



Παροράματα τυπολογίου

Τα σημεία των διορθώσεων τονίζονται στο τυπολόγιο με κίτρινο χρώμα

Σελίδα	Επεξήγηση διόρθωσης
Correcion 1	
σελ. 14	Ο τύπος του $V_{Rd,max}$ πολλαπλασιάζεται με τον μοχλοβραχίονα z ($=0.9d$).
σελ. 49	Στον ελάχιστο διαμήκη οπλισμό δοκών το $0,013bd$ γίνεται $0,0013bd$ ($\rho_{min}=1.3\%$)
σελ. 50	Στον ελάχιστο κύριο οπλισμό πλακών το $0,013bd$ γίνεται $0,0013bd$ ($\rho_{min}=1.3\%$)
Correction 2	
σελ. 14	Στον τύπο της $V_{Rd,c}$ το δεξιά σκέλος της ανίσωσης πολλαπλασιάζεται με $b_w d$
σελ. 14	Στον ορισμό του A_{sl} προστίθεται διευκρινιστική παραπομπή στο σχήμα
σελ. 14	Στον ορισμό του b_w διευκρινίζεται ότι αυτό εισάγεται σε mm
σελ. 14	Στον ορισμό του σ_{cp} διευκρινίζεται ότι μόνο η θλιπτική δύναμη λαβαίνεται υπόψη (αν είναι εφελκυστική αγνοείται)
σελ. 14	Στο ορισμό του A_c το c γίνεται δείκτης
σελ. 14	Στον ορισμό του A_{sw} το «του συνδετήρα» αλλάζει σε «των συνδετήρων» (μπορεί να είναι περισσότεροι του ενός)
σελ. 14	Στην 2 ^η από τις δύο εκφράσεις του v_1 , διευκρινίζεται ότι πρόκειται για την τάση «των συνδετήρων σ_{sw} »



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τυπολόγιο

για τα μαθήματα

«Σιδηροπαγές Σκυρόδεμα» (7^ο Εξάμηνο)

«Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα» (8^ο Εξάμηνο)

Περιεχόμενα

1. Ιδιότητες Υλικών.....	1
1.1 Σκυρόδεμα	1
1.1.1 Απερίσφικτο σκυρόδεμα	1
1.1.2 Συντελεστές πλήρωσης, α , και κέντρου βάρους, ζ'	2
1.1.3 Περισιγμένο σκυρόδεμα.....	3
1.2 Χάλυβας.....	3
2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγέθη Ορθής Έντασης	4
2.1 Απλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος.....	4
2.2 Διπλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος, $x/d \leq 0,45$ (δυνατότητα ανακατανομής για πλαστική ανάλυση).....	5
2.3 Διπλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος, $x/d \leq 0,617$ (διαρροή εφελκόμενου οπλισμού)	6
2.4 Πλακοδοκοί υπό κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος.....	7
2.5 Υποστυλώματα-Διαγράμματα αλληλεπίδρασης με παραβολικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος	8
3. Υπολογισμός Διατομών έναντι Τέμνουσας	14
3.1 Τέμνουσα για την οποία δεν απαιτείται (ή απαιτείται ο ελάχιστος) οπλισμός διάτμησης, $V_{Rd,c}$ (έλεγχος σε απόσταση d από την παρειά μιας άμεσης στήριξης).....	14
3.2 Τέμνουσα που αναλαμβάνει ο οπλισμός διάτμησης, $V_{Rd,s}$ (έλεγχος σε απόσταση d από την παρειά μιας άμεσης στήριξης).....	14
3.3 Μέγιστη τέμνουσα που αναλαμβάνει το στοιχείο (αστοχία λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος), $V_{Rd,max}$ (έλεγχος στην παρειά μιας άμεσης στήριξης).....	14
4. Υπολογισμός Διατομών έναντι Στρέψης	15
4.1 Ισοδύναμη λεπτότοιχη διατομή	15
4.2 Μέγιστη στρεπτική ροπή που αναλαμβάνει το στοιχείο (αστοχία λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος), $T_{Rd,max}$	15
4.3 Στρεπτική ροπή ρηγματώσεως (χωρίς οπλισμό στρέψης), $T_{Rd,c}$	15
4.4 Υπολογισμός διαμήκους οπλισμού στρέψης, ΣA_{sl}	15
4.5 Στρεπτική ροπή σχεδιασμού που αναλαμβάνουν οι συνδετήρες στρέψης, $T_{Rd,s}$	15
5. Διάτρηση	16
5.1 Μοντέλο υπολογισμού (γενικά).....	16
5.2 Βασική περίμετρος ελέγχου, u_1	16
5.3 Στατικό ύψος.....	17
5.4 Βασική περίμετρος ελέγχου σε υποστυλώματα με διαπλάτυνση κεφαλής (κιονόκρανο), r_{cont}	17
5.5 Δρώσα διατμητική τάση (διάτρησης), v_{Ed}	18
5.6 Τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας ή της βάσης του υποστυλώματος χωρίς οπλισμό διάτρησης, $v_{Rd,c}$	20
5.7 Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας (έλεγχος στην παρειά του υποστυλώματος), $v_{Rd,max}$	20
5.8 Τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας με οπλισμό διάτρησης, $v_{Rd,cs}$	20
6. Λυγισμός	21
6.1 Γεωμετρικές ατέλειες.....	21
6.2 Λυγηρότητα, λ	22
6.3 Μήκος λυγισμού, l_0	22

6.4	Μέθοδος ανάλυσης βάσει ονομαστικών καμπυλοτήτων	23
7.	Αγκυρώσεις	24
7.1	Βασικό μήκος αγκύρωσης, l_b	24
7.2	Οριακή τάση συνάφειας, f_{bd}	24
7.3	Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,req}$	24
7.4	Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, l_{bd}	25
7.5	Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,eq}$	26
7.6	Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης	26
7.7	Διάμετρος τυμπάνου για καμπυλόμενες ράβδους, $D_{τυμπ}$	26
8.	Υπερκαλύψεις	27
8.1	Διάταξη υπερκαλύψεων	27
8.2	Μήκος υπερκάλυψης σχεδιασμού, l_o	27
9.	Έλεγχος ρηγμάτωσης	28
9.1	Υπολογισμός εύρους ρωγμής, w_k	28
9.2	Περιορισμός εύρους ρωγμών	28
9.	Έλεγχος ρηγμάτωσης (συνέχεια)	29
9.3	Έλεγχος ρηγμάτωσης χωρίς υπολογισμούς	29
9.4	Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός	29
10.	Έλεγχος παραμορφώσεων	30
10.1	Όρια βελών, δ , δοκών και πλακών	30
10.2	Απαλλαγή από έλεγχο βελών	30
10.3	Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων	31
11.	Ανθεκτικότητα-Επικαλύψεις	34
11.1	Περιβαλλοντικές συνθήκες	34
11.2	Απαιτήσεις ανθεκτικότητας σκυροδέματος	35
11.3	Επικαλύψεις	35
12.	Πλάκες	37
12.1	Πίνακες Pieper-Martens	37
12.2	Πίνακες Markus	38
12.3	Πίνακες Czerny	39
12.4	Δοκιδοτές πλάκες	44
12.5	Συγκεντρωμένα φορτία σε πλάκες (διατάξεις ΕΚΩΣ, §9.1.6)	44
13.	Βραχείς πρόβολοι ($a_c < z_0$)	45
14.	Υψίκορμες δοκοί ($l < 3h$)	46
15.	Ικανοτικός Σχεδιασμός	47
15.1	Ικανοτικός έλεγχος τέμνουσας σε δοκούς (ΚΠΥ-ΚΠΜ)	47

15.2	Ικανοτικός έλεγχος τέμνουσας σε υποστυλώματα (ΚΠΥ-ΚΠΜ)	47
15.3	Ικανοτικός έλεγχος κάμψης υποστυλωμάτων (ικανοτικός έλεγχος κόμβου).....	47
16.	Περίσφιγξη σκυροδέματος.....	48
16.1	Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό συνδετήρων περίσφιγξης στις κρίσιμες περιοχές, ω_{wd}	48
17.	Κατασκευαστικές διατάξεις μελών Ο/Σ κατά EC2 (χωρίς αντισεισμικές απαιτήσεις)	49
17.1	Δοκοί.....	49
17.2	Υποστυλώματα	49
17.3	Πλάκες	50
18.	Κατασκευαστικές διατάξεις για μέλη Ο/Σ κατά EC8 (με απαιτήσεις αντισεισμικότητας)	51
18.1	Δοκοί.....	51
18.2	Υποστυλώματα	52
18.3	Πλάστιμα τοιχία.....	53

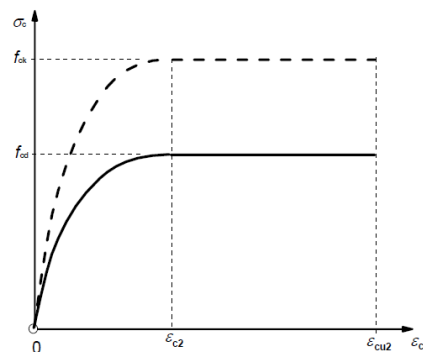
1. Ιδιότητες Υλικών**1.1 Σκυρόδεμα****1.1.1 Απερίσφικτο σκυρόδεμα****i. Παραβολικό – ορθογωνικό διάγραμμα**

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{για } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{για } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

όπου:

n είναι ο εκθέτης σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2

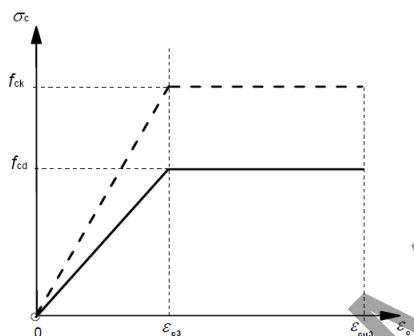
 ε_{c2} είναι η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη μέγιστη αντοχή σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2 ε_{cu2} είναι η παραμόρφωση αστοχίας σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2

Σχήμα 1.1 Παραβολικό–ορθογωνικό διάγραμμα, σ-ε, για σκυρόδεμα υπό θλίψη (EC2, Σχ.3.3)

ii. Απλοποιημένη διγραμμική σχέση

$$\sigma_c = E_{cm} \varepsilon_c \quad \text{για } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{για } \varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu3}$$



Σχήμα 1.2 Δι-γραμμικό διάγραμμα, σ-ε, για σκυρόδεμα υπό θλίψη (EC2, Σχ.3.4)

iii. Ορθογωνικό διάγραμμα

$$\lambda = 0,8$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400$$

και

$$\eta = 1,0$$

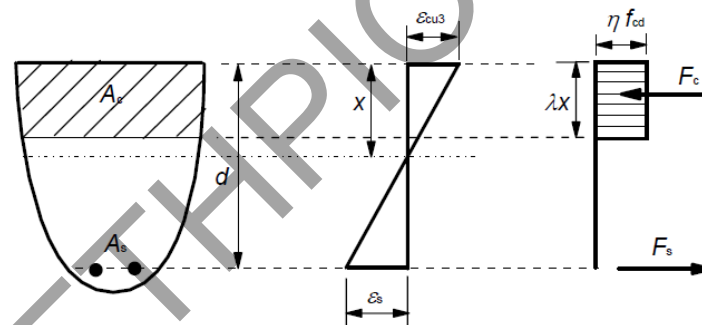
$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200$$

$$\text{για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\text{για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

$$\text{για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\text{για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$



Σχήμα 1.3 Ορθογωνική κατανομή τάσεων (EC2, Σχ.3.5)

-Η τιμή της θλιπτικής αντοχής σχεδιασμού, f_{cd} , ορίζεται ως:

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

όπου:

 $\gamma_c = 1,5$ είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα $\alpha_{cc} = 0,85$ είναι συντελεστής που συνεκτιμά μακροχρόνιες επιδράσεις στην θλιπτική αντοχή και δυσμενείς επιρροές που προκύπτουν από τον τρόπο με τον οποίο επιβάλλεται το φορτίο.-Η τιμή της εφελκυστικής αντοχής σχεδιασμού f_{ctd} , ορίζεται ως:

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

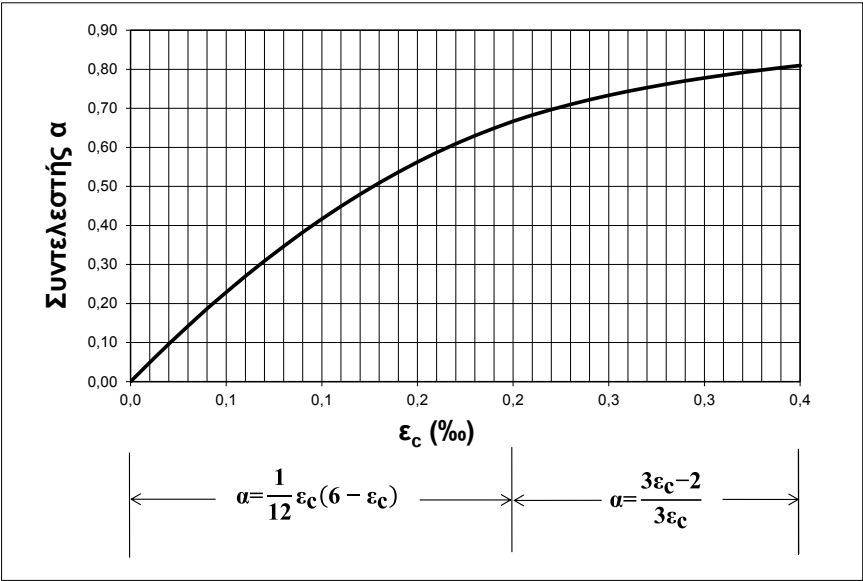
όπου:

 $\gamma_c = 1,50$ είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα $\alpha_{ct} = 1,00$ είναι συντελεστής που συνεκτιμά μακροχρόνιες επιδράσεις στην αντοχή σε εφελκυσμό και δυσμενείς επιρροές που προκύπτουν από τον τρόπο με τον οποίο επιβάλλεται το φορτίο.

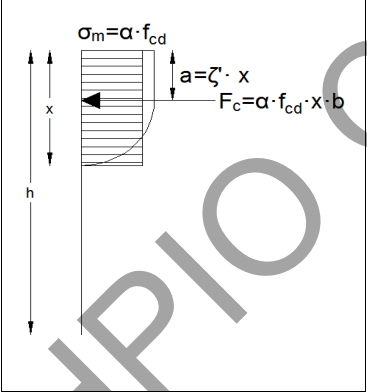
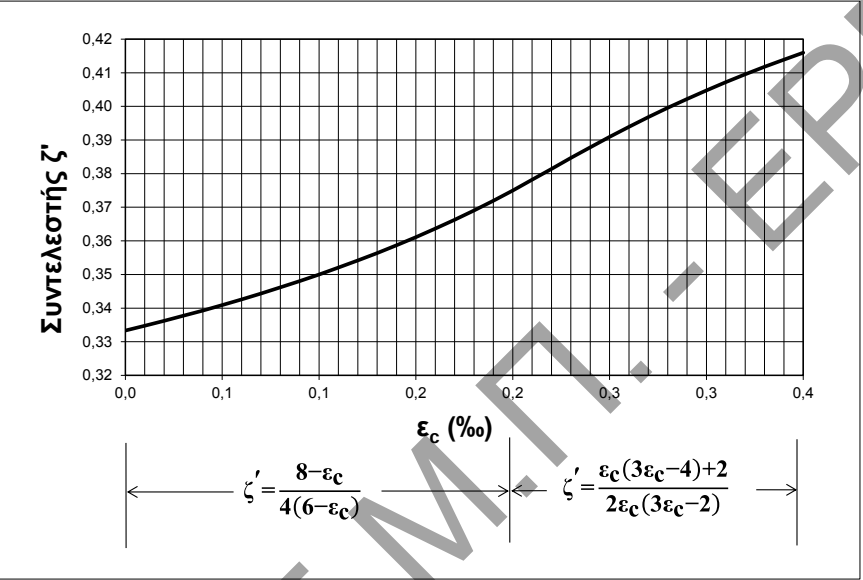
1. Ιδιότητες Υλικών

1.1.2 Συντελεστές πλήρωσης, α, και κέντρου βάρους, ζ´

Συντελεστής πλήρωσης, α



Συντελεστής κέντρου βάρους, ζ´



Πίνακας 1.1 Συντελεστές πλήρωσης, α, και κέντρου βάρους, ζ´

εc	α	ζ´
0,0	0,000	0,333
0,1	0,049	0,335
0,2	0,097	0,336
0,3	0,143	0,338
0,4	0,187	0,339
0,5	0,229	0,341
0,6	0,270	0,343
0,7	0,309	0,344
0,8	0,347	0,346
0,9	0,383	0,348
1,0	0,417	0,350
1,1	0,449	0,352
1,2	0,480	0,354
1,3	0,509	0,356
1,4	0,537	0,359
1,5	0,563	0,361
1,6	0,587	0,364
1,7	0,609	0,366
1,8	0,630	0,369
1,9	0,649	0,372
2,0	0,667	0,375
2,1	0,683	0,378
2,2	0,697	0,381
2,3	0,710	0,385
2,4	0,722	0,388
2,5	0,733	0,391
2,6	0,744	0,394
2,7	0,753	0,397
2,8	0,762	0,400
2,9	0,770	0,402
3,0	0,778	0,405
3,1	0,785	0,407
3,2	0,792	0,410
3,3	0,798	0,412
3,4	0,804	0,414
3,5	0,810	0,416

1. Ιδιότητες υλικών

Πίνακας 1.2 Χαρακτηριστικά αντοχής και παραμόρφωσης σκυροδέματος (Πίνακας 3.1, EC2)															
Αντοχή															Αναλυτική σχέση/ Εξήγηση
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7 f_{ctm}$
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3 f_{ctm}$
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm}/10)^{0.3} (f_{cm} \text{ σε MPa})]$
ε_{c2} (‰)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	βλ. Σχήμα 1.1 Για $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}(\text{‰}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0.53}$
ε_{cu2} (‰)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	βλ. Σχήμα 1.1 Για $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100] / 4$
n	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	για $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100] / 4$
ε_{c3} (‰)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	βλ. Σχήμα 1.2 για $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3}(\text{‰}) = 1,75 + 0,55 [(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	βλ. Σχήμα 1.2 για $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100] / 4$

1.1.3 Περισφιγμένο σκυρόδεμα

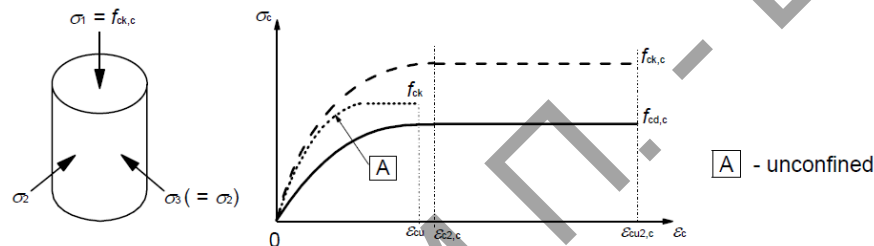
$f_{ck,c} = f_{ck} (1,000 + 5,00 \sigma_2 / f_{ck})$ για $\sigma_2 \leq 0,05 f_{ck}$

$f_{ck,c} = f_{ck} (1,125 + 2,5 \sigma_2 / f_{ck})$ για $\sigma_2 > 0,05 f_{ck}$

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

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

όπου $\sigma_2 = \sigma_3$ είναι η δρώσα ακτινική θλιπτική τάση στην οριακή κατάσταση αστοχίας εξαιτίας της περισφιγξης.

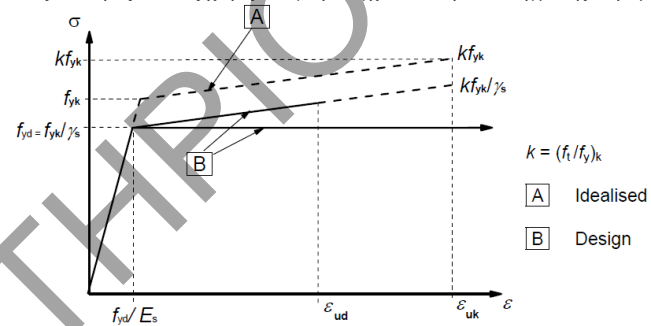


Σχήμα 1.4 Σχέση τάσεων-παραμορφώσεων για το περισφιγμένο σκυρόδεμα (EC2, Σχ.3.6)

1.2 Χάλυβας

Για συνθήκη σχεδιασμού μπορεί να γίνει μία από τις παρακάτω παραδοχές :

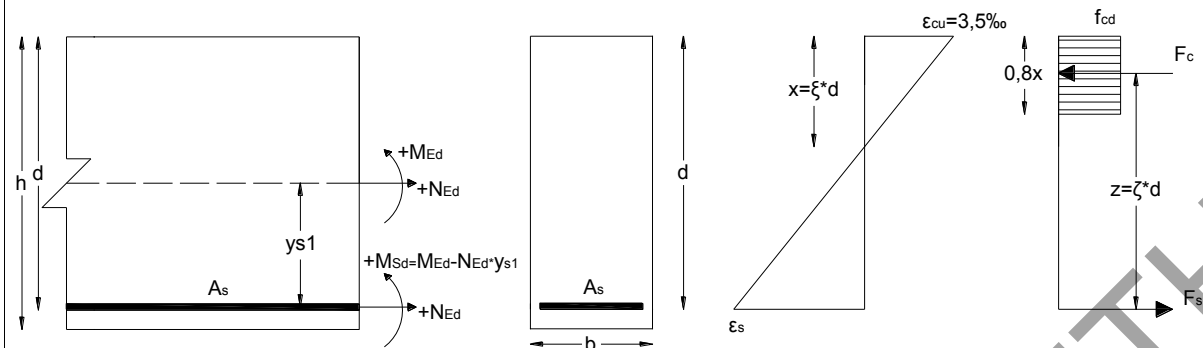
- Χάλυβας με κράτυνση (κεκλιμένος δεύτερος κλάδος) με όριο ανηγμένης παραμόρφωσης $\varepsilon_{ud}=0,9\varepsilon_{uk}$ και μέγιστη τάση kf_{yk}/γ_s στην ε_{uk} , όπου $k = f_{tk}/f_{yk}$ δίνεται στον Πίνακα 1.3.
- Οριζόντιος δεύτερος κλάδος χωρίς ανάγκη ελέγχου του ορίου ανηγμένης παραμόρφωσης.



Σχήμα 1.5 Εξιδανικευμένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων και διάγραμμα σχεδιασμού χάλυβα σπλισμού (για εφελκυσμό και θλίψη) (EC2, Σχ.3.8)

Πίνακας 1.3 Ιδιότητες χάλυβα (Πίνακας C.1, EC2)							
Μορφή προϊόντος	Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κουλούρες			Πλέγματα			Απαίτηση ή πιθανότητα μη συμμόρφωσης (%)
Κατηγορία	A	B	C	A	B	C	-
Χαρακτηριστικό όριο διαρροής f_{yk} ή $f_{0,2k}$ (MPa)	400 έως 600						5,0
Ελάχιστη τιμή του $k = f_{tk}/f_{yk}$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0
Χαρακτηριστική ανηγμένη παραμόρφωση υπό το μέγιστο φορτίο ή στην εφελκυστική αντοχή, ε_{uk} (‰)	≥ 25	≥ 50	≥ 75	≥ 25	≥ 50	≥ 75	10,0
Καμψιμότητα	Δοκιμή Κάμψης/Ανάκαμψης			-			
Διατμητική αντοχή	-			$0,3A_f f_{yk}$ (A είναι η επιφάνεια της ράβδου)			Ελάχιστη
Μέγιστη απόκλιση από την ονομαστική μάζα (μεμονωμένη ράβδος) (%)	Ονομαστική διάμετρος ράβδου (mm) ≤ 8 > 8			$\pm 6,0$ $\pm 4,5$			5,0

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγέθη Ορθής Έντασης

2.1 Απλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος
(για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b * d^2 * f_{cd}} \quad \xi = \frac{x}{d} \quad \zeta = \frac{z}{d}$$

Από τον Πίνακα 2.1 ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται ως:

$$A_s = \omega * b * d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

με $N_{Ed} < 0$ για θλίψη

Όρια ουδέτερου άξονα

(α) Πλαστική ανάλυση: $\xi = x/d \leq 0,45 \rightarrow \mu_{lim} = 0,295$

(β) Διαρροή εφελκόμενου οπλισμού: $\xi = x/d \leq 0,617 \rightarrow \mu_{lim} = 0,372$

Πίνακας 2.1 Λιστασιολόγηση κατά EN1992, απλός οπλισμός

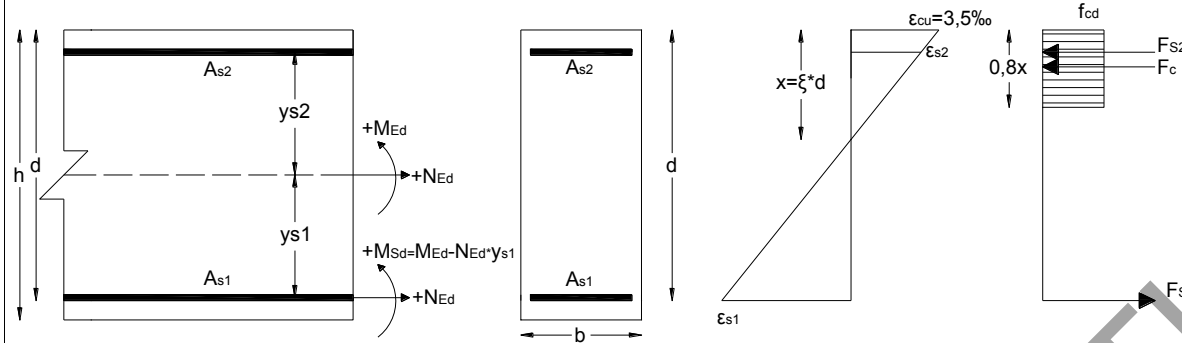
B500C

μ	ξ	ζ	ω	ε _{s1}
0,01	0,995	0,013	0,010	275,09
0,02	0,990	0,025	0,020	135,09
0,03	0,985	0,038	0,030	88,41
0,04	0,980	0,051	0,041	65,07
0,05	0,974	0,064	0,051	51,06
0,06	0,969	0,077	0,062	41,72
0,07	0,964	0,091	0,073	35,05
0,08	0,958	0,104	0,083	30,04
0,09	0,953	0,118	0,094	26,14
0,10	0,947	0,132	0,106	23,02
0,11	0,942	0,146	0,117	20,47
0,12	0,936	0,160	0,128	18,34
0,13	0,930	0,175	0,140	16,53
0,14	0,924	0,189	0,151	14,99
0,15	0,918	0,204	0,163	13,64
0,16	0,912	0,219	0,175	12,47
0,17	0,906	0,234	0,188	11,43
0,18	0,900	0,250	0,200	10,50
0,19	0,894	0,266	0,213	9,67
0,20	0,887	0,282	0,225	8,92
0,21	0,881	0,298	0,238	8,24
0,22	0,874	0,3146	0,252	7,63
0,23	0,867	0,331	0,265	7,06
0,24	0,861	0,349	0,279	6,54
0,25	0,854	0,366	0,293	6,06
0,26	0,846	0,384	0,307	5,62
0,27	0,839	0,402	0,322	5,20
0,28	0,832	0,421	0,337	4,82
0,29	0,824	0,440	0,352	4,46
0,295	0,820	0,450	0,360	4,28
0,30	0,816	0,459	0,368	4,12
0,31	0,808	0,479	0,384	3,80
0,32	0,800	0,500	0,400	3,50
0,33	0,792	0,521	0,417	3,22
0,34	0,783	0,543	0,434	2,95
0,35	0,774	0,565	0,452	2,69
0,36	0,765	0,589	0,471	2,45
0,37	0,755	0,613	0,490	2,21
0,372	0,753	0,617	0,494	2,17
0,38	0,745	0,638	0,510	1,99
0,39	0,735	0,664	0,531	1,77
0,40	0,724	0,691	0,553	1,57
0,41	0,712	0,720	0,576	1,36
0,42	0,700	0,750	0,600	1,17
0,43	0,687	0,782	0,626	0,97
0,44	0,673	0,817	0,654	0,78
0,45	0,658	0,855	0,684	0,59
0,46	0,641	0,896	0,717	0,40
0,47	0,622	0,944	0,755	0,21
0,48	0,600	1,000	0,800	0,00

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

2.2 Διπλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος, $x/d \leq 0,45$ (δυνατότητα ανακατανομής για πλαστική ανάλυση)

(για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)



