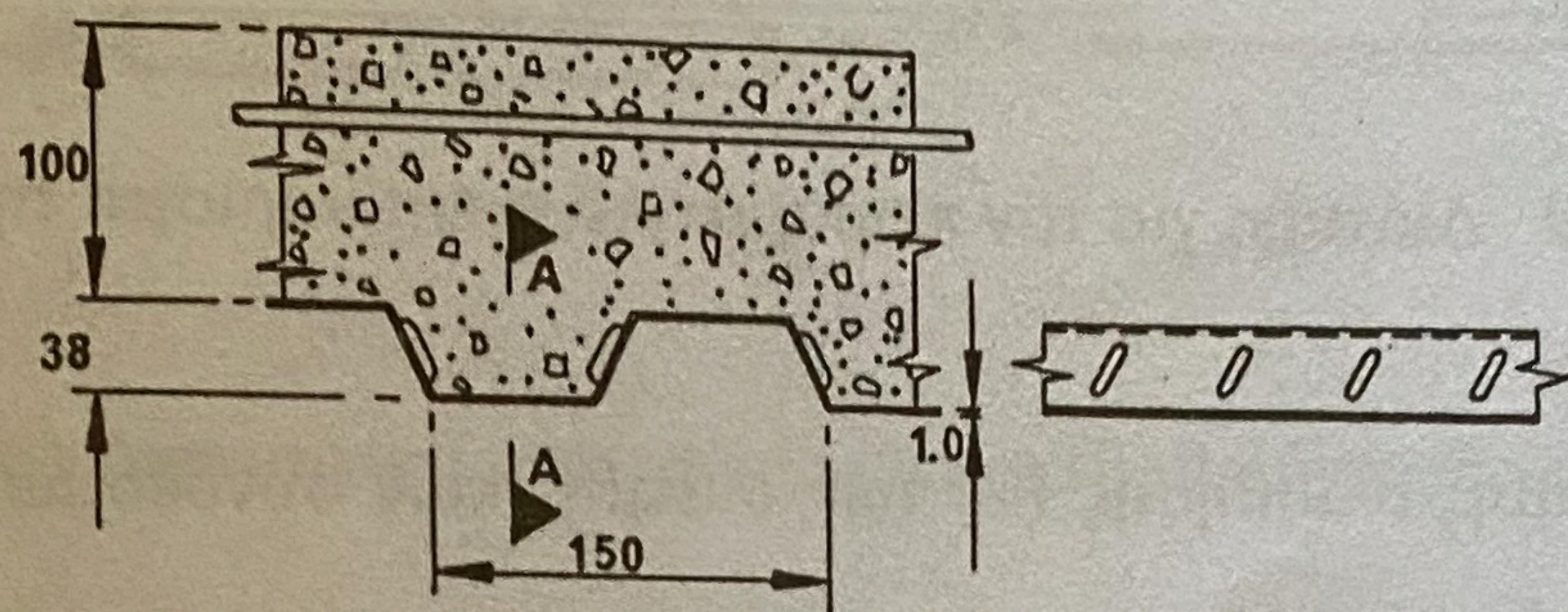


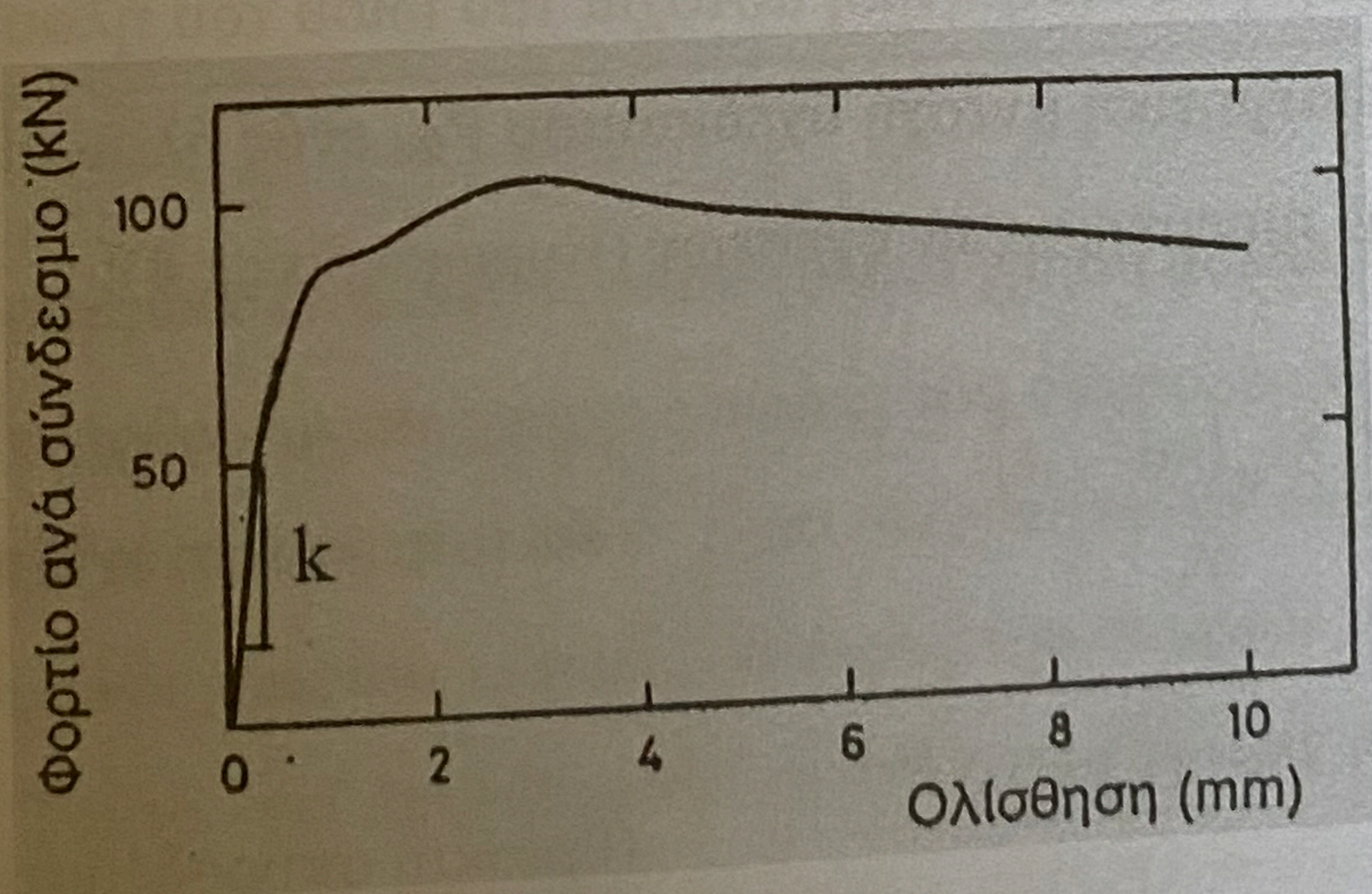
ράβδων οπλισμού και το ότι χαρακτηρίζονται από την ίδια διατμητική αντοχή και δυσκαμψία σε κάθε διεύθυνση. Άλλες (σπανιότερες) μορφές διατμητικών συνδέσμων φαίνονται στο Σχ. 2.6, ενώ ακόμα περισσότερες μορφές περιγράφονται στον Ευρωκώδικα 4. Τέλος σημειώνεται ότι η διατμητική σύνδεση στα αυλακωτά χαλυβδόφυλλα (των σύμμικτων πλακών) επιτυγχάνεται μέσω ειδικών προεξοχών (Σχ. 2.7) ή εσοχών, που υπάρχουν εκ κατασκευής.



