



Ε
Μ
Π

Κοντοί Πρόβολοι

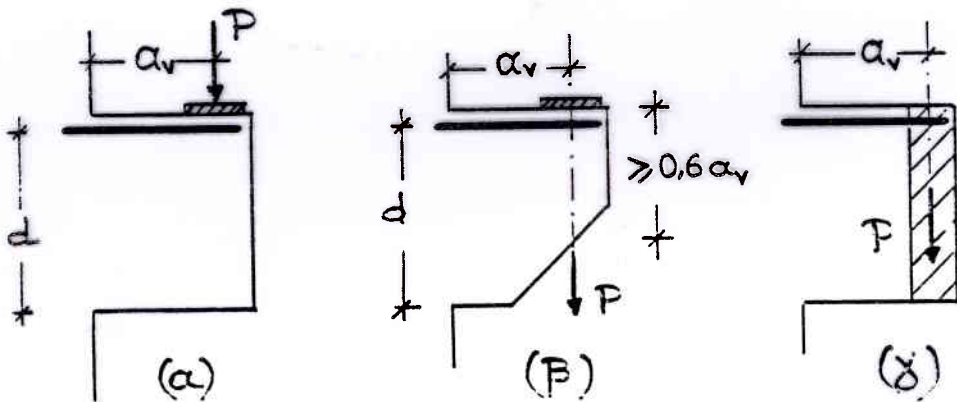
Π. Γιαννόπουλος

Εργαστήριο
Ωπλισμένου
Σκυροδέματος

ΚΟΝΤΟΙ ΠΡΟΒΟΛΟΙ

Γενικά

Ο όρος "κοντός πρόβολος" χρησιμοποιείται για την ειδική περίπτωση προβόλου πακτωμένου σε υποστυλωμα, στον οποίο η απόσταση " a_v " του φορτίου P από την πάκτωση είναι μικρότερη του στατικού ύψους d στη θέση της πάκτωσης.



Είναι: $a_v < d < 2a_v \rightarrow$

$$0.5 < \frac{a_v}{d} < 1.0$$

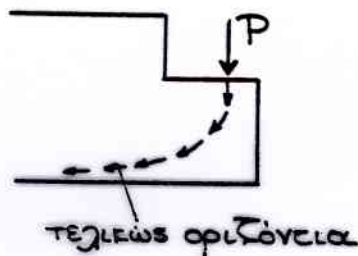
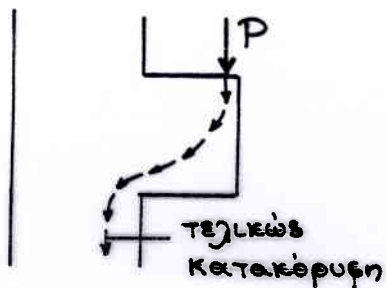
- Οι κοντοί πρόβολοι διαφέρουν μεταξύ τους :
 - είτε στη μορφή τους : ορθογωνική ή τραπέζοειδής
 - είτε στον τρόπο επιβολής του φορτίου P :
 - (α) από πάνω
 - (β) από κάτω
 - (γ) εμμέσως (π.χ. μέσω γερανόδοκού που στηρίζεται σε όλο το ύψος του άκρου του προβόλου).

- Ο κοντός πρόβολος μοιάζει με υποδοχή δοκού GERBER, ως προς το σχήμα και τη φόρτιση.

Χρειάζεται όμως ΠΡΟΣΟΧΗ διότι η διεύθυνση της μέσης τροχιάς των θμητικών τάσεων διαφέρει στις δύο περιπτώσεις :

Κοντός πρόβολος

Υποδοχή δοκού GERBER



"Μέσες" τροχιάς
θμητικών τάσεων

Παλαιότερες αντιλήψεις

Η γνώση ήταν ανακριβής (διότι βασιζόταν στην κόμψη ραβδόμορφων φορέων).

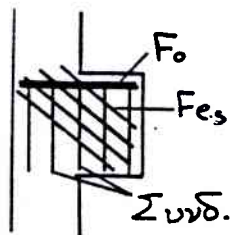
(i) Διαστάσεις : $h = K_h \sqrt{\frac{P \cdot a}{b}} =$

(ii) Οηγιμός : ανεξάρτητα από εφαρμογή φορτίου (άνω, κάτω, έμβεσα).

• Άνω εφευκόμενος στην πάκτωση : $F_o = \frac{P \cdot a}{h} \cdot K_e$

• Λοξός για διάτμηση : $F_{es} = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot \sigma_e}$

