

προσωρινώς μεν τένοντες οι οποίοι πρόκειται να συνδεθούν με το σκυρόδεμα μέσω τσιμεντενέματος (οι τένοντες υπάγονται σε αυτήν την κατηγορία πριν από την ενεργοποίηση της σύνδεσής τους με το σκυρόδεμα),

μονίμως δε τένοντες για τους οποίους δεν προβλέπεται σύνδεση των τενόντων με το σκυρόδεμα (προένταση χωρίς σύνδεση).

Κατά κανόνα η δύναμη προέντασης που επιβάλλεται μέσω τενόντων χωρίς συνάφεια, θεωρείται τμήμα των δράσεων.

4.5.3 Τένοντες με συνάφεια

Ο τρόπος με τον οποίον επιδρά η προένταση ως τμήμα των δράσεων ή ως μέρος της αντίστασης μίας διατομής μεταβάλλεται με την αύξηση των δράσεων. Αυτό το δεδομένο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των επί μέρους συντελεστών γ_p ή γ_m αντιστοίχως.

Έτσι,

- 1) Στις ισοστατικές επιρροές, η προένταση λαμβάνεται υπόψη σε μια διατομή ως:
 - α) τμήμα της εσωτερικής αντοχής, όταν η παραμόρφωση των τενόντων είναι μεγαλύτερη από $\epsilon_{p0.1d}$ (παραμόρφωση ίση με $f_{p0.1k} / \gamma_s \cdot E_s$). Αυτή η περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται:
 - στους διαμήκεις τένοντες, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι ορθών δράσεων (Κεφ.10) και λυγισμού (Κεφ.14).
 - στον κατακόρυφο προεντεταμένο διατμητικό σπλισμό, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι τεμνουσών δυνάμεων (Κεφ.11) και στρέψης (Κεφ.12).
 - β) τμήμα των εξωτερικών δράσεων, όταν η επιμήκυνση των τενόντων είναι μικρότερη από την ϵ_{pd} (και συνεπώς οι τένοντες βρίσκονται στην ελαστική περιοχή).
- 2) Στις υπερστατικές επιρροές, επειδή αυτές επηρεάζονται ελάχιστα από την εξέλιξη της φόρτισης, η προένταση λαμβάνεται πάντοτε ως τμήμα των εξωτερικών δράσεων.

Για την εφαρμογή των παραπάνω διατάξεων, η διαδικασία που πρέπει να υιοθετηθεί δίνεται στον Πίνακα 4.1. Οι απαιτούμενοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_f και γ_m , καθώς και οι συντελεστές συνδυασμών δράσεων, ψ , λαμβάνονται σύμφωνα με το Κεφ. 6.

Πίνακας 4.1: Εισαγωγή της προέντασης στους υπολογισμούς

| Επιρροές λόγω προέντασης P | Εξεταζόμενη οριακή κατάσταση | Τμήμα των εξωτερικών δράσεων | Τμήμα της αντοχής |
|----------------------------|------------------------------|--|---|
| Ισοστατικές | Λειτουργικότητα | Πάντοτε | -- |
| | Αστοχία | Όταν $\varepsilon_p < \varepsilon_{p0,ld}$ (*) | Όταν $\varepsilon_p \geq \varepsilon_{p0,ld}$ |
| Υπερστατικές (*) | Λειτουργικότητα και αστοχία | Πάντοτε | -- |

ε_p ανηγμένη παραμόρφωση προεντεταμένου τένοντα

$\varepsilon_{p0,ld}$ ανηγμένη παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε τάση $\sigma_p = f_{p0,ld} / \gamma_m$, $\gamma_m = \gamma_s$

(*) μόνο το υπερστατικό τμήμα της έντασης λόγω προέντασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ, ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα σε διάρκεια μιας κατασκευής, θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- τα κριτήρια σχεδιασμού,
- η πιθανολογούμενη χρήση, συντήρηση και επιθεώρηση, κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου,
- τα τυχόν ειδικά προστατευτικά μέτρα,
- η μορφολογία των δομικών στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες,
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των υλικών,
- οι συνθήκες περιβάλλοντος.

Ειδικότερα, οι συνθήκες περιβάλλοντος που θα επικρατούν κατά την ενεργό ζωή της κατασκευής, θα πρέπει να εκτιμηθούν κατά τον σχεδιασμό του έργου έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση της σπουδαιότητάς των σε σχέση με την ανθεκτικότητα σε διάρκεια και να προβλέπονται τα κατάλληλα μέτρα. Βασικό μεταξύ των μέτρων αυτών είναι το

μέγεθος της εκ σκυροδέματος επικάλυψης των οπλισμών (καθώς και η ελάχιστη διάμετρος των ράβδων οπλισμού, σύμφωνα με το Κεφ. 18).

Ορίζονται 4 κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος ως εξής:

- Κατηγορία 1: Ελάχιστα διαβρωτικό περιβάλλον.
- Κατηγορία 2: Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον.
- Κατηγορία 3: Παραθαλάσσιο περιβάλλον. Παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή $(\leq 1\text{km})$).
- Κατηγορία 4: Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον. Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα (αέρια, υγρά, στερεά).

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ οποιουδήποτε οπλισμού και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος (επικάλυψη) δίνεται στον Πίνακα 5.1.

Η ονομαστική τιμή c_{nom} της επικάλυψης σκυροδέματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 5 έως 10 mm της ελάχιστης c_{min} .

Πίνακας 5.1: Ελάχιστες επικάλυψεις σε mm (c_{min})

| Τιμές c_{min} | | | | Διόρθωση για: | | |
|--|----|----|--------|-----------------|------------------------|--------------------------|
| Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος | | | | Πλάκες ή κελύφη | Προταυόμενους τένοντες | Προεντεταμένους τένοντες |
| 1 | 2 | 3 | 4 | -5 | +5 | +10 |
| 20 | 25 | 30 | 30-45* | | | |
| * Αναλόγως της διαβρωτικότητας του μέσου. Για προσβολή κατά την παρ.12.4 του Κ.Τ.Σ. ισχύει $c_{min} = 30,35,40$ και 45mm για ασθενή, μέτριο, ισχυρό και πολύ ισχυρό βαθμό προσβολής, αντιστοίχως. | | | | | | |

Η τελική τιμή της ελάχιστης επικάλυψης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 15 mm ή από $(\varnothing + 10\text{ mm}$ ή $20\text{ mm})$ για κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1/2 ή 3/4, αντιστοίχως, όπου \varnothing (ή $\varnothing\sqrt{n}$) η διάμετρος ράβδου οπλισμού (ή η ισοδύναμη διάμετρος δέσμης ράβδων).

Για σκυροδετήσεις εν επαφή με συνήθη εδάφη η ελάχιστη επικάλυψη είναι:

- για απευθείας σκυροδέτηση σε μη διαμορφωμένο έδαφος 75mm
- για σκυροδέτηση επί διαμορφωμένου εδάφους, με στρώση σκυροδέματος καθαριότητας, 40mm.

