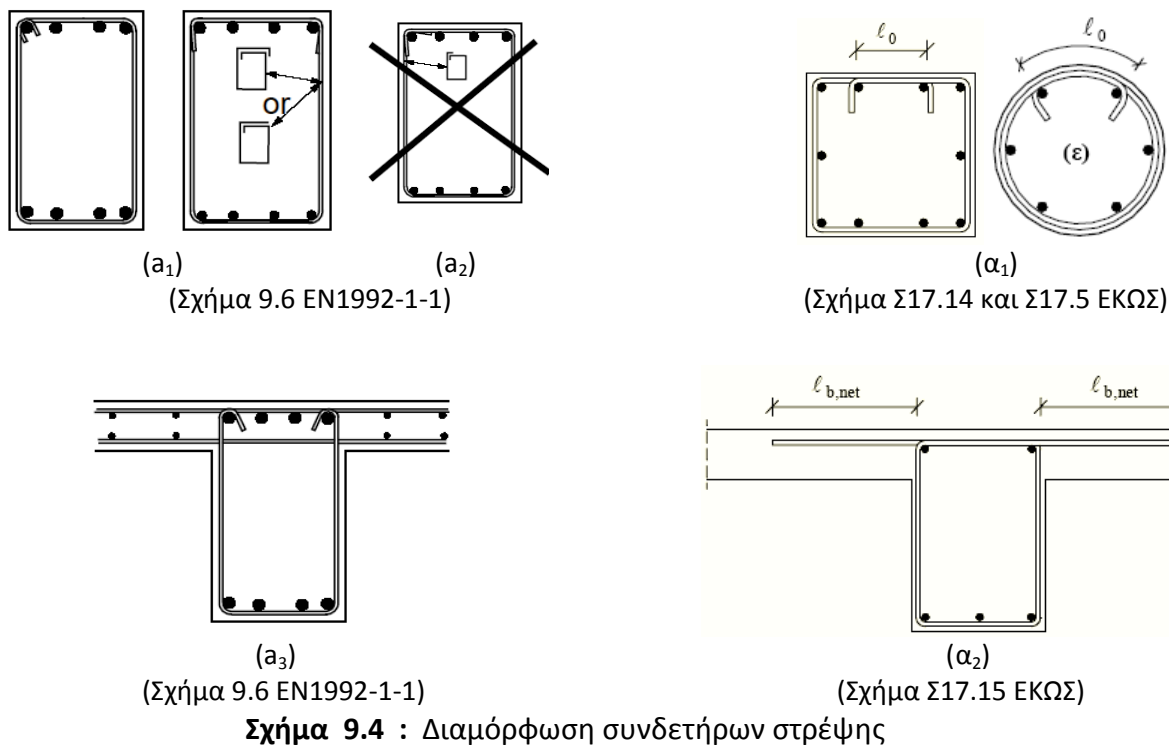
Οι διαφορές μεταξύ των 2 κανονισμών σχετικά με το ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό διάτμησης φαίνεται στους παρακάτω πίνακες :

EN1992-1-1	B500	B600
C20	0.00071	0.00059
C30	0.00087	0.00073
C40	0.00101	0.00084
C50	0.00113	0.00094

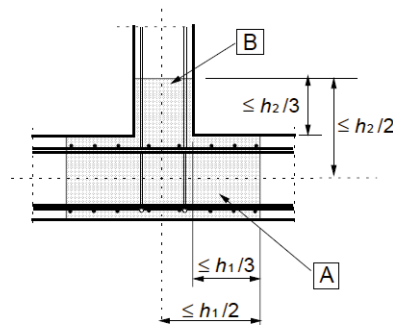
ΕΚΩΣ	S220	S500
C12-C20	0.0016	0.0007
C25-C35	0.0024	0.0011
C40-C50	0.0030	0.0013

Πίνακας 9.1 : Ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό διάτμησης

<p>Η μέγιστη διαμήκης απόσταση μεταξύ των διατάξεων οπλισμών διάτμησης δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή $s_{l,max} = 0.75d(1+cot\alpha)$ όπου α η κλίση του οπλισμού διάτμησης ως προς τον διαμήκη άξονα</p>	<p>Η μέγιστη διαμήκης απόσταση s_{max} (§18.3.4 ΕΚΩΣ) μεταξύ των διατάξεων των οπλισμών διάτμησης καθορίζεται ως εξής :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $0.8 \cdot d \leq 300mm$ για $V_{Sd} < (1/5) \cdot V_{Rd2}$ - $0.6 \cdot d \leq 300mm$ για $(1/5) \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq (2/3) \cdot V_{Rd2}$ - $0.3 \cdot d \leq 200mm$ για $V_{Sd} > (2/3) \cdot V_{Rd2}$ <p>Επιπλέον στις κρίσιμες περιοχές δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων προκύπτει ως εξής :</p> <p>$s_{max} = \min \{ 1/3h ; 10\min\phi_l ; 20\phi_w ; 200mm \}$ (κρίσιμη περιοχή θεωρείται η απόσταση $2h_b$ από την παρειά της στήριξης)</p>
<p>Η μέγιστη εγκάρσια απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα παίρνει την τιμή $s_{t,max} = 0.75d \leq 600mm$</p>	<p>Η μέγιστη εγκάρσια απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα καθορίζεται ως εξής (§18.3.4 ΕΚΩΣ):</p> <ul style="list-style-type: none"> - $d \leq 500mm$ για $V_{Sd} < (1/5) \cdot V_{Rd2}$ - $0.6 \cdot d \leq 300mm$ για $(1/5) \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq (2/3) \cdot V_{Rd2}$ - $0.3 \cdot d \leq 200mm$ για $V_{Sd} > (2/3) \cdot V_{Rd2}$
Οπλισμός στρέψης	
EN1992-1-1 : 9.2.3	ΕΚΩΣ : 17.9.2 , 18.3.7 , 18.3.2 , 18.3.4
<p>Οι συνδετήρες στρέψης πρέπει να είναι κλειστοί και αγκυρωμένοι με υπερκάλυψη ή άγκιστρα άκρων (βλέπε σχήμα 9.4 για κατάλληλη διαμόρφωση των συνδετήρων)</p>	<p>Το κλείσιμο των συνδετήρων πρώτον γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μήκος υπερκάλυψης l_o και δεύτερον διατάσσεται κατ' εναλλαγήν, δηλαδή σε διαφορετικές διαμήκης ράβδους (βλέπε Σχήμα 9.4). Στην περίπτωση πλακοδοκών ακολουθείται η διαμόρφωση του Σχήματος 9.4 (§17.9.2 ΕΚΩΣ)</p>
<p>Το ποσοστό του ελάχιστου απαιτούμενου οπλισμού στρέψης προκύπτει από τη σχέση : $\rho_{w,min} = (0.08 \sqrt{f_{ct}}) / f_{yk}$</p>	<p>Σύμφωνα με τις παραγράφους §18.3.7 και §18.3.4 το ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό συνδετήρων στρέψης προκύπτει σύμφωνα με τις τιμές του Πίνακα 9.1 (α)</p>
<p>Η διαμήκης απόσταση μεταξύ των συνδετήρων στρέψης δεν πρέπει να ξεπερνά :</p> <p>(a) την τιμή $u/8$, όπου u η περίμετρος της διατομής ή</p> <p>(b) το $s_{l,max} = 0.75d(1+cot\alpha)$ ή</p> <p>(c) την μικρότερη διάσταση της διατομής</p>	<p>Η διαμήκης απόσταση μεταξύ των συνδετήρων στρέψης σύμφωνα με τις παραγράφους §18.3.7 και §18.3.4 δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\min\{0.8 \cdot d , u_k/8 , 300mm\}$ όταν $V_{Sd} < (1/5) \cdot V_{Rd2}$ - $\min\{0.6 \cdot d , u_k/8 , 300mm\}$ όταν $(1/5) \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq (2/3) \cdot V_{Rd2}$ - $\min\{0.3 \cdot d , u_k/8 , 200mm\}$ όταν $V_{Sd} > (2/3) \cdot V_{Rd2}$ (όπου u_k η περίμετρος της διατομής)
<p>Η διαμήκης ράβδοι πρέπει να είναι διατεταγμένες έτσι ώστε να υπάρχει μια ράβδος σε κάθε γωνία και οι υπόλοιπες διανέμονται ομοιόμορφα κατά μήκος της εσωτερικής περιμέτρου των συνδετήρων με αποστάσεις μεταξύ τους όχι μεγαλύτερες από 350mm</p>	<p>Το ελάχιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού που καταπονείται από στρέψη είναι :</p> <p>$\rho_{min} = (1/2) \cdot (f_{ctm} / f_{yd})$ (§18.3.7 , §18.3.2)</p> <p>Η διάταξη του οπλισμού μέσα στη διατομή ακολουθεί τις ίδιες απαιτήσεις με αυτές του EN1992-1-1</p>



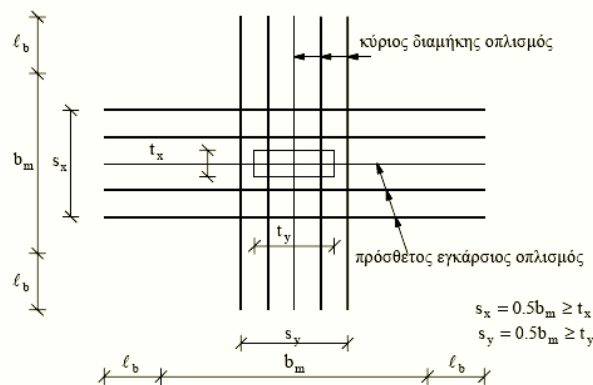
Έμμεσες στηρίξεις	
EN1992-1-1 : 9.2.5	ΕΚΩΣ :
Όταν μια δοκός εδράζεται έμμεσα σε μια εγκάρσια δοκό αντί σε τοίχωμα ή υποστύλωμα πρέπει να τοποθετείται οπλισμός ανάρτησης, ο οποίος υπολογίζεται έτσι ώστε να παραλαμβάνει την δύναμη έδρασης και προστίθεται στον οπλισμό που τοποθετείται για άλλους λόγους	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ο οπλισμός ανάρτησης πρέπει να αποτελείται από συνδετήρες που περιβάλλουν τον κύριο οπλισμό της στηρίζουσας δοκού. Κάποιοι από αυτούς τους συνδετήρες μπορούν να διανεμηθούν έξω από την περιοχή της αλληλοτομίας των 2 δοκών. (βλέπε Σχήμα 9.5)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα 9.7 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.5 : Τοποθέτηση του οπλισμού ανάρτησης στη ζώνη συμβολής των 2 δοκών

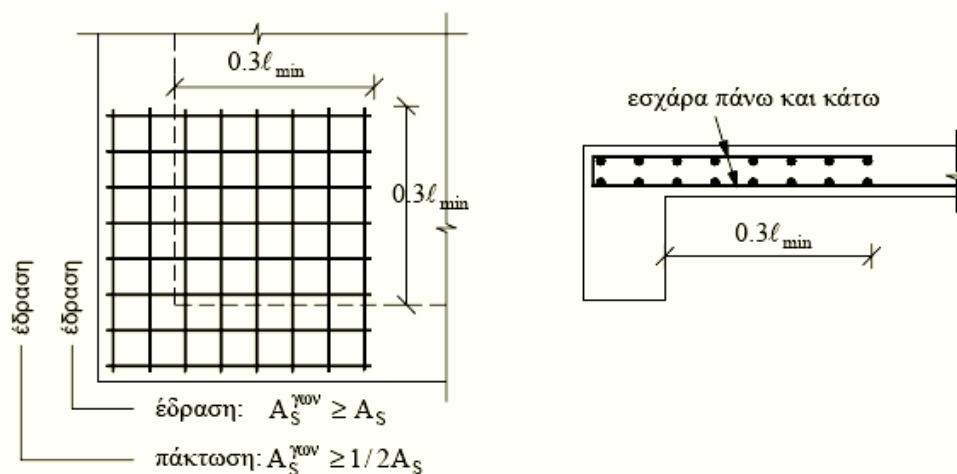
Οπλισμός κάμψης πλακών	
EN1992-1-1 : 9.3.1.1	ΕΚΩΣ : 18.1.4.1
Δεν γίνεται λόγος στον Ευρωκώδικα	Μπορεί να χρησιμοποιούνται το πολύ 2 διαφορετικές διαμέτροι διαμήκων ράβδων σε κάθε κατεύθυνση στην ίδια πλάκα εφόσον ισχύει η ανίσωση $\phi_{L,min} \geq 2/3 \phi_{L,max}$
<p>Η συνιστώμενη τιμή του ελάχιστου διαμήκους οπλισμού κάμψης είναι :</p> <p>$A_{s,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$</p> <p>Σε περίπτωση που μπορεί να γίνει αποδεκτή η πιθανότητα ψαθυρής αστοχίας, το $A_{s,min}$ μπορεί να ληφθεί ίσο με 1,2 φορές την διατομή που απαιτείται στον έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης αστοχίας</p>	<p>Η συνιστώμενη τιμή του ελάχιστου διαμήκους οπλισμού κάμψης είναι :</p> <p>$A_{s,min} = \max\{0.6b \cdot d / f_{yk} ; 0.0015b \cdot d\}$ (§18.1.4.1)</p>
<p>Η διατομή του οπλισμού κάμψης δεν πρέπει να ξεπεράσει την τιμή :</p> <p>$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$ (εκτός των περιοχών ενώσεων με υπερκάλυψη)</p>	Όμοια με τις διατάξεις του EN1992-1-1
Το εμβαδόν του δευτερεύοντος οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος προς το 20% του κύριου οπλισμού	Σύμφωνα με την παράγραφο §18.1.4.1 το εμβαδόν του δευτερεύοντος οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς το 20% του κύριου οπλισμού και τουλάχιστον 4 ϕ 6/m
<p>Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να υπερβαίνει το $s_{l,max}$. Πιο συγκεκριμένα ισχύει :</p> <ul style="list-style-type: none"> - για τον κύριο οπλισμό , $s_{l,max} = 3h \leq 400mm$, όπου h το πάχος της πλάκας - για τον δευτερεύοντα οπλισμό , $s_{l,max} = 3,5h \leq 450mm$ - για τον κύριο οπλισμό σε περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία ή περιοχές μέγιστων ροπών $s_{l,max} = 2h \leq 250mm$ - για τον δευτερεύοντα οπλισμό σε με συγκεντρωμένα φορτία ή περιοχές μέγιστων ροπών $s_{l,max} = 3h \leq 400mm$ 	<p>Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1.50·h ή 200mm για τον κύριο οπλισμό - 250mm για τον δευτερεύοντα οπλισμό <p>Ειδικότερα ο διαμήκης οπλισμός που προκύπτει λόγω συγκεντρωμένων φορτίων πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος $s_y = 0.5 \cdot b_m \geq t_y$. Επιπλέον κάτω από τα συγκεντρωμένα φορτία πρέπει να διατάσσεται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός ,ίσος τουλάχιστον με το 60% του οπλισμού που προέκυψε λόγω φορτίου .Ο πρόσθετος αυτός οπλισμός πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος ίσο με το μισό του πλάτους διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου ,αλλά όχι μικρότερο του πλάτους εισαγωγής του συγκεντρωμένου φορτίου στο μέσο επίπεδο της πλάκας κατά τη διεύθυνση του κύριου οπλισμού t_x. (βλέπε σχήμα 9.6)</p>



(Σχήμα Σ18.3 : ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.6 : Ειδικοί οπλισμοί κάτω από σημειακά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα στην επιφάνεια της πλάκας φορτία

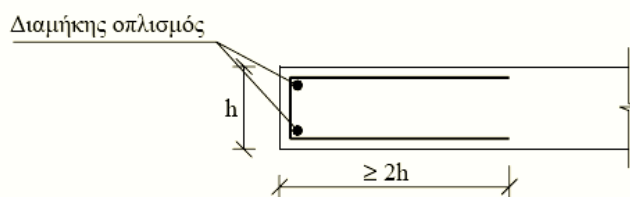
Οπλισμός πλακών κοντά στις στηρίξεις	
EN1992-1-1 : 9.3.1.2	ΕΚΩΣ : 18.1.4.1
Όταν υπάρχει μερική πάκτωση κατά μήκος ενός ορίου μιας πλάκας αλλά δεν έχει ληφθεί υπόψη κατά την ανάλυση , ο άνω οπλισμός πρέπει να είναι ικανός να παραλάβει τουλάχιστον το 25% της μέγιστης ροπής του γειτονικού ανοίγματος .Ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον έως το 0.2 του μήκους του διπλανού ανοίγματος μετρούμενο από την παρειά της στήριξης . Πρέπει να είναι συνεχής πάνω από εσωτερικές στηρίξεις και να αγκυρώνεται στις ακραίες στηρίξεις .Σε μια ακραία στήριξη , η ροπή που πρέπει να παραληφθεί μπορεί να μειωθεί στο 15% της μέγιστης ροπής του γειτονικού ανοίγματος	Όταν ο κύριος οπλισμός είναι παράλληλος σε στήριξη που δεν έχει ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας ,οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται πάνω σε αυτή την στήριξη πρέπει να αναλαμβάνονται από αντίστοιχο άνω οπλισμό ίσο τουλάχιστο με το 60% του κύριου οπλισμού της πλάκας και τουλάχιστον 5Ø8/m .Ο οπλισμός αυτός πρέπει να φθάσει σε απόσταση από την παρειά της στήριξης ίση με το τέταρτο του ανοίγματος υπολογισμού της πλάκας (γνωστός ως οπλισμός απόσχισης)
Οπλισμός στις γωνίες	
EN1992-1-1 : 9.3.1.3	ΕΚΩΣ : 18.1.4.2
Εάν οι κατασκευαστικές διατάξεις σε μια στήριξη είναι τέτοιες ώστε να παρεμποδίζεται η ανύψωση της γωνίας της πλάκας πρέπει να διατάσσεται κατάλληλος οπλισμός (δεν δίνονται περαιτέρω λεπτομέρειες σχεδιασμού)	Όταν παρεμποδίζεται η ανύψωση της γωνίας μιας πλάκας πρέπει να προβλέπεται ένας οπλισμός τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό του ανοίγματος στην άνω και κάτω επιφάνεια : (i) κατά τις κύριες διευθύνσεις των εφελκυστικών τάσεων (ii) με ορθογωνικό πλέγμα παράλληλο στις πλευρές Σε περίπτωση που η μια πλευρά της πλάκας εδράζεται απλά , ενώ η άλλη είναι πακτωμένη , ο οπλισμός αυτός πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με το μισό του οπλισμού ανοίγματος .Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να εκτείνονται πέρα από την παρειά της στήριξης σε μήκος τουλάχιστον ίσο με 0.3 φορές το μήκος του μικρότερου ανοίγματος (βλέπε σχήμα 9.7)



(Σχήμα Σ18.4 : ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.7 : Παράδειγμα διάταξης οπλισμού γωνιών πλάκας

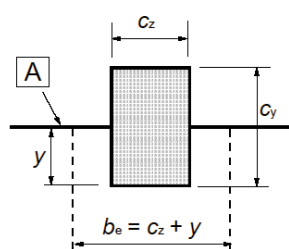
Οπλισμός στα ελεύθερα άκρα	
EN1992-1-1 : 9.3.1.4	ΕΚΩΣ : 18.1.5.4
Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου είναι απαραίτητο η πλάκα να διαθέτει διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς. Ο τυπικός οπλισμός που τοποθετείται σε μια πλάκα μπορεί χρησιμοποιηθεί και ως οπλισμός ελεύθερου άκρου. (βλέπε σχήμα 9.8 για κατάλληλη διάταξη των οπλισμών)	Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου μια πλάκα πρέπει να διαθέτει : (α) διαμήκη οπλισμό από 2 τουλάχιστον ράβδους , την μία στην πάνω ακμή και την άλλη στην κάτω ακμή .Το ελάχιστο εμβαδό αυτού του οπλισμού είναι $0.005 \cdot h^2 \geq 2\phi 8$ για S220 και $0.0025 \cdot h^2 \geq 2\phi 8$ για S400 και S500 (β) εγκάρσιο οπλισμό του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον $2h$.Ο ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός είναι τουλάχιστον $4\phi 6/m$ (βλέπε σχήμα 9.8 για κατάλληλη διάταξη των οπλισμών)



Σχήμα 9.7 : Οπλισμός ελεύθερων άκρων

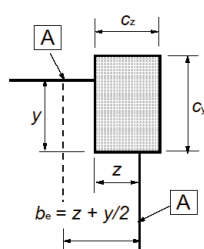
Οπλισμός διάτμησης-πλάκας	
EN1992-1-1 : 9.3.2	ΕΚΩΣ : 18.1.5.1 , 18.1.5.2
Ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης ορίζεται σύμφωνα με την παράγραφο §9.2.2. Γενικώς ισχύει : $\rho_{w,min} = (0.08 \sqrt{f_{ct}}) / f_{yk}$ $A_{sw,min} = \rho_{w,min} \cdot (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$	Το ποσοστό οπλισμού διατμήσεως δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται στον Πίνακα 9.1(α)

Οπλισμοί κάτω παρειάς (≥ 2 ράβδοι ανά διεύθυνση) πρέπει να τοποθετούνται σε 2 κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις πάνω από τα εσωτερικά υποστυλώματα (οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να περνούν μέσα από το εύρος της διατομής του υποστυλώματος)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Οπλισμοί πλακών επί περιμετρικών υποστυλωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.4.2	ΕΚΩΣ :
Για την μεταβίβαση καμπτικών ροπών από την πλάκα σε περιμετρικό ή γωνιακό υποστύλωμα απαιτείται να τοποθετηθεί οπλισμός κάθετα στο ελεύθερο όριο της πλάκας ,εντός του συνεργαζόμενου πλάτους b_e (βλέπε σχήμα 9.9)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



A : Όριο πλάκας

(a) Περιμετρικό υποστύλωμα
(Σχήμα 9.9 EN1992-1-1)



(b) Γωνιακό υποστύλωμα
(Σχήμα 9.9 EN1992-1-1)

Σημείωση : Μπορεί να είναι και $y > c_y$

Σημείωση : Το y είναι η απόσταση από το άκρο της πλάκας έως την εσωτερική παρειά του υποστυλώματος

Σχήμα 9.9: Συνεργαζόμενο πλάτος b_e μυκητοειδούς πλάκας

Οπλισμός διάτρησης	
EN1992-1-1 : 9.4.3	ΕΚΩΣ : 13.4.1 , 18.1.5.3
Ο απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης τοποθετείται μεταξύ της φορτιζόμενης επιφάνειας (περίμετρος υποστυλώματος) και της περιμέτρου σε απόσταση $kd=1.5d$ εσώτερα της περιμέτρου ελέγχου στην οποία ο οπλισμός διάτμησης δεν είναι απαραίτητος . Πρέπει να τοποθετούνται σκέλη συνδετήρων σε 2 τουλάχιστον περιμέτρους .Η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των σκελών των συνδετήρων δεν πρέπει να ξεπερνά το $0.75d$. Η απόσταση μεταξύ των σκελών των συνδετήρων κατά μήκος μιας περιμέτρου : (a) όταν αυτή βρίσκεται εσώτερα της πρώτης περιμέτρου ελέγχου ($2d$ από την φορτιζόμενη επιφάνεια) , δεν πρέπει να ξεπερνά το $1.5d$ (b) όταν αυτή βρίσκεται εκτός της πρώτης περιμέτρου ελέγχου , δεν πρέπει να ξεπερνά το $2d$	Ως οπλισμοί διάτρησης (§18.1.5.3) μπορούν να ληφθούν υπόψη (i) Εκείνοι οι συνδετήρες οι οποίοι περιλαμβάνονται σε μια ζώνη η οποία εκτείνεται σε μια απόσταση όχι μεγαλύτερη από το $\min\{1.5d ; 800mm\}$ από την φορτιζόμενη επιφάνεια . Η συνθήκη $s \leq 0.6d \cdot (1 + \cot \alpha)$ πρέπει να ικανοποιείται. Η απόσταση μεταξύ των σκελών των συνδετήρων δεν πρέπει να ξεπερνά την ποσότητα $\min\{d ; 800mm\}$. Επιπλέον τα κατακόρυφα μέλη των συνδετήρων θα ξεκινούν από απόσταση το πολύ $0.5d$ από την παρειά της φορτιζόμενης περιοχής ,θα απέχουν μεταξύ τους το πολύ $0.75d$ και θα περιβάλλουν τουλάχιστον ανά μία στρώση τους άνω και τους κάτω οπλισμούς κάμψης. Παρατηρείται ότι οι παραπάνω οδηγίες έρχονται σε αντίθεση με τη συνθήκη $s \leq 0.6d \cdot (1 + \cot \alpha)$

(b) όταν αυτή βρίσκεται **εκτός της πρώτης περιμέτρου ελέγχου** , δεν πρέπει να ξεπερνά το **2d**

Στην περίπτωση τοποθέτησης οπλισμού διάτμησης σε **μορφή καμπτόμενων ράβδων** ισχύουν τα παρακάτω :

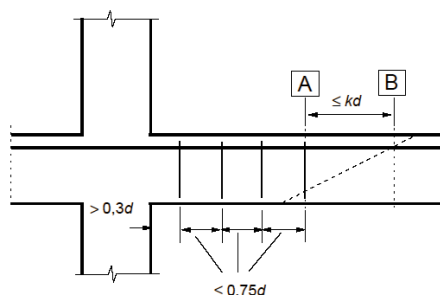
(a) Η απόσταση μεταξύ της παρειάς της **φορτιζόμενης επιφάνειας** και του **κοντινότερου οπλισμού διάτμησης** δεν θα πρέπει να **υπερβαίνει το 0.5d** (η απόσταση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην στάθμη του εφελκυσμένου οπλισμού).

Δεν δίνεται κάποιος περιορισμός σχετικά με την απόσταση μεταξύ των αποστάσεων των σειρών των καμπτόμενων ράβδων

(b) Οι **καμπτόμενες ράβδοι** που διέρχονται από τη φορτιζόμενη επιφάνεια ή σε απόσταση που δεν ξεπερνά το **0.25d** έξω από την επιφάνεια αυτή μπορούν να χρησιμοποιούνται ως οπλισμοί διάτμησης

(c) Απαιτείται η **τοποθέτηση μιας περιμέτρου σκελών συνδετήρων**

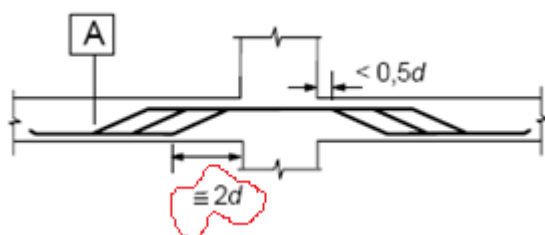
(ii) Εκείνες οι **καμπτόμενες ράβδοι** που διατέμνουν την επιφάνεια , η οποία βρίσκεται σε **απόσταση όχι μεγαλύτερη από 2d ή 800mm** από την φορτιζόμενη επιφάνεια
Η απόσταση μεταξύ της παρειάς της **φορτιζόμενης επιφάνειας** και του **κοντινότερου οπλισμού διάτμησης** δεν θα πρέπει να **υπερβαίνει το 0.5d** (η απόσταση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην στάθμη του εφελκυσμένου οπλισμού)
Η απόσταση μεταξύ των **σειρών των καμπτόμενων ράβδων** δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή **0.75d**



(a)

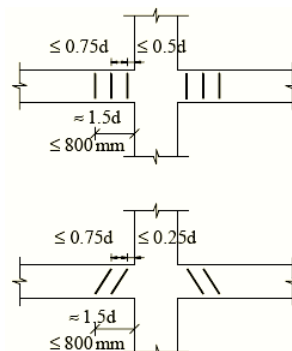
(Σχήμα 9.10 EN1992-1-1)

A : Εξωτερική περίμετρος ελέγχου που απαιτεί οπλισμούς διάτμησης
B : Πρώτη περίμετρος ελέγχου που δεν χρειάζεται οπλισμούς διάτμησης



(b)

(Σχήμα 9.10 EN1992-1-1)



(α)

(Σχήμα Σ18.7α ΕΚΩΣ)



(β)

(Σχήμα Σ18.7α ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.10 : Γεωμετρικές απαιτήσεις οπλισμών διάτμησης

Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	<p>Η συνεισφορά των καμπτόμενων ράβδων προκύπτει από τη εμπειρική σχέση :</p> $1.3 \cdot (\Sigma \sigma^2) \cdot (f_{yk} \cdot f_{ck})^{0.5} \geq V_{sd}$ <p>Η άθροιση περιλαμβάνει όλες τις ράβδους που διέρχονται από τις διεπιφάνειες πλάκας – υποστυλώματος και αγκυρώνονται και στις 2 πλευρές</p>
<p>Η διατομή ενός σκέλους συνδετήρα (ή η ισοδύναμη) , $A_{sw,min}$ υπολογίζεται ως εξής :</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ <p>Όπου α η γωνία μεταξύ του οπλισμού διάτμησης και του κύριου οπλισμού s_r είναι η απόσταση μεταξύ συνδετήρων διάτμησης στην ακτινική διεύθυνση s_t είναι η απόσταση μεταξύ των συνδετήρων διάτμησης κατά μήκος της περιμέτρου</p>	<p>Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης (§18.1.5.3) ,όταν απαιτείται , δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται για δοκούς στον Πίνακα 9.1</p>
<p>Η κατακόρυφη συνιστώσα μόνο των τενόντων προέντασης που διέρχονται εντός απόστασης 0.5d από το υποστύλωμα μπορεί να συμπεριληφθεί στην ανάληψη της τέμνουσας</p>	<p>Σύμφωνα με τη παράγραφο §13.4.1 για εξωτερικά υποστυλώματα με απόσταση από το άκρο της πλάκας μικρότερη από το 4πλάσιο του πάχους της η προένταση δεν ενεργοποιείται πλήρως γύρω από την περίμετρο u της κρίσιμης περιοχής</p>
Διαμήκης οπλισμός υποστυλωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.5.2	ΕΚΩΣ : 18.4.3
Οι διαμήκεις ράβδοι δεν πρέπει να έχουν διάμετρο μικρότερη από $\varnothing_{min}=8mm$	Οι διαμήκεις ράβδοι δεν πρέπει να έχουν διάμετρο όχι μικρότερη από $\varnothing_{min}=14mm$ Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται το πολύ 2 διαφορετικές διαμέτρους διαμήκων ράβδων στο ίδιο υποστύλωμα εφόσον ικανοποιείται η παρακάτω ανίσωση $\varnothing_{L,min} \geq 2/3 \cdot \varnothing_{L,max}$
Η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από $A_{s,min} = \max\{0.10 \cdot N_{ed} / f_{yd} ; 0.002 A_c\}$	Η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.01Ac (ή 0.008Ac αν δεν απαιτείται οπλισμός περίσφιγξης)
Ο ελάχιστος συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων είναι 4 για κυκλικά υποστυλώματα	Ο ελάχιστος συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων είναι 6 για κυκλικά υποστυλώματα
Εγκάρσιος οπλισμός υποστυλώματος	
EN1992-1-1 : 9.5.3	ΕΚΩΣ : 18.4.4.1 , 18.4.3 , 18.4.5
<p>Αρχικά είναι απαραίτητο να διακρίνουμε τις περιοχές του υποστυλώματος που παρουσιάζουν ιδιαίτερες απαιτήσεις οπλισμού :</p> <p>(i) σε τμήματα του υποστυλώματος μήκους ίσου με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής πάνω ή κάτω από δοκό ή πλάκα</p>	<p>Σύμφωνα με την παράγραφο §18.4.5 ως κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος l_{cr} ορίζονται :</p> <p>α) οι ακραίες περιοχές του υποστυλώματος πάνω και κάτω από κόμβους ,σε απόσταση από την παρειά του κόμβου η οποία ισούται με το μεγαλύτερο από :</p>

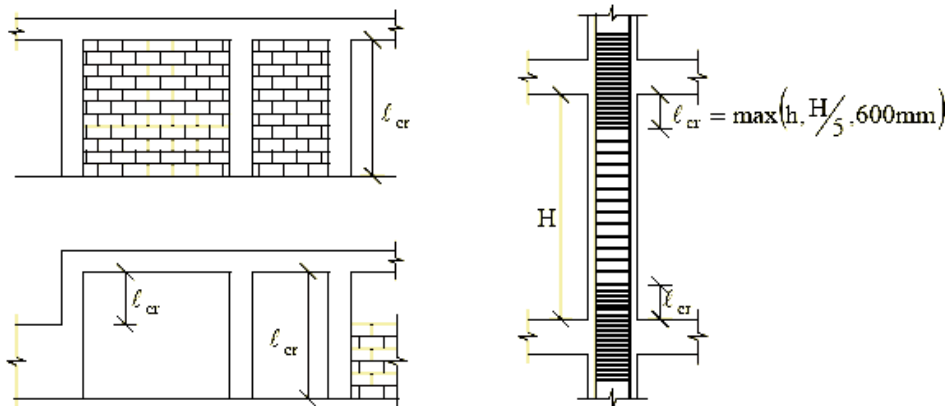
(ii) σε περιοχές υπερκάλυψης εφόσον η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων είναι μεγαλύτερη από 14mm

Τις παραπάνω περιοχές θα μπορούσαμε να τις χαρακτηρίσουμε «**κρίσιμες**»

- το **1/5** του **καθαρού ύψους** ορόφου
- τη **μεγαλύτερη διάσταση** της διατομής του υποστυλώματος
- **600mm**

β) όταν υπάρχει τοίχος από την μία πλευρά του υποστυλώματος, τότε **όλο το ύψος του θεωρείται κρίσιμο**. Το ίδιο ισχύει για τα γωνιακά υποστυλώματα, τα οποία έχουν τοίχο από την μία πλευρά κατά x ή και κατά y. Όταν ένα υποστυλόμετρο έχει από την μία ή και από τις 2 μεριές του τοίχο, ο οποίος δεν εκτείνεται σε όλο το ύψος του ορόφου, το σύνολο του ύψους του θεωρείται κρίσιμο

γ) όταν το υποστυλόμετρο συνδέεται με τοίχωμα σε μέρος του ύψους του τότε **κρίσιμο θεωρείται όλο το υπόλοιπο ύψος** (βλέπε Σχήμα 9.11)



(Σχήμα Σ18.17 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.11 : Κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος

Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού **δεν** πρέπει να είναι **μικρότερη από 6mm ή το 1/4 της μεγαλύτερης διαμέτρου** των διαμήκων ράβδων (όποιο είναι μεγαλύτερο)

Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού **δεν** πρέπει να είναι **μικρότερη από 6mm ή το 1/4 της μεγαλύτερης διαμέτρου** των διαμήκων ράβδων. Ειδικότερα στις **κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας**, η διάμετρος του οπλισμού **δεν** μπορεί να είναι **μικρότερη από 8mm ή 1/3 της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου**. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται χάλυβας διαφορετικής ποιότητας η **διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν** μπορεί να είναι **μικρότερη από το :**

$$\frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{f_{yd} \text{ διαμήκους οπλισμού}}{f_{yd} \text{ εγκάρσιου οπλισμού}}}$$

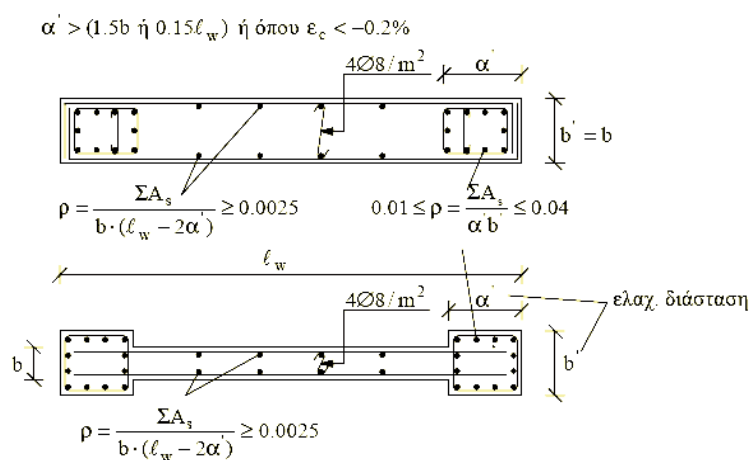
της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου

<p>Οι αποστάσεις μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών κατά μήκος του υποστυλώματος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το $s_{cl,tmax}$.</p> <p>Όπου $s_{cl,tmax}$ είναι το μικρότερο από τις παρακάτω τιμές :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $20 \cdot \phi_{L,min}$ - την μικρότερη διάσταση του υποστυλώματος - 400mm <p>Στην περίπτωση «κρίσιμων» περιοχών η μέγιστη απόσταση του εγκάρσιου οπλισμού που ορίζεται παραπάνω πρέπει να μειωθεί στο 60%.</p> <p>Ειδικότερα σε περιοχές υπερκάλυψης , όταν η μέγιστη διάμετρος του διαμήκου οπλισμού είναι μεγαλύτερη από 14mm, απαιτείται να τοποθετούνται κατ' ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης</p>	<p>Οι αποστάσεις μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών δεν πρέπει να μεγαλύτερη από :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $12 \cdot \phi_{L,min}$ - την μικρότερη διάσταση του υποστυλώματος - 300mm <p>Στην περίπτωση κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η απόσταση μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $8 \cdot \phi_{L,min}$ - 50% της μικρότερης διάστασης του υποστυλώματος - 100mm <p>Όταν οι ενώσεις με υπερκάλυψη των διαμήκων οπλισμών γίνεται μέσα στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ,τότε η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων περιορίζεται σε $4 \cdot \phi_{L,min}$. Ενώ σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και σε μη κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων στις περιοχές των ενώσεων περιορίζεται σε $6 \cdot \phi_{L,min}$</p>
<p>Σε περιοχές όπου αλλάζει η διεύθυνση των διαμήκων ράβδων (π.χ. σε θέσεις μεταβολής της διατομής του υποστυλώματος), η απόσταση μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών πρέπει να υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις εκτροπής (οι δυνάμεις αυτές μπορούν να αγνοηθούν εάν η εκτροπή των διαμήκων οπλισμών είναι ηπιότερη ή ίση του 1/12</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Κάθε διαμήκης ράβδος ή δέσμη ράβδων που τοποθετούνται σε γωνία της διατομής πρέπει να συγκρατείται από εγκάρσιο οπλισμό .Καμιά ράβδος της θλιβόμενης παρειάς δεν πρέπει να βρίσκεται μακρύτερα από 150mm από συγκρατούμενη ράβδο</p>	<p>Σε υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας , οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόστασή τους να μην ξεπερνά τα 200mm (§18.4.3 ΕΚΩΣ)</p> <p>Σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιτρέπεται να διατάσσονται διαμήκης ράβδοι σε αποστάσεις 300mm (§18.4.3 ΕΚΩΣ)</p>

Οπλισμός περίσφιγξης υποστυλωμάτων	
EN1992-1-1 :	ΕΚΩΣ : 18.4.4.2
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	<p>Σύμφωνα με την παράγραφο §18.4.4.2 του ΕΚΩΣ στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός οπλισμός περίσφιγξης. Ο οπλισμός περίσφιγξης οφείλει να είναι επαρκής - για την αντιστάθμιση της απώλειας εμβαδού διατομής σκυροδέματος έξω από τους συνδετήρες , μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσης του μη περισφιγμένου σκυροδέματος (γνωστό ως «αποφλοιώση»)</p> <p>- για την πρόσδοση αρκετής ικανότητας πλαστικής στροφής της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος (γνωστό ως «πλαστιμότητα»)</p> <p>Η σχέση υπολογισμού του μηχανικού ογκομετρικού ποσοστού του οπλισμού περίσφιγξης είναι ίση με :</p> $\omega_{wd} = \frac{f_{yd} \text{ όγκος κλειστών συνδετήρων}}{f_{cd} \text{ όγκος σκυροδέματος πυρήνα}}$ <p>και</p> $\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.85 \cdot v_d \cdot \left(0.35 \cdot \frac{A_c}{A_o} + 0.15 \right) - 0.035, \text{ με } \omega_{wd} \geq 0.10$ <p>(λεπτομέρειες υπολογισμού της παραπάνω σχέσης στην παράγραφο §18.4.4.2 του ΕΚΩΣ)</p>
Υποστυλώματα με σπειροειδή οπλισμό	
EN1992-1-1 :	ΕΚΩΣ : 18.4.8
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	<p>Για υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας , μπορεί να ληφθεί υπόψη η αύξηση της θλιπτικής :</p> $f_{cd}^* = f_{cd} \cdot \begin{cases} 1.0 + 5.0 \cdot \frac{\sigma_2}{f_{cd}} & \text{για } \sigma_2 \leq 0.05 \cdot f_{cd} \\ 1.125 + 2.5 \cdot \frac{\sigma_2}{f_{cd}} & \text{για } \sigma_2 \geq 0.05 \cdot f_{cd} \end{cases}$ <p>όπου f_{cd} η τιμή σχεδιασμού του απερίσφιγκτου σκυροδέματος $\sigma_2/f_{cd} = (1/2) \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$ Επιπλέον ισχύει : α) η διάμετρος της διατομής δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm β) ο ελάχιστος και ο μέγιστος οπλισμός είναι το 0.01 και 0.04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα αντίστοιχα</p>

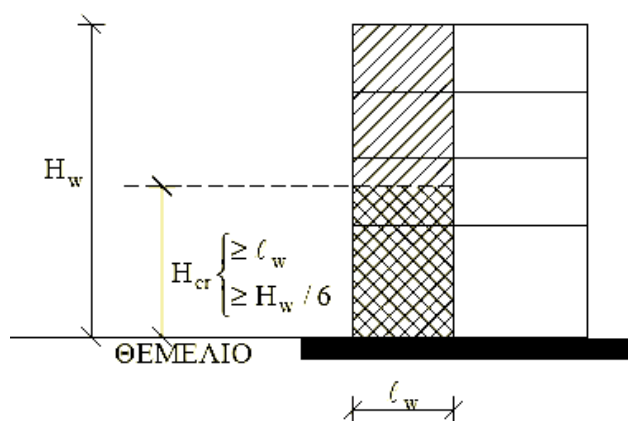
	<p>γ) ο ελάχιστος αριθμός ράβδων είναι 6 και κατανέμεται ομοιόμορφα στη διατομή</p> <p>δ) το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το 1/5 της διαμέτρου του πυρήνα, η δε διαμετρός της τουλάχιστον 5mm</p> <p>ε)τα άκρα της σπείρας ,ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων της σπείρας με υπερκάλυψη (εκτός κρίσιμων περιοχών), πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού αγκίστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα</p> <p>ζ) η σπείρα εκτείνεται και στην περιοχή των ενώσεων</p>
Κοντά υποστυλώματα	
EN1992-1-1 :	ΕΚΩΣ : 18.4.9
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	Στην παράγραφο §18.4.9 δίνεται ο ορισμός των κοντών υποστυλωμάτων όπως και οι ιδιαίτερες διατάξεις που ισχύουν για τα συγκεκριμένα δομικά στοιχεία
Κατακόρυφος οπλισμός τοιχωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.6.2	ΕΚΩΣ : 18.4.3 , 18.5.2 , 18.5.3
Δεν γίνεται διαχωρισμός του τοιχώματος σε περιοχές με διαφορετικές απαιτήσεις όπλισης	<p>Στο τοίχωμα διακρίνουμε 2 περιοχές :</p> <p>-τα άκρα</p> <p>-και τον κορμό του τοιχώματος</p> <p>Ως άκρο ορίζεται το τμήμα του τοιχώματος που εκτείνεται σε μήκος από το άκρο της διατομής τουλάχιστον $1.5 \cdot b$ ή $0.15 \cdot l_w$</p> <p>Ενώ κορμός είναι η περιοχή του τοιχώματος ανάμεσα στα 2 άκρα</p>
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	Σύμφωνα με την παράγραφο §18.5.2 . Κρίσιμη περιοχή τοιχώματος H_{cr} θεωρείται το τμήμα του τοιχώματος ύψους τουλάχιστον ίσο με το μέγιστο των l_w και $H_w/6$, όπου H_w το συνολικό ύψος του τοιχώματος
Η διατομή του κατακόρυφου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το $A_{s,vmin}=0.002A_c$ και μεγαλύτερη από $A_{s,vmax}=0.04A_c$ και $A_{s,vmax}=0.08A_c$ στις περιοχές υπερκάλυψης οπλισμών	<p>Στον κορμό του τοιχώματος το συνολικό ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.0025 στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και από 0.0015 εκτός των κρίσιμων περιοχών ή σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.</p> <p>Στα άκρα των κρίσιμων περιοχών τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ή όπου η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος ϵ_c είναι μεγαλύτερη από 0.2%, ο οπλισμός πρέπει να είναι μεταξύ 0.01 και 0.04 της</p>

	<p>αντίστοιχης διατομής σκυροδέματος του υποτιθέμενου υποστυλώματος</p> <p>Επιπλέον σε ακραίες περιοχές εκτός κρίσιμων περιοχών ή και σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η διατομή του περιμετρικώς διατεταγμένου οπλισμού κυμαίνεται μεταξύ 0.01A_c και 0.04A_c (0.08A_c στην περίπτωση περιοχής ενώσεων με υπερκαλύψη) (βλέπε σχήμα 9.12)</p>
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	<p>Η διάμετρος του κατακόρυφου οπλισμού τοιχώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 10mm και μεγαλύτερη από το 1/10 του πάχους του τοιχώματος (βλέπε σχήμα 9.13)</p>
<p>Η απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών κατακόρυφων ράβδων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το τριπλάσιο του πάχους του τοιχώματος ή τα 400mm, όποιο είναι μικρότερο</p>	<p>Στον κορμό του τοιχώματος η απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών κατακόρυφων ράβδων s δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή 300mm, πλην των κρίσιμων περιοχών στη βάση των τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας όπου s ≤ 200mm</p> <p>Εφόσον τα άκρα του τοιχώματος σχεδιάζονται και διαμορφώνονται σαν υποστυλώματα η μέγιστη απόσταση s_{max} μεταξύ των διαμήκων οπλισμών ακολουθούν τις απαιτήσεις της παραγράφου §18.4.3 του ΕΚΩΣ όπου και ισχύουν τα παρακάτω :</p> <p>(α) εντός κρίσιμων περιοχών τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η s_{max} δεν ξεπερνά τα 200mm</p> <p>(β) εκτός κρίσιμων περιοχών ή και σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η s_{max} δεν ξεπερνά τα 300mm</p>



(Σχήμα Σ18.21 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.12 : Κατασκευαστική διάταξη οπλισμού τοιχώματος



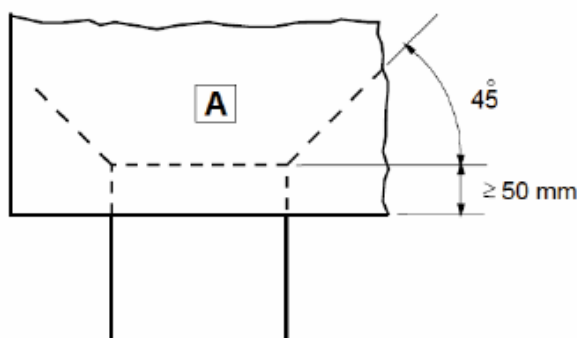
(Σχήμα Σ18.20 ΕΚΩΣ)

Σχήμα 9.13 : Κρίσιμες περιοχές τοιχώματος

Οριζόντιος οπλισμός τοιχωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.6.3	ΕΚΩΣ : 18.5.6
Η συνολική διατομή του οριζόντιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από $A_{s,hmin} = \max\{25\% A_{s,v} ; 0.001A_c\}$	Το ποσοστό του οριζόντιου οπλισμού δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από 0.0025 στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και από 0.0015 εκτός των κρίσιμων περιοχών ή σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (σύμφωνα με §18.5.6 και §18.5.3 του ΕΚΩΣ)
Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ	Η διάμετρος του οριζόντιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από το 1/10 του πάχους του τοιχώματος
Η απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών οριζόντιων ράβδων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 400mm	Στον κορμό του τοιχώματος η απόσταση μεταξύ 2 γειτονικών οριζόντιων ράβδων s δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή των 300mm , πλην των κρίσιμων περιοχών στη βάση των τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας όπου $s \leq 200mm$
Εγκάρσιος οπλισμός τοιχωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.6.4	ΕΚΩΣ : 18.5.3
Εκτός των σχετικών διατάξεων της παραγράφου §9.5.3 πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός με μορφή συνδέσμων τουλάχιστον σε 4 θέσεις ανά m^2 επιφάνειας σκυροδέματος Σε οποιαδήποτε θέση του τοιχώματος όπου η συνολική επιφάνεια του κατακόρυφου οπλισμού στις 2 όψεις υπερβαίνει το 0.02 A_c , πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός σε μορφή συνδέσμων σύμφωνα με τις απαιτήσεις για τα υποστυλώματα της παραγράφου §9.5.3	Στο τμήμα του κορμού απαιτείται οι κατακόρυφοι οπλισμοί να σχηματίζουν με τις οριζόντιες ράβδους 2 εσχάρες, οι οποίες να συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό 4φ8/m² (S220) Οι ακραίες περιοχές των κρίσιμων περιοχών των τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να οπλίζονται σαν περισφιγμένα υποστυλώματα (βλέπε παράγραφο §18.4.4.2 του ΕΚΩΣ) .

