

**DIN**

**DIN Fachbericht 102**

**Γέφυρες από σκυρόδεμα**

2<sup>η</sup> έκδοση 2003

Εκδότης :

DIN Deutsches Institut fuer Normung e.V.

## Περιεχόμενα

		Σελίδα
Κεφάλαιο I	Πρόλογος	3
Κεφάλαιο II	Διαστασιολόγηση γεφυρών από σκυρόδεμα	6
	Π-1 Εισαγωγή	15
	Π-2 Βασικές αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής	31
	Π-3 Ιδιότητες των δομικών υλικών	57
	Π-4 Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων	73
	Π-5 Κατασκευαστική διαμόρφωση	177
Παράρτημα 1	Πρόσθετες υποδείξεις για τον υπολογισμό χρονίων παραμορφώσεων του σκυροδέματος	215
Παράρτημα 2	Μη γραμμικές μέθοδοι υπολογισμού εντατικών μεγεθών	216
Παράρτημα 4	Υπολογιστικός καθορισμός των παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής	220
Παράρτημα 106	Ισοδύναμο με αστοχία πλάτος ταλάντωσης για ελέγχους έναντι κόπωσης	223
Παράρτημα 108	Οπλισμός υποστυλωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος για πρόσκρουση οχημάτων	240
Κεφάλαιο III	Συμπλήρωμα για γέφυρες από σκυρόδεμα με εξωτερική προένταση	242
Κεφάλαιο IV	Γενικοί κανόνες για δομικά στοιχεία και φέρουσες κατασκευές από προκατασκευασμένα στοιχεία	248
Κεφάλαιο V	Γενικοί κανόνες για δομικά στοιχεία από άοπλο σκυρόδεμα	266
Κεφάλαιο VI	Κανονισμοί και κατευθυντήριες οδηγίες	277
Κεφάλαιο VII	Ευρετήριο τεχνικών όρων	279
Κεφάλαιο VIII	Ευρετήριο πηγών	284

## Κεφάλαιο I

## Πρόλογος

### 1 Εισαγωγή

Ο παρών κανονισμός DIN-Fachbericht 102 με τίτλο «Γέφυρες από σκυρόδεμα» καταρτίστηκε από τη γερμανική επιτροπή κανονισμών δόμησης (NABau), επιτροπή εργασίας 07.01.01 της θεματικής περιοχής 07 «Κατασκευές από σκυρόδεμα και οπλισμένο σκυρόδεμα – Γερμανική επιτροπή οπλισμένου σκυροδέματος του γερμανικού ινστιτούτου τυποποίησης DIN » (DAfStb) με πρωτοβουλία του Υπουργείου Συγκοινωνιών, Κατασκευών και Οικισμού της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας (BMVWB). Αυτό έγινε με σκοπό να εφαρμοστεί στην κατασκευή γεφυρών το τεχνολογικό επίπεδο που επιτεύχθηκε με την εναρμόνιση των ευρωπαϊκών κανονισμών με βάση τα ψηφισθέντα ευρωπαϊκά σχέδια κανονισμών (Vornormen) και τα αντίστοιχα εθνικά κείμενα εφαρμογής (NAD) στην Γερμανία.

Τις εργασίες επιμελήθηκε η αρμόδια συντονιστική επιτροπή (ΚΟΑ) 07.1 για «Γέφυρες», της επιτροπής κανονισμών δόμησης του DIN.

Το σύνολο των ευρωπαϊκών κανονισμών που ελήφθησαν υπόψη για την σύνταξη του κανονισμού DIN -Fachbericht 102 «Γέφυρες από σκυρόδεμα» βασιζόμενο στο DIN V ENV 1992-1-1 περιλαμβάνει αποσπάσματα από τους παρακάτω κανονισμούς:

- DIN V ENV 1992-1-1:1992-06 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 1: Βασικές αρχές και κανόνες εφαρμογής για κτιριακά έργα  
Γερμανική έκδοση ENV 1992-1-1:1991 συμπεριλαμβανομένης της οδηγίας για την εφαρμογή του κανονισμού DIN V ENV 1992-1-1»
- DIN V ENV 1992-2:1997-10 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 2: Γέφυρες από σκυρόδεμα  
Γερμανική έκδοση ENV 1992-2:1996 συμπεριλαμβανομένης της κατευθυντήριας οδηγίας για εφαρμογή του κανονισμού DIN V ENV 1992-2»
- DIN V ENV 1992-1-3:1994-12 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρη 1-3: Γενικοί κανόνες, δομικά στοιχεία και φέρουσες κατασκευές από προκατασκευασμένα στοιχεία .  
Γερμανική έκδοση ENV 1992-1-3: 1994 συμπεριλαμβανομένης της κατευθυντήριας οδηγίας για εφαρμογή του κανονισμού DIN V ENV 1992-1-3»
- DIN V ENV 1992-1-6:1994-12 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρη 1-6: Γενικοί κανόνες, φέρουσες κατασκευές από άοπλο σκυρόδεμα  
Γερμανική έκδοση ENV 1992-1-6: 1994 συμπεριλαμβανομένης της κατευθυντήριας οδηγίας για εφαρμογή του κανονισμού DIN V ENV 1992-1-6»

DIN 1045-1:2001-07	Φέρουσες κατασκευές από σκυρόδεμα , οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 1: Διαστασιολόγηση και κατασκευή
DIN 1045-2:2001-07	Φέρουσες κατασκευές από σκυρόδεμα, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 2: Σκυρόδεμα – σύνθεση , ιδιότητες , παραγωγή και συμβατότητα, κανόνες εφαρμογής του κανονισμού DIN EN 206-1
DIN 1045-3: 2001-07	Φέρουσες κατασκευές από σκυρόδεμα ,οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 3: Κατασκευή.
DIN 1045-4:2001-07	Φέρουσες κατασκευές από σκυρόδεμα, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα – Μέρος 4: Συμπληρωματικοί κανόνες για την παραγωγή και συμβατότητα των προκατασκευασμένων στοιχείων

Ο κανονισμός αυτός DIN-F/b 102 «Γέφυρες από σκυρόδεμα» καταρτίστηκε με σκοπό να συνπεριληφθούν οι διάφορες κανονιστικές διατάξεις σε ένα συνεκτικό εγχειρίδιο και ταυτόχρονα να επιτευχθεί η εναρμόνιση του τεχνικού περιεχομένου με τον κανονισμό DIN 1045-1: 2001-07, ώστε να διαμορφωθεί η γερμανική θέση για τον ευρωκώδικα EN 1992 – τον τελικό κανονισμό για τις κατασκευές από σκυρόδεμα-.

Ο κανονισμός DIN-F/b 102 «Γέφυρες από σκυρόδεμα» (έκδοση 2003) αντικαθιστά τον κανονισμό DIN-F/b 102 «Γέφυρες από σκυρόδεμα» (έκδοση 2001).

## **2 Διάρθρωση του κανονισμού DIN «Γέφυρες από σκυρόδεμα»**

Στον παρόντα κανονισμό DIN «Γέφυρες από σκυρόδεμα» συνοψίστηκαν και εναρμονίστηκαν όλες οι ρυθμίσεις που σχετίζονται με τις γέφυρες από σκυρόδεμα.

Για την ομαλότερη και ευκολότερη χρήση πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες τροποποιήσεις στα επιμέρους κανονιστικά κείμενα :

- οι παράγραφοι και οι ενότητες που δεν είχαν καμία άμεση σχέση με τους ισχύοντες κανόνες σχεδιασμού αφαιρέθηκαν από το κείμενο ,
- οι παραπομπές στα αρχικά κανονιστικά κείμενα που σχετίζονται με τις εδώ περιλαμβανόμενες διατάξεις προσαρμόστηκαν στην υπάρχουσα ορολογία .

Ο κανονισμός DIN-F/b 102 αποτελεί αυτοτελές κείμενο για την διαστασιολόγηση των γεφυρών.Με εξαίρεση των σημείων που αναφέρονται στα εθνικά κείμενα εφαρμογής της Γερμανίας δεν πραγματοποιήθηκε καμία αλλαγή στο περιεχόμενο των επίσημων αρχικών κειμένων .

Η αρίθμηση των παραγράφων, εξισώσεων, σχημάτων και πινάκων των αρχικών κειμένων διατηρήθηκε κατα το δυνατόν , με αποτέλεσμα η συνέχεια της αρίθμησης εν μέρει να διακόπτεται προκειμένου να διασφαλιστεί η σαφής αντιστοίχιση.

### 3 Διαχωρισμός σε δεσμευτικές και μη δεσμευτικές διατάξεις (διατάξεις εφαρμογής)

- (1) P Στον παρόντα κανονισμό DIN-F/b γίνεται ανάλογα με το είδος τους διαχωρισμός σε δεσμευτικές και μη δεσμευτικές διατάξεις ( διατάξεις εφαρμογής ).
- (2) P Οι δεσμευτικές διατάξεις περιλαμβάνουν
- γενικά δεδομένα και διαπιστώσεις που θα πρέπει να τηρούνται οπωσδήποτε, καθώς και
  - απαιτήσεις και υπολογιστικά προσομοιώματα από τα οποία δεν επιτρέπεται ουδεμία παρέκκλιση, παρά μόνο εάν κάτι τέτοιο αναφέρεται ρητώς.
- (3) P Οι δεσμευτικές διατάξεις συμβολίζονται με το γράμμα P μετά από τον αριθμό της διάταξης .
- (4) P Οι διατάξεις εφαρμογής αποτελούν γενικά αναγνωρισμένες διατάξεις που συμμορφώνονται με τις δεσμευτικές .
- (5) P Τυχόν παρεκκλίνουσες διατάξεις είναι αποδεκτές μόνο εφόσον συμφωνούν με τις αντίστοιχες δεσμευτικές και είναι τουλάχιστον ισάξιες με αυτές σε ό,τι αφορά την επιδιωκόμενη βάση του παρόντος κανονισμού , φέρουσα ικανότητα, λειτουργικότητα και αντοχή στον χρόνο .
- Αποκλίσεις από διατάξεις εφαρμογής απαιτούν την συναίνεση του κυρίου του έργου ή της αρμόδιας υπηρεσίας.
- (6) Στον κανονισμό αυτό DIN οι διατάξεις εφαρμογής συμβολίζονται μόνο με έναν αριθμό σε παρένθεση.
- (\*) Οι διατάξεις που συμβολίζονται με αστερίσκο εντός παρενθέσεως (όπως εδώ) ισχύουν ως συμπληρωματικές δεσμευτικές διατάξεις .
- (7)\* Οι διατάξεις που συμβολίζονται με αστερίσκο μετά από ψηφίο έχουν ληφθεί από τον κανονισμό DIN 1045-1:2001-07 «Φέρουσες κατασκευές από άοπλο , οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα - Μέρος 1: Διαστασιολόγηση και κατασκευή» και/ή έχουν προσαρμοστεί ως προς το τεχνικό περιεχόμενο.

<b>Κεφάλαιο II</b>	<b>Διαστασιολόγηση γεφυρών από σκυρόδεμα</b>	<b>Σελίδα</b>
<b>Περιεχόμενα</b>		
<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>15</b>
1.1	Πεδίο εφαρμογής	15
1.3	Παραδοχές	15
1.4	Έννοιες	15
1.4.2	Ειδικές έννοιες	15
1.5	Μονάδες SI	15
1.6	Ενιαία σύμβολα τύπων και συντμήσεις	16
1.6.1	Λατινικά κεφαλαία γράμματα	16
1.6.2	Λατινικά πεζά γράμματα	16
1.6.3	Ελληνικά πεζά γράμματα	17
1.6.4	Ελληνικά κεφαλαία γράμματα	17
1.6.5	Δείκτες	17
1.7	Ειδικά σύμβολα τύπων και συντμήσεις του κανονισμού «Γέφυρες από σκυρόδεμα»	DIN 19
1.7.1	Γενικά	19
1.7.2	Λατινικά κεφαλαία γράμματα	19
1.7.3	Λατινικά πεζά γράμματα	22
1.7.4	Ελληνικά γράμματα	25
<b>2</b>	<b>Βασικές αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής</b>	<b>28</b>
2.1	Θεμελιώδεις απαιτήσεις	28
2.2	Έννοιες και κατηγοριοποίηση (των οριακών καταστάσεων και των δράσεων)	28
2.2.1	Οριακές καταστάσεις και καταστάσεις διαστασιολόγησης	28
2.2.1.1	Οριακές καταστάσεις	28
2.2.1.2	Καταστάσεις διαστασιολόγησης	29
2.2.2	Δράσεις	30
2.2.2.1	Έννοιες και θεμελιώδης κατηγοριοποίηση	30
2.2.2.2	Χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων	30
2.2.2.3	Αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων	31
2.2.2.4	Τιμές σχεδιασμού των δράσεων	31
2.2.2.5	Τιμές σχεδιασμού των καταπονήσεων	32
2.2.3	Ιδιότητες των δομικών υλικών	32
2.2.3.1	Χαρακτηριστικές τιμές	32
2.2.3.2	Τιμές σχεδιασμού	32
2.2.4	Γεωμετρικά μεγέθη	33
2.3	Απαιτήσεις σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής	33
2.3.1	Γενικά	33
2.3.2	Οριακές καταστάσεις αστοχίας	34
2.3.2.1	Απαιτήσεις ελέγχων	34
2.3.2.2	Συνδυασμοί δράσεων	35
2.3.2.3	Τιμές σχεδιασμού των μόνιμων δράσεων	35

2.3.3	Μερικοί συντελεστές ασφάλειας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας	36
2.3.3.1	Μερικοί συντελεστές ασφάλειας για τις δράσεις σε φέροντες οργανισμούς	36
2.3.3.2	Μερικοί συντελεστές ασφάλειας δομικών υλικών	37
2.3.4	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	37
2.4	Ανθεκτικότητα	38
2.5	Υπολογισμός των εντατικών μεγεθών	39
2.5.1	Γενικές θεμελιώδεις αρχές	39
2.5.1.1	Γενικά	39
2.5.1.2	Περιπτώσεις φόρτισης και συνδυασμοί φορτίων	39
2.5.1.3	Ατέλειες	40
2.5.1.4	Επιρροές θεωρίας 2 <sup>ης</sup> τάξης	41
2.5.1.5	Χρόνιες δράσεις	41
2.5.1.7	Έδραση	41
2.5.2	Εξιδανίκευση της φέρουσας κατασκευής	42
2.5.2.1	Προσομοιώματα υπολογισμού των εντατικών μεγεθών στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής	42
2.5.2.2	Γεωμετρικά μεγέθη	42
2.5.2.2.1	Συνεργαζόμενο πλάτος πλάκας , διανομή φορτίου	42
2.5.3	Μέθοδοι υπολογισμού	44
2.5.3.1	Θεμελιώδεις αρχές	44
2.5.3.2	Μέθοδοι υπολογισμού των εντατικών μεγεθών	45
2.5.3.2.1	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	45
2.5.3.2.2	Οριακές καταστάσεις αστοχίας	45
2.5.3.3	Απλουστεύσεις	46
2.5.3.4	Υπολογισμός των εντατικών μεγεθών σε δοκούς και πλαίσια	46
2.5.3.4.1	Επιτρεπόμενοι μέθοδοι υπολογισμού	46
2.5.3.4.2	Γραμμικός υπολογισμός με ή χωρίς ανακατανομή	46
2.5.3.5	Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε πλάκες	48
2.5.3.5.1	Πεδίο εφαρμογής	48
2.5.3.5.2	Υπολογισμός των καταπονήσεων	48
2.5.3.5.3	Επιτρεπόμενες μέθοδοι υπολογισμού	48
2.5.3.5.4	Γραμμικός υπολογισμός με ή χωρίς ανακατανομή	48
2.5.3.5.5	Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε προεντεταμένες πλάκες	48
2.5.3.6	Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε δίσκους	49
2.5.3.6.1	Επιτρεπόμενες μέθοδοι υπολογισμού	49
2.5.3.6.2	Γραμμικο-ελαστικός υπολογισμός	49
2.5.3.6.3	Υπολογισμός βάσει της θεωρίας της πλαστικότητας	50
2.5.3.7	Βραχείς πρόβολοι και περιοχές αγκύρωσης δυνάμεων προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος	50
2.5.3.7.1	Γενικά	50
2.5.3.7.2	Βραχείς πρόβολοι	50
2.5.3.7.4	Περιοχές εισαγωγής συγκεντρωμένης δύναμης	51
2.5.4	Επιδράσεις προέντασης	51

2.5.4.1	Γενικά	51
2.5.4.2	Υπολογισμός της δύναμης προέντασης	52
2.5.4.3	Επιδράσεις της προέντασης σε συνθήκες λειτουργικότητας	53
2.5.4.4	Επιδράσεις της προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας	54
2.5.4.4.1	Γραμμικές μέθοδοι υπολογισμού των εντατικών μεγεθών	54
2.5.4.4.3	Διαστασιολόγηση διατομής	54
2.5.5	Επιδράσεις των χρονίων παραμορφώσεων του σκυροδέματος	54
2.5.5.1	Γενικά	54
<b>3</b>	<b>Ιδιότητες των δομικών υλικών</b>	<b>57</b>
3.1	Σκυρόδεμα	57
3.1.1	Γενικά	57
3.1.2	Θλιπτική αντοχή	57
3.1.3	Εφελκυστική αντοχή	58
3.1.4	Κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος	59
3.1.5	Παραμορφώσεις	59
3.1.5.1	Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	60
3.1.5.2	Μέτρο ελαστικότητας	60
3.1.5.3	Λόγος Poisson	61
3.1.5.4	Συντελεστής θερμικής διαστολής	61
3.1.5.5	Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης	61
3.2	Χάλυβας σκυροδέματος	66
3.2.1	Γενικά	66
3.2.2	Κατηγοριοποίηση και γεωμετρία	67
3.2.3	Φυσικές ιδιότητες	68
3.2.4	Μηχανικές ιδιότητες	68
3.2.4.1	Αντοχή	68
3.2.4.2	Χαρακτηριστικά ολκιμότητας	68
3.2.4.3	Μέτρο ελαστικότητας	69
3.2.4.4	Κόπωση	69
3.2.5	Ιδιότητες των υλικών	69
3.2.5.1	Συνάφεια και αγκύρωση	69
3.2.5.2	Συγκολλησιμότητα	70
3.3	Χάλυβας προέντασης	70
3.3.1	Γενικά	70
3.3.2	Κατηγοριοποίηση και γεωμετρία	70
3.3.3	Φυσικές ιδιότητες	71
3.3.4	Μηχανικές ιδιότητες	71
3.3.4.1	Αντοχή	71
3.3.4.2	Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	71
3.3.4.3	Χαρακτηριστικά ολκιμότητας	71
3.3.4.4	Μέτρο ελαστικότητας	72
3.3.4.5	Κόπωση	72
3.4	Τένοντες προέντασης	72



<b>4</b>	<b>Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων</b>	<b>73</b>
4.1	Απαιτήσεις έναντι ανθεκτικότητας (επιτελεστικότητα)	73
4.1.1	Γενικά	73
4.1.2	Δράσεις	73
4.1.2.1	Γενικά	73
4.1.2.2	Περιβαλλοντικές συνθήκες	74
4.1.2.3	Χημική διάβρωση	74
4.1.2.4	Φυσική διάβρωση	74
4.1.2.5	Έμμεση δράση	75
4.1.3	Διαστασιολόγηση	75
4.1.3.1	Γενικά	75
4.1.3.2	Κριτήρια διαστασιολόγησης	76
4.1.3.3	Επικάλυψη σκυροδέματος	76
4.1.4	Δομικά υλικά	79
4.1.5	Κατασκευή	79
4.2	Τιμές σχεδιασμού	80
4.2.1	Σκυρόδεμα	80
4.2.1.1	Γενικά	80
4.2.1.2	Φυσικές ιδιότητες	80
4.2.1.3	Μηχανικές ιδιότητες	80
4.2.1.3.1	Αντοχή	80
4.2.1.3.2	Μέτρο ελαστικότητας	80
4.2.1.3.3	Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων	81
4.2.1.4	Χρονικά εξαρτώμενη συμπεριφορά	84
4.2.2	Χάλυβας σκυροδέματος	84
4.2.2.1	Χάλυβας σκυροδέματος, γενικά	84
4.2.2.2	Φυσικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος	85
4.2.2.3	Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος	85
4.2.2.3.1	Αντοχή	85
4.2.2.3.2	Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	85
4.2.2.3.3	Κόπωση	87
4.2.2.4	Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος	87
4.2.2.4.1	Συνάφεια και αγκύρωση	87
4.2.2.4.2	Συγκολλησιμότητα	87
4.2.3	Χάλυβας προέντασης	87
4.2.3.1	Χάλυβας προέντασης, γενικά	87
4.2.3.2	Φυσικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	88
4.2.3.3	Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	88
4.2.3.3.1	Αντοχή	88
4.2.3.3.2	Μέτρο ελαστικότητας	88
4.2.3.3.3	Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	88
4.2.3.3.4	Ολκιμότητα	90
4.2.3.3.5	Κόπωση	90
4.2.3.3.6	Κατάσταση πολυαξονικής έντασης	90
4.2.3.3.7	Αγκυρώσεις και συζεύξεις των τενόντων	91

4.2.3.4	Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	91
4.2.3.4.1	Χαλάρωση	91
4.2.3.4.2	Ευαισθησία στη διάβρωση υπό τάση	91
4.2.3.5	Σχεδιασμός δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα	91
4.2.3.5.1	Γενικά	91
4.2.3.5.2	Ελάχιστη αντοχή προεντεταμένου σκυροδέματος κανονικού ειδικού βάρους	92
4.2.3.5.3	Ελάχιστος αριθμός τενόντων στα επιμέρους δομικά στοιχεία	92
4.2.3.5.4	Αρχική δύναμη προέντασης	93
4.2.3.5.5	Απώλειες δύναμης προέντασης	95
4.2.3.5.6	Περιοχές αγκύρωσης τενόντων με άμεση σύνδεση	97
4.2.3.5.7	Περιοχές αγκύρωσης τενόντων για προένταση μετά την σκλήρυνση	101
4.3	Ελέγχοι στις οριακές καταστάσεις αστοχίας	102
4.3.1	Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη και αποκλειστικά με αξονική δύναμη	102
4.3.1.1	Γενικά	102
4.3.1.2	Τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανομένων εντατικών μεγεθών	103
4.3.1.3	Αστοχία χωρίς προειδοποίηση και φαινόμενες υπεραντοχές	104
4.3.2	Τέμνουσα δύναμη	106
4.3.2.1	Γενικά	106
4.3.2.2	Μέθοδοι διαστασιολόγησης για την τέμνουσα δύναμη	107
4.3.2.3	Δομικά στοιχεία χωρίς υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ )	108
4.3.2.4	Δομικά στοιχεία με υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης ( $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ )	110
4.3.2.4.1	Γενικά	110
4.3.2.4.2	Δομικά στοιχεία σταθερού ύψους	110
4.3.2.4.4	Μέθοδος μεταβλητής κλίσης θλιπτήρων	112
4.3.2.4.5	Δομικά στοιχεία μεταβλητού ύψους	113
4.3.2.4.6	Δομικά στοιχεία με κεκλιμένους τένοντες και αμετάβλητο ύψος	114
4.3.2.5	Διάτμηση μεταξύ νεύρωσης-κορμού δοκού και πέλματος (πλάκας)	115
4.3.3	Στρέψη	116
4.3.3.1	Καθαρή στρέψη	116
4.3.3.2	Συνδυαστική επιπόνηση από δράσεις	119
4.3.3.2.1	Γενική μέθοδος	119
4.3.3.2.2	Απλουστευμένη μέθοδος	120
4.3.3.3	Στρέψη με παρεμποδιζόμενη στρέβλωση	121
4.3.4	Διάτρηση	122
4.3.4.1	Γενικά	122
4.3.4.2	Πεδίο εφαρμογής και έννοιες	123
4.3.4.2.1	Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου	123
4.3.4.2.2	Κρίσιμη κυκλική διατομή	123
4.3.4.3	Μέθοδοι ελέγχων	125
4.3.4.4	Πλάκες μεταβλητού πάχους	127
4.3.4.5	Φέρουσα ικανότητα έναντι τέμνουσας δύναμης	129

4.3.4.5.1	Πλάκες ή θεμέλια χωρίς οπλισμό διάτρησης	129
4.3.4.5.2	Πλάκες ή θεμέλια με οπλισμό διάτρησης	130
4.3.4.5.3	Ελάχιστες ροπές	133
4.3.5	Οριακές καταστάσεις αστοχίας από παραμορφώσεις της φέρουσας κατασκευής	134
4.3.5.1	Πεδίο εφαρμογής και έννοιες	134
4.3.5.2	Μέθοδοι ελέγχου	135
4.3.5.3	Διαχωρισμός των φερουσών κατασκευών και των τμημάτων τους	136
4.3.5.3.1	Γενικά	136
4.3.5.3.3	Αμετάθετες (Πάγιες) φέρουσες κατασκευές	136
4.3.5.3.4	Επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία	136
4.3.5.3.5	Λυγηρότητα των επιμέρους θλιβομένων στοιχείων	137
4.3.5.4	Ατέλειες	139
4.3.5.6	Απλουστευμένες μέθοδοι διαστασιολόγησης για τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία	139
4.3.5.6.3	Μέθοδος προτύπου υποστυλώματος	139
4.3.5.6.4	Θλιβόμενα στοιχεία με διαξονική εκκεντρότητα φορτίου	142
4.3.5.7	Πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων	144
4.3.6	Ελεγχος έναντι πρόσκρουσης	145
4.3.6.1	Γενικά	145
4.3.6.2	Μέτρα	145
4.3.6.3	Κατασκευαστική διαμόρφωση	146
4.3.7	Ελεγχος έναντι κόπωσης	147
4.3.7.1	Βασικές αρχές διεξαγωγής του ελέγχου	147
4.3.7.2	Συνδυασμοί φορτίων και επιμέρους συντελεστές ασφαλείας κατά τον έλεγχο έναντι κόπωσης	147
4.3.7.3	Εσωτερικές δυνάμεις και τάσεις στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά τον έλεγχο έναντι κόπωσης	148
4.3.7.4	Ελεγχος έναντι κόπωσης σκυροδέματος υπό θλίψη, τέμνουσα δύναμη και διάτρηση.	150
4.3.7.5	Ελεγχος έναντι κόπωσης χάλυβα προέντασης και χαλαρού οπλισμού	153
4.3.7.7	Αντοχή του χάλυβα προέντασης έναντι κόπωσης	154
4.3.7.8	Αντοχή του χάλυβα σκυροδέματος έναντι κόπωσης	155
4.3.8	Προσομοιώματα δικτυωμάτων	156
4.3.8.1	Γενικά	156
4.3.8.2	Διαστασιολόγηση εφελκυσμένων και θλιβομένων ράβδων	156
4.3.8.3	Διαστασιολόγηση κόμβων	158
4.4	Ελεγχος στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	160
4.4.0	Γενικά	160
4.4.0.2	Πεδίο εφαρμογής	160
4.4.0.3	Κατηγοριοποίηση των απαιτήσεων ελέγχου	160
4.4.1	Περιορισμός των τάσεων	161
4.4.1.1	Γενικά	161
4.4.1.2	Περιορισμός των θλιπτικών τάσεων του σκυροδέματος	162

4.4.1.3	Περιορισμός των τάσεων του χάλυβα σκυροδέματος	163
4.4.1.4	Περιορισμός των τάσεων του χάλυβα προέντασης	163
4.4.2	Περιορισμός του πλάτους ρωγμών και έλεγχος απόθλιψης	163
4.4.2.1	Γενικά	163
4.4.2.2	Ελάχιστος οπλισμός για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών	165
4.4.2.3	Περιορισμός του πλάτους ρωγμών χωρίς άμεσο υπολογισμό	168
4.4.2.4	Υπολογισμός του πλάτους ρωγμών	171
4.4.3	Περιορισμός των παραμορφώσεων	173
4.4.3.1	Γενικά	173
4.4.3.2	Υπολογιστικός έλεγχος των βελών κάμψης	174
4.4.3.3	Άλλα είδη μετατοπίσεων και στροφών	174
4.4.4	Περιορισμός των ταλαντώσεων και των δυναμικών επιρροών	175
4.4.4.1	Θεμελιώδεις αρχές	175
4.4.4.2	Οδικές γέφυρες	175
4.4.4.3	Σιδηροδρομικές γέφυρες	175
4.4.4.4	Γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα	175
4.4.4.4.1	Θεμελιώδεις αρχές	175
4.4.4.4.2	Πρώτη ιδιοσυχνότητα	176
4.4.4.4.3	Επιτάχυνση	176
<b>5</b>	<b>Κατασκευαστική διαμόρφωση</b>	<b>177</b>
5.1	Γενικά	177
5.2	Χαλαρός οπλισμός	177
5.2.1	Γενικοί κανόνες οπλισμού	177
5.2.1.0	Κάμψη – ανάκαμψη (Αναδίπλωση)	177
5.2.1.1	Αποστάσεις των ράβδων χάλυβα σκυροδέματος	178
5.2.1.2	Διάμετρος κυλίνδρων καμπύλωσης	178
5.2.2	Συνάφεια	179
5.2.2.1	Συνθήκες συνάφειας	179
5.2.2.2	Τιμή σχεδιασμού των τάσεων συνάφειας	180
5.2.2.3	Βασικό μέγεθος του μήκους αγκύρωσης	181
5.2.3	Αγκύρωση του διαμήκους οπλισμού	181
5.2.3.1	Γενικά	181
5.2.3.2	Είδη αγκύρωσης	182
5.2.3.3	Εγκάρσιος οπλισμός	183
5.2.3.4	Μήκος αγκύρωσης	184
5.2.3.5	Αγκύρωση με σώματα αγκύρωσης	184
5.2.4	Ενώσεις	185
5.2.4.1	Γενικά	185
5.2.4.1.2	Εγκάρσιος οπλισμός	186
5.2.4.1.3	Μήκος υπερκάλυψης	187
5.2.5	Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης	188
5.2.6	Πρόσθετοι κανόνες για ράβδους με νευρώσεις με ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες από 32 mm	190
5.2.6.1	Κατασκευαστική διαμόρφωση	190
5.2.6.2	Συνάφεια	190

5.2.6.3	Αγκυρώσεις και ενώσεις	190
5.2.7	Δέσμες ράβδων	190
5.2.7.1	Γενικά	190
5.2.7.2	Κατασκευαστικοί κανόνες	190
5.3	Τένοντες προέντασης	193
5.3.1	Διάταξη τενόντων προέντασης	193
5.3.2	Επικάλυψη σκυροδέματος	193
5.3.3	Οριζόντια και κάθετη απόσταση	193
5.3.3.1	Τένοντες προέντασης με άμεση συνάφεια	194
5.3.3.2	Τένοντες προέντασης για προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος	195
5.3.3.2.1	Διάταξη των τενόντων προέντασης	195
5.3.4	Αγκυρώσεις και συζεύξεις τενόντων	195
5.4	Κατασκευαστικοί κανόνες δομικών στοιχείων	196
5.4.1	Ραβδόμορφα θλιβόμενα στοιχεία, θλιβόμενα στοιχεία	196
5.4.1.1	Ελάχιστες διαστάσεις	196
5.4.1.2	Ελάχιστος κατασκευαστικός οπλισμός	196
5.4.1.2.1	Διαμήκης οπλισμός	197
5.4.1.2.2	Εγκάρσιος οπλισμός	197
5.4.2	Δοκοί και πλακοδοκοί	198
5.4.2.1	Διαμήκης οπλισμός	198
5.4.2.1.1	Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό οπλισμού	198
5.4.2.1.3	Κάλυψη εφελκυστικής δύναμης	198
5.4.2.1.4	Αγκύρωση οπλισμού ανοίγματος σε ακραία στήριξη	200
5.4.2.1.5	Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδιάμεση στήριξη	200
5.4.2.2	Οπλισμός διάτμησης	201
5.4.2.3	Οπλισμός στρέψης	202
5.4.2.4	Επιδερμικός οπλισμός σε περίπτωση ράβδων μεγάλης διαμέτρου	203
5.4.3	Συμπαγείς πλάκες από επι τόπου σκυρόδεμα	204
5.4.3.1	Ελάχιστο πάχος	204
5.4.3.2	Κάλυψη εφελκυστικής δύναμης	204
5.4.3.2.1	Γενικά	204
5.4.3.2.2	Οπλισμός των ελευθέρων άκρων	204
5.4.3.3	Οπλισμός διάτμησης και διάτρησης	205
5.4.4	Βραχείς πρόβολοι	207
5.4.5	Υψίκορμοι δοκοί	208
5.4.6	Περιοχές αγκύρωσης τενόντων μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος	208
5.4.7	Τοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος	209
5.4.7.1	Γενικά	209
5.4.7.2	Κατακόρυφος οπλισμός	209
5.4.7.3	Οριζόντιος οπλισμός	210
5.4.8	Ειδικές περιπτώσεις	211
5.4.8.1	Τμηματική φόρτιση επιφάνειας	211
5.4.8.2	Δυνάμεις εκτροπής	213

5.4.8.3	Έμμεση στήριξη	213
5.4.8.4	Περιοχές εισαγωγής δύναμης	213
5.4.8.4.1	Θλιπτικές δυνάμεις	213
5.4.8.4.2	Εφελκυστικές δυνάμεις	214
5.4.9	Προκατασκευασμένα στοιχεία	214
5.4.9.1	Θεμελιώδεις αρχές	214
5.4.9.2	Αρμοί	214
5.4.9.3	Σύμμικτα δομικά στοιχεία	214
<b>Παράρτημα 1</b>	<b>Πρόσθετες υποδείξεις για τον καθορισμό των επιδράσεων των χρονίων παραμορφώσεων του σκυροδέματος</b>	<b>215</b>
<b>Παράρτημα 2</b>	<b>Μη γραμμικές μέθοδοι καθορισμού εντατικών μεγεθών</b>	<b>216</b>
A.2.1	Γενικά	216
A.2.2	Υπολογισμός ραβδομόρφων δομικών στοιχείων σε κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη	219
<b>Παράρτημα 4</b>	<b>Υπολογιστικός καθορισμός παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής</b>	<b>220</b>
A.4.1	Γενικά	220
A.4.2	Απαιτήσεις για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων	220
A.4.3	Μέθοδοι υπολογισμού	221
<b>Παράρτημα 106</b>	<b>Ισοδύναμο με αστοχία πλάτος ταλάντωσης για ελέγχους έναντι κόπωσης</b>	<b>223</b>
A.106.1	Γενικά	223
A.106.2	Οδικές γέφυρες	223
A.106.3	Σιδηροδρομικές γέφυρες	228
A.106.3.1	Χάλυβας σκυροδέματος και χάλυβας προέντασης	228
A.106.3.2	Σκυρόδεμα υπο θλιπτική καταπόνηση	233
A.106.3.3	Εγκάρσια διεύθυνση	238
<b>Παράρτημα 108</b>	<b>Οπλισμός υποστλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα για πρόσκρουση οχημάτων</b>	<b>240</b>

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Πεδίο εφαρμογής

(1) P Το παρόν κεφάλαιο ισχύει για οδογέφυρες , γέφυρες πεζών και δικύκλων καθώς και σιδηροδρομικές γέφυρες των οποίων η φέρουσα κατασκευή έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο και/ή προεντεταμένο σκυρόδεμα κανονικού ειδικού βάρους (C 12/16 έως C 50/60).

(2) P Οι κανόνες για την προένταση αφορούν μόνο σε προένταση με τένοντες.

## 1.3 Παραδοχές

Για τον καθορισμό καταπονήσεων του εδάφους θεμελίωσης ή καταπονήσεων σε δομικά στοιχεία που δεν διαστασιολογούνται σύμφωνα με το σχέδιο ελέγχων του υπόψη κανονισμού DIN – F/b ,θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μετάβαση στο ισχύον γι αυτά σχέδιο διαστασιολόγησης (π.χ. κανονισμοί DIN). Ταυτόχρονα θα πρέπει οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών στην οριακή κατάσταση αστοχίας που προκύπτουν από τους ακόλουθους κανόνες να διαιρούνται με τον εκάστοτε δυσμενέστερο μερικό συντελεστή ασφάλειας, για περίπτωση μη ευνοϊκής δράσης τουλάχιστον με  $\gamma_{G,sup} = 1,35$  και για ευνοϊκή δράση με  $\gamma_{G,inf} = 1,0$ .

## 1.4 Έννοιες

### 1.4.2 Ειδικές έννοιες

(1) Τα οπλισμένα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα των οποίων το ποσοστό του οπλισμού κάμψης κείται κάτω από τις ελάχιστες τιμές της II-5.4 θα πρέπει γενικά να αντιμετωπίζονται ως άοπλα στοιχεία σύμφωνα με το κεφάλαιο V «Γενικοί κανόνες για δομικά στοιχεία από άοπλο σκυρόδεμα» του παρόντος κανονισμού DIN – F/b.

(102) P Για τους εξωτερικά τοποθετούμενους τένοντες και τους τένοντες χωρίς συνάφεια θα πρέπει να εφαρμόζεται το κεφάλαιο III «Συμπληρώματα για γέφυρες από σκυρόδεμα με εξωτερικούς τένοντες προέντασης » του παρόντος κανονισμού DIN – F/b.

## 1.5 Μονάδες SI

(1) P Οι μονάδες SI θα πρέπει να εφαρμόζονται σύμφωνα με το ISO 1000.

(2) Για τους υπολογισμούς συνιστώνται οι ακόλουθες μονάδες μέτρησης:

- δυνάμεις και φορτία: kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>
- πυκνότητα: kg/m<sup>3</sup>
- ειδικό βάρος: kN/m<sup>3</sup>
- τάσεις και αντοχές N/mm<sup>2</sup> (=MN/m<sup>2</sup> ή MPa)
- ροπές (ροπές κάμψης) kNm

<b>1.6</b>	<b>Ενιαία σύμβολα και συντμήσεις</b>
<b>1.6.1</b>	<b>Λατινικά κεφαλαία γράμματα</b>
<i>A</i>	Επιφάνεια, τυχηματική δράση
<i>C</i>	Σύμβολο κατηγορίας αντοχής, αντίδραση
<i>E</i>	Μέτρο ελαστικότητας, καταπόνηση
<i>F</i>	Δύναμη
<i>G</i>	Μέτρο διάτμησης , μόνιμη δράση
<i>H</i>	Οριζόντια δύναμη
<i>I</i>	Ροπή επιφανείας 2 <sup>ου</sup> βαθμού (ροπή αδρανείας )
<i>L</i>	Μήκος, θεωρητικό άνοιγμα, άνοιγμα
<i>M</i>	Ροπή
<i>N</i>	Αξονική δύναμη
<i>P</i>	Δύναμη προέντασης, δράση από την προένταση
<i>Q</i>	Μεταβλητή δράση
<i>R</i>	Αντοχή (φέρουσα ικανότητα)
<i>S</i>	Ροπή επιφανείας 1 <sup>ου</sup> βαθμού (στατική ροπή), εντατικά μεγέθη, φορτία διατομής
<i>T</i>	Ροπή στρέψης
<i>V</i>	Τέμνουσα δύναμη
<i>W</i>	Ροπή αντίστασης
<b>1.6.2</b>	<b>Λατινικά πεζά γράμματα</b>
<i>a</i>	Απόσταση, πλάτος έδρασης, γεωμετρική τιμή
<i>Δa</i>	Προσαύξηση ασφαλείας (περιθώριο ασφαλείας) που αυξάνει ή μικραίνει ένα γεωμετρικό μέγεθος
<i>b</i>	Πλάτος
<i>d</i>	Στατικό ωφέλιμο ύψος, διάμετρος
<i>e</i>	Εκκεντρότητα φορτίου
<i>f</i>	Αντοχή (δομικού υλικού)
<i>h</i>	Ύψος, πάχος δομικού υλικού
<i>i</i>	Ακτίνα αδρανείας
<i>k</i>	Αθέλητη γωνία εκτροπής , συντελεστής
<i>l</i>	Μήκος, θεωρητικό άνοιγμα, άνοιγμα
<i>m</i>	Ροπή ανά μονάδα μήκους , μάζα
<i>n</i>	Αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους, πλήθος
<i>p</i>	Εγκάρσια θλίψη
<i>r</i>	Ακτίνα
<i>s</i>	Απόσταση, απόσταση ράβδων
<i>t</i>	Χρονικό σημείο, πάχος τοιχώματος
<i>u</i>	Περίμετρος
<i>v</i>	Τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους
<i>u, v, w</i>	Συνιστώσες μετατόπισης σημείου
<i>x</i>	Ύψος της θλιβομένης ζώνης
<i>z</i>	Μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων
<i>x, y, z</i>	Συντεταγμένες



### 1.6.3 Ελληνικά πεζά γράμματα

$\alpha$	Συντελεστής , συντελεστής μείωσης για το συνυπολογισμό των μακροχρονίων δράσεων στην αντοχή του σκυροδέματος και για την αναγωγή της θλιπτικής αντοχής των κυλινδρικών δοκιμίων και της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, γωνία του οπλισμού της τέμνουσας δύναμης ως προς τον άξονα του δομικού στοιχείου, συντελεστής γραμμικής διαστολής .
$\beta$	Γωνία διανομής συγκεντρωμένων αξονικών δυνάμεων, συντελεστής μείωσης τέμνουσας λόγω συγκεντρωμένου φορτίου πλησίον της στήριξης , συντελεστής για το συνυπολογισμό μη κυκλικά συμμετρικής καταπόνηση στην κρίσιμη κυκλική διατομή
$\gamma$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας
$\delta$	Αναλογία του ανακατεμημένου εντατικού μεγέθους ως προς το αρχικό εντατικό μέγεθος
$\epsilon$	Μήκυνση
$\varphi$	Συντελεστής ερπυσμού
$\lambda$	Λυγηρότητα
$\mu$	Ανηγμένη ροπή, συντελεστής τριβής
$\nu$	Ανηγμένη ορθή δύναμη
$\xi$	Αναλογία συνάφειας του χάλυβα προέντσης ως προς αυτή του χαλαρού οπλισμού
$\rho$	Γεωμετρικό ποσοστό οπλισμού, πυκνότητα
$\sigma$	Ορθή τάση
$\tau$	Διατμητική τάση
$\psi$	Συντελεστές συνδυασμού για συγκεκριμένες αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων
$\psi_0$	Συντελεστής για την χαρακτηριστική τιμή
$\psi_1'$	Συντελεστής για μη συχνή τιμή
$\psi_1$	Συντελεστής για συχνή τιμή
$\psi_2$	Συντελεστής για οιονεί -μόνιμη τιμή
$\kappa$	Συντελεστής επιρροής του ύψους του δομικού στοιχείου
$\eta$	Συντελεστής ροπής

### 1.6.4 Ελληνικά κεφαλαία γράμματα

$\Delta$	Διαφορά
$\varphi$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό των επιδράσεων σύμφωνα με τη θεωρία της 2 <sup>ης</sup> τάξης σε θλιβόμενα στοιχεία χωρίς οπλισμό
$\theta$	Στροφή , σύνολο των σχεδιαζόμενων γωνιών εκτροπής τενόντων προέντασης , γωνία θλιπτήρων

### 1.6.5 Δείκτες

$b$	Σύνδεση / συνάφεια
$c$	Σκυρόδεμα, θλίψη, ερπυσμός
$cal$	Υπολογιστική τιμή
$col$	Υποστύλωμα
$crit$	Κρίσιμος
$d$	Τιμή σχεδιασμού
$dst$	Αποσταθεροποιητική, μη ευνοϊκή δράση

<i>dir</i>	Άμεσος
<i>e</i>	Εκκεντρότητα
<i>eff</i>	Ενεργός
<i>erf</i>	Απαιτούμενος
<i>ext</i>	Εξωτερικός
<i>f</i>	Πτερύγιο ,πέλμα
<i>fat</i>	Τιμή κόπωσης
<i>g</i>	Μόνιμη δράση
<i>ges</i>	Συνολική τιμή
<i>h</i>	Ύψος δομικού στοιχείου
<i>i</i>	Ιδεατός, τρέχουσα μεταβλητή
<i>ind</i>	Εμμεσος
<i>inf</i>	Κατώτερη τιμή
<i>int</i>	Εσωτερικός
<i>j</i>	Τρέχουσα μεταβλητή
<i>k</i>	Χαρακτηριστικός
<i>l</i>	Διαμήκης
<i>m</i>	Μέσος όρος τιμής, μέση τιμή, κάμψη
<i>max</i>	Μέγιστος
<i>min</i>	Ελάχιστος
<i>nom</i>	Ονομαστική τιμή
<i>p</i>	Προένταση, χάλυβας προέντασης
<i>pl</i>	Πλαστικός
<i>q</i>	Μεταβλητή δράση
<i>r</i>	Ρωγμή, χαλάρωση
<i>red</i>	Μειωμένη τιμή
<i>s</i>	Χαλαρός οπλισμός , συστολή
<i>stb</i>	Σταθεροποιητικός, ευνοϊκή δράση
<i>sup</i>	Ανώτερη τιμή
<i>surf</i>	Επιφάνεια
<i>t</i>	Εφελκυσμός, εγκάρσια , στρέψη
<i>u</i>	Οριακή τιμή
<i>v</i>	Μέτρο μετατόπισης, κατακόρυφος
<i>vorh</i>	Υπάρχων
<i>w</i>	Νεύρωση-κορμός, τοιχείο
<i>x,y,z</i>	Συντεταγμένες
<i>y</i>	Όριο διαρροής, όριο ελαστικότητας
<i>E</i>	Καταπόνηση
<i>F</i>	Δράση (δύναμη)
<i>G</i>	Μόνιμη δράση
<i>L</i>	Διαμήκης
<i>M</i>	Δομικό υλικό
<i>P</i>	Δύναμη προέντασης, δράση από την προένταση
<i>Q</i>	Μεταβλητή δράση
<i>R</i>	Αντοχή , φέρουσα ικανότητα

$T$	Εγκάρσιος, στρέψη
$\delta$	Ανακατανομή
$\varphi$	Ερπυσμός
$\mu$	Απώλεια
I	Αρηγμάτωτη διατομή (κατάσταση I)
II	Ρηγματωμένη Διατομή (κατάσταση II)

## 1.7 Ειδικά σύμβολα και συντημήσεις του κανονισμού DIN-F/b «Γέφυρες από σκυρόδεμα»

### 1.7.1 Γενικά

Κατά κανόνα τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στον κανονισμό DIN-F/b «Γέφυρες από σκυρόδεμα» βασίζονται στα ενιαία σύμβολα που χρησιμοποιούνται στην II-1.6 ή σε σύμβολα που προκύπτουν από αυτά, π.χ.

$G_{d,sup}$	Ανώτερη τιμή σχεδιασμού για μόνιμες δράσεις
$A_c$	Συνολικό εμβαδόν διατομής σκυροδέματος
$f_{yd}$	Τιμή σχεδιασμού για την αντοχή στο όριο ελαστικότητας του χαλαρού οπλισμού
$f_{ywd}$	Τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτμησης στο όριο ελαστικότητας

### 1.7.2 Λατινικά κεφαλαία γράμματα

$A_c$	Συνολικό εμβαδόν διατομής σκυροδέματος
$A_{c1}$	Μέγιστο εμβαδόν, κατά την τμηματική φόρτιση, επιφανείας που γεωμετρικά αντιστοιχεί στην επιφάνεια $A_{c0}$ και έχει το ίδιο κέντρο βάρους
$A_{c0}$	Εμβαδόν επιφανείας φόρτισης σε περίπτωση μερικής φόρτισης επιφανείας
$A_{c,eff}$	Ενεργή εφελκυσμένη ζώνη του οπλισμού
$A_{ct}$	Εμβαδόν διατομής της εφελκυσμένης ζώνης σκυροδέματος
$A_{ct,ext}$	Εμβαδόν διατομής του εφελκυσμένου σκυροδέματος έξω από τους συνδετήρες
$A_k$	Εμβαδόν επιφανείας περικλειομένης από τη μεσαία γραμμή λεπτότοιχης κοίλης διατομής (συμπεριλαμβανομένων των κοίλων εσωτερικών περιοχών)
$A_p$	Εμβαδόν διατομής του χάλυβα προέντασης
$A_s$	Εμβαδόν διατομής του χαλαρού οπλισμού στην εφελκυσμένη ζώνη
$A_{s2}$	Εμβαδόν διατομής του χαλαρού οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη (στην οριακή κατάσταση αστοχίας)
$A_{sf}$	Εμβαδόν διατομής του εγκαρσίου οπλισμού στον κορμό πλακοδοκού
$A_{sl}$	Εμβαδόν διατομής του ενεργού εφελκυσμένου οπλισμού σε μία διατομή, απαιτούμενο εμβαδόν διατομής του διαμήκου οπλισμού στρέψης
$A_{s,min}$	Ελάχιστη τιμή του εμβαδού διατομής του εφελκυσμένου οπλισμού στην διαμήκη διεύθυνση
$A_{s,vorh}$	Εμβαδόν διατομής του υπάρχοντος εφελκυσμένου οπλισμού
$A_{s,erf}$	Απαιτούμενο εμβαδόν διατομής του εφελκυσμένου οπλισμού
$A_{s,surf}$	Εμβαδόν διατομής του επιφανειακού οπλισμού
$A_{st}$	Εμβαδόν διατομής προσθέτου εγκαρσίου οπλισμού παράλληλα με την κάτω πλευρά του δομικού στοιχείου
$A_{sv}$	Εμβαδόν διατομής πρόσθετου εγκάρσιου οπλισμού κάθετα προς την κάτω πλευρά του δομικού στοιχείου
$A_{sw}$	Εμβαδόν διατομής του διατμητικού οπλισμού και του οπλισμού στρέψης
$C_d$	Καθοριστική για την διαστασιολόγηση ονομαστική τιμή ή συνάρτηση συγκεκριμένης ιδιότητας δομικού υλικού

$D_d$	Τιμή σχεδιασμού του χαρακτηριστικού αστοχίας ή του κριτηρίου αστοχίας (η χαρακτηριστική τιμή για την κατάσταση αστοχίας σε κόπωση)
$E_c$	Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος
$E_{c0}$	Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος ως εφαπτομένη στην αρχή του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων μετά από 28 ημέρες
$E_{cm}$	Μέτρο ελαστικότητας (τέμνον) σκυροδέματος
$E_d$	Τιμή σχεδιασμού καταπόνησης, εντατικού μεγέθους, τάσης ή παραμόρφωσης
$E_{d,dst}$	Τιμή σχεδιασμού αποσταθεροποιητικών (μη ευνοϊκών) δράσεων
$E_{d,stb}$	Τιμή σχεδιασμού σταθεροποιητικών (ευνοϊκών) δράσεων
$E_{c,eff}$	Ενεργό μέτρο ελαστικότητας (τέμνον) σκυροδέματος σε τάση $\sigma_c = 0$
$E_p$	Μέτρο ελαστικότητας για τον χάλυβα προέντασης
$E_s$	Μέτρο ελαστικότητας για τον χαλαρό οπλισμό
$F_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού της δύναμης θλίψης του σκυροδέματος
$F_{pd}$	Τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης
$F_{sd}$	Τιμή σχεδιασμού της δύναμης εφελκυσμού του χαλαρού οπλισμού
$F_{px}$	Οριακή φέρουσα δύναμη των τενόντων προέντασης σε ρηγματωμένη περιοχή αγκύρωσης
$\Delta F_d$	Διαφορά αξονικής δύναμης σε μήκος $a_v$ της εξεταζόμενης διατομής του κορμού
$F_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δύναμης εφελκυσμού στον διαμήκη οπλισμό
$F_s$	Δύναμη εφελκυσμού στο διαμήκη οπλισμό σε μία κρίσιμη διατομή στην οριακή κατάσταση αστοχίας
$F_{Rdu}$	Τιμή σχεδιασμού ενός αναλαμβανομένου συγκεντρωμένου φορτίου
$G_{cm}$	Μέση τιμή μέτρου διατμήσεως του σκυροδέματος
$G_{d,inf}$	Κατώτερη τιμή σχεδιασμού μίας μόνιμης δράσης
$G_{d,sup}$	Ανώτερη τιμή σχεδιασμού μίας μόνιμης δράσης
$G_{IND}$	Μόνιμη δράση καταναγκασμού
$G_{k,inf}$	Κατώτερη χαρακτηριστική τιμή μίας μόνιμης δράσης
$G_{k,sup}$	Ανώτερη χαρακτηριστική τιμή μίας μόνιμης δράσης
$\Delta H$	Αναγκαία λόγω ατελειών αύξηση της οριζόντιας δύναμης που δρα στο ζύγωμα μιας φέρουσας κατασκευής μορφής πλαισίου
$I_c$	Ροπή αδρανείας της διατομής του σκυροδέματος
$I_T$	Δυστρεψία της διατομής του σκυροδέματος
$J(t, t_0)$	Ερπυστική συνάρτηση σε χρόνο $t$
$K_1$	Συντελεστής μείωσης για τον υπολογισμό της εκκεντρότητας $e_2$ σύμφωνα με τη θεωρία της 2 <sup>ης</sup> τάξης
$K_2$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό της μείωσης της καμπυλότητας ( $1/r$ ) εξαιτίας της αύξησης της αξονικής δύναμης
$M_{p,dir}$	Στατικά ορισμένο μέρος της προέντασης
$M_{p,ind}$	Στατικά αόριστο μέρος της προέντασης
$M_{Rd}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης ροπής
$M_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας ροπής κάμψης
$M_{cr}$	Ροπή ρηγμάτωσης
$N_{cr}$	Αξονική δύναμη ρηγμάτωσης
$N_{bal}$	Αναλαμβανόμενη διαμήκης δύναμη θλίψης υπο την μέγιστη φέρουσα ικανότητα ροπής της διατομής
$N_{Rd}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης αξονικής δύναμης

$N_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας αξονικής δύναμης
$N_{Ud}$	Τιμή σχεδιασμού της οριακής φέρουσας ικανότητας της διατομής που καταπονείται σε κεντρική θλίψη
$P_0$	Μέγιστη ασκούμενη δύναμη στην άγκυρωση προέντασης κατά την τάνυση
$P_d$	Τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης
$P_k$	Χαρακτηριστική τιμή της δύναμης προέντασης
$P_{k,inf}$	Κατώτερη χαρακτηριστική τιμή της δύναμης προέντασης
$P_{k,sup}$	Ανώτερη χαρακτηριστική τιμή της δύναμης προέντασης
$P_{m,o}$	Μέση τιμή της δύναμης προέντασης αμέσως μετά από την τάνυση ή την εισαγωγή δύναμης στο σκυρόδεμα
$P_{m,t}$	Μέση τιμή της δύναμης προέντασης σε χρόνο $t$
$P_{m,\infty}$	Μέση τιμή της δύναμης προέντασης στην θέση $x$ κατά την διαμήκη έννοια του δομικού στοιχείου μετά από την εμφάνιση όλων των χρονίων απωλειών της δύναμης προέντασης
$P_{0,max}$	Επιτρεπόμενη ανώτατη τιμή του $P_0$
$\Delta P_c$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας της ελαστικής παραμόρφωσης του δομικού στοιχείου κατά τη μεταβίβαση της δύναμης προέντασης
$\Delta P_{sl}$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας ολίσθησης της αγκύρωσης
$\Delta P_t(t)$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας ερπυσμού, συστολής και χαλάρωσης σε χρόνο $t$
$\Delta P_\mu(x)$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας της τριβής
$R_d$	Τιμή σχεδιασμού της αντοχής (φέρουσας ικανότητας)
$T_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας ροπής στρέψης
$T_{Rd}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης ροπής στρέψης
$T_{Rd,max}$	Τιμή σχεδιασμού της ροπής στρέψης που αναλαμβάνεται από τις θλιβόμενες διαγωνίους
$T_{Rd,sy}$	Τιμή σχεδιασμού της ροπής στρέψης που αναλαμβάνεται από τον οπλισμό
$V_{Ed}$	Τιμή σχεδιασμού της δρώσας τέμνουσας δύναμης
$V_{c,cd}$	Τιμή σχεδιασμού της συνιστώσας της τέμνουσας δύναμης στην θλιβόμενη ζώνη παράλληλη με τη $V_{0d}$ σε δομικά στοιχεία μεταβλητού ύψους
$V_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος
$V_{0d}$	Τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης στη διατομή χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή του μεταβλητού ύψους του δομικού στοιχείου
$V_{pd}$	Συνιστώσες τέμνουσας της δύναμης του χάλυβα προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας
$V_{td}$	Τιμή σχεδιασμού των συνιστωσών τέμνουσας της εφελκυστικής δύναμης του χάλυβα παράλληλα προς την τιμή $V_{0d}$ σε μεταβλητού ύψους δομικό στοιχείο
$V_{wd}$	Τιμή σχεδιασμού του ποσοστού τέμνουσας δύναμης που αναλαμβάνεται από τον οπλισμό διάτμησης
$V_{Rd}$	Αντοχή σε τέμνουσα δύναμη
$V_{Rd,ct}$	Τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης που αναλαμβάνεται χωρίς διατμητικό οπλισμό
$V_{Rd,max}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης που περιορίζεται από την αντοχή των θλιβομένων διαγωνίων
$V_{Rd,sy}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης που περιορίζεται από τη φέρουσα ικανότητα του οπλισμού διάτμησης

### 1.7.3

#### Λατινικά πεζά γράμματα

$a_d$	Τιμή σχεδιασμού γεωμετρικών μεγεθών
$a_{nom}$	Ονομαστική τιμή γεωμετρικών μεγεθών
$a_c$	Απόσταση του κατακόρυφου φορτίου $F_V$ έως την διατομή στην θέση πάκτωσης (Διαστασιολόγηση βραχέος προβόλου )
$a_v$	Απόσταση ανάμεσα στα σημεία μηδενικής και μέγιστης ροπής
$a_l$	Μέτρο μετατόπισης της γραμμής κάλυψης της δύναμης εφελκυσμού
$b_{eff}$	Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού
$b_f$	Πλάτος κορμού (νεύρωσης) πλακοδοκού
$b_{sup}$	Πλάτος έδρασης
$b_t$	Μέσο πλάτος δοκού στην εφελκυσόμενη ζώνη
$b_{w,nom}$	Ονομαστική τιμή πλάτους δοκού
$b_w$	Πλάτος δοκού
$b_v$	Υπολογιζόμενο πλάτος δοκού σε διατομές πλακοδοκών με μεταβλητό πάχος πλάκας
$c_{min}$	Ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος
$c_{nom}$	Ονομαστική τιμή επικάλυψης σκυροδέματος
$c_v$	Μέτρο μετατόπισης οπλισμού
$\Delta c$	Περιθώριο ασφαλείας επικάλυψης σκυροδέματος για αθέλητες παρεκκλίσεις
$d_{br}$	Διάμετρος κυλίνδρων καμπύλωσης
$d_g$	Μέγιστη διάμετρος κόκκων πετρώματος
$d_H$	Υποκατάστατο ωφέλιμο ύψος κατά τον έλεγχο διάτρησης πλάκας με ενίσχυση της κεφαλής του υποστυλώματος
$d_p$	Ονομαστική διάμετρος σύρματος ή πολύκλωνου καλωδίου σε τένοντες προέντασης
$d_s$	Διάμετρος ράβδων χαλαρού οπλισμού
$d_s^*$	Βασική τιμή της οριακής διαμέτρου
$d_{sV}$	Ισοδύναμη διάμετρος δεσμών ράβδων
$e_0$	Προβλεπόμενη εκκεντρότητα
$e_{0y}$	Εκκεντρότητα στην διεύθυνση y
$e_{0z}$	Εκκεντρότητα στην διεύθυνση z
$e_{ay}$	Αθέλητη πρόσθετη εκκεντρότητα για το συνυπολογισμό γεωμετρικών ατελειών στην διεύθυνση y
$e_{az}$	Αθέλητη πρόσθετη εκκεντρότητα για το συνυπολογισμό γεωμετρικών ατελειών στην διεύθυνση z
$e_1$	Άθροισμα προβλεπόμενης και πρόσθετης αθέλητης εκκεντρότητας
$e_2$	Πρόσθετη εκκεντρότητα εξαιτίας παραμορφώσεων σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης
$e_a$	Πρόσθετη αθέλητη εκκεντρότητα
$e_\varphi$	Εκκεντρότητα ερπυσμού
$e_{tot}$	Συνολική εκκεντρότητα φορτίου
$f_{0,2k}$	Χαρακτηριστική τιμή ορίου 0,2% του χαλαρού οπλισμού
$f_{bd}$	Τιμή σχεδιασμού της τάσης συνάφειας στην οριακή κατάσταση αστοχίας
$f_{bp}$	Τάση συνάφειας στο μήκος μεταβίβασης προεντεταμένων τενόντων με άμεση συνάφεια
$f_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού της μονοαξονικής αντοχής σκυροδέματος
$f_{cd,fat}$	Τιμή σχεδιασμού της μονοαξονικής αντοχής σκυροδέματος κατα τον έλεγχο έναντι κόπωσης

$f_{ck,cyl}$	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος μετά από 28 ημέρες
$f_{ck,cube}$	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή κυβικού δοκιμίου μετά από 28 ημέρες
$f_{cm}$	Μέση τιμή θλιπτικής αντοχής κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος
$f_{cmj}$	Ελάχιστη θλιπτική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου κατά την προένταση
$f_{ct}$	Εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό
$f_{ct,eff}$	Ενεργή εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος κατά τη χρονική στιγμή της πρώτης ρηγμάτωσης
$f_{ct,fl}$	Αντοχή σκυροδέματος σε εφελκυσμό εξαιτίας κάμψης
$f_{ctk, 0,05}$	Χαρακτηριστική τιμή της αντοχής του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό που αντιστοιχεί σε ποσοστό 5%
$f_{ctk, 0,95}$	Χαρακτηριστική τιμή της αντοχής του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό που αντιστοιχεί σε ποσοστό 95%
$f_{ct,sp}$	Αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό διάρρηξης
$f_{ctm}$	Μέση τιμή της αντοχής του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό
$f_{cR}$	Υπολογιστική μέση τιμή θλιπτικής αντοχής κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών
$f_{p0,1k}$	Χαρακτηριστική τιμή του ορίου ελαστικότητας (0,1%) του χάλυβα προέντασης
$f_{p0,1R}$	Υπολογιστική μέση τιμή του ορίου ελαστικότητας (0,1%) του χάλυβα προέντασης για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών
$f_{pk}$	Χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα προέντασης
$f_{pR}$	Υπολογιστική μέση τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα προέντασης για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών
$f_{tk}$	Χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα σκυροδέματος
$f_{tk,cal}$	Χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα σκυροδέματος για την διαστασιολόγηση
$f_{tR}$	Υπολογιστική μέση τιμή της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα σκυροδέματος για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών
$f_{yd}$	Τιμή σχεδιασμού του ορίου διαροής του χάλυβα σκυροδέματος
$f_{yk}$	Χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαροής του χάλυβα σκυροδέματος
$f_{yR}$	Υπολογιστική μέση τιμή του ορίου διαροής του χάλυβα σκυροδέματος για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού εντατικών μεγεθών
$h_H$	Πάχος ενίσχυσης κεφαλής υποστυλώματος
$h_f$	Πάχος της πλάκας πέλματος
$h_{ges}$	Συνολικό ύψος
$h_{red}$	Μειωμένο ύψος
$k$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό μη γραμμικά κατανεμημένων εφελκυστικών τάσεων του σκυροδέματος
$k_c$	Συντελεστής για τον συνυπολογισμό της κατανομής των τάσεων εντός της εφελκυσμένης ζώνης πριν από την ρηγμάτωση
$l_0$	Ενεργό θεωρητικό άνοιγμα, υποκατάστατο μήκος σε θλιβόμενα στοιχεία
$l_{0t}$	Μήκος θλιβόμενου πέλματος μετρούμενο μεταξύ των παρακειμένων υποστυλωμάτων
$l_{b,min}$	Ελάχιστη τιμή του μήκους αγκύρωσης
$l_c$	Διάμετρος υποστυλώματος κυκλικής διατομής
$l_H$	Απόσταση μεταξύ της παρειάς του υποστυλώματος και της ενίσχυσης της κεφαλής του

$l_b$	Βασική τιμή του μήκους αγκύρωσης του χάλυβα σκυροδέματος
$l_{bp0}$	Μήκος της ουδέτερης ζώνης στα άκρα δομικών στοιχείων με άμεση συνάφεια στην περίπτωση αιφνίδιας απώλειας της δύναμης προέντασης
$l_{b,net}$	Μήκος αγκύρωσης του χάλυβα σκυροδέματος
$l_{ba}$	Μήκος αγκύρωσης τένοντα προέντασης με άμεση συνάφεια
$l_{bp}$	Μήκος μεταβίβασης τένοντα προέντασης με άμεση συνάφεια
$l_{bpd}$	Τιμή σχεδιασμού του μήκους μεταβίβασης τένοντα προέντασης με άμεση συνάφεια
$l_{col}$	Μήκος μεμονωμένου θλιβόμενου στοιχείου μεταξύ δύο ιδεατών θέσεων τάνυσης
$l_{eff}$	Ενεργό θεωρητικό άνοιγμα
$l_n$	Ελεύθερο άνοιγμα
$l_{p,eff}$	Μήκος εισαγωγής τένοντα τένοντα προέντασης με άμεση συνάφεια
$l_s$	Απαιτούμενο μήκος μεταβίβασης
$l_{s,min}$	Ελάχιστο μήκος παράθεσης
$1/r$	Καμπυλότητα
$m_{Edx}$	Ελάχιστες ροπές διαστασιολόγησης στις διευθύνσεις $x$ και $y$ για τη εξασφάλιση της φέρουσας ικανότητας της τέμνουσας δύναμης
$m_{Edy}$	
$r_{crit}$	Απόσταση της κρίσιμης κυκλικής διατομής σε διάτρηση από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εισαγωγής φορτίου
$r_{crit,ex}$	Κρίσιμη ακτίνα εκτός της περιοχής ενίσχυσης των υποστυλωμάτων
$r_{crit,in}$	Κρίσιμη ακτίνα εντός της ενίσχυσης των υποστυλωμάτων
$r_{sup}$	Ανώτερος συντελεστής για το συνυπολογισμό της απόκλισης της δύναμης προέντασης
$r_{inf}$	Κατώτερος συντελεστής για το συνυπολογισμό της απόκλισης της δύναμης προέντασης
$s_0$	Απόσταση από τα άκρα οπλισμού
$s_{rm}$	Μέση απόσταση ρωγμών στην συντελεσθείσα ρηγμάτωση
$s_l$	Απόσταση των διαμήκων ράβδων συγκολλημένων πλεγμάτων χάλυβα σκυροδέματος ή επιφανειακού οπλισμού
$s_{max}$	Μέγιστη απόσταση των συνδετήρων κατά την διαμήκη έννοια
$s_t$	Απόσταση των εγκαρσίων ράβδων συγκολλημένων πλεγμάτων χάλυβα σκυροδέματος ή του επιφανειακού οπλισμού
$s_w$	Απόσταση του διατμητικού οπλισμού ή οπλισμού στρέψης μετρούμενη κατά μήκος του δομικού στοιχείου
$t_0$	Χρονικό σημείο έναρξης της φόρτισης
$t_j$	Χρονικό σημείο της προέντασης
$u_c$	Περίμετρος διατομής σκυροδέματος με επιφάνεια $A_c$
$u_k$	Περίμετρος επιφάνειας $A_k$
$v_{Rd,sy}$	Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε διατμητική δύναμη ανά μονάδα μήκους μιας σειράς οπλισμού πλάκας με οπλισμό διάτρησης
$v_{Ed}$	Αναλαμβανόμενη διατμητική δύναμη ανά μονάδα μήκους κατά μήκος της εξεταζόμενης κυκλικής διατομής
$v_u$	Ανηγγεμένη ορθή δύναμη του δομικού στοιχείου
$v_{Rd,ct}$	Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε διατμητική δύναμη κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής μίας πλάκας χωρίς οπλισμό διάτρησης
$v_{Rd,ct,a}$	Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας της διατμητικής δύναμης κατά μήκος της εξωτερικής κυκλικής διατομής έξω από την περιοχή με οπλισμό διάτρησης



$w_k$	Υπολογιστική τιμή πλάτους ρηγμάτωσης
$x_d$	Ύψος θλιβόμενης ζώνης μετά την ανακατανομή των εντατικών μεγεθών
$z_{cp}$	Απόσταση μεταξύ του κέντρου βάρους της διατομής σκυροδέματος και αυτού των τενόντων προέντασης
<b>1.7.4</b>	<b>Ελληνικά πεζά γράμματα</b>
$\alpha_{a1}$	Γωνία κλίσης φέρουσας κατασκευής ως γεωμετρική υποκατάστατη ατέλεια
$\alpha_1$	Συντελεστής για το μήκος παράθεσης του χάλυβα σκυροδέματος
$\alpha_a$	Γωνία επικλινούς θέσης, συντελεστής δραστηριότητας εξαρτώμενος από τον τύπο αγκύρωσης του χάλυβα σκυροδέματος
$\alpha_c$	Μειωτικός συντελεστής της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος εξαιτίας καταπόνησης από εγκάρσιο εφελκυσμό
$\alpha_e$	Αναλογία μέτρου ελαστικότητας χάλυβα σκυροδέματος και σκυροδέματος
$\alpha_l$	Συντελεστής για το μήκος μεταβίβασης τένοντα προέντασης με άμεση συνάφεια
$\alpha_p$	Αναλογία μέτρου ελαστικότητας χάλυβα προέντασης και σκυροδέματος
$\beta_b$	Συντελεστής συσχέτισης του μήκους μεταβίβασης των τενόντων προέντασης με την αντοχή του σκυροδέματος
$\beta_1$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό των ιδιοτήτων συνάφειας του οπλισμού
$\beta_2$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό του είδους και της διάρκειας της φόρτισης
$\gamma_A$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μία τυχηματική δράση
$\gamma_c$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα
$\gamma_F$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για δράσεις $F$
$\gamma_G$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μία μόνιμη δράση
$\gamma_{G,inf}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μόνιμες δράσεις κατά τον υπολογισμό με τις κατώτερες τιμές σχεδιασμού
$\gamma_{G,sup}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μόνιμες δράσεις κατά τον υπολογισμό με τις ανώτερες τιμές σχεδιασμού
$\gamma_{GA}, \gamma_{GAj}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μόνιμες δράσεις κατά τον υπολογισμό τυχηματικών καταστάσεων σχεδιασμού
$\gamma_{Gj}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας μίας μόνιμης δράσης $G_{kj}$
$\gamma_M$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για δομικά υλικά λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες αβεβαιότητας στις ιδιότητες των δομικών υλικών και του προσομοιώματος σχεδιασμού
$\gamma_P$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για τη δράση εξαιτίας της προέντασης εφόσον αυτή λαμβάνεται υπόψη από την πλευρά των δράσεων
$\gamma_Q$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για μία μεταβλητή δράση
$\gamma_{Q,1}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για την δεσπόζουσα μεταβλητή δράση $Q_{k,1}$
$\gamma_{Q,i}$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για άλλες μεταβλητές δράσεις $Q_{k,i}$
$\gamma_R$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για την αντοχή του συστήματος σε μη γραμμικές μεθόδους υπολογισμού των εντατικών μεγεθών
$\gamma_s$	Μερικός συντελεστής ασφαλείας για τον χάλυβα σκυροδέματος και τον χάλυβα προέντασης
$\epsilon_1$	Μεγαλύτερη μήκυνση στην άκρη της διατομής εξαιτίας έκκεντρου εφελκυσμού
$\epsilon_2$	Μικρότερη μήκυνση στην άκρη της διατομής εξαιτίας έκκεντρου εφελκυσμού
$\epsilon_{cu}, \epsilon_{cu}$	Υπολογιστική μήκυνση θραύσης του σκυροδέματος κατά τον καθορισμό εντατικών μεγεθών με μη γραμμικές μεθόδους ή αντίστοιχα στην διαστασιολόγηση της διατομής
$\epsilon_p$	Μήκυνση του χάλυβα προέντασης

$\varepsilon_u$	Μήκυνση του χάλυβα σκυροδέματος υπο μέγιστο φορτίο (ομοιόμορφη μήκυνση)
$\varepsilon_{uk}$	Χαρακτηριστική τιμή μήκυνσης του χάλυβα σκυροδέματος υπο μέγιστο φορτίο (ομοιόμορφη μήκυνση)
$\varepsilon_{sm}$	Μέση μήκυνση χάλυβα κατά τη συνεργασία του σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών
$\varepsilon_{smr}$	Μέση μήκυνση χάλυβα σε αρηγμάτωτη διατομή κατά την επίτευξη του φορτίου ρηγμάτωσης
$\varepsilon_{sy}$	Μήκυνση του οπλισμού στο όριο διαρροής
$\varepsilon_{sym}$	Μέση μήκυνση χάλυβα σε τάση $\sigma_s = f_{yk}$ ( $f_{yk} \approx f_{ym}$ ) κατά τη συνεργασία του σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών
$\varepsilon_{cs}(t, t_0)$	Εκτιμώμενη συστολή
$\varepsilon_c$	Βράχυνση του σκυροδέματος
$\varepsilon_{cl}$	Βράχυνση σκυροδέματος κατά την επίτευξη της ανώτατης τιμής της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος $f_c$
$\varepsilon_{cas}$	Συρρίκνωση του σκυροδέματος
$\varepsilon_{cc}$	Ερπυστική παραμόρφωση του σκυροδέματος
$\varepsilon_{c ds}$	Συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος
$\varepsilon_{cs}$	Συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος
$\varepsilon_{cu}$	Υπολογιστική βράχυνση θραύσης σκυροδέματος
$\varepsilon_p$	Μήκυνση του χάλυβα προέντασης
$\varepsilon_p^{(0)}$	Προμήκυνση του χάλυβα προέντασης ως προς το σκυρόδεμα (μήκυνση του χάλυβα προέντασης στην κλίνη προέντασης)
$\varepsilon_s$	Μήκυνση του χαλαρού οπλισμού
$\varepsilon_{su}$	Υπολογιστική μήκυνση θραύσης του χάλυβα σκυροδέματος
$\varepsilon_{yd}$	Τιμή σχεδιασμού της μήκυνσης του χάλυβα σκυροδέματος στο όριο διαρροής
$\lambda_{max}$	Οριακή τιμή λυγηρότητας από την οποία και πέρα το θλιβόμενο στοιχείο θεωρείται λυγηρό
$\lambda_{crit}$	Οριακή τιμή λυγηρότητας από την οποία και πέρα λαμβάνονται υπόψη για ένα θλιβόμενο στοιχείο οι επιρροές της δεύτερης τάξης
$\rho_l$	Γεωμετρικό ποσοστό του διαμήκους οπλισμού
$\rho_{lx}$	Ποσοστό οπλισμού του διαμήκους οπλισμού στην διεύθυνση x
$\rho_{ly}$	Ποσοστό οπλισμού του διαμήκους οπλισμού στην διεύθυνση y
$\rho_r$	Ενεργό ποσοστό οπλισμού
$\rho_w$	Γεωμετρικό ποσοστό του διατμητικού οπλισμού και του οπλισμού στρέψης
$\sigma_c$	Τάση σκυροδέματος
$\sigma_{cg}$	Τάση σκυροδέματος εξαιτίας συνδυασμού οιονεί-μόνιμων δράσεων
$\sigma_{cp0}$	Αρχική τιμή τάσης σκυροδέματος εξαιτίας της προέντασης
$\sigma_p$	Τάση στον χάλυβα προέντασης
$\sigma_{p0}$	Μέγιστη τάση που ασκείται στον χάλυβα προέντασης κατά την τάνυση
$\sigma_{pm0}$	Τάση στον χάλυβα προέντασης αμέσως μετά την τάνυση ή την εισαγωγή της δύναμης στο σκυρόδεμα
$\varphi(t, t_0)$	Ερπυστικός συντελεστής μεταξύ των χρονικών σημείων $t_0$ και t σε σχέση με την ελαστική παραμόρφωση μετά από 28 ημέρες
$\varphi(\infty, t_0)$	Τελικός ερπυστικός συντελεστής
$\varphi_{fat}$	Συντελεστής αστοχίας εξαρτώμενος από την τραχύτητα της επιφάνειας

$\varphi_{0,k}$	Μη γραμμικός βασικός ερπυστικός συντελεστής που αντικαθιστά το $\varphi_0$
$\varphi_0$	Βασικός ερπυστικός συντελεστής
$\tau_{Ed}$	Εφαπτομενική διατμητική τάση λόγω στρέψης
$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$	Απώλεια δύναμης προέντασης λόγω του ερπυσμού και της συστολής του σκυροδέματος και της χαλάρωσης του χάλυβα προέντασης
$\Delta\sigma_{pr}$	Μεταβολή τάσης του χάλυβα προέντασης λόγω χαλάρωσης
$\sigma_s$	Τάση οπλισμού σκυροδέματος
$\sigma_{sr}$	Τάση του εφελκυσμένου οπλισμού που υπολογίζεται βάσει ρηγματωμένης διατομής για συνδυασμό φορτίων που προκαλεί το σχηματισμό των πρώτων ρωγμών
$\sigma_{sr}$	Τάση του χάλυβα σε ρηγματωμένη διατομή υπο το φορτίο ρηγμάτωσης
$\sigma_{0,max}$	Μέγιστη επιβληθείσα τάση σε τένοντα προέντασης
$\sigma_{pg0}$	Αρχική τάση σε τένοντα προέντασης λόγω της προέντασης και των μόνιμων δράσεων
$\sigma_{cp}$	Τάση σκυροδέματος λόγω προέντασης
$\sigma_{cp,eff}$	Ενεργή μέση τάση σκυροδέματος λόγω προέντασης
$\Sigma d_H$	Άθροισμα διαμέτρων σωλήνων τενόντων προέντασης σε μία θέση

- 2**
- 2.1**
- (1) P **Βασικές αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής**  
**Θεμελιώδεις απαιτήσεις**  
 Μία φέρουσα κατασκευή θα πρέπει να διαστασιολογείται και να διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε:
- λαμβάνοντας υπόψη την προβλεπόμενη διάρκεια χρήσης και το κόστος κατασκευής της να διαθέτει, με αποδεκτή πιθανότητα, τις απαιτούμενες ιδιότητες χρήσης,
  - με την προσήκουσα αξιοπιστία να αντιστέκεται στις δράσεις και τις επιρροές που δύναται να προκύψουν κατά την κατασκευή και τη χρήση της καθώς και να επιδεικνύει την ανάλογη επιτελεστικότητα σε συνάρτηση με το κόστος συντήρησής της.
- (2) P Μια φέρουσα κατασκευή θα πρέπει επιπλέον να είναι έτσι διαμορφωμένη ώστε να μην καταστρέφεται από συμβάντα όπως πυρκαγιές, εκρήξεις, πρόσκρουση ή σεισμό σε βαθμό τέτοιο που να αποκλίνει αισθητά από την αιτία της ζημίας.
- (3) Μία πιθανή βλάβη θα πρέπει να περιορίζεται ή να αποφεύγεται με την ανάλογη επιλογή ενός ή περισσοτέρων από τα ακόλουθα μέτρα:
- με αναχαίτιση, εξουδετέρωση ή μείωση των κινδύνων στα οποία εκτίθεται η φέρουσα κατασκευή,
  - με επιλογή ενός φέροντος συστήματος που να έχει μικρή ευαισθησία στους κινδύνους που εξετάζονται στο παρόν,
  - με επιλογή ενός φέροντος συστήματος τέτοιου που η περίπτωση τυχαίας αστοχίας ενός μεμονωμένου μέρους του φέροντος οργανισμού να μην προκαλέσει την ολική καταστροφή της κατασκευής,
  - κατασκευή συνδέσεων μεταξύ των φερόντων στοιχείων που να έχουν επαρκή φέρουσα ικανότητα.
- (4) P Οι αναφερθείσες απαιτήσεις θα πρέπει να επιτυγχάνονται με την επιλογή των κατάλληλων δομικών υλικών, την ρεαλιστική διαστασιολόγηση και τη σωστή κατασκευαστική διαμόρφωση καθώς και με τον καθορισμό μεθόδων επίβλεψης του σχεδιασμού, της κατασκευής και της χρήσης της εκάστοτε κατασκευής.
- 2.2 Έννοιες και κατηγοριοποίηση (των οριακών καταστάσεων και των δράσεων)**
- 2.2.1 Οριακές καταστάσεις και καταστάσεις διαστασιολόγησης**
- 2.2.1.1 Οριακές καταστάσεις**
- (1) P Οριακές καταστάσεις θεωρούνται εκείνες κατά την υπέρβαση των οποίων η φέρουσα κατασκευή παύει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του σχεδιασμού. Διαχωρίζονται σε:
- οριακές καταστάσεις αστοχίας,
  - οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας
- (2) P Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι καταστάσεις εκείνες που έχουν σχέση με την αστοχία του συνόλου του φέρουσας κατασκευής ή μέρους αυτής.
- (3) P Ορισμένες καταστάσεις που προκύπτουν πριν από την απώλεια της φέρουσας ικανότητας αντιμετωπίζονται για λόγους απλούστευσης ως οριακές καταστάσεις αστοχίας.

- (104) Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας που καθιστούν απαραίτητη τη διεξαγωγή ελέγχου περιλαμβάνουν:
- την απώλεια ισορροπίας της θεωρουμένης ως άκαμπτο σώμα φέρουσας κατασκευής ή μέρους αυτής ,
  - την αστοχία λόγω προοδευτικής παραμόρφωσης, θραύσης ή απώλειας της ευστάθειας της φέρουσας κατασκευής ή μερών αυτής συμπεριλαμβανομένων των υποστυλωμάτων και των θεμελιώσεων,
  - την αστοχία εξαιτίας της κόπωσης.
- (5) P Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας θεωρούνται οι καταστάσεις εκείνες κατά την υπέρβαση των οποίων παύουν να πληρούνται οι προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις που αφορούν στη χρήση του φέρουσας κατασκευής ή ενός εκ των μερών αυτής .
- (6) Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν:
- τις παραμορφώσεις και βέλη κάμψης που επηρεάζουν την εικόνα ή την προβλεπόμενη χρήση μιας φέρουσας κατασκευής ή που προκαλούν ζημίες,
  - τις ταλαντώσεις που είναι δυσάρεστες για τους ανθρώπους και προκαλούν ζημίες στην κατασκευή ή περιορίζουν τη λειτουργική της ικανότητα,
  - ρωγμές στο σκυρόδεμα που μπορούν να επιδράσουν στην όψη, την επιτελεστικότητα ή την διαπερατότητα σε νερό ,
  - ζημίες στο σκυρόδεμα εξαιτίας της υπέρμετρης θλιπτικής καταπόνησης γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την επιτελεστικότητα .

Βλέπε II-4.4.1 έως II.-4.4.4.

### 2.2.1.2

#### **Καταστάσεις διαστασιολόγησης**

(1) P

Οι καταστάσεις διαστασιολόγησης στην οριακή κατάσταση αστοχίας, εξαιρουμένης της κόπωσης των υλικών, διαχωρίζονται σε:

- μόνιμες καταστάσεις, που αντιστοιχούν στις συνήθεις συνθήκες χρήσης της φέρουσας κατασκευής ,
- παροδικές καταστάσεις που αφορούν χρονικά περιορισμένες καταστάσεις της φέρουσας κατασκευής , π.χ. στην φάση κατασκευής ή σε φάση επισκευής ,
- τυχηματικές καταστάσεις που αφορούν σε τυχηματικές δράσεις της φέρουσας κατασκευής ή του περιβάλλοντός της , π.χ. σε πυρκαγιά ή εμπρησμό, έκρηξη, πρόσκρουση,
- καταστάσεις εξαιτίας σεισμού που αφορούν σε σεισμικές δράσεις επί της φέρουσας κατασκευής .

## 2.2.2

### Δράσεις

#### 2.2.2.1

#### Έννοιες και θεμελιώδης κατηγοριοποίηση

(1) P

Μία δράση ( $F$ ) είναι:

- μία δύναμη (φορτίο) που δρα στην φέρουσα κατασκευή (άμεση δράση) ή
- ένας καταναγκασμός εξαιτίας παρεμποδιζομένου μεγέθους παραμόρφωσης (έμμεση δράση), π.χ. εξαιτίας των δράσεων της θερμοκρασίας ή των υποχωρήσεων.

(2) P

Οι δράσεις διαχωρίζονται:

(α) ανάλογα με τη χρονική τους μεταβλητότητα σε:

- μόνιμες δράσεις ( $G$ ), π.χ. το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής, του εξοπλισμού, των μόνιμων στοιχείων,
- μεταβλητές δράσεις ( $Q$ ), π.χ. κινητά φορτία, φορτία ανέμου ή θερμοκρασία,
- τυχηματικές δράσεις ( $A$ ), π.χ. εκρήξεις ή πρόσκρουση οχημάτων.

(b) ανάλογα με τη χωρική τους μεταβλητότητα σε:

- κατά τόπους σταθερές δράσεις, π.χ. το ίδιο βάρος (βλέπε ωστόσο II-2.3.2.3 (3) P για φέρουσες κατασκευές με υψηλή ευαισθησία σε μεταβολές του ίδιου βάρους),
- κατά τόπους μεταβλητές δράσεις που προκύπτουν από διαφορετική διάταξη δράσεων, π.χ. κινητά φορτία, φορτία ανέμου.

(3)

Η προένταση ( $P$ ) αποτελεί μία μόνιμη δράση που αντιμετωπίζεται ιδιαίτερα (βλέπε II-2.5.4.).

(4)

Οι δράσεις καταναγκασμού είναι είτε μόνιμες δράσεις  $G_{IND}$  (π.χ. υποχωρήσεις στηρίξεων) είτε μεταβλητές δράσεις  $Q_{IND}$  (π.χ. θερμοκρασία) και αντιμετωπίζονται ανάλογα.

#### 2.2.2.2

#### Χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων

(101) P

Ως χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων ισχύουν κατά κανόνα οι τιμές του κανονισμού DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» και σε δεδομένες περιπτώσεις τα συμπληρώματα που εκδίδουν οι αρμόδιες αρχές π.χ. ARS.

Για τις δράσεις που δεν αναφέρονται καθόλου ή που δεν αναφέρονται εξαντλητικά στον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» θα πρέπει κατόπιν συνεννόησης με την αρμόδια αρχή να καθορίζονται οι αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές.

(106)

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα πρέπει να καθορίζονται δράσεις ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό και να λαμβάνεται υπόψη μία επιπρόσθετη μεταβλητή κινητή δράση  $1\text{kN/m}^2$  που ασκείται από το προσωπικό.

### 2.2.2.3

#### Αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων

(1) P

Η πιο σημαντική αντιπροσωπευτική τιμή μίας μεταβλητής δράσης είναι η χαρακτηριστική τιμή  $Q_k$ .

(102) P

Περαιτέρω αντιπροσωπευτικές τιμές εκφράζονται με τη χαρακτηριστική τιμή  $Q_k$  και με τη χρήση του συντελεστή  $\psi_i$ . Οι τιμές αυτές ορίζονται ως εξής:

Συνδυαστική τιμή:	$\psi_0 \cdot Q_k$
Μη συχνή τιμή:	$\psi_1 \cdot Q_k$
Συχνή τιμή:	$\psi_1 \cdot Q_k$
Οιονεί-μόνιμη τιμή:	$\psi_2 \cdot Q_k$

(3) P

Για τον έλεγχο έναντι κόπωσης καθώς και για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών σε δυναμική καταπόνηση χρησιμοποιούνται πρόσθετες αντιπροσωπευτικές τιμές.

(104) P

Οι συντελεστές  $\psi_i$  έχουν οριστεί για τις καθοριστικές δράσεις του κανονισμού DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες». Οι συντελεστές  $\psi_i$  για δράσεις που δεν δίνονται στον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» θα πρέπει να καθορίζονται σε συνάρτηση με τις φυσικές ιδιότητες των δράσεων και με την έγκριση της αρμόδιας Υπηρεσίας.

### 2.2.2.4

#### Τιμές σχεδιασμού των δράσεων

(1) P

Στην οριακή κατάσταση αστοχίας η τιμή σχεδιασμού  $F_d$  μίας δράσης προκύπτει γενικά από τη σχέση:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

(2)

Παραδείγματα:

$$G_d = \gamma_G \cdot G_k$$

$$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_Q \cdot \psi_i \cdot Q_k$$

$$A_d = \gamma_A \cdot A_k \text{ (εφόσον το } A_k \text{ δεν ορίζεται ευθέως)}$$

$$P_d = \gamma_P \cdot P_k$$

(2.1)

Όπου :

$\gamma_F$ ,  $\gamma_G$ ,  $\gamma_Q$ ,  $\gamma_A$  και  $\gamma_P$  οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας της εξεταζόμενης δράσης και οι οποίοι καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη π.χ. την πιθανότητα μη ευνοϊκών αποκλίσεων των δράσεων, τούς παράγοντες αβεβαιότητας των προσομοιωμάτων κατά την προσομοίωση των δράσεων και των επιδράσεών τους καθώς και τους παράγοντες αβεβαιότητας των παραδοχών της αντίστοιχης οριακής κατάστασης.

(3) P Οι ανώτερες και κατώτερες τιμές σχεδιασμού των μόνιμων δράσεων ορίζονται ως εξής:

$$G_{d,sup} = \gamma_{G,sup} \cdot G_k$$

$$G_{d,inf} = \gamma_{G,inf} \cdot G_k$$

Όπου  $G_k$  οι χαρακτηριστικές τιμές μίας μόνιμης δράσης και  $\gamma_{G,sup}$  και  $\gamma_{G,inf}$  οι ανώτερες και κατώτερες τιμές των μερικών συντελεστών ασφαλείας μίας μόνιμης δράσης.

### 2.2.2.5 Τιμές σχεδιασμού των καταπονήσεων

(1) Καταπονήσεις ( $E$ ) θεωρούνται οι αντιδράσεις της φέρουσας κατασκευής στις δράσεις (π.χ. εσωτερικές δυνάμεις και ροπές, τάσεις και παραμορφώσεις). Οι τιμές σχεδιασμού των καταπονήσεων ( $E_d$ ) προκύπτουν από τις τιμές σχεδιασμού των δράσεων, τα γεωμετρικά μεγέθη και εάν χρειαστεί από τις καθοριστικές ιδιότητες των υλικών:

$$E_d = E (F_d, a_d, \dots)$$

Όπου το  $a_d$  καθορίζεται σύμφωνα με την II-2.2.4.

### 2.2.3 Ιδιότητες των δομικών υλικών

#### 2.2.3.1 Χαρακτηριστικές τιμές

(1) P Η ιδιότητα ενός δομικού υλικού εκφράζεται με τη χαρακτηριστική τιμή  $X_k$  η οποία κατά κανόνα αντιστοιχεί σε μία ποσοστιαία τιμή μίας θεωρούμενης στατιστικής κατανομής της εξεταζόμενης ιδιότητας. Οι τιμές των ιδιοτήτων των δομικών υλικών θα πρέπει κατά βάση να προκύπτουν με τη βοήθεια προτύπων μεθόδων δοκιμής.

(2) P Σε ορισμένες περιπτώσεις η ονομαστική τιμή χρησιμοποιείται ως χαρακτηριστική τιμή.

(3) Η αντοχή ενός δομικού υλικού μπορεί να λάβει δύο διαφορετικές χαρακτηριστικές τιμές, δηλ. μία ανώτερη και μία κατώτερη τιμή. Στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο η κατώτερη τιμή χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη. Σε ορισμένες περιπτώσεις συνιστάται ανάλογα με το πρόβλημα να θεωρούνται διάφορες τιμές. Εάν χρειάζεται η εκτίμηση της ανώτερης τιμής της αντοχής (π.χ. για την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος σε καταπονήσεις καταναγκασμού) μπορεί να κριθεί απαραίτητη η εισαγωγή μίας ανώτερης ονομαστικής τιμής της αντοχής.

(104) Η παράγραφος (1) P ισχύει επίσης και για τον έλεγχο έναντι κόπωσης .

#### 2.2.3.2. Τιμές σχεδιασμού

(1) P Η τιμή σχεδιασμού  $X_d$  της ιδιότητας ενός δομικού υλικού προκύπτει κατά κανόνα από:

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \tag{2.3}$$

Όπου:

$\gamma_M$  Ο μερικός συντελεστής ασφάλειας για την ιδιότητα ενός δομικού υλικού σύμφωνα με την II-2.3.3.2 και II-2.3.4. Για την II-4.3.7 ισχύουν άλλες διατάξεις .



- (2) P Οι τιμές σχεδιασμού της αντοχής  $R_d$  θα πρέπει να προσδιορίζονται με τη χρήση καθοριστικών τιμών σχεδιασμού των ιδιοτήτων των υλικών, των γεωμετρικών μεγεθών και των καταπονήσεων σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$R_d = R(X_d, a_d, \dots) \quad (2.4)$$

- (3) P Σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές, η εφαρμογή των τιμών σχεδιασμού της αντοχής  $R_d$  των δομικών υλικών, που προκύπτουν από πειράματα, απαιτεί την έγκριση της ανώτατης αρχής επίβλεψης της κατασκευής.

#### 2.2.4 Γεωμετρικά μεγέθη

- (1) P Οι τιμές σχεδιασμού των γεωμετρικών μεγεθών μιάς φέρουσας κατασκευής εκφράζονται κατά κανόνα με τις ονομαστικές τιμές τους:

$$a_d = a_{nom} \quad (2.5 \alpha)$$

- (2) P Σε ορισμένες περιπτώσεις οι τιμές σχεδιασμού των γεωμετρικών μεγεθών ορίζονται ως εξής:

$$a_d = a_{nom} + \Delta a \quad (2.5 \beta)$$

Οι τιμές του  $\Delta a$  δίνονται στις αντίστοιχες ενότητες.

- (3) Για τις ατέλειες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της φέρουσας κατασκευής βλέπε II-2.5.1.3 και II-4.3.5.4.

### 2.3 Απαιτήσεις σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής

#### 2.3.1 Γενικά

- (1) P Θα πρέπει να ελέγχεται ότι δεν υπερβαίνονται οι καθοριστικές οριακές καταστάσεις.
- (2) P Όλες οι καθοριστικές καταστάσεις διαστασιολόγησης και οι περιπτώσεις φόρτισης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- (3) P Δυνατές αποκλίσεις των δράσεων από τις θεωρούμενες διευθύνσεις ή θέσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- (4) P Οι υπολογισμοί θα πρέπει να εκτελούνται με τη χρήση καταλλήλων προσομοιωμάτων σχεδιασμού (τα οποία εάν χρειαστεί θα συμπληρώνονται με πειράματα) λαμβάνοντας υπόψη όλες τις καθοριστικές παραμέτρους. Τα υπολογιστικά προσομοιώματα θα πρέπει να είναι επαρκώς ακριβή ώστε να μπορεί να προβλέπεται η φέρουσα ικανότητα σε συνδυασμό με την επιτυγχανόμενη ακρίβεια της κατασκευής και την αξιοπιστία των εισαγομένων για την διαστασιολόγηση δεδομένων.

2.3.2  
2.3.2.1

**Οριακές καταστάσεις αστοχίας**  
**Απαιτήσεις ελέγχου**

- (1) P Για τον έλεγχο της ασφαλούς θέσης της φέρουσας κατασκευής πρέπει να ελέγχεται ότι

$$E_{d,dst} < E_{d,stab} \quad (2.6\alpha)$$

Όπου  $E_{d,dst}$  και  $E_{d,stab}$  οι τιμές σχεδιασμού των καταπονήσεων από μη ευνοϊκές (αποσταθεροποιητικές) ή ευνοϊκές (σταθεροποιητικές) δράσεις.

- (2) P Εάν η οριακή κατάσταση προκύψει εξαιτίας θραύσης ή υπέρμετρης παραμόρφωσης της διατομής ενός δομικού στοιχείου ή μίας σύνδεσης (εξαιρούμενης της κόπωσης) θα πρέπει να ελέγχεται ότι

$$E_d \leq R_d \quad (2.6\beta)$$

Όπου  $E_d$  η τιμή σχεδιασμού της καταπόνησης, όπως π.χ. ενός εντατικού μεγέθους (ή ενός αντίστοιχου διανύσματος περισσότερο από ένα εντατικών μεγεθών) και  $R_d$  η αντίστοιχη τιμή σχεδιασμού της αντοχής (φέρουσας ικανότητας) στην οποία περιλαμβάνονται όλες οι ιδιότητες της φέρουσας κατασκευής με τις αντίστοιχες τιμές σχεδιασμού (βλέπε II-2.5.3).

- (4) P Κατά την εξέταση της οριακής κατάστασης της «απώλειας ευστάθειας εξαιτίας επιδράσεων σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης» πρέπει να ελεγχθεί ότι δεν προκύπτει απώλεια σταθερότητας προτού οι δράσεις υπερβούν τις τιμές σχεδιασμού τους. Ταυτόχρονα θα πρέπει να συνυπολογίζονται όλες οι ιδιότητες της φέρουσας κατασκευής με τις τιμές σχεδιασμού τους ή αντίστοιχα κατά την εφαρμογή της μη γραμμικής μεθόδου με τις μέσες τιμές τους. Επιπλέον, για όλες τις διατομές θα πρέπει να εκτελούνται οι έλεγχοι σύμφωνα με την παρ. (2) P.

- (5) P Στην οριακή κατάσταση αστοχίας εξαιτίας της κόπωσης θα πρέπει να ελεγχθεί ότι

$$D_d \leq 1 \quad (2.6\gamma)$$

όπου  $D_d$  η τιμή σχεδιασμού του κριτηρίου της αστοχίας .  
Απλουστευμένοι έλεγχοι για ισοδύναμα με αστοχία πλάτη ταλάντωσης της τάσης επιτρέπονται.

### 2.3.2.2 Συνδυασμοί δράσεων

(101) P Στις οδογέφυρες, γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα καθώς και τις σιδηροδρομικές γέφυρες θα πρέπει να εφαρμόζονται οι συνδυασμοί δράσεων που δίνονται στον κανονισμό DIN -F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

a) Διαστασιολόγηση μονίμων και παροδικών καταστάσεων για τον έλεγχο της οριακής κατάστασης αστοχίας, όταν αυτή δεν σχετίζεται με κόπωση υλικών.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} \text{ "+" } \gamma_P \cdot P_k \text{ "+" } \gamma_{Q1} \cdot Q_{kl} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

b) Συνδυασμός για διαστασιολόγηση τυχηματικών καταστάσεων

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{GAj} \cdot G_{kj} \text{ "+" } \gamma_{PA} \cdot P_k \text{ "+" } A_d \text{ "+" } \psi_{1,1} \cdot Q_{kl} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$

c) Συνδυασμός για διαστασιολόγηση καταστάσεων με σεισμό

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \gamma_1 \cdot A_{Ed} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$

Για τον έλεγχο έναντι κόπωσης βλέπε II-4.3.7.2

(102) P Στην οριακή κατάσταση αστοχίας απαιτείται να λαμβάνονται υπόψη τα εντατικά μεγέθη καταναγκασμού εξαιτίας των κλιματολογικών δράσεων της θερμοκρασίας.

Αυτό όμως δεν ισχύει για φέρουσες κατασκευές για τις οποίες στην οριακή κατάσταση αστοχίας είναι βέβαιη η αποδόμηση των εντατικών μεγεθών καταναγκασμού από τις κλιματολογικές δράσεις της θερμοκρασίας, όπως π.χ. για τους συνήθεις συνεχείς φορείς με ομοιόμορφες συνηθικές ανοιγμάτων που διαστασιολογούνται χωρίς αξιοσημείωτη ανακατανομή των ροπών.

(103) P Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αναμενόμενες μετατοπίσεις και στροφές των υποστυλωμάτων εξαιτίας δυνατών κινήσεων του εδάφους θεμελίωσης. Εάν δεν πραγματοποιηθεί κανένας ακριβέστερος έλεγχος μπορεί για το συνυπολογισμό των ακαμψιών κατά τη μετάβαση στο στάδιο II να τίθεται το 0,4πλάσιο των τιμών ακαμψίας του σταδίου I.

### 2.3.2.3 Τιμές σχεδιασμού των μονίμων δράσεων

(1) P Στους διάφορους συνδυασμούς που ορίστηκαν παραπάνω θα πρέπει εκείνες οι μόνιμες δράσεις που ενισχύουν την επιρροή των μεταβλητών δράσεων να εισάγονται με τις ανώτερες τιμές σχεδιασμού τους. Αντίθετα, για τις δράσεις εκείνες που αποδυναμώνουν την επιρροή των μεταβλητών δράσεων καθοριστικές είναι οι κατώτερες τιμές σχεδιασμού τους (βλέπε I-2.2.2.4 (3) P).

(2) P Με εξαίρεση των περιπτώσεων της παρακάτω παρ. (3)P, θα πρέπει να χρησιμοποιείται είτε η κατώτερη είτε η ανώτερη τιμή σχεδιασμού (ανάλογα με το ποια δημιουργεί τη δυσμενέστερη ένταση για το σύνολο του φέρουσας κατασκευής .

(3) P Εάν τα αποτελέσματα ενός ελέγχου σε διαφορετικές θέσεις της φέρουσας κατασκευής είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις διακυμάνσεις του μεγέθους μίας μόνιμης δράσης, τότε θα πρέπει τα ευνοϊκά και μη ευνοϊκά μέρη αυτής της μόνιμης δράσης να εξετάζονται το καθένα ως αυτόνομη δράση. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας.

Στις παραπάνω περιπτώσεις είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές τιμές για το  $\gamma_G$  (βλέπε II-2.3.3.1 (103)).

(104) Στους συνεχείς φορείς επιτρέπεται κατά κανόνα να χρησιμοποιείται για το μόνιμο φορτίο μία και μόνο τιμή σχεδιασμού για όλα τα ανοίγματα. Εξαίρεση αποτελούν π.χ. οι έλεγχοι για την ασφάλεια έναντι ανύψωσης των εφεδράνων.

### **2.3.3 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας**

#### **2.3.3.1 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις σε φέρουσες κατασκευές**

(101) P Για τους μερικούς συντελεστές ασφαλείας ισχύει ο κανονισμός DIN -F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», κεφάλαιο IV, Παράρτημα C, Πίνακας C.1 και Παράρτημα G, Πίνακας G.1.

Για τη δράση της προέντασης ισχύει ότι  $\gamma_p = 1,0$  για τη μέση δύναμη προέντασης.

(102) Για τον έλεγχο έναντι κόπωσης βλέπε II-4.3.7.2.

(103) Εάν τα ευνοϊκά και μη ευνοϊκά μέρη μίας μόνιμης δράσης πρέπει σύμφωνα με την II-2.3.2.3 (3) P να εξεταστούν ως αυτόνομες δράσεις θα πρέπει στο ευνοϊκό μέρος να δοθεί η τιμή  $\gamma_{G,inf} = 0,95$  και στο μη ευνοϊκό η τιμή  $\gamma_{G,sup} = 1,05$ .

(104) Για τον υπολογισμό των τοπικών επιδράσεων (περιοχή αγκύρωσης, εφελκυστικές δυνάμεις διάσπασης ) θα πρέπει να λαμβάνεται ως βάση μία δύναμη προέντασης που να αντιστοιχεί στο χαρακτηριστικό φορτίο θραύσης (βλέπε II-2.5.4.).

### 2.3.3.2 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας δομικών υλικών

- (1) P Οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις ιδιότητες των δομικών υλικών αναγράφονται στον πίνακα 2.3.

**Πίνακας 2.3: Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις ιδιότητες των δομικών υλικών**

Συνδυασμοί	Σκυρόδεμα $\gamma_c$	Χαλαρός οπλισμός ή χάλυβας προέντασης $\gamma_s$
Μόνιμος και παροδικός συνδυασμός	1,5	1,15
Τυχηματικοί συνδυασμοί (εκτός από σεισμό)	1,3	1,0

- (2) Θεωρείται δεδομένο ότι οι τιμές αυτές λαμβάνουν υπόψη τις διαφορές ανάμεσα στην αντοχή των δειγμάτων που παρασκευάζονται από τα δομικά υλικά και την αντοχή των ίδιων των δομικών υλικών που έχουν ενσωματωθεί στο δομικό στοιχείο.
- (3) P Οι παραπάνω τιμές ισχύουν σε συνδυασμό με τις χαρακτηριστικές τιμές που ορίζονται στην Π-3 καθώς και τις τιμές σχεδιασμού της Π.4.2.
- (105) Οι τιμές αυτές ισχύουν επίσης και για τον έλεγχο έναντι κόπωσης.
- (6) P Για τη χρήση των τιμών σχεδιασμού  $R_d$  που προκύπτουν από πειράματα απαιτείται έγκριση του Κ.τ.Ε.

### 2.3.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

- (1)P Πρέπει να αποδειχτεί ότι

$$E_d \leq C_d \text{ ή } E_d \leq R_d$$

όπου

$C_d$  η τιμή σχεδιασμού του κριτηρίου λειτουργικότητας (π.χ. τάση, παραμόρφωση, ταλαντώσεις)

$E_d$  η τιμή σχεδιασμού της δρώσας καταπόνησης (π.χ. εντάσεις, παραμορφώσεις, ταλαντώσεις) που ορίζεται βάσει ενός από τους παρακάτω συνδυασμούς.

Ο καθοριστικός συνδυασμός ορίζεται στην ενότητα που ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργικότητας (βλέπε Π-4.4).

