

## ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΚΟΝΤΟΙ ΠΡΟΒΟΛΟΙ, ΥΨΙΚΟΡΜΑ, ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

### 1. Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

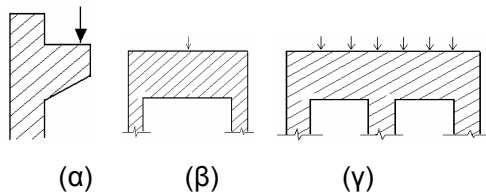
Στους κανονισμούς και τα κλασσικά εγχειρίδια σκυροδέματος αναφέρονται ως ιδιαίτερες κατηγορίες φορέων με ειδικές απαιτήσεις σχεδιασμού οι παρακάτω:

- **Κοντοί Πρόβολοι:** Πρόβολοι δοκοί με λόγο ανοίγματος προς ύψος μικρότερο του 1,  $l/h \leq 1$ , όπως φαίνεται στο Σχ. 1(α).

Συναντώνται στην προκατασκευή για τη στήριξη των οριζόντιων στα κατακόρυφα προκατασκευασμένα στοιχεία σε βιομηχανικές κατασκευές για τη στήριξη γερανογεφυρών, κ.α.

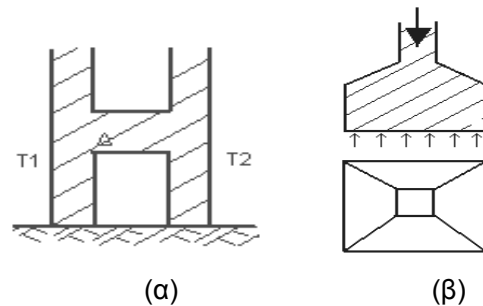
- **Υψίκορμοι Φορείς:** Αμφιέριστες ή συνεχείς δοκοί με λόγο ανοίγματος προς στατικό ύψος μικρότερο του 2,  $l/h \leq 2$  για συγκεντρωμένα φορτία ή μικρότερο του 4 για κατανεμημένα φορτία (βλ. κεφ. 8.1).

Συναντώνται ως κεφαλόδεσμοι πασσάλων, δοκοί-παρείες υπερυψωμένων δεξαμενών ή αποθηκών, όπως υδατόπυργοι, σιλό, κ.α.



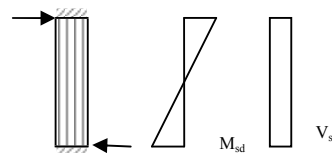
Σχ. 1 (α) Κοντός πρόβολος,  
(β) και (γ) υψίκορμοι δοκοί

- **Δοκοί Σύζευξης Τοιχωμάτων:** Αμφίπακτες δοκοί με λόγο ανοίγματος προς στατικό ύψος μικρότερο του 2,  $l/h \leq 2$ , όπως φαίνεται στο Σχ. 2(α).
- **Δύσκαμπτα Πέδιλα:** Συνήθη πέδιλα με σχετικά μεγάλο ύψος σε σχέση με τις διαστάσεις έδρασής τους, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(β).
- **Χαμηλά Τοιχώματα:** τοιχώματα μικρού μήκους υπό σεισμική επιπόνηση.



Σχ. 2 (α) Δοκός σύζευξης τοιχωμάτων  
(β) δύσκαμπτο πέδιλο

- **Κοντά Υποστυλώματα:** Υποστυλώματα υπό σεισμική επιπόνηση για τα οποία ο λόγος καμπτικής ροπής προς την τέμνουσα ανηγμένος ως προς το ύψος της διατομής του υποστυλώματος είναι μικρότερος του 2.5,  $M_{sd}/(V_{sd} \cdot h) \leq 2.5$ , όπως φαίνεται στο Σχ. 3. (Πριν ένα χρόνο η απαίτηση ήταν  $M_{sd}/(V_{sd} \cdot h) \leq 1.5$ ).

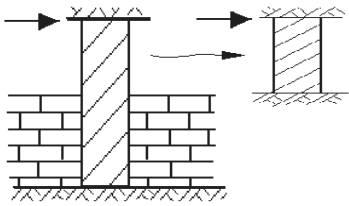


Σχ. 3 (Φύσει) κοντό υποστυλώμα

Στα παλιότερα κτίρια συμπεριφορά κοντού υποστυλώματος προκύπτει σε υποστυλώματα στα οποία δεσμεύεται η εγκάρσια μετακίνησή τους σε μέρος του ύψους τους, όπως φαίνεται στο Σχ. 4.

Συνήθη περίπτωση αποτελούν τα υποστυλώματα ημιυπόγειων χώρων στα οποία λόγω των φεγγιτών η τοιχοποιία εκτείνεται σε μέρος μόνον του μήκους του υποστυλώματος.

Τα υποστυλώματα αυτά δηλώνονται ως **θέσει κοντά υποστυλώματα**.



Σχ. 4 Θέσει κοντό υποστύλωμα

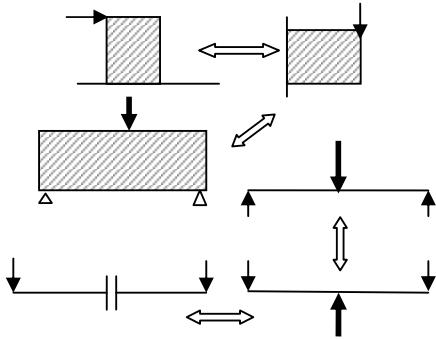
Στα σύγχρονα πολυώροφα κτίρια (με περισσότερους από τρεις ορόφους) είναι συχνή η εμφά-

νιση φύσει κοντών υποστυλωμάτων λόγω:

- ❖ της μείωσης του ελεύθερου ύψους των ορόφων και άρα της μείωσης του ανοίγματος των υποστυλωμάτων και
- ❖ των μεγαλύτερων διαστάσεων των υποστυλωμάτων οφειλόμενων στις αυστηρότερες απαιτήσεις πλαστιμότητας των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών.

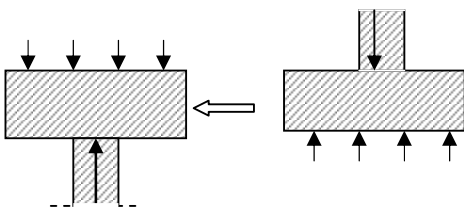
## 2. Η ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ Η ΠΟΛΛΑΠΛΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ

Όλοι οι φορείς στο κεφ. 1 μπορούν να αναχθούν ο ένας στον άλλο εναλλάσσοντας τον ρόλο φορτίων και στηρίξεων των φορέων και στρέφοντάς τους κατά  $90^\circ$  ή  $180^\circ$



Σχ. 1 Αναγωγή αμφίερειστης σε πρόβολο

Όπως φαίνεται στα σχήματα 1,2 και 3, ο αμφίερειστος φορέας ανάγεται, σε δύο ανάποδους πρόβολου φορείς, το πέδιλο σε έναν αμφίπλευρο πρόβολο, το αμφίπακτο υποστύλωμα σε δύο πρόβολου φορείς εξαιρουμένης της περιοχής του σημείου καμπής στην περιοχή του μέσου η οποία, όπως σχολιάζεται παρακάτω, δεν είναι κρίσιμη για την συμπεριφορά των υποστυλωμάτων.

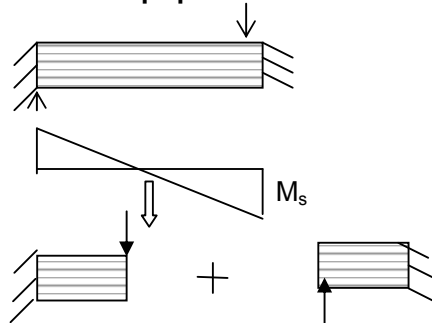


Σχ. 2 Αναγωγή πέδιλου σε αμφίπλευρο πρόβολο

Η κατηγοριοποίηση των φορέων στους κανονισμούς με βάση το στατικό σύστημα και τη διεύθυνση του φορέα είναι φαινομενική, εκλαμβάνοντας τις πολλές μορφές ενός θέματος ως διαφορετικά θέματα.

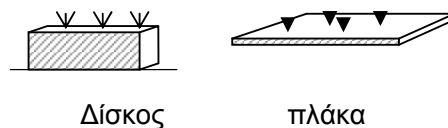
Όλοι οι φορείς που σχολιάζονται στο κεφ. 1 έχουν, όπως αποδεικνύεται στο κεφ. 3, ένα κοινό χαρακτηριστικό:

- ❖ Επιπονούνται με πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα από ό,τι οι αντίστοιχοι γραμμικοί φορείς με ίδια καμπτική επιπόνηση.



Σχ. 3 Ισοδυναμία αμφίπακτου φορέα (υποστυλώματος)

Εκτός από το μήκος τους έχουν μεγάλο και το ύψος τους και δεν υπακούουν στη συμπεριφορά των γραμμικών φορέων. Αντιστοιχούν σε συμπεριφορά δίσκων



Δίσκος

πλάκα

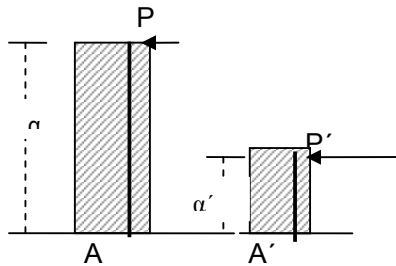
### 3. Ο ΛΟΓΟΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΩΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

#### 3.1 Η Μεγαλύτερη Τέμνουσα των Φορέων με Μικρό Άνοιγμα

Οι δύο φορείς A και A' στο Σχ. 1 έχουν ίδιες διαστάσεις διατομής και ίδιο οπλισμό και, γι' αυτό, ίδια καμπτική αντοχή  $M_{Ru}$  και, άρα, μπορούν να αντέξουν την ίδια μέγιστη επιπόνηση  $M_s$ .

Για τη μέγιστη αυτή επιπόνηση  $M_s$  η μέγιστη τέμνουσα  $V_s$  που θα αναπτυχθεί είναι:

$$\begin{aligned} M^A = M^{A'} &\Rightarrow P \cdot \alpha = P' \cdot \alpha' \Rightarrow \\ P' = P \cdot \alpha / \alpha' &\Rightarrow V^{A'} = V^A \cdot \alpha / \alpha' \Rightarrow \\ &V^{A'} \gg V^A \end{aligned}$$



Σχ. 1 Μεγαλύτερη τέμνουσα φορέων με μικρότερο άνοιγμα

Προκύπτει ότι:

- Ο φορέας με το μικρό άνοιγμα για ίδια καμπτική επιπόνηση με τον φορέα με το μεγάλο άνοιγμα επιπονεύεται με πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα, τόσο μεγαλύτερη όσο είναι ο λόγος του ανοίγματος των δύο φορέων.

#### 3.2 Ενοποίηση Φορέων με βάση το Λόγο Διάτμησης

Το πόσο διαφέρει η τέμνουσα φορέων με ίδια ροπή αλλά διαφορετικά ανοίγματα το εκφράζει ο λόγος της καμπτικής ροπής προς την τέμνουσα.  $M_{sd} / V_{sd}$ .

Ο λόγος αυτός ανηγμένος ως προς το στατικό ύψος  $d$  των φορέων δηλώνεται ως λόγος διάτμησης και συνήθως συμβολίζεται ως  $\alpha_s$

❖ **Λόγος Διάτμησης:**  $\alpha_s = M_{sd} / (V_{sd} \cdot d)$  (1)

Θέτοντας στην (1)  $M_{sd} = P \cdot \alpha$  και  $V_{sd} = P$  προκύπτει ότι ο λόγος διάτμησης μπορεί να εκφραστεί και ως ο λόγος της απόστασης  $\alpha$  του φορτίου από τη στήριξη του φορέα ως προς το στατικό ύψος  $d$  του φορέα.

❖ **Λόγος Διάτμησης:**  $\alpha_s = \alpha / d$  (1α)

Από τη σχέση (1) προκύπτει ότι η τέμνουσα με την οποία επιπονεύεται ένας φορέας είναι αντίστροφα ανάλογη του λόγου διάτμησης

❖  $V_{sd} = M_{sd} / (\alpha_s \cdot d)$  (2)

#### 3.3 Ο Λόγος Διάτμησης ως Καθοριστικό Μέγεθος της Συμπεριφοράς των Φορέων

Η καμπτική ροπή είναι συνάρτηση των αναπτυσσόμενων ορθών τάσεων  $\sigma$  και η τέμνουσα συνάρτηση των αναπτυσσόμενων διατμητικών τάσεων  $\tau$ .

Γι αυτό:

- ❖ Ο λόγος διάτμησης μπορεί να ειπωθεί ως ο λόγος της ορθής τάσης  $\sigma$  προς τη διατμητική τάση  $\tau$ .

Όπως σχολιάστηκε στην ενότητα I του 1<sup>ου</sup> τμήματος η μορφή της καμπτοδιατμητικής ρηγμάτωσης των φορέων συσχετίζεται άμεσα με το λόγο των δύο τάσεων  $\sigma$  και  $\tau$ .

Γι αυτό:

- ❖ ο λόγος διάτμησης αποτελεί καθοριστικό μέγεθος για τη συμπεριφορά των φορέων και, γι' αυτό, και για τη ρηγμάτωση, την όπλιση και το σχεδιασμό τους.

#### 3.3 Ο Λόγος Διάτμησης ως Μέγεθος Διάκρισης των Φορέων

Όλοι οι φορείς στο κεφ. 1 χαρακτηρίζονται από ίδιο λόγο διάτμησης.

Γι' αυτό, επιδεικνύουν την ίδια συμπεριφορά μεταξύ τους.

Επειδή ο λόγος διάτμησης των φορέων αυτών είναι μικρός, η συμπεριφορά τους είναι διαφορετική απ' αυτήν των γραμμικών φορέων που εξετάστηκαν στον πρώτο τόμο.

Υιοθετώντας το μέγεθος του λόγου διάτμησης οι φορείς ενοποιούνται διακρίνοντας τρεις κατηγορίες φορέων:

- Φορείς με μικρό λόγο:  $\alpha_s \leq 1,5$
- Φορείς με μεγάλο λόγο:  $\alpha_s \geq 2,5$
- Φορείς με ενδιάμεσο λόγο  $\alpha_s = 2$

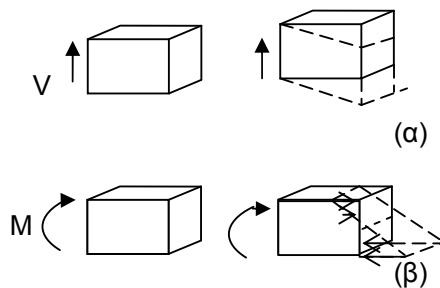


## 4. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

### 4.1 Δεν Ισχύει η Παραδοχή της Επιπεδότητας των Διατομών

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, η εγκάρσια διατομή του φορέα υπό καμπτοδιατμητική επιπόνηση λόγω της τέμνουσας υφίσταται εγκάρσια μετατόπιση και λόγω της ροπής στρόφιη κατά μήκος του κεντροβαρικού άξονα του φορέα.

