

**ΓΡΑΜΜΙΚΑ  
ΔΟΜΙΚΑ  
ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

## 8.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η υπόθεση της επιπεδότητας των διατομών θεωρείται ότι ισχύει μέχρι θραύσεως, εκτός ορισμένων περιπτώσεων (π.χ. όταν η επιρροή της διάτμησης είναι σημαντική).

## 8.2 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο Κεφάλαιο 14 δίνονται τα κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ο υπολογισμός με την θεωρία 1ης ή 2ης τάξης.

### 8.2.1 Γραμμική ελαστική ανάλυση

Οι δυσκαμψίες σταδίου I είναι δυνατόν να μειώνονται ώστε να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν ρηγμάτωση των στοιχείων. Για τις δυσκαμψίες λόγω επιρροών παρεμποδιζομένων ή επιβαλλόμενων παραμορφώσεων βλ. παρ. 7.1.

Σε περιπτώσεις αναλύσεως και υπό τυχηματικές δράσεις (π.χ. σεισμός) λαμβάνονται υπόψη καταλλήλως μειωμένες δυσκαμψίες (βλ. και ΕΑΚ).

#### 8.2.2.1 Γενικά

Η ανακατανομή επιτρέπεται να γίνεται σε πλάκες (πλην περιπτώσεων πλακών χωρίς δοκούς), δοκούς και πλακοδοκούς.

Επιτρέπεται επίσης σε υποστυλώματα και τοιχώματα.

#### 8.2.2.2 Συνθήκες πλαστιμότητας – Ανακατανομή ροπών

Οι συνθήκες πλαστιμότητας ισχύουν και για προεντεταμένο σκυρόδεμα. Δεν μπορούν όμως να εφαρμοσθούν χωρίς ειδικούς υπολογισμούς σε διατομές όπου η επιρροή της θλίψης ή και της διάτμησης είναι σημαντική.

## 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 στατικών αορίστων συστημάτων γίνεται γενικώς στο στάδιο I 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  $\delta$  ο οποίος προσδιορίζεται από την σχέση:

Στην περίπτωση συνεχών δοκών και ζυγωμάτων πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με ανοίγματα  $< 12\text{m}$  και με σταθερή ροπή αδράνειας, οι ροπές στήριξης μπορούν να μειώνονται ή να αυξάνονται κατά 15%, χωρίς έλεγχο.

Ο περιορισμός αυτός αφορά τις περιπτώσεις στις οποίες δεν έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα όπλισης της διατομής (όπως π.χ. οπλισμός περίσφιγξης).

Ο προσδιορισμός των επιρροών της προέντασης θα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τιμή  $\gamma_p = 10$ .

### 8.3 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

$$0.44+1.25 \cdot x/d \leq \delta < 1.00 \dots\dots\dots (8.1\alpha)$$

για σκυρόδεμα κατηγορίας έως και C35/45

$$0.56+1.25 \cdot x/d \leq \delta < 1.00 \dots\dots\dots (8.1\beta)$$

για σκυρόδεμα μεγαλύτερης κατηγορίας

όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

α) για συνεχείς δοκούς

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

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

β)

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

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



### 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 στροφές) θεωρούνται συγκεντρωμένες σε ορισμένες διατομές του φορέα. Η επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στροφή 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  $l : h \cong 6$ .

Εάν υπάρχει επαρκής περίσφιγξη είναι δυνατόν να λαμβάνονται μεγαλύτερες τιμές της επιτρεπόμενης πλαστικής στροφής από αυτές του Σχ. 8.1.