• Κατακόρυφοι συνδετήρες



Πειραματική διάταξη θράισης κοντού προβόλου

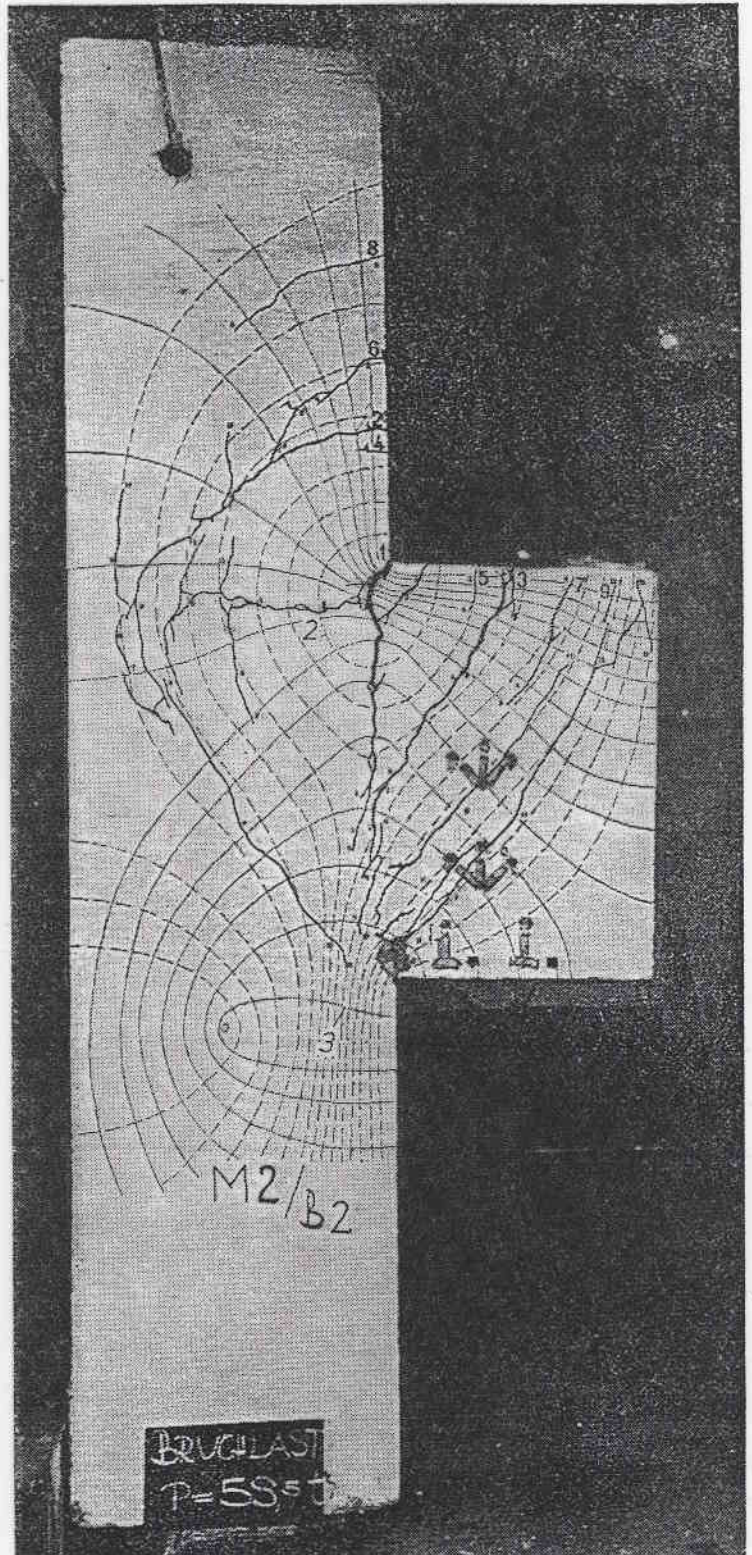
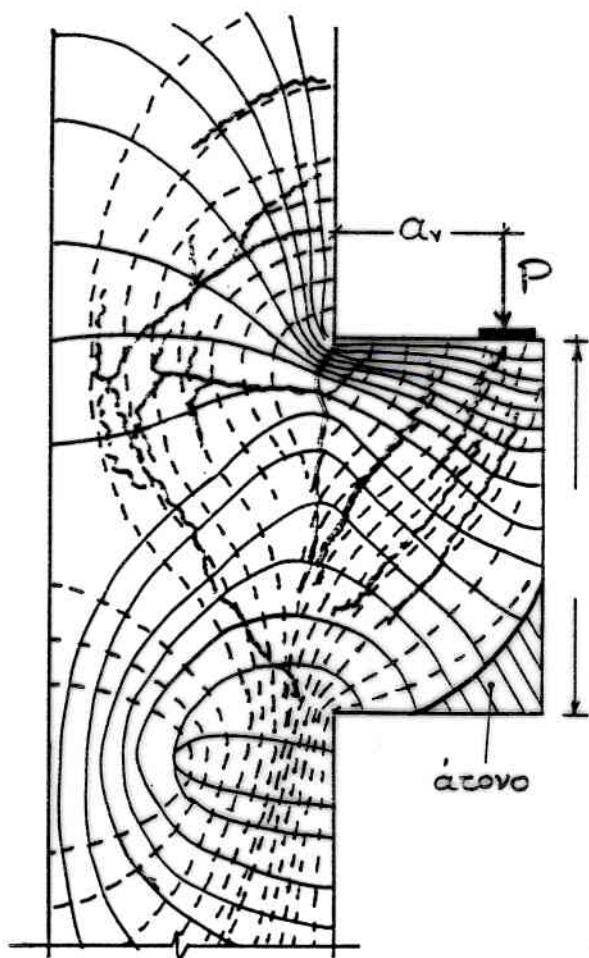


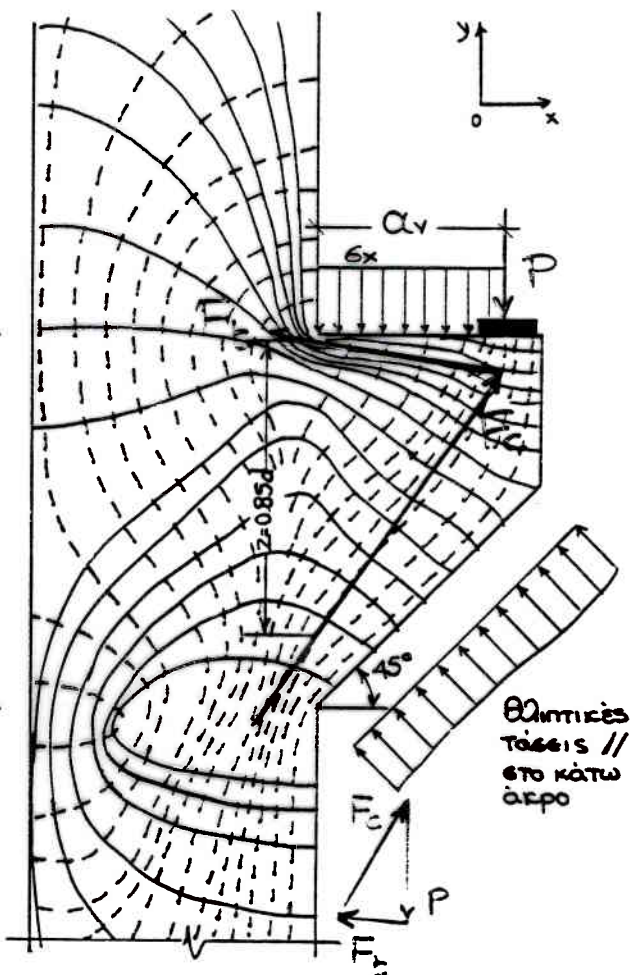
Abb. 4.7/5. Stahlbeton-Versuchskörper
Konsolle 50/80 cm, Stütze 2,80 m hoch)
nit aufgezeichneten Trajektorien nach
Abb. 4.7/4a und Reißbild beim Bruch
durch Fließen der Zugbewehrung. Da-
durch Öffnen des Risses in der oberen
Ecke; Drehen des Konsolkörpers und
Stauen des Betons in der unteren
Ecke.

Τροχιές τάσεων και διπύλωμα προσομοιώσεως-τους.

