



Τυπολόγιο

για τα μαθήματα

«Σιδηροπαγές Σκυρόδεμα» (7^ο Εξάμηνο)

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

«Προεντεταμένο Σκυρόδεμα» (9^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, $l_{b,reqd}$	24
7.4	Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, l_{bd}	24
7.5	Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,eq}$	25
7.6	Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης	25
7.7	Διάμετρος τυμπάνου για καμπυλόμενες ράβδους, $D_{τυμπ}$	25
8.	Υπερκαλύψεις	26
8.1	Διάταξη υπερκαλύψεων	26
8.2	Μήκος υπερκάλυψης σχεδιασμού, l_o	26
9.	Έλεγχος ρηγμάτωσης	27
9.1	Υπολογισμός εύρους ρωγμής, w_k	27
9.2	Περιορισμός εύρους ρωγμών	27
9.	Έλεγχος ρηγμάτωσης (συνέχεια)	28
9.3	Έλεγχος ρηγμάτωσης χωρίς υπολογισμούς	28
9.4	Απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός	28
10.	Έλεγχος παραμορφώσεων	29
10.1	Όρια βελών, a , δοκών και πλακών	29
10.2	Απαλλαγή από έλεγχο βελών	29
10.3	Υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων	29
11.	Ανθεκτικότητα-Επικαλύψεις	32
11.1	Περιβαλλοντικές συνθήκες	32
11.2	Απαιτήσεις ανθεκτικότητας σκυροδέματος	33
11.3	Επικαλύψεις	33
12.	Πλάκες	35
12.1	Πίνακας Pieper-Martens	35
12.2	Πίνακας Markus	36
12.3	Πίνακας Czerny	37
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
19.	Γεωμετρία καμπύλων τενόντων	53
20.	Παραδοχές σχεδιασμού χάλυβα προεντάσεως (Προσοχή: διαφορές από τους «χαλαρούς» οπλισμούς B500C)	53
21.	Μειώσεις λόγω τριβών.....	54
21.1	Μειώσεις λόγω τριβών σε καμπύλη και ευθύγραμμη χάραξη.....	54
22.	Επιμήκυνση τενόντων	54
23.	Σωστή εφαρμογή σε τένοντες μεγάλου μήκους.....	54
24.	Ολίσθηση σφηνών.....	55
24.1	Ολίσθηση σφηνών (εκθετικές σχέσεις)	55
24.2	Ολίσθηση σφηνών (με χρήση γραμμικών σχέσεων)	55
25.	Ελαστική βράχυνση	55
26.	Ερπυσμός	55
27.	Συστολή.....	56
28.	Χαλαρωση χάλυβα προεντάσεως.....	56
29.	Υπολογισμός χρόνιων απωλειών προεντάσεως.....	56
30.	Επιτρεπόμενες τάσεις (ΟΚΛ).....	57
31.	Η θεώρηση της προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας.....	57
32.	Υπολογισμός της αντοχής σε τέμνουσα του άοπλου σκυροδέματος, $V_{Rd,c}$ προεντεταμένων φορέων	57

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

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

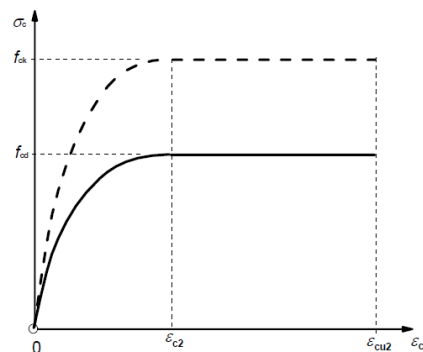
$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{για } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

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

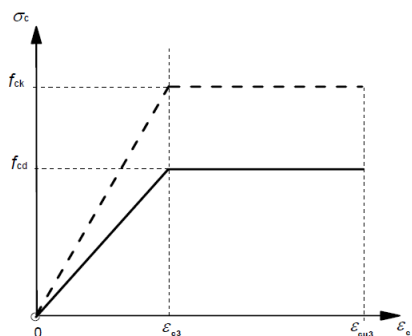


Σχήμα 1.1 Παραβολικό–ορθογωνικό διάγραμμα, σ-ε, για σκυρόδεμα υπό θλίψη (EC2, Σχ.3.3)

ii. Απλοποιημένη διγραμμική σχέση

$$\sigma_c = (\varepsilon_c / \varepsilon_{c3}) f_{cd} \quad \text{για } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$$

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



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

iii. Ορθογωνικό διάγραμμα

$$\lambda = 0,8$$

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

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

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

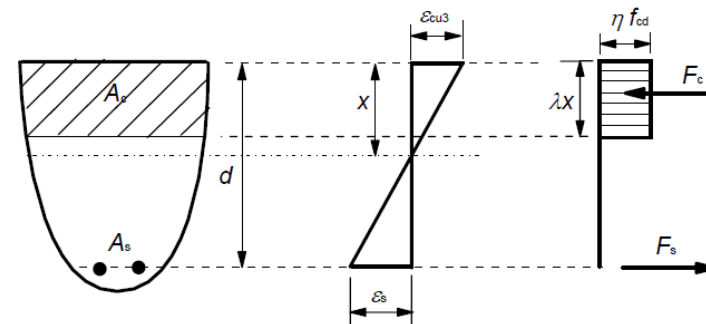
και

$$\eta = 1,0$$

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

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

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



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:

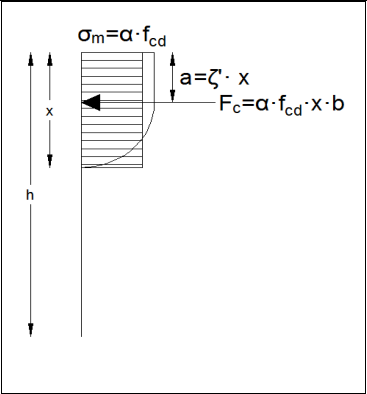
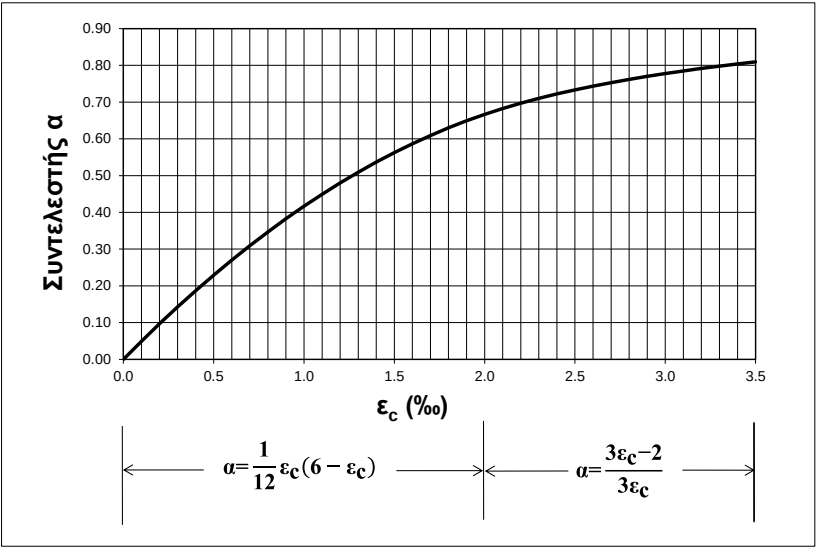
$\gamma_c = 1,50$ είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα

$\alpha_{ct} = 1,00$ 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

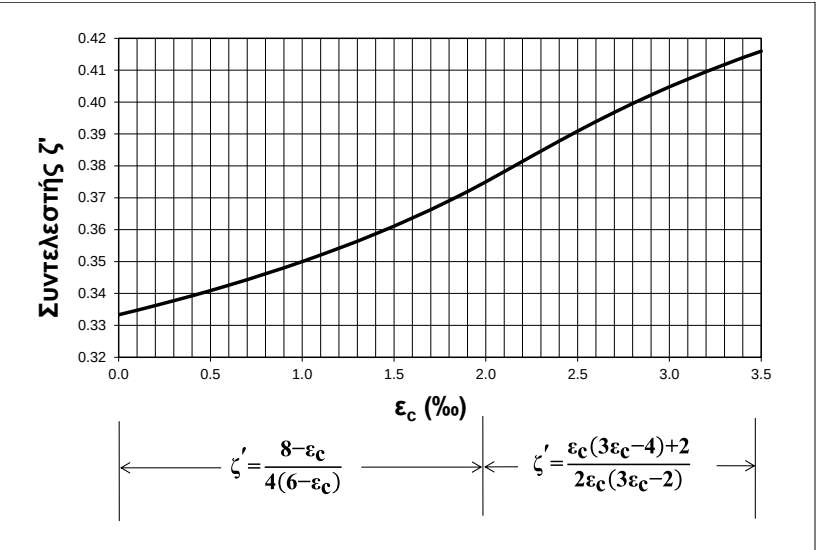
1.1.2 Συντελεστές πλήρωσης, α, και κέντρου βάρους, ζ´

Συντελεστής πλήρωσης, α



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

Συντελεστής κέντρου βάρους, ζ´



1. Ιδιότητες υλικών

Πίνακας 1.2 Χαρακτηριστικά αντοχής και παραμόρφωσης σκυροδέματος (Πίνακας 3.1, EC2)															Αναλυτική σχέση/ Εξήγηση
Αντοχή															
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (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} 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 $\epsilon_{c2}(\text{‰}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
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 $\epsilon_{cu2}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
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 $\epsilon_{c3}(\text{‰}) = 1,75 + 0,55 [(f_{ck} - 50)/40]$
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 $\epsilon_{cu3}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

1.1.3 Περισφιγμένο σκυρόδεμα

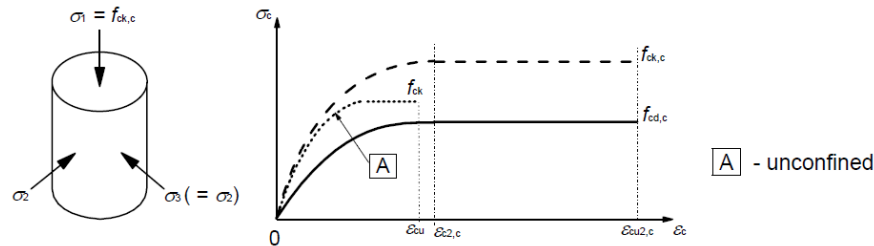
$f_{ck,c} = f_{ck} (1,000 + 5,00 \sigma_2 / f_{ck})$ για $\sigma_2 \leq 0,05 f_{ck}$

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

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

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

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

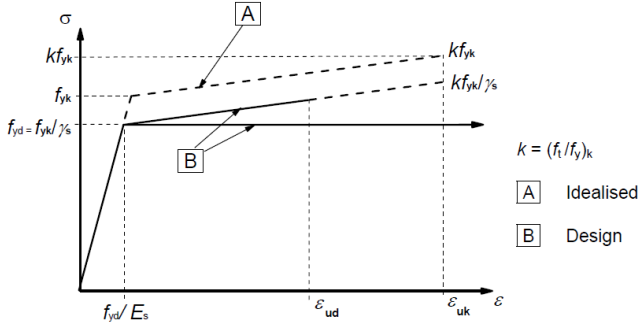


Σχήμα 1.4 Σχέση τάσεων-παραμορφώσεων για το περισφιγμένο σκυρόδεμα (EC2, Σχ.3.6)

1.2 Χάλυβας

Για συνήθη σχεδιασμό μπορεί να γίνει μία από τις παρακάτω παραδοχές :

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



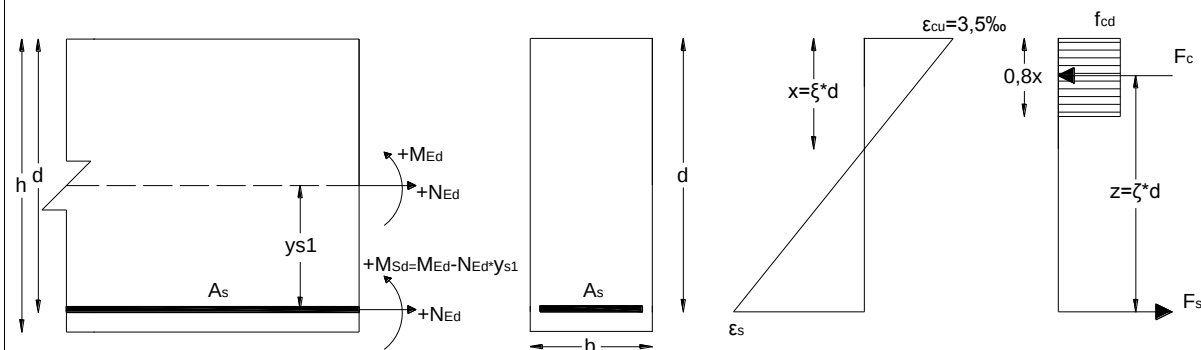
Σχήμα 1.5 Εξιδανικευμένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων και διάγραμμα σχεδιασμού χάλυβα οπλισμού (για εφελκυσμό και θλίψη) (EC2, Σχ.3.8)

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_{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

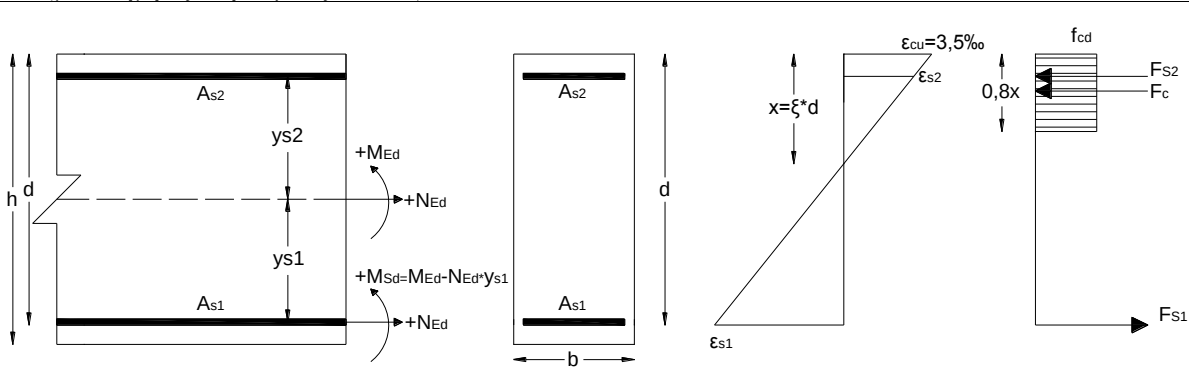
(α) Πλαστική ανάλυση: $\xi = x/d \leq 0,45 \rightarrow \mu_{lim} = 0,295$

(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	ζ	ξ	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 Ορθής Έντασης

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:

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

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

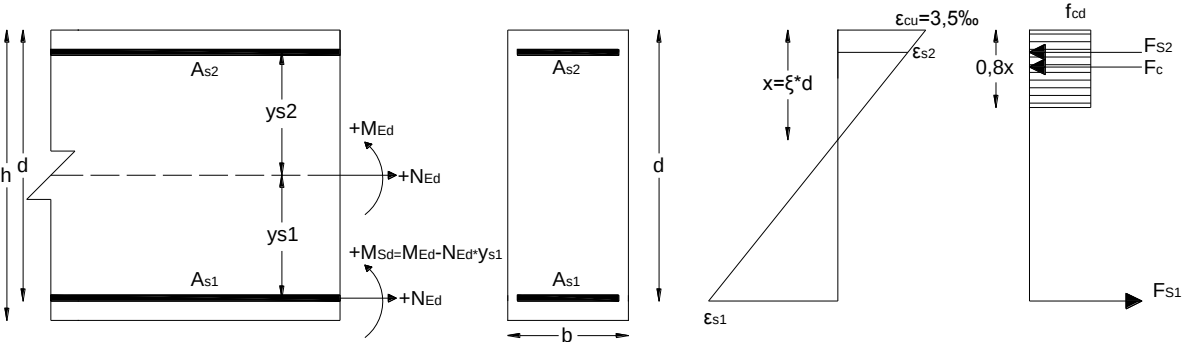
με $N_{Ed} < 0$ για θλίψη

Πίνακας 2.2. Διαστασιολόγηση κατά EN1992, διπλός οπλισμός							B500C	
Πλαστική Ανάλυση							$\xi_{lim}=0,45$	
μ_{sd}	$d_2/d=0,05$		$d_2/d=0,10$		$d_2/d=0,15$		$d_2/d=0,20$	
	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\varepsilon_{s2} (\text{‰})$
	4,28	3,11	4,28	2,72	4,28	2,33	4,28	1,94
	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 $\leq C50/60$)



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

Από τον Πίνακα 2.3 ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται ως:

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

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

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 μεγέθη 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:

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

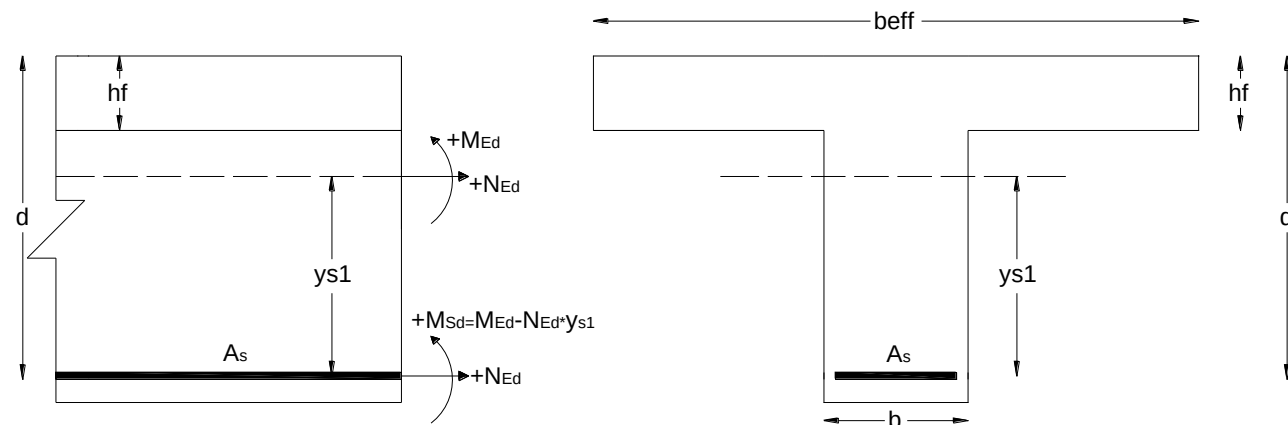
Απαιτούμενος οπλισμός:

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

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

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

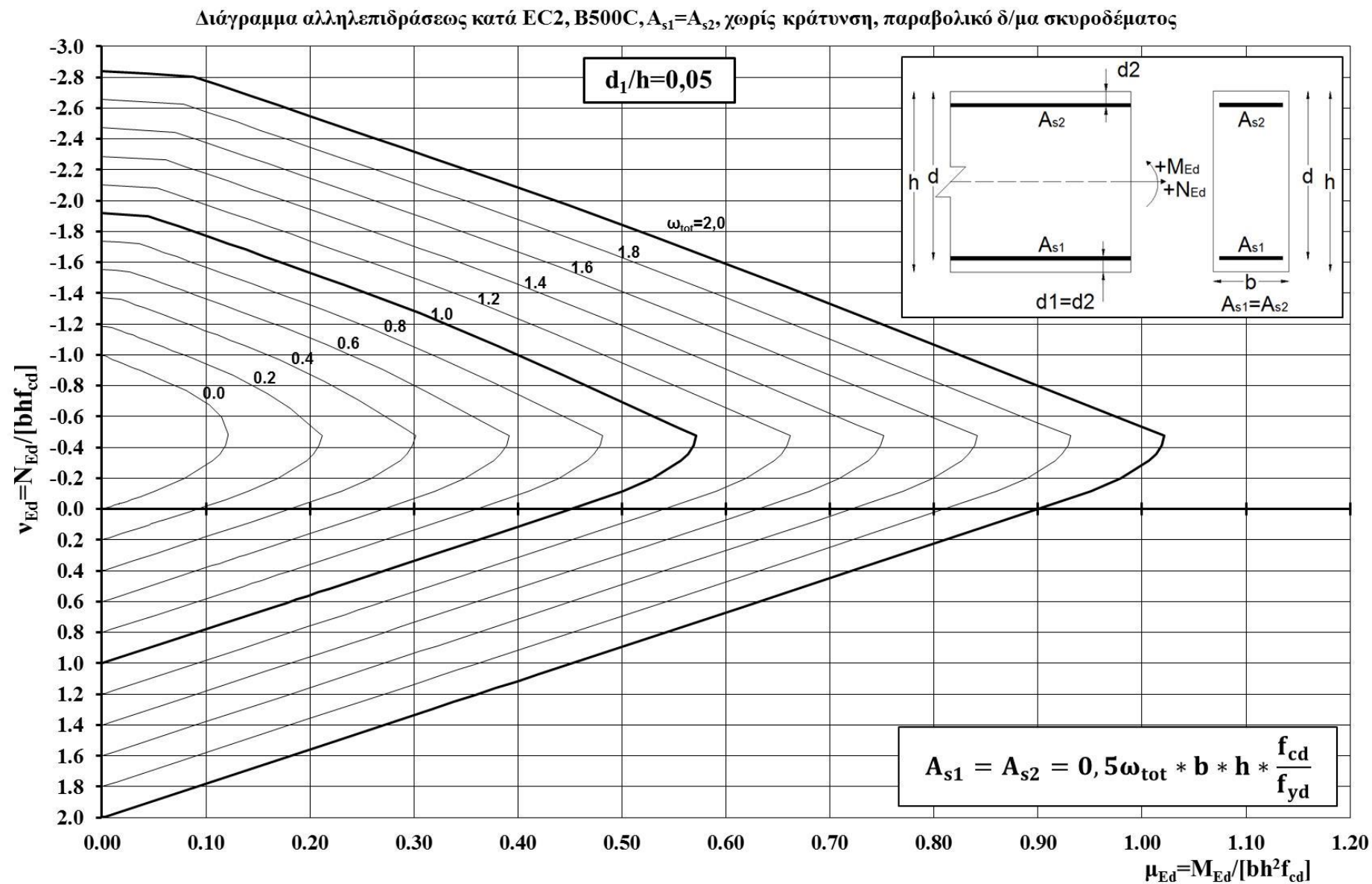
$$A_{s2} = \frac{\Delta\mu}{1 - d_2/d} * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