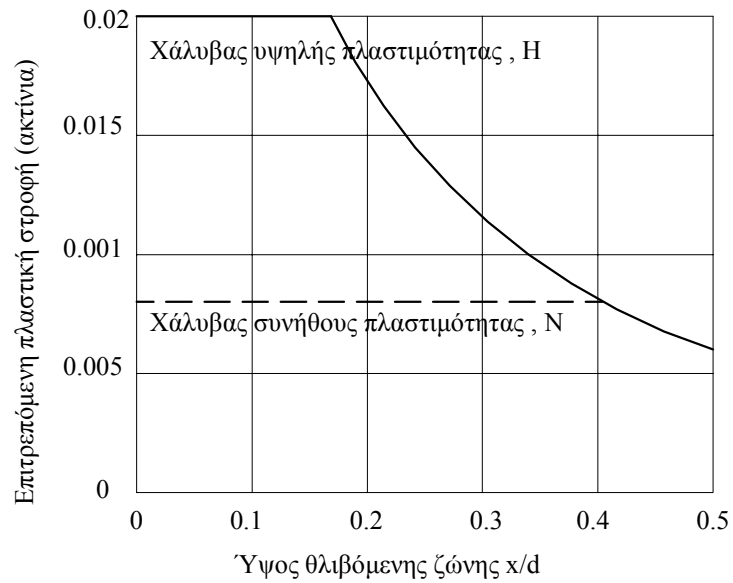
#### 8.4 ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΟΔΟΚΩΝ

Για οικοδομικά έργα το συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το πάχος του κορμού αυξημένο κατά το ένα πέμπτο της απόστασης μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενισμού της ροπής για στοιχεία με διατομή μορφής Τ και κατά το ένα δέκατο για στοιχεία με διατομή μορφής Γ.

Στην περίπτωση κιβωτοειδών διατομών, οι παραπάνω τιμές πρέπει να προσαρμόζονται κατάλληλα. Προσεγγιστικά η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενισμού της ροπής  $l_o$  μπορεί να λαμβάνεται ως εξής:

- ακραία ανοίγματα συνεχούς δοκού  $l_o = 0.80 \ell$ ,
- μεσαία ανοίγματα συνεχούς δοκού  $l_o = 0.60 \ell$ ,
- πρόβολοι  $l_o = 1.50 \ell$ ,
- μεσαία στηρίγματα  $l_o = 0.30 \ell$

( $\ell$  είναι το θεωρητικό άνοιγμα)



Σχήμα 8.1: Επιτρεπόμενη πλαστική στρόφι

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 - στροφών μπορεί να υιοθετηθεί μία τριγραμμική παράσταση που περιγράφει και το στάδιο III, της ανάπτυξης πλαστικής στρόφης  $\theta_{pl}$  στην διατομή.

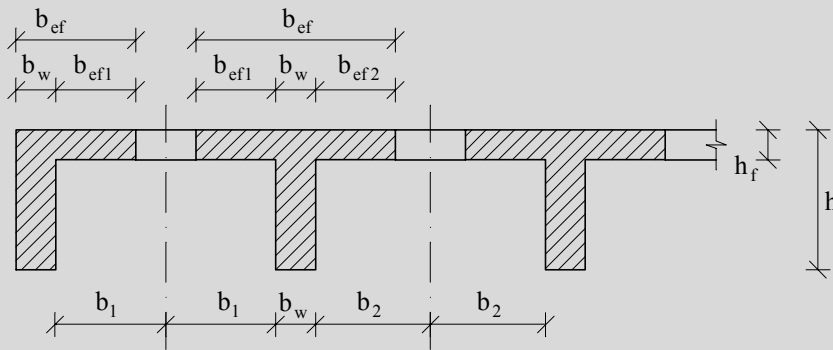
#### 8.4 ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΟΔΟΚΩΝ

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.

Για συνεχείς δοκούς σε συνήθη οικοδομικά έργα μπορεί το  $\ell_o$  να λαμβάνεται σταθερό σε κάθε άνοιγμα και ίσο με  $0.70 \ell$ .

