



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

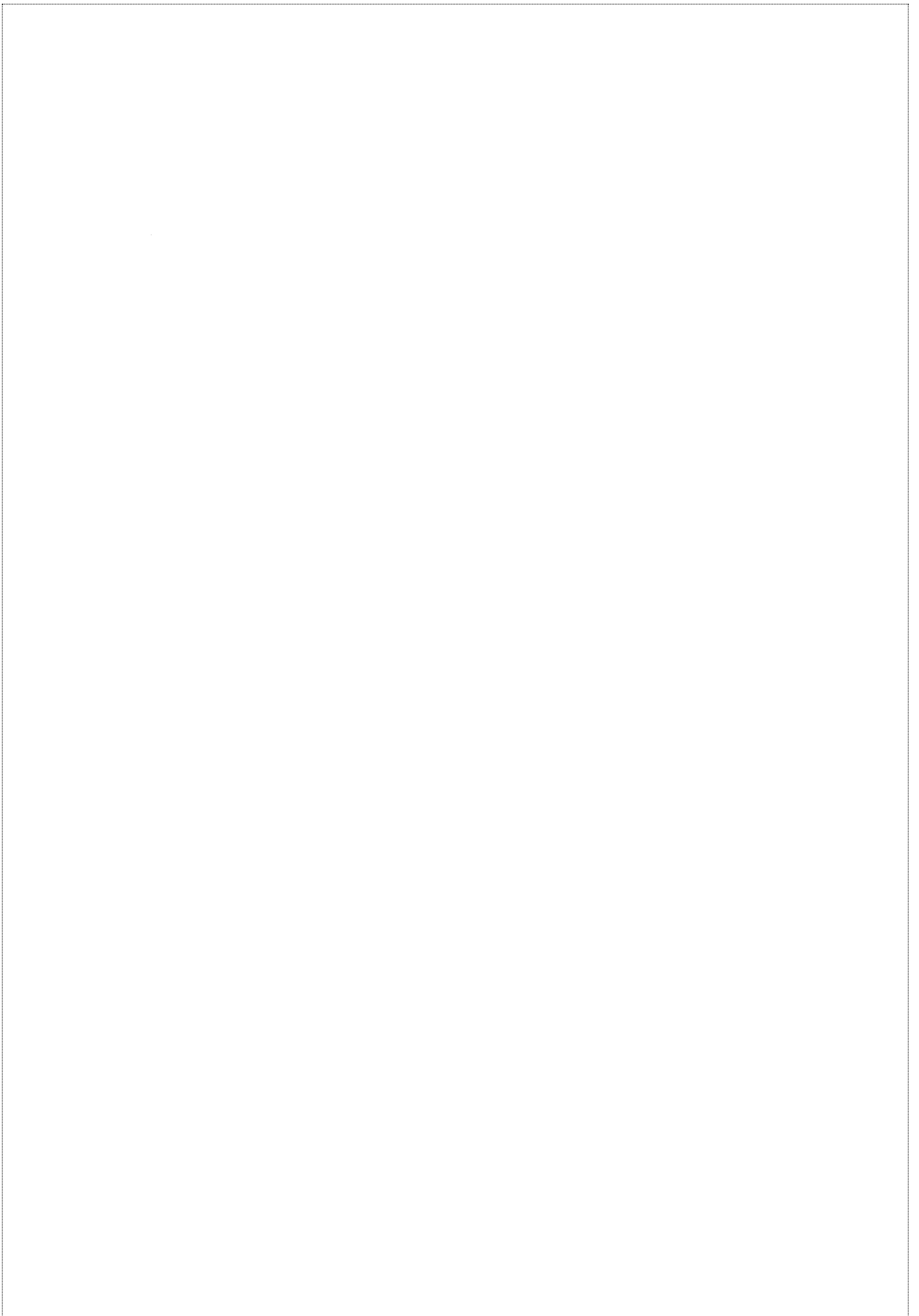
**ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ/ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ  
ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ,  
ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ EN1992-1-1:2004 ΚΑΙ EN1998-1:2004**

(απο-κωδικοποίηση, τακτοποίηση, ταξινόμηση)

**Τεύχος 1 από 3**  
**(Κεφάλαια 1 και 2)**

**ANNA ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ/ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ και Μ. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015**

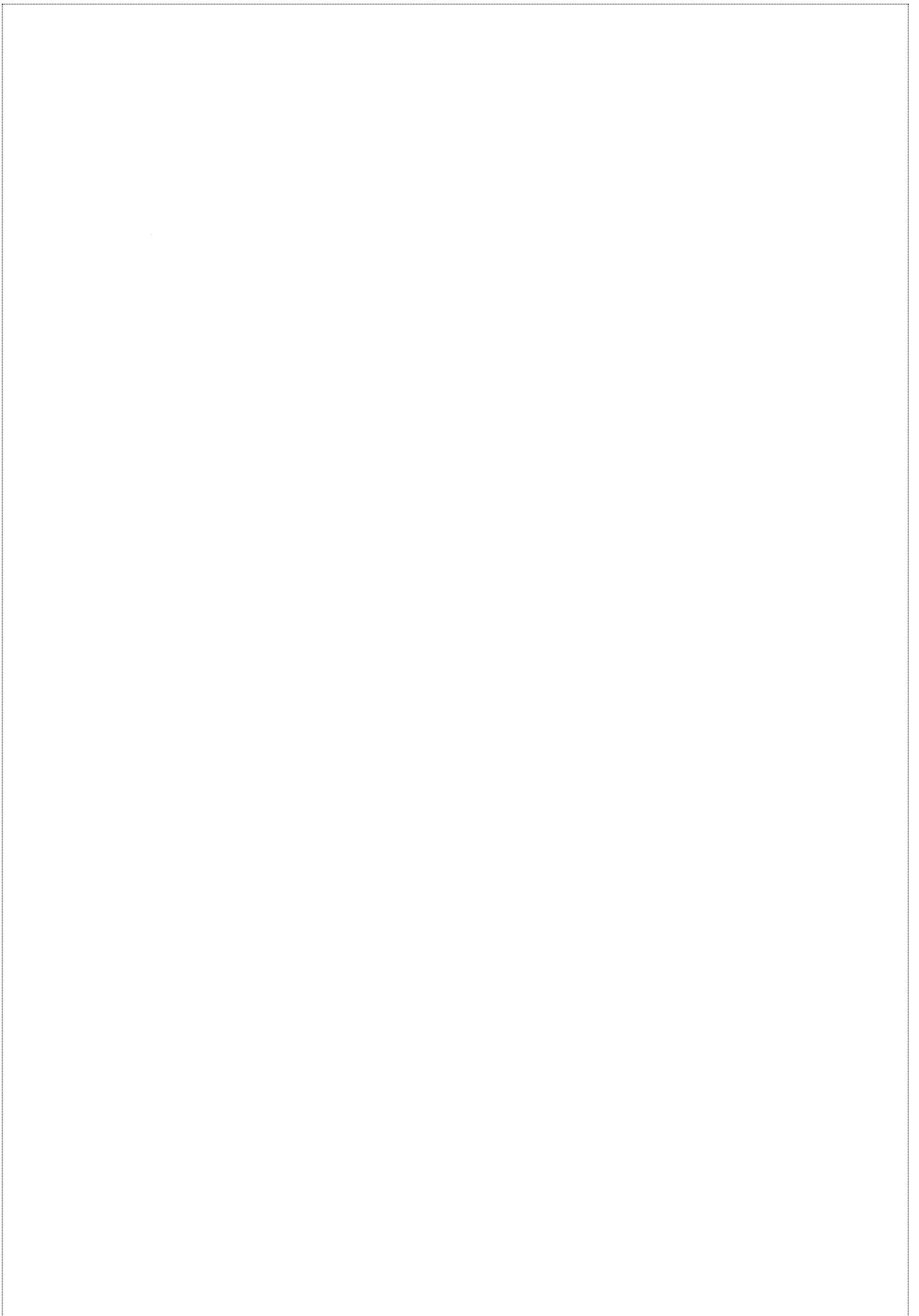


## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία (ΔΕ) εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υπό την επίβλεψη των καθηγητών μου Κου. Μ. Χρονόπουλου και Κας Ε.Βιντηλαίου.

Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές μου για την επιστημονική καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις που μου έδωσαν, καθώς επίσης και τον κ. Ν. Ζυγούρη για τις ώρες που αφιέρωσε και τις πρόσθετες συμβουλές που μου έδωσε, στο πλαίσιο της πρακτικής μου εξάσκησης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την υποστήριξη που μου προσέφεραν αυτά τα πέντε χρόνια, στο πλαίσιο του κύκλου σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ.



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία (ΔΕ) αναφέρεται στην απο-κωδικοποίηση, τακτοποίηση, ταξινόμηση και συνοπτική παρουσίαση των "κατασκευαστικών" διατάξεων (διατάξεων μεγίστων/ελαχίστων) και των λεπτομερειών όπλισης όλων των δομητικών στοιχείων μιας κατασκευής από ωπλισμένο σκυρόδεμα (ΩΣ) (συμπαγείς, δοκιδωτές και μυκητοειδείς πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, κόμβοι δοκών - υποστυλωμάτων, πλάσιμα τοιχώματα, τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς ωπλισμένα, και θεμελιώσεις). Αναφέρεται, δηλαδή, κυρίως στα Κεφάλαια 8 και 9 του Μέρους 1-1 του Ευρωκώδικα 2 (EN1992-1-1:2004) και στα Κεφάλαια 4 και 5 του Μέρους 1 του Ευρωκώδικα 8, καθώς και σε άλλες "διάσπαρτες" διατάξεις τους.

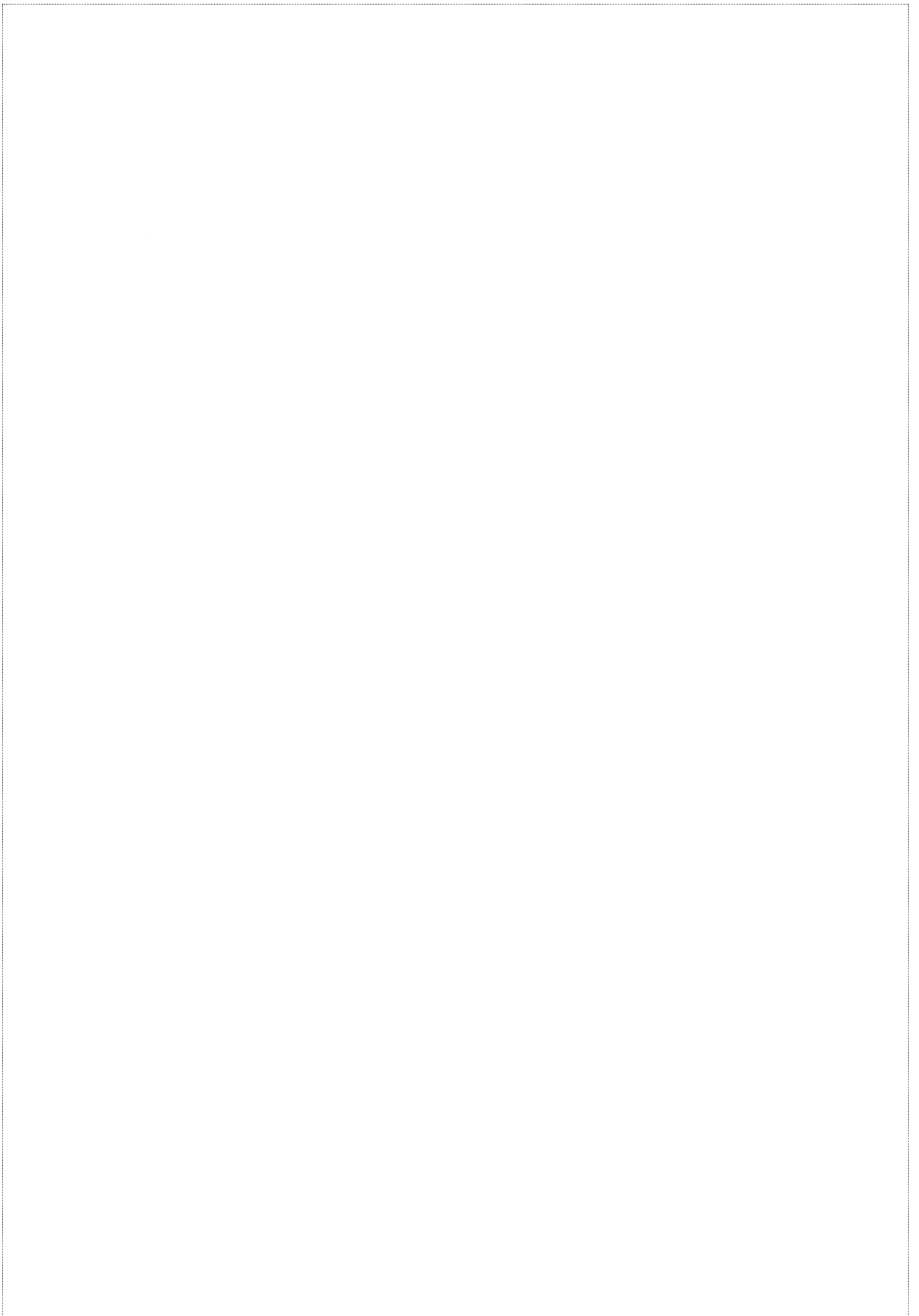
Το Μέρος 1-1 του Ευρωκώδικα 2: Σχεδιασμός των Κατασκευών από Σκυρόδεμα, (EN1992-1-1:2004), περιγράφει τις αρχές και τις απαιτήσεις ασφαλείας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια για τις κατασκευές από σκυρόδεμα, καθώς και τις ειδικές διατάξεις για τα κτίρια. Βασίζεται στη λογική των οριακών καταστάσεων (αντοχής και λειτουργικότητας) σε συνδυασμόν με τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας.

Το Μέρος 1 του Ευρωκώδικα 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός των Κατασκευών, (EN1998-1:2004), δίνει τις γενικές απαιτήσεις αντισεισμικής συμπεριφοράς και τους κανόνες καθορισμού της σεισμικής δράσης για τον σχεδιασμό οποιουδήποτε έργου. Κυρίως, όμως, δίνει κριτήρια συμμόρφωσης και ειδικούς κανόνες για κτίρια από ωπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο ή φέρουσα τοιχοποιία, σύμμικτα (από χάλυβα και σκυρόδεμα), καθώς και για κτίρια με σεισμική μόνωση.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας και της σημαντικής εκτάσεως των σύγχρονων κανονιστικών κειμένων (με πολλές διατάξεις "διάσπαρτες" σε πολλά κεφάλαια και σε πολλές παραγράφους), τα θέματα των λεπτομερειών της όπλισης και της κατασκευαστικής διαμόρφωσης των δομητικών στοιχείων συνιστούν μόνιμον προβληματισμό, πέραν του κινδύνου σημαντικών παραλείψεων. Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας (ΔΕ) είναι να βοηθήσει (στο μέτρο του εφικτού) στην ταξινόμηση/τακτοποίηση των επιμέρους διατάξεων για κτίρια και να αποτελέσει βοήθημα για όλους του εμπλεκόμενους στο ευρύτερο πλαίσιο σχεδιασμού, ελέγχου και παραγωγής έργων ωπλισμένου σκυροδέματος (κυρίως κτιρίων).

### **Σημειώσεις**

- Αυτή η Διπλωματική Εργασία (ΔΕ) δεν καλύπτει δομητικά στοιχεία όπως οι υψίκορμες δοκοί ή οι βραχείς πρόβολοι, καθώς και ειδικές θεμελιώσεις, όπως π.χ. μέσω πασσάλων. Επίσης, δεν καλύπτονται πλήρως θέματα τοιχοπληρωμένων πλαισίων. Πέραν αυτών, κατά τον EN1998-1:2004, πλαισιωτά κτίρια από ΩΣ με ζυγώματα από πλάκες χωρίς δοκούς (flat slabs) ως πρωτεύοντα/κύρια σεισμικά μέλη δεν καλύπτονται πλήρως από τον υπόψη Κανονισμό.
- Στο Τεύχος 1 γίνεται παρουσίαση και παράθεση (απλή) των σχετικών διατάξεων ανά δομητικό στοιχείο, ενώ στο Τεύχος 2 γίνεται η αντίστοιχη παρουσίαση σε σχετικούς πίνακες. Τέλος στο Τεύχος 3 γίνεται σχηματοποιημένη παρουσίαση ανά κλάση/κατηγορία πλαστιμότητας, για πλαισιωτά και τοιχωματικά συστήματα ΩΣ.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

## ΤΕΥΧΟΣ 1/3

1. Κατασκευαστική διαμόρφωση δομητικών στοιχείων	
1.1. Γενικά.....	1
1.2. Συστήματα φορέων κτιρίων από ωπλισμένο σκυρόδεμα.....	2
1.3. Τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος.....	3
1.4. Συμπαγείς πλάκες.....	5
1.4.1. Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	5
1.4.2. Απαιτήσεις για τον οπλισμό κάμψης.....	5
1.4.3. Διαμόρφωση του οπλισμού κάμψης.....	6
1.4.4. Απαιτήσεις για τον οπλισμό διάτμησης.....	7
1.5. Πλάκες με νευρώσεις ή σώματα πλήρωσης.....	8
1.5.1. Ορισμός και πεδίο εφαρμογής.....	8
1.5.2. Όπλιση πλάκας.....	8
1.5.3. Διαμήκεις νευρώσεις.....	8
1.5.4. Εγκάρσιες νευρώσεις.....	9
1.6. Πλάκες με συγκεντρωμένα φορτία.....	10
1.6.1. Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέριστες πλάκες.....	10
1.7. Μυκητοειδείς πλάκες.....	12
1.7.1. Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί εσωτερικών υποστυλωμάτων.....	12
1.7.2. Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί περιμετρικών υποστυλωμάτων.....	12
1.7.3. Απαιτήσεις οπλισμού διάτμησης.....	13
1.8. Δοκοί.....	15
1.8.1. Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	15

1.8.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό.....	16
1.8.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.....	20
1.8.4.	Απαιτήσεις οπλισμού έναντι στρέψης.....	22
1.8.5.	Απαιτήσεις επιφανειακού οπλισμού.....	22
1.8.6.	Έμμεσες στηρίξεις.....	23
1.8.7.	Ικανοτικός έλεγχος δοκού έναντι τέμνουσας.....	23
1.9.	Υποστυλώματα.....	26
1.9.1.	Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	26
1.9.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό.....	27
1.9.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.....	28
1.9.4.	Ικανοτικός έλεγχος ροπών κάμψευς περί κόμβου.....	33
1.9.5.	Ικανοτικός έλεγχος υποστυλώματος έναντι τέμνουσας.....	34
1.9.6.	Επιπρόσθετες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα.....	36
1.9.7.	Επιπρόσθετες διατάξεις για κοντά υποστυλώματα.....	38
1.9.7.1.	Φύσει κοντά υποστυλώματα.....	38
1.9.7.2.	Θέσει κοντά υποστυλώματα.....	39
1.10.	Κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων.....	41
1.10.1.	Ελάχιστος οπλισμός κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων για ΚΠΜ και ΚΠΥ.....	41
1.10.2.	Συνάφεια και αγκύρωση διαμήκους οπλισμού.....	41
1.10.3.	Έλεγχος του σώματος κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων.....	42
1.11.	Πλάσιμα τοιχώματα.....	45
1.11.1.	Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	45
1.11.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό των περισφιγμένων άκρων.....	47
1.11.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό των περισφιγμένων άκρων.....	49
1.11.4.	Απαιτήσεις για τα περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων με εγκάρσια πέλματα.....	50
1.11.5.	Απαιτήσεις για τον κορμό.....	51
1.11.6.	Διαστασιολόγηση έναντι ορθής έντασης και τέμνουσας.....	52
1.11.7.	Ειδικές διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα.....	56



1.11.8. Δοκοί σύζευξης τοιχωμάτων.....	57
1.12. Τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα.....	58
1.13. Ειδικοί κανόνες για δοκούς που φέρουν ασυνεχή κατακόρυφα στοιχεία (φυτευτά)..	60
1.14. Μελέτη και διαμόρφωση λεπτομερειών δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων.....	61
1.15. Στοιχεία θεμελίωσης.....	62
1.15.1. Πεδίο εφαρμογής.....	62
1.15.2. Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων.....	63
1.15.3. Συνδετήριες δοκοί.....	63
1.15.4. Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου.....	64
1.15.5. Συνδετήριες πλάκες στοιχείων θεμελίωσης.....	65
1.15.6. Κόμβοι σύνδεσης κατακόρυφων στοιχείων με στοιχεία θεμελίωσης.....	66
1.16. Διατάξεις για διαφράγματα από σκυρόδεμα.....	67

## **2. Κανόνες λεπτομερειών όπλισης**

2.1. Γενικά.....	68
2.2. Περιβαλλοντικές συνθήκες.....	68
2.3. Επικάλυψη οπλισμών.....	71
2.3.1. Γενικά.....	71
2.3.2. Ελάχιστη επικάλυψη.....	71
2.3.3. Ανοχές σχεδιασμού και παρεκκλίσεις.....	75
2.4. Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών.....	76
2.5. Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων.....	76
2.5.1. Αποφυγή ρηγμάτωσης των ράβδων.....	76
2.5.2. Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα.....	77
2.6. Αγκύρωση διαμήκων ράβδων.....	78
2.6.1. Γενικά.....	78
2.6.2. Τάση συνάφειας οπλισμού-σκυροδέματος.....	78
2.6.3. Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης.....	79
2.6.4. Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού.....	80
2.6.5. Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης.....	82

2.7. Αγκύρωση διαμήκων ράβδων σε δοκούς και πλάκες.....	82
2.7.1. Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις.....	82
2.7.2. Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδοιάμεσες στηρίξεις.....	83
2.7.3. Μετάθεση του διαγράμματος των ροπών.....	84
2.7.4. Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης για ακραίον κόμβο.....	84
2.8. Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης.....	86
2.8.1. Αγκύρωση οπλισμού διάτμησης δοκού.....	86
2.9. Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων.....	87
2.10. Ενώσεις.....	89
2.10.1. Γενικά.....	89
2.10.2. Ενώσεις με υπερκάλυψη.....	89
2.10.2.1. Μήκος υπερκάλυψης.....	90
2.10.2.2. Εγκάρσιος οπλισμός στο μήκος υπερκάλυψης.....	91
2.10.3. Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων.....	93
2.10.3.1. Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού πλεγμάτων.....	93
2.10.3.2. Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού πλεγμάτων.....	94
2.11. Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους $\Phi_L > 32\text{mm}$ .....	94
2.12. Δέσμες ράβδων.....	95
2.12.1. Γενικά.....	95
2.12.2. Αγκύρωση δεσμών ράβδων.....	95
2.12.3. Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων.....	96

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>97</b>
--------------------------	-----------

## **ΤΕΥΧΟΣ 2/3**

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ορισμοί.....</b>	<b>1</b>
----------------------------------	----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για περιβαλλοντικές συνθήκες και επικαλύψεις οπλισμών.....</b>	<b>9</b>
---	----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τις απαιτήσεις των υλικών κυρίων στοιχείων.....	15
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τις τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος.....	17
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για συμπαγείς πλάκες.....	19
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για μυκητοειδείς πλάκες.....	22
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για δοκούς.....	25
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για υποστυλώματα.....	35
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.....	44
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για πλάσιμα τοιχώματα.....	47
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα.....	58
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Λ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για θεμελιώσεις.....	60
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για αγκυρώσεις και ενώσεις.....	66

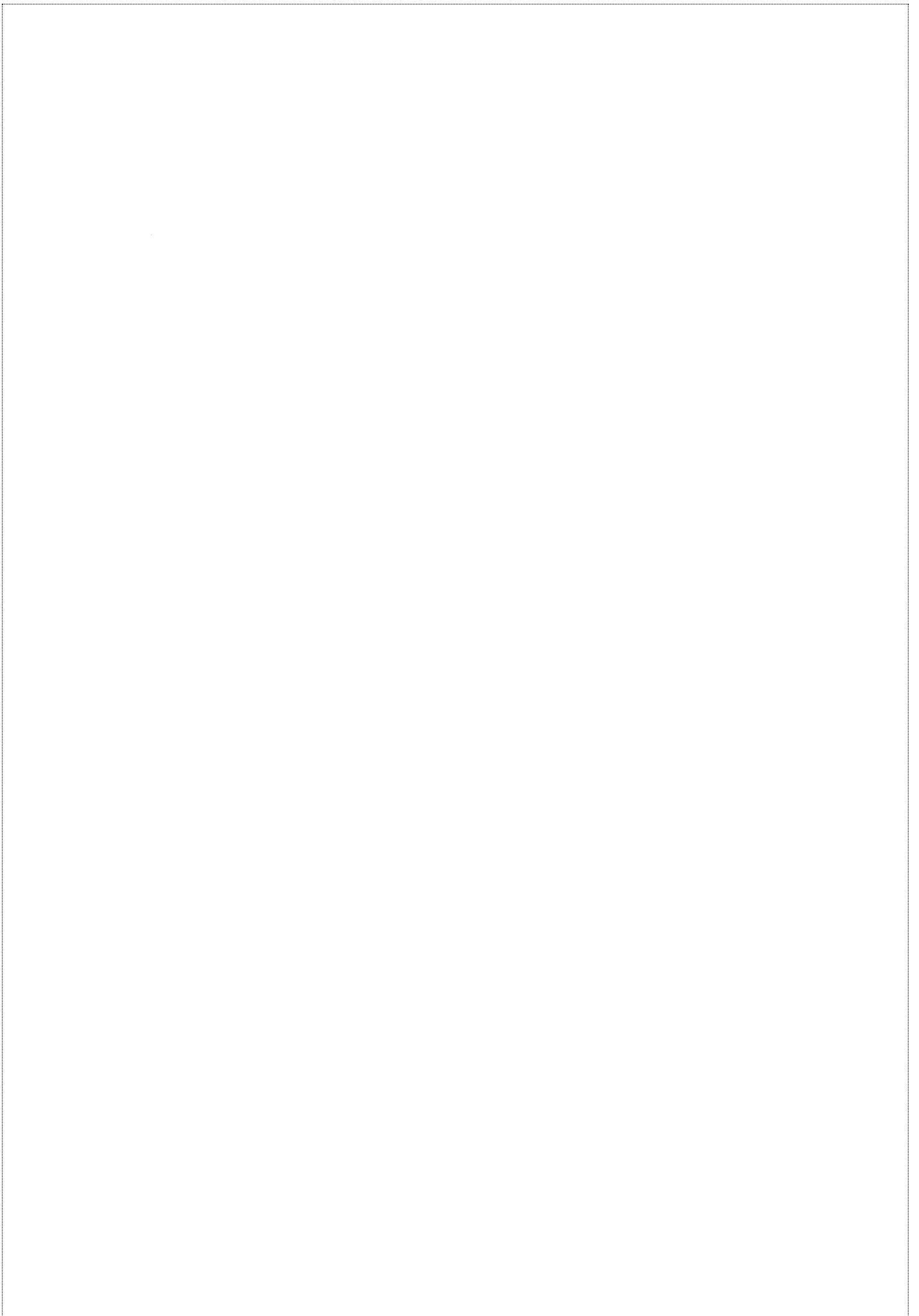
### **ΤΕΥΧΟΣ 3/3**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν1:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για διαφράγματα

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν2:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για θεμελιώσεις-υπόγεια

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν3:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για μέση κλάση/κατηγορία πλαστιμότητας, ΚΠΜ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν4:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για υψηλή κλάση/κατηγορία πλαστιμότητας, ΚΠΥ



## **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

- 1) Τα δομικά στοιχεία χαμηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΧ, με  $\max q=1,5$ ), η οποία δεν επιτρέπεται για την Ελλάδα, καθώς και τα δευτερεύοντα σεισμικά μέλη (βλ. EN1998-1:2004) των ΚΠΜ και ΚΠΥ, για τα οποία δεν προβλέπονται "κρίσιμες" περιοχές, σχεδιάζονται με βάση τον EN1992-1-1:2004, αλλά για πρωτεύοντα σεισμικά μέλη θα χρησιμοποιείται μόνον χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ) κατηγορίας Β ή C. Σχετικώς, βλ. ιδιαίτερη αναφορά στο παράρτημα Κ αυτής της Διπλωματικής Εργασίας.
- 2) Για τον σντισεισμικό σχεδιασμό, η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  μπορεί να είναι διαφορετική σε διαφορετικές διευθύνσεις του φορέα/κτιρίου, αλλά η κλάση πλαστιμότητας θα είναι μία και ίδια σε όλες τις διευθύνσεις.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Κατασκευαστική διαμόρφωση δομητικών στοιχείων

### 1.1 Γενικά

- Οι κανόνες κατασκευαστικής διαμόρφωσης αφορούν κυρίως δομικά στοιχεία κτιριακών κατασκευών.
- Οι κανόνες κατασκευαστικής διαμόρφωσης εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφαλείας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια.
- Οι ελάχιστοι οπλισμοί δομητικών στοιχείων αποσκοπούν:
  - Στην αποφυγή ψαθυρής αστοχίας κατά τη ρηγμάτωση
  - Στην αποφυγή μεγάλου εύρους ρωγμών
  - Στην παραλαβή δυνάμεων από καταναγκασμούς ή από "δευτερεύουσες" δράσεις (για τις οποίες δεν έχει γίνει έλεγχος)

Πίνακας 1.1: Απαιτήσεις για τα υλικά κυρίων στοιχείων

Κατηγορία Πλαστιμότητας (ΚΠ)	ΚΠΧ(Χαμηλή) και δευτερεύοντα στοιχεία	ΚΠΜ(Μέση)	ΚΠΥ(Υψηλή)
Σκυρόδεμα	Βλ. απαιτήσεις ανθεκτικότητας	≥C16/20	≥C20/25
Κατηγορία χάλυβα	B ή C	B ή C	Μόνο C
Διαμήκεις ράβδοι	Με νευρώσεις	Με νευρώσεις	Με νευρώσεις
Υπεραντοχή χάλυβα	-	-	$\alpha_{ctf}_{yk,0,95} \leq 1,25nomf_{yk}$

#### Παρατήρηση 1

Σε κρίσιμες περιοχές πρωτεύοντων/κύριων σεισμικών στοιχείων θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικώς ράβδοι με νευρώσεις, με εξαίρεση τους κλειστούς ή μονοσκελείς συνδετήρες. Βεβαίως, όλοι οι σύγχρονοι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ), για διαμήκεις ράβδους, συνδετήρες, πλέγματα κ.λ.π. είναι πλέον με νευρώσεις.

#### Παρατήρηση 2

Η αυξημένη ολκιμότητα ΧΟΣ C έναντι B μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$\frac{OLK_C}{OLK_B} \approx \frac{(k\varepsilon_{uk})_C}{(k\varepsilon_{uk})_B} \approx \frac{1,15 \cdot 7,5}{1,08 \cdot 5,0} \approx 1,5$$

Για αυτό σε κρίσιμες περιοχές κύριων σεισμικών στοιχείων με διαμήκη οπλισμό από χάλυβα κατηγορίας B (και όχι C) του EN1992-1-1:2004, η πλαστιμότητα καμπυλοτήτων  $\mu_\phi$  πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 1,5 φορές την τιμή που δίνεται από τις εκφράσεις

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \text{ εάν } T_1 \geq T_C \text{ ή } \mu_\phi = 1 + 2(q_0 - 1)T_C/T_1 \text{ εάν } T_1 < T_C$$

όποια από τις δύο εφαρμόζεται.

## 1.2 Συστήματα φορέων κτιρίων από ωπλισμένο σκυρόδεμα

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

Ο EN1998-1:2004 ορίζει τους εξής βασικούς τύπους στατικού συστήματος φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος:

1. «Τοιχωματικό» σύστημα: Είναι αυτό όπου τοιχώματα (που ορίζονται κατά EN1992-1-1:2004 ως κατακόρυφα στοιχεία με λόγο πλευρών διατομής μεγαλύτερο του 4) αναλαμβάνουν περισσότερο από 65% της σεισμικής τέμνουσας βάσης κατά την ελαστική ανάλυση,  $V_b$ .
2. «Πλαισιακό» σύστημα: Είναι αυτό όπου πλαίσια δοκών-υποστυλωμάτων αναλαμβάνουν περισσότερο από 65% της  $V_b$ .
3. «Δυαδικό» (ή «διπλό») σύστημα: Είναι αυτό όπου τοιχώματα και πλαίσια αναλαμβάνουν από 35% έως 65% της  $V_b$ .  
Ένα δυαδικό σύστημα μπορεί να είναι:  
(a) «Δυαδικό» σύστημα ισοδύναμο με τοιχωματικό: αυτό όπου τοιχώματα αναλαμβάνουν μεταξύ 50% και 65% της  $V_b$ .  
(b) Δυαδικό σύστημα «ισοδύναμο με πλαισιακό»: αυτό όπου πλαίσια δοκών-υποστυλωμάτων αναλαμβάνουν μεταξύ 50% και 65% της  $V_b$ .

Η διάκριση μεταξύ τύπων 1 και 3(a) αφενός και 2 και 3(b) αφετέρου, είναι από πρακτική άποψη ιδιαίτερα σημαντική, καθότι στην 1 ομάδα δε χρειάζεται ικανοτικός σχεδιασμός των υποστυλωμάτων για αποτροπή μαλακού ορόφου, ούτε απαιτείται από τον EN 1998-1:2004 να εφαρμόζονται οι ειδικές διατάξεις για μή-κανονική καθύψος κατανομή τοιχοπληρώσεων και για μή-κανονική σε κάτοψη κατανομή τοιχοπληρώσεων, για την αντιμετώπιση των δυσμενών επιρροών των τοιχοπληρώσεων.

Για τους σκοπούς του καθορισμού του δείκτη συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος, ο EN1998-1:2004 ορίζει δύο ακόμη «ειδικούς» τύπους στατικού συστήματος:

1. «Στρεπτικά εύκαμπτο» σύστημα: Είναι αυτό όπου η ελάχιστη ακτίνα δυστροπίας μεταξύ των δύο οριζόντιων διευθύνσεων είναι σε κάποιον όροφο μικρότερη από την ακτίνα αδράνειας της μάζας ορόφου, με ενδεχόμενο αποτέλεσμα κυρίαρχες περί κατακόρυφο άξονα στρεπτικές ταλαντώσεις αντί μεταφορικές.
2. «Ανεστραμμένο εκκρεμές» : Είναι αυτό του οποίου τουλάχιστον η μισή μάζα βρίσκεται συγκεντρωμένη στα πάνω τρίτα του ύψους, ή η ανελαστική παραμόρφωση και η απορρόφηση σεισμικής ενέργειας συγκεντρώνονται στη βάση ενός μόνον κατακόρυφου στοιχείου. Ο EN 1998-1:2004 δεν θεωρεί ως ανεστραμμένα εκκρεμή μονώροφα πλαισιακά συστήματα με δοκούς και κατά τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις, αν η ανηγμένη αξονική δύναμη

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \text{ είναι μικρότερη από } 0,3 \text{ σε όλα τα υποστυλώματα.}$$

Συζευγμένα θεωρούνται τοιχώματα, που συνδέονται – ανά δύο ή περισσότερα – μέσω πλάστιμων "δοκών σύζευξης", έτσι ώστε το άθροισμα των σεισμικών ροπών στη βάση των συζευγμένων τοιχωμάτων να μειώνεται κατά 25% τουλάχιστον, σε σχέση με το αν δεν υπήρχε σύζευξη.



### 1.3 Τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος

Για κανονικά καθύψος κτίρια ο EN 1998-1:2004 δίνει τις «βασικές τιμές»,  $q_0$ , του δείκτη συμπεριφοράς φορέων κτιρίων από ωπλισμένο σκυροδέμα. Για τα μή-κανονικά καθύψος, ο δείκτης συμπεριφοράς είναι μειωμένος κατά 20% :

$$q=0,8q_0$$

Πίνακας 1.2: Βασική τιμή,  $q_0$ , δείκτη συμπεριφοράς κανονικών καθύψος κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος

Τύπος στατικού συστήματος	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς	1,5	2
Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα	2	3
Τοιχωματικό σύστημα ασύζευκτων τοιχωμάτων (>50% τέμνουσας τοιχωμάτων: ασύζευκτα τοιχώματα)	3	$4 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Πλαισιακό ή δυαδικό σύστημα Σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων (>50% τέμνουσας τοιχωμάτων αναλαμβάνεται από συζευγμένα τοιχώματα)	$3 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	$4,5 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

$\alpha_u/\alpha_1$  στον Πίνακα 1.2 είναι ο λόγος της σεισμικής δράσης που μετατρέπει τον φορέα σε μηχανισμό, προς αυτήν στην 1<sup>η</sup> καμπτική διαρροή στο φορέα, εκφράζει δε την υπερστατικότητα του. Θεωρητικά, τα  $\alpha_u$  και  $\alpha_1$  προκύπτουν από την καμπύλη τέμνουσας βάσης – ματάθες κορυφής του φορέα από ανελαστική στατική ανάλυση:

$\alpha_u$ : Η τέμνουσα όπου η καμπύλη οριζοντιώνεται

$\alpha_1$ : Η τέμνουσα στη 1<sup>η</sup> διαρροή στο φορέα

Ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης, λαμβάνεται:

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} \leq 1,5$$

Ο EN 1998-1:2004 επιτρέπει τη χρησιμοποίηση των εξής αντιπροσωπευτικών τιμών του  $\alpha_u/\alpha_1$  για κανονικά σε κάτοψη κτίρια, χωρίς ανελαστική στατική ανάλυση:

- Για πλαισιακά συστήματα ή ισοδύναμα προς πλαισιακά δυαδικά
  - Μονώροφα κτίρια:  $\alpha_u/\alpha_1=1,1$
  - Πολυώροφα δίστυλα πλαισιακά κτίρια:  $\alpha_u/\alpha_1=1,2$
  - Πολυώροφα πολύστυλα πλαισιακά κτίρια ή ισοδύναμα προς πλαισιακά δυαδικά:  $\alpha_u/\alpha_1=1,3$
- Συστήματα τοιχωμάτων ή ισοδύναμα προς αυτά δυαδικά συστήματα
  - Συστήματα τοιχωμάτων με μόνο δύο ασύζευκτα τοιχώματα ανά οριζόντια διεύθυνση:  $\alpha_u/\alpha_1=1,0$
  - Άλλα συστήματα ασύζευκτων τοιχωμάτων:  $\alpha_u/\alpha_1=1,1$

- Ισοδύναμα προς τοιχώματα δυαδικά συστήματα ή συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων:  
 $\alpha_u/\alpha_1=1,3$

Για μή-κανονικά σε κάτοψη κτίρια, μπορεί να χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των ανωτέρω αντιπροσωπευτικών τιμών του  $\alpha_u/\alpha_1$  και του 1,0. Η μείωση όμως αυτή δεν είναι υποχρεωτική. Αν το  $\alpha_u/\alpha_1$  υπολογίζεται με ανελαστική στατική ανάλυση, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το τμήμα αυτό η τιμή που προκύπτει, μέχρι τη μέγιστη τιμή 1,5.

Πίνακας 1.3: Τιμές δείκτη συμπεριφοράς κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος που σχεδιάζονται για αυξημένη πλαστικότητα

Δομικό σύστημα	Κανονικό καθύψος και σε κάτοψη		Κανονικό καθύψος, όχι σε κάτοψη		Κανονικό σε κάτοψη, όχι καθύψος		Μή-Κανονικό σε κάτοψη και καθύψος	
	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Στρεπτικά εύκαμπτο	2,0	3,0	2,0	3,0	1,6	2,4	1,6	2,4
Ανεστραμμένο εκκρεμές	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,6	1,5	1,6
Τοιχωματικό με >2 ασύζευκτα τοιχώματα/διεύθυνση	3,0	4,4	3,0	4,2	2,4	3,5	2,4	3,35
Τοιχωματικό με μόνο 2 ασύζευκτα τοιχώματα/διεύθυνση	3,0	4,0	3,0	4,0	2,4	3,2	2,4	3,2
Τοιχωματικό συζευγμένων τοιχωμάτων Δυαδικό ισοδύναμο με τοιχωματικό Πολυώροφο πλαισιακό (ή δυαδικό ισοδύναμο με πλαισιακό) και ένα άνοιγμα	3,6	5,4	3,3	4,95	2,9	4,3	2,65	3,95
Πολυώροφο πλαισιακό (ή δυαδικό ισοδύναμο με πλαισιακό)	3,9	5,85	3,45	5,2	3,1	4,7	2,75	4,15
Πλαισιακό (ή δυαδικό ισοδύναμο με πλαισιακό) με έναν όροφο	3,3	4,95	3,15	4,7	2,65	3,95	2,5	3,8

## 1.4 Συμπαγείς πλάκες

- Οι διατάξεις αφορούν απλώς ή σταυροειδώς οπλισμένες πλάκες

### 1.4.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί

- Πρέπει  $b_{\min} \geq 5h$

### 1.4.2 Απαιτήσεις για τον οπλισμό κάμψης

#### Κύριος οπλισμός κάμψης

- Ελάχιστα όρια του κύριου οπλισμού

$$A_{s,\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd \\ 0,0013bd \end{array} \right.$$

- Μέγιστα όρια κύριου οπλισμού

$$A_{s,\max} = 0,04A_c \text{ (εκτός ενώσεων)} \text{ και } A_{s,\max} = 0,08A_c \text{ (στις ενώσεις)}$$

- Αποστάσεις μεταξύ ράβδων κύριου οπλισμού

$$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 2h \\ 250mm \end{array} \right. \quad \text{θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου}$$

$$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3h \\ 400mm \end{array} \right. \quad \text{εκτός των παραπάνω περιοχών}$$

#### Δευτερεύων οπλισμός απλά οπλισμένων πλακών

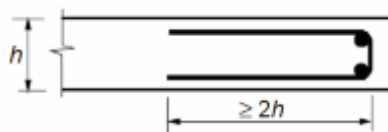
- Ελάχιστο ποσοστό δευτερεύοντος οπλισμού  $\geq 20\%$  του κύριου
- Αποστάσεις μεταξύ ράβδων δευτερεύοντος οπλισμού

$$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3h \\ 400mm \end{array} \right. \quad \text{θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου}$$

$$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3,5h \\ 450mm \end{array} \right. \quad \text{εκτός των παραπάνω περιοχών}$$

### 1.4.3 Διαμόρφωση των οπλισμών κάμψης

- Κλιμάκωση: ισχύουν οι διατάξεις των δοκών με μήκος μετάθεσης  $a_1=d$ .
- Σε στηρίξεις που θεωρούνται ελεύθερα στρεπτές το 50% του οπλισμού ανοίγματος συνεχίζεται και αγκυρώνεται στην κάτω παρειά της στήριξης .
- Στην άνω παρειά ακραίας στήριξης που θεωρήθηκε ελεύθερα στρεπτή τοποθετείται και αγκυρώνεται οπλισμός ίσος με το 25% του οπλισμού ανοίγματος και σε μήκος ίσο με το 0,20 του ανοίγματος.
- Στις γωνίες με παρεμπόδιση ανύψωσης διατάσσεται κατάλληλος οπλισμός.
- Κατά μήκος ενός ελεύθερου (μη στηριζόμενου) άκρου μιας πλάκας, θα πρέπει να τοποθετούνται διαμήκεις και εγκάρσιοι οπλισμοί, με διάταξη της μορφής του σχήματος 1.1. Ο ήδη υπάρχων, οπλισμός της πλάκας μπορεί με κατάλληλη διαμόρφωση να λειτουργεί και ως οπλισμός ελεύθερου άκρου.



Σχήμα 1.1: Οπλισμός ελεύθερου άκρου πλάκας

### Κατά τον ΕΚΩΣ

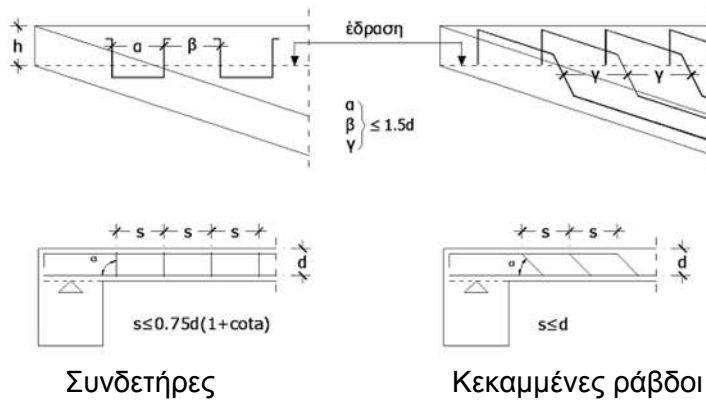
- Ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να αποτελείται από φουρκέτες που περιβάλλουν τις διαμήκεις ράβδους.
- Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου, μία πλάκα πρέπει να περιέχει:
  - Διαμήκη οπλισμόν από δύο τουλάχιστον ράβδους, την μία στην «πάνω» ακμή και την άλλη στην «κάτω» ακμή. Το ελάχιστο εμβαδόν αυτού του οπλισμού είναι  $0,0025h^2$  για B500C, τουλάχιστον όμως  $2\varnothing 8$ .
  - Εγκάρσιο οπλισμόν κάθετο προς τον προηγούμενο και του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον  $2h$ . Ο ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός είναι τουλάχιστον  $4\varnothing 8/m$ .

### 1.4.4 Απαιτήσεις για τον οπλισμό διάτμησης

- Πλάκες με οπλισμό διάτμησης πρέπει να έχουν πάχος  $h \geq 200\text{mm}$ .
- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης

$$\rho_w \geq \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

- Εφόσον  $V \leq \frac{1}{3}V_{Rd,max}$  επιτρέπεται η διάταξη μόνο κεκαμμένων ράβδων.
- Μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών διάτμησης



## 1.5 Πλάκες με νευρώσεις ή σώματα πλήρωσης

### 1.5.1 Ορισμός και πεδίο εφαρμογής

#### Κατά τον ΕΚΟΣ

- Οι πλάκες με νευρώσεις (ή με σώματα πλήρωσης) συντίθεται από πλακοδοκούς με ελεύθερη απόσταση νευρώσεων το πολύ 700mm και με πλάτος νευρώσεων τουλάχιστον 70mm.
- Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν απαιτείται έλεγχος της πλάκας μεταξύ των νευρώσεων, με την προϋπόθεση ότι το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο δεν είναι μεγαλύτερο από  $5\text{kN/m}^2$  και ότι δεν κυκλοφορούν οχήματα με φορτίο τροχού μεγαλύτερο από 7,5kN.

### 1.5.2 Όπλιση πλάκας

#### Κατά τον ΕΚΟΣ

##### Για αμφιέριστες πλάκες

- Το πάχος της πάνω ή της κάτω πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/10 της ελεύθερης απόστασης των νευρώσεων ή 50mm.
- Η πάνω πλάκα πρέπει να οπλίζεται με σταυροειδή οπλισμό, με διατομή σε κάθε διεύθυνση τουλάχιστον ίση με το 0,001 της διατομής της πλάκας (S400, S500).
- Η κάτω πλάκα, αν υπάρχει, πρέπει να οπλίζεται κι αυτή με σταυροειδή οπλισμό, τουλάχιστον ίσον με το 75% του οπλισμού της πάνω πλάκας (S400, S500).

##### Για τετραέριστες πλάκες

- Εφαρμόζονται ανάλογα οι κανόνες για τις αμφιέριστες πλάκες. Ιδιαίτερα πρέπει να τηρούνται και κατά τις δύο διευθύνσεις οι απαιτήσεις για τις μέγιστες αποστάσεις των νευρώσεων και τις ελάχιστες διαστάσεις νευρώσεων και πλάκων.

### 1.5.3 Διαμήκειες νευρώσεις

#### Κατά τον ΕΚΟΣ

- Οι νευρώσεις πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 70mm. Εφόσον προς τις στηρίξεις διαπλατώνονται οι νευρώσεις, η αύξηση του πλάτους της νευρώσης  $b$  επιτρέπεται να τίθεται στον υπολογισμό με κλίση το πολύ 1:3.
- Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να διανέμεται στις επιμέρους νευρώσεις όσο το δυνατό ομοιόμορφα.
- Στη στήριξη μπορεί να κάμπτεται λοξά κάθε δεύτερη ράβδος οπλισμού, εφόσον σε κάθε νευρώση υπάρχουν 2 ράβδοι τουλάχιστον.
- Στις εσωτερικές στηρίξεις συνεχών πλακών επιτρέπεται να λαμβάνεται στον υπολογισμό ως θλιβόμενος οπλισμός μόνο ο οπλισμός του ανοίγματος που είναι μικρότερος από το 0,01 της διατομής του σκυροδέματος (S400, S500). Ο θλιβόμενος οπλισμός πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι λυγισμού, π.χ. με συνδετήρες.
- Στις νευρώσεις πρέπει να διατάσσονται συνδετήρες όταν το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο είναι μεγαλύτερο από  $3\text{kN/m}^2$  και η διάμετρος του διαμήκους οπλισμού των νευρώσεων είναι μεγαλύτερη από 16mm.
- Στην περιοχή των εσωτερικών στηρίξεων συνεχών πλακών και σε πλάκες με ειδικές απαιτήσεις πυρασφάλειας πρέπει να διατάσσονται πάντοτε συνδετήρες.

- Σε όλες τις στηρίξεις πλακών με νευρώσεις (ή με σώματα πληρώσεως) συνιστάται να κατασκευάζεται συμπαγής λωρίδα σκυροδέματος, με πλάτος ίσο προς το 5% του αντίστοιχου θεωρητικού ανοίγματος της πλάκας.
- Προσεγγιστικά, και εφόσον οι νευρώσεις είναι σε σταθερές μεταξύ τους αποστάσεις, μπορεί να γίνει δεκτό ότι η μέγιστη τέμνουσα μιας νεύρωσης δίνεται από τη σχέση:

$$V_{d,nerv} = 1,10 \cdot V_{d,total} / n$$

Όπου:

$V_{d,total}$  η συνολική τέμνουσα δύναμη κατά μήκος της πλήρους ζώνης

$n$  ο αριθμός των νευρώσεων στο ίδιο μήκος

### 1.5.4 Εγκάρσιες νευρώσεις

- Σκοπός των εγκάρσιων νευρώσεων είναι να εξασφαλισθεί η συνεργασία των διαμήκων νευρώσεων.
- Για θεωρητικά ανοίγματα μεγαλύτερα των 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μια εγκάρσια νεύρωση ανά  $10 \cdot h_0$ , όπου  $h_0$  είναι το συνολικό πάχος της πλάκας.
- Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός (π.χ. εσχάρα δοκών) ο σπλισμός της εγκάρσιας νεύρωσης θα είναι τουλάχιστον ίσος με τον σπλισμό μιας διαμήκου νεύρωσης. Ο σπλισμός αυτός θα τοποθετείται και στο πάνω και στο κάτω πέλμα της νεύρωσης.
- Επίσης, θα τοποθετούνται συνδετήρες όπως στις διαμήκεις νευρώσεις.
- Το ύψος των εγκάρσιων νευρώσεων πρέπει να είναι ίδιο με το ύψος των διαμήκων.

## 1.6 Πλάκες με συγκεντρωμένα φορτία

### 1.6.1 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέρειστες πλάκες

#### Κατά τον ΕΚΩΣ

- Εφ'όσον δεν γίνεται ακριβέστερη ανάλυση, επιτρέπεται για φορτία σημειακά, γραμμικά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα σε ορθογωνική επιφάνεια της πλάκας, να καθορίζεται υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου  $b_m$ , εγκαρσίως προς την διεύθυνση του κύριου σπλισμού. Το πλάτος  $t$  της εισαγωγής του φορτίου (στο μέσο επίπεδο της πλάκας) ισούται με την αντίστοιχη διάσταση της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου αυξημένη κατά το διπλάσιο του πάχους της επικάλυψης της πλάκας ( $s$ ) και κατά το πάχος της πλάκας.
- Μετά την αναγωγή του σε ορθογωνική επιφάνεια  $t_x \cdot t_y$  στο μέσο επίπεδο της πλάκας, το φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ότι αναλαμβάνεται κατά την κύρια διεύθυνση σπλισμού από λωρίδα πλάτους  $b_m$ . Μέσα στη λωρίδα αυτή θεωρείται ότι δρα σταθερή ροπή κάμψης  $m$  ανά μέτρο πλάτους, καθώς και σταθερή τέμνουσα δύναμη  $v$  ανά μέτρο πλάτους.
- Τα μεγέθη  $m$  και  $v$  υπολογίζονται από τους τύπους:
  - $m = \frac{M}{b_m}$
  - $v = \frac{V}{b_m}$

Όπου:

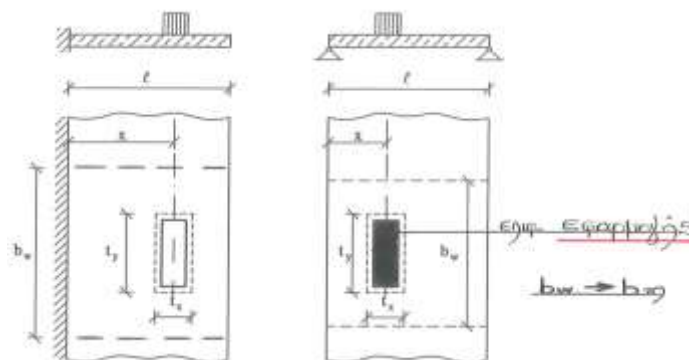
$m$  ροπή ανοίγματος,  $m_f$ , ή ροπή στήριξης,  $m_s$  (ανά μέτρο πλάτους)

$v$  τέμνουσα δύναμη στη στήριξη (ανά μέτρο πλάτους)

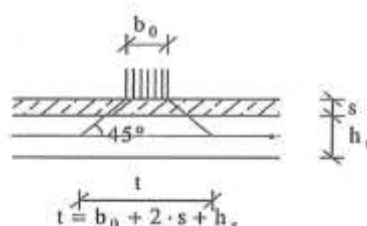
$M$  μέγιστη ροπή της πλάκας (ανάλογα με το στατικό σύστημα, από τον πίνακα), η οποία φορτίζεται από το συνολικό φορτίο ομοιομόρφως κατανεμημένο επί μήκους  $t_x$

$V$  τέμνουσα δύναμη της πλάκας στη στήριξη

- Για φορτία αυτού του τύπου είναι απαραίτητος και έλεγχος της πλάκας σε διάτρηση



Σχήμα 1.2: Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου



Σχήμα 1.3: Πλάτος εισαγωγής φορτίου



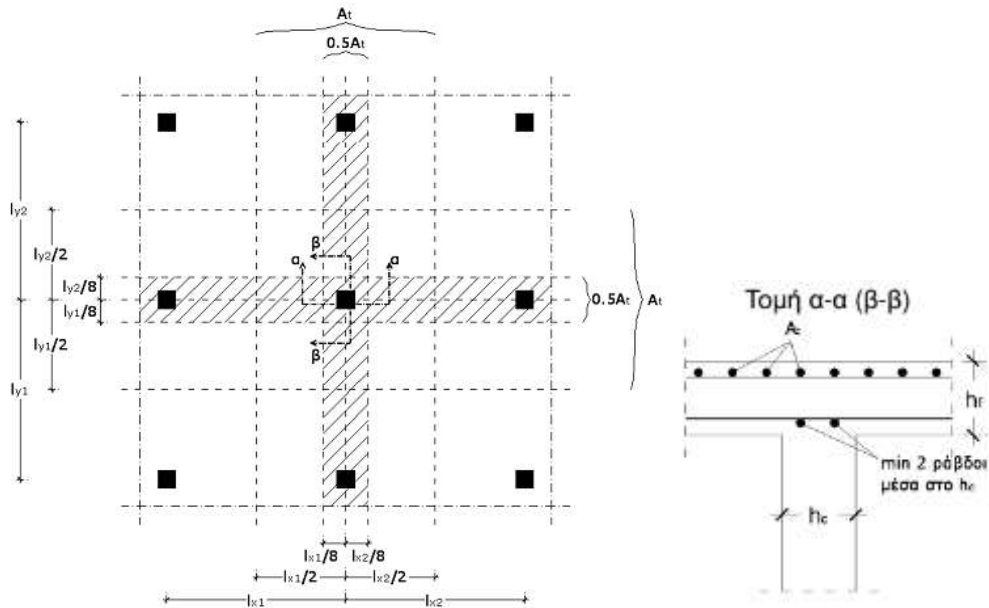
Πίνακας 1.4: Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου

	1	2	3		
	Στατικό σύστημα Εντατικά μεγέθη	Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου $b_m$	Όρια ισχύος		
1		$b_m = t_y + 2,50x \left(1 - \frac{x}{l}\right)$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,80l$	$t_x \leq l$
2		$b_m = t_y + 0,50x$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,80l$	$t_x \leq l$
3		$b_m = t_y + 1,50x \left(1 - \frac{x}{l}\right)$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,80l$	$t_x \leq l$
4		$b_m = t_y + 0,50x \left(2 - \frac{x}{l}\right)$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,80l$	$t_x \leq l$
5		$b_m = t_y + 0,30x$	$0,2l < x < l$	$t_y \leq 0,40l$	$t_x \leq 0,20l$
6		$b_m = t_y + 0,40(l - x)$	$0 < x < 0,8l$	$t_y \leq 0,40l$	$t_x \leq 0,20l$
7		$b_m = t_y + x \left(1 - \frac{x}{l}\right)$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,80l$	$t_x \leq l$
8		$b_m = t_y + 0,50x \left(2 - \frac{x}{l}\right)$	$0 < x < l$	$t_y \leq 0,40l$	$t_x \leq l$
9		$b_m = t_y + 0,30x$	$0,2l < x < l$	$t_y \leq 0,40l$	$t_x \leq 0,20l$
10		$b_m = t_y + 1,50x$	$0 < x < l_k$	$t_y \leq 0,80l_k$	$t_x \leq l_k$
11		$b_m = t_y + 0,30x$	$0,2l_k < x < l_k$	$t_y \leq 0,40l_k$	$t_x \leq 0,20l_k$

## 1.7 Μυκητοειδείς πλάκες

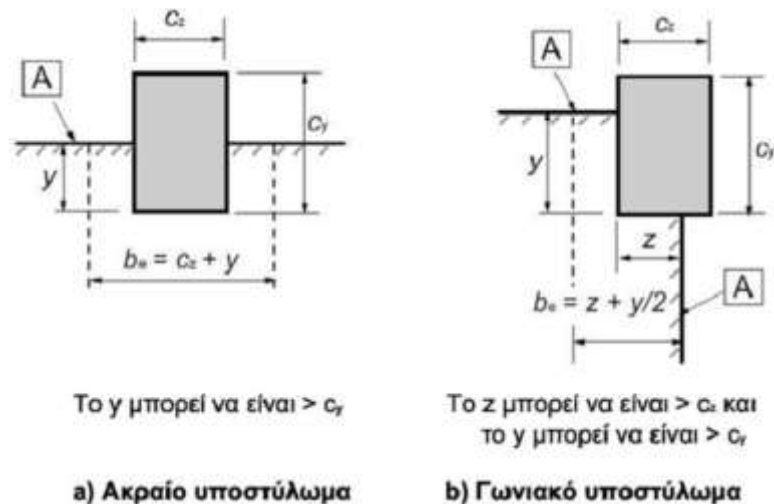
### 1.7.1 Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί εσωτερικών υποστυλωμάτων

- Τοποθετείται άνω οπλισμός εμβαδού  $0,5A_t$  εντός πλάτους ίσου με το άθροισμα του  $0,125$  του πλάτους των φατνωμάτων εκατέρωθεν του υποστυλώματος. Όπου  $A_t$  είναι το εμβαδόν του οπλισμού που απαιτείται για να παραλάβει τη συνολική αρνητική ροπή του αθροίσματος του ημίσεως των δύο φατνωμάτων εκατέρωθεν του υποστυλώματος. Βλέπε το παρακάτω σχήμα.
- Τοποθετούνται επίσης τουλάχιστον δύο ράβδοι κάτω οπλισμού που διαπερνούν την περιοχή του υποστυλώματος κατά τις δύο διευθύνσεις  $\chi$  και  $\psi$ . Βλέπε το παρακάτω σχήμα.



### 1.7.2 Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί περιμετρικών υποστυλωμάτων

- Ο οπλισμός κάθετα σε ελεύθερο όριο της πλάκας που απαιτείται για τη μεταβίβαση καμπτικών ροπών από την πλάκα σε περιμετρικό ή γωνιακό υποστύλωμα πρέπει να τοποθετείται εντός του συνεργαζόμενου πλάτους  $b_e$ , όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.4.

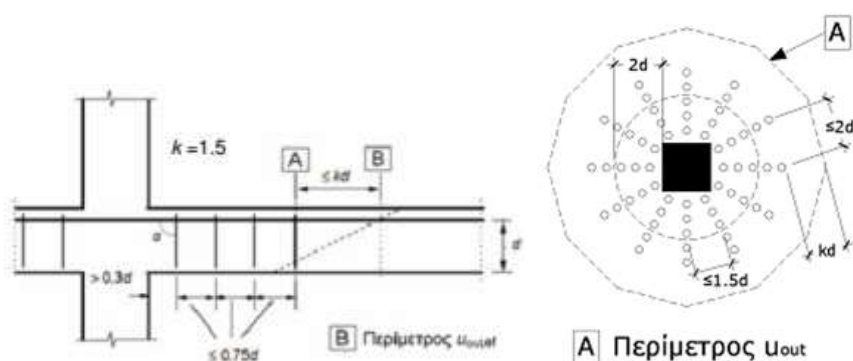


Σχήμα 1.4:Συνεργαζόμενο πλάτος περιμετρικών υποστυλωμάτων μυκητοειδών πλακών

### 1.7.3 Απαιτήσεις οπλισμού διάτρησης

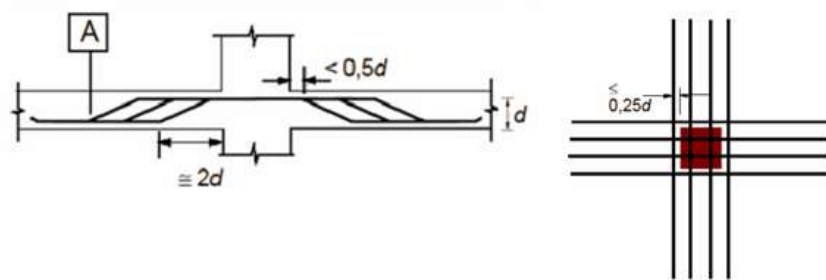
- Αποτελείται από συνδετήρες, συνδέσμους ή κεκαμμένες ράβδους.
- Συνδετήρες ή σύνδεσμοι τοποθετούνται σε δύο τουλάχιστον περιμέτρους, μεταξύ της περιμέτρου του υποστυλώματος και της εξωτερικής περιμέτρου A.
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων διαδοχικών περιμέτρων  
 $s_r \leq 0,75d$
- Απόσταση μεταξύ σκελών συνδετήρων κατά μήκος της περιμέτρου  
 $s_t \leq 1,5d$  σε περιμέτρους που απέχουν  $< 2d$  από το υποστύλωμα  
 $s_t \leq 2,0d$  σε εξώτερες περιμέτρους
- Διατομή σκέλους συνδετήρων

$$\frac{A_{sw,min} (1,5 \sin \alpha + \cos \alpha)}{s_r s_t} \geq \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$



Σχήμα 1.5: Διάταξη συνδετήρων έναντι διάτρησης

- Κεκαμμένες διαμήκειες ράβδοι λαμβάνονται υπόψη ως οπλισμός διάτρησης εφόσον διέρχονται μέσα από το υποστύλωμα ή απέχουν  $< 0,25d$  από αυτό. Η πρώτη κεκαμμένη ράβδος πρέπει να απέχει από το υποστύλωμα  $< 0,50d$ .



b) Αποστάσεις μεταξύ καμπτόμενων ράβδων

Σχήμα 1.6: Διάταξη κεκαμμένων ράβδων έναντι διάτρησης

## Κατά τον ΕΚΩΣ

### **Διάτρηση**

Δεν είναι δυνατό να γίνει κάποιος ακριβής υπολογισμός της συνεισφοράς αυτού του οπλισμού. Μπορεί προσεγγιστικά να χρησιμοποιείται η παρακάτω εμπειρική έκφραση:

$$1,3 \cdot \left( \sum \Phi^2 \right) \cdot \sqrt{f_{yk} f_{ck}} \geq V_{sd}$$

Στη σχέση αυτή η άθροιση περιλαμβάνει όλες τις ράβδους που διέρχονται από τις διεπιφάνειες πλάκας-υποστυλώματος και αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές μετριέται διπλά.

$V_{sd}$  είναι η ολική τέμνουσα που μεταφέρεται στο υποστύλωμα.

Για να περιορισθεί η πιθανότητα αλυσωτής κατάρρευσης, που θα μπορούσε να ξεκινήσει από μια τοπική αστοχία σε διάτρηση, σιστάται να προβλέπεται στην πλάκα κάτω διαμήκης οπλισμός, ο οποίος να διέρχεται από τις διεπιφάνειες πλάκας-υποστυλώματος και να έχει καλή αγκύρωση εκατέρωθεν.

## 1.8 Δοκοί

### 1.8.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί

- Δοκός:  $l \geq 3h_w$
- Στον EN1992-1-1:2004 δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη διαμόρφωση ή τις διαστάσεις διατομής των δοκών εκτός ειδικών περιπτώσεων:  
Δοκοί με κίνδυνο πλευρικής στρέβλωσης (π.χ. προκατασκευασμένες δοκοί κατά τη μεταφορά και συναρμολόγηση ή δοκοί χωρίς επαρκείς συνδέσμους πλευρικής δυσκαμψίας) (EN1992-1-1:2004 § 5.9): Τα φαινόμενα 2<sup>ης</sup> τάξης λόγω στρέβλωσης επιτρέπεται να αγνοούνται εφόσον:

$$\text{- Μόνιμες καταστάσεις: } \frac{h}{b} \leq 2,5 \quad \text{και} \quad \frac{l_{ot}}{b} \leq \frac{50}{\left(\frac{h}{b}\right)^{1/3}}$$

$$\text{- Παροδικές καταστάσεις: } \frac{h}{b} \leq 3,5 \quad \text{και} \quad \frac{l_{ot}}{b} \leq \frac{70}{\left(\frac{h}{b}\right)^{1/3}}$$

Όπου:

$l_{ot}$ : απόσταση μεταξύ σημείων στροφικών παγιώσεων

$h$ : ολικό ύψος δοκού στο μέσο του  $l_{ot}$

$b$ : πλάτος του θλιβόμενου πέλματος

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### (§ 5.4.1.2.1 και § 5.5.1.2.1)

#### **Δοκοί μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)**

- Η (οριζόντια) εκκεντρότητα του άξονα των δοκών σε σχέση με τον άξονα του υποστυλώματος στο οποίο συμβάλλει θα είναι περιορισμένη ( $e \leq \frac{b_c}{4}$ ,  $b_c$  είναι η μεγαλύτερη διάσταση διατομής του υποστυλώματος κάθετα στον διαμήκη άξονα της δοκού) ώστε να επιτρέπει σωστή μεταφορά των ανακυκλικών ροπών από μια κύρια σεισμική δοκό σε ένα υποσύλωμα.
- Για την εκμετάλλευση της ευνοϊκής επίδρασης της θλίψης του σκυροδέματος υποστυλωμάτων στη συνάφεια των οριζόντιων ράβδων που διέρχονται μέσα στον κόμβο, το πλάτος  $b_w$  μιας κύρια σεισμικής δοκού θα ικανοποιεί την ακόλουθη έκφραση:

$$b_w \leq \min \begin{cases} b_c + h_w \\ 2b_c \end{cases} \quad \text{όπου } h_w \text{ το ύψος της δοκού και } b_c \text{ όπως ορίζεται παραπάνω.}$$

- Οι περιοχές κύριας σεισμικής δοκού σε μήκος  $l_{cr} = h_w$  (όπου  $h_w$  το ύψος της δοκού) από ακραία διατομή όπου η δοκός συνδέεται με κόμβο δοκού υποστυλώματος, καθώς επίσης και από τις δυο πλευρές οποιασδήποτε άλλης διατομής που ενδέχεται να εμφανίσει διαρροή στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, θα θεωρούνται ως κρίσιμες περιοχές.

## Δοκοί υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Πλάτος κύριας δοκού  $b_w \geq 200\text{mm}$
- Για τον περιορισμό των φαινομένων της 2<sup>ης</sup> τάξης που σχετίζονται με τη στρέβλωση απαιτείται:

$$\text{Λόγος ύψους προς πλάτος } \frac{h}{b} \leq 3,5 \quad \text{και} \quad \frac{l_{ot}}{b} \leq \frac{70}{\left(\frac{h}{b}\right)^{1/3}} \quad \text{όπου } l_{ot} \text{ το ελεύθερο άνοιγμα της}$$

δοκού μεταξύ στύλων.

- Η (οριζόντια) εκκεντρότητα του άξονα των δοκών σε σχέση με τον άξονα του υποστύλωματος στο οποίο συμβάλλει θα είναι περιορισμένη ( $e \leq \frac{b_c}{4}$ ,  $b_c$  είναι η μεγαλύτερη διάσταση διατομής του υποστύλωματος κάθετα στον διαμήκη άξονα της δοκού) ώστε να επιτρέπει σωστή μεταφορά των ανακυκλικών ροπών από μια κύρια σεισμική δοκό σε ένα υποστύλωμα.
- Για την εκμετάλλευση της ευνοϊκής επίδρασης της θλίψης του σκυροδέματος υποστύλωμάτων στη συνάφεια των οριζόντιων ράβδων που διέρχονται μέσα στον κόμβο, το πλάτος  $b_w$  μιας κύρια σεισμικής δοκού θα ικανοποιεί την ακόλουθη έκφραση:

$$b_w \leq \min \begin{cases} b_c + h_w \\ 2b_c \end{cases} \quad \text{όπου } h_w \text{ το ύψος της δοκού και } b_c \text{ όπως ορίζεται παραπάνω.}$$

- Οι περιοχές κύριας σεισμικής δοκού σε μήκος  $l_{cr} = 1,5h_w$  (όπου  $h_w$  το ύψος της δοκού) από ακραία διατομή όπου η δοκός συνδέεται με κόμβο δοκού υποστύλωματος, καθώς επίσης και από τις δυο πλευρές οποιασδήποτε άλλης διατομής που ενδέχεται να εμφανίσει διαρροή στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, θα θεωρούνται ως κρίσιμες περιοχές.

## 1.8.2 Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\min} = \max \begin{cases} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \\ 0,0013 \end{cases}$$

- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\max} = 0,04A_c$$

## Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

### Δοκοί μέσης κλάσης πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\min} = 0,5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\max} = \rho' + 0,0018 \frac{f_{cd}}{\mu_{\phi} \varepsilon_{syd} f_{yd}}$$

- Ελάχιστος οπλισμός στη στήριξη (κρίσιμη περιοχή) άνω

$$0,25A_{s,\text{κάτω}}$$

- Ελάχιστος οπλισμός στη στήριξη (κρίσιμη περιοχή) κάτω

$$0,5A_{s,\text{άνω}}$$

- Μέγιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού

- για ράβδους που διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους

$$\Phi_{L,\max} = \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1 + 0,75 k_D \rho' / \rho_{\max})}$$

- για ράβδους που αγκυρώνονται σε εξωτερικούς ακραίους κόμβους

$$\Phi_{L,\max} = \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

### Δοκοί υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\min} = 0,5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{l,\max} = \rho' + 0,0018 \frac{f_{cd}}{\mu_{\phi} \varepsilon_{syd} f_{yd}}$$

- Ελάχιστος οπλισμός άνοιγμα άνω

$$2\emptyset 14$$

- Ελάχιστος οπλισμός άνοιγμα κάτω

$$2\emptyset 14$$

- Ελάχιστος οπλισμός στη στήριξη (κρίσιμη περιοχή) άνω

$$0,25A_{s,\text{κάτω}}$$

- Ελάχιστος οπλισμός στη στήριξη (κρίσιμη περιοχή) κάτω

$$0,5A_{s,\text{άνω}}$$

- Μέγιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού

- για ράβδους που διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους

$$\Phi_{L,\max} = \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1 + 0,75 k_D \rho' / \rho_{\max})}$$

- για ράβδους που αγκυρώνονται σε εξωτερικούς ακραίους κόμβους

$$\Phi_{L,\max} = \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

**Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό (βοηθητικοί πίνακες)**

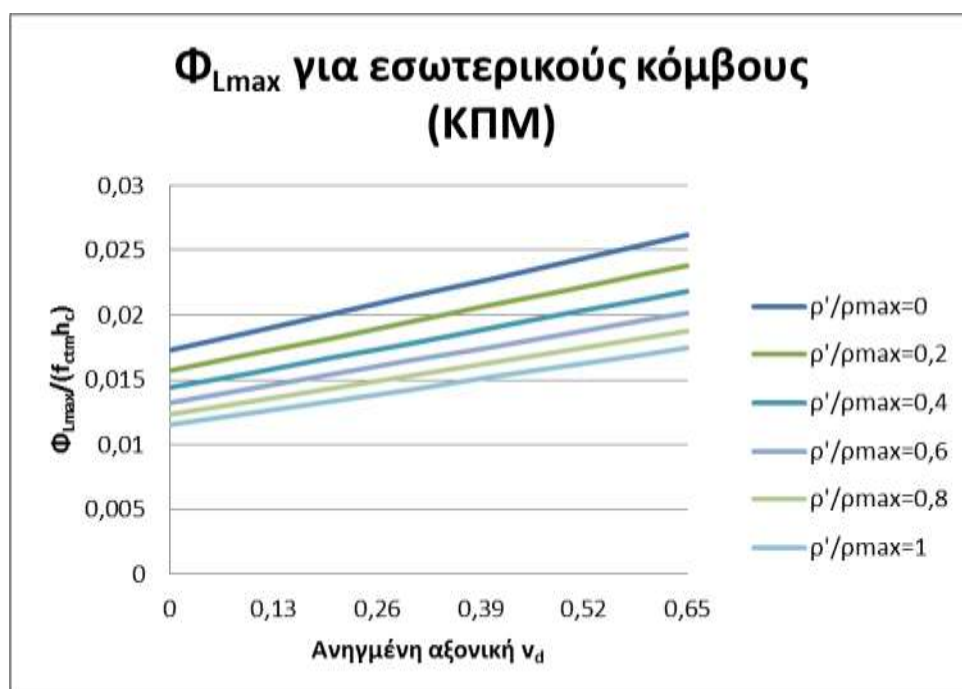
	Ελάχιστα & μέγιστα ποσοστά οπλισμού				
	$\rho_{Lmin}(\%_{oo})$			$\rho_{Lmax}(\%_{oo})$	
	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
C16	1,30	1,90	1,90	5,97	3,80
C20	1,30	2,20	2,20	7,47	4,75
C25	1,35	2,60	2,60	9,34	5,93
C30	1,51	2,90	2,90	11,20	7,12
C35	1,66	3,20	3,20	13,07	8,31
C40	1,82	3,50	3,50	14,94	9,49
C45	1,98	3,80	3,80	16,80	10,68
C50	2,13	4,10	4,10	18,67	11,87

Θεωρήθηκαν:  $\rho' = \rho_{max}/2$  ,  $\epsilon_{syd} = 2,174\%_{oo}$  ,  $\mu_{\phi} = 6,8$ (ΚΠΜ) ή  $10,7$ (ΚΠΥ) και χάλυβας κλάσης C ( $f_{yd} = 500/1,15$  MPa)

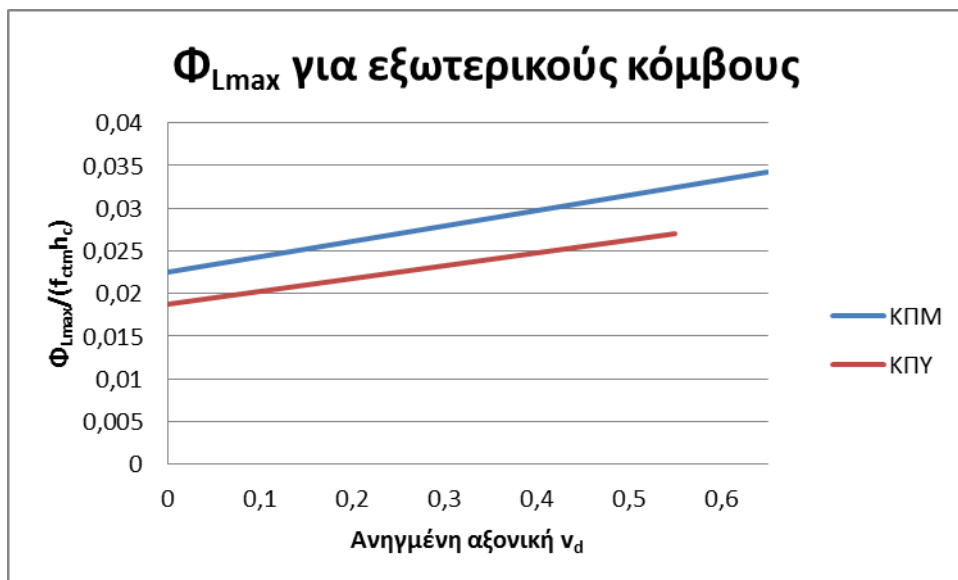
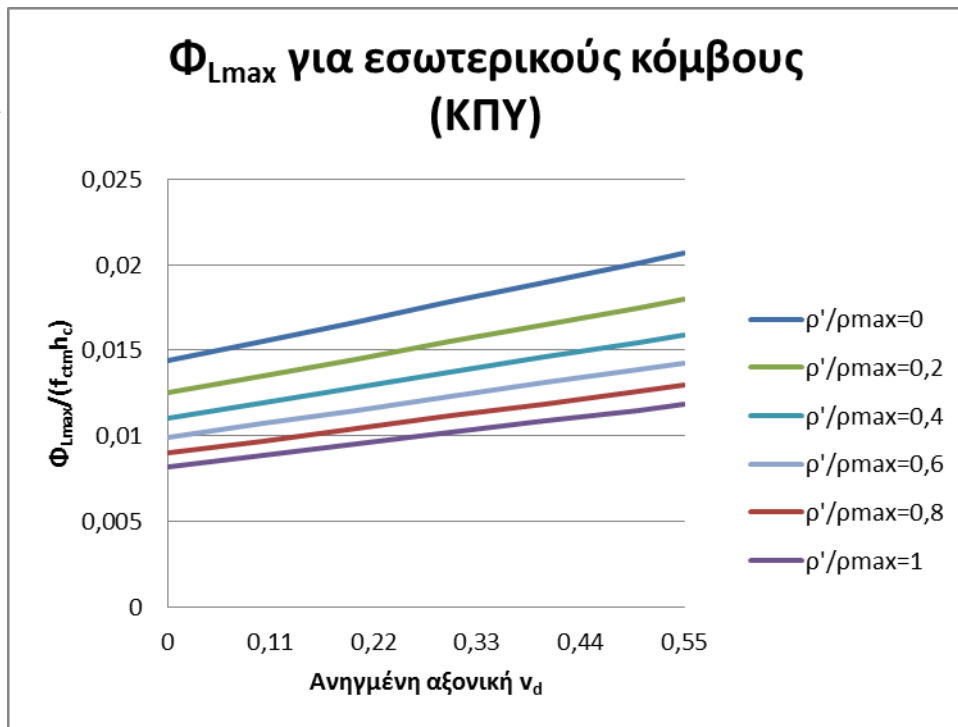
Προσοχή: για χάλυβες κλάσης B επιβάλλεται  $1,5\mu_{\phi}$  με συνέπεια ριζική μείωση του  $\rho_{max}$

**Βοηθητικά διαγράμματα για την εύρεση του  $\Phi_{Lmax}$  σε εσωτερικούς και εξωτερικούς κόμβους**

**(όπου  $f_{ctm}$  σε MPa και  $f_{yd} = 500/1,15$  MPa)**







### 1.8.3 Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό

- Μέγιστη απόσταση κεκαμμένων ράβδων  
 $s_{b,\max} = 0,60d(1 + \cot a)$
- Μέγιστη διαμήκης απόσταση εγκάρσιου οπλισμού  
 $s_{w,\max} = 0,75d(1 + \cot a)$
- Μέγιστη εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα

$$s_{t,\max} = \min \begin{cases} 0,75d \\ 0,6m \end{cases}$$

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

##### Δοκοί μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού  
 $\varnothing_{w,\min} = 6\text{mm}$
- Μέγιστη απόσταση κεκαμμένων ράβδων  
 $s_{b,\max} = 0,60d(1 + \cot a)$
- Μέγιστη διαμήκης απόσταση εγκάρσιου οπλισμού  
 $s_{w,\max} = 0,75d(1 + \cot a)$  εκτός κρίσιμης περιοχής

$$s_{w,\max} = \min \begin{cases} 8d_{bl} \\ \frac{h_w}{4} \\ 24d_{bw} \\ 225\text{mm} \end{cases} \text{ εντός κρίσιμης περιοχής}$$

- Μέγιστη εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα

$$s_{t,\max} = \min \begin{cases} 0,75d \\ 0,6m \end{cases}$$

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

- Ο πρώτος συνδετήρας θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 50mm από την ακραία διατομή της δοκού.

## Δοκοί υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού  
 $\varnothing_{w,\min}=6\text{mm}$
- Μέγιστη απόσταση κεκαμμένων ράβδων  
 $s_{b,\max} = 0,60d(1 + \cot a)$
- Μέγιστη διαμήκης απόσταση εγκάρσιου οπλισμού  
 $s_{w,\max} = 0,75d(1 + \cot a)$  εκτός κρίσιμης περιοχής

$$s_{w,\max} = \min \begin{cases} 8d_{bl} \\ \frac{h_w}{4} \text{ εντός κρίσιμης περιοχής} \\ 24d_{bw} \\ 225\text{mm} \end{cases}$$

- Μέγιστη εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα

$$s_{t,\max} = \min \begin{cases} 0,75d \\ 0,6m \end{cases}$$

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

- Ο πρώτος συνδετήρας θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 50mm από την ακραία διατομή της δοκού.

### Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό των δοκών (βοηθητικοί πίνακες)

	Ελάχιστα ποσοστά οπλισμού		
	$\rho_{w,\min}(\%)$		
	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
C16	0,64		
C20	0,72		
C25	0,80		
C30	0,88		
C35	0,95		
C40	1,01		
C45	1,07		
C50	1,13		

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{Mpa}$

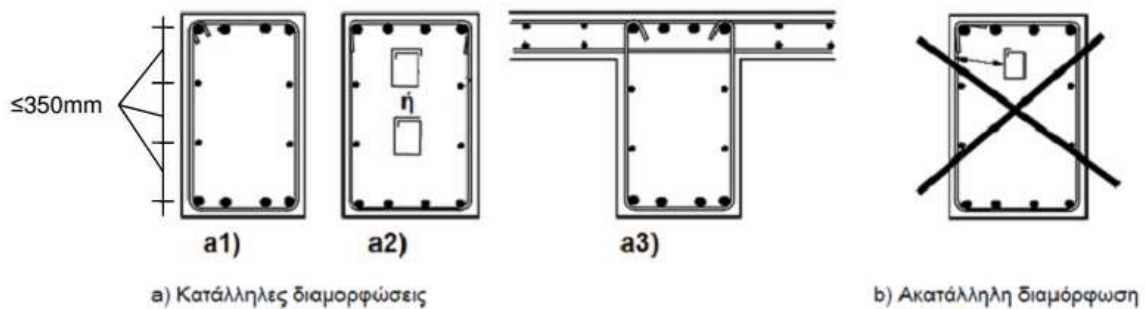
## 1.8.4 Απαιτήσεις οπλισμού έναντι στρέψης

- Ελάχιστο ποσοστό συνδετήρων έναντι στρέψης :  $\rho_w \geq \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$
- Μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων έναντι στρέψης:

$$s_{lmax} = \min \begin{cases} \frac{u}{8} \\ 0,75d(1 + \cot\alpha) \\ h \\ b \end{cases}$$

Όπου u: η εξωτερική περίμετρος της διατομής

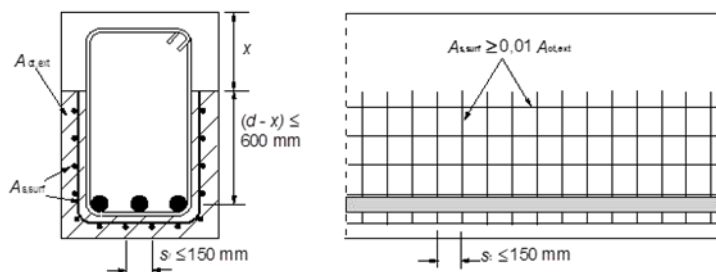
- Οι συνδετήρες έναντι στρέψης πρέπει να σχηματίζουν γωνία 90° με το διαμήκη άξονα του μέλους, να κλείνουν και να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης ή με άγκιστρα στα άκρα τους.
- Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία, ενώ οι υπόλοιπες διατάσσονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο των συνδετήρων, ανά αποστάσεις  $\leq 350\text{mm}$ .



Σχήμα 1.7: Παραδείγματα διαμόρφωσης συνδετήρων στρέψης

## 1.8.5 Απαιτήσεις επιφανειακού οπλισμού

- Απαιτείται όταν:
  - $c > 70\text{mm} \rightarrow A_{s,surf,min} = 0,005A_{ct,ext}$
  - $\varnothing_L \text{ ή } \varnothing_{L,n} > 32\text{mm} \rightarrow A_{s,surf,min} = 0,010A_{ct,ext}$
- Αποτελείται από πλέγμα ή σχάρα ράβδων μικρής διαμέτρου και τοποθετείται εξωτερικά των συνδετήρων

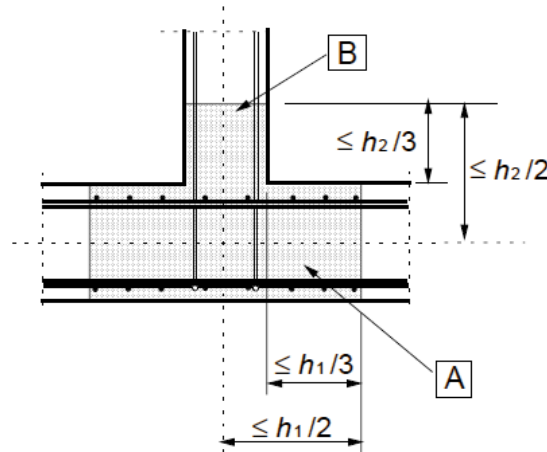


Σχήμα 1.8: Διάταξη επιφανειακού οπλισμού

- Πρέπει να διαθέτει το ελάχιστο πάχος επικάλυψης
- Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιες ως οπλισμός διάτμησης, με την προϋπόθεση ότι πληρούν τους αντίστοιχους κανόνες διάταξης και αγκύρωσης.