**Πίνακας 2.4 Γενικός πίνακας για τον σχεδιασμό πλακοδοκών υπό κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη (ορθογωνικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων).****B500C**

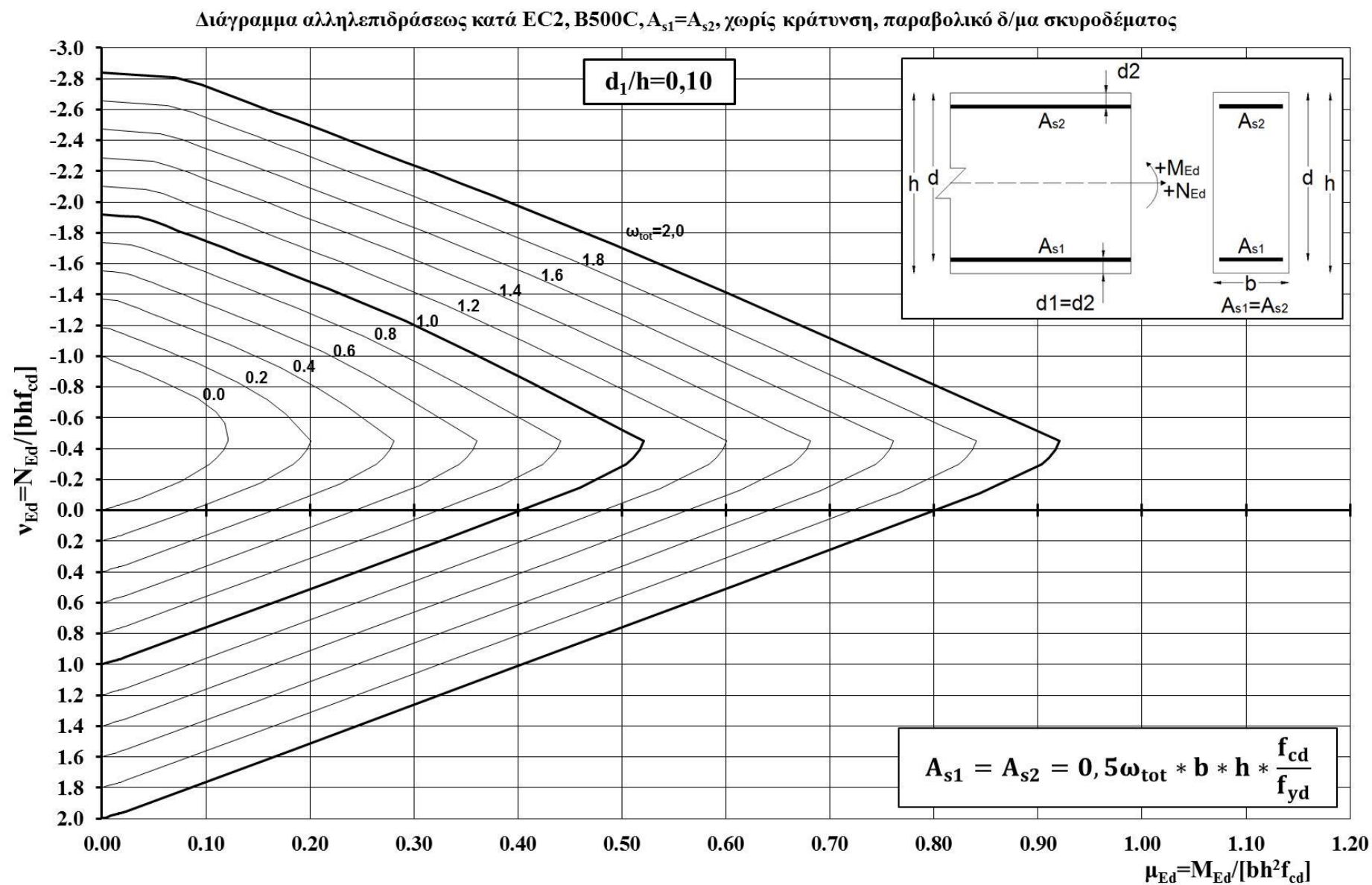
μ_{sd}	$h_f/d=0,05$					$h_f/d=0,10$					$h_f/d=0,15$					$h_f/d=0,20$					$h_f/d=0,30$					$h_f/d=0,40$				
	ω για $b_{eff}/b=$					ω για $b_{eff}/b=$					ω για $b_{eff}/b=$					ω για $b_{eff}/b=$					ω για $b_{eff}/b=$					ω για $b_{eff}/b=$				
	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	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
0,34					0,434					0,434					0,434												0,434		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

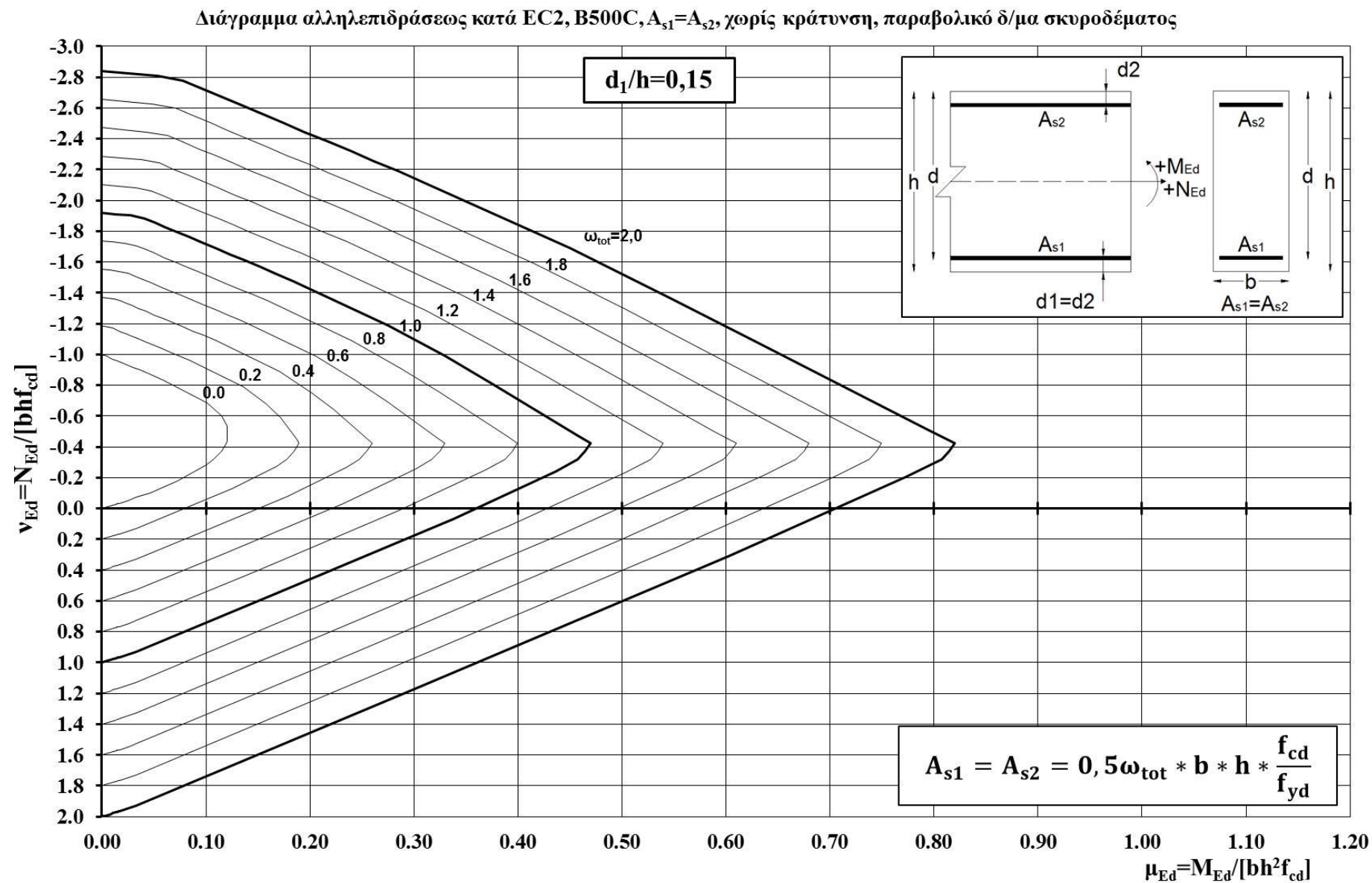
2.5 Υποστυλώματα-Διαγράμματα αλληλεπίδρασης με παραβολικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος

(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 $\leq C50/60$)

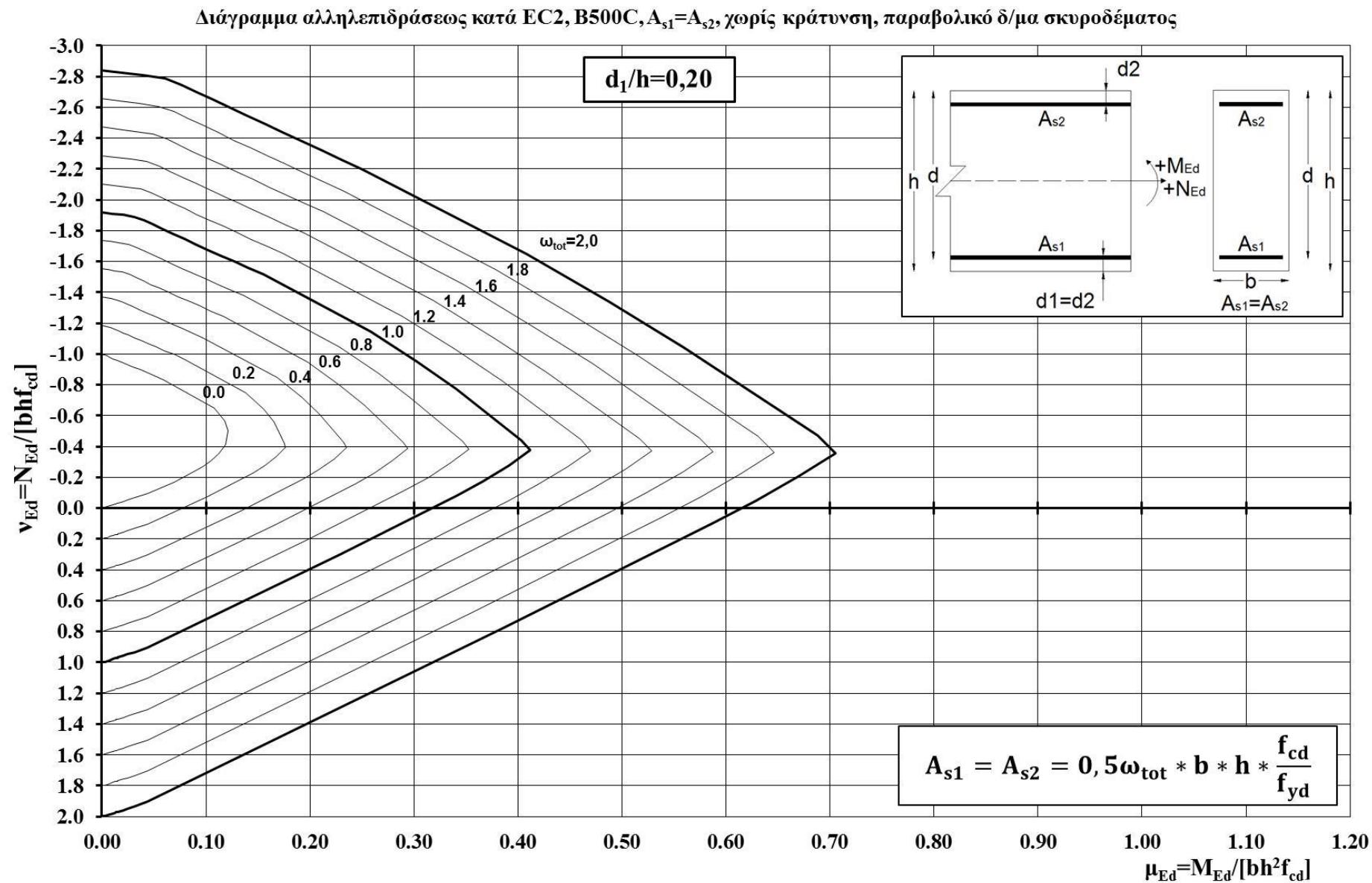
2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

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

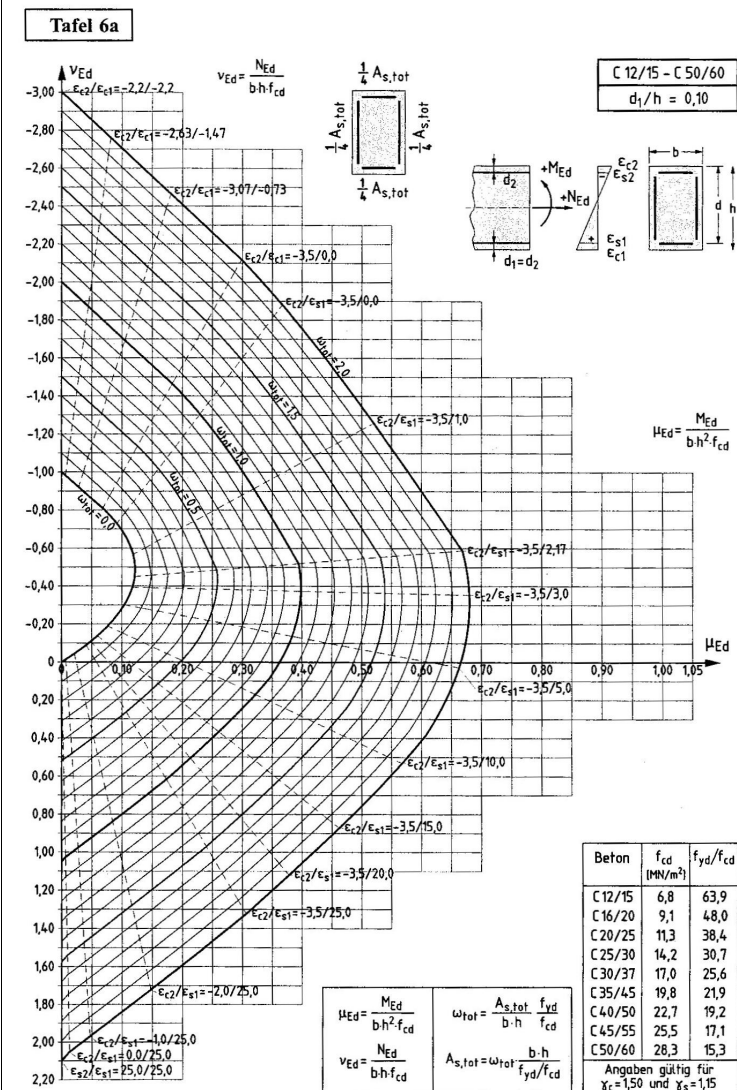
Σχήμα 2.3 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης κατά EC2, $A_{s1}=A_{s2}=0,5A_{s,tot}$, $d_1/h=0,15$ (για κατηγορίες σκυροδέματος $\leq C50/60$)

2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγέθη Ορθής Έντασης

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

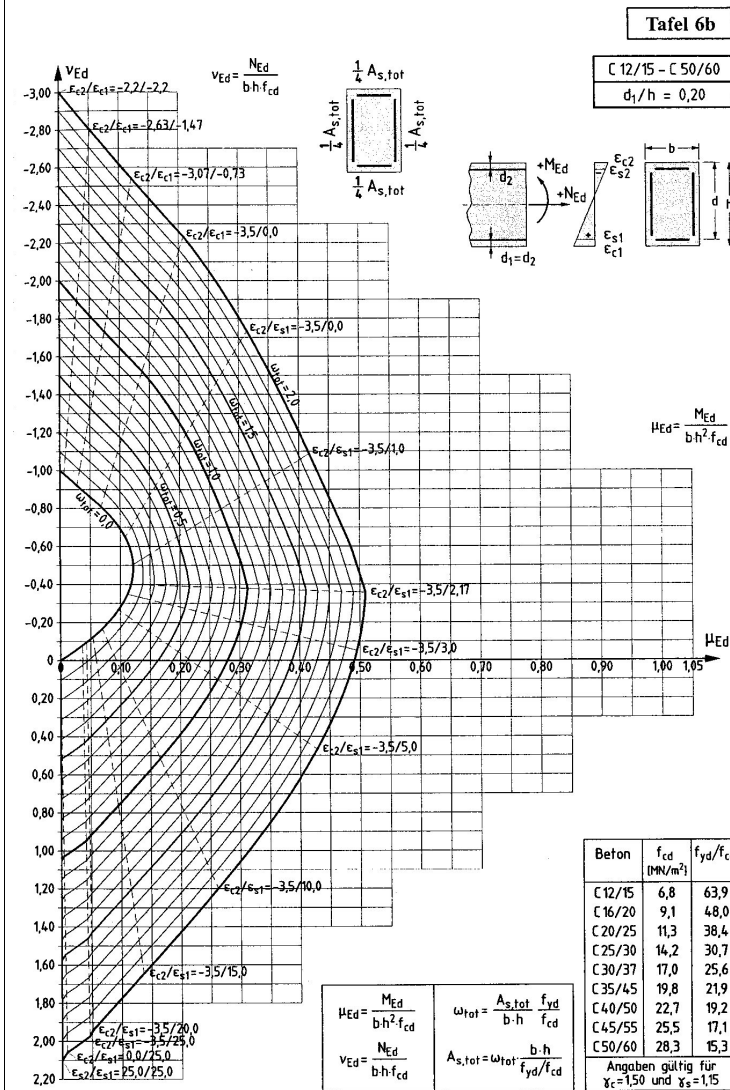
2. Υπολογισμός Διατομών υπό μεγάλη Ορθή Ένταση

(Schneider "Bautabellen für Ingenieure" - με βάση το Γερμανικό προσάρτημα το οποίο έχει μικρές διαφορές από το ελληνικό, π.χ. η μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος είναι 2.2‰)



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

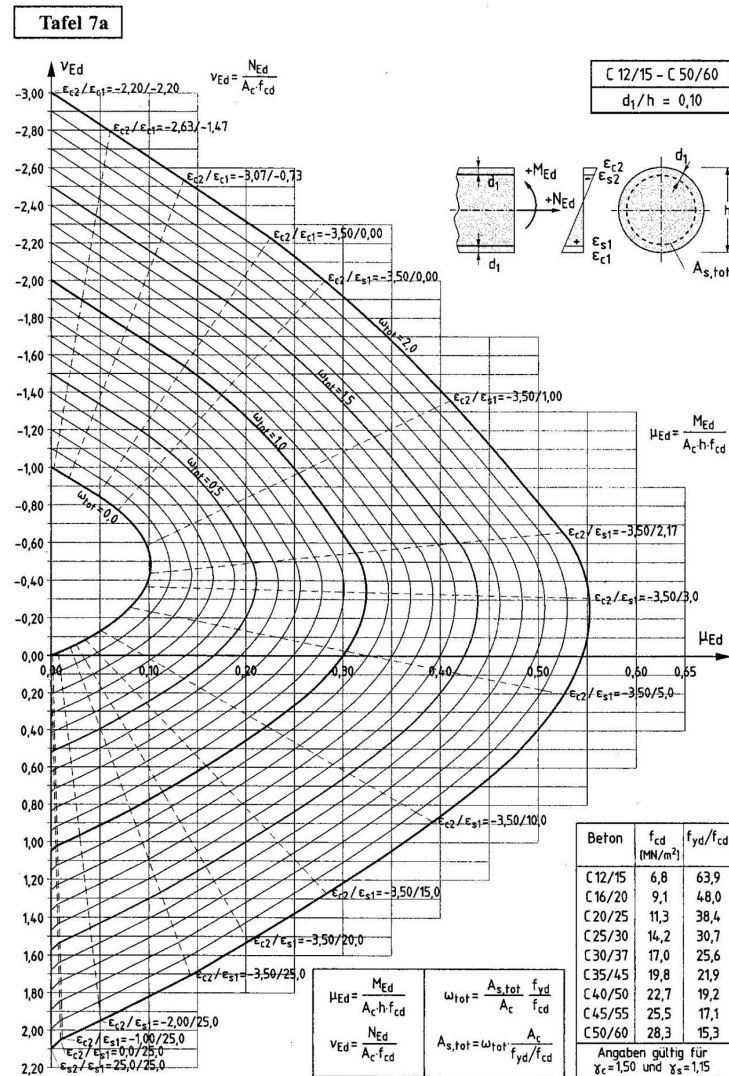
Σχήμα 2.5 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, ορθογωνική διατομή, $A_{s1}=A_{s2}=A_{s3}=A_{s4}=0,25A_{s,tot}$, $d_1/h=0,10$



