

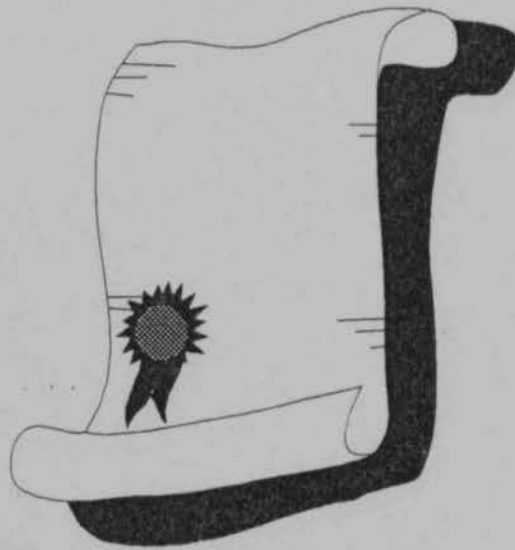
89
701

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ
ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΔΟΚΩΝ**



ΜΕΛΛΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΖΕΡΙΔΟΥ

ΑΘΗΝΑ 1995

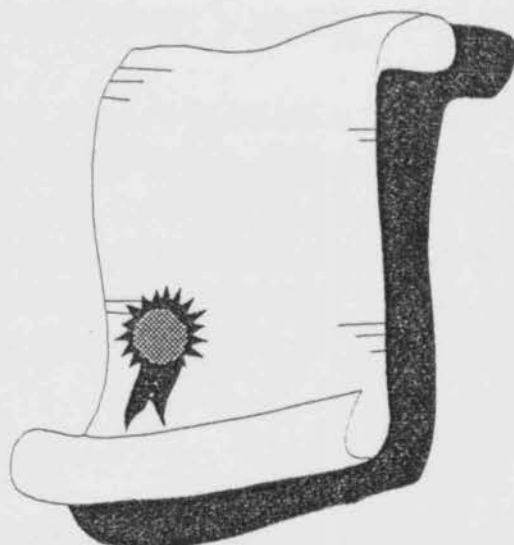
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΔΟΚΩΝ



ΜΕΛΛΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΖΕΡΙΔΟΥ

ΑΘΗΝΑ 1995

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πρόλογος

Η πτυχιακή εργασία έγινε στο μάθημα οπλισμένου σκυροδέματος του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι Πειραιά, από τον σπουδαστή Μέλλιο Νικόλαο με τη συνεργασία της κ.Πεζερίδου.

Η εργασία αυτή ασχολήται επί το πλείστον με τον τρόπο επίλυσης υψίκορμων δοκών ώστε να αποτελέση ένα εγχειρίδιο για το σπουδαστή ή το μηχανικό που θα θελήση να ασχοληθεί με αυτό το θέμα. Προς το σκοπό αυτό παραθέτουμε λυμένα παραδείγματα για να βοηθήση στην καλή και έντεχνη κατασκευή και συντήρηση του σκυροδέματος αλλά και στην ορθή διαμόρφωση και συντήρηση του οπλισμού. Κατά την συγγραφή της εστιάθηκε περισσότερο η προσοχή στα βασικότερα σημεία της μελέτης των υψίκορμων δοκών και δεν επεκτάθηκε σε επιπλέον λεπτομέρειες.

Ευχαριστώ την καθηγήτρια κ. Πεζερίδου που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το ειδικό θέμα της επίλυσης των υψίκορμων δοκών.

Τύσεις διατμήσεως σε υψίκορμους φορείς

Κεφάλαιο 3

Πειραιάς 1995

Οδηγίες μορφώσεως και οπλισμού υψίκορμων ολόσωμων φορέων οπλισμένου σκυροδέματος. Μέλλιος Νικόλαος

- 3.1 Περιορισμός των κύριων θλιπτικών τάσεων
- 3.2 Φορτίσεις και επιπεδωμένες τάσεις
- 3.3 Οπλισμός συνεχούς υψίκορμων δοκών
- 3.4 Οπλισμός ακραίων ανοιγμάτων συνεχούς δοκού
- 3.5 Οπλισμός αμφίδροστης εγκάρσιας δοκού
- 3.6 Αναφορά στους πίνακες

Κεφάλαιο 4

Περιπτώσεις φορτίσεων υψίκορμων φορέων

- 1. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο.
- 2. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο πάνω σύνορο.
- 3. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με φόρτιση ίδιου βάρους p .
- 4. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P κάτω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Κεφάλαιο 1

- 1.1 Εισαγωγή
- 1.2 Γενικά χαρακτηριστικά υψίκορμων δοκών
- 1.3 Μέθοδοι για τον προσδιορισμό των τάσεων
- 1.4 Κύριες τάσεις
- 1.5 Αστοχία υψίκορμων δοκών

Κεφάλαιο 2

Τάσεις διατμήσεως σε υψίκορμους φορείς

Κεφάλαιο 3

Οδηγίες μορφώσεως και οπλισμού υψίκορμων ολόσωμων φορέων ωπλισμένου σκυροδέματος.

- 3.1 Περιορισμός των κύριων θλιπτικών τάσεων
- 3.2 Φορτίσεις και επιτρεπόμενες τάσεις
- 3.3 Οπλισμός συνεχούς υψίκορμων δοκών
- 3.4 Οπλισμός ακραίων ανοιγμάτων συνεχούς δοκού
- 3.5 Οπλισμός αμφιέριστης υψίκορμης δοκού
- 3.6 Αναφορά στους πίνακες

Κεφάλαιο 4

Περιπτώσεις φορτίσεων υψίκορμων φορέων

- 1. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο.
- 2. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο πάνω σύνορο.
- 3. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με φόρτιση ιδίου βάρους g .
- 4. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P κάτω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.

5. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.
6. Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω κάτω σύνορο.
7. Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο.
8. Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με φόρτιση ιδίου βάρους g .
9. Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με συγκεντρωμένο φορτίο P στο κάτω σύνορο.
10. Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο.
11. Υψίκορμος συνεχής δοκός δύο ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p κάτω σύνορο.
12. Υψίκορμος συνεχής δοκός τριών ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο.

Κεφάλαιο 5

Ειδικές περιπτώσεις φορτίσεως υψίκορμων δοκών

13. Αμφίπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο.
14. Αμφίπακτος δίσκος με μεμονωμένο συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.
15. Μονόπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο.
16. Μονόπακτος δίσκος με μεμονωμένο συγκεντρωμένο φορτίο P στο άκρο του άνω συνόρου.

Κεφάλαιο 6

Πίνακες του O. Theimer.

1.1 Εισαγωγή

ΣΥΜΒΟΛΑ

Στην πτυχιακή εργασία με θέμα «**ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΔΟΚΩΝ**» χρησιμοποιούνται στο κείμενο και στις εφαρμογές τα ακόλουθα σύμβολα:

Υψίκορμοι φορείς

L = άνοιγμα του φορέα μεταξύ των αξόνων στηρίξεως

H = ύψος του υψίκορμου φορέα

C = πλάτος εδράσεως = $2c$

c = $C / 2$

β = H / L

ε = C / L

h = πάχος δίσκου

a = $L / 2$ = για συνεχείς δοκούς

b = $H / 2$ = για συνεχείς δοκούς

σ_x = οριζόντια ορθή τάση

σ_y = κατακόρυφη ορθή τάση

τ_{xy}, τ_{yx} = διατμητικές τάσεις σε επίπεδο δίσκου

σ_1, σ_2 = κύριες τάσεις στο επίπεδο δίσκου

ρ = ομοιόμορφο φορτίο (t/m)

P = συγκεντρωμένο φορτίο (t)

g = ίδιον βάρος δίσκου (t/m^3)

F = εντατική συνάρτηση του Airy

E = μέτρον ελαστικότητας

μ = μέτρον διατμήσεως

$\varepsilon_x, \varepsilon_y$ = ανηγμένη μήκυνση κατά την διεύθυνση x , αντίστοιχα y

φ = γωνία κλίσεως των κυρίων τάσεων

M = ροπή κάμψεως

Q = τέμνουσα δύναμη

T = διατμητική δύναμη

S = λοξή διατμητική δύναμη

Z = συνισταμένη εφελκυστική δύναμη

D = θλιπτική δύναμη κάμψεως = Z

Z_n = εφελκυστική δύναμη κατά Navier (ευθύγραμμη κατανομή των τάσεων)

d = μοχλοβραχίων των εσωτερικών δυνάμεων

d_o = απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού ή θλίψεως από το κάτω σύνορο

$d_o + d$ = απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο στον άξονα στηρίξεως

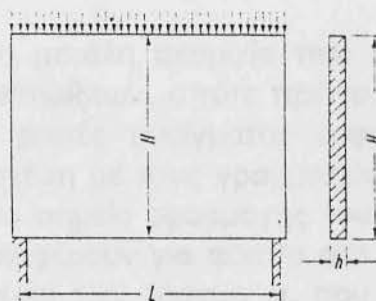
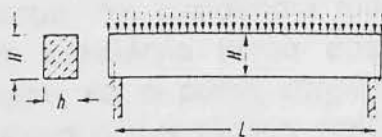
y_o = απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο

$\sigma_{e \text{ επ}}$ = επιτρεπόμενη τάση χάλυβος

$\sigma_{b \text{ επ}}$ = επιτρεπόμενη τάση σκυροδέματος

1.1 Εισαγωγή

Υψίκορμοι φορείς ονομάζονται επίπεδοι επιφανειακοί φορείς, των οποίων το ύψος H ως προς το θεωρητικό άνοιγμα L , υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή που καθορίζεται από τις συνθήκες στήριξης και των οποίων το πάχος h , σε σύγκριση με το ύψος και το άνοιγμα είναι μικρό. Προφανώς δεν είναι δυνατό να υπάρξει σαφές όριο για την τιμή του H/L από την οποία ο φορέας λειτουργεί ως υψίκορμος. Έχει παρατηρηθεί ότι ο φορέας αρχίζει να διαφέρει πολύ από γραμμικός, όταν ο λόγος H/L γίνεται μεγαλύτερος του $1/2$ για αμφιέριστους φορείς, μεγαλύτερος του $1/5$ για ακραία ανοίγματα συνεχούς δοκού και του $1/3$ για μεσαία ανοίγματα. Στους προβόλους για H/L μεγαλύτερο του 1 δεν ισχύει η γραμμική θεωρία των δοκών.



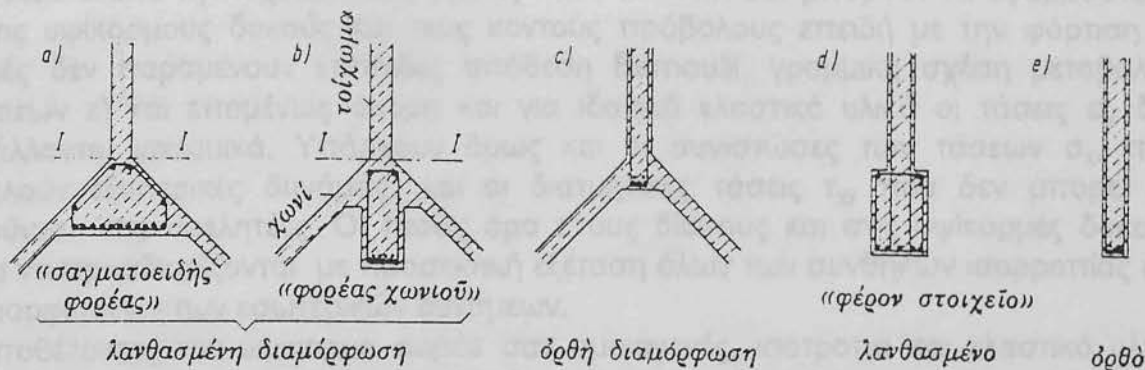
σχ.1.1 α) ραβδόμορφος φορέας

σχ.1.1 β) υψίκορμος φορέας

Η συμπεριφορά των υψίκορμων δοκών δεν μπορεί να περιγραφεί από την θεωρία των ραβδόμορφων φορέων, δοθέντος ότι δεν ισχύει πλέον η βασική παραδοχή της επιπεδότητας των διατομών. Πράγματι, αντί της ευθύγραμμης κατανομής τάσεων της διατομής μιας ραβδόμορφης δοκού, μπορεί να λάβη καμπύλη μορφή για διάφορες περιπτώσεις φορτίσεως. Σε μια και την αυτήν διατομή, μπορούν για ορισμένες περιπτώσεις φορτίσεως, να συναντιούνται περισσότερες της μιας ουδετέρες γραμμές (μηδενικά σημεία των τάσεων σ_x). Γι' αυτό το λόγο ο υπολογισμός και η διαστασιολόγηση ενός υψίκορμου φορέα διαφέρουν ριζικά από εκείνους ενός συνήθους ραβδόμορφου φορέα.

Αν υπολογίζαμε υψίκορμους φορείς κατά την θεωρία του Navier, τότε θα είχαμε πολύ λίγο σπλισμό σε λανθασμένη καθ' ύψος θέση. Το ουσιώδες συμπέρασμα της θεωρίας των δίσκων, είναι ότι οι σπλισμοί πάνω από τις στηρίξεις συνεχών υψίκορμων δοκών, δεν πρέπει να διατάσσονται κοντά στο άνω σύνορο του φορέα, αλλά σε μια ορισμένη καθ' ύψος θέση μέσα στον δίσκο. Όσο μικρότερο είναι το άνοιγμα τόσο βαθύτερα πρέπει να διατάσσονται οι σπλισμοί.

Οι υψίκορμες δοκοί συναντιούνται σαν φέροντα στοιχεία σε κατασκευές, τοιχώματα, παρειές δεξαμενών, διαφράγματα κ.λ.π. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η τοποθέτηση ενός δίσκου πάνω σ'ένα φέρον στοιχείο ωπλισμένου σκυροδέματος είναι λάθος μόρφωση. Σωστό είναι η κατάργηση του φέροντος στοιχείου (δοκού), και ο υπολογισμός του δίσκου σαν υψίκορμου φέροντος στοιχείου που φέρει από μόνο του τα φορτία και μάλιστα εργάζεται καλύτερα σχ1.2. Στην αντίθετη περίπτωση η δοκός κάτω του δίσκου μένει αδρανής και κρέμεται κατά κάποιον τρόπο από αυτόν. Η μόρφωση με τον τρόπο του σχ. 1.2(α) είναι άσκοπη, ενώ ενδείκνυται ο τρόπος του σχ1.2(β) με την δημιουργία ενός υψίκορμου φέροντος στοιχείου.



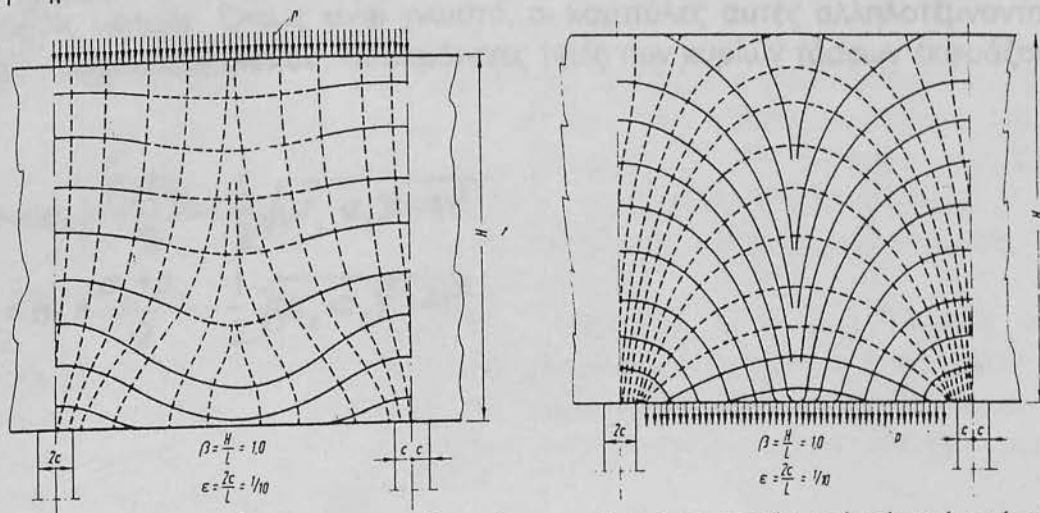
Σχ. 1.2 Διαμόρφωση του κάτω άκρου φερόντων τοίχων

1.2 Γενικά χαρακτηριστικά υψίκορμων δοκών

Χαρακτηριστικά των υψίκορμων δοκών είναι η μεγάλη ακαμψία που έχει σαν αποτέλεσμα την ευαισθησία τους σε υποχωρήσεις στηρίξεων, οπότε πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ασφαλείας. Επίσης οι ροπές ανοίγματος εμφανίζονται μεγαλύτερες και οι ροπές στηρίξεως μικρότερες σε σχέση με τους γραμμικούς φορείς. Στην κατανομή των τάσεων παίζει σημαντικό ρόλο το σημείο εφαρμογής του φορτίου καθ' ύψος της δοκού. Τα διαγράμματα των τάσεων διαφέρουν για φορτία στο άνω και στο κάτω σύνορο. Αυτό είναι αποτέλεσμα σχηματισμού των τάσεων σ_y που παίζουν σημαντικό ρόλο στις υψίκορμες δοκούς.

Τα εντατικά μεγέθη των υψίκορμων φορέων υπολογίζονται όπως και των άλλων φορέων. Στις δοκούς με υπερστατική στήριξη χρειάζεται προσοχή στο ότι και πολύ μικρές ακόμη παραμορφώσεις, κατά την κατακόρυφο (ακόμη και ελαστικές!) των στηρίξεων, μπορεί να μεταβάλλουν, λόγω της μεγάλης ακαμψίας των υψίκορμων δοκών, σημαντικά τις αντιδράσεις γι' αυτό το λόγο συνιστάται κατά την διαστασιολόγηση η επαύξηση των εντατικών μεγεθών του υπολογισμού. Επίσης προσοχή χρειάζεται στο ότι οι ροπές των ανοιγμάτων αυξάνονται και οι ροπές στηρίξεως μειώνονται σε σχέση με τις δοκούς σταθερής ακαμψίας με μεγάλη σχέση ανοίγματος προς ύψος.

Πειράματα φορτίσεως επιβεβαιώνουν την πορεία των κυρίων τάσεων. Για φορτίο από πάνω, οι εφελκυστικές τάσεις εμφανίζονται στο κάτω σύνορο και έχουν πολύ μικρή κλίση σχ 1.3. Για αναρτημένο φορτίο, οι εφελκυστικές τάσεις είναι απότομες και καλύπτουν σχεδόν όλο το ύψος του φορέα. Το φορτίο στην περίπτωση αυτή πρέπει να αναρτηθεί με κατακόρυφους συνδετήρες, στο θλιβόμενο τόξο, όπως γίνεται και για όλα τα αναρτημένα σε δοκούς φορτία.



σχ1.3 Τροχιές των κυρίων τάσεων συνεχούς υψίκορμης δοκού με φορτίο από πάνω ή από κάτω

Τα γνωστά από την τεχνική κάμψη με $\sigma_x = M / W$ κλπ. δεν μπορούν να εφαρμοστούν πια στις υψίκορμους δοκούς και τους κοντούς πρόβολους επειδή με την φόρτιση οι διατομές δεν παραμένουν επίπεδες υπόθεση Bernoulli, γραμμική σχέση μεταβολής μηκύνσεων ϵ) και επομένως ακόμη και για ιδανικά ελαστικό υλικό οι τάσεις σ_x δεν μεταβάλλονται γραμμικά. Υπάρχουν όμως και οι συνιστώσες των τάσεων σ_x , που προκαλούν εξωτερικές δυνάμεις, και οι διατμητικές τάσεις τ_{xy} που δεν μπορεί να θεωρούνται πια αμελητέες. Οι τάσεις άρα στους δίσκους και στις υψίκορμες δοκούς πρέπει να προσδιορίζονται με προσεκτική εξέταση όλων των συνθηκών ισορροπίας και παραμορφώσεων των εσωτερικών δυνάμεων.

Υποθέτοντας τον υψίκορμο φορέα σαν ομοιογενές, ισότροπο και ελαστικό υλικό μπορούμε με διάφορες μεθόδους να βρούμε την εντατική κατάσταση δηλ. τις τάσεις σε κάποιο σημείο του φορέα. Στην περίπτωση οπλισμένου σκυροδέματος ο φορέας υπολογίζεται στην κατάσταση I. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης είναι αρκετά για την διαστασιολόγηση του φορέα που στην γενική περίπτωση εργάζεται στο στάδιο II.

Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των τάσεων είναι οι ακόλουθες:

1. Την θεωρία των δίσκων με την τασεοσυνάρτηση του Airy.
2. Τις μεθόδους των πεπερασμένων στοιχείων ,με τριγωνικά κατά προτίμηση στοιχεία δίσκου.
3. Τη στατική σε μοντέλα
 - 3.1 Την φωτοελαστικότητα που είναι από τις πιο κατάλληλες μεθόδους για προβλή-
τα δίσκων.
 - 3.2 Τα μοντέλα του Araldit , με ροζέτες μετρήσεων μηκύνσεων.
 - 3.3 Τα μοντέλα από microbeton .
4. Για υψίκορμους δοκούς ο W. S c l e e h έχει βρη ότι η εικόνα των τάσεων λόγω επιβολής φορτίων μπορεί να ευρεθή με επαλληλία των καθαρών τάσεων του δίσκου λόγω τις επιβολής του φορτίου και τάσεων από κάμψη και διάτμηση που υπολογίζεται κατά τα γνωστά της κάμψεως, λόγω των εντατικών μεγεθών M και Q .

1.4 Κύριες τάσεις

Για να προσδιοριστούν οι οπλισμοί κατά το δυνατό με τις τροχιές των κυρίων τάσεων, πρέπει να είναι γνωστές οι κύριες τάσεις σ_1 και σ_2 σε μέγεθος και διεύθυνση. Οι ορθές τάσεις σ_x και σ_y οι συνιστώσες δηλαδή των τάσεων κατά τις διευθύνσεις των συντεταγμένων αξόνων, δεν είναι πάντα ακρότατες τιμές, αλλά ακρότατα είναι οι κύριες τάσεις που η διεύθυνσή τους μπορεί να αλλάζει μέσα στο δίσκο. Σαν τροχές τάσεων χαρακτηρίζονται καμπύλες, που η επαπτομένη τους σε κάθε σημείο δίνει την διεύθυνση μιας κύριας τάσεως. Όπως είναι γνωστό, οι καμπύλες αυτές αλληλοτέμνονται καθέτως σε όλα τα σημεία του δίσκου. Οι ακρότατες τιμές των κυρίων τάσεων εκφράζονται με τον τύπο:

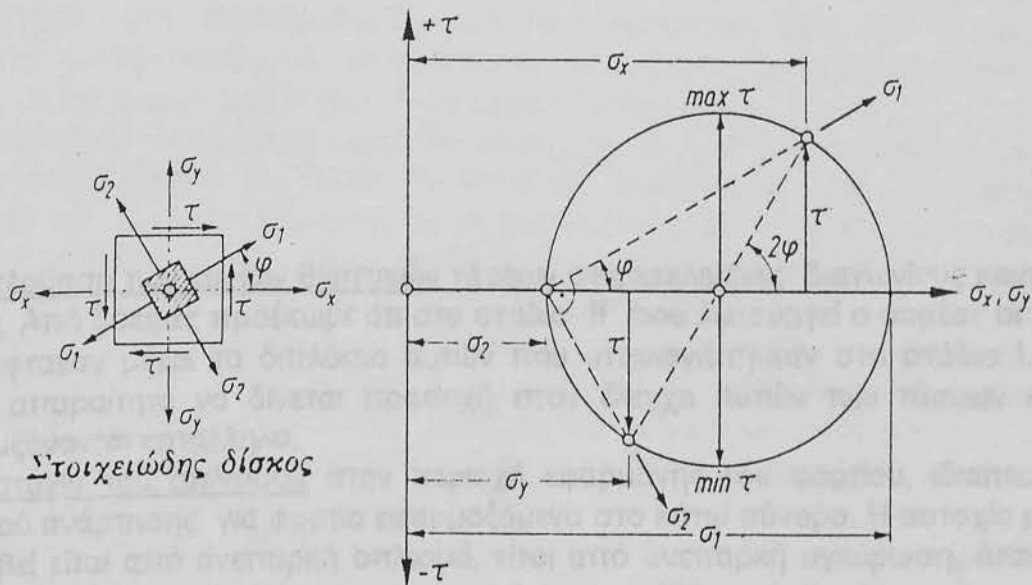
$$\max \sigma = \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$$

$$\min \sigma = \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$$

Η γωνία φ που ορίζεται μεταξύ μιας από τις δύο κύριες διευθύνσεις και του άξονα x , βρίσκεται με τον τύπο :

$$\tan 2\varphi = \frac{2\tau}{\sigma_x - \sigma_y}$$

Σαν κανόνας προσήμου ισχύει για εφελκυστικές τάσεις το αρνητικό πρόσημο(-), για θλιπτικές τάσεις το θετικό πρόσημο (+). Οι κύριες τάσεις καθορίζονται σε μέγεθος και διεύθυνση με τον κύκλο του Mohr.



Σχ. 1.4 Κύκλος τάσεων του Mohr

1.5 Αστοχία Υψίκορμων Δοκών

Η αστοχία των υψίκορμων δοκών μπορεί να προέλθει από τα ακόλουθα αίτια:

1. Από υπέρβαση της αντοχής του χάλυβα στο εφελκυσμένο πέλμα. Ο οπλισμός αυτός υπολογίζεται από τις τάσεις του σταδίου I και δίνουν μία δύναμη εφελκυσμού Z . Κατά την λειτουργία του φορέα σε στάδιο II οι τάσεις αυτές και η εφελκυστική δύναμη Z , παραμένουν μικρότερες από αυτές που υπολογίζονται στο στάδιο I, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται πρόσθετος υπολογισμός. Αυτό συμβαίνει γιατί με την μετατόπιση προς τα πάνω του ουδέτερου άξονα, αυξάνεται ο μοχλοβραχίονας της εφελκυστικής δύναμης Z . Η αστοχία συμβαίνει στον εφελκυσμένο οπλισμό, κατά κανόνα πριν την αστοχία της θλιβόμενης ζώνης με την προϋπόθεση ότι ο οπλισμός αυτός δεν είναι περισσότερος από τον απαιτούμενο για την παραλαβή της εφελκυστικής δυνάμεως Z .
2. Από αστοχία της αγκυρώσεως του οπλισμού. Επειδή η δύναμη εφελκυσμού παραμένει σταθερή κατά μήκος του οπλισμού μέχρι πολύ κοντά στη στήριξη η αγκύρωση πρέπει να γίνεται εξ' ολοκλήρου μέσα στην στήριξη. Μικρότερα μήκη αγκύρωσης προϋποθέτουν πολλές και λεπτές ράβδους οπλισμού σε στρώσεις ή και πλάκες αγκύρωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ ΣΕ ΥΠΟΚΟΡΜΩΣΕΣ ΦΟΡΕΙΣ

Οι τρέχουσες τάσεις τ σε ορθογώνιους φορείς που καταπορεύονται σε κόμμη, διαφέρουν από την γραμμική διαμεση στο στάδιο I με τον τύπο:

$$\tau = \frac{Q \cdot b}{I \cdot b} = \frac{Q}{I \cdot b}$$

όπου τ ο μέγιστος τριγωνικών ή ομοιόμορφων διγώνιων, b το πλάτος του φορέα και Q η τέμνουσα δύναμη στην εξεταζόμενη διατομή. Αν η διαμηριακή τάση που υπολογίζεται και αυτή τον τρόπο υπερβεί την υφιστάμενη τιμή, πρέπει να προληφθεί κλιμακός διαμελισμός με την υιοθέτηση λοιπών μέτρων ασφαλείας.

Λόγω ο σημαντικός διαμελισμός είναι να αποφευχθεί την τριάντη λοιπών κριτηρίων στο επιρροή τους είναι να είναι το σταθ. Ο σημαντικός διαμελισμός είναι να αποφευχθεί να αναλάβει από την ε τάση των αλλαγών η υφιστάμενη υφιστάμενη τους το σταθόλιμα

3. Από υπέρβαση των κύριων θλιπτικών τάσεων στις κεκλιμένες διαγωνίους κοντά στη στήριξη. Από δοκιμές προέκυψε ότι στο στάδιο II που λειτουργεί ο φορέας οι τάσεις αυτές έφταναν μέχρι το διπλάσιο αυτών που υπολογίστηκαν στο στάδιο I. Είναι λοιπόν απαραίτητο να δίνεται προσοχή στον έλεγχο αυτών των τάσεων και να προσαυξανονται κατάλληλα.
4. Από αστοχία του οπλισμού στην περιοχή εφαρμογής του φορτίου, ιδιαίτερα του οπλισμού ανάρτησης για φορτία εφαρμοζόμενα στο κάτω σύνορο. Η αστοχία μπορεί να συμβεί είτε από ανεπαρκή οπλισμό, είτε από ανεπαρκή αγκύρωση, όταν αυτή δεν προχωρεί αρκετά ψηλά μέσα στον φορέα.
5. Από ανακατανομές τάσεων, λόγω υποχώρησης στηρίξεων για στατικά αόρι-

στο φορέα. μέγιστων τριγωνικών ή ομοιόμορφων διγώνιων σχ.2γ, δηλαδή στο στάδιο II που οι κύριες τριγωνικές τάσεις δεν είναι ομοιόμορφες, πρέπει τότε να ανακατανομή τους από τον κόρφο στο σταθό. Με την υπέρβαση της εφιστάμενης αντοχής του σταθόλιμα κλιμακός μπορεί να συμβεί η ύφεση του σταθόλιμα στο μέσον του πλοήματος.



Σχ. 2 α) ομοιόμορφων φορέων, β) γ) ομοιόμορφων φορέων, γ) ύφεση του σταθόλιμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ ΣΕ ΥΨΙΚΟΡΜΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

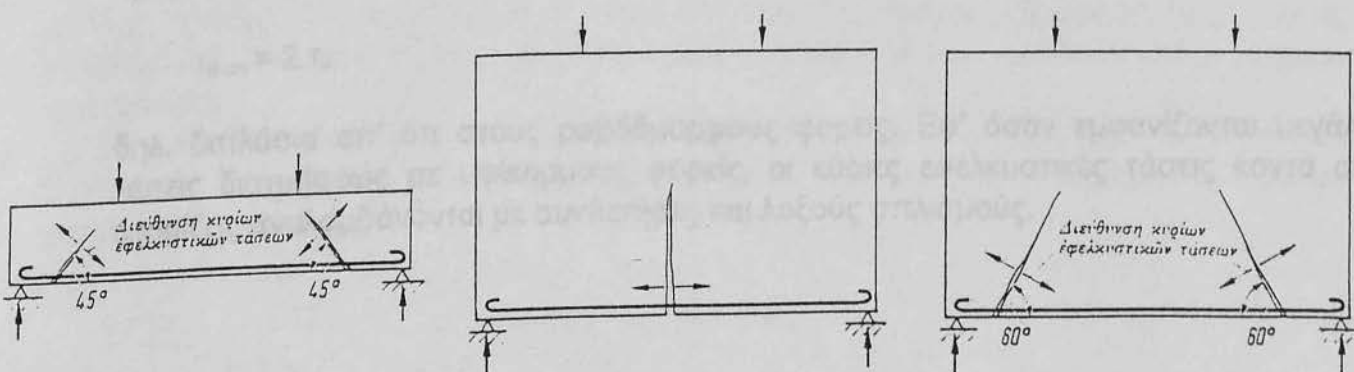
Οι τάσεις διατμήσεως τ σε ραβδόμορφους φορείς που καταπονούνται σε κάμψη, εκφράζονται κατά την γνωστή θεωρία στο στάδιο I με τον τύπο:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot b} = \frac{Q}{z \cdot b},$$

όπου z ο μοχλοβραχίων των εσωτερικών δυνάμεων, b το πλάτος του φορέα και Q η τέμνουσα δύναμη στην εξεταζόμενη διατομή. Αν η διατμητική τάση που υπολογίζεται κατ' αυτόν τον τρόπο υπερβεί την επιτρεπόμενη τιμή, πρέπει να προβλεφθή οπλισμός διατμήσεως με την μορφή λοξών οπλισμών και συνδετήρων.

Αυτός ο οπλισμός διατμήσεως όμως δεν εμποδίζει την εμφάνιση λοξών ρωγμών στο σκυρόδεμα, όπως δείχνει το σχ.2α. Ο οπλισμός διατμήσεως έχει προορισμό να αναλάβει μετά την εμφάνιση των ρωγμών τις εφελκυστικές δυνάμεις που το σκυρόδεμα δε μπορεί πια να πάρει. Οι ρωγμές σε ραβδόμορφους φορείς έχουν κοντά στις στηρίξεις κλίση μικρότερη από 45° περίπου. Όταν αναληφθούν αυτές οι κύριες εφελκυστικές τάσεις με συνδετήρες και με λοξούς οπλισμούς, μπορεί να παρεμποδιστή η θραύση μέχρι να διαρρεύσει ο κύριος οπλισμός ή να αστοχήσει το σκυρόδεμα της θλιβόμενης ζώνης. Αν όμως συνδετήρες και λοξός οπλισμός δεν επαρκούν, τότε μπορεί η δοκός πρόωρα να θραυστή με απότομο ψαλιδισμό του σκυροδέματος πάνω από την ουδετέρα γραμμή, που δεν συνεθλίβη ακόμη, και με κοπή του εφελκυσμένου οπλισμού.

Σε υψίκορμους φορείς ωστόσο κατά το σχ.2β, με υπέρβαση του σταδίου I εμφανίζονται αρχικά τριχοειδείς ρωγμές, που εδώ είναι πιο κατακόρυφες από ότι στους ραβδόμορφους φορείς, με κλίση περίπου 60° . Τότε οι εφελκυστικές τάσεις πρέπει να αναληφθούν μόνο από τον οπλισμό του κάτω συνόρου. Κατά την εμφάνιση μεγαλύτερων τοπικών εφελκυστικών δυνάμεων σχ.2γ, δηλαδή στο στάδιο II που οι κύριες εφελκυστικές τάσεις δεν είναι οριζόντιες, πρέπει τότε να αναλυθούν μόνο από τον κύριο οπλισμό. Με την υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής του οπλισμού κάμψεως μπορεί να συμβεί η θραύση του δίσκου στο μέσον του ανοίγματος.