- Τροχιές κυρίων τάσεων σε βροχύ πρόβιο (ση/μα: αφόρτιστο):



Τυπική ρηγμάτωση κοντού προβίου (ρωγμές // προς τις θλιπτικές τρεχίες)



Οι κύριες εφελκυστικές και οι κύριες θλιπτικές τάσεις υποκαθίστανται αν' τις δυνάμεις F_t, F_c . (για $0.5 < \frac{\alpha}{d} < 1.0$)

Συμβολισμός: - - - - -

θλιπτικές κύριες τάσεις

— — — — —

εφελκυστικές - - - - -

(i) Οι εφεξυετικές τάσεις σχ στο άνω τμήμα του προβόχου είναι σχεδόν σταθερές και σχεδόν οριζόντιες.

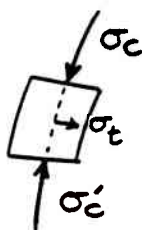
Αρα η συνισταμένη εφεξυετική δύναμη F_t που αναπτύσσεται έχει σταθερό μέγεθος και διεύθυνση και μπορεί να παρασταθεί από μια εφεξυόμενη ράβδο δικτυώματος - εζυετήρας - .

(ii) Οι θλιπτικές τάσεις κατά μήκος της γραμμής θλιβόμενης δυνάμης, που ξεκινάει από το σημείο εφαρμογής του φορτίου P , είναι σταθερές πυκνότητας και πρακτικώς ευθύγραμμες.

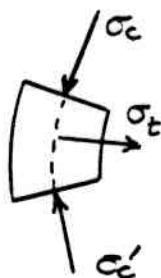
Αρα η συνισταμένη θλιπτική δύναμη F_c μπορεί να παρασταθεί από μια θλιβόμενη γραμμή εκτροπής - θλιπτήρας - .

Παρατήρηση:

Επειδή οι τροχιές των θλιπτικών τάσεων είναι περίπου ευθύγραμμες, οι εκκάρσεις προς αυτές εφεξυετικές τάσεις που αναπτύσσονται έχουν πολύ μικρή τιμή. Αρα δεν υπάρχει κίνδυνος διατμήσεως - αντίθετα με τις παλαιές αντιλήψεις.



$\sigma_c \text{ και } \sigma_{c'} \approx \text{ευθεία}$
 $\Rightarrow \sigma_t : \text{μικρή}$

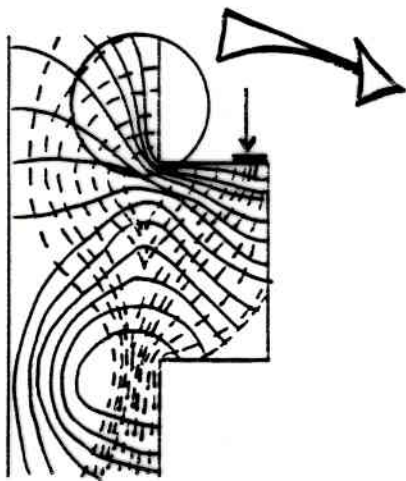


μεγίστη καμπύλωση της τροχιάς θλιπτ. τάσεων
 $\Rightarrow$ μέγιστη εφεξυ. τάση σ_t .

" σ_t ": συνισταμένη της εκτροπής των $\sigma_c, \sigma_{c'}$.

- Οι εφεγκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στη θέση πατώσεως του αφόρτιστου υπ/τος εξουδετερώνονται κατά κανόνα αν' εις θλιπτικές τάσεις του υπ/τος μόλις αναλάβει φορτίο από τους παραπάνω ορόφους.

ΠΡΟΣΟΧΗ!

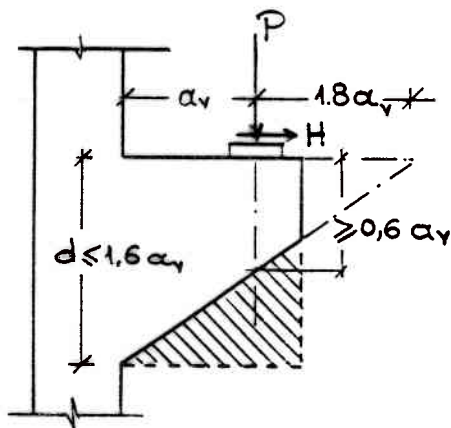


Συγκέντρωση εφεγκυστικών τάσεων στο υποσείγωμα λόγω φορτίσεως του προβόλου.

⇒ Πρόσθετος σημειμός $\Delta A'_s$ στην εσωτερική παρεία του υπ/τος:
 $\Delta A'_s = 0.70 A_s$
 όπου: A_s = εφεγκ. σηγ. προβόλου
 (για μικρό $N_{υη}$)

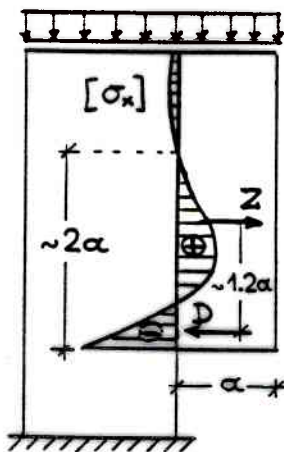
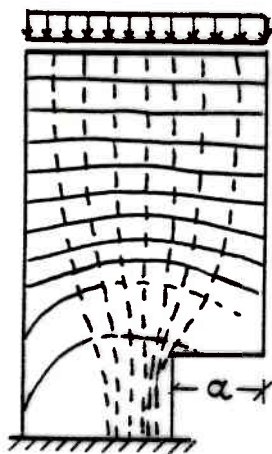
- Μορφή κοντού προβόλου προσαρμοσμένη στη ροή των δυνάμεων.

Στην πράξη, για απλούστευση της κατασκευής, προτιμούνται κοντοί πρόβολοι ορθογωνικής διατομής.

