



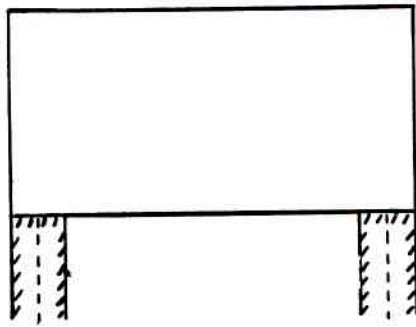
Ε
Μ
Π

Υψίκορμες Δοκοί

Π. Γιαννόπουλος

Εργαστήριο
Ωπλισμένου
Σκυροδέματος

ΥΨΙΚΟΡΜΕΣ ΔΟΚΟΙ

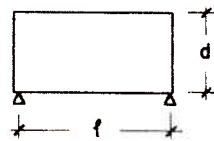


Κατά EC2 (EN 1992-1-1:2004)
§ 5.3.1 (3):

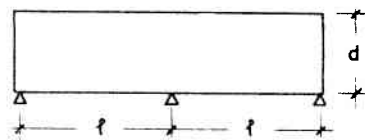
Εάν $l/h > 3$ δοκός

$l/h \leq 3$ υψίκورμη δοκός

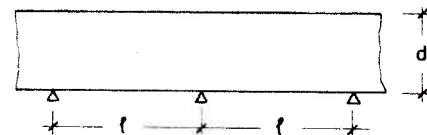
Ος "υψίκورμες" χαρακτηρίζονται κατά DIN 1045 (§ 17.1.2 & 23.3) οι δοκοί:



$$\frac{l}{d} < 2,0$$



$$\frac{l}{d} < \sim 2,5$$

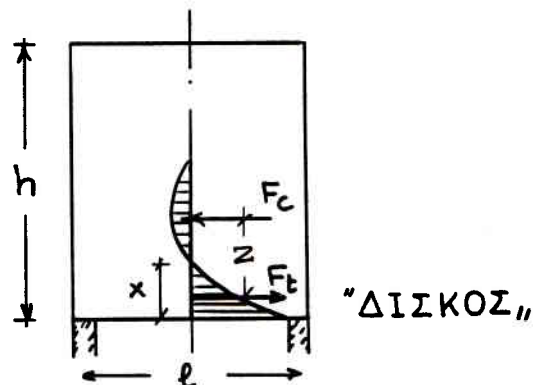
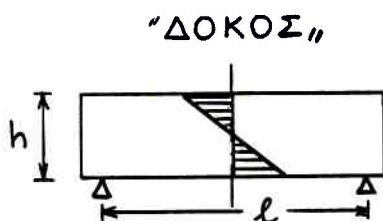


$$\frac{l}{d} < \sim 3$$

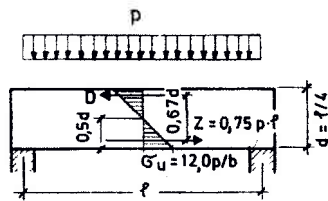
- Η συμπεριφορά των υψίκορμων δοκών δεν μπορεί να περιγραφεί απ'τη θεωρία των ραβδόμορφων φέρων, καθώς δεν ισχύει η βασική παραδοχή της επιπεδότητας των διατομών.

Οι υψίκορμες δοκοί συμπεριφέρονται ως δίσκοι.

Κατανομή φθών τάσεων
στη μεσαία διατομή

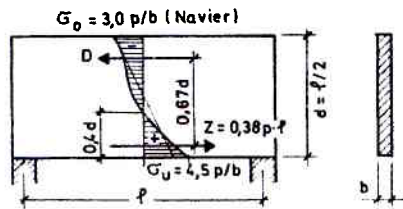


$$l/d = 4$$

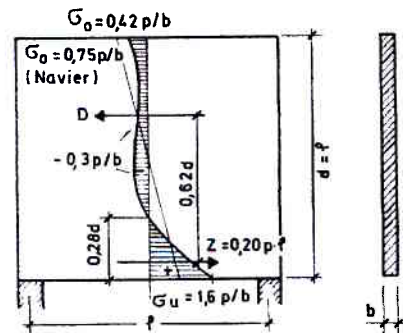


Σχ. Τάσεις σ_x και μέγεθος της συνισταμένης δυνάμεως στο μέσον του ανοίγματος αμφιερειστων δοκών, φορτιζομένων ομοιόμορφα από πάνω, στην κατάσταση I για διάφορα l/d και $c/l = 0,1$ (c = πλάτος στηρίξεως)

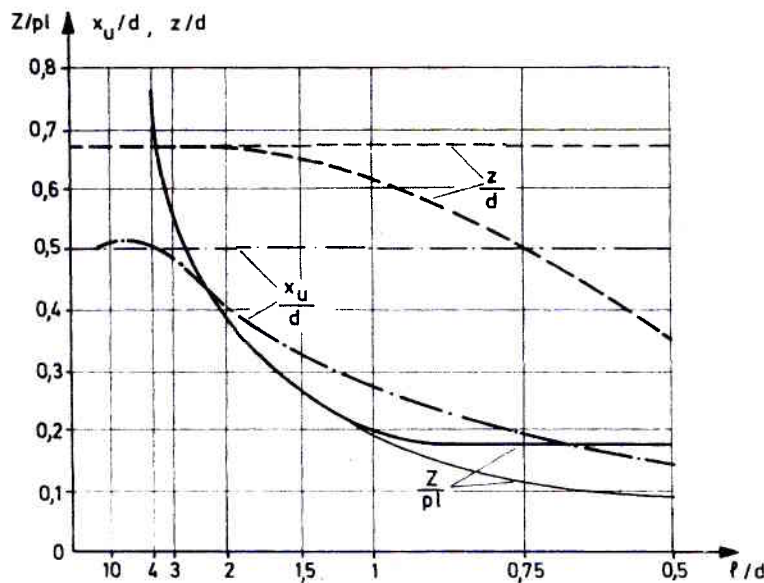
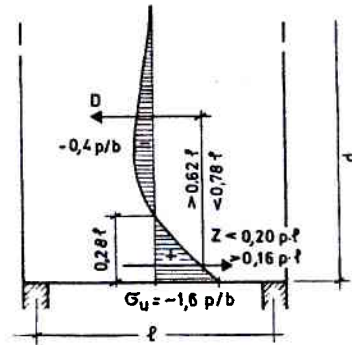
$$l/d = 2$$