## 1.8.6 Έμμεσες στηρίξεις

- Όταν μια δοκός εδράζεται έμμεσα σε μια εγκάρσια δοκό αντι σε τοίχωμα ή υποστύλωμα, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός ανάρτησης ο οποίος υπολογίζεται ώστε να παραλαμβάνει τη δύναμη έδρασης. Ο οπλισμός αυτός είναι επιπρόσθετος αυτού που απαιτείται για άλλους λόγους. Αυτός ο κανόνας αφορά επίσης πλάκες που δεν εδράζονται επί δοκών, αλλά αναρτώνται από αυτές.
- Ο οπλισμός ανάρτησης πρέπει να αποτελείται από συνδετήρες που περιβάλλουν τον κύριο οπλισμό της στηρίζουσας δοκού. Μερικοί από αυτούς τους συνδετήρες μπορούν να διανεμηθούν έξω από την περιοχή αλληλοτομίας των δύο δοκών.



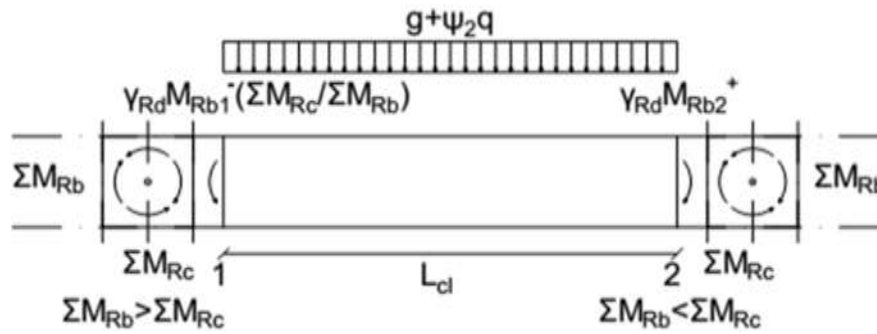
**A** - Στηρίζουσα δοκός ύψους  $h_1$     **B** - Στηριζόμενη δοκός ύψους  $h_2$  ( $h_1 \geq h_2$ )

Σχήμα 1.9: Τοποθέτηση του οπλισμού ανάρτησης στη ζώνη συμβολής δύο δοκών (κάτοψη)

## 1.8.7 Ικανοτικός έλεγχος δοκού έναντι τέμνουσας

Η συμπεριφορά μελών ωπλισμένου σκυροδέματος υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση είναι πλάσιμη, μόνον αν καθοριστικός της ανελαστικότητας είναι ο εφελκόμενος χάλυβας. Αυτό συμβαίνει μόνο σε καμπτόμενα μέλη με χαμηλό ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού (οπότε αυτός διαρρέει προτού αστοχήσει το σκυροδέμα σε θλίψη) και με θλιβόμενη ζώνη που προστατεύεται, μέσω πυκνών συνδετήρων, από θλιπτική αστοχία του πυρήνα του σκυροδέματος και από λυγισμό των ράβδων.

Η μεταφορά δυνάμεων με διάτμηση δεν προσφέρεται για πλάσιμη συμπεριφορά υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση, καθότι: α) μετά τη διαρροή των συνδετήρων η πλαστική τους μήκυνση συσσωρεύεται σε κάθε ημικόκλο της φόρτισης, οι λοξές ρωγμές ανοίγουν συνεχώς και οι διατμητικές παραμορφώσεις συνοδεύονται από ολίσθηση χωρίς σημαντική απορρόφηση ενέργειας, και β) η διάτμηση προκαλεί τελικώς ψαθυρή και καταστροφική αστοχία του σκυροδέματος της θλιβόμενης ζώνης από συνδυασμό λοξού εφελκυσμού και θλιπτικών τάσεων. Επειδή λοιπών σε γραμμικά μέλη ωπλισμένου σκυροδέματος, όπως οι δοκοί και τα υποστυλώματα, η μεταφορά δυνάμεων με κάμψη και με τέμνουσα είναι εν σειρά και όχι εν παραλλήλω ο EN1998-1:2004 υιοθετεί τον ικανοτικό σχεδιασμό σε διάτμηση, προκειμένου να υποβάλλει (πλάστιμο) σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των μελών, προτού αυτά αστοχήσουν (ψαθυρά) σε τέμνουσα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαστασιολόγησης των μελών αυτών σε διάτμηση για τέμνουσα δύναμη με τιμή πάνω από αυτήν που αντιστοιχεί σε ταυτόχρονο σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων γύρω από τους κόμβους στα δύο άκρα του μέλους, όταν αυτά είναι σε αντίθετη κάμψη. Η τέμνουσα αυτή είναι η μέγιστη δυνατή που μπορεί να αναπτυχθεί στο μέλος.



Σχήμα 1.10: Ροπές στα άκρα δοκού για τον ικανοτικό σχεδιασμό σε διάτμηση

- Η τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό είναι αυτή που προκύπτει από την ανάλυση
- Μέγιστη τέμνουσα αντοχής για σεισμό

$$V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta$$

με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

- Αντοχή συνδετήρων  
 $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$   
 με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ, V_{cd} = 0$

## Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

### Δοκοί μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό

$$\frac{\Sigma M_{Rb}}{l_c} \pm V_{o,g+\psi_2q}$$

- Μέγιστη τέμνουσα αντοχής για σεισμό

$$V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta$$

με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

- Αντοχή συνδετήρων εντός και εκτός κρίσιμων περιοχών  
 Ως σε ΕΚ2:  $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ , με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ, V_{cd} = 0$

### Δοκοί υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό

$$1,2 \frac{\Sigma M_{Rb}}{l_c} \pm V_{o,g+\psi_2q}$$

- Μέγιστη τέμνουσα αντοχής για σεισμό

$$V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta$$

με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

- Αντοχή συνδετήρων εκτός κρίσιμων περιοχών  
 Ως σε ΕΚ2:  $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ , με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
- Αντοχή συνδετήρων εντός κρίσιμων περιοχών  
 $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd}$ ,  $\theta = 45^\circ$

Σχετικά με τη διάταξη του διατμητικού οπλισμού μέσα στην κρίσιμη περιοχή στο άκρο μιας κύριας σεισμικής δοκού όπου η δοκός συνδέεται με υποστύλωμα, πρέπει να διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις, που εξαρτώνται από την αλγεβρική τιμή του λόγου  $\zeta = \frac{V_{Ed,min}}{V_{Ed,max}}$  μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης δρώσας τέμνουσας δύναμης.

- a) Εάν  $\zeta \geq -0,5$ , η διατμητική αντοχή που παρέχεται από τον οπλισμό πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με τον EN1992-1-1:2004
- b) Εάν  $\zeta < -0,5$ , δηλαδή όταν αναμένεται σχεδόν πλήρης αντιστροφή των τεμνουσών δυνάμεων, τότε:

- I. Εάν  $|V_{Ed}|_{max} \leq (2 + \zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$

Όπου  $f_{ctd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος σύμφωνα με τον EN1992-1-1:2004, ισχύει ο ίδιος κανόνας όπως στην a) της παρούσας.

- II. Εάν η  $|V_{Ed}|_{max} > (2 + \zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$  πρέπει να διατάσσεται λοξός οπλισμός σε δύο διευθύνσεις (δισδιαγώνιος), είτε σε  $\pm 45^\circ$  ως προς τον άξονα της δοκού είτε κατά τις διευθύνσεις των διαγωνίων της δοκού σε όψη, το δε ήμισυ της  $|V_{Ed}|_{max}$  πρέπει να αναλαμβάνεται από συνδετήρες ενώ το υπόλοιπο ήμισυ από το λοξό οπλισμό.

- Σε τέτοια περίπτωση, ο έλεγχος διεξάγεται με βάση τη συνθήκη:

$$0,5V_{E,max} \leq 2A_s f_{yd} \sin a$$

όπου:

$A_s$  είναι η διατομή του λοξού οπλισμού στη μία διεύθυνση, που διασχίζει το πιθανό επίπεδο ολίσθησης (δηλαδή την ακραία διατομή της δοκού).

$a$  είναι η γωνία μεταξύ του λοξού οπλισμού και του άξονα της δοκού (κανονικά  $a=45^\circ$  ή  $\tan a = (d-d')/l_b$ )

## 1.9 Υποστυλώματα

### 1.9.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί

- Υποστύλωμα θεωρείται κατακόρυφο στοιχείο με λόγο διαστάσεων διατομής

$$\frac{h_c}{b_c} \leq 4,0 \text{ όπου } h_c \geq b_c$$

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

##### Υποστυλώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Διαστάσεις διατομής (§ 5.4.1.2.2)
  - Εάν ο συντελεστής μεταθετότητας ορόφου  $\theta$  είναι μεγαλύτερος από 0,1 ( $\theta > 0,1$ ) οι διαστάσεις διατομής κύριων σεισμικών υποστυλωμάτων δεν θα είναι μικρότερες από το 1/10 της μεγαλύτερης απόστασης μεταξύ του σημείου καμπής και των άκρων του υποστυλώματος, για κάμψη μέσα σε επίπεδο παράλληλο προς την εξεταζόμενη διάσταση υποστυλώματος .

- Εμβαδόν διατομής (§ 5.4.3.2.1)

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,65 \Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,65 f_{cd}}$$

##### Υποστυλώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Διαστάσεις διατομής (§5.5.1.2.2)
  - Εάν ο συντελεστής μεταθετότητας ορόφου  $\theta$  είναι μεγαλύτερος από 0,1 ( $\theta > 0,1$ ) οι διαστάσεις διατομής κύριων σεισμικών υποστυλωμάτων δεν θα είναι μικρότερες από το 1/10 της μεγαλύτερης απόστασης μεταξύ του σημείου καμπής και των άκρων του υποστυλώματος, για κάμψη μέσα σε επίπεδο παράλληλο προς την εξεταζόμενη διάσταση υποστυλώματος .
  - Επιπλέον η μικρότερη διάσταση διατομής των κύριων σεισμικών υποστυλωμάτων θα είναι τουλάχιστον 250mm ,  $b_c \geq 250\text{mm}$

- Εμβαδόν διατομής (§5.5.3.2.1)

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,55 \Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,55 f_{cd}}$$



## 1.9.2 Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό

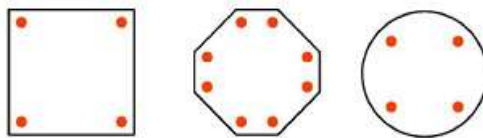
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων  
 $\varnothing_{\min} \geq 8\text{mm}$
- Ελάχιστο εμβαδόν διαμήκων ράβδων

$$A_{s,\min} = \max \begin{cases} 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0,002A_c \end{cases}$$

- Μέγιστο εμβαδόν διαμήκων ράβδων

$$A_{s,\max} = \begin{cases} 0,04A_c & \text{εκτός περιοχής υπερκάλυψης} \\ 0,08A_c & \text{εντός περιοχής υπερκάλυψης} \end{cases}$$

- Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
 Πολυγωνικές: 2 ράβδοι ανά πλευρά, μία σε κάθε κορυφή  
 Κυκλικές: 4 ράβδοι



Σχήμα 1.11: Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### Υποστυλώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Ελάχιστο ποσοστό διαμήκων ράβδων  
 $\rho_l = 0,01$
- Μέγιστο ποσοστό διαμήκων ράβδων  
 $\rho_l = 0,04$
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων  
 $\varnothing_{\min} \geq 8\text{mm}$
- Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
 3 τουλάχιστον ράβδοι ανά πλευρά, μία σε κάθε κορυφή και μία ενδιάμεση ώστε να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα των κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων.
- Διαμήκεις ράβδοι της θλιβόμενης παρειάς δεν επιτρέπεται να απέχουν  $>200\text{mm}$  από συγκρατούμενη ράβδο.
- Κρίσιμες περιοχές (§ 5.4.3.2.2)

$$l_{cr} = \max \begin{cases} h_c \\ \frac{l_{cl}}{6} \\ 450\text{mm} \end{cases} \quad \text{Εφόσον } \frac{l_c}{h_c} < 3 \Rightarrow l_{cr} = l_{cl}$$

- Σε συμμετρικές διατομές τοποθετείται συμμετρικός οπλισμός στις απέναντι πλευρές,  $\rho_l = \rho_l'$

## Υποστυλώματα υψηλής κλάσης πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Ελάχιστο ποσοστό διαμήκων ράβδων  
 $\rho_l=0,01$
- Μέγιστο ποσοστό διαμήκων ράβδων  
 $\rho_l=0,04$
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων  
 $\varnothing_{\min} \geq 8\text{mm}$
- Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
3 τουλάχιστον ράβδοι ανά πλευρά, μία σε κάθε κορυφή και μία ενδιάμεση ώστε να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα των κόμβων δοκών υποστυλωμάτων
- Διαμήκεις ράβδοι της θλιβόμενης παρειάς δεν επιτρέπεται να απέχουν  $>150\text{mm}$  από συγκρατούμενη ράβδο.
- Κρίσιμες περιοχές (§5.5.3.2.2)

$$l_{cr} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5h_c \\ \frac{l_{cl}}{6} \\ 600\text{mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Εφόσον } \frac{l_c}{h_c} < 3 \Rightarrow l_{cr} = l_{cl}$$

- Σε συμμετρικές διατομές τοποθετείται συμμετρικός οπλισμός στις απέναντι πλευρές  
 $\rho_l = \rho_l'$
- Σύμφωνα με την § 5.5.3.2.2(14) : Η διατομή διαμήκους οπλισμού που προβλέπεται στη βάση του υποστυλώματος του κατώτατου ορόφου κτιρίων ΚΠΥ (δηλαδή όπου το υποστυλόμεμα συνδέεται με την θεμελίωση) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη που προβλέπεται στη κεφαλή του υποστυλώματος του ίδιου ορόφου.

### 1.9.3 Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό

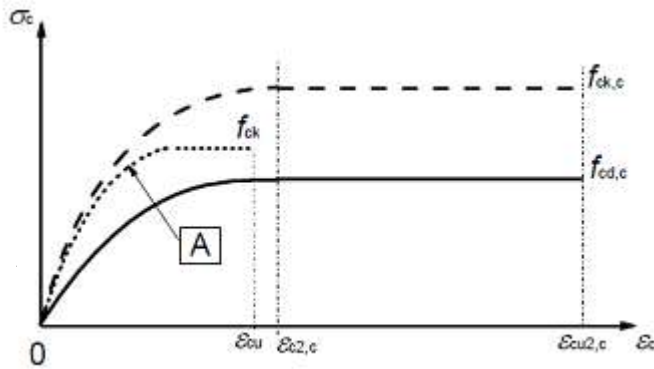
- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων

$$\Phi_{w,\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 6\text{mm} \\ \frac{\Phi_{L,\max}}{4} \end{array} \right.$$

- Μέγιστη απόσταση συνδετήρων

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{L,\min} \\ h_c \\ 400\text{mm} \end{array} \right.$$

- "Απόδειξη", για τη  $\chi_u$



$$f_{cd,c} = f_{cd} \cdot \begin{cases} 1,000 + 5,0 \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} & \text{για } \sigma_{conf} \leq 0,05 f_{cd} \\ 1,125 + 2,5 \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} & \text{για } \sigma_{conf} \geq 0,05 f_{cd} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{c2,c} = \varepsilon_{c2} \cdot \left( \frac{f_{cd,c}}{f_{cd}} \right)^2$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = \varepsilon_{cu2} + 0,2 \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} = \varepsilon_{cu2} + 0,1 \alpha \omega_{wd} \quad \text{για } \alpha \omega_{wd} = 2 \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} \quad \sigma_{conf} = \sigma_2 = \sigma_3$$

Για  $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$   $\varepsilon_{c2} = 0,2\%$  και  $\varepsilon_{cu2} = 0,35\%$

$$\text{Εστω } \alpha \omega_{wd} = 0,15 \rightarrow \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} = 0,075 (> 0,05)$$

$$f_{cd,c} \approx 1,3125 \cdot f_{cd}$$

$$\varepsilon_{c2,c} \approx 0,2\% \cdot (1,3125)^2 \approx 0,34\%$$

$$\varepsilon_{cu2,c} \approx 0,35\% + 1,5\% \approx 1,85\%$$

$$\text{Εστω } \alpha \omega_{wd} = 0,30 \rightarrow \frac{\sigma_{conf}}{f_{cd}} = 0,15 (> 0,05):$$

$$f_{cd,c} \approx 1,5 \cdot f_{cd}$$

$$\varepsilon_{c2,c} \approx 0,2\% \cdot (1,5)^2 \approx 0,45\%$$

$$\varepsilon_{cu2,c} \approx 0,35\% + 3\% \approx 3,35\%$$

Τελικώς, από τα 3 χαρακτηριστικά λαμβάνεται υπόψη μόνον η "θεαματική" αύξηση της  $\varepsilon_{cu2}$  ( $3,5\text{‰} \rightarrow 33,5\text{‰}$ ).

## Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

### Υποστυλώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων

$$\Phi_{w,\min} = \max \begin{cases} 6mm \\ \frac{\Phi_{L,\max}}{4} \end{cases}$$

- Μέγιστη απόσταση συνδετήρων

$$s_{\max} = \min \begin{cases} 20\Phi_{L,\min} \\ h_c \quad \text{εκτός κρίσιμης περιοχής} \\ 400mm \end{cases}$$

$$s_{\max} = \min \begin{cases} 8\Phi_{L,\min} \\ \frac{b_o}{2} \quad \text{εντός κρίσιμης περιοχής} \\ 175mm \end{cases}$$

- Βάση κτιρίου (στις κρίσιμες περιοχές)

$$\omega_{wd} \geq 0,08$$

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_{\phi}v_d\varepsilon_{syd}\frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

- Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση των συνδετήρων  $s$  στις μη κρίσιμες περιοχές θα πρέπει να μειωθεί στο 60% της τιμής που δίνεται παραπάνω:
  - Σε τμήματα του υποστυλώματος μήκους ίσου με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής πάνω ή κάτω από δοκό ή πλάκα.
  - Σε περιοχές υπερκάλυψης, εφόσον η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων είναι μεγαλύτερη από 14mm. Απαιτείται να τοποθετούνται κατ' ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης.
- Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις μη κρίσιμες περιοχές, προέρχονται από την παράγραφο 9.5.3 του EN1992-1-1:2004.
- Από τον έλεγχο της ικανοποίησης των ελάχιστων ορίων για τα  $\omega_{wd}$  και  $\alpha\omega_{wd}$  προκύπτουν επίσης ελάχιστες απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_{\phi}$  υπολογίζεται βάσει του § 5.2.3.4(3) του EN1998-1:2004.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_{\phi}^*$  υπολογίζεται βάσει των § 5.2.3.4(3) και § 5.5.3.2.2(7) του EN1998-1:2004.
- Για ΚΠΜ ο εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών μπορεί να υπολογίζεται με κανόνες ΚΠΧ αν  $v_d < 0,2$  και  $q < 2$ .
- $\alpha$  είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης ίσος με  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ , όπου:

I. Διατομή ορθογωνική

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o h_o} \quad \alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)$$

## II. Διατομή κυκλική (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1 \quad \alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)^2$$

## III. Διατομή κυκλική (σπειροειδείς συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)$$

### Υποστυλώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων

$$\Phi_{w,\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,4\Phi_{L,\max} \sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ydw}}} \\ 6mm \end{array} \right.$$

- Μέγιστη απόσταση συνδετήρων

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{L,\min} \\ h_c \quad \text{εκτός κρίσιμης περιοχής} \\ 400mm \end{array} \right.$$

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 6\Phi_{L,\min} \\ \frac{b_o}{3} \quad \text{εντός κρίσιμης περιοχής} \\ 125mm \end{array} \right.$$

- Βάση κτιρίου (στις κρίσιμες περιοχές)

$$\omega_{wd} \geq 0,12$$

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_\phi \nu_d \varepsilon_{syd} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

- Υπόλοιπο κτίριο

$$\omega_{wd} \geq 0,08$$

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_\phi \nu_d \varepsilon_{syd} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

- Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση των συνδετήρων  $s$  στις μη κρίσιμες περιοχές θα πρέπει να μειωθεί στο 60% της τιμής που δίνεται παραπάνω:

- Σε τμήματα του υποστυλώματος μήκους ίσου με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής πάνω ή κάτω από δοκό ή πλάκα.
- Σε περιοχές υπερκάλυψης, εφόσον η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων είναι μεγαλύτερη από 14mm. Απαιτείται να τοποθετούνται κατ' ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης.

- Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις μη κρίσιμες περιοχές, προέρχονται από την παράγραφο 9.5.3 του EN1992-1-1:2004.
- Από τον έλεγχο της ικανοποίησης των ελάχιστων ορίων για τα  $\omega_{wd}$  και  $\alpha\omega_{wd}$  προκύπτουν επίσης ελάχιστες απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_\phi$  υπολογίζεται βάσει του § 5.2.3.4(3) του EN1998-1:2004.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_\phi^*$  υπολογίζεται βάσει των § 5.2.3.4(3) και § 5.5.3.2.2(7) του EN1998-1:2004.
- Για ΚΠΥ στους 2 κατώτατους ορόφους οι απαιτήσεις για  $dbw$  και  $sw$  εφαρμόζονται σε 1,5 φορά το μήκος της κρίσιμης περιοχής.
- $\alpha$  είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης ίσος με  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ , όπου:

I. Διατομή ορθογωνική

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o h_o} \quad \alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)$$

II. Διατομή κυκλική (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)^2$$

III. Διατομή κυκλική (σπειροειδείς συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)$$

## 1.9.4 Ικανοτικός έλεγχος ροπών κάμψης περί κόμβου

Ο σχεδιασμός πλαισίων επιδιώκει τον έλεγχο της μεταλαστικής σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου μέσω της δημιουργίας μιας άκαμπτης και ισχυρής σπονδυλικής στήλης κατακορύφων στοιχείων, ώστε οι ανελαστικές παραμορφώσεις (πλαστικές αρθρώσεις) να συγκεντρωθούν στα άκρα των δοκών και στη βάση των κατακορύφων στοιχείων. Ανεξαρτήτως υλικού του φορέα, για την αποτροπή μαλακού ορόφου, πρέπει να ικανοποιείται σε όλους τους κόμβους κυρίων υποστυλωμάτων με δοκούς (κύριες ή δευτερεύουσες) ο ακόλουθος κανόνας «ικανοτικού σχεδιασμού υποστυλωμάτων σε κάμψη»:

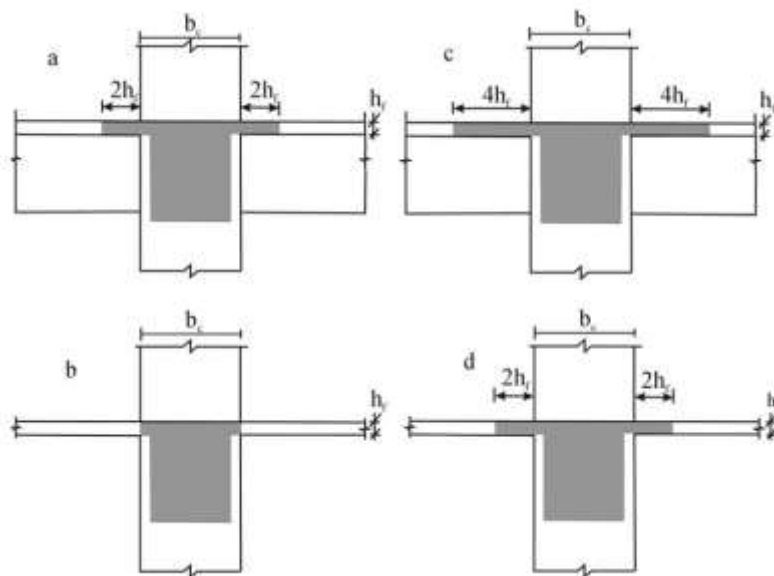
$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb}$$

Όπου:

$\Sigma M_{Rc}$ : το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συμβάλλουν στον κόμβο (ελάχιστη τιμή στο εύρος διακύμανσης των αξονικών δυνάμεων των υποστυλωμάτων για τη σεισμική δράση σχεδιασμού μαζί με τα κατακόρυφα φορτία που δρουν ταυτόχρονα), και

$\Sigma M_{Rb}$ : το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συμβάλλουν στον κόμβο, συνυπολογίζοντας στις ροπές αντοχής τους παράλληλους στις δοκούς οπλισμούς της πλάκας μέσα στο συνεργαζόμενο πλάτος του σχήματος

Η παραπάνω εξίσωση πρέπει να ελέγχεται και να ικανοποιείται σε δύο κάθετα μεταξύ τους κατακόρυφα επίπεδα κάμψης, τα οποία, σε κτίρια με πλαίσια διατεταγμένα σε δυο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις, ορίζονται από αυτές. Πρέπει να ικανοποιείται και για τις δυο φορές (θετική και αρνητική) της δράσης των ροπών περί των κόμβου.



Σχήμα 1.12: Συνεργαζόμενο πλάτος πέλματος  $b_{eff}$  σε δοκούς στις στηρίξεις σε υποστυλώματα

- Στηρίξεις σε εξωτερικά υποστυλώματα, εάν υπάρχει εγκάρσια δοκός παρόμοιου ύψους.
- Στηρίξεις σε εξωτερικά υποστυλώματα, εάν δεν υπάρχει εγκάρσια δοκός.
- Στηρίξεις σε εσωτερικά υποστυλώματα, εάν υπάρχει εγκάρσια δοκός παρόμοιου ύψους.
- Στηρίξεις σε εσωτερικά υποστυλώματα, εάν δεν υπάρχει εγκάρσια δοκός.

Ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε κάμψη δεν απαιτείται:

- Στον ανώτατο όροφο
- Στο ισόγειο διορόφων κτιρίων, αν όλα τα υποστυλώματα έχουν ανηγμένη αξονική  $vd \leq 0,3$
- Αν τοιχώματα αναλαμβάνουν τουλάχιστον το 50% σεισμικής τέμνουσας βάσης στη υπόψη οριζόντια διεύθυνση
- Σε ένα στα 4 υποστυλώματα επιπέδων πλαισίων με παρόμοιες διαστάσεις υποστυλωμάτων

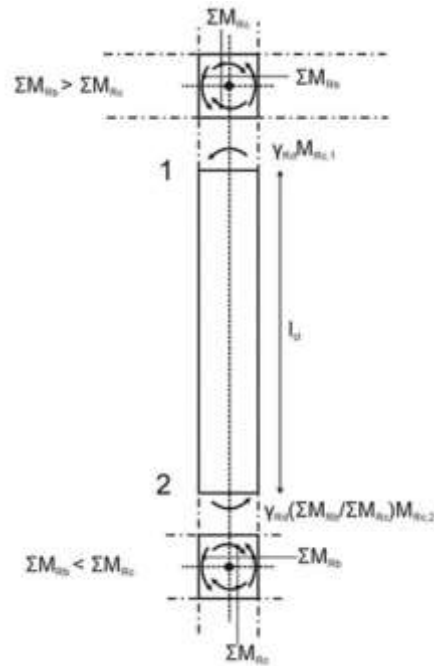
Στον έλεγχο της ικανοποίησης της παραπάνω εξίσωσης, αγνοείται η επιρροή των ροπών κάμψης του υποστυλώματος στο επίπεδο που είναι κάθετο στο κατακόρυφο επίπεδο όπου ελέγχεται εκάστοτε η παραπάνω εξίσωση.

### **1.9.5 Ικανοτικός έλεγχος υποστυλωμάτων έναντι τέμνουσας**

Η συμπεριφορά μελών ωπλισμένου σκυροδέματος υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση είναι πλάσιμη, μόνον αν καθοριστικός της ανελαστικότητας είναι ο εφελκόμενος χάλυβας. Αυτό συμβαίνει μόνο σε καμπτόμενα μέλη με χαμηλό ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού (οπότε αυτός διαρρέει προτού αστοχήσει το σκυρόδεμα σε θλίψη) και με θλιβόμενη ζώνη που προστατεύεται, μέσω πυκνών συνδετήρων, από θλιπτική αστοχία του πυρήνα του σκυροδέματος και από λυγισμό των ράβδων.

Η μεταφορά δυνάμεων με διάτμηση δεν προσφέρεται για πλάσιμη συμπεριφορά υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση, καθότι: α) μετά τη διαρροή των συνδετήρων η πλαστική τους μήκυνση συσσωρεύεται σε κάθε ημικόκλο της φόρτισης, οι λοξές ρωγμές ανοίγουν συνεχώς και οι διατμητικές παραμορφώσεις συνοδεύονται από ολίσθηση χωρίς σημαντική απορρόφηση ενέργειας, και β) η διάτμηση προκαλεί τελικώς ψαθυρή και καταστροφική αστοχία του σκυροδέματος της θλιβόμενης ζώνης από συνδυασμό λοξού εφελκυσμού και θλιπτικών τάσεων. Επειδή λοιπόν σε γραμμικά μέλη ωπλισμένου σκυροδέματος, όπως οι δοκοί και τα υποστυλώματα, η μεταφορά δυνάμεων με κάμψη και με τέμνουσα είναι εν σειρά και όχι εν παραλλήλω ο EN1998-1:2004 υιοθετεί τον ικανοτικό σχεδιασμό σε διάτμηση, προκειμένου να υποβάλλει (πλάστιμο) σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των μελών, προτού αυτά αστοχήσουν (ψαθυρά) σε τέμνουσα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαστασιολόγησης των μελών αυτών σε διάτμηση για τέμνουσα δύναμη με τιμή πάνω από αυτήν που αντιστοιχεί σε ταυτόχρονο σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων γύρω από τους κόμβους στα δύο άκρα του μέλους, όταν αυτά είναι σε αντίθετη κάμψη. Η τέμνουσα αυτή είναι η μέγιστη δυνατή που μπορεί να αναπτυχθεί στο μέλος.





- Τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό  
Από ανάλυση

- Τέμνουσα αντοχής για σεισμό

$$V_{Rd,max} = 0,3 \left( 1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250} \right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta$$

$$\text{Με } 22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

- Τέμνουσα αντοχής συνδετήρων εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$$

$$\text{Με } 22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### Υποστυλώματα μέσης και υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ και ΚΠΥ)

- Ροπή σχεδιασμού

$$M_{id} = \gamma_{Rd} M_{Rci} \min \left( 1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}} \right)$$

- Τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{Rd,c1} \min \left( 1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}} \right)_1 + M_{Rd,c2} \min \left( 1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}} \right)_2}{h_{cl}}$$

- Τέμνουσα αντοχής για σεισμό

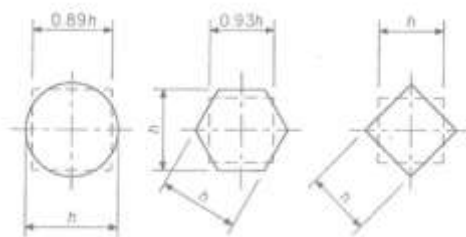
$$\text{Ως σε ΕΚ2 : } V_{Rd,max} = 0,3 \left( 1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250} \right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta \text{ με } 22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

- Τέμνουσα αντοχής συνδετήρων εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$\text{Ως σε ΕΚ2 : } V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta \text{ με } 22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$$

## 1.9.6 Επιπρόσθετες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα

- Για κυκλικά υποστυλώματα, οι σχετικές διατάξεις των Ευρωκωδίκων είναι κυριολεκτικώς ελάχιστες, παρά το γεγονός πως υπάρχουν αρκετά και σημαντιά θέματα, όπως π.χ.:
  - Διαστασιολόγησης και ελέγχου, κυρίως έναντι V
  - Διατάξεων και λεπτομερειών όπλισης, π.χ. για κυκλικούς συνδετήρες ή σπείρες
  - Περίσφιγξης, π.χ. αν διατάσσονται και ορθογωνικοί ή τετραγωνικοί συνδετήρες
  - Διαμόρφωσης και ελέγχου των κόμβων με τις δοκούς, αγκυρώσεων του σπλισμού των δοκών κ.λπ.
- Βεβαίως, απλοποιητικώς, για διάφορα (αλλά όχι όλα) από τα προηγούμενα προβλήματα (κυρίως γεωμετρικής φύσεως) μπορεί να γίνει χρήση μιας "Ισοδύναμης"- ισεμβαδικής διατομής (με  $b_c=h_c=0,85$  ή  $0,90D$ , και αντιστοίχως για  $b_o=h_o=0,85$  ή  $0,90D$ ):



### Κατά τον EN 1992-1-1:2004 (§9.5)

- Το ελάχιστο πλήθος διαμήκων ράβδων σπλισμού είναι 4, με ελάχιστη διάμετρο 8mm.
- Όμως, συνιστάται ελάχιστο πλήθος 6 ράβδων (ομοιομόρφως κατανεμημένων στη περίμετρο) και ελάχιστη διάμετρος 14 (ή 12)mm.

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN 1998-1:2004

- Στα περί περισφιγξης, για ΚΠΜ και ΚΠΥ (§§ 5.4.3.2 και 5.5.3.2), ο συντελεστής αποδοτικότητας,  $\alpha$ , έχει ως εξής:

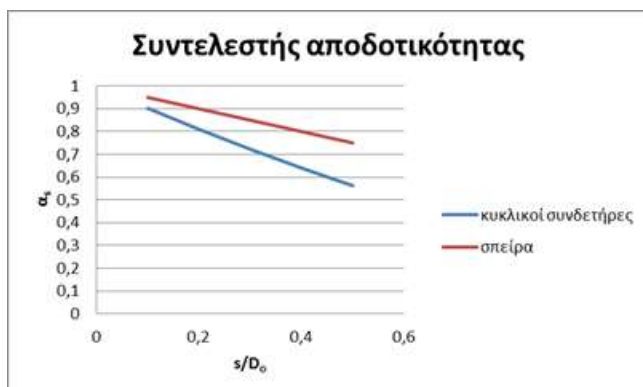
$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ , όπου:

Διατομή κυκλική (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1 \text{ και } \alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)^2$$

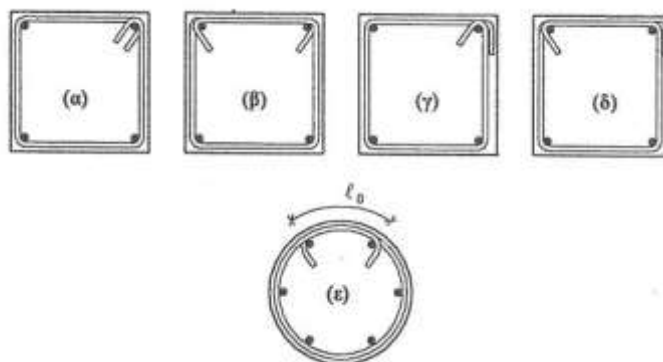
Διατομή κυκλική (σπειροειδείς συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1 \text{ και } \alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)$$



## Κατά τον ΕΚΟΣ

- Στα περί συνδετήρων, §17.9.2



**Σχήμα 1.13: Κλείσιμο συνδετήρων σε κορμούς πλακοδοκών, σε δοκούς, σε υποστυλώματα και τοιχώματα**

- Σε κυκλικά υποστυλώματα το κλείσιμο συνδετήρων γίνεται όπως στο Σχήμα 1.13(3), με ορθογωνικά (ή ημικυκλικά) άγκιστρα έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος υπερκάλυψης  $l_0$ .
- Στις κρίσιμες περιοχές κυκλικών υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται όπως το κλείσιμο των συνδετήρων, σύμφωνα με το Σχήμα, γίνεται κατ' εναλλαγήν (και όχι στην ίδια θέση).
- Στα περί διαμόρφωσης των σπειρών, § 18.4.8
  - Η διάμετρος της διατομής του πυρήνα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm.
  - Ο ελάχιστος συνολικός διαμήκης οπλισμός είναι το 0,01 και ο μέγιστος το 0,04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα. Στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη το μέγιστο ποσοστό οπλισμού είναι 0,08.
  - Ο ελάχιστος αριθμός ράβδων είναι 6, οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο, με ελάχιστη διάμετρο 14mm.
  - Το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το ένα πέμπτο της διαμέτρου του πυρήνα, η δε διάμετρός της τουλάχιστον 5 ή 6mm.
  - Τα άκρα της σπείρας, ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων της σπείρας με υπερκάλυψη (που επιτρέπεται μόνον εκτός κρίσιμων περιοχών και κόμβων), πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού αγκίστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα.
  - Η σπείρα πρέπει να εκτείνεται και στην περιοχή των κόμβων.

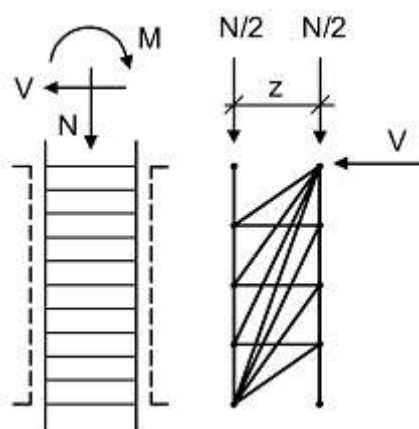
## 1.9.7 Κοντά υποστυλώματα

### 1.9.7.1 "Φύσει" κοντά υποστυλώματα

Υποστύλωμα με λόγο διατμήσεως,  $\alpha_s = \frac{M_d}{V_d} h$ , μικρότερο ή ίσο του 2,5 χαρακτηρίζονται ως κοντά.

Η αποσύζευξη μεγεθών ορθής έντασης και διατμητικών μεγεθών κατά τον σχεδιασμό είναι μια αποδεκτή προσέγγιση για γραμμικά (μάλλον λυγηρά) στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα). Στην περίπτωση των κοντών υποστυλωμάτων, αυτή η αποσύζευξη είναι μακράν της πραγματικότητας. Η αλληλεπίδραση ροπής και τέμνουσας έχει συνέπεια την σημαντική μείωση της πλαστιμότητας των κοντών υποστυλωμάτων. Το πρόβλημα επιτείνεται, όσο μειώνεται ο λόγος διατμήσεως.

Για τη μεταφορά των δυνάμεων σε κοντό υποστύλωμα στην μετελαστική περιοχή, δεν ισχύει ο συνήθης μηχανισμός μεταφοράς τέμνουσας. Το σύνολο των δυνάμεων μεταφέρεται μέσω ενός θυσάνου λοξών θλιπτήρων και αντίστοιχων εγκάρσιων ελκυστήρων οπλισμού.



Υποστύλωμα Προσομοίωμα

Όμως, όπως έχει αποδειχθεί από δοκιμές, όταν ο λόγος διατμήσεως του υποστυλώματος είναι μικρότερος από 1,50, τότε (επί πλέον του διαμήκου και του εγκάρσιου οπλισμού) απαιτείται και η διάταξη δισδιαγώνιου οπλισμού, ο οποίος να οδηγεί σε διατήρηση της φέρουσας ικανότητας του λοξού θλιπτήρα, δηλαδή σε μείωση του ρυθμού απώλειας της πλαστιμότητας του στοιχείου.

Αυτός ο οπλισμός εκτιμάται (εμπειρικά) περίπου το 30% του διαμήκου οπλισμού και απαιτεί καλή αγκύρωση πέραν των άκρων του κοντού υποστυλώματος.

Συνιστάται, επίσης, να περιορίζεται το μέγεθος της ανηγμένης αξονικής αυτών των υποστυλωμάτων στο 0,40.

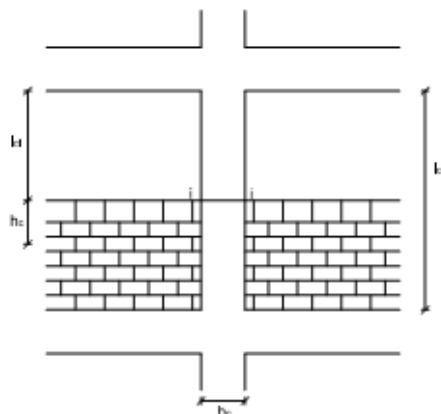
### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### Υποστυλώματα μέσης και υψηλής κλάσης πλαστιμότητας (ΚΠΜ και ΚΠΥ)

Η μόνη πρόβλεψη του EN1998-1:2004 για τα κοντά υποστυλώματα είναι ότι, όταν το καθαρό ύψος του υποστυλώματος είναι μικρότερο από το τριπλάσιο του ύψους της διατομής του, τότε ολόκληρο το μήκος του υποστυλώματος θεωρείται κρίσιμο, οπότε οπλίζεται αναλόγως.

### 1.9.7.2 "Θέσει" κοντά υποστυλώματα

Εάν το ύψος των τοιχοπληρώσεων δεν καλύπτει ολόκληρο το ύψος του ορόφου, στα γειτονικά υποστυλώματα προκύπτει η περίπτωση του "θέσει" κοντού υποστυλώματος.



Είναι δυνατή η αποφυγή των "θέσει" κοντών υποστυλωμάτων με τη δημιουργία κατάλληλου αρμού μεταξύ τοιχοποιίας και υποστυλώματος, πρέπει όμως να εξασφαλίζεται η εκτός επιπέδου ευστάθεια του τοίχου

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

##### **Υποστυλώματα μέσης και υψηλής κλάσης πλαστιμότητας (ΚΠΜ και ΚΠΥ)**

Εάν το ύψος των τοιχοπληρώσεων δεν καλύπτει ολόκληρο το ύψος του ορόφου, στα γειτονικά υποστυλώματα προκύπτει η περίπτωση του κοντού υποστυλώματος, στα οποία απαιτείται η εφαρμογή των παρακάτω πρόσθετων διατάξεων:

- Λόγω της ιδιαίτερης ευπάθειας των τοιχοπληρώσεων των ισογείων, πρέπει να αναμένεται στο σημείο αυτό πρόκληση σειсмоγενούς μη-κανονικότητας, και πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα. Εάν δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη μέθοδος, το σύνολο του ύψους των υποστυλωμάτων του ισογείου πρέπει να θεωρείται ως κρίσιμη περιοχή και να υφίσταται την κατάλληλη περίσφιγξη.
- Εάν το ύψος των τοιχοπληρώσεων είναι μικρότερο από το καθαρό ύψος των παρακείμενων υποστυλωμάτων, πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
  - Το συνολικό ύψος των υποστυλωμάτων θα θεωρείται ως κρίσιμη περιοχή και πρέπει να οπλίζεται με την ποσότητα και την διάταξη των συνδετήρων που απαιτούνται σε κρίσιμες περιοχές.
  - Οι συνέπειες της μείωσης του λόγου διάτμησης των υποστυλωμάτων αυτών πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα. Για τον λόγο αυτόν, πρέπει να εφαρμόζονται οι κανόνες ικανοτικού σχεδιασμού για τον υπολογισμό της δρώσας τέμνουσας δύναμης, ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας. Στον υπολογισμό αυτόν το καθαρό ύψος του υποστυλώματος,  $l_{cl}$ , πρέπει να λαμβάνεται ίσο προς το μήκος του υποστυλώματος που δε βρίσκεται σε επαφή με τις τοιχοπληρώσεις και η ροπή  $M_{id}$  στην διατομή του υποστυλώματος στην άνω επιφάνεια της τοιχοπλήρωσης πρέπει να λαμβάνεται ίση με  $\gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i}$ , όπου  $\gamma_{Rd}=1,1$  για ΚΠΜ και  $1,3$  για ΚΠΥ και  $M_{Rc,i}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε κάμψη του υποστυλώματος.

- Ο εγκάρσιος οπλισμός για την ανάλυση αυτής της τέμνουσας πρέπει να τοποθετείται στο ύψος του υποστυλώματος το οποίο δεν βρίσκεται σε επαφή με τις τοιχοπληρώσεις και να εκτείνεται σε μήκος  $h_c$  (διάσταση της διατομής υποστυλώματος στο επίπεδο της τοιχοπλήρωσης) εντός του τμήματος του υποστυλώματος που βρίσκεται σε επαφή με τις τοιχοπληρώσεις.
- Εάν το μήκος του υποστυλώματος που δεν βρίσκεται σε επαφή με τις τοιχοπληρώσεις είναι μικρότερο από  $1,5h_c$  η τέμνουσα δύναμη πρέπει να αναλαμβάνεται από δισδιαγώνιο οπλισμό.
- Όπου οι τοιχοπληρώσεις εκτείνονται στο συνολικό ύψος των παρακείμενων υποστυλωμάτων, και υπάρχει τοιχοπλήρωση στην μία μόνον πλευρά του υποστυλώματος (π.χ. σε γωνιακά υποστυλώματα) το συνολικό μήκος του υποστυλώματος πρέπει να θεωρείται κρίσιμη περιοχή και πρέπει να οπλίζεται με την ποσότητα και την διάταξη των συνδετήρων που απαιτούνται για κρίσιμες περιοχές.
- Το ύψος,  $l_c$ , των υποστυλωμάτων επί του οποίου εφαρμόζεται η διαγώνια θλιπτική δύναμη του φατνώματος τοιχοπλήρωσης, πρέπει να ελέγχεται σε διάτμηση με την μικρότερη από τις ακόλουθες δύο τέμνουσες δυνάμεις: α) την οριζόντια συνιστώσα της δύναμης του διαγώνιου θλιπτήρα του φατνώματος, που λαμβάνεται ως ίση με την οριζόντια διατμητική αντοχή του φατνώματος τοιχοπλήρωσης, όπως υπολογίζεται βάσει της διατμητικής αντοχής των οριζόντιων αρμών ή β) την τέμνουσα δύναμη που υπολογίζεται σύμφωνα με τον ικανοτικό σχεδιασμό, ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας, υποθέτοντας ότι η καμπτική ικανότητα υπεραντοχής του υποστυλώματος,  $\gamma_{Rd} \cdot M_{Re,i}$ , αναπτύσσεται στα δυο άκρα του μήκους επαφής,  $l_c$ . Το μήκος επαφής πρέπει να λαμβάνεται ίσο με το πλήρες κατακόρυφο ύψος του διαγώνιου θλιπτήρα της τοιχοπλήρωσης. Εκτός εάν γίνεται ακριβέστερη εκτίμηση του ύψους αυτού, η οποία λαμβάνει υπόψη τις ελαστικές ιδιότητες και τη γεωμετρία της τοιχοπλήρωσης και των υποστυλωμάτων, το ύψος των θλιπτήρων μπορεί να υποτεθεί σαν σταθερό κλάσμα του μήκους της διαγωνίου του φατνώματος.

## 1.10 Κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων

### 1.10.1 Ελάχιστος οπλισμός κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων για ΚΠΜ και ΚΠΥ

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

Χρειάζεται πάντοτε, για τη διατμητική αντοχή του κόμβου, τουλάχιστον μία ενδιάμεση κατακόρυφη ράβδος σε κάθε πλευρά κόμβου υποστυλώματος με κύρια δοκό.

Ο οριζόντιος οπλισμός σε κόμβο υποστυλώματος με κύρια δοκό πρέπει να είναι τουλάχιστον ο ελάχιστος στην κρίσιμη περιοχή των άκρων του υποστυλώματος, εκτός εάν και στις τέσσερις πλευρές του κόμβου συμβάλουν δοκοί πλάτους τουλάχιστον ίσου με το 75% του πλάτους του υποστυλώματος, οπότε η μέγιστη απόσταση των οριζόντιων οπλισμών στον κόμβο μπορεί να αυξηθεί στο διπλάσιο αλλά όχι μικρότερη από των 150mm.

### 1.10.2 Συνάφεια και αγκύρωση διαμήκους οπλισμού

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

Για λόγους συνάφειας, η μέγιστη διάμετρος  $d_{bl}$  διαμήκων ράβδων δοκών που διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους είναι:

$$\Phi_{Lmax} \leq \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1 + 0,75 k_D \rho' / \rho_{max})}$$

και αυτή των ράβδων που αγκυρώνονται σε εξωτερικούς (ακραίους) κόμβους:

$$\Phi_{Lmax} \leq \frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

Όπου:

- $h_c$  : πλάτος του υποστυλώματος παράλληλα στις ράβδους
- $f_{ctm}$ : μέση τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος
- $v_d = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} A_c}$  : ελάχιστη τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης στο υποστυλώμα από την ανάλυση για τη σεισμική δράση σχεδιασμού με τα ταυτόχρονα κατακόρυφα στοιχεία
- $k_D=1,0$  για ΚΠΥ και  $k_D=2/3$  για ΚΠΜ
- $\rho'$  : ποσοστό θλιβόμενου ολισμού της δοκού
- $\rho_{max} = \rho' + 0,0018 \frac{f_{cd}}{\mu_\phi \epsilon_{syd} f_{yd}}$  : μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό εφελκυσμένου οπλισμού της δοκού

$\gamma_{Rd}=1,2$  για ΚΠΥ και  $\gamma_{Rd}=1,0$  για ΚΠΜ

Τονίζεται ότι οι δυο παραπάνω σχέσεις είναι καθοριστικές της διαμέτρου του διαμήκους οπλισμού των δοκών, (ή για ρεαλιστικές διαμέτρους ράβδων) των διαστάσεων των υποστυλωμάτων. Οι οπλισμοί δοκών που αγκυρώνονται με καμπύλη σε ακραίους κόμβους πρέπει να τοποθετούνται μέσα στους συνδετήρες του υποστυλώματος. Σε κτίρια ΚΠΥ το μήκος αγκύρωσης του διαμήκους οπλισμού μέσα στον κόμβο αρχίζει να μετράται από απόσταση  $5d_{bl}$  από την παρειά του κόμβου.

### 1.10.3 Έλεγχος του σώματος κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων για ΚΠΥ

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

Σε κτίρια ΚΠΥ ο οριζόντιος οπλισμός (συνδετήρες κατ' επέκταση του εγκάρσιου οπλισμού του υποστυλώματος) μέσα σε κόμβους προκύπτει από υπολογισμό και συγκεκριμένα, από έλεγχο του κόμβου σε διάτμηση. Ο υπολογισμός γίνεται ικανοτικά με βάση τη μέγιστη δυνατή τέμνουσα δύναμη που μπορεί να αναπτυχθεί στον κόμβο με βάση τους διαμήκεις οπλισμούς της δοκού:

$$V_{ijh} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_c \text{ για εσωτερικούς κόμβους}$$

$$V_{ijh} = \gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_c \text{ για εξωτερικούς κόμβους}$$

Όπου:

- $A_{s1}$ : η διατομή του πάνω οπλισμού της δοκού
- $A_{s2}$ : η διατομή του κάτω οπλισμού της δοκού
- $V_c$ : η τέμνουσα του υπερκείμενου υποστυλώματος από την ανάλυση για τη σεισμική δράση σχεδιασμού.
- $\gamma_{Rd}=1,2$

Η παραπάνω τέμνουσα δύναμη μεταφράζεται σε διατμητική τάση μέσα στον πυρήνα του κόμβου:

$$v_j = \frac{V_{jh}}{b_j h_{jc}}$$

Όπου:

- $h_{jc}$ : απόσταση μεταξύ των ακραίων στρώσεων οπλισμού του υποστυλώματος
- $b_j$ : ενεργό πλάτος κόμβου

Ενεργό πλάτος κόμβου:

$$\text{Εάν } b_c > b_w \Rightarrow b_j = \min \begin{cases} b_c \\ b_w + 0,5h_c \end{cases}$$

$$\text{Εάν } b_c \leq b_w \Rightarrow b_j = \min \begin{cases} b_w \\ b_c + 0,5h_c \end{cases}$$



Ο υπολογισμός της αντοχής των κόμβων γίνεται με βάση τις κύριες τάσεις. Συγκεκριμένα η οριακή διατμητική αντοχή προκύπτει όταν η κύρια θλιπτική τάση στον κόμβο λόγω:

- διατμητικής τάσης,  $v_j$  και
- μέσης κατακόρυφης ορθής τάσης από υπερκείμενη κολώνα,  $-v_d f_{cd}$

ξεπεράσει το  $n f_{cd}$ , όπου  $n = 0,6(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250})$  μειωτικός συντελεστής λόγω εγκάρσιας εφελκυστικής τάσης. Έτσι, λοιπόν, οι διαστάσεις εσωτερικού κόμβου δοκών υποστυλωμάτων πρέπει να είναι τέτοιες ώστε:

$$v_j \leq v_{ju} = n f_{cd} \sqrt{\left(1 - \frac{v_d}{n}\right)}$$

και οι διαστάσεις εξωτερικού κόμβου τέτοιες ώστε:

$$v_j \leq v_{ju} = 0,80 n f_{cd} \sqrt{\left(1 - \frac{v_d}{n}\right)}$$

Διαγώνια ρηγμάτωση οπλισμένων κόμβων θα συμβεί αν η κύρια εφελκυστική τάση λόγω:

- διατμητικής τάσης στον κόμβο,  $v_j$  και
- μέσης κατακόρυφης ορθής τάσης από την υπερκείμενη κολώνα,  $-v_d f_{cd}$ , και
- οριζόντιας ορθής τάσης λόγω περίσφιγξης από οριζόντιο οπλισμό κόμβου,  $-\rho_{jh} f_{ywd}$

ξεπεράσει την εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος,  $f_{ctd}$ . Για να αποτραπεί η διαγώνια ρηγμάτωση χρειάζεται οριζόντιος οπλισμός στον κόμβο με ποσοστό (ανηγμένο στο γινόμενο του ενεργού πλάτους κόμβου,  $b_j$ , επί την απόσταση πάνω και κάτω οπλισμού της δοκού,  $h_{jw}$ ):

$$\rho_{jh} f_{ywd} \geq \frac{v_j^2}{f_{ctd} + v_{top} f_{cd}} - f_{ctd}$$

Ο EN1998-1:2004 δίνει μια εναλλακτική μέθοδο για τον υπολογισμό του οπλισμού των κόμβων. Αυτός προκύπτει από το προσομοίωμα του κόμβου ως συνδυασμό διαγώνιου θλιπήρα και δικτύωματος από οριζόντιες και κατακόρυφες ράβδους με διαγώνιο θλιπτικό πεδίο, που δίνει συνολική διατομή οριζόντιων κλειστών συνδετήρων.

- Σε εσωτερικούς κόμβους:  $A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8v_d)$
- Σε εξωτερικούς κόμβους:  $A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1 - 0,8v_d)$

με  $\gamma_{Rd}=1,2$  και  $v_d$  που αφορά το υπερκείμενο υποστύλωμα για εσωτερικούς κόμβους ή το υποκείμενο υποστύλωμα για εξωτερικούς κόμβους.

Επιπλέον των οριζόντιων συνδετήρων με απαιτούμενη συνολική διατομή  $A_{sh}$  πρέπει να τοποθετείται συνολική διατομή διαμπερών κατακόρυφων ράβδων,  $A_{sv,i}$ , ανάμεσα στις γωνιακές ράβδους στις αντίστοιχες παρειές των υποστυλωμάτων ( που συνεισφέρουν στο διαμήκη τους οπλισμό):

$$A_{sv} \geq \frac{2}{3} A_{sh} \frac{h_{jc}}{h_{jw}}$$

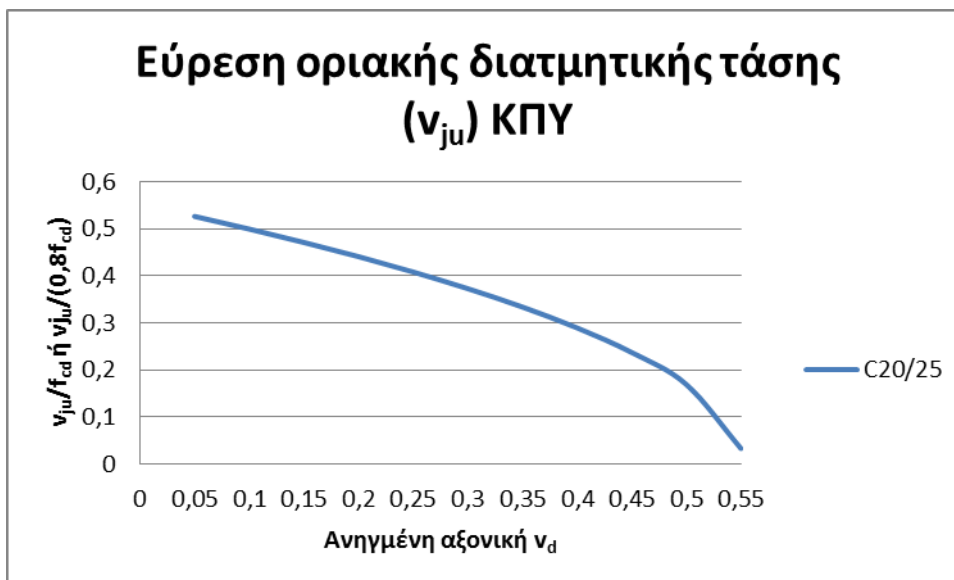
## ΠΡΟΣΟΧΗ

$v_{ju}$  οριακή διατμητική αντοχή των κόμβων

$$\frac{v_{ju}}{f_{cd}} = n \cdot \left(1 - \frac{v_d}{n}\right)^{1/2}, \quad n = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) \quad \text{για εσωτερικούς κόμβους}$$

$$\frac{v_{ju}}{0,80 \cdot f_{cd}} = n \cdot \left(1 - \frac{v_d}{n}\right)^{1/2}, \quad n = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) \quad \text{για εξωτερικούς κόμβους}$$

Έστω C20/25,  $n=0,552$  έχουμε:



## 1.11 Πλάστιμα τοιχώματα

### 1.11.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί

- Τοίχωμα θεωρείται κατακόρυφο στοιχείο με λόγο μήκους προς πάχος κορμού:

$$\frac{l_w}{h_w} > 4$$

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

##### Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Πάχος κορμού

$$b_{wo} \geq \max(0,15m; \frac{h_s}{20})$$

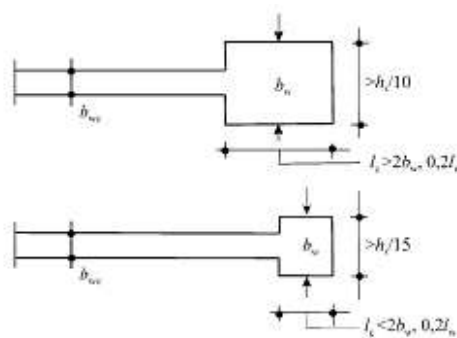
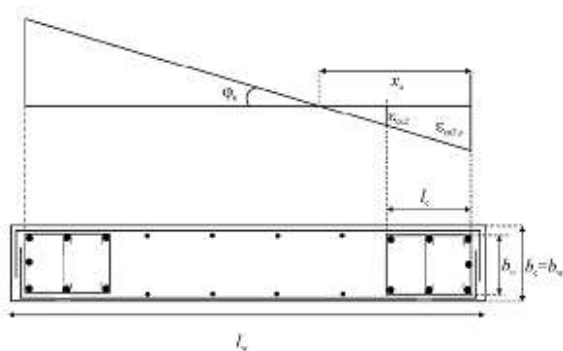
- Ελάχιστο μήκος περισφιγμένων άκρων

$$l_{c,\min} \geq \max \begin{cases} 0,15l_w \\ 1,5b_w \end{cases}$$

- Πάχος περισφιγμένων άκρων

$$\text{Εάν } l_c \leq \max \begin{cases} 0,2l_w \\ 2b_w \end{cases} \text{ απαιτείται } b_w \geq \max \begin{cases} 0,20m \\ \frac{h_s}{15} \end{cases}$$

$$\text{Εάν } l_c > \max \begin{cases} 0,2l_w \\ 2b_w \end{cases} \text{ απαιτείται } b_w \geq \max \begin{cases} 0,20m \\ \frac{h_s}{10} \end{cases}$$



- Σχήμα 1.14: Περισφιγμένο ενισχυμένο άκρο τοιχώματος στοιχείων άκρων Ελάχιστο εμβαδό διατομής

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,40$$

$$\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,40 f_{cd}}$$

- Σχήμα 1.15: Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων

- Κρίσιμο ύψος  
 $h_{cr} = \max(l_w ; h_w/6)$   
 Αλλά και:  $h_{cr} \leq \min(2l_w ; h_s)$  για  $n \leq 6$  και  
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; 2h_s)$  για  $n \geq 7$

### Πλάσιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

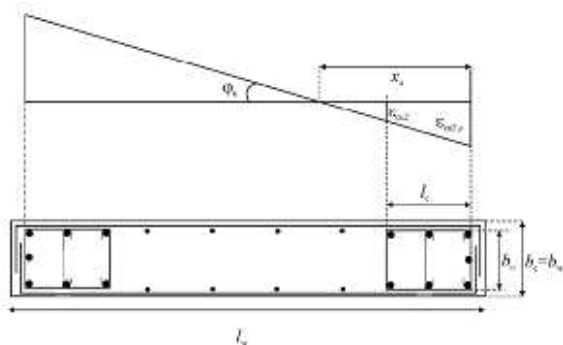
- Πάχος κορμού  
 $b_{wo} \geq \max(0,15m ; \frac{h_s}{20})$
- Ελάχιστο μήκος περισφιγμένων άκρων

$$l_{c,\min} \geq \max \begin{cases} 0,15l_w \\ 1,5b_w \end{cases}$$

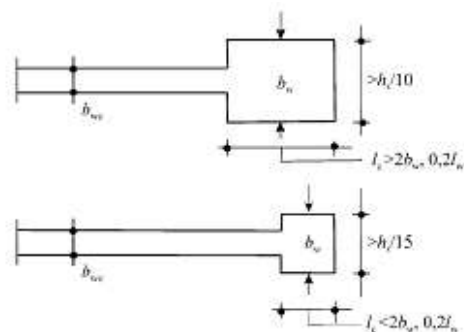
- Πάχος περισφιγμένων άκρων

$$\text{Εάν } l_c \leq \max \begin{cases} 0,2l_w \\ 2b_w \end{cases} \quad \text{απαιτείται } b_w \geq \max \begin{cases} 0,20m \\ \frac{h_s}{15} \end{cases}$$

$$\text{Εάν } l_c > \max \begin{cases} 0,2l_w \\ 2b_w \end{cases} \quad \text{απαιτείται } b_w \geq \max \begin{cases} 0,20m \\ \frac{h_s}{10} \end{cases}$$



Σχήμα 1.16: Περισφιγμένο ενισχυμένο άκρο τοιχώματος



Σχήμα 1.17: Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων στοιχείων άκρων

- Ελάχιστο εμβαδό διατομής

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,35$$

$$\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,35 f_{cd}}$$

- Κρίσιμο ύψος  
 $h_{cr} = \max(l_w ; h_w/6)$   
 Αλλά και:  $h_{cr} \leq \min(2l_w ; h_s)$  για  $n \leq 6$   
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; 2h_s)$  για  $n \geq 7$

## 1.11.2 Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό στις ενισχυμένες περιοχές άκρων

- Στην κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,2\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
2
- Μη κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,2\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά: 2

### Προσθετες διατάξεις συμφωνα με τον EN1998-1:2004

- Σύμφωνα με το §5.5.3.4.5(10) του EN1998-1:2004 κάθε δεύτερη διάμηκης ράβδος πρέπει να συγκρατείται από κλειστό ή μονοσκελή συνδετήρα

### **Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)**

- Στη κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,5\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
2
  - Μέγιστη απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια  
200mm
- Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή
  - Όπως στη μη κρίσιμη περιοχή
- Στη μη κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,2\%$   
Εάν  $\varepsilon_c > 2\text{‰} \rightarrow \rho_{\min} = 0,5\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
2
  - Μέγιστη απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια: 200mm

## Πλάσιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Στη κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,5\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
2
  - Μέγιστη απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια  
200mm
- Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή
  - Όπως στη κρίσιμη περιοχή
- Στη μη κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\min} = 0,2\%$   
Εάν  $\varepsilon_c > 2\text{‰} \rightarrow \rho_{\min} = 0,5\%$
  - Μέγιστο ποσοστό οπλισμού στην περιοχή  $A_c = l_c \cdot b_w$   
 $\rho_{\max} = 4\%$
  - Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
2
  - Μέγιστη απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια  
200mm

### 1.11.3 Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό στις ενισχυμένες περιοχές άκρων

- Στην κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού
$$d_{w,\min} = \max \begin{cases} 6mm \\ d_{bl} / 4 \end{cases}$$
  - Μέγιστη διαμήκης απόσταση οπλισμού
$$s_{w,\max} = \min \begin{cases} 20d_{bl} \\ b_{wo} \\ 400mm \end{cases}$$
- Λοιπό ύψος τοιχώματος
  - Διαμήκεις ράβδοι
  - Όταν  $\epsilon_c > 0,2\% \rightarrow \rho_v \geq 0,5\%$  αλλιού  $\rho_v \geq 0,2\%$

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

##### Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Στην κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού  
Αν στο  $A_c = I_c b_w$  είναι  $\rho_l > 2\%$  τότε ισχύει ότι και στην ΚΠΧ(EN1992-1-1) για  $\rho_l > 2\%$
  - Μέγιστη διαμήκης απόσταση οπλισμού  
Αν στο  $A_c = I_c b_w$  είναι  $\rho_l > 2\%$  τότε ισχύει ότι και στην ΚΠΧ(EN1992-1-1) για  $\rho_l > 2\%$
  - $\omega_{wd} \geq 0,08$
  - $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_\phi (v_d + \omega_{vd}) \epsilon_{syd} \frac{b_w}{b_o} - 0,035$
- Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή  
 $\rho_v \geq 0,2\%$  όπου  $\epsilon_c > 0,2\% \rightarrow \rho_v \geq 0,5\%$
- Λοιπό ύψος τοιχώματος
  - Διαμήκεις ράβδοι
  - Όταν  $\epsilon_c > 0,2\% \rightarrow \rho_v \geq 0,5\%$  αλλιού  $\rho_v \geq 0,2\%$

##### Πλάστιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Στην κρίσιμη περιοχή
  - Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού
$$d_{w,\min} = 8mm$$
  - Μέγιστη διαμήκης απόσταση οπλισμού
$$s_{w,\max} = \min \begin{cases} 25d_{bh} \\ 250mm \end{cases}$$
  - $\omega_{wd} \geq 0,12$
  - $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_\phi (v_d + \omega_{vd}) \epsilon_{syd} \frac{b_w}{b_o} - 0,035$

- Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή  
Όπως σε κρίσιμη περιοχή αλλά με  $\omega_{wd}$ ,  $\omega_{wd}$  μειωμένα στο 50%
- Λοιπό ύψος τοιχώματος
  - Διαμήκεις ράβδοι
  - Όταν  $\epsilon_c > 0,2\% \rightarrow \rho_v \geq 0,5\%$  αλλιού  $\rho_v \geq 0,2\%$

### 1.11.4 Απαιτήσεις για τα περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων με εγκάρσια πέλματα

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

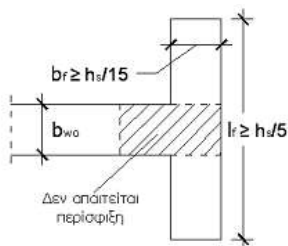
#### § 5.4.3.4.2 και § 5.5.3.4.5

#### Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

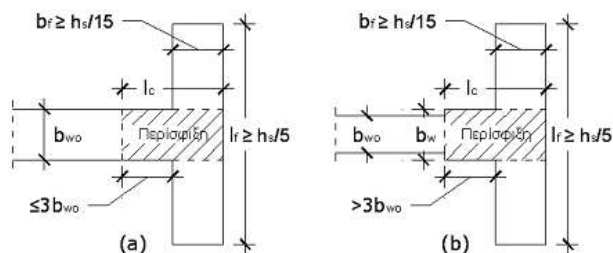
- Σε τοιχώματα με εγκάρσιο πέλμα μορφής T ή L κ.τ.λ. διαστάσεων  $b_f \geq \frac{h_s}{15}$  και  $l_f \geq \frac{h_s}{5}$  δεν απαιτείται περισφιγξη άκρου, ενδέχεται όμως να απαιτηθεί περισφιγξη των άκρων του πέλματος για κάμψη εκτός επιπέδου. Εάν  $b_f < \frac{h_s}{15}$  και  $l_f < \frac{h_s}{5}$  απαιτείται διαμόρφωση περισφιγμένου άκρου, όπως στα ορθογωνικά τοιχώματα.

#### Πλάστιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Σε τοιχώματα με εγκάρσιο πέλμα μορφής T ή L απαιτείται πάντα περισφιγξη άκρου, αλλά όχι διαπλάτυνση ( $b_w = b_{wo}$ ) εφόσον  $l_c \leq b_f + 3b_{wo}$ .  
Εάν  $l_c > b_f + 3b_{wo}$  το πάχος του άκρου ( $b_w \geq b_{wo}$ ) προκύπτει από τις διατάξεις των τοιχωμάτων ορθογωνικής διατομής.



Σχήμα 1.18:Τοίχωμα ΚΠΜ με επαρκές εγκάρσιο πέλμα



Σχήμα 1.19:Τοίχωμα ΚΠΥ με εγκάρσιο πέλμα



## 1.11.5 Απαιτήσεις για τον κορμό

### Κατακόρυφες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{v,\min} = 0,2\%$$

- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{v,\max} = 4\%$$

- Μέγιστη απόσταση οπλισμού

$$s_{v,\max} = \min \begin{cases} 3b_{wo} \\ 400mm \end{cases}$$

### Οριζόντιες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{h,\min} = \max \begin{cases} 0,1\% \\ 0,25\rho_v \end{cases}$$

- Μέγιστη απόσταση οπλισμού

$$s_{h,\max} = 400mm$$

## Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

### Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

#### Κατακόρυφες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$\rho_{v,\min} = 0,2\%$$

- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$\rho_{v,\max} = 4\%$$

- Μέγιστη απόσταση οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$s_{v,\max} = \min \begin{cases} 3b_{wo} \\ 400mm \end{cases}$$

#### Οριζόντιες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$\rho_{h,\min} = \max \begin{cases} 0,1\% \\ 0,25\rho_v \end{cases}$$

- Μέγιστη απόσταση οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής

$$s_{h,\max} = 400mm$$

## Πλάστιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

### Κατακόρυφες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $\rho_{v,\min} = 0,2\%$
- Μέγιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $\rho_{v,\max} = 4\%$
- Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $d_{bv,\min} = 8mm$
- Μέγιστη διάμετρος οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $d_{bv,\max} = \frac{b_{wo}}{8}$
- Μέγιστη απόσταση οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $s_{v,\max} = \min \begin{cases} 25b_{wo} \\ 250mm \end{cases}$

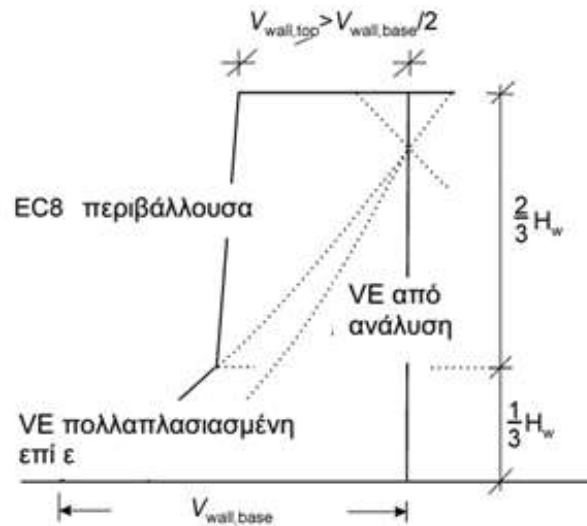
### Οριζόντιες ράβδοι

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $\rho_{h,\min} = 0,2\%$
- Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $d_{bv,\min} = 8mm$
- Μέγιστη διάμετρος οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $d_{bv,\max} = \frac{b_{wo}}{8}$
- Μέγιστη απόσταση οπλισμού εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής  
 $s_{h,\max} = \min \begin{cases} 25b_{wo} \\ 250mm \end{cases}$

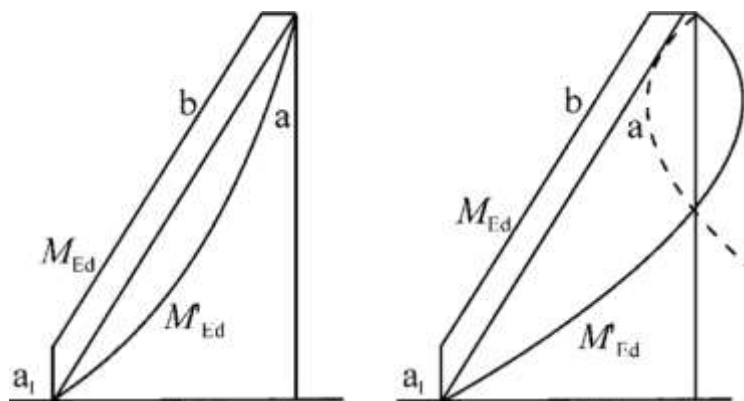
## 1.11.6 Διαστασιολόγηση έναντι ορθής έντασης και τέμνουσας

- Ροπές σχεδιασμού:  
Από την ανάλυση
- Πολλαπλασιαστικός συντελεστής  $\epsilon$  σε  $V_{Ed}$  από ανάλυση για σεισμό:  
 $\epsilon = 1,0$
- Τέμνουσα σχεδιασμού τοιχωμάτων δυαδικών συστημάτων με  $h_w/l_w > 2$ , σε ύψος  $z$  από  $h_w/3$  έως  $h_w$ :  
Από την ανάλυση
- Αντοχή συνδετήρων εκτός και εντός κρίσιμης περιοχής  
 $V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \delta$  με  $1 \leq \cot \delta \leq 2,5$
- Τέμνουσα αντοχής για σεισμό  
 $V_{Rd,\max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} 0,8l_w f_{cd} \sin 2\delta$  με  $1 \leq \cot \delta \leq 2,5$

## Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004



Σχήμα 1.20: Περιβάλλουσα διατμητικών δυνάμεων σε τοιχώματα δυαδικού συστήματος



### Σύμβολα

- a διάγραμμα ροπών από την ανάλυση
- b περιβάλλουσα σχεδιασμού
- a<sub>i</sub> μετατόπιση εφελκυστικής δύναμης

Σχήμα 1.21: Περιβάλλουσα σχεδιασμού ροπών κάμψης σε λυγηρά (μόνον και όχι χθαμαλά) τοιχώματα διπλών/μικτών συστημάτων (αριστερά: σύστημα τοιχώματος, δεξιά: διπλό σύστημα)

### Πλάστιμα τοιχώματα μέσης κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Ροπές σχεδιασμού

Αν  $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$  : Γραμμική περιβάλλουσα των ροπών  $M_{Ed}$  της ανάλυσης

- Ανηγγμένη αξονική

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 40$$

- Στα τοιχώματα δεν είναι δυνατός ο καθορισμός της ικανοτικής τέμνουσας με βάση μόνον την ισορροπία και τις καμπτικές αντοχές στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων, καθότι γενικώς δημιουργείται μόνο μία πλαστική άρθρωση, στη βάση του τοιχώματος, και οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται στις στάθμες πατωμάτων του τοιχώματος είναι άγνωστες. Έτσι οι ικανοτικές τέμνουσες στους ορόφους του τοιχώματος,  $V_{Ed}$ , προκύπτουν με επαύξηση τεμνουσών από την ανάλυση για το σεισμό σχεδιασμού,  $V'_{Ed}$ .

$$V_{Ed} = \epsilon V'_{Ed}$$

Όπου ο συντελεστής μεγένθυσης  $\epsilon$  είναι:

$$\epsilon = 1,5$$

- Τέμνουσα σχεδιασμού τοιχωμάτων δυαδικών συστημάτων με  $h_w/l_w > 2$ , σε ύψος  $z$  από  $h_w/3$  έως  $h_w$ :

Από την ανάλυση

- Αντοχή συνδετήρων εκτός και εντός κρίσιμης περιοχής

$$V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \delta \quad \text{με } 1 \leq \cot \delta \leq 2,5$$

- Τέμνουσα αντοχής για σεισμό

$$V_{Rd,max} = 0,3 \left( 1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250} \right) b_{wo} 0,8l_w f_{cd} \sin 2\delta$$

$$\text{με } 1 \leq \cot \delta \leq 2,5$$

### Πλάστιμα τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Ροπές σχεδιασμού

Αν  $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$  : Γραμμική περιβάλλουσα των ροπών  $M_{Ed}$  της ανάλυσης

- Ανηγγμένη αξονική

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 35$$

- Στα τοιχώματα δεν είναι δυνατός ο καθορισμός της ικανοτικής τέμνουσας με βάση μόνον την ισορροπία και τις καμπτικές αντοχές στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων, καθότι γενικώς δημιουργείται μόνο μία πλαστική άρθρωση, στη βάση του τοιχώματος, και οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται στις στάθμες πατωμάτων του τοιχώματος είναι άγνωστες. Έτσι οι ικανοτικές τέμνουσες στους ορόφους του τοιχώματος,  $V_{Ed}$ , προκύπτουν με επαύξηση τεμνουσών από την ανάλυση για το σεισμό σχεδιασμού,  $V'_{Ed}$ .

$$V_{Ed} = \epsilon V'_{Ed}$$

Η επαύξηση εξαρτάται από το πόσο η ροπή αντοχής,  $M_{Rd}$ , στη βάση του τοιχώματος ξεπερνάει την αντίστοιχη ροπή από την ανάλυση,  $M_{Ed}$ :

- Σε τοιχώματα με λόγο ύψους προς μήκος  $\frac{h_w}{l_w} \leq 2$  :

$$1,5 \leq \epsilon = \gamma_{Rd} \cdot \left( \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right) \leq q$$

- Σε τοιχώματα με λόγο ύψους προς μήκος  $\frac{h_w}{l_w} > 2$  :

$$1,5 \leq \epsilon = q \cdot \sqrt{\left( \frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0,1 \left( \frac{Se(T_c)}{Se(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Όπου:

$$\gamma_{Rd}=1,2$$

$T_1$  η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου στη διεύθυνση των τεμνουσων δυνάμεων  $V_{Ed}$

$T_c$  το πρώτο όριο της περιοχής περιόδων σταθερής φασματικής επιτάχυνσης του φάσματος

$S_e(T)$  η τετμημένη του ελαστικού φάσματος.

- Τέμνουσα σχεδιασμού τοιχωμάτων δυαδικών συστημάτων με  $h_w/l_w > 2$ , σε ύψος  $z$  από  $h_w/3$  έως  $h_w$ :

$$V_{Ed}(z) = \left(\frac{0,75z}{h_w} - \frac{1}{4}\right) \varepsilon V_{Ed}(0) + \left(1,5 - \frac{1,5z}{h_w}\right) \varepsilon V_{Ed}\left(\frac{h_w}{3}\right)$$

- Αντοχή συνδετήρων εκτός κρίσιμης περιοχής

$$V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \delta \text{ με } 1 \leq \cot \delta \leq 2,5$$

- Αντοχή συνδετήρων εντός κρίσιμης περιοχής

$$\text{- If } \alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} l_w} \geq 2 \quad \rho_v = \rho_{\min}, \rho_h \Rightarrow$$

$$V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \delta \text{ με } 1 \leq \cot \delta \leq 2,5$$

$$\text{- If } \alpha_s < 2$$

$$\rho_h \Rightarrow V_{Rd,s} = V_{Rd,c} + b_{wo} \alpha_s (0,75l_w \rho_h f_{yhd})$$

$$\rho_v \Rightarrow \rho_v f_{ywd} \geq \rho_h f_{yhd} - \frac{N_{Ed}}{0,8l_w b_{wo}}$$

- Τέμνουσα αντοχής για σεισμό

- Εκτός κρίσιμης περιοχής

$$\text{Ως σε ΕΚ2 : } V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} 0,8l_w f_{cd} \sin 2\delta \text{ με } 1 \leq \cot \delta \leq 2,5$$

- Εντός κρίσιμης περιοχής

40% της τιμής του EN1992-1-1:2004

- Αντοχή σε διατμητική ολίσθηση ( $A_{sl}$  συνολική διατομή ράβδων με γωνία  $\pm\phi$  προς οριζόντιο)

$$V_{Rd,s} = A_{sl} f_{yd} \cos \phi + A_{sv} \min \left\{ \frac{0,25 f_{yd}}{1,3 \sqrt{f_{yd} f_{cd}}} + 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} \alpha f_{cd} \right.$$

- Ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού σε αρμό διακοπής εργασίας

$$\geq \begin{cases} 0,25\% \\ \frac{1,3 f_{cd} - \frac{N_{Ed}}{A_c}}{f_{yd} + 1,5 \sqrt{f_{cd} f_{yd}}} \end{cases}$$

## 1.11.7 Ειδικές διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### Χθαμαλά τοιχώματα υψηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Λόγος ύψους προς μήκος:  $\frac{h_w}{l_w} < 2$
- Δεν απαιτείται η τροποποίηση του καθ' ύψος διαγράμματος των ροπών κάμψεως.
- Δεν απαιτείται επαύξηση των τεμνουσών δυνάμεων λόγω δυναμικών επιδράσεων.
- Ο σχεδιασμός έναντι τέμνουσας γίνεται έναντι της ακόλουθης τιμής της τέμνουσας:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \left( \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right) V_{Ed}' \leq q V_{Ed}'$$

Όπου  $V_{Ed}'$  η τέμνουσα από την ανάλυση του φορέα και  $\gamma_{Rd}=1,2$

Για κοντά τοιχώματα πρέπει να ικανοποιούνται τα ακόλουθα, έναντι διατμητικής ολίσθησης:

- Στη βάση του τοιχώματος η  $V_{id}$  πρέπει να είναι μεγαλύτερη του  $V_{Ed}/2$
- Σε υψηλότερα επίπεδα η  $V_{id}$  πρέπει να είναι μεγαλύτερη του  $V_{Ed}/4$

Οι λοξές ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται πλήρως και στις δυο πλευρές των πιθανών διεπιφανειών ολίσθησης και πρέπει να διασχίζουν όλες τις διατομές τοιχωμάτων μέσα σε απόσταση  $0,5l_w$  ή  $0,5h_w$ , όποια είναι μικρότερη, επάνω από την κρίσιμη διατομή βάσεως.

Οι λοξές ράβδοι οδηγούν σε αύξηση της καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος, που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  υπολογίζεται σύμφωνα με τον κανόνα του ικανοτικού σχεδιασμού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυο εναλλακτικές μέθοδοι:

α) Η αύξηση της καμπτικής αντοχής  $\Delta M_{Rd}$ , για τον υπολογισμό της  $V_{Ed}$ , μπορεί να υπολογισθεί ως εξής :

$$\Delta M_{Rd} = \frac{1}{2} \cdot \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \sin \phi \cdot l_i$$

Όπου:

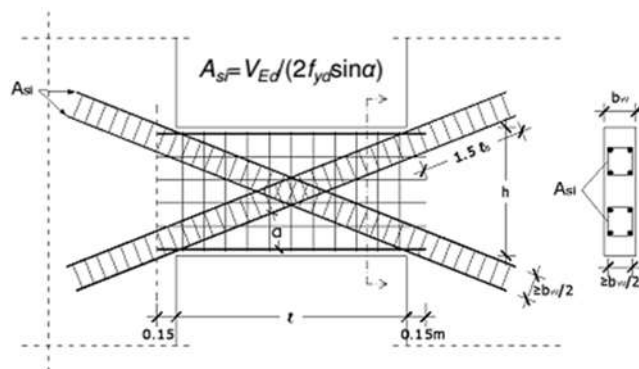
$l_i$  είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων δύο ομάδων κεκλιμένων ράβδων τοποθετημένων υπό γωνία  $\pm \phi$  προς το επίπεδο πιθανής ολίσθησης και που μετράται στη διατομή βάσεως.

β) Η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  μπορεί να υπολογιστεί αγνοώντας την επίδραση των λοξών ράβδων. Στην έκφραση  $V_{id} = \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \cos \phi$ , πρέπει τότε να χρησιμοποιηθεί για την  $V_{id}$  η καθαρή συμβολή των κεκλιμένων ράβδων ( δηλαδή η πραγματική συμβολή μειωμένη κατά την αύξηση της δρώσας τέμνουσας ). Αυτή η καθαρή συμβολή των λοξών ράβδων στην αντοχή σε ολίσθηση μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$V_{id} = \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \left[ \cos \phi - 0,5 \cdot l_i \cdot \frac{\sin \phi}{\alpha_s \cdot l_w} \right]$$

## 1.11.8 Δοκοί σύζευξης τοιχωμάτων

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004



Σχήμα 1.22: Δοκός σύζευξης με δισδιαγώνιο οπλισμό

- Η σύζευξη τοιχωμάτων μέσω πλακών δεν θα λαμβάνεται υπόψη επειδή δεν είναι αποτελεσματική.
- Εφαρμόζονται οι διατάξεις των δοκών ΚΠΥ εφόσον ισχύει ένα από τα δύο:
  - α) Η πιθανότητα ρηγματώσης και στις δυο διαγώνιες διευθύνσεις είναι μικρή.
$$V_{Ed} \leq f_{ctd} b_w d$$
  - β) Εξασφαλίζεται ότι επικρατεί καμπτική μορφή αστοχίας. Αποδεκτός κανόνας εφαρμογής είναι η σχέση:
$$l \geq 3h$$
- Εάν δεν ικανοποιείται καμιά από τις παραπάνω σχέσεις, δηλαδή ισχύει  $l < 3h$  και  $V_{Ed} > f_{ctd} b_w d$ , η αντοχή στις σεισμικές δράσεις πρέπει να παρέχεται από οπλισμό διατεταγμένο κατά μήκος και των δύο διαγωνίων της δοκού, σύμφωνα με τα ακόλουθα:
  - α) Πρέπει να εξασφαλίζεται η ικανοποίηση της ακόλουθης έκφρασης:
$$V_{Ed} \leq 2 \cdot A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha$$
Όπου  
 $V_{Ed}$  είναι η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού στο στοιχείο σύζευξης ( $V_{Ed} = 2 \cdot M_{Ed} / l$ )  
 $A_{si}$  είναι η συνολική διατομή των ράβδων οπλισμού σε κάθε διαγώνια διεύθυνση  
 $\alpha$  είναι η γωνία μεταξύ των διαγώνιων ράβδων και του άξονα της δοκού
  - β) Ο διαγώνιος οπλισμός πρέπει να διατάσσεται σε στοιχεία μορφής κλωβού υποστυλώματος με πλευρά τουλάχιστον ίση προς  $0,5b_w$ . Το μήκος αγκύρωσής του πρέπει να είναι κατά 50% μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται από το EN1992-1-1:2004, δηλαδή πρέπει να είναι  $1,50l_{bd}$ .
- Διατάσσονται συνδετήρες όπως στην κρίσιμη περιοχή στύλων ΚΠΥ για να αποτραπεί ο λυγισμός των διαμήκων ράβδων
- Πρέπει να διατάσσεται διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός και στις δύο κατακόρυφες παρειές της δοκού, ο οποίος να ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις του EN1992-1-1:2004 για υφίκορμες δοκούς. Ο διαμήκης οπλισμός δεν πρέπει να αγκυρώνεται στα συζευγμένα τοιχώματα και πρέπει να εισέρχεται μόνον κατά 150mm μέσα σε αυτά.