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

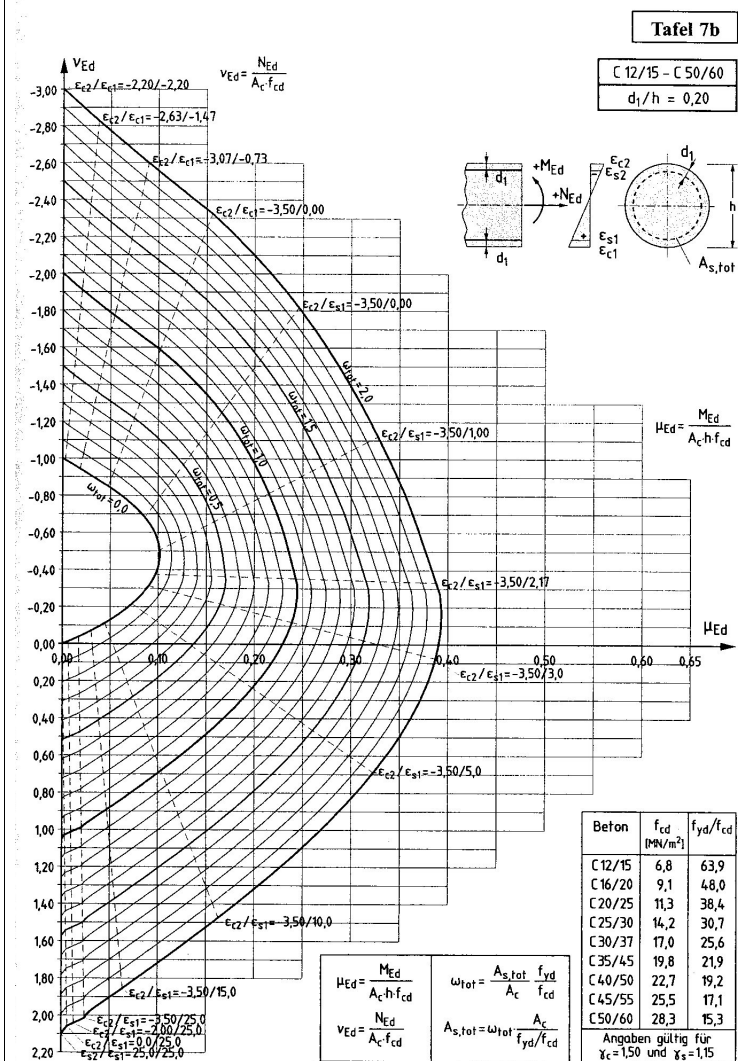
Σχήμα 2.6 Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης, ορθογωνική διατομή, $A_{s1}=A_{s2}=A_{s3}=A_{s4}=0,25A_{s,tot}$, $d_1/h=0,20$

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



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, $d_1/h=0,10$



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)

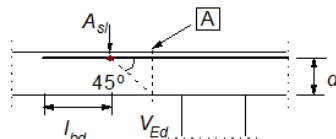
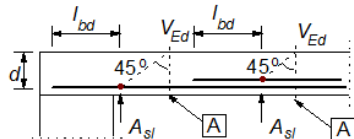
A_c είναι το εμβαδόν της διατομής του σκυροδέματος (mm^2)

$V_{Rd,c}$ σε N

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

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$$k_1 = 0,15$$



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

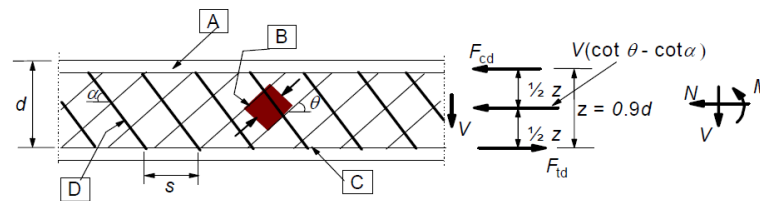
θ είναι η γωνία που σχηματίζουν οι λοξοί θλιπτήρες σκυροδέματος με τον κάθετο προς τη διεύθυνση της τέμνουσας άξονα της δοκού

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

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

$$a_{cw} = 1$$

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



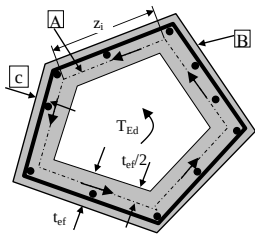
[A] θλιβόμενο πέλμα, **[B]** θλιπτήρες, **[C]** εφελκόμενη χορδή, **[D]** οπλισμός διάτμησης

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 όριο της ισοδύναμης διατομής, με περίμετρο u
 Γ - επικάλυψη: απόσταση του κέντρου της διαμήκου ράβδου μέχρι το εξωτερικό όριο

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

$t_{ef,i}$ 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 διαμήκου οπλισμού. Στις κοίλες διατομές το άνω όριο είναι το πραγματικό πάχος τους, δηλ. $t_{ef,i} = \max\{A/u, 2c\} \leq t_{\text{πραγματικό}}$

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),

$$T_{Rd,max}$$

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

$$\alpha_{cw} = 1$$

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

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), $T_{Rd,c}$

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

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 διαμήκου οπλισμού στρέψης, ΣA_{sl}

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

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

u_k είναι η περίμετρος της περιοχής με εμβαδόν A_k

f_{yd} είναι η τιμή σχεδιασμού της τάσης διαρροής του διαμήκου 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:

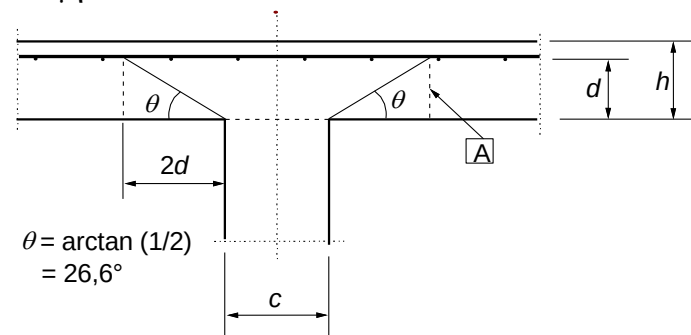
$$\left(\frac{A_{sw}}{s_w} \right)_{tot} = \frac{1}{2 \cot\theta * f_{ywd}} \left(\frac{T_{Ed}}{A_k} + \frac{V_{Ed}}{0,9d} \right) \quad (\text{ταυτόχρονη στρέψη και διάτμηση})$$

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

5. Διάτρηση

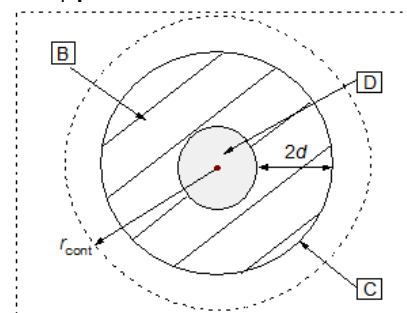
5.1 Μοντέλο υπολογισμού (γενικά)

Διατομή



[A] - βασική διατομή ελέγχου

Κάτοψη



[B] - βασική επιφάνεια ελέγχου A_{cont} [C] - βασική περίμετρος ελέγχου, u_1
 [D] - 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)

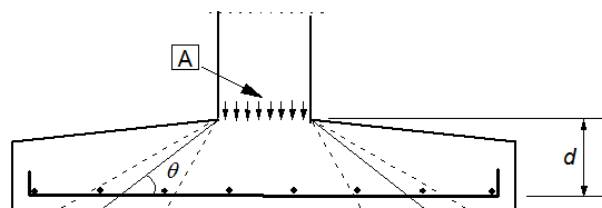
5.2 Βασική περίμετρος ελέγχου, u_1

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.	[A]: άνοιγμα 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

Ως στατικό ύψος, d , ορίζεται το μέσο στατικό ύψος των δύο διευθύνσεων $d = \frac{d_x + d_y}{2}$



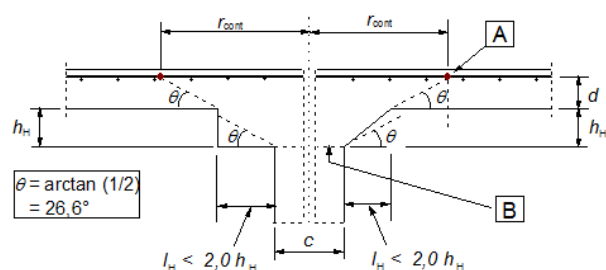
[A] - φορτιζόμενη επιφάνεια $\theta \geq \arctan(1/2)$

Σχήμα 5.3 Ύψος διατομής ελέγχου σε πέδιλο μεταβλητού πάχους (EC2, Σχ. 6.16)

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

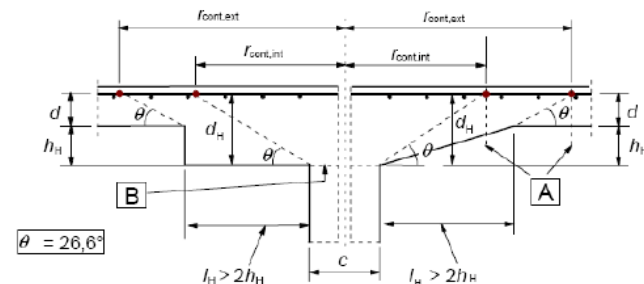
όπου:

$l_1 = c_1 + 2l_{H1}$

$l_2 = c_2 + 2l_{H2}$

$l_1 \leq l_2$

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



Σχήμα 5.4β Πλάκα με κιονόκρανο στο οποίο $l_H > 2h_H$ (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 μέσο στατικό ύψος

- Πλάκες

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

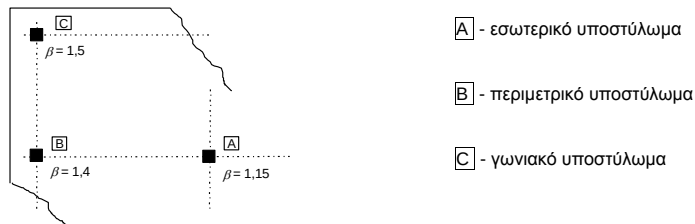
$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

Όπου

β συντελεστής εκκεντρότητας, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

(i) Προσεγγιστικά

Σε φορείς, των οποίων η ευστάθεια υπό οριζόντια φορτία δεν εξαρτάται από την πλαισιακή λειτουργία μεταξύ πλακών και υποστυλωμάτων και στους οποίους τα γειτονικά ανοίγματα δεν διαφέρουν παραπάνω από 25%, μπορεί να χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές τιμές για το β .



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

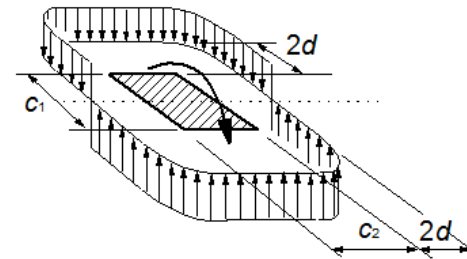
k είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από το λόγο των διαστάσεων του υποστυλώματος

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 και Πίνακα 5.1).

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 (βλ. Σχήμα 5.2α)

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:

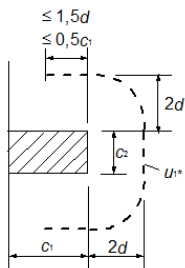
$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D+4d}$$

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.

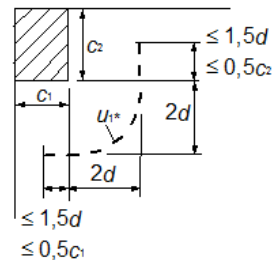
k μπορεί να λαμβάνεται από τον Πίνακα 5.1 αντικαθιστώντας το λόγο c_1/c_2 με τον $c_1/2c_2$

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

-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)

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

όπου

f_{ck} σε MPa

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

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

$$k_1 = 0,1$$

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

$$\rho_l = (\rho_{ly} * \rho_{lz})^{0,5} \leq 0,02$$

ρ_{ly}, ρ_{lz} αναφέρονται στον εφελκυσμένο 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 φάντωμα 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 υποστώλωμα $u_0 = \text{μήκος της περιμέτρου του υποστυλώματος [mm]}$

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

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

β όπως έχει οριστεί προηγουμένως κατά περίπτωση

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

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

το f_{ck} σε MPa

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 υποστώλωμα [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]

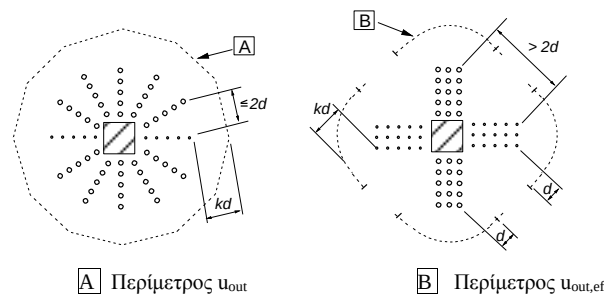
d είναι ο μέσος όρος των στατικών υψών σε δύο κάθετες διευθύνσεις [mm]

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



A Περίμετρος u_{out}

B 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

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

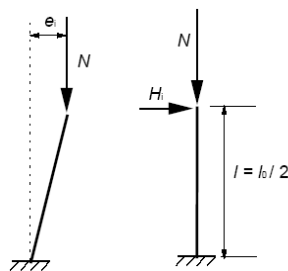
α_m είναι μειωτικός συντελεστής για το πλήθος των στοιχείων

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

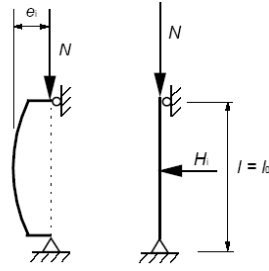
l είναι το μήκος ή το ύψος [m]

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: $l = \text{ύψος ορόφου}$, $m = \text{αριθμός των κατακόρυφων στοιχείων στον όροφο (ή τους ορόφους) τα οποία συμβάλλουν στην οριζόντια δύναμη επί του πατώματος}$.

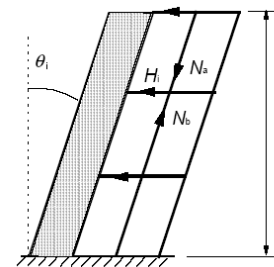


(α) Μεμονωμένα μεταθετά στοιχεία

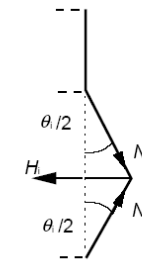


(β) Μεμονωμένα αμετάθετα στοιχεία

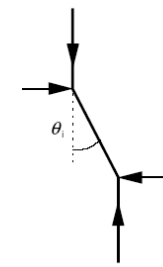
Σχήμα 6.1 Παράδειγμα επιρροής των γεωμετρικών ατελειών (EC2, από Σχ.5.1)



(α) Σύστημα πλευρικής παγίωσης



(β) Διάφραγμα ορόφου



(γ) Διάφραγμα στέγης

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

- Επιρροή ατελειών

- Για μεμονωμένα δομικά στοιχεία

α) ως εκκεντρότητα, 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 αρηγιάτωτης 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

$A = 1 / (1 + 0,2\phi_{ef})$ (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 $C=0,7$)

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

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

M_{0Eap} είναι η καμπτική ροπή 1^{ης} τάξης στον οιονοί-μόνιμο συνδυασμό δράσεων (ΟΚΛ)

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

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

$$r_m = 1$$

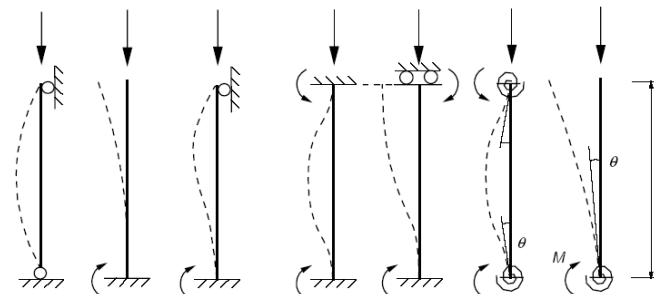
- για στοιχεία με πλευρική παγίωση αποκλειστικά με ροπές 1^{ης} τάξης ή κύρια εξαιτίας ατελειών ή οριζόντιας φόρτισης

- 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.Σχήμα 6.3f):

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

Στοιχεία χωρίς πλευρική παγίωση (βλ.Σχήμα 6.3g):

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

όπου:

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

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

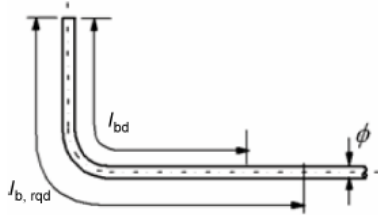
θ είναι η στρόφη των στοιχείων στρωφικής δέσμευσης για ροπή κάμψης M

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 Για μέλη με σταθερή συμμετρική διατομή (συμπεριλαμβανομένου του οπλισμού): $1/r = K_r \cdot K_\phi \cdot 1/r_0$ όπου: $K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1 \quad (\text{με } n_u = 1 + \omega \quad n_{bal}=0,4)$ $K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \quad (\text{με } \beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150)$ $1/r_0 = \epsilon_{yd} / (0,45 d)$ $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ 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). $n = N_{Ed} / (A_c f_{cd})$, 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, $l_{b,reqd}$, μετρούμενο στον άξονα της ράβδου (EC2, από Σχ.8.1)7.2 Οριακή τάση συνάφειας, f_{bd}

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

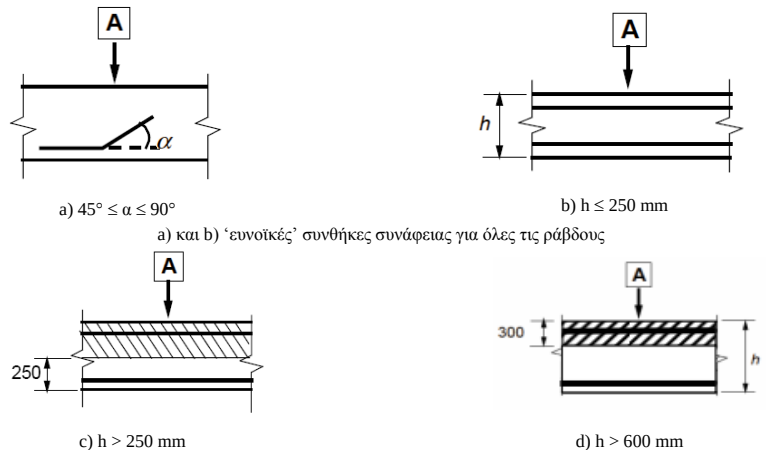
$\eta_1 = 1,0$ όταν εξασφαλίζονται 'ευνοϊκές' συνθήκες ή

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

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

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

$f_{ctd} = f_{ctk0.05} / \gamma_c$, όπου $f_{ctk0.05}$ από Πίνακα 7.1



c) και d) μη γραμμωτισμένη περιοχή - 'ευνοϊκές' συνθήκες συνάφειας γραμμωτισμένη περιοχή - 'δυσμενείς' συνθήκες συνάφειας
A: διεύθυνση σκυροδέματος

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

Πίνακας 7.1 Τιμές της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος και της τιμής $2.25f_{ctd}$ για ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας και $\Phi < 32 \text{ mm}$ ($=f_{bd}$ για $\eta_1=\eta_2=1$)

f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
$2.25f_{ctd}$ ($=f_{bd}$ για $\eta_1=\eta_2=1$) (MPa)	1,65	1,95	2,25	2,70	3,00	3,30	3,75	4,05	4,35

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

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

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

7.4 Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, l_{bd}

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

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

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

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

και οι συντελεστές α από τον παρακάτω Πίνακα 7.2

Πίνακας 7.2 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 7.5 (a), (b) και (c))	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\phi$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$ (βλέπε Σχήμα 7.3 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 7.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα 7.5 (a), (b) και (c))	$0,7 \leq \alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\phi) / \phi \leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα 7.3 για τιμές του c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
Περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_3 = 1 - K \lambda \leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα 7.4 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 7.5 (d)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Περίσφιξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_5 = 1 - 0,04p \leq 1,0$	-

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

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

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

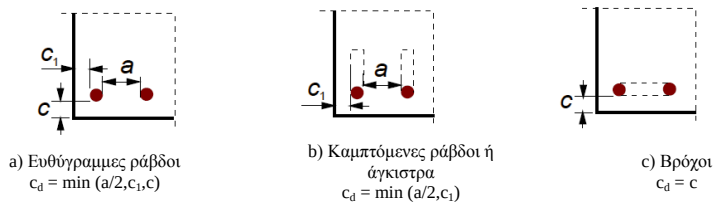
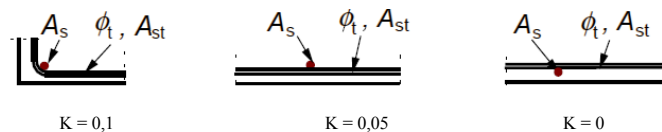
A_s εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο

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

[*] 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 ($\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$) $\geq 0,7$