$$l/d = 1$$



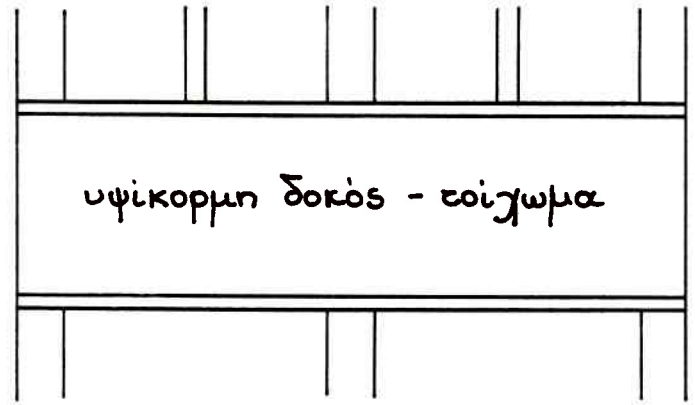
$$l/d < 1$$



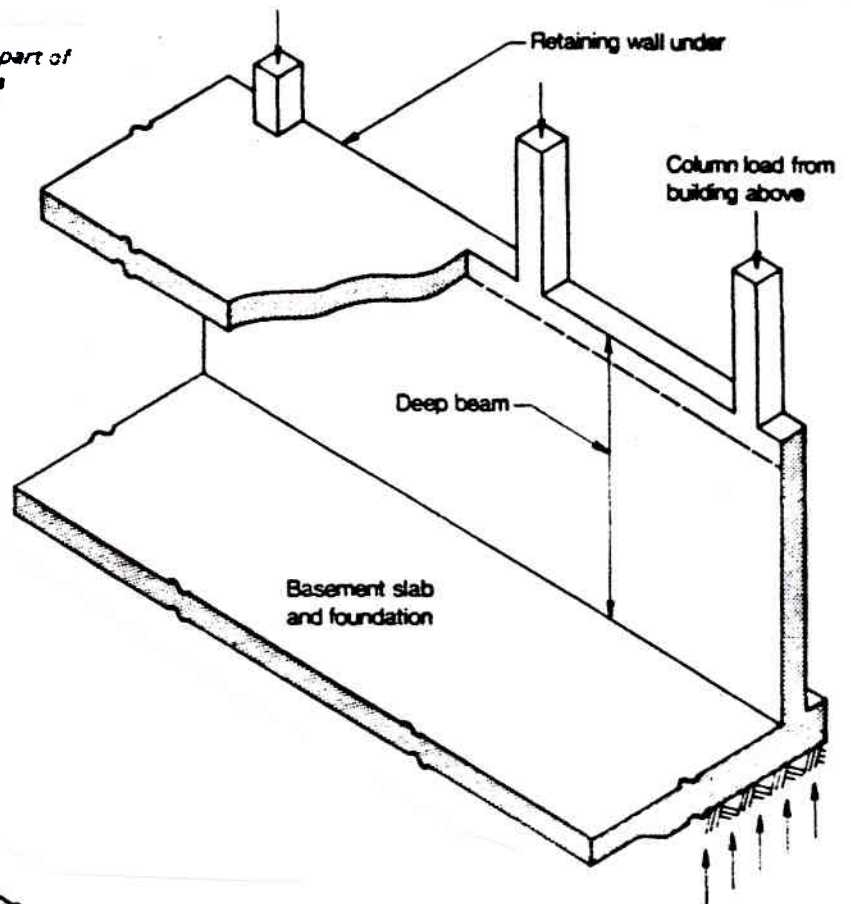
Σχ. Άνηγμένα μεγέθη της έφελκυστικής δυνάμεως $Z/p \cdot l$, του μοχλοβραχίονα των έσωτερικών δυνάμεων z/d και της απόστάσεως x_u/d της ουδετέρας γραμμής από το κάτω άκρο αμφιερειστων δίσκων ορθογωνικής διατομής κατά Navier (λεπτές γραμμές) και κατά την θεωρίαν των δίσκων (παχύτερες γραμμές) σε συνάρτηση με τη λυγηρότητα l/d

Εφαρμοχές:

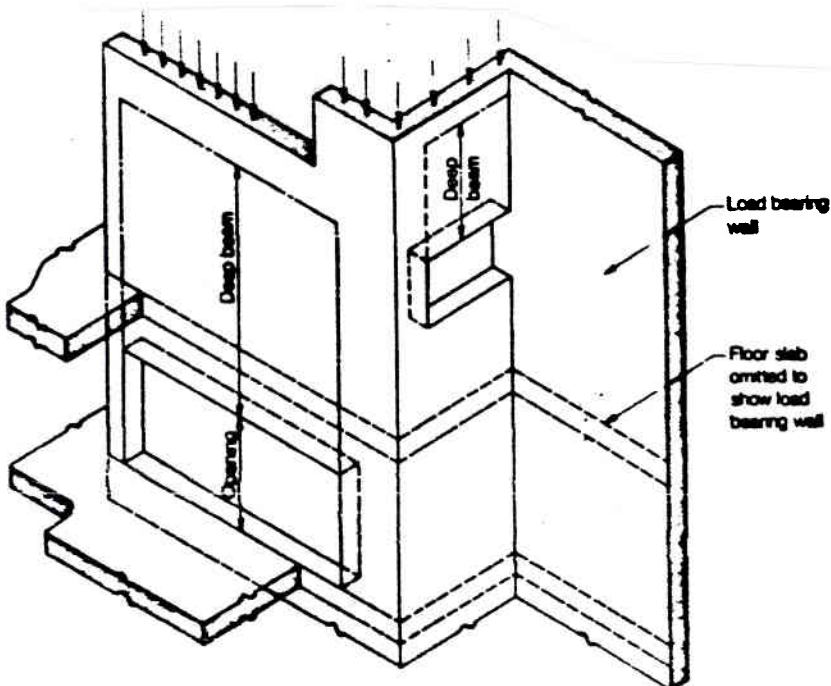
- Τοιχώματα οικοδομικών έργων
- Παρείες ειγό - δεξαμενών
- Διαφράγματα (ηγάρες)



Deep beams as part of other structures



Typical multi-purpose deep beam



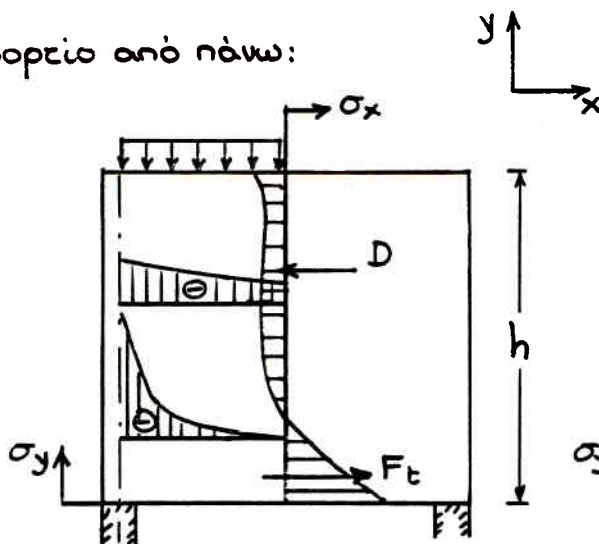
Τρόπος φορτίσεως

- Φορτίο από πάνω
- Φορτίο από κάτω
- Για τα δύο είδη φορτίσεως είναι:

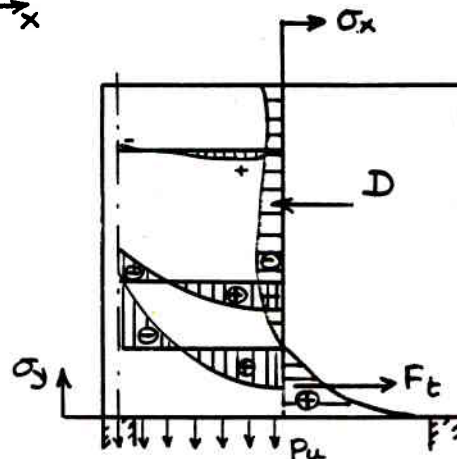
σ_x, τ_{xy} : περίπου ίδιας μορφής

σ_y : σημαντικά διαφορετικές

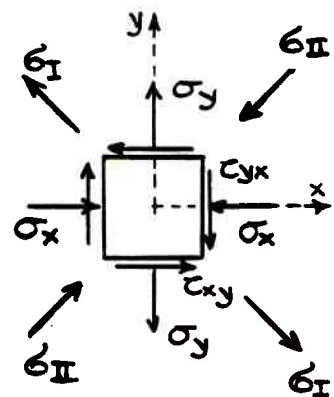
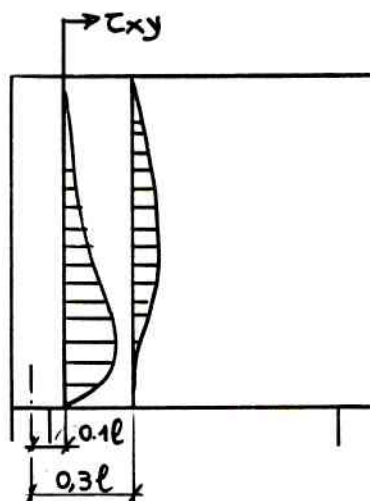
φορτίο από πάνω:



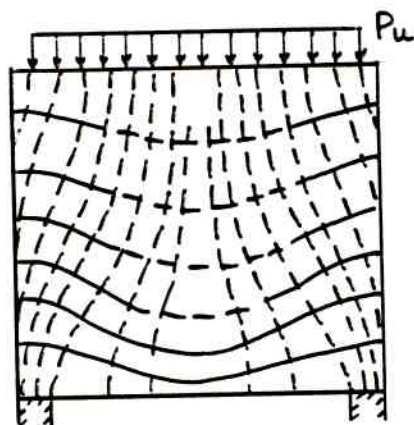
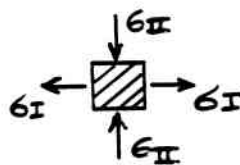
φορτίο από κάτω:



$$\frac{l}{h} = 1$$

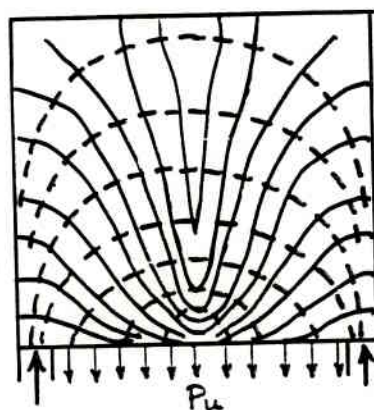


• Τροχιές κυρίων τάσεων σ_I, σ_{II} :

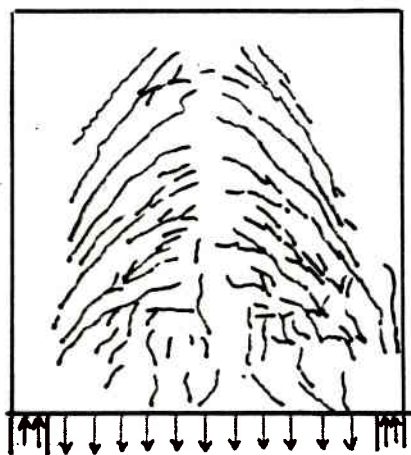
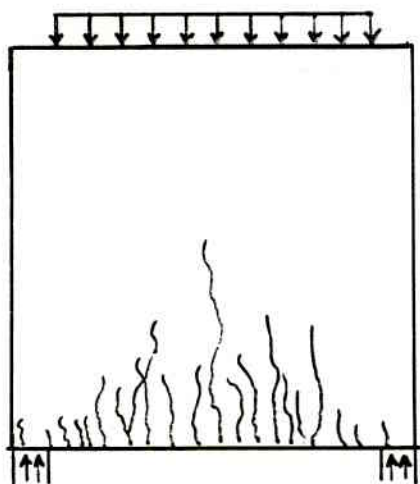


εφελκυσμός

θλίψη

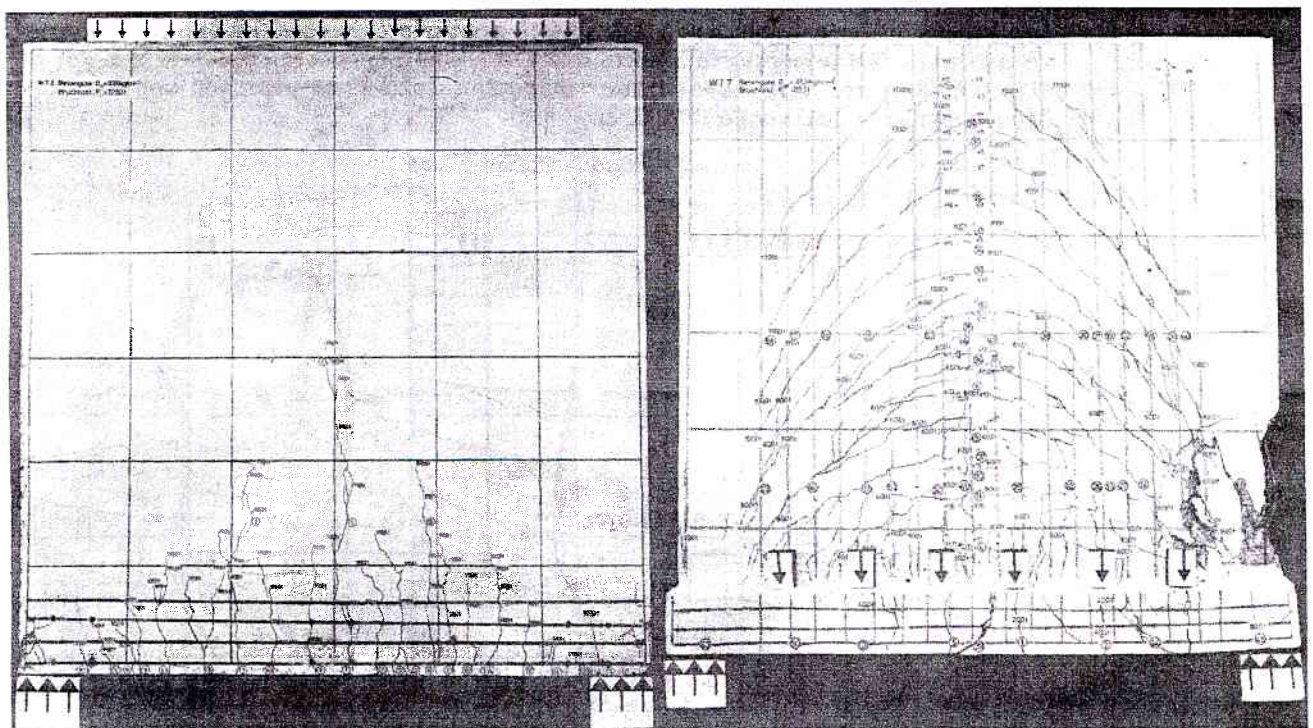
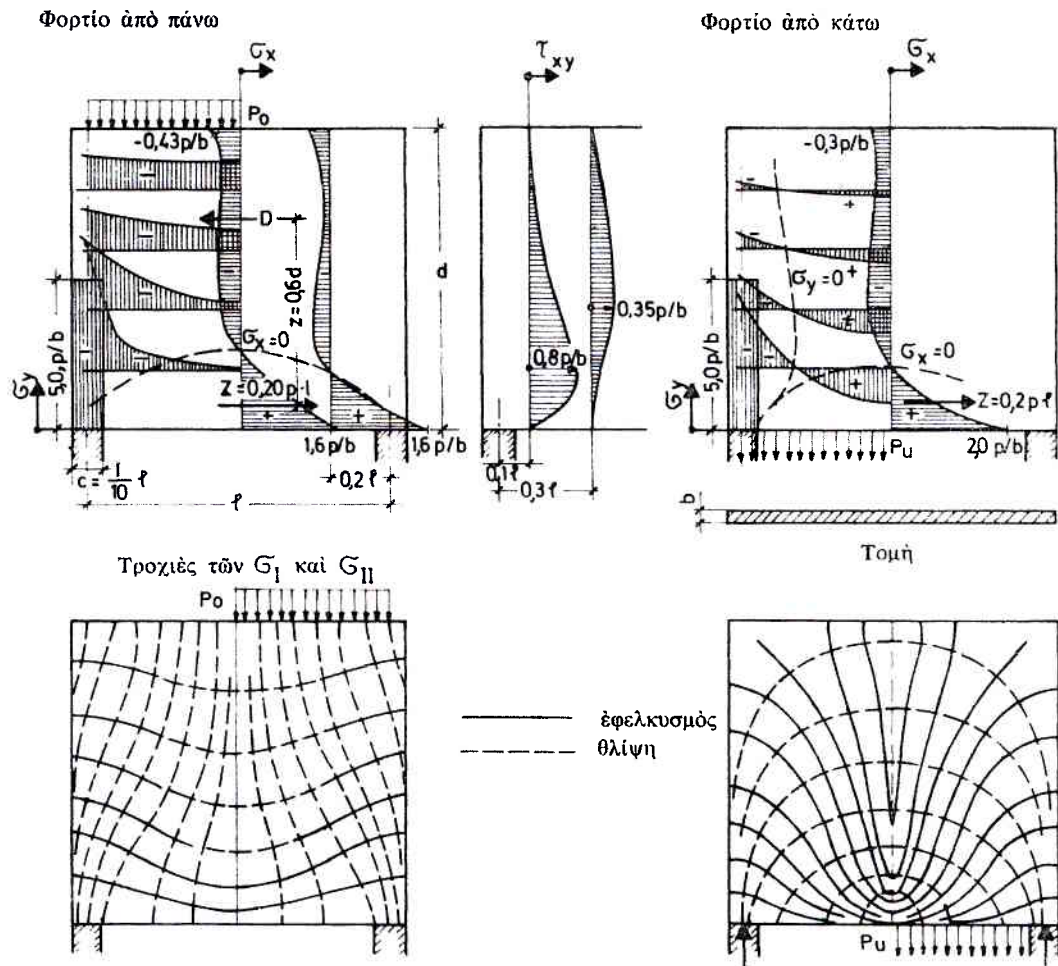