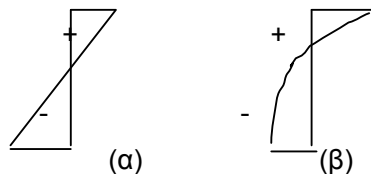
Συνθέτοντας τις δύο αυτές μετακινήσεις η εγκάρσια διατομή κατά την επιπόνηση του φορέα θα είναι στεβλωμένη.



Σχ. 1 Παραμόρφωση διατομής φορέα λόγω (α) τέμνουσας, (β) καμπτικής ροπής

Στους **γραμμικούς φορείς**, δηλαδή στους **φορείς με μεγάλο λόγο διάτμησης** η τέμνουσα είναι, όπως εντοπίστηκε στο κεφ. 3, μικρή σε σχέση με την καμπτική ροπή και, γι' αυτό, η εγκάρσια μετατόπιση λόγω τέμνουσας θεωρείται αμελητέα. Θεωρείται ότι η εγκάρσια διατομή κατά την επιπόνηση στρέφεται μόνον.

Γι' αυτό, το **διάγραμμα των παραμορφώσεων** καθ' ύψος της διατομής είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(α), **γραμμικό**.



Σχ. 2 Διάγραμμα ορθών τάσεων για φορέα (α) γραμμικό (β) με μικρό λόγο διάτμησης

Στους **φορείς με μικρό λόγο διάτμησης**, επειδή η τέμνουσα σε σχέση με τη ροπή είναι μεγάλη, δεν μπορεί να αμεληθεί το βέλος λόγω της τέμνουσας, η εγκάρσια διατομή κατά την επιπόνηση καμπυλώνεται και το διάγραμμα-

μα παραμορφώσεων δεν είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(β), γραμμικό.

**Οι τάσεις στην εφελκόμενη περιοχή** δεν έχουν τριγωνική κατανομή, αλλά **παραμένουν περίπου σταθερές για σημαντικό μέρος της εφελκόμενης ζώνης**

### 4.2 Ο Μοχλοβραχίονας $z$ των Εσωτερικών Δυνάμεων Εξαρτάται από το Λόγο Διάτμησης

Στους γραμμικούς φορείς ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων για δεδομένη στάθμη της επιπόνησης εξαρτάται μόνον από τη διαστασιολόγησή τους.

Στους φορείς με μικρό λόγο διάτμησης, λόγω της καμπύλωσης του διαγράμματος των παραμορφώσεων και άρα και των τάσεων, ο μοχλοβραχίονας  $z$  των εσωτερικών δυνάμεων προκύπτει μικρότερος απ' αυτόν των γραμμικών φορέων.

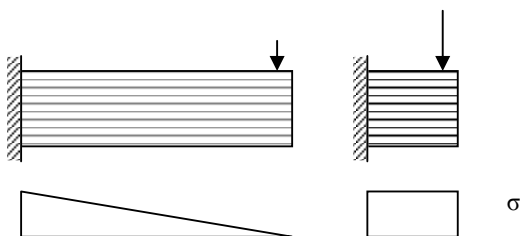
Επειδή το διάγραμμα ορθών τάσεων καμπυλώνεται ανάλογα με την τιμή της τέμνουσας και η τιμή της τέμνουσας εξαρτάται από το λόγο διάτμησης, ο μοχλοβραχίονας  $z$  εξαρτάται από την τιμή του λόγου διάτμησης.

### 4.3 Η Ένταση είναι Σταθερή σ' Όλο το Άνοιγμα των Φορέων

Στους **γραμμικούς φορείς** (με σταθερή διατομή σ' όλο το μήκος τους) οι ορθές τάσεις  $\sigma_x$  **κατά μήκος τους είναι**, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(α), **ανάλογες της τιμής της ροπής**.

Στους **φορείς με μικρό λόγο διάτμησης** οι ορθές τάσεις  $\sigma_x$  **κατά μήκος τους παραμένουν**, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(β), **σταθερές**. Στους φορείς αυτούς οι τάσεις  $\sigma_x$  διαμορφώνονται τόσο από την καμπτική ροπή όσο και από την τέμνουσα. Στις διατομές που στη

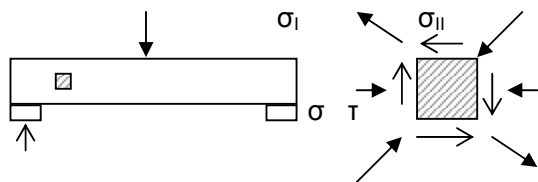
διαμόρφωση της τιμής  $\sigma_x$  είναι μικρή η συμβολή της ροπής είναι μεγάλη η συμβολή της τέμνουσας και αντίστροφα.



Σχ. 3 Ορθές τάσεις  $\sigma$  κατά μήκος φορέα (α) γραμμικού (β) με μικρό λόγο διάτμησης

#### 4.4 Μειώνονται οι Λοξές Εφελκυστικές Τάσεις και Αυξάνονται οι Λοξές Θλιπτικές Τάσεις

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, από τη σύνθεση των ορθών τάσεων  $\sigma_x$  και των διατμητικών  $\tau$  προκύπτουν μία λοξή εφελκυστική τάση  $\sigma_I$  και μία λοξή θλιπτική τάση  $\sigma_{II}$ .



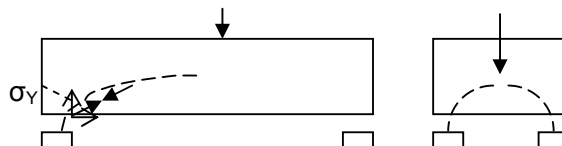
Σχ. 4 Λοξές εφελκυστικές τάσεις  $\sigma_I$  και θλιπτικές  $\sigma_{II}$

Η τιμή τους προκύπτει από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\sigma_I = (\sigma_x + \sigma_y)/2 + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2/4 + \tau^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{II} = (\sigma_x + \sigma_y)/2 - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2/4 + \tau^2} \quad (2)$$

Η τάση  $\sigma_y$  είναι η κάθετη στον κ.β. άξονα συνιστώσα της θλιπτικής τάσης  $\sigma$  η οποία στην περιοχή κοντά στις στηρίξεις και στις θέσεις εφαρμογής συγκεντρωμένων φορτίων είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 5, κεκλιμένη.



Σχ. 5 Ανάπτυξη τάσεων  $\sigma_y$

Η τιμή της  $\sigma_y$  βαίνει μειούμενη με την απόσταση από τη στήριξη του φορέα και μηδενίζεται σε απόσταση ίση περίπου με το ύψος του φορέα. Γι αυτό, στους φορείς με μικρό λόγο διάτμησης οι τάσεις αυτές εκτείνονται σ'όλο το άνοιγμά τους, και όχι μόνον τοπικά κοντά στις στηρίξεις, όπως στους γραμμικούς φορείς.

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι:

- Η αύξηση της διατμητικής τάσης  $\tau$  και της ορθής τάσης  $\sigma_y$  μειώνει την λοξή εφελκυστική τάση  $\sigma_I$  και αυξάνει τη λοξή θλιπτική τάση  $\sigma_{II}$ .

Οι φορείς με μικρό λόγο διάτμησης συγκρινόμενοι με αντίστοιχους γραμμικούς φορείς με ίδια καμπτική ροπή και, γι'αυτό, με ίδια  $\sigma_x$  αναπτύσσουν:

- **Μεγαλύτερη διατμητική τάση  $\tau$**  αφού επιπονούνται με μεγαλύτερη τέμνουσα.
- **Μεγαλύτερη τάση  $\sigma_y$**  λόγω της μεγαλύτερης τιμής της δύναμης της αντίδρασης στη στήριξη η οποία τις προκαλεί.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι οι φορείς με μικρό λόγο διάτμησης συγκρινόμενοι με αντίστοιχους γραμμικούς φορείς αναπτύσσουν:

- ❖ **Μικρότερες λοξές εφελκυστικές τάσεις και μεγαλύτερες λοξές θλιπτικές τάσεις**

## 5. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΙΩΜΑ

### 5.1 Η Έννοια του Φυσικού Προσομοιώματος

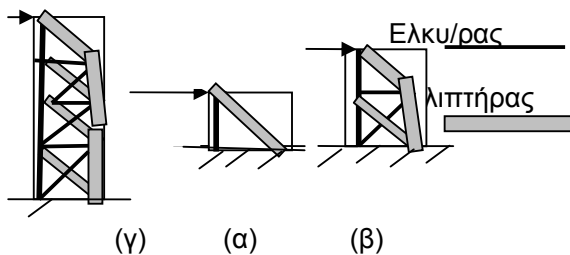
Κατά την επιβολή του φορτίου ο φορέας αντιδρά παλλόμενος, συστελλόμενος και διαστελλόμενος. Οι θέσεις της συστολής αποτελούν τις θέσεις ανάπτυξης θλιπτήρων και οι θέσεις της διαστολής αποτελούν τις θέσεις ανάπτυξης ελκυστήρων.

Ο φορέας μπορεί να ειδωθεί ως σύνθεση θλιπτήρων και ελκυστήρων η οποία αποτελεί το φυσικό προσομοίωμα του φορέα.

Μ' αυτόν τον τρόπο η επίλυση και διαστασιολόγηση του φορέα ανάγεται στην επίλυση και διαστασιολόγησή του φυσικού του προσομοιώματος.

### 5.2 Οι Τρεις Τύποι Προσομοιώματος-Φορείς με Μικρή Επιπόνηση

Όπως σχολιάζεται στο κεφ. 5.3 και έχει αναλυθεί στην ενότητα Ε, ανάλογα με το λόγο διάτμησης των φορέων διακρίνονται οι παρακάτω τύποι προσομοιωμάτων που φαίνονται στο Σχ. 1.



Σχ. 1 Φυσικά προσομοιώματα για λόγο Διάτμησης 4, 1 και 2

- **Θλιπτήρα-Ελκυστήρα** όταν αναπτύσσεται μόνον ένας (λοξός) θλιπτήρας και ένας (διαμήκης) ελκυστήρας.

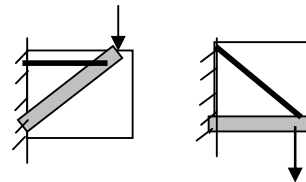
Αντιστοιχεί σε φορείς με μικρό λόγο διάτμησης (περίπου 1), όπως φαίνεται στο Σχ. 1(α) για πρόβολο φορέα και στο Σχ. 2 για αμφιέρειστο.

- **Δικτυώματος (Moersch)** όταν το προσομοίωμα στο μεγαλύτερο μήκος του φορέα αποτελεί σύνθεση περισσότερων θλιπτήρων και ελκυστήρων.

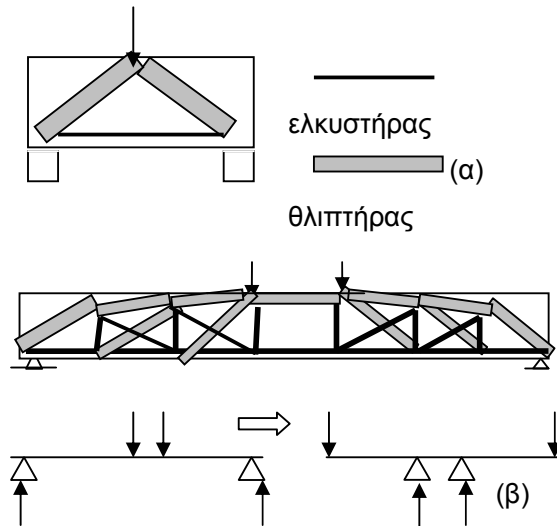
Αντιστοιχεί σε φορείς με μεγάλο λόγο διάτμησης (μεγαλύτερο του 3, γραμμικούς φορείς), όπως φαίνεται στο Σχ. 1(β) και το Σχ. 3.

- Σύνθεση **Θλιπτήρα-Ελκυστήρα** και **Δικτυώματος** όταν καθένα απ' αυτά τα προσομοιώματα αντιστοιχεί σε σημαντικό μέρος του μήκους του φορέα.

Αντιστοιχεί σε φορείς με ενδιάμεσο λόγο διάτμησης (περίπου 2).

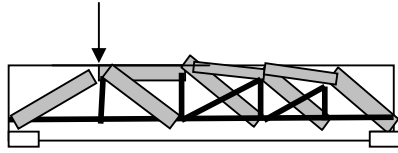


Σχ. 2 Φυσικό προσομοίωμα φορέα με λόγο διάτμησης 1 για φορτίο άνω και κάτω



Σχ. 3 Φυσικό προσομοίωμα αμφιέρειστου φορέα με λόγο διάτμησης 1 και 3

Συνύπαρξη **Θλιπτήρα-Ελκυστήρα** και **Δικτυώματος** παρατηρείται, επίσης, και στις περιπτώσεις **γραμμικών φορέων με συγκεντρωμένο φορτίο κοντά στη στήριξη**, όπως φαίνεται στο Σχ. 4.



Σχ.4 Φυσικό προσομοίωμα γραμμικού φορέα με συγκεντρωμένο φορτίο κοντά στη στήριξη

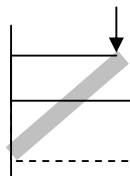
### 5.3 Η Φυσική Έννοια Θλιπτήρων και Ελκυστήρων

Οι επί μέρους ράβδοι του φυσικού προσομοιώματος μπορούν να ειδωθούν:

**Οι Λοξοί Θλιπτήρες** ως οι θέσεις ροής της διατάραξης του φορτίου (των κύριων θλιπτικών τάσεων) προς τις στήριξεις, γι' αυτό και έχουν πάντα κατεύθυνση προς τις πλησιέστερες στήριξεις με κλίση περίπου 45°

**Οι Λοξοί και Εγκάρσιοι Ελκυστήρες** ως οι θέσεις ανάρτησης της ροής της διατάραξης του φορτίου (των λοξών θλιπτικών τάσεων) προς τις στήριξεις στις παρακάτω περιπτώσεις:

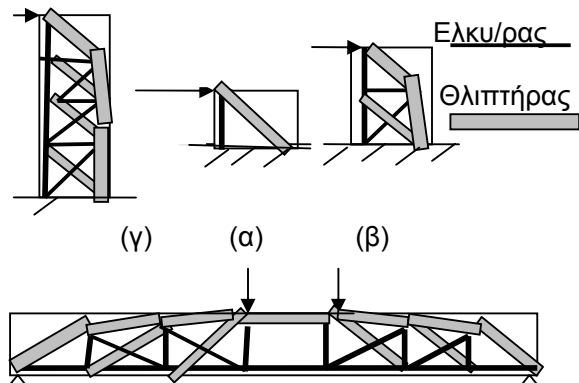
- το φορτίο είναι κάτω (π.χ. περίπτωση αντεστραμμένης δοκού) είτε γιατί
- το ύψος του φορέα είναι ανεπαρκές για ροή κατ' ευθείαν στη στήριξη (περίπτωση φορέα με μεγάλο λόγο διάτμησης) οπότε η ροή επαναφέρεται στο άνω πέλμα για να κατευθυνθεί ξανά στη στήριξη (φορείς με περισσότερους λοξούς θλιπτήρες).