Για υποθαλάσσια έργα ή έργα που διαβρέχονται / καταιονίζονται με θαλασσινό νερό, η ελάχιστη επικάλυψη είναι 40 mm.

Για σκυροδέματα με αδρανή μεγίστου κόκκου > 31.5 mm, η ελάχιστη επικάλυψη αυξάνεται κατά 5mm, για $c_{\min} \leq 30$ mm .

Για ειδικά έργα (π.χ. σταθμοί αφαλατώσεως ή έργα όπου το σκυρόδεμα έρχεται σε επαφή με νερά ή εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων ή θειοϊόντων) θα γίνεται ειδική μελέτη (βλ. παρ. 12.4 Κ.Τ.Σ.).

5.2 ΑΝΟΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα οικοδομικά έργα (εκτός αν ισχύει άλλη ειδική προδιαγραφή) πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις ανοχών, οι οποίες αντιστοιχούν σε μία πιθανή απόκλιση $\Delta\lambda$ μιας διάστασης λ σε σχέση με την ονομαστική της τιμή:

- α) Ανοχές διαστάσεων διατομών σκυροδέματος (ύψος δοκού ή πλάκας, πλάτος δοκού, διαστάσεις διατομής υποστυλώματος και τοιχώματος) και στατικών υψών:

$$\lambda \leq 150 \text{ mm} \quad : \Delta\lambda = \pm 10 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$\lambda = 400 \text{ mm} \quad : \Delta\lambda = \pm 20 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$\lambda \geq 2500 \text{ mm} \quad : \Delta\lambda = \pm 30 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.3)$$

με γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές του λ ($\lambda=b$, d ή h κατά περίπτωση).

- β) Ανοχές μήκους δοκού ή πλάκας ή ύψους υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων μεταξύ διαδοχικών ορόφων

$$\Delta\lambda = \pm 0.05 \lambda \leq \pm 250 \text{ mm}$$

- γ) Ανοχές απόκλισης υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων από την κατακόρυφο (γωνία $\Delta\alpha$ σε ακτίνια):

μεταξύ δύο συνεχόμενων ορόφων

$$\Delta\alpha = 0.0040 \dots\dots\dots (5.4)$$

για το συνολικό ύψος του υποστυλώματος (απόκλιση της ευθείας που ενώνει την κορυφή με τη βάση του):

$$\Delta\alpha = 0.0040 \dots\dots\dots (5.5)$$

- δ) Ανοχές απόκλισης της συνισταμένης των δυνάμεων προέντασης από την ονομαστική της θέση:

$$\lambda \leq 200 \text{ mm}$$

για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων, για μεμονωμένους τένοντες και για δέσμες τενόντων:

$$\Delta\lambda = \pm 0.025 \lambda \leq \pm 10 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.6)$$

$$\lambda > 200 \text{ mm}$$

για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων και για μεμονωμένους τένοντες

$$\Delta\lambda = \pm 0.025 \lambda \leq \pm 20 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.7)$$

για δέσμες τενόντων

$$\Delta\lambda = \pm 0.04 \lambda \leq \pm 30 \text{ mm} \dots\dots\dots (5.8)$$

όπου λ είναι η εκάστοτε εξεταζόμενη διάσταση του στοιχείου.

Οι απαιτήσεις ανοχών θεωρείται ότι έχουν ικανοποιηθεί αν οι ανοχές που προδιαγράφονται σε αυτήν την παράγραφο δεν έχουν ξεπερασθεί εις βάρος της ασφάλειας σε περισσότερο από το 20% των δομικών στοιχείων.

Όταν οι απαιτήσεις ελάχιστων ανοχών δεν ικανοποιούνται, πρέπει να γίνει συμπληρωματική μελέτη, η οποία να λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες ανοχές (εφόσον η επιρροή τους είναι δυσμενής).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται καταρχήν στην μόρφωση ενός σαφούς δομικού συστήματος καλής μορφολογίας, τόσο στα επιμέρους δομικά στοιχεία, όσο και στο σύνολο.

Κατασκευές μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια, τόσο κατά την ανάλυση του δομικού συστήματος (με σκοπό τον αξιόπιστο προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών), όσο και κατά τις λεπτομέρειες κατασκευής και όπλισης.

Κατά τον σχεδιασμό έναντι σεισμικών δράσεων πρέπει να εφαρμόζονται οι περί μορφολογίας διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ).

6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός δομικού συστήματος γίνεται για να εξασφαλιστεί η αντοχή, η λειτουργικότητα και η ανθεκτικότητά του.

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων, οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (παρ. 6.2).

Ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση αστοχίας γίνεται συγκρίνοντας ένα εντατικό μέγεθος από τις δράσεις σχεδιασμού S_d , με την αντίστοιχη αντίσταση σχεδιασμού R_d , δηλαδή με τη τιμή του ίδιου εντατικού μεγέθους που μπορεί να αναλάβει το δομικό στοιχείο.

$$S_d \leq R_d \dots\dots\dots(6.1)$$

Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ελέγχεται το εύρος ρωγμής και ο περιορισμός των παραμορφώσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενες τάσεις.

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις σχεδιασμού καθορίζονται με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας όπως στην παρ. 6.3.

6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ο Κανονισμός αυτός αφορά δομικά στοιχεία φορέων από ωπλισμένο (ή και προεντεταμένο) σκυρόδεμα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Φορείς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με μέγιστη τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς κατά ΕΑΚ ίση με:

$$q^* = 1.5 \quad \text{για τις περιπτώσεις } \alpha \text{ και } \beta \text{ του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ,}$$

$$q^* = 1 \quad \text{για την περίπτωση } \gamma \text{ του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ.}$$

Φορείς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς μεγαλύτερη από την τιμή q^* :

Δομικά στοιχεία όπως:

Πλάκες εν γένει.

Στοιχεία υπογείων ορόφων εν γένει, περιλαμβανομένων και των στοιχείων θεμελίωσης.

Δευτερεύουσες δοκοί, δηλ. δοκοί που δεν εδράζονται απευθείας σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

Κόμβοι στους οποίους δεν συντρέχουν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

θεωρούνται δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ασχέτως του αν ανήκουν σε φορείς με (ή χωρίς) αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Από τον προηγούμενο Κανόνα εξαιρούνται τα τμήματα συμπαγών πλακών χωρίς δοκούς που συμμετέχουν σε συστήματα ισοδύναμων πλαισίων πλακών – στύλων μερικής ανάληψης οριζοντίων φορτίων, σύμφωνα με την παρ. 9.1.7.

6.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε, όταν φθάσει σε μία ειδική κατάσταση (που λέγεται «οριακή κατάσταση») όπου παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια τα σχετικά με την αντοχή του ή την λειτουργικότητά του.

Οι οριακές καταστάσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α) Οριακές καταστάσεις αστοχίας, που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα - αντοχή,
- β) Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας, που συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση.