7. Αγκυρώσεις (συνέχεια)

Σχήμα 7.3 Τιμές c_d για δοκούς και πλάκες (για υπολογισμό α_1 και α_2)(EC2, Σχ.8.3)Σχήμα 7.4 Τιμές K για δοκούς και πλάκες (για υπολογισμό α_3)(EC2, Σχ.8.4)7.5 Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,eq}$

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

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

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



a) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπική καμπύλωση

b) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό άγκιστρο

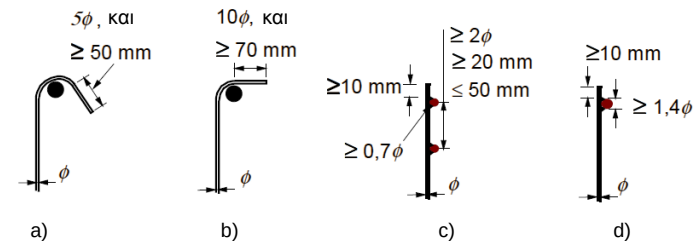


a) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό βρόχο

b) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης με συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο

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):

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

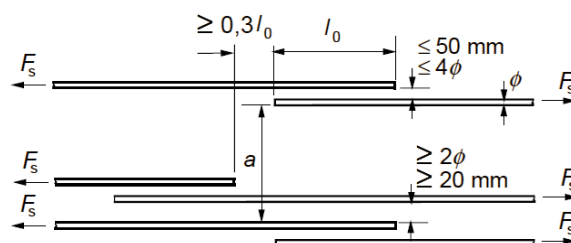
F_{bt} είναι η εφελκυστική δύναμη υπό τα φορτία αστοχίας σε μία ράβδο ή ομάδα ράβδων σε επαφή, στην αρχή της καμπύλωσης

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)

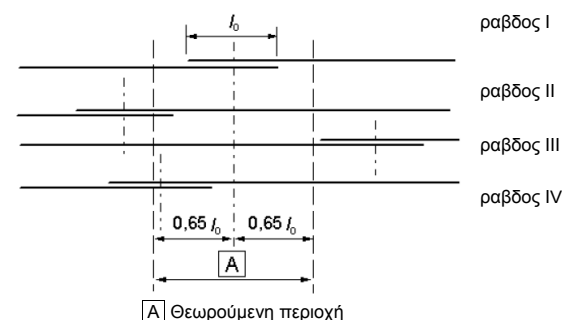
8.2 Μήκος υπερκάλυψης σχεδιασμού, l_0

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

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

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 $\Sigma A_{st,min}$ 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 $0,65l_0$ εκατέρωθεν του θεωρούμενου μέσου του μήκους υπερκάλυψης



Παράδειγμα:
Οι ενώσεις των ράβδων II και III είναι εκτός της θεωρούμενης περιοχής:
% = 50 και $\alpha_6 = 1,4$

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

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

9. Έλεγχος ρηγμάτωσης**9.1 Υπολογισμός εύρους ρωγμής, w_k**

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

$s_{r,max}$ είναι η μέγιστη απόσταση των ρωγμών η οποία υπολογίζεται ως:

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

όπου:

ϕ είναι η διάμετρος της ράβδου. Για μια διατομή με n_1 ράβδους διαμέτρου ϕ_1 και n_2 ράβδους διαμέτρου ϕ_2 , χρησιμοποιείται μία ισοδύναμη διάμετρος, ϕ_{eq} :

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

c είναι η επικάλυψη του διαμήκους οπλισμού

k_1 συντελεστής για να ληφθούν υπόψη οι ιδιότητες συνάφειας του οπλισμού με συνάφεια = 0,8 για ράβδους υψηλής συνάφειας και 1,6 για ράβδους με πρακτικώς λεία επιφάνεια (π.χ. τένοντες προέντασης)

k_2 συντελεστής για να ληφθεί υπόψη η κατανομή των παραμορφώσεων:
= 0,5 για κάμψη και 1,0 για καθαρό εφελκυσμό

Σε περιπτώσεις έκκεντρου εφελκυσμού ή για τμήματα μιας διατομής, χρησιμοποιούνται ενδιάμεσες τιμές του k_2 που μπορεί να υπολογιστούν ως $k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/2\varepsilon_1$ όπου ε_1 είναι η μεγαλύτερη και ε_2 η μικρότερη εφελκυστική παραμόρφωση στα άκρα της θεωρούμενης διατομής, που υπολογίζονται με την παραδοχή ρηγματωμένης διατομής

$k_3, k_4 = 3,4$ και $0,425$ αντίστοιχα (συνιστώμενες τιμή)

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

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

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 δυσκαμψία. 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 $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ μπορεί να υπολογιστεί ως:

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

όπου:

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

α_e είναι ο λόγος E_s/E_{cm}

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

k_t είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη διάρκεια της φόρτισης
= 0,6 για βραχυχρόνια φόρτιση και 0,4 για μακροχρόνια φόρτιση

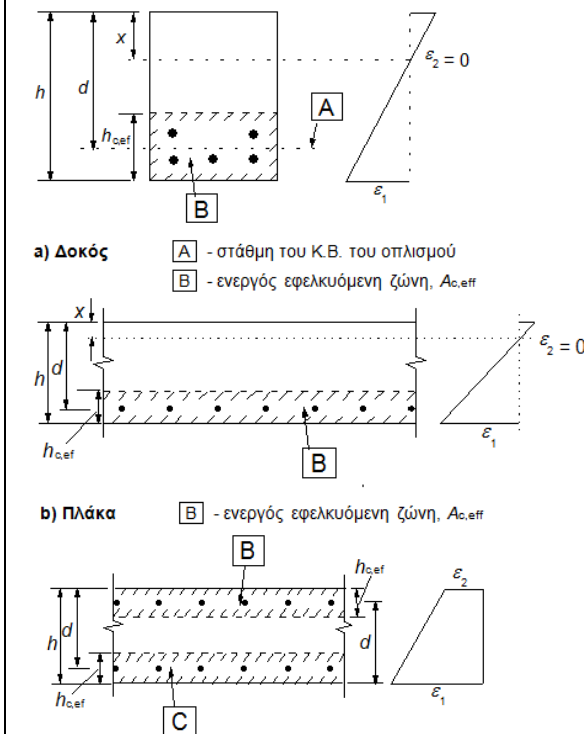
9.2 Περιορισμός εύρους ρωγμών

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	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		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.

**α) Δοκός**

[A] - στάθμη του Κ.Β. του οπλισμού
[B] - ενεργός εφελκυσμένη ζώνη, $A_{c,eff}$

β) Πλάκα

[B] - ενεργός εφελκυσμένη ζώνη, $A_{c,eff}$

γ) Στοιχείο υπό εφελκυσμό

[B] - ενεργός εφελκυσμένη ζώνη για την άνω επιφάνεια, $A_{ct,eff}$
[C] - ενεργός εφελκυσμένη ζώνη για την κάτω επιφάνεια, $A_{cb,eff}$

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

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

9. Έλεγχος ρηγμάτωσης (συνέχεια)

9.3 Έλεγχος ρηγμάτωσης 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 ρηγμάτωσης ¹ (EC2, Πίνακας 7.2N)			
Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη διάμετρος ράβδων [mm]		
	$w_k=0,4$ mm	$w_k=0,3$ mm	$w_k=0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-
Σημειώσεις: 1. Έχουν ληφθεί υπόψη: $c = 25\text{mm}$, $f_{ct,eff} = 2,9\text{MPa}$, $h_{cr} = 0,5$, $(h-d) = 0,1h$, $k_1 = 0,8$ $k_2 = 0,5$, $k_c = 0,4$, $k = 1,0$, $k_i = 0,4$ και $k' = 1,0$ 2. Υπό τους κατάλληλους συνδυασμούς δράσεων			

Πίνακας 9.3 Μέγιστη απόσταση ράβδων για περιορισμό της ρηγμάτωσης ¹ (EC2, Πίνακας 7.3N)			
Τάση χάλυβα ² [MPa]	Μέγιστη απόσταση ράβδων [mm]		
	$w_k=0,4$ mm	$w_k=0,3$ mm	$w_k=0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-
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):

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

- Εφελκυσμός (ομοιόμορφος αξονικός εφελκυσμός)

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

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 οιονει-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 $h \leq 300$ mm ή πέλματα με πλάτη < 300 mm

$= 0,65$ για κορμούς με $h \geq 800$ mm ή πέλματα με πλάτη > 800 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 ορθγωνικές 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 $h < 1,0$ m

$h^* = 1,0$ m για $h \geq 1,0$ 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, α, δοκών και πλακών

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

10.2 Απαλλαγή από έλεγχο βελών

Περιορισμός του λόγου ανοίγμα προς ύψος, l/d :

- Για τιμή τάσης του χάλυβα σε μια ρηγματωμένη διατομή στο κέντρο του ανοίγματος μιας δοκού ή πλάκας, ή στη στήριξη ενός προβόλου $\sigma_s=310$ MPa (αντιστοιχεί περίπου σε $f_{yk} = 500$ MPa)

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

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

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

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

ρ και ρ' είναι τα απαιτούμενα ποσοστά εφελκόμενου 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 μκητοειδών 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 μκητοειδείς 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).

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 καταμήκος μιας επιμήκους πλευράς	1,3	18	26
Μεσαίο άνοιγμα δοκού ή πλάκας κατά μία ή δύο διευθύνσεις	1,5	20	30
Πλάκα επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς (μκητοειδής) (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 μκητοειδείς πλάκες, βάσει του μεγαλύτερου ανοίγματος.

Σημείωση 3: Τα όρια που δίνονται για μκητοειδείς 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 ($\varphi = 0$):

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

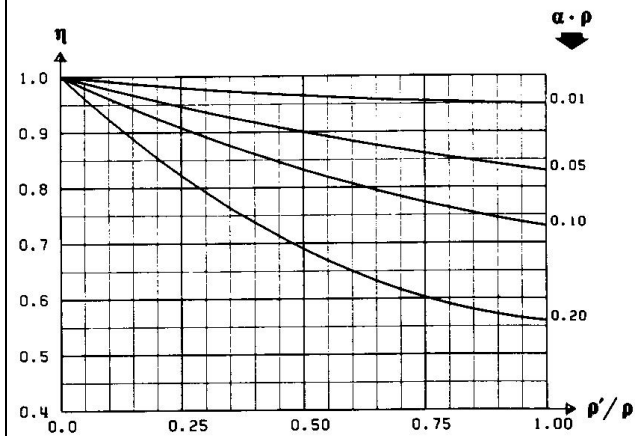
- Για το μακροχρόνιο βέλος ($\varphi \neq 0$) έχουμε:

$$a_i = a_c \cdot k_i \cdot \eta$$

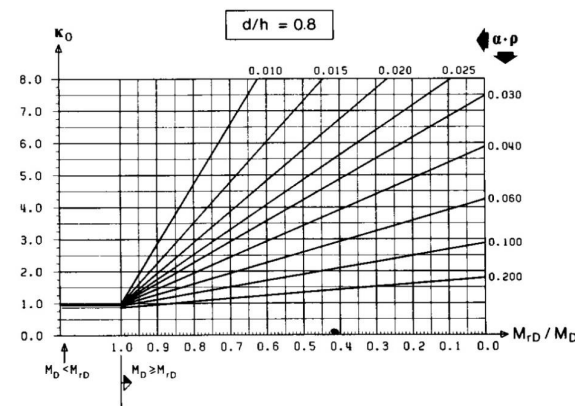
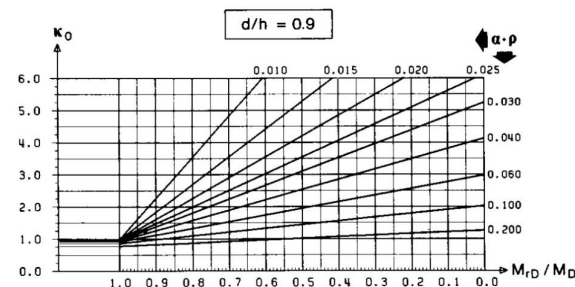
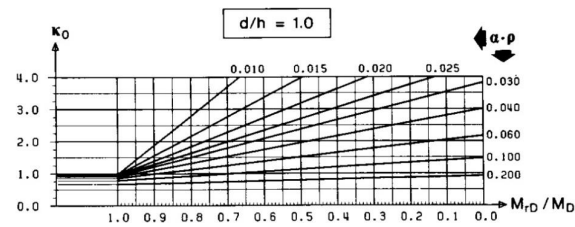
Πίνακας 10.2 Ελαστικά βέλη

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

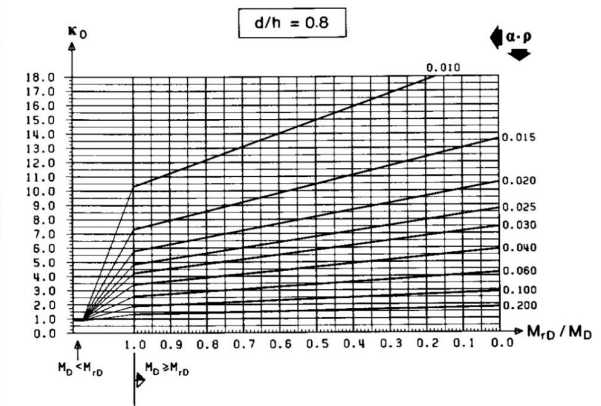
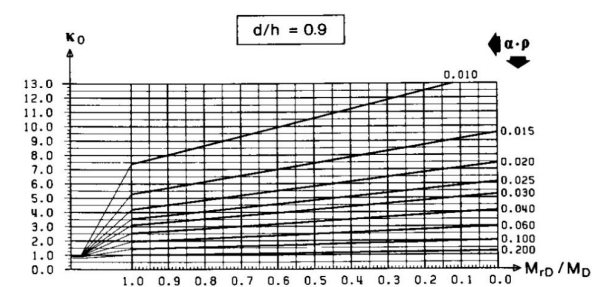
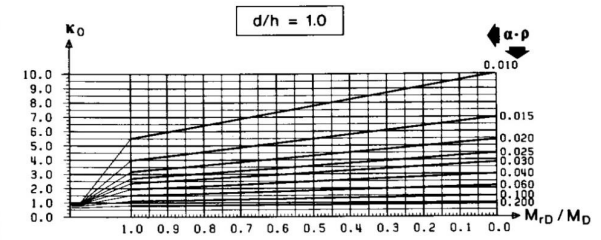
10. Έλεγχος παραμορφώσεων (συνέχεια)



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

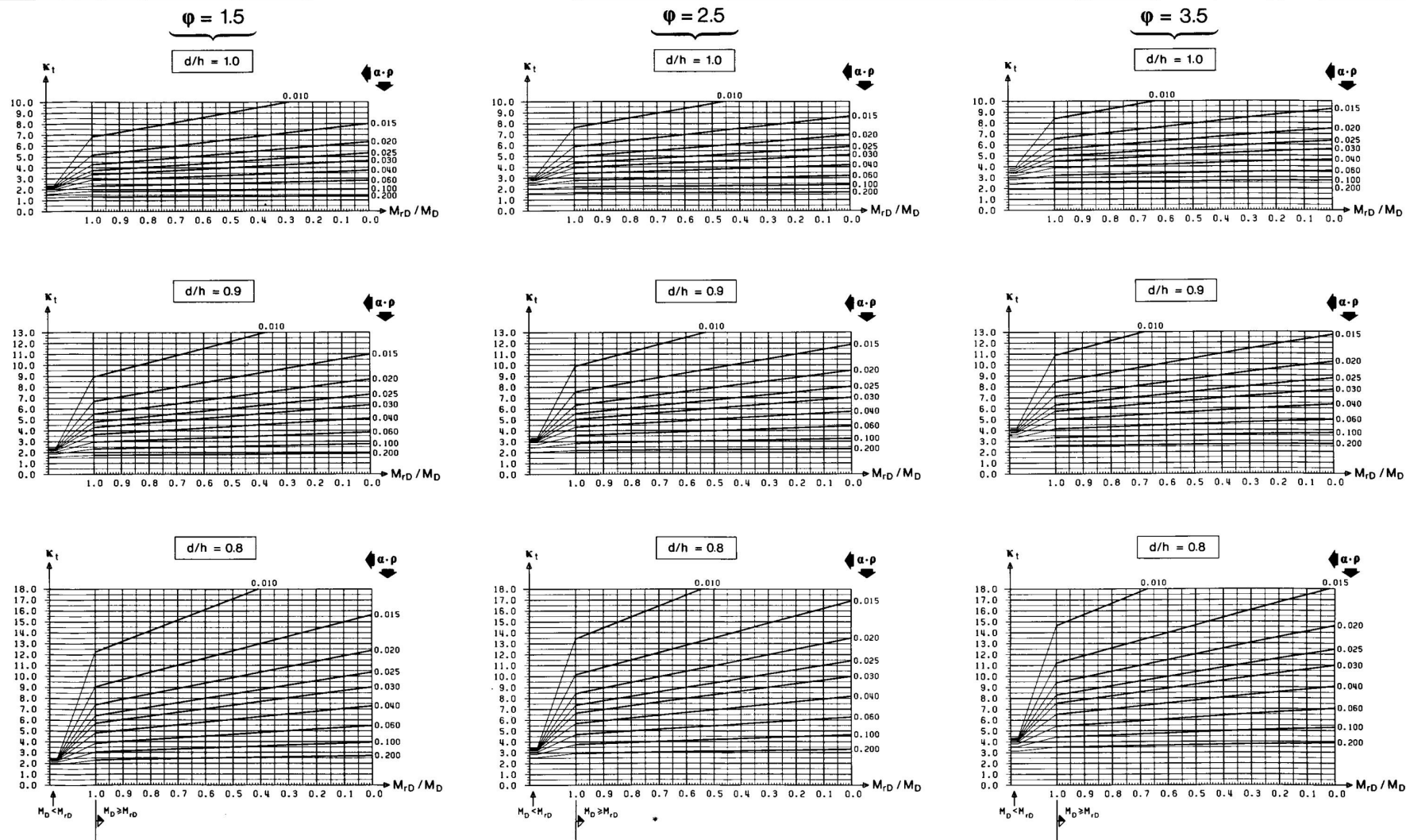


Σχήμα 10.2α Στιγμαίος βέλος, Πρώτη φόρτιση ($\beta_2=1$) $a_0=k_0 \cdot a_c$
(CEB “MANUEL CEB FISSURATION ET DEFORMATIONS”, 1983)



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 ($\beta_2=0.5$) $\alpha \tau = \eta k t a$ (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 πιτσιλισματος.	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	Καταστροφόμενα 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 περιβατολογικών 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 προσ αυξάνεται κατά 5 mm.	
** Η δέσμη ράβδων αντικαθίσταται από μια ιδεατή ράβδο 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 διάκρεια 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 11.2 (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	224	279
1,2	191	291
1,3	168	309
1,4	150	328
1,5	137	347
1,6	127	361
1,7	119	373
1,8	113	385
1,9	108	394
2,0	104	403
→∞	8,0	*

Πίνακ. II			
l_y/l_x	f_x	f_y	S_y
1,0	328	291	11,9
1,1	263	292	10,9
1,2	220	299	10,1
1,3	189	306	9,6
1,4	167	318	9,2
1,5	150	335	8,9
1,6	137	348	8,7
1,7	128	361	8,5
1,8	120	373	8,4
1,9	114	384	8,3
2,0	109	395	8,2
→∞	8,0	*	8,0

Πίνακ. II'			
l_y/l_x	f_x	f_y	S_x
1,0	291	328	11,9
1,1	246	345	10,9
1,2	215	368	10,2
1,3	192	388	9,7
1,4	175	409	9,3
1,5	162	427	9,0
1,6	152	441	8,8
1,7	144	453	8,6
1,8	138	465	8,4
1,9	133	472	8,3
2,0	129	479	8,3
→∞	10,2	*	8,0

Πίνακ. III				
l_y/l_x	f_x	f_y	S_y	
1,0	380	30,6	14,3	
1,1	302	30,2	12,7	
1,2	24,8	30,3	11,5	
1,3	21,1	31,0	10,7	
1,4	18,4	32,2	10,0	
1,5	16,4	33,8	9,5	
1,6	14,8	35,9	9,2	
1,7	13,6	38,3	8,9	
1,8	12,7	41,1	8,7	
1,9	12,0	44,9	8,5	
2,0	11,4	46,3	8,4	
→∞	8,0	*	8,0	

Πίνακ. III'				
l_y/l_x	f_x	f_y	S_y	S_x
1,0	306	380	14,3	
1,1	263	395	13,5	
1,2	232	41,4	13,0	
1,3	209	43,5	12,6	
1,4	192	45,6	12,3	
1,5	179	47,6	12,2	
1,6	169	49,1	12,0	
1,7	161	50,3	12,0	
1,8	154	51,3	12,0	
1,9	14,9	52,1	12,0	
2,0	14,5	52,9	12,0	
→∞	12,0	*	12,0	