- Αντίστοιχες εικόνες ρηγματώσεως
(οι ρωγμές εμφανίζονται // κύριες θλιπτικές τάσεις).
δηλ. $\perp$ στον εφελκυσμό



ΑΡΑ :

- φορτίο από πάνω $\rightarrow$ εφελκυστικές τάσεις μόνον στο κάτω μέρος & με μικρή κλίση
- φορτίο από κάτω $\rightarrow$ εφελκυστικές τάσεις ολόκληρες και σχεδόν σε όλο το ύψος



Σχ. Οι εικόνες ρηγματώσεως λίγο πριν από τη θραύση επιβεβαιώνουν τη σημασία που έχουν οι τροχιές των κυρίων τάσεων για τη συμπεριφορά στην ανάληψη των φορτίων

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ ΥΨ. ΔΟΚΩΝ

(με βάση το Βοήθημα του Κανονισμού - Σ.Τ.Ε.Ε: 1416α' -)
& EC2 (EN 1992-1-1: 2004)

Κατασκευαστικές Διατάξεις

- Ελάχιστο πλάτος: $b_{min} = 100 \text{ mm}$
- Εκτός του κυρίου σπληνίου πρέπει να προβλέπονται και δύο εσχάρες σπληνίου για τις δύο πλευρές της δοκού.

Ελάχιστος σπληνός στην κάθε διεύθυνση:

- για S400, S500:

$$\min \rho_v = 0,00075 \cdot b \cdot l$$

κατακόρυφος σπληνός

$$\min \rho_{vh} = 0,00075 \cdot b \cdot h$$

οριζόντιος -

- για S220:

$$\min \rho_v = 0,00125 \cdot b \cdot l$$

κατακόρυφος σπληνός

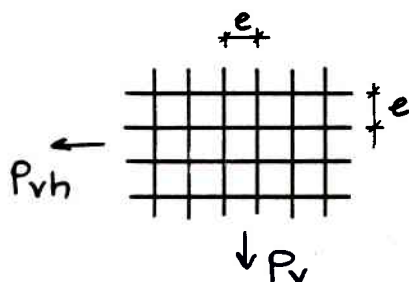
$$\min \rho_{vh} = 0,00125 \cdot b \cdot h$$

οριζόντιος -

Κατά EC2 (§9.7): $\min \rho_v = 0,001 \cdot b \cdot l$ $\min \rho_{vh} = 0,001 \cdot b \cdot h \geq 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

Μέγιστη απόσταση e ράβδων εσχάρας κατά EC2 (§9.7):

$$e \leq (2b, 300 \text{ mm})$$



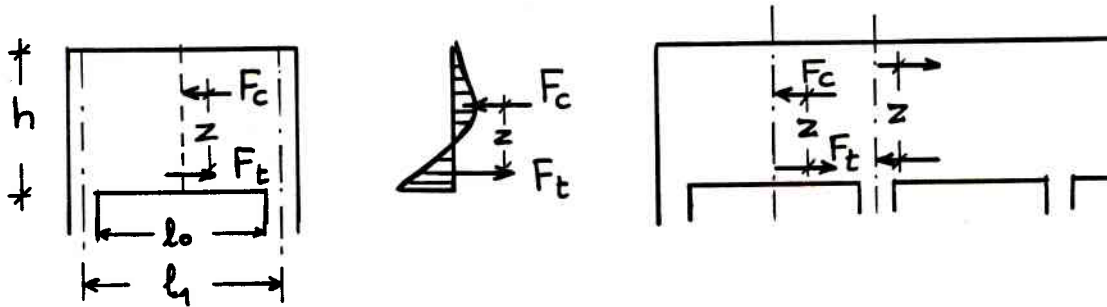
b : πλάτος υψικορμής

l : μήκος -

h : ύψος -

Υπολογισμός εσωτερικών δυνάμεων

Για τον υπολογισμό υψικορμών δοκών χρησιμοποιούνται προεχχιστικές μέθοδοι που βασίζονται σε εργασικές επι-
γύσεις κανονικών δοκών, κατάλληλα διορθωμένων.



- Ως μήκος δοκού l θεωρείται:

$$\underline{l = \min (l_1, 1.15 l_0)}$$

- Οι ροπές κάμψης υπολογίζονται σαν να επρόκειτο για κανονική δοκό (δυσμενείς φορτίσεις).

$$\rightarrow \max M_{sd} = \dots$$

- Η διαμήκης εφελκυστική δύναμη F_t προκύπτει ως:

$$F_t = \frac{\max M_{sd}}{z}$$

όπου z : διορθωμένος μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων F_c, F_t .

(υπολογίζεται συνάρτηση των l, h)

- Απαιτούμενος διαμήκης οπλισμός: $A_s = \frac{F_t}{f_{yd}} = \frac{M_{sd}}{z \cdot f_{yd}}$

Τιμές διορθωμένου μοχλοβραχίονα "z"

• Αμφιέρεια δοκός

$$\text{για } 1 < \frac{l}{h} < 2 \rightarrow z = 0.15 h \left(3 + \frac{l}{h} \right)$$

$$\frac{l}{h} \leq 1 \rightarrow z = 0.60 l$$

• Συνεχής δοκός δύο ανοιχμάτων

$$\text{για } 1 < \frac{l}{h} < 2.5 \rightarrow z = 0.1 h \left(2.5 + 2 \frac{l}{h} \right)$$

$$\frac{l}{h} \leq 1 \rightarrow z = 0.45 l$$

• Συνεχής δοκός 3 ή περισσότερων ανοιχμάτων

GE - ακραία ανοιχματα

- πρώτες εσωτερικές στήριξεις

→ ότι για 2 ανοιχματα

GE άλλα ανοιχματα και στήριξεις:

$$\text{για } 1 < \frac{l}{h} \leq 3 \rightarrow z = 0.15 h \left(2.0 + \frac{l}{h} \right)$$