(102) P Οι τέσσερις συνδυασμοί δράσεων για τις οριακές καταστάσεις της λειτουργικότητας ορίζονται με τις ακόλουθες σχέσεις:

Σπάνιοι συνδυασμοί

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{oi} \cdot Q_{ki} \quad (2.109 \alpha)$$

Μη συχνοί συνδυασμοί

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \psi_{1,1} \cdot Q_{kl} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{1i} \cdot Q_{ki} \quad (2.109 \beta)$$

Συχνοί συνδυασμοί

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \psi_{1,1} \cdot Q_{kl} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad (2.109 \gamma)$$

Οιονεί -μόνιμοι συνδυασμοί

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} \text{ "+" } P_k \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad (2.109 \delta)$$

Οι δράσεις απο καταναγκασμούς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη άν απαιτείται .

(103) Στους σπάνιους, μη συνήθεις και οιονεί -μόνιμους συνδυασμούς δράσεων θα πρέπει να τηρούνται οι ανώτερες οριακές τιμές των θλιπτικών τάσεων του σκυροδέματος προκειμένου να αποφεύγονται ζημιές στο σκυρόδεμα εξαιτίας του υπέρμετρου σχηματισμού μικρορωγμών καθώς και των υπερμέτρων παραμορφώσεων ερπυσμού (οι σχετικές διατάξεις περιέχονται στην Π-4.4.1.2).

(8) P Εάν σε ειδικές ενότητες δεν ορίζεται κάτι το διαφορετικό, ισχύει  $\gamma_M = 1,0$ .

(109) P Οι συνδυασμοί δράσεων για τις οριακές καταστάσεις της λειτουργικότητας ορίζονται στον κανονισμό DIN -F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» καθώς και στον παρόντα.

(110) P Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αναμενόμενες μετατοπίσεις και στροφές των υποστυλωμάτων εξαιτίας πιθανών παραμορφώσεων του εδάφους θεμελίωσης .

## 2.4 Ανθεκτικότητα

(1) P Για την επίτευξη επαρκούς ανθεκτικότητας της φέρουσας κατασκευής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι αλληλοεξαρτώμενοι παράγοντες:

- συνθήκες χρήσης της φέρουσας κατασκευής ,
- απαιτούμενες ιδιότητες της φέρουσας κατασκευής ,
- προβλεπόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες,
- σύνθεση, ιδιότητες και συμπεριφορά των δομικών υλικών,
- μορφή των δομικών στοιχείων και κατασκευαστική διαμόρφωση ,
- ποιότητα της κατασκευής και εύρος της επίβλεψης,
- ειδικά προστατευτικά μέτρα,
- προβλεπόμενη συντήρηση κατά την εκτιμώμενη διάρκεια χρήσης.

(2) P Οι περιβαλλοντικές συνθήκες θα πρέπει να εκτιμούνται κατά το στάδιο σχεδιασμού προκειμένου να κριθεί η σημασία τους σχετικά με την ανθεκτικότητα καθώς και για να μπορούν να λαμβάνονται επαρκείς προφυλάξεις για την προστασία των δομικών υλικών.

## 2.5 Υπολογισμός των εντατικών μεγεθών

### 2.5.1 Γενικές θεμελιώδεις αρχές

#### 2.5.1.1 Γενικά

- (1) P Σκοπός του υπολογισμού των εντατικών μεγεθών αποτελεί ο καθορισμός της κατανομής είτε των εσωτερικών δυνάμεων και ροπών είτε των τάσεων, μηκώνσεων και μετατοπίσεων σε ολόκληρη την φέρουσα κατασκευή ή σε μέρος αυτής . Εάν είναι απαραίτητο, θα πρέπει να εξετάζονται επιπρόσθετα οι τοπικές καταπονήσεις.
- (2) Σε γενικές γραμμές ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών πραγματοποιείται για να καθοριστεί η κατανομή των εσωτερικών δυνάμεων και ροπών. Σε ορισμένα σύνθετα δομικά στοιχεία από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους υπολογισμού των εντατικών μεγεθών (π.χ.μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων) προκύπτουν ωστόσο τάσεις, μηκώνσεις και μετατοπίσεις αντί για εσωτερικές δυνάμεις και ροπές. Ως εκ τούτου, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ειδικές μέθοδοι για τον υπολογισμό ,βάσει αυτών των αποτελεσμάτων ,της απαραίτητης διατομής του οπλισμού και κατάλληλης διαμόρφωσης και τοποθέτησής του.
- (3) P Κατά τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών θεωρείται τόσο μία ιδεατή γεωμετρία της φέρουσας κατασκευής όσο και μία ιδεατή φέρουσα ικανότητα. Οι ιδεατές αυτές καταστάσεις θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με το προς επίλυση πρόβλημα .
- (4) Η εξιδανίκευση της γεωμετρίας της φέρουσας κατασκευής προκύπτει συνήθως με τη «ανάλυση» της κατασκευής σε ραβδόμορφα ή επίπεδα δομικά στοιχεία και σε δεδομένη περίπτωση και σε κελύφη. Αυτές οι γεωμετρικές εξιδανικεύσεις εξετάζονται στην Π-2.5.2.
- (5) Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών βασίζεται συνήθως στις ακόλουθες ιδεατές καταστάσεις συμπεριφοράς της φέρουσας κατασκευής (βλέπε Π-2.5.3):
- ελαστική συμπεριφορά,
  - ελαστική συμπεριφορά με περιορισμένη ανακατανομή,
  - μη γραμμική συμπεριφορά.
- (6) Πρόσθετοι έλεγχοι των τοπικά εμφανιζομένων καταπονήσεων μπορεί να κριθούν απαραίτητες όταν δεν μπορεί να θεωρηθεί μία γραμμική κατανομή των μηκώνσεων , π.χ.:
- Στις στηρίξεις ,
  - σε περιοχές συγκεντρωμένων φορτίων ,
  - σε κόμβους φορέων, ή φορέων και υποστυλωμάτων,
  - σε ζώνες αγκύρωσης,
  - σε απότομες μεταβολές διατομών.

#### 2.5.1.2 Περιπτώσεις φορτίσεων και συνδυασμοί φορτίων

- (1) P Για τον προσδιορισμό των καθοριστικών συνδυασμών δράσεων θα πρέπει να εξετάζεται ένας επαρκής αριθμός περιπτώσεων φόρτισης προκειμένου να εκτιμηθούν οι καθοριστικές απαιτήσεις σχεδιασμού για όλες τις διατομές της εξεταζομένης φέρουσας κατασκευής η μέρους αυτής .

- (2) Ανάλογα με το είδος της φέρουσας κατασκευής καθώς και τη λειτουργία ή τον τρόπο κατασκευής της μπορεί η διαστασιολόγηση αρχικά να γίνει είτε στην οριακή κατάσταση αστοχίας είτε στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Σε πολλές περιπτώσεις η εξέταση μίας από τις δύο οριακές καταστάσεις μπορεί να παραλείπεται. Αυτό ισχύει υπό την προϋπόθεση ότι η μία οριακή κατάσταση έχει εξεταστεί και ο έλεγχος της άλλης είναι προφανώς περιττός.
- (3) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλουστευμένοι συνδυασμοί δράσεων και περιπτώσεων φόρτισης εφόσον βασίζονται σε μία λογική ερμηνεία της συμπεριφοράς της φέρουσας κατασκευής.

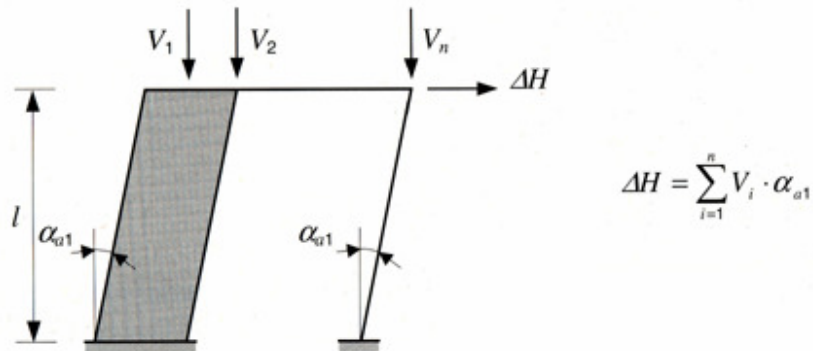
### 2.5.1.3 Ατέλειες

- (1) P Κατά τον υπολογισμό της οριακής κατάστασης αστοχίας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις δυνατών ατελειών στη γεωμετρία της αφόρτιστης φέρουσας κατασκευής. Όλες οι μη ευνοϊκές επιδράσεις των ατελειών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη εφόσον έχουν σημασία.
- (2) P Οι επιμέρους διατομές θα πρέπει να διαστασιολογούνται για τις εσωτερικές δυνάμεις και ροπές που προκύπτουν από τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών σε ολόκληρη την φέρουσα κατασκευή συνυπολογιζομένων των επιδράσεων των φορτίων και των ατελειών της φέρουσας κατασκευής σαν ένα σύνολο.
- (103) Εφόσον δεν ορίζεται κάτι διαφορετικό, μπορεί η επιρροή των ατελειών της φέρουσας κατασκευής να αποδοθεί με γεωμετρικές υποκατάστατες ατέλειες, π.χ. σύμφωνα με την μέθοδο της παρ. (4).
- (4) Κατά τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών της φέρουσας κατασκευής σαν ένα σύνολο μπορούν να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις των ατελειών σε μία κεκλιμένη θέση της φέρουσας κατασκευής κατά γωνία  $\alpha_{a1}$  ως προς την κατακόρυφο (Σχ. 2.1) όπου:

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100\sqrt{l}} \quad \text{σε ακτίνια} \quad (2.10)$$

Εδώ το  $l$  αντιστοιχεί στο συνολικό ύψος του φέρουσας κατασκευής σε μέτρα.





Σχ. 2.1: Εκτίμηση των γεωμετρικών υποκαταστάτων ατελειών

#### 2.5.1.4 Επιρροές θεωρίας δεύτερης τάξης

- (1) P Οι επιρροές σύμφωνα με τη θεωρία δεύτερης τάξης θα πρέπει να συνυπολογίζονται όταν επηρεάζουν αρνητικά τη συνολική ευστάθεια της κατασκευής ή την επίτευξη της οριακής κατάστασης αστοχίας σε κρίσιμες διατομές.
- (102) P Οι επιρροές στις γέφυρες της θεωρίας δεύτερης τάξης μπορούν να αμεληθούν όταν αυτές, παραλειπομένων των μετατοπίσεων, δεν αυξάνουν τις ροπές περισσότερο από 10%.

#### 2.5.1.5 Χρόνιες δράσεις

- (1) P Οι χρονικά εξαρτώμενες δράσεις θα πρέπει να συνυπολογίζονται όταν έχουν κάποια σημασία.
- (2) P Ο ερπυσμός και η συστολή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας και εάν έχει σημασία στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

#### 2.5.1.7 Έδραση

- (101) Σε ό,τι αφορά στην έδραση και τα εφέδρανα της κατασκευής ισχύουν οι ρυθμίσεις της σειράς κανονισμών DIN 4141 ή αντίστοιχα DIN EN 1337 καθώς και οι γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (102) P Για τις δράσεις ισχύουν οι ρυθμίσεις του κανονισμού DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες». Θα πρέπει να τηρούνται οι διατάξεις για τους συντελεστές  $\psi$  σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες». Για τον έλεγχο των μετακινήσεων στα εφέδρανα και τους αρμούς του καταστρώματος βλέπε τον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», παράρτημα O.

## 2.5.2 Εξιδανίκευση της φέρουσας κατασκευής

### 2.5.2.1 Προσομοιώματα υπολογισμού των εντατικών μεγεθών στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής

- (1) Τα μέρη φέρουσας κατασκευής διαχωρίζονται συνήθως ανάλογα με το είδος και τη λειτουργία τους σε δοκούς, υποστυλώματα, πλάκες, δίσκους, κελύφη κτλ. Οι ακόλουθοι κανόνες ισχύουν για τον υπολογισμό των συνήθων μορφών αυτών των δομικών στοιχείων καθώς και για φέρουσες κατασκευές που αποτελούνται από αυτά τα δομικά στοιχεία.
- (2) P Δοκοί και υποστυλώματα θα πρέπει να θεωρούνται εκείνα τα δομικά στοιχεία των οποίων το άνοιγμα ή μήκος δεν είναι μικρότερο από το διπλάσιο του συνολικού πάχους της διατομής. Μία δοκός της οποίας το άνοιγμα είναι μικρότερο από το διπλάσιο του ύψους θα πρέπει να θεωρείται ως υψίκορμος δοκός .
- (3)\* Η πλάκα είναι ένα επίπεδο δομικό στοιχείο φορτιζόμενο από δυνάμεις που ασκούνται κάθετα προς την μέση επιφάνεια και καταπονείται κυρίως σε κάμψη , του οποίου το μικρότερο άνοιγμα ανέρχεται τουλάχιστον στο διπλάσιο του πάχους του ενώ το πλάτος του τουλάχιστον στο τετραπλάσιο του πάχους του.
- (4) Μία πλάκα που καταπονείται κυρίως με ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία μπορεί να θεωρηθεί ως διέρεστη διαζευκτικά όταν  
(α) διαθέτει δύο ελεύθερα (χωρίς έδραση) περίπου παράλληλα σύνορα , ή  
(β) όταν σχηματίζει τη μέση περιοχή μίας ορθογώνιας πλάκας που στηρίζεται σε όλες τις πλευρές και παρουσιάζει αναλογία πλευρών μεγαλύτερη του 2.
- (6) Ένα τοιχείο με μήκος μικρότερο από το τετραπλάσιο πάχος θα πρέπει να θεωρείται υποστύλωμα.

### 2.5.2.2. Γεωμετρικά μεγέθη

#### 2.5.2.2.1 Συνεργαζόμενο πλάτος πλάκας, διανομή φορτίου

- (1)\*P Στις πλακοδοκούς το συνεργαζόμενο πλάτος της πλάκας εξαρτάται από τις διαστάσεις του πέλματος της πλακοδοκού και της νεύρωσης-κορμού , από τον τύπο της φόρτισης, το άνοιγμα, τις συνθήκες έδρασης και τον εγκάρσιο σπλισμό. Οι ακόλουθοι κανόνες ισχύουν για όλους τους ελέγχους στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας και αποτελούν σε γενικές γραμμές μία επαρκώς ακριβή εκτίμηση για τους ελέγχους στην οριακή κατάσταση αστοχίας .

- (2)\* Το συνεργαζόμενο πλάτος της πλάκας  $b_{eff}$  στις πλακοδοκούς μπορεί σε καταπόνηση κάμψης εξαιτίας σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένων δράσεων να ληφθεί ως:

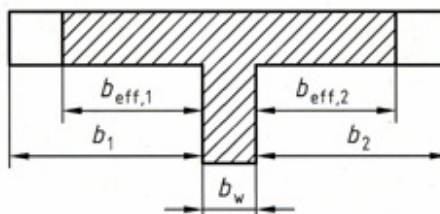
$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \quad (2.113)$$

όπου

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2l_0 \quad (2.113 \alpha)$$
$$\leq b_i$$

Όπου:

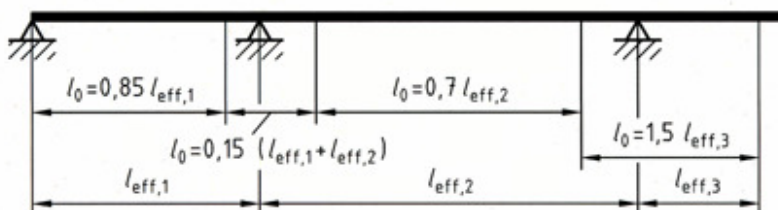
$l_0$  Ενεργό άνοιγμα  
 $b_i$  Πραγματικό πλάτος πέλματος (πλάκας)  
 $b_w$  Πλάτος νεύρωσης-κορμού



Σχ. 2.102 α): Καθορισμός του συνεργαζομένου πλάτους πλάκας  $b_{eff}$

(3)\*

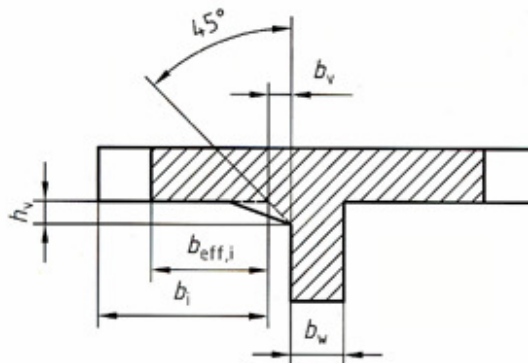
Σε σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένες δράσεις το ενεργό άνοιγμα  $l_0$  (αντιστοιχεί στην απόσταση μεταξύ των σημείων μηδενισμού της ροπής) μπορεί απλοποιητικά να λαμβάνεται από το Σχ.2.102 β στις περιπτώσεις ομοίων σχέσεων ακαμψίας των μεμονομένων ανοιγμάτων .



Σχ.2.102β): Προσεγγιστικά ενεργά ανοίγματα  $l_0$  για τον υπολογισμό του συνεργαζομένου πλάτους πλάκας

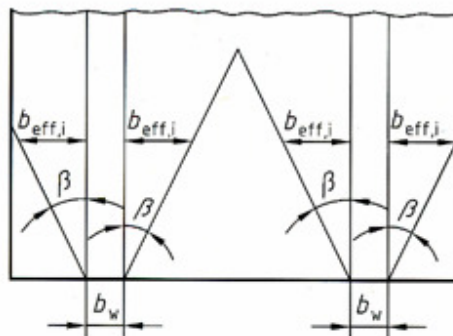
(4)\*

Στις πλάκες μεταβλητού πάχους μπορεί το πλάτος της νεύρωσης-κορμού  $b_w$  στην εξίσωση (2.113) να αυξηθεί κατά  $b_v$  σύμφωνα με το Σχ . 2.102 γ.



**Σχ. 2.102 c): Ενεργό πλάτος νεύρωσης-κορμού ( $b_w + b_v$ ) σε πλάκες μεταβλητού πάχους**  
 Στη ζώνη διανομής εισαγομένων συγκεντρωμένων αξονικών δυνάμεων το ενεργό πλάτος μπορεί να οριστεί βάσει της θεωρίας ελαστικότητας. Εναλλακτικά μπορεί να γίνει δεκτή γωνία διανομής των δυνάμεων  $\beta = 35^\circ$  (βλέπε Σχ. 2.102 d). Αυτή η γωνία μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί και για την διανομή των δυνάμεων αγκύρωσης σε προένταση μετα την σκλήρυνση του σκυροδέματος ή χωρίς συνάφεια (βλέπε Σχ. 4.10).

(5)\*



**Σχ. 2.102 d): Γωνία διανομής συγκεντρωμένων δυνάμεων**

### 2.5.3

#### Μέθοδοι υπολογισμού

#### 2.5.3.1

#### Θεμελιώδεις αρχές

(1) P

Όλες οι μέθοδοι υπολογισμού θα πρέπει να εξασφαλίζουν την κατάσταση ισορροπίας.

(2) P

Όταν οι συνθήκες συμβιβαστού δεν ελέγχονται άμεσα για την εκάστοτε εξεταζόμενη οριακή κατάσταση θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η κατασκευή στην οριακή κατάσταση αστοχίας έχει επαρκή παραμορφωτική ικανότητα ώστε να πληροί τις απαιτήσεις των προϋποθέσεων χρήσης στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας.

(3) P

Κατά κανόνα η κατάσταση ισορροπίας ελέγχεται βάσει μη παραμορφωμένης φέρουσας κατασκευής (θεωρία της 1<sup>ης</sup> τάξης). Εάν ωστόσο οι αποκλίσεις των ράβδων προκαλούν σημαντική αύξηση των εντατικών μεγεθών θα πρέπει η κατάσταση ισορροπίας να εξετάζεται λαμβάνοντας υπόψη την παραμορφωμένη φέρουσα κατασκευή (θεωρία της 2<sup>ης</sup> τάξης) (βλέπε II-2.5.1.4. και II-4.3.5).

- (104) Εάν κριθεί απαραίτητο, θα πρέπει τα εντατικά μεγέθη να υπολογιστούν στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής για καταναγκασμούς από τις θερμοκρασιακές δράσεις, τη συστολή του σκυροδέματος και τις ανομοιόμορφες καθιζήσεις στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.

### **2.5.3.2 Μέθοδοι υπολογισμού των εντατικών μεγεθών**

#### **2.5.3.2.1 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας**

- (1) P Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών κατά κανόνα γίνεται βάσει της θεωρίας της ελαστικότητας.
- (2) Σε αυτή την περίπτωση κατά κανόνα αρκεί να λαμβάνεται ως βάση η ακαμψία των δομικών στοιχείων σε στάδιο I με μέτρο ελαστικότητας σύμφωνα με την Π-3.1.5.2. Οι χρονικά εξαρτώμενες επιρροές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αυτό έχει κάποια σημασία (βλέπε Π-3.1.5.5 και Π-4.2.3.5.5).
- (3) P Όταν ο σχηματισμός ρωγμών στο σκυρόδεμα έχει αισθητά δυσμενή επιρροή στη συμπεριφορά της φέρουσας κατασκευής ή του δομικού στοιχείου, τότε θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών. Εάν οι επιδράσεις είναι ευνοϊκές μπορούν να συνυπολογίζονται πληρώντας ταυτόχρονα τις συνθήκες συμβιβαστού

#### **2.5.3.2.2 Οριακές καταστάσεις αστοχίας**

- (1) P Ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της φέρουσας κατασκευής, το είδος της εκάστοτε οριακής κατάστασης και τις ειδικές προϋποθέσεις διαστασιολόγησης και κατασκευής, μπορεί ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά κανόνα να γίνεται γραμμικά - ελαστικά με ή χωρίς ανακατανομή, μη γραμμικά ή βάσει της θεωρίας της πλαστικότητας. Ωστόσο, για την εφαρμογή στην γεφυροποιία θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι περιορισμοί που ισχύουν για το κάθε είδος φέρουσας κατασκευής.
- (2) P Η μέθοδος υπολογισμού θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε στο δεδομένο πεδίο ισχύος να επιτυγχάνεται ο βαθμός της απαιτούμενης αξιοπιστίας του παρόντος κανονισμού DIN-F/b 102. Ταυτόχρονα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες αβεβαιότητας της μεθόδου.
- (3)\*P Η έκφραση «μη γραμμικός υπολογισμός» αναφέρεται σε μεθόδους υπολογισμού που λαμβάνουν υπόψη μη γραμμικές σχέσεις παραμόρφωσης - εντατικών μεγεθών (φυσικά μη γραμμικές). Μέθοδοι με τις οποίες αποδεικνύεται η ισορροπία λαμβάνοντας υπόψη τις παραμορφώσεις της φέρουσας κατασκευής χαρακτηρίζονται ως «Υπολογισμός σύμφωνα με τη θεωρία της 2<sup>ης</sup> τάξης» (γεωμετρικά μη γραμμικές).
- (4) Η εφαρμογή της γραμμικής -ελαστικής θεωρίας κατά κανόνα δεν απαιτεί τη λήψη ιδιαίτερων μέτρων για την εξασφάλιση της κατάλληλης παραμορφωτικής ικανότητας εφόσον στα κρίσιμα σημεία αποφεύγονται τα πολύ υψηλά ποσοστά οπλισμού. Εάν ωστόσο γίνει ανακατανομή των ροπών που προκύπτουν από τη γραμμική -ελαστική θεωρία θα πρέπει τα κρίσιμα σημεία για την ανακατανομή των ροπών να επιδεικνύουν επαρκή στρωφική ικανότητα ώστε να διευκολύνουν σε επαρκή βαθμό την πραγματοποιούμενη ανακατανομή.

- (6) Οι ενώσεις (ματίσεις) του οπλισμού θα πρέπει όσο το δυνατό να μην πραγματοποιούνται σε κρίσιμες περιοχές. Εάν αυτό δεν μπορεί να αποφευχθεί, θα πρέπει η παραμορφωτική και στροφική ικανότητα της περιοχής της ένωσης να καθορίζεται βάσει του συνολικού υπάρχοντος οπλισμού.

### 2.5.3.3 Απλουστεύσεις

- (1) P Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικές μέθοδοι ή βοηθήματα διαστασιολόγησης που να βασίζονται σε κατάλληλες απλουστευτικές παραδοχές εφόσον εντός του πεδίου ισχύος των επιδεικνύουν το ίδιο επίπεδο αξιοπιστίας με τις μεθόδους που περιλαμβάνονται στον παρόντα κανονισμό DIN-F/b 102. Οι ανακατανομές θα πρέπει να περιορίζονται στο βαθμό που επιτρέπει η επιλεγείσα μέθοδος.

- (4) Η τιμή σχεδιασμού της ροπής στήριξης συνεχών δοκών ή πλακών των οποίων οι στηρίξεις μπορούν να θεωρηθούν ως ελεύθερα στρεπτές μπορεί ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο υπολογισμού να μειωθεί κατά  $\Delta M_{Ed}$  όταν κατά τον υπολογισμό των ροπών στήριξης ως άνοιγμα λαμβάνεται η απόσταση μεταξύ των μέσων των στηρίξεων :

$$\Delta M_{Ed} = F_{Ed,sup} \cdot b_{sup} / 8 \quad (2.16)$$

Όπου:

$F_{Ed,sup}$  η τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντίδρασης στήριξης

$b_{sup}$  το πλάτος έδρασης

### 2.5.3.4 Υπολογισμός των εντατικών μεγεθών σε δοκούς και πλαίσια

#### 2.5.3.4.1 Επιτρεπόμενοι μέθοδοι υπολογισμού

- (1) P Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο γραμμικές μέθοδοι με ή χωρίς ανακατανομή. Κατά τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών απο καταναγκασμό εξαιτίας εμμέσων δράσεων μπορεί κατά την εφαρμογή μη γραμμικών μεθόδων να εκτιμηθεί η ακαμψία σύμφωνα με το στάδιο II μη γραμμικών μεθόδων .

Οι μη γραμμικές μέθοδοι συμπεριλαμβανομένης της θεωρίας της δεύτερης τάξης επιτρέπονται στα θλιβόμενα στοιχεία.

#### 2.5.3.4.2 Γραμμικός υπολογισμός με ή χωρίς ανακατανομή

- (1)\*P Οι ροπές που προκύπτουν με τη χρήση της γραμμικής -ελαστικής μεθόδου μπορούν να ανακατανεμηθούν για τους ελέγχους στις οριακές καταστάσεις αστοχίας έτσι ώστε τα προκύπτοντα εντατικά μεγέθη να βρίσκονται σε ισορροπία με τα δρώντα φορτία.

- (2)\*P Οι επιδράσεις μίας ανακατανομής των ροπών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διεξοδικά κατά την διαστασιολόγηση . Αυτό ισχύει για την διαστασιολόγηση για κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη, για την διαστασιολόγηση σε τέμνουσα , για τους κανόνες αγκύρωσης και κλιμάκωσης του οπλισμού.

(3)\*P

Σε συνεχείς φορείς όπου η αναλογία ανοιγμάτων γειτονικών φατνωμάτων με περίπου όμοια ακαμψία ισοδυναμεί με  $0,5 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 2,00$  , σε ζυγώματα μη μεταθετών (παγίων) πλαισίων και σε παρόμοια στοιχεία που καταπονούνται κυρίως σε κάμψη συμπεριλαμβανομένων των συνεχών πλακών, εγκάρσια συνεχώς στηριζόμενων ,ισχύουν για τις πιθανές ανακατανομές ροπών τα ακόλουθα όρια:

α) Χάλυβας υψηλής ολκιμότητας :

$$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d / d$$

(2.17)

$$\delta \geq 0,7$$

β) Χάλυβας κανονικής ολκιμότητας :\*)

$$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d / d$$

$$\delta \geq 0,85$$

\*) Δεν προβλέπεται στην γεφυροποιία (βλέπε II-3.2.2 (109))

Όπου:

$\delta$  Η αναλογία της ανακατανομημένης ροπής ως προς την αρχική ροπή πριν από την ανακατανομή

$x_d / d$  Το ανηγμένο ύψος της θλιβόμενης ζώνης στην οριακή κατάσταση αστοχίας υπολογιζόμενο με τις τιμές σχεδιασμού των δράσεων και αντοχών των δομικών υλικών

Για τους γωνιακούς κόμβους μη μεταθετών πλαισίων η ανακατανομή περιορίζεται σε  $\delta \geq 0,9$

(4) P

Στα μεταθετά (κινητά) πλαίσια δεν επιτρέπεται καμία ανακατανομή.

(5)

Για τα δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυροδέματος τα οποία κυρίως καταπονούνται σύμφωνα με την παρ. (3) και στα οποία δεν έγινε ανακατανομή ,θα πρέπει η αναλογία  $x/d$  κατά κανόνα να μην υπερβαίνει το 0,45 εάν δεν λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα για την εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας. Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης  $x$  θα πρέπει να προκύπτει από τις τιμές σχεδιασμού των δράσεων και των αντοχών των δομικών υλικών.

Ως κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα για τα δομικά στοιχεία που καταπονούνται σε κάμψη με αξονική δύναμη ισχύουν τα ακόλουθα :

Όταν υπερβαίνεται η αναλογία  $x/d = 0,45$  ,θα πρέπει ,εφόσον στη θλιβόμενη ζώνη δεν υπάρχει άλλη περισιφικτική δράση, να τοποθετούνται, ως ελάχιστος οπλισμός, συνδετήρες με  $d_s \geq 10\text{mm}$  και  $s_{\max} = 200\text{mm}$  ή  $0,25 h$  για την περίσιφικξη της θλιβόμενης ζώνης.

(6)

Ανακατανομές δεν θα πρέπει να γίνονται όταν δεν είναι βέβαιη η πλαστική στροφική ικανότητα (π.χ. στις γωνίες των προεντεταμένων πλαισίων).

(7)

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη μία ιδεατή κατάσταση της φέρουσας κατασκευής και πιθανές αθέλητες αποκλίσεις από το σχήμα της κατά τη διάρκεια της κατασκευής , θα πρέπει η ροπή σχεδιασμού στις διατομές των ελαστικών πακτώσεων των συνεχών φορέων, να μην είναι μικρότερη από το 65% της ροπής που προκύπτει θεωρώντας πλήρη πάκτωση .

### **2.5.3.5 Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε πλάκες**

#### **2.5.3.5.1 Πεδίο εφαρμογής**

- (101) P Η ενότητα αυτή ασχολείται με πλάκες σύμφωνα με την ενότητα Π-2.5.2.1 (3)\* που καταπονούνται από ροπές και δυνάμεις σε δύο κατευθύνσεις .
- (2) Οι πλάκες που καταπονούνται μονοαξονικά , από ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία μπορούν να θεωρούνται ως δοκοί και να υπολογίζονται σύμφωνα με την Π-2.5.3.4.
- (3) Σε σημειακά στηριζόμενες πλάκες θα πρέπει οι περιοχές στήριξης να διαστασιολογούνται για μία ελάχιστη ροπή ώστε να εξασφαλίζεται η ισχύς των παραδοχών σχεδιασμού για τον έλεγχο σε ασφάλεια έναντι διάτρησης (βλέπε Π-4.3.4.5.3).
- (104) Για τα συγκεντρωμένα φορτία στο κατάστρωμα της γέφυρας θα πρέπει η θεωρητικά φορτιζόμενη επιφάνεια βάσει της οποίας υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη να καθορίζεται ως εξής:
- για ροπές κάμψης σύμφωνα με τον κανονισμό DIN -F/b101 «Δράσεις σε γέφυρες», VI-4.3.6,
  - για τέμνουσες δυνάμεις μία επιφάνεια που περιορίζεται από την κρίσιμη περίμετρο βάσει του ελέγχου έναντι διάτρησης σύμφωνα με την Π-4.3.4.2.2 του παρόντος κανονισμού.

#### **2.5.3.5.2 Υπολογισμός των καταπονήσεων**

- (1) P Ισχύουν οι αρχές και οι κανόνες εφαρμογής του κεφαλαίου Π-2.5.3.5.1.

#### **2.5.3.5.3 Επιτρεπόμενες μέθοδοι υπολογισμού**

- (1) P Μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο γραμμικές μέθοδοι με ή χωρίς ανακατανομή. Στον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών απο καταναγκασμό εξαιτίας εμμέσων δράσεων μπορεί κατά την εφαρμογή των γραμμικών μεθόδων να εκτιμηθεί η ακαμψία σύμφωνα με το στάδιο II των μη γραμμικών μεθόδων.

#### **2.5.3.5.4 Γραμμικός υπολογισμός με ή χωρίς ανακατανομή**

- (1) P Στο γραμμικό υπολογισμό με ή χωρίς ανακατανομή ισχύουν οι ίδιες προϋποθέσεις με εκείνες που ισχύουν σε δοκούς και πλαίσια σύμφωνα με την Π-2.5.3.4.2.

#### **2.5.3.5.5 Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε προεντεταμένες πλάκες**

- (1) Οι κανόνες των ακόλουθων παραγράφων (2) και (3) συμπληρώνουν τις διατάξεις της Π-2.5.4.
- (2) Ανεξάρτητα από το είδος των χρησιμοποιούμενων τενόντων (δηλ. με ή χωρίς συνάφεια ) οι συνισταμένες δυνάμεις που προκύπτουν από την εκτροπή και τις τριβές των τενόντων καθώς και αυτές που ασκούνται στις αγκυρώσεις μπορούν για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών από τη δράση της προέντασης να θεωρούνται ως εξωτερικά φορτία.
- (3) Για το διαχωρισμό των τενόντων προέντασης ανάλογα με την ολκιμότητά τους βλέπε Π-3.3.4.3.



## **2.5.3.6 Υπολογισμός εντατικών μεγεθών σε δίσκους**

### **2.5.3.6.1 Επιτρεπόμενες μέθοδοι υπολογισμού**

- (1) P Η παρούσα ενότητα ισχύει για δομικά στοιχεία για τα οποία δεν ισχύει η υπόθεση της γραμμικής κατανομής των μηκώνσεων .
- (2) P Οι ακόλουθες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών:
- a) Μέθοδοι βασιζόμενες στις αρχές του γραμμικού -ελαστικού υπολογισμού (βλέπε Π-2.5.3.6.2),
  - b) Μέθοδοι βασιζόμενες στις αρχές της θεωρίας της πλαστικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε ραβδόμορφα προσομοιώματα (βλέπε Π-2.5.3.6.3),
  - c) Μέθοδοι βασιζόμενες στις αρχές της μη γραμμικής συμπεριφοράς των υλικών (βλέπε Π-Παράρτημα 2)όχι όμως σε δοκούς, πλάκες και πλαίσια ανωδομής γεφυρών υπό αποκλειστική δράση φορτίου.
- (3) P Ανεξάρτητα από την επιλεγείσα μέθοδο θα πρέπει στην οριακή κατάσταση αστοχίας να λαμβάνονται υπόψη πιθανοί παράγοντες αβεβαιότητας των προσομοιωμάτων από τη συμπεριφορά της φέρουσας κατασκευής στο σύνολό της .
- (4) P Οι βραχείς πρόβολοι θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ειδικές περιπτώσεις σύμφωνα με την Π-2.5.3.7.2.

### **2.5.3.6.2 Γραμμικα-ελαστικός υπολογισμός**

- (1) P Γραμμικές μέθοδοι υπολογισμού μπορούν να χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών τόσο στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας όσο και στις οριακές καταστάσεις αστοχίας. Ωστόσο, ο υπολογισμός στην οριακή κατάσταση αστοχίας απαιτεί διάταξη οπλισμού επαρκούς για την ανάληψη του συνόλου των υπολογιζομένων τάσεων εφελκυσμού στο σκυρόδεμα και να πληροί τις συνθήκες ισορροπίας στην οριακή κατάσταση αστοχίας. Θα πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να είναι κατάλληλη η διάταξη οπλισμού και επαρκής η αγκύρωση των κυρίων ελκυστήρων .
- (2) P Θα πρέπει να δίνεται προσοχή στους καταναγκασμούς (π.χ. εξαιτίας θερμοκρασίας , υποχωρήσεων στηρίξεων κτλ.) και στις δράσεις σύμφωνα με τη θεωρία της 2<sup>ης</sup> τάξης, εφόσον αυτό έχει σημασία.
- (3) Κατά την εφαρμογή αριθμητικών μεθόδων που βασίζονται στη θεωρία της ελαστικότητας πρέπει να συνυπολογιστούν οι επιδράσεις της ρηγμάτωσης σε περιοχές υψηλής συγκέντρωσης τάσεων .
- (4) Οι επιδράσεις της υψηλής συγκέντρωσης τάσεων μπορούν να λαμβάνονται υπόψη μειώνοντας της ακαμψία στις εν λόγω περιοχές.

### 2.5.3.6.3 Υπολογισμός βάσει της θεωρίας της πλαστικότητας

(1) P Οι μέθοδοι που βασίζονται στη θεωρία της πλαστικότητας αποτελούν τη βάση για την διαστασιολόγηση με προσομοιώματα δικτυωμάτων. Τα δομικά στοιχεία εξιδανικεύονται ως δικτυώματα (βλέπε II-4.3.8) αποτελούμενα από ιδεατούς ευθύγραμμους θλιπτήρες (για τη μεταβίβαση δυνάμεων θλίψης στο σκυρόδεμα) καθώς και ελκυστήρες (οπλισμό). Οι δυνάμεις σε αυτά τα στοιχεία του δικτυώματος προκύπτουν βάσει των συνθηκών ισορροπίας.

(2) Για την εξασφάλιση κατά το δυνατόν της συμβατότητας θα πρέπει η θέση και ο προσανατολισμός των θλιπτήρων και ελκυστήρων στην κατανομή των εντατικών μεγεθών (πορεία των τροχιών κυρίων τάσεων) να στηρίζονται στη θεωρία της ελαστικότητας.

### 2.5.3.7 Βραχείς πρόβολοι και περιοχές αγκύρωσης δυνάμεων προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

#### 2.5.3.7.1 Γενικά

(1) Αυτού του είδους τα δομικά στοιχεία μπορούν να υπολογίζονται, να σχεδιάζονται και να διαμορφώνονται κατασκευαστικά σύμφωνα με την II-2.5.3.6.3.

#### 2.5.3.7.2 Βραχείς πρόβολοι.

(1) Οι βραχείς πρόβολοι με  $0,4 h_c \leq a_c \leq h_c$  (βλέπε Σχ. 2.5) μπορούν να διαστασιολογούνται με την εφαρμογή απλών μοντέλων δικτυωμάτων.

(2) Για περισσότερο υψίκορμους βραχείς προβόλους ( $a_c < 0,4 h_c$ ) μπορούν να χρησιμοποιούνται άλλα ισότιμα προσομοιώματα δικτυωμάτων.

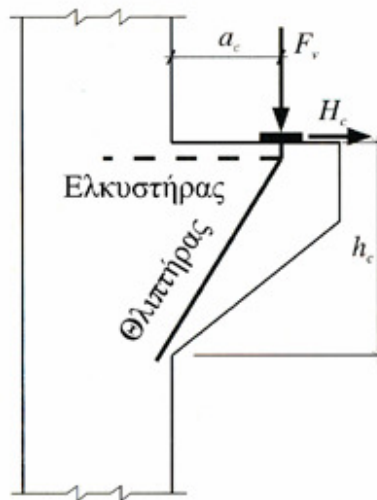
(3) Οι βραχείς πρόβολοι με  $a_c > h_c$  μπορούν να διαστασιολογούνται ως πρόβολοι.

(4) Όταν δεν λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις για τον περιορισμό των οριζοντίων δυνάμεων στην έδραση ή όταν αυτές δεν αποκλείονται με κάποιο τρόπο, θα πρέπει ο βραχύς πρόβολος να διαστασιολογείται για την κατακόρυφη δύναμη  $F_V$  και για μία οριζόντια δύναμη  $H_c \geq 0,2 F_V$  που να δρα στην επιφάνεια έδρασης.

(5) Για τον καθορισμό του συνολικού ύψους ( $h_c$ ) του βραχέος προβόλου καθοριστική είναι η καταπόνηση σε τέμνουσα δύναμη (βλέπε II-4.3.2).

(6) Η τοπική επιρροή που προκύπτει από το επιλεγόμενο προσομοίωμα δικτυώματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την διαστασιολόγηση των γειτονικών δομικών στοιχείων.

(7) P Οι κατασκευαστικές απαιτήσεις θα πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με την II-5 γενικά και την II-5.4.4 ειδικά.



Σχ . 2.5: Παράδειγμα βραχέος προβόλου με προσομοίωμα δικτυώματος

#### 2.5.3.7.4 Περιοχές εισαγωγής συγκεντρωμένης δύναμης

- (1) P Οι περιοχές εισαγωγής συγκεντρωμένης δύναμης θα πρέπει να υπολογίζονται δίνοντας προσοχή στα ακόλουθα σημεία:
- την ισορροπία όλων των δυνάμεων στην εξεταζόμενη περιοχή,
  - τις επιρροές του εγκάρσιου εφελκυσμού εξαιτίας των αγκυρώσεων τόσο για τη μεμονωμένη ράβδο όσο και για τη συνολική περιοχή αγκύρωσης,
  - τους θλιπτήρες που σχηματίζονται στη ζώνη αγκύρωσης των προεντεταμένων, μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος , δομικών στοιχείων , τοπική θλίψη έδρασης πίσω από τις αγκυρώσεις.
- (2) P Για πρόσθετο απαιτούμενο οπλισμό στην περιοχή των πλακών αγκύρωσης (σπειροειδή ή πρόσθετο οπλισμό) θα πρέπει να ανατρέξει κανείς στις τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις. Ο οπλισμός για την ανάληψη δυνάμεων εφελκυσμού διάρρηξης μπορεί να διαστασιολογηθεί με προσομοιώματα δικτυωμάτων.
- (3) Τα τρισδιάστατα προσομοιώματα θα πρέπει να προτιμούνται όταν οι διαστάσεις της επιφάνειας έδρασης είναι μικρές σε σχέση με τη διατομή της ζώνης αγκύρωσης.
- (4) P Οι κατασκευαστικές απαιτήσεις θα πρέπει να πληρούνται γενικά σύμφωνα με την Π-5 και ειδικά σύμφωνα με την Π-5.4.8.1.

### 2.5.4 Επιδράσεις προέντασης

#### 2.5.4.1 Γενικά

- (1) P Η παρούσα ενότητα αναφέρεται σε προεντεταμένες φέρουσες κατασκευές με εσωτερικά κειμένους τένοντες και πλήρη συνάφεια.

- (2) P Θα πρέπει να δίνεται προσοχή στις ακόλουθες επιδράσεις:
- τοπικές επιδράσεις στην περιοχή της αγκύρωσης και στις περοχές αλλαγής της διεύθυνση των τενόντων,
  - στατικά ορισμένες επιδράσεις σε στατικά ορισμένες φέρουσες κατασκευές ,
  - στατικά ορισμένες και στατικά αόριστες επιδράσεις σε στατικά αόριστες φέρουσες κατασκευές .
- (3) Τα δομικά στοιχεία των οποίων οι τένοντες παραμένουν μόνιμα χωρίς συνάφεια εξετάζονται στο κεφάλαιο ΙΙΙ.
- (4) Τα δομικά στοιχεία με τένοντες ,οι οποίοι κατά τη διάρκεια της κατασκευής για περιορισμένο χρονικό διάστημα παραμένουν χωρίς συνάφεια ,μπορούν να υπολογίζονται με τη χρήση απλουστευτικών παραδοχών.Γενικά μπορούν να αντιμετωπίζονται ως δομικά στοιχεία με τένοντες με συνάφεια , όχι όμως στην οριακή κατάσταση αστοχίας στην οποία δεν μπορεί να συνυπολογιστεί η αύξηση της τάσης των τενόντων εξαιτίας των παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής από εξωτερικά φορτία.

#### 2.5.4.2 Υπολογισμός της δύναμης προέντασης

- (1) P Η μέση τιμή της δύναμης προέντασης καθορίζεται ανάλογα με το είδος της προέντασης σύμφωνα με το (α) ή (β).

(α) Προεντεταμένα δομικά στοιχεία με άμεση συνάφεια :

$$P_{m,t} = P_0 - \Delta P_C - \Delta P_t(t) - \Delta P_\mu(x) \quad (2.18)$$

Το  $\Delta P_\mu(x)$  θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μόνο σε κυρτούς τένοντες.

(β) Δομικά στοιχεία με προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος ή με τένοντες χωρίς συνάφεια :

$$P_{m,t} = P_0 - \Delta P_C - \Delta P_\mu(x) - \Delta P_{sl} - \Delta P_t(t) \quad (2.19)$$

Όπου:

$P_{m,t}$	Η μέση τιμή της δύναμης προέντασης σε χρόνο $t$ σε μία θέση $x$ κατά μήκος του δομικού στοιχείου
$P_0$	Η μέγιστη ασκούμενη δύναμη στην αγκύρωση κατά την τάνυση
$\Delta P_\mu(x)$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας της τριβής
$\Delta P_{sl}$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας ολίσθησης της αγκύρωσης
$\Delta P_C$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας ελαστικής παραμόρφωσης του δομικού στοιχείου κατά τη μεταβίβαση της δύναμης προέντασης
$\Delta P_t(t)$	Απώλεια δύναμης προέντασης εξαιτίας ερπυσμού, συστολής και χαλάρωσης σε χρόνο $t$

- (2) Σχετικά με τον περιορισμό της αρχικής τιμής της προέντασης και των μεθόδων υπολογισμού των απωλειών βλέπε ΙΙ-4.2.3.5.4 και ΙΙ-4.2.3.5.5. Σχετικά με το μήκος μεταβίβασης και το μήκος εισαγωγής, βλέπε ΙΙ-4.2.3.5.6 και ΙΙ-4.2.3.5.7.

- (3) P Στους ελέγχους της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη δυνατές διακυμάνσεις της δύναμης προέντασης.  
Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ορίζονται δύο χαρακτηριστικές τιμές της δύναμης προέντασης:

$$P_{k,sup} = r_{sup} \cdot P_{m,t}$$

$$P_{k,inf} = r_{inf} \cdot P_{m,t}$$

Όπου οι  $P_{k,sup}$  και  $P_{k,inf}$  αποτελούν τις ανώτερες και κατώτερες αντίστοιχα χαρακτηριστικές τιμές. Η  $P_{m,t}$  είναι η μέση τιμή της δύναμης προέντασης η οποία μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση μέσων τιμών για τις χαρακτηριστικές τιμές παραμόρφωσης και απωλειών που προκύπτουν βάσει της ενότητας II-4.2.3.5.5.

- (4) Για τους συντελεστές  $r_{sup}$  και  $r_{inf}$  μπορούν για τους ελέγχους στην τελική κατάσταση, γενικά να θεωρούνται οι ακόλουθες τιμές:

$r_{sup} = 1,05$  και  $r_{inf} = 0,95$  για προένταση με άμεση ή χωρίς συνάφεια

$r_{sup} = 1,10$  και  $r_{inf} = 0,90$  για προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

$r_{sup} = 1,00$  και  $r_{inf} = 1,00$  για εξωτερικούς τένοντες σύμφωνα με το κεφάλαιο III

Για τους ελέγχους στην φάση της κατασκευής μπορούν να λαμβάνονται υπόψη μικρότερες διακυμάνσεις της δύναμης προέντασης (II-4.4.2.1 (107) P).

- (5) Οι τιμές  $P_{m,t}$  που γενικά χρησιμοποιούνται στην διαστασιολόγηση είναι:

$P_{m,0}$  αρχική δύναμη προέντασης σε χρόνο  $t = 0$  και

$P_{m,\infty}$  δύναμη προέντασης μετά από την εμφάνιση όλων των χρονικά εξαρτωμένων απωλειών

- (6) P Στην οριακή κατάσταση αστοχίας η τιμή σχεδιασμού της προέντασης αντιστοιχεί σε:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_{m,t}$$

- (8) P Κατά την θεώρηση των τοπικών επιδράσεων στην οριακή κατάσταση αστοχίας θα πρέπει ο υπολογισμός των δυνάμεων προέντασης να βασίζεται στις χαρακτηριστικές αντοχές των τενόντων προέντασης.

- (9) Αυτό ισχύει στον έλεγχο επιρροής συγκεντρωμένων δυνάμεων, στον έλεγχο εφελκυστικών δυνάμεων διάσπασης στην περιοχή της αγκύρωσης καθώς και στις θέσεις αλλαγής της διεύθυνσης του τένοντα προέντασης (βλέπε II-4.2.3).

### 2.5.4.3 **Επιδράσεις της προέντασης σε συνθήκες λειτουργικότητας**

- (1) P Τα εντατικά μεγέθη σε στατικά ορισμένα και αόριστα συστήματα που προκαλούνται από την προένταση θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας.

- (3) Για κατασκευές των οποίων η συμπεριφορά είναι πολύ ευαίσθητη στην επιρροή της προέντασης θα πρέπει οι δράσεις της προέντασης να καθορίζονται σύμφωνα με το (a) και (b).

(a) Για τον έλεγχο της ρηγματώσης ή της απόθλιψης (βλέπε II-4.4.2), του ανοίγματος αρμών μεταξύ των προκατασκευασμένων στοιχείων και της επίδρασης της κόπωσης εφαρμόζονται οι καθοριστικές χαρακτηριστικές τιμές της προέντασης.

(b) Για τον έλεγχο των θλιπτικών τάσεων (βλέπε II-4.4.1) εφαρμόζονται οι μέσες τιμές της προέντασης.

#### **2.5.4.4. Επιδράσεις της προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας**

##### **2.5.4.4.1 Γραμμικές μέθοδοι καθορισμού εντατικών μεγεθών**

- (1) P Οι στατικά ορισμένες και αόριστες επιδράσεις της προέντασης θα πρέπει να υπολογίζονται εφαρμόζοντας την καθοριστική τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης.
- (2) Για τον υπολογισμό βάσει των γραμμικών μεθόδων μπορεί να θεωρηθεί ότι  $\gamma_p = 1,0$ .
- (3) P Στο γραμμικό υπολογισμό με ανακατανομή θα πρέπει οι ροπές στις οποίες πραγματοποιείται ανακατανομή να υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη το στατικά αόριστο ποσοστό της προέντασης.

##### **2.5.4.4.3 Διαστασιολόγηση διατομής**

- (1) P Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς μίας διατομής στην οριακή κατάσταση αστοχίας, η δύναμη προέντασης που δρα στη διατομή ορίζεται με την τιμή σχεδιασμού  $P_d$ . Η αρχική προμήκυνση που αντιστοιχεί στην τιμή  $P_d$  θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό της φέρουσας ικανότητας της διατομής.
- (4) Για τις δράσεις των κεκλιμένων τενόντων βλέπε II-4.3.2.4.6.
- (5) Όλα τα στατικά αόριστα μέρη της δύναμης προέντασης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με τις χαρακτηριστικές τιμές τους.

#### **2.5.5. Επιδράσεις των χρονίων παραμορφώσεων του σκυροδέματος**

##### **2.5.5.1 Γενικά**

- (1) P Η ακρίβεια των μεθόδων υπολογισμού των δράσεων ερπυσμού και συστολής του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι ανάλογα αξιόπιστη με τα στοιχεία που διατίθενται για την περιγραφή των φαινομένων αυτών και των δράσεών τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση.
- (2) P Οι επιρροές του ερπυσμού και της συστολής θα πρέπει να παρακολουθούνται στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας και εφόσον έχει σημασία, στην οριακή κατάσταση αστοχίας (επιρροές σύμφωνα με τη θεωρία της 2<sup>ης</sup> τάξης, βλέπε II-4.3.5, προκατασκευασμένα στοιχεία με συμπλήρωμα εγχύτου σκυροδέματος, ανακατανομές εντατικών μεγεθών σε τμηματική κατασκευή ή αλλαγή συστήματος).
- (3) P Ειδικές εξετάσεις απαιτούνται όταν το σκυρόδεμα εκτίθεται σε ακραίες θερμοκρασίες.
- (4) Οι επιρροές της θερμικής επεξεργασίας μπορούν να συνυπολογίζονται βάσει απλουστευμένων παραδοχών.
- (5) Για μία επαρκώς ακριβή εκτίμηση της συμπεριφοράς μίας διατομής σκυροδέματος ισχύουν οι ακόλουθες παραδοχές εφόσον οι τάσεις παραμένουν εντός των ορίων που ισχύουν για τις συνήθεις καταστάσεις χρήσης:

- Ο ερπυσμός και η συστολή είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.
- Θεωρείται μία γραμμική σχέση ανάμεσα στις παραμορφώσεις ερπυσμού και τις τάσεις που προκαλούν ερπυσμό.
- Δεν λαμβάνονται υπόψη οι επιρροές της ανομοιομορφης εξελικτικής πορείας της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
- Η αρχή της επαλληλίας θεωρείται ότι ισχύει και για τις επιρροές εκείνες που εμφανίζονται σε διαφορετικές ηλικιακές βαθμίδες του σκυροδέματος.
- Οι παραπάνω παραδοχές ισχύουν και για το σκυροδέμα που καταπονείται σε εφελκυσμό.

(6) Για την εκτίμηση των χρονικά εξαρτωμένων απωλειών δύναμης προέντασης θα πρέπει να συνυπολογίζονται οι επιρροές ερπυσμού και συστολής του σκυροδέματος καθώς και οι επιρροές της χαλάρωσης των τενόντων (βλέπε II-4.2.3.5.5).

(7) Ο ερπυσμός ακολουθεί τη σχέση

$$J(t, t_0) = \frac{1}{E_{c_0}(t_0)} + \frac{\varphi(t, t_0)}{E_{c_0}} \quad (2.21)$$

Όπου:

$t_0$	Χρονικό σημείο της πρώτης άσκησης φορτίου στο σκυροδέμα
$t$	Εξεταζόμενο χρονικό σημείο
$J(t, t_0)$	Ερπυστική συνάρτηση σε χρόνο $t$
$E_{c_0}(t_0)$	Μέτρο ελαστικότητας ως εφαπτομένη στην αρχή του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων κατά το χρονικό σημείο $t_0$
$E_{c_0}$	Μέτρο ελαστικότητας ως εφαπτομένη στην αρχή διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων μετά από 28 ημέρες
$\varphi(t, t_0)$	Συντελεστής ερπυσμού ανηγμένος στην ελαστική παραμόρφωση την προκύπτουσα βάσει $E_{c_0}$ μετά από 28 ημέρες

Στην II-3.1.5.5 δίνονται οι τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)$  για τυπικές συνθήκες.

(8) Οι τελικές τιμές του συντελεστή συστολής ξήρανσης για τυπικές συνθήκες αναγράφονται στην II-3.1.5.5.

(9) Βάσει των παραδοχών της παρ. (5) η συνολική παραμόρφωση του σκυροδέματος κατά την πρώτη άσκηση φορτίου στο χρονικό σημείο  $t_0$  και με τάση  $\sigma(t_0)$  συμπεριλαμβανομένων των μεταγενέστερων μεταβολών της τάσης  $\Delta\sigma(t_i)$  κατά τη χρονική στιγμή  $t_i$  ισοδυναμεί με

$$\varepsilon_{tot}(t, t_0) = \varepsilon_n(t) + \sigma(t_0) \cdot J(t, t_0) + \sum \Delta\sigma(t_i) \cdot J(t, t_i) \quad (2.22)$$

Σε αυτή τη σχέση το  $\varepsilon_n(t)$  εκφράζει μία επιβεβλημένη παραμόρφωση ανεξάρτητη από την τάση των φορτίων (π.χ. συστολή, θερμοκρασιακές επιρροές).

(10) Για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών η εξίσωση (2.22) μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\varepsilon_{tot}(t, t_0) = \varepsilon_n(t) + \sigma(t_0) \cdot J(t, t_0) + [\sigma(t) - \sigma(t_0)] \cdot \left[ \frac{1}{E_{c_0}(t_0)} + \chi \frac{\varphi(t, t_0)}{E_{c_0}} \right] \quad (2.23)$$

Ο συντελεστής χαλάρωσης  $\chi$  εξαρτάται από τη χρονική εξέλιξη των μηκύνσεων.

- (11) Συνήθως ο  $\chi$  θεωρείται ίσος με 0,8. Αυτή η απλούστευση είναι ακριβής στην περίπτωση της καθαρής χαλάρωσης εξαιτίας μίας σταθερά επιβεβλημένης παραμόρφωσης, ισχύει όμως και για περιπτώσεις καθαρά μακροχρόνιας επιρροής.
- (12) Για μικρή μεταβολή των τάσεων του σκυροδέματος, οι παραμορφώσεις μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση ενός ενεργού μέτρου ελαστικότητας

$$E_{c0,eff} = \frac{E_{c0}}{1 + \varphi(t, t_0)} \quad (2.24)$$

Για επεξηγήσεις, βλ. παρ. (7).

- (13) Για ακριβέστερο υπολογισμό των δράσεων των χρονικά εξαρτωμένων παραμορφώσεων του σκυροδέματος βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.



### 3 Ιδιότητες των δομικών υλικών

#### 3.1 Σκυρόδεμα

##### 3.1.1 Γενικά

- (1) P Η παρούσα ενότητα ισχύει για το σκυρόδεμα σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα», δηλ. για σκυρόδεμα με πυκνή υφή που παρασκευάζεται από προδιαγεγραμμένες προσμίξεις σκυροδέματος και που συντίθεται και συμπυκνώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε εκτός από τους τεχνητά δημιουργούμενους πόρους αέρα να μην περιέχει κανένα αξιοσημείωτο ποσοστό εσώκλειστου αέρα (βλέπε κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα»).
- (2) P Για τη διαμόρφωση κατασκευών από άοπλο, οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα θα πρέπει το σκυρόδεμα να χρησιμοποιείται όπως ορίζεται στην παρ. (1) P.
- (3) P Οι τεχνικές προδιαγραφές για το σκυρόδεμα θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις που αναγράφονται στις αντίστοιχες ενότητες του κανονισμού DIN-F/b 100 «Σκυρόδεμα» όποτε αυτό έχει σημασία για τον κανονισμό DIN -F/b 102 «Γέφυρες από σκυρόδεμα».
- (4) Το σκυρόδεμα μπορεί να θεωρείται ως σκυρόδεμα με κλειστή υφή όταν το ποσοστό των πόρων αέρα που απομένει μετά από την συμπύκνωση δεν υπερβαίνει τις οριακές τιμές που δίνονται στον κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα», χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι τεχνητά δημιουργούμενοι πόροι αέρα και οι πόροι των προσμίκτων σκυροδέματος.
- (5) P Σκυρόδεμα κανονικού βάρους θεωρείται το σκυρόδεμα με ξηρή σχετική πυκνότητα (στους 105°C) άνω των 2000 kg/m<sup>3</sup>, όχι μεγαλύτερη όμως από 2800 kg/m<sup>3</sup>.
- (6) P Η πυκνότητα του σκληρυμένου σκυροδέματος καθορίζεται σύμφωνα με τον κανονισμό DIN - F/b100 «Σκυρόδεμα».

##### 3.1.2 Θλιπτική αντοχή

- (1) P Ως βάση λαμβάνεται η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος  $f_{ck}$  η οποία ορίζεται ως εκείνη η τιμή της αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει πιθανότητα το πολύ 5% να βρεθεί η τιμή αντοχής όλων των δυνατών μετρήσεων του δεδομένου σκυροδέματος.
- (2) Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος καθορίζεται με τη βοήθεια προτύπων μεθόδων ελέγχου σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα» είτε με κυλινδρικά είτε με κυβικά δοκίμια σκυροδέματος.
- (3) Οι κανόνες σχεδιασμού βασίζονται αποκλειστικά στη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή των κυλινδρικών δοκιμίων  $f_{ck}$  ηλικίας 28 ημερών· η θλιπτική αντοχή  $f_{ck,cube}$  των κυβικών δοκιμίων αναφέρεται μόνο ως εναλλακτική για τον έλεγχο συμμόρφωσης.

- (4) Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμογής μπορεί να κριθεί απαραίτητο να οριστεί μία ελάχιστη θλιπτική αντοχή για ηλικία ελέγχου μικρότερη ή μεγαλύτερη των 28 ημερών ή για δοκίμια που βρίσκονται σε διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης-συντήρησης από αυτές που αναφέρονται στο ISO 2736.
- (5) Εάν κριθεί απαραίτητο, στις παρακάτω αναφερόμενες περιπτώσεις ,θα πρέπει να πραγματοποιηθούν άμεσοι έλεγχοι για τον καθορισμό των συντελεστών αναγωγής για την αντοχή :
- το μέγεθος και το σχήμα των δοκιμίων δεν αντιστοιχούν στα δεδομένα του κανονισμού DIN-F/b 100 «Σκυρόδεμα»,
  - τα δοκίμια ελέγχου δεν βρίσκονται σε πρότυπες συνθήκες αποθήκευσης-συντήρησης ,
  - απαιτείται καθορισμός της αντοχής του σκυροδέματος σε άλλα χρονικά σημεία.

### 3.1.3 Εφελκυστική αντοχή

- (1) P Ο όρος εφελκυστική αντοχή συσχετίζεται με τη μέγιστη τάση που μπορεί να παραλάβει το σκυρόδεμα όταν υποβάλλεται σε κεντρικό εφελκυσμό .
- (2) P Η αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό από διάρρηξη θα πρέπει να καθορίζεται σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b 100 «Σκυρόδεμα».
- (3) Όταν η εφελκυστική αντοχή ορίζεται ως αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη  $f_{ct,sp}$  ή ως αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη  $f_{ct,fl}$ , τότε η εφελκυστική αντοχή σε κεντρικό εφελκυσμό  $f_{ct,ax}$  μπορεί προσεγγιστικά να υπολογιστεί απο τις τιμές αυτές χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους συντελεστές αναγωγής:

$$f_{ct,ax} = 0,9 \cdot f_{ct,sp} \text{ ή } f_{ct,ax} = 0,5 \cdot f_{ct,fl} \quad (3.1)$$

- (4) Εάν δεν υπάρχουν ακριβέστερες τιμές, τότε μπορούν οι μέσες και οι χαρακτηριστικές τιμές της αντοχής του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό ,για την διαστασιολόγηση, να υπολογιστούν βάσει των ακόλουθων εξισώσεων:

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (3.2)$$

$$f_{ctk, 0,05} = 0,7 \cdot f_{ctm} \quad (3.3)$$

$$f_{ctk, 0,95} = 1,3 \cdot f_{ctm} \quad (3.4)$$

Όπου:

$f_{ctm}$	Μέση τιμή αντοχής σε κεντρικό εφελκυσμό
$f_{ck}$	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή κυλινδρικών δοκιμίων ελέγχου
$f_{ctk, 0,05}$	Κατώτερη οριακή τιμή της χαρακτηριστικής αντοχής σε κεντρικό εφελκυσμό (5%)
$f_{ctk, 0,95}$	Ανώτερη οριακή τιμή της χαρακτηριστικής αντοχής σε κεντρικό εφελκυσμό (95%)

Οι αντίστοιχες μέσες και χαρακτηριστικές τιμές για τις διάφορες κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος αναγράφονται στον πίνακα 3.1.

### 3.1.4 Κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος

- (1) P Για την διαστασιολόγηση θα πρέπει να επιλέγεται μία κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αντιστοιχεί σε μία προδιαγεγραμμένη τιμή της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής.  
(\*). Παράλληλα θα πρέπει να τηρούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα».
- (2) Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος διακρίνεται σε κατηγορίες αντοχής που αναφέρονται στη θλιπτική αντοχή των κυλινδρικών δοκιμών  $f_{ck}$  ή τη θλιπτική αντοχή των κυβικών δοκιμών  $f_{ck,cube}$  σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα».
- (3) Στον πίνακα 3.1 αναγράφεται η χαρακτηριστική αντοχή  $f_{ck}$  και η αντίστοιχη αντοχή σε κεντρικό εφελκυσμό για τις διάφορες κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος.
- (4) Θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες κατηγορίες ελάχιστης αντοχής του σκυροδέματος:  
Οπλισμένο σκυρόδεμα  $\geq C 20/25$   
Προεντεταμένο σκυρόδεμα  $\geq C 30/37$

Οι κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος κάτω από C 12/15 ή πάνω από C 50/60 θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στις κατασκευές οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος μόνο όταν η χρήση τους είναι επαρκώς αιτιολογημένη. Για το άοπλο σκυρόδεμα βλέπε και το κεφάλαιο V.

**Πίνακας 3.1: Κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος, χαρακτηριστικές θλιπτικές αντοχές  $f_{ck}$  (κυλινδρικά δοκίμια) και αντοχές του σκυροδέματος σε κεντρικό εφελκυσμό  $f_{ctm}$  και  $f_{ctk}$  (σε MN/m<sup>2</sup>)**

(Ο διαχωρισμός του σκυροδέματος σε κατηγορίες όπως C 20/25 δίνει την αντοχή των κυλινδρικών και κυβικών δοκιμών σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b100 «Σκυρόδεμα»).

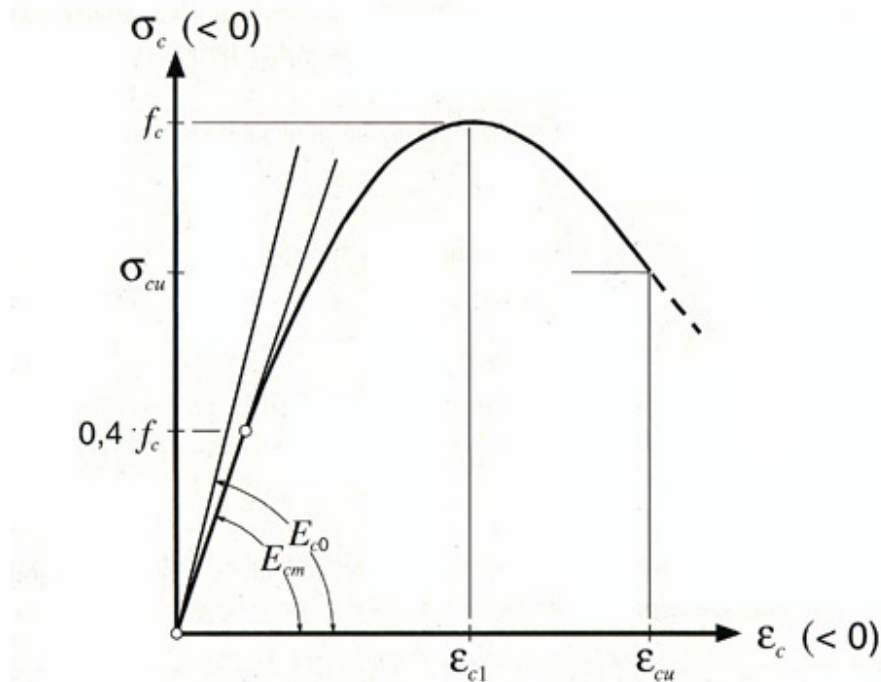
Κατηγορία αντοχής σκυροδέματος	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctm}$	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$f_{ctk, 0,05}$	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
$f_{ctk, 0,95}$	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3

### 3.1.5 Παραμορφώσεις

- (1) Οι τιμές των ιδιοτήτων των δομικών υλικών που απαιτούνται για τον υπολογισμό των αμέσως εμφανιζόμενων και χρονικά εξαρτώμενων παραμορφώσεων του σκυροδέματος δεν εξαρτώνται μόνο από την κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος αλλά και από τις ιδιότητες των αδρανών καθώς και από άλλες παραμέτρους που επηρεάζονται από τη σύνθεση του σκυροδέματος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Εάν κριθεί απαραίτητος ένας ακριβής υπολογισμός, θα πρέπει οι τιμές να καθοριστούν βάσει των γνωστών δεδομένων των εκάστοτε δομικών υλικών και συνθηκών χρήσης. Για τις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί γενικά μία προσεγγιστική τιμή.

### 3.1.5.1 Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων

- (1) Το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του σκυροδέματος ακολουθεί κατά κανόνα ,σε καταπόνηση μονοαξονικής θλίψης , την μορφή που σχηματικά απεικονίζεται στο Σχ . 3.1.
- (2) Για την διαστασιολόγηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα εξιδανικευμένα διαγράμματα τάσεων –μηκύνσεων . Τέτοιες εξιδανικεύσεις δίνονται στην Π-4.2.1.3.3.



Σχ. 3.1: Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων για μονοαξονική θλίψη

### 3.1.5.2 Μέτρο ελαστικότητας

- (1) Το μέτρο ελαστικότητας δεν εξαρτάται μόνο από την κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος αλλά και από τις ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων αδρανών σκυροδέματος (βλέπε Π-3.1.5.(1)).
- (2) Όταν δεν υπάρχουν τέτοιες τιμές ή όταν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια μπορεί για μία δεδομένη κατηγορία αντοχής σκυροδέματος να ληφθεί μία μέση τιμή του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας  $E_{cm}$  από τον πίνακα 3.2. Οι τιμές αυτού του πίνακα ισχύουν για  $\sigma_c = 0$  έως  $\sigma_c = 0,4 \cdot f_c$  (βλέπε σχ. 3.1)

**Πίνακας 3.2: Τιμές για το επιβατικό μέτρο ελαστικότητας  $E_{cm}$  (σε MN/m<sup>2</sup>)**

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$E_{cm}$	25800	27400	28800	30500	31900	33300	34500	35700	36800

- (3) Οι τιμές του πίνακα 3.2. βασίζονται στην ακόλουθη εξίσωση:

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{1/3} \quad (\text{MN/m}^2) \quad (3.5)$$

Ισχύουν για σκυρόδεμα που υπέστη επεξεργασία υπό φυσιολογικές συνθήκες και παρασκευάστηκε κυρίως από χαλαζιακής υφής πετρώματα με κοκκομετρική σύνθεση στην περιοχή 3 (A/B). Εάν τα βέλη κάμψης έχουν μεγάλη σημασία, θα πρέπει να γίνουν δοκιμές σε σκυρόδεμα που έχει κατασκευαστεί με αδρανή που προβλέπονται για την φέρουσα κατασκευή. Σε άλλες περιπτώσεις αρκεί συχνά μία εμπειρική τιμή για ορισμένα αδρανή σκυροδέματος που από αποτελέσματα δοκιμών θεωρείται ασφαλής για την εκτίμηση μίας αντίστοιχης τιμής  $E_{cm}$ . Κατά τη χρήση όμως αγνώστων αδρανών σκυροδέματος συνιστάται να λαμβάνονται υπόψη οι ανώτερες και κατώτερες οριακές τιμές του  $E_{cm}$ .

- (4) Επειδή κατά κανόνα οι κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος  $f_{ck}$  αναφέρονται σε αντοχή σε ηλικία 28 ημερών, ισχύουν και οι τιμές του  $E_{cm}$  του πίνακα 3.2 γι' αυτή την ηλικία. Όταν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, μπορεί το  $E_{cm}$  να ορίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 3.2 και για ηλικίες σκυροδέματος που αποκλίνουν από τις 28 ημέρες. Σε αυτή την περίπτωση η  $f_{ck}$  αντικαθιστάται από την πραγματική αντοχή του σκυροδέματος σε ηλικία  $t$ .

### 3.1.5.3 Λόγος Poisson

- (1) P Κατά την διαστασιολόγηση, για ελαστικές μηκύνσεις, ο λόγος Poisson μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,2.
- (2) P Όταν επιτρέπεται ο σχηματισμός ρωγμών σε σκυρόδεμα υπό εφελκυστική καταπόνηση, ο λόγος Poisson μπορεί να ληφθεί ίσος με μηδέν.

### 3.1.5.4 Συντελεστής θερμικής διαστολής

- (1) Ο γραμμικός συντελεστής θερμικής διαστολής κατά την διαστασιολόγηση μπορεί να λαμβάνεται ίσος με  $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

### 3.1.5.5 Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

- (1)\*P Ο ερπυσμός και η συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος εξαρτώνται κυρίως από την υγρασία του περιβάλλοντος, τις διαστάσεις του δομικού στοιχείου και τη σύνθεση του σκυροδέματος. Επιπλέον, ο ερπυσμός επηρεάζεται αισθητά από το βαθμό ωρίμανσης του σκυροδέματος κατά την πρώτη εφαρμογή του φορτίου καθώς και από τη διάρκεια και το μέγεθος της καταπόνησης. Κατά τον υπολογισμό του συντελεστή ερπυσμού  $\varphi(t, t_0)$  και του συντελεστή συστολής ξήρανσης  $\varepsilon_{cs}$  θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αυτοί οι παράγοντες.
- (2)\* Οι τελικές τιμές συντελεστή ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)$  και συστολής ξήρανσης  $\varepsilon_{cs\infty}$  όπως υπολογίζονται βάσει της παρούσας ενότητας μπορούν να θεωρούνται ως οι αναμενόμενες μέσες τιμές. Οι μέσοι συντελεστές μεταβλητότητας για την εκτίμηση της τελικής τιμής του συντελεστή ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)$  και του συντελεστή συστολής  $\varepsilon_{cs\infty}$  κυμαίνονται στο 30% περίπου. Για φέρουσες κατασκευές ευαίσθητες στον ερπυσμό και τη συστολή ξήρανσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δυνατή διακύμανση αυτών των τιμών. Οι τιμές που δίνονται ισχύουν για θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος που προκαλούν ερπυσμό όχι μεγαλύτερες από  $0,45 f_{ckj}$ , όπου το  $f_{ckj}$  αντιστοιχεί στη θλιπτική αντοχή των κυλινδρικών δοκιμών κατά τη χρονική στιγμή όπου ασκείται η προκαλούσα τον ερπυσμό τάση.

- (3)\*P Όταν η θλιπτική τάση του σκυροδέματος που προκαλεί τον ερπυσμό υπερβαίνει την τιμή  $0,45 f_{ckj}$  πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμική σχέση του ερπυσμού με την προκαλούσα αυτόν τάση. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την προένταση με άμεση συνάφεια.
- (4)\* Στις περιπτώσεις της παρ. (3)\*P καθώς και σε ακριβέστερους υπολογισμούς ο συντελεστής ερπυσμού μπορεί να υπολογιστεί με άλλες κατάλληλες μεθόδους.
- (5)\* Οι τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0)$  και του συντελεστή συστολής  $\varepsilon_{cs\infty}$  που υπολογίζονται βάσει της παρούσας ενότητας ισχύουν για κατασκευαστικά σκυροδέματα που δεν υπέστησαν πρόσθετη επεξεργασία ύγρανσης για περισσότερο από 14 μέρες και που εκτίθενται σε συνθήκες περιβάλλοντος με μέση σχετική υγρασία αέρα μεταξύ 40% και 100% και μέσες θερμοκρασίες μεταξύ 10°C και 30°C.
- (6)\* Η ερπυστική παραμόρφωση του σκυροδέματος  $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$  κατά το χρονικό σημείο  $t=\infty$  μπορεί για χρονικά σταθερή τάση που προκαλεί ερπυσμό να υπολογιστεί ως εξής:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \phi(\infty, t_0) \cdot \frac{\sigma_c}{E_{c0}} \quad (3.6)$$

Όπου:

$\phi(\infty, t_0)$

Η τελική τιμή του συντελεστή ερπυσμού, η οποία μπορεί ανάλογα με τη σχετική υγρασία του αέρα για απλοποίηση να λαμβάνεται από το σχ.3.118 ή το σχ.3.119. Για μέσες σχετικές υγρασίες αέρα κάτω από 50% και μεταξύ 50% και 80% μπορεί να γίνει γραμμική παρεμβολή ή προβολή.

$E_{c0}$

Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος ως εφαπτομένη στην αρχή του διαγράμματος τάσεων-μηκύνσεων μετά από 28 ημέρες. Απλοποιητικά μπορεί να θεωρηθεί ότι  $E_{c0} = 1,1 E_{cm}$ , όπου ο  $E_{cm}$  είναι η μέση τιμή του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας από τον πίνακα 3.2.

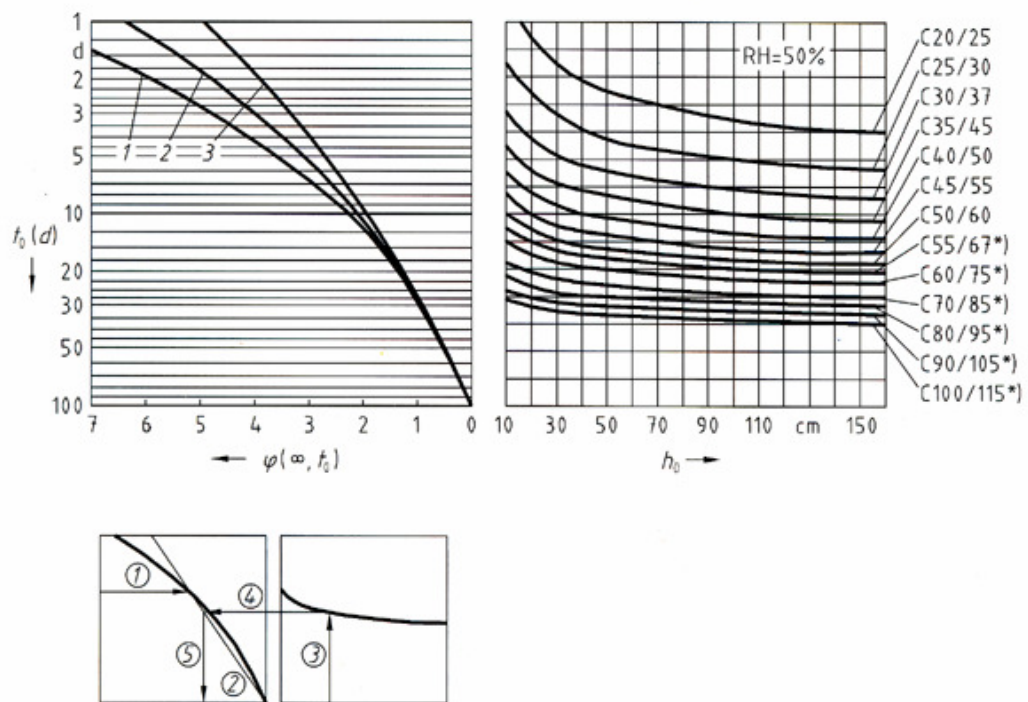
$\sigma_c$

Η χρονικά σταθερή τάση του σκυροδέματος που προκαλεί ερπυσμό

$t_0$

Η ηλικία του σκυροδέματος σε ημέρες στην αρχή της καταπόνησης

- (7)\* Για τον υπολογισμό του συντελεστή ερπυσμού σε ένα τυχαίο χρονικό σημείο με χρονικά μη σταθερή τάση του σκυροδέματος, βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525. Για  $t = \infty$  θα πρέπει να τεθούν 30.000 ημέρες προκειμένου να αντιπροσωπευτεί η προγραμματισμένη διάρκεια χρήσης περίπου 100 ετών.



\*) Δεν προβλέπεται στην γεφυροποιία .

#### Επεξήγηση

- 1 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 N<sup>1)</sup>  
 2 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 R, 42,5N<sup>1)</sup>  
 3 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 42,5 R, 52,5N, 52,5R<sup>1)</sup>

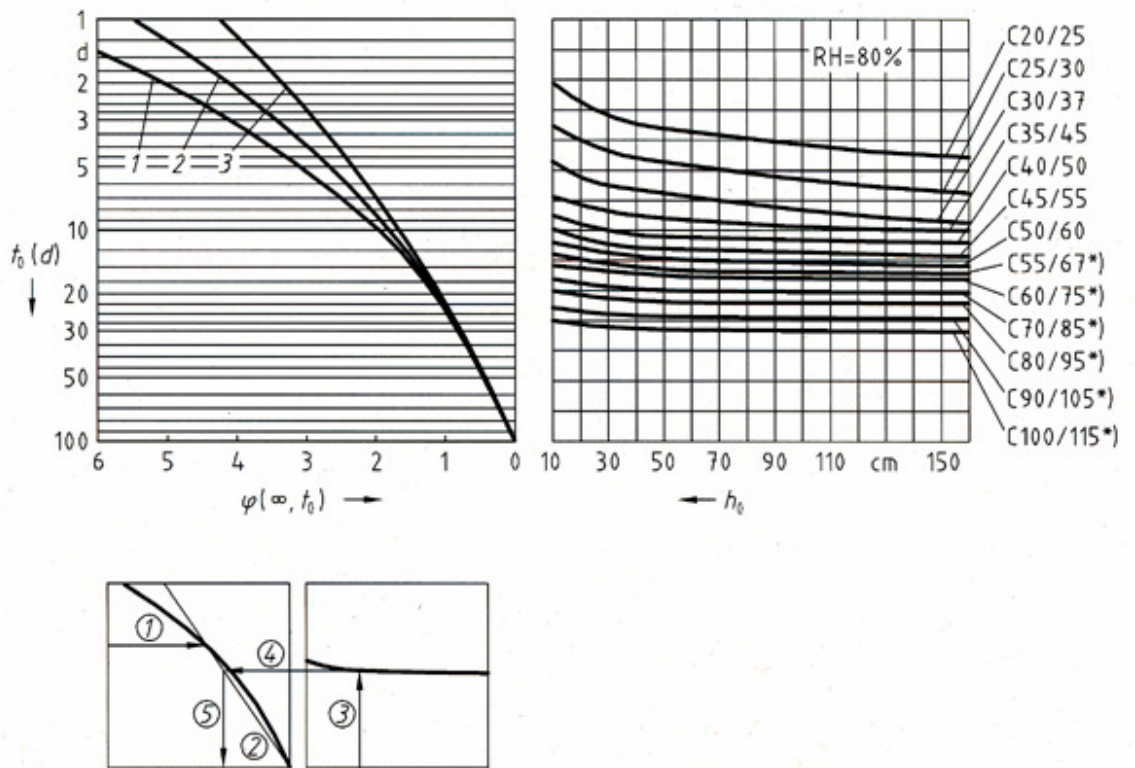
<sup>1)</sup> Για περαιτέρω παραδείγματα κατάταξης των τύπων τσιμέντου, βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DAStb), τεύχος 525.

Όπου:

$u$  Η περίμετρος τής διατομής του σκυροδέματος που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα . Σε φορείς κιβωτοειδούς διατομής θα πρέπει γενικά να λαμβάνεται υπόψη το μισό της εσωτερικής περιμέτρου.

$A_c$  Η επιφάνεια της συνολικής διατομής του σκυροδέματος

**Σχ . 3.118: Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)$  για σκυρόδεμα κανονικού βάρους και ξηρές συνθήκες περιβάλλοντος (ξηροί εσωτερικοί χώροι, σχετική υγρασία αέρα = 50%)**



\*) Δεν προβλέπεται στην γεφυροποιία .

#### Επεξήγηση

- 1 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 N<sup>1)</sup>  
 2 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 R, 42,5N<sup>1)</sup>  
 3 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 42,5 R, 52,5N, 52,5R<sup>1)</sup>  
 1) Για περαιτέρω παραδείγματα κατάταξης των τύπων τσιμέντου, βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

$$h_0 = 2A_c/u$$

Όπου:

$u$  Η περίμετρος τής διατομής του σκυροδέματος που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα . Σε φορείς κιβωτοειδούς διατομής θα πρέπει γενικά να λαμβάνεται υπόψη το μισό της εσωτερικής περιμέτρου.

$A_c$  Η επιφάνεια της συνολικής διατομής του σκυροδέματος

**Σχ . 3.119: Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)$  για σκυρόδεμα κανονικού βάρους και υγρές συνθήκες περιβάλλοντος ( εξωτερικοί χώροι, σχετική υγρασία αέρα = 80%)**



(8)\* Η παραμόρφωση της συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος αποτελείται από την παραμόρφωση συρρίκνωσης και την παραμόρφωση ξήρανσης και μπορεί για το χρονικό σημείο  $t = \infty$  να υπολογιστεί ως εξής:

$$\varepsilon_{cs\infty} = \varepsilon_{cas\infty} + \varepsilon_{cds\infty} \quad (3.7)$$

Όπου:

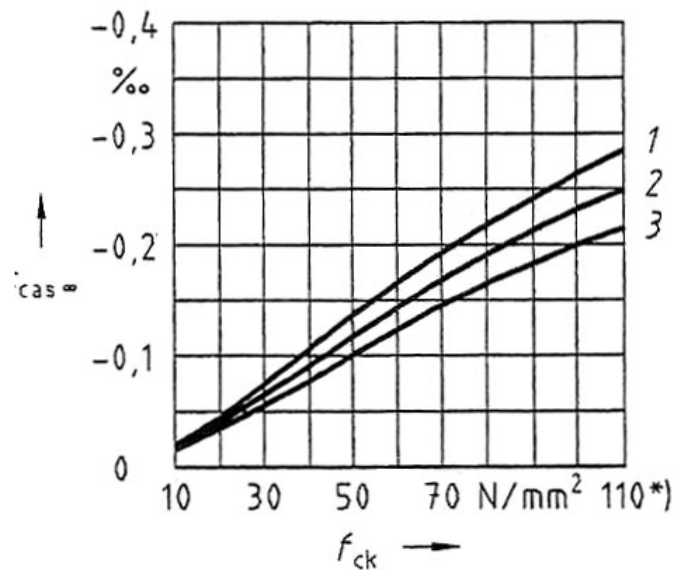
$\varepsilon_{cs\infty}$  Η παραμόρφωση συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος κατά το χρονικό σημείο  $t = \infty$

$\varepsilon_{cas\infty}$  Η παραμόρφωση συρρίκνωσης του σκυροδέματος κατά το χρονικό σημείο  $t = \infty$  σύμφωνα με το σχ. 3.120

$\varepsilon_{cds\infty}$  Η παραμόρφωση ξήρανσης κατά το χρονικό σημείο  $t = \infty$  σύμφωνα με το σχ. 3.121

(9)\* Για τον υπολογισμό του συντελεστή της συστολής ξήρανσης σε μία τυχαία χρονική στιγμή, βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DAStb), τεύχος 525.

Για  $t = \infty$  θα πρέπει να τεθούν 30.000 ημέρες προκειμένου να αντιπροσωπευτεί η προγραμματισμένη διάρκεια χρήσης περίπου 100 ετών.



\*) Στις γέφυρες ο περιορισμός των κατηγοριών αντοχής του σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με τον πίνακα 3.1.

#### Επεξήγηση

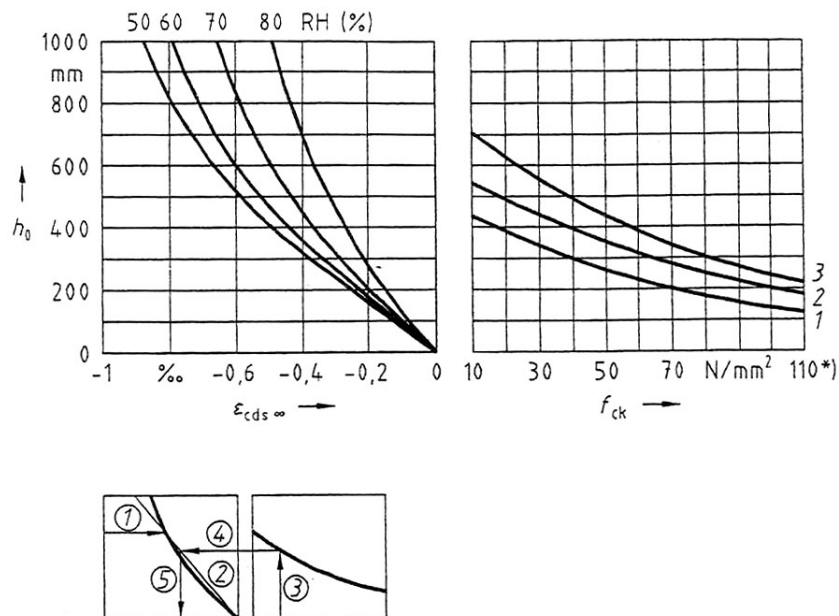
1 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 N<sup>1)</sup>

2 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 R, 42,5N<sup>1)</sup>

3 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 42,5 R, 52,5N, 52,5R<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Για περαιτέρω παραδείγματα αντιστοίχισης των ειδών τσιμέντου, βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DAStb), τεύχος 525.

**Σχ. 3.120: Παραμόρφωση συρρίκνωσης  $\varepsilon_{cas\infty}$  κατά το χρονικό σημείο  $t = \infty$  για σκυρόδεμα κανονικού βάρους**



\*) Στις γέφυρες ο περιορισμός των κατηγοριών αντοχής του σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με τον πίνακα 3.1.

### Επεξήγηση

- 1 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 N<sup>1)</sup>
- 2 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 32,5 R, 42,5N<sup>1)</sup>
- 3 Κατηγορία αντοχής τσιμέντου 42,5 R, 52,5N, 52,5R<sup>1)</sup>
- 1) Για περαιτέρω παραδείγματα κατάταξης των τύπων τσιμέντου, βλ. «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

**Σχ. 3.121: Παρμόρφωση ξήρανσης  $\epsilon_{cds\infty}$  κατά το χρονικό σημείο  $t=\infty$  για σκυρόδεμα κανονικού βάρους.**

## 3.2 Χάλυβας σκυροδέματος

### 3.2.1 Γενικά

- (1) P Η παρούσα ενότητα ισχύει για ράβδους και κουλούρες χάλυβα που χρησιμοποιείται ως οπλισμός σε κατασκευές από σκυρόδεμα.
- (2) P Οι απαιτήσεις ισχύουν για το προϊόν στην κατάσταση που βρίσκεται κατά την παράδοση. Για τις κουλούρες χάλυβα σκυροδέματος ισχύουν οι απαιτήσεις για το υλικό μετά από την ευθυγράμμιση.
- (3) P Για τους χάλυβες σκυροδέματος ισχύουν οι κανονισμοί της σειράς DIN 488 ή οι γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (4) P Κάθε προϊόν θα πρέπει να είναι μονοσήμαντα διακριτό ως προς την κατηγορία που ανήκει βάσει της II-3.2.2.

- (5) P Η αντοχή σε εφελκυσμό ( $f_t$ ), το όριο διαρροής ( $f_y$ ), ο λόγος αντοχής σε εφελκυσμό προς όριο διαρροής ( $f_t/f_y$ ), η μήκυνση σε μέγιστο φορτίο ( $\epsilon_u$ ) και η ανηγμένη επιφάνεια νευρώσεων ( $f_R$ ) πρέπει να καθορίζονται στον κανονισμό DIN 488-1 ή τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις και να ελέγχονται με πρότυπες μεθόδους δοκιμών.

Η μορφή της επιφάνειας, το ονομαστικό όριο διαρροής ( $f_{yk}$ ) και οι ιδιότητες ολκιμότητας θα πρέπει να λαμβάνονται από τον πίνακα R2.

**Πίνακας R2: Διαχωρισμός των συνήθων κατάλληλων για συγκόλληση χαλύβων σκυροδέματος στην Γερμανία σε κατηγορίες ολκιμότητας**

Χάλυβας σκυροδέματος σύμφωνα με	Σύντομογραφία	Μορφή παράδοσης	Διάμετρος σε mm	Μορφή επιφάνειας	Ονομαστικό όριο διαρροής σε N/mm <sup>2</sup>	Ολκιμότητα
1	2	3	4	5	6	7
DIN 488	BSt 420S	Ράβδος	6 έως 28	Με νευρώσεις	420	Υψηλή
	BSt 500 S	Ράβδος	6 έως 28	Με νευρώσεις	500	Υψηλή
	BSt 500 M	Πλέγμα	4 (5) έως 12	Με νευρώσεις	500	Κανονική
Εγκριτική Απόφαση	BSt 500 WR	Κουλούρα	6 έως 16	Με νευρώσεις	500	Υψηλή
	BSt 500 KR	Κουλούρα	6 έως 12	Με νευρώσεις	500	Κανονική*

\*) εφόσον δεν εμφανίζεται στην εγκριτική απόφαση ως υψηλής ολκιμότητας

- (6) Για τους χάλυβες αυτού του κανονισμού θα πρέπει το όριο διαρροής, η αντοχή σε εφελκυσμό, ο λόγος αντοχής σε εφελκυσμό προς όριο διαρροής, η μήκυνση στο μέγιστο φορτίο και η ανηγμένη επιφάνεια νευρώσεων να δίνονται ως χαρακτηριστικές τιμές. Οι τιμές αυτές συμβολίζονται αντίστοιχα με  $f_{yk}$ ,  $f_{tk}$ ,  $(f_t/f_y)_k$ ,  $\epsilon_{uk}$  και  $f_{Rk}$ .

**3.2.2 Κατηγοριοποίηση και γεωμετρία**

- (1) P Τα προϊόντα θα πρέπει να κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με:
- (I) το είδος του χάλυβα σύμφωνα με την τιμή του απαιτούμενου χαρακτηριστικού ορίου διαρροής ( $f_{yk}$ ) σε N/mm<sup>2</sup>,
  - (II) την κατηγορία που αναφέρεται στις ιδιότητες πλαστιμότητας,
  - (III) τις διαστάσεις,
  - (IV) χαρακτηριστικά της επιφάνειας,
  - (V) τη συγκολλησιμότητα.
- (2) P Κάθε παρτίδα θα πρέπει να συνοδεύεται από πιστοποιητικό που να περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον μονοσήμαντο καθορισμό των χαρακτηριστικών σύμφωνα με την (1) P (I έως IV) και, αν είναι απαραίτητο, πρόσθετα στοιχεία.
- (3) P Η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική επιφάνεια διατομής των προϊόντων και στην ονομαστική επιφάνεια διατομής δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από τις οριακές τιμές που δίνονται στον κανονισμό DIN 488-2 ή τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

- (4) P Σε αυτόν τον κανονισμό καθορίζονται δύο κατηγορίες ολκιμότητας (βλέπε II-3.2.4.2):
- υψηλής ολκιμότητας (κατηγορία Α),
  - κανονικής ολκιμότητας (κατηγορία Β).
- (5) Όλοι οι χάλυβες σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 488-2 ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του νευροχάλυβα υψηλής συνάφειας .
- (6) Για ραβδους χάλυβων με άλλα χαρακτηριστικά επιφανείας (διαφορετική νεύρωση ή προφίλ) ισχύουν οι γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (7) P Τα χαρακτηριστικά επιφανείας του χάλυβα σκυροδέματος με σχεδόν κυκλική διατομή θα πρέπει να δίνονται ως τιμή της ανηγμένης επιφανείας νευρώσεων  $f_R$  (βλέπε II-3.2.5.1).
- (109) P Στις ανωδομές των γεφυρών θα πρέπει να χρησιμοποιείται αποκλειστικά χάλυβας υψηλής πλαστιμότητας σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 488 ή τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

### 3.2.3 Φυσικές ιδιότητες

- (1) Μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες μέσες τιμές:
- πυκνότητα:  $7850 \text{ kg/m}^3$ ,
  - συντελεστής θερμικής διαστολής :  $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

### 3.2.4 Μηχανικές ιδιότητες

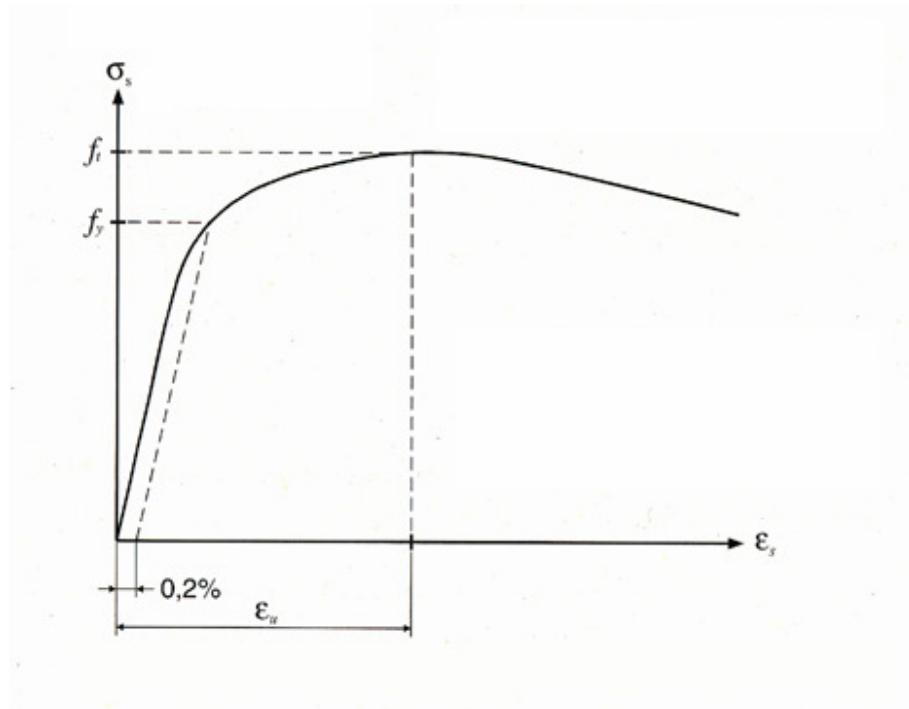
#### 3.2.4.1 Αντοχή

- (1) P Το όριο διαρροής  $f_{yk}$  και η αντοχή σε εφελκυσμό  $f_{tk}$  ορίζονται ως χαρακτηριστικές τιμές. Προκύπτουν από το φορτίο όταν αυτό φτάσει στο όριο ελαστικότητας ή αντίστοιχα το μέγιστο φορτίο διαιρούμενο με την ονομαστική διατομή.
- (2) Για προϊόντα χωρίς διακεκριμένο όριο διαρροής  $f_{yk}$  μπορεί να τεθεί η τιμή  $f_{0,2k}$  (βλέπε σχ. 3.2).

- (3) P Το πηλίκο του πραγματικού ορίου διαρροής  $f_y$  και της χαρακτηριστικής τιμής του ορίου διαρροής  $f_{yk}$  δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή που δίνεται στον κανονισμό DIN 488 και στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

#### 3.2.4.2 Χαρακτηριστικά ολκιμότητας

- (1) P Τα προϊόντα θα πρέπει να έχουν την ανάλογη ικανότητα μήκυνσης όπως ορίζεται στον κανονισμό DIN 488 και στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (2) Για τους σκοπούς της διαστασιολόγησης μπορεί να θεωρηθεί μία ανάλογη ικανότητα μήκυνσης όταν τα προϊόντα πληρούν τις ακόλουθες απαιτήσεις ολκιμότητας :
- Υψηλή ολκιμότητα  $\epsilon_{uk} \geq 5\%$  και  $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$   
Κανονική ολκιμότητα  $\epsilon_{uk} \geq 2,5\%$  και  $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$ .
- Το  $\epsilon_{uk}$  συμβολίζει τη χαρακτηριστική τιμή της μήκυνσης υπο μέγιστο φορτίο (βλέπε σχ. 3.2). Χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τον κανονισμό 488-1 ή τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις θα πρέπει να αντιστοιχίζονται με τις κατηγορίες ολκιμότητας του πίνακα R2.
- (3) P Τα προϊόντα για την προβλεπόμενη χρήση θα πρέπει να επιδεικνύουν την ανάλογη ικανότητα αναδίπλωσης .



Σχ. 3.2: Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων για το χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος

### 3.2.4.3 Μέτρο ελαστικότητας

(1) P Μπορεί να θεωρηθεί μία μέση τιμή 200.000 N/mm<sup>2</sup>.

### 3.2.4.4 Κόπωση

(1) P Στην περίπτωση που είναι αναγκαίο πρέπει τα προϊόντα να επιδεικνύουν την κατάλληλη αντοχή σε κόπωση.

Χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνοι με το πρότυπο 488-1 ή τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις έχουν κατάλληλη αντοχή σε κόπωση.

### 3.2.5 Ιδιότητες υλικών

#### 3.2.5.1 Συνάφεια και αγκύρωση

(1) P Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας των νευροχαλύβων θα πρέπει να εξασφαλίζουν επαρκή συνάφεια με το σκυρόδεμα έτσι ώστε να μπορεί να εισαχθεί στον οπλισμό η συνολική δύναμη που θεωρήθηκε κατά την διαστασιολόγηση .

(\* ) Δεν επιτρέπεται η χρήση χάλυβα με λεία επιφάνεια στην γεφυροποιία .

(2) Οι νευροχάλυβες των οποίων η ανηγμένη επιφάνεια νευρώσεων ( $f_{Rk}$ ) δεν είναι μικρότερη από την τιμή που δίνεται στον κανονισμό DIN 488 ή στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις μπορούν να θεωρούνται ως χάλυβες υψηλής συνάφειας.

(3) Η συμπεριφορά ,όσον αφορά την συνάφεια, χαλύβων σκυροδέματος με επιφάνειες διαφορετικής μορφής από αυτή που ορίζεται στον κανονισμό DIN 488 καθορίζεται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

### 3.2.5.2 Συγκολλησιμότητα

- (1) P Τα προϊόντα θα πρέπει να παρουσιάζουν ιδιότητες συγκόλλησης κατάλληλες για την προβλεπόμενη χρήση.

## 3.3 Χάλυβας προέντασης

### 3.3.1 Γενικά

(\*) Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο χάλυβες προέντασης που καλύπτονται από σχετική τεχνική έγκριση. Θα πρέπει να τηρούνται οι ρυθμίσεις και οι οριακές τιμές της εκάστοτε έγκρισης.

- (1) P Η παρούσα ενότητα ισχύει για σύρματα, ράβδους καθώς και πολύκλινα καλώδια που χρησιμοποιούνται ως τένοντες σε κατασκευές από σκυρόδεμα.

- (2) P Οι απαιτήσεις ισχύουν για την κατάσταση που βρίσκεται το προϊόν κατά την παράδοση.

- (3) Οι μέθοδοι παραγωγής, τα επιμέρους χαρακτηριστικά, οι μέθοδοι δοκιμής και οι μέθοδοι βεβαίωσης της συμβατότητας καθορίζονται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις για τον προεντεταμένο χάλυβα.

- (4) P Κάθε προϊόν θα πρέπει να είναι μονοσήμαντα διακριτό ως προς την κατηγορία όπου ανήκει βάσει της II-3.2.2.

- (5) P Η αντοχή σε εφελκυσμό ( $f_p$ ), το όριο μήκυνσης 0,1% ( $f_{p0,1}$ ) και η μήκυνση υπο μέγιστο φορτίο ( $\epsilon_u$ ) καθορίζονται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

- (6) Για τους χάλυβες που εναρμονίζονται με τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις, η αντοχή σε εφελκυσμό, το όριο μήκυνσης (0,1%) και οι ανάλογες μηκύνσεις ορίζονται ως χαρακτηριστικές τιμές· οι τιμές αυτές συμβολίζονται με  $f_{pk}$ ,  $f_{p0,1k}$  και  $\epsilon_{uk}$  αντίστοιχα.

### 3.3.2 Κατηγοριοποίηση και γεωμετρία

- (1) P Τα προϊόντα (σύρματα, συρματόσχοινα και ράβδοι) κατηγοριοποιούνται ανάλογα με:

- (I) είδος το οποίο προσδιορίζει την αντοχή στο όριο μήκυνσης 0,1% ( $f_{p0,1k}$ ) και την εφελκυστική αντοχή ( $f_{pk}$ ) σε  $N/mm^2$ ,
- (II) κατηγορία για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς χαλάρωσης,
- (III) τις διαστάσεις,
- (IV) χαρακτηριστικά επιφανείας

- (2) P Κάθε παρτίδα θα πρέπει να συνοδεύεται από πιστοποιητικό που να περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον μονοσήμαντο καθορισμό των χαρακτηριστικών σύμφωνα με την παρ. (1) P (I έως IV) και, αν είναι απαραίτητο, πρόσθετα στοιχεία.

### 3.3.3

#### Φυσικές ιδιότητες

(1)

Μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες μέσες τιμές:

- πυκνότητα:  $7850 \text{ kg/m}^3$ ,
- συντελεστής θερμικής διαστολής:  $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

### 3.3.4

#### Μηχανικές ιδιότητες

##### 3.3.4.1

#### Αντοχή

(1)

Το όριο μήκυνσης  $0,1\%$   $f_{p0,1k}$  και η αντοχή σε εφελκυσμό  $f_{pk}$  ορίζονται ως χαρακτηριστικές τιμές. Προκύπτουν από το δοκιμαστικό φορτίο στο όριο μήκυνσης  $0,1\%$  ή αντίστοιχα από το μέγιστο φορτίο σε αξονικό εφελκυσμό, διαιρούμενο με την ονομαστική διατομή (βλέπε σχ. 3.3).

(2) P

Η αναλογία πραγματικού και απαιτούμενου μέγιστου φορτίου δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή που δίνεται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

##### 3.3.4.2

#### Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων

(1) P

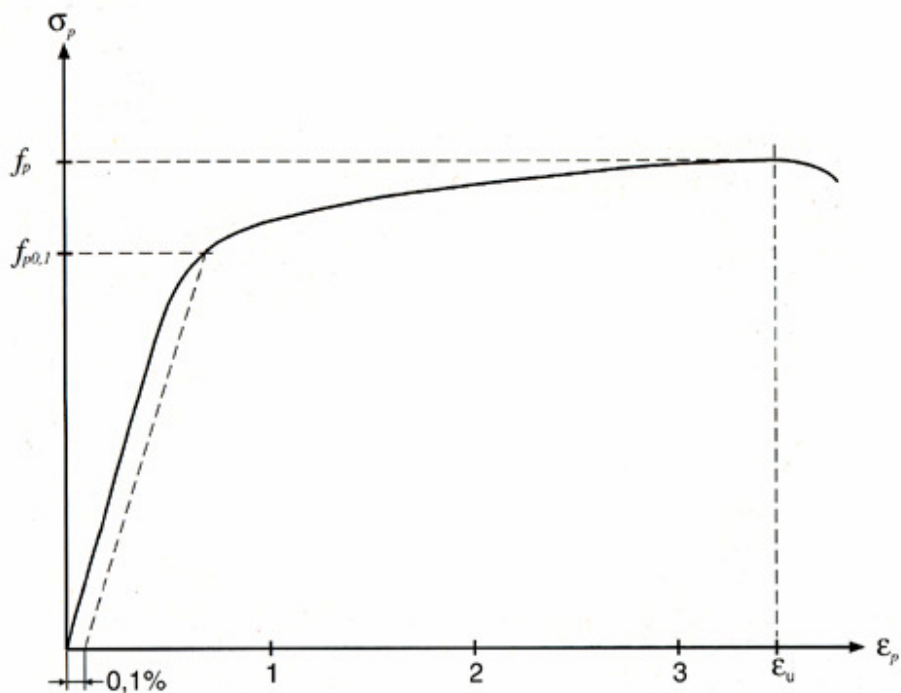
Ο κατασκευαστής θα πρέπει για τα προϊόντα να παραθέτει διάγραμμα τάσεων –μηκύνσεων βάσει των δεδομένων κατασκευής το οποίο θα επισυνάπτει στο πιστοποιητικό παράδοσης (βλέπε Π-3.3.2 (2) P).