Πίνακ. IV				
l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1,0	332	33,2	14,3	14,3
1,1	273	34,1	12,7	13,6
1,2	233	35,5	11,5	13,1
1,3	206	37,7	10,7	12,8
1,4	185	39,9	10,0	12,6
1,5	169	41,9	9,6	12,4
1,6	158	43,5	9,2	12,3
1,7	149	44,9	8,9	12,2
1,8	142	46,2	8,7	12,2
1,9	136	47,2	8,5	12,2
2,0	131	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	373	16,2	16,3
1,1	282	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. V'				
l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1,0	373	336	16,3	16,2
1,1	303	34,1	15,4	14,8
1,2	253	35,1	13,5	13,9
1,3	220	37,3	12,2	13,3
1,4	195	39,8	11,2	13,0
1,5	177	43,1	10,6	12,7
1,6	164	46,6	10,1	12,6
1,7	154	52,3	9,7	12,5
1,8	146	55,5	9,4	12,4
1,9	13,9	62,5	9,0	12,3
2,0	13,4	66,1	8,9	12,3
→∞	10,2	*	8,0	11,2

Πίνακ. VI				
l_y/l_x	f_x	f_y	S_x	S_y
1,0	36,8	36,8	19,4	19,4
1,1	30,2	38,1	17,1	18,4
1,2	25,7	40,4	15,5	17,9
1,3	22,7	43,5	14,5	17,6
1,4	20,4	47,1	13,7	17,5
1,5	18,7	50,6	13,2	17,5
1,6	17,5	52,8	12,8	17,5
1,7	16,5	54,5	12,5	17,5
1,8	15,7	56,1	12,3	17,5
1,9	15,1	57,3	12,1	17,5
2,0	14,7	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)

$q_x = \kappa \cdot q$							$q_y = (1 - \kappa) \cdot q$						
$\varepsilon = 1_y / 1_x$	$l_y \begin{smallmatrix} 1 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 2 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 3 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 4 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 5 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 6 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$\varepsilon = 1_y / 1_x$	$l_y \begin{smallmatrix} 1 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 2 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 3 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 4 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 5 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 6 \\ l_x \end{smallmatrix}$
	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	0.587	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	0.907	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	0.862	0.939	0.769	0.862	0.925	0.862
1.00	0.500	0.714	0.833	0.500	0.667	0.500	1.60	0.868	0.942	0.770	0.868	0.929	0.868
$\varepsilon = 1_x / 1_y$	$l_x \begin{smallmatrix} 1 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 2 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 3 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 4 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 5 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 6 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$\varepsilon = 1_x / 1_y$	$l_x \begin{smallmatrix} 1 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 2 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 3 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 4 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 5 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 6 \\ l_y \end{smallmatrix}$
	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6		ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6
$q_x = (1 - \rho) \cdot q$							$q_y = \rho \cdot q$						

Συντελεστές, v , υπολογισμού ροπών ανοιγμάτων τετραερείστων πλακών

$\varepsilon=1_y/1_x$	$l_y \begin{smallmatrix} 1 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 2 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 3 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 4 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 5 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$l_y \begin{smallmatrix} 6 \\ l_x \end{smallmatrix}$	$\varepsilon=1_y/1_x$			
	$v_{1x}=v_{1y}$	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}	$v_{6x}=v_{6y}$	
$\varepsilon=1_x/1_y$	$l_x \begin{smallmatrix} 1 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 2 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 3 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 4 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 5 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$l_x \begin{smallmatrix} 6 \\ l_y \end{smallmatrix}$	$\varepsilon=1_x/1_y$			

12. Πλάκες (συνέχεια)

12.3 Πίνακες Czerzy

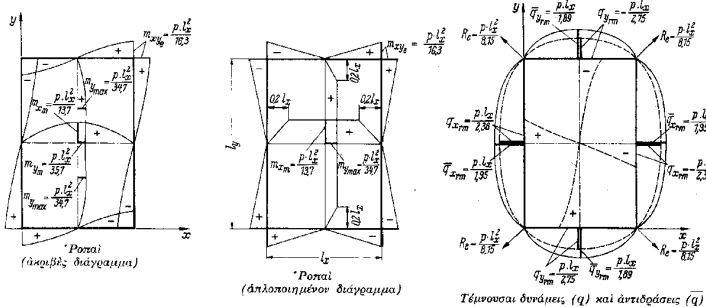
(BETON KALENDER, Ελληνική έκδοση από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος, 1970)

2.2. Πίνακες τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών με ομοιόμορφη καθολικήν φόρτιση

2.2.1 Έλευθέρη έδραση 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	0,0787	0,0850	0,0909	0,0960	0,0927

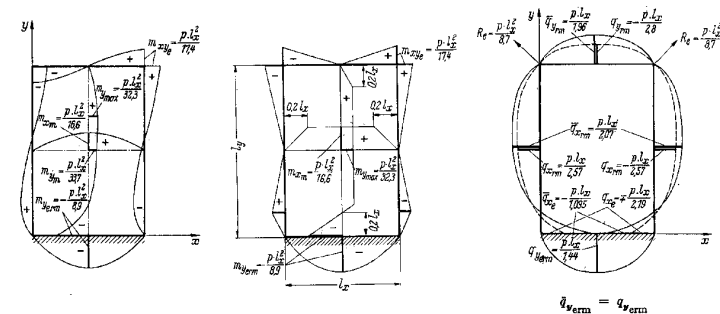
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x0} =$	13,7	13,2	12,7	12,3	11,9	11,5	11,3	11,0	10,8	10,6	10,4
$m_{y0} =$	34,7	35,4	36,1	36,7	37,3	37,9	38,5	39,4	39,8	40,3	40,8
$m_{x0} = \pm$	16,3	16,1	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4	15,3	15,3	15,2	15,1
$R_e =$	8,15	8,05	7,95	7,85	7,8	7,75	7,7	7,65	7,6	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

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

2.2.2. Πλήρης πάκτωση μιάς παρυφής και έλευθέρη έδραση 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	38,5	31,9	28,3	25,9	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
$m_{y0} = \pm$	29,4	29,0	28,8	28,8	28,9	29,2	29,7	30,2	30,8	31,6	32,3
$R_e =$	26,2	24,5	23,2	21,9	21,0	20,1	19,4	18,7	18,3	17,7	17,4
$\bar{q}_{x0} =$	13,1	12,2	11,6	10,9	10,5	10,0	9,7	9,3	9,1	8,8	8,7
$\bar{q}_{y0} =$	2,59	2,49	2,42	2,34	2,29	2,23	2,19	2,15	2,12	2,09	2,07
$\bar{q}_{y0} = \pm$	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

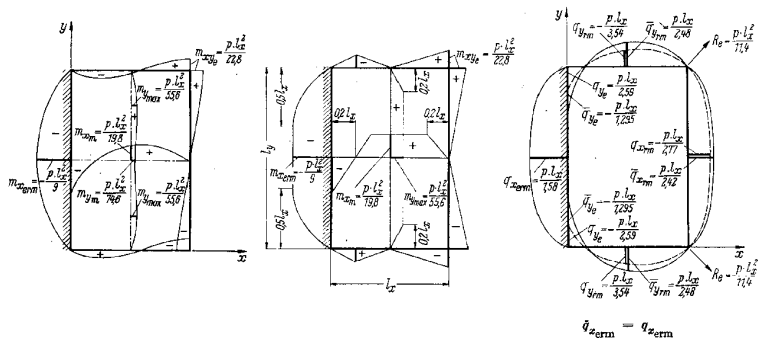
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{x0} =$	16,6	15,7	15,0	14,3	13,8	13,2	12,8	12,3	12,0	11,6	11,4
$m_{y0} =$	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,45	8,4	8,35	8,3	8,25	8,2
$m_{y0} = \pm$	32,3	33,0	33,6	34,3	34,9	35,6	36,2	36,9	37,5	38,2	38,8
$R_e =$	17,4	17,0	16,8	16,5	16,3	16,1	15,9	15,7	15,6	15,5	15,4
$\bar{q}_{x0} =$	8,7	8,5	8,4	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,8	7,7	7,7
$\bar{q}_{y0} =$	2,07	2,05	2,03	2,01	1,99	1,98	1,97	1,96	1,96	1,95	1,95
$\bar{q}_{y0} = \pm$	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	0,1056	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
$m_{yrm} = -$	41,2	43,2	45,1	47,1	48,8	50,3	51,8	53,2	54,3	55,0	55,6
$m_{yrm} = +$	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
$q_{xrm} =$	2,47	2,44	2,42	2,41	2,41	2,40	2,40	2,40	2,41	2,41	2,42
$q_{yrm} =$	2,59	2,56	2,54	2,52	2,51	2,50	2,50	2,49	2,49	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

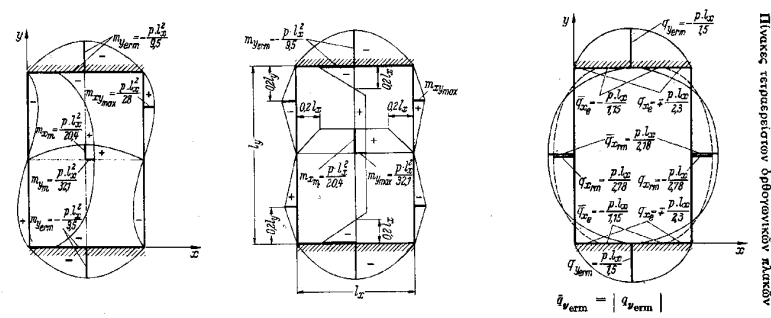
$l_y : l_x$	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
$m_{xerm} = -$	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,3	8,3
$m_{xrm} =$	19,8	19,4	19,0	18,6	18,3	18,0	17,8	17,5	17,4	17,2	17,1
$m_{yrm} = -$	55,6	56,2	56,8	57,3	57,8	58,2	58,6	58,8	59,0	59,1	59,2
$m_{yrm} = +$	22,8	22,7	22,6	22,5	22,5	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
$q_{xrm} =$	2,42	2,42	2,43	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,49	2,49	2,50
$q_{yrm} =$	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



2.2.3. Πλήρης πάκτωση δύο αντίκειμένων παρυφών 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
$m_{xrm} =$	63,3	52,2	46,1	39,8	35,5	31,5	28,5	25,8	23,7	22,0	20,4
$m_{yrm} = -$	14,3	13,4	12,7	12,0	11,5	11,1	10,7	10,3	10,0	9,75	9,5
$m_{yrm} = +$	35,1	33,7	32,9	32,2	31,7	31,3	31,2	31,2	31,4	31,7	32,1
$q_{xrm} =$	2,95	2,82	2,71	2,60	2,52	2,44	2,38	2,32	2,27	2,22	2,18
$q_{yrm} = \pm$	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	0,0425	0,0467	0,0510	0,0553	0,0599	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
$m_{yrm} = -$	9,5	9,3	9,2	9,05	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,4
$m_{yrm} = +$	32,1	32,7	33,3	34,0	34,9	35,9	37,1	38,3	39,7	41,1	42,4
$q_{xrm} =$	2,18	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,03	2,01	2,00	1,99	1,98
$q_{yrm} = \pm$	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



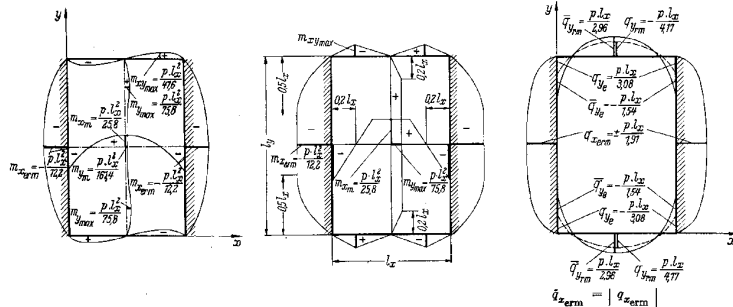
12. Πλάκες (συνέχεια)

$l_y : l_x$	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
$m_{x\alpha} = p \cdot l_x^2$	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
$m_{x\alpha} = p \cdot l_x^2$	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 τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών

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

185

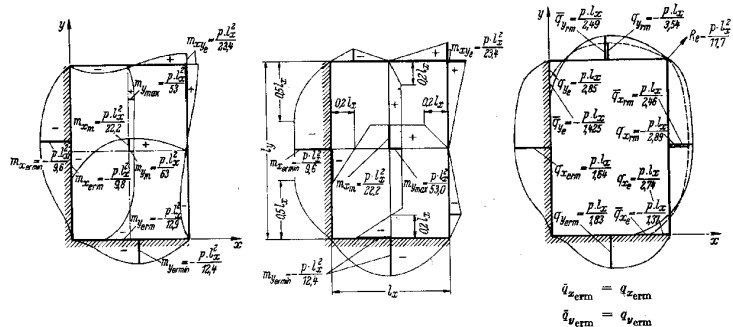
2.2.4. Πλήρης πάκτωση δύο γειτονικών κορυφών και ελεύθερα έδρασις των δύο έτερον

$l_y : l_x$	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
$m_{x\alpha} = p \cdot l_x^2$	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
$\bar{q}_{x\text{ερμ}} =$	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	0,0281	0,0302	0,0329	0,0348	0,0369	0,0389	0,0408	0,0426	0,0443	0,0459

$l_y : l_x$	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
$m_{x\alpha} = p \cdot l_x^2$	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
$\bar{q}_{x\text{ερμ}} =$	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 τετραεπίστων ορθογωνικών πλακών

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

187

12. Πλάκες (συνέχεια)

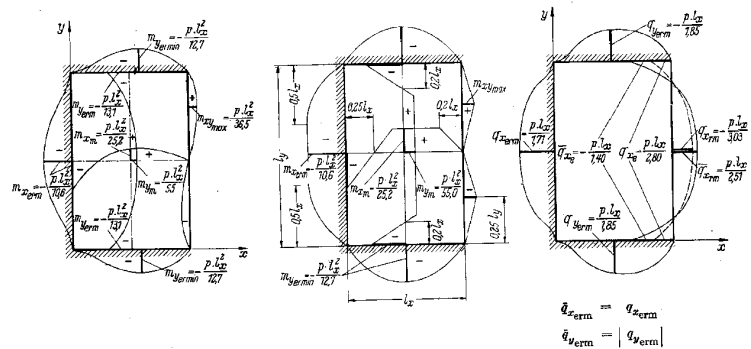
2.2.5. Πλήρης πάκτωση τριών παρυφών και ελεύθερα έδρασις της τετάρτης

$l_y : l_x$	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
$m_{xrm} = -$	59,5	51,6	46,1	41,4	37,5	34,2	31,8	29,6	28,0	26,4	25,2
$m_{yermmin} = -$	16,2	15,4	14,8	14,3	13,9	13,5	13,3	13,1	13,0	12,8	12,7
$m_{yrm} = -$	44,1	43,6	43,7	44,2	44,8	45,8	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
$\bar{q}_{xerm} = -$	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
$m_{xrm} = -$	25,2	24,2	23,3	22,5	21,7	21,1	20,5	20,0	19,5	19,1	18,7
$m_{yermmin} = -$	12,7	12,6	12,6	12,5	12,5	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3
$m_{yrm} = -$	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
$\bar{q}_{xerm} = -$	2,51	2,50	2,50	2,49	2,49	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,47
$q_{yerm} = \pm$	1,85	1,84	1,84	1,84	1,84	1,83	1,83	1,83	1,83	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 τετραερίσεων ορθογωνικών πλακών

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

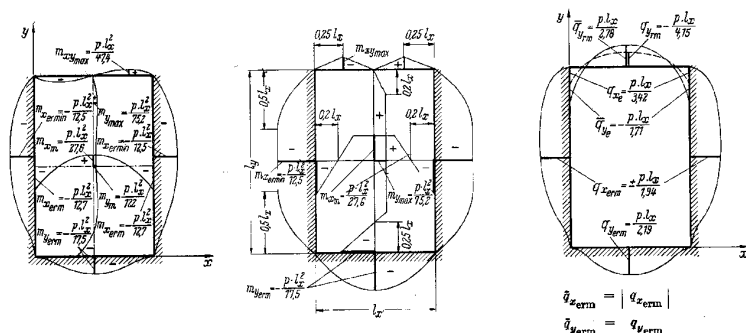
189

$l_y : l_x$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
$m_{xermmin} = -$	16,2	15,3	14,8	14,2	13,9	13,5	13,2	12,9	12,7	12,6	12,5
$m_{xrm} = -$	44,1	40,5	37,9	35,5	33,8	32,3	31,0	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
$m_{yrmmax} = -$	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
$q_{yerm} = -$	2,21	2,14	2,10	2,09	2,09	2,10	2,11	2,12	2,13	2,16	2,19
$\bar{q}_{yrm} = -$	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 τετραερίσεων 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
$m_{xermmin} = -$	12,5	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0
$m_{xrm} = -$	27,6	27,0	26,5	26,1	25,7	25,3	25,1	24,9	24,7	24,6	24,5
$m_{yermmin} = -$	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$m_{yrmmax} = -$	75,2	76,9	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
$q_{yerm} = -$	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,20	2,20	2,20	2,21	2,21	2,21
$\bar{q}_{yrm} = -$	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	0,3001	0,3003	0,3005	0,3007	0,3008	0,3009

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

191

12. Πλάκες (συνέχεια)

2.2.6. Πλήρης πάκτωση των τεσσάρων περιφερών

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

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

192

Πίνακες τριερείστων ορθογωνικών πλακών

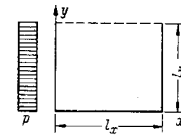
193

3.2. Πίνακες τριερείστων ορθογωνικών πλακών με ομοιόμορφη καθολική φόρτιση

3.2.1. Έλευθερα έδραση των τριών περιφερών

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x_{\text{μ}}} = -$	7,88	7,88	8,04	8,46	9,11	9,97	11,04	12,26	13,67	15,24	16,96	18,83	20,86	23,04
$m_{x_{\text{ερμ}}} = -$	4,04	4,12	4,41	4,89	5,53	6,34	7,32	8,46	9,77	11,25	12,90	14,73	16,73	18,90
$m_{y_{\text{μ}}} = -$	8,43	8,92	10,51	12,99	16,51	21,27	27,56	35,72	46,15	59,35	75,90	96,51	122,04	153,54
$m_{y_{\text{ερμ}}} = -$	8,43	8,92	10,51	12,96	16,44	20,94	26,58	33,47	41,67	50,42	59,99	70,42	81,67	93,75
$q_{x_{\text{ερμ}}} = \pm$	2,23	2,74	3,84	5,10	6,58	8,31	10,32	12,65	15,30	18,27	21,56	25,17	29,10	33,34
$q_{y_{\text{ερμ}}} = \pm$	2,55	3,24	4,89	7,03	9,81	13,42	18,10	24,11	31,78	41,51	53,78	69,19	88,44	112,41
$f_m = \frac{p \cdot l_x^4}{E \cdot d^3}$	2,90	3,83	6,32	10,07	15,79	24,47	37,57	57,22	86,46	129,72	193,27	286,29	421,76	618,43

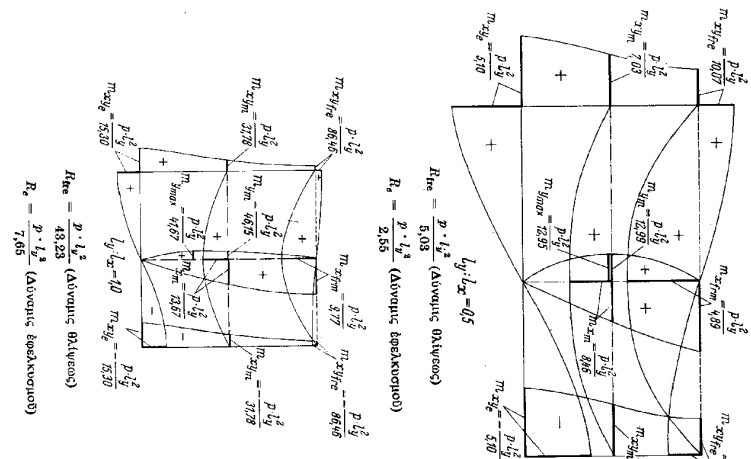
$$m_{x_{\text{μ}}} = m_{x_{\text{ερμ}}}$$



208

Τριερείστων ορθογωνικών πλακών

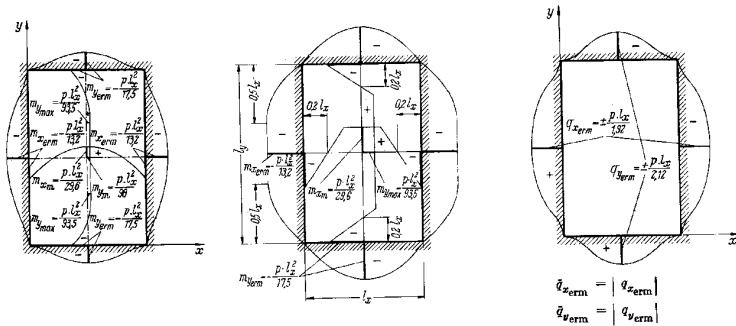
14 B.K. 1970/1α



Τριερείστων ορθογωνικών πλακών

209

13 B.K. 1970/1α



Πίνακες τριερείστων ορθογωνικών πλακών

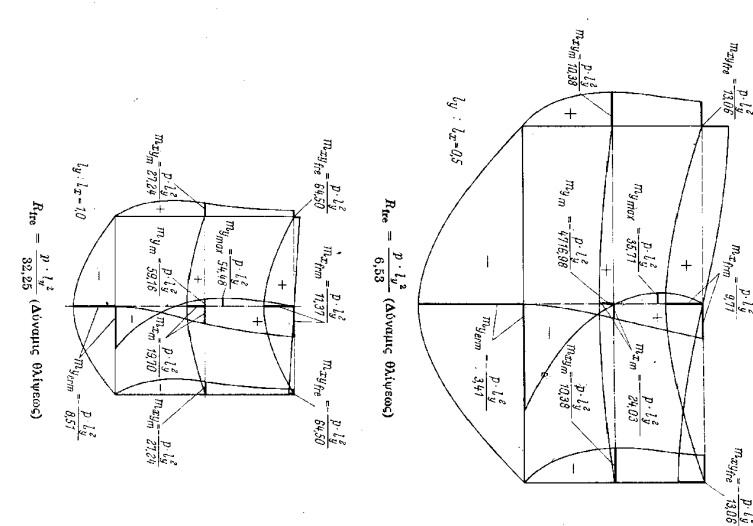
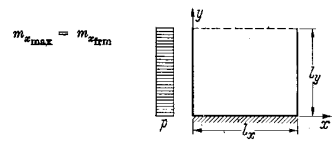
193