6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

1. Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος (παρ. 6.5).
2. Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό (παρ. 8.3 και 9.1.4).
3. Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές:
 - α) έναντι ορθών εντατικών μεγεθών (ροπή κάμψης και/ ή αξονική δύναμη, βλ. Κεφάλαιο 10)
 - β) έναντι διατμητικών καταπονήσεων, δηλαδή:
 - τέμνουσα (βλ. Κεφάλαιο 11)
 - στρέψη (βλ. Κεφάλαιο 12)
 - διάτρηση (βλ. Κεφάλαιο 13)
 - συνάφεια, αγκύρωση.
4. Οριακές καταστάσεις λυγισμού (βλ. Κεφάλαιο 14) και ύβωσης. Πρόκειται για οριακές καταστάσεις αστοχίας λόγω παραμόρφωσης του φορέα.
Σε λυγισμό εξετάζονται οι γραμμικοί φορείς και σε ύβωση οι επιφανειακοί.
5. Οριακές καταστάσεις κόπωσης.

6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας προέρχονται από:

1. Ρηγμάτωση ή και υπέρβαση τάσεων (βλ. Κεφάλαιο 15)
2. Παραμόρφωση (βλ. Κεφάλαιο 16)

6.3 ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

6.3.1 Γενικά

Τιμή σχεδιασμού ονομάζεται η τιμή με την οποία οι δράσεις ή οι αντοχές εισάγονται στην βασική ανίσωση σχεδιασμού (6.1).

Οι τιμές σχεδιασμού S_d μιας δράσης προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό της αντιπροσωπευτικής της τιμής S_k επί τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_f :

$$S_d = \gamma_f \cdot S_k \dots\dots\dots (6.2)$$

Οι τιμές σχεδιασμού R_d ενός μεγέθους αντοχής προκύπτουν από την διαίρεση της αντιπροσωπευτικής του τιμής R_k με τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας γ_m :

$$R_d = R_k / \gamma_m \dots\dots\dots (6.3)$$

6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

6.3.2.1 Ορισμοί

Οι δράσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή μπορούν να είναι:

- δυνάμεις συγκεντρωμένες ή κατανεμημένες ή/και
- παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

που διακρίνονται σε μόνιμες, μεταβλητές και τυχηματικές.

6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις

Στις μόνιμες δράσεις με αντιπροσωπευτική τιμή G_k περιλαμβάνονται:

- το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής υπολογιζόμενο βάσει των ονομαστικών διαστάσεων,
- το βάρος του οργανισμού πλήρωσης, των επιστρώσεων και επικαλύψεων και γενικά το βάρος κάθε πρόσθετης κατασκευής που θα παραμείνει μόνιμως στο έργο,
- οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (ή άλλων υλικών) με πρακτικά σταθερή στάθμη.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές της προέντασης P_k δίνονται στην παρ. 4.4. Οι τιμές σχεδιασμού G_d των μόνιμων δράσεων δίνονται από τη σχέση:

$$G_d = \gamma_g \cdot G_k \dots\dots\dots (6.4)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_g των μονίμων δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.1

Πίνακας 6.1: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_g

| Οριακές καταστάσεις | Συνδυασμοί | Επιρροή δράσης | |
|---------------------|-------------|----------------|---------|
| | | δυσμενής | ευμενής |
| Αστοχίας | Βασικοί | 1.35 | 1.00 |
| | Τυχηματικοί | 1.00 | 1.00 |
| Λειτουργικότητας | Βασικοί | 1.00 | 1.00 |

6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από τους Κανονισμούς Φορτίσεων.

Για ειδικές κατασκευές άμεσα εκτεθειμένες στις περιβαλλοντικές δράσεις (άνεμος, χιόνι, θερμοκρασία) επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ελεγκτικής Αρχής, ακριβέστερες αντιπροσωπευτικές τιμές εφόσον υπάρχουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία.

Όταν δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετάζονται κατάλληλοι συνδυασμοί δράσεων.

Οι τιμές σχεδιασμού Q_d των μεταβλητών δράσεων είναι:

- για τη δράση με την μεγαλύτερη επιρροή στην οριακή κατάσταση (κύρια δράση)

$$Q_d = \gamma_q \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.5)$$

- για όλες τις υπόλοιπες

$$Q_d = \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.6)$$

για τους βραχυχρόνιους (μάλλον σπάνιους) ή τους μακροχρόνιους (μάλλον συχνούς) συνδυασμούς αντιστοίχως.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q των μεταβλητών δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q

| Οριακές καταστάσεις | Συνδυασμοί | Επιρροή δράσης | |
|---------------------|-------------|----------------|---------|
| | | Δυσμενής | Ευμενής |
| Αστοχίας | Βασικοί | 1.50 | 0.00 |
| | Τυχηματικοί | 1.00 | 0.00 |
| Λειτουργικότητας | Βασικοί | 1.00 | 0.00 |

Οι συντελεστές συνδυασμού ψ είναι διαφορετικοί για τις διάφορες δράσεις και εξαρτώνται από την μακροχρόνια ή βραχυχρόνια επίδρασή τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση. Τιμές του ψ δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3: Συντελεστές συνδυασμού ψ των μεταβλητών δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

| ΔΡΑΣΕΙΣ | | Τιμή συνδυασμού για σύνοδες δράσεις υπό συνδυασμό | |
|---|---|---|----------------------|
| | | βραχυχρόνιο ψ_1 | μακροχρόνιο ψ_2 |
| Ωφέλιμα φορτία | * Κατοικίες | 0.60 | 0.30 |
| | * Γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία | 0.70 | 0.30 |
| | * Χώροι συνάθροισης κοινού (στάδια, σχολεία, θέατρα κλπ.) | 0.80 | 0.50 |
| | * Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αποθήκες δεξαμενές, σιλό κλπ.) | 1.00 | 0.80 |
| | * Χώροι στάθμευσης | 0.90 | 0.60 |
| Περιβ. Δράσεις | Άνεμος | 0.60 | 0.00 |
| | Χιόνι | 0.60 | 0.0/0.3* |
| Έμμεσες δράσεις / παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (διαφορικές καθιζήσεις, θερμοκρασία, συστολή ξηράνσεως κλπ.) | | 0.00 | 0.00 |
| Πλευρικές τάσεις ή πιέσεις | | 1.00 | 1.00 |

(*: μόνο για μη βατές στέγες ή δώματα, για τις οποίες $\psi_2=0$ για τα ωφέλιμα φορτία)

6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των τυχηματικών δράσεων A_k δίνονται από τους αντίστοιχους Κανονισμούς σαν τιμές σχεδιασμού A_d .