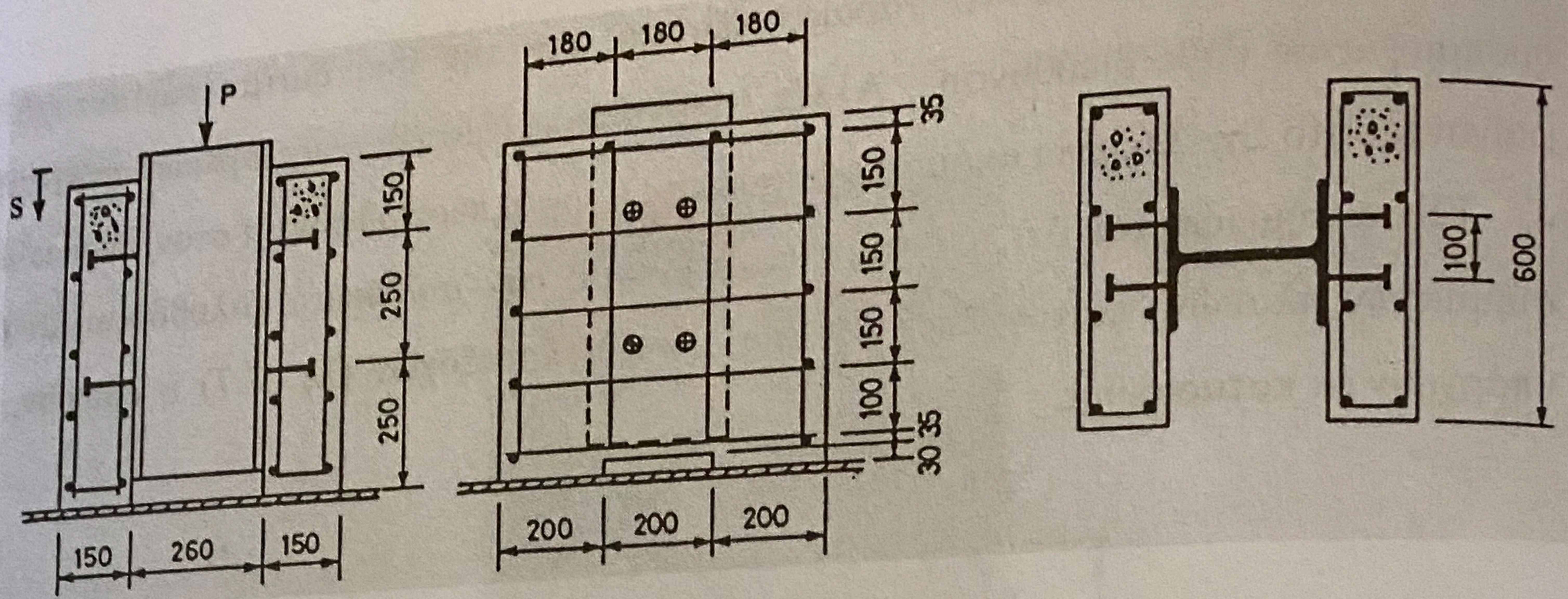
Σχ. 2.7 Διατμητικοί σύνδεσμοι σε αυλακωτό χαλυβδόφυλλο.

## 2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Το βασικότερο χαρακτηριστικό των διατμητικών συνδέσμων είναι η σχέση τέμνουσας δύναμης  $P$  συναρτήσει της ολίσθησης  $s$  στη διεπιφάνεια χάλυβα-σκυροδέματος. Η σχέση  $P-s$  έχει τη μορφή της καμπύλης του Σχ. 2.8, και προκύπτει μέσω πειραμάτων, όπως αυτό που περιγράφεται στο Σχ. 2.9.



Σχ. 2.8 Τυπική καμπύλη δύναμης-ολίσθησης διατμητικών συνδέσμων.



Σχ. 2.9 Διάταξη για τον πειραματικό προσδιορισμό της σχέσης P-s.