## 1.12 Τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

Κατά την έννοια του EN1998-1:2004, μεγάλα τοιχώματα μπορεί να σχεδιασθούν ως ελαφρά οπλισμένα (μήκος διατομής  $l_w \geq 4m$ ) βάσει των εξής χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς τους υπό τη σεισμική δράση σχεδιασμού:

- Η ρηγμάτωση και η ανελαστική συμπεριφορά αναμένεται να περιορίζονται σε έκταση και θέση στις διατομές βάσης ορόφων (και όχι μόνο στη βάση του τοιχώματος).
- Η σεισμική ενέργεια μετατρέπεται σε μεγάλο βαθμό σε δυναμική (με ανύψωση μαζών στους ορόφους) και επιστρέφει μερικώς στο έδαφος με ακτινοβολία (κατά τη λίκνιση του τοιχώματος ως στερεό σώμα).
- Οι διαστάσεις τους, η περιορισμένη πάκτωση στη βάση τους, η τυχόν σύνδεση με εγκάρσια τοιχώματα, κ.ά., δεν επιτρέπουν στη διαστασιολόγηση να εξασφαλίσει την ανάπτυξη πλαστικής άρθρωσης στη βάση.

Κατά την έννοια του EN1998-1:2004, ένα τοίχωμα μπορεί να θεωρηθεί ως «μεγάλο», αν έχει οριζόντια διάσταση  $l_w \geq 4m$ , ή  $\geq$  των δύο-τρίτων του ύψους του τοιχώματος. Περαιτέρω, ο φορέας μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων, αν στην οριζόντια διεύθυνση των τοιχωμάτων :

- Τουλάχιστον το 65% της τέμνουσας βάσης αναλαμβάνεται από τοιχώματα (Τοιχωματικό σύστημα).
- Τουλάχιστον δύο «μεγάλα» τοιχώματα αναλαμβάνουν τουλάχιστον 20% του κατακόρυφου φορτίου του κτιρίου (για επαρκή τοιχώματα ανά επιφάνεια κάτοψης και σημαντική ανύψωση της μάζας με τη λίκνιση).
- Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου για θεώρηση πάκτωσης στη βάση είναι  $T_1 < 0,5s$  ( $\rightarrow$  χαμηλός λόγος ύψους προς οριζόντια διάσταση, επιστροφή ενέργειας στο έδαφος με ακτινοβολία κατά τη λίκνιση).
- Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει ικανοποιητική στρεπτική δυσκαμψία, ώστε να ικανοποιούνται οι σχέσεις:  $r_x \geq l_s$  και  $r_y \geq l_s$ . Αλλιώς το σύστημα χαρακτηρίζεται ως στρεπτικά εύκαμπτο.

### Ειδική περίπτωση

Είναι δυνατόν να υπάρχει μόνο ένα μεγάλο, ελαφρώς οπλισμένο τοίχωμα σε μια διεύθυνση (αντί για δύο) εφόσον:

- Στην άλλη κατεύθυνση (κάθετα ως προς αυτή που εξετάζεται) υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις παραπάνω προϋποθέσεις.
- Η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς,  $q_0$ , στην κατεύθυνση που τοποθετείται ένα μόνο τοίχωμα διαιρείται με συντελεστή 1,5 (μείωση στα 2/3).

Αν πληρούνται και οι τρεις παραπάνω προϋποθέσεις, ο φορέας μπορεί να σχεδιασθεί στην υπόψη οριζόντια διεύθυνση ως σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων με  $q=3$  (Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση-ΚΠΜ). Ειδικώς αν υπάρχει μόνο ένα τοίχωμα στην υπόψη οριζόντια διεύθυνση, ο φορέας μπορεί να σχεδιασθεί ως στην υπόψη οριζόντια διεύθυνση ως σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων αλλά με  $q=2$  αντί  $q=3$ .

Για τα συστήματα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων, ο EN1998-1:2004 επιτρέπει πολύ οικονομική διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση με το εξής σκεπτικό:



- Αν το τοίχωμα είναι μεγάλο, ο ελάχιστος οπλισμός των πλάστιμων τοιχωμάτων
  - Έχει πολύ υψηλό κόστος και
  - δίνει καμπτική υπεραντοχή που δύσκολα μεταφέρεται στο έδαφος.
- Τα μεγάλα τοιχώματα, ανεξαρτήτως ποσότητας οπλισμού:
  - αποκλείουν κατάρρευση λόγω μαλακού ορόφου,
  - μειώνουν τις βλάβες στα μη - φέροντα στοιχεία,
  - έχουν δίξει πολύ καλή έως εξαιρετική συμπεριφορά σε ισχυρούς σεισμούς.

Αν ο φορέας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων τότε όλα τα τοιχώματα (και αυτά με  $l_w \geq 4m$ ) διαστασιολογούνται ως πλάστιμα.

Η διαστασιολόγηση και η κατασκευαστική διαμόρφωση των κατά EN1998-1:2004 ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων περιλαμβάνει τα εξής:

- a) Κατακόρυφοι οπλισμοί προσαρμόζονται ακριβώς στην ένταση M και N από την ανάλυση. Έτσι αποφεύγεται οπλισμός πέραν αυτού που προκύπτει από τις απαιτήσεις της ανάλυσης (π.χ. ο ελάχιστος), και ελαχιστοποιείται η υπερβάλλουσα καμπτική αντοχή.
- b) Η διαστασιολόγηση σε διάτμηση γίνεται με τέμνουσα σχεδιασμού ίση με την τέμνουσα από την ανάλυση πολλαπλασιασμένη επί  $(1+q)/2$ .
- c) Αν η τέμνουσα σχεδιασμού είναι μικρότερη της διατμητικής αντοχής στοιχείων χωρίς οπλισμό διάτμησης, δεν τοποθετείται ούτε καν ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης.

Το σκεπτικό του ανωτέρω (c) είναι το εξής:

- Με την βοήθεια των ανωτέρω (a) και (b), η ρηγμάτωση και η διαρροή αναμένεται να περιορισθούν στους αρμούς διακοπής στις διατομές βάσης των ορόφων.
- Αν παρ' ελπίδα σχηματισθούν λοξές ρωγμές, το εύρος τους θα περιορισθεί από το γεγονός ότι η απόκριση ελέγχεται από τις παραμορφώσεις (και όχι από τις δυνάμεις, όπως στις στατικές δράσεις τις οποίες αφορά ο EN1992-1-1:2004) και θα ξανακλείσουν, ακόμα και χωρίς τον ελάχιστο οπλισμό διάτμησης.
- Οι τυχόν λοξές ρωγμές θα τέμνουν τα πατώματα και θα ενεργοποιούν τον οπλισμό τους στην ανάλυση της τέμνουσας.

## 1.13 Ειδικοί κανόνες για δοκούς που φέρουν ασυνεχή κατακόρυφα στοιχεία (φυτευτά)

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

#### **Μέση κλάση πλαστιμότητας (ΚΠΜ)**

- Φέροντα τοιχώματα δεν θα εδράζονται σε δοκούς ή πλάκες.
- Για κύριες σεισμικές δοκούς που φέρουν υποστυλώματα τα οποία διακόπτονται κάτω από την δοκό, ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες:
  - Δεν θα υπάρχει καμία εκκεντρότητα του άξονα του υποστυλώματος σε σχέση με αυτόν της δοκού
  - Η δοκός θα έχει δύο τουλάχιστον άμεσες στηρίξεις, σε τοιχώματα ή υποστυλώματα.

#### **Υψηλή κλάση πλαστιμότητας (ΚΠΥ)**

- Φέροντα τοιχώματα δεν θα εδράζονται σε δοκούς ή πλάκες.
- Για κύριες σεισμικές δοκούς που φέρουν υποστυλώματα τα οποία διακόπτονται κάτω από την δοκό, ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες:
  - Δεν θα υπάρχει καμία εκκεντρότητα του άξονα του υποστυλώματος σε σχέση με αυτόν της δοκού
  - Η δοκός θα έχει δύο τουλάχιστον άμεσες στηρίξεις, σε τοιχώματα ή υποστυλώματα.

## 1.14 Μελέτη και διαμόρφωση λεπτομερειών δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN 1998-1:2004

1. Οι διατάξεις αυτής της παραγράφου έχουν εφαρμογή σε στοιχεία που υπόκεινται σε σημαντικές παραμορφώσεις στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού (πχ. πλάκες με νευρώσεις δεν υπόκεινται στις απαιτήσεις αυτής της παραγράφου). Τέτοια στοιχεία θα ελέγχονται και θα διαμορφώνονται ώστε να διατηρούν την ικανότητά τους να φέρουν τα φορτία βαρύτητας της σεισμικής κατάστασης σχεδιασμού όταν υποβάλλονται στις μέγιστες παραμορφώσεις υπό την σεισμική δράση σχεδιασμού.
2. Οι μέγιστες παραμορφώσεις λόγω της σεισμικής κατάστασης σχεδιασμού θα υπολογίζονται σύμφωνα με τον EN 1998-1:2004 και θα λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα P- $\Delta$  σύμφωνα με τη συνθήκη αντοχής για την οριακή κατάσταση αστοχίας. Θα υπολογίζονται από ανάλυση του φορέα στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, στην οποία αγνοείται η συμβολή των δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων στην οριζόντια δυσκαμψία και τα κύρια σεισμικά στοιχεία προσομοιώνονται με την ρηγματωμένη καμπτική και διατμητική δυσκαμψία τους.
3. Τα δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία θα θεωρείται ότι ικανοποιούν τις απαιτήσεις της (1) της παρούσας εάν οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις τους υπολογίζονται με βάση:  
α) τις παραμορφώσεις της (2) της παρούσας, και β) την ρηγματωμένη καμπτική και διατμητική δυσκαμψία τους, δεν υπερβαίνουν την καμπτική και διατμητική αντοχή σχεδιασμού τους  $M_{Rd}$  και  $V_{Rd}$ , αντίστοιχα, όπως αυτές υπολογίζονται με βάση το EN 1992-1-1:2004.

## 1.15 Στοιχεία θεμελίωσης

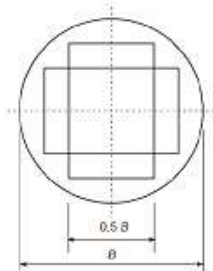
### 1.15.1 Πεδίο εφαρμογής

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

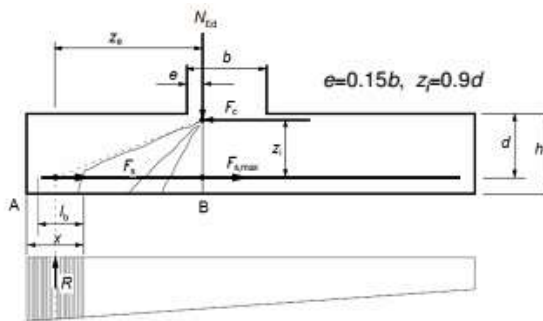
- Οι ακόλουθες παράγραφοι έχουν εφαρμογή στην μελέτη στοιχείων θεμελίωσης από σκυρόδεμα, όπως πέδιλα, συνδετήριες δοκοί, δοκοί θεμελίωσης, πλάκες θεμελίωσης, τοιχώματα θεμελίωσης, καθώς επίσης και σε συνδέσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων ή μεταξύ αυτών και κατακόρυφων στοιχείων από σκυρόδεμα.
- Εάν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού για την μελέτη στοιχείων θεμελίωσης σε πλάστιμους φορείς, υπολογίζονται με βάση θεωρήσεις ικανοτικού σχεδιασμού, δεν αναμένεται απόδοση ενέργειας από τα στοιχεία αυτά κατά τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.
- Εάν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού για τα στοιχεία θεμελίωσης πλάστιμων φορέων προέρχονται από την ανάλυση για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού χωρίς τις θεωρήσεις ικανοτικού σχεδιασμού η μελέτη των στοιχείων αυτών θα ακολουθεί τους αντίστοιχους κανόνες για τα στοιχεία του ανωδομής για την επιλεγμένη κατηγορία πλαστιμότητας. Για συνδετήριες δοκούς και δοκούς θεμελίωσης οι διαμητικές δυνάμεις σχεδιασμού πρέπει να υπολογίζονται βάσει των εκτιμήσεων ικανοτικού σχεδιασμού.
- Εάν τα εντατικά μεγέθη και μετακινήσεις σχεδιασμού για στοιχεία θεμελίωσης έχουν υπολογισθεί χρησιμοποιώντας τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  μικρότερη ή ίση προς το ανώτερο όριο του  $q$  για φορείς χωρίς απαιτήσεις για απόδοση ενέργειας (1,5 στα κτίρια σκυροδέματος).
- Σε υπόγεια μορφής κιβωτίου πλάστιμων φορέων που αποτελούνται από: α) πλάκα σκυροδέματος που δρα σαν άκαμπτο διάφραγμα στη στάθμη οροφής του υπογείου, β) πλάκα θεμελίωσης ή εσχάρα συνδετήριων δοκών ή δοκών θεμελίωσης στη στάθμη θεμελίωσης, και γ) περιφερειακά ή/και εσωτερικά τοιχώματα θεμελίωσης σχεδιασμένα σύμφωνα με την (2) της παρούσας, τα υποστυλώματα και οι δοκοί (περιλαμβανομένων και αυτών της οροφής του υπογείου) αναμένεται να περαμείνουν ελαστικά υπό την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Τα τοιχώματα πρέπει να ελέγχονται για ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στη στάθμη οροφής υπογείου. Για τον λόγο αυτόν σε τοιχώματα στα οποία η διατομή παραμένει η ίδια και πάνω από την οροφή υπογείου, η κρίσιμη περιοχή θα λαμβάνεται ως εκτεινόμενη κάτω από το επίπεδο πλάκας ορόφου υπογείου έως ένα βάθος  $h_{cr}$ . Επιπλέον, ολόκληρο ελεύθερο ύψος τέτοιων τοιχωμάτων εντός του υπογείου πρέπει να διαστασιολογείται σε διάτμηση, υποθέτοντας ότι το τοίχωμα αναπτύσσει την καμπτική υπεραντοχή του (με  $\gamma_{Rd}=1,1$  για ΚΠΜ και  $\gamma_{Rd}=1,3$  για ΚΠΥ) στη στάθμη οροφής υπογείου και μηδενική ροπή στο επίπεδο θεμελίωσης.

## 1.15.2 Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων

- Ελάχιστη διάμετρος κύριων οπλισμών:  $\varnothing 8$
- Σε κυκλικά πέδιλα ο κύριος οπλισμός κάτω πέλματος διατάσσεται σε σχάρα και μπορεί να συγκεντρωθεί σε κεντρικές ζώνες πλάτους  $(50 \pm 10)\%$  της διαμέτρου.
- Εφελκυστική δύναμη  $F_s$  για τον υπολογισμό του κύριου οπλισμού στη θέση  $\chi$  λαμβανομένων υπόψη των λοξών ρηφμάτων:  $F_s = R z_e / z_i$
- Εάν το διαθέσιμο μήκος ευθύγραμμης αγκύρωσης  $l_b$  δεν επαρκεί, οι ράβδοι μπορούν να καμφθούν ή να ληφθούν άλλα κατάλληλα μέτρα.



Σχήμα 1.23: Κυκλικό πέδιλο



Σχήμα 1.24: Υπολογισμός και αγκύρωση κύριου οπλισμού

## 1.15.3 Συνδετήριες δοκοί

- Ελάχιστη διάμετρος διαμήκων ράβδων:  $\varnothing 8$
- Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται και για ελάχιστο κατανεμημένο κινητό φορτίο  $q_1 = 10 \text{ kN/m}$  λόγω πιθανής επιφόρτισης από μηχανήματα συμπίκνωσης των επιχώσεων.

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

- Δεν επιτρέπεται η διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων μεταξύ της άνω επιφάνειας πεδίου και του πυθμένα συνδετήριων δοκών. Για τον σκοπό αυτόν ο πυθμένας των συνδετήριων δοκών θα βρίσκεται κάτω από την άνω επιφάνεια του πεδίου.
- Οι αξονικές δυνάμεις σε συνδετήριες δοκούς που υπολογίζονται σύμφωνα με τις ιατάξεις του EN 1998-5, πρέπει να λαμβάνονται στον έλεγχο ότι δρουν μαζί με τα εντατικά μεγέθη για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και αποτελέσματα δευτέρας τάξεως.
- Διαστάσεις διατομής

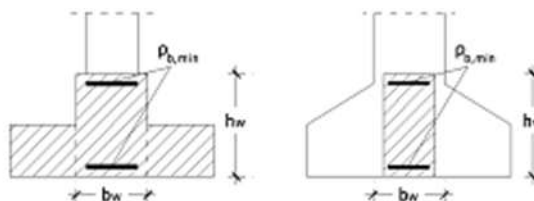
$$n \leq 3: b_w \geq 0,25 \text{ m}, h_w \geq 0,40 \text{ m}$$

$$n \geq 4: b_w \geq 0,25 \text{ m}, h_w \geq 0,50 \text{ m}$$

όπου  $n$ : πλήθος υπέργειων ορόφων

- Διαμήκης οπλισμός άνω και κάτω παρειάς

$$\rho_{b, \min} = 4\%$$



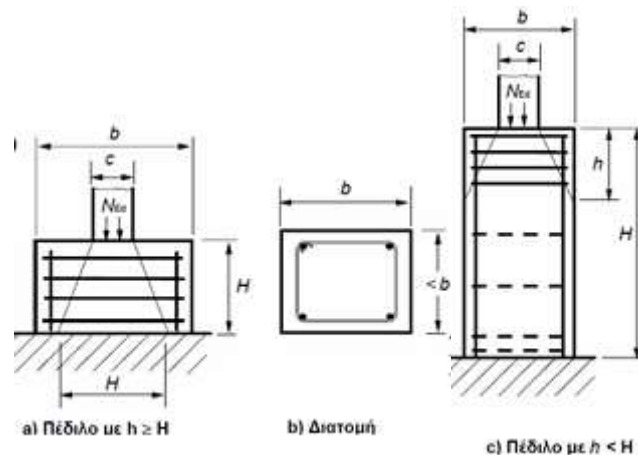
## Διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-5:2004

- Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
  - Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αναλαμβάνουν αξονική δύναμη, τόσο σε εφελκυσμό όσο και σε θλίψη, ίση με:
    - $\pm 0,3\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου B
    - $\pm 0,4\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου C
    - $\pm 0,6\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου Dόπου  $N_{Ed}$  είναι η μέση τιμή των αξονικών δυνάμεων σχεδιασμού των συνδεόμενων κατακόρυφων στοιχείων στην σεισμική μελέτη.
  - Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα του πέλδου ή στις άλλες συνδετήριες δοκούς που το πλαισιώνουν.

### 1.15.4 Πέδιλα υποστυλωμάτων επί οιονεί-βράχου

- Απαιτούνται επαρκείς συνδετήρες για την παραλαβή της δύναμης διάρρηξης για μέση πίεση στον αρμό εδάφους-πεδίου  $q_2 > 5\text{MPa}$ .
- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων :  $\Phi_w, \min = 8\text{mm}$ .
- Ισοκατανομή των συνδετήρων σε ύψος  $h = \min(b, H)$
- Δύναμη διάρρηξης  $F_s$  για τον υπολογισμό των συνδετήρων

$$F_s = \left(1 - \frac{c}{h}\right) N_{Ed}$$

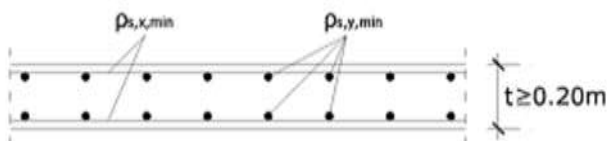


Σχήμα 1.25: Οπλισμός εγκάρσιας διάρρηξης πεδίου επί βράχου

## 1.15.5 Συνδετήριες πλάκες στοιχείων θεμελίωσης

### Διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

- Δεν επιτρέπεται η διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων μεταξύ της άνω επιφάνειας πεδίου και του πυθμένα πλακών θεμελίωσης. Για τον σκοπό αυτόν ο πυθμένας των πλακών θεμελίωσης θα βρίσκεται κάτω από την άνω επιφάνεια του πεδίου.
- Οι αξονικές δυνάμεις σε συνδετήριες ζώνες πλακών θεμελίωσης που υπολογίζονται σύμφωνα με τις διατάξεις του EN 1998-5, πρέπει να λαμβάνονται στον έλεγχο ότι δρουν μαζί με τα εντατικά μεγέθη που υπολογίζονται για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και αποτελέσματα δευτέρας τάξεως.
- Ελάχιστο πάχος:  $t_{\min}=0,20\text{m}$
- Οπλισμός:  $\rho_{s,\min}=2\%$  ανά κατεύθυνση



### Διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-5:2004

- Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
  - Οι συνδετήριες ζώνες πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μπορούν να αναλάβουν αξονικές δυνάμεις ίσες με:
    - $\pm 0,3\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου B
    - $\pm 0,4\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου C
    - $\pm 0,6\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου Dόπου  $N_{Ed}$  είναι η μέση τιμή των αξονικών δυνάμεων σχεδιασμού των συνδεόμενων κατακόρυφων στοιχείων στην σεισμική μελέτη.
  - Ο διαμήκης οπλισμός των συνδετήριων ζωνών θα αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα των πεδίων ή στην συνεχόμενη πλάκα.

## 1.15.6 Κόμβοι κατακόρυφων στοιχείων με στοιχεία θεμελίωσης

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με των EN1998-1:2004

- Στην κοινή περιοχή (κόμβο) μιας δοκού θεμελίωσης ή ενός τοιχώματος θεμελίωσης με ένα κατακόρυφο στοιχείο θα εφαρμόζονται οι κανόνες για περιοχές κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ ελέγχεται με εντατικά μεγέθη που βασίζονται σε θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού, η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται με βάση αποτελέσματα της ανάλυσης.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ δεν ελέγχεται με θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού, η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται σύμφωνα με τις διατάξεις για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- Σε φορείς ΚΠΜ η σύνδεση των δοκών θεμελίωσης ή τοιχωμάτων θεμελίωσης με κατακόρυφα στοιχεία θα ακολουθεί τους κανόνες για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- Καμπυλώσεις ή άγκιστρα αγκύρωσης των διαμήκων ράβδων κατακόρυφων στοιχείων σε στοιχεία θεμελίωσης πρέπει να ασκούν θλίψη στο σώμα του κόμβου σύνδεσης.





## 1.16 Διατάξεις για διαφράγματα από σκυρόδεμα

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004

- Συμπαγής πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να θεωρηθεί ότι δρα ως διάφραγμα εάν έχει πάχος πάνω από 70mm και οπλισμό σε κάθε μια από τις οριζόντιες διευθύνσεις, τουλάχιστον ίσο με τον ελάχιστο οπλισμό που καθορίζεται στο EN1992-1-1:2004.
- Επί τόπου διαστρωνόμενη επικάλυψη από σκυρόδεμα πάνω σε προκατασκευασμένο σύστημα δαπέδων ή ορόφων μπορεί να θεωρηθεί ως διάφραγμα εάν: α) συμμορφώνεται με την παραπάνω απαίτηση, β) έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει εξολοκλήρου η ίδια την απαιτούμενη δυσκαμψία και αντοχή διαφράγματος, και γ) σκυροδετείται πάνω σε καθαρό, τραχύ υπόστρωμα, ή συνδέεται με το τελευταίο μέσω συνδετήρων.
- Η αντισεισμική μελέτη θα περιλαμβάνει έλεγχο ΟΚΑ των διαφραγμάτων οπλισμένου σκυροδέματος σε φορείς ΚΠΥ που έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
  - Μη-κανονική γεωμετρία ή διασπασμένα σχήματα σε κάτοψη, καθώς και διαφράγματα με εσοχές ή εισέχουσες γωνίες στην περίμετρο
  - Μη-κανονικές μεγάλες οπές στο διάφραγμα
  - Μη-κανονική κατανομή μαζών και/ή δυσκαμψιών (όπως π.χ. σε περιπτώσεις ορόφων σε εσοχή ή με σχετική μετάθεση)
  - Υπόγεια με τοιχώματα μόνον σε μέρος της περιμέτρου ή μόνον σε μέρος της επιφάνειας ισογείου.
- Τα εντατικά μεγέθη σε διαφράγματα από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορούν να υπολογισθούν με προσομοίωση του διαφράγματος ως υψίκορμης δοκού ή επιπέδου δικτυώματος ή ως συστήματα θλιπτήρων-ελκυστήρων, τα οποία στηρίζονται σε ελαστικές στηρίξεις.
- Οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών πρέπει να υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη την αντοχή των οριζόντιων διαφραγμάτων.
- Οι αντοχές σχεδιασμού θα υπολογίζονται σύμφωνα με το EN1992-1-1:2004.
- Σε περιπτώσεις συστημάτων πυρήνα ή τοιχωμάτων ΚΠΥ, πρέπει να ελέγχεται η μεταφορά των οριζόντιων δυνάμεων από τα διαφράγματα στους πυρήνες ή στα τοιχώματα. Σχετικά ισχύουν οι ακόλουθες διατάξεις:
  - Η διατμητική τάση σχεδιασμού στη διεπιφάνεια μεταξύ διαφράγματος και πυρήνα ή τοιχώματος θα περιορίζεται σε  $1,5f_{ctd}$ , για περιορισμό της ρηγμάτωσης.
  - Πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αντοχή κατά της αστοχίας διατμητικής ολίσθησης, υποθέτοντας κλίση θλιπτήρα  $45^\circ$ . Πρέπει να προβλέπονται πρόσθετες ράβδοι που να συνεισφέρουν στην διατμητική αντοχή της διεπιφάνειας μεταξύ διαφραγμάτων και πυρήνων ή τοιχωμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Κανόνες λεπτομερειών όπλισης

#### 2.1 Γενικά

- Οι διαταξεις του Ευρωκωδικα 2 καλυπτουν τις απαιτησεις του ευρωκωδικα 8 για κατασκευες χαμηλης κατηγοριας πλαστιμοτητας (ΚΠΧ).
- Οι κανονες που δινονται σε συτην την ενοτητα ισχυουν για ραβδους νευροχαλυβα, πλεγματα και τενοντες προεντασης που υποκεινται κυριως σε στατικη φορτιση και για χρηση τους σε συνηθη κτιρια και γεφυρες.
- Οι κανονες αυτοι δε καλυπτουν:
  - Δομικα στοιχεια μεσης και υψηλης κατηγοριας πλαστιμοτητας (ΚΠΜ, ΚΠΥ) υπο δυναμικη φορτιση.
  - Δομικα στοιχεια που περιλαμβανουν ραβδους, επικαλυμενες με ειδικες βαφες ή εποξειδικα υλικα, ή επιψευδαργυρωμενες.
- Οι ραβδοι μπορουν, υπο περιορισμους, να σχηματιζουν δεσμες.
- Περιλαμβανονται προσθετοι κανονες για ραβδους μεγαλης διαμετρου

#### 2.2 Περιβαλλοντικές συνθήκες

- Συνθήκες έκθεσης είναι οι χημικές και φυσικές συμθήκες στις οποίες η κατασκευή είναι εκτεθειμένη επιπροσθέτως των μηχανικών δράσεων.
  - Οι περιβαλλοντικές συμθήκες ταξινομούνται σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1 ο οποίος βασίζεται στο EN 206-1.
  - Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένες μορφές επιβλαβούς ή έμμεσης δράσης συμπεριλαμβανομένων των ακολούθων:

Χημική προσβολή προκύπτουσα από π.χ.:

    - Τη χρήση του κτιρίου ή της κατασκευής (αποθήκευση υγρών κλπ.)
    - Διαλύματα οξέων ή θειικών αλάτων
    - Χλωριούχα που περιέχονται στο σκυρόδεμα
    - Αλκαλικές αντιδράσεις αδρανών
  - Φυσική προσβολή προκύπτουσα απο π.χ.:
- Θερμοκρασιακή μεταβολή
  - Επιφανειακή τριβή
  - Διείσδυση νερού

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>1. Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής</b>		
X0	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
<b>2. Διάβρωση από ενανθράκωση</b>		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρος Σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιώσεων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος Εξωτερικό σκυρόδεμα προσβαλλόμενο από τη βροχή
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2
<b>3. Διάβρωση από χλωριόντα (Cl<sup>-</sup>)</b>		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερομεταφερόμενα χλωριούχα.
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες. Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.

Χαρακτηρισμός κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>4. Διάβρωση από θαλασσινό νερό</b>		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων
XS3	Ζώνες παλίρροιας, παφλασμού και πιτσιλίσματος.	Τμήματα λιμενικών έργων
<b>5. Προσβολή ψύξης/απόψυξης</b>		
XF1	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF2	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος κατασκευών οδοποιίας εκτεθειμένες σε ψύξη και παράγοντες απόψυξης που μεταφέρονται με τον αέρα.
XF3	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF4	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης ή θαλασσινό νερό	Καταστρώματα οδών ή γεφυρών εκτεθειμένα σε παράγοντες απόψυξης. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκάσμο με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.
<b>6. Χημική προσβολή</b>		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

## 2.3 Επικάλυψη οπλισμών

### 2.3.1 Γενικά

- Η επικάλυψη των οπλισμών είναι η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του οπλισμού εγγύτερα στην πλησιέστερη επιφάνεια του σκυροδέματος (συμπεριλαμβανομένων συνδέσμων, συνδετήρων και επιφανειακού οπλισμού, όπου απαιτείται) και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος.
- Η ονομαστική επικάλυψη πρέπει να καθορίζεται στα σχέδια. Ορίζεται ως η ελάχιστη επικάλυψη  $c_{min}$ , συν την σχεδιαστική ανοχή για την αντιμετώπιση αποκλίσεων,  $\Delta c_{dev}$ .

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

### 2.3.2 Ελάχιστη επικάλυψη

- Πρέπει να προβλέπεται ελάχιστη επικάλυψη  $c_{min}$ , προκειμένου να διασφαλιστεί:
  - Ασφαλής μεταφορά των δυνάμεων συνάφειας
  - Η προστασία του χάλυβα έναντι διάβρωσης (ανθεκτικότητα σε διάρκεια)
  - Επαρκής πυροπροστασία
- Πρέπει να χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη τιμή  $c_{min}$  που να εικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο για τις συνθήκες συνάφειας όσο και για τις περιβαλλοντικές.

$$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10mm \end{array} \right.$$

Όπου:

$c_{min,b}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτησης συνάφειας

$c_{min,dur}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτησης περιβαλλοντικών συνθηκών

$\Delta c_{dur,\gamma}$  πρόσθετη ασφάλεια στοιχείου

$\Delta c_{dur,st}$  απομείωση της ελάχιστης επικάλυψης σε περίπτωση χρήσης ανοξειδωτού χάλυβα

$\Delta c_{dur,add}$  απομείωση της ελάχιστης επικάλυψης σε περίπτωση πρόσθετης προστασίας

Προκειμένου να μεταφερθούν με ασφάλεια οι δυνάμεις συνάφειας και να διασφαλιστεί επαρκής συμπίκνωση του σκυροδέματος, η ελάχιστη επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερη της  $c_{min,b}$  η οποία δίνεται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυψης  $c_{min,b}$ , από άποψη συνάφειας

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

Πίνακας 2.3: Κατηγορία κατασκευής

κριτήριο	Κατηγορία έκθεσης						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Χρόνος ζωής σχεδιασμού 100 χρόνια	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2
Κατηγορία αντοχής	≥C30/37 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C30/37 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C35/45 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C45/55 Μείωση κατηγορίας κατά 1
Δομικό στοιχείο με γεωμετρία πλάκας (η θέση του οπλισμού δεν επηρεάζεται από τη διαδικασία κατασκευής)	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1
Διασφάλιση ειδικού ελέγχου ποιότητας παραγωγής σκυροδέματος	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1
<b>Παρατηρήσεις</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η κατηγορία αντοχής και ο λόγος νερού/τσιμέντου w/c θεωρούνται ότι είναι συσχετιζόμενες τιμές. Μπορεί να προβλέπεται μια ειδική σύνθεση (είδος σκυροδέματος, λόγος νερού/τσιμέντου w/c, λεπτόκοκκο υλικό) με σκοπό να προκύψει χαμηλή διαπερατότητα.</li> <li>• Το όριο μπορεί να μειώνεται κατά μία κατηγορία αντοχής εάν προβλέπονται αεροπηκτικά σε ποσοστό φυσαλίδων μεγαλύτερο του 4%</li> </ul>							

Πίνακας 2.4: Απαιτήσεις τιμών ελάχιστης επικάλυψης,  $c_{min,dur}$ , από άποψη ανθεκτικότητας σε διάρκεια για χάλυβα οπλισμού

Κατηγορία κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης						
	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

- Η επικάλυψη των οπλισμών πρέπει να αυξάνεται κατά μία πρόσθετη παράμετρο ασφαλείας  $\Delta c_{dur,y}$ . Η συνιστώμενη τιμή είναι 0mm.
- Όπου χρησιμοποιείται ανοξειδωτος χάλυβας, ή όπου έχουν ληφθεί άλλα ειδικά μέτρα, η ελάχιστη επικάλυψη μπορεί να μειωθεί κατά  $\Delta c_{dur,st}$ . Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις επί όλων των ιδιοτήτων του υλικού, συμπεριλαμβανομένης της συνάφειας. Η συνιστώμενη τιμή, χωρίς άλλη προδιαγραφή, είναι 0mm.
- Για σκυρόδεμα με πρόσθετη προστασία επίστρωσης η ελάχιστη επικάλυψη μπορεί να μειώνεται κατά  $\Delta c_{dur,add}$ . Η συνιστώμενη τιμή, χωρίς άλλη προδιαγραφή, είναι 0mm.
- Όπου το χυτό επί τόπου σκυρόδεμα εντυπίζεται επί άλλων στοιχείων σκυροδέματος (προκατασκευασμένων ή χυτών επί τόπου) η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος στη διεπιφάνεια δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από την τιμή που αντιστοιχεί στην απαίτηση συνάφειας υπό την προϋπόθεση ότι:
  - Η κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος είναι τουλάχιστον C25/30.
  - Ο χρόνος έκθεσης της επιφάνειας του αρχικού σκυροδέματος σε περιβάλλον υπαίθρου είναι μικρό (<28 ημερών).
  - Η επιφάνεια έχει εκτραχυνθεί.
- Για ανώμαλες επιφάνειες, (π.χ. εκτεθειμένα αδρανή) η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να αυξάνεται κατά τουλάχιστον 5mm.
- Όπου αναμένεται ψύξη/απόψυξη ή χημική προσβολή στο σκυρόδεμα (Κατηγορίες XF και XA) πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σύνθεση του σκυροδέματος. Η επικάλυψη πρέπει να είναι επάρκεις για τέτοιες περιπτώσεις.
- Αναφορικά με τη φθορά του σκυροδέματος από επιφανειακή τριβή πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα αδρανή. Προαιρετικά, η επιφανειακή φθορά από τριβή στο σκυρόδεμα μπορεί να επιτρέπεται δια της αύξησης της επικάλυψης του σκυροδέματος (στρώμα προς απώλεια). Στην περίπτωση αυτή, η ελάχιστη επικάλυψη  $c_{min}$  πρέπει να αυξάνεται κατά  $k_1$  για την Κατηγορία εκδοράς XM1, κατά  $k_2$  για τη XM2 και κατά  $k_3$  για τη XM3.

Η Κατηγορία επιφανειακής φθοράς XM1 υποδηλώνει τη μέτρια επιφανειακή φθορά όπως στην περίπτωση στοιχείων σε βιομηχανοστάσια όπου συναθροίζονται οχήματα με ελαστικά αέρος. Η Κατηγορία επιφανειακής φθοράς από τριβή XM2 υποδηλώνει έντονες επιφανειακές φθορές στην περίπτωση στοιχείων σε βιομηχανοστάσια όπου συναθροίζονται μηχανήματα ανύψωσης με ελαστικά αέρος ή καουτσούκ. Η Κατηγορία επιφανειακής φθοράς XM3 υποδηλώνει ακραίες καταστάσεις όπως στην περίπτωση στοιχείων σε βιομηχανοστάσια όπου συναθροίζονται κλαρκ με ελαστομερή ή χαλύβδινα επίσωτρα καθώς και φορτηγά.

Οι τιμές  $k_1$ ,  $k_2$  και  $k_3$  για χρήση σε κάθε χώρα μπορούν να ληφθούν από το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές είναι 5mm, 10mm και 15mm.

Πίνακας2.5: Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για ανθεκτικότητα σε διάρκεια

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



### 2.3.3 Ανοχές σχεδιασμού για παρεκκλίσεις

- Προκειμένου να υπολογιστεί η ονομαστική επικάλυψη,  $c_{nom}$ , πρέπει να γίνει μια προσαύξηση στην ελάχιστη επικάλυψη ώστε να ληφθούν υπόψη οι αποκλίσεις ( $\Delta c_{dev}$ ). Η απαιτούμενη ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να αυξάνεται κατά την απόλυτη τιμή της αποδεκτής αρνητικής παρέκλισης.
- Για τα κτίρια, το ENV 13670-1 δίνει την τιμή της ανεκτής παρέκλισης. Αυτό είναι επίσης αρκετό και για άλλα είδη κατασκευών. Η προσαύξηση αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν επιλέγεται η τιμή της ονομαστικής επικάλυψης του σκυροδέματος. Η ονομαστική τιμή της επικάλυψης του σκυροδέματος πρέπει να χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς και να δηλώνεται στα σχέδια, εκτός εάν προδιαγράφεται τιμή άλλη εκτός της ονομαστικής (π.χ. η ελάχιστη τιμή).  
Η τιμή της  $\Delta c_{dev}$  για χρήση σε κάθε χώρα παρατίθεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι 10mm.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, πρέπει να μειώνεται η ανεκτή παρέκλιση και η συνακόλουθη ανοχή,  $\Delta c_{dev}$ .  
Η μείωση της  $\Delta c_{dev}$  στις περιστάσεις αυτές για χρήση σε κάθε χώρα παρατίθεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές είναι:
  - Όπου η κατασκευή υπόκειται σε σύστημα διασφάλισης ποιότητας, στο οποίο ο έλεγχος περιλαμβάνει μετρήσεις της επικάλυψης του σκυροδέματος, είναι δυνατό να μειώνεται η ανοχή κατά το σχεδιασμό έναντι παρέκλισης  $\Delta c_{dev}$  :  
 $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$
  - Όπου μπορεί να διασφαλιστεί ότι χρησιμοποιείται ένα πολύ ακριβές όργανο μέτρησης και απορρίπτονται όσα στοιχεία δεν συμμορφώνονται (π.χ. προκατασκευασμένα στοιχεία), η ανοχή κατά τον σχεδιασμό έναντι παρέκλισης  $\Delta c_{dev}$  μπορεί να μειωθεί :  
 $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ mm}$
- Για σκυρόδεμα χυτό επί τραχειών επιφανειών, η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει γενικά να αυξάνεται επιτρέποντας μεγαλύτερες αποκλίσεις κατά τον σχεδιασμό. Η αύξηση πρέπει να συμμορφώνεται με τη διαφορά που προκαλείται από την ύπαρξη τραχιάς επιφάνειας, αλλά η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να είναι τουλάχιστον  $k_1$  mm για σκυρόδεμα χυτό επί διαμορφωμένου εδάφους (συμπεριλαμβανομένου του gross-beton) και  $k_2$  mm για σκυρόδεμα χυτό απευθείας επί του εδάφους. Η επικάλυψη του οπλισμού για κάθε ιδιαιτερότητα της ορατής επιφάνειας, όπως τελειώματα με νευρώσεις ή εκτεθειμένα αδρανή πρέπει να αυξάνεται ώστε να λαμβάνει υπόψη την ύπαρξη ανώμαλης επιφάνειας.  
Οι τιμές  $k_1$  και  $k_2$  για χρήση σε κάθε χώρα μπορούν να ληφθούν από το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές είναι 40 mm και 75 mm.

## 2.4 Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών

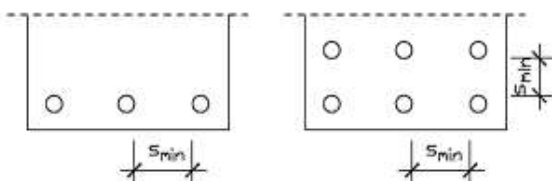
- Απαιτούνται κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων ώστε το σκυροδέμα να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά. Έτσι εξασφαλίζεται επαρκής συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμών.
- Η καθαρή απόσταση (οριζοντίως και καθέτως) μεταξύ μεμονωμένων παράλληλων ράβδων ή οριζόντιων στρώσεων ράβδων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:

$$S_{\min} = \max\{\Phi ; d_g + 5 ; 20\} \text{ (mm)}$$

Όπου :

$\Phi$  η διάμετρος της ράβδου

$d_g$  η μεγαλύτερη διάσταση των αδρανών



Σχήμα 2.1: Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών

- Οι ράβδοι των επάλληλων στρώσεων θα πρέπει να διατάσσονται κατακόρυφα, η μια πάνω από την άλλη.
- Ράβδοι που ματίζονται επιτρέπεται να εφάπτονται μεταξύ τους στο μήκος υπερκάλυψης

## 2.5 Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων

- Επιβάλλεται ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης,  $\Phi_{m,\min}$ , ώστε να αποφεύγονται :
  - Καμπτικές ρωγμές στη ράβδο
  - Αστοχία του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλωσης

### 2.5.1 Αποφυγή βλάβης των ράβδων

Πίνακας 2.6: Ράβδοι και σύρματα

Διάμετρος ράβδου	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου για καμπυλώσεις, άγκιστρα και βρόχους
$\Phi \leq 16\text{mm}$	4 $\Phi$
$\Phi > 16\text{mm}$	7 $\Phi$

Πίνακας 2.7: Συγκολλητοί οπλισμοί και συγκολλητά δομικά πλέγματα

Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου	
5 $\Phi$	$d \geq 3\emptyset \Rightarrow 5\emptyset$ $d < 3\emptyset$ ή συγκόλληση εντός καμπύλου μήκους $\Rightarrow 20\emptyset$

## 2.5.2 Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης

- Η διάμετρος καμπύλωσης  $\Phi_m$ , δεν χρειάζεται να ελέγχεται έναντι αστοχίας του σκυροδέματος, εάν συντρέχουν όλες οι παρακάτω προϋποθέσεις:
  - Η διάμετρος καμπύλωσης είναι τουλάχιστον ίση με τις τιμές του Πίνακα 2.1.
  - Η αγκύρωση της ράβδου δεν απαιτεί μήκος μεγαλύτερο από  $5\Phi$  μετά το πέρας της καμπύλωσης.
  - Το επίπεδο της καμπύλωσης δε βρίσκεται κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος και υπάρχει μία τουλάχιστον εγκάρσια ράβδος ( $\Phi_{trans} \geq \Phi$ ) μέσα στο καμπύλο μήκος.
- Αλλιώς η ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης  $\Phi_{m,min}$  πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

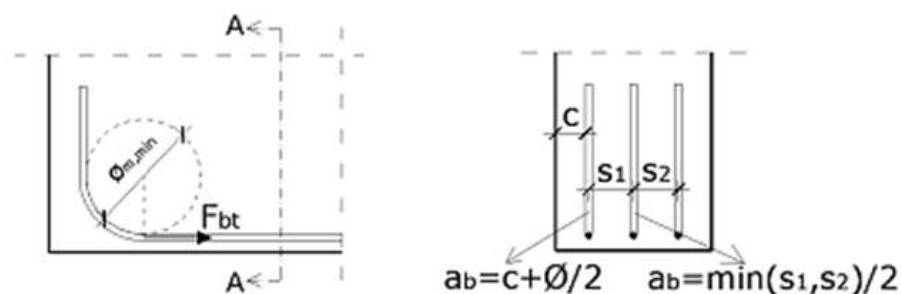
$$\Phi_{m,min} \geq \frac{F_{bt} [(1/a_b) + 1/(2\Phi)]}{f_{cd}}$$

Όπου:

$F_{bt}$  η εφελκυστική δύναμη της ράβδου υπό τα φορτία αστοχίας στην αρχή της καμπύλωσης

$a_b$  το μισό της απόστασης μεταξύ των κέντρων βάρους γειτονικών ράβδων, κάθετα προς το επίπεδο της καμπύλωσης. Για ράβδο κοντά στην επιφάνεια του μέλους με επικάλυψη  $c$ :  $a_b = c + \Phi/2$

$f_{cd}$  η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος ( $\leq C55/67$ )



### Επιτρεπόμενες ελάχιστες διαμέτροι καμπύλωσης

$a_b$	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	$\geq C55/67$
1 $\emptyset$	n=48	38	31	26	22	19	17	15	14
2 $\emptyset$	32	26	20	17	15	13	11	10	9
3 $\emptyset$	27	21	17	14	12	11	9	9	8
4 $\emptyset$	24	19	15	13	11	10	9	8	7
5 $\emptyset$	22	18	14	12	10	9	8	7	7
10 $\emptyset$	19	15	12	10	9	8	7	6	6

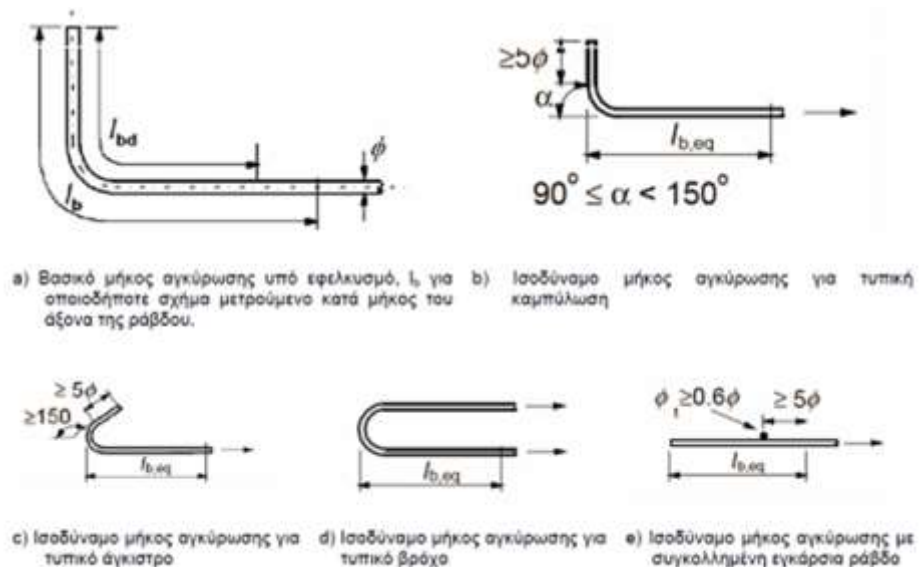
Θεωρήθηκε  $F_{bt} = A_s f_{yd}$  και  $f_{yd} = (500/1,15) \text{ MPa}$

Ράβδοι  $\emptyset > 16 \text{ mm}$ :  $\emptyset_{m,min} = 7\emptyset$

## 2.6 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων

### 2.6.1 Γενικά

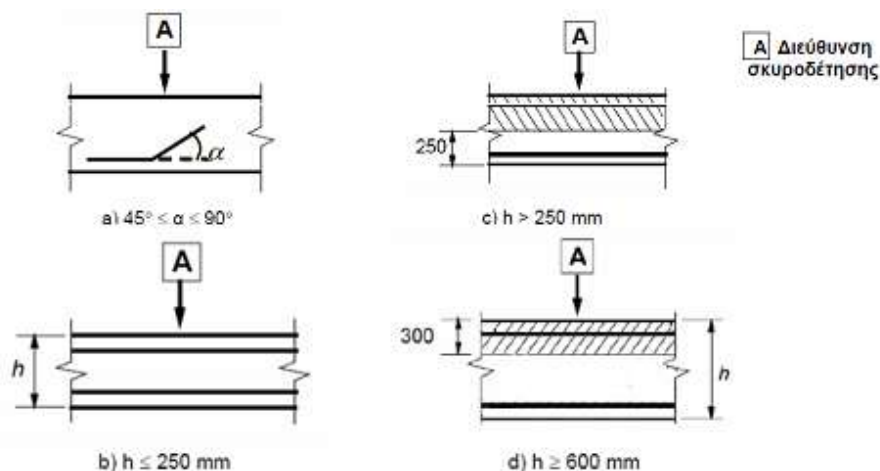
- Οπλισμοί, σύρματα ή πλέγματα πρέπει να αγκυρώνονται έτσι ώστε η δύναμη να μεταβιβάζεται ασφαλώς στο σκυροδέμα μέσω συνάφειας, χωρίς τη δημιουργία διαμήκων ρωγμών ή την εκτίναξη της επικάλυψης.
- Σε ράβδους οπλισμού που υπόκεινται σε θλίψη, καμπυλώσεις και άγκιστρα στα άκρα τους δε συνεισφέρουν στην αγκύρωσή τους.
- Οι συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης είναι:



Σχήμα 2.2: Οι συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης

### 2.6.2 Τάση συνάφειας οπλισμού – σκυροδέματος

- Η οριακή αντοχή συνάφειας πρέπει να είναι επαρκής ώστε να αποκλείεται αστοχία της συνάφειας.
- Η οριακή αντοχή συνάφειας εξαρτάται κυρίως από την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος ( $f_{ctk,0.05}$ ) και τη θέση της ράβδου στο δομικό στοιχείο.
- Ανάλογα με τη θέση, οι συνθήκες συνάφειας διακρίνονται σε “ευνοϊκές” ή “δυσμενείς”.



Συνθήκες συνάφειας ευνοϊκές (E) : Λευκές περιοχές

Συμθηκές συνάφειας δυσμενείς (Δ) : Διαγραμμισμένες περιοχές

Σχήμα 2.3: Συνθήκες συνάφειας

- Τιμή σχεδιασμού  $f_{bd}$  της οριακής τάσης συνάφειας για νευροχάλυβες

$$f_{bd} = 2,25n_1n_2f_{ctd}$$

Όπου:

$$f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c \text{ όπου } f_{ctk,0.05} \leq 3,1 \text{MPa (τιμή για σκυρόδεμα C60/75)}$$

- $n_1$  είναι ένας συντελεστής που έχει σχέση με την ποιότητα των συνθηκών συνάφειας και τη θέση της ράβδου κατά τη σκυροδέτηση

$$n_1 = \begin{cases} 1,0 & \text{για ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας} \\ 0,7 & \text{για δυσμενείς συνθήκες συνάφειας} \end{cases}$$

- $n_2$  σχετίζεται με τη διάμετρο των ράβδων

$$n_2 = \begin{cases} 1,0 & \text{για } \Phi \leq 32 \text{mm} \\ \frac{132 - \Phi}{100} & \text{για } \Phi > 32 \text{mm} \end{cases}$$

### 2.6.3 Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης

- Ο υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον τύπο του χάλυβα και τα χαρακτηριστικά συνάφειας των ράβδων .
- Το βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης,  $l_{b,rqd}$  για αγκύρωση ράβδου που καταπονείται με δύναμη  $A_s \cdot \sigma_{sd}$ , με την παραδοχή σταθερής τάσης συνάφειας ίσης με  $f_{bd}$  δίνεται από τη σχέση:

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\Phi}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) \text{ όπου } \sigma_{sd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_{s,pvd}} f_{yd}$$

- Όπου  $\sigma_{sd}$  είναι η τάση σχεδιασμού της ράβδου στη θέση από όπου αρχίζει να μετράται η αγκύρωση.
- Για καμπτόμενες ράβδους το βασικό μήκος αγκύρωσης,  $l_b$  και το μήκος σχεδιασμού  $l_{bd}$  πρέπει να μετράται κατά μήκος της αξονικής γραμμής της ράβδου. (βλ. Σχήμα 2.2(α))

## 2.6.4 Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού

- Το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$  προκύπτει από κατάλληλη μείωση του βασικού απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης  $l_{b,rqd}$  λόγω ευργητικών παραγόντων, όπως το σχήμα της ράβδου, το πάχος επικάλυψης, η ύπαρξη εγκάρσιου οπλισμού ή εγκάρσιας πίεσης.

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

όπου:

$\alpha_1$  συντελεστής επίδρασης του σχήματος των ράβδων

$\alpha_2$  συντελεστής επίδρασης της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

$\alpha_3$  συντελεστής επίδρασης της περίσφιγξης λόγω του εγκάρσιου οπλισμού

$\alpha_4$  συντελεστής επίδρασης λόγω εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων

$\alpha_5$  συντελεστής επιρροής πίεσης κάθετα στο επίπεδο διάρρηξης

Δεν επιτρέπεται  $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) < 0,7$

$$l_{b,min} > \max \begin{cases} 0,3l_{b,rqd} \\ 10\Phi \\ 100mm \end{cases} \quad \text{αγκύρωση εφελκόμενης ράβδου}$$

$$l_{b,min} > \max \begin{cases} 0,6l_{b,rqd} \\ 10\Phi \\ 100mm \end{cases} \quad \text{αγκύρωση θλιβόμενης ράβδου}$$

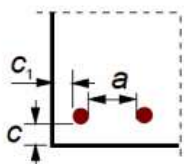
Πίνακας 2.8: Τιμές των συντελεστών  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$

Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
		Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1=1,0$	$\alpha_1=1,0$
	Μη ευθύγραμμη	$\alpha_1=0,7$ εάν $c_d > 3\phi$ Αλλιώς $\alpha_1=1,0$	$\alpha_1=1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	Ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \frac{c_d - \Phi}{\Phi}$	$\alpha_2=1,0$
	Μη ευθύγραμμη	$0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$	$\alpha_2=1,0$
Περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $0,7 \leq \alpha_3 \leq 1,0$	$\alpha_3=1,0$
Περίσφιξη με συγκολλημένο εγκάρσιο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_4=0,7$	$\alpha_4=0,7$
Περίσφιξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $0,7 \leq \alpha_5 \leq 1,0$	-

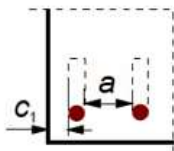
$$\lambda = \frac{\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}}{A_s}$$

- $\Sigma A_{st}$  είναι το εμβαδόν διατομής του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$ .
- $\Sigma A_{st,min}$  είναι το εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού ( $0,25A_s$  για δοκούς και μηδενικό για πλάκες)
- $A_s$  είναι το εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο
- $P$  εγκάρσια πίεση (MPa) στη κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του  $l_{bd}$

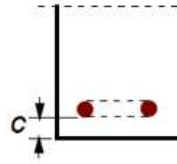
Τιμές του συντελεστή  $c_d$  για δοκούς και πλάκες



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

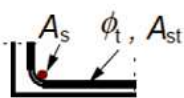


b) Καμπύμενες ράβδοι ή άγκιστρα  
 $c_d = \min(a/2, c_1)$

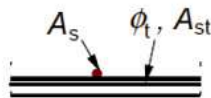


c) Βρόχοι  
 $c_d = c$

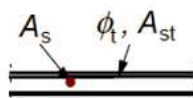
Τιμές του συντελεστή  $K$  για δοκούς και πλάκες



$K = 0,1$



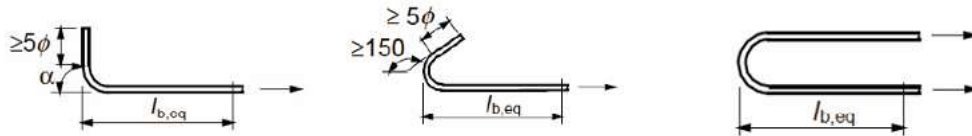
$K = 0,05$



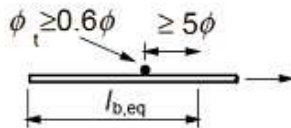
$K = 0$

## 2.6.5 Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης

- Απλουστευτικά, στις ακόλουθες περιπτώσεις επιτρέπεται να αγνοηθεί η επιρροή των παραγόντων  $\alpha_2$  και  $\alpha_3$  του πίνακα 2.7
  - Καμπύλο άκρο, άγκιστρο ή αναβολέας:  $l_{bd}=l_{b,eq}=\alpha_1 l_{b,rqd}$



- Εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος:  $l_{bd}=l_{b,eq}=\alpha_4 l_{b,rqd}$



Οι τιμές των  $\alpha_1$  και  $\alpha_4$  λαμβάνονται πάντα από πίνακα 2.7

## 2.7 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων σε δοκούς

### 2.7.1 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις

- Σε ακραίες στηρίξεις που έχουν θεωρηθεί ελεύθερα στρεπτές, τουλάχιστον το 25% του οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται έως τη στήριξη.
- Ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να αγκυρώνεται έναντι εφελκυστικής δύναμης ίσης με:

$$F_{Ed} = |V_{Ed}| \frac{\alpha_l}{z} + N_{Ed}$$

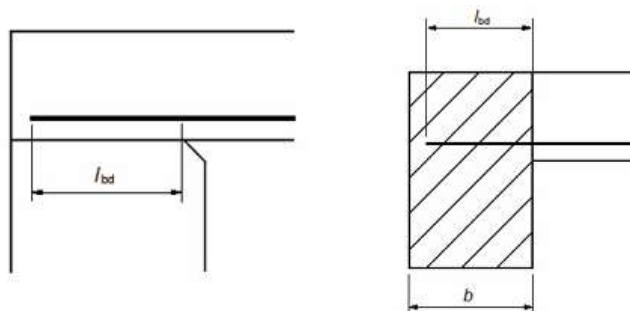
Όπου:

$V_{Ed}$  : η διατμητική δύναμη

$\alpha_l$ : ημετατόπιση της περιβάλλουσας των ροπών

$N_{Ed}$  : η αξονική δύναμη, εάν υπάρχει, που προστίθεται ή αφαιρείται από την εφελκυστική δύναμη

Το μήκος αγκύρωσης  $l_{bd}$  μετράται από το σημείο επαφής μεταξύ της δοκού και της στήριξης. Η εγκάρσια πίεση μπορεί να λαμβάνεται υπόψη για άμεσες στηρίξεις.



α) Άμεση στήριξη: η δοκός στηρίζεται σε τοίχωμα ή υποστύλωμα

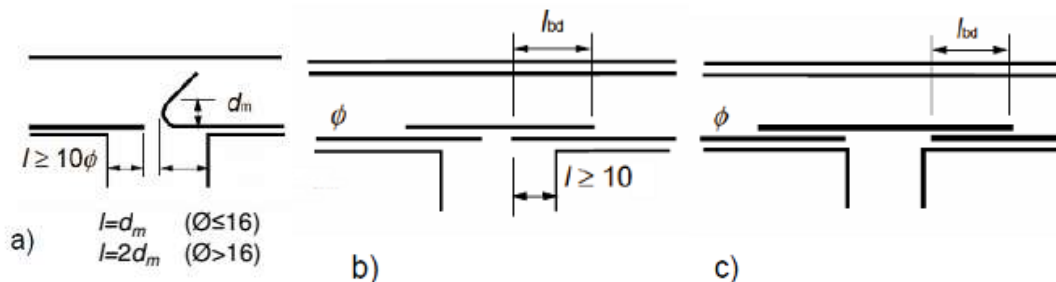
β) Έμμεση στήριξη: η δοκός διασταυρώνεται με εγκάρσια στηρίζουσα δοκό

Σχήμα 2.4: Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε ακραίες στηρίξεις



## 2.7.2 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδιάμεσες στηρίξεις

- Στις ενδιάμεσες στηρίξεις, τουλάχιστον το 25% του κάτω οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη.
- Το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης αυτού, μετρούμενο από την παρειά της στήριξης, είναι:
  - $10\phi$ , για ευθύγραμμες ράβδους
  - Ίσο με τη διάμετρο της καμπύλωσης, για ράβδους διαμέτρου  $\phi \geq 16\text{mm}$ , με άγκιστρα ή καμπυλώσεις στα άκρα τους
  - Ίσο με το διπλάσιο της διαμέτρου καμπύλωσης, για κάθε άλλη περίπτωση.



Σχήμα 2.5: Αγκυρώσεις σε ενδιάμεσες στηρίξεις

- Παρ' όλα αυτά, δεν είναι απαραίτητο οι ενδιάμεσες στηρίξεις να έχουν πλάτος μεγαλύτερο του  $20\phi$ , μιας και οι ράβδοι που εισέρχονται σε αυτή εκατέρωθεν, μπορούν να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης (βλέπε (b) ή (c)).
- Συνιστάται να εξασφαλίζεται συνέχεια του οπλισμού (σχ. b και c) για αντίσταση σε τυχηματικές δράσεις (π.χ. υποχώρηση της στήριξης, έκρηξη κλπ)

### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004 (§ 5.6.2.2)

- Σε δοκούς ΚΠΜ και ΚΠΥ, ευθύγραμμοι άνω ή κάτω οπλισμοί που διέρχονται από ενδιάμεσο κόμβο πρέπει να επεκτείνονται τουλάχιστον στο κρίσιμο μήκος  $l_{cr}$  του απέναντι ανοίγματος.
- Ράβδοι που αγκυρώνονται με καμπύλωση σε περιμετρικό κόμβο πρέπει να βρίσκονται εσωτερικά των συνδετήρων του σύλου.
- Σε δοκούς ΚΠΥ το μήκος αγκύρωσης αρχίζει από βάθος  $5\phi_L$  εντός του κόμβου.
- Προς αποφυγή αστοχίας της συνάφειας, η διάμετρος των ράβδων που διέρχονται από ή αγκυρώνονται στον κόμβο περιορίζεται ως εξής:

- Ενδιάμεσος κόμβος

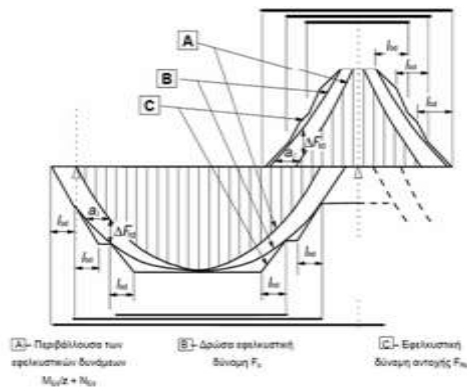
$$\frac{7,5f_{ctm}(1+0,8v_d)h_c}{\gamma_{Rd}f_{yd}(1+0,75k_D\rho'/\rho_{max})}$$

- Ακραίος κόμβος

$$\frac{7,5f_{ctm}(1+0,8v_d)h_c}{\gamma_{Rd}f_{yd}}$$

## 2.7.3 Μετάθεση του διαγράμματος των ροπών

- Απαιτείται μετάθεση κατά  $a_1$  του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων (ή κατά προσέγγιση μετάθεση κατά  $a_1$  του διαγράμματος ροπών)
  - Δοκοί χωρίς οπλισμό διάτμησης :  $a_1=d$
  - Δοκοί με οπλισμό διάτμησης :  $a_1=z(\cot\theta-\cot\alpha)/2$

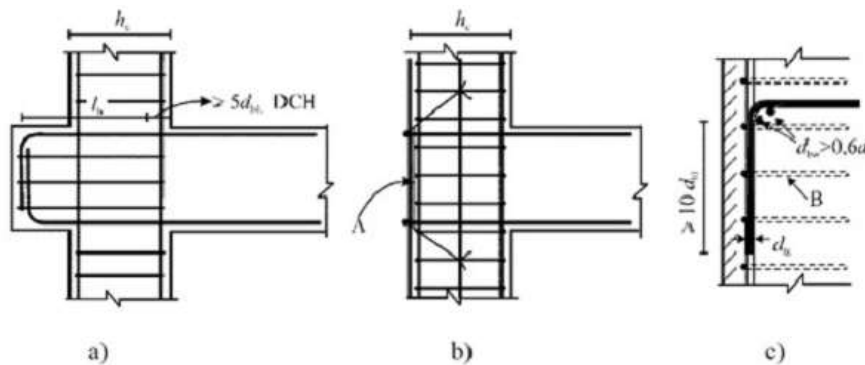


Σχήμα 2.6: Κλιμάκωση του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού δοκών

## 2.7.4 Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης για ακραίο κόμβο

Εφόσον σε ακραίο κόμβο εισέρχονται ράβδοι  $\varnothing_L > \varnothing_{Lmax}$  η επάρκεια της αγκύρωσης μπορεί να εξασφαλισθεί με τις εναλλακτικές διατάξεις του EN1998-1:2004 § 5.13

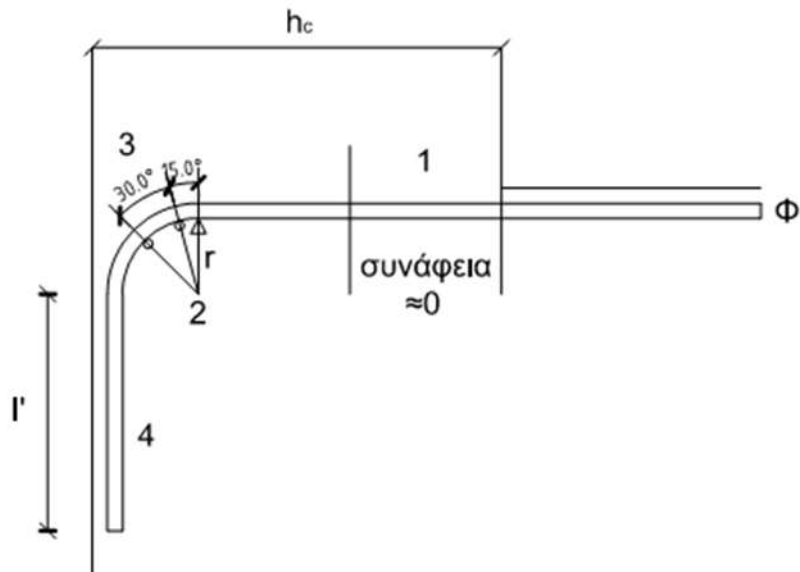
- Εξωτερικός κοντός πρόβολος κατάλληλου μήκους
- Αγκύρωση με συγκολλητή χαλύβδινη πλάκα
- Καμπύλωση με κατακόρυφο σκέλος  $\geq 10\varnothing_L$  και εγκάρσιο οπλισμό



### Σύμβολα

- A πλάκα αγκύρωσης  
 B συνδετήρες που περικλείουν τις ράβδους του υποστύλωματος

Σχήμα 2.7: Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης για ακραίο κόμβο



(1).  $\min(10\Phi; \frac{h_c}{2})$

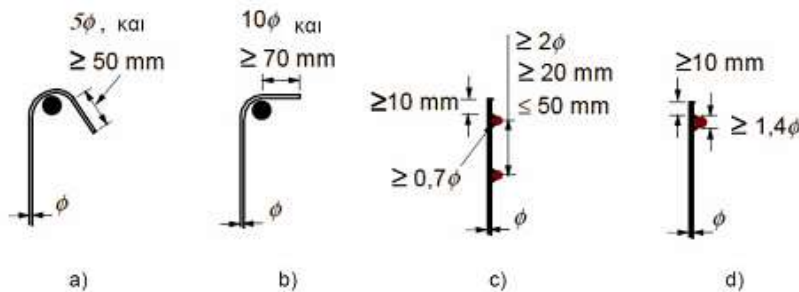
(2).  $r \geq 2,5\Phi$

(3). Δύο ράβδοι, σε επαφή, με διάμετρο  $\geq 3/4\Phi$  και σε θέσεις  $15^\circ$  και  $45^\circ$

(4).  $l' \geq 12\Phi$

## 2.8 Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

- Η αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμών διάτμησης πρέπει κανονικά να εξασφαλίζεται με διαμόρφωση καμπύλου άκρου, ή άγκιστρου, μέσω συγκολλημένων εγκάρσιων οπλισμών. Μέσα στο άγκιστρο ή το καμπύλο άκρο πρέπει να υπάρχει διαμήκης ράβδος.
- Η αγκύρωση πρέπει να διαμορφώνεται όπως το σχήμα. Οι συγκολλήσεις θα πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 17660 και να έχουν αντοχή συγκόλλησης σύμφωνα με την παράγραφο §2.9

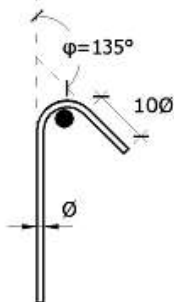


Στις περιπτώσεις c) και d) η επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερο από  $3\phi$  ή 50mm

Σχήμα 2.8: Αγκύρωση συνδετήρων

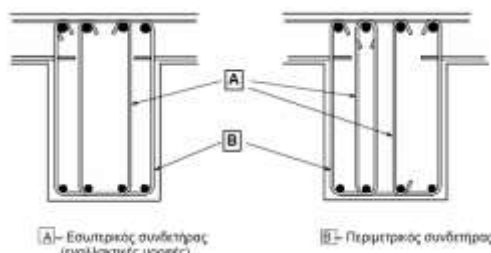
### Πρόσθετες διατάξεις του EN1998-1:2004 (§ 5.6.1)

- Για συνδετήρες σε δοκούς, υποστυλώματα και τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας



### 2.8.1 Αγκύρωση οπλισμού διάτμησης δοκού

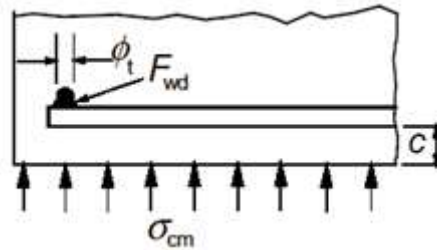
- Πρέπει να σχηματίζει γωνία  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  με τον διαμήκη άξονα του μέλους.
- Μπορεί να αποτελείται από συνδυασμό:
  - Συνδετήρων (τουλάχιστον το 50% του απαιτούμενου οπλισμού)
  - Κεκαμμένων ράβδων
  - Κλωβών ή συνδέσμων που δεν περικλείουν το διαμήκη οπλισμό, αλλά αγκυρώνονται στις θλιβόμενες και εφελκυστικές περιοχές.



Σχήμα 2.9: Παραδείγματα οπλισμών διάτμησης

## 2.9 Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων

- Η ποιότητα των συγκολλήσεων πρέπει να αποδειχθεί ότι είναι επαρκής



Σχήμα 2.10: Συγκολλημένη εγκάρσια ράβδος ως σύστημα αγκύρωσης

- Η φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης μέσω μιας συγκολλημένης εγκάρσιας ράβδου (διάμετρος 14mm-32mm), συγκολλημένης στη εσωτερική παρειά μιας κύριας ράβδου είναι  $F_{btd}$ . Η τάση  $\sigma_{sd}$  μπορεί να μειωθεί κατά  $F_{btd}/A_s$  όπου  $A_s$  είναι το εμβαδόν διατομής της υπό αγκύρωση ράβδου.
- Η συνιστώμενη τιμή της  $F_{btd}$  καθορίζεται από τη σχέση:

$$F_{btd} = l_{td} \Phi_t \sigma_{td} \text{ αλλά όχι μεγαλύτερη από } F_{wd},$$

όπου:

$F_{wd}$  είναι η διατμητική αντοχή σχεδιασμού της συγκόλλησης (καθοριζόμενη ως ένα μέρος της  $A_s f_{yd}$  π.χ.  $0,5 A_s f_{yd}$  όπου  $A_s$  είναι το εμβαδόν διατομής της υπό αγκύρωση ράβδου και  $f_{yd}$  είναι η τάση διαρροής σχεδιασμού).

$l_{td}$  είναι το μήκος σχεδιασμού της εγκάρσιας ράβδου:  $l_{td} = 1,16 \Phi_t \left( \frac{f_{yd}}{\sigma_{td}} \right)^{0,5} \leq l_t$

$l_t$  είναι το μήκος της εγκάρσιας ράβδου, όχι μεγαλύτερο από την απόσταση μεταξύ των ράβδων που αγκυρώνονται

$\Phi_t$  είναι η διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου

$\sigma_{td}$  είναι η τάση του σκυροδέματος:  $\sigma_{td} = \frac{f_{ctd} + \sigma_{cm}}{y} \leq 3f_{cd}$

$\sigma_{cm}$  είναι η θλιπτική τάση του σκυροδέματος κάθετα και στις δυο ράβδους (μέση τιμή, θλίψη θετική)

$y$  είναι η συνάρτηση  $y = 0,015 + 0,14e^{(-0,18x)}$

$x$  είναι μια συνάρτηση που λαμβάνει υπόψη τη γεωμετρία:  $x = 2 \frac{c}{\Phi_t} + 1$

$c$  είναι η επικάλυψη σκυροδέματος κάθετα και στις δυο ράβδους

- Εάν δυο ράβδοι ίδιου μεγέθους είναι συγκολλημένες στις απέναντι παρειές της υπό αγκύρωση ράβδου, η φέρουσα ικανότητα μπορεί να διπλασιαστεί εφόσον η επικάλυψη της εξωτερικής ράβδου πληρεί τις προϋποθέσεις για ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμού.
- Εάν δύο ράβδοι είναι συγκολλημένες στην ίδια πλευρά με ελάχιστη απόσταση  $3\Phi$ , η φέρουσα ικανότητα μπορεί να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή 1,41.

- Για ονομαστικές διαμέτρους ράβδων έως και 12mm, η φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης μιας διασταυρούμενης ράβδου εξαρτάται κυρίως από τη φέρουσα ικανότητα σχεδιασμού της συγκόλλησης και μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$F_{bid} = F_{wd} \leq 16A_s f_{cd} \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

Όπου:

$F_{wd}$  αντοχή διάτμησης σχεδιασμού της συγκόλλησης

$\Phi_t$  ονομαστική διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου:  $\Phi_t \leq 12\text{mm}$

$\Phi_l$  ονομαστική διάμετρος της υπό αγκύρωση ράβδου:  $\Phi_l \leq 12\text{mm}$

- Εάν τοποθετηθούν δύο εγκάρσιες συγκολλημένες ράβδοι με ελάχιστη απόσταση  $\emptyset_t$ , το μήκος αγκύρωσης που προκύπτει πρέπει να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή 1,41

## 2.10 Ενώσεις

### 2.10.1 Γενικά

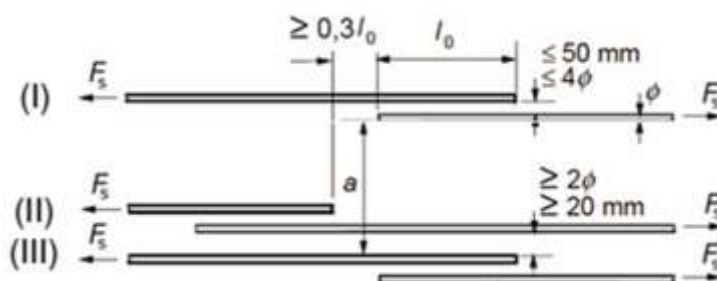
- Επιτυγχάνεται εναλλακτικά με:
  - Υπερκάλυψη (μάτισμα) των ράβδων με ή χωρίς καμπυλώσεις ή άγκιστρα άκρων
  - Συγκόλληση των ράβδων
  - Μηχανικούς συνδέσμους

#### Πρόσθετες διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-1:2004 (§5.6.3)

- Δεν θα διατάσσονται συγκολλημένες ενώσεις με υπερκάλυψη εντός των κρίσιμων περιοχών των στοιχείων.
- Σε υποστυλώματα και τοιχώματα η ένωση διαμήκων ράβδων μέσω μηχανικών συνδέσμων επιτρέπεται μόνο εάν αυτοί καλύπτονται από κατάλληλες δοκιμές υπό συνθήκες συμβατές με την επιλεγμένη κατηγορία πλαστιμότητας.

### 2.10.2 Ενώσεις με υπερκάλυψη

- Η διαμόρφωση των υπερκαλύψεων μεταξύ ράβδων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:
  - Να εξασφαλίζεται η μεταβίβαση των δυνάμεων από τη μία στην άλλη ράβδο.
  - Να αποφευχθεί αποφλοίωση του σκυροδέματος στην περιοχή της ένωσης.
  - Να αποφευχθούν μεγάλα ρήγματα που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της κατασκευής.
- Οι ενώσεις ράβδων με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται σύμφωνα με το σχήμα 2.10:
  - Η καθαρή απόσταση μεταξύ ζεύγους υπερκαλυπτόμενων ράβδων πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $4\phi$  ή 50 mm, αλλιώς το μήκος υπερκάλυψης θα πρέπει να αυξηθεί κατά απόσταση ίση με το καθαρό διάστημα πέραν των  $4\phi$  ή 50mm.
  - Η διαμήκης απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από  $0,3l_0$ , όπου  $l_0$  το μήκος υπερκάλυψης.
  - Σε περίπτωση γειτονικών ενώσεων, η καθαρή απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $2\phi$  ή 20mm.
- Οι υπερκαλύψεις γειτονικών ράβδων πρέπει να εναλλάσσονται και να μην διατάσσονται σε περιοχές υψηλής έντασης (π.χ. κρίσιμες περιοχές)
- Διατάσσονται συμμετρικά εντός της διατομής και παράλληλα προς τις παρειές του στοιχείου



Σχήμα 2.11: Γειτονικές ενώσεις με υπερκάλυψη

- Ενώσεις με απόσταση άκρων  $< 0,3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται στην “ίδια θέση” (I , III)
- Ενώσεις με απόσταση άκρων  $\geq 0,3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται σε διαφορετικές γειτονικές θέσεις (II)

- Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό ενώσεων στη ίδια θέση:
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες στην μία στρώση: 100%
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις: 50%
  - Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερέων οπλισμός (διανομές): 100%

### 2.10.2.1 Μήκος υπερκάλυψης

- Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης  $l_o$  προκύπτει από κατάλληλη προσαύξηση του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$  ανάλογα με το ποσοστό των ράβδων που ενώνονται σε μία θέση.

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

Όπου:

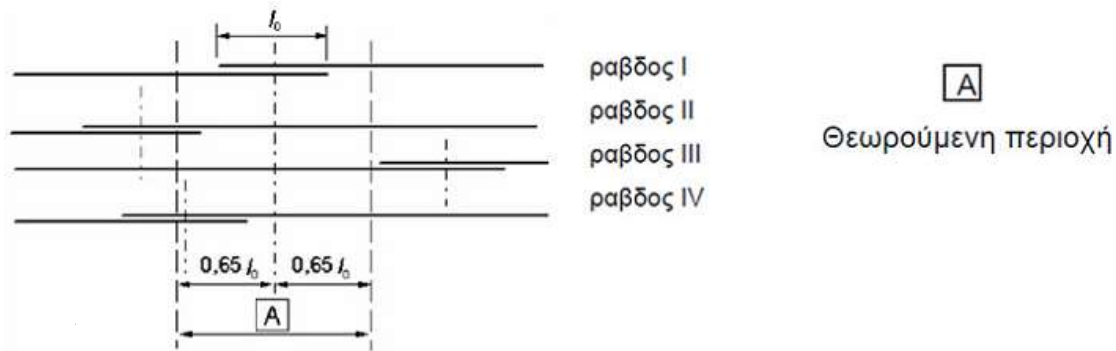
$$- l_{o,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \\ 15\Phi \\ 200mm \end{array} \right.$$

- Οι τιμές των  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  και  $\alpha_5$  λαμβάνονται από τον πίνακα
- Κατά τον υπολογισμό του  $\alpha_3$  το  $\Sigma A_{st,min}$  λαμβάνεται ίσος με  $A_s \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$  όπου  $A_s$  είναι το εμβαδόν της διατομής μιας υπό ένωση ράβδου
- $\alpha_6 = \left( \frac{\rho_1}{25} \right)^{0,5}$  και  $1,0 \leq \alpha_6 \leq 1,5$ . Όπου  $\rho_1$  είναι το ποσοστό του οπλισμού που ενώνεται με υπερκάλυψη στην ίδια θέση η οποία ορίζεται ως το τμήμα του δομικού στοιχείου με μήκος  $0,65l_o$  εκατέρωθεν του μέσου της θεωρούμενης ένωσης .

Πίνακας 2.9: Τιμές του συντελεστή  $\alpha_6$

Ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων ως προς το συνολικό οπλισμό της διατομής	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1,00	1,15	1,40	1,50
<b>Σημείωση</b>				
• Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή				



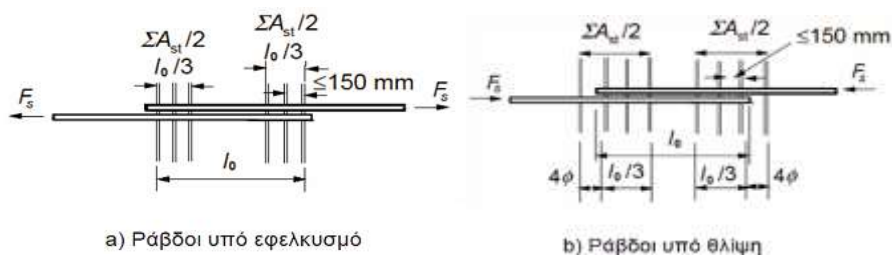


Σχήμα 2.12: Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων στην “ίδια θέση” με τη ράβδο I

- Όταν η διάμετρος  $\emptyset$  των ράβδων με υπερκάλυψη είναι μικρότερη από 20mm , ή το ποσοστό των ράβδων με υπερκάλυψη σε οποιαδήποτε θέση είναι μικρότερο από το 25%, τότε οι τοποθετούμενοι για άλλους λόγους εγκάρσιοι οπλισμοί ή συνδετήρες, μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς για τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις, χωρίς περαιτέρω διερεύνηση.
- Όταν η διάμετρος  $\emptyset$  των ράβδων με υπερκάλυψη είναι ίση ή μεγαλύτερη των 20mm, ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να έχει συνολική επιφάνεια  $\Sigma A_{st}$  (άθροισμα όλων των σκελών κατά μήκος της ζώνης υπερκάλυψης) όχι μικρότερη από την επιφάνεια  $A_s$  μιας υπό ένωση ράβδου ( $\Sigma A_{st} \geq 1,0 A_s$ ). Οι εγκάρσιες ράβδοι πρέπει να τοποθετηθούν κάθετα στη διεύθυνση του υπό ένωση οπλισμού και μεταξύ αυτού και της επιφάνειας του σκυροδέματος.