$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b * d^2 * f_{cd}}$$

Από τον Πίνακα 2.2 ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται ως:

$$A_{s1} = \omega_1 * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

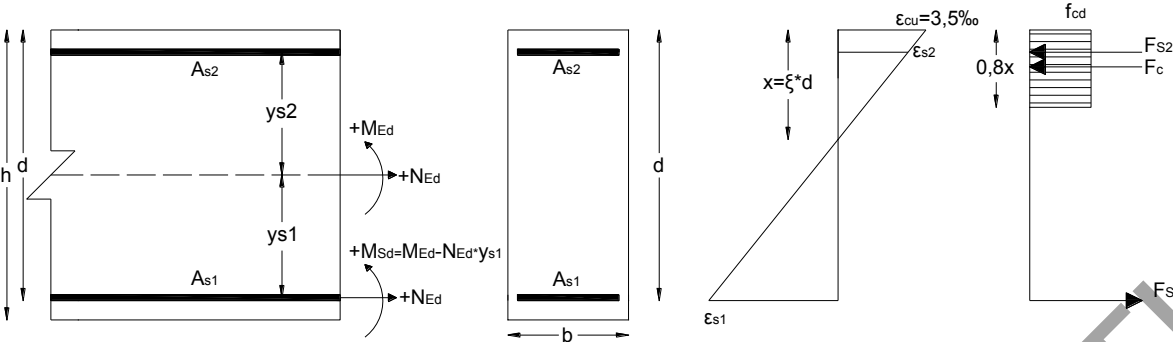
με $N_{Ed} < 0$ για θλίψη

Πίνακας 2.2. Διαστασιολόγηση κατά EN1992, διπλός οπλισμός								B500C	
Πλαστική Ανάλυση								$\xi_{lim}=0,45$	
μ_{sd}	$d_2/d=0,05$		$d_2/d=0,10$		$d_2/d=0,15$		$d_2/d=0,20$		
	$\varepsilon_{s1} (\%)$	$\varepsilon_{s2} (\%)$	$\varepsilon_{s1} (\%)$	$\varepsilon_{s2} (\%)$	$\varepsilon_{s1} (\%)$	$\varepsilon_{s2} (\%)$	$\varepsilon_{s1} (\%)$	$\varepsilon_{s2} (\%)$	
	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	
0,295	0,360	0	0,360	0	0,360	0	0,360	0	
0,30	0,365	0,005	0,365	0,005	0,366	0,006	0,367	0,007	
0,31	0,376	0,016	0,376	0,016	0,377	0,017	0,381	0,021	
0,32	0,386	0,026	0,388	0,028	0,389	0,029	0,395	0,035	
0,33	0,397	0,037	0,399	0,039	0,401	0,041	0,409	0,049	
0,34	0,407	0,047	0,410	0,050	0,413	0,053	0,423	0,063	
0,35	0,418	0,058	0,421	0,061	0,424	0,064	0,437	0,077	
0,36	0,428	0,068	0,432	0,072	0,436	0,076	0,451	0,091	
0,37	0,439	0,079	0,443	0,083	0,448	0,088	0,465	0,105	
0,38	0,449	0,089	0,454	0,094	0,460	0,100	0,479	0,119	
0,39	0,460	0,100	0,465	0,105	0,472	0,112	0,492	0,132	
0,40	0,470	0,110	0,476	0,116	0,483	0,123	0,506	0,146	
0,41	0,481	0,121	0,488	0,128	0,495	0,135	0,520	0,160	
0,42	0,491	0,131	0,499	0,139	0,507	0,147	0,534	0,174	
0,43	0,502	0,142	0,510	0,150	0,519	0,159	0,548	0,188	
0,44	0,512	0,152	0,521	0,161	0,530	0,170	0,562	0,202	
0,45	0,523	0,163	0,532	0,172	0,542	0,182	0,576	0,216	
0,46	0,533	0,173	0,543	0,183	0,554	0,194	0,590	0,230	
0,47	0,544	0,184	0,554	0,194	0,566	0,206	0,604	0,244	
0,48	0,555	0,195	0,565	0,205	0,577	0,217	0,618	0,258	
0,49	0,565	0,205	0,576	0,216	0,589	0,229	0,632	0,272	
0,50	0,576	0,216	0,588	0,228	0,601	0,241	0,646	0,286	
0,51	0,586	0,226	0,599	0,239	0,613	0,253	0,660	0,300	
0,52	0,597	0,237	0,610	0,250	0,624	0,264	0,674	0,314	
0,53	0,607	0,247	0,621	0,261	0,636	0,276	0,688	0,328	
0,54	0,618	0,258	0,632	0,272	0,648	0,288	0,702	0,342	
0,55	0,628	0,268	0,643	0,283	0,660	0,300	0,716	0,356	
0,56	0,639	0,279	0,654	0,294	0,672	0,312	0,730	0,370	
0,57	0,649	0,289	0,665	0,305	0,683	0,323	0,744	0,384	
0,58	0,660	0,300	0,676	0,316	0,695	0,335	0,758	0,398	
0,59	0,670	0,310	0,688	0,328	0,707	0,347	0,772	0,412	
0,60	0,681	0,321	0,699	0,339	0,719	0,359	0,786	0,426	

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγέθη Ορθής Έντασης

2.3 Διπλά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος, $x/d \leq 0,617$ (διαρροή εφελκόμενου οπλισμού)

(για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)



$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b * d^2 * f_{cd}}$$

Από τον Πίνακα 2.3 ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται ως:

$$A_{s1} = \omega_1 * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 * b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

με $N_{Ed} < 0$ για θλίψη

Πίνακας 2.3. Διαστασιολόγηση κατά EN1992, διπλός οπλισμός							B500C	
Διαρροή Εφελκόμενου Οπλισμού							$\xi_{lim}=0,617$	
μ_{sd}	$d_2/d=0,05$		$d_2/d=0,10$		$d_2/d=0,15$		$d_2/d=0,20$	
	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$
	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2
0,372	0,494	0	0,494	0	0,494	0	0,494	0
0,38	0,502	0,009	0,503	0,009	0,503	0,010	0,504	0,010
0,39	0,513	0,019	0,514	0,020	0,515	0,021	0,516	0,023
0,40	0,523	0,030	0,525	0,031	0,527	0,033	0,529	0,035
0,41	0,534	0,040	0,536	0,042	0,539	0,045	0,541	0,048
0,42	0,544	0,051	0,547	0,054	0,550	0,057	0,554	0,060
0,43	0,555	0,061	0,558	0,065	0,562	0,068	0,566	0,073
0,44	0,565	0,072	0,569	0,076	0,574	0,080	0,579	0,085
0,45	0,576	0,082	0,581	0,087	0,586	0,092	0,591	0,098
0,46	0,586	0,093	0,592	0,098	0,597	0,104	0,604	0,110
0,47	0,597	0,103	0,603	0,109	0,609	0,116	0,616	0,123
0,48	0,608	0,114	0,614	0,120	0,621	0,127	0,629	0,135
0,49	0,618	0,124	0,625	0,131	0,633	0,139	0,641	0,148
0,50	0,629	0,135	0,636	0,142	0,644	0,151	0,654	0,160
0,51	0,639	0,145	0,647	0,154	0,656	0,163	0,666	0,173
0,52	0,650	0,156	0,658	0,165	0,668	0,174	0,679	0,185
0,53	0,660	0,167	0,669	0,176	0,680	0,186	0,691	0,198
0,54	0,671	0,177	0,681	0,187	0,692	0,198	0,704	0,210
0,55	0,681	0,188	0,692	0,198	0,703	0,210	0,716	0,223
0,56	0,692	0,198	0,703	0,209	0,715	0,221	0,729	0,235
0,57	0,702	0,209	0,714	0,220	0,727	0,233	0,741	0,248
0,58	0,713	0,219	0,725	0,231	0,739	0,245	0,754	0,260
0,59	0,723	0,230	0,736	0,242	0,750	0,257	0,766	0,273
0,60	0,734	0,240	0,747	0,254	0,762	0,268	0,779	0,285

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μέγεθη Ορθής Έντασης

2.4 Πλακοδοκοί υπό κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη με απλοποιημένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος

(για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

Ανηγγεμένη ροπή:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}}$$

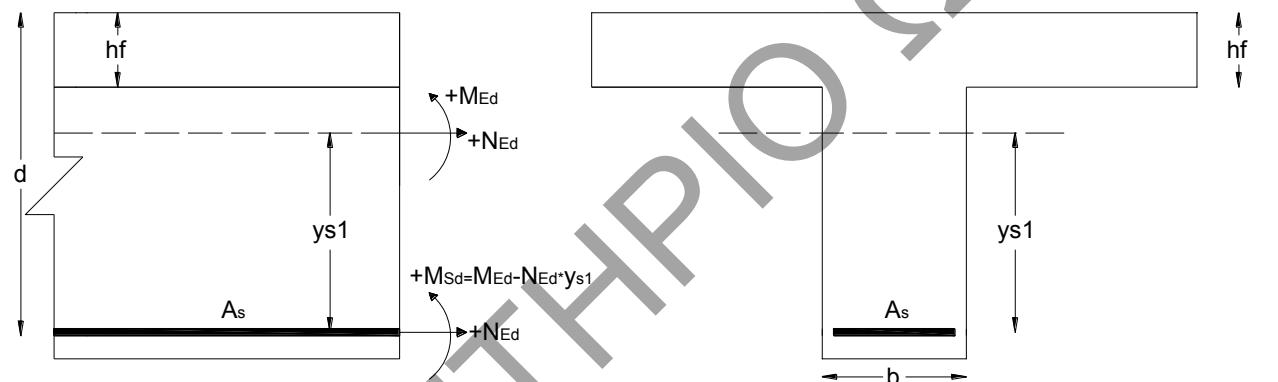
Απαιτούμενος οπλισμός:

$$A_{s1} = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

Διπλός οπλισμός (όταν $\mu_{sd} > \mu_{lim}$): $\Delta\mu = \mu_{sd} - \mu_{lim}$

$$A_{s1} = \left[\omega_{lim} + \frac{\Delta\mu}{1 - d_2/d} \right] * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \frac{\Delta\mu}{1 - d_2/d} * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$



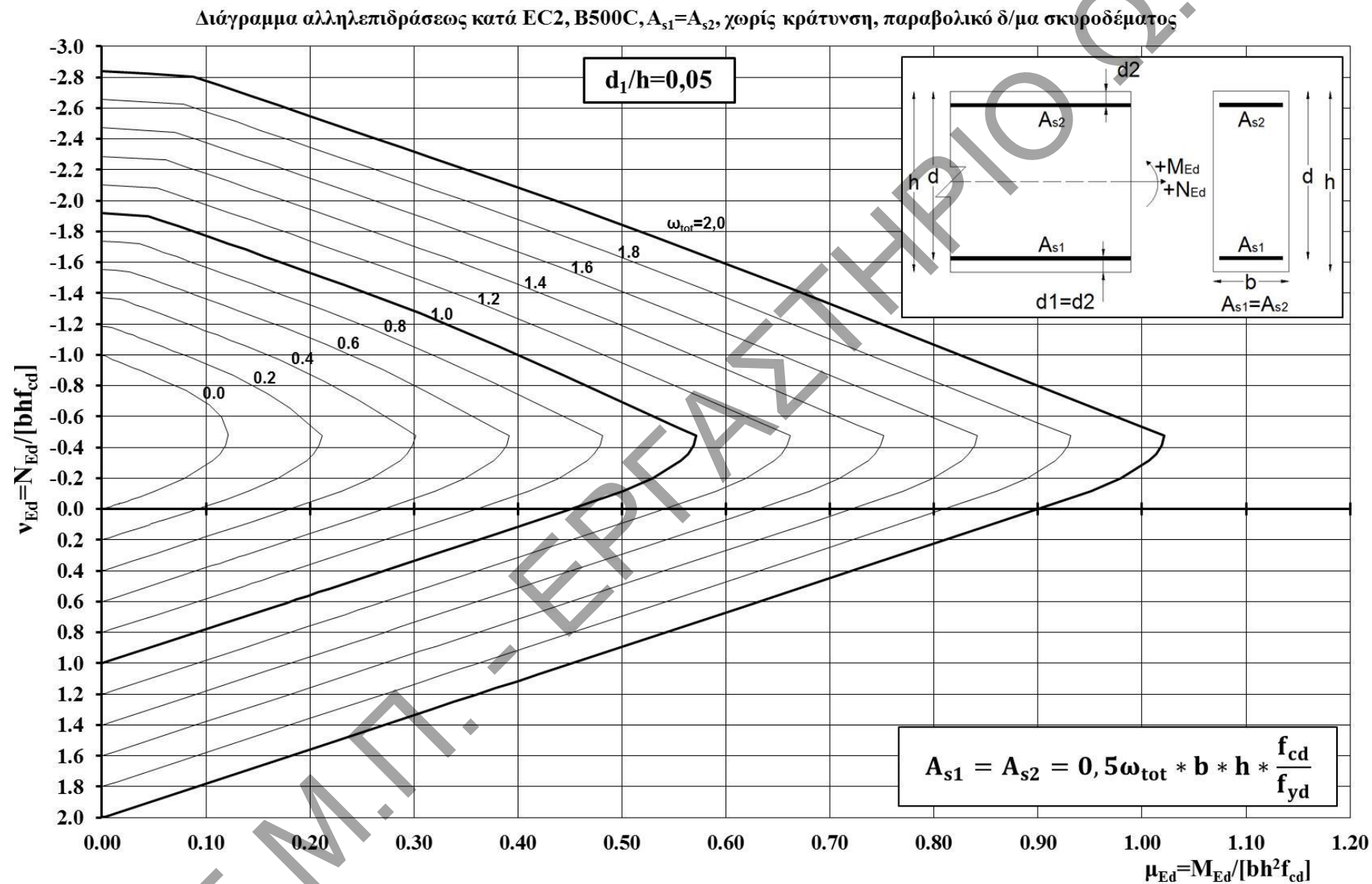
Πίνακας 2.4 Γενικός πίνακας για τον σχεδιασμό πλακοδοκών υπό κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη (ορθογώνιο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων).

B500C

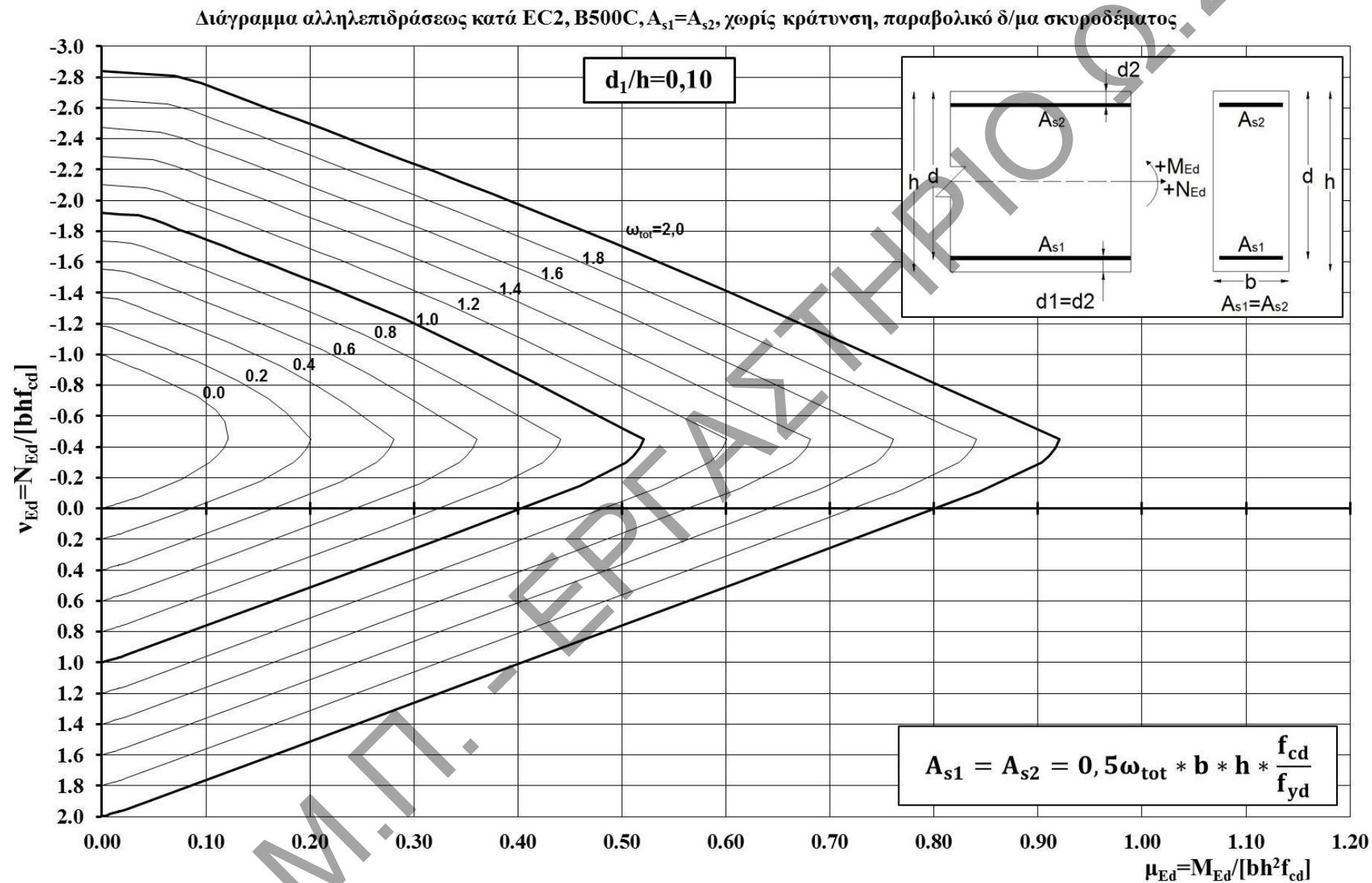
μ_{sd}	$h_f/d=0,05$					$h_f/d=0,10$					$h_f/d=0,15$					$h_f/d=0,20$					$h_f/d=0,30$					$h_f/d=0,040$				
	$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$					$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$					$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$					$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$					$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$					$\omega \text{ για } b_{eff}/b=$				
	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1
0,02	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
0,04	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
0,06	0,063	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,08	0,092	0,086	0,085	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
0,10		0,115	0,110	0,107	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106
0,12			0,137	0,132	0,128	0,134	0,130	0,129	0,129	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128
0,14			0,168	0,158	0,151		0,160	0,155	0,153	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151
0,16				0,187	0,175			0,184	0,179	0,175	0,180	0,177	0,176	0,176	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175
0,18				0,218	0,200			0,217	0,207	0,200		0,209	0,204	0,202	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
0,20				0,252	0,225				0,238	0,225			0,235	0,229	0,225		0,227	0,226	0,226	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
0,22					0,252				0,272	0,252				0,260	0,252			0,256	0,254	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
0,24					0,279					0,279				0,293	0,279				0,290	0,284	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279
0,26					0,307					0,307					0,307					0,317	0,307	0,308	0,307	0,307	0,307	0,307	0,307	0,307	0,307	0,307
0,28					0,337					0,337					0,337							0,342	0,339	0,338	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337
0,30					0,368					0,368					0,368								0,377	0,372	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368
0,32					0,400					0,400					0,400										0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
0,34					0,434					0,434					0,434										0,434			0,435	0,434	0,434
0,36					0,471					0,471					0,471										0,471				0,471	0,471
0,372					0,494					0,494					0,494										0,494				0,494	0,494
μ_{lim}	0,081	0,113	0,157	0,210	0,372	0,123	0,150	0,187	0,234	0,372	0,162	0,185	0,217	0,255	0,372	0,199	0,218	0,244	0,276	0,372	0,267	0,278	0,294	0,314	0,372	0,325	0,330	0,337	0,346	0,372
ω_{lim}	0,094	0,139	0,198	0,272	0,494	0,139	0,179	0,231	0,297	0,494	0,184	0,219	0,265	0,322	0,494	0,229	0,259	0,298	0,347	0,494	0,319	0,339	0,365	0,397	0,494	0,409	0,419	0,431	0,447	0,494

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

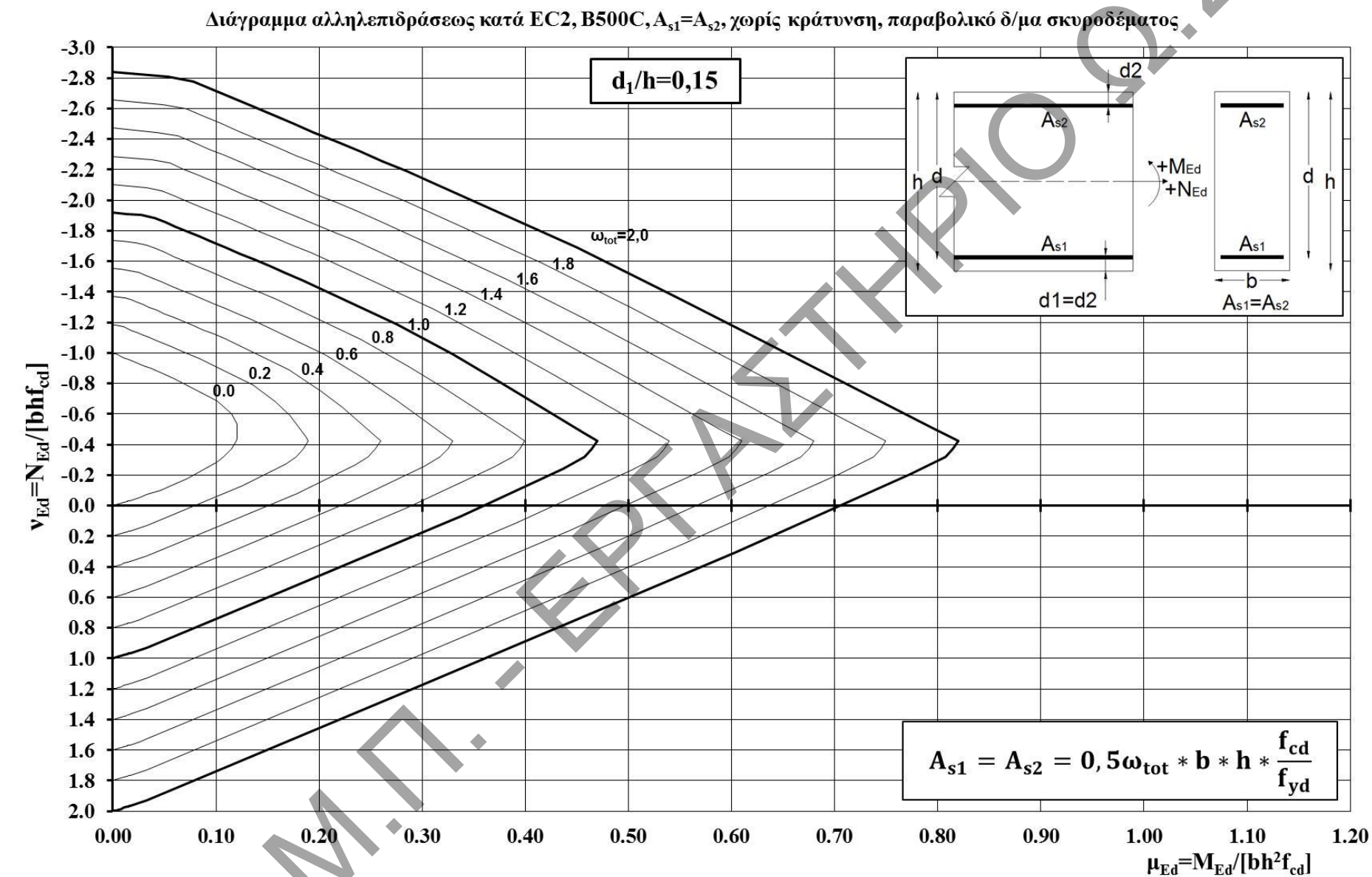
2.5 Υποστυλώματα-Διαγράμματα αλληλεπίδρασης με παραβολικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος

(για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)Σχήμα 2.1 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης κατά EC2, $A_{s1}=A_{s2}=0,5A_{s,tot}$, $d_1/h=0,05$ (για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθής Έντασης

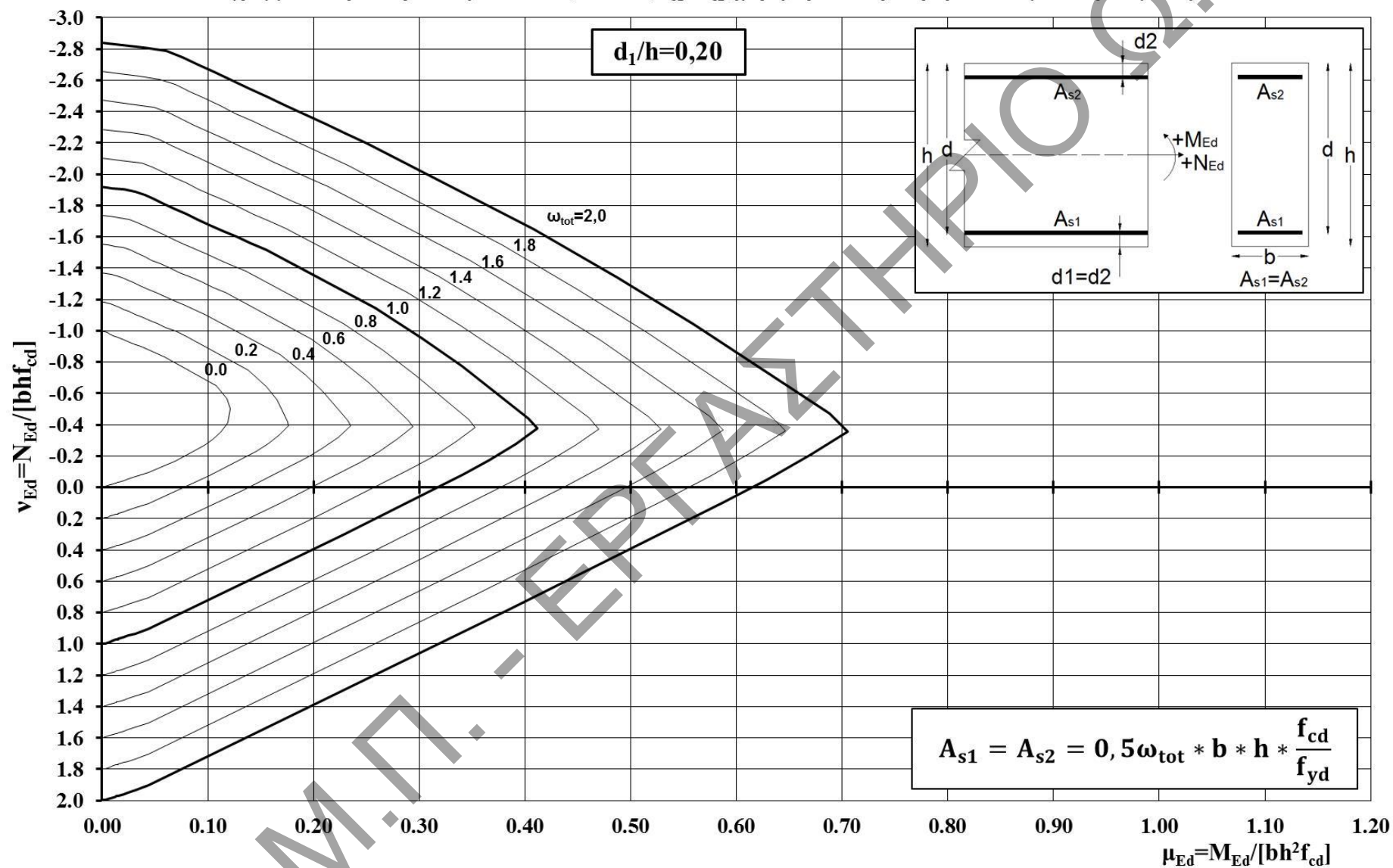
Σχήμα 2.2 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης κατά EC2, $A_{s1}=A_{s2}=0,5A_{s,tot}$, $d_1/h=0,10$ (για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

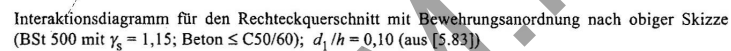
Σχήμα 2.3 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης κατά EC2, $A_{s1}=A_{s2}=0,5A_{s,tot}$, $d_1/h=0,15$ (για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

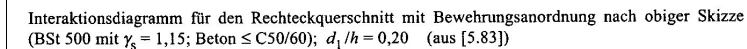
Διάγραμμα αλληλεπίδρασης κατά EC2, B500C, $A_{s1}=A_{s2}$, χωρίς κράτυνση, παραβολικό δ/μα σκυροδέματος



Σχήμα 2.4 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης κατά EC2, $A_{s1}=A_{s2}=0,5A_{s,tot}$, $d_1/h=0,20$ (για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)