Η σχέση δύναμης-ολίσθησης P-s των διατμητικών συνδέσμων επηρεάζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- θλιπτική αντοχή σκυροδέματος και βαθμός συμπύκνωσης αυτού στην περιοχή των συνδέσμων
- αριθμός διατμητικών συνδέσμων (η κατανομή του συνολικού φορτίου σε κάθε σύνδεσμο εξαρτάται από τον αριθμό τους)
- μέση ορθή τάση και πάχος του σκυροδέματος που περιβάλλει τους συνδέσμους
- διαστάσεις, θέση και αντοχή των ράβδων οπλισμού στην περιοχή των συνδέσμων
- συνάφεια χάλυβα-σκυροδέματος

Το φορτίο αστοχίας ενός διατμητικού ήλου καθορίζεται κυρίως από το κατά πόσο η αστοχία οφείλεται σε θραύση τού (περιβάλλοντος τον ήλο) σκυροδέματος (“σύνθλιψη άντυγας”, Σχ. 2.10α) ή σε διατμητική αστοχία του ίδιου του ήλου (Σχ. 2.10β). Βάσει της λογικής αυτής, η διατμητική αντοχή σχεδιασμού  $P_{Rd}$  ενός ήλου δίνεται από τη μικρότερη τιμή των παρακάτω ημιεμπειρικών σχέσεων (Ευρωκώδικας 4):

$$P_{Rd} = \frac{0.8f_u (\pi d^2 / 4)}{\gamma_v} \quad (\text{διατμητική αστοχία ήλου}) \quad (2.2\alpha)$$

$$P_{Rd} = \frac{0.29d^2 (f_{ck} E_{cm})^{1/2}}{\gamma_v} \quad (\text{θραύση σκυροδέματος}) \quad (2.2\beta)$$

όπου  $f_u$  = όριο θραύσης (εφελκυστική αντοχή) του χάλυβα των ήλων ( $\leq 500 \text{ N/mm}^2$ ) και  $f_{ck}$  = χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου σκυροδέματος. Σημειώνεται ότι για διατμητικούς

## 2.4 ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΣΤΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

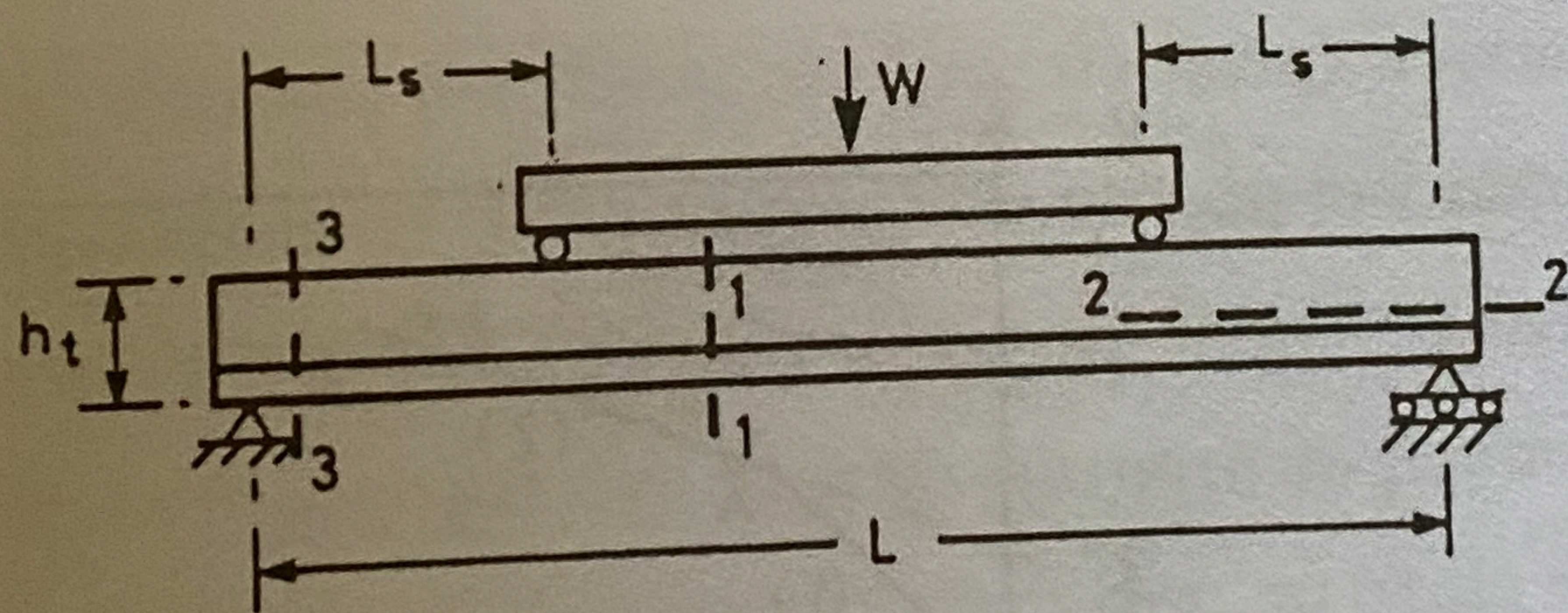
Η επάρκεια της διατμητικής σύνδεσης σε σύμμικτες πλάκες (από αυλακωτά χαλυβδόφυλλα και σκυρόδεμα) ποσοτικοποιείται συνήθως βάσει της πειραματικής διάταξης του Σχ. 2.19. Η μορφή αστοχίας της σύμμικτης πλάκας του Σχ. 2.19 εξαρτάται βασικά από το λόγο του διατμητικού μήκους  $L_s$  προς το μέσο πάχος της πλάκας  $d_p$  (Σχ. 2.20).