**Οι Διαμήκεις Ελκυστήρες και Θλιπτήρες** ως οι θέσεις επαναφοράς στην φυσική της κατακόρυφη διεύθυνση της ροής του φορτίου στις θέσεις των λοξών ράβδων. (Για μεγαλύτερη ανάλυση βλ. ενότητα Ε στον 1<sup>ο</sup> τόμο).

### 5.3 Τύποι Προσομοιωμάτων Οπλισμένων Φορέων με Σημαντική Επιπίδωση

Οι ελκυστήρες από σκυρόδεμα έχουν μικρή αντοχή (είναι μικρή η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος) και, γι' αυτό, ενισχύονται **ενσωματώνοντας στις θέσεις των ελκυστήρων του δικτυώματος ράβδους από χάλυβα** οι οποίες διαθέτουν υψηλή εφελκυστική αντοχή.



Σχ.5 Προσομοιώματα οπλισμένων φορέων

Για την ενίσχυση των λοξών ελκυστήρων οι ράβδοι του οπλισμού δεν διατάσσονται κατά την διεύθυνσή τους, αλλά εγκάρσια και αποτελούν τους συνδετήρες.

Για μικρή στάθμη του φορτίου (μικρότερη κι' απ' αυτή του ίδιου βάρους του φορέα) εξαντλούν την ικανότητά τους **οι λοξοί ελκυστήρες του σκυροδέματος**, εμφανίζονται ρωγμές, όπως σχολιάζεται στο κεφ. 32, και **δεν υπάρχουν πια στο φυσικό προσομοίωμα των φορέων**. Γι' αυτό, το φυσικό προσομοίωμα του οπλισμένου φορέα, από μια στάθμη επιπίδωσης και πάνω αποτελείται μόνον από διαμήκεις και εγκάρσιες ράβδους, όπως φαίνεται στο Σχ. 5.

### 5.4 Διαφοροποιήσεις για Φορείς με Μικρό Λόγο Διάτμησης

Λόγω των διαφορών στα φυσικά προσομοιώματα φορέων με μικρό λόγο διάτμησης και

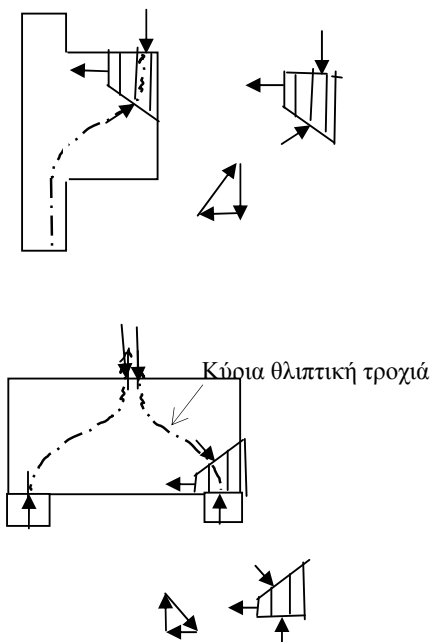
γραμμικών φορέων (και λαμβάνοντας υπόψη και τα συμπεράσματα στο κεφ. 4) προκύπτουν οι παρακάτω διαφορές στη συμπεριφορά φορέων με μικρό λόγο διάτμησης σε σύγκριση με τους γραμμικούς φορείς (φορείς με μεγάλο λόγο διάτμησης):

- 1) **Η ένταση του φορέα διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση του φορτίου: άνω, κάτω ή έμμεσα** (εφαρμογή φορτίου στο μέσον του ύψους τους).
- 2) **Η ένταση του διαμήκους ελκυστήρα είναι σταθερή σ' όλο το μήκος του φορέα** και όχι μειούμενη κατά μήκος (μηδενιζόμενη στο ελεύθερο άκρο), όπως στους γραμμικούς φορείς.
- 3) **Ο διαμήκης ελκυστήρας εκτείνεται σε σημαντικό μέρος καθ' ύψος του φορέα.**
- 4) **Δεν αναπτύσσεται διαμήκης θλιπτήρας**, όπως στους γραμμικούς φορείς (όταν το φορτίο ασκείται επάνω στο φορέα).
- 5) **Ο λοξός θλιπτήρας εντείνεται περισσότερο** από ό,τι στους γραμμικούς φορείς επειδή η τέμνουσα  $V_s$  είναι μεγαλύτερη (είναι αντίστροφα ανάλογη του λόγου διάτμησης).
- 6) **Δεν αναπτύσσεται λοξός ελκυστήρας**, όπως προκύπτει από τη μικρή τιμή των λοξών εφελκυστικών τάσεων και την απουσία λοξού ελκυστήρα στο φυσικό προσομοίωμα.

## 6. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ

### 6.1 Μεθοδολογία

Ο εντοπισμός του ισοδύναμου δικτυώματος βασίζεται στη χάραξη της κύριας θλιπτικής τροχιάς του φορτίου προς τις στηρίξεις του φορέα. Στις θέσεις που η τροχιά αυτή αποκλίνει από την ευθυγραμμία για την ισορροπία του φορέα στις θέσεις αυτές αναπτύσσονται κάθετες στην τροχιά αυτή εφελκυστικές ή θλιπτικές τάσεις, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχ. 1. Εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις λόγω καμπύλωσης της κύριας θλιπτικής τροχιάς

Θέτοντας στις θέσεις των θλιπτικών τροχιών θλιπτήρες και στις θέσεις των εφελκυστικών τάσεων ελκυστήρες προκύπτει το προσομοίωμα του φορέα.

### 6.2 Χάραξη της Κύριας Θλιπτικής Τροχιάς

Η χάραξη της κύριας θλιπτικής τροχιάς στηρίζεται σε πειραματικά αποτελέσματα ή σε αξιοποίηση αρχών της αντοχής των υλικών (π.χ η εφαπτόμενη της τροχιάς στην εκκίνηση της είναι κάθετη στην επιφάνεια του φορέα) και παρατηρήσεις της γεωμετρίας του φορέα.

Αυξανόμενου του λόγου διάτμησης η τροχιά αποκλίνει βαθμιαία από την κατακόρυφο και στην περίπτωση των γραμμικών φορέων οριζοντιώνεται.

### 6.3 Εντοπισμός Θλιπτήρων και Ελκυστήρων

Ο λοξός θλιπτήρας διατάσσεται κατά μήκος της κύριας θλιπτικής τροχιάς.

Λόγω της καμπύλωσης της θλιπτικής τροχιάς αναπτύσσονται εγκάρσιες τάσεις, θλιπτικές ή εφελκυστικές ανάλογα με τη φορά της καμπύλωσης της, τόσο πιο μεγάλες όσο πιο μεγάλη είναι η καμπύλωση της τροχιάς.

Εξετάζοντας, όπως φαίνεται στο Σχ. 1, την ισορροπία στοιχειωδών τμημάτων του φορέα, κάθετα στη θλιπτική τροχιά εντοπίζονται οι θέσεις των εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων.

## 7. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

### 7.1 Συνοπτική Παρουσίαση Διαφορών στο Σχεδιασμό

Στο κεφ. 5 εντοπίστηκαν οι διαφορές στη συμπεριφορά φορέων με μικρό και μεγάλο λόγο διάτμησης οι οποίες συνοψίζονται στον πίνακα 1.

Λόγω των διαφοροποιήσεων αυτών της συμπεριφοράς των φορέων με μικρό λόγο διάτμησης προκύπτουν σημαντικές διαφορές στο σχεδιασμό τους οι οποίες συνοψίζονται στον πίνακα 2 σ'αντιστοιχία με τις διαφορές στον πίνακα 1 και σχολιάζονται παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Διαφορές στη Συμπεριφορά

Χαρακτ/κά	ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ
1. ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	Σταθερή ένταση Μεγαλύτερο πάχος Όχι πάντα στα πέλματα	Μεταβλητή ένταση Μικρό πάχος Στα πέλματα του φορέα
2. ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΘΛΙΠΤΗΡΑΣ	Άτονη Περιοχή	Υπάρχει
3. ΛΟΞΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	Αμελητέος $V_{Rd3} \approx 0$	Υπάρχει $V_{Rd3} \neq 0$
4. ΛΟΞΟΣ ΘΛΙΠΤΗΡΑΣ	Μεγαλύτερη ένταση $\sqrt{V_{Rd2}}$	Μικρότερη ένταση

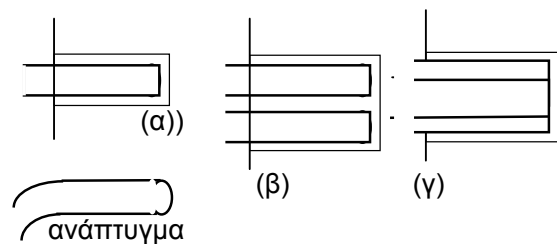
### 7.2 Διαμόρφωση και Διάταξη Διαμήκους Οπλισμού

#### 7.2.1 Μορφή και Αγκύρωση

Επειδή η ένταση του διαμήκους ελκυστήρα είναι σταθερή σ' όλο το μήκος του φορέα, ο ολισμός διαμορφώνεται υπό τη μορφή:

- **αναβολέων**, όπως φαίνεται στο Σχ.1, και όχι ευθύγραμμος όπως στους γραμμικούς φορείς, καθώς η τάση των ράβδων του οπλισμού στα άκρα του φορέα είναι ίδια μ'αυτή στη διατομή της πάκτωσης (όλες οι διατομές του φορέα είναι κρίσιμες).

Για να εξασφαλιστεί η ορθή συμπίκνωση του σκυροδέματος η διάταξη των αναβολέων είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται ένα ή δύο διάκενα για τον δονητή.



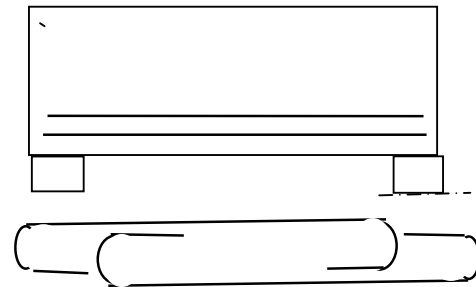
Σχ.1 Διάταξη αναβολέων στην κάτοψη φορέα με πλάτος (α) μικρό (β) μεγάλο και (γ) ενδιάμεσο

- **Ράβδων με οριζόντια κυκλικά άγκιστρα αγκύρωσης**, όπως φαίνεται στο Σχ.2, για φορείς με σχετικά μεγάλο άνοιγμα, όπως στην περίπτωση αμφιέριστων φορέων για τους οποίους το μήκος των ράβδων στο εμπόριο (συνήθως 12 m) δεν επαρκεί για διαμόρφωση αναβολέα.

Το μήκος αγκύρωσης των ράβδων μειώνεται κατά 20% λόγω της ευνοϊκής δράσης της θλιπτικής αντίδρασης της στήριξης.

Λόγω της ειδικής διαμόρφωσης του οπλισμού δεν αρκεί η απλή αναγραφή του οπλισμού στον ξυλότυπο, ή μόνο σε τομή.

Απαιτείται υποχρεωτικά η παρουσίαση του οπλισμού σε κατά μήκος και εγκάρσιες διατομές, **και σε κάτοψη** καθώς και τα **ανάπτυγματα** του οπλισμού.



Ανάπτυγμα ράβδου

Σχ. 2 Αγκύρωση ράβδων για μεγάλα ανοίγματα

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Διαφορές στο Σχεδιασμό

Μεγέθη	ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ
<b>1. ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ <math>A_{s1}</math></b> ➤ Μορφή ➤ Τιμή $z$ ➤ Στρώσεις ➤ Θέση	Αναβολείς $z < 0.9d$ } $\alpha_s$ ; $\geq 2$ } ενδιάμεσα για $\alpha_s < 1$	Ευθύγραμμος $z \approx 0.9d$ 1 πέλμα του φορέα
<b>2. ΘΛΙΒΟΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ <math>A_{s2}</math></b>	Άτονη Περιοχή	Υπάρχει
<b>3 ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ <math>A_{sw}</math></b> ➤ Ανάληψη εφελκυσμών ➤ Για λυγισμό θλιβόμενου ➤ Ενίσχυση Αγκύρωσης ➤ Περίσφιξη ➤ Για Πλέγμα	Όχι  Όχι  Ναι  Όχι Ναι	Ναι  Ναι  Ναι  Ναι Όχι
<b>4. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ</b>	$b > 25 \text{ cm}$	$b = 25 \text{ cm}$

### 7.2.2 Διάταξη Οπλισμού - Στρώσεις

Για την καλύτερη ανάληψη των εφελκυστικών τάσεων ο οπλισμός διατάσσεται **σε περισσότερες από μία στρώσεις**.

Ανάλογα με το λόγο διάτμησης δίνονται στους κανονισμούς το ύψος  $c$  (μετρούμενο από το εφελκυσόμενο πέλμα και για τον οπλισμό στις στηρίξεις) κατανομής κατανομής του διαμήκους οπλισμού.

Για απόσταση διαδοχικών στρώσεων ίση με 10 έως 15 cm ώστε να μην παρεμποδίζεται η διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος, ο αριθμός των στρώσεων προκύπτει διαιρώντας το ύψος  $c$  κατανομής του οπλισμού δια του 0,10 m ή 0,15 m (απόσταση από στρώση σε στρώση).

Για σχετικά μικρά πλάτη διατάσσεται ένας αναβολέας ανά στρώση.

### 7.2.3 Διάταξη Οπλισμού σε Φορείς με Λόγο Διάτμησης $< 0,5$

Στους φορείς αυτούς η θέση του διαμήκους ελκυστήρα δεν είναι στα πέλματα του φορέα, αλλά, όπως σχολιάζεται στο κεφ. 8.8, ενδιάμεσα του ύψους του φορέα.