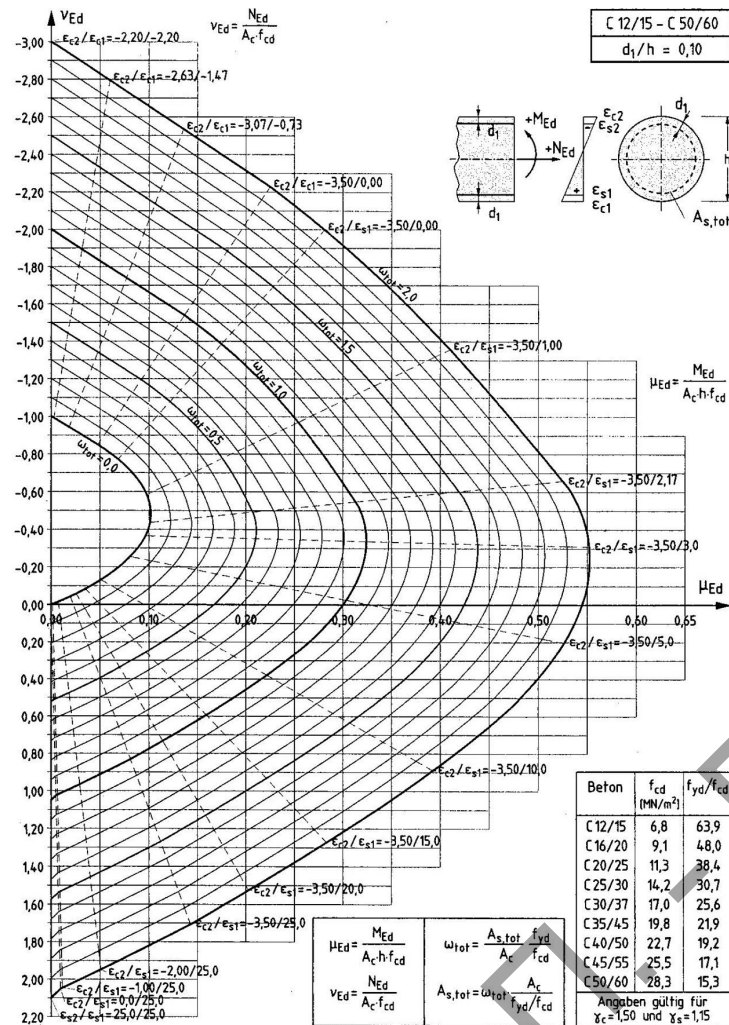
Σχήμα 2.5 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, ορθογωνική διατομή, $A_{s1}=A_{s2}=A_{s3}=A_{s4}=0,25A_{s,tot}$, $d_1/h=0,10$



Σχήμα 2.6 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, ορθογωνική διατομή, $A_{s1}=A_{s2}=A_{s3}=A_{s4}=0,25A_{s,tot}$, $d_1/h=0,20$

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγέθη Ορθής Έντασης (Schneider "Bautabellen für Ingenieure")

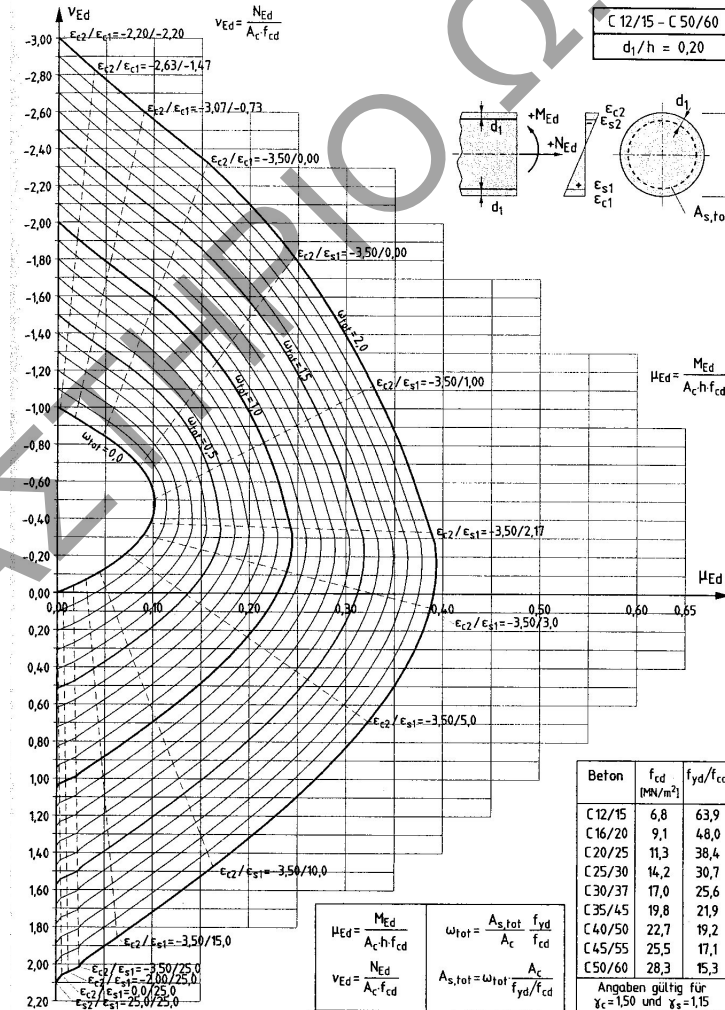
Tafel 7a



Interaktionsdiagramm für den Kreisquerschnitt mit Bewehrungsanordnung nach obiger Skizze (BS 500 mit $\gamma_s = 1,15$; Beton $\leq$ C50/60); $d_1/h = 0,10$ (aus [5.83])

Σχήμα 2.7 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, κυκλική διατομή, $d_1/h=0,10$

Tafel 7b



Interaktionsdiagramm für den Kreisquerschnitt mit Bewehrungsanordnung nach obiger Skizze (BS 500 mit $\gamma_s = 1,15$; Beton $\leq$ C50/60); $d_1/h = 0,20$ (aus [5.83])

Σχήμα 2.8 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, κυκλική διατομή, $d_1/h=0,20$

3. Υπολογισμός Διατομών έναντι Τέμνουσας

3.1 Τέμνουσα για την οποία δεν απαιτείται (ή απαιτείται ο ελάχιστος) οπλισμός διάτμησης, $V_{Rd,c}$ (έλεγχος σε απόσταση d από την παρειά μιας άμεσης στήριξης)

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

f_{ck} σε MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (d \text{ σε mm})$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$$

A_{sl} είναι το εμβαδόν του εφελκόμενου οπλισμού που εκτείνεται σε απόσταση μεγαλύτερη από $(l_{bd} + d)$ πέρα από τη θεωρούμενη διατομή (ο οπλισμός ο οποίος διαπερνά την ρωγμή η οποία ξεκινά από την εξεταζόμενη θέση (A) και είναι καλά αγκυρωμένος πέραν της ρωγμής) (βλ Σχήμα 3.1)

b_w είναι το ελάχιστο πλάτος της διατομής μεταξύ εφελκόμενου και θλιβόμενου πέλματος (σε mm)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ όπου N_{Ed} είναι η αξονική της διατομής (σε N) ($N_{Ed} > 0$ για θλίψη) (αν είναι εφελκυστική αγνοείται)

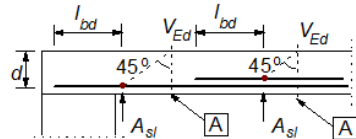
A_c είναι το εμβαδόν της διατομής του σκυροδέματος (mm²)

$V_{Rd,c}$ σε N

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$v_{min} = 0,0035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$$k_1 = 0,15$$



Σχήμα 3.1 Ορισμός του A_{sl} (EC2, Σχ.6.3)

3.2 Τέμνουσα που αναλαμβάνει ο οπλισμός διάτμησης, $V_{Rd,s}$ (έλεγχος σε απόσταση d από την παρειά μιας άμεσης στήριξης)

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

$$z = 0,9d$$

A_{sw} είναι το συνολικό εμβαδόν των σκελών των συνδετήρων

s_w είναι η απόσταση των συνδετήρων

f_{ywd} είναι η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οπλισμού διάτμησης

α είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτμησης με τον κάθετο προς τη διεύθυνση της τέμνουσας άξονα της δοκού

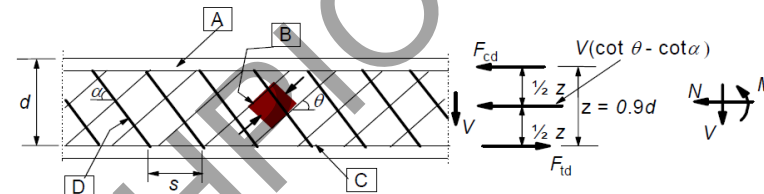
θ είναι η γωνία που σχηματίζουν οι λοξοί θλιπτήρες σκυροδέματος με τον κάθετο προς τη διεύθυνση της τέμνουσας άξονα της δοκού

3.3 Μέγιστη τέμνουσα που αναλαμβάνει το στοιχείο (αστοχία λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος), $V_{Rd,max}$ (έλεγχος στην παρειά μιας άμεσης στήριξης)

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

$$a_{cw} = 1$$

$$v_1 = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad \text{ή} \quad v_1 = 0,9 - \frac{f_{ck}}{200} \quad \text{με} \quad 0,5 < v_1 < 0,6 \quad \text{για μειωμένη τάση των συνδετήρων} \quad \sigma_{sw} < 0,8 f_{yk}$$



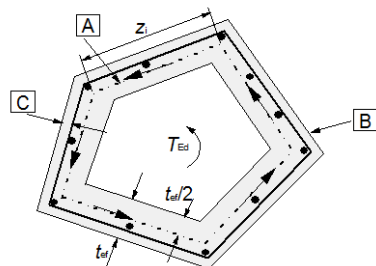
A θλιβόμενο πέλμα, **B** θλιπτήρες, **C** εφελκόμενη χορδή, **D** οπλισμός διάτμησης

Κλίση συνδετήρων: $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ Κλίση διαγώνιων θλιπτήρων: $1 < \cot \theta < 2,5 \rightarrow 45^\circ > \theta > 21,8^\circ$

Σχήμα 3.2 Μοντέλο δικτυώματος (EC2, Σχ.6.5)

4. Υπολογισμός Διατομών έναντι Στρέψης

4.1 Ισοδύναμη λεπτότοιχη διατομή



Α - μέση γραμμή Β - εξωτερικό άκρο της ισοδύναμης διατομής, με περίμετρο u
 Γ - επικάλυψη: απόσταση του κέντρου της διαμήκουσ ράβδου μέχρι το εξωτερικό όριο, $d_1 = c + \Phi_{\text{συνδ}} + 0,5\Phi_L$

Σχήμα 4.1 Ισοδύναμη λεπτότοιχη διατομή (EC2, Σχ.6.11)

A_k είναι το εμβαδόν που περικλείεται από τη μέση γραμμή των επιμέρους τοιχωμάτων, συμπεριλαμβανομένων και των (όποιων) εσωτερικών κενών

$\tau_{t,i}$ είναι η διατμητική τάση λόγω στρέψης στο τοίχωμα i

u είναι η εξωτερική περίμετρος της διατομής

t_{ef} είναι το πάχος της ισοδύναμης λεπτότοιχης διατομής. Μπορεί να λαμβάνεται ίσο προς A/u , αλλά δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το διπλάσιο της απόστασης μεταξύ του άκρου της διατομής και του κέντρου του διαμήκουσ οπλισμού. Στις κοίλες διατομές το άνω όριο είναι το πραγματικό πάχος τους, δηλ. $t_{ef,i} = \max\{A/u, 2d_1\} \leq t_{\text{πραγματικό}}$

A είναι το συνολικό εμβαδόν της διατομής που περικλείεται από την εξωτερική περίμετρο, συμπεριλαμβανομένων και των (όποιων) εσωτερικών κενών

z_i είναι το μήκος του επιμέρους τοιχώματος i οριζόμενο από την απόσταση των σημείων τομής-του με τα γειτονικά τοιχώματα

4.2 Μέγιστη στρεπτική ροπή που αναλαμβάνει το στοιχείο (αστοχία λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος),

$$T_{Rd,max}$$

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

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$\nu = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

θ είναι η γωνία των λοξών θλιπτήρων

Έλεγχος επάρκειας διατομής:

$$T_{Rd,max} \geq T_{Ed} \quad (\text{καθαρή στρέψη, δεν υπάρχει σχεδόν ποτέ})$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1 \quad (\text{ταυτόχρονη στρέψη και τέμνουσα})$$

4.3 Στρεπτική ροπή ρηγματώσεως (χωρίς οπλισμό στρέψης), $T_{Rd,c}$

$$T_{Rd,c} = 2A_k f_{ctd} t_{ef}$$

f_{ctd} είναι η εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού, $= f_{ctk,0.05}/1,5$

Όταν:

$$T_{Rd,c} \geq T_{Ed} \quad (\text{καθαρή στρέψη})$$

ή

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} \leq 1 \quad (\text{ταυτόχρονη στρέψη και τέμνουσα})$$

τότε τίθεται ο ελάχιστος οπλισμός $A_{s,min} = 0,26 (f_{ctm}/f_{yk}) b_t d \geq 0,013 b_t d$

4.4 Υπολογισμός διαμήκουσ οπλισμού στρέψης, ΣA_{sl}

Το εμβαδόν του διαμήκουσ οπλισμού στρέψης (κατανέμεται ομοιόμορφα στην περίμετρο) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Sigma A_{sl} = u_k \frac{T_{Ed}}{2A_k f_{yd}}$$

u_k είναι η περίμετρος της περιοχής με εμβαδόν A_k

f_{yd} είναι η τιμή σχεδιασμού της τάσης διαρροής του διαμήκουσ οπλισμού

θ είναι η γωνία των λοξών θλιπτήρων

Σε περίπτωση ταυτόχρονης στρέψης και κάμψης οι επιμέρους οπλισμοί επαλληλίζονται.

4.5 Στρεπτική ροπή σχεδιασμού που αναλαμβάνουν οι συνδετήρες στρέψης, $T_{Rd,s}$

Η στρεπτική ροπή σχεδιασμού που αναλαμβάνουν οι συνδετήρες υπολογίζεται ως:

$$T_{Rd,s} = 2 * A_k * \left(\frac{A_{sw}}{s_w} \right) * f_{ywd} * \cot\theta \quad (\text{καθαρή στρέψη})$$

Για ταυτόχρονη στρέψη και τέμνουσα οι συνολικοί συνδετήρες υπολογίζονται ως:

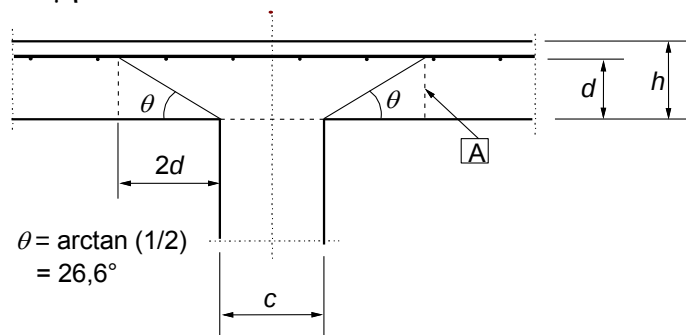
$$\left(\frac{A_{sw}}{s_w} \right)_{\text{tot}} = \frac{1}{2 \cot\theta * f_{ywd}} \left(\frac{T_{Ed}}{A_k} + \frac{V_{Ed}}{0,9d} \right) \quad (\text{ταυτόχρονη στρέψη και διάτμηση})$$

Όπου, και στις δύο περιπτώσεις, A_{sw} είναι το εμβαδόν του ενός σκέλους του συνδετήρα.

5. Διάτρηση

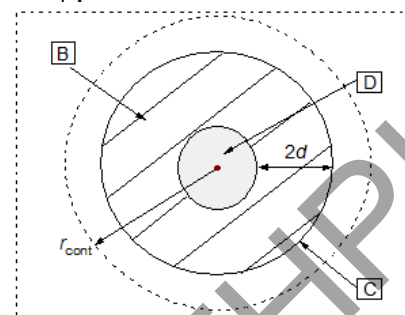
5.1 Μοντέλο υπολογισμού (γενικά)

Διατομή



Α - βασική διατομή ελέγχου

Κάτοψη

Β - βασική επιφάνεια ελέγχου A_{cont} Γ - βασική περίμετρος ελέγχου, u_1 Δ - φορτιζόμενη επιφάνεια A_{load} r_{cont} - δεύτερη περίμετρος ελέγχου

Σχήμα 5.1 Μοντέλο υπολογισμού για τον έλεγχο της Ο.Κ. αστοχίας από διάτρηση (EC2, Σχ. 6.12)

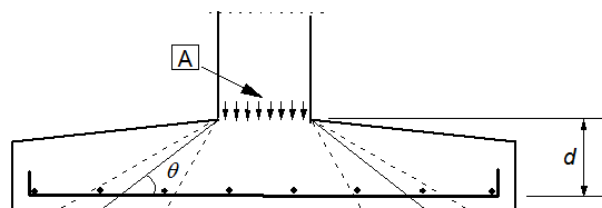
5.2 Βασική περίμετρος ελέγχου, u_1

α) Γενικά	β) Βασική περίμετρος ελέγχου κοντά ($\leq 6d$) σε άνοιγμα	γ) Βασικές περίμετροι ελέγχου για φορτιζόμενες επιφάνειες που βρίσκονται κοντά σε άκρο ($\leq d$) ή γωνία
Σχήμα 5.2α Τυπικές βασικές περίμετροι ελέγχου γύρω από φορτιζόμενες επιφάνειες (EC2, Σχ. 6.13) Γενικώς $u_1 = 2d$. Σημείωση: Οι περίμετροι ελέγχου πρέπει να ορίζονται σε απόσταση μικρότερη από $2d$ όταν μια μεγάλη πίεση (π.χ. η πίεση του εδάφους στη βάση) ή ένα φορτίο ή μία αντίδραση, μέσα σε μια απόσταση $2d$ από την περιφέρεια της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου, δρα αντίθετα προς τη διεύθυνση του συγκεντρωμένου φορτίου.	Σχήμα 5.2β Περίμετρος ελέγχου κοντά σε άνοιγμα (EC2, Σχ. 6.14) Σε φορτιζόμενες επιφάνειες που βρίσκονται κοντά σε ανοίγματα, εάν η εγγύτερη απόσταση μεταξύ της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας και της παρειάς του ανοίγματος δεν υπερβαίνει τα $6d$, το τμήμα της περιμέτρου ελέγχου που περιλαμβάνεται μεταξύ δύο εφαπτομένων που χαράσσονται από το κέντρο της φορτιζόμενης επιφάνειας προς το περίγραμμα του ανοίγματος θεωρείται ανενεργό.	Σχήμα 5.2γ Βασικές περίμετροι ελέγχου για φορτιζόμενες επιφάνειες που βρίσκονται κοντά σε άκρο ή γωνία (EC2, Σχ. 6.15) Σε φορτιζόμενες επιφάνειες που βρίσκονται κοντά σε άκρο ($\leq d$) ή επί του άκρου ή σε γωνία, η περίμετρος ελέγχου θα λαμβάνεται όπως φαίνεται στα σχήματα, όταν αυτά δίνουν περίμετρο (εξαιρουμένων των ελεύθερων άκρων) μικρότερη από εκείνη που προκύπτει με βάση την περίπτωση α.

5. Διάτρηση (συνέχεια)

5.3 Στατικό ύψος

$$d = \frac{d_x + d_y}{2}$$



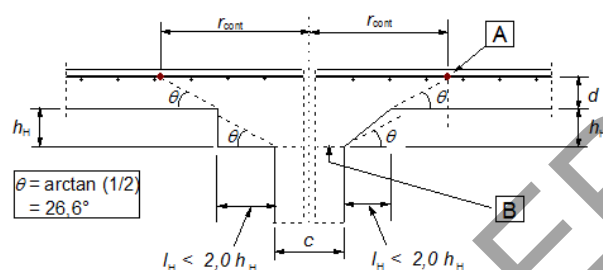
[A] - φορτιζόμενη επιφάνεια $\theta \geq \arctan(1/2)$

Σχήμα 5.3 Ύψος διατομής ελέγχου σε πέδιλο μεταβλητού πάχους

Σε πλάκες ή πέδιλα μεταβλητού πάχους, εκτός από τα πέδιλα βαθμιδωτής μορφής, ως στατικό ύψος μπορεί να ληφθεί το ύψος στην περίμετρο της φορτιζόμενης επιφάνειας.

5.4 Βασική περίμετρος ελέγχου σε υποστυλώματα με διαπλάτυνση κεφαλής (κιονόκρανο), r_{cont}

α) Κυκλικά ή ορθογωνικά υποστυλώματα με μικρή διαπλάτυνση, $l_H < 2h_H$, έλεγχος σε μια διατομή



Σχήμα 5.4α Πλάκα με κιονόκρανο στο οποίο $l_H < 2,0 h_H$ (EC2, Σχ.6.17)

[A] - βασική διατομή ελέγχου [B] - φορτιζόμενη επιφάνεια A_{load}

Κυκλικά: $r_{cont} = 2d + l_H + 0,5c$

όπου:

l_H είναι η απόσταση από την παρειά του υποστυλώματος ως το άκρο του κιονόκρανου

c είναι η διάμετρος του κυκλικού υποστυλώματος

Ορθογωνικά: $r_{cont} = \min\{2d + 0,56\sqrt{l_1 \cdot l_2}; 2d + 0,69 l_1\}$

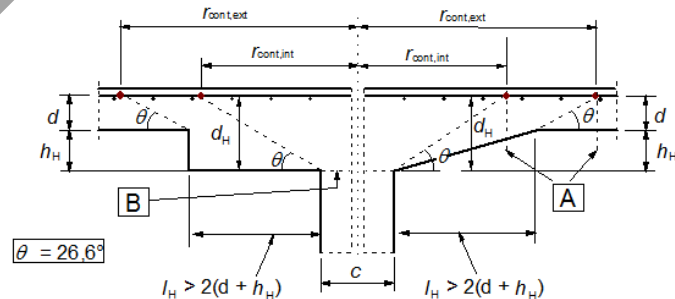
όπου:

$l_1 = c_1 + 2l_{H1}$

$l_2 = c_2 + 2l_{H2}$

$l_1 \leq l_2$

β) Κυκλικά υποστυλώματα με μεγάλη διαπλάτυνση, $l_H > 2(d + h_H)$, έλεγχος σε δυο διατομές



Σχήμα 5.4β Πλάκα με κιονόκρανο στο οποίο $l_H > 2(d + h_H)$ (EC2, Σχ.6.18)

[A] - οι δύο βασικές διατομές ελέγχου για κυκλικά υποστυλώματα [B] - φορτιζόμενη επιφάνεια A_{load}

$r_{cont,ext} = l_H + 2d + 0,5c$

$r_{cont,int} = 2(d + h_H) + 0,5c$

5. Διάτρηση (συνέχεια)

5.5 Δρώσα διατμητική τάση (διάτρησης), v_{Ed}

- Γενικά

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

V_{Ed} δρώσα τέμνουσα

u_i η εκάστοτε περίμετρος ελέγχου

d το στατικό ύψος

- Πλάκες

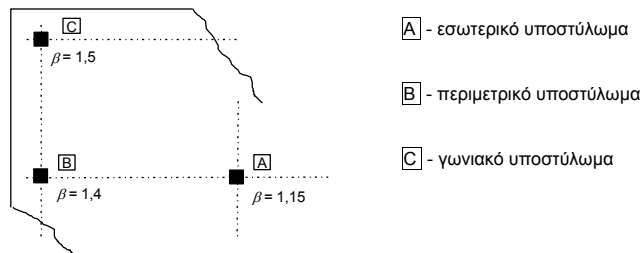
Όταν η αντίδραση σε μια στήριξη δρα έκκεντρα ως προς την περίμετρο ελέγχου η μέγιστη διατμητική τάση υπολογίζεται ως εξής:

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

Όπου

β συντελεστής εκκεντρότητας, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

(i) Προσεγγιστικά



Σχήμα 5.5 Συνιστώμενες τιμές για το β (EC2, Σχ. 6.21N)

(ii) Υπολογιστικά

-Για **ορθογωνικά υποστυλώματα**, όπου το φορτίο παρουσιάζει **εκκεντρότητα προς τον ένα άξονα**:

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

u_1 είναι το μήκος της βασικής περιμέτρου ελέγχου

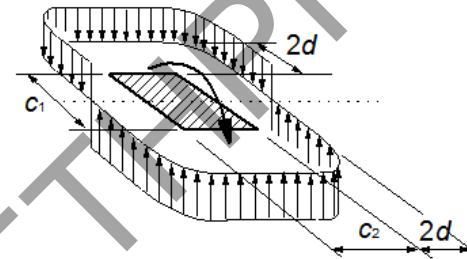
k είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από το λόγο των διαστάσεων του υποστυλώματος

c_1 και c_2 : η τιμή του είναι συνάρτηση του μεγέθους της ροπής λόγω εκκεντρότητας που μεταβιβάζεται μέσω της διαφοράς στην τιμή της τέμνουσας (εκατέρωθεν της στήριξης επί του υποστυλώματος) και μέσω κάμψης και στρέψης (βλέπε Σχήμα 5.6).

Πίνακας 5.1 Τιμές του k για ορθογωνικές φορτιζόμενες επιφάνειες (EC2, Πίνακας 6.1)

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80

W_1 αντιστοιχεί σε μια κατανομή της τέμνουσας όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα και είναι συνάρτηση της βασικής περιμέτρου ελέγχου u_1



Σχήμα 5.6 Κατανομή της τέμνουσας από ροπή λόγω εκκεντρότητας σε έναν κόμβο πλάκας - εσωτερικού υποστυλώματος (EC2, Σχ.6.19)

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 c_2 + 4c_2 d + 16d^2 + 2\pi d c_1$$

όπου:

c_1 είναι η παράλληλη προς τη διεύθυνση της εκκεντρότητας του φορτίου διάσταση του υποστυλώματος

c_2 είναι η κάθετη προς τη διεύθυνση της εκκεντρότητας του φορτίου διάσταση του υποστυλώματος

-Για **εσωτερικά ορθογωνικά υποστυλώματα**, όπου το φορτίο παρουσιάζει **εκκεντρότητα και προς τους δύο άξονες**:

$$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}$$

όπου:

e_y και e_z είναι οι εκκεντρότητες M_{Ed}/V_{Ed} στη διεύθυνση των αξόνων y και z , αντίστοιχα

b_y και b_z είναι οι διαστάσεις της περιμέτρου ελέγχου

Σημείωση: Η e_y προκύπτει λόγω ροπής περί τον άξονα z , ενώ η e_z λόγω ροπής περί τον άξονα y .

5. Διάτρηση (συνέχεια)

-Για εσωτερικά κυκλικά υποστυλώματα:

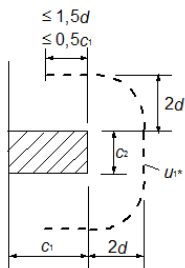
$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D+4d}$$

όπου D είναι η διάμετρος του κυκλικού υποστυλώματος

-Για περιμετρικά ορθογωνικά υποστυλώματα, όπου το φορτίο παρουσιάζει μόνο εκκεντρότητα κάθετη προς το άκρο της πλάκας και βρίσκεται προς το εσωτερικό της πλάκας:

Η δύναμη διάτρησης κατανέμεται ομοιόμορφα καταμήκος της μειωμένης περιμέτρου ελέγχου u_1^*

$$\beta = \frac{u_1}{u_1^*}$$



Σχήμα 5.7 Μειωμένη βασική περίμετρος ελέγχου u_1^* , για ακραίο υποστυλώμα (EC2, Σχ.6.20a)

-Για περιμετρικά ορθογωνικά υποστυλώματα, όπου το φορτίο παρουσιάζει εκκεντρότητες και στις δύο διευθύνσεις και η εκκεντρότητα η κάθετη προς το άκρο της πλάκας βρίσκεται προς το εσωτερικό της πλάκας:

$$\beta = \frac{u_1}{u_1^*} + k \frac{u_1}{W_1} e_{par}$$

όπου:

e_{par} είναι η εκκεντρότητα παράλληλα προς το άκρο που προέρχεται από ροπή περί έναν άξονα κάθετο προς το άκρο της πλάκας.

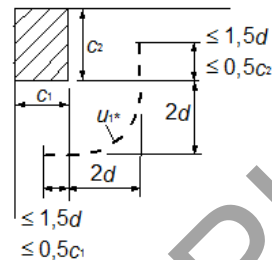
k μπορεί να λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.1 αντικαθιστώντας το λόγο c_1/c_2 με τον $c_1/2c_2$

$$W_1 = \frac{c_2^2}{4} + c_1 c_2 + 4c_1 d + 8d^2 + \pi d c_2$$

-Για γωνιακά ορθογωνικά υποστυλώματα, όπου το φορτίο παρουσιάζει μόνο εκκεντρότητα κάθετη προς το άκρο της πλάκας και βρίσκεται προς το εσωτερικό της πλάκας:

Η δύναμη διάτρησης κατανέμεται ομοιόμορφα καταμήκος της μειωμένης περιμέτρου ελέγχου u_1^*

$$\beta = \frac{u_1}{u_1^*}$$



Σχήμα 5.8 Μειωμένη βασική περίμετρος ελέγχου u_1^* για γωνιακό υποστυλώμα (EC2, Σχ.6.20b)

-Για περιμετρικά και γωνιακά ορθογωνικά υποστυλώματα, όπου και η εκκεντρότητα η κάθετη προς το άκρο της πλάκας βρίσκεται προς το εξωτερικό της πλάκας:

Ισχύει ότι για εσωτερικά υποστυλώματα

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

- Βάση υποστυλώματος

Η αντοχή σε διάτρηση των βάσεων των υποστυλωμάτων πρέπει να ελέγχεται σε περιμέτρους ελέγχου, u , που απέχουν μέχρι $2d$ από την περίμετρο του υποστυλώματος.

-Για φόρτιση χωρίς εκκεντρότητες:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

$$V_{Ed,red} = \frac{V_{Ed,red}}{u^* d}$$

όπου:

ΔV_{Ed} είναι η καθαρή δύναμη που δρα προς τα πάνω (την ανωδομή) εντός της θεωρούμενης περιμέτρου ελέγχου, δηλ. η προς τα πάνω εδαφική πίεση μείον το ίδιο βάρος της βάσης του υποστυλώματος.