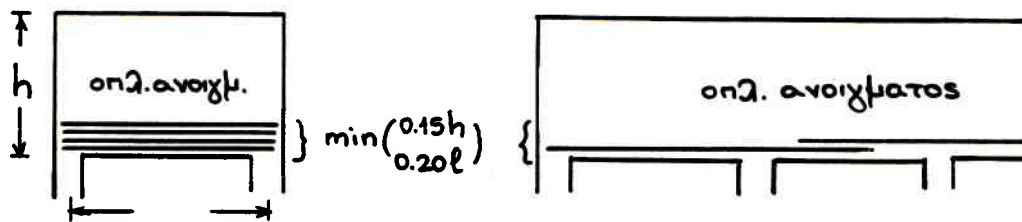
$$\frac{l}{h} \leq 1 \rightarrow z = 0.45 l$$

• Πατεωμένοι πρόβολοι

$$\text{για } 0.5 < \frac{l}{h} \leq 1 \rightarrow z = 0.15 h \left(3 + 2 \frac{l}{h} \right)$$

$$\frac{l}{h} \leq 0.5 \rightarrow z = 1.2 l$$

Διαμήκης οπλισμός



- $$A_s = \frac{M_{sd}}{z \cdot f_{yd}}$$

- $f_{yd} \leq 365 \text{ MPa}$: για περιορισμό κινδύνου ρηγματώσεως
- Χρήση ραβδών μικρής ϕ για:
 - καλύτερη αγκύρωση
 - μικρότερη ρηγματώση
- Να αποφεύγεται η διάταξη αγκιστρών εντός κατακόρυφων επιπέδων.
Κατά την αγκύρωση: μόνον οριζόντια άγκιστρα $\leftarrow$

α) Οπλισμός ανοίγματος

- Κατανέμεται ομοιόμορφα σε ύψος :
 $\min(0.15h, 0.20l)$

- Προεκτείνεται χωρίς καμία μείωση μέχρι τις εσφιξεις και αγκυρώνεται για :

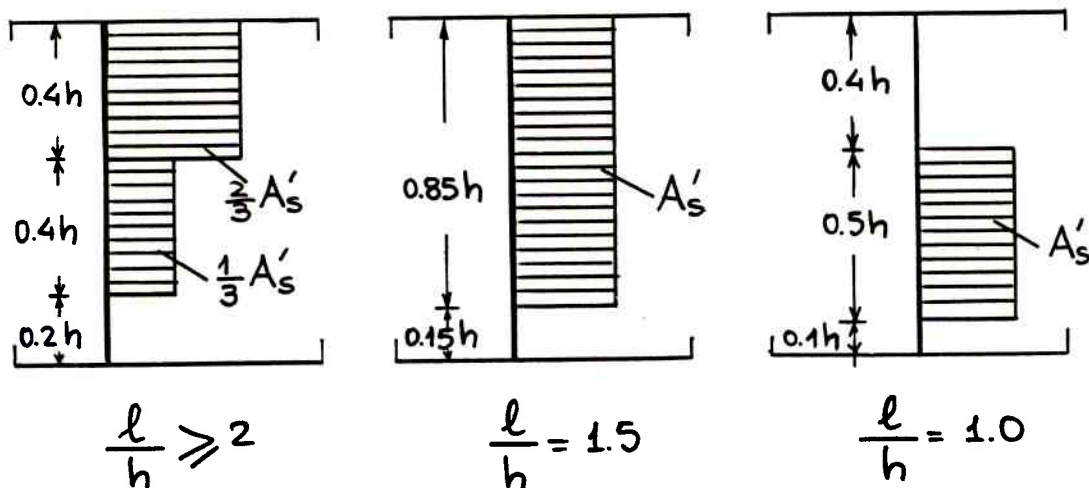
$$F_{axc.} = 0.80 F_{t,d}$$

- Σε συνεχείς δοκούς με περισσότερα ανοίγματα:
 - αγκύρωση με υπερκόρυψη πάνω από ενδιαμέσες εσφιξεις.

β) Οδηγός εσφιξεως A'_s

- Κατανέμεται ομοιόμορφα σε 1 ή περισσότερες εσφιξεις (που αντιστοιχούν στην κατανομή των εφελκυστικών τάσεων καθόψος της διατομής σύμφωνα με την εργαστική θεωρία).

Κατανομή οδηγού σε εσφιξη ανάλογα με το $\frac{l}{h}$:

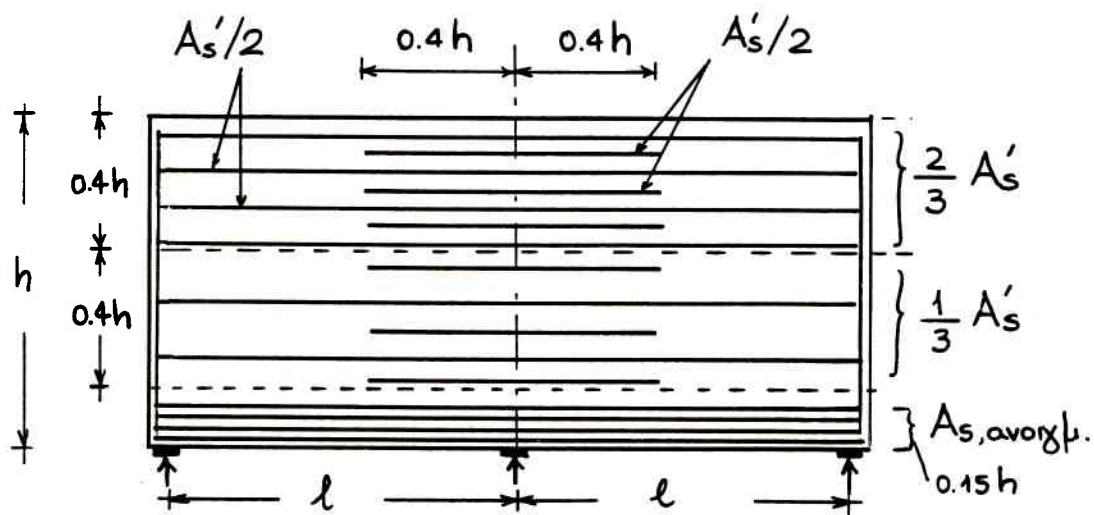


Για $\frac{l}{h} = 1.0$ τίθεται επί ηθέον κάποιος οδηγ. στη Σύνη $0.4h$.

- Αγκύρωση του οπλισμού στις επιρριξεις :

- $\frac{1}{2} A'_s$: επεκτείνεται ε'ως το μήκος των εκατέρωθεν ανοιγμάτων

5 $\frac{1}{2} A'_s$: πρέπει να προεκτείνεται τουλάχιστον έως $l = \min(0.4l, 0.4h)$ εκατέρωθεν της επιρριξεως

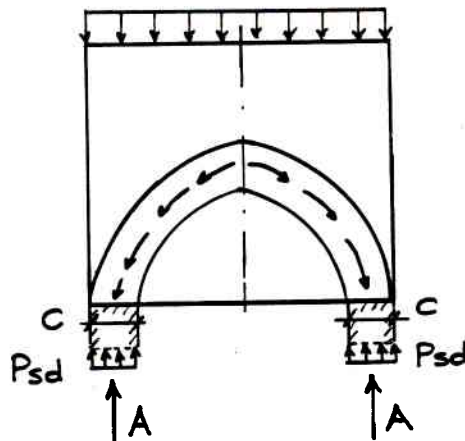


Διάταξη οπλισμού επιρριξεων συνεχούς υψικορμης

δοκού με $\frac{l}{h} = 2.0$

Οηγλεμὸς ὁμέεης εεήριΞης

- Λόγω της ενεργητικοποίησης του ιδεατού εόξου για τη μεταφορά των θλιπτικών δυνάμεων μέσα στην δοκό αναπτύσσεται σημαντική γοξή θλίψη κοντά στις εεήριΞεις :