### 2.10.2.2 Εγκάρσιος οπλισμός στο μήκος υπερκάλυψης

- Αρκεί ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες διανομές) όταν:
  - Ενώνονται ράβδοι με  $\emptyset < 20\text{mm}$  ανεξάρτητα από το ποσοστό ένωσης  $\rho_1$
  - $\rho_1 < 25\%$  ανεξάρτητα από τη διάμετρο των ράβδων που ενώνονται
- Αλλιώς απαιτείται:  $\Sigma A_{st} \geq A_s$  όπου:  
 $\Sigma A_{st}$ : άθροισμα εμβαδού σκελών εγκάρσιου οπλισμού στο μήκος υπερκάλυψης  
 $A_s$  : εμβαδόν διατομής μιας υπό ένωση ράβδου
- Εάν  $\rho_1 > 50\%$  και η απόσταση μεταξύ ενώσεων στην ίδια θέση είναι  $a \leq 10\emptyset$ , οι εγκάρσιοι οπλισμοί διαμορφώνονται ως συνδετήρες ή ράβδοι σχήματος U αγκυρωμένες στο σώμα του στοιχείου
- Οι εγκάρσιοι οπλισμοί διατάσσονται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



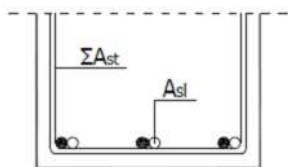
Σχήμα 2.13: Διάταξη εγκάρσιων οπλισμών στο μήκος υπερκάλυψης

## Πρόσθετες διατάξεις για τα στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ΚΠΜ, ΚΠΥ (EN1998-1:2004 § 5.6.3)

- Ο εγκάρσιος οπλισμός που διατάσσεται μέσα στο μήκος υπερκάλυψης θα υπολογίζεται σύμφωνα με το EN1992-1-1:2004. Επιπρόσθετα θα ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις:
  - Εάν οι δυο ράβδοι που ενώνονται με υπερκάλυψη είναι διατεταγμένες σε επίπεδο παράλληλο προς τον εγκάρσιο οπλισμό, το άθροισμα των διατομών όλων των ράβδων που ενώνονται θα χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του εγκάρσιου οπλισμού.
  - Εάν οι ράβδοι που ενώνονται με υπερκάλυψη είναι διατεταγμένες σε επίπεδο κάθετο προς τον εγκάρσιο οπλισμό, η διατομή του εγκάρσιου οπλισμού θα υπολογίζεται με βάση την διατομή της μεγαλύτερης διαμήκου ράβδου,  $A_{sL}$
  - Η ισαπόσταση  $s$ , του εγκάρσιου οπλισμού στην ζώνη υπερκάλυψης (σε mm) δεν θα υπερβαίνει την ακόλουθη τιμή:

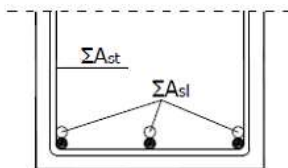
$$s = \min \begin{cases} \frac{h}{4} \\ 100mm \end{cases} \quad \text{όπου } h \text{ η ελάχιστη διάσταση της διατομής}$$

- Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων παράλληλα προς το πέλμα της δοκού



$$\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sLmax}$$

- Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων κάθετα προς το πέλμα της δοκού



$$\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sL}$$

- Σε υποστυλώματα και άκρα τοιχωμάτων το εμβαδό διατομής του σκέλους των εγκάρσιων οπλισμών (συνδετήρες) σε θέση ένωσης είναι:

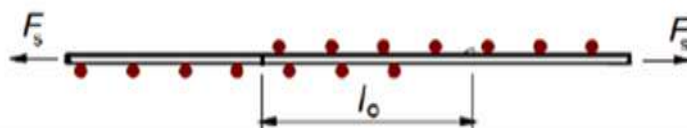
$$A_{st} \geq s \cdot \frac{\Phi_L}{50} \cdot \frac{f_{yld}}{f_{ywd}} \quad (\text{mm}^2)$$

Όπου  $\Phi_L$ : διάμετρος διαμήκου ράβδου που ενώνεται

## 2.10.3 Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα

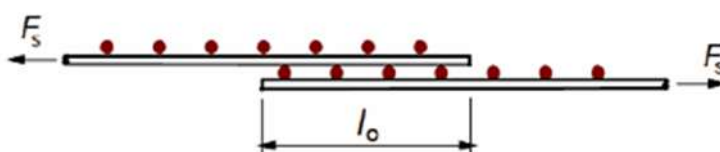
### 2.10.3.1 Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού πλεγμάτων

Ανεστραμμένη επίθεση δομικών πλεγμάτων (σύζευξη-intermeshing), συνιστώμενη διάταξη



- Επιβάλλεται σε στοιχεία υποκείμενα σε καταπονήσεις κόπωσης
- Αγνοείται η ευεργετική επίδραση των εγκάρσιων ράβδων:  $\alpha_3=1,0$
- Ισχύουν οι τιμές του  $\alpha_6$  του πίνακα
- Ενώσεις με απόσταση άκρων  $<0,3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται στην “ίδια θέση” (I , III)
- Ενώσεις με απόσταση άκρων  $\geq 0,3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται σε διαφορετικές γειτονικές θέσεις (II)
- Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό ενώσεων στη ίδια θέση:
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες στην μία στρώση: 100%
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις: 50%
  - Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερεύων οπλισμός (διανομές): 100%
- Δεν απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή της ένωσης

Απλή επίθεση δομικών πλεγμάτων (layering)



- Επιτρέπεται σε περιοχές με 80% της αντοχής σχεδιασμού. Αλλιώς θεωρείται το στατικό ύψος του εσωτερικού πλέγματος και στον έλεγχο ρηγμάτωσης στα άκρα της υπερκάλυψης θεωρείται τάση χάλυβα  $1,25\sigma_{sd}$ .
- Επιτρεπόμενο ποσοστό υπερκάλυψης σε μία θέση ανάλογα με το ανηγμένο εμβαδό διατομής του πλέγματος  $\left(\frac{A_s}{s}\right)$   
 $\left(\frac{A_s}{s}\right)_{prov} \leq 1200mm^2 / m \rightarrow 100\%$   
 $\left(\frac{A_s}{s}\right)_{prov} > 1200mm^2 / m \rightarrow 60\%$
- Δεν απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή της ένωσης

### 2.10.3.2 Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού πλεγμάτων

- Επιτρέπεται υπερκάλυψη του 100% των ράβδων στην ίδια θέση
- Ελάχιστες τιμές του μήκους υπερκάλυψης  $l_0$ :

Πίνακας 2.10: Απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης για δευτερεύοντα σύρματα δομικών πλεγμάτων

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

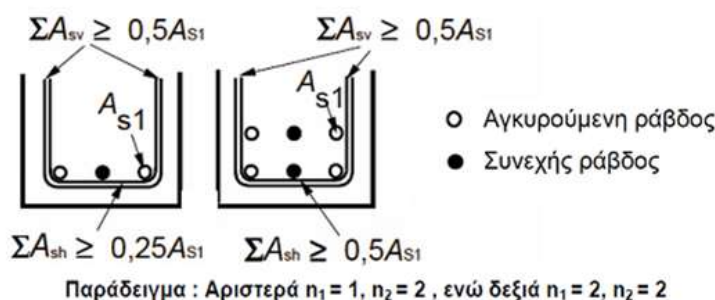
### 2.11 Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους $\emptyset_L > 32\text{mm}$

- Συνιστάται αγκύρωση με μηχανικά μέσα
- Επιτρέπεται η ευθύγραμμη αγκύρωση με πρόσθετους συνδετήρες περισφιγξης στο μήκος αγκύρωσης ανά αποστάσεις  $s \leq 5\emptyset_L$  και συνολική διατομή οριζόντιων ( $\Sigma A_{sh}$ ), κατακόρυφων σκελών ( $\Sigma A_{sv}$ ):

$$\Sigma A_{sh} = 0,25 \cdot A_{s1} \cdot n_1 \quad \text{και} \quad \Sigma A_{sv} = 0,25 \cdot A_{s1} \cdot n_2$$

Όπου  $n_1$  : αριθμός στρώσεων με αγκυρωμένες ράβδους

$n_2$  : αριθμός ράβδων που αγκυρώνονται σε κάθε στρώση



Σχήμα 2.14: Επιπρόσθετος οπλισμός στη ζώνη αγκύρωσης ράβδων μεγάλης διαμέτρου όπου δεν υπάρχει θλίψη στην εγκάρσια διεύθυνση

- Δεν επιτρέπεται ένωση με υπερκάλυψη
- Εξαιρούνται:
- Στοιχεία με ελάχιστη διάσταση διατομής  $\geq 1,0\text{m}$
  - Περιοχές στοιχείων όπου  $\sigma_{sd} \leq 0,80f_{yd}$

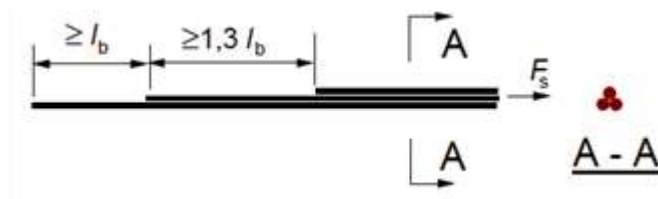
## 2.12 Δέσμες ράβδων

### 2.12.1 Γενικά

- Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά, οι κανόνες για μεμονωμένες ράβδους εφαρμόζονται και για δέσμες ράβδων. Σε μια δέσμη, όλες οι ράβδοι πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (κατηγορία και αντοχή). Ράβδοι διαφορετικών μεγεθών μπορούν να αποτελούν δέσμη με τη προϋπόθεση ότι ο λόγος των διαμέτρων τους δεν ξεπερνά το 1,7.
- Κατά το σχεδιασμό η δέσμη αντικαθίσταται από μία ιδεατή ράβδο που έχει το ίδιο εμβαδόν διατομής και το ίδιο κέντρο βάρους με τη δέσμη. Η ισοδύναμη διάμετρος  $\varnothing_n$  της ιδεατής ράβδου είναι:  
$$\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b} < 55 \text{ mm}$$
  
Όπου:  
 $n_b$ : είναι το πλήθος των ράβδων της δέσμης, με μέγιστη τιμή:
  - $n_b \leq 4$  για κατακόρυφες ράβδους υπό θλίψη και ράβδους σε θέση υπερκάλυψης
  - $n_b \leq 3$  για όλες τις άλλες περιπτώσεις
- Για τις αποστάσεις μεταξύ δεσμών ράβδων, ισχύουν οι κανόνες για τις αποστάσεις των οπλισμών. Πρέπει να χρησιμοποιείται η ισοδύναμη διάμετρος  $\varnothing_n$  αλλά η καθαρή απόσταση μεταξύ δεσμών πρέπει να μετράται από το πραγματικό εξωτερικό περίγραμμα της δέσμης ράβδων. Η επικάλυψη σκυροδέματος πρέπει να μετράται από το πραγματικό εξωτερικό περίγραμμα των δεσμών και δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $\varnothing_n$ .
- Δύο ράβδοι σε επαφή, εφόσον τοποθετούνται η μία πάνω από την άλλη, και εφόσον οι συνθήκες συνάφειας είναι καλές, δεν θα πρέπει να θεωρούνται ως δέσμη ράβδων. Συνεπώς ράβδοι σε επαφή στην άνω ίνα (δυσμενείς συνθήκες) μεσαίας στήριξης δοκού θεωρούνται ως δέσμη.

### 2.12.2 Αγκύρωση δεσμών ράβδων

- Δέσμες ράβδων υπό εφελκυσμό μπορούν να περατώνονται πάνω από ακραίες και ενδιάμεσες στηρίξεις. Δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο  $< 32 \text{ mm}$  μπορούν να περατώνονται κοντά σε μία στήριξη χωρίς την απαίτηση διαδοχικής περάτωσης των ράβδων. Δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο  $\geq 32 \text{ mm}$  που αγκυρώνονται κοντά σε στήριξη πρέπει να διακόπτονται κατά μήκος διαδοχικά όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

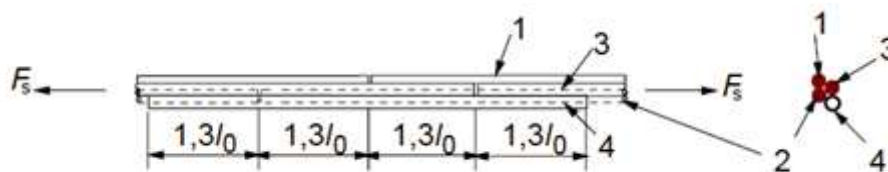


Σχήμα 2.15: Αγκύρωση δέσμης με απαίτηση διαδοχικής διακοπής ράβδων

- Όταν μεμονωμένες ράβδοι της δέσμης αγκυρώνονται με απόσταση διαδοχικής διακοπής μεγαλύτερη του  $1,3l_{b,raqd}$  (όπου το  $l_{b,raqd}$  αντιστοιχεί στη διάμετρο της ράβδου), για τον υπολογισμό του  $l_{bd}$  χρησιμοποιείται η διάμετρος της ράβδου. Αλλιώς χρησιμοποιείται η ισοδύναμη διάμετρος της δέσμης  $\varnothing_n$ .
- Δέσμες ράβδων υπό θλίψη μπορούν να αγκυρωθούν χωρίς διαδοχική διακοπή των ράβδων. Στα άκρα δεσμών με ισοδύναμη διάμετρο  $\geq 32 \text{ mm}$  απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερις εγκάρσιοι σύνδεσμοι διαμέτρου  $\geq 12 \text{ mm}$ . Ένας επιπλέον σύνδεσμος απαιτείται αμέσως μετά το άκρο της δέσμης.

### 2.12.3 Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων

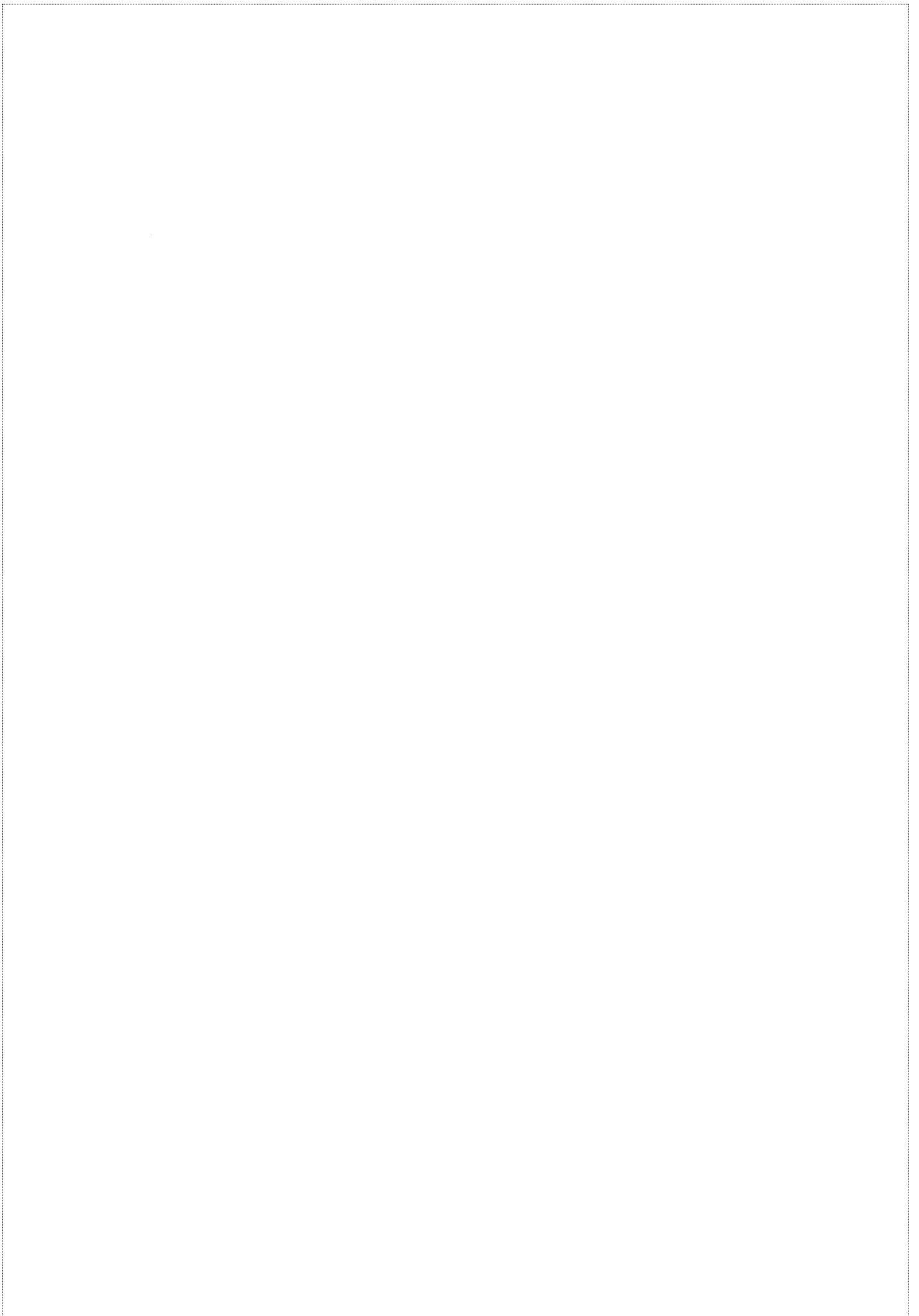
- Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 2.8.2.1 εισάγοντας την ισοδύναμη διάμετρο της δέσμης.
- Για δέσμες που αποτελούνται από δύο ράβδους με ισοδύναμη διάμετρο  $<32\text{mm}$  οι ράβδοι μπορούν να ενωθούν χωρίς διαδοχική περάτωση. Σε αυτή τη περίπτωση για τον υπολογισμό του  $l_0$  πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη διάμετρος.
- Για δέσμες οι οποίες αποτελούνται από δύο ράβδους με ισοδύναμη διάμετρος  $\geq 32\text{mm}$  ή από τρεις ράβδους, οι μεμονωμένες ράβδοι θα πρέπει να διακόπτονται διαδοχικά ανά αποστάσεις τουλάχιστον  $1,3l_0$  όπως φαίνεται στο σχήμα, όπου το  $l_0$  αντιστοιχεί στη διάμετρο της εκάστοτε μεμονωμένης ράβδου. Για την περίπτωση αυτή μια πρόσθετη ράβδος χρησιμοποιείται για την υπερκάλυψη. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να μην υπάρχουν περισσότερες από τέσσερις ράβδοι σε οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της υπερκάλυψης. Δέσμες με περισσότερες από τρεις ράβδους δε θα πρέπει να ματίζονται.



Σχήμα 2.16: Διάταξη ένωσης με υπερκάλυψη δέσμης ράβδων υπό εφελκυσμό που περιλαμβάνει τέταρτη πρόσθετη ράβδο.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ**

1. Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από ωπλισμένο σκυρόδεμα, Μέρος 1-1 Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, 2004
2. Ευρωκώδικας 8: Μέρος 1, Αντισεισμικός σχεδιασμός, γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, 2004
3. M. N. Fardis, 2009  
Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings
4. M. N. Fardis, 2012  
Eurocode 8: Seismic Design of Buildings, Worked Examples
5. Ε. Βιντζηλαίου  
Σημειώσεις Μαθήματος: «Σεισμική συμπεριφορά και σχεδιασμός κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα», 2014-2015
6. Κ. Τρέζος  
Σημειώσεις Μαθημάτων 7<sup>ου</sup> και 8<sup>ου</sup> Εξαμήνου, 2014-2015
7. Μ. Χρονόπουλος, ΕΩΣ/ΕΜΠ  
Σημειώσεις Μαθημάτων 7<sup>ου</sup> και 8<sup>ου</sup> Εξαμήνου, 2014-2015
8. Ε. Κανιτάκη και Π. Γιαννόπουλος  
Λεπτομέρειες Οπλίσεως και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες Δομικών Στοιχείων  
Σεμινάρια Ευρωκωδίκων (με βάση Διπλωματική Εργασία)
9. Α. Σέξτος  
Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων ΩΣ  
Παράρτημα: Πινακοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων των Ευρωκωδίκων 2 και 8 σχετικά με τις διαστάσεις των διατομών και τον οπλισμό των δομικών στοιχείων, 2010







**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

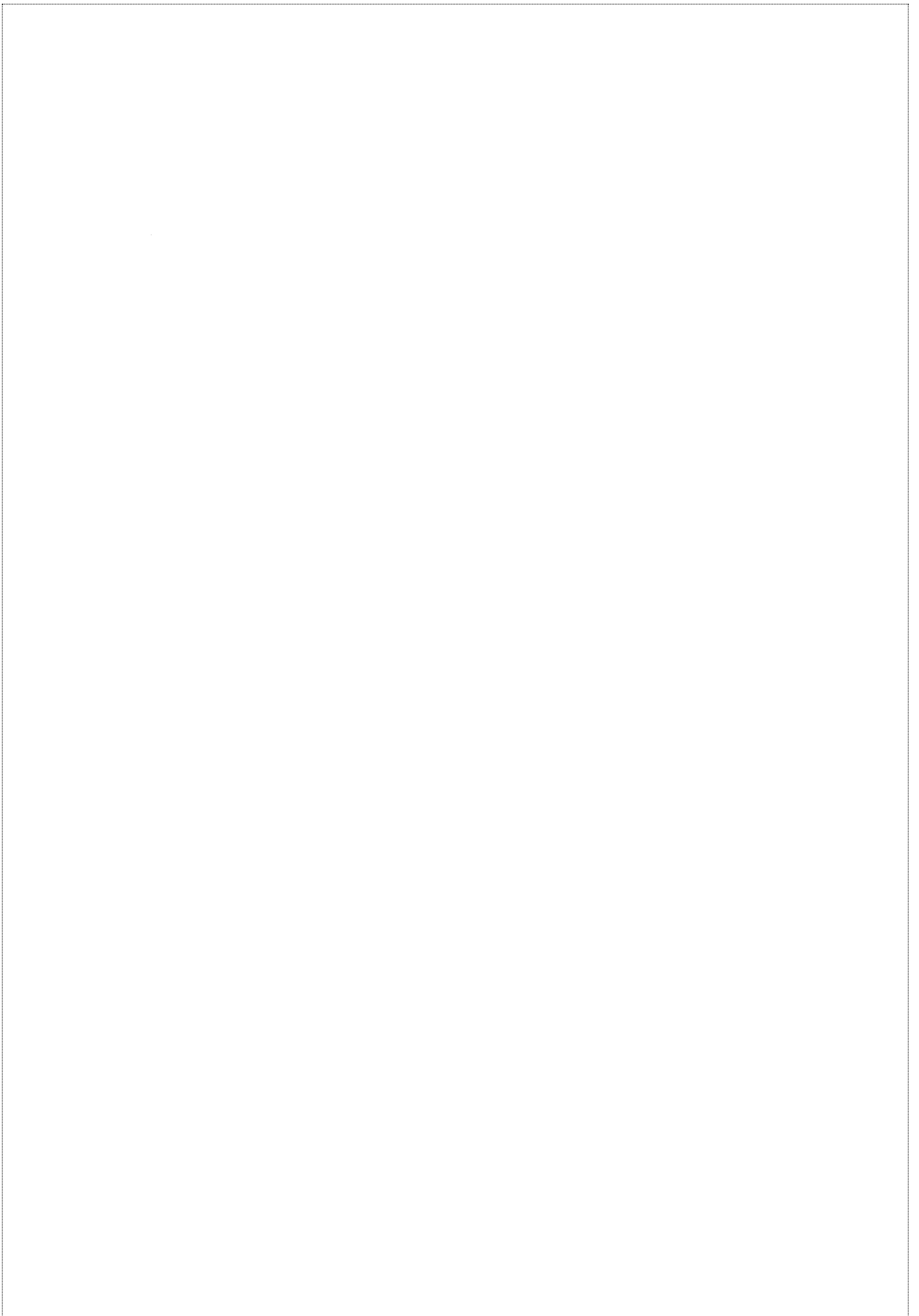
**ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ/ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ**  
**ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ,**  
**ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΕΝ1992-1-1:2004 ΚΑΙ ΕΝ1998-1:2004**

(απο-κωδικοποίηση, τακτοποίηση, ταξινόμηση)

**Τεύχος 2 από 3**  
**(Παραρτήματα Α έως Μ)**

**ΑΝΝΑ ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ/ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ και Μ. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
---------------	---

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
---------------	---

### ΤΕΥΧΟΣ 1/3

#### **1. Κατασκευαστική διαμόρφωση δομητικών στοιχείων**

1.1. Γενικά.....	1
1.2. Συστήματα φορέων κτιρίων από ωπλισμένο σκυρόδεμα.....	2
1.3. Τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος.....	3
1.4. Συμπαγείς πλάκες.....	5
1.4.1. Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	5
1.4.2. Απαιτήσεις για τον οπλισμό κάμψης.....	5
1.4.3. Διαμόρφωση του οπλισμού κάμψης.....	6
1.4.4. Απαιτήσεις για τον οπλισμό διάτμησης.....	7
1.5. Πλάκες με νευρώσεις ή σώματα πλήρωσης.....	8
1.5.1. Ορισμός και πεδίο εφαρμογής.....	8
1.5.2. Όπλιση πλάκας.....	8
1.5.3. Διαμήκεις νευρώσεις.....	8
1.5.4. Εγκάρσιες νευρώσεις.....	9
1.6. Πλάκες με συγκεντρωμένα φορτία.....	10
1.6.1. Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέριστες πλάκες.....	10
1.7. Μυκητοειδείς πλάκες.....	12
1.7.1. Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί εσωτερικών υποστυλωμάτων.....	12
1.7.2. Απαιτήσεις οπλισμού κάμψης επί περιμετρικών υποστυλωμάτων.....	12
1.7.3. Απαιτήσεις οπλισμού διάτμησης.....	13
1.8. Δοκοί.....	15
1.8.1. Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	15

1.8.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό.....	16
1.8.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.....	20
1.8.4.	Απαιτήσεις οπλισμού έναντι στρέψης.....	22
1.8.5.	Απαιτήσεις επιφανειακού οπλισμού.....	22
1.8.6.	Έμμεσες στηρίξεις.....	23
1.8.7.	Ικανοτικός έλεγχος δοκού έναντι τέμνουσας.....	23
1.9.	Υποστυλώματα.....	26
1.9.1.	Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	26
1.9.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό.....	27
1.9.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.....	28
1.9.4.	Ικανοτικός έλεγχος ροπών κάμψευς περί κόμβου.....	33
1.9.5.	Ικανοτικός έλεγχος υποστυλώματος έναντι τέμνουσας.....	34
1.9.6.	Επιπρόσθετες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα.....	36
1.9.7.	Επιπρόσθετες διατάξεις για κοντά υποστυλώματα.....	38
1.9.7.1.	Φύσει κοντά υποστυλώματα.....	38
1.9.7.2.	Θέσει κοντά υποστυλώματα.....	39
1.10.	Κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων.....	41
1.10.1.	Αγκύρωση και συνάφεια διαμήκους οπλισμού.....	41
1.10.2.	Έλεγχος σε διάτμηση κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων για ΚΠΥ.....	41
1.10.3.	Ελάχιστος οπλισμός κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων για ΚΠΜ και ΚΠΥ.....	42
1.11.	Πλάσιμα τοιχώματα.....	45
1.11.1.	Γεωμετρικοί περιορισμοί.....	45
1.11.2.	Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό των περισφιγμένων άκρων.....	47
1.11.3.	Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό των περισφιγμένων άκρων.....	49
1.11.4.	Απαιτήσεις για τα περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων με εγκάρσια πέλματα.....	50
1.11.5.	Απαιτήσεις για τον κορμό.....	51
1.11.6.	Διαστασιολόγηση έναντι ορθής έντασης και τέμνουσας.....	52
1.11.7.	Ειδικές διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα.....	56
1.11.8.	Δοκοί σύζευξης τοιχωμάτων.....	57
1.12.	Ελαφρά οπλισμένα μεγάλα τοιχώματα.....	58

1.13.	Ειδικοί κανόνες για δοκούς που φέρουν ασυνεχή κατακόρυφα στοιχεία.....	60
1.14.	Μελέτη και διαμόρφωση λεπτομερειών δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων.....	61
1.15.	Στοιχεία θεμελίωσης.....	62
1.15.1.	Πεδίο εφαρμογής.....	62
1.15.2.	Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων.....	63
1.15.3.	Συνδετήριες δοκοί.....	63
1.15.4.	Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου.....	64
1.15.5.	Συνδετήριες πλάκες στοιχείων θεμελίωσης.....	65
1.15.6.	Κόμβοι σύνδεσης κατακόρυφων στοιχείων με στοιχεία θεμελίωσης.....	66
1.16	Διατάξεις για διαφράγματα.....	67

## 2. Κανόνες λεπτομερειών όπλισης

2.1.	Γενικά.....	68
2.2.	Περιβαλλοντικές συνθήκες.....	68
2.3.	Επικάλυψη οπλισμών.....	71
2.3.1.	Γενικά.....	71
2.3.2.	Ελάχιστη επικάλυψη.....	71
2.3.3.	Ανοχές σχεδιασμού και παρεκλίσεις.....	75
2.4.	Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών.....	76
2.5.	Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων.....	76
2.5.1.	Αποφυγή βλάβης των ράβδων.....	76
2.5.2.	Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης.....	77
2.6.	Αγκύρωση διαμήκων ράβδων.....	78
2.6.1.	Γενικά.....	78
2.6.2.	Τάση συνάφειας οπλισμού-σκυροδέματος.....	78
2.6.3.	Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης.....	79
2.6.4.	Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού.....	80
2.6.5.	Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης.....	82
2.7.	Αγκύρωση διαμήκων ράβδων σε δοκούς.....	82

2.7.1. Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις.....	82
2.7.2. Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδοιάμεσες στηρίξεις.....	83
2.7.3. Μετάθεση του διαγράμματος των ροπών.....	84
2.7.4. Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης για ακραίο κόμβο.....	84
2.8. Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης.....	86
2.8.1. Αγκύρωση οπλισμού διάτμησης δοκού.....	86
2.9. Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων.....	87
2.10. Ενώσεις.....	89
2.10.1. Γενικά.....	89
2.10.2. Ενώσεις με υπερκάλυψη.....	89
2.10.2.1. Μήκος υπερκάλυψης.....	90
2.10.2.2. Εγκάρσιος οπλισμός στο μήκος υπερκάλυψης.....	91
2.10.3. Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα.....	93
2.10.3.1. Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού πλεγμάτων.....	93
2.10.3.2. Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού πλεγμάτων.....	94
2.11. Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους $\Phi_L > 32\text{mm}$ .....	94
2.12. Δέσμες ράβδων.....	95
2.12.1. Γενικά.....	95
2.12.2. Αγκύρωση δεσμών ράβδων.....	95
2.12.3. Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων.....	96

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>97</b>
--------------------------	-----------

## **ΤΕΥΧΟΣ 2/3**

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ορισμοί.....</b>	<b>1</b>
----------------------------------	----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για περιβαλλοντικές συνθήκες και επικαλύψεις οπλισμών.....</b>	<b>9</b>
---	----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τις απαιτήσεις των υλικών κυρίων στοιχείων.....</b>	<b>15</b>
--	-----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τις τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος.....	17
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για συμπαγείς πλάκες.....	19
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για μυκητοειδείς πλάκες.....	22
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για δοκούς.....	25
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για υποστυλώματα.....	35
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.....	44
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για πλάσιμα τοιχώματα.....	47
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα.....	58
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Λ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για θεμελιώσεις.....	60
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μ:</b> Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για αγκυρώσεις και ενώσεις.....	66

### **ΤΕΥΧΟΣ 3/3**

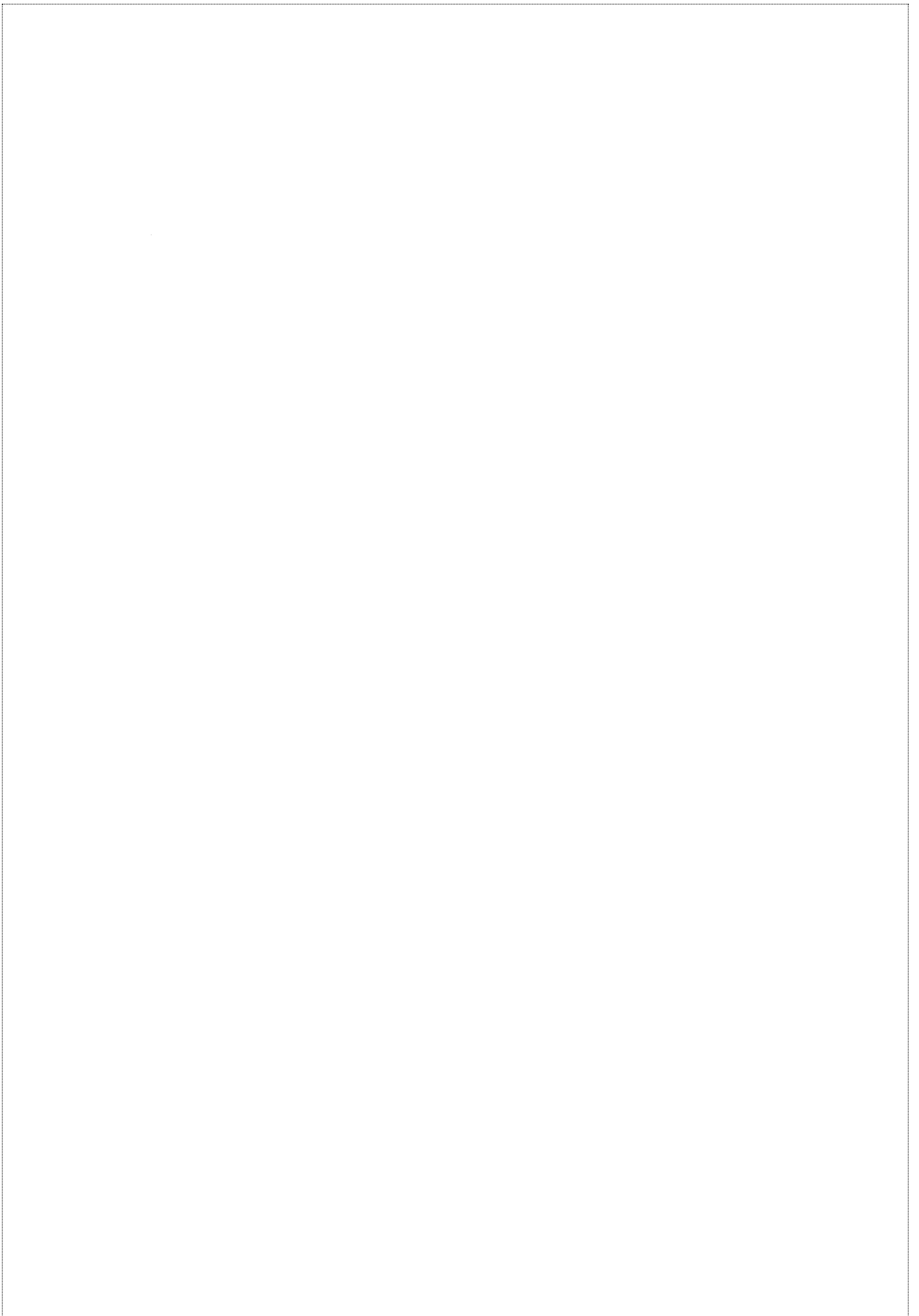
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν1:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για διαφράγματα

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν2:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για θεμελιώσεις-υπόγεια

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν3:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για μέση κλάση/κατηγορία πλαστιμότητας, ΚΠΜ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ν4:** Σχηματοποιημένη παρουσίαση των διατάξεων EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004 για υψηλή κλάση/κατηγορία πλαστιμότητας, ΚΠΥ





## **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

- 1) Τα δομικά στοιχεία χαμηλής κλάσεως πλαστιμότητας (ΚΠΧ, με  $\max q=1,5$ ), η οποία δεν επιτρέπεται για την Ελλάδα, καθώς και τα δευτερεύοντα σεισμικά μέλη (βλ. EN1998-1:2004) των ΚΠΜ και ΚΠΥ, για τα οποία δεν προβλέπονται "κρίσιμες" περιοχές, σχεδιάζονται με βάση τον EN1992-1-1:2004, αλλά για πρωτεύοντα σεισμικά μέλη θα χρησιμοποιείται μόνον χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ) κατηγορίας Β ή C. Σχετικώς, βλ. ιδιαίτερη αναφορά στο παράρτημα Κ αυτής της Διπλωματικής Εργασίας.
- 2) Για τον σντισεισμικό σχεδιασμό, η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  μπορεί να είναι διαφορετική σε διαφορετικές διευθύνσεις του φορέα/κτιρίου, αλλά η κλάση πλαστιμότητας θα είναι μία και ίδια σε όλες τις διευθύνσεις.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**  
**ΟΡΙΣΜΟΙ**

## A1. Μοντέλα για την ανάλυση του δομικού συστήματος

- Τα δομικά στοιχεία της κατασκευής κατατάσσονται ανάλογα με την φύση και λειτουργία τους σε δοκούς, υποστυλώματα, πλάκες, τοιχώματα, τόξα, κελύφη κλπ. Για την ανάλυση των συνηθέστερων από τα στοιχεία αυτά και των κατασκευών που συντίθενται από αυτά παρέχονται στη συνέχεια κανόνες υπολογισμού.

Για κτίρια, ισχύουν οι παρακάτω διατάξεις:

- **Δοκός** είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο το άνοιγμα του δεν είναι μικρότερο από 3 φορές το ύψος της διατομής. Διαφορετικά πρέπει να θεωρείται υψίκορμη δοκός.
- **Πλάκα** είναι ένα δομικό στοιχείο για το οποίο η ελάχιστη διάσταση ακμής δεν είναι μικρότερη από 5 φορές το συνολικό πάχος της πλάκας.
- Μια πλάκα η οποία φορτίζεται κατά κύριο λόγο με κατανεμημένα φορτία μπορεί να θεωρηθεί ότι λειτουργεί σε μια διεύθυνση εάν ισχύει μια από τις παρακάτω δύο συνθήκες:
  - διαθέτει δύο ελεύθερες (άνευ στήριξης) και ουσιαστικά παράλληλες ακμές ή
  - αποτελεί το κεντρικό μέρος μιας ουσιαστικά ορθογώνιας πλάκας η οποία στηρίζεται σε τέσσερις πλευρές με λόγο μεγαλύτερης προς μικρότερη πλευρά μεγαλύτερο του 2.
- **Πλάκες με νευρώσεις** κατά μία ή δύο διευθύνσεις δεν είναι απαραίτητο να αντιμετωπίζονται ως συντιθέμενες από διακριτά στοιχεία κατά την ανάλυση, υπό την προϋπόθεση ότι η πλάκα ή οι κύριες νευρώσεις και οι εγκάρσιες τοιαύτες έχουν επαρκή δυστρεψία. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει όταν:
  - η απόσταση μεταξύ των νευρώσεων δεν υπερβαίνει τα 1500 mm.
  - 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 50 mm, όποιο είναι μεγαλύτερο.
  - προβλέπονται εγκάρσιες νευρώσεις σε καθαρή απόσταση που δεν υπερβαίνει το 10πλάσιο του συνολικού πάχους της πλάκας (συμπριλαμβανομένης και της νευρώσης).Το ελάχιστο πάχος της πλάκας των 50 mm μπορεί να μειώνεται σε 40 mm όταν ενσωματώνονται μόνιμα λιθοσώματα ανάμεσα στις νευρώσεις.
- **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. Διαφορετικά, πρέπει να θεωρείται τοίχωμα.

## A2. Πεδιλωρίδες και μεμονωμένα πέδιλα

- Εφόσον δεν διατίθενται ακριβέστερα δεδομένα, πεδιλωρίδες και μεμονωμένα πέδιλα υπό αξονική φόρτιση μπορούν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν από άοπλο σκυρόδεμα, εφόσον:

$$0,85 \cdot h_f/a \geq \sqrt{9\sigma_{gd} / f_{ctd}}$$

όπου:

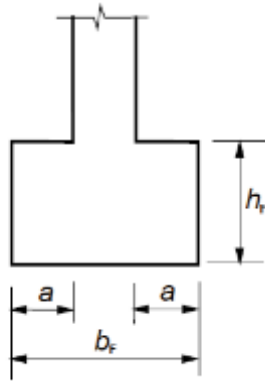
$h_f$  είναι το βάθος της θεμελίωσης

$a$  είναι το πλάτος της προεξοχής από την όψη του κατακόρυφου στοιχείου (βλέπε Σχήμα 1.1)

$\sigma_{gd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της τάσης εδάφους

$f_{ctd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος (στις ίδιες μονάδες με την  $\sigma_{gd}$ )

Ως απλοποίηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση  $h_f/a \geq 2$ .



Σχήμα 1.1: Άοπλα μεμονωμένα πέδιλα, συμβολισμοί.

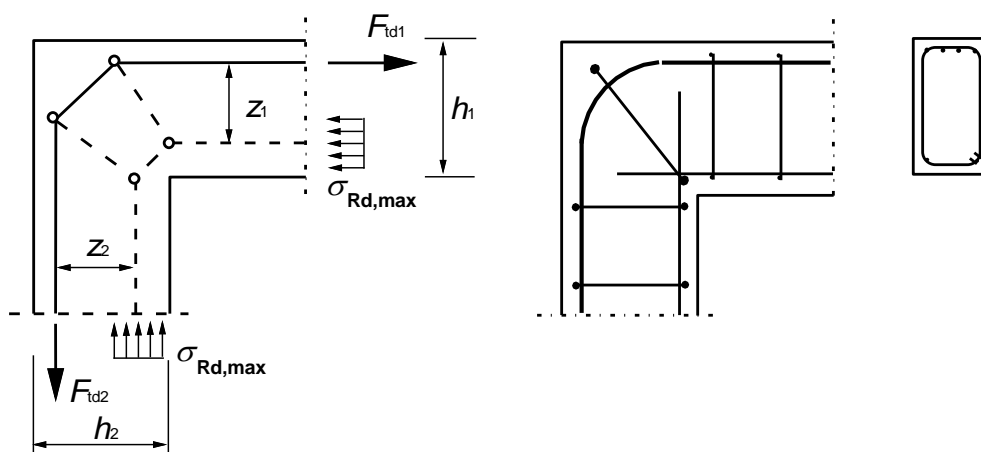
### A3. Γωνίες πλαισίων

#### A3.1 Γενικά

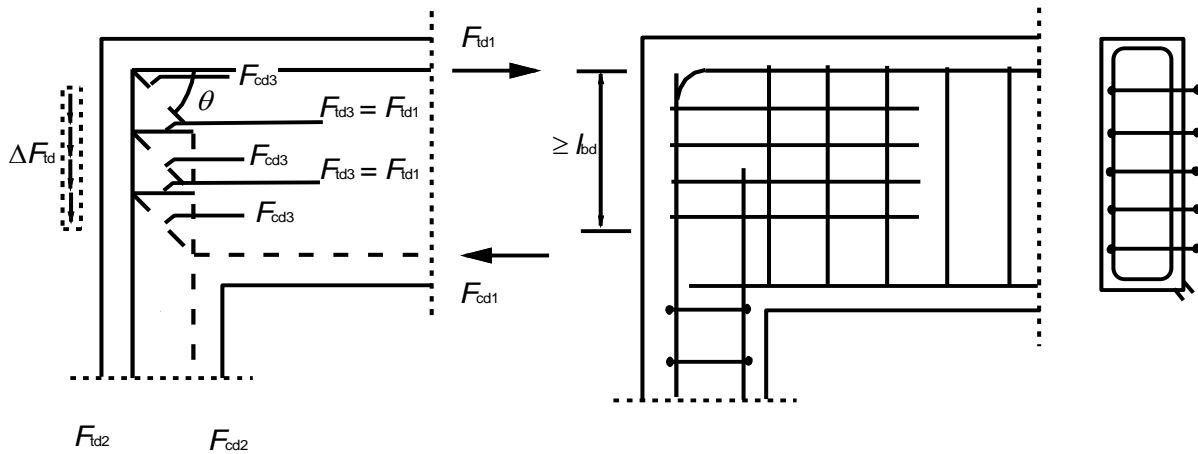
- Η αντοχή σκυροδέματος  $\sigma_{Rd,max}$  πρέπει να καθορίζεται σύμφωνα με την θλιβόμενη ζώνη με ή χωρίς εγκάρσιο οπλισμό.

#### A3.2 Γωνίες πλαισίων με αρνητικές ροπές

- Όταν το υποστύλωμα και η δοκός έχουν περίπου το ίδιο ύψος ( $2/3 < h_2/h_1 < 3/2$ ) (βλέπε Σχήμα A.2 (a)) δεν απαιτείται έλεγχος οπλισμού συνδετήρων ή μηκών αγκύρωσης στο εσωτερικό του κόμβου δοκού-υποστυλώματος, εφόσον ολόκληρος ο οπλισμός της δοκού κάμπτεται περιβάλλοντας την γωνία.
- Το σχήμα A.2 (b) δείχνει προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων για  $h_2/h_1 < 2/3$  για περιορισμένο εύρος της  $\tan\theta$ . Η συνιστώμενη τιμή του κάτω ορίου είναι 0,4 και του άνω ορίου είναι 1.
- Το μήκος αγκύρωσης  $l_{bd}$  πρέπει να καθορίζεται για την δύναμη  $\Delta F_{td} = F_{td2} - F_{td1}$ .
- Πρέπει να προβλέπεται οπλισμός για εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις κάθετες στο επίπεδο του κόμβου.



(a) δοκός και υποστύλωμα με περίπου ίδιο ύψος

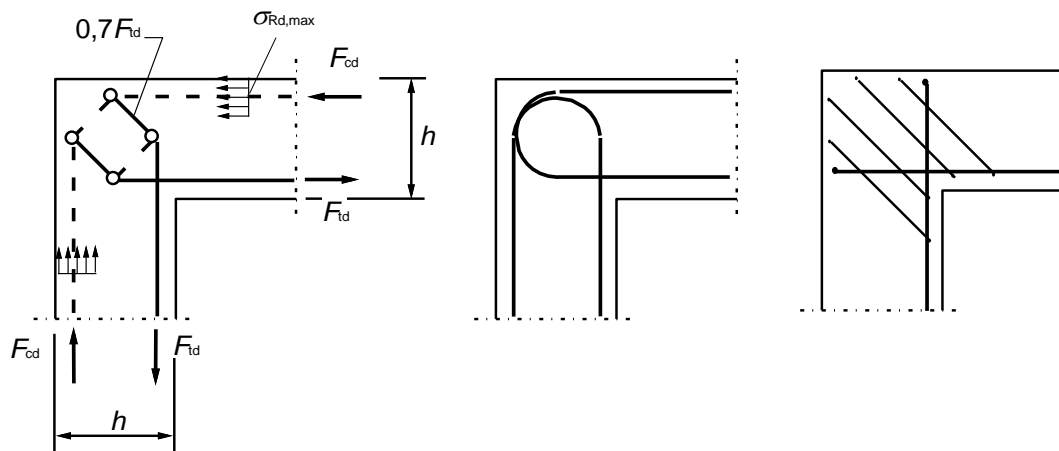


(b) δοκός και υποστύλωμα με σημαντική διαφορά ύψους

Σχήμα A.2: Γωνία Πλαισίου με αρνητικές ροπές. Προσομοίωμα και όπλιση

### A.3.3 Γωνίες πλαισίων με θετικές ροπές

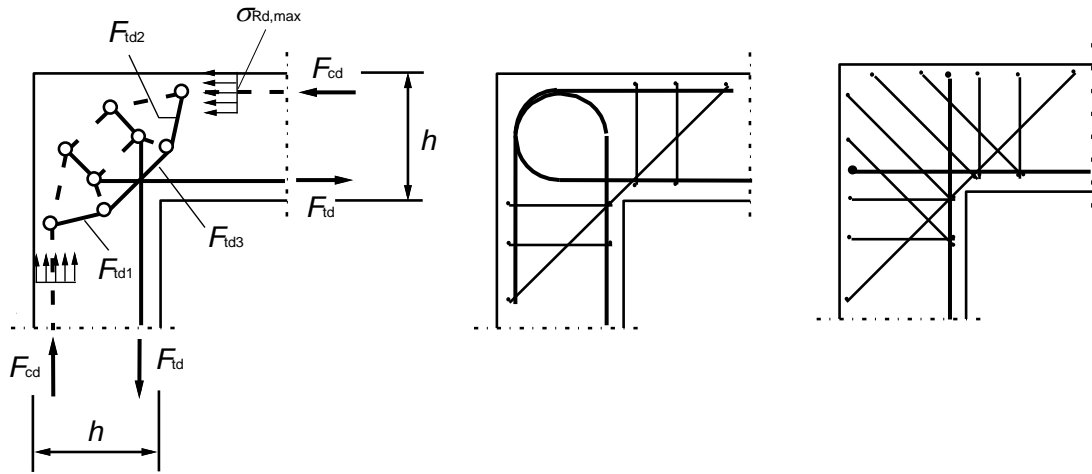
- Όταν το υποστύλωμα και η δοκός έχουν περίπου το ίδιο ύψος μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα προσομοιώματα θλιπτήρων-ελκυστήρων που δίνονται στα Σχήματα A.3 (a) και A.4 (a). Ο οπλισμός στην περιοχή της γωνίας πρέπει να προβλέπεται είτε με μορφή βρόχου είτε με μορφή δύο επικαλυπτόμενων ράβδων U σε συνδυασμό με κεκλιμένους συνδετήρες όπως δείχνεται στα Σχήματα A.3 (b) και (c) καθώς και στα σχήματα A.4 (b) και (c).



a) προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων  
(b) και (c) διαμόρφωση λεπτομερειών οπλισμού

Σχήμα A.3: Γωνία πλαισίου με μέτρια θετική ροπή (π.χ.  $A_s/bh \leq 2\%$ )

- Για μεγάλες θετικές ροπές πρέπει να προβλέπεται η χρήση διαγώνιας ράβδου και συνδετήρων για την αποφυγή διάσπασης, όπως δείχνεται στο Σχήμα A.4.

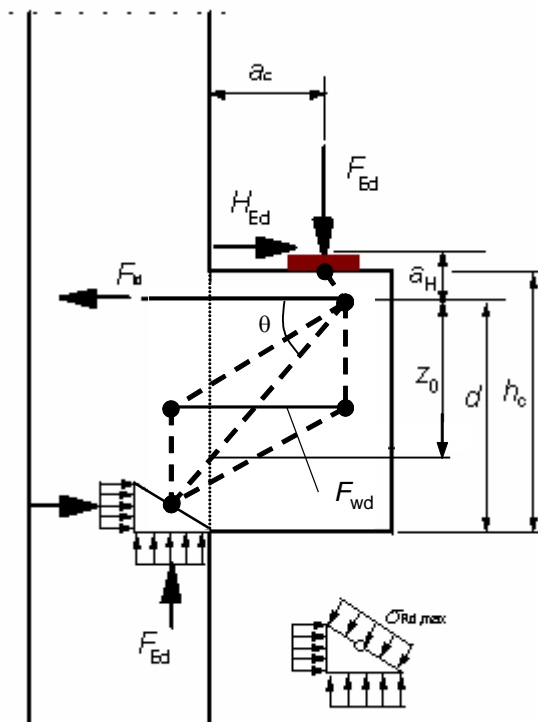


(α) προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων  
(β) και (γ) διαμόρφωση λεπτομερειών οπλισμού

Σχήμα Α.4: Γωνία πλαισίου με μεγάλη θετική ροπή (π.χ.  $A_s/bh > 2\%$ )

### A.3 Κοντοί πρόβολοι (φουρούσια)

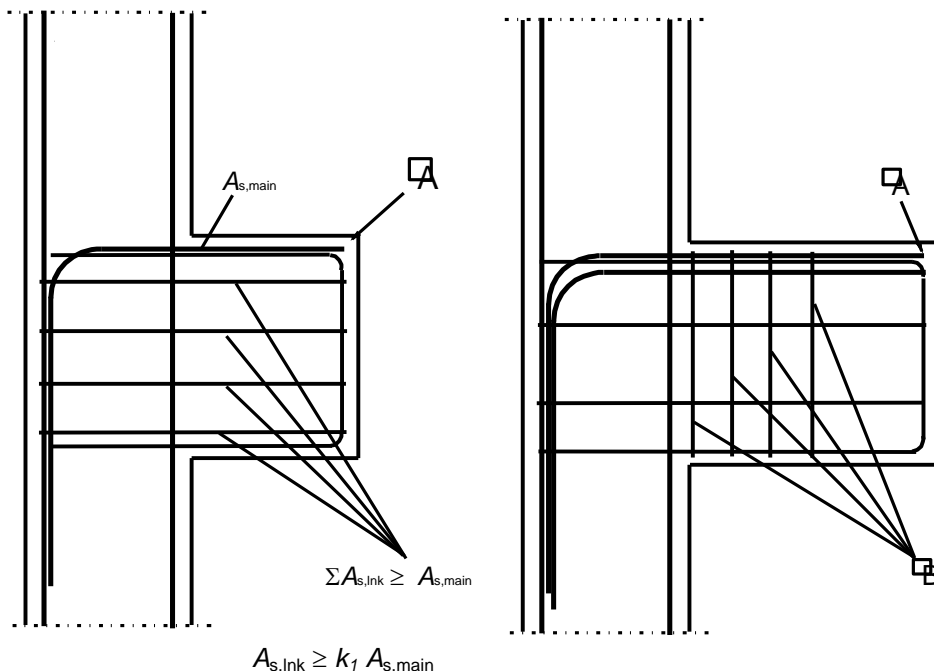
- Οι κοντοί πρόβολοι ( $a_c < z_0$ ) μπορούν να σχεδιαστούν με χρήση προσομοιώματος θλιπτήρων-ελκυστήρων όπως (βλέπε Σχήμα Α.5). Η κλίση του θλιπτήρα περιορίζεται από την σχέση  $1,0 \leq \tan \theta \leq 2,5$ .



Σχήμα Α.5: Προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων για κοντό πρόβολο

- Αν  $a_c < 0,5 h_c$ , τότε πρέπει να προβλέπονται κλειστοί οριζόντιοι ή κεκλιμένοι συνδετήρες με  $A_{s,link} \geq k_1 A_{s,main}$ , πρόσθετα προς τον κύριο εφελκόμενο οπλισμό (βλέπε Σχήμα Α.6 (α)). Η συνιστώμενη τιμή είναι 0,25.
- Αν  $a_c > 0,5 h_c$  και  $F_{Ed} > V_{Rd,c}$ , τότε πρέπει να προβλέπονται κλειστοί κατακόρυφοι συνδετήρες με  $A_{s,link} \geq k_2 F_{Ed}/f_{yd}$  πρόσθετα προς τον κύριο εφελκόμενο οπλισμό (βλέπε Σχήμα Α.6 (β)). Η συνιστώμενη τιμή είναι 0,5.

- Ο κύριος εφελκόμενος οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται και στα δύο άκρα. Στο στηρίζον στοιχείο ο οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται στην απέναντι παρειά και το μήκος αγκύρωσης πρέπει να μετράται από την θέση του κατακόρυφου οπλισμού 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.
- Εάν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για περιορισμό της ρηγματώσης, είναι αποτελεσματικοί κεκλιμένοι συνδετήρες στην εφελκόμενη γωνία.



**A** - πλάκα αγκύρωσης ή βρόχοι

**B** - Συνδετήρες

(a) οπλισμός για  $a_c \leq 0,5 h_c$  (b) οπλισμός για  $a_c > 0,5 h_c$

Σχήμα A.6: Διαμόρφωση λεπτομερειών κοντού προβόλου

## A4. Επιπλέον όροι που χρησιμοποιούνται στο EN1998-1:2004

### μέθοδος ικανοτικού σχεδιασμού

μέθοδος σχεδιασμού κατά την οποία επιλέγονται στοιχεία του στατικού συστήματος, τα οποία μελετώνται κατάλληλα και οι λεπτομέρειές τους διαμορφώνονται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να αποδίδουν ενέργεια υπό μεγάλες παραμορφώσεις ενώ σε όλα τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία παρέχεται επαρκής αντοχή ώστε να εξασφαλίζεται ο προβλεπόμενος τρόπος απόδοσης ενέργειας.

### μη φέρον στοιχείο

αρχιτεκτονικό, μηχανικό ή ηλεκτρικό στοιχείο, σύστημα ή μέρος το οποίο λόγω έλλειψης αντοχής ή τρόπου σύνδεσης με τον φορέα, δεν θεωρείται φέρον στοιχείο στην σεισμική μελέτη.

### κύρια σεισμικά μέλη

μέλη που θεωρούνται μέρος του φέροντος συστήματος που αναλαμβάνει την σεισμική δράση, τα οποία συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και ελέγχονται και οι λεπτομέρειές τους διαμορφώνονται ώστε να έχουν αντοχή σε σεισμό σύμφωνα με τους κανόνες του EN 1998.

### δευτερεύοντα σεισμικά μέλη

μέλη που δεν θεωρούνται ως μέρος του αντισεισμικού φέροντος συστήματος και των οποίων η αντοχή και η δυσκαμψία σε σεισμικές δράσεις αγνοείται.



## Κύρια και δευτερεύοντα σεισμικά μέλη

Ορισμένα στατικά μέλη (π.χ. δοκοί ή/και υποστυλώματα) μπορούν να χαρακτηριστούν ως "δευτερεύοντα" σεισμικά μέλη (ή στοιχεία), τα οποία δεν αποτελούν μέρος του συστήματος του κτιρίου που αναλαμβάνει την σεισμική δράση. Η αντοχή και η δυσκαμψία των στοιχείων αυτών στις σεισμικές δράσεις θα αγνοούνται. Εν τούτοις τα μέλη αυτά και οι συνδέσεις τους θα σχεδιάζονται και οι λεπτομέρειές τους θα διαμορφώνονται έτσι ώστε να διατηρούν την ικανότητα ανάληψης των φορτίων βαρύτητας όταν υποβάλλονται σε μετακινήσεις που προκαλούνται από την δυσμενέστερη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η μελέτη αυτών των μελών πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλη πρόβλεψη για αποτελέσματα δευτέρας τάξεως (αποτελέσματα P-Δ).

Όλα τα στατικά μέλη που δεν χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα θα θεωρούνται ως κύρια σεισμικά μέλη. Τα μέλη αυτά θεωρούνται ως τμήμα του συστήματος ανάληψης οριζοντίων δυνάμεων, πρέπει να προσομοιώνονται στη στατική ανάλυση, να υπολογίζονται, και οι λεπτομέρειές τους να διαμορφώνονται για αντοχή σε σεισμό σύμφωνα με τους κανόνες.

Η συνολική συνεισφορά όλων των δευτερευόντων σεισμικών μελών στην οριζόντια δυσκαμψία δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15% της αντίστοιχης συνεισφοράς των κύριων σεισμικών μελών.

Ο χαρακτηρισμός ορισμένων στατικών στοιχείων ως δευτερευόντων σεισμικά μελών δεν επιτρέπεται να μεταβάλει την ταξινόμηση του φορέα από μη-κανονικό σε κανονικό.

### κρίσιμη περιοχή

περιοχή κύριου σεισμικού στοιχείου, όπου λαμβάνει χώρα ο δυσμενέστερος συνδυασμός αποτελεσμάτων δράσεως (M, N, V, T) και όπου είναι πιθανή η δημιουργία πλαστικής άρθρωσης

Σε κτίρια από σκυρόδεμα οι κρίσιμες περιοχές είναι περιοχές απόδοσης ενέργειας.

### Δοκός

φέρων στοιχείο που υπόκειται κυρίως σε κατακόρυφα φορτία και σε ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού  $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$ , όχι μεγαλύτερη από 0,1 (θετική σε θλίψη)

Εν γένει οι δοκοί είναι οριζόντιες.

### υποστύλωμα

φέρων στοιχείο, που φέρει φορτία βαρύτητας με αξονική θλίψη ή υπόκειται σε ανηγμένη ορθή αξονική δύναμη σχεδιασμού  $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$ , που υπερβαίνει την τιμή 0,1.

Γενικά τα υποστυλώματα είναι κατακόρυφα.

### τοίχωμα

φέρων στοιχείο που φέρει άλλα στοιχεία και έχει επιμήκη διατομή με λόγο μήκους προς πάχος  $l_w/b_w$  μεγαλύτερο του 4.

Γενικά το επίπεδο του τοιχώματος είναι κατακόρυφο.

### πλάστιμο τοίχωμα

τοίχωμα πακτωμένο στη βάση του έτσι ώστε να αποτρέπεται η σχετική περιστροφή της βάσης σε σχέση με την θεμελίωσή της και το οποίο ελέγχεται και διαμορφώνεται με ειδικές λεπτομέρειες ώστε να αποδίδει ενέργεια σε μια ζώνη καμπτικής πλαστικής άρθρωσης η οποία είναι απαλλαγμένη από ανοίγματα ή μεγάλες οπές.

### **μεγάλο ελαφρά οπλισμένο τοίχωμα**

τοίχωμα με μεγάλες διαστάσεις διατομής, δηλαδή την μια οριζόντια διάσταση  $l_w$  τουλάχιστον ίση με 4.0m ή τα δύο τρίτα του ύψους  $h_w$  του τοιχώματος, όποιο είναι μικρότερο, και το οποίο αναμένεται να αναπτύξει περιορισμένη ρηγμάτωση και μετελαστική συμπεριφορά υπό την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

Ένα τέτοιο τοίχωμα αναμένεται να μετατρέψει την σεισμική ενέργεια σε δυναμική (μέσω της προσωρινής ανύψωσης των στατικών μαζών) και σε ενέργεια που μεταφέρεται στο έδαφος μέσω της ταλάντωσής του ως στερεού σώματος, κλπ. Λόγω των διαστάσεών του, ή λόγω έλλειψης πάκτωσης στη βάση, ή λόγω σύνδεσης με μεγάλα εγκάρσια τοιχώματα που αποτρέπουν την δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στη βάση, δεν μπορεί να σχεδιαστεί αποτελεσματικά για απόδοση ενέργειας μέσω πλαστικής άρθρωσης στην βάση.

### **συζευγμένα τοιχώματα**

φέρουν στοιχείο που αποτελείται από δύο ή περισσότερα απλά τοιχώματα, συνδεδεμένα με δοκούς επαρκούς πλαστιμότητας («δοκούς σύζευξης») σε κανονική διάταξη, επαρκείς για να μειώσουν κατά τουλάχιστον 25% το άθροισμα των ροπών βάση των επιμέρους τοιχωμάτων εάν αυτά δρούσαν ανεξάρτητα

**Διάφραγμα:** επίπεδο στοιχείο το οποίο υπόκειται σε δυνάμεις εντός επιπέδου. Μπορεί να αποτελείται από προκατασκευασμένα στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους.

### **σύστημα τοιχωμάτων**

στατικό σύστημα όπου τόσο τα κατακόρυφα όσο και τα οριζόντια φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από κατακόρυφα φέροντα τοιχώματα, με ή χωρίς σύζευξη, των οποίων η διατμητική αντοχή στην βάση του κτιρίου υπερβαίνει το 65% της συνολικής διατμητικής αντοχής του όλου στατικού συστήματος.

Στον ορισμό αυτόν και σε αυτούς που ακολουθούν, το ποσοστό της διατμητικής αντοχής μπορεί να αντικατασταθεί από το ποσοστό των τεμνουσών δυνάμεων στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Εάν το κύριο μέρος της συνολικής διατμητικής αντοχής των τοιχωμάτων που περιλαμβάνονται στο σύστημα παρέχεται από συζευγμένα τοιχώματα, το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων.

### **πλαισιωτό σύστημα**

στατικό σύστημα όπου τόσο τα κατακόρυφα όσο και τα οριζόντια φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από χωρικά πλαίσια των οποίων η διατμητική αντοχή στην βάση του κτιρίου υπερβαίνει το 65% της συνολικής διατμητικής αντοχής του όλου στατικού συστήματος.

### **διπλό σύστημα**

στατικό σύστημα όπου τα κατακόρυφα φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από ένα χωρικό πλαίσιο και η αντοχή σε οριζόντια φορτία παρέχεται εν μέρει από το πλαισιωτό σύστημα και εν μέρει από φέροντα τοιχώματα, συζευγμένα ή μη.

### **διπλό σύστημα ισοδύναμο προς πλαισιωτό**

διπλό σύστημα όπου η διατμητική αντοχή του πλαισιωτού συστήματος στην βάση του κτιρίου είναι μεγαλύτερη του 50% της συνολικής διατμητικής αντοχής του όλου στατικού συστήματος.

### **διπλό σύστημα ισοδύναμο προς σύστημα τοιχωμάτων**

διπλό σύστημα όπου η διατμητική αντοχή των τοιχωμάτων στην βάση του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από το 50% της συνολικής σεισμικής αντοχής του όλου στατικού συστήματος

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για περιβαλλοντικές συνθήκες και επικαλύψεις οπλισμών**

## B1 Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1

Χαρακτηρισμός κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>1. Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής</b>		
X0	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
<b>2. Διάβρωση από ενανθράκωση</b>		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρος Σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιώσεων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος Εξωτερικό σκυρόδεμα προσβαλλόμενο από τη βροχή
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2
<b>3. Διάβρωση από χλωριούχα</b>		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερομεταφερόμενα χλωριούχα.
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες. Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.

Χαρακτηρισμός κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>4. Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού</b>		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων
XS3	Ζώνες παλίρροιας, παφλασμού και πιτσιλίσματος.	Τμήματα λιμενικών έργων
<b>5. Προσβολή ψύξης/απόψυξης</b>		
XF1	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF2	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος κατασκευών οδοποιίας εκτεθειμένες σε ψύξη και παράγοντες απόψυξης που μεταφέρονται με τον αέρα.
XF3	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF4	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης ή θαλασσινό νερό	Καταστρώματα οδών ή γεφυρών εκτεθειμένα σε παράγοντες απόψυξης. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκάσμο με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.
<b>6. Χημική προσβολή</b>		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

## B2.1 Επικάλυψη οπλισμών

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Επικάλυψη οπλισμών $c_{nom}$	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	-	-
Ελάχιστη επικάλυψη οπλισμών $c_{min}$	$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10mm \end{array} \right.$	-	-

### Παρατηρήσεις

- $c_{min,b}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτησης συνάφειας
- $c_{min,dur}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτησης περιβαλλοντικών συνθηκών
- $\Delta c_{dur,\gamma}$  πρόσθετη ασφάλεια στοιχείου
- $\Delta c_{dur,st}$  απομείωση της ελάχιστης επικάλυσης σε περίπτωση χρήσης ανοξείδωτου χάλυβα
- $\Delta c_{dur,add}$  απομείωση της ελάχιστης επικάλυσης σε περίπτωση πρόσθετης προστασίας

## B2.2 Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυσης $c_{min,b}$ , από άποψη συνάφειας

Απαίτηση συνάφειας	
Διάταξη ράβδων	Ελάχιστη επικάλυψη $c_{min,b}$
Μεμονωμένες	Διάμετρος ράβδου
Δεσμίδα	Ισοδύναμη διάμετρος ( $\Phi_n$ )

### Παρατηρήσεις

- Εάν η μέγιστη ονομαστική διάσταση των αδρανών είναι μεγαλύτερη από 32mm, τότε η  $c_{min,b}$  πρέπει να προσαυξάνεται κατά 5mm.

## B2.3 Κατηγορία κατασκευής

κριτήριο	Κατηγορία έκθεσης						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Χρόνος ζωής σχεδιασμού 100 χρόνια	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2	Αύξηση κατηγορίας κατά 2
Κατηγορία αντοχής	≥C30/37 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C30/37 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C35/45 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C40/50 Μείωση κατηγορίας κατά 1	≥C45/55 Μείωση κατηγορίας κατά 1
Δομικό στοιχείο με γεωμετρία πλάκας (η θέση του οπλισμού δεν επηρεάζεται από τη διαδικασία κατασκευής)	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1
Διασφάλιση ειδικού ελέγχου ποιότητας παραγωγής σκυροδέματος	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1	Μείωση κατηγορίας κατά 1

### Παρατηρήσεις

- Η κατηγορία αντοχής και ο λόγος νερού/τσιμέντου w/c θεωρούνται ότι είναι συσχετιζόμενες τιμές. Μπορεί να προβλέπεται μια ειδική σύνθεση (είδος σκυροδέματος, λόγος νερού/τσιμέντου w/c, λεπτόκοκκο υλικό) με σκοπό να προκύψει χαμηλή διαπερατότητα.
- Το όριο μπορεί να μειώνεται κατά μία κατηγορία αντοχής εάν προβλέπονται αεροπηκτικά σε ποσοστό φυσαλίδων μεγαλύτερο του 4%

### B2.4 Απαιτήσεις τιμών ελάχιστης επικάλυψης, $c_{min,dur}$ , από άποψη ανθεκτικότητας σε διάρκεια για χάλυβα οπλισμού

Κατηγορία κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης						
	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

### B2.5 Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής για ανθεκτικότητα σε διάρκεια

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	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37		C35/45		



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για τις απαιτήσεις των υλικών κυρίων στοιχείων**

### Γ1. Απαιτήσεις για τα υλικά κυρίων στοιχείων

Κατηγορία Πλασσιμότητας (ΚΠ)	ΚΠΧ(Χαμηλή) και δευτερεύοντα στοιχεία	ΚΠΜ(Μέση)	ΚΠΥ(Υψηλή)
Σκυρόδεμα	Βλ. απαιτήσεις ανθεκτικότητας	$\geq C16/20$	$\geq C20/25$
Κατηγορία χάλυβα	B ή C	B ή C	Μόνο C
Διαμήκεις ράβδοι	Με νευρώσεις	Με νευρώσεις	Με νευρώσεις
Υπεραντοχή χάλυβα	-	-	$\alpha c f_{yk,0,95} \leq 1,25 n o m f_{yk}$

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για τις τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς φορέων κτιρίων  
ωπλισμένου σκυροδέματος**

### Δ1. Τιμές δείκτη συμπεριφοράς κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος που σχεδιάζονται για αυξημένη πλαστικότητα

Δομικό σύστημα	Κανονικό καθύψος και σε κάτοψη		Κανονικό καθύψος, όχι σε κάτοψη		Κανονικό σε κάτοψη, όχι καθύψος		Μή-Κανονικό σε κάτοψη και καθύψος	
	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Στρεπτικά εύκαμπτο	2,0	3,0	2,0	3,0	1,6	2,4	1,6	2,4
Ανεστραμμένο εκκρεμές	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,6	1,5	1,6
Τοιχωματικό με >2 ασύζευκτα τοιχώματα/διεύθυνση	3,0	4,4	3,0	4,2	2,4	3,5	2,4	3,35
Τοιχωματικό με μόνο 2 ασύζευκτα τοιχώματα/διεύθυνση	3,0	4,0	3,0	4,0	2,4	3,2	2,4	3,2
Τοιχωματικό συζευγμένων τοιχωμάτων Διαδικό ισοδύναμο με τοιχωματικό Πολυώροφο πλαίσιακό (ή διαδικό ισοδύναμο με πλαίσιακό) και ένα άνοιγμα	3,6	5,4	3,3	4,95	2,9	4,3	2,65	3,95
Πολυώροφο πλαίσιακό (ή διαδικό ισοδύναμο με πλαίσιακό)	3,9	5,85	3,45	5,2	3,1	4,7	2,75	4,15
Πλάισιακό (ή διαδικό ισοδύναμο με πλαίσιακό) με έναν όροφο	3,3	4,95	3,15	4,7	2,65	3,95	2,5	3,8

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για συμπαγείς πλάκες**

## Ε1. Γεωμετρικοί περιορισμοί

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πλάτος	$b_{\min} \geq 5h$	-	-

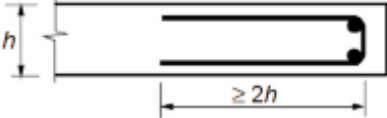
### Παρατηρήσεις

- Οι διατάξεις αφορούν απλά ή σταυροειδώς οπλισμένες πλάκες

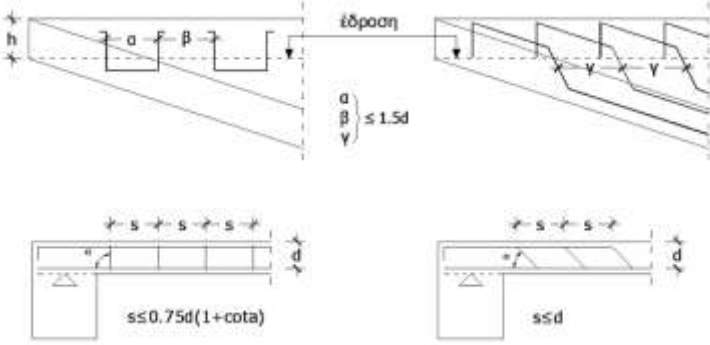
## Ε2. Απαιτήσεις για τον οπλισμό κάμψης

			ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Κύριος οπλισμός	Ελάχιστος οπλισμός	$A_{smin}$	$\max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} bd \\ 0,0013bd \end{array} \right.$	-	-
	Μέγιστος οπλισμός	$A_{smax}$	0,040 $A_c$ Εκτός ενώσεις	-	-
			0,080 $A_c$ Στις ενώσεις		
	Αποστάσεις μεταξύ ράβδων	Θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου	$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 2h \\ 250mm \end{array} \right.$	-	-
		Εκτός των παραπάνω περιοχών	$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3h \\ 400mm \end{array} \right.$		
	Δευτερέων οπλισμός απλά οπλισμένων πλακών	Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{min}$	$\geq 20\%$ του κύριου	-
Αποστάσεις μεταξύ ράβδων		Θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου	$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3h \\ 400mm \end{array} \right.$		
		Εκτός των παραπάνω περιοχών	$s \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 3,5h \\ 450mm \end{array} \right.$		

### Ε3. Διαμόρφωση των οπλισμών κάμψης

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Κλιμάκωση	Ισχύουν οι διατάξεις των δοκών με μήκος μετάθεσης $a_1=d$	-	-
Ελεύθερα στρεπτές στηρίξεις	Το 50% $A_s$ , ανοίγματος συνεχίζεται και αγκυρώνεται στην κάτω παρειά της στήριξης	-	-
Ακραία στήριξη ελεύθερα στρεπτή	Στην άνω παρειά τοποθετείται και αγκυρώνεται οπλισμός ίσος με το 25% $A_s$ , ανοίγματος και σε μήκος ίσο με το 0,20 του ανοίγματος	-	-
Γωνίες με παρεμπόδιση ανύψωσης	Διατάσσεται κατάλληλος οπλισμός	-	-
Οπλισμός ελεύθερου άκρου		-	-

### Ε4. Απαιτήσεις για τον οπλισμό διάτμησης

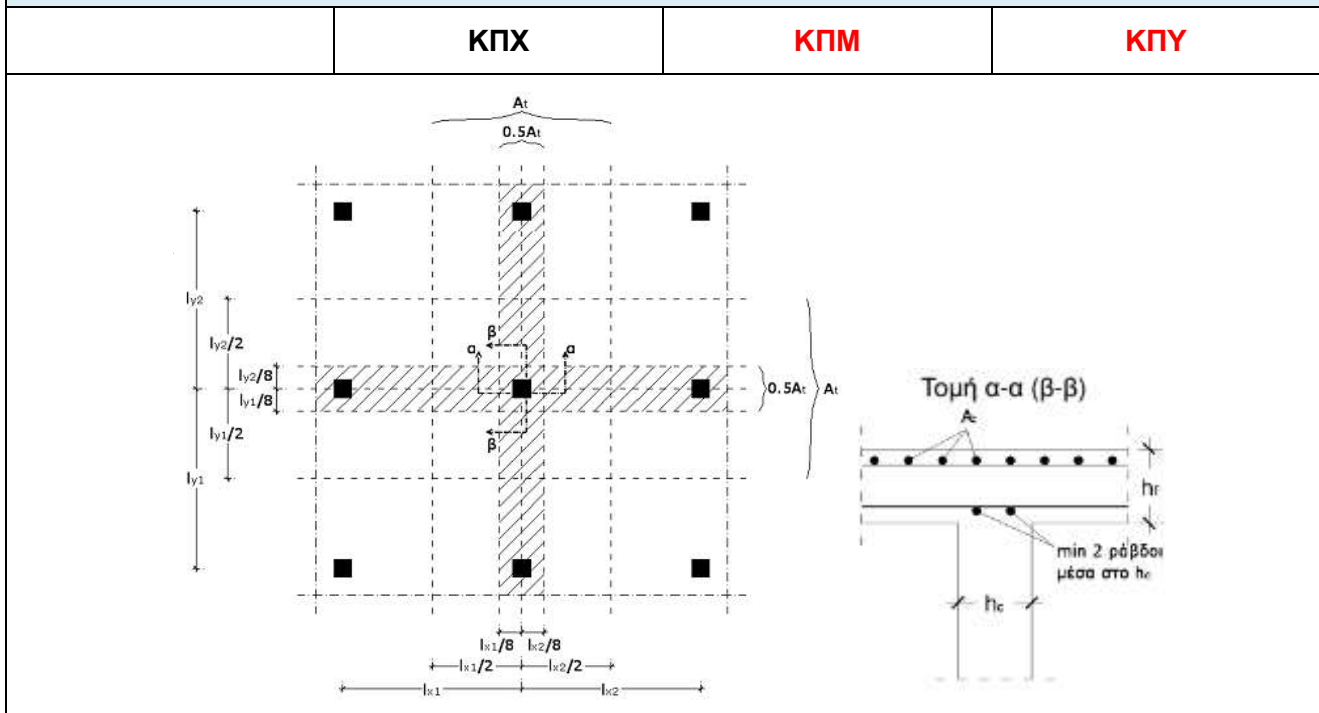
	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πάχος πλάκας με οπλισμό διάτμησης	$h \geq 200mm$	-	-
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_w \geq \frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$	-	-
Διάταξη μόνο κεκαμμένων ράβδων	Επιτρέπεται αν $V \leq \frac{1}{3}V_{Rd,max}$	-	-
Μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών	 <p style="text-align: center;">Συνδετήρες                      Κεκαμμένες ράβδοι</p>	-	-

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για μυκητοειδείς πλάκες**



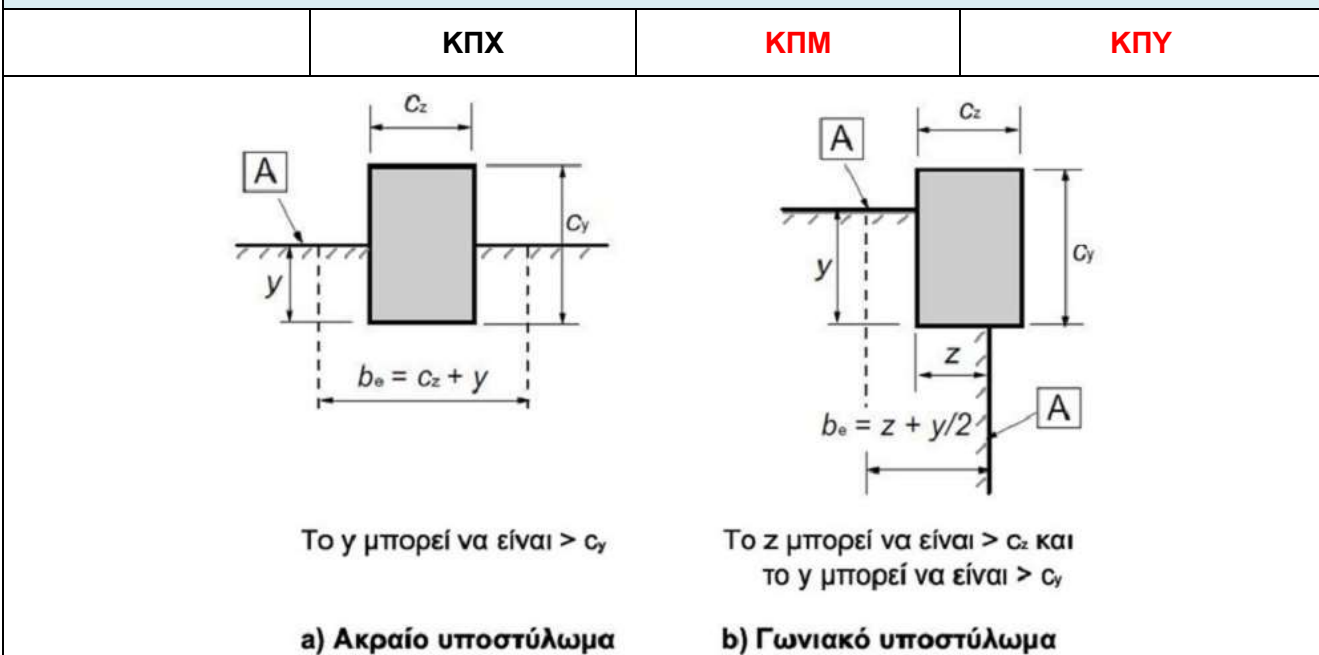
## ΣΤ1. Απαιτήσεις για οπλισμό κάμψης επί εσωτερικών υποστυλωμάτων



### Παρατηρήσεις

- Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός επιτρέπεται πύκνωση του απαιτούμενου άνω οπλισμού κάμψης  $A_t$  πάνω από τα υποστυλώματα όπως στο σχήμα.
- Απαιτούνται οπλισμοί κάτω παρειάς όπως στην τομή.

## ΣΤ2. Απαιτήσεις για οπλισμός κάμψης επί περιμετρικών υποστυλωμάτων



### Παρατηρήσεις

- Ο οπλισμός κάθετα σε ελεύθερο όριο της πλάκας που απαιτείται για τη μεταβίβαση καμπτικών ροπών από την πλάκα σε περιμετρικό ή γωνιακό υποστύλωμα πρέπει να τοποθετείται εντός του συνεργαζόμενου πλάτους  $b_e$ , όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

### ΣΤ3. Απαιτήσεις οπλισμού διάτρησης

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Αποτελείται		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνδετήρες ή</li> <li>• Συνδέσμους ή</li> <li>• Κεκαμμένες ράβδους</li> </ul>	-	-
Απόσταση μεταξύ συνδετήρων διαδοχικών περιμέτρων		$s_r \leq 0,75d$	-	-
Απόσταση σκελών συνδετήρων κατά μήκος της περιμέτρου	Σε περιμέτρους που απέχουν $< 2d$ από το υποστύλωμα	$s_t \leq 1,5d$	-	-
	Σε εξωτερικές περιμέτρους	$s_t \leq 2,0d$		
Διατομή σκέλους συνδετήρων		$\frac{A_{sw,min} (1,5 \sin \alpha + \cos \alpha)}{s_r s_t} \geq \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$	-	-
Διάταξη συνδετήρων έναντι διάτρησης				
Διάταξη κεκαμμένων ράβδων έναντι διάτρησης		<p>Λαμβάνονται υπόψη ως οπλισμός διάτρησης εφόσον διέρχονται μέσα από το υποστύλωμα ή απέχουν <math>&lt; 0,25d</math> από αυτό. Η πρώτη κεκαμμένη ράβδος πρέπει να απέχει από το υποστύλωμα <math>&lt; 0,50d</math></p>		
		<p style="text-align: center;">b) Αποστάσεις μεταξύ καμπτόμενων ράβδων</p>		

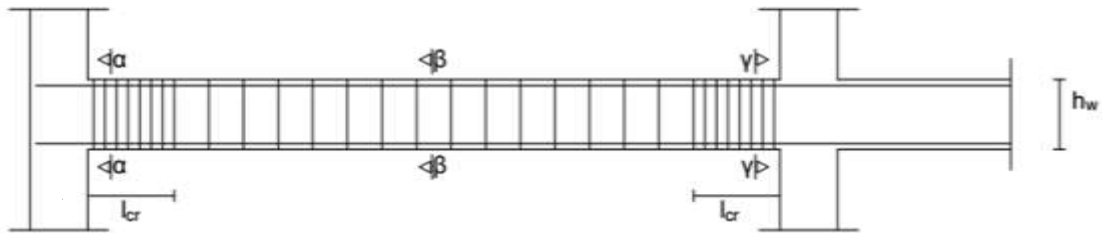
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για τις δοκούς**

## Z1. Γεωμετρικοί περιορισμοί δοκών

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Μήκος δοκού	L	$L \geq 3h_w$		
Κρίσιμο μήκος δοκού	$l_{cr}$	-	$h_w$	$1,5h_w$
Λόγος διαστάσεων δοκού	$h_w/b_w$	$\leq 3,50$ (§ 5.9(3))	-	$\leq 3,50$ (§ 5.5.1.2.1(2)P)
Πλάτος δοκού	$b_{w,max}$	-	$\min \begin{cases} b_c + h_w \\ 2b_c \end{cases}$ (§ 5.4.1.2.1(3)P και § 5.5.1.2.1(5)P)	
	$b_{w,min}$	-	-	$0,20m$ (§ 5.5.1.2.1(1)P)
Εκκεντρότητα σύνδεσης δοκού - στύλου	$e_{max}$	-	$< b/4$ (§ 5.4.1.2.1(2))	
<b>ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκκεντρότητα μεταξύ αξόνων δοκού και υποστύλωματος/τοιχώματος</li> </ul>			EN1998-1:2004, § 5.4.1.2.5(2)P(α) , § 5.5.1.2.4(2)P)	
<b>ΠΡΟΣΟΧΗ</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Η δοκός θα πρέπει να εδράζεται σε τουλάχιστον δύο άμεσες στηρίξεις (υποστύλωμα ή τοίχωμα)</li> </ul>			EN1998-1:2004 § 5.4.1.2.5(2)P(β) , § 5.5.1.2.4(2)P)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Φέροντα τοιχώματα δεν θα εδράζονται σε δοκούς ή πλάκες</li> </ul>			EN1998-1:2004, § 5.4.1.2.5(1)P , § 5.5.1.2.4(1)P)	

## Z2. Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό δοκών



Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{L,min}$	$\max \begin{cases} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \\ 0,0013 \end{cases}$	$0,5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$		
Μέγιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{L,max}$	$0,04A_c$	$\rho' + 0,0018 \frac{f_{cd}}{\mu_\phi \varepsilon_{syd} f_{yd}}$		
Ελάχιστος οπλισμός	Άνοιγμα	Άνω	-	-	$2\Phi 14$
		Κάτω	-	-	$2\Phi 14$
	Στήριξη (κρίσιμη περιοχή)	Άνω	-	$0,25A_{s,κάτω}$	
		Κάτω	-	$0,5 \cdot A_{s,άνω}$	
Μέγιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού $\Phi_{L,max}$	Όταν διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1 + 0,75 k_D \rho' / \rho_{max})}$		
	Όταν αγκυρώνονται (με καμπύλη 90°) σε εξωτερικούς ακραίους κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$		
	$\gamma_{Rd}$	-	1,0	1,2	
	$k_D$	-	2/3	1,0	

### Παρατηρήσεις

- $v_d = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} A_c}$  : ελάχιστη τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης στο υποστύλωμα από την ανάλυση για τη σεισμική δράση σχεδιασμού με ταυτόχρονα κατακόρυφα φορτία.