##### 3.3.4.3

#### Χαρακτηριστικά ολκιμότητας

(1) P

Τα προϊόντα πρέπει να παρουσιάζουν την ανάλογη ικανότητα μήκυνσης. Η ικανότητα μήκυνσης μπορεί να θεωρηθεί επαρκής όταν τα προϊόντα επιτυγχάνουν την ανάλογη μήκυνση ( $\epsilon_{uk}$ ) που προδιαγράφεται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις (βλέπε Σχ. 3.3).



Σχ. 3.3: Τυπικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων για χάλυβα προέντασης

(2) P

Τα προϊόντα θα πρέπει να επιδεικνύουν επαρκή ολκιμότητα κατά την κάμψη.

(3) Η ολκιμότητα κατά την κάμψη μπορεί να θεωρηθεί επαρκής όταν τα προϊόντα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των γενικών τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων.

#### **3.3.4.4 Μέτρο ελαστικότητας**

(1) P Η τιμή του μέτρου ελαστικότητας θα λαμβάνεται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

#### **3.3.4.5 Κόπωση**

(1) P Τα προϊόντα θα πρέπει να επιδεικνύουν την ανάλογη αντοχή σε κόπωση (βλέπε γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις).

#### **3.4 Τένοντες προέντασης**

(1) P Μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο εκείνες οι μέθοδοι τάνυσης που έχουν λάβει γενική τεχνική έγκριση. Θα πρέπει να τηρούνται οι ρυθμίσεις και οι οριακές τιμές που ορίζει η εκάστοτε έγκριση.



## **4 Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων**

### **4.1 Απαιτήσεις έναντι ανθεκτικότητας (επιτελεστικότητα )**

#### **4.1.1 Γενικά**

- (1) P Η απαίτηση για επιτελεστικότητα της φέρουσας κατασκευής ικανοποιείται όταν αυτή κατά την προβλεπόμενη διάρκεια χρήσης εκτελεί τη λειτουργία της σε ό,τι αφορά τη φέρουσα ικανότητα και τη λειτουργικότητα χωρίς σημαντική απώλεια των ιδιοτήτων χρήσης και με λογικό κόστος διατήρησης της καλής της κατάστασης.
- (102) P Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης επιτελεστικότητας θα πρέπει να καθορίζεται η προβλεπόμενη χρήση μιας φέρουσας κατασκευής καθώς και οι δράσεις που έχουν ληφθεί υπόψη.
- (3) P Η αντοχή μπορεί να επηρεαστεί τόσο από άμεσες όσο και από έμμεσες δράσεις που προκύπτουν από τη συμπεριφορά του φέρουσας κατασκευής (π.χ. παραμορφώσεις, ρωγμές, απορρόφηση νερού κτλ.). Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή επιρροή τόσο των αμέσων όσο και των έμμεσων καταπονήσεων.
- (4) Οι γενικοί όροι του παρόντος κανονισμού εξασφαλίζουν μία επαρκή διάρκεια χρήσης των κατασκευών. Ωστόσο, η απαιτούμενη χρήση καθώς και η διάρκεια αυτής θα πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη σε όσο το δυνατό πιο πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού. Τυχόν αλλαγές στα προτεινόμενα μέτρα μπορεί σε ορισμένες συνθήκες να κριθούν απαραίτητες, π.χ. για ειδικές κατασκευές με μικρή ή μεγάλη διάρκεια χρήσης ή για κατασκευές που εκτίθενται σε ακραίες ή τυχηματικές δράσεις (είτε άμεση καταπόνηση είτε καταναγκαστική καταπόνηση, βλέπε παρ. (3) P).

#### **4.1.2 Δράσεις**

##### **4.1.2.1 Γενικά**

- (1) P Οι δράσεις θα πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με τους ορισμούς της II-2.2.2. και βάσει των τιμών που δίνονται στον κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα» ή στον κανονισμό DIN F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες». Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί προκειμένου να ικανοποιηθούν ειδικές απαιτήσεις σχετικά με την αντοχή να κριθεί απαραίτητη κάποια αλλαγή σε αυτές τις τιμές.
- (2) P Σε γέφυρες με εξωτερικούς τένοντες σύμφωνα με το κεφάλαιο III θα πρέπει οι έλεγχοι για το συνυπολογισμό μίας αλλαγής τενόντων να εκτελούνται συμπληρωματικά λαμβάνοντας υπόψη την αφαίρεση ενός τένοντα ανά κορμό (κιβωτίου). Οι δράσεις της οδικής κυκλοφορίας θα πρέπει σε αυτή την παροδική κατάσταση σχεδιασμού να λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με τον κανονισμό DIN F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» IV-4.10.4 (4) P , με την ομάδα φορτίων *gr6*, εφόσον δεν έχει οριστεί κάτι το διαφορετικό από πλευράς του Κ.τ.Ε.

#### 4.1.2.2 Περιβαλλοντικές συνθήκες

- (1) P Περιβάλλον, υπό την έννοια της παρούσης διάταξης, είναι οι χημικές και φυσικές δράσεις στις οποίες εκτίθενται συνολικά η φέρουσα κατασκευή, τα επιμέρους δομικά στοιχεία της και το ίδιο το σκυρόδεμα, και οι οποίες επιφέρουν καταπονήσεις που δεν λαμβάνονται υπόψη στις παραδοχές για τα φορτία κατά το σχεδιασμό του φέρουσας κατασκευής.
- (3) P Επιπλέον μπορεί να κριθεί απαραίτητο να εξεταστούν μεμονωμένα ορισμένες διαβρωτικές ή καταναγκαστικές δράσεις (βλέπε II-4.1.2.3 έως II-4.1.2.5).

#### 4.1.2.3 Χημική διάβρωση

- (1) P Κατά το σχεδιασμό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η καταπόνηση που προκαλεί η χημική διάβρωση.
- (2) P Η καταπόνηση εξαιτίας της χημικής διάβρωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο για το σκυρόδεμα και τον οπλισμό όσο και για ενσωματωμένα μεταλλικά δομικά στοιχεία.
- (3) Η χημική διάβρωση μπορεί να προκαλείται από:
- τη χρήση μίας κατασκευής,
  - τις διαβρωτικές συνθήκες του περιβάλλοντος (κανονισμός DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»),
  - την επαφή με αέρια ή διαλύματα πολλών χημικών ουσιών, κυρίως όμως από διαλύματα οξέων ή θεικών αλάτων (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»),
  - χλωρίδια που περιέχονται στο σκυρόδεμα (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»),
  - αντιδράσεις μεταξύ των συστατικών του σκυροδέματος (π.χ. αλκαλική αντίδραση των αδρανών, βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα» και αντίστοιχα εθνικά πρότυπα και οδηγίες\*).
- \*) βλέπε π.χ. την οδηγία της Γερμανικής Επιτροπής για Κατασκευές από Σκυρόδεμα – αλκαλικές αντιδράσεις στο σκυρόδεμα ή σκυρόδεμα με ανακυκλώσιμα αδρανή.
- (4) Στις περισσότερες κατασκευές μπορούν να αποφευχθούν οι αρνητικές χημικές αντιδράσεις με τη διατήρηση των κατάλληλων ιδιοτήτων των δομικών υλικών, π.χ. των προδιαγραφών του κανονισμού DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα», προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα στεγανό, αδιαπέραστο σκυρόδεμα με κατάλληλες πρώτες ύλες και ιδιότητες. Επιπλέον, απαιτείται κατάλληλη επικάλυψη σκυροδέματος για προστασία του οπλισμού (βλέπε II-4.1.3.3).

#### 4.1.2.4 Φυσική διάβρωση

- (1) P Η δράση της φυσικής διάβρωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό.
- (2) Η φυσική διάβρωση μπορεί να προκληθεί από :
- τη φθορά (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»)
  - την αλληλεπίδραση παγετού-δρόσου (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»).
  - τη διείσδυση νερού (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»).

- (3) Στις περισσότερες κατασκευές η φυσική διάβρωση μπορεί να καταπολεμηθεί με επιλογή κατάλληλων δομικών υλικών, π.χ. σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κανονισμού DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα» σε συνδυασμό με κατάλληλο περιορισμό της ρηγμάτωσης στον καθοριστικό συνδυασμό φορτίων (βλέπε Π-4.4.0.3 και Π-4.4.2).

#### **4.1.2.5 Έμμεση δράση**

- (1) P Οι παραμορφώσεις της συνολικής κατασκευής, των επιμέρους φερόντων στοιχείων ή των μη φερόντων δομικών στοιχείων (π.χ. εξαιτίας φορτίων, θερμοκρασίας, ερπυσμού, συστολής, υποχωρήσεων των υποστρωμάτων κτλ.) μπορεί να επιφέρουν δράσεις καταναγκασμού οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό.
- (2) Στις περισσότερες κατασκευές η επιρροή των δράσεων καταναγκασμού μπορεί να ελεγχθεί τηρώντας γενικές απαιτήσεις οι οποίες διασφαλίζουν την αντοχή, τον περιορισμό της ρηγμάτωσης και των παραμορφώσεων καθώς και την κατασκευαστική διαμόρφωση. Περαιτέρω εξετάσεις μπορεί να κριθούν απαραίτητες για τις ακόλουθες περιπτώσεις:
- τον περιορισμό των παραμορφώσεων και της ρηγμάτωσης από χρονικά εξαρτώμενες επιρροές (π.χ. κινήσεις του νέου σκυροδέματος, ερπυσμός, συστολή κτλ.), βλέπε Π-3.1.5.5,
  - την ελαχιστοποίηση του καταναγκασμού από παρεμπόδιση των παραμορφώσεων

### **4.1.3 Διαστασιολόγηση**

#### **4.1.3.1 Γενικά**

- (1) P Κατά την διαστασιολόγηση θα πρέπει οι επιδράσεις της Π-4.1.2 και η πιθανή σημασία τους σε ό,τι αφορά στις απαιτήσεις της αντοχής σύμφωνα με την Π-4.1.1 να λαμβάνονται υπόψη σε πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού.
- (2) Για τις περισσότερες κατασκευές θα πρέπει να γίνεται αναφορά στα κριτήρια σχεδιασμού της Π-4.1.3.3, τις απαιτήσεις για την επικάλυψη σκυροδέματος της Π-4.1.3.3 και τους γενικούς κανόνες για τα δομικά υλικά και την κατασκευαστική διαμόρφωση της Π-4.1.4 και Π-4.1.5.
- (3) Προκειμένου κατά την διαστασιολόγηση και την κατασκευαστική διαμόρφωση να διασφαλιστούν οι απαιτούμενες ιδιότητες χρήσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες επιρροές:
- η επιλογή μίας γεωμετρίας φέρουσας κατασκευής που να ελαχιστοποιεί την πρόσληψη νερού ή τη δράση της υγρασίας,
  - το μέγεθος, το σχήμα και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των εκτιθέμενων σε κινδύνους δομικών στοιχείων ή κατασκευών θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να επιτυγχάνεται καλή αποστράγγιση και να αποφεύγεται η συγκέντρωση ή η εκροή νερού στις επιφάνειες του σκυροδέματος. Θα πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των σημείων στα οποία μπορούν να συγκεντρωθούν νερά ή τα οποία διευκολύνουν την περαιτέρω διείσδυσή τους. Όταν αναμένεται δημιουργία διαχωριστικών ρωγμών που επιτρέπουν την διείσδυση νερού με περιεκτικότητα σε χλωρίδια μπορεί να απαιτηθεί η λήψη επιπρόσθετων προστατευτικών μέτρων (κατασκευή στεγάνωσης, γαλβανισμένες ράβδοι οπλισμού, επίστρωση κτλ).

- Προσοχή στις διάφορες πτυχές μίας καταπόνησης καταναγκασμού κατά το σχεδιασμό και την κατασκευαστική διαμόρφωση (βλέπε Π-4.1.2.5),
- Για τα περισσότερα μέρη των κατασκευών η ικανότητα αντίστασης του οπλισμού στη διάβρωση είναι εγγυημένη όταν υπάρχει κατάλληλη επικάλυψη με μικρή διαπερατότητα και καλή ποιότητα σκυροδέματος (βλέπε Π-4.1.3.3 και κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»). Για τις πιο δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα») μπορεί να κριθούν απαραίτητα διάφορα προστατευτικά μέτρα της επιφάνειας του σκυροδέματος ή του οπλισμού.

#### **4.1.3.2 Κριτήρια διαστασιολόγησης**

- (1) P Για την κατασκευή ανθεκτικού σκυροδέματος θα πρέπει να τηρούνται οι απαιτήσεις της Π-3 έως Π-5 καθώς και αυτές του κανονισμού DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα». Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες, τα δομικά υλικά και οι πρακτικές εργασίας.
- (2) P Για το οπλισμένο σκυρόδεμα θα πρέπει να διασφαλίζεται η προστασία του οπλισμού από τη διάβρωση με την ικανοποίηση των προϋποθέσεων που περιέχονται στις ακόλουθες ενότητες:
- 4.1 Απαιτήσεις για την αντοχή
  - 4.1.3.3 Επικάλυψη σκυροδέματος
  - 4.4.1 Περιορισμός των τάσεων
  - 4.4.2 Περιορισμός του πλάτους ρηγμάτωσης και έλεγχος αποσυμπίεσης
  - 4.4.3 Περιορισμός της παραμόρφωσης
  - 5 Κατασκευαστική διαμόρφωση
- (3) P Για το προεντεταμένο σκυρόδεμα θα πρέπει όχι μόνο να πληρούνται οι απαιτήσεις των παρ. (1) P και (2) P αλλά και να προστατεύεται ο χάλυβας προέντασης από διαβρωτικές δράσεις.

#### **4.1.3.3 Επικάλυψη σκυροδέματος**

- (1) P Ως επικάλυψη σκυροδέματος ορίζεται η απόσταση ανάμεσα στην εξωτερική επιφάνεια του οπλισμού (συμπεριλαμβανομένων των συνδετήρων) και την επιφάνεια του παρακειμένου σκυροδέματος .
- (2) P Η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος πρέπει να υπάρχει προκειμένου να διασφαλιστεί:
- η σίγουρη μεταβίβαση των δυνάμεων συνάφειας (βλέπε Π-5.2.2),
  - η προστασία του χάλυβα από τη διάβρωση (βλέπε παρ. (3) P και κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα»),
  - η αποτροπή αποφλοιώσης του σκυροδέματος,
  - η κατάλληλη πυροπροστασία.
- (3) P Η προστασία του οπλισμού από τη διάβρωση εξαρτάται από την μόνιμη ύπαρξη αλκαλικού περιβάλλοντος το οποίο επιτυγχάνεται με μία καταλλήλου πάχους επικάλυψη με επαρκές σκυρόδεμα υψηλής ποιότητας και στεγανότητας το οποίο έχει υποστεί πρόσθετη επεξεργασία. Η απαιτούμενη επικάλυψη σκυροδέματος εξαρτάται τόσο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και από την ποιότητα του σκυροδέματος.

- (4) P Καταρχήν θα πρέπει να καθορίζεται η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος που απαιτείται σύμφωνα με την παρ. (3) P. Αυτή στη συνέχεια θα πρέπει να προσαυξάνεται κατά το μέτρο ( $\Delta c$ ) για τυχόν αποκλίσεις ανάλογα με το μέγεθος και το είδος του δομικού στοιχείου, το είδος της κατασκευής, την εκτέλεση της κατασκευής, την επίβλεψη της ποιότητάς της καθώς και το είδος της κατασκευαστικής διαμόρφωσης. Το άθροισμα της ελάχιστης επικάλυψης και του μέτρου  $\Delta c$  αποτελεί την ονομαστική τιμή της επικάλυψης σκυροδέματος η οποία και θα πρέπει να αναγράφεται στα σχέδια του οπλισμού.
- (5)\*) Για την ασφαλή μεταβίβαση των δυνάμεων συνάφειας και την κατάλληλη συμπίκνωση του σκυροδέματος θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η επικάλυψη σκυροδέματος των καθοριστικών ράβδων οπλισμού ή των τενόντων δεν είναι μικρότερη από:
- $d$  ή  $d_{sv}$ ,
  - ή  $(d + 5 \text{ mm})$  ή  $(d_{sv} + 5 \text{ mm})$ , όταν  $d_g > 32 \text{ mm}$ .

Όπου

$d$	Διάμετρος της ράβδου οπλισμού σκυροδέματος, του τένοντα ή του σωλήνα του τένοντα (προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος)
$d_{sv}$	Ισοδύναμη διάμετρος μίας δεσμής ράβδων
$d_g$	Ονομαστική τιμή διαμέτρου μεγίστου κόκκου αδρανών του σκυροδέματος

Θα πρέπει ακόμα να γίνει αναφορά στον κανονισμό DIN- F/b 100 «Σκυρόδεμα».

\*) Η χρήση των δεσμών ράβδων μπορεί να γίνει μόνο με την έγκριση του Κυρίου του Έργου.

- (6) Για την ελάχιστη επικάλυψη του οπλισμού και των συνδετήρων με σκυρόδεμα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι καθοριστικές κατηγορίες έκθεσης σύμφωνα με τον κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα» και τον πίνακα 4.101.
- (7) Όταν χρησιμοποιείται επιδερμικός οπλισμός (βλέπε II-5.4.1.2) θα πρέπει η επικάλυψη σκυροδέματος να καθορίζεται είτε σύμφωνα με την παρ. (6) είτε να λαμβάνονται ειδικά προστατευτικά μέτρα (π.χ. επίστρωση).
- (9) Για σκυρόδεμα διαστρωνόμενο επι μη επιπέδων επιφανειών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη προσαυξημένο μέτρο ( $\Delta c$ ). Θα πρέπει για παράδειγμα η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος σε σκυρόδεμα που διαστρώνεται απευθείας πάνω στο έδαφος να είναι  $\min c \geq 75 \text{ mm}$ . Για σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε προπαρασκευασμένο υπόβαθρο (συμπεριλαμβανομένου του σκυροδέματος καθαριότητας) θα πρέπει η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος να είναι  $\min c \geq 40 \text{ mm}$ . Οι αρχιτεκτονικά διαμορφωμένες επιφάνειες απαιτούν αυξημένη επικάλυψη σκυροδέματος.
- (11) Στα δομικά στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα με άμεση σύνδεση θα πρέπει η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος να μην είναι μικρότερη από  $2 d$ , όπου  $d$  η ονομαστική διάμετρος του τένοντα. Κατά τη χρήση συρμάτων με νευρώσεις η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος θα πρέπει να είναι  $\min c \geq 3 d$ .
- (12) Στα δομικά στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα με προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος αναφέρεται στην εξωτερική διάμετρο του σωλήνα του τένοντα. Η επικάλυψη σκυροδέματος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη διάμετρο του σωλήνα. Για ορθογωνικής διατομής σωλήνες η επικάλυψη σκυροδέματος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη μικρότερη πλευρά ή το μισό της μεγαλύτερης πλευράς της διατομής του σωλήνα.

- (113) P Η ελάχιστη επικάλυψη με σκυρόδεμα του σωλήνα τένοντα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 50 mm. Στα προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος με τένοντες με άμεση συνάφεια και σκυρόδεμα κατηγορίας αντοχής C 40/50 και άνω (βλέπε κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα») η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 40 mm. Όταν οι τένοντες βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της πλάκας καταστρώματος ή της πλάκας κάλυψης σε γέφυρες πεζών, θα πρέπει η ελάχιστη επικάλυψη με σκυρόδεμα του σωλήνα του τένοντα, στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος, η του τένοντα, στην περίπτωση προέντασης με άμεση συνάφεια να είναι :
- για διαμήκεις τένοντες  $\geq 100$  mm,
  - για εγκάρσιους τένοντες  $\geq 80$  mm.

- (114) P Για την ελάχιστη και την ονομαστική τιμή επικάλυψης του χάλυβα σκυροδέματος ισχύει ο πίνακας 4.101.

**Πίνακας 4.101: Επικάλυψη του χάλυβα σκυροδέματος**

<b>Δομικό στοιχείο</b>	<b>min c σε mm</b>	<b>nom c σε mm</b>
Ανωδομή	40	45
Πεζοδρόμια και συναφείς διαμορφώσεις, Σε οδικές γέφυρες - σε επιφάνειες που δεν εφάπτονται με το σκυρόδεμα	40	45
- σε επιφάνειες που εφάπτονται με το σκυρόδεμα	20	25
Σε σιδηροδρομικές γέφυρες - σε επιφάνειες που δεν εφάπτονται με το σκυρόδεμα	30	35
- σε επιφάνειες που εφάπτονται με το σκυρόδεμα	20	25
Υποδομή - σε επιφάνειες που δεν εφάπτονται με το έδαφος	40	45
- σε επιφάνειες που εφάπτονται με το έδαφος	50	55

Όταν η επιφάνεια του σκυροδέματος εκτίθεται σε έντονα -διαβρωτικές δράσεις από το θαλασσινό νερό ή χημικές επιρροές, τότε η ελάχιστη τιμή επικάλυψης σκυροδέματος δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 50 mm.

- (115) Σε χημικά έντονα διαβρωτικό περιβάλλον (βλέπε κανονισμό DIN-F/b 100 «Σκυρόδεμα») θα πρέπει να προβλέπονται πρόσθετα προστατευτικά μέτρα προκειμένου να αναχαιτιστεί η απευθείας επαφή με χημικώς διαβρωτικές ουσίες.

#### **4.1.4 Δομικά υλικά**

- (1) P Τα δομικά υλικά θα πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των ισχυουσών οδηγιών επίβλεψης της κατασκευής. Η επιλογή των δομικών υλικών θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες συμπεριλαμβανομένων των εκάστοτε χημικά διαβρωτικών δράσεων. Σε αυτό θα πρέπει να δίνεται προσοχή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες όπως π.χ. το σχεδιασμό, την κατασκευαστική διαμόρφωση, την εκτέλεση της κατασκευής και τα προβλεπόμενα μέτρα συντήρησης προκειμένου να διασφαλιστούν οι απαιτούμενες ιδιότητες χρήσης της φέρουσας κατασκευής κατά τη διάρκεια χρήσης του.
- (2) Για το σκυρόδεμα θα πρέπει οι απαιτήσεις να συμφωνούν κατά βάση με τον κανονισμό DIN F/b 100 «Σκυρόδεμα». Αυτές οι απαιτήσεις αναφέρονται στις πρώτες ύλες και τη σύνθεση του σκυροδέματος καθώς και στις μεθόδους για την ανάμιξη, τη μεταφορά, τη συμπύκνωση και την πρόσθετη επεξεργασία του σκυροδέματος στο δομικό στοιχείο.
- (3) Για το χάλυβα σκυροδέματος ισχύει η II-3.2.
- (4) Για τον προεντεταμένο χάλυβα ισχύει η II-3.3.  
Για τις αγκυρώσεις των τενόντων ισχύει η II-3.4 ή αντίστοιχα οι γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (5) P Κάθε στοιχείο αγκύρωσης ή σύζευξης που δεν είναι πλήρως ενσωματωμένο στο σκυρόδεμα θα πρέπει να προστατεύεται από τη διάβρωση με τη λήψη ειδικών μέτρων.
- (6) Άλλα δομικά στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν οι επιδράσεις τους λαμβάνονται πλήρως υπόψη κατά το σχεδιασμό της φέρουσας κατασκευής και υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία για τη χρήση και την ποιότητά τους.

#### **4.1.5 Κατασκευή**

- (1) P Η κατασκευή στο εργοτάξιο πρέπει να διασφαλίζει ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή του φορέα. Η επιλογή των δομικών υλικών και οι μέθοδοι που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά την παρασκευή, μεταφορά, διάστρωση και την πρόσθετη επεξεργασία του σκυροδέματος θα πρέπει να διασφαλίζει ότι υπάρχει επαρκής αντίσταση τόσο του σκυροδέματος όσο και του χάλυβα στα χημικώς διαβρωτικά υλικά.
- (2) P Κατά την κατασκευή θα πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την επίβλεψη της ποιότητας έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες ιδιότητες των δομικών υλικών και η απαιτούμενη ποιότητα της κατασκευής.
- (3) Οι απαιτήσεις για την κατασκευή περιλαμβάνονται στον κανονισμό DIN 100 F/b «Σκυρόδεμα».

## **4.2 Τιμές σχεδιασμού**

### **4.2.1 Σκυρόδεμα**

#### **4.2.1.1 Γενικά**

- (1) P Οι τιμές των ιδιοτήτων των δομικών υλικών αποτελούν είτε αντιπροσωπευτικές τιμές ανάλογα με τις καθοριστικές κατηγορίες αντοχής του σκυροδέματος είτε εξιδανικεύσεις προσαρμοσμένες στους σκοπούς της διαστασιολόγησης .  
Εφόσον δεν αναφέρεται κάτι το διαφορετικό, θα πρέπει οι τιμές της αντοχής να δίνονται με τις χαρακτηριστικές τιμές τους (βλέπε II-3.1.4).
- (2) P Οι τιμές σχεδιασμού για το σκυρόδεμα θα πρέπει να συνάγονται από ιδιότητες που μετρήθηκαν με δοκιμές ή που είναι ήδη γνωστές. Οι ιδιότητες αυτές θα πρέπει να καθορίζονται με τη χρήση πρότυπων μεθόδων δοκιμής.
- (3) P Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να γίνεται βάσει προδιαγεγραμμένης κατηγορίας αντοχής σκυροδέματος (βλέπε II-3.1.4).
- (4) P Θα πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα εφαρμογής των εξιδανικεύσεων και των παραδοχών σχεδιασμού για το σκυρόδεμα κανονικού βάρους με κατηγορίες αντοχής μικρότερες από C 12/15 ή μεγαλύτερες από C 50/60.
- (5) Όταν δεν υπάρχουν ακριβέστερα δεδομένα ή εάν δεν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, μπορούν οι κανόνες που δίνονται στις ακόλουθες ενότητες να χρησιμοποιούνται ως γενικά ισχύουσες προσεγγίσεις.

#### **4.2.1.2 Φυσικές ιδιότητες**

##### **(a) Σχετική πυκνότητα**

Η σχετική πυκνότητα του σκυροδέματος κανονικού βάρους μπορεί να θεωρηθεί ως:

$\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$  για άοπλο σκυρόδεμα,

$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$  για οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα με το συνήθη βαθμό οπλισμού.

##### **(b) Λόγος Poisson :**

Ισχύει η II-3.1.5.3.

##### **(c) Συντελεστής θερμικής διαστολής**

Ισχύει η II-3.1.5.4.

#### **4.2.1.3 Μηχανικές ιδιότητες**

##### **4.2.1.3.1 Αντοχή**

- (1) P Οι χαρακτηριστικές τιμές των προδιαγεγραμμένων κατηγοριών αντοχής σκυροδέματος αναγράφονται στον πίνακα 3.1 (βλέπε II-3.1.4).

- (2) Για κάθε κατηγορία αντοχής σκυροδέματος μπορεί να διακρίνει κανείς τρεις τιμές για την εφελκυστική αντοχή (βλέπε II-3.1.3 (4)). Οι τιμές αυτές θα πρέπει να εφαρμόζονται ανάλογα με το είδος του εκάστοτε προβλήματος.

##### **4.2.1.3.2 Μέτρο ελαστικότητας**

- (1) Ισχύει η II-3.1.5.2.



#### 4.2.1.3.3 Διαγράμματα τάσεων -παραμορφώσεων

- (1) Το πραγματικό διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων του σκυροδέματος που προκύπτει από πειράματα μπορεί να αντικατασταθεί από ιδεατό διάγραμμα σύμφωνα με την Π-3.1.5.1.
- (2) Παρακάτω μπορεί να διακρίνει κανείς μεταξύ διαγραμμάτων τάσεων -παραμορφώσεων για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών (βλέπε παρ. (3)\* έως (8)\*) ή αντίστοιχα για την διαστασιολόγηση των διατομών (βλέπε παρ. (9) έως (12)\*).

a) Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων για μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού εντατικών μεγεθών και για υπολογισμούς παραμορφώσεων

- (3)\*P Για μη γραμμικές μεθόδους<sup>\*)</sup> καθορισμού εντατικών μεγεθών σε θλιβόμενα στοιχεία και για υπολογισμούς παραμορφώσεων θα πρέπει να χρησιμοποιείται το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων σύμφωνα σύμφωνα με το Σχ. 4.1. Το διάγραμμα τάσεων –παραμορφώσεων για βραχυχρόνιες καταπονήσεις και για μονοαξονικές εντατικές καταστάσεις περιγράφεται με την εξίσωση (4.2):

$$\frac{\sigma_c}{f_c} = - \left( \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \right) \quad (4.2)$$

Όπου:

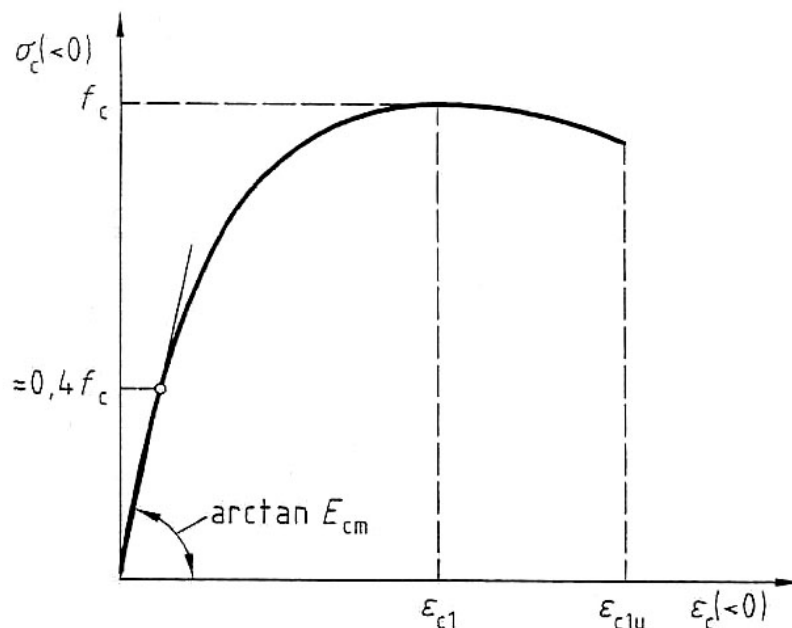
$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{cl}$$
$$k = 1,1 E_{cm} \cdot \varepsilon_{cl} / f_c$$

Όπου:

$\varepsilon_{cl}$	Παραμόρφωση κατά την επίτευξη των ανώτατων τιμών της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος σύμφωνα με τον πίνακα 4.3.
$E_{cm}$	Μέτρο ελαστικότητας για το σκυρόδεμα σύμφωνα με τον πίνακα 3.2
$f_c$	Η ανώτατη τιμή της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος, σε μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών μπορεί για $f_c$ να θεωρηθεί η υπολογιστική τιμή $f_{cR}$ σύμφωνα με την ενότητα Π-παράρτημα 2, ενώ σε υπολογισμούς παραμορφώσεων η τιμή $f_{cm}$ .

Η εξίσωση (4.2) ισχύει για  $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{clu}$ , όπου  $\varepsilon_{clu}$  η παραμόρφωση θραύσης σύμφωνα με τον πίνακα 4.3.

<sup>\*)</sup> Βλέπε περιορισμό της εφαρμογής μη γραμμικών μεθόδων στην γεφυροποιία στις εκάστοτε ενότητες.



**Σχ. 4.1: Διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων για τον καθορισμό εντατικών μεγεθών με μη γραμμικές μεθόδους και για υπολογισμούς παραμορφώσεων**

(6)\* Για τις ορθογωνικές ζώνες θλίψης δίνονται για τις εκάστοτε κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος οι τιμές παραμόρφωσης σε θραύση  $\epsilon_{c1u}$  στον πίνακα 4.3

**Πίνακας 4.3: Ονομαστικές τιμές για  $\epsilon_{c1u}$  και  $f_{cm}$  (ισχύει για ορθογωνικές διατομές)**

Κατηγορία αντοχής	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{cm}$ σε $N/mm^2$	20	24	28	33	38	43	48	53	58
$\epsilon_{c1} \cdot 10^{-3}$	- 1,8	- 1,9	- 2,1	- 2,2	- 2,3	- 2,4	- 2,5	- 2,55	- 2,6
$\epsilon_{c1u} \cdot 10^{-3}$	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5	- 3,5

Στον πίνακα 4.3 θεωρήθηκε ότι  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  (σε  $N/mm^2$ )

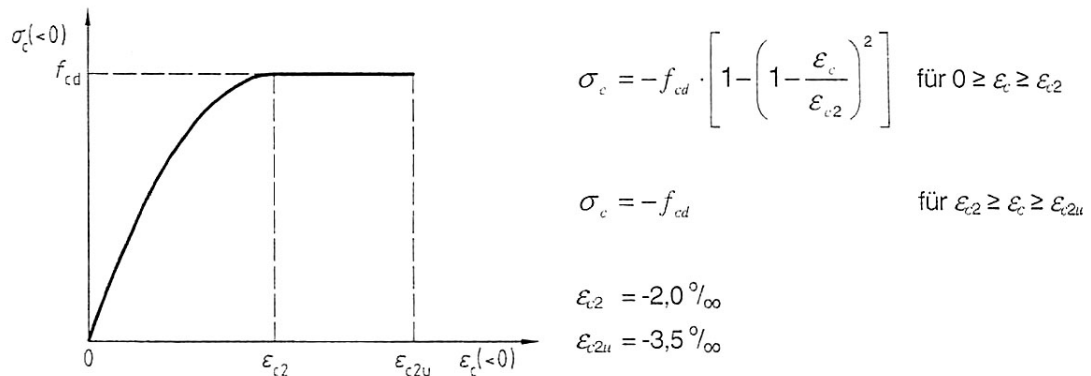
(4.3)

(8)\* Άλλα ιδεατά διαγράμματα τάσεων -παραμορφώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν είναι ισότιμα με ό,τι περιγράφεται στον κανόνα εφαρμογής (3)\*.

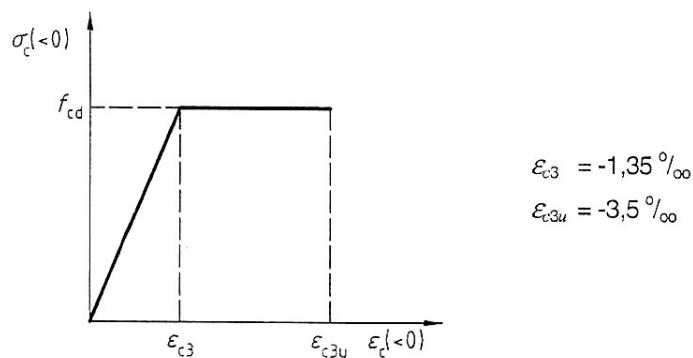
b) Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων για την διαστασιολόγηση διατομής

(9) Η προτιμώμενη εξιδανίκευση για την διαστασιολόγηση διατομής είναι το παραβολικό -ορθογωνικό διάγραμμα του Σχ. 4.2. Σε αυτό το διάγραμμα ισχύει ότι  $\max \epsilon_{c2u} = -3,5\%$ . Οι θλιπτικές τάσεις και οι παραμορφώσεις είναι αρνητικές.

(10) Άλλες ιδεατά διαγράμματα τάσεων -παραμορφώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν είναι ισότιμα με το παραβολικό ορθογωνικό διάγραμμα σε συνδυασμό με την μορφή της θλιβόμενης ζώνης της διατομής (π.χ. το διγραμμικό διάγραμμα του Σχ. 4.3).



**Σχ. 4.2:** Παραβολικό-ορθογωνικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων σκυροδέματος για διαστασιολόγηση της διατομής



**Σχ. 4.3:** Διαγραμμικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος για διαστασιολόγηση της διατομής

(11) Η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος ορίζεται ως:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (4.4)$$

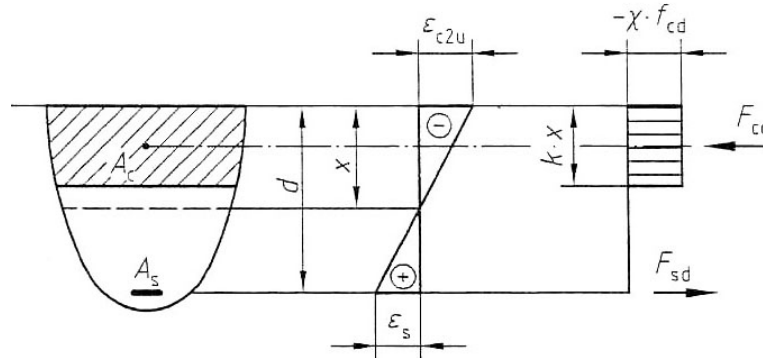
Το διάγραμμα διαστασιολόγησης προκύπτει από το επιλεχθέν ιδεατό διάγραμμα με πολλαπλασιασμό των τεταγμένων του εξιδανικευμένου διαγράμματος με το συντελεστή  $\alpha / \gamma_c$ .

Όπου:

$\gamma_c$  Επιμέρους συντελεστής ασφάλειας για το σκυρόδεμα (βλ. II-2.3.3.2, πίνακας 2.3)  
 $\alpha$  Συντελεστής μείωσης για το συνυπολογισμό των μακροχρόνιων δράσεων στη θλιπτική αντοχή καθώς και άλλων δυσμενών δράσεων που οφείλονται στον τρόπο εισαγωγής φορτίου

Ο πρόσθετος συντελεστής  $\alpha$  μπορεί για τη θλίψη να ληφθεί ίσος με 0,85.

- (12)\* Όταν ο ουδέτερος άξονας τέμνει την διατομή, τότε μπορεί υπό τις δεδομένες προϋποθέσεις να ληφθεί υπόψη η κατανομή των θλιπτικών τάσεων σκυροδέματος σύμφωνα με το Σχ. 4.4.



Όπου:

$$\chi \approx 0,95 \quad \text{για } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

$$k = 0,80 \quad \text{για } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

*Παρατήρηση: Εφόσον το πλάτος της διατομής προς το θλιβόμενο άκρο μειώνεται, θα πρέπει η τιμή  $f_{cd}$  να μειώνεται επιπρόσθετα με το συντελεστή 0,9*

**Σχ. 4.4: Κατανομή τάσεων του σκυροδέματος για την διαστασιολόγηση της διατομής**

#### 4.2.1.4 Χρονικά εξαρτώμενη συμπεριφορά

- (1) Οι τιμές των Σχ. 3.118 έως 3.121 αποτελούν μέσες τιμές που ισχύουν στα όρια των θερμοκρασιών της Π-3.1.5.5. (5)\* και μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν τους τελικούς συντελεστές ερπυσμού και ξήρανσης σκυροδέματος κανονικού βάρους, εφόσον οι θλιπτικές τάσεις δεν υπερβαίνουν την τιμή  $\sigma_c = 0,45 f_{ck}$ .
- (2) Σε ακριβέστερους υπολογισμούς, περιλαμβανωμένης της απώλειας δύναμης τάνυσης, μπορούν, εφόσον είναι σχετικά, να χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της Π-3.1, Π-2.5.4 και Π-2.5.5, εφαρμοζόμενων μεθόδων της Π-4.2.3.5.5.

#### 4.2.2 Χάλυβας σκυροδέματος

##### 4.2.2.1 Χάλυβας σκυροδέματος, γενικά

- (1) P Οι χαρακτηριστικές τιμές που δίνονται για τις ιδιότητες των υλικών στην παρούσα παράγραφο είναι είτε αντιπροσωπευτικές τιμές για το κάθε είδος χάλυβα όπως ορίζεται στο DIN 488 ή αποτελούν κατάλληλες εξιδανικεύσεις για την διαστασιολόγηση .
- (2) Οι απαιτούμενες ιδιότητες ορίζονται στο DIN 488-1 ή τις τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (3) P Εφόσον δεν προδιαγράφεται κάτι το διαφορετικό, θα πρέπει η διαστασιολόγηση να βασίζεται σε ένα συγκεκριμένο είδος καθοριζόμενο από το χαρακτηριστικό όριο διαρροής  $f_{yk}$ .
- (4) Όλα τα είδη χάλυβα σκυροδέματος που ορίζονται στην Π-3.2 και που ανταποκρίνονται στις μηχανικές, φυσικές και τεχνολογικές απαιτήσεις του DIN 488 ή των γενικών τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων μπορούν κατά την διαστασιολόγηση να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις Π-4.2.2.2 έως Π-4.2.2.4.

#### 4.2.2.2 Φυσικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος

- (1) Οι τιμές της Π-3.2.3 μπορούν να χρησιμοποιούνται ως τιμές σχεδιασμού. Μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύουν σε ένα πεδίο θερμοκρασιών από  $-60^{\circ}\text{C}$  έως  $+200^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.2.3 Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος

##### 4.2.2.3.1 Αντοχή

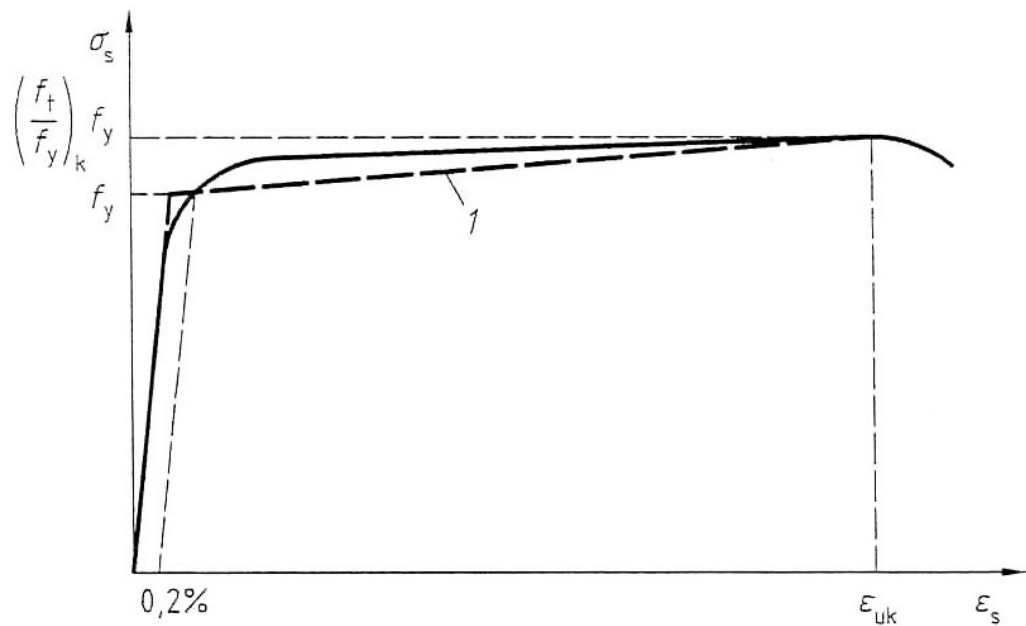
- (1) P Για όλα τα είδη χάλυβα θα πρέπει να ορίζονται οι τιμές για  $\varepsilon_{uk}, f_{yk}, f_{tk}$  και  $(f_t/f_y)_k$
- (2) Τιμές για αυτές τις ιδιότητες και για ορισμένους τύπους και είδη χάλυβα περιέχονται στο DIN 488. Για άλλα είδη χάλυβα θα πρέπει αυτές οι ιδιότητες να καθορίζονται με πειράματα.
- (3) Εφόσον δεν αναφέρεται κάτι το διαφορετικό, μπορούν κατά την διαστασιολόγηση να θεωρηθούν οι ίδιες τιμές για το όριο διαρροής και την εφελκυστική αντοχή τόσο σε εφελκυσμό όσο και σε θλίψη.
- (4) Η διαστασιολόγηση μπορεί να γίνει βάσει της ονομαστικής διαμέτρου και της ονομαστικής διατομής του χάλυβα σκυροδέματος.

##### 4.2.2.3.2 Διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων

- (1) P Οι γενικές απαιτήσεις ολκιμότητας θα πρέπει να αντιστοιχούν σε όσα ορίζονται στην Π-3.2.4.2 και το πρότυπο DIN 488 ή αντίστοιχα στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

##### a) Διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών

- (2)\*P Σε μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών θα πρέπει να λαμβανεται υπόψη ένα διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων που να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, σύμφωνα με το Σχ. 4.5 a) με  $\varepsilon_s \leq \varepsilon_{uk}$
- (3)\* Απλουστευτικά μπορεί ακόμα να θεωρηθεί ένα ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων (βλέπε Σχ. 4.5 a). Παράλληλα μπορεί να θεωρηθεί για  $f_y$  η υπολογιστική τιμή  $f_{yR}$  σύμφωνα με την ενότητα Π-παράρτημα 2.



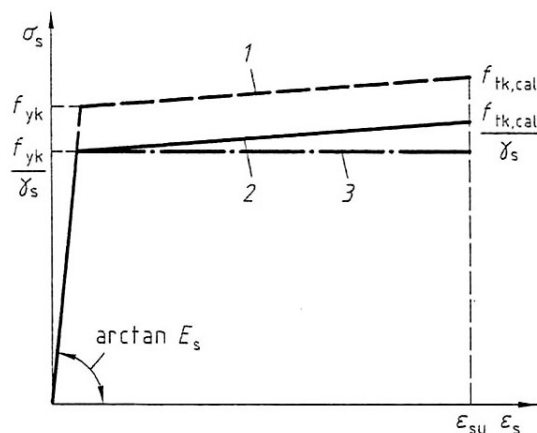
### Επεξήγηση

1 ιδεατός κλάδος

**Σχ. 4.5a): Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων του χάλυβα σκυροδέματος για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών**

b) Διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων για την διαστασιολόγηση της διατομής

- (4)\*P Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να εκτελείται βάσει του ονομαστικού εμβαδού της διατομής και της ονομαστικής διαμέτρου με τη χρήση του ιδεατού διαγράμματος τάσεων -παραμορφώσεων σύμφωνα με το Σχ. 4.5 b.
- (5)\* Απλουστευτικά μπορεί να θεωρηθεί ένας οριζόντιος κλάδος του διαγράμματος τάσεων -παραμορφώσεων σύμφωνα με το Σχ. 4.5 b.
- (6)\*P Για την διαστασιολόγηση της διατομής θα πρέπει το  $f_{tk,cal}$  να ορίζεται ως  $525 \text{ N/mm}^2$  και η επιμήκυνση του χάλυβα  $\epsilon_s$  να περιορίζεται στην τιμή  $\epsilon_{su} = 0,025$ .



### Επεξήγηση

1 ιδεατός κλάδος

2 κλάδος για την διαστασιολόγηση

3 απλουστευτική παραδοχή για την διαστασιολόγηση

**Σχ. 4.5 b): Υπολογιστικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων του χάλυβα σκυροδέματος για την διαστασιολόγηση**

#### 4.2.2.3.3 Κόπωση

(101) Για τον έλεγχο έναντι κόπωσης βλέπε Π-4.3.7.

#### 4.2.2.4 Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα σκυροδέματος

##### 4.2.2.4.1 Συνάφεια και αγκύρωση

(1) P Οι ιδιότητες που σχετίζονται με τη συνάφεια και την αγκύρωση θα πρέπει να προκύπτουν από τη μορφή και την ποιότητα της επιφάνειας των χαλυβών οπλισμού.

(2) Για τις απαιτήσεις συνάφειας, βλέπε Π-5.2.2.

(3) Για τις απαιτήσεις αγκύρωσης, βλέπε Π-5.2.3.

##### 4.2.2.4.2 Συγκολλησιμότητα

(βλέπε Π-3.2.5.2)

(1) Χάλυβας σκυροδέματος σύμφωνος με το DIN 488 θα πρέπει να θεωρείται συγκολλησίσιμος.

#### 4.2.3 Χάλυβας προέντασης

##### 4.2.3.1 Χάλυβας προέντασης, γενικά

(1) P Οι χαρακτηριστικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών στην παρούσα ενότητα είναι είτε αντιπροσωπευτικές τιμές σύμφωνα με το δεδομένο είδος χάλυβα που προδιαγράφονται στο πρότυπο EN 10138 ή στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις είτε αποτελούν κατάλληλες εξιδανικεύσεις για το σκοπό της διαστασιολόγησης.

- (3) P Εφόσον δεν αναφέρεται κάτι το διαφορετικό, θα πρέπει η διαστασιολόγηση να βασίζεται σε καθορισμένο είδος χάλυβα που διακρίνεται από τη χαρακτηριστική τάση  $f_{p0,1k}$ , την προκύπτουσα από δοκιμή, που αντιστοιχεί σε 0,1% εναπομείνουσα επιμήκυνσης.

#### 4.2.3.2 Φυσικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης

- (1) Οι τιμές που δίνονται στην Π-3.3.3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τιμές σχεδιασμού. Μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύουν σε ένα πεδίο θερμοκρασιών μεταξύ  $-20^{\circ}\text{C}$  και  $+200^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.3.3 Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης

##### 4.2.3.3.1 Αντοχή

- (1) P Για όλα τα είδη χάλυβα προέντασης θα πρέπει να ορίζονται οι τιμές για  $f_{p0,1k}$ ,  $\epsilon_{uk}$  και  $f_{pk}$ .
- (3) Η διαστασιολόγηση μπορεί να πραγματοποιείται βάσει της ονομαστικής διαμέτρου ή του ονομαστικού εμβαδού της επιφάνειας διατομής του προεντεταμένου χάλυβα.

##### 4.2.3.3.2 Μέτρο ελαστικότητας

- (1) Ισχύουν οι τιμές σύμφωνα με την Π-3.3.4.4.

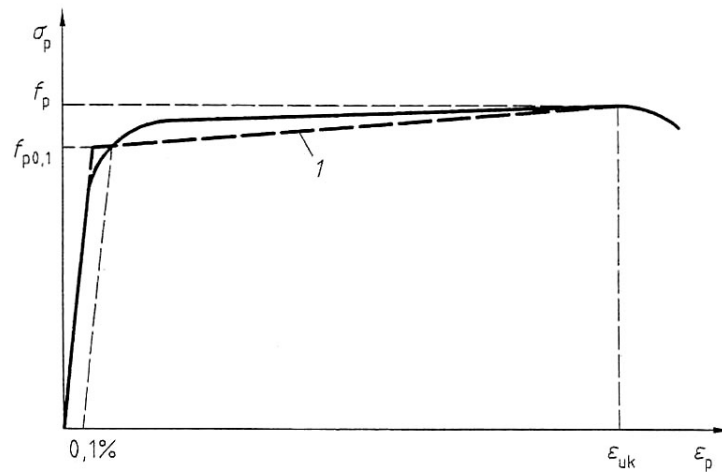
##### 4.2.3.3.3 Διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων

- (1) P Οι γενικές απαιτήσεις ολκιμότητας θα πρέπει να συμφωνούν με αυτές της Π-3.3.4.3 καθώς και με τις τιμές που καθορίζονται στο πρότυπο EN 10138 και τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (2) Ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων δίνονται στα σχήματα απεικ. 4.6 a) και b). Αυτά τα διαγράμματα ισχύουν για θερμοκρασίες από  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $+200^{\circ}\text{C}$ .

a) Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων του προεντεταμένου χάλυβα για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών

- (3)\*P Σε μη γραμμικές μεθόδους καθορισμού των εντατικών μεγεθών θα πρέπει να λαμβανεται υπόψη ένα διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων που να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, σύμφωνα με το Σχ. 4.6 a.
- (4)\* Απλουστευτικά μπορεί ακόμα να θεωρηθεί ένα ιδεατό διγραμμικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων (βλέπε Σχ.4.6a). Παράλληλα μπορούν ως  $f_{p0,1}$  και  $f_p$  να θεωρηθούν οι υπολογιστικές τιμές  $f_{p0,1R}$  ή  $f_{pR}$  αντίστοιχα σύμφωνα με την ενότητα II, παράρτημα 2.





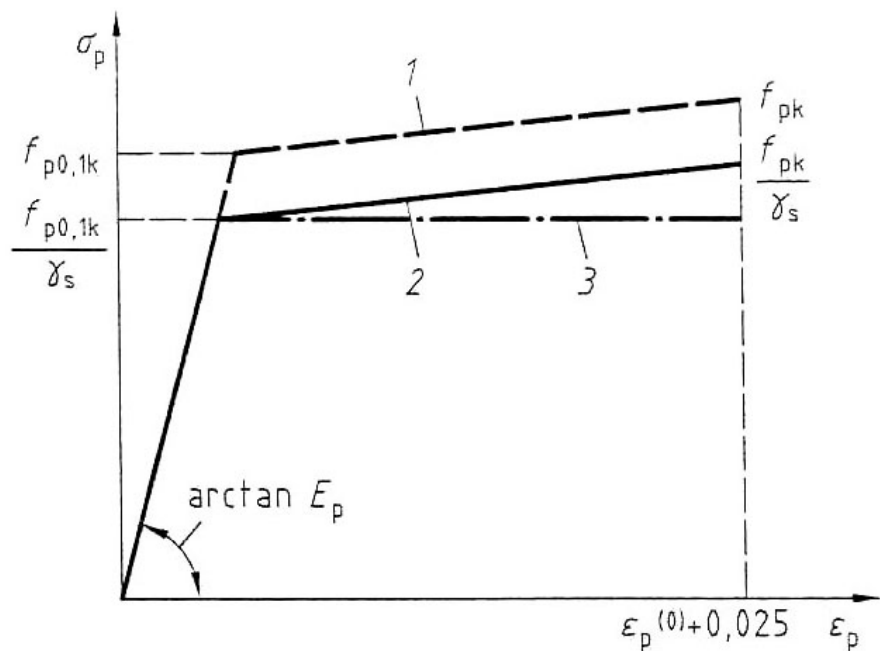
### Επεξήγηση

1 ιδεατός κλάδος

**Σχ. 4.6 α) Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων του χάλυβα προέντασης για τον καθορισμό εντατικών μεγεθών**

b) Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων για την διαστασιολόγηση διατομής

- (5)\*P Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να εκτελείται βάσει του ονομαστικού εμβαδού της διατομής του χάλυβα προέντασης λαμβανομένου υπόψη του υπολογιστικού διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων σύμφωνα με το Σχ. 4.6 b.
- (6)\*P Απλουστευτικά μπορεί να θεωρηθεί ένας οριζόντιος κλάδος του διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων σύμφωνα με το Σχ. 4.6 b.
- (7)\*P Για την διαστασιολόγηση της διατομής θα πρέπει η επιμήκυνση  $\varepsilon_p$  του χάλυβα να περιορίζεται στην τιμή  $(\varepsilon_p^{(0)} + 0,025)$ , όπου το  $\varepsilon_p^{(0)}$  αντιστοιχεί στην προμήκυνση του προεντεταμένου χάλυβα.



#### Επεξήγηση

1 ιδεατός κλάδος

2 κλάδος για την διαστασιολόγηση

3 απλουστευμένη παραδοχή για την διαστασιολόγηση

**Σχ. 4.6 b): Υπολογιστικό διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων του χάλυβα προέντασης για την διαστασιολόγηση της διατομής**

#### 4.2.3.3.4 Ολκιμότητα

(1)\* Μπορεί να θεωρηθεί γενικά ότι οι τένοντες στην προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος και οι τένοντες χωρίς σύνδεση επιδεικνύουν υψηλή ολκιμότητα ενώ οι τένοντες με άμεση συνάφεια έχουν κανονική ολκιμότητα .

#### 4.2.3.3.5 Κόπωση

(101) Για τον έλεγχο έναντι κόπωσης, βλέπε II-4.3.7.

#### 4.2.3.3.6 Κατάσταση πολυαξονικής έντασης

(1) P Οι ελάχιστες τιμές των ακτίνων καμπυλότητας θα πρέπει να λαμβάνονται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

#### **4.2.3.3.7 Αγκυρώσεις και συζεύξεις των τενόντων**

- (1) Οι αγκυρώσεις και οι συζεύξεις των τενόντων που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της Π-3.4 μπορούν να θεωρηθούν ότι παραλαμβάνουν την πλήρη χαρακτηριστική φέρουσα δύναμη των τενόντων.

#### **4.2.3.4 Τεχνολογικές ιδιότητες του προεντεταμένου χάλυβα**

##### **4.2.3.4.1 Χαλάρωση**

- (1) P Τα πιστοποιητικά που θα πρέπει να προσκομίζονται κατά την παράδοση θα πρέπει να περιέχουν την κατηγορία χαλάρωσης καθώς και τις καθοριστικές τιμές χαλάρωσης του προεντεταμένου χάλυβα (βλέπε Π-3.3.2, πρότυπο EN 10138 και τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις).
- (2) P Οι χαρακτηριστικές τιμές της χαλάρωσης θα πρέπει να λαμβάνονται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις για προεντεταμένους χάλυβες.

##### **4.2.3.4.2 Ευαισθησία στη διάβρωση υπό τάση**

- (1) P Ισχύουν τα καθοριζόμενα στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

#### **4.2.3.5 Σχεδιασμός δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα**

##### **4.2.3.5.1 Γενικά**

- (101) P Η παρούσα ενότητα ισχύει για φέρουσες κατασκευές με τα ακόλουθα είδη τενόντων προέντασης :
- τένοντες με συνάφεια,
  - εσωτερικοί τένοντες χωρίς συνάφεια,
  - εξωτερικοί τένοντες (βλέπε και κεφάλαιο III).
- (2) P Κατά το σχεδιασμό δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:
- οι ελάχιστες απαιτήσεις για την κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος (βλέπε Π-4.2.3.5.2),
  - ο ελάχιστος αριθμός τενόντων (βλέπε Π-4.2.3.5.3),
  - ο προσδιορισμός της καθοριστικής δύναμης προέντασης (βλέπε Π-2.5.4.2),
  - η αρχική δύναμη προέντασης (βλέπε Π-4.2.3.5.4),
  - οι απώλειες δύναμης τάνυσης (βλέπε Π-4.2.3.5.5),
  - η εισαγωγή δυνάμεων προέντασης και η διαστασιολόγηση των περιοχών αγκύρωσης για τένοντες με άμεση συνάφεια (βλέπε Π-4.2.3.7 και Π-3.5).
- (3) Οι διατάξεις σύμφωνα με την Π-2.5.4 θα πρέπει να εφαρμόζονται σε όλους τους ελέγχους λαμβανομένης υπόψη της δύναμης προέντασης. Αυτό ισχύει για τον τοπικό προσδιορισμό εντατικών μεγεθών, για τον προσδιορισμό εντατικών μεγεθών στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής καθώς και για την διαστασιολόγηση διατομών στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας.

#### 4.2.3.5.2 Ελάχιστη κατηγορία αντοχής για προεντεταμένο σκυρόδεμα κανονικού βάρους

- (1) P Κατά την προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος ή με τένοντες χωρίς συνάφεια θα πρέπει το σκυρόδεμα να έχει μία ελάχιστη αντοχή όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 4.102. Η απαιτούμενη για τη μέθοδο τάνυσης κατηγορία ελάχιστης αντοχής (στήλη 1) περιέχεται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις. Στην κατα στάδια προένταση ισχύουν οι τιμές της στήλης 2 όπου η δύναμη τάνυσης σε κάθε επιμέρους τένοντα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 30% της επιτρεπομένης τιμής που δίνεται στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις. Εάν η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος που θα πρέπει να αποδειχτεί μέσω δοκιμών σκλήρυνσης κατά τη χρονική στιγμή της προέντασης βρίσκεται μεταξύ των τιμών των στηλών 2 και 3, τότε μπορεί να γίνει γραμμική παρεμβολή της δύναμης τάνυσης μεταξύ 30%-100%.

**Πίνακας 4.102: Ελάχιστη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος  $f_{cm,j}$ <sup>1)</sup> κατά την προένταση τη χρονική στιγμή  $t = t_j$**

1	1	2	3
	Κατηγορία αντοχής	Αντοχές $f_{cmj}$ σε N/mm <sup>2</sup> <sup>1)</sup>	
		Τμηματική προένταση	Τελική προένταση
2	C 25/30	13	26
3	C 30/37	15	30
4	C 35/45	17	34
5	C 40/50	19	38
6	C 45/55	21	42
7	C 50/60	23	46

<sup>1)</sup> Ισχύει η θλιπτική αντοχή των κυλινδρικών δοκιμών (κατά τη χρήση κυβικών δοκιμών ελέγχου σκυροδέματος θα πρέπει να γίνονται οι αντίστοιχες αναγωγές).

#### 4.2.3.5.3 Ελάχιστος αριθμός τενόντων στα επιμέρους δομικά στοιχεία

- (1) P Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του προεντεταμένου σκυροδέματος θα πρέπει στην προθλιβόμενη ζώνη εφελκυσμού να περιέχουν έναν ελάχιστο αριθμό τενόντων. Θα πρέπει με επαρκή αξιοπιστία να εξασφαλίζουν ότι η αστοχία ενός ορισμένου αριθμού ράβδων, συρμάτων ή τενόντων δεν θα οδηγήσει σε ολική αστοχία του δομικού στοιχείου.
- (2) Η παρ.(1) P αναφέρεται σε φέροντα προεντεταμένα δομικά στοιχεία που δεν έχουν επιπρόσθετη φέρουσα ικανότητα από ανακατανομή εντατικών μεγεθών, από εγκάρσια κατανομή καταπονήσεων ή από άλλα μέτρα (π.χ. από μη προεντεταμένο οπλισμό).
- (3) Η απαίτηση της παρ. (1) P μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται όταν προβλέπεται ένας ελάχιστος αριθμός ράβδων, συρμάτων ή τενόντων σύμφωνα με τον πίνακα 4.6. Ο πίνακας 4.6 προϋποθέτει όμοιες διαμέτρους για όλες τις ράβδους, τα σύρματα ή τους τένοντες.

- (4) Η απαίτηση μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται όταν προβλέπεται τουλάχιστον ένα πολύκλωνο συρματόσχοινο με επτά ή περισσότερα σύρματα (διάμετρος σύρματος  $\geq 4,0$  mm) σε κάθε επιμέρους δομικό στοιχείο.
- (5) Όταν ο πραγματικός αριθμός των ράβδων, των συρμάτων ή των τενόντων σε κάθε επιμέρους δομικό στοιχείο βρίσκεται κάτω από τις τιμές που αναγράφονται στον πίνακα 4.6 θα πρέπει να αποδεικνύεται η αξιοπιστία έναντι αστοχίας.

**Πίνακας 4.6: Ελάχιστος αριθμός ράβδων, συρμάτων και τενόντων στην προθλιβόμενη εφελκυσμένη ζώνη των επιμέρους δομικών στοιχείων**

Είδος τένοντα	Ελάχιστος αριθμός
Μεμονωμένες ράβδοι και σύρματα	3
Ράβδοι και σύρματα, ενωμένα σε πολύκλινα συρματόσχοινα ή τένοντες	7
Τένοντες εκτός των πολυκλώνων συρματοσχοίων (βλέπε παρ. (4))	3

#### 4.2.3.5.4 Αρχική δύναμη προέντασης

- (1) P Η αρχική δύναμη προέντασης θα πρέπει να υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις καθοριστικές επιρροές των απωλειών δύναμης τάνυσης σύμφωνα με την Π-4.2.3.5.5.
- (2)\* P Η μέγιστη επιβαλόμενη στον τένοντα δύναμη  $P_0$ , δηλ. η δύναμη στο τέλος της διαδικασίας τάνυσης δεν επιτρέπεται ακόμα και στην περίπτωση μία απαιτούμενης υπερτάνυσης να υπερβαίνει την μικρότερη από τις ακόλουθες τιμές:

$$P_{0,max} = A_p \cdot \begin{cases} 0,80 \cdot f_{pk} \\ 0,90 \cdot f_{p0.1k} \end{cases} \quad (4.5)$$

Όπου

$A_p$  η επιφάνεια διατομής του τένοντα.

Προκειμένου σε μία αναγκαία υπερτάνυση να αποκλειστεί το ενδεχόμενο η επιβαλόμενη τάση του χάλυβα προέντασης να φτάσει στο όριο ελαστικότητας ή έως και στο 90% της ονομαστικής αντοχής κυρίως όταν εξαιτίας υψηλότερων συντελεστών τριβής, αθέλητων εκτροπών ή εμπλοκών προκύπτουν μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες απώλειες τριβής, καθορίζονται συμπληρωματικά για τους τένοντες μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος τα εξής:

- η υπολογιστική δύναμη προέντασης θα πρέπει να καθορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ακόμα και σε περίπτωση αναγκαίας υπερτάνυσης να μην υπερβαίνονται οι τιμές της εξίσωσης (4.5).

Για τον λόγο αυτό η μέγιστη δύναμη  $P_0$  θα πρέπει να μειώνεται ως εξής:

$$P_{0,\max} = A_p \cdot 0,8 f_{pk} e^{-\mu\gamma(\kappa-1)} \quad \text{ή} \quad P_{0,\max} = A_p \cdot 0,9 f_{p0,1k} e^{-\mu\gamma(\kappa-1)}$$

(καθοριστική η χαμηλότερη προκύπτουσα τιμή.).

Όπου:

- $\mu$  Συντελεστής τριβής σύμφωνα με τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις  
 $\gamma = \theta + kx$  (βλέπε εξίσωση (4.9))  
 $K$  Μέτρο εξασφάλισης για περίπτωση υπερτάνυσης  
 = 1,0 για εξωτερικούς τένοντες σύμφωνα με το κεφάλαιο III και για εσωτερικούς τένοντες χωρίς συνάφεια  
 = 1,5 για προεντεταμένο χάλυβα σε μη προστατευμένη θέση εντός του περιβλήματος για διάστημα έως και τρεις εβδομάδες ή με μέτρα προστασίας έναντι διάβρωσης  
 = 2,0 σε μη προστατευμένη θέση για διάστημα μεγαλύτερο από τρεις εβδομάδες.  
 $X$  Σε μονόπλευρη προένταση αντιστοιχεί στην απόσταση ανάμεσα στην αγκύρωση τάνυσης και την σταθερή άγκύρωση ή σταθερή σύζευξη, στην αμφίπλευρη προένταση αντιστοιχεί στο μήκος επιρροής της εκάστοτε αγκύρωσης τάνυσης.

- Αυτό το μέτρο εξασφάλισης μπορεί να παραληφθεί μόνο όταν προβλέπονται άλλα κατασκευαστικά μέτρα (π.χ. υποκατάστατο περίβλημα). Αυτά θα πρέπει να συμφωνούνται με τον Κ.τ.Ε.
- Σ.τ.Μ : Σύμφωνα με την ARS11/2003 δεν επιτρέπεται η παράληψη του μέτρου αυτού σε καμία περίπτωση .

Η υπερτάνυση είναι επιτρεπτή υπό τον όρο ότι η πρέσσα τάνυσης εξασφαλίζει μία ανοχή στην μέτρηση της επιβαλλόμενης δύναμης το ανώτερο  $\pm 5\%$  ως προς την τελική τιμή της δύναμης προέντασης.

- (3)\*P Η μέση τιμή της δύναμης προέντασης  $P_{m0} = A_p \cdot \sigma_{pm0}$  κατά τη χρονική στιγμή  $t=0$  που ασκείται αμέσως μετά την ανάληψη της δύναμης της πρέσσας από την αγκύρωση (προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος) ή μετά τη χαλάρωση της αγκύρωσης και στην μεταβίβαση στο σκυρόδεμα (τάνυση με άμεση συνάφεια ) δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την χαμηλότερη από τις ακόλουθες τιμές:

$$A_p \cdot \sigma_{pm0} = 0,75 f_{pk} \cdot A_p \quad \text{ή} \quad 0,85 f_{p0,1k} \cdot A_p \quad (4.6)$$

όπου το  $\sigma_{pm0}$  αντιστοιχεί στην τάση του τένοντα αμέσως μετά τη επιβολή της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα.

- (4) Για τα δομικά στοιχεία με άμεση συνάφεια η  $P_{m0}$  προκύπτει σύμφωνα με την παρ. (3) P από την εξίσωση (4.7):

$$P_{m0} = P_0 - \Delta P_c - \Delta P_{ir} [-\Delta P_{\mu}(x)] \quad (4.7)$$

όπου το  $\Delta P_c$  και το  $\Delta P_{\mu}(x)$  ορίζονται στην II-2.5.4.2. και το  $\Delta P_{ir}$  συμβολίζει τη βραχυχρόνια απώλεια λόγω χαλάρωσης.

- (5) Για τα δομικά στοιχεία με προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος η  $P_{m0}$  υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (4.8):

$$P_{m0} = P_0 - \Delta P_{sl} - \Delta P_c - \Delta P_{\mu}(x) \quad (4.8)$$

- (6) Μέθοδοι υπολογισμού των  $\Delta P_{sl}, \Delta P_c, \Delta P_{ir}$  και  $\Delta P_{\mu}(x)$  δίνονται στην ενότητα II-4.2.3.5.5.

- (107) P Η ελάχιστη αντοχή κατά την προένταση θα πρέπει να λαμβάνεται σύμφωνα με την ενότητα II-4.2.3.5.2 (1), πίνακας 4.102.

- (8) Οι οριακές τιμές των παραγράφων (2)\*P και (3) P ισχύουν γενικά. Ανάλογα με την χάραξη των τενόντων και άλλες συνθήκες μπορεί να κριθεί απαραίτητο σε μεμονωμένες περιπτώσεις να οριστούν χαμηλότερες οριακές τιμές από τις προβλεπόμενες στις εξισώσεις (4.5) και (4.6). Η προένταση θα πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά από την επίβλεψη.

#### 4.2.3.5.5 Απώλειες δύναμης προέντασης

- (1) P Οι απώλειες της δύναμης προέντασης θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με την ενότητα II-2.5.4.2.

- (2) P Στις διάφορες καταστάσεις σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες της δύναμης προέντασης εφόσον αυτές έχουν δυσμενή επιρροή. Οι απώλειες της δύναμης τάνυσης προκύπτουν από:

- την τριβή των τενόντων στο κάλυμμα κατά την τάνυση,
- τις παραμορφώσεις του σκυροδέματος μετά την επιβολή της προέντασης και ιδιαίτερα εξαιτίας του ερπυσμού και της συστολής του,
- τη χαλάρωση του προεντεταμένου χάλυβα μετά από την τάνυση.

- (3) Οι άμεσες απώλειες θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρ. (4) έως (7). Οι χρονικά εξαρτώμενες απώλειες σύμφωνα με την παρ. (8).

- (4) P Οι απώλειες δύναμης προέντασης λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις ( $\Delta P_{sl}$ ) εξαρτώνται από την εφαρμοζόμενη μέθοδο προέντασης σύμφωνα με τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

- (5) Ο υπολογισμός των αμέσων απωλειών δύναμης προέντασης εξαιτίας ελαστικών παραμορφώσεων του σκυροδέματος ( $\Delta P_c$ ) μπορεί να γίνει βάσει του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος (βλέπε II-3.1.5.2) και του χάλυβα προέντασης (βλέπε II-3.3.4.4).

- (6) Η βραχυχρόνια απώλεια χαλάρωσης ( $\Delta P_{ir}$ ) που στην προένταση με άμεση συνάφεια προκύπτει στο χρονικό διάστημα μεταξύ της τάνυσης των τενόντων και της μεταβίβασης της προέντασης στο σκυρόδεμα θα πρέπει να εκτιμηθεί με τη χρήση υπολογιστικών τιμών σύμφωνα με τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις για τον χάλυβα προέντασης.

(7) Οι απώλειες δύναμης προέντασης εξαιτίας τριβών  $\Delta P_\mu$  στην περίπτωση τάνυσης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με τη θεωρία της τριβής του σχοινιού. Η απώλεια δύναμης προέντασης σε απόσταση  $x$  από το σημείο της τάνυσης ισοδυναμεί με:

$$\Delta P_\mu(x) = P_0 \cdot (1 - e^{-\mu(\theta + k \cdot x)}) \quad (4.9)$$

Όπου:

$\mu$  Συντελεστής τριβής μεταξύ τένοντα και περιβλήματος  
 $\theta$  Σύνολο των προβλεπόμενων οριζόντιων και κάθετων γωνιών εκτροπής σε μήκος  $x$  (ανεξάρτητα από τη διεύθυνση και το πρόσημο)  
 $k$  Αθέλητη γωνιακή εκτροπή (ανά μονάδα μήκους) ανάλογα με το είδος του τένοντα  
 Για τις τιμές  $\mu$  και  $k$  θα πρέπει να ανατρέχει κανείς στις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις για την προένταση.

(8) Οι χρονικά εξαρτώμενες απώλειες μπορούν να υπολογίζονται με την εξίσωση (4.10) εφόσον δεν εκτελείται ακριβέστερος υπολογισμός.

$$\Delta \sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) \cdot E_p + \Delta \sigma_{pr} + a_p \cdot \phi(t, t_0) \cdot (\sigma_{cg} + \sigma_{cp0})}{1 + a_p \cdot \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2\right) [1 + 0,8 \cdot \phi(t, t_0)]} \quad (4.10)$$

*Παρατήρηση:* Η εξίσωση (4.10) παραβλέπει την επιρροή του οπλισμού χάλυβα σκυροδέματος και θεωρεί δεδομένη μία ενιαία ομοιογενή διατομή σκυροδέματος. Για δομικά στοιχεία με υψηλό ποσοστό διαμήκους οπλισμού και για προκατασκευασμένα μέρη με συμπλήρωση επι τόπου σκυροδέματος θα πρέπει, εάν χρειαστεί, να ληφθεί υπόψη η διαφορετική συμπεριφορά ερπυσμού και συστολής των μεμονωμένων μερών της διατομής καθώς και η επιρροή του οπλισμού του χάλυβα σκυροδέματος.

Όπου:

$\Delta \sigma_{p,c+s+r}$  Μεταβολή τάσης στους τένοντες εξαιτίας ερπυσμού, συστολής και χαλάρωσης στη θέση  $x$  κατά τη χρονική στιγμή  $t$   
 $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$  Εκτιμώμενη συστολή βάσει των τιμών της Σχ. 3.120 και 3.121 για την τελική συστολή (βλέπε ακόμα II-2.5.5 και «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525).  
 $a_p$  Λόγος  $E_p/E_{cm}$  των μέτρων ελαστικότητας του προεντεταμένου χάλυβα και του σκυροδέματος  
 $E_p$  Μέτρο ελαστικότητας του προεντεταμένου χάλυβα σύμφωνα με την II-3.3.4.4.  
 $E_{cm}$  Μέσο μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος (πίνακας 3.2)  
 $\Delta \sigma_{pr}$  Μεταβολή τάσης των τενόντων στη θέση  $x$  εξαιτίας της χαλάρωσης. Η μεταβολή αυτή συναρτάται με την αναλογία αρχικής τάσης/χαρακτηριστικής τάσης εφελκυσμού ( $\sigma_p/f_{pk}$ ) λαμβανομένης υπόψη μίας αρχικής τάσης ίσης με:  
 $\sigma_p = \sigma_{pg0} - 0,3 \cdot \Delta \sigma_{p,c+s+r}$  (4.11)



Όπου  $\sigma_{pg0}$  η αρχική τάση στους τένοντες εξαιτίας της προέντασης και των μόνιμων δράσεων.

Για απλοποίηση και προς την πλευρά της ασφάλειας μπορεί η δεύτερη μεταβλητή στην εξίσωση (4.11) να παραληφθεί.

$\varphi(t, t_0)$	Μέτρο ερπυσμού σύμφωνα με την Σχ. 3.118 και την Σχ. 3.119 (βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DAStb), τεύχος 525).
$\sigma_{cg}$	Τάση σκυροδέματος στο ύψος των τενόντων για τον συνδυασμό οιονεί - μόνιμων δράσεων
$\sigma_{cp0}$	Αρχική τιμή τάσης σκυροδέματος στο ύψος των τενόντων εξαιτίας της προέντασης
$A_p$	Εμβαδόν της διατομής όλων των τενόντων στην εξεταζόμενη περιοχή
$A_c$	Εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος
$I_c$	Ροπή επιφανείας 2 <sup>ου</sup> βαθμού της διατομής σκυροδέματος
$z_{cp}$	Απόσταση ανάμεσα στο κέντρο βάρους της διατομής του σκυροδέματος και στους τένοντες

Κατά την εφαρμογή της εξίσωσης (4.10) απαιτείται, αρχικά, μία κατ' εκτίμηση τιμή για τη συνολική απώλεια προκειμένου να καθοριστεί η μεταβλητή  $\Delta\sigma_{pr}$  στη δεξιά πλευρά (αυτή η μεταβλητή εξαρτάται από την οριστική προένταση). Απαιτείται μία επαναληπτική διαδικασία προκειμένου να εξισωθούν τα δύο σκέλη της (4.10).

- (9) Η εκτίμηση της τελικής τιμής της προέντασης ( $P_{moo}$ ) προκύπτει αφαιρώντας τις απώλειες σύμφωνα με τους κανόνες εφαρμογής (4) έως (8). Σε κάποιες ιδιαίτερες περιπτώσεις υλικών, διαδικασίας τάνυσης, συνθηκών διαστασιολόγησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πιο ακριβείς μέθοδοι.
- (10) Οι μέθοδοι διαστασιολόγησης για να ληφθούν υπόψη οι επιρροές της προέντασης θα πρέπει να συμφωνούν με τα οριζόμενα στην II-2.5.4.

#### 4.2.3.5.6 Περιοχές αγκύρωσης τενόντων με άμεση συνάφεια

(1)\*P Στην προένταση με άμεση συνάφεια δεν επιτρέπεται η χρήση λείων συρμάτων

(2)\*P Στους τένοντες με άμεση σύνδεση θα πρέπει να γίνεται διάκριση :

- στο μήκος μεταβίβασης  $l_{bp}$  στο οποίο η δύναμη τάνυσης  $P_0$  ενός τένοντα σε άμεση συνάφεια μεταβιβάζεται πλήρως στο σκυρόδεμα,
- στο μήκος εισαγωγής  $l_{p,eff}$  εντός του οποίου οι τάσεις σκυροδέματος κατανέμονται γραμμικά καθ ύψος της διατομής,
- στο μήκος αγκύρωσης  $l_{ba}$  εντός του οποίου αγκυρώνεται πλήρως η μέγιστη δύναμη των τενόντων στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

(3)\* Μπορεί να θεωρηθεί ότι η προένταση μεταβιβάζεται στο σκυρόδεμα με σταθερή τάση συνάφειας  $f_{bp}$ . Το μήκος μεταβίβασης  $l_{bp}$  προκύπτει ως εξής:

$$l_{bp} = a_1 \cdot \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pm0}}{f_{bp}} \quad (4.12)$$

Όπου:

$a_1$	= 1,0 σε σταδιακή άσκηση προέντασης = 1,25 σε απότομη άσκηση προέντασης
$A_p$	Εμβαδόν ονομαστικής διατομής συρματοσχοίνου ή σύρματος
$d_p$	Ονομαστική διάμετρος συρματοσχοίνου ή σύρματος
$\sigma_{pm0}$	Η τάση στον προεντεταμένο χάλυβα μετά την μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα

(4)\* Για κανονικά πολύκλινα συρματόσχοινα με επιφάνεια διατομής  $A_p \leq 100 \text{ mm}^2$  και για μορφοποιημένα σύρματα με διάμετρο  $\leq 8 \text{ mm}$  που προεντείνονται σύμφωνα με τα οριζόμενα στην Π-4.2.3.5.4 μπορούν να θεωρηθούν για την τάση συνάφειας  $f_{bp}$  οι τιμές του πίνακα 4.7. Καθοριστική είναι η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος κατά τη χρονική στιγμή της μεταβίβασης της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα. Κατά τη χρήση συρμάτων με νευρώσεις με διάμετρο  $\leq 12 \text{ mm}$  θα πρέπει οι τιμές της  $f_{bp}$  να βασίζονται σε αποτελέσματα πειραμάτων. Προσεγγιστικά μπορούν να χρησιμοποιούνται οι τιμές του πίνακα 4.7.

Σε μέσες συνθήκες συνάφειας (βλέπε Π-5.2.2.1) θα πρέπει οι τιμές της τάσης συνάφειας του πίνακα 4.7 να μειώνονται με το συντελεστή 0,7.

(5)\* Μπορεί να θεωρηθεί ότι η δύναμη προέντασης που μεταβιβάζεται στο σκυρόδεμα εντός του μήκους μεταβίβασης  $l_{bp}$  αυξάνεται γραμμικά από το τέρμα του δομικού στοιχείου και πέρα.

(6)\*P Η τιμή σχεδιασμού του μήκους μεταβίβασης  $l_{bpd}$  θα πρέπει να λαμβάνεται  $0,8 l_{bp}$  ή  $1,2 l_{bp}$  · ισχύει η δυσμενέστερη τιμή για την εκάστοτε εξεταζόμενη δράση.

(7)\*P Για τον υπολογισμό των τάσεων στην περιοχή εισαγωγής μπορεί στο τέλος του μήκους εισαγωγής  $l_{p,eff}$  να θεωρηθεί μία γραμμική κατανομή των τάσεων του σκυροδέματος καθ' ύψος της διατομής.

(8)\* Το μήκος εισαγωγής  $l_{p,eff}$  μπορεί για τις ορθογωνικές διατομές με τένοντες κοντά στην κάτω πλευρά της διατομής να καθορίζεται ως εξής:

$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bpd}^2 + d^2} \quad (4.13)$$

Για άλλες μορφές διατομής θα πρέπει το μήκος εισαγωγής και η εκάστοτε τοπική κατανομή της τάσης να ορίζονται βάσει της θεωρίας ελαστικότητας.

(9)\*

Στα δομικά στοιχεία που καταπονούνται από κάμψη η αγκύρωση της προέντασης επηρεάζεται σημαντικά από το σχηματισμό ρωγμών. Η περιοχή αγκύρωσης μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν φέρει ρωγμές όταν στην οριακή κατάσταση αστοχίας οι εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος συνυπολογίζοντας την καθοριστική δύναμη προέντασης δεν υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος  $f_{ctk,0,05}$ . Σε αυτή την περίπτωση η αγκύρωση μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη σε μήκος  $l_{bpd}$  χωρίς περαιτέρω έλεγχο .

**Πίνακας 4.7: Τάση συνάφειας  $f_{bp}$  στο μήκος μεταβίβασης συρματοσχοίων και συρμάτων με άμεση συνάφεια σε συνάρτηση με τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος κατά τη χρονική στιγμή της μεταβίβασης της δύναμης προέντασης**

Σειρά	Στήλη	1	2
	Πραγματική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος κατά τη μεταβίβαση της δύναμης προέντασης $f_{cmj}$ σε $N/mm^2$ <sup>a</sup>	Τάση ... $f_{bp}$ σε $N/mm^2$	
		Συρματοσχοίνα και μορφοποιημένα σύρματα	Σύρματα με νευρώσεις
1	25	2,9	3,8
2	30	3,3	4,3
3	35	3,7	4,8
4	40	4,0	5,2
5	45	4,3	5,6
6	50	4,6	6,0

<sup>a</sup> Για ενδιάμεσες τιμές θα γίνεται γραμμική παρεμβολή

<sup>b</sup> Ισχύει η μέση θλιπτική αντοχή των κυλινδρικών δοκιμίων (κατά τη χρήση κυβικών δοκιμίων θα πρέπει να γίνεται αναγωγή των τιμών ανάλογα με τις κατηγορίες αντοχής)

(10)\* P

Όταν οι εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος υπερβαίνουν την τιμή  $f_{ctk,0,05}$  θα πρέπει να ελέγχεται ότι η υπάρχουσα γραμμή της εφελκυστικής δύναμης δεν υπερβαίνει τη γραμμή κάλυψης της εφελκυστικής δύναμης την προκύπτουσα από την εφελκυστική δύναμη του προεντεταμένου χάλυβα και του χάλυβα σκυροδέματος (Βλέπε Σχ. 5.12). Η δύναμη εφελκυσμού στον προεντεταμένο χάλυβα θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το Σχ. 4.9. Έξω από το μήκος μεταβίβασης  $l_{bpd}$  ή μετά από την πρώτη ρωγή ( $x \geq l_r$ ) θα πρέπει εξαιτίας των δυσμενεστέρων συνθηκών συνάφειας να μειώνονται οι τιμές των τάσεων συνάφειας του πίνακα 4.7. Το μήκος  $l_{ba}$  μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

(α) σε ρηγμάτωση έξω από το  $l_{bpd}$  (βλέπε Σχ. 4.9 a):

$$l_{ba} = l_{bpd} + \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pd} - \sigma_{pmt}}{f_{bp} \cdot \eta_p} \quad (4.14 \alpha)$$

(β) σε ρηγμάτωση εντός του  $l_{bpd}$  (βλέπε Σχ. 4.9 b):

$$l_{ba} = l_r + \frac{A_p}{\pi \cdot d_p} \cdot \frac{\sigma_{pd} - \sigma_{pt}(x=l_r)}{f_{bp} \cdot \eta_p} \quad (4.14 \text{ b})$$

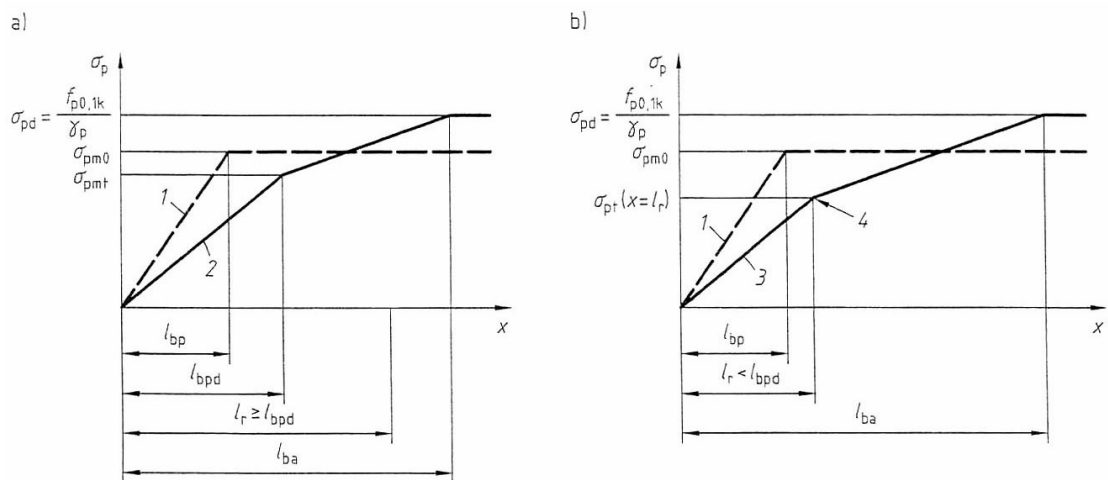
Όπου:

$$\eta_p = 0,5$$

$$\eta_p = 0,7$$

Για συρματόσχοινα και λεία η ανάγλυφα σύρματα

Για σύρματα με νευρώσεις



### Επεξήγηση

a) κατά την εισαγωγή δύναμης προέντασης (1), στην οριακή κατάσταση αστοχίας χωρίς σχηματισμό ρωγμών στο μήκος μεταβίβασης (2)

b) με σχηματισμό ρωγμών στο μήκος μεταβίβασης (3), (4) θέση της πρώτης ρωγμής από κάμψη

**Σχ. 4.9: Διάγραμμα τάσεων του προεντεταμένου χάλυβα στην περιοχή αγκύρωσης τενόντων με άμεση συνάφεια**

(11)\*

Η δύναμη αγκύρωσης  $F_{sd}(x)$  σε απόσταση  $x$  από το άκρο του δομικού υλικού αντιστοιχεί σε:

$$F_{sd}(x) = \frac{M_{Ed}(x)}{z} + \frac{1}{2} V_{Ed}(x) \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) \quad (4.15)$$

Όπου:

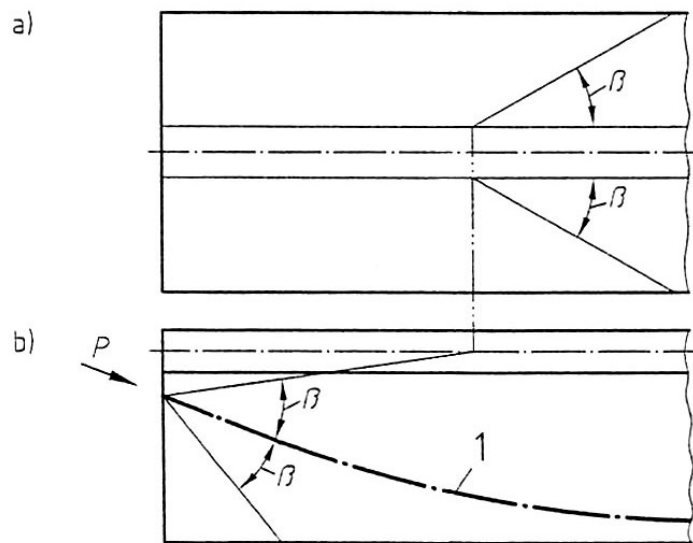
- $M_{Ed}(x)$  Τιμή σχεδιασμού της παραλαμβανόμενης καμπτικής ροπής στη θέση  $x$
- $z$  Εσωτερικός μοχλοβραχίονας
- $V_{Ed}(x)$  Τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης παραλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης στη θέση  $x$
- $\theta$  Γωνία ανάμεσα στους θλιπτήρες του σκυροδέματος και τον διαμήκη άξονα του δομικού στοιχείου σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.4. Για δομικά στοιχεία χωρίς οπλισμό διάτμησης ισχύει ότι  $\cot \theta = 3,0$  και  $\cot \alpha = 0$
- $\alpha$  Γωνία ανάμεσα στον οπλισμό διάτμησης και τον άξονα του δομικού στοιχείου σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.2.

Κατά τον υπολογισμό της δύναμης αγκύρωσης που παραλαμβάνεται από τον χάλυβα προέντασης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο σχηματισμός ρωγμών (βλέπε Σχ. 4.9).

**4.2.3.5.7**

**Περιοχή αγκύρωσης τενόντων για προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος**

- (1) P Η διαστασιολόγηση του περιοχής αγκύρωσης θα πρέπει να γίνεται με τη διαδικασία της παρούσας ενότητας και των παρ. II-2.5.3.7 , II-5.3.3.2.
- (2) P Κατα την ανάληψη της δύναμης προέντασης σαν μοναχικής δύναμης στην περιοχή της αγκύρωσης, θα πρέπει να τίθεται η χαρακτηριστική εφελκυστική δύναμη του τένοντα.
- (103) P Οι διαστάσεις των πλακών αγκύρωσης , οι ελάχιστες αξονικές αποστάσεις μεταξύ των καθώς και οι αποστάσεις των από τις παρειές του δομικού στοιχείου θα πρέπει να λαμβάνονται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (104) P Οι δυνάμεις διάσπασης θα πρέπει να αναλαμβάνονται από τον οπλισμό. Ο τυχόν επιπλέον απαιτούμενος οπλισμός στην περιοχή των πλακών αγκύρωσης (σπειροειδής ή πρόσθετος οπλισμός) θα λαμβάνεται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.
- (5) Η εισαγωγή της δύναμης προέντασης μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται, ξεκινώντας από το πέρασ της πλάκας αγκύρωσης ,εντός γωνίας  $2\beta$  (βλέπε Σχ. 4.10) όπου  $\beta = \arctan 2/3$ .



**Επεξήγηση**

a) κάτοψη

b) όψη

1 άξονας τένοντα

**Σχ.. 4.10: Εισαγωγή της προέντασης**

\*) Για αγκυρώσεις εντός του δομικού στοιχείου ισχύει το κεφάλαιο III.

### 4.3 Ελεγχος στις οριακές καταστάσεις αστοχίας

#### 4.3.1 Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη και αποκλειστικά με αξονική δύναμη

##### 4.3.1.1 Γενικά

(1)\*P Η παρούσα ενότητα ισχύει για περιοχές δοκών, πλακών και όμοιων δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα στις οποίες μπορεί να γίνει δεκτή η διατήρηση της επιπεδότητας των διατομών. Οι περιοχές των προαναφερθέντων δομικών στοιχείων στις οποίες δεν μπορεί να γίνει δεκτή η διατήρηση της επιπεδότητας των διατομών καθώς και οι υψίκορμοι δοκοί ή άλλα δομικά στοιχεία, μπορούν να διαστασιολογούνται και να μορφώνονται κατασκευαστικά σύμφωνα με τη μέθοδο των προσομοιωμάτων δικτυωμάτων. Στίς στηρίξεις ή στην περιοχή εισαγωγής δύναμης προέντασης θα πρέπει να ελέγχεται η ανάληψη των δυνάμεων των εφελκυσμένων πελμάτων που προκύπτουν από την αναλογία του δικτυώματος. Το επιλεγόμενο μοντέλο δικτυώματος θα πρέπει όσον αφορά την ροή των δυνάμεων να προσανατολίζεται σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας.

(2) P Οι τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανόμενων εντατικών μεγεθών προκύπτουν σύμφωνα με την Π-2.

(3) P Τα δομικά στοιχεία θα πρέπει να υπολογίζονται για έναν επαρκή αριθμό διατομών προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι απαιτήσεις πληρούνται για κάθε διατομή του συνολικού μήκους του δομικού στοιχείου.

(4) P Οι διαστάσεις των διατομών των δομικών στοιχείων θα πρέπει να εκλέγονται και ο οπλισμός να διαστασιολογείται και να διατάσσεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανόμενων εντατικών μεγεθών σύμφωνα με τις παραδοχές της παρούσας ενότητας να μην είναι μικρότερες από αυτές που απαιτούνται για την παραλαβή όλων των συνδυασμών των τιμών σχεδιασμού καταπονήσεων σύμφωνα με την Π-2.3.3.

(105) Στον έλεγχο αστοχίας μπορεί να θεωρηθεί ως συνεργαζόμενο μόνο εκείνο το μέρος του θλιβομένου πέλματος το οποίο μέσω του εγκαρσίου οπλισμού και της φέρουσας ικανότητας του σκυροδέματος σε διάτμηση συνδέεται άψογα με τη νεύρωση-κορμό. Ο διαμήκης οπλισμός και οι τένοντες στο εφελκυσμένο πέλμα μπορούν να θεωρηθούν συνεργαζόμενοι μόνο όταν οι εφελκυστικές δυνάμεις συνδέονται άψογα μέσω του εγκαρσίου οπλισμού και της φέρουσας ικανότητας του σκυροδέματος σε διάτμηση με τη νεύρωση-κορμό.

(107) P Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αισθητή απόκλιση της διεύθυνσης των κύριων τάσεων από την διεύθυνση του οπλισμού,

(8) Στις πλάκες μπορεί να μην λαμβάνεται υπόψη μία απόκλιση  $\leq 15^\circ$  μεταξύ της διεύθυνσης των κύριων τάσεων και του οπλισμού.

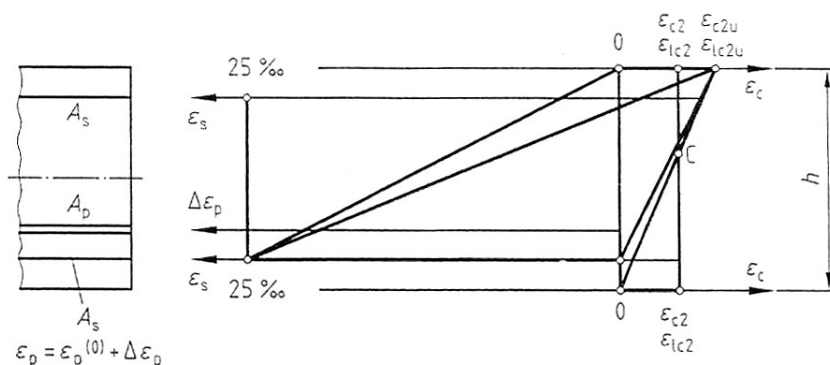
#### 4.3.1.2

#### Τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανομένων εντατικών μεγεθών

- (1) P Για τον καθορισμό της οριακής αστοχίας των οπλισμένων διατομών ισχύουν οι ακόλουθες παραδοχές:
- I) Οι διατομές παραμένουν επίπεδες.
  - II) Οι παραμορφώσεις του συνδεδεμένου με συνάφεια με το σκυρόδεμα οπλισμού έχουν κατά τον εφελκυσμό ή τη θλίψη το ίδιο μέγεθος με τις ίνες σκυροδέματος που βρίσκονται στο ίδιο ύψος.
  - III) Η αντοχή του σκυροδέματος στον εφελκυσμό δεν λαμβάνεται υπόψη.
  - IV) Η κατανομή των θλιπτικών τάσεων του σκυροδέματος θεωρείται βάσει του υπολογιστικού διαγράμματος τάσεων -παραμορφώσεων του Σχ. 4.2.
  - V) Οι τάσεις στο χάλυβα σκυροδέματος ή στον προεντεταμένο χάλυβα αντιστοιχούν στα υπολογιστικά διαγράμματα τάσεων -παραμορφώσεων σύμφωνα με τα Σχ. 4.5b και 4.6b αντίστοιχα.
  - VI) Η αρχική προμήκυνση  $\varepsilon_p^{(0)}$  λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό της τάσης στους τένοντες (βλέπε II-2.5.4.4.3).
  - VII) Στις πλήρως θλιβόμενες διατομές η παραμόρφωση του σημείου C της διατομής θα πρέπει να περιορίζεται σε  $-0,002$ .
  - VIII) Στις διατομές που δεν βρίσκονται υπό πλήρη θλίψη θα πρέπει η μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση να περιορίζεται σε  $-0,0035$ . Στις ενδιάμεσες περιοχές θεωρείται για το διάγραμμα παραμορφώσεων ότι η θλιπτική παραμόρφωση σε απόσταση  $3/7 \cdot h$  του ύψους της διατομής από την εξωτερική θλιβόμενη ίνα να αντιστοιχεί σε  $-0,002$ .
  - IX) Σε μικρές εκκεντρότητες έως  $e_d/h \leq 0,1$  μπορεί για ευκολία να λαμβάνεται υπόψη η ευνοϊκή δράση του ερπυσμού του σκυροδέματος με την επιλογή του  $\varepsilon_{c2} = -0,0022$ .
  - X) Στις πλήρως θλιβόμενες πλάκες πλακοδοκών, δοκών κιβωτιοειδούς διατομής ή παρομοίας υφής διατομών (διατομές με κενά) θα πρέπει η παραμόρφωση στο μέσο επίπεδο της πλάκας να περιορίζεται σε  $\varepsilon_c = -2\%$ . Η φέρουσα ικανότητα της συνολικής διατομής δεν χρειάζεται να είναι μικρότερη από αυτή των νευρώσεων-κορμών με ύψος  $h$  και λαμβανομένης υπόψη της κατανομής των παραμορφώσεων του Σχ. 4.11.
- (2) Οι παραδοχές της παρ. (1) P οδηγούν στις πιθανές κατανομές παραμορφώσεων του Σχ. 4.11.
- (103) P Η παραμόρφωση του χάλυβα σκυροδέματος θα πρέπει να περιορίζεται σε  $\varepsilon_{su} = 0,025$  και η παραμόρφωση του προεντεταμένου χάλυβα σε  $\varepsilon_{pu} = \varepsilon_p^{(0)} + 0,025$ .
- (105) P Σε προεντεταμένα δομικά στοιχεία με τένοντες χωρίς συνάφεια είναι κατά βάση απαραίτητο για τον καθορισμό της αύξησης των επιμηκύνσεων στον προεντεταμένο χάλυβα να λαμβάνονται υπόψη οι παραμορφώσεις του συνολικού δομικού στοιχείου.
- (6) Όταν οι μεταβολές της θέσης του οπλισμού, π.χ. σε μία ένωση οπλισμού, οδηγούν σε μία τοπικά περιορισμένη μείωση του ωφέλιμου ύψους θα πρέπει κατά την διαστασιολόγηση της διατομής να χρησιμοποιείται η δυσμενέστερη τιμή.

(106)

Όταν σε φέρουσες κατασκευές με εξωτερικούς τένοντες ο καθορισμός των εντατικών μεγεθών για το σύνολο του φέρουσας κατασκευής γίνεται, για απλοποίηση, γραμμικά - ελαστικά, μπορεί να μην λαμβάνεται υπόψη η αύξηση της τάσης στον προεντεταμένο χάλυβα από παραμόρφωση του φέρουσας κατασκευής.



Σχ. 4.11: Διάγραμμα παραμορφώσεων στην οριακή κατάσταση αστοχίας

#### 4.3.1.3

#### Αστοχία χωρίς προειδοποίηση και φαινόμενες υπεραντοχές

(1) P

Θα πρέπει να αποφεύγεται ψαθυρή θραύση μίας διατομής κατά την πρώτη ρηγμάτωση.

(2) P

Οι φέρουσες ικανότητες σε κάμψη που βασίζονται σε υπολογισμούς σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για δομικά στοιχεία οπλισμένα με νευροχάλυβα με χαμηλό ποσοστό οπλισμού ακόμα και όταν τα πειράματα δείχνουν ότι τέτοιες φέρουσες ικανότητες υπάρχουν.

(3)

Ο ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με τις Π-4.4.2 και Π-5 επαρκεί στις περισσότερες περιπτώσεις για την αποφυγή μίας απροειδοποίητης αστοχίας.

(104) P

Για την αποφυγή μίας απροειδοποίητης, ψαθυρής αστοχίας λόγω διάβρωσης υπο τάση του χάλυβα προέντασης θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι κανόνες.

(105) P

Για τις φέρουσες κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα θα πρέπει να τηρείται η αρχή 1(P) με έναν από τους ακόλουθους εναλλακτικούς κανόνες:

a) Υπολογιστική μείωση των τενόντων σε αριθμό τέτοιο ώστε η υπολογιζόμενη βάσει της εφελκυστικής αντοχής  $f_{ctk,0,05}$  ροπή ρηγμάτωσης να είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με τη ροπή που προκύπτει από το συνήθη συνδυασμό δράσεων και ταυτόχρονη εξασφάλιση ότι η φέρουσα ικανότητα σε κάμψη σύμφωνα στο στάδιο II με αυτό το μειωμένο αριθμό τενόντων είναι μεγαλύτερη από την καμπτική ροπή που προκύπτει από το συνήθη συνδυασμό δράσεων.



Σε αυτόν τον έλεγχο μπορούν να λαμβάνονται υπόψη οι ανακατανομές των ροπών. Η φέρουσα ικανότητα σε κάμψη θα πρέπει να υπολογίζεται βάσει των συντελεστών  $\gamma_M$  για τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού.

- b) Εξασφάλιση ότι οι αστοχίες στον προεντεταμένο χάλυβα θα μπορούν να διαπιστωθούν είτε με τη μόνιμη επιτήρηση είτε με μία δοκιμασμένη μη καταστροφική μέθοδο δοκιμής. Η εναλλακτική b) θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε εξωτερική προένταση.
- c) Διάταξη ενός ελάχιστου οπλισμού (οπλισμός μονολιθικότητας) εμβαδού σύμφωνα με την εξίσωση (4.184) :

$$A_s = \frac{M_{r,ep}}{f_{yk} \cdot z_s} \quad (4.184)$$

Όπου:

$M_{r,ep}$  Ροπή ρηγμάτωσης θεωρώντας μία εφελκυστική τάση  $f_{ctk,0,05}$  σύμφωνα με τον πίνακα 3.1 στην εξώτατη εφελκυσμένη ίνα της διατομής χωρίς την δράση της προέντασης

$z_s$  Εσωτερικός μοχλοβραχίονας στην οριακή κατάσταση αστοχίας συσχετισμένη στον οπλισμό από χάλυβα σκυροδέματος. Για ορθογωνικές διατομές σε δομικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να θεωρηθεί ότι  $z_s = 0,9d$

(106) Στις περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται η μέθοδος  $\gamma$  της παρ. (105) P ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες.

(107) Ο ελάχιστος οπλισμός  $\min A_s$  θα πρέπει να διατάσσεται στις περιοχές όπου στον ασυνήθην συνδυασμό δράσεων παρουσιάζονται εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα. Για αυτό τον έλεγχο δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η στατικά ορισμένη δράση της προέντασης, θα πρέπει όμως να υπολογίζεται η στατικά αόριστη δράση.

(108) Στα δομικά στοιχεία με προένταση με άμεση συνάφεια θα πρέπει η εξίσωση (4.184) να εφαρμόζεται ως ακολούθως:

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη :

- είτε οι τένοντες με τουλάχιστον διπλάσια επικάλυψη σκυροδέματος από αυτή που ορίζεται στην 4.1.3.3. για τον ελάχιστο οπλισμό. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει το  $f_{yk}$  να αντικαθιστάται από το  $f_{p0,1k}$ .

- είτε όλοι οι τένοντες των οποίων η προένταση περιορίζεται σε  $500 \text{ N/mm}^2$ .

Και στις δύο περιπτώσεις ο  $z_s$  αναφέρεται στους τένοντες προέντασης.