Ακριβέστερος προσδιορισμός του συνεργαζόμενου πλάτους γίνεται σύμφωνα με την σχέση (Σ. 8.1) και με την βοήθεια των Πινάκων Σ 8.1 και Σ 8.2.

$$b_{ef} = b_w + b_{ef1} + b_{ef2} \dots\dots\dots (\Sigma 8.1)$$



Σχήμα Σ 8.2: Συνεργαζόμενα πλάτη

Πίνακας Σ 8.1: Τιμές  $b_{efi} / b_i$  για παραβολικό διάγραμμα M (ομοιόμορφη φόρτιση, ανοίγματα)

$h_f / h$	$b_i / \ell_o$								
	1.00	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05
<0.15	0.20	0.25	0.33	0.40	0.49	0.62	0.78	0.94	1.00
0.20	0.22	0.27	0.35	0.42	0.52	0.64	0.78	0.94	1.00
0.30	0.33	0.40	0.50	0.56	0.63	0.72	0.83	0.94	1.00

Πίνακας Σ 8.2: Τιμές  $b_{efi} / b_i$  για τριγωνικό διάγραμμα M (στηρίξεις, συγκεντρωμένα φορτία)

$h_f / h$	$b_i / \ell_o$								
	1.00	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05
<0.15	0.12	0.14	0.19	0.23	0.30	0.38	0.50	0.74	0.97
0.20	0.13	0.15	0.20	0.25	0.30	0.38	0.50	0.74	0.97
0.30	0.22	0.25	0.31	0.36	0.40	0.47	0.57	0.74	0.97





Αν το μικρότερο άνοιγμα μιας συνεχούς δοκού δεν είναι μικρότερο από το 70% του μεγαλύτερου ανοίγματος και υπό την προϋπόθεση ότι κανένα άνοιγμα δεν είναι μεγαλύτερο από 12m, επιτρέπεται για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών να λαμβάνεται το ίδιο συνεργαζόμενο πλάτος σε όλο το μήκος της δοκού, ίσο με αυτό που αντιστοιχεί στον μ.ο. των μηκών των ανοιγμάτων.

## 8.5 ΔΥΣΤΡΕΨΙΑ

Η δυστρεψία  $K$  ορίζεται μέσω της εξίσωσης

$$\frac{T}{K} = \frac{d\theta}{dx} \dots\dots\dots (\Sigma 8.2)$$

όπου:

$T$  η στρεπτική ροπή.

Ως προσεγγιστικές τιμές δυστρεψίας επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται οι εξής:

$$K_I = 0.30 E_c C / (1 + 1.00 \phi) \dots\dots\dots (\Sigma 8.3)$$

$$K_{IIm} = 0.10 E_c C / (1 + 0.30 \phi) \dots\dots\dots (\Sigma 8.4)$$

$$K_{IIt} = 0.05 E_c C / (1 + 0.30 \phi) \dots\dots\dots (\Sigma 8.5)$$

όπου:

- $K_I$  δυστρεψία σταδίου I, απουσία ρωγμών,
- $K_{IIm}$  δυστρεψία σταδίου II, καμπτικές ρωγμές,
- $K_{IIt}$  δυστρεψία σταδίου II, ρωγμές λόγω στρέψης και τέμνουσας,
- $C$  στρεπτική ροπή αδράνειας στην μη ρηγματωμένη κατάσταση,
- $\phi$  συντελεστής ερπυσμού από τον Πίνακα 2.3 για φορτίσεις μακράς διάρκειας.

Στην εξίσωση (Σ8.3) ο συντελεστής 0.30 λαμβάνει υπόψη και την μη γραμμική συμπεριφορά του σκυροδέματος πριν από την ρηγμάτωση. Εάν χρειάζεται, οι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν για δύο ακραίες τιμές της δυστρεψίας, δηλαδή για  $K_I$  και  $K_{IIt}$ .

Όταν για τους υπολογισμούς χρησιμοποιηθούν οι τιμές του  $K_{IIt}$  πρέπει να ελεγχθεί εκ των υστέρων εάν θα εμφανισθούν ρωγμές λόγω στρέψης και τέμνουσας.

## 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.

