

8. ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

8.1 Συσχέτιση Καμπυλότητας και Παραμορφώσεων Διατομής

Θέτοντας στο διάγραμμα συμπεριφοράς του φορέα αντί του βέλους δ την καμπυλότητα $1/R$ προκύπτει το διάγραμμα συμπεριφοράς $M-1/R$ της κρίσιμης διατομής του.

Η καμπυλότητα αποτελεί για την διατομή ό,τι το βέλος για το φορέα.

Είναι κατά κάποιο τρόπο το βέλος ανηγμένο ως προς το μήκος και το στατικό σύστημα του φορέα ($\delta = 1/R \cdot l^2/a$).

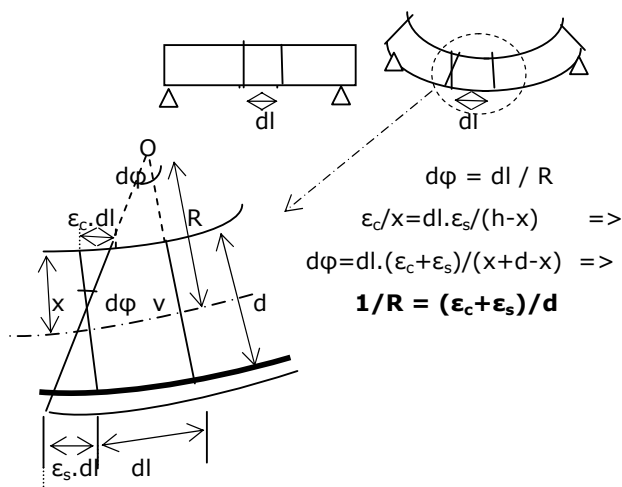
Τα μεγέθη απόκρισης του φορέα σ' επίπεδο διατομής είναι οι παραμορφώσεις ϵ_c και ϵ_s και το διάγραμμα συμπεριφοράς θα προέκυπτε τριαξονικό.

Η καμπυλότητα $1/R$ αποτελεί δείκτη των συνδυασμένων παραμορφώσεων ϵ_c και ϵ_s και με τον τρόπο αυτό το διάγραμμα συμπεριφοράς της διατομής παραμένει δύο αξόνων.

❖ **Το διάγραμμα $M-1/R$ αναφέρεται σε διατομή.**

Ισχύει για όλους τους φορείς που έχουν τη δεδομένη διατομή ανεξάρτητα του μήκους τους και του στατικού συστή-ματός τους.

Η συσχέτιση της καμπυλότητας $1/R$ και των παραμορφώσεων ϵ_c και ϵ_s μιας διατομής ενός φορέα προκύπτει αν θεωρήσουμε την καμπυλωμένη μορφή του φορέα ως τόξο κύκλου με ακτίνα (καμπυλότητας) R , όπως φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχ. 8.1 Συσχέτιση καμπυλότητας $1/R$ και παραμορφώσεων ϵ_c και ϵ_s

Στο Σχ. 1(α) φαίνεται στοιχειώδες τμήμα του φορέα μήκους dl στην κρίσιμη περιοχή του, στο

Σχ. 1(β) η νέα του θέση κατά την επιπόνησή του.

Όπως φαίνεται στο μεγενθυμένο Σχ. 1(γ), το τμήμα dl έχει συσταλεί κατά Δdl_2 στην ίνα 2, έχοντας υποστεί μια θλιπτική παραμόρφωση $\epsilon_c = \Delta dl_2 / dl$ και έχει εκταθεί στη στάθμη του εφελκυσμένου χάλυβα κατά Δdl_1 έχοντας υποστεί μια εφελκυστική παραμόρφωση $\epsilon_s = \Delta dl_1 / dl$.

Από τα όμοια τρίγωνα στο Σχ. 1(γ) προκύπτει η σχέση:

Από τα όμοια τρίγωνα προκύπτουν οι σχέσεις:

$$d\phi = dl/R = \epsilon_c \cdot dl/x = \epsilon_s \cdot dl/(d-x) = (\epsilon_c + \epsilon_s)/d$$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτουν οι σχέσεις (1) και (2):

$$\diamond \quad 1/R = \epsilon_c/x \quad (1)$$

$$1/R = (\epsilon_c + \epsilon_s)/d \quad (2)$$

Η σχέση (1) προσφέρεται για να εκτιμηθεί η τιμή της καμπυλότητας και η σχέση (2) για να εντοπιστούν οι παράμετροι επιρροής.