$$A_k = A_d \dots\dots\dots(6.7)$$

6.3.2.5 Προένταση

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δυνάμεων προέντασης P_k δίνονται στην παρ.4.4 (βλ. επίσης παρ. 4.5). Οι τιμές σχεδιασμού P_d της προέντασης δίνονται από τη σχέση:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_k \dots\dots\dots(6.8)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_p για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_p

| Οριακές καταστάσεις | Συνδυασμοί | Επιρροή δράσης | |
|---------------------|-------------|----------------|---------|
| | | δυσμενής | ευμενής |
| Αστοχίας | Βασικοί | 1.10 | 0.90 |
| | Τυχηματικοί | 1.00 | 1.00 |
| Λειτουργικότητας | Βασικοί | 1.00 | 1.00 |

6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Οι παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (ή δράσεις καταναγκασμού) προέρχονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, τη συστολή ξηράνσεως και τον ερπυσμό, τη χαλάρωση και την μετακίνηση των στηρίξεων. Οι έμμεσες αυτές δράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό έναντι της οριακής καταστάσεως αστοχίας, εφόσον η κατασκευή εμφανίζει επαρκή πλαστιμότητα, ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας αφορά δομικά στοιχεία στα οποία ενδέχεται να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και χρόνιας συμπεριφοράς του σκυροδέματος (κυρίως λόγω συστολής ξηράνσεως). Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (ελάχιστος οπλισμός ρηγματώσεως σύμφωνα με την παρ. 15.5, αρμοί διακοπής (εργασίας), κατάλληλη συντήρηση, κλπ.)

Για τον υπολογισμό της εντάσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη δυσκαμψία του σταδίου II, όπως αυτή καθορίζεται στον ΕΑΚ.

Η επίδραση της συστολής ξηράνσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{Cd} = 0.50 \varepsilon_{cs} / \alpha_t$$

Οι μεταβολές θερμοκρασίας επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου), από τον τύπο του φορέα (μορφή διατομής) και από τις ιδιότητες του υλικού.

Δομικά έργα τα οποία από τη χρήση τους υπόκεινται σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές π.χ. λόγω εγκαταστάσεων ψύξεως ή θερμάνσεως ή μονόπλευρης ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστές περιπτώσεις.

Η ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας αναφέρεται σε μέση θερμοκρασία κατασκευής $+10^{\circ}\text{C}$ και επιτρέπεται να λαμβάνεται ίση με $\pm 20^{\circ}\text{C}$ (για έργα στο ύπαιθρο). Για συνήθη υπόγεια έργα ή τμήματα έργων επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη $\Delta T_{red} \cong 2/3 \Delta T$.

6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Για την διευκόλυνση της μελέτης χρησιμοποιούνται ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα και για τον χάλυβα.

Τα διαγράμματα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα μέσω της σχέσεως:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.9)$$

Ιδιαίτερα για την αντοχή σχεδιασμού των υλικών ισχύει:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.10)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_m (των αντοχών του σκυροδέματος γ_c και του χάλυβα γ_s) για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται από τον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m

| Οριακές καταστάσεις | Συνδυασμοί | Σκυρόδεμα | Χάλυβες |
|---------------------|-----------------------|------------|------------|
| | | γ_c | γ_s |
| Αστοχίας | Βασικοί | 1.50 | 1.15 |
| | Τυχηματικοί | 1.30 | 1.00 |
| | Τυχηματικοί με σεισμό | 1.50 | 1.15 |
| Λειτουργικότητας | Βασικοί | 1.00* | 1.00 |

* Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. σε κατασκευές με απαίτηση υδατοστεγανότητας) ο

συντελεστής γ_c πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Για συνήθη τέτοια έργα μπορεί να ληφθεί σχετικώς $\gamma_c = 1.3$.

6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας γίνεται μέσω της εξίσωσης (6.1).

Σε περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μίας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη τιμή S_d .

6.4.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κατά το συνδυασμό περισσότερων δράσεων γίνεται διάκριση μεταξύ βασικών και τυχηματικών δράσεων.

6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού δράσεων S_d προσδιορίζεται εξετάζοντας γενικώς τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς:

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + \gamma_{q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \cdot \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots \dots \dots (6.11)$$

όπου:

$$i > 1,$$

$Q_{k,i}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή της βασικής μεταβλητής δράσης του υπόψη συνδυασμού.

Κάθε μεταβλητή δράση Q_k λαμβάνεται διαδοχικά ως κύρια, εκτός εάν είναι προφανές ότι κάποιος από τους συνδυασμούς δεν είναι καθοριστικός.

Όλες οι δράσεις χωρίζονται σε τμήματα που δρουν ευμενώς και τμήματα που δρουν δυσμενώς στην οριακή κατάσταση και πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας.

6.4.1.2 Συνδυασμός τυχηματικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προκύπτει από τους μακροχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(A_d + G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots \dots \dots (6.12)$$

όπου:

$$i > 1$$

Στις τυχηματικές δράσεις εντάσσεται και ο σεισμός (E) ο οποίος δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις ή/και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις. Εξ άλλου επιτρέπεται να μην εξετάζονται δυσμενείς φορτίσεις στον συνδυασμό με σεισμό (τόσον για τις μόνιμες, όσον και για τις μεταβλητές δράσεις) και επιτρέπεται οι τιμές των μαζών να υπολογίζονται από τον εξής συνδυασμό μόνιμων φορτίων (οιονεί μόνιμα): $G_k + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i}$, όπου $i \geq 1$.

Ειδικώς υπό σεισμό εξετάζεται ο ακόλουθος συνδυασμός:

$$S_d = S(E + G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.13)$$

6.4.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προσδιορίζεται από τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(G_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.14)$$

όπου:

$$i > 1$$

και τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

$$S_d = S(G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.15)$$

όπου:

$$i > 1.$$

6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

$$S(0.90G - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\alpha)$$

και

$$S(1.00G_1 - 1.10G_2 - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\beta)$$

όπου:

$$i > 1.$$

Στην σχέση (6.16) λαμβάνονται με την απόλυτη τιμή τους:

- το σύνολο των μόνιμων δράσεων G

- τα τμήματα G_1 και G_2 του συνόλου των μονίμων δράσεων G που συμβάλλουν στην ευστάθεια ή δρουν κατά της ευστάθειας αντιστοίχως.
- οι μεταβλητές δράσεις $Q_{k,i}$ που δρουν κατά της ευστάθειας, και στις οποίες περιλαμβάνονται και τυχόν ειδικές δράσεις κατά την φάση της κατασκευής.

Ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας περιλαμβάνει τους ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και ανύψωσης (π.χ. υπό άνωση).

Η ενεργοποίηση τυχόν παθητικής ώθησης γαιών η οποία συμβάλλει στην ευστάθεια πρέπει να αποδεικνύεται. Για να ληφθεί υπόψη στην εξίσωση (6.16) πρέπει να εξασφαλίζεται κατασκευαστικά και η ανάπτυξή της (βλ. και ΕΑΚ). Στην περίπτωση αυτή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 0.70 για τους βασικούς συνδυασμούς και 0.30 για τους τυχηματικούς συνδυασμούς (υπό σεισμό).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

7.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ο προσδιορισμός της εντατικής κατάστασης γίνεται με διάφορες μεθόδους ανάλυσης:

Η ανάλυση λαμβανομένης υπόψη της συμπεριφοράς των υλικών μπορεί να είναι:

- ελαστική, κατά την οποίαν ο προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών γίνεται με την θεωρία ελαστικότητας
- πλαστική, μόνον για μετέλεγχο υφισταμένων κατασκευών (θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, μέθοδος γραμμών διαρροής)
- με εφαρμογή της μεθόδου θλιπτήρων – ελκυστήρων, για ειδικές περιπτώσεις.