Σχ. 2 α) ραβδόμορφων φορέων , β) Υψίκορμων , γ) θραύση του δίσκου

Πειράματα του Schutt έδειξαν ότι οι εμφανιζόμενες στο μέσον του κάτω συνόρου ρωγμές εφελκυσμού από κάμψη δεν προκαλούν θραύση του δίσκου στις περισσότερες περιπτώσεις, αλλά ότι οι θραύσεις μέσω ψαλιδισμών κοντά στις στηρίξεις ήταν η αιτία της αστοχίας των υψίκορμων δοκών. Ο συνήθης υπολογισμός διατμήσεως δεν είναι αυτούσιος εφαρμόσιμος σε υψίκορμους φορείς, γιατί οι διατμητικές τάσεις μεταβάλλονται συνεχώς κατά μήκος του ύψος του φορέα. Όταν λείπουν βασικά στοιχεία, προτείνεται να υπολογίζονται οι διατμητικές τάσεις ως εξής :

Η διατμητική τάση εκφράζεται ως εξής :

$$\tau_o = \frac{Q}{h \cdot d'}$$

όπου το h το πάχος του φορέα και d' ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων στο στάδιο II, χωρίς συνεπώς εφελκυστική λειτουργία του σκυροδέματος. Κατά τους αμερικάνικους κανονισμούς για οπλισμένο σκυροδέμα έχουμε:

$$d' = \frac{7 H'}{8}$$

όπου H' το στατικό ύψος του φορέα. Προκύπτει έτσι :

$$\tau_o = \frac{Q}{h \cdot 7/8 H'} = \frac{8 Q}{7 \cdot h \cdot H'}$$

Για υψίκορμους φορείς προϋποτίθεται μια υψηλότερη επιτρεπόμενη διατμητική τάση:

$$\tau_{o \text{ επ}} = \frac{1}{3} \cdot \tau_o \cdot (1+5\beta)$$

όπου τ_o σ' αυτόν τον τύπο η επιτρεπόμενη τάση διατμήσεως κατά τους γερμανικούς κανονισμούς ωπλισμένου σκυροδέματος. Η αυξημένη τάση διατμήσεως ισχύει μόνο για τιμές του $\beta \geq 2/5$. Για $\beta=1$ προκύπτει:

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_o$$

δηλ. διπλάσια απ' ότι στους ραβδόμορφους φορείς. Εφ' όσον εμφανίζονται μεγάλες τάσεις διατμήσεως σε υψίκορμους φορείς, οι κύριες εφελκυστικές τάσεις κοντά στις στηρίξεις αναλαμβάνονται με συνδετήρες και λοξούς οπλισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΟΡΜΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΟΛΟΣΩΜΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1 Περιορισμός των κύριων θλιπτικών τάσεων

Αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 ότι η κύρια λοξή τάση κοντά στις στηρίξεις είναι αίτιο αστοχίας των υψίκορμων δοκών. Η οριζόντια θλιπτική τάση σ_x λόγω κάμψης δεν είναι κατά κανόνα δυσμενής. Το γεγονός αυτό απαιτεί έλεγχο της κύριας θλιπτικής τάσης που λόγω της ρηγμάτωσης αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με αυτή που υπολογίστηκε στο στάδιο I. Μπορούμε όμως να αποφύγουμε έναν τέτοιο έλεγχο αν κρατήσουμε την πίεση της εδράσεως στη στήριξη κάτω από ορισμένη τιμή. Αν P η πίεση της στήριξης, αυτή θα είναι $P = A / C \cdot h$, όπου A η αντίδραση στηρίξεως, C το πλάτος της στήριξης και h το πάχος της δοκού. Ο έλεγχος αυτός περιπεύει όταν για το 2,1-πλάσιο φορτίο λειτουργίας δεν υπερβαίνει τις επόμενες τιμές:

1. στην ακραία στήριξη : $P_u \leq 0,8 \beta_R$

2. για εσωτερικές στηρίξεις : $P_u \leq 1,2 \beta_R$

Προϋπόθεση είναι η ζώνη εδράσεως να περιβάλλεται με συνδετήρες κοντά στην στήριξη και να μην διαταράσσεται από όρθια άγκυστρα ή ράβδους μεγάλης διαμέτρου που προκαλούν διάρρηξη.

Η πίεση $P_u = 2,1P$ προκύπτει από την n -πλάσια αντίδραση που εν γένει υπολογίζεται όπως στις δοκούς μεγάλου ύψους :

$$\text{υπαρχ } P_u = \frac{2,1 A}{C \cdot b}$$

με C = πλάτος εδράσεως και b = πάχος δίσκου. Το πλάτος εδράσεως που πρέπει να βάλουμε δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερο από το 1/5 του μικρότερου των γειτονικών ανοιγμάτων.

Στην περίπτωση που η στήριξη φέρει ενισχύσεις ή είναι έμμεση τότε το μέτρο για τον έλεγχο της κύριας θλιπτικής τάσης λαμβάνεται η τέμνουσα Q , η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή :

$$\max Q_u \leq 0.19 \cdot H \cdot h \cdot \beta_R \frac{L}{L - C},$$

όπου H το ύψος της δοκού, h το πάχος της δοκού, L το μήκος ανοίγματος και C το πλάτος στηρίξεως .

3.2 Φορτίσεις και επιτρεπόμενες τάσεις

Οι φορτίσεις υψίκορμων φορέων είναι είτε ομοιόμορφα φορτία p είτε συγκεντρωμένα φορτία P με σχετικά μικρό πλάτος ενεργείας. Στον υπολογισμό οι τιμές πρέπει να εισάγονται ανά μονάδα πάχους δίσκου, δηλ. για ομοιόμορφο φορτίο p/h και για συγκεντρωμένα $P/L.h$. Το συνεργαζόμενο ύψος πρέπει να τίθεται περίπου ίσο με το άνοιγμα. Για τον προκαθορισμό του πάχους του φορέα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο :

$$h = (0,04 \text{ ως } 0,05) \cdot \sqrt{M_F} \geq 15 \text{ cm}$$

όπου M_F η ροπή κάμψεως στο μέσον του ανοίγματος. Για κατασκευαστικούς λόγους θα πρέπει να δεχτούμε σαν ελάχιστο πάχος για τα τοιχώματα των κυψελών σε συλότα 15 cm. Ακόμη και για το μικρό αυτό πάχος, ο κίνδυνος λυγισμού ή κυρτώσεως υψίκορμων φορέων, εκτός από την περιοχή των στηρίξεων, δεν υπάρχει.

Για κάθε μορφή φορέα υπάρχουν χαρακτηριστικές τομές, που είναι κρίσιμες για τον υπολογισμό, οι οποίες είναι :

- Για συνεχής δοκούς και αμφίπακτους δίσκους το μέσον του ανοίγματος και ο άξονας στηρίξεως ή η θέση πακτώσεως.
- Για αμφιέριστους στο μέσον του ανοίγματος.
- Για μονόπακτους δίσκους (προβόλους) η θέση πακτώσεως .

Ο απαιτούμενος σπλισμός για τις τάσεις εφελκυσμού σ_x σ'αυτές τις χαρακτηριστικές τομές είναι ο κύριος σπλισμός.

Ο σπλισμός των υψίκορμων δοκών πρέπει να προσαρμόζεται στις τροχιές των τάσεων και να βρίσκονται πάντα εκεί όπου εμφανίζονται αξιόλογες δυνάμεις εφελκυσμού ή διατμήσεως. Μπορούμε να μορφώσουμε τον σπλισμό είτε σαν δίκτυο τροχιών ή σαν ορθογωνικό δίκτυο. Ο κύριος σπλισμός θα υπολογίζεται για το ολοκλήρωμα Z της οριζόντιας σφήνας των εφελκυστικών τάσεων:

$$F_{eI \text{ απαιτ}} = \frac{Z_I}{\sigma_{e \text{ επ}}}$$

όπου Z_I η συνισταμένη των εφελκυστικών τάσεων στο μέσον του ανοίγματος. Η επιτρεπόμενη τάση χάλυβος $\sigma_{e \text{ επ}}$ είναι:

για δομικό χάλυβα Bst 22/34 1250 kp/cm²
για δομικό χάλυβα Bst 42/50 και Bst 50/55 2400 kp/cm²

Επιτρεπόμενες θλιπτικές τάσεις σκυροδέματος $\sigma_{bd \text{ επ}}$ είναι για :

για ποιότητα σκυροδέματος Bn 150	500 N/cm ²	(50 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος Bn 250	850 N/cm ²	(85 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος Bn 350	1200 N/cm ²	(120 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος Bn 450	1550 N/cm ²	(155 kp/cm ²)

3.2 Φορτίσεις και επιτρεπόμενες τάσεις

Οι φορτίσεις υψίκορμων φορέων είναι είτε ομοιόμορφα φορτία p είτε συγκεντρωμένα φορτία P με σχετικά μικρό πλάτος ενεργείας. Στον υπολογισμό οι τιμές πρέπει να εισάγονται ανά μονάδα πάχους δίσκου, δηλ. για ομοιόμορφο φορτίο p/h και για συγκεντρωμένα $P/L.h$. Το συνεργαζόμενο ύψος πρέπει να τίθεται περίπου ίσο με το άνοιγμα. Για τον προκαθορισμό του πάχους του φορέα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο :

$$h = (0,04 \text{ ως } 0,05) \cdot \sqrt{M_F} \geq 15 \text{ cm}$$

όπου M_F η ροπή κάμψεως στο μέσον του ανοίγματος. Για κατασκευαστικούς λόγους θα πρέπει να δεχτούμε σαν ελάχιστο πάχος για τα τοιχώματα των κυψελών σε συλό τα 15 cm. Ακόμη και για το μικρό αυτό πάχος, ο κίνδυνος λυγισμού ή κυρτώσεως υψίκορμων φορέων, εκτός από την περιοχή των στηρίξεων, δεν υπάρχει.

Για κάθε μορφή φορέα υπάρχουν χαρακτηριστικές τομές, που είναι κρίσιμες για τον υπολογισμό, οι οποίες είναι :

- α) Για συνεχής δοκούς και αμφίπακτους δίσκους το μέσον του ανοίγματος και ο άξονας στηρίξεως ή η θέση πακτώσεως.
- β) Για αμφιέριστους στο μέσον του ανοίγματος.
- γ) Για μονόπακτους δίσκους (προβόλους) η θέση πακτώσεως .

Ο απαιτούμενος σπλισμός για τις τάσεις εφελκυσμού σ_x σ'αυτές τις χαρακτηριστικές τομές είναι ο κύριος σπλισμός.

Ο σπλισμός των υψίκορμων δοκών πρέπει να προσαρμόζεται στις τροχιές των τάσεων και να βρίσκονται πάντα εκεί όπου εμφανίζονται αξιόλογες δυνάμεις εφελκυσμού ή διατμήσεως. Μπορούμε να μορφώσουμε τον σπλισμό είτε σαν δίκτυο τροχιών ή σαν ορθογωνικό δίκτυο. Ο κύριος σπλισμός θα υπολογίζεται για το ολοκλήρωμα Z της οριζόντιας σφήνας των εφελκυστικών τάσεων:

$$F_{e \text{ απαιτ}} = \frac{Z_1}{\sigma_{e \text{ επι}}}$$

όπου Z_1 η συνισταμένη των εφελκυστικών τάσεων στο μέσον του ανοίγματος. Η επιτρεπόμενη τάση χάλυβος $\sigma_{e \text{ επι}}$ είναι:

για δομικό χάλυβα Bst 22/34 1250 kp/cm²
 για δομικό χάλυβα Bst 42/50 και Bst 50/55 2400 kp/cm²

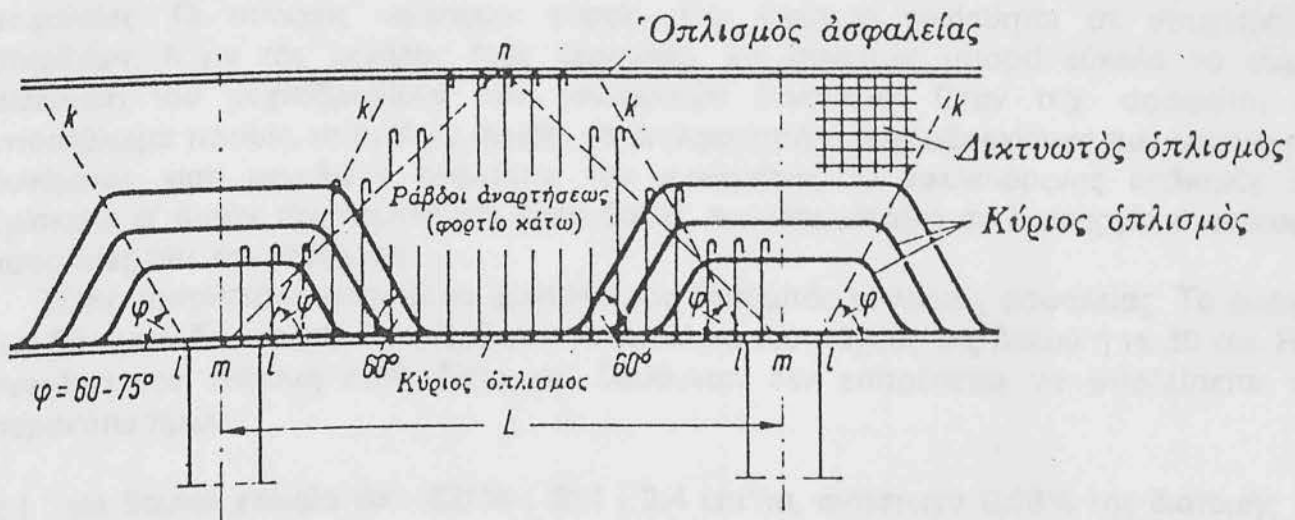
Επιτρεπόμενες θλιπτικές τάσεις σκυροδέματος $\sigma_{bd \text{ επι}}$ είναι για :

για ποιότητα σκυροδέματος	Bn 150	500 N/cm ²	(50 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος	Bn 250	850 N/cm ²	(85 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος	Bn 350	1200 N/cm ²	(120 kp/cm ²)
για ποιότητα σκυροδέματος	Bn 450	1550 N/cm ²	(155 kp/cm ²)

Ο κύριος οπλισμός πρέπει να διατάσσεται παράλληλα προς τα σύνορα του δίσκου και να κατανέμεται για τη δύναμη Z_{II} πάνω από την στήριξη ανάλογα με τις τάσεις σ_x .

3.3 Οπλισμός συνεχούς υψίκορμων δοκών

Στο άνοιγμα υπολογίζεται η δύναμη εφελκυσμού Z από την οποία βρίσκουμε την απαιτούμενη διατομή οπλισμού $Fe = Z / \sigma_{e \text{ επ}}$. Ο οπλισμός διατάσσεται πάνω από το κάτω σύνορο σε όλο το μήκος του φορέα, ίσος περίπου με το 40-50% του κυρίου οπλισμού Fe_I και που πρέπει να οδηγείται χωρίς διακοπή (μάτιση) ή συγκόλληση πάνω από τις στηρίξεις. Για να ακολουθούν οι οπλισμοί περίπου τις κύριες εφελκυστικές τάσεις, οι υπόλοιπες ράβδοι του κυρίου οπλισμού ανακάμπτονται πάνω από τις στηρίξεις γενικά υπό γωνία 60° και μάλιστα μέχρι τις λοξές ευθείες ι-κ, σχ.3.1 που και αυτές έχουν κλίση ως προς το κάτω σύνορο υπό γωνία $\varphi = 60 - 75^\circ$.



σχ. 3.1 - Οπλισμός συνεχούς υψίκορμης δοκού

Πάνω από τη στήριξη ο οπλισμός υπολογίζεται από τον ίδιο τύπο : $Fe = Z / \sigma_{e \text{ επ}}$. Οι ράβδοι του οπλισμού δεν πρέπει μπαίνουν κοντά στο άνω σύνορο, αλλά να κατανέμονται μέσα στο δίσκο σε μια μεγάλη περιοχή. Το κέντρο βάρους του εφελκυσμένου οπλισμού Fe_I πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο βάρους του εφελκυστικού διαγράμματος στον άξονα στηρίξεως, να πέφτει συνεπώς σε απόσταση $d_o + d$ από το κάτω σύνορο. Ο διαμήκης πρόσθετος οπλισμός τοποθετείται για λόγους ασφαλείας στο πάνω πέλμα και έχει σκοπό να παραλάβει τυχούσες εφελκυστικές τάσεις, από υποχωρήσεις στηρίξεων μια και οι υψίκορμοι φορείς λόγω μεγάλης ακαμψίας είναι ευαίσθητοι σ' αυτές. Στην περίπτωση δίσκου μεγάλου ύψους (ημιδίσκου), αυτός ο οπλισμός τοποθετείται σε ύψος $H=L$.

Όταν το ομοιόμορφο φορτίο p (t / m) ενεργεί στο κάτω σύνορο, όπως π.χ. σε κρεμασμένα χωνιά σιλό, το αναρτημένο φορτίο πρέπει να αναλαμβάνεται με οπλισμό ανάρτησης (κατακόρυφος οπλισμός), που έχει σκοπό να παραλάβει τις κατακόρυφες τάσεις σ_y . Η διατομή του οπλισμού ανάρτησης υπολογίζεται με χαμηλότερη τάση χάλυβος :

$$\max \sigma_{\epsilon \pi} = 2000 \text{ Kp / cm}^2 \text{ (} 20 \text{ t / m}^2 \text{)}$$

και οπλισμό ανάρτησεως :

$$F_{\epsilon \text{αναρτ}} = \frac{p}{2000} \text{ cm}^2/\text{m.}$$

Προσοχή χρειάζεται στην αγκύρωση των ράβδων αυτών οι οποίες πρέπει να αγκυρώνονται τουλάχιστο μέχρι τη γραμμή m-n-m σχ.3.1. Στην περίπτωση ημιδίσκου το σημείο n βρίσκεται σε ύψος $H=L$, μέχρι το οποίο είναι αρκετό να φτάνουν οι ράβδοι ανάρτησης. Η καλύτερη διάταξη των ράβδων ανάρτησης είναι σε σχήμα βεντάλιας αν δεν έχει πρόσθετη κατασκευαστική δυσκολία.

Ακόμη ενδείκνυται, να μπαίνει κοντά στο άνω σύνορο ένας συνεχής οπλισμός ασφαλείας. Οι συνεχείς υψίκορμοι φορείς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε υποχωρήσεις στηρίξεων, λόγω της μεγάλης τους ακαμψίας, και συνεπώς μπορεί εύκολα να συμβεί αλλοίωση του μοχλοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων. Όταν π.χ. αφαιρείται ένα υποστύλωμα τελείως, μπορεί να συμβή, να διπλασιαστή ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων, γιατί μεγαλώνει αναλόγως του ανοίγματος. Ο εφελκυσμένος οπλισμός $F_{\epsilon \pi}$ βρίσκεται σ' αυτήν την περίπτωση πολύ βαθιά, και τότε μπαίνει σε λειτουργία ο οπλισμός ασφαλείας του άνω συνόρου.

Τέλος τοποθετείται στην δοκό αμφίπλευρος δικτυωτός οπλισμός ασφαλείας. Το άνοιγμα των βρόγχων δεν πρέπει να υπερβαίνει το διπλάσιο του πάχους της δοκού ή τα 30 cm. Η δε συνολική του διατομή κατά δίκτυ και διεύθυνση δεν επιτρέπεται να υπολείπεται των παρακάτω τιμών :

- α) για δομικό χάλυβα Bst 22/34 (St I) $2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$, αντίστοιχα 0,08% της διατομής του σκυροδέματος.
- β) για δομικό χάλυβα Bst 42/50 (St II) και Bst 50/55 (St IV) $1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$, αντίστοιχα 0,05% της διατομής του σκυροδέματος.

3.4 Οπλισμός ακραίων ανοιγμάτων συνεχούς δοκού

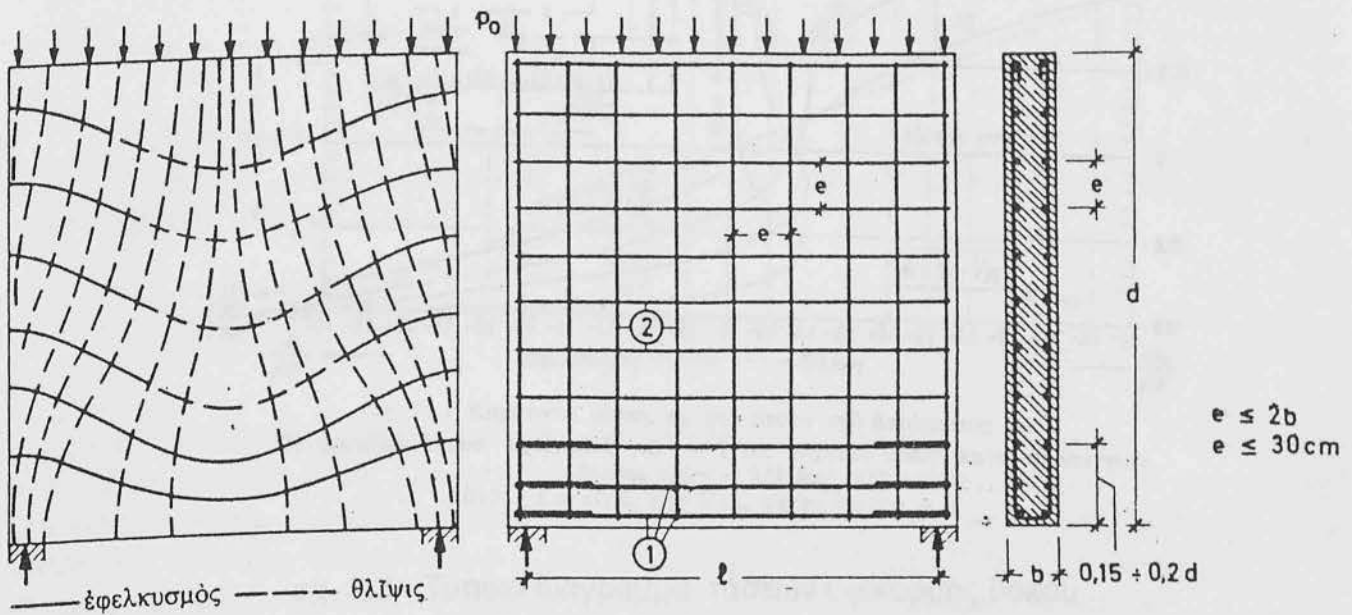
Σύμφωνα με την υπόθεση του Pfeiffer, οι αντιδράσεις των ακραίων στηρίξεων είναι σημαντικά μεγαλύτερες απ' ότι στη συνήθη θεωρία των δοκών, εκείνες των μεσσαίων στηρίξεων αντιστοίχως μικρότερες. Έτσι προκύπτει μεγαλύτερη ροπή κάμψης για το ακραίο άνοιγμα. Έξ' άλλου, η συνισταμένη των εφελκυστικών τάσεων στο ακραίο άνοιγμα για $\beta=1,0$ και $\epsilon=1/10$, είναι $Z=0,17 \text{ pL}$, είναι λίγο μικρότερη από την εφελκυστική δύναμη της αμφιερείστου ($Z=0,193 \text{ pL}$). Συνιστάται συνεπώς, ο κύριος οπλισμός ακραίου ανοίγματος μιας συνεχούς δοκού να υπολογίζεται και διαμορφώνεται όπως και στην αμφιερείστο.

Η εφελκυστική δύναμη για τον εφελκυσμένο οπλισμό πάνω από την πρώτη στήριξη ενός φορέα τεσσάρων ανοιγμάτων κατά Pfeiffer για $\beta=1,0$, $Z=0,242 \text{ pL}$, ενώ για τις στηρίξεις φορέα απείρων ανοιγμάτων είναι $Z=0,212 \text{ pL}$. Αυτό σημαίνει ότι πάνω από την πρώτη εσωτερική στήριξη συνεχούς δοκού πρέπει να τοποθετηθεί οπλισμός κατά 20% περισσότερος απ' ότι πάνω από τις μεσσαίες στηρίξεις. Στο δεύτερο ακραίο άνοιγμα προκύπτει επίσης εφελκυστική δύναμη κατά 20% μεγαλύτερη ($Z=0,105 \text{ pL}$ αντί $Z=0,083 \text{ pL}$) απ' ότι στα μεσσαία ανοίγματα συνεχούς δοκού, με αντίστοιχα περισσότερο οπλισμό.

3.5 Οπλισμός αμφιέριστης υψίκορμης δοκού

Ουσιώδες είναι ότι στους υψίκορμους αμφιέριστους φορείς, η κλίση των εφελκυστικών τροχιών είναι πολύ μικρή σχ 3.2, και επομένως ο κύριος οπλισμός πρέπει να διατάσσεται κυρίως πάνω από το κάτω πέλμα της δοκού, συνεχείς χωρίς διακοπή ή συγκόλληση. Ο οπλισμός πέλματος, υπολογιζόμενος διά την μέγιστη δύναμη εφελκυσμού Z , πρέπει να κατανέμεται σε ύψος $0,15 - 0,20H$ και να αγκυρώνεται εις στην περιοχή των στηρίξεων για δύναμη $0,8 Z$ με οριζόντια άγκυστρα όπως δείχνει το σχ.3.2. Εις το υπόλοιπο ύψος του φορέα τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός πλέγματος όπου οι αποστάσεις των ράβδων δεν πρέπει να υπερβαίνουν το διπλάσιο του πάχους ή τα 30 cm . Οι υψηλές τάσεις εφελκυσμού κοντά στη στήριξη απαιτούν πολλές φορές, πρόσθετο ανακαπτόμενο λοξό οπλισμό, ο οποίος πρέπει να φτάνει στο άκρο του φορέα και να αγκυρώνεται κατάλληλα.

Τα κατακόρυφα άκρα και οι ακραίες ράβδοι πρέπει να περιβάλλονται με οριζοντίους ράβδους, υπό μορφή συνδετήρων, οι οποίες κοντά στις στηρίξεις και ειδικά σε φέρουσες κατασκευές, όπως υποστυλώματα ή προεξοχές τοιχωμάτων, πρέπει να είναι πυκνότερες σε σχέση με τις άλλες περιοχές .



σχ. 3.2 - Μορφή των τροχιών κυρίων τάσεων και οπλισμός αμέσως στηριζομένης υψίκορμης δοκού

3.6 Αναφορά στους πίνακες

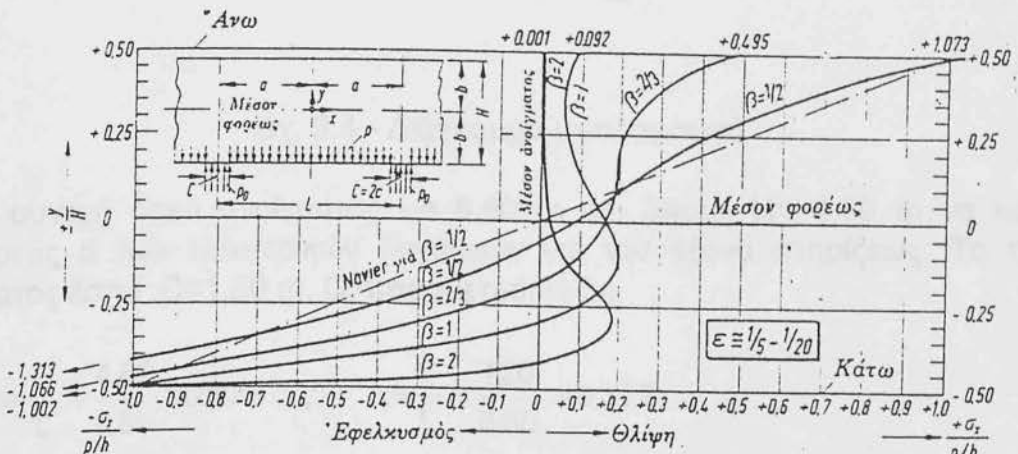
Στις προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκε ότι η ακριβής μέθοδος για την εύρεση της εντατικής κατάστασης είναι οι εξισώσεις τις ελαστικότητας. Αυτές όμως δεν μπορούν να λυθούν παρά μόνο με υπολογιστή. Αν αυτές οι εξισώσεις λυθούν για διάφορες περιπτώσεις διαστάσεων, στηρίξεων και φορτίσεων, είναι δυνατόν με τα αποτελέσματα να συναχθούν πίνακες και νομογραφήματα που να δίνουν την εντατική κατάσταση του φορέα σε κάθε περίπτωση φορτίσεως. Για το σκοπό αυτό ορίζονται μερικές παράμετροι στις οποίες

αναφέρονται τα δεδομένα του προβλήματος και με βάση αυτές συντάσσονται οι παραπάνω πίνακες και νομογραφήματα.

Η εργασία αυτή έχει γίνει από τον THEIMER στο βιβλίο του «Πίνακες υπολογισμού υψίκορμων ολόσωμων φορέων οπλισμένου σκυροδέματος» όπου δίνονται οι κατανομές των τάσεων για 16 συνολικά συνδιασμούς φορτίσεων και διαστάσεων. Οι παράμετροι που έχουν εισαχθεί είναι το μήκος L, το ύψος H, το πάχος h της δοκού, το πλάτος στηρίξεως C=2c, οι λόγοι $\beta=H/L$ και $\epsilon=C/L$.

Οι πίνακες αυτοί και τα νομογραφήματα δίνουν :

1. Την κατανομή των τάσεων σ_x στο μέσον του ανοίγματος και στον άξονα στηρίξεως.
2. Τις δυνάμεις εφελκυσμού και θλίψεως (Z η εφελκυστική και D η θλιπτική δύναμη).
3. Την κατανομή των τάσεων σ_y σ' όλο το μήκος του φορέα .
4. Τις αποστάσεις της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο y_0 , το μοχλοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων d, την απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο d_0 .
5. Τις τροχιές των κυρίων τάσεων.



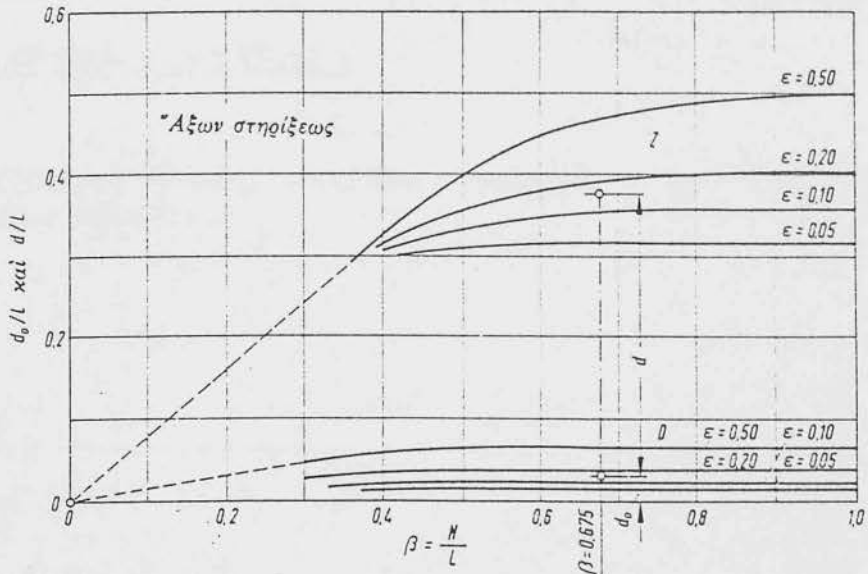
Σχ. Ι - Ι Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος Ι - Ι
 Οι καμπύλες έχουν σχεδιαστεί για $\epsilon = 1/10$, Ισχύουν όμως κατά προσέγγιση
 επίσης για $\epsilon = 1/5$ έως $1/20$
 Λόγοι : $\beta = H/L$, $\epsilon = C/L$, πάχος δίσκου = h

σχ. 3.3 - Τυπικό διάγραμμα τάσεων υψίκορμης δοκού

Οι τιμές αυτές προκύπτουν είτε απ' ευθείας από τους πίνακες υπολογισμού ή με μέτρηση ανάμεσα στις άνω και στις κάτω καμπύλες των αντίστοιχων διαγραμμάτων. Για λόγους απλότητας τα διαγράμματα αυτά τυπώθηκαν έτσι, ώστε η μονάδα μετρήσεως του L να είναι 10 cm και να μπορούμε να διαβάζουμε τις τιμές των d_0 και d απ' ευθείας με υποδεκάμετρο. Για εποπτικούς λόγους έχει προστεθεί σε κάθε πίνακα μια στατική εικόνα και ένα σχηματικό σκαρίφημα της χαρακτηριστικής κατανομής των τάσεων σ_x .

Εκτός από τις τάσεις σ_x έχουν συμπεριληφθεί στους πίνακες και η κατανομή των τάσεων σ_y καθώς και οι τροχιές των κυρίων τάσεων. Οι καμπύλες αυτές έχουν σκοπό να καταστήσουν σαφές στο μελετητή, πως πραγματοποιείται η μεταβίβαση των θλιπτικών δυνάμεων προς τις στηρίξεις. Η διεύθυνση των λοξών κύριων εφελκυστικών δυνάμεων αποτελεί στοιχείο για την ορθή τοποθέτηση και κλίση των λοξών οπλισμών.

Για να γίνει εποπτικώτερος ο τρόπος χρήσεως των πινάκων, παρατήθεται παρακάτω μια πρακτική εφαρμογή.



σχ. 3.4 - Διάγραμμα υπολογισμού

Σε μια συνεχή δοκό ανοίγματος $L = 6,80 \text{ m}$ και ύψους $H = 4,60 \text{ m}$ να καθοριστή ο μοχλοβραχίονας d των εσωτερικών δυνάμεων για τον άξονα στηρίξεως. Το πλάτος του υποστυλώματος έστω $C = 1,20 \text{ m}$. Οι παράμετροι είναι:

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{4,60}{6,80} = 0,675 \quad , \quad \epsilon = \frac{C}{L} = \frac{1,20}{6,80} = 0,177.$$

Στην περίπτωση αυτή ισχύει το διάγραμμα του πίνακος I, Σχήμα I / II -7b, για τον προσδιορισμό των d_0 και d στον άξονα στηρίξεως. Στο διάγραμμα του σχ. 3.4 έχει χαραχθεί στον άξονα τετμημένων η τιμή $\beta = 0,675$. Η τεταγμένη ανάμεσα στα παρεμβεβλημένα σημεία αναφοράς των καμπυλών ϵ και D και Z είναι ήδη το μέτρο του μοχλοβραχίονος d των εσωτερικών δυνάμεων. Με απ' ευθείας μέτρηση με το υποδεκάμετρο προκύπτει :

$$\frac{d+d_0}{L} = 0,375 \quad , \quad \frac{d}{L} = 0,348 \quad , \quad \frac{d_0}{L} = 0,375 - 0,348 = 0,027.$$

Πολλαπλασιάζοντας με το άνοιγμα έχουμε :

$$\begin{aligned} d &= 0,348 \cdot 6,80 = 2,37 \text{ m} \\ d_0 &= 0,027 \cdot 6,80 = 0,18 \text{ m} \\ d+d_0 &= 2,37 + 0,18 = 2,55 \text{ m} \end{aligned}$$

Ο θλιβόμενος οπλισμός συνεπώς στη στήριξη πρέπει να τεθεί αμέσως πάνω από το κάτω σύνορο. Ο εφελκούμενος οπλισμός πρέπει αντίθετα να κατανομηθεί έτσι, που το κέντρο βάρους του να βρίσκεται σε απόσταση 2,55 m από το κάτω σύνορο. Όλοι οι άλλοι πίνακες μπορούν να αξιοποιηθούν με παρόμοιο τρόπο.