8.2 Διαστασιολόγηση για Εξασφάλιση Πλαστιμότητας σε Επίπεδο Διατομής

Αντικαθιστώντας στη σχέση

$$\mu_{1/R} = (1/R)_u / (1/R)_y$$

τις καμπυλότητες $(1/R)_u$ και $(1/R)_y$ με τις παραμορφώσεις με βάση τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτουν οι παρακάτω εκφράσεις για τον δείκτη μ :

$$\mu_{1/R} = (\epsilon_c/x)_u / (\epsilon_c/x)_y \quad (4)$$

$$\mu_{1/R} = (\epsilon_c + \epsilon_s)_u / (\epsilon_c + \epsilon_s)_y \quad (5)$$

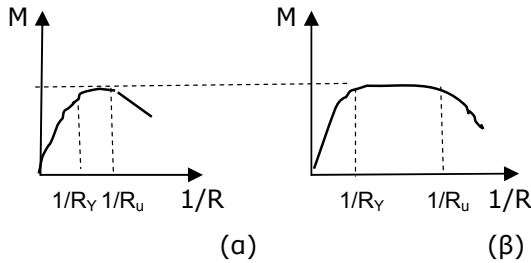
Επειδή η τιμή της παραμόρφωσης διαρροής του εφελκυσμένου χάλυβα ϵ_{sy} είναι σταθερή, ίση με f_{sy}/E_s , και η διακύμανση της τιμής της αντίστοιχης παραμόρφωσης ϵ_c της ακραίας θλιβόμενης ίνας είναι μικρή (η μέγιστη τιμή της ϵ_c είναι 3,5 ‰, ενώ η μέγιστη τιμή της ϵ_s είναι 68 ‰), η τιμή της $(1/R)_y$ δεν έχει, όπως φαίνεται και στο Σχ. 2, μεγάλη διακύμανση.

Γι' αυτό, ο δείκτης πλαστιμότητας μ μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ανάλογος με την καμπυλότητα αστοχίας $(1/R)_u = \epsilon_{cu}/x_u$.

Στο Σχ. 2 φαίνονται τα διαγράμματα συμπεριφοράς φορέα σχεδιασμένου για (α) μικρή και (β) μεγάλη πλαστιμότητα.

Τα δύο διαγράμματα ενώ έχουν σημαντική διαφορά ως προς το σημείο u (στάθμη αστο-

χίας) έχουν πολύ μικρή διαφορά ως προς το σημείο y (στάθμη διαρροής του εφελκόμενου χάλυβα).



Σχ. 8.2 Διάγραμμα P-δ φορέα με
(α) μικρή πλαστιμότητα
(β) μεγάλη πλαστιμότητα

Μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ότι **η πλαστιμότητα αυξάνει:**

- με τη μείωση του βάθους της θλιβόμενης ζώνης x σε κατάσταση αστοχίας και
- την αύξηση της παραμόρφωσης αστοχίας ϵ_{cu} του σκυροδέματος.

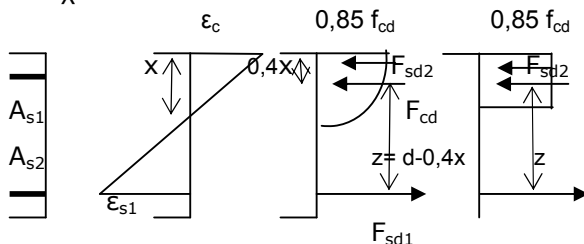
Για την αύξηση της ϵ_{cu} στους κανονισμούς και τα κλασσικά εγχειρίδια προδιαγράφεται περισφιξη του σκυροδέματος μέσω πυκνώσης και ειδικών διατάξεων του εγκάρσιου οπλισμού.

Οι διατάξεις αυτές έχουν βασιστεί ως επί το πλείστον στα αποτελέσματα πειραμάτων σε δοκίμια υπό κεντρική θλίψη και η εφαρμογή τους σε στοιχεία υπό σεισμική επιπόνηση (κατ'εξοχήν καμπτική επιπόνηση) είναι συζητήσιμη, όπως σχολιάζεται στο κεφ. 23.

Για τη μείωση του βάθους της θλιβόμενης ζώνης απαιτείται:

- Μείωση του εφελκόμενου οπλισμού.
- Αύξηση του θλιβόμενου οπλισμού
- Αύξηση του πλάτους της θλιβόμενης ζώνης.
- Αύξηση του εμβαδού της διατομής για μείωση της ανηγμένης αξονικής δύναμης

Η μείωση του βάθους της θλιβόμενης ζώνης στις παραπάνω περιπτώσεις προκύπτει εύκολα από τη σχέση της ισοδυναμίας εξωτερικών και εσωτερικών δυνάμεων οι οποίες φαίνονται στο Σχ. 3.