(109) P Για την πλήρωση της αρχής (1) P θα πρέπει η φέρουσα κατασκευή να σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται μία επαρκής πλαστιμότητα. Για το σκοπό αυτό και σε περίπτωση έλλειψης άλλων κατάλληλων μέτρων θα πρέπει η ελάχιστη διατομή οπλισμού  $\min A_s$  που ορίζεται από την εξίσωση (4.184) για ανοίγματα διατομών συνεχών πλακοδοκών ή δοκών κιβωτιοειδούς διατομής να οδηγείται έως πάνω από τα υποστυλώματα των αντίστοιχων ανοιγμάτων.

- (110) Ωστόσο, στις διατομές δοκών κιβωτοειδούς διατομής η επιμήκυνση αυτή δεν είναι απαραίτητη εάν στην οριακή κατάσταση αστοχίας η φέρουσα αντοχή σε κάμψη πάνω από τα υποστυλώματα η οποία καθορίζεται από τον χάλυβα σκυροδέματος και τους τένοντες προέντασης βάσει των χαρακτηριστικών τιμών  $f_{yk}$  και  $0,9 f_{pk}$  αντίστοιχα, είναι μικρότερη από την αντοχή σε θλίψη της κάτω πλάκας του κιβωτίου, δηλ. όταν μπορεί να αποκλειστεί η αστοχία της θλιβόμενης ζώνης :

$$A_s \cdot f_{yk} + A_p \cdot 0,9 f_{pk} < t_{inf} \cdot b_0 \cdot 0,85 f_{ck} \quad (4.185)$$

Όπου:

$t_{inf}$	Πάχος της κάτω πλάκας της κιβωτοειδούς διατομής
$b_0$	Πλάτος της κάτω πλάκας της κιβωτοειδούς διατομής
$A_s, A_p$	Εμβαδόν της διατομής του χάλυβα σκυροδέματος ή αντίστοιχα του χάλυβα προέντασης στην εφελκόμενη ζώνη στην οριακή κατάσταση αστοχίας

### 4.3.2 Τέμνουσα δύναμη

#### 4.3.2.1 Γενικά

- (1) P Η παρούσα ενότητα θα πρέπει να εφαρμόζεται σε δοκούς και πλάκες που διαστασιολογούνται σύμφωνα με την Π-4.3.1 σε κάμψη με τέμνουσα δύναμη. Εφαρμόζεται ακόμα σε προεντεταμένα δομικά στοιχεία καθώς και σε θλιβόμενα στοιχεία που υπόκεινται σε σημαντικές τέμνουσες δυνάμεις και διαστασιολογούνται σύμφωνα με τις παρ. Π-4.3.1 και Π-4.3.5.
- (102) P Στις δοκούς καθώς και σε μονοαξονικά καταπονούμενες πλάκες όπου  $b/h < 5$  θα πρέπει να προβλέπεται πάντα ελάχιστος οπλισμός τέμνουσας δύναμης ακόμα και εάν αυτός δεν απαιτείται υπολογιστικά.
- (103) Οι διατάξεις για τον ελάχιστο οπλισμό τέμνουσας δύναμης δίνονται στην Π-5.4.2.2.
- (4) P Σε φέρουσες κατασκευές με δομικά στοιχεία μεταβλητού ύψους θα πρέπει οι τιμές σχεδιασμού των τεμνουσών δυνάμεων να υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τις συνιστώσες των συνισταμένων θλίψης και εφελκυσμού κάθετα προς τον άξονα του δομικού στοιχείου.
- (5) P Στις προεντεταμένες φέρουσες κατασκευές θα πρέπει κατά τον υπολογισμό της τιμής σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης  $V_{Ed}$  να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των κεκλιμένων τενόντων.
- (6) P Κατά τον υπολογισμό του απαραίτητου διαμήκους οπλισμού θα πρέπει στις περιοχές που επιπονούνται από τέμνουσα δύναμη να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή αύξηση των εφελκυστικών δυνάμεων πάνω από την τιμή που αντιστοιχεί στην καμπτική ροπή.
- (7) Αυτή η αύξηση λαμβάνεται υπόψη με το μέγεθος μετάθεσης της Π-5.4.2.1.3.

#### 4.3.2.2 Μέθοδοι διαστασιολόγησης για την τέμνουσα δύναμη

(1)\*P Η φέρουσα ικανότητα σε τέμνουσα δύναμη περιορίζεται από διάφορους μηχανισμούς αστοχίας . Για τον λόγο αυτό ισχύουν οι ακόλουθες τιμές σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης:

$V_{Rd,ct}$  Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης ενός δομικού στοιχείου χωρίς οπλισμό τέμνουσας δύναμης (βλέπε II-4.3.2.3).

$V_{Rd,max}$  Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης από θλιπτήρες (βλέπε II-4.3.2.4)

$V_{Rd,sy}$  Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης από τον οπλισμό διάτμησης (βλέπε II-4.3.2.4).

(3) Σε διατομές όπου η τιμή  $V_{Ed}$  υπερβαίνει την  $V_{Rd,ct}$  θα πρέπει να προβλέπεται τέτοιος οπλισμός διάτμησης ώστε  $V_{Ed} \leq V_{Rd,sy}$ . Το μέγεθος του οπλισμού διάτμησης δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από τις ελάχιστες τιμές της II-5.4.2.2.

(4) P Η τιμή σχεδιασμού της δρώσας τέμνουσας δύναμης δεν επιτρέπεται σε καμία διατομή δομικού στοιχείου να υπερβαίνει την τιμή  $V_{Rd,max}$  (βλέπε II-4.3.2.4.4).

(6) P Η επίτευξη της τιμής  $V_{Rd,ct}$  εξαρτάται σημαντικά από τη σωστή αγκύρωση του εφελκυσμένου οπλισμού ή των τενόντων προέντασης . Για να εξασφαλιστεί αυτό, δίνονται οι αντίστοιχοι κανόνες στην II-5.

(107) P Για την περίπτωση όπου  $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$  θα πρέπει να εφαρμόζεται η μέθοδος με τη μεταβλητή κλίση των θλιπτήρων (II-4.3.2.4.4).

(8)\*P Όταν μία διατομή περιλαμβάνει παρακείμενους τένοντες προέντασης στους οποίους έγινε η ενεμάτωση , με άθροισμα διαμέτρων  $\Sigma d_H > b_w/8$  , θα πρέπει η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη  $V_{Rd,max}$  να υπολογίζεται βάσει της ονομαστικής τιμής  $b_{w,nom}$  του πλάτους της διατομής:

$$b_{w,nom} = b_w - 0,5 \Sigma d_H$$

Όπου

$d_H$  Η εξωτερική διάμετρος του περιβλήματος

$\Sigma d_H$  Το άθροισμα των διαμέτρων στην δυσμενέστερη θέση των τενόντων

Για τένοντες που κείνται ο ένας δίπλα στον άλλο και στους οποίους δεν έγινε η ενεμάτωση ή για τένοντες χωρίς συνάφεια ισχύει ότι:

$$b_{w,nom} = b_w - 1,3 \Sigma d_H$$

(10) \* Εξ αιτίας της άμεσης εισαγωγής φορτίων κειμένων πλησίον της περιοχής έδρασης του δομικού στοιχείου μπορεί ,για ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο και άμεση έδραση, για τον καθορισμό του διατμητικού οπλισμού να υπολογίζεται η τιμή σχεδιασμού  $V_{Ed}$  σε απόσταση  $d$  από την παρειά του στηρίγματος .

- (11)\* Το ποσοστό της τέμνουσας δύναμης εξαιτίας συγκεντρωμένου φορτίου που δρα σε απόσταση  $x \leq 2,5d$  από την παρειά του στηρίγματος μπορεί στην περίπτωση της άμεσης έδρασης να μειωθεί με το συντελεστή  $\beta$ :

$$\beta = \frac{x}{2,5 \cdot d}$$

- (12)\*P Κατα τον έλεγχο της  $V_{Rd,max}$  δεν θα γίνονται οι μειώσεις των παρ. (10)\* και (11)\*.

#### 4.3.2.3

(1)\*P

**Δομικά στοιχεία χωρίς υπολογιστικά απαιτούμενο διατμητικό οπλισμό ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ )**

Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη  $V_{Rd,ct}$  δομικών στοιχείων οπλισμένων σε κάμψη αλλά χωρίς οπλισμό διάτμησης, θα πρέπει γενικά να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (4.118).

$$V_{Rd,ct} = [0,10 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot b_w \cdot d \quad (4.118 \text{ a})$$

με μία ελάχιστη τιμή

$$V_{Rd,ct} = (v_{min} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad (4.118 \text{ b})$$

Όπου:

$b_w$  Ελάχιστο πλάτος διατομής εντός της εφελκυσμένης ζώνης της διατομής σε mm

$d$  Στατικά ωφέλιμο ύψος του οπλισμού κάμψης στην εξεταζόμενη διατομή σε mm

$$\kappa = l + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad \text{Συντελεστής για την επιρροή του ύψους του δομικού στοιχείου}$$

$\rho_l$  Ποσοστό διαμήκους οπλισμού όπου  $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$

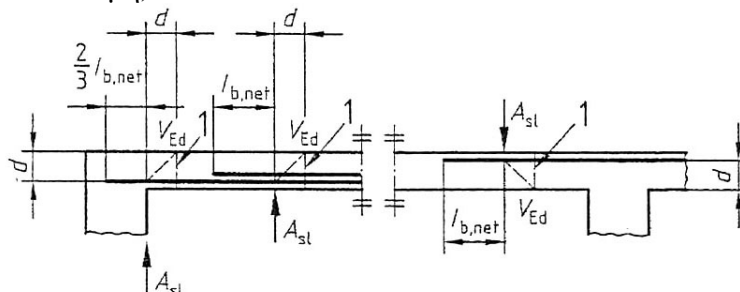
$A_{sl}$  Εμβαδόν του εφελκυσμένου οπλισμού που επεκτείνεται τουλάχιστον κατά  $d$  πέραν της εξεταζόμενης διατομής όπου και αγκυρώνεται ενεργά (βλέπε Σχ. 4.12). Στην προέκταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος μπορεί το εμβαδόν του χάλυβα προέκτασης  $A_{sl}$  να ληφθεί πλήρως υπόψη  $l$

$f_{ck}$  Χαρακτηριστική τιμή της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος σε  $\text{N/mm}^2$

$\sigma_{cd}$  Τιμή σχεδιασμού της ορθής τάσης του σκυροδέματος στο ύψος του κέντρου βάρους της διατομής όπου  $\sigma_{cd} = \frac{N_{Ed}}{A_c}$  σε  $\text{N/mm}^2$ .

$N_{Ed}$

Τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στη διατομή εξαιτίας εξωτερικών δράσεων ή της προέντασης ( $N_{Ed} < 0$  ως αξονική θλιπτική δύναμη).



### Επεξήγηση

1 εξεταζόμενη τομή

Σχ.. 4.12: Καθορισμός της  $A_{sl}$  για τον υπολογισμό του  $\rho_l$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.118).

(101)

Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη  $V_{Rd,ct}$  δομικών στοιχείων οπλισμένων σε κάμψη αλλά χωρίς οπλισμό διάτμησης μπορεί για την τυχηματική κατάσταση διαστασιολογησης να υπολογίζεται σύμφωνα με τις εξισώσεις (4.118 c) και (4.118 d).

$$V_{Rd,ct} = [0,115 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot b_w \cdot d \quad (4.118 \text{ c})$$

με μία ελάχιστη τιμή

$$V_{Rd,ct} = (v_{min} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,040 \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad (4.118 \text{ d})$$

(2)\*

Εάν αποδειχτεί ότι οι εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος στην οριακή κατάσταση αστοχίας είναι διαρκώς μικρότερες από  $f_{ctk,0,05} / \gamma_c$  ( $\gamma_c$  για το άοπλο σκυρόδεμα), μπορεί η φέρουσα ικανότητα σε τέμνουσα δύναμη στις πλησίον των εδράσεων περιοχές των δομικών στοιχείων από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα που βρίσκονται κυρίως υπό στατικές καταπονήσεις, να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (4.119):

$$V_{Rd,ct} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{\left(\frac{f_{ctk:0,05}}{\gamma_c}\right)^2 - \alpha_l \cdot \sigma_{cd} \cdot \frac{f_{ctk:0,05}}{\gamma_c}} \quad (4.119)$$

Όπου:

$I$  Ροπή επιφανείας διατομής 2<sup>ου</sup> βαθμού (ροπή αδρανείας)

$S$  Ροπή επιφανείας διατομής 1<sup>ου</sup> βαθμού σε συσχετισμό με το κέντρο βάρους της (στατική ροπή)

$a_l$	$= l_x/l_{bpd} \leq 1,0$ Σε προένταση με άμεση συνάφεια $= 1,0$ Στις λοιπές περιπτώσεις
$l_x$	Απόσταση της εξεταζόμενης διατομής από την αρχή του μήκους αγκύρωσης του τένοντα σύμφωνα με την II-4.2.3.5.6.
$l_{bpd}$	Ανώτερη τιμή σχεδιασμού του μήκους μεταβίβασης του τένοντα σύμφωνα με την II- 4.2.3.5.6 (4)
$f_{ctk, 0,05}$	Κατώτερη ποσοστιαία τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος σύμφωνα με την II-3.1.3· ωστόσο $f_{ctk, 0,05} \leq 2,7 \text{ N/mm}^2$ .
$\gamma_c$	Συντελεστής ασφαλείας για το άοπλο σκυρόδεμα σύμφωνα με την V-2.3.3.2.
$b_w$	Ελάχιστο πλάτος διατομής
$\sigma_{cd}$	Τιμή σχεδιασμού της ορθής τάσης του σκυροδέματος στο ύψος του κέντρου βάρους της διατομής όπου $\sigma_{cd} = \frac{N_{Ed}}{A_c}$ σε $\text{N/mm}^2$ .

Ο έλεγχος αυτός παραλείπεται στις διατομές που βρίσκονται πλησιέστερα από  $h/2$  από την εμπρόσθια παρειά του στηρίγματος .

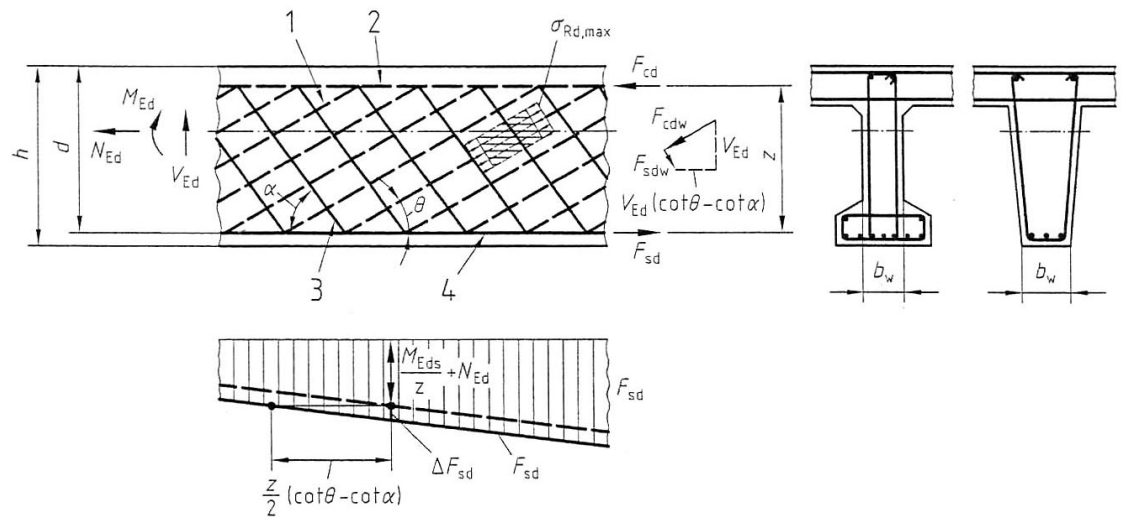
#### 4.3.2.4 Δομικά στοιχεία με υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης ( $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ )

##### 4.3.2.4.1 Γενικά

- (1) P Στις δοκούς οι λοξές ράβδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οπλισμός διατμήσεως μόνο ταυτόχρονα με τους συνδετήρες. Τουλάχιστον το 50% της  $V_{Ed}$  θα πρέπει να καλύπτεται με κάθετους συνδετήρες.
- (2) Η γωνία ανάμεσα στις λοξές ράβδους και τον άξονα της δοκού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $45^\circ$ .
- (3) Όταν το φορτίο δεν επιβάλλεται στην άνω παρειά της δοκού ή όταν η έδραση δεν στηρίζει τη δοκό στην κάτω παρειά, θα πρέπει να τοποθετείται οπλισμός ανάρτησης για να οδηγείται το φορτίο στην άνω πλευρά της δοκού όπως προβλέπεται στο προσομοίωμα δικτυώματος στο οποίο βασίζεται ο υπολογισμός.

##### 4.3.2.4.2 Δομικά στοιχεία σταθερού ύψους

- (1)\*P Η διαστασιολόγηση των τεμνουσών δυνάμεων δομικών στοιχείων υποκειμένων σε κάμψη και εχόντων οπλισμό διάτμησης γίνεται βάσει προσομοιώματος δικτυώματος (βλέπε Σχ. 4.13). Η κλίση  $\theta$  των θλίπτήρων του δικτυώματος θα πρέπει να περιορίζεται βάσει της II-4.3.2.4.4. (1)\*P.
- (2)\* Στον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη θα πρέπει γενικά να χρησιμοποιείται ο εσωτερικός μοχλοβραχίονας  $z$  από τον έλεγχο της οριακής κατάστασης αστοχίας από κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη. Για τις ορθογωνικές διατομές σιδηροπαγούς σκυροδέματος μπορεί γενικά να θεωρείται κατά προσέγγιση η τιμή  $z = 0,9 \cdot d$ . Δεν θα πρέπει να τίθεται μεγαλύτερη τιμή από αυτή που προκύπτει από  $z = d - 2 \cdot \text{nom } c$  (nom  $c$  του διαμήκους οπλισμού στη ζώνη θλίψης του σκυροδέματος). Εδώ προϋποτίθεται ότι οι συνδετήρες έχουν αγκυρωθεί στη θλιβόμενη ζώνη σύμφωνα με τη II-5.2.5.



Όπου:

- 1 Θλιπτήρας
- 2 Θλιβόμενο Πέλωμα
- 3 Ελκυστήρας, σπλισμός διάτμησης
- 4 Εφελκόμενο Πέλωμα, διαμήκης σπλισμός
- $\alpha$  Γωνία ανάμεσα στον σπλισμό διάτμησης και τον άξονα του δομικού στοιχείου
- $\theta$  Γωνία ανάμεσα στους θλιπτήρες του σκυροδέματος και τον άξονα του δομικού στοιχείου
- $F_{sd}$  Τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής δύναμης στο διαμήκη σπλισμό
- $F_{cd}$  Τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης του σκυροδέματος στη διεύθυνση του άξονα του δομικού στοιχείου
- $b_w$  Ελάχιστο πλάτος διατομής
- $z$  Εσωτερικός μοχλοβραχίονας του εξεταζόμενου τμήματος του δομικού στοιχείου
- $\Delta F_{sd}$  Ποσοστό εφελκυστικής δύναμης στο διαμήκη σπλισμό εξαιτίας της τέμνουσας δύναμης όπου  $\Delta F_{sd} = 0,5 \cdot V_{Ed} \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)$

**Σχ. 4.13: Προσομοίωμα δικτύωματος και ορολογία των δομικών στοιχείων με σπλισμό διάτμησης**

(3)\*P

Οι τάσεις στους θλιπτήρες θα πρέπει να περιορίζονται σε  $\sigma_c \leq \alpha_c \cdot f_{cd}$

Όπου:

- $\alpha_c$  Συντελεστής μείωσης για την αντοχή των θλιπτήρων  
όπου  $\alpha_c = 0,75$

(4.21)

(4) Κατά τον καθορισμό του οπλισμού διάτμησης θα πρέπει να εφαρμόζονται οι ακόλουθοι κανόνες:

- ποσοστό ελάχιστου οπλισμού διάτμησης σύμφωνα με την Π-5.4.2.2.
- περιορισμός του πλάτους της διατμητικής ρωγμής στη νεύρωση-κορμό σύμφωνα με την Π-4.4.2.3 (9)\*
- κατασκευαστική διαμόρφωση του οπλισμού διάτμησης σύμφωνα με την Π-5.2.5

#### 4.3.2.4.4 Μέθοδος με μεταβλητή κλίση των θλιπτήρων

(1)\*P Η κλίση  $\theta$  των θλιπτήρων του δικτυώματος θα πρέπει να περιορίζεται ως εξής:

$$0,58 \leq \cot \theta \leq \frac{1,2 - 1,4 \sigma_{cd} / f_{cd}}{1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}} \leq 3,0 \quad (4.122)$$

με

$$V_{Rd,c} = \beta_{ct} \cdot 0,10 f_{ck}^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right) \cdot b_w \cdot z \quad (4.123)$$

Όπου:

$$\beta_{ct} = 2,4$$

$\sigma_{cd}$  Τιμή σχεδιασμού της ορθής τάσης του σκυροδέματος στο ύψος του κέντρου βάρους της διατομής όπου

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \text{ σε N/mm}^2$$

$N_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στη διατομή εξαιτίας εξωτερικών δράσεων ή της προέντασης ( $N_{Ed} < 0$  ως αξονική θλιπτική δύναμη)

(2)\*P Σε δομικά στοιχεία με οπλισμό διάτμησης σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα του δομικού στοιχείου, οι τιμές σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα προκύπτουν από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \cdot z \cdot a_c \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (4.26)$$

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta \quad (4.27)$$

Ο συντελεστής  $a_c$  προκύπτει από την εξίσωση (4.21). Για τον εσωτερικό μοχλοβραχίονα  $z$  ισχύει η Π-4.3.2.4.2 (2)\*.

Όπου:

$s_w$  Απόσταση του οπλισμού διάτμησης, που τοποθετείται σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα του δομικού στοιχείου, υπολογιζόμενη στη διεύθυνση του άξονα του δομικού στοιχείου



(3)\*P

Στα δομικά στοιχεία με κεκλιμένο οπλισμό διάτμησης, οι τιμές σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα προκύπτουν με τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot a_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta} \quad (4.28)$$

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (4.29)$$

Όπου:

$$\alpha_c = 0,75$$

$s_w$  η απόσταση του κεκλιμένου οπλισμού διάτμησης μετρούμενη στη διεύθυνση του άξονα του δομικού στοιχείου

(5) Η εφελκυστική δύναμη στο διαμήκη οπλισμό μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$F_{sd} = \frac{|M_{Ed}|}{z} + \frac{1}{2} |V_{Ed}| \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) \quad (4.30)$$

(6) Εναλλακτικά σε σχέση με την εξίσωση (4.30) μπορεί να οριστεί η καμπύλη  $F_{sd}$  με μετατόπιση της καμπύλης  $M_{Ed}/z$  κατά το μέγεθος  $\alpha_e = (\cot \theta - \cot \alpha) \cdot \frac{z}{2} \geq 0$  στη διεύθυνση που αυξάνεται η  $M_{Ed}/z$  (κανόνας περί μεγέθους μετατόπισης, βλ. Π-5.4.2.1.3).

(7) Στην έμμεση έδραση θα πρέπει ο διαμήκης οπλισμός να μπορεί να παραλαμβάνει πάντα την εφελκυστική δύναμη  $F_{sd}$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.30).

(8) Ο δεύτερος προσθετός της εξίσωσης (4.30) εκφράζει την αύξηση της εφελκυστικής δύναμης πάνω από την τιμή που θα προέκυπτε εάν λαμβανόταν υπόψη μόνο η καμπτική ροπή.

#### 4.3.2.4.5 Δομικά στοιχεία μεταβλητού ύψους

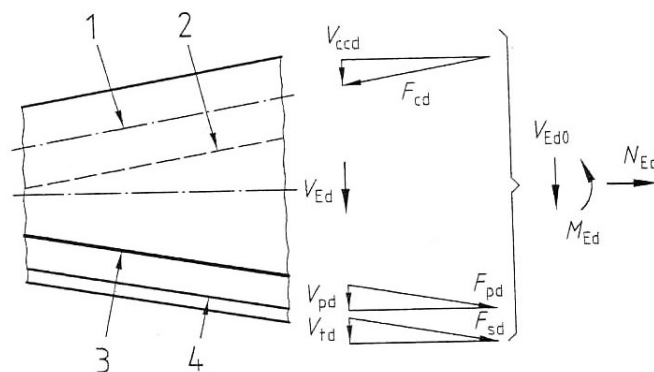
(1)\* Σε δομικά στοιχεία με μεταβλητό ύψος ή κεκλιμένη χάραξη τενόντων προέντασης, η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης  $V_{Ed}$  προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τις συνιστώσες των δυνάμεων του θλιβομένου και εφελκυσμένου πέλματος κάθετα ως προς τον άξονα του δομικού στοιχείου σύμφωνα με την εξίσωση (4.31) και το Σχ. 4.14:

$$V_{Ed} = V_{Ed0} - V_{ccd} - V_{td} - V_{pd} \quad (4.31)$$

Όπου:

$V_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της δρώσας τέμνουσας δύναμης

$V_{Ed0}$	Βασική τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης που δρα στη διατομή
$V_{ccd}$	Τιμή σχεδιασμού της συνιστώσας της τέμνουσας δύναμης στη θλιβόμενη ζώνη
$V_{td}$	Τιμή σχεδιασμού της συνιστώσας της τέμνουσας δύναμης από την εφελκυστική δύναμη του χάλυβα σκυροδέματος
$V_{pd}$	Συνιστώσα της τέμνουσας δύναμης από την δύναμη προέντασης στην οριακή κατάσταση αστοχίας ( $P_{mt} \leq A_p \cdot f_{p0,1k} / \gamma_s$ ).



### Επεξήγηση

1. Γραμμή δράσης της θλιπτικής δύναμης του σκυροδέματος
2. Ουδέτερος άξονας
3. Κεντροβαρικός Άξονας βαρύτητας των τενόντων προέντασης
4. Κεντροβαρικός Άξονας βαρύτητας οπλισμού σκυροδέματος

**Σχ.. 4.14: Ποσοστό τέμνουσας δύναμης σε μεταβλητού ύψους διατομής Δομικά στοιχεία με κεκλιμένους τένοντες και μη μεταβλητό ύψος**

#### 4.3.2.4.6

- (1) Όταν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των κεκλιμένων τενόντων προέντασης, η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού προκύπτει βάσει της ακόλουθης εξίσωσης:

$$V_{Ed} = V_{Ed0} - V_{pd} \quad (4.32)$$

Όπου:

$V_{pd}$  Συνιστώσα τέμνουσας δύναμης από τον κεκλιμένο τένοντα παράλληλα στην  $V_{Ed0}$   
 Η  $V_{pd}$  είναι θετική όταν έχει την ίδια κατεύθυνση με την  $V_{Ed0}$

Η εξίσωση (4.32) ισχύει και σε συνδυασμό με την εξίσωση (4.31).

#### 4.3.2.5

(1)\*P

**Διάτμηση μεταξύ νεύρωσης-κορμού δοκού και πέλματος (πλάκας)**

Η σύνδεση του θλιβομένου (πλάκα) και εφελκυσμένου πέλματος θα πρέπει να αποδεικνύεται με προσομοίωμα δικτύωματος.

(2)\*

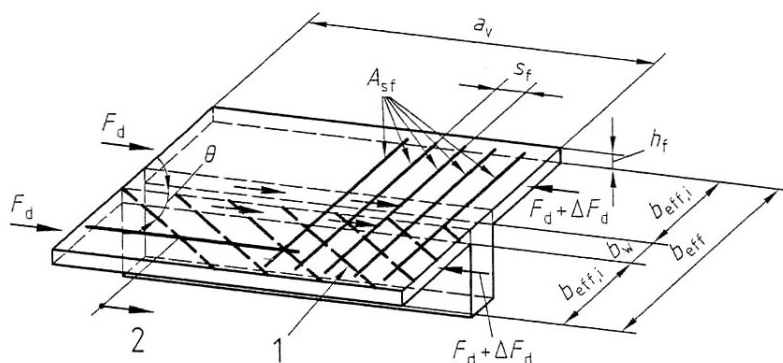
Η τιμή σχεδιασμού της δρώσας διαμήκουσ δύναμης διάτμησης μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$V_{Ed} = \Delta F_d \quad (4.133)$$

Όπου:

$\Delta F_d$  Η διαφορά διαμήκουσ δύναμης σε μία μονόπλευρη τομή πέλματος μήκους  $a_v$  όπου η διαμήκουσ δύναμη διάτμησης μπορεί να θεωρηθεί σταθερή (βλ. Σχ. 4.114).

Ως  $a_v$  μπορεί να θεωρηθεί το μέγιστο η μισή απόσταση μεταξύ σημείου μηδενικής και μέγιστης τιμής ροπής. Στην περίπτωση σημαντικών συγκεντρωμένων φορτίων θα πρέπει τα εκάστοτε μήκη των τομών να μην ξεκινούν πάνω από τα σημεία όπου παρουσιάζει άλμα η τέμνουσα δύναμη.



### Επεξήγηση

#### 1. Θλιπτήρας

Ο διαμήκουσ οπλισμός στο πέλμα θα πρέπει να αγκυρώνεται πέρα από το σημείο αυτό

#### **Σχ. 4.114: Σύνδεση πελμάτων (πλάκας) και νεύρωσης-(κορμού)**

(3)\*

Ο έλεγχος της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα μπορεί να γίνει σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.4. Στις εξισώσεις (4.26) έως (4.29), (4.122) και (4.123) θα πρέπει να τίθεται  $b_w = h_f$  και  $z = a_v$ . Ως  $\sigma_{cd}$  μπορεί να τεθεί η μέση διαμήκουσ τάση του σκυροδέματος στο συνδεόμενο τμήμα της διατομής του πέλματος με μήκος  $a_v$ . Απλούστερα μπορεί να τεθεί για τα εφελκόμενα πέλματα  $\cot \theta = 1,0$  και τα θλιβόμενα πέλματα  $\cot \theta = 1,2$ .

(4)\*P

Εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος μπορεί σε συνδυαστική καταπόνηση από δυνάμεις διάτμησης μεταξύ πέλματος (πλάκας) νεύρωσης-κορμού και από εγκάρσια κάμψη να τίθεται η μεγαλύτερη απαιτούμενη διατομή χάλυβα ανά πλευρά που να προκύπτει είτε σύμφωνα με την παρούσα παράγραφο είτε από την διαστασιολόγηση σε εγκάρσια κάμψη. Ταυτόχρονα, η θλιβόμενη ζώνη και η ζώνη εφελκυσμού σε κάμψη θα πρέπει να εξετάζονται χωριστά με εφαρμογή κάθε φορά του μισού οπλισμού διάτμησης που καθορίζεται από την καταπόνηση σε διάτμηση.

### 4.3.3

### Στρέψη

#### 4.3.3.1

#### Καθαρή στρέψη

- (1) P Όταν η στατική ισορροπία μιας φέρουσας κατασκευής εξαρτάται από τη φέρουσα ικανότητα σε στρέψη των επιμέρους δομικών στοιχείων της ή όταν η κατανομή των εντατικών μεγεθών επηρεάζεται από την ακαμψία σε στρέψη, απαιτείται διαστασιολόγηση σε στρέψη που να περιλαμβάνει τόσο την οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.
- (2) Όταν σε στατικά αόριστες φέρουσες κατασκευές η στρέψη εμφανίζεται μόνο από την τήρηση των συνθηκών συμβιβαστού και η ευστάθεια τους δεν εξαρτάται από τη φέρουσα ικανότητα σε στρέψη, δεν είναι γενικά απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η στρέψη στην οριακή κατάσταση αστοχίας.
- Όταν δεν είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η στρέψη στην οριακή κατάσταση αστοχίας θα πρέπει να προβλέπεται ελάχιστος κατασκευαστικός οπλισμός με τη μορφή συνδετήρων και διαμήκους οπλισμού προς αποφυγή του υπερμέτρου σχηματισμού ρωγμών. Οι απαιτήσεις σύμφωνα με την Π-4.4.2 και την Π-5.4.2 επαρκούν γενικά για το σκοπό αυτό.
- (3) Η φέρουσα ικανότητα μίας διατομής σε στρέψη μπορεί να αποδειχτεί θεωρώντας μία κλειστή διατομή με λεπτά τοιχώματα στην οποία η ισορροπία επιτυγχάνεται με κλειστή ροή διάτμησης. Οι πλήρεις διατομές μπορούν ακόμα να αντικατασταθούν με ισότιμες διατομές με λεπτά τοιχώματα. Σύνθετες διατομές όπως οι διατομές σε σχήμα T μπορούν να διαιρεθούν σε επιμέρους διατομές. Η συνολική φέρουσα ικανότητα σε στρέψη υπολογίζεται ως το άθροισμα της φέρουσας ικανότητας των επιμέρους στοιχείων. Η αναλαμβανόμενη ροπή στρέψης των μεμονωμένων επιμέρους διατομών δεν θα πρέπει να αποκλίνει κατά πολύ από αυτή που προκύπτει βάσει ελαστικού υπολογισμού για διατομή χωρίς ρηγματώση. Στις κοίλες διατομές το θεωρητικό πάχος των τοιχωμάτων δεν μπορεί να υπερβαίνει το πραγματικό τους πάχος. Η ροπή στρέψης που μπορεί να αναληφθεί από τα επιμέρους δομικά στοιχεία σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας μπορεί να υπολογίζεται βάσει της δυστρεψίας κατά St. Venant. Η δυστρεψία κατά St. Venant για μη ορθογωνικές διατομές μπορεί να προκύψει με διαίρεση σε επιμέρους ορθογωνικές διατομές και πρόσθεση των επιμέρους δυστρεψιών. Η διαίρεση μίας διατομής θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η υπολογιζόμενη δυστρεψία να λαμβάνει τη μέγιστη τιμή.
- (4) P Ο οπλισμός στρέψης θα πρέπει να αποτελείται από κλειστούς συνδετήρες και από διαμήκη οπλισμό οι ράβδοι του οποίου να είναι διαταγμένοι στην περίμετρο της διατομής. Σε όλες τις γωνίες μίας διατομής θα πρέπει να διατάσσονται διαμήκεις ράβδοι (βλέπε Π-5.4.2.3 (3)\*P). Η μέση γραμμή των τοιχωμάτων καθορίζεται από τους άξονες των διαμηκών ράβδων στις γωνίες.
- (5) P Η αναλαμβανόμενη ροπή στρέψης θα πρέπει να πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

$$T_{Ed} \leq T_{Rd,max}$$

(4.38)

$$T_{Ed} \leq T_{Rd,sy} \quad (4.39)$$

Όπου:

$T_{Rd,max}$  Τιμή σχεδιασμού της ροπής στρέψης που παραλαμβάνεται από τους θλιπτήρες του σκυροδέματος

$T_{Rd,sy}$  Τιμή σχεδιασμού της ροπής στρέψης που παραλαμβάνεται από τον οπλισμό

(6)\*P

Η τιμή σχεδιασμού της μέγιστης αναλαμβανομένης ροπής στρέψης της διατομής ή ενός οποιουδήποτε τμήματός της, σε στρέψη μόνο, προκύπτει από την εξίσωση (4.40). Η μικρότερη τιμή των τοιχωμάτων  $i$  της υπο έλεγχο διατομής είναι καθοριστική:

$$T_{Rd,max} = \frac{\alpha_{c,red} \cdot f_{cd} \cdot 2A_k \cdot t_{eff}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (4.40)$$

Όπου:

$\alpha_{c,red} = 0,7 \alpha_c$  γενικά (όπου  $\alpha_c = 0,75$ )

$\alpha_{c,red} = \alpha_c$  σε κιβωτιοειδείς διατομές με οπλισμό στις εσωτερικές και εξωτερικές πλευρές των τοιχωμάτων

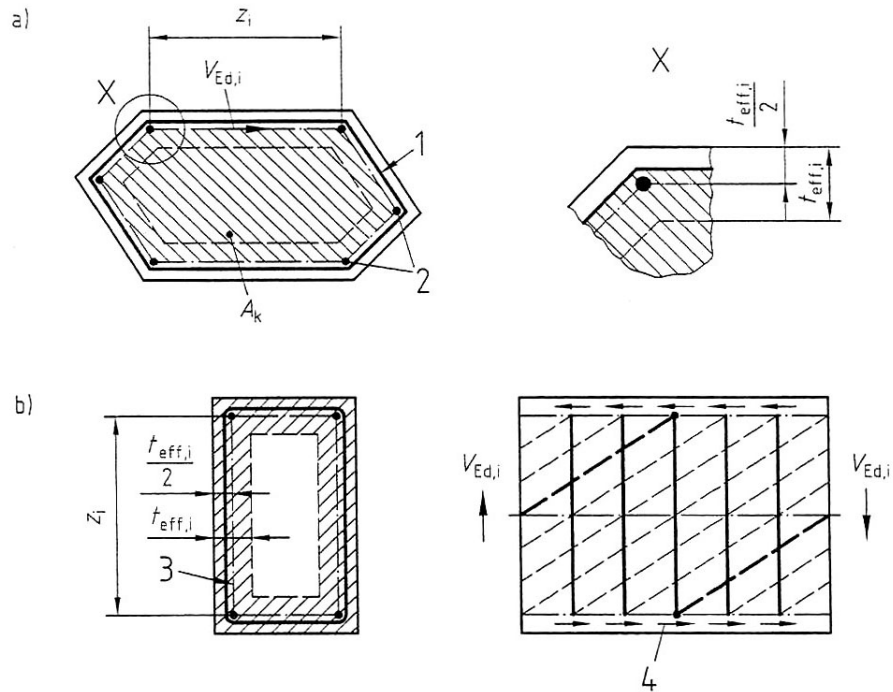
$t_{eff}$  Ενεργό πάχος τοιχώματος: το  $t_{eff}$  ισοδυναμεί με το διπλάσιο της απόστασης από τη μέση γραμμή έως την εξωτερική επιφάνεια, αλλά δεν είναι μεγαλύτερο από το πάχος του υπάρχοντος τοιχώματος (βλ. Σχ. 4.15)

$A_k$  Εμβαδόν που περικλείεται από τις μέσες γραμμές των τοιχωμάτων (συμπεριλαμβανομένων των κοίλων εσωτερικών περιοχών)

$\theta$  Γωνία μεταξύ των θλιπτήρων του σκυροδέματος και του διαμήκου άξονα μίας δοκού. Η κλίση  $\theta$  του θλιπτήρα θα πρέπει να περιορίζεται σύμφωνα με την II-4.3.2.4.4 (1)\*P. Επιπλέον, η τέμνουσα δύναμη  $V_{ed,T}$  από την καταπόνηση σε στρέψη υπολογίζεται για κάθε τοίχωμα της υπο έλεγχο διατομής ως εξής:

$$V_{Ed,T,i} = \frac{T_{Ed} \cdot z_i}{2A_k} \quad (4.142)$$

$z_i$  Ύψος  $i$  του τοιχώματος που ορίζεται ως η απόσταση των σημείων τομής της μέσης γραμμής του τοιχώματος με τις μέσες γραμμές των γειτονικών τοιχωμάτων (βλ. Σχ. 4.15)



**Επεξήγηση**

- 1 Συνδετήρες  
 2 Διαμήκεις ράβδοι  
 3 Μέση γραμμή του τοιχώματος  $i$   
 4 Διατμητική Ροή  $V_{Ed,i}/z$
- a) Ορολογία στρέψης  
 b) Ορισμός της υποκατάστατης κιβωτιοειδούς διατομής και του προσομοιώματος δικτύωματος υποκατάστατου τοιχώματος

**Σχ.. 4.15: Ορολογία και σχεδιασμός προσομοιώματος σε στρέψη**

(7)\*P

Η τιμή σχεδιασμού  $T_{Rd,sy}$  της αναλαμβανόμενης ροπής στρέψης της διατομής ή μίας οποιασδήποτε επιμέρους διατομής θα πρέπει να υπολογίζεται από τις εξισώσεις (4.43) και (4.44)· η μικρότερη τιμή  $i$  για τα τοιχώματα της υπο έλεγχου διατομής είναι καθοριστική.

$$T_{Rd,sy} = \left( \frac{A_{sw}}{s_w} \right) \cdot f_{yd} \cdot 2A_k \cdot \cot \theta \quad (4.43)$$

$$T_{Rd,sy} = \left( \frac{A_{sl}}{u_k} \right) \cdot f_{yd} \cdot 2A_k \cdot \tan \theta \quad (4.44)$$

Όπου:

$A_{sw}$	Εμβαδόν της διατομής του οπλισμού στρέψης κάθετα προς τον άξονα του δομικού στοιχείου
$s_w$	Απόσταση του οπλισμού στρέψης μετρημένη στην διεύθυνση του άξονα του δομικού στοιχείου
$A_{sl}$	Εμβαδόν της διατομής του διαμήκους οπλισμού στρέψης
$u_k$	Περίμετρος της επιφάνειας $A_k$

Στα θλιβόμενα πέλματα ο διαμήκης οπλισμός στρέψης μπορεί να μειωθεί ανάλογα με τις υπάρχουσες θλιπτικές δυνάμεις. Στα εφελκυόμενα πέλματα θα πρέπει αυτός να προστίθεται στον υπόλοιπο διαμήκη οπλισμό.

- (8) P Η συνισταμένη των εφελκυστικών δυνάμεων  $F_{sl} = A_{sl} \cdot f_{yd}$  θα πρέπει να θεωρείται ότι ασκείται στο κέντρο βάρους της λεπτότοιχης υποκατάστατης διατομής. Ένα μέρος του διαμήκους οπλισμού (ή των τενόντων) που απαιτείται για την  $F_{sl}$  μπορεί να διαταχθεί στον άξονα του δομικού στοιχείου. Για να εξασφαλιστεί ωστόσο ότι η δύναμη του κεκλιμένου θλιπτήρα μεταβιβάζεται στους συνδετήρες θα πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία της υπάρχουσας διατομής.
- (9) P Στην καθαρή στρέψη θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις σε ό,τι αφορά στην κατασκευαστική διαμόρφωση:
- περιορισμός του πλάτους ρηγμάτωσης σύμφωνα με την II-4.4.2,
  - διάταξη οπλισμού σύμφωνα με την II-5.4.2.3.

#### 4.3.3.2 Συνδυαστική επιπόνηση από δράσεις

##### 4.3.3.2.1 Γενική μέθοδος

- (1) P Για τον καθορισμό της κλειστής λεπτότοιχης υποκατάστατης διατομής θα πρέπει να ακολουθείται η ίδια μέθοδος με αυτή που εφαρμόζεται στην καθαρή στρέψη. Οι ορθές και οι διατμητικές τάσεις σε αυτή τη διατομή θα πρέπει να υπολογίζονται με τις παραδοσιακές μεθόδους της θεωρίας της ελαστικότητας και της πλαστικότητας.
- (2) Όταν οι τάσεις έχουν καθοριστεί, μπορεί να υπολογιστεί και ο απαιτούμενος οπλισμός σε κάθε σημείο της λεπτότοιχης υποκατάστατης διατομής με τη βοήθεια μίας επίπεδης εντατικής κατάστασης. Η τάση του σκυροδέματος μπορεί να προκύψει με τον ίδιο τρόπο. Εάν ο οπλισμός που υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη, μπορεί να αντικατασταθεί από άλλη στατικά ισοδύναμη διάταξη οπλισμού με την προϋπόθεση ότι οι επιδράσεις αυτής της αλλαγής λαμβάνονται υπόψη στις περιοχές κοντά στα άκρα των δοκών και κοντά στα ανοίγματα.
- (3) Οι τάσεις του σκυροδέματος λόγω συνδυασμένης επιπόνησης από τέμνουσα και στρέψη στα επιμέρους τμήματα της λεπτότοιχης υποκατάστατης διατομής δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή  $\sigma_c = a_{c,red} \cdot f_{cd}$ , όπου το  $a_{c,red}$  προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση (4.40) της II-4.3.3.1.
- (4) Στις κιβωτιοειδείς διατομές με οπλισμό στις εσωτερικές και εξωτερικές πλευρές μπορεί για τα τοιχώματα που υπόκεινται σε διατμητικές τάσεις εξαιτίας τέμνουσας και στρέψης να θεωρηθεί ότι  $a_{c,red} = a_c$  (όπου  $a_c = 0,75$ ).

#### 4.3.3.2.2 Απλουστευμένη μέθοδος

##### Στρέψη με κάμψη και / ή με αξονικές δυνάμεις

- (1) Ο διαμήκης οπλισμός που απαιτείται για την κάμψη και τη στρέψη θα πρέπει να καθορίζεται χωριστά σύμφωνα με την παρούσα ενότητα ή την Π-4.3.1 εφαρμοζομένων των ακόλουθων κανόνων :
- στη εφελκόμενη από κάμψη ζώνη θα πρέπει ο διαμήκης οπλισμός στρέψης να τοποθετείται επιπρόσθετα του διαμήκους οπλισμού που απαιτείται από κάμψη και αξονική δύναμη ,
  - στη θλιβόμενη από κάμψη ζώνη δεν απαιτείται πρόσθετος διαμήκης οπλισμός στρέψης όταν οι εφελκυστικές τάσεις από τη στρέψη είναι μικρότερες από τις θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος εξαιτίας της κάμψης .
- (2) Όταν η στρέψη προκύπτει ταυτόχρονα με μία μεγάλη καμπτική ροπή, αυτό μπορεί ιδιαίτερα στους φορείς κιβωτιοειδούς διατομής να προκαλέσει σοβαρές κύριες τάσεις στη θλιβόμενη ζώνη . Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει οι κύριες θλιπτικές τάσεις να μην υπερβαίνουν την τιμή  $f_{cd}$  (βλέπε Π-4.2.1.3.3 (11)). Αυτή η τάση προκύπτει από τη μέση ορθή θλίψη λόγω κάμψης και τις διατμητικές τάσεις εξαιτίας της στρέψης βάσει της σχέσης  $\tau_{Ed} = T_{Ed}/(2A_k \cdot t)$ . Για τις τιμές  $A_k$  και  $t$ , βλέπε Π-4.3.3.1.

##### Στρέψη με τέμνουσα δύναμη

- (3)\*P Για συνδυαστική καταπόνηση από στρέψη και τέμνουσα δύναμη θα πρέπει να εισάγεται στην εξίσωση (4.122) η  $V_{Ed,T+V}$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.242) και στην εξίσωση (4.123) για  $b_w$  το ενεργό πάχος  $t_i$  του τοιχώματος. Με την επιλεχθείσα γωνία  $\theta$  θα πρέπει ο έλεγχος να εκτελείται τόσο για την τέμνουσα δύναμη όσο και για τη στρέψη. Οι οπλισμοί που θα προκύψουν θα πρέπει να προστεθούν.

$$V_{Ed,T+V} = V_{Ed,T} + \frac{V_{Ed} \cdot t_{eff,i}}{b_w} \quad (4.242)$$

Όπου:

$V_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της ασκούμενης τέμνουσας δύναμης  
 $t_{eff,i}$  Σύμφωνα με την Π-4.3.3.1 (6)

Απλοποιητικά ο οπλισμός για τη στρέψη μόνο μπορεί να υπολογιστεί θεωρώντας ότι  $\theta = 45^\circ$  και να προστεθεί στον υπολογισμό της τέμνουσας δύναμης που προκύπτει βάσει της Π-4.3.2.4.4.

Η ροπή στρέψης  $T_{Ed}$  που θα πρέπει να παραληφθεί και η αντίστοιχη παραλαμβανόμενη τέμνουσα δύναμη  $V_{Ed}$  θα πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις:



- για συμπαγείς διατομές

$$\left(\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}\right)^2 \leq 1 \quad (4.47 \alpha)$$

- για κιβωτιοειδείς διατομές

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1 \quad (4.47 \beta)$$

Όπου:

$T_{Rd,max}$  Τιμή σχεδιασμού της παραλαμβανόμενης ροπής στρέψης σύμφωνα με την εξίσωση (4.40)

$V_{Rd,max}$  Τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραληφθεί μέσω των κεκλιμένων κατά γωνία  $\theta$  θλιπτήρων (σύμφωνα με τις εξισώσεις (4.26) ή (4.28)).

(4) P Η διαστασιολόγηση των συνδετήρων μπορεί να γίνει χωριστά για τη στρέψη σύμφωνα με την εξίσωση (4.43) και χωριστά για την τέμνουσα δύναμη σύμφωνα με την εξίσωση (4.27) ή (4.29). Η γωνία κλίσης  $\theta$  των θλιπτήρων του σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνεται ίση τόσο για την διαστασιολόγηση σε στρέψη όσο και σε διάτμηση.

(5) P Για μία κατά προσέγγιση ορθογωνική πλήρη διατομή εκτός από τον ελάχιστο οπλισμό σύμφωνα με την Π-5.4.2.2, πίνακας 5.7, δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης και στρέψης όταν τηρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

$$T_{Ed} \leq V_{Ed} \cdot \frac{b_w}{4,5} \quad (4.48)$$

$$V_{Ed} \left[ 1 + \frac{(4,5T_{Ed})}{(V_{Ed} \cdot b_w)} \right] \leq V_{Rd,ct} \quad (4.49)$$

### 4.3.3.3 Στρέψη με παρεμποδιζόμενη στρέβλωση

(1) P Οι τάσεις λόγω παρεμποδιζόμενης στρέβλωσης της διατομής μπορούν γενικά να μην λαμβάνονται υπόψη στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

(2) P Στις κλειστές λεπτότοιχες διατομές και στις πλήρεις διατομές μπορούν γενικά να μην λαμβάνονται υπόψη οι τάσεις λόγω παρεμποδιζόμενης στρέβλωσης της διατομής.

#### 4.3.4

#### Διάτρηση

##### 4.3.4.1

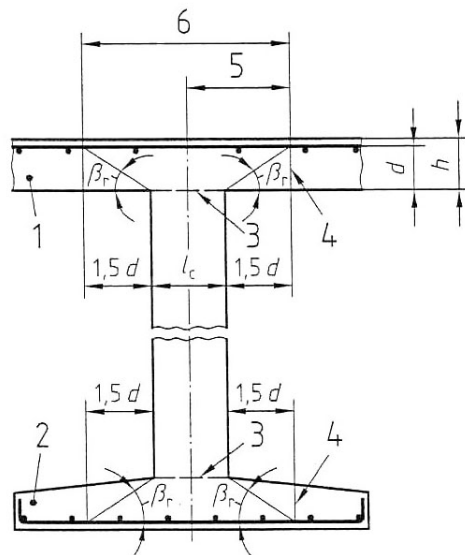
##### Γενικά

- (1) P Οι θεμελιώδεις αρχές και οι κανόνες της παρούσας ενότητας συμπληρώνουν αυτές της Π-4.3.2. Αναφέρονται στη διάτρηση πλακών με οπλισμό κάμψης σύμφωνα με την Π-4.3.1 και ισχύουν και για τη διάτρηση των θεμελίων.
- (2)\* Η διάτρηση μπορεί να προέρθει από συγκεντρωμένα φορτία ή από αντιδράσεις έδρασης που δρουν σε σχετικά μικρή επιφάνεια. Η τελευταία χαρακτηρίζεται ως επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$ .
- (3)\*P Ένα κατάλληλο προσομοίωμα διαστασιολόγησης για τον έλεγχο έναντι της διάτρησης στην οριακή κατάσταση αστοχίας δίνεται στο Σχ. 4.16. Η κρίσιμη επιφάνεια  $A_{crit}$  θα πρέπει να θεωρείται παράλληλη στην επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$ .
- (4) P Ο έλεγχος της φέρουσας ικανότητας θα πρέπει να εκτελείται κατά μήκος των επιλεγμένων διατομών του ελέγχου. Έξω από την περιοχή των διατομών του ελέγχου θα πρέπει το δομικό στοιχείο να πληροί τις απαιτήσεις σύμφωνα με την Π-4.3.2.

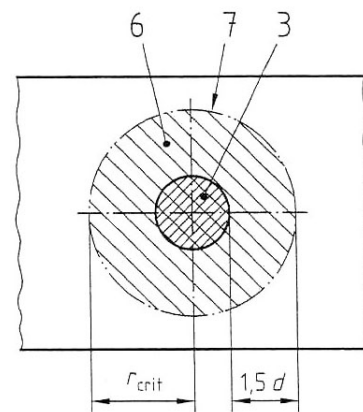
(a)

(b)

a)



b)



##### Επεξήγηση...

a) Διατομή

b) Κάτοψη πλάκας

$$\beta_r = 33,7^\circ$$

1 Πλάκα

2 Πλάκα θεμελίωσης

3 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$

4 Κρίσιμη κυκλική διατομή

5 Κρίσιμη ακτίνα  $r_{crit}$

6 Κρίσιμη επιφάνεια  $A_{crit}$

7 Περίμετρος της κρίσιμης διατομής  $u_{crit}$

Σχ. 4.16: Προσομοίωμα διαστασιολόγησης για τον έλεγχο της ασφάλειας έναντι διάτρησης.

#### 4.3.4.2

#### Πεδίο εφαρμογής και έννοιες

##### 4.3.4.2.1

#### Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου

(1)\*P

Οι διατάξεις της παρούσας ενότητας θα πρέπει να εφαρμόζονται στα ακόλουθα είδη επιφανειών εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$ :

- κυκλικές επιφάνειες με διάμετρο έως  $3,5 d$  (όπου  $d$  το μέσο στατικό ωφέλιμο ύψος του δομικού στοιχείου που υπόκειται σε έλεγχο),
- ορθογωνικές επιφάνειες με περίμετρο το πολύ  $11 d$  και με αναλογία μήκους  $a$  ως προς το πλάτος  $b$  της επιφάνειας ίση με  $2,0$  το μέγιστο,
- επιφάνειες διαφόρου σχήματος που αναλόγως περιορίζονται όπως και τα παραπάνω σχήματα.

Οι κυκλικές διατομές γειτονικών επιφανειών εισαγωγής φορτίου σύμφωνα με την Π-4.3.2.2.(3)\*P και (5)\*P δεν πρέπει να αλληλοτέμνονται .

(2)\*P

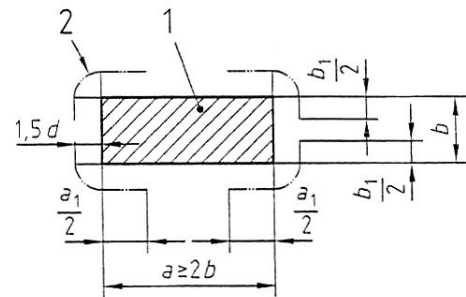
Όταν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις της παρ. (1)\*P κατά την έδραση σε τοιχώματα ή υποστυλώματα επειδή στη συγκεκριμένη περίπτωση οι τέμνουσες δυνάμεις συγκεντρώνονται στις γωνίες των επιφανειών έδρασης θα πρέπει οι κυκλικές διατομές να εφαρμόζονται σύμφωνα με το Σχ. 4.17, εφόσον δεν έχει γίνει κάποιος ακριβέστερος έλεγχος .

#### Επεξήγηση

1. Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου
2. Καθοριστικά τμήματα της κρίσιμης κυκλικής διατομής

$$a_1 \leq \begin{cases} a \\ 2b \\ 5,6d - b_1 \end{cases}$$

$$b_1 \leq \begin{cases} b \\ 2,8d \end{cases}$$



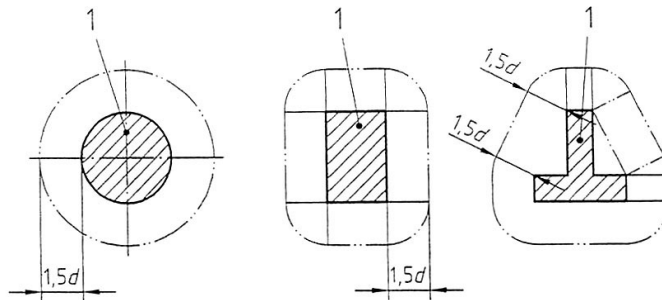
Σχ. 4.17: Καθοριστικά τμήματα κρίσιμων κυκλικών τομών σε εκτεταμένες επιφάνειες έδρασης

##### 4.3.4.2.2

#### Κρίσιμη κυκλική διατομή

(1)\*P

Η κρίσιμη κυκλική διατομή στργγύλων και ορθογωνίων επιφανειών εισαγωγής φορτίου που δεν βρίσκονται κοντά σε ελεύθερα άκρα περιβάλλει την επιφάνεια εισαγωγής φορτίου σε απόσταση  $1,5 d$  (βλέπε Σχ. 4.18).



### Επεξήγηση

1 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$

**Σχ. 4.18: Κρίσιμη κυκλική διατομή γύρω από επιφάνειες εισαγωγής φορτίου που δεν βρίσκονται κοντά σε ελεύθερο άκρο**

- (2)\*P Κρίσιμη επιφάνεια  $A_{crit}$  θεωρείται η επιφάνεια εντός της κρίσιμης κυκλικής διατομής.
- (3)\*P Περαιτέρω κυκλικές διατομές εντός και εκτός των κρίσιμων επιφανειών θα πρέπει να θεωρούνται όμοιες με την κρίσιμη κυκλική διατομή.
- (4)\*P Σε επιφάνειες εισαγωγής φορτίου των οποίων το άκρο δεν απέχει περισσότερο από  $6d$  από κάποιο άνοιγμα θα πρέπει το μέρος της κρίσιμης κυκλικής τομής που βρίσκεται κοντά στο άνοιγμα να θεωρείται ως μη ενεργό. Το τμήμα της περιμέτρου που αντιστοιχεί στο μη ενεργό τμήμα της διατομής ορίζεται σύμφωνα με το Σχ. 4.19.

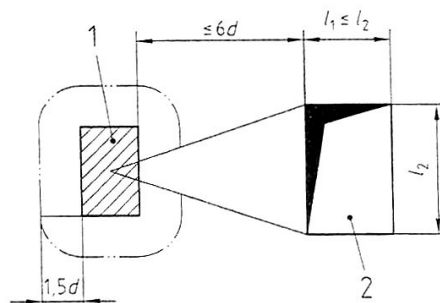
### Επεξήγηση

1 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$

2 Άνοιγμα

Όταν  $l_1 > l_2$ , τότε ισχύει ότι  $l_2 = \sqrt{l_1 \cdot l_2}$

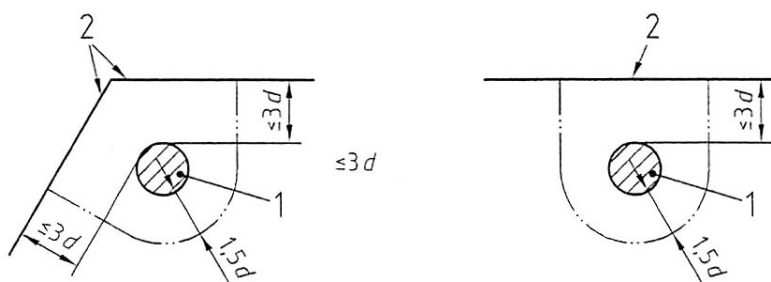
Wenn  $l_1 > l_2$ , dann gilt  $l_2 = \sqrt{l_1 \cdot l_2}$



**Σχ. 4.19: Κρίσιμη κυκλική διατομή κοντά σε ανοίγματα**

(5)\*P

Στις επιφάνειες εισαγωγής φορτίου που βρίσκονται κοντά σε ελεύθερο άκρο ή σε ελεύθερη γωνία θα πρέπει η κρίσιμη κυκλική διατομή να θεωρείται σύμφωνα με το Σχ. 4.20, εφόσον η περιμέτρός της (εκτός από το ελεύθερο άκρο) είναι μικρότερη από αυτή των παρ. (3) και (6).



### Επεξήγηση

1 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$

2 Ελεύθερο άκρο

**Σχ. 4.20: Κρίσιμη κυκλική διατομή πλησίον ελευθέρων άκρων**

(6)\*

Σε επιφάνειες εισαγωγής φορτίου στην περιοχή ενός ελευθέρου άκρου με απόσταση μεταξύ του εν λόγω άκρου και της επιφάνειας τουλάχιστον  $3d$  μπορεί η αναλαμβανόμενη τέμνουσα δύναμη να καθορίζεται με μία κρίσιμη κυκλική διατομή σύμφωνα με το Σχ. 4.18.

(7)\*P

Σε επιφάνειες εισαγωγής φορτίου που βρίσκονται κοντά ή που εφάπτονται σε ένα ελεύθερο άκρο ή γωνία, που βρίσκονται δηλ. σε απόσταση μικρότερη από  $d$  απαιτείται πάντοτε ειδικός ακραίος οπλισμός σύμφωνα με την Π-5.4.3.2.2 Σχ. 5.14 με απόσταση συνδετήρων  $s_w \leq 100$  mm κατά μήκος του ελευθέρου άκρου.

### **4.3.4.3**

#### **Μέθοδοι ελέγχου**

(1)\*P

Η μέθοδος διαστασιολόγησης για διάτρηση βασίζεται σε ένα χωρικό προσομοίωμα δικτυώματος. Αυτό το προσομοίωμα δικτυώματος περιγράφεται με τις ακόλουθες τιμές σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας της τέμνουσας δύναμης ανά μονάδα επιφάνειας όπου οι διατομές ελέγχου σύμφωνα με το Σχ. 4.100 ακολουθούν όμοια πορεία με την κρίσιμη κυκλική διατομή:

$v_{Rd,ct}$  Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας δύναμης κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής μίας πλάκας χωρίς οπλισμό διάτρησης.

$v_{Rd,ct,a}$  Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη κατά μήκος της εξωτερικής κυκλικής διατομής εκτός της περιοχής τοποθέτησης του οπλισμού διάτρησης. Αυτή η τιμή σχεδιασμού περιγράφει τη μετάβαση από την αντοχή σε διάτρηση χωρίς οπλισμό τέμνουσας δύναμης  $v_{Rd,ct}$  στην αντοχή τέμνουσας δύναμης σύμφωνα με την εξίσωση (4.118) σε συνάρτηση με το πλάτος  $l_w$  της περιοχής που κινδυνεύει από διάτρηση (βλέπε Σχ. 4.100).

$v_{Rd,sy}$  Τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη με οπλισμό διάτρησης κατά μήκος των εσωτερικών διατομών του ελέγχου .

$v_{Rd,max}$  Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης φέρουσας ικανότητας τέμνουσας δύναμης κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής.

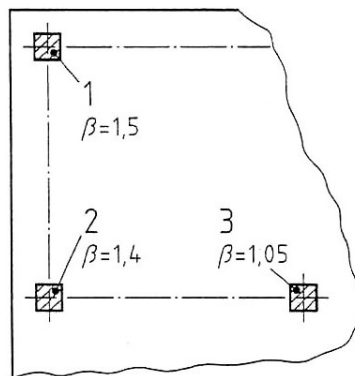
(2)\*P Η αναλαμβανόμενη τέμνουσα δύναμη στην εξεταζόμενη κυκλική διατομή ισοδυναμεί ανά μονάδα μήκους με:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot \beta}{u} \quad (4.50)$$

Όπου:

$V_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της συνολικής αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης  
 $u$  Περίμετρος της εξεταζόμενης κυκλικής διατομής σύμφωνα με το Σχ. 4.100

$\beta$  Συντελεστής για συνυπολογισμό της μη συμμετρικής εκ περιστροφής κατανομής της τέμνουσας δύναμης στην κυκλική διατομή στα ακραία και γωνιακά υποστυλώματα καθώς και στα εσωτερικά υποστυλώματα μη κανονικών συστημάτων. Για τα αμετάθετα συστήματα οι τιμές μπορούν να θεωρηθούν σύμφωνα με το Σχ 4.23 εφόσον δεν έχει γίνει κάποιος ακριβέστερος έλεγχος. Για τα μεταθετά συστήματα απαιτούνται γενικά ακριβέστεροι έλεγχοι.



**Επεξήγηση .:**

1 Γωνιακό υποστύλωμα

2 Κυκλικό υποστύλωμα

3 Εσωτερικό υποστύλωμα

**Σχ. 4.23: Προσεγγιστικές τιμές του συντελεστή  $\beta$**

(3)\*P Δεν επιτρέπεται η μείωση της τέμνουσας δύναμης που ασκείται από τα συγκεντρωμένα φορτία που βρίσκονται κοντά στις στηρίξεις σύμφωνα με την Π-4.3.2.2 (11)\*.

(4)\*P Στις πλάκες της θεμελίωσης η τέμνουσα δύναμη  $V_{Ed}$  μπορεί να μειωθεί κατά την ευνοϊκή δράση της τάσης του εδάφους στην κρίσιμη περιοχή  $A_{crit}$ . Ωστόσο, για τον υπολογισμό της συνισταμένης δύναμης αντίδρασης του εδάφους μπορεί να εφαρμοστεί το πολύ το 50% της κρίσιμης επιφάνειας  $A_{crit}$  σύμφωνα με την Π-4.3.4.2.2 (4)\*P.

- (5)\*P Η συνιστώσα της τέμνουσας δύναμης  $V_{pd}$  της δύναμης προέντασης των κεκλιμένων τενόντων που δρα παράλληλα στην  $V_{Ed}$  και βρίσκεται εντός των εξεταζόμενων κυκλικών διατομών μπορεί να ληφθεί υπόψη σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.6.
- (6)\* P Σε πλάκες χωρίς οπλισμό διάτρησης θα πρέπει να ελέγχεται ότι κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής ισχύει σύμφωνα με την Π-4.3.4.2 ότι:
- $$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$$
- (7)\*P Στις πλάκες με οπλισμό διάτρησης θα πρέπει να γίνονται οι ακόλουθοι έλεγχοι :
- (a) Η αναλαμβανομένη τέμνουσα δύναμη  $v_{Ed}$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.50) κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή σχεδιασμού της μέγιστης φέρουσας ικανότητας τέμνουσας δύναμης:
- $$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct}$$
- (b) Σε κάθε εσωτερική κυκλική διατομή θα πρέπει σύμφωνα με το Σχ. 4.100 να ελέγχεται ότι:
- $$v_{Ed} \leq v_{Rd,sy}$$
- (c) Προς αποφυγή αστοχίας έξω από την περιοχή του οπλισμού διάτρησης θα πρέπει κατά μήκος της εξωτερικής κυκλικής διατομής να ελέγχεται ότι:
- $$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct,\alpha}$$

#### 4.3.4.4 Πλάκες μεταβλητού πάχους

- (1)\*P Στα υποστυλώματα με λοξή ενίσχυση της κεφαλής τους όπου  $l_H < 1,5h_H$  (βλέπε Σχ. 4.2.1) απαιτείται έλεγχος μόνο στην κρίσιμη κυκλική διατομή έξω από την ενίσχυση της κεφαλής του υποστυλώματος. Η απόσταση  $r_{crit}$  αυτής της διατομής από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εισαγωγής φορτίου μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (4.51):

$$r_{crit} = 1,5 \cdot d + l_H + 0,5 \cdot l_c \quad (4.51)$$

Όπου:

- $l_H$  Απόσταση της παρειάς του υποστυλώματος από το άκρο της ενίσχυσης της κεφαλής του υποστυλώματος
- $l_c$  Διάμετρος επιφάνειας εισαγωγής φορτίου με κυκλική διατομή

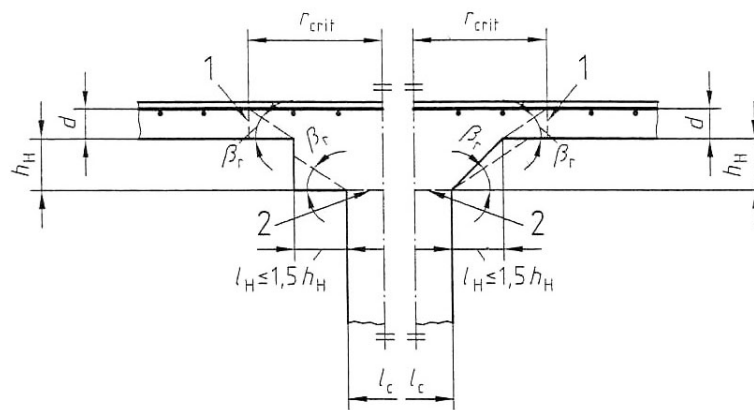
Σε ορθογώνια υποστυλώματα με ορθογωνική ενίσχυση της κεφαλής τους όπου  $l_H < 1,5h_H$  (βλέπε Σχ. 4.21) και συνολικές διαστάσεις  $b_c$  και  $h_c$  σε κάτοψη (όπου  $b_c \leq h_c$ ) θα πρέπει ως  $r_{crit}$  να θεωρείται πάντα η μικρότερη από τις ακόλουθες τιμές:

$$r_{crit} = 1,5 d + 0,56 \sqrt{b_c \cdot h_c} \quad (4.52)$$

ή

$$r_{crit} = 1,5 d + 0,64 b_c$$

Σε υποστυλώματα με βαθμιδωτή ενίσχυση της κεφαλής τους όπου  $l_H < 1,5h_H$  θα πρέπει η συνολική επιφάνεια της ενίσχυσης της κεφαλής του υποστυλώματος να θεωρείται ως επιφάνεια εισαγωγής του φορτίου.



### Επεγήγηση

1 Κρίσιμη κυκλική διατομή

2 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load}$

**Σχ. 4.21: Πλάκα με ενίσχυση της κεφαλής του υποστυλώματος με  $l_H \leq 1,5h_H$**

(2)\*P Σε πλάκες με ενίσχυση κεφαλής υποστυλώματος όπου  $l_H > 1,5h_H$  (βλέπε Σχ. 4.22) θα πρέπει εκτός από την κρίσιμη κυκλική διατομή έξω από την ενίσχυση της κεφαλής του υποστυλώματος να ελέγχονται και οι κρίσιμες κυκλικές διατομές στην περιοχή της ενίσχυσης του υποστυλώματος.

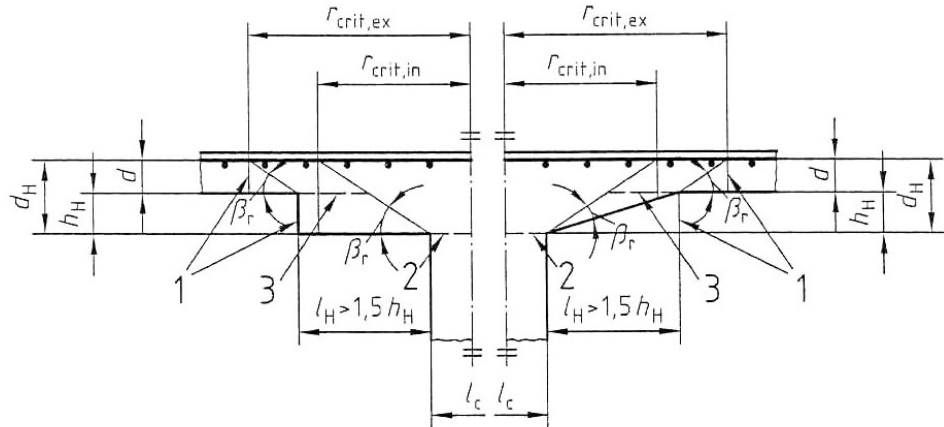
(3)\*P Οι αποστάσεις από το κέντρο της επιφάνειας εισαγωγής φορτίου ως τις κρίσιμες κυκλικές διατομές σύμφωνα με το Σχ. 4.22 μπορούν να θεωρηθούν ως εξής:

$$r_{crit,ex} = l_H + 1,5d + 0,5 l_c \quad (4.53)$$

$$r_{crit,in} = 1,5 (d + h_H) + 0,5 l_c \quad (4.54)$$

(4)\*P Οι επιταγές της Π-4.3.4.3 εφαρμόζονται και για ελέγχους εντός της ενίσχυσης της κεφαλής του υποστυλώματος, όπου ως  $d$  μπορεί να θεωρηθεί το  $d_H$  σύμφωνα με το Σχ. 4.22.





### Επεξήγηση

1 Κρίσιμη κυκλική διατομή

2 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load,in}$

3 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου  $A_{load,ex}$

Σχ. 4.22: Πλάκα με ενίσχυση κεφαλής υποστολώματος όπου  $l_H > 1,5 h_H$

#### 4.3.4.5 Φέρουσα ικανότητα έναντι τέμνουσας δύναμης

##### 4.3.4.5.1 Πλάκες ή θεμέλια χωρίς οπλισμό διάτρησης

(1)\*P

Η φέρουσα ικανότητα της τέμνουσας δύναμης  $v_{Rd,ct}$  κατά μήκος της κρίσιμης κυκλικής διατομής σύμφωνα με την Π-4.3.4.2.2 θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 4.156:

$$v_{Rd,ct} = [0,14 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot d \quad (4.156)$$

Όπου:

$D$  Μέσο ωφέλιμο ύψος σε mm  $d = (d_x + d_y)/2$

$d_x, d_y$  Ωφέλιμα ύψη της πλάκας στη διεύθυνση των x και y στην εξεταζόμενη κυκλική διατομή

$\kappa$  Συντελεστής για την επιρροή του ύψους του δομικού στοιχείου (με  $d$  σε mm)

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$\rho_l$  Μέσο ποσοστό διαμήκους οπλισμού εντός της εξεταζομένης κυκλικής διατομής όπου

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \begin{cases} \leq 0,40 f_{cd} / f_{yd} \\ \leq 0,02 \end{cases}$$

$\rho_{lx}, \rho_{ly}$  Ποσοστό οπλισμού ανάλογα κάθε φορά με τον εφελκόμενο οπλισμό στην διεύθυνση των x και y εντός της εξεταζόμενης κυκλικής διατομής που βρίσκεται σε συνάφεια και είναι αγκυρωμένος έξω από την εξεταζόμενη κυκλική διατομή. Για ακραία και γωνιακά υποστυλώματα, βλέπε II-4.3.4.2.2 (5)\*P.

$\sigma_{cd}$  Τιμή σχεδιασμού της ορθής τάσης του σκυροδέματος εντός της εξεταζόμενης κυκλικής διατομής όπου

$$\sigma_{cd} = \frac{\sigma_{cd,x} + \sigma_{cd,y}}{2} \text{ σε N/mm}^2$$

$$\text{όπου } \sigma_{cd,x} = \frac{N_{Ed,x}}{A_{c,x}} \text{ και } \sigma_{cd,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{c,y}}$$

$N_{Ed,x}, N_{Ed,y}$  Τιμές σχεδιασμού των μέσων αξονικών δυνάμεων στις διατομές  $A_{c,x}$  και  $A_{c,y}$  μέσω της κρίσιμης κυκλικής διατομής εξαιτίας της προέκτασης ή λοιπών δράσεων ( $N_{Ed} < 0$  ως αξονική θλιπτική δύναμη)

$\sigma_{cd,x}, \sigma_{cd,y}$  Τιμές σχεδιασμού της ορθής τάσης του σκυροδέματος εντός της εξεταζόμενης κυκλικής διατομής στη διεύθυνση των x και y.

#### 4.3.4.5.2 Πλάκες ή θεμέλια με οπλισμό διάτρησης

(1)\*P Η μέγιστη φέρουσα ικανότητα διατομής  $v_{Rd,max}$  για πλάκες με οπλισμό διάτρησης στην κρίσιμη κυκλική διατομή θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (4.157):

$$v_{Rd,max} = 1,5 \cdot v_{Rd,ct} \quad (4.157)$$

(2)\*P Στον οπλισμό διάτρησης κάθετα προς το επίπεδο της πλάκας θα πρέπει ο απαιτούμενος οπλισμός για την εκάστοτε εξεταζόμενη σειρά οπλισμού σύμφωνα με το Σχ. 4.100 να προκύπτει από τις εξισώσεις (4.158 α) και (4.158 β) και να διατάσσεται ομοιόμορφα κατανεμημένος στην εξεταζόμενη περίμετρο:

(α) για την πρώτη γραμμή οπλισμού σε απόσταση  $0,5 d$  από το άκρο του υποστυλώματος ισχύει ότι:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}}{u} \quad (4.158 \text{ a})$$

β) για τις υπόλοιπες σειρές οπλισμού σε απόσταση  $s_w \leq 0,75 d$  μεταξύ τους ισχύει ότι:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d}{u \cdot s_w} \quad (4.158 \text{ b})$$

Όπου:

$v_{Rd,c}$	Η συνεισφορά του σκυροδέματος· μπορεί να θεωρηθεί ότι $v_{Rd,c}=v_{Rd,ct}$ σύμφωνα με την εξίσωση (4.156).
$\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}$	Δύναμη διαστασιολόγησης του οπλισμού διάτρησης στην διεύθυνση της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης για κάθε σειρά οπλισμού
$u$	Περίμετρος της διατομής ελέγχου
$v_{Rd,sy}$	Τιμή σχεδιασμού τέμνουσας δύναμης της αναλαμβανομένης μέσω της διαρροής του οπλισμού τέμνουσας δύναμης
$s_w$	Ενεργό πλάτος μίας σειράς οπλισμού σύμφωνα με το Σχ. 4.100 όπου $s_w \leq 0,75 d$
$\kappa_s$	Συντελεστής συνυπολογισμού του ύψους του δομικού υλικού στην δραστηριότητα του οπλισμού όπου

$$\kappa_s = 0,7 + 0,3 \frac{d - 400}{400} \begin{cases} \geq 0,7 \\ \leq 1,0 \end{cases} \text{ με } d \text{ σε mm} \quad (4.158 \text{ c})$$

(3)\*P

Όταν χρησιμοποιούνται κεκλιμένες ράβδοι ως οπλισμός διάτρησης, τότε θα πρέπει να έχουν κλίση  $45^\circ \text{C} \leq \alpha \leq 60^\circ \text{C}$  ως προς το επίπεδο της πλάκας. Εάν χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά κεκλιμένες ράβδοι, τότε αυτές μπορούν να τοποθετηθούν μόνο σε μία περιοχή  $1,5 d$  (με το στατικό ωφέλιμο ύψος  $d$  της πλάκας ή της θεμελίωσης) γύρω από το υποστύλωμα (βλέπε Σχ. 5.15).

Ο απαιτούμενος οπλισμός θα πρέπει να ελέγχεται σε μία διατομή σε απόσταση  $0,5 d$  από την παρειά του υποστυλώματος σύμφωνα με την εξίσωση (4.158 e).

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}}{u} \quad (4.158 \text{ d})$$

Όπου:

$1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}$	Δύναμη σχεδιασμού του οπλισμού διάτρησης στην διεύθυνση της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης
$\alpha$	Γωνία του κεκλιμένου οπλισμού διάτρησης ως προς το επίπεδο της πλάκας (βλέπε Σχ. 4.100)

(4)\*P

Η εξωτερική κυκλική διατομή βρίσκεται σε απόσταση  $1,5 d$  από την τελευταία σειρά οπλισμού (βλέπε Σχ. 4.100). Η φέρουσα ικανότητα της τέμνουσας δύναμης κατά μήκος της εξωτερικής κυκλικής διατομής θα πρέπει να προκύπτει ως εξής:

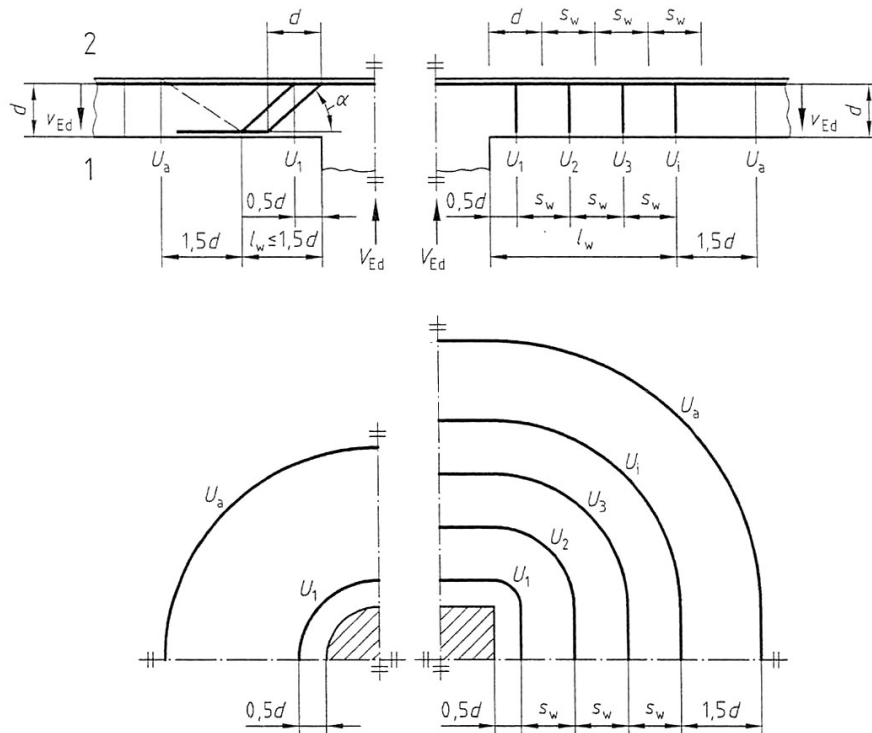
$$V_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct} \quad (4.158 \text{ e})$$

Όπου:

$v_{Rd,ct}$	Φέρουσα ικανότητα χωρίς οπλισμό διάτρησης σύμφωνα με την εξίσωση 4.156 λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό διαμήκους οπλισμού $\rho_l$ στην εξωτερική κυκλική διατομή
$\kappa_a$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό της μετάβασης στην περιοχή της πλάκας με φέρουσα ικανότητα σύμφωνα με την II-4.3.2.3

$$\kappa_\alpha = 1 - \frac{0,29 - l_w}{3,5d} \geq 0,71 \quad (4.158 f)$$

$l_w$  Το πλάτος της περιοχής με οπλισμό διάτρησης έξω από την επιφάνεια εισαγωγής φορτίου (βλέπε Σχ. 4.100)



Σχ. 4.100: Τομές ελέγχου του οπλισμού διάτρησης

(5)\*P

Οι απαιτήσεις για την κατασκευαστική διαμόρφωση του οπλισμού διάτρησης δίνονται στην II-5.4.3.3. Ο απαιτούμενος οπλισμός διάτρησης των εσωτερικών κυκλικών διατομών δεν επιτρέπεται να κυμαίνεται κάτω από την ακόλουθη τιμή:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w$$

ή

$$\rho_w = \frac{A_{sw} \cdot \sin \alpha}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w$$

σε κεκλιμένο οπλισμό διάτρησης με  $s_w = d$  και  $\min \rho_w$  σύμφωνα με τον πίνακα 5.7.

### 4.3.4.5.3

#### Ελάχιστες ροπές

(1)\* P

Για την εξασφάλιση της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη θα πρέπει οι πλάκες στην περιοχή των υποστυλωμάτων να διαστασιολογούνται για τις ελάχιστες ροπές  $m_{Ed}$  εφόσον ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών δεν επιφέρει μεγαλύτερες τιμές (βλέπε Σχ. 4.24).

(2)\*

Όταν δεν υπάρχουν άλλες διατάξεις θα πρέπει να τίθενται οι ακόλουθες ελάχιστες ροπές ανά μονάδα μήκους:

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed} \text{ και } m_{Ed} = \eta_y \cdot V_{Ed} \quad (4.59)$$

Όπου:

$V_{Ed}$  Αναλαμβανομένη τέμνουσα δύναμη  
 $\eta_x, \eta_y$  Συντελεστής ροπής σύμφωνα με τον πίνακα 4.9 στην διεύθυνση x ή y (βλέπε Σχ. 4.24)

Οι ελάχιστες αυτές ροπές θα πρέπει να εφαρμόζονται σε περιοχή με πλάτος όπως ορίζεται στον πίνακα 4.9.

**Πίνακας 4.9: Συντελεστές ροπών η και πλάτη κατανομής ροπών**

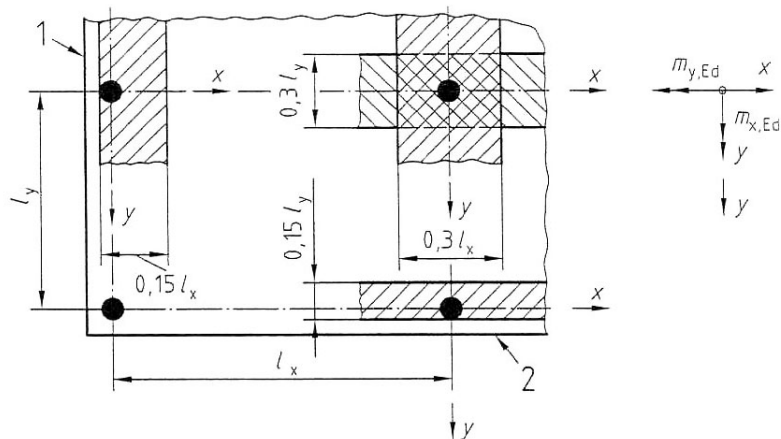
Στήλη	1	2	3	4		5	6
				$\eta_x$	$\eta_y$		
Θέση υποστυλώματος	Εφελκυσμός στην άνω παρειά της πλάκας	Εφελκυσμός στην κάτω παρειά της πλάκας	Τιθέμενο πλάτος <sup>b</sup>	Εφελκυσμός στην άνω παρειά της πλάκας <sup>c</sup>	Εφελκυσμός στην κάτω παρειά της πλάκας	Τιθέμενο πλάτος <sup>b</sup>	
1 Εσωτερικό υποστύλωμα	0,125	0	0,3 $l_y$	0,125	0	0,3 $l_x$	
2 Πειμετρικό υποστύλωμα, ακμή πλάκας παράλληλη προς άξονα x <sup>a</sup>	0,25	0	0,15 $l_y$	0,125	0,125	(ανά m πλάτους πλάκας)	
3 Περιμετρικό υποστύλωμα, ακμή πλάκας παράλληλη προς άξονα y <sup>a</sup>	0,125	0,125	(ανά m πλάτους πλάκας)	0,25	0	0,15 $l_x$	
4 Γωνιακό υποστύλωμα	0,5	0,5	(ανά m πλάτους πλάκας)	0,5	0,5	(ανά m πλάτους πλάκας)	

<sup>a</sup> Για ορισμό των άκρων και των αποστάσεων των υποστυλωμάτων, βλέπε Σχ. 4.24.

<sup>b</sup> βλέπε Σχ. 4.24

<sup>c</sup> Η άνω παρειά της πλάκας αντιστοιχεί στην παρειά της πλάκας που βρίσκεται απέναντι από την επιφάνεια εισαγωγής του φορτίου.

Η κάτω παρειά της πλάκας αντιστοιχεί στην παρειά εκείνη στην οποία βρίσκεται η επιφάνεια εισαγωγής του φορτίου.



### Επεξήγηση

- 1 Άκρο  $y$   
2 Άκρο  $x$

Σχ. 4.24: Περιοχές εφαρμογής των ελάχιστων καμπτικών ροπών  $m_{Sd,x}$  και  $m_{Sd,y}$

## 4.3.5 Οριακές καταστάσεις αστοχίας από παραμορφώσεις της φέρουσας κατασκευής

### 4.3.5.1 Πεδίο εφαρμογής και έννοιες

- (1) P Η παρούσα ενότητα αναφέρεται στην κατάσταση ισορροπίας φερουσών κατασκευών ή λυγηρών δομικών στοιχείων που καταπονούνται κυρίως σε θλίψη και των οποίων η φέρουσα ικανότητα επηρεάζεται σημαντικά από τις παραμορφώσεις τους (επιδράσεις θεωρίας της δεύτερης τάξης).
- (2) P Οι θεμελιώδεις αρχές της παρούσας ενότητας ισχύουν για οπλισμένα και προεντεταμένα ραβδόμορφα δομικά στοιχεία σκυροδέματος που καταπονούνται σε αξονική θλίψη με ή χωρίς κάμψη και στα οποία μπορούν να παραληφθούν οι επιδράσεις της καταπόνησης από στρέψη.
- (3) P Αυτές οι θεμελιώδεις αρχές μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε άλλα είδη φερουσών κατασκευών, όπως π.χ. σε τοιχώματα, κελύφη, λυγηρές δοκούς όπου μπορεί να προκύψει πλευρική απόκλιση της θλιβόμενης ζώνης, υψίκορμους δοκούς ή άλλες ασυνήθιστες φέρουσες κατασκευές ή δομικά στοιχεία όπου η κατάσταση ισορροπίας μπορεί να επηρεαστεί από τις παραμορφώσεις των δομικών στοιχείων.
- (4) Στις ενότητες II-4.3.5.2 έως II-4.3.5.6 περιλαμβάνονται διατάξεις για λυγηρά θλιβόμενα στοιχεία και στην II-4.3.5.7 για την πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων.
- (5)\*P Η κατάσταση ισορροπίας φερουσών κατασκευών με ραβδόμορφα δομικά στοιχεία ή τοιχώματα υπό αξονική θλίψη και ιδιαίτερα η κατάσταση ισορροπίας των ίδιων των δομικών στοιχείων θα πρέπει να ελέγχεται λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των

παραμορφώσεων των δομικών στοιχείων όταν αυτά μειώνουν τη φέρουσα ικανότητα περισσότερο από 10%. Αυτό ισχύει για κάθε διεύθυνση στην οποία μπορεί να προκύψει αστοχία σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης.

#### 4.3.5.2

##### Μέθοδοι ελέγχου

- (1)\*P Στην οριακή κατάσταση αστοχίας θα πρέπει για τον εκάστοτε δυσμενέστερο συνδυασμό δράσης να ελέγχεται ότι στις κρίσιμες διατομές η τιμή σχεδιασμού των δράσεων σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης δεν υπερβαίνει την τιμή σχεδιασμού της αντοχής και ότι έχει εξασφαλιστεί η στατική ισορροπία (τοπικά και για το σύνολο της φέρουσας κατασκευής).
- (2) P Η φέρουσα ικανότητα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κάθε διεύθυνση στην οποία μπορεί να προκύψει αστοχία εξαιτίας των επιδράσεων της θεωρίας δεύτερης τάξης.
- (103) P Τυχόν παράγοντες αβεβαιότητας σχετικά με τον βαθμό πάκτωσης στους κόμβους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- (104)\*P Αυτές οι θεμελιώδεις αρχές ισχύουν και για άλλες φέρουσες κατασκευές (π.χ. κελύφη) και δομικά στοιχεία των οποίων οι παραμορφώσεις (σε κάποιες περιπτώσεις τοπικές, π.χ. στις περιοχές έδρασης υψικόρμων δοκών) επηρεάζουν σημαντικά τη φέρουσα ικανότητα ή δημιουργούν φόβο για απώλεια ευστάθειας (π.χ. πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων, βλ. έπε II-4.3.5.7).
- (105) Στην περίπτωση που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις της θεωρίας δεύτερης τάξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μη γραμμικές μέθοδοι σύμφωνα με την II-A.2.
- (107)\* Οι παραμορφώσεις μπορούν ακόμα να υπολογίζονται βάσει τιμών σχεδιασμού που εξαρτώνται από τις μέσες χαρακτηριστικές τιμές των δομικών υλικών (π.χ.  $f_{cm} / \gamma_c$ ,  $E_{cm} / \gamma_c$ ). Για τον υπολογισμό της οριακής κατάστασης αστοχίας στην κρίσιμη διατομή θα πρέπει ωστόσο να τίθενται οι τιμές σχεδιασμού των αντοχών των δομικών υλικών (π.χ.  $\alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c$ ).
- (108)\* Η συνεργασία του σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών μπορεί να παραλείπεται.
- (112) P Θα πρέπει να δίνεται προσοχή στις επιδράσεις του ερπυσμού όταν αυτές μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ευστάθεια της φέρουσας κατασκευής.
- (113) Για απλοποίηση, οι επιδράσεις του ερπυσμού μπορούν να παραλείπονται όταν η αύξηση των καμπτικών ροπών κατά την θεωρία της πρώτης τάξης εξαιτίας παραμορφώσεων ερπυσμού καθώς και της αξονικής δύναμης δεν υπερβαίνει το 10%. Εάν κριθεί απαραίτητο, οι επιδράσεις του ερπυσμού μπορούν να εκτιμηθούν με προσεγγιστικές μεθόδους βάσει της II-2.5.5 ή κατά παρέκκλιση με τροποποίηση των σχέσεων τάσεων - παραμορφώσεων του σκυροδέματος ή με διόρθωση της πρόσθετης εκκεντρότητας ή της αθέλητης απόκλισης σύμφωνα με την II-2.5.1.3.
- (114) P Τυχόν αναμενόμενη κεκλιμένη θέση του θεμελίου ενός βάθρου υπο οιονεί -μόνιμες δράσεις, θα λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό της εκκεντρότητας του φορτίου.

- (115) P Όταν η ακαμψία του εδάφους θεμελίωσης έχει σημαντική επιρροή στην ασφάλεια έναντι λυγισμού, αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη θέτοντας ως βάση τις οριακές τιμές ακαμψίας σε βραχυχρόνια φόρτιση.
- (116) P Για τον έλεγχο της ασφάλειας έναντι λυγισμού θα πρέπει σε βάθρα με κυλινδρικά και εφεδρανα ολίσθησης, η δύναμη τριβής των εφεδράνων να τίθεται μηδενική, δηλ. θα πρέπει να εισάγεται με τρόπο τέτοιο ώστε ούτε να αντιτίθεται ούτε να προωθεί την παραμόρφωση εφόσον η διεύθυνση της δύναμης τριβής αντιστρέφεται. Αυτό σε πολύ μεγάλες μετατοπίσεις όπως π.χ. κατά την προώθηση στοιχείων της ανωδομής δεν θα πρέπει να θεωρείται πάντα δεδομένο και γι' αυτό μπορεί να απαιτούνται ειδικοί έλεγχοι.
- (117) P Στον έλεγχο για την ασφάλεια έναντι λυγισμού σταθερών βάθρων θα πρέπει π.χ. μία κάμψη οφειλόμενη σε τριβή των εφεδράνων εξαιτίας θερμοκρασιακής παραμόρφωσης να λαμβάνεται υπόψη μόνο ως επιπροσθετη εκκεντρότητα φορτίου ενώ η δύναμη τριβής των εφεδράνων που προκαλεί αυτή την κάμψη θα πρέπει να λαμβάνεται ίση με μηδέν.

### **4.3.5.3 Διαχωρισμός των φερουσών κατασκευών και των φερόντων στοιχείων**

#### **4.3.5.3.1 Γενικά**

- (101) P Για τους ελέγχους οι φέρουσες κατασκευές και τα φέροντα στοιχεία χωρίζονται σε αμετάθετες (πάγιες) και μεταθετές ανάλογα με την ευαισθησία τους σε επιδράσεις θεωρίας δεύτερης τάξης εξαιτίας πλευρικής απόκλισης σε συσχετισμό με την διεύθυνση των θλιπτικών δυνάμεων.
- (2) P Ομοίως τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία χωρίζονται σε λυγηρά και μη λυγηρά στοιχεία.

#### **4.3.5.3.3 Αμετάθετες (Πάγιες) φέρουσες κατασκευές**

- (1) P Οι φέρουσες κατασκευές ή τα φέροντα δομικά στοιχεία με ή χωρίς άκαμπτα δομικά στοιχεία όπου η επιρροή των μετατοπίσεων των κόμβων στις ροπές και δυνάμεις διαστασιολόγησης μπορεί να παραληφθεί, θεωρούνται ως πάγιες. Διαφορετικά θεωρούνται ως μεταθετές.

#### **4.3.5.3.4 Επιμέρους θλιβόμενα μέρη**

- (101)\*P Στα δομικά στοιχεία συγκαταλέγονται τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία με υποκατάστατο μήκος  $l_0$ . Μπορούν να είναι:
- επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία,
- θλιβόμενα στοιχεία ως μέρη μιας φέρουσας κατασκευής που ωστόσο μπορούν για τον έλεγχο σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης να θεωρηθούν ως επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία.
- (102)\*P Το υποκατάστατο μήκος  $l_0 = \beta \cdot l_{col}$  των επιμέρους θλιβόμενων στοιχείων (με μήκος υποστύλωματος  $l_{col}$  ανάμεσα στις ιδεατές θέσεις πάκτωσης) εξαρτάται από την ακαμψία των πακτώσεων στα άκρα του επιμέρους θλιβόμενου στοιχείου και από τη δυνατότητα



μετατόπισης των άκρων του θλιβομένου στοιχείου. Υποδείξεις για τον υπολογισμό του ισοδύναμου μήκους  $l_0$  των επιμέρους θλιβόμενων στοιχείων δίνονται από την «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DAStb), τεύχος 525. Η λυγηρότητα των επιμέρους θλιβόμενων στοιχείων υπολογίζεται με  $\lambda = l_0 / i$ , όπου  $i$  η ακτίνα αδράνειας της διατομής.

#### 4.3.5.3.5 Λυγηρότητα των επιμέρους θλιβόμενων στοιχείων

(1)\*P Στα μεμονωμένα θλιβόμενα στοιχεία μπορεί με τη σύγκριση της λυγηρότητας με οριακές τιμές να κριθεί εάν οι επιδράσεις της θεωρίας δεύτερης τάξης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

(2)\*P Θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην επιρροή της συμπεριφοράς του εδάφους θεμελίωσης στην ευστάθεια μιας φέρουσας κατασκευής και εάν είναι σημαντικό κατά την διαστασιολόγηση.

(101) P Στις γέφυρες θα πρέπει το υποκατάστατο ύψος ή μήκος  $l_0$  ενός υποστυλώματος να προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην κατασκευή και το υπέδαφος και τις συνθήκες έδρασης στη βάση και την κεφαλή του υποστυλώματος.

(3)\*P Αμετάθετα και μεταθετά επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία θεωρούνται λυγηρά όταν υπερβαίνονται οι ακόλουθες οριακές τιμές της λυγηρότητας:

$$\lambda_{max} = 25 \quad \text{για } |v_{Ed}| \geq 0,41 \quad (4.60 \text{ a})$$

$$\lambda_{max} = 16 / \sqrt{|v_{Ed}|} \quad \text{για } |v_{Ed}| < 0,41 \quad (4.60 \text{ b})$$

όπου

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (4.60 \text{ c})$$

Όπου:

- $N_{Ed}$  τιμή σχεδιασμού της μέσης αξονικής δύναμης του επιμέρους θλιβομένου στοιχείου
- $A_c$  επιφάνεια διατομής του θλιβομένου στοιχείου
- $f_{cd}$  τιμή σχεδιασμού της αντοχής του σκυροδέματος στη θλίψη σύμφωνα με την Π-4.2.1.3.3 (11)

(4)\* P Οι αμετάθετες φέρουσες κατασκευές ή τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία που δεν θεωρούνται λυγηρά δεν χρειάζεται να διαστασιολογούνται σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης.

(5)\* P Τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία σε αμετάθετα αντιστηριζόμενες φέρουσες κατασκευές ακόμα και αν θεωρούνται λυγηρά δεν χρειάζεται να εξεταστούν σύμφωνα με τη θεωρία της δεύτερης τάξης όταν η λυγηρότητά τους  $\lambda$  είναι μικρότερη ή ίση με την τιμή της

εξίσωσης (4.60 d). Αυτό ισχύει μόνο όταν το υποστυλώμα δεν καταπονείται ανάμεσα στα άκρα του από εγκάρσια φορτία ή ροπές και η αξονική δύναμη θεωρείται σταθερή κατά μήκος του υποστυλώματος.

$$\lambda_{crit} = 25 (2 - e_{01} / e_{02}) \quad (4.60 \text{ d})$$

Όπου:

$e_{01} / e_{02}$  Η αναλογία της εκάστοτε εκκεντρότητας της αξονικής δύναμης στα άκρα των υποστυλωμάτων (βλέπε Σχ. 4.113) όπου  $|e_{01}| \leq |e_{02}|$

Για την ειδική περίπτωση αμφιαρθρωτού υποστυλώματος ισχύει ότι  $\lambda_{crit} = 25$ .

Για το σχεδιασμό των άκρων των ράβδων ισχύει η παρ. (10)\*.

- (6)\* Οι επιδράσεις του ερπυσμού μπορούν κατά κανόνα να παραλείπονται όταν τα υποστυλώματα στα δύο άκρα είναι συνδεδεμένα μονολιθικά με δομικά στοιχεία ή όταν σε μεταθετές φέρουσες κατασκευές η λυγηρότητα του θλιβόμενου στοιχείου ισοδυναμεί με  $\lambda < 50$  και ταυτόχρονα η εκκεντρότητα φορτίου είναι  $e_0 / h > 2$ .
- (7)\* Για τα λυγηρά επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία μπορούν οι επιδράσεις της θεωρίας δεύτερης τάξης να προκύψουν απλουστευτικά με τη μέθοδο των πρότυπων υποστυλωμάτων σύμφωνα με την Π-4.3.5.6.3, εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις που περιγράφονται εκεί. Στη γενική περίπτωση μεταβλητής διατομής και βαθμιδωτού οπλισμού ο έλεγχος ευστάθειας μπορεί να γίνει για λυγηρά ψηλά βάθρα γεφυρών βάσει της μεθόδου που δίνεται στην ενότητα Π παράρτημα 2 για το μη γραμμικό καθορισμό εντατικών μεγεθών.
- (8)\* Για ελέγχους στο σύνολο της φέρουσας κατασκευής σύμφωνα με τη θεωρία δεύτερης τάξης βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.
- (9)\*P Εάν σε μεταθετές φέρουσες κατασκευές θεωρηθεί πάκτωση των άκρων του θλιβομένου στοιχείου στα γειτονικά δομικά στοιχεία (π.χ. ζύγωμα πλαισίου) θα πρέπει αυτά τα γειτονικά δομικά στοιχεία να σχεδιάζονται και για αυτή την πρόσθετη καταπόνηση.
- (10)\* Τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία θα πρέπει κατά την εφαρμογή της ρύθμισης της παρ. (5)\* να διαστασιολογούνται κατά τέτοιο τρόπο και στα δύο άκρα τους ώστε να τηρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

$$M_{Rd} \geq |N_{Ed}| \cdot h/20 \quad (4.61)$$

$$N_{Rd} \geq |N_{Ed}| \quad (4.62)$$

Όπου:

$h$  η διάσταση της διατομής του υποστυλώματος στην εξεταζόμενη διεύθυνση

#### 4.3.5.4

##### Ατέλειες

(1)\*P

Οι τιμές σχεδιασμού των δρώντων εντατικών μεγεθών θα πρέπει να προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη τις ανακρίβειες και τις αβεβαιότητες της θέσης και διεύθυνσης των αξονικών δυνάμεων. Εάν δεν γίνεται καμία άλλη κατάλληλη παραδοχή, θα πρέπει αυτές οι επιρροές να λαμβάνονται υπόψη με την εφαρμογή γεωμετρικών ατελειών.

(2)

Για πλαίσια προδιαγράφεται μία κεκλιμένη θέση  $\alpha_{a1}$  της όλης φέρουσας κατασκευής ως προς την κατακόρυφο (αντιστηρίζοντα και αντιστηριζόμενα δομικά στοιχεία) στην Π-2.5.1.3.

(3)\*

Σε επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία οι υποκατάστατες γεωμετρικές ατέλειες μπορούν να ληφθούν υπόψη με αύξηση της εκκεντρότητας των αξονικών δυνάμεων κατά μία πρόσθετη αθέλητη εκκεντρότητα φορτίου  $e_a$  στη δυσμενέστερη κατεύθυνση.

$$e_a = \alpha_{a1} \cdot \frac{l_0}{2} \quad (4.63)$$

Όπου:

$l_0$  Το υποκατάστατο μήκος του επιμέρους θλιβομένου στοιχείου (βλέπε Π-4.3.5.3.4 (102)\*P)

$\alpha_{a1}$  Η κεκλιμένη ως προς την κατακόρυφο θέση σύμφωνα με την εξίσωση (2.10) όπου  $l = l_{col}$

(4)\*

Οι ατέλειες σύμφωνα με την παρ. (3)\* χρειάζεται να εφαρμοστούν μόνο σε ελέγχους σύμφωνα με τη θεωρία δεύτερης τάξης.

(105) P

Επιπλέον, στον έλεγχο ευστάθειας λυγηρών ψηλών βάθρων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη θερμικές επιρροές από θερμοκρασιακές μεταβολές στη διατομή των βάθρων - ισοδύναμα ως αρχικές ατέλειες -.

#### 4.3.5.6

##### Απλουστευτικές μέθοδοι διαστασιολόγησης για τα επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία

#### 4.3.5.6.3

##### Μέθοδος πρότυπου υποστυλώματος

(1)\*P

Η μέθοδος πρότυπου υποστυλώματος που περιγράφεται παρακάτω ισχύει για θλιβόμενα στοιχεία με ορθογωνική ή κυκλική διατομή στα οποία η εκκεντρότητα σύμφωνα με τη θεωρία της πρώτης τάξης ικανοποιεί τη συνθήκη  $e_0 \geq 0,1 h$  (όπου  $h$  το πάχος της διατομής στο εξεταζόμενο επίπεδο).

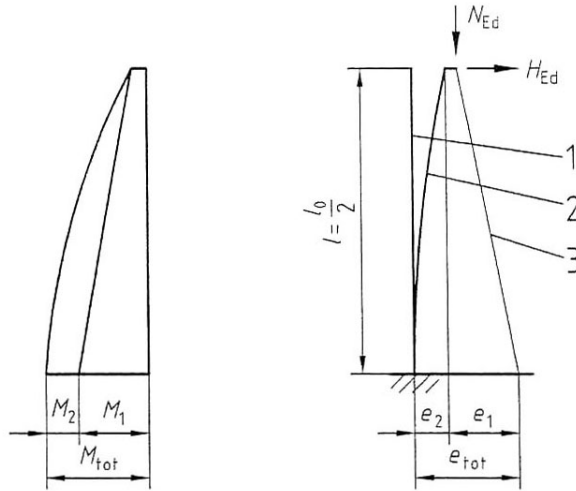
(2)\*

Η μέθοδος του πρότυπου υποστυλώματος εφαρμόζεται και για άλλα σχήματα διατομών καθώς και για εκκεντρότητες  $e_0 < 0,1 h$ , όμως στις περιπτώσεις αυτές ενδείκνυνται άλλες κατάλληλες προσεγγίσεις (βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525).