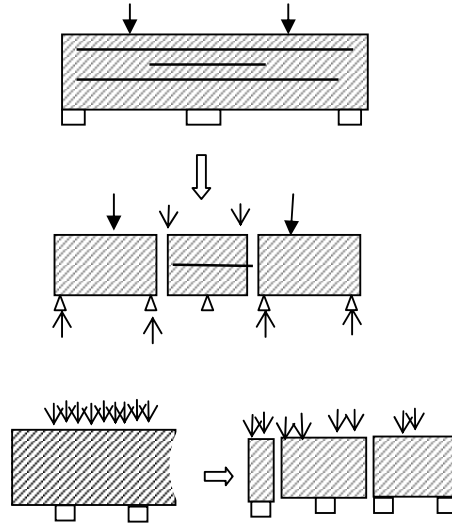
Γι' αυτό, ο διαμήκους οπλισμός διατάσσεται ενδιάμεσα του ύψους.

### 7.2.4 Διάταξη Οπλισμού σε Ενδιάμεσες Στηρίξεις

Στις ενδιάμεσες στηρίξεις των φορέων ο διαμήκους οπλισμός δεν διατάσσεται στα άνω πέλματα των φορέων, όπως ισχύει για τους γραμμικούς φορείς.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, στις θέσεις των ενδιάμεσων στηρίξεων η μορφή του φυσικού προσομοιώματος του φορέα αντιστοιχεί σε αμφίπλευρο πρόβολο φορέα με λόγο διάτμησης μικρότερο του 0,5 και, όπως σχολιάστηκε παραπάνω, στους φορείς αυτούς η θέση του διαμήκους ελκυστήρα είναι ενδιάμεσα του ύψους τους.

Σύμφωνα με τον κανονισμό, για να εξασφαλιστεί η καλή αγκύρωση ο οπλισμός στις στηρίξεις (με μορφή αναβολέων) εκτείνεται εκατέρωθεν της στήριξης στη μία στρώση σ' όλο το μήκος των ανοιγμάτων και στην επόμενη σε μήκος ίσο με 0,4 του μήκους κάθε ανοιγματος, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.



Σχ. 3 Θέση διαμήκους οπλισμού σε ενδιάμεση στήριξη

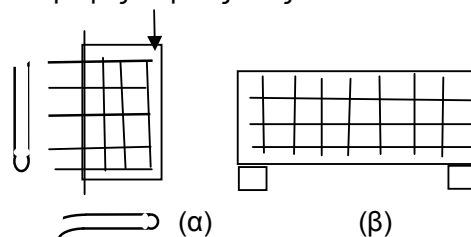
### 7.3 Διαμόρφωση και Διάταξη Δευτερεύοντα Οπλισμού

Επειδή δεν αναπτύσσεται λοξός ελκυστήρας δεν απαιτούνται συνδετήρες για την ανάληψη των λοξών εφελκυσμών. Επειδή δεν διατάσσεται θλιβόμενος οπλισμός δεν απαιτούνται συνδετήρες για την μείωση του μήκους λυγισμού των θλιβόμενων ράβδων και παρεμπόδιση του λυγισμού του.

Επειδή οι φορείς αυτοί είναι επιφανειακοί, απαιτείται επιφανειακός οπλισμός για να αναλάβει παρασιτικές τάσεις από παρεμποδιζόμενες συστολοδιαστολές του φορέα οφειλόμενες σε θερμοκρασιακές μεταβολές κ.α.

Ο οπλισμός αυτός:

- στους προβόλους διαμορφώνεται με τη μορφή οριζόντιων και κατακόρυφων ανοικτών συνδετήρων οι οποίοι υπολογίζονται ως ποσοστό του κύριου οπλισμού, όπως φαίνεται στο Σχ.4(α)
- στις άλλες δοκούς τίθεται πλέγμα στις κατακόρυφες παρειές τους.



Σχ. 4 Δευτερεύον οπλισμός



## 8. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

### 8.1 Ορολογία-Συμβολισμοί Γενικές Αρχές

#### 8.1.1 Ορολογία

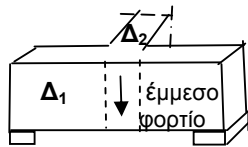
Διευκρινίζονται οι παρακάτω όροι οι οποίοι θα αναφερθούν στα επόμενα κεφάλαια.

- **Άμεση Στήριξη:**

Είναι η στήριξη δοκού που στηρίζεται κατ'ευθείαν σε κατακόρυφο στοιχείο.

- **Έμμεση Στήριξη, Έμμεσο φορτίο:**

Έμμεση είναι η στήριξη δοκού Δ2 σε μια άλλη δοκό Δ1 η οποία στηρίζεται άμεσα σε κατακόρυφο στοιχείο, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Η Δ1 δηλώνεται και ως κύρια δοκός και η Δ2 ως δευτερεύουσα δοκός ή **διαδοκίδα**.

Το φορτίο που μεταβιβάζει η Δ2 στην κύρια δοκό Δ1 είναι έμμεσο φορτίο για την Δ1, δηλ. είναι φορτίο το οποίο μεταφέρεται έμμεσα στο κατακόρυφο στοιχείο μέσω της Δ1.

#### 8.1.2 Συμβολισμοί

Σε αντιστοιχία με τα δόκιμα σύμβολα των γραμμικών φορέων υιοθετούνται οι εξής συμβολισμοί:

**F:** οι εσωτερικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στις θέσεις των ελκυστήρων και των θλιπτήρων των φυσικών προσομοιωμάτων.

- **F<sub>s</sub>** Οριζόντιος Ελκυστήρας
- **F<sub>c</sub>** Οριζόντιος Θλιπτήρας
- **F<sub>t</sub>** Λοξός Ελκυστήρας (tension:εφέλκυσμός)
- **F<sub>D</sub>** Λοξός Θλιπτήρας

#### 8.1.3 Γενικές Αρχές Σχεδιασμού

Στην ανάλυση του σχεδιασμού φορέων για διάφορους λόγους διάτμησης ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία με τους γραμμικούς φορείς:

Με κατάλληλες τομές του φυσικού προσομοιώματος, έχοντας ως άγνωστο τον μοχλοβραχίονα z των εσωτερικών δυνάμεων εντο-

πίζονται τα εσωτερικά μεγέθη  $M_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$ ,  $N_{Rd}$  και ελέγχεται η ανίσωση ασφαλείας:

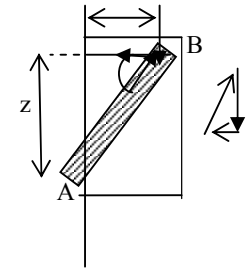
$$M_{sd} \equiv M_{Rd} \leq M_{Rdu} \quad (1) \quad V_{sd} \equiv V_{Rd} \leq V_{Rdu} \quad (2)$$

Στο κεφ. 10 συνοψίζεται η μεθοδολογία που ακολουθείται στις φοιτητικές ασκήσεις ως εξής:

- Θεωρείται γνωστό το z ίσο με 0,85d
- Επιλύεται το ισοδύναμο δικτύωμα.

Για την επίλυση ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Από την ισορροπία των ροπών ως προς το σημείο συνάντησης A της λοξής ράβδου και της στήριξης του φορέα προκύπτει η τιμή της οριζόντιας ράβδου (θλιπτήρα ή ελκυστήρα).



- Από το δυναμοτρίγωνο των δυνάμεων στον κόμβο B που δρα το εξωτερικό φορτίο προκύπτει η τιμή της λοξής ράβδου (θλιπτήρα ή ελκυστήρα).
- Υπολογίζονται οι δυνάμεις αστοχίας των ράβδων  $F_u$ .
- Ελέγχεται αν ισχύει:  $F \leq F_u$ .

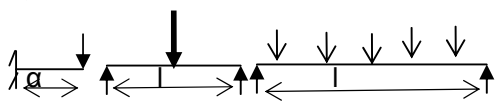
#### 8.1.4 Αναγωγή Φορέων σε Προβόλους με Συγκεντρωμένο Φορτίο

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1:

- ❖ πρόβολος με συγκεντρωμένο φορτίο και λόγο διάτμησης  $\alpha_s = M_{sd} / (V_{sd} \cdot d) = 1$  ισοδυναμεί με τους παρακάτω φορείς με ίδια διατομή μ' αυτόν:
  - ανάποδη αμφιέριστη δοκό με συγκεντρωμένο φορτίο διπλάσιο ανοίγματος, δηλ. με λόγο:  $l/d=2$
  - πρόβολο με κατανεμημένο φορτίο και διπλάσιο άνοιγμα, δηλ. με λόγο:  $l/d=2$
  - με ανάποδη αμφιέριστη δοκό με κατανεμημένο φορτίο τετραπλάσιου ανοίγματος δηλ. με λόγο:  $l/d=4$

Όλοι οι παραπάνω φορείς αντιστοιχούν σε λόγο διάτμησης 1.

**Πίνακας 1:**

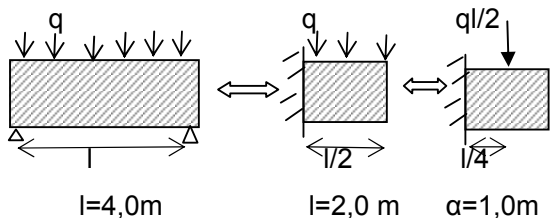


$\alpha_s$	$a/d$	$l/d$	$l/d$
2	2	4	8
1	1	2	4
0,75	0,75	1,5	3
0,5	0,5	1	2
0,25	0,25	0,5	1

Ομοίως:

❖ αμφιέρειστη δοκός με συγκεντρωμένο φορτίο και λόγο:  $l/d=1$  ή αμφιέρειστη δοκός με κατανομημένο φορτίο και λόγο:  $l/d=2$  αντιστοιχεί σε λόγο διάτμησης 1, κ.ο.κ.

🔧 Ο σχεδιασμός θα επικεντρωθεί σε πρόβολο με συγκεντρωμένο φορτίο και ο σχεδιασμός των αμφιέρειστων ή συνεχών υψίκορων δοκών θα γίνεται με αναγωγή στον ισοδύναμο πρόβολο με βάση τον πίνακα 1.



Σχ. 1 Ισοδυναμία αμφιέρειστης με κατανομημένο φορτίο και προβόλου με συγκεντρωμένο φορτίο

Για παράδειγμα:

Αμφιέρειστη δοκός με άνοιγμα  $l=4,0$  m, ύψος  $h=2,0$  m και κατανομημένο φορτίο  $q$  θα αναχθεί σε πρόβολο με ίδιο ύψος  $h=2,0$  m, συγκεντρωμένο φορτίο  $P = q.l/2$ , και απόσταση συγκεντρωμένου φορτίου  $a=l/4=1,0$  m, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.

Παρακάτω ο σχεδιασμός βασίζεται σε πρόβολου υψίκορμους φορείς (κοντούς προβόλους).

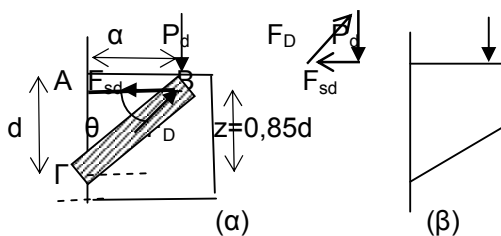
Στο κεφ. 9 ανακεφαλαιώνονται κατασκευα-

στικές ιδιαιτερότητες αμφιέρειστων και συνεχών υψίκορων δοκών και συνοψίζονται τα διαδοχικά βήματα σχεδιασμού τους και στο κεφ. 10 συνοψίζονται οι σχέσεις σχεδιασμού για κοντούς προβόλους.

**8.2 Σχεδιασμός Φορέα με  $\alpha_s=1$**

**8.2.1 Διαστασιολόγηση, πλάτος b**

Το ύψος  $h$  των υψίκορων φορέων προκύπτει συνήθως από λειτουργικούς λόγους.



Σχ. 2 Εσωτερικές δυνάμεις φορέα για λόγο διάτμησης  $\alpha_s=1$

Όπως φαίνεται στο Σχ. 2(α), οι εσωτερικές δυνάμεις που προκύπτουν δίνουν εσωτερική τέμνουσα  $V_{Rd2}$ :

$$V_{Rd2} = F_D \sin \theta$$

Από την ισοδυναμία δυνάμεων κατά  $y$  (βλ. και Σχ. 2γ) προκύπτει:

$$\mathbf{V_{sd} = P_d \leq V_{Rd2} = F_D \sin \theta} \quad (1)$$

Η  $V_{Rd2}$  σε κατάσταση αστοχίας για:

- κλίση  $\theta=45^\circ$  ( $\sin \theta = \sqrt{2}/2$ )
- πάχος λοξού θλιπτήρα ίσο με  $(\sqrt{2}/2)z$  (ίδιο μ' αυτό των γραμμικών φορέων),
- μειωμένη θλιπτική αντοχή σε  $\nu f_{cd} = 0,7 f_{cd}$

προκύπτει ίδια μ' αυτήν των γραμμικών φορέων ίση με:

$$V_{Rd2} = \nu f_{cd} \cdot b \cdot (\sqrt{2}/2) z \cdot \sqrt{2}/2 = 0,5 b z \cdot \nu f_{cd} \quad (2)$$

Για πάχος λοξού θλιπτήρα ίσο με  $0,22d$  (παραδοχή κανονισμών) και κλίση  $\theta=45^\circ$  προκύπτει αρκετά μικρότερη:

$$V_{Rd2} = 0,7 f_{cd} \cdot b \cdot 0,22d \cdot \sin \theta = 0,15 b d f_{cd} \sin \theta \quad (2a)$$

Για  $\sin \theta = 0,7$  είναι:  $V_{Rd2} = 0,1 b d f_{cd}$

Οπότε από τη σχέση (1) προκύπτει:

$$V_{sd} = P_d \leq V_{Rd2} = 0,1bdf_{cd} \quad (3)$$

Από τη σχέση (3) προκύπτει ή ελέγχεται, όπως και στους γραμμικούς φορείς, η τιμή του πλάτους  $b$ .

Επειδή η  $V_{sd}$  είναι μεγαλύτερη και η  $V_{Rd2}$  μικρότερη από τα αντίστοιχα μεγέθη ισοδύναμου γραμμικού φορέα (με ίδιο  $d$  και  $A_s$ ) προκύπτει ότι:

- ❖ Το απαιτούμενο πλάτος προκύπτει σημαντικά μεγαλύτερο απ' αυτό αντίστοιχου γραμμικού φορέα (με ίδιο  $d$  και  $A_s$ )

Στην κάτω εξωτερική περιοχή πρόβολου φορέα δεν αναπτύσσεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(α) ένταση. Είναι **άτονη περιοχή** και, γ'αυτό, μπορεί και να αφαιρεθεί, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(β)

### 8.2.2 Εναλλακτικός Έλεγχος του Πλάτους $b$ σε Αμφιέριστους και Συνεχείς Φορείς

Με τον παραπάνω έλεγχο της ανίσωσης ασφαλείας:  $V_{sd} \leq V_{Rd2}$  ελέγχεται η κάθετη συνιστώσα του φορτίου που δηλώνεται ως δρώσα τέμνουσα  $V_{sd}$  κατά πόσον είναι μικρότερη από την μέγιστη τιμή της κάθετης συνιστώσας της δύναμης του αναπτυσσόμενου λοξού θλιπτήρα που δηλώνεται ως διατμητική αντοχή  $V_{Rd2}$ .