-Για έκκεντρη φόρτιση:

$$V_{Ed,red} = \frac{V_{Ed,red}}{u^* d} \left[1 + k \frac{M_{Ed}^* u}{V_{Ed,red} W} \right]$$

Όπου το k όπως έχει οριστεί προηγουμένως κατά περίπτωση, και το W είναι παρόμοιο του W_1 αλλά αναφέρεται σε περίμετρο u .

6. Διάτρηση (συνέχεια)**5.6 Τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας ή της βάσης του υποστυλώματος χωρίς οπλισμό διάτρησης, $v_{Rd,c}$**

$$v_{Ed} < v_{Rd,c}$$

Όπου το v_{Ed} όπως έχει οριστεί προηγουμένως κατά περίπτωση

- Πλάκα (έλεγχος στην βασική περίμετρο ελέγχου, u_1)

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

όπου

$$v_{min} = 0,0035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k_1 = 0,1$$

$$k = 1 + (200/d)^{0,5}, \quad d \text{ σε mm}$$

$$\rho_l = (\rho_{lz} * \rho_{ly})^{0,5}$$

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

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2$$

σ_{cy} , σ_{cz} είναι οι ορθές τάσεις στο σκυρόδεμα της κρίσιμης διατομής στις διευθύνσεις y και z (σε MPa, θετικές για θλίψη):

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \quad \text{και} \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

$N_{Ed,y}$, $N_{Ed,z}$ είναι οι αξονικές δυνάμεις σε ολόκληρο το φάνωμα για εσωτερικά υποστυλώματα, και η αξονική δύναμη στη διατομή ελέγχου σε ακραία υποστυλώματα.

A_c είναι το εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος, σύμφωνα με τον ορισμό της N_{Ed}

- Βάση υποστυλώματος (έλεγχος στην περίμετρο ελέγχου, u)

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} * (2d/a) \geq v_{min} * (2d/a)$$

a είναι η απόσταση από την περίμετρο του υποστυλώματος ως τη θεωρούμενη περίμετρο ελέγχου (αν γίνεται έλεγχος σε απόσταση μικρότερη από $2d$)

5.7 Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας (έλεγχος στην παρειά του υποστυλώματος), $v_{Rd,max}$

$$v_{Ed} < v_{Rd,max}$$

όπου

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d}$$

u_0 για εσωτερικό υποστύλωμα $u_0 =$ μήκος της περιμέτρου του υποστυλώματος [mm]

για ακραίο υποστύλωμα $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$ [mm]

για γωνιακό υποστύλωμα $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$ [mm]

β όπως έχει οριστεί προηγουμένως κατά περίπτωση

$$v_{Rd,max} = 0,5 * v * f_{cd}$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

5.8 Τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε διάτρηση μιας πλάκας με οπλισμό διάτρησης, $v_{Rd,cs}$

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

A_{sw} είναι το εμβαδόν του οπλισμού διάτμησης καταμήκος μιας από τις περιμέτρους γύρω από το υποστύλωμα [mm²]

s_r είναι η αξονική απόσταση των περιμέτρων του οπλισμού διάτμησης [mm]

$f_{ywd,ef}$ είναι η δρώσα τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτμησης

σύμφωνα με τη σχέση $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd}$ [MPa]

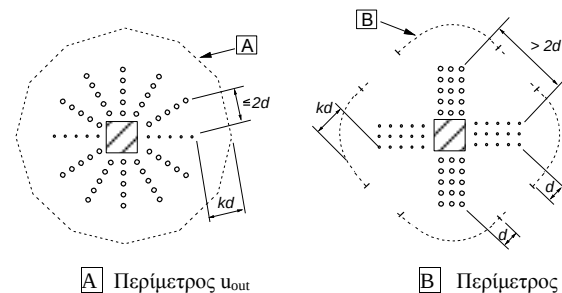
d είναι ο μέσος όρος των στατικών υψών σε δύο κάθετες διευθύνσεις [mm]

α είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτμησης με το επίπεδο της πλάκας

Η περίμετρος ελέγχου πέρα από την οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης, u_{out} (ή $u_{out,ef}$) υπολογίζεται:

$$u_{out,ef} = \beta \frac{V_{Ed}}{v_{Rd,c} * d}$$

Η εξώτατη περίμετρος οπλισμού διάτμησης πρέπει να τοποθετείται σε μια απόσταση όχι μεγαλύτερη από $1,5d$ εντός της u_{out} (ή $u_{out,ef}$).



Α Περίμετρος u_{out}

Β Περίμετρος $u_{out,ef}$

Σχήμα 5.9 Περίμετροι ελέγχου σε εσωτερικά υποστυλώματα (EC2, Σχ.6.22)

6. Λυγισμός

6.1 Γεωμετρικές ατέλειες

- Κλίση θ_i

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

όπου

θ_0 είναι η βασική τιμή, $\theta_0 = 1/200$

α_h είναι μειωτικός συντελεστής για το μήκος ή το ύψος

$$\alpha_h = \sqrt{l} \text{ και } 2/3 \leq \alpha_h \leq 1$$

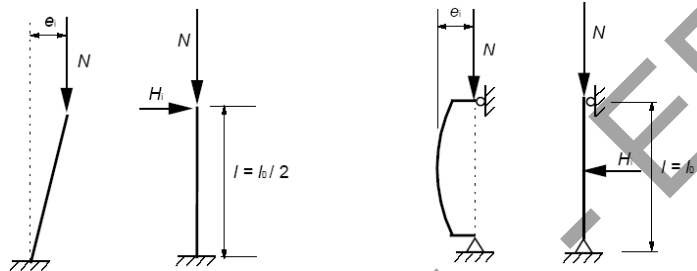
α_m είναι μειωτικός συντελεστής για το πλήθος των στοιχείων

$$\alpha_m = \sqrt{0,5(1 + 1/m)}$$

l είναι το μήκος ή το ύψος [m]

m είναι το πλήθος των κατακόρυφων στοιχείων που συνδράμουν στο συνολικό φαινόμενο

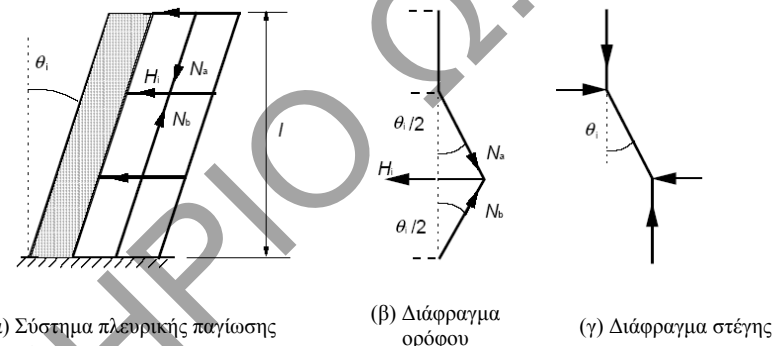
- Επιρροή σε ένα μεμονωμένο στοιχείο: $l = \text{πραγματικό μήκος στοιχείου}$, $m = 1$
- Επιρροή στο σύστημα πλευρικής παγίωσης: $l = \text{ύψος του κτιρίου}$, $m = \text{αριθμός των κατακόρυφων στοιχείων που συμβάλλουν στην οριζόντια δύναμη επί του συστήματος πλευρικής παγίωσης}$.
- Επιρροή στα διαφράγματα πατωμάτων ή της στέγης τα οποία διανέμουν την οριζόντια δύναμη: $l = \text{ύψος ορόφου}$, $m = \text{αριθμός των κατακόρυφων στοιχείων στον όροφο (ή τους ορόφους) τα οποία συμβάλλουν στην οριζόντια δύναμη επί του πατώματος}$.



(α) Μεμονωμένα μεταθετά στοιχεία

(β) Μεμονωμένα αμετάθετα στοιχεία

Σχήμα 6.1 Παράδειγμα επιρροής των γεωμετρικών ατελειών (EC2, από Σχ.5.1)



Σχήμα 6.2 Παράδειγμα επιρροής των γεωμετρικών ατελειών (EC2, από Σχ.5.1)

- Επιρροή ατελειών

- Για μεμονωμένα δομικά στοιχεία

α) ως εκκέντρωση, e_i , η οποία δίνεται ως $e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2$

όπου l_0 είναι το μήκος λυγισμού

Απλουστετικά: Για τοιχώματα και μεμονωμένα υποστυλώματα σε συστήματα πλευρικής παγίωσης,

$$e_i = l_0 / 400$$

β) ως εγκάρσια δύναμη, H_i , στην θέση που δίνει τη μέγιστη καμπτική ροπή:

- για μεταθετά δομικά στοιχεία

$$H_i = \theta_i N$$

- για αμετάθετα στοιχεία

$$H_i = 2\theta_i N$$

όπου N είναι το αξονικό φορτίο.

- Για τα δομικά συστήματα

Επιρροή στο σύστημα πλευρικής παγίωσης

$$H_i = \theta_i (N_b - N_a)$$

Επιρροή στο διάφραγμα ορόφου

$$H_i = \theta_i (N_b + N_a) / 2$$

Επιρροή στο διάφραγμα στέγης

$$H_i = \theta_i N_a$$

όπου N_a και N_b είναι αξονικές δυνάμεις που συμβάλλουν στη δημιουργία της H_i .

Απλουστετικά: Για τοιχώματα και μεμονωμένα υποστυλώματα σε συστήματα πλευρικής παγίωσης,

$$e_i = l_0 / 400$$

6. Λυγισμός (συνέχεια)

6.2 Λυγηρότητα, λ

- Γενικά

$$\lambda = l_0 / i$$

l_0 είναι το μήκος λυγισμού

i είναι η ακτίνα αδράνειας της αρηγμάτωτης διατομής σκυροδέματος

- Ελάχιστη λυγηρότητα για αγνόηση φαινομένων 2^{ης} τάξης

$$\lambda_{lim} = 20 * A * B * C / \sqrt{n}$$

όπου:

λ είναι η λυγηρότητα όπως ορίστηκε προηγουμένως

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

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

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

$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed}$ (ενεργός συντελεστής ερπυσμού)

$\varphi_{(\infty, t_0)}$ είναι ο τελικός συντελεστής ερπυσμού

M_{0Eqp} είναι η καμπτική ροπή 1^{ης} τάξης στον οριζοντιό-μόνιμο συνδυασμό δράσεων (OKΛ)

M_{0Ed} είναι η ροπή 1^{ης} τάξης στον συνδυασμό σχεδιασμού (OKΑ)

$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd})$; μηχανικό ποσοστό οπλισμού

A_s είναι το συνολικό εμβαδόν του διαμήκους οπλισμού

$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd})$, η ανηγμένη ορθή δύναμη

$r_m = M_{01} / M_{02}$, ο λόγος ροπών

$$r_m = 1$$

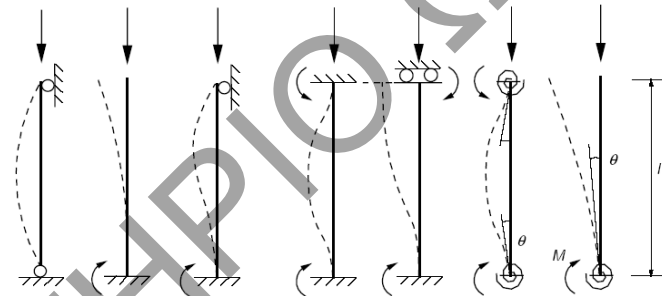
- για στοιχεία με πλευρική παγίωση αποκλειστικά με ροπές 1^{ης} τάξης ή κύρια εξαιτίας ατελειών ή οριζόντιας φόρτισης

- για στοιχεία χωρίς πλευρική παγίωση γενικώς

$M_{01,2}$ είναι οι ροπές στήριξης 1^{ης} τάξης, $|M_{02}| \geq |M_{01}|$

6.3 Μήκος λυγισμού, l_0

- Για μεμονωμένα μέλη:



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

Σχήμα 6.3 Μορφές λυγισμού και αντίστοιχο μήκος λυγισμού (EC2, από Σχ.5.7)

- Για μέλη πλαισίων:

Στοιχεία με πλευρική παγίωση (βλ.(f)):

$$l_0 = 0,5 * l * \sqrt{\left(1 + \frac{k_1}{0,45 + k_1}\right) * \left(1 + \frac{k_2}{0,45 + k_2}\right)}$$

Στοιχεία χωρίς πλευρική παγίωση (βλ. (g)):

$$l_0 = l * \max \left\{ \sqrt{\left(1 + 10 \frac{k_1 * k_2}{k_1 + k_2}\right)}; \left(1 + \frac{k_1}{1 + k_1}\right) * \left(1 + \frac{k_2}{1 + k_2}\right) \right\}$$

όπου:

k_1, k_2 είναι ο σχετικός δείκτης ευκαμψίας των στρωφικών δεσμεύσεων στα άκρα 1 και 2 αντίστοιχα:

$$k = \left(\frac{\theta}{M}\right) * \left(\frac{EI}{l}\right) \quad \text{Προτείνεται } k = 0,1$$

θ είναι η στρόφιξη των στοιχείων στρωφικής δέσμευσης για ροπή κάμψης M

EI είναι η δυσκαμψία του θλιβόμενου μέλους

l είναι το καθαρό ύψος του θλιβόμενου μέλους ανάμεσα στις στρωφικές δεσμεύσεις.

6. Λυγισμός (συνέχεια)**6.4 Μέθοδος ανάλυσης βάσει ονομαστικών καμπυλοτήτων**

- Καμπτικές ροπές:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

όπου:

M_{0Ed} είναι η ροπή 1^{ης} τάξης συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης των ατελειών

$M_2 = N_{Ed} e_2$ είναι η ονομαστική ροπή 2^{ας} τάξης

Οι διαφέρουσες ροπές στήριξης 1^{ης} τάξης M_{01} και M_{02} δύναται να αντικατα-σταθούν από μια ισοδύναμη ροπή στήριξης 1^{ης} τάξης M_{0e} :

$$M_{0e} = 0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} \geq 0,4 M_{02}$$

N_{Ed} είναι η τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης

$$e_2 = \left(\frac{1}{r}\right) l_0^2 / c$$

$1/r$ είναι η καμπυλότητα

c είναι ένας συντελεστής ο οποίος εξαρτάται από την κατανομή της καμπυλότητας (συνήθως $c=10$)

- Καμπυλότητα

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

όπου:

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1 \quad (\text{με } n_u = 1 + \omega \quad n_{bal}=0,4)$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \quad (\text{με } \beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150)$$

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

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

d είναι το ενεργό ύψος (Εάν δεν είναι όλος ο οπλισμός συγκεντρωμένος στα άκρα του στοιχείου

$d = (h/2) + i_s$, όπου i_s είναι η ακτίνα αδράνειας της συνολικής επιφάνειας του οπλισμού).

$$n = N_{Ed} / (A_c f_{cd}), \text{ ανηγμένη αξονική δύναμη}$$

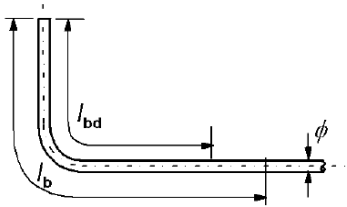
$$\omega = A_s f_{yd} / (A_c f_{cd})$$

A_s είναι το συνολικό εμβαδόν του οπλισμού

A_c είναι το εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος

7. Αγκυρώσεις

7.1 Βασικό μήκος αγκύρωσης, l_b



Σχήμα 7.1 Βασικό μήκος αγκύρωσης, l_b , μετρούμενο στον άξονα της ράβδου (EC2, από Σχ.8.1)

7.2 Οριακή τάση σνάφειας, f_{bd}

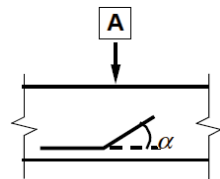
$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$$

$\eta_1 = 1,0$ όταν εξασφαλίζονται 'ευνοϊκές' συνθήκες ή

$\eta_1 = 0,7$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις και για ράβδους σε δομικά στοιχεία κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλοτύπους, εκτός αν μπορεί να τεκμηριωθεί η ύπαρξη 'ευνοϊκών' συνθηκών σνάφειας

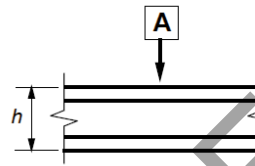
$\eta_2 = 1,0$ για $\phi \leq 32 \text{ mm}$

$\eta_2 = (132 - \phi) / 100$ για $\phi > 32 \text{ mm}$

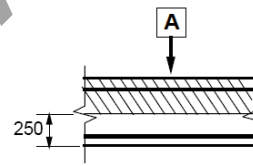


a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

a) και b) 'ευνοϊκές' συνθήκες σνάφειας για όλες τις ράβδους

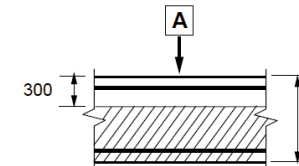


b) $h \leq 250 \text{ mm}$



c) $h > 250 \text{ mm}$

c) και d) μη γραμμοσκιασμένη περιοχή - 'ευνοϊκές' συνθήκες σνάφειας
γραμμοσκιασμένη περιοχή - 'δυσμενείς' συνθήκες σνάφειας



d) $h \leq 6$

A: διεύθυνση σκυροδέματος

Σχήμα 7.2 Ορισμός συνθηκών σνάφειας (EC2, Σχ.8.2)

7.3 Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,req}$

$$l_{b,req} = \frac{\Phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

σ_{sd} είναι η τάση σχεδιασμού της ράβδου στη θέση από όπου αρχίζει να μετράται η αγκύρωση

7. Αγκυρώσεις (συνέχεια)

7.4 Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, l_{bd}

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

Όπου $l_{b,min}$ είναι το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης το οποίο, εάν δεν υπάρχει άλλος περιορισμός, ορίζεται ως εξής:

- για αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό: $l_{b,min} > \max\{0,3l_{b,req}, 10\phi, 100 \text{ mm}\}$

- για αγκυρώσεις υπό θλίψη: $l_{b,min} > \max\{0,6l_{b,req}, 10\phi, 100 \text{ mm}\}$

και οι συντελεστές α από τον παρακάτω Πίνακα 7.1

Πίνακας 7.1 Συντελεστές α για υπολογισμό μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού (EC2, Πίνακας 8.2)

Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
		Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα D.5 (a), (b) και (c))	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\phi$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$ (βλέπε Σχήμα D.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_1 = 1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	Ευθύγραμμη	$0,7 \leq \alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \phi) / \phi \leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα D.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα D.5 (a), (b) και (c))	$0,7 \leq \alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\phi) / \phi \leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα D.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
Περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_3 = 1 - K \leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα D.4 για τιμές του K)	$\alpha_3 = 1,0$
Περίσφιξη με συγκολλημένο εγκάρσιο οπλισμό*	Όλοι οι τύποι, η θέση και το μέγεθος όπως καθορίζεται στο Σχήμα D.5 (d)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Περίσφιξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_5 = 1 - 0,04p \leq 1,0$	-

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{sd,min}) / A_s$$

ΣA_{st} εμβαδόν διατομής του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού l_{bd}

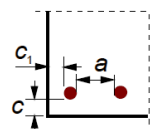
$\Sigma A_{sd,min}$ εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού ($0,25A_s$ για δοκούς και μηδενικό για πλάκες)

A_s εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο

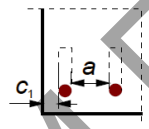
P εγκάρσια πίεση [MPa] στη κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του l_{bd}

[*] Βλέπε επίσης παράγραφο 8.6: Για άμεσες στηρίξεις, το l_{bd} μπορεί να ληφθεί μικρότερο από το $l_{b,min}$ αρκεί να υπάρχει τουλάχιστον ένα εγκάρσιο σύρμα συγκολλημένο στο μήκος στήριξης και σε απόσταση τουλάχιστον 15 mm από την έναρξη του μήκους στήριξης.

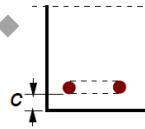
Απαιτείται όπως ($\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$) $\geq 0,7$



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

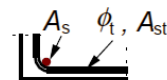


b) Καμπύλες ράβδοι ή
αγκίστρα
 $c_d = \min(a/2, c_1)$

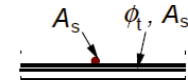


c) Βρόχοι
 $c_d = c$

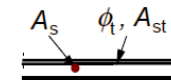
Σχήμα 7.3 Τιμές c_d για δοκούς και πλάκες (για υπολογισμό α_1 και α_2)(EC2, Σχ.8.3)



K = 0,1



K = 0,05



K = 0

Σχήμα 7.4 Τιμές K για δοκούς και πλάκες (για υπολογισμό α_3)(EC2, Σχ.8.4)

7. Αγκυρώσεις (συνέχεια)

7.5 Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,eq}$

Εναλλακτικά, το μήκος αγκύρωσης μπορεί να οριστεί ως το ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,eq}$.

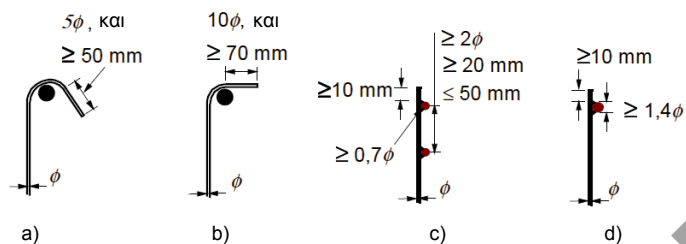
$l_{b,eq} = \alpha_1 * l_{b,req}$ για τις μορφές ράβδων a, b, c του Σχήματος 7.5

$l_{b,eq} = \alpha_4 * l_{b,req}$ για την μορφή ράβδου d του Σχήματος 7.5



Σχήμα 7.5 Ισοδύναμο μήκος αγκυρώσεως, $l_{b,eq}$, μετρούμενο στον άξονα της ράβδου (EC2, από Σχ.8.1)

7.6 Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης



Στις περιπτώσεις c) και d) η επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 3ϕ ή 50 mm .

Σχήμα 7.6 Αγκυρώσεις συνδετήρων (EC2, Σχ.8.5)

7.7 Διάμετρος τυμπάνου για καμπυλόμενες ράβδους, $D_{\text{τυμπ}}$

-Για να μην αστοχήσει η ράβδος: $D_{\text{τυμπ}} = 4\Phi$ για $\Phi \leq 16$ και $D_{\text{τυμπ}} = 7\Phi$ για $\Phi > 16$

-Για να μην αστοχήσει το σκυρόδεμα (πίεση άντυνας):

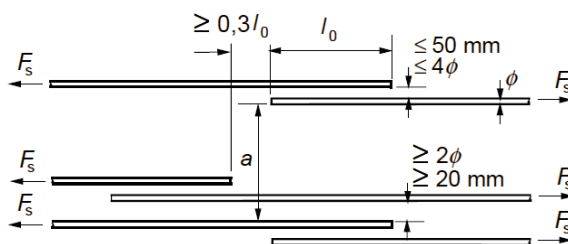
$$D_{\text{τυμπ}} \geq \frac{F_{bt} \left[\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\Phi} \right]}{f_{cd}}$$

F_{bt} είναι η εφελκυστική δύναμη υπό τα φορτία αστοχίας σε μία ράβδο ή ομάδα ράβδων σε επαφή, στην αρχή της καμπύλωσης

a_b το ήμισυ της απόστασης των ΚΒ των ράβδων. Για την ράβδο την γειτονική στην παρειά του σκυροδέματος $a_b = c + \Phi/2$

8. Υπερκαλύψεις**8.1 Διάταξη υπερκαλύψεων**

- η καθαρή απόσταση μεταξύ ζεύγους υπερκαλυπτόμενων ράβδων πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από 4ϕ ή 50 mm, αλλιώς το μήκος υπερκάλυψης θα πρέπει να αυξηθεί κατά απόσταση ίση με το καθαρό διάστημα πέραν των 4ϕ ή 50 mm.
- η διαμήκης απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από $0,3 l_0$, όπου l_0 το μήκος υπερκάλυψης.
- σε περίπτωση γειτονικών ενώσεων, η καθαρή απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 2ϕ ή 20 mm



Σχήμα 8.1 Γειτονικές ενώσεις με υπερκάλυψη (EC2, Σχ.8.7)

8.2 Μήκος υπερκάλυψης σχεδιασμού, l_0

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b, \text{req}} \geq l_{0, \text{min}}$$

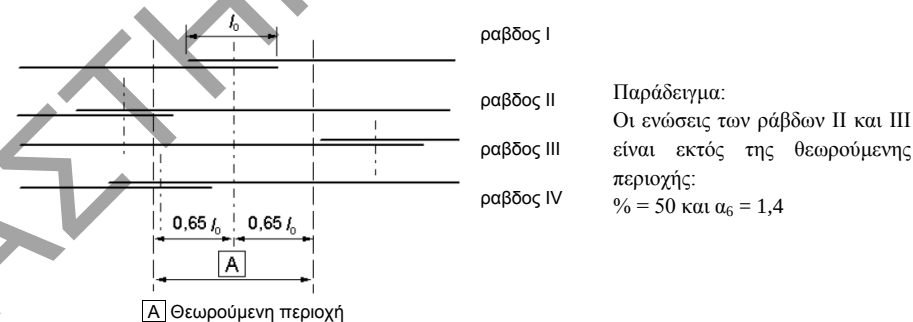
$$l_{0, \text{min}} > \max\{0,3\alpha_6 * l_{b, \text{req}}, 15\phi, 15 \text{ mm}\}$$

Οι τιμές των $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ και α_5 μπορούν να ληφθούν από το πίνακα 7.1. Κατά τον υπολογισμό του α_3 , το $\Sigma A_{st, \text{min}}$ λαμβάνεται ίσο προς $1,0 A_s (\sigma_{sd} / f_{yd})$ με A_s το εμβαδόν διατομής της μίας υπό ένωση ράβδου.

$\alpha_6 = (\rho_1 / 25)^{0.5}$ αλλά όχι μεγαλύτερο από 1,5 ούτε μικρότερο από 1,0, όπου ρ_1 είναι το ποσοστό των υπό ένωση ράβδων σε αποστάσεις $0,65 l_0$ εκατέρωθεν του θεωρούμενου μέσου του μήκους υπερκάλυψης

Πίνακας 8.1 Τιμές του συντελεστή α_6 (EC2, Πίνακας 8.3)

Ποσοστό των υπό ένωση ράβδων ως προς το συνολικό εμβαδόν ράβδων της διατομής	< 25%	33%	50%	> 50%
α_6	1	1,15	1,4	1,5
Σημείωση: Ενδιάμεσες τιμές καθορίζονται με γραμμική παρεμβολή				



Σχήμα 8.2 Ποσοστό των υπό ένωση ράβδων που αντιστοιχεί σε μια θέση υπερκάλυψης (EC2, Σχ.8.8)

9. Έλεγχος ρηγμάτωσης

9.1 Υπολογισμός εύρους ρωγμής, w_k

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

όπου:

 $s_{r,max}$ είναι η μέγιστη απόσταση των ρωγμών

ϵ_{sm} είναι η μέση ανηγμένη παραμόρφωση του οπλισμού υπό τον κατάλληλο συνδυασμό δράσεων, περιλαμβάνοντας και την επιρροή των επιβεβλημένων παραμορφώσεων καθώς και της εφελκυστικής συμβολής στη δυσκαμνία. Λαμβάνεται υπόψη μόνο η πρόσθετη τάση εφελκυσμού μετά από την κατάσταση μηδενικής παραμόρφωσης του σκυροδέματος στην ίδια στάθμη

ϵ_{cm} είναι η μέση ανηγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος μεταξύ των ρωγμών

ο όρος $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ μπορεί να υπολογιστεί ως:

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

όπου:

σ_s είναι η τάση στον εφελκυσμένο οπλισμό, με την παραδοχή ρηγματωμένης διατομής.

α_e είναι ο λόγος E_s/E_{cm}

$\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff}$ (σε στοιχεία χωρίς τένοντες)

$A_{c,eff}$ είναι η ενεργός εφελκυσμένη ζώνη που περιβάλλει τον οπλισμό (βλ. Σχήμα 9.1)

$f_{ct,eff}$ μπορεί να ληφθεί ίση με την f_{ctm}

k_t είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη διάρκεια της φόρτισης

$k_t = 0,6$ για βραχυχρόνια φόρτιση

$k_t = 0,4$ για μακροχρόνια φόρτιση

9.2 Περιορισμός εύρους ρωγμών

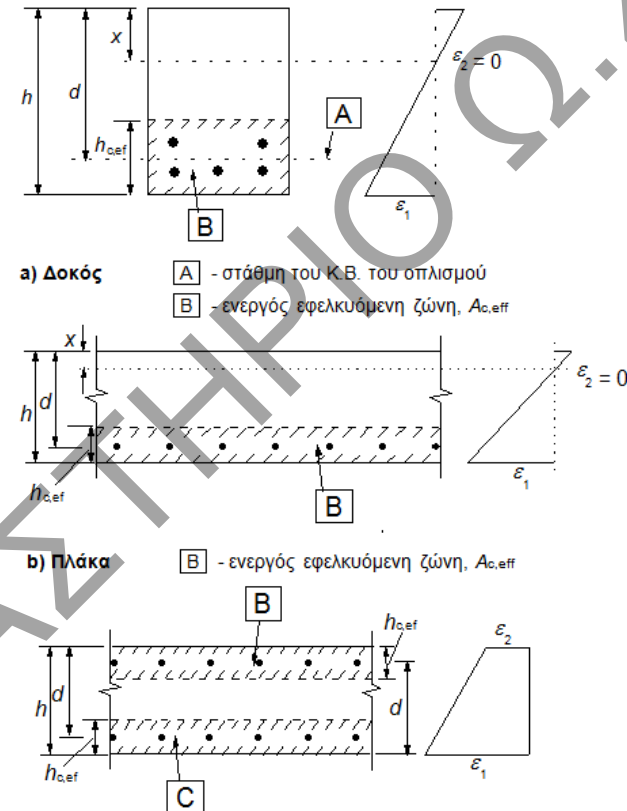
Το εύρος ρωγμής δεν πρέπει να υπερβαίνει μια μέγιστη τιμή ανεκτού εύρους ρήγματος, w_{max}

Πίνακας 9.1 Συνιστώμενες τιμές του w_{max} (mm) (EC2, Πίνακας 7.1N)

Κατηγορία περιβαλλοντικών συνθηκών	Οπλισμένα και προεντεταμένα στοιχεία με τένοντες χωρίς συνάφεια	Προεντεταμένα στοιχεία με τένοντες με συνάφεια
	Οιονεί-μόνιμος συνδυασμός δράσεων	Συχνός συνδυασμός δράσεων
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4		0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Απόθλιψη

Σημείωση 1: Για τις κατηγορίες περιβαλλοντικών συνθηκών X0, XC1, το εύρος της ρωγμής δεν επηρεάζει την ανθεκτικότητα σε διάρκεια, και το σχετικό όριο τίθεται για την εξασφάλιση αποδεκτής αισθητικής εμφάνισης. Εφόσον δεν τίθενται απαιτήσεις αισθητικής, το όριο αυτό μπορεί να αυξηθεί.

