

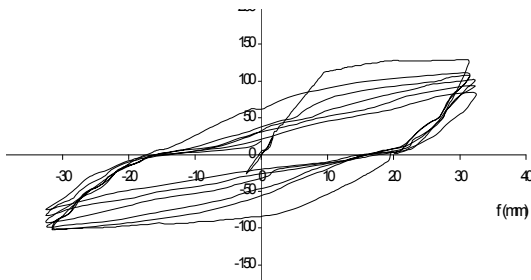
15. Η ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΚΥΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΙΤΙΕΣ

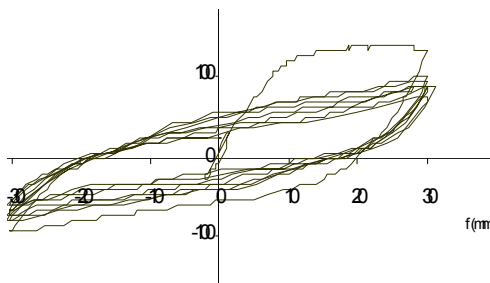
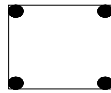
Στους κανονισμούς δεν προβλέπεται μεταβολή της καμπτικής αντοχής λόγω της εναλλαγής της φόρτισης. Η παραδοχή αυτή δεν είναι ορθή και είναι η αιτία που έχουν παρατηρηθεί αστοχία υποστυλωμάτων μολονότι έχει τηρηθεί ο ικανοτικός σχεδιασμό.

15.1 Η Μείωση της Καμπτικής Αντοχής Στύλων και Τοιχωμάτων

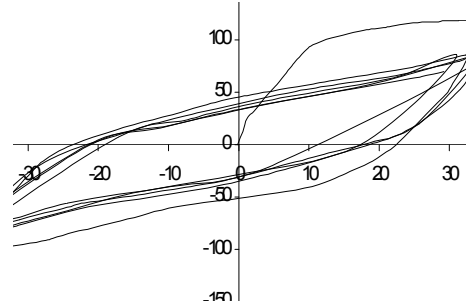
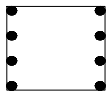
Το διάγραμμα στο Σχ. 13.1(γ) έχει προκύψει για φορείς με τον διαμήκη οπλισμό τοποθετη-μένο στα πέλματα του φορέα, όπως φαίνεται στο Σχ. 1(α).



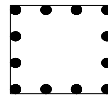
(α)



(β)



(γ)



Σχ. 15.1 Μεταβολή διαγράμματος P-δ με τη

διάταξη του διαμήκους οπλισμού

Η διάταξη αυτή του διαμήκους οπλισμού είναι τυπική για τα οριζόντια στοιχεία, τις δοκούς, αλλά όχι για τα κατακόρυφα στοιχεία, υπο-στυλώματα και τοιχώματα.

Στην πλειονότητα των υποστυλωμάτων η διά-ταξη του διαμήκους οπλισμού αποκλίνει ση-μαντικά από την τυπική αυτή διάταξη. Σημαν-

τικό μέρος του διαμήκους οπλισμού των στοιχείων αυτών είναι τοποθετημένο ενδιά-μεσα του ύψους των στοιχείων, όπως φαίνε-ται στο Σχ. 1(β) και (γ).

Ο ενδιάμεσος οπλισμός τοποθετείται ως:

- οπλισμός για καμπτική (σεισμική) επιπόνηση προς την κάθετη διεύθυνση,
- οπλισμός συναρμολόγησης για τον προσθετο οπλισμό «περίσφιξης» που προβλέπεται από τον κανονισμό και στην περίπτωση κυκλικών

υποστυλωμάτων λόγω κυκλικού σχήματος της διατομής τους.

Διαμήκης οπλισμός ενδιάμεσα του ύψους το-ποθετείται, επίσης, και στα τοιχεία.

Στα στοιχεία με διαμήκη οπλισμό ενδιάμεσα του ύψους τους, όπως συμβαίνει στα υποστυλώματα και τα τοιχώματα, το διάγραμμα P-δ διαφοροποιείται.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1(β) και 1(γ), κατά την πρώτη ανακύκλιση της επιπόνησης παρατηρείται διακριτή μείωση της φέρουσας ικα-νότητας (του μέγιστου P).