(1) Για μεγάλες τιμές του λόγου  $L_s/d_p$  η αστοχία οφείλεται σε κάμψη (π.χ. στη διατομή 1-1 του Σχ. 2.19), με ροπή κάμψης  $M$  η οποία υπολογίζεται βάσει της κατανομής των ορθών τάσεων του Σχ. 2.20 ως εξής:

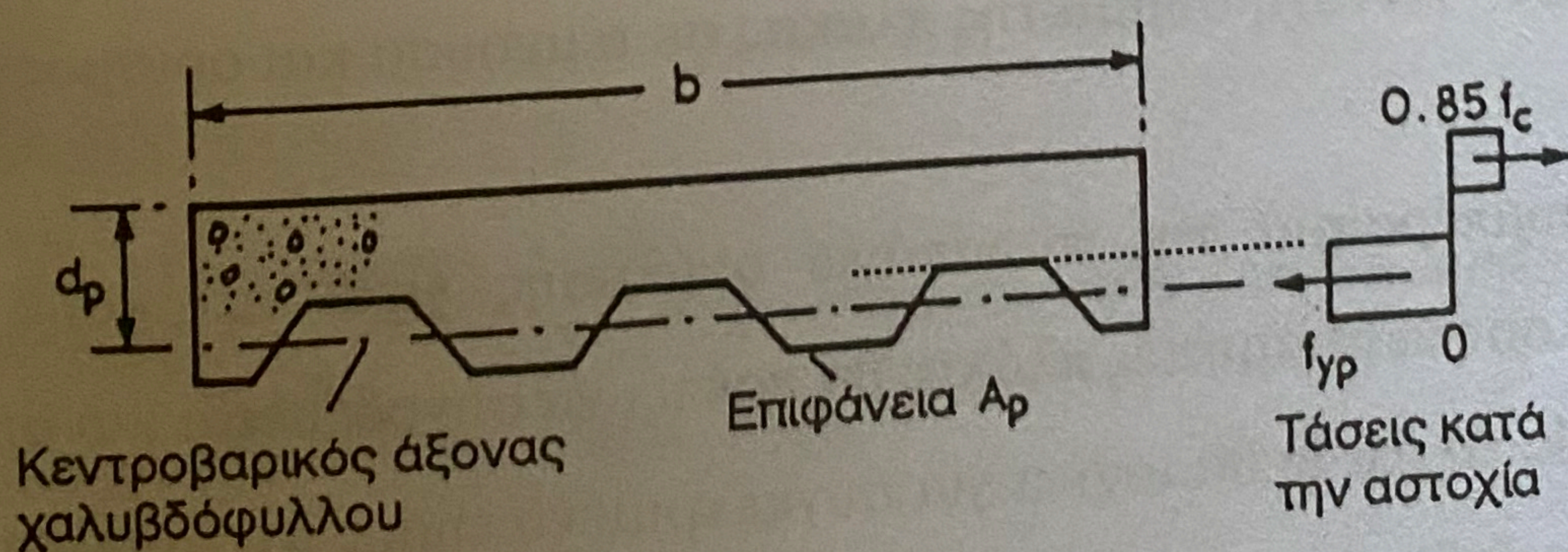
$$M \propto A_p f_{yp} d_p \quad (2.25)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει η τέμνουσα δύναμη κατά την αστοχία, ίση με