Σημείωση 2: Για αυτές τις κατηγορίες περιβαλλοντικών συνθηκών, πρέπει, επιπλέον, να ελέγχεται η απόθλιψη υπό τον οιονεί-μόνιμο συνδυασμό δράσεων.



$$h_{c,eff} = \min\{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

Σχήμα 9.1 Ενεργός εφελκυσμένη ζώνη (τυπικές περιπτώσεις) (EC2, Σχ.7.1)

9. Έλεγχος ρηγμάτων (συνέχεια)**9.3 Έλεγχος ρηγμάτων χωρίς υπολογισμούς**

Οι προηγούμενοι κανόνες μπορεί ως απλοποίηση να παρουσιασθούν υπό μορφή πινάκων περιορίζοντας τη διάμετρο των ράβδων και τη μεταξύ του απόσταση.

Πίνακας 9.2 Μέγιστες διάμετροι ράβδων ϕ_s για περιορισμό της ρηγμάτωσης¹(EC2, Πίνακας 7.2N)

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

Σημειώσεις: 1. Έχουν ληφθεί υπόψη: $c = 25 \text{ mm}$, $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$, $h_{cr} = 0,5$, $(h-d) = 0,1h$, $k_1 = 0,8$, $k_2 = 0,5$, $k_c = 0,4$, $k = 1,0$, $k_t = 0,4$ και $k' = 1,0$
 2. Υπό τους κατάλληλους συνδυασμούς δράσεων

Πίνακας 9.3 Μέγιστη απόσταση ράβδων για περιορισμό της ρηγμάτωσης¹(EC2, Πίνακας 7.3N)

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

Για Σημειώσεις βλέπε τον Πίνακα 9.2

Η μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος ράβδων πρέπει να τροποποιείται ως εξής:

- Κάμψη (τμήμα, τουλάχιστον, της διατομής να βρίσκεται υπό θλίψη):

$$\phi_s = \phi_s^* (f_{ct,eff}/2,9) \frac{k_c h_{cr}}{2(h-d)}$$

- Εφελκυσμός (ομοιόμορφος αξονικός εφελκυσμός)

$$\phi_s = \phi_s^* (f_{ct,eff}/2,9) \frac{h_{cr}}{8(h-d)}$$

όπου:

ϕ_s είναι η ανηγμένη μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος ράβδων

ϕ_s^* είναι η μέγιστη διάμετρος ράβδων που δίνεται στον Πίνακα 9.2

h είναι το ολικό ύψος της διατομής

h_{cr} είναι το ύψος της εφελκυσμένης ζώνης αμέσως πριν τη ρηγμάτωση, λαμβάνοντας τις χαρακτηριστικές τιμές της προέντασης και των αξονικών δυνάμεων υπό τον οιονεί-μόνιμο συνδυασμό δράσεων

d είναι το στατικό ύψος της διατομής, μετρούμενο μέχρι το κέντρο της πλέον απομακρυσμένης στρώσης οπλισμού

9.4 Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός

Εφόσον απαιτείται περιορισμός της ρηγμάτωσης, απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό οπλισμού με συνάφεια για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης σε περιοχές όπου αναμένεται να αναπτυχθεί εφελκυσμός.

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

όπου:

$A_{s,min}$ είναι το ελάχιστο ποσοστό οπλισμού της εφελκυσμένης ζώνης

A_{ct} είναι το εμβαδόν του σκυροδέματος της εφελκυσμένης ζώνης αμέσως πριν την εμφάνιση της ρηγμάτωσης

σ_s είναι η απόλυτη τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης τάσης του οπλισμού αμέσως μετά την εμφάνιση της ρηγμάτωσης. Αυτή μπορεί να λαμβάνεται ίση με f_{yk} .

$k = 1,0$ για κορμούς με $h \leq 300 \text{ mm}$ ή πέλματα με πλάτη $< 300 \text{ mm}$

$= 0,65$ για κορμούς με $h \geq 800 \text{ mm}$ ή πέλματα με πλάτη $> 800 \text{ mm}$,

για ενδιάμεσες τιμές μπορεί να γίνεται παρεμβολή

k_c Για καθαρό εφελκυσμό $k_c = 1,0$

Για καθαρή κάμψη ή κάμψη με ορθή δύναμη:

- Για ορθογωνικές διατομές και κορμούς πλακοδοκών ή κιβωτιοειδών διατομών:

$$k_c = 0,4 \left[1 - \frac{\sigma_c}{k_1 (h/h^*) f_{ct,eff}} \right] \leq 1$$

- Για πέλματα πλακοδοκών ή κιβωτιοειδών διατομών:

$$k_c = 0,9 \frac{F_{cr}}{A_{ct} f_{ct,eff}} \geq 0,5$$

$\sigma_c = N_{Ed}/bh$ είναι η μέση τάση του σκυροδέματος η οποία δρα στο θεωρούμενο τμήμα της διατομής:

N_{Ed} είναι η αξονική δύναμη στην Ο.Κ. λειτουργικότητας στο θεωρούμενο τμήμα της διατομής (θετική για θλίψη). Η N_{Ed} μπορεί να υπολογίζεται λαμβάνοντας τις χαρακτηριστικές τιμές της προέντασης και της ορθής δύναμης για τον θεωρούμενο συνδυασμό δράσεων

$h^* = h$ για $h < 1,0 \text{ m}$

$h^* = 1,0 \text{ m}$ για $h \geq 1,0 \text{ m}$

k_1 είναι ένας συντελεστής για να ληφθεί υπόψη η επιρροή των αξονικών δυνάμεων στην κατανομή των τάσεων:

$k_1 = 1,5$ αν η N_{Ed} είναι θλιπτική

$k_1 = 2h^*/3h$ αν η N_{Ed} είναι εφελκυστική

F_{cr} είναι η απόλυτη τιμή της μέγιστης εφελκυστικής δύναμης στο πέλμα αμέσως πριν τη ρηγμάτωση, λόγω της ροπής ρηγμάτωσης που υπολογίζεται βάσει της $f_{ct,eff}$

10. Έλεγχος παραμορφώσεων**10.1 Όρια βελών, δ, δοκών και πλακών**

- $a_0 \leq 1/250$ για να μην βλαφθεί η εμφάνιση και η εν γένει χρησιμότητα τους
- $a_0 \leq 1/500$ για στοιχεία μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής για να μην βλαφθούν ευαίσθητα γειτονικά στοιχεία

10.2 Απαλλαγή από έλεγχο βελών

Περιορισμός του λόγου ανοίγμα προς ύψος, l/d

$$\frac{l}{d} = K \begin{cases} \left[1 + 1,5 \sqrt{f_{ck} \frac{\rho_0}{\rho}} + 3,2 \sqrt{f_{ck} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2}} \right] & \text{εάν } \rho \leq \rho_0 \\ \left[1 + 1,5 \sqrt{f_{ck} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'}} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck} \frac{\rho'}{\rho}} \right] & \text{εάν } \rho > \rho_0 \end{cases}$$

Για τιμή τάσης του χάλυβα $\sigma_s = 310$ MPa (αντιστοιχεί περίπου σε $f_{yk} \approx 500$ MPa)

K είναι συντελεστής που εξαρτάται από το δομικό σύστημα, f_{ck} σε MPa

ρ_0 είναι το ποσοστό οπλισμού αναφοράς $= \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3}$

ρ και ρ' είναι τα απαιτούμενα ποσοστά εφελκούμενου και θλιβόμενου οπλισμού για την παραλαβή της ροπής λόγω φορτίων σχεδιασμού στο κέντρο του ανοίγματος (για προβόλους, στη στήριξη)

• Για τιμές διάφορες του $\sigma_s = 310$ MPa οι παραπάνω σχέσεις πολλαπλασιάζονται με $310/\sigma_s$, το οποίο συντηρητικά μπορεί να θεωρηθεί:

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \left(\frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} \right)$$

Εναλλακτικά, το σ_s μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$\sigma_s = f_{yd} \left(\frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \right) \left(\frac{p_{ser}}{p_{ult}} \right)$$

$A_{s,prov}$ είναι το εμβαδόν του οπλισμού που τοποθετείται στην ανωτέρω διατομή

$A_{s,req}$ είναι το εμβαδόν του οπλισμού που απαιτείται στη διατομή για την ΟΚ αστοχίας

p_{ser} είναι το φορτίο σχεδιασμού της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας που εξετάζεται

p_{ult} το φορτίο σχεδιασμού της οριακής κατάστασης αστοχίας με το οποίο υπολογίστηκε ο απαιτούμενος οπλισμός $A_{s,req}$

- Σε διατομές με πέλματα, όπου ο λόγος του πλάτους του πέλματος προς το πάχος του κορμού υπερβαίνει το 3, οι τιμές του l/d πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 0,8.
- Σε δοκούς ή πλάκες, πλην των μυκητοειδών πλακών, με ανοίγματα πάνω από 7m, που φέρουν διαχωριστικά ευαίσθητα σε βλάβες από υπερβολική βύθιση, οι τιμές του l/d πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί $7/l_{eff}$ (όπου l_{eff} το θεωρητικό άνοιγμα σε μέτρα).
- Σε μυκητοειδείς πλάκες, με άνοιγμα $> 8,5$ m, και οι οποίες φέρουν διαχωριστικά ευαίσθητα σε βλάβες από υπερβολική βύθιση, οι τιμές του l/d πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί $8,5/l_{eff}$ (l_{eff} σε μέτρα).

10. Έλεγχος παραμορφώσεων (συνέχεια)

Πίνακας 10.1 Βασικοί λόγοι l/d (EC2, Πίνακας 7.4.N)			
Δομικό σύστημα	K	Σκυρόδεμα υπό υψηλή τάση $\rho = 1,5\%$	Σκυρόδεμα υπό χαμηλή τάση $\rho = 0,5\%$
Αμφιέριστη δοκός ή πλάκα κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,0	14	20
Ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού ή πλάκας κατά μία διεύθυνση, ή πλάκας κατά δύο διευθύνσεις συνεχούς καταμήκης μιας επιμήκους πλευράς	1,2	18	26
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5	20	30
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μυκητοειδής) (έλεγχος βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος)	1,2	17	24
Πρόβολος	0,4	6	8

Σημείωση 1: Οι τιμές που δίνονται έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να είναι εν γένει συντηρητικές, και ο υπολογισμός μπορεί συχνά να δείχνει ότι είναι δυνατή η χρήση μικρότερου πάχους στοιχείου.

Σημείωση 2: Σε πλάκες κατά δύο διευθύνσεις ο έλεγχος γίνεται βάσει του μικρότερου ανοίγματος. Σε μυκητοειδείς πλάκες, βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος.

Σημείωση 3: Τα όρια που δίνονται για μυκητοειδείς πλάκες αντιστοιχούν σε περιορισμό λιγότερο αυστηρό από εκείνον της βύθισης κατά $1/250$ του ανοίγματος σε σχέση με τα υποστυλώματα. Η εμπειρία δείχνει ότι αυτό είναι ικανοποιητικό.

10.3 Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων

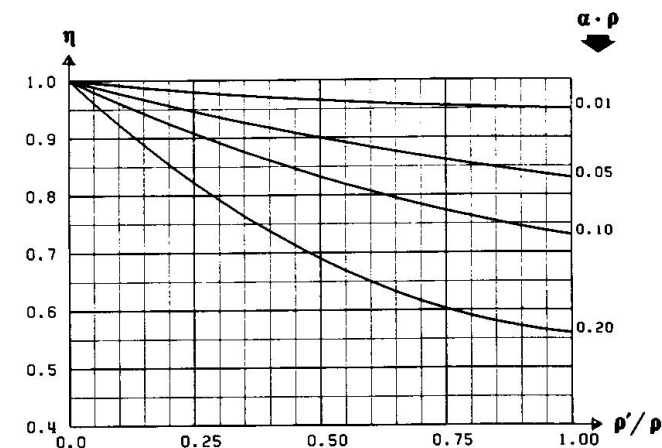
- Για το στιγμιαίο βέλος ($\varphi = 0$):

$$a_o = a_e \cdot k_o \quad a_e = \text{το ελαστικό βέλος}$$

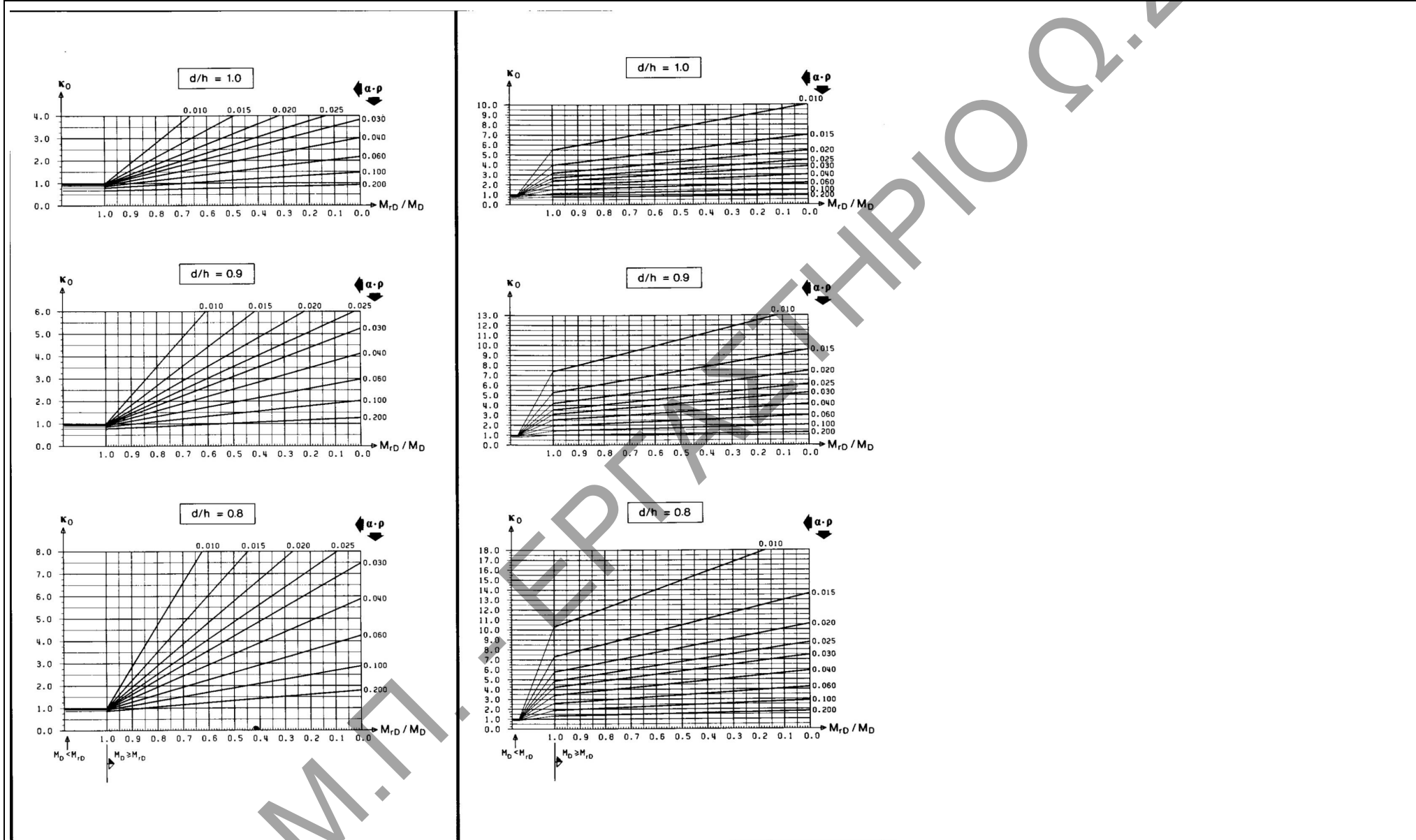
- Για το μακροχρόνιο βέλος ($\varphi \neq 0$) έχουμε:

$$a_i = a_e \cdot k_i \cdot \eta$$

Πίνακας 10.2 Ελαστικά βέλη	
Δομικό σύστημα/Φόρτιση	Βέλος
Πρόβολος, συγκεντρωμένο φορτίο στο άκρο	$a_e = PL^3/(3EI)$
Πρόβολος, ομοιόμορφο φορτίο	$a_e = qL^4/(8EI)$
Πρόβολος, τριγωνικό φορτίο (μέγιστο στην στήριξη)	$a_e = qL^4/(30EI)$
Πρόβολος, τριγωνικό φορτίο (μέγιστο στο άκρο)	$a_e = 11qL^4/(120EI)$
Πρόβολος, τριγωνικό φορτίο (μέγιστο στο μεσον)	$a_e = 11qL^4/(192EI)$
Αμφιέριστη, συγκεντρωμένο φορτίο σε απόσταση a	$a_e = \max M \cdot a \cdot (L-a)/(3EI)$
Αμφιέριστη, ομοιόμορφο φορτίο	$a_e = 5qL^4/(384EI)$
Αμφιέριστη, τριγωνικό φορτίο (μέγιστο στην μέση)	$a_e = qL^4/(120EI)$
Μονόπακτη, ομοιόμορφο φορτίο	$a_e = qL^4/(184,6EI)$
Αμφίπακτη, συγκεντρωμένο φορτίο στην μέση	$a_e = PL^3/(192EI)$
Αμφίπακτη, ομοιόμορφο φορτίο	$a_e = qL^4/(384EI)$

Σχήμα 10.1 Συντελεστής η (CEB "MANUEL CEB FISSURATION ET DEFORMATIONS", 1983)

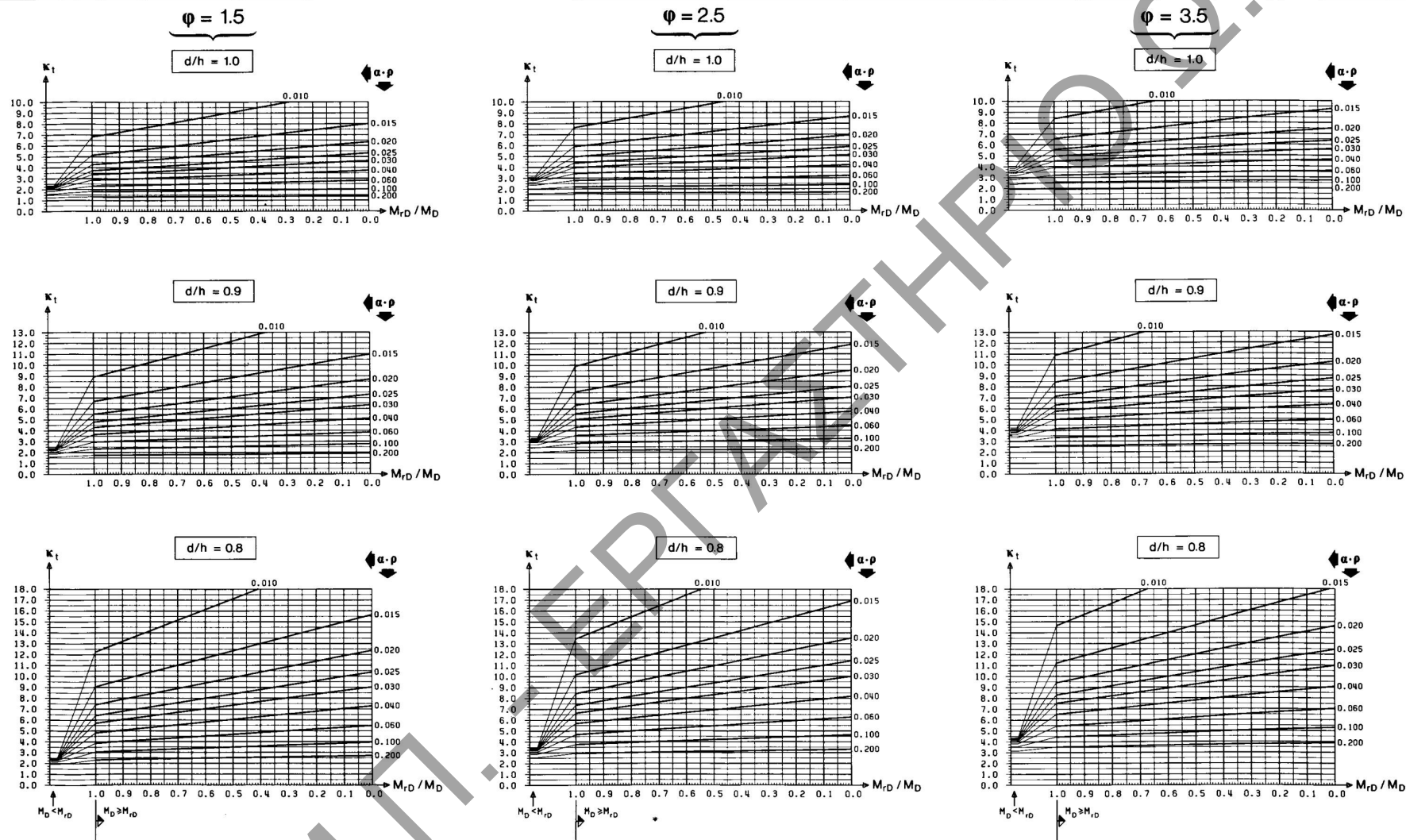
10. Έλεγχος παραμορφώσεων (συνέχεια)



Σχήμα 10.2α Στιγμαίος βέλος, Πρώτη φόρτιση ($\beta_2=1$) $a_0=k_0 \cdot a_c$
(CEB “MANUEL CEB FISSURATION ET DEFORMATIONS”, 1983)

Σχήμα 10.2β Στιγμαίος βέλος, Επαναλαμβανόμενες φορτίσεις ($\beta_2=0,5$) $a_0=k_0 \cdot a_c$
(CEB “MANUEL CEB FISSURATION ET DEFORMATIONS”, 1983)

10. Έλεγχος παραμορφώσεων (συνέχεια)

Σχήμα 10.3 Μακρογρόνιο βέλος, Επαναλαμβανόμενες φορτίσεις ($\beta_2=0.5$) $\alpha \cdot \rho$ (CEB "MANUEL CEB FISSURATION ET DEFORMATIONS", 1983)

11. Ανθεκτικότητα-Επικαλύψεις**11.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες**

Πίνακας 11.1 Κατηγορίες έκθεσης (EC2, Πίνακας 4.1)		
Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής		
X0	Για άοπλο σκυρόδεμα ή σκυρόδεμα χωρίς ενσωματωμένο μέταλλο: όλες οι συνθήκες έκθεσης εκτός περιπτώσεων ύπαρξης ψύξης/απόψυξης, επιφανειακής τριβής ή χημικής προσβολής. Για οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος
2 Διάβρωση από ενανθράκωση		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρος Σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιώσεων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος Εξωτερικό σκυρόδεμα προσβαλλόμενο από τη βροχή
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2
3 Διάβρωση από χλωριούχα		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερομεταφερόμενα χλωριούχα.
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες. Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκασμό χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.
4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων
XS3	Ζώνες παλίνρροιας, παφλασμού και πιτσιλίσματος.	Τμήματα λιμενικών έργων
5. Προσβολή ψύξης / απόψυξης		
XF1	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF2	Μέτριας κλίμακας υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος κατασκευών οδοποιίας εκτεθειμένες σε ψύξη και παράγοντες απόψυξης που μεταφέρονται με τον αέρα.
XF3	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός χωρίς παράγοντα απόψυξης	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες στη βροχή και τον πάγο
XF4	Εκτεταμένος υδρεμποτισμός με παράγοντα απόψυξης ή θαλασσινό νερό	Καταστρώματα οδών ή γεφυρών εκτεθειμένα σε παράγοντες απόψυξης. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε άμεσο ψεκασμό με παράγοντες απόψυξης. Ζώνες παφλασμού σε λιμενικά έργα εκτεθειμένα σε πάγο.
6. Χημική προσβολή		
XA1	Ελαφρώς επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος επιθετικό χημικό περιβάλλον σύμφωνα με το EN 206-1, Πίνακας 2	Φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα

11. Ανθεκτικότητα-Επικαλύψεις (συνέχεια)**11.2 Απαιτήσεις ανθεκτικότητας σκυροδέματος****Πίνακας 11.2 Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος (EC2, Πίνακας E.1N)**

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

11.3 Επικαλύψεις

- Ονομαστική επικάλυψη, c_{nom}

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

c_{min} είναι η ελάχιστη επικάλυψη

Δc_{dev} είναι η σχεδιαστική ανοχή για την αντιμετώπιση αποκλίσεων (συνιστώμενη τιμή ίση με 10mm)

- Ελάχιστη επικάλυψη, c_{min}

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

όπου:

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

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

$\Delta c_{dur,\gamma}$ πρόσθετη ασφάλεια στοιχείου (συνιστώμενη τιμή 0)

$\Delta c_{dur,st}$ απομείωση της ελάχιστης επικάλυψης σε περίπτωση χρήσης ανοξείδωτου χάλυβα (συνιστώμενη τιμή 0)

$\Delta c_{dur,add}$ απομείωση της ελάχιστης επικάλυψης σε περίπτωση πρόσθετης προστασίας (συνιστώμενη τιμή 0)

11. Ανθεκτικότητα-Επικαλύψεις (συνέχεια)

Πίνακας 11.3 Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυψης $c_{min,b}$, από άποψη συνάφειας (EC2, Πίνακας 4.2)	
Απαίτηση συνάφειας	
Διάταξη ράβδων	Ελάχιστη επικάλυψη $c_{min,b}$ *
Μεμονωμένες	Διάμετρος ράβδου
Δεσμίδα	Ισοδύναμη διάμετρος (Φ_n) **
* Εάν η μέγιστη ονομαστική διάσταση των αδρανών είναι μεγαλύτερη από 32 mm, τότε η $c_{min,b}$ πρέπει να προσανξάνεται κατά 5 mm.	
** Η δέσμη ράβδων αντικαθίσταται από μια ιδεατή ράβδου που έχει το ίδιο εμβαδόν διατομής και το ίδιο κέντρο βάρους με την δέσμη. Η ισοδύναμη διάμετρος Φ_n της ιδεατής ράβδου είναι: $\Phi_n = \Phi \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm}$ 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, και $n_b \leq 3$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις.	

Πίνακας 11.4 Απαιτήσεις ελάχιστης επικάλυψης, $c_{min,dur}$, από άποψη ανθεκτικότητας σε διάρκεια για χάλυβα οπλισμού (EC2, Πίνακας 4.4N)							
Περιβαλλοντολογική απαίτηση							
Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης (Πίνακας 11.1)						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Πίνακας 11.5 Συνιστώμενη κατηγοριοποίηση κατασκευών (EC2, Πίνακας 4.3N)							
Κατηγορία Κατασκευής							
Κριτήριο	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα (Πίνακα 11.1)						
	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	$\geq C30/37$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C30/37$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C35/45$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C40/50$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C40/50$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C40/50$ μείωση κατηγορίας κατά 1	$\geq C45/55$ 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
Η συνιστώμενη Κατηγορία Κατασκευής (για χρόνο ζωής σχεδιασμού 50 έτη) είναι S4 για τις ενδεικτικές αντοχές του σκυροδέματος του Πίνακα 10.2 (EC2, Πίνακας E.1N). Η συνιστώμενη ελάχιστη Κατηγορία Κατασκευής είναι S1.							

12. Πλάκες

12.1 Πίνακας Pieper-Martens

(από Ε.Μ.Π, “Σημειώσεις για τις Κατασκευές από Ω.Σ.”)