Παρακάτω εξηγείται η μείωση αυτή της καμπτικής αντοχής στα κατακόρυφα στοιχεία.

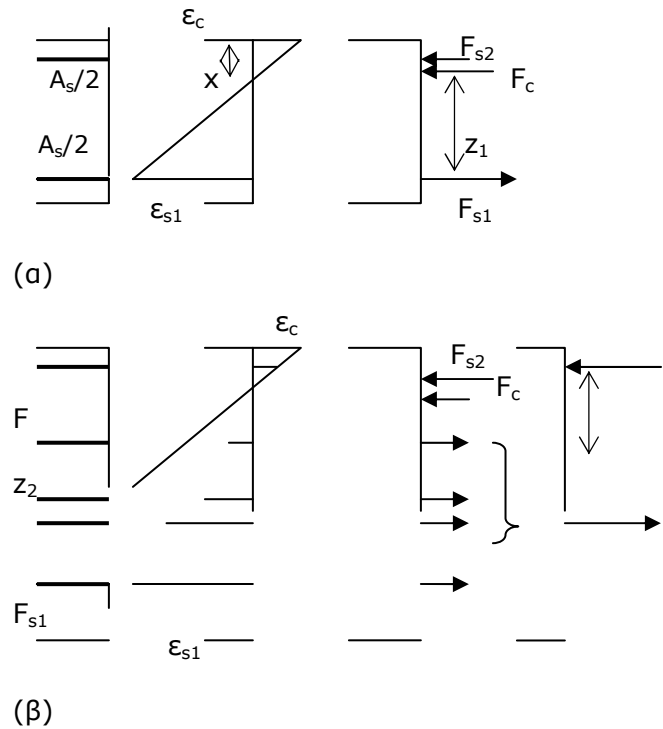
15.2 Η Σημαντική Συμβολή του Ενδιάμεσου Οπλισμού στην Μονότονη Καμπτική Αντοχή

Στο Σχ. 2 φαίνονται τα διαγράμματα παρα-μορφώσεων και εσωτερικών δυνάμεων καθ' ύψος της διατομής στην κατάσταση αστοχίας (α) για στοιχεία με τον διαμήκη οπλισμό στα πέλματα του στοιχείου και (β) για στοιχεία με μέρος του διαμήκους οπλισμού ενδιάμεσα του ύψους.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα παραμορ-φώσεων, επειδή το βάθος x της θλιβόμενης ζώνης είναι μικρό στην περίπτωση στοιχείων με συμμετρικό οπλισμό, οι ενδιάμεσες διαμή-κειες ράβδοι εφελκύνονται το ίδιο με τις ακραίες διαμήκειες ράβδους και, γι αυτό, η συμβολή τους στην καμπτική αντοχή δεν είναι αμελη-τέα.

Στην περίπτωση ισοκατανομής των διαμήκων ράβδων καθ ύψος, η αύξηση του ποσοστού του εφελκόμενου οπλισμού εξισορροπεί, ό-πως φαίνεται στο Σχ. 2, τον μειωμένο μοχ-λοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων με αποτέλεσμα η αναλαμβανόμενη ροπή να είναι ίδια μ' αυτήν αντίστοιχου στοιχείου

με τον διαμήκη οπλισμό στα πέλματα του στοιχείου.



$$M_{Rdu}^{(a)} = A_s/2 \cdot f_{sd} \cdot Z_1$$

$$M_{Rdu}^{(b)} = 3A_s/4 \cdot f_{sd} \cdot Z_2$$

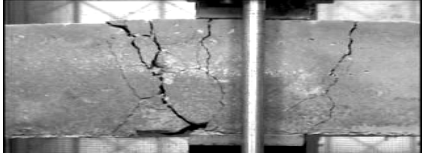
Σχ. 15.2 Εσωτερικές δυνάμεις σε κατάσταση αστοχίας για διάταξη του οπλισμού (α) κατά πλάτος (β) καθ' ύψος

15.3 Η Σημαντική Μείωση της Καμπτικής Αντοχής μετά την Ανακύκλιση της Επιπόνησης σε Φορείς με Ενδιάμεσο Οπλισμό

Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, μετά την ανα-κύκλιση της επιπόνησης οι καμπτικές ρωγμές εκτείνονται σ' όλο το ύψος των στοιχείων, καθώς οι καμπτικές ρωγμές που εμφανίζονται στην άνω εφελκόμενη περιοχή του φορέα για αρνητική φορά της ροπής είναι μεγάλες και κατά την αντιστροφή της ροπής οι ρωγμές αυτές

στην, θλιβόμενη τώρα, άνω περιοχή δεν κλείνουν.