<p>Συγκεκριμένα ισχύουν τα παρακάτω :</p> <p>Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm ή το 1/4 της μεγαλύτερης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων (όποιο είναι μεγαλύτερο)</p> <p>Οι αποστάσεις μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών κατά μήκος του υποστυλώματος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το $s_{cl,tmax}$.</p> <p>Όπου $s_{cl,tmax}$ είναι το μικρότερο από τις παρακάτω τιμές :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $20 \cdot \phi_{v,min}$ - την μικρότερη διάσταση του υποστυλώματος - 400mm <p>Στην περίπτωση «κρίσιμων» περιοχών η μέγιστη απόσταση του εγκάρσιου οπλισμού που ορίζεται παραπάνω πρέπει να μειωθεί στο 60%.</p> <p>Ειδικότερα σε περιοχές υπερκάλυψης , όταν η μέγιστη διάμετρος του διαμήκους οπλισμού είναι μεγαλύτερη από 14mm, απαιτείται να τοποθετούνται κατ'ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης</p> <p>Δεν χρειάζεται να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός όταν χρησιμοποιούνται συγκολλητά δομικά πλέγματα και ράβδοι διαμέτρου $\phi \leq 16mm$ με επικάλυψη σκυροδέματος μεγαλύτερη από 2ϕ</p>	<p>Για τον υπολογισμό της περισφίγξεως λαμβάνεται υπόψη (για κάθε άκρο τοιχώματος) ενεργή αξονική δύναμη ίση με :</p> $N_{eff} \approx 2/3 (N_{sd}/2 + M_{sd}/z)$ <p>όπου z η απόσταση των κέντρων των περισφισμένων άκρων</p> <p>Εκτός κρίσιμων περιοχών ή και σε τοιχώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η διαμόρφωση του εγκάρσιου οπλισμού ακολουθεί τις απαιτήσεις της παραγράφου §18.4.4.1 του ΕΚΩΣ.</p> <p>Συγκεκριμένα ισχύουν τα παρακάτω :</p> <p>Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 6mm ή από το 1/4 της μέγιστης διαμέτρου των κατακόρυφων οπλισμών .</p> <p>Η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $12 \cdot \phi_{v,min}$ - την μικρότερη διάσταση του υποστυλώματος - 300mm <p>Η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων στις περιοχές ενώσεως με υπερκάλυψη περιορίζεται σε $6 \phi_{v,min}$</p>
Υψίκορμες δοκοί	
EN1992-1-1 : 9.7	ΕΚΩΣ : Α.3 (παράρτημα Α)
<p>Στις υψίκορμες δοκούς πρέπει να τοποθετείται σε κάθε όψη και σε κάθε διεύθυνση ένας ελάχιστος οπλισμός $A_{s,dbmin} = \max\{0.1\% A_c ; 150mm^2/m\}$</p> <p>Η διαμόρφωση των οπλισμών γίνεται σε μορφή εσχάρας</p> <p>ΠΡΟΣΟΧΗ :Το ποσοστό του οπλισμού δίνεται λάθος στην ελληνική εκδοχή του Ευρωκώδικα</p>	<p>Στις υψίκορμες δοκούς πρέπει να τοποθετείται ένας ελάχιστος κατανεμημένος οπλισμός κοντά και στις 2 πλευρικές επιφάνειες , ο καθένας από τους οποίους πρέπει να είναι ισοδύναμος με ορθογωνικό πλέγμα με ποσοστό οπλισμού 0.15% και στις 2 διευθύνσεις</p>
<p>Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ράβδων της εσχάρας δεν πρέπει να υπερβαίνει το διπλάσιο πάχος της δοκού ούτε τα 300mm</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

Κεφαλόδεσμοι	
EN1992-1-1 : 9.8.1	ΕΚΩΣ :
Η απόσταση από την εξωτερική επιφάνεια του πασσάλου έως την παρειά του κεφαλόδεσμου πρέπει να είναι τέτοια ώστε οι δυνάμεις ελκυστήρα στον κεφαλόδεσμο να αγκυρωθούν επαρκώς (η αναμενόμενη τυχηματική εκκεντρότητα του πασσάλου κατά την κατασκευή πρέπει να ληφθεί υπόψη)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ο οπλισμός του κεφαλόδεσμου πρέπει να υπολογίζεται με το μοντέλο θλιπτήρα-ελκυστήρα είτε με την καμπτική μέθοδο (ανάλογα την περίπτωση)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ο κύριος εφελκυσμένος οπλισμός πρέπει να είναι συγκεντρωμένος στις ζώνες καταπόνησης μεταξύ των κεφαλών των πασσάλων .Εάν το απαιτούμενο εμβαδόν του εφελκυσμένου οπλισμού είναι μικρότερο από τον ελάχιστο οπλισμό ,δεν απαιτείται η τοποθέτηση ομοιόμορφα κατανεμημένων ράβδων στην κάτω παρειά του στοιχείου. Επιπλέον ,οι πλευρές και η άνω παρειά του στοιχείου μπορούν να είναι άοπλες όταν δεν υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης εφελκυστικών τάσεων. Τέλος η διάμετρος των εφελκυσμένων ράβδων δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από $\phi_{min}=8mm$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η θλίψη που προκαλείται από την αντίδραση στήριξης του πασσάλου μπορεί να θεωρηθεί ότι διανέμεται υπό γωνία 45° από την περίμετρο του πασσάλου. Η θλιβόμενη περιοχή αυξάνει την φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης (βλέπε σχήμα 9.14)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

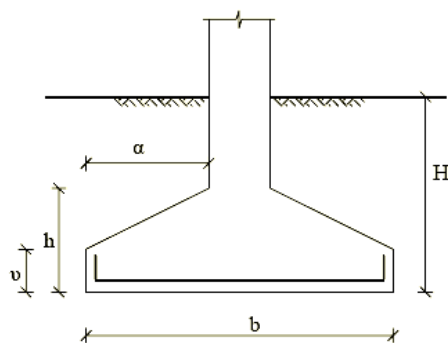


A - Θλιβόμενη περιοχή

(Σχήμα 9.11 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.14 : Απεικόνιση θλιβόμενης περιοχής

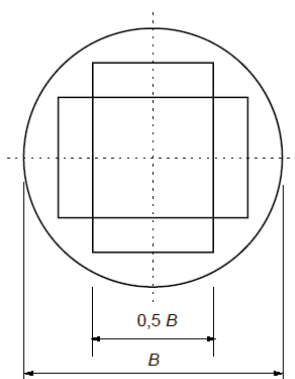
Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων	
EN1992-1-1 : 9.8.2	ΕΚΩΣ : 18.1.4.1 , 18.6.2
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	<p>Τα απαιτούμενα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πεδίων είναι :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ελάχιστο ύψος $h_{\min}=0.70m$ Για μεμονωμένα πέδιλα σταθερού ύψους το ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος είναι $h_{\min}=0.50m$ - Ελάχιστο πλάτος $b_{\min}=0.70m$ <p>Λεπτομερής απεικόνιση των γεωμετρικών απαιτήσεων στο Σχήμα 9.15</p>
<p>Ο οπλισμός κάμψης ενός πεδίου έχει την μορφή εσχάρας. Ειδικότερα στην περίπτωση κυκλικών πεδίων ο οπλισμός διατάσσεται σε ορθογωνική εσχάρα και συγκεντρώνεται στη μεσαία ζώνη του πεδίου πλάτους ίσο προς το $50\%\pm 10\%$ της διαμέτρου του πεδίου (βλέπε σχήμα 9.16)</p> <p>Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος οπλισμού σε ένα πέδιλο είναι $\phi_{\min}=8mm$</p>	<p>Η όπλιση των πεδίων γίνεται με ελάχιστο οπλισμό κάμψης σύμφωνα με την παράγραφο §18.1.4.1 του ΕΚΩΣ περί πλακών ,όπου και ισχύει :</p> $\min A_s = \max \{ 0.6 \cdot b \cdot d / f_{yk} ; 0.0015 \cdot b \cdot d \}$ <p>Και τουλάχιστον με εσχάρες $\phi_{\min}=12mm$ ανά $s_{\max}=150mm$</p>



Συνιστάται όπως: $\alpha \leq 2 \cdot h$
 $v \geq h/3$

(Σχήμα Σ18.26 ΕΚΩΣ)

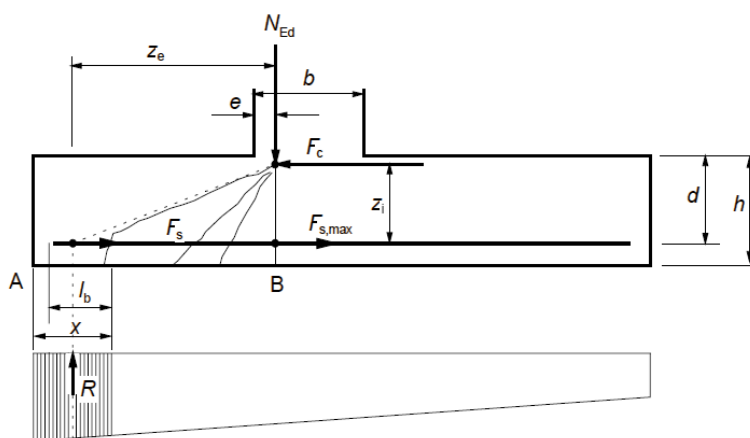
Σχήμα 9.15 : Γεωμετρικά στοιχεία πεδίων



(Σχήμα 9.12 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.16 : Ορθογωνική εσχάρα οπλισμών σε κυκλικό πέδιλο

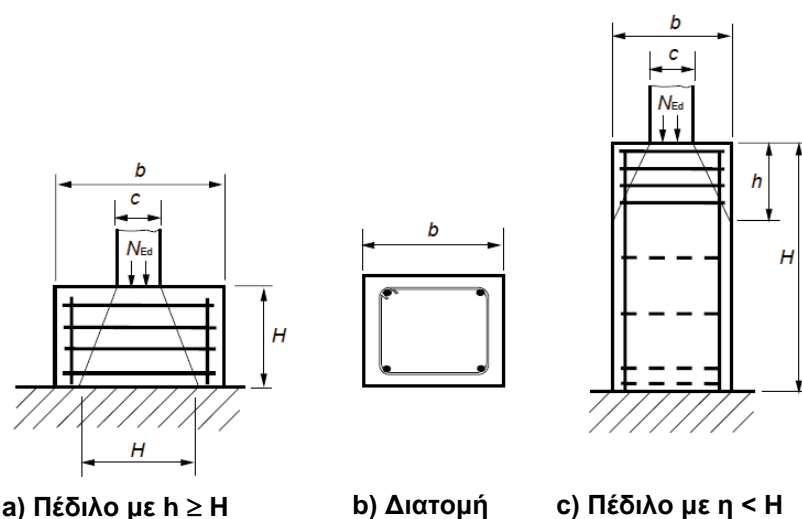
Αγκύρωση ράβδων πεδίων	
EN1992-1-1 : 9.8.2.2	ΕΚΩΣ :
<p>Η εφελκυστική δύναμη του οπλισμού ενός πεδίου καθορίζεται από τις συνθήκες ισορροπίας λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των κεκλιμένων ρηγμάτων. Η εφελκυστική δύναμη F_s στη θέση x, που απεικονίζεται στο σχήμα 9.17, θα πρέπει να αγκυρώνεται εντός της ίδιας απόστασης x από την άκρη του πεδίου.</p> <p>Η προς αγκύρωση εφελκυστική δύναμη ισούται με :</p> <p>$F_s = R \cdot z_e / z_i$</p> <p>Όπου</p> <p>R είναι η συνισταμένη των τάσεων του εδάφους εντός της απόστασης x</p> <p>z_e είναι η απόσταση μεταξύ του R και της κατακόρυφης δύναμης N_{Ed}</p> <p>z_i είναι η απόσταση μεταξύ του οπλισμού και της οριζόντιας δύναμης F_c</p> <p>F_c είναι η θλιπτική δύναμη που αντιστοιχεί στη μέγιστη εφελκυστική δύναμη $F_{s,max}$</p> <p>Το z_e μπορεί να υπολογιστεί θεωρώντας $e=0.15b$ και το z_i μπορεί να ληφθεί ίσο με $0.9d$</p> <p>Το διαθέσιμο μήκος αγκύρωσης σημειώνεται με l_b. Σε περίπτωση που το μήκος αγκύρωσης δεν επαρκεί, οι ράβδοι μπορεί να καμφθούν ώστε να αυξηθεί το διαθέσιμο μήκος ή να τοποθετηθούν διατάξεις αγκύρωσης άκρου.</p> <p>Για ευθύγραμμες ράβδους χωρίς διατάξεις αγκύρωσης άκρου, η ελάχιστη τιμή του x ισούται με $h/2$</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>



(Σχήμα 9.13 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.17 : Μοντέλο εφελκυστικής δύναμης σε σχέση με τα κεκλιμένα ρήγματα

Συνδετήριες δοκοί	
EN1992-1-1 : 9.8.3	ΕΚΩΣ : 18.6.3
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	Οι ελάχιστες διαστάσεις και ο ελάχιστος οπλισμός των συνδετήριων δοκών είναι : (α) για $n \leq 3$ 0.25/0.40m ,0.4% άνω και 0.4% κάτω ή min 3+3 \varnothing 14 (S400 ή S500) συνδ. \varnothing 10/200 (β) για $n \geq 4$ 0.25/0.60m ,0.4% άνω και 0.4% κάτω ή min 3+3 \varnothing 16 (S400 ή S500) συνδ. \varnothing 10/150 η ο αριθμός των ορόφων πέραν του υπάρχοντος υπογείου
Δεν γίνεται λόγος στον EN1992-1-1	Συνδετήριες δοκοί επιτρέπεται να αντικατασταθούν από ενιαία πλάκα το πάχος της οποίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.20m Ο ελάχιστος οπλισμός της πλάκας θα αποτελείται πρώτον από 2 εσχάρες οπλισμού \varnothing 10 (S400 και S500) ανά 0.20 m στο άνω και στο κάτω πέλμα και δεύτερον από τον οπλισμό που θα απαιτείτο στις θέσεις των αντίστοιχων συνδετήριων δοκών που παραλείπονται (βλέπε επίσης §5.2.4.2 ΕΑΚ)
Για τον οπλισμό συνδετήριων δοκών η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος είναι ίση με 8mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται για ελάχιστο κατανεμημένο κατακόρυφο φορτίο q_1 με φορά προς τα κάτω , εξαιτίας πιθανής επιφόρτισης από τα μηχανήματα	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου	
EN1992-1-1 : 9.8.4	ΕΚΩΣ :
Όταν η πίεση επί του εδάφους υπερβαίνει το $q_2=5\text{MPa}$,τότε είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί εγκάρσιος οπλισμός ελάχιστης διαμέτρου $\varnothing_{\min}=8\text{mm}$ για να παραλάβει τις δυνάμεις διάρρηξης στο πέδιλο. Τέλος ο οπλισμός αυτός πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα στην διεύθυνση της εγκάρσιας διάρρηξης σε ύψος h . Η δύναμη εγκάρσιας διάρρηξης F_s υπολογίζεται ως εξής : $F_s=0.25 \cdot (1-c/h)/N_{Ed}$ όπου h είναι το μικρότερο από τα H και b (βλέπε σχήμα 9.18)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα 9.14 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.18 : Οπλισμός εγκάρσιας διάρρηξης σε πέδιλο επί βράχου

Έγχυτοι πάσσαλοι	
EN1992-1-1 : 9.8.5	ΕΚΩΣ :
Οι έγχυτοι πάσσαλοι που δεν υπερβαίνουν το $h_1 = 600\text{mm}$ πρέπει να έχουν ελάχιστο διαμήκη οπλισμό $A_{s,bpmin}$ σύμφωνα με τον Πίνακα 9.2. Η ελάχιστη διάμετρος του διαμήκους οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 16mm , ενώ ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός διαμήκων ράβδων είναι 6. Η καθαρή απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200mm	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Διατομή πασσάλου: A_c	Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,bpmin}$
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,005 \cdot A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 25 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \cdot A_c$

(Πίνακας 9.6 EN1992-1-1)

Πίνακας 9.2 : Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός σε έγχυτους πασσάλους που σκυροδετούνται επί τόπου

Περιοχές με ασυνέχειες στη γεωμετρία και την ροή των δυνάμεων	
EN1992-1-1 : 9.9	ΕΚΩΣ :
Οι περιοχές των ασυνεχειών πρέπει να σχεδιάζονται με το μοντέλο θλιπτήρα-ελκυστήρα και η διαμόρφωση των κατασκευαστικών λεπτομερειών να ακολουθεί τους κανόνες του κεφαλαίου 8	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Συστήματα σύνδεσης (ελκυστήρες)	
EN1992-1-1 : 9.10.1	ΕΚΩΣ :
<p>Κατασκευές που δεν είναι σχεδιασμένες έναντι τυχηματικών δράσεων πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο σύστημα ελκυστήρων για την αποφυγή προοδευτικής κατάρρευσης και την εξασφάλιση εναλλακτικής διαδρομής των δυνάμεων μετά την τοπική αστοχία.</p> <p>Το σύστημα αυτό των ελκυστήρων περιλαμβάνει :</p> <p>a) Περιφερειακοί ελκυστήρες b) Εσωτερικοί ελκυστήρες c) Οριζόντιοι ελκυστήρες υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων d) Κατακόρυφοι ελκυστήρες όπου χρειάζεται , ειδικά σε κτίρια με προκατασκευασμένα φαντώματα</p> <p>Οι ελκυστήρες θεωρούνται ελάχιστος οπλισμός και όχι πρόσθετος στον απαιτούμενο που προκύπτει από την ανάλυση της κατασκευής</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Διαστασιολόγηση ελκυστήρων	
EN1992-1-1 : 9.10.2	ΕΚΩΣ :
<p>Σε όλα τα πατώματα όπως και στο δώμα πρέπει να τοποθετείται ένας (πρακτικά) συνεχής περιφερειακός ελκυστήρας εντός περιμετρικής ζώνης πλάτους 1.2 m.</p> <p>Ο οπλισμός αυτός πρέπει να παραλάβει εφελκυστική δύναμη ίση με :</p> $F_{tie,per} = l_i \cdot q_1 \leq q_2$ <p>Όπου l_i το μήκος του ακραίου ανοίγματος q_1 ισούται με 10KN/m q_2 ισούται με 70KN/m</p> <p>Περιφερειακός ελκυστήρας απαιτείται και σε κατασκευές με εσωτερικά όρια (π.χ. αίθρια ,αυλές)</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Στα επίπεδα όλων των πατωμάτων και του δώματος απαιτείται η τοποθέτηση εσωτερικών ελκυστήρων σε 2 διευθύνσεις περίπου κάθετες μεταξύ τους.</p> <p>Οι ελκυστήρες αυτοί μπορεί να διανέμονται ομοιόμορφα στις πλάκες ή να συγκεντρώνονται σε δοκάρια ,τοιχώματα (εντός ζωνών ύψους 0.5 m πάνω και κάτω από την πλάκα) ή σε άλλες κατάλληλες θέσεις. Είναι απαραίτητη η αγκύρωση</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

τους **στους περιφερειακούς ελκυστήρες** (για την κατάλληλη μεταβίβαση των δυνάμεων) ,εφόσον δεν συνεχίζουν ως οριζόντιοι ελκυστήρες σε υποστυλώματα ή τοιχώματα.

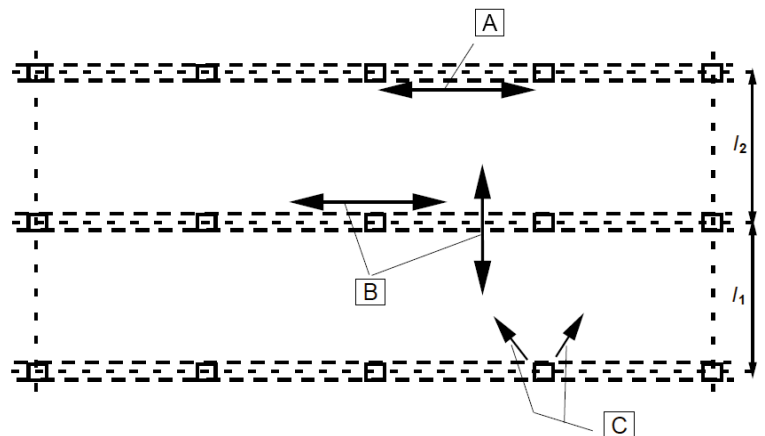
Σε κάθε διεύθυνση οι εσωτερικοί ελκυστήρες πρέπει να είναι ικανοί να παραλάβουν **εφελκυστική δύναμη σχεδιασμού $F_{tie,int}=20\text{KN/m}$**

Σε περίπτωση που οι ελκυστήρες δεν μπορούν να διανεμηθούν κατά μήκος του ανοίγματος, τότε οι **εγκάρσιοι ελκυστήρες μπορεί να συγκεντρωθούν κατά μήκος των αξόνων των δοκών** και η **ελάχιστη δύναμη στον άξονα μιας εσωτερικής δοκού** είναι

$$F_{tie} = q_3 \cdot (l_1 + l_2) / 2 \leq q_4$$

Όπου
 $q_3=20\text{KN/m}$
 $q_4=70\text{KN/m}$
(για l_1 και l_2 βλέπε σχήμα 9.19)

Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



- A - Περιφερειακός ελκυστήρας
B - Εσωτερικός ελκυστήρας
C - Οριζόντιος ελκυστήρας σε υποστύλωμα ή τοίχωμα

(Σχήμα 9.14 EN1992-1-1)

Σχήμα 9.19 : Ελκυστήρες για τυχατικές δράσεις

Τα περιμετρικά υποστυλώματα πρέπει να συνδέονται με το επίπεδο του πατώματος (ή του δώματος) μέσω **οριζόντιων ελκυστήρων**.

Οι ελκυστήρες αυτοί πρέπει να είναι ικανοί να παραλάβουν **εφελκυστική δύναμη $F_{tie,fac} = 20 \text{ KN}$ ανά μέτρο πρόσοψης**

Στην περίπτωση των υποστυλωμάτων η δύναμη δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το **$F_{tie,cool}=150\text{KN}$ ανά μέτρο πρόσοψης**

Τα **γωνιακά υποστυλώματα** πρέπει να συνδέονται με **ελκυστήρες και στις 2 διευθύνσεις**. Σε αυτή την περίπτωση ο **περιφερειακός οπλισμός** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως **οριζόντιος ελκυστήρας**

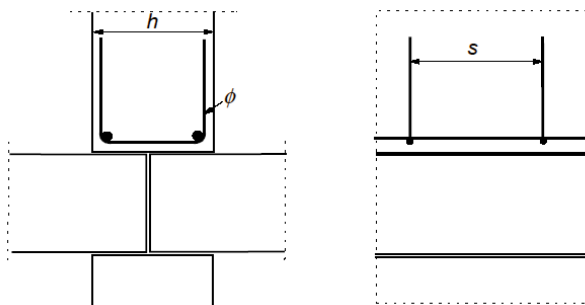
Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

<p>Η τοποθέτηση κατακόρυφων ελκυστήρων σε υποστυλώματα ή τοιχώματα απαιτείται στην περίπτωση κτιρίων με προκατασκευασμένα φατνώματα και περισσότερους από 5 ορόφους. Σκοπός του οπλισμού αυτού είναι η αποφυγή της κατάρρευσης του πατώματος στην περίπτωση τυχηματικής απώλειας του υποκείμενου υποστυλώματος ή τοιχώματος</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Συνέχεια και αγκύρωση ελκυστήρων</p>	
<p>ΕΝ1992-1-1 : 9.10.3</p>	<p>ΕΚΩΣ :</p>
<p>Οι ελκυστήρες σε 2 οριζόντιες διευθύνσεις πρέπει να είναι συνεχείς και να αγκυρώνονται επαρκώς στην περίμετρο της κατασκευής. Οι ελκυστήρες πρέπει να ενσωματώνονται εντός του έγχυτου σκυροδέματος επίστρωσης ή στις συνδέσεις των προκατασκευασμένων. Οι ελκυστήρες πρέπει να ενώνονται με μηχανικά μέσα αγκύρωσης σε στενούς αρμούς μεταξύ των προκατασκευασμένων στοιχείων</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	
Βάσεις του σχεδιασμού	
EN 1992-1-1 : 10.2	ΕΚΩΣ :
Όταν κρίνεται απαραίτητο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δυναμικές δράσεις κατά τις μεταβατικές φάσεις (ξεκαλούπωμα ,μεταφορά ,αποθήκευση ,ανύψωση στοιχείων) . Οι στατικές δράσεις πρέπει να πολλαπλασιάζονται με ένα κατάλληλο συντελεστή ,σύμφωνα με τις προδιαγραφές των προϊόντων ,όταν δεν γίνεται ακριβής ανάλυση	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Αντοχή σκυροδέματος	
EN1992-1-1 : 10.3.1.1	ΕΚΩΣ :
Όταν ακολουθείται η διαδικασία της θερμικής ωρίμανσης των προκατασκευασμένων στοιχείων , η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος $f_{cm}(t)$ σε ηλικία t ημερών πριν τις 28 ημέρες μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση : $f_{ctm}(t) = f_{cmp} + \frac{f_{cm} - f_{cmp}}{\log(28 - t_p + 1)} \log(t - t_p + 1)$ Όπου f_{cmp} είναι η μέση θλιπτική αντοχή μετά την θερμική ωρίμανση (δλδ. κατά την χαλάρωση της προέντασης), μετρούμενη με έλεγχο δοκιμών ,στη χρονική στιγμή t_p	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Ερπυσμός και συρρίκνωση	
EN1992-1-1 : 10.3.1.2	ΕΚΩΣ :
Η παραμόρφωση λόγω ερπυσμού προκατασκευασμένων στοιχείων μετά από θερμική ωρίμανση εκτιμάται εισάγοντας την τροποποιημένη ηλικία του σκυροδέματος t_T $t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000/[273+T(\Delta t_i)]-13.65) \cdot \Delta t_i}$ Όπου t_T είναι η τροποποιημένη θερμοκρασιακά ηλικία $T(\Delta t_i)$ είναι η θερμοκρασία σε °C κατά την χρονική περίοδο Δt_i Δt_i είναι το πλήθος ημερών με επικρατούσα θερμοκρασία T	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων λόγω ερπυσμού απαιτείται η εκτίμηση του συντελεστή : $\beta(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.20})}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

<p>Όπου t_0 ισούται με την ισοδύναμη ηλικία που προκύπτει από τις σχέσεις :</p> $t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000/[273+T(\Delta t_i)]-13.65)} \cdot \Delta t_i \quad (a)$ $t_0 = t_{0,T} \cdot \left(\frac{9}{2+t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 \quad (b)$ <p>Η σχέση (a) εκφράζει την επιρροή του τύπου του τσιμέντου στο φαινόμενο του ερπυσμού ενώ η σχέση (b) εκφράζει την επιρροή της θερμικής ωρίμανσης (περισσότερες λεπτομέρειες στο Παράρτημα Β)</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Για προκατασκευασμένα στοιχεία που υπόκεινται σε θερμική ωρίμανση μπορεί να θεωρηθεί ότι :</p> <p>a) η συστολή ξήρανσης δεν είναι σημαντική b) η αυτογενής παραμόρφωση είναι αμελητέα</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	
EN1992-1-1 : 10.3.2.1	ΕΚΩΣ :
Στις απώλειες λόγω χαλάρωσης μπορεί να ληφθεί υπόψη και η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διαδικασία της θερμικής ωρίμανσης	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Οι απώλειες λόγω χαλάρωσης μπορούν να εκφραστούν μέσω του λόγου της μεταβολής της τάσης προέντασης προς την αρχική τάση προέντασης σύμφωνα με τις παρακάτω εκφράσεις :</p> <p>(a) για συνήθεις χαλάρωσης τένοντες</p> $\frac{\Delta \sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5.39 \cdot \rho \cdot e^{6.7\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)}$ <p>(b) για χαμηλής χαλάρωσης τένοντες</p> $\frac{\Delta \sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho \cdot e^{9.1\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)}$ <p>(c) για εν θερμώ επεξεργασμένες ράβδους</p> $\frac{\Delta \sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1.98 \cdot \rho \cdot e^{8\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)}$ <p>Στο χρόνο t προστίθεται ένας ισοδύναμος χρόνος t_{eq} για να ληφθούν υπόψη οι συνέπειες της θερμικής ωρίμανσης. Ο ισοδύναμος χρόνος υπολογίζεται ως εξής :</p> $t_{eq} = \frac{1.14 T_{max} - 20}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T_{(\Delta t_i)} - 20) \Delta t_i$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

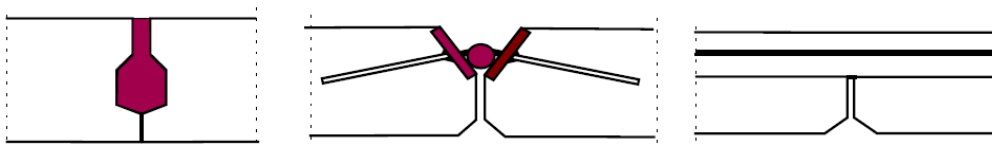
<p>$T_{(\Delta t_i)}$ είναι η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$ κατά την χρονική περίοδο Δt_i</p> <p>T_{\max} είναι η μέγιστη θερμοκρασία κατά την θερμική ωρίμανση</p>	
Απώλειες προέντασης	
EN1992-1-1 : 10.5.2	ΕΚΩΣ :
<p>Σε περίπτωση θερμικής ωρίμανσης των προεντεταμένων στοιχείων πρέπει να λάβουμε υπόψη μια ειδική απώλεια προέντασης, η οποία ονομάζεται θερμική απώλεια ΔP_{θ} και υπολογίζεται ως εξής :</p> $\Delta P_{\theta} = 0.5 \cdot A_p \cdot E_p \cdot \alpha_c \cdot (T_{\max} - T_o)$ <p>Όπου</p> <p>A_p η διατομή των τενόντων</p> <p>E_p μέτρο ελαστικότητας των τενόντων</p> <p>α_c συντελεστής της θερμικής διαστολής του σκυροδέματος</p> <p>Αν επιβληθεί προθέρμανση των τενόντων μπορεί να αγνοηθεί οποιαδήποτε απώλεια λόγω θερμικής ωρίμανσης</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Κατασκευαστικές λεπτομέρειες στη σύνδεση των πλακών	
EN1992-1-1 : 10.9.1	ΕΚΩΣ :
Οι ροπές διασύνδεσης μπορούν να αναληφθούν από άνω οπλισμό τοποθετημένο στο σκυρόδεμα επίστρωσης ή σε διατμητικές κλείδες σκυροδέματος στους κοίλους πυρήνες στοιχείων με διάκενα	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Συνδέσεις τοιχωμάτων - πατωμάτων	
EN1992-1-1 : 10.9.2	ΕΚΩΣ :
<p>Δεν χρειάζεται ιδιαίτερος οπλισμός όταν το κατακόρυφο φορτίο ανά μονάδα μήκους είναι $\leq 0.5h \cdot f_{cd}$, όπου h το πάχος του τοιχώματος. Το αναλαμβανόμενο φορτίο μπορεί να αυξηθεί στο $0.6h \cdot f_{cd}$ (ανά μονάδα μήκους τοιχώματος) όταν τοποθετείται οπλισμός με διάμετρο $\geq 6\text{mm}$ ανά αποστάσεις $s < \min\{h ; 200\text{mm}\}$</p> <p>Για μεγαλύτερα φορτία πρέπει να τοποθετείται οπλισμός για πιθανές εκκεντρότητες και συγκεντρώσεις φορτίων στον πόδα του τοιχώματος (βλέπε σχήμα 10.1)</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα 10.1 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.1 : Όπλιση πόδα τοιχώματος πάνω από σύνδεση μεταξύ 2 πλακών πατώματος

Συστήματα πατωμάτων	
EN1992-1-1 : 10.9.3	ΕΚΩΣ :
<p>Η εγκάρσια κατανομή των φορτίων στις συνδέσεις δομικών στοιχείων βασίζεται σε ανάλυση ή πειράματα. Η προκύπτουσα τέμνουσα μεταξύ στοιχείων πατωμάτων με ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο μπορεί να ληφθεί ίσο με :</p> $v_{Ed} = q_{Ed} \cdot b_e / 3$ <p>ανά μονάδα μήκους Όπου b_e το πλάτος του στοιχείου</p> <p>Στο σχήμα 10.2 απεικονίζονται 3 συνήθεις τρόποι σύνδεσης</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>



- Συνδέσεις πληρούμενες με σκυρόδεμα ή ένεμα
- Συγκολλητές ή κοχλιωτές συνδέσεις (στο σχήμα αυτό φαίνεται ένας τύπος συγκολλητής σύνδεσης)
- Σύνδεση μέσω επίστρωσης από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα (μπορεί να χρειαστούν κατακόρυφοι σύνδεσμοι με τους οπλισμούς της επίστρωσης ώστε να διασφαλισθεί η μεταφορά της τέμνουσας στην οριακή κατάσταση αστοχίας)

(Σχήμα 10.2 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.2 : Παραδείγματα συνδέσεως για μεταφορά τέμνουσας

<p>Προκατασκευασμένα στοιχεία με σκυρόδεμα επίστρωσης πάχους τουλάχιστον 40mm, μπορούν να θεωρηθούν ενιαία στοιχεία , εφόσον ελεγχθεί η ανάληψη της τέμνουσας στην διεπιφάνεια σύμφωνα με την παράγραφο 6.2.5</p>	
<p>Ο εγκάρσιος οπλισμός για κάμψη και άλλες δράσεις μπορεί να διαστρώνεται αποκλειστικά μέσα στο σκυρόδεμα επίστρωσης</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

Δοκίδες ή νευρώσεις σε στοιχεία πλακών , που δεν είναι συνδεδεμένα για μεταφορά τέμνουσας , πρέπει να διαθέτουν οπλισμό διάτμησης όπως οι δοκοί	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Πατώματα με προκατασκευασμένες δοκίδες και στοιχεία πλήρωσης , χωρίς σκυρόδεμα επίστρωσης , μπορούν να αναλύονται ως ολόσωμες πλάκες , εφόσον οι επί τόπου χυτές εγκάρσιες νευρώσεις διαθέτουν συνεχή οπλισμό διαμέσου των προκατασκευασμένων διαμήκων νευρώσεων και βρίσκονται ανά αποστάσεις s_T (Πίνακας 10.1)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Στην περίπτωση συνδέσεων προκατασκευασμένων στοιχείων πλακών πληρούμενες με σκυρόδεμα ή ένεμα , η μέση διαμήκης διατμητική τάση v_{Rdi} δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.1MPa για πολύ ομαλές επιφάνειες και το 0.15MPa για ομαλές και τραχειές επιφάνειες (βλέπε §6.2.5 για τον ορισμό των επιφανειών)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

s_L = απόσταση μεταξύ διαμήκων δοκίδων,
 l_L = μήκος (άνοιγμα) διαμήκων δοκίδων,
 h = πάχος του δοκιδωτού πατώματος

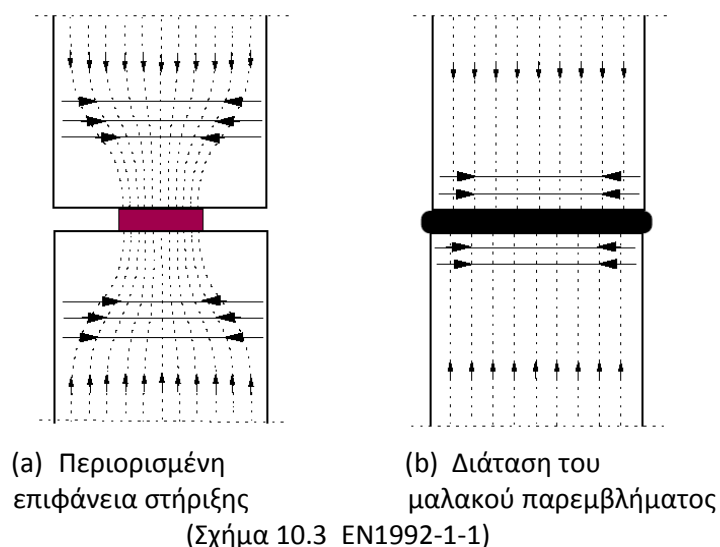
Τύπος μεταβλητών δράσεων	$s_L \leq l_L/8$	$s_L > l_L/8$
Ωφέλιμο κατοικιών, χιόνι	δεν ορίζεται	$s_T \leq 12h$
Άλλο	$s_T \leq 10h$	$s_T \leq 8h$

(Πίνακας 10.1 EN1992-1-1)

Πίνακας 10.1: Μέγιστη απόσταση μεταξύ εγκάρσιων δοκίδων, s_T ώστε κατά την ανάλυση το πάτωμα με δοκίδες και στοιχεία πλήρωσης να θεωρηθεί ως ολόσωμη πλάκα.

Συνδέσεις προκατασκευασμένων στοιχείων που μεταβιβάζουν θλιπτικές δυνάμεις	
EN1992-1-1 : 10.9.4.3	ΕΚΩΣ :
Οι διατμητικές δυνάμεις μπορούν να αγνοηθούν στους θλιβόμενους αρμούς όταν είναι μικρότερες από 10% της θλιπτικής δύναμης	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Σε θλιβόμενους αρμούς με υλικό έδρασης ένεμα ,σκυρόδεμα ή πολυμερή , η σχετική μετακίνηση μεταξύ των συνδεδεμένων περιοχών πρέπει να παρεμποδίζεται κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης του υλικού σύνδεσης	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Συνδέσεις χωρίς υλικό έδρασης (ξηρές συνδέσεις) επιτρέπονται μόνο όπου μπορεί να εξασφαλισθεί ικανοποιητική ποιότητα εκτέλεσης. Η μέση τάση στήριξης δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $0.3f_{cd}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

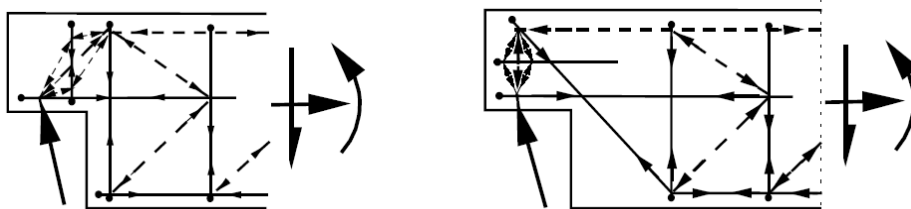
<p>Στη σύνδεση μεταξύ 2 δομικών στοιχείων πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται και οφείλονται (α) σε συγκεντρωμένη θλίψη ή (β) στην διάταση του μαλακού παρεμβλήματος .</p> <p>Σ την περίπτωση (α) ο οπλισμός προκύπτει σύμφωνα με το μοντέλο θλιπτήρα- ελκυστήρα της παραγράφου §6.5.</p> <p>Στην περίπτωση (β) ο οπλισμός μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :</p> $A_s = 0.25 \cdot (t/h) \cdot F_{ed} / f_{yd}$ <p>όπου</p> <p>A_s η διατομή του χάλυβα σε κάθε επιφάνεια</p> <p>t το πάχος του παρεμβλήματος</p> <p>h η διάσταση του παρεμβλήματος στην διεύθυνση του οπλισμού</p> <p>F_{ed} η θλιπτική δύναμη στη σύνδεση</p> <p>Ο οπλισμός αυτός πρέπει να τοποθετηθεί κοντά στις επιφάνειες επαφής των γειτονικών στοιχείων (βλέπε σχήμα 10.3)</p> <p>Τέλος η αντοχή των συνδέσεων υπό θλίψη μπορεί να προσδιοριστεί σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της παραγράφου §6.7 για περιοχές με συγκεντρωμένη φόρτιση</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
--	------------------------------------



Σχήμα 10.3 : Εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις σε συνδέσεις υπό θλίψη

Συνδέσεις που μεταβιβάζουν καμπτικές ροπές ή εφελκυστικές δυνάμεις	
EN1992-1-1 : 10.9.4.5	ΕΚΩΣ :
<p>Ο οπλισμός πρέπει να διαπερνά την σύνδεση και να αγκυρώνεται στα συνδεδεμένα στοιχεία.</p> <p>Η συνέχεια των οπλισμών εξασφαλίζεται με :</p> <ul style="list-style-type: none"> - επικάλυψη ράβδων 	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

<ul style="list-style-type: none"> - αγκύρωση του οπλισμού μέσα στις οπές μέσω πληρώσεως με ένεμα - υπερκαλυπτόμενους οπλισμούς μορφής βρόγχου - συγκόλληση των ράβδων μεταξύ τους ή σε χαλύβδινες πλάκες - προένταση - μηχανικές διατάξεις (αρμοκλείδες με σπείρωμα ή με πλήρωση) - αρμοκλείδες με σύσφιγξη 	
Ημιαρθρώσεις	
EN1992-1-1 : 10.9.4.6	ΕΚΩΣ :
Οι ημιαρθρώσεις ,δηλαδή οι αρθρώσεις τύπου Gerber ,σχεδιάζονται σύμφωνα με το μοντέλο θλιπτήρα-ελκυστήρα (§6.5). Στο σχήμα 10.4 απεικονίζονται ενδεικτικά 2 μοντέλα και οι αντίστοιχες διατάξεις όπλισης	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

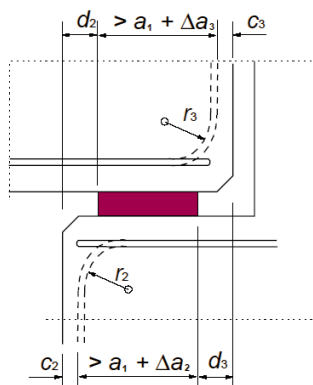


(Σχήμα 10.4 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.4 : Μοντέλα για διάταξη οπλισμών σε αρθρώσεις

Αγκύρωση οπλισμών στις στηρίξεις	
EN1992-1-1 : 10.9.4.7	ΕΚΩΣ :
<p>Σε μια στήριξη πρέπει να διασφαλίζεται η επαρκής αγκύρωση των οπλισμών των στηριζόμενων και στηριζόντων στοιχείων. Το ενεργό μήκος στήριξης a_i μετράται από μια απόσταση d από τα πέρατα των αντίστοιχων στοιχείων .</p> <p>Συγκεκριμένα :</p> <p>(a) στην περίπτωση οριζόντιων βρόχων ή διατάξεων αγκύρωσης άκρου</p> $d_i = c_i + \Delta a_i$ <p>(b) για κατακόρυφα καμπυλούμενες ράβδους</p> $d_i = c_i + \Delta a_i + r_i$ <p>Όπου</p> <p>c_i το πάχος της επικάλυψης σκυροδέματος</p> <p>Δa_2 η επιτρεπόμενη ανοχή του εύρους του αρμού μεταξύ γειτονικών στοιχείων</p> <p>(βλέπε παράγραφο §10.9.5.2 και σχήμα 10.5)</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Δa_3 ισούται με $l_n/2500$ (l_n μήκος του στηριζόμενου στοιχείου) και είναι η επιτρεπόμενη ανοχή του μήκους του στηριζόμενου στοιχείου (βλέπε παράγραφο §10.9.5.2 και σχήμα 10.5)



(Σχήμα 10.5 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.5 : Οπλισμός σε στήριξη

Εφέδρανα	
EN1992-1-1 : 10.9.5	ΕΚΩΣ :
<p>Για την σωστή λειτουργία των εφεδράνων πρέπει :</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) κατάλληλη όπλιση των γειτονικών στοιχείων (b) περιορισμός της τάσης έδρασης (c) ανάλογα με την περίπτωση διασφάλιση της δέσμευσης ή εξασφάλιση των ελευθεριών κίνησης <p>Για εφέδρανα που δεν επιτρέπουν ολίσθηση ή περιστροφή , οι δράσεις λόγω ερπυσμού ,συρρίκνωσης ,θερμοκρασιακής μεταβολής ,κακής εφαρμογής κ.λ.π. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των γειτονικών στοιχείων .Υπό την παρουσία τέτοιων δράσεων υπάρχει ενδεχόμενο να απαιτείται η τοποθέτηση εγκάρσιου οπλισμού στα στηρίζοντα και στηριζόμενα στοιχεία και/ή οπλισμού συνέχειας για την σύνδεση των στοιχείων .</p> <p>Το ονομαστικό μήκος a ενός εφεδράνου για συνδεδεμένα ,μη μεμονωμένα στοιχεία ισούται με :</p> $a = a_1 + a_2 + a_3 + \sqrt{\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2}$ <p>Όπου</p> <ul style="list-style-type: none"> a_1 είναι το καθαρό μήκος του εφεδράνου που σχετίζεται με την τάση του εφεδράνου $a_1 = F_{ed} / (b_1 f_{Rd})$, αλλά όχι μικρότερο από τις τιμές του Πίνακα 10.2 	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

F_{Ed} είναι η αντίδραση σχεδιασμού

b_1 είναι το καθαρό πλάτος του εφεδράνου το οποίο μπορεί να ληφθεί ίσο με το πραγματικό πλάτος του όταν διασφαλίζεται ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης έδρασης. Το b_1 δεν απαιτείται να υπερβαίνει τα 600mm

f_{Rd} είναι η αντοχή της έδρασης και υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω :

$f_{Rd} = 0.4f_{cd}$ για ξηρές εδράσεις (χωρίς υλικό έδρασης)

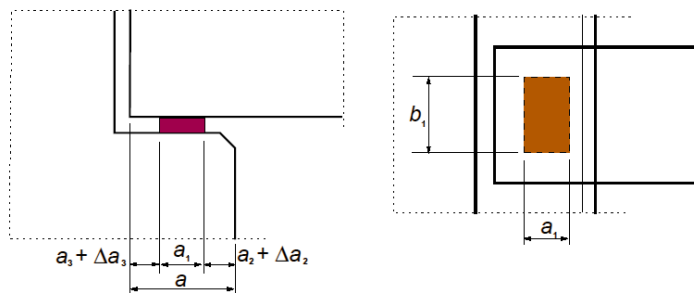
$$f_{Rd} = f_{bed} \leq 0.85f_{cd}$$

(i) f_{cd} η μικρότερη από τις αντοχές σχεδιασμού στηρίζοντος και στηριζόμενου στοιχείου

(ii) f_{bed} η τιμή σχεδιασμού του υλικού έδρασης

a_2 η απόσταση από την εξωτερική παρειά του εφεδράνου έως το πέρας του στηρίζοντος στοιχείου (βλέπε σχήμα 10.6 και πίνακα 10.3)

a_3 η αντίστοιχη απόσταση του στηριζόμενου (βλέπε σχήμα 10.6 και πίνακα 10.4)



(Σχήμα 10.5 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.6 : Γεωμετρικές απαιτήσεις εφεδράνου

Ανηγγμένη τάση έδρασης, σ_{Ed} / f_{cd}	$\leq 0,15$	0,15 - 0,4	$> 0,4$
Γραμμικές εδράσεις (πατώματα, οροφές)	25	30	40
Πατώματα με νευρώσεις και τεγίδες	55	70	80
Σημειακές εδράσεις (δοκοί)	90	110	140

(Πίνακας 10.2 EN1992-1-1)

Πίνακας 10.2 : Ελάχιστη τιμή του a_1 σε mm

Υλικό και τύπος έδρασης	σ_{Ed} / f_{cd}	$\leq 0,15$	$0,15 - 0,4$	$> 0,4$
Χάλυβας	Γραμμική	0	0	10
	Σημειακή	5	10	15
Οπλισμένο σκυρόδεμα $\geq C30$	Γραμμική	5	10	15
	Σημειακή	10	15	25
Άοπλο σκυρόδεμα και οπλισμένο σκυρόδεμα $< C30$	Γραμμική	10	15	25
	Σημειακή	20	25	35
Τοιχοποιία	Γραμμική	10	15	(-)
	Σημειακή	20	25	(-)

Παρατήρηση : Στις περιπτώσεις με το σημείο (-) πρέπει να χρησιμοποιείται υπόθεμα σκυροδέματος
(Πίνακας 10.3 EN1992-1-1)

Πίνακας 10.3 : Απόσταση a_2 (mm) ,θεωρούμενη αδρανής ,από την εξωτερική παρειά εφεδράνου και μέχρι το πέρασ του στηρίζοντος στοιχείου

Κατασκευαστική διαμόρφωση οπλισμού	Έδραση	
	Γραμμική	Σημειακή
Συνεχείς ράβδοι πάνω από τη στήριξη (δεσμευμένες ή όχι)	0	0
Ευθύγραμμες ράβδοι ή οριζόντιοι βρόχοι, κοντά στο άκρο του στοιχείου	5	15, αλλά όχι λιγότερο από την επικάλυψη μετώπου
Τένοντες ή ευθύγραμμες ράβδοι ορατές στο άκρο του στοιχείου	5	15
Κατακόρυφοι βρόχοι	15	επικάλυψη + εσωτερική ακτίνα καμπύλωσης

(Πίνακας 10.4 EN1992-1-1)

Πίνακας 10.4 : Απόσταση a_3 (mm) ,θεωρούμενη αδρανής ,από την εξωτερική παρειά εφεδράνου και μέχρι το πέρασ του στηριζόμενου στοιχείου

Υλικό έδρασης	Δa_2
Χάλυβας ή προκατασκευασμένο σκυρόδεμα	$10 \leq l/1200 \leq 30 \text{ mm}$
Τοιχοποιία ή χυτό επί τόπου σκυρόδεμα	$15 \leq l/1200 + 5 \leq 40 \text{ mm}$

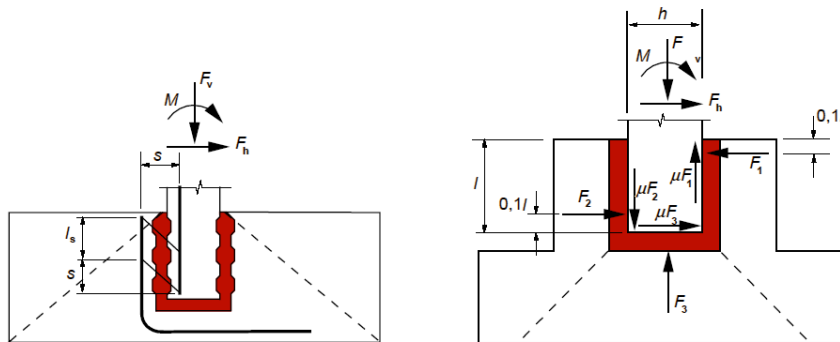
(Πίνακας 10.5 EN1992-1-1)

Πίνακας 10.5 : Επιτρεπόμενη ανοχή Δa_2 (mm) του καθαρού εύρους του αρμού μεταξύ των γειτονικών στοιχείων ,
 l = μήκος ανοίγματος

<p>Το ονομαστικό μήκος a ενός εφεδράνου για συνδεδεμένα , μεμονωμένα στοιχεία ισούται με :</p> $a = a_1 + a_2 + a_3 + \sqrt{\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2} + 20\text{mm}$ <p>Το καθαρό μήκος εφεδράνου πρέπει να αυξηθεί για να καλύψει πιθανές μετατοπίσεις</p>	
Εντορμίες	
EN1992-1-1 : 10.9.6	ΕΚΩΣ :
<p>Εντορμίες είναι ένα είδος θεμελίωσης για την μεταφορά κατακόρυφων δράσεων ,καμπτικές ροπές και τέμνουσες δυνάμεις από τα υποστυλώματα στο έδαφος.</p> <p>Οι εντορμίες με οδοντωτή επιφάνεια μπορεί να θεωρηθεί ότι δρουν μονολιθικά με το υποστύλωμα.</p> <p>Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαμόρφωση της υπέρθεσης των οπλισμών του υποστυλώματος και της θεμελίωσης καθώς το μήκος υπερκάλυψης των ράβδων πρέπει να αυξηθεί κατά ποσότητα ίση με την οριζόντια απόσταση μεταξύ των ράβδων του υποστυλώματος και του θεμελίου.</p> <p>(βλέπε σχήμα 10.7(α))</p> <p>Ο σχεδιασμός έναντι διάτρησης πρέπει να γίνεται όπως στις μονολιθικές συνδέσεις υποστυλώματος / /θεμελίωσης σύμφωνα με την παράγραφο §6.4, εφόσον ελεγχθεί η μεταφορά της τέμνουσας από το υποστύλωμα στο πέδιλο. Διαφορετικά ο σχεδιασμός γίνεται όπως στις υποδοχές θεμελίωσης με λείες επιφάνειες.</p> <p>Στην περίπτωση εντορμίας με λεία επιφάνεια οι δυνάμεις και η καμπτική ροπή μπορούν να μεταφέρονται από το υποστύλωμα στη θεμελίωση με θλιπτικές δυνάμεις F_1 , F_2 και F_3 διαμέσου του σκυροδέματος πλήρωσης και των αντίστοιχων δυνάμεων τριβής. Για αυτού του είδους τη θεμελίωση απαιτείται το καθαρό ύψος της υποδοχής να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το 1.2 του πλάτους του υποστυλώματος.</p> <p>Επιπλέον πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής :</p> <ul style="list-style-type: none"> - διάταξη των οπλισμών για την ανάληψη της δύναμης F_1 στην κορυφή των τοιχωμάτων της εντορμίας - μεταβίβαση της δύναμης F_1 από τα πλευρικά 	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

τοιχώματα στο πέδιλο

- αγκύρωση των κύριων οπλισμών στο υποστυλώμα και τα τοιχώματα της εντορμίας
- αντοχή σε διάτμηση του υποστυλώματος μέσα στην εντορμία
- αντοχή σε διάτμηση της πλάκας του πεδίου έναντι αξονικής δύναμης του υποστυλώματος . Για τον υπολογισμό του οπλισμού διάτμησης απαιτείται να λάβουμε υπόψη το επί τόπου χυτό σκυρόδεμα που διαστρώνεται κάτω από το προκατασκευασμένο πέδιλο



(Σχήμα 10.7 EN1992-1-1)

Σχήμα 10.7 : Θεμελίωση με εντορμία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΕΛΑΦΡΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	
Πεδίο εφαρμογής	
EN1992-1-1 : 11.1.1	ΕΚΩΣ :
Οι διατάξεις του Κεφαλαίου 11 σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα κεφάλαια του Ευρωκώδικα αφορούν αποκλειστικά κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα που έχει κλειστή δομή και πυκνότητα όχι μεγαλύτερη από 2200kg/m^3 και αποτελείται πλήρως, ή περιέχει κατά ένα ποσοστό τεχνητά ή φυσικά ελαφρά αδρανή που έχουν πυκνότητα μικρότερη από 2000kg/m^3 . Δεν αφορά σε σκυροδέματα από αφροσκυρόδεμα θερμικής ή φυσικής ωρίμανσης ούτε σε ελαφροσκυρόδεμα με ανοικτή δομή	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Βάσεις σχεδιασμού	
EN1992-1-1 : 11.2	ΕΚΩΣ :
Ισχύουν οι διατάξεις του κεφαλαίου 2 χωρίς αλλαγές	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Υλικά	
EN1992-1-1 : 11.3	ΕΚΩΣ :
Το ελαφροσκυρόδεμα κατηγοριοποιείται ανάλογα με την πυκνότητά του όπως φαίνεται και στον Πίνακα 11.1. Στον πίνακα αυτό δίνεται η πυκνότητα σχεδιασμού τόσο του άοπλου όσο και του οπλισμένου σκυροδέματος (για τον υπολογισμό της επιβαλλόμενης μόνιμης φόρτισης)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Επιπλέον το ελαφροσκυρόδεμα κατηγοριοποιείται σύμφωνα με την χαρακτηριστική κυλινδρική αντοχή f_{ck} προσδιοριζόμενη στις 28 ημέρες με C_{max} το 80/90 (βλέπε πίνακα 11.2)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Κατηγορία πυκνότητας		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Πυκνότητα (kg/m^3)		801-1000	1001-1200	1201-1400	1401-1600	1601-1800	1801-2000
Πυκνότητα Σχεδιασμού	Άοπλο σκυρόδεμα	1050	1250	1450	1650	1850	2050
	Οπλ.σκυρόδεμα	1150	1350	1550	1750	1950	2150

(Πίνακας 11.1 EN1992-1-1)

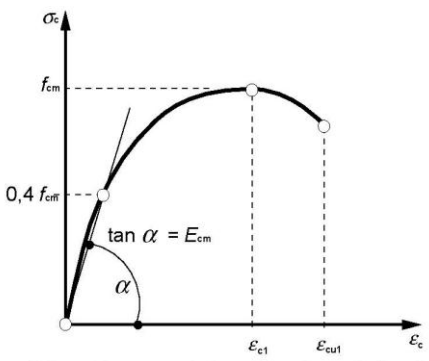
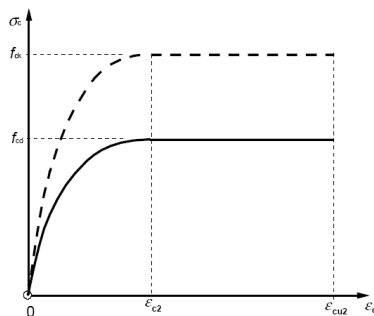
Πίνακας 11.1: Κατηγορίες πυκνότητας και αντίστοιχες πυκνότητες σχεδιασμού του ελαφροσκυροδέματος σύμφωνα με τον EN206-1

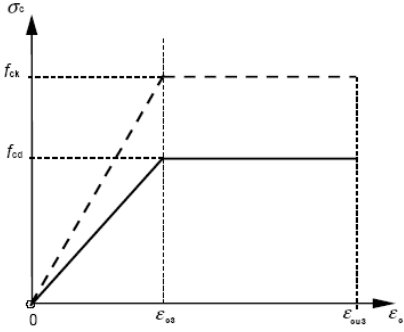
Κατηγορίες αντοχών ελαφροσκυροδέματος														Αναλυτική σχέση / επεξήγηση
f_{lck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	
$f_{lck,cube}$	13	18	22	28	33	38	44	50	55	60	66	77	88	
f_{lcm} (MPa)	17	22	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	Για $f_{lck} \geq 20$ MPa $f_{lcm} = f_{lck} + 8$ (MPa)
f_{lctm} (MPa)	$f_{lctm} = f_{lcm} \cdot \eta_1$													$\eta_1 = 0,40 + 0,60\rho/2200$
$f_{lctk,0,05}$ (MPa)	$f_{lctk,0,05} = f_{lctm,0,05} \cdot \eta_1$													κάτω όριο 5%
$f_{lctk,0,95}$ (MPa)	$f_{lctk,0,95} = f_{lctm,0,95} \cdot \eta_1$													άνω όριο 95%
E_{lcm} (GPa)	$E_{lcm} = E_{cm} \cdot \eta_E$													$\eta_E = (\rho/2200)^2$
ϵ_{lc1} (‰)	$k f_{lcm} / (E_{lcm} \cdot \eta_E)$ $k = 1,1$ για ελαφροσκυρόδεμα με άμμο													βλέπε Σχήμα 3.2
ϵ_{lcu1} (‰)	ϵ_{lc1}													βλέπε Σχήμα 3.2 (EN1992-1-1)
ϵ_{lc2} (‰)	2,0								2,2	2,3	2,4	2,5	βλέπε Σχήμα 3.3 (EN1992-1-1)	
ϵ_{lcu2} (‰)	3,5 η_1								3,1 η_1	2,9 η_1	2,7 η_1	2,6 η_1	βλέπε Σχήμα 3.3 $ \epsilon_{lcu2} > \epsilon_{lc2} $ (EN1992-1-1)	
n	2,0								1,75	1,6	1,45	1,4		
ϵ_{lc3} (‰)	1,75								1,8	1,9	2,0	2,2	βλέπε Σχήμα 3.4 (EN1992-1-1)	
ϵ_{lcu3} (‰)	3,5 η_1								3,1 η_1	2,9 η_1	2,7 η_1	2,6 η_1	βλέπε Σχήμα 3.4 $ \epsilon_{lcu3} > \epsilon_{lc3} $ (EN1992-1-1)	

(Πίνακας 11.3.1 EN1992-1-1)

Πίνακας 11.2 : Χαρακτηριστικά αντοχών και παραμορφώσεων ελαφροσκυροδέματος

<p>Η εφελκυστική αντοχή του ελαφροσκυροδέματος ισούται με την τιμή f_{ct} που δίνεται στον Πίνακα 3.1 πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή $\eta_1 = 0.40 + 0.60 \cdot (\rho/2200)$ Όπου ρ είναι το άνω όριο της πυκνότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 11.1 (βλέπε πίνακα 11.2)</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η μέση τιμή του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας E_{lcm} ισούται με τις τιμές του Πίνακα Ρ3.1 (για το κανονικό σκυρόδεμα) πολλαπλασιασμένες με το συντελεστή $\eta_E = (\rho/2200)^2$ που ρ είναι το άνω όριο της πυκνότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 11.1 . (βλέπε πίνακα 11.2)</p> <p>Σε περίπτωση που απαιτούνται ακριβή δεδομένα είναι απαραίτητη η διεξαγωγή πειραματικών δοκιμών</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του ελαφροσκυροδέματος κυμαίνεται μεταξύ $4 \cdot 10^{-6}$ και $14 \cdot 10^{-6}$ /Κ. Η μεγάλη αυτή διακύμανση των τιμών οφείλεται κυρίως στον τύπο του χρησιμοποιημένου αδρανούς. Στη φάση του σχεδιασμού εφόσον το συντελεστής θερμικής διαστολής δεν παίζει μεγάλο ρόλο μπορεί να ληφθεί ίσος με $8 \cdot 10^{-6}$ /Κ</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Ο συντελεστής ερπυσμού ϕ ισούται με την τιμή που αντιστοιχεί στο κανονικό σκυρόδεμα πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή $\eta_E = (\rho/2200)^2$</p> <p>Οι ερπυστικές παραμορφώσεις που προκύπτουν θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή :</p> <p>$\eta_2 = 1.3$ για $f_{lck} \leq LC16/18$ $= 1.0$ για $f_{lck} \geq LC20/22$</p> <p>Οι τελικές τιμές συρρίκνωσης του ελαφροσκυροδέματος μπορούν να ληφθούν με πολλαπλασιασμό των τιμών του Πίνακα 3.2 με τον συντελεστή :</p> <p>$\eta_2 = 1.5$ για $f_{lck} \leq LC16/20$ $= 1.2$ για $f_{lck} \geq LC20/25$</p> <p>Στον Πίνακα 3.2 δίνονται οι τιμές της ανεμπόδιστης συστολής ξήρανσης $\epsilon_{cd,o}$ (%) για το κανονικό σκυρόδεμα.</p> <p>Για ελαφροσκυροδέματα όπου δεν είναι δυνατή η μεταφορά νερού από τα αδρανή στην ξηραίνόμενο</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

<p>τσιμεντοπολτό ,οι μέγιστες τιμές αυτογενούς παραμόρφωσης συστολής συρρίκνωσης δίνονται από τις σχέσεις :</p> $\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$ $\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck}-10) 10^{-6}$ $\beta_{as}(t) = 1-\exp(-0.2t^{0.5}) \quad (t \text{ σε ημέρες})$ <p>Η χρήση κορεσμένων ή ελαφρώς κορεσμένων αδρανών μειώνει σημαντικά την αυτογενή παραμόρφωση συρρίκνωσης</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η σχέση έντασης-παραμόρφωσης του ελαφροσκυροδέματος συμπίπτει με αυτή του κανονικού σκυροδέματος με την διαφορά ότι οι τιμές ε_{c1} και ε_{cu1} στο σχήμα 11.1</p>  <p>Σχήμα 11.1 (Σχήμα 3.2 EN1992-1-1) αντικαθίστανται από τις ε_{lc1} και ε_{lcu1} του πίνακα 11.2</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η τιμή της θλιπτικής αντοχής σχεδιασμού του ελαφροσκυροδέματος ορίζεται ως :</p> $f_{lcd} = \alpha_{lcc} f_{lck} / \gamma_c$ <p>Η τιμή της εφελκυστικής αντοχής σχεδιασμού του ελαφροσκυροδέματος ορίζεται ως :</p> $f_{lct} = \alpha_{lct} f_{lctk} / \gamma_c$ <p>Ο συντελεστής γ_c προκύπτει σύμφωνα με την παράγραφο §2.4.2.4 . Ενώ οι συντελεστές α_{lcc} και α_{lct} ισούνται με 0.85</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Για τον σχεδιασμό των διατομών μπορεί να εφαρμοστεί :</p> <p>(α) το παραβολικό-ορθογωνικό διάγραμμα του κανονικού σκυροδέματος με αντικατάσταση των ε_{c2} και ε_{cu2} από τις τιμές ε_{lc2} και ε_{lcu2} (βλέπε σχήμα 11.2)</p>  <p>Σχήμα 11.2 (Σχήμα 3.3 EN1992-1-1)</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

<p>(b) η διγραμμική σχέση με αντικατάσταση των ε_{c3} και ε_{cu3} από τις τιμές ε_{lc3} και ε_{lcu3} (βλέπε σχήμα 11.3)</p>  <p>Σχήμα 11.3 (Σχήμα 3.4 EN1992-1-1) Οι τιμές των ε_{lc2}, ε_{lcu2}, ε_{lc3} και ε_{lcu3} προκύπτουν σύμφωνα με τον πίνακα 11.2</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η περίσφιγξη του ελαφροσκυροδέματος αυξημένη χαρακτηριστική αντοχή και παραμορφώσεις σύμφωνα με τις σχέσεις :</p> $f_{lck,c} = f_{lck} (1.0 + k_{\sigma 2} / f_{lck})$ $\varepsilon_{lc2,c} = \varepsilon_{lc2} (f_{lck,c} / f_{lck})^2$ $\varepsilon_{lcu2,c} = \varepsilon_{lcu2} + 0.2 \sigma_2 / f_{lck}$ <p>Οι τιμές των ε_{lc2} και ε_{lcu2} προκύπτουν σύμφωνα με τον πίνακα 11.2</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη</p>	
<p>EN1992-1-1 : 11.4</p>	<p>ΕΚΩΣ :</p>
<p>Ισχύουν οι ίδιες κατηγορίες έκθεσης όπως το κανονικό σκυρόδεμα (βλέπε πίνακα 11.3)</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής		
Χ0	Για άοπλο σκυρόδεμα ή σκυρόδεμα χωρίς ενσωματωμένο μέταλλο: όλες οι συνθήκες έκθεσης εκτός περιπτώσεων ύπαρξης ψύξης/απόψυξης, επιφανειακής τριβής ή χημικής προσβολής. Για οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος
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

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
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 εκτεθειμένα σε παράγοντες απόψυξης. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκάσμο με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.
6. Χημική προσβολή		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

(Πίνακας 4.1 EN1992-1-1)

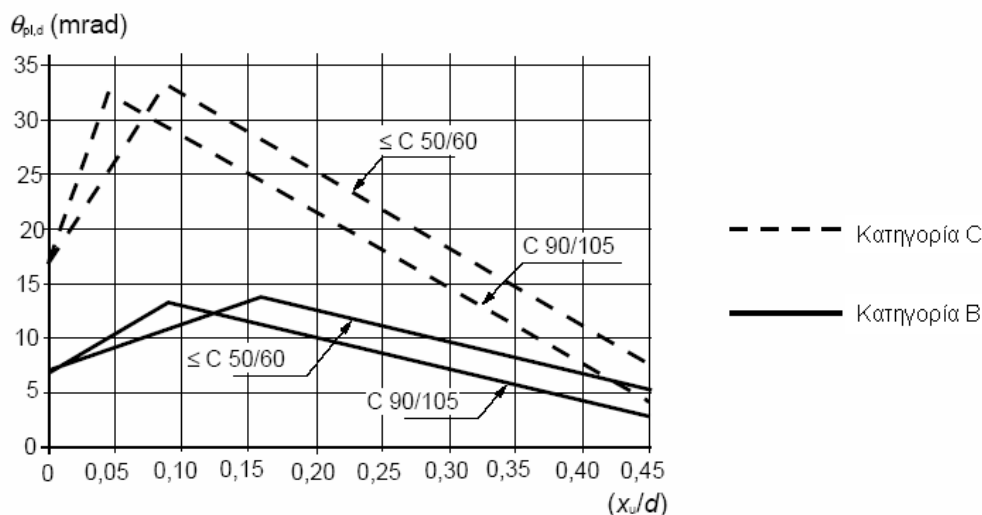
Πίνακας 11.3 : Κατηγορίες έκθεσης του ελαφροσκυροδέματος σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες

Οι ελάχιστες τιμές της επικάλυψης για το ελαφροσκυρόδεμα δίνονται στον πίνακα 11.4	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
--	-----------------------------

Απαίτηση συνάφειας	
Διάταξη ράβδων	Ελάχιστη επικάλυψη $c_{min,b}^*$
Μεμονωμένες	Διάμετρος ράβδου + 5mm
Δεσμίδα	Ισοδύναμη διάμετρος (\varnothing_n) + 5mm
* Εάν η μέγιστη ονομαστική διάσταση των αδρανών είναι μεγαλύτερη από 32 mm, τότε η $c_{min,b}$ πρέπει να προσαυξάνεται κατά 5 mm.	