Πίνακ. I

l_y/l_x	f_x	f_y
1.0	272	272
1.1	274	279
1.2	291	291
1.3	308	309
1.4	328	328
1.5	347	347
1.6	361	361
1.7	373	373
1.8	385	385
1.9	394	394
2.0	403	403
→∞	8.0	*

Πίνακ. II

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x
1.0	291	291	11.9
1.1	293	292	10.9
1.2	290	298	10.1
1.3	289	306	9.6
1.4	287	318	9.2
1.5	285	335	8.9
1.6	287	348	8.7
1.7	288	361	8.5
1.8	290	373	8.4
1.9	291	384	8.3
2.0	293	395	8.2
→∞	8.0	*	8.0

Πίνακ. III

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x
1.0	380	30.6	14.3
1.1	392	30.2	12.7
1.2	408	30.3	11.5
1.3	411	31.0	10.7
1.4	424	32.2	10.0
1.5	438	33.8	9.5
1.6	448	35.9	9.2
1.7	456	38.3	8.9
1.8	467	41.1	8.7
1.9	480	44.9	8.5
2.0	494	46.3	8.4
→∞	8.0	*	8.0

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x
1.0	291	328	11.9
1.1	296	34.5	10.9
1.2	295	36.8	10.2
1.3	292	38.8	9.7
1.4	285	40.9	9.3
1.5	282	42.7	9.0
1.6	282	44.1	8.8
1.7	284	45.3	8.6
1.8	288	46.5	8.4
1.9	293	47.2	8.3
2.0	299	47.9	8.3
→∞	10.2	*	8.0

Πίνακ. IV

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1.0	332	33.2	4.3	14.3
1.1	323	34.1	12.7	13.6
1.2	293	35.5	11.5	13.1
1.3	270	37.7	10.7	12.8
1.4	255	39.9	10.0	12.6
1.5	239	41.9	9.6	12.4
1.6	228	43.5	9.2	12.3
1.7	219	44.9	8.9	12.2
1.8	212	46.2	8.7	12.2
1.9	206	47.2	8.5	12.2
2.0	201	48.3	8.4	12.2
→∞	10.2	*	8.0	11.2

Πίνακ. V

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1.0	336	37.3	16.2	18.3
1.1	292	38.7	14.8	17.7
1.2	244	40.4	13.9	17.5
1.3	218	42.7	13.2	17.5
1.4	198	45.1	12.7	17.5
1.5	183	47.5	12.5	17.5
1.6	172	49.5	12.3	17.5
1.7	163	51.4	12.2	17.5
1.8	156	53.3	12.1	17.5
1.9	150	55.1	12.0	17.5
2.0	146	56.9	12.0	17.5
→∞	12.0	*	12.0	17.5

Πίνακ. VI

l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1.0	368	36.8	19.4	19.4
1.1	302	38.1	17.1	18.4
1.2	257	40.6	15.5	17.9
1.3	227	43.5	14.5	17.6
1.4	204	47.1	13.7	17.5
1.5	187	50.6	13.2	17.5
1.6	175	52.8	12.8	17.5
1.7	165	54.5	12.5	17.5
1.8	157	56.1	12.3	17.5
1.9	151	57.3	12.1	17.5
2.0	147	58.3	12.0	17.5
→∞	12.0	*	12.0	17.5

12. Πλάκες (συνέχεια)

12.2 Πίνακες Markus

(από Ε.Μ.Π., “Σημειώσεις για τις Κατασκευές από Ω.Σ.”)

Συντελεστές κατανομής φορτίου τετραερείστων πλακών (Σταδιο λειτουργίας)

$q_x = \kappa \cdot q$							$q_y = (1 - \kappa) \cdot q$						
$\varepsilon = l_y / l_x$	κ_1	κ_2	κ_3	κ_4	κ_5	κ_6	κ_1	κ_2	κ_3	κ_4	κ_5	κ_6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.60	0.115	0.245	0.393	0.115	0.206	0.115	1.00	0.500	0.714	0.633	0.500	0.667	0.500
0.61	0.122	0.257	0.409	0.122	0.217	0.122	1.01	0.510	0.722	0.639	0.510	0.676	0.510
0.62	0.129	0.270	0.425	0.129	0.228	0.129	1.02	0.520	0.730	0.644	0.520	0.684	0.520
0.63	0.136	0.083	0.441	0.136	0.240	0.136	1.03	0.530	0.738	0.649	0.530	0.692	0.530
0.64	0.144	0.296	0.456	0.144	0.251	0.144	1.04	0.539	0.745	0.654	0.539	0.701	0.539
0.65	0.151	0.309	0.472	0.151	0.263	0.151	1.05	0.549	0.752	0.659	0.549	0.709	0.549
0.66	0.159	0.322	0.487	0.159	0.275	0.159	1.06	0.558	0.759	0.663	0.558	0.716	0.558
0.67	0.168	0.335	0.502	0.168	0.287	0.168	1.07	0.567	0.766	0.668	0.567	0.724	0.567
0.68	0.176	0.348	0.517	0.176	0.300	0.176	1.08	0.576	0.773	0.672	0.576	0.731	0.576
0.69	0.185	0.362	0.531	0.185	0.312	0.185	1.09	0.585	0.779	0.676	0.585	0.739	0.585
0.70	0.194	0.375	0.546	0.194	0.324	0.194	1.10	0.594	0.785	0.680	0.594	0.745	0.594
0.71	0.203	0.389	0.560	0.203	0.337	0.203	1.11	0.603	0.792	0.684	0.603	0.752	0.603
0.72	0.212	0.402	0.575	0.212	0.350	0.212	1.12	0.611	0.797	0.687	0.611	0.759	0.611
0.73	0.221	0.415	0.589	0.221	0.362	0.221	1.13	0.620	0.803	0.691	0.620	0.765	0.620
0.74	0.231	0.429	0.600	0.231	0.375	0.231	1.14	0.628	0.809	0.694	0.628	0.772	0.628
0.75	0.240	0.442	0.613	0.240	0.388	0.240	1.15	0.636	0.814	0.697	0.636	0.778	0.636
0.76	0.250	0.455	0.625	0.250	0.400	0.250	1.16	0.644	0.819	0.699	0.644	0.784	0.644
0.77	0.260	0.468	0.637	0.260	0.413	0.260	1.17	0.652	0.824	0.704	0.652	0.789	0.652
0.78	0.270	0.481	0.649	0.270	0.425	0.270	1.18	0.660	0.829	0.706	0.660	0.795	0.660
0.79	0.280	0.493	0.661	0.280	0.438	0.280	1.19	0.667	0.834	0.709	0.667	0.800	0.667
0.80	0.291	0.506	0.672	0.291	0.450	0.291	1.20	0.675	0.838	0.712	0.675	0.806	0.675
0.81	0.301	0.518	0.683	0.301	0.463	0.301	1.22	0.689	0.847	0.717	0.689	0.816	0.689
0.82	0.311	0.531	0.693	0.311	0.475	0.311	1.24	0.703	0.855	0.722	0.703	0.825	0.703
0.83	0.322	0.543	0.703	0.322	0.487	0.322	1.26	0.716	0.863	0.726	0.716	0.834	0.716
0.84	0.332	0.555	0.713	0.332	0.499	0.332	1.28	0.729	0.870	0.730	0.729	0.843	0.729
0.85	0.343	0.566	0.723	0.343	0.511	0.343	1.30	0.741	0.877	0.734	0.741	0.851	0.741
0.86	0.354	0.578	0.732	0.354	0.523	0.354	1.32	0.752	0.883	0.738	0.752	0.859	0.752
0.87	0.364	0.589	0.741	0.364	0.534	0.364	1.34	0.763	0.889	0.742	0.763	0.865	0.763
0.88	0.375	0.600	0.750	0.375	0.545	0.375	1.36	0.774	0.895	0.745	0.774	0.872	0.774
0.89	0.386	0.611	0.758	0.386	0.557	0.386	1.38	0.784	0.901	0.748	0.784	0.879	0.784
0.90	0.396	0.621	0.766	0.396	0.568	0.396	1.40	0.794	0.906	0.751	0.794	0.885	0.794
0.91	0.407	0.631	0.774	0.407	0.578	0.407	1.42	0.803	0.910	0.753	0.803	0.890	0.803
0.92	0.417	0.647	0.782	0.417	0.589	0.417	1.44	0.811	0.915	0.755	0.811	0.896	0.811
0.93	0.428	0.652	0.789	0.428	0.599	0.428	1.46	0.820	0.919	0.757	0.820	0.901	0.820
0.94	0.438	0.661	0.797	0.438	0.610	0.438	1.48	0.827	0.923	0.759	0.827	0.905	0.827
0.95	0.449	0.671	0.803	0.449	0.620	0.449	1.50	0.835	0.927	0.761	0.835	0.910	0.835
0.96	0.459	0.680	0.809	0.459	0.630	0.459	1.52	0.842	0.930	0.763	0.842	0.914	0.842
0.97	0.470	0.689	0.816	0.470	0.639	0.470	1.54	0.849	0.933	0.765	0.849	0.918	0.849
0.98	0.480	0.698	0.822	0.480	0.649	0.480	1.56	0.856	0.936	0.767	0.856	0.922	0.856
0.99	0.490	0.706	0.828	0.490	0.658	0.490	1.58	0.863	0.939	0.769	0.863	0.925	0.863
1.00	0.500	0.714	0.833	0.500	0.667	0.500	1.60	0.869	0.942	0.770	0.869	0.929	0.869

$\varepsilon = l_y / l_x$	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6
1	2	3	4	5	6	7
0.60	0.115	0.245	0.393	0.115	0.206	0.115
0.61	0.122	0.257	0.409	0.122	0.217	0.122
0.62	0.129	0.270	0.425	0.129	0.228	0.129
0.63	0.136	0.083	0.441	0.136	0.240	0.136
0.64	0.144	0.296	0.456	0.144	0.251	0.144
0.65	0.151	0.309	0.472	0.151	0.263	0.151
0.66	0.159	0.322	0.487	0.159	0.275	0.159
0.67	0.168	0.335	0.502	0.168	0.287	0.168
0.68	0.176	0.348	0.517	0.176	0.300	0.176
0.69	0.185	0.362	0.531	0.185	0.312	0.185
0.70	0.194	0.375	0.546	0.194	0.324	0.194
0.71	0.203	0.389	0.560	0.203	0.337	0.203
0.72	0.212	0.402	0.575	0.212	0.350	0.212
0.73	0.221	0.415	0.589	0.221	0.362	0.221
0.74	0.231	0.429	0.600	0.231	0.375	0.231
0.75	0.240	0.442	0.613	0.240	0.388	0.240
0.76	0.250	0.455	0.625	0.250	0.400	0.250
0.77	0.260	0.468	0.637	0.260	0.413	0.260
0.78	0.270	0.481	0.649	0.270	0.425	0.270
0.79	0.280	0.493	0.661	0.280	0.438	0.280
0.80	0.291	0.506	0.672	0.291	0.450	0.291
0.81	0.301	0.518	0.683	0.301	0.463	0.301
0.82	0.311	0.531	0.693	0.311	0.475	0.311
0.83	0.322	0.543	0.703	0.322	0.487	0.322
0.84	0.332	0.555	0.713	0.332	0.499	0.332
0.85	0.343	0.566	0.723	0.343	0.511	0.343
0.86	0.354	0.578	0.732	0.354	0.523	0.354
0.87	0.364	0.589	0.741	0.364	0.534	0.364
0.88	0.375	0.600	0.750	0.375	0.545	0.375
0.89	0.386	0.611	0.758	0.386	0.557	0.386
0.90	0.396	0.621	0.766	0.396	0.568	0.396
0.91	0.407	0.631	0.774	0.407	0.578	0.407
0.92	0.417	0.647	0.782	0.417	0.589	0.417
0.93	0.428	0.652	0.789	0.428	0.599	0.428
0.94	0.438	0.661	0.797	0.438	0.610	0.438
0.95	0.449	0.671	0.803	0.449	0.620	0.449
0.96	0.459	0.680	0.809	0.459	0.630	0.459
0.97	0.470	0.689	0.816	0.470	0.639	0.470
0.98	0.480	0.698	0.822	0.480	0.649	0.480
0.99	0.490	0.706	0.828	0.490	0.658	0.490
1.00	0.500	0.714	0.833	0.500	0.667	0.500

$q_x = (1 - \rho) \cdot q$

$q_y = \rho \cdot q$

Συντελεστές, v , υπολογισμού ροπών ανοιγμάτων τετραερείστων πλακών

$\varepsilon = l_y / l_x$	$l_y \begin{matrix} 1 \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 2 \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 3 \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 4 \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 5 \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 6 \\ l_x \end{matrix}$	$\varepsilon = l_y / l_x$				
	$v_{1x} = v_{1y}$	v_{2x}	v_{2y}	v_{3x}	v_{3y}	$v_{4x} = v_{4y}$	v_{5x}	v_{5y}	$v_{6x} = v_{6y}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0.50	0.804	0.746	0.820	0.735	0.841	0.890	0.876	0.896	0.935	0.50	
0.55	0.769	0.711	0.795	0.712	0.828	0.869	0.858	0.881	0.923	0.55	
0.60	0.734	0.682	0.774	0.696	0.818	0.851	0.841	0.866	0.911	0.60	
0.65	0.701	0.657	0.757	0.690	0.815	0.832	0.827	0.854	0.900	0.65	
0.70	0.671	0.641	0.745	0.691	0.815	0.815	0.816	0.845	0.890	0.70	
0.75	0.644	0.633	0.739	0.698	0.819	0.799	0.809	0.839	0.881	0.75	
0.80	0.621	0.625	0.734	0.708	0.825	0.787	0.804	0.835	0.874	0.80	
0.85	0.604	0.633	0.740	0.723	0.833	0.777	0.805	0.835	0.868	0.85	
0.90	0.592	0.641	0.745	0.737	0.842	0.771	0.805	0.836	0.864	0.90	
0.95	0.587	0.653	0.753	0.751	0.852	0.768	0.810	0.840	0.862	0.95	
1.00	0.583	0.665	0.762	0.768	0.861	0.766	0.815	0.844	0.861	1.00	
1.10	0.591	0.695	0.783	0.798	0.879	0.770	0.829	0.856	0.864	1.10	
1.20	0.610	0.727	0.806	0.824	0.894	0.780	0.844	0.869	0.870	1.20	
1.30	0.635	0.757	0.827	0.846	0.908	0.794	0.860	0.882	0.878	1.30	
1.40	0.663	0.793	0.846	0.865	0.919	0.810	0.875	0.894	0.888	1.40	
1.50	0.691	0.807	0.863	0.881	0.929	0.825	0.888	0.905	0.897	1.50	
1.60	0.718	0.827	0.877	0.895	0.937	0.841	0.899	0.915	0.906	1.60	
1.70	0.742	0.845	0.890	0.906	0.944	0.855	0.909	0.923	0.914	1.70	
1.80	0.765	0.860	0.901	0.916	0.950	0.868	0.918	0.931	0.922	1.80	
1.90	0.786	0.874	0.910	0.924	0.955	0.879	0.926	0.937	0.929	1.90	
2.00	0.804	0.888	0.919	0.931	0.959	0.890	0.933	0.943	0.935	2.00	
	$v'_{1x} = v'_{1y}$	v'_{2x}	v'_{2y}	v'_{3x}	v'_{3y}	$v'_{4x} = v'_{4y}$	v'_{5x}	v'_{5y}	$v'_{6x} = v'_{6y}$		
$\varepsilon = l_x / l_y$	$l_y \begin{matrix} 1' \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 2' \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 3' \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 4' \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 5' \\ l_x \end{matrix}$	$l_y \begin{matrix} 6' \\ l_x \end{matrix}$	$\varepsilon = l_x / l_y$				

12. Πλάκες (συνέχεια)

12.3 Πίνακες Czerny

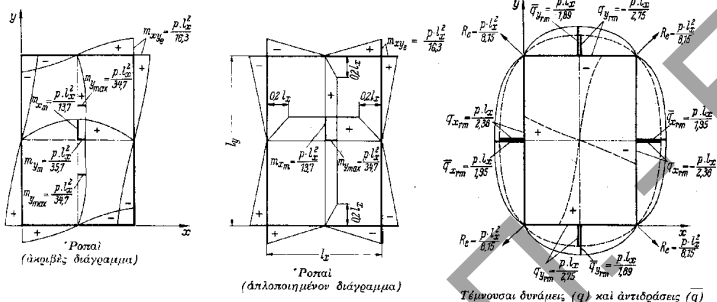
(BETON KALENDER, Ελληνική έκδοση από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος, 1970)

2.2. Πίνακες τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών με ομοιόμορφη καθολικήν φόρτιση

2.2.1 Έλευθερα εδρασίς των τεσσάρων παρυφών

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{x0} =$	27,2	24,5	22,4	20,7	19,1	17,8	16,8	15,8	15,0	14,3	13,7
$m_{y0} =$	27,2	27,5	27,9	28,4	29,1	29,9	30,9	31,8	32,8	33,8	34,7
$m_{x0} = \pm$	21,6	20,6	19,7	19,0	18,4	17,9	17,5	17,1	16,8	16,5	16,3
$R_e =$	10,8	10,3	9,85	9,5	9,2	8,95	8,75	8,55	8,4	8,25	8,15
$\bar{q}_{x0} =$	2,19	2,15	2,11	2,07	2,04	2,02	2,00	1,98	1,97	1,96	1,95
$\bar{q}_{y0} =$	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,99	1,96	1,94	1,92	1,90	1,89
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0487	0,0536	0,0584	0,0631	0,0678	0,0728	0,0767	0,0809	0,0850	0,0890	0,0927

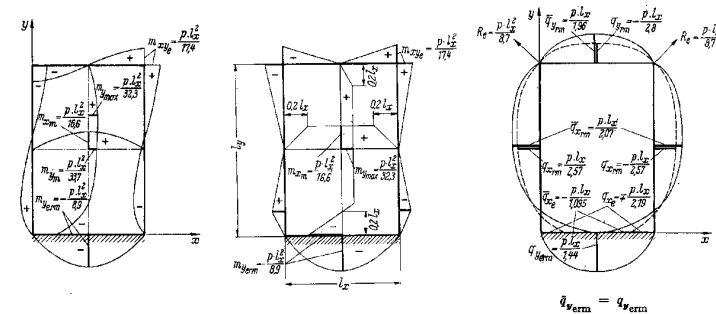
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x0} =$	13,7	13,2	12,7	12,3	11,9	11,5	11,3	11,0	10,8	10,6	10,4
$m_{y0} =$	34,7	35,4	36,1	36,7	37,3	37,9	38,5	38,9	39,4	39,8	40,3
$m_{x0} = \pm$	16,3	16,1	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4	15,3	15,3	15,2	15,1
$R_e =$	8,15	8,05	7,95	7,85	7,8	7,75	7,7	7,65	7,65	7,6	7,55
$\bar{q}_{x0} =$	1,95	1,94	1,93	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
$\bar{q}_{y0} =$	1,89	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,82	1,82	1,82
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0927	0,0963	0,0997	0,1029	0,1060	0,1093	0,1118	0,1145	0,1169	0,1195	0,1215



2.2.2. Πλήρης πάκτωσις μιάς παρυφής και έλευθερά εδρασίς των τριών άλλων

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{x0} =$	41,2	36,5	31,9	28,3	25,0	23,4	21,7	20,1	18,8	17,5	16,6
$m_{y0} =$	11,9	11,3	10,9	10,4	10,1	9,8	9,6	9,3	9,2	9,0	8,9
$m_{x0} = \pm$	29,4	29,0	28,8	28,8	28,9	29,2	29,7	30,2	30,8	31,6	32,3
$m_{y0} = \pm$	26,2	24,5	23,2	21,9	21,0	20,1	19,4	18,7	18,3	17,7	17,4
$R_e =$	13,1	12,2	11,6	10,9	10,5	10,0	9,7	9,3	9,1	8,8	8,7
$\bar{q}_{x0} =$	2,59	2,49	2,42	2,34	2,29	2,23	2,19	2,15	2,12	2,09	2,07
$\bar{q}_{y0} =$	1,72	1,67	1,63	1,59	1,56	1,53	1,51	1,49	1,47	1,45	1,44
$\bar{q}_{y0} =$	2,47	2,38	2,29	2,23	2,17	2,12	2,08	2,04	2,01	1,98	1,96
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0334	0,0378	0,0422	0,0467	0,0512	0,0557	0,0602	0,0645	0,0689	0,0731	0,0773

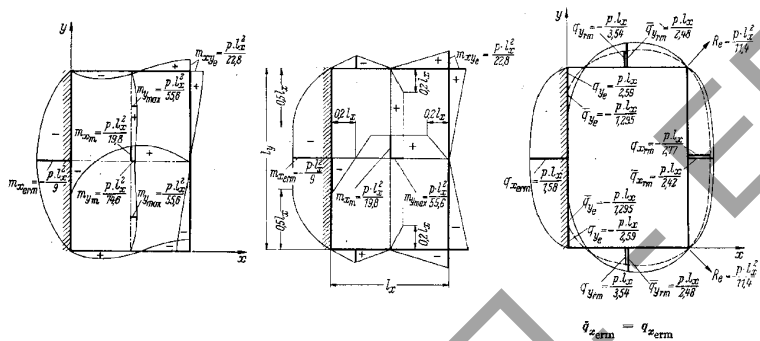
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x0} =$	16,6	15,7	15,0	14,3	13,8	13,2	12,8	12,3	12,0	11,6	11,4
$m_{y0} =$	8,0	8,8	8,7	8,6	8,5	8,45	8,4	8,35	8,3	8,25	8,2
$m_{x0} = \pm$	32,3	33,0	33,6	34,3	34,9	35,6	36,2	36,9	37,5	38,2	38,8
$m_{y0} = \pm$	17,4	17,0	16,8	16,5	16,3	16,1	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4
$R_e =$	8,7	8,5	8,4	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,8	7,7	7,7
$\bar{q}_{x0} =$	2,07	2,05	2,03	2,01	1,99	1,98	1,97	1,96	1,96	1,95	1,95
$\bar{q}_{y0} =$	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,39	1,39	1,38	1,38	1,37	1,37
$\bar{q}_{y0} =$	1,96	1,94	1,92	1,90	1,89	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,84
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0773	0,0815	0,0852	0,0892	0,0926	0,0962	0,0994	0,1027	0,1058	0,1085	0,1112



12. Πλάκες (συνέχεια)

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	11,9	11,3	10,9	10,5	10,2	9,9	9,7	9,4	9,3	9,1	9,0
$m_{xrm} =$	31,4	29,2	27,3	25,8	24,5	23,4	22,4	21,6	21,0	20,3	19,8
$m_{ymax} =$	$p \cdot l_x^2$	41,2	43,2	45,1	47,1	48,8	50,3	51,8	53,2	54,3	55,6
$m_{yve} = \pm$	26,2	25,4	24,9	24,4	24,0	23,7	23,5	23,2	23,0	22,9	22,8
$R_e =$	13,1	12,7	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,6	11,5	11,4	11,4
$q_{xerm} =$	1,72	1,69	1,67	1,65	1,63	1,62	1,61	1,60	1,59	1,58	1,58
$\bar{q}_{xrm} =$	$p \cdot l_x$	2,47	2,44	2,42	2,41	2,41	2,40	2,40	2,41	2,41	2,42
$\bar{q}_{yrm} =$	2,59	2,56	2,54	2,52	2,51	2,50	2,49	2,49	2,48	2,48	2,48
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0334	0,0357	0,0380	0,0401	0,0420	0,0438	0,0455	0,0472	0,0485	0,0498	0,0510

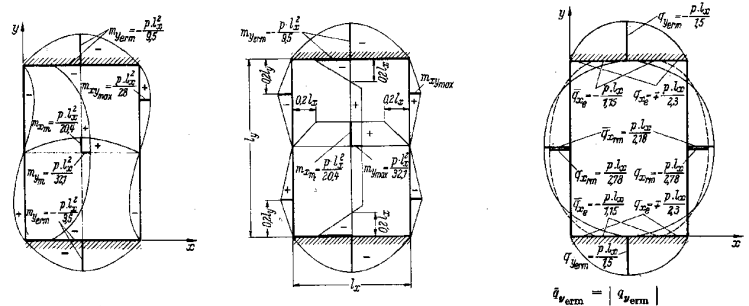
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,3	8,3
$m_{xrm} =$	19,8	19,4	19,0	18,6	18,3	18,0	17,8	17,5	17,4	17,2	17,1
$m_{ymax} =$	$p \cdot l_x^2$	55,6	56,2	56,8	57,3	57,8	58,2	58,6	59,0	59,1	59,2
$m_{yve} = \pm$	22,8	22,7	22,6	22,5	22,5	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4	22,4
$R_e =$	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
$q_{xerm} =$	1,58	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
$\bar{q}_{xrm} =$	$p \cdot l_x$	2,42	2,42	2,43	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,49	2,50
$\bar{q}_{yrm} =$	2,48	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0510	0,0521	0,0531	0,0541	0,0549	0,0556	0,0562	0,0569	0,0575	0,0580	0,0585

Διαγράμματα των εντατικών μεγεθών τομής δια λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

2.2.3. Πλήρης πάκτωση δύο αντίκειμένων παρυφών και ελεύθερα έδρασης των δύο άλλων

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xrm} =$	63,3	52,2	46,1	39,8	35,5	31,5	28,5	25,8	23,7	22,0	20,4
$m_{yerm} = -$	$p \cdot l_x^2$	14,3	13,4	12,7	12,0	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	9,75
$m_{ymax} =$	36,1	33,7	32,9	32,2	31,7	31,3	31,2	31,2	31,4	31,7	32,1
$\bar{q}_{xrm} =$	$p \cdot l_x$	2,95	2,82	2,71	2,60	2,52	2,44	2,38	2,32	2,27	2,22
$q_{yerm} = \pm$	1,94	1,86	1,80	1,74	1,69	1,65	1,61	1,58	1,55	1,52	1,50
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0230	0,0266	0,0303	0,0343	0,0388	0,0426	0,0467	0,0510	0,0553	0,0596	0,0639

$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xrm} =$	20,4	19,0	17,9	16,9	16,0	15,2	14,6	13,9	13,4	12,9	12,5
$m_{yerm} = -$	$p \cdot l_x^2$	9,5	9,3	9,2	9,05	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4
$m_{ymax} =$	32,1	32,7	33,3	34,0	34,9	35,9	37,1	38,3	39,7	41,1	42,4
$\bar{q}_{xrm} =$	$p \cdot l_x$	2,18	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,03	2,01	2,00	1,99
$q_{yerm} = \pm$	1,50	1,47	1,46	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,40	1,39	1,39
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0639	0,0681	0,0722	0,0762	0,0802	0,0840	0,0878	0,0914	0,0949	0,0982	0,1013

Διαγράμματα των εντατικών μεγεθών τομής δια λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

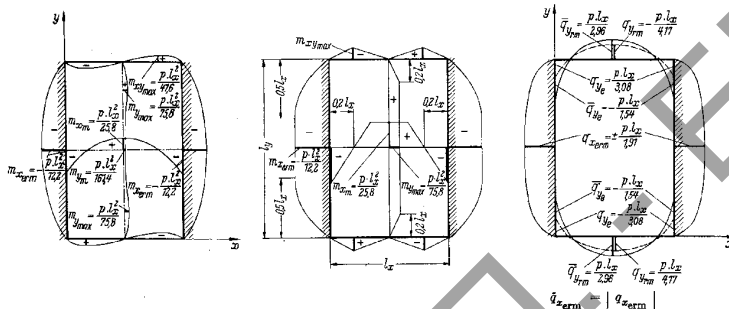
12. Πλάκες (συνέχεια)

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{x\text{ερμ}} = -$	14,3	13,8	13,5	13,2	13,0	12,7	12,6	12,4	12,3	12,2	12,2
$m_{x\text{α}} = -$	35,1	33,0	31,7	30,4	29,4	28,5	27,8	27,1	26,6	26,1	25,8
$m_{y\text{max}} = -$	61,7	64,5	67,2	69,6	71,5	72,8	73,5	74,1	74,6	75,3	75,8
$q_{x\text{ερμ}} = \pm$	1,94	1,92	1,91	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,91
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,96
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0230	0,0241	0,0251	0,0260	0,0267	0,0275	0,0280	0,0285	0,0289	0,0293	0,0297

$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x\text{ερμ}} = -$	12,2	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$m_{x\text{α}} = -$	25,8	25,4	25,2	24,9	24,7	24,5	24,4	24,3	24,2	24,1	24,1
$m_{y\text{max}} = -$	75,8	76,5	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
$q_{x\text{ερμ}} = \pm$	1,91	1,91	1,92	1,92	1,93	1,93	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0297	0,0300	0,0302	0,0305	0,0307	0,0308	0,0309	0,0310	0,0311	0,0312	0,0313

184

Πίνακες τετραπλεύριων ορθογωνικών πλακών

Διαγράμματα των εντατικών μεγεθών τομής διά λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

185

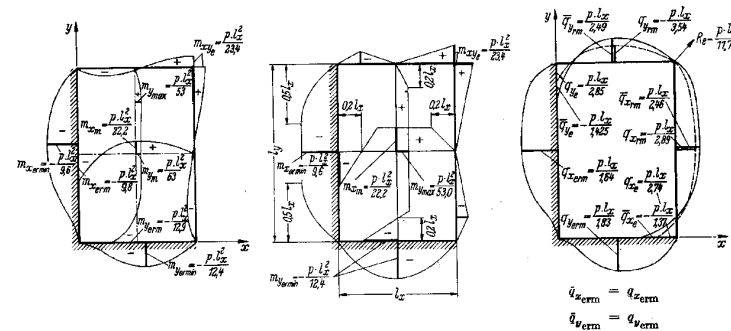
2.2.4. Πλήρης πάκτωση δύο γειτονικών κορυφών και ελεύθερα έδρασις των δύο άλλων