Στο Σχ. 4 φαίνονται οι εσωτερικές δυνάμεις καθ' ύψος της διατομής μετά την ανακύκλιση της επιπόνησης (μεγάλου εύρους) (α) για στοιχεία με τον διαμήκη οπλισμό στα πέλματα και (β) για στοιχεία με μέρος του διαμήκους οπλισμού καθ' ύψος της διατομής.



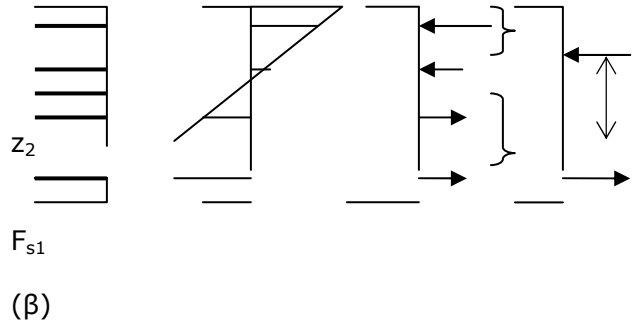
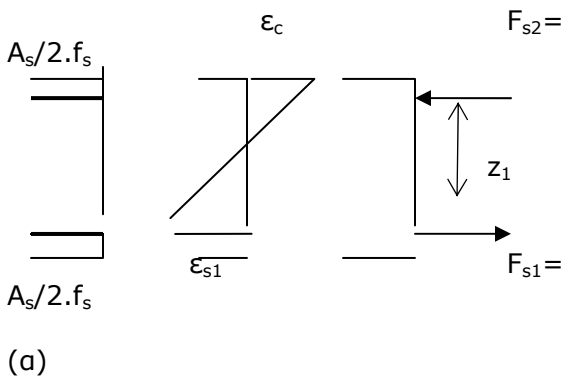
Εικόνα 15.3 Εικόνα ρηγμάτωσης στοιχείων

μετά την ανακύκλιση της επιπόνησης

Αφού στην περίπτωση ανακύκλισης μεγάλου εύρους η ρωγμή εκτείνεται σ' όλο το ύψος της διατομής του φορέα, η εγκάρσια διατομή του φορέα στην κρίσιμη διατομή (θέση ρωγμής) συνίσταται μόνον στη διατομή των ράβδων του διαμήκους οπλισμού.

Αφού η διάταξη του διαμήκους οπλισμού είναι συμμετρική, το διάγραμμα των τάσεων καθ' ύψος της διατομής θα είναι συμμετρικό και ο ουδέτερος άξονας θα είναι στη θέση του μέσου του ύψους του φορέα. Γι αυτό:

- ❖ Η συμβολή της θλιπτικής δύναμης του σκυροδέματος καθώς και η συμβολή των διαμήκων ράβδων στο μέσον του ύψους μηδενίζεται.



Σχ. 15.4 Εσωτερικές δυνάμεις σε κατάσταση αστοχίας μετά την ανακύκλιση για διάταξη (α) κατά πλάτος και (β) καθ' ύψος

Στην περίπτωση στοιχείων με τον διαμήκη οπλισμό στα πέλματα δεν προκύπτει διακριτή διαφοροποίηση της καμπτικής αντοχής μετά την ανακύκλιση, καθώς, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(α), δεν μεταβάλλεται το μέγεθος των εσωτερικών δυνάμεων και η μεταβολή του μοχλοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων είναι αμελητέα.

Στην περίπτωση, όμως, στοιχείων με μέρος του διαμήκους οπλισμού καθ' ύψος της διατομής προκύπτει **σημαντική μείωση της καμπτικής αντοχής** καθώς, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(β), μειώνεται και το μέγεθος και ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων.