(3)\*P

Ως πρότυπο υποστυλώμα θεωρείται ένας στύλος-πρόβολος  $l = l_0/2$  ο οποίος

- είναι πακτωμένος στη βάση και ελεύθερα μετατοπιζόμενος στην κεφαλή (βλέπε Σχ. 4.30) και
- υπό τη δράση των αξονικών δυνάμεων και ροπών κάμπτεται με απλή καμπυλότητα, ενώ στη βάση του υποστυλώματος εμφανίζεται η μέγιστη ροπή.



### Επεξήγηση

- 1 σχεδιαζόμενος ευθύγραμμος άξονας ράβδου
- 2 ελαστική γραμμή σύμφωνα με τη θεωρία δεύτερης τάξης
- 3 γραμμή δράσης των συνισταμένων  $N_{Ed}$  και  $H_{Ed}$

Σχ. 4.30: Πρότυπο υποστυλώμα

- (4)\*P Ο έλεγχος της ισορροπίας θα πρέπει να γίνεται με διαστασιολόγηση της κρίσιμης διατομής στον πόδα του προτύπου υποστυλώματος (βλέπε Σχ. 4.30) βάσει της καμπυλότητας ( $1/r$ ) της διατομής υπό τη μέγιστη απόκλιση του υποστυλώματος σύμφωνα με τη θεωρία δεύτερης τάξης.
- (5)\*P Η συνολική εκκεντρότητα του προτύπου υποστυλώματος σε επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία με σταθερή διατομή (σ' ό,τι αφορά στο σκυρόδεμα και τη διατομή οπλισμού όπου οι περιοχές παράθεσης αγνοούνται) προκύπτει στη διατομή που καταπονείται περισσότερο (κρίσιμη διατομή) :

$$e_{tot} = e_1 + e_2 \quad (4.65)$$

Όπου

$$e_1 = e_0 + e_a$$

$e_0$  Σχεδιαζόμενη εκκεντρότητα φορτίου σύμφωνα με τη θεωρία 1<sup>ης</sup> τάξης =  $M_{Ed0} / N_{Ed}$

$M_{Ed0}$  Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης καμπτικής ροπής σύμφωνα με τη θεωρία 1<sup>ης</sup> τάξης

$N_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης αξονικής δύναμης

$e_a$  Πρόσθετη αθέλητη εκκεντρότητα φορτίου σύμφωνα με την εξίσωση 4.63

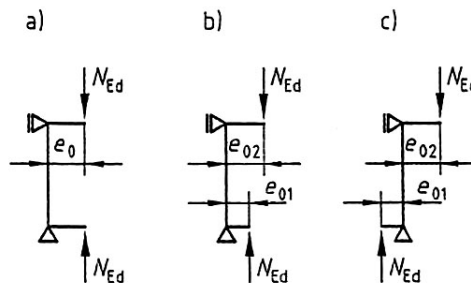
$e_2$  Πρόσθετη εκκεντρότητα φορτίου από επιδράσεις της θεωρίας της δεύτερης τάξης

(6)\* Για τα θλιβόμενα στοιχεία σε αμετάθετα πλαίσια που έχουν σταθερή διατομή και καταπονούνται από ροπές, που μεταβάλλονται γραμμικά κατά μήκος του υποστυλώματος, με ίδιες (βλέπε Σχ. 4.113 α) ή με διαφορετικές τιμές εκκεντρότητας στα δύο άκρα (βλέπε Σχ. 4.113 β) και γ)) μπορεί απλουστευτικά να χρησιμοποιηθεί η ενεργή εκκεντρότητα  $e_0$  στην κρίσιμη διατομή σύμφωνα με τις εξισώσεις 4.66 και 4.67· η μεγαλύτερη τιμή είναι και η καθοριστική.

$$e_0 = 0,6 e_{02} + 0,4 e_{01} \quad (4.66)$$

$$e_0 = 0,4 e_{02} \quad (4.67)$$

$e_{01}, e_{02}$  οι σχεδιαζόμενες εκκεντρότητες της αξονικής δύναμης σύμφωνα με τη θεωρία 1<sup>ης</sup> τάξης στα δύο άκρα του υποστυλώματος όπου  $|e_{02}| \geq |e_{01}|$



### Επεξήγηση

a) θλιβόμενο στοιχείο με όμοια εκκεντρότητα στα δύο άκρα

b) θλιβόμενο στοιχείο με διαφορετική ομόσημη εκκεντρότητα στα δύο άκρα

c) θλιβόμενο στοιχείο με διαφορετική ετερόσημη εκκεντότητα στα δύο άκρα

**Σχ. 4.113: Προσομοίωμα διαστασιολόγησης για υπολογισμό της ενεργού εκκεντρότητας**

(7)\*P Η πρόσθετη εκκεντρότητα φορτίου  $e_2$  από επιδράσεις της θεωρίας δεύτερης τάξης θα πρέπει να υπολογίζεται βάσει της Π-4.3.5.1 και Π-4.3.5.2.

(8)\* Απλουστευτικά μπορεί η μέγιστη απόκλιση που αντιστοιχεί στην πρόσθετη εκκεντρότητα  $e_2$  σύμφωνα με τη θεωρία 2<sup>ης</sup> τάξης να θεωρηθεί ως:

$$e_2 = K_1 \cdot (1/r) \cdot l_0^2 / 10 \quad (4.68)$$

Όπου:

$l_0$  Υποκατάστατο μήκος του υποστυλώματος σύμφωνα με την Π-4.3.5.3.4

$(1/r)$  Καμπυλότητα στην κρίσιμη διατομή

$$K_1 = \lambda / 10 - 2,5 \quad \text{για } 25 \leq \lambda \leq 35$$

$$= 1 \quad \text{για } \lambda > 35$$

(9)\* Προσεγγιστικά η καμπυλότητα  $1/r$  στην κρίσιμη διατομή μπορεί να υπολογιστεί με:

$$(1/r) = 2K_2 \cdot \varepsilon_{yd} / (0,9 d) \quad (4.69)$$

$$K_2 = (N_{ud} - N_{Ed}) / (N_{ud} - N_{bal}) \leq 1 \quad (4.70)$$

Όπου:

- $\varepsilon_{yd}$  Τιμή σχεδιασμού της παραμόρφωσης του οπλισμού στο όριο διαρροής  $= f_{yd} / E_s$   
 $d$  Ωφέλιμο ύψος της διατομής στην διεύθυνση της αναμενόμενης απώλειας της ευστάθειας  
 $N_{Ed}$  Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης αξονικής δύναμης (αρνητική για θλίψη)  
 $N_{ud}$  Τιμή σχεδιασμού της οριακής φέρουσας ικανότητας της διατομής που καταπονείται μόνο σε κεντρική θλίψη. Μπορεί να θεωρηθεί ότι  $N_{ud} = -(f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s)$ .  
 $N_{bal}$  Η αναλαμβανόμενη αξονική θλιπτική δύναμη στην μέγιστη φέρουσα ικανότητα της διατομής έναντι ροπής. Σε συμμετρικά οπλισμένες ορθογωνικές διατομές μπορεί να θεωρηθεί κατά προσέγγιση ίση με  $N_{bal} = -(0,4f_{cd} \cdot A_c)$

Η θεώρηση ότι  $K_2 = 1$  είναι πάντα ασφαλής.

#### 4.3.5.6.4 **Θλιβόμενα στοιχεία με διαξονική εκκεντρότητα φορτίου**

- (1)\*P Εάν κριθεί απαραίτητο να εξεταστεί η φέρουσα ικανότητα σε κάθε μία από τις δύο διευθύνσεις των κυρίων αξόνων, θα πρέπει η κρίσιμη διατομή να ελεγχθεί και για τις δύο περιπτώσεις. Για τις δύο διευθύνσεις μπορούν στα άκρα του δομικού στοιχείου να ισχύουν διαφορετικοί περιορισμοί. Αυτοί οι περιορισμοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με τον κατάλληλο τρόπο.
- (2)\* Για θλιβόμενα στοιχεία με ορθογωνική διατομή μπορούν να πραγματοποιηθούν χωριστοί έλεγχοι στις διευθύνσεις των δύο κυρίων αξόνων  $y$  και  $z$  (βλέπε Σχ. 4.31) όταν η αναλογία των ανηγμένων εκκεντροτήτων  $e_{0y}/b$  και  $e_{0z}/h$  πληροί μία από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

$$\left| \frac{e_{0z}/h}{e_{0y}/b} \right| \leq 0,2 \quad (4.74)$$

ή

$$\left| \frac{e_{0y}/b}{e_{0z}/h} \right| \leq 0,2 \quad (4.75)$$

Όπου:

$e_{0y}, e_{0z}$  Η εκάστοτε εκκεντρότητα σύμφωνα με τη θεωρία 1<sup>ης</sup> τάξης στη διεύθυνση των πλευρών  $b$  και  $h$  της διατομής.

Αυτό σημαίνει ότι το σημείο εφαρμογής του φορτίου  $N_{Ed}$  βρίσκεται εντός της διαγραμμισμένης περιοχής του Σχ. 4.31. Ένας ακριβέστερος έλεγχος είναι απαραίτητος όταν δεν πληρούνται οι δύο προϋποθέσεις των εξισώσεων 4.74 και 4.75.

(3)\*

Σε θλιβόμενα στοιχεία ορθογωνικής διατομής όπου  $e_{0z} > 0,2 h$  μπορούν να πραγματοποιηθούν ξεχωριστοί έλεγχοι μόνο όταν ο έλεγχος σε κάμψη γίνεται στον πιο αδύναμο κύριο άξονα  $z$  της διατομής βάσει του μειωμένου πάχους της διατομής  $h_{red}$  σύμφωνα με το Σχ. 4.32. Η τιμή  $h_{red}$  προκύπτει θεωρώντας μία γραμμική κατανομή της τάσεων σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

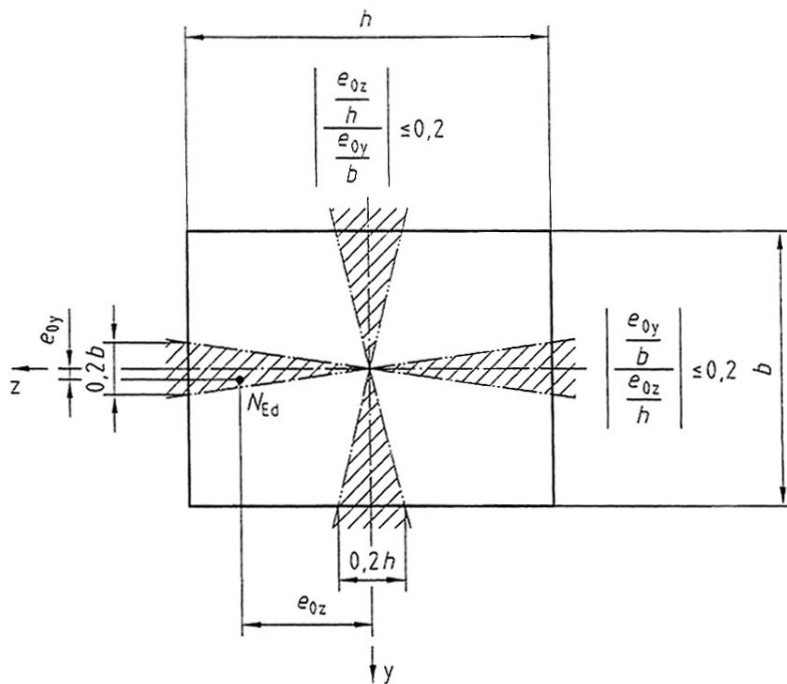
$$h_{red} = \frac{h}{2} \cdot \left( 1 + \frac{h}{6 \cdot (e_{0z} + e_{az})} \right) \leq h \quad (4.76)$$

Όπου:

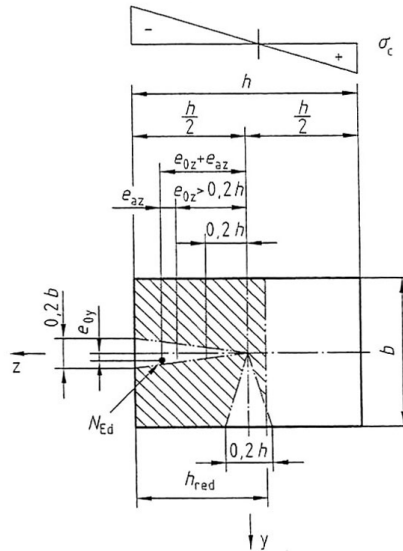
$h$  Η μεγαλύτερη από τις δύο πλευρές της διατομής

$e_{az}$  Η πρόσθετη εκκεντρότητα για το συνυπολογισμό των υποκατάστατων γεωμετρικών ατελειών στην διεύθυνση του  $z$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.63)

$e_{0z}$  Η εκκεντρότητα σύμφωνα με τη θεωρία 1<sup>ης</sup> τάξης στην διεύθυνση της πλευράς  $h$  της διατομής



Σχ. 4.31: Όρια για χωριστούς ελέγχους στην διεύθυνση των δύο κυρίων αξόνων



**Σχ. 4.32: Μειωμένο πάχος διατομής  $h_{red}$  για ξεχωριστό έλεγχο στην διεύθυνση του  $y$  όπου  $e_{oz} > 0,2 h$**

#### 4.3.5.7 Πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων

- (1)\*P Θα πρέπει να ελέγχεται η ασφάλεια των λυγηρών φορέων έναντι πλευρικής απόκλισης.
- (2)\* Μπορούν να θεωρηθούν επαρκώς ασφαλείς όταν ικανοποιείται η απαίτηση της εξίσωσης (4.177). Διαφορετικά θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ακριβέστερος έλεγχος .

$$b \geq 4 \cdot \sqrt{\left(\frac{l_{0r}}{50}\right)} \cdot h \quad (4.177)$$

Όπου:

- $b$  πλάτος του θλιβομένου πέλματος ,
- $h$  ύψος φορέα ,
- $l_{0r}$  μήκος του θλιβομένου πέλματος μεταξύ πλευρικών στηρίξεων

- (3)\*P Οι λυγηροί προκατασκευασμένοι φορείς θα πρέπει κατά την ανύψωση, τη μεταφορά και τη συναρμολόγηση να εξασφαλίζονται επαρκώς έναντι πλευρικής απόκλισης.
- (4)\*P Ο έλεγχος λυγηρών φορέων σε τελική κατάσταση συμπεριλαμβανομένης της έδρασής τους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μια αθέλητη έκκεντρη έδραση.



- (5)\*P Εφόσον δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία, η διάταξη έδρασης θα πρέπει να διαστασιολογείται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να παραλαμβάνει τουλάχιστον μία ροπή στρέψης  $T_{Ed}$  από το φορέα, σύμφωνα με την εξίσωση 4.177 α.

$$T_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot l_{eff}}{300} \quad (4.177 \alpha)$$

Όπου:

$l_{eff}$  ενεργό θεωρητικό άνοιγμα του φορέα,

$V_{Ed}$  τιμή σχεδιασμού της δύναμης έδρασης κάθετα προς τον άξονα του φορέα.

- (6)\* Σε ακριβέστερους ελέγχους έναντι ανατροπής θα πρέπει τα εντατικά μεγέθη στον παραμορφωμένο φορέα να υπολογίζονται σύμφωνα με την Π-4.3.5.1 και την Π-4.3.5.2.

Οι ατέλειες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατάλληλα, π.χ. με την εφαρμογή υποκατάστατων γεωμετρικών ατελειών. Εάν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία μπορεί να οριστεί ότι  $e_a = l_{eff}/300$ .

### 4.3.6 Έλεγχος έναντι πρόσκρουσης

#### 4.3.6.1 Γενικά

- (101) P Οι παρακάτω παράγραφοι περιλαμβάνουν αποκλειστικά διατάξεις που σχετίζονται με την πρόσκρουση σε φέρουσες κατασκευές. Στηθαία ασφαλείας, προστατευτικά κιγκλιδώματα, τοίχοι προστασίας κτλ. θα πρέπει να διαστασιολογούνται σύμφωνα με το DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», κεφάλαιο IV και σε συνεννόηση με τον Κ.τ.Ε.

- (102) P Οι δράσεις από πρόσκρουση θα πρέπει να θεωρούνται τυχηματικές δράσεις.

#### 4.3.6.2 Μέτρα

- (105) Οι παραμορφώσεις της φέρουσας κατασκευής μετά από βλάβη ενός κρίσιμου στοιχείου θα πρέπει να ελέγχεται με συνήθη συνδυασμό δράσεων προκειμένου να εξασφαλιστεί το περιτύπωμα. Τέτοιες φέρουσες κατασκευές κατονομάζονται από τον Κ.τ.Ε.

- (107) Η διαστασιολόγηση έναντι πρόσκρουσης και η τοποθέτηση οπλισμού σε δύο στρώσεις σύμφωνα με την Π-Α.108 δεν είναι απαραίτητοι για κίνδυνο από οδική κυκλοφορία στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- υποστρώματα και δίσκοι συμπαγείς από οπλισμένο σκυρόδεμα με μήκος  $l$  στην διεύθυνση κυκλοφορίας τουλάχιστον  $1,6m$  και πλάτος  $b$  κάθετα ως προς την διεύθυνση κυκλοφορίας  $b = 1,6 m - 0,2 l \geq 0,9 m$ ,

- Κυκλικά ή ελλειψοειδή συμπαγή υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα με τουλάχιστον
  - $l \geq 1,6m + x$
  - $b \geq 1,6m - x$

$(0 < x \leq 0,7 m, \text{ ελεύθερη επιλογή εντός αυτών των ορίων})$
- κοίλα βάρθα από οπλισμένο σκυρόδεμα με ελάχιστο πάχος τοίχων 0,60 m.

(108) Για κίνδυνο πρόσκρουσης από σιδηροδρομικά οχήματα ισχύει ο κανονισμός DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

#### 4.3.6.3 Κατασκευαστική διαμόρφωση

(101) P Όταν τα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα διαστασιολογούνται έναντι πρόσκρουσης, τότε θα πρέπει να διαμορφώνονται κατασκευαστικά σύμφωνα με την ενότητα II, A 108.

(102) P Σαν περιοχή πρόσκρουσης φορτίων οδικής κυκλοφορίας θα πρέπει να θεωρούνται:

- (a) στην πλευρά στην οποία θα ασκηθεί φορτίο πρόσκρουσης 1000 kN, το συνολικό πλάτος και 2,0m ύψος,
- (b) στην πλευρά στην οποία θα ασκηθεί φορτίο πρόσκρουσης 500 kN, το συνολικό μήκος, όχι όμως περισσότερο από 1,6m μετρούμενο από την μπροστινή ακμή και ύψος όχι μεγαλύτερο από 2,0 m.

(103) P Εξαιτίας των τοπικών βλαβών που προκαλούνται από την πρόσκρουση θα πρέπει να θεωρείται δεδομένο ότι στην περιοχή της πρόσκρουσης το σκυρόδεμα ανάμεσα στην παρειά του υποστυλώματος και την εξωτερική ακμή των εσωτερικών συνδετήρων, πάχους τουλάχιστον 10cm (καταστρεφόμενη ζώνη), και η εξωτερική στρώση του θλιβομένου οπλισμού δεν συνεργάζονται. Μπορούν αντιθέτως να συνυπολογιστούν οι εφελκόμενοι οπλισμοί της περιοχής πρόσκρουσης (π.χ. πακτωμένα υποστυλώματα).

(104) P Η διατμητική κάλυψη θα πρέπει να ελέγχεται. Χρειάζεται να εισαχθεί μόνο το μισό της απαιτούμενης διατομής χάλυβα, σύμφωνα με τη μέθοδο της μεταβλητής κλίσης των θλιπτήρων και με  $\theta = 45^\circ$ , όταν ο διαμήκης οπλισμός διατρέχει καθ' όλο το μήκος τα υποστυλώματα από την περιοχή της πρόσκρουσης μέχρι τα πέρατά τους, σε διπλή στρώση, χωρίς απομείωση.

(105) P Σε περίπτωση αφαίρεσης της καταστρεφόμενης ζώνης» (βλέπε ενότητα II, παράρτημα A 108) θα πρέπει το υποστυλώμα να είναι σε θέση να παραλάβει τις δράσεις του τυχατικού συνδυασμού με εφαρμογή των ακόλουθων μερικών συντελεστών ασφαλείας:

$\gamma_c = 1,3, \gamma_s = 1,0, \gamma_F = 1,0$

#### 4.3.7 Έλεγχος έναντι κόπωσης

##### 4.3.7.1 Βασικές αρχές διεξαγωγής του ελέγχου

(101) P Τα φέροντα δομικά στοιχεία που υπόκεινται σε σημαντικές αλλαγές τάσεων υπό όχι κυρίως στατικές δράσεις, θα πρέπει να διαστασιολογούνται έναντι κόπωσης. Ο έλεγχος έναντι κόπωσης θα πρέπει να γίνεται χωριστά για το σκυρόδεμα και το χάλυβα.

(102) Για τις ακόλουθες φέρουσες κατασκευές και φέροντα τμήματά τους δεν απαιτείται γενικά να πραγματοποιηθεί έλεγχος έναντι κόπωσης :

- (a) γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα,
- (b) Υπο επίχωση τοξωτές και πλαισιωτές φέρουσες κατασκευές με ελάχιστη επίχωση 1,0m σε οδικές και 1,5m σε σιδηροδρομικές γέφυρες,
- (c) θεμελιώσεις,
- (d) βάρθρα και υποστυλώματα που δεν είναι άκαμπτα συνδεδεμένα με την ανωδομή,
- (e) τοίχοι αντιστήριξης σε οδικές γέφυρες<sup>1)</sup>,
- (f) ακρόβαθρα σε οδικές γέφυρες<sup>1)</sup> που δεν είναι άκαμπτα συνδεδεμένα με την ανωδομή (εκτός από πλάκες και τοίχους κοίλων ακροβάθρων,
- (g) σκυρόδεμα υπό θλιπτική καταπόνηση σε οδικές γέφυρες, εφόσον ικανοποιείται η αρχή Π-4.4.1.2 (103) P,
- (h) χάλυβας σκυροδέματος και χάλυβας προέντσης χωρίς συγκολλήσεις ή μούφες σε γέφυρες που δεν διαστασιολογούνται σύμφωνα με την κατηγορία A ή B του πίνακα 4.118,
- (i) χάλυβας προέντσης και χάλυβας σκυροδέματος με συγκολλήσεις ή συζεύξεις (μούφες) σε περιοχές όπου υπό τον συνήθη συνδυασμό φορτίων, λαμβάνοντας όμως υπόψη ένα μειωτικό συντελεστή 0,75 για τη μέση τιμή της δύναμης προέντασης  $P_{m,t}$  στο εξωτερικό άκρο, προκύπτουν μόνο θλιπτικές τάσεις,
- (j) χάλυβας εξωτερικής προέντασης και εσωτερικών τενόντων χωρίς συνάφεια σύμφωνα με το κεφάλαιο III.

<sup>1)</sup> Στις σιδηροδρομικές γέφυρες απαιτείται έλεγχος.

##### 4.3.7.2 Συνδυασμοί φορτίων και μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τον έλεγχο έναντι κόπωσης

(101) Οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας για αβεβαιότητες φορτίων και προσομοιωμάτων σχετικά με τις δράσεις θεωρούνται ως  
 $\gamma_{F,fa} = 1,0$  και  $\gamma_{Ed,fa} = 1,0$  **(4.186)**

(102) Οι μερικοί συντελεστές ασφάλειας για τις ιδιότητες των δομικών υλικών δίνονται στον πίνακα 4.115.

**Πίνακας 4.115: Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τον καθορισμό της φέρουσας ικανότητας κατα τον έλεγχο έναντι κόπωσης**

	<b>Σκυρόδεμα</b> <i><math>\gamma_{c,fat}</math></i>	<b>Χάλυβας σκυροδέματος, χάλυβας προέντασης</b> <i><math>\gamma_{s,fat}</math></i>
Μερικοί συντελεστές ασφαλείας	1,5	1,15

Ο έλεγχος έναντι κόπωσης θα πρέπει για το χάλυβα και το σκυρόδεμα γενικά να εκτελείται λαμβάνοντας υπόψη τους ακόλουθους συνδυασμούς δράσεων:

(103) P

- τη χαρακτηριστική τιμή των μονίμων δράσεων,
- την τιμή πιθανών υποχωρήσεων (εφόσον έχουν δυσμενή επίδραση),
- το 0,9πλάσιο της μέσης τιμής της δύναμης προέντασης για το στατικά ορισμένο μέρος της δράσης της προέντασης και την καθοριστική χαρακτηριστική τιμή για το στατικά μη ορισμένο μέρος της (βλέπε II-2.5.4.2),
- τη συχνή τιμή των δράσεων της θερμοκρασίας (εφόσον δρουν μη ευνοϊκά),
- το καθοριστικό προσομοίωμα κινητών φορτίων για την κόπωση (βλέπε τεχνική έκθεση DIN -F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες»),
- όπου είναι σχετικό, οι δυνατοί άνεμοι

Εάν δεν πραγματοποιείται κανένας ακριβής έλεγχος, θα πρέπει το στατικά ορισμένο μέρος της δράσης της προέντασης να μειωθεί επιπλέον κατά το συντελεστή 0,85. Οι έλεγχοι σύμφωνα με την II-4.3.7.4 για το σκυρόδεμα καθώς και II-4.3.7.5 (101) για το χάλυβα θα πρέπει να βασίζονται στο συχνό συνδυασμό δράσεων στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας σύμφωνα με την II-2.3.4 λαμβάνοντας υπόψη το αντίστοιχο προσομοίωμα κινητών φορτίων.

#### 4.3.7.3

**Εσωτερικές δυνάμεις και τάσεις στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά τον έλεγχο έναντι κόπωσης**

(1)\*P

Ο έλεγχος των τάσεων διατομής υποκείμενης σε εφελκυσμό θα πρέπει να στηρίζεται σε ρηγματωμένη διατομή παραλειπομένης της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος, με τήρηση όμως της συμβατότητας των παραμορφώσεων.

(2)\*

Η αναλογία των μέτρων ελαστικότητας χάλυβα και σκυροδέματος μπορεί κατά τον καθορισμό των εσωτερικών εντατικών μεγεθών και των τάσεων να θεωρείται απλουστευτικά ίση με  $a_e = 10$ .

(3)\*P

Η διαφορετική συμπεριφορά συνάφειας του χάλυβα σκυροδέματος και του χάλυβα προέντασης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αυξάνοντας τις τάσεις του χάλυβα σκυροδέματος με το συντελεστή  $\eta$ . Επιπλέον, στα δομικά στοιχεία που καταπονούνται σε κάμψη θα πρέπει να λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη η διαφορετική υψομετρική θέση των επιμέρους τενόντων προέντασης καθώς και του χάλυβα σκυροδέματος, π.χ. ανάλογα με την απόσταση από τον ουδέτερο άξονα.

$$\eta = \frac{A_s + A_p}{A_s + A_p \sqrt{\xi(d_s / d_p)}} \quad (4.193)$$

Όπου:

$A_s$  Εμβαδόν διατομής του χάλυβα σκυροδέματος  
 $A_p$  Εμβαδόν διατομής του χάλυβα προέντασης  
 $d_s$  Μέγιστη διάμετρος του χάλυβα σκυροδέματος  
 $d_p$  Διάμετρος ή ισοδύναμη διάμετρος του χάλυβα προέντασης

$$d_p = 1,6 \sqrt{A_p} \text{ για δέσμες τενόντων}$$

$$d_p = 1,20 d_{\text{σύρμα}} \text{ για μεμονωμένα συρματόσχοινα με 3 σύρματα}$$

$$d_p = 1,75 d_{\text{σύρμα}} \text{ για μεμονωμένα συρματόσχοινα με 7 σύρματα}$$

Ξ Η αναλογία της αντοχής συνάφειας των τενόντων προέντασης με συνάφεια ως προς την αντοχή συνάφειας του χάλυβα σκυροδέματος με νευρώσεις σύμφωνα με το Σχ. 4.115 α).

**Πίνακας 4.115 α): Αναλογία ξ της αντοχής συνάφειας του χάλυβα προέντασης ως προς την αντοχή συνάφειας του χάλυβα σκυροδέματος με νευρώσεις**

Σειρά	Στήλη	1	2
		Τένοντες με άμεση συνάφεια	Τένοντες με μεταγενέστερη σύνδεση (συνάφεια)
1	Λείες ράβδοι	---	0,3
2	Συρματόσχοινα	0,6	0,5
3	Μορφοποιημένα σύρματα	0,7	0,6
4	Ράβδοι με νευρώσεις	0,8	0,7

Παρατήρηση: Η διαφορετική υψομετρική θέση του χάλυβα σκυροδέματος και του χάλυβα προέντασης θα πρέπει σε κάποιες περιπτώσεις να λαμβάνεται υπόψη.

(4)\*P Σε δομικά στοιχεία με οπλισμό διάτμησης θα πρέπει οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στον οπλισμό και στο σκυρόδεμα να υπολογίζονται βάσει προσομοιώματος δικτυώματος.

(5)\* Κατά τον έλεγχο έναντι κόπωσης του οπλισμού διάτμησης, η διακύμανση των τάσεων μπορεί να υπολογιστεί με κλίση του θλιπτήρα ίση με

$$\tan \theta_{fat} = \sqrt{\tan \theta} \quad (4.187)$$

όπου το  $\theta$  υπολογίζεται σύμφωνα με την II-4.3.2 όταν δεν πραγματοποιούνται ακριβέστεροι έλεγχοι.

#### 4.3.7.4

#### Έλεγχος έναντι κόπωσης σκυροδέματος υπό θλίψη, τέμνουσα και διάτρηση

(101) P

Ο έλεγχος έναντι κόπωσης σκυροδέματος υπό θλιπτική καταπόνηση θεωρείται ότι έχει πραγματοποιηθεί όταν τηρείται η εξίσωση (4.188) όπως αυτή γραφικά απεικονίζεται στο Σχ. 4.134. Διαφορετικά απαιτείται ακριβέστερος έλεγχος έναντι κόπωσης (βλέπε Π, παράρτημα Α 106 για σιδηροδρομικές γέφυρες).

$$\frac{|\sigma_{cd,max}|}{f_{cd,fat}} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{|\sigma_{cd,min}|}{f_{cd,fat}} \leq 0,9 \quad (4.188)$$

Όπου

$$f_{cd,fat} = \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \text{ όπου } f_{ck} \text{ σε N/mm}^2$$

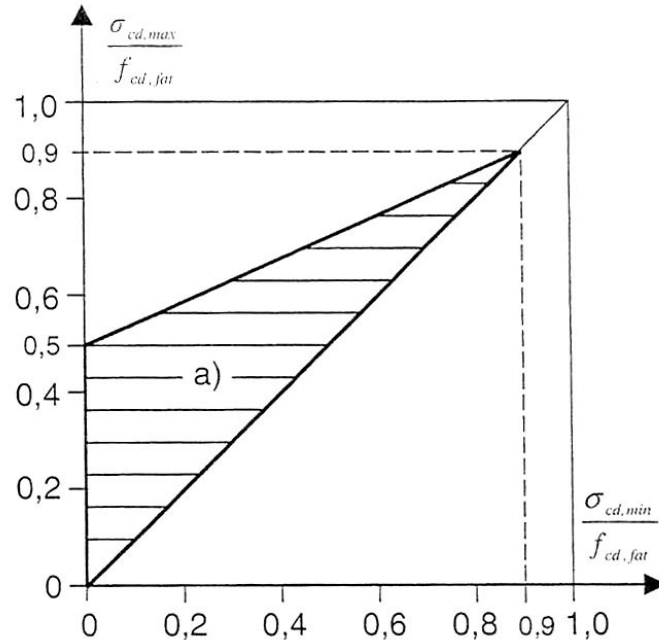
Όπου:

$\sigma_{cd,max}$	Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης θλιπτικής τάσης υπό το συχνό συνδυασμό δράσεων
$\sigma_{cd,min}$	Τιμή σχεδιασμού της ελάχιστης τοπικής θλιπτικής τάσης $\sigma_{cd,max}$ (σε εφελκυστικές τάσεις θα πρέπει να τίθεται $\sigma_{cd,min} = 0$ ).
$\beta_{cc}(t_0)$	Συντελεστής μετεσκλήρυνσης όπου $\beta_{cc}(t_0) = e^{0,2(1-\sqrt{28/t_0})}$ ή η εξίσωση (4.208).
$t_0$	Χρονικό σημείο της πρώτης καταπόνησης του σκυροδέματος (σε ημέρες)

Στην περίπτωση όπου  $\sigma_{c,min} \leq 0$  (εφελκυσμός) θα πρέπει να ισχύει ότι  $\sigma_{c,max}/f_{cd,fat} \leq 0,5$ .

Η αύξηση της ανηγμένης θλιπτικής αντοχής με αυξανόμενη ηλικία σκυροδέματος  $t_0$  πριν από την αρχή της ανακυκλιζόμενης φόρτισης μπορεί να ληφθεί υπόψη με τη χρήση του συντελεστή  $\beta_{cc}(t_0)$  για την υπολογιστική τιμή της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Για  $\beta_{cc}(t_0)$ , βλέπε Π-4.4.3.2 (102).

α) Επιτρεπόμενη περιοχή



**Σχ. 4.134: Επιτρεπτό πλάτος δικύμανσης τάσης θλιβομένου σκυροδέματος σύμφωνα με την εξίσωση (4.188) χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο έναντι κόπωσης**

(102) P

Η εξίσωση (4.188) και το Σχ. 4.134 ισχύουν ακόμα και για τους θλιπτήρες των δομικών στοιχείων που καταπονούνται από τέμνουσα και διαθέτουν διατμητικό οπλισμό. Σε αυτή την περίπτωση η θλιπτική αντοχή  $f_{cd,fat}$  του σκυροδέματος θα πρέπει να μειώνεται με  $a_c$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.21).

Επίσης, η εξίσωση (4.188) και το Σχ. 4.134 ισχύουν και για θλιπτήρες που βρίσκονται υπό συνδυαστική καταπόνηση τέμνουσας δύναμης και στρέψης. Σε αυτή την περίπτωση η θλιπτική αντοχή  $f_{cd,fat}$  του σκυροδέματος θα πρέπει να μειώνεται με  $a_{c,red}$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.40). Οι τιμές σχεδιασμού  $\sigma_{cd,max}$  και  $\sigma_{cd,min}$  της μέγιστης και αντίστοιχα ελάχιστης θλιπτικής τάσης μπορούν στην περίπτωση κατακορύφων συνδετήρων ( $\alpha = 90^\circ$ ) να υπολογίζονται βάσει των ακόλουθων εξισώσεων όπου η γωνία κλίσης  $\theta$  των θλιπτήρων του σκυροδέματος θα πρέπει να θεωρείται ίση για την καταπόνηση σε στρέψη και τέμνουσας.

$$\sigma_{cd,T} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k \cdot t_{eff}} \cdot (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$\sigma_{cd,V} = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot z} \cdot (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$\sigma_{cd,max} = \begin{cases} \max \sigma_{cd,T} + \alpha \sigma_{cd,V} \\ \max \sigma_{cd,V} + \alpha \sigma_{cd,T} \end{cases}$$

$$\sigma_{cd,min} = \begin{cases} \min \sigma_{cd,T} + \alpha \sigma_{cd,V} \\ \min \sigma_{cd,V} + \alpha \sigma_{cd,T} \end{cases}$$

(103) P

Σε δομικά στοιχεία χωρίς οπλισμό διάτμησης μπορεί να θεωρηθεί επαρκής η αντοχή του σκυροδέματος έναντι κόπωσης εξαιτίας καταπόνησης από τέμνουσα όταν πληρούται η εξίσωση (4.189) ή (4.190), όπως απεικονίζεται γραφικά στο Σχ. 4.135. Διαφορετικά απαιτείται ακριβέστερος έλεγχος έναντι κόπωσης.

$$\text{Για } \frac{V_{Ed,min}}{V_{Ed,max}} \geq 0: \frac{|V_{Ed,max}|}{|V_{Rd,ct}|} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{|V_{Ed,min}|}{|V_{Rd,ct}|} \leq 0,9 \quad (4.189)$$

$$\text{Για } \frac{V_{Ed,min}}{V_{Ed,max}} < 0: \frac{|V_{Ed,max}|}{|V_{Rd,ct}|} \leq 0,5 - \frac{|V_{Ed,min}|}{|V_{Rd,ct}|} \quad (4.190)$$

Όπου:

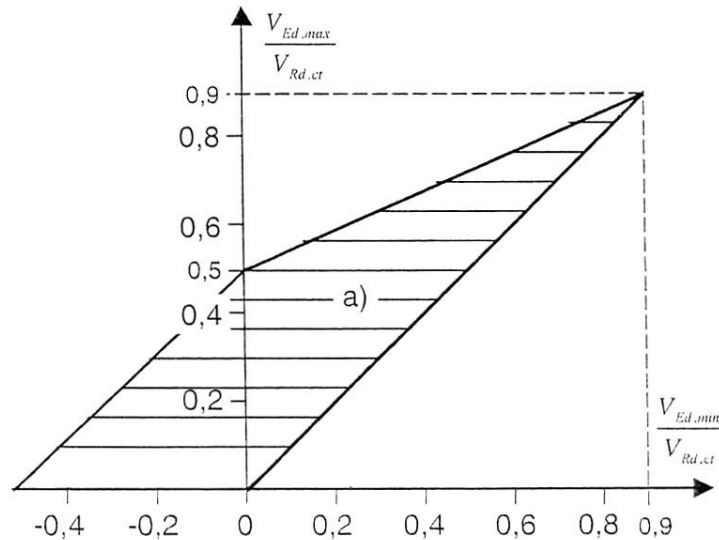
$V_{Ed,max}$  Τιμή σχεδιασμού της μέγιστης τέμνουσας δύναμης σε συχνό συνδυασμό δράσεων

$V_{Ed,min}$  Τιμή σχεδιασμού της ελάχιστης τέμνουσας δύναμης σε συχνό συνδυασμό δράσεων στη διατομή όπου εμφανίζεται η  $V_{Ed,max}$

$V_{Rd,ct}$  Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης χωρίς οπλισμό διάτμησης σύμφωνα με την εξίσωση (4.118) στην Π-4.3.2.3.



α) επιτρεπόμενη περιοχή



**Σχ. 4.135: Επιτρεπόμενο πλάτος διακύμανσης διατμητικής τάσης σε δομικά στοιχεία χωρίς οπλισμό διάτμησης σύμφωνα με τις εξισώσεις (4.189) και (4.190)**

(104) Στην περίπτωση διάτμησης θα πρέπει οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές σχεδιασμού των ανηγμένων τεμνουσών δυνάμεων να πληρούν τις εξισώσεις (4.189) και (4.190).

**4.3.7.5 Ελεγχος έναντι κόπωσης χάλυβα προέντασης και χάλυβα σκυροδέματος**

(101) Για τις μη συγκολλημένες ράβδους οπλισμού υπό εφελκυστική καταπόνηση μπορεί να θεωρηθεί επαρκής η αντοχή σε κόπωση όταν υπο το συχνό συνδυασμό δράσεων το πλάτος διακύμανσης της τάσης είναι  $\Delta\sigma_s \leq 70 \text{ N/mm}^2$ .

(102) Ο έλεγχος έναντι κόπωσης για το χάλυβα σκυροδέματος, τον χάλυβα προέντασης και τις συνδέσεις θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί όταν ικανοποιείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$\gamma_{F,fat} \cdot \gamma_{Ed,fat} \cdot \Delta\sigma_{S,equ} \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk} (N^*)}{\gamma_{s,fat}} \quad (4.191)$$

Όπου:

$\Delta\sigma_{Rsk} (N^*)$  Πλάτος ταλάντωσης της τάσης σε  $N^*$  κύκλους φόρτισης σύμφωνα με τις καμπύλες Wöhler της ενότητας II-4.3.7.7 ή II-4.3.7.8

$\Delta\sigma_{S,equ}$  Ισοδύναμο με αστοχία πλάτος διακύμανσης τάσης που αντιστοιχεί στο πλάτος διακύμανσης φάσματος τάσεων που παραμένει ίδιο σε  $N^*$  κύκλους φόρτισης και που οδηγεί στην ίδια αστοχία με ένα φάσμα πλατών από τη ροή της κυκλοφορίας

(103) Για τις ανωδομές οδικών και σιδηροδρομικών γεφυρών μπορεί το ισοδύναμο με αστοχία πλάτος ταλάντωσης  $\Delta\sigma_{s,eqm}$  να υπολογιστεί σύμφωνα με την Π-παράρτημα A106.

(104) P Σε περίπτωση που δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί απλουστευτικός έλεγχος έναντι κόπωσης με ισοδύναμο προς αστοχία πλάτος διακύμανσης τάσης, τότε θα πρέπει να γίνει ακριβέστερος έλεγχος της αντοχής λειτουργίας. Θα πρέπει να ελεγχθεί ότι το άθροισμα των αστοχιών ισοδυναμεί με

$$D_{Ed} \leq 1 \quad (4.192)$$

Για τον καθορισμό του αθροίσματος των αστοχιών  $D_{Ed}$  ισχύει ο νόμος Palmgren-Miner. Για τον υπολογισμό των αστοχιών θα πρέπει οι αντίστοιχες καμπύλες Wöhler για το χάλυβα σκυροδέματος και τον χάλυβα προέντασης να εφαρμόζονται σύμφωνα με την Π-4.3.7.7 ή Π-4.3.7.8 και να μειώνονται με  $\gamma_{s,fa}$ .

(105) Σε ελέγχους έναντι κόπωσης σύμφωνα με την (104) P μπορεί σε συνεννόηση με τον Κ.τ.Ε να εφαρμόζονται σε οδογέφυρες σαν καθοριστικά για την κόπωση φορτία και τα προσομοιώματα φόρτισης για κόπωση 4\*) και 5\*) σύμφωνα με τον κανονισμό DIN V ENV 1991-3 .

Ως καθοριστικά για την κόπωση κινητά φορτία σιδηροδρομικών γεφυρών ισχύουν οι τύποι συρμών και οι συνθέσεις κυκλοφορίας σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», παράρτημα ΣΤ σε συνδυασμό με την Π-παράρτημα A106 του προαναφερθέντος κανονισμού .

\*) Δεν περιλαμβάνονται στον κανονισμό DIN 101-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

(106) Οι κανόνες εφαρμογής (101) έως (105) ισχύουν επίσης και για τον οπλισμό διάτμησης.

#### 4.3.7.7 Αντοχή του χάλυβα προέντασης έναντι κόπωσης

(101)\* Οι παράμετροι της αντοχής του χάλυβα προέντασης σε κόπωση μπορούν για τους σκοπούς του σχεδιασμού να λαμβάνονται από τον πίνακα 4.116 (βλέπε ακόμα Σχ. 4.136).

#### Πίνακας 4.116: Παράμετροι των καμπυλών Wöhler για τον χάλυβα προέντασης

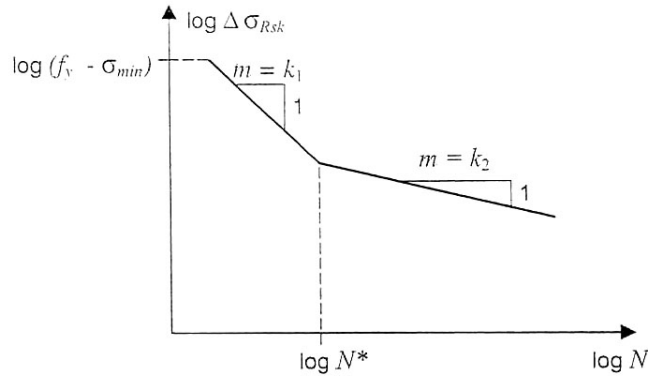
Χάλυβας προέντασης	Εκθέτης τάσης		$\Delta\sigma_{Rsk}$ σε $N/mm^2$ σε $N =$	
	$N^*$	$k_1$	$k_2$	
- Άμεση συνάφεια	$10^6$	5	9	185
- Προένταση μετά την σκλήρυνση σκυροδέματος - Μεμονωμένα συρματόσχοινα εντός συνθετικών Περιβλημάτων	$10^6$	5	9	185
- ευθύγραμμοι τένοντες, καμπύλοι τένοντες εντός συνθετικών περιβλημάτων	$10^6$	5	10	150
- καμπύλοι τένοντες με χαλύβδινα περιβλήματα	$10^6$	3	7	120
- συνδέσεις - συζεύξεις <sup>a)</sup>	$10^6$	3	5	80

<sup>a)</sup> Εφόσον δεν μπορούν να ελεγχθούν άλλες καμπύλες  $\sigma$  Wöhler μέσω γενικών τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων ή σε μεμονωμένες περιπτώσεις με συνεννόηση.

\*) Οι τιμές του πίνακα 4.116 θα πρέπει να επιβεβαιώνονται βάσει των δεδομένων των τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων ή αντίστοιχα να προσαρμόζονται κατα την διαστασιολόγηση ανάλογα με την άδεια .

(102) Δεν απαιτείται έλεγχος συμπεριφοράς έναντι κόπωσης των εξωτερικών τενόντων και των τενόντων χωρίς σύνδεση.

(103) Οι καμπύλες Wöhler βάσει του Σχ. 4.136 ικανοποιούν γενικά την εξίσωση  $(\Delta\sigma_{Rsk})^m \equiv N =$  σταθερό τόσο για  $N < N^*$  όσο και  $N > N^*$  με αντίστοιχους εκθέτες  $m = k_1$  και  $m = k_2$ .



**Σχ. 4.136: Μορφή των χαρακτηριστικών καμπυλών της αντοχής σε κόπωση (καμπύλες Wöhler) για τον χάλυβα προέντασης**

4.3.7.8  
(101)

**Αντοχή του χάλυβα σκυροδέματος έναντι κόπωσης**

Οι παράμετροι για την αντοχή του χάλυβα σκυροδέματος σε κόπωση αναγράφονται στον πίνακα 4.117.

**Πίνακας 4.117: Παράμετροι των καμπυλών Wöhler για το χάλυβα σκυροδέματος**

Σειρά	Στήλη	1	2	3	4
	Χάλυβας σκυροδέματος	$N^*$	Εκθέτης τάσης		$\Delta\sigma_{Rsk}$ σε $N/mm^2$ με $N =$
			$k_1$	$k_2$	$N^*$
1	Ευθύγραμμες και καμπτόμενες ράβδοι <sup>a</sup>	$10^6$	5	$9^d$	195
2	Συγκολλημένες ράβδοι συμπεριλαμβανομένων συνδέσεων συγκόλλησης πρόσωπο με πρόσωπο και συγκόλλησης με τόξο. Συνδέσεις- Συζεύξεις <sup>bc</sup>	$10^7$	3	5	58

<sup>a</sup> Για  $d_{br} < 25d_s$  θα πρέπει το  $\Delta\sigma_{Rsk}$  να πολλαπλασιάζεται με τον μειωτικό συντελεστή  $\zeta = 0,35 + 0,026 d_{br}/d_s$ .  
Όπου

$d_s$  η διάμετρος της ράβδου

$d_{br}$  η διάμετρος των κυλίνδρων καμπύλωσης

<sup>b</sup> Εφόσον δεν μπορούν να ελεγχθούν άλλες καμπύλες Wöhler μέσω γενικών τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων ή σε μεμονωμένες περιπτώσεις με συνεννόηση.

<sup>c</sup> Η καμπύλη Wöhler για συγκολλημένες ράβδους και συζεύξεις ισχύει μέχρι πλάτος διακύμανσης τάσης  $\Delta\sigma_{Rsk} = 380 N/mm^2$  ( $N^* = 0,036 \cdot 10^6$ ). Πέραν τούτου ισχύει η καμπύλη για ευθύγραμμες και καμπτόμενες ράβδους με τις παραμέτρους της σειράς 1.

<sup>d</sup> Η τιμή ισχύει για περιβάλλον που δεν ενοεί τη διάβρωση (καμία διάβρωση οπλισμού από χλωρίδια), συνθήκες περιβάλλοντος: ξηρό ή συνεχώς υγρό, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να τίθεται  $k_2 = 5$ .

(102)

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στη συμπεριφορά έναντι κόπωσης σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον, όπως αυτό ορίζεται στον κανονισμό DIN-F/b 100 «Σκυρόδεμα».

### **4.3.8 Προσομοιώματα δικτυωμάτων**

#### **4.3.8.1 Γενικά**

(1)\*P

Ένα προσομοίωμα δικτυώματος αποτελείται από θλιπτήρες, ελκυστήρες και τους συνδετήριους κόμβους. Οι δυνάμεις σε αυτά τα στοιχεία του προσομοιώματος δικτυώματος θα πρέπει να καθορίζονται διατηρώντας την ισορροπία για τις δράσεις στην οριακή κατάσταση αστοχίας και για το σκοπό αυτό τα στοιχεία θα πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με τους κανόνες που δίνονται στις ενότητες II-4.3.8.2 και II-4.3.8.3.

(2)\*P

Οι ελκυστήρες του προσομοιώματος δικτυώματος θα πρέπει να συμφωνούν όσον αφορά στη θέση και τη διεύθυνση με τον αντίστοιχο οπλισμό.

(3)\*

Για την διατήρηση κατά το δυνατόν των συνθηκών συμβιβαστού θα πρέπει το προσομοίωμα δικτυώματος και ιδιαίτερα η θέση και η φορά των σημαντικών θλιπτήρων να κατανέμουν τις τάσεις βάσει της γραμμική θεωρία της ελαστικότητας.

(4)\*

Τα προσομοιώματα δικτυωμάτων μπορούν να είναι κινηματικά όταν η γεωμετρία και η φόρτιση είναι εναρμονισμένες μεταξύ τους.

(5)\*

Κατά τον υπολογισμό της δύναμης των ράβδων σε στατικά αόριστα προσομοιώματα δικτυωμάτων, οι διαφορές δυστένεις των θλιπτήρων και ελκυστήρων μπορούν να λαμβάνονται προσεγγιστικά υπόψη. Απλουστευτικά, μπορούν να επιλεγούν μεμονωμένες στατικά αόριστες δυνάμεις ράβδων που να βασίζονται στις δυνάμεις ενός γραμμικά - ελαστικού υπολογισμού του φορέα.

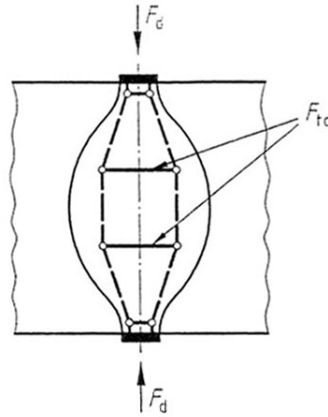
(6)\*

Τα αποτελέσματα διαφόρων προσομοιωμάτων δικτυωμάτων δεν μπορούν γενικά να προστίθενται. Αυτό είναι δυνατό μόνο στην εξαιρετική περίπτωση που τα προσομοιώματα δικτυωμάτων για κάθε δράση κατά βάση συμφωνούν.

#### **4.3.8.2 Διαστασιολόγηση ελκυστήρων και θλιπτήρων**

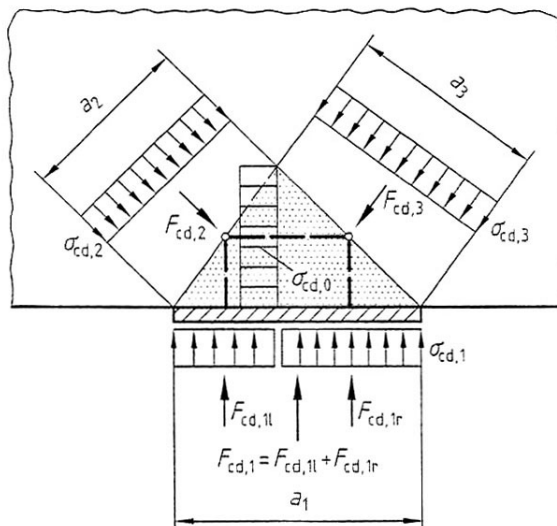
(1)\*P

Οι θλιπτήρες του προσομοιώματος δικτυώματος θα πρέπει να διαστασιολογούνται σε θλίψη και εγκάρσιο εφελκυσμό (βλέπε Σχ.4.101), σε επίπεδα προσομοιώματα δικτυωμάτων θα πρέπει να διαστασιολογούνται και για εγκάρσιο εφελκυσμό κάθετα στο επίπεδο του προσομοιώματος δικτυώματος. Η εγκάρσια εφελκυστική δύναμη σε θλιπτικό πεδίο εξαιτίας περίσφυξης σε ένα κόμβο μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια ενός τοπικού προσομοιώματος δικτυώματος.



**Σχ. 4.101: Εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις σε θλιπτικό πεδίο με περίσφυξη σε συγκεντρωμένους κόμβους στα δύο άκρα**

- (2)\*P Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής των θλιπτήρων περιορίζεται ως εξής:  
 (α)  $\sigma_{Rd,max} = 1,0 \cdot f_{cd}$  για θλιβόμενες ζώνες του σκυροδέματος χωρίς ρηγμάτωση  
 (β)  $\sigma_{Rd,max} = 0,75 \cdot f_{cd}$  για θλιπτήρες παράλληλα προς τις ρωγμές  
 Στους θλιπτήρες με διασταυρούμενες ρωγμές μπορεί να απαιτούνται μικρότερες τιμές (βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525).
- (3)\*P Η τιμή σχεδιασμού της τάσης του χάλυβα του οπλισμού των ελκυστήρων και του οπλισμού για την παραλαβή των εγκαρσίων εφελκυστικών δυνάμεων σε θλιπτήρες θα πρέπει για το χάλυβα σκυροδέματος να περιορίζεται σε  $f_{yd}$  ενώ για τον προέντασης χάλυβα προέντασης σε  $f_{p0,1k}/\gamma_s$ .
- (4)\*P Ο οπλισμός θα πρέπει να εκτείνεται μέχρι μέσα στους συγκεντρωμένους κόμβους χωρίς καμία μείωση. Μπορεί σε κόμβους που εκτείνονται σε μεγάλο μήκος της φέρουσας κατασκευής να καταλήγει, εντός της περιοχής τους, κλιμακωτά. Ταυτόχρονα θα πρέπει να αναλαμβάνονται όλες οι θλιπτικές δράσεις που εκτρέπονται από τον οπλισμό αυτό.
- (5)\*P Το μήκος αγκύρωσης του οπλισμού, στους κόμβους θλίψης-εφελκυσμού, ξεκινά από την αρχή του κόμβου όπου οι πρώτες θλιπτικές τάσεις από τους θλιπτήρες συναντούν τον αγκυρούμενο οπλισμό και εκτρέπονται από αυτόν (βλέπε Σχ. 4.103).
- (6)\*P Σε περιοχές δομικών στοιχείων με παράλληλα θλιβόμενα και εφελκυσμένα πέλματα θα πρέπει το ύψος του πεδίου θλιπτικών τάσεων (θλιβόμενη ζώνη) ή το ύψος του ορθογωνικού διαγράμματος τάσεων να περιορίζονται λαμβανομένων υπόψη των συνθηκών συμβιβαστού. Έτσι θα πρέπει οι διαστάσεις αυτές να επιλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι μεγαλύτερες από αυτές που προκύπτουν από την παραδοχή της γραμμικής κατανομής των παραμορφώσεων.



**Σχ. 4.102: Περιοχή κόμβων για τον έλεγχο των θλιβομένων κόμβων**

- (7)\* Σε θλιπτήρες των οποίων τα πεδία θλίψης περισφίγγονται σε συγκεντρωμένους κόμβους δεν απαιτείται έλεγχος των θλιπτικών τάσεων αν οι γειτονικοί κόμβοι ελέγχονται σύμφωνα με την Π-4.3.8.3.

### 4.3.8.3 Διαστασιολόγηση των κόμβων

- (1)\*P Οι κανόνες της παρούσας ενότητας ισχύουν και για περιοχές εισαγωγής συγκεντρωμένων δυνάμεων σε φέρουσες κατασκευές που στις υπόλοιπες περιοχές δεν υπολογίζονται με προσομοίωμα δικτύωματος.

- (2)\*P Στους συγκεντρωμένους κόμβους οι θλιπτικές τάσεις σχεδιασμού χωρίς ακριβέστερο έλεγχο θα πρέπει να περιορίζονται σε:

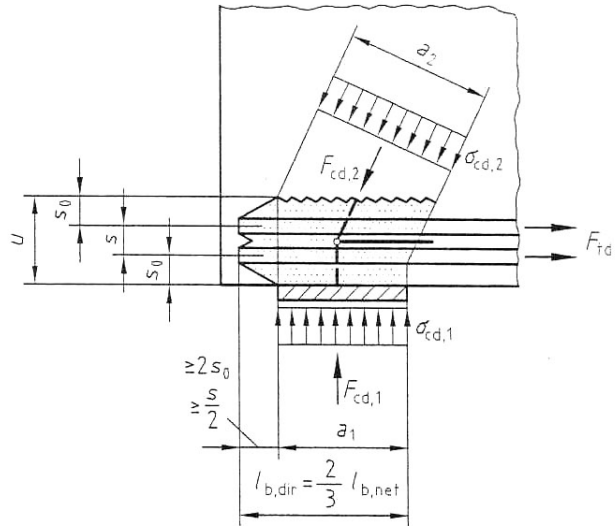
(α)  $\sigma_{Rd,max} = 1,1 \cdot f_{cd}$  σε θλιβόμενους κόμβους (χωρίς αγκύρωση των ελκυστήρων), π.χ. σύμφωνα με το Σχ. 4.102.

(β)  $\sigma_{Rd,max} = 0,75 \cdot f_{cd}$  σε θλιβόμενους-εφελκυσμένους κόμβους (με αγκύρωση των ελκυστήρων), όταν όλες οι γωνίες μεταξύ θλιπτήρων και ελκυστήρων είναι τουλάχιστον  $45^\circ$ , π.χ. σύμφωνα με το Σχ. 4.103.

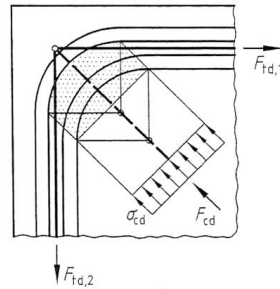
Με ακριβέστερο έλεγχο μπορούν να τεθούν και υψηλότερες τιμές (βλέπε Π-5.4.8.1).

- (3)\*P

Οι κόμβοι με κάμψη σπλισμού (π.χ. σύμφωνα με το Σχ. 4.104) απαιτούν έλεγχο της επιτρεπτής διαμέτρου των κυλίνδρων κάμψης σύμφωνα με την Π-5.2.1.2.



**Σχ. 4.103: Περιοχή κόμβων για τον έλεγχο θλιβομένων –εφελκυσμένων κόμβων**



**Σχ. 4.104: Κόμβοι με κάμψη του οπλισμού**

#### 4.4 Ελεγχος στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

##### 4.4.0 Γενικά

##### 4.4.0.2 Πεδίο εφαρμογής

(101) P Η παρούσα ενότητα ρυθμίζει τα σχετικά με τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας.

Αυτές περιλαμβάνουν:

- τον περιορισμό των τάσεων (βλέπε II-4.4.1),
- τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών και τον έλεγχο αποσυμπίεσης (βλέπε II-4.4.2),
- τον περιορισμό των παραμορφώσεων (βλέπε II-4.4.3),
- τον περιορισμό των ταλαντώσεων και των δυναμικών επιρροών (βλέπε II-4.4.4). Άλλες οριακές καταστάσεις (όπως στεγανότητα έναντι διύγρανσης) μπορεί να έχουν σημασία για συγκεκριμένες φέρουσες κατασκευές αλλά δεν εξετάζονται στον παρόντα κανονισμό DIN-F/b 102.

##### 4.4.0.3 Κατηγοριοποίηση των απαιτήσεων ελέγχου

(101) P

Οι κατασκευές ή συγκεκριμένα τμήματά τους θα πρέπει να αντιστοιχίζονται σε μία κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον κανονισμό DIN -F/b 100 «Σκυρόδεμα».

(102) P

Οι απαιτήσεις για την ανθεκτικότητα και την εικόνα ενός δομικού στοιχείου θεωρούνται ότι ικανοποιούνται υπό την έννοια της παρούσας ενότητας όταν τηρούνται οι δεσμεύσεις του πίνακα 4.118. Η κατηγορία απαίτησης που αντιστοιχεί στα διάφορα δομικά στοιχεία και τις φέρουσες διευθύνσεις θα πρέπει να καθορίζονται σε συνεννόηση με τον Κ.τ.Ε. Για τα στάδια κατασκευής ισχύουν επιπλέον οι ρυθμίσεις της II-4.4.2.1 (107) P.

(103)

Ο πίνακας 4.118 περιέχει τις δεσμεύσεις για τον έλεγχο της αποσυμπίεσης και του πλάτους ρωγμών .

**Πίνακας 4.118: Απαιτήσεις για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών και την αποσυμπίεση**

Σειρά	Στήλη	1	2	3
	Κατηγορία απαίτησης	Συνδυασμός δράσεων για τον έλεγχο της αποσυμπίεσης	του περιορισμού του πλάτους ρωγμών	Υπολογιστική τιμή του πλάτους ρωγμών $w_k$ σε mm
1	A	Μη συχνός	Σπάνιος	0,2
2	B	Συχνός	Μη συχνός	
3	C	Οιονεί -μόνιμος	Συχνός	
4	D	---	Συχνός	
5	E	---	Οιονεί -μόνιμος	0,3

Για γέφυρες της κατηγορίας απαίτησης C με αποκλειστικά εξωτερική προέκταση σύμφωνα με το κεφάλαιο III μπορεί σε συνεννόηση με τον Κ.τ.Ε η υπολογιστική τιμή του πλάτους ρωγμών να αυξηθεί σε  $w_k = 0,3\text{mm}$ .



(4) P Εάν η προένταση γίνει κατά την διαμήκη έννοια της γέφυρας και κατα την εγκάρσια διεύθυνσή της διαμορφωθεί ως μη προεντεταμένη κατασκευή, τότε οι διαστάσεις της διατομής θα πρέπει να εκλεγούν με τρόπο ώστε υπο τον σπάνιο συνδυασμό δράσεων οι ακραίες εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος που προκύπτουν σύμφωνα με το στάδιο Ι κατα την εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας να μην υπερβαίνουν τις τιμές του πίνακα 4.118 α.

Ο έλεγχος του περιορισμού του πλάτους ρηγμάτωσης στην εγκάρσια διεύθυνση θα πρέπει να εκτελείται με τις ίδιες απαιτήσεις ελέγχου όπως και κατά την διαμήκη έννοια της γέφυρας.

**Πίνακας 4.118 α): Επιτρεπόμενες ακραίες εφελκυστικές τάσεις σκυροδέματος κατά την εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας ελλείψει εγκάρσιας προέντασης**

Κατηγορία αντοχής σκυροδέματος	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
Επιτρεπόμενη $\sigma_{c, \acute{\alpha}κρο}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5

#### 4.4.1 Περιορισμός των τάσεων

##### 4.4.1.1 Γενικά

(1)\*P

Για την ικανή προς λειτουργία και ανθεκτικότητα συμπεριφορά μίας κατασκευής θα πρέπει να αποφεύγεται η υπέρμετρη φθορά της υφής του σκυροδέματος καθώς και οι μη ελαστικές παραμορφώσεις του χάλυβα σκυροδέματος και του χάλυβα προέντασης με την τήρηση των ορίων των τάσεων σύμφωνα με τις II-4.4.1.2, II-4.4.1.3 και II-4.4.1.4.

(2)\*P

Οι έλεγχοι των τάσεων θα πρέπει κατά περίπτωση να εκτελούνται χωριστά για τα στάδια κατασκευής και την τελική κατάσταση.

(3) P

Κατά τον υπολογισμό των τάσεων θα πρέπει εκτός από τις επιρροές του ερπυσμού και της συστολής να λαμβάνεται υπόψη εάν, υπο το φορτίο λειτουργίας, θα πρέπει να αναμένεται μία μετάβαση της διατομής στο στάδιο ΙΙ. Μπορεί να είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη και άλλες δράσεις απο καταναγκασμό, όπως π.χ. η θερμοκρασία, όταν αυτές επηρεάζουν τις τάσεις.

(103)

Οι μακροχρόνιες επιρροές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη προκειμένου να θεωρηθεί μία αναλογία των μέτρων ελαστικότητας χάλυβα και σκυροδέματος μεταξύ 10 και 15.

(4)

Οι τάσεις προκύπτουν ανάλογα με την εκάστοτε καταπόνηση, από τις τιμές διατομών σε κατάσταση με ή χωρίς ρηγμάτωση.

(5)

Γενικά θα πρέπει ωστόσο να θεωρείται μία κατάσταση με ρηγμάτωση όταν οι τάσεις που υπολογίζονται στην κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση υπο τον σπάνιο συνδυασμό φορτίων υπερβαίνουν την τιμή  $f_{cm}$  (βλέπε πίνακα 3.1).

- (6) Κατα την θεώρηση αρηγμάτωτης διατομής σκυροδέματος προϋποτίθεται ότι η συνολική διατομή του σκυροδέματος συμβάλλει στην παραλαβή των τάσεων και ότι το σκυρόδεμα και ο χάλυβας υπό εφελκυστική και θλιπτική καταπόνηση συμπεριφέρονται ελαστικά.
- (7) Κατα την θεώρηση ρηγματωμένης διατομής προϋποτίθεται ότι το σκυρόδεμα που καταπονείται από θλίψη συμπεριφέρεται ελαστικά, αλλά δεν είναι σε θέση να παραλαμβάνει εφελκυστικές τάσεις. (Κατά την εφαρμογή αυτών των κανόνων για τον περιορισμό της τάσης θα πρέπει να αμελείται η συμμετοχή του σκυροδέματος στην παραλαβή ελκυσμού μεταξύ των ρωγμών).
- (8) P Προκειμένου να διασφαλιστεί ο περιορισμός της τάσης στο χάλυβα σκυροδέματος υπό τη δράση καταναγκασμού είναι απαραίτητο να προβλέπεται τουλάχιστον ο ελάχιστος οπλισμός για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών σύμφωνα με την Π-4.4.2.2. Ο ελάχιστος οπλισμός πρέπει να υπολογίζεται για τα εντατικά μεγέθη ρηγμάτωσης η στην περίπτωση των υποδομών, όταν τα εντατικά μεγέθη απο καταναγκασμό δεν φτάνουν τα εντατικά μεγέθη ρηγμάτωσης, για τα υπό έλεγχο εντατικά μεγέθη απο καταναγκασμό.
- (109) Για τον έλεγχο του πλάτους ρωγμών και τάσεων θα πρέπει το συνεργαζόμενο πλάτος να λαμβάνεται σύμφωνα με την Π-2.5.2.2.1. Οι αξονικές δυνάμεις θα πρέπει να εφαρμόζονται, εκτός των περιοχών εισαγωγής, σε ολόκληρη τη διατομή.

#### 4.4.1.2 Περιορισμός των θλιπτικών τάσεων του σκυροδέματος

- (101) P Οι εξαιρετικά μεγάλες ερπυστικές παραμορφώσεις ή ο εξαιρετικά μεγάλος σχηματισμός μικρορωγμών θα πρέπει να παρεμποδίζονται με περιορισμό της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος υπό λειτουργικό φορτίο.
- (102) P Στα δομικά στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα θα πρέπει η μέγιστη θλιπτική τάση του σκυροδέματος υπο τη μέση τιμή προέντασης να περιορίζεται σε  $0,6 f_c(t)$ . Εάν η θλιπτική τάση του σκυροδέματος υπερβεί την τιμή  $0,45 f_c(t)$  θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η μη γραμμικότητα του ερπυσμού. Το  $f_c(t)$  χαρακτηρίζει τη μέση τιμή της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος κατά τη χρονική στιγμή εισαγωγής της προέντασης  $t$ .
- (103) P Οι θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος υπό τον μη συχνό συνδυασμό δράσεων και τη μέση τιμή της προέντασης θα πρέπει να περιορίζονται σε  $0,6 f_{ck}$ . Η τιμή αυτή μπορεί να αυξηθεί κατά 10% όταν η θλιβόμενη ζώνη του σκυροδέματος περισφίγγεται π.χ. μέσω εγκάρσιου οπλισμού ίσου με τουλάχιστον 1% του εμβαδού της. Σε αντίστοιχα συστήματα επίβλεψης, κατά την παραγωγή προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων, μπορεί η τιμή  $0,6 f_c(t)$  κατά την κατασκευή να υπερβληθεί κατά 10% όταν γίνεται αυστηρός έλεγχος της αντοχής και ανεξάρτητος έλεγχος των απωλειών προέντασης.
- (104)\* P Σε περίπτωση που η λειτουργικότητα, η φέρουσα ικανότητα ή η ανθεκτικότητα της κατασκευής επηρεάζονται σημαντικά από τον ερπυσμό, θα πρέπει οι θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος υπό τον οιοσδήποτε -μόνιμο συνδυασμό δράσεων να περιορίζονται σε  $0,45 \cdot f_{ck}$  προς αποφυγή υπέρμετρων ερπυστικών παραμορφώσεων.

#### 4.4.1.3 Περιορισμός των τάσεων του χάλυβα σκυροδέματος

- (1) P Η τάση του χάλυβα θα πρέπει να περιορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εμποδίζονται οι μη ελαστικές παραμορφώσεις στο χάλυβα.
- (105) Η εφελκυστική τάση στον χάλυβα σκυροδέματος υπό τον μη συχνό συνδυασμό δράσεων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή  $0,8 f_{yk}$ .

#### 4.4.1.4 Περιορισμός των τάσεων του χάλυβα προέντασης

- (1)\*P Οι εφελκυστικές τάσεις στον χάλυβα προέντασης των τενόντων θα πρέπει σε κάθε διατομή να περιορίζονται σε  $0,65 f_{pk}$  υπο τη μέση τιμή της προέντασης στον οιονεί - μόνιμο συνδυασμό δράσεων μετά από αφαίρεση των απωλειών δύναμης προέντασης . Ο περιορισμός αυτός δεν είναι απαραίτητος για εξωτερικούς τένοντες σύμφωνα με το κεφάλαιο III και για εσωτερικούς τένοντες χωρίς συνάφεια όταν έχει εξασφαλιστεί η δυνατότητα αντικατάστασή τους .

#### 4.4.2 Περιορισμός του πλάτους ρωγμών και έλεγχος απόθλιψης

##### 4.4.2.1 Γενικά

- (1) P Το πλάτος ρωγμών θα πρέπει να περιορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται η σύμφωνα με τους κανονισμούς χρήση, εμφάνιση και ανθεκτικότητα της φέρουσας κατασκευής από τις ρωγμές.
- (2) Ο σχηματισμός ρωγμών σε φέρουσες κατασκευές σκυροδέματος υπό τη δράση κάμψης, τέμνουσας δύναμης, στρέψης ή ελκυσμού εξαιτίας άμεσης καταπόνησης ή καταναγκασμού είναι σχεδόν αναπόφευκτος.
- (3) Οι ρωγμές μπορεί να προκύψουν από διάφορα αίτια π.χ. από την συστολή ή τις χημικές αντιδράσεις του σκληρυμένου σκυροδέματος που επιφέρουν αλλαγές στον όγκο. Τέτοιες ρωγμές μπορεί να έχουν δυσάρεστα μεγάλο πλάτος , όμως η αποφυγή τους και ο περιορισμός του πλάτους τους είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής της παρούσας ενότητας.
- (103)\* Στον έλεγχο του περιορισμού του πλάτους ρωγμών θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα στην κατάσταση σχηματισμού μεμονωμένων ρωγμών και την κατάσταση ολοκλήρωσης της ρηγμάτωσης. Οι μέθοδοι ελέγχου και υπολογισμού που δίνονται στην παρούσα παράγραφο μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικά και για τις δύο καταστάσεις εφόσον υπάρχει ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός σύμφωνα με την II-4.4.2.2 για την κατανομή των ρωγμών.
- (104)\* Οι μέθοδοι που αναγράφονται στην παρούσα ενότητα δεν επιτρέπουν την ακριβή πρόβλεψη ή τον περιορισμό του πλάτους των ρωγμών. Οι υπολογιστικές τιμές του πλάτους των ρωγμών θα πρέπει ως εκ τούτου να θεωρούνται ενδεικτικές και δεν θα πρέπει να αποκλείεται η τυχόν μικρή υπέρβασή τους στην κατασκευή. Όταν όμως τηρούνται οι κανόνες της παρούσας ενότητας, αυτό γενικά θεωρείται αδύνατο.

- (105)\* Οι μέθοδοι που δίνονται στις ενότητες Π-4.4.2.3 και Π-4.4.2.4 επιτρέπουν τον περιορισμό και τον υπολογισμό του πλάτους ρωγμών στην περιοχή κοντά σε οπλισμό που βρίσκεται σε συνάφεια με το περιβάλλον σκυρόδεμα (δηλ. εντός του πεδίου δράσης του οπλισμού). Έξω από αυτό το πεδίο μπορεί να προκύψουν ρωγμές μεγαλύτερου πλάτους.
- (4) Από την άλλη μπορεί να επιτραπεί ένας σχηματισμός ρωγμών χωρίς περιορισμό του πλάτους. Ο σχηματισμός ρωγμών από έμμεσες δράσεις μπορεί ακόμα να αποφευχθεί με τη λήψη μέτρων, όπως π.χ. μία διάταξη αρμών που να εξισορροπεί τις κινήσεις, όταν η διάταξη των αρμών δεν επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία της φέρουσας κατασκευής.
- (5) P Οι κατάλληλες οριακές τιμές που λαμβάνουν υπόψη την προβλεπόμενη λειτουργία και το είδος της φέρουσας κατασκευής καθώς και τα έξοδα για τον περιορισμό του πλάτους των ρωγμών θα πρέπει να καθορίζονται σε συνεννόηση με τον κατασκευαστή.
- (106) P Όταν για την οριακή κατάσταση της απόθλιψης η διαστασιολόγηση γίνεται σύμφωνα με τις κατηγορίες απαίτησης A, B και C του πίνακα 4.118, δεν επιτρέπεται υπο τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων να προκύπτουν εφελκυστικές τάσεις στην ακραία ίνα της διατομής σκυροδέματος την προσκείμενη προς τον τένοντα.
- (107) P Κατα τον έλεγχο απόθλιψης στις φάσεις κατασκευής, η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης μπορεί κατά παρέκκλιση από την Π-2.5.4.2 να οριστεί ως εξής:
- τένοντες εντός της διατομής του σκυροδέματος ευθύγραμμοι ή σχεδόν ευθύγραμμοι (π.χ. κεντρική προένταση στη μέθοδο προώθησης):
 
$$r_{inf} = 1,00$$

$$r_{sup} = 1,10$$
  - Τένοντες, εντός της διατομής του σκυροδέματος, μορφής γιρλάντας :
 
$$r_{inf} = 0,95$$

$$r_{sup} = 1,10$$
  - εξωτερικοί τένοντες:
 
$$r_{inf} = 1,00$$

$$r_{sup} = 1,00$$
- Ο έλεγχος σε απόθλιψη θα πρέπει να εκτελείται λαμβάνοντας υπόψη τη γραμμική διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta T_M$ . Τα εντατικά μεγέθη από θερμοκρασιακό καταναγκασμό μπορούν να μειωθούν κατά 15% μέχρι την ηλικία των 2 ετών λαμβάνοντας υπόψη το βραχυχρόνιο ερπυσμό εφόσον έχει πραγματοποιηθεί γραμμικο-ελαστικός υπολογισμός του εντατικού μεγέθους με μέτρο ελαστικότητας  $E_{c0}$  (εφαπτομενικό μέτρο).
- Σε οδικές γέφυρες και γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα μπορούν υπο τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων να προκύψουν εφελκυστικές τάσεις στο κάτω ίνα οι οποίες να μην υπερβαίνουν την ακόλουθη τιμή:
- $$\sigma_c \leq 0,85 \cdot f_{ctk, 0,05} \quad (4.193)$$
- (9)\* Ο περιορισμός του πλάτους των ρωγμών περιλαμβάνει τους ακόλουθους ελέγχους :
- έλεγχος του ελάχιστου οπλισμού σύμφωνα με την Π-4.4.2.2.,
  - έλεγχος του περιορισμού του πλάτους ρωγμών υπο τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων σύμφωνα με την 4.4.2.3 ή την Π-4.4.2.4.

(111)\*P Στα προσομοιώματα δικτυωμάτων που βασίζονται στη θεωρία της ελαστικότητας μπορούν κατά τον έλεγχο του περιορισμού του πλάτους ρωγμών να χρησιμοποιούνται οι τάσεις του χάλυβα που προκύπτουν από τις δυνάμεις των ράβδων. Ακόμα και στις θέσεις στις οποίες σύμφωνα με το χρησιμοποιούμενο προσομοίωμα δικτυώματος δεν απαιτείται υπολογιστικά κανένας οπλισμός μπορούν να δημιουργηθούν εφελκυστικές δυνάμεις που να πρέπει να καλυφθούν με κατάλληλο κατασκευαστικό οπλισμό, π.χ. υψίκορμοι φορείς σύμφωνα με την Π-5.4.5.

#### 4.4.2.2. Ελάχιστος οπλισμός για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών

(101) P Για λόγους ανθεκτικότητας και για την εξωτερική εικόνα του σκυροδέματος θα πρέπει στις οπλισμένες φέρουσες κατασκευές γεφυρών να τοποθετείται ελάχιστος οπλισμός για να αποφευχθεί ο σχηματισμός επιμέρους ρωγμών μεγάλου εύρους εξαιτίας μη ληφθέντος υπόψη υπολογιστικά καταναγκασμού ή πάκτωσης ή απόκλισης της προέντασης από την θεωρούμενη τιμή.

(102) Η διάταξη (101) P θεωρείται ότι ικανοποιείται όταν στις περιοχές της διατομής πλησίον της επιφανείας της έχει τοποθετηθεί ελάχιστος οπλισμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών θα πρέπει να διαστασιολογείται για το συνδυασμό των εντατικών μεγεθών που οδηγεί στον σχηματισμό της πρώτης ρηγμάτωσης στο δομικό στοιχείο. Αυτός ο ελάχιστος οπλισμός μπορεί να συνυπολογιστεί σε όλους τους ελέγχους στις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

(103)\* Η διατομή του ελαχίστου οπλισμού μπορεί να μειωθεί σε δομικά στοιχεία χωρίς προένταση και δομικά στοιχεία με προένταση χωρίς συνάφεια όταν τα εντατικά μεγέθη από καταναγκασμό δεν φτάνουν τα εντατικά μεγέθη ρηγμάτωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο ελάχιστος οπλισμός προκύπτει με διαστασιολόγηση της διατομής για τα εντατικά μεγέθη από καταναγκασμό λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών .

(104) Για τον ελάχιστο οριζόντιο οπλισμό δομικών στοιχείων της υποδομής τα οποία σκυροδετούνται σε υπάρχοντα δομικά στοιχεία επαρκεί ο οπλισμός που πρέπει να τοποθετείται σύμφωνα με την Π-5.4.7.3, εφόσον ο Κ.τ.Ε δεν έχει θέσει άλλες απαιτήσεις.

(105) P Οι μέγιστες αποστάσεις των ράβδων του ελαχίστου οπλισμού δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 200 mm. Η διάμετρος των ράβδων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με 10 mm.

(3)\* Σε δομικά στοιχεία με προένταση με συνάφεια δεν απαιτείται ελάχιστος οπλισμός για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών στις περιοχές όπου υπό το σπάνιο συνδυασμό δράσεων και με τις καθοριστικές χαρακτηριστικές τιμές της προέντασης εμφανίζονται στο σκυρόδεμα θλιπτικές τάσεις μεγαλύτερες από  $1 \text{ N/mm}^2$  στην ακραία ίνα της διατομής.

(4)\* P Σε διατομές, όπως οι κιβωτιοειδείς ή οι πλακοδοκοί, θα πρέπει ο ελάχιστος οπλισμός να ελέγχεται χωριστά για κάθε επιμέρους τμήμα διατομής (πέλματα και νευρώσεις-κορμοί).

(5)\*

Εάν ένας ακριβέστερος υπολογισμός δεν δείχνει ότι επαρκεί μία μικρότερη διατομή οπλισμού, η απαιτούμενη διατομή ελάχιστου οπλισμού για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών μπορεί να υπολογιστεί με την εξίσωση (4.194):

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} \quad (4.194)$$

Όπου:

$A_s$  Επιφάνεια της διατομής του χάλυβα σκυροδέματος στην εφελκυσμένη ζώνη της εξεταζόμενης διατομής ή επιμέρους διατομής. Αυτή θα πρέπει να διατάσσεται κυρίως στο εφελκυσμένο άκρο της διατομής κατανέμοντας ωστόσο το ανάλογο μέρος πέραν της ζώνης εφελκυσμού έτσι ώστε να αναχαιτιστεί ο σχηματισμός ρωγμών μεγάλου εύρους.

$k_c$  Συντελεστής για το συνυπολογισμό της επιρροής της κατανομής της τάσης εντός της εφελκυσμένης ζώνης  $A_{ct}$  πριν από την πρώτη ρηγμάτωση και τη μεταβολή του εσωτερικού μοχλοβραχίονα κατά τη μετάβαση στην κατάσταση II:

$$k_c = 0,4 \cdot \left[ 1 + \frac{\sigma_c}{k_1 + f_{ct,eff}} \right] \leq 1 \quad (4.195)$$

$\sigma_c$  Τάση σκυροδέματος στο ύψος του κέντρου βάρους της διατομής ή τμήματος της διατομής σε αρηγμάτωση κατάσταση υπο τον συνδυασμό δράσεων που στη συνολική διατομή οδηγεί στο σχηματισμό της πρώτης ρηγμάτωσης ( $\sigma_c < 0$  για θλιπτικές τάσεις)

$k_1$  = 1,5  $h/h'$  για αξονική δύναμη θλίψης

= 2/3 για αξονική δύναμη εφελκυσμού

$h$  Ύψος διατομής ή επιμέρους τμήματος διατομής

$h'$  =  $h$  για  $h < 1\text{m}$

= 1 m για  $h \geq 1\text{m}$

$k$  Συντελεστής για το συνυπολογισμό μη γραμμικά κατανεμημένων τάσεων εφελκυσμού σκυροδέματος. Οι τιμές για τον  $k$  δίνονται παρακάτω για τις διαφορετικές περιπτώσεις:

α) εφελκυστικές τάσεις από καταναγκασμό που προκαλείται στο ίδιο το δομικό στοιχείο (π.χ. καταναγκασμός από έκλυση της θερμότητας ενυδάτωσης):

$k = 0,8$  για  $h \leq 300\text{mm}$

$k = 0,5$  για  $h \geq 800\text{mm}$

Οι ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προκύψουν με γραμμική παρεμβολή. Ως  $h$  μπορεί να οριστεί η μικρότερη τιμή του ύψους ή του πλάτους της διατομής ή επιμέρους τμήματος διατομής.

β) Εφελκυστικές τάσεις από καταναγκασμό που προκαλείται εκτός του δομικού υλικού (π.χ. υποχώρηση στηρίζων):

$k = 1,0$

$A_{ct}$  Εμβαδόν εφελκυσμένης ζώνης της διατομής του σκυροδέματος ή τμήματος διατομής. Εφελκυσμένη ζώνη είναι το μέρος της διατομής ή τμήματος διατομής το οποίο υπο το συνδυασμό δράσεων που προκαλεί το σχηματισμό της

- $f_{ct,eff}$  πρώτη ρηγμάτωση στη συνολική διατομή σε αρηγμάτωτη κατάσταση βρίσκεται υπολογιστικά υπό εφελκυστικές τάσεις.  
 Η ενεργή εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος κατά την εξεταζόμενη χρονική στιγμή. Ως  $f_{ct,eff}$  θα πρέπει σε αυτό τον έλεγχο να ορίζεται η μέση τιμή της εφελκυστικής αντοχής  $f_{ctm}$ . Θα πρέπει να τίθεται εκείνη η κατηγορία αντοχής που είναι αναμενόμενη κατά την εμφάνιση της ρηγμάτωσης. Σε πολλές περιπτώσεις, π.χ. όταν ο καθοριστικός καταναγκασμός προέρχεται από την έκλυση της θερμότητας ενυδάτωσης μπορεί να δημιουργηθεί ρηγμάτωση στις πρώτες 3 έως 5 ημέρες μετά από την χύτευση του σκυροδέματος ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τη μορφή του δομικού στοιχείου και το είδος του ξυλο(μεταλλο)τύπου. Σε αυτή την περίπτωση, εφόσον δεν υφίσταται ακριβέστερος έλεγχος, η εφελκυστική αντοχή  $f_{ct,eff}$  του σκυροδέματος μπορεί να οριστεί στο 50% της μέσης εφελκυστικής αντοχής μετά από 28 ημέρες. Εάν το χρονικό σημείο της ρηγμάτωσης δεν μπορεί να οριστεί με σιγουριά εντός των πρώτων 28 ημερών, θα πρέπει να θεωρηθεί τουλάχιστον μία εφελκυστική αντοχή  $3\text{N/mm}^2$  για σκυρόδεμα κανονικού βάρους.
- $\sigma_s$  Η επιτρεπόμενη τάση στον χάλυβα σκυροδέματος για τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών σε συνδυασμό με την οριακή διάμετρο  $d_s^*$  βάσει του πίνακα 4.120.

- (6)\* Ο περιορισμός του πλάτους ρωγμών μπορεί να ελεγχθεί με περιορισμό της διαμέτρου των ράβδων οπλισμού στην ακόλουθη τιμή:

$$d_s = d_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_t}{4 \cdot (h - d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \quad (4.196)$$

Όπου:

- $d_s^*$  Οριακή διάμετρος οπλισμού σύμφωνα με τον πίνακα 4.120  
 $h$  Ύψος δομικού στοιχείου  
 $d$  Στατικό ωφέλιμο ύψος  
 $h_t$  Ποσοστό του ύψους της εφελκυστικής ζώνης στη διατομή ή σε τμήμα διατομής για την εκάστοτε θέση του οπλισμού πριν από την αρχή σχηματισμού της πρώτης ρωγμής  
 $f_{ct,0}$  Εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος στην οποία αναφέρονται οι τιμές του πίνακα 4.120 ( $f_{ct,0} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ )

- (7)\* Σε τετράγωνο μήκους πλευράς 300 mm γύρω από τένοντα με άμεση συνάφεια ή μεταγενέστερη σύνδεση μπορεί ο ελάχιστος οπλισμός που απαιτείται σε αυτή την περιοχή να μειωθεί κατά  $\xi_l \cdot A_p$ .

Όπου:

- $A_p$  Εμβαδόν διατομής του χάλυβα προέντασης στον τένοντα  
 $\xi_l$  Αναλογία της αντοχής συνάφειας χάλυβα προέντασης και χάλυβα σκυροδέματος λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές διαμέτρους:

$$\xi_l = \sqrt{\xi \cdot \frac{d_s}{d_p}} \quad (4.197)$$

$\xi$  Αναλογία της μέσης αντοχής συνάφειας του χάλυβα προέντασης ως προς το χάλυβα σκυροδέματος βάσει του πίνακα 4.115 α).

$d_s$  Μέγιστη υπάρχουσα διάμετρος ράβδου του χάλυβα σκυροδέματος

$d_p$  Ισοδύναμη διάμετρος του οπλισμού του χάλυβα προέντασης όπου

$$d_p = 1,6 \cdot \sqrt{A_p} \quad \text{για τένοντες από περισσότερα συρματόσχοινα ή σύρματα}$$

$$d_p = 1,75 \cdot d_{\text{σύρμα}} \quad \text{για μεμονωμένα συρματόσχοινα αποτελούμενα από 7 σύρματα}$$

$$d_p = 1,20 \cdot d_{\text{σύρμα}} \quad \text{για μεμονωμένα συρματόσχοινα αποτελούμενα από 3 σύρματα}$$

- (8) Σε πλάκες μεταβλητού πάχους μπορεί να κατανεμηθεί ομοιόμορφα ελάχιστος οπλισμός που να αντιστοιχεί σε μέσο πάχος. Σε εφελκόμενα μέλη πλακοδοκών ή δοκών κιβωτιοειδούς διατομής θα πρέπει ωστόσο ο ελάχιστος οπλισμός να αντιστοιχεί στο τοπικό πάχος.

#### 4.4.2.3 Περιορισμός του πλάτους ρωγμών χωρίς άμεσο υπολογισμό

- (1)\*P Τα πλάτη ρωγμών περιορίζονται στις επιτρεπτές τιμές όταν οι διαμέτροι ή οι αποστάσεις των ράβδων οπλισμού περιορίζονται ανάλογα με την τάση.

- (2)\* Οι οριακές τιμές που αναγράφονται στους πίνακες 4.120 και 4.121 γενικά εξασφαλίζουν τον περιορισμό του πλάτους ρωγμών στις αναφερόμενες τιμές όταν

- Σε ρηγμάτωση εξαιτίας κυρίως έμμεσων δράσεων (καταναγκασμού) τηρούνται οι οριακές διαμέτροι βάσει του πίνακα 4.120,
- σε ρηγμάτωση εξαιτίας κυρίως άμεσων δράσεων (καταπόνηση από φορτίο) τηρούνται είτε οι οριακές διαμέτροι του πίνακα 4.120 είτε οι αποστάσεις των ράβδων του πίνακα 4.121.

- (3)\*P Οι τάσεις του χάλυβα που δίνονται στους πίνακες 4.120 και 4.121 θα πρέπει να υπολογίζονται για ρηγματωμένη διατομή (στάδιο II) και τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων, σε προεντεταμένα δομικά στοιχεία με την καθοριστική χαρακτηριστική τιμή της προέντασης.

- (4) P Η οριακή διάμετρος των ράβδων οπλισμού του πίνακα 4.120 ανάλογα με το ύψος του δομικού στοιχείου μπορεί και ανάλογα με την ενεργή εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος  $f_{ct,eff}$  πρέπει να τροποποιείται ακολούθως:

$$d_s = d_s^* \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{4(h-d) \cdot b \cdot f_{ct,0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \quad (4.198)$$

Όπου:



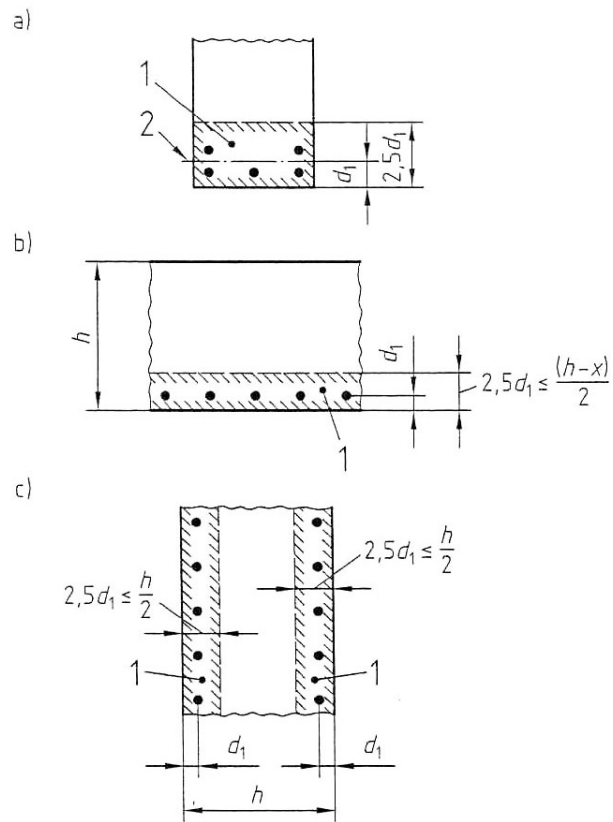
$d_s$	Τροποποιημένη οριακή διάμετρος
$d_s^*$	Οριακή διάμετρος βάσει του πίνακα 4.120
$\sigma_s$	Τάση χάλυβα σκυροδέματος σε στάδιο ΙΙ, σε δομικά στοιχεία με τένοντες σε συνάφεια θα πρέπει να τηρείται ο κανόνας εφαρμογής (5)*P
$A_s$	Εμβαδόν διατομής του χάλυβα σκυροδέματος, βλέπε υπόμνημα στην εξίσωση (4.194)
$h$	Ύψος δομικού στοιχείου
$d$	Στατικό ωφέλιμο ύψος
$b$	Πλάτος εφελκόμενης ζώνης
$f_{ct,0}$	Εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος στην οποία αναφέρονται οι τιμές βάσει του πίνακα 4.120 ( $f_{t,0} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ )

**Πίνακας 4.120: Οριακή διάμετρος  $d_s^*$  σε χάλυβες σκυροδέματος**

Σειρά	Στήλη	1	2
	Τάση χάλυβα $\sigma_s$	Οριακή διάμετρος ράβδων σε mm ανάλογα με την υπολογιστική τιμή του πλάτους ρωγμής $w_k$	
	$\text{N/mm}^2$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
1	160	42	28
2	200	28	18
3	240	19	13
4	280	14	9
5	320	11	7
6	360	8	6
7	400	7	5
8	450	5	4

**Πίνακας 4.121: Μέγιστες τιμές των αποστάσεων των ράβδων στους χάλυβες σκυροδέματος**

Σειρά	Στήλη	1	2
	Τάση χάλυβα $\sigma_s$	Μέγιστες τιμές των αποστάσεων των ράβδων σε mm ανάλογα με την υπολογιστική τιμή του πλάτους ρωγμής $w_k$	
	$\text{N/mm}^2$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
1	160	300	200
2	200	250	150
3	240	200	100
4	280	150	50
5	320	100	---
6	360	50	---



### **Επεξήγηση**

a) Δοκοί

b) Πλάκες ( $x$  είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης σε στάδιο I)

c) Δομικό στοιχείο υπό εφελκυστική καταπόνηση

1 Περιοχή επιρροής του οπλισμού  $A_{c,eff}$

2 Κεντροβαρικός Άξονας οπλισμού

### **Σχ. 4.137: Περιοχή επιρροής $A_{c,eff}$ του οπλισμού**

(5)\*P

Σε δομικά στοιχεία με τένοντες με συνάφεια θα πρέπει η τάση του χάλυβα σκυροδέματος για τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων να υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης (4.199) λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική συμπεριφορά συνάφειας του χάλυβα σκυροδέματος και του χάλυβα προέντασης.

$$\sigma_s = \sigma_{s2} + 0,4 \cdot f_{ct,eff} \left( \frac{1}{eff\rho} - \frac{1}{\rho_{tot}} \right) \quad (4.199)$$

Όπου:

$\sigma_{s2}$  Τάση στο χάλυβα σκυροδέματος ή αύξηση της τάσης στον χάλυβα προέντασης στο στάδιο II για τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων υπο την παραδοχή σταθερής σύνδεσης .

$eff\rho$  Ενεργό ποσοστό οπλισμού λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες αντοχές συνάφειας

$$eff\rho = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}} \quad (4.200 \text{ a})$$

$\rho_{tot}$  Γεωμετρικό ποσοστό οπλισμού

$$\rho_{tot} = \frac{A_s + A_p}{A_{c,eff}} \quad (4.200 \text{ b})$$

$A_s$  Εμβαδόν διατομής του χάλυβα σκυροδέματος, βλέπε υπόμνημα στην εξίσωση (4.194)

$A_p$  Εμβαδόν διατομής των τενόντων που βρίσκονται στην περιοχή επιρροής  $A_{c,eff}$  του οπλισμού

$A_{c,eff}$  Περιοχή επιρροής του οπλισμού βάσει του Σχ. 4.137,

$\xi_1$  Αναλογία των αντοχών συνάφειας σύμφωνα με την εξίσωση (4.197)

$f_{ct,eff}$  Ενεργή εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος σύμφωνα με την II-4.4.2.2 (5)\*

(6)\* Εάν σε μία διατομή χρησιμοποιούνται ράβδοι διαφορετικών διαμέτρων, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μέση διάμετρος ράβδων ίση με  $d_{sm} = \Sigma d_{s,i}^2 / \Sigma d_{s,i}$ .

(7)\*P \*) Σε δέσμες ράβδων θα πρέπει αντί για τη διάμετρο των επιμέρους ράβδων να χρησιμοποιείται η ισοδύναμη διάμετρος της δεσμικής ράβδου σύμφωνα με την II-5.2.7.2 (2)\*P.

\*) Οι δέσμες ράβδων μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο κατόπιν συνεννόησης με τον Κ.τ.Ε.

(9)\* Ο περιορισμός του πλάτους ρωγμών από διάτμηση μπορεί ,χωρίς περαιτέρω έλεγχο, να θεωρείται εξασφαλισμένος όταν τηρούνται οι οδηγίες περί οπλισμού σύμφωνα με την II-5.2.5 και II-5.4.2.2.

#### 4.4.2.4 Υπολογισμός του πλάτους ρωγμών

(1)\* Ο περιορισμός του πλάτους ρωγμών μπορεί ακόμα να ελεγχθεί και με άμεσο υπολογισμό. Για την υπολογιστική τιμή του πλάτους ρηγμάτωσης  $w_k$  ισχύει ότι:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (4.201)$$

$w_k$  Υπολογιστική τιμή πλάτους ρωγμών

$s_{r,max}$  Μέγιστη απόσταση ρωγμής κατα την ολοκλήρωση της ρηγμάτωσης

$\varepsilon_{sm}$  Μέση παραμόρφωση του οπλισμού υπο τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων λαμβάνοντας υπόψη τη συνεργασία του σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών

$\varepsilon_{cm}$  Μέση παραμόρφωση του σκυροδέματος μεταξύ των ρωγμών

(2)\* Η διαφορά των μέσων παραμορφώσεων σκυροδέματος και χάλυβα σκυροδέματος μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - 0,4 \frac{f_{ct,eff}}{eff\rho} \cdot (1 + \alpha_e \cdot eff\rho)}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (4.202)$$

Όπου:

$\alpha_e$  Αναλογία των μέτρων ελαστικότητας  $\alpha_e = E_s/E_{cm}$   
 $eff\rho$  Ενεργό ποσοστό οπλισμού σύμφωνα με την εξίσωση (4.200 α)  
 $f_{ct,eff}$  Ενεργή εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος σύμφωνα με την II-4.4.2.2 (5)\*  
 $\sigma_s$  Τάση χάλυβα στη περιοχή ρωγμής. Σε προεντεταμένα δομικά στοιχεία με συνάφεια θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η II-4.4.2.3 (5)\*

(3)\* Σε δομικά στοιχεία που υπόκεινται σε καταναγκασμό που προκαλείται μόνο στο ίδιο το δομικό στοιχείο (π.χ. εξαιτίας έκλυσης της θερμότητας ενυδάτωσης) η σχέση ( $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ ) μπορεί να υπολογιστεί με  $\sigma_s = \sigma_{sr}$ . Το  $\sigma_{sr}$  αντιστοιχεί σε εκείνη την τάση του εφελκυσμένου οπλισμού που υπολογίζεται βάσει ρηγματωμένης διατομής υπο τον συνδυασμό δράσεων που προκαλεί την πρώτη ρωγή.

(4)\*P Η μέγιστη απόσταση των ρωγμών μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (4.203):

$$s_{r,max} = \frac{d_s}{3,6eff\rho} \leq \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6f_{ct,eff}} \quad (4.203)$$

Όπου:

$eff\rho$  Ενεργό ποσοστό οπλισμού σύμφωνα με την εξίσωση (4.200 α)  
 $d_s$  Διάμετρος ράβδου χάλυβα σκυροδέματος. Όταν σε μία διατομή χρησιμοποιούνται ράβδοι διαφορετικών διαμέτρων, δέσμες ράβδων ή διπλοί ράβδοι ισχύει η II-4.4.2.3 (6)\* και η (7)\*P.

(5)\*P Όταν οι ρωγμές σε ορθογωνικά οπλισμένα δομικά στοιχεία σχηματίζουν γωνία μεγαλύτερη από 15° ως προς την διεύθυνση του αντίστοιχου οπλισμού η απόσταση των ρωγμών μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (4.204):

$$s_{r,max} = \frac{1}{\frac{\cos\theta}{s_{r,max,x}} + \frac{\sin\theta}{s_{r,max,y}}} \quad (4.204)$$

Όπου:

$\theta$  Γωνία μεταξύ του οπλισμού στην διεύθυνση  $\chi$  και τη διεύθυνση της κύριας εφελκυστικής τάσης

$s_{r,max,x}$  Η εκάστοτε μέγιστη απόσταση των ρωγμών στη διεύθυνση των x και y σύμφωνα με την εξίσωση (4.203)

(6)\* Όταν τα πλάτη ρωγμών υπολογίζονται για καταπονήσεις στις οποίες οι εφελκυστικές τάσεις προκαλούνται από ένα συνδυασμό καταναγκασμού και καταπόνησης φορτίου, μπορούν να εφαρμόζονται οι εξισώσεις της παρούσης παραγράφου. Ωστόσο, θα πρέπει η παραμόρφωση από καταπόνηση φορτίου που υπολογίστηκε βάσει ρηγματωμένης διατομής να αυξηθεί κατά την τιμή που προκύπτει από τον καταναγκασμό.

- (7)\* Σε περιπτώσεις στις οποίες η προκύπτουσα παραμόρφωση εξαιτίας καταναγκασμού δεν υπερβαίνει το 0,8‰, αρκεί κατά κανόνα το πλάτος της ρωγμής να υπολογιστεί με τη μεγαλύτερη τιμή της τάσης από καταπόνηση λόγω καταναγκασμού ή φορτίου.

#### 4.4.3 Περιορισμός των παραμορφώσεων

##### 4.4.3.1 Γενικά

- (1)\*P Οι παραμορφώσεις ενός δομικού στοιχείου ή φέρουσας κατασκευής δεν πρέπει να επηρεάζουν ούτε την απρόσκοπτη λειτουργία ούτε την εικόνα του ίδιου του δομικού στοιχείου ή των γειτονικών στοιχείων του.

- (102) P Για τις σιδηροδρομικές γέφυρες θα πρέπει να εφαρμόζεται ο κανονισμός DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», κεφάλαιο IV, παρ. Z.3. Για άλλες γέφυρες θα πρέπει να συμφωνούνται με τον Κ.τ.Ε οι κατάλληλες οριακές τιμές βελών κάμψης λαμβάνοντας υπόψη, εφόσον είναι καθοριστικό, την προσδοκώμενη κυκλοφορία και τον αντίστοιχο συνδυασμό δράσεων.

- (103) P Οι παραμορφώσεις δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τις τιμές που δεν είναι συμβατές με τις συνδέσεις της φέρουσας κατασκευής, τους αρμούς και τα εφέδρανα.

- (104) P Η ακαμψία των κριωμάτων και του ξυλο(μεταλλο)τύπου ή η υπερύψωση θα πρέπει να ρυθμίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε
- το σκυρόδεμα να μην υπόκειται σε βλάβες κατά την χύτευση και την πήξη του,
  - να διασφαλίζεται μακροπρόθεσμα η απαιτούμενη γεωμετρία λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τις χρονικά εξαρτώμενες παραμορφώσεις του σκυροδέματος.

- (105) Προς αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στο νωπό σκυρόδεμα θα πρέπει το βέλος κάμψης των κριωμάτων ή του ξυλο(μεταλλο)τύπου να περιορίζεται σε

$$\frac{(L + 40)}{2000} \quad (4.205)$$

Όπου :

$L$  Το άνοιγμα σε μέτρα

Αυτή η τιμή μπορεί να αυξηθεί σε  $L/300$  όταν κατά τη χύτευση του σκυροδέματος λαμβάνονται ανάλογα μέτρα προς αποφυγή ρηγμάτωσης.

- (106) Όταν υπολογίζονται τα βέλη κάμψης της φέρουσας κατασκευής θα πρέπει αυτά να ορίζονται για τον οιονεί -μόνιμο συνδυασμό δράσεων. Οι ιδιότητες των δομικών υλικών και η προένταση θα πρέπει να θεωρούνται με τις μέσες τιμές τους. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιρροές από τον ερπυσμό, τη συστολή και το σχηματισμό ρωγμών.

- (107) Εάν δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία, θα πρέπει ο υπολογισμός των βελών κάμψης στο διάστημα της κατασκευής να γίνεται βάσει του καθοριστικού συνδυασμού δράσεων και της μέσης τιμής της προέντασης.

#### 4.4.3.2 Υπολογιστικός έλεγχος των βελών κάμψης

(101) Οι υπολογισμοί των βελών κάμψης θα πρέπει να εκτελούνται με μέτρο ελαστικότητας που να αντιστοιχεί στο σκυρόδεμα της φέρουσας κατασκευής .

(102) Οι επιρροές του ερπυσμού μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση ενός ιξωδο-ελαστικού προσομοιώματος σύμφωνα με την Π-2.5.5.1 (5) και με την εφαρμογή της εξίσωσης (2.21) όπου το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος  $E_{c0}$  που εφαρμόζεται ,προκύπτει ως εφαπτομένη στην αρχή του διαγράμματος τάσεων –παραμορφώσεων μετά από 28 ημέρες. Για τον υπολογισμό των ελαστικών παραμορφώσεων από δράσεις που ασκούνται κατά τη χρονική στιγμή  $t_0$  μπορεί το μέτρο  $E_{c0}(t_0)$  να οριστεί ως εξής:

$$E_{c0}(t_0) = \beta_E(t_0) \cdot E_{c0} \quad (4.206)$$

Όπου:

$$\beta_E(t_0) = \sqrt{\beta_{cc}(t_0)} \quad (4.207)$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^k \quad (4.208)$$

$$\text{Όπου } k = s \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{28}{t_0 / t_1}} \right]$$

$s$  = 0,20 για τσιμέντο ταχείας σκλήρυνσης και μεγάλης αντοχής  
= 0,25 για τσιμέντο ταχείας σκλήρυνσης και κανονικής αντοχής  
= 0,38 για τσιμέντο αργής σκλήρυνσης

$t_1$  Ανηγγεμένος χρόνος:  $t_1 = 1$  ημέρα

$t_2$  Χρονική στιγμή της πρώτης φόρτισης του σκυροδέματος (σε ημέρες)

(103) P Η εφαρμοζόμενη μέθοδος υπολογισμού θα πρέπει να αντιστοιχεί στις πραγματικές συνθήκες και τους περιορισμούς της φέρουσας κατασκευής υπό τον καθοριστικό συνδυασμό δράσεων με ακρίβεια ανάλογη προς τους στόχους του υπολογισμού.