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{x\text{ερμ}} = -$	14,3	13,3	12,7	12,0	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	9,8	9,6
$m_{x\text{α}} = -$	42,7	38,0	35,1	32,2	30,0	28,0	26,5	25,2	24,1	23,1	22,2
$m_{y\text{ερμ}} = -$	14,3	13,8	13,6	13,3	13,1	12,9	12,8	12,7	12,6	12,5	12,4
$m_{y\text{max}} = -$	40,2	41,0	42,0	42,9	44,0	45,6	47,6	49,6	51,0	52,1	53,0
$q_{x\text{ερμ}} = -$	1,96	1,89	1,83	1,78	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65	1,64	1,64
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,76	2,69	2,64	2,58	2,55	2,53	2,51	2,49	2,47	2,46	2,46
$q_{y\text{ερμ}} = -$	1,96	1,93	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,84	1,84	1,83	1,83
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,76	2,69	2,65	2,61	2,59	2,56	2,54	2,52	2,51	2,50	2,49
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0252	0,0261	0,0269	0,0275	0,0280	0,0285	0,0289	0,0293	0,0296	0,0298	0,0300

$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x\text{ερμ}} = -$	9,6	9,4	9,2	9,1	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,4
$m_{x\text{α}} = -$	22,2	21,6	21,0	20,4	19,9	19,5	19,1	18,7	18,4	18,1	17,9
$m_{y\text{ερμ}} = -$	12,4	12,3	12,3	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
$m_{y\text{max}} = -$	53,0	54,1	54,8	55,6	56,3	57,0	57,7	58,3	59,0	59,6	60,2
$q_{x\text{ερμ}} = -$	1,64	1,63	1,63	1,62	1,62	1,61	1,60	1,60	1,59	1,59	1,58
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,46	2,46	2,46	2,47	2,47	2,47	2,48	2,48	2,48	2,49	2,49
$q_{y\text{ερμ}} = -$	1,83	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
$\bar{q}_{y\text{ερμ}} = -$	2,49	2,49	2,49	2,49	2,48	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,47
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0459	0,0472	0,0484	0,0496	0,0508	0,0519	0,0529	0,0538	0,0547	0,0554	0,0562

186

Πίνακες τετραπλεύριων ορθογωνικών πλακών

Διαγράμματα των εντατικών μεγεθών τομής διά λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

187

12. Πλάκες (συνέχεια)

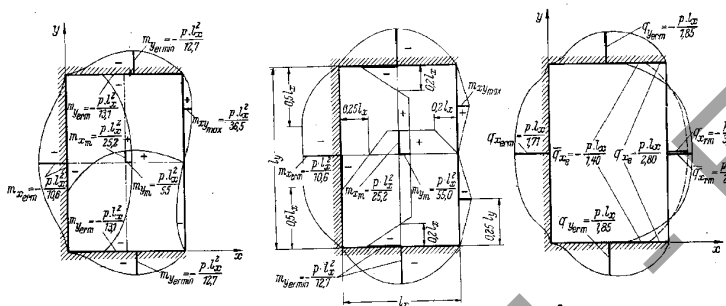
2.2.5. Πλήρης πάκτωση τριών παρυφών και ελεύθερα έδρασης της τετάρτης

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	18,3	16,6	15,4	14,4	13,5	12,7	12,2	11,6	11,2	10,9	10,6
$m_{xm} = -$	59,5	51,6	46,1	41,4	37,5	34,2	31,8	29,6	28,0	26,4	25,2
$m_{yerm} = -$	16,2	15,4	14,8	14,3	13,9	13,5	13,3	13,1	13,0	12,8	12,7
$m_{ym} = -$	44,1	43,6	43,7	44,2	44,8	45,3	46,9	48,6	50,3	52,3	55,0
$q_{xerm} =$	2,21	2,10	2,01	1,95	1,89	1,85	1,81	1,78	1,76	1,73	1,71
$q_{xm} =$	3,04	2,92	2,84	2,77	2,70	2,65	2,61	2,57	2,54	2,52	2,51
$q_{yerm} = \pm$	2,11	2,05	2,00	1,97	1,94	1,91	1,89	1,87	1,86	1,85	1,85
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0188	0,0212	0,0236	0,0260	0,0284	0,0308	0,0329	0,0351	0,0371	0,0391	0,0409

$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	10,6	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,4	9,2	9,0	8,9	8,8
$m_{xm} = -$	26,2	24,2	23,3	22,5	21,7	21,1	20,5	20,0	19,5	19,1	18,7
$m_{yerm} = -$	12,7	12,6	12,6	12,5	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
$m_{ym} = -$	55,0	58,2	61,6	65,6	70,4	75,0	79,6	84,7	89,8	95,4	101,0
$q_{xerm} =$	1,71	1,70	1,69	1,68	1,67	1,66	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61
$q_{xm} =$	2,51	2,50	2,50	2,49	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,47	2,47
$q_{yerm} = \pm$	1,85	1,84	1,84	1,84	1,83	1,83	1,83	1,83	1,82	1,82	1,82
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0409	0,0426	0,0442	0,0457	0,0471	0,0484	0,0496	0,0507	0,0518	0,0529	0,0539

188

Πίνακες τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών

Διαγράμματα των έντατικών μεγεθών τομής διά λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

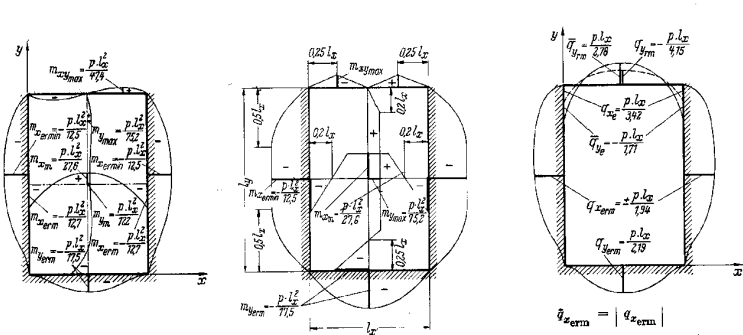
189

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	16,2	15,3	14,8	14,2	13,9	13,5	13,2	12,9	12,7	12,6	12,5
$m_{xm} = -$	44,1	40,5	37,9	35,5	33,8	32,3	31,9	29,9	29,0	28,2	27,6
$m_{yerm} = -$	18,3	17,9	17,7	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ym} = -$	55,9	57,5	60,3	64,2	66,2	67,7	69,0	70,5	72,0	73,4	75,2
$q_{xerm} = \pm$	2,11	2,05	2,01	1,97	1,96	1,94	1,93	1,92	1,92	1,93	1,94
$q_{xm} =$	2,21	2,14	2,10	2,09	2,09	2,10	2,11	2,12	2,13	2,16	2,19
$q_{yerm} = \pm$	3,04	2,93	2,87	2,83	2,81	2,79	2,79	2,78	2,78	2,78	2,78
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0188	0,0202	0,0214	0,0226	0,0236	0,0245	0,0253	0,0261	0,0268	0,0274	0,0280

190

Πίνακες τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών

$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	12,5	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0
$m_{xm} = -$	27,6	27,0	26,5	26,1	25,7	25,3	25,1	24,9	24,7	24,6	24,5
$m_{yerm} = -$	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{ym} = -$	75,2	78,9	78,7	80,5	82,5	84,6	86,8	89,2	91,7	94,3	97,0
$q_{xerm} = \pm$	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95
$q_{xm} =$	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,20	2,20	2,20	2,21	2,21	2,21
$q_{yerm} = \pm$	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	0,0280	0,0285	0,0289	0,0294	0,0298	0,301	0,303	0,305	0,307	0,308	0,309

Διαγράμματα των έντατικών μεγεθών τομής διά λόγον πλευρών $l_y : l_x = 1,5$

191

12. Πλάκες (συνέχεια)

2.2.6. Πλήρης πάκτωση των τεσσάρων περιφερών

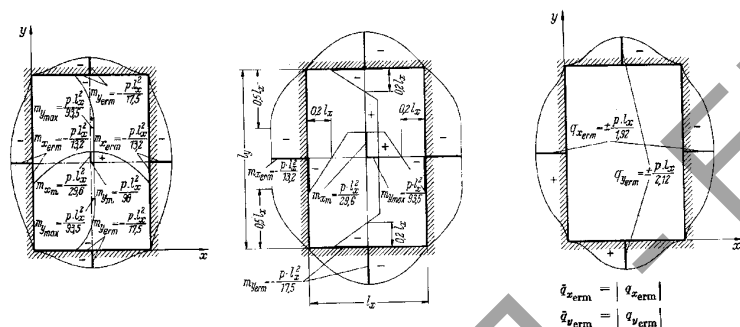
$l_y : l_z$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xerm} = -$	19,4	18,2	17,1	16,3	15,5	14,9	14,5	14,0	13,7	13,4	13,2
$m_{xrm} = -$	56,8	50,6	46,1	42,4	39,4	37,0	34,8	33,3	31,9	30,6	29,6
$m_{yerm} = -$	19,4	18,8	18,4	18,1	17,9	17,7	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{yrm} = -$	56,8	58,3	60,3	62,6	65,8	69,4	73,6	78,4	83,4	89,4	93,5
$q_{xerm} = \pm$	2,24	2,17	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,94	1,92	1,92	1,92
$q_{yerm} = \pm$	2,24	2,20	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,09	2,09	2,10	2,12
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0152	0,0167	0,0181	0,0195	0,0207	0,0219	0,0230	0,0240	0,0248	0,0257	0,0264

$l_y : l_z$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,0
$m_{xerm} = -$	13,2	13,0	12,8	12,7	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1	12,0	12,0
$m_{xrm} = -$	29,6	28,8	28,1	27,5	26,9	26,4	26,0	25,7	25,4	25,2	25,0
$m_{yerm} = -$	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{yrm} = -$	93,5	96,1	98,1	99,9	101,3	102,4	103,3	104,0	104,6	104,9	105,0
$q_{xerm} = \pm$	1,92	1,92	1,92	1,92	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
$q_{yerm} = \pm$	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,13	2,13	2,18
$f_m = \frac{p \cdot l_z^4}{E \cdot d^3}$	0,0264	0,0271	0,0277	0,0282	0,0287	0,0291	0,0294	0,0297	0,0300	0,0302	0,0304

192

Πίνακες περιφερικών ορθογωνικών πλακών

13 R.K. 1970/1x

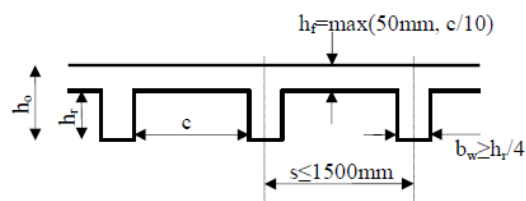


Πίνακες περιφερικών ορθογωνικών πλακών

193

12. Πλάκες (συνέχεια)**12.4 Δοκιδοτές πλάκες**

- Γεωμετρικοί περιορισμοί



Σχήμα 12.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί νευρώσεων κατά EC2

Επιπλέον πρέπει να υπάρχουν εγκάρσιες νευρώσεις (διαδοκίδες) τουλάχιστον ανά $10h_0$ (καθαρή απόσταση).

- Οπλισή κύριας νευρώσης

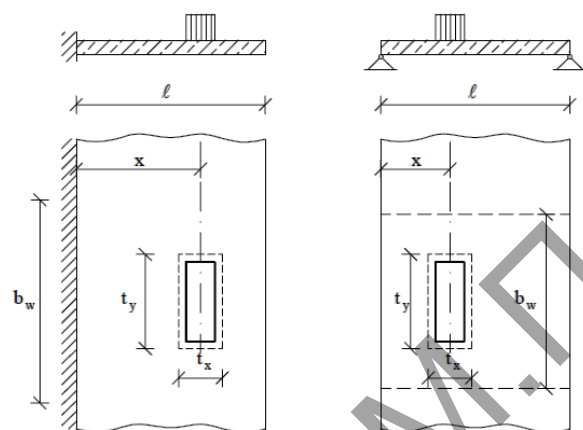
Ως δοκός

- Οπλισή εγκάρσιας διαδοκίδας

Ίδιοι διαμήκεις οπλισμοί με κύρια νευρώση πάνω και κάτω και ίδιοι συνδετήρες (ΕΚΩΣ §18.2.2.3)

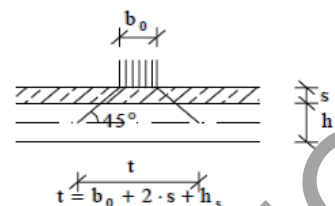
- Οπλισή πλάκας

Δομικό πλέγμα ίσο με $0,001 \cdot A_c$, όπου $A_c = 100 \text{ (cm)} \cdot h_f \text{ (cm)}$ (ΕΚΩΣ §18.2.2.1)

12.5 Συγκεντρωμένα φορτία σε πλάκες (διατάξεις ΕΚΩΣ, §9.1.6)

Σχήμα 12.2 Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου (ΕΚΩΣ, Σχ. Σ.9.2)

- Πλάτος εισαγωγής φορτίου, t



Σχήμα 12.3 Πλάτος εισαγωγής φορτίου (ΕΚΩΣ, Σχ. Σ.9.3)

$$t_x = t_y = b_0 + 2s + h_s$$

- Πλάτος διανομής φορτίου, b_m

Πίνακας 12.1 Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου (ΕΚΩΣ, Πίνακας Σ.9.1)

	1	2	3		
			Όρια ισχύος		
1	Στατικό σύστημα Εντατικά μεγέθη	Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου b_m			
2		$b_m = t_y + 2.50x(1 - \frac{x}{\ell})$	$0 < x < 1$	$t_y \leq 0.80\ell$	$t_x \leq \ell$
3		$b_m = t_y + 0.50x$	$0 < x < 1$	$t_y \leq 0.80\ell$	$t_x \leq \ell$
4		$b_m = t_y + 1.50x(1 - \frac{x}{\ell})$	$0 < x < 1$	$t_y \leq 0.80\ell$	$t_x \leq \ell$
5		$b_m = t_y + 0.50x(2 - \frac{x}{\ell})$	$0 < x < 1$	$t_y \leq 0.80\ell$	$t_x \leq \ell$
6		$b_m = t_y + 0.30x$	$0.21 < x < 1$	$t_y \leq 0.40\ell$	$t_x \leq 0.20\ell$
7		$b_m = t_y + 0.40(\ell - x)$	$0 < x < 0.81$	$t_y \leq 0.40\ell$	$t_x \leq 0.20\ell$
8		$b_m = t_y + x(1 - \frac{x}{\ell})$	$0 < x < \ell$	$t_y \leq 0.80\ell$	$t_x \leq \ell$
9		$b_m = t_y + 0.50x(2 - \frac{x}{\ell})$	$0 < x < \ell$	$t_y \leq 0.40\ell$	$t_x \leq \ell$
10		$b_m = t_y + 0.30x$	$0.21 < x < \ell$	$t_y \leq 0.40\ell$	$t_x \leq 0.20\ell$
11		$b_m = t_y + 1.50x$	$0 < x < \ell_k$	$t_y \leq 0.80\ell_k$	$t_x \leq \ell_k$
		$b_m = t_y + 0.30x$	$0.2\ell_k < x < \ell_k$	$t_y \leq 0.40\ell_k$	$t_x \leq 0.20\ell_k$

13. Βραχείς πρόβολοι ($a_c < z_0$)

- Επάρκεια διαστάσεων

$$F_c < F_{cR}$$

$$F_c = 0,12b \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$F_{cR} = \frac{F_{Ed} \cdot a_c + H_{Ed} \cdot a_H}{0,85d \cdot a_c} \sqrt{(0,85d)^2 + a_c^2}$$

- Οπλισμοί

- Διαμήκεις

$$A_s = \frac{F_{Ed} \cdot a_c + H_{Ed} \cdot (0,85d + a_H)}{0,85d \cdot f_{yd}}$$

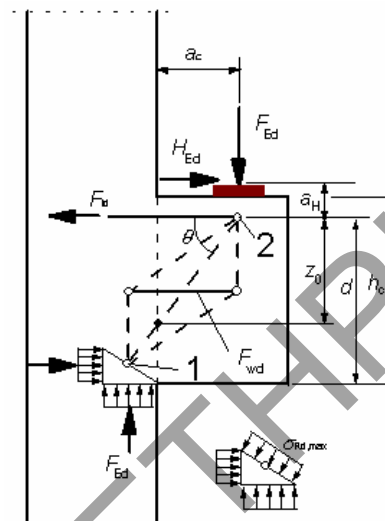
- Συνδετήρες

$$\text{Αν } a_c < 0,5 h_c,$$

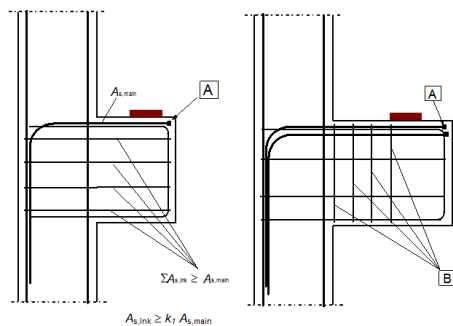
κλειστοί οριζόντιοι ή κεκλιμένοι συνδετήρες με $A_{s,link} \geq k_1 A_{s,main}$ ($k_1=0,25$)

$$\text{Αν } a_c > 0,5 h_c \text{ και } F_{Ed} > V_{Rd,c}$$

κλειστοί κατακόρυφοι συνδετήρες με $A_{s,link} \geq k_2 F_{Ed}/f_{yd}$ ($k_2=0,5$)



Σχήμα 13.1 Προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων για κοντό πρόβολο (EC2, Σχ. J.5)



[A] - πλάκα αγκώρωσης ή βρόχοι

[B] - Συνδετήρες

(a) οπλισμός για $a_c \leq 0,5 h_c$

(b) οπλισμός για $a_c > 0,5 h_c$

Σχήμα 13.2 Διαμόρφωση λεπτομερειών κοντού προβόλου (EC2, Σχ. J.6)

14. Υψικορμες δοκοί ($l < 3h$)

- Θεωρητικό μήκος

$$l_{\text{θεωρ}} = \min \{ l_{\alpha\zeta\omicron\nu}, 1, 15 l_{\text{net}} \}$$

- Μοχλοβραχίονας, z

Από Σχήμα 14.1

- Διαμήκης οπλισμός, A_s

$$A_s = \frac{M_{sd}}{z \cdot f_{yd}} \quad (\text{με } f_{yd} \leq 365 \text{ MPa})$$

-Άνοιγμα: A_s σε ύψος $\min \{ 0,15h; 0,20l \}$

-Στήριξη: A_s'

- Φορτία ανηρτημένα

Οπλισμός αναρτήσεως: $A_s = p_d / f_{yd}$

$\max s = 10 \div 15 \text{ cm}$.

($l > 1.2h$) τότε οι συνδετήρες εκτείνονται μέχρι πάνω

($l < 1.2h$) τότε οι συνδετήρες αρκεί να αγκυρώνονται κατά μήκος ενός ημικυκλίου με ύψος l στην μέση.

- Εμμεση φόρτιση

Πρόσθετοι οπλισμοί:

a. στην στηρίζουσα δοκό: λοξοί ή κατακόρυφοι συνδετήρες για $0.8V_{Sd}$,

b. στην στηριζόμενη δοκό: λοξοί συνδετήρες για $0.5V_{Sd}$.

- Συγκεντρωμένα φορτία (σε μήκος a):

Πρόσθετος οπλισμός διασπάσεως: $A_s = 0.3N(1 - a/a_1) / f_{yd}$ κατανεμόμενος σε απόσταση $a_1 = 0.5(l_{\text{net}} - a)$

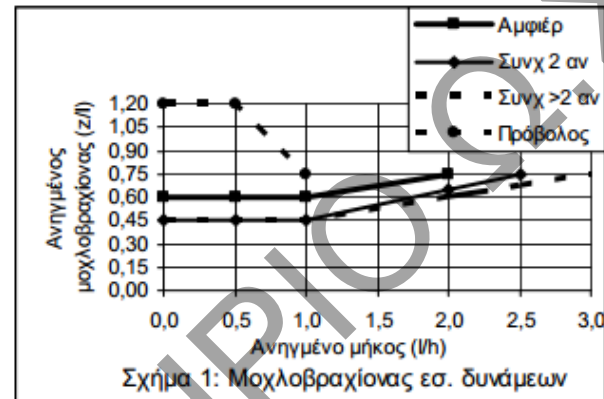
- Αμεση στήριξη:

a. Περιορισμός θλίψεως: $\sigma_c < 0.8f_{cd}$ για ακραία στήριξη και $\sigma_c < 1.2f_{cd}$ για μεσαία στήριξη

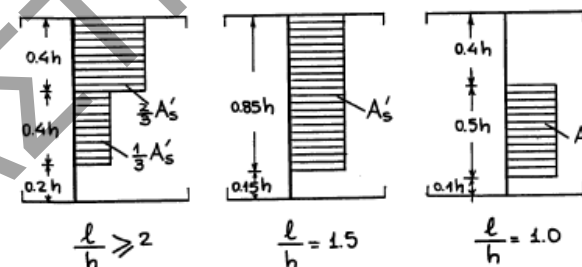
b. Πρόσθετοι οπλισμοί $A_s = 0.002bs$ κατανεμόμενοι:

i. σε μήκος $\min(0.2h, 0.3l)$ οι κατακόρυφοι και

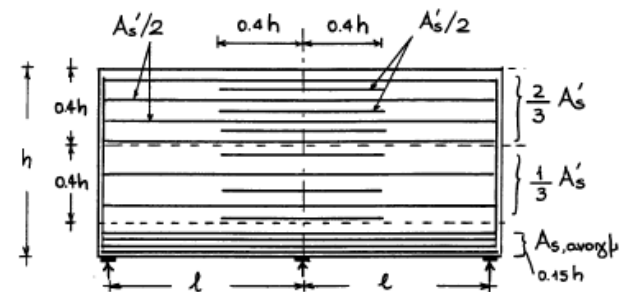
ii. σε ύψος $\min(0.5h, 0.2l)$ οι οριζόντιοι



Σχήμα 14.1 Μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων



Σχήμα 14.2 Ενδεικτική κατανομή του οπλισμού σε στήριξη ανάλογα με το λόγο l/h



Σχήμα 14.3 Ενδεικτική διάταξη οπλισμού στήριξεως συνεχούς υψικορμης δοκού με $l/h = 2,0$

15. Ικανοτικός Σχεδιασμός**15.1 Ικανοτικός έλεγχος τέμνουσας σε δοκούς (ΚΠΥ-ΚΠΜ)**

Σε κύριες σεισμικές δοκούς οι τέμνουσες δυνάμεις σχεδιασμού θα καθορίζονται σύμφωνα με τον κανόνα ικανοτικού σχεδιασμού, με βάση την ισορροπία της δοκού υπό: α) το εγκάρσιο (κατακόρυφο) φορτίο που δρα επί της δοκού στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και β) τις ροπές άκρων $M_{i,d}$ που αντιστοιχούν σε σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων (στις δοκούς ή στα υποστυλώματα, όπου σχηματιστούν πρώτα) για θετικές και αρνητικές διευθύνσεις σεισμικής φόρτισης. Τα παραπάνω εφαρμόζονται ως εξής:

α) Στην ακραία διατομή i , πρέπει να υπολογίζονται δύο τιμές της δρώσας τέμνουσας δύναμης, η μέγιστη, $V_{Ed,max,i}$ και η ελάχιστη, $V_{Ed,min,i}$ οι οποίες αντιστοιχούν στις μέγιστες θετικές και στις μέγιστες αρνητικές ακραίες ροπές $M_{i,d}$ που μπορεί να αναπτυχθούν στα άκρα 1 και 2 της δοκού:

$$V_{Ed,max,i} = \frac{\gamma_{Rd} [M_{Rd,bi}^- + M_{Rd,bj}^+]}{l_{cl}} + V_{g+\psi 2q,0}(x)$$

$$V_{Ed,min,i} = \frac{\gamma_{Rd} [M_{Rd,bi}^+ + M_{Rd,bj}^-]}{l_{cl}} + V_{g+\psi 2q,0}(x)$$

β) Οι ροπές άκρων $M_{i,d}$ μπορούν να υπολογιστούν ως εξής:

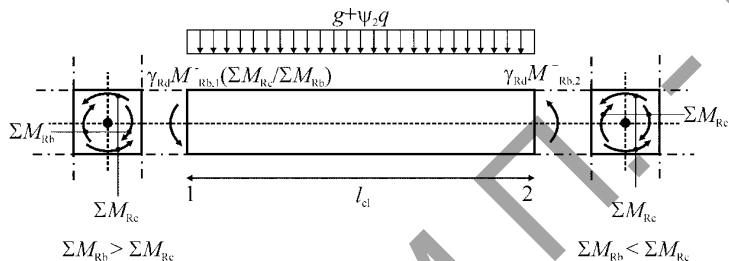
$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right)$$

όπου

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

$M_{Rb,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ροπής αντοχής στο άκρο i στην φορά της σεισμικής ροπής κάμψης που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης.

$\sum M_{Rc}$ και $\sum M_{Rb}$ είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων και το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συνδέονται μονολιθικά στον κόμβο, αντίστοιχα. Η τιμή του $\sum M_{Rc}$ πρέπει να αντιστοιχεί στην αξονική δύναμη ή δυνάμεις του υποστυλώματος στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού για την εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης.



Σχήμα 15.1 Τιμές ικανοτικού σχεδιασμού τεμνουσών δυνάμεων σε δοκούς (EC8, Σχ. 5.1)

15.2 Ικανοτικός έλεγχος τέμνουσας σε υποστυλώματα (ΚΠΥ-ΚΠΜ)

Σε κύρια σεισμικά υποστυλώματα οι τιμές σχεδιασμού των τεμνουσών δυνάμεων θα υπολογίζονται σύμφωνα με τον κανόνα ικανοτικού σχεδιασμού, με βάση την ισορροπία του υποστυλώματος υπό ροπές άκρων $M_{i,d}$ που αντιστοιχούν σε σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων (στις δοκούς ή στα υποστυλώματα, όπου σχηματιστούν πρώτα) για θετικές και αρνητικές διευθύνσεις σεισμικής φόρτισης. Τα παραπάνω εφαρμόζονται ως εξής:

α) Υπολογίζονται οι τιμές της δρώσας τέμνουσας δύναμης στα άκρα του υποστυλώματος:

$$V_{CD,c}^- = \frac{\gamma_{Rd} [M_{Rd,c1}^- + M_{Rd,c2}^+]}{l_{cl}}$$

$$V_{CD,c}^+ = \frac{\gamma_{Rd} [M_{Rd,c1}^+ + M_{Rd,c2}^-]}{l_{cl}}$$

β) Οι ροπές άκρων $M_{i,d}$ μπορούν να υπολογιστούν ως εξής:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \min \left(1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right)$$

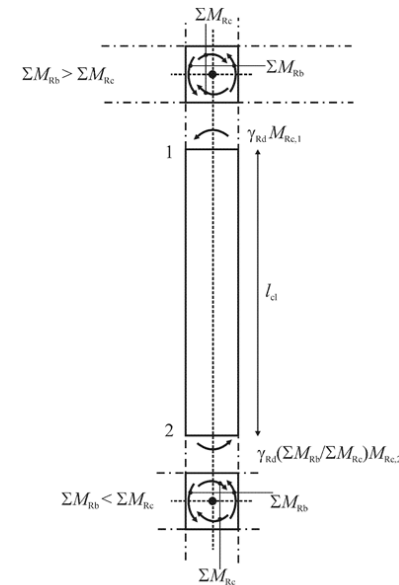
όπου

γ_{Rd} για ΚΠΜ $\gamma_{Rd}=1,1$ και για ΚΠΥ $\gamma_{Rd}=1,3$

$M_{Rc,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ροπής αντοχής του υποστυλώματος στο άκρο i στην φορά της σεισμικής ροπής κάμψης για την εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης.

$\sum M_{Rc}$ και $\sum M_{Rb}$ όπως στην Παρ. 14.1. Οι τιμές των $M_{Rc,i}$ και

$\sum M_{Rc}$ πρέπει να αντιστοιχούν στην αξονική δύναμη ή δυνάμεις του υποστυλώματος στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού για την εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης.



Σχήμα 15.2 Τιμές ικανοτικού σχεδιασμού τεμνουσών δυνάμεων σε υποστυλώματα (EC8, Σχ. 5.2)

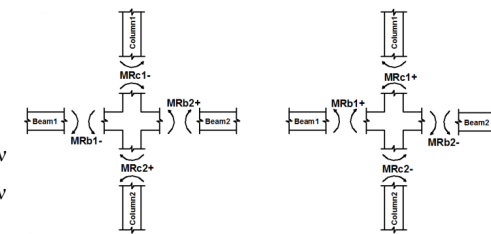
15.3 Ικανοτικός έλεγχος κάμψης υποστυλωμάτων (ικανοτικός έλεγχος κόμβου)

Για κύρια σεισμικά υποστυλώματα πλαισιωτών ή ισοδύναμων προς πλαισιωτά διπλών συστημάτων πρέπει να ικανοποιείται:

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

όπου

$\sum M_{Rc}$ και $\sum M_{Rb}$ είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων και των δοκών, αντίστοιχα.