Σε όσες περιπτώσεις απαιτείται, η ανάλυση θα λαμβάνει υπόψη την επίδραση των παραμορφώσεων στην εντατική κατάσταση (θεωρία 2ης τάξεως). Η ανάλυση για προσδιορισμό των οριακών μεγεθών αντοχής μπορεί να είναι:

- γραμμική με παραδοχή γραμμικών διαγραμμάτων ροπών - καμπυλοτήτων, τάσεων - παραμορφώσεων ή
- μη γραμμική με παραδοχή μη γραμμικών διαγραμμάτων ροπών - καμπυλοτήτων, ροπών - στροφών και τάσεων - παραμορφώσεων.

Ανάλογα με το είδος της ανάλυσης που έχει ακολουθηθεί για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών, ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

- εάν έχει γίνει ελαστική ανάλυση, ελέγχονται διατομές μέσω συγκρίσεως των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης του υπολογισμού με τα αντίστοιχα οριακά μεγέθη αντοχής και
- εάν έχει γίνει πλαστική ανάλυση, ελέγχεται το σύστημα, μέσω απευθείας συγκρίσεως των δράσεων με την αντοχή του συστήματος.

Όταν οι επιρροές των παρεμποδιζόμενων και επιβαλλομένων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω μεταβολών συνθηκών στήριξης) λαμβάνονται υπόψη, επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη η μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης και ερπυσμού.

7.2 ΒΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

7.2.1 Δομικό σύστημα και δομικά στοιχεία: Ορισμοί και παραδοχές

Το δομικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αποτελεί ένα απλοποιημένο προσομοίωμα του πραγματικού δομικού συστήματος της κατασκευής και παρά τις τυχόν απλοποιήσεις, πρέπει να επιτρέπει την αξιόπιστη εκτίμηση των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης.

Το δομικό σύστημα είναι δυνατό να αποτελείται από γραμμικά δομικά στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα), επιφανειακά δομικά στοιχεία (πλάκες, υψίκορμοι δοκοί, τοιχώματα, κόμβοι γραμμικών δομικών στοιχείων, κελύφη) και, σε ειδικές περιπτώσεις, τρισδιάστατα δομικά στοιχεία.

7.2.1.1 Γραμμικά δομικά στοιχεία

Τα δομικά στοιχεία θεωρούνται γραμμικά, εάν η μία διάστασή τους είναι σχετικώς μεγάλη σε σχέση με τις άλλες δύο.

7.2.1.2 Επιφανειακά δομικά στοιχεία

Επιφανειακά δομικά στοιχεία θεωρούνται τα στοιχεία των οποίων το πάχος είναι σχετικώς μικρό σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις.

7.2.1.2α Πλάκες

Οι πλάκες είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία στα οποία το διάνυσμα των ροπών κάμψης κείται στο μέσο επίπεδό τους.

7.2.1.2β Δίσκοι

Οι δίσκοι είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία που καταπονούνται από δυνάμεις και ροπές, οι οποίες παράγουν ένταση εντός του μέσου επιπέδου τους.

7.2.1.2γ Κελύφη

Τα κελύφη είναι καμπύλα επιφανειακά στοιχεία.

7.2.1.2δ Πτυχωτοί φορείς

Οι πτυχωτοί φορείς είναι φορείς στο χώρο που αποτελούνται βασικά από ορθογωνικούς δίσκους, οι οποίοι συνδέονται έτσι ώστε στην κοινή ακμή να σχηματίζεται γωνία και να μεταβιβάζονται κυρίως διατμητικές δυνάμεις.

7.2.2 Θεωρητικό άνοιγμα

Το θεωρητικό άνοιγμα ενός στοιχείου υπολογίζεται από τη σχέση

$$\lambda = \lambda_n + \sum_{i=1}^z \alpha_i \dots\dots\dots(7.1)$$

όπου:

λ_n είναι η απόσταση των παρειών των στηρίξεων.

Η τιμή του α_i λαμβάνεται:

για μη συνεχή στοιχεία (μη μονολιθική σύνδεση):

$$\alpha_i = \min (1/3 t, 0.025 \lambda_n)$$

για συνεχή στοιχεία:

$$\alpha_i = 1/2 t$$

για πάκτωση:

$$\alpha_i = \min (1/2 t, 0.025 \lambda_n)$$

για πακτωμένο πρόβολο:

$$\alpha_i = 0$$

όπου t είναι το πλάτος έδρασης.

7.2.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών υπολογίζονται με βάση τις πραγματικές διαστάσεις των διατομών στο υπόψη στάδιο κατασκευής.

α) Ονομαστικές διατομές

Είναι αυτές από τις οποίες δεν αφαιρούνται οι επιφάνειες των οπλισμών ωπλισμένου σκυροδέματος ή οι επιφάνειες των κενών (οπές, δίοδοι ή σωλήνες) που προορίζονται για τους τένοντες προεντεταμένου σκυροδέματος.

β) Καθαρές διατομές

Είναι οι διατομές που προκύπτουν αφού αφαιρεθούν από τις ονομαστικές διατομές όλα τα διαμήκη και εγκάρσια κενά, ακόμα κι αν αυτά πρόκειται να πληρωθούν εκ των υστέρων.

γ) Ιδεατές διατομές

Είναι εκείνες που λαμβάνουν υπόψη και τις διατομές του χάλυβα πολλαπλασιασμένες με τον λόγο των μέτρων ελαστικότητας α . Ο λόγος αυτός εξαρτάται από την πιθανή διάρκεια εφαρμογής του υπόψη συνδυασμού δράσεων, ως εξής:

- αν η διάρκεια είναι μικρή, ώστε να αγνοείται ο ερπυσμός, τότε:

$$\alpha = E_s / E_c \dots\dots\dots (7.2)$$

- αν η διάρκεια είναι μεγάλη, τότε:

$$\alpha = (E_s / E_c) \cdot [1 + \varphi(t, t_0)] \dots\dots\dots (7.3)$$

όπου:

$\varphi(t, t_0)$ = συντελεστής ερπυσμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

8.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η επίλυση του δομικού συστήματος γίνεται με την θεωρία της ελαστικότητας που μπορεί να είναι γραμμική (παρ. 8.2.1) ή γραμμική με περιορισμένη ανακατανομή (παρ. 8.2.2), καθώς και με την θεωρία της πλαστικότητας (παρ. 8.3).