(104) Οι φέρουσες κατασκευές που σχεδιάζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις Α, Β και C του πίνακα 4.118 μπορούν κατά τον υπολογισμό των βελών να θεωρηθούν αρηγμάτωτες. Άλλες φέρουσες κατασκευές θα πρέπει, εάν αυτό ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα , να εξετάζονται λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση της ακαμψίας εξαιτίας ρηγμάτωσης .

#### 4.4.3.3. Άλλα είδη μετατοπίσεων και στροφών

(101) Οι στροφές και οι οριζόντιες μετατοπίσεις θα πρέπει να υπολογίζονται βάσει των μέσων τιμών των ιδιοτήτων των δομικών υλικών λαμβάνοντας υπόψη, εάν αυτό ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα , και την ρηγμάτωση.

(102) Για τις μετακινήσεις εφεδράνων και αρμών καταστρώματος , βλέπε κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», παράρτημα Ο.

#### 4.4.4 Περιορισμός των ταλαντώσεων και των δυναμικών επιρροών

##### 4.4.4.1 Θεμελιώδεις αρχές

- (101) P Μία γέφυρα που βρίσκεται υπό δυναμικές επιρροές της οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, των πεζών, ποδηλάτων και του ανέμου θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας λαμβάνοντας υπόψη μία πιθανή βλάβη των προϋποθέσεων χρήσης.
- (102) Οι δυναμικές επιρροές του ανέμου δεν εξετάζονται στην παρούσα ενότητα, αλλά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για φέρουσες κατασκευές όπως οι καλωδιωτές γέφυρες.
- (103) Εκτός από τις δυναμικές δράσεις της κυκλοφορίας και του ανέμου σε ολόκληρη τη γέφυρα θα πρέπει να εξετάζονται και οι τοπικές επιρροές σε λυγηρά τμήματα της κατασκευής όπως σε μεγάλους πλευρικούς προβόλους .

##### 4.4.4.2 Οδικές γέφυρες

- (101) Οι δυναμικές επιρροές των κανονικών κινητών φορτίων σε συνήθεις οδικές γέφυρες θεωρούνται ότι, για τις οριακές καταστάσεις τόσο της αστοχίας όσο και της λειτουργικότητας ,λαμβάνονται υπόψη συνολικά μέσω δυναμικού αυξητικού συντελεστή ο οποίος ήδη περιέχεται στα χαρακτηριστικά κινητά φορτία σύμφωνα με τον κανονισμό DIN-F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες» .

##### 4.4.4.3 Σιδηροδρομικές γέφυρες

- (101) Οι δυναμικές επιρροές των τυποποιημένων σιδηροδρομικών φορτίων αναγράφονται στον κανονισμό DIN 101 -F/b 101 «Δράσεις σε γέφυρες», κεφάλαιο IV, παρ. 6.4.

##### 4.4.4.4 Γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα

###### 4.4.4.4.1 Θεμελιώδεις αρχές

- (101) P Σκοπός της διαστασιολόγησης σχετικά με την συμπεριφορά έναντι ταλαντώσεων των γεφυρών για πεζούς και ποδήλατα θα πρέπει ,στην οριακή κατάσταση της λειτουργικότητας , να είναι η αποφυγή πιθανής βλάβης των προϋποθέσεων χρήσης.
- (102) Στην περίπτωση όπου  $f_0 \leq \text{Hz}$  μπορεί υπο μέγιστη επιτάχυνση

$$0,5\sqrt{f_0} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

να θεωρηθεί ότι δεν πρόκειται να προκύψει βλάβη των προϋποθέσεων χρήσης.

Όπου:

$f_0$  βασική συχνότητα σε Hz (1/s) για αφόρτιστη γέφυρα

- (103) P Οι βασικές και οι ανώτερες συχνότητες από 1,6 έως 2,4 Hz θα πρέπει να αποφεύγονται. Σε κατασκευές με αναλογικά μικρή ακαμψία και απόσβεση θα πρέπει για ασφάλεια να αποφεύγονται επιπλέον και οι βασικές και ανώτερες συχνότητες μεταξύ 3,5 και 4,5 Hz. Εάν η πρώτη ιδιοσυχνότητα είναι μεγαλύτερη από 5 Hz μπορεί να θεωρηθεί ότι τηρείται η οριακή κατάσταση για τον περιορισμό των ταλαντώσεων.

#### 4.4.4.4.2

##### Πρώτη ιδιοσυχνότητα

- (101) Η πρώτη ιδιοσυχνότητα  $f_0$  θα πρέπει να υπολογίζεται θεωρώντας διατομή χωρίς ρηγμάτωση και το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας για βραχυχρόνια φόρτιση .
- (102) Εφόσον ισχύει, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ακαμψία συμπληρωματικών στοιχείων όπως είναι τα κιγκλιδώματα όταν αυτά συμβάλλουν στη συνολική ακαμψία της ανωδομής.

#### 4.4.4.4.3

##### Επιτάχυνση

- (101) Η μέγιστη κατακόρυφη επιτάχυνση θα πρέπει να υπολογίζεται θεωρώντας ότι η δράση που προκαλείται από έναν πεζό (έναν ποδηλάτη) παριστάνεται με ένα παλλόμενο μοναχικό φορτίο  $F$  που κινείται πάνω από την μεσαία περιοχή της ανωδομής με σταθερή ταχύτητα:

$$F = 180 \cdot \sin (2\pi \cdot f_0 \cdot t) \text{ σε N} \quad (4.209)$$

$$v = 0,9 f_0 \quad (4.210)$$

Όπου:

$t$  Χρόνος σε δευτερόλεπτα

$v$  Ταχύτητα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο

- (102) Για τιμές του  $f_0$  μεγαλύτερες από 4 Hz μπορεί η υπολογιζόμενη μέγιστη επιτάχυνση να μειωθεί κατά μία τιμή η οποία αυξάνεται γραμμικά από το μηδέν για 4Hz έως το 70% για 5Hz.



## 5 Κατασκευαστική διαμόρφωση

### 5.1 Γενικά

- (1)\*P Οι διατάξεις που αναγράφονται στην παρούσα ενότητα ισχύουν για χάλυβες σκυροδέματος με τη μορφή ράβδων και για τένοντες σε κυρίως στατικές και μη κυρίως στατικές δράσεις. Οι ειδικές ρυθμίσεις για τις δέσμες ράβδων περιέχονται στην Π-5.2.7.
- (2)\*P Οι απαιτούμενοι οπλισμοί στις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας θα πρέπει να αγκυρώνονται και, εάν χρειαστεί, να ενώνονται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρούσας ενότητας.
- (3) P Η μέγιστη διάμετρος των κόκκων  $d_g$  των αδρανών θα πρέπει να επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η επαρκής συμπίκνωση του σκυροδέματος στην περιοχή του οπλισμού.
- (4) P Στο χάλυβα σκυροδέματος θα πρέπει η διάμετρος της ράβδου να είναι  $d_s \geq 10$  mm και η απόσταση  $s \leq 20$ cm.
- (5) Στην κατασκευή γεφυρών προβλέπεται μόνο η χρήση ράβδων σκυροδέματος με νευρώσεις.

### 5.2 Χάλυβας σκυροδέματος

#### 5.2.1 Γενικοί κανόνες οπλισμού

##### 5.2.1.0 Κάμψη – ανάκαμψη (αναδίπλωση)

- (1)\* Η κάμψη - ανάκαμψη (αναδίπλωση) του χάλυβα σκυροδέματος αποτελεί μία επιπρόσθετη καταπόνηση για το χάλυβα σκυροδέματος και το περιβάλλον σκυρόδεμα.
- (2)\*P Κατά την ψυχρή κάμψη του χάλυβα σκυροδέματος θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι όροι:
- Η διάμετρος των ράβδων μπορεί να είναι το μέγιστο  $d_s = 14$  mm. Μία πολλαπλή κάμψη όπου επαναλαμβανόμενα η ράβδος κάμπτεται προς τα εμπρός και προς τα πίσω στο ίδιο σημείο δεν επιτρέπεται.
  - Στις κυρίως στατικές δράσεις η διάμετρος των κυλίνδρων καμπύλωσης πρέπει κατά την κάμψη προς τα μπροστά να είναι τουλάχιστον  $6d_s$ . Η εκμετάλλευση του οπλισμού στην οριακή κατάσταση αστοχίας επιτρέπεται να γίνεται μόνο σε ποσοστό 80%.
  - Σε καταπόνηση που δεν είναι κυρίως στατική θα πρέπει η διάμετρος των κυλίνδρων καμπύλωσης κατά την κάμψη προς τα μπροστά να είναι τουλάχιστον  $15d_s$ . Το εύρος διακύμανσης της τάσης του χάλυβα δεν επιτρέπεται να υπερβεί τα  $50$  N/mm<sup>2</sup>.
  - Οι διατάξεις προστασίας των συνδέσεων του οπλισμού θα πρέπει να διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μη βλάπτουν ούτε τη φέρουσα ικανότητα της διατομής του σκυροδέματος ούτε την προστασία του οπλισμού έναντι διάβρωσης.
  - Στην περιοχή της προς τα πίσω κάμψης θα πρέπει η τέμνουσα δύναμη να περιορίζεται σε  $0,6 V_{Rd,max}$  ( $V_{Rd,max}$  βάσει της ενότητας Π-4.3.2.4.4).

- (3)\*P Στη θερμή κάμψη - ανάκαμψη του χάλυβα σκυροδέματος θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:
- Εάν ο χάλυβας σκυροδέματος κατά την επεξεργασία υπόκειται σε θερμή κάμψη ( $\geq 500^{\circ}\text{C}$ ) μπορεί να ληφθεί υπόψη μόνο με το χαρακτηριστικό όριο ελαστικότητας  $f_{yk}$  της τάξης των  $250 \text{ N/mm}^2$ .
  - Σε δράσεις που δεν είναι κυρίως στατικές δεν επιτρέπεται το εύρος διακύμανσης της τάσης του χάλυβα να υπερβαίνει τα  $50 \text{ N/mm}^2$ .

- (4)\* Οι λεπτομέρειες της τεχνικής διαμόρφωσης περιλαμβάνονται στο πληροφοριακό φυλλάδιο DBV «Αναδίπλωση του χάλυβα σκυροδέματος και απαιτήσεις για τα κιβώτια φύλαξης».

### 5.2.1.1 Αποστάσεις των ράβδων χάλυβα σκυροδέματος

- (1)\*P Η απόσταση των ράβδων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τόση ώστε το σκυρόδεμα να μπορεί να τοποθετηθεί και να συμπυκνωθεί πλήρως ενώ ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται επαρκής συνάφεια μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος.

- (2)\*P Η καθαρή απόσταση (οριζόντια και κατακόρυφη) ανάμεσα στις παράλληλες επιμέρους ράβδους ή τις θέσεις παράλληλων ράβδων δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από  $20\text{mm}$ , πρέπει όμως να είναι τουλάχιστον ίση με τη διάμετρο της μεγαλύτερης ράβδου. Εάν δεν ληφθούν ειδικά μέτρα για την χύτευση και τη συμπύκνωση του σκυροδέματος, αυτές οι αποστάσεις δεν επιτρέπεται, με μέγιστη διάμετρο κόκκων αδρανούς  $d_g > 16\text{mm}$ , να είναι μικρότερες από  $d_g + 5\text{mm}$ .

- (3)\* Σε μία διάταξη ράβδων σε χωριστές οριζόντιες θέσεις θα πρέπει οι ράβδοι της κάθε επιμέρους θέσης να διατάσσονται κατακόρυφα η μία πάνω από την άλλη και θα πρέπει να προβλέπονται επαρκή κενά για την τοποθέτηση εσωτερικού δονητή.

- (4)\*P Για τις ράβδους που ενώνονται με υπερκάλυψη θα πρέπει να τηρούνται όσα αναφέρονται στην Π-5.2.4.1.

### 5.2.1.2 Διάμετρος κυλίνδρων καμπύλωσης

- (1)\*P Η μικρότερη διάμετρος κυλίνδρου καμπύλωσης μίας ράβδου πρέπει να ορίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλείονται απολεπίσεις του σκυροδέματος ή οι βλάβες της υφής του σκυροδέματος καθώς και ρωγμές στη ράβδο οπλισμού εξαιτίας της καμπύλωσης

- (2)\*P Θα πρέπει να τηρούνται οι ελάχιστες τιμές της διαμέτρου των κυλίνδρων καμπύλωσης του πίνακα 5.1:

**Πίνακας 5.1: Ελάχιστες τιμές της διαμέτρου κυλίνδρων καμπύλωσης  $d_{br}$**

Στήλη	1	2	3	4	5
	<b>Άγκιστρα ημικυκλικά , Ορθογωνικά Άγκιστρα , Αναβολείς</b>		<b>Λοξές ή άλλες καμπυλούμενες ράβδοι</b>		
	Διάμετρος ράβδου		Ελάχιστες τιμές της κάλυψης σκυροδέματος κάθετα προς το επίπεδο της καμπύλωσης		
<b>Ελάχιστες τιμές διαμέτρων κυλίνδρων καμπύλωσης <math>d_{br}</math></b>	$d_s < 20\text{mm}$	$d_s \geq 20\text{mm}$	$> 100\text{mm}$ $> 7d_s$	$> 50\text{mm}$ $> 3d_s$	$\leq 50\text{mm}$ $\leq 3d_s$

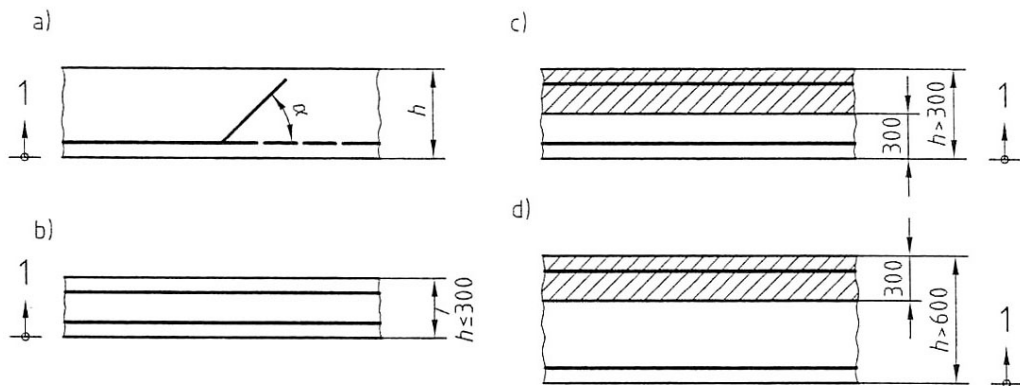
## 5.2.2

### Συνάφεια

#### 5.2.2.1

#### Συνθήκες συνάφειας

- (1)\*P Η ποιότητα της συνάφειας εξαρτάται κυρίως από τη μορφή της επιφάνειας του χάλυβα σκυροδέματος, τις διαστάσεις του δομικού στοιχείου καθώς και από τη θέση και τη γωνία κλίσης του οπλισμού κατά τη διάστρωση του σκυροδέματος.
- (2)\*P Οι συνθήκες συνάφειας θα πρέπει να θεωρούνται καλές για:
- όλες τις ράβδους με κλίση  $\alpha$  από  $45^\circ$  -  $90^\circ$  ως προς την οριζόντια κατά την διάστρωση του σκυροδέματος (βλέπε Σχ. 5.1α),
  - όλες τις ράβδους με κλίση  $\alpha$  από  $0^\circ$  -  $45^\circ$  ως προς την οριζόντια κατά την διάστρωση του σκυροδέματος οι οποίες
    - είναι ενσωματωμένες σε δομικά στοιχεία το πάχος των οποίων στην κατεύθυνση της διάστρωσης του σκυροδέματος δεν υπερβαίνει τα 300 mm (βλέπε Σχ. 5.1β),
    - είναι ενσωματωμένες σε δομικά στοιχεία με πάχος μεγαλύτερο από 300 mm και βρίσκονται το πολύ 300 mm πάνω από την κάτω παρειά του νωπού σκυροδέματος (βλέπε Σχ. 5.1 γ) ή τουλάχιστον 300 mm κάτω από την άνω παρειά του δομικού στοιχείου ή τμήματος διαστρωμένου με σκυρόδεμα (βλέπε Σχ. 5.1 δ).
  - ραβδόμορφα ,σε οριζόντια θέση κατασκευαζόμενα δομικά στοιχεία(π.χ. υποστυλώματα), συμπυκνούμενα με εξωτερικό δονητή και με εξωτερική διάσταση διατομής μη υπερβαίνουσα τα 500 mm.
- (3)\*P Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει οι συνθήκες συνάφειας να θεωρούνται μέτριες .
- (4)\*P Σε δομικά στοιχεία που κατασκευάζονται με ολισθαίνοντα ξυλότυπο θα πρέπει οι συνθήκες συνάφειας για όλες τις ράβδους να θεωρούνται μέτριες .



**Επεξήγηση**

- a) και b) καλές συνθήκες συνάφειας για όλες τις ράβδους
- c) και d) ράβδοι στην περιοχή που δεν είναι διαγραμμισμένη : καλές συνθήκες συνάφειας
- ράβδοι στην διαγραμμισμένη περιοχή : μέτριες συνθήκες συνάφειας

1 Διεύθυνση διάστρωσης σκυροδέματος

**Σχ. 5.1: Καθορισμός συνθηκών συνάφειας**

**5.2.2.2**

**Τιμή σχεδιασμού των τάσεων συνάφειας**

(1)\*P

Η οριακή τιμή της αναλαμβανόμενης τάσης συνάφειας εξασφαλίζει ότι στην οριακή κατάσταση αστοχίας υπάρχει επαρκής απόσταση ασφαλείας προς αποφυγή της αστοχίας της συνάφειας και ότι στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας δεν εμφανίζεται σημαντική ολίσθηση μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος.

(2)\*P

Για καλές συνθήκες συνάφειας δίνονται στον πίνακα 5.3 οι τιμές σχεδιασμού της τάσης συνάφειας  $f_{bd}$ . Οι τιμές του πίνακα 5.3 προκύπτουν με την τιμή  $\gamma_c$  σύμφωνα με την Π-2.3.3.2:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \tag{5.2}$$

Για τις μέτριες συνθήκες συνάφειας θα πρέπει οι τιμές του πίνακα 5.3 να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή 0,7.

**Πίνακας 5.3: Τιμές σχεδιασμού της τάσης συνάφειας  $f_{bd}$  (N/mm<sup>2</sup>) για το χάλυβα σκυροδέματος σε καλές συνθήκες συνάφειας και  $d_s \leq 32mm$**

Σειρά	Στήλη	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<b>Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος <math>f_{ck}</math> σε N/mm<sup>2</sup></b>								
		12	16	20	25	30	35	40	45	50
1	$f_{cd}$ N/mm <sup>2</sup>	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3

(4)\*P\*) Για διαμέτρους ράβδων  $d_s > 32$  mm θα πρέπει οι τιμές  $f_{bd}$  του πίνακα 5.3 να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή  $(132 - d_s) / 100$  (όπου  $d_s$  σε mm).

\*) Διάμετροι ράβδων με  $d_s > 32$  mm μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Κ.τ.Ε.

(5)\* Οι τιμές του πίνακα 5.3 μπορούν να αυξηθούν στις ακόλουθες περιπτώσεις όπου μπορεί να ισχύσει μόνο μία από τις δύο δυνατότητες :

(α) Σε περίπτωση που υπάρχει εγκάρσια θλίψη  $p$  σε ορθή γωνία ως προς το επίπεδο του οπλισμού επιτρέπεται αύξηση με το συντελεστή  $1 / (1 - 0,04 p) \leq 1,5$ . Για  $p$  μπορεί να τεθεί η μέση εγκάρσια θλίψη στην περιοχή αγκύρωσης ή ένωσης με υπερκάλυψη σε  $N/mm^2$ .

(β) Εάν υπάρχει από όλες τις πλευρές επικάλυψη σκυροδέματος τουλάχιστον  $10 d_s$  που να εξασφαλίζεται με οπλισμό, επιτρέπεται αύξηση κατά 50%. Αυτό δεν ισχύει για ενώσεις με υπερκάλυψη με αξονική απόσταση των ενώσεων βάσει του Σχ. 5.4 ίση με  $s \leq 10 d_s$ .

(6)\*P Οι τιμές του πίνακα 5.3 θα πρέπει να μειώνονται κατά 1/3 όταν σε ορθή γωνία ως προς το επίπεδο του οπλισμού υπάρχει εγκάρσιος ελκυσμός ο οποίος να συνεπάγεται ρηγμάτωση παράλληλα με τον άξονα των ράβδων οπλισμού στην περιοχή της αγκύρωσης<sup>1</sup>. Εάν σε κυρίως στατικές δράσεις το πλάτος των ρωγμών παράλληλα στις ράβδους περιορίζεται σε  $w_k \leq 0,2$  mm μπορεί να μη γίνει αυτή η μείωση.

### 5.2.2.3 Βασικό μέγεθος του μήκους αγκύρωσης

(1)\*P Το βασικό μέγεθος του μήκους αγκύρωσης είναι το μήκος της ευθύγραμμης αγκύρωσης που απαιτείται για την αγκύρωση της δύναμης της ράβδου  $F_{sd} = A_s \cdot f_{yd}$  (όπου  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ ) θεωρώντας μία σταθερή τάση συνάφειας  $f_{bd}$  στο μήκος της αγκύρωσης και την περίμετρο της ράβδου σύμφωνα με την Π-5.2.2.2.

(2)\*P Το βασικό μέγεθος του μήκους αγκύρωσης για την αγκύρωση μίας μεμονωμένης ράβδου είναι:

$$l_b = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (5.3)$$

## 5.2.3 Αγκύρωση του διαμήκους οπλισμού

### 5.2.3.1 Γενικά

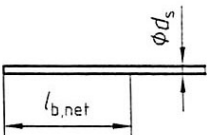
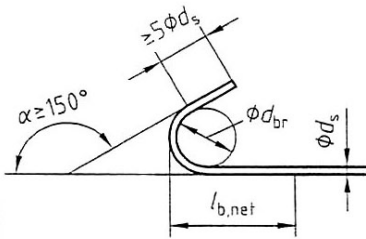
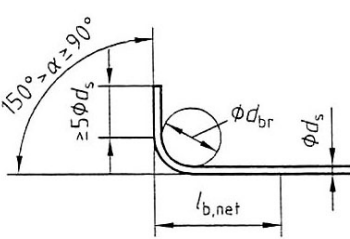
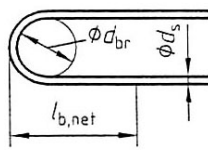
(1)\*P Οι ράβδοι οπλισμού θα πρέπει να αγκυρώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι δυνάμεις τους να εισάγονται στο σκυρόδεμα και να αποκλείεται ο σχηματισμός διαμηκών ρωγμών και η απολέπιση του σκυροδέματος στην περιοχή της αγκύρωσης. Ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός ορίζεται στην Π-5.2.4.1.2.

<sup>1</sup> Παραδείγματα περιέχονται στη «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

### 5.2.3.2 Είδη αγκύρωσης

(1)\*P Τα επιτρεπτά είδη αγκύρωσης απεικονίζονται στον πίνακα 5.4.

**Πίνακας 5.4: Επιτρεπτά είδη αγκύρωσης του χάλυβα σκυροδέματος**

1 Είδος και διαμόρφωση της αγκύρωσης	2	3
	Συντελεστής $\alpha_a$	
	Ράβδοι ελκόμενες <sup>a</sup>	Ράβδοι θλιβόμενες
1 α) ευθύγραμμο άκρα ράβδων 	1,0	1,0
2 b) Άγκιστρο ημικυκλικό  c) Άγκιστρο ορθογωνικό  d) Αναβολεύς 	0,7 <sup>b</sup> (1,0)	
<sup>a</sup> Οι τιμές που αναγράφονται στη στήλη 2 εντός παρενθέσεως ισχύουν όταν στην περιοχή της καμπύλωσης κάθετα ως προς το επίπεδο της η επικάλυψη σκυροδέματος είναι μικρότερη από 3 $d_s$ ή όταν δεν υπάρχει εγκάρσια θλίψη ή συνδετήρες σε πυκνή διάταξη . <sup>b</sup> Σε αγκυρώσεις τύπου αναβολέων με διάμετρο κυλίνδρων καμπύλωσης $d_{br} \geq 15 d_s$ η τιμή μπορεί να μειωθεί σε 0,5.		

(2)\*P Σε θλιβόμενους οπλισμούς δεν επιτρέπονται τα ημικυκλικά και ορθογωνικά άγκιστρα καθώς και οι αναβολείς .

(3) Η απολέπιση του σκυροδέματος ή η καταστροφή της υφής του σκυροδέματος μπορούν να αναχαιτιστούν λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις του πίνακα 5.1 και αποφεύγοντας τη συσσώρευση αγκυρώσεων.

(4)\*P\*) Οι ράβδοι με  $d_s > 32$  mm θα πρέπει να αγκυρώνονται ως ευθύγραμμες ράβδοι ή με σώματα αγκύρωσης. Δεν επιτρέπεται να αγκυρώνονται σε περιοχές εφέλκυσμού.

\*) Διάμετροι ράβδων  $d_s > 32$  mm μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Κ.τ.Ε .

### 5.2.3.3 Εγκάρσιος οπλισμός

(1)\*P Στην περιοχή αγκύρωσης ράβδων οπλισμού θα πρέπει οι τοπικές εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα να παραλαμβάνονται από εγκάρσιο οπλισμό.

(2)\* Η απαίτηση του κανόνα εφαρμογής (1)\*P θεωρείται ότι ικανοποιείται όταν:

- κατασκευαστικά μέτρα ή άλλες ευνοϊκές επιρροές (π.χ. εγκάρσια θλίψη) παρεμποδίζουν τη διάσπαση του σκυροδέματος,
- τοποθετούνται οι ελάχιστοι απαιτούμενοι σύμφωνα με την Π-5.4.2.2 συνδετήρες (σε δοκούς ή υποστυλώματα) ή εγκάρσιοι οπλισμοί (σε πλάκες ή τοίχους).

(3)\*P\*) Σε διαμέτρους ράβδων  $d_s > 32$  mm χωρίς εγκάρσια θλίψη στην περιοχή της αγκύρωσης απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός σύμφωνα με το Σχ. 5.2. Ο οπλισμός δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερος από ό,τι ορίζεται παρακάτω:

α) παράλληλα με την επιφάνεια του δομικού στοιχείου:

$$A_{st} = n_1 \cdot 0,25 A_s$$

β) κάθετα ως προς την επιφάνεια του δομικού στοιχείου:

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

Όπου:

$A_s$  επιφάνεια διατομής μίας αγκυρούμενης ράβδου

$n_1$  αριθμός των θέσεων οπλισμού που αγκυρώνονται στην ίδια τομή

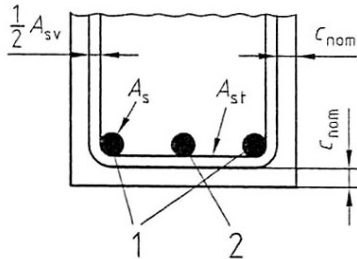
$n_2$  αριθμός των ράβδων οπλισμού που αγκυρώνονται σε κάθε θέση

Ο εγκάρσιος οπλισμός θα πρέπει να είναι κατανεμημένος ομοιόμορφα στην περιοχή της αγκύρωσης σε διαστήματα που να αντιστοιχούν σε περίπου το πενταπλάσιο της διαμέτρου των ράβδων του αγκυρωμένου οπλισμού<sup>1</sup>.

\*) Οι διάμετροι ράβδων  $d_s > 32$ mm μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Κ.τ.Ε .

### Επεξήγηση

- 1 Αγκυρούμενες ράβδοι οπλισμού
- 2 Συνεχής ράβδος οπλισμού



Σχ. 5.2: Πρόσθετος οπλισμός στην περιοχή της αγκύρωσης ράβδων  $d_s > 32\text{mm}$  χωρίς εγκάρσια θλίψη

#### 5.2.3.4

#### Μήκος αγκύρωσης

(1)\*P

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$l_{b,net} = a_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,eff}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min} \quad (5.4)$$

Όπου:

$A_{s,eff}$  υπολογιστικά απαιτούμενο εμβαδόν διατομής του οπλισμού

$A_{s,vorh}$  Υπάρχον εμβαδόν διατομής του οπλισμού

$l_{b,min}$  ελάχιστη τιμή μήκους αγκύρωσης:

$$l_{b,min} = 0,3 a_a \cdot l_b \geq 10 d_s \quad \geq 100 \text{ mm για αγκυρώσεις ράβδων εφελκυσμού} \quad (5.5)$$

$$l_{b,min} = 0,6 l_b \geq 10 d_s \quad \geq 100 \text{ mm για αγκυρώσεις ράβδων θλίψης}$$

$a_a$  συντελεστής για το συνυπολογισμό της δραστηκότητας των τύπων αγκύρωσης σύμφωνα με τον πίνακα 5.4.

(4)\*P

Τα απαιτούμενα μήκη αγκύρωσης του χάλυβα σκυροδέματος για την κάλυψη της δύναμης εφελκυσμού ορίζονται στην Π-5.4.2.1.3.

(5)\*

Για την αγκύρωση τενόντων με άμεση σύνδεση ισχύει η Π-4.2.3.5.6.

#### 5.2.3.5

#### Αγκύρωση με σώματα αγκύρωσης

(1)\*P

Για την εισαγωγή συγκεντρωμένων δυνάμεων αγκύρωσης στο σκυρόδεμα, βλέπε Π-5.4.8.4.

(2)\*P

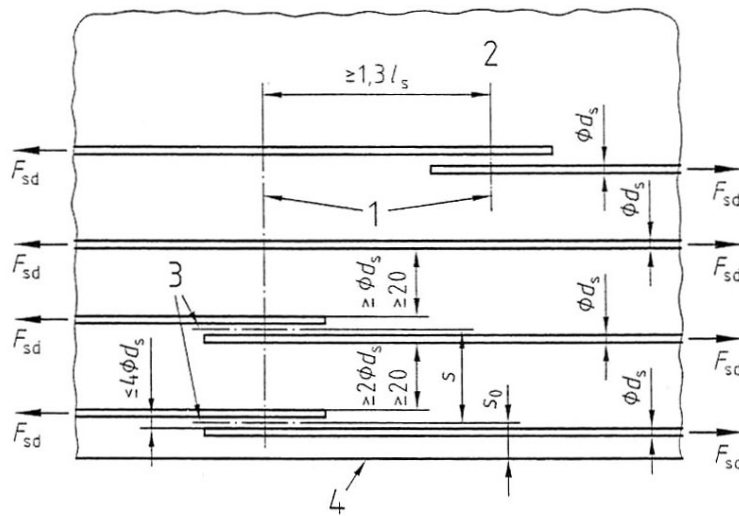
Εάν δεν μπορούν να ελεγχθούν υπολογιστικά, θα πρέπει τα σώματα αγκύρωσης να είναι σύμφωνα με τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.



## 5.2.4 Ενώσεις

### 5.2.4.1 Γενικά

- (1)\*P Οι ενώσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται με μηχανικές συνδέσεις ή συγκόλληση (άμεσες ενώσεις) ή έμμεσα με ένωση των χαλυβών σκυροδέματος με υπερκάλυψη (ενώσεις με υπερκάλυψη).
- (2)\*P Η διαμόρφωση των ενώσεων με υπερκάλυψη θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε:
- να εξασφαλίζεται η μεταβίβαση της δύναμης μεταξύ των ράβδων στις οποίες γίνεται η ένωση,
  - να μην παρουσιάζεται απολέπιση του σκυροδέματος στην περιοχή των ενώσεων,
  - το πλάτος της ρωγμής στα άκρα της ένωσης να μην υπερβαίνει σημαντικά τις τιμές που ορίζονται στην Π-4.4.0.3 (103).
- (3)\*P\*) Ενώσεις με υπερκάλυψη σε ράβδους όπου  $d_s > 32$  mm επιτρέπονται μόνο σε δομικά στοιχεία που καταπονούνται κυρίως σε κάμψη .
- \*) Οι διάμετροι των ράβδων όπου  $d_s > 32$  mm μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο σε συνεννόηση με τον Κ.τ.Ε .
- (4)\* Οι ενώσεις με υπερκάλυψη θα πρέπει να διατάσσονται κατα το δυνατόν μετατοπισμένα και οι πλήρεις ενώσεις (ποσοστό ράβδων με ένωση χωρίς διαμήκη μετατόπιση στη διατομή μίας θέσης οπλισμού ίσο με 100%) να μην βρίσκονται σε περιοχές υψηλής καταπόνησης.
- (5)\*P Κατά τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών σύμφωνα με τη μη γραμμική μέθοδο ή με μοντέλα δικτυωμάτων δεν επιτρέπονται ενώσεις στις πλαστικές περιοχές.
- (6)\*P Για τις εσωτερικές αποστάσεις των ράβδων στην περιοχή ένωσης με υπερκάλυψη και για τη διαμήκη μετατόπιση των ενώσεων ισχύουν οι τιμές του Σχ. 5.3. Οι ενώσεις με υπερκάλυψη θεωρούνται ότι έχουν μετατοπιστεί κατά μήκος όταν η διαμήκης απόσταση των κέντρων των ράβδων αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 1,3πλάσιο του μήκους ένωσης με υπερκάλυψη  $l_s$  σύμφωνα με την εξίσωση (5.7).
- (7)\*P Οι μηχανικές ενώσεις διέπονται από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.



### Επεξήγηση

- 1 Μέσα ενώσεων
- 2 Διαμήκης μετατόπιση δύο ενώσεων
- 3 Άξονες ένωσης
- 4 Άκρο δομικού στοιχείου

**Σχ. 5.3: Διαμήκης μετατόπιση και εγκάρσια απόσταση των ράβδων οπλισμού στην περιοχή της ένωσης**

#### 5.2.4.1.2

#### Εγκάρσιος οπλισμός

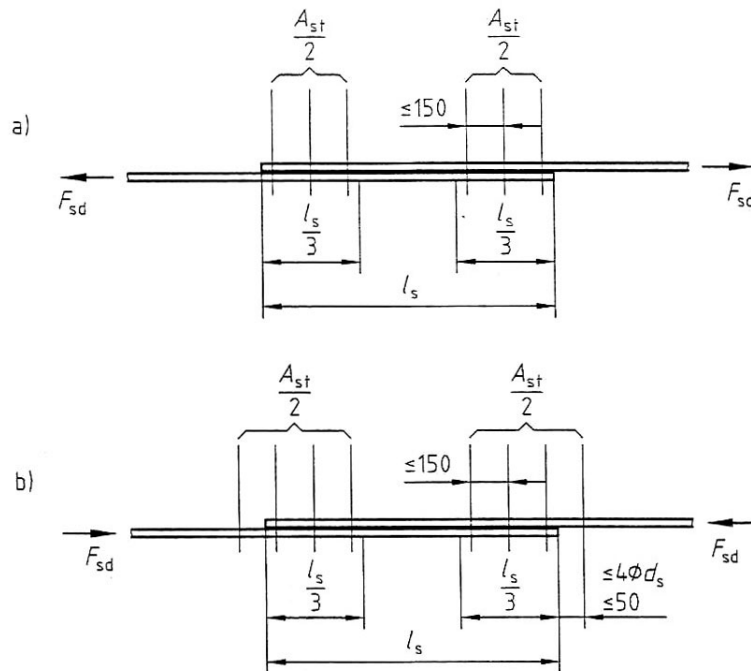
(1)\*P

Στην περιοχή των ενώσεων με υπερκάλυψη θα πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός που να ανταποκρίνεται στις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να έχει συνολικό εμβαδόν διατομής που να μην είναι μικρότερο από το εμβαδόν  $A_s$  μίας ράβδου με ένωση ( $\Sigma A_{st} \geq 1,0 \cdot A_s$ , βλέπε Σχ. 5.4). Για ενώσεις σύμφωνα με την Π-5.2.4.1.3 (2) ισχύει η παρούσα ρύθμιση για κάθε ράβδο που φέρει ένωση.
- Ο εγκάρσιος οπλισμός σε δομικά στοιχεία που καταπονούνται κυρίως από κάμψη θα πρέπει για διαμέτρους ράβδων  $d_s \geq 28\text{mm}$  να διαμορφώνεται υπο μορφή συνδετήρων, εάν  $s \leq 12 d_s$  (βλέπε Σχ. 5.3), διαφορετικά μπορεί να είναι ευθύγραμμος.
- Ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να τοποθετείται ανάμεσα στο διαμήκη οπλισμό και την επιφάνεια του σκυροδέματος.
- Ο εγκάρσιος οπλισμός θα πρέπει να διανέμεται σύμφωνα με το Σχ. 5.4.

(2)\*

Όταν η διάμετρος  $d_s$  των ενωμένων ράβδων είναι μικρότερη από 16 mm ή όταν το ποσοστό των ενωμένων ράβδων σε μία οποιαδήποτε διατομή δεν υπερβαίνει το 20% δεν απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός.



Σχ. 5.4: Εγκάρσιος οπλισμός για ενώσεις με υπερκάλυψη

(3)\*P

Όταν σε οπλισμό τοποθετημένο σε πολλαπλές σειρές ενώνεται περισσότερο από το 50% των επιμέρους σειρών σε μία διατομή, τότε οι ενώσεις με υπερκάλυψη θα πρέπει να περικλείονται από συνδετήρες που να διαστασιολογούνται για τη δύναμη όλων των ράβδων με ενώσεις.

### 5.2.4.1.3

#### Μήκος υπερκάλυψης

(1)\*P

Το μήκος της ένωσης με υπερκάλυψη δεν θα πρέπει να κυμαίνεται κάτω από την ακόλουθη τιμή:

$$l_s = l_{b,net} \cdot a_I \geq l_{s,min} \quad (5.7)$$

Όπου:

$l_{b,net}$  Μήκος αγκύρωσης σύμφωνα με την εξίσωση (5.4)

$a_I$  Συντελεστής για το μήκος ένωσης με υπερκάλυψη σύμφωνα με τον πίνακα 5.5

$l_{s,min}$  Ελάχιστη τιμή του μήκους ένωσης με υπερκάλυψη όπου

$$l_{s,min} = 0,3 \cdot a_a \cdot a_I \cdot l_b \geq 15 d_s \geq 200 \text{ mm} \quad (5.8)$$

$a_a$  Συντελεστής σύμφωνα με τον πίνακα 5.4

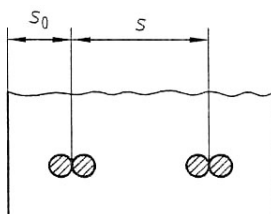
$l_b$  Βασικό μέγεθος του μήκους αγκύρωσης σύμφωνα με την εξίσωση (5.3)

(2)\*P

Εάν η ελεύθερη απόσταση των ενωμένων ράβδων είναι μεγαλύτερη από  $4 d_s$  (βλέπε Σχ. 5.3), θα πρέπει το μήκος υπερκάλυψης να αυξηθεί κατά τη διαφορά ανάμεσα στην υπάρχουσα ελεύθερη απόσταση των ράβδων και το  $4 d_s$ .

**Πίνακας 5.5: Συντελεστές  $\alpha_I$  για το μήκος υπερκάλυψης**

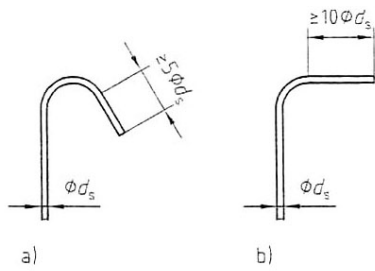
Σειρά	Στήλη		1	2
			Ποσοστό των χωρίς διαμήκη μετατόπιση ενωμένων ράβδων στη διατομή μίας θέσης οπλισμού	
			$\leq 30\%$	$> 30\%$
1	Ένωση εφελκυσμού	$d_s < 16 \text{ mm}$	1,2 <sup>α</sup>	1,4 <sup>α</sup>
2		$d_s \geq 16 \text{ mm}$	1,4 <sup>α</sup>	2,0 <sup>β</sup>
3	Ένωση θλίψης		1,0	1,0
<sup>α</sup> Όταν $s \geq 10 d_s$ και $s_0 \geq 5 d_s$ (βλέπε Σχ. 5.5) ισχύει ότι $\alpha_I = 1,0$ <sup>β</sup> Όταν $s \geq 10 d_s$ και $s_0 \geq 5 d_s$ (βλέπε Σχ. 5.5) ισχύει ότι $\alpha_I = 1,4$				



**Σχ. 5.5: Ορισμός αποστάσεων  $s$  και  $s_0$  για τον καθορισμό του συντελεστή  $\alpha_I$**

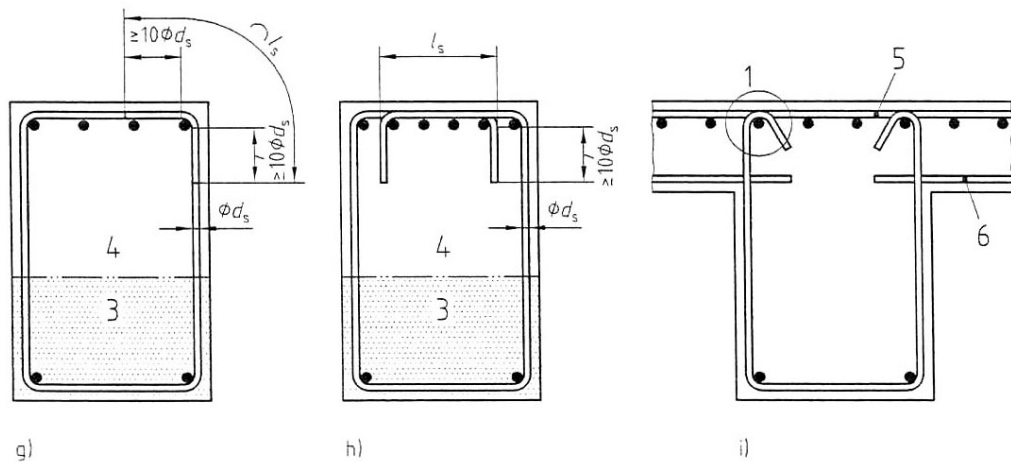
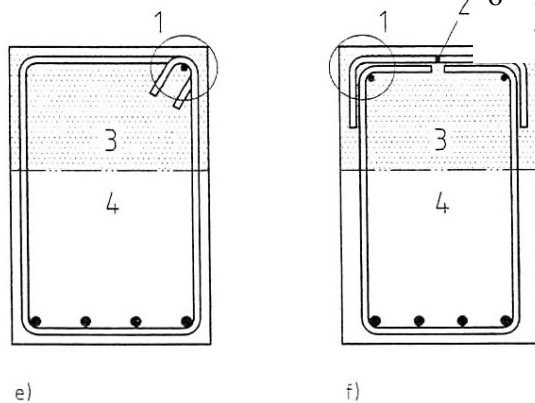
### 5.2.5 Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

- (1)\*P Οι συνδετήρες και οι οπλισμοί διάτμησης θα πρέπει να αγκυρώνονται με τη βοήθεια ημικυκλικών και ορθογωνικών αγκίστρων σύμφωνα με τα Σχ. 5.6 a) και Σχ. 5.6 b).
- (2)\*P Η αγκύρωση θα πρέπει να γίνεται στη θλιβόμενη ζώνη ανάμεσα στο κέντρο βάρους της θλιβόμενης ζώνης και στην παρειά της. Αυτό θεωρείται γενικά ότι ισχύει όταν ο διατμητικός οπλισμός εκτείνεται σε όλο το ύψος της διατομής. Στην εφελκυσμένη ζώνη θα πρέπει τα στοιχεία αγκύρωσης να τοποθετούνται όσο το δυνατό κοντά στην εφελκυσμένη παρειά. Οι συνδετήρες θα πρέπει να περικλείουν τον εφελκυσμένο οπλισμό.
- (4)\*P Στις δοκούς, θα πρέπει οι συνδετήρες να κλείνονται στην μεν θλιβόμενη ζώνη σύμφωνα με τα Σχ. 5.6 e) η Σχ. 5.6 f) στην δε εφελκυσμένη ζώνη σύμφωνα με τα Σχ. 5.6 g) ή Σχ. 5.6 h).
- (5)\* Στις πλακοδοκούς μπορούν, οι απαιτούμενοι συνδετήρες στην περιοχή της πλάκας για τη φέρουσα ικανότητα σε τέμνουσα δύναμη, να κλείνονται από συνεχείς εγκάρσιες ράβδους σύμφωνα με το Σχ. 5.6 i) όταν η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας δύναμης  $V_{Ed}$  ανέρχεται το πολύ στα 2/3 της μέγιστης φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη  $V_{Rd,max}$  σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.4.



### Επεξήγηση

- 1 Στοιχείο αγκύρωσης σύμφωνα με a) και b)
- 2 Καλύμματα συνδετήρων
- 3 Θλιβόμενη ζώνη σκυροδέματος
- 4 Εφελκυσμένη ζώνη σκυροδέματος
- 5 Άνω εγκάρσιος οπλισμός
- 6 Κάτω οπλισμός της συνδεόμενης πλάκας



### Επεξήγηση

- a) Ημικυκλικό άγκιστρο
- b) Ορθογωνικό άγκιστρο
- e) και f) Κλείσιμο στη θλιβόμενη ζώνη
- g) και h) Κλείσιμο στην εφελκυσμένη ζώνη ( $l_s$  σύμφωνα με την Π-5.2.4.1.3. όπου  $\alpha_a = 0,7$  εάν στην άκρη του συνδετήρα έχουν τοποθετηθεί ημικυκλικά ή ορθογωνικά άγκιστρα).
- i) Κλείσιμο σε πλακοδοκούς στην περιοχή της πλάκας

Σχ. 5.6: Αγκύρωση και κλείσιμο συνδετήρων

## **5.2.6 Πρόσθετοι κανόνες για ράβδους με νευρώσεις και με ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες από 32 mm**

### **5.2.6.1 Κατασκευαστική διαμόρφωση**

- (101) P Οι χάλυβες με νευρώσεις, διαμέτρου  $d_s > 32$  mm μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο μετά από την σύμφωνη γνώμη του Κ.τ.Ε.
- (2) Κατά τη χρήση ράβδων μεγάλης διαμέτρου θα πρέπει να υπάρχει ανάλογος περιορισμός του πλάτους ρωγμής με τοποθέτηση επιδερμικού οπλισμού (βλέπε Π-5.4.2.4) ή αντίστοιχους ελέγχους (βλέπε Π-4.4.2).
- (3) Η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος  $c$  θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με  $d_s$ . Ράβδοι με  $d_s > 32$  mm μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε δομικά στοιχεία με ελάχιστο πάχος  $15 d_s$ .
- (4) Η ελεύθερη απόσταση (ορθογώνια και κατακόρυφη) μεταξύ των επιμέρους παράλληλων ράβδων ή των οριζόντιων θέσεων παράλληλων ράβδων θα πρέπει να μην είναι μικρότερη από τη μέγιστη διάμετρο των ράβδων ή από  $d_g + 5$  mm, όπου  $d_g$  η ονομαστική τιμή της μέγιστης διαμέτρου των κόκκων των αδρανών.

### **5.2.6.2 Συνάφεια**

- (1) P Σε ράβδους διαμέτρου  $d_s > 32$  mm θα πρέπει να τηρείται η 5.2.2.2 (4)\*.

### **5.2.6.3 Αγκυρώσεις και ενώσεις**

- (1) P Σε ράβδους διαμέτρου  $d_s > 32$  mm θα πρέπει για τις αγκυρώσεις να τηρείται η 5.2.3.2 (4)\*P και η 5.2.3.3 (3)\*P.
- (2) P Σε ράβδους με διάμετρο  $d_s > 32$  mm θα πρέπει για τις ενώσεις να τηρείται η 5.2.4.1 (3)\*P.
- (3) Για τον επιδερμικό οπλισμό ισχύει η Π-5.4.2.4. Η διατομή του επιδερμικού οπλισμού θα πρέπει ωστόσο να μην είναι μικρότερη από  $0,01 A_{ct,ext}$  στην κατακόρυφη κατεύθυνση και από  $0,02 A_{ct,ext}$  παράλληλα στις ράβδους με τη μεγαλύτερη διάμετρο (για τους χαρακτηρισμούς, βλέπε Σχ. 5.13).

## **5.2.7 Δέσμες ράβδων**

### **5.2.7.1 Γενικά**

- (1) P Οι δέσμες ράβδων μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Κ.τ.Ε.

### **5.2.7.2 Κατασκευαστικοί κανόνες**

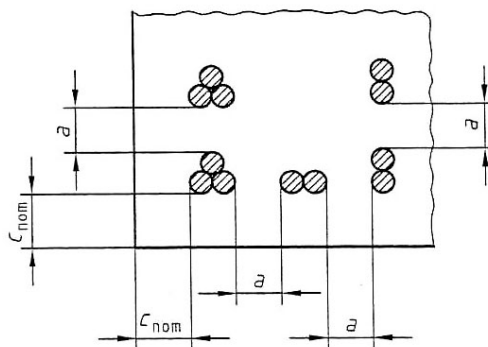
- (1)\*P Οι δέσμες ράβδων αποτελούνται από δύο ή τρεις επιμέρους ράβδους διαμέτρου  $d_s \leq 28$  mm οι οποίες εφάπτονται μεταξύ τους και κατά τη συναρμολόγηση και τη διαστρώση σκυροδέματος συγκρατούνται μεταξύ τους με τη λήψη κατάλληλων μέτρων.

(2)\*P Εφόσον παρακάτω δεν οριστεί κάτι το διαφορετικό, ισχύουν οι Π-5.1 έως Π-5.2.5 χωρίς καμία αλλαγή εφόσον σε όλους τους ελέγχους στους οποίους υπεισέρχεται η διάμετρος της ράβδου αντί της διαμέτρου των επιμέρους ράβδων  $d_s$  εισάγεται η ισοδύναμη διάμετρος  $d_{sv}$ . Η ισοδύναμη διάμετρος  $d_{sv}$  είναι η διάμετρος μίας ράβδου που έχει το ίδιο εμβαδόν με το εμβαδόν της διατομής των ράβδων της δέσμης και η οποία για μία δέσμη από  $n$  επιμέρους ράβδους ίδιας διαμέτρου  $d_s$  ισοδυναμεί με

$$d_{sv} = d_s \cdot \sqrt{n} \quad (5.12)$$

(3)\*P Η ισοδύναμη διάμετρος δεν επιτρέπεται σε δομικά στοιχεία που υπόκεινται κυρίως σε εφελκυσμό (ουδέτερος άξονας εκτός της διατομής) να υπερβαίνει την τιμή  $d_{sv} = 36 \text{ mm}$ .

(4)\*P Για τη διάταξη των ράβδων στη δέσμη καθώς και για τις ελάχιστες τιμές της επικάλυψης σκυροδέματος και την ελεύθερη απόσταση των δεσμών ράβδων ισχύει το Σχ. 5.7 α). Για την ονομαστική τιμή της επικάλυψης σκυροδέματος ισχύουν οι κανόνες της Π-4.1.3.3.



### Επεξήγηση

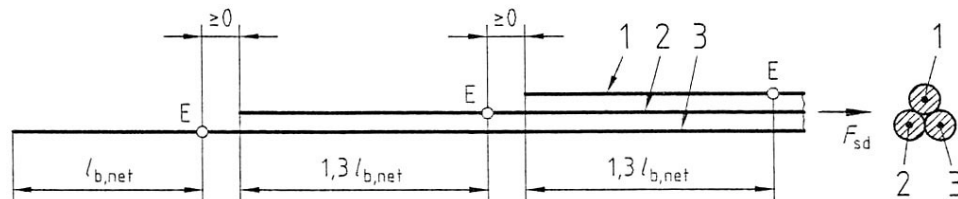
$$a \geq d_{sv}$$

$a \geq 20 \text{ mm}$ , κατά τα άλλα ισχύει η Π-5.2.1.1 (2)\*P.

**Σχ. 5.7 α): Διάταξη, ελάχιστες αποστάσεις και ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος σε δέσμες ράβδων**

(5)\*P Κατά την αγκύρωση των δεσμών ράβδων θα πρέπει τα άκρα των επιμέρους ράβδων να μετατοπίζονται μεταξύ τους (βλέπε Σχ. 5.8 και Σχ. 5.9). Εξαιρούνται οι καταπονούμενες σε εφελκυσμό δέσμες ράβδων οι οποίες ανεξάρτητα από την  $d_{sv}$  μπορούν να καταλήγουν πέραν των αμέσων ακραίων και ενδιάμεσων στηρίξεων καθώς και οι καταπονούμενες σε εφελκυσμό δέσμες ράβδων με  $d_{sv} \leq 28 \text{ mm}$  οι οποίες μπορούν ακόμα να καταλήγουν πριν από την στήριξη χωρίς κατά μήκος μετατόπιση των επιμέρους ράβδων σε μία θέση.

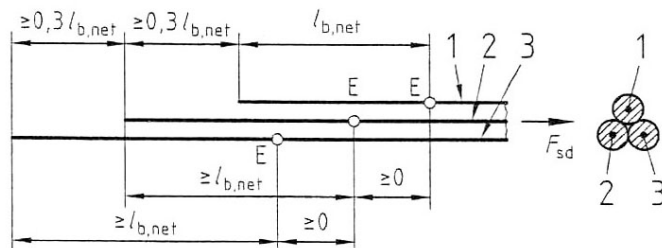
- (6)\*P Σε μία αγκύρωση ράβδων σύμφωνα με το Σχ. 5.8 θα πρέπει για τον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης να χρησιμοποιείται η διάμετρος  $d_s$  της επιμέρους ράβδου.
- (7)\*P Σε μία αγκύρωση ράβδων σύμφωνα με το Σχ. 5.9 θα πρέπει για τον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης να χρησιμοποιείται η ιδεατή διάμετρος  $d_{sV}$ .
- (8)\*P Στις καταπονούμενες σε θλίψη δέσμες ράβδων μπορούν όλες οι επιμέρους ράβδοι να τερματίζουν σε ένα σημείο. Από μία ιδεατή διάμετρο  $d_{sV} > 28$  mm θα πρέπει στην περιοχή των άκρων των δεσμών να τοποθετούνται τουλάχιστον τέσσερις συνδετήρες με  $d_s = 12$  mm εφόσον η θλίψη πέρατος δεν παραλαμβάνεται με άλλα κατάλληλα μέτρα (π.χ. με την τοποθέτηση στα άκρα των ράβδων δίσκου)· σε αυτή την περίπτωση αρκεί η τοποθέτηση ενός συνδετήρα εκτός της περιοχής αγκύρωσης.



#### Επεξήγηση

1 έως 3 Επιμέρους ράβδοι δέσμης ράβδων

**Σχ. 5.8:** Αγκύρωση των δεσμών ράβδων σε υπολογιστικά σημεία E μακριά το ένα από το άλλο



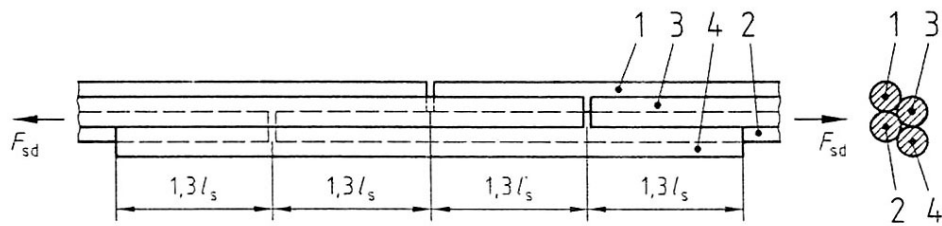
#### Επεξήγηση

1 έως 3 Επιμέρους ράβδοι της δέσμης ράβδων

**Σχ. 5.9:** Αγκύρωση των δεσμών ράβδων σε υπολογιστικά ακραία σημεία E κοντά το ένα στο άλλο

- (9)\*P Το μήκος υπερκάλυψη  $l_s$  θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την Π-5.2.4.1.3. Δέσμες ράβδων από δύο ράβδους με  $d_{sV} \leq 28$  mm επιτρέπεται να ενώνονται χωρίς διαμήκη μετατόπιση των επιμέρους ράβδων· ο υπολογισμός του  $l_s$  θα πρέπει να βασίζεται στη  $d_{sV}$ .
- (10)\*P Σε δέσμες ράβδων από δύο ράβδους με  $d_{sV} > 28$  mm και σε δέσμες ράβδων από τρεις ράβδους θα πρέπει η ένωση των επιμέρους ράβδων να γίνεται πάντα με κατά μήκος μετατόπιση κατά τουλάχιστον  $1,3 l_s$  (βλέπε Σχ. 5.10), όπου όμως σε κάθε τομή μίας δέσμης ράβδων με ένωση θα υπάρχουν το πολύ τέσσερις ράβδοι· για τον υπολογισμό του  $l_s$  θα πρέπει να χρησιμοποιείται η διάμετρος της επιμέρους ράβδου.





### Επεξήγηση

- 1 έως 3    Επιμέρους ράβδοι μίας δέσμης ράβδων  
4            Πρόσθετη ράβδος

**Σχ. 5.10: Προσθήκη ράβδου σε δέσμη τριών ράβδων για καταπονούμενη σε ελκυσμό ένωση με υπερέκλυση**

## 5.3

### Τένοντες προέντασης

#### 5.3.1

#### Διάταξη των τενόντων προέντασης

(1)\*P

Οι ακόλουθοι κανόνες ισχύουν εφόσον δεν απαιτείται κάτι διαφορετικό από τις γενικές τεχνικές εγκριτικές αποφάσεις.

(2)\*P

Οι αποστάσεις των τενόντων θα πρέπει να ορίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η άψογη διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος.

(3)\*P

Ανάμεσα στους τένοντες με συνάφεια και τα επιψευδαργυρωμένα μέρη ή τον επιψευδαργυρωμένο οπλισμό θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 20mm σκυροδέματος· επιπλέον δεν επιτρέπεται να υπάρχει καμία μεταλλική ένωση.

#### 5.3.2

#### Επικάλυψη σκυροδέματος

(1)\*P

Η επικάλυψη σκυροδέματος ανάμεσα στην εσωτερική επιφάνεια του ξυλοτύπου και τους τένοντες με άμεση συνάφεια ή στους περιβάλλοντες σωλήνες των τενόντων θα πρέπει να καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος των τενόντων ή των περιβαλλόντων σωλήνων. Η ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος θα πρέπει να σύμφωνη με την τιμή της Π-4.1.3.3.

#### 5.3.3

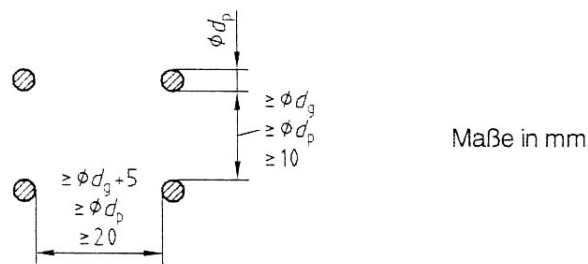
#### Οριζόντια και κάθετη απόσταση

(1) P

Οι αποστάσεις των περιβαλλόντων σωλήνων ή των τενόντων θα πρέπει να καθορίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος και να επιτυγχάνεται η επαρκής ανάπτυξη συνάφειας ανάμεσα στο σκυροδέμα και τους τένοντες. Ανά νεύρωση-κορμό θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα διάκενο για την δόνησης. Περισσότεροι από τρεις τένοντες δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται ο ένας δίπλα στον άλλο χωρίς διάκενο δόνησης μεταξύ τους. Το πλάτος του διακένου δόνησης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 cm· σε φορείς ύψους άνω των 2 m ή σε διάταξη τενόντων πολλαπλών σειρών θα πρέπει το πλάτος να καθορίζεται επιπρόσθετα σε συνάρτηση με την διάμετρο του σωλήνα προσαγωγής του σκυροδέματος ή του ελαστικού σωλήνα της αντλίας σκυροδέματος .

### 5.3.3.1 Τένοντες προέντασης με άμεση συνάφεια

- (1)\*P Στην προένταση με άμεση συνάφεια δεν επιτρέπεται η χρήση λείων συρμάτων.
- (2)\*P Στην προένταση με άμεση συνάφεια θα πρέπει οι τένοντες να βρίσκονται σε απόσταση. Η οριζόντια και κατακόρυφη ελεύθερη ελάχιστη απόσταση των επιμέρους τενόντων παρουσιάζεται στο Σχ. 5.11.



Σχ. 5.11: Εσωτερική ελάχιστη απόσταση για τένοντες με άμεση συνάφεια

- (3)\*P Οι τένοντες από εξελασμένα σύρματα ή συρματόσχοινα μπορούν μετά από την τάνυση να εκτραπούν ή να προεντεταθούν μετά την εκτροπή όταν στην περιοχή της καμπύλωσης δεν επιτρέπεται καμία κίνηση και η αναλογία της ακτίνας καμπύλωσης προς την διάμετρο των τενόντων είναι τουλάχιστον 15. Ανάμεσα στους τένοντες με συνάφεια και ενσωματωμένους αγωγούς (π.χ. φρεάτια απορροής) θα πρέπει να τηρείται ελεύθερη απόσταση τουλάχιστον 10 cm.
- (4)\*P Στην περιοχή της αγκύρωσης θα πρέπει να τοποθετείται πυκνός εγκάρσιος οπλισμός σύμφωνα με την II-5.2.3.3 για την ανάληψη των δυνάμεων διάσπασης που προκαλούνται από την αγκύρωση.
- (5)\*P Για την αγκύρωση των τενόντων με άμεση συνάφεια ισχύει η II-4.2.3.5.6. Τα μήκη αγκύρωσης των τενόντων με άμεση συνάφεια θα πρέπει να διαστασιολογούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να παραλαμβάνεται όλη η τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης των τενόντων λαμβανομένων υπόψη των επαναλαμβανόμενων γρήγορων εναλλαγών δράσεων.

### 5.3.3.2 Τένοντες προέντασης για προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

#### 5.3.3.2.1 Διάταξη των τενόντων

- (1) P Η ελεύθερη απόσταση μεταξύ των σωλήνων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το 0,8πλάσιο της εξωτερικής διαμέτρου των , αλλά όχι λιγότερο από 40 mm κατακόρυφα και 50 mm οριζόντια όπου οι απόλυτες τιμές ισχύουν ακόμα για την περίπτωση σωλήνων ορθογωνικής διατομής .
- (2) P Στην προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος δεν επιτρέπονται γενικά οι δέσμες τενόντων .
- (103) P Ζεύγη τενόντων τοποθετημένα κατακόρυφα το ένα πάνω στο άλλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν προβλέπονται ανάλογα μέτρα κατά την τάνυση και την ενεμάτωση. Στους διπλά καμπυλωμένους τένοντες απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Η δραστηκότητα των λαμβανόμενων μέτρων θα πρέπει να τεκμηριώνεται και να ελέγχεται .

#### 5.3.4 Αγκυρώσεις και συζεύξεις τενόντων

- (1) P Τα σώματα αγκύρωσης που χρησιμοποιούνται σε τένοντες προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος θα πρέπει να διαστασιολογούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αναλαμβάνεται ολόκληρη η τιμή σχεδιασμού της δύναμης προέντασης των τενόντων λαμβανομένων υπόψη των επαναλαμβανόμενων γρήγορων εναλλαγών δράσεων.
- (2) P Οι συζεύξεις τενόντων θα πρέπει λαμβάνοντας υπόψη τα πιθανά προβλήματα που προκαλούνται από αυτές να διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται η φέρουσα ικανότητα του δομικού στοιχείου και να μπορούν να πραγματοποιηθούν οι ενδιάμεσες αγκυρώσεις κατά την φάση της κατασκευής.
- (3) Ο υπολογισμός των τοπικών δράσεων στο σκυροδέμα και τον εγκάρσιο οπλισμό θα πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με την II-2.5.3.7.4.
- (4) Γενικά οι συζεύξεις θα πρέπει να βρίσκονται στις περιοχές έξω από ενδιάμεσες στηρίξεις .
- (105) P Σε κάθε διατομή γέφυρας θα πρέπει τουλάχιστον το 30% των τενόντων να διέρχεται χωρίς ενώσεις.

Η διάταξη συζεύξεων τενόντων σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% σε μία διατομή επιτρέπεται μόνο όταν:

- υπάρχει συνεχής ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την II-4.4.2.2, ή
- υπάρχει τουλάχιστον μία εναπομένουσα θλιπτική τάση  $3 \text{ N/mm}^2$  υπό τον συχνό συνδυασμό δράσεων που να μπορεί να αναλαμβάνει τις τοπικές εφελκυστικές τάσεις.

Η απόσταση των θέσεων σύζευξης των τενόντων η σύζευξη των οποίων δεν γίνεται σε μία διατομή δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από αυτή που δίνεται στον πίνακα 5.6.

#### Πίνακας 5.6: Απόσταση των θέσεων σύζευξης

Ύψος $h$ του δομικού στοιχείου	Απόσταση $a$ σε m
$\leq 2,0 \text{ m}$	$1,5 h$
$> 2,0 \text{ m}$	3

- (106) P Σε πλάκες ή πλάκες καταστρώματος που προεντείνονται εγκαρσίως πρέπει να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη κατανομή της θλιπτικής τάσης.

(107) Ομοιόμορφη κατανομή της θλιπτικής τάσης μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν κάθε δεύτερη αγκύρωση τενόντων είναι τοποθετημένη στο άκρο της πλάκας.

(108) P Ανοίγματα και φωλιές στην άνω επιφάνεια της πλάκας καταστρώματος δεν επιτρέπονται, ούτε και αυτές που εξυπηρετούν στην τάνυση των τενόντων. Αντίθετα, στις οδικές γέφυρες καθώς και στις γέφυρες για πεζούς και ποδήλατα πρέπει να εξασφαλίζεται η πρόσβαση στους προβλεπόμενους ως αντικαταστάσιμους εγκάρσιους τένοντες στην πλάκα καταστρώματος (ισχύει μόνο για οδικές γέφυρες). Τμήματα των αγκυρώσεων δεν επιτρέπεται να επεκτείνονται στο σκυρόδεμα των πλευρικών διαμορφώσεων των φορέων (τελειωμάτων πλαϊνών επιφανειών, πεζοδρομίων). Φωλιές τάνυσης στις πλάκες καταστρώματος μπορούν να διατάσσονται μόνο στην κάτω παρειά των πλακών.

#### **5.4 Κατασκευαστικοί κανόνες δομικών στοιχείων**

##### **5.4.1 Ραβδόμορφα θλιβόμενα στοιχεία, θλιβόμενα στοιχεία**

(1) Η παρούσα ενότητα ασχολείται με ραβδόμορφα θλιβόμενα στοιχεία των οποίων η μεγαλύτερη διάσταση  $b$  δεν υπερβαίνει το 4πλάσιο της μικρότερης διάστασης  $h$ .

##### **5.4.1.1 Ελάχιστες διαστάσεις**

(1) P Το μικρότερο επιτρεπτό μήκος πλευράς μίας διατομής υποστυλώματος είναι:

- 300 mm για υποστυλώματα πλήρους διατομής που σκυροδετούνται επί τόπου (κατακόρυφα) για σκυρόδεμα σε μήκη υποστυλωμάτων  $\leq 1,00$  m,
- 500 mm για υποστυλώματα πλήρους διατομής που σκυροδετούνται επί τόπου (κατακόρυφα) για σκυρόδεμα σε μήκη υποστυλωμάτων  $\geq 4,00$  m.

Σε προκατασκευασμένα στοιχεία που κατασκευάζονται στο εργοστάσιο μπορεί το πάχος του δομικού στοιχείου να μειωθεί αντίστοιχα κατά 50 mm. Ενδιάμεσες τιμές ορίζονται με γραμμική παρεμβολή.

(2)\*P Η διάμετρος των ράβδων του διαμήκους οπλισμού θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 12 mm.

(3)\*P Η απόσταση των διαμήκων ράβδων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τα 300 mm. Σε υποστυλώματα πολυγωνικής διατομής θα πρέπει τουλάχιστον σε κάθε γωνία να υπάρχει μία ράβδος. Σε υποστυλώματα κυκλικής διατομής θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 6 ράβδοι. Σε διατομές με  $b \leq 400$  mm και  $h \leq b$  επαρκεί μία ράβδος οπλισμού ανά γωνία.

##### **5.4.1.2 Ελάχιστος κατασκευαστικός οπλισμός**

(100) P Όλες οι εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες δομικών στοιχείων μορφής δίσκου ή πλάκας (π.χ. δομικά στοιχεία κιβωτιοειδούς διατομής) θα πρέπει να έχουν σταυροειδή οπλισμό. Κάθε επιφάνεια πρέπει και στις δύο κατευθύνσεις του οπλισμού να έχει διατομή χάλυβα ίση με 0,06% της διατομής του σκυροδέματος, τουλάχιστον όμως  $d_s \geq 100$  mm,  $s \leq 200$  mm.

#### 5.4.1.2.1 Διαμήκης οπλισμός

- (1)\*P Το ελάχιστο ποσοστό του διαμήκους οπλισμού  $A_{s,min}$  πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 5.13:

$$A_{s,min} = 0,15 |N_{Ed}| / f_{yd} \geq 0,003 A_c, \text{ κατ' ελάχιστο όμως } \varnothing 16/15, \text{ όπου } f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad (5.13)$$

- (2)\*P Η συνολική διατομή του οπλισμού δεν επιτρέπεται, ακόμα και στην περιοχή των ενώσεων με υπερκάλυψη, να υπερβαίνει την τιμή  $0,09 A_c$ .

#### 5.4.1.2.2 Εγκάρσιος οπλισμός

- (1)\*P Ο διαμήκης οπλισμός των υποστυλωμάτων θα πρέπει να περικλείεται από εγκάρσιο οπλισμό. Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού (συνδετήρες, βρόγχοι ή σπείρες) δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από το ένα τέταρτο της μέγιστης διαμέτρου του διαμήκους οπλισμού, τουλάχιστον όμως 10 mm.

- (2)\*P Εφόσον χρησιμοποιούνται δέσμες ράβδων με  $d_{sv} > 28$  mm ως οπλισμός θλίψης, θα πρέπει κατά παρέκκλιση από την παρ. (1)\*P η ελάχιστη διάμετρος μεμονωμένων συνδετήρων και σπειρών να ανέρχεται σε 12 mm.

- (3)\*P Ο εγκάρσιος οπλισμός θα πρέπει να αγκυρώνεται επαρκώς. Για τους συνδετήρες ισχύει το σχήμα 5.6 ε).

- (4)\*P Οι αποστάσεις των συνδετήρων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τη μικρότερη από τις ακόλουθες αποστάσεις:

- το 12πλάσιο της μικρότερης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων,
- το μικρότερο μήκος πλευράς ή τη διάμετρο του υποστυλώματος,
- τα 300 mm.

- (5)\*P Οι αποστάσεις των συνδετήρων βάσει της παρ. (4)\*P θα πρέπει να μειώνονται με το συντελεστή 0,6:

- απευθείας πάνω και κάτω από δοκούς ή πλάκες σε ύψος ίσο με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής του υποστυλώματος,
- σε ενώσεις των διαμηκών ράβδων με υπερκάλυψη, όταν η μεγαλύτερη διάμετρος τους  $d_s$  είναι μεγαλύτερη από 14 mm.

- (6)\*P Μέσα ή κοντά σε κάθε γωνία θα πρέπει με τον εγκάρσιο οπλισμό να εξασφαλίζονται από λυγισμό το πολύ 5 ράβδοι σύμφωνα με τις παρ. (1)\*P έως (5)\*P.
- (7)\*P Οι υπόλοιπες διαμήκεις ράβδοι και αυτές των οποίων η απόσταση από τις γωνίες υπερβαίνει το 15πλάσιο της διαμέτρου των συνδετήρων θα πρέπει να εξασφαλίζονται με πρόσθετο εγκάρσιο οπλισμό σύμφωνα με την παρ. (3)\*P, ο οποίος μπορεί να έχει το πολύ τη διπλάσια απόσταση του εγκάρσιου οπλισμού σύμφωνα με την παρ. (1)\*P και την (4)\*P.

## 5.4.2 Δοκοί και πλακοδοκοί

### 5.4.2.1 Διαμήκης οπλισμός

#### 5.4.2.1.1 Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό οπλισμού

- (101) Το ενεργό εμβαδόν της διατομής του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από αυτό που απαιτείται για τον περιορισμό του εύρους ρηγμάτωσης (βλέπε II-4.4.2.2) και, εάν είναι απαραίτητο, για την αποφυγή απροειδοποίητης αστοχίας (βλέπε II-4.3.1.3).
- (2) Το εμβαδόν του εφελκυσμένου και θλιβόμενου οπλισμού κατά κανόνα δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερο από  $0,04 A_c$ , με εξαίρεση τις περιοχές ένωσης.
- (3) Ο στατικά απαιτούμενος εφελκυσμένος οπλισμός μπορεί σε διατομές πλακοδοκών και δοκών κιβωτιοειδούς διατομής να τοποθετηθεί στην πλάκα σε πλάτος το πολύ ίσο με το μισό του στατικά συνεργαζόμενου σύμφωνα με την 2.5.2.2.1.
- (4) P Σε ανωδομές ισχύουν για τον ελάχιστο οπλισμό τα εξής:
- Ο ελάχιστος οπλισμός θα πρέπει να διατέμνει όλους τους αρμούς εργασίας και τους αρμούς των επιμέρους τμημάτων.
  - Οι εισέχουσες γωνίες (π.χ. πριονοειδείς εσοχές τάνυσης) θα πρέπει να ασφαλιζονται με πλέγμα οπλισμού. Γι' αυτό το σκοπό μπορούν, όταν υπάρχουν μεγάλες κατασκευαστικές δυσκολίες, να τοποθετούνται κατ' εξαίρεση ράβδοι οπλισμού  $d_s = 6$  mm, όμως με  $s \leq 100$  mm.

#### 5.4.2.1.3 Κάλυψη εφελκυστικής δύναμης

- (1)\*P Η κάλυψη της εφελκυστικής δύναμης θα πρέπει να ελέγχεται στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας.
- (2)\* Εφόσον τα εντατικά μεγέθη καθορίζονται σύμφωνα με την II-2.5.3.4.2 επιτρέπεται γενικά να παραλείπεται ο έλεγχος της παρ. (1)\*P στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.
- (3)\* Το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων που θα πρέπει να καλύπτεται με οπλισμό μπορεί να οριστεί με μετατόπιση κατά  $a_l$  του διαγράμματος  $F_{sd}$  (βλέπε Σχ 5.12) που καθορίζεται από κάμψη με ορθή δύναμη. Η μετατόπιση  $a_l$  προκύπτει ως εξής:

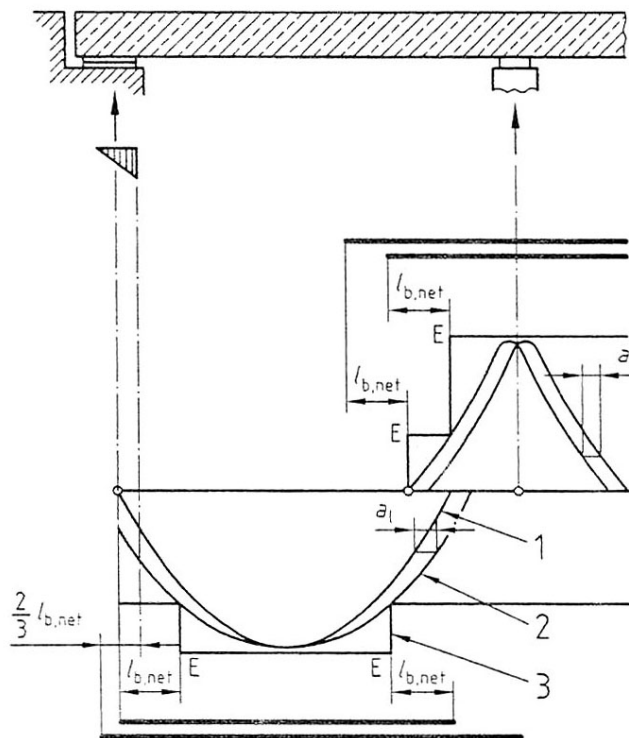
$$a_l = \frac{z}{2} \cdot (\cot\theta - \cot\alpha \geq 0)$$

Όπου:

- $\theta$  Γωνία μεταξύ των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος και του άξονα του δομικού στοιχείου σύμφωνα με την Π-4.3.2.4.4.
- $\alpha$  Γωνία μεταξύ του διατμητικού οπλισμού και του άξονα του δομικού στοιχείου
- $z$  Εσωτερικός μοχλοβραχίονας από τον έλεγχο κάμψης, γενικά μπορεί στις διατομές χάλυβα σκυροδέματος να θεωρηθεί ότι  $z = 0,9 d$  (βλέπε ακόμα Π-4.3.2.4.2 (2)\*)

(4)\*P

Όταν ο εφελκόμενος οπλισμός διατάσσεται στην πλάκα πέλματος έξω από τον κορμό σύμφωνα με την 5.4.2.1.1 (3) θα πρέπει το  $a_l$  να αυξάνεται κάθε φορά κατά την απόσταση των επιμέρους ράβδων από την παρυφή του κορμού.



### Επεξήγηση

1 Περιβάλλουσα για  $F_{sd} = \frac{M_{Eds}}{z} + N_{Ed}$  όπου

$M_{Eds}$  Τιμή σχεδιασμού της δρώσας ροπής ως προς τον κεντροβαρικό άξονα του οπλισμού

2 κατά  $a_l$  μετατοπισμένη περιβάλλουσα

3 Διάγραμμα κάλυψης εφελκυστικής δύναμης

**Σχ. 5.12:** Διάγραμμα κάλυψης εφελκυστικής δύναμης και μήκη αγκύρωσης για δομικά στοιχεία που καταπονούνται σε κάμψη

#### 5.4.2.1.4 Αγκύρωση οπλισμού ανοίγματος σε ακραία στήριξη

(1)\*P Τα άκρα των ράβδων θα πρέπει σύμφωνα με το Σχ. 5.12 να αγκυρώνονται με μήκος  $l_{b,net}$  βάσει της εξίσωσης (5.4). Για την αγκύρωση σε ακραία έδραση, βλέπε (4)\*P.

(2)\*P Τουλάχιστον ένα τέταρτο του οπλισμού ανοίγματος θα πρέπει να φθάνει στην έδραση και εκεί να αγκυρώνεται.

(3)\*P Η αγκύρωση του οπλισμού στην ακραία έδραση θα πρέπει να αναλαμβάνει την ακόλουθη εφελκυστική δύναμη:

$$F_{sd} = V_{Ed} \cdot \frac{a_l}{z} + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2 \quad (5.15)$$

(4)\*P Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης σε ακραία έδραση ανέρχεται:

- σε άμεση έδραση σε:

$$l_{b,dir} = \frac{2}{3} l_{b,net} \geq 6d_s$$

Αύξηση της τάσης συνάφειας  $f_{bd}$  σύμφωνα με την II-5.2.2.2 (5)\* α) δεν επιτρέπεται να εφαρμοστεί.

- σε έμμεση έδραση σε:

$$l_{b,ind} = l_{b,net} \geq 10 d_s$$

Όπου:

$l_{b,net}$  Μήκος αγκύρωσης σύμφωνα με την εξίσωση (5.4)

$d_s$  Διάμετρος ράβδου του προς αγκύρωση διαμήκους οπλισμού

Το μήκος αγκύρωσης ξεκινά από την μπροστινή ακμή της έδρασης. Ο οπλισμός ωστόσο θα πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις να οδηγείται τουλάχιστον πάνω από τον θεωρητικό άξονα έδρασης (άξονας εφαρμογής της αντίδρασης). Για τα προεντεταμένα δομικά στοιχεία με άμεση συνάφεια ισχύει η II-4.2.3.5.6.

#### 5.4.2.1.5 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδιάμεση στήριξη

(1)\*P Σε ενδιάμεσες στηρίξεις συνεχών δομικών στοιχείων πρέπει ο απαιτούμενος οπλισμός να οδηγείται τουλάχιστον κατά  $6 d_s$  πίσω από την ακμή της έδρασης.

(2)\* Επιπλέον θα πρέπει ο κάτω οπλισμός σε ενδιάμεσες στηρίξεις να διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να παραλαμβάνει θετικές ροπές από τυχηματικές καταπονήσεις (υποχωρήσεις στηρίξεων, έκρηξη κτλ.)



### 5.4.2.2

#### Οπλισμός διάτμησης

(1)\*

Ο οπλισμός της διάτμησης θα πρέπει να σχηματίζει με τον κεντροβαρικό άξονα του δομικού στοιχείου γωνία 40° έως 90°. Μπορεί να αποτελείται από συνδυασμό των ακόλουθων οπλισμών:

- συνδετήρες που περικλείουν τον διαμήκη εφελκόμενο οπλισμό και τη θλιβόμενη ζώνη,
- καμπτόμενες ράβδους.

(2)\*P

Στις δοκούς οι καμπτόμενες ράβδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οπλισμός διάτμησης μόνο ταυτόχρονα με τους συνδετήρες. Τουλάχιστον το 50% της παραλαμβανόμενης τέμνουσας δύναμης θα πρέπει να καλύπτεται από συνδετήρες.

(3)\*P

Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης προκύπτει βάσει της σχέσης (5.16):

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b_w \cdot \sin a} \quad (5.16)$$

Όπου:

- $A_{sw}$  Εμβαδόν ενός στοιχείου του οπλισμού διάτμησης  
 $s_w$  Απόσταση των στοιχείων του οπλισμού διάτμησης (στη διεύθυνση του δομικού στοιχείου)  
 $b_w$  Πλάτος κορμού  
 $a$  Γωνία ανάμεσα στον οπλισμό διάτμησης και τον άξονα της δοκού (δηλ. για συνδετήρες κάθετα στον άξονα του δομικού στοιχείου ισχύει  $a=90^\circ$ )

(4)\*P

Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από τις ακόλουθες ελάχιστες τιμές του  $\rho_w$ :

- Γενικά:  $\min \rho_w = 1,0 \rho$   
 Για σύνθετες διατομές με προεντεταμένη εφελκόμενη ζώνη:  $\min \rho_w = 1,6 \rho$

Οι τιμές του  $\rho$  αναγράφονται στον πίνακα 5.7.

**Πίνακας 5.7: Βασικές τιμές  $\rho$  για τον καθορισμό του ελάχιστου οπλισμού**

Στήλη	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Σειρά	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή $f_{ck}$ του σκυροδέματος σε N/mm <sup>2</sup>								
	12	16	20	25	30	35	40	45	50
1	$\rho^{a)}$ σε %0	0,51	0,61	0,70	0,83	0,93	1,02	1,12	1,31
<sup>a)</sup> Οι παρούσες τιμές προκύπτουν με $\rho = 0,16 f_{cm} / f_{yk}$ .									

(5)\*P

Η διαμήκης και εγκάρσια απόσταση των σκελών των συνδετήρων ή προσθέτων ράβδων προς ανάληψη της διάτμησης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τις τιμές του πίνακα 5.8.

**Πίνακας 5.8: Μέγιστες διαμήκεις και εγκάρσιες αποστάσεις  $s_{max}$  των σκελών των συνδετήρων και προσθέτων ράβδων έναντι διάτμησης**

Σειρά	Στήλη	1	2
	Εκμετάλλευση τέμνουσας δύναμης* <sup>a</sup>	Διαμήκης απόσταση	Εγκάρσια απόσταση
1	$V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$	0,7 h ή 300 mm	h ή 800 mm
2	$0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max}$	0,5 h ή 300 mm	h ή 600 mm
3	$V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$	0,25 h ή 200 mm	

<sup>a</sup>  $V_{Ed}$  και  $V_{Rd,max}$  σύμφωνα με την II-4.3.2 και την II-4.3.2.4.4. Προσεγγιστικά μπορεί εδώ η  $V_{Rd,max}$  να υπολογιστεί με  $\theta = 40^\circ$ .

(6)\*P Η διαμήκης απόσταση των καμπτομένων ράβδων δεν επιτρέπεται να υπερβεί την ακόλουθη τιμή:

$$s_{max} = 0,5 h \cdot (1 + \cot a) \quad (5.17)$$

Για τη μέγιστη εγκάρσια απόσταση των καμπτομένων ράβδων ισχύουν οι τιμές του πίνακα 5.8.

(7)\*P Ο οπλισμός της διάτμησης θα πρέπει να διατάσσεται κατά μήκος του διαμήκου άξονα του δομικού στοιχείου κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε θέση να καλύπτει την τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού.

#### 5.4.2.3 Οπλισμός στρέψης

(1)\*P Για τον απαιτούμενο σύμφωνα με την II-4.3.3.1 οπλισμό στρέψης θα πρέπει να χρησιμοποιείται ορθογώνιο πλέγμα οπλισμού από συνδετήρες και διαμήκεις ράβδους. Οι συνδετήρες θα πρέπει να κλείνονται στις δοκούς και στους κορμούς των πλακοδοκών βάσει της απεικ. 5.6 g) και h).

(2)\*P Η διαμήκης απόσταση των συνδετήρων στρέψης θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για τη μέγιστη απόσταση των συνδετήρων βάσει της II-5.4.2.2. Επιπλέον, η διαμήκης απόσταση των συνδετήρων στρέψης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή  $u_k/8$  ( $u_k$  σύμφωνα με την II-4.3.3.1 (7)\*P).

(3)\*P Οι διαμήκεις ράβδοι θα πρέπει γενικά να κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλη την περίμετρο εντός των συνδετήρων. Σε πολυγωνικές διατομές θα πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον σε κάθε γωνία μία διαμήκης ράβδος.

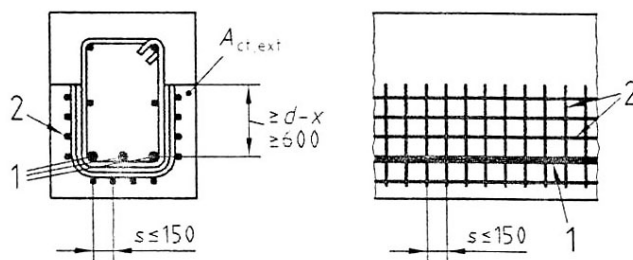
#### 5.4.2.4

#### Επιδερμικός οπλισμός στην περίπτωση ράβδων μεγάλης διαμέτρου.

- (1) Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να κριθεί απαραίτητη η τοποθέτηση επιδερμικού οπλισμού προκειμένου να αποφευχθούν αποφλοιώσεις του σκυροδέματος ή να περιοριστεί το πλάτος της ρηγμάτωσης.
- (3) Ο επιδερμικός οπλισμός για την αποφυγή αποφλοιώσεων π.χ. από δράση πυρκαϊάς ή από την εφαρμογή ράβδων με διάμετρο  $> 32$  mm, θα πρέπει να αποτελείται από πλέγματα δομικού χάλυβα ή ράβδους με διάμετρο  $d_{sl} \leq 10$  mm και, όπως φαίνεται στο Σχ. 5.13, να βρίσκεται έξω από τους συνδετήρες.
- (4) Η ελάχιστη επικάλυψη του επιδερμικού οπλισμού με σκυρόδεμα δίνεται στην II-4.1.3.3 (6) και (7).
- (5) Το εμβαδόν της διατομής του επιδερμικού οπλισμού  $A_{s,surf}$  σε διεύθυνση παράλληλη προς τον εφελκόμενο οπλισμό των δοκών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από  $0,02 A_{ct,ext}$ .
- Η τιμή  $A_{ct,ext}$  αναφέρεται στο εμβαδόν της διατομής του σκυροδέματος έξω από τους συνδετήρες η οποία καταπονείται από τον εφελκυσμό σύμφωνα με το Σχ. 5.13.
- (6) Οι διαμήκεις ράβδοι του επιδερμικού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως διαμήκης οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιοι ράβδοι ως οπλισμός διατμήσεως όταν είναι σύμφωνες με τους κανόνες για τη διάταξη και την αγκύρωση του οπλισμού αυτού.
- (7) Κάθε επιδερμικός οπλισμός σε προεντεταμένες δοκούς μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τις παρ. (5) και (6).

#### Επεξήγηση

- 1 Επιμέρους ράβδοι ή δεσμικές ράβδοι με  $d_s$  ή αντίστοιχα  $d_{sv} > 32$  mm
- 2 Επιδερμικός οπλισμός  $A_{s,surf} \geq 0,02 A_{ct,ext}$



Σχ. 5.13: Επιδερμικός οπλισμός

### 5.4.3 Συμπαγείς πλάκες από επι τόπου σκυρόδεμα

(1) Η παρούσα παράγραφος αναφέρεται σε μονοαξονικά η διαξονικά καμπτόμενες συμπαγείς πλάκες με  $b$  και  $l_{eff} \geq 4h$  (βλέπε II-2.5.2).

#### 5.4.3.1 Ελάχιστο πάχος

(1) Το ελάχιστο πάχος μίας συμπαγούς πλάκας από έγχυτο σκυρόδεμα ανέρχεται σε 200 mm.

### 5.4.3.2 Κάλυψη εφελκυστικής δύναμης

#### 5.4.3.2.1 Γενικά

(1)\*P Ισχύουν οι κανόνες της II-5.4.2.1. Κατά παρέκκλιση από την II-5.4.2.1.4 (2)\*P θα πρέπει τουλάχιστον ο μισός οπλισμός του ανοίγματος να οδηγείται στην στήριξη και εκεί να αγκυρώνεται. Για πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς οπλισμό διάτμησης ισχύει πάντα ότι  $\alpha_l = 1,0d$ .

(2)\*P Σε μονοαξονικά καμπτόμενες πλάκες θα πρέπει να προβλέπεται εγκάρσιος οπλισμός ίσος με τουλάχιστον το 20% του κυρίου οπλισμού.

(3)\*P Σε διαξονικά καμπτόμενες πλάκες ο οπλισμός στην κατεύθυνση με την μικρότερη καταπόνηση δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερος από το 20% του οπλισμού στη διεύθυνση με τη μεγαλύτερη καταπόνηση.

(4)\*P Για τη μέγιστη απόσταση  $s$  των ράβδων ισχύει:

- για τον εφελκυσμένο οπλισμό:

$$s = 200 \text{ mm},$$

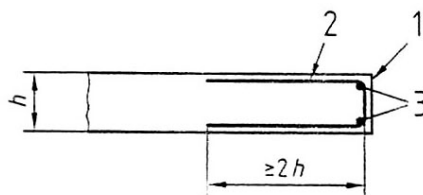
- για τον εγκάρσιο οπλισμό ή τον οπλισμό στη διεύθυνση με την μικρότερη καταπόνηση:

$$s = 200 \text{ mm}.$$

#### 5.4.3.2.2 Οπλισμός ελευθέρων άκρων

(1)\*P Κατά μήκος μιας ελεύθερης (χωρίς στήριξη) παρυφής θα πρέπει να τοποθετείται διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός σύμφωνα με το Σχ 5.14.

(2) Ο υπάρχων οπλισμός της πλάκας μπορεί κατά κανόνα να υπολογίζεται ως ακραίος οπλισμός.



#### Επεξήγηση

1 Ελεύθερη παρυφή

2 Συνδετήρας παρυφής

Διαμήκης οπλισμός

Σχ. 5.14: Ακραίος οπλισμός πλάκας

(103) P Ως ελάχιστος οπλισμός θα πρέπει στο ελεύθερο άκρο προβόλων και επί πλάτους 1m να τοποθετείται διαμήκης οπλισμός ίσος συνολικά με 0,8% της διατομής του σκυροδέματος αυτής της ακραίας λωρίδας. Ο οπλισμός θα πρέπει να τοποθετείται πάνω και κάτω με ίσες διαμέτρους χωρίς μείωση σε αποστάσεις  $s \leq 100$  mm. Για μήκη προβόλων μικρότερα από 1 m καθοριστική είναι η υπάρχουσα διατομή του σκυροδέματος.

(8)\*P Προς αποτροπή μίας προοδευτικής αστοχίας σημειακά στηριζόμενων πλακών θα πρέπει πάντα ένα μέρος του οπλισμού του ανοίγματος να συνεχίζει πέρα από τις λωρίδες στήριξης στην περιοχή των εσωτερικών και ακραίων στηρίξεων ή εκεί να αγκυρώνεται. Ο απαιτούμενος οπλισμός θα πρέπει να έχει ελάχιστο εμβαδόν σύμφωνα με τη σχέση (5.18) και να διατάσσεται στην περιοχή της επιφάνειας εισαγωγής φορτίου. Μειώσεις της τιμής  $V_{Ed}$  δεν επιτρέπονται.

$$A_s = \frac{V_{Ed}}{f_{yk}} \quad (5.18)$$

### 5.4.3.3 Οπλισμός διάτμησης και διάτρησης

(1)\*P Για την κατασκευαστική διαμόρφωση ισχύει η Π-5.4.2.2, εφόσον δεν αναφέρονται παρεκκλίσεις παρακάτω.

(2)\*P Σε πλάκες χωρίς υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ ) με λόγο  $b/h \geq 5$  δεν απαιτείται ελάχιστος οπλισμός έναντι τέμνουσας. Τα δομικά στοιχεία με  $b/h < 4$  θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως δοκοί σύμφωνα με την Π-5.4.2.2.

Στο πεδίο  $5 \geq b/h \geq 4$  απαιτείται ελάχιστος οπλισμός ο οποίος σε πλάκες χωρίς υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης μπορεί να υπολογισθεί ανάμεσα στη μηδενική και την πλήρη τιμή, ενώ σε πλάκες με υπολογιστικά απαιτούμενο οπλισμό διάτμησης ( $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ ) ανάμεσα στο 0,6πλάσιο και την πλήρη τιμή του απαιτούμενου ελαχίστου οπλισμού σύμφωνα με την Π-5.4.2.2.

(3)\*P Σε πλάκες όπου  $V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$  ο οπλισμός διάτμησης μπορεί να αποτελείται εξ ολοκλήρου από καμπτόμενες ράβδους ή από διατμητικές προσθήκες. Για πλάκες με  $V_{Ed} > 0,30 V_{Rd,max}$  ισχύει η Π-5.4.2.2 (2).

(4)\*P Για τη μέγιστη διαμήκη και εγκάρσια απόσταση των συνδετήρων ισχύει:

α) στη διαμήκη κατεύθυνση:

- για  $V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$   $s_{max} = 0,7 h$
- για  $0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max}$   $s_{max} = 0,5 h$
- για  $V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$   $s_{max} = 0,25 h$

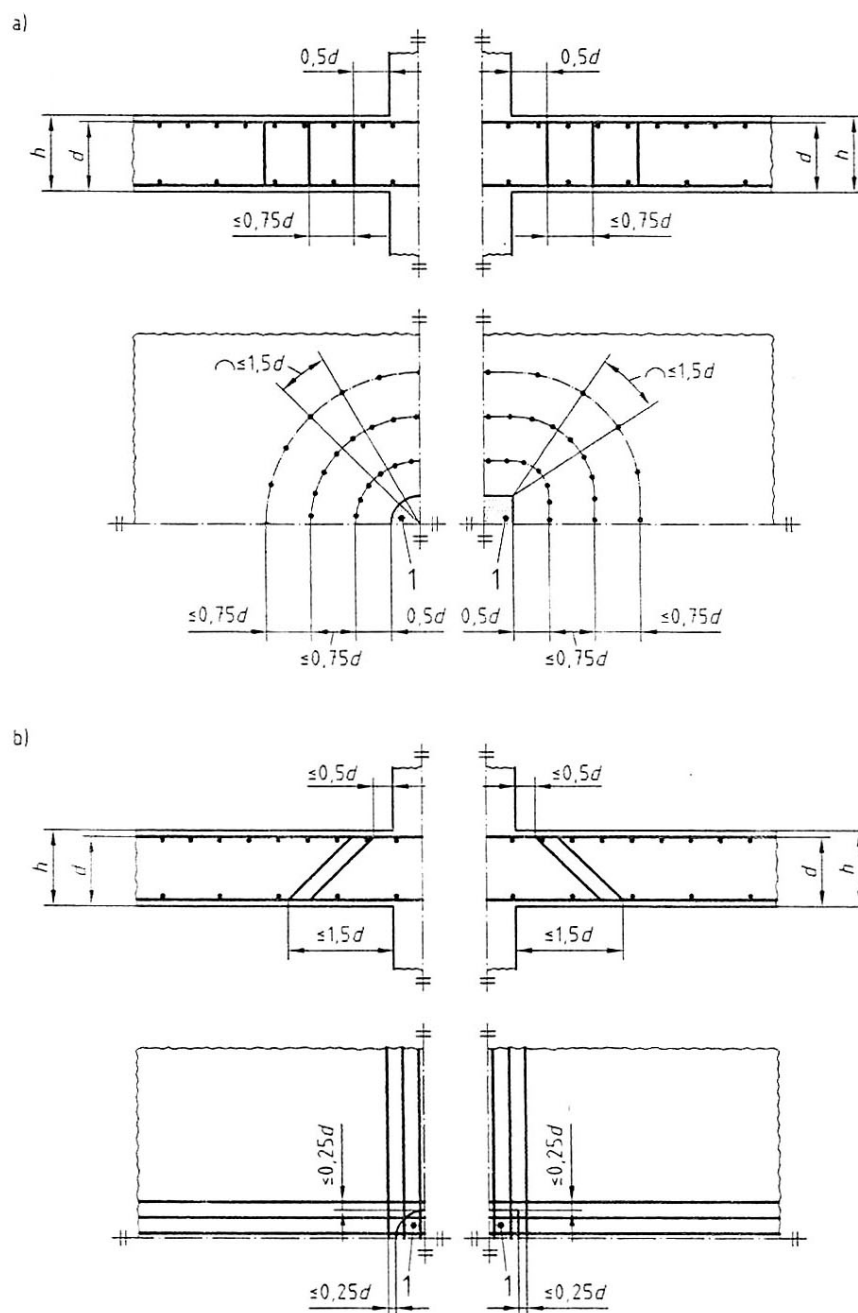
β) στην εγκάρσια κατεύθυνση:  $s_{max} = h$

Η μέγιστη κατά μήκος απόσταση των καμπτομένων ράβδων είναι  $s_{max} = h$ .

(5)\*P Για τη διάταξη του οπλισμού διάτρησης ισχύουν οι ρυθμίσεις του Σχ 5.15.

(6)\*P Οι διάμετροι των ράβδων οπλισμού διάτρησης θα πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με τη σχέση (5.21) ως προς το υπάρχον μέσο στατικό ωφέλιμο πάχος  $d$  της πλάκας:

$$d_s \leq 0,05 d \quad (5.21)$$



### Επεξήγηση

a) Οπλισμός διάτρησης με κατακόρυφα σκέλη συνδετήρων

b) Οπλισμός διάτρησης με καμπτόμενες ράβδους

1 Επιφάνεια εισαγωγής φορτίου

**Σχ. 5.15: Διάταξη οπλισμού διάτρησης**

- (7)\*P Όταν στους συνδετήρες απαιτείται υπολογιστικά ως οπλισμός διάτρησης μόνο μία σειρά οπλισμού, τότε θα πρέπει πάντα να προβλέπεται μία δεύτερη σειρά με ελάχιστο οπλισμό σύμφωνα με την εξίσωση (4.158 β), ενότητα Π-4.3.4.5.2 (2)\*P. Ταυτόχρονα θα πρέπει να θεωρείται ότι  $s_w = 0,75 d$ .

#### 5.4.4 Βραχείς πρόβολοι

- (1) Ο οπλισμός που αναφέρεται στις εφελκόμενες ράβδους του υπολογιστικού προσομοιώματος (βλέπε Π-2.5.3.7.2) πρέπει να αγκυρώνεται πέραν του κόμβου κάτω από την πλάκα έδρασης με βρόγχους ή σώματα αγκύρωσης όταν δεν υφίσταται μήκος  $l_{b,net}$  ανάμεσα στον κόμβο και το μέτωπο του προβόλου. Το  $l_{b,net}$  κατά κανόνα μετράται από το σημείο στο οποίο αλλάζει η φορά των θλιπτικών τάσεων.

- (2) Σε προβόλους με  $h_c \geq 300$  mm, όταν ο κύριος εφελκυστικός οπλισμός  $A_s$  είναι μεγαλύτερος από

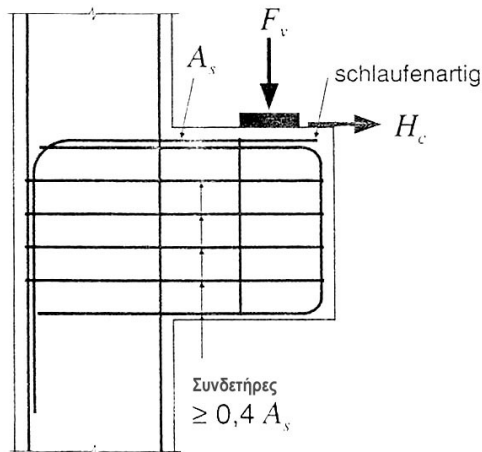
$$A_s = 0,4 A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (5.23)$$

πρέπει να τοποθετηθούν κλειστοί συνδετήρες με συνολικό εμβαδόν διατομής όχι μικρότερο από  $0,4 A_s$  κατανεμόμενοι σε όλο το ωφέλιμο ύψος  $d$  για την παραλαβή εφελκυστικών τάσεων διάσπασης στη θλιβόμενη διαγώνιο του σκυροδέματος ( $A_c$  εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος του προβόλου στην συναρμογή με το υποστύλωμα).

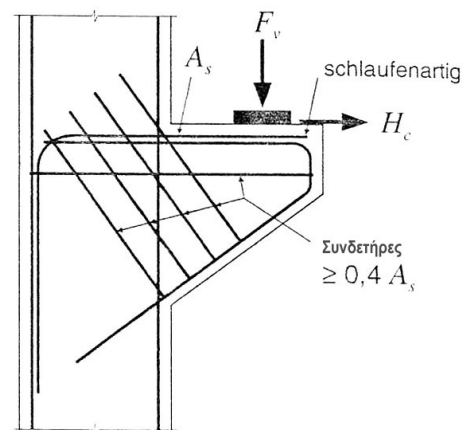
- (3) P Το ύψος  $h_c$  του προβόλου (βλέπε Π-2.5.3.7.2 (5)) πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με τους κανόνες για την διαστασιολόγηση σε διάτμηση (βλέπε Π-4.3.2).

- (4) P Σε προβόλους με λόγο  $0,5 < a/h < 1,5$  πρέπει ο πρόσθετος οπλισμός κατά παρέκκλιση από τα σχήματα 5.16 α) και 5.16 β) να τοποθετείται πάντοτε κάθετα. Κατα τα λοιπά στην περίπτωση όπου  $a/h < 0,5$  επιτρέπονται οι οριζόντιοι συνδετήρες.

Σχ. 5.16 α): Οπλισμός βραχέος προβόλου με οριζοντίους συνδετήρες



Σχ. 5.16 β): Οπλισμός βραχέος προβόλου με κεκλιμένους συνδετήρες



#### 5.4.5

#### Υψικόρμοι δοκοί

(1)\*P

Για τα ελάχιστα πάχη των υψικόρμων δοκών ισχύουν οι σχετικές διατάξεις της Π-5.4.7.

(2)\*P

Υψικόρμοι δοκοί πρέπει και στις δύο εξωτερικές επιφάνειες να οπλίζονται με ορθογωνικό πλέγμα οπλισμού. Η διάμετρος και η απόσταση των ράβδων οπλισμού δεν επιτρέπεται και στις δύο επιφάνειες και διευθύνσεις να είναι μικρότερες από  $d_s = 10 \text{ mm}$  και  $s = 200 \text{ mm}$  και αντίστοιχα η διατομή του οπλισμού δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη του 0,075% της διατομής σκυροδέματος  $A_c$ .

#### 5.4.6

#### Περιοχές αγκύρωσης τενόντων μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

(1)

Οι περιοχές αγκύρωσης θα πρέπει πάντα σε όλες τις επιφάνειες να οπλίζονται με καταναμημένο οπλισμό υπό τη μορφή ορθογωνικών πλεγμάτων.

(2)

Όταν στη προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος διατάσσονται ομάδες τενόντων σε συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ τους θα πρέπει στο τέρμα των τενόντων να προβλέπονται κατάλληλοι συνδετήρες για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων διάσπασης.

(3)

Σε κάθε τμήμα της περιοχής αγκύρωσης θα πρέπει το ποσοστό οπλισμού σε κάθε πλευρά της ομάδας τενόντων να είναι τουλάχιστον 0,15% και στις δύο (εγκάρσιες) διευθύνσεις.

(4)

Το σύνολο του οπλισμού θα πρέπει να αγκυρώνεται.