Πίνακας 4.1

Πίνακας 4.2

Πίνακας 4.3

Πίνακας 4.4

Πίνακας 4.5

Πίνακας 4.6

Πίνακας 4.7

Πίνακας 4.8

Πίνακας 4.9

Πίνακας 4.10

Πίνακας 4.11

Πίνακας 4.12

Πίνακας 4.13

Πίνακας 4.14

Πίνακας 4.15

Πίνακας 4.16

Πίνακας 4.17

Πίνακας 4.18

Πίνακας 4.19

Πίνακας 4.20

Πίνακας 4.21

Πίνακας 4.22

Πίνακας 4.23

Πίνακας 4.24

Πίνακας 4.25

Πίνακας 4.26

Πίνακας 4.27

Πίνακας 4.28

Πίνακας 4.29

Πίνακας 4.30

Πίνακας 4.31

Πίνακας 4.32

Πίνακας 4.33

Πίνακας 4.34

Πίνακας 4.35

Πίνακας 4.36

Πίνακας 4.37

Πίνακας 4.38

Πίνακας 4.39

Πίνακας 4.40

Πίνακας 4.41

Πίνακας 4.42

Πίνακας 4.43

Πίνακας 4.44

Πίνακας 4.45

Πίνακας 4.46

Πίνακας 4.47

Πίνακας 4.48

Πίνακας 4.49

Πίνακας 4.50

Πίνακας 4.51

Πίνακας 4.52

Πίνακας 4.53

Πίνακας 4.54

Πίνακας 4.55

Πίνακας 4.56

Πίνακας 4.57

Πίνακας 4.58

Πίνακας 4.59

Πίνακας 4.60

Πίνακας 4.61

Πίνακας 4.62

Πίνακας 4.63

Πίνακας 4.64

Πίνακας 4.65

Πίνακας 4.66

Πίνακας 4.67

Πίνακας 4.68

Πίνακας 4.69

Πίνακας 4.70

Πίνακας 4.71

Πίνακας 4.72

Πίνακας 4.73

Πίνακας 4.74

Πίνακας 4.75

Πίνακας 4.76

Πίνακας 4.77

Πίνακας 4.78

Πίνακας 4.79

Πίνακας 4.80

Πίνακας 4.81

Πίνακας 4.82

Πίνακας 4.83

Πίνακας 4.84

Πίνακας 4.85

Πίνακας 4.86

Πίνακας 4.87

Πίνακας 4.88

Πίνακας 4.89

Πίνακας 4.90

Πίνακας 4.91

Πίνακας 4.92

Πίνακας 4.93

Πίνακας 4.94

Πίνακας 4.95

Πίνακας 4.96

Πίνακας 4.97

Πίνακας 4.98

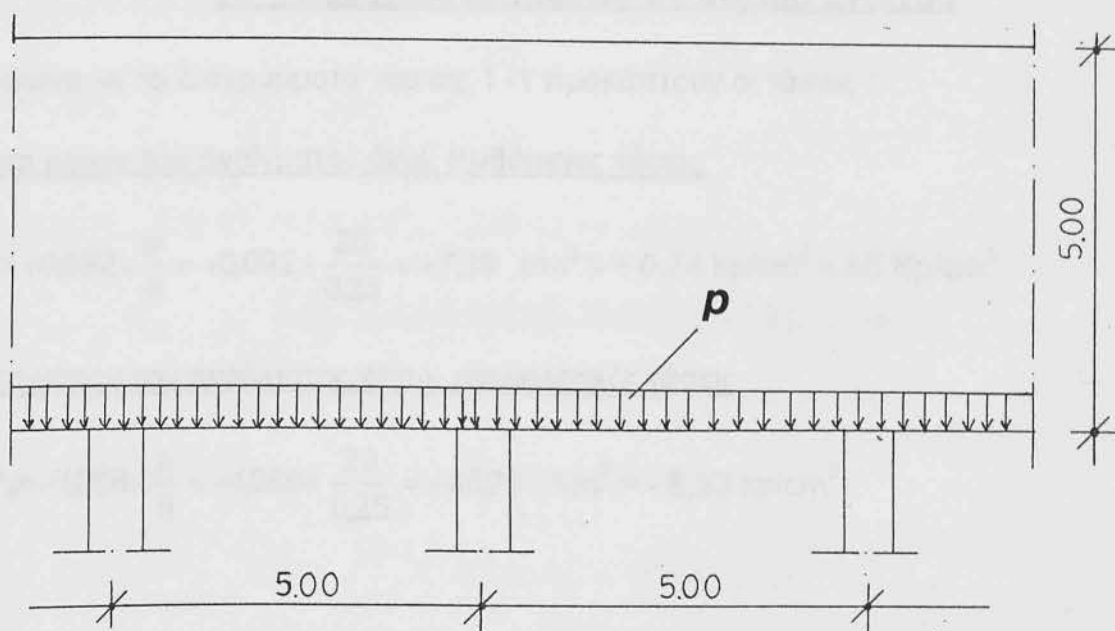
Πίνακας 4.99

Πίνακας 4.100

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΔΟΚΩΝ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ Ι

1. Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο.



σχ. 1.1 - Περίπτωση φορτίσεως Ι

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα ακόλουθα δεδομένα:

Μήκος δοκού $L=5,00$ m

Ύψος δοκού $H=5,00$ m

Πάχος δοκού $h=0,25$ m

Φορτίο δοκού $p=20$ t / m²

Πλάτος στηρίξεως $C=0,50$ m για ακραία υποστυλώματα

$C=0,80$ m για μεσαία υποστυλώματα

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250, τάση θλίψεως $\sigma_{b,επ}= 85$ kp / cm²

Ποιότητα χάλυβα Βst 42/50, τάση εφελκυσμού $\sigma_{e,επ}= 2400$ kp/cm²

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για για τους πίνακες του THEIMER είναι οι ακόλουθες :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,00$$

$$\varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,80}{5,00} = 0,16 \quad , \text{ επιλέγεται } \varepsilon = 0,10$$

I. Μεσαίο άνοιγμα

Πρώτα υπολογίζονται οι ορθές τάσεις και οι οπλισμοί για ένα μεσαίο άνοιγμα της συνεχούς δοκού με ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο. Η περίπτωση αυτή δίνεται στον πίνακα I.

1.1 Υπολογισμός τάσεων σε μεσαίο άνοιγμα

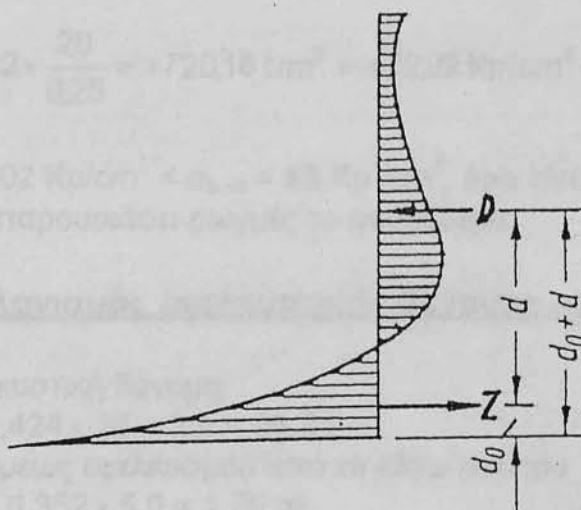
Σύμφωνα με τα διαγράμματα του σχ. I -1 προκύπτουν οι τάσεις :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,092 \times \frac{p}{h} = +0,092 \times \frac{20}{0,25} = +7,36 \text{ t/m}^2 = +0,74 \text{ kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,066 \times \frac{p}{h} = -1,066 \times \frac{20}{0,25} = -85,28 \text{ t/m}^2 = -8,53 \text{ kp/cm}^2$$



σχ.1.2 - διάγραμμα τάσεων σ_x σε μεσαίο άνοιγμα

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη Z , όπως και οι αποστάσεις d , d_0 και y_0 δίνονται από τον πίνακα υπολογισμού I, του Theimer.

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_I = 0,177 \rho a = 0,177 \times 20 \times 25 = 8,85 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_0 = 0,123 \alpha = 0,123 \times 2,50 = 0,308 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_0 = 0,217 L = 0,217 \times 5,00 = 1,085 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,932 \alpha = 0,932 \times 2,50 = 2,33 \text{ m}$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού σε μεσαίο άνοιγμα

Ο κύριος οπλισμός στο μέσον του ανοίγματος προκύπτει :

$$F_e = \frac{Z_I}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{8,85}{2,4} = 3,69 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται: 4 Φ 12 ($4,52 \text{ cm}^2$), 2 Φ 12 συνεχώς.

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Σύμφωνα με τα διαγράμματα του σχ. I - 2c προκύπτουν οι τάσεις :

1. Στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma^o_x = -0,092 \times \frac{p}{h} = -0,092 \times \frac{20}{0,25} = -7,36 \text{ t/m}^2 = -0,74 \text{ Kp/cm}^2$$

2. Στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma^u_x = +9,002 \times \frac{p}{h} = +9,002 \times \frac{20}{0,25} = +720,16 \text{ t/m}^2 = +72,02 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

Η θλιπτική τάση $\sigma_u = 72,02 \text{ Kp/cm}^2 < \sigma_{b \text{ επ}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$, άρα γίνεται ο υπολογισμός για το στάδιο I, δηλ. δεν έχει παρουσιάσει ρωγμές το σκυρόδεμα.

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στη στήριξη

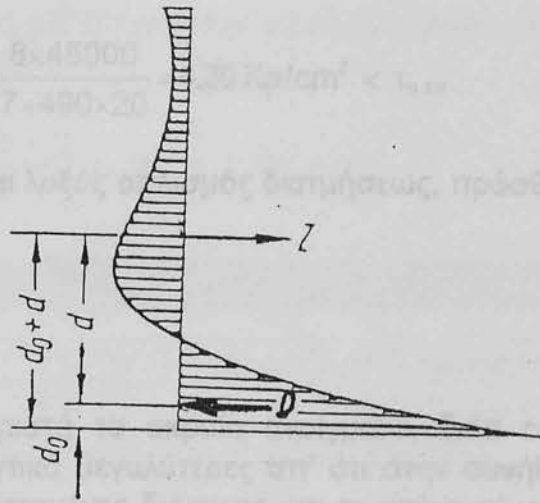
1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη
 $Z_{II} = 0,424 \rho a = 0,424 \times 20 \times 2,5 = 21,2 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο
 $d + d_0 = 0,352 L = 0,352 \times 5,0 = 1,76 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο
 $y_0 = 0,074 L = 0,074 \times 5,00 = 0,37 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων
 $d = 0,668 \alpha = 0,668 \times 2,50 = 1,67 \text{ m}$

Το στατικό ύψος της δοκού $H = H_0 + \Delta H = 500 - 10 = 490 \text{ cm}$
 Η μέγιστη διατμητική τάση που αναπτύσσεται είναι :

$$\tau_{\max} = \frac{Q}{Ih} = \frac{8 \times 45000}{7 \times 490 \times 20} = 29 \text{ Kp/cm}^2 < \tau_{\text{adm}}$$

Συνεπώς δεν απαιτείται λυγός οπλισμός διατμητικώς πρόσθετος.

1.5. Άξονο-όριστα



Υπολογίζονται (επιμετράται) οι απαιτήσεις των ακραίων σημείων, είναι σημαντικό να γνωρίζεται ότι στη συγκεκριμένη θεωρία των δοκών, έτσι υπολογίζονται οι συνιστώσες του δύναμης και οι απαιτήσεις για ακραίο άνοιγμα συνεχώς έκαστο με ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο.

σχ. 1.3 - διάγραμμα τάσεων σ_x στον άξονα στηρίξεως

1.6 Υπολογισμός οπλισμού στηρίξεως

Ο οπλισμός στηρίξεως υπολογίζεται:

$$F_{e_{\parallel}} = \frac{Z_{\parallel}}{\sigma_{e_{\text{επ}}}} = \frac{21,2}{2,4} = 8,83 \text{ cm}^2$$

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να κατανέμεται καθ' ύψος πάνω από την στήριξη με τέτοιο τρόπο ώστε το κέντρο βάρους του να βρίσκεται σε απόσταση $d_0+d=1,76 \text{ m}$ πάνω από το κάτω σύνορο.

Εκλέγονται:	
4 Φ 12	(4,52 cm ²) από τα ανοίγματα εκατέρωθεν
3 Φ 14	(4,62 cm ²) πρόσθετα
Σύνολο:	$F_{e_{\parallel}} = 9,14 \text{ cm}^2$

1.7 Έλεγχος σε διάτμηση

Η τέμνουσα δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος είναι :

$$Q = \frac{1}{2} q l \times (1-\epsilon) = \frac{1}{2} \times 20 \times 5 \times (1-0,10) = 45 \text{ t} = 45000 \text{ Kp}$$

Η επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμους δίσκους με $\beta=1,0$ είναι

$$\tau_{o_{\text{επ}}} = 2\tau_o = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Το στατικό ύψος της δοκού $H' = H - 10 = 500 - 10 = 490 \text{ cm}$
Η μέγιστη διατμητική τάση που αναπτύσσεται είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7Hh} = \frac{8 \times 45000}{7 \times 490 \times 20} = 4,20 \text{ Kp/cm}^2 < \tau_{o \text{ επ.}}$$

Συνεπώς δεν απαιτείται λογός οπλισμός διατμήσεως, πρόσθετος.

II. Ακραίο άνοιγμα

Υπολογίζονται ξεχωριστά τα ακραία ανοίγματα, διότι οι αντιδράσεις των ακραίων στηρίξεων είναι σημαντικά μεγαλύτερες απ' ό τι στην συνήθη θεωρία των δοκών. Έτσι υπολογίζονται οι συνισταμένες δυνάμεις και οι οπλισμοί για ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού με ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο.

Οι αντιδράσεις στηρίξεως ακραίου ανοίγματος είναι:

$$A = 0,495qL = 0,495 \times 20 \times 5,00 = 49,5 \text{ t}$$

$$B = 1,033qL = 1,033 \times 20 \times 5 = 103,3 \text{ t}$$

2.1 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη ακραίου ανοίγματος συνεχούς δοκού συνίσταται να υπολογίζεται όπως στην αμφιέριστο δοκό. Έτσι έχουμε :

$$Z = 0,193pL = 0,193 \times 20 \times 5 = 19,3 \text{ t}$$

2.2 Υπολογισμός οπλισμού σε ακραίο άνοιγμα

Ο οπλισμός σε ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού απείρων ανοιγμάτων είναι :

$$F_e = \frac{Z_l}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{19,3}{2,4} = 8,04 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω 6 Φ 14 (9,24 cm^2), 2 Φ 14 συνεχώς.

2.3 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στη στήριξη

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη σε ακραία στήριξη είναι :

$$Z = 0,242pL = 0,242 \times 20 \times 5 = 24,2 \text{ t} = 24200 \text{ Kp}$$

2.4 Οπλισμός ακραίας στήριξης

Ο οπλισμός στην ακραία στήριξη της συνεχούς δοκού με «ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο» υπολογίζεται :

$$F_e = \frac{Z_{II}}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{24,2}{2,4} = 10,08 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω:	
3 Φ 14	(4,62 cm ²) από ακραίο άνοιγμα
2 Φ 12	(2,26 cm ²) από μεσαίο άνοιγμα
3 Φ 12	(3,39 cm ²) πρόσθετα
Σύνολο:	10,27 cm ²

2.5 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι πιέσεις στις στήριξεις A και B είναι γνωστές. Η τέμνουσα δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος είναι:

$$Q_A = 49,50 - 0,50 \times 20 = 39,50 \text{ t}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην ακραία στήριξη είναι:

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 39500}{7 \times 490 \times 20} = 4,61 \text{ Kp/cm}^2 < \tau_{\text{επ}} = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτήται έλεγχος διατμήσεως.

Στην πρώτη εσωτερική στήριξη B η τέμνουσα δύναμη είναι:

$$Q_B = 103,3 - 0,40 \times 20 = 102,5 \text{ t}$$

Η μέγιστη τάση στην πρώτη εσωτερική στήριξη είναι:

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 102500}{7 \times 490 \times 0,20} = 11,95 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτήται έλεγχος διατμήσεως.

3.1 Έλεγχος κύριας τάσης

Η υπάρχουσα θλιπτική τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των υποστυλωμάτων, η οποία είναι:

$$\max \sigma_{bd} = \frac{pL}{2Ch} = \frac{20 \times 5,00}{2 \times 0,80 \times 0,20} = 312,5 \text{ t/m}^2 = 31,25 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή στύλου : $F_1 = 0,80 \times 0,80 = 0,64 \text{ m}^2 = 6400 \text{ cm}^2$

Επιφάνεια εδράσεως τοίχου : $F_2 = 0,80 \times 0,20 = 0,16 \text{ m}^2 = 1600 \text{ cm}^2$

επιτρεπόμενη θλιπτική τάση :

$$\sigma_{1 \text{ επ}} = \frac{\beta_R}{2,1} \times \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{6400}{1600}} = 166,67 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $31,25 \text{ Kp/cm}^2$.

3.2 Οπλισμός αναρτήσεως

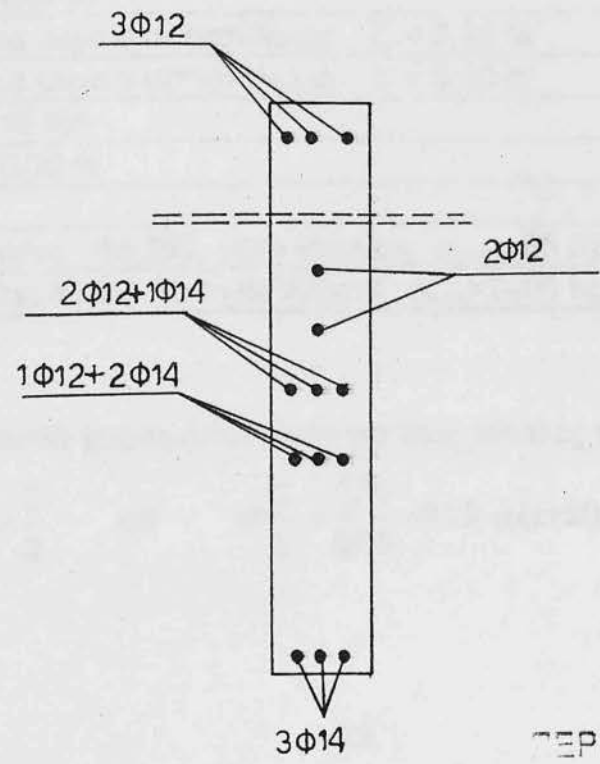
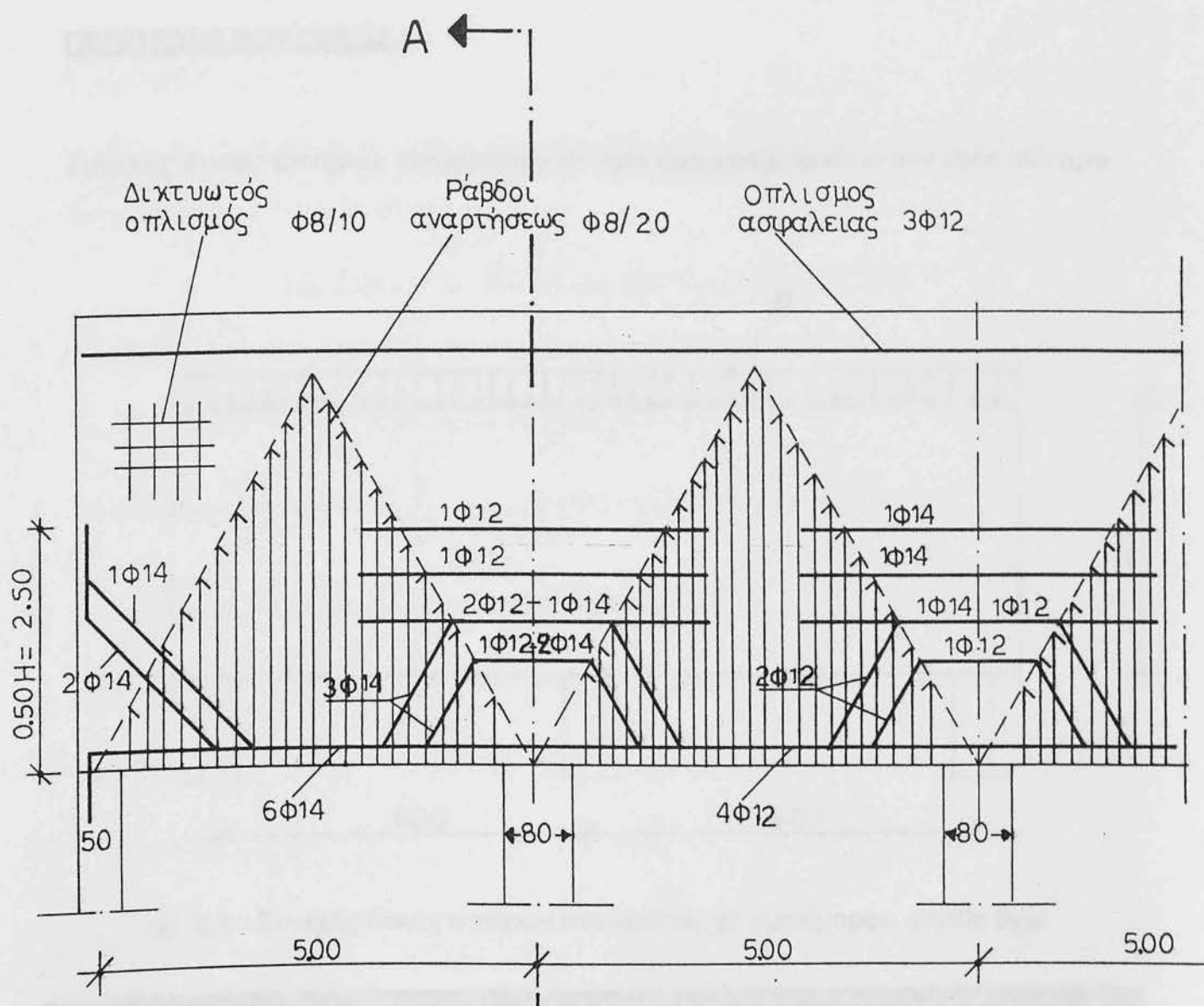
Ο οπλισμός αναρτήσεως της δοκού είναι:

$$F_{e \text{ αν}} = \frac{\rho}{2000} = \frac{20000 \text{ Kp/m}}{2000 \text{ Kp/cm}^2} = 10 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Επιλέγω $\Phi 8 / 20$ σε όλο το μήκος της δοκού.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με τον κανονισμό πρέπει για $B_n 250$ και $B_{st} 42/50$ να τίθεται αμφίπλευρος δικτυωτός οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2 / \text{m}$. Έτσι τοποθετούμε $\Phi 8/10$.

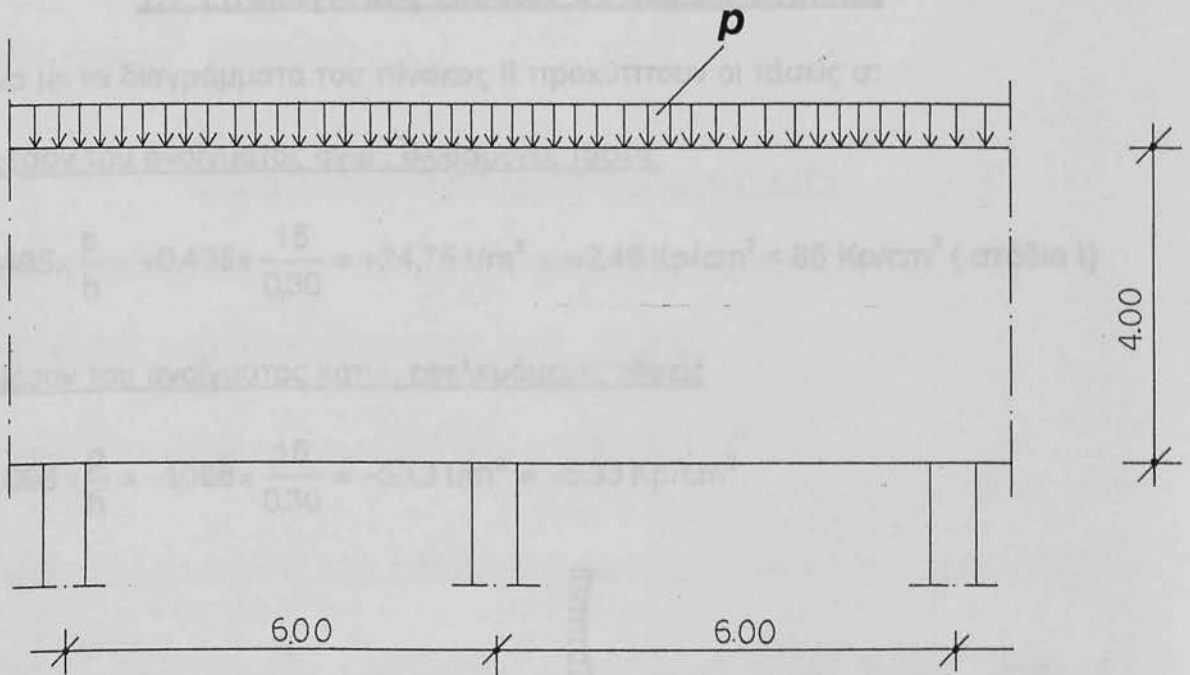


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ I

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ II

Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



σχ. 2.1 - Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο άνω

Για τον υπολογισμό της υψικορμής δοκού εκλέγονται τα ακόλουθα δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 6,00$ m

Ύψος δοκού $H = 4,00$ m

Πλάτος στηρίξεως για ακραίο υποστύλωμα $C = 0,50$ m

Πλάτος στηρίξεως για μεσαίο υποστύλωμα $C = 0,80$ m

Φορτίο δοκού $p = 15$ t/m

Πάχος δοκού $h = 0,30$ m

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250, τάση θλίψεως $\sigma_{b,επ} = 85$ Kp/cm²

Ποιότητα χάλυβα Bst 42/50, τάση θραύσεως $\sigma_{e,επ} = 2400$ Kp/cm²

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer είναι:

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{4,00}{6,00} = \frac{2}{3} \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,80}{6,00} = 0,13 \quad (\text{εξετάζεται για } \varepsilon = 1/10)$$

1. Μεσαίο άνοιγμα

Κατ' αρχήν βρίσκονται οι ορθές τάσεις και οι σπλισμοί για ένα μεσαίο άνοιγμα της συνεχούς δοκού με ομοιόμορφο φορτίο p στο πάνω σύνορο. Η περίπτωση αυτή δίνεται στον πίνακα II του Theimer.

1.1 Υπολογισμός τάσεων σε μεσαίο άνοιγμα

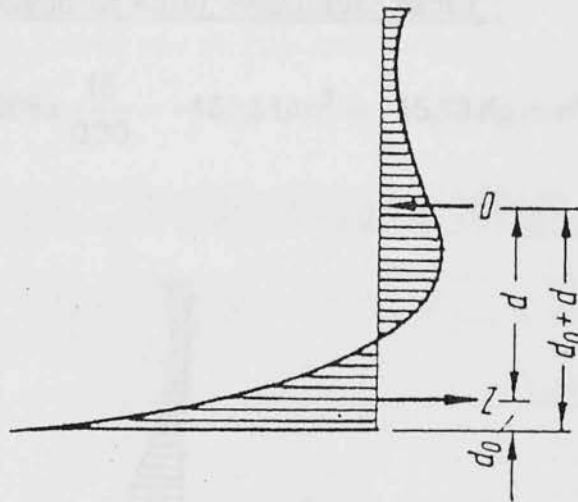
Σύμφωνα με τα διαγράμματα του πίνακος II προκύπτουν οι τάσεις σ :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,495 \times \frac{p}{h} = +0,495 \times \frac{15}{0,30} = +24,75 \text{ t/m}^2 = +2,48 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,066 \times \frac{p}{h} = -1,066 \times \frac{15}{0,30} = -53,3 \text{ t/m}^2 = -5,33 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 2.2 - διάγραμμα τάσεων σ_x στο μέσον του ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνιστάμενη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 0,186 p a = 0,186 \times 15 \times 3,00 = 8,37 \text{ t}$
2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,124 a = 0,124 \times 3,00 = 0,372 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,218 L = 0,218 \times 6,00 = 1,308 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d_o = 0,888 a = 0,888 \times 3,00 = 2,664 \text{ m}$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού στο μέσον του ανοίγματος

Ο οπλισμός στο μέσον του ανοίγματος δίνεται από την σχέση:

$$F_{e1} = \frac{Z_1}{\sigma_{e\text{ επ}}} = \frac{8,37}{2,4} = 3,49 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται: 4Φ12 (4,52 cm²)

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

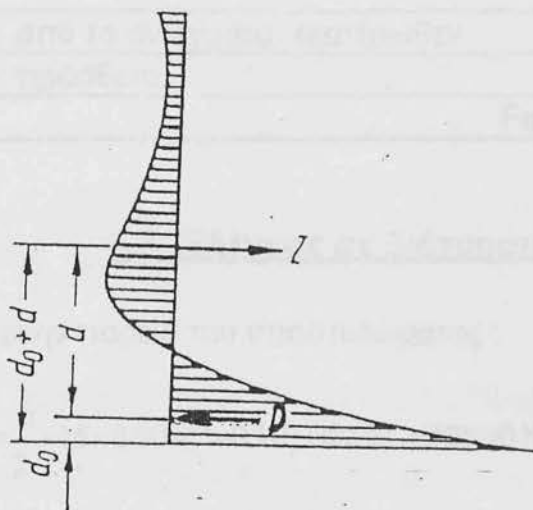
Σύμφωνα με τα διαγράμματα του πίνακα II προκύπτουν οι τάσεις:

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, εφελκυστικές τάσεις :

$$\sigma_o = -0,525 \times \frac{p}{h} = -0,525 \times \frac{15}{0,30} = -26,2 \text{ t/m}^2 = -2,62 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, θλιβόμενες τάσεις :

$$\sigma_u = +9,066 \times \frac{p}{h} = +9,066 \times \frac{15}{0,30} = +453,3 \text{ t/m}^2 = +45,33 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$



σχ. 2.3 - διάγραμμα τάσεων στο άξονα στηρίξεως

Η μέγιστη διαμηττική τάση είναι:

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στη στήριξη

1. Δύναμη εφελκυσμού στον άξονα στηρίξεως είναι :
 $Z_{II}=0,428ra=0,428 \times 15 \times 3,0=19,26 \text{ t}.$
2. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d=0,656 \alpha=0,656 \times 3,0=1,968 \text{ m}.$
3. Απόσταση της δύναμews εφελκυσμού από το κάτω σύνορο:
 $d+d_o=0,347 L=0,347 \times 6,0=2,082 \text{ m}.$
4. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο:
 $y_o=0,217 L=0,217 \times 6,0=1,302 \text{ m}.$

1.6 Υπολογισμός οπλισμού στον άξονα στηρίξεως

Ο οπλισμός στον άξονα στηρίξεως είναι :

$$F_e = \frac{Z_{II}}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{19,26}{2,4} = 8,025 \text{ cm}^2$$

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να κατανέμεται καθ' ύψος πάνω από την στήριξη με τέτοιο τρόπο ώστε το κέντρο βάρους του να βρίσκεται σε απόσταση $d_o+d=2,082 \text{ m}.$

Εκλέγονται:

4 Φ 12 από τα ανοίγματα εκατέρωθεν	4,52 cm ²
2 Φ 16 πρόσθετα	4,02 cm ²
Σύνολο :	$F_{eII} = 8,54 \text{ cm}^2$

1.7 Έλεγχος σε διάτμηση

Η τέμνουσα δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος :

$$Q = \frac{1}{2} \rho L(1-\varepsilon) = \frac{1}{2} \times 15 \times 6,00 \times (1-0,10) = 40,5 \text{ t} = 40500 \text{ Kp}$$

Το στατικό ύψος της υψίκορμης δοκού είναι: $H'=H-10=4,00-0,10=3,90 \text{ m}.$

Η αυξημένη επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμες δοκούς :

$$\tau_{o \text{ επ}} = \frac{1}{3} \tau_o (1+5\beta) = \frac{1}{3} \times 7,0 \times (1+5 \times 0,66) = 10,03 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση είναι:

$$\max \tau_0 = \frac{Q}{\frac{7}{8} h H'} = \frac{8 \times 40500}{7 \times 30 \times 390} = 3,96 \text{ Kp/cm}^2 < 10,03 \text{ /Kp/cm}^2$$

οπότε δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

II Ακραίο άνοιγμα

Υπολογίζονται οι ορθές τάσεις και οι οπλισμοί σε ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού με ομοιόμορφο φορτίο στο άνω σύνορο. Οι πιέσεις στις στηρίξεις ακραίου ανοίγματος δίνονται από τον Pfeiffer.

$$A = 0,495 \text{ pL} = 0,495 \times 15 \times 6,0 = 44,55 \text{ t}$$

$$B = 1,033 \text{ pL} = 1,033 \times 15 \times 6,0 = 92,97 \text{ t}$$

2.1 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η μέγιστη ροπή στο ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού με ομοιόμορφο φορτίο στο άνω σύνορο, δίνεται προσεγγιστικά από τους πίνακες του Bay για υψίκορμο δοκό με ομοιόμορφο φορτίο δύο ανοιγμάτων.

$$\max M_F = \frac{\rho L^2}{8} \times 0,75 = \frac{15 \times 6^2}{8} \times 0,75 = 50,76 \text{ tm}$$

Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων σύμφωνα με τον Leonhard δίνεται από την σχέση :

$$d = 0,10H \left(2,5 + 2 \frac{L}{H} \right) = 0,10 \times 4,0 \times \left(2,5 + 2 \times \frac{6,0}{4,0} \right) = 2,2 \text{ m}$$

Η εφελκυστική δύναμη για ακραίο άνοιγμα, στο μέσον του ανοίγματος σύμφωνα με τον Leonhardt :

$$Z_I = \frac{\max M_F}{d} = \frac{50,7}{2,2} = 23,04 \text{ t}$$

2.2 Υπολογισμός οπλισμού ακραίου ανοίγματος

Ο οπλισμός ακραίου ανοίγματος συνεχούς δοκού είναι:

$$F_e = \frac{Z_F}{\sigma_{\epsilon \text{ επ}}} = \frac{23,04}{2,4} = 9,60 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 2 Φ 14 + 3 Φ 18 (10,71 cm²)

2.3 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στη στήριξη

Η μέγιστη ροπή πάνω από την πρώτη εσωτερική στήριξη του φορέα κατά Bay :

$$\max M_{στ} = -\frac{pL^2}{8} \times 0,50 = -\frac{15 \times 6,0^2}{8} \times 0,50 = -33,75 \text{ tm}$$

Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων πάνω από την πρώτη στήριξη σύμφωνα με τον Leonhard :

$$d = 0,15 H \left(2 + \frac{L}{H}\right) = 0,15 \times 4,0 \times \left(2 + \frac{6,0}{4,0}\right) = 2,10 \text{ m}$$

Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη στην πρώτη εσωτερική στήριξη συνεχούς φορέα απείρων ανοιγμάτων είναι:

$$Z_{II} = \frac{\max M_{στ}}{d} = \frac{33,75}{2,10} = 16,07 \text{ t}$$

2.4 Υπολογισμός οπλισμού στηρίξεως

Ο οπλισμός στον άξονα στηρίξεως υπολογίζεται :

$$F_e = \frac{Z_{II}}{\sigma_{εστ}} = \frac{16,07}{2,4} = 6,70 \text{ cm}^2$$

Υπαρχων οπλισμός :			
	3 Φ 18	από ακραίο άνοιγμα	7,63 cm ²
	2 Φ 12	από μεσαίο άνοιγμα	2,26 cm ²
Σύνολο :			$F_{eII} = 9,89 \text{ cm}^2$

Οπότε δεν απαιτείται πρόσθετος οπλισμός στηρίξεως, διότι καλύπτεται από τα γειτονικά ανοίγματα της συνεχούς δοκού.