Πίνακας 11.4 : Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυψης

Διαθέσιμη ικανότητα στρόφης	
EN1992-1-1 : 11.5	ΕΚΩΣ :
Η διαθέσιμη ικανότητα στρόφης $\theta_{pl,ast}$ σύμφωνα για το ελαφροσκυρόδεμα ισούται με την αντίστοιχη τιμή του κανονικού σκυροδέματος, που δίνεται στο σχήμα 11.4, πολλαπλασιασμένη με τον λόγο $\epsilon_{lc2u} / \epsilon_{c2u}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα 5.6N EN1992-1-1)

Σχήμα 11.4 : Επιτρεπόμενη πλαστική στρόφη, $\theta_{pl,d}$, διατομών οπλισμένου σκυροδέματος (για κατηγορίες οπλισμού B και C. Οι τιμές ισχύουν για λυγηρότητα $\lambda = 3,0$)

Στοιχεία στα οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης (ΟΚΑ)	
EN1992-1-1 : 11.6.1	ΕΚΩΣ :
<p>Η αντοχή σε τέμνουσα ενός δομικού στοιχείου χωρίς οπλισμό διάτμησης είναι :</p> $V_{IRd,c} = [C_{IRd,c} \eta_1 k (100 \rho_l f_{lck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$ <p>και</p> $V_{IRd,c} \geq (v_{l,min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$ <p>Όπου</p> $\eta_1 = 0.40 + 0.60 \cdot (\rho / 2200)$ <p>f_{lck} προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα 11.2</p> $C_{IRd,c} = 0.15 / \gamma_c$ $v_{l,min} = 0.030 k^{3/2} f_{lck}^{1/2} \text{ (βλέπε πίνακα 11.5)}$ $k_1 = 0.15$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Όταν φορτίο ασκείται στην πάνω παρειά ενός δομικού στοιχείου μέσα σε μια απόσταση $0.5d \leq a_v \leq 2d$ από την παρειά της στήριξης, τότε το φορτίο αυτό συμβάλλει μειωτικά στην τέμνουσα σχεδιασμού :</p> $V_{Ed}' = \beta \cdot V_{Ed} = (a_v / 2d) \cdot V_{Ed}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

<p>Η τέμνουσα δύναμη , χωρίς την μείωση του συντελεστή β , πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη :</p> $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot \eta_1 \cdot b_w \cdot d \cdot v_1 \cdot f_{lcd}$ <p>Όπου $\eta_1 = 0.40 + 0.60 \cdot (\rho / 2200)$ $v_1 = 0.5 \eta_1 (1 - f_{lck} / 250)$ είναι ένας συντελεστής μείωσης της αντοχής λόγω διάτμησης του ρηγματωμένου σκυροδέματος</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
--	-----------------------------

d (mm)	$v_{l,min}$ (MPa)						
	f_{lck} (MPa)						
	20	30	40	50	60	70	80
200	0,35	0,44	0,50	0,56	0,61	0,65	0,70
400	0,29	0,35	0,39	0,44	0,48	0,52	0,55
600	0,25	0,31	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49
800	0,24	0,28	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45
≥ 1000	0,22	0,27	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43

(Πίνακας 11.6.1 EN1992-1-1)

Πίνακας 11.5 : Τιμές του $v_{l,min}$ για δεδομένες τιμές των d και f_{ck}

Στρέψη (ΟΚΑ)	
EN1992-1-1 : 11.6.3	ΕΚΩΣ :
<p>Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε στρέψη $T_{Rd,max}$ υπολογίζεται ως εξής :</p> $T_{Rd,max} = 2 \cdot v_1 \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,l} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$ <p>$v_1 = 0.5 \eta_1 (1 - f_{lck} / 250)$ είναι ένας συντελεστής μείωσης της αντοχής λόγω διάτμησης του ρηγματωμένου σκυροδέματος</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Διάτρηση (ΟΚΑ)	
EN1992-1-1 : 11.6.4	ΕΚΩΣ :
<p>Η αντίσταση σε διάτρηση πλάκας ελαφροσκυροδέματος ανά μονάδα επιφάνειας ισούται με :</p> $v_{lRd,c} = C_{lRd,c} k \eta_1 k (100\rho f_{lck})^{1/3} + k_2 \sigma_{cp}$ <p>και</p> $v_{lRd,c} \geq \eta_1 v_{l,min} + k_2 \sigma_{cp}$ <p>Όπου $\eta_1 = 0.40 + 0.60 \cdot (\rho / 2200)$ f_{lck} προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα 11.2</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

$C_{IRd,c} = 0.15/\gamma_c$ $v_{l,min} = 0.030k^{3/2}f_{lck}^{1/2}$ (βλέπε πίνακα 11.5) $k_2 = 0.08$	
<p>Η αντίσταση σε διάτρηση v_{IRd} για βάσεις υποστυλωμάτων από ελαφροσκυρόδεμα υπολογίζεται ως εξής :</p> $v_{IRd,c} = C_{IRd,c} k \eta_1 k (100\rho f_{lck})^{1/3} 2d/a \geq \eta_1 v_{lmin} \cdot 2d/a$ <p> $\eta_1 = 0.40 + 0.60 \cdot (\rho/2200)$ f_{lck} προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα 11.2 $C_{IRd,c} = 0.15/\gamma_c$ $v_{l,min} = 0.030k^{3/2}f_{lck}^{1/2}$ (βλέπε πίνακα 11.5) $\rho_l \geq 0.005$ </p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η αντίσταση σε διάτρηση με οπλισμό διάτμησης δίνεται από τη σχέση :</p> $v_{IRd,cs} = 0.75 v_{IRd,c} + 1.5(d/s_r)(1/u_1 d) A_{sw} f_{ywd,eff} \sin \alpha$ <p>Όπου</p> <p> A_{sw} είναι το εμβαδόν του οπλισμού διάτμησης κατά μήκος μιας από τις περιμέτρους γύρω από το υποστυλώμα [mm²] s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτμησης [mm] $f_{ywd,ef}$ είναι η δρώσα τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτρησης, σύμφωνα με τη σχέση $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd}$ [MPa] d είναι ο μέσος όρος των στατικών υψών σε δύο κάθετες διευθύνσεις [mm] α είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτμησης με το επίπεδο της πλάκας u_1 είναι η βασική περίμετρος ελέγχου (κεφάλαιο 6) </p> <p>Στην περίμετρο του υποστυλώματος η αντοχή σε διάτρηση φθάνει κατά μέγιστο την τιμή :</p> $v_{Ed} = V_{Ed}/(u_o d) \leq v_{IRd,max} = 0.5 v_1 f_{lck}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία (ΟΚΑ)	
EN1992-1-1 : 11.6.5	ΕΚΩΣ :
<p>Για ομοιόμορφη κατανομή των φορτίου σε μια επιφάνεια A_{co} , η συγκεντρωμένη αντίσταση δίνεται από τη σχέση :</p> $F_{Rdu} = A_{co} \cdot f_{lck} \cdot [A_{c1}/A_{co}]^{\rho/4400} \leq 3.0 \cdot f_{lck} \cdot A_{co} \cdot (\rho/2200)$ <p>Όπου</p> <p>A_c είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη επιφάνεια κατανομής με σχήμα όμοιο της A_{co}</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

ρ είναι το άνω όριο της πυκνότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 11.1 f _{lcd} σύμφωνα με τον πίνακα 11.2	
Κόπωση (ΟΚΑ)	
EN1992-1-1 : 11.6.6	ΕΚΩΣ :
Οι διατάξεις του EN1992-1-1 δεν καλύπτουν τον έλεγχο έναντι κοπώσεως δομικών στοιχείων κατασκευασμένων από ελαφροσκυρόδεμα	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	
EN1992-1-1 : 11.7	ΕΚΩΣ :
Εφόσον πληρούνται τα όρια του λόγου ανοίγματος προς ενεργού ύψους δεν είναι απαραίτητος ο υπολογιστικός έλεγχος των δοκαριών ή πλακών από ελαφροσκυρόδεμα για ρ ≤ ρ _ο $\frac{l}{d} = K \left[11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho} + 3.2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_o}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \eta_E^{0.15}$ για ρ > ρ _ο $\frac{l}{d} = K \left[11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_o}} \right] \eta_E^{0.15}$ Όπου K προκύπτει σύμφωνα με τον πίνακα 11.6 ρ _ο = (f _{ck}) ^{1/2} 10 ⁻³ το ποσοστό οπλισμού αναφοράς ρ το ποσοστό του απαιτούμενου εφελκόμενου οπλισμού ρ' το ποσοστό του απαιτούμενου θλιβόμενου οπλισμού η _Ε = (ρ/2200) ²	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Δομικό σύστημα	K
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,0
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	1,3
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	1,2
Πρόβολος	0,4

(Πίνακας 7.4N EN1992-1-1)

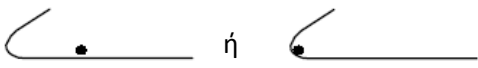
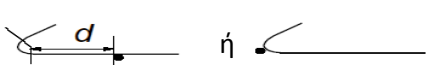
Πίνακας 11.6 : Τιμές του συντελεστή K

Κατασκευαστική διαμόρφωση του οπλισμού	
EN1992-1-1 : 11.8	ΕΚΩΣ :
Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος καμπύλωσης οπλισμού σε δομικά στοιχεία από ελαφροσκυρόδεμα δίνονται στον πίνακα 11.7. (οι τιμές του πίνακα είναι κατά 50% μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές του κανονικού σκυροδέματος)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

α) για ράβδους και σύρματα

Διάμετρος ράβδου	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου για καμπυλώσεις, άγκιστρα και βρόχους (βλέπε σχήμα 8.1)
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	$6\varnothing$
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	$10.5\varnothing$

β) για συγκολλητούς οπλισμούς και δομικά πλέγματα που καμπυλώνονται μετά από συγκόλληση

Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου	
	
$7.5\varnothing$	$d \geq 3\varnothing : 7.5\varnothing$ $d < 3\varnothing$ ή συγκόλληση εντός καμπύλου μήκους: $30\varnothing$

Πίνακας 11.7 : Αγκύρωση οπλισμού

<p>Η τιμή σχεδιασμού για την οριακή τάση συνάφειας για ράβδους σε ελαφροσκυρόδεμα δίνεται από τη σχέση :</p> $f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{lctd}$ <p>Όπου</p> $f_{lctd} = f_{lctK,0.05} / \gamma_c$ <p>$\eta_1 = 1,0$ όταν εξασφαλίζονται 'ευνοϊκές' συνθήκες και</p> <p>$\eta_1 = 0,7$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις και για ράβδους σε δομικά στοιχεία κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλοτύπους, εκτός αν μπορεί να τεκμηριωθεί η ύπαρξη "ευνοϊκών" συνθηκών συνάφειας</p> <p>$\eta_2 = 1,0$ για $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$</p> <p>$\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$ για $\varnothing > 32 \text{ mm}$</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η διάμετρος των ράβδων σε δεν επιτρέπεται να ξεπερνά τα 32mm .</p> <p>Οι δέσμες ράβδων δεν επιτρέπεται να αποτελούνται από περισσότερες από 2 ράβδους ενώ ισοδύναμη διάμετρος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 45mm</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ΑΟΠΛΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει συμπληρωματικές απαιτήσεις για κατασκευές από άοπλο σκυρόδεμα ή όπου ο οπλισμός που τοποθετείται είναι λιγότερος από τον απαιτούμενο. Αναφέρεται σε κατασκευές για τις οποίες οι συνέπειες από δυναμικές δράσεις μπορούν να αγνοηθούν.

Τέτοια δομικά στοιχεία είναι :

- στοιχεία που υποβάλλονται κυρίως σε θλίψη (εκτός της προέντασης) π.χ. τοιχώματα, υποστυλώματα, θόλοι, σήραγγες
- θεμελιώσεις μορφής πεδιλωρίδας ή μεμονωμένα πέδιλα
- τοίχους αντιστήριξης
- πασσάλους των οποίων η διάμετρος $\geq 600\text{mm}$ και όπου η θλιπτική τάση (N_{Ed}/A_c) είναι μικρότερη ή ίση του $0.3f_{ck}$

Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις δράσεων από δονούμενα μηχανήματα ή κυκλοφοριακό φορτίο

Υλικά

EN1992-1-1 : 12.3

Το άοπλο σκυρόδεμα παρουσιάζει χαμηλή πλαστιμότητα επομένως οι συντελεστές α_{cc} και α_{ct} των σχέσεων
 $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$
 $f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0.05} / \gamma_c$
 αντικαθίστανται από τους συντελεστές $\alpha_{cc,pl}=0.8$ και $\alpha_{ct,pl}=0.8$

ΕΚΩΣ :

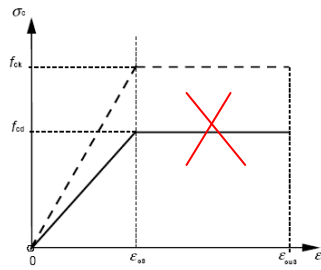
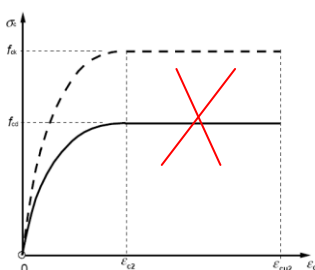
Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Για τον σχεδιασμό δομικών στοιχείων από άοπλο σκυρόδεμα ισχύει είτε η γραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων είτε η παραβολική σχέση
 $\sigma_c = f_{cd} \cdot [1 - (1 - \epsilon_d / \epsilon_{c2})^n]$.

Και στις δύο περιπτώσεις το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων δεν επεκτείνεται πέρα από την εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0.05} / \gamma_c$$

Επομένως δεν υφίσταται ο 2ος κλάδος και των 2 διαγραμμάτων



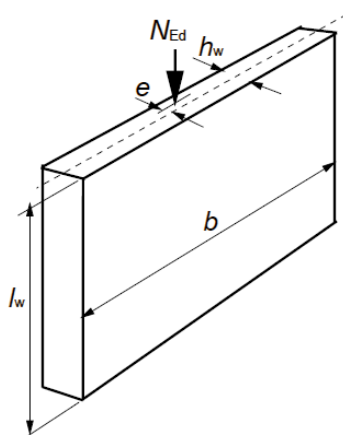
Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Οριακές καταστάσεις αστοχίας	
EN1992-1-1 : 12.5 , 12.6	ΕΚΩΣ :
Η ανάλυση αυτού του είδους των δομικών στοιχείων μπορεί να γίνει σύμφωνα με την γραμμική ή μη γραμμικήελαστική θεωρία. Δεν πρέπει να εφαρμόζεται η γραμμική ανάλυση με ανακατανομή ή πλαστικές προσεγγίσεις στην ανάλυση . Στην περίπτωση μη γραμμικής ανάλυσης πρέπει να γίνεται έλεγχος της ικανότητας στροφής	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Η αντίσταση σε αξονική καταπόνηση , N_{Rd} ,μιας ορθογωνικής διατομής με εκκεντρότητα e κατά την έννοια του h_w προκύπτει ως εξής : $N_{Rd} = \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h_w \cdot (1 - 2e/h_w)$ Όπου ηf_{cd} είναι η ενεργός θλιπτική αντοχή σχεδιασμού (βλέπε σχήμα 12.1 και πίνακα 12.1)	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

$\eta = 1,0$		για $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$
$\eta = 1,0 -$	$(f_{ck} - 50)/200$	για $50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$

(§3.1.7(3) EN1992-1-1)

Πίνακας 12.1: Συντελεστής η

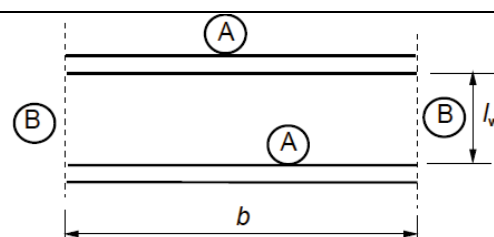
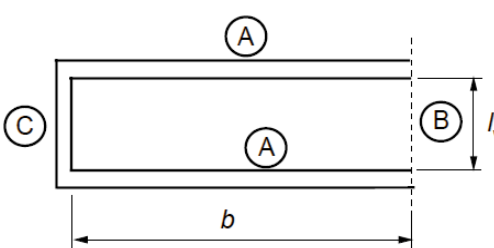
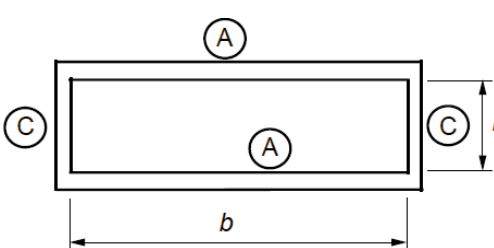


(Σχήμα 12.1 EN1992-1-1)

Σχήμα 12.1 : Συμβολισμοί για άοπλα τοιχώματα

Πρέπει να περιορίζονται οι μεγάλες εκκεντρότητες της αξονικής δύναμης N_{Ed} για την αποφυγή μεγάλων ρηγμάτων λόγω εφελκυσμού	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Σε στοιχεία άοπλου σκυροδέματος ,πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος εφόσον αποκλείεται η ψαθυρή αστοχία είτε με υπολογισμούς είτε εμπειρικά	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

<p>Για ταυτόχρονη διατμητική και αξονική καταπόνηση μιας διατομής ισχύει :</p> $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_{cc}$ $\tau_{cp} = kV_{Ed} / A_{cc}$ <p>Όπου</p> <p>A_{cc} η θλιβόμενη περιοχή πάνω στην οποία δρουν οι δυνάμεις</p> <p>k ισούται με 1.5</p> <p>Ενώ πρέπει να ικανοποιείται η ανισότητα :</p> $\tau_{cp} \leq f_{cvt}$ <p>Όπου</p> <p>για $\sigma_{cp} \leq \sigma_{c,lim}$ ισχύει</p> $f_{cvt} = ((f_{ctd})^2 + \sigma_{cp} f_{ctd})^{1/2}$ <p>για $\sigma_{cp} > \sigma_{c,lim}$ ισχύει</p> $f_{cvt} = \{ (f_{ctd})^2 + \sigma_{cp} f_{ctd} - [(\sigma_{cp} - \sigma_{c,lim})/2]^2 \}^{1/2}$ <p>Το όριο $\sigma_{c,lim}$ ορίζεται ως εξής :</p> $\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2 \cdot (f_{ctd} (f_{ctd} + f_{cd}))^{1/2}$ <p>Όπου</p> <p>f_{cvt} η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος σε τέμνουσα υπό θλίψη</p> <p>f_{cd} η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος σε θλίψη</p> <p>f_{ctd} η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος σε εφελκυσμό</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Τα ρηγματωμένα στοιχεία δεν πρέπει να σχεδιάζονται να παραλαμβάνουν στρεπτικές ροπές</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>
<p>Η λυγνρότητα ενός υποστυλώματος ή τοιχώματος προκύπτει από τη σχέση :</p> $\lambda = l_o / i$ <p>Όπου</p> <p>i είναι η ελάχιστη ακτίνα αδράνειας</p> <p>l_o είναι το ενεργό μήκος του στοιχείου</p> $l_o = \beta \cdot l_w$ <p>l_w το καθαρό ύψος στοιχείου</p> <p>$\beta = 1$ για υποστυλώματα</p> <p>$= 2$ για υποστυλώματα ή τοιχώματα προβόλους</p> <p>Στον πίνακα 12.2 δίνονται τιμές του β για τοιχώματα με άλλους τρόπους στήριξης</p> <p>Η λυγνρότητα των τοιχωμάτων από χυτό επί τόπου άοπλο σκυρόδεμα δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή</p> $\lambda = 86 \quad (\approx l_o / h_w = 25)$	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

Εγκάρσια στήριξη	Σχήμα	Σχέση	Παράγων β																		
Κατά μήκος δύο πλευρών			$\beta = 1,0$ για οποιονδήποτε λόγο l_w/b																		
Κατά μήκος τριών πλευρών		$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3b}\right)^2}$	<table><tr><th>b/l_w</th><th>β</th></tr><tr><td>0,2</td><td>0,26</td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,59</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,76</td></tr><tr><td>0,8</td><td>0,85</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,90</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,95</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,97</td></tr><tr><td>5,0</td><td>1,00</td></tr></table>	b/l_w	β	0,2	0,26	0,4	0,59	0,6	0,76	0,8	0,85	1,0	0,90	1,5	0,95	2,0	0,97	5,0	1,00
b/l_w	β																				
0,2	0,26																				
0,4	0,59																				
0,6	0,76																				
0,8	0,85																				
1,0	0,90																				
1,5	0,95																				
2,0	0,97																				
5,0	1,00																				
Κατά μήκος τεσσάρων πλευρών		<p>εάν $b \geq l_w$</p> $\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{b}\right)^2}$ <p>εάν $b < l_w$</p> $\beta = \frac{b}{2l_w}$	<table><tr><th>b/l_w</th><th>β</th></tr><tr><td>0,2</td><td>0,10</td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,20</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,30</td></tr><tr><td>0,8</td><td>0,40</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,50</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,69</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,80</td></tr><tr><td>5,0</td><td>0,96</td></tr></table>	b/l_w	β	0,2	0,10	0,4	0,20	0,6	0,30	0,8	0,40	1,0	0,50	1,5	0,69	2,0	0,80	5,0	0,96
b/l_w	β																				
0,2	0,10																				
0,4	0,20																				
0,6	0,30																				
0,8	0,40																				
1,0	0,50																				
1,5	0,69																				
2,0	0,80																				
5,0	0,96																				

A : Πλάκα πατώματος **B** : Ελεύθερο άκρο **C** : Εγκάρσιο τοίχωμα

Σημείωση : Τα δεδομένα του συγκεκριμένου πίνακα στηρίζονται στην υπόθεση ότι το τοίχωμα δεν έχει ανοίγματα με ύψος μεγαλύτερο από το 1/3 του ύψους του τοιχώματος l_w ή με επιφάνεια που υπερβαίνει το 1/10 της επιφάνειας του τοιχώματος. Σε τοιχώματα δεσμευμένα κατά μήκος 3 ή 4 πλευρών με ανοίγματα που υπερβαίνουν τα παραπάνω όρια, τα τμήματα μεταξύ των ανοιγμάτων πρέπει να θεωρούνται ως δεσμευμένα κατά μήκος 2 πλευρών **μόνο** και να σχεδιάζονται ανάλογα

(Πίνακας 12.1 EN1992-1-1)

Πίνακας 12.2: Συντελεστής β για διάφορες συνθήκες στήριξης στα όρια των τοιχωμάτων

Ένα εγκάρσιο τοίχωμα μπορεί να θεωρηθεί ως στηρίζων τοίχωμα εφόσον ισχύουν συγχρόνως τα ακόλουθα :	
(a) το συνολικό πάχος δεν είναι μικρότερο από $0.5h_w$, όπου h_w είναι το ολικό πάχος του στηριζόμενου τοιχώματος	
(b) έχει το ίδιο ύψος l_w με το στηριζόμενο τοίχωμα	

<p>(c) το μήκος του l_{ht} είναι τουλάχιστον ίσο με $l_w/5$ όπου το l_w δηλώνει το καθαρό ύψος του στηριζόμενου τοιχώματος</p> <p>(d) εντός του ύψους l_{ht} το εγκάρσιο τοίχωμα δεν έχει ανοίγματα</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Όταν ένα τοίχωμα είναι άκαμπτα συνδεδεμένο κατά μήκος της κεφαλής και του πόδα με χυτό επί τόπου σκυρόδεμα και οπλισμό έτσι ώστε οι ροπές στα άκρα να παραλαμβάνονται πλήρως, οι τιμές του β στον παραπάνω πίνακα μπορούν να πολλαπλασιαστούν με έναν συντελεστή 0.85	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
<p>Η αντίσταση σχεδιασμού σε αξονική καταπόνηση λυγηρού τοιχώματος ή υποστυλώματος από άοπλο σκυρόδεμα ισούται με :</p> $N_{Rd} = b \cdot h_w \cdot f_{cd} \cdot \Phi$ <p>Όπου b το ολικό πλάτος της διατομής h_w το ολικό πάχος της διατομής</p> <p>Ο συντελεστής Φ λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα (φαινόμενα 2ας τάξης και ερπυστικές δράσεις) . Για δεσμευμένα στοιχεία υπολογίζεται ως εξής :</p> $\Phi = 1.14 \cdot (1 - 2e_{tot}/h_w) - 0.02 \cdot l_o/h_w \leq (1 - 2e_{tot}/h_w)$ <p>Όπου $e_{tot} = e_o + e_i$ e_o είναι η εκκεντρότητα 1^{ης} τάξης που περιλαμβάνει τις δράσεις των πατωμάτων (π.χ. πιθανές ροπές πάκτωσης που μεταβιβάζονται στο τοίχωμα από μια πλάκα) και οριζόντιες δράσεις e_i είναι η επιπρόσθετη εκκεντρότητα που καλύπτει γεωμετρικές ατέλειες</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	
EN1992-1-1 : 12.7	ΕΚΩΣ :
<p>Το συνολικό πάχος h_w ενός τοιχώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 120mm για τοιχώματα χυτά επί τόπου</p> <p>Στην περίπτωση κατασκευαστικών αρμών ,όταν αναμένεται να αναπτυχθούν εφελκυστικές τάσεις , τότε πρέπει να τοποθετηθεί οπλισμός για έλεγχο ρηγμάτωσης</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Πεδιλωρίδες και μεμονωμένα πέδιλα υπό αξονική φόρτιση μπορούν να κατασκευαστούν από άοπλο σκυρόδεμα εφόσον :

$$0.85h_F/a \geq (9\sigma_{gd}/f_{ctd})^{1/2}$$

Όπου

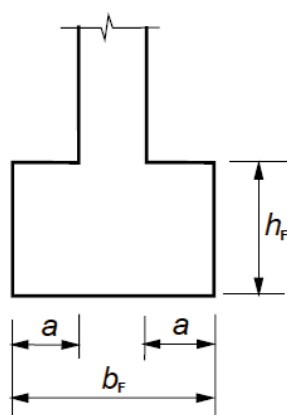
h_F το βάθος της θεμελίωσης

a το πλάτος της προεξοχής από την όψη του κατακόρυφου στοιχείου (σχήμα 12.2)

σ_{gd} τιμή σχεδιασμού της τάσης του εδάφους

Απλοποιητικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ανίσωση $h_F / a \geq 2$

Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα 12.2 EN1992-1-1)

Σχήμα 12.2 : Συμβολισμοί για άοπλα μεμονωμένα πέδιλα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	
Επί τόπου σκυροδετούμενοι φορείς	
EN1992-1-1 : A.2	ΕΚΩΣ :
A.2.1 Μείωση βασιζόμενη σε έλεγχο ποιότητας και μειωμένες αποκλίσεις : Σε περίπτωση που η κατασκευή υπόκειται σε σύστημα ελέγχου ποιότητας το οποίο διασφαλίζει ότι οι δυσμενείς αποκλίσεις στις διαστάσεις των διατομών παραμένουν εντός των ορίων μειωμένων αποκλίσεων του πίνακα PA.1 , τότε ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας μπορεί να μειωθεί σε $\gamma_{s,red1}$. Σε συνδυασμό με τους παραπάνω περιορισμούς και εφόσον αποδεικνύεται ότι ο συντελεστής μεταβλητότητας δεν υπερβαίνει το 10% , ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα μπορεί να μειωθεί σε $\gamma_{c,red1}$	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

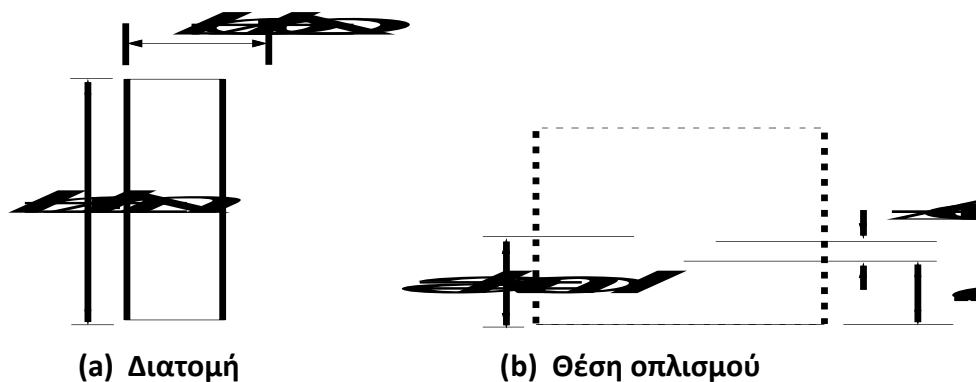
h ή b (mm)	Μειωμένες αποκλίσεις (mm)	
	Διάσταση διατομής $\pm\Delta h, \Delta b$ (mm)	Θέση οπλισμού $+\Delta c$ (mm)
≤ 150	5	5
400	10	10
≥ 2500	30	20
Σημείωση 1: Για ενδιάμεσες τιμές μπορεί να χρησιμοποιηθεί γραμμική παρεμβολή. Σημείωση 2: Το $+\Delta c$ αναφέρεται στην μέση τιμή της θέσης ράβδων οπλισμού ή τενόντων προέντασης στην διατομή ή μέσα σε πλάτος ενός μέτρου (π.χ. για πλάκες και τοιχώματα).		

(Πίνακας A.1 EN1992-1-1)

Πίνακας PA.1 : Μειωμένες αποκλίσεις

Καταστάσεις σχεδιασμού	γ_s	μειωμένος συντελεστής $\gamma_{s,red1}$	γ_c	μειωμένος συντελεστής $\gamma_{c,red1}$
Μόνιμες ή παροδικές	1.15	1.1	1.5	1.4

Πίνακας PA.2 : Συντελεστής ασφαλείας οπλισμού



(Σχήμα A.1 EN1992-1-1)

Σχήμα SA.1 : Αποκλίσεις διατομών

A2.2 Μείωση που βασίζεται σε χρήση μειωμένων ή καταμετρημένων γεωμετρικών δεδομένων στην μελέτη :

Όταν ο υπολογισμός της αντοχής σχεδιασμού βασίζεται σε κρίσιμα γεωμετρικά δεδομένα (περιλαμβανομένου και του στατικού ύψους) τα οποία :

- έχουν μειωθεί κατά τις αποκλίσεις
- έχουν μετρηθεί σε κατασκευασμένο ήδη φορέα

Τότε οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας μπορούν να μειωθούν σε $\gamma_{s,red2}$ και $\gamma_{c,red2}$

Σε συνδυασμό με τους παραπάνω περιορισμούς και εφόσον αποδεικνύεται ότι ο συντελεστής μεταβλητότητας δεν υπερβαίνει το 10% , ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα μπορεί να μειωθεί σε $\gamma_{c,red3}$ (βλέπε πίνακα PA.3)

Καταστάσεις σχεδιασμού	γ_s	μειωμένος συντελεστής $\gamma_{s,red2}$	γ_c	μειωμένος συντελεστής $\gamma_{c,red2}$	μειωμένος συντελεστής $\gamma_{c,red3}$
Μόνιμες ή παροδικές	1.15	1.05	1.5	1.45	1.35

Πίνακας PA.3 : Συντελεστής ασφαλείας οπλισμού

<p>A.2.3 Μείωση βασιζόμενη στην αποτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος σε κατασκευασμένο φορέα :</p> <p>Όταν οι τιμές αντοχής του σκυροδέματος βασίζονται σε δοκιμές σε κατασκευασμένο ήδη φορέα ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας του σκυροδέματος μπορεί να πολλαπλασιαστεί με τον μειωτικό συντελεστή $\eta = 0.85$.</p> <p>Σε περίπτωση που ο συντελεστής γ_c είναι ήδη μειωμένος σύμφωνα με τις παραπάνω διατάξεις A.2.1 και A.2.2 , η τελική τιμή του γ_c δεν πρέπει να είναι μικρότερη από $\gamma_{c,red4} = 1.3$</p>	
<p>Οι μειωμένοι επιμέρους συντελεστές που δίνονται για τους επί τόπου σκυροδετούμενους φορείς ισχύουν και για τα προκατασκευασμένα στοιχεία εφόσον τεκμηριώνονται από επαρκείς ελέγχους</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΠΟ ΕΡΠΥΣΜΟ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΛΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	
Συντελεστής ερπυσμού	
EN1992-1-1 : B.1	ΕΚΩΣ : 2.5.4
<p>Ο συντελεστής ερπυσμού μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση :</p> $\varphi(t, t_o) = \varphi_o \cdot \beta_c(t, t_o)$ <p>φ_o είναι ο ιδεατός συντελεστής ερπυσμού και ισούται με :</p> $\varphi_o = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_o)$ <p>(a) Ο συντελεστής φ_{RH} εκφράζει την επιρροή της σχετικής υγρασίας</p> $\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \quad \text{για } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$ $\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \text{για } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$ <p>RH είναι η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος σε %</p> <p>(b) Ο συντελεστής $\beta(f_{cm})$ είναι συντελεστής για την επίδραση τη αντοχής σκυροδέματος στον ιδεατό συντελεστή ερπυσμού</p> $\beta(f_{cm}) = 16.8 / (f_{cm})^{0.5}$ <p>f_{cm} είναι η μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος σε MPa, σε ηλικία 28 ημερών</p> <p>(c) $\beta(t_o)$ είναι συντελεστής για την επίδραση της ηλικίας σκυροδέματος κατά την επιβολή της φόρτισης στον ιδεατό συντελεστή ερπυσμού:</p> $\beta(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.20})}$ <p>h_o είναι το ιδεατό πάχος του στοιχείου σε mm, όπου:</p> $h_o = (2A_c / u)$ <p>Όπου</p> <p>A_c είναι η επιφάνεια της διατομής</p> <p>u η περίμετρος του στοιχείου σε επαφή με την ατμόσφαιρα</p>	<p>Στον πίνακα 2.3 της παραγράφου §2.5.4 του ΕΚΩΣ δίνονται οι τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού $\varphi(t_o, t_o)$</p>

<p>$\beta_c(t, t_o)$ είναι ο συντελεστής που ορίζει την ανάπτυξη του ερπυσμού με την πάροδο του χρόνου μετά την φόρτιση και υπολογίζεται ως εξής :</p> $\beta_c(t, t_o) = \left[\frac{(t - t_o)}{(\beta_H + t - t_o)} \right]^{0.3}$ <p>t είναι η ηλικία του σκυροδέματος (τη στιγμή που εξετάζεται) t_o είναι η ηλικία του σκυροδέματος κατά την επιβολή της φόρτισης β_H εξαρτάται από την σχετική υγρασία (RH %) και το ιδεατό πάχος του στοιχείου (h_o σε mm) :</p> $\beta_H = 1.5[1 + (0.012 \text{ RH})^{18}]h_o + 250 \leq 1500 \quad f_{cm} \leq 35$ $\beta_H = 1.5[1 + (0.012 \text{ RH})^{18}]h_o + 250\alpha_3 \leq 1500 \quad \alpha_3 \quad f_{cm} \leq 35$ <p>α_i εκφράζει την επιρροή της αντοχής του σκυροδέματος :</p> $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7}$ $\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2}$ $\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5}$	
<p>Σύμφωνα με τις υπολογιστικές σχέσεις παραπάνω , παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ερπυσμού εξαρτάται από :</p> <p>(α) την σχετική υγρασία (β) τον χρόνο επιβολής της φόρτισης t_o (γ) το ιδεατό μέγεθος h_o (δ) την μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος f_{cm}</p>	<p>Σύμφωνα με τον πίνακα , παρατηρούμε ότι ο τελικός συντελεστής ερπυσμού εξαρτάται από :</p> <p>(α) την σχετική υγρασία (β) τον χρόνο επιβολής της φόρτισης t_o (γ) το ιδεατό μέγεθος h_o</p>
<p>Οι αυξημένες ή μειωμένες θερμοκρασίες κατά την θερμική ωρίμανση ενός δομικού στοιχείου επιδρά στον συντελεστή ερπυσμού $\varphi(t, t_o)$. Αυτή η επίδραση μπορεί να ληφθεί υπόψη τροποποιώντας την ηλικία του σκυροδέματος κατά την επιβολή της φόρτισης :</p> $t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000/[273+T(\Delta t_i)]-13.65) \cdot \Delta t_i} \quad (a)$ <p>Όπου $T(\Delta t_i)$ είναι η θερμοκρασία σε °C κατά την χρονική περίοδο Δt_i Δt_i είναι το πλήθος ημερών με επικρατούσα θερμοκρασία T</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

<p>Αναλόγως αντιμετωπίζεται και η επιρροή του τύπου του τσιμέντου στον συντελεστή ερπυσμού :</p> $t_o = t_{o,T} \cdot \left(\frac{9}{2 + t_{o,T}^{1,2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5$ <p>Όπου $t_{o,T}$ είναι η τροποποιημένη ηλικία σύμφωνα με τη σχέση (a) α εξαρτάται από τον τύπο του σκυροδέματος</p>	
<p>Όλες οι παραπάνω τιμές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με το εφαπτομενικό μέτρο παραμόρφωσης E_c</p>	<p>Οι τιμές του συντελεστή ερπυσμού συνδυάζονται με το επιβατικό μέτρο ελαστικότητας E_{cm}</p>
Ανηγγμένη παραμόρφωση συστολής ξήρανσης	
<p>EN1992-1-1 : B.2</p>	<p>ΕΚΩΣ : 2.5.4</p>
<p>Η ανηγμένη παραμόρφωση συστολής ξήρανσης υπολογίζεται σύμφωνα με τις σχέσεις :</p> $\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp \left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$ $\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$ <p>Όπου f_{cm0} ισούται με 10MPa α_{ds1} εξαρτάται από τον τύπο του τσιμέντου = 3 για κατηγορία τσιμέντου S = 4 για κατηγορία τσιμέντου N = 6 για κατηγορία τσιμέντου R α_{ds2} εξαρτάται από τον τύπο του τσιμέντου = 0.13 για κατηγορία τσιμέντου S = 0.12 για κατηγορία τσιμέντου N = 0.11 για κατηγορία τσιμέντου R RH_0 100% υγρασία</p>	<p>Στον πίνακα 2.3 της παραγράφου §2.5.4 του ΕΚΩΣ δίνονται οι τελικές τιμές της συστολής ξήρανσης $\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_o)$</p>

Εφαρμογή Β.1 : Τελικός συντελεστής ερπυσμού $\varphi(t_\infty, t_o)$	
<p>Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :</p> <ul style="list-style-type: none"> - το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C30/35 - η ηλικία του δομικού στοιχείου τη στιγμή της επιβολής της φόρτισης είναι $t_o = 90$ ημέρες - το ιδεατό πάχος του στοιχείου είναι $h_o = (2A_c)/u = 150$ mm - η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος είναι $RH = 50\%$ - $t_\infty = 2 \cdot 365 = 730$ ημέρες 	

- Σύμφωνα με τον **Ευρωκώδικα**:

Ο συντελεστής ερπυσμού υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$\varphi(t, t_o) = \varphi_o \cdot \beta_c(t, t_o)$$

(B.1)

(B.2)

Για τους επιμέρους συντελεστές ισχύει :

- $\varphi_o = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_o)$

Εφόσον το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C30/35 και η μέση θλιπτική αντοχή του ($f_{cm} = 38\text{MPa}$ Πίνακας 3.1 EN1992-1-1) είναι μεγαλύτερη από 35MPa , ο συντελεστής φ_{RH} ισούται με :

(B.3b)

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2$$

(B.8c)

(B.8c)

$$\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7} = (35/38)^{0.7} = 0.944$$

$$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2} = (35/38)^{0.2} = 0.984$$

$$\begin{aligned} \varphi_{RH} &= \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 = \left[1 + \frac{1 - \frac{50}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{150}} \cdot 0.944 \right] \cdot 0.984 \\ &= \left[1 + \frac{0.5}{0.1 \cdot 5.313} \cdot 0.944 \right] \cdot 0.984 = [1 + 0.941 \cdot 0.944] \cdot 0.984 \\ &= [1 + 0.89] \cdot 0.984 = 1.86 \end{aligned}$$

(B.4)

(B.5)

$$\beta(f_{cm}) = 16.8/(f_{cm})^{0.5} = 16.8/(38)^{0.5} = 16.8/6.16 = 2.73$$

(B.2)

$$\beta(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.2})} = \frac{1}{(0.1 + 90^{0.2})} = \frac{1}{(0.1 + 2.46)} = 0.39$$

Επομένως $\varphi_o = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_o) = 1.86 \cdot 2.73 \cdot 0.39 = 1.98$

(B.7)

- $\beta(t, t_o) = [(t - t_o)/(\beta_H + t - t_o)]^{0.3}$

Ο συντελεστής β_H εξαρτάται από την σχετική υγρασία και το ιδεατό πάχος
Εφόσον το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C30/35 και η μέση θλιπτική
αντοχή του ($f_{cm} = 38\text{MPa}$ Πίνακας 3.1 EN1992-1-1) είναι μεγαλύτερη από
35MPa , ισχύει :

(B.8b)

(B.8c)

$$\beta_H = 1.5[1 + (0.012RH)^{18}]h_o + 250\alpha_3 < 1500\alpha_3$$

$$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5} = (35/38)^{0.5} = 0.96$$

$$\begin{aligned} \beta_H &= 1.5[1 + (0.012RH)^{18}]h_o + 250\alpha_3 = 1.5[1 + (0.012 \cdot 50)^{18}]150 + 250 \cdot 0.96 \\ &= 1.5(1 + 0.6^{18})150 + 240 \\ &= 1.5(1 + 0.0001)150 + 240 \\ &= 225 + 240 = 465 < 1500 \alpha_3 = 1440 \end{aligned}$$

$$\beta(t, t_o) = [(t - t_o)/(\beta_H + t - t_o)]^{0.3} = ((730 - 90)/(465 + 730 - 90))^{0.3} = (640/1105)^{0.3} = 0.58^{0.3} = 0.85$$

$$\varphi(t_o, t_o) = \varphi_o \cdot \beta_c(t, t_o) = 1.98 \cdot 0.85 = 1.68 \approx 1.70$$

- Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ

Στον πίνακα 2.3 της παραγράφου §2.5.4 του ΕΚΩΣ η αντίστοιχη τιμή του τελικού συντελεστή ερπυσμού για $t_o=90$ ημέρες, $2A_c/u=150$ mm και 50% σχετική υγρασία είναι :

$$\varphi(t_{\infty}, t_o) = 2.00$$

$\varphi(t_{\infty}, t_o)$						
Ηλικία t_o την στιγμή της φόρτισης (ημέρες)	Ιδεατό μέγεθος $h_o=2A_c/u$ σε mm					
	50 EC2/ΕΚΩΣ	150 EC2/ΕΚΩΣ	600 EC2/ΕΚΩΣ	50 EC2/ΕΚΩΣ	150 EC2/ΕΚΩΣ	600 EC2/ΕΚΩΣ
	RH = 50%			RH = 80%		
1	5.0 / 5.5	4.0 / 4.6	2.9 / 3.7	3.3 / 3.6	2.8 / 3.2	2.2 / 2.9
7	3.5 / 3.9	2.8 / 3.1	2.0 / 2.6	2.3 / 2.6	1.9 / 2.3	1.5 / 2.0
28	2.7 / 3.0	2.1 / 2.5	1.5 / 2.0	1.8 / 1.9	1.5 / 1.7	1.1 / 1.5
90	2.1 / 2.4	1.7 / 2.0	1.2 / 1.6	1.4 / 1.5	1.2 / 1.4	0.9 / 1.2
365	1.5 / 1.8	1.2 / 1.5	0.8 / 1.2	1.0 / 1.1	0.8 / 1.0	0.6 / 1.0

Σημείωση : Για την εκπόνηση των αποτελεσμάτων για την περίπτωση του Ευρωκώδικα έγινε η εφαρμογή των παρακάτω δεδομένων : σκυρόδεμα C30/35 και χρόνος $t_{\infty}=2*365=730$ ημέρες . Ενώ εφαρμόστηκαν οι υπολογιστικές σχέσεις του παραρτήματος Β.1 (βλέπε επίσης εφαρμογή Β.1 παραπάνω).

Οι τιμές του τελικού συντελεστή ερπυσμού για τον ΕΚΩΣ πηγάζουν από τον πίνακα 2.3 της παραγράφου §2.5.4

Πίνακας Β.1 : Τελικός συντελεστής ερπυσμού $\varphi(t_{\infty}, t_o)$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ C ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ	
Ιδιότητες οπλισμού	
EN1992-1-1 : C.1	ΕΚΩΣ : Κεφάλαιο 3
<p>Η χαρακτηριστική αντοχή διαρροής του χάλυβα κυμαίνεται από 400MPa έως 600MPa</p> <p>Η μέγιστη πραγματική τάση διαρροής δεν πρέπει να ξεπερνά το $1.3f_{yk}$</p> <p>Υπάρχουν 3 κατηγορίες χάλυβα :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Κατηγορία Α ,όπου ο χάλυβας παρουσιάζει χαμηλή ολκιμότητα - Κατηγορία Β ,όπου ο χάλυβας παρουσιάζει μέση ή κανονική ολκιμότητα - Κατηγορία Γ , όπου ο χάλυβας παρουσιάζει υψηλή ολκιμότητα <p>Γίνεται λόγος για την ιδιότητα της καμψιμότητας του χάλυβα , η οποία ελέγχεται με την δοκιμή κάμψης ανάκαμψης</p> <p>Τα δομικά πλέγματα (αντοχής από 400-600 MPa) πρέπει να παρουσιάζουν διατμητική αντοχή ίση με $0.3f_{yk}A_s$</p> <p>Στον πίνακα παρακάτω δίνονται σε συγκεντρωτική μορφή οι απαιτούμενες ιδιότητες του χάλυβα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα</p>	<p>Η χαρακτηριστική αντοχή διαρροής του χάλυβα κυμαίνεται από 220MPa έως 500MPa</p> <p>Δεν γίνεται λόγος για την μέγιστο επιτρεπτό όριο της πραγματική τάση διαρροής</p> <p>Υπάρχουν 2 κατηγορίες χάλυβα :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Χάλυβας υψηλής πλαστιμότητας (H) όταν : $\epsilon_{uk}>5\%$ και $(f_t/f_y)_k>1.08$ - Χάλυβας συνήθους πλαστιμότητας (N) : $\epsilon_{uk}>2.5\%$ και $(f_t/f_y)_k>1.05$ <p>Δεν υπάρχει κάποια αναφορά σχετική με την ιδιότητα της ανάκαμψης</p> <p>Τα δομικά πλέγματα (αντοχής 500 MPa) πρέπει να παρουσιάζουν διατμητική αντοχή $0.3f_{yk}A_s$</p> <p>Με στόχο να γίνουν διακριτές διαφορές και ομοιότητες διαμορφώθηκε ο παρακάτω πίνακας</p>

Μορφή προϊόντος	Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κουλούρες			Πλέγματα		
Κατηγορία	A	B	C	A	B	C
Χαρακτηριστική αντοχή f_{yk} ή $f_{0.2k}$ (MPa)	400-600			400-600		
$mink = (f_t/f_y)_k$	≥ 1.05	≥ 1.08	≥ 1.15 <1.35	≥ 1.05	≥ 1.08	≥ 1.15 <1.35
Χαρακτηριστική ανηγμένη παραμόρφωση στην μέγιστη δύναμη , $\epsilon_{uk}(\%)$	≥ 2.5	≥ 5	≥ 7.5	≥ 2.5	≥ 5	≥ 7.5
Καμψιμότητα	Δοκιμή κάμψης /ανάκαμψης			-		

(Πίνακας C.1 EN2-1-1)

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ		ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
		ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ		ΧΩΡΙΣ ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	
		ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	ΛΟΙΠΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
Χαρακτηριστική ή αντοχή f_{yk} ή $f_{0.2k}$		220-500			
I	Ομοιόμορφη ϵ_{uk}	$\geq 7\%$	$\geq 5\%$	$\geq 5\%$	$\geq 5\%$ ή $\geq 2.5\%$
II	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.1	>1.08	>1.08	>1.08 ή >1.05
III		≤ 1.35			
IV	$(f_{y,act}/f_{y,nom})_k$	≤ 1.3	-	-	-
<p>- Οι απαιτήσεις (I) και (II) εξασφαλίζουν μεγαλύτερα μήκη και στροφές πλαστικών αρθρώσεων όπως και μεγαλύτερη αντοχή μετά την αποφλοιώση</p> <p>- Οι απαιτήσεις (III) και (IV) εξασφαλίζουν αξιόπιστο και οικονομικό έλεγχο /περιορισμό των κατά τα άλλα επιθυμητών μετελαστικών παραμορφώσεων</p>					

Πίνακας C.1 : Ιδιότητες χάλυβα

<p>Το εύρος τάσεων κοπώσεως όπως και η συνάφεια που παρουσιάζει ο χάλυβας πρέπει επίσης να ελεγχθούν. Τα επιτρεπτά όρια των παραπάνω ιδιοτήτων δίνονται στον πίνακα C.2</p> <p>Δίνεται η δυνατότητα εξαίρεσης από τους ελέγχους κοπώσεως όταν :</p> <ul style="list-style-type: none"> - όταν ο οπλισμός προορίζεται κυρίως για στατική φόρτιση - ή όταν έχουν προκύψει από δοκιμές υψηλές τιμές του εύρους τάσεως κόπωσης ή/και του πλήθους κύκλων <p>Περισσότερες λεπτομέρειες στο εθνικό προσάρτημα</p> <p>Σχετικά με την συνάφεια του χάλυβα μικρότερες τιμές του f_{Rmin} (ελάχιστη σχετική επιφάνεια) μπορούν να γίνουν αποδεκτές όταν αποδειχτεί ότι επιτυγχάνεται επαρκής αντοχή, Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια πειραματικών διαδικασιών</p>	Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ
---	-----------------------------

Μορφή προϊόντος		Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κοιλούρες			Πλέγματα		
Κατηγορία		A	B	C	A	B	C
Εύρος τάσεων κόπωσης (MPa) (για $N \geq 2 \times 10^6$ κύκλους) με ανώτερο όριο $0.6 f_{yk}$		≥ 150			≥ 100		
Συνάφεια: Ελάχιστη σχετική επιφάνεια ραβδώσεων, $f_{R,min}$	Ονομαστική διάμετρος ράβδου (mm) 5 - 6 6,5 to 12 > 12				0,035 0,040 0,056		

(Πίνακας C.2N EN2-1-1)

Πίνακας C.2 : Ιδιότητες χάλυβα

Σε περίπτωση που οι τιμές των f_{yk} , k , ϵ_{uk} προκύψουν από πειραματικές δοκιμές τότε είναι απαραίτητο να ελεγχθεί εάν αυτές οι τιμές ικανοποιούν τα στοχευμένα επίπεδα ποιότητας (πίνακας C.1). Όταν όλα τα επιμέρους αποτελέσματα των δοκιμών μιας ομάδας υπερβαίνουν τα κατώτερα όρια ή είναι μικρότερα των ανώτερων ορίων, τότε η παρτίδα θεωρείται ότι συμμορφώνεται. Επιπλέον η μέση τιμή μιας ομάδας δοκιμών πρέπει να ικανοποιεί την ανίσωση $M \geq C_v + a$ όπου

C_v στοχευμένη χαρακτηριστική τιμή
 a περιθώριο απόκλισης
 $a = 10 \text{ MPa}$ για την f_{yk}
 $a = 0$ για k και ϵ_{uk}

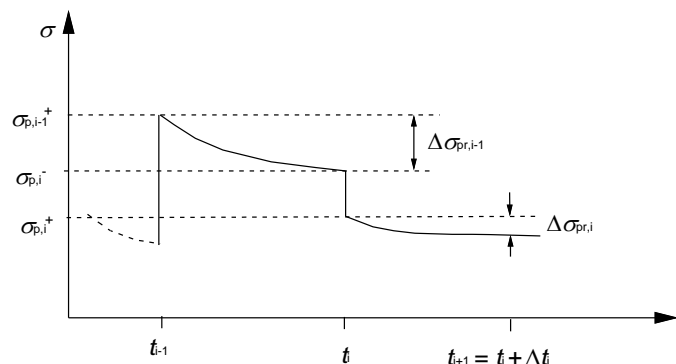
Τέλος οι τιμές που προκύπτουν από τις δοκιμές πρέπει να βρίσκονται μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα. Οι συνιστώμενες τιμές δίνονται στον πίνακα C.3

EN1992-1-1 : D.1

ΕΚΩΣ :

Η εκτίμηση των απωλειών χαλάρωσης για διαφορετικά διαστήματα στα οποία η τάση του τένοντα προέντασης δεν είναι σταθερή προκύπτει σύμφωνα με την **ισοδύναμη χρονική μέθοδος**.