## Z2. Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό δοκών (Βοηθητικοί Πίνακες)

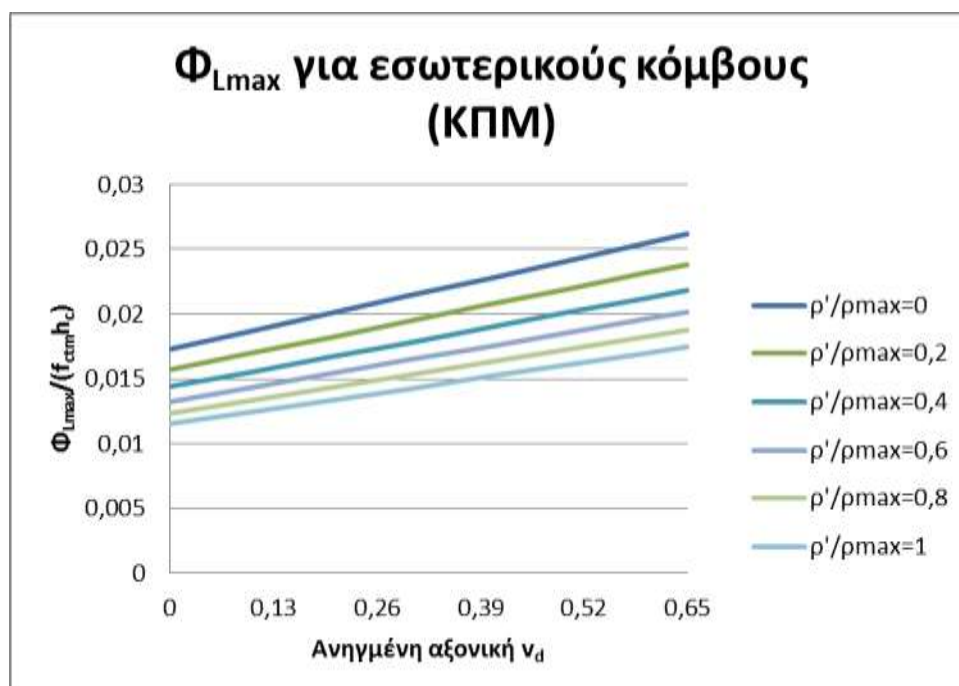
	Ελάχιστα & μέγιστα ποσοστά οπλισμού				
	$\rho_{Lmin}(\text{‰})$			$\rho_{Lmax}(\text{‰})$	
	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
C16	1,30	1,90	1,90	5,97	3,80
C20	1,30	2,20	2,20	7,47	4,75
C25	1,35	2,60	2,60	9,34	5,93
C30	1,51	2,90	2,90	11,20	7,12
C35	1,66	3,20	3,20	13,07	8,31
C40	1,82	3,50	3,50	14,94	9,49
C45	1,98	3,80	3,80	16,80	10,68
C50	2,13	4,10	4,10	18,67	11,87

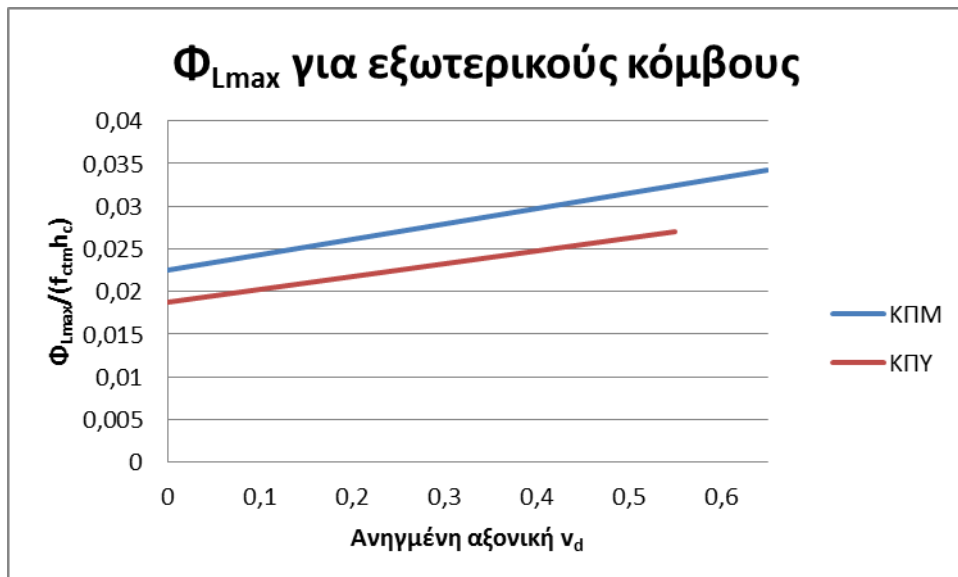
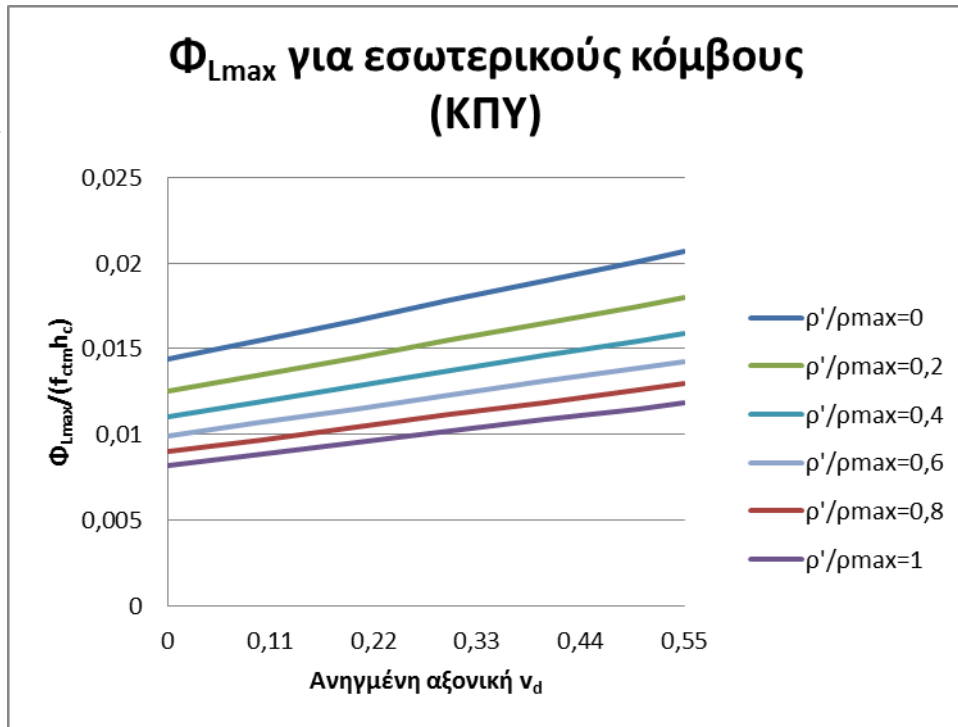
Θεωρήθηκαν:  $\rho' = \rho_{max}/2$ ,  $\epsilon_{syd} = 2,174\text{‰}$ ,  $\mu_{\phi} = 6,8(\text{DM})$  ή  $10,7(\text{DH})$  και χάλυβας κλάσης C ( $f_{yd} = 500/1,15 \text{ MPa}$ )

Προσοχή: για χάλυβες κλάσης B επιβάλλεται  $1,5\mu_{\phi}$  με συνέπεια ριζική μείωση του  $\rho_{max}$

**Βοηθητικά διαγράμματα για την εύρεση του  $\Phi_{Lmax}$  σε εσωτερικούς και εξωτερικούς κόμβους**

**(όπου  $f_{ctm}$  σε MPa και  $f_{yd} = 500/1,15 \text{ MPa}$ )**





### Z3. Απαιτήσεις εγκάρσιου οπλισμού

Z3. Απαιτήσεις εγκάρσιου οπλισμού					
Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	
Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού	$d_{w,min}$	-	6mm	6mm	
Μέγιστη απόσταση κεκαμμένων ράβδων	$S_{b,max}$	$0,60d(1+cota)$	$0,60d(1+cota)$	$0,60d(1+cota)$	
Μέγιστη διαμήκης απόσταση εγκάρσιου οπλισμού	$S_{w,max}$	$0,75d(1+cota)$	Εκτός κρίσιμης περιοχής $0,75d(1+cota)$ Εντός κρίσιμης περιοχής $\min \begin{cases} 8d_{bl} \\ h_w / 4 \\ 24d_{bw} \\ 225mm \end{cases}$	Εκτός κρίσιμης περιοχής $0,75d(1+cota)$ Εντός κρίσιμης περιοχής $\min \begin{cases} 8d_{bl} \\ h_w / 4 \\ 24d_{bw} \\ 225mm \end{cases}$	
Μέγιστη εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα	$S_{t,max}$	$\min(0,75d; 0,6m)$	$\min(0,75d ; 0,6m)$	$\min(0,75d ; 0,6m)$	
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{w,min}$	$0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$	Εκτός κρίσιμων περιοχών $0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$		

#### Παρατηρήσεις

- Ο πρώτος συνδετήρας θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 50mm από την ακραία διατομή της δοκού



### Z3. Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό δοκών (Βοηθητικοί πίνακες)

	Ελάχιστα ποσοστά οπλισμού		
	$\rho_{w,min}(\%)$		
	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
C16	0,64		
C20	0,72		
C25	0,80		
C30	0,88		
C35	0,95		
C40	1,01		
C45	1,07		
C50	1,13		

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{Mpa}$

## Z4. Απαιτήσεις οπλισμού έναντι στρέψης

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{w,min}$	$0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$	-	-
Μέγιστη απόσταση συνδετήρων	$s_{max}$	$\min \begin{cases} \frac{u}{8} \\ 0,75d(1 + \cot \alpha) \\ h \\ b \end{cases}$	-	-
		$\leq 350mm$	-	-
$b_i$	<p style="text-align: center;">a) Κατάλληλες διαμορφώσεις      b) Ακατάλληλη διαμόρφωση</p>			

### Παρατηρήσεις

- Οι συνδετήρες έναντι στρέψης πρέπει να σχηματίζουν γωνία 90° με το διαμήκη άξονα του μέλους, να κλείνουν και να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης ή με άγκιστρα στα άκρα τους.
- Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία, ενώ οι υπόλοιπες διατάσσονται μοιόμορφα στην εσωτερική περιμετρο των συνδετήρων, ανά αποστάσεις  $\leq 350mm$ .

## Z5. Απαιτήσεις επιφανειακού οπλισμού

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Απαιτείται όταν	$c > 70mm$ $\Rightarrow A_{s,surf,min} = 0,005A_{ct,ext}$ $\varnothing_L \text{ ή } \varnothing_{L,n} > 32mm$ $\Rightarrow A_{s,surf,min} = 0,010A_{ct,ext}$	-	-
Διάταξη επιφανειακού οπλισμού			
Πάχος επικάλυψης	$C = C_{min}$	-	-

### Παρατηρήσεις

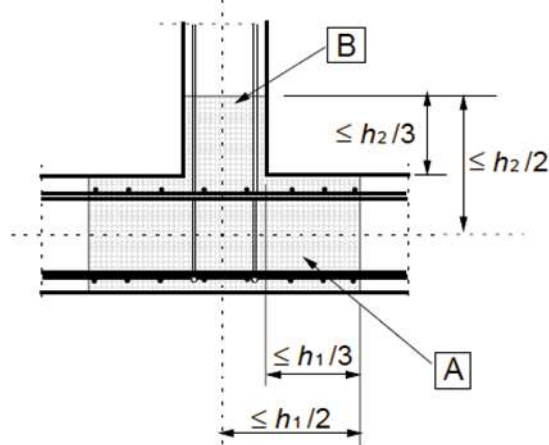
- Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιες ως οπλισμός διάτμησης, με την προϋπόθεση ότι πληρούν τους αντίστοιχους κανόνες διάταξης και αγκύρωσης

## Z6. Έμμεσες στηρίξεις

ΚΠΧ

ΚΠΜ

ΚΠΥ



**A** - Στηρίζουσα δοκός ύψους  $h_1$    **B** - Στηριζόμενη δοκός ύψους  $h_2$  ( $h_1 \geq h_2$ )

Σχήμα: Τοποθέτηση του οπλισμού ανάρτησης στη ζώνη συμβολής δύο δοκών (κάτοψη)

### Παρατηρήσεις

- Όταν μια δοκός εδράζεται έμμεσα σε μια εγκάρσια δοκό αντι σε τοίχωμα ή υποσύλωμα, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός ανάρτησης ο οποίος υπολογίζεται ώστε να παραλαμβάνει τη δύναμη έδρασης. Ο οπλισμός αυτός είναι επιπρόσθετος αυτού που απαιτείται για άλλους λόγους. Αυτός ο κανόνας αφορά επίσης πλάκες που δεν εδράζονται επί δοκών, αλλά αναρτώνται από αυτές.
- Ο οπλισμός ανάρτησης πρέπει να αποτελείται από συνδετήρες που περιβάλλουν τον κύριο οπλισμό της στηρίζουσας δοκού. Μερικοί από αυτούς τους συνδετήρες μπορούν να διανεμηθούν έξω από την περιοχή αλληλοτομίας των δύο δοκών.

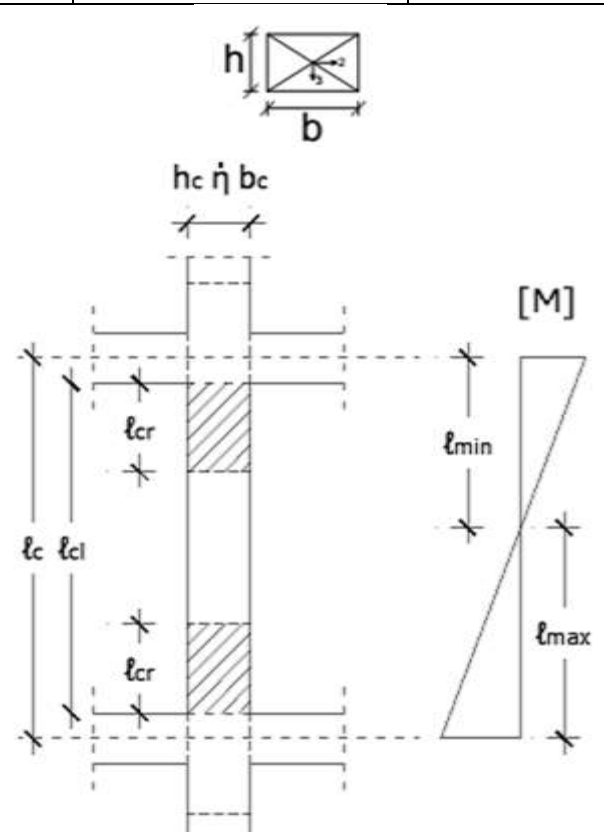
## Ζ7. Ικανοτικός έλεγχος δοκού έναντι τέμνουσας

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	
Τέμνουσα σχεδιασμού για σεισμό	$V_{Ed}$	Από Ανάλυση	$\frac{\sum M_{Rb}}{l_c} \pm V_{o,g+\psi_2q}$	$1,2 \frac{\sum M_{Rb}}{l_c} \pm V_{o,g+\psi_2q}$
Μέγιστη τέμνουσα αντοχής για σεισμό	$V_{Rd,max}$	$V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck} (MPa)}{250}\right) b_{wo} z f_{cd} \sin 2\theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$		
Τέμνουσα αντοχής συνδετήρων	εκτός κρίσιμων περιοχών	$V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	Ως σε ΕΚ2: $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	
	σε κρίσιμες περιοχές	$V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	Ως σε ΕΚ2: $V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	$V_{Rd,s} = 0,9 b_w d \rho_w f_{ywd}$ $\theta = 45^\circ$
$A_v$ $\zeta = V_{Emin} / V_{Emax} < -0,5$ : σε κρίσιμες περιοχές λοξές ράβδοι υπό γωνία $\pm \alpha$ ως προς άξονα δοκού με διατομή $A_s$ /κατεύθυνση	-	-	$A_v$ $\frac{V_{Emax}}{2 + \zeta} f_{ctd} b_w d > 1$ : $A_s = 0,5 \frac{V_{Emax}}{f_{yd}} \sin \alpha$ Συνδετήρες για $0,5 V_{Emax}$	
<b>Παρατηρήσεις</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>EN1998-1:2004</b> : Σε άκρο όπου στον κόμβο είναι <math>\sum M_{Rb} &gt; \sum M_{Rc}</math> αντικαθίσταται με <math>M_{Rb} (\sum M_{Rc} / \sum M_{Rb})</math></li> <li>• <math>V_{Emax}</math> , <math>V_{Emin}</math> = αλγεβρικά μέγιστη και ελάχιστη τιμή της τέμνουσας <math>V_{Ed}</math> όπως προκύπτει από το <math>\pm</math>.  <math>V_{Emax}</math> = η απολύτως μεγαλύτερη των δυο τιμών, θεωρούμενη θετική.                      Το πρόσημο της <math>V_{Emin}</math> καθορίζεται ανάλογα με το αν είναι ομόσημη με τη <math>V_{Emax}</math>.</li> </ul>				

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για τα υποστυλώματα**

## Η1. Γεωμετρικοί περιορισμοί

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
	-	Αν $\theta > 0,1$ τότε: $b \geq \frac{1}{10} l_{\max}$ (§ 5.4.1.2.2(1))	Αν $\theta > 0,1$ τότε: $h \geq \frac{1}{10} l_{\max}$ (§5.5.1.2.2(2))
Διάσταση διατομής			
	-	-	$b \geq 25\text{cm}$ $h \geq 25\text{cm}$ (§ 5.5.1.2.2(1)P)
Ελάχιστη επιφάνεια διατομής	-	$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,65$ $\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,65 f_{cd}}$ (§5.4.3.2.1(3)P)	$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,55$ $\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,55 f_{cd}}$ (§ 5.5.3.2.1(3)P)

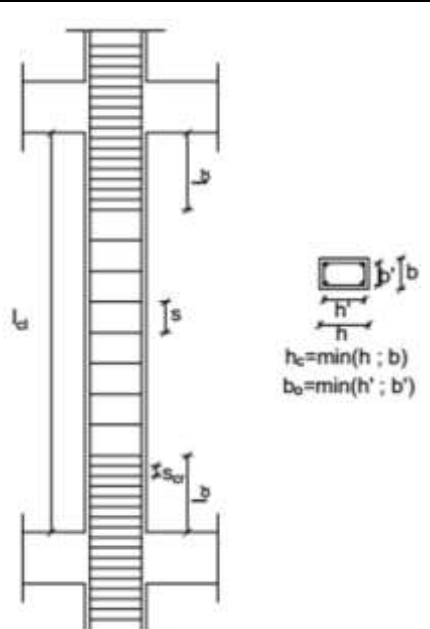
## Η2. Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό

Ορισμός		ΚΠΧ		ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{\min}$	$\max \begin{cases} 0,1 \frac{N_d}{A_c f_{yd}} \\ 0,2\% \end{cases}$		0,01 (§ 5.4.3.2.2(1)P)	0,01 (§ 5.5.3.2.2(1)P)
Μέγιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{\max}$	Εκτός περιοχής υπερκάλυψης	0,04	0,04 (§ 5.4.3.2.2(1)P)	0,04 (§ 5.5.3.2.2(1)P)
		Εντός περιοχής υπερκάλυψης	0,08		
Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά διατομής		2		3 (§ 5.4.3.2.2(2)P)	3 (§ 5.5.3.2.2(2)P)
Απόσταση ράβδων συγκρατούμενων από συνδετήρες	$b_{i,\max}$	-		$\leq 20\text{cm}$ (§ 5.4.3.2.2(11))	$\leq 15\text{cm}$ (§ 5.5.3.2.2(12))
Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού	$\Phi_{L\min}$	8mm (§ 9.5.2(1) του EN1992-1-1)			
Μήκος κρίσιμης περιοχής	$L_{cr}$	-		$\max \begin{cases} h_c \\ \frac{L_{cl}}{6} \\ 0,45m \end{cases}$ (§ 5.4.3.2.2(4))  Εάν $\frac{L_{cl}}{h_c} < 3 \Rightarrow L_{cr} = L_{cl}$ (§ 5.4.3.2.2(5)P)	$\max \begin{cases} 1,5h_c \\ \frac{L_{cl}}{6} \\ 0,45m \end{cases}$ (§ 5.5.3.2.2(4))  Εάν $\frac{L_{cl}}{h_c} < 3 \Rightarrow L_{cr} = L_{cl}$ (§ 5.5.3.2.2(5)P)

### Παρατηρήσεις

- Σύμφωνα με τον EN1998-1:2004, § 5.5.3.2.2(14) : Η διατομή διαμήκους οπλισμού που προβλέπεται στη βάση του υποστυλώματος του κατώτατου ορόφου κτιρίων ΚΠΥ (δηλαδή όπου το υποστύλωμα συνδέεται με την θεμελίωση) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη που προβλέπεται στη κεφαλή του υποστυλώματος του ίδιου ορόφου.

### H3. Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό

H3. Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό					
Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ		ΚΠΥ
Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων	$d_{bwmin}$	$\max \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Phi_{Lmax}}{4} \\ 6mm \end{array} \right.$	$\max \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Phi_{Lmax}}{4} \\ 6mm \end{array} \right.$		$\max \left\{ \begin{array}{l} 0,4\Phi_{Lmax} \sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ydw}}} \\ 6mm \end{array} \right.$
Μέγιστη απόσταση συνδετήρων	$s_{max}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{Lmin} \\ h_c \\ 400mm \end{array} \right.$	Εκτός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{Lmin} \\ h_c \\ 400mm \end{array} \right.$	Εκτός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{Lmin} \\ h_c \\ 400mm \end{array} \right.$	Εκτός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 20\Phi_{Lmin} \\ h_c \\ 400mm \end{array} \right.$
			Εντός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 8\Phi_{Lmin} \\ \frac{b_o}{2} \\ 175mm \end{array} \right.$	Εντός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 6\Phi_{Lmin} \\ \frac{b_o}{3} \\ 125mm \end{array} \right.$	Εντός κρίσιμης περιοχής $\min \left\{ \begin{array}{l} 6\Phi_{Lmin} \\ \frac{b_o}{3} \\ 125mm \end{array} \right.$
 <p style="text-align: center;"> <math>h_c = \min(h; b)</math>  <math>b_o = \min(h'; b')</math> </p>					
Βάση κτιρίου (στις κρίσιμες περιοχές)	$\omega_{wd}$	-	$\geq 0,08$ (§ 5.4.3.2.2(9))		$\geq 0,12$ (§ 5.5.3.2.2(10))
	$\alpha\omega_{wd}$	-	$\geq 30\mu_\phi v_d \varepsilon_{syd} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$ (§ 5.4.3.2.2(8) και § 5.5.3.2.2(9))		
Υπόλοιπο κτίριο	$\omega_{wd}$	-	-		$\geq 0,08$ (§ 5.5.3.2.2(10))
	$\alpha\omega_{wd}$	-	$\geq 30\mu_\phi v_d \varepsilon_{syd} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$ (§ 5.5.3.2.2(9))		



## Παρατηρήσεις

- Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση των συνδετήρων  $s$  στις μη κρίσιμες περιοχές θα πρέπει να μειωθεί στο 60% της τιμής που δίνεται στον παραπάνω πίνακα:
  - Σε τμήματα του υποστρώματος μήκους ίσου με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής πάνω ή κάτω από δοκό ή πλάκα.
  - Σε περιοχές υπερκάλυψης, εφόσον η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων είναι μεγαλύτερη από 14mm. Απαιτείται να τοποθετούνται κατ' ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης.
- Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις μη κρίσιμες περιοχές, προέρχονται από την παράγραφο 9.5.3 του EN1992-1-1:2004.
- Από τον έλεγχο της ικανοποίησης των ελάχιστων ορίων για τα  $\omega_{wd}$  και  $\alpha\omega_{wd}$  προκύπτουν επίσης ελάχιστες απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_\phi$  υπολογίζεται βάσει του § 5.2.3.4(3) του EN1998-1:2004.
- Ο δείκτης πλαστιμότητας  $\mu_\phi^*$  υπολογίζεται βάσει των § 5.2.3.4(3) και § 5.5.3.2.2(7) του EN1998-1:2004.
- Για ΚΠΜ ο εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών μπορεί να υπολογίζεται με κανόνες DL αν  $\nu_d < 0,2$  και  $q < 2$ .
- Για ΚΠΥ στους 2 κατώτατους ορόφους οι απαιτήσεις για  $d_{bw}$  και  $s_w$  εφαρμόζονται σε 1,5 φορά το μήκος της κρίσιμης περιοχής.
- $\alpha$  είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης ίσος με  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ , όπου:

I. Διατομή ορθογωνική

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o h_o}$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)$$

II. Διατομή κυκλική

(κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)^2$$

III. Διατομή κυκλική

(σπειροειδείς συνδετήρες)

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2D_o}\right)$$

## Η4. Ικανοτικός έλεγχος έναντι κάμψης και τέμνουσας

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ικανοτική σχέση	-	$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb}$	
Ροπή σχεδιασμού	-	$M_{id} = \gamma_{Rd} M_{Rci} \min(1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}})$	
$\gamma_{Rd}$	-	1,1	1,3
$V_{Ed}$ για σεισμό	Από Ανάλυση	$\gamma_{Rd} \frac{M_{Rd,c1} \min(1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}})_1 + M_{Rd,c2} \min(1; \frac{\Sigma M_{Rb}}{\Sigma M_{Rc}})_2}{h_{cl}}$	
$V_{Rd,max}$ για σεισμό	$V_{Rd,max} = 0,3(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250})b_w z f_{cd} \sin 2\theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	<p style="text-align: center;">Ως σε ΕΚ2 :</p> $V_{Rd,max} = 0,3(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250})b_w z f_{cd} \sin 2\theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	
$V_{Rd,s}$ για σεισμό	<p>ΕΚΤΟΣ κρίσιμης περιοχής</p> $V_{Rd,s} = 0,9b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	<p style="text-align: center;">Ως σε ΕΚ2 :</p> $V_{Rd,s} = 0,9b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	
	<p>ΕΝΤΟΣ κρίσιμης περιοχής</p> $V_{Rd,s} = 0,9b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	<p style="text-align: center;">Ως σε ΕΚ2 :</p> $V_{Rd,s} = 0,9b_w d \rho_w f_{ywd} \cot \theta$ <p style="text-align: center;">Με <math>22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ</math></p>	

### Παρατηρήσεις

- Ο ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε κάμψη δεν απαιτείται :
  - Στον ανώτατο όροφο
  - Στο ισόγειο διωρόφων κτιρίων εφόσον όλα τα υποστυλώματα έχουν ανηγμένη αξονική  $v_d < 0,3$
  - Αν τοιχώματα αναλαμβάνουν >50% σεισμικής τέμνουσας βάσης στην υπόψη οριζόντια διεύθυνση
  - Σε 1 από 4 υποστυλώματα επιπέδων πλαισίων με παρόμοιες διαστάσεις υποστυλωμάτων

## H5. Επιπρόσθετες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ισοδύναμη (ισεμβαδική) διατομή				
Ελάχιστος αριθμός διαμήκων ράβδων		4 (συνιστάται 6)	-	
Ελάχιστη διάμετρος διαμήκων ράβδων		8mm (συνιστάται 14 ή 12mm)	-	
Μέγιστη εκκεντρότητα	$e_{max}$	-	$\frac{D_c}{4}$	
Ελάχιστη διάμετρος	$minD_c$	-	$\max \left\{ \begin{array}{l} 250mm \\ \frac{l_s}{10} \end{array} \right.$	
Συντελεστής αποδοτικότητας $\alpha = \alpha_n \alpha_s$	Κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες	-	$\alpha_n = 1$ $\alpha_s = \left( 1 - \frac{s}{2D_o} \right)^2$	
	Σπειροειδείς συνδετήρες	-	$\alpha_n = 1$ $\alpha_s = \left( 1 - \frac{s}{2D_o} \right)$	

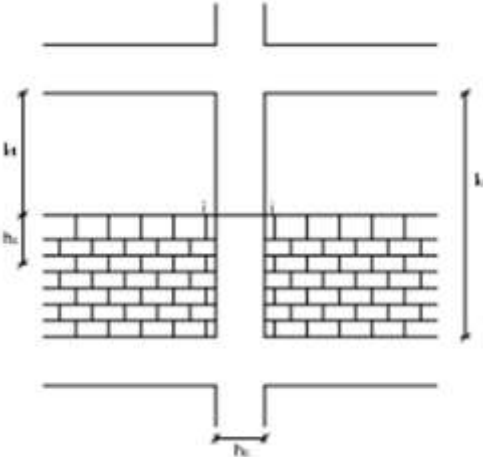
### Παρατηρήσεις

- Για ορθογωνικά υποστυλώματα ισχύουν τα εξής, για ΚΠΜ ή ΚΠΥ, αντιστοίχως:  $s \leq b_o/2$  ή  $b_o/3$ .
- Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και συμπληρωματικές διατάξεις, με βάση το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ.

## H6. Επιπρόσθετες διατάξεις για "φύσει" κοντά υποστυλώματα

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Λόγος διατμήσεως		$\alpha_s = \frac{M_d}{V_d} h \leq 2,5$		
Μεταφορά δυνάμεων		μέσω ενός θυσάνου λοξών θλιπτήρων και αντίστοιχων εγκάρσιων ελκυστήρων οπλισμού.	-	-
		<p style="text-align: center;">Κολώνα                      Μοντέλο</p>		
Απαίτηση δισδιαγώνιου οπλισμού		$\alpha_s < 1,50$	-	-
Ποσοστό δισδιαγώνιου οπλισμού		30% του διαμήκους οπλισμού	-	-
Ανηγγμένη αξονική	$v_d$	0,40	-	-
Μήκος κρίσιμης περιοχής	$l_{cr}$	-	$\frac{L_{cl}}{h_c} < 3 \Rightarrow L_{cr} = L_{cl}$	
<b>Παρατηρήσεις</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ο δισδιαγώνιος οπλισμός απαιτεί καλή αγκύρωση πέραν των άκρων του κοντού υποστυλώματος.</li> <li>• Εντός του κρίσιμου μήκους διατάσσονται πυκνοί συνδετήρες.</li> </ul>				

## Η7. Επιπρόσθετες διατάξεις για "θέσει" κοντά υποστυλώματα

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
			
Κοντό υποστυλώμα	Όταν το ύψος των τοιχωπληρώσεων δεν καλύπτει ολόκληρο το ύψος του ορόφου		
Κρίσιμο ύψος	-	Όλο το ύψος	
Όπλιση υποστυλώματος	-	Οπλίζεται όπως η κρίσιμη περιοχή των υποστυλωμάτων	
Ροπή για τον ικανοτικό έλεγχο σε τέμνουσα	-	$1,1 \cdot M_{Rc,i}$	$1,3M_{Rc,i}$
Παραλαβή της διατμητικής δύναμης από διαγώνιο οπλισμό	-	Εάν το ελεύθερο ύψος του υποστυλώματος είναι μικρότερο από $1,5h_c$	
<b>Παρατηρήσεις</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>M_{Rc,i}</math> είναι η υπολογιστική ροπή αντοχής του υποστυλώματος.</li> <li>• Οι συνδετήρες που προκύπτουν από τον ικανοτικό σχεδιασμό σε τέμνουσα τοποθετούνται σε όλο το ελεύθερο ύψος του υποστυλώματος και επεκτείνονται και στο τμήμα που είναι σε επαφή με τον τοίχο σε μήκος <math>h_c</math>, όπου <math>h_c</math> είναι η διάσταση της διατομής του υποστυλώματος στη διεύθυνση του τοίχου.</li> </ul>			

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων**

### Θ. Κόμβοι δοκών - υποστυλωμάτων

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Μέγιστη διάμετρος ράβδων $\Phi_{Lmax}$	Διαμήκων ράβδων που διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{cm} (1+0,8v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1+0,75k_D \rho' / \rho_{max})}$	
	Ράβδων που αγκυρώνονται (με καμπύλη 90°) σε εξωτερικούς ακραίους κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{cm} (1+0,8v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$	
Οριζόντια τέμνουσα που δρα στον πυρήνα σκυροδέματος	Για εσωτερικούς κόμβους	-	$V_{ijh} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_c \leq n f_{cd} \sqrt{(1 - \frac{v_d}{n})} b_j h_{jc}$	Όπου $n = 0,6(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250})$
	Για εξωτερικούς κόμβους	-	$V_{ijh} = \gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_c \leq 0,80 n f_{cd} \sqrt{(1 - \frac{v_d}{n})} b_j h_{jc}$	
Δρων πλάτος κόμβου		-	<p style="text-align: center;">Εάν <math>b_c &gt; b_w \Rightarrow b_j = \min \left\{ \begin{array}{l} b_c \\ b_w + 0,5h_c \end{array} \right.</math></p> <p style="text-align: center;">Εάν <math>b_c \leq b_w \Rightarrow b_j = \min \left\{ \begin{array}{l} b_w \\ b_c + 0,5h_c \end{array} \right.</math></p>	
Οριζόντιοι κλειστοί συνδετήρες	Για εσωτερικούς κόμβους	-	$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8v_d)$	
	Για εξωτερικούς κόμβους	-	$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1 - 0,8v_d)$	
Κατακόρυφος οπλισμός υποστυλώματος		-	$A_{sv} \geq \frac{2}{3} A_{sh} \frac{h_{jc}}{h_{jw}}$	
Ελάχιστος αριθμός κατακόρυφων ράβδων ανά πλευρά		-	3	

## Παρατηρήσεις

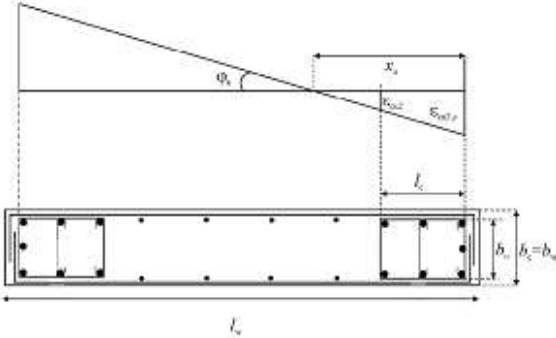
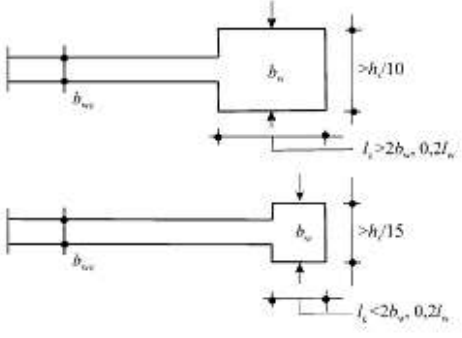
- $k_D=1$  για ΚΠΥ και  $k_D=2/3$  για ΚΠΜ
- $\gamma_{Rd}=1,2$  για ΚΠΥ και  $\gamma_{Rd}=1,0$  για ΚΠΜ
- $\rho'$  : ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού της δοκού
- $\rho_{\max} = \rho' + \frac{0,0018 f_{cd}}{\mu_{\phi} \varepsilon_{syd} f_{yd}}$  : μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού της δοκού
- $v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$  : ελάχιστη τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης στο υποστύλωμα από την ανάλυση για τη σεισμική δράση σχεδιασμού με τα ταυτόχρονα κατακόρυφα φορτία.
- Η  $v_d$  αφορά υπερκείμενο υποστύλωμα για εσωτερικούς κόμβους ή υποκείμενο υποστύλωμα για εξωτερικούς κόμβους.
- Οι οπλισμοί δοκών που αγκυρώνονται με καμπύλη σε ακραίους κόμβους πρέπει να τοποθετούνται μέσα στους συνδετήρες του υποστυλώματος.
- Σε κτίρια ΚΠΥ το μήκος αγκύρωσης του διαμήκου οπλισμού μέσα στον κόμβο αρχίζει να μετράται από απόσταση  $5d_{bl}$  από την παρειά του κόμβου.
- Ο οριζόντιος οπλισμός σε κόμβο υποστυλώματος με κύρια δοκό πρέπει να είναι τουλάχιστον ο ελάχιστος στην κρίσιμη περιοχή των άκρων του υποστυλώματος, εκτός εάν και στις τέσσερις πλευρές του κόμβου συμβάλουν δοκοί πλάτους τουλάχιστον ίσου με το 75% του πλάτους του υποστυλώματος, οπότε η μέγιστη απόσταση των οριζόντιων οπλισμών μπορεί να αυξηθεί στο διπλάσιο αλλά όχι μικρότερη των 150mm.



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για πλάστιμα τοιχώματα**

# 11. Γεωμετρικοί περιορισμοί

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ορισμός		$\frac{l_w}{b_{wo}} > 4$ (§ 5.1.2(1) του ΕΚ8)	
Πάχος κορμού	-	$b_{wo} \geq \max(0,15m; \frac{h_s}{20})$ (§ 5.4.1.2.3(1) και § 5.5.1.2.3(2))	
Ελάχιστο μήκος περισφιγμένων άκρων, $l_{c,min}$	-	$\geq \max(0,15l_w ; 1,5b_w)$ (§ 5.4.3.4.1(2) και § 5.5.3.4.5(6))	
Πάχος περισφιγμένων άκρων	-	Εάν $l_c \leq \max(0,2l_w ; 2b_w)$ απαιτείται $b_w \geq \max(0,20m; h_s/15)$ Εάν $l_c > \max(0,2l_w ; 2b_w)$ απαιτείται $b_w \geq \max(0,20m; h_s/10)$ (§ 5.4.3.4.2(10) και § 5.5.3.4.5(8))	
			
		Σχήμα: Περισφιγμένο ενισχυμένο άκρο τοιχώματος	Σχήμα: Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων στοιχείων άκρων
Ελάχιστο εμβαδό διατομής	-	$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,40$ $\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,40 f_{cd}}$ (§ 5.4.3.4.1(2))	$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,35$ $\Rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0,35 f_{cd}}$ (§ 5.5.3.4.1(2))

Κρίσιμο ύψος	$h_{cr}$	-	$\max(l_w ; h_w/6)$ <b>Αλλά και:</b> $h_{cr} \leq \min(2l_w ; h_s)$ για $n \leq 6$ $h_{cr} \leq \min(2l_w ; 2h_s)$ για $n \geq 7$ (§ 5.4.3.4.2(1) και § 5.5.3.4.5(1))

### Παρατηρήσεις

- $h_s$  είναι το καθαρό ύψος ορόφου και όπου η βάση ορίζεται ως η στάθμη της θεμελίωσης ή της οροφής υπόγειων ορόφων με άκαμπτα διαφράγματα και περιμετρικά τοιχώματα.
- $l_w$  είναι η μεγάλη πλευρά διατομής ορθογωνικού τοιχώματος ή τμήματος τοιχώματος.
- $h_w$  είναι το ολικό ύψος τοιχώματος
- Σε τοιχώματα εντός περικλειστού υπογείου, ως κρίσιμο θεωρείται ύψος  $h_{cr}$  τόσο πάνω από το διάφραγμα οροφής υπογείου, όσο και ίσο ύψος κάτω από την οροφή υπογείου (EN1998-1:2004, § 5.8.1.5)

## 12. Απαιτήσεις για τον διαμήκη οπλισμό στις περισφιγμένες περιοχές άκρων

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Κρίσιμη περιοχή	Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού $\rho_{\min}$ στο $A_c = I_c \cdot b_w$	0,2% (§ 9.6.2(1))	0,5% (§ 5.4.3.4.2(8))	0,5% (§ 5.5.3.4.5(7))
	Μέγιστο ποσοστό οπλισμού $\rho_{\max}$ στο $A_c = I_c \cdot b_w$	4%	4% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	
	$d_{bl} \geq$	-	-	
	Αριθμός ράβδων ανά πλευρά $\geq$	2	2	
	Απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια	-	$\leq 200\text{mm}$ (§ 5.4.3.4.2(9) που παραπέμπει στο § 5.4.3.2.2(11))	
Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή		-	Όπως στη μη κρίσιμη περιοχή	Όπως στη κρίσιμη περιοχή
Μη κρίσιμη περιοχή	Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού $\rho_{\min}$ στο $A_c = I_c \cdot b_w$	0,2% (§ 9.6.2(1))	0,2% (§ 5.4.3.4.2(11)) Εάν $\epsilon_c > 2\text{‰} \rightarrow \rho_{\min} = 0,5\%$	0,2% (§ 5.5.3.4.5(12)) Εάν $\epsilon_c > 2\text{‰} \rightarrow \rho_{\min} = 0,5\%$
	Μέγιστο ποσοστό οπλισμού $\rho_{\max}$ στο $A_c = I_c \cdot b_w$	4% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	4% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	
	$d_{bl} \geq$	-	-	
	Αριθμός ράβδων ανά πλευρά $\geq$	2	2	
	Απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια	-	$\leq 200\text{mm}$ (§ 5.4.3.4.2(9) που παραπέμπει στο § 5.4.3.2.2(11))	

### Παρατηρήσεις

- Σύμφωνα με το § 5.5.3.4.5(10) του EN1998-1:2004 κάθε δευτέρα διαμήκης ράβδος θα πρέπει να συγκρατείται από κλειστό ή μονοσκελή συνδετήρα

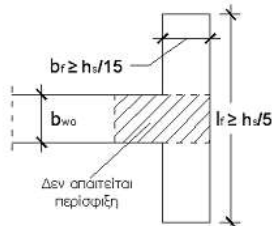
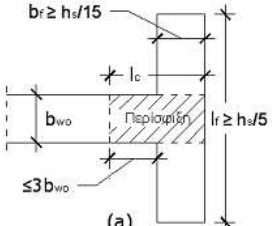
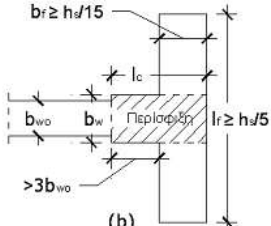
### 13. Απαιτήσεις για τον εγκάρσιο οπλισμό στις περισφιγμένες περιοχές άκρων

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	
Κρίσιμη περιοχή	Διάμετρος οπλισμού	$d_{bw,min}$	$\max \begin{cases} 6mm \\ d_{bl} / 4 \end{cases}$	Αν στο $A_c=l_c \cdot b_w$ είναι $\rho_L > 2\%$ , ισχύει ότι σε DL για $\rho_L > 2\%$	8mm
	Διαμήκη απόσταση οπλισμού	$s_{w,max}$	$\min \begin{cases} 20d_{bl} \\ b_{wo} \\ 400mm \end{cases}$	Αν στο $A_c=l_c \cdot b_w$ είναι $\rho_L > 2\%$ , ισχύει ότι σε DL για $\rho_L > 2\%$	$\min \begin{cases} 25d_{bh} \\ 250mm \end{cases}$
	$\omega_{wd} \geq$	-	0,08 (§ 5.4.3.4.2(9))	0,12 (§5.4.3.4.2(9))	
	$\alpha\omega_{wd} \geq$	-	$30\mu_\phi (v_d + \omega_{vd}) \varepsilon_{syd} \frac{b_w}{b_o} - 0,035$ (§ 5.4.3.4.2(4) και §5.5.3.4.5(11))		
Όροφος πάνω από κρίσιμη περιοχή		-	$\rho_v \geq 0,2\%$ $\rho_v \geq 0,5\%$ όπου $\varepsilon_c > 0,2\%$	Όπως σε κρίσιμη περιοχή αλλά με $\alpha\omega_{wd}$ , $\omega_{wd}$ μειωμένα στο 50% (§5.5.3.4.5(11))	
Λοιπό ύψος τοιχώματος	Διαμήκειες ράβδοι	Όπου $\varepsilon_c > 0,2\% \Rightarrow \rho_v \geq 0,5\%$ αλλιού $\rho_v \geq 0,2\%$ ( § 9.6 του EN1992-1-1 , § 5.4.3.4.2(11) και § 5.5.3.4.5(12) του EN1998-1-1 )			
	Εγκάρσιοι ράβδοι	-			

#### Παρατηρήσεις

- Σύμφωνα με τον EN1998-1:2004 για ΚΠΜ ο εγκάρσιος ενισχυμένων περιοχών άκρων στην κρίσιμη περιοχή μπορεί να υπολογίζεται με κανόνες της ΚΠΧ αν:
  - $v_d \leq 0,15$  ή
  - $v_d \leq 0,2$  και μειωθεί η τιμή του  $q$  κατά 15%
- $\mu_\phi$  = δείκτης πλαστιμότητας καμπυλοτήτων που αντιστοιχεί στο γινόμενο της βασικής τιμής του δείκτη συμπεριφοράς  $q_o$  επί το λόγο  $M_{Ed}/M_{Rd}$  στη βάση του τοιχώματος § 5.4.3.4.1(2) του EN1998-1:2004.  
 $\varepsilon_{syd} = f_{yd}/E_s$   
 $\omega_{vd}$  = μηχανικό ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού κορμού  
 Οι υπόλοιποι όροι της σχέσης του  $\alpha\omega_{wd}$  υπολογίζονται με βάση τη § 5.4.3.2.2(8) του EN1998-1:2004.

## I4. Περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων με εγκάρσια πέλματα

			ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Μορφή εγκάρσιου πέλματος			-	Τ ή Γ	
Διαμόρφωση περισφιγμένου άκρου	Διαστάσεις εγκάρσιου πέλματος	$b_f \geq \frac{h_s}{15}$ $l_f \geq \frac{h_s}{5}$	-	Δεν απαιτείται, ενδέχεται όμως να απαιτηθεί στα άκρα του πέλματος για κάμψη εκτός του επιπέδου	Απαιτείται
		$b_f < \frac{h_s}{15}$ $l_f < \frac{h_s}{5}$	-	Απαιτείται, όπως στα ορθογωνικά τοιχώματα	Απαιτείται
Διαμόρφωση διαπλάτυσης		$l_c \leq b_f + 3b_{wo}$	-	-	$b_w = b_{wo}$
		$l_c > b_f + 3b_{wo}$			$b_w \geq b_{wo}$ Προκύπτει από τις διατάξεις των τοιχωμάτων για ορθογωνική διατομή
					
		Σχήμα: Τοίχωμα ΚΠΜ με επαρκές εγκάρσιο πέλμα	Σχήμα: Τοίχωμα ΚΠΥ με εγκάρσιο πέλμα		

## 15. Απαιτήσεις για τον κορμό

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Κατακόρυφες ράβδοι	Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{vmin}$ 0,2% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 0,2% (§ 5.5.3.4.5(13))	
	Μέγιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{vmax}$ 4% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 4% (Βάση του Ελληνικού Εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ2)	
	Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού	$d_{bv,min}$ -	-	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 8mm (§ 5.5.3.4.5(15))
	Μέγιστη διάμετρος οπλισμού	$d_{bv,max}$ -	-	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $b_{wo}/8$ (§ 5.5.3.4.5(15))
	Μέγιστη απόσταση οπλισμού	$s_{v,max}$ $\min(3b_{wo}; 400\text{mm})$ (§ 9.6.2(3))	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $\min(3b_{wo}; 400\text{mm})$ (§ 9.6.2(3) του ΕΚ2)	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $\min(25d_{bv}; 250\text{mm})$ (§ 5.5.3.4.5(15))
Οριζόντιες ράβδοι	Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού	$\rho_{h,min}$ $\max(0,1\%; 0,25\rho_v)$ (§ 9.6.2(3))	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $\max(0,1\%; 0,25\rho_v)$ (§ 9.6.2(3) του ΕΚ2)	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 0,2% (§ 5.5.3.4.5(13))
	Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού	$d_{bh,min}$ -	-	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 8mm (§ 5.5.3.4.5(15))
	Μέγιστη διάμετρος οπλισμού	$d_{bh,max}$ -	-	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $b_{wo}/8$ (§ 5.5.3.4.5(15))
	Μέγιστη απόσταση οπλισμού	$s_{h,max}$ 400mm (§ 9.6.2(3))	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής 400mm (§ 9.6.2(3) του ΕΚ2)	Εντός και εκτός κρίσιμης περιοχής $\min(25d_{bv}; 250\text{mm})$ (§ 5.5.3.4.5(15))

### Παρατηρήσεις

- Σύμφωνα με το § 5.5.3.4.5(14) του EN1998-1:2004 τα πλέγματα στις δύο παρειές του κορμού θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με μονοσκελείς συνδετήρες σε αποστάσεις περίπου 500mm

## 16. Απαιτήσεις για διαστασιολόγηση έναντι ορθής έντασης και τέμνουσας

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Σχήμα: Περιβάλλουσα διατμητικών δυνάμεων σε τοίχωμα δυαδικού συστήματος και περιβάλλουσα σχεδιασμού ροπών κάμψης				
Ροπές σχεδιασμού		Από την Ανάλυση	Αν $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$ : Γραμμική περιβάλλουσα των ροπών $M_{Ed}$ της ανάλυσης	
Αμγημένη αξονική	$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$	-	$\leq 40$	$\leq 35$
Πολλαπλασιαστικός συντελεστής $\varepsilon$ σε $V_{Ed}$ από ανάλυση για σεισμό		$\varepsilon=1,0$	$\varepsilon=1,5$	$\text{if } \frac{h_w}{l_w} \leq 2 \Rightarrow \varepsilon = 1,2 \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \leq q$ $\text{if } \frac{h_w}{l_w} > 2 \Rightarrow \varepsilon = \sqrt{\left(1,2 \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0,1 \left(q \frac{Se(T_c)}{Se(T_1)}\right)^2} \leq q$
Τέμνουσα σχεδιασμού τοιχωμάτων δυαδικών συστημάτων με $h_w/l_w > 2$ , σε ύψος $z$ από $h_w/3$ έως $h_w$		Από την Ανάλυση	Από την Ανάλυση	$V_{Ed}(z) = \left(\frac{0,75z}{h_w} - \frac{1}{4}\right) \varepsilon V_{Ed}(0) + \left(1,5 - \frac{1,5z}{h_w}\right) \varepsilon V_{Ed}\left(\frac{h_w}{3}\right)$
$V_{Rd,s}$	εκτός κρίσιμης περιοχής		Ως σε ΕΚ2 : $V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	
	Εντός κρίσιμη περιοχής	if $\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} l_w} \geq 2$ $\rho_v = \rho_{\min}, \rho_h \Rightarrow$	Ως σε ΕΚ2 : $V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	
		If $\alpha_s < 2$ $\rho_h \Rightarrow$ $\rho_v \Rightarrow$	Ως σε ΕΚ2 : $V_{Rd,s} = b_{wo} (0,8l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	$V_{Rd,s} = V_{Rd,c} + b_{wo} \alpha_s (0,75l_w \rho_h f_{ywd})$ $\rho_v f_{ywd} \geq \rho_h f_{ywd} - \frac{N_{Ed}}{0,8l_w b_{wo}}$
$V_{Rd,max}$	εκτός κρίσιμης περιοχής		Ως σε ΕΚ2 : $V_{Rd,max} = 0,3 \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) b_{wo} 0,8l_w f_{cd} \sin 2\theta$ με $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$	
	σε κρίσιμη περιοχή		Ως άνω	Ως σε ΕΚ2



Αντοχή σε διατμητική ολίσθηση ( $A_{sl}$ συνολική διατομή ράβδων με γωνία $\pm\varphi$ προς οριζόντιο)	-	-	$V_{Rd,s} = A_{sl}f_{yd} \cos \varphi + A_{sv} \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25f_{yd} \\ 1,3\sqrt{f_{yd}f_{cd}} + 0,3\left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right)b_w\alpha f_{cd} \end{array} \right.$
Ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού σε αρμό διακοπής εργασίας	-	-	$\geq \left\{ \begin{array}{l} 0,25\% \\ \frac{1,3f_{ctd} - \frac{N_{Ed}}{A_c}}{f_{yd} + 1,5\sqrt{(f_{cd}f_{yd})}} \end{array} \right.$

### Παρατηρήσεις

- $M_{Ed}$ = ροπή στη βάση του τοιχώματος από την ανάλυση για το σεισμό σχεδιασμού.
- $M_{Rd}$ = τιμή σχεδιασμού καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος για την αξονική δύναμη  $N_{Ed}$  από την ανάλυση για το συνδιασμό του σεισμού σχεδιασμού.
- $Se(T_1)$ = τιμή ελαστικού φάσματος στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο
- $Se(T_c)$ = τιμή ελαστικού φάσματος στην αρχή του φθίνου κλάδου (σε περίοδο  $T_c$ )
- Για δυαδικό σύστημα  $z$ =απόσταση από βάση τοιχώματος.
- Με  $b_w, d$  σε m,  $f_{ck}$  σε MPa,  $\rho_l$ =ποσοστό διαμήκους οπλισμού εφελκόμενου πέλματος,  $V_{Rd,c}$  και  $N_{Ed}$  σε kN είναι:

$$V_{Rd,c} = \left\{ \max \left[ \begin{array}{l} 120(100\rho_l)^{1/3} \\ 35\sqrt{1 + \sqrt{\frac{0,2}{d}}} f_{ck}^{1/6} \end{array} \right] \left( 1 + \sqrt{\frac{0,2}{d}} \right) f_{ck}^{1/3} + 0,15 \frac{N}{A_c} \right\} b_w d$$

$N_{Ed}$ =αξονική δύναμη (ελαστική τιμή) από ανάλυση για σεισμικό σχεδιασμό δράσεων ( $\theta$ λίψη>0)

- $A_{sv}$ = συνολική διατομή κατακόρυφου οπλισμού κορμού και τυχόν πρόσθετων κατακόρυφων ράβδων που τοποθετούνται στις ενισχυμένες περιοχές άκρων για αντίσταση σε διατμητική ολίσθηση.
- $\alpha$ = ύψος θλιβόμενης ζώνης διατομής τοιχώματος που ελέγχεται
- $f_{ctd}=f_{ctk0,05}/\gamma_c$  : τιμή σχεδιασμού (κάτω χαρακτηριστική τιμή) εφελκυστικής αντοχής σκυροδέματος

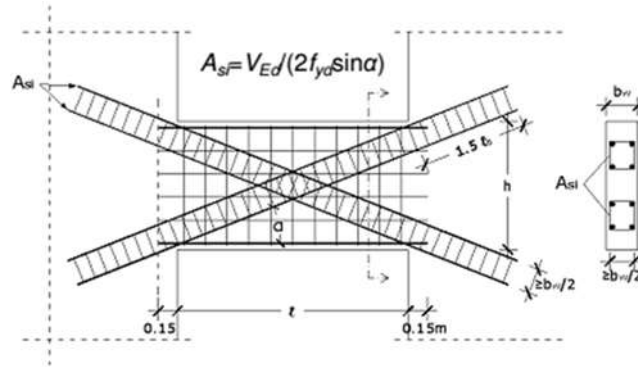
## 17. Πρόσθετες διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Λόγος ύψους προς μήκος			$\frac{h_w}{l_w} < 2$	
Τροποποίηση του διαγράμματος των ροπών κάμψεως		-	Δεν απαιτείται	
Τροποποίηση του διαγράμματος των τεμνουσών		-	Δεν απαιτείται	
Τέμνουσα σχεδιασμού		-	$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \left( \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right) V_{Ed}' \leq q V_{Ed}'$	
Βάση τοιχώματος		-	$V_{id} < \frac{V_{Ed}}{2}$	
Υψηλότερα επίπεδα		-	$V_{id} < \frac{V_{Ed}}{4}$	
Υπολογισμός της δρώσας τέμνουσας σύμφωνα με τον ικανοτικό σχεδιασμό	Αύξηση της καμπτικής αντοχής ή Αγνόηση η επιρροή λοξών ράβδων	-	$\Delta M_{Rd} = \frac{1}{2} \cdot \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \sin \varphi \cdot l_i$ <p style="text-align: center;">Ή</p> $V_{id} = \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \left[ \cos \varphi - 0,5 \cdot l_i \cdot \frac{\sin \varphi}{\alpha_s \cdot l_w} \right]$	

### Παρατηρήσεις

- Οι λοξές ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται πλήρως και στις δυο πλευρές των πιθανών διεπιφανειών ολίσθησης και πρέπει να διασχίζουν όλες τις διατομές τοιχωμάτων μέσα σε απόσταση  $0,5l_w$  ή  $0,5h_w$ , όποια είναι μικρότερη, επάνω από την κρίσιμη διατομή βάσεως.
- Οι λοξές ράβδοι οδηγούν σε αύξηση της καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος, που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  υπολογίζεται σύμφωνα με τον κανόνα του ικανοτικού σχεδιασμού.
- $V_{Ed}'$  η τέμνουσα από την ανάλυση του φορέα
- $l_i$  είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων δύο ομάδων κεκλιμένων ράβδων τοποθετημένων υπό γωνία  $\pm\varphi$  προς το επίπεδο πιθανής ολίσθησης και που μετράται στη διατομή βάσεως.

## 18. Δοκοί σύζευξης τοιχωμάτων



Εφαρμογή διατάξεων δοκών DH		-	-	<b>Εφόσον</b> $l \geq 3h$ και $V_{Ed} \leq f_{ctd} b_w d$
Δυσδιαγώνιος οπλισμός	$A_{Si}$	-	-	<b>Τοποθετείται εάν</b> $l < 3h$ και $V_{Ed} > f_{ctd} b_w d$ με μορφή κλωβού στύλου πλευράς $\geq b_w / 2$
Μήκος αγκύρωσης του δυσδιαγώνιου οπλισμού		-	-	$1,50l_{bd}$
Συνδετήρες		-	-	Όπως στην κρίσιμη περιοχή στύλων ΚΠΧ
<b>Παρατηρήσεις</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Τοποθετούνται επιπλέον στις δοκούς ζύζευξης τοιχωμάτων οι ελάχιστοι διαμήκεις και εγκάρσιοι οπλισμοί υψίκορμων δοκών του EN1992-1-1</li> </ul>				

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για τοιχώματα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα**

## Κ. Σύστημα τοιχωμάτων μεγάλων ελαφρά οπλισμένων

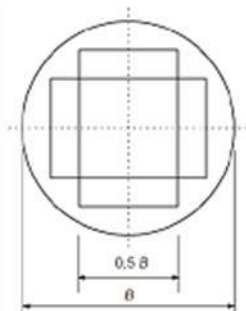
		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Μεγάλο τοίχωμα		-	$l_w \geq 4m \quad \eta \quad \geq \frac{2}{3} h_w$	-
Σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων		-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τουλάχιστον το 65% της τέμνουσας βάσης παραλαμβάνεται από τοιχώματα</li> <li>• Τουλάχιστον 2 μεγάλα τοιχώματα αναλαμβάνουν τουλάχιστον το 20% του κατακόρυφου φορτίου του κτιρίου</li> <li>• Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι <math>T_1 &lt; 0,5s</math></li> <li>• Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει στρεμπτική δυσκαμψία, ώστε να ικανοποιούνται οι σχέσεις: <math>r_x \geq I_s</math> και <math>r_y \geq I_s</math>. Αλλιώς το σύστημα χαρακτηρίζεται ως στρεμπτικά εύκαμπτο.</li> </ul>	-
Ειδική περίπτωση		-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Είναι δυνατόν να υπάρχει μόνο ένα μεγάλο ελαφρώς οπλισμένο τοίχωμα σε μία διεύθυνση εφόσον στην άλλη διεύθυνση υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις παραπάνω προϋποθέσεις</li> </ul>	-
q	Για σύστημα	-	3	-
	Ειδική περίπτωση	-	2	-
Πάχος κορμού		-	$b_{wo} \geq \max(0,15m; \frac{h_x}{20})$ (§ 5.4.1.2.4)	-
Κατακόρυφοι οπλισμοί		-	Προσαρμόζονται ακριβώς στην ένταση M και N από την ανάλυση	-
Τέμνουσα σχεδιασμού $V_{Ed}$		-	Η τέμνουσα που προκύπτει από την ανάλυση πολλαπλασιασμένη επί $(1+q)/2$	-
Αν $V_{Ed} < V_{Rd}$ στοιχείων χωρίς οπλισμό διάτμησης		-	Δεν τοποθετείται ούτε καν ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης	-
<b>Παρατηρήσεις</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αν ο φορέας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα ελαφρά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων ή δεν ανήκει στην ειδική περίπτωση τότε όλα τα τοιχώματα (και αυτά με <math>l_w \geq 4m</math>) διαστασιοποιούνται ως πλάστιμα. (§ 5.2.2.1(7) του EN1998-1:2004)</li> </ul>				

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Λ**

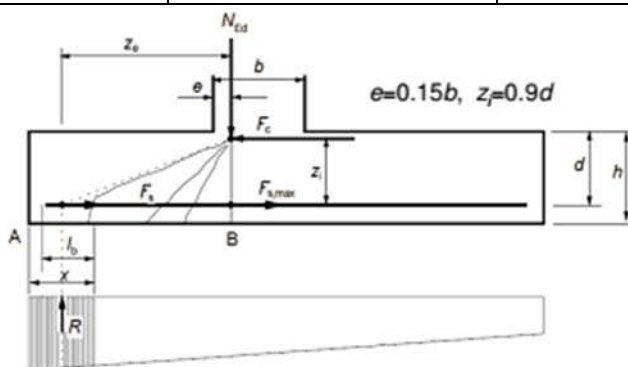
**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για στοιχεία θεμελίωσης**

## Λ2. Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστη διάμετρος κυρίων οπλισμών	8mm	-	-
Εφελκυστική δύναμη $F_s$	$F_s = Rz_e / z_i$	-	-



Σχήμα : Κυκλικό πέδιλο



Σχήμα : Υπολογισμός και αγκύρωση κύριου οπλισμού

### Παρατηρήσεις

- Σε κυκλικά πέδιλα ο κύριος οπλισμός κάτω πέλματος διατάσσεται σε σχάρα και μπορεί να συγκεντρωθεί σε κεντρικές ζώνες πλάτους  $(50 \pm 10)\%$  της διαμέτρου.
- Εάν το διαθέσιμο μήκος ευθύγραμμης αγκύρωσης δεν επαρκεί, οι ράβδοι μπορούν να καμφθούν ή να ληφθούν άλλα κατάλληλα μέτρα.

### Λ3. Συνδετήριες δοκοί

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Διαστάσεις διατομής	-	$n \leq 3: b_w \geq 0,25m, h_w \geq 0,40m$ $n \leq 4: b_w \geq 0,25m, h_w \geq 0,50m$ όπου n: πλήθος υπέργειων ορόφων	
Διαμήκης οπλισμός άνω και κάτω παρειάς	-	$\rho_{b,min} = 4\%$	
Ελάχιστη διάμετρος διαμήκων ράβδων	Φ8	-	-
Ελάχιστο κατανεμημένο κινητό φορτίο	$q_1 = 10kN/m$	-	-

#### Παρατηρήσεις

- Οι συνδετήριες δοκοί θα πρέπει να ελέγχονται για ελάχιστο κατανεμημένο κινητό φορτίο  $q_1 = 10kN/m$  λόγω πιθανής επιφόρτισης από μηχανήματα συμπίκνωσης των επιχώσεων.
- Δεν επιτρέπεται η διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων μεταξύ της άνω επιφάνειας πεδίου και του πυθμένα συνδετήριων δοκών. Για τον σκοπό αυτόν ο πυθμένας των συνδετήριων δοκών θα βρίσκεται κάτω από την άνω επιφάνεια του πεδίου.
- Οι αξονικές δυνάμεις σε συνδετήριες δοκούς που υπολογίζονται σύμφωνα με τις ιατάξεις του EN 1998-5, πρέπει να λαμβάνονται στον έλεγχο ότι δρουν μαζί με τα εντατικά μεγέθη για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και αποτελέσματα δευτέρας τάξεως.

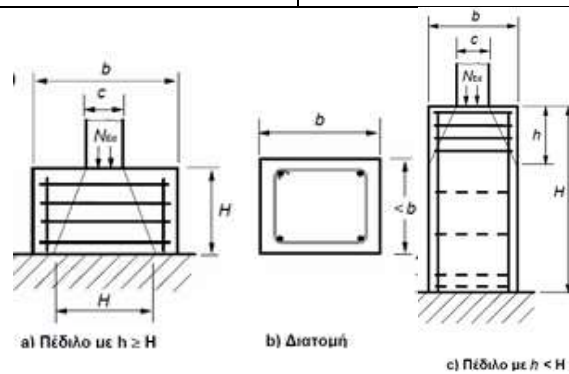
#### Διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-5:2004

- Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
  - Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αναλαμβάνουν αξονική δύναμη, τόσον σε εφελκυσμό όσον και σε θλίψη, ίση με:
    - $\pm 0,3\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου B
    - $\pm 0,4\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου C
    - $\pm 0,6\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου D
 όπου  $N_{Ed}$  είναι η μέση τιμή των αξονικών δυνάμεων σχεδιασμού των συνδεόμενων κατακόρυφων στοιχείων στην σεισμική μελέτη.
- Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα του πέδιλου ή στις άλλες συνδετήριες δοκούς που το πλαισιώνουν.



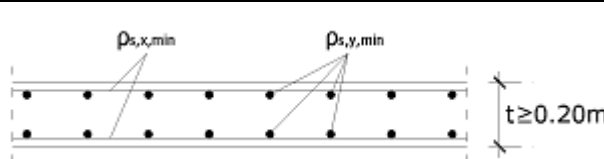
### Λ4. Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Μέση πίεση στον αρμό εδάφους-πεδίου	$q_2 > 5 \text{MPa}$	-	-
Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων	8mm	-	-
Ισοκατανομή των συνδετήρων σε ύψος h	$h = \min(b ; H)$	-	-
Δύναμη διάρρηξης $F_s$	$F_s = (1 - \frac{c}{h}) N_{Ed}$	-	-



**Σχήμα: Οπλισμός εγκάρσιας διάρρηξης πεδίου επί βράχου**

## Λ6. Συνδετήριες πλάκες στοιχείων θεμελίωσης

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστο πάχος	$t_{\min}$	-	0,20m	
Ελάχιστος οπλισμός	$\rho_{s,\min}$	-	2‰ ανά κατεύθυνση	
				

### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

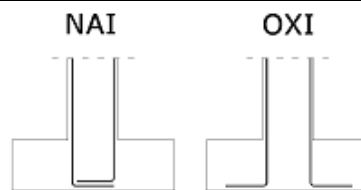
- Δεν επιτρέπεται η διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων μεταξύ της άνω επιφάνειας πεδίου και του πυθμένα πλακών θεμελίωσης. Για τον σκοπό αυτόν ο πυθμένας των πλακών θεμελίωσης θα βρίσκεται κάτω από την άνω επιφάνεια του πεδίου.
- Οι αξονικές δυνάμεις σε συνδετήριες ζώνες πλακών θεμελίωσης που υπολογίζονται σύμφωνα με τις διατάξεις του EN 1998-5, πρέπει να λαμβάνονται στον έλεγχο ότι δρουν μαζί με τα εντατικά μεγέθη που υπολογίζονται για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και αποτελέσματα δευτέρας τάξεως.

#### Διατάξεις σύμφωνα με τον EN1998-5:2004

- Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
  - Οι συνδετήριες ζώνες πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μπορούν να αναλάβουν αξονικές δυνάμεις ίσες με:
    - $\pm 0,3\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου B
    - $\pm 0,4\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου C
    - $\pm 0,6\alpha SN_{Ed}$  για εδάφη τύπου D
 όπου  $N_{Ed}$  είναι η μέση τιμή των αξονικών δυνάμεων σχεδιασμού των συνδεόμενων κατακόρυφων στοιχείων στην σεισμική μελέτη.
- Ο διαμήκης οπλισμός των συνδετήριων ζωνών θα αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα των πεδίων ή στην συνεχόμενη πλάκα.

## Λ7. Κόμβοι σύνδεσης κατακόρυφων στοιχείων με στοιχεία θεμελίωσης

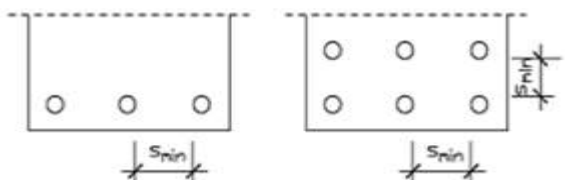
- Στην κοινή περιοχή (κόμβο) μιας δοκού θεμελίωσης ή ενός τοιχώματος θεμελίωσης με ένα κατακόρυφο στοιχείο θα εφαρμόζονται οι κανόνες για περιοχές κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ ελέγχεται με εντατικά μεγέθη που βασίζονται σε θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού, η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται με βάση αποτελέσματα της ανάλυσης.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ δεν ελέγχεται με θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού, η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται σύμφωνα με τις διατάξεις για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- Σε φορείς ΚΠΜ η σύνδεση των δοκών θεμελίωσης ή τοιχωμάτων θεμελίωσης με κατακόρυφα στοιχεία θα ακολουθεί τους κανόνες για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- Καμπυλώσεις ή άγκιστρα αγκύρωσης των διαμήκων ράβδων κατακόρυφων στοιχείων σε στοιχεία θεμελίωσης πρέπει να ασκούν θλίψη στο σώμα του κόμβου σύνδεσης.



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Μ**

**Πινακοποίηση των διατάξεων των EN1992-1-1:2004 και EN1998-1:2004  
για αγκυρώσεις και ενώσεις**

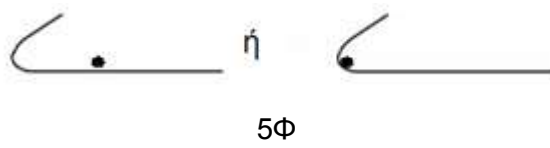

### M1.1. Απόσταση μεταξύ των οπλισμών

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστη καθαρή απόσταση μεταξύ μεμονωμένων παράλληλων ράβδων	$S_{min} = \max\{\Phi ; d_g + 5 ; 20\}$ (mm)	-	-
		-	-

#### Παρατηρήσεις

- Απαιτούνται κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων ώστε το σκυρόδεμα να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά. Έτσι εξασφαλίζεται επαρκής συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμών.
- Οι ράβδοι των επάλληλων στρώσεων θα πρέπει να διατάσσονται κατακόρυφα, η μια πάνω από την άλλη.
- Ράβδοι που ματίζονται επιτρέπεται να εφάπτονται μεταξύ τους στο μήκος υπερκάλυψης

### M2.1. Αποφυγή βλάβης των ράβδων

Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ράβδοι και σύρματα	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου	Διάμετρος ράβδου $\Phi \leq 16\text{mm}$	4 $\Phi$	-
		Διάμετρος ράβδου $\Phi > 16\text{mm}$	7 $\Phi$	-
Συγκολλητοί οπλισμοί και συγκολλητα δομικά πλέγματα	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου	 5 $\Phi$	-	-
		 $d \geq 3\Phi$ <span style="float: right;">=&gt; 5<math>\Phi</math></span> $d < 3\Phi$ ή συγκόλληση εντός καμπύλου μήκους => 20 $\Phi$		

#### Παρατηρήσεις

- Επιβάλλεται ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης,  $\Phi_{min}$ , ώστε να αποφεύγονται:
  - Καμπτικές ρωγμές στη ράβδο
  - Αστοχία του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλωσης

## M2.2. Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης	$\geq \frac{F_{bt} \left[ \left( \frac{1}{a_b} \right) + \frac{1}{2\Phi} \right]}{f_{cd}}$	-	-

### Παρατηρήσεις

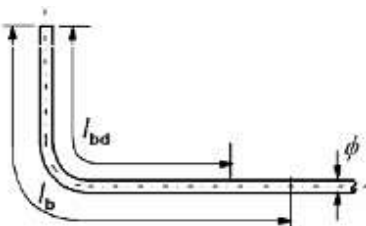
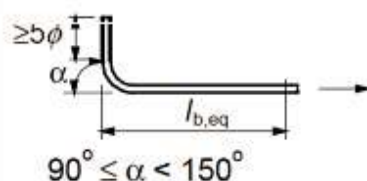
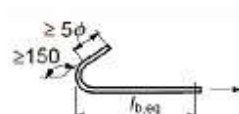
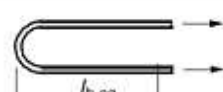
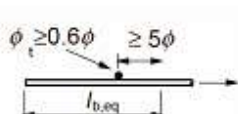
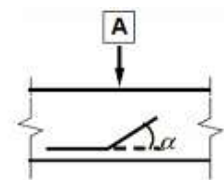
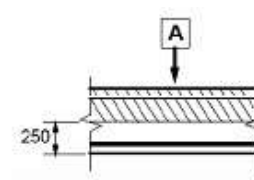
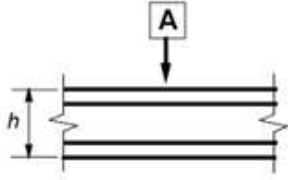
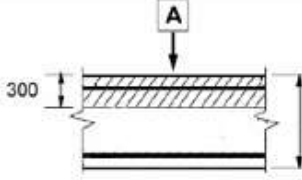
- $a_b$  = Το μισό της απόστασης μεταξύ των κέντρων γειτονικών ράβδων, κάθετα προς το επίπεδο της καμπύλωσης. Για ράβδο κοντά στην επιφάνεια του μέλους με επικάλυψη  $c$ :  $a_b = c + \Phi/2$
- Η διάμετρος καμπύλωσης δε χρειάζεται να ελέγχεται έναντι αστοχίας του σκυροδέματος, εάν συντρέχουν όλες οι παρακάτω προϋποθέσεις:
  - Η διάμετρος καμπύλωσης είναι τουλάχιστον ίση με τις τιμές του παραπάνω πίνακα.
  - Η αγκύρωση της ράβδου δεν απαιτεί μήκος μεγαλύτερο από  $5\Phi$  μετά το πέρας της καμπύλωσης.
  - Το επίπεδο της καμπύλωσης δε βρίσκεται κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος και υπάρχει μία τουλάχιστον εγκάρσια ράβδος ( $\Phi_{trans} \geq \Phi$ ) μέσα στο καμπύλο μήκος.

### Επιτρεπόμενες ελάχιστες διαμέτροι καμπύλωσης (βοηθητικοί πίνακες)

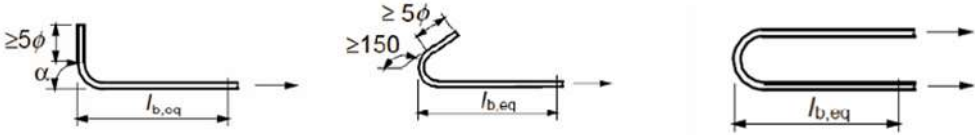
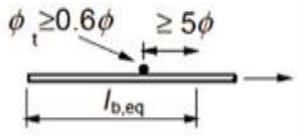
Επιτρεπόμενες ελάχιστες διαμέτροι καμπύλωσης									
$a_b$	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	$\geq C55/67$
1 $\Phi$	n=48	38	31	26	22	19	17	15	14
2 $\Phi$	32	26	20	17	15	13	11	10	9
3 $\Phi$	27	21	17	14	12	11	9	9	8
4 $\Phi$	24	19	15	13	11	10	9	8	7
5 $\Phi$	22	18	14	12	10	9	8	7	7
10 $\Phi$	19	15	12	10	9	8	7	6	6

Θεωρήθηκε  $F_{bt} = A_s f_{yd}$  και  $f_{yd} = (500/1,15) \text{MPa}$   
 Ράβδοι  $\Phi > 16 \text{mm}$ :  $\Phi_{m,min} = 7\Phi$

### M3.1. Αγκύρωση διαμήκων ράβδων

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
<p>Συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a) Βασικό μήκος αγκύρωσης υπό εφελκυσμό, <math>l_b</math> για οποιοδήποτε σχήμα μετρούμενο κατά μήκος του άξονα της ράβδου.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπική καμπύλωση</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>c) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό άγκιστρο</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό βρόχο</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>e) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης με συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο</p> </div> </div>	-	-
<p>Συνθήκες συνάφειας</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>a) <math>45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>c) <math>h &gt; 250 \text{ mm}</math></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>b) <math>h \leq 250 \text{ mm}</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d) <math>h \geq 600 \text{ mm}</math></p> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p><b>A</b> Διεύθυνση σκυροδέτησης</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Συνθήκες συνάφειας ευνοϊκές (E) : Λευκές περιοχές  Συμθήκες συνάφειας δυσμενείς (Δ) : Διαγραμμισμένες περιοχές</p>	-	-
<p>Τάση συνάφειας οπλισμού-σκυροδέματος</p>	$f_{bd} = 2,25n_1n_2f_{ctd}$ <p>όπου</p> $n_1 = \begin{cases} 1,0 & (E) \\ 0,7 & (\Delta) \end{cases} \quad n_2 = \begin{cases} 1,0 & (\Phi \leq 32) \\ (132 - \Phi)/100 & (\Phi > 32) \end{cases}$	-	-

### M3.2. Μήκη αγκύρωσης διαμήκων ράβδων

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης	$l_{b,rqd} = \left(\frac{\Phi}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) \text{ όπου } \sigma_{sd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_{s,pvd}} f_{yd}$	-	-
Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού	$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$ Δεν επιτρέπεται $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) < 0,7$ $l_{b,min} > \max\{0,3l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100\text{mm}\}$ αγκύρωση εφελκόμενης ράβδου $l_{b,min} > \max\{0,6l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100\text{mm}\}$ αγκύρωση θλιβόμενης ράβδου	-	-
Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης	-Καμπύλο άκρο, άγκιστρο ή αναβολέας $l_{bd} = l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$  -Εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος $l_{bd} = l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$ 	-	-



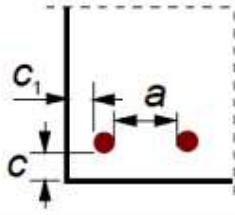
### M3.3. Τιμές των συντελεστών $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$

Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
		Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1=1,0$	$\alpha_1=1,0$
	Μη ευθύγραμμη	$\alpha_1=0,7$ εάν $c_d > 3\emptyset$ Αλλιώς $\alpha_1=1,0$	$\alpha_1=1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	Ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \frac{c_d - \Phi}{\Phi}$ $0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$	$\alpha_2=1,0$
	Μη ευθύγραμμη		$\alpha_2=1,0$
Περίσφιγξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $0,7 \leq \alpha_3 \leq 1,0$	$\alpha_3=1,0$
Περίσφιγξη με συγκολλημένο εγκάρσιο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_4=0,7$	$\alpha_4=0,7$
Περίσφιγξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $0,7 \leq \alpha_5 \leq 1,0$	-

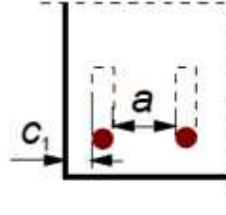
#### Παρατηρήσεις

- $\lambda = \frac{\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}}{A_s}$
- $\Sigma A_{st}$  είναι το εμβαδόν διατομής του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$ .
- $\Sigma A_{st,min}$  είναι το εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού ( $0,25A_s$  για δοκούς και μηδενικό για πλάκες)
- $A_s$  είναι το εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο
- $P$  εγκάρσια πίεση (MPa) στη κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του  $l_{bd}$

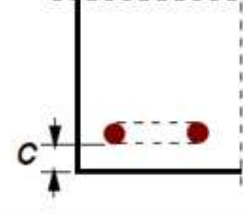
### M3.4. Τιμές του συντελεστή $c_d$ για δοκούς και πλάκες



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

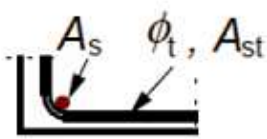


b) Καμπτόμενες ράβδοι ή άγκιστρα  
 $c_d = \min (a/2, c_1)$

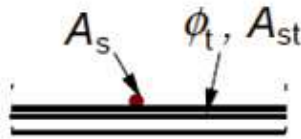


c) Βρόχοι  
 $c_d = c$

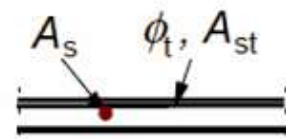
### M3.5. Τιμές του συντελεστή $K$ για δοκούς και πλάκες



$K = 0,1$

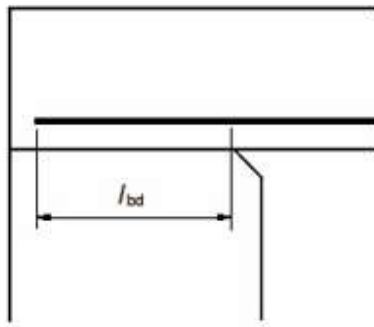
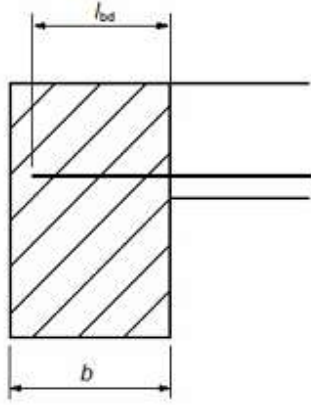
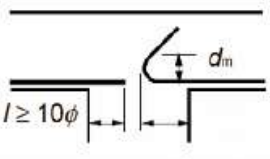
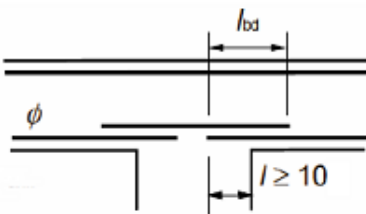
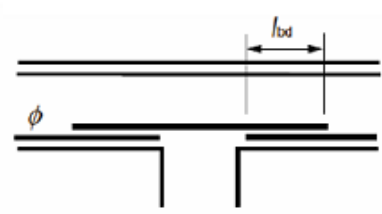


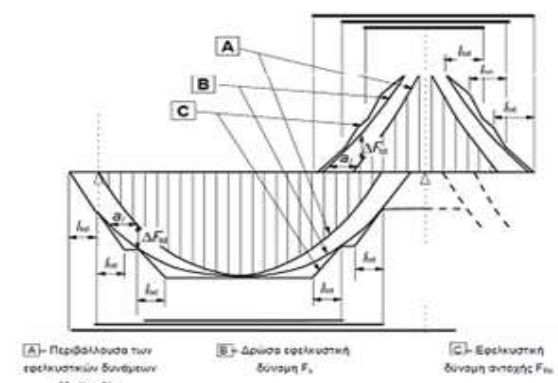
$K = 0,05$



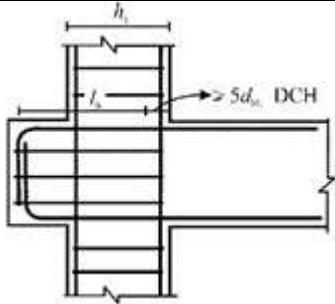
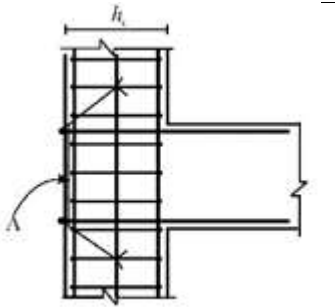
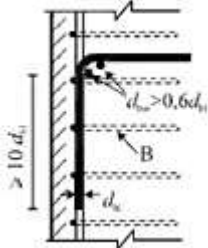
$K = 0$

## M4.1. Αγκύρωση διαμήκων ράβδων σε δοκούς

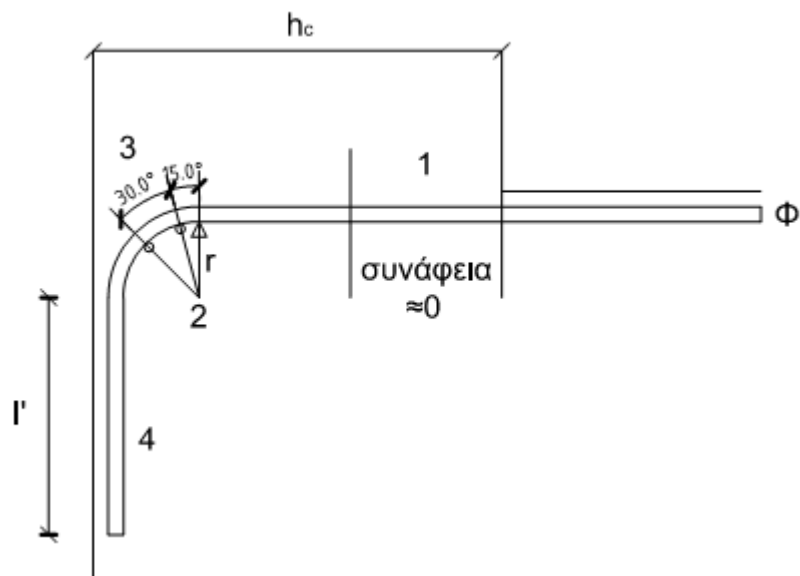
M4.1. Αγκύρωση διαμήκων ράβδων σε δοκούς					
	Ορισμός		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις	Ελάχιστος οπλισμός που συνεχίζει στη στήριξη	$A_{s,min}$	$0,25A_{s,ανοίγματος}$	-	-
	Εφελκυστική δύναμη	$F_E$	$ V_{Ed}  \frac{a_l}{z} + N_{Ed}$	-	-
	 	<p>α) Άμεση στήριξη: η δοκός στηρίζεται σε τοίχωμα ή υποστύλωμα</p>	<p>β) Έμμεση στήριξη: η δοκός διασταυρώνεται με εγκάρσια στηρίζουσα δοκό</p>		
Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδοιάμεσες στηρίξεις	Ελάχιστος οπλισμός που συνεχίζει στη στήριξη	$A_{s,min}$	$0,25A_{s,κατω-ανοίγματος}$	<p>Ευθύγραμμοι άνω ή κάτω οπλισμοί που διέρχονται από ενδιάμεσο κόμβο πρέπει να επεκτείνονται τουλάχιστον στο κρίσιμο μήκος <math>l_{cr}</math> του απέναντι ανοίγματος (§ 5.6.2.2)</p>	
	 <p>a) <math>l = d_m</math> (<math>\varnothing \leq 16</math>) <math>l = 2d_m</math> (<math>\varnothing &gt; 16</math>)</p>  <p>b)</p>  <p>c)</p>	<p>Συνιστάται να εξασφαλίζεται συνέχεια του οπλισμού (σχ. b και c) για αντίσταση σε τυχηματικές δράσεις</p>			

Μετάθεση διαγράμματος ροπών	$a_l$	Χωρίς οπλισμό διάτμησης $d$ Με οπλισμό διάτμησης $z(\cot\theta - \cot\alpha)/2$	-	-
	 <p style="text-align: center;"><b>Σχήμα: Κλιμάκωση του διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού</b></p>			
Μέγιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού $\Phi_{Lmax}$	Όταν διέρχονται από εσωτερικούς κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd} (1 + 0,75 k_D \rho' / \rho_{max})}$	
	Όταν αγκυρώνονται (με καμπύλη 90°) σε εξωτερικούς ακραίους κόμβους	-	$\frac{7,5 f_{ctm} (1 + 0,8 v_d) h_c}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$	
<b>Παρατηρήσεις</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σε ακραίες στηρίξεις το μήκος αγκύρωσης <math>l_{bd}</math> μετράται από το σημείο επαφής μεταξύ της δοκού και της στήριξης. Η εγκάρσια πίεση μπορεί να λαμβάνεται υπόψη για άμεσες στηρίξεις.</li> <li>• Ράβδοι που αγκυρώνονται με καμπύλωση σε περιμετρικό κόμβο πρέπει να βρίσκονται εσωτερικά των συνδετήρων του στύλου.</li> <li>• Σε δοκούς και υποστυλώματα ΚΠΥ το μήκος αγκύρωσης αρχίζει από βάθος <math>5\phi_L</math> εντός του κόμβου.</li> </ul>				

## M4.2. Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης για ακραίο κόμβο όπου $\Phi_L > \Phi_{Lmax}$

<p>Εξωτερικός κοντός πρόβολος κατάλληλου μήκους</p>	
<p>Αγκύρωση με συγκολλητή χαλύβδινη πλάκα</p>	 <p>A-Πλάκα αγκύρωσης</p>
<p>Καμπύλωση με κατακόρυφο σκέλος <math>\geq 10\Phi</math> και εγκάρσιο σπλισμό</p>	 <p>B-Συνδετήρες που περικλείουν τις ράβδους του υποστυλώματος</p>

Paulay/Priestley 1992




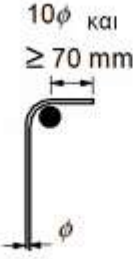
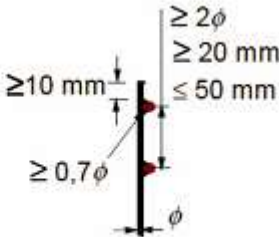
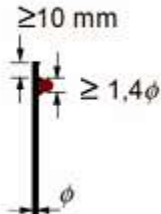
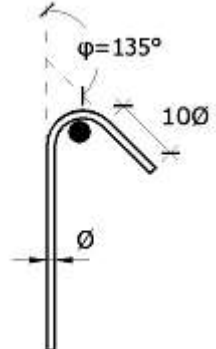
(1).  $\min(10\Phi; \frac{h_c}{2})$

(2).  $r \geq 2,5\Phi$

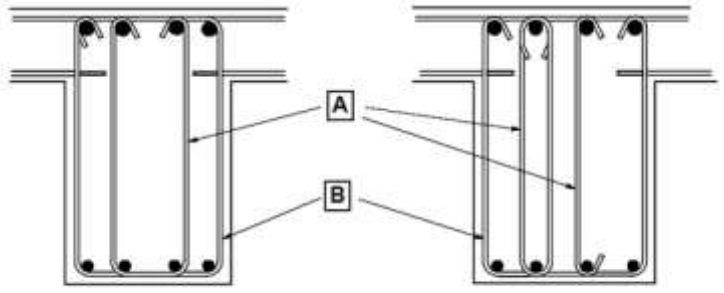
(3). Δύο ράβδοι, σε επαφή, με διάμετρο  $\geq 3/4\Phi$  και σε θέσεις  $15^\circ$  και  $45^\circ$

(4).  $l' \geq 12\Phi$

### M5.1. Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

ΚΠΧ		ΚΠΜ	ΚΠΥ
 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>	 <p>d)</p>
<p>Στις περιπτώσεις c) και d) η επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 3φ ή 50mm</p>			
			 <p>(§ 5.6.1)</p>

### M5.2. Αγκύρωση οπλισμού διάτμησης δοκού

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνδετήρων (τουλάχιστον το 50% του απαιτούμενου οπλισμού)</li> <li>• Κεκκαμένων ράβδων</li> <li>• Κλωβών ή συνδέσμων που δεν περικλείουν το διαμήκη οπλισμό, αλλά αγκυρώνονται στις θλιβόμενες ή εφελκόμενες περιοχές</li> </ul>	-	-
Συνδιασμοί οπλισμού	 <p>A - Εσωτερικός συνδετήρας (εναλλακτικές μορφές)</p> <p>B - Περιμετρικός συνδετήρας</p>		

#### Παρατηρήσεις

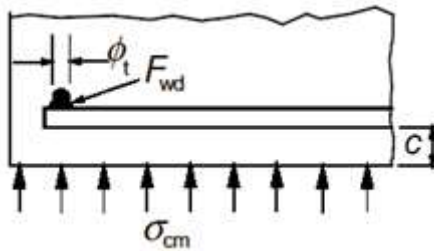
- Ο οπλισμός διάτμησης πρέπει να σχηματίζει γωνία  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  με το διαμήκη άξονα του μέλους

## Μ6.1. Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων

ΚΠΧ

ΚΠΜ

ΚΠΥ



Συγκολλημένη εγκάρσια ράβδος ως σύστημα αγκύρωσης

Διάμετρος συγκολλημένης εγκάρσιας ράβδου	14mm-32mm	-	-
Φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης, $F_{btd}$	$F_{btd} = l_{td} \Phi_t \sigma_{td}$ αλλά $F_{btd} < F_{wd}$	-	-
Μήκος σχεδιασμού εγκάρσιας ράβδου	$l_{td} = 1,16 \Phi_t \left( \frac{f_{yd}}{\sigma_{td}} \right)^{0,5} \leq l_t$	-	-
Τάση σκυροδέματος	$\sigma_{td} = \frac{f_{ctd} + \sigma_{cm}}{y} \leq 3f_{cd}$	-	-
Η συνάρτηση y	$y = 0,015 + 0,14e^{(-0,18x)}$	-	-
Η συνάρτηση x	$x = 2 \frac{c}{\Phi_t} + 1$	-	-

### Παρατηρήσεις

- $l_t$  είναι το μήκος της εγκάρσιας ράβδου, όχι μεγαλύτερο από την απόσταση μεταξύ των ράβδων που αγκυρώνονται
- $\Phi_t$  είναι η διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου
- Εάν δυο ράβδοι ίδιου μεγέθους είναι συγκολλημένες στις απέναντι παρειές της υπό αγκύρωση ράβδου, η φέρουσα ικανότητα μπορεί να διπλασιαστεί εφόσον η επικάλυψη της εξώτερης ράβδου πληρεί τις προϋποθέσεις για ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμού.
- Εάν δύο ράβδοι είναι συγκολλημένες στην ίδια πλευρά με ελάχιστη απόσταση  $3\Phi$ , η φέρουσα ικανότητα μπορεί να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή 1,41.
- Για ονομαστικές διαμέτρους ράβδων έως και 12mm, η φέρουσα ικανότητα της αγκύρωσης μιας διασταυρούμενης ράβδου εξαρτάται κυρίως από τη φέρουσα ικανότητα σχεδιασμού της συγκόλλησης και μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$F_{btd} = F_{wd} \leq 16A_s f_{cd} \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

Όπου:

$F_{wd}$  αντοχή διάτμησης σχεδιασμού της συγκόλλησης

$\Phi_t$  ονομαστική διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου:  $\Phi_t \leq 12\text{mm}$

$\Phi_l$  ονομαστική διάμετρος της υπό αγκύρωση ράβδου:  $\Phi_l \leq 12\text{mm}$

- Εάν τοποθετηθούν δύο εγκάρσιες συγκολλημένες ράβδοι με ελάχιστη απόσταση  $\Phi_t$ , το μήκος αγκύρωσης που προκύπτει πρέπει να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή 1,41

## M7.1. Ενώσεις με υπερκάλυψη

Ορισμός	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ						
Διάταξη		-	-						
Θέση ενώσεων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ενώσεις με απόσταση άκρων <math>&lt; 0,3l_0</math> θεωρείται ότι βρίσκονται στην ίδια θέση ( I , III )</li> <li>• Ενώσεις με απόσταση άκρων <math>\geq 0,3l_0</math> θεωρείται ότι βρίσκονται σε διαφορετικές γειτονικές θέσεις (II)</li> </ul>	-	-						
Μέγιστο ποσοστό ενώσεων στην ίδια θέση	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Εφελκόμενες διατεταγμένες σε μία στρώση</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">100%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">50%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερεύων οπλισμός (διανομές)</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">100%</td> </tr> </table>	Εφελκόμενες διατεταγμένες σε μία στρώση	100%	Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις	50%	Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερεύων οπλισμός (διανομές)	100%	-	-
Εφελκόμενες διατεταγμένες σε μία στρώση	100%								
Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις	50%								
Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερεύων οπλισμός (διανομές)	100%								
Απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης	$l_o = \alpha_6 \cdot l_{bd} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_5 \cdot a_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$ $l_{o,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot a_6 \cdot l_{b,rqd} \\ 15\Phi \\ 200mm \end{array} \right\}$	-	-						

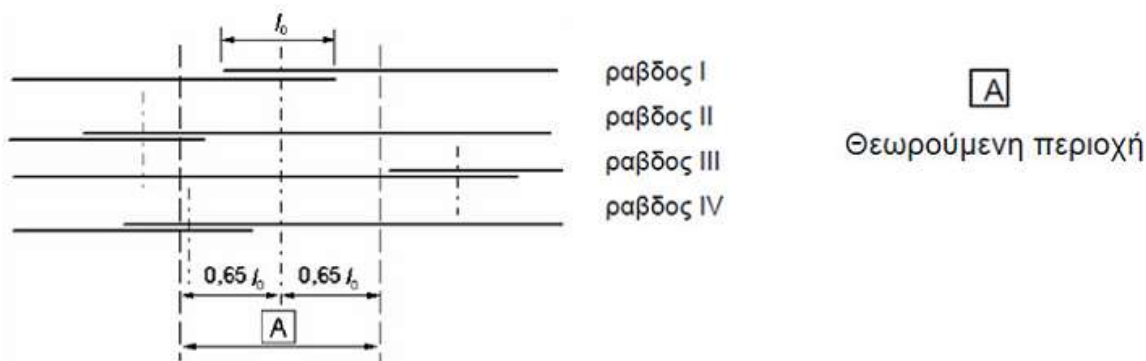
### Παρατηρήσεις

- Διατάσσονται σε κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ τους.
- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτησή τους σε περιοχές υψηλής έντασης (π.χ. κρίσιμες περιοχές).
- Διατάσσονται συμμετρικά εντός της διατομής και παράλληλα προς τις παρειές του στοιχείου.
- $\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5}$  και  $1,0 \leq \alpha_6 \leq 1,50$ . Όπου  $\rho_1$  είναι το ποσοστό του οπλισμού που ενώνεται με υπερκάλυψη στην ίδια θέση η οποία ορίζεται ως το τμήμα του δομικού στοιχείου με μήκος  $0,65l_0$  εκατέρωθεν του μέσου της θεωρούμενης ένωσης.