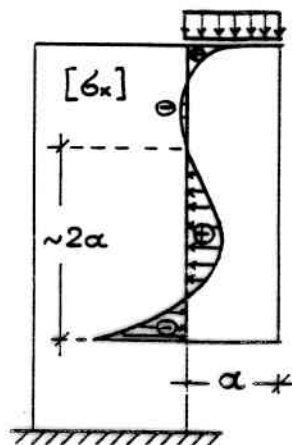


• Για $d > 2a$

- οι ερωγμές των κυρίων τάσεων καθ' ύψος του προβόλου είναι της μορφής:



- i -



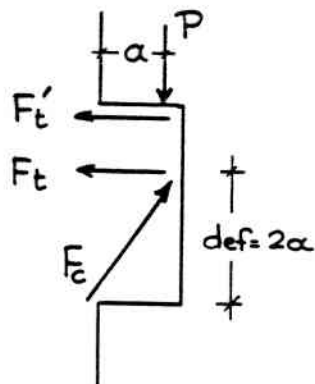
- ii -

$[\sigma_x]$: Διάγραμμα εφεξωτερικών τάσεων καθ' ύψος της διατομής στηρίξεως του προβόλου, για:

- (i) καθοδική φόρτιση
- (ii) φόρτιση μόνον του προβόλου

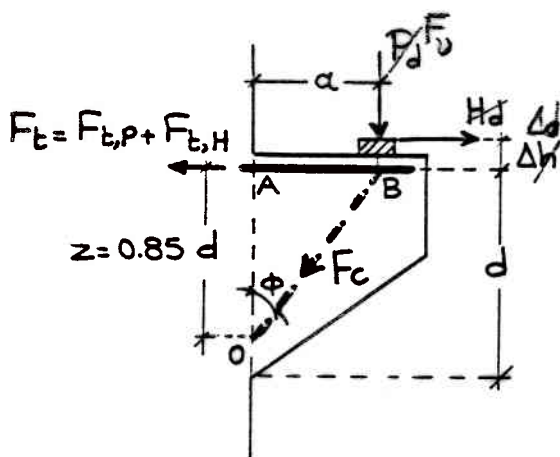
Αντιμετώπιση:

- Υπολογίζεται ιδεατός κοντός πρόβολος ύψους $def = 2a$.
- Τοποθετείται πρόσθετος στήριγμος στην άνω επιφάνεια του προβόλου (ανάληψη εφεξ. F_t').

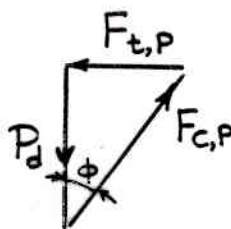


Διαστασιολόγηση κοντών προβόλων

- Η διαστασιολόγηση και η όγκηση των κοντών προβόλων γίνεται με τη βοήθεια ενός απλού δικτυώματος με:
 - εφεξυόμενη ράβδο F_t
 - θλιβόμενη διαγώνιο F_c
- Ο έλεγχος σε διάτμηση παραλείπεται γιατί η τέμνουσα δύναμη αναλαμβάνεται από την γοστή θλιβόμενη διαγώνιο.



για: $\alpha \leq d \leq 2\alpha$



- Μοχλοβραχίονας $z = 0.85 d$

- Εκτίμηση του d : συχνά υπάρχουν περισσότερες από μια τρώσεις σημείου.

► Φόρτιση κοντού προβόλου από πάνω (1)

$$(i) \quad \varepsilon \phi \phi = \frac{\alpha}{z} = \frac{F_{t,p}}{P_d} \Rightarrow F_{t,p} = \frac{P_d \cdot \alpha}{z} = \frac{P_d \cdot \alpha}{0,85 d} \rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{t,p} = \frac{P_d \cdot \alpha}{0,85 \cdot d}}$$

(ii) Σχεδόν πάντα εκτός της P δρα και μια οριζόντια δύναμη H από τις αντεστάσεις των εφεδράνων ή από καταναγκασμό της εδραζόμενης δοκού.

Η δύναμη H εφαρμόζεται με μοχλοβραχίονα Δh ως προς την στάθμη του άνω σημείου.

- Ροπές ως προς $O \rightarrow$

$$H_d(\Delta h + z) = F_{t,H} \cdot z \rightarrow F_{t,H} = H_d \left(\frac{z + \Delta h}{z} \right) \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{F_{t,H} = H_d \left(1 + \frac{\Delta h}{z} \right)}$$

(iii) Για ταυτόχρονη δράση των P, H είναι:

$$\boxed{F_t = F_{t,P} + F_{t,H} = 1.20 P_d \cdot \frac{a}{h} + H_d \left(1 + \frac{\Delta h}{z} \right)}$$

Απαιτείται εφεγκυόμενος σημειός άνω πέλματος:

$$\boxed{A_s = \frac{F_t}{f_{yd}}}$$

(iv) Για τον υπολογισμό της θλιπτικής δύναμειας F_c που αναπτύσσεται κατά μήκος του διαχώνιου θλιπτήρα εκφυδόμετος, δεχόμαστε ότι:

$$c = 0.22d$$

c : πάχος θλιπτήρα

$$\sigma_m = \frac{2}{3} f_{cd}$$

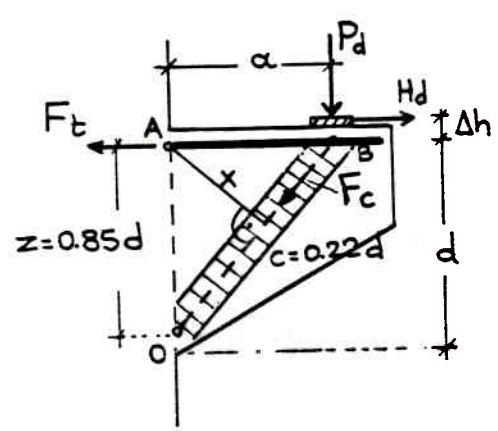
σ_m : μέση τάση εκφυδόμετος

Επει η αντοχή $\frac{F_{Rd}}{\cancel{A_{rd}}}$ του θλιπτήρα εκφυδόμετος είναι:

$$F_{Rd}$$

$$V_{Rd1} = \sigma_m \cdot b \cdot c = \frac{2}{3} f_{cd} \cdot b \cdot 0,22d \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{V_{Rd1} = 0,15 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} \quad b: \text{πλάτος προβόχου}$$



$$\text{για } \alpha < d < 2\alpha$$

$$x = \frac{0,85d}{\sqrt{(0,85d)^2 + \alpha^2}} \cdot \alpha$$

$$\dot{\gamma} \quad x \approx \frac{1,7\alpha}{1,7 + \alpha/d}$$

Ποιές ως προς A:

$$F_c \cdot x = P_d \cdot \alpha + H_d \cdot \Delta h \rightarrow F_c = \frac{P_d \cdot \alpha + H_d \cdot \Delta h}{x} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{F_c = (P_d \cdot \alpha + H_d \cdot \Delta h) \cdot \frac{\sqrt{(0,85d)^2 + \alpha^2}}{0,85 \cdot d \cdot \alpha}}$$

Θα πρέπει να ισχύει:

$$F_c \leq \overset{F_{Rd}}{V_{Rd1}} = 0,15 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d \quad (I)$$

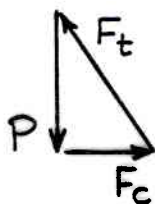
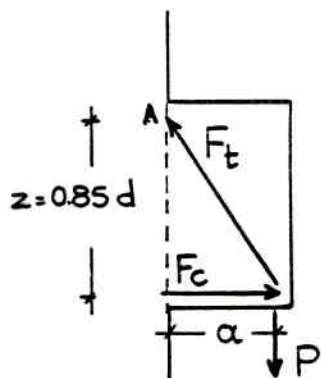
Οι διαστάσεις b, d του προβόχου επιλέγονται έτσι ώστε να ικανοποιείται η ανίσωση (I).