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι πιέσεις στις στηρίξεις A και B του φορέα είναι γνωστές. Η τέμνουσα δύναμη στην πρώτη εσωτερική στήριξη του συνεχούς φορέα είναι :

$$Q_A = 44,55 \text{ t} = 44550 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμες δοκούς είναι :

$$\text{επι } \tau_o = \frac{1}{3} \tau_o (1+5\beta) = \frac{1}{3} \times 7,0 \times (1+5 \times 0,66) = 10,03 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση που αναπτύσσεται στην παρειά του ακραίου υποστυλώματος A της δοκού είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 44550}{7 \times 390 \times 30} = 4,35 \text{ Kp/cm}^2 < 10,03 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος διατμήσεως για το ακραίο υποστύλωμα.

Η τέμνουσα δύναμη στην πρώτη εσωτερική στήριξη B του φορέα απείρων ανοιγμάτων, αναπτύσσεται στην παρειά του υποστυλώματος. Η καθαρή μειωμένη διατμητική δύναμη είναι :

$$Q_B = 92,97 - 0,40 \times 15 = 86,97 \text{ Kp.}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 86970}{7 \times 390 \times 30} = 8,49 \text{ Kp/cm}^2 < 10,03 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Έλεγχος κύριας θλιπτικής τάσης

Η μέγιστη κύρια τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των μεσαίων υποστυλωμάτων, η οποία είναι :

$$\max \sigma_{bd} = \frac{pL}{2Ch} = \frac{15 \times 6,0}{2 \times 0,80 \times 0,30} = 187,5 \text{ t/m}^2 = 18,75 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή υποστυλώματος $F_1 = 0,80 \times 0,80 = 0,64 \text{ m}^2 = 6400 \text{ cm}^2$
Επιφάνεια εδράσεως στύλου $F_2 = 0,80 \times 0,30 = 0,24 \text{ m}^2 = 2400 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση είναι :

$$\sigma_{\text{επι } bd} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{6400}{2400}} = 136,08 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $18,75 \text{ Kp/cm}^2$.

3.3 Οπλισμός ανάρτησης

Επειδή το άνοιγμα μεταξύ των στηρίξεων είναι μεγάλο τοποθετώ οπλισμό ανάρτησης σε όλο το μήκος του φορέα, ο οποίος αντικαθιστά τους συνδετήρες των ραβδόμορφων φορέων. Έτσι τοποθετώ Φ 8/20 και πυκνώνουμε κοντά στις στηρίξεις σε Φ 8/10.

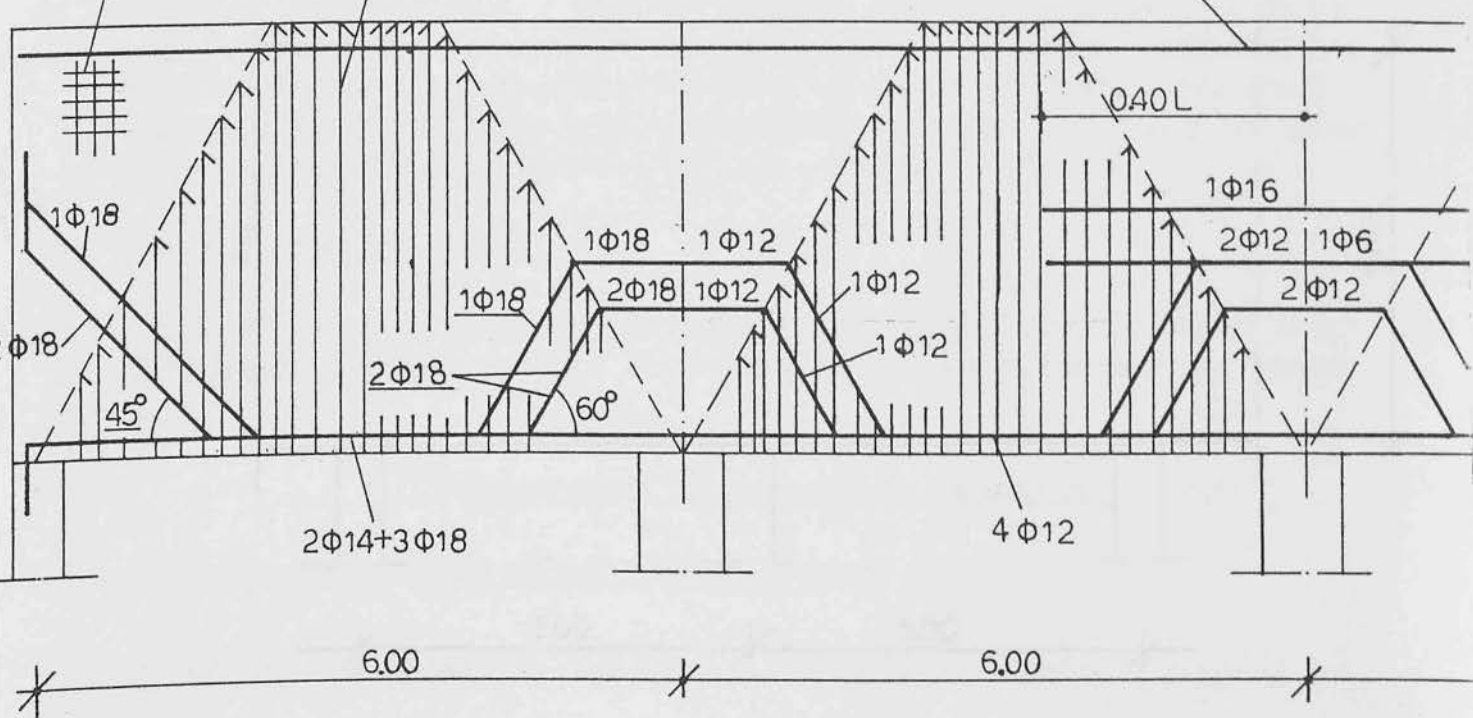
3.4 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με το DIN 1045 πρέπει για B_h 250 και B_{ST} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$. Έτσι τοποθετώ Φ 8/15 σε όλο το μήκος. Ο σχηματικός οπλισμός του δίσκου έχει χαραχθεί στο παρακάτω σχήμα οπλισμού της δοκού.

Δικτυωτός
οπλισμός $\Phi 8/15$

Ράβδοι
αναρτήσεως $\Phi 8/20$

Οπλισμός
ασφαλείας $2\Phi 12$



6.00

6.00

1 $\Phi 16 + 2\Phi 12$

2 $\Phi 12$

2 $\Phi 12 + 1\Phi 16$

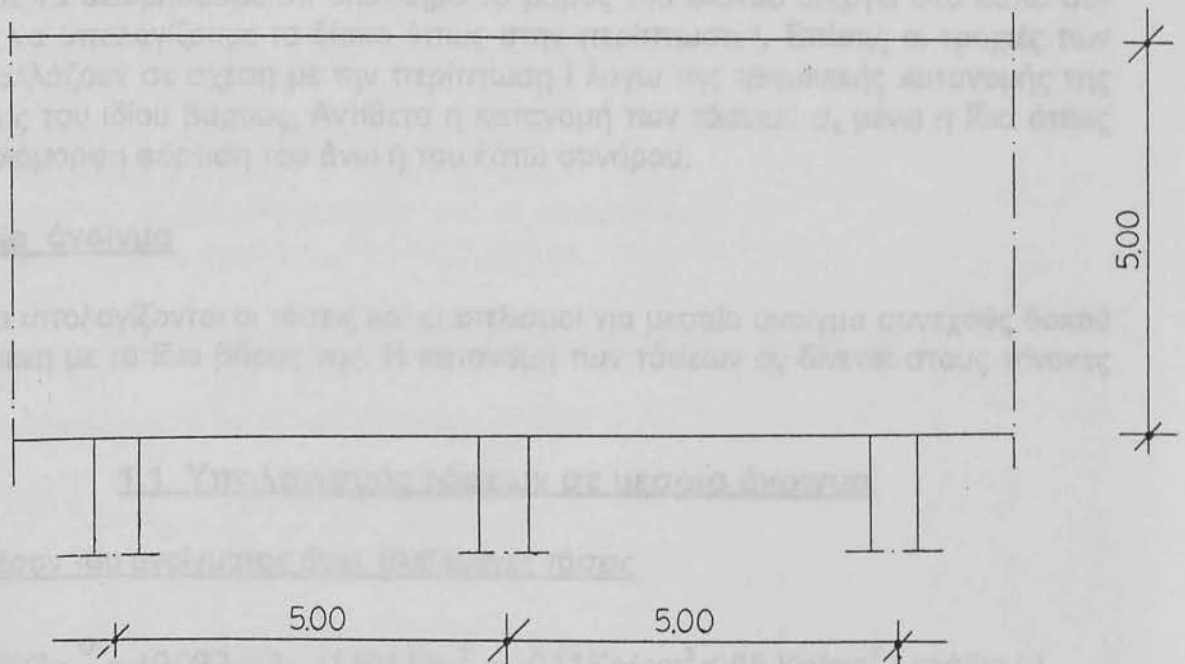
2 $\Phi 12$

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ II

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΙΙΙ

Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με φόρτιση ιδίου βάρους g .



σχ. 3.1 - περίπτωση φορτίσεως ΙΙΙ - ίδιο βάρος

Για τον υπολογισμό της υψικορμής δοκού εκλέγονται τα ακόλουθα δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = ghH = 2,4 \times 0,25 \times 5,00 = 3,0 \text{ t/m}$, $p/h = 12 \text{ t/m}^2$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος $B_{n 250}$, τάση θλίψεως $\sigma_{b, \text{επ}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{ST 42/50}$, $\sigma_{e, \text{επ}} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,0}{5,0} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{5,00} \approx \frac{1}{10}$$

Τη φόρτιση από το ίδιο βάρος g μπορούμε να αναγάγουμε στην περίπτωση I, ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο. Θεωρούμε το δίσκο στηριγμένο σε όλο το μήκος του κάτω συνόρου. Στο κάτω σύνορο αναπτύσσεται τότε η πίεση στην στήριξη

$$p = g h H$$

Εδώ δεν αναπτύσσονται συνιστώσες τάσεις σ_x και τ_{xy} . Για να προκύψει το ίδιο βάρος, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ολόκληρο το βάρος του δίσκου ενεργεί στο κάτω σύνορο και να υπολογίζουμε το δίσκο όπως στην περίπτωση I. Επίσης οι τροχιές των τάσεων αλλάζουν σε σχέση με την περίπτωση I λόγω της τριγωνικής κατανομής της φορτίσεως του ίδιου βάρους. Αντίθετα η κατανομή των τάσεων σ_x μένει η ίδια όπως στην ομοιόμορφη φόρτιση του άνω ή του κάτω συνόρου.

I. Μεσαίο άνοιγμα

Πρώτα υπολογίζονται οι τάσεις και οι σπλισμοί για μεσαίο άνοιγμα συνεχούς δοκού φορτιζόμενη με το ίδιο βάρος της. Η κατανομή των τάσεων σ_x δίνεται στους πίνακες III.

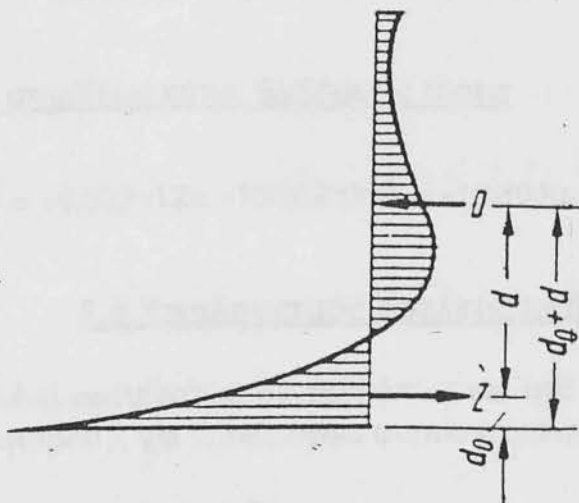
1.1 Υπολογισμός τάσεων σε μεσαίο άνοιγμα

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = + 0,092 \times \frac{p}{h} = +0,092 \times 12 = +1,104 \text{ t/m}^2 = +0,11 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_y^o = -1,002 \times \frac{p}{h} = -1,002 \times 12 = -12,02 \text{ t/m}^2 = -1,20 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 3.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον του ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη Z , καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία d, d_0 , και y_0 , δίνονται από τον πίνακα υπολογισμού I, για ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο.

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_I = 0,177 p \alpha = 0,177 \times 3 \times 2,50 = 1,33 \text{ t}$
2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_0 = 0,123 \alpha = 0,123 \times 2,50 = 0,308 \text{ m}$
3. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,932 \alpha = 0,932 \times 2,50 = 2,33 \text{ m}$
4. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_0 = 0,217 L = 0,217 \times 5,00 = 1,085 \text{ m}$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού σε μεσαίο άνοιγμα

Ο οπλισμός σε μεσαίο άνοιγμα υψίκορμης δοκού :

$$F_{eI} = \frac{Z_I}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{1,33}{2,4} = 0,55 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω : 4 Φ 12 (4,52 cm²), 2 Φ 12 συνεχώς.

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

1. στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = -0,092 \frac{p}{h} = -0,092 \times 12 = -1,104 \text{ t/m}^2 = -0,11 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +9,002 \frac{p}{h} = +9,002 \times 12 = +108,02 \text{ t/m}^2 = +10,80 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη όπως και στο άνοιγμα, υπολογίζεται από τον πίνακα υπολογισμού I, για ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο :

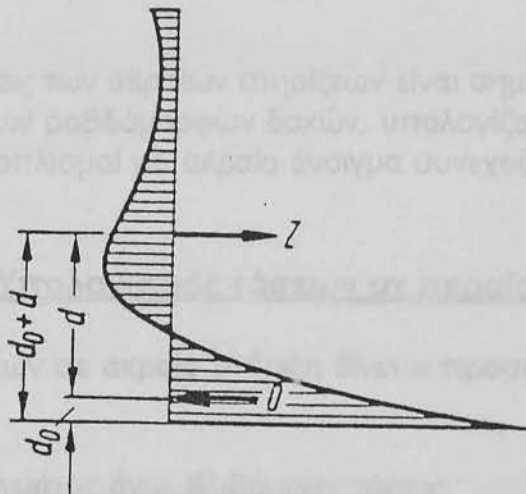
1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_I = 0,424 p \alpha = 0,424 \times 3,0 \times 2,50 = 3,18 \text{ t}$
2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_0 + d = 0,352 L = 0,352 \times 5,00 = 1,76 \text{ m}$

3. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,668 \alpha = 0,668 \times 2,50 = 1,67 \text{ m}$.
4. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,074L = 0,074 \times 5,00 = 0,37 \text{ m}$.
5. Απόσταση της θλιβόμενης δυνάμεως από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,036 \alpha = 0,036 \times 2,50 = 0,09 \text{ m}$.

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

II. Άκραιο άνοιγμα

Επειδή τα αντίκροστα των άκρων στήριξης είναι σημαντικά μεγαλύτερα απ' όση στη συνήθη θέσπιση των ραβδωμένων δακών, υπολογίζονται ξεχωριστά οι αντιστατικές δυνάμεις και οι οπλισμοί σε άκραιο άνοιγμα συνεχούς δακού φορτιζόμενης με το ίδιο βόρος.



Σχ. 3.3 - διάγραμμα τάσεων στον άξονα στήριξης

1.5 Υπολογισμός οπλισμού στον άξονα στήριξης

Ο οπλισμός στον άξονα στήριξης σε μεσαία στήριξη είναι :

$$F_e = \frac{Z_{II}}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{3,18}{2,4} = 1,33 \text{ cm}^2$$

Υπάρχουν από τα μεσαία ανοίγματα, εκατέρωθεν της στήριξης 4Φ12 (4,52 cm²), τα οποία καλύπτουν τις απαιτήσεις της στήριξης.

1.6 Έλεγχος σε διάτμηση

Η τέμνουσα δύναμη στην παρειά μεσαίου υποστυλώματος :

$$Q = \frac{pL}{2} \times (1-\epsilon) = \frac{3,0 \times 5,0}{2} \times (1-0,10) = 6,75 \text{ t} = 6750 \text{ Kp}$$

Η επιτρεπόμενη αυξημένη διατμητική τάση για $\beta=1,0$ υπολογίζεται

$$\epsilon_{\text{π}} \tau_o = 2 \tau_o = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7Hh} = \frac{8 \times 6750}{7 \times 490 \times 25} = 0,63 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

II. Ακραίο άνοιγμα

Επειδή οι αντιδράσεις των ακραίων στηρίξεων είναι σημαντικά μεγαλύτερες, απ' ότι στη συνήθη θεωρία των ραβδόμορφων δοκών, υπολογίζονται ξεχωριστά οι συνισταμένες δυνάμεις και οι οπλισμοί για ακραίο άνοιγμα συνεχούς δοκού φορτιζόμενη με το ίδιο βάρος.

2.1 Υπολογισμός τάσεων σε ακραίο άνοιγμα

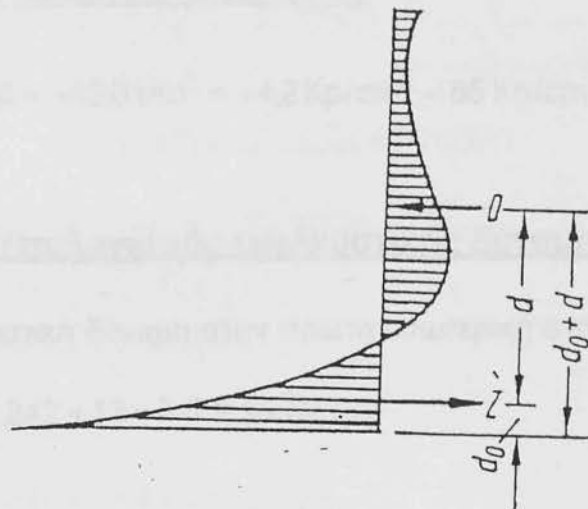
Η κατανομή των τάσεων σε ακραία στήριξη δίνεται προσεγγιστικά από συνεχή δοκό τριών ανοιγμάτων.

1. στο μέσον του ανοιγμάτος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,3 \times \frac{p}{h} = +0,3 \times 12,0 = +3,6 \text{ t/m}^2 = +0,36 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοιγμάτος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^o = -1,8 \times \frac{p}{h} = -1,8 \times 12,0 = -21,6 \text{ t/m}^2 = -2,16 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 3.4 - διάγραμμα τάσεων σε ακραίο άνοιγμα

2.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη ακραίου ανοίγματος συνεχούς δοκού φορτιζόμενη με το ίδιο βάρος, συνίσταται να υπολογίζεται όπως στην αμφιέρειστο δοκό.

$$Z_I = 0,193 pL = 0,193 \times 12,0 \times 5,0 = 11,58 \text{ t}$$

2.3 Υπολογισμός οπλισμού ακραίου ανοίγματος

Ο οπλισμός για δοκό με φορτίο ίδιου βάρους

$$F_{eII} = \frac{Z_I}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{11,58}{2,4} = 4,83 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω 5Φ12 (5,65 cm²), 2Φ12 συνεχής.

2.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Η κατανομή των τάσεων για τις πρώτες εσωτερικές στηρίξεις της δοκού φορτιζόμενη με το ίδιο βάρος, δίνεται προσεγγιστικά από τη συνεχή δοκό τριών ανοιγμάτων.

1. στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = -0,03 \times \frac{p}{h} = -0,03 \times 12 = -0,36 \text{ t/m}^2 = -0,04 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +3,5 \times \frac{p}{h} = +3,5 \times 12,0 = +42,0 \text{ t/m}^2 = +4,2 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη στην πρώτη εσωτερική στήριξη :

$$Z_{II} = 0,242 pL = 0,242 \times 12 \times 5,0 = 14,52 \text{ t}.$$

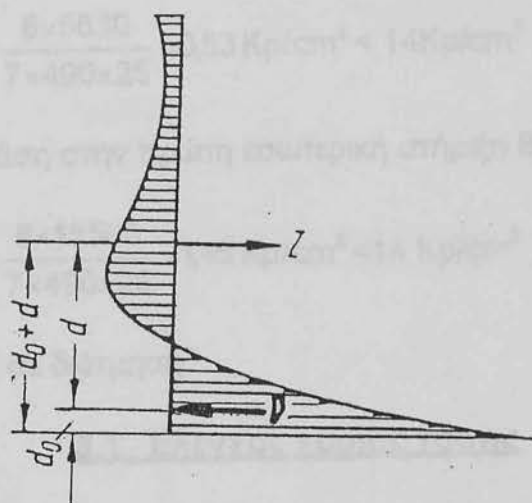
Η μέγιστη διατμητική τάση στην ακραία στήριξη Α :

$$\max \tau_x = \frac{8Q}{7bh} = \frac{8 \cdot 5630}{7 \cdot 490 \cdot 25} = 13 \text{ Κρ/σν}^2 < 14 \text{ Κρ/σν}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην εσωτερική στήριξη Β, του γράφει :

$$\max \tau_x = \frac{8Q}{7bh} = \frac{8 \cdot 5630}{7 \cdot 490 \cdot 25} = 13 \text{ Κρ/σν}^2 < 14 \text{ Κρ/σν}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχο :



Η μέγιστη ώσπινη τάση αναπτύσσεται στα κεντρικά των υποστυλωμάτων :

$$\max \sigma_w = \frac{pL}{2bh} = \frac{10 \cdot 50}{2 \cdot 0,60 \cdot 0,25} = 50 \text{ Κρ/σν}^2 = 5,0 \text{ Κρ/σν}^2$$

σχ. 3.5 - διάγραμμα τάσεων σε ακραία στήριξη

2.6 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη

Ο οπλισμός σε ακραία στήριξη :

$$F_{eII} = \frac{Z_{II}}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{14,52}{2,4} = 6,05 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω :		
3Φ12	(3,39 cm ²)	υπάρχουν από ακραίο άνοιγμα
2Φ12	(2,26 cm ²)	υπάρχουν από μεσαίο άνοιγμα
1Φ10	(0,79 cm ²)	πρόσθετα
Σύνολο :	F _{eII} = 6,44 cm ²	

2.7 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι αντιδράσεις στηρίξεως στις ακραίες στηρίξεις :

$$A = 0,495 pL = 0,495 \times 3,0 \times 5,0 = 7,43 \text{ t}$$

$$B = 1,033 pL = 1,033 \times 3,0 \times 5,0 = 15,50 \text{ t}$$

Η τέμνουσα δύναμη στη στήριξη Α είναι :

$$Q_A = 7,43 - 0,60 \times 3,0 = 5,63 \text{ t} = 5630 \text{ Κρ.}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην ακραία στήριξη Α :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 5630}{7 \times 490 \times 25} = 0,53 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην πρώτη εσωτερική στήριξη Β, του φορέα :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 15500}{7 \times 490 \times 25} = 1,45 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριας τάσης

Η μέγιστη θλιπτική τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των υποστυλωμάτων

$$\max \sigma_{bd} = \frac{pL}{2Ch} = \frac{3,0 \times 5,0}{2 \times 0,60 \times 0,25} = 50 \text{ t/m}^2 = 5,0 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή υποστυλώματος $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$

Διατομή εδράσεως $F_2 = 0,60 \times 0,25 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Επιτρεπόμενη θλιπτική τάση :

$$\sigma_{bd} = \frac{B_R}{2,1} \times \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $5,0 \text{ Kp/cm}^2$

3.2 Δικτυωτός οπλισμός

Τίθεται δικτυωτός αμφίπλευρος οπλισμός $\Phi 8/20$ σ' όλο το μήκος της δοκού. Ο σχηματισμός του οπλισμού φαίνεται στο σχ. 3.6.

Η μέγιστη διατμητική τάση στην ακραία στήριξη Α :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 5630}{7 \times 490 \times 25} = 0,53 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην πρώτη εσωτερική στήριξη Β, του φορέα :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 15500}{7 \times 490 \times 25} = 1,45 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριας τάσης

Η μέγιστη θλιπτική τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των υποστυλωμάτων

$$\max \sigma_{bd} = \frac{pL}{2Ch} = \frac{3,0 \times 5,0}{2 \times 0,60 \times 0,25} = 50 \text{ t/m}^2 = 5,0 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή υποστυλώματος $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$

Διατομή εδράσεως $F_2 = 0,60 \times 0,25 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Επιτρεπόμενη θλιπτική τάση :

$$\sigma_{bd} = \frac{B_R}{2,1} \times \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $5,0 \text{ Kp/cm}^2$

3.2 Δικτυωτός οπλισμός

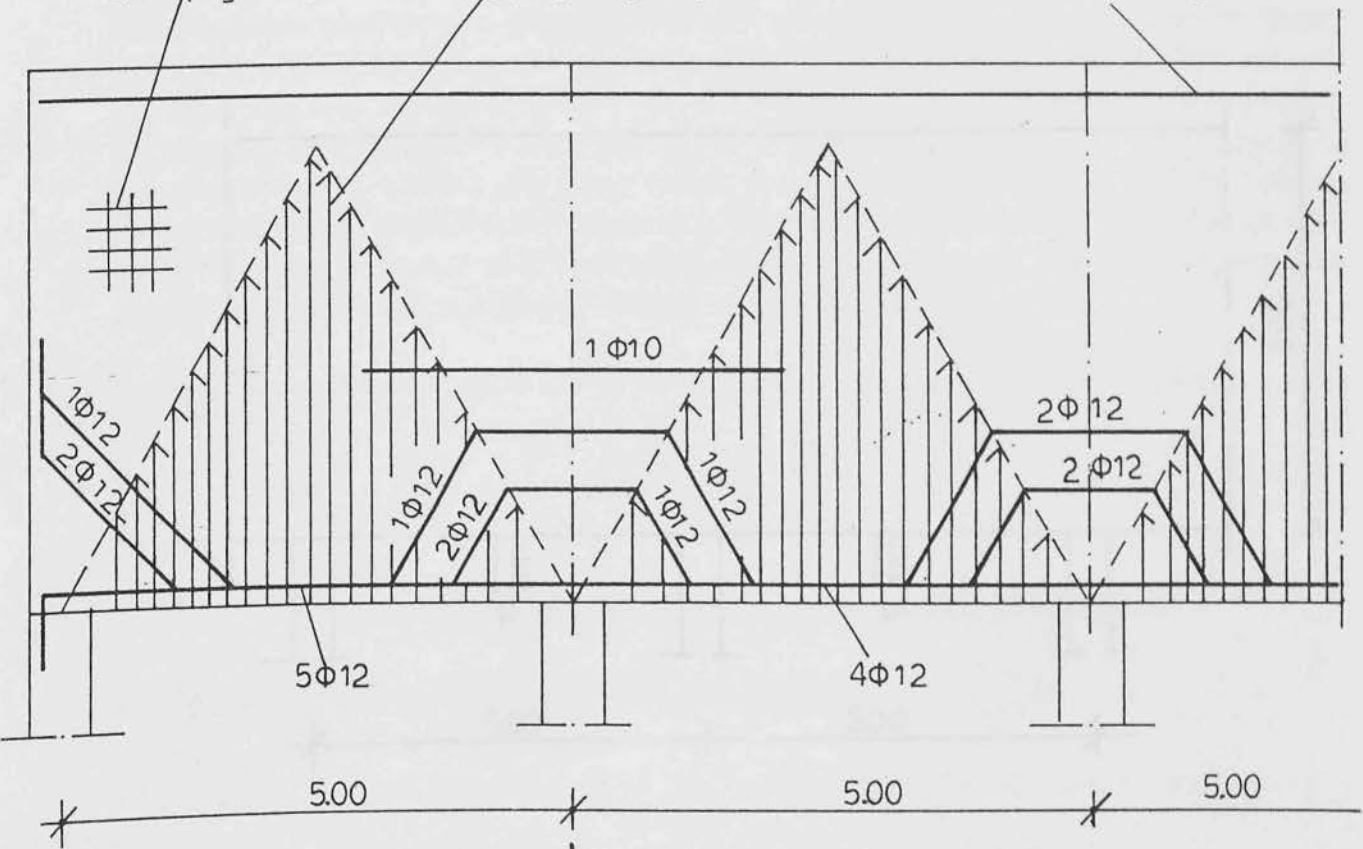
Τίθεται δικτυωτός αμφίπλευρος οπλισμός $\Phi 8/20$ σ' όλο το μήκος της δοκού. Ο σχηματισμός του οπλισμού φαίνεται στο σχ. 3.6.

A ←

Δικτυωτός οπλισμός $\Phi 8/20$

Ράβδοι αναρτήσεως $\Phi 8/20$

Οπλισμός ασφαλείας $2\Phi 12$



A ←

$2\Phi 12$

$1\Phi 10$

$5\Phi 12$

$2\Phi 12$

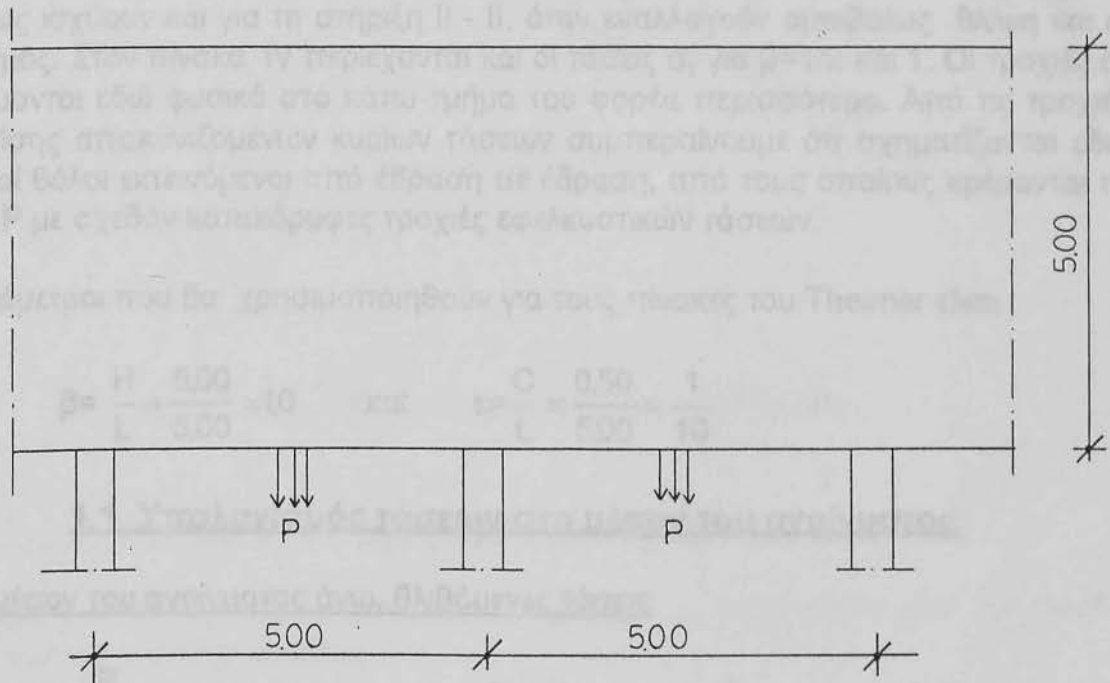
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ III

ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ



ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ IV

Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο P φορτίο στο κάτω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.



σχ. 4.1 - περίπτωση φορτίσεως IV

Για την επίλυση της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα ακόλουθα δεδομένα :	
Μήκος δοκού	$L = 5,00 \text{ m}$
Ύψος δοκού	$H = 5,00 \text{ m}$
Πάχος δοκού	$h = 0,25 \text{ m}$
Φορτίο δοκού	$P = 40 \text{ t} = \frac{P}{Lh} = \frac{40}{5,00 \times 0,25} = 32 \text{ t/m}^2$
Πλάτος στηρίξεως	$C = 0,50 \text{ m}$
Ποιότητα σκυροδέματος	$B_{\text{h}} 250$, τάση θλίψεως $\sigma_{\text{b, επ}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$
Ποιότητα χάλυβα	$B_{\text{st}} = 42/50$, $\sigma_{\text{e, επ}} = 2400 \text{ kp/cm}^2$

Για λόγους συμμετρίας, οι αντιδράσεις στηρίξεως είναι ίσες προς P, υποτίθεται ότι και τα φορτία P είναι και αυτά κατανεμημένα σ' ένα μήκος C, π.χ. με πλάκες εδράσεως, ώστε να ισχύει πάλι ο λόγος $\epsilon=C/L$.