Η μέθοδος ανάλυσης πρέπει να βασίζεται σε ένα αξιόπιστο αναλυτικό ομοίωμα της κατασκευής.

8.2 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας. Οι μετατοπίσεις μπορεί να είναι μικρές (θεωρία 1ης τάξης) ή μεγάλες (θεωρία 2ης τάξης).

8.2.1 Γραμμική ελαστική ανάλυση

Η γραμμική ελαστική ανάλυση εφαρμόζεται για ελέγχους οριακών καταστάσεων αστοχίας και οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

Ο προσδιορισμός των δυσκαμψιών για την επίλυση στατικής αορίστων συστημάτων γίνεται γενικώς στο στάδιο Ι με βάση τις ονομαστικές ή ιδεατές διατομές (παρ. 7.2.3).

8.2.2 Γραμμική ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

8.2.2.1 Γενικά

Για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας επιτρέπεται ανακατανομή των ροπών που προέκυψαν από την γραμμική ανάλυση.

Οι συνέπειες της ανακατανομής των ροπών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για όλα τα εντατικά μεγέθη (π.χ. και για τις τέμνουσες), ώστε να ικανοποιούνται οι εξισώσεις ισορροπίας.

Η δυνατότητα ανακατανομής εξαρτάται από την πλαστιμότητα της διατομής, η οποία είναι συνάρτηση του λόγου x/d , όπου x το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της υπόψη διατομής (για την τελική ένταση, μετά την ανακατανομή) και d το στατικό της ύψος.

8.2.2.2 Συνθήκες πλαστιμότητας – Ανακατανομή ροπών

Επιτρέπεται η μείωση των μεγίστων ροπών κάμψεως με τον πολλαπλασιασμό επί τον συντελεστή δ ο οποίος προσδιορίζεται από την σχέση:

$$0.44 + 1.25 \cdot x/d \leq \delta < 1.00 \text{ για σκυρόδεμα κατηγορίας έως και C35/45 (8.1α)}$$

$$0.56 + 1.25 \cdot x/d \leq \delta < 1.00 \text{ για σκυρόδεμα μεγαλύτερης κατηγορίας (8.1β)}$$

όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

α) για συνεχείς δοκούς

$$\delta > 0.70 \text{ για χάλυβες H (8.2α)}$$

$$\delta > 0.85 \text{ για χάλυβες N (8.2β)}$$

β)

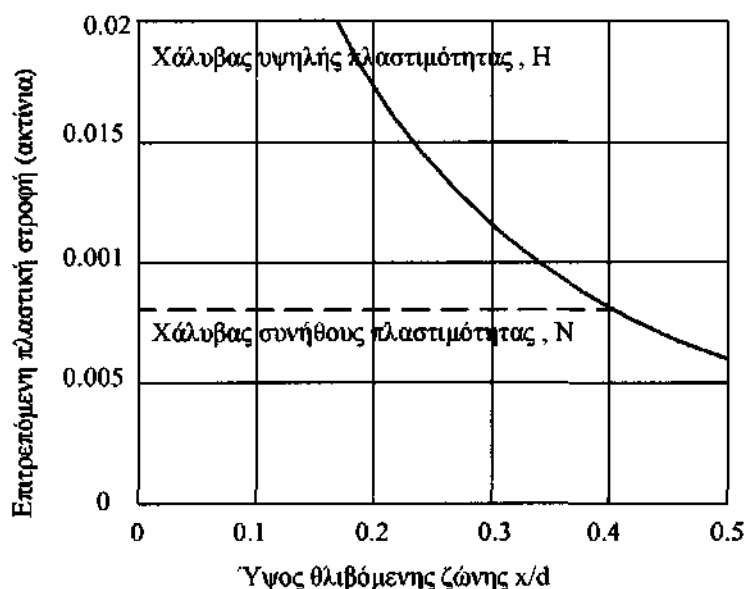
$$x/d \leq 0.45 \text{ για σκυρόδεμα C12/16 έως C35/45 (8.3α)}$$

$$x/d \leq 0.35 \text{ για σκυρόδεμα C40/50 και άνω (8.3β)}$$

8.3 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η πλαστική ανάλυση επιτρέπεται να εφαρμόζεται μόνον για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας υφισταμένων κατασκευών.

Η πλαστική ανάλυση γίνεται με βάση την θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, όπου οι πλαστικές παραμορφώσεις (πλαστικές στρώσεις) θεωρούνται συγκεντρωμένες σε ορισμένες διατομές του φορέα. Η επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στρώση μπορεί να ληφθεί από το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο δεν λαμβάνει υπόψη την ευμενή επιρροή του εγκάρσιου οπλισμού και ισχύει για διπλές πλαστικές αρθρώσεις στο μέσο δοκών με $\lambda: h \cong 6$.



Σχήμα 8.1: Επιτρεπόμενη πλαστική στρώση

Η ανάλυση είναι δυνατόν να γίνει και με ελαστοπλαστικές μεθόδους. Σε αυτή την περίπτωση για τα διαγράμματα ροπών - καμπυλοτήτων είναι συχνά ικανοποιητική η υιοθέτηση διγραμμικών παραστάσεων που περιγράφουν:

- το στάδιο I: σκυρόδεμα μη ρηγματωμένο, γραμμική - ελαστική συμπεριφορά,
- το στάδιο II: σκυρόδεμα ρηγματωμένο.

Για τα διαγράμματα ροπών - στρώσεων μπορεί να υιοθετηθεί μία τριγραμμική παράσταση που περιγράφει και το στάδιο III, της ανάπτυξης πλαστικής στρώσης θ_{pl} στην διατομή.

8.4 ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΟΔΟΚΩΝ

Σε περιπτώσεις διατομών όπου η επιρροή της διάτμησης είναι σημαντική, δεν ισχύει ο νόμος της επιπεδότητας των διατομών. Για την απλοποίηση των υπολογισμών εισάγεται το συνεργαζόμενο πλάτος των διατομών και ο νόμος της επιπεδότητας θεωρείται ότι εξακολουθεί να ισχύει. Οι τιμές του συνεργαζόμενου πλάτους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

8.5 ΔΥΣΤΡΕΨΙΑ

Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων για τον υπολογισμό εντατικών μεγεθών επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές τιμές δυστρεψίας, οι οποίες μπορούν να ληφθούν σταθερές για όλο το μήκος κάθε ανοίγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΣΚΟΙ

9.1 ΠΛΑΚΕΣ

9.1.1 Πεδίο Εφαρμογής

Το άρθρο αυτό ισχύει για συμπαγείς πλάκες υποβαλλόμενες σε κάμψη ενδεχομένως δε και σε ορθές αξονικές δυνάμεις που δρουν παράλληλα προς το μέσο επίπεδο της πλάκας. Ισχύει επίσης για πλάκες με μη ομοιόμορφο πάχος (π.χ. πλάκες με νευρώσεις, πλάκες με σώματα πλήρωσης, πλάκες μεταβλητού πάχους κ.α.) υπό την προϋπόθεση ότι η συμπεριφορά τους έναντι των φορτίσεων μπορεί με ικανοποιητική προσέγγιση να εξομοιωθεί με την συμπεριφορά ισοδύναμης πλάκας συμπαγούς διατομής.