Η συγκεκριμένη μέθοδος απεικονίζεται στο σχήμα παρακάτω



όπου

$\sigma_{p,i}^-$ είναι η εφελκυστική τάση στον τένοντα αμέσως πριν από την χρονική στιγμή t_i

$\sigma_{p,i}^+$ είναι η εφελκυστική τάση στον τένοντα αμέσως μετά την χρονική στιγμή t_i

$\sigma_{p,i-1}^+$ είναι η εφελκυστική τάση στον τένοντα κατά το προηγούμενο στάδιο

$\Delta\sigma_{pr,i-1}$ είναι η απόλυτη τιμή της απώλειας χαλάρωσης κατά το προηγούμενο στάδιο

$\Delta\sigma_{pr,i}$ είναι η απόλυτη τιμή της απώλειας χαλάρωσης κατά το εξεταζόμενο στάδιο t_i έως $t_i + \Delta t_i$

Σύμφωνα με την παράγραφο 3.3.2 του EN2-1-1 οι απώλειες χαλάρωσης προκύπτουν σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις

Κατηγορία 1:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5.39 \cdot \rho \cdot e^{6.7\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

Κατηγορία 2:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho \cdot e^{9.1\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

Κατηγορία 3:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1.98 \cdot \rho \cdot e^{8\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

όπου

- κατηγορία 1 αφορά σύρματα ή συρματόσχοινα συνήθους χαλάρωσης
- κατηγορία 2 αφορά σύρματα ή συρματόσχοινα χαμηλής χαλάρωσης
- κατηγορία 3 αφορά εν θερμώ επεξεργασμένες ράβδους

Ανάλογα με την περίπτωση επιλέγω μία από τις παραπάνω σχέσεις και αντικαθιστώ :

- όπου $\Delta\sigma_{pr}$ το $\sum_1^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j}$ (το άθροισμα όλων των απωλειών χαλάρωσης όλων των προηγούμενων σταδίων)
- όπου t το t_e (ισοδύναμος χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη αυτών των απωλειών χαλάρωσης)
- όπου $\sigma_{p,i}$ το $\sigma_{p,i}^+ + \sum_1^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j}$, δηλαδή η αρχική τάση της προέντασης πριν την χαλάρωση
- όπου μ τον λόγο $(\sigma_{p,i}^+ + \sum_1^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j})/f_{pk}$

Στη συνέχεια επιλύω ως προς t_e . Αφού υπολογίσω τον χρόνο t_e επανέρχομαι στην ίδια σχέση με σκοπό να υπολογίσω τις απώλειες στο ζητούμενο διάστημα $t_e + \Delta t_i$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ	
ΕΝ1992-1-1 : Ε.1	ΕΚΩΣ :
<p>Τα κριτήρια για την επιλογή κατηγορίας αντοχής του σκυροδέματος αποτελούν :</p> <p>(a) η ανθεκτικότητα σε διάρκεια έναντι των συνθηκών περιβάλλοντος</p> <p>(b) οι απαιτήσεις της στατικής μελέτης</p> <p>Πολλές φορές η απαίτηση για ανθεκτικότητα σε διάρκεια μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή σκυροδέματος με θλιπτική αντοχή μεγαλύτερη από αυτήν που ορίζει η στατική μελέτη. Σε αυτήν την περίπτωση η τιμή του f_{ctm} που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς του ελάχιστου οπλισμού και στον έλεγχο ρηγμάτωσης προκύπτει σύμφωνα με την απαίτηση για ανθεκτικότητα</p> <p>Στον πίνακα Ε.1 δίνεται η κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος που αντιστοιχεί ανά κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος (η ελάχιστη απαιτούμενη)</p>	Δεν γίνεται κάποια αναφορά στον ΕΚΩΣ

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				Χημική προσβολή				
	X0	XF1	XF2		XF3		XA1	XA2	XA3	
Ενδεικτική κατηγορία αντοχής	C12/15	C30/37	C25/30		C30/37		C30/37		C35/45	

Πίνακας Ε.1 : Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής

Πίνακας Ε.1 : Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ F ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΠΛΙΣΜΟ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	
ΕΝ1992-1-1 : F.1	ΕΚΩΣ :
<p>Διερευνάται η απαίτηση εφελκόμενου οπλισμού σε ένα στοιχείο που υπόκειται σε τάσεις σε 2 ορθογώνιες διευθύνσεις σ_{Edx}, σ_{Edy} και τ_{Edxy} (οι θλιπτικές τάσεις θεωρούνται θετικές με $\sigma_{Edx} > \sigma_{Edy}$ και οι διευθύνσεις των οπλισμών συμπίπτουν με τους άξονες x και y)</p> <p>Οι εφελκυστικές αντοχές των οπλισμών καθορίζονται από τις σχέσεις :</p> <p>$f_{tdx} = \rho_x f_{yd}$ και $f_{tdy} = \rho_y f_{xd}$ (ρ_x και ρ_y ποσοστά οπλισμού)</p> <p>Όταν σε μια θέση οι σ_{Edx} και σ_{Edy} είναι και οι 2 θλιπτικές και $\sigma_{Edx} \cdot \sigma_{Edy} > \tau_{Edxy}^2$, τότε δεν απαιτείται οπλισμός σχεδιασμού. Επιπλέον η μέγιστη θλιπτική τάση δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το f_{cd}</p> <p>Απαιτείται οπλισμός σε θέσεις όπου είτε η σ_{Edy} είναι εφελκυστική είτε ισχύει η ανίσωση $\sigma_{Edx} \cdot \sigma_{Edy} \leq \tau_{Edxy}^2$. Συγκεκριμένα όταν :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\sigma_{Edx} \leq \tau_{Edxy}$ τότε ο απαιτούμενος οπλισμός προκύπτει σύμφωνα με τις σχέσεις $f'_{tdx} = \rho_x f_{yd} = \tau_{Edxy} - \sigma_{Edx}$ και $f'_{tdy} = \rho_y f_{xd} = \tau_{Edxy} - \sigma_{Edy}$ ενώ η θλιπτική τάση του σκυροδέματος ισούται με $2 \tau_{Edxy}$ - $\sigma_{Edx} > \tau_{Edxy}$ τότε ο απαιτούμενος οπλισμός προκύπτει σύμφωνα με τις σχέσεις $f'_{tdx} = \rho_x f_{yd} = 0$ και $f'_{tdy} = \rho_y f_{xd} = (\tau_{Edxy}^2 / \sigma_{Edx}) - \sigma_{Edy}$ ενώ η θλιπτική τάση του σκυροδέματος ισούται με $\sigma_{Edx} (1 + (\tau_{Edxy} / \sigma_{Edx})^2)$ <p>Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν όταν οι διευθύνσεις των οπλισμών συμπίπτουν με τους κύριους άξονες. Στην περίπτωση που η κύρια θλιπτική τάση του σκυροδέματος σχηματίζει γωνία θ με τον άξονα x (διεύθυνση του οπλισμού) τότε $f_{tdx} = \rho_x f_{yd} = \tau_{Edxy} \cot \theta - \sigma_{Edx}$ και $f_{tdy} = \rho_y f_{xd} = \tau_{Edxy} / \cot \theta - \sigma_{Edy}$ ενώ η θλιπτική τάση του σκυροδέματος ισούται με $\tau_{Edxy} (\cot \theta + 1 / \cot \theta)$ Επιπλέον πρέπει να ελέγχουμε ότι το εμβαδό των οπλισμών που προκύπτει δεν ξεπερνά τα επιτρεπόμενα όρια :</p> <p>$1/2 f'_{tdx} \leq f_{tdx} \leq 2 f'_{tdx}$</p>	<p>Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ</p>

$$1/2 f'_{tdy} \leq f_{tdy} \leq 2 f'_{tdy}$$

έτσι ώστε να αποφύγουμε την ανάπτυξη μη
αποδεκτής παραμόρφωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΦΟΡΕΑ	
EN1992-1-1 : G.1 – G.2	ΕΚΩΣ :
<p>Δίνονται καθαρά θεωρητικές οδηγίες και υποδείξεις σχετικά με το μοντέλο αλληλεπίδρασης μεταξύ θεμελίωσης και εδάφους που μπορεί να υιοθετηθεί στην περίπτωση αβαθούς θεμελίωσης ή θεμελίωσης με πασσάλους. Το περιεχόμενο του παραρτήματος κινείται γύρω από την δυσκαμψία της ανωδομής ,την δυσκαμψία του εδάφους ,την κατανομή των τάσεων επαφής</p>	<p>Δεν δίνεται κάποια πληροφορία σχετικά με το μοντέλο αλληλεπίδρασης που μπορεί να υιοθετηθεί</p>

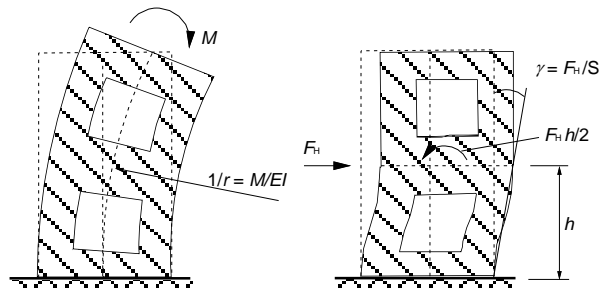
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η ΕΠΙΡΡΟΕΣ 2ας ΤΑΞΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΕΑ

Κριτήρια παράλειψης των επιρροών 2ας τάξης

EN1992-1-1 : Η.1

ΕΚΩΣ :

Τα κριτήρια παράλειψης των επιρροών 2ας τάξης λαμβάνουν υπόψη καμπτικές και διατμητικές παραμορφώσεις όπως απεικονίζονται στο σχήμα παρακάτω



(Σχήμα Η.1 EN2-1-1)

Σε ένα σύστημα οριζόντιας παγίωσης χωρίς σημαντικές διατμητικές παραμορφώσεις (π.χ. τοιχώματα χωρίς ανοίγματα) οι επιρροές 2ας τάξης μπορούν να αγνοούνται όταν ισχύει η ανίσωση

$$F_{V,Ed} \leq 0.1 \cdot F_{V,BB}$$

όπου

$F_{V,Ed}$ είναι το συνολικό κατακόρυφο φορτίο

$F_{V,BB}$ είναι το ονομαστικό φορτίο καμπτικού λυγισμού του συνολικού φορέα

Το ονομαστικό φορτίο λυγισμού του συνολικού φορέα ισούται με :

$$F_{V,BB} = \xi \cdot \Sigma EI / L^2 \quad (a)$$

όπου

ΣEI είναι το άθροισμα των καμπτικών δυσκαμψιών των μελών παγίωσης

$EI \approx 0.4 E_{cd} I_c$ για στοιχεία παγίωσης με ρηγματωμένη διατομή, όπου E_{cd} είναι η τιμή σχεδιασμού του μέτρου παραμόρφωσης και I_c η ροπή αδρανείας της διατομής

ξ είναι αριθμητικός συντελεστής εξαρτώμενος από το πλήθος των ορόφων, την μεταβολή της δυσκαμψίας, την δυσκαμψία της πάκτωσης στην θεμελίωση και την κατανομή των φορτίων

$$\xi = 7.8 (n_s / (n_s + 1.6)) (1 / (1 + 0.7k))$$

όπου

n_s το πλήθος των ορόφων

k σχετική ευκαμψία της πάκτωσης

$$k = (\theta / M) \cdot (EI / L)$$

Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Σε ένα σύστημα παγίωσης με σημαντικές διατμητικές παραμορφώσεις του συνολικού φορέα οι επιρροές δευτέρας τάξης επιτρέπεται να αγνοηθούν όταν ικανοποιείται η παρακάτω ανίσωση :

$$F_{V,Ed} \leq 0.1 \cdot F_{V,B} = 0.1 F_{V,BB} / (1 + F_{V,BB} / F_{V,BS})$$

όπου

$F_{V,B}$ είναι το φορτίο καμπτικού και διατμητικού λυγισμού του συνολικού φορέα

$F_{V,BB}$ είναι το φορτίο καθαρά καμπτικού λυγισμού του συνολικού φορέα

$F_{V,BS}$ είναι το φορτίο καθαρά διατμητικού λυγισμού του συνολικού φορέα $F_{V,BS} = \Sigma S$

ΣS είναι η συνολική δυσκαμψία των στοιχείων του συστήματος παγίωσης (δύναμη για μοναδιαία γωνία διατμητικής παραμόρφωσης ,δες σχήμα παραπάνω)

Η επιρροή των φαινομένων 2ας τάξης μπορεί να ληφθεί υπόψη μέσω ανάλυσης του φορέα υπό την δράση πλασματικά αυξημένων οριζόντιων δυνάμεων $F_{H,Ed}$:

$$F_{H,Ed} = F_{H,0Ed} / (1 - F_{V,Ed} / F_{V,B})$$

όπου

$F_{H,0Ed}$ είναι το οριζόντιο φορτίο 1^{ης} τάξης που οφείλεται στον άνεμο ,σε ατέλειες κλπ

$F_{V,Ed}$ είναι το συνολικό κατακόρυφο φορτίο τόσο των στοιχείων παγίωσης όσο και των παγιουμένων στοιχείων

$F_{V,B}$ είναι το ονομαστικό φορτίο λυγισμού του συνολικού φορέα (σχέση (a))

ή

$$F_{H,Ed} = F_{H,0Ed} / (1 - F_{H,1Ed} / F_{H,0Ed})$$

όπου

$F_{H,1Ed}$ είναι η πλασματική οριζόντια δύναμη που δίνει την ίδια ροπή κάμψης με το κατακόρυφο φορτίο που δρα στον παραμορφωμένο φορέα υπό παραμόρφωση που οφείλεται στην $F_{H,0Ed}$ (παραμόρφωση πρώτης τάξης)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΑΚΩΝ ΧΩΡΙΣ ΔΟΚΟΥΣ ΚΑΙ ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Πλάκες χωρίς δοκούς

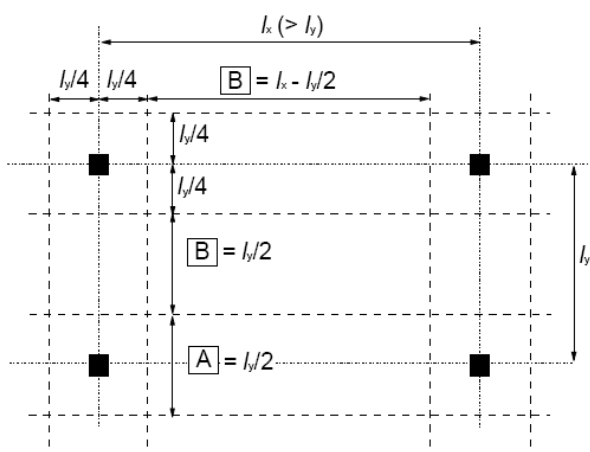
EN1992-1-1 : I.1

ΕΚΩΣ :

Μια πλάκα χωρίς δοκούς πρέπει να υποδιαιρείται ,στην διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση , σε πλαίσια που αποτελούνται από υποστυλώματα και τμήματα πλακών που περιέχονται μεταξύ των αξόνων των γειτονικών φατνωμάτων (δλδ των επιφανειών που ορίζονται από 4 γειτονικά υποστυλώματα).

Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

Με την σειρά τους τα φατνώματα αυτά πρέπει να υποδιαιρούνται σε «λωρίδες υποστυλωμάτων» και σε «λωρίδες ανοίγματος» (δες σχήμα παρακάτω)



A : Λωρίδα υποστυλωμάτων

B : Λωρίδα ανοίγματος

(Σχήμα I.1 EN2-1-1)

Σχήμα I.1 : Υποδιαίρεση φατνωμάτων

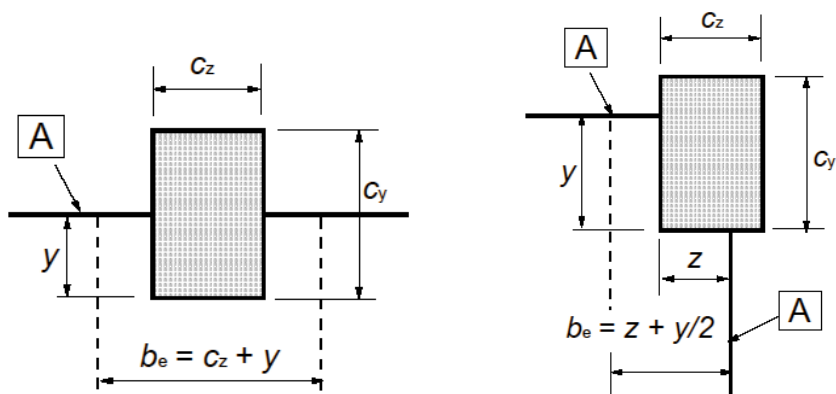
Οι καμπτικές ροπές διανέμονται ανά λωρίδα σύμφωνα με τα πρότυπα του πίνακα I.1

	Αρνητικές ροπές	Θετικές ροπές
Λωρίδα υποστυλωμάτων	60 - 80%	50 - 70%
Λωρίδα ανοίγματος	40 - 20%	50 - 30%
Σημείωση: Τόσον για τις θετικές όσον και τις αρνητικές ροπές το άθροισμα των ποσοστών κατανομής στις λωρίδες ανοίγματος και υποστυλωμάτων πρέπει να είναι 100%.		

(Πίνακας I.1 EN2-1-1)

Πίνακας I.1 : Κατανομή καμπτικών ροπών σε πλάκα χωρίς δοκούς

Οι ροπές που μεταφέρονται σε ακραία ή γωνιακά υποστυλώματα πρέπει να περιορίζονται από την ροπή αντοχής ορθογωνικής διατομής ίση με $0.17b_e d^2 f_{ck}$ εκτός αν υπάρχουν δοκάρια σχεδιασμένα έναντι στρέψης



(Σχήμα 9.9 EN2-1-1)

Σχήμα 1.2 : Συνεργαζόμενο πλάτος b_e

Σε περίπτωση που η διάταξη των υποστυλωμάτων δεν ευνοεί την διαίρεση της πλάκας σε λωρίδες τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ανάλυσης εσχάρας ή άλλη ελαστική μέθοδος. Τότε ισχύει :

- i) η πλάκα αναλύεται υπό το πλήρες φορτίο $(\gamma_Q Q_k + \gamma_G G_k)$
- ii) οι ροπές στα μέσα των ανοιγμάτων και των υποστυλωμάτων πρέπει να αυξάνονται έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνουν την επιρροή των δυσμενών διατάξεων φόρτισης φατνωμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την φόρτιση ενός ή περισσοτέρων κρίσιμων φατνωμάτων με $\gamma_Q Q_k + \gamma_G G_k$ και της υπόλοιπης πλάκας με $\gamma_G G_k$

Φέροντα τοιχώματα

EN1992-1-1 : 1.1

Πρόκειται για τοιχώματα από απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα που συνεισφέρουν στην οριζόντια παγίωση του φορέα.

Το οριζόντιο φορτίο που αναλαμβάνεται από κάθε τοίχωμα πρέπει να προκύπτει από ανάλυση του συνολικού φορέα, στην οποία λαμβάνονται υπόψη τα ασκούμενα φορτία, οι εκκεντρότητες και η αλληλεπίδραση μεταξύ των τοιχωμάτων. Επιπλέον πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο συνδυασμός αξονικής φόρτισης και διάτμησης.

Σε περίπτωση που ένα κτίριο δεν υπερβαίνει τους 25 ορόφους, παρουσιάζει σχετικά συμμετρική διάταξη τοιχωμάτων σε κάτοψη και τα τοιχώματα δεν έχουν ανοίγματα τότε το οριζόντιο φορτίο μπορεί να υπολογιστεί ως εξής :

$$P_n = \frac{P(EI)_n}{\Sigma(EI)} \pm \frac{(Pe)y_n(EI)_n}{\Sigma(EI)y_n^2}$$

ΕΚΩΣ :

Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ

όπου

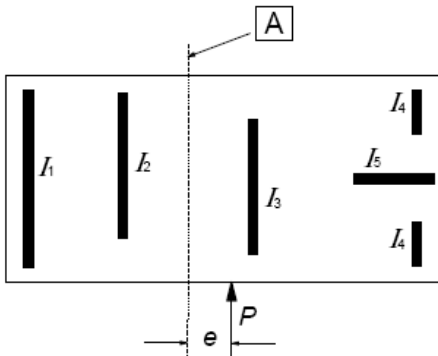
P_n είναι το οριζόντιο φορτίο στο τοίχωμα n

$(EI)_n$ είναι η δυσκαμψία του τοιχώματος

P είναι το ασκούμενο φορτίο

e είναι η εκκεντρότητα του P σε σχέση με το κέντρο των δυσκαμψιών των τοιχωμάτων

y_n είναι η απόσταση του τοιχώματος από το κέντρο των δυσκαμψιών



(Σχήμα I.3 EN2-1-1)

Επιφανειακός οπλισμός

EN1992-1-1 : J.1

Ο επιφανειακός οπλισμός απαιτείται σε περιπτώσεις που ο κύριος οπλισμός αποτελείται από :

- ράβδους με διάμετρο μεγαλύτερη από 32mm
- δέσμες ράβδων με ισοδύναμη διάμετρο μεγαλύτερη από 32mm

Ο επιφανειακός οπλισμός πρέπει να αποτελείται από πλέγμα ή ράβδους μικρής διαμέτρου και τοποθετείται έξω από τους συνδετήρες σύμφωνα με το σχήμα J.1

Η διατομή του επιφανειακού οπλισμού $A_{s,surf}$ δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ποσότητα $A_{s,surfmin} = 0.01 A_{ct,ext}$ στις διευθύνσεις κάθετα και παράλληλα προς τον εφελκόμενο οπλισμό της δοκού. Ο όρος $A_{ct,ext}$ αποτελεί την επιφάνεια του εφελκόμενου σκυροδέματος που βρίσκεται έξω από τους συνδετήρες

Σε περίπτωση που η επικάλυψη του οπλισμού υπερβαίνει τα 70mm πρέπει να χρησιμοποιείται επιφανειακός οπλισμός με διατομή $0.005 A_{ct,ext}$ σε κάθε διεύθυνση

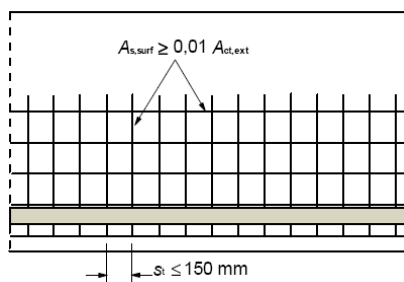
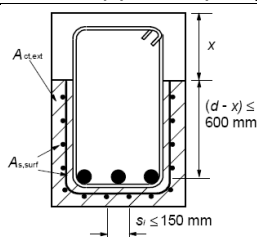
Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να ληφθούν υπόψη ως διαμήκης οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιες ράβδοι ως διατμητικός οπλισμός, εφόσον ικανοποιούν τις απαιτήσεις για την διάταξη και την αγκύρωση

ΕΚΩΣ : 16.6

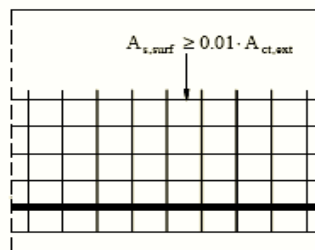
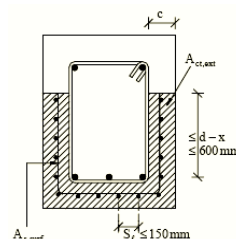
Ο επιφανειακός οπλισμός απαιτείται στην περίπτωση που το τελικό ελάχιστο πάχος επικάλυψης με σκυρόδεμα είναι $>50\text{mm}$

Ο επιφανειακός οπλισμός αποτελείται από πλέγμα ή από λεπτές ράβδους μικρής διαμέτρου και τοποθετείται έξω από τους συνδετήρες (βλέπε σχήμα J.1)

Το απαιτούμενο εμβαδό του επιφανειακού οπλισμού παράλληλα προς τον κυρίως εφελκόμενο οπλισμό δεν πρέπει να είναι μικρότερο από την ποσότητα $0.01 A_{ct,ext}$ όπου $A_{ct,ext}$ είναι το εμβαδό της εφελκόμενης επικάλυψης



(Σχήμα J.1 EN2-1-1)



$$s_1 \leq s_2$$

(Σχήμα 15.1 ΕΚΩΣ)

Σχήμα J.1: Γεωμετρικές απαιτήσεις επιφανειακού οπλισμού

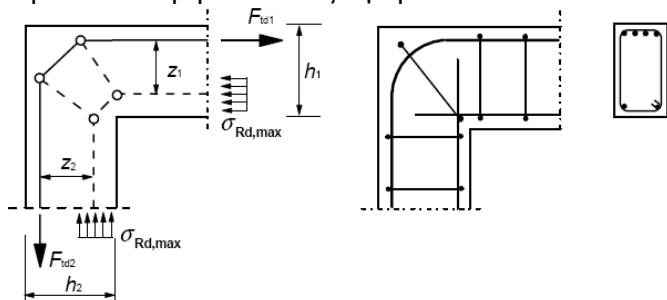
Γωνίες πλαισίων

EN1992-1-1 : J.2

ΕΚΩΣ :

Σε περίπτωση που η γωνία του πλαισίου παρουσιάζει αρνητικές ροπές και το ύψος της δοκού και του υποστυλώματος είναι περίπου ίδιο ($2/3 < h_2/h_1 < 3/2$) δεν απαιτείται έλεγχος οπλισμού συνδετήρων ή μηκών αγκύρωσης στο εσωτερικό του κόμβου, εφόσον ολόκληρος ο οπλισμός της δοκού κάμπτεται περιβάλλοντας την γωνία

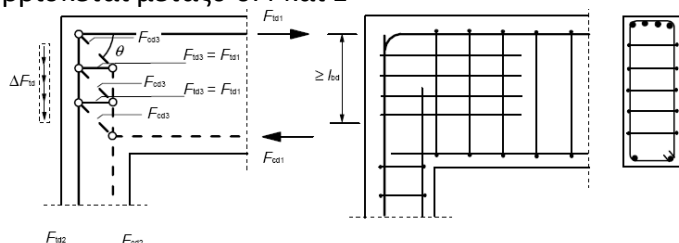
Δεν γίνεται λόγος στον ΕΚΩΣ



(Σχήμα J.2(a))

Σχήμα J.2 : Προσομοίωμα και όπλιση γωνίας πλαισίου για λόγο υψών $2/3 < h_2/h_1 < 3/2$

Όταν όμως ο λόγος των υψών, h_2/h_1 , είναι μικρότερος από τα $2/3$ (βλέπε σχήμα παρακάτω), τότε ακολουθούμε την μέθοδο των θλιπτήρων-ελκυστήρων για τον έλεγχο του κόμβου. Σκοπός του ελέγχου είναι ο περιορισμός της γωνίας θ των θλιπτήρων του σκυροδέματος, συγκεκριμένα επιθυμούμε η εφαπτομένη της γωνίας θ να βρίσκεται μεταξύ 0.4 και 1



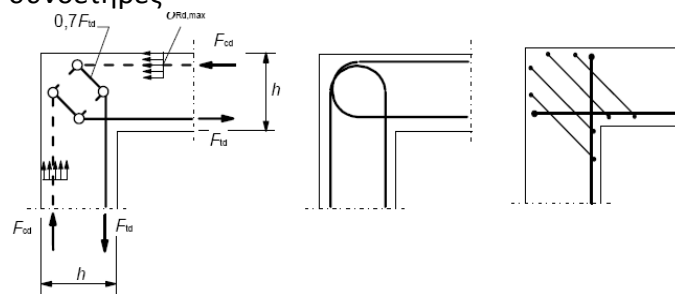
(Σχήμα J.2(b))

Σχήμα J.3 : Προσομοίωμα και όπλιση γωνίας πλαισίου για λόγο υψών $h_2/h_1 < 2/3$

Το μήκος αγκύρωσης καθορίζεται από την διαφορά $\Delta F_{td} = F_{td2} - F_{td1}$

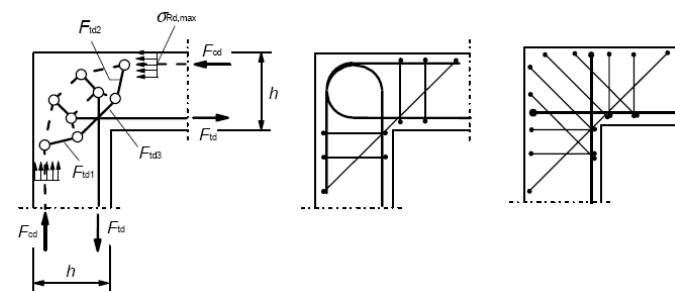
Σε περίπτωση που η γωνία του πλαισίου παρουσιάζει θετικές ροπές τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα προσομοιώματα που δίνονται στα σχήματα παρακάτω. Ο οπλισμός στην γωνία του πλαισίου πρέπει να προβλέπεται είτε με μορφή βρόγχου είτε με την μορφή 2 επικαλυπτόμενων

ράβδων U σε συνδυασμό με κεκλιμένους
συνδετήρες



(Σχήμα J.3)

Σχήμα J.4 : Προσομοίωμα και όπλιση γωνίας
πλαισίου με μέτρια θετική ροπή



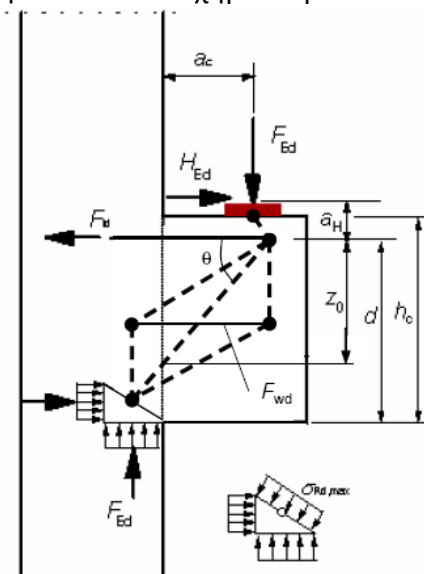
(Σχήμα J.4)

Σχήμα J.5 : Προσομοίωμα και όπλιση γωνίας
πλαισίου με μεγάλη θετική ροπή
Όταν η γωνία πλαισίου παρουσιάζει μεγάλη θετική
ροπή τότε απαιτείται η χρήση διαγώνιας ράβδου
και συνδετήρων για την αποφυγή διάσπασης

Κοντοί πρόβολοι

EN1992-1-1 : J.2

Οι κοντοί πρόβολοι ($a_c < z_0$) μπορούν σχεδιαστούν
με την χρήση του μοντέλου θλιπτήρων-ελκυστήρων
όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω

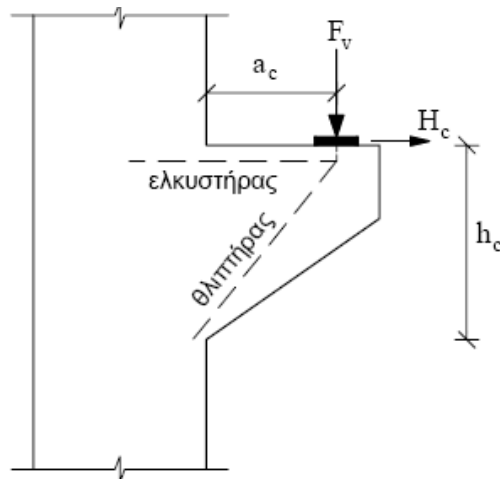


(Σχήμα J.5)

Σχήμα J.6.1 : Κοντός πρόβολος

ΕΚΩΣ : Παράρτημα Α

Οι κοντοί πρόβολοι ($0.4 h_c \leq a_c \leq h_c$) μπορούν
σχεδιαστούν με την χρήση του μοντέλου
θλιπτήρων-ελκυστήρων όπως φαίνεται στο σχήμα
παρακάτω



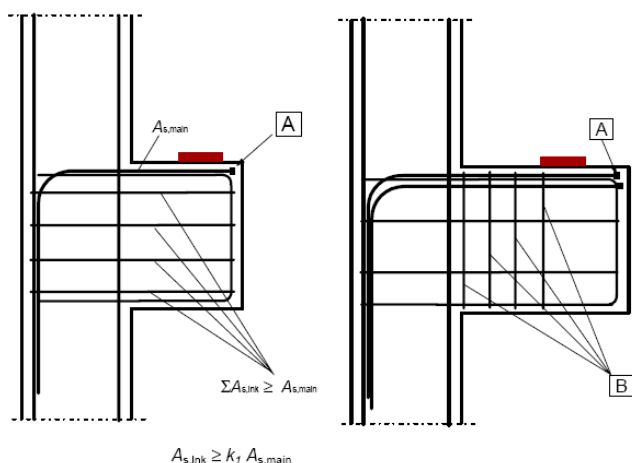
(Σχήμα A.1)

Σχήμα J.6.2 : Κοντός πρόβολος

Η κλίση του θλιπτήρα περιορίζεται σύμφωνα με την σχέση $1 \leq \tan \theta \leq 2.5$

Αν $a_c < 0.5h_c$ τότε πρέπει να προβλέπονται κλειστοί οριζόντιοι ή κεκλιμένοι συνδετήρες με $A_{s,lnk} \geq 0.25A_{s,main}$ (επεξήγηση $A_{s,main}$ στο σχήμα παρακάτω)

Αν $a_c > 0.5h_c$ και $F_{Ed} > V_{Rd,c}$ τότε πρέπει να προβλέπονται κλειστοί κατακόρυφοι συνδετήρες με $A_{s,lnk} \geq 0.5 F_{Ed} / f_{yd}$ (επεξήγηση $A_{s,main}$ στο σχήμα παρακάτω)



(a)

(b)

A : Αγκύρωση κυρίως εφελκόμενου οπλισμού

B : Συνδετήρες

(a) οπλισμός για $a_c < 0.5h_c$

(b) οπλισμός για $a_c > 0.5h_c$

(Σχήμα J.6)

Σχήμα J.7.1 : Διαμόρφωση λεπτομερειών κοντού πρόβολου

Στο στηρίζον στοιχείο ο οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται στην απέναντι παρειά ενώ το μήκος αγκύρωσης πρέπει να μετράται από τον κατακόρυφο οπλισμό της πλησιέστερης πλευράς. Στο άλλο άκρο ο οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται μέσα στον πρόβολο και το μήκος αγκύρωσης πρέπει να μετράται από την εσωτερική ακμή της πλάκας έδρασης

Οι κοντοί πρόβολοι για τους οποίους ισχύει η ανισότητα $a_c > h_c$ επιτρέπεται να σχεδιάζονται ως δοκοί-πρόβολοι

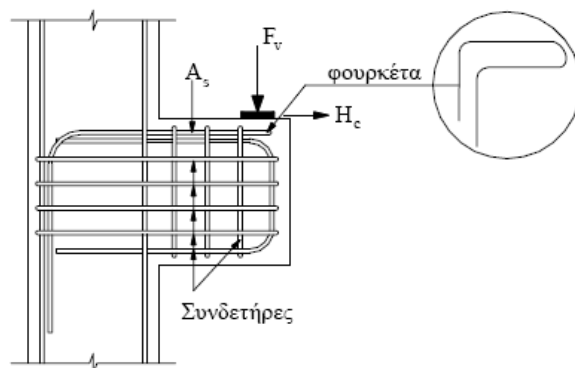
Ο βραχύς πρόβολος πρέπει να σχεδιάζεται για την κατακόρυφη δύναμη F_v και την οριζόντια δύναμη $H_c \geq 0.2 F_v$

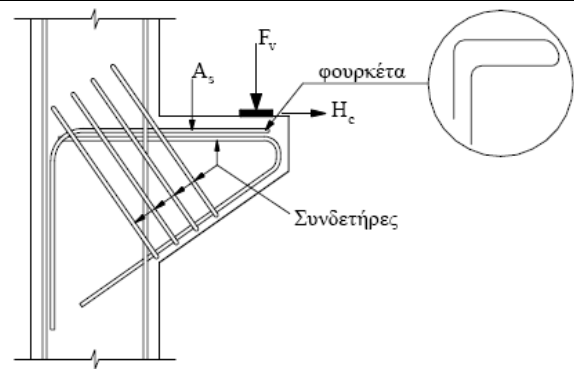
Πρέπει να εξετάζονται οι τοπικές επιδράσεις εξ' αιτίας του υποτεθέντος συστήματος θλιπτήρα-ελκυστήρα στο συνολικό σχεδιασμό του στηρίζοντος μέλους

Ο οπλισμός που αντιστοιχεί στον ελκυστήρα πρέπει να αγκυρώνεται πλήρως πέραν από τον κόμβο κάτω από την πλάκα φόρτισης με την χρήση μηχανικών μέσων, εκτός εάν διατίθεται μήκος l_{bnet} μεταξύ του κόμβου και του πέρατος του κοντού πρόβολου (το μήκος l_{bnet} μετράται από το σημείο όπου οι θλιπτικές τάσεις αλλάζουν διεύθυνση)

Σε κοντούς πρόβολου με ύψος $h_c \geq 300\text{mm}$, όταν η διατομή των κύριων οριζόντιων ελκυστήρων A_s είναι μεγαλύτερη της ποσότητας $0.4A_c f_{cd} / f_{yd}$ (όπου A_c η επιφάνεια του σκυροδέματος στην παρειά του κοντού πρόβολου με το υποσύλωμα), τότε πρέπει να διατίθενται κλειστοί συνδετήρες με συνολική διατομή τουλάχιστον $0.4A_s$ και κατανομή στο σύνολο του στατικού ύψους d . Οι συνδετήρες μπορεί να είναι είτε οριζόντιοι, είτε κάθετοι ή λοξοί

Πρέπει να διατίθεται κατακόρυφος οπλισμός μόρφωσης των παρειών του πρόβολου, που περιβάλλεται από τους συνδετήρες





(Σχήμα Α.2-Α.3)

Σχήμα J.7.2 : Διαμόρφωση λεπτομερειών
κοντού πρόβολου

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

σύμφωνα με τις διατάξεις του

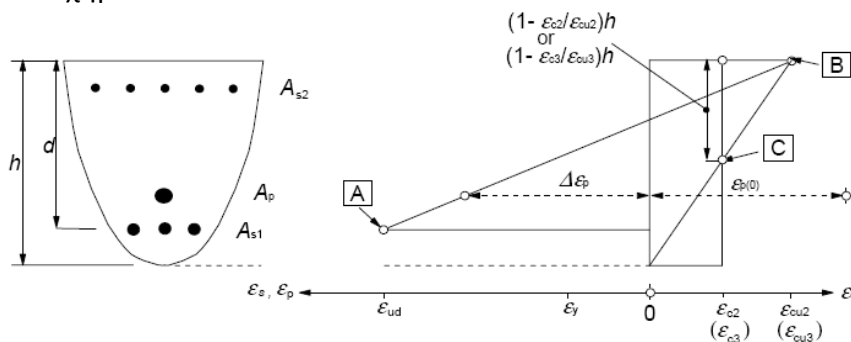
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2-1-1

Εφαρμογή Ε.1 : Έλεγχος ορθογωνικής διατομής με πολύ μεγάλη θλιπτική δύναμη

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- κάτω οπλισμός $A_{s1}=19 \text{ cm}^2$
- άνω οπλισμός $A_{s2}=19 \text{ cm}^2$
- αξονική θλιπτική δύναμη $N_d=-3800 \text{ kN}$
- οι διαστάσεις της διατομής είναι $h/b/d/d_1/d_2 = 50/50/45/5/5 \text{ cm}$

Η ροπή αντοχής M_{Rd} της διατομής υπολογίζεται μέσω δοκιμών για διαφορετικά ζεύγη παραμορφώσεων του σκυροδέματος και του χάλυβα .Οι επιτρεπόμενες κατανομές παραμορφώσεων για έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης αστοχίας απεικονίζονται στο σχήμα Ε.1 . Σύμφωνα με το σχήμα αυτό , εφόσον η διατομή βρίσκεται ολόκληρη υπό θλίψη , το διάγραμμα παραμορφώσεων της διατομής πρέπει να διέρχεται από το σημείο **C** .Το σημείο **C** αντιστοιχεί σε βάθος $(1-\epsilon_{c3}/\epsilon_{cu3})h$ για παραμόρφωση ϵ_{c3} . Δεχόμαστε ορθογωνική κατανομή τάσεων ,όπως δίνεται στο σχήμα Ε.2

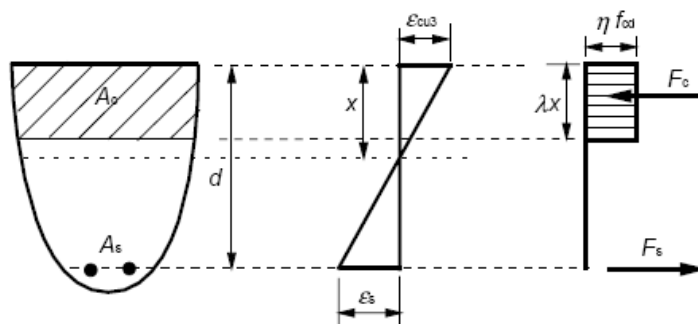


A : Όριο παραμόρφωσης εφελκόμενου χάλυβα

B : Όριο παραμόρφωσης θλιβόμενου σκυροδέματος

C : Όριο παραμόρφωσης σκυροδέματος υπό καθαρή θλίψη

Σχήμα Ε.1.1 : Επιτρεπόμενες κατανομές παραμορφώσεων



Σχήμα Ε.1.2 : Ορθογωνική κατανομή τάσεων

Ακολουθώντας τις παραδοχές σχεδιασμού του χάλυβα δίνεται η δυνατότητα επιλογής μεταξύ κεκλιμένου 2^{ου} κλάδου με όριο παραμόρφωσης το ϵ_{UD} και οριζόντιου 2^{ου} κλάδου χωρίς την ανάγκη ελέγχου του ορίου παραμόρφωσης το οποίο και θα εφαρμόσω.

(§6.1)

(§6.1)
(§3.1.7(3))

(Σχήμα 6.1)

(Σχήμα 3.5)

(§3.2.7)

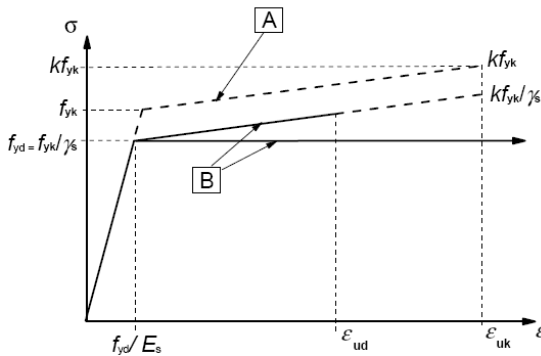
Άρα ισχύει :

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

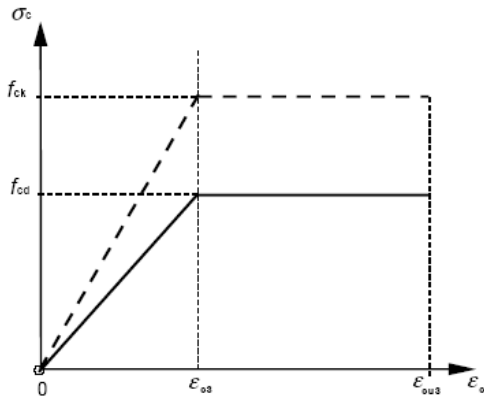
$$\gamma_s = 1.15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 400 / 1.15 = 348 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 348 / (2 \cdot 10^5) = 1.74\text{‰}$$



Για τον σχεδιασμό των διατομών επιλέγεται η διγραμμική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων του σκυροδέματος



Η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού ισούται με $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$

Οι παραμορφώσεις ϵ_{c3} , ϵ_{cu3} του σκυροδέματος παίρνουν την τιμή 1.75‰ και 3.5‰ αντίστοιχα .

Επομένως το σημείο C αντιστοιχεί σε βάθος $(1 - \epsilon_{c3} / \epsilon_{cu3}) h = (1 - 1.75 / 3.5) \cdot 0.50 = 0.25 \text{ m}$

Ακολουθώντας τον κανόνα των όμοιων τριγώνων το ζεύγος των παραμορφώσεων πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση $0.5 \epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 0.5 \epsilon_{c2}$

1^η Δοκιμή

$$\epsilon_{c2} = -3\text{‰} \rightarrow 0.5 \epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 0.5 \epsilon_{c2} \rightarrow 0.5 \epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 0.5(-3\text{‰}) \rightarrow 0.5 \epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} + 1.5\text{‰} = -0.25\text{‰}$$

$$\epsilon_{c1} = -0.5\text{‰}$$

$$F_{c2} = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.6 \cdot 0.5 = 2719.2 \text{ kN}$$

$$F_{c1} = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 0.5 = 453.2 \text{ kN}$$

Στη στάθμη του οπλισμού A_{s2} η παραμόρφωση είναι $2.75\text{‰} > 1.74\text{‰}$ και $\sigma_{s2} = 348 \text{ MPa}$

Στη στάθμη του οπλισμού A_{s1} η παραμόρφωση είναι $0.75\text{‰} < 1.74\text{‰}$ και $\sigma_{s1} = 150 \text{ MPa}$

(§3.2.7)

(§2.4.2.4)

(§3.2.7)

(§3.2.7 Σχήμα 3.8)

(§3.1.7(2) Σχήμα 3.4)

(§3.1.7(2) (3.15))

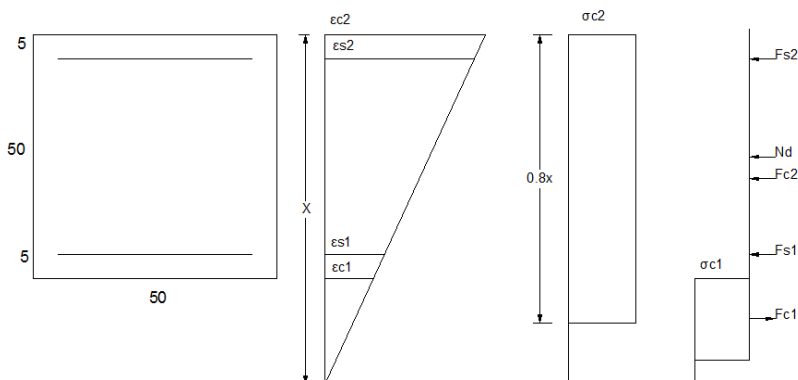
(§3.1.3)

(§3.1.7)

$$F_{s1} = A_{s1}\sigma_{s1} = 19 \cdot 10^{-4} \cdot 150 \cdot 10^3 = 285 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A_{s2}\sigma_{s2} = 19 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 661.2 \text{ kN}$$

$$F_{s1} + F_{s2} + F_{c2} - F_{c1} = 285 + 661.2 + 2719.2 - 453.2 = 3212.2 \text{ kN} \neq 3800 \text{ kN}$$



2^η Δοκιμή

$$\epsilon_{c2} = -2.7\text{‰} \rightarrow 0.5\epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 0.5\epsilon_{c2} \rightarrow 0.5\epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 0.5(-3\text{‰}) \rightarrow 0.5\epsilon_{c1} = -1.75\text{‰} - 1.5\text{‰} = -0.25\text{‰}$$

$$\epsilon_{c1} = -0.8\text{‰}$$

$$F_{c2} = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd2} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.71 \cdot 0.5 = 3217.72 \text{ kN}$$

Εφόσον η παραμόρφωση του σκυροδέματος $\epsilon_{c1} < 1.75\text{‰}$ τότε $\sigma_{cd1} = 5.18 \text{ MPa}$

$$F_{c1} = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd1} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 5.18 \cdot 10^3 \cdot 0.21 \cdot 0.5 = 435.12 \text{ kN}$$

Στη στάθμη του οπλισμού A_{s1} η παραμόρφωση είναι $0.98\text{‰} < 1.74\text{‰}$ και

$$\sigma_{s1} = 196 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = A_{s1}\sigma_{s1} = 19 \cdot 10^{-4} \cdot 196 \cdot 10^3 = 372.4 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A_{s2}\sigma_{s2} = 19 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 661.2 \text{ kN}$$

$$F_{s1} + F_{s2} + F_{c2} - F_{c1} = 372.4 + 661.2 + 3217.72 - 435.12 = 3816.2 \text{ kN} \approx 3800 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την **ροπή αντοχής** ως προς τον κεντροβαρικό άξονα :

$$M_{Rd} = F_{s2} \cdot (h/2 - d_2) - F_{c2} \cdot (0.4x_2 - h/2) - F_{s1} \cdot (h/2 - d_1) + F_{c1} \cdot (0.4x_1 + h/2)$$

$$= F_{s2} \cdot (0.2) - F_{c2} \cdot (0.034) - F_{s1} \cdot (0.2) + F_{c1} \cdot (0.334)$$

$$= 661.2 \cdot 0.2 - 3217.72 \cdot 0.034 - 372.4 \cdot 0.2 + 435.12 \cdot 0.334 = \mathbf{93.69 \text{ kNm}}$$
 (θετική φορά

η ωρολογιακή)

(§3.1.7)

Εφαρμογή Ε.2 : Έλεγχος και διαστασιολόγηση ορθογωνικών διατομών με δοκιμές

Ε.2(α) Έλεγχος διατομής

Υπολογίζουμε ροπή αντοχής διατομής διαστάσεων 50x50 cm

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- διακρίνουμε 4 διαφορετικές περιπτώσεις όπλισης:
 - (i) $2\Phi 14 = 3.08 \text{ cm}^2$
 - (ii) $4\Phi 14 = 6.16 \text{ cm}^2$
 - (iii) $8\Phi 14 = 12.32 \text{ cm}^2$
 - (iv) $16\Phi 14 = 24.64 \text{ cm}^2$
- αξονική θλιπτική δύναμη $N_d = 0 \text{ kN}$
- οι διαστάσεις της διατομής είναι $h/b/d/d_1 = 50/25/46/0.04 \text{ cm}$

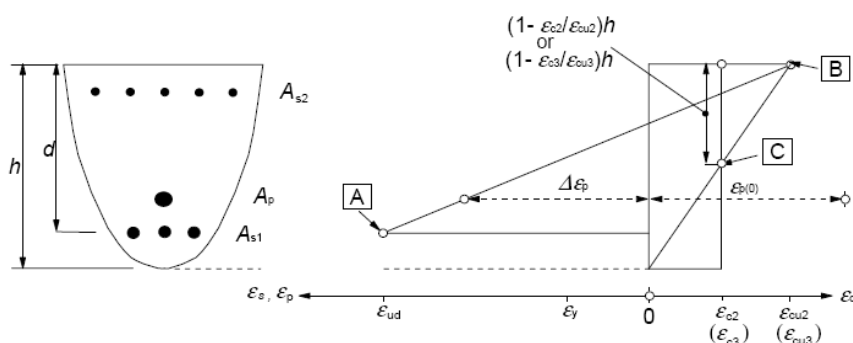
Το ζητούμενο της εφαρμογής είναι η ροπή αντοχής M_{Rd} της διατομής , για την οποία απαιτείται να γνωρίζουμε την παραμόρφωση του χάλυβα ϵ_s όπως και την παραμόρφωση του σκυροδέματος ϵ_c .

Η επίλυση της εφαρμογής προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη :

- (a) την ισοδυναμία των δυνάμεων
- (b) την ισοδυναμία των ροπών
- (c) και την παραδοχή αστοχίας της θλιβόμενης ζώνης ($\epsilon_{c2} = -3.5\text{‰}$)

Η ροπή αντοχής M_{Rd} της διατομής υπολογίζεται μέσω δοκιμών για διαφορετικά ζεύγη παραμορφώσεων του σκυροδέματος και του χάλυβα .Οι επιτρεπόμενες κατανομές παραμορφώσεων για έλεγχο έναντι οριακής κατάστασης αστοχίας απεικονίζονται στο σχήμα Ε.1 .

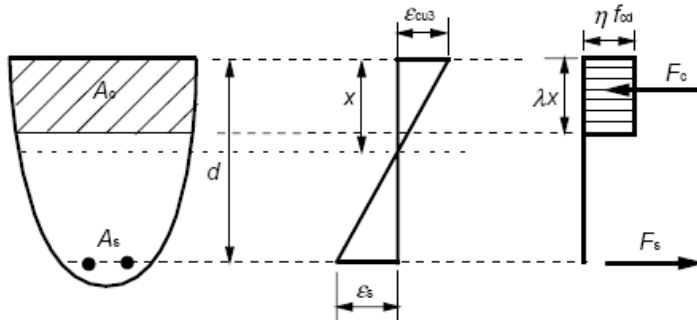
(§6.1)



- A : Όριο παραμόρφωσης εφελκούμενου χάλυβα
 - B : Όριο παραμόρφωσης θλιβόμενου σκυροδέματος
 - C : Όριο παραμόρφωσης σκυροδέματος υπό καθαρή θλίψη
- Σχήμα Ε.2.1 : Επιτρεπόμενες κατανομές παραμορφώσεων**

(§6.1 Σχήμα 6.1)

Είναι δυνατό να θεωρηθεί ορθογωνική κατανομή τάσεων ,όπως δίνεται στο σχήμα Ε.2



Σχήμα Ε.1.2 : Ορθογωνική κατανομή τάσεων

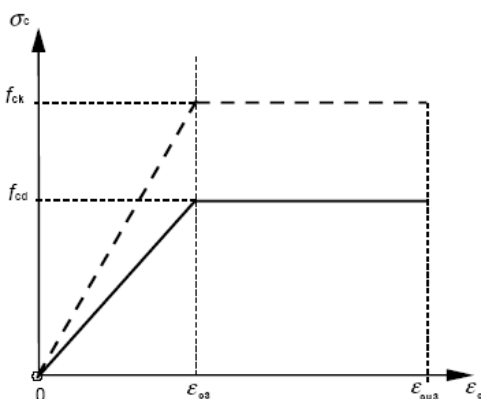
Σύμφωνα με τις παραδοχές σχεδιασμού το σκυρόδεμα δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει την παραμόρφωση ϵ_{cu2} (που αντιστοιχεί στο παραβολικό-ορθογωνικό διάγραμμα) ή το ϵ_{cu3} (που αντιστοιχεί στη διγραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων). Από τις 2 εναλλακτικές επιλέγω ως ανώτατο όριο παραμόρφωσης του σκυροδέματος το $\epsilon_{cu3}=3.5\%$. Ο συντελεστής λ του παραπάνω σχήματος ορίζει το ενεργό ύψος της θλιβόμενης ζώνης ενώ ο συντελεστής η ορίζει την δρώσα αντοχή .