Οι καμπύλες των τάσεων σ_x βρίσκονται στον πίνακα IV. Οι τιμές των μέγιστων τάσεων εφελκυσμού στο άνω και κάτω σύνορο δίνονται αριθμητικά στα διαγράμματα. Η κατανομή των τάσεων σ_x ισχύει για το μέσον του ανοίγματος I - I, όπου αναπτύσσονται εφελκυστικές δυνάμεις στο κάτω και θλιπτικές στο άνω σύνορο. Οι ίδιες καμπύλες όμως ισχύουν και για τη στήριξη II - II, όταν εναλλαγούν αμοιβαίως θλίψη και εφελκυσμός. Στον πίνακα IV περιέχονται και οι τάσεις σ_y για $\beta=1/2$ και 1. Οι τροχιές σ_y κατανέμονται εδώ φυσικά στο κάτω τμήμα του φορέα περισσότερο. Από τις τροχιές των επίσης απεικονιζομένων κυρίων τάσεων συμπεραίνουμε ότι σχηματίζονται εδώ θλιπτικοί θόλοι εκτεινόμενοι από έδραση σε έδραση, από τους οποίους κρέμονται τα φορτία P με σχεδόν κατακόρυφες τροχιές εφελκυστικών τάσεων.

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \epsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,50}{5,00} = \frac{1}{10}$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο μέσον του ανοίγματος

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,184 \frac{P}{Lh} = +0,184 \times 32 = +5,89 \text{ t/m}^2 = +0,60 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυσόμενες τάσεις

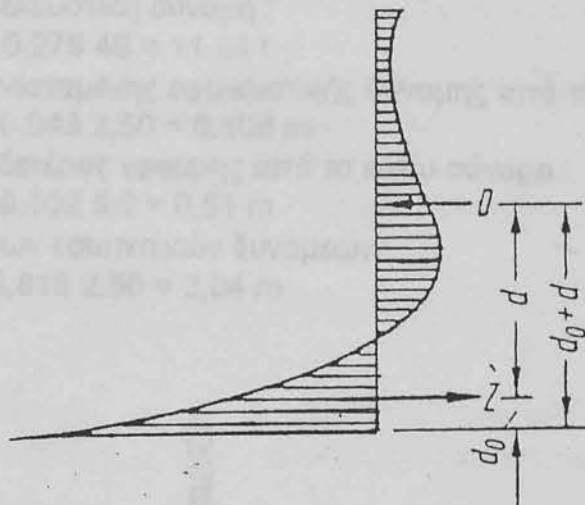
$$\sigma_x^u = -10,004 \frac{P}{Lh} = -10,004 \times 32 = -320,13 \text{ t/m}^2 = -32,013 \text{ Kp/cm}^2$$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_1 = 0,276 P = 0,276 \cdot 40 = 11,04 \text{ t}$
2. Απόσταση της συνισταμένης εφελκυστικής δύναμης από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,043 \alpha = 0,043 \cdot 2,50 = 0,108 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,102 L = 0,102 \cdot 5,0 = 0,51 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,816 \alpha = 0,816 \cdot 2,50 = 2,04 \text{ m}$

1.3 Υπολογισμός οπλιστικής δύναμης

1. Η συνιστάμενη οπλιστική δύναμη
 $Z_1 = 0,278 P = 0,278 \cdot 40 = 11,12 \text{ m}$
2. Απόσταση της συνιστάμενης οπλιστικής δύναμης από το κάτω άκρο
 $d_1 = 0,543 a = 0,543 \cdot 2,50 = 1,358 \text{ m}$
3. Απόσταση της μετέπειτα τάσης από το κάτω άκρο
 $y_1 = 0,102 L = 0,102 \cdot 2,50 = 0,255 \text{ m}$
4. Ομοιομορφία των καταπονήσεων
 $d = 0,410 a = 0,410 \cdot 2,50 = 1,025 \text{ m}$



σχ. 4.2 διάγραμμα τάσεων στον μέσον ανοίγματος

1.3 Υπολογισμός οπλισμού στο μέσον του ανοίγματος

Ο κύριος οπλισμός υπολογίζεται όπως ακριβώς και στην περίπτωση της ομοιόμορφης φόρτισης στο κάτω σύνορο

$$F_e = \frac{Z_1}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{11040}{2400} = 4,6 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω : 5Φ12 (5,65 cm²).

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Ο υπολογισμός των τάσεων ισχύει για ακραίες και μεσαίες στηρίξεις με την προϋπόθεση ότι στις ακραίες στηρίξεις θα τοποθετήσουμε 20% περισσότερο οπλισμό.

1. στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

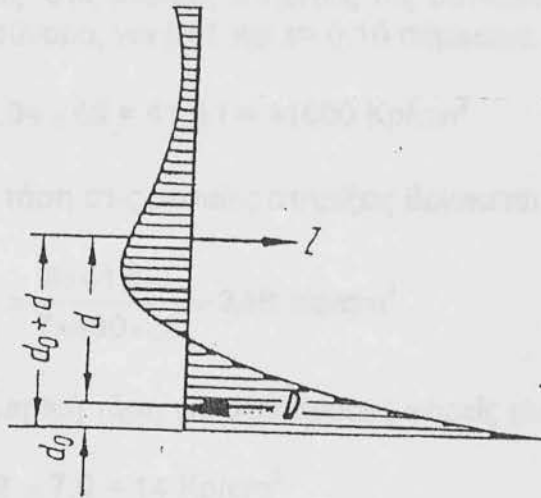
$$\sigma_x^o = +10,004 \frac{P}{Lh} = +10,004 \times 32 = +32,013 \text{ t} = +3,01 \text{ Kp/cm}^2.$$

2. στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκούμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = -0,184 \frac{P}{Lh} = -0,184 \times 32 = -5,89 \text{ t} = -0,60 \text{ Kp/cm}^2$$

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_1 = 0,276 P = 0,276 \cdot 40 = 11,04 \text{ t}$
2. Απόσταση της συνισταμένης εφελκυστικής δύναμης από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,043 \alpha = 0,043 \cdot 2,50 = 0,108 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,102 L = 0,102 \cdot 5,0 = 0,51 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,816 \alpha = 0,816 \cdot 2,50 = 2,04 \text{ m}$



σχ. 4.3 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

1.6 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη

Ο οπλισμός στη στήριξη είναι ο ίδιος με αυτόν του ανοίγματος, δηλ. είναι :

$$F_e = \frac{Z_1}{\sigma_{\epsilon \text{ επ}}} = \frac{11040}{2400} = 4,6 \text{ cm}^2$$

Υπαρχων οπλισμός:			
	4Φ12	(4,52 cm ²)	από τα ανοίγματα
	1Φ12	(1,13 cm ²)	πρόσθετος οπλισμός
Σύνολο :	F_{eII} = (5,65 cm²)		

Παρατήρηση: Σύμφωνα με την προϋπόθεση που θέσαμε παραπάνω, στις ακραίες στηρίξεις θα τοποθετήσουμε επιπλέον πρόσθετο οπλισμό 2Φ10.

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι τέμνουσες δυνάμεις, στις ακραίες στηρίξεις της συνεχούς δοκού, σύμφωνα με το Bay, για $\beta=1,0$ και $\varepsilon=0,10$ είναι :

$$Q_A = 0,46 P = 0,46 \times 40 = 18,4 \text{ t} = 18400 \text{ Kp}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στις ακραίες στηρίξεις βρίσκεται :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 18400}{7 \times 490 \times 25} = 1,72 \text{ Kp/cm}^2$$

Οι τέμνουσες δυνάμεις στις μεσαίες στηρίξεις της συνεχούς δοκού, με συγκεντρωμένο φορτίο στο κάτω σύνορο, για $\beta=1$ και $\varepsilon=0,10$ σύμφωνα με το Bay υπολογίζονται :

$$Q_B = 1,04 P = 1,04 \times 40 = 41,6 \text{ t} = 41600 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στις μεσαίες στηρίξεις βρίσκεται :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 41600}{7 \times 490 \times 25} = 3,88 \text{ Kp/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμους φορείς είναι :

$$\varepsilon_{\tau} \tau_o = 2 \tau_{o1} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $\max \tau_o = 1,72 \text{ Kp/cm}^2$ και από $\max \tau_o = 3,88 \text{ Kp/cm}^2$.
Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Έλεγχος κύριας τάσης

Η μέγιστη θλιπτική τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των μεσαίων υποστυλωμάτων, η οποία είναι :

$$\max \sigma_{bd} = \frac{P}{Ch} = \frac{40}{0,50 \times 0,25} = 320 \text{ t/m}^2 = 32,0 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή σύλλου $F_1 = 0,50 \times 0,50 = 0,25 \text{ m}^2 = 2500 \text{ cm}^2$
Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,50 \times 0,25 = 0,125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd \varepsilon \tau} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{2500}{1250}} = 117,85 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερο από $32,0 \text{ Kp/cm}^2$.

3.3 Οπλισμός αναρτήσεως

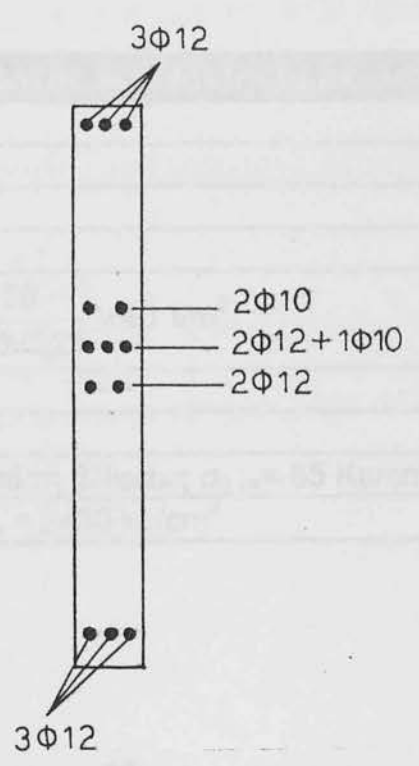
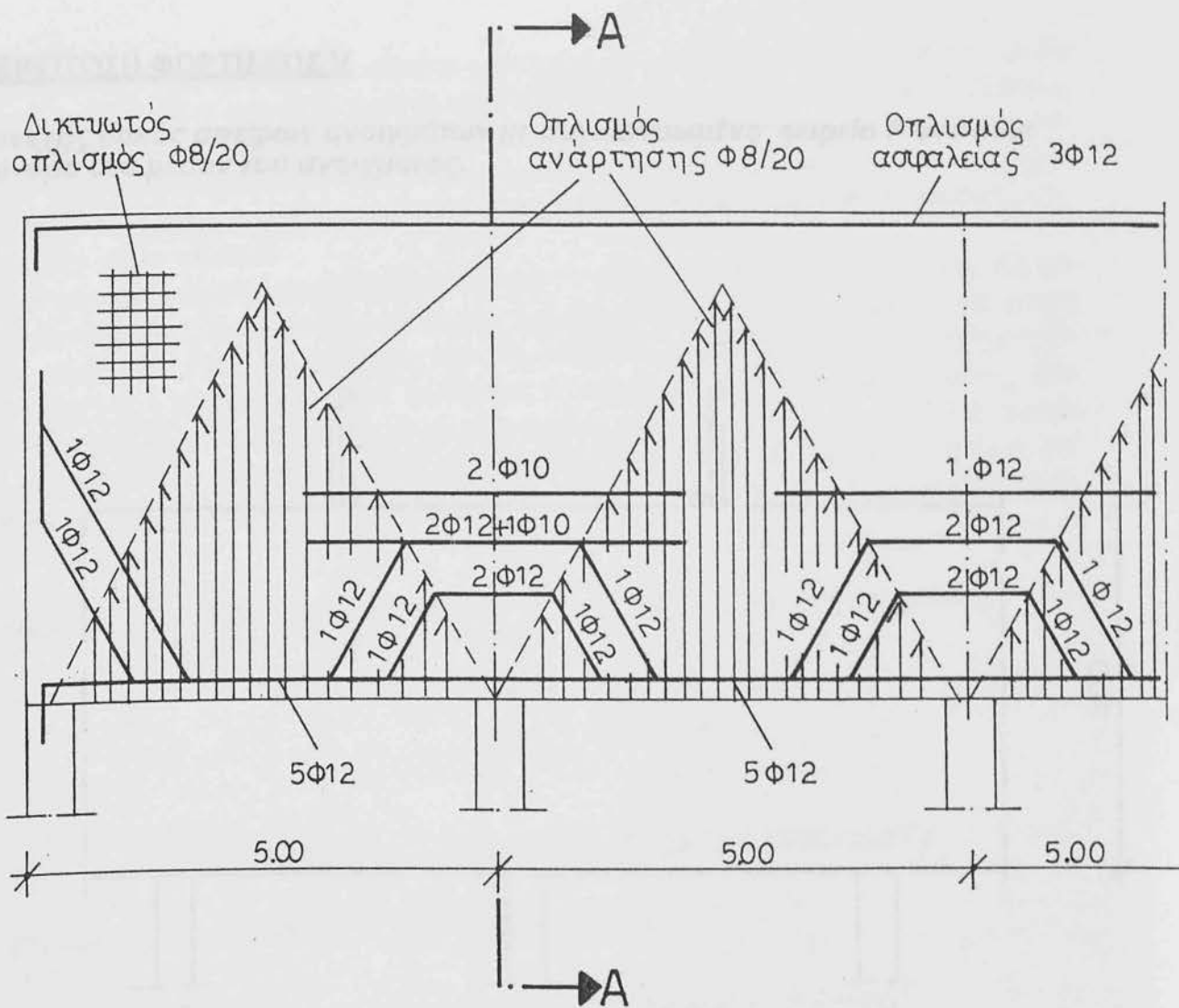
Οι οπλισμοί αναρτήσεως πρέπει να εισχωρούν τόσο βαθιά στο φορέα, όσο εμφανίζονται θετικές τάσεις σ_y . Ο οπλισμός αναρτήσεως συνεργάζεται επίσης στην ανάληψη των σχεδόν κατακόρυφων κυρίων εφελκυστικών τάσεων στη μεσαία περιοχή του ανοίγματος. Προς το σκοπό αυτό είναι σκόπιμο να λυγίζονται οι οπλισμοί αναρτήσεως προς τις στηρίξεις ριπιδωτά .

$$F_{e_{av}} = \frac{11,04}{2,0} = 4,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Επιλέγω ως οπλισμό ανάρτησης $\Phi 8/20$.

3.4 Δικτυωτός οπλισμός

Ως δικτυωτό οπλισμό τοποθετώ $\Phi 8/20$ σε όλο το μήκος της δοκού.

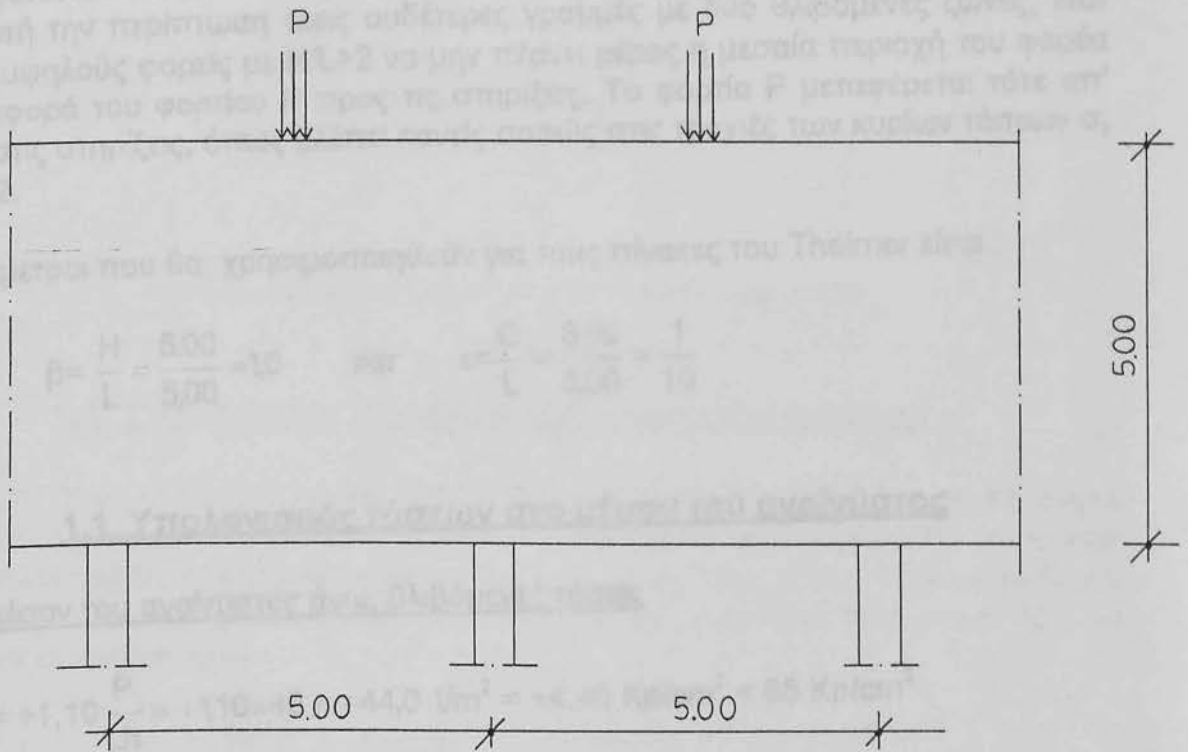


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ IV

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ V

Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.



σχ. 5.1 - περίπτωση φορτίσεως V

Για την επίλυση της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα ακόλουθα δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $P = 70 \text{ t} = \frac{P}{Lh} = \frac{50}{5,00 \times 0,25} = 40 \text{ t/m}^2$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,50 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος $B_{\text{h}} 250$, τάση θλίψεως $\sigma_{\text{b, επ}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{\text{st}} = 42/50$, $\sigma_{\text{e, επ}} = 2400 \text{ kp/cm}^2$

Για λόγους συμμετρίας, οι αντιδράσεις στηρίξεως είναι ίσες προς P , υποτίθεται ότι και τα φορτία P είναι και αυτά κατανεμημένα σ' ένα μήκος C , π.χ. με πλάκες εδράσεως, ώστε να ισχύει πάλι ο λόγος $\varepsilon=C/L$. Τότε η εντατική κατάσταση κάτω από το σύνορο P είναι η ίδια όπως και πάνω από τη στήριξη και οι τάσεις σ_x ισχύουν τόσο για το μέσον του ανοίγματος όσο και για τον άξονα στηρίξεως, αρκεί να εναλλαγούν το άνω και το κάτω σύνορο.

Μια σύγκριση της κατανομής των τάσεων με εκείνη του πίνακος IV δείχνει, ότι για $\beta=1/2$ οι καμπύλες σ_x είναι σχεδόν όμοιες, ότι όμως η ομοιότητα μικραίνει, όσο η τιμή του β μεγαλώνει. Για $\beta=1$ αλλάζει η τάση σ_x τέσσερις φορές πρόσημο και σχηματίζονται σ' αυτή την περίπτωση τρεις ουδέτερες γραμμές με δύο θλιβόμενες ζώνες, έτσι ώστε σε υψηλούς φορείς με $H/L > 2$ να μην πέρνει μέρος η μεσαία περιοχή του φορέα στη μεταφορά του φορτίου P προς τις στηρίξεις. Το φορτίο P μεταφέρεται τότε απ' ευθείας στις στηρίξεις, όπως βλέπει κανείς σαφώς στις τροχιές των κυρίων τάσεων σ_y για $\beta=1/2$.

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,50}{5,00} = \frac{1}{10}$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο μέσον του ανοίγματος

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

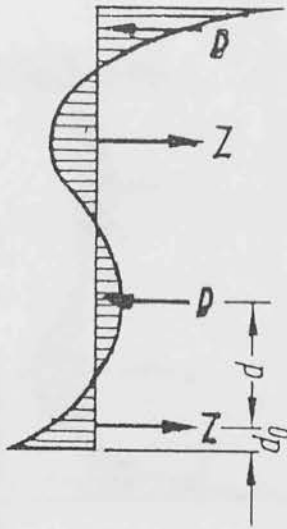
$$\sigma_x^o = +1,10 \frac{P}{Lh} = +1,10 \times 40 = +44,0 \text{ t/m}^2 = +4,40 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -12,004 \frac{P}{Lh} = -12,004 \times 40 = -480,16 \text{ t/m}^2 = -48,02 \text{ Kp/cm}^2$$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_1 = 0,276 P = 0,276 \times 40 = 11,04 \text{ t}$
2. Απόσταση της συνισταμένης εφελκυστικής δύναμης από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,043 \alpha = 0,043 \times 2,50 = 0,108 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδέτερης γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,102 L = 0,102 \times 5,0 = 0,51 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,816 \alpha = 0,816 \times 2,50 = 2,04 \text{ m}$



σχ. 5.2 διάγραμμα τάσεων στον μέσον ανοίγματος

1.3 Υπολογισμός οπλισμού στο μέσον του ανοίγματος

Ο οπλισμός υπολογίζεται και διατάσσεται όπως και στην περίπτωση με συγκεντρωμένο φορτίο στο κάτω σύνορο. Στην περιοχή των κυρίων εφελκυστικών τάσεων οι οπλισμοί πρέπει να ανακάμπτονται σύμφωνα με τις τροχιές των τάσεων, οι δε κλίσεις σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να είναι κάπως μικρότερες (κάτω των 45°) ως προς τον οριζόντιο άξονα.

$$F_e = \frac{Z_i}{\sigma_{\epsilon \text{ επ}}} = \frac{11040}{2400} = 4,60 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω : 5 Φ 12 (5,65 cm²).

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

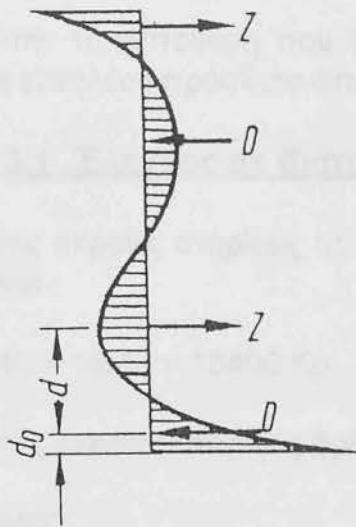
Ο υπολογισμός των τάσεων ισχύει για ακραίες και μεσαίες στηρίξεις με την προϋπόθεση ότι στις ακραίες στηρίξεις θα τοποθετήσουμε 20% περισσότερο οπλισμό.

1. στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +12,004 \frac{P}{Lh} = +12,004 \times 40 = +480,16 \text{ t} = +48,02 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,10 \frac{P}{Lh} = -1,10 \times 40 = -44,0 \text{ t} = -4,40 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 5.3 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z_1 = 0,276 P = 0,276 \times 40 = 11,04 \text{ t}$
2. Απόσταση της συνισταμένης εφελκυστικής δύναμης από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,043 \alpha = 0,043 \times 2,50 = 0,108 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,102 L = 0,102 \times 5,0 = 0,51 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,816 \alpha = 0,816 \times 2,50 = 2,04 \text{ m}$

1.6 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη

Ο οπλισμός στη στήριξη είναι ο ίδιος με αυτόν του ανοίγματος, δηλ. είναι :

$$F_e = \frac{Z_1}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{11040}{2400} = 4,60 \text{ cm}^2$$

Υπάρχων οπλισμός:		
4Φ12	(4,52 cm ²)	από τα ανοίγματα
1Φ12	(1,13 cm ²)	πρόσθετος οπλισμός
Σύνολο :	F _{eII} = (5,65 cm ²)	

Παρατήρηση: Σύμφωνα με την προϋπόθεση που θέσαμε παραπάνω, στις ακραίες στηρίξεις θα τοποθετήσουμε επιπλέον πρόσθετο οπλισμό 2Φ10.

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι τέμνουσες δυνάμεις, στις ακραίες στηρίξεις της συνεχούς δοκού, σύμφωνα με το Bay, για $\beta=1,0$ και $\varepsilon=0,10$ είναι :

$$Q_A = 0,46 P = 0,46 \times 40 = 18,4 \text{ t} = 18400 \text{ Kp}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στις ακραίες στηρίξεις βρίσκεται :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 18400}{7 \times 490 \times 25} = 1,72 \text{ Kp/cm}^2$$

Οι τέμνουσες δυνάμεις στις μεσαίες στηρίξεις της συνεχούς δοκού, με συγκεντρωμένο φορτίο στο κάτω σύνορο, για $\beta=1$ και $\varepsilon=0,10$ σύμφωνα με το Bay υπολογίζονται :

$$Q_B = 1,04 P = 1,04 \times 40 = 41,6 \text{ t} = 41600 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στις μεσαίες στηρίξεις βρίσκεται :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 41600}{7 \times 490 \times 25} = 3,88 \text{ Kp/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμους φορείς είναι :

$$\text{επ } \tau_o = 2 \tau_{o1} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερη από $\max \tau_o = 1,72 \text{ Kp/cm}^2$ και από $\max \tau_o = 3,88 \text{ Kp/cm}^2$.
Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Έλεγχος κύριας τάσης

Η μέγιστη θλιπτική τάση αναπτύσσεται στις κεφαλές των μεσαίων υποστυλωμάτων, η οποία είναι :

$$\max \sigma_{bd} = \frac{P}{Ch} = \frac{40}{0,50 \times 0,25} = 320 \text{ t/m}^2 = 32,0 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή στύλου $F_1 = 0,50 \times 0,50 = 0,25 \text{ m}^2 = 2500 \text{ cm}^2$
Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,50 \times 0,25 = 0,125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{\text{bd επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \times \sqrt{\frac{2500}{1250}} = 117,85 \text{ Kp/cm}^2$$

μεγαλύτερο από $32,0 \text{ Kp/cm}^2$.

3.3 Οπλισμός αναρτήσεως

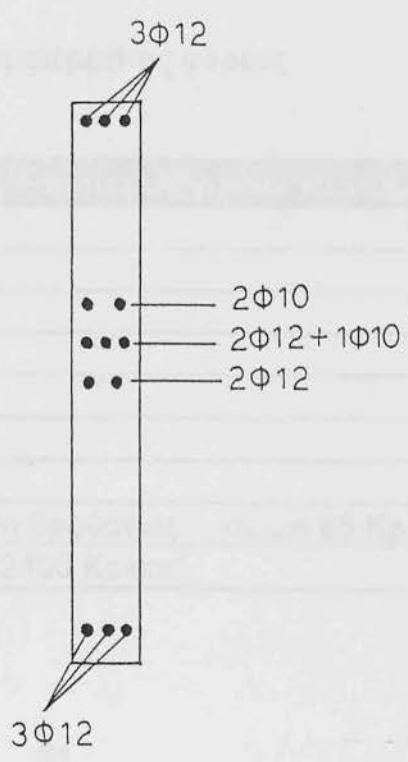
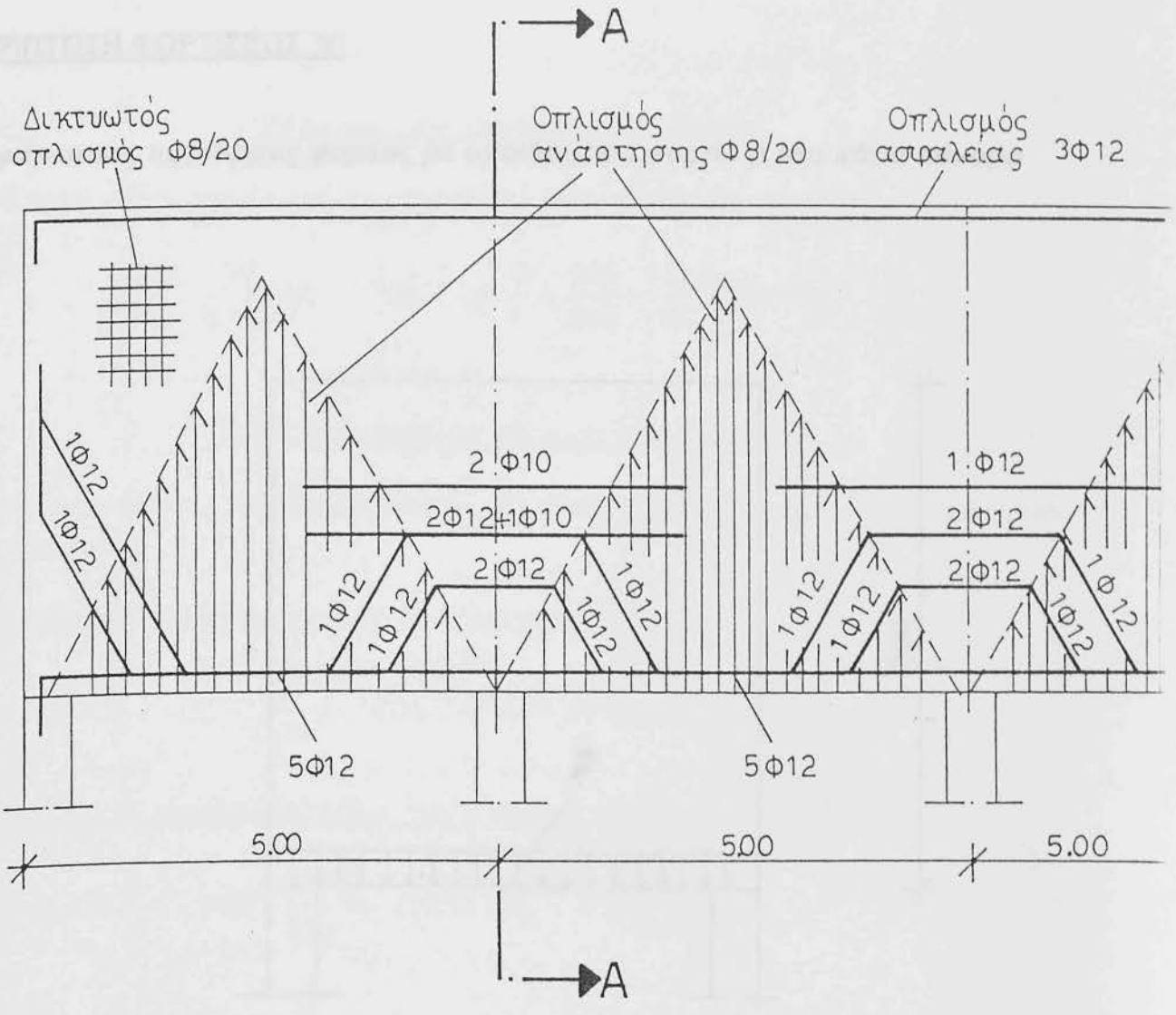
Οι οπλισμοί αναρτήσεως πρέπει να εισχωρούν τόσο βαθιά στο φορέα, όσο εμφανίζονται θετικές τάσεις σ_y . Ο οπλισμός αναρτήσεως συνεργάζεται επίσης στην ανάληψη των σχεδόν κατακόρυφων κυρίων εφελκυστικών τάσεων στη μεσαία περιοχή του ανοίγματος. Προς το σκοπό αυτό είναι σκόπιμο να λυγίζονται οι οπλισμοί αναρτήσεως προς τις στηρίξεις ριπιδωτά.

$$F_{e \text{ av}} = \frac{11,04}{2,0} = 4,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Επιλέγω ως οπλισμό ανάρτησης $\Phi 8/20$.

3.4 Δικτυωτός οπλισμός

Σαν δικτυωτός οπλισμός διατάσσεται όπως και στους διαμήκεις δίσκους μια διπλή σειρά από $3 \frac{1}{3} \Phi 8$ ανά τρέχον μέτρο (άνοιγμα βρόχου 30 cm). Αυτός ο οπλισμός πρέπει να διατάσσεται μόνο κατά την κατακόρυφο έννοια λόγω του υπάρχοντος οριζόντιου οπλισμού. Έτσι επιλέγω ως οπλισμό αναρτήσεως $\Phi 8/20$.

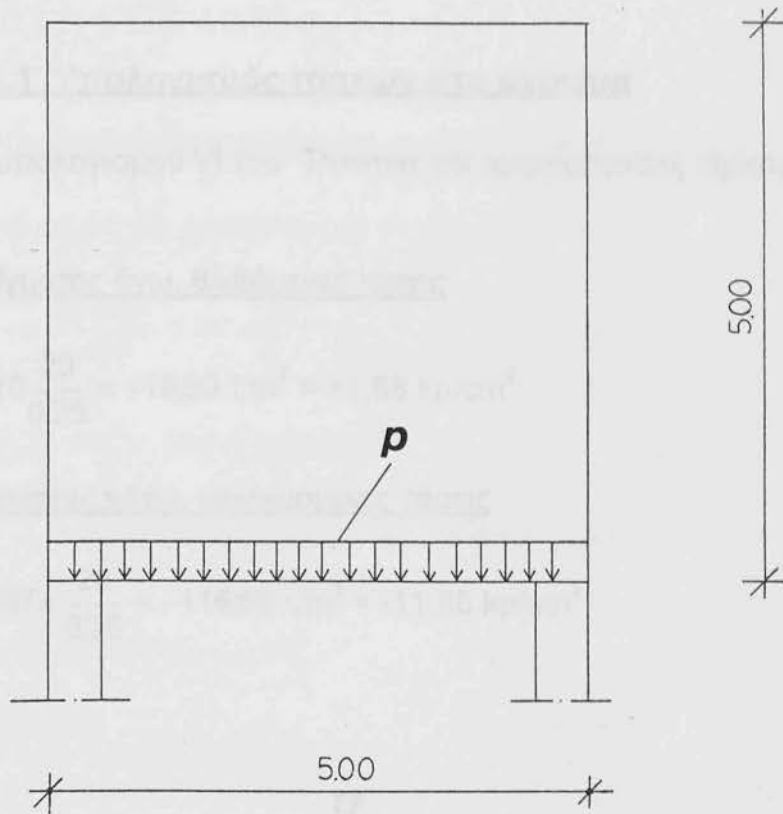


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΣΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΔΟΡΤΙΣΕΩΣ V

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ VI

Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο



σχ. 6.1 - αμφιέρειστος φορέας

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού: $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 20 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b \text{ επ}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{e \text{ επ}} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

1.2 Υπολογισμός μετασχηματιστικού δείκτη

Υπολογισμός αμφιέριστου δίσκου

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{5,00} = \frac{1}{10} \quad (\text{περίπου})$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

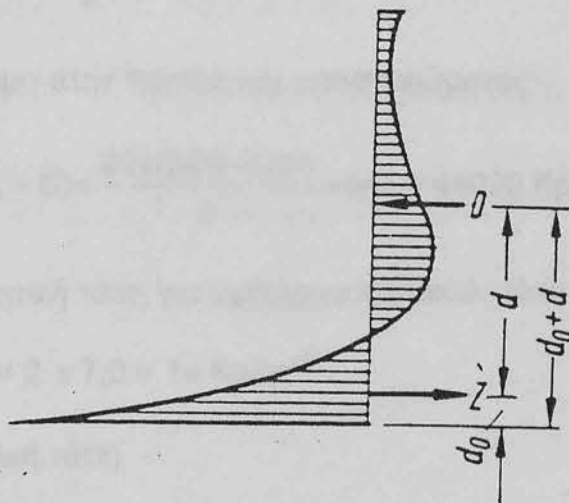
Από τους πίνακες υπολογισμού VI του Theimer για αμφιέριστους υψίκορμους φορείς έχουμε :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,210 \frac{p}{h} = +0,210 \frac{20}{0,25} = +16,80 \text{ t/m}^2 = +1,68 \text{ kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,457 \frac{p}{h} = -1,457 \times \frac{20}{0,25} = -116,56 \text{ t/m}^2 = -11,66 \text{ kp/cm}^2$$



σχ. 6.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η δύναμη εφελκυσμού :

$$Z_1 = 0,193 \rho L = 0,193 \times 20 \times 5,00 = 19,3 \text{ t}$$

2. Απόσταση της δύναμews εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :

$$d_o = 0,888L = 0,888 \times 5,00 = 0,44 \text{ m}$$

3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :

$$y_o = 0,248L = 0,248 \times 5,00 = 1,24 \text{ m}$$

4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμewν :

$$d = 0,524L = 0,524 \times 5,00 = 2,62 \text{ m.}$$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφιέρειστης δοκού

Ο εφελκούμενος οπλισμός της αμφιέρειστου δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{19300}{2400} = 8,04 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 6Φ14 (9,24 cm²), 3Φ14 συνεχής.