9.1.2 Μέθοδοι ανάλυσης

Τα εντατικά μεγέθη μπορούν να καθορισθούν με μεθόδους που έχουν ως βάση:

- α) την ελαστική ανάλυση και
- β) την πλαστική ανάλυση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για μετέλεγχο υφιστάμενης κατασκευής.

9.1.3 Ελαστική ανάλυση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας κατά την οποία υποτίθεται γραμμική σχέση μεταξύ τάσεων και παραμορφώσεων (νόμος Hooke):

9.1.3.1 Γραμμική ανάλυση

Η γραμμική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0.00 και 0.20.

Τα αποτελέσματα της γραμμικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας και έναντι των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

9.1.3.2 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

Η γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή μπορεί να εφαρμοσθεί για τις ίδιες συνθήκες πλαστιμότητας και ανακατανομής όπως και στους γραμμικούς φορείς.

Στις συνεχείς πλάκες με γραμμικές στηρίξεις, οι ροπές στήριξης που προκύπτουν από γραμμική ανάλυση μπορούν να μειωθούν ή να αυξηθούν μέχρι 15%, χωρίς έλεγχο, με την

προϋπόθεση ότι θα διορθωθούν και οι αντίστοιχες ροπές των ανοιγμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας.

9.1.4 Πλαστική ανάλυση

Γενικώς η πλαστική ανάλυση (παρ. 9.1.2) εφαρμόζεται για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας έναντι εξωτερικών φορτίων (άμεσων δράσεων) και μπορεί να γίνει με βάση τις στατικές ή κινηματικές μεθόδους. Για να επιτρέπεται η εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- 1) Ο εφελκόμενος σπλισμός σε κάθε σημείο και προς κάθε κατεύθυνση δεν πρέπει να υπερβαίνει το μισό εκείνου που αντιστοιχεί σε διατομή για την οποία η οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω παραμορφώσεις (Σχήμα 10.1):

$$\epsilon_s = \epsilon_{yd} \text{ και } \epsilon_c = -0.0035 \dots\dots\dots (9.1)$$

- 2α) Εάν εφαρμόζεται στατική μέθοδος, πρέπει η κατανομή ροπών που εκλέγεται να μην διαφέρει σημαντικά από μία ελαστική κατανομή ροπών ο λόγος των χρησιμοποιούμενων ροπών στήριξης προς τις τιμές τους, οι οποίες θα προέκυπταν από μία ελαστική ανάλυση πρέπει να κείται μεταξύ:

- 0.50 και 1.25 για χάλυβες θερμής έλασης,
- 0.75 και 1.25 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,
- 0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

- 2β) Εάν εφαρμόζεται κινηματική μέθοδος, πρέπει ο λόγος των ροπών στήριξης προς τις ροπές ανοίγματος να κείται μεταξύ:

- 0.50 και 2.00 για χάλυβες θερμής έλασης,
- 0.75 και 1.33 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας,
- 0.85 και 1.15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια.

9.1.5 Γενικές διατάξεις για την ανάλυση πλακών που στηρίζονται σε δοκούς ή φέροντες τοίχους

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται συνεχώς κατά μήκος της περιμέτρου των σε δοκούς ή φέροντες τοίχους (από τοιχοποιία), μπορεί να βασισθεί στην παραδοχή ελεύθερα στρεπτών αλλά ανυποχώρητων στηριγμάτων. Πλάκες που στηρίζονται σε σιδηροδοκούς ή προκατασκευασμένες δοκούς από ωπλισμένο σκυρόδεμα θεωρούνται ως συνεχείς μόνον αν η επάνω επιφάνεια της πλάκας βρίσκεται τουλάχιστον 40mm πάνω από το επάνω πέλμα των δοκών και ο σπλισμός της πλάκας συνεχίζεται πάνω από τη δοκό στο επόμενο άνοιγμα (προς κάλυψη των ροπών στήριξης).

Στις στηρίξεις συνεχών πλακών η ροπή υπολογισμού αναφέρεται στον άξονα της στήριξης για έδραση σε φέροντα τοίχο ή στις παρειές της στήριξης για μονολιθική σύνδεση με το στήριγμα.

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών πλακών, οποιασδήποτε μορφής και είδους στήριξης, ισχύουν γενικά οι βάσεις υπολογισμού των εντατικών μεγεθών.

Προσεγγιστικές μέθοδοι επιτρέπονται όταν βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.

Για ορθογωνικές τετραέριστες πλάκες επιτρέπεται να εκτελείται υπολογισμός κατά προσέγγιση, με την παραδοχή διασταυρούμενων λωρίδων πλάκας με κοινό μέγιστο βέλος κάμψης. Οι υπολογιζόμενες ροπές ανοίγματος σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, πρέπει να αυξάνονται κατάλληλα όταν:

- α) οι γωνίες δεν εξασφαλίζονται έναντι ανύψωσης,
- β) δεν διατάσσεται οπλισμός συστροφής σε γωνίες όπου συναντώνται δύο πλευρές στήριξης ελεύθερα στρεπτές,
- γ) υπάρχουν οπές στις γωνίες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη δυστρεψία.

Συνεχείς τετραέριστες πλάκες με λόγο θεωρητικών ανοιγμάτων $\min \lambda / \max \lambda$ κατά μια διεύθυνση συνέχειας όχι μικρότερο από 0.75 επιτρέπεται για τον υπολογισμό των ροπών στήριξης να θεωρούνται ως πλήρως πακτωμένες στις στηρίξεις. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες ροπές ανοίγματος επιτρέπεται να υπολογίζονται με τη θεώρηση πλήρους πάκτωσης για την καθολική φόρτιση p (όλων των ανοιγμάτων).

$$p = 1.35g + 1.50q / 2 \dots\dots\dots (9.2)$$

και ελεύθερα στρεπτής έδρασης στις στηρίξεις για φόρτιση p με διάταξη ζατρικίου

$$p = \pm 1.50q / 2 \dots\dots\dots (9.3)$$

όπου g , q το μόνιμο και το κινητό φορτίο της πλάκας, αντίστοιχα.

Οι αντιδράσεις τετραέριστων ομοιόμορφα φορτισμένων πλακών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δράσεων του σχεδιασμού των δοκών, επιτρέπεται να υπολογίζονται από τις επιφάνειες φόρτισης που προκύπτουν από γεωμετρικό μερισμό της επιφάνειας της κάτοψης.

Στηρίξεις που δεν ελήφθησαν υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας πρέπει να συμμετέχουν στη διανομή των φορτίων της πλάκας.