## M7.2. Τιμές του συντελεστή $\alpha_6$

Ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων ως προς το συνολικό οπλισμό της διατομής	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1,00	1,15	1,40	1,50



Σχήμα: Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων στην "ίδια θέση" με τη ράβδο I

### Παρατηρήσεις

- Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή
- Όταν η διάμετρος  $\varnothing$  των ράβδων με υπερκάλυψη είναι μικρότερη από 20mm , ή το ποσοστό των ράβδων με υπερκάλυψη σε οποιαδήποτε θέση είναι μικρότερο από το 25%, τότε οι τοποθετούμενοι για άλλους λόγους εγκάρσιοι οπλισμοί ή συνδετήρες, μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς για τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις, χωρίς περαιτέρω διερεύνηση.
- Όταν η διάμετρος  $\varnothing$  των ράβδων με υπερκάλυψη είναι ίση ή μεγαλύτερη των 20mm, ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να έχει συνολική επιφάνεια  $\Sigma A_{st}$  (άθροισμα όλων των σκελών κατά μήκος της ζώνης υπερκάλυψης) όχι μικρότερη από την επιφάνεια  $A_s$  μιας υπό ένωση ράβδου ( $\Sigma A_{st} \geq 1,0 A_s$ ). Οι εγκάρσιες ράβδοι πρέπει να τοποθετηθούν κάθετα στη διεύθυνση του υπό ένωση οπλισμού και μεταξύ αυτού και της επιφάνειας του σκυροδέματος.

### M7.3. Εγκάρσιος οπλισμός στο μήκος υπερκάλυψης

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Απαίτηση για να αρκεί ο υπάρχων οπλισμός	Ενώνονται ράβδοι με $\varnothing < 20\text{mm}$ ανεξάρτητα από το ποσοστό ένωσης $\rho_1$ $\rho_1 < 25\%$ ανεξάρτητα από τη διάμετρο των ράβδων που ενώνονται	-	-
Διαμόρφωση εγκάρσιων οπλισμών στο μήκος υπερκάλυψης	Εάν $\rho_1 > 50\%$ και η απόσταση μεταξύ ενώσεων στην ίδια θέση είναι $a \leq 10\varnothing$ τότε οι εγκάρσιοι οπλισμοί διαμορφώνονται ως συνδετήρες ή ράβδοι σχήματος U αγκυρωμένες στο σώμα του στοιχείου	-	-
Διάταξη εγκάρσιων οπλισμών στο μήκος υπερκάλυψης	<p>a) Ράβδοι υπό εφελκυσμό</p> <p>b) Ράβδοι υπό θλίψη</p>	-	-
Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων παράλληλα προς το πέλμα της δοκού	-	<p style="text-align: center;"><math>\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sLmax}</math></p>	
Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων κάθετα προς το πέλμα της δοκού	-	<p style="text-align: center;"><math>\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sL}</math></p>	
Απόσταση μεταξύ εγκάρσιων ράβδων	-	$s = \min \begin{cases} \frac{h}{4} \\ 100\text{mm} \end{cases}$ <p>όπου h η ελάχιστη διάσταση της διατομής</p>	
Εμβαδόν του σκέλους των εγκάρσιων οπλισμών στη θέση ένωσης	-	$A_{st} \geq \frac{\Phi_L f_{yld}}{50 f_{ywd}} \quad (\text{mm}^2)$ <p><math>\Phi_L</math>: διάμετρος διάμηκης ράβδου υπό ένωση</p>	

## M8. Ενώσεις με υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα

### M8.1. Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού πλεγμάτων

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ	
Ανεστραμμένη επίθεση δομικών πλεγμάτων	Επιβάλλεται	Σε στοιχεία υποκείμενα σε καταπονήσεις κόπωσης			
	$\alpha_3$	1,0			
	$\alpha_6$	Ισχύουν οι τιμές του πίνακα Z5.1.			
	Θέση ενώσεων	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ενώσεις με απόσταση άκρων <math>&lt; 0,3l_0</math> θεωρείται ότι βρίσκονται στην ίδια θέση ( I , III )</li> <li>Ενώσεις με απόσταση άκρων <math>\geq 0,3l_0</math> θεωρείται ότι βρίσκονται σε διαφορετικές γειτονικές θέσεις (II)</li> </ul>	-	-	
	Μέγιστο ποσοστό ενώσεων στην ίδια θέση	Εφελκόμενες διατεταγμένες σε μία στρώση	100%		
		Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις	50%		
Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερεύων οπλισμός (διανομές)		100%			
Απλή επίθεση δομικών πλεγμάτων	Επιτρέπεται	Στις περιοχές με 80% της αντοχής σχεδιασμού αλλιώς θεωρείται στα άκρα της υπερκάλυψης τάση χάλυβα $1,25\sigma_{sd}$			
	Επιτρεπόμενο ποσοστό υπερκάλυψης	$\left(\frac{A}{S}\right)_{prov} \leq 1200mm^2 / m \rightarrow 100\%$	-	-	
		$\left(\frac{A}{S}\right)_{prov} > 1200mm^2 / m \rightarrow 60\%$			
<b>Παρατηρήσεις</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Δεν απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή της ένωσης</li> </ul>					

### M8.2. Υπερκάλυψη δευτερεύοντος οπλισμού πλεγμάτων

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Επιτρεπόμενο ποσοστό υπερκάλυψης στην ίδια θέση	100%	-	-
Ελάχιστες τιμές του μήκους υπερκάλυψης	$\varnothing \leq 6$	$\geq 150\text{mm}$ και τουλάχιστον ένα σημείο συγκόλλησης εγκάρσιας ράβδου εντός του μήκους υπερκάλυψης	-
	$6 < \varnothing \leq 8,5$	$\geq 250\text{mm}$ και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων	-
	$8,5 < \varnothing \leq 12$	$\geq 350\text{mm}$ και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων	-

### M9.1. Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους $\varnothing > 32\text{mm}$

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πρόσθετους συνδετήρες περίσφιγξη στο μήκος αγκύρωσης	Απόσταση οπλισμού	$s \leq 5\Phi_L$	
	Συνολική διατομή οριζόντιων σκελών	$\Sigma A_{sh} = 0,25A_{s1}n_1$	-
	Συνολική διατομή κατακόρυφων σκελών	$\Sigma A_{sv} = 0,25A_{s1}n_2$	-
	<p> <math>\Sigma A_{sv} \geq 0,5A_{s1}</math>      <math>\Sigma A_{sv} \geq 0,5A_{s1}</math>  <math>\Sigma A_{sh} \geq 0,25A_{s1}</math>      <math>\Sigma A_{sh} \geq 0,5A_{s1}</math>                      Παράδειγμα : Αριστερά <math>n_1 = 1, n_2 = 2</math>, ενώ δεξιά <math>n_1 = 2, n_2 = 2</math> </p> <p>                     ○ Αγκυρούμενη ράβδος                      ● Συνεχής ράβδος                 </p>		

### ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ

- Η ένωση με υπερκάλυψη Εξαιρούνται:
  - Στοιχεία με ελάχιστη διάσταση διατομής  $\geq 1,0\text{m}$
  - Περιοχές στοιχείων όπου  $\sigma_{sd} \leq 0,80f_{yd}$

### Παρατηρήσεις

- $n_1$ : αριθμός στρώσεων με αγκυρωμένες ράβδους
- $n_2$ : αριθμός ράβδων που αγκυρώνονται σε κάθε στρώση

## M10.1. Δέσμες ράβδων γενικά

		ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Ισοδύναμη διάμετρος ιδεατής ράβδου		$\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b} < 55\text{mm}$	-	-
Πλήθος των ράβδων της δέσμης	Για κατακόρυφες ράβδους υπό θλίψη και ράβδους σε θέση υπερκάλυψης	$n_b \leq 4$	-	-
	Για όλες τις άλλες περιπτώσεις	$n_b \leq 3$	-	-

### Παρατηρήσεις

- Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά, οι κανόνες για μεμονωμένες ράβδους εφαρμόζονται και για δέσμες ράβδων. Σε μια δέσμη, όλες οι ράβδοι πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (κατηγορία και αντοχή). Ράβδοι διαφορετικών μεγεθών μπορούν να αποτελούν δέσμη με τη προϋπόθεση ότι ο λόγος των διαμέτρων τους δεν ξεπερνά το 1,7.
- Για τις αποστάσεις μεταξύ δεσμών ράβδων, ισχύουν οι κανόνες για τις αποστάσεις των οπλισμών. Πρέπει να χρησιμοποιείται η ισοδύναμη διάμετρος  $\varnothing_n$  αλλά η καθαρή απόσταση μεταξύ δεσμών πρέπει να μετράται από το πραγματικό εξωτερικό περίγραμμα της δέσμης ράβδων. Η επικάλυψη σκυροδέματος πρέπει να μετράται από το πραγματικό εξωτερικό περίγραμμα των δεσμών και δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $\varnothing_n$ .
- Δύο ράβδοι σε επαφή, εφόσον τοποθετούνται η μία πάνω από την άλλη, και εφόσον οι συνθήκες συνάφειας είναι καλές, δεν θα πρέπει να θεωρούνται ως δέσμη ράβδων. Συνεπώς ράβδοι σε επαφή στην άνω ίνα (δυσμενείς συνθήκες) μεσαίας στήριξης δοκού θεωρούνται ως δέσμη.

## M10.2. Αγκύρωση δεσμών ράβδων

	ΚΠΧ	ΚΠΜ	ΚΠΥ

Σχήμα: Αγκύρωση δέσμης με απαίτηση διαδοχικής διακοπής ράβδων

### Παρατηρήσεις

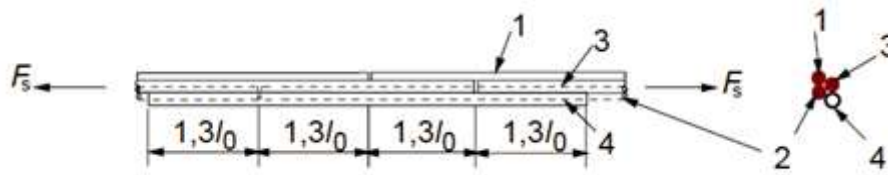
- Δέσμες ράβδων υπό εφελκυσμό μπορούν να περατώνονται πάνω από ακραίες και ενδιάμεσες στηρίξεις. Δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο  $< 32\text{mm}$  μπορούν να περατώνονται κοντά σε μία στήριξη χωρίς την απαίτηση διαδοχικής περάτωσης των ράβδων. Δέσμες με ισοδύναμη διάμετρο  $\geq 32\text{mm}$  που αγκυρώνονται κοντά σε στήριξη πρέπει να διακόπτονται κατά μήκος διαδοχικά όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.
- Όταν μεμονωμένες ράβδοι της δέσμης αγκυρώνονται με απόσταση διαδοχικής διακοπής μεγαλύτερη του  $1,3l_{b,raqd}$  (όπου το  $l_{b,raqd}$  αντιστοιχεί στη διάμετρο της ράβδου), για τον υπολογισμό του  $l_{bd}$  χρησιμοποιείται η διάμετρος της ράβδου. Αλλιώς χρησιμοποιείται η ισοδύναμη διάμετρος της δέσμης  $\varnothing_n$ .
- Δέσμες ράβδων υπό θλίψη μπορούν να αγκυρωθούν χωρίς διαδοχική διακοπή των ράβδων. Στα άκρα δεσμών με ισοδύναμη διάμετρο  $\geq 32\text{mm}$  απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερις εγκάρσιοι σύνδεσμοι διαμέτρου  $\geq 12\text{mm}$ . Ένας επιπλέον σύνδεσμος απαιτείται αμέσως μετά το άκρο της δέσμης.

### 111.3 Ένωση με υπερκάλυψη δεσμών ράβδων

ΚΠΧ

ΚΠΜ

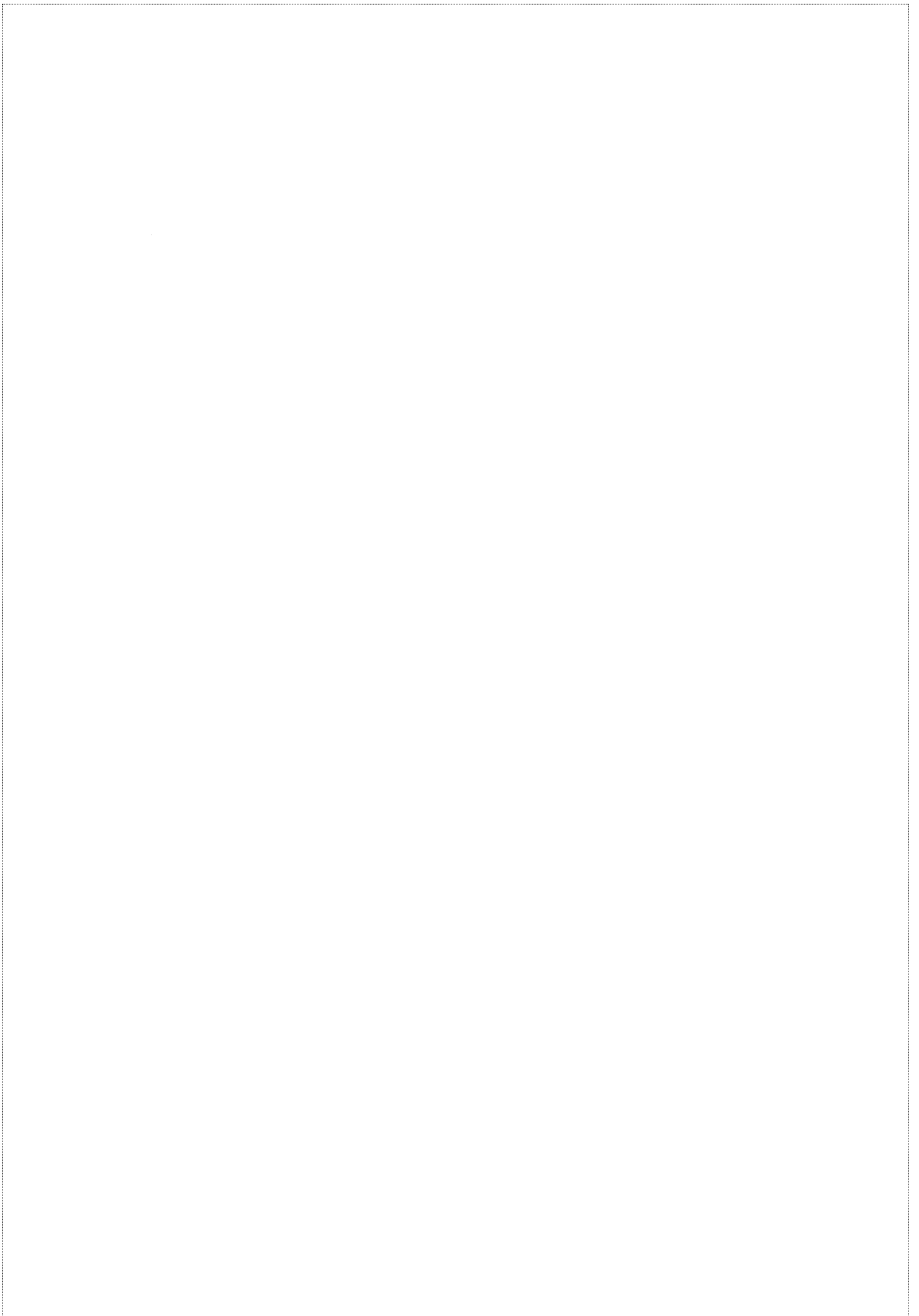
ΚΠΥ



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

#### Παρατηρήσεις

- Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 2.8.2.1 εισάγοντας την ισοδύναμη διάμετρο της δέσμης.
- Για δέσμες που αποτελούνται από δύο ράβδους με ισοδύναμη διάμετρο  $<32\text{mm}$  οι ράβδοι μπορούν να ενωθούν χωρίς διαδοχική περάτωση. Σε αυτή τη περίπτωση για τον υπολογισμό του  $l_0$  πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ισοδύναμη διάμετρος.
- Για δέσμες οι οποίες αποτελούνται από δύο ράβδους με ισοδύναμη διάμετρος  $\geq 32\text{mm}$  ή από τρεις ράβδους, οι μεμονωμένες ράβδοι θα πρέπει να διακόπτονται διαδοχικά ανά αποστάσεις τουλάχιστον  $1,3l_0$  όπως φαίνεται στο σχήμα, όπου το  $l_0$  αντιστοιχεί στη διάμετρο της εκάστοτε μεμονωμένης ράβδου. Για την περίπτωση αυτή μια πρόσθετη ράβδος χρησιμοποιείται για την υπερκάλυψη. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να μην υπάρχουν περισσότερες από τέσσερις ράβδοι σε οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της υπερκάλυψης. Δέσμες με περισσότερες από τρεις ράβδους δε θα πρέπει να ματίζονται.





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ/ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ**  
**ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ,**  
**ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΕΝ1992-1-1:2004 ΚΑΙ ΕΝ1998-1:2004**

(απο-κωδικοποίηση, τακτοποίηση, ταξινόμηση)

Τεύχος 3 από 3

(Παράρτημα N

Σχηματοποιημένη Παρουσίαση Διατάξεων)

**ANNA ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ/ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ και Μ. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015**





## **N1. ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ**

### α) Γενικά

Η σωστή/αποτελεσματική διάταξη των διαφραγμάτων (συστημάτων πλακών/δοκών) και η αξιόπιστη πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους κυρίως υπό σεισμόν συνιστούν κρίσιμη παράμετρο του γενικού αντισεισμικού σχεδιασμού, μαζί με τα αντίστοιχα θέματα σχετικά με τα θεμέλια και τα υπόγεια των κτιρίων (βλ. επόμενο Κεφάλαιο αυτού του Παραρτήματος), και μάλιστα ανεξαρτήτως υλικού κατασκευής και δομητικού συστήματος. Έτσι, όλοι οι σύγχρονοι αντισεισμικοί Κανονισμοί περιλαμβάνουν διατάξεις και κανόνες εφαρμογής για τη σύνθεση, τη μόρφωση αλλά και τον έλεγχο των διαφραγμάτων, από τη στάθμη της θεμελίωσης μέχρι και τη στάθμη του δώματος. Στα επόμενα παρουσιάζονται οι σχετικές διατάξεις κατά τους Ευρω-Κώδικες, μαζί με συμπληρώσεις (όπου απαιτείται) από το συνισχύον παλαιότερο πλαίσιο των Ελληνικών Κανονισμών (ΕΚΩΣ και ΕΑΚ).

Γενικώς, και κατ' αρχήν, κάθε κτίριο (ή φορέας) μπορεί να θεωρηθεί πως αποτελείται από ένα σύνολο συστημάτων (και φερόντων στοιχείων) ανάληψης κατακόρυφων και οριζόντιων φορτίων (βλ. "ορισμούς"), που συνδέονται "επαρκώς" με "κατάλληλα" οριζόντια διαφράγματα.

### β) Διατάξεις του EN 1992-1-1:2004

Ο υπόψη Κανονισμός (με κανόνες γενικής εφαρμογής για κτίρια) δέν περιλαμβάνει σχετικές διατάξεις, παρά μόνον αυτές περί οριζόντιων και κατακόρυφων "συστημάτων σύνδεσης" ή "δεσμών", §9.10 (TYING SYSTEMS).

Όμως, εμμέσως πλην σαφώς, οι διατάξεις αυτές (περί αποφυγής προοδευτικής ή αλυσωτής κατάρρευσης) δεν αφορούν κτίρια μονολιθικά, σχεδιασμένα έναντι τυχηματικών δράσεων (όπως, κυρίως, ο σεισμός), αλλά βασικώς προκατασκευασμένα ή και άλλα ελαφρώς οπλισμένα, με βάση επόμενα Κεφάλαια του Κανονισμού.

### γ) Διατάξεις του EN 1998-1:2004

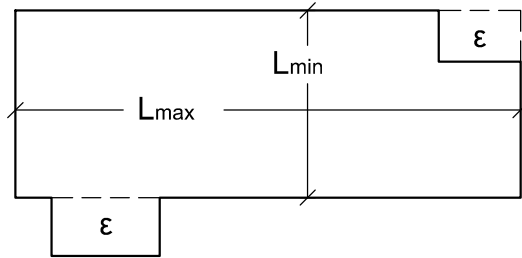
γ1) Η πρώτη δέσμη σχετικών διατάξεων (σημαντικών, αλλά "γενικόλογων") περιλαμβάνεται στα περί των χαρακτηριστικών και των βασικών αρχών μόρφωσης των αντισεισμικών κτιρίων, στην §4.2. Οι αρχές αυτές, συνολικώς έξι(6), έχουν συνοπτικώς ως εξής:

- Απλότητα στη μόρφωση και διάταξη των φερόντων στοιχείων (για λόγους περιορισμού των αβεβαιοτήτων).  
Σαφής και άμεση μεταφορά και ανάληψη των κάθε είδους δράσεων, με έμφαση στις σεισμικές, πρόβλεψη αντισεισμικών αρμών.
- Ομοιομορφία και συμμετρία (κατά το δυνατόν), σε συνδυασμό με υπερστατικότητα.  
Σχετικώς, και εκτός άλλων, συνιστάται (αν δεν επιβάλλεται) η ομαλή και καλο-κατανεμημένη διάταξη των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων (αρκετών σε πλήθος) ενός κτιρίου σε κάτοψη (στο οιονεί-οριζόντιο επίπεδο του διαφράγματος).
- Αντιστάσεις (αντοχή, δυσκαμψία/δυστημσία και πλαστιμότητα) προς δύο διευθύνσεις.  
Σχετικώς τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία πρέπει να διατάσσονται σε κάτοψη σε οιονεί-ορθογωνική διάταξη, η οποία διασφαλίζει "παρόμοια" χαρακτηριστικά αντιστάσεων (υπό σεισμόν) και στις δύο κύριες διευθύνσεις ενός κτιρίου.
- Στρεπτική αντίσταση.  
Εκτός από τη μεταφορική αντίσταση, τα αντισεισμικά κτίρια πρέπει να παρουσιάζουν και επαρκή στρεπτική αντοχή και δυστρεψία. Από αυτή την άποψη, διατάξεις κατακόρυφων φερόντων στοιχείων κατανεμημένων κοντά στην περίμετρο ενός κτιρίου παρουσιάζουν σαφή πλεονεκτήματα.
- Διαφραγματική δράση, σε όλα τα επίπεδα των ορόφων ενός κτιρίου.  
Στα κτίρια, οι δίσκοι των δαπέδων (συμπεριλαμβανομένου και του δώματος) έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική σεισμική συμπεριφορά του φορέα. Ενεργούν ως οριζόντια διαφράγματα που συλλέγουν και μεταφέρουν τις αδρανειακές δυνάμεις στα κατακόρυφα φέροντα συστήματα και εξασφαλίζουν ότι τα συστήματα αυτά συνεργάζονται αποτελεσματικά στην ανάληψη και μεταφορά της οριζόντιας σεισμικής δράσης. Η δράση των δαπέδων ως διαφραγμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις σύνθετων και ανομοιομόρφων διατάξεων των κατακόρυφων φερόντων συστημάτων, ή όπου χρησιμοποιούνται στον ίδιο φορέα συστήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά οριζόντιας παραμορφωσιμότητας (π.χ. σε διπλά ή μικτά συστήματα).  
Τα συστήματα δαπέδων (και το δώμα) πρέπει να διαθέτουν δυσκαμψία/δυστημσία και αντοχή στο επίπεδό τους καθώς και αποτελεσματική σύνδεση με τα κατακόρυφα φέροντα συστήματα. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις κατόψεων μορφής μη συμπαγούς ή πολύ επιμήκους και σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων στα δάπεδα, ειδικώς εάν τα τελευταία βρίσκονται κοντά σε κύρια κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, εμποδίζοντας έτσι την αποτελεσματική σύνδεση μεταξύ του κατακόρυφου συστήματος και του οριζόντιου φορέα.  
Τα διαφράγματα πρέπει να έχουν επαρκή δυσκαμψία/δυστημσία στο επίπεδό τους για να επιτυγχάνεται ασφαλής και αξιόπιστη κατανομή των οριζόντιων αδρανειακών δυνάμεων στα κατακόρυφα φέροντα συστήματα σύμφωνα με τις υποθέσεις της ανάλυσης (π.χ. άκαμπτα διαφράγματα, βλ. στα επόμενα), ιδιαίτερα όταν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στη διάταξη ή/και στα πάχη/στις διατομές των οριζόντιων φερόντων στοιχείων ή εισέχοντα/εξέχοντα τμήματα των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω από το διάφραγμα.
- Επαρκής θεμελίωση  
Βλ. ιδιαίτερη αναφορά στο επόμενο Κεφάλαιο αυτού του Παραρτήματος.

γ2) Η δεύτερη δέσμη διατάξεων για τα διαφράγματα περιλαμβάνεται στα περί αρχών / κανονικότητας (§4.2) και περί ανάλυσης/προσομοίωσης (§4.3).

Σχετικώς, για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο ως κανονικό σε κάτοψη, με επιπτώσεις όσο αφορά την ανάλυση και τον σχεδιασμό (βλ. Πίνακα 4.1), θα πρέπει να ικανοποιούνται όλοι οι επόμενοι όροι.

- Όσο αφορά την αντοχή σε οριζόντια φορτία και την κατανομή της μάζας, το κτίριο θα είναι κατά προσέγγιση συμμετρικό σε κάτοψη, σε σχέση με δύο ορθογώνιους άξονες.
- Η διαμόρφωση της κάτοψης θα είναι συμπαγής, δηλ., κάθε πλάκα ορόφου θα οριοθετείται από κυρτή πολυγωνική γραμμή. Εάν υπάρχουν ανωμαλίες στην περίμετρο (εισέχοντα ή εξέχοντα τμήματα), η κανονικότητα σε κάτοψη μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται υπό τον όρο ότι οι ανωμαλίες αυτές δεν έχουν επιπτώσεις στην δυσκαμψία και δυσστησία της πλάκας στο επίπεδο της και ότι, σε κάθε ανωμαλία, η περιοχή μεταξύ του περιγράμματος της πλάκας και της κυρτής πολυγωνικής γραμμής που περιβάλλει την πλάκα δεν υπερβαίνει το 5% της επιφάνειας του ορόφου.
- Η δυσκαμψία/δυσστησία των πλακών ορόφων μέσα στο επίπεδό τους θα είναι αρκετά μεγάλη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, έτσι ώστε η παραμόρφωση της πλάκας να έχει μικρή επίδραση στη κατανομή των δυνάμεων μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων. Από την άποψη αυτή, κατόψεις με μορφή L, Π, Η, Ι, και Χ πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά, ειδικότερα όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των κλάδων, που πρέπει να είναι συγκρίσιμα με αυτά του κεντρικού σκέλους, προκειμένου να ικανοποιηθεί η συνθήκη δυσπαραμόρφωτου διαφράγματος.
- Η λυγηρότητα του κτιρίου σε κάτοψη,  $\lambda = L_{max}/L_{min}$ , δεν θα είναι μεγαλύτερη του 4, όπου το  $L_{max}$  και το  $L_{min}$  είναι αντίστοιχα η μεγαλύτερη και η μικρότερη διάσταση του κτιρίου σε κάτοψη, μετρούμενη σε ορθογώνιες διευθύνσεις.



ε: Μικρά εισέχοντα/εξέχοντα τμήματα, βλ. σχετική διάταξη (5%)

$\lambda = L_{max}/L_{min} \leq 4$  (λυγηρότητα σε κάτοψη)

Επίσης, και όσο αφορά την ανάλυση/προσομοίωση, όταν τα διαφράγματα δαπέδων του κτιρίου μπορούν να θεωρηθούν δυσπαραμόρφωτα μέσα στο επίπεδό τους, οι μάζες και οι ροπές αδρανείας κάθε δαπέδου μπορούν να συγκεντρωθούν στο κέντρο βάρους.

Σχετικώς, ένα διάφραγμα θεωρείται δυσπαραμόρφωτο/"άκαμπτο" εάν, κατά την προσομοίωση με τα πραγματικά εντός του επιπέδου χαρακτηριστικά του, οι οριζόντιες μετακινήσεις δεν υπερβαίνουν πλουθενά αυτές που προκύπτουν από την υπόθεση άκαμπτου διαφράγματος κατά περισσότερο από το 10% των αντίστοιχων απόλυτων οριζόντιων μετακινήσεων κατά τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ3) Η τρίτη δέσμη διατάξεων (πιο εφαρμοσμένων) για τα διαφράγματα σχετίζεται με τον έλεγχο και την αντοχή τους.

Έτσι, κατά την §4.4.2.5:

- Τα διαφράγματα (και οι δικτυωτοί σύνδεσμοι) στα οριζόντια επίπεδα θα είναι σε θέση να μεταφέρουν, με ικανοποιητική υπεραντοχή και βεβαιότητα, τα αποτελέσματα της σεισμικής δράσεως σχεδιασμού στα κατακόρυφα συστήματα ανάληψης και μεταφοράς οριζόντιων φορτίων με τα οποία συνδέονται.
- Η προηγούμενη απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν στους σχετικούς ελέγχους αντοχής, τα σεισμικά εντατικά μεγέθη στο διάφραγμα, τα οποία λαμβάνονται από την ανάλυση, πολλαπλασιάζονται επί συντελεστή υπεραντοχής  $\gamma_d$ , μεγαλύτερο από 1,0.
- Η συνιστώμενη τιμή για μορφές ψαθυρής αστοχίας, όπως η διάτμηση σε διαφράγματα σκυροδέματος, είναι 1,3 και για μορφές πλάστιμης αστοχίας (π.χ. σύνδεσμοι σε εφελκυσμό) είναι 1,1.

Τέλος, κατά την §5.10, προβλέπονται γενικές διατάξεις αλλά και ειδικότερες (μόνον για ΚΠΥ), ως εξής:

1. Συμπαγής πλάκα από ωπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να θεωρηθεί ότι δρα ως διάφραγμα εάν έχει πάχος πάνω από 70mm και οπλισμόν σε κάθε μια από τις οριζόντιες διευθύνσεις, τουλάχιστον ίσον με τον ελάχιστο οπλισμό που καθορίζεται στον EN1992-1-1:2004.
2. Επί τόπου διαστρωνόμενη επικάλυψη από σκυρόδεμα (topping) πάνω σε προκατασκευασμένο σύστημα δαπέδων ή ορόφων μπορεί να θεωρηθεί ως διάφραγμα εάν: α) συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της (1), β) έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει εξολοκλήρου η ίδια την απαιτούμενη δυσκαμψία/δυσστησία και αντοχή διαφράγματος, και γ) σκυροδετείται πάνω σε καθαρό, τραχύ υπόστρωμα, ή συνδέεται με το τελευταίο μέσω διατμητικών συνδέσμων (shear connectors).
3. Η αντισεισμική μελέτη θα περιλαμβάνει έλεγχο ΟΚΑ των διαφραγμάτων ωπλισμένου σκυροδέματος σε φορείς ΚΠΥ που έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
  - Μή-κανονική γεωμετρία ή διασπασμένα σχήματα σε κάτοψη, καθώς και διαφράγματα με εισέχοντα ή εξέχοντα τμήματα στην περίμετρο
  - Μή-κανονικές μεγάλες οπές στο διάφραγμα
  - Μή-κανονική κατανομή μαζών και/ή δυσκαμψιών/δυσστησιών (όπως π.χ. σε περιπτώσεις ορόφων με σχετική μετάθεση)
  - Υπόγεια με τοιχώματα μόνον σε μέρος της περιμέτρου ή μόνον σε μέρος της επιφάνειας του ισογείου/της βάσεως του κτιρίου.
4. Τα εντατικά μεγέθη σε διαφράγματα από ωπλισμένο σκυρόδεμα μπορούν να υπολογισθούν με προσομοίωση του διαφράγματος ως υψίκορμης δοκού ή επιπέδου δικτυώματος ή ως συστήματα θλιπτήρων-ελκυστήρων, τα οποία στηρίζονται σε ελαστικές στηρίξεις.

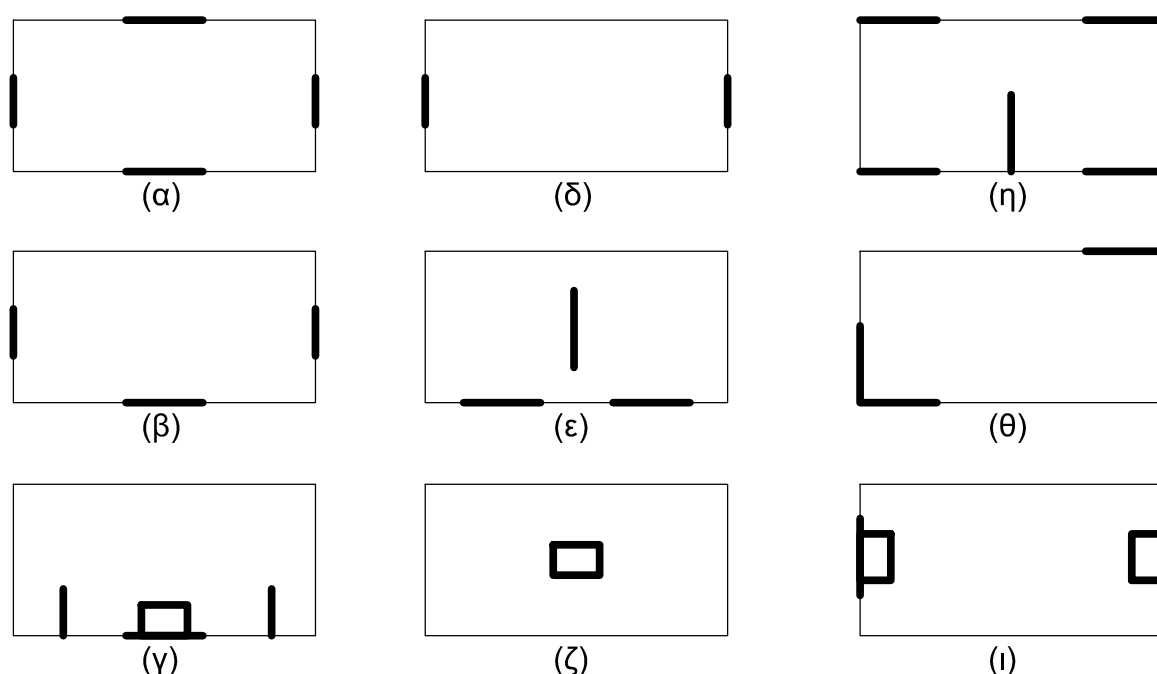
5. Οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών πρέπει να υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη  $\gamma_d=1,1$  ή  $1,3$  (βλ. προηγούμενη παράγραφο)
6. Οι αντοχές σχεδιασμού θα υπολογίζονται σύμφωνα με τον EN 1992-1-1:2004.
7. Σε περιπτώσεις συστημάτων πυρήνων ή τοιχωμάτων ΚΠΥ, πρέπει να ελέγχεται η μεταφορά των οριζόντιων δυνάμεων από τα διαφράγματα στους πυρήνες ή στα τοιχώματα. Σχετικώς, ισχύουν οι ακόλουθες διατάξεις:
  - Η διατμητική τάση σχεδιασμού στην διεπιφάνεια μεταξύ διαφράγματος και πυρήνα ή τοιχώματος θα περιορίζεται σε  $1,5f_{ctd}$ , για περιορισμό της ρηγμάτωσης και διασφάλιση της ακεραιότητας.
  - Πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αντοχή κατά της αστοχίας διατμητικής ολίσθησης, υποθέτοντας κλίση θλιπτήρα  $45^\circ$ . Πρέπει να προβλέπονται πρόσθετες ράβδοι που να συνεισφέρουν στη διατμητική αντοχή διεπιφάνειας μεταξύ διαφραγμάτων και πυρήνων ή τοιχωμάτων. Η αγκύρωση των ράβδων αυτών θα είναι σύμφωνη με τις διατάξεις περί αγκυρώσεων και ενώσεων (κατά τον EN 1998-1:2004, §5.6).

#### δ) Συμπληρωματικές προβλέψεις

Οι περισσότερες από τις σύγχρονες διατάξεις του ευρωπαϊκού αντισεισμικού Κανονισμού για τα διαφράγματα "συμφωνούν" με τις παλαιότερες (και συνισχύουσες) του αντίστοιχου Ελληνικού, όσο αφορά τη σύλληψη/μόρφωση, τη διάταξη, την κανονικότητα και τη λυγηρότητα ( $\lambda \leq 4$ ), την ανάγκη υπολογισμού και ελέγχου της μεταφοράς των δυνάμεων κ.λ.π.

Ειδικώς, όμως, για την περίπτωση ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ (σε σχέση με τα διαφράγματα), οι προβλέψεις του ΕΑΚ είναι πιο συντηρητικές ή και αναλυτικές, ως εξής:

- Όπου δεν είναι δυνατή η κανονική, ομοιόμορφη και συμμετρική διάταξη των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων στην περίμετρο του κτιρίου, συνιστάται η διάταξη τοιχωμάτων παράλληλα και σε 3 από τις 4 πλευρές της περιμέτρου.  
Επιπλέον, συνιστάται η διάταξη τοιχωμάτων στην περιοχή ανελκυστήρων και κλιμακοστασίων, δηλ. στους "πυρήνες" κατακόρυφης επικοινωνίας, για την αποτροπή βλαβών (και καταρρεύσεων) και την εξασφάλιση ασφαλών οδεύσεων διαφυγής, ενώ δίνονται σχηματικά παραδείγματα "κατάλληλων, ανεπαρκών και ακατάλληλων" διατάξεων τοιχωμάτων κατά το επόμενο σκαρίφημα.



Οι διατάξεις (α) έως και (γ) είναι κατάλληλες, τόσο από σεισμική όσο και από γενικότερη άποψη, ενώ οι διατάξεις (δ) έως και (ζ) είναι ανεπαρκείς από σεισμική άποψη (και θεωρούνται ακατάλληλες). Οι διατάξεις (η) έως και (ι) παρέχουν σημαντική δυστρεψία και είναι σεισμικώς επαρκείς, αλλά σε περίπτωση επιμήκων κτιρίων απαιτείται (λεπτομερής) έλεγχος της έντασης καταναγκασμού, λόγω εμμέσων δράσεων.

- Πρέπει να αποφεύγονται (έντονες) ανισοσταθμίες πλακών μέσα στον ίδιο όροφο/στο ίδιο διάφραγμα, ενώ η επάρκεια του διαφράγματος πρέπει να ελέγχεται σε περιοχές εισεχόντων/εξεχόντων τμημάτων, στις συνδέσεις της πλάκας σε περιοχές ανελκυστήρων, κλιμακοστασίων, φρεάτων και φωταγωγών κ.λ.π, έστω με χρήση απλοποιητικών αλλά συντηρητικών παραδοχών.  
Σε περίπτωση πυρήνων που περιβάλλονται από πλάκα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θλιπτική δύναμη του σκυροδέματος της πλάκας ως μέσο μεταβίβασης της σεισμικής δύναμης, ενώ σε περίπτωση περιορισμένης σύνδεσης τοιχώματος με πλάκα πρέπει να ελέγχεται η μεταβίβαση της σεισμικής δύναμης εξολοκλήρου μέσω σπλισμού, και μάλιστα για υπολογιστική τιμή αυτής της δύναμης όπως προκύπτει από τον ικανοτικό σχεδιασμό του τοιχώματος ή με χρήση δείκτη συμπεριφοράς  $q=1$ .

## N2. ΘΕΜΕΛΙΑ-ΥΠΟΓΕΙΑ

### α) Γενικά

Η μόρφωση, μελέτη και κατασκευή της θεμελίωσης, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή μη υπογείου (ή υπογείων), αποτελούν βασικών και κρίσιμων "κρίκο" του όλου σχεδιασμού και της συμπεριφοράς (τελικώς) κάθε κτιρίου, με αρκετές σχετικές προβλέψεις και διάσπαρτες διατάξεις των σύγχρονων Κανονισμών, τόσο έναντι κατακόρυφων όσο και έναντι οριζόντιων δράσεων (με έμφαση στον σεισμό).

Γενικώς, οι θεμελιώσεις θα πρέπει να διασφαλίζουν την επαρκή, κατάλληλη και αξιόπιστη μεταφορά των κάθε είδους δράσεων από την ανωδομή προς το έδαφος, ενώ ειδικώς από σεισμό, και με σκοπόν τον περιορισμό των κινδύνων που συνδέονται με την αυξημένη αβεβαιότητα της σεισμικής δράσεως και απόκρισης, οι θεμελιώσεις (και τα υπόγεια) θα πρέπει να ικανοποιούν πρόσθετες απαιτήσεις, ως εξής (βλ. EN 1998-1:2004, §5.1):

- Οι εδαφικές παραμορφώσεις που προκαλούνται από τον σεισμό θα είναι "συμβατές" με τις ουσιαστικές απαιτήσεις του φορέα/κτιρίου, και
- Οι δυνάμεις θα μεταφέρονται χωρίς ουσιαστικές μόνιμες παραμορφώσεις του εδάφους.

Βεβαίως, πέραν των λεπτομερών διατάξεων κατά τα επόμενα, υπάρχουν και ειδικότερα θέματα αλληλεπίδρασης εδάφους-φορέα (ΑΕΦ), με βάση τις προβλέψεις τόσο του EN1992-1-1:2004, βλ. Πληροφοριακό Παράρτημα G, όσο και του EN 1998-5:2004, βλ. §6 και Πληροφοριακό Παράρτημα D. Όμως, για την πλειονότητα των συνήθων κτιρίων θεμελιωμένων σε μή-παραμορφώσιμα (ή όχι πολύ "μαλακά") εδάφη, τα αποτελέσματα της δυναμικής ΑΕΦ είναι γενικώς ευνοϊκά, δεδομένης της μείωσης της έντασης (των καμπτικών ροπών και των διατμητικών δυνάμεων) στα διάφορα μέλη της ανωδομής.

### β) Διατάξεις του EN 1992-1-1:2004 (και του EN1998-1:2004)

β1) Η πρώτη σειρά αναφορών σχετίζεται με τα περί παγίωσης και αμεταθετότητας των φορέων/κτιρίων και το συνολικό ύψος τους πάνω από το "επίπεδο πάκτωσης" (level of moment restraint) στη βάση τους, όπου οι στροφές είναι αμελητέες, βλ. EN 1992-1-1:2004, §5.8.3.3 και Πληροφοριακό παράρτημα H, §H.1.1. Οι αναφορές αυτές "συμπληρώνονται" με αντίστοιχες γενικές του EN 1998-1:2004, όπου ως επίπεδο πάκτωσης ορίζεται το επίπεδο θεμελίωσης (π.χ. στο μέσον του ύψους των πεδίων/θεμελίων) ή η πάνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου (§4.3.3.2.2 και §4.3.5.2) ή ειδικότερες για πλάστιμα τοιχώματα, πακτωμένα στη βάση τους, όπου ως ΒΑΣΗ ορίζεται (§§5.1.1, 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5 και 5.5.1.2.3, για ΚΠΜ και ΚΠΥ):

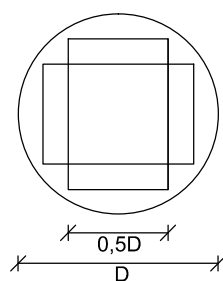
Η στάθμη της θεμελίωσης ή της οροφής άκαμπτου υπογείου (υπογείων), με άκαμπτα διαφράγματα και περιμετρικά τοιχώματα, με πλήρη πάκτωση και αγκύρωση (των τοιχωμάτων), έτσι ώστε να αποτρέπεται η σχετική περιστροφή σε σχέση με τη θεμελίωση (ή το υπόγειο/τα υπόγεια).  
Σχετικώς, δεν επιτρέπονται τοιχώματα (πλάστιμα) που φέρονται από πλάκες ή δοκούς -"φυτευτά", βλ. §§5.4.1.2.5, 5.5.1.2.3 και 5.5.1.2.4, για ΚΠΜ και ΚΠΥ.

Σχετικώς, είναι ενδιαφέρουσα και η αναφορά κατά το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ πως ως βάση τοιχώματος μπορεί να θεωρηθεί και η πάκτωση του σε υποκείμενο και θεμελιούμενο τοίχωμα διπλάσιου μήκους.

β2) Η δεύτερη σειρά αναφορών περιλαμβάνεται στο Κεφάλαιο 9, περί λεπτομερειών διαμόρφωσης και όπλισης, και ειδικότερα στην §9.8/ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ, όπως παρουσιάζονται στα επόμενα (για συνήθη θεμέλια, εκτός των πασσάλων και των κεφαλοδέσμων τους).

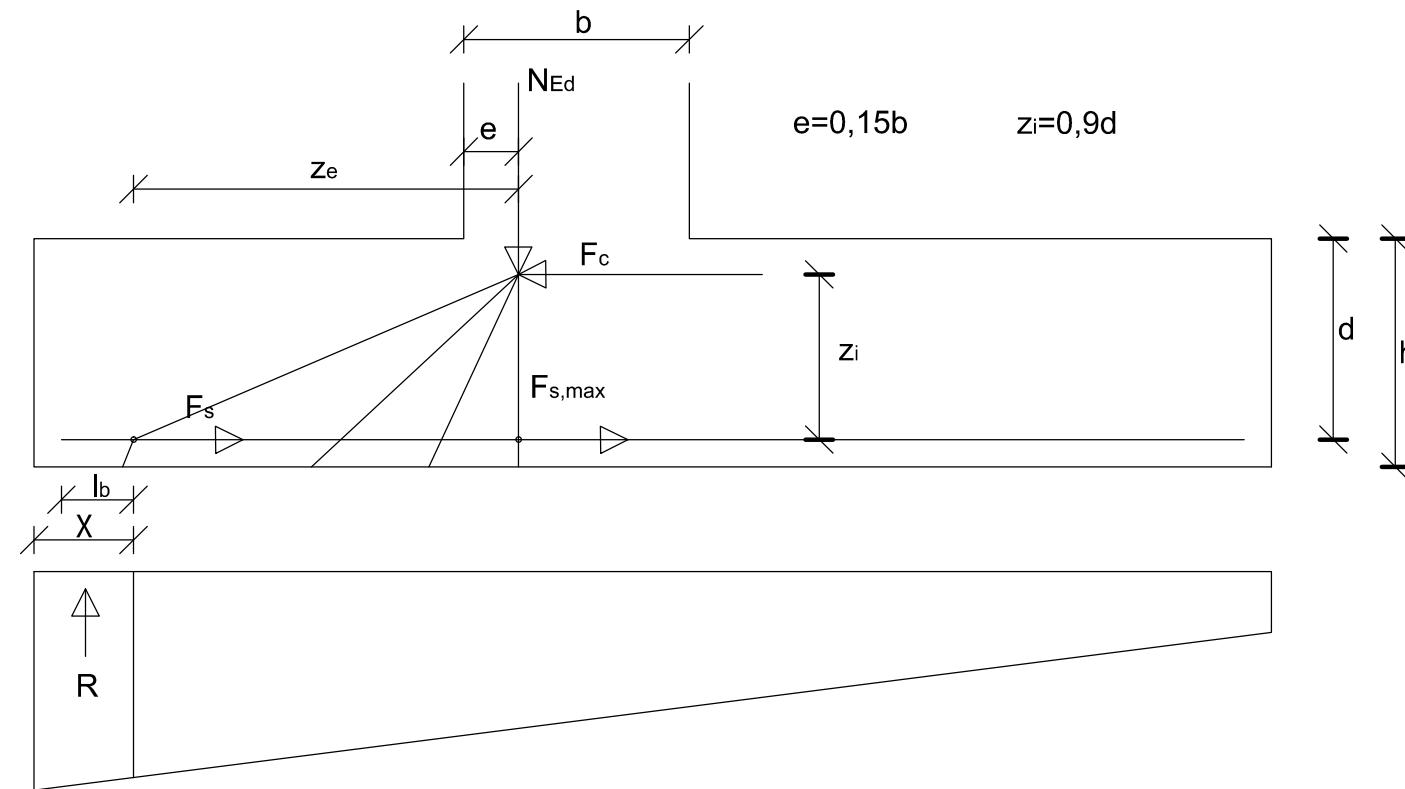
#### Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων

- Θα πρέπει να τοποθετούνται ράβδοι ελάχιστης διαμέτρου  $\phi_{\min}=8\text{mm}$  (συνιστάται  $\min 12\text{mm}$ ).
- Ο κύριος οπλισμός κυκλικών πεδίων μπορεί να διατάσσεται σε ορθογωνική σχάρα και συγκεντρωμένος σε μεσαίες ζώνες του πεδίου με πλάτος ίσο προς το  $50\%\pm 10\%$  της διαμέτρου του πεδίου, βλέπε παρακάτω σχήμα. Στην περίπτωση αυτή, οι άοπλες περιοχές του στοιχείου πρέπει να θεωρηθούν κατά το σχεδιασμό ως άοπλο σκυρόδεμα.



- Εάν οι δράσεις προκαλούν εφελκυσμό στην άνω παρειά του πεδίου, οι αντίστοιχες εφελκυστικές τάσεις θα πρέπει να παραληφθούν με κατάλληλον οπλισμό.

- Η εφελκυστική δύναμη του οπλισμού καθορίζεται από τις συνθήκες ισορροπίας, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των κεκλιμένων ρωγμών, βλέπε παρακάτω σχήμα. Η εφελκυστική δύναμη  $F_s$  στη θέση  $x$  θα πρέπει να αγκυρώνεται στο σκυρόδεμα εντός της ίδιας απόστασης  $x$  από την άκρη του πεδίου.



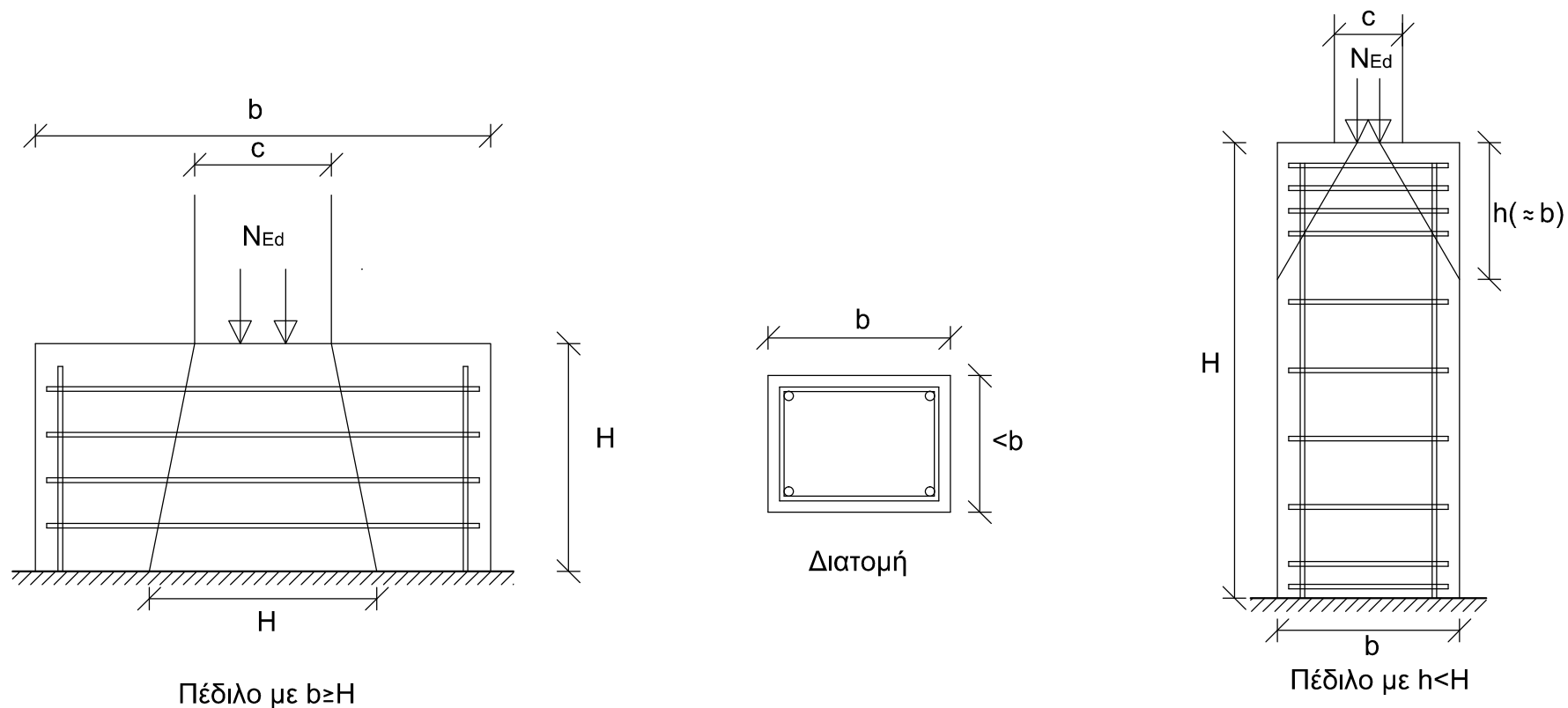
- Η προς αγκύρωση εφελκυστική δύναμη δίνεται από τη σχέση:  
 $F_s = R z_e / z_i$   
 όπου  
 $R$  είναι η συνισταμένη των τάσεων του εδάφους εντός της απόστασης  $x$   
 $z_e$  είναι ο εξωτερικός μοχλοβραχίονας, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του  $R$  και της κατακόρυφης δύναμης  $N_{Ed}$   
 $N_{Ed}$  είναι η κατακόρυφη δύναμη που αντιστοιχεί στη συνισταμένη των τάσεων του εδάφους μεταξύ των διατομών A και B  
 $z_i$  είναι ο εσωτερικός μοχλοβραχίονας, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του οπλισμού και της οριζόντιας δύναμης  $F_c$   
 $F_c$  είναι η θλιπτική δύναμη που αντιστοιχεί στη μέγιστη εφελκυστική δύναμη  $F_{s,max}$ .
- Οι μοχλοβραχίονες  $z_e$  και  $z_i$  μπορούν να καθοριστούν σε σχέση με τις απαιτούμενες θλιβόμενες ζώνες για το  $N_{Ed}$  και το  $F_c$  αντίστοιχα. Ως απλούστευση, το  $z_e$  μπορεί να καθοριστεί θεωρώντας  $e = 0,15b$  και το  $z_i$  μπορεί να ληφθεί ως  $0,9d$  (βλέπε παραπάνω σχήμα).
- Το διαθέσιμο μήκος αγκύρωσης για τις ευθύγραμμες ράβδους σημειώνεται ως  $l_b$  στο παραπάνω σχήμα. Εάν το μήκος αυτό δεν επαρκεί για την αγκύρωση της  $F_s$ , οι ράβδοι μπορούν να καμφθούν ώστε να αυξηθεί το διαθέσιμο μήκος ή να τοποθετηθούν διατάξεις αγκύρωσης άκρου.
- Για ευθύγραμμες ράβδους χωρίς διατάξεις αγκύρωσης άκρου, η ελάχιστη τιμή του  $x$  είναι η πιο κρίσιμη. Προσεγγιστικά μπορεί να θεωρηθεί  $x = h/2$ . Για άλλους τύπους αγκυρώσεων, υψηλότερες τιμές του  $x$  μπορεί να είναι κρίσιμότερες.

### Συνδετήριες δοκοί

- Συνδετήριες δοκοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλάβουν την εκκεντρότητα της φόρτισης των θεμελιώσεων. Οι δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται για να παραλαμβάνουν τις προκύπτουσες καμπτικές ροπές και διατμητικές δυνάμεις. Για τον οπλισμό που παραλαμβάνει καμπτικές ροπές, θα πρέπει να τοποθετούνται ράβδοι ελάχιστης διαμέτρου  $\phi_{\min}=8\text{mm}$  (συνιστάται  $\min 12\text{mm}$ ).
- Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει επίσης να σχεδιάζονται για ελάχιστο κατανεμημένο κατακόρυφο φορτίο  $q_1=10\text{kN/m}$  με φορά προς τα κάτω εξ' αιτίας πιθανής επιφόρτισης από τα μηχανήματα συμπύκνωσης των επιχώσεων.

### Πέδιλα υποστυλωμάτων επί οιονεί-βράχου

- Πρέπει να τοποθετείται επαρκής εγκάρσιος οπλισμός για να παραλάβει τις δυνάμεις διάρρηξης στο πέδιλο, όταν η πίεση επί του εδάφους για οριακές καταστάσεις υπερβαίνει το  $q_2=5\text{MPa}$ . Ο οπλισμός αυτός μπορεί να κατανέμεται ομοιόμορφα στη διεύθυνση της δύναμης εγκάρσιας διάρρηξης σε ύψος  $h$  (βλέπε παρακάτω σχήμα). Πρέπει να τοποθετούνται ράβδοι ελάχιστης διαμέτρου  $\phi_{\min}=8\text{mm}$ .
- Η δύναμη εγκάρσιας διάρρηξης  $F_s$  μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:  
$$F_s=0,25(1-c/h)N_{Ed}$$
όπου  $h$  είναι το μικρότερο των  $b$  και  $H$

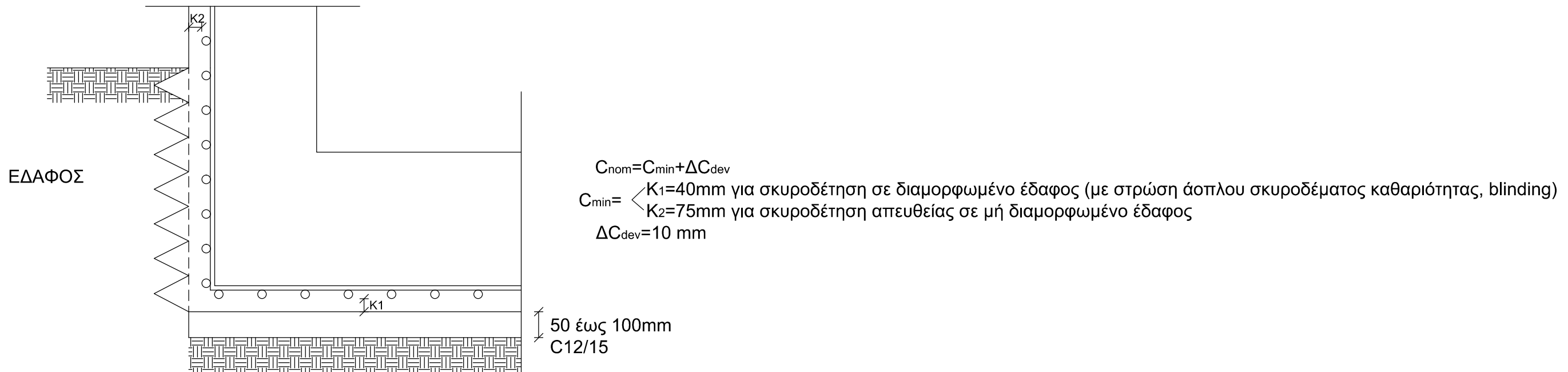


β3) Η τρίτη σειρά σχετικών αναφορών "καλύπτει" γενικότερα αλλά σημαντικά θέματα, όπως παρουσιάζονται στα επόμενα και αφορούν πρόσθετες γενικές απαιτήσεις για θεμελιώσεις (§2.6), καθώς και θέματα ανθεκτικότητας (σε διάρκεια) και επικάλυψης των κάθε είδους οπλισμών (§4.4.1.3).

#### Η §2.6 του EN 1992-1-1:2004

- Όπου η αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής έχει σημαντική επιρροή στην απόκριση της κατασκευής, οι εδαφικές ιδιότητες και τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με τον EN1997-1.
- Όπου είναι πιθανή η ανάπτυξη σημαντικών καθιζήσεων, πρέπει να ελέγχεται η επιρροή τους στην απόκριση της κατασκευής.  
Το Παράρτημα G δύναται να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής  
Απλές μέθοδοι οι οποίες αγνοούν την επιρροή της εδαφικής παραμορφωσιμότητας είναι συνήθως κατάλληλες για την πλειονότητα του σχεδιασμού των κατασκευών.
- Οι θεμελιώσεις από σκυρόδεμα πρέπει να διαστασιολογούνται σύμφωνα με τον EN 1997-1.
- Όπου απαιτείται, ο σχεδιασμός πρέπει να συμπεριλαμβάνει την επιρροή φαινομένων όπως καθίζηση, διόγκωση, παγετός και τήξη, διάβρωση κ.λ.π.

#### Η §4.4.1.3(4) του EN 1992-1-1:2004



#### Παρατηρήσεις

- Η τιμή  $C_{min}$  πρέπει να διασφαλίζεται κατά την κατασκευή, ενώ η τιμή  $C_{nom}$  πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και τους υπολογισμούς (και αναφέρεται στα τεύχη και στα σχέδια).
- Για παχιές επικαλύψεις, και για περιορισμό της ρηγματώσης και της αποφλοιώσης, ενδέχεται να απαιτηθεί η διάταξη επιφανειακού/επιδερμικού οπλισμού, κατά την §9.2.4 και το Πληροφοριακό παράρτημα J, §J.1, όπως και για χονδρές ράβδους, με  $\phi$  ή  $\phi_n \geq 32\text{mm}$ .
- Κατά τον ΚΤΣ (1997 και 2002), §8.11, αν πρόκειται να διαστρωθεί στο έδαφος ένα στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος, με οπλισμό στην κάτω επιφάνειά του, το έδαφος θα πρέπει να καλύπτεται με μια εξυγιαντική και ισοπεδωτική στρώση άοπλου σκυροδέματος (π.χ. C12/15) μέσου πάχους τουλάχιστον 50mm.



γ) Διατάξεις του EN 1998-1:2004 (και του EN 1998-5:2004)

γ1) Κατ' αρχήν, υπάρχουν διάφορες γενικότερες αλλά σημαντικές αναφορές, τόσο στο Μέρος 1 όσο και στο Μέρος 5 του ΕΚ8 για τον αντισεισμικό σχεδιασμό (§1-2.2.2, 1-2.2.4.2, 1-4.2.1.6, 5-5.1 και 5-5.2), ως εξής:

- Όσο αφορά τη σεισμική δράση, η μόρφωση, η μελέτη και η κατασκευή των θεμελίων και των συνδέσεων τους με την ανωδομή θα εξασφαλίζουν πως ολόκληρο το κτίριο υπόκειται σε "ομοιόμορφη" σεισμική διέγερση. Θα εξετάζεται η ευστάθεια σε ανατροπή και σε ολίσθηση, ενώ τα μέλη/στοιχεία της θεμελίωσης και το έδαφος θα ελέγχονται έτσι ώστε να είναι ικανά να αναλάβουν/μεταφέρουν τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από την απόκριση της ανωδομής χωρίς σημαντικές μόνιμες παραμορφώσεις. Στον καθορισμό των αντιδράσεων θα δίνεται προσοχή στις πραγματικές αντοχές που ενδέχεται να αναπτυχθούν από τα φέροντα στοιχεία που αναλαμβάνουν/μεταφέρουν τις δράσεις.
- Η δυσκαμψία των θεμελιώσεων (και των υπογείων) θα είναι κατάλληλη και επαρκής για τη μεταφορά/ανάληψη της σεισμικής δράσεως, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιομορφία. Σχετικώς, και με εξαίρεση τις γέφυρες, μικτοί τύποι θεμελίωσης (π.χ. αβαθή/επιφανειακά πέδιλα και πάσσαλοι) δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, εκτός και αν πρόκειται για "δυναμικώς ανεξάρτητους φορείς/ανεξάρτητες μονάδες". Μικτοί τύποι θεμελίωσης μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνον όταν υπάρχει λεπτομερής και συγκεκριμένη μελέτη, η οποία θα καταδεικνύει την πλήρη επάρκεια τέτοιων λύσεων. Κατά το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, και για λόγους περιορισμού των αβεβαιοτήτων, το σύστημα θεμελίωσης πρέπει να είναι ομοιογενές και να εξασφαλίζει την κατά το δυνατό πιο ομοιόμορφη κατανομή των σεισμικών δράσεων στο έδαφος. Πρέπει να αποφεύγεται η διάταξη των επιφανειακών εδράσεων κατακόρυφων στοιχείων του ίδιου κτιρίου σε διαφορετικά οριζόντια επίπεδα, με σημαντικές υψομετρικές διαφορές. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να λαμβάνονται κατασκευαστικά μέτρα που να εξασφαλίζουν κοινές οριζόντιες μετακινήσεις των ανισόσταθμων εδράσεων. Τέτοια μέτρα δεν είναι αναγκαία σε θεμελίωση επί υγιούς βραχώδους εδάφους.
- Στα έξι(6) χαρακτηριστικά των αντισεισμικών κτιρίων (στις βασικές αρχές σύλληψης και μόρφωσης, βλ. και τα περί διαφραγμάτων), περιλαμβάνεται και αυτό για επαρκή θεμελίωση, όπου εκτός άλλων (δυσκαμψία και αντοχή), προβλέπονται και τα εξής, για ΚΠΜ και ΚΠΥ:
  - Για κτίρια με μεμονωμένα στοιχεία θεμελίωσης (πέδιλα ή πασσάλους), συνιστάται χρήση πλάκας θεμελίωσης ή συνδετήριων δοκών μεταξύ των στοιχείων αυτών και στις δύο κύριες διευθύνσεις, σύμφωνα με τα κριτήρια και τους κανόνες του Μέρους 1 και του Μέρους 5.
  - Για φορείς που αποτελούνται από διακεκριμένα, μεμονωμένα τοιχώματα, που πιθανόν να διαφέρουν σε μήκος και δυσκαμψία, πρέπει γενικά να επιλέγεται δύσκαμπτη κιβωτιοειδής ή κυψελοειδής θεμελίωση, που να περιλαμβάνει πλάκα θεμελίωσης και πλάκα κάλυψης.

Με βάση αυτές τις αναφορές, φαίνεται πως απλώς συνιστάται η χρήση στοιχείων σύνδεσης για μεμονωμένα πέδιλα, ενώ επιβάλλεται κιβωτιοειδής (ή κυψελοειδής) θεμελίωση στην περίπτωση τοιχωμάτων, μάλλον μεμονωμένων και όχι συζευγμένων.

Αξίζει να σημειωθεί πως με βάση τις παλαιότερες αλλά συνισχύουσες προβλέψεις/διατάξεις του πλαισίου ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, βλέπε και στα επόμενα/στην Παράγραφο ε, γενικώς επιβάλλεται η χρήση δοκών ή πλάκας σύνδεσης μεταξύ μεμονωμένων πεδίων, ενώ δεν υπάρχει αναφορά για κιβωτιοειδείς ή κυψελοειδείς θεμελιώσεις τοιχωμάτων.

γ2) Η επόμενη σειρά αναφορών σχετίζεται με τον έλεγχο και την αντοχή θεμελιώσεων (§4.4.2.6), και έχει ως εξής:

1. Το σύστημα θεμελίωσης θα είναι σύμφωνο με τον EN 1998-5:2004, Κεφάλαιο 5, και με τον EN 1997-1:2004.
2. Τα (σεισμικά) εντατικά μεγέθη για τα στοιχεία θεμελίωσης θα υπολογίζονται βάσει θεωρήσεων ικανοτικού σχεδιασμού που λαμβάνουν υπόψη την ανάπτυξη πιθανής υπεραντοχής, αλλά δεν χρειάζεται να υπερβαίνουν τα εντατικά μεγέθη και τις μετακινήσεις που αντιστοιχούν στην απόκριση του φορέα υπό τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού με υπόθεση ελαστικής συμπεριφοράς ( $q=1,0$ ).
3. Εάν τα εντατικά μεγέθη για τη θεμελίωση έχουν καθοριστεί με χρήση της τιμής του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  που εφαρμόζεται σε φορείς χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας/απόδοσης ενέργειας (δηλ. για  $q=1,5$ ), δεν απαιτείται ικανοτικός σχεδιασμός σύμφωνα με την 2.
4. Για θεμελιώσεις μεμονωμένων κατακόρυφων στοιχείων (τοιχώματα ή υποστυλώματα), η 2 της παρούσας θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών  $E_{Fd}$  στη θεμελίωση υπολογίζονται ως εξής:  
$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E}$$

όπου:  
 $\gamma_{Rd}$  είναι ο συντελεστής υπεραντοχής, που λαμβάνεται σαν ίσος με 1,0 για  $q \leq 3$ , ή 1,2 για κάθε άλλη περίπτωση  
 $E_{F,G}$  είναι τα εντατικά μεγέθη που οφείλονται στις μή-σεισμικές δράσεις που περιλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού  
 $E_{F,E}$  είναι τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από την ανάλυση έναντι της σεισμικής δράσεως σχεδιασμού, και  
 $\Omega$  είναι η τιμή του  $(R_{di}/E_{di}) \leq q$  σε εκείνη την περιοχή απόδοσης ενέργειας ή σε εκείνο το στοιχείο του φορέα που έχει τη μέγιστη επίδραση στο υπό εξέταση εντατικό μέγεθος  $E_F$ ,  
όπου:  
 $R_{di}$  είναι η αντοχή σχεδιασμού της σχετικής περιοχής απόδοσης ενέργειας ή του σχετικού στοιχείου  $i$  και  
 $E_{di}$  είναι η τιμή σχεδιασμού του εντατικού μεγέθους στη σχετική περιοχή απόδοσης ενέργειας ή στο σχετικό στοιχείο  $i$  στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού
5. Για (μεμονωμένες) θεμελιώσεις φερόντων τοιχωμάτων ή υποστυλωμάτων πλαισίων,  $\Omega$  είναι η ελάχιστη τιμή του λόγου  $M_{Rd}/M_{Ed}$  στις δύο ορθογωνικές κύριες διευθύνσεις στην κατώτατη διατομή του κατακόρυφου στοιχείου στο οποίο μπορεί να δημιουργηθεί πλαστική άρθρωση υπό τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού ("βάση").
6. Για κοινές θεμελιώσεις περισσότερων από ένα κατακόρυφων στοιχείων (δοκοί θεμελίωσης, θεμελιολωρίδες, γενικές κοιτοστρώσεις, κ.λ.π.) η §2 θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν η τιμή  $\Omega$  προέρχεται από το κατακόρυφο στοιχείο με τη μεγαλύτερη οριζόντια τέμνουσα δύναμη στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, ή, εναλλακτικά, εάν χρησιμοποιείται τιμή  $\Omega=1$  σε συνδυασμό με τιμή του συντελεστή υπεραντοχής  $\gamma_{Rd}$  αυξημένη σε 1,4.

γ3) Στο τέλος, δίνονται λεπτομερέστερες διατάξεις για τη μόρφωση και τη διαστασιολόγηση των στοιχείων θεμελίωσης από ωπλισμένο σκυρόδεμα (§1-5.8 και §5-5.4), ως εξής (για ΚΠΜ και ΚΠΥ):

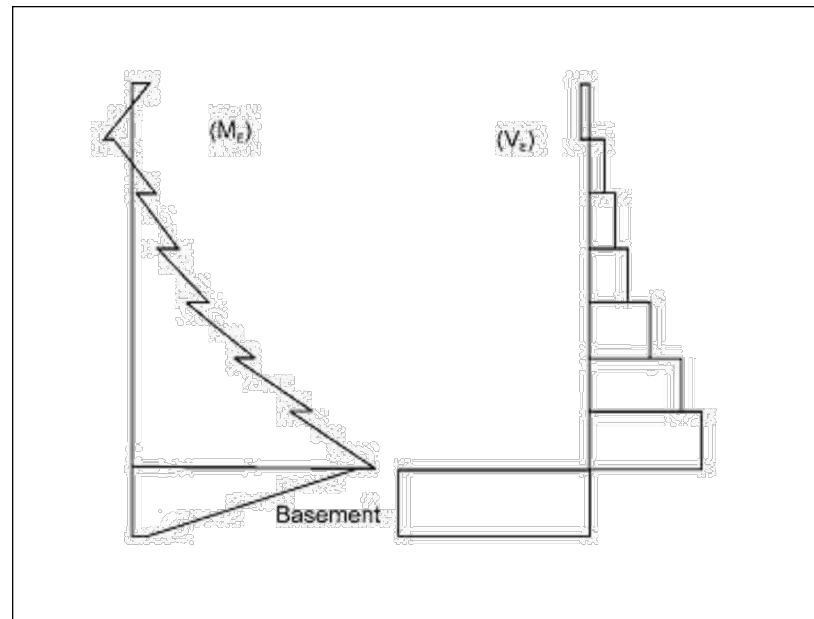
EN 1998-1:2004

Πεδίο εφαρμογής

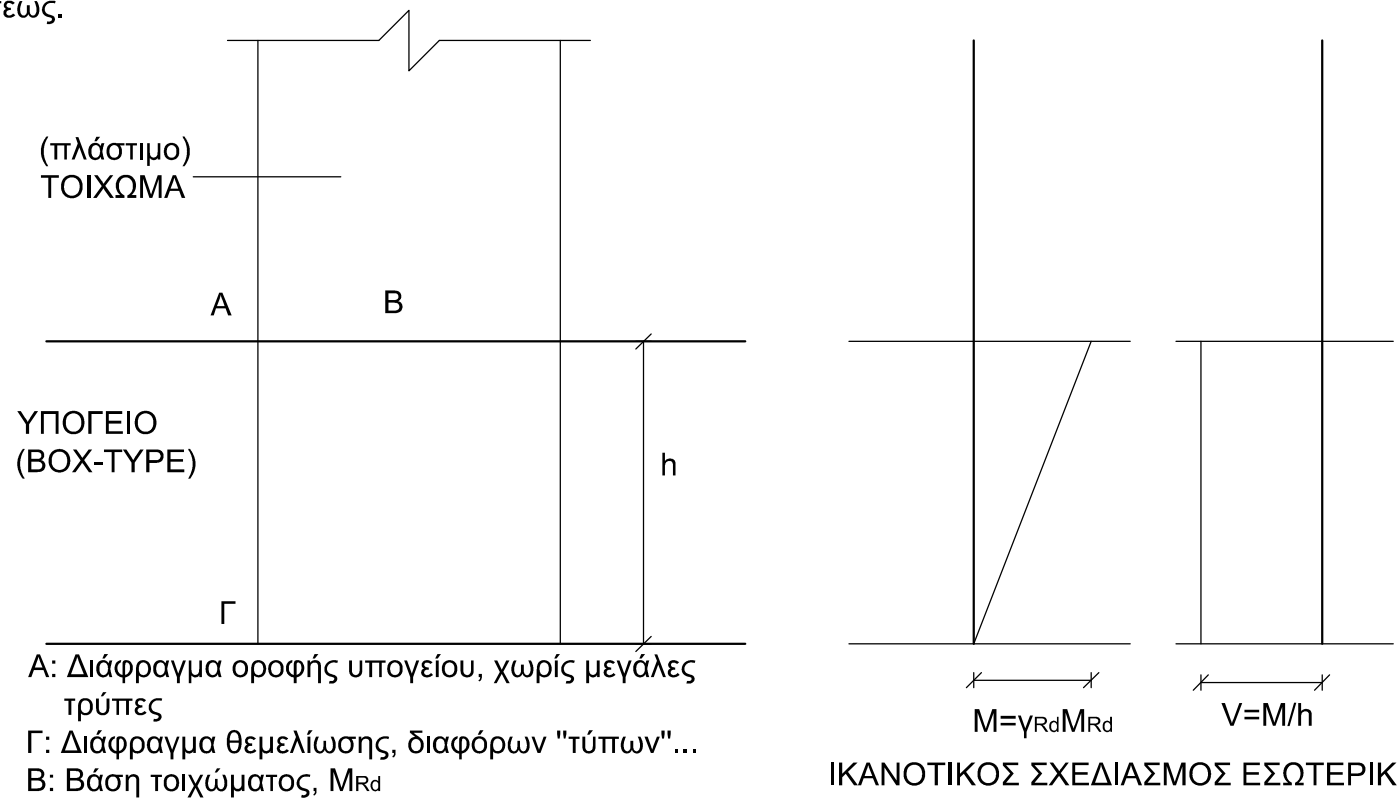
1. Οι ακόλουθες παράγραφοι έχουν εφαρμογή στη μελέτη στοιχείων θεμελίωσης από σκυρόδεμα, όπως πέδιλα, συνδετήριες δοκοί ή πλάκες, δοκοί θεμελίωσης, πλάκες θεμελίωσης, τοιχώματα θεμελίωσης κ.λ.π, καθώς επίσης και σε συνδέσεις μεταξύ συτών των στοιχείων ή μεταξύ αυτών και κατακόρυφων στοιχείων από σκυρόδεμα. Η μελέτη των στοιχείων αυτών θα είναι σύμφωνη και με τους κανόνες του EN 1998-5:2004, §5.4.
2. Εάν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού για τη μελέτη στοιχείων θεμελίωσης σε πλαστικούς φορείς, υπολογίζονται με βάση θεωρήσεις ικανοτικού σχεδιασμού σύμφωνα με την §4.4.2.6(2)P, δεν αναμένεται απόδοση ενέργειας από τα στοιχεία αυτά κατά τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η μελέτη και κατασκευή των στοιχείων αυτών μπορεί να γίνει για ΧΟΣ κατηγορίας ολκιμότητας Β ή C.
3. Εάν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού για τα στοιχεία θεμελίωσης πλαστικών φορέων προέρχονται από την ανάλυση για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού χωρίς τις θεωρήσεις ικανοτικού σχεδιασμού της §4.4.2.6(2)P, η μελέτη των στοιχείων αυτών θα ακολουθεί τους αντίστοιχους κανόνες για τα στοιχεία του ανωδομής για την επιλεγμένη κατηγορία πλαστιμότητας. Για συνδετήριες δοκούς και δοκούς θεμελίωσης, οι διατμητικές δυνάμεις σχεδιασμού πρέπει να υπολογίζονται βάσει των εκτιμήσεων ικανοτικού σχεδιασμού, για κτίρια ΚΠΜ ή ΚΠΥ.
4. Εάν τα εντατικά μεγέθη και οι μετακινήσεις σχεδιασμού για στοιχεία θεμελίωσης έχουν υπολογισθεί χρησιμοποιώντας τιμή του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  μικρότερη ή ίση προς το ανώτερο όριο του  $q$  για φορείς χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας/απόδοσης ενέργειας (1,5 στα κτίρια ωπλισμένου σκυροδέματος), η μελέτη και η κατασκευή των στοιχείων αυτών μπορεί να γίνει για ΧΟΣ κατηγορίας ολκιμότητας Β ή C.
5. Σε υπόγεια μορφής κιβωτίου (ή κυψέλης) πλαστικών φορέων που αποτελούνται από: α) πλάκα σκυροδέματος που δρα ως άκαμπτο διάφραγμα στη στάθμη οροφής του υπογείου, β) πλάκα θεμελίωσης ή εσχάρα συνδετήριων δοκών ή δοκών θεμελίωσης στη στάθμη θεμελίωσης, και γ) περιφερειακά ή/και εσωτερικά τοιχώματα θεμελίωσης σχεδιασμένα σύμφωνα με την §2 της παρούσας, τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και οι δοκοί (περιλαμβανομένων και αυτών της οροφής του υπογείου) αναμένεται να παραμείνουν ελαστικά υπό τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Τα τοιχώματα πρέπει να ελέγχονται για ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στη στάθμη οροφής υπογείου. Για τον λόγο αυτόν σε τοιχώματα στα οποία η διατομή παραμένει ίδια και πάνω από την οροφή υπογείου, η κρίσιμη περιοχή θα λαμβάνεται ως εκτεινόμενη κάτω από το επίπεδο πλάκας ορόφου υπογείου έως ένα βάθος  $h_{cr}$ , για ΚΠΜ και ΚΠΥ. Επιπλέον, ολόκληρο το ελεύθερο ύψος τέτοιων τοιχωμάτων εντός του υπογείου πρέπει να διαστασιολογείται σε διάτμηση, υποθέτοντας ότι το τοίχωμα αναπτύσσει την καμπτική υπεραντοχή του (με  $\gamma_{Rd}=1,1$  για ΚΠΜ και  $\gamma_{Rd}=1,2$  για ΚΠΥ) στη στάθμη οροφής υπογείου και μηδενική ροπή στο επίπεδο θεμελίωσης.