Άρα ισχύει :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$$



Ο σχεδιασμός του χάλυβα μπορεί να γίνει με παραδοχή κεκλιμένου 2^{ου} άξονα με όριο παραμόρφωσης το ϵ_{ud} ή με την παραδοχή οριζόντιου 2^{ου} κλάδου χωρίς όριο παραμόρφωσης .Στην περίπτωση αυτή επιλέγω οριζόντιο 2^ο κλάδο χωρίς όριο παραμόρφωσης .Άρα ισχύει :

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$\gamma_s = 1.15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 400 / 1.15 = 348 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 348 / (2 \cdot 10^5) = 1.74\%$$

(§3.1.7(3))

(Σχήμα 3.5)

(§3.1.7)

(§3.1.3)

(§3.1.7 (3.15))

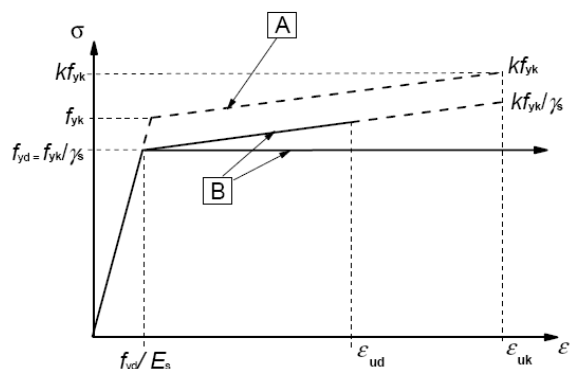
(§2.4.2.4)

(Σχήμα 3.5)

(§3.2.7(2))

(§3.2.7)

(§2.4.2.4)



(§3.2.7)

E.2(ai) 4Φ14=6.16 cm²

1^η Δοκιμή

Επιλέγω ως ζεύγος παραμορφώσεων $\epsilon_{c2}=3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1}=5\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x=[\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})]\cdot d = (3.5/(3.5+5))\cdot 0.46 = 0.19\text{m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.19 \cdot 0.25 = 430.54 \text{ kN}$$

(§3.1.7(2))

όπου $\eta=1.0$ και $\lambda=0.8$

(§3.1.7(3))

$$F_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} f_{yd} = 6.16 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 214.37 \text{ kN} \neq 430.54 \text{ kN}$$

Δεν υπάρχει ισοδυναμία δυνάμεων

2^η Δοκιμή

Επιλέγω ως ζεύγος παραμορφώσεων $\epsilon_{c2}=3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1}=13.45\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x=[\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})]\cdot d = (3.5/(3.5+13.45))\cdot 0.46 = 0.095 \text{ m}$

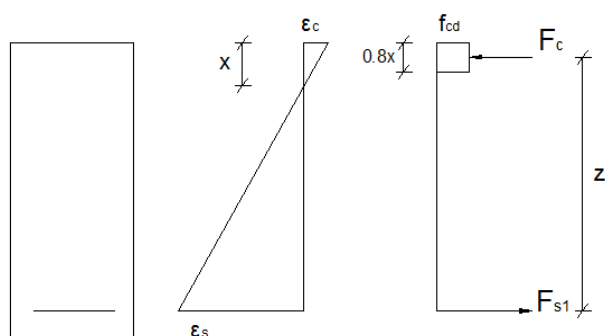
$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.095 \cdot 0.25 = 215.27 \text{ kN}$$

(§3.1.7(2))

$$F_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} f_{yd} = 6.16 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 214.37 \text{ kN} \approx 215.27 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την **ροπή αντοχής** ως προς τον εφελκόμενο οπλισμό:

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x/2) = 215.27(0.46 - 0.4 \cdot 0.12) = 88.32 \text{ kNm}$$



E.2(aii) 2Φ14=3.08 cm²

1^η Δοκιμή

Επιλέγω ως ζεύγος παραμορφώσεων $\epsilon_{c2}=3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1}=30.8\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x=[\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})]\cdot d = (3.5/(3.5+30.8))\cdot 0.46 = 0.0469 \text{ m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.0469 \cdot 0.25 = 106.3 \text{ kN}$$

(§3.1.7)

όπου $\eta=1.0$ και $\lambda=0.8$

(§3.1.7(3))

$$F_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} f_{yd} = 3.08 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 107.18 \text{ kN} \approx 106.3 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την **ροπή αντοχής** ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό:

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x / 2) = 107.18(0.46 - 0.4 \cdot 0.0469) = \mathbf{47.29 \text{ kNm}}$$

E.2(aiii) 8Φ14=12.32 cm²

1^η Δοκιμή

Επιλέγω ως ζεύγος παραμορφώσεων $\epsilon_{c2}=3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1}=5.01\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + 5.01)) \cdot 0.46 = 0.189 \text{ m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.189 \cdot 0.25 = 428.29 \text{ kN}$$

όπου $\eta=1.0$ και $\lambda=0.8$

$$F_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} f_{yd} = 12.32 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 428.56 \text{ kN} \approx 428.29 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την **ροπή αντοχής** ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό:

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x / 2) = 428.56(0.46 - 0.4 \cdot 0.189) = \mathbf{164.74 \text{ kNm}}$$

E.2(aiv) 16Φ14=24.64 cm²

1^η Δοκιμή

Επιλέγω ως ζεύγος παραμορφώσεων $\epsilon_{c2}=3.5\text{‰}$, $\epsilon_{s1}=1.49\text{‰} < 1.74\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + 1.49)) \cdot 0.46 = 0.323 \text{ m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.323 \cdot 0.25 = 732 \text{ kN}$$

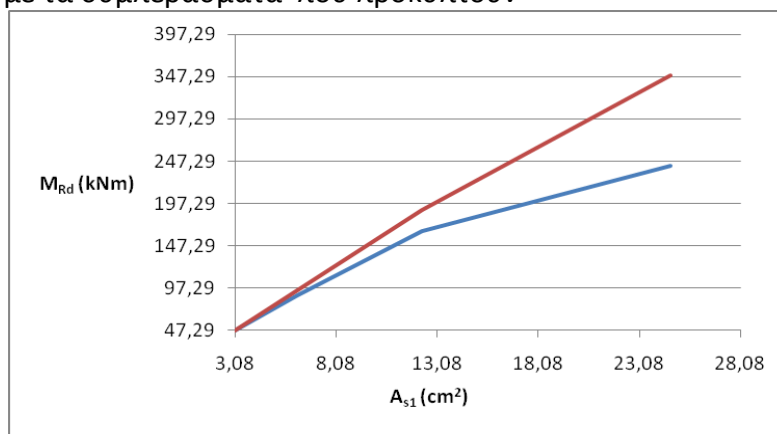
όπου $\eta=1.0$ και $\lambda=0.8$

$$F_{s1} = A_{s1} \sigma_{s1} = A_{s1} f_{yd} = 24.64 \cdot 10^{-4} \cdot 298 \cdot 10^3 = 734 \text{ kN} \approx 732 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την **ροπή αντοχής** ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό:

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x / 2) = 734(0.46 - 0.4 \cdot 0.323) = \mathbf{242.22 \text{ kNm}}$$

Απεικονίζουμε τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών γραφικά και διατυπώνουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν



Σύμφωνα με το διάγραμμα παρατηρούμε ότι :

- για μικρά ποσοστά οπλισμού η σχέση μεταξύ της ροπής και του οπλισμού είναι γραμμική
- ενώ για μεγάλα ποσοστά η γραμμικότητα δεν ισχύει , η ροπή είναι μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί στη γραμμική σχέση

E.2(b) Διαστασιολόγηση της παραπάνω διατομής για δρώσα ροπή $M_{sd} = 88.32$

kNm (ροπή αντοχής που υπολογίζαμε στην περίπτωση (α)) και αξονική θλιπτική δύναμη N = 100 kN

Η δύναμη που αντιστοιχεί στο θλιβόμενο σκυρόδεμα ισούται με

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b$$

Υπολογίζω την ροπή αντοχής της διατομής ως προς την στάθμη του χάλυβα :

$$M_{Rd} = F_{cd} \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x / 2) = F_c \cdot (d - 0.4x) = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b \cdot (d - 0.4x)$$

$$\mu_{Rd} = M_{Rd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = (0.8 \cdot x \cdot (d - 0.4x)) / d^2 \text{ και } x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d$$

Επομένως προκύπτει :

$$\mu_{Rd} = 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]]$$

Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η δρώσα ροπή να ισούται με την ροπή αντοχής

$$\mu_{Rd} = 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]] \quad \text{(a)}$$

$$M_{sd} = M_d - N \cdot y_{s1} = 88.32 + 100 \cdot 0.21 = 109.32 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = M_{sd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 109.32 / (0.25 \cdot 0.46^2 \cdot 11.33 \cdot 10^3) = 0.182 \quad \text{(b)}$$

Η διαστασιολόγηση της διατομής θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια δοκιμών για διαφορετικά ζεύγη τιμών παραμορφώσεων

1^η Δοκιμή

Για ζεύγος τιμών $\epsilon_{c2} = 3.5\%$ και $\epsilon_{s1} = 10.25\%$ και σύμφωνα με τις σχέσεις (a) και (b) προκύπτει :

$$\begin{aligned} \mu_{Rd} &= 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]] \\ &= 0.8 [3.5 / (3.5 + 10.25)] \cdot [1 - 0.4 \cdot [3.5 / (3.5 + 10.25)]] = 0.182 \approx \mu_{sd} = 0.182 \end{aligned}$$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ισούται με $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d$
 $= (3.5 / (3.5 + 10.25)) \cdot 0.46 = 0.117 \text{ m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.117 \cdot 0.25 = 271.92 \text{ kN}$$

$$N_{es} = N_{ex} \leftrightarrow F_c - F_s = N \leftrightarrow 271.92 - F_s = 100 \leftrightarrow F_s = 171.92 \text{ kN} \leftrightarrow A_{s1} = 4.9 \text{ cm}^2$$

Παρατηρούμε ότι ο απαιτούμενος οπλισμός είναι μικρότερος από το εμβαδό που αντιστοιχεί στα 4Φ14 ($= 6.16 \text{ cm}^2$). Συμπεραίνουμε ότι η διατομή επωφελείται από την δράση της θλιπτικής αξονικής δύναμης με αποτέλεσμα να μειώνεται ο απαιτούμενος οπλισμός

E.2(c) Διαστασιολόγηση της ίδιας διατομής για δρώσα ροπή $M_{sd} = 88.32 \text{ kNm}$ και αξονική εφελκυστική δύναμη $N = 100 \text{ kN}$

Η δύναμη που αντιστοιχεί στο θλιβόμενο σκυρόδεμα ισούται με

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b$$

Υπολογίζω την ροπή αντοχής της διατομής ως προς την στάθμη του χάλυβα :

$$M_{Rd} = F_{cd} \cdot z = F_c \cdot (d - \lambda x / 2) = F_c \cdot (d - 0.4x) = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b \cdot (d - 0.4x)$$

$$\mu_{Rd} = M_{Rd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = (0.8 \cdot x \cdot (d - 0.4x)) / d^2 \text{ και } x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d$$

Επομένως προκύπτει :

$$\mu_{Rd} = 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]]$$

Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η δρώσα ροπή να ισούται με την ροπή αντοχής

$$\mu_{Rd} = 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]] \quad \text{(a)}$$

$$M_{sd} = M_d - N \cdot y_{s1} = 88.32 - 100 \cdot 0.21 = 67.32 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = M_{sd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 67.32 / (0.25 \cdot 0.46^2 \cdot 11.33 \cdot 10^3) = 0.112 \quad \text{(b)}$$

(§3.1.7)

Η διαστασιολόγηση της διατομής θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια δοκιμών για διαφορετικά ζεύγη τιμών παραμορφώσεων

1^η Δοκιμή

Για ζεύγος τιμών παραμορφώσεων $\epsilon_{c2} = 3.5\%$ και $\epsilon_{s1} = 20.1\%$ και σύμφωνα με τις σχέσεις (α) και (β) προκύπτει :

$$\mu_{Rd} = 0.8 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot [1 - 0.4 \cdot [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})]] \\ = 0.8 [3.5 / (3.5 + 20.1)] \cdot [1 - 0.4 \cdot [3.5 / (3.5 + 20.1)]] = 0.112 \approx \mu_{sd} = 0.112$$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ισούται με $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d$
 $= (3.5 / (3.5 + 20.1)) \cdot 0.46 = 0.07 \text{ m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.07 \cdot 0.25 = 158.62 \text{ kN}$$

$$N_{\epsilon s} = N_{\epsilon x} \leftrightarrow N = F_s - F_c \leftrightarrow 100 + 158.62 = F_s \leftrightarrow F_s = 258.62 \text{ kN} \leftrightarrow A_{s1} = 7.4 \text{ cm}^2$$

Συνοπτικά ισχύει :

Σύμφωνα με την εφαρμογή **E.2(ai)** το εμβαδό του απαιτούμενου οπλισμού για την διατομή διαστάσεων 50x50cm που καταπονείται μόνο από ροπή κάμψης

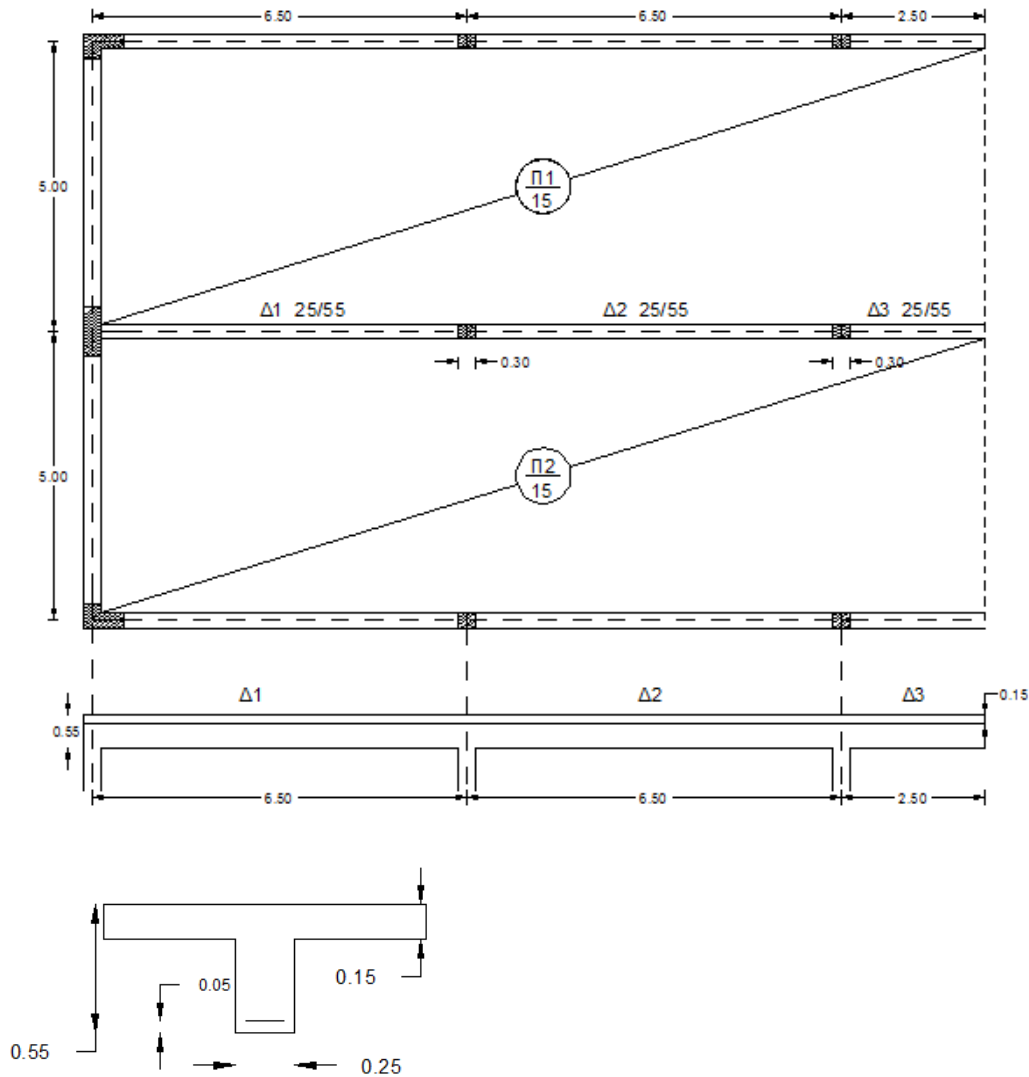
88.23 kNm είναι 6.16cm²

Επιπλέον το εμβαδό του απαιτούμενου οπλισμού για την ίδια διατομή όταν καταπονείται από ροπή κάμψης 88.23 kNm και θλιπτική αξονική δύναμη 100kN είναι 4.9cm²

Τέλος το εμβαδό του απαιτούμενου οπλισμού για την ίδια διατομή όταν καταπονείται από ροπή κάμψης 88.23 kNm και εφελκυστική αξονική δύναμη 100kN είναι 7.4cm²

Συμπεραίνουμε ότι η δράση της εφελκυστικής αξονικής δύναμης αυξάνει την απαίτηση οπλισμού ενώ η θλιπτική αξονική δύναμη την μειώνει

Εφαρμογή Ε.3: Υπολογισμός δοκού Δ1-Δ2-Δ3



Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B500
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C225/30
- τα φορτία υπολογισμού είναι : επικάλυψη $g_{\text{επικάλ.}} = 1.2 \text{ kN/m}^2$
 κινητό φορτίο $q_K = 2 \text{ kN/m}^2$
 τοιχοποιία $g_{\text{τοιχ.}} = 7 \text{ kN/m}$
- οι διαστάσεις της διατομής είναι $h/h_f/b/d/d_1 = 55/15/50/0.05 \text{ cm}$

1. Φορτία υπολογισμού

Ένας συνδυασμός φορτίσεων που οδηγεί σε κρίσιμη εντατική κατάσταση είναι όταν οποιαδήποτε 2 διπλανά ανοίγματα φέρουν και το μεταβλητό και το μόνιμο φορτίο σχεδιασμού $\gamma_Q Q_k + \gamma_G G_k$

Ισχύει $\gamma_Q=1.5$ και $\gamma_{G,sup}=1.35$

(§5.1.3)

(Παραρτ. Α ΕC0)

α. Φορτία πλάκας

ίδιο βάρος $0.15 \cdot 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$
επικάλυψη $= 1.20 \text{ kN/m}^2$
Σύνολο $g_k = 4.95 \approx 5 \text{ kN/m}^2$
κινητό φορτίο $q_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$

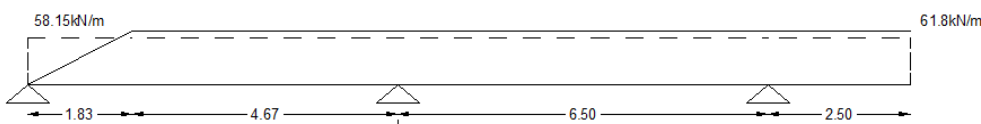
$$q_{\text{σχεδ.}} = 1.35 \cdot 5 + 1.5 \cdot 2 = 9.75 \text{ kN/m}^2$$

β. Κατανομή φορτίου επί της δοκού



$$q_{\delta} = 2 \cdot 3.17 \cdot 9.75 = 61.8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ομοιομορφοποίηση φορτίου } q' \cdot 15.5 = q \cdot 13.67 + 0.5 \cdot q \cdot 1.83 \Leftrightarrow q' = 58.15 \text{ kN/m}$$



γ. Φορτία δοκού

$$\text{Ίδιο βάρος} = 0.25 \cdot 0.55 \cdot 25 \approx 3.45 \text{ kN/m}$$

$$\text{Τοιχοποιία} = 7 \text{ kN/m}$$

Επομένως το συνολικό φορτίο σχεδιασμού της δοκού είναι

$$q_{\text{συν.}} = 1.35 \cdot (3.45 + 7) + 61.8 = 75.9 \approx 76 \text{ kN/m}$$

2. Στατική επίλυση

$$M_F = -237.5 \text{ kNm}$$

$$M_B = -342.0 \text{ kNm}$$

$$\max M_{AB} = 243.3 \text{ kNm}$$

$$\max M_{BF} = 113.0 \text{ kNm}$$

$$V_A = 192.3 \text{ kN}$$

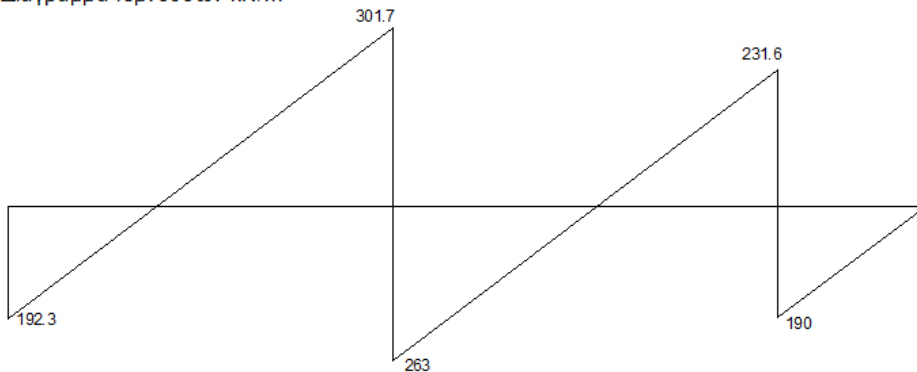
$$V_{\text{Βαριστερά}} = 301.7 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Βδεξιά}} = 263 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Γαριστερά}} = 231 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Γδεξιά}} = 190 \text{ kN}$$

Διάγραμμα τεμνουσών kN/m



3. Υπολογισμός του οπλισμού κάμψης

α) Συνεργαζόμενο πλάτος

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

(§5.3.2.1)

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

(§5.3.2.1)

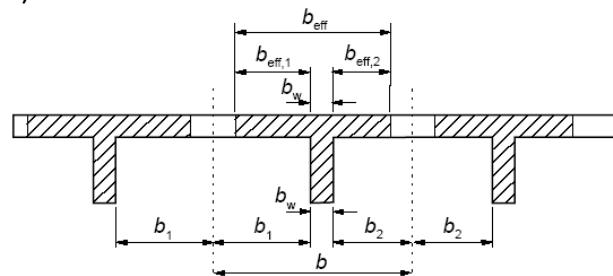
Όπου

b_w το πλάτος της δοκού

b_i το ήμισυ της καθαρής απόστασης μεταξύ των πλακοδοκών

l_o είναι το μήκος μεταξύ των σημείων μηδενισμού των ροπών στη δοκό

(βλέπε επίσης σχήμα Ε.3.1)



(Σχήμα 5.3)

Σχήμα Ε.3.1 : Συμβολισμοί συνεργαζόμενου πλάτους

$$\text{Ακράιο άνοιγμα AB} : l_{oAB} = 0.85 l_{AB} = 0.85 \cdot 6.5 = 5.53 \text{ m}$$

(§5.3.2.1)

$$\text{Μεσαίο άνοιγμα ΒΓ} : l_{oBG} = 0.70 l_{BG} = 0.70 \cdot 6.5 = 4.55 \text{ m}$$

(§5.3.2.1)

$$b_1 = b_2 = 4.75/2 = 2.375 \text{ m}$$

$$b_{\text{effAB1}} = 0.2b_1 + 0.1l_{oAB} = 0.2 \cdot 2.37 + 0.1 \cdot 5.53 = 1.027 \text{ m} < 0.2l_{oAB} = 1.106 \text{ m} < b_i = 2.375 \text{ m}$$

$$b_{\text{effAB2}} = 0.2b_2 + 0.1l_{oAB} = 0.2 \cdot 2.37 + 0.1 \cdot 5.53 = 1.027 \text{ m} < 0.2l_{oAB} = 1.106 \text{ m} < b_i = 2.375 \text{ m}$$

$$b_{\text{effAB}} = b_{\text{effAB1}} + b_{\text{effAB2}} + b_w = 1.027 \cdot 2 + 0.25 = 2.034 \text{ m} < b = b_1 + b_2 + b_w = 5 \text{ m}$$

$$b_{\text{effBG1}} = 0.2b_1 + 0.1l_{oBG} = 0.2 \cdot 2.37 + 0.1 \cdot 4.55 = 0.93 \text{ m} > 0.2l_{oBG} = 0.91 \text{ m}$$

$$\text{Επομένως } b_{\text{effBG1}} = 0.91 \text{ m}$$

<p> $b_{effBF2} = 0.2b_2 + 0.1l_{oBF} = 0.2 \cdot 2.37 + 0.1 \cdot 4.55 = 0.93 \text{ m} < 0.2l_{oBF} = 0.91 \text{ m}$ Επομένως $b_{effBF2} = 0.91 \text{ m}$ </p> <p> $b_{effBF} = b_{effBF1} + b_{effBF2} + b_w = 0.91 \cdot 2 + 0.25 = 2.07 \text{ m} < b = b_1 + b_2 + b_w = 5 \text{ m}$ </p> <p> Ο οπλισμός κάμψης δεν επιτρέπεται να είναι : </p> <ul style="list-style-type: none"> - μικρότερος από το $A_{s,min} = 0.26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b_t \cdot d$ $= 0.26 \cdot (2.6/500) \cdot 0.25 \cdot 0.50 = 1.69 \text{ cm}^2$ όπου $b_t = b_w$ για πλακοδοκούς και αποτελεί το πλάτος της εφελκυσμένης ζώνης f_{ctm} και f_{yk} λαμβάνονται από τον πίνακα 3.1 του EN1992-1-1 - μεγαλύτερος από $A_{s,max} = 0.04A_c = 0.04 \cdot b_w \cdot d = 0.04 \cdot 0.25 \cdot 0.50 = 55 \text{ cm}^2$ <p> Άνοιγμα ΑΒ $M_d = 243.3 \text{ kNm}$ Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό $M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x \cdot (d - \lambda x/2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.3 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x)$ $M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.3 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x) = 243.3 \Leftrightarrow$ $9.3 \cdot 10^{-3} = x(0.5 - 0.4x) \Leftrightarrow 0.4x^2 - 0.5x + 9.3 \cdot 10^{-3} = 0$ από την επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει $x = 0.016 \text{ m} < h_f$ Επομένως το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = 0.016 \text{ m}$ </p> <p> με $x = [\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5/(3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.5 = 0.016 \text{ m} \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 105\text{‰}$ Απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων για την ισορροπία της διατομής ,επομένως ισχύει : $N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_s = F_c$ και $M_{sd} = M_{Rd} \Leftrightarrow 243.3 = F_c \cdot z = F_s \cdot (d - 0.4x) = F_s \cdot 0.4936 \Leftrightarrow$ $A_{s1} = 243.3 / (0.4936 \cdot (500/1.15) \cdot 10^3) = 11.3 \text{ cm}^2$ </p> <p> Τοποθετώ $4\Phi 20 \approx 12.56 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1.69 \text{ cm}^2$ $< A_{s,max} = 55 \text{ cm}^2$ Τα 4Φ20 αναλαμβάνουν $M_{Rd} = 256.49 \text{ kNm}$ </p> <p> Άνοιγμα ΒΓ $M_d = 113 \text{ kNm}$ Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό $M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x \cdot (d - \lambda x/2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.07 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x)$ $M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.3 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x) = 113 \Leftrightarrow$ $4.8 \cdot 10^{-3} = x(0.5 - 0.4x) \Leftrightarrow 0.4x^2 - 0.5x + 4.8 \cdot 10^{-3} = 0$ από την επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει $x = 0.008 \text{ m} < h_f$ Επομένως το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = 0.008 \text{ m}$ </p> <p> με $x = [\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5/(3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.5 = 0.008 \text{ m} \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 215\text{‰}$ Απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων για την ισορροπία της διατομής ,επομένως ισχύει : $N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_s = F_c$ $M_{sd} = M_{Rd} \Leftrightarrow 113 = F_c \cdot z = F_s \cdot (d - 0.4x) = F_s \cdot 0.4996 \Leftrightarrow$ $A_{s1} = 113 / (0.4996 \cdot (500/1.15) \cdot 10^3) = 5.1 \text{ cm}^2$ Τοποθετώ 4Φ14 $\approx 6.15 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1.69 \text{ cm}^2$ </p>	<p>(§9.2.1.1 (9.1))</p> <p>(§3.1.7)</p> <p>(§3.1.7)</p>
---	---

<p style="text-align: center;">$< A_{s,max} = 55 \text{ cm}^2$</p> <p>Τα 4Φ14 αναλαμβάνουν $M_{Rd} = 231.85 \text{ kNm}$</p> <p>Στήριγμα Β $M_d = 342 \text{ kNm}$ (λειτουργία ορθογωνικής διατομής) Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό $M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - \lambda x / 2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x)$ $M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.3 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x) = 342 \Leftrightarrow$ $4.8 \cdot 10^{-3} = x(0.5 - 0.4x) \Leftrightarrow 0.4x^2 - 0.5x + 0.120 = 0$ από την επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει $x = 0.323 \text{ m} < h_f$ Επομένως το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = 0.323 \text{ m}$</p> <p>με $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.5 = 0.323 \text{ m} \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 1.917\text{‰} < 2.17\text{‰}$ όπου 2.17‰ παραμόρφωση διαρροής Απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων για την ισορροπία της διατομής ,επομένως ισχύει :</p> <p>$N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_s = F_c$ $M_{sd} = M_{Rd} \Leftrightarrow 342 = F_c \cdot z = F_s \cdot (d - 0.4x) = F_s \cdot 0.371 \Leftrightarrow A_{s1} =$ $342 / (0.371 \cdot (384/1.15) \cdot 10^3) = 24 \text{ cm}^2$ Τοποθετώ 8Φ20 $= 24.68 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1.69 \text{ cm}^2$ $< A_{s,max} = 55 \text{ cm}^2$ Τα 8Φ20 αναλαμβάνουν $M_{Rd} = 373.56 \text{ kNm}$</p> <p>Στήριγμα Γ $M_d = 237.5 \text{ kNm}$ (λειτουργία ορθογωνικής διατομής) Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό $M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - \lambda x / 2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x)$ $M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow 0.8 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 \cdot 2.3 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x) = 237.5 \Leftrightarrow$ $237.5 = 2833.33 \cdot x \cdot (0.5 - 0.4x) \Leftrightarrow 1133.3x^2 - 1416.7x + 237.5 = 0$ από την επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει $x = 0.199 \text{ m} < h_f$ Επομένως το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x = 0.199 \text{ m}$</p> <p>με $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.5 = 0.199 \text{ m} \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 5.29\text{‰} > 2.17\text{‰}$ όπου 2.17‰ παραμόρφωση διαρροής Απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων για την ισορροπία της διατομής ,επομένως ισχύει :</p> <p>$N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_s = F_c$ $M_{sd} = M_{Rd} \Leftrightarrow 237.5 = F_c \cdot z = F_s \cdot (d - 0.4x) = F_s \cdot 0.42 \Leftrightarrow A_{s1} =$ $237.5 / (0.42 \cdot (384/1.15) \cdot 10^3) = 13 \text{ cm}^2$</p> <p>Τοποθετώ 2Φ20≈6.28cm² και 2Φ22≈7.6 cm²</p> <p>Συνολικά τοποθετώ $13.88 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1.69 \text{ cm}^2$ $< A_{s,max} = 55 \text{ cm}^2$ Τα 13.88 cm^2 αναλαμβάνουν 249.40 kNm</p>	<p style="text-align: center;">(§3.1.7)</p> <p style="text-align: center;">(§3.1.7)</p>
---	---

4. Έλεγχος έναντι τέμνουσας

Στοιχεία που φέρουν κυρίως ομοιόμορφα κατανομημένα φορτία η τέμνουσα σχεδιασμού δεν χρειάζεται να ελέγχεται σε απόσταση μικρότερη από του d από την παρειά της στήριξης. Ο **απαιτούμενος οπλισμός** που θα τοποθετηθεί πρέπει να **συνεχίζεται μέχρι και την στήριξη**.

Αν $V_{Rd,c} > V_{Ed}$ τότε τοποθετείται ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός διάτμησης .

Σε περίπτωση όμως που $V_{Rd,c} < V_{Ed}$ τότε πρέπει να τοποθετηθεί επαρκής οπλισμός τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$

Το ελάχιστο επιτρεπτό ποσοστό οπλισμού διάτμησης ισούται με

$$\rho_{w,min} = (0.08(f_{ck})^{1/2})/f_{yk} = (0.08(25)^{1/2})/500 = 0.0008$$

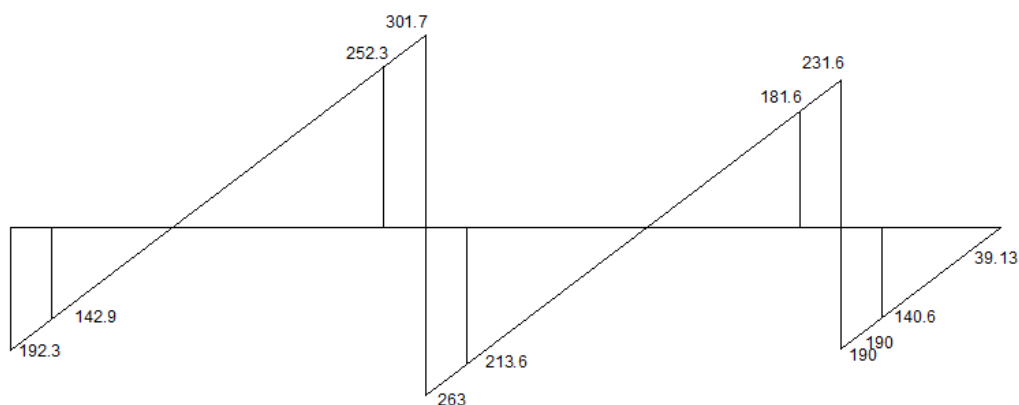
$$A_{sw,min} = \rho_{w,min} \cdot b_w \cdot s = 0.0008 \cdot 25 \cdot 100 = 2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε την τέμνουσα που μπορεί να αναλάβει ο ελάχιστος οπλισμός (γωνία των θλιπτήρων είναι 45°)

$$V_{Rd,smin} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta = (2\text{cm}^2/\text{m}) \cdot 0.9d \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$
$$= (2 \cdot 10^{-4}) \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000 \cdot 1 = 39.13 \text{ kN}$$

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των οπλισμών διάτμησης είναι :

$$s_{l,max} = 0.75d (1 + \cot\alpha) = 0.75 \cdot 0.5 \cdot (1 + 0) = 0.375 \text{ m}$$



Στήριξη Α

Σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης η τέμνουσα σχεδιασμού ισούται με $142.9 \approx 143 \text{ kN}$

Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση :

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

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/500)^{1/2} = 1.63 < 2 \text{ όπου } d \text{ το στατικό ύψος της διατομής}$$

$\rho_l = A_{sl}/(b_w d)$ όπου A_{sl} είναι το εμβαδό του εφελκυσμένου οπλισμού που εκτείνεται σε απόσταση $\geq (l_{bd} + d)$ από την εξεταζόμενη περιοχή

(§6.2.1)

(§9.2.2)

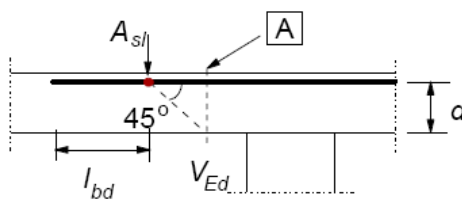
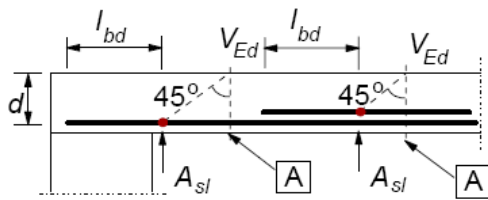
(§9.2.2)

(§6.2.3)

(§9.2.2)

(§6.2.2 (6.2))

(§6.2.2)



(Σχήμα 6.3)

A είναι η εξεταζόμενη περιοχή

Ο εφελκυσμένος οπλισμός που εκτείνεται σε απόσταση $\geq (l_{bd} + d)$ από την εξεταζόμενη περιοχή είναι 4Φ20 επομένως $\rho_l = (4 \cdot 3.14 \cdot (2^2/4)) / (25 \cdot 50) = 0.01$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

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

$$= [0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.01 \cdot 25)^{1/3} \cdot 500 \cdot 250 = 71.49 \text{ kN} < 143 \text{ kN}$$

(§6.2.2 (6.2))

Απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$

Για στοιχεία με κατακόρυφο οπλισμό διάτμησης η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd} λαμβάνεται ως εξής :

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \leq V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

(§6.2.3 (6.8),(6.9))

$$\alpha_{cw} = 1 \text{ εφόσον } \sigma_{cp} = 0$$

(§6.2.2)

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 0.5 = 0.45 \text{ m}$$

(§6.2.2)

$$v_1 = 1 \text{ εφόσον } f_{ck} < 60 \text{ MPa}$$

(§6.2.2)

$$\theta = 45^\circ \rightarrow \cot \theta = \tan \theta = 1 \quad (1 \leq \cot \theta \leq 2.5 \rightarrow 21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ)$$

(§6.2.2)

$$f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5$$

(§3.1.6)

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

(§6.2.3)

$$= 1 \cdot 0.25 \cdot 0.45 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot (25 / 1.5) \cdot 10^3 / (1 + 1) = 478.125 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta > 143 \text{ kN} \leftrightarrow$$

$$A_{sw}/s > 143 / (0.9 \cdot 0.5 \cdot (500 / 1.15) \cdot 1000) = 7.31 \text{ cm}^2/\text{m} > 2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Επιλέγω συνδετήρες διαμέτρου 10mm

$$(\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot A_{sw}) = 7.31 \text{ cm}^2/\text{m} \leftrightarrow$$

$$(\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot 0.79) = 7.31 \leftrightarrow$$

πλήθος συνδετήρων = 4.63 \approx 5 συνδετήρες ανά μέτρο

απόσταση συνδετήρων $s_w = 1/5 = 0.20 \text{ m} < 0.375 \text{ m}$

Επομένως τοποθετώ **Φ10/0.20m**

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$= ((0.79 \cdot 2) / 0.20) \cdot 10^{-4} \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500 / 1.15) \cdot 1000 = 154.57 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$< V_{Rd,max}$$

Στήριξη Β (αριστερά)

Σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης η τέμνουσα σχεδιασμού ισούται με 252.3kN

Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση :

(§6.2.2 (6.2))

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

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/500)^{1/2} = 1.63 < 2 \text{ όπου } d \text{ το στατικό ύψος της διατομής}$$

(§6.2.2)

Ο εφελκυσμένος οπλισμός που εκτείνεται σε απόσταση $\geq (l_{bd} + d)$ από την

εξεταζόμενη περιοχή είναι 4Φ20 επομένως $\rho_l = (4 \cdot 3.14 \cdot (2^2/4)) / (25 \cdot 50) = 0.010$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

(§6.2.2)

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

<p> $= [0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.010 \cdot 25)^{1/3} \cdot 500 \cdot 250 = 71.49 \text{ kN} < 252.3 \text{ kN}$ Απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$. Για στοιχεία με κατακόρυφο οπλισμό διάτμησης η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd} λαμβάνεται ως εξής : $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \leq V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ Άρα $V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) =$ $1 \cdot 0.25 \cdot 0.45 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot (25/1.5) \cdot 10^3 / (1+1) = 478.125 \text{ kN}$ $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta > 252.3 \text{ kN} \leftrightarrow A_{sw}/s$ $> 252.3 / (0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000) = 12.9 \approx 13 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{sw,min}$ Επιλέγω συνδετήρες διαμέτρου 10mm (πλήθος συνδετήρων) $\cdot (2 \cdot A_{sw}) = 13 \text{ cm}^2/\text{m} \leftrightarrow$ (πλήθος συνδετήρων) $\cdot (2 \cdot 0.79) = 13 \leftrightarrow$ πλήθος συνδετήρων $= 8.22 \approx 9$ συνδετήρες ανά μέτρο απόσταση συνδετήρων $s_w = 1/9 = 0.11 \text{ m} < s_{l,max}$ Επομένως τοποθετώ Φ10/0.10m $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ $= ((0.79 \cdot 2) / 0.10) \cdot 10^{-4} \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000 = 309.13 \text{ kN} > V_{Ed}$ $< V_{Rd,max}$ </p>	<p>(§6.2.3 (6.8),(6.9))</p> <p>(§6.2.3 (6.9))</p>
<p> Στήριξη Β (δεξιά) Σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης η τέμνουσα σχεδιασμού ισούται με 213.6kN Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = 71.49 \text{ kN}$ (ίδιο με πριν) Απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$. Για στοιχεία με κατακόρυφο οπλισμό διάτμησης η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd} λαμβάνεται ως εξής : $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \leq V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta > 213.6 \text{ kN} \leftrightarrow$ $A_{sw}/s > 213.6 / (0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000) = 11 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{sw,min}$ Επιλέγω συνδετήρες διαμέτρου 10mm (πλήθος συνδετήρων) $\cdot (2 \cdot A_{sw}) = 11 \text{ cm}^2/\text{m} \leftrightarrow$ (πλήθος συνδετήρων) $\cdot (2 \cdot 0.79) = 11 \leftrightarrow$ πλήθος συνδετήρων $= 6.7 \approx 7$ συνδετήρες ανά μέτρο απόσταση συνδετήρων $s_w = 1/7 = 0.14 \text{ m} < s_{l,max}$ Επομένως τοποθετώ Φ10/0.14m $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ $= ((0.79 \cdot 2) / 0.14) \cdot 10^{-4} \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000 = 220.8 \text{ kN} > V_{Ed}$ $< V_{Rd,max}$ </p>	<p>(§6.2.2 EC2-1-1)</p> <p>(§6.2.3 EC2-1-1)</p>
<p> Στήριξη Γ (αριστερά) Σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης η τέμνουσα σχεδιασμού ισούται με 181.6kN Ο εφελκόμενος οπλισμός που εκτείνεται σε απόσταση $\geq (l_{bd} + d)$ από την εξεταζόμενη περιοχή είναι 2Φ22 επομένως $\rho_l = (2 \cdot 3.14 \cdot (2.2^2/4)) / (25 \cdot 50) = 0.006$ Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = [0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.006 \cdot 25)^{1/3} \cdot 500 \cdot 250 =$ $60.30 \text{ kN} < 181.6 \text{ kN}$ Απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$. Για στοιχεία με </p>	<p>(§6.2.2 (6.2))</p>

κατακόρυφο οπλισμό διάτμησης η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd} λαμβάνεται ως εξής :

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta \leq V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

(§6.2.3 (6.8),(6.9))

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta > 181.6 \text{ kN} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw}/s > 181.6 / (0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000) = 9.28 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{sw,min}$$

Επιλέγω συνδετήρες διαμέτρου 10mm

$$(\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot A_{sw}) = 9.28 \text{ cm}^2/\text{m} \Leftrightarrow$$

$$(\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot 0.79) = 9.28 \Leftrightarrow$$

πλήθος συνδετήρων = 5.87 \approx 6 συνδετήρες ανά μέτρο

$$\text{απόσταση συνδετήρων } s_w = 1/6 = 0.16 \text{ m} < s_{l,max}$$

Επομένως τοποθετώ **Φ10/0.16m**

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$

$$= ((0.79 \cdot 2) / 0.16) \cdot 10^{-4} \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000 = 193.2 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$< V_{Rd,max}$$

Στήριξη Γ (δεξιά)

Σε απόσταση d από την παρειά της στήριξης η τέμνουσα σχεδιασμού ισούται με 140.6kN

Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση :

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = 60.30 \text{ kN (ίδιο με πριν)}$$

Απαιτείται οπλισμός διάτμησης τέτοιος ώστε $V_{Ed} < V_{Rd}$. Για στοιχεία με

κατακόρυφο οπλισμό διάτμησης η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd} λαμβάνεται ως εξής :

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta \leq V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$$

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta > 140.6 \text{ kN} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw}/s > 140.6 / (0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000) = 7.19 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{sw,min}$$

Επιλέγω συνδετήρες διαμέτρου 10mm

$$(\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot A_{sw}) = 7.19 \text{ cm}^2/\text{m} \Leftrightarrow (\text{πλήθος συνδετήρων}) \cdot (2 \cdot 0.79) = 7.19 \Leftrightarrow$$

πλήθος συνδετήρων = 4.55 \approx 5 συνδετήρες ανά μέτρο

$$\text{απόσταση συνδετήρων } s_w = 1/5 = 0.2 \text{ m} < s_{l,max}$$

Επομένως τοποθετώ **Φ10/0.2m**

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$

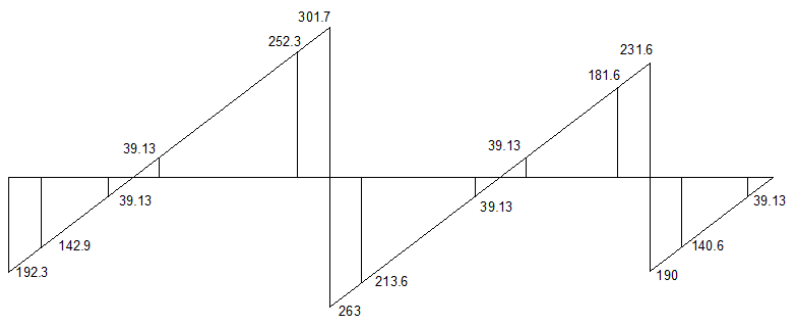
$$= ((0.79 \cdot 2) / 0.2) \cdot 10^{-4} \cdot 0.9 \cdot 0.5 \cdot (500/1.15) \cdot 1000 = 154.57 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$< V_{Rd,max}$$

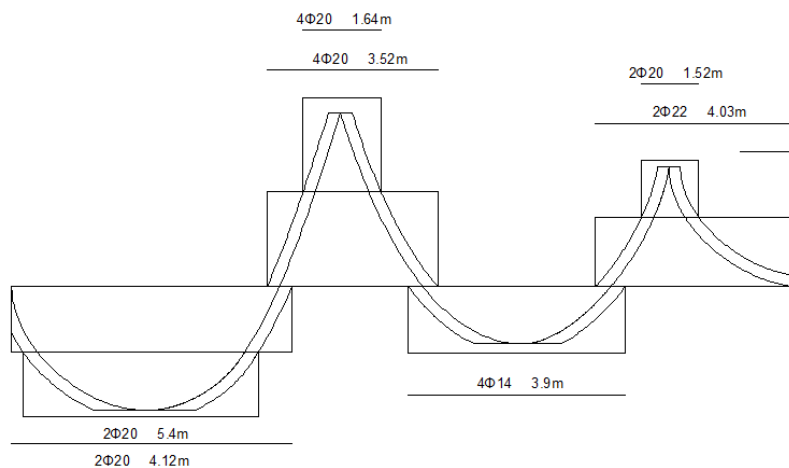
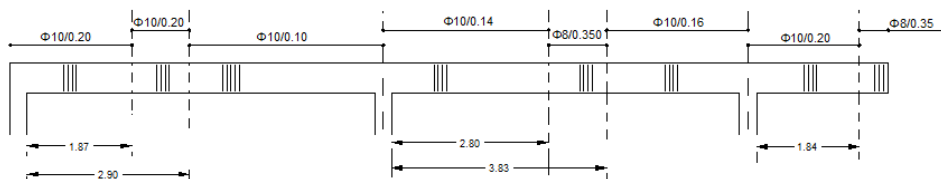
Αφού έχω προσδιορίσει την τέμνουσα την οποία μπορεί να αναλάβει ο ελάχιστος

απαιτούμενος οπλισμός διάτμησης $\rightarrow V_{Rd,smin} = 39.13 \text{ kN}$

εντοπίζω κατά μήκος της δοκού πότε η τέμνουσα ισούται με την τιμή 39.15kN



Τα σημεία αυτά ορίζουν τα διαστήματα μέσα στα οποία θα τοποθετηθεί ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός διάτμησης :
 $\Phi 8/0.35$ ($\approx 2\text{cm}^2/\text{m}$)

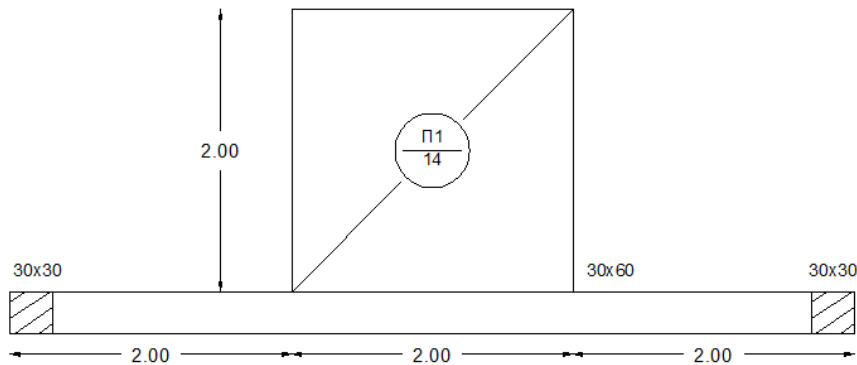


Εφαρμογή Ε.4 : Σχεδιασμός έναντι στρέψης

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- οι διαστάσεις της πλάκας είναι $h/d/d_1 = 14/12/2$ cm
- οι διαστάσεις της δοκού είναι $h/b/d/d_1 = 60/30/56/4$ cm
- $g' = 1 \text{ kN/m}^2$ και $q = 5 \text{ kN/m}^2$

Η κατασκευή αποτελείται από μία πλάκα διαστάσεων 2m x 2m και μία δοκό μήκους 6 m



1. Οπλισμός κάμψης της πλάκας (ανά τυπικό μέτρο πλάτους)

ίδιο βάρος πλάκας $g = 25 \cdot 0.14 = 3.5 \text{ kN/m}^2$

το φορτίο σχεδιασμού είναι $q_{o\lambda} = 1.35 \cdot (3.5 + 1) + 1.5 \cdot 5 = 13.6 \text{ kN/m}^2$

Η ροπή κάμψης στο άκρο της πλάκας είναι $m = (1/2) \cdot 13.6 \cdot 2^2 = 27.2 \text{ kNm/m}$

Υπολογίζω την ροπή αντοχής της διατομής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό :

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - \lambda x / 2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot x \cdot (0.12 - 0.4x) = 9067 \cdot x \cdot (0.12 - 0.4x) \quad (\S 3.1.7)$$

$$M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow 9067 \cdot x \cdot (0.12 - 0.4x) = 27.2 \Leftrightarrow 3627x^2 - 1088x + 27.2 = 0$$

μετά από επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει ότι η θλιβόμενη ζώνη ισούται με $x = 0.0275 \text{ m}$

$$x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.12 = 0.0275 \text{ m} \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 11.77\text{‰} > 1.74\text{‰}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.0275 \cdot 1 = 249.3 \text{ kN}$$

$$F_c = F_{s1} \Leftrightarrow 249.3 \approx 250 = A_s \cdot (400/1.15) \cdot 10^3 \Leftrightarrow A_s = 7.18 \approx 7.2 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\S 3.1.7)$$

Τοποθετώ **Φ10/10.5cm** ($\approx 7.48 \text{ cm}^2/\text{m}$) δηλαδή 19 ράβδους σε πλάτος 2m

Ο ελάχιστος επιτρεπόμενος οπλισμός κάμψης πλάκας είναι :

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot (f_{ctm} / f_{yk}) \cdot b_t \cdot d \geq 0.0013 b_t \cdot d = 1.56 \text{ cm}^2 \quad (\S 9.2.1.1 (9.1))$$

$$d = 0.12 \text{ m}, b_t = 1 \text{ m}, f_{ctm} = 2.2 \text{ MPa}$$

$$\text{Άρα } A_{s,min} = 0.26 \cdot (2.2/400) \cdot 1 \cdot 0.12 = 1.716 \text{ cm}^2$$

$A_s > A_{s,min}$ άρα είμαστε OK

Ο εγκάρσιος οπλισμός σε μια πλάκα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 20% του κύριου οπλισμού

$$A_{stotal} = 19 \cdot A_s = 19 \cdot 0.79 = 15.01 \text{ cm}^2$$

$$20\% A_{stotal} = 20\% \cdot 15.01 = 3.00 \text{ cm}^2$$

(§9.3.1.1)

Τοποθετώ εγκάρσιο οπλισμό $\Phi 8/25 \approx 4\text{cm}^2$

Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να ξεπερνά το $s_{\max, \text{slab}}$:

- για τον κύριο οπλισμό $3h = 3 \cdot 0.14 = 0.42\text{m} < 400\text{mm}$
- για τον δευτερεύοντα οπλισμό $3h = 3,5 \cdot 0.14 = 0.49\text{m} < 450\text{mm}$

2.Οπλισμός κάμψης δοκού

Η δοκός καταπονείται τόσο από το φορτίο της πλάκας όσο και από το ίδιο της το βάρος

Ίδιο βάρος δοκού ισούται με : $g_{\text{ΔΟΚΟΥ}} = 1.35 \cdot \gamma_b \cdot h \cdot b = 1.35 \cdot 25 \cdot 0.6 \cdot 0.3$
 $= 1.35 \cdot 4.5 = 6.1 \text{ kN/m}$

Το συνολικό φορτίο της πλάκας (ανά μέτρο πλάτους) είναι :

$g_d = q_{\text{σχεδ.}} \cdot (\text{μήκος}) \cdot (\text{πλάτος}) = 13.6 \cdot 2 \cdot 1 = 27.2 \text{ kN/m}$

Το φορτίο $g_{\text{ΔΟΚΟΥ}} = 6.1 \text{ kN/m}$ εφαρμόζει σε ένα μήκος 6m

ενώ το φορτίο $g_d = 27.2 \text{ kN/m}$ και εφαρμόζει σε ένα μήκος 2m

Το φορτίο της πλάκας προκαλεί στρεπτική ροπή στη δοκό .Εξετάζω μια λωρίδα 1m της πλάκας και υπολογίζω την στρεπτική ροπή στον άξονα της δοκού :

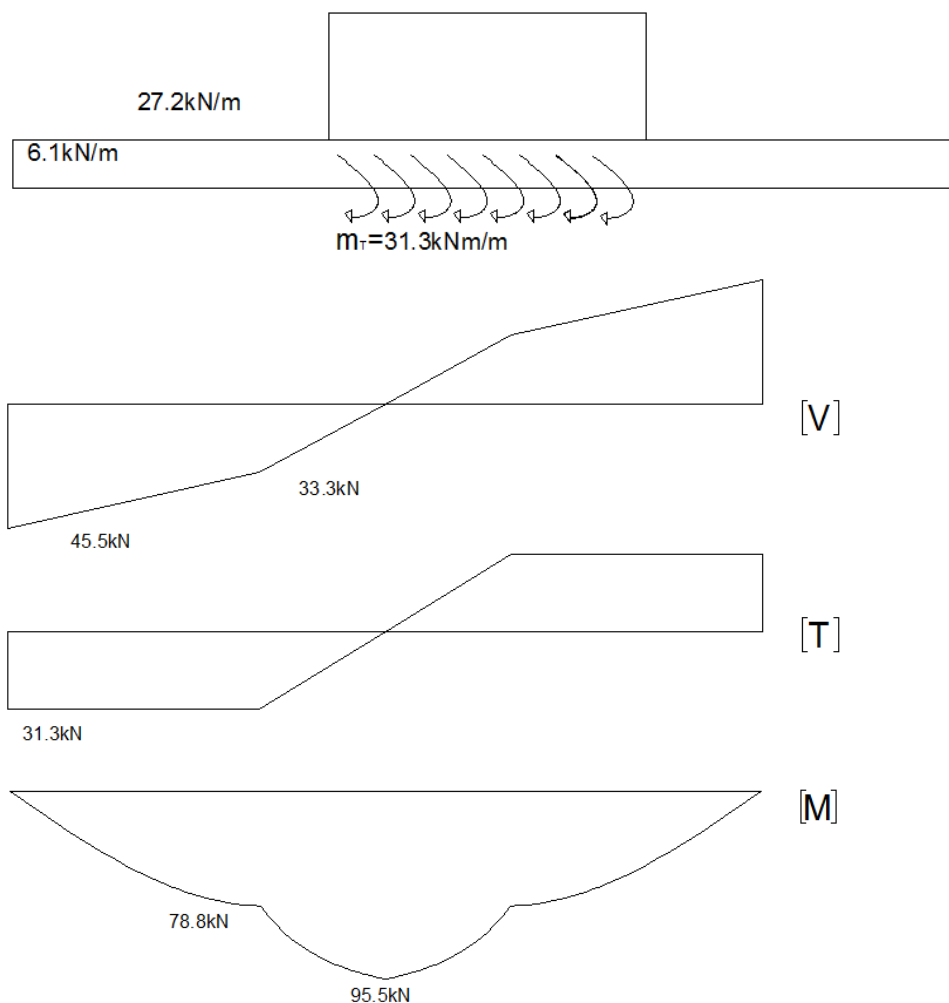
$m_T = (\text{συγκεντρωμένο φορτίο}) \cdot (\text{απόσταση}) = (13.6 \cdot 1 \cdot 2) \cdot (2.0/2 + 0.15) = 31.3 \text{ kN/m}$

$V_A = V_B = (1/2) \cdot (g_{\text{ΔΟΚΟΥ}} \cdot 6 + g_d \cdot 2) = (1/2) \cdot (6.1 \cdot 6 + 27.2 \cdot 2) = 45.5 \text{ kN}$

$V_C = 45.5 - 2 \cdot 6.1 = 33.3 \text{ kN}$

$\max M_{AB} = 95.5 \text{ kNm}$

(§9.3.1.1(3))



Για την ισορροπία της διατομής πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις :

$$M_{sd} = 95.5 \leq M_{Rd}$$

$$\text{ισοδυναμία εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων } N_{es} = N_{ex} \leftrightarrow F_c = F_s$$

Υποθέτω παραμόρφωση χάλυβα $\varepsilon_s = 0.026$ και παραμόρφωση

σκυροδέματος $\varepsilon_c = 0.0035$

Για αυτό το ζεύγος παραμόρφωσης το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι :

$$x = [\varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{s1})] \cdot d = (0.0035 / (0.0035 + 0.026)) \cdot 0.56 = 0.0664 \text{ m}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot \sigma_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 11.33 \cdot 10^3 \cdot 0.0664 \cdot 0.3 = 180.55 \text{ kN}$$

(§3.1.7)

Η ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό είναι

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = 180.55 \cdot (d - 0.4x) = 180.55 \cdot (0.56 - 0.4 \cdot 0.0664) = 96.31 \text{ kNm} > 95.5 \text{ kNm}$$

$$N_{es} = N_{ex} \leftrightarrow F_c = F_s \leftrightarrow 180.55 = A_{s1} f_{yd} = A_{s1} \cdot 348 \cdot 10^3 \leftrightarrow A_{s1} = 5.20 \text{ cm}^2$$

Τοποθετώ **4Φ14** ($\approx 6.15 \text{ cm}^2$)

3.Οπλισμός στρέψης

Το φορτίο της πλάκας προκαλεί στρεπτική ροπή στη δοκό .Εξετάζω μια λωρίδα 1m

της πλάκας και υπολογίζω την στρεπτική ροπή στον άξονα της δοκού :

$$m_T = (\text{συγκεντρωμένο φορτίο}) \cdot (\text{απόσταση}) = (13.6 \cdot 1^2) \cdot (2.0/2 + 0.15) = 31.3 \text{ kN/m}$$

Μετά από στατική επίλυση προκύπτει :

$$\max T = T_A = T_B = (1/2) \cdot L \cdot m_T = (1/2) \cdot 2 \cdot 31.3 = 31.3 \text{ kNm}$$

Είναι απαραίτητο να ελέγξουμε την αντίσταση του στοιχείου υπό ταυτόχρονη

στρέψη και διάτμηση . Για να διασφαλίζεται η απαίτηση αυτή πρέπει να

ικανοποιείται η παρακάτω ανίσωση :

$$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} \leq 1.0$$

(§6.3.2 (4))

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

(§6.3.2 (6.30))

$$t_{ef,i} = A/u = (0.3 \cdot 0.6) / (2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.6) = 0.1 > 2 \cdot 0.04 = 0.08 \text{ είναι το πάχος}$$

(§6.3.2)

ισοδύναμης λεπτότοιχης διατομής

A_k είναι το εμβαδό της που περικλείεται από τη μέση γραμμή των επιμέρους

τοιχωμάτων και ισούται με :

$$A_k = (h - t_{ef,i}) \cdot (b - t_{ef,i}) = (0.6 - 0.1) \cdot (0.3 - 0.1) = 0.1 \text{ m}^2$$

(§6.3.2)

$$v = 0.6 [1 - f_{ck} / 250] = 0.6 [1 - 20 / 250] = 0.6 [1 - 0.08] = 0.552$$

(§6.2.2(6))

$$\alpha_{cw} = 1$$

(§6.2.2)

$\theta = 45^\circ$ γωνία θλιπτήρων

$$\text{Επομένως : } T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

$$= 2 \cdot 0.552 \cdot 1 \cdot (0.85 \cdot 20 / 1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.10 \cdot 0.10 \cdot 0.5 = 62.6 \text{ kNm}$$

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

(§6.2.3 (6.9))

$$\alpha_{cw} = 1$$

(§6.2.2 (3))

$$v_1 = 0.6 \text{ εφόσον } f_{ck} < 60 \text{ MPa}$$

(§6.2.3 (3))

$$\theta = 45^\circ$$

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

$$= 1 \cdot 0.3 \cdot 0.9 \cdot 0.56 \cdot 0.6 \cdot 0.85 \cdot (20 / 1.5) \cdot 10^3 / 2 = 514 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} = 31.3 / 62.6 + 45.5 / 514 = 0.59 < 1.0 \text{ άρα OK}$$

Διαμήκης οπλισμός στρέψης

Το απαιτούμενο εμβαδόν **διαμήκους οπλισμού** για ανάληψη στρέψης ΣA_{sl} υπολογίζεται ως εξής :

$$(\Sigma A_{sl} \cdot f_{yd})/u_k = (T_{Ed}/2A_k) \cot \theta$$

(§6.3.2)

$$A_k = (h - t_{ef,i}) \cdot (b - t_{ef,i}) = (0.6 - 0.1) \cdot (0.3 - 0.1) = 0.1 \text{ m}^2$$