$$\frac{V}{bd_p} = \frac{M}{bd_p L_s} \propto \frac{A_p f_{yp}}{b L_s} \quad (2.26)$$



Σχ. 2.19 Πειραματική διάταξη και κρίσιμες διατομές 1-1, 2-2 και 3-3 σύμμικτης πλάκας.



Σχ. 2.20 Στοιχεία διατομής και κατανομή ορθών τάσεων κατά την καμπτική αστοχία σύμμικτης πλάκας.

## ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

1. Η συνεργασία χάλυβα-σκυροδέματος στα σύμμικτα δομικά στοιχεία εξασφαλίζεται περιορίζοντας τη σχετική ολίσθηση μεταξύ των δύο υλικών μέσω διατμητικών συνδέσμων. Ο βαθμός συνεργασίας καθορίζεται από την δυσκαμψία των συνδέσμων.
2. Η συμπεριφορά των διατμητικών συνδέσμων καθορίζεται από τον καταστατικό νόμο δύναμης-ολίσθησης (P-s), ο οποίος με τη σειρά του εξαρτάται (για δεδομένο τύπο συνδέσμου) κυρίως από την ποιότητα του σκυροδέματος και δευτερευόντως από τον αριθμό συνδέσμων.
3. Η ανακύκλιση της δύναμης μειώνει τόσο την αντοχή όσο και τη μέγιστη ολίσθηση των διατμητικών συνδέσμων.
4. Η μερική συνεργασία χάλυβα-σκυροδέματος αναλύεται μέσω βασικών αρχών της μηχανικής (καταστατικοί νόμοι υλικών, ισορροπία, συμβιβαστό των παραμορφώσεων). Αποτέλεσμα τέτοιων αναλύσεων είναι η διατύπωση της διαφορικής εξίσωσης που περιγράφει τη σχετική ολίσθηση σε κάθε θέση του σύμμικτου δομικού στοιχείου.
5. Παρεμπόδιση της σχετικής ολίσθησης (πλήρης σύνδεση) συνεπάγεται σημαντική μείωση των παραμορφώσεων (βέλη κάμψης) και μείωση των τάσεων.
6. Η μορφή αστοχίας σύμμικτων πλακών (κάμψη, διαμήκης διάτμηση, εγκάρσια διάτμηση) εξαρτάται σημαντικά από το λόγο διατμητικού μήκους προς πάχος των χαλυβδόφυλλων αλλά και από τα χαρακτηριστικά τους, τα οποία ποσοτικοποιούνται μέσω εμπειρικών σταθερών που προκύπτουν από πειράματα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

Amer. Soc. Civ. Engrs. (1984). *Specifications for the Design and Construction of Composite Slabs, and Commentary*, New York.

Bursi, O. and Ballerini, M. (1997). "Low-cycle behaviour and analysis of steel-concrete composite substructures" Proc. Int. IABSE Conf., *Composite Construction – Conventional*