• Με την προσεγγιστική τιμή $x \approx \frac{1,7\alpha}{1,7 + \alpha/d}$ προκύπτουν:

$$\text{δανάει.} = \frac{3,92 (P + F_h \cdot \frac{\Delta h}{\alpha}) (1,7 + \frac{\alpha}{d})}{d \cdot f_{cd}}$$

$$d_{an}^2 - 6,67 \frac{P \cdot d}{b \cdot f_{cd}} - \frac{3,92 \cdot P \cdot \alpha}{b \cdot f_{cd}} = 0 \rightarrow d_{an} = \dots$$

► Φόρτιση κοτύου προβόλου από κάτω (2)



Ροπές ως προς Α :

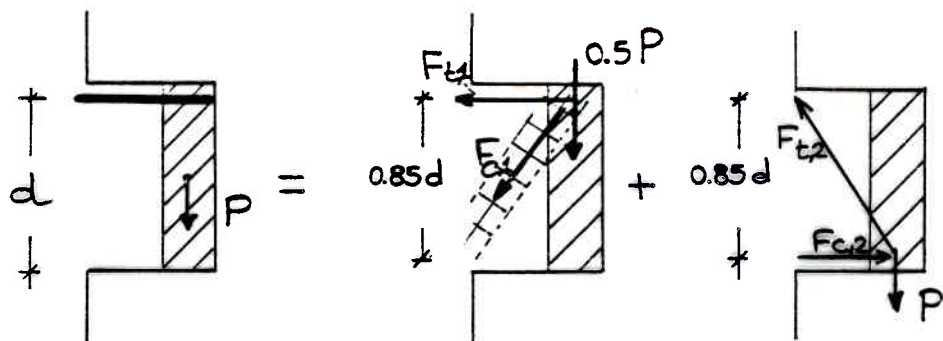
$$F_c \cdot 0,85d = P \cdot \alpha \Rightarrow F_c = \frac{P \cdot \alpha}{0,85 \cdot d} \leq \frac{F_{Rd}}{\sqrt{2}}$$

$$F_t = \sqrt{P^2 + F_c^2} = \sqrt{P^2 + \left(\frac{P \cdot \alpha}{0,85d}\right)^2} \Rightarrow F_t = P_d \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{0,85d}\right)^2}$$

Απαιτείται γοϋός σημειμός :

$$A_s = \frac{F_t}{f_{yd}}$$

► Εμμεση φόρτιση κοτύου προβόλου



εμμεση φόρτιση = (1) + (2)

Σύμφωνα με το Βοήθημα του Κανονισμού (§ 18.2.2) :
 "... όταν ένας πρόβολος φορτίζεται έμμεσα από μια δοκό, το φορτίο που μεταβιβάζεται από τη δοκό πρέπει να θεωρείται ότι εφαρμόζεται στο κάτω μέρος του προβόλου."

Και επίσης "... θα πρέπει να προβλεφτεί οριζόντιος ογκισμός κοντά στην άνω επιφάνεια του προβόλου".

Έτσι, όταν ένας πρόβολος φορτίζεται έμμεσα με φορτίο P θεωρούμε ότι:

- Το 50% του P αναρτάται (μέσω κλειστών συνδετήρων) από το πάνω πέγμα και διανέμεται σύμφωνα με τα προηγούμενα - φόρτιση (1) - .
- Το φορτίο P εισάγεται ταυτόχρονα κάτω και παραλαμβάνεται μέσω του γοφού ογκισμού και ενός διαχώνιου θλιπτήρα - φόρτιση (2) - .

Επομένως:

- φόρτιση (1) : $F_{t1} \cdot 0,85d = 0,5 \cdot P \cdot \alpha \rightarrow \boxed{F_{t1} = \frac{0,50 P \alpha}{0,85 \cdot d}}$

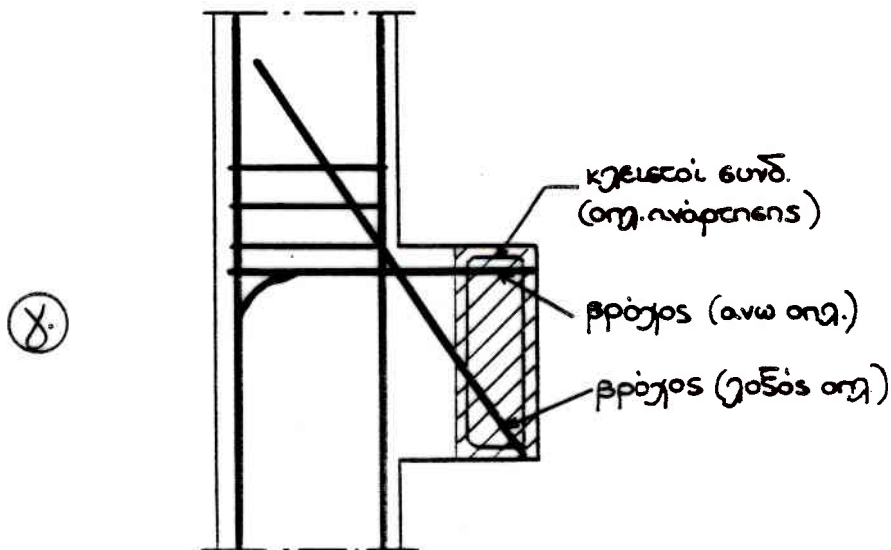
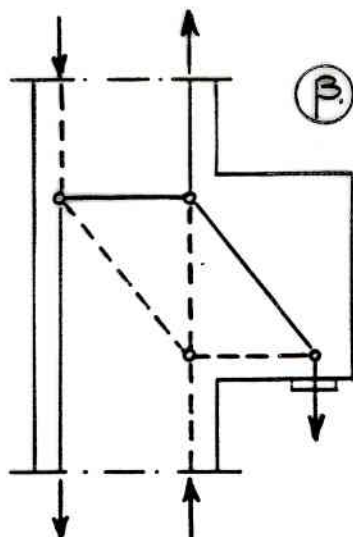
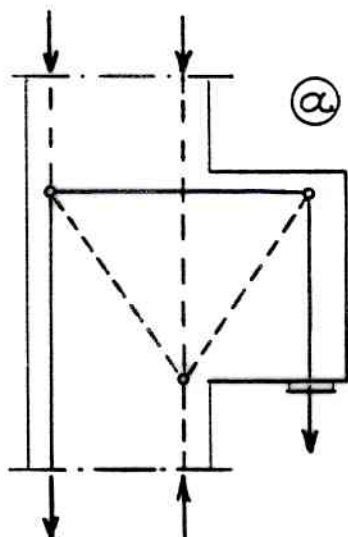
Εφεξ. ογκ. άνω πέγματος: $\boxed{A_{s1} = \frac{F_{t1}}{f_{yd}}}$