15.4 Αιτία για την Αστοχία του Ικανοτικού Σχεδιασμού στην Πράξη

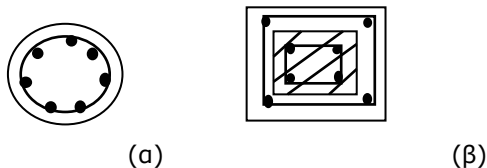
Η μείωση της καμπτικής αντοχής που εντοπίστηκε παραπάνω δεν λαμβάνεται υπόψη στους κανονισμούς και εκτιμάται ότι αποτελεί τη βασική αιτία που επανειλημμένα παρατηρείται στις κατασκευές **αστοχία υποστυλωμάτων, μολονότι έχουν τηρηθεί οι απαιτήσεις των κανονισμών για ικανοτικό σχεδιασμό των υποστυλωμάτων ώστε να αστοχήσουν οι δοκοί.**

Κατά τον ικανοτικό σχεδιασμό των υποστυλωμάτων σε κάμψη η καμπτική αντοχή τόσο των δοκών όσο και των υποστυλωμάτων τίθεται ίση μ' αυτή της μονότονης επιπό-νησης.

Όπως σχολιάστηκε παραπάνω, ενώ για τις δοκούς η παραδοχή αυτή είναι ορθή, προ-κειμένου για τα υποστυλώματα είναι λανθα-σμένη. Υπερτιμά την αντοχή τους.

15.5 Ο Μεγαλύτερος Κίνδυνος για Υποστυλώματα Κυκλικά και Επισκευασμένα με Μανδύα

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η υπερτίμηση αυτή της αντοχής στην **περίπτωση κυκλικών υποστυλωμάτων καθώς και υποστυλωμά-των επισκευασμένων ή ενισχυμένων με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος.**



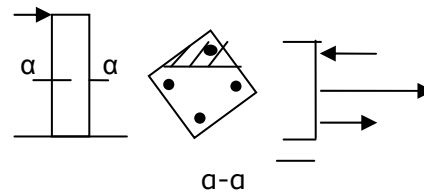
Σχ. 15.5 Υποστύλωμα (α) κυκλικό (β) με μανδύα από εκτοξευόμενο σκυροδέμα

Στα στοιχεία αυτά είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 5, μεγάλο το ποσοστό του ενδιάμεσου διαμήκους οπλισμού τους και, γι' αυτό, είναι σημαντική η μείωση της καμπτικής αντοχής τους με την ανακύκλιση της επιπόνησης και **μεγαλύτερος ο κίνδυνος αστοχίας του ικανοτικού σχεδιασμού.**

Η μείωση της καμπτικής αντοχής μετά την ανακύκλιση της επιπόνησης δεν αναμένεται στην περίπτωση καμπτοδιατμητικής αστοχίας των φορέων, καθώς στην περίπτωση αυτή η ρωγμή που εμφανίζεται μετά την ανακύκλιση της επιπόνησης δεν εμφανίζεται κατά μήκος της προηγούμενης.

15.6 Ο Μεγαλύτερος Κίνδυνος για Υποστυλώματα με Διαξονική Επιπόνηση

Η υπερτίμηση της καμπτικής αντοχής που εν-τοπίστηκε παραπάνω για τα στοιχεία με εν-διάμεσο οπλισμό καθ' ύψος της διατομής αναμένεται στην περίπτωση διαξονικής εναλ-λασσόμενης επιπόνησης και για τα υποστυ-λώματα με τη συνήθη διάταξη του διαμήκους οπλισμού στις γωνίες της διατομής τους, καθώς, όπως φαίνεται στο Σχ. 6, στην περίπτωση αυτή ο οπλισμός στις γωνίες αποτελεί για την επιπόνηση αυτή ενδιάμεσο οπλισμό.



Σχ. 15.6 Εσωτερικές δυνάμεις στην περίπτωση διαξονικής επιπόνησης

15.7 Τροποποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Άρση της Αστοχίας του

Με βάση τα παραπάνω, για να αρθούν οι αιτίες της αστοχίας του ικανοτικού σχεδια-σμού των υποστυλωμάτων, απαιτείται η πα-ρακάτω τροποποίηση:

- **Ως ροπή αστοχίας των υποστυλωμάτων να τίθεται η καμπτική αντοχή μετά την ανακύκλιση της επιπόνησης και όχι αυτή της μονότονης επιπόνησης.**

Η τιμή αυτή της αντοχής προκύπτει θεω-ρώντας μηδενική τη θλιπτική δύναμη του σκυροδέματος και εσωτερικές δυνάμεις, όπως φαίνεται στο Σχ. 4.