9.1.6 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέριστες πλάκες

Εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερη ανάλυση, επιτρέπεται για φορτία σημειακά, γραμμικά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα σε ορθογωνική επιφάνεια της πλάκας, να καθορίζεται υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου b_m , εγκάρσιως προς την διεύθυνση του κυρίου οπλισμού. Το πλάτος t της εισαγωγής του φορτίου (στο μέσο επίπεδο της πλάκας) ισούται με την αντίστοιχη διάσταση της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου αυξημένη κατά το διπλάσιο του πάχους της επικάλυψης της πλάκας (s) και κατά το πάχος της πλάκας.

Μετά την αναγωγή του σε ορθογωνική επιφάνεια $t_x \cdot t_y$ στο μέσο επίπεδο της πλάκας, το φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ότι αναλαμβάνεται κατά την κύρια διεύθυνση οπλισμού από

λωρίδα πλάτους b_m . Μέσα στην λωρίδα αυτή θεωρείται ότι δρα σταθερή ροπή κάμψης m ανά μέτρο πλάτους, καθώς και σταθερή τέμνουσα δύναμη v ανά μέτρο πλάτους.

Τα μεγέθη m και v υπολογίζονται από τους τύπους:

$$m = \frac{M}{b_m} \dots\dots\dots (9.4)$$

$$v = \frac{V}{b_m} \dots\dots\dots (9.5)$$

όπου:

- m ροπή ανοίγματος, m_f , ή ροπή στήριξης, m_s (ανά μέτρο πλάτους),
- v τέμνουσα δύναμη στη στήριξη (ανά μέτρο πλάτους),
- M μέγιστη ροπή της πλάκας (ανάλογα με το στατικό σύστημα, από τον Πιν. Σ9.1), η οποία φορτίζεται από το συνολικό φορτίο ομοιομόρφως κατανεμημένο επί μήκους t_x ,
- V τέμνουσα δύναμη της πλάκας στη στήριξη.

Ο πρόσθετος οπλισμός που προκύπτει από τα παραπάνω εντατικά μεγέθη τοποθετείται στην πλάκα σύμφωνα με την παρ. 18.1.5.1.

9.1.7 Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται απευθείας και μονολιθικώς σε υποστυλώματα, με περίπου ορθογωνική διάταξη σε κάτοψη, μπορεί να γίνει με την μέθοδο των ισοδύναμων πλαισίων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για κατακόρυφα φορτία.

Στην περίπτωση κατά την οποίαν η μέθοδος εφαρμόζεται και για οριζόντια φορτία, θα λαμβάνεται το πλάτος συνεργασίας της δοκού λ'_x από την σχέση

$$\lambda'_x = b_o + 2 \cdot h_s$$

όπου

- b_o το πλάτος υποστυλώματος στην εξεταζόμενη διεύθυνση και
- h_s πάχος της πλάκας.

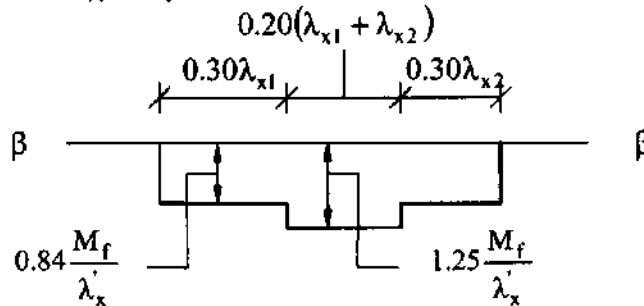
Σε αυτήν την περίπτωση δεν χρειάζεται κατά την ανάλυση του φορέα περαιτέρω μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης (βλ. παρ. 8.2.1).

9.1.7.1 Κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης της πλάκας

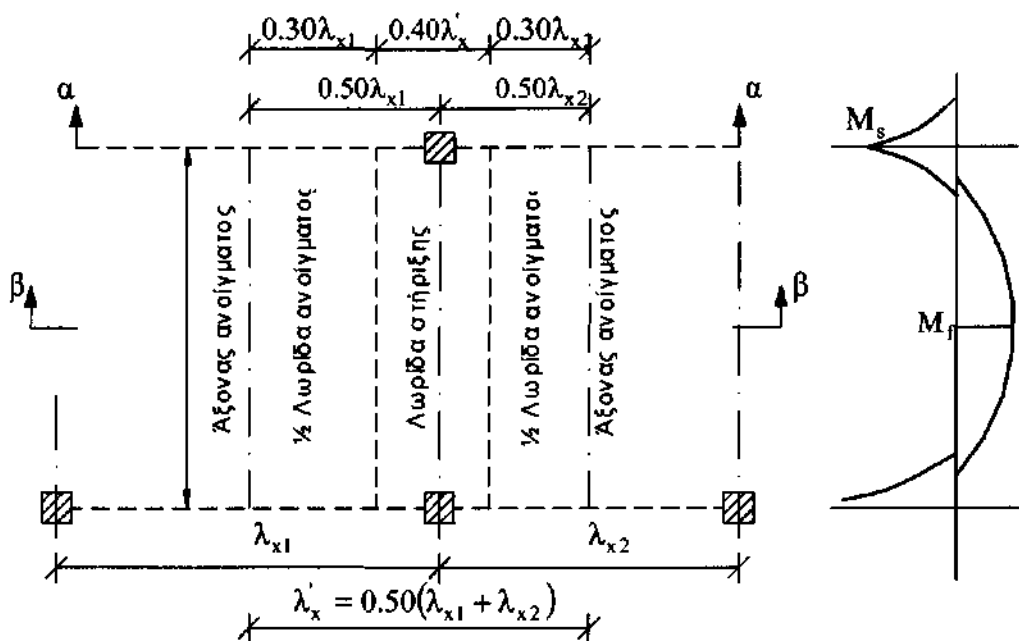
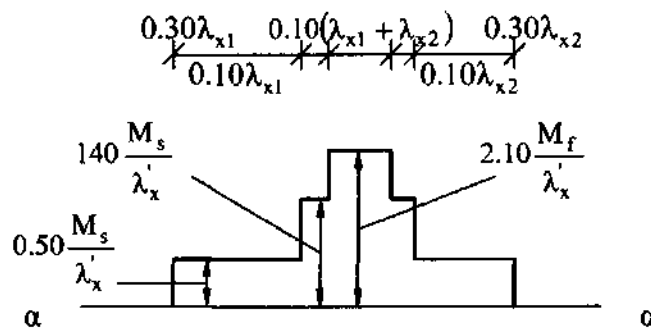
Για την κατανομή των εντατικών μεγεθών, κάθε φάτνωμα της πλάκας θα πρέπει να χωρίζεται (κατά τις δύο διευθύνσεις) σε μία εσωτερική λωρίδα πλάτους 0.6λ, την «λωρίδα

ανοίγματος» και σε δύο εξωτερικές λωρίδες, «λωρίδες στήριξης», εκάστη πλάτους 0.2λ (Σχήμα 9.1).

Κατανομή ροπών ανοίγματος:



Κατανομή ροπών στήριξης:



Σχήμα 9.1: Κατά πλάτος κατανομή των μέσων ροπών κατά y