- φόρτιση (2) : $\boxed{F_{t2} = \sqrt{F_c^2 + P_d^2} = P_d \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{0,85 \cdot d}\right)^2}}$

Λοξός ογκισμός : $\boxed{A_{s0} = F_{t2} / f_{yd}}$

$F_{c2} \cdot 0,85d = P_d \cdot \alpha \rightarrow \boxed{F_{c2} = \frac{P_d \alpha}{0,85 d}}$

Εμφάνιση φόρτιση κοντού προβόλου :



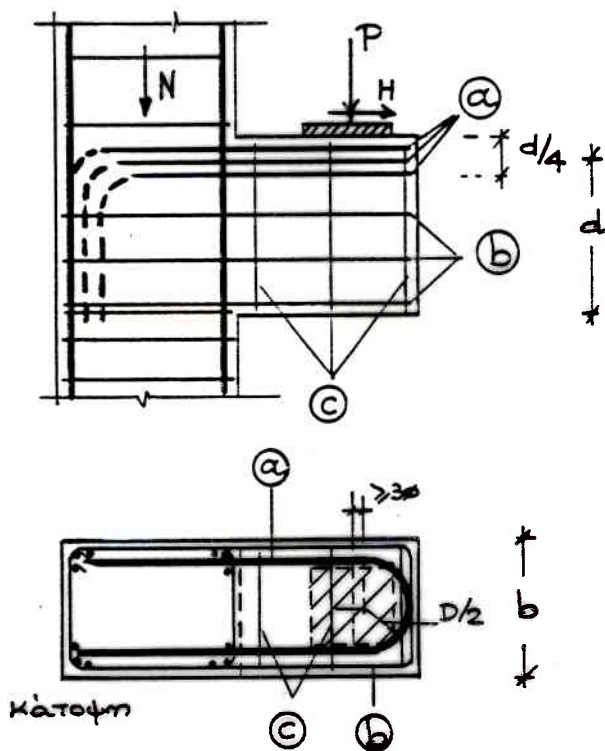
α Δικτυωτό ανάλογο για αναρτημένο φορτίο

β - " - " για φόρτιση από κάτω

γ Οδηγία για τον συνδυασμό των πιο πάνω φορτίσεων.

Οπξηση κοντῶν προβόρων

α) Άμεση φόρτιση από πάνω



Ⓐ $A_s \geq 0.003 b \cdot d$

$1,20 A_s$ (αν H :
άγνωστο)

Ⓑ $\frac{1}{2} A_s$ (κατ'ελάχιστο)

Ⓒ $0,30 A_s$ (· · · · ·)

Ⓐ Ο οπ. A_s συνιστά τον κύριο ελκεστήρα:

$A_{s,min} = 0.003 b \cdot d$: κατανεμημένος σε $d/4$

Αν η οριζόντια δύναμη H δεν υπολογίζεται επακριβώς,
τότε ο οπ. του ελκεστήρα που υπολογίζεται μόνον
βάσει της κατακόρυφης δύναμης P προσωδύναται κατά
20% : $1,20 \cdot A_s$

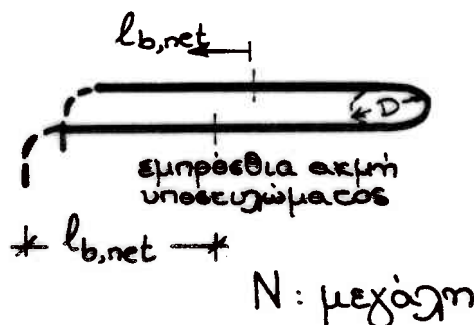
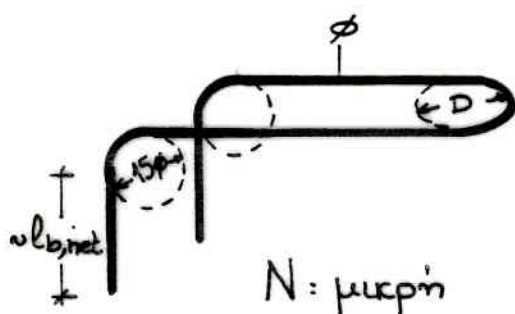
ΕΚΟΣ 2000: $H_c \geq 0.2 F_v$

ΠΡΟΣΟΧΗ στην αγκύρωση του κυρίως οπλισμού A_s !

Η δύναμη F_t του εφερχομένου πέλματος, μεταξύ φορτίου και επηρίξεως, είναι σχεδόν σταθερή.

Όμως, κοντά στην πλάκα φορτίσεως, δεν έχουν περιθώριο για αρκετό ευθύγραφο μήκος αγκυρώσεως.

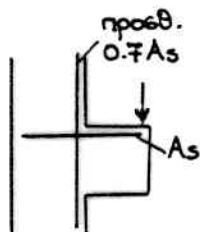
Αντιμετώπιση : οριζόντιοι αναβολείς
(ή, εναλλόμενα, εώματα αγκυρώσεως).