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

12. Πλάκες (συνέχεια)

3.2.2. Πλήρης πάκτωση της έναντι της ελεύθερας κειμένης παρυφής και ελεύθερα έδρασις των δύο ετέρων

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{xm} =$	73,19	52,29	31,74	24,03	20,57	18,92	18,63	18,92	19,70	20,68	21,98	23,51	26,24	27,18
$m_{xlm} =$	26,43	18,09	11,75	9,71	9,09	9,13	9,59	10,36	11,37	12,61	14,06	15,72	17,58	19,64
$m_{xrm} =$	2,26	2,42	2,85	3,41	4,11	4,94	5,95	7,14	8,51	10,00	11,79	13,72	15,82	18,13
$m_{xlm} =$	-12,69	-17,24	-43,58	-4716,98	82,03	56,95	52,20	53,97	59,16	67,51	78,68	92,89	110,55	132,38
$m_{xlm} =$				35,71					54,48				126,58	
$m_{xlm} =$				$y/l_y = 0,75$					$y/l_y = 0,6$				$y/l_y = 0,43$	
$m_{xm} =$	8,00	8,32	9,11	10,38	12,21	14,66	17,87	21,99	27,24	33,83	42,07	52,32	65,00	80,73
$m_{xlm} =$	8,68	9,02	10,48	13,06	17,10	23,18	32,15	45,35	64,50	92,32	132,59	190,51	273,74	393,54



210

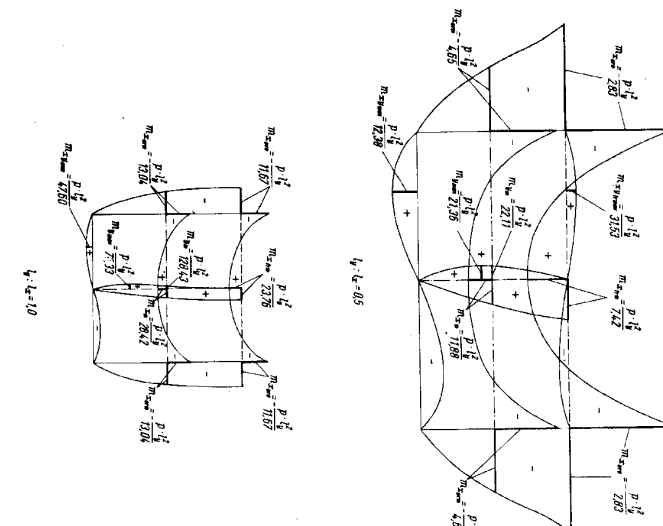
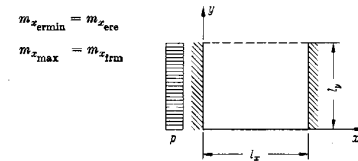
Τριέστετοι ορθογωνικοί πλάκες

Τριέστετοι ορθογωνικοί πλάκες

211

3.2.3. Πλήρης πάκτωση άμφοτέρων των αντίκειμένων παρυφών και ελεύθερα έδρασις της τρίτης

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{xerm} =$	2,12	2,63	3,55	4,66	5,92	7,39	9,06	10,94	13,04	15,39	17,98	20,81	23,90	27,24
$m_{xerm} =$	0,90	1,20	1,89	2,83	4,04	5,53	7,30	9,35	11,67	14,25	17,07	20,13	23,43	26,96
$m_{xerm} =$	8,08	8,48	9,86	11,88	14,34	17,25	20,56	24,28	28,42	32,98	38,00	43,48	49,46	55,91
$m_{xerm} =$	4,30	4,67	5,80	7,42	9,58	12,27	15,53	19,35	23,76	28,73	34,22	40,24	46,76	53,74
$m_{xrm} =$	9,72	11,20	15,55	22,11	31,53	44,96	63,94	90,71	128,43	181,62	256,82	368,36	515,11	732,42
$m_{xrm} =$	9,72	11,11	15,38	21,38	29,03	38,58	49,61	61,83	76,33	92,36	110,76	131,00	151,93	174,41
$m_{xrm} =$	$y/l_y = 0,5$	0,48	0,46	0,42	0,37	0,32	0,29	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15



212

Πλάκες τριέστετων ορθογωνικών πλάκων

Τριέστετοι ορθογωνικοί πλάκες

213

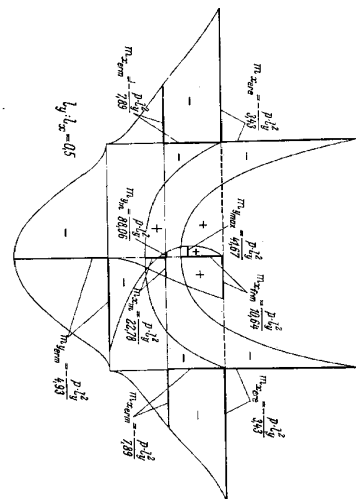
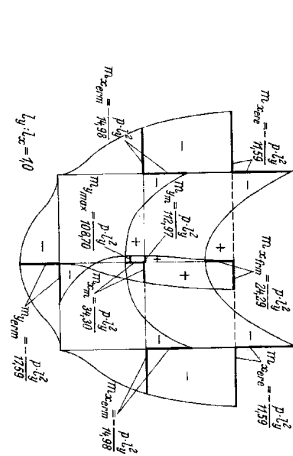
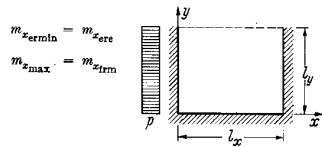
12. Πλάκες (συνέχεια)

3.2.4. Πλήρης πάκτωση τών τριών παρυφών

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x_{\text{ερμ}}} = -$	6,79	6,89	7,26	7,59	8,70	9,98	11,41	13,08	14,08	17,12	19,50	22,13	25,03	28,14
$m_{x_{\text{ερε}}} = -$	2,15	2,27	2,71	3,43	4,45	5,77	7,41	9,35	11,50	14,11	16,00	19,94	23,22	26,73
$m_{x_{\text{rm}}} = -$	57,08	37,91	25,43	22,78	23,18	24,62	27,49	30,65	34,30	38,42	43,01	48,06	53,61	59,66
$m_{x_{\text{rtr}}} = -$	19,24	13,91	10,69	10,64	11,87	13,94	16,73	20,18	24,29	29,02	34,35	40,26	46,71	53,69
$m_{y_{\text{ερμ}}} = -$	2,41	2,71	3,61	4,93	6,66	8,81	11,34	14,29	17,59	21,20	25,28	29,66	34,39	39,47
$m_{y_{\text{rm}}} = -$	-16,07	-26,67	-267,52	88,06	62,86	63,84	73,38	89,55	112,97	145,48	189,93	250,44	332,89	445,63
$m_{y_{\text{max}}} = -$	104,17	62,46	43,24	41,67	49,00	58,45	72,73	89,55	108,70	131,53	156,52	183,69	213,04	244,56
η/l_y	= 0,88	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,32	0,3	0,28

214

Τριμερικοί ορθογωνικοί πλάκες

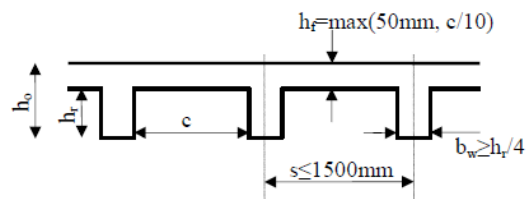


Τριμερικοί ορθογωνικοί πλάκες

215

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

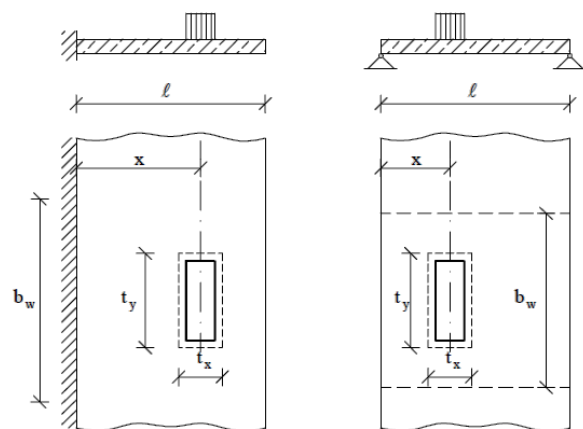
Ως δοκός

- Οπλισή εγκάρσιας διαδοκίδας

Ίδιοι διαμήκεις οπλισμοί με κύρια νένρωση πάνω και κάτω και ίδιοι συνδεδηλες (ΕΚΩΣ §18.2.2.3)

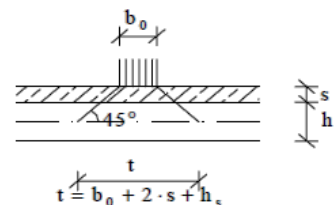
- Οπλισή πλάκας

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

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

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

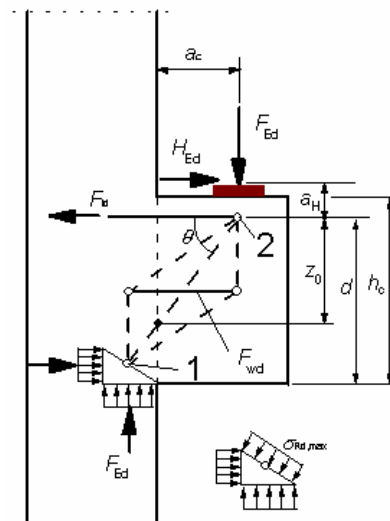
- Συνδετήρες

$$\text{Αν } a_c < 0,5 h_c,$$

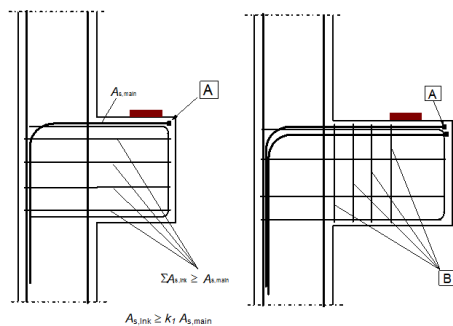
κλειστοί οριζόντιοι ή κεκλιμένοι συνδετήρες με $A_{s,link} \geq k_1 A_{s,main}$ ($k_1=0,25$)

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

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 αγκύρωσης ή βρόχοι

[B] - Συνδετήρες

(a) οπλισμός για $a_c \leq 0,5 h_c$

(b) οπλισμός για $a_c > 0,5 h_c$

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

14. Υψίκορμες 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 $a_1 = 0.5(l_{\text{net}} - a)$

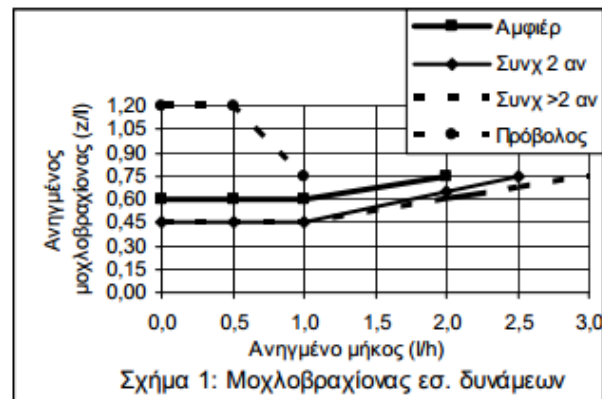
- Αμεση στήριξη:

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

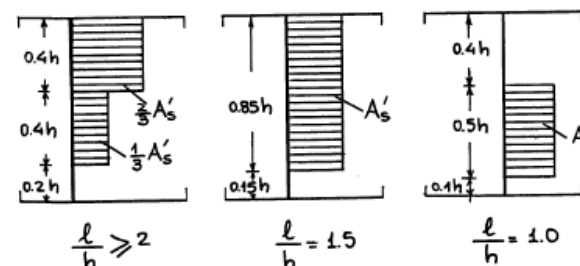
b. Πρόσθετοι οπλισμοί $A_s = 0.002b_s$ κατανεμόμενοι:

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

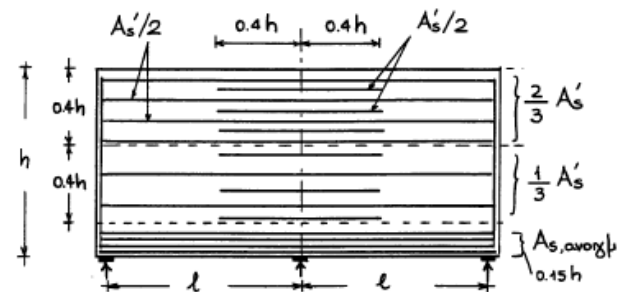
ii. σε ύψος $\min(0.5h, 0.2l)$ οι οριζόντιοι



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 υψίκορμης 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:

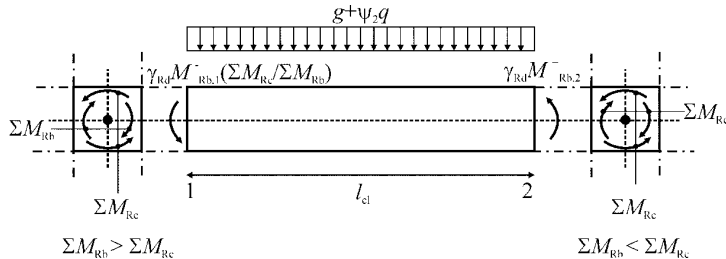
$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right)$$

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:

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

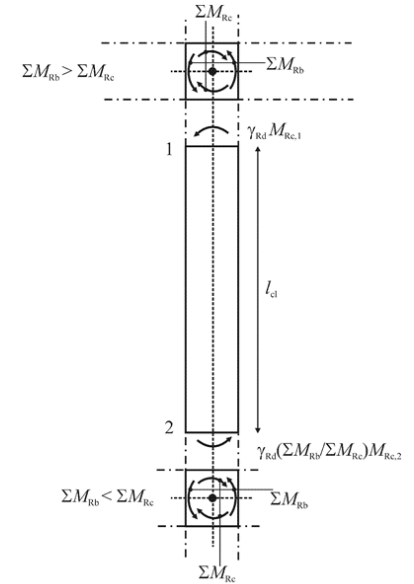
όπου

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. 15.1. 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)

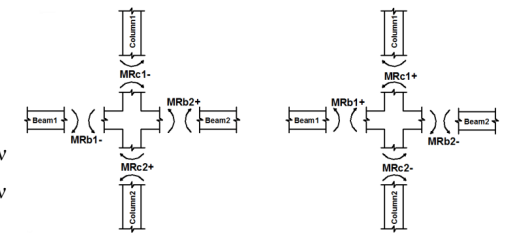
15.3 Ικανοτικός έλεγχος κάμψης υποστυλωμάτων (ικανοτικός έλεγχος κόμβου)

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):

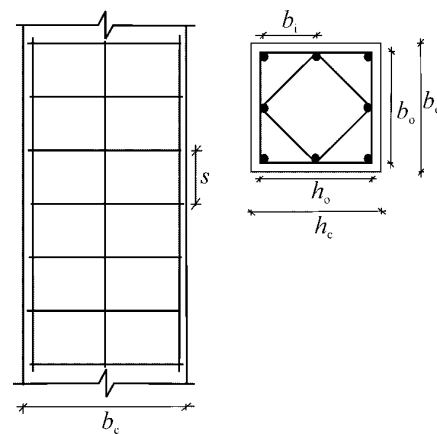
$$\alpha_n = 1$$

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

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_{wd} περιλαμβάνεται στους πίνακες του Κεφαλαίου 18.

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

17.1 Δοκοί

Διαμήκης οπλισμός

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

b_i δηλώνει το μέσο πλάτος της εφελκυσμένης ζώνης. Για πλακοδοκό με θλιβόμενο το πέλμα της πλάκας, μόνο το πλάτος του κορμού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της τιμής του b_i . f_{ctm} πρέπει να προσδιορίζεται από την αντίστοιχη κατηγορία αντοχής σύμφωνα με το Πίνακα 1.2

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

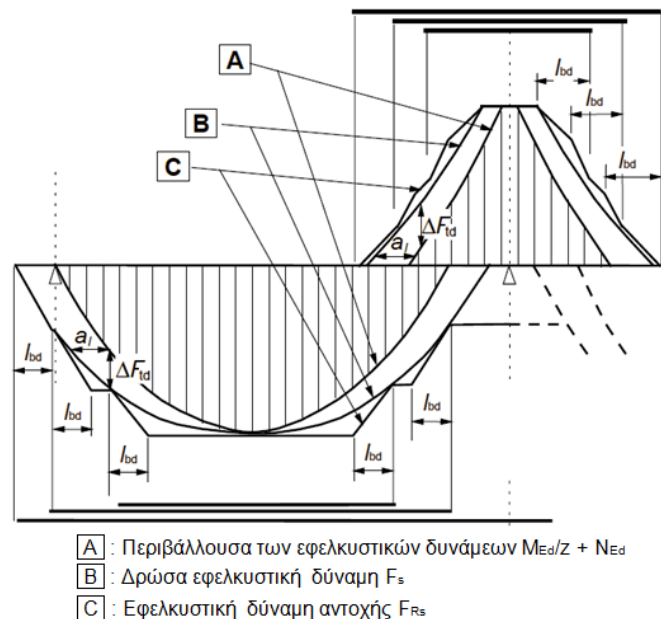
Περάτωση διαμήκους οπλισμού:

Πρόσθετη εφελκυστική δύναμη:

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

που αντιστοιχεί σε μετατόπιση:

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



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

17.2 Υποστυλώματα

Διαμήκης οπλισμός

Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,min}=\max\{0,10N_{Ed}/f_{yd}; 0,002A_c\}$

Μέγιστος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,max}=0,04A_c$ (εκτός περιοχών υπερκάλυψης)

$$A_{s,max}=0,08A_c \text{ (εντός περιοχών υπερκάλυψης)}$$

Ελάχιστη διάμετρος οπλισμού: $\Phi_{L,min}=8\text{mm}$

Οπλισμός διάτμησης

Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρα: $\Phi_{w,min}=\max\{6\text{mm}; 0,25\Phi_{L,max}\}$

Μέγιστη διαμήκης απόσταση συνδετήρων (γενικώς): $s_{L,max}=\min\{20\Phi_{L,min}; b_{min,υποστ}; 400\text{mm}\}$

Η μέγιστη απόσταση, $s_{L,max}$, που ορίστηκε προηγουμένως πρέπει να μειωθεί στο 60%:

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

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 $0,0025h^2\geq 2\varnothing 8$

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	
Longitudinal bars (L):			
ρ _{min} , tension side	0.5f _{ctm} /f _{yk}		0.26f _{ctm} /f _{yk} , 0.13% ⁽⁶⁾
ρ _{max} , critical regions ⁽¹⁾	ρ'+0.0018f _{cd} /(μ _θ ε _{sy,d} f _{yd}) ⁽¹⁾		0.04
A _{s,min} , top & bottom	2Φ14 (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⁾	$\leq 6.25(1+0.8v_d) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	$\leq 7.5(1+0.8v_d) \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}$	-
Transverse bars (w):			
(i) outside critical regions			
spacing s _w ≤	0.75d		
ρ _w ≥	0.08√(f _{ck} (MPa)/f _{yk} (MPa)) ⁽⁶⁾		
(ii) in critical regions:			
d _{bw} ≥	6mm		
spacing s _w ≤	6d _{bL} , $\frac{h_w}{4}$, 24d _{bw} , 175mm	8d _{bL} , $\frac{h_w}{4}$, 24d _{bw} , 225mm	-
Shear design:			
V _{Ed} , seismic ⁽⁴⁾	$1.2 \frac{\sum M_{Rb}}{l_{cl}} \pm V_{o,g+\psi_2 q}$ ⁽⁴⁾	$\frac{\sum M_{Rb}}{l_{cl}} \pm V_{o,g+\psi_2 q}$ ⁽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 _w z f _{cd} sin2δ ⁽⁵⁾ , with 1≤cotδ≤2.5		
V _{Rd,s} , outside critical regions ⁽⁵⁾	As in EC2: V _{Rd,s} =b _w zρ _w f _{ywd} cotδ ⁽⁵⁾ , with 1≤cotδ≤2.5		
V _{Rd,s} , critical regions ⁽⁵⁾	V _{Rd,s} =b _w zρ _w f _{ywd} (δ=45°)	As in EC2: V _{Rd,s} =b _w zρ _w f _{ywd} cotδ, with 1≤cotδ≤2.5	
If ζ≡V _{Emin} /V _{Emax} ⁽⁶⁾ <0.5: inclined bars at angle ±α to beam axis, with cross-section A _s /direction	If V _{Emax} /(2+ζ)f _{ctd} b _w d>1: A _s =0.5V _{Emax} /f _{yd} sinα & 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)

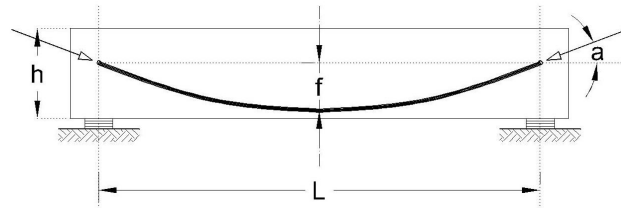
	DCH	DCM	DCL
Cross-section sides, $h_c, b_c \geq$	0.25m; $h_w/10$ if $\theta=P\delta/Vh>0.1^{(1)}$	-	-
“critical region” length $^{(1)}\geq$	$1.5h_c, 1.5b_c, 0.6m, l_c/5$	$h_c, b_c, 0.45m, l_c/5$	h_c, b_c
Longitudinal bars (L):			
ρ_{min}	1%	$0.1N_d/A_c f_{yd}, 0.2\%^{(0)}$	
ρ_{max}	4%	$4\%^{(0)}$	
$d_{bl}\geq$	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: $^{(2)}$			
$d_{bw}\geq^{(3)}$	$6mm, 0.4(f_{yd}/f_{wyd})^{1/2}d_{bl}$	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	-	
$\alpha\omega_{wd}\geq^{(4),(5),(6),(7)}$	$30\mu_\phi \cdot v_d \varepsilon_{sy,d} b_c/b_o - 0.035$	-	
In critical region at column base:			
$\omega_{wd}\geq$	0.12	0.08	-
$\alpha\omega_{wd}\geq^{(4),(5),(6),(8),(9)}$	$30\mu_\phi v_d \varepsilon_{sy,d} b_c/b_o - 0.035$		
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 $^{(11)}$	$1.3 \frac{\sum M_{Rc}^{ends}}{l_{cl}}^{(11)}$	$1.1 \frac{\sum M_{Rc}^{ends}}{l_{cl}}^{(11)}$	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: $V_{Rd,s}=b_w z \rho_w f_{wyd} \cot \delta + N_{Ed}(h-x)/l_{cl}^{(13)}$ 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_{cl} 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_ϕ 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_ϕ is taken equal to μ_ϕ 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.