Σχήμα 15.3 Ροπές σε κόμβο δοκών-υποστυλωμάτων

16. Περίσφιγξη σκυροδέματος**16.1 Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό συνδετήρων περίσφιγξης στις κρίσιμες περιοχές, ω_{wd}**

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος των βρόχων περίσφιγξης } f_{yd}}{\text{όγκος του σκυροδέματος του πυρήνα } f_{cd}}$$

μ_ϕ είναι η απαιτούμενη τιμή της πλαστιμότητας καμπυλοτήτων

v_d είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού ($v_d = N_{Ed}/A_c \cdot f_{cd}$)

$\varepsilon_{sy,d}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ανηγμένης εφελκυστικής παραμόρφωσης του χάλυβα στην διαρροή

h_c είναι το ύψος της συνολικής διατομής (παράλληλα στην διεύθυνση για την οποία ελέγχονται οι απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας)

h_o είναι το ύψος του περισφιγμένου πυρήνα (έως τον άξονα των συνδετήρων)

b_c είναι το πλάτος της συνολικής διατομής

b_o είναι το πλάτος του περισφιγμένου πυρήνα (έως τον άξονα των συνδετήρων)

α είναι ο συντελεστής αποτελεσματικότητας της περίσφιγξης, ίσος με $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$, με:

α) Για ορθογωνικές διατομές:

$$\alpha_n = 1 - \sum_n b_1^2 / 6b_o h_o$$

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

όπου

n είναι το συνολικό πλήθος διαμηκών ράβδων που συγκρατούνται από κλειστούς συνδετήρες ή μονοσκελείς συνδετήρες, και

b_1 είναι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων που συγκρατούνται με συνδετήρες (βλέπε Σχήμα 16.1 - επίσης για b_o , h_o , s).

β) Για κυκλικές διατομές με κυκλικούς συνδετήρες και διάμετρο περισφιγμένου πυρήνα D_o (έως τον άξονα των συνδετήρων):

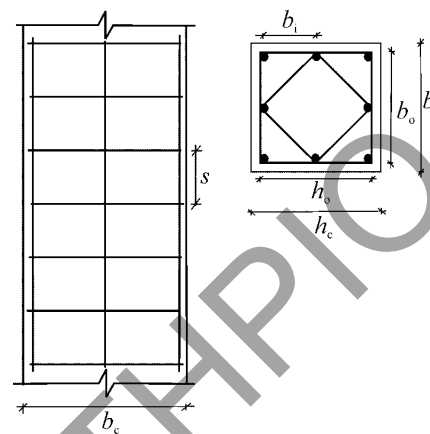
$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)^2$$

γ) Για κυκλικές διατομές με σπειροειδείς συνδετήρες:

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)$$



Σχήμα 16.1: Περίσφιγξη πυρήνα σκυροδέματος (EC8, Σχ. 5.7)

Σημείωση: Ο έλεγχος της διαθέσιμης τοπικής πλαστιμότητας, μ_ϕ , που πρέπει να ικανοποιείται ανά στοιχείο και εκφράζεται μέσω της ποσότητας ω_d περιλαμβάνεται στους πίνακες του κεφαλαίου 17.

17. Κατασκευαστικές διατάξεις μελών Ο/Σ κατά EC2 (χωρίς αντισεισμικές απαιτήσεις)

17.1 Δοκοί

Διαμήκης οπλισμός

Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,min}=0,26[f_{ctm}/f_{yk}]bd > 0,0013bd$ Μέγιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,max}=0,04A_c$

Οπλισμός διάτμησης

Ελάχιστο ποσοστό: $\rho_{w,min}=0,08\sqrt{f_{ck}}/f_{yk}$ Μέγιστη διαμήκης απόσταση συνδετήρων: $s_{t,max}=0,75d(1+cot\alpha)$ Μέγιστη εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα: $s_{t,max}=0,75d$

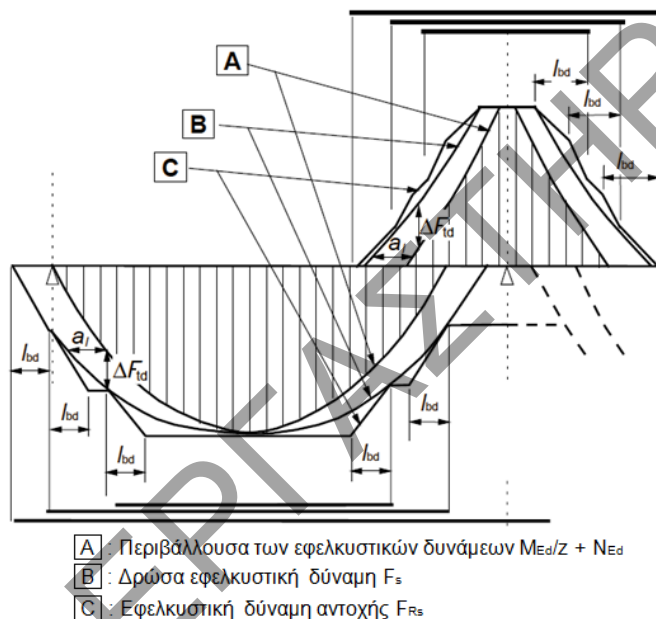
Περάτωση διαμήκους οπλισμού:

Πρόσθετη εφελκυστική δύναμη:

$$\Delta F_{td} = 0,5 V_{Ed} (\cot\theta - \cot\alpha)$$

που αντιστοιχεί σε μετατόπιση:

$$a_l = z(\cot\theta - \cot\alpha)/2$$



Σχήμα 17.1 Απεικόνιση της περάτωσης του διαμήκους οπλισμού (EC2, Σχ.9.2)

17.2 Υποστυλώματα

Διαμήκης οπλισμός

Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,min}=\min\{0,10N_{Ed}/f_{yd}; 0,02A_c\}$ Μέγιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,max}=0,04A_c$ (εκτός περιοχών υπερκάλυψης) $A_{s,max}=0,08A_c$ (εντός περιοχών υπερκάλυψης)Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού: $\Phi_{L,min}=8mm$

Οπλισμός διάτμησης

Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρα: $\Phi_{w,min}=\max\{6mm; 0,25\Phi_{L,max}\}$ Μέγιστη διαμήκης απόσταση συνδετήρων: $s_{l,max}=\min\{20\Phi_{L,min}; b_{min,υποστ}; 6mm\}$

17. Κατασκευαστικές διατάξεις μελών Ο/Σ κατά EC2 (χωρίς αντισεισμικές απαιτήσεις)**17.3 Πλάκες**Κύριος οπλισμός:

Ελάχιστος κύριος οπλισμός: $A_{s,min}=0,26[f_{ctm}/f_{yk}]bd > 0,0013bd$

Μέγιστος κύριος οπλισμός: $A_{s,max}=0,04A_c$

Μέγιστη απόσταση κύριων οπλισμών: $s_{slab}=\min\{3h; 400mm\}$ (γενικά)

$s_{slab}=\min\{2h; 250mm\}$ (περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία ή μέγιστες ροπές)

Δευτερεύων οπλισμός:

Εγκάρσιος οπλισμός: $A_{s2}=0,2A_s$

Μέγιστη απόσταση οπλισμών: $s_{slab}=\min\{3,5h; 450mm\}$ (γενικά)

$s_{slab}=\min\{3h; 400mm\}$ (περιοχές με συγκεντρωμένα φορτία ή μέγιστες ροπές)

Οπλισμός Απόσχισης:

Ικανός να παραλάβει το 25% της $M_{max,avoy}$.

Οπλισμός ελεύθερου άκρου:

Το ελάχιστο εμβαδό των διαμήκων ράβδων είναι $0,0025h^2 \geq 2\phi 8$

Ο εγκάρσιος οπλισμός, του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον 2h, είναι τουλάχιστον 4Ø6/m

18. Κατασκευαστικές διατάξεις για μέλη Ο/Σ κατά EC8 (με απαιτήσεις αντισεισμικότητας)**18.1 Δοκοί**

(M.N. Fardis, SEISMIC DESIGN, ASSESSMENT AND RETROFITTING OF CONCRETE BUILDINGS)

Table 1: EC8 rules for detailing and dimensioning of primary beams (secondary beams: as in DCL)

	DC H	DCM	DCL
"critical region" length	$1.5h_w$	h_w	
<i>Longitudinal bars (L):</i>			
ρ_{min} , tension side	$0.5f_{ctm}/f_{yk}$		$0.26f_{ctm}/f_{yk}$, 0.13% ⁽⁶⁾
ρ_{max} , critical regions ⁽¹⁾	$\rho' + 0.0018f_{cd}/(\mu_{\theta}E_{sy,d}f_{yd})^{(1)}$		0.04
$A_{s,min}$, top & bottom	$2\Phi 14$ (328mm ²)	-	
$A_{s,min}$, top-span	$A_{s,top-supports}/4$	-	
$A_{s,min}$, critical regions bottom	$0.5A_{s,top}$ ⁽²⁾		-
$A_{s,min}$, supports bottom	$A_{s,bottom-span}/4$ ⁽⁶⁾		
d_{bL}/h_c - bar crossing interior joint ⁽³⁾	$\leq \frac{6.25(1+0.8v_d)}{(1+0.75-\frac{\rho'}{\rho_{max}})} \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	$\leq \frac{7.5(1+0.8v_d)}{(1+0.5-\frac{\rho'}{\rho_{max}})} \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	-
d_{bL}/h_c - bar anchored at exterior joint ⁽³⁾	$\leq 6.25(1+0.8v_d) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	$\leq 7.5(1+0.8v_d) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	-
<i>Transverse bars (w):</i>			
(i) outside critical regions			
spacing $s_w \leq$	0.75d		
$\rho_w \geq$	$0.08\sqrt{(f_{ck}(MPa)/f_{yk}(MPa))^{(6)}}$		
(ii) in critical regions:			
$d_{bw} \geq$	6mm		
spacing $s_w \leq$	$6d_{bL}, \frac{h_w}{4}, 24d_{bw}, 175mm$	$8d_{bL}, \frac{h_w}{4}, 24d_{bw}, 225mm$	-
<i>Shear design:</i>			
V_{Ed} , seismic ⁽⁴⁾	$1.2 \frac{\sum M_{Rb}}{l_{cl}} \pm V_{o,g+\psi_2q}$ ⁽⁴⁾	$\frac{\sum M_{Rb}}{l_{cl}} \pm V_{o,g+\psi_2q}$ ⁽⁴⁾	From the analysis for the "seismic design situation"
$V_{Rd,max}$ seismic ⁽⁵⁾	As in EC2: $V_{Rd,max}=0.3(1-f_{ck}(MPa)/250)b_wz f_{cd} \sin 2\delta$ ⁽⁵⁾ , with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
$V_{Rd,s}$, outside critical regions ⁽⁵⁾	As in EC2: $V_{Rd,s}=b_wz \rho_w f_{ywd} \cot \delta$ ⁽⁵⁾ , with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
$V_{Rd,s}$, critical regions ⁽⁵⁾	$V_{Rd,s}=b_wz \rho_w f_{ywd} (\delta=45^\circ)$	As in EC2: $V_{Rd,s}=b_wz \rho_w f_{ywd} \cot \delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$	
If $\zeta \equiv V_{Emin}/V_{Emax}$ ⁽⁶⁾ < 0.5: inclined bars at angle $\pm \alpha$ to beam axis, with cross-section A_s /direction	If $V_{Emax}/(2+\zeta)f_{ctd}b_wd > 1$: $A_s=0.5V_{Emax}/f_{yd} \sin \alpha$ & stirrups for $0.5V_{Emax}$		-

- (0) NDP (Nationally Determined Parameter) according to Eurocode 2. The Table gives the value recommended in Eurocode 2.
- (1) μ_{θ} is the value of the curvature ductility factor that corresponds to the basic value, q_{θ} , of the behaviour factor used in the design.
- (2) The minimum area of bottom steel, $A_{s,min}$, is in addition to any compression steel that may be needed for the verification of the end section for the ULS in bending under the (absolutely) maximum negative (hogging) moment from the analysis for the "seismic design situation", M_{Ed} .
- (3) h_c is the column depth in the direction of the bar, $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$ is the column axial load ratio, for the algebraically minimum value of the axial load in the "seismic design situation", with compression taken as positive.
- (4) At a member end where the moment capacities around the joint satisfy: $\sum M_{Rb} > \sum M_{Rc}$, M_{Rb} is replaced in the calculation of the design shear force, V_{Ed} , by $M_{Rb}(\sum M_{Rc}/\sum M_{Rb})$.
- (5) z is the internal lever arm, taken equal to $0.9d$ or to the distance between the tension and the compression reinforcement, $d-d_1$.
- (6) V_{Emax} , V_{Emin} are the algebraically maximum and minimum values of V_{Ed} resulting from the $\pm$ sign; V_{Emax} is the absolutely largest of the two values, and is taken positive in the calculation of ζ ; the sign of V_{Emin} is determined according to whether it is the same as that of V_{Emax} or not.

18. Κατασκευαστικές διατάξεις για μέλη Ο/Σ κατά EC8 (αντισεισμικές)**18.2 Υποστυλώματα**

(M.N. Fardis, SEISMIC DESIGN, ASSESSMENT AND RETROFITTING OF CONCRETE BUILDINGS)

Table 2: EC8 rules for detailing and dimensioning of primary columns (secondary columns as in DCL)

	DCH	DCM	DCL
Cross-section sides, $h_c, b_c \geq$	0.25m; $h_w/10$ if $\theta=P\delta/Vh>0.1^{(1)}$	-	-
“critical region” length $^{(1)} \geq$	$1.5h_c, 1.5b_c, 0.6m, l_c/5$	$h_c, b_c, 0.45m, l_c/5$	h_c, b_c
Longitudinal bars (L):			
ρ_{min}	1%	$0.1N_d/A_c f_{yd}, 0.2\%^{(0)}$	
ρ_{max}	4%	$4\%^{(0)}$	
$d_{bl} \geq$	8mm		
bars per side $\geq$	3		2
Spacing between restrained bars	$\leq 150mm$	$\leq 200mm$	-
distance of unrestrained bar from nearest restrained bar	$\leq 150mm$		
Transverse bars (w):			
Outside critical regions:			
$d_{bw} \geq$	6mm, $d_{bl}/4$		
spacing $s_w \leq$	$20d_{bl}, h_c, b_c, 400mm$	$12d_{bl}, 0.6h_c, 0.6b_c, 240mm$	
at lap splices, if $d_{bl} > 14mm$: $s_w \leq$	$12d_{bl}, 0.6h_c, 0.6b_c, 240mm$		
Within critical regions: $^{(2)}$			
$d_{bw} \geq^{(3)}$	$6mm, 0.4(f_{yd}/f_{wd})^{1/2} d_{bl}$	6mm, $d_{bl}/4$	
$s_w \leq^{(3),(4)}$	$6d_{bl}, b_o/3, 125mm$	$8d_{bl}, b_o/2, 175mm$	-
$\omega_{wd} \geq^{(5)}$	0.08	-	
$\alpha \omega_{wd} \geq^{(4),(5),(6),(7)}$	$30\mu_0 \cdot v_d \varepsilon_{sy,d} b_c/b_o - 0.035$	-	
In critical region at column base:			
$\omega_{wd} \geq$	0.12	0.08	-
$\alpha \omega_{wd} \geq^{(4),(5),(6),(8),(9)}$	$30\mu_0 v_d \varepsilon_{sy,d} b_c/b_o - 0.035$	-	
Capacity design check at beam-column joints: $^{(10)}$	$1.3 \sum M_{Rb} \leq \sum M_{Rc}$ No moment in transverse direction of column	-	
Verification for M_x-M_y-N :	Truly biaxial, or uniaxial with $(M_x/0.7, N), (M_y/0.7, N)$		
Axial load ratio $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$	≤ 0.55	≤ 0.65	-
Shear design:			
V_{Ed} seismic $^{(11)}$	$1.3 \frac{\sum M_{Rc}^{ends}}{l_{cl}} \quad ^{(11)}$	$1.1 \frac{\sum M_{Rc}^{ends}}{l_{cl}} \quad ^{(11)}$	From the analysis for the “seismic design situation”
$V_{Rd,max}$ seismic $^{(12),(13)}$	As in EC2: $V_{Rd,max} = 0.3(1-f_{tk}(MPa)/250)b_w z f_{cd} \sin 2\delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
$V_{Rd,s}$ seismic $^{(12),(13),(14)}$	As in EC2: $V_{Rd,s} = b_w z p f_{wd} \cot \delta + N_{Ed}(h-x)/l_{cl} \quad ^{(13)}$ with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		

- (0) Note (0) of Table 1 applies.
- (1) h_c is the distance of the inflection point to the column end further away, for bending within a plane parallel to the side of interest; l_c is the column clear length.
- (2) For DCM: If a value of q not greater than 2 is used for the design, the transverse reinforcement in critical regions of columns with axial load ratio v_d not greater than 0.2 may just follow the rules applying to DCL columns.
- (3) For DCH: In the two lower storeys of the building, the requirements on d_{bw}, s_w apply over a distance from the end section not less than 1.5 times the critical region length.
- (4) Index c denotes the full concrete section and index o the confined core to the centreline of the hoops; b_o is the smaller side of this core.
- (5) ω_{wd} is the ratio of the volume of confining hoops to that of the confined core to the centreline of the hoops, times f_{yd}/f_{cd} .
- (6) α is the “confinement effectiveness” factor, computed as $\alpha = \alpha_s \alpha_n$; where: $\alpha_s = (1-s/2b_o)(1-s/2h_o)$ for hoops and $\alpha_s = (1-s/2b_o)$ for spirals; $\alpha_n = 1$ for circular hoops and $\alpha_n = 1 - \{b_o/((n_b-1)h_o) + h_o/((n_b-1)b_o)\}/3$ for rectangular hoops with n_b legs parallel to the side of the core with length b_o and n_b legs parallel to the one with length h_o .
- (7) For DCH: at column ends protected from plastic hinging through the capacity design check at beam-column joints, μ_0 is the value of the curvature ductility factor that corresponds to 2/3 of the basic value, q_o , of the behaviour factor used in the design; at the ends of columns where plastic hinging is not prevented because of the exemptions listed in Note (10) below, μ_0 is taken equal to μ_0 defined in Note (1) of Table 1 (see also Note (9) below); $\varepsilon_{sy,d} = f_{yd}/E_s$.
- (8) Note (1) of Table 1 applies.
- (9) For DCH: The requirement applies also in the critical regions at the ends of columns where plastic hinging is not prevented, because of the waivers listed in Note (10) below.
- (10) The capacity design check does not need to be fulfilled at beam-column joints: (a) of the top floor, (b) of the ground storey in two-storey buildings with axial load ratio v_d not greater than 0.3 in all columns, (c) if shear walls resist at least 50% of the base shear parallel to the plane of the frame (wall buildings or wall-equivalent dual buildings), and (d) in one-out-of-four columns of plane frames with columns of similar size.
- (11) At a member end where the moment capacities around the joint satisfy: $\sum M_{Rb} < \sum M_{Rc}$, M_{Rc} is replaced by $M_{Rc}(\sum M_{Rb}/\sum M_{Rc})$.
- (12) z is the internal lever arm, taken equal to $0.9d$ or to the distance between the tension and the compression reinforcement, $d-d_1$.
- (13) The axial load, N_{Ed} , and its normalized value, v_d , are taken with their most unfavourable value in the seismic design situation for the shear verification (considering both the demand, V_{Ed} , and the capacity, V_{Rd}).
- (14) x is the compression zone depth at the end section in the ULS of bending with axial load.

18. Κατασκευαστικές διατάξεις για μέλη Ο/Σ κατά EC8 (αντισεισμικές)

18.3 Πλάστιμα τοιχία

(M.N. Fardis, SEISMIC DESIGN, ASSESSMENT AND RETROFITTING OF CONCRETE BUILDINGS)

Table 3: EC8 rules for the detailing and dimensioning of ductile walls

	DCH	DCM	DCL
Web thickness, $b_w \geq$	$\max(150\text{mm}, h_{storey}/20)$		-
critical region length, $h_{cr} \geq$	$\geq \max(l_w, H_w/6)^{(1)}$ $\leq \min(2l_w, h_{storey})$ if wall ≤ 6 storeys $\leq \min(2l_w, 2h_{storey})$ if wall > 6 storeys		-
<i>Boundary elements:</i>			
a) in critical region:			
- length l_b from edge $\geq$	$0.15l_w, 1.5b_w$, length over which $\epsilon_c \geq 0.0035$		-
- thickness b_w over $l_b \geq$	$200\text{mm}; h_w/15$ if $l_b \leq \max(2b_w, l_w/5)$; $h_w/10$ if $l_b > \max(2b_w, l_w/5)$		-
- vertical reinforcement:			
ρ_{min} over $A_c = b_w$	0.5%		0.2% ⁽⁸⁾
ρ_{max} over A_c	4% ⁽⁸⁾		
- confining hoops (w) ⁽²⁾ :			
$d_{sh} \geq$	8mm	in the part of the section where $\rho_t > 2\%$; as over the rest of the wall (case c, below)	
spacing $s_{sh} \leq$	$\min(25d_{sh}, 250\text{mm})$		
$\omega_{w,Ed} \geq$ ⁽³⁾⁽⁴⁾	0.12	0.08	-
$\omega_{w,Ed} \geq$ ⁽³⁾⁽⁴⁾	$30\mu_b(v_t + \alpha_{v,t})\epsilon_{y,t}d_w/b_w \leq 0.035$		-
b) storey above critical region	As in critical region, but $\omega_{w,Ed}$ & $\omega_{w,t}$: 50% of those required in critical region	as over the rest of the wall (case c, below)	
c) over the rest of the wall height:	In parts of the section where $\rho_t > 2\%$: - distance of unrestrained bar in compression zone from nearest restrained bar $\leq 150\text{mm}$; - hoops with $d_{sh} \geq \max(6\text{mm}, d_{sh}/4)$ & spacing $s_{sh} \leq \min(12d_{sh}, 0.6b_w, 240\text{mm})$ ⁽⁹⁾ up to a distance of $4b_w$ above or below floor beams or slabs, or $s_{sh} \leq \min(20d_{sh}, b_w, 400\text{mm})$ ⁽⁹⁾ beyond that distance		
<i>Web:</i>			
- vertical bars (v):			
$\rho_{v,min}$	wherever $\epsilon_c \geq 0.2\%$: 0.5%; elsewhere 0.2%		0.2% ⁽⁸⁾
$\rho_{v,max}$	4%		
$d_{sh} \geq$	8mm	-	
$d_{sh} \leq$	$b_w/8$	-	
spacing $s_{sh} \leq$	$\min(25d_{sh}, 250\text{mm})$	$\min(3b_w, 400\text{mm})$	
- horizontal bars:			
$\rho_{h,min}$	0.2%	$\max(0.1\%, 0.25\rho_t)$ ⁽⁸⁾	
$d_{sh} \geq$	8mm	-	
$d_{sh} \leq$	$b_w/8$	-	
spacing $s_{sh} \leq$	$\min(25d_{sh}, 250\text{mm})$	400mm	
axial load ratio $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$	≤ 0.35	≤ 0.4	-
Design moments M_{Ed} :	If $H_w/l_w \geq 2$, design moments from linear envelope of maximum moments M_{Ed} from analysis for the "seismic design situation", shifted up by the "tension shift" a_t		From analysis for "seismic design situation"
<i>Shear design:</i>			
Design shear force V_{Ed} = shear force V_{Ed} from the analysis for "seismic design situation", times factor ϵ :	if $H_w/l_w \leq 2$ ⁽³⁾ : $\epsilon = 1.2M_{Ed,0}/M_{Ed,0} \leq q$ if $H_w/l_w > 2$ ^{(3), (8)} : $\epsilon = \left[\frac{1.2M_{Ed,0}}{M_{Ed,0}} \right]^2 + 0.1 \left(q \frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)} \right)^2 \leq q$	$\epsilon = 1.5$	$\epsilon = 1.0$
Design shear force in walls of dual systems with $H_w/l_w > 2$, for z between $H_w/3$ and H_w : ⁽⁷⁾	$V_{Ed}(z) = \left(\frac{0.75\epsilon}{H_w} - \frac{1}{4} \right) \epsilon V_{Ed}(0) + \left(1.5 - \frac{1.5z}{H_w} \right) \epsilon V_{Ed} \left(\frac{H_w}{3} \right)$		From analysis for "seismic design situation"
$V_{Ed,max}$ outside critical region	As in EC2: $V_{Ed,max} = 0.3(1 - \epsilon_d)(\text{MPa})/250(b_w)(0.8l_w)\epsilon_c \sin 2\delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
$V_{Ed,max}$ in critical region	40% of EC2 value	As in EC2	
$V_{Ed,s}$ outside critical region	As in EC2: $V_{Ed,s} = b_w(0.8l_w)\rho_t f_{yk} \cot \delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
$V_{Ed,s}$ in critical region; web reinforcement ratios, ρ_t, ρ_v			
(i) if $\alpha_c = M_{Ed}/V_{Ed} \geq 2$: $\rho_t = \rho_{t,min}$; ρ_v from $V_{Ed,s}$	As in EC2: $V_{Ed,s} = b_w(0.8l_w)\rho_t f_{yk} \cot \delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$		
(ii) if $\alpha_c < 2$: ρ_t from $V_{Ed,s}$ ⁽⁸⁾ ρ_v from: ⁽⁹⁾	$V_{Ed,s} = V_{Ed,s} + b_w \alpha_c (0.75l_w)\rho_t f_{yk}$ $\rho_t f_{yk} \geq \rho_t f_{yk} N_{Ed}/(0.8l_w b_w)$	As in EC2: $V_{Ed,s} = b_w(0.8l_w)\rho_t f_{yk} \cot \delta$, with $1 \leq \cot \delta \leq 2.5$	
Resistance to sliding shear: via bars with total area A_{st} at angle $\pm \theta$ to the horizontal ⁽¹⁰⁾	$V_{Ed,s} = A_{st} f_{yk} \cos \theta + A_{st} \min(0.25f_{ct}, 1.3\sqrt{f_{ct} f_{cd}}) + 0.3(1 - \epsilon_d)(\text{MPa})/250(b_w x f_{ct})$		
$\rho_{v,min}$ at construction joints ^{(9),(11)}	$0.0025, \frac{1.3 f_{cd}}{f_{yk} + 1.5 \sqrt{f_{ct} f_{cd}}}$		-

(0) Note (0) of Tables 1 and 2 applies.

(1) l_w is the long side of the rectangular wall section or rectangular part thereof; H_w is the total height of the wall; h_{storey} is the storey height.(2) For DCM: If for the maximum value of axial force in the wall from the analysis for the "seismic design situation" the wall axial load ratio $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd}$ satisfies $v_d \leq 0.15$, the DCL rules may be applied for the confining reinforcement of boundary elements; these DCL rules apply also if this value of the wall axial load ratio is $v_d \leq 0.2$ but the value of q used in the design of the building is not greater than 85% of the q -value allowed when the DCM confining reinforcement is used in boundary elements.

(3) Notes (4), (5), (6) of Table 2 apply for the confined core of boundary elements.

(4) μ_b is the value of the curvature ductility factor that corresponds to the product of the basic value q_0 of the behaviour factor times the value of the ratio $M_{Ed,0}/M_{R,d,0}$ at the base of the wall (see Note (5)); $\epsilon_{y,t,d} = f_{yk}/E_s$; $\alpha_{v,t}$ is the mechanical ratio of the vertical web reinforcement.(5) $M_{Ed,0}$ is the moment at the wall base from the analysis for the "seismic design situation"; $M_{R,d,0}$ is the design value of the flexural capacity at the wall base for the axial force N_{Ed} from the analysis for the same "seismic design situation".(6) $S_e(T_1)$ is the value of the elastic spectral acceleration at the period of the fundamental mode in the horizontal direction (closest to that) of the wall shear force multiplied by ϵ ; $S_e(T_c)$ is the spectral acceleration at the corner period T_c of the elastic spectrum.(7) A dual structural system is one in which walls resist between 35 and 65% of the seismic base shear in the direction of the wall shear force considered; z is distance from the base of the wall.(8) For b_w and d in m, f_{cd} in MPa, ρ_t denoting the tensile reinforcement ratio, N_{Ed} in kN, $V_{R,d,c}$ (in kN) is given by:

$$V_{R,d,c} = \left\{ \max \left[180(100\rho_t)^{1/3}, 35\sqrt{1 + \sqrt{\frac{0.2}{d}}} f_{cd}^{1/6} \right] \left(1 + \sqrt{\frac{0.2}{d}} \right) f_{cd}^{1/3} + 0.15 \frac{N}{A_c} \right\} b_w d$$

 N_{Ed} is positive for compression and its minimum value from the analysis for the "seismic design situation" is used; if the minimum value is negative (tension), $V_{R,d,c} = 0$.(9) The minimum value of the axial force from the analysis for the "seismic design situation" is used as N_{Ed} (positive for compression).(10) A_{st} is the total area of web vertical bars and of any additional vertical bars placed in boundary elements against shear sliding; x is the depth of the compression zone.(11) $f_{ct,d} = \epsilon_{ct,d} 0.5/\gamma_c$ is the design value of the (5%-fractile) tensile strength of concrete.