- Μέση τάση στη εεήριΞη γόγω της αντιδράσεως:

$$P_{sd} = \frac{A}{c \cdot b}$$

c: μήκος εδράσεως

b: πλάτος δοκού

A: αντίδραση

- Πρέπει να ληφεί:

$$P_{sd} < P_{Rd} = 0.80 f_{cd} \quad : \quad \text{ακραίες εεήριΞεις}$$

$$P_{sd} < P_{Rd} = 1.20 f_{cd} \quad : \quad \text{ενδιάμεσες -κ-}$$

- Ελάχιστος αριθμός σε άμεση επίρριξη :

- S 220 : $A_v = 0,0025 b \cdot s_v$ κατακόρυφος οπλ.
 $A_{vh} = 0,0025 b \cdot s_{vh}$ οριζόντιος -"

- S 400 : $A_v = 0,002 b \cdot s_v$ κατακόρυφος οπλ.
 $A_{vh} = 0,002 b \cdot s_{vh}$ οριζόντιος -"

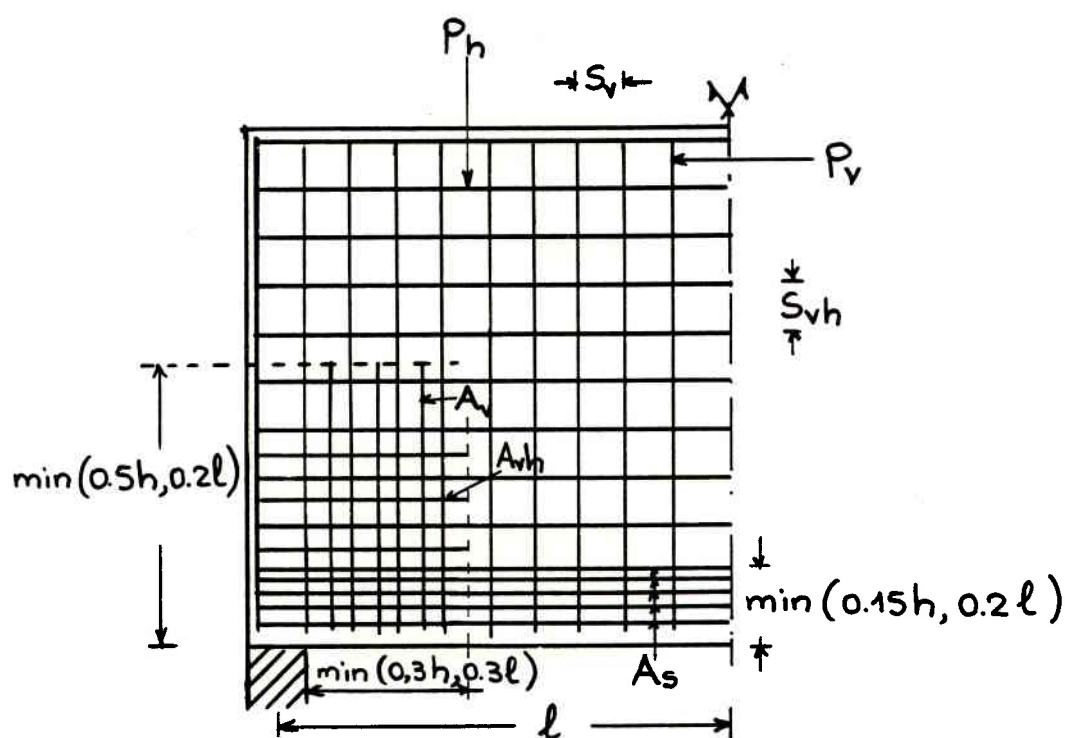
όπου s_v = οριζόντια απόσταση ράβδων γιγέρματος

s_{vh} = κατακόρυφη -" -" -"

Οι ράβδοι εκτείνονται σε απόσταση (επαρκής αγκύρωση):

- οριζόντια : $\min(0.3h, 0.3l)$ από παρεία επίρριξης

- κατακόρυφα : $\min(0.5h, 0.2l)$ από κάτω



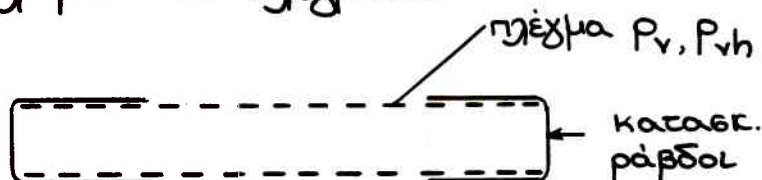
Δυνατές διατάξεις οπλισμών άμεσης επίρριξης

- Επόμενη οριζόντια όγκιστρα υπό μορφή αναβοζέων ως κύριος οπλισμός:

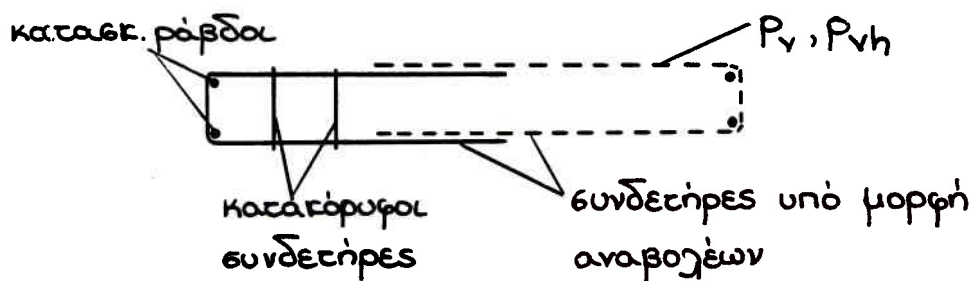


- και μια απ' τις ενοσφαιρικές γύσεις (α) ή (β):

α.) εσχάρα οπλισμού από ηνέχματα



β.) κατακόρυφοι συνδετήρες και οριζόντιοι συνδετήρες υπό μορφή αναβοζέων πάνω απ' τον κύριο οπλισμό:



Οδηγμοί για φορτία αναρτημένα από κάτω

- Πρόσθετος πυκνός κατακόρυφος οδηγμός αναρτήσεως

$$A_{ss} = \frac{P_d}{f_{yd}} \quad P_d = \text{φορτίο αναρτήσεως}$$

- Οδηγμός αναρτήσεως $\begin{cases} \text{συνδετήρες} \\ \text{ή πλέγματα συνδετήρων} \end{cases}$

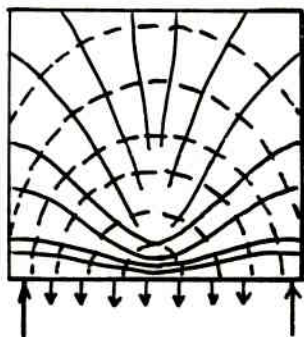
- Αποστάσεις συνδετήρων : 10 - 15 cm

- Μήκος συνδετήρων :

- για $\frac{l}{h} > 1.2$: αγκύρωση στο πάνω άκρο

- για $\frac{l}{h} \leq 1.2$: " κατά μήκος ημικυκλίου με μήκος l

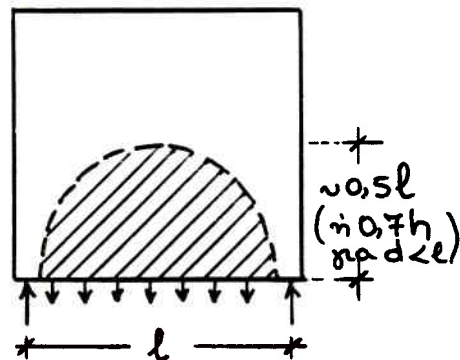
- Οι συνδετήρες να περιβάλλουν την περιοχή αναρτήσεως :