19. Γεωμετρία καμπύλων τενόντων

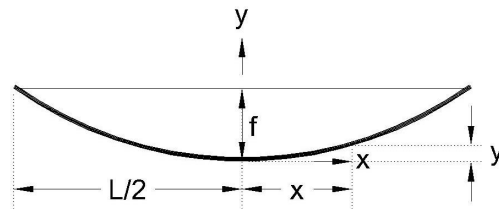
h: συνήθως L/15 έως L/25

f: L/30 έως L/50

ΠΑΡΑΒΟΛΗ:

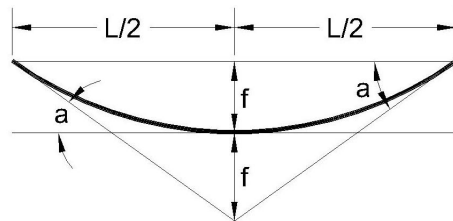
ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΒΟΛΗΣ:

(α) Με αφετηρία το μέσον:



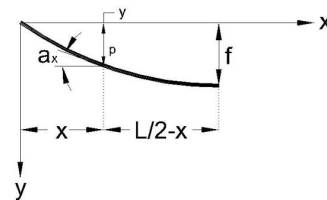
$$y = \frac{4f}{L^2} x^2$$

Κλίση της ακραίας εφαπτομένης της παραβολής:



$$\tan(a) = \frac{dy_p}{dx} = \frac{4f}{L} - \frac{8f}{L^2} x \begin{cases} x = 0 \rightarrow \tan(a) = 4f/L \\ x = L/2 \rightarrow \tan(a) = 4f/L - 4f/L = 0 \end{cases}$$

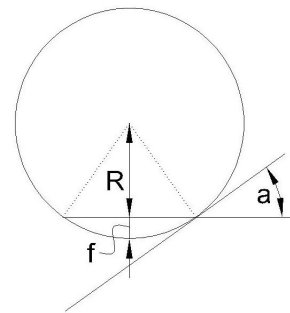
(β) Με αφετηρία τη στήριξη (δηλ. το πέρας)



$$y_p = 4f \frac{x}{L} \left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

Ακτίνα καμπυλότητας:

$$\left. \begin{aligned} y'' &\approx 1/R \\ y'' &= 8f/L^2 \end{aligned} \right\} R = \frac{L^2}{8f}$$

ΚΥΚΛΟΣ: Η ακτίνα του κύκλου είναι (δύναμη σημείου ως προς κύκλο):

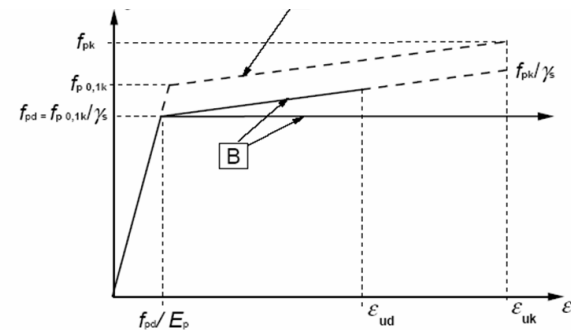
$$f(2R - f) = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \rightarrow R = \frac{\frac{L^2}{4} + f^2}{2f} \approx \frac{L^2}{8f}$$

$$\text{Γωνία ακραίας εφαπτομένης: } \sin(a) = \frac{L/2}{R}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:Με την παραδοχή μικρού f σε σχέση με το L (π.χ. f ≤ L/30), η παραβολή ταυτίζεται πρακτικά με κύκλο ακτίνας R = L²/8f**20. Παραδοχές σχεδιασμού χάλυβα προεντάσεως** (Προσοχή: διαφορές από τους «χαλαρούς» σπλισμούς B500C)

Για τον σχεδιασμό των διατομών, μπορεί να γίνει οποιαδήποτε από τις παρακάτω παραδοχές: (βλ. Σχήμα 3.10):

- κεκλιμένος δεύτερος κλάδος με οριακή παραμόρφωση ϵ_{ud} . Ο σχεδιασμός μπορεί ακόμα να βασίζεται στην πραγματική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων, εφόσον αυτή είναι γνωστή, με τάση υπεράνω του ελαστικού ορίου μειωμένη αναλογικά προς το Σχ. 3.10, ή
- οριζόντιος δεύτερος κλάδος χωρίς όριο παραμόρφωσης



Σημείωση: Η τιμή της ϵ_{ud} για χρήση σε κάθε χώρα μπορεί να ληφθεί από το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι $0.9\epsilon_{uk}$. Εάν δεν είναι γνωστές περισσότερο ακριβείς τιμές, οι συνιστώμενες τιμές είναι $\epsilon_{ud} = 0.02$ και $f_{p0,1k}/f_{pk} = 0.9$

A Εξιδανικευμένη

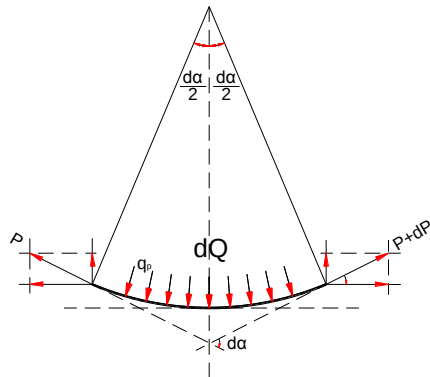
B Σχεδιασμού

Σχήμα 3.10: Εξιδανικευμένο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων και διάγραμμα σχεδιασμού χάλυβα προέντασης (δίνονται οι απόλυτες τιμές εφελκυστικής τάσης και παραμόρφωσης)Η τιμή σχεδιασμού των τάσεων του χάλυβα f_{pd} , λαμβάνεται ως $f_{p0,1k}/\gamma_s$ (βλ. Σχήμα 3.10).Η τιμή σχεδιασμού του μέτρου ελαστικότητας E_p μπορεί να λαμβάνεται ίση προς:

- 205 GPa για σύρματα και ράβδους,
- 195 GPa για τα συρματόσχοινα.

21. Μειώσεις λόγω τριβών

21.1 Μειώσεις λόγω τριβών σε καμπύλη και ευθύγραμμη χάραξη



Η σχέση των μειώσεων λόγω τριβών έχει ως εξής:

$$P(x) = P(0) e^{-\mu(\alpha_x + \beta x)} \quad \text{ή} \quad P(x) = P(0) [1 - \mu(\alpha_x + \beta x)]$$

όπου:

μ = συντελεστής τριβής ανάλογα με το υλικό και την επεξεργασία (0,15–0,25).

α_x = συνολική γωνιακή μεταβολή (δηλαδή άθροισμα των διαδοχικών μεταβολών) (rad) των εφαπτομένων της χάραξης μεταξύ των εξεταζομένων θέσεων.

β = αθέλητη γωνία εκτροπής σε ευθυγραμμία $\approx (5\sim 10) \cdot 10^{-3}$ (rad/m)

Οι σχέσεις αυτές μπορούν να πάρουν και την εξής μορφή:

$$P(x) = P(0) e^{-\mu(\alpha_x + Kx)} \quad \text{ή} \quad P(x) = P(0) [1 - (\mu\alpha_x + Kx)]$$

όπου

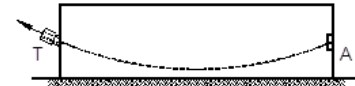
$K = \beta\mu$ = συντελεστής μειώσεων της προεντάσεως σε ευθυγραμμία ανά μέτρο μήκους $(0.5 \sim 2.0) \cdot 10^{-3}$ [rad/m]

Στο ίδιο πνεύμα οι ίδιες σχέσεις μπορούν να έχουν ακόμη και τη μορφή:

$$P(x) = P(0) e^{-k_x x} \quad \text{ή} \quad P(x) = P(0) [1 - k_x \cdot x]$$

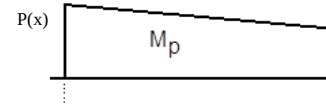
όπου $k_x = \frac{\mu\alpha_x}{x} + K$ ο συντελεστής που εκφράζει τις, ανά μέτρο μήκους, συνολικές μειώσεις προεντάσεως (σε καμπύλη και σε ευθυγραμμία) (ως ποσοστό της αρχικής δυνάμεως προεντάσεως).

22. Επιμήκυνση τενόντων



T: τάνυση (ενεργή αγκύρωση)

A: παθητική (νεκρή) αγκύρωση



$$\Delta l_p = \int_0^l \epsilon_p(x) dx = \int_0^l \frac{\sigma_p(x)}{E_p} dx = \int_0^l \frac{P(x)}{E_p A_p} dx = \frac{M_p l}{E_p A_p}$$

όπου M_p = εμβαδόν του διαγράμματος μεταβολής της δυνάμεως προεντάσεως κατά μήκος του φορέα (ακριβέστερα κατά μήκος του τένοντα)

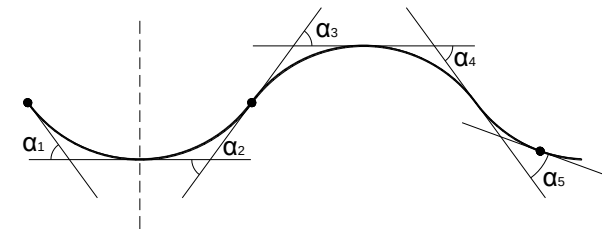
23. Σωστή εφαρμογή σε τένοντες μεγάλου μήκους

Αν ο τένοντας είναι καμπύλη στο χώρο: $\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}$

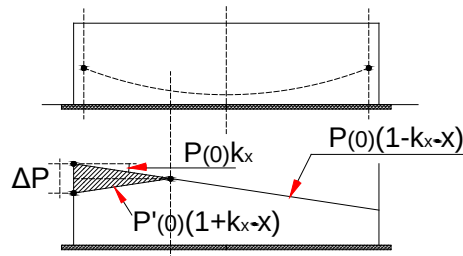
Όπου: α_x, α_y : οι γωνίες στις καμπύλες των προβολών της χάραξης στο οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο αντιστοίχως.

Σε τένοντες πολλαπλών μεταβολών γωνιών χάραξης οι γωνίες υπεισέρχονται όλες με θετικό πρόσημο. Προσοχή όμως, σε μια τέτοια περίπτωση και ιδίως για μεγάλου μήκους τένοντες η παράσταση $\mu(\sum \alpha_i + kx)$ ενδέχεται να έχει αρκετά μεγάλη τιμή, τόσο ώστε η ανάπτυξη κατά Taylor με δύο μόνον όρους να μην είναι ακριβής. Σε μια τέτοια περίπτωση θα χρησιμοποιείται η ακριβής εκθετική έκφραση.

$$P(x) = P(0) e^{-\mu \left(\sum_{i=1}^5 \alpha_i + \beta x \right)} \approx P(0) \left[1 - \mu \left(\left(\sum_{i=1}^5 \alpha_i \right) + \beta x \right) \right]$$



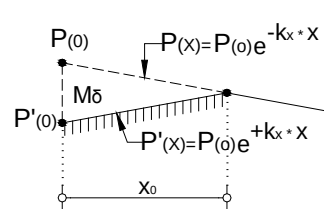
24. Ολίσθηση σφηνών



$$\delta = \int_0^{x_0} \Delta \varepsilon_p dx = \int_0^{x_0} \frac{\Delta \sigma_p}{E_p} dx = \int_0^{x_0} \frac{\Delta P}{E_p A_p} dx = \frac{M_\delta}{E_p A_p}$$

M_δ = εμβαδόν γραμμοσκιασμένου σχήματος

24.1 Ολίσθηση σφηνών (εκθετικές σχέσεις)

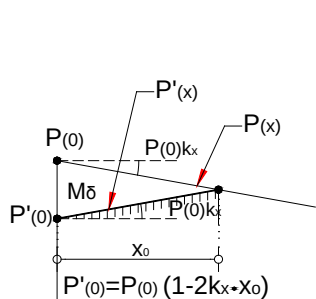


$$k_x = \mu \frac{\alpha_x}{x} + K$$

x_0 = πέρασ επιρροής ολίσθησεως

$$x_0 = -\frac{1}{k_x} \ln \left(1 - \sqrt{\frac{\delta k_x}{\varepsilon_{p0}}} \right)$$

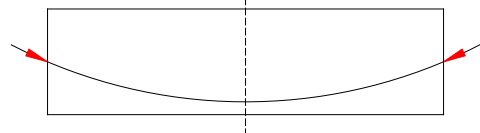
24.2 Ολίσθηση σφηνών (με χρήση γραμμικών σχέσεων)



$$x_0 = \sqrt{\frac{\delta}{k_x * \varepsilon_{p0}}}$$

Υπενθύμιση: Στις περιπτώσεις όπου η χάραξη των τενόντων ακολουθεί διαφορετικές καμπύλες κατά μήκος του φορέα πρέπει να ελέγχεται ότι η τιμή του x_0 όπως υπολογίζεται από την προηγούμενη σχέση ευρίσκεται εντός της καμπύλης με το k_x που χρησιμοποιήθηκε, άλλως ο υπολογισμός του x_0 θα γίνεται δοκιμαστικά.

25. Ελαστική βράχυνση



Απλουστευτική παραδοχή:

Προεντείνονται και αγκυρώνονται διαδοχικά ένας - ένας «π» όμοιοι τένοντες.

Η «μέση» παραμόρφωση κάθε τένοντα θα μειωθεί κατά:

$$\Delta \varepsilon_p = \varepsilon_{c0} \sum_{i=1}^n \frac{n-i}{n} = \varepsilon_{c0} \frac{n-1}{2n}$$

όπου ε_{c0} η στιγμιαία βράχυνση του σκυροδέματος του φορέα υπό την συνολική επιβαλλόμενη P_0 στην στάθμη του ΚΒ των τενόντων

26. Ερπυσμός

Η τελική ερπυστική παραμόρφωση $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$ για σταθερή αρχική τάση σ_c η οποία επιβάλλεται την χρονική στιγμή t_0 (συνήθως η στιγμή επιβολής της προεντάσεως ή αφανίδωσης (ξεκαλούπωμα)) προκύπτει από τη σχέση:

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

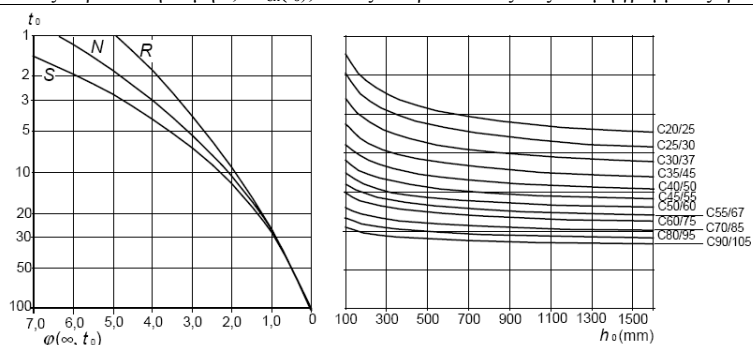
όπου:

E_c το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας ($\approx 1.05 E_{cm}$)

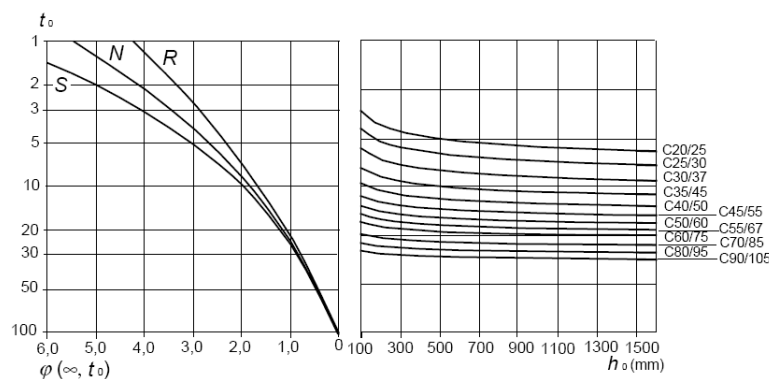
$\varphi(t, t_0)$ ο συντελεστής ερπυσμού ο οποίος εξαρτάται από:

- Σχετική υγρασία περιβάλλοντος RH (διακρίνονται δύο τιμές: α) συνθήκες εσωτερικού χώρου RH=50% και β) συνθήκες εξωτερικού χώρου RH=80%)
- Ονομαστική διάσταση του στοιχείου $h_0 = 2A_c/u$ (A_c : εμβαδόν διατομής, u : περίμετρος της διατομής που είναι εκτεθειμένη σε ξήρανση)
- Ηλικία σκυροδέματος κατά την έναρξη φορτίσεως t_0 (π.χ. επιβολή προεντάσεως, ξεκαλούπωμα)

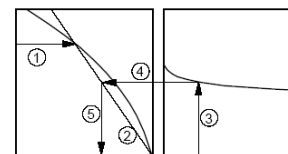
Ο ερπυστικός συντελεστής δίνεται από τα επόμενα σχήματα και ισχύει όταν οι αρχικώς επιβαλλόμενες τάσεις δεν ξεπερνούν την τιμή $0,45 f_{ck}(t_0)$, άλλως θα πρέπει να εξετάζεται μη γραμμικός ερπυσμός.



a) Συνθήκες εσωτερικού χώρου RH=50%



b) Συνθήκες εξωτερικού χώρου RH=80%



Κλειδί χρήσεως των διαγραμμάτων.

27. Συστολή

Η συνολική συστολή λαμβάνεται ως το άθροισμα:

$\epsilon_{cs} = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd}$

όπου:

ϵ_{ca} : Αυτογενής συστολή: έχει σχέση με την εν εξελίξει αντίδραση ενυδατώσεως του σκυροδέματος (συνήθως μικρή για συνήθη σκυροδέματα. Το μεγαλύτερο μέρος της ολοκληρώνεται τους πρώτους μήνες από την σκυροδέτηση. Εξετάσσεται εκθετικά με τον χρόνο, είναι γραμμική συνάρτηση της αντοχής του σκυροδέματος. Προσοχή: Πρέπει να εξετάζεται απαραίτητως στις περιπτώσεις νέας σκυροδετήσεως επί ήδη σκληρυνθέντος σκυροδέματος (διατομές 2 φάσεων).

Η συνολική (σε άπειρο χρόνο) αυτογενής συστολή είναι:

$\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5 (f_{ck}-10) 10^{-6} (f_{ck} \text{ σε MPa})$

Το τμήμα της αυτογενούς συστολής που υπολείπεται μετά από t ημέρες δίνεται από την σχέση:

$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca}(\infty)$

$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5}) \quad (t \text{ σε ημέρες})$

ϵ_{cd} : Συστολή ξηράνσεως: είναι η σημαντικότερη. Η χρονική εξέλιξη υπολογίζεται από τη σχέση:

$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0}$

όπου:

$\epsilon_{cd,0}$: η ονομαστική τιμή ανεμπόδιστης συστολής ξηράνσεως η οποία μπορεί να λαμβάνεται από τον πίνακα 1

k_h : συντελεστής που εξαρτάται από την ονομαστική διάσταση $h_0 = 2A_c/u$ (mm) σύμφωνα με τον Πίνακα 2

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}}$$

t η ηλικία του σκυροδέματος (ημέρες)

t_s η ηλικία του σκυροδέματος (ημέρες) κατά την έναρξη της συστολής ξηράνσεως. Γενικώς λαμβάνεται το τέλος της υγρής συντήρησης.