Αν οι δυνάμεις αυτές διαιρεθούν με το εμβαδόν στο οποίο δρουν προκύπτουν οι ορθές τάσεις που δρουν στην επιφάνεια στήριξης και στη ράβδο του λοξού θλιπτήρα.

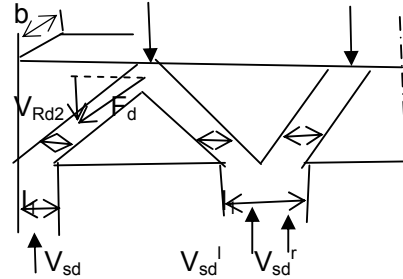
Το εμβαδόν αυτό:

- για το φορτίο  $V_{sd}$  είναι η επιφάνεια στήριξης  $b \cdot l_1$ , όπου  $l_1$  είναι το μήκος της στήριξης (βλ. Σχ. 2γ)
- για τη δύναμη  $V_{Rd2}$  είναι η οριζόντια προβολή της εγκάρσιας διατομής του θλιπτήρα η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι ταυτίζεται με την επιφάνεια  $b \cdot l_1$ .

Διαιρώντας τις δυνάμεις με τα εμβαδά των επιφανειών που δρουν προκύπτουν οι αντίστοιχες τάσεις και η σχέση  $V_{sd} \leq V_{Rd2}$  παίρνει τη μορφή:

$$\sigma_{cd} = (V_{sd}^l + V_{sd}^r) / (b \cdot l_1) \leq f_{cd}$$

όπου  $V_{sd}^l + V_{sd}^r$  είναι η αντίδραση στις στήριξεις και  $l_1$  το μήκος του στοιχείου στήριξης.



Σχ. 2(γ) Κάθετες δυνάμεις και διαστάσεις επιφανειών που δρουν

### 8.2.3 Υπολογισμός Διαμήκους Οπλισμού

Από την ισοδυναμία εξωτερικών και εσωτερικών ροπών ως προς το σημείο Γ στο Σχ. 2(α) προκύπτει:

$$P_d \cdot a = F_{sd} z \Rightarrow F_{sd} = P_d \cdot a / z = M_{sd} / z \quad (4)$$

όπου  $z$  είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων στη στήριξη.

Θέτοντας  $z = 0,85 \cdot d$  (λίγο μικρότερη από ό,τι στους γραμμικούς φορείς λόγω των δύο στρώσεων του οπλισμού) ο διαμήκους οπλισμός προκύπτει, όπως και για τους γραμμικούς φορείς, από τη σχέση (5):

$$\sigma_{sd} = A_s \cdot f_{sd} = M_{sd} / (0,85d) \quad (5)$$

Η ίδια σχέση προκύπτει και από την ισορροπία των δυνάμεων στον κόμβο Β που φαίνεται στο Σχ. 2(α).

### 8.2.4 Εφαρμογή για Δύσκαμπτο Πέδιλο

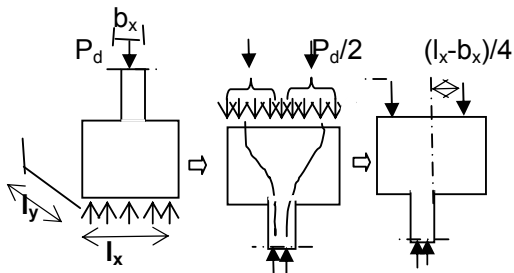
Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, το πέδιλο ισοδυναμεί με έναν αμφίπλευρο κοντό πρόβολο.

## 8.3 Διαστασιολόγηση-Υπολογισμός για Φορέα με $0,5 < \alpha_s \leq 1$

### 8.3.1 Φυσικό Προσομοίωμα

Στους φορείς αυτούς, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(α), μεγαλώνει η γωνία  $\theta$  του λοξού θλι-

πτήρα και, όπως προκύπτει από την ισοροπία στον κόμβο Β, μειώνεται η τιμή του ελκυστήρα και αυξάνει η τιμή του θλιπτήρα. Γι' αυτό, μειώνεται ο απαιτούμενος οπλισμός αλλά αυξάνει το απαιτούμενο b.



Σχ. 3 Ισοδυναμία πεδύλου και κοντού προβόλου

### 8.3.2 Εύρεση Οπλισμού

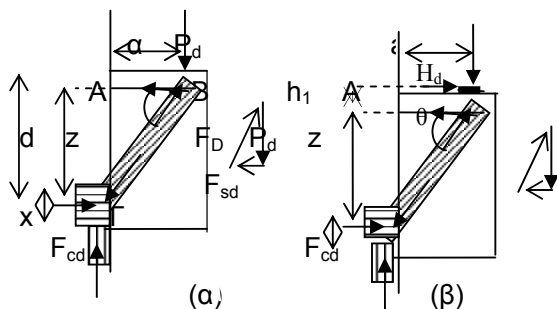
Από την ισοροπία σε κατάσταση αστοχίας των εξωτερικών και εσωτερικών ροπών ως προς το σημείο Γ προκύπτει η σχέση (6) και από την ισοδυναμία των δυνάμεων κατά x προκύπτει η σχέση (7).

$$\bullet \quad M_{sd} = P_d \cdot \alpha = F_{sd} z = A_s \cdot f_{sd} (d - x/2) \quad (6)$$

$$\bullet \quad F_{cd} = b \cdot x \cdot 0,85 f_{cd} = F_{sd} = A_s \cdot f_{sd} \quad (7)$$

Από τις σχέσεις (6) και (7) προκύπτουν οι τιμές του x και  $A_s$ .

Αντικαθίσταται στην (7) η τιμή του x από την (6). Από την εξίσωση 2<sup>ου</sup> βαθμού ως προς x που προκύπτει κρατείται η λογική τιμή. Αντικαθιστώντας την τιμή του x στην (6) προκύπτει η τιμή του  $A_s$ .



Σχ. 4 Εσωτερικές δυνάμεις φορέα  
(α) με  $0,5 < \alpha_s \leq 1$  και  
(β) και με οριζόντια δύναμη  $H_d$

### 8.3.3 Έλεγχος Πλάτους b

Από την ισοδυναμία των δυνάμεων κατά y προκύπτει η σχέση (3):

$$\bullet \quad V_{sd} = P_d \leq V_{Rd2} = F_D \cdot \sin \theta = 0,15 b d f_{cd} \sin \theta \quad (8)$$

(για πάχος λοξού θλιπτήρα ίσο με  $0,22d$ , βλ. κεφ. 8.2.1)

Η τιμή της γωνίας  $\theta$  υπολογίζεται από τη σχέση  $\tan \theta = \alpha/z$ .

Το z υπολογίζεται από τη σχέση:  $z = d - x/2$ .

Αν δεν ισχύει η σχέση (8) αυξάνεται το πλάτος.

### 8.4 Διαστασιολόγηση-Υπολογισμός Φορέων με Οριζόντιο και Κατακόρυφο Φορτίο

Αν εκτός από το κατακόρυφο φορτίο  $P_d$  συνυπάρχει, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(β), και οριζόντιο φορτίο  $H_d$ , τότε στις σχέσεις (6) και (7) προστίθεται και η συμβολή της δύναμης  $H_d$

$$M_{sd} = P_d \cdot \alpha + H_d \cdot (h_1 + d - x/2) = F_{sd} z = F_{sd} (d - x/2) \quad (6^*)$$

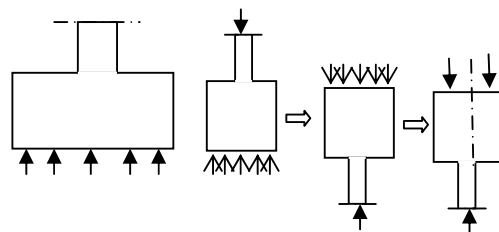
$$F_{cd} - F_{sd} = b \cdot x \cdot 0,85 f_{cd} - A_s \cdot f_{sd} = H_d \quad (7^*)$$

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτήν στο κεφ. 8.3.2 και 8.3.3. Από τη σχέση (8) με την τιμή του x που προέκυψε από τις σχέσεις (6\*) και (7\*) προκύπτει ή ελέγχεται το πλάτος b.

Προφανώς η περίπτωση αυτή είναι πιο δυσμενής ως προς τον απαιτούμενο οπλισμό, αφού, όπως προκύπτει από τη σχέση (6\*) αυξάνεται το x και άρα μειώνεται το z ενώ αυξάνεται η εξωτερική ροπή.

### 8.5 Διαστασιολόγηση-Υπολογισμός για Φορείς με $\alpha_s < 0,5$

Φορέας με τόσο μικρό λόγο διάτμησης προκύπτει για παράδειγμα όταν πέδιλο με μικρό αξονικό φορτίο και, άρα μικρές διαστάσεις έδρασης, θεμελιώνεται στην ίδια στάθμη με μεγαλύτερο πέδιλο, όπως φαίνεται στο Σχ. 5.



Σχ. 5 Περίπτωση φορέα με πολύ μικρό λόγο διάτμησης

### 8.5.1 Φυσικό Προσομοίωμα

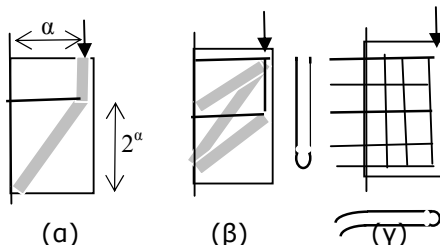
Στο Σχ. 6 φαίνονται δύο αποδεκτά φυσικά προσομοιώματα για την περίπτωση των φορέων αυτών.

#### ➤ Προσομοίωμα Άνω Άτονης Περιοχής

Υπάρχει περιοχή του φορέα στην οποία, όπως φαίνεται στο Σχ. 6, η θλιπτική τροχιά παραμένει κατακόρυφη, καθώς, λόγω του μεγάλου ύψους η ροή του φορτίου ακολουθεί τη φυσική κατακόρυφη τροχιά που θα ακολουθούσε αν η στήριξή του ήταν κάτω απ'αυτό.

Αποκλίνει απ'αυτήν έγκαιρα σε απόσταση από το κάτω πέλμα του ίση περίπου το διπλάσιο της απόστασης  $\alpha$  του φορτίου ώστε να μπορέσει κατευθυνθεί στη στήριξη με ικανή γωνία.

Ο φορέας συνίσταται, όπως φαίνεται στο Σχ. 6(α), από μια άτονη (καμπποδιαμητική) περιοχή κάτω από το φορτίο και μια κάτω εντεινόμενη περιοχή της οποίας το φυσικό προσομοίωμα είναι αυτό των φορέων στο κεφ. 8.3.



Σχ 6 Φυσικά προσομοιώματα φορέων με πολύ μικρό λόγο διάτμησης

#### ➤ Προσομοίωμα Σύνθετου Δικτύωματος

Αντί του απλού προσομοιώματος θλιπτήρα-εκκυστήρα υιοθετείται πιο σύνθετο δικτύωμα με περισσότερους θλιπτήρες και εκκυστήρες, όπως αυτό στο Σχ. 6(β).

### 8.5.1 Διαστασιολόγηση και Όπλιση

Με βάση το προσομοίωμα στο Σχ. 6(α) η διαστασιολόγηση και η όπλιση προκύπτει από τις σχέσεις στο κεφ. 8.3 στις οποίες τίθεται  $d=2\alpha$  (και όχι  $d= h-0,05$ ).

Με βάση αυτό το προσομοίωμα ο οπλισμός διατάσσεται σε απόσταση  $2\alpha$  από την κάτω πλευρά του φορέα.

Με βάση το προσομοίωμα στο Σχ. 6(β) αναπτύσσεται διαμήκης εκκυστήρας και στην επάνω περιοχή. Γι αυτό, προστίθεται και ίδιος οπλισμός και επάνω, όπως φαίνεται στο Σχ. 6(γ).

Επιπρόσθετα, ο δευτερεύων οπλισμός υπό την μορφή οριζόντιων και κατακόρυφων συνδετήρων πρέπει να είναι ενισχυμένος (ίσος με  $A_s/2$ ).

Ο οριζόντιος οπλισμός πρέπει να είναι πολύ καλά αγκυρωμένος στο στοιχείο πάκτωσης, γιατί οι φορείς αυτοί, (ιδιαίτερα σε περίπτωση εναλλαγής της τέμνουσας σε περίπτωση σεισμού) λόγω:

- της μεγάλης τιμής της τέμνουσας
- της μικρής απόστασης από τη στήριξη

υπόκεινται σε κίνδυνο διαμητικής ολίσθησης καθ ύψος της επιφάνειας στήριξης (ψαλιδισμό).

### 8.6 Φορείς με Αναρτημένο Φορτίο

Στο Σχ. 7 φαίνεται το φυσικό προσομοίωμα φορέα με αναρτημένο φορτίο στο κάτω μέρος του φορέα.

Από την ισορροπία σε κατάσταση αστοχίας των εξωτερικών και εσωτερικών ροπών ως προς το σημείο A προκύπτει η σχέση (8) και από την ισοδυναμία των δυνάμεων κατά x προκύπτει η σχέση (7).

$$\bullet M_{sd} = P_d \cdot \alpha = F_{cd} z = F_{cd} (d-x/2) \quad (8)$$

$$\bullet F_{cd} = F_{td} \cos\theta = A_s \cdot f_{sd} \cos\theta \quad (9)$$

$$\text{Είναι } \tan\theta = z/a = (d-x/2)/\alpha.$$

Από το δυναμοτρίγωνο των δυνάμεων στο Γ προκύπτει:  $F_{td}^2 + F_{cd}^2 = P_d \Rightarrow$

$$F_{td} = \sqrt{P_d^2 + [P_d \cdot \alpha / (d-x/2)]^2} \Rightarrow$$

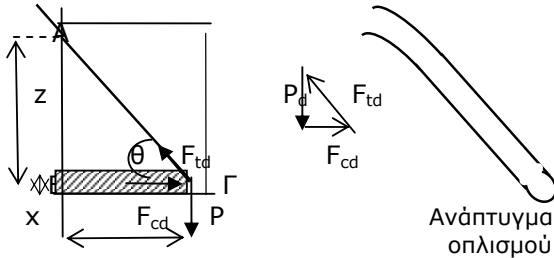
$$\bullet A_s = (P_d / f_{sd}) \cdot \sqrt{1 + [\alpha / (d-x/2)]^2} \quad (10)$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (9) το  $\cos\theta$  συναρτήσει του x, από τις σχέσεις (8), (9) και (10) προκύπτουν οι τιμές για x,  $A_s$  και  $F_{cd}$ .