(§6.3.2)

$$u_k = 2(h - t_{ef,i}) + 2(b - t_{ef,i}) = 2(0.6 - 0.1) + 2(0.3 - 0.1) = 1.4 \text{ m}$$

$$(\Sigma A_{sl} \cdot f_{yd})/u_k = (T_{Ed}/2A_k) \cot \theta \Leftrightarrow$$

$$(\Sigma A_{sl} \cdot (400/1.15) \cdot 10^3) / 1.4 = (31.1/2 \cdot 0.1) \cdot 1 \Leftrightarrow \Sigma A_{sl} = 6.26 \text{ cm}^2$$

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να κατανεμηθεί κατά μήκος των πλευρών , επομένως τοποθετώ το $6.26/3 = 2.09 \text{ cm}^2$ άνω , κάτω και στη μέση της διατομής

Άνω : 2Φ14 ($\approx 3.08 \text{ cm}^2$)

Μέση : 2Φ14 ($\approx 3.08 \text{ cm}^2$)

Κάτω : χρειαζομαι 5.2 cm^2 λόγω κάμψης και 2.09 cm^2 λόγω στρέψης → σύνολο $7.29 \text{ cm}^2 \rightarrow$ τοποθετώ 5Φ14 ($\approx 7.69 \text{ cm}^2$)

Εγκάρσιος οπλισμός στρέψης

Αν ισχύει η ανίσωση $T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c} \leq 1.0$ τότε αρκεί το ελάχιστο ποσοστό συνδετήρων

(§6.3.2 (6.31))

$T_{Rd,c}$ είναι η ροπή στρέψης κατά την ρηγμάτωση και ισούται με :

(§6.3.2 (6.26))

$$T_{Rd,c} = 2 \cdot A_k \cdot t_{ef,i} \cdot f_{ctd} = 2 \cdot 0.1 \cdot 0.1 \cdot (1 \cdot 1.5/1.5) \cdot 1000 = 20 \text{ kN}$$

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

(§6.2.2 (6.2))

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/560)^{1/2} = 1.59 < 2 \text{ όπου } d \text{ το στατικό ύψος της διατομής}$$

$\rho_l = A_{sl}/(b_w d)$ όπου A_{sl} είναι το εμβαδό του εφελκυσμένου οπλισμού (5Φ14) και ισούται με 7.69 cm^2 επομένως $\rho_l = (7.69/(30 \cdot 56)) = 0.00458$

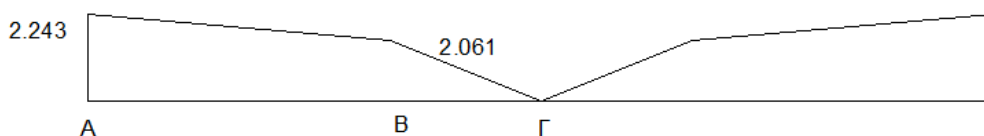
$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d = [0.12 \cdot 1.59 \cdot (100 \cdot 0.0037 \cdot 20)^{1/3}] \cdot 300 \cdot 560 = 67.07 \text{ kN}$$

Επομένως ισχύει :

$$T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c} = T_{Ed}/20 + V_{Ed}/67.07$$

Η σχέση αυτή μεταβάλλεται κατά μήκος της δοκού σύμφωνα με το διάγραμμα παρακάτω :



Κατά μήκος του τμήματος ΓΒ η μεταβολή της σχέσης $T_{Ed}/20 + V_{Ed}/67.07$

εκφράζεται από : $31.3x/20 + 33.3x/67.07$

Η σχέση αυτή παίρνει την τιμή της μονάδας όταν $x = 0.48 \text{ m}$

Επομένως από το σημείο Γ και για απόσταση 0.48 m (δεξιά και αριστερά) επαρκεί ο ελάχιστος οπλισμός στρέψης :

$$\rho_{w,min} = (0.08(f_{ck})^{1/2})/f_{yk} = (0.08(20)^{1/2})/400 = 0.00089$$

(§9.2.2)

$$A_{sw,min} = \rho_{w,min} \cdot b_w \cdot s = 0.00089 \cdot 30 \cdot 100 = 2.67 \text{ cm}^2/\text{m}$$

(§9.2.2 (9.4))

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των οπλισμών στρέψης είναι :

$$s_{l,max} = 0.75d (1 + \cot \alpha) = 0.75 \cdot 0.56 \cdot (1 + 0) = 0.42 \text{ m}$$

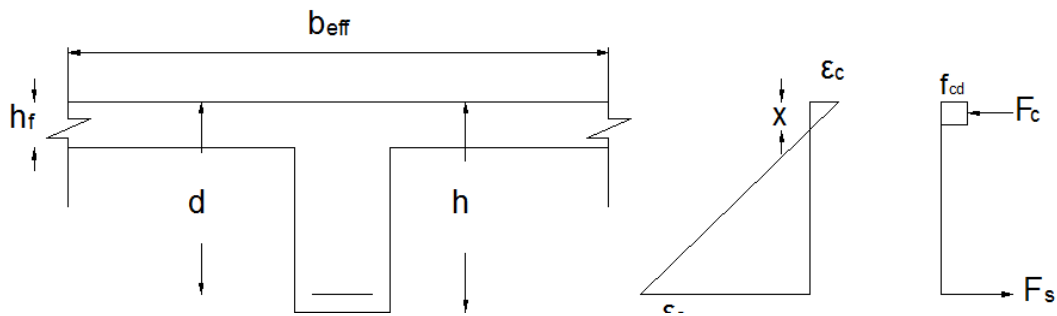
(§9.2.2 (9.6N))

<p>Στο τμήμα που αντιστοιχεί ο ελάχιστος οπλισμός τοποθετώ Φ8/0.16 ($\approx 3\text{cm}^2/\text{m}$)</p> <p>Στα τμήματα της δοκού όπου η σχέση $T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c}$ είναι μεγαλύτερη της μονάδας υπολογίζω τον απαιτούμενο εγκάρσιο οπλισμό έναντι στρέψης και διάτμησης σύμφωνα με την παράγραφο §12.2.3.2 του ΕΚΩΣ εφόσον δεν γίνεται κάποια σχετική αναφορά στον EC2-1-1</p> <p>$V_{sd} = 45.5\text{kN}$ $T_{sd} = 31.3\text{kN}$ $A_{sw}/s = (1/2f_{ywd})(V_{sd}/0.9d + T_{sd}/A_k)$ (A_{sw} 1σκέλος του συνδετήρα) $A_{sw}/s = (1/2f_{ywd})(V_{sd}/0.9d + T_{sd}/A_k) = (1/2 \cdot 348 \cdot 1000)(45.5/(0.9 \cdot 0.56) + 31.3/0.1)$ $= 5.79\text{ cm}^2/\text{m}$ Τοποθετώ Φ10/12.5cm ($\approx 6.32\text{ cm}^2/\text{m}$)</p>	(§12.2.3.2 ΕΚΩΣ)
--	------------------

Εφαρμογή Ε.5: Έλεγχος πλακοδοκού	
<p>Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :</p> <ul style="list-style-type: none"> - αμφιέριστη δοκός 6.7 m - ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400 - το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25 - οι διαστάσεις είναι $h/h_f/d/b_w = 0.55/0.12/0.50/0.25\text{ cm}$ - $A_{s1} = 15.7\text{ cm}^2$ - $N_d = 0$ - καθαρή απόσταση μεταξύ των δοκών είναι 6m <p>1. Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού</p> <p>$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$</p> <p>$b_{eff,i} = 0.2b_i + 0.1l_o \leq 0.2l_o$ και $b_{eff,i} \leq b_i$</p> <p>Όπου b_i είναι το ήμισυ της καθαρής απόστασης μεταξύ των πλακοδοκών ,ενώ l_o είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων μηδενισμού των ροπών της δοκού</p> <p>Για τους συμβολισμούς βλέπε σχήμα Ε.5.1</p>	<p>(§5.3.2.1)</p> <p>(§5.3.2.1)</p> <p>(Σχ. 5.3)</p>
<p>Σχήμα Ε.5.1 : Συμβολισμοί συνεργαζόμενου πλάτους</p> <p>Επειδή η δοκός είναι αμφιέριστη τα σημεία μηδενισμού των ροπών είναι στα άκρα της , επομένως $l_o = 6.7\text{m}$</p> <p>$b_{eff,1} = 0.2b_1 + 0.1l_o = 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 6.7 = 1.27\text{ m} < 0.2l_o = 1.34\text{m}$ $< b_1 = 3\text{ m}$</p> <p>$b_{eff,2} = 0.2b_2 + 0.1l_o = 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 6.7 = 1.27\text{ m} < 0.2l_o = 1.34\text{m}$ $< b_1 = 3\text{ m}$</p> <p>$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b_w = 2 \cdot 1.27 + 0.25 = 2.79\text{ m} < b$ $b = b_1 + b_2 + b_w = 6 + 0.25 = 6.25\text{m}$</p>	<p>(§5.3.2.1)</p> <p>(§5.3.2.1)</p>

2.Ροπή αντοχής M_{Rd}

Η ροπή αντοχής υπολογίζεται με την διαδικασία των δοκιμών



1^η Δοκιμή

Παραμόρφωση χάλυβα $\epsilon_s = 3.5\text{‰}$

Παραμόρφωση σκυροδέματος $\epsilon_c = 77\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης παίρνει την τιμή

$$x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + 77)) \cdot 0.50 = 0.0217 \text{ m}$$

Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η ισοδυναμία των δυνάμεων

$$\begin{aligned} \text{Η δύναμη που αντιστοιχεί στον χάλυβα είναι } F_s &= A_{s1} \cdot f_{yd} \\ &= 15.7 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 546 \text{ kN} \end{aligned}$$

Η δύναμη που αντιστοιχεί στο σκυρόδεμα είναι

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b_{eff} = 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 103 \cdot 0.0217 \cdot 2.79 = 548.92 \text{ kN} \approx 546 \text{ kN}$$

Υπολογίζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκόμενο οπλισμό

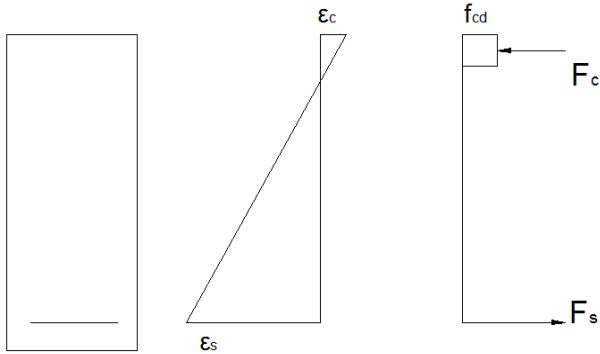
$$M_{Rd} = F_c \cdot z = 548.92 \cdot (d - \lambda x / 2) = 548.92 \cdot (0.50 - 0.4 \cdot 0.0217) = 269.69 \text{ kNm}$$

(§3.1.7)

Εφαρμογή Ε.6: Έλεγχος ορθογωνικής διατομής έναντι κάμψης

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- οι διαστάσεις είναι $h/d/b = 60/56/25$ cm
- $A_{s1} = 4\Phi 14 = 6.16 \text{ cm}^2$
- $N_d = 0$



Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων :

$$N_{εσ} = N_{εξ} \leftrightarrow F_c = F_s$$

Υποθέτω ότι ο χάλυβας έχει διαρρεύσει επομένως :

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 6.16 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 214.36 \text{ kN}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot x = 2266.67x$$

$$F_c = F_s \leftrightarrow 2266.67x = 214.36 \leftrightarrow x = 0.0945 \text{ m}$$

(§3.1.7)

Εφόσον υπολόγισα το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ελέγχω εάν όντως έχει διαρρεύσει ο χάλυβας :

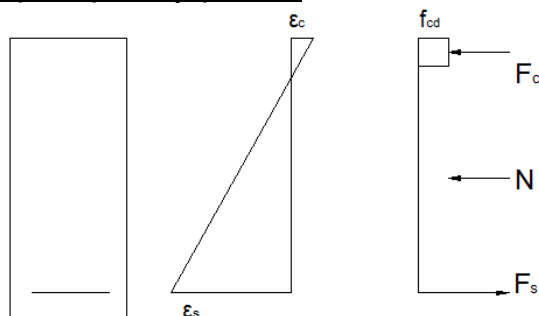
$$x = [\varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{s1})] \cdot d \leftrightarrow 0.0945 = [3.5 / (3.5 + \varepsilon_{s1})] \cdot 0.56 \leftrightarrow \varepsilon_{s1} = 17.24\text{‰} > 1.74\text{‰}$$

(1.74‰ παραμόρφωση διαρροής)

Υπολογίζω την ροπή αντοχής M_{Rd} ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό :

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = F_s \cdot z = F_s \cdot (d - \lambda x / 2) = 214.36 \cdot (0.56 - 0.4 \cdot 0.0945) = 111.84 \text{ kNm}$$

Για την ίδια διατομή υπολογίζω την ροπή αντοχής όταν υπάρχει και θλιπτική αξονική δύναμη 100kN



Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων :

$$N_{εσ} = N_{εξ} \leftrightarrow 100 = F_c - F_s \leftrightarrow F_c = 100 + F_s = 100 + 214.36 = 314.36 \text{ kN}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot x = 2266.67x$$

$$\text{Επομένως } 2266.67x = 314.36 \Leftrightarrow x = 0.138\text{m}$$

(§3.1.7)

Εφόσον υπολόγισα το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ελέγχω εάν όντως έχει διαρρεύσει ο χάλυβας :

$$x = [\varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{s1})] \cdot d \Leftrightarrow 0.138 = [3.5 / (3.5 + \varepsilon_{s1})] \cdot 0.56 \Leftrightarrow \varepsilon_{s1} = 10.7\text{‰} > 1.74\text{‰}$$

(1.74‰ παραμόρφωση διαρροής)

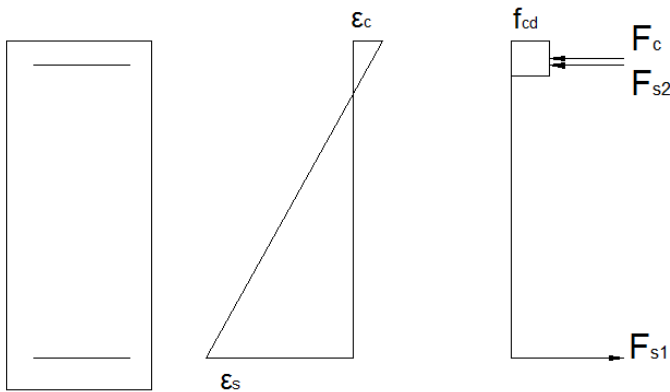
Υπολογίζω την ροπή αντοχής M_{Rd} ως προς το κέντρο βάρους :

$$M_{Rd} = F_c \cdot (h/2 - \lambda x/2) + F_{s1} \cdot (h/2 - d_1) = 314.36 \cdot (0.3 - 0.4x) + F_{s1} \cdot (0.3 - 0.04)$$

$$= 0.2448 \cdot 314.17 + 214.17 \cdot 0.26 = \mathbf{132.59 \text{ kNm}}$$

Η ροπή αντοχής αυξήθηκε λόγω συνεισφοράς της θλιπτικής αξονικής δύναμης

Έστω ότι στην αρχική διατομή υπάρχει και θλιβόμενος οπλισμός $A_{s2} = 2\Phi 14 = 3.08 \text{ cm}^2$



Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων :

$$N_{e\sigma} = N_{e\xi} \Leftrightarrow F_c + F_{s2} - F_{s1} = 0 \Leftrightarrow F_c + F_{s2} = F_{s1}$$

Έστω ότι έχουν διαρρεύσει και οι 2 χάλυβες

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 6.16 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 214.36 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 3.08 \cdot 10^{-4} \cdot 348 \cdot 10^3 = 107.09 \text{ kN}$$

$$F_c = F_{s1} - F_{s2} = 214.36 - 107.09 = 107.8 \text{ kN}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot x = 2266.67x$$

(§3.1.7)

$$F_c = 2266.67x \Leftrightarrow 107.8 = 2266.67x \Leftrightarrow x = 0.0472\text{m}$$

Ελέγχω την παραμόρφωση του χάλυβα :

για βάθος $x = 0.0472\text{m}$ η παραμόρφωση είναι 3.5‰

για βάθος $x - d_2 = 0.0472 - 0.04 = 0.0072\text{m}$ (όπου βρίσκεται ο θλιβόμενος οπλισμός)

είναι 0.53‰ < 1.74‰ (παραμόρφωση διαρροής)

Άρα λάθος υποθέσαμε ότι έχει διαρρεύσει ο οπλισμός

Επόμενο βήμα είναι να εκφράσουμε την τάση του θλιβόμενου χάλυβα συναρτήσει της παραμόρφωσης :

για βάθος x η παραμόρφωση είναι 3.5‰

για βάθος $x - d_2 = x - 0.04$

πόση είναι η παραμόρφωση?

<p>Με την μέθοδο των τριών προκύπτει : $\epsilon_{s2} = [(x-0.04)/x] \cdot 3.5\%$</p> <p>Για παραμόρφωση $\epsilon_{yd} = 1.74\%$ η τάση του χάλυβα είναι 348MPa Για παραμόρφωση ϵ_{s2} πόση είναι η τάση? Με την μέθοδο των τριών προκύπτει :</p> $\sigma_{s2} = \epsilon_{s2} \cdot 348 / \epsilon_{yd} = \{[(x-0.04)/x] \cdot 3.5\% \} \cdot 348 / 1.74\%$ $= ((x-0.04)/x) \cdot 700 \text{ MPa} \quad (\mathbf{a})$ <p>$F_c = F_{s1} - F_{s2} \Leftrightarrow \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} - A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$ Στην παραπάνω σχέση όπου σ_{s2} αντικαθιστώ την (a) ενώ θεωρώ ότι ο εφελκυσμένος χάλυβας έχει διαρρεύσει :</p> $F_c = F_{s1} - F_{s2} \Leftrightarrow 2266.67x = 214.36 - 3.08 \cdot 10^{-4} \cdot ((x-0.04)/x) \cdot 700 \cdot 10^3 \Leftrightarrow$ $2266.67x^2 + 1.34x - 8.62 = 0$ <p>Μετά από επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει ότι : $x = 0.0614 \text{ m}$ $\epsilon_c = 3.5\%$ $\epsilon_{s2} = [(x-0.04)/x] \cdot 3.5\% = [(0.0614-0.04)/x] \cdot 3.5\% = 1.22\%$ $x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d \Leftrightarrow 0.0614 = [3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1})] \cdot 0.56 \Leftrightarrow \epsilon_{s1} = 28.42\% > 1.74\%$</p> <p>$F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 214.17 \text{ kN}$ $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 75.11 \text{ kN}$ $F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 2266.67x = 2266.67 \cdot 0.0614 = 139.17 \text{ kN}$</p> <p>Υπολογίζω την ροπή αντοχής ως προς το Κ.Β. : $M_{Rd} = F_c(h/2 - \lambda x/2) + F_{s2}(h/2 - d_2) + F_{s1}(h/2 - d_1)$ $= 139.17(0.3 - 0.8x/2) + 75.11(0.3 - 0.04) + 214.17(0.3 - 0.04) = \mathbf{113.54 kNm}$</p>	<p>(§3.1.7)</p>
---	-----------------

Εφαρμογή Ε.7: Διαστασιολόγηση πλάκας

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- οι διαστάσεις της πλάκας είναι $h/d = 15/13 \text{ cm}$
- $m_{sd} = 30 \text{ kNm/m}$
- $N_d = 0$

Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων :

$$N_{εσ} = N_{εξ} \leftrightarrow F_c = F_s$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.85 \cdot (20/1.5) \cdot 10^3 \cdot x \cdot 1.00 = 9066.67x$$

(§3.1.7)

όπου $b = 1.00 \text{ m}$ διότι εξετάζω την πλάκα ανά τυπικό μέτρο πλάτους

Υποθέτω ότι ο οπλισμός έχει διαρρεύσει

$$F_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\text{Άρα } 9066.67x = A_s \cdot f_{yd} \leftrightarrow$$

$$x = A_s \cdot f_{yd} / 9066.67 = A_s \cdot (400/1.15) \cdot 10^3 / 9066.67 = 38.363 A_s \quad (\mathbf{a})$$

Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό :

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = 9066.67 \cdot x \cdot (d - \lambda x / 2) = 9066.67 \cdot x \cdot (0.13 - 0.4x)$$

Η ροπή αντοχής πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της δρώσας ροπής

$$M_{Rd} \geq M_{sd}$$

$$\text{Εξετάζω την περίπτωση } M_{Rd} = M_{sd} \leftrightarrow 9066.67 \cdot x \cdot (0.13 - 0.4x) = 30 \leftrightarrow 0.4x^2 - 0.13x + 0.0033 = 0$$

Μετά από επίλυση της δευτεροβάθμιας εξίσωσης προκύπτει ότι $x = 0.028 \text{ m}$

Σύμφωνα με τη σχέση (a) $\rightarrow x = 38.363 A_s \leftrightarrow A_s = 0.028 / 38.363 = 7.3 \text{ cm}^2$ ανά μέτρο

Τοποθετώ **Φ12/15** ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Τέλος ελέγχω εάν ο οπλισμός όντως έχει διαρρεύσει :

$$x = [\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)] \cdot d \leftrightarrow 0.028 = [3.5 / (3.5 + \varepsilon_s)] \cdot 0.13 \leftrightarrow \varepsilon_s = 12.75\text{‰} > 1.74\text{‰}$$

Εφαρμογή Ε.8: Διαστασιολόγηση διατομής με απαίτηση θλιβόμενου οπλισμού

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- ο χάλυβας είναι κατηγορίας B400
- το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C20/25
- οι διαστάσεις της πλάκας είναι $b/d/h/d_1/d_2 = 25/50/55/5/5\text{cm}$
- $M_d = 300\text{kNm}$
- $N_d = 0$

Παίρνω μια οποιαδήποτε διατομή η οποία διαθέτει μόνο εφελκυσμένο οπλισμό και καταπονείται από ροπή κάμψης M_d και αξονική δύναμη N_d .

Η ροπή σχεδιασμού της διατομής αυτής είναι : $M_{sd} = M_d - N_d \gamma_{s1}$

Για να ισορροπήσει η διατομή :

(α) πρέπει οι εσωτερικές δυνάμεις να είναι ίσες με τις εξωτερικές :

$$N_{e0} = N_{e\xi} \leftrightarrow F_{s1} - F_c = N_d$$

(β) $M_{Rd} \geq M_{sd}$

Εκφράζω την ροπή αντοχής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b \cdot (d - \lambda x / 2)$$

(§3.1.7)

Προσδιορίζω εκείνη την ροπή κάμψης M_{lim} για την οποία όταν $M_{sd} > M_{lim}$ τότε απαιτείται και θλιβόμενος οπλισμός

$$M_{lim} = M_{Rd} = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x_{lim} \cdot b \cdot (d - \lambda x_{lim} / 2) = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot \xi_{lim} \cdot d \cdot b \cdot (d - \lambda \cdot \xi_{lim} \cdot d / 2) = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot \xi_{lim} \cdot d^2 \cdot b \cdot (1 - \lambda \cdot \xi_{lim} / 2)$$

Για την τοποθέτηση θλιβόμενου οπλισμού πρέπει :

- Είτε η χρήση απλού οπλισμού να οδηγεί σε ανηγμένη παραμόρφωση του χάλυβα μικρότερη από την παραμόρφωση διαρροής ϵ_{yd}

$$\text{Δηλαδή } \epsilon_{s1} < \epsilon_{yd} \rightarrow \xi_{lim} = 0.0035 / (0.0035 + \epsilon_{yd})$$

- Είτε η χρήση του διπλού οπλισμού να οδηγεί συνολικώς σε μικρότερη ποσότητα οπλισμού από ότι η χρήση απλού οπλισμού

Έστω ότι η διατομή διαθέτει και θλιβόμενο οπλισμό

(1) Ισοδυναμία $\rightarrow N_{e0} = N_{e\xi} \leftrightarrow F_{s1} - F_c - F_{s2} = N_d$ **(a)**

(2) $M_{Rd} \geq M_{sd} \leftrightarrow F_c z + F_{s2}(d - d_2) = M_{sd} (= M_d - N_d \gamma_{s1}) \leftrightarrow$

$$F_{s2} = (M_{sd} - F_c z) / (d - d_2) \quad \textbf{(b)}$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (a) και (b) προκύπτει :

$$F_{s1} = N_d + F_c + (M_{sd} - F_c z) / (d - d_2)$$

$F_{s1} = A_{s1} f_{yd}$ και $F_{s2} = A_{s2} f_{yd}$ υποθέτω ότι και οι 2 οπλισμοί έχουν φτάσει στο σημείο διαρροής

$$A_{s1} + A_{s2} = 2 * (M_{sd} - F_c z) / [(d - d_2) \cdot f_{yd}] + (N_d + F_c) / f_{yd} \\ = (1 / f_{yd}) * [2 \cdot M_{sd} / (d - d_2) + N_d + F_c \cdot (1 - 2 \cdot z / (d - d_2))]$$

$$z = d - \lambda x / 2$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b$$

$$x = \epsilon_c \cdot d / (\epsilon_c + \epsilon_s) = \xi \cdot d$$

(§3.1.7)

Επομένως προκύπτει με αντικατάσταση :

$$A_{so\lambda} = \frac{1}{f_{yd}} \left[2 \frac{M_{sd}}{d-d_2} + N_d + \eta \cdot f_{cd} \cdot \lambda \cdot x \cdot b \left(1 - \frac{2 \left(d - \frac{\lambda x}{2} \right)}{d-d_2} \right) \right]$$

$$A_{so\lambda} = \frac{1}{f_{yd}} \left[2 \frac{M_{sd}}{d-d_2} + N_d + \eta \cdot f_{cd} \cdot \lambda \cdot \xi \cdot d \cdot b \left(1 - \frac{2 \cdot d \left(1 - \frac{\lambda \xi}{2} \right)}{d-d_2} \right) \right]$$

για να ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός σπλισμός πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα

$$\xi \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot d \left(1 - \frac{\lambda \xi}{2} \right)}{d-d_2} \right)$$

παραγωγίζω την ποσότητα αυτή

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left[\xi \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot d \left(1 - \frac{\lambda \xi}{2} \right)}{d-d_2} \right) \right] \Leftrightarrow$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left[\xi \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot d \left(1 - \frac{\lambda \xi}{2} \right)}{d-d_2} \right) \right] = 1 \left(1 - \frac{2d \left(1 - \frac{\lambda \xi}{2} \right)}{d-d_2} \right) + \xi \left(\frac{d\lambda}{d-d_2} \right) \Leftrightarrow$$

$$1 - \frac{2 \cdot d}{d-d_2} + 2\xi \left(\frac{d\lambda}{d-d_2} \right) \Leftrightarrow \text{στο σημείο μηδενισμού της παραγώγου έχω ακρότατο}$$

$$d-d_2-2d+2 \cdot d \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\xi_{lim} = (d_2 + d) / (2 \cdot d \cdot \lambda)$$

$$\text{Επιπλέον επισημαίνεται ότι } \mu_{lim} = M_{lim} / (bd^2 f_{cd}) = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x_{lim} \cdot b \cdot (d - \lambda x_{lim} / 2) / (bd^2 f_{cd}) = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - \lambda \cdot \xi_{lim} / 2)$$

$$\begin{aligned} \text{Εφόσον } M_{sd} &= 300 \text{ kNm ισχύει } \mu_{sd} = M_{sd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) \\ &= 300 / (0.25 \cdot 0.5^2 \cdot (0.85 \cdot 20 / 1.5) \cdot 10^3) = 0.42 \end{aligned}$$

$$\xi_{lim} = \min \{ \epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_s) ; (d_2 + d) / (2d\lambda) \}$$

- Η παραμόρφωση του σκυροδέματος είναι $\epsilon_c = 3.5\text{‰}$
Ο χάλυβας έχει φτάσει το όριο διαρροής επομένως $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$
 $= (400 / 1.15) / (2 \cdot 10^5)$
 $= 1.74\text{‰}$

$$\text{Επομένως } \varepsilon_c/(\varepsilon_c+\varepsilon_s) = 3.5/(3.5+1.74) = 0.668$$

- $(d_2+d)/(2d\lambda) = (0.05+0.5)/(2 \cdot 0.5 \cdot 0.8) = 0.6875$
Ο συντελεστής λ λαμβάνεται ίσος με 0.8 σύμφωνα με τον πίνακα στην παράγραφο 3.1.7
εφόσον $f_{ck} < 50 \text{ MPa}$

$$\xi_{lim} = \min\{\varepsilon_c/(\varepsilon_c+\varepsilon_s); (d_2+d)/(2d\lambda)\} = \min\{0.668; 0.6875\} = 0.668$$

$$\mu_{lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - \lambda \cdot \xi_{lim} / 2) = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 0.668 (1 - 0.8 \cdot 0.668 / 2) = 0.392$$

$$\mu_{lim} = 0.392 < 0.42 = \mu_{sd} \text{ επομένως απαιτείται θλιβόμενος οπλισμός}$$

Εφόσον η διατομή ισορροπεί ισχύει :

$$(1) \text{ Ισοδυναμία } \rightarrow N_{e0} = N_{e\xi} \Leftrightarrow F_{s1} - F_c - F_{s2} = N_d \quad \textbf{(c)}$$

(2) Η ροπή αντοχής ισούται με τη δρώσα ροπή σχεδιασμού
Συγκεκριμένα ο εφελκόμενος οπλισμός μαζί με το σκυρόδεμα
αναλαμβάνουν ροπή ίση με την οριακή ροπή M_{lim} , ενώ ο θλιβόμενος
οπλισμός αναλαμβάνει ροπή ίση με τη διαφορά της M_{lim} από την δρώσα
ροπή M_{sd} .

Επομένως (ροπές ως προς εφελκόμενο οπλισμό)

$$F_{s2} = (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) \Leftrightarrow A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) \Leftrightarrow$$

$$A_{s2} = (1 / \sigma_{s2}) \cdot ((M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2)) \quad \textbf{(d)}$$

$$F_c z = M_{lim} \Leftrightarrow F_c = M_{lim} / z$$

Ενώ σύμφωνα με τη σχέση **(c)** προκύπτει

$$F_{s1} - F_c - F_{s2} = N_d \Leftrightarrow F_{s1} - F_{s2} - N_d = M_{lim} / z$$

$$\Leftrightarrow F_{s1} - (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) - N_d = M_{lim} / z$$

$$\Leftrightarrow A_{s1} \cdot \sigma_{s1} - (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) - N_d = M_{lim} / z$$

$$\Leftrightarrow A_{s1} = (1 / \sigma_{s1}) (M_{lim} / z + (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) + N_d) \quad \textbf{(e)}$$

Αρχικά υπολογίζουμε τον απαιτούμενο εφελκόμενο οπλισμό A_{s1} , ο οποίος πρέπει να αναλάβει ροπή ίση με την οριακή M_{lim}

$$M_{lim} = \mu_{lim} \cdot (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0.392 \cdot (0.25 \cdot 0.5^2 \cdot (0.85 \cdot 20 / 1.5) \cdot 1000) = 277.67 \text{ kNm}$$

$$M_{s1} = M_{Rd} = F_c \cdot z \text{ (ως προς τον εφελκόμενο οπλισμό)}$$

$$M_{s1} = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b \cdot (d - \lambda x / 2) = 0.8 \cdot 1 \cdot f_{cd} \cdot [\varepsilon_c \cdot d / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)] \cdot b \cdot (d - 0.4 \cdot [\varepsilon_c \cdot d / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)])$$

$$\mu_{s1} = M_{s1} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0.8 \cdot [\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)] \cdot (1 - 0.4 \cdot [\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)])$$

Το ζεύγος των παραμορφώσεων που θα ικανοποιήσει την σχέση $\mu_{s1} = \mu_{lim}$ προκύπτει όταν ο χάλυβας έχει φτάσει στη διαρροή :

Έστω $\varepsilon_c = 3.5\%$ και $\varepsilon_s = 1.75\%$

$$\mu_{s1} = 0.8 \cdot [\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)] \cdot (1 - 0.4 \cdot [\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s)])$$

$$= 0.8 \cdot [3.5 / (3.5 + 1.74)] \cdot (1 - 0.4 \cdot [3.5 / (3.5 + 1.74)]) = 0.3915 \approx 0.392$$

$$\text{Η θλιβόμενη ζώνη έχει βάθος } x = \varepsilon_c \cdot d / (\varepsilon_c + \varepsilon_s) = 3.5 \cdot 0.5 / (3.5 + 1.74) = 0.333 \text{ m}$$

$$\text{και ο μοχλοβραχίονας } z \text{ ισούται με } d - 0.4x = 0.5 - 0.4 \cdot 0.333 = 0.367 \text{ m}$$

Άρα σύμφωνα με τη σχέση **(e)**

$$A_{s1} = (1 / \sigma_{s1}) (M_{lim} / z + (M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2) + N_d)$$

$$= (1 / 348 \cdot 10^3) \cdot (277.67 / 0.367 + (300 - 277.67) / (0.5 - 0.05) + 0) = 23.16 \text{ cm}^2$$

και τη σχέση **(d)**

$$A_{s2} = (1 / \sigma_{s2}) \cdot ((M_{sd} - M_{lim}) / (d - d_2)) = (1 / 348 \cdot 10^3) \cdot ((300 - 277.67) / (0.5 - 0.05)) = 1.43 \text{ cm}^2$$

Εφαρμογή Ε.9 : Διάγραμμα Ροπών-καμπυλοτήτων $M-1/R$

Ζητείται η διαμόρφωση του διαγράμματος ροπών-καμπυλοτήτων από τα σημεία S και U . Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Χάλυβας B500
- Σκυρόδεμα C20/25
- $A_{s1} = 4\Phi 20$
- $A_{s2} = 0$
- $N = 0$
- $h/b/d_1 = 0.40/0.40/0.04 \text{ m}$

Το διάγραμμα «Ροπών-Καμπυλοτήτων» μιας συγκεκριμένης διατομής, είναι η γραφική παράσταση της καμπυλότητας ($1/R$) μιας διατομής όταν σε αυτή ασκείται μια ροπή κάμψεως M .

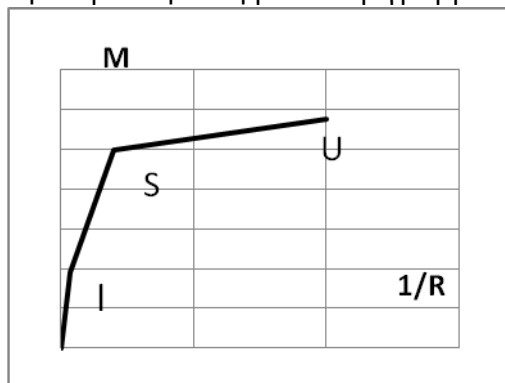
Καμπυλότητα $1/R$ είναι το αντίστροφο της ακτίνας καμπυλότητας, της ακτίνας δηλαδή του κύκλου που προσεγγίζει καλύτερα την ελαστική γραμμή του στοιχείου στην περιοχή της διατομής που εξετάζουμε. Η καμπυλότητα μιας διατομής της οποίας η πάνω ίνα έχει θλιπτική παραμόρφωση ϵ_{c2} και η κάτω ίνα έχει εφελκυστική παραμόρφωση ϵ_{s1} είναι :

$$1/R = (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})/d$$

Ενώ πολύ συχνά χρησιμοποιείται η αδιάστατη μορφή $d/R = (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})$

Το διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων έχει την μορφή συνεχούς καμπύλης, συχνά όμως προσεγγίζουμε

την καμπύλη αυτή με ένα τριγωνμικό διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω :



Σε αυτό το διάγραμμα διακρίνουμε 3 χαρακτηριστικά σημεία :

Το σημείο U είναι το σημείο που αντιστοιχεί στην αστοχία της διατομής. M_u είναι η ροπή αστοχίας της διατομής υπό ορθή ένταση και $(1/R)_u$ είναι η αντίστοιχη καμπυλότητα.

Το σημείο S είναι το σημείο το οποίο αντιστοιχεί στην διαρροή του πλέον εφελκυσμένου οπλισμού. Από το σημείο αυτό και μετά ο χάλυβας έχει διαρρεύσει ενώ δεν αυξάνεται άλλο η δύναμη του εφελκυσμένου οπλισμού (εφόσον επιλέξαμε να έχουμε δευτερεύοντα κλάδο χωρίς κράτυνση). Επιπλέον μετά την διαρροή αυξάνεται σημαντικά η παραμόρφωση του χάλυβα και άρα η καμπυλότητα της διατομής.

Το σημείο I είναι το σημείο «πέρατος του σταδίου I», δηλαδή η στιγμή που στην πλέον εφελκυσμένη ίνα του μη ρηγματωμένου ακόμα σκυροδέματος αναπτύσσεται εφελκυστική τάση ίση με την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος. Η ροπή κάμψης για την οποία εμφανίζεται η πρώτη ρωγμή στην εφελκυσμένη ίνα ονομάζεται ροπή ρηγματώσεως $M_I = M_{cr}$.

$$\sigma = f_{ctm} = (-N/A) + (M_{cr}/W_1)$$

Κάθε διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων αντιστοιχεί σε μία **συγκεκριμένη διατομή**

και μια **συγκεκριμένη αξονική δύναμη** .

Αυτό που πρέπει να προσέξουμε σε ένα διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων είναι :
 (α) Το μήκος του πλαστικού κλάδου που εκφράζει την δυνατότητα μετελαστικών παραμορφώσεων . Ο λόγος $\mu_{1/R} = (1/R)_u / (1/R)_y$ ονομάζεται **πλαστιμότητα σε όρους καμπυλοτήτων**

(β) Η διαφορά της ροπής αντοχής από την ροπή διαρροής μέσω της οποίας διασφαλίζεται η ενεργοποίηση και άλλων διατομών μετά την διαρροή της υπόψη διατομής . Η διαφορά αυξάνεται ακόμη περισσότερο όσο μεγαλύτερη είναι η κράτυνση του χάλυβα

Σημείο S

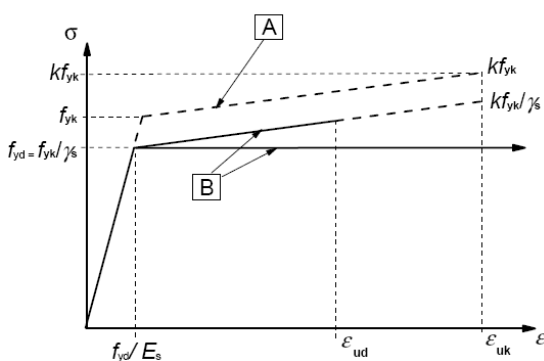
Για να υπολογίσουμε το σημείο **S** θεωρούμε ότι η παραμόρφωση του εφελκυσμένου χάλυβα ϵ_{s1} είναι ίση με την παραμόρφωση διαρροής ϵ_{yd} ενώ κάνουμε δοκιμές μέχρι να βρούμε εκείνη την ϵ_{c2} για την οποία έχουμε ισοδυναμία αξονικών δυνάμεων :

$$N_{\epsilon\sigma} = N_{\epsilon\xi} \Leftrightarrow N_{\epsilon\sigma} = 0 \Leftrightarrow F_c = F_{s1}$$

Ακολουθώντας τις παραδοχές σχεδιασμού του χάλυβα επιλέγω οριζόντιο δεύτερο κλάδο χωρίς την ανάγκη ελέγχου του ορίου παραμόρφωσης . Άρα ισχύει :

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 348 / (2 \cdot 10^5) = 1.74\text{‰}$$

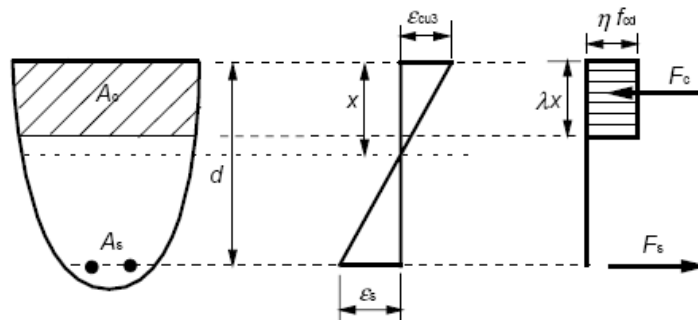


Έστω ότι η παραμόρφωση του σκυροδέματος είναι $\epsilon_{c2} = 1.682\text{‰}$

Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ισούται με :

$$x = [\epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] \cdot d = (1.682 / (1.682 + 2.17)) \cdot 0.36 = 0.157 \text{ m}$$

Σύμφωνα με την παράγραφο §3.1.7 δεχόμαστε ορθογωνική κατανομή των τάσεων όπως φαίνεται παρακάτω



Ο συντελεστής λ ορίζει το ενεργό ύψος της θλιβόμενης ζώνης και ισούται με 0.8 εφόσον $f_{ck} < 50 \text{ MPa}$

Ο συντελεστής η ορίζει τη δρώσα αντοχή και ισούται με 1.0 εφόσον $f_{ck} < 50 \text{ MPa}$

(§3.2.7)

(Σχήμα 3.8)

(Σχήμα 3.5)

(§3.1.7)

$\lambda = 0,8$		για $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,8 -$	$(f_{ck} - 50)/400$	για $50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$
και		
$\eta = 1,0$		για $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$
$\eta = 1,0 -$	$(f_{ck} - 50)/200$	για $50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$

Η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος η οποία αντιστοιχεί σε παραμόρφωση $\geq \varepsilon_{c3}$ ισούται με :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.1N του EC2 η παραμόρφωση ε_{c3} παίρνει την τιμή 1.75‰

$$\text{Εφόσον } \varepsilon_c < \varepsilon_{c3} = 1.75\text{‰} \text{ } \sigma_c = \varepsilon_c \cdot f_{cd} / \varepsilon_{c3} = 1.682\text{‰} \cdot 11.33 / 1.75\text{‰} = 10.89 \text{ MPa}$$

$$\text{Επομένως } F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 10.89 \cdot 1000 \cdot 0.157 \cdot 0.4 = 547.39 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = 4 \cdot \pi \cdot (0.02)^2 / 4 = 0.001259 \text{ m}^2$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 0.001259 \cdot 434.78 \cdot 1000 = 547.38 \text{ kN} \approx F_c = 547.39 \text{ kN}$$

$$M_y = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - 0.4x) = 547.39 \cdot (0.36 - 0.4 \cdot 0.157) = 162.68 \text{ kNm}$$

Σημείο U

Το σημείο αυτό αντιστοιχεί στην αστοχία της διατομής .

Δέχομαι αστοχία θλιβόμενης ζώνης $\rightarrow \varepsilon_{c2} = 3.5\text{‰} > 1.75\text{‰}$ και $\sigma_{c2} = f_{cd} = 11.33 \text{ MPa}$

Έστω ότι η παραμόρφωση του εφελκυσμένου χάλυβα είναι $\varepsilon_{s1} = 4.85\text{‰} >$

$$\varepsilon_{yd} = 2.17\text{‰} \text{ και } \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\text{Το βάθος της θλιβόμενης ζώνης είναι } x = [\varepsilon_{c2} / (\varepsilon_{c2} + \varepsilon_{s1})] \cdot d = (3.5 / (3.5 + 4.85)) \cdot 0.36 = 0.1509 \text{ m}$$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 11.33 \cdot 1000 \cdot 0.1509 \cdot 0.4 = 547.26 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 0.001259 \cdot 434.78 \cdot 1000 = 547.38 \text{ kN} \approx F_c = 547.26 \text{ kN}$$

$$M_u = F_c \cdot z = F_c \cdot (d - 0.4x) = 547.26 \cdot (0.36 - 0.4 \cdot 0.1509) = 163.98 \text{ kNm}$$

Οπλισμός	Αξονική v	Διαρροή		Αστοχία	
		M_y (kNm)	$(d/R)_y$ *1000	M_u (kNm)	$(d/R)_u$ *1000
4Φ20	0	162,68	3,86	13,98	8,35
4Φ20	0,126	176,34	5,35	176,35	5,89
4Φ20	0,2		5,67	167,32	5,41
4Φ20+4Φ20	0	171,14	3,41	178,37	20,1
4Φ20+4Φ20	0,2	219,18	3,92	232,4	12,3
4Φ20+4Φ20	0,382	258,26	4,80	260,74	6,6
4Φ20+4Φ20	0,4	262,22	4,89	262,18	6,3
8Φ20+8Φ20	0	339,56	3,77	33,09	16,81
8Φ20+8Φ20	0,2	388,39	4,14	407,66	12,2
8Φ20+8Φ20	0,382	432,90	,83	435,90	6,60
8Φ20+8Φ20	0,4	437,29	4,89	437,31	6,3

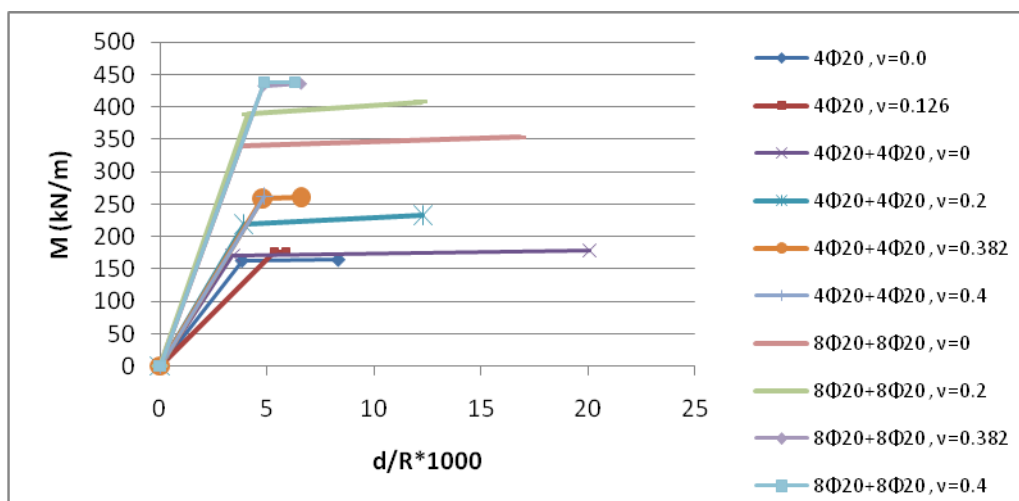
(§3.1.6 (3.15))

(Πίν. 3.1N)

(§2.4.2.4(1))

(§3.1.7)

(§3.1.7)



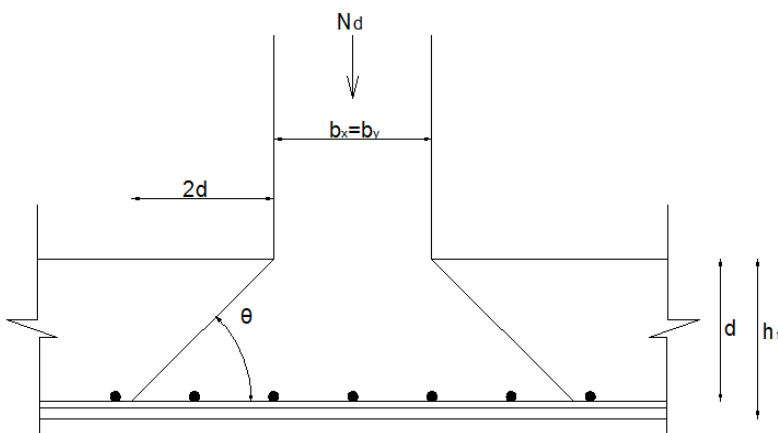
Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι :

- (α) όσο αυξάνουμε την αξονική δύναμη η συμπεριφορά του στοιχείου γίνεται ψαθυρότερη καθώς η ροπή διαρροής πλησιάζει την ροπή αστοχίας και πολλές φορές είναι σχεδόν ίση με αυτή
- (β) όσο αυξάνουμε τον οπλισμό αυξάνονται οι ροπές (διαρροής και αστοχίας)
- (γ) η προσθήκη θλιβόμενου οπλισμού αυξάνει κατά πολύ την καμπυλότητα θραύσεως άρα και τη πλαστιμότητα της διατομής

Εφαρμογή Ε.10 : Διαστασιολόγηση έναντι διάτρησης

Ο έλεγχος σε διάτρηση πραγματοποιείται σε πλάκα που φέρει συγκεντρωμένο φορτίο από υποστυλώμα και έχει οπλιστεί έναντι κάμψης για τα μόνιμα και κινητά φορτία της πλάκας ,καθώς επίσης και για το αξονικό φορτίο του υποστυλώματος
Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- $b_x = b_y = 30\text{cm}$
- $h_f = 20\text{cm}$
- $d_x = 18\text{cm}$
- $d_y = 17\text{cm}$
- $\theta = \arctan(1/2) = 26.6^\circ$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 300\text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.004$ και $\rho_{ly} = 0.004$



Το στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y)/2$$

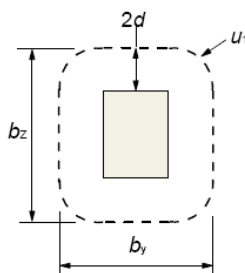
όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18\text{m} \text{ και } d_y = 0.17\text{m}$$

$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y)/2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17)/2 = 0.175\text{m}$$

Η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2b + 2h + 2\pi r = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.30 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 4 \cdot 0.3 + 4 \cdot \pi \cdot 0.175 = 3.40\text{m}$$



(§6.4.2 (6.32))

(§6.4.2)

<p>1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,max}$. Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση : $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff})$</p> <p>$V_{Ed}$ δρώσα τέμνουσα σε β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα $\beta = 1.15$ (εσωτερικό υποστύλωμα) u_o μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm $u_o = 2 \cdot (b+h) = 2 \cdot 2 \cdot 0.3 = 1.2m = 1200mm$ d_{eff} μέσο στατικό ύψος σε mm</p> <p>Επομένως $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff}) = 1.15 \cdot (300 \cdot 1000) / (1200 \cdot 175) = 1.64 \text{ MPa}$</p> <p>$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ Όπου $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$ $v = 0.6(1 - f_{ck} / 250) = 0.6(1 - 20 / 250) = 0.552$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.13 \text{ MPa}$</p> <p>Διαπιστώνουμε ότι $v_{Ed} = 1.64 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 3.13 \text{ MPa}$ επομένως είμαστε OK</p>	<p>(§6.4.3 (2))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.38))</p> <p>(§6.4.5(3))</p>
<p>2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή μιας πλάκας σε διάτρηση στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_{eff})$ V_{Ed} δρώσα διατμητική τάση β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα $\beta = 1.15$ (εσωτερικό υποστύλωμα) u_1 μήκος περιφέρειας u_1 d_{eff} μέσο στατικό ύψος</p> <p>Επομένως $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_{eff}) = 1.15 \cdot (300 \cdot 1000) / (3400 \cdot 175) = 0.58 \text{ MPa}$</p> <p>Για πλάκες η αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό δίνεται από τη σχέση : $v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$</p> <p>Όπου $C_{Rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$ $k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/175)^{1/2} = 2.069 > 2$ άρα $k = 2$ $\rho_{lx} = 0.004$ και $\rho_{ly} = 0.004 \rightarrow \rho_l = (\rho_{lx} \cdot \rho_{ly})^{1/2} = (0.004 \cdot 0.004)^{1/2} = 0.004 < 0.02$ άρα OK</p>	<p>(§6.4.3(2)) (§6.4.4(1))</p> <p>(§6.4.4(1) (6.47))</p>

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0.44 \text{ MPa}$$

$$v_{Rdc} = C_{Rdc}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.004 \cdot 20)^{1/3} = 0.48 \text{ MPa} > v_{\min}$$

$v_{Rdc} = 0.48 < v_{Ed} = 0.58$ επομένως απαιτείται οπλισμός διάτρησης

Απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης πλάκας :

Το απαιτούμενο εμβαδό οπλισμού διάτρησης για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$v_{Rd,cs} = 0.75v_{Rd,c} + 1.5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin\alpha$$

Όπου

u_1 βασική περίμετρος ελέγχου

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm)
η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{rmax} = 0.75d_{eff} = 0.13m$

$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ όπου d σε mm και f_{ywd} σε MPa

d μέσο στατικό ύψος

α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση προκύπτει :

$$A_{sw}/s_r = [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1] / (1.5f_{ywd,ef})$$

$$u_1 = 3.40m$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d = 250 + 0.25 \cdot 175 = 293.75 \text{ MPa} < 500/1.15 = 435 \text{ MPa}$$

$$s_r = s_{rmax} = 0.75d_{eff} = 0.13m$$

Ο απαιτούμενος οπλισμός ισούται με

$$A_{sw} = [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1] \cdot s_r / (1.5f_{ywd,ef}) = [(0.58 - 0.75 \cdot 0.48) \cdot 3.40] \cdot 0.13 / (1.5 \cdot 293.75) = 2.2 \text{ cm}^2$$

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες οπλισμού διάτρησης πλάκας :

Η περίμετρος πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης υπολογίζεται ως εξής :

$$u_{outef} = V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d)$$

Όπου

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

v_{Rdc} αντοχή της πλάκας σε διάτρηση

d μέσο στατικό ύψος

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d) = 1.15 (300 \cdot 1000) / (0.48 \cdot 175) = 4044mm = 4.04m$$

Η απόσταση της εξώτατης περιμέτρου από την παρειά του υποστύλωμα είναι :

$$u_{outef} = 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_{outef}) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_{outef} \Leftrightarrow r_{outef} = 0.45m$$

$$\text{Δηλαδή } r_{outef} = 2.58d$$

(§6.4.5(1) (6.52))

(§6.4.5(4) (6.54))

Ενώ η απόσταση της βασικής περιμέτρου ελέγχου από την παρειά του υποστυλώματος είναι :

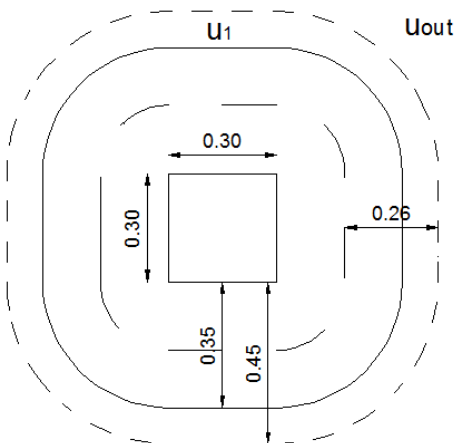
$$u_1 = 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_1) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_1 \leftrightarrow r_1 = 0.35m$$

$$\Delta\eta\lambda\alpha\delta\acute{\eta} \ r_1 = 2.00d$$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε παράλληλους κύκλους γύρω από το υποστυλωμα. Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη από $0.30d = 0.05m$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d = 0.26m$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} . Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των οπλισμών είναι $0.75d = 0.13m$

(§6.4.5)

(§9.4.3)



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d = 0.26m$. Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν ξεπερνά το $2d = 2 \cdot 0.175 = 0.35m$

Επιλέγω να τοποθετήσω 3 περιμέτρους οπλισμού :

- 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_1 = 0.3d = 0.052m$ από τη παρειά του υποστυλώματος
- 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_2 = 0.3d + 0.75d = 0.184m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_3 = 0.3d + 2 \cdot 0.75d = 0.315m$ από την παρειά του υποστυλώματος

Και οι 3 περιμέτροι βρίσκονται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου ενώ η τελευταία περίμετρος ελέγχου απέχει $r_{outef} - r_3 = 0.45 - 0.315 = 0.135m < 1.5d$

$$\begin{aligned} \text{Το μήκος της 1}^{ης} \text{ περιμέτρου ισούται με } \underline{u_1} &= 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_1) \\ &= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.052) \\ &= 1.53m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Το μήκος της 2}^{ης} \text{ περιμέτρου ισούται με } \underline{u_2} &= 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_2) \\ &= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.184) \\ &= 2.36m \end{aligned}$$

<p>Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $\underline{u}_3 = 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_3)$ $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.315)$ $= 3.18\text{m}$</p> <p>Στην 1^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.19m $A_{sw1} = 4\text{cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 2.2\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.19m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.19) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 60.73 \geq 0.000715$ $A_{sw,min} \geq 0.12\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$</p> <p>Στην 2^η περίμετρο τοποθετώ 12Φ8 ανά 0.20m $A_{sw2} = 6.0\text{cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.20m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.20) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 57.69 \geq 0.000715$ $A_{sw,min} \geq 0.12\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$</p> <p>Στην 3^η περίμετρο τοποθετώ 12Φ8 ανά 0.26m $A_{sw2} = 6\text{cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.26m

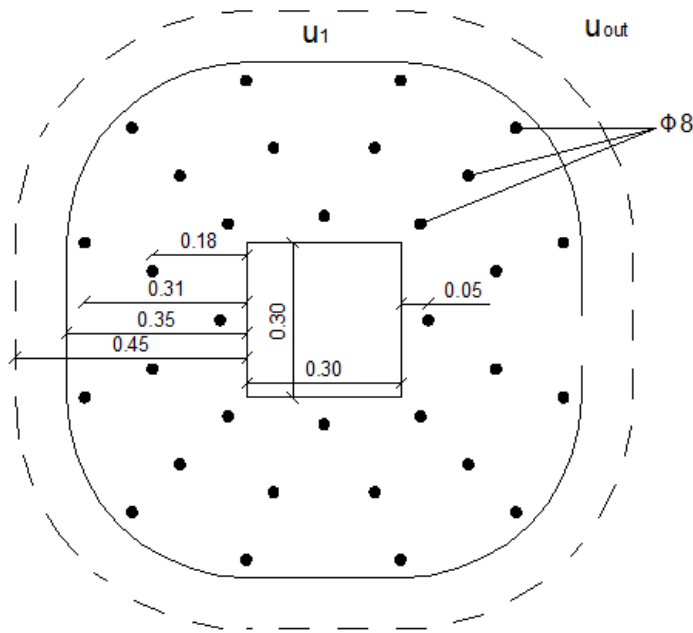
α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.26) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 44.37 \geq 0.000715$$

$$A_{sw,min} \geq 0.16\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$$



Εφαρμογή Ε.11 : Διαστασιολόγηση έναντι διάτρησης

Υποστυλώμα διαστάσεων 0.50*0.50 m θεμελιώνεται σε πλάκα γενικής κοιτόστρωσης πάχους h . Η πλάκα είναι οπλισμένη με διπλή εσχάρα $\Phi 20/20$ πάνω και κάτω. Το υποστυλώμα καταπονείται από αξονική δύναμη :

(a) από μόνιμα φορτία $N_G = 1000 \text{ kN}$

(b) από κινητά φορτία $N_q = 1500 \text{ kN}$

Οι τάσεις του εδάφους για τον συνδυασμό αστοχίας κάτω από την πλάκα

θεωρούνται σταθερές και ίσες με 120 kPa .