- (5) Όταν για τον υπολογισμό των εγκαρσίων εφελκυστικών δυνάμεων χρησιμοποιείται προσομοίωμα δικτυώματος θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθοι κανόνες για την κατασκευαστική διαμόρφωση:
- οι διατομές του χάλυβα για την παραλαβή των δυνάμεων των εφελκυστικών ράβδων που υπολογίζονται με την τιμή σχεδιασμού της αντοχής, θα πρέπει να διατάσσονται ανάλογα με την κατανομή των εφελκυστικών τάσεων, δηλ. σε μία περιοχή περίπου ίση με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής,
  - για λόγους αγκύρωσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κλειστοί συνδετήρες,
  - κάθε οπλισμός αγκύρωσης θα πρέπει κατά προτίμηση να διαμορφώνεται ως ένα χωρικό, ορθογώνιο σύστημα οπλισμού.
- (6) Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε περιοχές αγκύρωσης με μορφή διατομής που αποκλίνει από τη συνήθη διατομή δοκού.

#### **5.4.7 Τοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος**

##### **5.4.7.1 Γενικά**

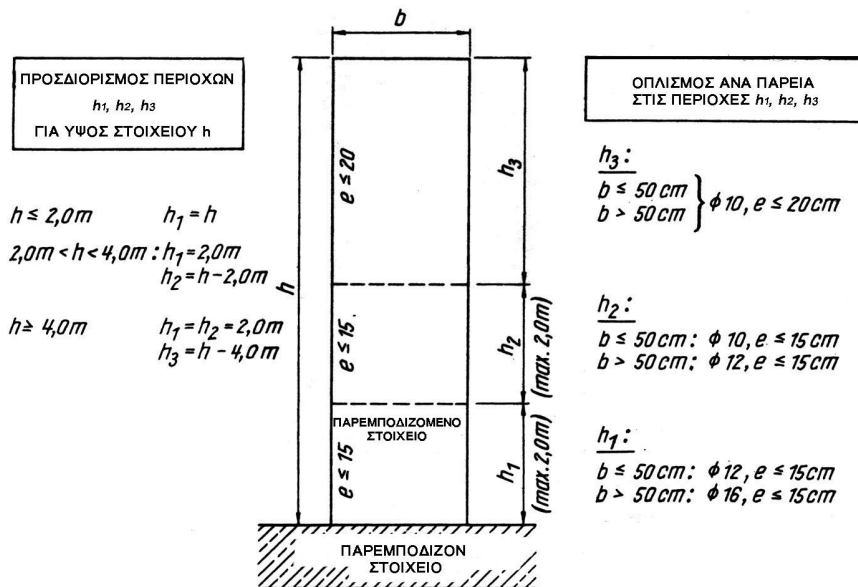
- (1) Η παρούσα ενότητα ασχολείται με τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος, η οριζόντια διάσταση των οποίων είναι ίση με τουλάχιστον το 4πλάσιο του πάχους και στα οποία ο οπλισμός λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο της οριακής κατάστασης αστοχίας. Το μέγεθος και η ορθολογική διάταξη του οπλισμού μπορούν να καθοριστούν με βάση προσομοιώματα δικτυωμάτων (βλέπε II-2.5.3.6). Για τοιχώματα με σημαντική καμπτική ένταση στο επίπεδο τους ισχύουν οι κανόνες που αφορούν σε πλάκες (βλέπε II-5.4.3).

##### **5.4.7.2 Κατακόρυφος οπλισμός**

- (1)\*P Το εμβαδόν διατομής του κατακόρυφου οπλισμού θα πρέπει να είναι τουλάχιστον  $0,0015 A_c$ , σε λυγηρά τοιχώματα σύμφωνα με την II-4.3.6.3 ή παρόμοια όπου  $|N_{Ed}| \geq 0,3f_c \cdot A_c$  τουλάχιστον  $0,003 A_c$  και δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή  $0,04 A_c$ . Γενικά σε κάθε εξωτερική παρειά θα πρέπει να διατάσσεται το μισό αυτού του οπλισμού.
- (2)\* Δεν απαιτείται κατακόρυφος ελάχιστος οπλισμός μεγαλύτερος από  $d_s = 16\text{mm}$ ,  $s=150\text{mm}$ .
- (3) P Η απόσταση των ράβδων του καθέτου οπλισμού δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τα 200 mm.
- (4)\*P Όταν η διατομή του θλιβομένου κατακόρυφου οπλισμού υπερβαίνει την τιμή  $0,02 A_c$ , πρέπει ο οπλισμός αυτός να περικλείεται από συνδετήρες σύμφωνα με την II-5.4.1.2.2.
- (5)\*P Στα ελεύθερα άκρα των τοιχωμάτων πρέπει οι γωνιακές ράβδοι να εξασφαλίζονται με φουρκέτες (βλέπε Σχ. 5.14).
- (6)\*P Οι ράβδοι οπλισμού που βρίσκονται στην έξω πλευρά σε αμφοτέρες τις παρειές των τοιχωμάτων πρέπει να συνδέονται σε τουλάχιστον τέσσερις εναλλάξ θέσεις ανά τ.μ. τοιχώματος, π.χ. με άγκιστρα σχήματος S ή σε χοντρά τοιχώματα με φουρκέτες αγκυρούμενες στο εσωτερικό του τοιχώματος όπου τα ελεύθερα άκρα των συνδετήρων θα πρέπει να έχουν μήκος αγκύρωσης  $0,5 l_b$  (με  $l_b$  σύμφωνα με την II-5.2.3.4). Τα άγκιστρα σχήματος S μπορούν να παραλειφθούν για φέρουσες ράβδους με  $d_s \leq 16\text{ mm}$  όταν η επικάλυψή τους είναι ίση τουλάχιστον με  $2 d_s$ . Στην περίπτωση αυτή οι θλιβόμενες ράβδοι μπορούν να διατάσσονται εξωτερικά.

### 5.4.7.3 Οριζόντιος οπλισμός.

- (1) P Όλες οι επιφάνειες πρέπει να έχουν κατασκευαστικό οριζόντιο ελάχιστο οπλισμό με εμβαδόν διατομής χάλυβα ίσο με 0,06% της διατομής του σκυροδέματος, τουλάχιστον όμως με  $d_s = 10 \text{ mm}$ ,  $s=20\text{cm}$ .
- (2)\*P Το εμβαδόν της διατομής του οριζοντίου οπλισμού θα πρέπει να είναι ίσο με τουλάχιστον 20% της διατομής του κατακόρυφου οπλισμού. Σε τοιχώματα, λυγηγούς τοίχους σύμφωνα με την II-4.3.5.3.5 ή σε τοιχώματα όπου  $|N_{Ed}| \geq 0,3f_{cd} \cdot A_c$  δεν επιτρέπεται το εμβαδόν της διατομής του εγκάρσιου οπλισμού να είναι μικρότερο από 50% του εμβαδού της διατομής του κατακόρυφου οπλισμού. Ο οριζόντιος οπλισμός παράλληλα προς τις εξωτερικές πλευρές των τοιχωμάτων και τις ελεύθερες ακμές θα πρέπει να διατάσσεται εξωτερικά.
- (3)\*P Η διάμετρος του οριζοντίου οπλισμού θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το ένα τέταρτο της διαμέτρου των κατακόρυφων ράβδων.
- (4)\*P Η απόσταση  $s$  ανάμεσα σε δύο γειτονικές οριζόντιες ράβδους μπορεί να είναι το πολύ 200 mm.
- (5) P Σε δομικά στοιχεία, σκυροδετούμενα επί ήδη σκληρυμένων δομικών στοιχείων θα πρέπει να τοποθετείται ελάχιστος κατασκευαστικός οπλισμός όπως φαίνεται στο Σχ 5.17, εφόσον σύμφωνα με την (1) P ή την II-4.4.2.2 δεν προκύπτει μεγαλύτερο ποσοστό οπλισμού. Ο κατασκευαστικός οπλισμός συστολής μπορεί να συνυπολογιστεί στον στατικά απαιτούμενο οπλισμό. Θα πρέπει να ματίζεται όπως ο στατικός οπλισμός χωρίς μείωση. Ο κίνδυνος ρηγμάτωσης των σκυροδετούμενων δομικών στοιχείων θα πρέπει επιπρόσθετα να μειώνεται με τη λήψη κατάλληλων μέτρων που σχετίζονται με την τεχνολογία του σκυροδέματος και με πρόσθετη επεξεργασία καθώς και σε κάποιες περιπτώσεις με αρμούς κατασκευής.



Σχ. 5.17: Ελάχιστος οπλισμός σε δομικά στοιχεία με παρεμποδιζόμενη συστολή

#### 5.4.8 Ειδικές περιπτώσεις

##### 5.4.8.1 Τμηματική φόρτιση επιφάνειας

(1)\*P Για καταπόνηση σε περιορισμένη επιφάνεια  $A_{c0}$  (βλέπε Σχ. 5.18) το οριακό φορτίο  $F_{Rdu}$  υπολογίζεται ως εξής:

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{cl}}{A_{c0}}} \leq 3,0 f_{cd} \cdot A_{c0} \quad (5.24)$$

Όπου:

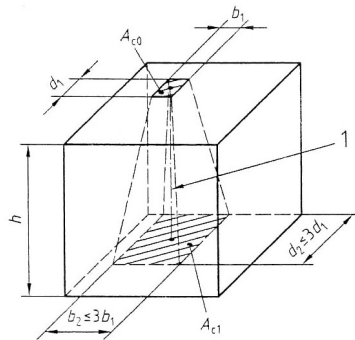
$A_{c0}$                       Εμβαδόν επιφάνειας καταπόνησης  
 $A_{cl}$                       Υπολογιστική επιφάνεια κατανομής (βλέπε Σχ. 5.18)

(2)\*P Για την παραλαβή της δύναμης  $F_{Rdu}$  θα πρέπει η προβλεπόμενη επιφάνεια κατανομής  $A_{cl}$  να πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Η επιφάνεια  $A_{c1}$  πρέπει να είναι γεωμετρικά όμοια με την επιφάνεια  $A_{c0}$ , άλλως απαιτείται ακριβέστερος έλεγχος.
- Το κέντρο βάρους της επιφάνειας  $A_{c1}$  θα πρέπει στη διεύθυνση της έντασης να συμπίπτει με το κέντρο βάρους της επιφάνειας εφαρμογής  $A_{c0}$ .
- Οι διαστάσεις της επιφάνειας  $A_{c1}$  μπορούν σε κάθε διεύθυνση να είναι ίσες το πολύ με το τριπλάσιο της αντίστοιχης διάστασης της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου.
- Όταν στη διατομή του σκυροδέματος δρουν περισσότερες από μία θλιπτικές δυνάμεις, οι υπολογιστικές επιφάνειες κατανομής εντός του ύψους  $h$  δεν επιτρέπεται να τέμνονται.

Επιπλέον, το ύψος που διατίθεται στη διεύθυνση της καταπόνησης για την κατανομή του φορτίου θα πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις του Σχ 5.18.

Η τιμή  $F_{Rdu}$  θα πρέπει να μειωθεί όταν τα τοπικά φορτία δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια  $A_{c0}$  ή όταν υπάρχουν υψηλές τέμνουσες δυνάμεις.



### Επεξήγηση

1 Άξονας στη διεύθυνση της φόρτισης

$$h \geq b_2 - b_1$$

$$h \geq d_2 - d_1$$

### Σχ. 5.18: Καθορισμός επιφανειών σε περίπτωση τμηματικής φόρτισης

(3)\*P Οι αρχές (1)\*P και (2)\*P δεν ισχύουν για τον έλεγχο σε περιοχές δομικών στοιχείων με αγκυρώσεις τενόντων· αυτές θα πρέπει να ελέγχονται με τη βοήθεια κατάλληλων προσομοιωμάτων δικτυωμάτων.

(4) Για την τοπική καταπόνηση περιοχής με αγκυρώσεις τενόντων θα πρέπει να τηρούνται οι προδιαγραφές των γενικών τεχνικών εγκριτικών αποφάσεων. Οι καταπονήσεις από την κατανομή του φορτίου στο δομικό στοιχείο θα πρέπει να ελέγχονται με τη βοήθεια κατάλληλων προσομοιωμάτων δικτυωμάτων.

(5)\*P Οι εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις στην περιοχή εισαγωγής φορτίων πρέπει να αναλαμβάνονται από τον οπλισμό.

### 5.4.8.2

#### Δυνάμεις εκτροπής

(1)\*P

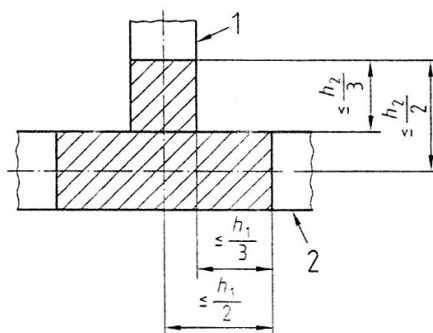
Σε περιοχές όπου παρουσιάζονται αλλαγές στην διεύθυνση των εσωτερικών εφελκυστικών και θλιπτικών δυνάμεων πρέπει να εξασφαλίζεται η ανάληψη των αναπτυσσομένων δυνάμεων εκτροπής.

### 5.4.8.3

#### Έμμεση στήριξη

(1)\*P

Στην έμμεση στήριξη ενός δομικού στοιχείου θα πρέπει στην περιοχή όπου διασταυρώνονται τα δομικά στοιχεία να προβλέπεται οπλισμός ανάρτησης που να μπορεί να αναλαμβάνει πλήρως τις αλληλοεξαρτώμενες αντιδράσεις.



#### Επεξήγηση

1 στηριζόμενος φορέας

2 στηρίζων φορέας

$h_1$  Ύψος του στηρίζοντος φορέα

$h_2$  Ύψος του στηριζόμενου φορέα ( $h_2 \leq h_1$ )

**Σχ. 5.19: Σύνδεση δευτερευουσών δοκών φορέων (κάτοψη)**

(2)\*

Ο οπλισμός ανάρτησης είναι προτιμότερο να αποτελείται από συνδετήρες που να περικλείουν τον κύριο οπλισμό του στηρίζοντος δομικού στοιχείου. Μερικοί από αυτούς τους συνδετήρες μπορούν να τοποθετηθούν έξω από την άμεση περιοχή διασταύρωσης των δυο δομικών στοιχείων και συγκεκριμένα στη γραμμοσκιασμένη περιοχή του σχήματος 5.19, εφόσον έχει τοποθετηθεί οριζόντιος οπλισμός κατανεμημένος καθ' ύψος, το συνολικό εμβαδόν του οποίου είναι ίσο προς το συνολικό εμβαδόν της διατομή αυτών των συνδετήρων.

(3)\*

Σε μεγάλο πλάτους στηρίζοντες φορείς ή σε στηρίζουσες πλάκες θα πρέπει ο οπλισμός ανάρτησης να μην τοποθετείται σε πλάτος μεγαλύτερο από το ωφέλιμο ύψος του στηριζόμενου φορέα.

### 5.4.8.4

#### Περιοχές εισαγωγής δύναμης

#### 5.4.8.4.1

#### Θλιπτικές δυνάμεις

(1)\*P

Όταν σε ένα δομικό στοιχείο εισάγονται μία ή περισσότερες συγκεντρωμένες δυνάμεις θα πρέπει να προβλέπεται τοπικός πρόσθετος οπλισμός ο οποίος θα αναλαμβάνει τις δυνάμεις διάσπασης που προκαλούνται από αυτές τις δυνάμεις.

- (2)\* Αυτός ο πρόσθετος οπλισμός μπορεί να αποτελείται από συνδετήρες ή από στρώσεις οπλισμού μορφής «φουρκετών» · σε εκτεταμένους τοίχους μπορεί ακόμα να αποτελείται από ευθύγραμμες ράβδους επαρκούς μήκους.
- (3) Οι συγκεντρωμένες δυνάμεις που εισάγονται εντός του φορέως π.χ από αγκυρώσεις τενόντων θα πρέπει να αγκυρώνονται με τουλάχιστον 35% της εισαγομένης δύναμης με ανάδρομο οπλισμό(με φορά αντίθετη προς την φορά της) στην γειτονική περιοχή της αγκύρωσης . Η αναλαμβανόμενη δύναμη απο τον οπλισμό αυτό μπορεί να υπολογιστεί με την τιμή σχεδιασμού της τάσης χάλυβα  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ . Ταυτόχρονα μπορεί να ληφθεί υπόψη μόνο εκείνο το μέρος του οπλισμού που βρίσκεται στην γειτονική προς την εισαγωγή της δύναμης προέντασης περιοχή . Τένοντες με συνάφεια μπορούν να λαμβάνονται υπόψη , αλλά μόνο κατα το περιθώριο τάσεων μέχρι την επιτρεπόμενη τάση του χάλυβα προέντασης.

#### **5.4.8.4.2 Εφελκυστικές δυνάμεις**

- (1)\*P Σε εφελκυστικές δυνάμεις θα πρέπει οι αγκυρώσεις απο χάλυβα σκυροδέματος κατα την αντίθετη φορά να αγκυρώνονται με το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{b,eff}$  τηρώντας κατα περίπτωση την II-5.2.2.2 (6)\*P σύμφωνα με την II-5.2.2.3 στο τμήμα διατομής ανάληψης φορτίου ή να ενώνονται σύμφωνα με την II-5.2.4.

#### **5.4.9 Προκατασκευασμένα στοιχεία**

##### **5.4.9.1 Θεμελιώδεις αρχές**

- (101) P Τα προκατασκευασμένα στοιχεία θα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις συμπληρώσεις του κεφαλαίου IV του παρόντος DIN FB 102.

##### **5.4.9.2 Αρμοί**

Βλέπε κεφάλαιο IV

##### **5.4.9.3 Σύμμικτα δομικά στοιχεία**

Βλέπε κεφάλαιο IV

**Παράρτημα 1** **Πρόσθετες οδηγίες για τον υπολογισμό των επιπτώσεων των χρονικά εξαρτώμενων παραμορφώσεων του σκυροδέματος**

Βλέπε «Γερμανική Επιτροπή Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

## Παράρτημα 2 Μη γραμμικές μέθοδοι υπολογισμού εντατικών μεγεθών

(Δεν προβλέπεται η εφαρμογή σε δοκούς, πλάκες και πλαίσια ανωδομών γεφυρών υπό αποκλειστική δράση φορτίου)

### Περιεχόμενα

- A.2.1 Γενικά  
A.2.2 Υπολογισμός ραβδομόρφων δομικών στοιχείων σε κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη

### A.2.1 Γενικά

- (1)\*P Οι μη γραμμικές μέθοδοι υπολογισμού των εντατικών μεγεθών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους τόσο στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας όσο και στις οριακές καταστάσεις αστοχίας, όπου θα πρέπει να πληρούνται τα επιτάγματα ισορροπίας και συμβιβαστού των παραμορφώσεων.
- (2)\*P Με τον καθορισμό του οπλισμού κατά μέγεθος και θέση οι μη γραμμικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την διαστασιολόγηση σε κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη .
- (3)\*P Οι παραμορφώσεις και κατ' ακολουθία η κατανομή των εσωτερικών δυνάμεων και ροπών στην φέρουσα κατασκευή θα πρέπει να υπολογίζονται με βάση τα διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης του σκυροδέματος, του χάλυβα σκυροδέματος και του χάλυβα προέντασης όπου οι υπολογιστικές μέσες τιμές των χαρακτηριστικών τιμών των δομικών υλικών θα πρέπει να ορίζονται με βάση την (4)\*.
- (4)\*P Οι μέσες τιμές της αντοχής των δομικών υλικών μπορούν υπολογιστικά να θεωρηθούν ως εξής:

$$f_{yR} = 1,1 f_{yk} \quad (\text{A.2.1})$$

$$f_{iR} = 1,08 f_{yR} \quad (\text{για χάλυβα σκυροδέματος υψηλής ολκιμότητας}) \quad (\text{A.2.2})$$

$$f_{iR} = 1,05 f_{yR} \quad (\text{για χάλυβα σκυροδέματος κανονικής ολκιμότητας}^*) \quad (\text{A.2.3})$$

$$f_{p0,1R} = 1,1 f_{p0,1k} \quad (\text{A.2.4})$$

$$f_{pR} = 1,1 f_{pk} \quad (\text{A.2.5})$$

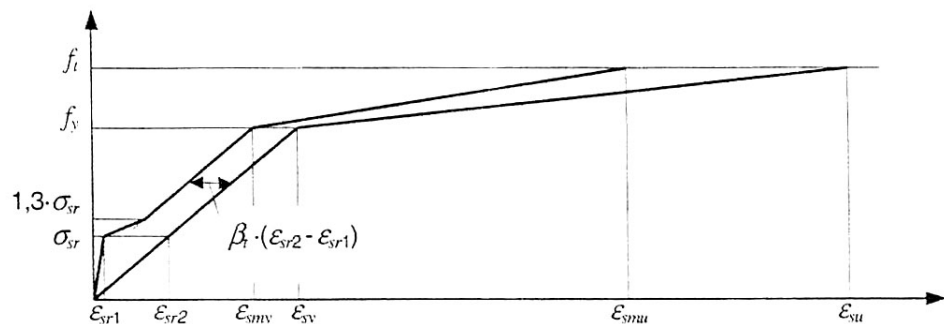
$$f_{cR} = 0,85\alpha \cdot f_{ck} \quad (\text{A.2.6})$$

<sup>\*)</sup> Δεν προβλέπεται στην κατασκευή γεφυρών.

- (5) P Ο συντελεστής  $\alpha$  θα πρέπει στο σκυρόδεμα κανονικού βάρους να λαμβάνεται ίσος προς 0,85.
- (6)\*P Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας αντοχής δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από την τιμή σχεδιασμού του καθοριστικού συνδυασμού δράσεων.



- (7) P Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας αντοχής θα πρέπει να υπολογίζεται με εφαρμογή των υπολογιστικών μέσων τιμών των χαρακτηριστικών των δομικών υλικών σύμφωνα με την (4)\*P με ενιαίο επιμέρους συντελεστή ασφάλειας  $\gamma_R = 1,3$  (για μόνιμες και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού και για τον έλεγχο κόπωσης) ή  $\gamma_R = 1,1$  (για τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού).
- (8)\* Οριακή κατάσταση αστοχίας θεωρείται ότι υπάρχει όταν σε μία οποιαδήποτε διατομή της φέρουσας κατασκευής έχει επιτευχθεί:
- η κρίσιμη παραμόρφωση του χάλυβα ή
  - η κρίσιμη παραμόρφωση του σκυροδέματος ή
  - η κρίσιμη κατάσταση της αδιάφορης ισορροπίας στο συνολικό σύστημα ή σε μέρη αυτού.
- (9)\* Η κρίσιμη παραμόρφωση του χάλυβα ορίζεται με την τιμή  $\varepsilon_{su} = 0,025$ . Η κρίσιμη παραμόρφωση του σκυροδέματος  $\varepsilon_{clu}$  αναγράφεται στον πίνακα 4.3.
- (10)\*P Η συνεργασία του σκυροδέματος σε εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών (tension stiffening) θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Μπορεί να μην ληφθεί υπόψη όταν αυτή είναι προς την πλευρά της ασφαλείας.
- (11)\* Η επιλογή κατάλληλης μεθόδου για τον υπολογισμό της συνεργασίας του σκυροδέματος σε εφελκυσμό θα πρέπει να γίνεται ανάλογα με το εκάστοτε αντικείμενο διαστασιολόγησης.
- (12) Η συνεργασία του σκυροδέματος σε εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών μπορεί να ληφθεί υπόψη με τη χρήση μίας ενεργής μέσης γραμμής τάσεων - παραμορφώσεων για χάλυβα σε συνάφεια θεωρώντας μία ρηγματωμένη εφελκυόμενη ζώνη σκυροδέματος
- (13) Η συνεργασία του σκυροδέματος σε εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών μπορεί γενικά να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με το σχήμα A.2.1 και τις σχέσεις (A.2.7) έως (A.2.10).



Σχ. Α.2.1: Συνεργασία του σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών

Ανάλογα με την πραγματική τάση του χάλυβα διακρίνονται τέσσερις περιοχές α, β, γ και δ:

(α) Χωρίς ρηγμάτωση ( $0 < \sigma_s \leq \sigma_{sr}$ )

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s1} \quad (\text{A.2.7})$$

(β) Ρηγμάτωση ( $\sigma_{sr} < \sigma_s \leq 1,3 \sigma_{sr}$ )

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s2} - \left( \frac{\beta_t \cdot (\sigma_s - \sigma_{sr}) + (1,3 \cdot \sigma_{sr} - \sigma_s)}{0,3 \cdot \sigma_{sr}} \right) \cdot (\varepsilon_{sr2} - \varepsilon_{sr1}) \quad (\text{A.2.8})$$

(γ) Ολοκληρωμένη ρηγμάτωση ( $1,3 \sigma_{sr} < \sigma_s \leq f_y$ )

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s2} - \beta_t \cdot (\varepsilon_{s2} - \varepsilon_{s1}) \quad (\text{A.2.9})$$

(δ) Διαρροή χάλυβα ( $f_y < \sigma_s \leq f_t$ )

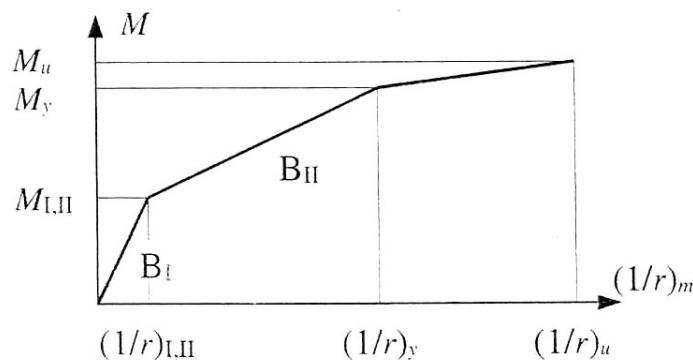
$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{sy} - \beta_t \cdot (\varepsilon_{sr2} - \varepsilon_{sr1}) + \delta \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_{sr}}{f_y} \right) \cdot (\varepsilon_{sy} - \varepsilon_{sy}) \quad (\text{A.2.10})$$

Όπου:

$\varepsilon_{sm}$	Μέση επιμήκυνση χάλυβα
$\varepsilon_{su}$	Επιμήκυνση χάλυβα υπό μέγιστο φορτίο = 0,025
$\varepsilon_{s1}$	Επιμήκυνση χάλυβα σε αρηγμάτωτη κατάσταση
$\varepsilon_{s2}$	Επιμήκυνση χάλυβα σε ρηγματωμένη κατάσταση στη ρωγμή
$\varepsilon_{sr1}$	Επιμήκυνση χάλυβα σε κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση υπό τα εντατικά μεγέθη ρηγμάτωσης και ανάπτυξη της $f_{cm}$
$\varepsilon_{sr2}$	Επιμήκυνση χάλυβα στη ρωγμή με εντατικά μεγέθη ρηγματωμένης διατομής
$\beta_t$	Συντελεστής υπολογισμού της επιρροής της διάρκειας καταπόνησης ή μίας επαναλαμβανόμενης καταπόνησης στη μέση επιμήκυνση = 0,40 για μεμονωμένη βραχυχρόνια καταπόνηση = 0,25 για διαρκές φορτίο ή για συχνή αλλαγή φορτίου
$\sigma_s$	Τάση στον οπλισμό εφελκυσμού που υπολογίζεται βάσει μίας ρηγματωμένης διατομής (τάση στη ρωγμή)
$\sigma_{sr}$	Τάση στον εφελκυστικό οπλισμό που υπολογίζεται βάσει ρηγματωμένης διατομής για συνδυασμό δράσεων που προκαλεί το σχηματισμό της πρώτης ρηγμάτωσης
$\delta$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό της ολκιμότητας του οπλισμού = 0,8 για χάλυβα υψηλής ολκιμότητας = 0,6 για χάλυβα κανονικής ολκιμότητας

## A.2.2 Υπολογισμός ραβδομόρφων δομικών στοιχείων σε κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη

- (1) Τα εντατικά μεγέθη ραβδομόρφων δομικών στοιχείων καθώς και κατά μία διεύθυνση καμπτομένων πλακών μπορούν να υπολογιστούν με αριθμητικές μεθόδους που βασίζονται σε μία υπολογιστική σχέση ροπής-καμπυλότητας και διατήρηση της επιπεδότητας των διατομών.
- (2) Με βάση αυτά θα πρέπει τα εντατικά μεγέθη να μπορούν να καθοριστούν για τους ελέγχους στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας. Για τους ελέγχους στις οριακές καταστάσεις αστοχίας ισχύει η Π-A.2.1.
- (3) Προς απλοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη τριγραμμική σχέση ροπής-καμπυλότητας:



Σχ. A.2.3: Απλουστευμένη σχέση ροπής-καμπυλότητας

Στο σχήμα A.2.3 ισχύει ότι

$B_I, B_{II}$  Ακαμψία σε αρηγμάτωτη κατάσταση I ή ρηγματωμένη κατάσταση II  
 $= dM / d(1/r)$

$M_{I,II}$  Ροπή κατά τη μετάβαση από την κατάσταση I στην κατάσταση II

$M_y$  Ροπή διαρροής

$t$  Ροπής θραύσης

$(1/r)_{I,II} = M_{I,II} / B_I$

Οι καμπυλότητες  $(1/r)_y$  και  $(1/r)_u$  θα πρέπει να υπολογίζονται εφαρμόζοντας τις μέσες επιμηκύνσεις χάλυβα και λαμβάνοντας υπόψη το σκυρόδεμα σε εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών.

- (4) P Η απλοποιημένη σχέση ροπής-καμπυλότητας στο σχήμα A.2.3 ισχύει με τον τρόπο που απεικονίζεται για δομικά στοιχεία υπό τη δράση αξονικών δυνάμεων μόνο όταν η γραμμή αναφοράς για τον καθορισμό της ροπής συμπίπτει με τη γραμμή εφαρμογής της αξονικής δύναμης. Εάν αυτές είναι διαφορετικές, π.χ. όταν μία προένταση δεν εισάγεται στον κεντροβαρικό άξονα, τότε η δράση αυτής της αρχικής καμπυλότητας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

## Παράρτημα 4 Υπολογισμός παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής

### Περιεχόμενα

- A.4.1 Γενικά
- A.4.2 Απαιτήσεις για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων
- A.4.3 Μέθοδοι υπολογισμού

#### A.4.1 Γενικά

- (1) Το παρόν παράρτημα περιέχει μεθόδους για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων καθώς και μια απλοποιημένη μέθοδο που ενδείκνυται για την διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων όπως πλαίσια, δοκοί και πλάκες.
- (2) Οι παραμορφώσεις δομικών στοιχείων από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα χάλυβα επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, κανένας από τους οποίους δεν είναι γνωστός με ακρίβεια.

Το υπολογιστικό αποτέλεσμα δεν θα πρέπει συνεπώς να θεωρείται ως ακριβής πρόβλεψη της αναμενόμενης παραμόρφωσης. Για το λόγο αυτό, δεν συνιστάται η εφαρμογή υπερβολικά δαπανηρών υπολογιστικών μεθόδων.

#### A.4.2 Απαιτήσεις για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων

- (2) P Εάν κριθεί απαραίτητο, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στα ακόλουθα:
  - επιπτώσεις ερπυσμού και συστολής,
  - συνεργασία σκυροδέματος στον εφελκυσμό μεταξύ των ρωγμών,
  - ρηγμάτωση από προηγούμενες καταπονήσεις,
  - επιρροή καταναγκασμών όπως η θερμοκρασία,
  - τύπος καταπόνησης: στατικός ή δυναμικός,
  - κατάλληλο μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος λαμβάνοντας υπόψη το είδος των αδρανών σκυροδέματος και τον βαθμό ωρίμανσής του κατά τη χρονική στιγμή της καταπόνησης.
- (3) P Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο γεγονός ότι δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας για τους υπολογισμούς των παραμορφώσεων όταν από τις εκάστοτε καταπονήσεις αναμένονται ρωγμές.
- (4) Απλουστευμένες μέθοδοι επιτρέπεται να εφαρμοστούν υπό την προϋπόθεση ότι ο βαθμός προσέγγισης είναι αποδεκτός στην κάθε περίπτωση.

### A.4.3 Μέθοδοι υπολογισμού

- (1) Δύο ακραίες περιπτώσεις λαμβάνονται υπόψη για την παραμόρφωση δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα:
- κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση:  
Σε αυτή την περίπτωση ο χάλυβας και το σκυρόδεμα τόσο στον εφελκυσμό όσο και στη θλίψη δρουν ελαστικά.
  - Κατάσταση πλήρους ρηγμάτωσης:  
Σε αυτή την περίπτωση δεν λαμβάνεται υπόψη το σκυρόδεμα που καταπονείται σε εφελκυσμό.

- (2) Δομικά στοιχεία, που δεν καταπονούνται περισσότερο από τη μέση εφελκυστική αντοχή  $f_{cm}$  σε οποιαδήποτε θέση θα πρέπει να θεωρούνται ως αρηγμάτωτα. Δομικά στοιχεία, στα οποία αναμένονται ρωγμές, συμπεριφέρονται σαν να βρίσκονται μεταξύ της κατάστασης χωρίς ρηγμάτωση και της κατάστασης πλήρους ρηγμάτωσης. Για τα δομικά στοιχεία, καταπονούμενα κυρίως από κάμψη, περιγράφεται μία αντίστοιχη συμπεριφορά με την εξίσωση (A.4.1):

$$a = \zeta \cdot a_{II} + (1 - \zeta) \cdot a_I \quad (\text{A.4.1})$$

Όπου:

$a$  Μέγεθος παραμόρφωσης (μπορεί να είναι μία επιμήκυνση, βέλος κάμψεως, καμπυλότητα ή στροφή)  
 $a_I, a_{II}$  Αντίστοιχες τιμές του μεγέθους παραμόρφωσης για κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση ή κατάσταση πλήρους ρηγμάτωσης  
 $\zeta$  Συντελεστής κατανομής σύμφωνα με την εξίσωση (A.4.2)

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$\beta_1$  Συντελεστής εξαρτώμενος από τις ιδιότητες συνάφειας του χάλυβα σκυροδέματος, ίσος προς 1 για χάλυβες με νευρώσεις  
 $\beta_2$  Συντελεστής εξαρτώμενος από τη διάρκεια φόρτισης ή την επαναλαμβανόμενη φόρτιση  
 = 1 για μία μεμονωμένη βραχυχρόνια φόρτιση  
 = 0,5 για διαρκή ή συχνά επαναλαμβανόμενη φόρτιση

$\sigma_s$  Τάση στον εφελκυσμένο οπλισμό σε ρηγματωμένη διατομή  
 $\sigma_{sr}$  Τάση στον εφελκυσμένο οπλισμό σε ρηγματωμένη διατομή υπό το φορτίο ρηγμάτωσης  
 (Υπόδειξη: Ο λόγος  $\sigma_s/\sigma_{sr}$  μπορεί να αντικατασταθεί με τον λόγο  $M/M_{cr}$  για καθαρό εφελκυσμό)

$\zeta = 0$  Για αρηγμάτωτες διατομές

Οι καθοριστικές ιδιότητες του σκυροδέματος για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων λόγω φορτίων είναι η εφελκυστική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας.

Ο πίνακας 3.1 της ενότητας II-3 δίνει το πεδίο πιθανών τιμών εφελκυστικής αντοχής. Γενικά, η πρόβλεψη της συμπεριφοράς μπορεί να γίνει με την τιμή  $f_{cm}$ .

Μία εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3.2. Ο ερπυσμός μπορεί να εκτιμηθεί με χρήση ενός ενεργού μέτρου ελαστικότητας βάσει της εξίσωσης (A.4.3):

$$E_{c0,eff} = \frac{E_{c0}}{(1 + \varphi)} \quad (\text{A.4.3})$$

όπου:

$\varphi$  ο συντελεστής ερπυσμού (βλέπε πίνακα 3.3 στην II-3)

Οι καμπυλότητες εκ συστολής ξηράνσεως μπορούν να εκτιμηθούν βάσει της εξίσωσης (A.4.4.):

$$(1/r)_{cs} = \varepsilon_{cs} \cdot a_e \cdot \frac{S}{I} \quad (\text{A.4.4})$$

Όπου:

$(1/r)_{cs}$	Καμπυλότητα από συστολή ξηράνσεως
$\varepsilon_{sc}$	Συντελεστής ελεύθερης παραμόρφωσης συστολής (βλέπε II-3.1.5.5)
$S$	Ροπή επιφανείας 1 <sup>ου</sup> βαθμού του οπλισμού ως προς τον κεντροβαρικό άξονα της διατομής (στατική ροπή)
$I$	Ροπή επιφανείας 2 <sup>ου</sup> βαθμού της διατομής (ροπή αδράνειας)
$a_e$	Αναλογία μέτρων ελαστικότητας ( $a_e = E_s / E_{c0,eff}$ )

Οι ροπές  $S$  και  $I$  θα πρέπει να υπολογίζονται για την κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση και την κατάσταση πλήρους ρηγμάτωσης, ενώ η εκτίμηση της τελικής καμπυλότητας θα πρέπει να γίνεται με την εξίσωση (A.4.1).

- (3) Η αυστηρή μέθοδος για τον καθορισμό των παραμορφώσεων με τη χρήση της μεθόδου του κανόνα εφαρμογής (2) είναι ο υπολογισμός της καμπυλότητας σε περισσότερες της μίας διατομές του δομικού στοιχείου και ο υπολογισμός της παραμόρφωσης με αριθμητική ολοκλήρωση. Ο κόπος, υπό κανονικές συνθήκες, δεν δικαιολογείται· καλό είναι η παραμόρφωση να υπολογίζεται δύο φορές, αφενός με το σύνολο του δομικού στοιχείου σε κατάσταση χωρίς ρηγμάτωση και αφετέρου σε κατάσταση πλήρους ρηγμάτωσης, με εφαρμογή στη συνέχεια της εξίσωσης (A.4.1). Η προσέγγιση με το  $\alpha$  από τον κανόνα εφαρμογής (2) δεν μπορεί να εφαρμοστεί απ' ευθείας σε ρηγματωμένες διατομές που υπόκεινται σε σημαντικές αξονικές δυνάμεις.

## Παράρτημα 106

## Ισοδύναμο με βλάβη εύρος διακύμανσης για ελέγχους έναντι κόπωσης

### Περιεχόμενα

A.106.1	Γενικά
A.106.2	Οδικές γέφυρες
A.106.3	Σιδηροδρομικές γέφυρες
A.106.3.1	Χάλυβες σκυροδέματος και χάλυβες προέντασης
A.106.3.2	Σκυρόδεμα σε θλιπτική καταπόνηση
A.106.3.3	Εγκάρσια κατεύθυνση

### **A.106.1** Γενικά

(101) P

Το παρόν προσάρτημα περιέχει μία απλοποιημένη μέθοδο για τον υπολογισμό του κρίσιμου εύρους διακύμανσης για τον έλεγχο της κόπωσης σε ανωδομές οδικών γεφυρών, γεφυρών για πεζούς και ποδήλατα και σιδηροδρομικών γεφυρών βάσει των προσομοιωμάτων φόρτισης έναντι κόπωσης του κανονισμού DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

Κάθε ένα από τα προσομοιώματα φόρτισης που αναφέρονται στον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες» μπορούν να εφαρμοσθούν με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν κατάλληλες τιμές  $\lambda$ .

### **A.106.2** Οδικές γέφυρες

(101) P

Οι έλεγχοι έναντι κόπωσης θα πρέπει να γίνονται με το προσομοίωμα φόρτισης 3 για την κόπωση σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

Για τον υπολογισμό του ισοδύναμου με βλάβη εύρους διακύμανσης  $\Delta\sigma_s$  (που προκύπτει κυρίως από το εύρος διακύμανσης της ροπής  $\Delta M_{LM3}$ ) για τον έλεγχο του χάλυβα θα πρέπει τα φορτία αξόνων του προσομοιώματος φόρτισης 3 για την κόπωση να πολλαπλασιάζονται με τους συντελεστές:

- 1,75 για ελέγχους σε ενδιάμεσες στηρίξεις ,
- 1,40 για ελέγχους στις υπόλοιπες περιοχές.

Για τον έλεγχο στην περιοχή των ενδιάμεσων στηρίξεων σε μήκος 0,15 L μπορεί να γίνει γραμμική παρεμβολή μεταξύ 1,4 και 1,75 (βλέπε σχήμα A.106.3).

(102) P

Ο ακριβής έλεγχος για την κόπωση του χάλυβα εκτελείται σύμφωνα με την II-4.3.7.5 (102), εξίσωση (4.191), βασικά στο σημείο καμπής της καμπύλης Wöhler για  $N^*$  κύκλους φόρτισης. Το ισοδύναμο από πλευράς βλάβης εύρος διακύμανσης  $\Delta\sigma_{s, equ}$  προκαλεί σε  $N^*$  κύκλους φόρτισης την ίδια βλάβη με το φάσμα των ευρών διακύμανσης από τη ροή της κυκλοφορίας κατά την υπολογιστική διάρκεια χρήσης. Μπορεί να υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (A.106.1).

$$\Delta\sigma_{s, equ} = \Delta\sigma_s \cdot \lambda_s$$

(A.106.1)

Όπου:

$\Delta \sigma_s$  Πλάτος διακύμανσης τάσης από το προσομοίωμα φόρτισης 3 κόπωσης (σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες») με τα αυξημένα φορτία άξονα σύμφωνα με την (101) P

$\lambda_s$  Συντελεστής διόρθωσης για τον καθορισμό του ισοδύναμου σε βλάβη εύρους ταλαντώσεως από το εύρος διακύμανσης τάσης  $\Delta \sigma_s$ .

(103) P Ο συντελεστής διόρθωσης  $\lambda_s$  λαμβάνει υπόψη την επιρροή του ανοίγματος, της ετήσιας κυκλοφορίας, της διάρκειας χρήσης, του αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας, του είδους κυκλοφορίας καθώς και της τραχύτητας της επιφάνειας· μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (A.106.2).

$$\lambda_s = \varphi_{fat} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \quad (\text{A.106.2})$$

Όπου:

$\lambda_{s1}$  Συντελεστής επιρροής του ανοίγματος και του στατικού συστήματος, για την αναγωγή από ένα σε εκατό έτη λειτουργίας και από  $N^*$  σε  $N = 2 \cdot 10^6$  κύκλους φόρτισης

$\lambda_{s2}$  Συντελεστής ετήσιας κυκλοφορίας στην πρώτη λωρίδα κυκλοφορίας και είδους κυκλοφορίας

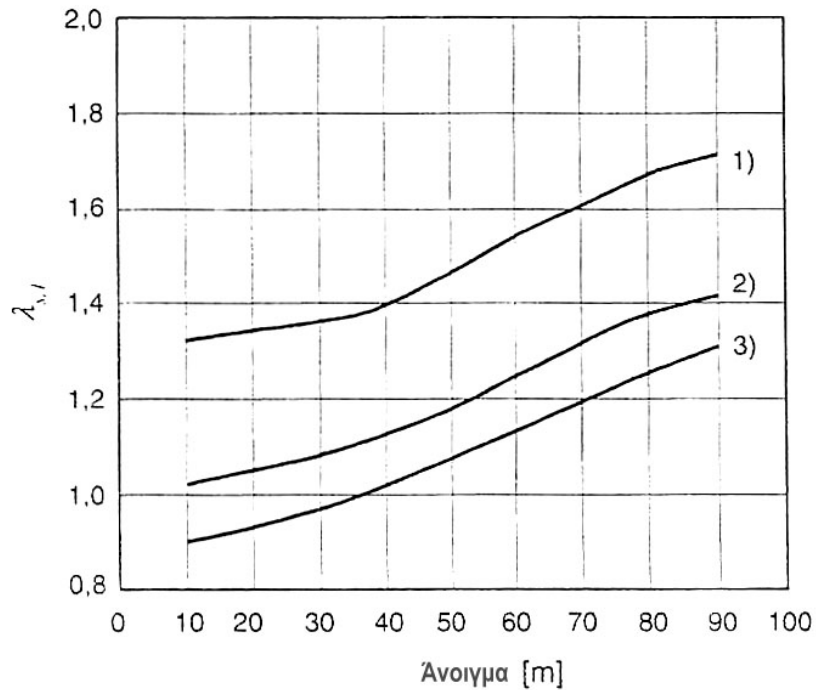
$\lambda_{s3}$  Συντελεστής για διάρκεια λειτουργίας, διάφορη των 100 ετών

$\lambda_{s4}$  Συντελεστής για την επιρροή των υπόλοιπων λωρίδων κυκλοφορίας

$\varphi_{fat}$  Συντελεστής αστοχίας που εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας όπως αναφέρεται παρακάτω

(104) P Ο συντελεστής  $\lambda_{s1}$  μπορεί ανάλογα με την κλίση  $k_2$  της καμπύλης Wöhler να λαμβάνει τις τιμές των σχημάτων A.106.1 και A.106.2.

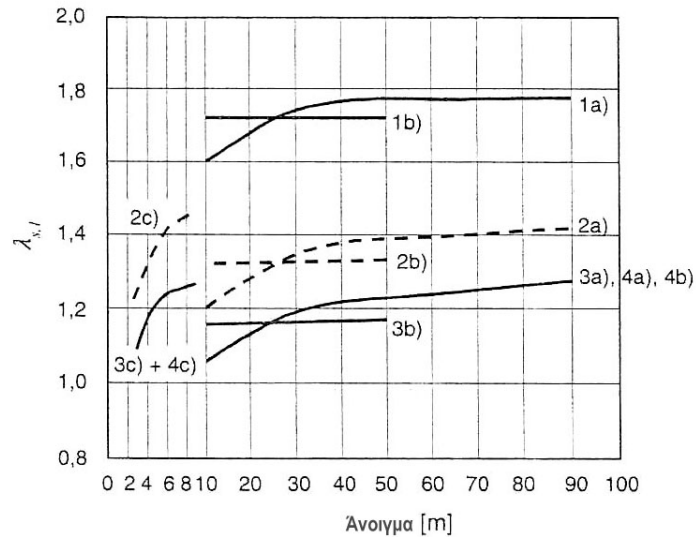




- Μούφες προεντεταμένων τενόντων ( $N^* = 10^6$ ,  $k_2 = 5$ )
- Καμπύλοι τένοντες σε χαλύβδινους σωλήνες προστασίας ( $N^* = 10^6$ ,  $k_2 = 7$ )
- Χάλυβας σκυροδέματος
  - Τένοντες με άμεση σύνδεση (όλοι)
  - Τένοντες με μεταγενέστερη σύνδεση:
    - συρματόσχοινα σε συνθετικούς σωλήνες προστασίας
    - ευθύγραμμοι τένοντες σε χαλύβδινους σωλήνες προστασίας ( $N^* = 10^6$ ,  $k_2 = 9$ )

**Σχ. Α.106.1: Συντελεστής  $\lambda_{s,l}$  για τον έλεγχο έναντι κόπωσης σε ενδιάμεσες στηρίξεις**

- a) Συνεχείς φορείς <sup>\*)</sup>
  - b) Φορείς ενός ανοίγματος <sup>\*)</sup>
  - c) Πλάκες οδοστρώματος (στην εγκάρσια κατεύθυνση)
- <sup>\*)</sup> για ανοίγματα  $L < 10m$   
ισχύουν οι τιμές για  $L = 10m$



- ο Μούφες προεντεταμένων τενόντων ( $N^* = 10^6, k_2 = 5$ )
- ο Καμπύλοι τένοντες σε χαλύβδινους σωλήνες προστασίας ( $N^* = 10^6, k_2 = 7$ )
- ο Χάλυβας σκυροδέματος  
Τένοντες με άμεση σύνδεση (όλοι)  
Τένοντες με μεταγενέστερη σύνδεση:
  - συρματόσχοινα σε συνθετικούς σωλήνες προστασίας
  - ευθύγραμμοι τένοντες σε χαλύβδινα καλύμματα ( $N^* = 10^6, k_2 = 9$ )
- 4. Οπλισμός διάτμησης ( $N^* = 10^6, k_2 = 9$ )

**Σχ. Α.106.2:** Συντελεστής  $\lambda_{s,1}$  για τον έλεγχο έναντι κόπωσης σε άνοιγμα και σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία

(105) P

Ο συντελεστής  $\lambda_{s,2}$  αναφέρεται στην επιρροή της ετήσιας κυκλοφορίας και του είδους της κυκλοφορίας. Μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (Α.106.3).

$$\lambda_{s,2} = \bar{Q} \cdot k_2 \sqrt{\frac{N_{obs}}{2,0}} \quad (\text{A.106.3})$$

- Όπου:
- $N_{obs}$  Αριθμός φορτηγών οχημάτων ανά έτος σύμφωνα με τον πίνακα 4.5 του κεφαλαίου IV του κανονισμού DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες» σε εκατομμύρια
  - $k_2$  Κλίση της αντίστοιχης καμπύλης Wöhler βάσει του πίνακα 4.116 ή 4.117 του κεφ. II

$\bar{Q}$  Συντελεστής βάσει του πίνακα A.106.1 για το είδος κυκλοφορίας που καθορίζεται από την αρμόδια Αρχή

**Πίνακας A.106.1: Συντελεστές  $\bar{Q}$  βάσει του είδους της κυκλοφορίας**

Συντελεστής $\bar{Q}$ για	Μεγάλη απόσταση	Μέση απόσταση	Τοπική κυκλοφορία
$k_2 = 5$	1,0	0,90	0,73
$k_2 = 7$	1,0	0,92	0,78
$k_2 = 9$	1,0	0,94	0,82

*Παρατήρηση: Για τον χαρακτηρισμό του είδους της κυκλοφορίας μπορεί κατά προσέγγιση να θεωρηθεί ως:*

- *μεγάλη απόσταση: εκατοντάδες χιλιόμετρα,*
- *μέση απόσταση: 50 έως 100 χλμ.,*
- *τοπική κυκλοφορία: λιγότερο από 50 χλμ.*

*Στην πράξη παρουσιάζεται ένα μίγμα ειδών κυκλοφορίας.*

(106) P

Ο συντελεστής  $\lambda_{s,3}$  αναφέρεται στην επιρροή της διάρκειας λειτουργίας και μπορεί να υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (A.106.4).

$$\lambda_{s,3} = \sqrt[k_2]{\frac{N_{years}}{100}} \quad (\text{A.106.4})$$

Όπου:

$N_{years}$  Διάρκεια λειτουργίας της γέφυρας (θα πρέπει να ορίζεται εάν αποκλίνει από 100 έτη)

(107) P

Ο συντελεστής  $\lambda_{s,4}$  αναφέρεται στην επιρροή περισσότερων της μιας λωρίδων κυκλοφορίας και μπορεί να υπολογιστεί με την εξίσωση (A.106.5).

$$\lambda_{s,4} = \sqrt[k_2]{1 + \frac{\sum N_{obs,2}}{N_{obs,1}} \cdot \left(\frac{\eta_2 \cdot Q_{m2}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}}\right)^{k_2} + \frac{N_{obs,3}}{N_{obs,1}} \cdot \left(\frac{\eta_3 \cdot Q_{m3}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}}\right)^{k_2} + \dots + \frac{N_{obs,k}}{N_{obs,1}} \cdot \left(\frac{\eta_k \cdot Q_{mk}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}}\right)^{k_2}} \quad (\text{A.106.5})$$

Όπου:

$k$  Αριθμός λωρίδων με φορτηγά οχήματα

$N_{obs,1}$  Αριθμός φορτηγών οχημάτων ανά έτος στην πρώτη λωρίδα κυκλοφορίας που καθορίζεται από την αρμόδια Αρχή

$N_{obs,j}$  Αριθμός φορτηγών οχημάτων ανά έτος στη λωρίδα  $j$  που καθορίζεται από την αρμόδια Αρχή

$Q_{mj}$  Μέσο συνολικό βάρος των φορτηγών οχημάτων στη λωρίδα  $j$  που καθορίζεται από την αρμόδια Αρχή

$\eta_j$  Τιμή της γραμμής επιρροής για την εξεταζόμενη δύναμη του χάλυβα στη μέση της λωρίδας  $j$

$k_2$  Κλίση της αντίστοιχης καμπύλης Wöhler σύμφωνα με τους πίνακες 4.116 και 4.117

(108) P Ο συντελεστής  $\varphi_{fat}$  αναφέρεται στην επιρροή της τραχύτητας της επιφάνειας:

$$\begin{aligned}\varphi_{fat} &= 1,2 \text{ για επιφάνειες με μικρή τραχύτητα} \\ \varphi_{fat} &= 1,4 \text{ για επιφάνειες με μεγάλη τραχύτητα}\end{aligned}$$

Για τον έλεγχο διατομών σε απόσταση μικρότερη των 6,0m από τους αρμούς του οδοστρώματος ή τους αρμούς διαστολής θα πρέπει επιπλέον να λαμβάνεται υπόψη ο αυξητικός συντελεστής του κανονισμού DIN 101 IV-4.6.1 (7).

### A.106.3 Σιδηροδρομικές γέφυρες

#### A.106.3.1 Χάλυβας σκυροδέματος και χάλυβας προέντασης

(101) P Το ισοδύναμο σε βλάβη εύρος διακύμανσης για το χάλυβα σκυροδέματος και τον χάλυβα προέντασης θα πρέπει να υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης (A.106.6).

$$\Delta \sigma_{s,equ} = \lambda_s \cdot \Delta \sigma_{s,71} \quad (\text{A.106.6})$$

Όπου:

$\Delta \sigma_{s,71}$  Εύρος διακύμανσης λόγω του προσομοιώματος φόρτισης 71 (τοποθετημένο στη δυσμενέστερη θέση) στον μη συχνό συνδυασμό δράσεων συμπεριλαμβανομένου του δυναμικού συντελεστή σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες»

$\lambda_s$  Διορθωτικός συντελεστής για τον υπολογισμό του ισοδύναμου με βλάβη εύρους διακύμανσης από το εύρος διακύμανσης που προκαλείται από το προσομοίωμα φόρτισης 71. Οι τιμές που αναγράφονται στον πίνακα A.106.2 βασίζονται σε  $\psi_I = 1$ .

(102) P Ο διορθωτικός συντελεστής  $\lambda_s$  λαμβάνει υπόψη την επιρροή του ανοίγματος, της ετήσιας κυκλοφορίας, της διάρκειας χρήσης και του αριθμού σιδηροδρομικών γραμμών. Μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την εξίσωση (A.106.7).

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \quad (\text{A.106.7})$$

όπου:

$\lambda_{s,1}$  Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη το άνοιγμα του δομικού στοιχείου και τη σύνθεση της κυκλοφορίας

$\lambda_{s,2}$  Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την ετήσια κυκλοφορία

$\lambda_{s,3}$  Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη διάρκεια λειτουργίας

$\lambda_{s,4}$  Συντελεστής για περισσότερες από μία σιδηροδρομικές γραμμές

- (103) Ο συντελεστής  $\lambda_{s,1}$  αποτελεί συνάρτηση του ανοίγματος του δομικού στοιχείου και της σύνθεσης της κυκλοφορίας. Οι αριθμητικές τιμές του  $\lambda_{s,1}$  για τη συνήθη (τυπική) σύνθεση της μικτής κυκλοφορίας και τη βαριά κυκλοφορία όπως αυτές ορίζονται στους πίνακες ΣΤ.1 και ΣΤ.2 του κανονισμού DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες» μπορούν να λαμβάνονται από τον πίνακα Α.106.2.

Για άλλους συνδυασμούς συρμών μπορεί ο συντελεστής  $\lambda_{s,1}$  να υπολογιστεί σύμφωνα με τις μεθόδους που αναγράφονται στα αντίστοιχα κείμενα.

- (104) Ο συντελεστής  $\lambda_{s,2}$  αναφέρεται στην επιρροή της ετήσιας κυκλοφορίας και προκύπτει βάσει της εξίσωσης (Α.106.8).

$$\lambda_{s,2} = k_2 \sqrt{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} \quad \text{όπου:} \quad (\text{A.106.8})$$

$Vol$                       Συνολική κυκλοφορία σε τόνους ανά έτος και σιδηρογραμμή  
 $k_2$                         Κλίση της καμπύλης Wöhler

- (105) Ο συντελεστής  $\lambda_{s,3}$  αναφέρεται στην επιρροή της διάρκειας λειτουργίας και μπορεί να υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (Α.106.9).

$$\lambda_{s,3} = k_2 \sqrt{\frac{N_{years}}{100}} \quad \text{όπου:} \quad (\text{A.106.9})$$

$N_{years}$                     Τιμή σχεδιασμού της διάρκειας χρήσης της γέφυρας σε έτη  
 $k_2$                         Κλίση της καμπύλης Wöhler

- (106) Ο συντελεστής  $\lambda_{s,4}$  αναφέρεται στην επιρροή της καταπόνησης περισσότερων της μίας σιδηρογραμμών. Η επιρροή της καταπόνησης 2 σιδηρογραμμών μπορεί να υπολογιστεί με την εξίσωση (Α.106.10).

$$\lambda_{s,4} = \sqrt[k_2]{n + (1-n) \cdot s_1^{k_2} + (1-n) \cdot s_2^{k_2}} \quad (\text{A.106.10})$$

$$s_1 = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}} \quad s_2 = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_{1+2}} \quad n = \frac{N_c}{N_T}$$

Όπου:

$n$                             Αναλογία της κυκλοφορίας που διασχίζει ταυτόχρονα τη γέφυρα  
 $N_c$                         Αριθμός των συρμών που διασχίζουν ταυτόχρονα τη γέφυρα  
 $N_T$                         Συνολικός αριθμός των συρμών που κινούνται σε μία γραμμή  
 $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2$             Εύρη διακύμανσης από το προσομοίωμα φόρτισης 71 σε μία γραμμή  
 $\Delta\sigma_{1+2}$                 Εύρη διακύμανσης από το προσομοίωμα φόρτισης 71 σε δύο γραμμές  
 $k_2$                         Κλίση της καμπύλης Wöhler

Όταν υπό τα κινητά φορτία σε μία σιδηροδρομική γραμμή προκύπτουν αποκλειστικά θλιπτικές τάσεις τότε θα πρέπει να τίθενται οι αντίστοιχες τιμές  $s_j=0$ .

**Πίνακας Α.106.2: Συντελεστές  $\lambda_{s,I}$  για φορείς ενός ανοίγματος και συνεχείς φορείς**

**α) Φορείς ενός ανοίγματος**

Αντικείμενο ελέγχου	Καμπύλη Wöhler			Ανοιγμα L (m)	Σύνθεση κυκλοφορίας	
	$k_1$	$k_2$	$N^*$		Κανονική (τυπική)	Βαριά
[1]	5	9	$10^6$	$\leq 2$	0,90	0,95
				$\geq 20$	0,65	0,70
[2]	3	7	$10^6$	$\leq 2$	1,00	1,05
				$\geq 20$	0,70	0,70
[3]	3	5	$10^6$	$\leq 2$	1,25	1,35
				$\geq 20$	0,75	0,75
[4]	3	5	$10^7$	$\leq 2$	0,80	0,85
				$\geq 20$	0,40	0,40

**β) Συνεχείς φορείς (μεσαία ανοίγματα, διατομή στο κέντρο του ανοίγματος)**

Αντικείμενο ελέγχου	Καμπύλη Wöhler			Ανοιγμα L (m)	Σύνθεση κυκλοφορίας	
	$k_1$	$k_2$	$N^*$		Κανονική (τυπική)	Βαριά
[1]	5	9	$10^6$	$\leq 2$	0,95	1,05
				$\geq 20$	0,50	0,55
[2]	3	7	$10^6$	$\leq 2$	1,00	1,15
				$\geq 20$	0,55	0,55
[3]	3	5	$10^6$	$\leq 2$	1,25	1,40
				$\geq 20$	0,55	0,55
[4]	3	5	$10^7$	$\leq 2$	0,75	0,90
				$\geq 20$	0,35	0,30

c) **Συνεχείς φορείς (διατομή ακραίου ανοίγματος)**

Αντικείμενο ελέγχου	Καμπύλη Wöhler			Άνοιγμα L (m)	Σύνθεση κυκλοφορίας	
	$k_1$	$k_2$	$N^*$		Κανονική (τυπική)	Βαριά
[1]	5	9	$10^6$	$\leq 2$	0,90	1,00
				$\geq 20$	0,65	0,65
[2]	3	7	$10^6$	$\leq 2$	1,05	1,15
				$\geq 20$	0,65	0,65
[3]	3	5	$10^6$	$\leq 2$	1,30	1,45
				$\geq 20$	0,65	0,70
[4]	3	5	$10^7$	$\leq 2$	0,80	0,90
				$\geq 20$	0,35	0,35

d) **Συνεχείς φορείς (διατομή ενδιάμεσων στηρίξεων)**

Αντικείμενο ελέγχου	Καμπύλη Wöhler			Άνοιγμα L (m)	Σύνθεση κυκλοφορίας	
	$k_1$	$k_2$	$N^*$		Κανονική (τυπική)	Βαριά
[1]	5	9	$10^6$	$\leq 2$	0,85	0,85
				$\geq 20$	0,70	0,75
[2]	3	7	$10^6$	$\leq 2$	0,90	0,95
				$\geq 20$	0,70	0,75
[3]	3	5	$10^6$	$\leq 2$	1,10	1,10
				$\geq 20$	0,75	0,80
[4]	3	5	$10^7$	$\leq 2$	0,70	0,70
				$\geq 20$	0,35	0,40

Αντικείμενα ελέγχων που αναγράφονται στην πρώτη στήλη:

- [1] Χάλυβας σκυροδέματος, τένοντες με άμεση σύνδεση (όλοι), τένοντες με μεταγενέστερη σύνδεση (συρματοσχοίνα σε συνθετικούς σωλήνες προστασίας και ευθύγραμμοι τένοντες σε χαλύβδινους σωλήνες προστασίας)
- [2] Τένοντες με μεταγενέστερη σύνδεση (καμπύλοι τένοντες σε χαλύβδινους σωλήνες προστασίας)
- [3] Μούφες προεντεταμένων τενόντων
- [4] Ενώσεις (χάλυβας σκυροδέματος), συγκολλημένες ράβδοι συμπεριλαμβανομένης της μετωπικής κόλλησης και της ένωσης με τόξο

e)

**Οπλισμός διάτμησης**

Αντικείμενο ελέγχου	Καμπύλη Wöhler			Άνοιγμα L (m)	Σύνθεση κυκλοφορίας	
	$k_1$	$k_2$	$N^*$		Κανονική (τυπική)	Βαριά
(α)	5	9	$10^6$	$\leq 2$	0,90	0,95
				$\geq 20$	0,70	0,75
(β)	Τιμές σύμφωνα με το μεσαίο υποστύλωμα					
(γ)	5	5	$10^6$	$\leq 2$	0,80	0,90
				$\geq 20$	0,65	0,65
(δ)	5	5	$10^7$	$\leq 2$	0,85	0,90
				$\geq 20$	0,70	0,75

(α) Φορείς ενός ανοίγματος

(β) Συνεχείς φορείς (εσωτερικό άνοιγμα, διατομή ανοίγματος)

(γ) Συνεχείς φορείς (διατομή ακραίου ανοίγματος)

(δ) Συνεχείς φορείς (διατομή ενδιάμεσων στηρίξεων)

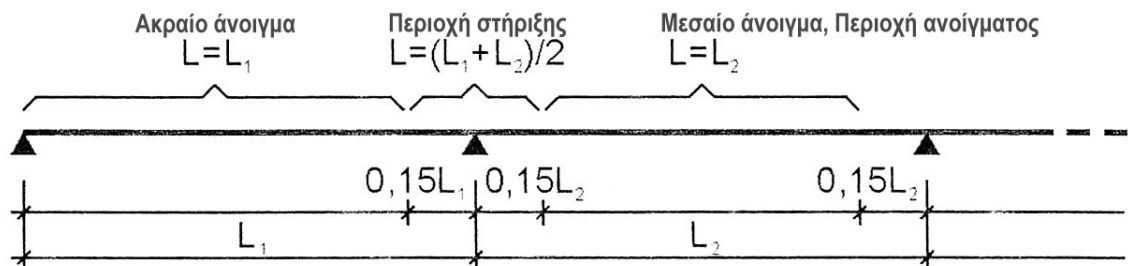
(107)

Οι τιμές για το  $\lambda_{s,l}$  μπορούν να υπολογιστούν για ανοίγματα  $L$  μεταξύ 2m και 20m βάσει της ακόλουθης εξίσωσης:

$$\lambda_{s,l}(L) = \lambda_{s,l}(2) + [\lambda_{s,l}(20) - \lambda_{s,l}(2)] (\log L - 0,3) \quad (\text{A.106.11})$$

Για τον ορισμό της θέσης των διατομών στο ακραίο άνοιγμα, τις ενδιάμεσες στηρίξεις και τις διατομές στα μεσαία ανοίγματα, βλέπε Σχ. Α.106.3.





Σχ. A.106.3: Ορισμός της θέσης των διατομών

### A.106.3.2 Σκυρόδεμα υπό θλιπτική καταπόνηση

(101) Σε σκυρόδεμα υπό θλίψη μπορεί να θεωρηθεί επαρκής η αντοχή σε κόπωση όταν ικανοποιείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$14 \frac{1 - S_{cd,max,eqv}}{\sqrt{1 - R_{eqv}}} \geq 6 \quad (\text{A.106.12})$$

Όπου

$$R_{eqv} = \frac{S_{cd,min,eqv}}{S_{cd,max,eqv}}$$

$$S_{cd,min,eqv} = \gamma_{Sd} \frac{\sigma_{cd,min,eqv}}{f_{cd,fat}}$$

$$S_{cd,max,eqv} = \gamma_{Sd} \frac{\sigma_{cd,max,eqv}}{f_{cd,fat}}$$

$$f_{cd,fat} = \beta_{cc}(t_0) \cdot \alpha \frac{f_{ck}}{\gamma_{c,fat}}$$

$\sigma_{cd,max,eqv}$   $\sigma_{cd,min,eqv}$  Ανώτατη και κατώτατη τάση του ισοδύναμου με βλάβη εύρους διακύμανσης σε  $N = 10^6$  κύκλους φόρτισης.

$\beta_{cc}(t_0)$  Συντελεστής ανάλογα με την ηλικία  $t_0$  του σκυροδέματος κατά την εφαρμογή του φορτίου κόπωσης σύμφωνα με την Π-4.4.3.2. (2). Εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες μπορεί να τεθεί  $\beta_{cc} = 1,0$ .

(102) Η ανώτατη και κατώτατη τάση του ισοδύναμου με βλάβη εύρους διακύμανσης προκύπτουν από την εξίσωση (A.106.13).

$$\sigma_{cd,max,eqv} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max,71} - \sigma_{c,perm}) \quad (\text{A.106.13})$$

$$\sigma_{cd,min,eqv} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}), \text{ όπου:}$$

$\sigma_{c,perm}$  Θλιπτική τάση σκυροδέματος για τον μη συχνό συνδυασμό δράσεων χωρίς το προσομοίωμα φόρτισης 71.

$\sigma_{c,max,71}$  Μέγιστη και ελάχιστη θλιπτική τάση για τον μη συχνό συνδυασμό δράσεων περιλαμβανομένου και του δυναμικού συντελεστή  $\Phi_2$  σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες»

$\sigma_{c,min,71}$

$\lambda_c$  Διορθωτικός συντελεστής για τον υπολογισμό της ανώτατης και κατώτατης τάσης του ισοδύναμου με βλάβη εύρους διακύμανσης που προκύπτουν από το προσομοίωμα φόρτισης 71

Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα A.106.3 βασίζονται σε  $\psi' = 1$ .

- (103) Ο συντελεστής διόρθωσης  $\lambda_s$  λαμβάνει υπόψη τη διαρκή τάση, το άνοιγμα, την ετήσια κυκλοφορία, τη διάρκεια λειτουργίας και τις περισσότερες από μία σιδηροδρομικές γραμμές. Μπορεί να υπολογιστεί με την ακόλουθη εξίσωση.

$$\lambda_c = \lambda_{c,0} \cdot \lambda_{c,1} \cdot \lambda_{c,2} \cdot \lambda_{c,3} \cdot \lambda_{c,4}, \text{ όπου:} \quad (\text{A.106.14})$$

$\lambda_{c,0}$	Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη διαρκή τάση
$\lambda_{c,1}$	Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη το άνοιγμα και τη σύνθεση της κυκλοφορίας
$\lambda_{c,2}$	Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την ετήσια
$\lambda_{c,3}$	Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη διάρκεια λειτουργίας
$\lambda_{c,4}$	Συντελεστής για περισσότερες από μία σιδηροδρομικές γραμμές

- (104) Ο συντελεστής  $\lambda_{s,2}$  αναφέρεται στην επιρροή της διαρκούς τάσης και προκύπτει βάσει της εξίσωσης (A.106.15).

$$\lambda_{c,0} = 0,94 + 0,2 \frac{\sigma_{c,perm}}{f_{cd,fat}} \geq 1,0 \quad (\text{A.106.15})$$

Για την προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη των δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα μπορεί να θεωρηθεί ότι  $\lambda_{c,0} = 1,0$ .

- (105) Ο συντελεστής  $\lambda_{c,1}$  αποτελεί συνάρτηση του ανοίγματος του δομικού στοιχείου και της σύνθεσης της κυκλοφορίας. Οι αριθμητικές τιμές του  $\lambda_{c,1}$  για την τυπική σύνθεση της μικτής κυκλοφορίας και τη βαριά κυκλοφορία όπως αυτές ορίζονται στους πίνακες F.1 και F.2 του κανονισμού DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες» μπορούν να λαμβάνονται από τον πίνακα A.106.3.

- (106) Ο συντελεστής  $\lambda_{c,2}$  αναφέρεται στην επιρροή της ετήσιας κυκλοφορίας και προκύπτει βάσει της εξίσωσης (A.106.16).

$$\lambda_{c,2} = 1 + \frac{1}{8} \cdot \log \left[ \frac{Vol}{25 \cdot 10^6} \right], \text{ όπου} \quad (\text{A.106.16})$$

$Vol$  Συνολική κυκλοφορία σε τόνους ανά έτος και σιδηροδρομική γραμμή

- (107) Ο συντελεστής  $\lambda_{c,3}$  αναφέρεται στην επιρροή της διάρκειας λειτουργίας και μπορεί να υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (A.106.17).

$$\lambda_{c,3} = 1 + \frac{1}{8} \cdot \log \left[ \frac{N_{years}}{100} \right], \text{ όπου} \quad (\text{A.106.17})$$

$N_{years}$  Τιμή σχεδιασμού της διάρκειας λειτουργίας της γέφυρας σε έτη

- (108) Ο συντελεστής  $\lambda_{c,4}$  αναφέρεται στην επιρροή της καταπόνησης σε περισσότερες από μία σιδηροδρομικές γραμμές. Η επιρροή της καταπόνησης δύο σιδηροδρομικών γραμμών μπορεί να υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (A.106.18).

$$\lambda_{c,4} = 1 + \frac{1}{8} \cdot \log n \geq a$$

$$a = \frac{\max\{\Delta\sigma_{c,1}, \Delta\sigma_{c,2}\}}{\Delta\sigma_{c,1+2}}$$

$$n = \frac{N_c}{N_T}, \text{ όπου}$$

$n$	Αναλογία της κυκλοφορίας που διασχίζει ταυτόχρονα τη γέφυρα
$N_c$	Αριθμός των συρμών που διασχίζουν ταυτόχρονα τη γέφυρα
$N_T$	Συνολικός αριθμός των συρμών που κινούνται σε μία σιδηροδρομική γραμμή
$\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2$	Μεταβολές τάσης λόγω του προσομοιώματος φόρτισης 71 σε μία σιδηροδρομική γραμμή
$\Delta\sigma_{1+2}$	Μεταβολή τάσης λόγω του προσομοιώματος φόρτισης 71 σε δύο σιδηροδρομικές γραμμές

Για τον υπολογισμό των μεταβολών της τάσης λόγω του προσομοιώματος φόρτισης 71 πρέπει πρώτα να υπολογιστούν οι ανώτατες και κατώτατες θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος για τον μη συχνό σχεδιασμό δράσεων περιλαμβανομένου και του προσομοιώματος φόρτισης 71 (που θα διατάσσεται στην εκάστοτε δυσμενέστερη θέση) με το δυναμικό συντελεστή  $\Phi_2$  σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες».

**Πίνακας Α.106.3: Συντελεστές  $\lambda_{c,I}$  για φορείς ενός ανοίγματος και συνεχείς φορείς**

**α) Φορείς ενός ανοίγματος**

Περιοχή διατομής	Άνοιγμα σε m	Σύνθεση κυκλοφορίας	
		Κανονική (τυπική)	Βαριά
Θλιβόμενη ζώνη	$\leq 2$	0,70	0,70
	$\geq 20$	0,75	0,75
Προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη	$\leq 2$	0,95	1,00
	$\geq 20$	0,90	0,90

**β) Συνεχείς φορείς (μεσαία ανοίγματα, διατομή στο άνοιγμα)<sup>1)</sup>**

Περιοχή διατομής	Άνοιγμα σε m	Σύνθεση κυκλοφορίας	
		Κανονική (τυπική)	Βαριά
Θλιβόμενη ζώνη	$\leq 2$	0,75	0,90
	$\geq 20$	0,55	0,55
Προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη	$\leq 2$	1,05	1,15
	$\geq 20$	0,65	0,70

1) βλέπε σχήμα Α.106.3.

**γ) Συνεχείς φορείς (διατομή ακραίου ανοίγματος)**

Περιοχή διατομής	Άνοιγμα σε m	Σύνθεση κυκλοφορίας	
		Κανονική (τυπική)	Βαριά
Θλιβόμενη ζώνη	$\leq 2$	0,75	0,80
	$\geq 20$	0,70	0,70
Προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη	$\leq 2$	1,10	1,20
	$\geq 20$	0,70	0,70

**δ) Συνεχείς φορείς (διατομή ενδιάμεσων στηρίξεων)**

Περιοχή διατομής	Άνοιγμα σε m	Σύνθεση κυκλοφορίας	
		Κανονική (τυπική)	Βαριά
Θλιβόμενη ζώνη	$\leq 2$	0,70	0,70
	$\geq 20$	0,85	0,85
Προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη	$\leq 2$	1,10	1,15
	$\geq 20$	0,80	0,85

**ε) Θλιβόμενοι διαγώνιοι**

Περιοχή ελέγχου	Άνοιγμα σε m	Σύνθεση κυκλοφορίας	
		Κανονική (στάνταρ)	Βαριά
(α)	$\leq 20$	0,70	0,75
	$\geq 60$	0,85	0,85
(β)	Τιμές σύμφωνα με το ενδιάμεσο στήριγμα		
(γ)	$\leq 2$	0,80	0,85
	$\geq 20$	0,70	0,70
(δ)	$\leq 20$	0,70	0,75
	$\geq 60$	0,85	0,85

(α) Φορείς ενός ανοίγματος

(β) Συνεχείς φορείς (εσωτερικό άνοιγμα, διατομή σε περιοχή ανοίγματος)

(γ) Συνεχείς φορείς (διατομή ακραίου ανοίγματος)

(δ) Συνεχείς φορείς (διατομή ενδιάμεσων στηρίξεων)

(109) Οι τιμές του  $\lambda_{c,l}$  μπορούν να προκύψουν για ανοίγματα  $L$  μεταξύ των ανώτερων τιμών  $L_U$  και των κατώτερων τιμών  $L_L$  του πίνακα Α.106.3 με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$\lambda_{c,l}(L) = \lambda_{c,l}(L_L) + [\lambda_{c,l}(L_U) - \lambda_{c,l}(L_L)] \cdot \frac{\log\left(\frac{L}{L_L}\right)}{\log\left(\frac{L_U}{L_L}\right)} \quad (\text{A.106.19})$$

(110) P Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής του σκυροδέματος έναντι κόπωσης δίνεται από τη καμπύλη Wöhler με βάση τη σχέση (Α.106.20):

$$\log N = 14 \cdot \frac{1 - S_{cd,max}}{\sqrt{1 - R}} \quad (\text{A.106.20})$$

Όπου

$$R = \frac{S_{cd,min}}{S_{cd,max}}$$

$$S_{cd,min} = \gamma_{Sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,min}}{f_{cd,fat}}$$

$$S_{cd,max} = \gamma_{Sd} \frac{\sigma_{cd,max}}{f_{cd,fat}}$$

$$f_{cd,fat} = \beta_{cc}(t_0) \cdot \alpha \frac{f_{ck}}{\gamma_{c,fat}}$$

$\sigma_{cd,max}$ ,

Ανώτερη και κατώτερη τιμή της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος

$\sigma_{cd,min}$

$N$

Αριθμός ανεκτών κύκλων φόρτισης

$\beta_{cc}(t_0)$

Συντελεστής ανάλογα με την ηλικία  $t_0$  του σκυροδέματος κατά την άσκηση του φορτίου κόπωσης σύμφωνα με την Π-4.4.3.2. (2). Εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες μπορεί να τεθεί  $\beta_{cc} = 1,0$ .

Οι θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος θα πρέπει κατά τον έλεγχο έναντι κόπωσης να ορίζονται ως θετικές.

- (111) P Θα πρέπει να ελέγχεται ότι το άθροισμα των βλαβών  $D_{Ed}$  από το καθοριστικό φορτίο κόπωσης πληροί την ακόλουθη συνθήκη:

$$D_{Ed} \leq 1 \quad (\text{A.106.21})$$

Για τον υπολογισμό του αθροίσματος ζημιών  $D_{Ed}$  ισχύει ο κανόνας Palmgren-Miner.

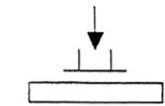
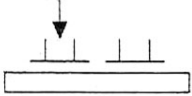
### A.106.3.3 Εγκάρσια διεύθυνση

- (101) Για πλάκες (επίσης λοξές πλάκες) με γωνία ανοίγματος όχι μικρότερη από  $75^\circ$  ή με χαρακτηριστικό μήκος όχι μικρότερο από το τριπλάσιο της τιμής του ανοίγματος της πλάκας καταστρώματος μπορεί ο συντελεστής  $\lambda_{s,l}$  ή  $\lambda_{c,l}$  για την εγκάρσια διεύθυνση να προκύψει από τις τιμές για φορείς ενός ανοίγματος (πίνακες A.106.2 και A.106.3) με τα θεωρητικά ανοίγματα από τους πίνακες A.106.4 και A.106.5).

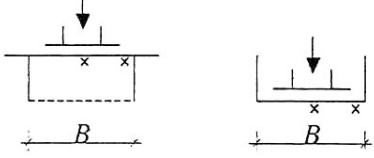
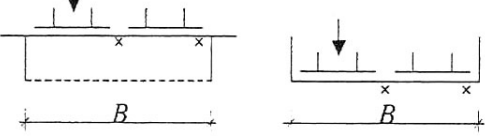
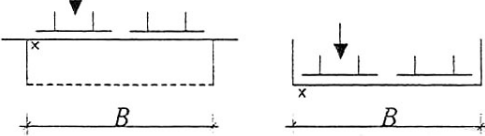
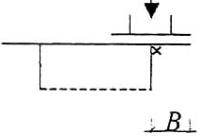
Ως γωνία ορίζεται η γωνία ανάμεσα στον άξονα εδράσεως και τον διαμήκη άξονα του συστήματος.

Χαρακτηριστικό μήκος θεωρείται είτε η απόσταση μεταξύ των στηρίξεων (άνοιγμα στη διαμήκη έννοια) είτε η απόσταση μεταξύ διαδοκίδων του εξεταζόμενου ανοίγματος. Η μικρότερη τιμή είναι και η καθοριστική.

**Πίνακας A.106.4: Πλάκα ως κύριος φορέας στη διαμήκη έννοια**

Σύστημα και διάταξη φορτίου	Συντελεστές $\lambda_{s,l}$ ή $\lambda_{c,l}$ για	Ισοδύναμο άνοιγμα
	Καμπτικές ροπές	$L/5$
	Καμπτικές ροπές	$L/2$
<i>L: Άνοιγμα του ελεγχόμενου φατνώματος στη διαμήκη διεύθυνση</i>		

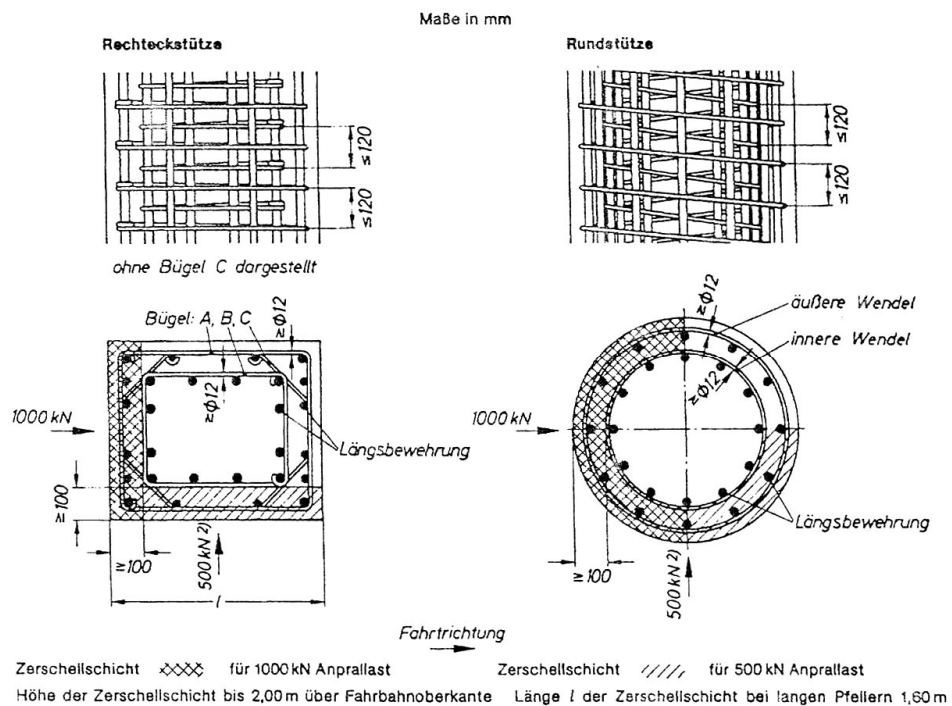
**Πίνακας Α.106.5: Πλάκα καταστρώματος μεταξύ κυρίων δοκών καμπτόμενη στην εγκάρσια διεύθυνση**

Σύστημα και διάταξη φορτίου	Συντελεστές $\lambda_{s,I}$ ή $\lambda_{c,I}$ για	Θεωρητικό άνοιγμα
	Ροπές ανοίγματος και ροπές στήριξης	$B$
	Ροπές ανοίγματος και ροπές στήριξης	$1,5 \cdot B$
	Ροπές στήριξης	$\frac{B}{1,5}$
	Πρόβολος	$1,5 \cdot B$
<sup>x</sup> Καθοριστική θέση για τον έλεγχο		

## Παράρτημα 108 Οπλισμός υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα έναντι πρόσκρουσης οχημάτων

(101) P

Όταν τα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να σχεδιαστούν έναντι πρόσκρουσης οχημάτων θα πρέπει ο διαμήκης οπλισμός τους να μορφωθεί σε 2 m ύψος τουλάχιστον πάνω από την περιοχή της πρόσκρουσης με δύο στρώσεις και χωρίς ενώσεις σύμφωνα με το σχήμα A.108.1 εφόσον δεν αναφέρεται κάτι αντίθετο παρακάτω. Σε αυτό το ύψος κατ' ελάχιστο θα πρέπει ο εσωτερικός και εξωτερικός διαμήκης οπλισμός να περικλείεται από συνδετήρες ή σπειροειδή οπλισμό με ελάχιστη διάμετρο 12 mm. Τα άκρα των συνδετήρων θα πρέπει να ενώνονται με υπερκάλυψη τουλάχιστον επι μήκους μίας πλευράς ή να αγκυρώνονται έξω από τη ζώνη συντριβής. Τα άκρα του σπειροειδούς οπλισμού θα πρέπει να οδηγούνται στο εσωτερικό της διατομής.



**Σχ. A.108.1: Οπλισμός υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα εκτεθειμένων σε πρόσκρουση οχημάτων**

(102) P

Εφόσον ένα υποστυλώμα συνεχίζει σε πάσσαλο θεμελίωσης και η δύναμη πρόσκρουσης δεν κατανεμηθεί κατασκευαστικά σε περισσότερους πασσάλους, τότε ο οπλισμός της περιοχής της πρόσκρουσης θα πρέπει, εφόσον δεν πραγματοποιηθεί ακριβέστερος έλεγχος, να συνεχίσει περαιτέρω από το κάτω άκρο της περιοχής πρόσκρουσης κατά 5m ακόμα μέσα στον πάσσαλο θεμελίωσης. Απαγορεύεται η συγκόλληση του οπλισμού.



(103) P Σε κοίλα υποστυλώματα θα πρέπει το προβλεπόμενο ελάχιστο πάχος τοιχώματος να συνεχίζει για ακόμα 2 m από το άκρο της περιοχής πρόσκρουσης και πέρα.

**Κεφάλαιο III                    Συμπληρώσεις για γέφυρες από σκυρόδεμα με                    Σελίδα**  
**εξωτερικούς τένοντες προέντασης**

**Περιεχόμενα**

<b>1</b>	<b>Πεδίο εφαρμογής</b>	<b>242</b>
<b>2</b>	<b>Έννοιες</b>	<b>243</b>
<b>3</b>	<b>Θεμελιώδεις αρχές για την κατασκευαστική διαμόρφωση</b>	<b>244</b>
3.1	Εξωτερικοί τένοντες	244
3.2	Μικτός τρόπος κατασκευής	244
3.3	Εγκάρσιοι τένοντες	244
3.4	Μέτρα για την ενίσχυση, συντήρηση και επισκευσιμότητα	245
3.5	Στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής	245
<b>4</b>	<b>Επίβλεψη</b>	<b>247</b>

**1                    Πεδίο εφαρμογής**

- (1) P                    Το παρόν κεφάλαιο ισχύει για την κατασκευή νέων γεφυρών σκυροδέματος με κιβωτιοειδή διατομή. Οι τένοντες κατά μήκος της γέφυρας βρίσκονται, είτε
- όλοι έξω από τη διατομή του σκυροδέματος αλλά εντός του περιγράμματος της κιβωτιοειδούς διατομής (προένταση αποκλειστικά με εξωτερικούς τένοντες), ή
  - σε σύνδεση (συνάφεια) στη διατομή του σκυροδέματος και χωρίς συνάφεια εντός του περιγράμματος της κιβωτιοειδούς διατομής (μικτός τρόπος κατασκευής).
- (2) P                    Η γέφυρα κατα την εγκάρσια διεύθυνσή της θα πρέπει να μορφώνεται χωρίς προένταση ή με εγκάρσιους τένοντες σύμφωνα με την παρ. 3.3 του παρόντος κεφαλαίου.

## Έννοιες

Εκτός από τις έννοιες που ορίζονται στον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες» και στον παρόντα κανονισμό DIN 102, οι έννοιες που χρησιμοποιούνται στο παρόν κεφάλαιο ορίζονται ως εξής:

**Εξωτερικός τένοντας:**

Εξωτερικός τένοντας ονομάζεται ένας προεντεταμένος τένοντας, τανυόμενος μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος, που βρίσκεται έξω από τη διατομή του σκυροδέματος αλλά εντός του περιγράμματος της φέρουσας κατασκευής. Ο τένοντας συνδέεται με την ανωδομή σκυροδέματος μόνο με στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής.

**Εσωτερικός τένοντας χωρίς συνάφεια:**

Ένας τένοντας χωρίς συνάφεια αποτελούμενος από ένα ή περισσότερα ευρισκόμενα εντός του σκυροδέματος και εκ των υστέρων εντεινόμενα σύρματα, πολύκλινα συρματόσχοινα ή ράβδους σε αντιδιαβρωτικό περίβλημα στο οποίο ο προεντεταμένος χάλυβας μπορεί κατά μήκος να κινείται ελεύθερα συνδεδεμένος σταθερά με την φέρουσα κατασκευή μόνο στις θέσεις αγκύρωσης.

**Προένταση αποκλειστικά με εξωτερικούς τένοντες:**

Στην προένταση αποκλειστικά με εξωτερικούς τένοντες όλοι οι διαμήκεις τένοντες βρίσκονται έξω από τη διατομή του σκυροδέματος.

**Μικτός τρόπος κατασκευής:**

Στο μικτό τρόπο κατασκευής ένα μέρος των διαμήκων τενόντων βρίσκεται καθ' όλο το μήκος τους σε συνάφεια με το περιβάλλον σκυρόδεμα, ενώ οι υπόλοιποι διαμήκεις τένοντες είναι εξωτερικοί. Σε αυτόν τον τρόπο κατασκευής δεν επιτρέπονται τένοντες στους κορμούς.

**Στοιχείο αγκύρωσης:**

Στοιχείο αγκύρωσης θεωρείται ένα δομικό στοιχείο στο οποίο αγκυρώνονται εξωτερικοί τένοντες και από το οποίο εισάγεται η δύναμη των τενόντων στη διατομή του σκυροδέματος. Ως στοιχεία αγκύρωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν π.χ. εγκάρσιοι φορείς, εγκάρσια πλαίσια, βραχείς πρόβολοι ή φωληρές αγκύρωσης.

**Στοιχείο εκτροπής:**

Το στοιχείο εκτροπής αποτελεί οδηγό των εξωτερικών τενόντων. Με αυτό εισάγονται στην κατασκευή οι δυνάμεις τριβής και εκτροπής. Τα στοιχεία εκτροπής μπορούν π.χ. να είναι κατά το ήμισυ ανοιχτά (σαμάρια) ή να περιβάλλονται πλήρως από σκυρόδεμα.

**Διελύσεις:**

Σε μία διέλευση οι εξωτερικοί τένοντες οδηγούνται με τη βοήθεια των ελευθέρων χώρων μέσω των εγκάρσιων φορέων χωρίς να εφάπτονται με την κατασκευή.

### **3 Θεμελιώδεις αρχές για την κατασκευαστική διαμόρφωση**

#### **3.1 Εξωτερικοί τένοντες**

- (1) Η επιτρεπτή δύναμη τάνυσης ενός εξωτερικού τένοντα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα περίπου 3,0 MN.
- (2) P Στο πλαίσιο του σχεδιασμού της διαμόρφωσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται και να αποδεικνύεται η προγραμματισμένη δυνατότητα πρόσθετης τάνυσης και αλλαγής των εξωτερικών τενόντων. Αντίστοιχη οδηγία εργασίας θα πρέπει να καταρτίζεται από τον κατασκευαστή και να καταχωρείται στο τεύχος συντήρησης του τεχνικού .
- (3) Το συνολικό μήκος ενός εξωτερικού τένοντα μεταξύ των τελικών αγκυρώσεων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 200 m περίπου.
- (4) P Η σωστή τοποθέτηση των αγκυρώσεων των τενόντων, των στοιχείων εκτροπής και των διελεύσεων θα πρέπει κατά τη διαμόρφωση να ελέγχεται τόσο ως προς το ύψος όσο και ως προς την θέση. Οι τιμές που διαπιστώθηκαν από τη μέτρηση καθώς και οι θεωρητικές τιμές θα πρέπει να καταχωρούνται σε πρωτόκολλο . Οι ενσωματωμένοι τένοντες δεν πρέπει να τοποθετούνται στις εξόδους.
- (5) P Τα σώματα δημιουργίας κενών θα πρέπει να έχουν επαρκή ακαμψία και να είναι κατά τη σκυροδέτηση αγκυρωμένα στη θέση τους.
- (6) P Στην περιοχή αγκύρωσης των τενόντων θα πρέπει οι τένοντες να οδηγούνται ευθύγραμμα σε μήκος τουλάχιστον 1,00m εφόσον στην τεχνική εγκριτική απόφαση δεν δίνονται άλλες τιμές. Αυτό ισχύει και για τις περιοχές πριν και μετά τις συνδέσεις -συζεύξεις.
- (7) P Η καθαρή απόσταση ανάμεσα σε παράλληλους εξωτερικούς τένοντες ή τα γειτονικά δομικά στοιχεία θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 8cm ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος των τενόντων.
- (8) Προς αποφυγή ταλαντώσεων θα πρέπει οι εξωτερικοί τένοντες να στηρίζονται σε απόσταση το πολύ 35m. Οι θέσεις εκτροπής και αγκύρωσης θεωρούνται στηρίξεις των τενόντων. Στις υπόλοιπες απαραίτητες θέσεις θα πρέπει να διαμορφώνεται μία στήριξη με τη βοήθεια σωληνωτών αναρτήσεων ή εδράνων.

#### **3.2 Μικτός τρόπος κατασκευής**

- (1) P Στο μικτό τρόπο κατασκευής θα πρέπει το ποσοστό της ασκούμενης με εξωτερικούς τένοντες δύναμης προέντασης στην τελική κατάσταση σε κάθε διατομή της ανωδομής να καλύπτει τουλάχιστον 20% της συνολικής διατομής προέντασης.

#### **3.3 Εγκάρσιοι τένοντες**

- (1) P Όταν απαιτείται εγκάρσια προένταση του καταστρώματος, επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο εσωτερικοί τένοντες χωρίς συνάφεια που θα μπορούν να αντικατασταθούν.

### 3.4

#### Μέτρα για την ενίσχυση, συντήρηση και προσβασιμότητα

- (1) P Θα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα μελλοντικής τοποθέτησης παραπλεύρως κάθε κορμού ενός πρόσθετου εξωτερικού τένοντα με δύναμη τάνυσης περίπου 3,0 MN. Στο μικτό τρόπο κατασκευής θα πρέπει να προβλέπονται δύο πρόσθετοι εξωτερικοί τένοντες ανά κορμό με δύναμη τάνυσης περίπου 3,0 MN ο καθένας. Αυτοί οι πρόσθετοι τένοντες θα πρέπει να οδεύουν πολυγωνικά. Τα μέτρα για την ενίσχυση και συντήρηση θα πρέπει κατά το σχεδιασμό του έργου να ορίζονται λεπτομερώς στην μελέτη ως προς το μέγεθος, τη στατική δράση, την όδευση των τενόντων, τον τρόπο εισαγωγής και την εγκατάσταση και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- (2) P Θα πρέπει πάντοτε να προβλέπονται τα απαιτούμενα ανοίγματα και οι εσοχές για την τοποθέτηση και την τάνυση των πρόσθετων εξωτερικών τενόντων. Οι σωλήνες απορροής ομβρίων και οι πιθανοί σωλήνες δικτύων θα πρέπει να διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε μία μελλοντική εγκατάσταση εξωτερικών τενόντων να απαιτούνται μόνο ασήμαντες ή καθόλου μετατροπές. Θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα για ενώσεις με υπερκάλυψη στην περιοχή των διαδοκίδων των ενδιάμεσων στηρίξεων και συνεπώς για ενισχύσεις ανά φάτνωμα.
- (3) P Οι οριακές συνθήκες που αφορούν στην εγκατάσταση και την τάνυση των πρόσθετων εξωτερικών τενόντων για ενίσχυση και θέση σε λειτουργία θα πρέπει να διατυπώνονται γραπτώς από τον κατασκευαστή και να καταχωρούνται στο τεύχος συντήρησης του τεχνικού.
- (4) P Το ελάχιστο πλάτος των ανοιγμάτων διέλευσης δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από 1,20 m.
- (5) P Σε κιβωτιοειδείς διατομές θα πρέπει να προβλέπονται στην κάτω πλάτα τα ακόλουθα ανοίγματα :
- Τουλάχιστον ένα άνοιγμα διαστάσεων 1,20m x 2,50m, κοντά σε κάποιο δρόμο κυκλοφορίας και ανάλογα ένα ακόμα διαστάσεων 1,00m x 1,50m μπροστά από κάθε ακρόβαθρο. Πάνω από τα ανοίγματα θα πρέπει να τοποθετείται ένας γάντζος ανύψωσης βαρών με επιτρεπόμενο φορτίο λειτουργίας 15kN.

### 3.5

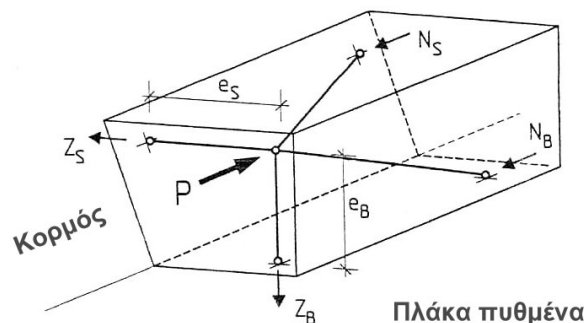
#### Στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής

- (1) P Τα στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής καθώς και οι διελεύσεις θα πρέπει να μορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε εκτός από την προγραμματισμένη γωνιακή εκτροπή να υπάρχει πανταχόθεν ανοχή τουλάχιστον  $\Delta\alpha = \pm 0,055\text{rad}$  και από τις δύο πλευρές εκτροπής στο περιβάλλον σκυρόδεμα. Στις διελεύσεις θα πρέπει να τίθεται ως προγραμματισμένη γωνιακή εκτροπή  $\alpha = 0 \text{ rad}$ . Η ανοχή στη θέση αγκύρωσης ενός τένοντα ισχύει μόνο για την περιοχή της εξόδου από το στοιχείο αγκύρωσης στο ελεύθερο μήκος.
- (2) P Τα στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής θα πρέπει να σχεδιάζονται τόσο για τη σειρά τανύσεων που προκύπτουν από την πορεία της κατασκευής όσο και για την πιθανή αλλαγή των τενόντων ή την εγκατάσταση πρόσθετων εξωτερικών τενόντων. Κατά το σχεδιασμό των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής θα πρέπει να θεωρείται ότι οι δυνάμεις εκτροπής μπορούν να εμφανισθούν ακόμα και σε πεδίο ανοχής  $\Delta\alpha$ .
- (3) P Η επιρροή των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των γειτονικών δομικών στοιχείων. Επιπλέον ως βάση θα πρέπει να λαμβάνεται η μέση τιμή της δύναμης προέντασης  $P_{m,t}$ .

- (4) Η επιρροή προσθέτων εξωτερικών τενόντων σύμφωνα με την 3.4 (1) θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην περιοχή των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής καθώς και των γειτονικών δομικών στοιχείων, μπορεί όμως να παραλείπεται κατά τον υπολογισμό του συνολικού φέροντος συστήματος.
- (5) P Οι δυνάμεις τάνυσης που ασκούνται στα στοιχεία αγκύρωσης θα πρέπει να αγκυρώνονται μέσω οπλισμού ,προς τα πίσω ,στα γειτονικά δομικά στοιχεία με τουλάχιστον 35% της εισαγόμενης δύναμης προέντασης . Η αναλαμβανόμενη δύναμη του ανάδρομου οπλισμού αγκύρωσης προκύπτει από την τιμή σχεδιασμού της τάσης του χάλυβα σκυροδέματος  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ . Επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη μόνο εκείνο το τμήμα του οπλισμού που βρίσκεται στο εύρος εισαγωγής της δύναμης προέντασης στο γειτονικό δομικό στοιχείο. Σε τένοντες με συνάφεια επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη η διαφορά της τάσης μέχρι την επιτρεπόμενη.
- (6) P Η διαστασιολόγηση των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής θα πρέπει να βασίζεται σε ανάλογα προσομοιώματα παρακολούθησης της ροής της δύναμης. Τα επιλεγόμενα προσομοιώματα θα πρέπει να προσανατολίζονται προς τη θεωρία της ελαστικότητας. Ταυτόχρονα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αναλογίες ακαμψίας των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής καθώς και των γειτονικών δομικών στοιχείων (συγκρ. II.2.5.1.1 και II-2.5.3.2). Κατά την διαστασιολόγηση θα πρέπει να παρακολουθούνται πλήρως τα επιμέρους ποσοστά μεταβίβασης δύναμης. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαταραχή της ροής της δύναμης λόγω εγκαρσίων ανοιγμάτων (διελεύσεις, αγκυρώσεις σωλήνες εκτροπής κ.α.).
- (7) P Σε στοιχεία αγκύρωσης που σύμφωνα με την (6) P λειτουργούν κυρίως ως βραχείς πρόβολοι ,θα πρέπει ο ελκυστήρας να σχεδιάζεται για περίπου 40% της δύναμης αγκύρωσης που αναλογεί στον βραχύ πρόβολο .
- (8) P Σε στοιχεία αγκύρωσης που λειτουργούν κυρίως ως γωνιακοί βραχείς πρόβολοι μπορεί στο δεδομένο πεδίο εφαρμογής για ευκολία να οριστεί η κατανομή σε δύο ελκυστήρες σύμφωνα με το σχήμα 3.1. Λόγω αβεβαιοτήτων των προσομοιωμάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπολογιστικά υπόψη μία αύξηση της χαρακτηριστικής δύναμης αγκύρωσης κατά 10%. Κάθε διεύθυνση του βραχέος προβόλου θα πρέπει σύμφωνα με την παρ. (7) P να σχεδιάζεται για τουλάχιστον 40% της δύναμης αγκύρωσης που της αναλογεί.
- (9) P Για στοιχεία αγκύρωσης και εκτροπής θα πρέπει στην οριακή κατάσταση αστοχίας στην πλευρά της δράσης να ορίζεται επιμέρους συντελεστής ασφάλειας όπως για τις μόνιμες δράσεις σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 101 «Δράσεις σε γέφυρες», κεφ. IV, παράρτημα C, πίνακας C.1 ίσος με  $\gamma_P = 1,35$ . Στην πλευρά της αντοχής ισχύουν χωρίς καμία τροποποίηση οι επιμέρους συντελεστές ασφάλειας σύμφωνα με την II-2.3.3.2, πίνακας 3.2.
- (10) P Για τα στοιχεία εκτροπής θα πρέπει στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας να εκτελείται έλεγχος του πλάτους ρηγμάτωσης. Λόγω αβεβαιοτήτων των προσομοιωμάτων θα πρέπει να τίθεται ως βάση μία δύναμη εκτροπής υπολογιστικά αυξημένη κατά 35%. Το εύρος ρηγμάτωσης μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει περιοριστεί επαρκώς όταν η τάση του χάλυβα σκυροδέματος δεν υπερβαίνει τις τιμές της II-4.4.2.3, πίνακας 4.120 για διατομές οπλισμένου σκυροδέματος. Εδώ δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται ο πίνακας 4.121 της II-4.4.2.3.

(11) P

Για τα στοιχεία αγκύρωσης θα πρέπει στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας να εκτελείται έλεγχος για το εύρος ρηγμάτωσης. Το εύρος ρηγμάτωσης θα πρέπει να θεωρείται ότι έχει περιοριστεί επαρκώς όταν η τάση του χάλυβα σκυροδέματος δεν υπερβαίνει τις τιμές της Π-4.4.2.3 του πίνακα 4.120 για τις διατομές οπλισμένου σκυροδέματος. Ο πίνακας 4.121 της Π-4.4.2.3 δεν εφαρμόζεται.



$$\text{Για } 0,6 \leq \frac{e_s}{e_B} \leq 1,5 :$$

$$N_B = P \cdot (e_s / (e_s + e_B))$$

$$N_S = P \cdot (e_B / (e_s + e_B))$$

$$Z_B \geq -0,4 \cdot N_B$$

$$Z_S \geq -0,4 \cdot N_S$$

Σχ. 3.1: Γωνιακός βραχύς πρόβολος , απλοποιημένη κατανομή σε δύο ελκυστήρες

## 4

### Επίβλεψη

(1) P

Ο κατασκευαστής θα πρέπει να καταρτίζει οδηγίες εργασίας για την προγραμματισμένη εγκατάσταση και αλλαγή των εξωτερικών τενόντων την οποία θα υποβάλλει στον Κ.τ.Ε έγκαιρα πριν από την έναρξη των εργασιών. Ιδιαίτερα θα πρέπει να περιγράψει:

- την εργοταξιακά σωστή διαστασιολόγηση των στοιχείων δημιουργίας κενών στα κατασκευαστικά σχέδια,
- τη μέτρηση και εγκατάσταση των στοιχείων δημιουργίας κενών στον ξυλότυπο,
- την ασφαλή θέση των στοιχείων δημιουργίας κενών ,
- την εγκατάσταση, τάνυση και αλλαγή των τενόντων

(2) P

Ο κατασκευαστής θα πρέπει να συντάσσει πρόγραμμα μετρήσεων με τη βοήθεια του οποίου να διασφαλίζεται η επίβλεψη και ο έλεγχος των επιμέρους σταδίων της εργασίας κατά τη διάρκεια και στην τελική κατάσταση της κατασκευής.

(3) P

Η σωστή εγκατάσταση των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής καθώς και των διελεύσεων θα πρέπει να ελέγχεται με τη λήψη κατάλληλων μέτρων αμέσως μετά από την κατασκευή τους.

*Παρατήρηση: Αυτό μπορεί π.χ. να πραγματοποιηθεί με το συνεχές πέρασμα και την τάνυση λεπτού σύρματος μέσω των στοιχείων αγκύρωσης και εκτροπής καθώς και μέσω των διελεύσεων που προβλέπονται για τα στοιχεία ( γνωστή ως μέθοδος κορδονίου ).*

(4) P

Για τον έλεγχο της κατασκευής θα πρέπει όλα τα δομικά στοιχεία στο εσωτερικό της κιβωτίου που εξυπηρετούν στην αγκύρωση, εκτροπή ή τις διελεύσεις των εξωτερικών τενόντων να χαρακτηρίζονται με σαφήνεια.