— εφεγκυβμός

---- θλίψη

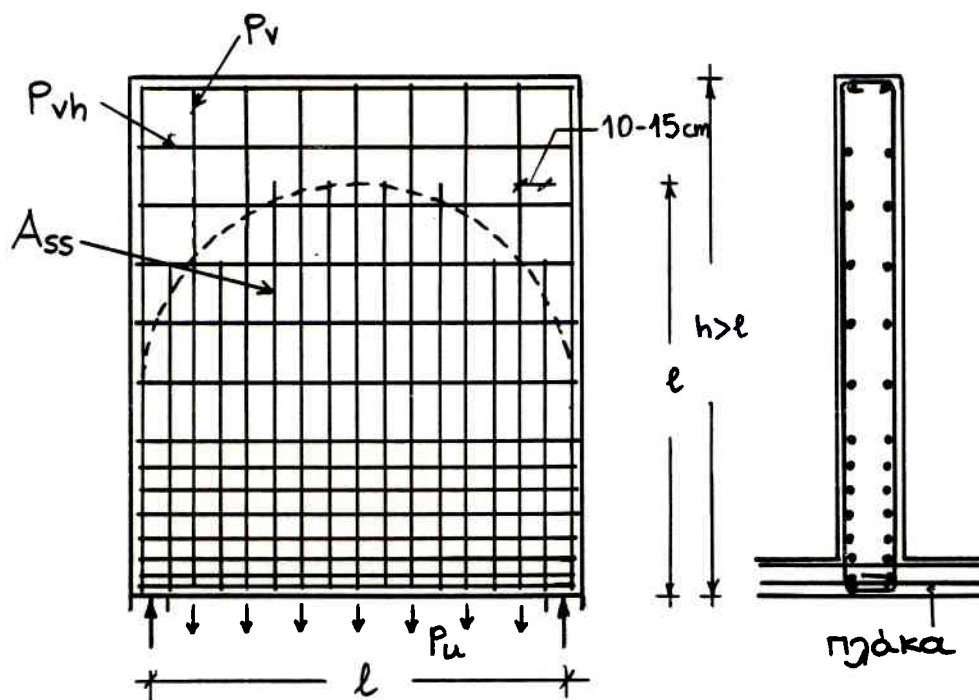
Τροχιές κυρίων τάσεων



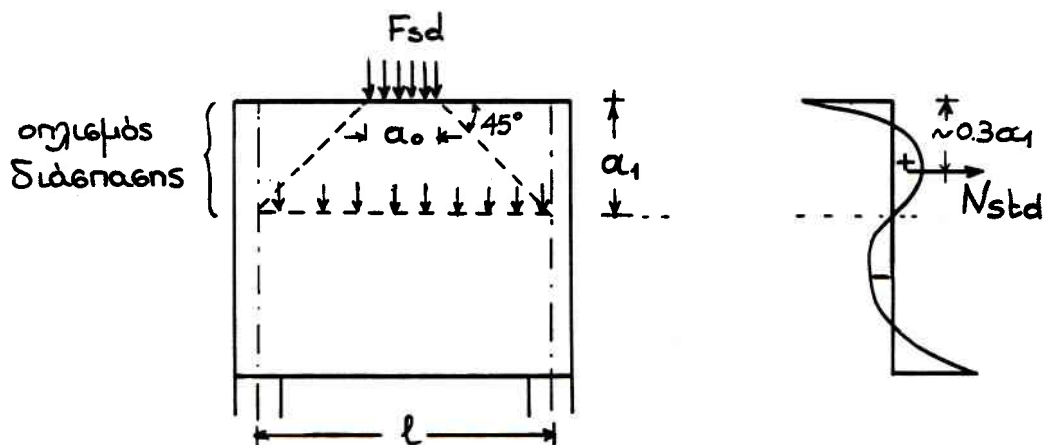
Περιοχή ενάρτησης
αναρτημένων φορτίων

- Ο σημειός αναρτήσεως πρέπει να περιβάλλει υπό μορφή συνδετήρων την περιοχή ετήριξης του φορτίσματος δομικού στοιχείου.

Κατ' αναλογία ο κάτω σημειός μιας αναρτώμενης στην υψικορμιο δοκό ηγάκας πρέπει να εδράζεται στην κατώτατη επώση του σημειού πέγματος.



Τοπική φόρτιση της πάνω επιφάνειας



Το φορτίο F_{sd} θεωρείται ότι διανέμεται υπό γωνία 45° , σε ύψος $\sim a_1$.

Από εκεί και κάτω η δοκός συμπεριφέρεται σαν να είχε ομοιόμορφο φορτίο από επάνω σε όλο της το μήκος.

Στο ύψος a_1 αναπτύσσονται τάσεις διαρρήξεως, με εντασσόμενη N_{std} .

Πρόσθετος ογκωδός διασπάσεως A_{st} , σε ύψος a_1 :

$$N_{std} = 0,3 F_{sd} \left(1 - \frac{a_0}{a_1}\right) \quad A_{st} = \frac{N_{std}}{f_{yd}}$$

όπου: F_{sd} = το κορυβ φορτίο

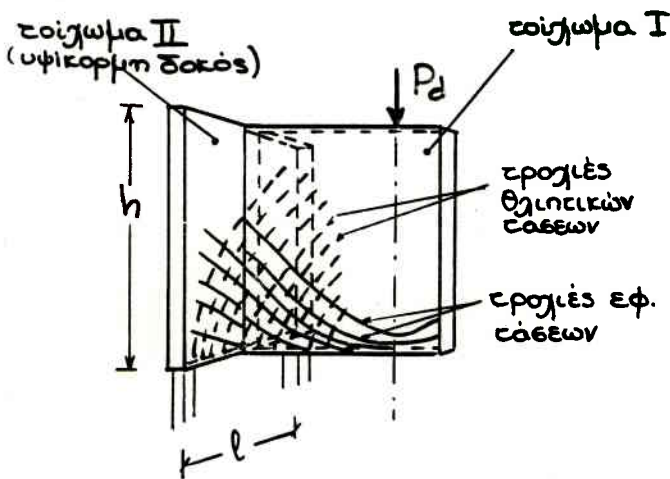
a_0 = μήκος επιβολής φορτίου

a_1 = βάθος διανομής φορτίου & περιοχή ομ.

Οηγλεμός παραγραφής έμεσης φορτίσεως

Εμμεγη φόρτιση θεωρείται η περίπτωση συγκεντρωμένου φορτίου που εφαρμόζεται :

- είτε μέσω εγκάρσιου ταξήματος το οποίο διασταυρώνεται καθόλη το ύψος της υψικορμής δοκού
- είτε μέσω παχέος υποστρώματος το οποίο στηρίζεται στη δοκό σε όλο το ύψος της.