Η αγκύρωση του οπ. A_s (αναβολών) εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου N του υψ/ος :

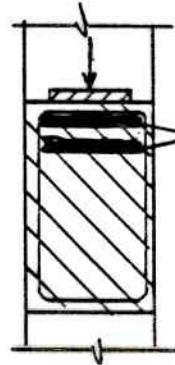
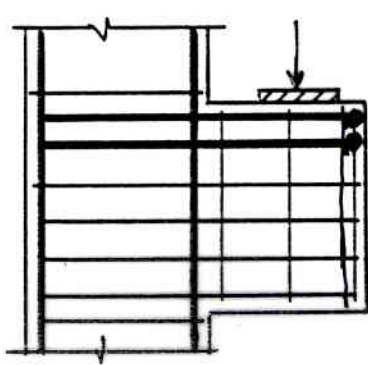
- Για μεγάλη N , οπότε το υψ/μα είναι πάντα σε θλίψη, αρκεί ευθύγραφο μήκος αγκυρώσεως : $l_{b,net}$, ενδεχομένως με ορθογωνικό άγκιστρο στην άκρη

- Για μικρή N (πιθανή ρηγμάτωση του υψ/ος) οι αναβολείς πρέπει να αγκυρώνονται στον πίσω οπλισμό του υψ/ος προς τα κάτω.



Στην περίπτωση αυτή τίθεται και πρόβλεψη οπ. 70% A_s στην εσωτερική παρεία του υψ/ος. (A_s : οπ. προβόλου)

- Σε περίπτωση που δεν εξασφαρίζεται επαρκής αγκύρωση του σπ. άνω πέλματος (μικρό μήκος σπ/τος, μεγάλη F_t) η αγκύρωση του σπλιεμού μπορεί να γίνει με ειδικευμένη εγκάρσια ράβδο ή ηράκα.



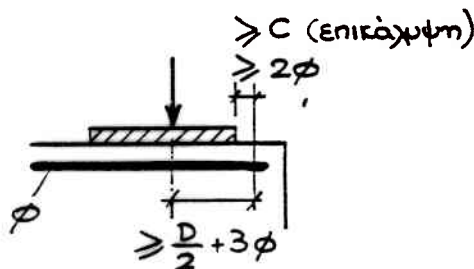
επισημασμένη
ηράκα
αγκυρώσεως
εγκάρσιες ράβδοι

κάτοψη:



φορτισμένη επιφάνεια
ηράκα αγκυρώσεως
Γεγονός είναι συνηθισμένο
α σπλιεμοί του άνω πέλματος)

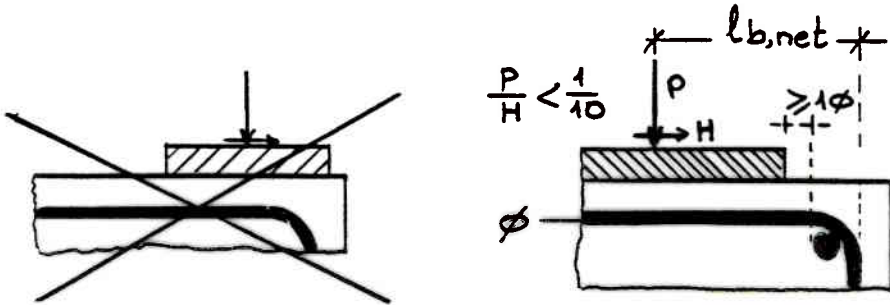
- Ο σπλιεμός του άνω πέλματος θα πρέπει να περιβόρει τη φορτισμένη επιφάνεια ώστε να μην αποσπαστεί η μπροστινή επιφάνεια του προβόρου.



D: Διάμετρος αναβόχας

- Ράβδοι πείλματος που κάμπτονται προς τα κάτω στη μετωπική επιφάνεια επικρένεται να χρησιμοποιούνται μόνον όταν:
 - η ηγία εδράσεως βρίςεται μετά την αρχή της καμπύλης
 - Δεν εμφανίζεται μεγάλη οριζόντια φόρτιση

Διαφορετικά θα αποσπασθεί η μηροεινή αείη του προβόχου.



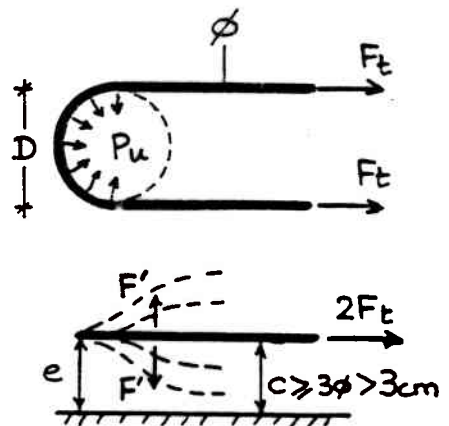
Πάντως, σε κοντούς προβόχους μικρών διαστάσεων με μεγάλα φορτία ράβδοι εύτοιας μορφής πρέπει να αποφεύγονται.

- Κατά τον σχεδιασμό των αναβολών πρέπει να προσεχτούν επίσης:

- ελάχιστη επικάλυψη εκροδέματος: $c \geq 3\phi > 3\text{cm}$.
- ελάχιστη διάμετρος D (§17.6 ΝΚΣ)

$$\frac{D_{\min}}{\phi} = \left(0,5 + \frac{\phi}{e}\right) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

e : εγκάρσια επικάλυψη ή απόσταση μεταξύ κρώσεων αναβολών.



Λόγω των πιέσεων εκτροπής p_u στο καμπύλο τμήμα του αναβολέα αναπτύσσονται κάθετα προς το επίπεδο του αναβολέα εφεξωτερικές δυνάμεις διαρρήξεως:

$$F'_{\epsilon\chi\epsilon.} = \frac{2 F_t}{5} \frac{1}{\sigma_3} \quad , \quad \mu\epsilon \quad \sigma_3 = \frac{2 F_t \lambda_{\epsilon\iota\tau\alpha\upsilon\rho\chi.}}{\frac{\pi \phi^2}{4}}$$

Οι δυνάμεις αυτές μπορεί να οδηγήσουν στη θραύση της ακραίας ζώνης εκτροπής αν δεν τηρηθούν οι απαιτήσεις για τις ελάχιστες τιμές επικαλύψεως: $C_{\min}$ και διαμέτρου καμπύλωσης αναβολέα: $D_{\min}$.

• Εκτός αν' τους αναβολείς πρέπει να τοποθετούνται (min):

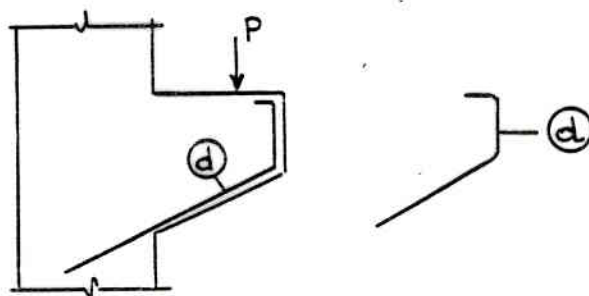
(b) Οριζόντιοι συνδετήρες διατομής: $\frac{1}{2} A_s$, που κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο το υπάρχον ύψος του προβόχου.