**Κεφάλαιο IV                      Γενικοί κανόνες για δομικά στοιχεία και φέρουσες κατασκευές από προκατασκευασμένα τμήματα                      Σελίδα**

**Περιεχόμενα**

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>249</b>
1.1	Πεδίο εφαρμογής	249
1.4	Έννοιες	249
1.4.2	Ειδικές έννοιες	249
<b>2</b>	<b>Θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού του φέρουσας κατασκευής</b>	<b>251</b>
2.1	Θεμελιώδεις απαιτήσεις	251
2.2	Έννοιες και κατηγοριοποίηση (οριακών καταστάσεων και δράσεων)	251
2.2.3	Ιδιότητες δομικών υλικών	251
2.2.3.1	Χαρακτηριστικές τιμές	251
2.3	Απαιτήσεις για το σχεδιασμό της φέρουσας κατασκευής	251
2.3.1	Γενικά	251
2.3.3	Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας	251
2.3.3.2	Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα δομικά υλικά	251
2.5	Καθορισμός εντατικών μεγεθών	252
2.5.1	Γενικές θεμελιώδεις αρχές	252
2.5.1.1	Γενικά	252
2.5.3	Υπολογιστικές μέθοδοι	252
2.5.3.1	Θεμελιώδεις αρχές	252
2.5.3.8	Φορείς με αποτετμημένα άκρα. (προεξοχές έδρασης)	253
<b>3</b>	<b>Ιδιότητες δομικών υλικών</b>	<b>253</b>
3.1	Σκυρόδεμα	253
3.1.5	Παραμορφώσεις	253
3.1.5.5	Ερπυσμός και συστολή	253
3.6	Αγκύρια μεταφοράς	254
<b>4</b>	<b>Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων</b>	<b>254</b>
4.2	Τιμές σχεδιασμού	254
4.2.3	Χάλυβας προέντασης	254
4.2.3.4	Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης	254
4.2.3.4.1	Χαλάρωση	254
4.2.3.5	Σχεδιασμός δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα	254
4.2.3.5.6	Περιοχές αγκύρωσης τενόντων με άμεση σύνδεση	254
4.3	Έλεγχοι στις οριακές καταστάσεις αστοχίας	256
4.3.6	Οριακές καταστάσεις αστοχίας λόγω παραμορφώσεων του φορέα	256
4.3.6.7	Πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων	256
4.4	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	257
4.4.1	Περιορισμός τάσεων	257
4.4.1.2	Περιορισμός της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος	257
4.5	Σύνδεση προκατασκευασμένων τμημάτων	257



4.5.1	Γενικά	257
4.5.2	Αρμοί υπό θλίψη	258
4.5.3	Μεταβίβαση τέμνουσας σε αρμούς	260
4.5.4	Συνδέσεις παραλαμβάνουσες κάμψη και εφελκυσμό	262
4.5.5	Περιοχές έδρασης	263
<b>5</b>	<b>Κατασκευαστική διαμόρφωση</b>	<b>263</b>
5.2	Χάλυβας σκυροδέματος	263
5.2.2	Συνάφεια	263
5.2.2.1	Συνθήκες συνάφειας	263
5.2.3	Αγκύρωση του διαμήκους οπλισμού	263
5.2.3.2	Γενικά για τα είδη αγκύρωσης	263
5.4	Κατασκευαστικοί κανόνες δομικών στοιχείων	264
5.4.2	Δοκοί και πλακοδοκοί	264
5.4.2.1	Διαμήκης οπλισμός	264
5.4.2.1.1	Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό οπλισμού	264
5.4.9	Προκατασκευασμένα στοιχεία	264
5.4.9.2	Αρμοί	264
5.4.9.2.2	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	264
5.4.9.3	Σύμμικτα δομικά στοιχεία	265
5.4.9.3.1	Θεμελιώδεις αρχές	265
5.4.9.3.3	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	265

## 1

### Εισαγωγή

Η ενότητα 1 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

#### 1.1

##### Πεδίο εφαρμογής

Προσθήκη:

(107) P

Προκατασκευασμένοι φορείς χαρακτηρίζονται από αρμούς που αποτελούν τις ενώσεις ανάμεσα στα επιμέρους δομικά στοιχεία.

(108)

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει αρχές και κανόνες εφαρμογής που συμπληρώνουν αυτούς του κεφαλαίου II του παρόντος κανονισμού DIN. Ερωτήματα σχετικά με την κατασκευή και τη συναρμολόγηση των φορέων δεν ρυθμίζονται εδώ.

(109)

Στους προκατασκευασμένους φορείς από σκυρόδεμα θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα ακόλουθα σημεία:

- κατασκευαστική διαμόρφωση των εδράσεων,
- κατασκευαστική διαμόρφωση αρμών/ενώσεων,
- φέρουσα ικανότητα και ευστάθεια κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων κατασκευής,
- προένταση με άμεση συνάφεια

#### 1.4

##### Έννοιες

#### 1.4.2

##### Ειδικές έννοιες

Προσθήκη μετά την αρχή (102) P:

- (103) Ρ Οι ακόλουθες έννοιες χρησιμοποιούνται στο παρόν κεφάλαιο με τους ακόλουθους ορισμούς:
- Προκατασκευασμένο θεωρείται ένα δομικό στοιχείο το οποίο δεν κατασκευάζεται στην τελική του θέση αλλά στο εργοστάσιο ή σε ένα άλλο σημείο προστατευόμενο από τις δυσμενείς επιρροές του καιρού.
  - Ένα σύμμικτο δομικό στοιχείο αποτελείται από ένα προκατασκευασμένο τμήμα και από επί τόπου σκυρόδεμα με ή χωρίς συνδετικά μέσα από οπλισμό.
  - Οι δίσκοι είναι επίπεδα δομικά στοιχεία υποβαλλόμενα σε δυνάμεις που δρουν στο επίπεδό τους. Ένας δίσκος μπορεί να αποτελείται από περισσότερα προκατασκευασμένα και μεταξύ τους ενωμένα στοιχεία.
  - Ελκυστήρες θεωρούνται δομικά στοιχεία καταπονούμενα σε εφέλκυσμό.
  - Προκατασκευασμένα μεμονωμένα δομικά στοιχεία θεωρούνται εκείνα τα οποία σε περίπτωση αστοχίας δεν έχουν καμία περαιτέρω δυνατότητα μεταβίβασης φορτίου, π.χ. από ανακατανομή εσωτερικών δυνάμεων και ροπών.
- (104) Κατά κανόνα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα είδη οπλισμένων ή προεντεταμένων προκατασκευασμένων στοιχείων:
- γραμμικά δομικά στοιχεία (π.χ. δοκοί, φορείς με νευρώσεις, υποστυλώματα),
  - δομικά στοιχεία με τη μορφή πλάκας (π.χ. πλήρως ή μερικώς προκατασκευασμένες ολόσωμες πλάκες, νευρώσεις και ενδιάμεσα δομικά στοιχεία, πλάκες με κενά ),
  - άλλα δομικά στοιχεία (π.χ. θεμέλια, σκάλες).
- (105) Διαστασιολόγηση προσωρινών καταστάσεων :
- Στη μέθοδο της προκατασκευής η διαστασιολόγηση προσωρινών καταστάσεων καλύπτουν τα ακόλουθα:
- αφαίρεση τύπων,
  - μεταφορά στο χώρο εναπόθεσης,
  - συνθήκες έδρασης και δράσεις κατά την αποθήκευση ,
  - μεταφορά στο εργοτάξιο,
  - συναρμολόγηση (ανύψωση) και εγκατάσταση.

## **2 Θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής .**

Η παράγραφος 2 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

### **2.1 Θεμελιώδεις απαιτήσεις**

Προσθήκη μετά την αρχή (4) P:

(105) P Ο φορέας και η συνεργασία των δομικών στοιχείων θα πρέπει να σχεδιάζονται κατά τρόπο που να εγγυάται την ανθεκτική και ευσταθή συμπεριφορά.

(108) Εάν κρίνεται απαραίτητο, θα πρέπει να διαμορφώνονται κατάλληλες μηχανικές συνδέσεις κατά τρόπο που να καθιστά δυνατό τον εύκολο έλεγχο και τις αλλαγές.

### **2.2 Έννοιες και κατηγοριοποίηση (οριακών καταστάσεων και δράσεων)**

#### **2.2.3 Ιδιότητες δομικών υλικών**

##### **2.2.3.1 Χαρακτηριστικές τιμές**

Προσθήκη μετά από τον κανόνα εφαρμογής (104):

(105) P Στους προκατασκευασμένους φορείς είναι απαραίτητο η θλιπτική αντοχή  $f_c$  του σκυροδέματος να ορίζεται σε διαφορετικά χρονικά σημεία της εκτέλεσης της κατασκευής (π.χ. κατά την αφαίρεση τύπων, την εφαρμογή της προέντασης) (βλέπε II-3.1.2).

### **2.3 Απαιτήσεις για το σχεδιασμό της φέρουσας κατασκευής**

#### **2.3.1 Γενικά**

Προσθήκη μετά από την αρχή (4) P:

(105) Εφόσον είναι καθοριστικό, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό του φορέως να δοθεί προσοχή κατά την διαστασιολόγηση των προσωρινών καταστάσεων στην επιρροή των δυναμικών δράσεων (π.χ. κρούσεις). Αντί για ακριβή υπολογισμό μπορεί αυτό να γίνει με πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων στατικών δράσεων με ένα κατάλληλο συντελεστή.

#### **2.3.3 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας**

##### **2.3.3.2 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα δομικά υλικά**

(104) Για τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορεί να επιλεγεί  $\gamma_c = 1,35$  εφόσον η κατασκευή υπόκειται σε μόνιμο έλεγχο.

## 2.5 Καθορισμός εντατικών μεγεθών

### 2.5.1 Γενικές θεμελιώδεις αρχές

#### 2.5.1.1 Γενικά

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (6):

- (107) P Για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του παρόντος κανονισμού DIN FB θα πρέπει ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών, εφόσον είναι απαραίτητο, να λαμβάνει υπόψη στους προκατασκευασμένους φορείς και τη συμπεριφορά των αρμών/ενώσεων μεταξύ των επιμέρους δομικών στοιχείων.

Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών θα πρέπει να πραγματοποιείται για κάθε καθοριστική φάση κατάσταση της κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη γεωμετρία και τις ιδιότητες των δομικών υλικών .

- (108) Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών για τους προκατασκευασμένους φορείς σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα:

- τη συμπεριφορά των επιμέρους τμημάτων του φορέως σε όλες τις φάσεις κατασκευής και την αλληλεπίδρασή τους με άλλα δομικά στοιχεία (π.χ. συνεργασία με εργοταξιακό σκυρόδεμα, με άλλα προκατασκευασμένα τμήματα ),
- τη συμπεριφορά του φορέα λαμβάνοντας ιδιαίτερα υπόψη πιθανές παραμορφώσεις και την αντοχή των ενώσεων,
- τις αβεβαιότητες σε ό,τι αφορά τους καταναγκασμούς και τη μεταβίβαση της δύναμης ανάμεσα στα δομικά στοιχεία εξαιτίας αποκλίσεων στη γεωμετρία και τη θέση των τμημάτων και των στηρίξεων.

- (109) Οριζόντιες δυνάμεις έδρασης αναπτυσσόμενες λόγω τριβής υπό τα νεκρά φορτία ενός στηριζομένου δομικού στοιχείου επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο σε μη σεισμικές περιοχές (με  $\gamma_{G,inf}$ ) όταν:

- η τριβή δεν εξασφαλίζει εξ ολοκλήρου τη συνολική ευστάθεια του φορέως, και
- η διαμόρφωση των εδράσεων αποκλείει τη δυνατότητα συγκέντρωσης μη αναστρέψιμων κινήσεων των δομικών στοιχείων που προκαλούνται για παράδειγμα από την ανόμοια συμπεριφορά σε εναλλασσόμενες δράσεις με διαφορετικά πρόσημα (ανακυκλιζόμενες θερμικές δράσεις στα άκρα των εδράσεων αρθρωτών αμφιερείστων φορέων).

- (110) Οι δράσεις των οριζόντιων κινήσεων θα πρέπει κατά το σχεδιασμό του φορέως να λαμβάνονται υπόψη δίνοντας προσοχή στη φέρουσα ικανότητα και την ακεραιότητα των αρμών/ενώσεων. Όπου κριθεί απαραίτητο, θα πρέπει να προβλέπονται ενεργά εφέδρανα.

### 2.5.3 Υπολογιστικές μέθοδοι

#### 2.5.3.1 Θεμελιώδεις αρχές

Προσθήκη μετά από τον κανόνα εφαρμογής (104):

- (106) P Εκεί όπου μπορούν να αναπτυχθούν διαφορικές μετατοπίσεις μεταξύ ενός δομικού στοιχείου και της έδρασής του , θα πρέπει να ελέγχονται οι συνέπειες τους τόσο στις εδράσεις όσο και στη φέρουσα κατασκευή.

- (107) Ενώσεις, δυνάμενες να αναλάβουν ροπές μπορούν για την διαστασιολόγηση να θεωρούνται ως μονολιθικές όταν:
- προβλέπεται εφαρμογή επί τόπου σκυροδέματος και συμβατική διαμόρφωση του οπλισμού,
  - η αποτελεσματικότητα της συνέχειας αποδεικνύεται με ακριβείς έρευνες που θα πρέπει να πραγματοποιούνται με δυσμενείς για τη φέρουσα ικανότητα και την ακαμψία παραδοχές.

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει οι ενώσεις να θεωρούνται ως αρθρώσεις.

### 2.5.3.8 Φορείς με αποτετμημένα άκρα (προεξοχές έδρασης)

- (101) Αποτετμημένα άκρα (προεξοχές έδρασης) φορέων μπορούν να διαστασιολογηθούν με εφαρμογή μοντέλων δικτυωμάτων.

- (102) Ο συνολικός οπλισμός θα πρέπει να αγκυρώνεται καταλλήλως.

## 3 Ιδιότητες δομικών υλικών

Η παράγραφος 3 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

### 3.1 Σκυρόδεμα 3.1.5 Παραμορφώσεις 3.1.5.5 Ερπυσμός και συστολή

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (3)\*P:

- (103) Σε περίπτωση που η προκαλούσα τον ερπυσμό θλιπτική τάση του σκυροδέματος υπερβεί την τιμή  $0,45 \cdot f_{ck,j}$  θα πρέπει ο βασικός συντελεστής ερπυσμού να μετατραπεί ως εξής:

$$\varphi_{0,k} = \varphi_0 \cdot \exp^{(1,5(k_\sigma - 0,45))} \quad (3.106)$$

Όπου:

$\varphi_{0,k}$  μη γραμμικός βασικός συντελεστής ερπυσμού που αντικαθιστά το  $\varphi_0$   
 $\varphi_0$  βασικός συντελεστής ερπυσμού σύμφωνα με την II-3.1.5.5. ή τη «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

$k_\sigma$  λόγος τάσης-αντοχής  $\sigma_c / f_{cmj}$  όπου  $\sigma_c$  είναι η θλιπτική τάση του σκυροδέματος υπό ημι-μόνιμη δράση και  $f_{cmj}$  η μέση τιμή της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος κατά τη χρονική στιγμή της καταπόνησης (βλέπε II-4.2.1.3.3 (6)).

- (108) Για τον ερπυσμό υπό υψηλές θερμοκρασίες, βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

### 3.6 Αγκύρια μεταφοράς

(101) P Το υλικό για τα αγκύρια ανύψωσης και μετακίνησης δεν επιτρέπεται να ψαθυροποιείται σημαντικά με τη διάρκεια του χρόνου ή τις χαμηλές θερμοκρασίες.

## 4 Σχεδιασμός διατομών και δομικών στοιχείων

Η παράγραφος 4 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

### 4.2 Τιμές σχεδιασμού

#### 4.2.3 Χάλυβας προέντασης

##### 4.2.3.4 Τεχνολογικές ιδιότητες του χάλυβα προέντασης

###### 4.2.3.4.1 Χαλάρωση

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (2):

(3) P Στα προεντεταμένα δομικά στοιχεία με άμεση σύνδεση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες χαλάρωσης που προκαλούνται από αυξημένες θερμοκρασίες σε σκυρόδεμα που υπόκειται θερμική συντήρηση. Η απώλεια λόγω χαλάρωσης αυξάνεται κατά τη θερμική συντήρηση ενώ το ποσοστό χαλάρωσης μειώνεται στο τέλος αυτής.

##### 4.2.3.5 Σχεδιασμός δομικών στοιχείων από προεντεταμένο σκυρόδεμα

###### 4.2.3.5.6 Περιοχές αγκύρωσης τενόντων με άμεση σύνδεση

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (11):

(111) Η αγκύρωση της εφελκυστικής δύναμης  $F_{sd}(x)$  υπό τα δρόντα φορτία θα πρέπει να ελέγχεται στην οριακή κατάσταση αστοχίας.

Η ακόλουθη απλοποιητική έκφραση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εφελκυστική δύναμη  $F_{sd}(x)$  σε απόσταση  $x$  από τα τη στήριξη:

$$F_{sd}(x) = \frac{M_{Ed}(x)}{z} + V_{Ed}(x) \cdot \cot \theta \quad (4.182)$$

Όπου:

$M_{Ed}(x)$  αναλαμβανόμενη καμπτική ροπή στη θέση  $x$

$z$  εσωτερικός μοχλοβραχίονας

$V_{Ed}(x)$  αναλαμβανόμενη τέμνουσα δύναμη στη θέση  $x$

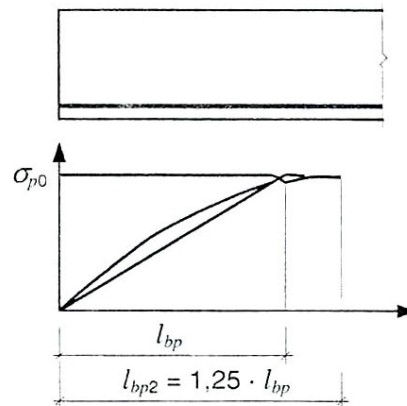
$x$  απόσταση από τον άξονα έδρασης

$\theta$  γωνία μεταξύ των θλιβομένων διαγωνίων του σκυροδέματος και του διαμήκη άξονα του δομικού στοιχείου. Σε δομικά στοιχεία χωρίς οπλισμό διάτμησης λαμβάνεται το  $\cot \theta$  ίσο με 1,0.

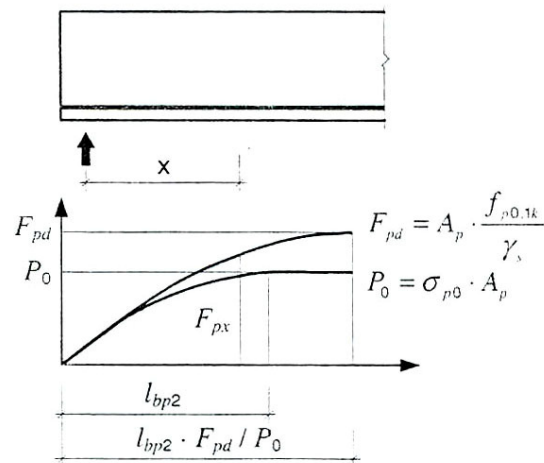
(111) Μπορεί να θεωρηθεί ότι η προένταση εισάγεται γραμμικά επί μήκους  $l_{bp}$  σύμφωνα προς τον πίνακα 4.7 στο κεφάλαιο II.

Όταν ένα προεντεταμένο δομικό στοιχείο με άμεση σύνδεση διαστασιοποιείται βάσει της εξίσωσης (4.6), θα πρέπει οι τιμές του  $\beta_b$  στον πίνακα 4.7, κεφάλαιο II, να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή  $\sigma_{p0}/(0,80 \cdot f_{pk})$  όπου το  $\sigma_{p0}$  αντιστοιχεί στην υπολογιστική τάση του χάλυβα προέντασης.

- (112) Για μία γραμμική αύξηση της προέντασης βάσει της (111) η δύναμη αγκύρωσης  $F_{px}$  μπορεί να υπολογιστεί σε απόσταση  $x$  σύμφωνα με την II-4.2.3.5.6 (9).
- (113) Για ακριβέστερους υπολογισμούς μπορεί ακόμα να θεωρηθεί μία παραβολική αύξηση της προέντασης (βλέπε Σχ. 4.134 στο παρόν κεφάλαιο). Το μήκος εισαγωγής σύμφωνα με την εξίσωση (4.12) του κεφαλαίου II θα πρέπει τότε να αυξηθεί κατά 25%.
- (114) Για μία παραβολική αύξηση της προέντασης μπορεί να γίνει δεκτό ότι η δύναμη αγκύρωσης  $F_{px}$  επιτυγχάνει μία μέγιστη τιμή  $F_{pd} = f_{p0,1k} \cdot A_p / \gamma_s$  σύμφωνα με το Σχ. 4.134b.
- (115) Το μήκος εισαγωγής  $l_{bp}$  των μορφοποιημένων συρμάτων με διαμέτρους  $\leq 9\text{mm}$  και των συνήθων πολυκλώνων συρματοσχοίνων σε ελάχιστη απόσταση σύμφωνα με την II-5.3.3.1 με επιφάνειες διατομών  $A_p \leq 100 \text{ mm}^2$  μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με το κεφάλαιο II, εξίσωση (4.12) και τον πίνακα 4.7 όταν οι επιφανειακές ιδιότητες αντιστοιχούν στα σχετικά πρότυπα και η προένταση αντιστοιχεί στις τιμές της II-4.2.3.5.4.



a)



b)

### Επεξήγηση

a) Γραμμική και παραβολική αύξηση της προέντασης

b) Οριακές καμπύλες για την αγκύρωση

Σχ. 4.134: Αύξηση της προέντασης στην περιοχή εισαγωγής

## 4.3 Έλεγχοι στις οριακές καταστάσεις αστοχίας

### 4.3.5 Οριακές καταστάσεις αστοχίας εξαιτίας παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής

#### 4.3.5.7 Πλευρική απόκλιση λυγηρών φορέων

Αντικατάσταση του κανόνα εφαρμογής (3)\* με:

(103) P Πρέπει σε λυγηρούς φορείς να διεξαχθεί έλεγχος κατά τη διάρκεια της ανύψωσης, μεταφοράς, συναρμολόγησης και στην οριστική τους θέση υπό τις καθοριστικές δράσεις. Ο έλεγχος λεπτών φορέων και των εδράσεών τους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και αθέλητη έκκεντρη έδραση.



**4.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας**  
**4.4.1 Περιορισμός τάσεων**  
**4.4.1.2 Περιορισμός της θλιπτικής τάσης του σκυροδέματος**

(102) P Αντικατάσταση του κανόνα εφαρμογής (102) P με:  
Διαμήκειες ρωγμές μπορούν να προκύψουν όταν οι τάσεις υπό σπάνιους συνδυασμούς δράσεων υπερβούν μία κρίσιμη τιμή. Αυτού του είδους η ρηγμάτωση μπορεί να προκαλέσει μείωση της ανθεκτικότητας. Εάν δεν λαμβάνονται άλλα μέτρα, όπως π.χ. αύξηση της επικάλυψης σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη ή περίσφιγξη της θλιβόμενης ζώνης με οπλισμό από συνδετήρες μπορεί να κριθεί απαραίτητο οι θλιπτικές τάσεις σε περιοχές υποκειμένες σε συνθήκες σύμφωνα προς DIN FB 100 «Σκυρόδεμα» να περιοριστούν σε  $0,6 \cdot f_{ck}$ .

Σε προεντεταμένα προκατασκευασμένα στοιχεία με άμεση σύνδεση η μέγιστη τιμή της τάσης μπορεί να αυξηθεί σε  $0,7 \cdot f_{ck}$ , εφόσον αυτό αιτιολογείται με πειράματα ή την εμπειρία.

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (104) P:

(108) Θα πρέπει να αποφεύγεται τυχόν βλαπτική ρηγμάτωση που επηρεάζει την χρήση. Εάν δεν ληφθούν άλλα μέτρα, αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί με περιορισμό της τάσης του σκυροδέματος υπό τη δράση του νεκρού φορτίου και της προέντασης.

Επιπρόσθετες παράγραφοι μετά από την II-4.4.4.4.3. (102):

**4.5 Σύνδεση προκατασκευασμένων στοιχείων**  
**4.5.1 Γενικά**

(1)\*P Οι συνδέσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανθίστανται σε όλες τις δράσεις, λαμβανομένων υπόψη των παραδοχών που έγιναν για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών της φέρουσας κατασκευής σαν σύνολο και για την διαστασιολόγηση των επιμέρους προς σύνδεση δομικών στοιχείων. Η διαστασιολόγηση θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η σύνδεση εγγυάται μία μονολιθική συμπεριφορά της φέρουσας κατασκευής.

(2)\* Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των ατελειών που προκύπτουν κατά την κατασκευή.

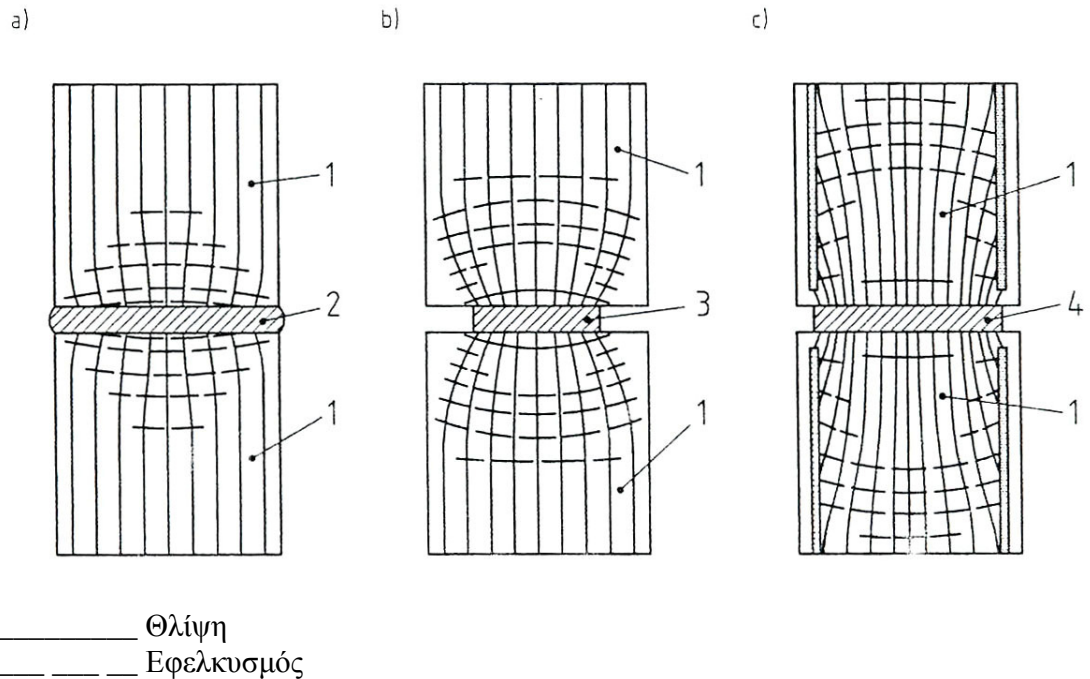
(3)\*P Επιπλέον, οι συνδέσεις θα πρέπει να διαστασιολογούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπεται η πρόωρη ρηγμάτωση ή αποφλοιώση του σκυροδέματος στα άκρα των δομικών στοιχείων.

(4)\* Κατά το σχεδιασμό των συνδέσεων θα πρέπει να δίνεται προσοχή:

- στις ανοχές,
- στις απαιτήσεις της συναρμολόγησης,
- στην κατασκευασσιμότητα,
- στη δυνατότητα εύκολου ελέγχου.

#### 4.5.2 Αρμοί υπό θλίψη

- (1)\*P Αρμοί υπό θλίψη είναι οι αρμοί οι οποίοι υπο τον δυσμενέστερο εντατικό συνδυασμό συνεχίζουν να βρίσκονται εξ ολοκλήρου υπό θλίψη.
- (2)\* Αρμοί έδρασης με κονίαμα, σκυρόδεμα ή σκληρυντικά πολυμερή ως υλικά πλήρωσης μπορούν να χρησιμοποιούνται όταν λαμβάνεται η απαραίτητη μέριμνα ώστε να αποκλεισθεί σχετική κίνηση ανάμεσα στις προς σύνδεση επιφάνειες κατά τη σκλήρυνση του υλικού γέμισης.
- (4)\*P Αρμοί υπό θλίψη προκαλούν σημαντικές εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις στα γειτνιάζονται δομικά στοιχεία (βλέπε Σχ 4.135). Μία έδραση θεωρείται σκληρή όταν το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του αρμού είναι μεγαλύτερο από το 70% του μέτρου ελαστικότητας του γειτονικών δομικών στοιχείων. Σκληρή έδραση σχηματίζουν ακόμα οι αρμοί που πληρούνται σε όλη τους της επιφάνεια με τσιμεντοκονίαμα (βλέπε Σχ . 4.135c). Εδώ εμφανίζονται εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις από εκτροπή των φερόντων δομικών στοιχείων απο οπλισμό και σκυρόδεμα .
- (5)\*P Οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις στην περιοχή των αρμών πρέπει να παραλαμβάνονται με κατάλληλο οπλισμό στα γειτονικά δομικά στοιχεία. Αυτός ο οπλισμός πρέπει να συγκεντρώνεται στην περιοχή των εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων.
- (6)\* Σε μαλακό υλικό αρμού (Σχ. 4.135 α) μπορεί επιπλέον να είναι απαραίτητο να οπλίζεται ο ίδιος ο αρμός, εάν δεν μπορεί να αποφευχθεί διαφορετικά η διαρροή του υλικού του αρμού.



### Υπόμνημα

- a) μετωπική δύναμη εφελκυσμού σε περίπτωση μαλακού υλικού πλήρωσης  
 b) εφελκυστική δύναμη διάσπασης σε περιορισμένη έδραση  
 c) Εγκάρσια εφελκυστική δύναμη σε αρμούς με σκληρό υλικό πλήρωσης σε όλη την επιφάνεια
- 1 Προκατασκευασμένα στοιχεία  
 2 Μαλακό υλικό αρμών  
 3 Περιορισμένη έδραση (σκληρό υλικό αρμών)  
 4 Σκληρό υλικό αρμών

### Σχ. 4.135: Εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις σε αρμούς υπό θλίψη

- (7)\* Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας των υπό θλίψη αρμών θα πρέπει να προκύπτει βάσει αναγνωρισμένων υπολογιστικών προσομοιωμάτων, όπου η φέρουσα ικανότητα κεντρικά καταπονουμένων ενώσεων υποστυλωμάτων υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N_{Rd} = -\kappa \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \quad (4.183)$$

Ο συντελεστής μείωσης  $\kappa$  λαμβάνει υπόψη το ποσοστό οπλισμού του υποστυλώματος και το πάχος του αρμού· για  $\kappa$ , βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

- (8)\* Κατά την ταυτόχρονη δράση ορθής και τέμνουσας δύναμης στον αρμό μπορεί να μην λαμβάνεται υπόψη η τέμνουσα δύναμη  $V_{sd}$  όταν  $V_{sd} < 0,1 N_{sd}$ , όπου το  $N_{sd}$  συμβολίζει τη διαμήκη θλιπτική δύναμη, διαφορετικά βλέπε IV-4.5.3.

### 4.5.3

(1)\*P

#### Μεταβίβαση τέμνουσας στους αρμούς

Η μεταβίβαση των διατμητικών δυνάμεων σε αρμούς ανάμεσα σε προκατασκευασμένα στοιχεία που βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο ή ανάμεσα σε επί τόπου σκυρόδεμα και ένα προκατασκευασμένο δομικό στοιχείο ή ακόμα ανάμεσα σε διαδοχικά χυτευόμενα τμήματα σκυροδέματος καθορίζεται από την τραχύτητα και το είδος της επιφάνειας του αρμού. Για τον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

- πολύ λείος αρμός: το σκυρόδεμα χυτεύθηκε πάνω σε χάλυβα ή σε λείο ξυλότυπο,
- λείος αρμός: η επιδερμίδα του αρμού αφαιρέθηκε ή κατασκευάστηκε με ολίσθηση ή εξώθηση, ή μετά τη συμπίκνωση παρέμεινε ανεπεξέργαστη,
- τραχύς αρμός: η επιφάνεια εμφανίζει ορισμένη τραχύτητα (βλ. «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525),
- οδοντωτός αρμός: όταν η γεωμετρία της οδόντωσης αντιστοιχεί στα στοιχεία του Σχ. 4.136 α) ή εμφανίζονται τα αδρανή.

(2)\*

Η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας που μεταβιβάζεται ανά μονάδα μήκους στη διεπιφάνεια μεταξύ εγχύτου σκυροδέματος και προκατασκευασμένου στοιχείου ή σε διαδοχικά συμπληρούμενες διατομές προκύπτει βάσει της εξίσωσης (4.184):

$$v_{Ed} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{V_{Ed}}{z} \quad (4.184)$$

Όπου:

$F_{cdj}$  Τιμή σχεδιασμού του μέρους της αξονικής δύναμης που μεταβιβάζεται διά του αρμού

$F_{cd}$  Τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης πέλματος λόγω κάμψης στην ελεγχόμενη διατομή με

$$F_{cd} = \frac{M_{Ed}}{z}$$

(3)\*P

Χωρίς οπλισμός συρραφής η τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανομένης διατμητικής δύναμης στους αρμούς των συμμίκτων δομικών στοιχείων όπως και σε αρμούς μεταξύ πλακών και τοιχωμάτων ανέρχεται σε:

$$v_{Rd,ct} = [0,042 \cdot \beta_{ct} \cdot f_{ck}^{1/3} - \mu \cdot \sigma_{Nd}] \cdot b \quad (4.185)$$

Όπου:

$\beta_{ct}$  Συντελεστής τραχύτητας βάσει του πίνακα 4.113 και την παρ. (4)\*

$f_{ck}$  Χαρακτηριστική τιμή της θλιπτικής αντοχής του επί τόπου σκυροδέματος ή του προκατασκευασμένου στοιχείου (η μικρότερη τιμή είναι και η καθοριστική) σε  $\text{N/mm}^2$

$\mu$  Συντελεστής τριβής σύμφωνα με τον πίνακα 4.113

$\sigma_{Nd}$  Ορθή τάση κάθετα στον αρμό ( $\sigma_{Nd} < 0$  ως θλιπτική τάση του σκυροδέματος)

$$\sigma_{Nd} = \frac{n_{Ed}}{b} \geq -0,6 f_{cd} \text{ σε } \text{N/mm}^2$$

$n_{Ed}$	Κατώτερη τιμή σχεδιασμού της ορθής δύναμης κάθετα στον αρμό ανά μονάδα μήκους (βλέπε Σχ. 4.135 α)
$b$	Πλάτος της επιφάνειας επαφής (π.χ. πλάτος του οριζόντιου αρμού)

**Πίνακας 4.113: Συντελεστές  $\beta_{ct}$ ,  $\mu$**

Σειρά	Στήλη	1	2
	Μορφή επιφάνειας σύμφωνα με την (1)*P	$\beta_{ct}$	$\mu$
1	Οδοντωτή	2,4	1,0
2	Τραχεία	2,0 <sup>a</sup>	0,7
3	Λεία	1,4 <sup>a</sup>	0,6
4	Πολύ λεία	0	0,5
<sup>a</sup> βλέπε παρ. (4)			

(4)\*P Εφόσον ο αρμός, από δράσεις κάθετα προς αυτόν, τελεί υπό εφελκυσμό πρέπει στους λείους ή τους τραχείς αρμούς να τίθεται  $\beta_{ct} = 0$ .

(5)\*P Σε οπλισμένους αρμούς συμμίκτων δομικών στοιχείων, περιλαμβανομένων και των αρμών μεταξύ πλακών και τοιχωμάτων, η τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανομένης διατμητικής δύναμης ανέρχεται σε:

$$v_{Rd,sy} = a_s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha - \mu \cdot \sigma_{Nd} \cdot b \quad (4.186)$$

Όπου:

$a_s$	Η διατομή του οπλισμού που διασταυρώνεται με τον αρμό ανά μονάδα μήκους
$\alpha$	Η γωνία του οπλισμού που διασταυρώνεται με τον αρμό (βλέπε Σχ. 4.136 α) με $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

Η κλίση των θλιβομένων διαγωνίων του δικτυώματος θα περιορίζεται ως εξής:

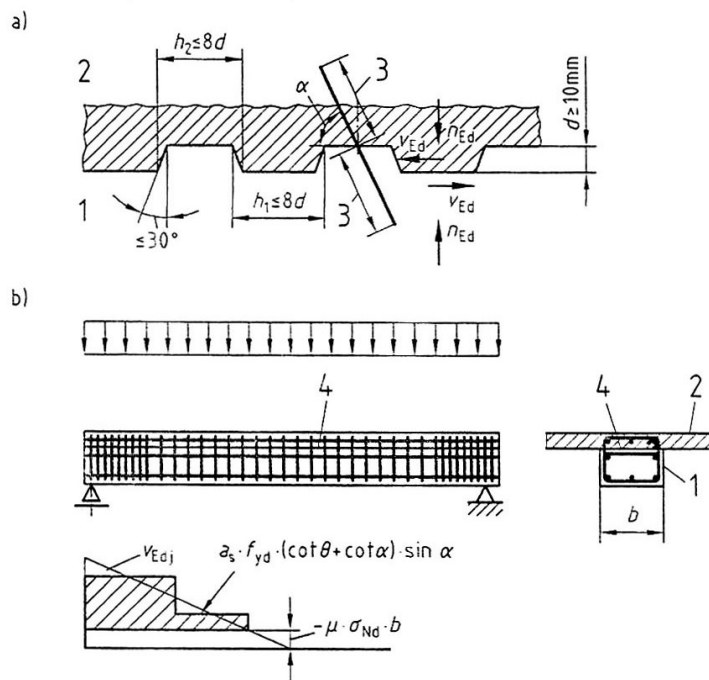
$$1,0 \leq \cot \theta \leq \frac{1,2\mu - 1,4\sigma_{cd} / f_{cd}}{1 - v_{Rd,ct} / v_{sd}} \leq 3,0 \quad (4.187)$$

Όπου:

$V_{Rd,ct}$  σύμφωνα με την εξίσωση (4.184)

Ως  $\sigma_{cd}$  μπορεί να τεθεί η τιμή σχεδιασμού της ορθής τάσης στο προσαρτώμενο μέρος της διατομής. Ταυτόχρονα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το πρόσημο, δηλ.  $\sigma_{cd} < 0$  ως θλιπτική τάση του σκυροδέματος.

(6)\*P Ο απαιτούμενος οπλισμός θα πρέπει να υπολογίζεται με την εξίσωση (4.186). Σε δομικά στοιχεία καταπονούμενα σε κάμψη επιτρέπεται κλιμάκωση ανάλογα με το διάγραμμα τεμνουσών (βλέπε Σχ 4.136 b) ενώ σε δομικά στοιχεία καταπονούμενα στο επίπεδό τους (λειτουργία δίσκου)θα πρέπει να υπάρχει συγκέντρωση οπλισμού στα άκρα του αρμού. Ο οπλισμός διάτμησης του αρμού αγκυρώνεται και στις δύο πλευρές της επιφάνειας επαφής σύμφωνα με τους κανόνες του παρόντος κανονισμού DIN-F/b.



### Υπόμνημα

a) Οδόντωση

b) Διάγραμμα κάλυψης της διατμητικής δύναμης για την κατανομή του απαιτούμενου οπλισμού αρμών

1. 1<sup>ο</sup> τμήμα σκυροδέματος
2. 2<sup>ο</sup> τμήμα σκυροδέματος
3. Αγκύρωση του οπλισμού
4. Αρμός

Σχ. 4.136: Διαμόρφωση των αρμών

### 4.5.4

#### Συνδέσεις παραλαμβάνουσες κάμψη και εφελκυσμό

(1)\*P

Στους αρμούς θα πρέπει να εξασφαλίζεται η μεταβίβαση των καμπτικών ροπών και των εφελκυστικών δυνάμεων που δρουν εκεί.

(2)\*P

Στους αρμούς μπορούν να μεταβιβαστούν εφελκυστικές δυνάμεις με τα ακόλουθα είδη σύνδεσης :

- ενώσεις με παράθεση σε περιοχές με έγχυτο σκυρόδεμα και σύμμικτες κατασκευές (π.χ. ευθύγραμμες ράβδοι, ράβδοι με άγκιστρα, βρόχοι),
- κοχλιωτές μούφες,
- κοινή τάνυση.

Άλλοι τρόποι σύνδεσης είναι δυνατοί όταν αποδεικνύεται η εφαρμοσιμότητά τους.

#### **4.5.5 Περιοχές έδρασης**

- (1)\*P Περιοχές έδρασης θεωρούνται οι περιοχές των στηριζόντων και στηριζομένων δομικών στοιχείων οι οποίες συνορεύουν με τα εφέδρανα. Θα πρέπει να διαστασιολογούνται και να σχεδιάζονται κατασκευαστικά κατά τέτοιο τρόπο ώστε λαμβανομένων υπόψη των ανοχών κατασκευής και συναρμολόγησης να μπορούν να εκπληρώσουν τον σκοπό τους .

### **5 Κατασκευαστική διαμόρφωση**

Η παράγραφος 5 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

#### **5.2 Χάλυβας σκυροδέματος**

##### **5.2.2. Συνάφεια**

##### **5.2.2.1 Συνθήκες συνάφειας**

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (4)\*P:

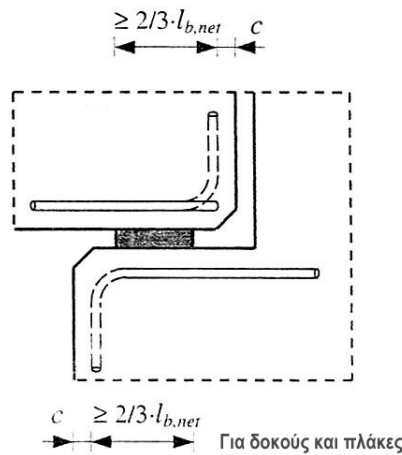
- (105) Σε γραμμικά δομικά στοιχεία (π.χ. υποστυλώματα) που κατασκευάζονται σε οριζόντια θέση, συμπυκνώνονται με εξωτερικό δονητή και έχουν εξωτερική διάσταση όχι μεγαλύτερη από 40cm μπορεί να θεωρηθεί ότι οι συνθήκες συνάφειας είναι καλές.

#### **5.2.3 Αγκύρωση του διαμήκους οπλισμού**

##### **5.2.3.2 Γενικά για τα είδη αγκύρωσης**

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (6)\*P:

- (107) P Ο κύριος οπλισμός στα στηρίζοντα και στηριζόμενα δομικά στοιχεία θα πρέπει να αγκυρώνεται ενεργά. Σχετικό παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχ. 5.121.
- (108) Όταν σε φέρουσες κατασκευές με προκατασκευασμένα στοιχεία διατάσσονται αρμοί συναρμολόγησης θα πρέπει το μέγεθός τους να καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα σημεία:
- ποσότητα οπλισμού,
  - απαιτούμενη παράθεση,
  - δυνατότητα διαμόρφωσης αγκίστρων,
  - επικάλυψη σκυροδέματος,
  - ατέλειες στη συναρμολόγηση των προκατασκευασμένων στοιχείων,
  - δυνατότητες προσκόμισης και συμπύκνωσης του σκυροδέματος.



Σχ. 5.121: Παράδειγμα διαμόρφωσης εδράσεων (για δοκούς και πλάκες)

#### 5.4 Κατασκευαστικοί κανόνες δομικών στοιχείων

##### 5.4.2 Δοκοί και πλακοδοκοί

##### 5.4.2.1 Διαμήκης οπλισμός

##### 5.4.2.1.1. Ελάχιστο και μέγιστο ποσοστό οπλισμού

Αντικατάσταση του κανόνα εφαρμογής (101) με:

- (101) Η ενεργός διατομή του διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού θα πρέπει να μην είναι μικρότερη από τη διατομή που απαιτείται για τον περιορισμό του εύρους ρηγμάτωσης (βλέπε II-4.4.2.2.) και, εάν είναι απαραίτητο, για την αποτροπή απροειδοποίητης αστοχίας (II-4.3.1.3) αλλά ούτε και μικρότερη από

$$0,6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0,0015 \cdot b_t \cdot d \quad f_{yk} \text{ σε N/mm} \quad (5.114)$$

όπου το  $b_t$  συμβολίζει το μέσο πλάτος της εφελκυσμένης ζώνης. Σε πλακοδοκούς με θλιβόμενο πέλμα θα πρέπει για τον υπολογισμό του  $b_t$  να λαμβάνεται υπόψη μόνο το πλάτος του κορμού. Περιοχές με μικρότερο οπλισμό απ' αυτόν της εξίσωσης (5.114) θεωρούνται άοπλες.

#### 5.4.9 Προκατασκευασμένα στοιχεία

##### 5.4.9.2 Αρμοί

##### 5.4.9.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας.

- (101) P Υπο τον μη συχνό συνδυασμό δράσεων καθώς και σε αυτόν κατά τη φάση κατασκευής δεν επιτρέπεται απόθλιψη των άοπλων αρμών επαφής.

- (102) Στους αρμούς με τσιμεντοκονίαμα θα πρέπει υπό το συνήθη συνδυασμό δράσεων να προκύπτουν αποκλειστικά θλιπτικές τάσεις σε όλο τον αρμό που να μην είναι μικρότερες από  $1,5 \text{ N/mm}^2$ .

- (103) Στο στάδιο κατασκευής και υπό τους καθοριστικούς συνδυασμούς δράσεων θα πρέπει η θλίψη που ασκείται σε αρμό με συνθετικό κονίαμα κατά τη σκλήρυνσή του να μην είναι σε κανένα σημείο της διατομής μικρότερη από  $0,15 \text{ N/mm}^2$  και η κεντρική θλίψη να μην είναι μικρότερη από  $0,25 \text{ N/mm}^2$ .



**5.4.9.3** Σύμμικτα δομικά στοιχεία  
**5.4.9.3.1** Θεμελιώδεις αρχές

- (101) Η παρούσα παράγραφος ισχύει για καταπονούμενα σε κάμψη δομικά στοιχεία από προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος τα οποία δρουν μαζί με το επί τόπου σκυρόδεμα και μπορούν να μεταβιβάσουν τις τέμνουσες δυνάμεις στους αρμούς σύνδεσης. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορεί να είναι οπλισμένα ή προεντεταμένα.
- (102) P Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιρροή του τρόπου κατασκευής επί των τάσεων και των παραμορφώσεων. Ο φορέας θα πρέπει να ελέγχεται σε όλες τις φάσεις κατασκευής.
- (103) Η διαφορική συστολή του επί τόπου σκυροδέματος και των προκατασκευασμένων στοιχείων μπορεί να καταστήσει απαραίτητη την πραγματοποίηση ιδιαιτέρων ελέγχων στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (βλέπε επόμενη παράγραφο), όχι όμως στις οριακές καταστάσεις αστοχίας.

**5.4.9.3.3** Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

- (101) P Η ακαμψία ενός συμμίκτου δομικού στοιχείου θα πρέπει να καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές ελαστικές ιδιότητες του επί τόπου σκυροδέματος και του προκατασκευασμένου στοιχείου.
- (102) Οι επιρροές της διαφορικής συστολής και ερπυσμού του επί τόπου σκυροδέματος και του προκατασκευασμένου στοιχείου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στους ελέγχους σύμφωνα με την II-4.4 και την IV-4.4. Οι διαφορικές συστολές μπορούν να καθοριστούν σύμφωνα με την II-2.5.5, II- και IV-3.1.5.5, II-A.2 και τη «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.
- (103) Σε δομικά στοιχεία από προεντεταμένα προκατασκευασμένα στοιχεία και επί τόπου σκυρόδεμα που αποφορτίζει τη θλιβόμενη ζώνη του προκατασκευασμένου στοιχείου μπορεί η μέγιστη θλιπτική τάση του σκυροδέματος στο προκατασκευασμένο στοιχείο να αυξηθεί πέραν της τιμής που αναγράφεται στην II- και IV-4.4.1.2 μέχρι  $0,75 f_{ck}$ .

**Κεφάλαιο V                    Γενικοί κανόνες για φορείς από άοπλο σκυρόδεμα.                    Σελίδα**

**Περιεχόμενα**

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>267</b>
1.1	Πεδίο εφαρμογής	267
1.4	Έννοιες	268
1.4.2	Ειδικές έννοιες	268
<b>2</b>	<b>Θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής</b>	<b>268</b>
2.3	Απαιτήσεις σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής	268
2.3.3	Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας	268
2.2.3.2	Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα δομικά υλικά	268
2.5	Καθορισμός εντατικών μεγεθών	268
2.5.3	Υπολογιστικές μέθοδοι	268
2.5.3.2	Μέθοδοι καθορισμού εντατικών μεγεθών	268
2.5.3.2.2	Οριακές καταστάσεις αστοχίας	268
<b>3</b>	<b>Ιδιότητες των δομικών υλικών</b>	<b>269</b>
3.1	Σκυρόδεμα	269
3.1.4	Κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος	269
<b>4</b>	<b>Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων</b>	<b>269</b>
4.2	Τιμές σχεδιασμού	269
4.2.1	Σκυρόδεμα	269
4.2.1.1	Γενικά	269
4.3	Ελεγχοί στις οριακές καταστάσεις αστοχίας	269
4.3.1	Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη καθώς και μόνο με αξονική δύναμη	269
4.3.1.2	Τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανομένων εντατικών μεγεθών	269
4.3.2	Τέμνουσα δύναμη	271
4.3.2.1	Γενικά	271
4.3.3	Στρέψη	272
4.3.3.1	Καθαρή στρέψη	272
4.3.5	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας εξαιτίας παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής	272
4.3.5.3	Διαχωρισμός των φερουσών κατασκευών και των στοιχείων	272
4.3.5.3.5	Λυγηρότητα των επιμέρους θλιβόμενων στοιχείων	272
4.3.5.6	Απλοποιημένες μέθοδοι διαστασιολόγησης για επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία	273
4.4	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας	274
4.4.0	Γενικά	274
<b>5</b>	<b>Κατασκευαστική διαμόρφωση</b>	<b>275</b>
5.4	Κατασκευαστικοί κανόνες για τα δομικά στοιχεία	275
5.4.9.2	Αρμοί	275
5.4.10	Μεμονωμένες επίπεδες θεμελιολωρίδες	275

# 1 Εισαγωγή

Η παράγραφος 1 του κεφαλαίου V ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

## 1.1 Πεδίο εφαρμογής

Αντικατάσταση της αρχής (1) P με:

- (101) P Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει πρόσθετες ρυθμίσεις για τον υπολογισμό και διαστασιολόγηση οικοδομικών και γενικά κατασκευών Πολιτικού Μηχανικού από άοπλο σκυρόδεμα που κατασκευάζονται από σκυρόδεμα κανονικού βάρους με πυκνή υφή σύμφωνα με τον κανονισμό DIN F/b100 «Σκυρόδεμα» με κατηγορίες αντοχής C 12/16 έως C 50/60.
- (106) P Το παρόν κεφάλαιο ισχύει για δομικά στοιχεία για τα οποία μπορεί να αγνοηθεί η καταπόνηση από δυναμική δράση φορτίων , π.χ.:
- άοπλα δομικά στοιχεία σκυροδέματος που καταπονούνται κυρίως σε θλίψη (εκτός από τη θλιπτική καταπόνηση λόγω προέντασης), π.χ. τοιχεία, υποστυλώματα, θωλοτές κατασκευές και σήραγγες ,
  - μεμονωμένες επίπεδες θεμελιολωρίδες ,
  - άοπλα τοίχοι σκυροδέματος
- (107) P Το κεφάλαιο V μπορεί ακόμα να εφαρμοστεί σε προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα και σε φέρουσες κατασκευές που αποτελούνται από τέτοια στοιχεία . Σε αυτή την περίπτωση μπορεί ωστόσο να απαιτηθούν διαφορετικές αρχές διαστασιολόγησης .
- (108) P Το παρόν κεφάλαιο δεν αποκλείει την τοποθέτηση οπλισμού χάλυβα σκυροδέματος για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις λειτουργικότητας και/ή αντοχής.
- Ο οπλισμός αυτός μπορεί να συνυπολογιστεί για τοπικούς ελέγχους της οριακής κατάστασης αστοχίας και για ελέγχους στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Επιπλέον αυτό το μέρος δεν αποκλείει οπλισμό σε συγκεκριμένα μέρη των δομικών στοιχείων.
- (109) Παραδείγματα τέτοιου οπλισμού αποτελούν ο οπλισμός στην κεφαλή του τοιχείου προς αποφυγή απολέπισης του σκυροδέματος ή ο συνδετήριος οπλισμός ενός θεμελίου με ένα υποστυλώμα.
- (110) P Για τα άοπλα προκατασκευασμένα μέρη ισχύει ακόμα το κεφάλαιο IV του παρόντος κανονισμού .

**1.4 Έννοιες**  
**1.4.2 Ειδικές έννοιες**

Αντικατάσταση των αρχών (1) P και (102) P με:

- (101) P Άοπλο δομικό στοιχείο:  
Τμήμα φέρουσας κατασκευής σκυροδέματος χωρίς οπλισμό ή με οπλισμό μικρότερο από τον ελάχιστο οπλισμό σύμφωνα με την Π-5.4.

**2 Θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής**

Η παράγραφος 2 του κεφαλαίου Π ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

**2.3 Απαιτήσεις σχεδιασμού της φέρουσας κατασκευής**  
**2.3.3 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας**  
**2.2.3.2 Μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα δομικά υλικά**

Προσθήκη μετά από τον κανόνα εφαρμογής (6):

- (107)\*P Στα άοπλα δομικά στοιχεία θα πρέπει εξαιτίας της μικρής ικανότητας παραμόρφωσης του αόπλου σκυροδέματος να τίθεται για τις μόνιμες και παροδικές καταστάσεις διαστασιολόγησης  $\gamma_c = 1,8$  ενώ για τις τυχηματικές καταστάσεις διαστασιολόγησης  $\gamma_c = 1,55$ . Οι τιμές αυτές ισχύουν τόσο για θλιπτική όσο και εφελκυστική καταπόνηση.

**2.5 Καθορισμός εντατικών μεγεθών**  
**2.5.3 Υπολογιστικές μέθοδοι**  
**2.5.3.2 Μέθοδοι καθορισμού εντατικών μεγεθών**  
**2.5.3.2.2 Οριακές καταστάσεις αστοχίας**

Αντικατάσταση της παραγράφου Π-2.5.3.2.2. με:

- (101) P Τα άοπλα δομικά στοιχεία σκυροδέματος διαθέτουν περιορισμένη παραμορφωτική ικανότητα. Για το λόγο αυτό δεν επιτρέπεται γραμμικός υπολογισμός με ανακατανομή ή καθορισμός εντατικών μεγεθών βάσει της θεωρίας πλαστικότητας, δηλ. μέθοδοι χωρίς σαφή έλεγχο της παραμορφωτικής ικανότητας, εκτός εάν, η εφαρμογή αυτών των μεθόδων μπορεί να αιτιολογηθεί.

- (102) Τα εντατικά μεγέθη μπορούν να υπολογιστούν σε μη γραμμική ή γραμμικά -ελαστική βάση. Για το μη γραμμικό καθορισμό εντατικών μεγεθών (π.χ. βάσει των αρχών της μηχανικής θραύσης) θα πρέπει να ελεγχθεί η παραμορφωτική ικανότητα.

### 3 **Ιδιότητες των δομικών υλικών**

Η παράγραφος 3 του κεφαλαίου II ισχύει με την ακόλουθη εξαίρεση :

#### 3.1 **Σκυρόδεμα**

##### 3.1.4 **Κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος**

Προσθήκη μετά από τον κανόνα εφαρμογής (3):

- (4) P Υπολογιστικά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται υψηλότερη κατηγορία αντοχής σκυροδέματος από C30/37.

### 4 **Διαστασιολόγηση διατομών και δομικών στοιχείων**

Η παράγραφος 4 του κεφαλαίου II ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

#### 4.2 **Τιμές σχεδιασμού**

##### 4.2.1 **Σκυρόδεμα**

###### 4.2.1.1 **Γενικά**

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (5):

- (107) P Για τον υπολογισμό των τιμών σχεδιασμού εντατικών μεγεθών που αναλαμβάνονται από δομικά στοιχεία άοπλου σκυροδέματος θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ιδιότητες αντοχής και παραμόρφωσης που ισχύουν και για το οπλισμένο σκυρόδεμα.

- (108) Όταν στον υπολογισμό συμπεριλαμβάνονται και οι εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος (βλέπε παρ. V-4.3.2.1), το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων μπορεί να επεκταθεί μέχρι την τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής  $f_{ctd}$  σύμφωνα με την Π-4.2.1.3.3.

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad (4.184)$$

- (109) Υπολογιστικές μέθοδοι που βασίζονται στη μηχανική θραύσης είναι επιτρεπτές όταν αποδεικνύεται ότι με αυτές επιτυγχάνεται το απαιτούμενο επίπεδο ασφάλειας

#### 4.3 **Ελεγχοι στις οριακές καταστάσεις αστοχίας**

##### 4.3.1 **Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη καθώς και μόνο με αξονική δύναμη**

###### 4.3.1.2 **Τιμές σχεδιασμού των αναλαμβανομένων εντατικών μεγεθών**

Αντικατάσταση του κανόνα εφαρμογής (1) P:

- (1)\*P Για τις άοπλες διατομές ισχύουν οι ακόλουθες παραδοχές και θεμελιώδεις αρχές:
- Οι διατομές παραμένουν επίπεδες.
  - Οι εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος δεν πρέπει γενικά να λαμβάνονται υπόψη.
  - Οι θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος προκύπτουν από το διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων της Π-4.2.1.3.3.

- (2) P Προσθήκη στον κανόνα εφαρμογής (2):  
Ένας χαίνων αρμός λόγω εκκεντρότητας της ορθής δύναμης μπορεί να σχηματιστεί το πολύ μέχρι το κέντρο βάρους της συνολικής διατομής.

Αντικατάσταση των κανόνων εφαρμογής (103) έως (6) με:

- (103) P Θα πρέπει να ελεγχθεί ότι υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στα εσωτερικά εντατικά μεγέθη από τη μία και τα εξωτερικά φορτία και/ή τις επιβαλλόμενες παραμορφώσεις από την άλλη. Οι δυνατές αβεβαιότητες σχετικά με τη θέση της συνισταμένης των τάσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη υπό κατάλληλη μορφή.
- (104) Οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις στους τοίχους εξαιτίας της θερμοκρασίας, της συστολής ή του ερπυσμού μπορούν να μην λαμβάνονται υπόψη όταν αυτό είναι δυνατόν λόγω της κατασκευαστικής διαμόρφωσης και της επιμελημένης πρόσθετης επεξεργασίας.
- (105)P Ο κανόνας εφαρμογής (6) στην II-4.3.1.2 δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται στην διαστασιολόγηση αόπλων δομικών στοιχείων.
- (106) P Όταν τα ανοίγματα, οι εγκοπές και οι υποδοχές έχουν σημαντική έκταση, θα πρέπει οι επιδράσεις τους να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό.

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (6):

- (107) Όταν η διατομή ενός αόπλου δομικού στοιχείου σκυροδέματος καταπονείται από διαμήκη δύναμη με τιμή σχεδιασμού  $N_{Sd}$  εφαρμοζόμενη στο σημείο G που χαρακτηρίζεται από τις εκκεντρότητες  $e_y$  και  $e_z$  ως προς το κέντρο βάρους O της αρηγμάτωτης διατομής  $A_c$ , μπορεί να θεωρηθεί μία ομοιόμορφη κατανομή της τάσης σε ενεργή διατομή  $A_{c,eff}$  σύμφωνα με τα Σχ. 4.134 της II-4. Το υπόλοιπο μέρος της διατομής θεωρείται ανενεργό. Στην συνισταμένη εκκεντρότητα  $e$  της  $N_{Sd}$  θα πρέπει, εάν κριθεί απαραίτητο, να ληφθούν υπόψη οι επιρροές της θεωρίας της II. τάξης και οι γεωμετρικές ατέλειες. Γενικά η  $A_{c,eff}$  περιορίζεται από ένα ουδέτερο άξονα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το κέντρο βάρους της επιφάνειας να βρίσκεται στο σημείο G. Απλουστευτικά, η  $A_{c,eff}$  μπορεί να λαμβάνεται ορθογωνική.

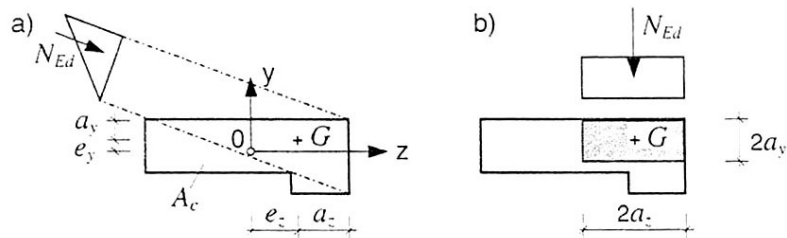
$$A_{c,eff} = 2 a_z \cdot 2 a_y \quad (4.185)$$

- (108) όπου  $2 a_z$  και  $2 a_y$  οι διαστάσεις του ιδεατού ορθογώνιου κατά τις διευθύνσεις x και z. Σε περίπτωση που είναι δύσκολο να καθοριστεί γεωμετρικά η ενεργή διατομή, μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά μία τυχαία διατομή που να περιλαμβάνεται στη συνολική διατομή  $A_c$  και της οποίας το κέντρο βάρους συμπίπτει με το σημείο G (βλέπε Σχ. 4.134).
- (109)\* Εφόσον δεν απαιτείται καθορισμός των εντατικών μεγεθών σύμφωνα με τη θεωρία της II. τάξης βάσει της 4.3.5, η τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανόμενης αξονικής θλιπτικής δύναμης  $N_{Rd}$  προκύπτει :

$$N_{Rd} = f_{cd} \cdot A_{c,eff} \quad (4.186)$$

Όπου:

$A_{c,eff}$  Η ενεργή επιφάνεια της διατομής



a) γεωμετρία και έννοιες αρηγμάτωσης διατομής

b) ενεργή διατομή  $A_{c,eff}$

**Σχ. 4.134:** Ενεργή διατομή  $A_{c,eff}$  με διαξονική εκκεντρότητα, μία αξονική δύναμη  $N_{sd}$  δρα στο σημείο G, το κέντρο βάρους της αρηγμάτωσης βρίσκεται στο σημείο 0

## 4.3.2 Τέμνουσα δύναμη

### 4.3.2.1 Γενικά

Αντικατάσταση της παραγράφου Π-4.3.2.1:

- (1)\*P Σε άοπλα δομικά στοιχεία η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να ληφθεί υπόψη στην οριακή κατάσταση αστοχίας για την τέμνουσα δύναμη, εφόσον μπορεί να ελεγχθεί ότι αυτή δεν παύει να δρα εξαιτίας της ρηγμάτωσης.
- (2)\*P Ένα άοπλο δομικό στοιχείο μπορεί να θεωρείται ως μη ρηγματωμένο όταν στην οριακή κατάσταση αστοχίας για όλες τις σχετικές καταστάσεις διαστασιολόγησης βρίσκεται πλήρως υπό θλιπτική καταπόνηση ή όταν η κύρια εφελκυστική τάση στο σκυρόδεμα δεν υπερβαίνει την τιμή  $f_{ctk,0,05}/\gamma_c$ .
- (3)\*P Όταν δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένο ένα αρηγμάτωτο δομικό στοιχείο, τότε θα πρέπει να υπολογίζεται η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη  $V_{Rd}$  στην υπόλοιπη μη ρηγματωμένη διατομή. Αυτή θα πρέπει να υπολογίζεται από την εντατική κατάσταση της διατομής για τη δυσμενέστερη κατάσταση διαστασιολόγησης.
- (4)\*P Η φέρουσα ικανότητα σε τέμνουσα δύναμη άοπλων δομικών στοιχείων υπο συνδυαστική καταπόνηση τέμνουσας δύναμης, κάμψης και διαμήκουσ δύναμης μπορεί να καθοριστεί υπό τις προϋποθέσεις που ορίζονται στην Π-4.3.2.3 (2)\* σύμφωνα με την εξίσωση (4.119) στην Π-4.3.2.3 με  $\alpha_l = 1$ .

4.3.3  
4.3.3.1

**Στρέψη**  
**Καθαρή στρέψη**

Προσθήκη μετά τον κανόνα εφαρμογής (9):

- (10)\*P Ένα ρηγματωμένο δομικό στοιχείο δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι παραλαμβάνει ροπές στρέψης χωρίς να ελεγχθεί ότι η φέρουσα ικανότητά του επαρκεί για το σκοπό αυτό.

4.3.5 **Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας εξαιτίας παραμορφώσεων της φέρουσας κατασκευής**

4.3.5.3 **Διαχωρισμός των φερουσών κατασκευών και των στοιχείων .**

4.3.5.3.5 **Λυγηρότητα των επιμέρους θλιβομένων στοιχείων**

Προσθήκη στους κανόνες εφαρμογής (10)\*:

- (110) Η λυγηρότητα ενός τοιχίου ή ενός θλιβομένου στοιχείου είναι :

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (4.189)$$

Όπου:

$i$  Η μικρότερη ακτίνα αδρανείας

$l_0$  Ενεργό μήκος (ισοδύναμο μήκος) του θλιβομένου στοιχείου. Μπορεί να θεωρηθεί ως

$$l_0 = \beta \cdot l_w \quad (4.190)$$

$l_w$  Καθαρό ύψος (μήκος) του θλιβομένου στοιχείου

$\beta$  Συντελεστής που εξαρτάται από τις συνθήκες έδρασης

Γενικά θα πρέπει να θεωρείται για τα αμφιαρθρωτά υποστυλώματα  $\beta = 1$  ενώ για τα υποστυλώματα και τα τοιχεία μορφής προβόλων  $\beta = 2$ . Για τοιχεία με διαφορετική έδραση δίνονται οι τιμές  $\beta$  στο Σχ. 4.135.

Σύμφωνα με το Σχ. 4.135 θεωρείται ότι ένα τοίχιο δεν έχει ανοίγματα όταν το ύψος τους δεν υπερβαίνει το 1/3 του ελευθέρου ή όταν η επιφάνειά τους δεν υπερβαίνει το 1/10 της επιφάνειας του τοιχώματος. Όταν αυτά τα όρια δεν τηρούνται, θα πρέπει στους τοίχους που στηρίζονται σε 3 ή 4 πλευρές τα μέρη που βρίσκονται ανάμεσα στα ανοίγματα να θεωρούνται ότι στηρίζονται μόνο σε δύο πλευρές και αντίστοιχα να διαστασιολογούνται .

- (111) P Οι τιμές  $\beta$  θα πρέπει να αυξάνονται ανάλογα όταν η εγκάρσια φέρουσα ικανότητά τους επηρεάζεται από εγκοπές ή ανοίγματα .



- (112) Τα εγκάρσια τοιχεία μπορούν να θεωρούνται τοιχεία αντιστήριξης όταν:
- το συνολικό τους πάχος δεν είναι μικρότερο από  $0,5 h_w$  ( $h_w$  το συνολικό πάχος του αντιστηριζόμενου τοιχείου),
  - έχουν το ίδιο ύψος  $l_w$  με το εκάστοτε αντιστηριζόμενο τοιχείο,
  - το μήκος τους  $l_{ht}$  αντιστοιχεί τουλάχιστον σε  $l_w/5$  του καθαρού ύψους  $l_w$  του αντιστηριζόμενου τοιχείου,
  - εντός του μήκους  $l_{ht}$  του εγκάρσιου τοιχείου δεν υπάρχουν ανοίγματα.

- (113) Στα τοιχεία που στηρίζονται σε δύο πλευρές και τα οποία στην κεφαλή και στην βάση συνδέονται άκαμπτα μέσω εγχύτου σκυροδέματος και οπλισμού έτσι ώστε να είναι δυνατή η πλήρης ανάληψη των ακραίων ροπών, μπορεί να τεθεί:
- (4.191)**

Συνθήκες έδρασης	Συντελεστής $\beta$
<p>Τοιχείο αντιστηριζόμενο σε δύο πλευρές</p>	$\beta = 1,0$ για όλες τις τιμές $\frac{l_w}{l_h}$
<p>Τοιχείο αντιστηριζόμενο σε τρεις πλευρές</p>	$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3 \cdot l_h}\right)^2}$
<p>Τοιχείο αντιστηριζόμενο σε τέσσερις πλευρές</p>	<p>για <math>l_w \leq l_h</math></p> $\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{l_h}\right)^2}$ <p>για <math>l_w &gt; l_h</math></p> $\beta = \frac{1}{2 \cdot \left(\frac{l_w}{l_h}\right)}$

**Σχ. 4.135: Συντελεστής  $\beta$  για τον καθορισμό του ενεργού ύψους τοιχώματος  $l$**   
**Απλουστευτικές μέθοδοι διαστασιολόγησης για επιμέρους θλιβόμενα στοιχεία**

#### 4.3.5.6

(1)\*P

Αντικατάσταση του κανόνα εφαρμογής II-4.3.5.6.3:

Ανεξάρτητα από το βαθμό λυγηρότητας  $\lambda$  θα πρέπει τα θλιβόμενα στοιχεία από άοπλο σκυρόδεμα να θεωρούνται λυγηρά δομικά στοιχεία. Ωστόσο, για τα θλιβόμενα στοιχεία από άοπλο σκυρόδεμα με  $l_{col}/h < 2,5$  δεν απαιτείται ο καθορισμός των εντατικών μεγεθών με βάση την θεωρία της 2<sup>ης</sup> τάξης.

(2)\* Η λυγηρότητα με έγχυτο επι τόπου σκυρόδεμα άοπλων τοιχείων ή υποστυλωμάτων δεν θα πρέπει γενικά να υπερβαίνει την τιμή  $\lambda = 85$ .

(3)\* Η διαμήκης θλιπτική δύναμη που αναλαμβάνεται από ένα λυγηρό υποστύλωμα ή ένα τοιχείο από άοπλο σκυρόδεμα σε πάγιες(αμετάθετες) φέρουσες κατασκευές μπορεί κατά προσέγγιση να υπολογισθεί ως εξής:

$$N_{Rd} = (b \cdot h \cdot f_{cd} \cdot \varphi) \quad (4.192)$$

με

$$\varphi = 1,14 \left( 1 - \frac{2e_{tot}}{h} \right) - 0,02 \frac{l_0}{h_w} \quad \text{και} \quad 0 \leq \varphi \leq 1 - \frac{2e_{tot}}{h} \quad (4.193)$$

Όπου:

$N_{Rd}$	Τιμή σχεδιασμού της αναλαμβανομένης διαμήκους θλιπτικής δύναμης
$b$	Πλάτος διατομής
$h$	Πάχος διατομής
$\varphi$	Συντελεστής για το συνυπολογισμό των επιδράσεων σύμφωνα με τη θεωρία της 2 <sup>ης</sup> τάξης στη φέρουσα ικανότητα των θλιβομένων στοιχείων από άοπλο σκυρόδεμα σε πάγιες (αμετάθετες) φέρουσες κατασκευές .
$e_{tot}$	Συνολική εκκεντρότητα = $e_0 + e_a + e_\varphi$
$e_0$	Εκκεντρότητα φορτίου σύμφωνα με τη θεωρία της 1 <sup>ης</sup> τάξης λαμβάνοντας, αν είναι απαραίτητο, υπόψη τις δράσεις από τις συνδεδεμένες πλάκες (π.χ. ροπές κάμψης μεταβιβαζόμενες εξαιτίας του βαθμού πάκτωσης της πλάκας στο τοιχείο ) καθώς και από τις οριζόντιες δράσεις του ανέμου
$e_a$	Αθέλητη πρόσθετη εκκεντρότητα φορτίου εξαιτίας γεωμετρικών ατελειών. Εάν λείπουν ακριβέστερα στοιχεία, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι $e_a = 0,5l_0/200$ .
$e_\varphi$	Εκκεντρότητα εξαιτίας του ερπυσμού, γενικά το ποσοστό $e_\varphi$ μπορεί να παραλείπεται

Για περαιτέρω στοιχεία, βλέπε «Γερμανική Επιτροπή για Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

#### 4.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

##### 4.4.0 Γενικά

Αντικατάσταση της II-4.4.0.2 και II-4.4.0.3 με:

(101) P Η λειτουργικότητα των φερόντων στοιχείων από άοπλο σκυρόδεμα θα πρέπει να εξασφαλίζεται με κατάλληλη διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση.

(102) P Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όταν αναμένονται τάσεις από επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (καταναγκασμούς) στην κατασκευή.

- (103) Τα ακόλουθα μέτρα ενδείκνυνται για την εξασφάλιση της επαρκούς λειτουργικότητας:
- (α) για τη ρηγμάτωση:
- περιορισμός των εφελκυστικών τάσεων του σκυροδέματος σε επιτρεπτές τιμές,
  - τοποθέτηση ελάχιστου κατασκευαστικού οπλισμού,
  - διάταξη των αρμών,
  - τεχνολογικά μέτρα σχετικά με το σκυρόδεμα (π.χ κατάλληλη σύνθεση σκυροδέματος, πρόσθετη επεξεργασία),
  - επιλογή κατάλληλης κατασκευαστικής μεθόδου.
- (β) για τον περιορισμό των παραμορφώσεων:
- ο καθορισμός ελάχιστου μεγέθους διατομής (βλέπε Π-5.3),
  - ο περιορισμός της λυγηρότητας στα θλιβόμενα στοιχεία.
- (104) P Κάθε οπλισμός, σε κατά τα άλλα άοπλα δομικά στοιχεία, θα πρέπει να βασίζεται στις απαιτήσεις ανθεκτικότητας (βλέπε Π-4.1.3.3). Αυτό ισχύει ακόμα κι όταν αυτός δεν λαμβάνεται υπόψη για τους σκοπούς της φέρουσας ικανότητας.

## 5 Κατασκευαστική διαμόρφωση

Η ενότητα 5 του κεφαλαίου Π ισχύει με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

### 5.4 Κατασκευαστικοί κανόνες για τα δομικά στοιχεία

#### 5.4.9.2 Αρμοί

Νέα παράγραφος :

- (101) Σε αρμούς εργασίας στους οποίους αναμένονται εφελκυστικές τάσεις του σκυροδέματος στο ύψος των τιμών σχεδιασμού θα πρέπει να τοποθετείται κατάλληλος κατασκευαστικός οπλισμός.

#### 5.4.10 Μειονωμένες επίπεδες θεμελιολωρίδες

Νέα παράγραφος :

- (101) Εάν δεν υπάρχουν ακριβέστερες θεμελιώδεις αρχές, μπορούν προσεγγιστικά, μειονωμένες επίπεδες θεμελιολωρίδες κεντρικά φορτιζόμενες να υπολογιστούν και να διαμορφωθούν σαν άοπλα στοιχεία , όταν η αναλογία του βάθους  $h_F$  ως προς την προεξοχή  $a$  (μετρημένη από την άκρη του υποστυλώματος, βλέπε Σχ 5.121) ικανοποιεί τη συνθήκη (5.123):

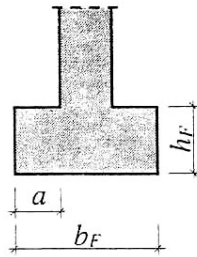
$$\frac{h_F}{a} \geq \sqrt{3 \frac{\sigma_{gd}}{f_{ctd}}} \quad (5.123)$$

Όπου:

$\sigma_{gd}$  Τιμή σχεδιασμού της τάσης του εδάφους

$f_{ctd}$  Τιμή σχεδιασμού της αντοχής του σκυροδέματος σε εφελκυσμό

Απλούστερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αναλογία  $h_F/a \geq 2$



**Σχ. 5.121:** Άοπλο θεμέλιο υποστυλώματος, χαρακτηρισμοί

## Κεφάλαιο VI

## Κανονισμοί και οδηγίες

### Γενική αναφορά:

Κανονισμός DIN- F/b100	«Σκυρόδεμα» - σύνθεση από τα πρότυπα DIN EN 206-1 και DIN 1045-2 (έκδοση 2001)
Κανονισμός DIN- F/b101	«Δράσεις σε γέφυρες» (έκδοση 2003)
Κανονισμός DIN- F/b103	«Γέφυρες από χάλυβα» (έκδοση 2003)
Κανονισμός DIN- F/b104	«Σύμμικτες γέφυρες» (έκδοση 2003)

«Γερμανική Επιτροπή για Επεξηγήσεις στο DIN 1045 Κατασκευές Σκυροδέματος» (DASTb), τεύχος 525.

### Αναφορά σε επιμέρους κεφάλαια:

Ενότητα	Κανονισμός	Επεξήγηση
Π-1.3	DIN 4102-4: 1994-03	Συμπεριφορά δομικών υλικών και δομικών στοιχείων έναντι φωτιάς, σύνθεση και χρήση ταξινομημένων δομικών υλικών, δομικών στοιχείων και ειδικών δομικών στοιχείων
Π-1.5	ISO 1000: 2001-04	Μονάδες SI και ορισμοί για τη χρήση των πολλαπλάσιών τους καθώς και ορισμένων άλλων μονάδων
Π-2.2.3.1	DIN 1055-1-2002-06	Δράσεις σε φέρουσες κατασκευές - Μέρος 1: Βάρη και επιφανειακά φορτία δομικών υλικών, δομικών στοιχείων και υλικών χύδην
Π-2.5.1.7	Κανονισμοί της σειράς DIN 4141 Κανονισμοί της σειράς DIN EN 1337	Τα εφέδρανα σε κατασκευές Πολ.Μηχανικού . Τα εφέδρανα σε κατασκευές Πολ.Μηχανικού
Π-3	DIN 488-1-1984-09 DIN 488-2-1986-06 DIN 488-4-1986-06	Χάλυβας σκυροδέματος: είδη, ιδιότητες, σήμανση Χάλυβας σκυροδέματος, χάλυβας σκυροδέματος σε ράβδους, δοκιμές Χάλυβας σκυροδέματος: πλέγματα χάλυβα σκυροδέματος και ποσοστό οπλισμού / δομή, διαστάσεις και βάρη
Π-3.1.2	ISO 2736-1-1986-08 ISO 2736-2-1986-10	Δοκιμές σκυροδέματος, δοκίμια, μέρος 1: δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος Δοκιμές σκυροδέματος, δοκίμια, μέρος 2: Παρασκευή και πρόσθετη επεξεργασία δοκιμίων για ελέγχους αντοχής
Π-3.3	Κανονισμοί της σειράς E DIN EN 10138	Χάλυβες προέντασης (έκδοση Οκτώβριος 2000)
Π-3.4	Πρότυπα της σειράς DIN EN 524	Σωλήνες από φύλλα χάλυβα για τένοντες προέντασης – μέθοδοι δοκιμών (έκδοση Ιούλιος 1997)

	DIN EN 523	Σωλήνες από φύλλα χάλυβα για τένοντες προέντασης – έννοιες, απαιτήσεις, έλεγχος ποιότητας, γερμανική έκδοση του EN 523:1997
II-4.4.3.3	DIN-EN 1337-1	Τα εφάδρανα στις κατασκευές Πολ.Μηχανικού – Μέρος 1: Γενικές διατάξεις , γερμανική έκδοση του EN 1337-1: 2002
III	ZTV-ING	Πρόσθετοι τεχνικοί συμβατικοί όροι και οδηγίες που διέπουν τις κατασκευές . Εκδοτικός οίκος Verkehrsblatt, Ντόρτμουντ (υπό προετοιμασία)
III	RBA-BRÜ	Οδηγία για την κατασκευαστική διαμόρφωση και τον εξοπλισμό γεφυρών για επίβλεψη, έλεγχο και συντήρηση

## Κεφάλαιο VII

## Ευρετήριο τεχνικών όρων

Ελληνικά	Γερμανικά	Σελίδα
Πρόσκρουση	Anprall	145, 240
Εδαφική μετακίνηση	Baugrundbewegung	34
Στάδια – Φάσεις κατασκευής	Bauzustände	29,53,160,164,195, 264
Καταστάσεις διαστασιολόγησης	Bemessungssituationen	28, 35, 109, 268
Τιμή σχεδιασμού	Bemessungswert	
- των αναλαμβανόμενων εντατικών μεγεθών	-der aufnehmbaren Schnittgrößen	103,117,125,157, 180
- των ιδιοτήτων των δομικών υλικών	-der Baustoffeigenschaften	32, 80
- των καταπονήσεων	-der Beanspruchungen	32
- των δράσεων	-der Einwirkungen	31, 35, 53
- των γεωμετρικών μεγεθών	-der geometrischen Größen	33
Σκυρόδεμα	Beton	
- κατηγορία αντοχής σκυροδέματος	-Betonfestigkeitsklasse	59
- παραμόρφωση θραύσης	-Bruchstauchung	82
- θλιπτική αντοχή	-Druckfestigkeit	57, 83, 92, 99
- θλιπτική τάση	-Druckspannung	38, 53
- μέτρο ελαστικότητας	-Elastizitätsmodul	60,148, 174, 176, 222
- κόπωση	-Ermüdung	37, 150, 223
- ερπυσμός	-Kriechen	41, 55, 61, 222
- Λόγος Poisson (μέτρο εγκάρσιας παραμόρφωσης)	-Querdehnzahl	61
- πυκνότητα	-Rohdichte	57, 80
- συστολή	-Schwinden	41, 54, 61, 253
- διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων	-Spannungs-dehnungs-linie	60, 81
- ιδιότητες παραμόρφωσης	-Verformungseigenschaften	59
- συντελεστής θερμικής διαστολής	-Wärmedehnzahl	61
- θλιπτική αντοχή κυβικών δοκιμίων	-Würfeldruckfestigkeit	57
- εφελκυστική αντοχή	-Zugfestigkeit	58, 269
- θλιπτική αντοχή κυλινδρικών δοκιμίων	-Zylinderdruckfestigkeit	57
Επικάλυψη σκυροδέματος	Betondeckung	76, 179, 190,193
Χάλυβας σκυροδέματος	Betonstahl	
- ποσοστό οπλισμού	-Bewehrungsgrad	108, 129, 264
- μήκυνση	-Dehnung	67,85,103,142
- πυκνότητα	-Dichte	68
- ολκιμότητα	-Duktilität	67

- μέτρο ελαστικότητας	-Elastizitätsmodul	69, 148
- κόπωση	-Ermüdung	37, 69, 153, 223
- γεωμετρία	-Geometrie	67
- διαμήκης οπλισμός	-Längsbewehrung	96,102,106,113, 117, 181, 197, 240, 263
- οπλισμός διάτμησης	-Schubbewehrung	110 , 226
- συγκόλληση	-Schweissen	185
- διάγραμμα τάσεων -παραμορφώσεων	-Spannungs-dehnungs-linie	69 , 85
- όριο διαρροής	-Streckgrenze	67 ,85
- αγκύρωση	-Verankerung	69,87,157,181,262
- σύνδεση/συνάφεια	-Verbund	69, 87,148,167,179,263
- συντελεστής θερμικής διαστολής	-Wärmedehnzahl	68
- εφελκυστική αντοχή	-Zugfestigkeit	67,85
Οπλισμός	Bewehrung	
- οπλισμός για περιορισμό του πλάτους ρωγμών	-Bewehrung für die Begrenzung der Rissbreite	165
- ελάχιστος οπλισμός	-Mindestbewehrung	47, 165, 196, 201,205,209
- επιδερμικός οπλισμός	-Oberflächenbewehrung	190,203
- οπλισμός μονολιθικότητας	-Robustheitsbewehrung	105
- ανάδρομος οπλισμός	-Rückhängebewehrung	214, 246
Χαρακτηριστική τιμή	Charakteristischer Wert	
- των ιδιοτήτων των δομικών υλικών	-der Baustoffeigenschaften	32
- των δράσεων	-der Einwirkungen	31
Απόθλιψη	Dekompression	53,160, 163, 264
Διάτρηση	Durchstanzen	122,153
Βέλος κάμψης	Durchbiegung	61,173
Δράσεις	Einwirkungen	
- τυχηματικές	-außergewöhnliche	30
- αποσταθεροποιητικές, δυσμενείς	-destabilisierend, ungünstig	34, 36
- συνδυασμοί	-Kombinationen	35
- κατά τόπους σταθερές	-ortsfeste	30
- κατά τόπους μεταβλητές	-ortsveränderliche	30
- σταθεροποιητικές, ευνοϊκές	-stabilisierend,günstig	34, 36
- μόνιμες	-ständige	30, 35
- μεταβλητές	-veränderliche	30



- καταναγκασμός	-Zwang	30
Κόπωση	Ermüdung	34,37,147,223
Κατηγορίες έκθεσης	Expositionsklasse	77
Εξωτερικοί τένοντες προέντασης	Externe Spannglieder	53,73,94,147,163,242
Προκατασκευασμένα στοιχεία	Fertigteile	248
- ιδιότητες δομικών υλικών	-Baustoffeigenschaften	
- επικάλυψη σκυροδέματος	-Betondeckung	76
- συμπλήρωση με επι τόπου σκυρόδεμα	-Ortbetoneergänzung	54 , 96
- μερικοί συντελεστές ασφαλείας για τα δομικά υλικά	-Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	251
- μεταφορά	-Transport	144, 254, 256
- προένταση	-Vorspannung	53,162, 257
Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	37, 45, 160, 257, 264, 274
- απόθλιψη και ρηγμάτωση	-Dekompression und Rissbildung	160,163
- ελάχιστος οπλισμός	-Mindestbewehrung	165
- περιορισμός πλάτους ρωγμών	-Rissbreitenbeschränkung	168
- ταλαντώσεις	-Schwingungen	175
- περιορισμός της τάσης	-Spannungsbegrenzung	162 , 257
- παραμορφώσεις	-Verformungen	173
Οριακή κατάσταση αστοχίας	Grenzzustand der Tragfähigkeit	34, 45, 102, 251, 256, 268
- κάμψη με αξονική δύναμη	-Biegung mit Längskraft	102 , 269
- διάτρηση	-Durchstanzen	122
- κόπωση	-Ermüdung	147
- συνδυαστική καταπόνηση	-Kombinierte Beanspruchung	119
- τέμνουσα δύναμη	-Querkraft	106, 259, 271
- στρέψη	-Torsion	116, 272
- παραμόρφωση φέρουσας κατασκευής	-Tragwerksverformung	134, 256, 272
Ατέλεια	Imperfektion	33, 40, 139, 257 270, 274
Έλεγχος σε λυγισμό	Knicksicherheitsnachweis	136
Συντελεστής συνδυασμού	Kombinationsbeiwert	31, 35
Βραχείς πρόβολοι	Konsolen	50, 207, 243, 246
Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού	mitwirkende Plattenbreite	42
Μέθοδος προτύπου υποστυλώματος	Modellstützenverfahren	139

Ανακατανομή ροπής	Momentenumlagerung	46
Απαιτήσεις ελέγχων	Nachweisbedingungen	34, 160, 256
Μη γραμμικός καθορισμός εντατικών μεγεθών	Nichtlineare Schnittgrößenermittlung	45, 49, 81, 85, 216
Τέμνουσα δύναμη	Querkraft	
- γενικά	-allgemein	106, 110, 271
- κατασκευαστική διαμόρφωση	-Bauliche Durchbiegung	187, 199, 205
- οριακές καταστάσεις	-Grenzzustände	107, 112, 260
Κανόνες	Regeln	
- κανόνες εφαρμογής	-Anwendungsregeln	5
- δεσμευτικοί κανόνες	-verbindliche Regeln	5
Ρηγμάτωση	Rissbildung	45, 99,162
Περιορισμός πλάτους ρωγμών	Rissbreitenbeschränkung	160, 190
Λυγηρότητα	Slankheit	
- λυγηρά βάρη /φορείς	-schlanke Pfeiler/Traeger	137,272
Καθορισμός εντατικών μεγεθών	Schnittgrößenermittlung	39
Ταλαντώσεις	Schwingungen	175, 244
Τένοντας προέντασης	Spannglied	
- σωλήνας	-Hüllrohr	77, 94, 107, 154, 193, 226
- σύνδεση-σύζευξη (μούφες)	-Kopplung	79, 91,147,195, 225, 244
- ελάχιστος αριθμός	-Mindestanzahl	92
- χαλάρωση	-Relaxation	55, 91, 96, 254
- απώλεια δύναμης τάνυσης	-Spannkraftverlust	52, 93, 95, 163
- αγκύρωση	-Verankerung	44, 50, 91, 97, 244, 254
- δύναμη προέντασης	-Vorspannkraft	36 ,52, 93, 214, 246
- προσβασιμότητα (επισκεψιμότητα)	Zugänglichkeit	245
Χάλυβας προέντασης	Spannstahl	
- μήκυνση	-Dehnung	54, 70, 89, 103,
- πυκνότητα	-Dichte	71
- ολκιμότητα	-Duktilität	71, 90
- μέτρο ελαστικότητας	-E-Modul	72
- κόπωση	-Ermüdung	37, 72, 153, 223
- γεωμετρία	-Geometrie	70
- διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	-Spannungs-dehnungs-linie	71, 88
- διάβρωση υπό τάση	-Spannungsrisskorrosion	91,104
- εφελκυστική αντοχή	- Zugfestigkeit	70

Διαδικασία/ μέθοδοι τάνυσης	Spannvorgang / Spannverfahren	72, 92, 97
Προσομοιώματα δικτυωμάτων	Stabwerkmodelle	50, 102, 156
Τμηματική φόρτιση επιφάνειας	Teilflächenbelastung	211
Μερικός συντελεστής ασφαλείας	Teilsicherheitsbeiwert	
- για τυχηματικές δράσεις	-für außergewöhnliche Einwirkungen	31
- για δομικά υλικά	-für Baustoffe	32, 37
- για το σκυρόδεμα	-für Beton	37
- για δράσεις από προένταση	-für Einwirkungen aus den Vorspannkräften	36
- για δράσεις όπου δεν λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες αβεβαιότητας των προσομοιωμάτων	-für Einwirkungen ohne Berücksichtigung von Modellunsicherheiten	31
- για δράσεις όπου λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες αβεβαιότητας των προσομοιωμάτων	-für Einwirkungen unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten	31
- για δράσεις	-für Einwirkungen	31
- για την κόπωση	-für Ermüdung	147
- για το χάλυβα (χάλυβα σκυροδέματος, χάλυβα προέντασης )	-für Stahl (Beton,Spannstahl)	37
- για μόνιμες δράσεις	-für ständige Einwirkungen	36
- για μεταβλητές δράσεις	-für veränderliche Einwirkungen	31
Στρέψη	Torsion	
- γενικά	-allgemein	116, 272
- κατασκευαστική διαμόρφωση	-bauliche Durchbiegung	202
- οριακές καταστάσεις	-Grenzzustände	117
Άοπλο σκυρόδεμα	Unbewerter Beton	57, 80, 109, 266
Περιορισμός των παραμορφώσεων	Verformungsbegrenzung	173
Απροειδοποίητη αστοχία	Versagen ohne Vorankündigung	104

**Κεφάλαιο VIII****Κατάλογος πηγών**

Για τα κεφάλαια II έως V αναγράφονται παρακάτω –πληροφοριακά- οι πηγές του αρχικού νομοθετικού πλαισίου σε μορφή πίνακα. Προσαρμογές μεταξύ των νομοθετικών πλαισίων δεν αναγράφονται μεμονωμένα. (Υπόδειξη: Η επεξεργασία του κανονισμού DIN 1045-01 έγινε βάσει του ευρωπαϊκού σχεδίου κανονισμού ENV 1992-1-1).

<b>Κεφάλαιο</b>	<b>Ενότητα / Κανόνας εφαρμογής</b>	<b>Νομοθετικό πλαίσιο</b>
II	1.1	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	1.3 – 1.4.2 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	1.4.2 (102)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	1.5 (1) – 1.6.5	DIN 1045-1
II	2 -2.2.1.1 (104)	DIN V ENV 1992-2
	2.2.1.1 (5) – 2.2.2.1 (4)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.2.2 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.2.2 (106)	DIN V ENV 1992-2
	2.2.2.3 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.2.3 (102)	DIN V ENV 1992-2
	2.2.2.3 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.2.3 (104)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.2.2.4 (1) – 2.2.3.1 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.3.1 (104)	DIN V ENV 1992-2
	2.2.3.2 (1) – (2)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.3.2 (3)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
	2.2.4 (1) – 2.2.4 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.3.1 – 2.3.2.1 (5)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.3.2.2 (101)	DIN V ENV 1992-2
	2.3.2.2 α) – γ)	προστέθηκε συμπληρωματικά
	2.3.2.2 (102) – (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.3.2.3 (1) – (104)	DIN V ENV 1992-1-1

	2.3.3.1 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.3.3.1 (102) – (104)	DIN V ENV 1992 -2
	2.3.3.2 (1) – (3)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.3.3.2 (105)	DIN V ENV 1992 -2
	2.3.3.2 (6)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
	2.3.4 (1)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.3.4 (102) – (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.3.4 (8)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.3.4 (109) – (110)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.4 – 2.5.1.3 (2)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.5.1.3 (103)	DIN V ENV 1992 -2
	2.5.1.3 (4) – 2.5.1.5 (2)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.5.1.7 (101) – (102)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.5.2 – 2.5.2.1 (2)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.5.2.1 (3)	DIN 1045-1
	2.5.2.1 (4) – (6)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.2.2.1 (1) – (5)	DIN 1045-1
	2.5.3.1 – 2.5.3.1 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.1 (104)	DIN V ENV 1992 -2
	2.5.3.2 – 2.5.3.2.2 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.2.2 (3)	DIN 1045-1
	2.5.3.2.2 (4) – 2.5.3.4.1 (1)	DIN V ENV 1992 -1-1
	2.5.3.4.2 (1) – 2.5.3.4.2 (3)	DIN 1045-1
	2.5.3.4.2 (4)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.4.2 (5)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.5.3.4.2 (6) – 2.5.3.5.1 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.5.1 (104)	DIN V ENV 1992-2
	2.5.3.5.2 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.5.3 (1)	Προστέθηκε συμπληρωματικά

	2.5.3.5.4 (1) – 2.5.3.6.1 (2) β	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.6.1 (2) γ	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.5.3.6.1 (3) – 2.5.3.6.2 (4)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.6.3 (1)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	2.5.3.6.3 (2) – 2.5.3.7.4 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.7.4 (2)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.3.7.4 (3) – 2.5.4.2 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.4.2 (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	2.5.4.2 (5) – 2.5.5.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.5.1 (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	2.5.5.1 (3) – 2.5.5.1 (12)	DIN V ENV 1992-1-1
	2.5.5.1 (13)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
II	3 – 3.1.3 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.1.3 (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	3.1.3 (3) – 3.1.5.2. (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.1.5.2 (2)	DIN 1045-1
	3.1.5.2 (3) – 3.1.5.4	DIN V ENV 1992-1-1
	3.1.5.5	DIN 1045-1
	3.2.1 (1) – (2)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.2.1 (3)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
	3.2.1 (4) – (5)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.2.1 Πίνακας P.2	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	3.2.1 (6) – 3.2.2 (7)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.2.2 (109)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	3.2.3 – 3.2.4.4 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.2.5 – 3.3.4.3 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	3.3.4.4 – 3.4	Προστέθηκε συμπληρωματικά
II	4.1.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	4.1.1 (102)	NAD στο DIN V ENV 1992-2

4.1.1 (3) – 4.1.2.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.1.2.1 (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.1.2.2 – 4.1.3.3 (5)	DIN V ENV 1992-1-1
4.1.3.3 (6)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.1.3.3 (7) –(12)	DIN V ENV 1992-1-1
4.1.3.3 (113) – (114)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.1.3.3 (115)	DIN V ENV 1992-2
4.1.4 – 4.2.1.3.3 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.1.3.3 (3) – (8)	DIN 1045-1
4.2.1.3.3 (9) – (11)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.1.3.3 (12)	DIN 1045-1
4.2.1.4 – 4.2.2.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.2.1 (2)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
4.2.2.1 (3) – (4)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.2.2	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.2.2.3 – 4.2.2.3.2 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.2.3.2 (2) – (6)	DIN 1045-1
4.2.2.3.3 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.2.2.4 – 4.2.3.3.3 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.3.3 (3) – 4.2.3.3.4	DIN 1045-1
4.2.3.3.5 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.2.3.3.6	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.2.3.3.7 – 4.2.3.4.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.4.1 (2) – 4.2.3.4.2	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.2.3.5.1 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.2.3.5.1 (2) – (3)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.2 (1)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.2.3.5.3 – 4.2.3.5.4 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.4 (2) – (3)	DIN 1045-1

4.2.3.5.4 (4) – (6)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.4 (107)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.2.3.5.4 (8)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.5 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.5 (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.2.3.5.5 (3) – (10)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.6	DIN 1045-1
4.2.3.5.7 (1) – (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.2.3.5.7 (103) – (104)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.2.3.5.7 (5)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.1 (1)	DIN 1045-1
4.3.1.1 (2) – (4)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.1 (105)	DIN V ENV 1992-2
4.3.1.1 (107)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.1 (8) – 4.3.1.2 (1) VI	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.2 (1) VII	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.2 (1) VIII	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.2 (1) IX - X	DIN 1045-1: 2001-07
4.3.1.2 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.2 (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.2 (105) – 4.3.1.2 (6)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.2 (106)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.1.3 (1) – (3)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.1.3 (104)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.3 (105)α	DIN V ENV 1992-2
4.3.1.3 (105) β	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.3 (105) γ – (108)	DIN V ENV 1992-2
4.3.1.3 (109)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.1.3 (110)	DIN V ENV 1992-2



4.3.2.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.1 (102)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.2.1 (103) – (7)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.2 (1)	DIN 1045-1
4.3.2.2(3)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.2 (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.2.2 (6)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.2 (107)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.2.2 (8) – 4.3.2.3 (1)	DIN 1045-1
4.3.2.3 (101)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.2.3 (2)	DIN 1045-1
4.3.2.4.1	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.4.2 (1) – (3)	DIN 1045-1
4.3.2.4.2 (4)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.4.4 (1) – (3)	DIN 1045-1
4.3.2.4.4 (5) – (8)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.4.5 (1)	DIN 1045-1
4.3.2.4.6 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.2.5 (1) – (4)	DIN 1045-1
4.3.3.1 (1) – (5)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.3.1 (6) – (7)	DIN 1045-1
4.3.3.1 (8) – 4.3.3.2.2 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.3.2.2 (3)	DIN 1045-1
4.3.3.2.2 (4) – 4.3.4.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.4.1. (2) – (3)	DIN 1045-1
4.3.4.1 (4)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.4.2 – 4.3.4.5	DIN 1045-1
4.3.5.1 (1) – (4)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.5.1 (5) – 4.3.5.2 (1)	DIN 1045-1

4.3.5.2 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.5.2 (103)	DIN V ENV 1992-2
4.3.5.2 (104)	DIN 1045-1
4.3.5.2 (105)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.5.2 (107) – (108)	DIN 1045-1
4.3.5.2 (112) – (117)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.5.3.1 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.3.5.3.1 (2) – 4.3.5.3.3 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
4.3.5.3.4 (101) – 4.3.5.3.5 (2)	DIN 1045-1
4.3.5.3.5 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.3.5.3.5 (3) – 4.3.5.4 (1)	DIN 1045-1
4.3.5.4 (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.5.4 (3) – (4)	DIN 1045-1
4.3.5.4 (105)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.5.6 – 4.3.5.7	DIN 1045-1
4.3.6.1 (101) – (102)	DIN V ENV 1992-2
4.3.6.2 (105) – 4.3.6.3 (105)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.1 (101) – (102) ζ	DIN V ENV 1992-2
4.3.7.1 (102) η – θ	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.1 (102) ι	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.7.2 (101) – (102)	DIN V ENV 1992-2
4.3.7.2 (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.3	DIN 1045-1
4.3.7.4 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.4 (102)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.3.7.4 (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.4 (104) – 4.3.7.5 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.3.7.5 (102) – (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.5 (104)	DIN V ENV 1992-2

4.3.7.5 (105)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.3.7.5 (106) – 4.3.7.8 (102)	DIN V ENV 1992-2
4.3.8	DIN 1045-1
4.4.0.2 (101) – 4.4.0.3 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.4.0.3 (102)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.4.0.3 (103)	DIN V ENV 1992-2
4.4.0.3 (4)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.4.1.1 (1) – (2)	DIN 1045-1
4.4.1.1 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
4.4.1.1 (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.4.1.1 (4) – (8)	DIN V ENV 1992-1-1
4.4.1.1 (109) – 4.4.1.2 (101)	DIN V ENV 1992-2
4.4.1.2 (102) – (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.4.1.2 (104)	DIN 1045-1
4.4.1.3 (1) – (105)	DIN V ENV 1992-2
4.4.1.4	DIN 1045-1
4.4.2.1 (1) – (3)	DIN V ENV 1992-1-1
4.4.2.1 (103) – (105)	DIN 1045-1
4.4.2.1 (4) – (5)	DIN V ENV 1992-1-1
4.4.2.1 (106)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.4.2.1 (107)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.4.2.1 (9) – (111)	DIN 1045-1
4.4.2.2 (101) – (102)	DIN V ENV 1992-2
4.4.2.2 (103)	DIN 1045-1
4.4.2.2 (104)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
4.4.2.2 (105)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
4.4.2.2 (3) – (7)	DIN 1045-1
4.4.2.2. (8)	DIN V ENV 1992-2
4.4.2.3 – 4.4.3.1 (1)	DIN 1045-1

	4.4.3.1 (102)	DIN V ENV 1992-2
	4.4.3.1 (103)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	4.4.3.1 (104)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	4.4.3.1 (105)	DIN V ENV 1992-2
	4.4.3.1 (106)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	4.4.3.1 (107) – 4.4.3.3 (101)	DIN V ENV 1992-2
	4.4.3.3 (102)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	4.4.4	DIN V ENV 1992-2
II	5.1 (1) – (2)	DIN 1045-1
	5.1 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.1 (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.1 (5)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.2.1 – 5.2.3.2 (2)	DIN 1045-1
	5.2.3.2 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.2.3.2 (4) – 5.2.5 (5)	DIN 1045-1
	5.2.6.1 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.2.6.1 (2) – 5.2.6.2 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.2.6.3 (1) – (2)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.2.6.3 (3)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.2.7.1 (1)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.2.7.2 (1) – 5.3.2 (1)	DIN 1045-1
	5.3.3 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.3.3.1 (1) – (5)	DIN 1045-1
	5.3.3.2.1 (1)	DIN V ENV 1992-2
	5.3.3.2.1 (2) – (103)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.3.4 (1) – (4)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.3.4 (105)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.3.4 (106) – (107)	DIN V ENV 1992-2
	5.3.4 (108)	NAD στο DIN V ENV 1992-2

	5.4.1 – 5.4.1.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.1.1 (2) – (3)	DIN V 1045-1
	5.4.1.2 (100)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.1.2.1 (1) – 5.4.1.2.2 (7)	DIN 1045-1
	5.4.2.1.1 (101)	DIN V ENV 1992-2
	5.4.2.1.1 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.2.1.1 (3) – (4)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.4.2.1.3 (1) – 5.4.2.3 (3)	DIN 1045-1
	5.4.2.4 (1) – (4)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.2.4 (5)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.2.4 (6) – 5.4.3.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.3.2.1 (1) – 5.4.3.2.2 (1)	DIN 1045-1
	5.4.3.2.2 (2)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.3.2.2 (103)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.3.2.2 (8) – 5.4.3.3 (7)	DIN 1045-1
	5.4.4 (1) – (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.5 (1) – (2)	DIN 1045-1
	5.4.6 (1) – 5.4.7.1 (1)	DIN V ENV 1992-1-1
	5.4.7.2 (1) – (2)	DIN 1045-1
	5.4.7.2 (3)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.7.2 (4) – (6)	DIN 1045-1
	5.4.7.3 (1)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.7.3 (2) – (4)	DIN 1045-1
	5.4.7.3 (5)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	5.4.8.1 (1) – (3)	DIN 1045-1
	5.4.8.1 (4)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.4.8.1 (5) – 5.4.8.4.1 (2)	DIN 1045-1
	5.4.8.4.1. (3)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	5.4.8.4.2 (1)	DIN 1045-1

	5.4.9.1 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
II	A.2.1 (1) – (4)	DIN 1045-1
	A.2.1 (5)	DIN V ENV 1992-2
	A.2.1 (6)	DIN 1045-1
	A.2.1 (7)	DIN V ENV 1992-2
	A.2.1 (8) – (11)	DIN 1045-1
	A.2.1 (12) – A.2.2 (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
II	A.4	DIN V ENV 1992-1-1
II	A.106.1 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	A.106.2 (101) – A.106.2 (106)	DIN V ENV 1992-2
	A.106.2 (107)	Προστέθηκε συμπληρωματικά
	A.106.2 (108) – A.106.3.1 (107)	DIN V ENV 1992-2
	A.106.3.2 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
	A.106.3.2 (102) – (107)	DIN V ENV 1992-2
	A.106.3.2 (108) – A.106.2.2 (101)	NAD στο DIN V ENV 1992-2
II	A.108	NAD στο DIN V ENV 1992-2
III	1 - 4	Προστέθηκε συμπληρωματικά
IV	1 – 4.4	DIN V ENV 1992-1-3
	4.5	DIN 1045-1
	5	DIN V ENV 1992-1-3
V	1 – 1.4.2 (101)	DIN V ENV 1992-1-6
	2.3.3.2 (107)	DIN 1045-1
	2.5.3.2.2 (101) – (102)	DIN V ENV 1992-1-6
	3.1.4 (4)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-6
	4.2.1.1	DIN V ENV 1992-1-6
	4.3.1.2 (1)	DIN 1045-1
	4.3.1.2 (2)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-6
	4.3.1.2 (103) – (108)	DIN V ENV 1992-1-6
	4.3.1.2 (109) – 4.3.3.1 (10)	DIN 1045-1

	4.3.5.3.5 (110) – (112)	DIN V ENV 1992-1-6
	4.3.5.3.5 (113)	NAD στο DIN V ENV 1992-1-6
	4.3.5.6 (1) – (3)	DIN 1045-1
	4.4.0 (101) – 5.4.10 (101)	DIN V ENV 1992-1-6