Η τιμή του  $b$  ελέγχεται από τη σχέση (11) :

$$\diamond F_{cd} = 0,85f_{cd} \cdot b \cdot x \quad (11)$$

Αν το πλάτος είναι μικρότερο από την τιμή  $b = F_{cd}/0,85f_{cd} \cdot x$  πρέπει να αυξηθεί.



Σχ. 7 Φυσικό προσομοίωμα φορέα με μικρό λόγο διάτμησης και φορτίο κάτω

Απλοποίηση:

Για φορέα με λόγο διάτμησης περίπου 1 μπορεί να τεθεί  $z=0,85d$ . Από τη σχέση (8) προκύπτει:

$$\diamond F_{cd} = P_d \cdot \alpha / (0,85d) \quad (12)$$

Από το δυναμοτρίγωνο των δυνάμεων στο  $\Gamma$  προκύπτει:  $F_{td}^2 + F_{cd}^2 = P_d^2 \Rightarrow$

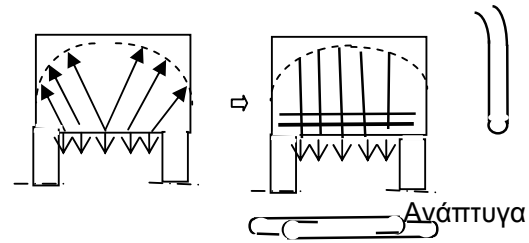
$$F_{td} = \sqrt{P_d^2 + [P_d \cdot \alpha / (0,85d)]^2} \Rightarrow$$

$$\diamond A_s = (P_d / f_{sd}) \cdot \sqrt{1 + [\alpha / (0,85d)]^2} \quad (11)$$

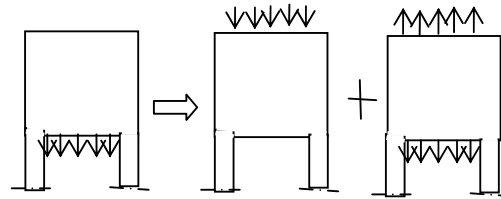
➤ Εναλλακτική Όπλιση για Καταναμημένο φορτίο

Στην περίπτωση που το φορτίο κάτω είναι καταναμημένο, συχνή περίπτωση στην περίπτωση αμφιέριστης και συνεχών φορέων (π.χ. το φορτίο δαπέδου υπερυψωμένης δεξαμενής ή σιλό, βλ. άσκηση), αντί λοξών ράβδων, όπως στο Σχ. 7, διατάσσεται, συνήθως, διαμήκης οπλισμός και κατακόρυφοι αναρτήρες οι οποίοι εκτείνονται σε όλο το ενεργό ύψος του φορέα, όπως φαίνεται στο Σχ. 8.

Για τον υπολογισμό των οπλισμών αυτών ο φορέας θεωρείται ότι επιπονείται με ένα φορτίο άνω και εφελκείται καθ' ύψος με ένα ισόποσο φορτίο, όπως φαίνεται στο Σχ. 9.



Σχ. 8 Όπλιση για καταναμημένο φορτίο φορτίο κάτω



Σχ. 9 Ισοδυναμία κάτω φόρτισης

Αν  $\rho_d$  είναι το αναρτώμενο φορτίο για 1m μήκους του φορέα, από την ισοδυναμία των δυνάμεων κατά  $y$  προκύπτει:

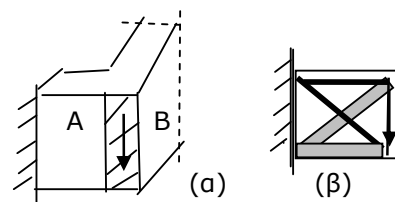
$$F_{sd} = \rho_d \text{ και } A_{sd} = F_{sd} / f_{sd}$$

όπου  $F_{sd}$  και  $A_s$  είναι η δύναμη και το εμβαδόν του οπλισμού για 1m μήκους του φορέα.

Για μεγαλύτερη ασφάλεια η αντοχή  $f_{sd}$  των αναρτήρων λαμβάνεται μειωμένη (περίπου ίση με 350MPa).

**8.7 Φορείς με Έμμεσο Φορτίο**

Στο Σχ. 10(β) φαίνεται το φυσικό προσομοίωμα φορέα με έμμεσο φορτίο.

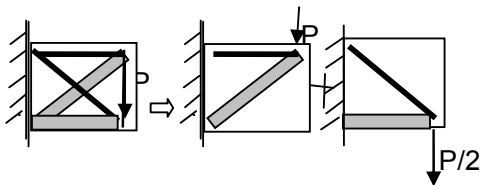


Σχ. 10 (α) Έμμεση φόρτιση (β) φυσικό προσομοίωμα φορέα με έμμεση φόρτιση

Έμμεσο δηλώνεται το φορτίο ενός φορέα, όταν δρα στο μέσον του ύψους του (κέντρο βάρους του), για παράδειγμα το φορτίο κάθετου φορέα (διαδοκίδας) στηριζόμενου σ'αυτόν, όπως φαίνεται στο Σχ. 10(α).

Έμμεσο είναι, επίσης το ίδιο βάρος του φορέα.

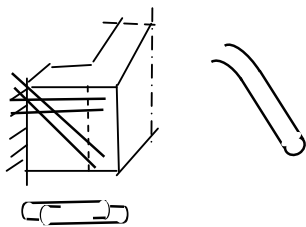
Από τη μελέτη των τροχιών των τάσεων στην περίπτωση αυτή προκύπτει ότι το φυσικό προσομοίωμα και η τιμή των δυνάμεων των ράβδων του είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 11, ίδια μ'αυτά που θα προέκυπτε αν ολόκληρο το φορτίο ήταν αναρτημένο κάτω και το μισό δρούσε επάνω στο φορέα.



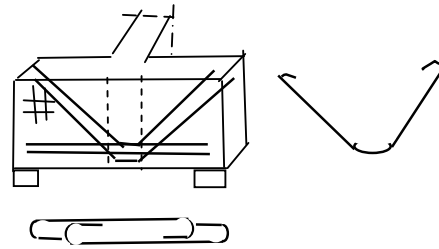
Σχ. 11 Ισοδυναμία φυσικών προσομοιωμάτων

Γι, αυτό, ο σχεδιασμός του φορέα ανάγεται στο σχεδιασμό φορέων που σχολιάζεται στα κεφ. 8.3 και 8.6.

Στο Σχ. 12 φαίνεται η όπλιση για έμμεση φόρτιση προβόλου και στο Σχ. 13 η αντίστοιχη όπλιση για αμφιέρειστη και συνεχή δοκό. Αντίστοιχη λοξή όπλιση διατάσσεται και στη φορτίζουσα δοκό στη θέση της έμμεσης στήριξης.



Σχ. 12 Όπλιση για έμμεση φόρτιση προβόλου



Σχ. 13 Όπλιση για έμμεση φόρτιση Αμφιέρειστης δοκού

### 8.8 Πρόσθετος Όπλισμός σε Αμφιέρειστους και Συνεχείς Φορείς λόγω Συγκεντρωμένου Φορτίου

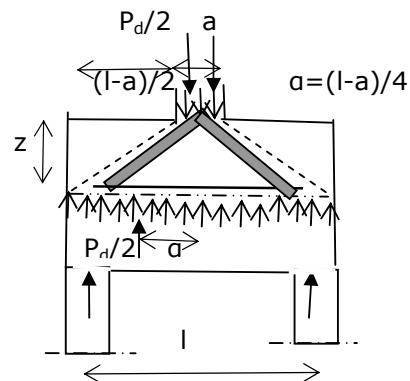
Στην περίπτωση αμφιέρειστων και συνεχών δοκών στις οποίες δρούν συγκεντρωμένα φορτία επάνω στο φορέα αναπτύσσεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 14, εντακτική κατάσταση πεδίου στην περιοχή κάτω από το συγκεντρωμένο φορτίο μέχρις ότου το φορτίο γίνει κατανεμημένο.

Ο απαιτούμενος όπλισμός είναι αυτός φορέα με φορτίο  $P_d/2$  :

$$A_s = P_d/2 \cdot a / (0,85d \cdot f_{sd}) = P_d/2 \cdot (l-a)/4 / (0,85d \cdot f_{sd})$$

$$\diamond A_s = P_d / [8 \cdot (l-a) \cdot 0,85d \cdot f_{sd}]$$

Παρόμοιος όπλισμός διατάσσεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 15, με τη μορφή αναβολέα, ή ως πλέγμα και στις θέσεις των στηρίξεων, αφού και εκεί υπάρχει το συγκεντρωμένο φορτίο των αντιδράσεων.



Σχ. 14 Ανάπτυξη τοπικού πεδίου κάτω από συγκεντρωμένο φορτίο



## 9. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΜΦΙΕΡΕΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ)

Από τον επιμέρους σχολιασμό του σχεδιασμού στο προηγούμενο κεφάλαιο προέκυψε ότι:

- Ο υπολογισμός του κύριου οπλισμού για φορτίο επάνω στο φορέα προκύπτει από σχέση της μορφής:

$$A_s = M_{sd}/z,$$

με το  $z$  να έχει τιμές μικρότερες απ'αυτές των γραμμικών φορέων εξαρτώμενες από το λόγο διάτμησης που σχετίζεται με το λόγο  $l/h$ , βλ. κεφ.8.2.

- Φόρτιση στο κάτω πέλμα του φορέα ή έμμεσα ανάγεται σε φόρτιση στο επάνω μέρος και ανάρτησή του από κάτω ή από τη μέση μέχρι επάνω.

Η τελική όπλιση είναι άθροισμα των οπλισμών που προκύπτουν από τις δύο αυτές επί μέρους φορτίσεις, βλ. κεφ. 8.5

- Ο έλεγχος του πλάτους  $b$  του φορέα που προκύπτει από τον έλεγχο του αναπτυσσόμενου λοξού θλιπτήρα μέσω της ανίσωσης:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\sigma_{cd} \leq f_{cd}$$

όπου  $\sigma_{cd}$  είναι οι θλιπτικές τάσεις στην οριζόντια προβολή του λοξού θλιπτήρα που θεωρείται ότι είναι ίδια με την επιφάνεια στήριξης, βλ. κεφ. 8.2.

- Λόγω της μεγάλης τιμής του φορτίου και των αντιδράσεων πρέπει να προστίθεται στην περιοχή του φορτίου και των αντιδράσεων πρόσθετος οπλισμός, βλ. κεφ.

- Λόγω της μεγάλης έκτασης των φορέων αυτών, το επιφανειακό πλέγμα που απαιτείται διαμορφώνεται με τη διάταξη δομικού πλέγματος και όχι με δευτερεύοντες οριζόντιους και κατακόρυφους αναβολείς όπως στους προβόλους, βλ. κεφ. 8.8

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν τα

παρακάτω βήματα για το σχεδιασμό των φορέων αυτών:

- Στατική επίλυση του φορέα ως γραμμικού με όλα τα φορτία άνω

- Έλεγχος του πλάτους  $b$  του φορέα από τη σχέση:

$$\sigma_{cd} = (V_{sd}^l + V_{sd}^r)/(b \cdot l_1) \leq f_{cd}$$

όπου  $V_{sd}^l + V_{sd}^r$  είναι η αντίδραση στις στηρίξεις και  $l_1$  το μήκος του στοιχείου στήριξης.

- Εύρεση κύριων διαμήκων από τη σχέση:

$$A_s = M/(z \cdot f_{sd})$$

Η τιμή του  $z$  προκύπτει από πίνακα στους κανονισμούς συναρτήσει του λόγου  $h/l$  για το άνοιγμα και διαφορετική για τη στήριξη:

Για παράδειγμα, για το άνοιγμα είναι:

$$1 < l/h < 2 \Rightarrow z = 0,15h(3+l/h)$$

$$l/h < 1 \Rightarrow z = 0,6l$$

- Ο οπλισμός που προέκυψε κατανέμεται σε ύψος  $c$  μετρούμενο από την ακραία εφελκυσόμενη ίνα 1 του φορέα:

Για παράδειγμα, για το άνοιγμα είναι:

$$l/h=2 \Rightarrow c=0,15 \cdot h \text{ ή } 0,20 \cdot l$$

- Στον παραπάνω οπλισμό προστίθενται οι παρακάτω οπλισμοί:

1. Λόγω συγκεντρωμένου φορτίου άνω
2. Λόγω φορτίου κάτω
3. Κατασκευαστικό πλέγμα

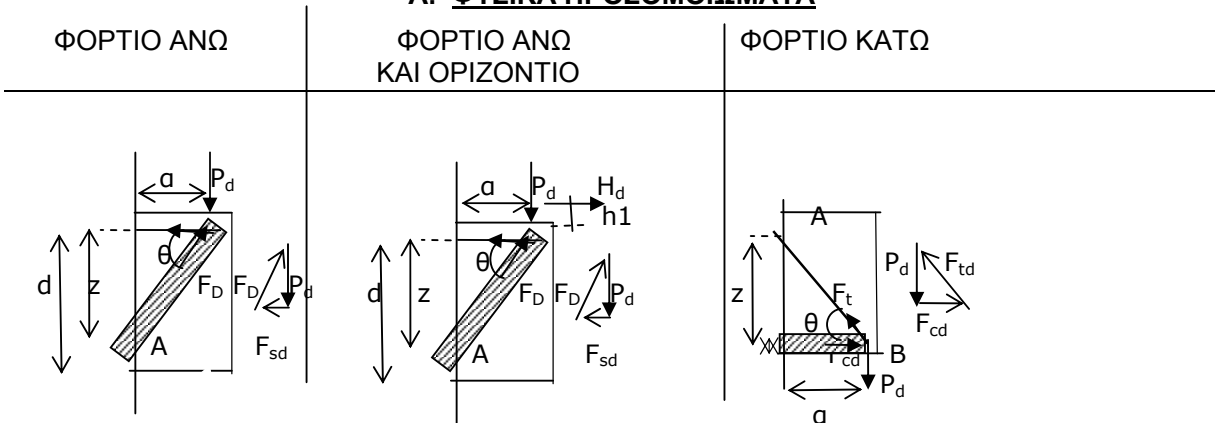
- Λόγω των ειδικών λεπτομερειών της όπλισης των φορέων αυτών, δεν αρκεί η απλή αναγραφή του οπλισμού τους στον ξυλότυπο.

Απαιτείται υποχρεωτικά η παρουσίαση του οπλισμού σε κατά μήκος και εγκάρσιες διατομές, αλλά και σε κάτοψη για να φανεί η διαμόρφωση του οπλισμού ως αναβολέα. Απαιτούνται επίσης και τα αναπτύγματα του οπλισμού.