παίγλημα Ι: φορτίζον

τοίγμα II: φορεζόμενη
υψικορμη
δοκός

- Για περιορισμό της γραμμής θλίψεως του εκτροφέματος προς την υψικορμη δοκό - αντί φορτίζον στοιχείο Ι - πρέπει η τέμνουσα V_{sd} στην εκρήξη να είναι :

$$V_{sd} < V_{Rd} = 0,11 \cdot b_w \cdot h \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{1-c} \quad \text{για } l \geq h$$

$$V_{sd} < V_{Rd} = 0,11 \cdot b_w \cdot l \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{1-c} \quad \text{για } l < h$$

όπου: b_w, l, h = πλάτος, μήκος & ύψος υφικότητας δοκού

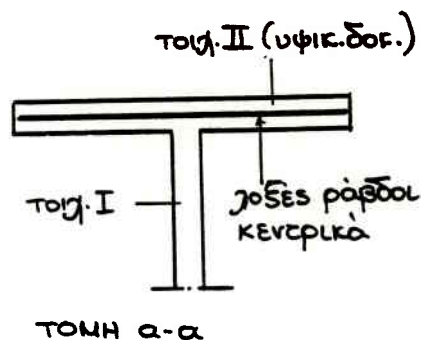
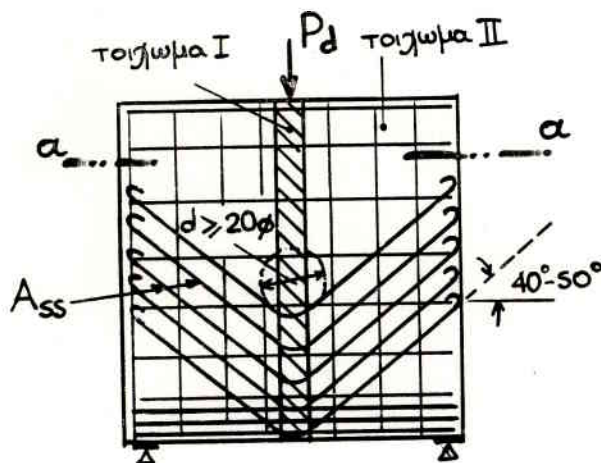
$C = \text{majors scripts} : C \neq 0,2 \cdot l$

Εκτός από τους υπόλοιπους οπλισμούς απαιτούνται πρόσθετοι οπλισμοί τόσο στο φορτίστον τοίχωμα (τοίχωμα I), όσο και στη φορτιζόμενη υψικερμη δοκό (τοίχωμα II).

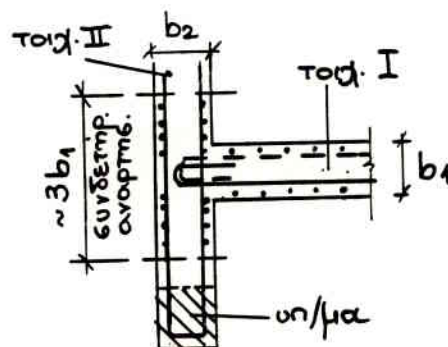
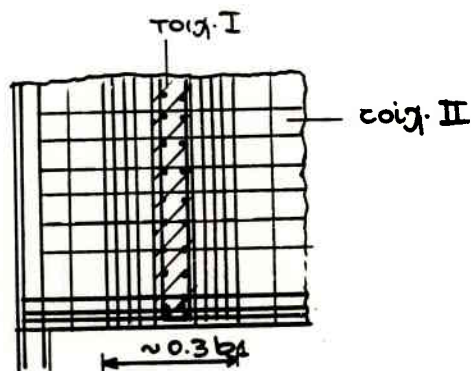
Οπλισμός φορτιζόμενης υψικερμης δοκού (τοιχ. II)

- Ο πρόσθετος οπλισμός πρέπει να αναλαμβάνει ταυτοχρόνως το: 0,8 της μεταβιβαζόμενης τέμνουσας.
- Ο οπλισμός μπορεί να είναι:

i) είτε γοξές ράβδοι υπό γωνία από 40° έως 50° ,

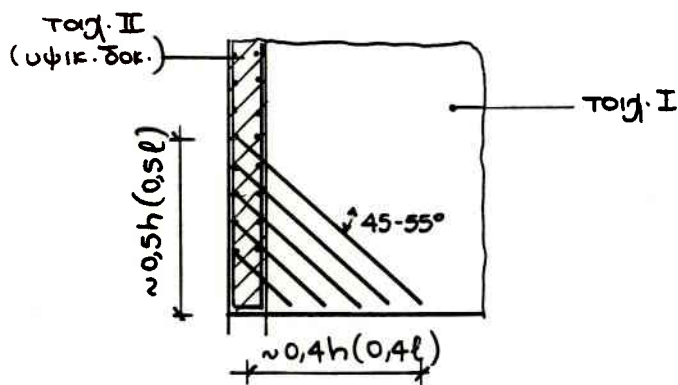


ii) είτε κατακόρυφοι ευδεκτήρες

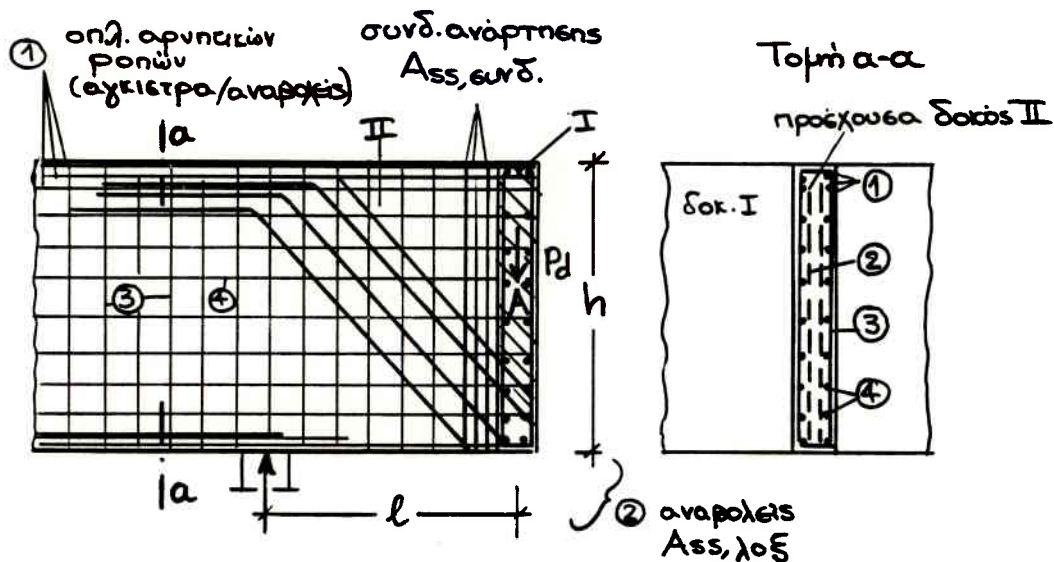


Οηλισμός φορτιζομενου στοιχείου (τοιχ. I)

- Λοξοί συνδετήρες υπό γωνία 40° ως 50°
- Να αναγραφάνουν συσχετισμόν $0,50 \text{ Vsd}$.



- Σε περίπτωση προέχοντα δίσκου έμμεσα φορτιζόμενου από δοκό, η έμμεση φόρτιση P_d μπορεί να παραχρηθεί:
 - $0,60 P_d$: από κατακόρυφους συνδετήρες
 - $0,40 P_d$: από γροξά άγκιστρα ή αναβολείς (πόλτες)



ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

Κατά τον σχεδιασμό υψικορμών δοκών πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σχετικά με:

- την διάταξη του κάτω διαμήκους οπλισμού υπό μορφή συνεχών ράβδων
- τις υψηλές γοξές θλιπτικές τάσεις κοντά στις Σώνες ετήριξης
- τις αγκυρώσεις
(τους διαμήκους οπλισμούς στις ακροίες ετήριξεις και του οπλισμού ανόρτησης)
- τη σύνδεση του αναρτώμενου στοιχείου με την υψικορμη δοκό μέσω του οπλισμού
(ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση αναρτώμενων ηζακών)
- τα εμμέσως ασκούμενα φορτία
- την ευαισθησία σε μεταβολές των συνθηκών ετήριξως λόγω της μεγάλης ακαμψίας του στοιχείου.