Σχ. 8.3 Εσωτερικές δυνάμεις καθ' ύψος της διατομής

$$F_{cd} + F_{sd2} - F_{sd1} = N_{sd} \Rightarrow$$

$$0.8 \times b \times 0.85 f_{cd} + A_{s2} f_{sd2} - A_{s1} f_{sd1} = N_{sd} \Rightarrow$$

$$x = (A_{s1} f_{sd1} - A_{s2} f_{sd2} + N_{sd}) / (0.8 \times b \times 0.85 f_{cd}) \quad (6)$$

Όπως προκύπτει από τη σχέση (6) το βάθος x μειώνεται επίσης με :

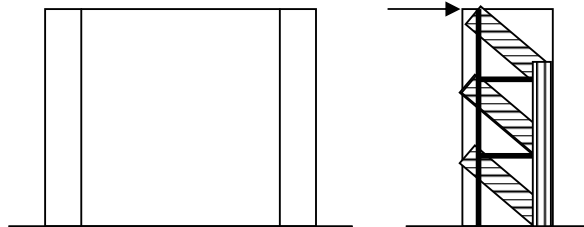
- Μείωση της ποιότητας του εφελκόμενου οπλισμού
- Αύξηση της ποιότητας του θλιβόμενου οπλισμού
- Αύξηση της ποιότητας του σκυροδέματος

8.3 Αύξηση Πλαστιμότητας Τοιχωμάτων

Όπως προκύπτει από τη σχέση (6), τα τοιχώματα υπό σεισμική φόρτιση, λόγω του μικρού πλάτους τους και λόγω του αξονικού φορτίου τους χαρακτηρίζονται από μικρή πλαστιμότητα.



Κάτοψη



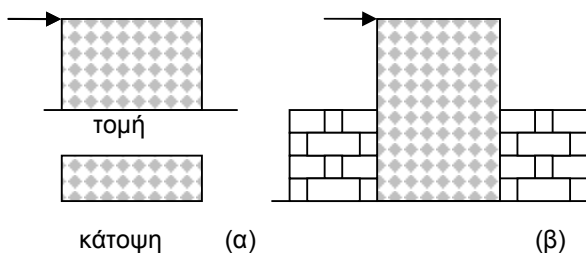
τομή

(α)

(β)

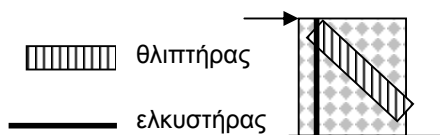
Σχ. 8.4 (α) Διαπλάτυνση των πελμάτων συνήθων τοιχωμάτων, (β) Φυσικό προσομοίωμα συνήθων τοιχωμάτων υπό σεισμική επιπόνηση

Για την αύξηση της πλαστιμότητάς τους μπορεί να διαπλατυνθούν τα πέλματά τους, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(α), αυξάνοντας έτσι το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης τους.



Σχ. 8.5 (α) Καθ' ύψος τομή χαμηλού τοιχώματος, (β) Κανονικό τοίχωμα με λειτουργία χαμηλού τοιχώματος

Η διαπλάτυνση αυτή δεν έχει νόημα στην περίπτωση χαμηλών τοιχωμάτων, καθώς στα στοιχεία αυτά, όπως φαίνεται από το φυσικό προσομοίωμά τους στο Σχ. 6, οι περιοχές στα πέλματα παραμένουν άτονες.



Σχ. 8.6 Φυσικό προσομοίωμα χαμηλών τοιχωμάτων υπό σεισμική επιπόνηση

Στους φορείς αυτούς (φορείς με μικρό λόγο διάτμησης, ή υψίκορμους) απαιτείται αύξηση του πλάτους του κορμού τους.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 5(β), λειτουργία χαμηλού τοιχώματος εμφανίζουν και τοιχώματα σχετικά μεγάλου ύψους όταν παρεμποδίζεται η πλευρική μετατόπισή τους σε σημαντικό μέρος του ύψους τους.

8.4 Τιμή του Δείκτη $\mu_{1/r}$

Όπως εντοπίστηκε στο κεφ. 7, η τιμή του δείκτη πλαστιμότητας μετακινήσεων μ_{δ} εξαρτάται από το δείκτη ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς \mathbf{q} και για συνήθεις κατασκευές από σκυρόδεμα λαμβάνεται ίσος περίπου με **3**.

Για να επιτευχθεί η τιμή αυτή, ο φορέας πρέπει να διαστασιολογηθεί ώστε στην κρίσιμη διατομή του η τιμή του δείκτη $\mu_{1/r}$ να είναι σημαντικά πιο μεγάλη, της τάξεως του 6 έως 8.

Η τιμή της μετακίνησης δ (βέλους) στην κρίσιμη διατομή ενός φορέα προκύπτει από τη σχέση (1):

$$\delta = (1/r) \cdot l_0^2/a, \quad a = 8 \div 10 \quad (1)$$

Θέτοντας $l_0 = 5,0$ m προκύπτει ότι η τιμή της μετακίνησης δ είναι 2,5 έως 3 φορές μεγαλύτερη από την τιμή της καμπυλότητας $1/r$ και, γι' αυτό, ο δείκτης καμπυλοτήτων πρέπει να έχει 2,5 έως 3 φορές μεγαλύτερη τιμή από το δείκτη μετακινήσεων