Σημειώσεις

Αντίστοιχες και λεπτομερέστερες διατάξεις για τα υπόγεια (σε συνδυασμό, κυρίως, με τα πλαστικά τοιχώματα) δίνονται και κατά το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, όπως παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο ε. Σχετικώς, έχει ιδιαίτερη σημασία η διάταξη για τα εσωτερικά (και όχι τα περιμετρικά) τοιχώματα του (πρώτου) υπογείου, μορφής κιβωτίου (ή κυψέλης), κατά τον Κανονισμό και τα επόμενα σκαριφήματα. Τέτοια υπόγεια (box-type) προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα για την ανωδομή και το σύνολο του φορέα/κτιρίου έναντι σεισμού, "φιλτράροντας" τις υψηλές συχνότητες του σεισμικού κραδασμού και τις αναπόφευκτες διαφορικές εδαφικές μετακινήσεις και ταλαντώσεις, με ευνοϊκή συνέπεια την "εισαγωγή" "ομοιόμορφης" σεισμικής δράσεως.



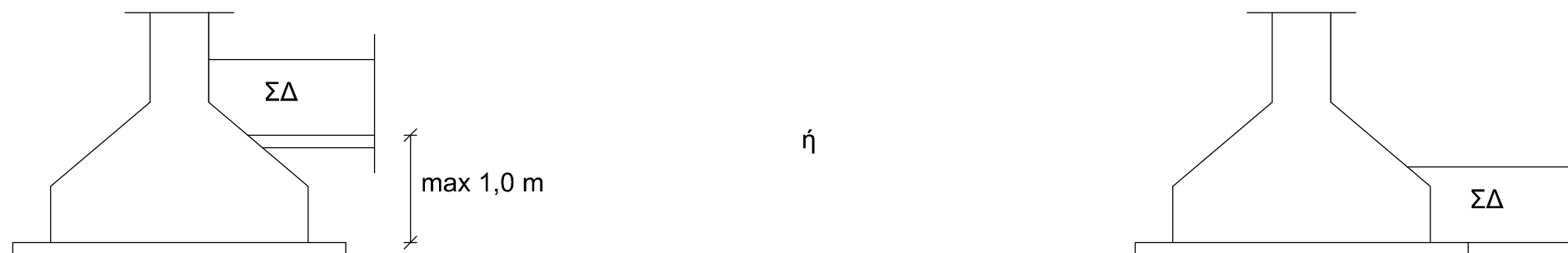
Σεισμική ένταση σε εσωτερικά τοιχώματα κτιρίου με υπόγειο/θεμελίωση μορφής κιβωτίου ή κυψέλης, M. Fardis, 2009



ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ (ΚΠΜ/ $\gamma_{Rd}=1,1$  και ΚΠΥ/ $\gamma_{Rd}=1,2$ )

### Συνδετήριες δοκοί και δοκοί θεμελίωσης

- Δεν επιτρέπεται η διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων (stub-columns, με  $\alpha_s \leq 2,5$ ) μεταξύ της πάνω επιφάνειας πεδίου και του πυθμένα συνδετήριων δοκών ή πλακών. Για τον σκοπό αυτόν ο πυθμένας των συνδετήριων δοκών ή πλακών θα βρίσκεται κάτω από την πάνω επιφάνεια του πεδίου.



(ΒΛΕΠΕ ΚΑΙ ΣΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ)

- Οι αξονικές δυνάμεις σε συνδετήριες δοκούς ή συνδετήριες ζώνες πλακών θεμελίωσης που υπολογίζονται σύμφωνα με τις §§5.4.1.2(6) και (7) του EN 1998-5, πρέπει να λαμβάνονται στον έλεγχο μαζί με τα εντατικά μεγέθη που υπολογίζονται σύμφωνα με την §4.4.2.6(2)P ή την §4.4.2.6(3) για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη και αποτελέσματα δευτέρας τάξεως.
- Οι συνδετήριες δοκοί και οι δοκοί θεμελίωσης πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος ίσο με  $b_{w,min}$  και ελάχιστο ύψος ίσο με  $h_{w,min}$ /αναλόγως του αριθμού των ορόφων.  
Σημείωση: Οι τιμές που αποδίδονται στα  $b_{w,min}$  και  $h_{w,min}$  για χρήση σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές είναι  $b_{w,min}=0,25m$  και  $h_{w,min}=0,4m$  για κτίρια έως και τριών ορόφων, ή  $h_{w,min}=0,5m$  για κτίρια με τέσσερις ή περισσότερους ορόφους πάνω από το υπόγειο.
- Πλάκες θεμελίωσης οι οποίες προβλέπονται σύμφωνα με τον EN 1998-5:2004, (§5.4.1.2(2)) για οριζόντια σύνδεση μεμονωμένων πεδίων πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος  $t_{min}$  και ελάχιστο ποσοστό οπλισμού  $\rho_{s,min}$  τόσο στην άνω όσο και στην κάτω παρειά.  
Σημείωση: Οι τιμές που αποδίδονται στα  $t_{min}$  και  $\rho_{s,min}$  για χρήση σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα. Οι συνιστώμενες τιμές είναι  $t_{min}=0,2m$  και  $\rho_{s,min}=0,2\%$
- Δοκοί σύνδεσης (ή θεμελίωσης) πρέπει να διαθέτουν ποσοστό διαμήκους οπλισμού σε όλο το μήκος τους τουλάχιστον  $\rho_{b,min}$  στην πάνω και στην κάτω παρειά.  
Σημείωση: Η τιμή που αποδίδεται στο  $\rho_{b,min}$  για χρήση σε μια χώρα μπορεί να βρεθεί στο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή του  $\rho_{b,min}$  είναι 0,4%.

### Συνδέσεις κατακόρυφων στοιχείων με δοκούς ή τοιχώματα θεμελίωσης

- Στην κοινή περιοχή (κόμβος) μιας δοκού θεμελίωσης ή ενός τοιχώματος θεμελίωσης με ένα κατακόρυφο στοιχείο θα εφαρμόζονται οι κανόνες της §5.4.3.3 (ελάχιστη όπλιση) ή της §5.5.3.3 (ελάχιστη όπλιση και έλεγχος σώματος) για περιοχές κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων, για ΚΠΜ και ΚΠΥ, αντιστοίχως.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ ελέγχεται με εντατικά μεγέθη που βασίζονται σε θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού σύμφωνα με την 4.4.2.6(2)P, η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται με βάση αποτελέσματα της ανάλυσης των §§4.4.2.6(2)P, (4), (5), και (6), βλέπε τα περί  $\Omega$  κ.λ.π.
- Εάν δοκός θεμελίωσης ή τοίχωμα θεμελίωσης φορέα ΚΠΥ δεν ελέγχεται με θεώρηση ικανοτικού σχεδιασμού των §§4.4.2.6(4), (5), (6) (βλέπε §5.8.1(3)P), η οριζόντια τέμνουσα δύναμη  $V_{jhd}$  στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται σύμφωνα με την §5.5.2.3(2), εκφράσεις (5.22), (5.23), για κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- Σε φορείς ΚΠΜ η σύνδεση των δοκών θεμελίωσης ή τοιχωμάτων θεμελίωσης με κατακόρυφα στοιχεία θα ακολουθεί τους κανόνες της §5.4.3.3 (ελάχιστη όπλιση).
- Κάμπεις ή άγκιστρα στο κάτω μέρος διαμήκων ράβδων κατακόρυφων στοιχείων πρέπει να έχουν τέτοια διάταξη ώστε να προκαλούν θλίψη στο εσωτερικό της περιοχής σύνδεσης.

### Σημείωση

Οι διατάξεις αυτές, οι οποίες αφορούν "κόμβους" στοιχείων θεμελίωσης, δηλαδή θεμελιοδοκών μικρού ή μεγάλου ύψους (υψίκορμων δοκών, τοιχωμάτων), και κατακόρυφων θεμελιούμενων στοιχείων, δηλαδή υποστυλωμάτων αλλά και τοιχωμάτων, πρέπει (μάλλον) να συμπληρωθούν, με διευκρινίσεις, λεπτομέρειες κ.λ.π.

## **EN 1998-5:2004**

### Αβαθείς θεμελιώσεις, οριζόντιες συνδέσεις

1. Θα αποτιμώνται και τα πρόσθετα αποτελέσματα δράσεως που προκαλούνται στον φορέα από οριζόντιες σχετικές μετατοπίσεις στα θεμέλια, και θα λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για να προσαρμοστεί ανάλογα η μελέτη.
2. Για κτίρια, η απαίτηση που ορίζεται στην §1 θεωρείται ότι ικανοποιείται εφόσον τα θεμέλια είναι διατεταγμένα στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και προβλέπονται συνδετήριες δοκοί ή επαρκής πλάκα θεμελίωσης στο επίπεδο των πεδίων. Τα μέτρα αυτά δεν είναι απαραίτητα για έδαφος κατηγορίας A (οιονεί-βράχος).
3. Οι δοκοί του χαμηλότερου δαπέδου ενός κτιρίου μπορούν να θεωρηθούν ως συνδετήριες δοκοί εφόσον βρίσκονται εντός 1,0m από την κατώτατη επιφάνεια των πεδίων. Οι συνδετήριες δοκοί μπορεί ενδεχομένως να αντικατασταθούν από πλάκα σύνδεσης, υπό τον όρο ότι η πλάκα αυτή επίσης βρίσκεται εντός 1,0m από την κατώτατη επιφάνεια των πεδίων.
4. Η απαραίτητη εφελκυστική αντοχή των συνδετήριων αυτών στοιχείων μπορεί να εκτιμηθεί με την χρήση απλουστευμένων (αλλά συντηρητικών) μεθόδων.
5. Ελλείψει ακριβέστερων κανόνων ή μεθόδων, οι συνδέσεις θεμελίωσης θα θεωρούνται επαρκείς όταν ικανοποιούνται όλοι οι κανόνες που δίνονται στις (6) και (7) της παρούσας παραγράφου.

### (6) Συνδετήριες δοκοί

Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα

- Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αναλαμβάνουν αξονική δύναμη, τόσον σε εφελκυσμό όσον και σε θλίψη, ίση με:  
 $\pm 0,3\alpha S N_{Ed}$  για εδάφη τύπου B  
 $\pm 0,4\alpha S N_{Ed}$  για εδάφη τύπου C  
 $\pm 0,6\alpha S N_{Ed}$  για εδάφη τύπου D  
όπου  $N_{Ed}$  είναι η μέση τιμή των αξονικών δυνάμεων σχεδιασμού των συνδεόμενων κατακόρυφων στοιχείων στη σεισμική μελέτη.
- Ο διαμήκης σπλισμός πρέπει να αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα του πεδίου ή στις άλλες συνδετήριες δοκούς που το πλαισιώνουν.

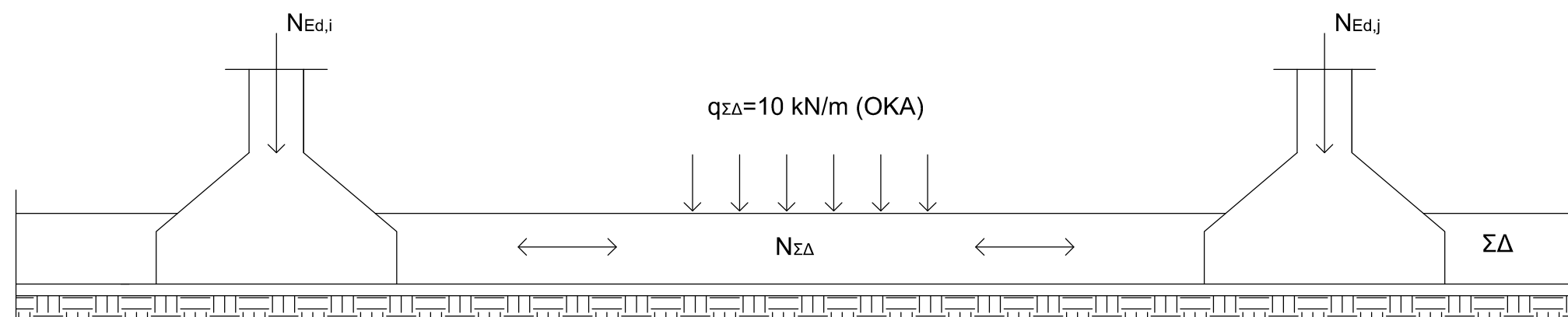
### (7) Πλάκα σύνδεσης

Θα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Οι συνδετήριες ζώνες πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μπορούν να αναλάβουν αξονικές δυνάμεις ίσες με εκείνες που δίνονται για συνδετήριες δοκούς.
- Ο διαμήκης σπλισμός των συνδετήριων ζωνών θα αγκυρώνεται πλήρως στο σώμα των πεδίων ή στην συνεχόμενη πλάκα.

### Σημείωση

Με βάση ΟΛΕΣ τις διατάξεις των ΕΚ2 και ΕΚ8, για τη συνήθη περίπτωση συνδετήριων δοκών (ΣΔ) μεμονωμένων πεδίων, υποστυλωμάτων (κυρίως), με ενιαία οριζόντια στάθμη, ισχύουν κατ' ελάχιστον τα εξής, όσον αφορά τη διαστασιολόγησή τους:



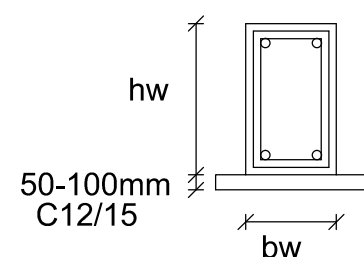
i)  $q_{\Sigma\Delta} = 10 \text{ kN/m}$  (OKA), διαδικασίες επίχωσης

ii)  $N_{\Sigma\Delta} = \kappa(\alpha S)N_{Ed}$ ,  $N_{Ed} = 1/2(N_{Ed,i} + N_{Ed,j})$

$\kappa = 0,3$  ή  $0,4$  ή  $0,6$  για έδαφος κατηγορίας B ή C ή D (βλέπε Πίνακα 3.1, EN 1998-1:2004)

Για έδαφος κατηγορίας A (υγιές οιονεί-βραχώδες, με  $v_s > 800 \text{ m/s}$ ), δεν είναι απαραίτητη η διάταξη ΣΔ

iii)



- Βλέπε τα περί κατηγορίας / αντοχής σκυροδέματος (για λόγους ανθεκτικότητας, κυρίως), και τα περί  $c_{nom} = (40 \text{ mm ή } 75 \text{ mm}) + 10 \text{ mm}$ , σε συνδυασμό με τα περί επιφανειακού/επιδερμικού οπλισμού
- $b_w \geq 0,25 \text{ m}$  και  $h_w \geq 0,4 \text{ m}$  ή  $0,5 \text{ m}$  για πλήθος ορόφων πάνω από το υπόγειο  $n \leq 3$  ή  $n \geq 4$ , αντιστοίχως
- $\rho_{s1} \geq 0,4\%$  και  $\rho_{s2} \geq 0,4\%$ ,  
δηλαδή  $A_{s1}$  και  $A_{s2} \geq 4 \text{ cm}^2$  (π.χ.  $2 \phi 16$ ) ή  $5 \text{ cm}^2$  (π.χ.  $2 \phi 18$ ), για  $n \leq 3$  ή  $n \geq 4$ , αντιστοίχως  
 $\phi_{l,min} = 8 \text{ mm}$ , ενώ συνιστάται  $\min \phi 10$  ή  $\phi 12 \text{ mm}$
- Πλήρης αγκύρωση (ή συνέχεια) στο σώμα του πεδίου (ή στις άλλες ΣΔ)

Λεπτομέρειες Συνδετήριων Δοκών (ΣΔ), για ΚΠΜ και ΚΠΥ

(βλέπε και συμπληρωματικές διατάξεις ή πρόσθετες παρατηρήσεις στα επόμενα)

Αβαθείς θεμελιώσεις με γενική (ή μερική) κοιτόστρωση ή κιβώτια/κυψέλες (§5.4.1.4)

1. Όλες τις διατάξεις της §5.4.1.1 (OKA πεδίων) μπορούν επίσης να εφαρμόζονται σε θεμελιώσεις με κοιτόστρωση, αλλά με τους ακόλουθους περιορισμούς:
  - a. Σε περίπτωση μιας ενιαίας πλάκας θεμελίωσης μπορεί να ληφθεί υπόψη η συνολική αντοχή τριβής. Για απλές εσχάρες δοκών θεμελίωσης, μπορεί να θεωρηθεί ισοδύναμη επιφάνεια έδρασης σε κάθε κόμβο.
  - b. Δοκοί και/ή πλάκες θεμελίωσης μπορούν να θεωρηθούν ως συνδετήριες δοκοί. Ο κανόνας για την διαστασιολόγησή τους ισχύει σε ένα ενεργό πλάτος που αντιστοιχεί στο πλάτος της δοκού θεμελίωσης ή σε ένα πλάτος πλάκας ίσο με δέκα φορές το πάχος της.
2. Θεμελίωση με γενική κοιτόστρωση πρέπει να ελεγχθεί και ως διάφραγμα μέσα στο ίδιο του το επίπεδο, υπό τα πλευρικά φορτία αδρανείας του και τις οριζόντιες δυνάμεις που προκαλούνται από την ανωδομή.

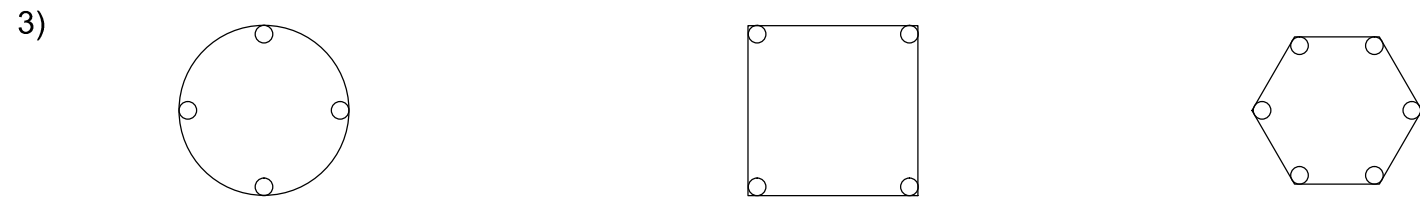
δ) Συμπληρωματικές διατάξεις, στο πλαίσιο των Ευρω-Κωδίκων

- Όπως, ήδη, αναφέρθηκε, στα περί των διαφραγμάτων, στην §5.10 του EN 1998-1:2004, απαιτείται έλεγχός τους (OKA) σε περιπτώσεις μή-κανονικότητας (σε κάτοψη ή/και σε τομές), μεταξύ των οποίων και η διάταξη υπογείου (ή υπογείων) με τοιχώματα μόνον σε τμήμα της περιμέτρου ή της επιφάνειας του υπογείου, χωρίς να γίνονται ποσοτικές (και όχι απλώς ποιοτικές) αναφορές. Η διάταξη αυτή επιβάλλεται σε φορείς/κτίρια ΚΠΥ, ενώ συνιστάται (στο πλαίσιο αυτής της ΔΕ) και για φορείς/κτίρια ΚΠΜ.
- Επειδή αρκετά (τουλάχιστον) κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (κυρίως υποστυλώματα αλλά και τοιχώματα) των υπογείων μπορούν να μελετηθούν/κατασκευασθούν ως μέλη χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας/απόδοσης ενέργειας, κρίνεται σκόπιμο να επαναληφθούν εδώ οι σχετικές διατάξεις του EN 1992-1-1:2004.

**ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ** (με  $h \leq 4b$ )

1)  $\phi_{l,min}=8\text{mm}$  , συνιστάται  $\phi 12$  ή  $\phi 14\text{mm}$

2)  $A_{s,max}=4\%A_c$  (εκτός ενώσεων)  
 $A_{s,max}=8\%A_c$  (εντός ενώσεων)  
 $A_{s,min}=\max(0,2\%A_c ; 0,10N_{Ed}/f_{yd})$

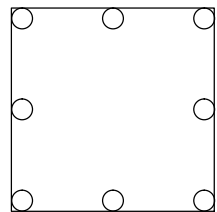


συνιστάται min 6 ράβδοι

4) Εγκάρσιος οπλισμός

$\phi_{w,min}=\max(6\text{mm} ; 1/4\phi_{l,max})$   
 (για πλέγματα 5mm)  
 $S_{w,max}=\min(400\text{mm} ; b ; 20\phi_{l,min})$   
 ή  $\min(0,6(400\text{mm} ; b ; 20\phi_{l,min}))$   
 σε ενώσεις, για  $\phi_{l,max} \geq 16\text{mm}$   
 σε περιοχές ύψους  $h$  πάνω/κάτω από δοκούς

πδ. C16/20, B500C Διατομή 35/35



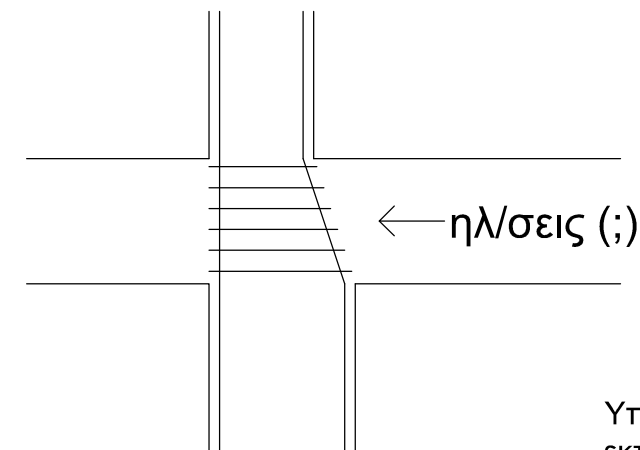
ή  $4\phi 10$   
 ( $\rho=0,25\%$ )

- $8\phi 8(!)$   $\rho=0,325\% > 0,2\%$   
για  $N_{Ed} \leq 1750 \text{ kN}$
- $\phi 6/160$  ή  $\phi 5/160$   
και σε ύψος 35cm πάνω/κάτω  
από τις δοκούς, 100mm  
(4+4 τεμ.)

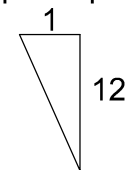
5) Κάθε διαμήκης ράβδος (ή ομάδα ράβδων) στις γωνίες πρέπει να συγκρατείται από εγκάρσιο οπλισμό.  
 Δεν επιτρέπονται ράβδοι χωρίς συγκράτηση σε απόσταση μεγαλύτερη των 150mm από ράβδους με συγκράτηση.



6) Αλλαγές διατομών καθ' ύψος



Υπολογισμός εγκάρσιου οπλισμού,  
 εκτός και αν η κλίση είναι μικρότερη  
 από 1:12.



## ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ (με $l > 4b$ )

1) Τα επόμενα ισχύουν μόνον αν ο οπλισμός λαμβάνεται υπόψη στις αντιστάσεις.

Βλ. EN 1992-1-1:2004/Section 12,

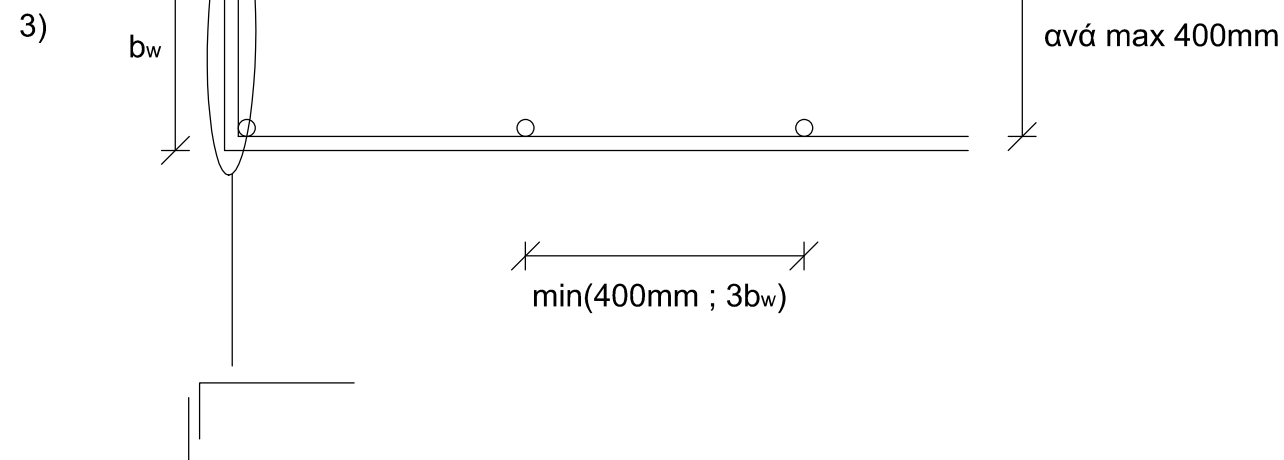
Κατασκευές από άοπλο και ελαφρώς ωπλισμένο σκυρόδεμα

2) Εμμέσως πλην σαφώς, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνον μία εσχάρα οπλισμού, στη μέση του κορμού.

Τα επόμενα ισχύουν για δύο ισοδύναμες εσχάρες οπλισμού.

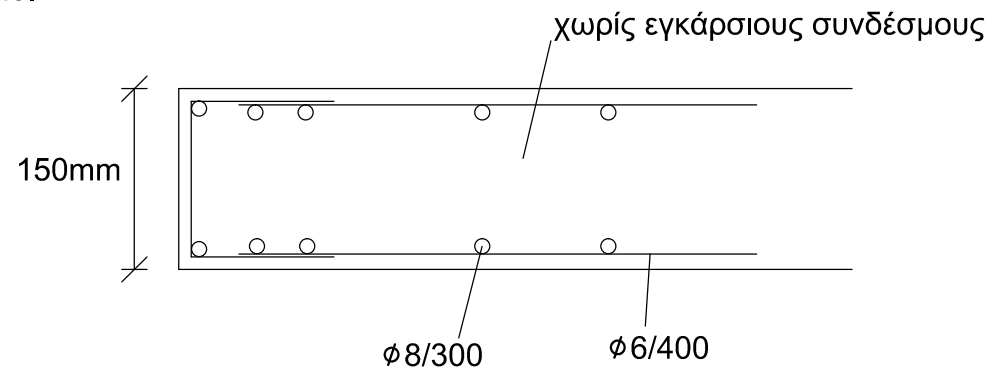
4) Περί εγκάρσιου οπλισμού (εγκαρσίως προς το επίπεδο του τοιχώματος)

- Σε όποια περιοχή του τοιχείου ο κατακόρυφος οπλισμός είναι περισσότερος από  $2\%A_c$ , απαιτείται διάταξη συνδετήρων, όπως για τα υποστυλώματα (βλ. §4 και 5), όπου ως "h" λαμβάνεται  $4b_w$ .
- Όταν ο κατακόρυφος οπλισμός διατάσσεται σε δύο εσχάρες, απαιτούνται εγκάρσιοι σύνδεσμοι ( $4\text{τεμ./m}^2$  ή ανά αποστάσεις  $500\text{mm}$ ), εκτός και αν πρόκειται για πλέγματα ή ράβδους με  $\phi \leq 16\text{mm}$ , με επικαλύψεις  $\geq 2\phi$ .



- Κατακόρυφος οπλισμός  
 $\min A_{s,v} = 0,2\% A_c$   
 $\max A_{s,v} = 4\% A_c$  (εκτός ενώσεων)  
 $\max A_{s,v} = 8\% A_c$  (εντός ενώσεων)
- Οριζόντιος οπλισμός  
 $\min A_{s,h} = \max(0,1\% A_c ; 0,25A_{s,v})$

Πδ.



Στο άκρο (Δεν απαιτείται):  
Έστω  $\phi$ .  $\phi 6/400$ ,  $\min 4b_w$  (σκέλη)  
 $2\phi 10$  και  $2*2:3\phi 8$   
στις ενώσεις

### ε) Πρόσθετες παρατηρήσεις

Στην τελευταία, αυτή, παράγραφο για θεμέλια και υπόγεια, δίνονται πρόσθετες προβλέψεις/διατάξεις κατά το παλαιότερο αλλά συνισχύον πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ.

- Ως υπόγειο θεωρείται ο όροφος που ευρίσκεται εν όλω ή εν μέρει εντός του εδάφους και έχει τοιχώματα ωπλισμένου σκυροδέματος, μονολιθικώς συνδεδόμενα με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία, έτσι ώστε οι στάθμες οροφής και δαπέδου να έχουν πρακτικώς μηδενική σχετική μετατόπιση υπό οριζόντια φορτία.
- Σε συνήθεις περιπτώσεις, με επαρκή διαφραγματική λειτουργία, η αναλογική διάταξη και κατά τις δύο κύριες ορθογωνικές διευθύνσεις του κτιρίου τοιχωμάτων ωπλισμένου σκυροδέματος που συνδέουν μονολιθικώς κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχώματα), περιμετρικά ή μη, και έχουν συνολικώς μήκος ίσο τουλάχιστον με το 80% του μήκους της περιμέτρου του κτιρίου, θεωρείται ότι καλύπτει την προηγούμενη απαίτηση περί σχετικής αμεταθετότητας.
- Σε κτίρια με υπόγειους ορόφους που διαθέτουν περιμετρικά τοιχώματα, οι μέγιστες ροπές (και οι πιθανές πλαστικές αρθρώσεις) των τοιχωμάτων εμφανίζονται εν γένει στο επίπεδο του ισογείου. Οι αντίστοιχες σεισμικές τέμνουσες μεταφέρονται με διατμητική δράση των διαφραγμάτων των πλακών στα περιμετρικά τοιχώματα και από εκεί στο έδαφος. Τα περιμετρικά τοιχώματα των υπογείων πρέπει να κατασκευάζονται και να σπλιζονται κατάλληλα για να εξασφαλίσουν την παραπάνω μεταφορά των δυνάμεων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην επάρκεια της διατμητικής σύνδεσης της πλάκας δαπέδου του ισογείου με τα περιμετρικά τοιχώματα σε περιοχές ανοιγμάτων.
- Οι συνδετήριες δοκοί (ή πλάκες) δεν είναι υποχρωτικές σε εδάφη κατηγορίας Α και ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας Ι, για συνεπίπεδη οριζόντια θεμελίωση, ενώ δεν είναι απαραίτητες (διότι δεν είναι αποτελεσματικές) μεταξύ πεδίων υποστυλωμάτων μεγάλων υποστέγων, με άνοιγμα μεγαλύτερο από 12m, κατά τη διεύθυνση του ανοίγματος του υποστέγου.
- Σε περίπτωση έκκεντρων πεδίων, στον έλεγχο των συνδετηρίων δοκών που διατάσσονται κατά τη διεύθυνση της εκκεντρότητας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι καμπτικές ροπές και διατμητικές δυνάμεις που αναλαμβάνουν λόγω της εκκεντρότητας των κατακόρυφων φορτίων.

Για  $n \leq 3$

0,25/0,40m, 0,4% άνω και 0,4% κάτω  
ή min 3+3 $\phi$  14 (B500C)  
συνδετήρες  $\phi$  10/200

Για  $n \geq 4$

0,25/0,60m, 0,4% άνω και 0,4% κάτω  
ή min 3+3 $\phi$  16 (B500C)  
συνδετήρες  $\phi$  10/150

όπου n ο αριθμός ορόφων πέραν του τυχόν υπάρχοντος υπογείου (ή υπογείων)

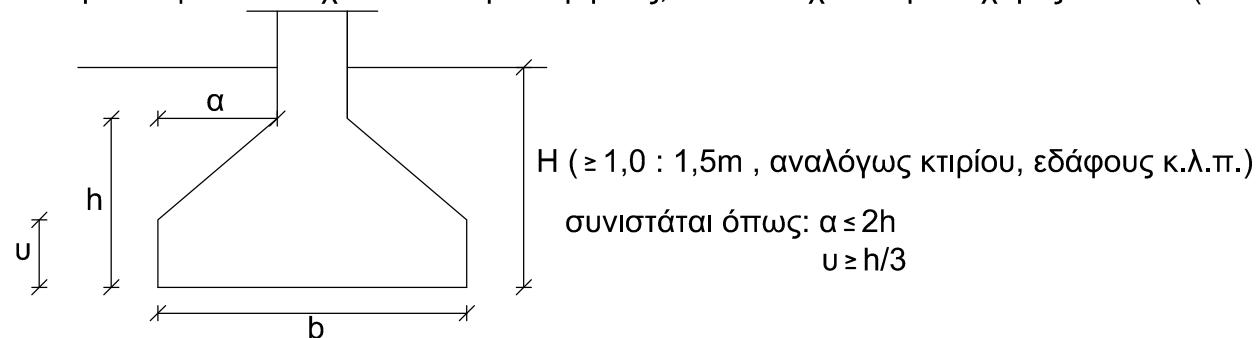
- Οι συνδετήριες δοκοί επιτρέπεται να αντικαθίσταται από ενιαία πλάκα, το πάχος της οποίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,20m, στην πάνω στάθμη των πεδίων.
- Ο ελάχιστος σπλισμός της πλάκας θα αποτελείται αφενός από δύο εσχάρες σπλισμού  $\phi$  10 (B500C) ανά 0,20m στο πάνω και κάτω πέλμα και αφετέρου από τον σπλισμό που θα απαιτείτο στις θέσεις των αντίστοιχων συνδετηρίων δοκών που παραλείπονται.

### Θεμελιώσεις τοιχωμάτων της ανωδομής

- Σε κτίρια που δεν έχουν υπόγειους ορόφους, είναι σε αρκετές περιπτώσεις δύσκολο να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για μεμονωμένη θεμελίωση των τοιχωμάτων της ανωδομής, λόγω της μεγάλης ροπής και στροφής στη βάση του τοιχώματος. Στις περιπτώσεις αυτές είναι σκόπιμο να προβλέπεται κοινή θεμελίωση με παρακείμενα κατακόρυφα στοιχεία, μέσω πεδιλοδοκών ή μεγάλων συνδετηρίων δοκών επαρκούς δυσκαμψίας και αντοχής.

### Πέδιλα υποστυλωμάτων/τοιχωμάτων

- Γενικώς συνιστάται η διάταξη δύσκαμπτων πεδίων, σε ενιαία στάθμη.
- Το ελάχιστο πλάτος και ύψος πεδίου είναι ίσο με  $b_{min}$ ,  $h_{min} \geq 0,70m$ .
- Σε περιπτώσεις μεμονωμένων πεδίων σταθερού ύψους, το ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος είναι 0,50m
- Η όπλιση των πεδίων γίνεται με τον ελάχιστο σπλισμό κάμψεως, και τουλάχιστον με εσχάρες min  $\phi$  12 (B500C) ανά max 150mm.



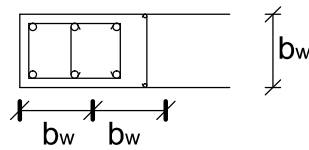


### Πεδιλοδοκοί

- Για το πλάτος και το ύψος των πεδιλοδοκών, ισχύουν οι ελάχιστες απαιτήσεις των περιμετρικών τοιχωμάτων υπογείου
- Για τις πεδιλοδοκούς ισχύουν οι ελάχιστες απαιτήσεις που ισχύουν για συνδετήριες δοκούς. επιπροσθέτως συνιστάται όπως διατάσσεται πρόσθετος καθ' ύψος οπλισμός για έλεγχο της ρηγμάτωσης.
- Όπου είναι δυνατόν συνιστάται η προέκταση των πεδιλοδοκών πέραν των ακραίων υποστυλωμάτων/τοιχωμάτων κατά τουλάχιστον  $\sqrt{bh}$ , όπου b και h είναι, αντιστοίχως, το πλάτος και το ύψος της πεδιλοδοκού.

### Περιμετρικά τοιχώματα υπογείου (υπογείων)

- Το ελάχιστο πάχος των στοιχείων αυτών είναι γενικώς 200mm, ενώ συνιστάται (εάν δεν επιβάλλεται) μονολιθική σύνδεση με τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία.
- Οι οπλισμοί πρέπει να σχηματίζουν δύο εσχάρες, μία κοντά σε κάθε όψη του τοιχείου, οι οποίες να συνδέονται με εγκάρσιον σιγμοειδή οπλισμό τουλάχιστον  $4\phi 8/m^2$ , ο οποίος συγκρατεί και τις κατακόρυφες και τις οριζόντιες ράβδους. Το ποσοστό του κατακόρυφου και του οριζόντιου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο 0,002 για κάθε διεύθυνση. Σε κάθε εσχάρα, η απόσταση δύο γειτονικών ράβδων κατακόρυφων ή οριζόντιων θα είναι  $s \leq 200mm$ . Η μέγιστη διάμετρος όλων των ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος. Η ελάχιστη διάμετρος των ράβδων, σε περίπτωση χρησιμοποίησης δομικών πλεγμάτων, είναι 5 ή 6mm, αναλόγως της κατηγορίας περιβάλλοντος (για λόγους ανθεκτικότητας).
- Σε περιπτώσεις ελεύθερων άκρων τοιχωμάτων, θα γίνεται διαμόρφωση κρυφουποστυλωμάτων.



Διαμήκεις οπλισμοί:  $6\phi 14$  B500C  
Εγκάρσιοι οπλισμοί:  $\phi 8/0,5 b_w$

- Τα πέδιλα των τοιχείων υπογείου, εάν δεν αποτελούν στοιχεία γενικότερης θεμελίωσης υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, θα έχουν πλάτος τουλάχιστον  $3b_w$  ή 600mm και ύψος τουλάχιστον  $1,5b_w$  ή 300mm, και θα οπλίζονται με εσχάρα οπλισμού  $\min \phi 12$  (B500C) ανά max 150mm.

### **N3. ΜΕΣΗ ΚΛΑΣΗ/ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ , ΚΠΜ**

Κατ' αρχήν, οι τιμές (τελικές) του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  ( $=q_0k_w \geq 1,5$ /ΚΠΧ/ΕΝ 1992-1-1:2004), για κάθε διεύθυνση σχεδιασμού, διαφοροποιούνται αναλόγως της βασικής τιμής  $q_0$  (κλάση πλαστιμότητας και "συμβατοί" έλεγχοι, λεπτομέρειες κ.λ.π. , δομητικό σύστημα και μή-κανονικότητα) και της δεσπόζουσας μορφής αστοχίας, δηλαδή του συντελεστή  $k_w$  ειδικώς για τοιχώματα (ή διπλά συστήματα), με  $0,5 \leq k_w = (1 + \alpha_0)/3 \leq 1,0$  ,  $\alpha_0 = \sum h_{w,i} / \sum l_{w,i}$  .

Για συνήθη ελληνικά κτίρια, με πλάσιμα διπλά/μικτά (υβριδικά) δομητικά συστήματα, με υποστυλώματα και τοιχώματα/όχι κατ' ανάγκη συζευγμένα, ισχύουν τα εξής:

- Πλήρως κανονικά κτίρια, και καθύψος (σε τομές) και σε κάτοψη  
Ισοδύναμα προς σύστημα πλαισίων  $\max q = 3,0(\alpha_u/\alpha_1) = 3,0 * 1,3 = 3,90$  ,  $k_w = 1,0$   
Ισοδύναμα προς σύστημα τοιχείων  $\max q = 3,0(\alpha_u/\alpha_1)k_w = 3,0 * 1,2 * k_w = 3,60k_w$   
αρκετά λυγηρά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \geq 2,0$  ,  $k_w = 1,0 \Rightarrow \max q_\lambda = 3,60$   
πολύ χθαμαλά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \leq 0,5$  ,  $k_w = 0,5 \Rightarrow \max q_x = 1,80$
- Πλήρως κανονικά κτίρια, και καθύψος (σε τομές) και σε κάτοψη  
Ισοδύναμα προς σύστημα πλαισίων  $\max q = (3,0 * 0,8) * 0,5 * (1,0 + 1,3) = 2,75$  ,  $k_w = 1,0$   
Ισοδύναμα προς σύστημα τοιχείων  $\max q = (3,0 * 0,8) * 0,5 * (1,0 + 1,2)k_w = 2,65k_w$   
αρκετά λυγηρά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \geq 2,0$  ,  $k_w = 1,0 \Rightarrow \max q_\lambda = 2,65$   
πολύ χθαμαλά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \leq 0,5$  ,  $k_w = 0,5 \Rightarrow \max q_x = 1,50$

Όμως, οι έλεγχοι τοπικής πλαστιμότητας γίνονται για δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων  $\mu_\phi$  "ανάλογον" της υψηλής βασικής τιμής  $q_0$  και όχι της τελικής  $q = q_0k_w$  για μή-κανονικά κτίρια.

Σε περιπτώσεις μή-κανονικών κτιρίων, απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή σε οριζόντια σεισμικά φορτία (χρήση  $q < q_0$ ) αλλά και οι απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας είναι μεγαλύτερες (χρήση  $q_0$ ).

Έτσι, κατ' αρχήν, για ΚΠΜ οι τιμές  $q_0$  είναι 3,90 για μικτό σύστημα πλαισίων και 3,60 για μικτό σύστημα λυγηρών τοιχείων, με  $\mu_\phi = 2q_0 - 1 = 6,80$  ή 6,20 για εύκαμπτα ( $T_1 \geq T_c$ ) πλαίσια ή τοιχεία, αντιστοίχως, με "μέση" τιμή περιόδου 6,50.

Για κύρια υποστυλώματα πλαισίων, και όπου έχει τηρηθεί ο κανόνας ικανοτικού σχεδιασμού των ροπών κάμψεως περί κόμβων (προστασία έναντι δημιουργίας πλαστικής άρθρωσης) δεν επιτρέπεται μείωση της τιμής  $\mu_\phi$ , δηλαδή  $\mu_\phi = 6,80$ .

Για τις βάσεις τοιχείων, επιτρέπεται μείωση της τιμής  $\mu_\phi$ , με  $q_0' = q_0(M_{Ed}/M_{Rd}) \leq q_0$  και  $\mu_\phi < 6,20$  , σε κάθε περίπτωση.

Οι προηγούμενες απαιτήσεις περί  $\mu_\phi$ , ισχύουν για διαμήκη χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ) κατηγορίας C, με αυξημένη ολκιμότητα.

Για ΚΠΜ, επιτρέπεται η χρήση ΧΟΣ Β (με μειωμένη ολκιμότητα), και όχι μόνον C, οπότε η απαιτούμενη  $\mu_\phi$  πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 1,5 φορές την τιμή κατά τις εκφράσεις με βάση τον λόγο  $T_1/T_c$ .

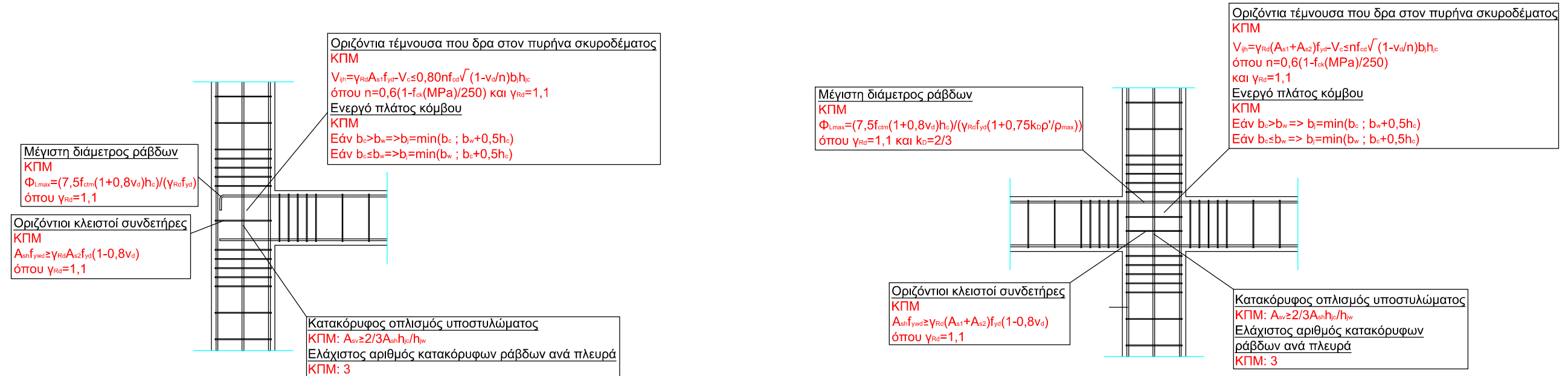
Στα επόμενα, υπενθυμίζονται συνοπτικώς οι βασικές διαφορές μεταξύ ΚΠΜ και ΚΠΥ, πέραν αυτών που ήδη αναφέρθηκαν προηγουμένως για τις τιμές  $\rho$  και  $\mu_\phi$ , σε συνδυασμόν και με την κατηγορία/κλάση ολκιμότητας του ΧΟΣ.

- Για τις δοκούς:  
Το κριτήριο  $\zeta$  (για τις  $V$  και την ανάγκη δισδιαγώνιου σπλισμού) ισχύει μόνον για ΚΠΥ.  
Το περί γωνίας θλιπτήρων  $\theta$  ίσης με  $45^\circ$  (υποχρωτικώς) ισχύει μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα υποστυλώματα:  
Δεν υπάρχουν πρόσθετες ή ειδικές απαιτήσεις, με μόνη εξαίρεση ό,τι αναφέρθηκε στα προηγούμενα περί  $\mu_\phi$  με βάση τιμή  $\rho_0' = 2/3\rho_0$ , μόνον για ΚΠΥ.
- Για τους κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων:  
Οι έλεγχοι του σώματος των κόμβων (διαγώνια θλίψη, οριζόντιοι συνδετήρες και κατακόρυφοι σπλισμοί), καθώς και το περί διείσδυσης διαρροής (yield penetration) κατά  $5d_{bl}$ , ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα μεγάλα και ελαφρώς σπλισμένα τοιχώματα (ΤΜΕΟ):  
Όλες οι σχετικές διατάξεις προβλέπονται μόνον για ΚΠΜ, ενώ για ΚΠΥ είναι υποχρεωτική η διάταξη/μελέτη πλάστιμων τοιχωμάτων.
- Για τα πλάστιμα τοιχώματα:  
Το περί γωνίας θλιπτήρων  $\theta$  ίσης με  $45^\circ$  (υποχρεωτικώς), καθώς και τα περί  $V_{Rd,max}$  εντός κρίσιμης περιοχής ίσης με 40% αυτής εκτός κρίσιμης περιοχής, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.  
Οι ειδικές διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα (με  $\alpha < 2$ ), και οι σχετικές διατάξεις για κατακόρυφον και όχι μόνον οριζόντιον σπλισμό κορμού, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.  
Οι ειδικοί έλεγχοι σε αρμούς κατασκευής στη κρίσιμη περιοχή (στη βάση), ή και θέσεις καθύψος, δηλαδή τα περί δισδιαγώνιου σπλισμού,  $\rho_{min}$  κ.λ.π., τόνον για λυγηρά όσο και για χθαμαλά τοιχώματα, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα διαφράγματα:  
Οι απαιτήσεις για έλεγχο των διαφραγμάτων, σε περιπτώσεις μή-κανονικότητας ή πυρήνων/τοιχωμάτων, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τις συνδέσεις κατακόρυφων στοιχείων με δοκούς ή τοιχεία θεμελίωσης:  
Οι απαιτήσεις για τους σχετικούς οιονεί-κόμβους, αντίστοιχες αυτών για κόμβους της ανωδομής, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.





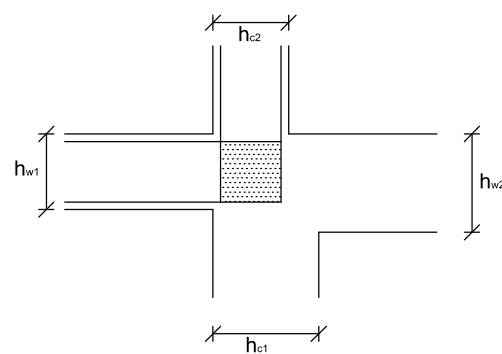
## ΠΛΑΙΣΙΑ - ΚΟΜΒΟΙ



Για λόγους βελτιωμένης συνάφειας των οπλισμών των δοκών (από τη θλίψη των υποστυλωμάτων), το πλάτος των δοκών (ΚΠΜ και ΚΠΥ) πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση  $b_w \leq \min(b_c + h_w ; 2b_c)$ .

Οι συνδετήρες των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων συνεχίζουν και στο σώμα των κόμβων (κατ'ελάχιστον).

Για δοκούς μεταβλητού πάχους εκατέρωθεν του κόμβου, ή για περιπτώσεις μεταβλητού ύψους δοκών ή/και μεταβλητού πλάτους υποστυλωμάτων, και πέραν των προβλημάτων λεπτομερειών όπλισης, ΔΕΝ δίνονται κανονιστικές διατάξεις ή συστάσεις για την "ενεργή" διατομή του κόμβου (μεταξύ ακραίων οπλισμών). Η απλοποιητική παραδοχή κατά το επόμενο σκαρίφημα είναι ιδιαίτερως δυσμενής.



Για ΚΠΥ μόνον (και όχι για ΚΠΜ) ισχύουν και τα εξής:

- Δοκοί  $\min b_w \geq 200\text{mm}$
- Υποστυλώματα  $\min b_c \geq 250\text{mm}$
- Διείσδυση διαρροής (κατά 5Φ), για δοκούς και υποστυλώματα

### ΠΛΑΙΣΙΑ - Πρόσθετες ή ιδιαίτερες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα

α) Για κυκλικά υποστυλώματα, οι σχετικές διατάξεις των Ευρωκωδίκων είναι κυριολεκτικώς ελάχιστες, παρά το γεγονός πως υπάρχουν αρκετά και σημαντικά θέματα, όπως π.χ.:

- Διαστασιολόγησης και ελέγχου, κυρίως έναντι V
- Διατάξεων και λεπτομερειών όπλισης, π.χ. κυκλικούς συνδετήρες ή σπείρες
- Περίσφιγξης, π.χ. αν διατάσσονται και ορθογωνικοί ή τετραγωνικοί συνδετήρες
- Διαμόρφωσης και ελέγχου των κόμβων με τις δοκούς, αγκυρώσεων του σπλισμού των δοκών κ.λ.π.

Βεβαίως, απλοποιητικώς, για διάφορα (αλλά όχι όλα) από τα προηγούμενα προβλήματα (κυρίως "γεωμετρικής" φύσεως) μπορεί να γίνει χρήση μιας "ισοδύναμης" - ισεμβαδικής διατομής (με  $b_c=h_c=0,85$  ή  $0,90D$ , και αντιστοίχως για  $b_o=h_o=0,85$  ή  $0,90D_o$ ).

β) Κατά τον EN 1992-1-1:2004, §9.5, το ελάχιστο πλήθος διαμήκων ράβδων σπλισμού είναι 4, με ελάχιστη διάμετρο 8mm.

Όμως, συνιστάται ελάχιστο πλήθος 6 ράβδων (ομοιομόρφως καταναμεμένων στην περίμετρο) και ελάχιστη διάμετρος 14(ή 12)mm.

γ) Κατά τον EN1998-1:2004, στα περί περισφιγξης, για ΚΠΜ και ΚΠΥ (§§5.4.3.2 και 5.5.3.2), ο συντελεστής αποδοτικότητας έχει ως εξής:

$\alpha = \alpha_{pas}$

για κυκλική διατομή (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

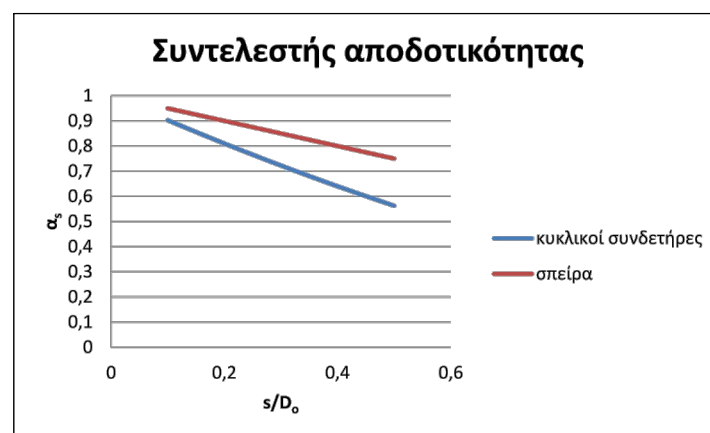
$\alpha_n = 1$

$\alpha_s = (1 - s / (2D_o))^2$

για κυκλική διατομή (σπειροειδείς συνδετήρες)

$\alpha_n = 1$

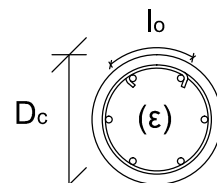
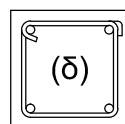
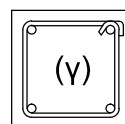
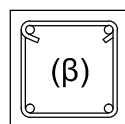
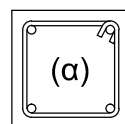
$\alpha_s = (1 - s / (2D_o))$



δ) Στο πλαίσιο των Μαθημάτων (8 Εξάμηνο, Κατασκευές από ΩΣ), διανεμήθηκαν λεπτομερείς σημειώσεις, με αρκετά πρόσθετα στοιχεία ειδικώς για τη διαστασιολόγηση και την όπλιση των κυκλικών υποστυλωμάτων.

ε) Τέλος, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και συμπληρωματικές διατάξεις, με βάση το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, όπως ακολουθούν:

- Στα περί συνδετήρων, 17.9.2



Σε κυκλικά υποστυλώματα, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα (ε), με ορθογωνικά (ή ημικυκλικά) άγκιστρα έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος υπερκάλυψης  $l_o$ .

Στις κρίσιμες περιοχές κυκλικών υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται όπως το κλείσιμο των συνδετήρων, σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, γίνεται κατ' εναλλαγή (και όχι στην ίδια θέση).

Στα περί διαμόρφωσης των σπειρών, §18.4.8

- α. Η διάμετρος της διατομής του πυρήνα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm.
- β. Ο ελάχιστος συνολικός διαμήκης σπλισμός είναι το 0,01 και ο μέγιστος το 0,04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα. Στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη το μέγιστο ποσοστό σπλισμού είναι 0,08. Ο ελάχιστος αριθμός ράβδων είναι 6, οι οποίες καταναμενονται ομοιόμορφα στην περίμετρο, με ελάχιστη διάμετρο 14mm.
- γ. Το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το ένα πέμπτο της διαμέτρου του πυρήνα, ή δε διάμετρος τουλάχιστον 5 ή 6mm.
- δ. Τα άκρα της σπείρας, ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων της σπείρας με υπερκάλυψη (που επιτρέπεται μόνον εκτός κρίσιμων περιοχών και κόμβων), πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού αγκίστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα.
- ε. Η σπείρα πρέπει να εκτείνεται και στην περιοχή των κόμβων.

## ΠΛΑΙΣΙΑ - Πρόσθετες ή ιδιαίτερες διατάξεις για "φύσει" ή "θέσει" κοντά υποστυλώματα ("αλληλεπίδραση" M και V)

α) Για υποστυλώματα (με  $h_c \leq 4b_c$  και  $l_{cl} \geq 3h_c$ ) ΠΛΑΙΣΙΩΝ, με μικρόν λόγο μήκους διάτμησης ( $\alpha_s = M/Vh$ ), δεν υπάρχει διάκριση ή πρόσθετες/ιδιαίτερες διατάξεις στο πλαίσιο των Ευρωκωδίκων.

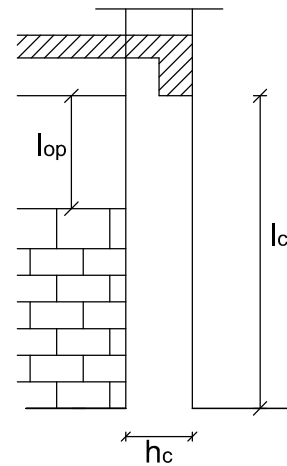
Σχετικώς η μόνη συναφής και γενική πρόβλεψη (κατά τον ΕΚ8), για ΚΠΜ και ΚΠΥ, είναι πως για "φύσει" κοντά υποστυλώματα, με  $l_{cl}/h_c < 3$  (που σημαίνει  $\alpha_s < 1,5$ ), ολόκληρο το ύψος τους θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

Αντιθέτως, για πλάσιμα τοιχώματα, και μάλιστα μόνον για ΚΠΥ και όχι για ΚΠΜ, υπάρχει πλήθος σημαντικών διαφοροποιήσεων για τη διαστασιολόγηση και την όπλιση χθαμαλών ( $\alpha_s = h_w/l_w < 2$ ) έναντι λυγρών στοιχείων.

β) Βεβαίως, για "προβληματικά" υποστυλώματα, "φύσει" ή "θέσει" κοντά (βλ. και στα επόμενα), υπάρχει η δυνατότητα, στο πλαίσιο του αντισεισμικού σχεδιασμού, να χαρακτηρισθούν (αν είναι δυνατό) ως δευτερεύοντα σεισμικά μέλη, βλ. σχετικώς.

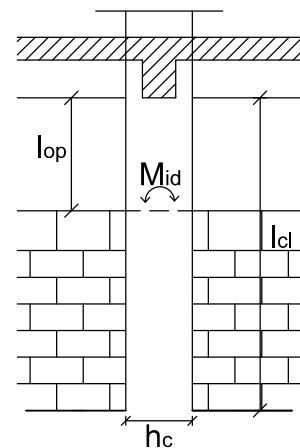
γ) Όμως, για τοιχοπληρωμένα πλαίσια (τα οποία δεν καλύπτονται πλήρως από την παρούσα ΔΕ), για ΚΠΜ και ΚΠΥ, και αν η αλληλεπίδραση πλαισίων-τοιχοπληρώσεων δεν μπορεί να "αποκλεισθεί" ή "καλυφθεί" με διάφορα μέτρα, ο ΕΚ8 (5.9) δίνει αρκετές διατάξεις για ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ, όπως αναφέρονται αμέσως μετά, και μάλιστα πέραν άλλων διατάξεων περί κανονικότητας, περιορισμού των βλαβών των τοιχοπληρώσεων κ.λπ.

- Για τοιχοπληρωμένα πλαίσια ολόκληρο το ύψος του ισογείου θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".
- Για μονόπλευρη επαφή/αλληλεπίδραση (όπως π.χ. για γωνιακά υποστυλώματα)



Ολόκληρο το ύψος του υποστυλώματος θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή ( $l_{cr} = l_{cl}$ ) και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

- Για αμφίπλευρη επαφή/αλληλεπίδραση



- Ολόκληρο το ύψος του υποστυλώματος θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή ( $l_{cr} = l_{cl}$ ) και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

- Για τον υπολογισμό των ικανοτικών τεμνουσών δυνάμεων, για το "ελεύθερο" ύψος  $l_{op}$  του υποστυλώματος (διαίρετης του αθροίσματος των ικανοτικών ροπών κάμψεως), θα λαμβάνεται υπόψη ροπή κάμψεως στη θέση "πάκτωσης" του υποστυλώματος στον τοίχο ίση με  $M_{id} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i}$ , όπου  $\gamma_{Rd} = 1,1$  ή  $1,3$ , για ΚΠΜ ή ΚΠΥ, αντιστοίχως.

Σχετικώς και αν  $l_{op} < 1,5h_c$ , η τέμνουσα δύναμη θα παραλαμβάνεται με δισδιαγώνιον οπλισμό, ενώ αν  $l_{op} \geq 1,5h_c$  ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός θα διατάσσεται σε ύψος  $l_{op} + h_c$  (δηλαδή και μέσα στον κόμβο πάκτωσης).

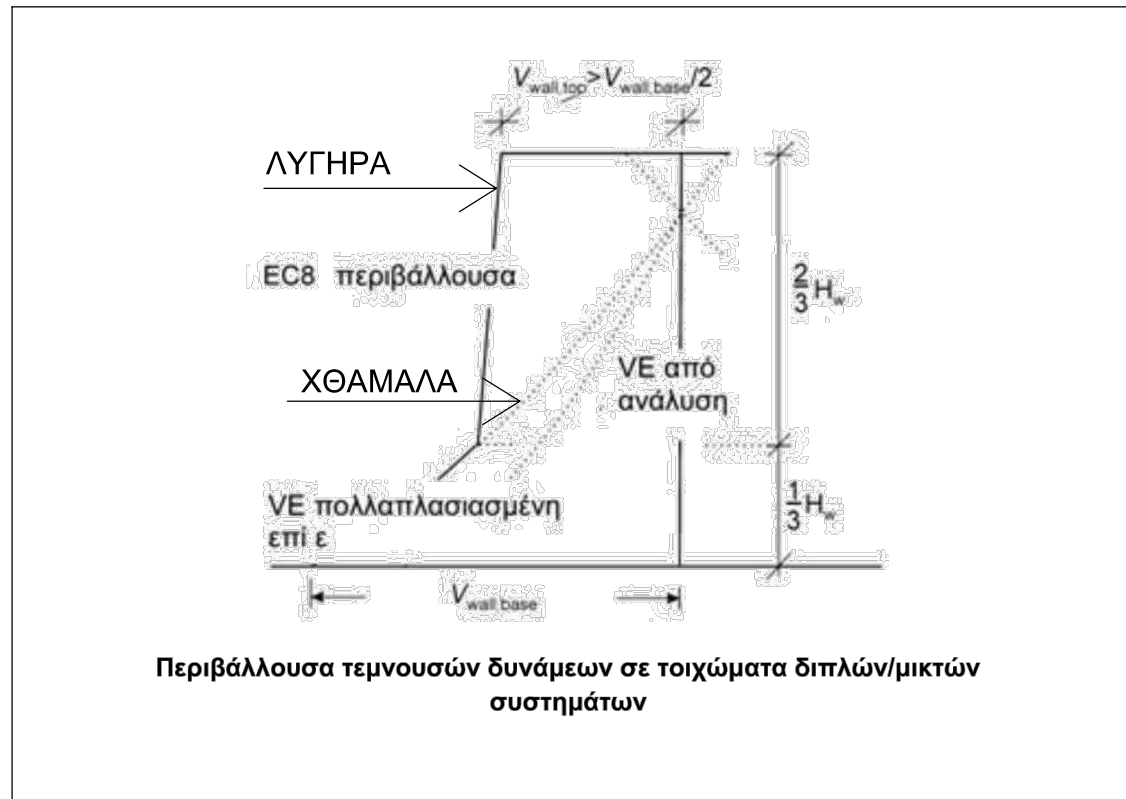
- Τέλος, απαιτείται και πρόσθετος έλεγχος στην "επαφή" υποστυλώματος-τοιχού, έναντι της διαγώνιας θλιπτικής δύναμης της τοιχοπλήρωσης:

Το ύψος  $l_{cont}$  (μήκος "επαφής", αναλόγως του πλάτους του θλιπτήρα του τοίχου) θα ελέγχεται σε διάτμηση με  $V_{CD} = \min(2\gamma_{Rd} M_{Rc,i} / l_{cont}; \text{οριζόντια συνιστώσα της } N \text{ του θλιπτήρα})$ .

δ) Βεβαίως, για "φύσει" ή "θέσει" κοντά υποστυλώματα, υπάρχει πλήθος και μάλιστα ιδιαίτερες λεπτομερών διατάξεων κατά το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, §18.4.9.

Όμως, αμφισβητείται το αν οι διατάξεις αυτές "επιτρέπεται" να συνδυασθούν με αυτές των Ευρωκωδίκων, ακόμη και αν απλώς τις συμπληρώνουν.





## ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ (ΠΛΑΣΤΙΜΑ)

Ροπές σχεδιασμού

ΚΠΧ: Από την ανάλυση

ΚΠΜ: Αν  $h_w/l_w > 2$  : Γραμμική περιβάλλουσα των ροπών  $M_{Ed}$  της ανάλυσης

Ανηγγμένη αξονική

ΚΠΜ:  $v_{d,s} \leq 0,40$

Πολλαπλασιαστικός συντελεστής  $\epsilon$  για την  $V_{Ed}$  από ανάλυση για σεισμό

ΚΠΧ:  $\epsilon = 1,0$

ΚΠΜ:  $\epsilon = 1,5$

$V_{Rd,s}$  εκτός κρίσιμης περιοχής

ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

ΚΠΜ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

$V_{Rd,s}$  εντός κρίσιμης περιοχής

ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

ΚΠΜ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

$V_{Rd,max}$  εκτός κρίσιμης περιοχής

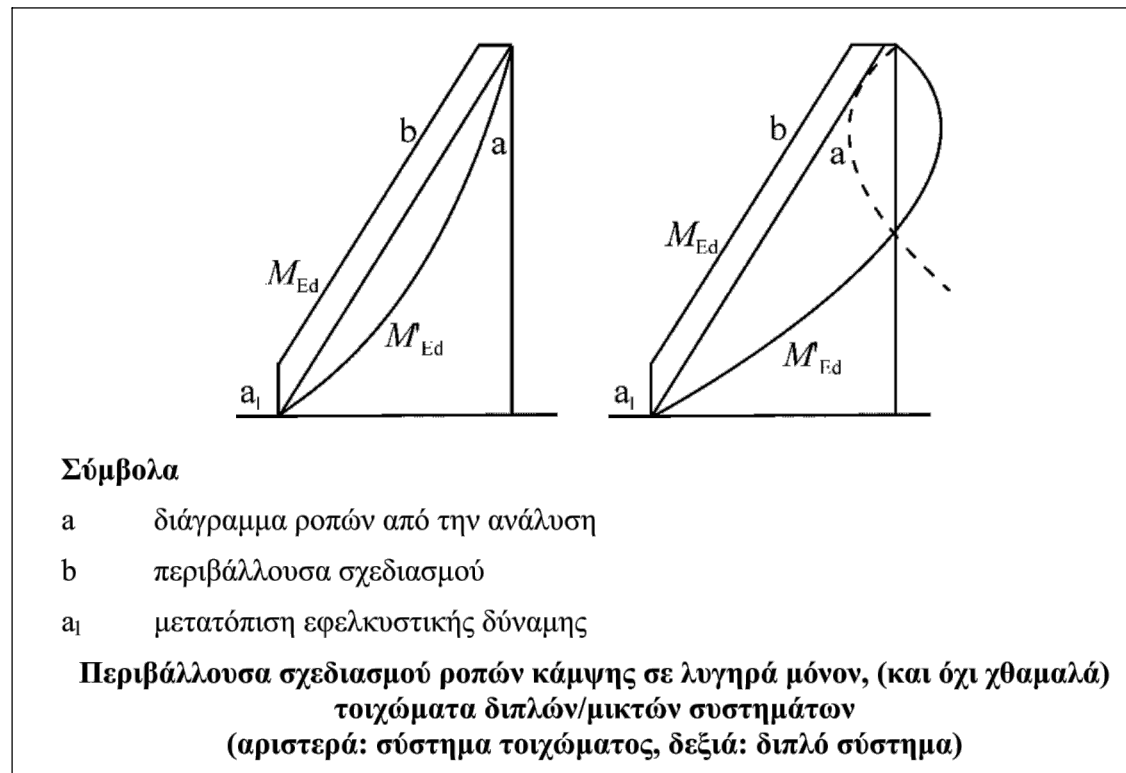
ΚΠΧ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck}(\text{MPa})/250) b_w o 0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

ΚΠΜ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck}(\text{MPa})/250) b_w o 0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

$V_{Rd,max}$  εντός κρίσιμης περιοχής

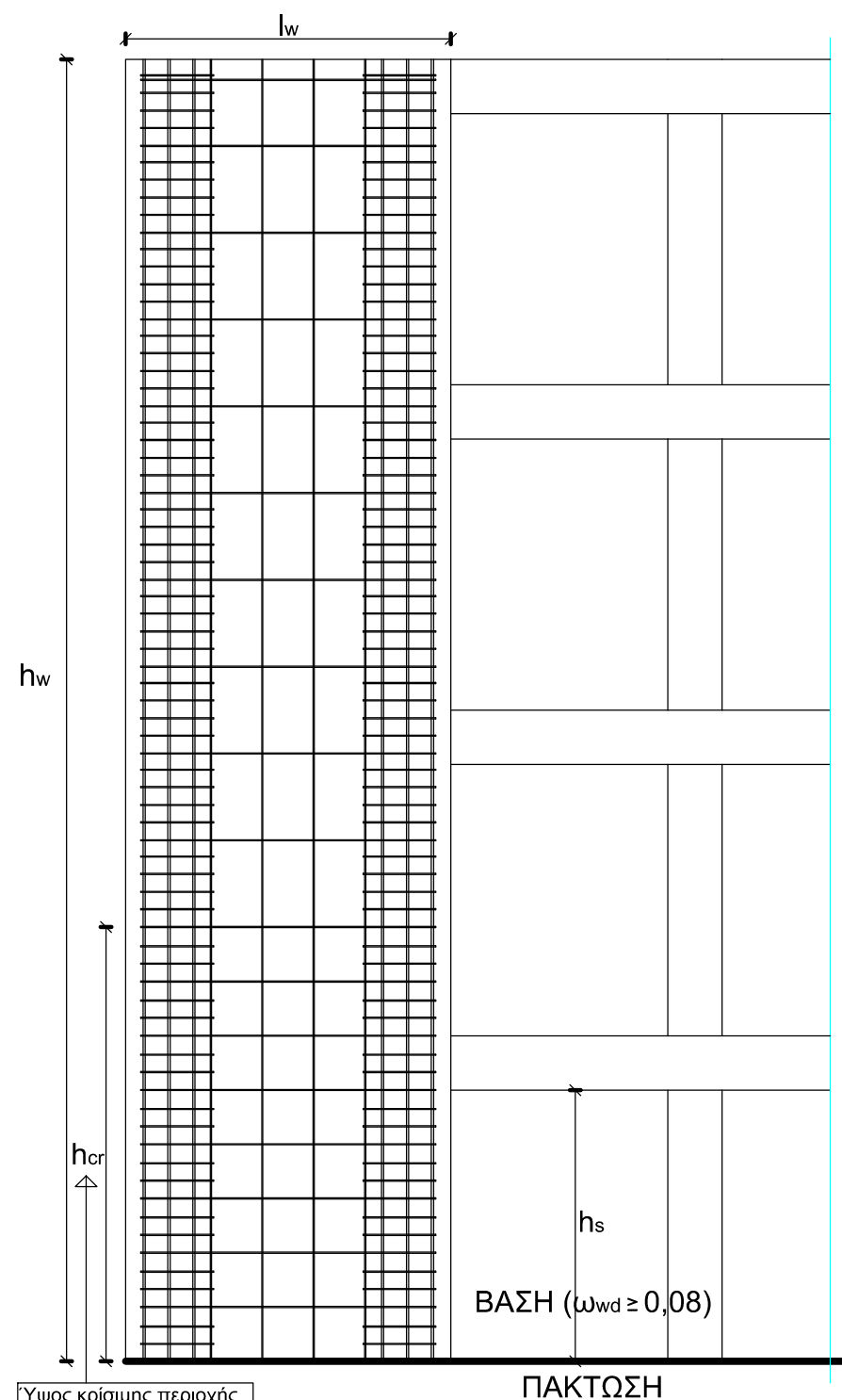
ΚΠΧ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck}(\text{MPa})/250) b_w o 0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

ΚΠΜ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck}(\text{MPa})/250) b_w o 0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Παρατηρήσεις

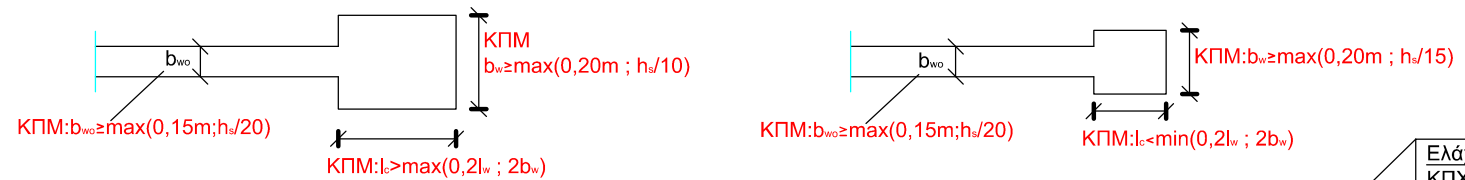
- $M_{Ed}$  = ροπή στη βάση του τοιχώματος από την ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού
  - $M_{Rd}$  = τιμή σχεδιασμού καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος για την αξονική δύναμη  $N_{Ed}$  από την ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού
  - $S_e(T_1)$  = τιμή ελαστικού φάσματος στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο
  - $S_e(T_c)$  = τιμή ελαστικού φάσματος στην αρχή του φθίνοντος κλάδου (σε περίοδο  $T_c$ )
  - $M_e$   $b_w, d$  σε m,  $f_{ck}$  σε MPa,  $\rho_i$  = ποσοστό διαμήκους οπλισμού εφελκυσμένου πέλματος,  $V_{Rd,c}$  και  $N_{Ed}$  σε kN είναι:
- $$V_{Rd,c} = \{ \max( 120(100\rho_i)^{1/3} ; 35\sqrt{(1+\sqrt{(0,2/d))}f_{ck}^{1/6}} ) (1+\sqrt{(0,2/d))}f_{ck}^{1/3} + 0,15N/A_c \} b_w d$$
- $N_{Ed}$  = αξονική δύναμη (ελαστική τιμή) από ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού ( $\theta$  λίψη > 0)



Ύψος κρίσιμης περιοχής ΚΠΜ  
 $h_{cr} = \max(l_w ; h_w/6)$  αλλά και  
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; h_s)$  για  $n \leq 6$   
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; 2h_s)$  για  $n \geq 7$

Ο κατακόρυφος οπλισμός κορμού θα λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της  $M_{Rd}$ , ενώ υπάρχουν σχετικές ειδικές διατάξεις (ελάχιστο συνεργαζόμενο πλάτος) για σύνθετες διατομές (με πέλματα).

Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων άκρων



Εγκάρσιος οπλισμός περισφιγμένων άκρων  
 Βλέπε υποστυλώματα

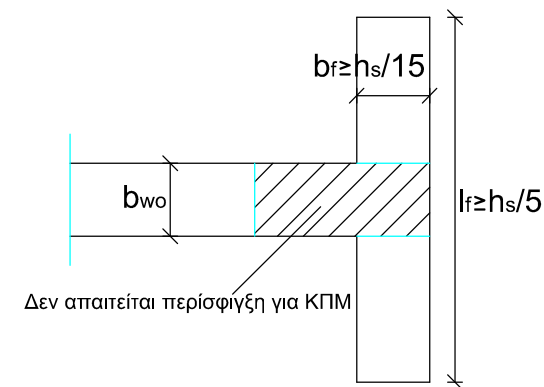
Κρίσιμη περιοχή  
 Ελάχιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{min} = 0,2\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{min} = 0,5\%$   
 Μέγιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 Απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια  
 ΚΠΜ:  $\leq 200mm$   
 Οροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή  
 ΚΠΜ: Όπως στη μη κρίσιμη περιοχή

Μη κρίσιμη περιοχή  
 Ελάχιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{min} = 0,2\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{min} = 0,2\%$  Εάν  $\epsilon_c > 0,2\% \Rightarrow \rho_{min} = 0,5\%$   
 Μέγιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{max} = 4\%$

Κατακόρυφες ράβδοι κορμού  
 Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{v,min} = 0,2\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{v,min} = 0,2\%$  (παντού)  
 Μέγιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{v,max} = 4\%$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{v,max} = 4\%$  (παντού)  
 Μέγιστη απόσταση οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $s_{v,max} = \min(3b_{wo} ; 400mm)$   
 ΚΠΜ:  $s_{v,max} = \min(3b_{wo} ; 400mm)$  (παντού)

Οριζόντιες ράβδοι κορμού  
 Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{th,min} = \max(0,1\% ; 0,25\rho_v)$   
 ΚΠΜ:  $\rho_{th,min} = \max(0,1\% ; 0,25\rho_v)$  (παντού)  
 Μέγιστη απόσταση οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $s_{v,max} = 400mm$   
 ΚΠΜ:  $s_{v,max} = 400mm$  (παντού)

Για ΚΠΜ, δεν προβλέπεται έλεγχος και  $\rho_{min}$  για τους αρμούς κατασκευής.



Άκρα με εγκάρσια πέλματα

## ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ (ΤΜΕΟ) (χωρίς αξιόπιστη απόδοση ενέργειας στις πλαστικές αρθρώσεις στη βάση τους)

### Ορισμοί

Ένα τοίχωμα μπορεί να θεωρηθεί ως μεγάλο αν έχει οριζόντια διάσταση  $l_w = \min(4,0m ; 2/3h_w)$  , δηλαδή  $a \leq 1,5$ .

Σύστημα τοιχωμάτων θα θεωρείται σύστημα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (ΤΜΕΟ) εάν περιλαμβάνει, στην οριζόντια διεύθυνση που εξετάζεται, τουλάχιστον δύο τοιχώματα με οριζόντια διάσταση όχι μικρότερη από 4,0m ή  $2h_w/3$  , όποιο είναι μικρότερο, που φέρουν από κοινού τουλάχιστον το 20% του συνολικού υπερκείμενου φορτίου βαρύτητας στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, και έχει θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T1, με την υπόθεση πάκτωσης στη βάση, μικρότερη ή ίση με 0,5s. Η ύπαρξη ενός μόνον τοιχώματος που ικανοποιεί τις ανωτέρω συνθήκες σε μια από τις δύο διευθύνσεις, είναι επαρκής υπό τον όρο ότι: (α) η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, qo, σε αυτήν την διεύθυνση προκύπτει από την τιμή που δίνεται στον Πίνακα 5.1 μετά από διαίρεση με συντελεστή 1,5 , και (β) ότι υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις προαναφερθείσες συνθήκες στην ορθογώνια διεύθυνση.

### ΚΡΙΜ

#### Σύστημα τοιχωμάτων μεγάλων ελαφρά οπλισμένων

Ο φορέας μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα τοιχωμάτων μεγάλων ελαφρά οπλισμένων, αν στην οριζόντια διεύθυνση των τοιχωμάτων:

- Τουλάχιστον το 65% της τέμνουσας βάσης αναλαμβάνεται από τοιχώματα (τοιχωματικό σύστημα)
- Τουλάχιστον δύο μεγάλα τοιχώματα αναλαμβάνουν τουλάχιστον 20% του κατακόρυφου φορτίου του κτιρίου (για επαρκή τοιχώματα ανά επιφάνεια κάτοψης και σημαντική ανύψωση της μάζας με τη λίκνιση)
- Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου για θεώρηση πάκτωσης στη βάση είναι  $T1 < 0,5s$  (-> χαμηλός λόγος ύψους προς οριζόντια διάσταση, επιστροφή ενέργειας στο έδαφος με ακτινοβολία κατά τη λίκνιση)
- Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει ικανοποιητική στρεπτική δυσκαμψία, αλλιώς το σύστημα χαρακτηρίζεται ως στρεπτικά εύκαμπτο.

#### Ειδική περίπτωση

Είναι δυνατόν να υπάρχει μόνο ένα τοίχωμα μεγάλο ελαφρά οπλισμένο σε μια διεύθυνση (αντί για δύο) εφόσον:

- Στην άλλη κατεύθυνση (κάθετα ως προς αυτή που εξετάζεται) υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις παραπάνω προϋποθέσεις
- Η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, qo, στην κατεύθυνση που τοποθετείται ένα μόνο τοίχωμα διαιρείται με συντελεστή 1,5 (μείωση στα 2/3)

Αν ο φορέας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα τοιχωμάτων μεγάλων ελαφρά οπλισμένων ή δεν ανήκει στην ειδική περίπτωση τότε όλα τα τοιχώματα (και αυτά με  $l_w \geq 4m$ ) διαστασιολογούνται ως πλάστιμα.

- Πάχος κορμού:  $b_w > \max(0,15m ; h_w/20)$

#### Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

- Για να εξασφαλίζεται ότι η καμπτική διαρροή προηγείται της επίτευξης της ΟΚΑ σε διάτμηση, θα αυξάνεται η τέμνουσα δύναμη VEd' από την ανάλυση.
- Η απαίτηση της (1) της παρούσας θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν σε κάθε όροφο του τοιχώματος η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού VEd λαμβάνεται από την τέμνουσα δύναμη που υπολογίζεται από την ανάλυση, VEd' , σύμφωνα με την ακόλουθη έκφραση:  
 $VEd = VEd' (q+1)/2$
- Πρόσθετες αξονικές δυνάμεις δυναμικής προέλευσης που αναπτύσσονται σε μεγάλα τοιχώματα λόγω αποκόλλησης από το έδαφος, ή λόγω ανοίγματος και κλεισίματος οριζόντιων ρωγμών, θα λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ του τοιχώματος για κάμψη με αξονική δύναμη.
- Εκτός εάν διατίθενται αποτελέσματα ακριβέστερου υπολογισμού, η δυναμική συνιστώσα της αξονικής δύναμης στην (3) της παρούσας μπορεί να ληφθεί ως το 50% της αξονικής δύναμης στο τοίχωμα λόγω των φορτίων βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η δύναμη αυτή πρέπει να λαμβάνεται με θετικό ή αρνητικό πρόσημο, όποιο είναι το δυσμενέστερο.
- Εάν η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q δεν υπερβαίνει το 2,0 , η επίδραση της δυναμικής αξονικής στις (3) και (4) της παρούσας μπορεί να αγνοηθεί.

#### Αντοχή σε κάμψη

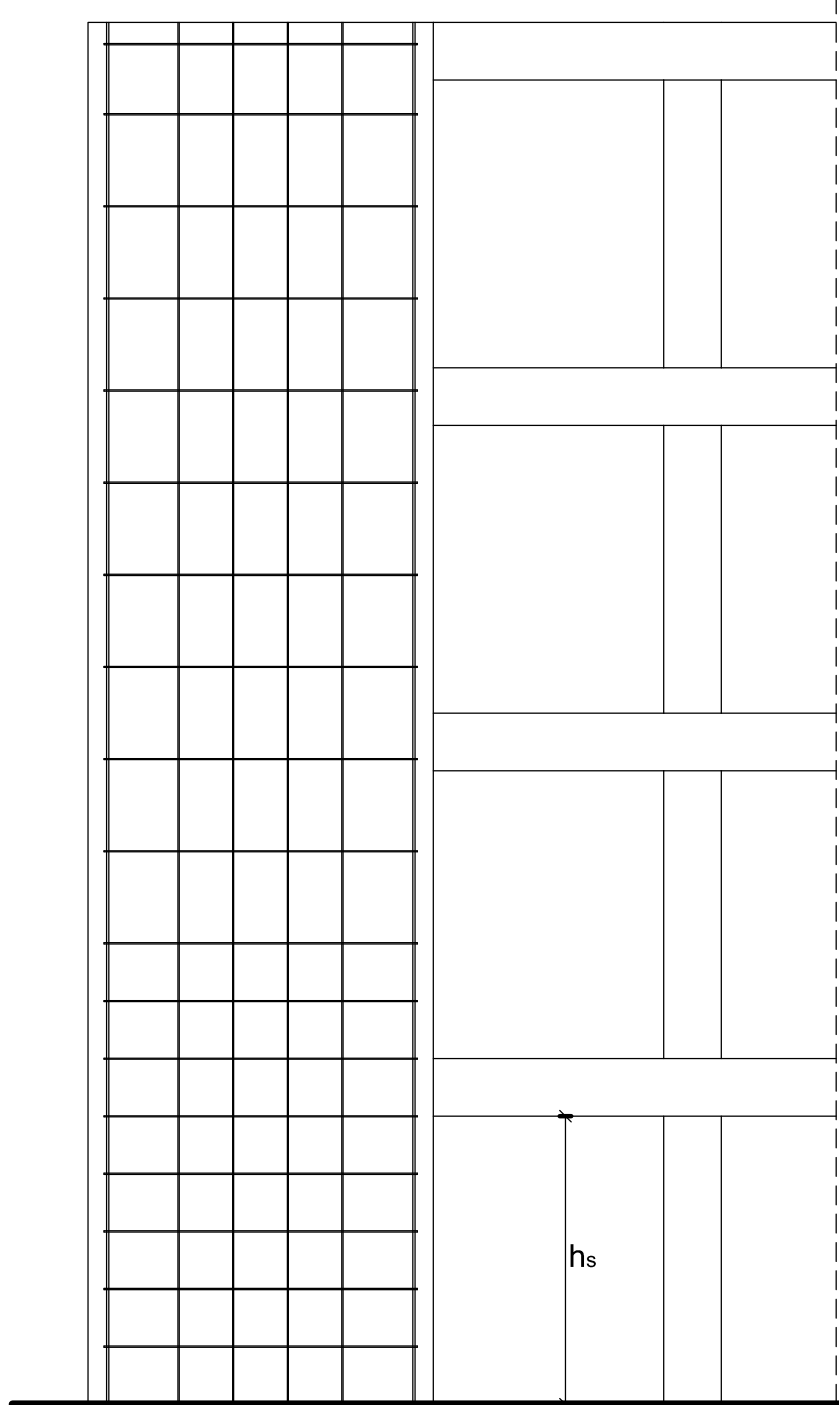
- Η ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη θα ελέγχεται υποθέτοντας οριζόντια ρηγμάτωση, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις του EN 1992-1-1:2004, συμπεριλαμβανομένης της υπόθεσης επιπεδότητας των διατομών.
- Οι ορθές τάσεις στο σκυρόδεμα θα περιορίζονται, ώστε να αποτρέπεται η εκτός επιπέδου αστάθεια του τοιχώματος.
- Η παραπάνω απαίτηση μπορεί να ικανοποιηθεί βάσει των κανόνων του EN 1992-1-1:2004 για τα αποτελέσματα δευτέρας τάξεως, οι οποίοι, εάν είναι απαραίτητο, συμπληρώνονται με άλλους κανόνες για τις ορθές τάσεις στο σκυρόδεμα.
- Όταν η δυναμική αξονική δύναμη λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη, η οριακή ανηγμένη παραμόρφωση  $\epsilon_{cu2}$  για μη-περισφιγμένο σκυρόδεμα μπορεί να αυξηθεί σε 0,005. Υψηλότερη τιμή μπορεί να ληφθεί υπόψη για περισφιγμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, υπό τον όρο ότι η αποφλοίωση του μη-περισφιγμένου σκυροδέματος της επικάλυψης θα λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο.