Ζητείται να βρεθεί το πάχος h της πλάκας θεμελιώσεως και ο απαραίτητος οπλισμός διάτρησης.

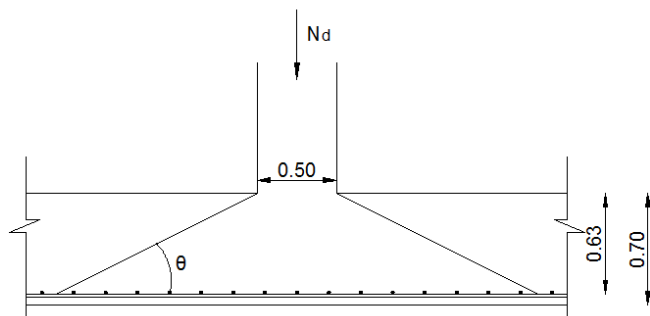
Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- σκυρόδεμα C20/25

- χάλυβας B500

- επικάλυψη $c=5 \text{ cm}$

- πάχος πλάκας $h = 0.7 \text{ m}$



1. Βασικοί Έλεγχοι

Το στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_y + d_z)/2$$

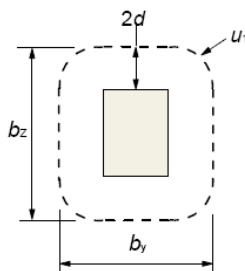
όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_y = h - 6 \text{ και } d_z = h - 8$$

$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_y + d_z)/2 = d_{\text{eff}} = (h - 6 + h - 8)/2 = h - 0.07 = 0.7 - 0.07 = 0.63 \text{ m}$$

Βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d_{\text{eff}}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2b + 2h + 2\pi r = 2 \cdot 0.50 + 2 \cdot 0.50 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 4 \cdot 0.5 + 4 \cdot \pi \cdot 0.63 = 9.92 \text{ m}$$



(§6.4.2 (6.32))

(§6.4.2)

(Σχ. 6.1)

<p>Η βασική διατομή ελέγχου ορίζεται από την περίμετρο ελέγχου u_1 και από το στατικό ύψος d_{eff}. Επομένως :</p> $A_{u1} = b \cdot h + 2 \cdot b \cdot 2 \cdot d_{eff} + 2 \cdot h \cdot 2 \cdot d_{eff} + \pi(2 \cdot d_{eff})^2$ $= 0.5 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 \cdot 2 \cdot 0.63 + 2 \cdot 0.5 \cdot 2 \cdot 0.63 + \pi(2 \cdot 0.63)^2 = 7.75 \text{ m}^2$ <p>1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,max}$.</p> <p>Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$</p> <p>Η τέμνουσα διάτρησης επιτρέπεται να μειώνεται λόγω της ευνοϊκής επιρροής των εδαφικών πιέσεων</p> <p>Το εμβαδό που ορίζεται από την περιφέρεια του υποστυλώματος είναι ίσο με :</p> $A_{u0} = 0.5^2 = 0.25 \text{ m}^2$ $V_{Ed} = 1.35 N_G + 1.5 N_q - A_{u0} q_{εδ.} = 1.35 \cdot 1000 + 1.5 \cdot 1500 - 0.25 \cdot 120 = 3570 \text{ kN}$ $v_{Ed} = V_{Ed} / (u_0 d_{eff})$ <p>Όπου</p> $V_{Ed} \text{ δρώσα τέμνουσα σε N}$ $u_0 \text{ μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm}$ $d_{eff} \text{ μέσο στατικό ύψος σε mm}$ $v_{Ed} = V_{Ed} / (u_0 d_{eff}) = (3570 \cdot 1000) / (4 \cdot 0.50 \cdot 1000 \cdot 0.63 \cdot 1000) = 2.83 \text{ MPa}$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ <p>Όπου</p> $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$ $v = 0.6(1 - f_{ck} / 250) = 0.6(1 - 20 / 250) = 0.552$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.127 \text{ MPa}$ <p>Διαπιστώνουμε ότι $v_{Ed} = 2.83 < v_{Rd,max} = 3.12$ επομένως είμαστε OK</p> <p>2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή σε διάτρηση στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1</p> $u_1 = 9.92 \text{ m}$ $A_{u1} = 7.75 \text{ m}^2$ <p>Επιτρέπεται η απομείωση της δρώσας τέμνουσας λόγω εδαφικών πιέσεων</p> <p>Το εμβαδό που ορίζεται από την βασική περιφέρεια ελέγχου u_1 είναι 7.75 m^2 ενώ το μήκος της περιφέρειας ισούται με 9.92 m</p> $V_{Ed} = 1.35 N_G + 1.5 N_q - A_{u1} q_{εδ.} = 1.35 \cdot 1000 + 1.5 \cdot 1500 - 7.75 \cdot 120 = 2670 \text{ kN}$ $v_{Ed} = V_{Ed} / (u_1 d_{eff}) = (2670 \cdot 1000) / (9.92 \cdot 1000 \cdot 0.63 \cdot 1000) = 0.43$ $v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$ <p>Όπου</p> $C_{Rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$	<p>(§6.4.3 (2))</p> <p>(§6.4.3(8))</p> <p>(§6.4.4 (6.38))</p> <p>(§6.4.5)</p> <p>(§3.1.6 (3.15))</p> <p>(§6.2.2)</p> <p>(§6.4.3(8))</p> <p>(§6.4.3 (6.44))</p> <p>(§6.4.4 (6.47))</p>
--	---

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/630)^{1/2} = 1.56$$

Για να υπολογίσω το ποσοστό του εφελκυσμένου οπλισμού θεωρώ πλάτος πλάκας ίσο με $b + 3 \cdot d_{\text{eff}} = 0.5 + 3 \cdot 0.63 = 2.39 \text{ m}$

Εφόσον οι ράβδοι του οπλισμού τοποθετούνται ανά 0.20m στο τμήμα των 2.39m υπάρχουν 12 ράβδοι

$$A_s = 12 \cdot 3.14 = 37.68 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{ly} = A_s / (2.39 \cdot 0.63 \cdot 10000) = 37.68 / (2.39 \cdot 0.63 \cdot 10000) = 0.00250$$

$$\rho_{ly} = \rho_{lz} \rightarrow \rho_l = (\rho_{ly} \cdot \rho_{lz})^{1/2} = 0.00250 < 0.02 \text{ άρα OK}$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.56^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0.294$$

$$v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} = 0.12 \cdot 1.56 \cdot (100 \cdot 0.00250 \cdot 20)^{1/3} = \mathbf{0.320 \text{ MPa}} > v_{\min}$$

$$v_{Rdc} = \mathbf{0.320 \text{ MPa}} < v_{Ed} = \mathbf{0.43 \text{ MPa}} \text{ επομένως απαιτείται οπλισμός διάτρησης}$$

2. Απαιτούμενος οπλισμός

Υπολογίζω τον απαιτούμενο οπλισμό διάτρησης για δρώσα διατμητική τάση

$v_{Ed} = 0.43$ στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1 σύμφωνα με τη σχέση :

$$v_{Rd,cs} = 0.75 v_{Rd,c} + 1.5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha \quad (\mathbf{a})$$

Όπου

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm)
η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{r\max} = 0.75 d_{\text{eff}} = 0.473 \text{ m}$

$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d \leq f_{ywd}$ όπου d σε mm και f_{ywd} σε MPa

d μέσο στατικό ύψος

α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα

Στην σχέση **(a)** αντικαθιστώ τα ακόλουθα:

$$v_{Rd,c} = 0.320$$

$$u_1 = 9.92 \text{ m}$$

$$d_{\text{eff}} = 0.63 \text{ m}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d = 250 + 0.25 \cdot 630 = 407.5 \text{ MPa} < 500/1.15 = 435 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$s_r = s_{r\max} = 0.75 d_{\text{eff}} = 0.473 \text{ m}$$

Και προκύπτει :

$$v_{Rd,cs} = 0.75 v_{Rd,c} + 1.5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha \leftrightarrow$$

$$0.43 = 0.75 \cdot 0.320 + 1.5 \cdot (1.33) \cdot A_{sw} \cdot 407 \cdot (1/(9.92 \cdot 0.63 \cdot 10^6)) \leftrightarrow$$

$$A_{sw} = (0.43 - 0.75 \cdot 0.320) \cdot (9.92 \cdot 0.63 \cdot 10^6) / (1.5 \cdot 1.33 \cdot 407) = 1462 \text{ mm}^2 = 14.6 \text{ cm}^2$$

3. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Αρχικά υπολογίζω την περίμετρο εξώτατη περίμετρο u_{outef} πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης όπως και την απόστασή της από την περίμετρο του υποστυλώματος:

$$u_{\text{outef}} = V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d) = (2670 \cdot 1000) / (0.320 \cdot 0.63 \cdot 1000) = 13244 \text{ mm} = 13.24 \text{ m}$$

$$u_{\text{outef}} = 2b_x + 2b_y + 2\pi(r_{\text{outef}}) = 2 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 + 2\pi r_{\text{outef}} \leftrightarrow r_{\text{outef}} = 1.79 \text{ m}$$

Η βασική περίμετρος ελέγχου $u_1 = 9.92 \text{ m}$ απέχει από την παρειά του

(§6.4.4)

(§6.2.2 (1))

(§6.4.2 (6.52))

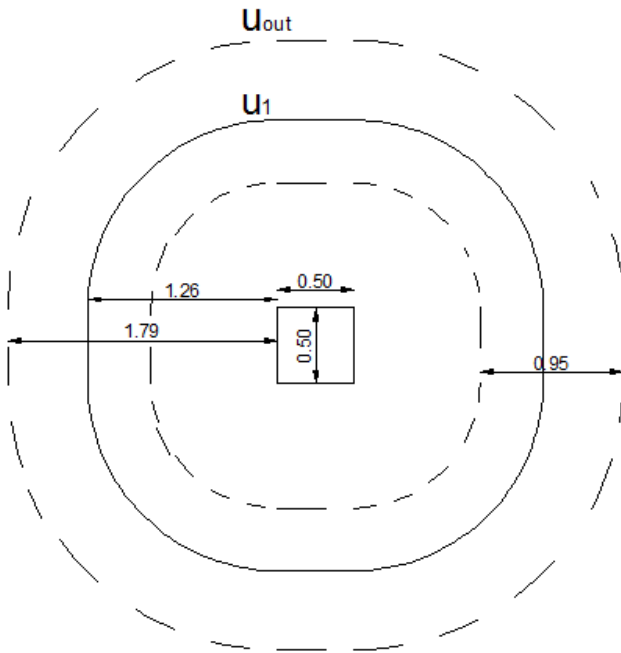
(§6.4.5 (6.54))

υποστυλώματος $2d_{eff} = 1.26\text{m}$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε ομόκεντρες περιμέτρους οι οποίες θα απέχουν μεταξύ τους $0.75d_{eff}=0.47\text{m}$. Κάθε μία από αυτές τις περιμέτρους πρέπει να διαθέτει οπλισμό με συνολικό εμβαδό τουλάχιστον 14.6cm^2 . Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη του $0.30d = 0.19\text{m}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d = 0.95\text{m}$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} .

(§6.4.5)

(§9.4.3)



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d = 0.95\text{m}$. Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν ξεπερνά το $2d = 2 \cdot 0.63 = 1.26\text{m}$

Επιλέγω να τοποθετήσω 3 περιμέτρους οπλισμού :

- 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $0.3d = \mathbf{0.19m}$ από τη παρειά του υποστυλώματος
- 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $0.3d + 0.75d = \mathbf{0.66m}$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $0.3d + 2 \cdot 0.75d = \mathbf{1.135m}$ από την παρειά του υποστυλώματος

Και οι 3 περιμέτροι βρίσκονται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου ενώ η τελευταία περίμετρος οπλισμού απέχει από την εξώτατη περίμετρο u_{out} απόσταση $1.79 - 1.135 = 0.655\text{m} < 0.95\text{m}$

<p>Το μήκος της 1^{ης} περιμέτρου ισούται με $\underline{u}_1 = 2b_x + 2b_y + 2\pi(\underline{r}_1)$ $= 2 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 + 2\pi(0.19)$ $= 3.19\text{m}$</p> <p>Το μήκος της 2^{ης} περιμέτρου ισούται με $\underline{u}_2 = 2b_x + 2b_y + 2\pi(\underline{r}_2)$ $= 2 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 + 2\pi(0.66)$ $= 6.15\text{m}$</p> <p>Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $\underline{u}_3 = 2b_x + 2b_y + 2\pi(\underline{r}_3)$ $= 2 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 + 2\pi(1.135)$ $= 9.13\text{m}$</p> <p>1^η περίμετρος οπλισμού Τοποθετώ 12Φ14 ανά 0.26m <0.945m $A_{sw} = 12 \cdot 1.54 = 18.48\text{cm}^2$ Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.47m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.26m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (47 \cdot 26) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 0.001227 \geq 0.00071554$ $A_{sw,min} \geq 0.58\text{cm}^2 < \Phi 14 = 1.54\text{cm}^2$</p> <p>2^η περίμετρος οπλισμού Τοποθετώ 12Φ14 ανά 0.51m <0.945m $A_{sw} = 12 \cdot 1.54 = 18.48\text{cm}^2$ Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.47m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.51m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (47 \cdot 51) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 0.000628 \geq 0.00071554$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p> <p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
---	---

$$A_{sw,min} \geq 1.13 \text{ cm}^2 < \Phi 14 = 1.54 \text{ cm}^2 \text{ άρα είμαστε εντάξει}$$

3^η περίμετρος οπλισμού

Τοποθετώ **16Φ14 ανά 0.57m**

$$A_{sw} = 16 \cdot 1.54 = 24.64 \text{ cm}^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$$

Όπου

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.47m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.57m

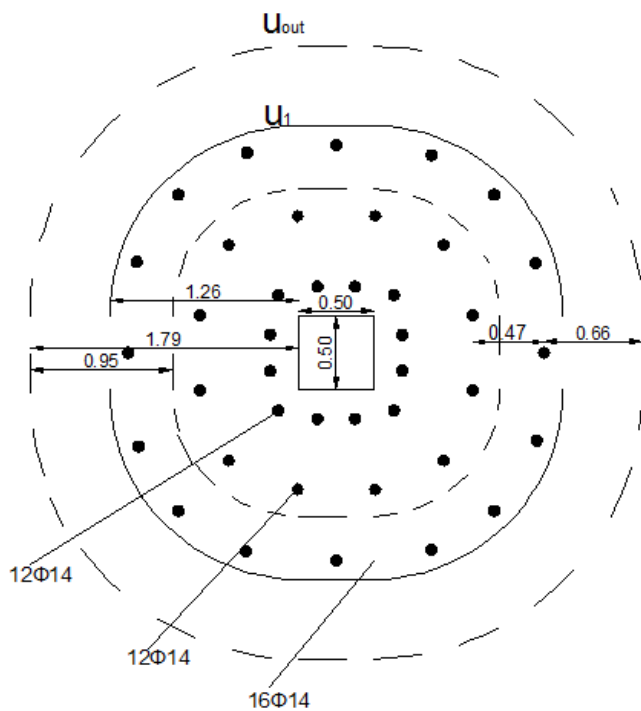
α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (47 \cdot 57) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 0.000559 \geq 0.00071554$$

$$A_{sw,min} \geq 1.28 \text{ cm}^2 < \Phi 14 = 1.54 \text{ cm}^2 \text{ άρα είμαστε εντάξει}$$

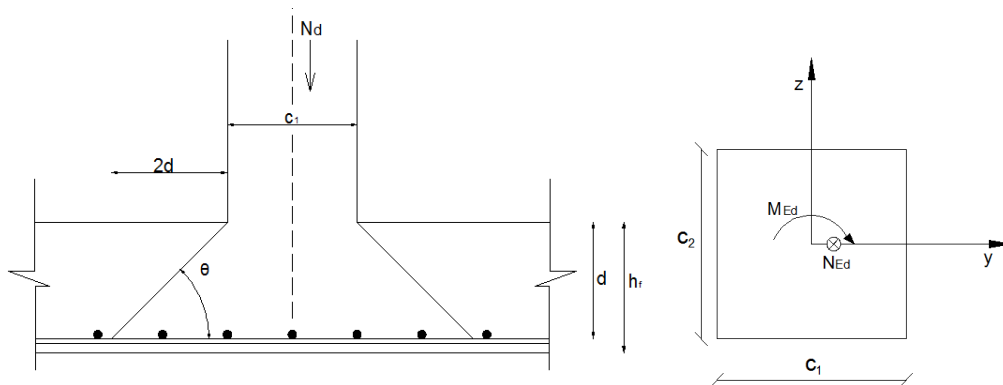


Εφαρμογή Ε.12 : Οπλισμός διάτρησης για εσωτερικό υποστύλωμα με αξονική δύναμη και ροπή

Εσωτερικό υποστύλωμα διαστάσεων $c_1 \times c_2 = 0.30 \text{m} \times 0.30 \text{m}$ εδράζεται σε πλάκα πάχους 0.20m και παρουσιάζει εκκεντρότητα e κατά την διεύθυνση y η οποία ισούται με 0.035m

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 450 \text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.010$ και $\rho_{ly} = 0.010$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- βάθος οπλισμού κατά x $d_x = 18 \text{cm}$
- βάθος οπλισμού κατά y $d_y = 17 \text{cm}$



Το μέσο στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2$$

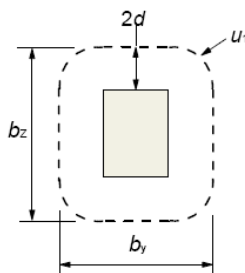
όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18 \text{m} \text{ και } d_y = 0.17 \text{m}$$

$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17) / 2 = 0.175 \text{m}$$

Γενικά η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d_{\text{eff}}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi r = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.30 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 4 \cdot 0.3 + 4 \cdot \pi \cdot 0.175 = 3.40 \text{m}$$



(§6.4.2(1) (6.32))

(§6.4.2(1))

<p>1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,max}$. Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση : $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff})$</p> <p>$V_{Ed}$ δρώσα τέμνουσα β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα u_o μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm $u_o = 2 \cdot (c_1 + c_2) = 2 \cdot 2 \cdot 0.3 = 1.2m = 1200mm$ d_{eff} μέσο στατικό ύψος σε mm</p> <p>Εφόσον το υποστύλωμα είναι εσωτερικό και παρουσιάζει εκκεντρότητα κατά μία διεύθυνση μόνο ο συντελεστής εκκεντρότητας προκύπτει ως εξής : $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed} / V_{Ed}) \cdot (u_1 / W_1)$ Όπου $c_1 / c_2 = 0.30 / 0.30 = 1 \rightarrow k = 0.6$ $M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e = 450 \cdot 0.035 = 15.75 \text{ KNm}$ $W_1 = c_1^2 / 2 + c_1 c_2 + 4 c_2 d + 16 d^2 + 2 \pi d c_1$ $= 0.3^2 / 2 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 16 \cdot (0.175)^2 + 2 \cdot \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 1.165$ $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed} / V_{Ed}) \cdot (u_1 / W_1) = 1 + 0.6 \cdot (15.75 / 450) \cdot (3.4 / 1.165) = 1.061$</p> <p>Επομένως $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff}) = 1.061 \cdot (450 \cdot 1000) / (1200 \cdot 175) = 2.27 \text{ MPa}$</p> <p>Η μέγιστη αντοχή με την οποία πρέπει να συγκριθεί η v_{Ed} είναι : $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ Όπου $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$ $v = 0.6 (1 - f_{ck} / 250) = 0.6 (1 - 20 / 250) = 0.552$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.13 \text{ MPa}$</p> <p>Διαπιστώνουμε ότι $v_{Ed} = 2.27 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 3.13 \text{ MPa}$ επομένως είμαστε OK</p>	<p>(§6.4.3(2))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.38))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.39))</p> <p>(§6.4.5(3))</p> <p>(§3.1.6 (3.15)) (§6.2.2 (6.6N))</p>
<p>2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή της πλάκας σε διάτρηση στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_{eff})$ V_{Ed} δρώσα διατμητική δύναμη β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα $\beta = 1.061$ (εσωτερικό υποστύλωμα) u_1 μήκος περιμέτρου u_1 d_{eff} μέσο στατικό ύψος</p>	<p>(§6.4.3(2))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.38))</p>

Επομένως $v_{Ed} = \beta v_{Ed} / (u_1 d_{eff}) = 1.061 \cdot (450 \cdot 1000) / (3400 \cdot 175) = 0.803 \text{ MPa}$

Για πλάκες η αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό δίνεται από τη σχέση :

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

(§6.4.4(1) (6.47))

Όπου

$$C_{Rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/175)^{1/2} = 2.069 > 2 \quad \text{άρα } k = 2$$

$$\rho_{lx} = 0.010 \text{ και } \rho_{ly} = 0.010 \rightarrow \rho_l = (\rho_{lx} \cdot \rho_{ly})^{1/2} = (0.010 \cdot 0.010)^{1/2} = 0.010 < 0.02 \quad \text{άρα OK}$$

$$k_1 = 0.1$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0.44 \text{ MPa}$$

$$v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.010 \cdot 20)^{1/3} = 0.651 \text{ MPa} > v_{min}$$

$$v_{Rdc} = 0.651 < v_{Ed} = 0.803 \quad \text{επομένως απαιτείται οπλισμός διάτρησης}$$

Απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης :

Το απαιτούμενο εμβαδό οπλισμού διάτρησης για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$v_{Rd,cs} = 0.75 v_{Rd,c} + 1.5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

(§6.4.5(1) (6.52))

Όπου

u_1 βασική περίμετρος ελέγχου

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm)
η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{rmax} = 0.75 d_{eff} = 0.13 \text{ m}$

$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d \leq f_{ywd}$ όπου d σε mm και f_{ywd} σε MPa

d μέσο στατικό ύψος

α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση προκύπτει :

$$A_{sw} / s_r = [(v_{Ed} - 0.75 v_{Rd,c}) u_1] / (1.5 f_{ywd,ef})$$

$$u_1 = 3.40 \text{ m}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d = 250 + 0.25 \cdot 175 = 293.75 \text{ MPa} < 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa}$$

$$s_r = s_{rmax} = 0.75 d_{eff} = 0.13 \text{ m}$$

Ο απαιτούμενος οπλισμός ισούται με

$$\begin{aligned} A_{sw} &= [(v_{Ed} - 0.75 v_{Rd,c}) u_1] \cdot s_r / (1.5 f_{ywd,ef}) \\ &= [(0.803 - 0.75 \cdot 0.651) \cdot 3.40] \cdot 0.13 / (1.5 \cdot 293.75) \\ &= 3.2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες οπλισμού διάτρησης πλάκας :

Η περίμετρος πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης υπολογίζεται ως εξής :

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d_{eff})$$

Όπου

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

v_{Rdc} αντοχή της πλάκας σε διάτρηση

d μέσο στατικό ύψος

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d_{eff}) = 1.061 (450 \cdot 1000) / (0.651 \cdot 175) = 4190 \text{ mm} = 4.19 \text{ m}$$

Η απόσταση της εξώτατης περιμέτρου από την παρειά του υποστυλώμα είναι :

$$u_{outef} = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_{outef}) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_{outef} \Leftrightarrow r_{outef} = 0.476 \text{ m}$$

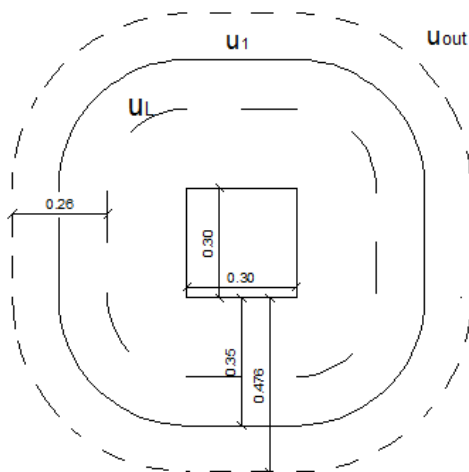
Ενώ η απόσταση της βασικής περιμέτρου ελέγχου από την παρειά του υποστυλώματος είναι :

$$u_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_1) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_1 \Leftrightarrow r_1 = 0.35 \text{ m}$$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε ομόκεντρους περιμέτρους γύρω από το υποστυλώμα. Σε κάθε μία από αυτές τις περιμέτρους τοποθετούμε εμβαδό οπλισμού τουλάχιστον ίσο με τον απαιτούμενο οπλισμό που υπολογίσαμε για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 . Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη από $0.30d_{eff} = 0.05 \text{ m}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} . Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των οπλισμών είναι $0.75d_{eff} = 0.13 \text{ m}$

(§6.4.5(4) (6.54))

(§9.4.3)



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$. Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν ξεπερνά το $2d_{eff} = 2 \cdot 0.175 = 0.35 \text{ m}$

(§9.4.3)

<p>Τοποθετώ το ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος περιμέτρων :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_1 = 0.3d = 0.052m$ από τη παρειά του υποστυλώματος - 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_2 = 0.3d + 0.75d = 0.184m$ από την παρειά του υποστυλώματος - 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_3 = 0.3d + 2 \cdot 0.75d = 0.315m$ από την παρειά του υποστυλώματος <p>Και οι 3 περίμετροι βρίσκονται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου ενώ η τελευταία περίμετρος ελέγχου απέχει $r_{outef} - r_3 = 0.476 - 0.315 = 0.161m < 1.5d$ από την εξώτατη περίμετρο</p> <p>Το μήκος της 1^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_1)$ $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.052)$ $= 1.53m$</p> <p>Το μήκος της 2^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_2 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_2)$ $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.184)$ $= 2.36m$</p> <p>Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_3 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_3)$ $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.315)$ $= 3.18m$</p> <p>Στην 1^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.19m $A_{sw1} = 4cm^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.2cm^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500MPa$ $f_{ck} = 20MPa$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.19m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.19 \cdot 0.13) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 60.73 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.12cm^2 < \Phi 8 = 0.50 cm^2$</p> <p>Στην 2^η περίμετρο τοποθετώ 12Φ8 ανά 0.20m $A_{sw2} = 6.0cm^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500MPa$ $f_{ck} = 20MPa$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p> <p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
--	---

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m
 s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.20m
 α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.20) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 57.69 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.124 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$

Στην 3^η περίμετρο τοποθετώ **12Φ8 ανά 0.26m**

$$A_{sw3} = 6 \text{ cm}^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

(§9.4.3(2) (9.11))

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$$

Όπου

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.26m

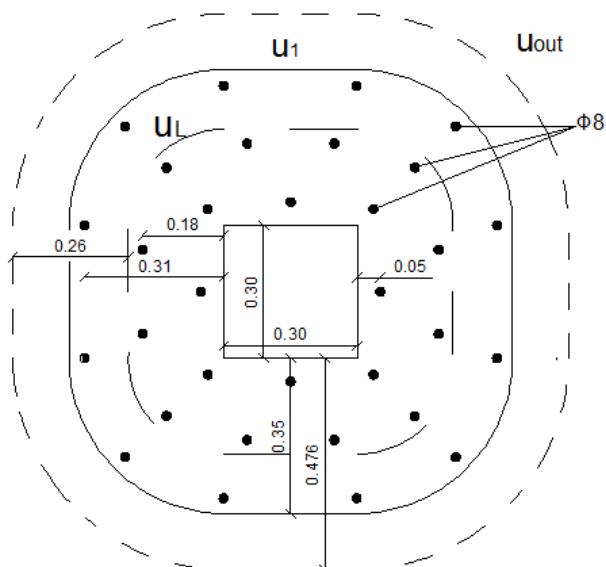
α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.26) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 44.38 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.16 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$



Στους παρακάτω πίνακες διακρίνουμε :

- (i) την συμβολή της διαπλάτυνσης στον πόδα του υποστυλώματος
- (ii) την συμβολή της αύξησης του πάχους της πλάκας

(i)

	b _{xh} (m)	N _d (kN)	V _{Edo} (Mpa)	V _{Rd,max} (Mpa)	V _{Edu1} (Mpa)	V _{Rd,c} (Mpa)	A _{swu1} (cm ²)	r _{out,ef} (m)	Αριθμός σειρών οπλισμών n
Υποστύλωμα 0.3x0.3	0,3	450	2,27	3,13	0,80	0,65	3,2	0,48	3
Υποστύλωμα με διαπλάτυνση	0,45	450	1,50	3,13	0,68	0,65	2,2	0,37	2

(ii)

	d _{eff} (m)	N _d (kN)	V _{Edo} (Mpa)	V _{Rd,max} (Mpa)	V _{Edu1} (Mpa)	V _{Rd,c} (Mpa)	A _{swu1} (cm ²)	r _{out,ef} (m)	Αριθμός σειρών οπλισμών n
Υποστύλωμα 0.3x0.3 (a)	0,175	450	2,27	3,13	0,80	0,65	3,2	0,48	3
Υποστύλωμα 0.3x0.3 (b)	0,225	450	1,78	3,13	0,53	0,65	-	-	-

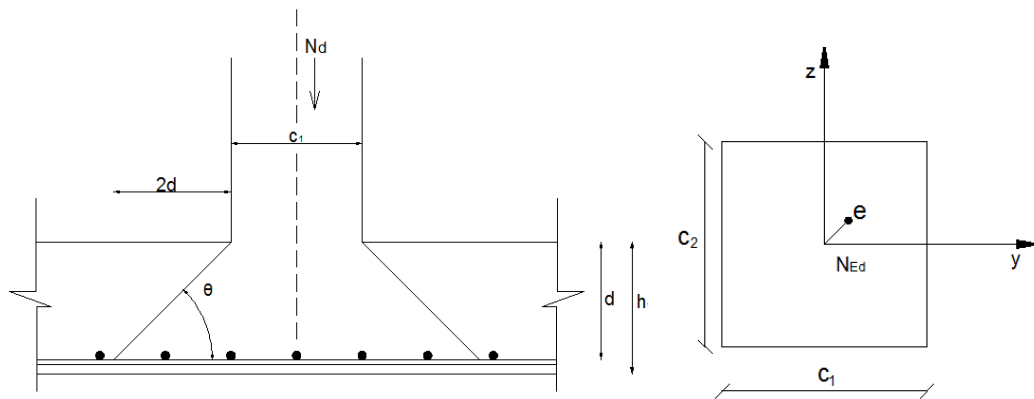
Στην περίπτωση (i) παρατηρείται η μείωση του εμβαδού του απαιτούμενου οπλισμού όπως και των σειρών οπλισμού
Ενώ στην περίπτωση (ii) δεν απαιτείται καν οπλισμός

Εφαρμογή Ε.13 : Οπλισμός διάτρησης για εσωτερικό υποστύλωμα με διπλή εκκεντρότητα

Εσωτερικό υποστύλωμα διαστάσεων $c_1 \times c_2 = 0.30 \text{m} \times 0.30 \text{m}$ εδράζεται σε πλάκα πάχους 0.20m και παρουσιάζει εκκεντρότητα κατά την διεύθυνση y και z . Η εκκεντρότητα σε κάθε διεύθυνση ισούται με $e_y = e_z = 0.035 \text{m}$

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 450 \text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.010$ και $\rho_{ly} = 0.010$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- βάθος οπλισμού κατά x $d_x = 18 \text{cm}$
- βάθος οπλισμού κατά y $d_y = 17 \text{cm}$



Το μέσο στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2$$

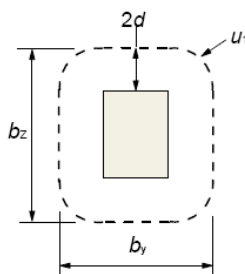
όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18 \text{m} \text{ και } d_y = 0.17 \text{m}$$

$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17) / 2 = 0.175 \text{m}$$

Γενικά η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d_{\text{eff}}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi r = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.30 + 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 4 \cdot 0.3 + 4 \cdot \pi \cdot 0.175 = 3.40 \text{m}$$



(§6.4.2(1) (6.32))

(§6.4.2(1))

<p>1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,max}$. Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση : $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff})$</p> <p>$V_{Ed}$ δρώσα τέμνουσα β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα u_o μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm $u_o = 2 \cdot (b+h) = 2 \cdot 2 \cdot 0.3 = 1.2m = 1200mm$ d_{eff} μέσο στατικό ύψος σε mm</p> <p>Εφόσον το υποστυλώμα είναι εσωτερικό και παρουσιάζει εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις ο συντελεστής εκκεντρότητας προκύπτει ως εξής : $\beta = 1 + 1.8 \cdot ((e_y/b_z)^2 + (e_z/b_y)^2)^{0.5}$ Όπου e_y και e_z είναι οι εκκεντρότητες στη διεύθυνση των αξόνων y και z b_y και b_z είναι οι διαστάσεις της περιμέτρου ελέγχου (βλέπε στο σχήμα παραπάνω) $b_y = b_z = 0.3 + 2 \cdot 2 \cdot d_{eff} = 0.3 + 2 \cdot 2 \cdot 0.175 = 1 m$</p> <p>$\beta = 1 + 1.8 \cdot ((e_y/b_z)^2 + (e_z/b_y)^2)^{0.5} = 1 + 1.8 \cdot ((0.035/1)^2 + (0.035/1)^2)^{0.5} = 1.089$</p> <p>Επομένως $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff}) = 1.089 \cdot (450 \cdot 1000) / (1200 \cdot 175) = 2.33 MPa$</p> <p>Η μέγιστη τάση διάτρησης με την οποία πρέπει να συγκρίνω με v_{Ed} είναι : $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ Όπου $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 MPa$ $v = 0.6 (1 - f_{ck} / 250) = 0.6 (1 - 20 / 250) = 0.552$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.13 MPa$</p> <p>Διαπιστώνουμε ότι $v_{Ed} = 2.33 MPa < v_{Rd,max} = 3.13 MPa$ επομένως είμαστε OK</p>	<p>(§6.4.3(2))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.38))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.43))</p> <p>(§6.4.5(3))</p> <p>(§3.1.6 (3.15)) (§6.2.2 (6.6N))</p>
<p>2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή μιας πλάκας σε διάτρηση στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1</p> <p>Δρώσα διατμητική τάση $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_{eff})$ V_{Ed} δρώσα διατμητική τάση β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα $\beta = 1.089$ u_1 μήκος περιφέρειας u_1 d_{eff} μέσο στατικό ύψος</p>	<p>(§6.4.3(2))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.38))</p>

<p>Επομένως $v_{Ed} = \beta v_{Ed}/(u_1 d_{eff}) = 1.089 \cdot (450 \cdot 1000)/(3400 \cdot 175) = 0.824 \text{ MPa}$</p> <p>Για πλάκες η αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό δίνεται από τη σχέση :</p> $v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$ <p>Όπου</p> $C_{Rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$ $k = 1 + (200/d_{eff})^{1/2} = 1 + (200/175)^{1/2} = 2.069 > 2 \text{ άρα } k = 2$ $\rho_{lx} = 0.010 \text{ και } \rho_{ly} = 0.010 \rightarrow \rho_l = (\rho_{lx} \cdot \rho_{ly})^{1/2} = (0.010 \cdot 0.010)^{1/2} = 0.010 < 0.02 \text{ άρα OK}$ $v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0.44 \text{ MPa}$ $v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} = 0.12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0.010 \cdot 20)^{1/3} = 0.651 \text{ MPa} > v_{min}$ <p>$v_{Rdc} = 0.651 < v_{Ed} = 0.824$ επομένως απαιτείται οπλισμός διάτρησης</p> <p>Απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης : Το απαιτούμενο εμβαδό οπλισμού διάτρησης για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :</p> $v_{Rd,cs} = 0.75 v_{Rd,c} + 1.5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$ <p>Όπου</p> <ul style="list-style-type: none"> u_1 βασική περίμετρος ελέγχου s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm) η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{rmax} = 0.75 d_{eff} = 0.13 \text{ m}$ $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d \leq f_{ywd}$ όπου d σε mm και f_{ywd} σε MPa d μέσο στατικό ύψος α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα <p>Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση προκύπτει :</p> $A_{sw}/s_r = [(v_{Ed} - 0.75 v_{Rd,c}) u_1] / (1.5 f_{ywd,ef})$ $u_1 = 3.40 \text{ m}$ $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 d = 250 + 0.25 \cdot 175 = 293.75 \text{ MPa} < 500/1.15 = 435 \text{ MPa}$ $s_r = s_{rmax} = 0.75 d_{eff} = 0.13 \text{ m}$ <p>Ο απαιτούμενος οπλισμός ισούται με</p> $A_{sw} = [(v_{Ed} - 0.75 v_{Rd,c}) u_1] \cdot s_r / (1.5 f_{ywd,ef})$ $= [(0.824 - 0.75 \cdot 0.651) \cdot 3.40] \cdot 0.13 / (1.5 \cdot 293.75)$ $= 3.4 \text{ cm}^2$	<p>(§6.4.4(1) (6.47))</p> <p>(§6.4.5(1) (6.52))</p>
---	---

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες οπλισμού διάτρησης πλάκας :

Η περίμετρος πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης υπολογίζεται ως εξής :

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d_{eff})$$

Όπου

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

v_{Rdc} αντοχή της πλάκας σε διάτρηση

d_{eff} μέσο στατικό ύψος

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d_{eff}) = 1.089 (450 \cdot 1000) / (0.651 \cdot 175) = 4302 \text{ mm} = 4.3 \text{ m}$$

Η απόσταση της εξώτατης περιμέτρου από την παρειά του υποστυλώμα είναι :

$$u_{outef} = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_{outef}) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_{outef} \Leftrightarrow r_{outef} = 0.493 \text{ m}$$

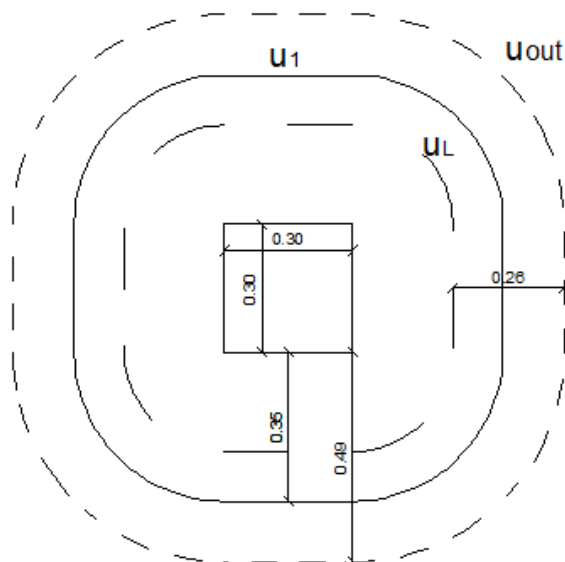
Ενώ η απόσταση της βασικής περιμέτρου ελέγχου από την παρειά του υποστυλώματος είναι :

$$u_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_1) = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi r_1 \Leftrightarrow r_1 = 0.35 \text{ m}$$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε ομόκεντρες περιμέτρους γύρω από το υποστυλώμα. Σε κάθε μία από αυτές τις περιμέτρους τοποθετούμε εμβαδό οπλισμού τουλάχιστον ίσο με τον απαιτούμενο οπλισμό που υπολογίσαμε για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 . Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη από $0.30d_{eff} = 0.05 \text{ m}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} . Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των οπλισμών είναι $0.75d_{eff} = 0.13 \text{ m}$

(§6.4.5(4) (6.54))

(§9.4.3)



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$. Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν

(§9.4.3)

ξεπερνά το $2d_{\text{eff}} = 2 \cdot 0.175 = 0.35\text{m}$

Τοποθετώ το ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος περιμέτρων οπλισμών :

- 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_1 = 0.3d = 0.052\text{m}$ από τη παρειά του υποστυλώματος
- 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_2 = 0.3d + 0.75d = 0.184\text{m}$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_3 = 0.3d + 2 \cdot 0.75d = 0.315\text{m}$ από την παρειά του υποστυλώματος

Και οι 3 περίμετροι βρίσκονται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου ενώ η τελευταία περίμετρος ελέγχου απέχει $r_{\text{outef}} - r_3 = 0.493 - 0.315 = 0.178\text{m} < 1.5d$ από την εξώτατη περίμετρο

Το μήκος της 1^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_1 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_1)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.052)$
 $= 1.53\text{m}$

Το μήκος της 2^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_2 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_2)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.184)$
 $= 2.36\text{m}$

Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_3 = 2c_1 + 2c_2 + 2\pi(r_3)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.315)$
 $= 3.18\text{m}$

Στην 1^η περίμετρο τοποθετώ **8Φ8 ανά 0.19m**

$$A_{\text{sw}1} = 4\text{cm}^2 > A_{\text{sw, απαιτ.}} = 3.4\text{cm}^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{\text{sw,min}} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{\text{ck}})^{1/2} / f_{\text{yk}}$$

Όπου

$$f_{\text{yk}} = 500\text{MPa}$$

$$f_{\text{ck}} = 20\text{MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.19m

α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{\text{sw,min}} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{\text{ck}})^{1/2} / f_{\text{yk}} \Leftrightarrow$$

$$A_{\text{sw,min}} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.19 \cdot 0.13) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{\text{sw,min}} \cdot 60.73 \geq 0.000716$$

$$A_{\text{sw,min}} \geq 0.12\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$$

Στην 2^η περίμετρο τοποθετώ **12Φ8 ανά 0.20m**

$$A_{\text{sw}2} = 6.0\text{cm}^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{\text{sw,min}} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{\text{ck}})^{1/2} / f_{\text{yk}}$$

(§9.4.3(2) (9.11))

(§9.4.3(2) (9.11))

Όπου

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.20m

α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.20) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 57.69 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.124 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$

Στην 3^η περίμετρο τοποθετώ **12Φ8 ανά 0.26m**

$$A_{sw3} = 6 \text{ cm}^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$$

Όπου

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.26m

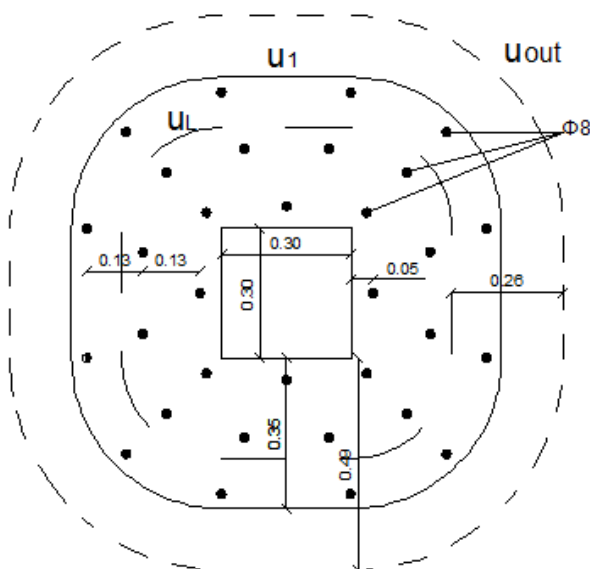
α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.26) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 44.38 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.16 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$



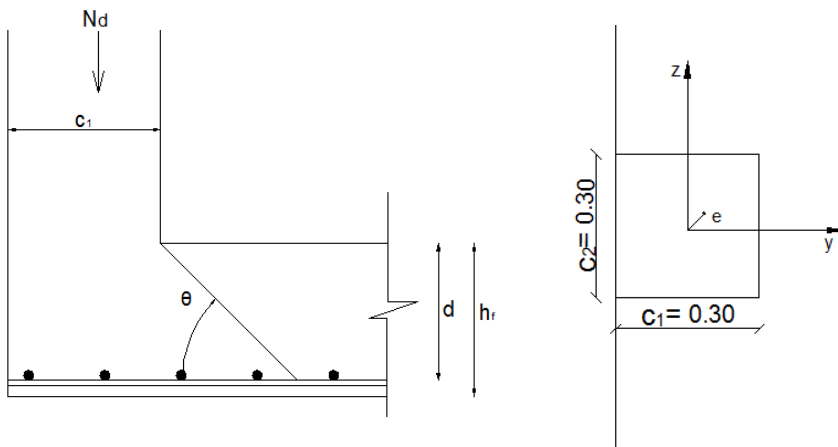
(§9.4.3(2) (9.11))

Εφαρμογή Ε.14 : Οπλισμός διάτρησης για περιμετρικό υποστύλωμα με εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις

Περιμετρικό υποστύλωμα διαστάσεων $c_1 \times c_2 = 0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$ εδράζεται σε πλάκα πάχους 0.20m και παρουσιάζει εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις y και z .

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 400\text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.010$ και $\rho_{ly} = 0.010$
- Εκκεντρότητα κατά τον άξονα $y \rightarrow e_y = 0.035\text{m}$ (προς το εσωτερικό της πλάκας)
- Εκκεντρότητα κατά τον άξονα $z \rightarrow e_z = 0.035\text{m}$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- Βάθος οπλισμού κατά x $d_x = 18\text{cm}$
- Βάθος οπλισμού κατά y $d_y = 17\text{cm}$



Το μέσο στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y)/2$$

όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18\text{m} \text{ και } d_y = 0.17\text{m}$$

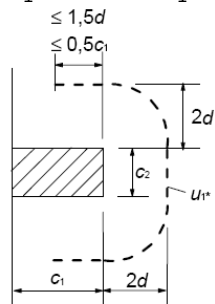
$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y)/2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17)/2 = 0.175\text{m}$$

Η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2c_1 + c_2 + \pi r = 2 \cdot 0.3 + 0.30 + \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 3 \cdot 0.3 + 2 \cdot \pi \cdot 0.175 = 1.99\text{m} \approx 2\text{m}$$

Η μειωμένη βασική περίμετρος ελέγχου υπολογίζεται ως εξής :

$$u_1^* = 2 \cdot 0.5 \cdot c_1 + c_2 + \pi r = 1 \cdot 0.3 + 0.30 + \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot \pi \cdot 0.175 = 1.69\text{m} \approx 1.7\text{m}$$



(§6.4.2(1) (6.32))

(§6.4.2(4))

<p>1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd,max}$. Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$</p>	(§6.4.3(2))
<p>Δρώσα διατμητική τάση : $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff})$</p> <p>$V_{Ed}$ δρώσα τέμνουσα β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα u_o μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm $u_o = 2 \cdot c_1 + c_2 = 3 \cdot 0.3 = 0.9m = 900mm$ d_{eff} μέσο στατικό ύψος σε mm</p>	(§6.4.3(3) (6.38))
<p>Εφόσον το υποστύλωμα είναι περιμετρικό και παρουσιάζει εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις ο συντελεστής εκκεντρότητας προκύπτει ως εξής : $\beta = u_1 / u_1^* + k \cdot (u_1 / W_1) \cdot e_{par}$ Όπου $c_1 / 2c_2 = 0.3 / 2 \cdot 0.3 = 0.5 \rightarrow k = 0.45$ e_{par} η εκκεντρότητα παράλληλα στο άκρο της πλάκας $\rightarrow e_z = 0.035m$ $W_1 = c_2^2 / 4 + c_2 c_1 + 4c_1 d + 8d^2 + \pi d c_2$ $= 0.3^2 / 4 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 8 \cdot (0.175)^2 + \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 0.732m^2$ $\beta = u_1 / u_1^* + k \cdot (u_1 / W_1) \cdot e_{par} = 2 / 1.7 + 0.45 \cdot (2 / 0.732) \cdot 0.035 = 1.22$</p>	(§6.4.3(4) (6.44))
<p>Επομένως $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{eff}) = 1.22 \cdot (400 \cdot 1000) / (900 \cdot 175) = 3.09 \text{ MPa}$</p>	
<p>Η μέγιστη τάση με την οποία πρέπει να συγκρίνω την v_{Ed} είναι : $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ Όπου $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$ $v = 0.6 (1 - f_{ck} / 250) = 0.6 (1 - 20 / 250) = 0.552$ $v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.13 \text{ MPa}$</p>	(§6.4.5(3)) (§3.1.6 (3.15)) (§6.2.2 (6.6N))
<p>Διαπιστώνουμε ότι $v_{Ed} = 3.09 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 3.13 \text{ MPa}$ επομένως είμαστε OK</p>	
<p>2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή μιας πλάκας σε διάτρηση στην βασική περίμετρο ελέγχου u_1</p>	(§6.4.3(2))
<p>Δρώσα διατμητική τάση $v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_{eff})$ V_{Ed} δρώσα διατμητική τάση β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα $\beta = 1.22$ u_1 μήκος περιφέρειας ($u_1 = 2000mm$) d_{eff} μέσο στατικό ύψος</p>	(§6.4.3(3) (6.38))

Επομένως $v_{Fd} = \beta V_{Fd} / (u_1 d_{eff}) = 1.22 * (400 * 1000) / (2000 * 175) = 1.39 \text{ MPa} \approx 1.4 \text{ MPa}$

Για πλάκες η αντοχή σε διάτρηση χωρίς σπλισμό δίνεται από τη σχέση :

$$v_{Rdc} = C_{Rdc} k (100 \rho_{lck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

(§6.4.4(1) (6.47))

Όπου

$$C_{Rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/175)^{1/2} = 2.069 > 2 \quad \text{άρα } k = 2$$

$$\rho_{ix} = 0.010 \text{ και } \rho_{iy} = 0.010 \rightarrow \rho_i = (\rho_{ix} \cdot \rho_{iy})^{1/2} = (0.010 \cdot 0.010)^{1/2} = 0.010 < 0.02 \text{ άρα OK}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$$

$k_1 = 0.1$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2^{3/2} * 20^{1/2} = 0.44 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{v_{Rdc}} = C_{Rdc}k(100\rho_{fck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} = 0.12*2*(100*0.010*20)^{1/3} = \mathbf{0.651\ MPa} > v_{min}$$

$v_{Rdc} = 0.651 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1.4 \text{ MPa}$ επομένως απαιτείται σπλισμός διάτρησης

Απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης :

Το απαιτούμενο εμβαδό οπλισμού διάτρησης για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$v_{Rd,cs} = 0.75v_{Rd,c} + 1.5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin\alpha$$

(§6.4.5(1) (6.52))

Όπου

u_1 βασική περίμετρος ελέγχου

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm)
 η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{rmax}=0.75d_{eff}=0.13m$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d_{eff} \leq f_{ywd} \text{ όπου } d \text{ σε mm και } f_{ywd} \text{ σε MPa}$$

d μέσο στατικό ύψος

α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση προκύπτει :

$$A_{sw}/s_r = [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1]/(1.5f_{vwd,ef})$$

$$u_1 = 2m$$

$$f_{\text{ywd,ef}} = 250 + 0.25d = 250 + 0.25 \cdot 175 = 293.75 \text{ MPa} < 500/1.15 = 435 \text{ MPa}$$

$$s_r = s_{rmax} = 0.75d_{eff} = 0.13m$$

Ο απαιτούμενος οπλισμός ισούται με

$$\begin{aligned} A_{sw} &= [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1] \cdot s_r / (1.5f_{ywd,ef}) \\ &= [(1.4 - 0.75 \cdot 0.651) \cdot 2] \cdot 0.13 / (1.5 \cdot 293.75) \\ &= 5.4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες οπλισμού διάτρησης πλάκας :

Η περίμετρος πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης υπολογίζεται ως εξής :

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d_{eff})$$

Όπου

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

v_{Rdc} αντοχή της πλάκας σε διάτρηση

d_{eff} μέσο στατικό ύψος

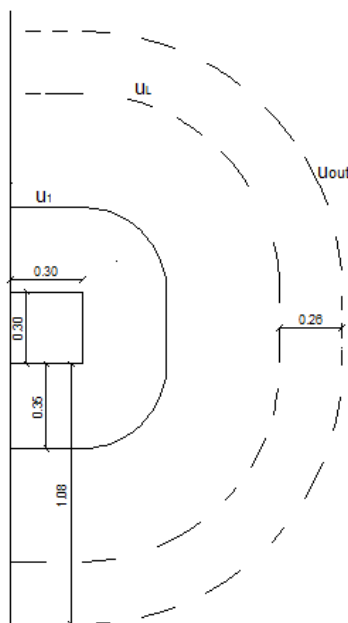
$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d) = 1.22 (400 \cdot 1000) / (0.651 \cdot 175) = 4284 \text{ mm} = 4.3 \text{ m}$$

Η απόσταση της εξώτατης περιμέτρου από την παρειά του υποστύλωμα είναι :

$$u_{outef} = 2c_1 + c_2 + \pi(r_{outef}) = 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi r_{outef} \Leftrightarrow r_{outef} = 1.08 \text{ m}$$

Ενώ η απόσταση της βασικής περιμέτρου ελέγχου από την παρειά του υποστυλώματος είναι $r_1 = 0.35 \text{ m}$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε ομόκεντρες περιμέτρους γύρω από το υποστύλωμα. . Σε κάθε μία από αυτές τις περιμέτρους τοποθετούμε εμβαδό οπλισμού τουλάχιστον ίσο με τον απαιτούμενο οπλισμό που υπολογίσαμε για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 .Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη από $0.30d_{eff} = 0.05 \text{ m}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} .Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των οπλισμών είναι $0.75d_{eff} = 0.13 \text{ m}$



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$.Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν

(§6.4.5(4) (6.54))

(§9.4.3)

(§9.4.3)

ξεπερνά το $2d_{eff} = 2 \cdot 0.175 = 0.35m$

Τοποθετώ το ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος περιμέτρων οπλισμού :

- 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_1 = 0.3d = 0.052m$ από τη παρειά του υποστυλώματος
- 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_2 = 0.3d + 0.75d = 0.184m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_3 = 0.3d + 2 \cdot 0.75d = 0.315m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 4^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_4 = 0.3d + 3 \cdot 0.75d = 0.45m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 5^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_5 = 0.3d + 4 \cdot 0.75d = 0.58m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 6^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_6 = 0.3d + 5 \cdot 0.75d = 0.71m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 7^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_7 = 0.3d + 6 \cdot 0.75d = 0.84m$ από την παρειά του υποστυλώματος

Η τελευταία περίμετρος ελέγχου απέχει $r_{outef} - r_7 = 1.08 - 0.84 = 0.24m < 1.5d_{eff}$ από την εξώτατη περίμετρο

Το μήκος της 1^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_1 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_1)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.052)$
 $= 1.06m$

Το μήκος της 2^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_2 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_2)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.184)$
 $= 1.48m$

Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_3 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_3)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.315)$
 $= 1.9m$

Το μήκος της 4^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_4 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_4)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.45)$
 $= 2.31m$

Το μήκος της 5^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_5 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_5)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.58)$
 $= 2.72m$

Το μήκος της 6^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_6 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_6)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.71)$
 $= 3.13m$

Το μήκος της 7^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_7 = 2c_1 + c_2 + \pi(r_7)$
 $= 2 \cdot 0.3 + 0.3 + \pi(0.84)$
 $= 3.54m$

Στην 1^η περίμετρο τοποθετώ **10Φ8 ανά 0.096m**

$$A_{sw1} = 6cm^2 > A_{sw,απαιτ.} = 5.4cm^2$$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$$

(§9.4.3(2) (9.11))

<p>Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.09m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.09 \cdot 0.13) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 128.2 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.056\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{ cm}^2$ <p>Στην 2^η περίμετρο τοποθετώ 10Φ8 ανά 0.134m $A_{sw2} = 6.0\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ <p>Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.134m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.134) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 86.11 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.074\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{ cm}^2$ <p>Στην 3^η περίμετρο τοποθετώ 10Φ8 ανά 0.173m $A_{sw3} = 6\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ <p>Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.173m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.173) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 66.70 \geq 0.000716$	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p> <p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
--	---

<p>$A_{sw,min} \geq 0.11 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$</p> <p>Στην 4^η περίμετρο τοποθετώ 10Φ8 ανά 0.21m $A_{sw4} = 6 \text{ cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.21m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.21) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 54.95 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.13 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Στην 5^η περίμετρο τοποθετώ 10Φ8 ανά 0.25m $A_{sw5} = 6 \text{ cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.25m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.25) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 46.15 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.16 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Στην 6^η περίμετρο τοποθετώ 10Φ8 ανά 0.28m $A_{sw6} = 6 \text{ cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.28m
 α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.28) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 41.21 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.17 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$

Στην 7^η περίμετρο τοποθετώ **10Φ8 ανά 0.32m**
 $A_{sw7} = 6 \text{ cm}^2$

Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$$

Όπου

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m

s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.32m

α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°

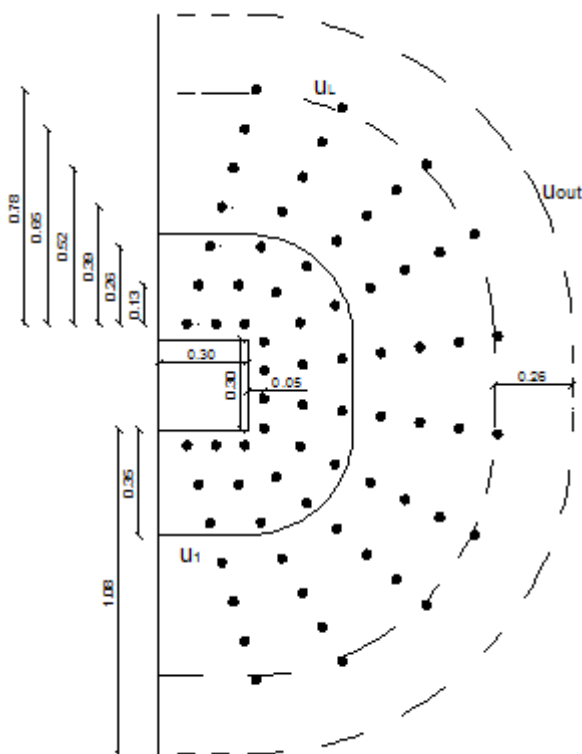
$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.32) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 36.05 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.20 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$

(§9.4.3(2) (9.11))



Στους παρακάτω πίνακες διακρίνουμε :

(i) την συμβολή της διαπλάτυνσης στον πόδα του υποστυλώματος

(ii) την συμβολή της αύξησης του πάχους της πλάκας

(i)

	b _{xh} (m)	N _d (kN)	V _{Edo} (Mpa)	V _{Rd,max} (Mpa)	V _{Edu1} (Mpa)	V _{Rd,c} (Mpa)	A _{swu1} (cm ²)	r _{out,ef} (m)	Αριθμός σειρών οπλισμών n
Υποσύλωμα 0.3x0.3	0,3	400	3,10	3,13	1,64	0,65	5,8	1,08	7
Υποσύλωμα με διαπλάτυνση	0,5	400	1,94	3,13	1,39	0,65	5,6	0,94	6

(ii)

	d _{eff} (m)	N _d (kN)	V _{Edo} (Mpa)	V _{Rd,max} (Mpa)	V _{Edu1} (Mpa)	V _{Rd,c} (Mpa)	A _{swu1} (cm ²)	r _{out,ef} (m)	Αριθμός σειρών οπλισμών n
Υποσύλωμα 0.3x0.3 (a)	0,175	400	3,10	3,13	1,64	0,65	5,8	1,08	7
Υποσύλωμα 0.3x0.3 (b)	0,225	400	2,04	3,13	0,91	0,63	3,2	0,64	3

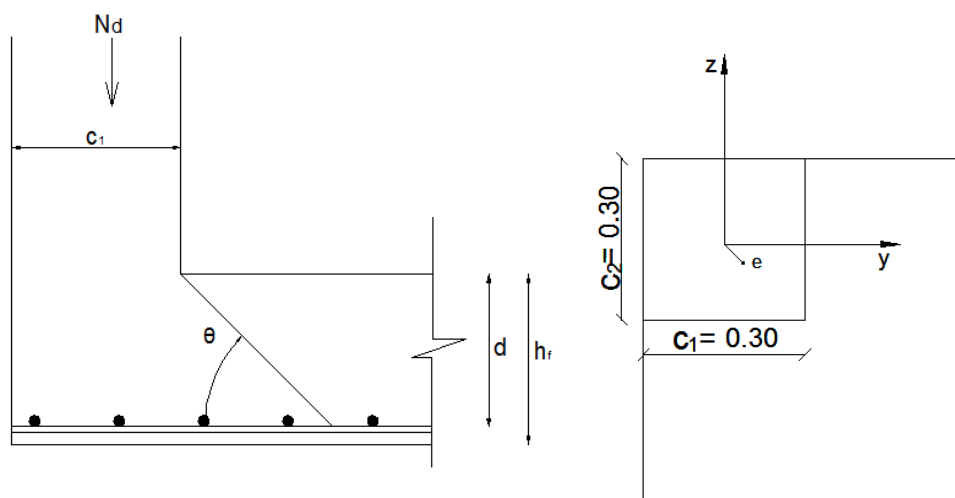
Στην περίπτωση (i) παρατηρείται ότι από την μία ο απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης έχει μειωθεί ελάχιστα από την άλλη μειώθηκε ο αριθμός των απαιτούμενων σειρών οπλισμών.