Ο σιδηρέας αυτός αυξάνει την αντοχή της θλιβόμενης διαγωνίας, αποτρέποντας την απόσχιση θραύσης-της.

(c) Κατακόρυφοι συνδετήρες διατομής: $\frac{1}{3} A_s$

• Η ποιότητα του χάλυβα των (b) & (c): ίδια με A_s ? Μάλλον

• Σε περίπτωση προβόχου τραπέζιδους μορφής πρέπει να τοποθετείται, για κατασκευαστικούς λόγους και σιγ. (d):



β.) Οηγιση βραχέων προβόχων για έμμεση φόρτιση:

α) Ελάχιστος εφεξυόμενος οηγιμός άνω πέλματος:

$A_{s,min} = 0,003 \cdot b \cdot d$, κατανεμημένος σε ύψος $0,25d$

β) Πρόσθετος οριζόντιος οηγιμός διατομής $\frac{1}{2} A_s$.

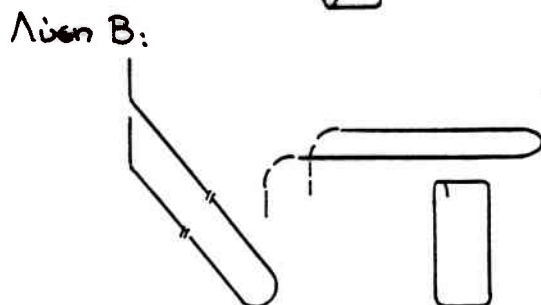
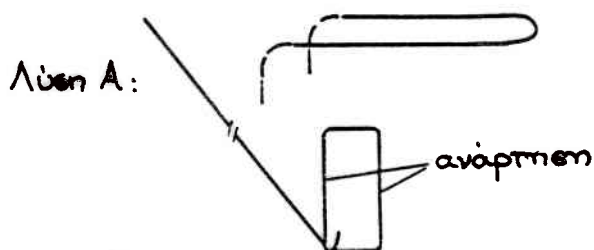
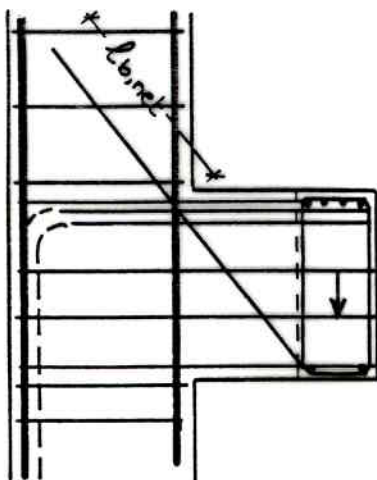
γ) Κατακόρυφος οηγιμός αναρτήσεως

Παρατήρηση: Το Βοήθημα του Κανονισμού δεν αναφέρει
ελάχιστο ποσοστό για τον οηγ. αναρτήσεως.

Εκτός κι αν εννοείται: $\frac{1}{3} A_s$, όπως στην
περίπτωση άμεσης φόρτισης.

Κατά Leonhardt απαιτείται $A_{s,ax} = 0,60 A_s$.

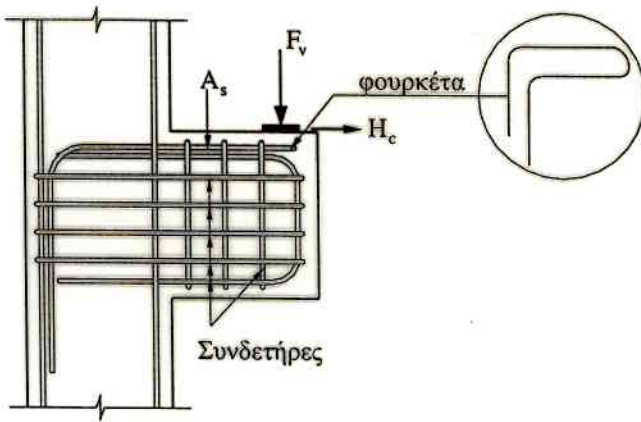
δ) Λοξός οηγιμός για την ανόρθωση των γδών εφεξυσι-
κών τάσεων.



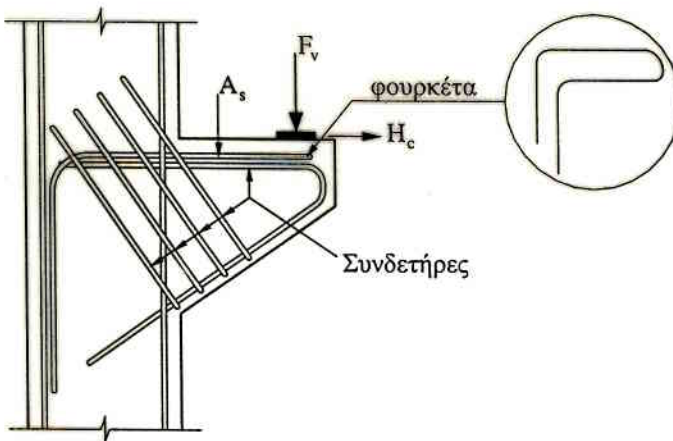
Οηγιμοί κοντού προβόχου

$$A_s \geq 0.4 \cdot A_c f_{cd} / f_{yd}$$

(όπου A_c συμβολίζει την επιφάνεια σκυροδέματος στη διατομή παρειάς του κοντού προβόλου με το υποσύλωμα), τότε πρέπει να διατίθενται κλειστοί συνδετήρες με συνολική διατομή τουλάχιστον $0.4 \cdot A_s$ και κατανομή στο σύνολο του στατικού ύψους d , για την ανάληψη των τάσεων διάρρηξης στο θλιπτήρα σκυροδέματος. Οι συνδετήρες αυτοί μπορούν να τοποθετούνται είτε οριζόντιοι και κάθετοι (σχήμα Α.2) είτε κεκλιμένοι (σχήμα Α.3).



Σχήμα Α.2: Οπλισμός κοντού προβόλου με οριζόντιους συνδετήρες.



Σχήμα Α.3: Οπλισμός κοντού προβόλου με κεκλιμένους συνδετήρες.