#### Αντοχή σε διάτμηση

- Στις θέσεις όπου η τιμή VEd είναι μικρότερη από την τιμή σχεδιασμού της διατμητικής αντοχής VRd,c στο EN 1992-1-1:2004, δεν απαιτείται η πρόβλεψη ελάχιστου διατμητικού οπλισμού  $\rho_w, \min$  στον κορμό, λόγω του περιθωρίου ασφάλειας που παρέχεται από τη μεγέθυνση των τεμνουσών δυνάμεων σχεδιασμού και επειδή η απόκριση (συμπεριλαμβανομένης πιθανής κεκλιμένης ρηγμάτωσης) οφείλεται σε επιβαλόμενη παραμόρφωση.
- Όπου δεν ικανοποιείται η συνθήκη  $VEd \leq VRd,c$  , ο διατμητικός οπλισμός κορμού πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, με προσομοίωμα δικτυώματος, με θλιπτήρες μεταβλητής κλίσης, ή με προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων, όποιο είναι το καταλληλότερο για την ειδική γεωμετρία του τοίχου.
- Εάν χρησιμοποιείται προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων, το πλάτος του θλιπτήρα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την παρουσία ανοιγμάτων και δεν πρέπει να υπερβαίνει το μικρότερο από τα  $0,25l_w$  ή  $4b_w$ .
- Η ΟΚΑ σε διάτμηση ολισθήσης σε οριζόντιους αρμούς κατασκευής πρέπει να ελέγχεται σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, με το μήκος αγκύρωσης των ράβδων αγκύρωσης που διαπερνούν την διεπιφάνεια του αρμού αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το μήκος που απαιτείται από το EN 1992-1-1:2004.

#### Διαμόρφωση λεπτομερειών για τοπική πλαστιμότητα

- Οι κατακόρυφες ράβδοι που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη, ή για την ικανοποίηση οποιωνδήποτε ελάχιστων απαιτήσεων οπλισμού, πρέπει να περικλείονται από κλειστό ή μονοσκελή συνδετήρα με διάμετρο μεγαλύτερη από 6 mm ή από το ένα τρίτο της κατακόρυφης διαμέτρου ράβδων, db1. Οι κλειστοί ή μονοσκελείς συνδετήρες πρέπει να διατάσσονται σε κατακόρυφη απόσταση όχι μεγαλύτερη από 100mm ή  $8db1$ , όποιο είναι μικρότερο.
- Κατακόρυφες ράβδοι απαιτούμενες από τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη και περικλειόμενες οριζόντια με κλειστούς ή μονοσκελής συνδετήρες σύμφωνα με την προηγούμενη απαίτηση πρέπει να είναι συγκεντρωμένες σε στοιχεία άκρων στα άκρα της διατομής. Αυτά τα στοιχεία πρέπει να εκτείνονται στην διεύθυνση του μήκους  $l_w$  του τοιχώματος σε μήκος μεγαλύτερο από  $b_w$  ή  $3\sigma_{cm}/f_{cd}$  , όποιο είναι μεγαλύτερο, όπου  $\sigma_{cm}$  είναι η μέση τιμή της τάσης σκυροδέματος στην θλιβόμενη ζώνη στην ΟΚΑ κάμψης με αξονική δύναμη. Η διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 12mm στον χαμηλότερο όροφο του κτιρίου, ή σε οποιονδήποτε όροφο όπου το μήκος  $l_w$  του τοίχου μειώνεται σε σχέση με αυτό του υποκείμενου ορόφου περισσότερο από το ένα τρίτο του ύψους ορόφου  $h_s$ . Σε όλους τους άλλους ορόφους η διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 10mm.
- Για να αποφευχθεί αλλαγή στον τρόπο συμπεριφοράς από συμπεριφορά που κυριαρχείται από κάμψη σε συμπεριφορά που κυριαρχείται από διάτμηση, ο κατακόρυφος οπλισμός που προβλέπεται στην διατομή του τοιχώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει χωρίς λόγο τον απαιτούμενο από τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη και από τον έλεγχο για την ακεραιότητα του σκυροδέματος.
- Οπλισμός σύνδεσης υπό μορφή συνεχών ράβδων, οριζόντιων ή κατακόρυφων, πρέπει να διατάσσεται: (α) κατά μήκος όλων των διασταυρούμενων τοιχωμάτων ή των συνδέσεων με πέλματα (β) σε όλα τα επίπεδα ορόφων και (γ) στην περίμετρο ανοιγμάτων του τοιχώματος. Ως ελάχιστη απαίτηση, αυτοί οι δέσμοι πρέπει να ικανοποιούν τον EN 1992-1-1:2004.



#### **N4. ΥΨΗΛΗ ΚΛΑΣΗ/ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ , ΚΠΥ**

Κατ' αρχήν, οι τιμές (τελικές) του δείκτη συμπεριφοράς  $q$  ( $=q_0k_w \geq 1,5$ /ΚΠΧ/ΕΝ 1992-1-1:2004), για κάθε διεύθυνση σχεδιασμού, διαφοροποιούνται αναλόγως της βασικής τιμής  $q_0$  (κλάση πλαστιμότητας και "συμβατοί" έλεγχοι, λεπτομέρειες κ.λ.π. , δομητικό σύστημα και μή-κανονικότητα) και της δεσπόζουσας μορφής αστοχίας, δηλαδή του συντελεστή  $k_w$  ειδικώς για τοιχώματα (ή διπλά συστήματα), με  $0,5 \leq k_w = (1+\alpha_0)/3 \leq 1,0$  ,  $\alpha_0 = \sum h_{w,i} / \sum l_{w,i}$  .

Για συνήθη ελληνικά κτίρια, με πλάστιμα διπλά/μικτά (υβριδικά) δομητικά συστήματα, με υποστυλώματα και τοιχώματα/όχι κατ' ανάγκη συζευγμένα, ισχύουν τα εξής:

- Πλήρως κανονικά κτίρια, και καθύψος (σε τομές) και σε κάτοψη  
Ισοδύναμα προς σύστημα πλαισίων  $\max q = 4,5(\alpha_u/\alpha_1) = 4,5 \cdot 1,3 = 5,85$  ,  $k_w = 1,0$   
Ισοδύναμα προς σύστημα τοιχείων  $\max q = 4,5(\alpha_u/\alpha_1)k_w = 4,5 \cdot 1,2 \cdot k_w = 5,40k_w$   
αρκετά λυγηρά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \geq 2,0$  ,  $k_w = 1,0 \Rightarrow \max q_\lambda = 5,40$   
πολύ χθαμαλά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \leq 0,5$  ,  $k_w = 0,5 \Rightarrow \max q_x = 2,70$
- Πλήρως κανονικά κτίρια, και καθύψος (σε τομές) και σε κάτοψη  
Ισοδύναμα προς σύστημα πλαισίων  $\max q = (4,5 \cdot 0,8) \cdot 0,5 \cdot (1,0 + 1,3) = 4,15$  ,  $k_w = 1,0$   
Ισοδύναμα προς σύστημα τοιχείων  $\max q = (4,5 \cdot 0,8) \cdot 0,5 \cdot (1,0 + 1,2)k_w = 3,95k_w$   
αρκετά λυγηρά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \geq 2,0$  ,  $k_w = 1,0 \Rightarrow \max q_\lambda = 3,95$   
πολύ χθαμαλά, με δεσπόζουσα τιμή του λόγου όψεως (aspect ratio)  $\alpha_0 \leq 0,5$  ,  $k_w = 0,5 \Rightarrow \max q_x = 1,95$

Όμως, οι έλεγχοι τοπικής πλαστιμότητας γίνονται για δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων  $\mu_\phi$  "ανάλογον" της υψηλής βασικής τιμής  $q_0$  και όχι της τελικής  $q = q_0k_w$  για μή-κανονικά κτίρια.

Σε περιπτώσεις μή-κανονικών κτιρίων, απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή σε οριζόντια σεισμικά φορτία (χρήση  $q < q_0$ ) αλλά και οι απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας είναι μεγαλύτερες (χρήση  $q_0$ ).

Έτσι, κατ' αρχήν, για ΚΠΜ οι τιμές  $q_0$  είναι 5,85 για μικτό σύστημα πλαισίων και 5,40 για μικτό σύστημα λυγηρών τοιχείων, με  $\mu_\phi = 2q_0 - 1 = 10,70$  ή 9,80 για εύκαμπτα ( $T_1 \geq T_c$ ) πλαίσια ή τοιχεία, αντιστοίχως, με "μέση" τιμή περιόδου 10,25.

Για κύρια υποστυλώματα πλαισίων, και όπου έχει τηρηθεί ο κανόνας ικανοτικού σχεδιασμού των ροπών κάμψεως περί κόμβων (προστασία έναντι δημιουργίας πλαστικής άρθρωσης) επιτρέπεται μείωση της τιμής  $\mu_\phi$  για τις κρίσιμες περιοχές πάνω από τη βάση του, με  $q_0' = 2/3q_0 = 3,90$  δηλαδή  $\mu_\phi = 6,80$ .

Για τις βάσεις τοιχείων, επιτρέπεται μείωση της τιμής  $\mu_\phi$ , με  $q_0' = q_0(M_{Ed}/M_{Rd}) \leq q_0$  και  $\mu_\phi < 9,80$  , σε κάθε περίπτωση.

Οι προηγούμενες απαιτήσεις περί  $\mu_\phi$ , ισχύουν για διαμήκη χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ) κατηγορίας C, με αυξημένη ολκιμότητα.

Στα επόμενα, υπενθυμίζονται συνοπτικώς οι βασικές διαφορές μεταξύ ΚΠΜ και ΚΠΥ, πέραν αυτών που ήδη αναφέρθηκαν προηγουμένως για τις τιμές  $q$  και  $\mu_\phi$ , σε συνδυασμόν και με την κατηγορία/κλάση ολκιμότητας του ΧΟΣ.

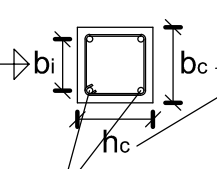
- Για τις δοκούς:  
Το κριτήριο  $\zeta$  (για τις  $V$  και την ανάγκη δισδιαγώνιου σπλισμού) ισχύει μόνον για ΚΠΥ.  
Το περί γωνίας θλιπτήρων  $\theta$  ίσης με  $45^\circ$  (υποχρωτικώς) ισχύει μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα υποστυλώματα:  
Δεν υπάρχουν πρόσθετες ή ειδικές απαιτήσεις, με μόνη εξαίρεση ό,τι αναφέρθηκε στα προηγούμενα περί  $\mu_\phi$  με βάση τιμή  $q_0'=2/3q_0$ , μόνον για ΚΠΥ.
- Για τους κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων:  
Οι έλεγχοι του σώματος των κόμβων (διαγώνια θλίψη, οριζόντιοι συνδετήρες και κατακόρυφοι σπλισμοί), καθώς και το περί διείσδυσης διαρροής (yield penetration) κατά  $5d_{bl}$ , ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα μεγάλα και ελαφρώς σπλισμένα τοιχώματα (ΤΜΕΟ):  
Όλες οι σχετικές διατάξεις προβλέπονται μόνον για ΚΠΜ, ενώ για ΚΠΥ είναι υποχρεωτική η διάταξη/μελέτη πλάστιμων τοιχωμάτων.
- Για τα πλάστιμα τοιχώματα:  
Το περί γωνίας θλιπτήρων  $\theta$  ίσης με  $45^\circ$  (υποχρεωτικώς), καθώς και τα περί  $V_{Rd,max}$  εντός κρίσιμης περιοχής ίσης με 40% αυτής εκτός κρίσιμης περιοχής, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.  
Οι ειδικές διατάξεις για χθαμαλά τοιχώματα (με  $\alpha < 2$ ), και οι σχετικές διατάξεις για κατακόρυφον και όχι μόνον οριζόντιον σπλισμό κορμού, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.  
Οι ειδικοί έλεγχοι σε αρμούς κατασκευής στη κρίσιμη περιοχή (στη βάση), ή και θέσεις καθύψος, δηλαδή τα περί δισδιαγώνιου σπλισμού,  $\rho_{min}$  κ.λ.π., τόσον για λυγηρά όσο και για χθαμαλά τοιχώματα, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τα διαφράγματα:  
Οι απαιτήσεις για έλεγχο των διαφραγμάτων, σε περιπτώσεις μή-κανονικότητας ή πυρήνων/τοιχωμάτων, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.
- Για τις συνδέσεις κατακόρυφων στοιχείων με δοκούς ή τοιχεία θεμελίωσης:  
Οι απαιτήσεις για τους σχετικούς οιονεί-κόμβους, αντίστοιχες αυτών για κόμβους της ανωδομής, ισχύουν μόνον για ΚΠΥ.

# ΠΛΑΙΣΙΑ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΟΚΟΙ

Απόσταση ράβδων συγκρατούμενων από συνδετήρες  
**ΚΠΥ:  $b_c \leq 150\text{mm}$**   
 Ανηγγμένη αξονική  
**ΚΠΥ:  $v_e = 0,55$**   
 Συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης  
 $\alpha = \alpha_s$   
 για ορθογωνική διατομή  
 $\alpha_n = 1 - \Sigma b^2 / (6b_o h_o)$   
 $\alpha_s = (1 - s / (2b_o)) (1 - s / (2h_o))$   
 Βάση κτιρίου (στις κρίσιμες περιοχές)  
**ΚΠΥ:  $\omega_{wd} \geq 0,12$  και  $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu\text{m} V_e E_{syt} b_o / b_o - 0,035$**   
 Υπόλοιπο κτίριο  
**ΚΠΥ:  $\omega_{wd} \geq 0,08$  και  $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu\text{m} V_e E_{syt} b_o / b_o - 0,035$**

Γεωμετρικοί περιορισμοί

ΤΟΜΗ A-A



Διαστάσεις διατομής  
**ΚΠΥ**  
 Αν  $\theta > 0,1$  τότε:  $h \geq 1/10 l_o$   
 $b \geq 25\text{cm}$  και  $h \geq 25\text{cm}$   
 $l_o$ : απόσταση σημείου καμψής από άκρο

Ελάχιστος αριθμός ράβδων ανά πλευρά  
**ΚΠΧ: 2 ράβδοι/πλευρά**  
**ΚΠΥ: 3 ράβδοι/πλευρά (περιοχή κόμβων)**

Διαμήκης οπλισμός

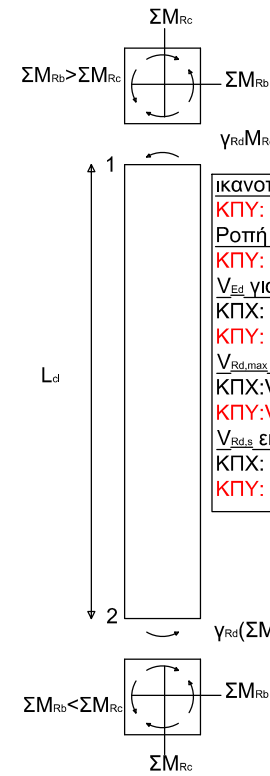
Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
**ΚΠΧ:  $\rho_{min} = \max(0,1N_d / (A_c f_{yd}); 0,002$**   
 $\rho_{max} = 0,04$  εκτός περιοχής υπερκάλυψης  
 ή  $0,08$  εντός περιοχής υπερκάλυψης  
**ΚΠΥ:  $\rho_{min} = 0,01$  και  $\rho_{max} = 0,04$  (εκτός ενώσεων)**  
 $\rho_{max} = 0,08$  (εντός ενώσεων)  
 Ελάχιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού  
 **$\Phi_{Lmin} = (8\text{mm})$  12 ή 14 mm (συνιστάται)**

Μη κρίσιμη περιοχή  
 Μέγιστη απόσταση συνδετήρων  
**ΚΠΧ:  $s_{max} = \min(20\Phi_{Lmin}; h_c; 400\text{mm})$**   
**ΚΠΥ:  $s_{max} = \min(20\Phi_{Lmin}; h_c; 400\text{mm})$**

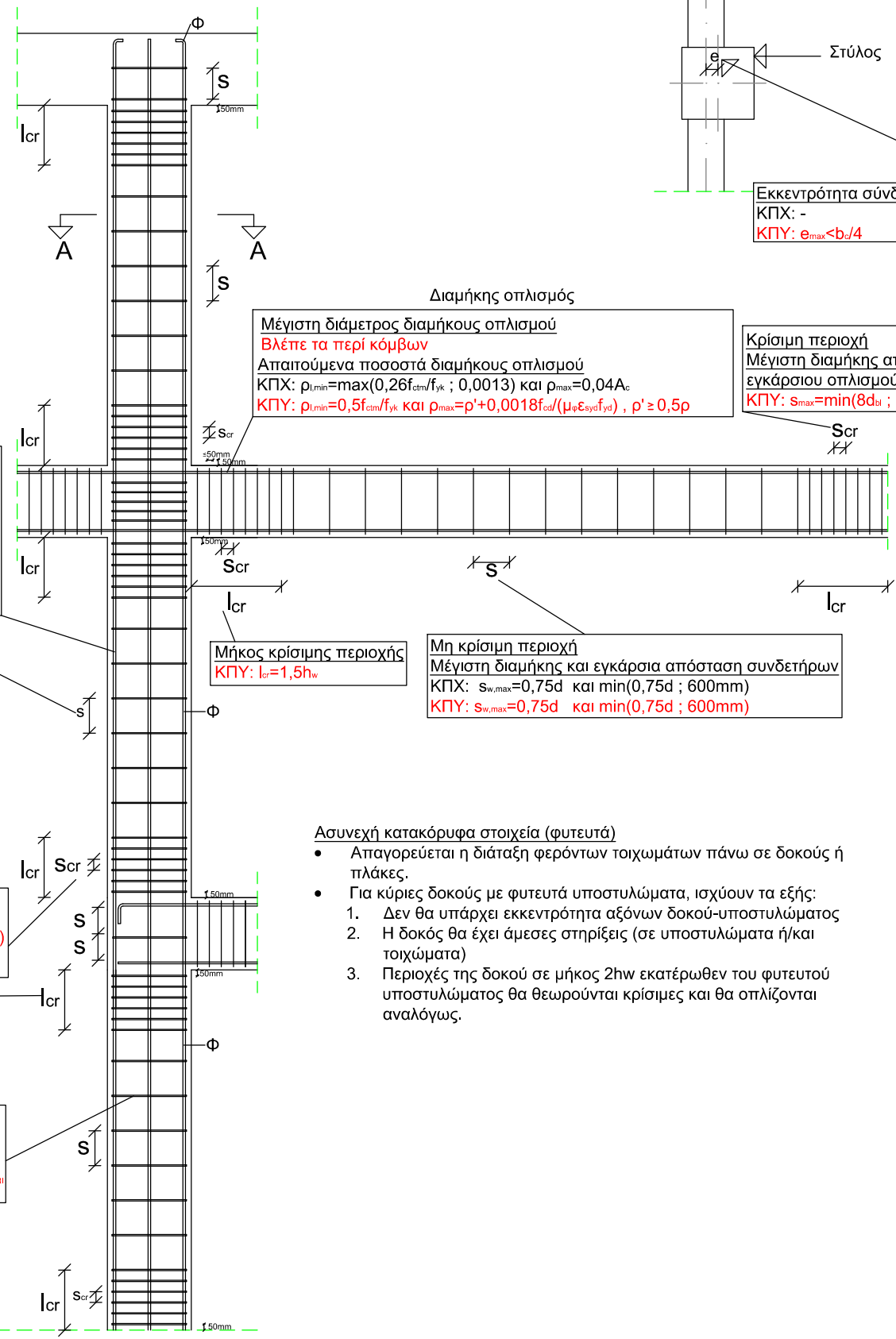
Κρίσιμη περιοχή  
 Μέγιστη απόσταση συνδετήρων  
**ΚΠΥ:  $s_{cr,max} = \min(6\Phi_{Lmin}; b_o/3; 125\text{mm})$**   
 Για ΚΠΥ στους 2 κατώτατους ορόφους οι απαιτήσεις για  $s_w$  εφαρμόζονται σε 1,5 φορές το μήκος της κρίσιμης περιοχής

Μήκος κρίσιμης περιοχής  
**ΚΠΥ:  $l_{cr} = \max(1,5h_c; l_o/6; 0,45\text{m})$**   
 Προσοχή! Εάν  $l_o/h_c < 3 \Rightarrow l_{cr} = l_o$   
 με ανάλογη όπλιση

Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων  
**ΚΠΧ:  $d_{swmin} = \max(\Phi_{Lmin}/4; 6\text{mm})$**   
**ΚΠΥ:  $d_{swmin} = \max(0,4\Phi_{Lmax} \sqrt{f_{yd}/f_{ydw}}; 6\text{mm})$**   
 Για ΚΠΥ στους 2 κατώτατους ορόφους οι απαιτήσεις για  $d_{sw}$  εφαρμόζονται σε 1,5 φορές το μήκος της κρίσιμης περιοχής



- Ο ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε κάμψη (ικανοτικός ροπών περί κόμβων) δεν απαιτείται:
- Στον ανώτατο όροφο πολυώροφων κτιρίων
  - Στο ισόγειο διωρόφων κτιρίων εφόσον όλα τα υποστυλώματα έχουν ανηγμένη αξονική δύναμη  $v_e \leq 0,3$
  - Σε 1 κάθε 4 υποστυλώματα επιπέδων πλαισίων, με παρόμοιες διαστάσεις υποστυλωμάτων

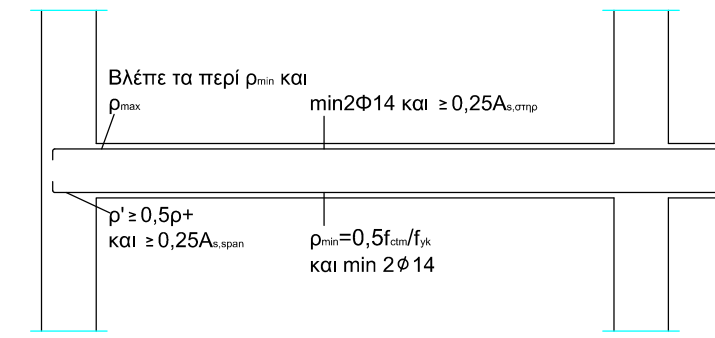


Διαμήκης οπλισμός  
 Μέγιστη διάμετρος διαμήκους οπλισμού  
 Βλέπε τα περί κόμβων  
 Απαιτούμενα ποσοστά διαμήκους οπλισμού  
**ΚΠΧ:  $\rho_{Lmin} = \max(0,26f_{ctm}/f_{yk}; 0,0013)$  και  $\rho_{Lmax} = 0,04A_c$**   
**ΚΠΥ:  $\rho_{Lmin} = 0,5f_{ctm}/f_{yk}$  και  $\rho_{Lmax} = \rho' + 0,0018f_{ctd}/(\mu_f E_{syt} f_{yd})$ ,  $\rho' \geq 0,5\rho$**

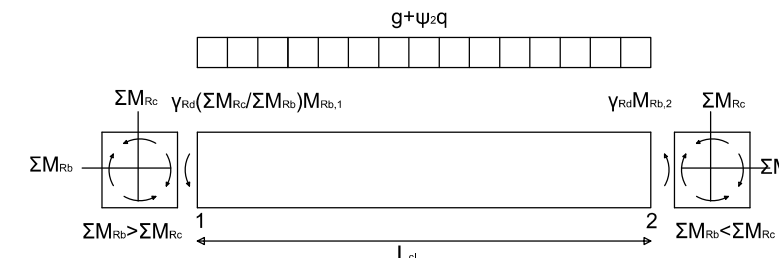
Κρίσιμη περιοχή  
 Μέγιστη διαμήκης απόσταση εγκάρσιου οπλισμού  
**ΚΠΥ:  $s_{max} = \min(8d_{st}; h_w/4; 24d_{bw}; 225\text{mm})$**

Εγκάρσιος οπλισμός  
 Ελάχιστη διάμετρος εγκάρσιου οπλισμού  
**ΚΠΧ:  $\max(6\text{mm}; \Phi_{Lmax}/4)$**   
**ΚΠΥ:  $\max(6\text{mm}; \Phi_{Lmax}/4)$**   
 Ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού  
**ΚΠΧ:  $\rho_{w,min} = 0,08\sqrt{f_{ctk}}/f_{yk}$  εκτός κρίσιμων περιοχών**  
**ΚΠΥ:  $\rho_{w,min} = 0,08\sqrt{f_{ctk}}/f_{yk}$  εκτός κρίσιμων περιοχών**

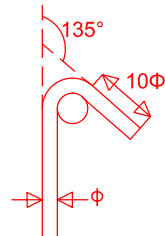
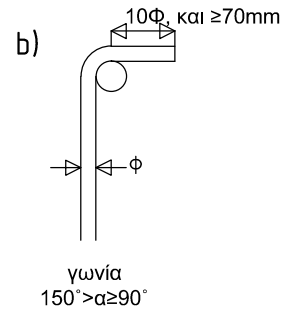
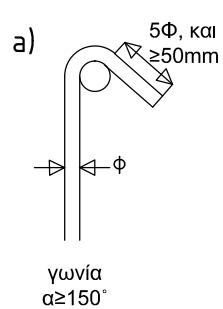
Λόγος διαστάσεων δοκού  
**ΚΠΧ:  $h_w/b_w \leq 3,0$**   
 Πλάτος δοκού (για λόγους συνάφειας)  
**ΚΠΥ:  $b_{wmax} = \min(b_c + h_w; 2b_c)$  και  $b_{wmin} = 0,20\text{m}$**



- Ασυνεχή κατακόρυφα στοιχεία (φυτευτά)
- Απαγορεύεται η διάταξη φερόντων τοιχωμάτων πάνω σε δοκούς ή πλάκες.
  - Για κύριες δοκούς με φυτευτά υποστυλώματα, ισχύουν τα εξής:
    - Δεν θα υπάρχει εκκεντρότητα αξόνων δοκού-υποστυλώματος
    - Η δοκός θα έχει άμεσες στηρίξεις (σε υποστυλώματα ή/και τοιχώματα)
    - Περιοχές της δοκού σε μήκος  $2h_w$  εκατέρωθεν του φυτευτού υποστυλώματος θα θεωρούνται κρίσιμες και θα οπλίζονται αναλόγως.



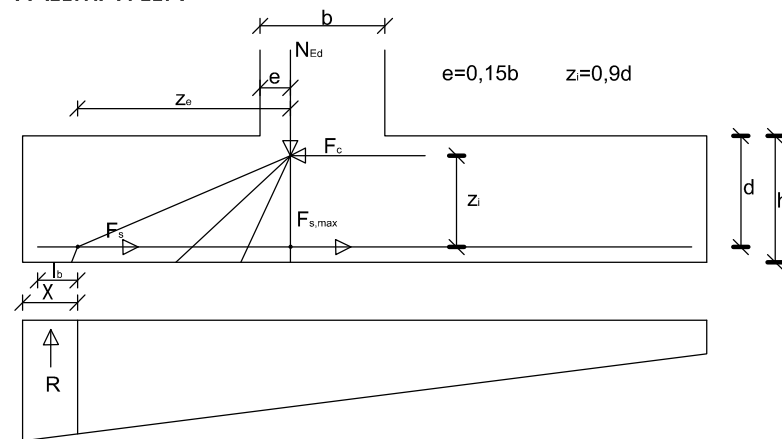
$V_{Ed}$  για σεισμό  
**ΚΠΧ: Από την ανάλυση**  
**ΚΠΥ:  $V_{Ed} = 1,2 \Sigma M_{d,i} / l_i + V_{o,g} + \mu q$ , με  $\gamma_{Rd} = 1,2$**   
 $V_{Rd,max}$  για σεισμό  
**ΚΠΧ:  $V_{Rd,max} = 0,3(1 - f_{ctk}) / (250) b_w z_{eff} \sin 2\theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$**   
**ΚΠΥ:  $V_{Rd,max} = 0,3(1 - f_{ctk}) / (250) b_w z_{eff} \sin 2\theta$  με  $\theta = 45^\circ$**   
 $V_{Rd,s}$  εκτός κρίσιμων περιοχών  
**ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = 0,9b_w d_p f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$**   
**ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = 0,9b_w d_p f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$**   
 $V_{Rd,s}$  εντός κρίσιμων περιοχών  
**ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = 0,9b_w d_p f_{ywd} \cot \theta$  με  $22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$**   
**ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = 0,9b_w d_p f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$**   
 Αν  $\zeta = V_{Edmin} / V_{Edmax} < -0,5$  τότε αν  $V_{Edmax} f_{ctk} d_{wd} / (2 + \zeta) > 1$   
 τοποθετούνται σε κρίσιμες περιοχές λοξοί ράβδοι υπό γωνία  $\pm \alpha$   
 ως προς άξονα δοκού με με διατομή  $A_s$  /κατεύθυνση  
 $A_s = 0,5V_{Edmax} \sin \alpha / f_{yd}$   
 Συνδετήρες για  $0,5V_{Edmax}$



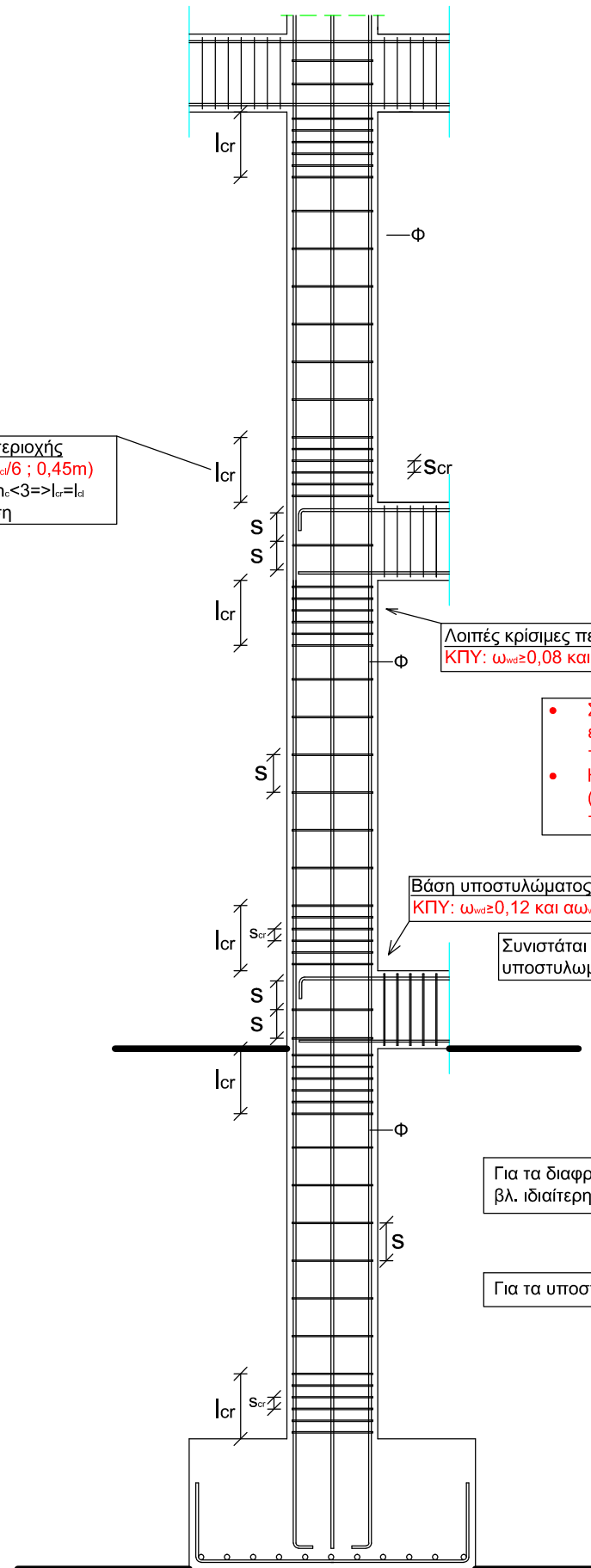
Για αντισεισμικές κατασκευές (ΚΠΜ και ΚΠΥ)

Μήκος κρίσιμης περιοχής  
ΚΠΜ:  $l_{cr} = \max(h_c ; l_c/6 ; 0,45\text{m})$   
Προσοχή! Εάν  $l_c/h_c < 3 \Rightarrow l_{cr} = l_c$   
με ανάλογη όπλιση

### ΠΕΔΙΛΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ



- Η προς αγκύρωση εφελκυστική δύναμη δίνεται από τη σχέση:  
 $F_s = Rz_e/z$   
όπου  
R είναι η συνισταμένη των τάσεων του εδάφους εντός της απόστασης x  
 $z_e$  είναι ο εξωτερικός μοχλοβραχίονας, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του R και της κατακόρυφης δύναμης  $N_{Ed}$   
 $N_{Ed}$  είναι η κατακόρυφη δύναμη που αντιστοιχεί στη συνισταμένη των τάσεων του εδάφους μεταξύ των διατομών A και B  
 $z$  είναι ο εσωτερικός μοχλοβραχίονας, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του οπλισμού και της οριζόντιας δύναμης  $F_c$   
 $F_c$  είναι η θλιπτική δύναμη που αντιστοιχεί στη μέγιστη εφελκυστική δύναμη  $F_{s,max}$ .
- Οι μοχλοβραχίονες  $z_e$  και  $z$  μπορούν να καθοριστούν σε σχέση με τις απαιτούμενες θλιβόμενες ζώνες για το  $N_{Ed}$  και το  $F_c$  αντίστοιχα. Ως απλούστευση, το  $z_e$  μπορεί να καθορισθεί θεωρώντας  $e = 0,15b$  και το  $z$  μπορεί να ληφθεί ως  $0,9d$ . (βλέπε παραπάνω σχήμα)
- Το διαθέσιμο μήκος αγκύρωσης για τις ευθύγραμμες ράβδους σημειώνεται ως  $l_b$  στο παραπάνω σχήμα. Εάν το μήκος αυτό δεν επαρκεί για την αγκύρωση της  $F_s$ , οι ράβδοι μπορούν να καμφθούν ώστε να αυξηθεί το διαθέσιμο μήκος ή να τοποθετηθούν διατάξεις αγκύρωσης άκρου.
- Για ευθύγραμμες ράβδους χωρίς διατάξεις αγκύρωσης άκρου, η ελάχιστη τιμή του x είναι η πιο κρίσιμη. Προσεγγιστικά μπορεί να θεωρηθεί  $x = h/2$ . Για άλλους τύπους αγκυρώσεων, υψηλότερες τιμές του x μπορεί να είναι κρίσιμότερες.



Λοιπές κρίσιμες περιοχές  
ΚΠΥ:  $\omega_{wd} \geq 0,08$  και  $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_e \nu_e \epsilon_{syd} D_c / b_c - 0,035$

- Στους κατώτατους δύο ορόφους κτιρίων θα προβλέπονται πέρα από τις κρίσιμες περιοχές για ένα επιπλέον μήκος ίσο με το ήμισυ του μήκους των περιοχών αυτών, συνδετήρες σύμφωνα με τις διατάξεις που ισχύουν για τους συνδετήρες της κρίσιμης περιοχής.
- Η διατομή διαμήκους οπλισμού που προβλέπεται στη βάση του υποστυλώματος του κατώτατου ορόφου (δηλαδή όπου το υποστυλώμα συνδέεται με την θεμελίωση) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη που προβλέπεται στην κεφαλή του υποστυλώματος του ίδιου ορόφου.

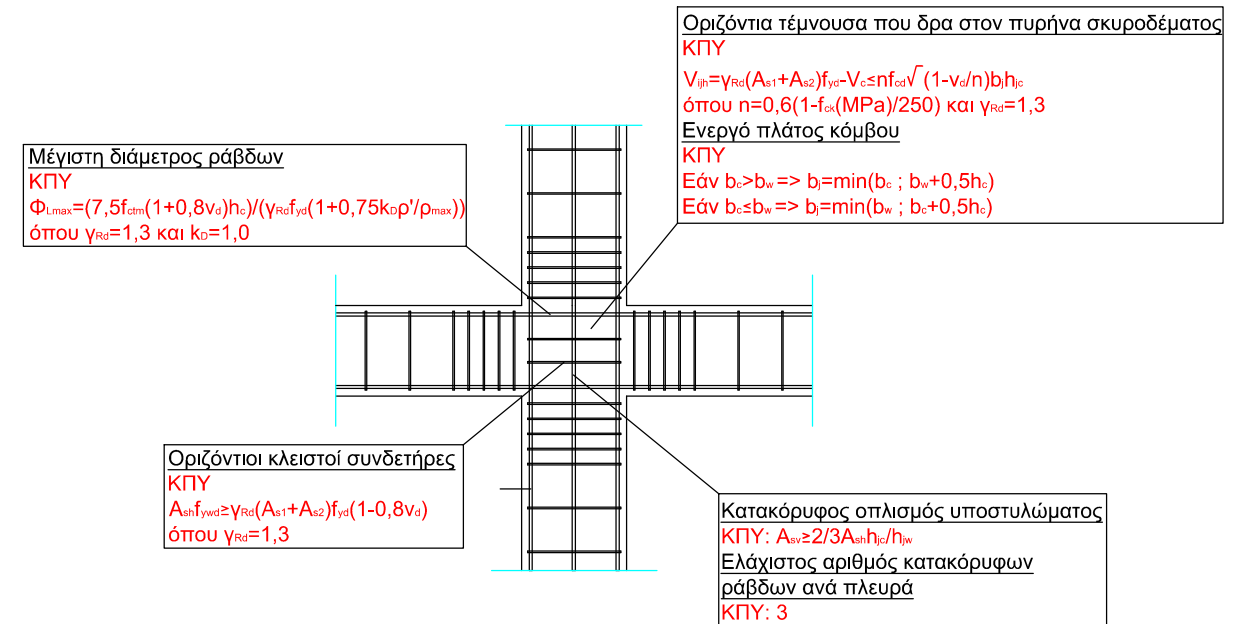
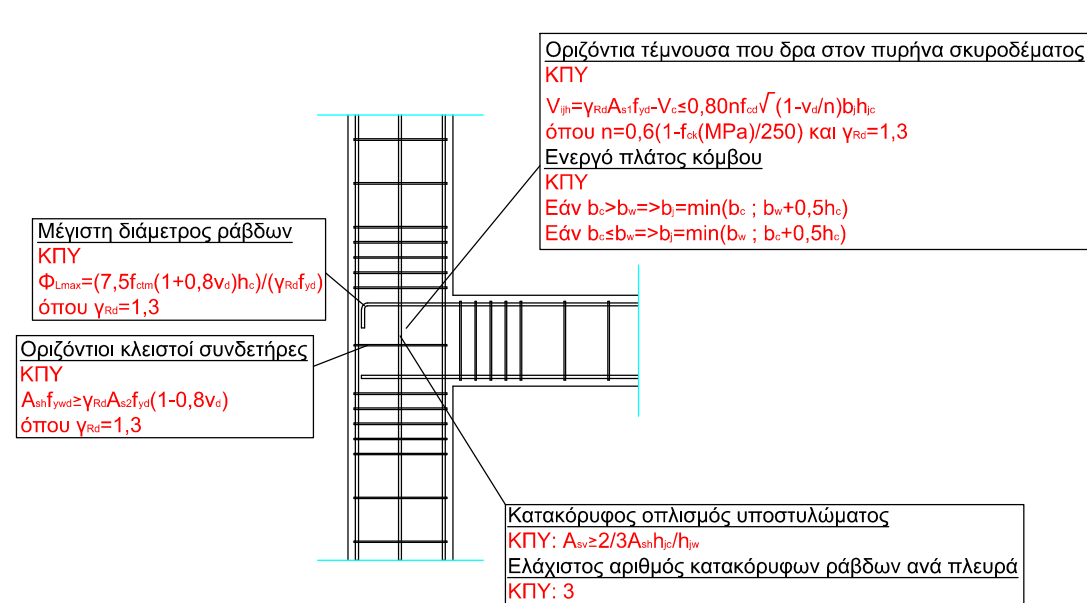
Βάση υποστυλώματος (στις κρίσιμες περιοχές)  
ΚΠΥ:  $\omega_{wd} \geq 0,12$  και  $\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_e \nu_e \epsilon_{syd} D_c / b_c - 0,035$

Συνιστάται όπως αποφεύγεται η ένωση με παράθεση στη βάση των υποστυλωμάτων

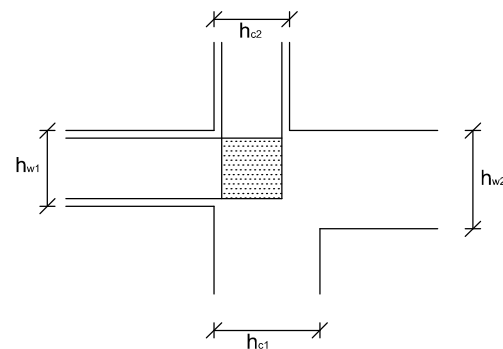
Για τα διαφράγματα του κτιρίου, το(τα) υπόγειο(υπόγεια) και τα σροισεία θεμελίωσης, βλ. ιδιαίτερη αναφορά στην αρχή αυτής της παραγράφου.

Για τα υποστυλώματα του υπογείου δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διατάξεις κατά τον ΕΚ8.

## ΠΛΑΙΣΙΑ - ΚΟΜΒΟΙ



- Για λόγους βελτιωμένης συνάφειας των οπλισμών των δοκών (από τη θλίψη των υποστυλωμάτων), το πλάτος των δοκών (ΚΠΜ και ΚΠΥ) πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση  $b_w \leq \min(b_c + h_w ; 2b_c)$ .
- Οι συνδετήρες των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων συνεχίζουν και στο σώμα των κόμβων (κατ'ελάχιστον).
- Για δοκούς μεταβλητού πάχους εκατέρωθεν του κόμβου, ή για περιπτώσεις μεταβλητού ύψους δοκών ή/και μεταβλητού πλάτους υποστυλωμάτων, και πέραν των προβλημάτων λεπτομερειών όπλισης, ΔΕΝ δίνονται κανονιστικές διατάξεις ή συστάσεις για την "ενεργή" διατομή του κόμβου (μεταξύ ακραίων οπλισμών). Η απλοποιητική παραδοχή κατά το επόμενο σκαρίφημα είναι ιδιαίτερα δυσμενής.



Για ΚΠΥ μόνον (και όχι για ΚΠΜ) ισχύουν και τα εξής:

- Δοκοί  $\min b_w \geq 200\text{mm}$
- Υποστυλώματα  $\min b_c \geq 250\text{mm}$
- Διείσδυση διαρροής (κατά 5Φ), για δοκούς και υποστυλώματα



### ΠΛΑΙΣΙΑ - Πρόσθετες ή ιδιαίτερες διατάξεις για κυκλικά υποστυλώματα

α) Για κυκλικά υποστυλώματα, οι σχετικές διατάξεις των Ευρωκωδίκων είναι κυριολεκτικώς ελάχιστες, παρά το γεγονός πως υπάρχουν αρκετά και σημαντικά θέματα, όπως π.χ.:

- Διαστασιολόγησης και ελέγχου, κυρίως έναντι V
- Διατάξεων και λεπτομερειών όπλισης, π.χ. κυκλικούς συνδετήρες ή σπείρες
- Περίσφιγξης, π.χ. αν διατάσσονται και ορθογωνικοί ή τετραγωνικοί συνδετήρες
- Διαμόρφωσης και ελέγχου των κόμβων με τις δοκούς, αγκυρώσεων του οπλισμού των δοκών κ.λ.π.

Βεβαίως, απλοποιητικώς, για διάφορα (αλλά όχι όλα) από τα προηγούμενα προβλήματα (κυρίως "γεωμετρικής" φύσεως) μπορεί να γίνει χρήση μιας "ισοδύναμης" - ισεμβαδικής διατομής (με  $b_c=h_c=0,85$  ή  $0,90D$ , και αντιστοίχως για  $b_o=h_o=0,85$  ή  $0,90D_o$ ).

β) Κατά τον EN 1992-1-1:2004, §9.5, το ελάχιστο πλήθος διαμήκων ράβδων οπλισμού είναι 4, με ελάχιστη διάμετρο 8mm.

Όμως, συνιστάται ελάχιστο πλήθος 6 ράβδων (ομοιομόρφως κατανεμημένων στην περίμετρο) και ελάχιστη διάμετρος 14(ή 12)mm.

γ) Κατά τον EN1998-1:2004, στα περί περισφιγξης, για ΚΠΜ και ΚΠΥ (§§5.4.3.2 και 5.5.3.2), ο συντελεστής αποδοτικότητας έχει ως εξής:

$\alpha = \alpha_{pas}$

για κυκλική διατομή (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες)

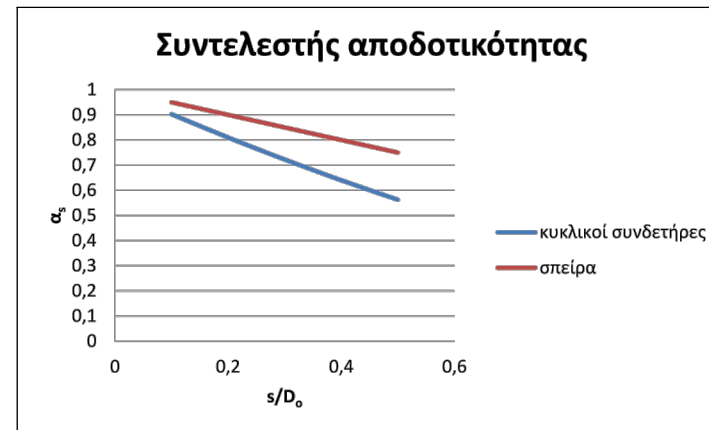
$\alpha_n = 1$

$\alpha_s = (1 - s/(2D_o))^2$

για κυκλική διατομή (σπειροειδείς συνδετήρες)

$\alpha_n = 1$

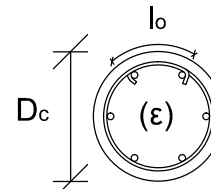
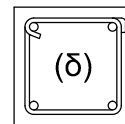
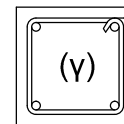
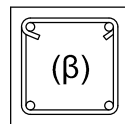
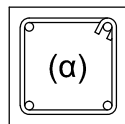
$\alpha_s = (1 - s/(2D_o))$



δ) Στο πλαίσιο των Μαθημάτων (8 Εξάμηνο, Κατασκευές από ΩΣ), διανεμήθηκαν λεπτομερείς σημειώσεις, με αρκετά πρόσθετα στοιχεία ειδικώς για τη διαστασιολόγηση και την όπλιση των κυκλικών υποστυλωμάτων.

ε) Τέλος, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και συμπληρωματικές διατάξεις, με βάση το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, όπως ακολουθούν:

- Στα περί συνδετήρων, 17.9.2



Σε κυκλικά υποστυλώματα, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα (ε), με ορθογωνικά (ή ημικυκλικά) άγκιστρα έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος υπερκάλυψης  $l_o$ .

Στις κρίσιμες περιοχές κυκλικών υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται όπως το κλείσιμο των συνδετήρων, σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, γίνεται κατ' εναλλαγή (και όχι στην ίδια θέση).

Στα περί διαμόρφωσης των σπειρών, §18.4.8

- Η διάμετρος της διατομής του πυρήνα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm.
- Ο ελάχιστος συνολικός διαμήκης οπλισμός είναι το 0,01 και ο μέγιστος το 0,04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα. Στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη το μέγιστο ποσοστό οπλισμού είναι 0,08. Ο ελάχιστος αριθμός ράβδων είναι 6, οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο, με ελάχιστη διάμετρο 14mm.
- Το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το ένα πέμπτο της διαμέτρου του πυρήνα, ή δε διάμετρος τουλάχιστον 5 ή 6mm.
- Τα άκρα της σπείρας, ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων της σπείρας με υπερκάλυψη (που επιτρέπεται μόνον εκτός κρίσιμων περιοχών και κόμβων), πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού άγκιστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα.
- Η σπείρα πρέπει να εκτείνεται και στην περιοχή των κόμβων.

## ΠΛΑΙΣΙΑ - Πρόσθετες ή ιδιαίτερες διατάξεις για "φύσει" ή "θέσει" κοντά υποστυλώματα ("αλληλεπίδραση" M και V)

α) Για υποστυλώματα (με  $h_c \leq 4b_c$  και  $l_{cl} \geq 3h_c$ ) ΠΛΑΙΣΙΩΝ, με μικρόν λόγο μήκους διάτμησης ( $\alpha_s = M/Vh$ ), δεν υπάρχει διάκριση ή πρόσθετες/ιδιαίτερες διατάξεις στο πλαίσιο των Ευρωκωδίκων.

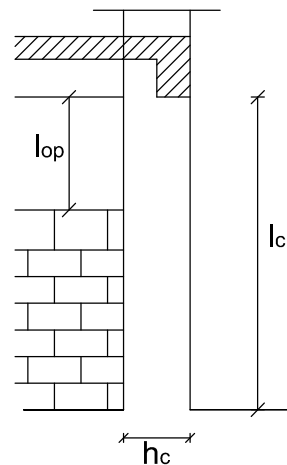
Σχετικώς η μόνη συναφής και γενική πρόβλεψη (κατά τον ΕΚ8), για ΚΠΜ και ΚΠΥ, είναι πως για "φύσει" κοντά υποστυλώματα, με  $l_{cl}/h_c < 3$  (που σημαίνει  $\alpha_s < 1,5$ ), ολόκληρο το ύψος τους θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

Αντιθέτως, για πλάστιμα τοιχώματα, και μάλιστα μόνον για ΚΠΥ και όχι για ΚΠΜ, υπάρχει πλήθος σημαντικών διαφοροποιήσεων για τη διαστασιολόγηση και την όπλιση χθαμαλών ( $\alpha_s = h_w/l_w < 2$ ) έναντι λυγερών στοιχείων.

β) Βεβαίως, για "προβληματικά" υποστυλώματα, "φύσει" ή "θέσει" κοντά (βλ. και στα επόμενα), υπάρχει η δυνατότητα, στο πλαίσιο του αντισεισμικού σχεδιασμού, να χαρακτηρισθούν (αν είναι δυνατό) ως δευτερεύοντα σεισμικά μέλη, βλ. σχετικώς.

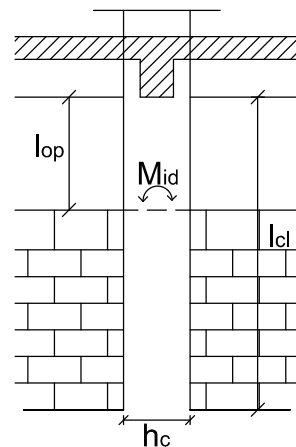
γ) Όμως, για τοιχοπληρωμένα πλαίσια (τα οποία δεν καλύπτονται πλήρως από την παρούσα ΔΕ), για ΚΠΜ και ΚΠΥ, και αν η αλληλεπίδραση πλαισίων-τοιχοπληρώσεων δεν μπορεί να "αποκλεισθεί" ή "καλυφθεί" με διάφορα μέτρα, ο ΕΚ8 (5.9) δίνει αρκετές διατάξεις για ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ, όπως αναφέρονται αμέσως μετά, και μάλιστα πέραν άλλων διατάξεων περί κανονικότητας, περιορισμού των βλαβών των τοιχοπληρώσεων κ.λπ.

- Για τοιχοπληρωμένα πλαίσια ολόκληρο το ύψος του ισογείου θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".
- Για μονόπλευρη επαφή/αλληλεπίδραση (όπως π.χ. για γωνιακά υποστυλώματα)



Ολόκληρο το ύψος του υποστυλώματος θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή ( $l_{cr} = l_{cl}$ ) και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

- Για αμφίπλευρη επαφή/αλληλεπίδραση



- Ολόκληρο το ύψος του υποστυλώματος θα θεωρείται κρίσιμη περιοχή ( $l_{cr} = l_{cl}$ ) και θα οπλίζεται/περισφίγγεται "αναλόγως".

- Για τον υπολογισμό των ικανοτικών τεμνουσών δυνάμεων, για το "ελεύθερο" ύψος  $l_{op}$  του υποστυλώματος (διαίρετης του αθροίσματος των ικανοτικών ροπών κάμψης), θα λαμβάνεται υπόψη ροπή κάμψης στη θέση "πάκτωσης" του υποστυλώματος στον τοίχο ίση με  $M_{id} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i}$ , όπου  $\gamma_{Rd} = 1,1$  ή  $1,3$ , για ΚΠΜ ή ΚΠΥ, αντιστοίχως.

Σχετικώς και αν  $l_{op} < 1,5h_c$ , η τέμνουσα δύναμη θα παραλαμβάνεται με δισδιαγώνιον οπλισμό, ενώ αν  $l_{op} \geq 1,5h_c$  ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός θα διατάσσεται σε ύψος  $l_{op} + h_c$  (δηλαδή και μέσα στον κόμβο πάκτωσης).

- Τέλος, απαιτείται και πρόσθετος έλεγχος στην "επαφή" υποστυλώματος-τοίχου, έναντι της διαγώνιας θλιπτικής δύναμης της τοιχοπλήρωσης:

Το ύψος  $l_{cont}$  (μήκος "επαφής", αναλόγως του πλάτους του θλιπτήρα του τοίχου) θα ελέγχεται σε διάτμηση με  $V_{CD} = \min(2\gamma_{Rd} M_{Rc,i} / l_{cont}; \text{οριζόντια συνιστώσα της } N \text{ του θλιπτήρα})$ .

δ) Βεβαίως, για "φύσει" ή "θέσει" κοντά υποστυλώματα, υπάρχει πλήθος και μάλιστα ιδιαίτερες λεπτομερών διατάξεων κατά το πλαίσιο των ΕΚΩΣ/ΕΑΚ, §18.4.9.

Όμως, αμφισβητείται το αν οι διατάξεις αυτές "επιτρέπεται" να συνδυασθούν με αυτές των Ευρωκωδίκων, ακόμη και αν απλώς τις συμπληρώνουν.

## ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ (ΠΛΑΣΤΙΜΑ)

Ροπές σχεδιασμού

ΚΠΧ: Από την ανάλυση

ΚΠΥ: Αν  $h_w/l_w > 2$  : Γραμμική περιβάλλουσα των ροπών  $M_{Ed}$  της ανάλυσης

Ανηγμένη αξονική

ΚΠΥ:  $v_d \leq 0,35$

Πολλαπλασιαστικός συντελεστής  $\epsilon$  σε  $V_{Ed}$  από ανάλυση για σεισμό

ΚΠΧ:  $\epsilon = 1,0$

ΚΠΥ: Αν  $h_w/l_w \leq 2 \Rightarrow \epsilon = 1,2 M_{Rd} / M_{Ed} \leq q$

Αν  $h_w/l_w > 2 \Rightarrow \epsilon = \sqrt{((1,2 M_{Rd} / M_{Ed})^2 + 0,1 (q S_e(T_c) / S_e(T_1))^2)} \leq q$

$V_{Rd,s}$  εκτός κρίσιμης περιοχής

ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$

ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,s}$  εντός κρίσιμης περιοχής

Αν  $\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} l_w) \geq 2$   $\rho_v = \rho_{min}$ ,  $\rho_h \Rightarrow$

ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$

ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$

Αν  $\alpha_s < 2$   $\rho_h$ ,  $\rho_v \Rightarrow$

ΚΠΧ:  $V_{Rd,s} = b_w o (0,8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta$  με  $\theta = 45^\circ$

ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = V_{Rd,c} + b_w o \alpha_s (0,75 l_w \rho_h f_{yhd})$

$\rho_v f_{yvd} \geq \rho_h f_{yhd} - N_{Ed} / (0,8 l_w b_w o)$

$V_{Rd,max}$  εκτός κρίσιμης περιοχής

ΚΠΧ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck} (MPa) / 250) b_w o (0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta)$  με  $\theta = 45^\circ$

ΚΠΥ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck} (MPa) / 250) b_w o (0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta)$  με  $\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,max}$  εντός κρίσιμης περιοχής

ΚΠΧ:  $V_{Rd,max} = 0,3 (1 - f_{ck} (MPa) / 250) b_w o (0,8 l_w f_{cd} \sin 2\theta)$  με  $\theta = 45^\circ$

ΚΠΥ: το 40% της τιμής εκτός κρίσιμης περιοχής

Αντοχή σε διατμητική ολίσθηση ( $A_{sl}$  συνολική διατομή ράβδων με γωνία  $+\phi$  προς οριζόντιο επίπεδο

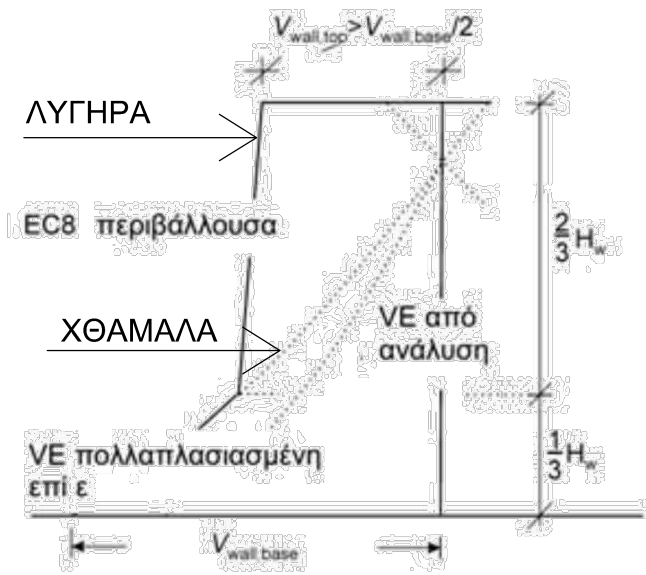
ΚΠΥ:  $V_{Rd,s} = A_{sl} f_{ydc} \cos \phi + A_{sv} \min(0,25 f_{yd}; 1,3 \sqrt{f_{ydc} f_{cd}}) + 0,3 (1 - f_{ck} (MPa) / 250) b_w o f_{cd}$

Ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού σε αρμό διακοπής εργασίας

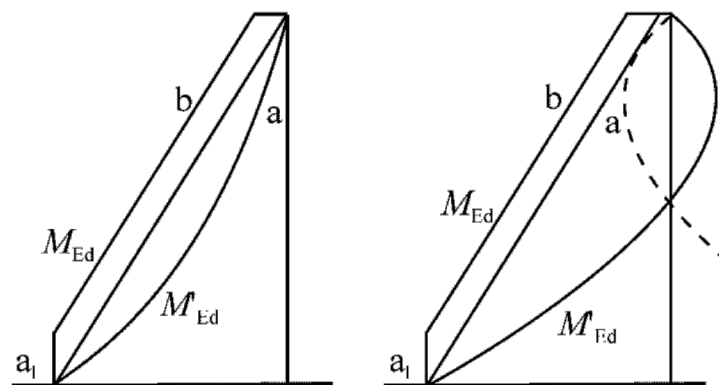
ΚΠΥ:  $\geq \{ 0,25\% ; (1,3 f_{cd} - N_{Ed} / A_c) / (f_{yd} + 1,5 \sqrt{f_{cd} f_{yd}}) \}$

Παρατηρήσεις

- $M_{Ed}$  = ροπή στη βάση του τοιχώματος από την ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού
- $M_{Rd}$  = τιμή σχεδιασμού καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος για την αξονική δύναμη  $N_{Ed}$  από την ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού
- $S_e(T_1)$  = τιμή ελαστικού φάσματος στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο
- $S_e(T_c)$  = τιμή ελαστικού φάσματος στην αρχή του φθίνοντος κλάδου (σε περίοδο  $T_c$ )
- Με  $b_w, d$  σε m,  $f_{ck}$  σε MPa,  $\rho_i$  = ποσοστό διαμήκους οπλισμού εφελκόμενου πέλματος,  $V_{Rd,c}$  και  $N_{Ed}$  σε kN είναι:  
 $V_{Rd,c} = \{ \max(120(100\rho_i)^{1/3}; 35\sqrt{(1+\sqrt{(0,2/d)})} f_{ck}^{1/6}) (1+\sqrt{(0,2/d)}) f_{ck}^{1/3} + 0,15 N/A_c \} b_w d$
- $N_{Ed}$  = αξονική δύναμη (ελαστική τιμή) από ανάλυση για τον σεισμό σχεδιασμού ( $\theta_{λίψη} > 0$ )



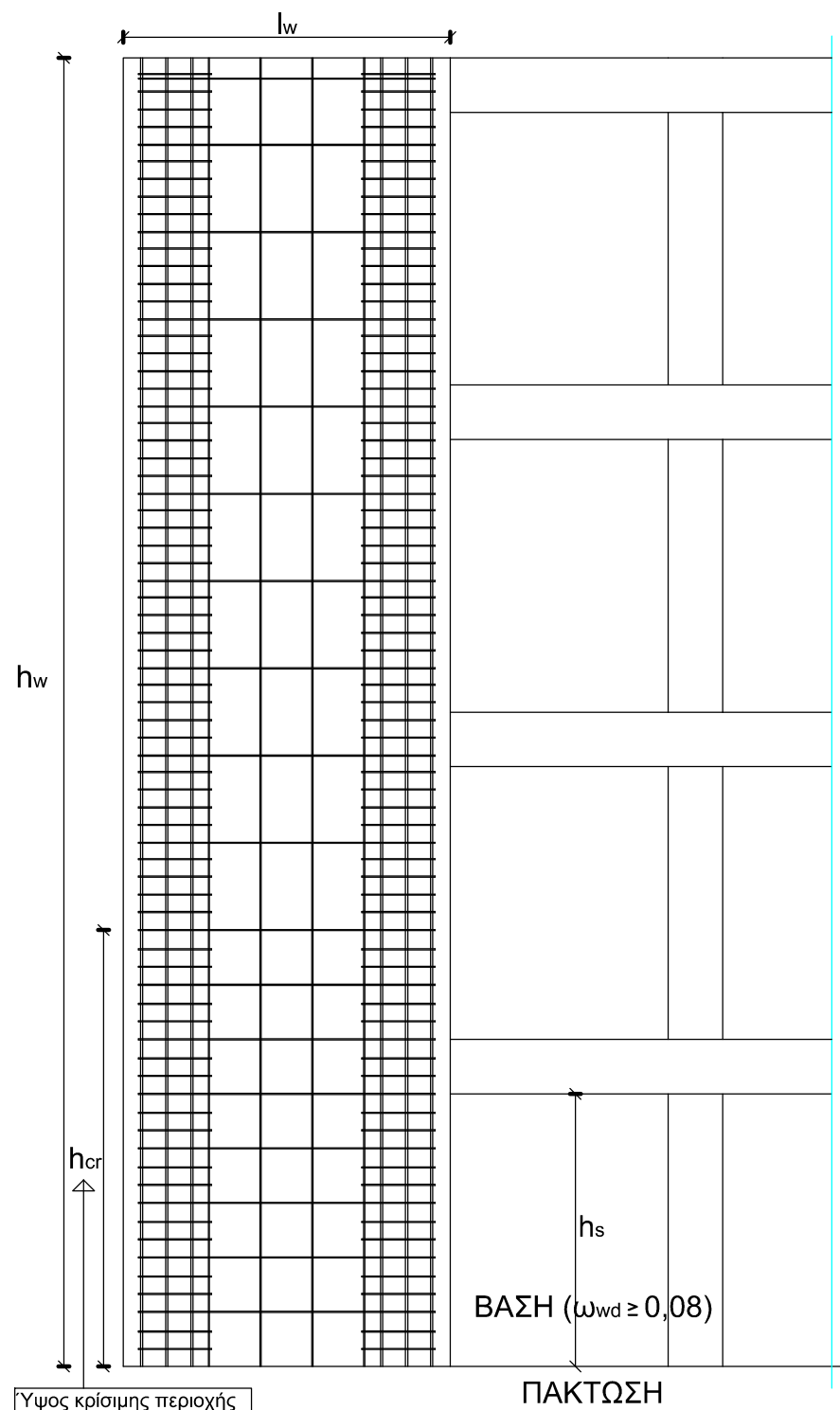
Περιβάλλουσα τεμνουσών δυνάμεων σε τοιχώματα διπλών/μικτών συστημάτων



### Σύμβολα

- a διάγραμμα ροπών από την ανάλυση
- b περιβάλλουσα σχεδιασμού
- a<sub>i</sub> μετατόπιση εφελκυστικής δύναμης

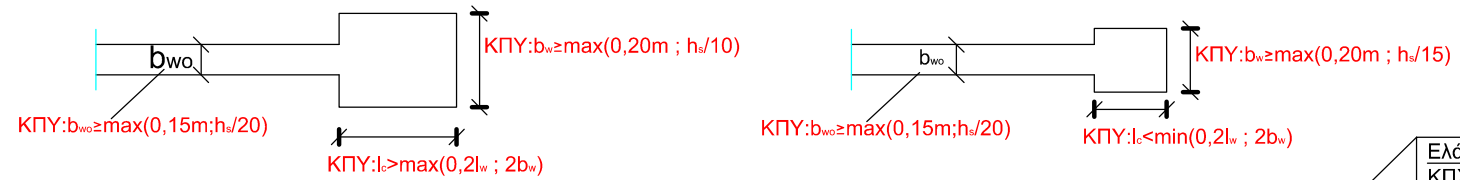
Περιβάλλουσα σχεδιασμού ροπών κάμψης σε λυγηρά μόνον, (και όχι χθαμαλά) τοιχώματα διπλών/μικτών συστημάτων (αριστερά: σύστημα τοιχώματος, δεξιά: διπλό σύστημα)



Ύψος κρίσιμης περιοχής ΚΠΥ  
 $h_{cr} = \max(l_w ; h_w/6)$  αλλά και  
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; h_w)$  για  $n \leq 6$   
 $h_{cr} \leq \min(2l_w ; 2h_w)$  για  $n \geq 7$

Ο κατακόρυφος οπλισμός κορμού θα λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της  $M_{Rd}$ , ενώ υπάρχουν σχετικές ειδικές διατάξεις (ελάχιστο συνεργαζόμενο πλάτος) για σύνθετες διατομές (με πέλματα).

Ελάχιστο πάχος περισιφισμένων άκρων



Εγκάρσιος οπλισμός περισιφισμένων άκρων  
 Βλέπε υποστυλώματα

Διαμήκης οπλισμός στις περισιφισμένες περιοχές άκρων

**Κρίσιμη περιοχή**  
 Ελάχιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{min} = 0,2\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{min} = 0,5\%$   
 Μέγιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 Απόσταση ράβδων που συγκρατούνται εγκάρσια  
 ΚΠΥ:  $\leq 200mm$   
 Όροφος πάνω από την κρίσιμη περιοχή  
 ΚΠΥ: Όπως στη κρίσιμη περιοχή

**Μη κρίσιμες περιοχές**  
 Ελάχιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{min} = 0,2\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{min} = 0,2\%$  Εάν  $\epsilon_c > 0,2\% \Rightarrow \rho_{min} = 0,5\%$   
 Μέγιστο ποσοστό διαμήκους οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{max} = 4\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{max} = 4\%$

Κατακόρυφες ράβδοι κορμού

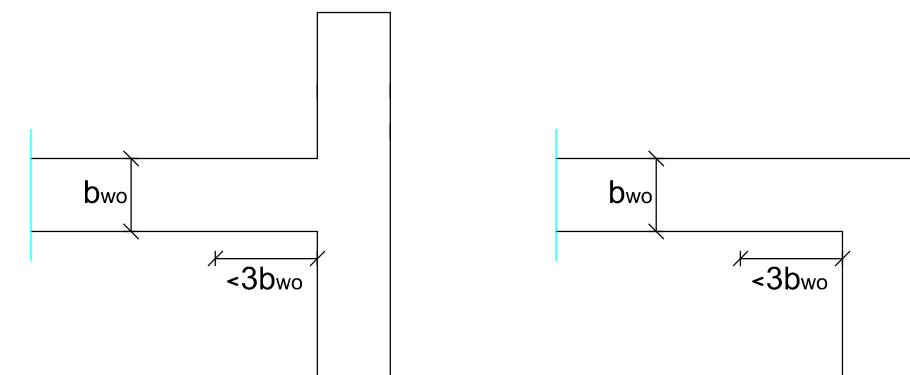
Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{v,min} = 0,2\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{v,min} = 0,2\%$  (παντού)  
 Μέγιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{v,max} = 4\%$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{v,max} = 4\%$  (παντού)  
 Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού  
 ΚΠΥ:  $d_{bv,min} = 8mm$  (παντού)  
 Μέγιστη διάμετρος οπλισμού  
 ΚΠΥ:  $d_{bv,max} = b_{wo}/8$   
 Μέγιστη απόσταση οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $s_{v,max} = \min(3b_{wo} ; 400mm)$   
 ΚΠΥ:  $s_{v,max} = \min(25d_{bv} ; 250mm)$  (παντού)

Οριζόντιες ράβδοι κορμού

Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $\rho_{h,min} = \max(0,1\% ; 0,25\rho_c)$   
 ΚΠΥ:  $\rho_{h,min} = 0,2\%$  (παντού)  
 Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού  
 ΚΠΥ:  $d_{bh,min} = 8mm$  (παντού)  
 Μέγιστη διάμετρος οπλισμού  
 ΚΠΥ:  $d_{bh,max} = b_{wo}/8$   
 Μέγιστη απόσταση οπλισμού  
 ΚΠΧ:  $s_{v,max} = 400mm$   
 ΚΠΥ:  $s_{v,max} = \min(25d_{bv} ; 250mm)$  (παντού)

Για ΚΠΥ, προβλέπεται έλεγχος και  $\rho_{min}$  για τους αρμούς κατασκευής.

Περισιφισμένα άκρα με εγκάρσια πέλματα



Εάν το τοίχωμα συνδέεται με πέλαμα πάχους  $bf \geq h_s/15$  και πλάτους  $lf \geq h_s/5$  (όπου  $h_s$  συμβολίζεται το καθαρό ύψος ορόφου) και το περισιφισμένο στοιχείο άκρου είναι αναγκαίο να εκτείνεται πέρα από το πέλαμα και μέσα στον κορμό για ένα πρόσθετο μήκος έως  $3b_{wo}$ , τότε το πάχος  $b_w$  του στοιχείου άκρου μέσα στον κορμό πρέπει απλώς να είναι σύμφωνο με τις διατάξεις για  $b_{wo}$ . Μέσα στα στοιχεία άκρων τοιχωμάτων ισχύουν οι απαιτήσεις που καθορίζονται στην 5.5.3.2.2(12) και πρέπει να χρησιμοποιείται ελάχιστη τιμή  $\omega_{wd}$  ίση με 0,12. Πρέπει να χρησιμοποιούνται κλειστοί συνδετήρες με υπερκάλυψη, ώστε κάθε δεύτερη ράβδος να αγκυρώνεται σε έναν κλειστό ή μονοσκελή συνδετήρα. Πάνω από την κρίσιμη περιοχή πρέπει να προβλέπονται στοιχεία άκρων για έναν ακόμη όροφο, με τουλάχιστον το ήμισυ του οπλισμού περισφιγής που απαιτείται για την κρίσιμη περιοχή.

## ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΧΘΑΜΑΛΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

### ΚΠΥ

- Ο λόγος ύψους προς μήκος είναι :  $h_w/l_w < 2$
- Δεν απαιτείται τροποποίηση του διαγράμματος των ροπών κάμψεως (βλ. διαγράμματα)
- Δεν απαιτείται επαύξηση των τεμνουσών δυνάμεων λόγω δυναμικών επιδράσεων (βλ. διαγράμματα)
- Ο σχεδιασμός έναντι  $V$  γίνεται για:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{Rd} / M_{Ed}) V_{Ed}' \leq \alpha V_{Ed}'$$

όπου  $V_{Ed}'$  η τέμνουσα από την ανάλυση του φορέα και  $\gamma_{Rd} = 1,2$

### Αστοχία από ολίσθηση λόγω διάτμησης

- Σε πιθανά επίπεδα αστοχίας ολίσθησης λόγω διάτμησης (παραδείγματος χάριν, σε αρμούς κατασκευής) που βρίσκονται μέσα σε κρίσιμες περιοχές πρέπει να ικανοποιείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$$

όπου  $V_{Rd,s}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής αντοχής σε ολίσθηση.

- Η τιμή της  $V_{Rd,s}$  μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:

$$V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

με:

$$V_{dd} = \min \{ 1,3 \Sigma A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} ; 0,25 f_{yd} \Sigma A_{sj} \}$$

$$V_{id} = \Sigma A_{si} f_{yd} \cos \varphi$$

$$V_{fd} = \min \{ \mu_f [(\Sigma A_{sj} f_{yd} + N_{Ed}) \xi + M_{Ed} / z] ; 0,5 n f_{cd} \xi l_w b_{wo} \}$$

όπου

$V_{dd}$  είναι η αντοχή δράσης βλήτρου των κατακόρυφων ράβδων

$V_{id}$  είναι η συμβολή λοξών ράβδων (σε γωνία  $\varphi$  προς το επίπεδο πιθανής ολίσθησης, π.χ. αρμό κατασκευής)

$V_{fd}$  είναι η αντίσταση τριβής

$\mu_f$  είναι ο συντελεστής τριβής σκυροδέματος προς σκυρόδεμα υπό ανακυκλιζόμενες δράσεις, που μπορεί να υποθεθεί σαν ίσος με 0,6 για λείες διεπιφάνειες και 0,7 για τραχείες, όπως οι τελευταίες ορίζονται στο EN1992-1-1:2004.

$z$  είναι το μήκος του μοχλοβραχίονα εσωτερικών δυνάμεων

$\xi$  είναι το ανηγμένο ύψος της ουδέτερης γραμμής

$\Sigma A_{sj}$  είναι το άθροισμα των διατομών των κατακόρυφων ράβδων του κορμού και των πρόσθετων ράβδων που διατάσσονται σε στοιχεία άκρων, ειδικά για αντίσταση σε ολίσθηση

$\Sigma A_{si}$  είναι το άθροισμα των διατομών όλων των κεκλιμένων ράβδων και στις δύο διευθύνσεις. Για τον σκοπό αυτό συνιστώνται ράβδοι μεγάλης διαμέτρου.

$$n = 0,6(1 - f_{ck}(\text{MPa})/250)$$

$N_{Ed}$  λαμβάνεται ως θετική σε θλίψη

- Για χθαμαλά τοιχώματα πρέπει να ικανοποιούνται τα ακόλουθα, έναντι διατμητικής ολίσθησης:

- Στη βάση του τοιχώματος η  $V_{id}$  πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη  $V_{Ed}/2$

- Σε υψηλότερα επίπεδα η  $V_{id}$  πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη  $V_{Ed}/4$

- Οι λοξές ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται πλήρως και στις δύο πλευρές των πιθανών διεπιφανειών ολίσθησης και πρέπει να διασχίζουν όλες τις διατομές τοιχωμάτων μέσα σε απόσταση  $0,5l_w$  ή  $0,5h_w$ , όποια είναι μικρότερη, πάνω από την κρίσιμη διατομή βάσεως

- Οι λοξές ράβδοι οδηγούν σε αύξηση της καμπτικής αντοχής στη βάση του τοιχώματος, που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  υπολογίζεται σύμφωνα με τον κανόνα του ικανοτικού σχεδιασμού. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο εναλλακτικές μέθοδοι:

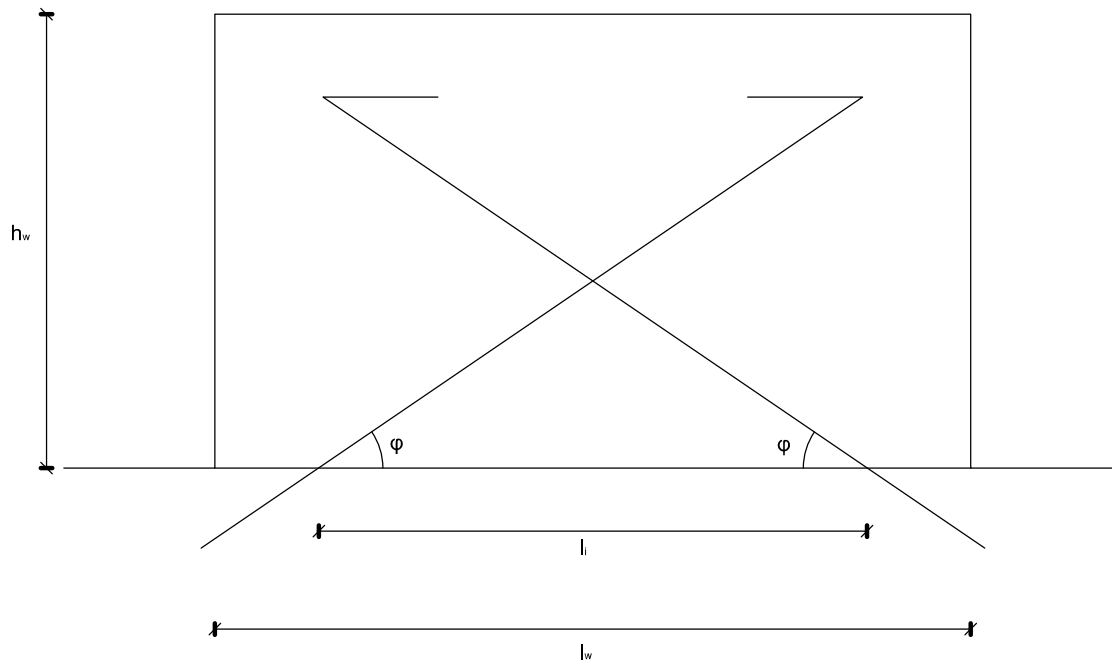
- a. Η αύξηση της καμπτικής αντοχής  $\Delta M_{Rd}$ , για τον υπολογισμό της  $V_{Ed}$ , μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:

$$\Delta M_{Rd} = 1/2 \Sigma A_{si} f_{yd} \sin \varphi l_i$$

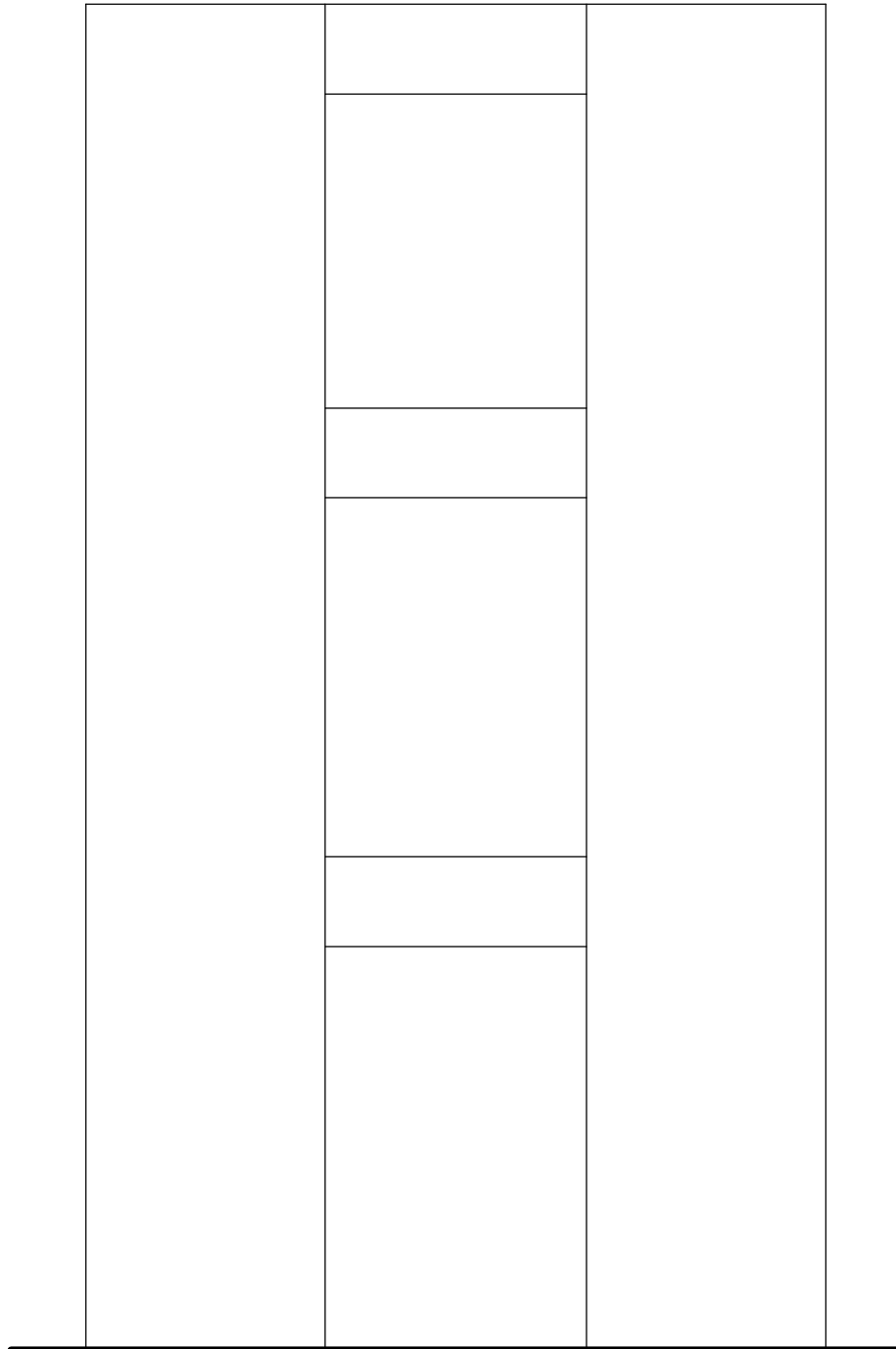
όπου  $l_i$  είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων δύο ομάδων κεκλιμένων ράβδων τοποθετημένων υπό γωνία  $\pm \varphi$  προς το επίπεδο πιθανής ολίσθησης και που μετράται στη διατομή βάσεως

- b. Η δρώσα τέμνουσα  $V_{Ed}$  μπορεί να υπολογισθεί αγνοώντας την επίδραση των λοξών ράβδων. Στην έκφραση  $V_{id} = \Sigma A_{si} f_{yd} \cos \varphi$ , πρέπει τότε να χρησιμοποιηθεί για την  $V_{id}$  η καθαρή συμβολή των κεκλιμένων ράβδων (δηλαδή η πραγματική συμβολή μειωμένη κατά την αύξηση της δρώσας τέμνουσας). Αυτή η καθαρή συμβολή των λοξών ράβδων στην αντοχή σε ολίσθηση μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$V_{id} = \Sigma A_{si} f_{yd} [\cos \varphi - 0,5 l_i \sin \varphi / (\alpha_s l_w)]$$



## ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ



- Ως συζευγμένα, χαρακτηρίζονται δύο ή περισσότερα απλά τοιχώματα, συνδεδεμένα με δοκούς σύζευξης, σε κανονική διάταξη και με επαρκή πλαστιμότητα, επαρκείς για να μειώσουν υπό σεισμόν κατά τουλάχιστον 25% το άθροισμα των  $M$  στη βάση των επιμέρους τοιχωμάτων εάν αυτά δρούσαν ανεξαρτήτως.
- Για τα συζευγμένα τοιχώματα (με τιμή  $\rho$  αντίστοιχη αυτής για πλαίσια), επιτρέπεται ανακατανομή των σεισμικών εντατικών μεγεθών μέχρι και 30%, εφόσον δεν μειώνεται η συνολική απαίτηση αντοχής. Οι  $V$  πρέπει να ανακατανέμονται αναλόγως με τις  $M$ , έτσι ώστε στα επιμέρους τοιχώματα ο λόγος  $M/V$  να μη επιρεάζονται σημαντικώς. Λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων των  $N$ , οι  $V$  και  $M$  πρέπει να ανακατανέμονται από το τοίχωμα υπό μικρή  $N$  (ή υπό εφελκυσμόν) προς το τοίχωμα υπό μεγάλη  $N$ .
- Για τις δοκούς σύζευξης μεταξύ διαφορετικών ορόφων, επιτρέπεται ανακατανομή των σεισμικών εντατικών μεγεθών μέχρι και 20%, εφόσον δεν επηρεάζεται σημαντικώς η σεισμική  $N$  στη βάση κάθε επιμέρους τοιχώματος (όπως προκαλείται από τις  $V$  των δοκών σύζευξης).
- Ειδικώς για δοκούς σύζευξης ΚΠΥ (μόνον, και όχι ΚΠΜ), ισχύουν και οι εξής πρόσθετες διατάξεις:
  1. Σύζευξη τοιχωμάτων μέσω πλακών δεν θα λαμβάνεται υπόψη επειδή δεν είναι αποτελεσματική.
  2. Οι διατάξεις των δοκών για ΚΠΥ μπορεί να εφαρμόζονται σε δοκούς σύζευξης, μόνον εφόσον ισχύει μία από τις ακόλουθες συνθήκες:
    - a. Η πιθανότητα ρηγμάτωσης και στις δύο διαγώνιες διευθύνσεις είναι μικρή.
    - b.  $V_{Ed} \leq f_{ctd} b w d$
    - c. Εξασφαλίζεται ότι επικρατεί καμπτική μορφή αστοχίας. Αποδεκτός κανόνας εφαρμογής είναι η σχέση:
    - d.  $l/h \geq 3$
  3. Εάν δεν ικανοποιείται καμία από τις συνθήκες της (2) η αντοχή στις σεισμικές δράσεις πρέπει να παρέχεται από οπλισμό διατεταγμένο κατά μήκος και των δύο διαγωνίων της δοκού, σύμφωνα με τα ακόλουθα:
    - α) Πρέπει να εξασφαλίζεται η ικανοποίηση της ακόλουθης έκφρασης:  
όπου  
 $V_{Ed}$  είναι η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού στο στοιχείο σύζευξης ( $V_{Ed} = 2M_{Ed}/l$ )  
 $A_{sifyd}$  είναι η συνολική διατομή των ράβδων οπλισμού σε κάθε διαγώνια διεύθυνση  
 $\alpha$  είναι η γωνία μεταξύ των διαγωνίων ράβδων και του άξονα της δοκού
    - β) Ο διαγώνιος οπλισμός πρέπει να διατάσσεται σε στοιχεία μορφής κλωβού υποστυλώματος με πλευρά τουλάχιστον ίση προς  $0,5b_w$ . Το μήκος αγκύρωσής του πρέπει να είναι κατά 50% μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται από το EN1992-1-1:2004.
    - γ) Πρέπει να προβλέπονται συνδετήρες στα στοιχεία κλωβού υποστυλώματος για να αποτραπεί ο λυγισμός των διαμήκων ράβδων.
    - δ) Πρέπει να διατάσσεται διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός και στις δύο κατακόρυφες παρειές της δοκού, ο οποίος να ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις του EN1992-1-1:2004 για υψίκορμες δοκούς. Ο διαμήκης οπλισμός δεν πρέπει να αγκυρώνεται στα συζευγμένα τοιχώματα και πρέπει να εισέρχεται μόνον κατά 150mm μέσα σε αυτά.