# 10. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΠΡΟΒΟΛΩΝ

## A. ΦΥΣΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ



## B. ΕΥΡΕΣΗ ΚΥΡΙΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ (Ελκυστήρες $F_{sd}$ και $F_{td}$ )

Παραδοχή:  $z=0,85d$

Ροπές ως προς A

$$P_d \cdot a = F_{sd} \cdot 0,85d \Rightarrow$$

$$F_{sd} = \frac{P_d \cdot a}{0,85d}$$

$$A_s = F_{sd} / f_{sd}$$

Ροπές ως προς A

$$P_d \cdot a + H_d \cdot (h_1 + 0,85d) = F_{sd} \cdot 0,85d$$

$$F_{sd} = \frac{P_d \cdot a}{0,85d} + \frac{H_d \cdot (h_1 + 0,85d)}{0,85d}$$

$$F_{td}^2 + F_{cd}^2 = P_d^2 \Rightarrow$$

$$A_s = F_{sd} / f_{sd}$$

Ροπές ως προς A

$$F_{cd} = P_d \cdot a / (0,85d)$$

Από δυναμοτρίγωνο

$$F_{td} = \sqrt{P_d^2 + [P_d \cdot a / (0,85d)]^2}$$

$$A_s = F_{sd} / (0,80f_{sd})$$

## Γ. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΑΤΟΥΣ (Θλιπτήρες $F_{Dd}$ και $F_{cd}$ )

Παραδοχή: πάχος\* θλιπτήρων  $0,22d$

Αντοχή Θλιπτήρων:  $F_{cdu} = 0,85f_{cd} \cdot b \cdot 0,22d$

$F_{Ddu} = 0,7f_{cd} \cdot b \cdot 0,22d$

Από δυναμοτρίγωνο

$$F_{sd}^2 + F_{Dd}^2 = P_d^2 \Rightarrow$$

$$F_{Dd} = \sqrt{P_d^2 - [P_d \cdot a / (0,85d)]^2}$$

$$F_{Dd} < F_{Ddu}$$

Από δυναμοτρίγωνο

$$F_{cd} = \sqrt{(P_d^2 + F_{sd}^2)}$$

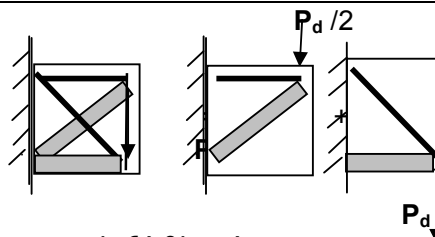
$$F_{cd} < F_{cdu}$$

Ροπές ως προς A

$$F_{cd} = P_d \cdot a / (0,85d)$$

$$F_{cd} < F_{cdu}$$

ΕΜΜΕΣΟ ΦΟΡΤΙΟ



**ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ**

$F_s$  Οριζόντιος Ελκυστήρας

$F_t$  Λοξός Ελκυστήρας

$F_c$  Οριζόντιος Θλιπτήρας

$F_D$  Λοξός Θλιπτήρας

\* Πιο λογικό θα ήταν  $0,22 \cdot a$  για το λοξό θλιπτήρα

Με βάση το φυσικό προσομοίωμα των φορέων αναμένονται οι παρακάτω τύποι αστοχίας.

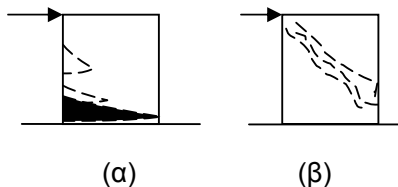
- **Καμπτική αστοχία**, όπως φαίνεται στο Σχ. 1(α) σε φορείς με επάρκεια πλάτους ώστε να μην αστοχήσει ο λοξός θλιπτήρας.

Επειδή η ένταση του διαμήκους ελκυστήρα είναι σταθερή σ'όλο το μήκος του φορέα, οι καμπτικές ρωγμές μπορεί να εκτείνονται σ'όλο το μήκος του.

Η τελική αστοχία, όμως, αναμένεται **ψαθυρή**, καθώς ελλείπει διαμήκους θλιπτήρα στο φυσικό προσομοίωμα των στοιχείων η καμπτική ρωγή θα επεκταθεί σε όλο το ύψος τους και δεν θα επιτρέψει πλήρη ανάπτυξη άλλων καμπτικών ρωγμών.

- **Αστοχία του λοξού θλιπτήρα**, όπως φαίνεται στο Σχ.1(β), σε φορείς με **ανεπαρκές πλάτος**.

Η αστοχία αυτή είναι **πιο πιθανή**, ιδιαίτερα, όταν ασκείται ταυτόχρονα και **σημαντικό αξονικό θλιπτικό φορτίο**, αφού το αξονικό φορτίο αυξάνει την επιπόνηση του λοξού θλιπτήρα.



Σχ. 1 Τύποι αστοχίας

Και ο τύπος αυτός αστοχίας είναι **ψαθυρός**.

❖ Στη βιβλιογραφία ως πιθανός τύπος αστοχίας των κοντών προβόλων θεωρείται μόνον ο τύπος αστοχίας του λοξού θλιπτήρα, καθώς τα περισσότερα πειραματικά στοιχεία στα αποτελέσματα της δοκιμασίας των οποίων έχουν βασιστεί τα συμπεράσματά τους έχουν ανεπαρκές πλάτος χωρίς να εντοπίζεται η επιρροή του στον τύπο αστοχίας.

❖ Είναι χαρακτηριστικό ότι στις κατασκευές ο τύπος αυτός λοξής αστοχίας συναντάται σε επιμήκη (κοντά) υποστυλώματα και όχι σε τετραγωνικά.

Στη βιβλιογραφία παραβλέποντας τη σημασία του πλάτους των στοιχείων στον τύπο αστοχίας τους διατυπώνονται συμπεράσματα ότι π.χ. στοιχεία με μεγαλύτερο ποσοστό διαμήκους οπλισμού επιδεικνύουν ψαθυρότερη συμπεριφορά, ανάγοντας έτσι το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού καθοριστικό για τον τύπο αστοχίας των στοιχείων.

Η ψαθυρότερη, όμως, συμπεριφορά των στοιχείων αυτών οφείλεται στο ό,τι τα πειραματικά αυτά στοιχεία έχουν ανεπαρκές το πλάτος και, γι αυτό, χαρακτηρίζονται από την ψαθυρή αστοχία του λοξού θλιπτήρα.

Μεγαλύτερο ποσοστό διαμήκους οπλισμού συνεπάγεται μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα και, γι' αυτό, μεγαλύτερη δρώσα τέμνουσα.

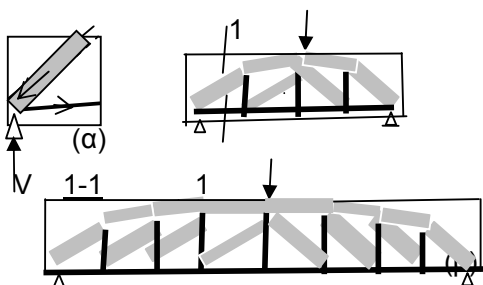
Ενδεχομένως, αν τα πειραματικά στοιχεία με τον περισσότερο διαμήκη οπλισμό είχαν διαστασιολογηθεί ορθά εφαρμόζοντας την ανίσωση ασφαλείας  $V_{sd} < V_{Rd2}$  δεν θα εμφανιζόταν ο ψαθυρός αυτός τύπος αστοχίας.

## 12. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΛΟΓΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ $\alpha_s=2$

### 12.1 Διαφοροποιήσεις στη Συμπεριφορά

Στο Σχ. 1 φαίνεται το φυσικό προσομοίωμα φορέα με λόγο διάτμησης 2 και αντίστοιχου φορέα με λόγο διάτμησης 4 (γραμμικού).

Παρατηρούνται οι παρακάτω διαφοροποιήσεις:



Σχ. 1 Φυσικό προσομοίωμα φορέα με λόγο διάτμησης (α) 2 και (β) 4

#### 12.1.1 Έντονη Μεταβολή της Έντασης του Ελκυστήρα στην Περιοχή του Μέσου

Η ένταση του διαμήκους ελκυστήρα δεν είναι σταθερή κατά μήκος του φορέα, όπως στους φορείς με λόγο διάτμησης 1.

Όπως προκύπτει από την τομή 1-1 στο ακραίο φάνωμα των δικτυωμάτων στο Σχ. 1(α), η δύναμη του διαμήκους ελκυστήρα  $F_s$  στο ακραίο φάνωμα (ίση με την οριζόντια συνιστώσα του λοξού θλιπτήρα) προκύπτει ίση με την τέμνουσα  $V_s$  (για γωνία του λοξού θλιπτήρα  $45^\circ$ ).

Στο επόμενο φάνωμα προστίθεται η οριζόντια συνιστώσα του επόμενου λοξού θλιπτήρα και η δύναμη του διαμήκους ελκυστήρα διπλασιάζεται, στο μεθεπόμενο φάνωμα τριπλασιάζεται κ.ο.κ. Η διαφορά της δύναμης  $F_s$  σε διαδοχικά φάνωματα είναι ίση με την τέμνουσα του φορέα.

Λόγω της μεγάλης τιμής της τέμνουσας στο φορέα με λόγο 2 (σε σχέση με τους γραμμικούς φορείς):

- ❖ Η μεταβολή της δύναμης των διαμήκων ελκυστήρων εκατέρωθεν του ενδιάμεσου κόμβου του δικτυώματος είναι σημαντική.

#### 12.1.2 Μεγάλες Τάσεις Συνάφειας στην Περιοχή του Μέσου

Λόγω της παραπάνω απότομης σημαντικής μεταβολής της δύναμης του διαμήκους ελκυστήρα:

- ❖ Αναπτύσσονται σημαντικές τάσεις συνάφειας κατά μήκος των εφελκυσμένων ράβδων στην περιοχή του μέσου του διατμητικού μήκους του φορέα.

Αυξημένες τάσεις συνάφειας αναπτύσσονται στην περιοχή του μέσου του διατμητικού μήκους και κατά μήκος του θλιβόμενου οπλισμού, καθώς στην περιοχή αυτή παρατηρείται έντονη μεταβολή στο διαμήκη θλιπτήρα (αναπτύσσεται στο μισό μόνον του μήκους του φορέα με σταθερή ένταση στο μήκος αυτό).

#### 12.1.3 Μειωμένες Λοξές Εφελκυστικές Τάσεις και μόνον κοντά στη Θέση της Μέγιστης Ροπής

Ο λοξός εφελκυσμός περιορίζεται στο ήμισυ του φορέα κοντά στην κρίσιμη διατομή του σε κάμψη.

Στο τμήμα αυτό, λόγω της μικρής κλίσης του διαμήκους θλιπτήρα, η ένταση του λοξού θλιπτήρα είναι, όπως φαίνεται από την ισορροπία του κόμβου  $\Gamma$  στο Σχ. 1, κατά τι μικρότερη απ' αυτήν που υπολογίζεται με βάση τους τύπους των γραμμικών φορέων.

#### 12.1.4 Μειωμένη Καμπτική Αντοχή

Λόγω της κλίσης του διαμήκους θλιπτήρα, η καμπτική αντοχή του φορέα προκύπτει μικρότερη απ' αυτήν των γραμμικών φορέων.

**Ο βαθμός μείωσης της καμπτικής αντοχής είναι μεγαλύτερος για μεγαλύτερο ποσοστό διαμήκους οπλισμού**, καθώς όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό αυτό τόσο μεγαλύτερη είναι η φέρουσα ικανότητα του φορέα και άρα τόσο μεγαλύτερη είναι η δρώσα τέμνουσα και, γι' αυτό, μεγαλύτερη η κλίση του διαμήκους θλιπτήρα και μικρότερος ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων.

### 12.1.5 Αυξημένη Διατμητική Αντοχή

Η διατμητική αντοχή του φορέα είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν αντίστοιχου γραμμικού φορέα, γιατί:

- Η θέση στην οποία αναπτύσσεται ο λοξός ελκυστήρας βρίσκεται κοντά στη θέση εφαρμογής του φορτίου και οι τάσεις  $\sigma_y$  δρουν ευνοϊκά κλίνοντας τη λοξή ρωγμή.
- Ο διαμήκης θλιπτήρας λόγω της κλίσης του στην περιοχή της λοξής ρωγμής διακόπτει την πορεία της λοξής ρωγμής πριν συναντήσει τον θλιβόμενο οπλισμό και οριζοντιούμενη οδηγεί σε πρόωρη απώλεια της συνάφειας
- Λόγω της κλίσης του διαμήκους θλιπτήρα, ο λοξός θλιπτήρας έχει μικρότερη τιμή και, γι αυτό, είναι μικρότερη η δυσμενής συνέπεια της ετερόσημης διαξονικής επιπόνησης στην περιοχή της λοξής ρωγμής.

### 12.2 Διαφοροποιήσεις στον Τύπο Αστοχίας

Για φορείς με επαρκές πλάτος ώστε να αποφευχθεί η ψαθυρή αστοχία του λοξού θλιπτήρα παρατηρούνται οι παρακάτω δύο τύποι αστοχίας:

- Καμπτικός πλάστιμος τύπος αστοχίας για φορείς με μικρές διαμέτρους του διαμήκους οπλισμού και πυκνή διάταξη εγκάρσιου οπλισμού στην περιοχή του μέσου τους ώστε να αποφευχθεί η αστοχία συνάφειας που σχολιάστηκε στο κεφ. 12.1.2.

Οι καμπτικές ρωγμές ξεκινούν από την περιοχή του μέσου του διατμητικού μη-κους και όχι από τη θέση με τη μεγαλύτερη  $M_s$  γιατί εκεί είναι πιο κρίσιμη η διατομή.



Εικόνα αστοχίας διατμητικά άοπλης δοκού με λόγο διάτμησης 2 (από Διπλωματική στο ΕΜΠ)

- Καμπτοδιατμητική ρηγμάτωση και αστοχία συνάφειας στην περιοχή του μέσου των στοιχείων ακολουθούμενη από λυγισμό των θλιβόμενων ράβδων του οπλισμού και ολίσθηση των διαμήκων ράβδων για φορείς με σχετικά μεγάλες διαμέτρους του διαμήκους οπλισμού και όχι πυκνή διάταξη του εγκάρσιου οπλισμού στην περιοχή του μέσου.

Η διατμητική ρωγμή εμφανίζεται, όπως φαίνεται στην εικόνα, κοντά στη θέση του φορτίου, καθώς εκεί αναπτύσσεται λοξός ελκυστήρας.