Ενώ στη περίπτωση (ii) έχει μειωθεί και το εμβαδό του απαιτούμενου οπλισμού όπως και το πλήθος των σειρών των οπλισμών

Εφαρμογή Ε.15 : Οπλισμός διάτρησης για γωνιακό υποστύλωμα με εκκεντρότητα

Γωνιακό υποστύλωμα διαστάσεων $c_1 \times c_2 = 0.30 \text{m} \times 0.30 \text{m}$ εδράζεται σε πλάκα πάχους 0.20m και παρουσιάζει εκκεντρότητα κατά την διεύθυνση y και z (προς το εσωτερικό τη πλάκας). Και για τις 2 διευθύνσεις η εκκεντρότητα ισούται με 0.035m . Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 200 \text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.010$ και $\rho_{ly} = 0.010$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- βάθος οπλισμού κατά x $d_x = 18 \text{cm}$
- βάθος οπλισμού κατά y $d_y = 17 \text{cm}$



Το μέσο στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2$$

όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18 \text{m} \text{ και } d_y = 0.17 \text{m}$$

$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17) / 2 = 0.175 \text{m}$$

Η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d_{\text{eff}}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = c_1 + c_2 + 2\pi r / 4 = 0.3 + 0.30 + 2 * \pi * 2 * d_{\text{eff}} / 4 = 2 * 0.3 + 4 * \pi * 0.175 / 4 = 1.15 \text{m}$$

1^{ος} Έλεγχος : Στην περίμετρο του υποστυλώματος δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση $v_{Rd, \text{max}}$.

Άρα ελέγχουμε εάν ισχύει η ανίσωση $V_{Ed} \leq v_{Rd, \text{max}}$

Δρώσα διατμητική τάση :

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_o d_{\text{eff}})$$

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα σε

β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα

u_o μήκος περιφέρειας του υποστυλώματος σε mm

(§6.4.2(1) (6.32))

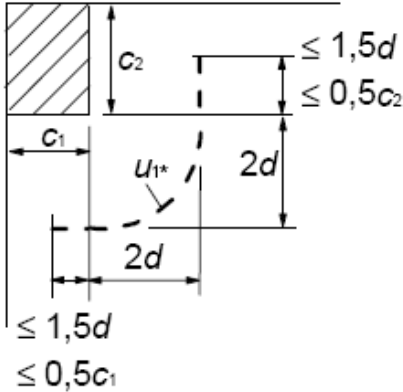
(§6.4.2(4))

(§6.4.3(2))

(§6.4.3(3) (6.38))

$u_o = (c_1 + c_2) = 2 \cdot 0.3 = 0.6 \text{ m} = 900 \text{ mm}$
 d_{eff} μέσο στατικό ύψος σε mm

Εφόσον το υποστύλωμα είναι γωνιακό και παρουσιάζει εκκεντρότητα και στις 2 διευθύνσεις προς το εσωτερικό της πλάκας επιτρέπεται να θεωρήσω ότι η δύναμη διάτρησης είναι κατανεμημένη κατά μήκος της μειωμένης περιμέτρου ελέγχου u_1^*
 $u_1^* = 0.5c_1 + 0.5c_2 + 2\pi r/4 = 0.5c_1 + 0.5c_2 + 2\pi d_{\text{eff}}/4 = 2 \cdot 0.5 \cdot 0.3 + \pi \cdot 0.175 = 0.85 \text{ m}$



Ο συντελεστής εκκεντρότητας ορίζεται ως εξής :
 $\beta = u_1 / u_1^* = 1.15 / 0.85 = 1.35$

Επομένως $v_{\text{Ed}} = \beta V_{\text{Ed}} / (u_o d_{\text{eff}}) = 1.35 \cdot (200 \cdot 1000) / (0.6 \cdot 175 \cdot 1000) = 2.58 \text{ MPa}$

Η μέγιστη τάση με την οποία πρέπει να συγκρίνω την v_{Ed} είναι :

$$v_{\text{Rd,max}} = 0.5 \cdot v \cdot f_{\text{cd}}$$

Όπου

$$f_{\text{cd}} = 0.85 f_{\text{ck}} / 1.5 = 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 11.33 \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 (1 - f_{\text{ck}} / 250) = 0.6 (1 - 20 / 250) = 0.552$$

$$v_{\text{Rd,max}} = 0.5 \cdot v \cdot f_{\text{cd}} = 0.5 \cdot 0.552 \cdot 11.33 = 3.13 \text{ MPa}$$

Διαπιστώνουμε ότι $v_{\text{Ed}} = 2.58 \text{ MPa} < v_{\text{Rd,max}} = 3.13 \text{ MPa}$ επομένως είμαστε OK

2^{ος} Έλεγχος : Ελέγχω την αντοχή μιας πλάκας σε διάτρηση στην μειωμένη περίμετρο ελέγχου u_1^*

$$\Delta \rho_{\text{Ed}} \text{ δρώσα διατμητική τάση } v_{\text{Ed}} = \beta V_{\text{Ed}} / (u_1^* d_{\text{eff}})$$

V_{Ed} δρώσα διατμητική τάση

β συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την εκκεντρότητα

$$\beta = 1.35$$

u_1^* μήκος περιμέτρου u_1^*

d_{eff} μέσο στατικό ύψος

Επομένως $v_{\text{Ed}} = \beta V_{\text{Ed}} / (u_1^* d_{\text{eff}}) = 1.35 \cdot (200 \cdot 1000) / (0.85 \cdot 1000 \cdot 175) = 1.82 \text{ MPa}$

(§6.4.3(5))

(§6.4.3(5) (6.46))

(§6.4.5 Σημείωση)

(§3.1.6 (3.15))

(§6.2.2 (6.6N))

(§6.4.3(2))

(§6.4.3(3) (6.38))

Για πλάκες η αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό δίνεται από τη σχέση :

$$v_{\text{Rdc}} = C_{\text{Rdc}} k (100 \rho_{\text{Ick}})^{1/3} + k_1 \sigma_{\text{cp}} \geq (v_{\text{min}} + k_1 \sigma_{\text{cp}})$$

(§6.4.4(1) (6.47))

Όπου

$$C_{Rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1 + (200/175)^{1/2} = 2.069 > 2 \quad \text{άρα } k = 2$$

$$\rho_{lx} = 0.010 \text{ και } \rho_{ly} = 0.010 \rightarrow \rho_l = (\rho_{lx} \cdot \rho_{ly})^{1/2} = (0.010 \cdot 0.010)^{1/2} = 0.010 < 0.02 \text{ άρα OK}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0.1$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2^{3/2} * 20^{1/2} = 0.44 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{v_{Rdc} = C_{Rdc}k(100\rho f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp} = 0.12*2*(100*0.010*20)^{1/3} = \mathbf{0.651\ MPa} > v_{min}}$$

$v_{Rdc} = 0.651 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1.82 \text{ MPa}$ επομένως απαιτείται οπλισμός διάτρησης

Απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης :

Το απαιτούμενο εμβαδό οπλισμού διάτρησης για την μειωμένη περίμετρο ελέγχου u_1^* προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :

$$v_{Rd,cs} = 0.75v_{Rd,c} + 1.5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1^* d))\sin\alpha$$

(§6.4.5(1) (6.52))

Όπου

 u_1^* βασική περίμετρος ελέγχου

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτρησης (mm)
η απόσταση αυτή δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει το $s_{rmax}=0.75d_{eff}=0.13m$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd} \text{ όπου } d \text{ σε mm και } f_{ywd} \text{ σε MPa}$$

d μέσο στατικό ύψος

α η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτρησης με την πλάκα

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση προκύπτει :

$$A_{sw}/s_r = [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1^*]/(1.5f_{vwd,ef})$$

$$u_1^* = 0.85m$$

$$f_{vwd,ef} = 250 + 0.25d = 250 + 0.25 \cdot 175 = 293.75 \text{ MPa} < 500/1.15 = 435 \text{ MPa}$$

$$s_r = s_{rmax} = 0.75d_{eff} = 0.13m$$

Ο απαιτούμενος οπλισμός ισούται με

$$\begin{aligned} A_{sw} &= [(v_{Ed} - 0.75v_{Rd,c}) u_1^*] \cdot s_r / (1.5f_{ywd,ef}) \\ &= [(1.82 - 0.75 \cdot 0.651) \cdot 0.85] \cdot 0.13 / (1.5 \cdot 293.75) \\ &= 3.4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες οπλισμού διάτρησης πλάκας :

Η περίμετρος πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης υπολογίζεται ως εξής :

$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d)$$

Όπου

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

v_{Rdc} αντοχή της πλάκας σε διάτρηση

d μέσο στατικό ύψος

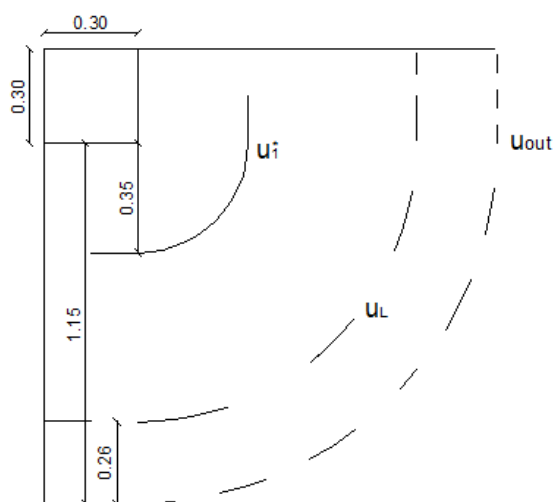
$$u_{outef} = \beta V_{Ed} / (v_{Rdc} \cdot d) = 1.35 \cdot (200 \cdot 1000) / (0.651 \cdot 175) = 2374 \text{ mm} = 2.4 \text{ m}$$

Η απόσταση της εξώτατης περιμέτρου από την παρειά του υποστυλώμα είναι :

$$u_{outef} = c_1 + c_2 + 2\pi(r_{outef})/4 = 0.3 + 0.3 + 2\pi r_{outef} / 4 \Leftrightarrow r_{outef} = 1.15 \text{ m}$$

Ενώ η απόσταση της βασικής περιμέτρου ελέγχου από την παρειά του υποστυλώματος είναι $r_1 = 0.35 \text{ m}$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ο οπλισμός διάτρησης μπορεί να διατάσσεται σε ομόκεντρες περιμέτρους γύρω από το υποστυλώμα. Σε κάθε μία από αυτές τις περιμέτρους τοποθετούμε εμβαδό οπλισμού τουλάχιστον ίσο με τον απαιτούμενο οπλισμό που υπολογίσαμε για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 . Η πρώτη σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μικρότερη από $0.30d_{eff} = 0.05 \text{ m}$ από την περίμετρο του υποστυλώματος. Ενώ η τελευταία σειρά οπλισμών δεν επιτρέπεται να απέχει απόσταση μεγαλύτερη του $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$ από την εξώτατη περίμετρο u_{out} . Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των περιμέτρων των οπλισμών είναι $0.75d_{eff} = 0.13 \text{ m}$



Όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται εσώτερα της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1 , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το $1.5d_{eff} = 0.26 \text{ m}$. Ενώ όταν η περίμετρος οπλισμού βρίσκεται μεταξύ της u_1 και της εξώτατης περιμέτρου u_{out} , τότε η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών δεν ξεπερνά το $2d_{eff} = 2 \cdot 0.175 = 0.35 \text{ m}$

(§6.4.5(4) (6.54))

(§9.4.3)

(§9.4.3)

Τοποθετώ το ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος περιμέτρων οπλισμών :

- 1^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_1 = 0.3d = 0.052m$ από τη παρειά του υποστυλώματος
- 2^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_2 = 0.3d + 0.75d = 0.184m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 3^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_3 = 0.3d + 2 \cdot 0.75d = 0.315m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 4^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_4 = 0.3d + 3 \cdot 0.75d = 0.45m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 5^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_5 = 0.3d + 4 \cdot 0.75d = 0.58m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 6^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_6 = 0.3d + 5 \cdot 0.75d = 0.71m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 7^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_7 = 0.3d + 6 \cdot 0.75d = 0.84m$ από την παρειά του υποστυλώματος
- 8^η περίμετρος τοποθετείται σε απόσταση $r_8 = 0.3d + 7 \cdot 0.75d = 0.97m$ από την παρειά του υποστυλώματος

Η τελευταία περίμετρος ελέγχου απέχει $r_{out} - r_8 = 1.15 - 0.97 = 0.18m < 1.5d$ από την εξώτατη περίμετρο

Το μήκος της 1^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_1 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_1) / 4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.052)/4$
 $= 0.68m$

Το μήκος της 2^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_2 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_2)/4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.184)/4$
 $= 0.89m$

Το μήκος της 3^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_3 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_3)/4$
 $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.315)/4$
 $= 1.09m$

Το μήκος της 4^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_4 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_4)/4$
 $= 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 + 2\pi(0.45)/4$
 $= 1.31m$

Το μήκος της 5^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_5 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_5) / 4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.58)/4$
 $= 1.51m$

Το μήκος της 6^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_6 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_6) / 4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.71)/4$
 $= 1.72m$

Το μήκος της 7^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_7 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_7) / 4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.84)/4$
 $= 1.92m$

Το μήκος της 8^{ης} περιμέτρου ισούται με $p_8 = c_1 + c_2 + 2\pi(r_8) / 4$
 $= 0.3 + 0.3 + 2\pi(0.97)/4$
 $= 2.12m$

<p>Στην 1^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.085m < 1.5d=0.26m $A_{sw1} = 4\text{cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.085m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.085) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 135.75 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.05\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Στην 2^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.11m < 1.5d=0.26m $A_{sw2} = 4.0\text{cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.11m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.11) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 104.9 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.068\text{cm}^2 < \Phi 8 = 0.50\text{cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Στην 3^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.14m < 1.5d=0.26m $A_{sw3} = 4\text{cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4\text{cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500\text{MPa}$ $f_{ck} = 20\text{MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.14m</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>

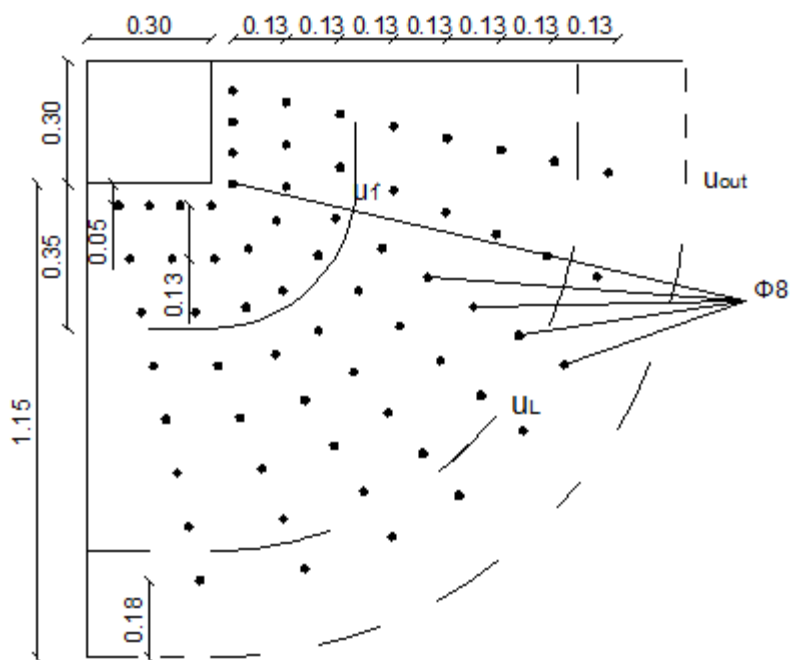
<p>α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.14) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 82.42 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.086 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$ <p>Στην 4^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.16m < 2d=0.35m $A_{sw4} = 4 \text{ cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4 \text{ cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.16m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.16) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 72.11 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.09 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$ <p>Στην 5^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.19m < 2d=0.35m $A_{sw5} = 4.0 \text{ cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4 \text{ cm}^2$</p> <p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.19m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.19) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 60.73 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.12 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$ <p>Στην 6^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.21m < 2d=0.35m $A_{sw6} = 4 \text{ cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4 \text{ cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p> <p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
---	---

<p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.21m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.21) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 54.94 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.13 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$</p> <p>Στην 7^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.24m < 2d=0.35m $A_{sw7} = 4 \text{ cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4 \text{ cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.24m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.24) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \Leftrightarrow$ $A_{sw,min} \cdot 48 \geq 0.000716$ $A_{sw,min} \geq 0.15 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$</p> <p>Στην 8^η περίμετρο τοποθετώ 8Φ8 ανά 0.265m < 2d=0.35m $A_{sw8} = 4.0 \text{ cm}^2 > A_{sw,απαιτ.} = 3.4 \text{ cm}^2$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>
<p>Ελέγχω εάν η διατομή του σκέλους ικανοποιεί το ελάχιστο επιτρεπτό όριο: $A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk}$ Όπου $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ s_r είναι η απόσταση μεταξύ των περιμέτρων οπλισμού και ισούται με 0.13m s_t είναι η απόσταση μεταξύ των σκελών σε μια περίμετρο οπλισμού και ισούται με 0.265m α είναι η κλίση των οπλισμών ως προς το επίπεδο της πλάκας και ισούται με 90°</p> <p>$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} \Leftrightarrow$</p>	<p>(§9.4.3(2) (9.11))</p>

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \cdot 1 + 0) / (0.13 \cdot 0.265) \geq 0.08 \cdot (20)^{1/2} / 500 \leftrightarrow$$

$$A_{sw,min} \cdot 43.54 \geq 0.000716$$

$$A_{sw,min} \geq 0.16 \text{ cm}^2 < \Phi 8 = 0.50 \text{ cm}^2$$



Στον παρακάτω πίνακα διακρίνουμε την συμβολή της διαπλάτυνσης στον πόδα του υποστυλώματος έναντι της διάτρησης

	bxh (m)	N _d (kN)	V _{Edo} (Mpa)	V _{Rd,max} (Mpa)	V _{Edu1} (Mpa)	V _{Rd,c} (Mpa)	A _{swu1} (cm ²)	r _{out,ef} (m)	n
Υποστύλωμα 0.3x0.3	0,3	200	2,58	3,13	1,82	0,65	3,4	1,15	8
Υποστύλωμα με διαπλάτυνση	0,45	200	1,84	3,13	1,66	0,65	3,5	1,05	7

Παρατηρείται η μείωση κατά μία σειρά του απαιτούμενου σπλισμού

**Εφαρμογή Ε.16 : Διερεύνηση του συντελεστή εκκεντρότητας β
για περιμετρικό υποστύλωμα**

Υποστύλωμα διαστάσεων $c_1 \times c_2 = 0.30 \times 0.30\text{m}$ εδράζεται σε πλάκα πάχους 0.20m και παρουσιάζει εκκεντρότητα :

- (a) κατά τον άξονα y προς το εσωτερικό της πλάκας
- (b) κατά τον άξονα y προς το εξωτερικό της πλάκας
- (c) κατά τον άξονα z παράλληλα στο άκρο της πλάκας
- (d) κατά τον άξονα y και z προς το εσωτερικό της πλάκας
- (e) κατά τον άξονα y και z προς το εξωτερικό της πλάκας

Σε όλες τις περιπτώσεις η εκκεντρότητα ισούται με $e = e_y = e_z = 0.035\text{m}$

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Αξονικό φορτίο σχεδιασμού $N_d = 400\text{kN}$
- Οπλισμοί πλάκας $\rightarrow \rho_{lx} = 0.010$ και $\rho_{ly} = 0.010$
- Σκυρόδεμα C20/25
- Χάλυβας B500C
- βάθος οπλισμού κατά x $d_x = 18\text{cm}$
- βάθος οπλισμού κατά y $d_y = 17\text{cm}$

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις ζητείται να υπολογιστεί ο συντελεστής εκκεντρότητας

Το μέσο στατικό ύψος της πλάκας ισούται με :

$$d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2$$

όπου d_y και d_z είναι τα ύψη που ορίζονται από τις στάθμες του οπλισμού σε 2 κάθετες διευθύνσεις

$$d_x = 0.18\text{m} \text{ και } d_y = 0.17\text{m}$$

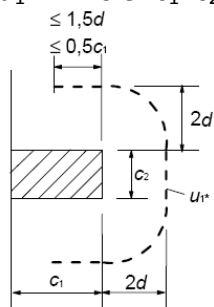
$$\text{Επομένως } d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = d_{\text{eff}} = (0.18 + 0.17) / 2 = 0.175\text{m}$$

Η βασική περίμετρος ελέγχου ορίζεται σε απόσταση $2d$ από την περίμετρο του υποστυλώματος :

$$u_1 = 2c_1 + c_2 + \pi r = 2 \cdot 0.3 + 0.30 + \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 3 \cdot 0.3 + 2 \cdot \pi \cdot 0.175 = 1.99\text{m} \approx 2\text{m}$$

(a) Εφόσον το υποστύλωμα παρουσιάζει εκκεντρότητα κάθετα στην παρειά της πλάκας και προς το εσωτερικό της , επιτρέπεται να θεωρήσουμε ότι η δύναμη διάτρησης κατανέμεται ομοιόμορφα κατά μήκος της μειωμένης περιμέτρου ελέγχου u_1^* :

$$u_1^* = 2 \cdot 0.5 \cdot c_1 + c_2 + \pi r = 1 \cdot 0.3 + 0.30 + \pi \cdot 2 \cdot d_{\text{eff}} = 2 \cdot 0.3 + 2 \cdot \pi \cdot 0.175 = 1.69\text{m} \approx 1.7\text{m}$$



(§6.4.2(1) (6.32))

(§6.4.2(4))

(§6.4.3(4))

<p>Ο συντελεστής εκκεντρότητας υπολογίζεται ως εξής :</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1)$ <p>Όπου</p> $c_1/2c_2 = 0.30/0.60 = 0.5 \rightarrow k = 0.45$ $M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e = 400 \cdot 0.035 = 14 \text{ KNm}$ <p>W_1 είναι η ροπή αντιστάσεως του υποστυλώματος και υπολογίζεται για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1. Για τα περιμετρικά υποστυλώματα ισχύει :</p> $W_1 = c_1^2/4 + c_1c_2 + 4c_1d + 8d^2 + \pi dc_2$ $= 0.3^2/4 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 8 \cdot (0.175)^2 + \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 0.73 \text{ m}^2$ <p>Επιπλέον αντικαθιστώ την βασική περίμετρο ελέγχου u_1 με την μειωμένη περίμετρο ελέγχου $u_1^* = 1.7 \text{ m}$</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1^*/W_1) = 1 + 0.45 \cdot (14/400) \cdot (1.7/0.73) = 1.037$	<p>(§6.4.3(3) (6.39))</p> <p>(Πίνακας 6.1)</p>
<p>(b)</p> <p>Εφόσον το υποστυλωμα παρουσιάζει εκκεντρότητα κατά τον άξονα γ, προς το εξωτερικό της πλάκας, ο συντελεστής εκκεντρότητας ισούται με :</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1)$ <p>Όπου</p> $c_1/c_2 = 0.30/0.30 = 1 \rightarrow k = 0.6$ $M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e = 400 \cdot 0.035 = 14 \text{ KNm}$ <p>W_1 είναι η ροπή αντιστάσεως του υποστυλώματος και υπολογίζεται για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1. Για τα περιμετρικά υποστυλώματα ισχύει :</p> $W_1 = c_1^2/4 + c_1c_2 + 4c_1d + 8d^2 + \pi dc_2$ $= 0.3^2/4 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 8 \cdot (0.175)^2 + \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 0.73 \text{ m}^2$ <p>u_1 είναι το μήκος της βασικής περιμέτρου ελέγχου (=2m)</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1) = 1 + 0.6 \cdot (14/400) \cdot (2/0.73) = 1.057$	<p>(§6.4.3(4))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.39))</p> <p>(Πίνακας 6.1)</p>
<p>(c)</p> <p>Το υποστυλωμα παρουσιάζει εκκεντρότητα παράλληλα στο άκρο της πλάκας, επομένως ο συντελεστής εκκεντρότητας ισούται με :</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1)$ <p>Όπου</p> $c_1/c_2 = 0.30/0.30 = 1 \rightarrow k = 0.6$ $M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e = 400 \cdot 0.035 = 14 \text{ KNm}$ <p>W_1 είναι η ροπή αντιστάσεως του υποστυλώματος και υπολογίζεται για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1. Για τα περιμετρικά υποστυλώματα ισχύει :</p> $W_1 = c_1^2/4 + c_1c_2 + 4c_1d + 8d^2 + \pi dc_2$ $= 0.3^2/4 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 8 \cdot (0.175)^2 + \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 0.73 \text{ m}^2$ <p>u_1 είναι το μήκος της βασικής περιμέτρου ελέγχου (=2m)</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1) = 1 + 0.6 \cdot (14/400) \cdot (2/0.73) = 1.057$	<p>(§6.4.3(4))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.39))</p> <p>(Πίνακας 6.1)</p>

<p>(d) Η περίπτωση αυτή έχει ήδη διερευνηθεί στην εφαρμογή Ε.16 όπου και υπολογίσαμε ότι ο συντελεστής β ισούται με 1.22</p> <p>(e) Εφόσον η εκκεντρότητα είναι προς το εξωτερικό της πλάκας ισχύουν τα παρακάτω :</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1)$ <p>Όπου</p> $c_1/c_2 = 0.30/0.30 = 1 \rightarrow k = 0.6$ $M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e = 400 \cdot 0.035 = 14 \text{ KNm}$ <p>W_1 είναι η ροπή αντιστάσεως του υποστυλώματος και υπολογίζεται για την βασική περίμετρο ελέγχου u_1. Για τα περιμετρικά υποστυλώματα ισχύει :</p> $W_1 = c_1^2/4 + c_1c_2 + 4c_1d + 8d^2 + \pi dc_2$ $= 0.3^2/4 + 0.3^2 + 4 \cdot 0.3 \cdot 0.175 + 8 \cdot (0.175)^2 + \pi \cdot 0.175 \cdot 0.3 = 0.73 \text{ m}^2$ <p>u_1 είναι το μήκος της βασικής περιμέτρου ελέγχου (=2m)</p> $\beta = 1 + k \cdot (M_{Ed}/V_{Ed}) \cdot (u_1/W_1) = 1 + 0.6 \cdot (14/400) \cdot (2/0.73) = 1.057$	<p>(§6.4.3(4))</p> <p>(§6.4.3(3) (6.39))</p> <p>(Πίνακας 6.1)</p>
---	---

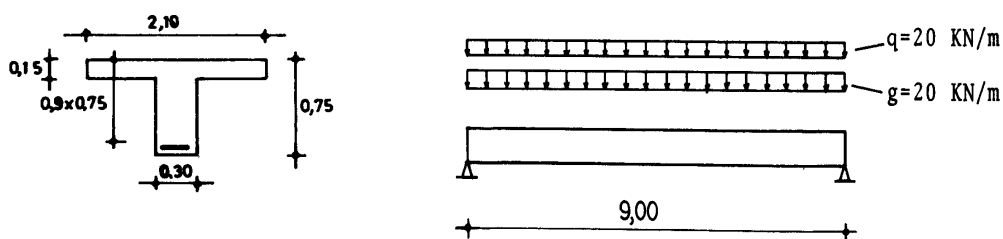
Εφαρμογή Ε.17 : Έλεγχος βέλους κάμψης

Αμφιέριστη δοκός ανοίγματος 9m δέχεται μόνιμο φορτίο $g=20\text{kN/m}$ και ωφέλιμο φορτίο $q=20\text{kN/m}$. Ζητείται να ελεγχθεί το βέλος κάμψης που θα αναπτυχθεί στην κατασκευή :

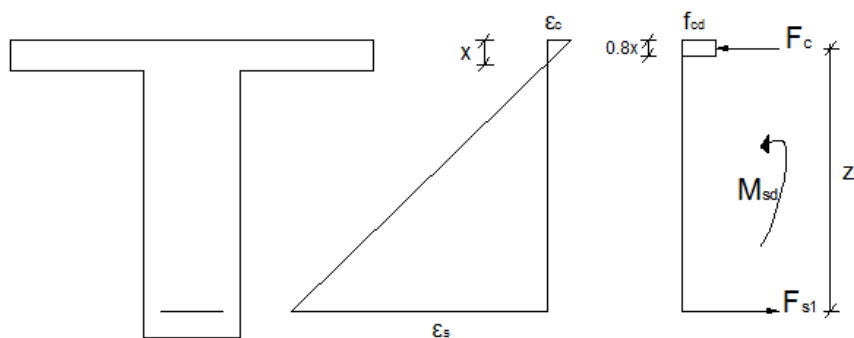
- (i) με τα συνολικά φορτία και για τον μακροχρόνιο συνδυασμό
- (ii) με τα φορτία μετά την τοποθέτηση των ευαίσθητων διαχωριστικών και για τον μακροχρόνιο συνδυασμό

Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι :

- Σκυρόδεμα C25/30
- Χάλυβας B400C
- Συντελεστής ψ ισούται με 0.6



Διαστασιολόγηση της δοκού έναντι κάμψης



Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται :

1. Η ισότητα των αξονικών δυνάμεων $F_{εσ} = F_{εξ} \leftrightarrow F_c - F_{s1} = 0 \leftrightarrow F_c = F_{s1}$ (a)
2. Η ισοδυναμία των ροπών $M_{εσ} = M_{εξ}$

Η δύναμη του σκυροδέματος είναι

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b$$

(§3.1.7(3))

Όπου

$$\eta = 1.0$$

(§3.1.7(3))

$$\lambda = 0.8 \text{ εφόσον } f_{ck} < 50\text{MPa}$$

(§3.1.7(3))

$$f_{cd} = 0.85f_{ck}/1.5 = 0.85 \cdot 25/1.5 = 14.17\text{MPa}$$

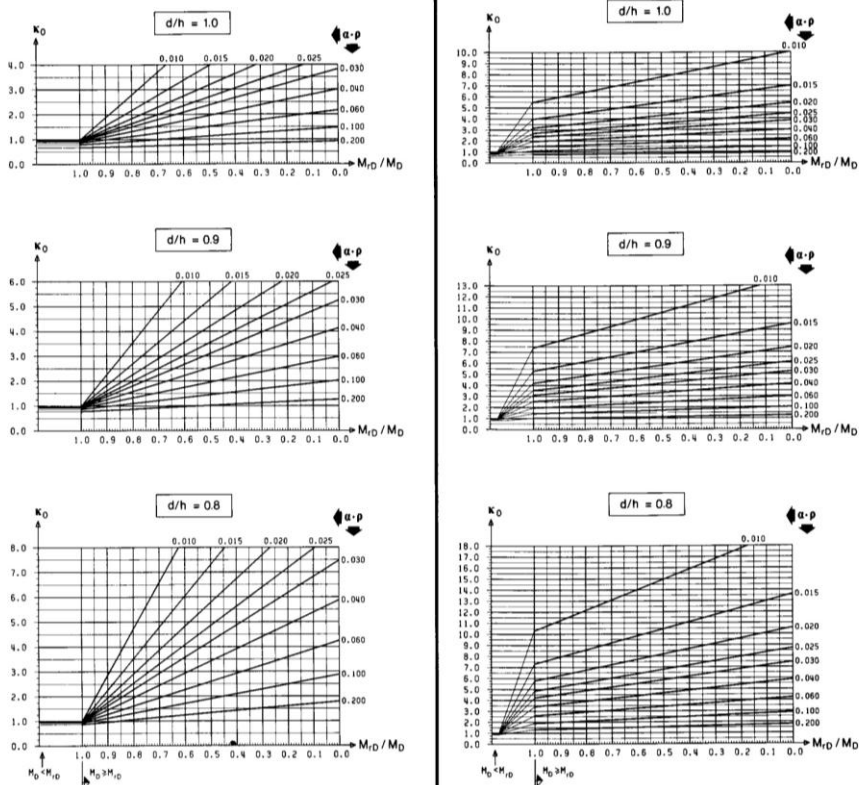
(§3.1.6(1)P (3.15))

$$b = 2.1\text{m (υποθέτω ότι η θλιβόμενη ζώνη είναι ολόκληρη μέσα στο πέλμα)}$$

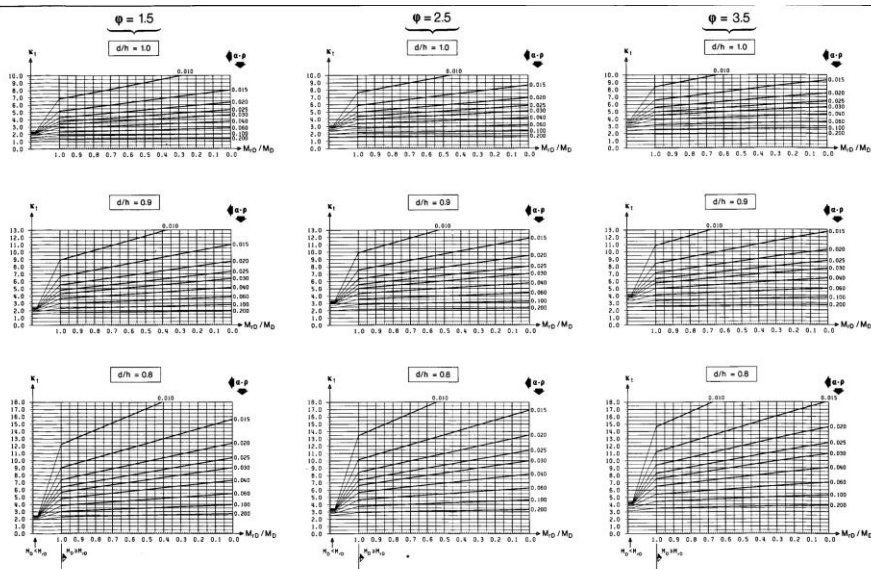
$$\text{Άρα } F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1.0 \cdot 0.8 \cdot 14.17 \cdot 2.1 \cdot x = 23805.6x$$

Υποθέτω ότι σπλίζω με ράβδους διαμέτρου 25mm ,επομένως το στατικό ύψος ισούται $d = h - (c + \phi/2) = 0.75 - (0.025 + 0.025/2) = 0.7125\text{m}$

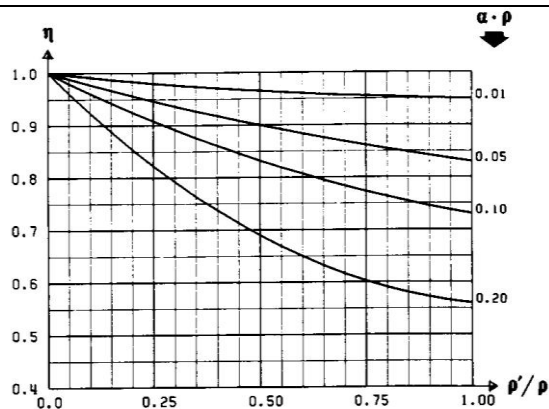
<p>Εκφράζω την ροπή αντίστασης της διατομής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό :</p> $M_{Rd} = F_c \cdot z = 23805.6x \cdot (d - 0.4x) = 23805.6x \cdot (0.7125 - 0.4x)$ <p>Λόγω της ισοδυναμίας των ροπών ισχύει $M_{εσ} = M_{εξ} \Leftrightarrow 23805.6x \cdot (0.7125 - 0.4x) = 577$ και προκύπτει ότι το βάθος της θλιβόμενης ζώνης ισούται με 0.0346m</p> <p>Υπολογίζω την παραμόρφωση του εφελκυσμένου οπλισμού και ελέγχω εάν έχει ξεπεράσει την παραμόρφωση διαρροής</p> $x = (\varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_{s1}))d = (3.5 / (3.5 + \varepsilon_{s1}))d \Leftrightarrow 0.0346 = (3.5 / (3.5 + \varepsilon_{s1})) \cdot 0.7125$ $\Leftrightarrow \varepsilon_{s1} = 68.57\text{‰} > 1.74\text{‰}$ <p>Σύμφωνα με τη σχέση (a) προκύπτει :</p> $N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_c - F_{s1} = 0 \Leftrightarrow F_c = F_{s1} \Leftrightarrow 23805.6x = A_{s1}f_{yd}$ $\Leftrightarrow 23805.6 \cdot 0.0346 = A_{s1}(400/1.15)$ $\Leftrightarrow A_{s1} = 23.68\text{cm}^2$ <p>Τοποθετώ 5Φ25 σε 2 στρώσεις (= 24.53cm²) Δεν υπάρχει απαίτηση ελάχιστου θλιβόμενου οπλισμού → τοποθετώ 2Φ16</p>	
<p><u>Υπολογισμός βέλους κάμψης που θα αναπτυχθεί στην κατασκευή με τα συνολικά φορτία και για τον μακροχρόνιο συνδυασμό σύμφωνα με τα πρότυπα CEB</u></p> <p>Φορτίο λειτουργικότητας για τον οιονεί μόνιμο συνδυασμό :</p> $q_{ser} = \gamma_g \cdot g + \psi \cdot \gamma_q \cdot q = 1 \cdot 20 + 0.6 \cdot 1 \cdot 20 = 32 \text{ kN/m}$ <p>Ροπή αδρανείας της διατομής : $J = 0.022 \text{ m}^2$ Ροπή αντιστάσεως της κάτω ίνας : $W = 0.041 \text{ m}^3$</p> <p>Ελαστικό βέλος : $a_c = 5 \cdot q_{ser} \cdot L^4 / (384EI) = 5 \cdot 32 \cdot 9^4 / (384 \cdot 31 \cdot 10^6 \cdot 0.022) = 0.004 \text{ m}$</p> <p>Ροπή στην χαρακτηριστική διατομή : $M_D = q_{ser}L^2/8 = 32 \cdot 9^2/8 = 324 \text{ kNm}$ Ροπή ρηγματώσεως : $M_{rD} = W_c \cdot f_{ct}$</p> <p>Όπου f_{ct} η εφελκυστική αντοχή και ισούται με $f_{ct,0.05} = 1.8 \text{ MPa}$ $M_{rD} = W_c \cdot f_{ct} = 0.041 \cdot 1.8 \cdot 10^3 = 73.8 \text{ kNm}$ $M_{rD} / M_D = 73.8/324 = 0.228$</p> <p>Πλάτος ισοδύναμης ορθογωνικής διατομής : $b = J / (h^3/12) = 0.022 / ((0.9 \cdot 0.75)^3/12) = 0.86 \text{ m}$ Το ποσοστό του εφελκυσμένου οπλισμού είναι : $\rho = 5 \cdot 4.91 / (86 \cdot 0.9 \cdot 75) = 0.423\%$ $\alpha = E_s / E_c = 200/31 = 6.45$ $\alpha \cdot \rho = 0.423\% \cdot 6.45 = 0.027$ $\rho' = 2 \cdot 2.01 = 4.02\text{cm}^2$ $\rho' / \rho = 4.02/24.55 = 0.16$</p>	<p>(§6.5.3 (6.16α) ECO)</p> <p>(CEB)</p>



Διάγραμμα 1 : Διορθωτικός συντελεστής k_0 του στιγμιαίου βέλους
 Σύμφωνα με το διάγραμμα παραπάνω για $d/h=0.9$ και $M_D/M_0 = 0.228$ προκύπτει:
 $k_0 = 4.4$ για 1 φόρτιση
 $k_0 = 4.9$ για επαναλαμβανόμενες φορτίσεις



Διάγραμμα 2 : Διορθωτικός συντελεστής k_t του μακροχρόνιου βέλους
 Σύμφωνα με το διάγραμμα παραπάνω για $\phi=2.5$ προκύπτει $k_t = 6.5$



Διάγραμμα 3 : Διορθωτικός συντελεστής η

Σύμφωνα με το διάγραμμα παραπάνω προκύπτει $\eta = 0.975$

Άρα

$$a_o = a_c k_o = 0.004 \cdot 4.9 = 0.0196 \text{ m} = 19.6 \text{ mm}$$

$$a_t = a_c k_t \eta = 0.004 \cdot 6.5 \cdot 0.975 = 25.33 \text{ mm}$$

Το επιτρεπόμενο όριο του βέλους κάμψης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα είναι $L/250 = 9000/250 = 36 \text{ mm} > a_t = 25.33 \text{ mm}$

(§7.4.1(4))

Υπολογισμός βέλους κάμψης που θα αναπτυχθεί στην κατασκευή με τα φορτία ,για τον μακροχρόνιο συνδυασμό μετά την τοποθέτηση των ευαίσθητων διαχωριστικών σύμφωνα με τα πρότυπα του CEB

Δηλαδή θα υπολογίσουμε το στιγμιαίο βέλος από τα κινητά φορτία όπως και το ερπυστικό τμήμα του μακροχρόνιου βέλους λόγω των «μόνιμων» φορτίων

$$\text{Βραχυχρόνια φορτία : } q_d = 1 \cdot 20 + 1 \cdot 20 = 40 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Ελαστικό βέλος για φορτίο } q_d : a_c &= 5 \cdot q_d \cdot L^4 / (384 EI) \\ &= 5 \cdot 40 \cdot 9^4 / (384 \cdot 31 \cdot 10^6 \cdot 0.022) = 0.005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Ροπή στην χαρακτηριστική διατομή : } M_D = q_d L^2 / 8 = 40 \cdot 9^2 / 8 = 405 \text{ kNm}$$

$$\text{Ροπή ρηγματώσεως : } M_{rD} = W_c \cdot f_{ct} = 0.041 \cdot 1.8 \cdot 10^3 = 73.8 \text{ kNm}$$

$$M_{rD} / M_D = 73.8 / 405 = 0.182$$

Σύμφωνα με τα διαγράμματα παραπάνω προκύπτει :

$$k_o = 4.5 \rightarrow a_o = a_c k_o = 0.005 \cdot 4.5 = 0.0225 \text{ m} = 22.5 \text{ mm}$$

Το στιγμιαίο βέλος λόγω των κινητών φορτίων είναι :

$$a_{o,d} = a_o \cdot q_{κιν} / (q_{κιν} + q_{μον}) = 22.5 \cdot 20 / 40 = 11.25 \text{ mm}$$

Το ερπυστικό βέλος λόγω των μόνιμων φόρτίων είναι :

$$a_t - a_o = 25.33 - 19.6 = 5.73 \text{ mm} \quad (\text{βλέπε αποτελέσματα πιο πριν})$$

$$a_{tot} = 5.73 + 11.25 = 16.98 \text{ mm}$$

Το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο βέλους σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα είναι : $L/500 = 9000/500 = 18 \text{ mm} > 16.98 \text{ mm}$ είμαστε OK

(§7.4.1(5))

Υπολογισμός του λόγου άνοιγμα/ύψος που θα αναπτυχθεί στην κατασκευή σύμφωνα τον Ευρωκώδικα

Ο λόγος άνοιγμα/ύψος υπολογίζεται με την βοήθεια των σχέσεων :

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho} + 3.2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_o}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ για } \rho \leq \rho_o$$

(§7.4.2 (7.16α))

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_o}} \right] \text{ για } \rho > \rho_o$$

(§7.4.2 (7.16β))

όπου

ρ_o το ποσοστό οπλισμού αναφοράς $\rho_o = f_{ck}^{0.5} 10^{-3} = 0.5\%$

Διαπιστώνουμε ότι $\rho < \rho_o$ άρα ισχύει η σχέση :

$$\frac{l}{d} = K \left[11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_o}{\rho} + 3.2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_o}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ για } \rho \leq \rho_o$$

(Πίνακας 7.4N)

Δομικό σύστημα	K
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,0
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	1,3
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	1,2
Πρόβολος	0,4

Εφόσον η δοκός είναι αμφιέριστη ο συντελεστής K παίρνει την τιμή 1

Άρα

$$\frac{l}{d} = 1 \left[11 + 1.5 \cdot \sqrt{25} \frac{0.5}{0.423} + 3.2 \sqrt{25} \left(\frac{0.5}{0.423} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 21.11$$

Όμως το άνοιγμα της δοκού είναι μεγαλύτερο των 7m άρα πολλαπλασιάζω το λόγο l/d με τον συντελεστή $7/l_{eff} = 1/9 = 0.778$

(§7.4.2(2))

Το πλάτος του πέλματος προς το πάχος του κορμού ξεπερνά το 3

(§7.4.2(2))

$b_{eff}/b_w = 2.1/0.3 = 7$, επομένως πολλαπλασιάζω το λόγο l/d με 0.8

$(l/d) \cdot (7/l_{eff}) \cdot 0.8 = 21.11 \cdot 0.778 \cdot 0.8 = 13.13$

$l/d = 7/0.75 = 9.33 < 13.13$ **απαλλασόμαστε από τους υπολογισμούς**

Εφαρμογή Ε.18 : Έλεγχος ρηγμάτωσης

Για ορθογωνική διατομή διαστάσεων $h/b/c = 600/300/25$ ζητείται να υπολογίσουμε το χαρακτηριστικό εύρος ρωγμής όταν αυτή καταπονείται από ροπή κάμψης $M_g = 60\text{kNm}$ λόγω μόνιμων φορτίων και $M_q = 58\text{kNm}$ λόγω κινητών φορτίων .

Υλικά : C25/30

B400C

1. Όπλιση διατομής έναντι κάμψης

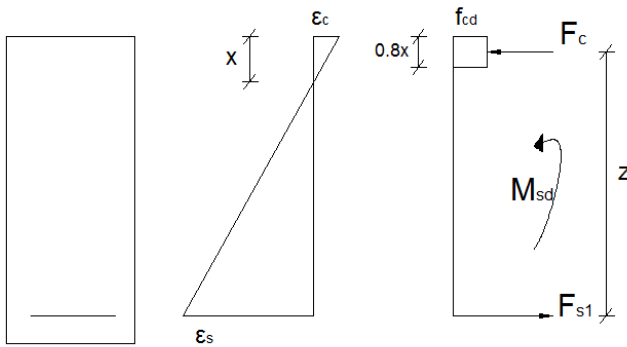
Η ροπή σχεδιασμού είναι :

$$M_d = 1.35M_g + 1.5M_q = 1.35 \cdot 60 + 1.5 \cdot 58 = 168\text{kNm}$$

Για την ισορροπία της διατομής απαιτείται :

(1) η ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών αξονικών δυνάμεων $N_{εσ} = N_{εξ}$ (a)

(2) η ισότητα της ροπής αντοχής με την δρώσα ροπή κάμψης $M_{Rd} = M_{sd}$ (b)



$$N_{εσ} = N_{εξ} \Leftrightarrow F_c - F_{s1} = 0 \Leftrightarrow F_c = F_{s1}$$

$$\text{Γνωρίζουμε ότι } F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b$$

(§3.1.7)

Όπου

$$\eta = 1.0$$

$$\lambda = 0.8$$

$$f_{cd} = 0.85f_{ck}/1.5 = 0.85 \cdot 25/1.5 = 14.17\text{MPa}$$

(§3.1.6)

$$b = 0.3\text{m}$$

Υποθέτω ότι οπλίζω με ράβδους διαμέτρου 25mm επομένως το στατικό ύψος ισούται με $d = h - (c + \phi/2) = 600 - (25 + 25/2) = 562.5\text{mm} = 0.563\text{m}$

$$F_c = \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd} \cdot x \cdot b = 1 \cdot 0.8 \cdot 14.17 \cdot 1000 \cdot x \cdot 0.3 = 3400.8x$$

Υπολογίζω την ροπή αντοχής M_{Rd} της διατομής ως προς τον εφελκυσμένο οπλισμό

$$M_{Rd} = F_c \cdot z = 3400.8x \cdot (d - 0.4x) = 3400.8x \cdot (0.563 - 0.4x)$$

Σύμφωνα με τη σχέση (b) ισχύει :

$$M_{Rd} = M_{sd} \Leftrightarrow M_{Rd} = 168 \Leftrightarrow 3400.8x \cdot (d - 0.4x) = 168 \Leftrightarrow 3400.8x \cdot (0.563 - 0.4x) = 168$$

$$\Leftrightarrow 1914.7x - 1360.3x^2 = 168 \Leftrightarrow 1360.3x^2 - 1914x + 168 = 0 \Leftrightarrow x = 0.094\text{m}$$

Υπολογίζω την παραμόρφωση του εφελκυσμένου οπλισμού και ελέγχω εάν έχει ξεπεράσει την παραμόρφωση διαρροής

$$x = (\epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_{s1}))d = (3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1}))d \leftrightarrow 0.094 = (3.5 / (3.5 + \epsilon_{s1})) \cdot 0.563$$

$$\leftrightarrow \epsilon_{s1} = 17.46\text{‰} > 1.74\text{‰}$$

Επομένως από τη σχέση (a) προκύπτει :

$$N_{\epsilon\sigma} = N_{\epsilon\xi} \leftrightarrow F_c - F_{s1} = 0 \leftrightarrow F_c = F_{s1} \leftrightarrow 3400.8x = A_{s1}f_{yd}$$

$$\leftrightarrow 3400.8 \cdot 0.094 = A_{s1}(400/1.15)$$

$$\leftrightarrow A_{s1} = 9.2\text{cm}^2$$

Τοποθετώ 2Φ25 (= 9.81cm²)

Η καθαρή απόσταση μεταξύ των 2 ράβδων είναι 160mm

2. Έλεγχος ρηγμάτωσης

Έστω ότι το ανεκτό εύρος ρωγμής είναι τα 0.2mm

Η δρώσα ροπή κάμψης υπό τα λειτουργικά φορτία είναι $M_{sd} = 60 + 58 = 118\text{MPa}$

Για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης απαιτείται να γνωρίζουμε την τάση του χάλυβα

Υποθέτουμε ότι :

$$\sigma_s = M_{sd} / (\zeta \cdot d \cdot A_{s1}) = 118 \cdot 10^{-3} / (0.86 \cdot 0.563 \cdot 9.81 \cdot 10^{-4}) = 248\text{MPa} \text{ (προσεγγιστικά)}$$

Θα μπορούσαμε να αποφύγουμε τον υπολογιστικό έλεγχο του εύρους της ρωγμής μόνον όταν :

- η διάμετρος των ράβδων δεν ξεπερνά τις τιμές που βρίσκονται στον πίνακα 7.2N του EC2-1-1

ή

- η μέγιστη απόσταση των ράβδων δεν ξεπερνά τις τιμές του πίνακα 7.3N του EC2-1-1

Τότε η τοποθέτηση του ελάχιστου οπλισμού για την αποφυγή μεγάλων παραμορφώσεων επαρκεί ώστε τα εύρη ρωγμών να κυμαίνονται σε ανεκτά πλαίσια

(§7.3.3)

Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]		
	$w_k = 0,4$ (mm)	$w_k = 0,3$ (mm)	$w_k = 0,2$ (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	-

Τάση χάλυβα ² [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	-

Στην περίπτωσή μας όμως η διάμετρος των 25mm ξεπερνά το όριο των 8mm που αντιστοιχεί για τάση χάλυβα 400MPa και ανεκτό εύρος ρωγμής 2mm , άρα είναι υποχρεωτική η υπολογιστική διαδικασία .

<p>Το εύρος ρωγμής w_k υπολογίζεται από τη σχέση :</p> <p>$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$</p> <p>Όπου</p> <p>$s_{r,max}$ η μέγιστη απόσταση των ρωγμών</p> <p>ϵ_{sm} η μέση ανηγμένη παραμόρφωση του οπλισμού</p> <p>ϵ_{cm} η μέση ανηγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος μεταξύ των 2 ρωγμών</p>	<p>(§7.3.4 (7.8))</p>
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{cteff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$	<p>(§7.3.4(2) (7.9))</p>
<p>$\sigma_s = f_{yk} = 248 \text{MPa}$</p> <p>$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200 \text{GPa} / 25 \text{GPa} = 8$</p> <p>$h_{c,ef}$ είναι το ύψος της ενεργού επιφάνειας του σκυροδέματος που περιβάλλει τον οπλισμό και ισούται με :</p> <p>$\min\{ 2.5(h-d) ; (h-x)/3 ; h/2 \} = \min\{ 2.5(0.6-0.563) ; (0.6-0.094)/3 ; 0.6/2 \}$</p> <p>$= \min\{ 0.0925 ; 0.169 ; 0.3 \} = 0.0925$</p> <p>$A_{c,eff} = h_{c,ef} \cdot b = 0.0925 \cdot 0.3 = 0.0278 \text{m}^2$</p> <p>$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 A_p) / A_{c,eff} = 9.81 / (0.0278 \cdot 10^4) = 0.035$</p> <p>$k_t$ συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την διάρκεια της φόρτισης για μακροχρόνια φόρτιση $k_t = 0.4$</p> <p>$f_{cteff} = f_{ctm} = 2.6 \text{MPa}$</p>	<p>(§7.3.2(3))</p>
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{cteff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{248 - 0.4 \frac{2.6}{0.035} (1 + 8 \cdot 0.035)}{200 \cdot 1000} = 1.05 \cdot 10^{-3}$ <p>$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} > 0.6 \sigma_s / E_s = 0.75\%$</p> <p>Άρα $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0.001$</p> <p>Εφόσον η καθαρή απόσταση των οπλισμών είναι μικρότερη από $5(c + \phi/2) = 187 \text{mm}$ τότε η μέγιστη απόσταση ρωγμών υπολογίζεται ως εξής :</p> <p>$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$</p> <p>$\phi = 25 \text{mm}$</p> <p>$c = 25 \text{mm}$</p> <p>$k_2 = 0.5$ λόγω κάμψης</p> <p>$k_1 = 0.8$ για ράβδους υψηλής συνάφειας</p> <p>$k_3 = 3.4$</p> <p>$k_4 = 0.425$</p> <p>$\rho_{p,eff} = 0.035$</p> <p>$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 25 / 0.035 = 206 \text{mm}$</p> <p>Το εύρος της ρωγμής ισούται με :</p> <p>$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 206 \cdot 0.001 = 0.206 \text{mm} \approx 0.2 \text{mm}$ οριακά είμαστε εντάξει</p>	<p>(§7.3.4(3) (7.11))</p>