A_c είναι το εμβαδόν της διατομής

u: η περιμέτρος της διατομής που εκτίθεται σε ξήρανση

Πίνακας 1 - Τιμές ονομαστικής ανεμπόδιστης συστολής ξήρανσης $\epsilon_{cd,0}$ (σε ‰) για το σκυρόδεμα με τσιμέντο CEM κατηγορίας N						
$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (MPa)	Σχετική Υγρασία (σε ποσοστό ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0.62	0.58	0.49	0.30	0.17	0.00
40/50	0.48	0.46	0.38	0.24	0.13	0.00
60/75	0.38	0.36	0.30	0.19	0.10	0.00
80/95	0.30	0.28	0.24	0.15	0.08	0.00
90/105	0.27	0.25	0.21	0.13	0.07	0.00

28. Χαλαρώση χαλύβα προεντάσεως

Το μέγεθος της χαλαρώσεως καθορίζεται μέσω του ποσοστού ρ_{1000} της απώλειας χαλαρώσεως (επί τοις ‰) σε 1000 ώρες υπό τάση $0,7f_{pk}$ σε σταθερή θερμοκρασία 20°C. Τιμές του ποσοστού ρ_{1000} δίνονται στον Πίνακα 3

Πίνακας 3: απώλειες προεντάσεως σε 1000h, ρ_{1000} .		
Κατηγορία	Περιγραφή	ρ_{1000} (%)
1	Σύρματα και συρματόσχοινα κανονικής χαλάρωσης	8.0
2	Σύρματα και συρματόσχοινα χαμηλής χαλάρωσης	2.5
3	ράβδοι θερμικής επεξεργασίας	4.0

Οι απώλειες προεντάσεως σε χρόνο t υπολογίζονται ως εξής:

Κατηγορία 1:
$$\frac{\Delta \sigma_{pr,t}}{\sigma_{pi}} = 5,39 \cdot \rho \cdot e^{6,7\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

Κατηγορία 2:
$$\frac{\Delta \sigma_{pr,t}}{\sigma_{pi}} = 0,66 \cdot \rho \cdot e^{9,1\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

Κατηγορία 3:
$$\frac{\Delta \sigma_{pr,t}}{\sigma_{pi}} = 1,98 \cdot \rho \cdot e^{8\mu} \left(\frac{t}{1000} \right)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

όπου:

- $\Delta \sigma_{pr,t}$ είναι η απόλυτη τιμή της μείωσης της τάσεως του τένοντα λόγω χαλάρωσης σε χρόνο t
- σ_{pi} για την προένταση μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος η τιμή σ_{pi} είναι η απόλυτη τιμή της αρχικής προέντασης σ_{pi}=σ_{pm0}, δηλαδή μετά τις μειώσεις για την προένταση πριν την έγχυση του σκυροδέματος σ_{pi} είναι η μέγιστη εφελκυστική τάση που επιβάλλεται στον τένοντα μείον τις άμεσες μειώσεις που συμβαίνουν μέχρι αλλά και κατά τη διαδικασία τάνυσης (τριβές και απώλειες λόγω ολισθήσεως κατά την σφήνωση)
- t είναι ο χρόνος μετά την τάνυση (σε ώρες)
- μ = σ_{pi}/f_{pk}, όπου f_{pk} είναι η χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα προέντασης
- ρ₁₀₀₀ είναι η απώλεια χαλάρωσης 1000 ώρες μετά την τάνυση και σε μέση θερμοκρασία 20°C (Πίνακας 3).

- Συμβατικά, ως t_s ορίζονται οι 500000 ώρες (57 έτη)
- Προσοχή: Οι παραπάνω σχέσεις είναι προσεγγιστικές: η εφαρμογή των σχέσεων για t = 1000ώρες δεν δίνει τα αποτελέσματα του πίνακα, ούτε και για 500000ώρες οι καμπύλες έχουν ασύμπτωτο.

29. Υπολογισμός χρόνιων απωλειών προεντάσεως

Για τένοντες με «συνάφεια» σύμφωνα με EN 1992-1 (5.10.6), η συνολική απώλεια λόγω ερπυσμού (ε), συστολής ξηράνσεως (s) και χαλαρώσεως (r) υπολογίζεται ως εξής:

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta \sigma_{p,c+s+r} = A_p \left[\frac{\epsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_o)}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} (1 + \frac{A_c}{I_c} y_{cp}^2)} \right] \sigma_{c,QP}$$

όπου:

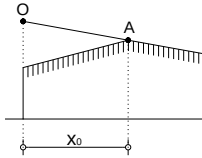
- $\Delta \sigma_{p,c+s+r}$: Μείωση τάσεως τενόντων (απόλυτη τιμή), συσχετίζεται με την αρχική τάση των τενόντων λόγω G+P_{m0}+ψ₂Q (τα κινητά φορτία λαμβάνονται υπ’ όψιν κατά περίπτωση)
- ϵ_{cs} : Μέτρο συστολής ξηράνσεως (απόλυτη τιμή)
- E_p, E_{cm} : Μέτρα ελαστικότητας χάλυβα και σκυροδέματος
- $\Delta \sigma_{pr}$: Μείωση τάσεως τενόντων λόγω χαλαρώσεως (για αρχική τάση λόγω G+P_{m0}+ψ₂Q, απόλυτη τιμή)
- $\varphi(t, t_o)$: συντελεστής ερπυσμού στο χρόνο t για ηλικία φορτίσεως t_o
- $\sigma_{c,QP}$: Τάση σκυροδέματος στη στάθμη KB των τενόντων λόγω G+P_{m0}+ψ₂Q, (θετική για θλίψη)
- A_p : Συνολική διατομή τενόντων
- A_c : Διατομή σκυροδέματος
- I_c : Ροπή αδράνειας διατομής
- y_{cp} : εκκεντρότητα του «μέσου» τένοντα

30. Επιτρεπόμενες τάσεις (ΟΚΑ)

Επιτρεπόμενες τάσεις τανύσεως χάλυβα (EN 1992-1 παρ. 5.10.2.1 και 5.10.3):

Τανυόμενο άκρο 0: $\sigma_{p0}^* = \min\{0.80f_{pk}, 0.90f_{p0,1k}\}$

Πέρας ολισθήσεως Α: $\sigma_{pA}^* = \min\{0.75f_{pk}, 0.85f_{p0,1k}\}$



Επιτρεπόμενες τάσεις σκυροδέματος

Κατά τον υπολογισμό των τάσεων και των παραμορφώσεων, οι διατομές θεωρούνται ως αρηγμάτωτες, με την προϋπόθεση ότι η εφελκυστική τάση λόγω κάμψης δεν υπερβαίνει την $f_{ct,eff}$.

Οι επιτρεπόμενες τάσεις θλίψεως

- $\sigma_{cc} \leq 0.65 f_{ck}$ (υπό όρους)
- $\sigma_{cc} \leq 0.45 f_{ck}$ (δεν απαιτείται μη γραμμική θεωρήση ερπυσμού)

31. Η θεώρηση της προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας

Γενικά, η τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης μπορεί να καθοριστεί από τον όρο $P_{d,d}(x) = \gamma_p P_{m,d}(x)$.

Για τους ελέγχους ΟΚΑ $\gamma_p = \gamma_{p, fav} = 1.0$ (EN 1992-1-1, 2.4.2.9)

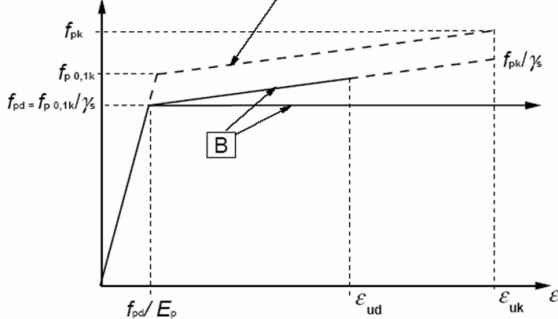
Η προένταση μπορεί να θεωρηθεί είτε ως δράση η οποία προκαλείται από την προτάνυση και προκαμπύλωση του τένοντα είτε ως αντοχή.

Η φέρουσα ικανότητα πρέπει να υπολογίζεται αντίστοιχα.

Η προένταση μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος των εξωτερικών δράσεων για το τμήμα της δυνάμεως και της προμήκυνσεως δηλ. της παραμορφώσεως $\varepsilon_{pm}^{(0)}$ που αντιστοιχεί στην Ο.Κ. Αποθλίψεως (στη στάθμη του μέσου τένοντα).

$$\varepsilon_{pm}^{(0)} = \frac{P_e}{A_p E_p} \left[1 + \frac{E_p}{E_c} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{J} y_p^2 \right) \right]$$

Με βάση τις παραδοχές ανωτέρω, η συμβολή των τενόντων προέντασης στην αντοχή των διατομών πρέπει να περιορίζεται στην πρόσθετη αντοχή τους πέραν της ως προέντασης. Αυτό μπορεί να υπολογιστεί με την παραδοχή ότι η αρχή των αξόνων στο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων των τενόντων είναι μετατοπισμένη κατά το μέγεθος προμήκυνσης – προέντασης του τένοντα.



Πρέπει να αποφεύγεται η ψαθυρή αστοχία των δομικών στοιχείων εξαιτίας της αστοχίας των τενόντων προέντασης.

Η μέγιστη συνολική παραμόρφωση του χάλυβα προεντάσεως θα είναι σύμφωνη με το διάγραμμα $\sigma_p - \varepsilon_p$

32. Υπολογισμός της αντοχής σε τέμνουσα του άοπλου σκυροδέματος, $V_{Rd,c}$ προεντεταμένων φορέων

Ο υπολογισμός της $V_{Rd,c}$ στην ειδική περίπτωση προεντεταμένων φορέων που δεν έχουν ρηγματωθεί από κάμψη: $\sigma_x \leq f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/\gamma_c$ ($\gamma_c=1.50$) και υπό τις δράσεις σχεδιασμού, γίνεται με τη μεθοδολογία και τη λογική του ελέγχου του «λοξού» εφελκυσμού.

Συγκεκριμένως από τη σχέση: $\sigma_i = -\frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{4} + \tau^2}$ και θέτοντας $\sigma_i = f_{ctd}$ υπολογίζεται συνάρτηση της αντίστοιχης (στην εξεταζόμενη

στάθμη ελέγχου) ορθής τάσεως σ_x η διατμητική τάση «τ» που οδηγεί σε υπέρβαση της f_{ctd} και ακολούθως η αντίστοιχη τέμνουσα δύναμη. Ως $V_{Rd,c}$ ορίζεται η ελάχιστη από τις τέμνουσες που υπολογίσθηκαν κατ' αυτόν τον τρόπο (στις διάφορες στάθμες που ελέγχθηκαν καθόψως της διατομής)

$$V_{Rd,c} = \frac{Jb_w}{S} \tau = \frac{Jb_w}{S} \sqrt{(f_{ct,d})^2 + \alpha \sigma_x f_{ct,d}}$$

όπου:

σ_x η απόλυτη τιμή ορθής τάσεως, λόγω M_{Ed} , P_d

α διορθωτικός συντελεστής. Για τάνυση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος (μετένταση, posttensioning): $\alpha=1$

Εμβαδόν κυκλικών ράβδων (cm ²)										
Φ mm	Βάρος Kg/m	Πλήθος ράβδων								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0,15	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77
6	0,22	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
8	0,39	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52
10	0,62	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
12	0,89	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18
14	1,21	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85
16	1,58	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10
18	2,00	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90
20	2,47	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27
22	2,98	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21
25	3,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18
32	6,31	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38

Εμβαδόν διατομών ράβδων σε 1.0m πλάτος πλάκας (cm ² /m)											
Απόσταση Ράβδων (cm)	Διάμετρος ράβδων (mm)										
	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
8,0	2,45	3,53	6,28	9,82	14,14	19,24	25,13	31,81	39,27	47,52	61,36
8,5	2,31	3,33	5,91	9,24	13,31	18,11	23,65	29,94	36,96	44,72	57,75
9,0	2,18	3,14	5,59	8,73	12,57	17,10	22,34	28,27	34,91	42,24	54,54
9,5	2,07	2,98	5,29	8,27	11,90	16,20	21,16	26,79	33,07	40,01	51,67
10,0	1,96	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	25,45	31,42	38,01	49,09
10,5	1,87	2,69	4,79	7,48	10,77	14,66	19,15	24,24	29,92	36,20	46,75
11,0	1,78	2,57	4,57	7,14	10,28	13,99	18,28	23,13	28,56	34,56	44,62
11,5	1,71	2,46	4,37	6,83	9,83	13,39	17,48	22,13	27,32	33,06	42,68
12,0	1,64	2,36	4,19	6,54	9,42	12,83	16,76	21,21	26,18	31,68	40,91
12,5	1,57	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	20,36	25,13	30,41	39,27
13,0	1,51	2,17	3,87	6,04	8,70	11,84	15,47	19,57	24,17	29,24	37,76
13,5	1,45	2,09	3,72	5,82	8,38	11,40	14,89	18,85	23,27	28,16	36,36
14,0	1,40	2,02	3,59	5,61	8,08	11,00	14,36	18,18	22,44	27,15	35,06
14,5	1,35	1,95	3,47	5,42	7,80	10,62	13,87	17,55	21,67	26,22	33,85
15,0	1,31	1,88	3,35	5,24	7,54	10,26	13,40	16,96	20,94	25,34	32,72
15,5	1,27	1,82	3,24	5,07	7,30	9,93	12,97	16,42	20,27	24,52	31,67
16,0	1,23	1,77	3,14	4,91	7,07	9,62	12,57	15,90	19,63	23,76	30,68
16,5	1,19	1,71	3,05	4,76	6,85	9,33	12,19	15,42	19,04	23,04	29,75
17,0	1,15	1,66	2,96	4,62	6,65	9,06	11,83	14,97	18,48	22,36	28,87
17,5	1,12	1,62	2,87	4,49	6,46	8,80	11,49	14,54	17,95	21,72	28,05
18,0	1,09	1,57	2,79	4,36	6,28	8,55	11,17	14,14	17,45	21,12	27,27
18,5	1,06	1,53	2,72	4,25	6,11	8,32	10,87	13,76	16,98	20,55	26,53
19,0	1,03	1,49	2,65	4,13	5,95	8,10	10,58	13,39	16,53	20,01	25,84
19,5	1,01	1,45	2,58	4,03	5,80	7,89	10,31	13,05	16,11	19,49	25,17
20,0	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	12,72	15,71	19,01	24,54

Μέγιστο πλήθος ράβδων, διαμέτρου Φ, που χωρούν σε μια σειρά σε δοκό πλάτους b (d_{aggr} η μέγιστη διάμετρος των χρησιμοποιούμενων αδρανών, c η επικάλυψη του συνδετήρα, Φ_w η διάμετρος του συνδετήρα)

1: daggr=18mm, c=20mm, Φ _w =10mm										4: daggr=35mm, c=20mm, Φ _w =10mm									
b (m)	Φ (mm)									b (m)	Φ (mm)								
	10	12	14	16	18	20	22	25	32		10	12	14	16	18	20	22	25	32
0,20	4	4	4	4	3	3	3	3	2	0,20	3	3	3	3	3	3	2	2	2
0,25	6	6	5	5	5	4	4	4	3	0,25	4	4	4	4	3	3	3	3	3
0,30	7	7	7	6	6	6	5	5	4	0,30	5	5	5	5	4	4	4	4	3
0,35	9	8	8	8	7	7	6	6	5	0,35	6	6	6	5	5	5	5	5	4
0,40	11	10	9	9	8	8	8	7	5	0,40	7	7	7	6	6	6	6	5	5
0,45	12	11	11	10	10	9	9	8	6	0,45	8	8	7	7	7	7	6	6	5
0,50	14	13	12	11	11	10	10	9	7	0,50	9	9	8	8	8	8	7	7	6
0,55	15	14	13	13	12	11	11	10	8	0,55	10	10	9	9	9	8	8	8	7
0,60	17	16	15	14	13	13	12	11	8	0,60	11	11	10	10	10	9	9	8	8
0,65	18	17	16	15	14	14	13	12	9	0,65	12	12	11	11	10	10	10	9	8
0,70	20	18	17	17	16	15	14	13	10	0,70	13	13	12	12	11	11	10	10	9
0,75	21	20	19	18	17	16	15	14	11	0,75	14	14	13	13	12	12	11	11	10
0,80	23	21	20	19	18	17	16	15	12	0,80	15	15	14	13	13	13	12	12	10
0,85	24	23	21	20	19	18	18	16	12	0,85	16	15	15	14	14	13	13	12	11
0,90	26	24	23	22	21	20	19	17	13	0,90	17	16	16	15	15	14	14	13	12
0,95	27	26	24	23	22	21	20	18	14	0,95	18	17	17	16	16	15	15	14	12
1,00	29	27	26	24	23	22	21	19	15	1,00	19	18	18	17	16	16	15	15	13

2: daggr=18mm, c=40mm, Φ _w =10mm										5: daggr=35mm, c=40mm, Φ _w =10mm									
b (m)	Φ (mm)									b (m)	Φ (mm)								
	10	12	14	16	18	20	22	25	32		10	12	14	16	18	20	22	25	32
0,20	3	3	3	3	3	2	2	2	2	0,20	2	2	2	2	2	2	2	2	1
0,25	5	4	4	4	4	4	3	3	2	0,25	3	3	3	3	3	3	3	2	2
0,30	6	6	6	5	5	5	4	4	3	0,30	4	4	4	4	4	4	3	3	3
0,35	8	7	7	7	6	6	6	5	4	0,35	5	5	5	5	5	4	4	4	4
0,40	9	9	8	8	7	7	7	6	5	0,40	6	6	6	6	5	5	5	5	4
0,45	11	10	10	9	9	8	8	7	5	0,45	7	7	7	6	6	6	6	6	5
0,50	12	12	11	10	10	9	9	8	6	0,50	8	8	8	7	7	7	7	6	6
0,55	14	13	12	12	11	11	10	9	7	0,55	9	9	9	8	8	8	7	7	6
0,60	15	14	14	13	12	12	11	10	8	0,60	10	10	10	9	9	9	8	8	7
0,65	17	16	15	14	13	13	12	11	9	0,65	11	11	10	10	10	9	9	9	8
0,70	18	17	16	15	15	14	13	12	9	0,70	12	12	11	11	11	10	10	9	8
0,75	20	19	18	17	16	15	14	13	10	0,75	13	13	12	12	11	11	11	10	9
0,80	21	20	19	18	17	16	16	14	11	0,80	14	14	13	13	12	12	11	11	10
0,85	23	22	20	19	18	17	17	15	12	0,85	15	15	14	14	13	13	12	12	10
0,90	24	23	22	21	20	19	18	16	13	0,90	16	16	15	15	14	14	13	12	11
0,95	26	24	23	22	21	20	19	17	13	0,95	17	17	16	15	15	14	14	13	12
1,00	27	26	24	23	22	21	20	18	14	1,00	18	18	17	16	16	15	15	14	13

3: daggr=18mm, c=60mm, Φ _w =10mm										6: daggr=35mm, c=60mm, Φ _w =10mm									
b (m)	Φ (mm)									b (m)	Φ (mm)								
	10	12	14	16	18	20	22	25	32		10	12	14	16	18	20	22	25	32
0,20	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0,20	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0,25	4	3	3	3	3	3	2	2	2	0,25	3	2	2	2	2	2	2	2	2
0,30	5	5	4	4	4	4	4	3	3	0,30	4	3	3	3	3	3	3	3	2
0,35	7	6	6	5	5	5	5	4	3	0,35	5	4	4	4	4	4	4	3	3
0,40	8	8	7	7	6	6	6	5	4	0,40	6	5	5	5	5	5	4	4	4
0,45	10	9	9	8	8	7	7	6	5	0,45	7	6	6	6	6	5	5	5	4
0,50	11	10	10	9	9	8	8	7	6	0,50	8	7	7	7	6	6	6	6	5
0,55	13	12	11	11	10	10	9	8	6	0,55	9	8	8	8	7	7	7	6	6
0,60	14	13	13	12	11	11	10	9	7	0,60	10	9	9	9	8	8	8	7	6
0,65	16	15	14	13	13	12	11	10	8	0,65	11	10	10	9	9	9	8	8	7
0,70	17	16	15	14	14	13	12	11	9	0,70	12	11	11	10	10	10	9	9	8
0,75	19	18	17	16	15	14	14	12	10	0,75	13	12	12	11	11	10	10	10	9
0,80	20	19	18	17	16	15	15	13	10	0,80	14	13	12	12	12	11	11	10	9
0,85	22	20	19	18	17	17	16	14	11	0,85	15	14	13	13	12	12	12	11	10
0,90	23	22	21	20	19	18	17	15	12	0,90	16	15	14	14	13	13	12	12	11
0,95	25	23	22	21	20	19	18	16	13	0,95	17	16	15	15	14	14	13	13	11
1,00	26	25	23	22	21	20	19	17	13	1,00	18	17	16	16	15	15	14	13	12

Οι τιμές έχουν προκύψει από την απαίτηση: $n\Phi + (n-1)\max[\Phi; (d_{aggr}+5)] + 2c + 2\Phi_w \leq b$