## 13. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

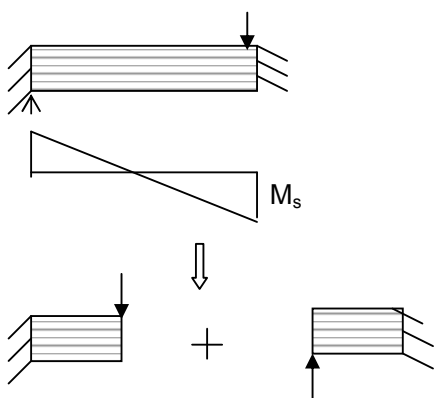
## ΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΜΠΗΣ (ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ, ΔΟΚΟΙ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ)

### 13.1 Διαφοροποιήσεις στο Φυσικό Προσομοίωμα

Ένας υπερστατικός, ή ένας μονοπρόεχων ή αμφιπρόεχων φορέας, μπορεί να ειδωθεί, όπως φαίνεται στο Σχ. 1 και 2, ως σύνθεση:

- αμφιέριστων φορέων στις θέσεις των θετικών ροπών εκτεινόμενων στο τμήμα μεταξύ δυο διαδοχικών μηδενισμών της ροπής
- πρόβολων φορέων εκατέρωθεν των στηρίξεων εκτεινόμενων από τη στήριξη μέχρι το σημείο καμπής,
- της περιοχής του σημείου καμπής

Γι' αυτό, και το φυσικό προσομοίωμα των φορέων αυτών είναι σύνθεση των φυσικών προσομοιωμάτων των τριών αυτών τμημάτων.

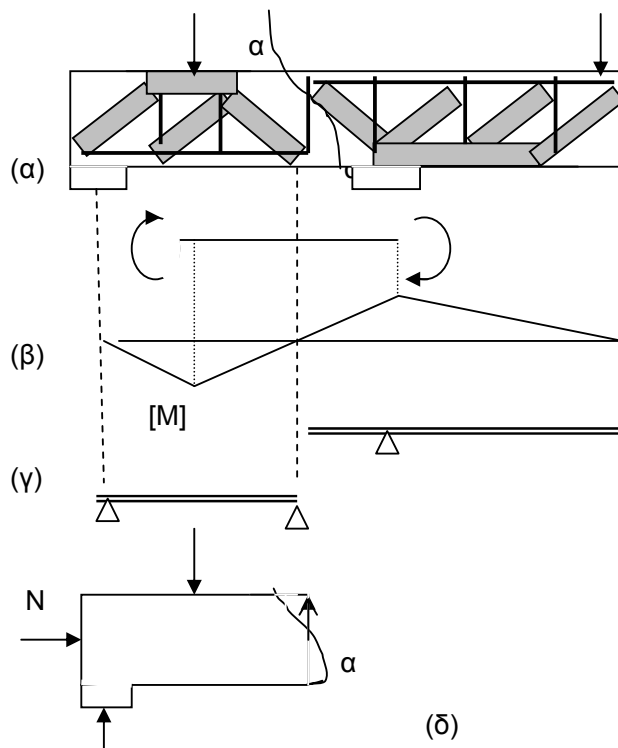


Σχ.1 Ισοδυναμία αμφίπακτου φορέα (υποστυλώματος)

Για την περιοχή του σημείου καμπής στα περισσότερα εγχειρίδια προστίθεται απλά ένας εγκάρσιος ελκυστήρας, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.

Όπως φαίνεται, όμως, στο Σχ. 2(α), κάνοντας τομή στη θέση του ελκυστήρα αυτού δεν ικανοποιείται, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(δ), η ισορροπία των δύο τμημάτων του φορέα σε περίπτωση που συνυπάρχει αξονική επιπίδωση στο φορέα (όπως στα μέλη πλαισίων,

Με την απλή λογική προκύπτει ότι στο τμήμα του φορέα που υπόκειται στα άκρα του, όπως φαίνεται στο Σχ. 2(α-β), σε δύο αντίθετες καμπτικές ροπές αναπτύσσεται ένας διαγώνιος ελκυστήρας και ένας διαγώνιος θλιπτήρας, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.



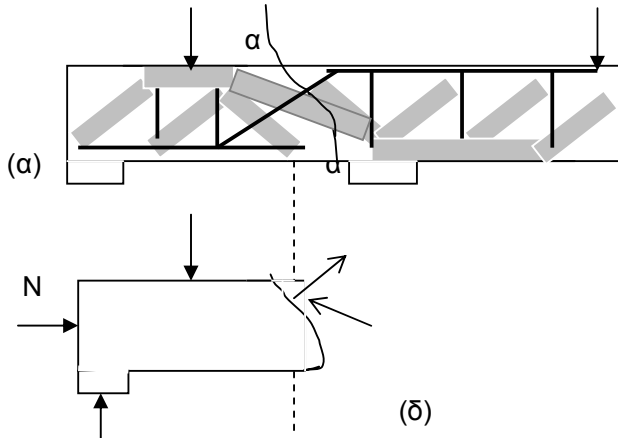
Σχ. 2 Μονοπρόεχουσα δοκός (α) φυσικό προσομοίωμα, (β) διάγραμμα ροπών, (γ) επιμέρους φορείς, (δ) δυνάμεις στο αριστερό τμήμα της τομής α-α

Η προσομοίωση αυτή ικανοποιεί την ισορροπία του φορέα στην περιοχή αυτή και στην περίπτωση συνύπαρξης αξονικής δύναμης.

- ❖ Η ανάπτυξη των δύο αυτών πρόσθετων δισδιαγώνιων ράβδων στην περιοχή του σημείου καμπής διαφοροποιεί το σχεδιασμό στην περιοχή αυτή, όπως σχολιάζεται παρακάτω, **ως προς το μέγεθος των τάσεων συνάφειας που**

**αναπτύσσονται στην περιοχή του σημείου καμπής κατά μήκος του διαμήκου οπλισμού.**

❖ Η παρουσία των δισδιαγώνιων ράβδων δεν επιβαρύνει τον φορέα διατμητικά.



Σχ. 3 Ορθότερο προσομοίωμα για τη δοκό στο Σχ. 2 με δισδιαγώνιες ράβδους στην περιοχή του σημείου καμπής

Στην περιοχή του σημείου καμπής η τέμνουσα αναλαμβάνεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(δ), από το διαγώνιο ελκυστήρα και το διαγώνιο θλιπτήρα.

Γι, αυτό, δεν απαιτείται περισσότερος διατμητικός οπλισμός, ούτε ενίσχυση με δισδιαγώνιο οπλισμό (όπως επειγόντως απαιτούσε η ομάδα κανονισμών) καθώς, όπως φαίνεται στο Σχ. 3(δ), η τέμνουσα η αναλαμβανόμενη από το λοξό ελκυστήρα είναι μικρότερη απ'αυτήν που αναλαμβάνουν οι κατακόρυφοι ελκυστήρες.

### 13. 2 Διαφοροποιήσεις στο Σχεδιασμό Υποστυλωμάτων με Λόγο Διάτμησης 2 και 1

Στο Σχ. 4(α) φαίνεται το προσομοίωμα υποστυλώματος με λόγο διάτμησης 2.

Από την ισορροπία μιας διαμήκου ράβδου του υποστυλώματος στο τμήμα AB ανάμεσα στους δύο κόμβους του ισοδύναμου δικτύωματος

εκατέρωθεν του σημείου καμπής μήκους (ίσου με το διπλάσιο του μοχλοβραχίονα z των εσωτερικών δυνάμεων, περίπου ίσου με 1.6 d) απαιτείται, όπως φαίνεται στο Σχ. 4(β), η ανάπτυξη δύναμης συνάφειας  $T_b$  ίσης με το άθροισμα της θλιπτικής δύναμης  $F_{s2}$  που ασκείται στο ένα άκρο και της εφελκυστικής δύναμης  $F_{s1}$  που ασκείται στο άλλο άκρο της ράβδου.

$$T_b = F_{s2} + F_{s1} = 2 \cdot A_s \cdot f_y \Rightarrow$$

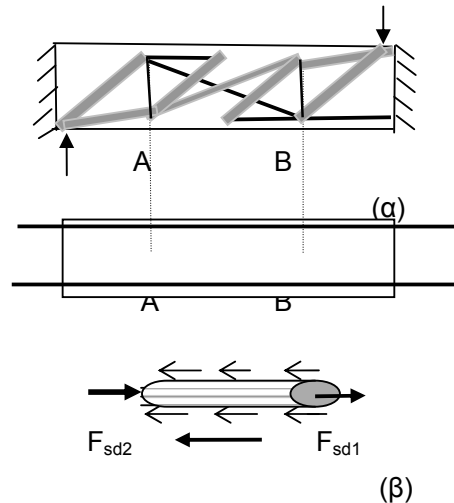
$$2 \cdot A_s \cdot f_y = 2 \cdot \pi \cdot \Phi^2 / 4 \cdot f_y = \pi \Phi \cdot 1.6d \cdot f_b \quad (1)$$

Από τη σχέση (1) η διάμετρος των διαμήκων ράβδων προκύπτει:

$$\Phi = 1.6d \cdot 2 \cdot f_b / f_y \quad (\alpha)$$

Για  $d=0.25$  cm (υποστυλώματα 30X30 cm),  $f_y = 500$  MPa και  $f_b = 2$  MPa προκύπτει ότι η διάμετρος του διαμήκου οπλισμού πρέπει να είναι 5 mm.

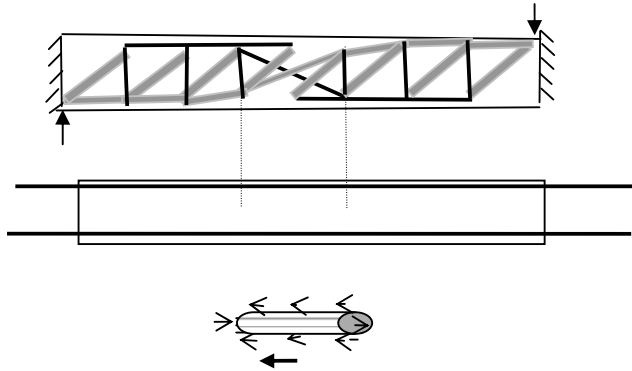
Για διάμετρο ράβδων 14 mm η απαιτούμενη τιμή για το d προκύπτει 90 cm.



Σχ. 4 Προσομοίωμα κοντού υποστυλώματος με λόγο διάτμησης 2

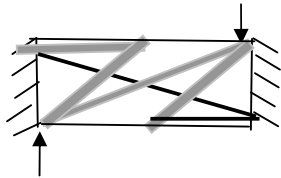
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

❖ Στα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης της τάξεως του 2 είναι σχεδόν αναπόφευκτη η αστοχία συνάφειας των ράβδων στην περιοχή του σημείου καμπής.



Σχ. 5 Προσομοίωμα υποστυλώματος με λόγο διάτμησης 4

Το φαινόμενο αυτό εξασθενεί σε υποστυλώματα με μεγαλύτερο λόγο διάτμησης καθώς τόσο η θλιπτική δύναμη στο άκρο του ενός προβόλου που αποτελεί το μισό του φορέα, όσο και η εφελκυστική δύναμη στο άκρο του άλλου προβόλου-μισού είναι, όπως φαίνεται στο Σχ. 5 μειωμένη.



Σχ. 6 Προσομοίωμα υποστυλώματος με λόγο διάτμησης 1

Όπως φαίνεται από το προσομοίωμα δεν παρατηρείται η δυσμενής εντατική κατάσταση των διαμήκων ράβδων που παρατηρείται στα υποστυλώματα με λόγο διάτμησης 2.

Η αστοχία λόγω συνάφειας του σπλισμού αναφέρεται ως ο κύριος τύπος αστοχίας των υποστυλωμάτων με λόγο 2 τόσο σε αρκετές δημοσιοποιημένες εργασίες, όσο και στον κανονισμό (χωρίς να αιτιολογείται).

Η ίδια απαίτηση για αυξημένη συνάφεια ισχύει και σε συνεχείς φορείς στους οποίους στην περιοχή των σημείων καμπής διαμορφώνεται πρόβολος με λόγο διάτμησης της τάξεως του 2.

- ❖ Γι' αυτό, στην περιοχή του σημείου καμπής φορέων με λόγο διάτμησης 2 και για μήκος ίσο με το διπλάσιο του ύψους του φορέα είναι επιβεβλημένη η **πυκνή διάταξη εγκάρσιων συνδετήρων για την αύξηση της αντοχής συνάφειας.**

Στον κανονισμό για την περιοχή του σημείου καμπής δεν υπάρχει σχετική διάταξη ούτε για τις δοκούς, ούτε για τα υποστυλώματα.

### 13.3 Διαφοροποιήσεις στον Τύπο Αστοχίας

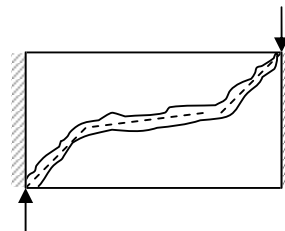
#### 13.3.1 Φορείς με Λόγο Διάτμησης 1

Στους φορείς αυτούς εκτός από τους τύπους αστοχίας των αντίστοιχων φορέων χωρίς σημείο καμπής που σχολιάζονται στο κεφ. 11, θα έπρεπε να προστεθεί και η αστοχία του διαγώνιου θλιπτήρα και ελκυστήρα.

Αλλά, καθώς ο διαγώνιος ελκυστήρας, όπως εντοπίστηκε στο κεφ. 13.2, έχει μικρή ένταση δεν είναι πιθανή η αστοχία του για υποστυλώματα με συνήθη εγκάρσιο σπλισμό.

Ομοίως, λόγω συνύπαρξης διαγώνιου και λοξού θλιπτήρα στους ακραίους κόμβους του φορέα, η έντασή τους, όπως εντοπίστηκε, είναι σημαντικά μικρότερο ποσοστό της δρώσας τέμνουσας απ' ό,τι στους συνήθεις φορείς.

Σε περίπτωση αστοχίας των λοξών θλιπτήρων, λόγω ανεπαρκούς πλάτους των φορέων, θα ακολουθήσει ταυτόχρονη αστοχία και του διαγώνιου θλιπτήρα (καθώς τώρα καλείται ο διαγώνιος θλιπτήρας να αναλάβει μόνος του τη δρώσα τέμνουσα) και ο τύπος αστοχίας του φορέα θα είναι όπως στο Σχ. 2.



Σχ. 2 Εικόνα αστοχίας

#### 10.3.2 Φορείς με Λόγο Διάτμησης 2

Εκτός από τους παραπάνω τύπους αστοχίας αναμένεται για συνήθεις μεγάλες διαμέτρους του διαμήκους σπλισμού πιο έντονη η αστοχία συνάφειας κατά μήκος των ράβδων αυτών, για τους λόγους που εντοπίστηκαν στο κεφ. 13.2.