1.4 Έλεγχος σε διάτμηση

Η πίεση στην κεφαλή του υποστυλώματος :

$$A = B = \frac{qL}{2} = \frac{20 \times 5,00}{2} = 50 \text{ t} = 50000 \text{ Kp}$$

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος

$$Q_A = \frac{1}{2} q \times (L - C) = \frac{20 \times (5,00 - 0,60)}{2} = 44 \text{ t} = 44000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διάτμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7Hh} = \frac{8 \times 44000}{7 \times 490 \times 25} = 4,11 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτήται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Διατομή στύλου $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$
Επιφάνειαεδράσεως $F_2 = 0,25 \times 0,60 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{\text{bd επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

Υπάρχουσα θλιπτική τάση

$$\sigma_{\text{bd}} = \frac{A}{F_2} = \frac{50000}{1500} = 33,33 \text{ Kp/cm}^2 < 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

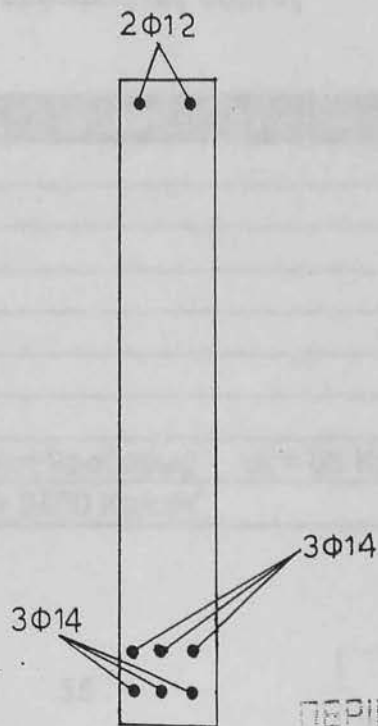
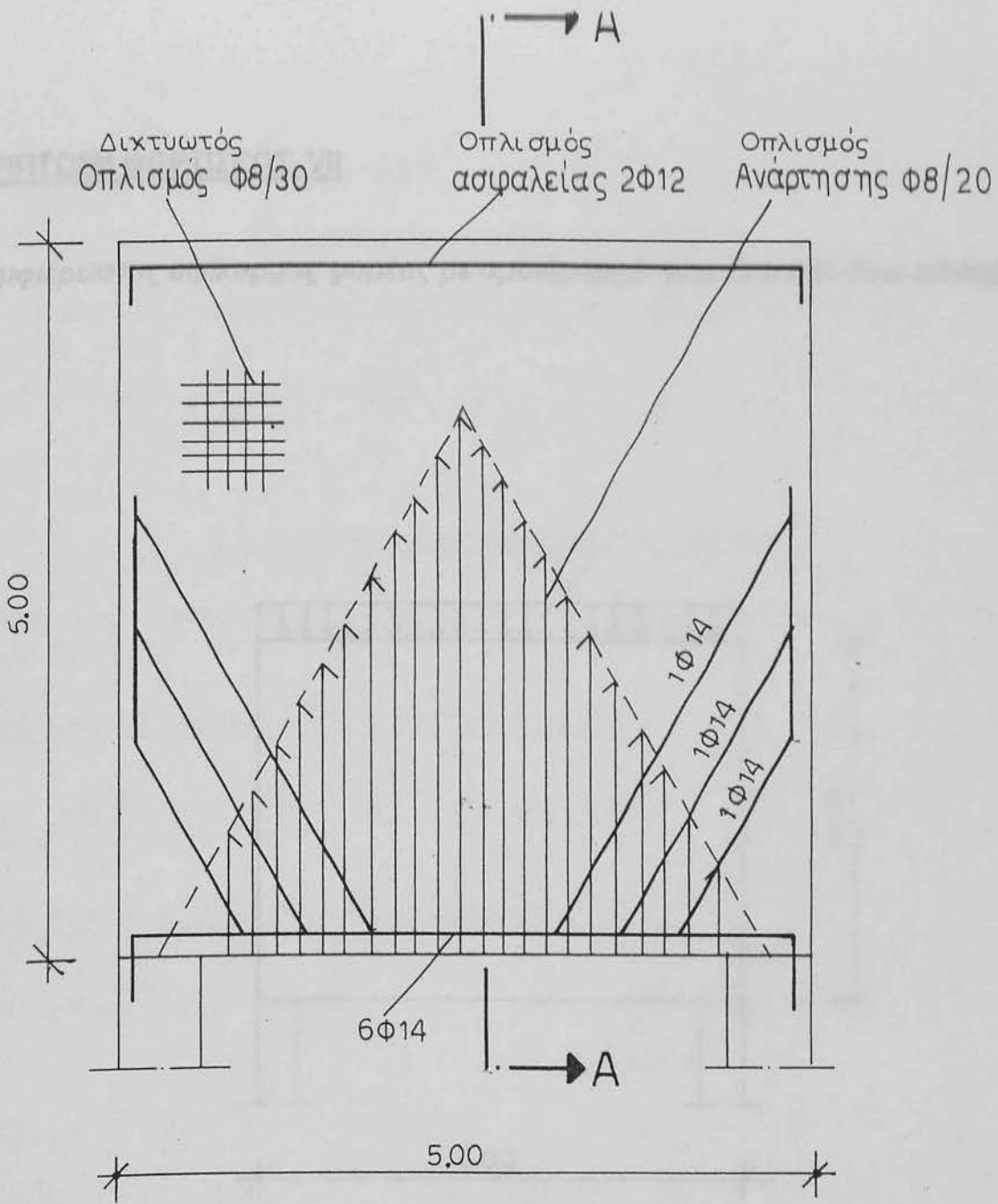
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , του κάτω συνόρου πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{20000}{2000} = 10 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_h 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.



ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ VI

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ VII

Υπολογισμός επιμέρους πίεσης
Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

Οι παρακάτω πίνακες θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Υποπαι.

$$\sigma_1 = \frac{p}{L} \cdot \frac{L^2}{8} = \frac{20}{6} \cdot \frac{36}{8} = 15 \text{ t/m}^2 \quad \text{και} \quad \sigma_2 = \frac{p}{L} \cdot \frac{L^2}{10} = \frac{20}{6} \cdot \frac{36}{10} = 12 \text{ t/m}^2$$

7.1 Υπολογισμός τάσεων στα άκρα

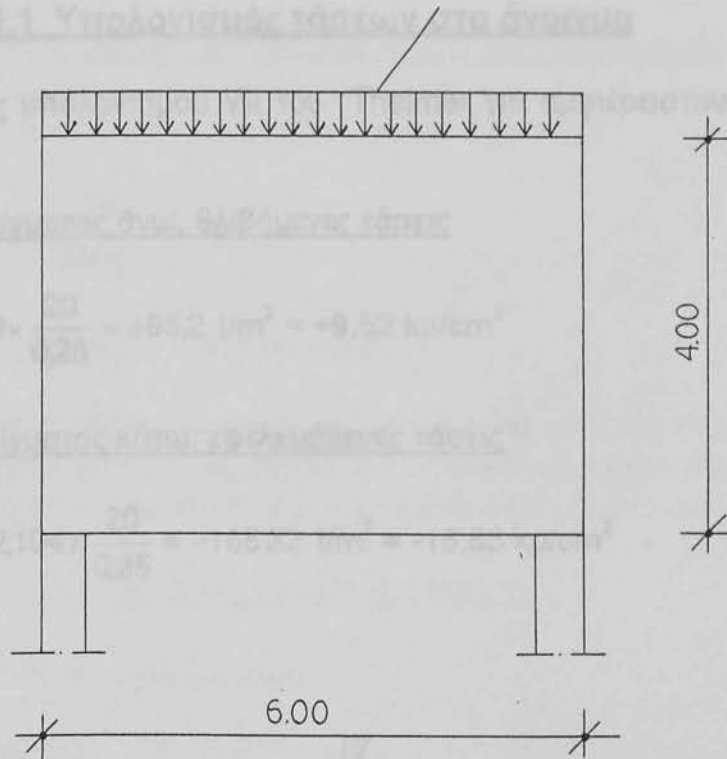
Από τους πίνακες 1 και 2 προκύπτει ότι ο υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο έχει:

1. στα άκρα του πλάτους δοκού, θωρακιστικές τάσεις

$$\sigma_1^* = +119 \cdot \frac{p}{h} = +119 \cdot \frac{20}{0,25} = 4852 \text{ t/m}^2 = +9,52 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στα άκρα του ανοίγματος στην θωρακιστική τάση

$$\sigma_2^* = -2104 \cdot \frac{p}{h} = -2104 \cdot \frac{20}{0,25} = -16832 \text{ t/m}^2 = -33,66 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 7.1 - αμφιέρειστος φορέας

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού: $L = 6,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 4,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 20 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

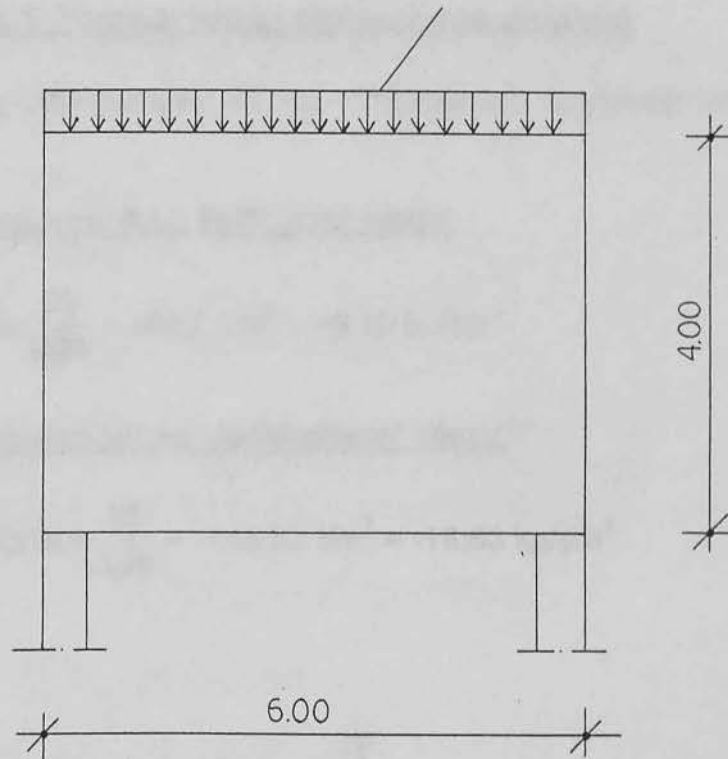
Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250, τάση θραύσεως $\sigma_b = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{εστ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ VII

Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



σχ. 7.1 - αμφιέρειστος φορέας

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού: $L = 6,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 4,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 20 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_b = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός αμφιέριστου δίσκου

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{4,00}{6,00} = \frac{2}{3} \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{6,00} = \frac{1}{10}$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

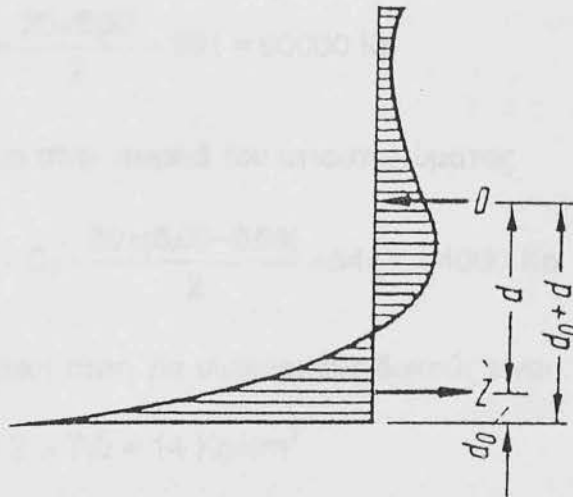
Από τους πίνακες υπολογισμού VII του Theimer για αμφιέριστους υψίκορμους φορείς έχουμε :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +1,19 \times \frac{p}{h} = +1,19 \times \frac{20}{0,25} = +95,2 \text{ t/m}^2 = +9,52 \text{ kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = -2,104 \times \frac{p}{h} = -2,104 \times \frac{20}{0,25} = -168,32 \text{ t/m}^2 = -16,83 \text{ kp/cm}^2$$



σχ. 7.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η δύναμη εφελκυσμού :

$$Z_1 = 0,228 \rho L = 0,228 \times 20 \times 6,00 = 27,36 \text{ t}$$

2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :

$$d_o = 0,08 L = 0,08 \times 6,00 = 0,48 \text{ m}$$

3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :

$$y_o = 0,258 L = 0,258 \times 6,00 = 1,55 \text{ m}$$

4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :

$$d = 0,443 L = 0,443 \times 6,00 = 2,66 \text{ m.}$$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφιέρειστης δοκού

Ο εφελκυσμένος οπλισμός της αμφιέρειστης δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e, \text{επ}}} = \frac{27360}{2400} = 11,40 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 6Φ16 (12,06 cm²), 3Φ16 συνεχής.

Παρατήρηση: Οι υψηλές τάσεις εφελκυσμού κοντά στην στήριξη απαιτούν συνεχή κύριο οπλισμό στο κάτω σύνορο, όπως και ο πρόσθετα ανακαμπτόμενος λοξός οπλισμός να φτάνει μέχρι το άκρο του φορέα και εκεί να αγκυρώνεται κατάλληλα.

1.4 Έλεγχος σε διάτμηση

Η πίεση στην κεφαλή του υποστυλώματος :

$$A = B = \frac{qL}{2} = \frac{20 \times 6,00}{2} = 60 \text{ t} = 60000 \text{ Kp}$$

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος

$$Q_A = \frac{1}{2} q \times (L - C) = \frac{20 \times (6,00 - 0,60)}{2} = 54 \text{ t} = 54000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o, \text{επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7Hh} = \frac{8 \times 54000}{7 \times 390 \times 25} = 6,33 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Από τις τροχιές των κυρίων τάσεων του πίνακα VII βλέπουμε, ότι οι θλιπτικοί θόλοι εδώ είναι πιο απότομοι από την περίπτωση VI, «αμφιέριστη δοκός με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο» και ότι οι ανώτερες περιοχές δεν εμφανίζουν σχεδόν καθόλου κύριες τάσεις, γιατί οι διατμητικές τάσεις επηρεάζουν εδώ τις κύριες τάσεις λίγο.

Οι μέγιστες συνιοριακές τάσεις σ_x εμφανίζονται εδώ, όχι στο μέσον του ανοίγματος, αλλά κοντά στις στηρίξεις.

$$\text{Διατομή στύλου } F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$$
$$\text{Επιφάνεια εδράσεως } F_2 = 0,25 \times 0,60 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd \text{ επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

Υπάρχουσα θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd} = \frac{A}{F_2} = \frac{60000}{1500} = 40 \text{ Kp/cm}^2 < 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τροχιών των κυρίων τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , του κάτω συνόρου πρέπει να διαταχθεί οπλισμός ανάρτησης. Ο απαιτούμενος οπλισμός ανάρτησης :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{20000}{2000} = 10 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό ανάρτησης.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.

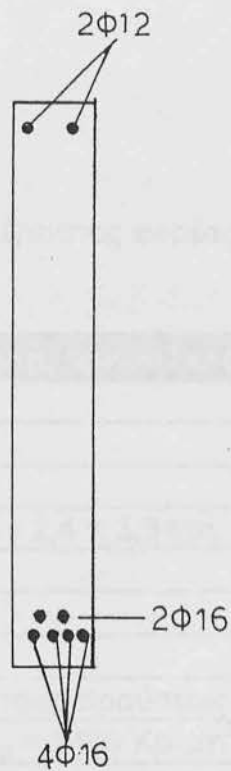
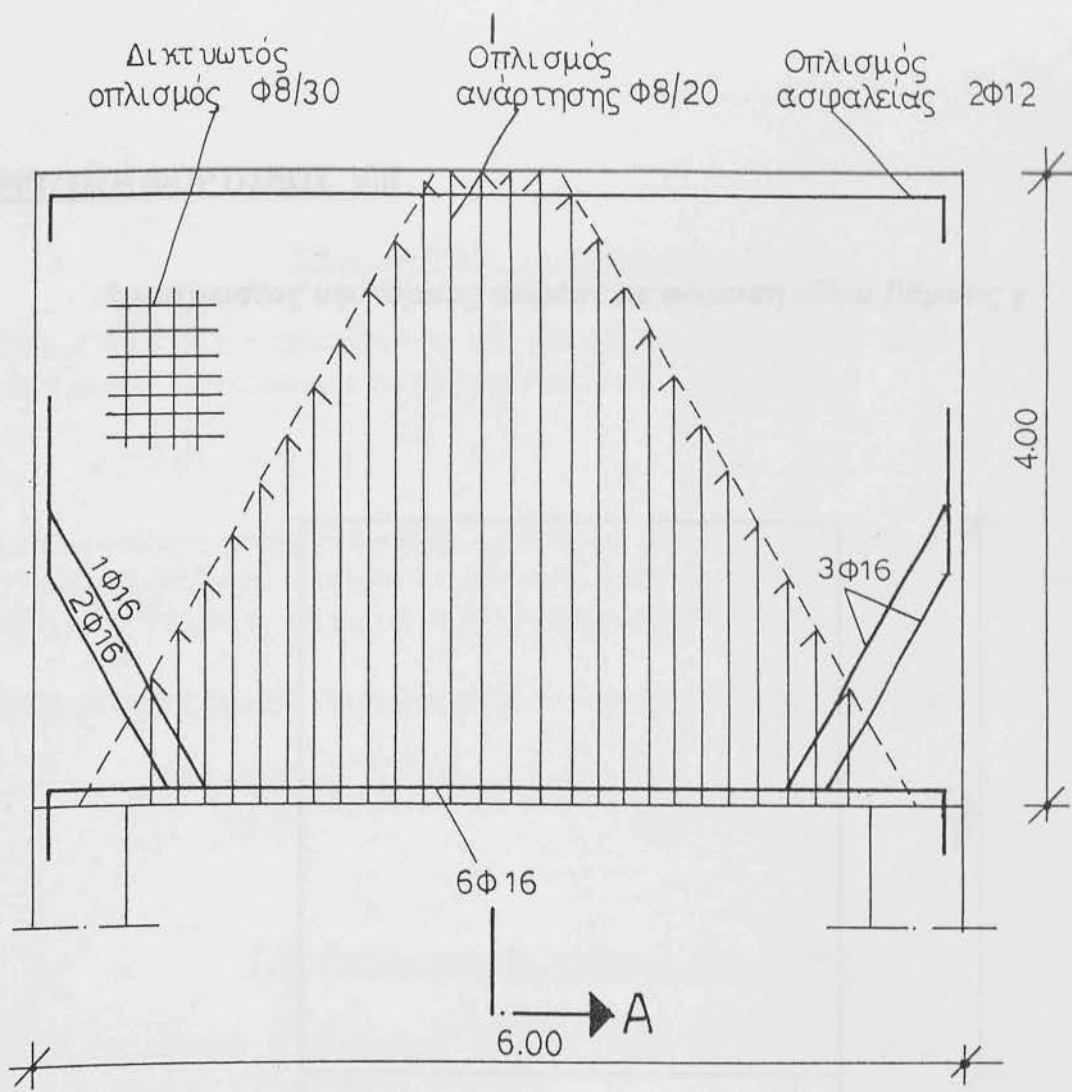
Παρατήρηση: Με αυξανόμενο το ύψος του φορέα ελαττώνονται οι τιμές των Z και σ_0 και σ_u ανάλογα. Για $\beta \geq 1$ (ημιδίσκος), η επιφάνεια του δίσκου από το συνεργαζόμενο ύψος και πάνω, είναι πρακτικά άτονη. Η τάση $\sigma_u = 1,6 p/h$ παραμένει από $\beta=1$ σταθερή.

Τα πειράματα του Leonhardt / Walther έδειξαν ακόμη ότι η θεωρία των δίσκων εφαρμόζεται καλά όσο δε ρηγματώνεται το σκυρόδεμα. Μόλις ωστόσο παρουσιαστούν ρωγμές στη θέση των μέγιστων εφελκυστικών τάσεων του σκυροδέματος, πρέπει οι εφελκυστικές τάσεις να αναληφθούν μόνο από τους οπλισμούς, γιατί το σκυρόδεμα δε μπορεί να αναλάβει καθόλου εφελκυστικές τάσεις στο μήκος της ρωγμής. Όταν για τον οπλισμό

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e,επ}}$$

τεθεί σα δύναμη εφελκυσμού Z η του σταδίου I, τότε οι τάσεις των οπλισμών μένουν, στο στάδιο II, λόγω της ανυψώσεως της ουδετέρας γραμμής και της αυξήσεως συνεπώς του μοχλοβραχίονα, πολύ κάτω από τις επιτρεπόμενες τιμές για το φορτίο λειτουργίας, δηλαδή οι οπλισμοί που υπολογίστηκαν κατά την θεωρία των δίσκων θα είναι πάντοτε προς την πλευρά της ασφαλείας. Αυτό το συμπέρασμα ισχύει ανάλογα και για τους συνεχείς δοκούς.

Η εφελκυστική δύναμη Z , είναι στο στάδιο II σε όλο το μήκος του ανοίγματος σχεδόν σταθερή. Ο εφελκυσμένος οπλισμός συνεπώς πρέπει να οδηγείται αμείωτος σε όλο το μήκος μέχρι τις στηρίξεις και εκεί να αγκυρώνεται άψογα.

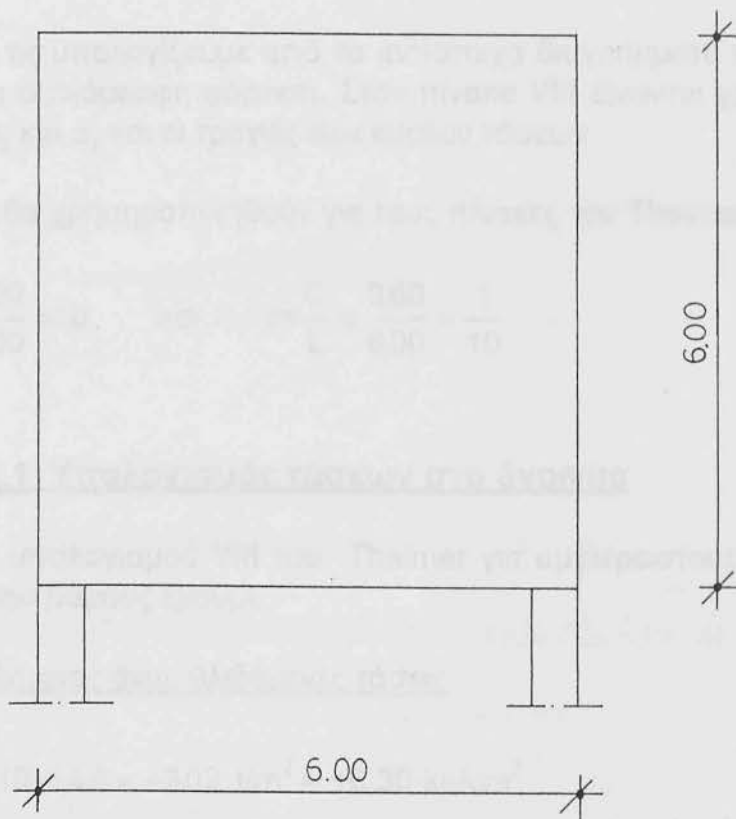


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ VIII

Αμφιέριστος υψίκορμος φορέας με φόρτιση ίδιου βάρους g



σχ. 8.1 - αμφιέριστος φορέας - ίδιον βάρους

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 6,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 6,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = Hhg = 6,0 \times 0,25 \times 2,4 = 3,6 \text{ t/m}$, $p/h = 14,4 \text{ t/m}^2 = 1,44 \text{ Kp/cm}^2$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{e,επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός αμφιέριστης δοκού

Όπως και στις συνεχείς δοκούς έτσι και για τις αμφιέριστες παίρνουμε τις τάσεις σ_x για φόρτιση ιδίου βάρους, αν θέσουμε το ισοδύναμο φορτίο

$$p = 2 g b h = g H h$$

στο κάτω σύνορο και τις υπολογίζουμε από τα αντίστοιχα διαγράμματα και τον πίνακα υπολογισμού II για ομοιόμορφη φόρτιση. Στον πίνακα VIII δίνονται γραφικά η κατανομή των τάσεων σ_x και σ_y και οι τροχιές των κυρίων τάσεων.

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{6,00}{6,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{6,00} = \frac{1}{10}$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

Από τους πίνακες υπολογισμού VIII του Theimer για αμφιέριστους υψίκορμους φορείς, με φόρτιση ιδίου βάρους έχουμε :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,210 \frac{p}{h} = +0,210 \times 14,4 = +3,02 \text{ t/m}^2 = +0,30 \text{ kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,752 \frac{p}{h} = -1,752 \times 14,4 = -25,23 \text{ t/m}^2 = -2,52 \text{ kp/cm}^2$$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η δύναμη εφελκυσμού :

$$Z_1 = 0,193 pL = 0,193 \times 3,6 \times 6,00 = 4,17 \text{ m}$$

2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :

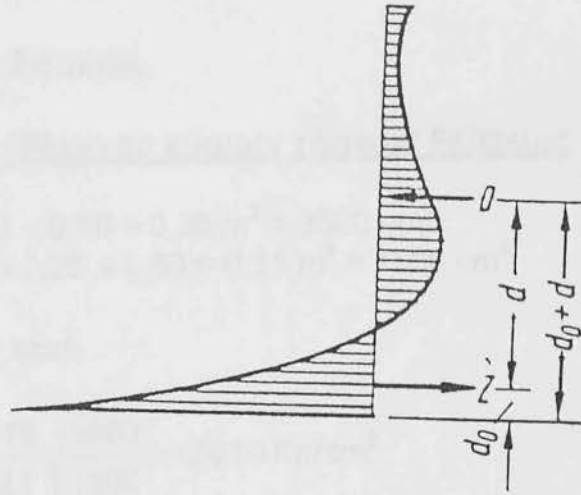
$$d_o = 0,088 L = 0,088 \times 6,00 = 0,53 \text{ m}$$

3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :

$$y_o = 0,248 L = 0,248 \times 6,00 = 1,49 \text{ m}$$

4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :

$$d = 0,524 L = 0,524 \times 6,00 = 3,14 \text{ m.}$$



Σχ. 8.2 διάγραμμα τάσεων στο άνοιγμα

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφιέριστης δοκού

Ο εφελκυσμένος οπλισμός της αμφιέριστης δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{4,17}{2,4} = 1,74 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 4Φ12 (4,52 cm²), 2Φ12 συνεχής.

1.4 Έλεγχος σε διάτμηση

Η πίεση στην κεφαλή του υποστυλώματος :

$$A = B = \frac{pL}{2} = \frac{3,6 \times 6,00}{2} = 10,8 \text{ t} = 10800 \text{ Kp}$$

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος

$$Q_A = \frac{1}{2} p \times (L - C) = \frac{3,6 \times (6,00 - 0,60)}{2} = 9,72 \text{ t} = 9720 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7Hh} = \frac{8 \times 9720}{7 \times 590 \times 25} = 0,75 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Διατομή στύλου $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$

Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,25 \times 0,60 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd \text{ επι}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

Υπάρχουσα θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd} = \frac{A}{F_2} = \frac{10800}{1500} = 7,20 \text{ Kp/cm}^2 < 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

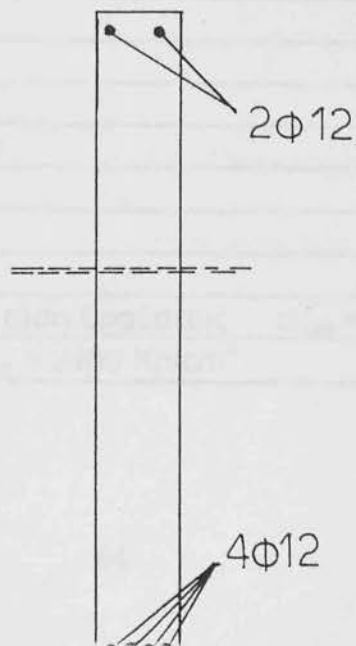
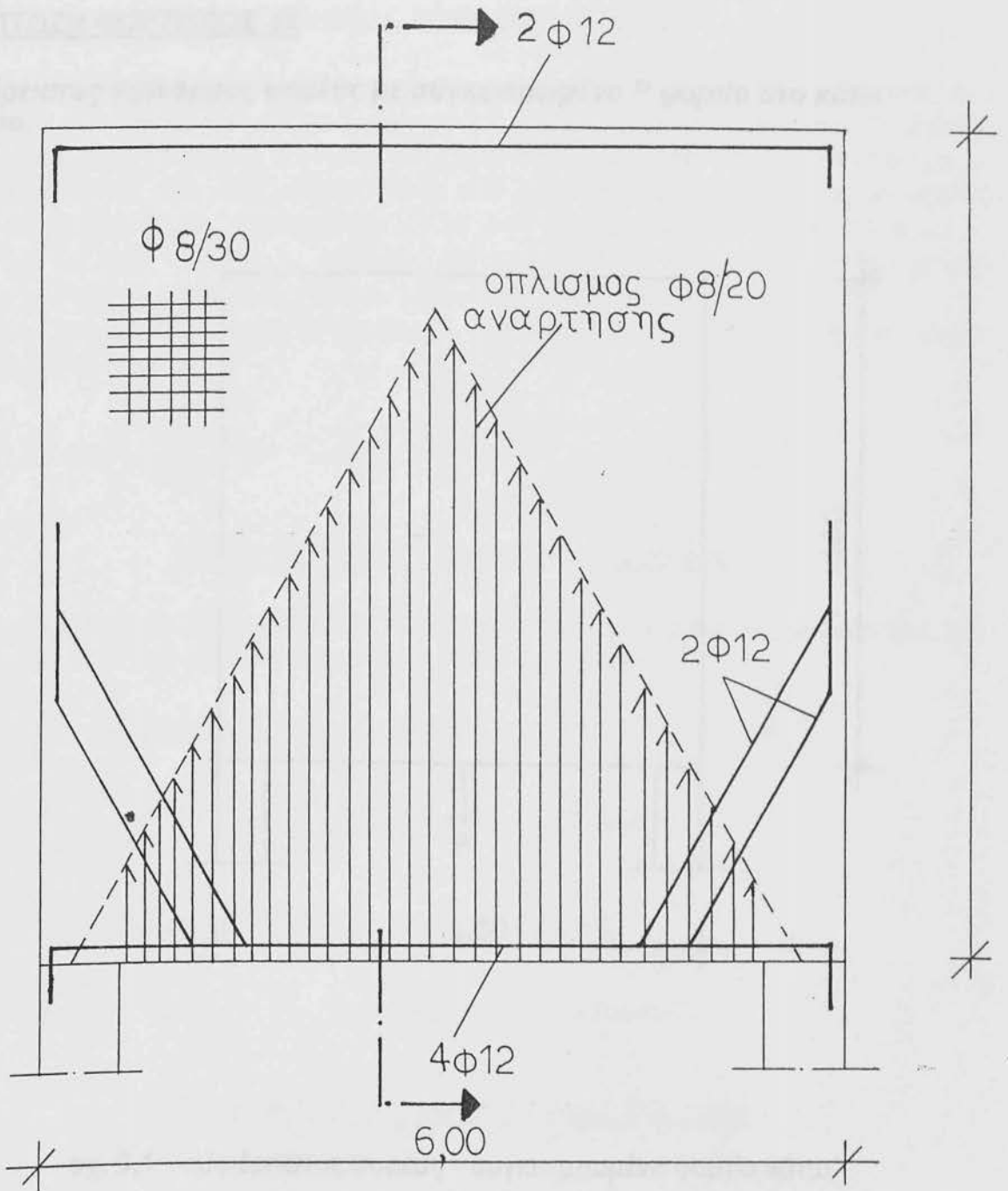
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τροχιών των κυρίων τάσεων, θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι, όπως και στην περίπτωση VI «αμφιέριστη δοκός με ομοιόμορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο», από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να αναληφθεί πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{3600}{2000} = 1,8 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

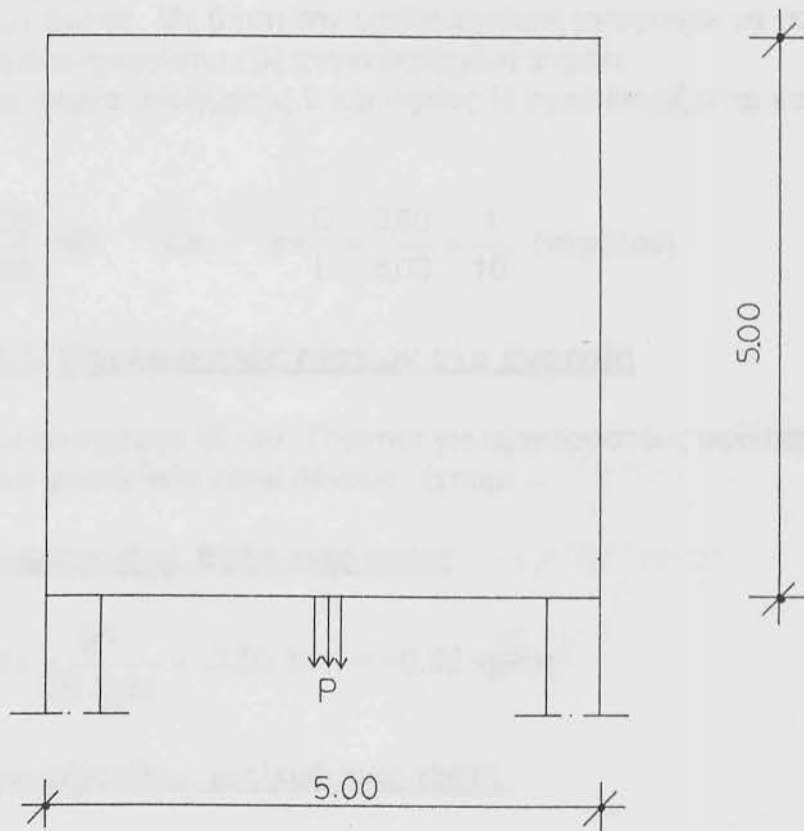
3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.



ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΙΧ

Αμφιέριστος υψίκορμος φορέας με συγκεντρωμένο P φορτίο στο κάτω σύνορο.



σχ. 9.1 - αμφιέριστος φορέας - συγκεντρωμένο φορτίο κάτω

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00$ m

Ύψος δοκού $H = 5,00$ m

Φορτίο δοκού $P = 50$ t = 50000 Kp

Πάχος δοκού $h = 0,25$ m

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60$ m

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85$ Kp/cm²

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{e,επ} = 2400$ Kp/cm²

Υπολογισμός αμφιέρειστου δίσκου

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα ροπών κάμψεως μιας συνεχούς δοκού και μιας αμφιέρειστου, διαπιστώνουμε ότι τα διαγράμματα στο άνοιγμα έχουν ένα σημείο μηδενισμού. Μπορούμε συνεπώς σ' αυτήν την περίπτωση να υποθέσουμε, ότι υπάρχει ομοιότητα ανάμεσα στο διάγραμμα ροπών στο μέσον του ανοίγματος μιας συνεχούς δοκού και σ' εκείνο μιας αμφιέρειστου με το μισό άνοιγμα $L = \alpha$, με το ίδιο όμως ύψος H και για τους δύο φορείς. Με βάση την υπόθεση αυτή μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό αμφιέρειστων με συγκεντρωμένα φορτία.

Για τον αμφιέρειστο φορέα ανοίγματος L και ύψους H προσδιορίζονται κατ' αρχήν οι παράμετροι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{5,00} = \frac{1}{10} \quad (\text{περίπου})$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

Από τους πίνακες υπολογισμού IX του Theimer για αμφιέρειστους υψίκορμους φορείς με συγκεντρωμένο φορτίο στο κάτω σύνορο, έχουμε :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,13 \frac{P}{Lh} = +0,13 \times \frac{50}{5,0 \times 0,25} = +5,20 \text{ t/m}^2 = +0,52 \text{ kp/cm}^2$$

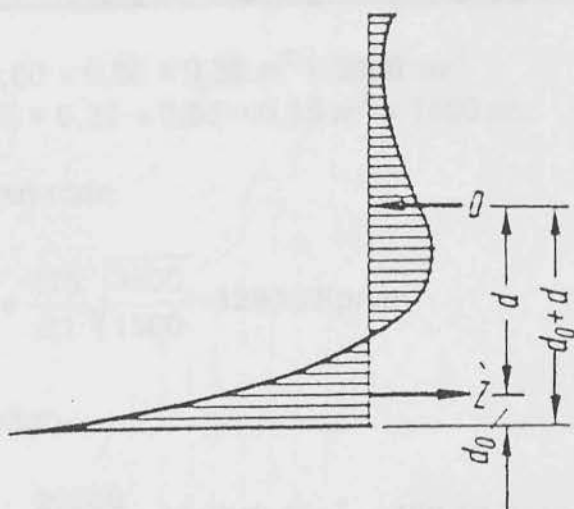
2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,21 \frac{P}{Lh} = -1,21 \times \frac{50}{5,0 \times 0,25} = -48,40 \text{ t/m}^2 = -4,84 \text{ kp/cm}^2$$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Από τον πίνακα IV / V-5 του Theimer για $\beta = \frac{H}{2L} = \frac{1}{2}$ και για $\varepsilon = \frac{C}{2L} = \frac{1}{20}$, υπολογίζουμε τη συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού και τις υπόλοιπες παραμέτρους. Έτσι έχουμε :

1. Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη :
 $Z = 0,333 P = 0,333 \times 50 = 16,65 \text{ t}$
2. Απόσταση της δύναμews εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,028 \alpha = 0,028 \times 2,50 = 0,07 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,110 L = 0,110 \times 5,00 = 0,55 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,716 \alpha = 0,716 \times 2,50 = 1,79 \text{ m.}$



σχ. 9.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφιέρειστης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της αμφιέρειστου δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e\text{ επ}}} = \frac{16650}{2400} = 6,94 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 5Φ14 (7,70 cm²), 2Φ14 συνεχής.

1.4 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του υποστυλώματος είναι :

$$Q = \frac{P}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ t} = 25000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διάτμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o\text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7H'h} = \frac{8 \times 25000}{7 \times 490 \times 25} = 2,33 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Διατομή στύλου $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$
Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,25 \times 0,60 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{\text{bd επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{3600}{1500}} = 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

Υπάρχουσα θλιπτική τάση :

$$\max \sigma_{\text{bd}} = \frac{P}{C \cdot h} = \frac{25000}{60 \times 25} = 16,67 \text{ Kp/cm}^2 < 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

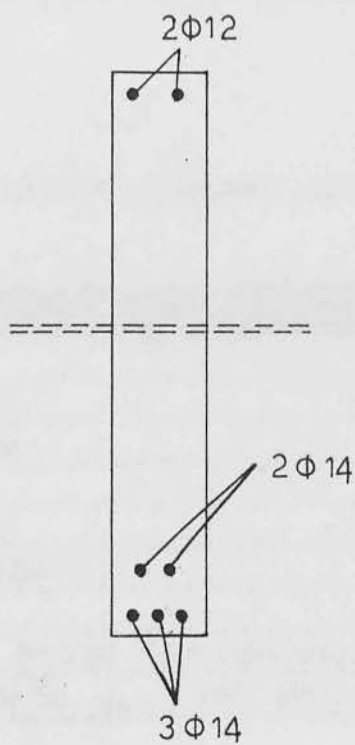
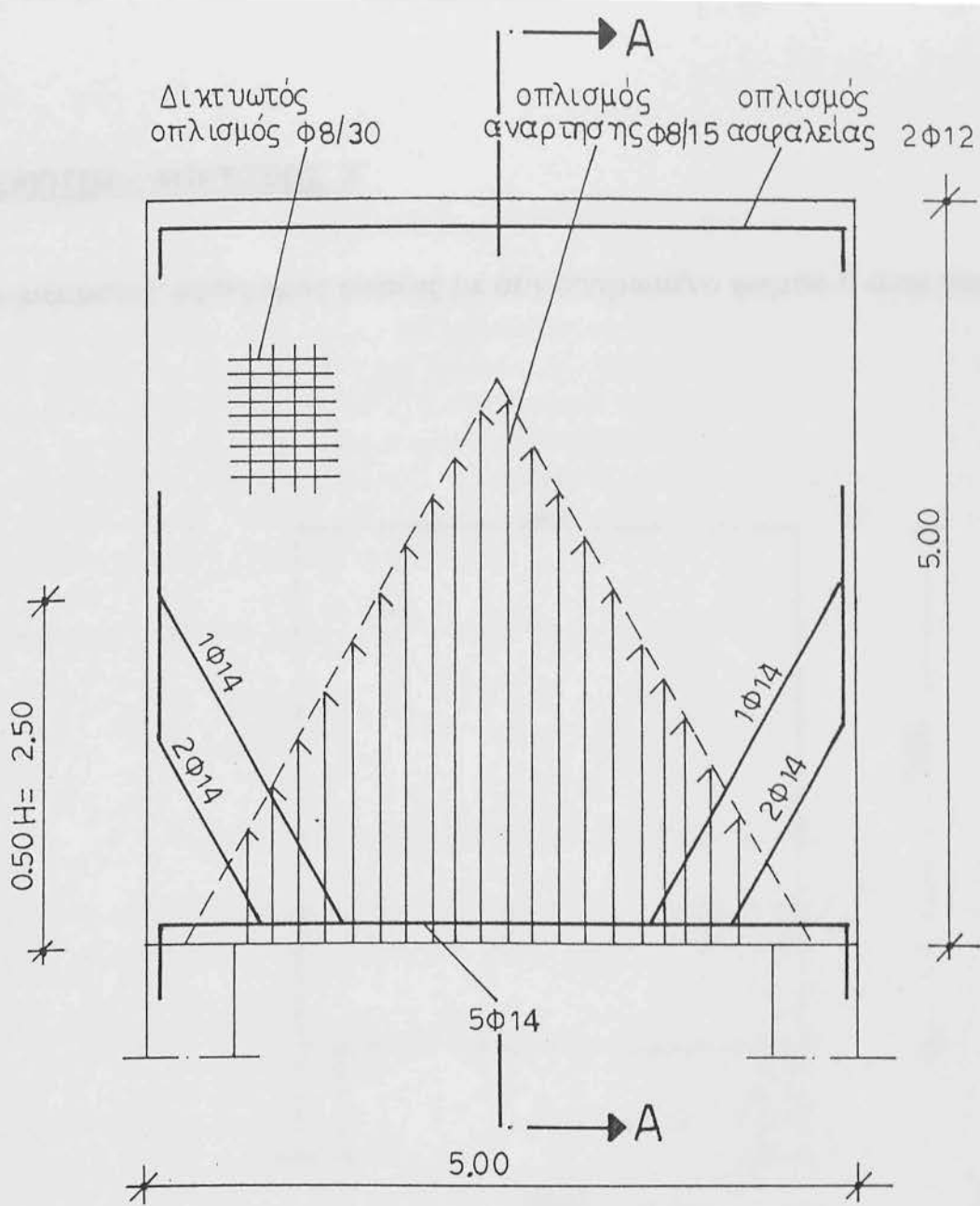
Για να εισχωρήσει το φορτίο P στο δίσκο πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως με την μορφή βεντάλιας προς τις στηρίξεις. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως είναι :

$$F_{e_{av}} = \frac{P}{2000} = \frac{50000}{2000} = 25 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω Φ8/15 ως οπλισμό αναρτήσεως.

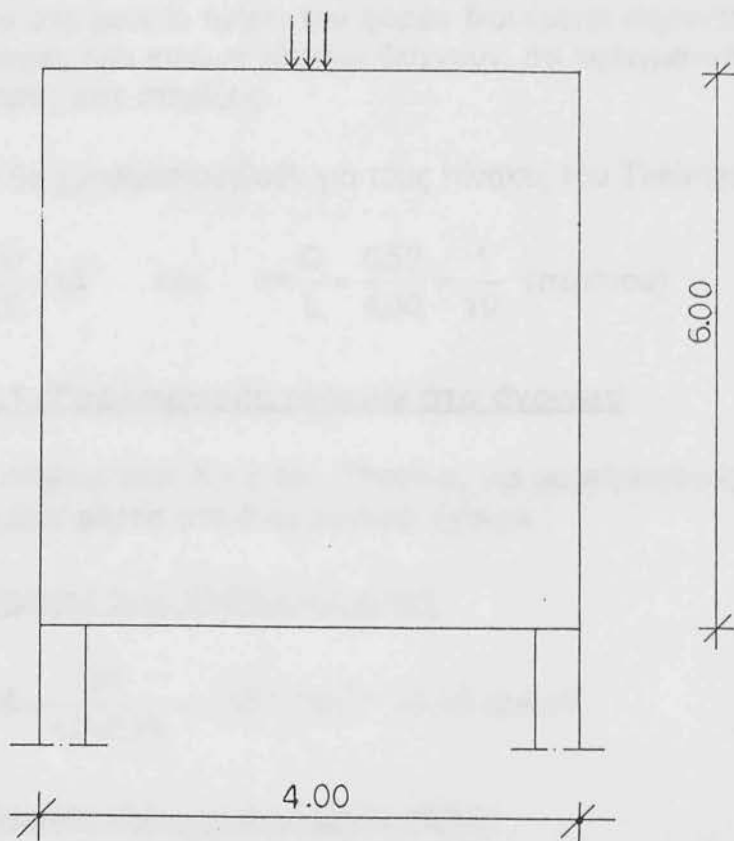
3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω Φ8/30.



ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ Χ

Αμφιέρειστος υψίκορμος φορέας με συγκεντρωμένο φορτίο P άνω στο σύνορο



σχ. 10.1 - αμφιέρειστος φορέας - συγκεντρωμένο φορτίο άνω

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού : $L = 4,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 6,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $P = 50 \text{ t}$

Πάχος δοκού $h = 0,25 \text{ m}$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,50 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{e,επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός αμφιέρειστου δίσκου

Το συγκεντρωμένο φορτίο P εισάγεται στο φορέα και εδώ όχι σαν σημειακή φόρτιση, αλλά κατανομημένη με μια πλάκα εδράσεως. Το πλάτος αυτό έστω ότι είναι ίσο προς $2C$. Όπως και στις συνεχείς δοκούς με συγκεντρωμένα φορτία P στο άνω σύνορο, έτσι και εδώ οι καμπύλες σ_x για $\beta > 1$ έχουν σχήμα S , δηλαδή αλλάζουν τέσσερις φορές πρόσημο και έχουν τρία σημεία μηδενισμού. Σε υψηλούς φορείς με $H/L > 2$ το συγκεντρωμένο φορτίο στο μεσαίο τμήμα του φορέα διανέμεται σημαντικά στο πλάτος του δίσκου. Οι τροχιές των κυρίων τάσεων δείχνουν, ότι πραγματοποιείται η μεταφορά της πίεσης προς στις στηρίξεις.

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{6,00}{4,00} = 1,5 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,50}{4,00} = \frac{1}{10} \quad (\text{περίπου})$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

Από τους πίνακες υπολογισμού $X - 2$ του Theimer, για αμφιέρειστους υψίκορμους φορείς με συγκεντρωμένο φορτίο στο άνω σύνορο, έχουμε :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,90 \frac{P}{L \cdot h} = +0,90 \times \frac{50}{4,0 \times 0,25} = +45,0 \text{ t/m}^2 = +0,45 \text{ kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^u = -0,23 \frac{P}{L \cdot h} = -0,23 \times \frac{50}{4,0 \times 0,25} = -11,50 \text{ t/m}^2 = -1,15 \text{ kp/cm}^2$$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Από τους πίνακες $IV / V - 5$ για $\beta = H/2L$ και $\varepsilon = C/2L$ υπολογίζουμε τη συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού και τις υπόλοιπες παραμέτρους. Έτσι έχουμε :

1. Η δύναμη εφελκυσμού :

$$Z_1 = 0,298 P = 0,298 \times 50 = 14,90 \text{ t}$$

2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :

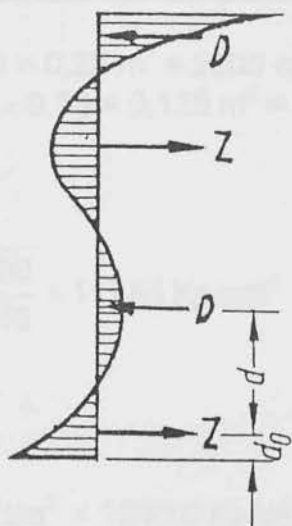
$$d_o = 0,024 \alpha = 0,024 \times 2,00 = 0,048 \text{ m}$$

3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :

$$y_o = 0,080 L = 0,080 \times 4,00 = 0,32 \text{ m}$$

4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :

$$d = 0,780 \alpha = 0,780 \times 2,00 = 1,56 \text{ m.}$$



σχ. 10.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφιέρειστης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της αμφιέρειστης δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{14,90}{2,4} = 6,21 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 5Φ14 (7,07 cm²).

1.4 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά των υποστυλωμάτων :

$$Q_A = Q_B = \frac{P}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ t} = 25000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = \frac{1}{3} \tau_{o1} \cdot (1 + 5\beta) = \frac{1}{3} \times 7,0 \times (1 + 5 \times 1,5) = 19,80 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7Hh} = \frac{8 \times 44000}{7 \times 490 \times 25} = 4,11 \text{ Kp/cm}^2 < 19,80 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Διατομή στύλου $F_1 = 0,50 \times 0,50 = 0,25 \text{ m}^2 = 2500 \text{ cm}^2$
Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,25 \times 0,50 = 0,125 \text{ m}^2 = 1250 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση :

$$\sigma_{bd \text{ επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{2500}{1250}} = 117,85 \text{ Kp/cm}^2$$

Υπάρχουσα θλιπτική τάση :

$$\sigma_{bd} = \frac{A}{F_2} = \frac{25000}{1250} = 20 \text{ Kp/cm}^2 < 129,10 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

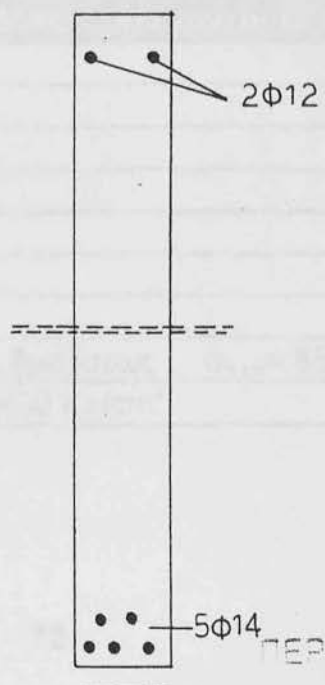
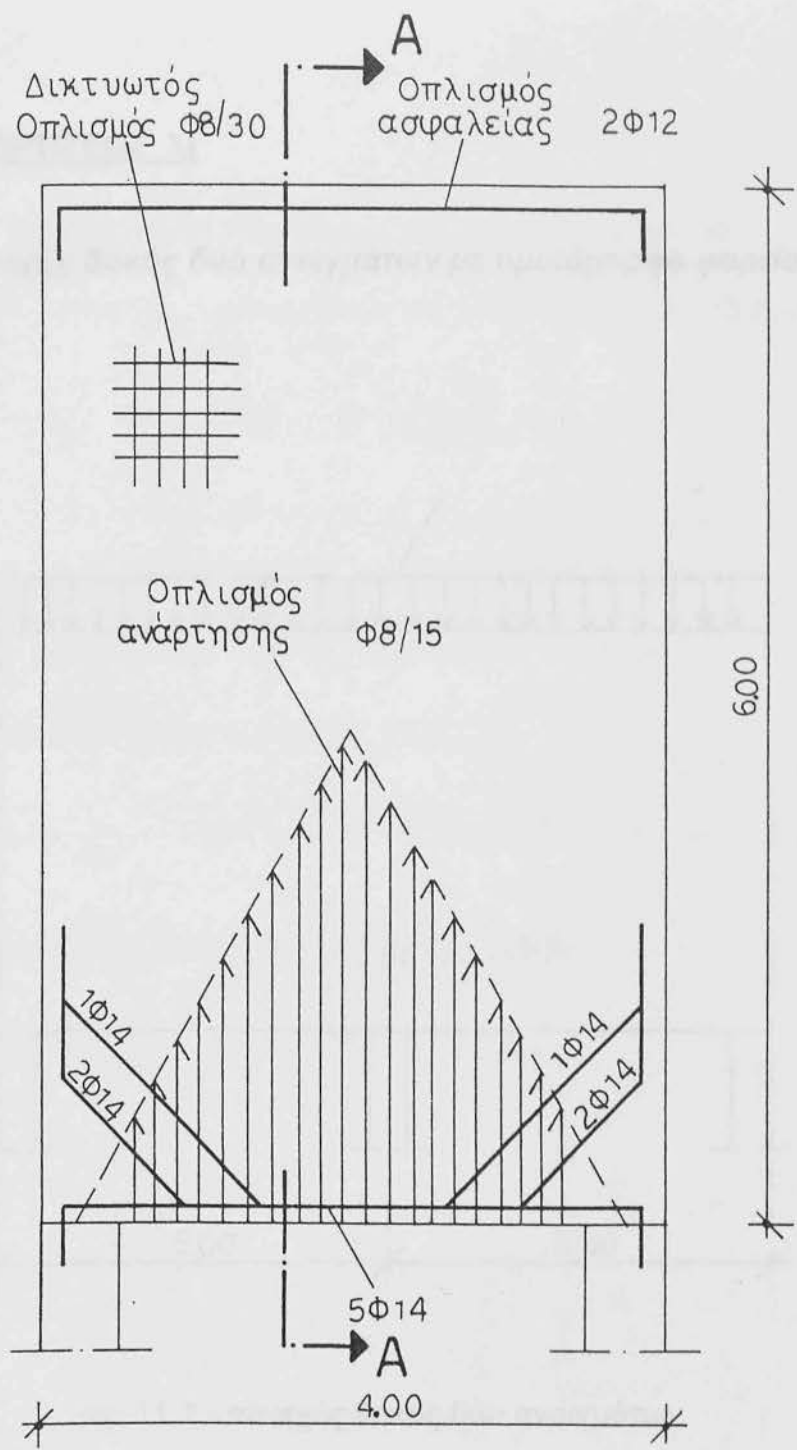
Ο οπλισμός αναρτήσεως τοποθετείται σε σχήμα βεντάλιας για να αναλάβει τις κύριες τάσεις σε όλο το φορέα. Ο απαιτούμενος οπλισμός ανάρτησης είναι :

$$F_{e_{av}} = \frac{P}{2000} = \frac{50000}{2000} = 25 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/15$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_h 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.

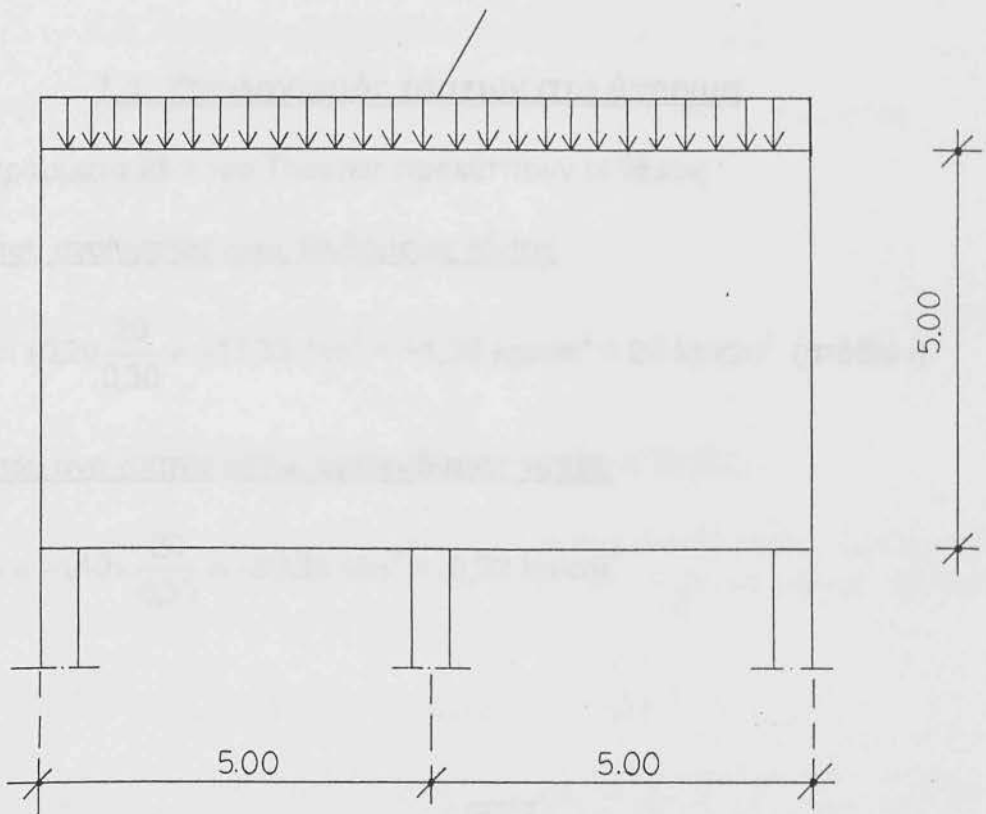


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ Χ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΧΙ

Υψίκορμος συνεχής δοκός δύο ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο.



σχ. 11.1 - συνεχής δοκός δύο ανοιγμάτων

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 20 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,30 \text{ m}$

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,60 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα Β_{st} = 42/50, $\sigma_{s,επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός συνεχούς δοκού δύο ανοιγμάτων

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,60}{5,00} = \frac{1}{12}$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

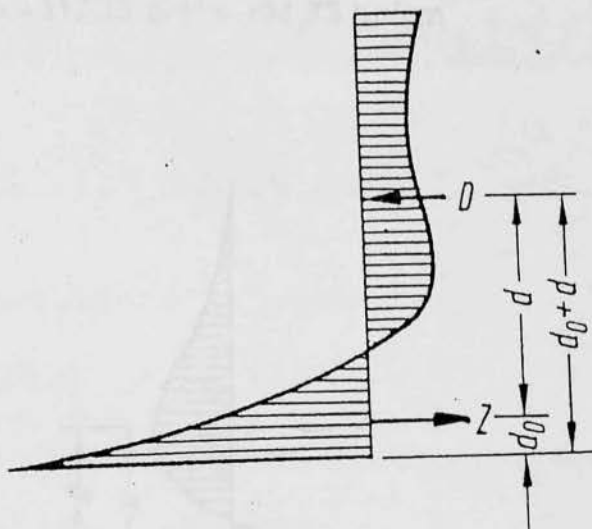
Από τα διαγράμματα XI-1 του Theimer προκύπτουν οι τάσεις :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,20 \frac{p}{h} = +0,20 \frac{20}{0,30} = +13,33 \text{ t/m}^2 = +1,33 \text{ kp/cm}^2 < 85 \text{ kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυσμένες τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,40 \frac{p}{h} = -1,40 \times \frac{20}{0,30} = -93,33 \text{ t/m}^2 = -9,33 \text{ kp/cm}^2$$



σχ. 11.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη αναπτύσσεται σε απόσταση $x_0=0,56 L=2,8$ m από τη στήριξη B, στο σημείο που εμφανίζεται η μέγιστη ροπή κάμψεως και βρίσκεται από το σχ. XI - 5 του πίνακα XI του Theimer.

$$Z_1 = 0,138 pL = 0,138 \times 20 \times 5,00 = 13,80 \text{ t}$$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού στο άνοιγμα

Ο εφελκυστικός οπλισμός της συνεχούς δοκού δύο ανοιγμάτων βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{13800}{2400} = 5,75 \text{ cm}^2$$

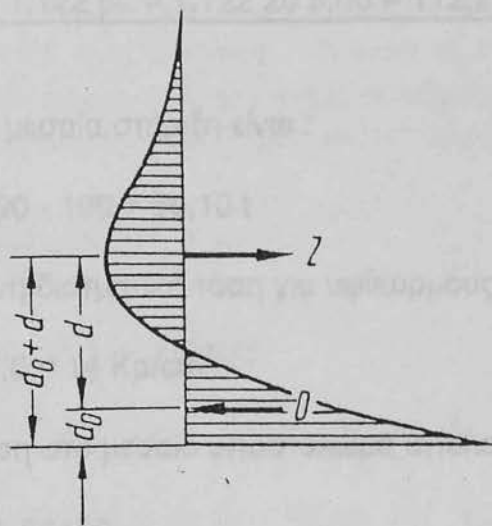
Εκλέγονται : 5Φ14 (7,70 cm²), 2Φ14 συνεχής.

1.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Στο ανώτερο σημείο του υψίκορμου φορέα οι εφελκυστικές τάσεις έχουν μηδενιστεί. Έτσι έχουμε την ανάπτυξη των τάσεων κοντά στην μέση του ύψους της δοκού. Οι τάσεις στον άξονα της μεσαίας στήριξης είναι :

1. Στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +4,76 \frac{p}{h} = \frac{20}{0,30} = +317,33 \text{ t/m}^2 = +31,73 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ.11.3 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

1.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στη στήριξη Β.

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη στη μεσαία στήριξη Β είναι :

$$Z_{II} = 0,179 \rho L = 0,179 \times 20 \times 5,00 = 17,90 \text{ t}$$

Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων είναι :

$$d = 0,179 L = 0,179 \times 5,00 = 2,25 \text{ m}$$

1.6 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη Β.

Πάνω από τη μεσαία στήριξη της υψίκορμης συνεχής δοκού δύο ανοιγμάτων για την κάλυψη της συνισταμένης εφελκυστικής δυνάμεως Z , χρειαζόμαστε περίπου 8 - 15 % περισσότερο οπλισμό από τη συνεχή, ραβδόμορφο δοκό. Ο οπλισμός στη μεσαία στήριξη Β υπολογίζεται :

$$F_{eII} = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{17900}{2400} = 7,46 \text{ cm}^2$$

Από το άνοιγμα υπάρχουν $6\Phi 14$ ($9,24 \text{ cm}^2$) $> 7,46 \text{ cm}^2$. Οπότε δεν απαιτείται πρόσθετος οπλισμός στη στήριξη.

1.7 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι πιέσεις στις στηρίξεις του φορέα δίνονται από τον πίνακα XI - 4 του Theimer :

Ακραίες στηρίξεις	$A = \Gamma = 0,439 \rho L = 0,439 \cdot 20 \cdot 5,00 = 43,90 \text{ t}$
Μεσαία στήριξη	$B = 1,122 \rho L = 1,122 \cdot 20 \cdot 5,00 = 112,2 \text{ t}$

Η τέμνουσα δύναμη στη μεσαία στήριξη είναι :

$$Q_B = V_A - qL = 43,90 - 100 = 56,10 \text{ t}$$

Η αυξημένη επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στο μεσαίο υποστύλωμα υπολογίζεται :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_B}{7H'h} = \frac{8 \times 56100}{7 \times 490 \times 30} = 4,36 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση για τη στήριξη Β.

Η τέμνουσα δύναμη στις ακραίες στηρίξεις είναι :

$$Q_A = Q_\Gamma = +V_A = +43,90 \text{ t}$$

Η μέγιστη διατμητική τάση των ακραίων στηρίξεων της συνεχούς δοκού δύο ανοιγμάτων είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 43900}{7 \times 490 \times 30} = 3,41 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος διατμήσεως για τις ακραίες στηρίξεις Α και Γ.

3.1 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Η μέγιστη τάση θλίψεως εμφανίζεται στο μεσαίο υποστύλωμα η οποία είναι :

$$\max \sigma_{bd} = \frac{pL}{2Ch} = \frac{20000 \times 5,00}{2 \times 60 \times 30} = 27,78 \text{ Kp/cm}^2 < 117,85 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή στύλου : $F_1 = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 = 3600 \text{ cm}^2$

Επιφάνεια εδράσεως : $F_2 = 0,30 \times 0,60 = 0,18 \text{ m}^2 = 1800 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση :

$$\sigma_{bd \text{ επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{3600}{1800}} = 117,85 \text{ Kp/cm}^2$$

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

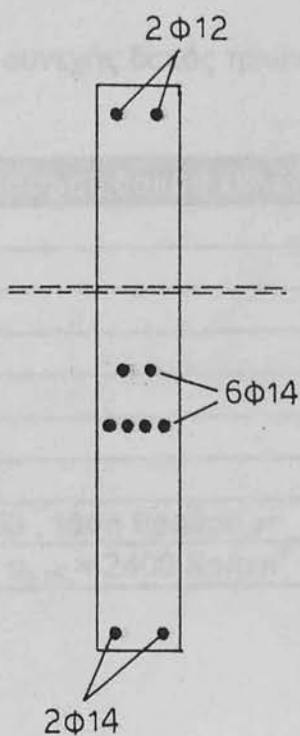
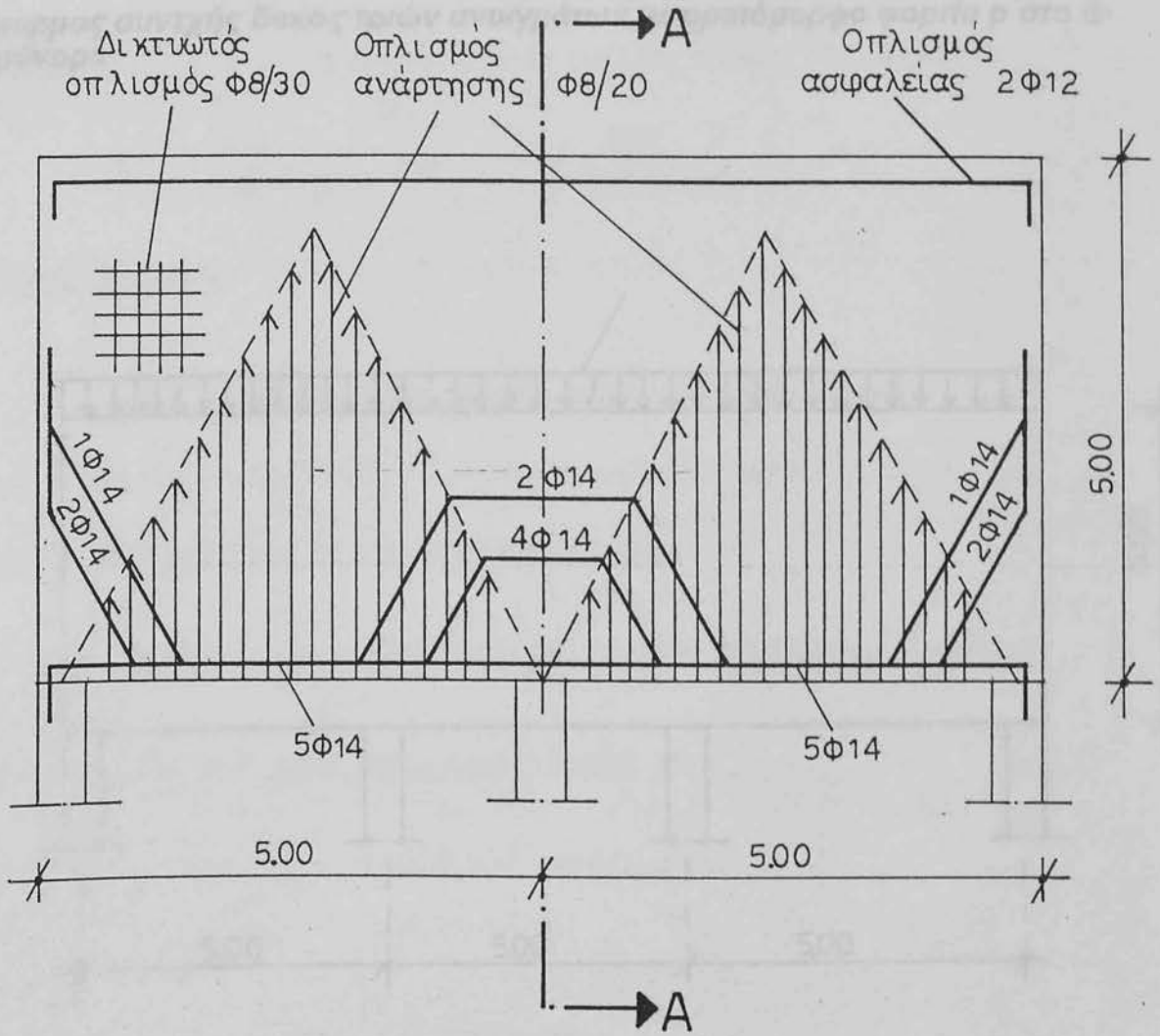
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , του κάτω συνόρου πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{20000}{2000} = 10 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

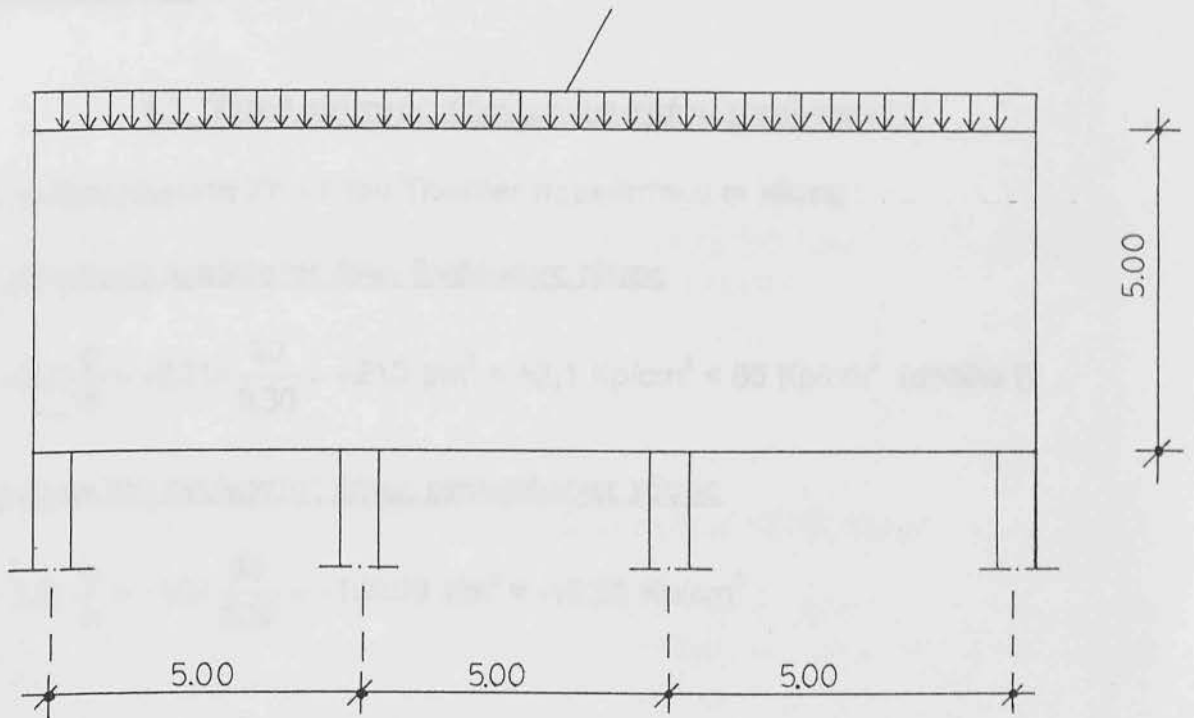
3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος δικτυωτός οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.



ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ XII

Υψίκορμος συνεχής δοκός τριών ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



σχ. 12.1 - συνεχής δοκός τριών ανοιγμάτων

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00$ m

Ύψος δοκού $H = 5,00$ m

Φορτίο δοκού $p = 30$ t/m

Πάχος δοκού $h = 0,30$ m

Πλάτος στηρίξεως $C = 0,50$ m

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85$ Kp/cm²

Ποιότητα χάλυβα Β_{st} = 42/50, $\sigma_{s,επ} = 2400$ Kp/cm²

Υπολογισμός συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0 \quad \text{και} \quad \varepsilon = \frac{C}{L} = \frac{0,50}{5,00} = \frac{1}{10}$$

I. Μεσαίο άνοιγμα

1.1 Υπολογισμός τάσεων μεσαίου ανοίγματος

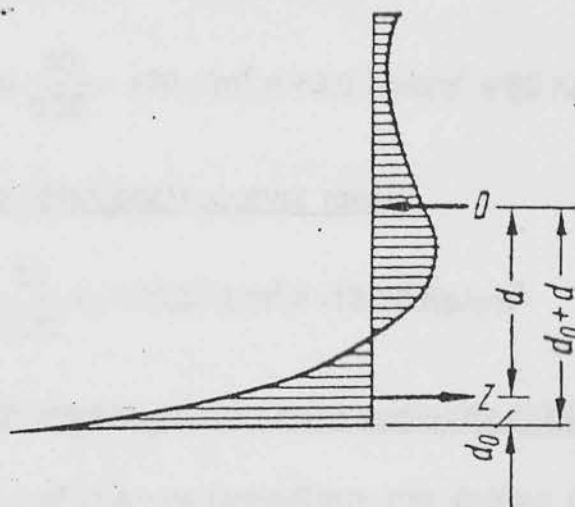
Από τα διαγράμματα XII - 1 του Theimer προκύπτουν οι τάσεις :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,21 \cdot \frac{p}{h} = +0,21 \times \frac{30}{0,30} = +21,0 \text{ t/m}^2 = +2,1 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυσμένες τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,0 \cdot \frac{p}{h} = -1,0 \times \frac{30}{0,30} = -100,00 \text{ t/m}^2 = -10,00 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 12.2 - διάγραμμα τάσεων σε μεσαίο άνοιγμα

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη σε μεσαίο άνοιγμα συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων εμφανίζεται σε απόσταση $x_0 = 0$ από τη στήριξη Β, είναι :

$$Z_1 = 0,10 pL = 0,10 \times 30 \times 5,00 = 15,0 \text{ t}$$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού σε μεσαίο άνοιγμα

Ο εφελκυσόμενος οπλισμός της συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e, \text{επ}}} = \frac{15000}{2400} = 6,25 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 5Φ14 (7,70 cm²), 3Φ14 συνεχής.

Τοποθετούμε περισσότερα ίσια σίδερα διότι οι υψίκορμες δοκές δεν παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα διάτμησης όπως οι ραβδόμορφοι φορείς .

II. Ακραίο άνοιγμα

2.1 Υπολογισμός τάσεων ακραίου ανοίγματος

Οι μέγιστες τάσεις σε ακραίο άνοιγμα εμφανίζονται σε απόσταση $x_0 = 1,04 L$, από τον άξονα του μεσαίου ανοίγματος. Από τους πίνακες του Theimer σχ. XII - 1 για $\beta = 1,0$ και $\epsilon = 1/10$, έχουμε :

1. Στο ακραίο άνοιγμα άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,30 \cdot \frac{p}{h} = +0,30 \times \frac{30}{0,30} = +30 \text{ t/m}^2 = +3,0 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

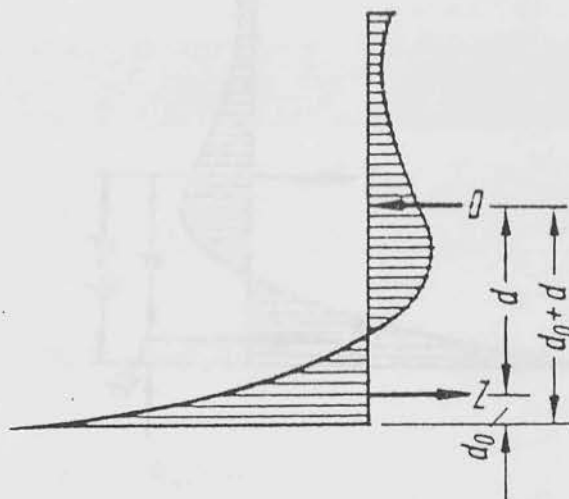
2. Στο ακραίο άνοιγμα κάτω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = -1,8 \cdot \frac{p}{h} = -1,8 \times \frac{30}{0,30} = -180,00 \text{ t/m}^2 = -18,00 \text{ Kp/cm}^2$$

2.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη εμφανίζεται στα ακραία ανοίγματα σε απόσταση $x_0 = 1,04 L = 5,20 \text{ m}$, από τον άξονα του μεσαίου ανοίγματος, όπου και εμφανίζεται η μέγιστη ροπή κάμψης ίση με $\max M_F = +1/10 pL^2$. Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη του ακραίου ανοίγματος υπολογίζεται :

$$Z = 0,17 pL = 0,17 \times 30 \times 5,00 = 25,5 \text{ t}$$



σχ. 12.3 - διάγραμμα τάσεων σε ακραίο άνοιγμα

2.3 Υπολογισμός οπλισμού ακραίου ανοίγματος

Ο οπλισμός των ακραίων ανοιγμάτων (Α - Β) & (Γ - Δ) συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων, υπολογίζεται:

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{25500}{2400} = 10,63 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω: 6Φ16 (12,06 cm²), 3Φ16 συνεχής

2.4 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

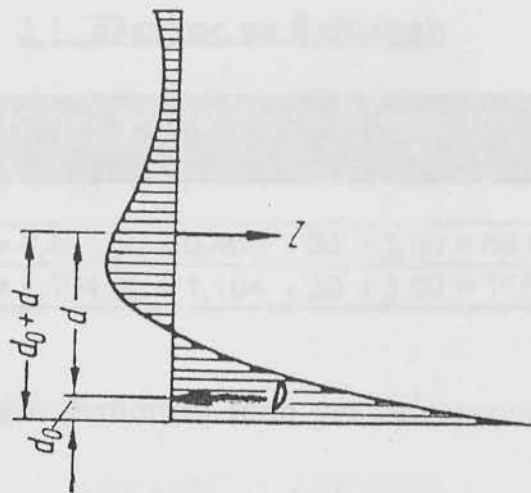
Από τους πίνακες υπολογισμού του Theimer, σχ. XII - 2 υπολογίζουμε τις καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως Β και Γ.

1. Στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +3,5 \frac{p}{h} = +3,5 \times \frac{30}{0,30} = +350,0 \text{ t/m}^2 = +35,00 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. Στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = -0,03 \cdot \frac{p}{h} = -0,03 \times \frac{30}{0,30} = -3,0 \text{ t/m}^2 = -0,30 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ.12.4 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

2.5 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης στις στηρίξεις Β & Γ.

Η συνισταμένη εφελκυστική δύναμη στις μεσαίες στηρίξεις Β και Γ είναι :

$$Z_{II} = 0,242 \rho L = 0,242 \times 30 \times 5,00 = 36,30 \text{ t}$$

2.6 Υπολογισμός οπλισμού στις στηρίξεις Β και Γ.

Πάνω από τις μεσαίες στηρίξεις της υψίκορμης συνεχής δοκού τριών ανοιγμάτων για την κάλυψη της συνισταμένης εφελκυστικής δυνάμεως Z , χρειαζόμαστε περίπου 8 - 15 % περισσότερο οπλισμό από τη συνεχή ραβδόμορφο δοκό. Ο οπλισμός στις μεσαίες στηρίξεις Β και Γ υπολογίζονται :

$$F_{eII} = \frac{Z}{\sigma_{\theta \text{ επ}}} = \frac{36300}{2400} = 15,12 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω :		
2Φ14	(3,08 cm ²)	ανακάμπτονται από το άνοιγμα
3Φ16	(6,03 cm ²)	ανακάμπτονται από το άνοιγμα
4Φ14	(6,16 cm ²)	πρόσθετα
Σύνολο :	$F_{eII} = 15,27$	cm ²

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Οι αντιδράσεις στηρίξεως του φορέα δίνονται από τον πίνακα XII - 4 του Theimer :

Ακραίες στηρίξεις	$A = \Delta = 0,460 \rho L = 0,460 \times 30 \times 5,00 = 69,0 \text{ t}$
Μεσαία στήριξη	$B = \Gamma = 1,104 \rho L = 1,104 \times 30 \times 5,00 = 156,0 \text{ t}$

Η αυξημένη επιτρεπόμενη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς για $\beta=1$ και $\varepsilon=1/10$ είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση των ακραίων στηρίξεων της συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q_A}{7H'h} = \frac{8 \times 69000}{7 \times 490 \times 30} = 5,36 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση για τις στηρίξεις A και Δ.

Η μέγιστη διατμητική τάση των μεσαίων στηρίξεων B και Γ, της συνεχούς δοκού τριών ανοιγμάτων είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7H'h} = \frac{8 \times 156000}{7 \times 490 \times 30} = 12,13 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος διατμήσεως για τις μεσαίες στηρίξεις.

3.2 Έλεγχος κύριων τάσεων θλίψεως

Η μέγιστη τάση θλίψεως εμφανίζεται στις κεφαλές των μεσαίων υποστυλωμάτων B και Γ, η οποία είναι :

$$\max \sigma_{bd} = \frac{\rho L}{2Ch} = \frac{30 \times 5,00}{2 \times 0,50 \times 0,30} = 500 \text{ t/m}^2 = 50 \text{ Kp/cm}^2 < 107,58 \text{ Kp/cm}^2$$

Διατομή στύλου $F_1 = 0,50 \times 0,50 = 0,25 \text{ m}^2 = 2500 \text{ cm}^2$

Επιφάνεια εδράσεως $F_2 = 0,30 \times 0,50 = 0,15 \text{ m}^2 = 1500 \text{ cm}^2$

Η επιτρεπόμενη θλιπτική τάση

$$\sigma_{bd \text{ επ}} = \frac{B_R}{2,1} \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \frac{175}{2,1} \sqrt{\frac{2500}{1500}} = 107,58 \text{ Kp/cm}^2$$

3.3 Οπλισμός ανάρτησης

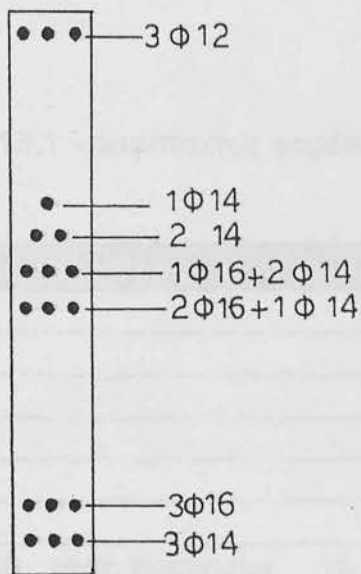
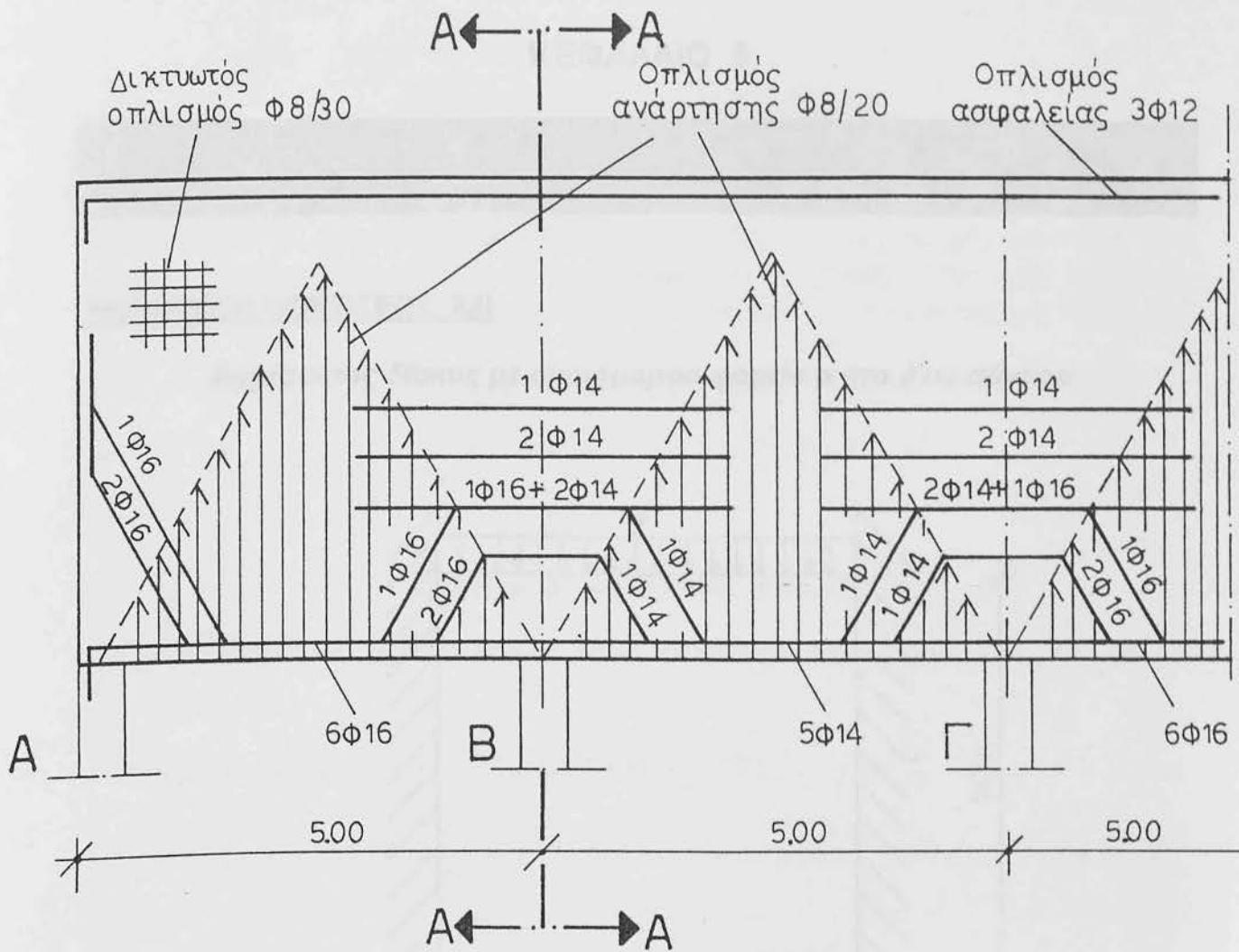
Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως για συνεχή δοκό τριών ανοιγμάτων με ομοιόμορφο φορτίο στο άνω σύνορο είναι :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{30000}{2000} = 15 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

3.4 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος δικτυωτός οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.

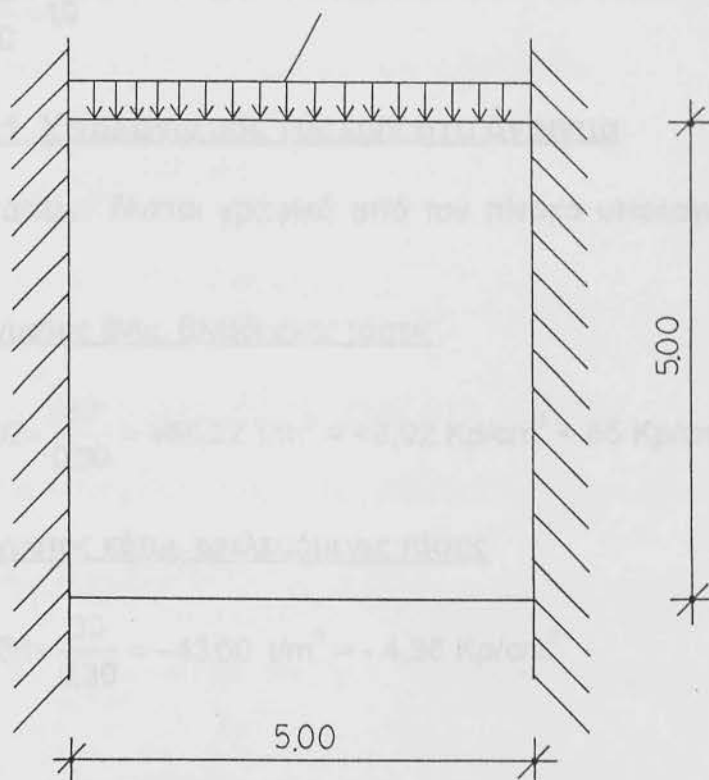


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΥΨΙΚΟΡΜΩΝ ΔΟΚΩΝ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ XIII

Αμφίπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



σχ. 13.1 - αμφίπακτος φορέας

Για τον υπολογισμό της υψικόρμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 30 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,30 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα Β_{st} = 42/50, $\sigma_{e,επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

Υπολογισμός αμφίπακτου δίσκου

1. Η κατανομή των τάσεων δίνεται γραφικά στους πίνακες υπολογισμού XIII του Theimer για δύο χαρακτηριστικές τομές I - I και II - II. Η κατανομή των τάσεων σ_x για $\beta=1/2$ στο μέσον του ανοίγματος πλησιάζει και εδώ την ευθύγραμμη κατανομή κατά Navier. Οι τροχιές των κυρίων τάσεων δείχνουν το σχηματισμό θλιπτικών θόλων μεταφοράς του φορτίου στις στηρίξεις. Στο άνω σύνορο συναντάμε κυρίως τάσεις θλίψεως.

Οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

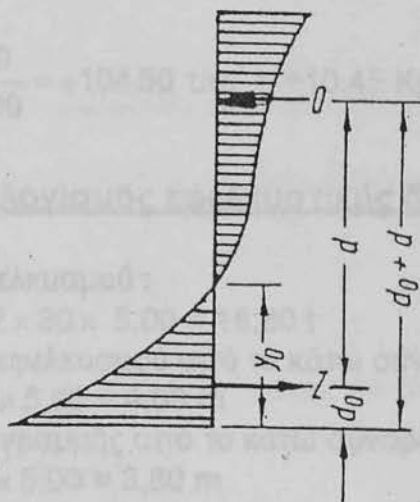
Η κατανομή των τάσεων δίνεται γραφικά από τον πίνακα υπολογισμού XIII του Theimer :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +0,602 \cdot \frac{p}{h} = +0,602 \times \frac{30}{0,30} = +60,02 \text{ t/m}^2 = +6,02 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκυσμένες τάσεις

$$\sigma_x^u = -0,436 \cdot \frac{p}{h} = -0,436 \times \frac{30}{0,30} = -43,60 \text{ t/m}^2 = -4,36 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 13.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 0,061 \rho L = 0,061 \times 30 \times 5,00 = 9,15 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,098 L = 0,098 \times 5,00 = 0,49 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,310 L = 0,310 \times 5,00 = 1,55 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,694 L = 0,694 \times 5,00 = 3,47 \text{ m}$.

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφίπακτης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της αμφιεπίστου δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{9150}{2400} = 3,81 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 4Φ12 (4,52 cm²), 2Φ12 συνεχής.

2.1 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Η κατανομή των τάσεων στη θέση στηρίξεως δίνεται στο σχήμα XIII του Theimer :

1. Στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^o = -0,878 \cdot \frac{p}{h} = -0,878 \times \frac{30}{0,30} = -87,80 \text{ t/m}^2 = -8,78 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (στάδιο I)}$$

2. Στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

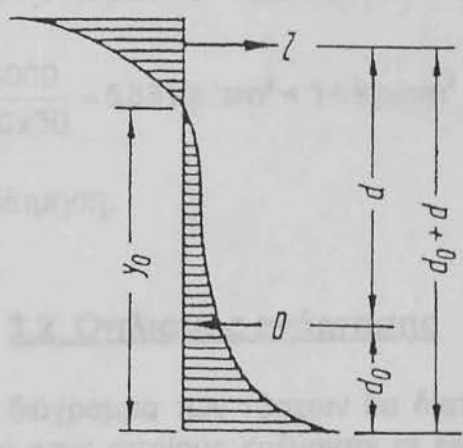
$$\sigma_x^u = +1,045 \cdot \frac{p}{h} = +1,045 \times \frac{30}{0,30} = +104,50 \text{ t/m}^2 = +10,45 \text{ Kp/cm}^2$$

2.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 0,112 \rho L = 0,112 \times 30 \times 5,00 = 16,80 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o + d = 0,926 L = 0,926 \times 5,00 = 4,63 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,760 L = 0,760 \times 5,00 = 3,80 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,745 L = 0,745 \times 5,00 = 3,725 \text{ m}$.

Η μέγιστη διατμητική τάση στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι:

$$\tau_{\max} = \frac{8Q}{3bh} = \frac{8 \cdot 75000}{3 \cdot 400 \cdot 30}$$



σχ. 13.3 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

2.3 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη

Ο οπλισμός στον άξονα στηρίξεως είναι :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e\text{ επ}}} = \frac{16800}{2400} = 7,0 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω :		
2Φ12	(2,26 cm ²)	υπάρχουν από το άνοιγμα
4Φ14	(6,16 cm ²)	πρόσθετα
Σύνολο :	F _e = 8,42 cm ²	

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$Q = \frac{qL}{2} = \frac{30 \times 5,00}{2} = 75 \text{ t} = 75000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διατμητική τάση για υψίκορμους δοκούς για β=1,0 είναι :

$$\tau_{o\text{ επ}} = 2 \tau_{o1} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7H'h} = \frac{8 \times 75000}{7 \times 490 \times 30} = 5,83 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

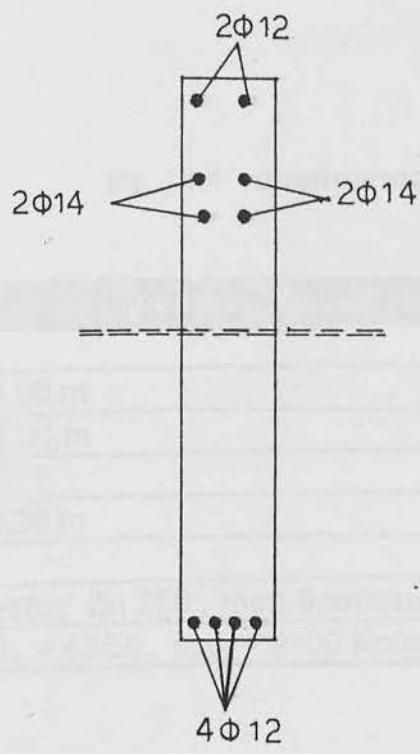
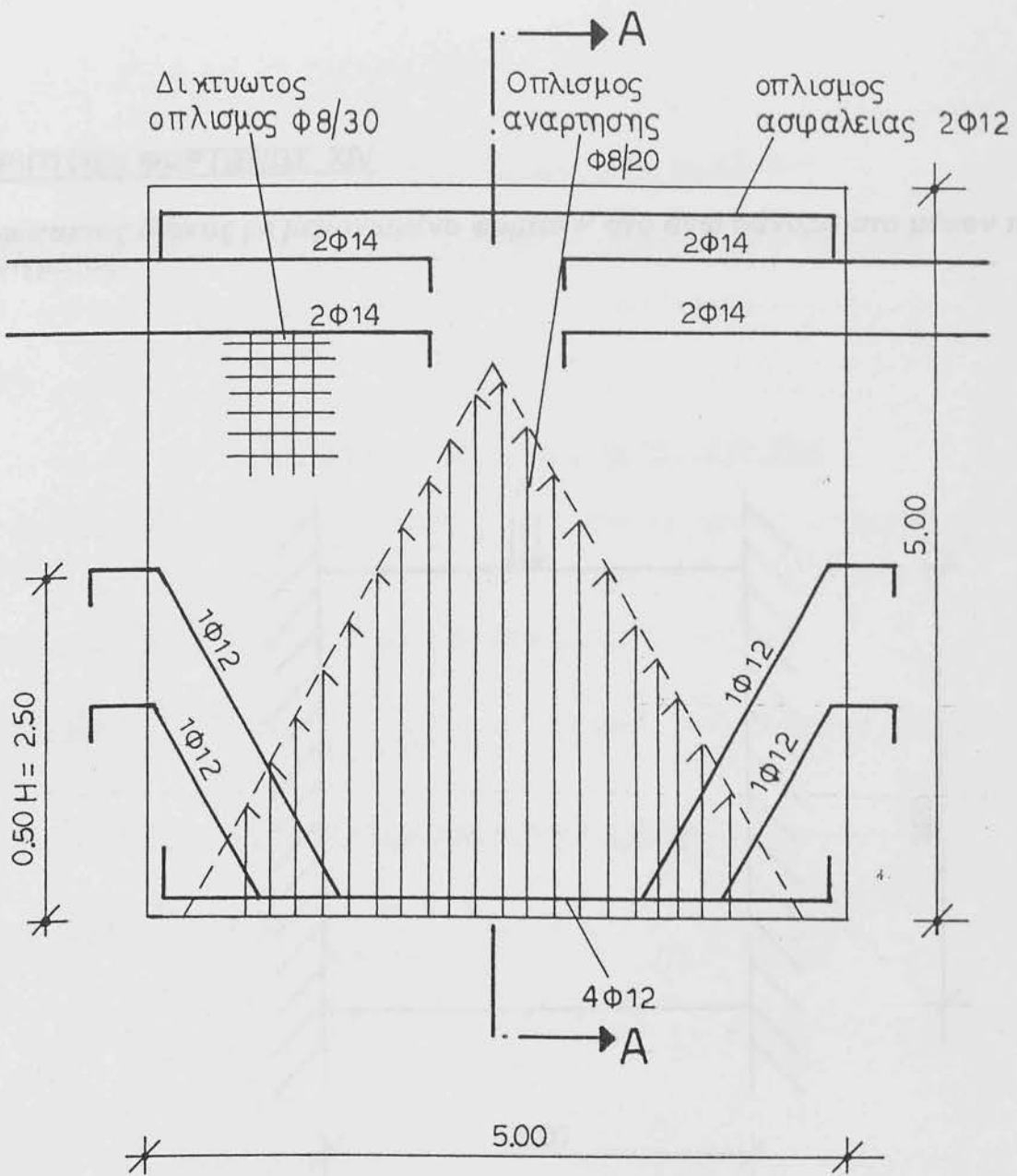
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{e_{av}} = \frac{p}{2000} = \frac{30000}{2000} = 15 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/20$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

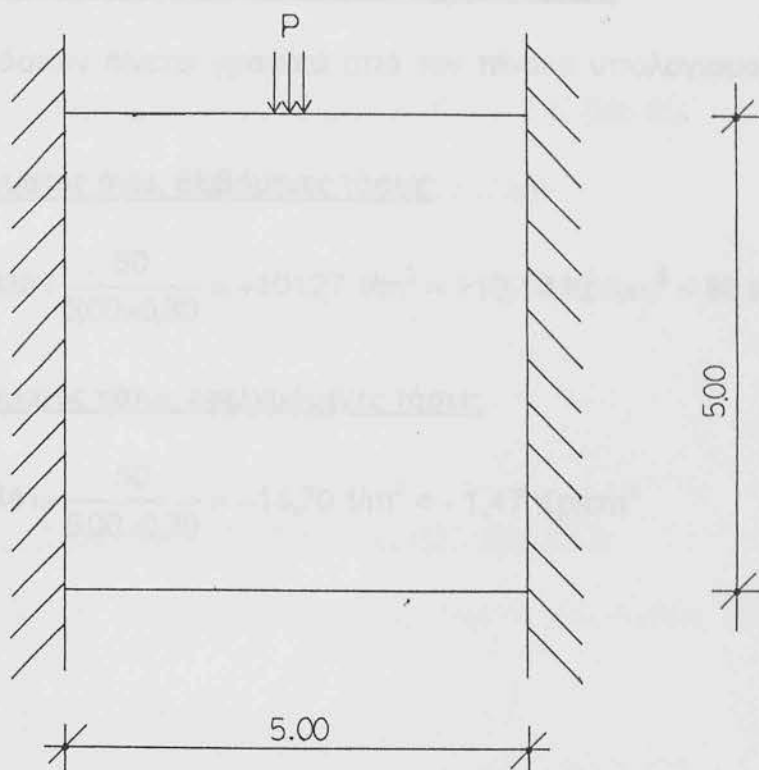
3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.



ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ XIV

Αμφίπακτος δίσκος με μεμονωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος.



σχ. 14.1 - αμφίπακτος φορέας

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 5,00 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 5,00 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $P = 50 \text{ t}$

Πάχος δοκού $h = 0,30 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b \text{ επι}} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα $B_{st} = 42/50$, $\sigma_{s \text{ επι}} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός αμφίπακτου δίσκου

Η παράμετρος όπως και στην περίπτωση της αμφίπακτου δοκού είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στο άνοιγμα

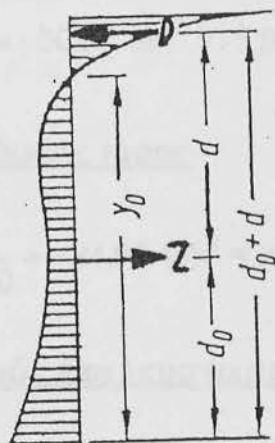
Η κατανομή των τάσεων δίνεται γραφικά από τον πίνακα υπολογισμού XIV του Theimer :

1. στο μέσον του ανοίγματος άνω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = +3,038 \cdot \frac{P}{Lh} = +3,038 \times \frac{50}{5,00 \times 0,30} = +101,27 \text{ t/m}^2 = +10,13 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. στο μέσον του ανοίγματος κάτω, εφελκούμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = -0,441 \cdot \frac{P}{Lh} = -0,441 \times \frac{50}{5,00 \times 0,30} = -14,70 \text{ t/m}^2 = -1,47 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 14.2 - διάγραμμα τάσεων στο μέσον ανοίγματος

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 0,230 P = 0,230 \times 50 = 11,50 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o = 0,402 L = 0,402 \times 5,00 = 2,01 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,840 L = 0,840 \times 5,00 = 4,20 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,544 L = 0,544 \times 5,00 = 2,72 \text{ m}$.

1.3 Υπολογισμός οπλισμού αμφίπακτης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της αμφιερέιστου δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{11500}{2400} = 4,79 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 4Φ14 (6,16 cm²), 2Φ14 συνεχής.

2.1 Υπολογισμός τάσεων στη στήριξη

Η κατανομή των τάσεων στη θέση στηρίξεως δίνεται στο σχήμα XIV - 2 του Theimer

1. Στον άξονα στηρίξεως άνω, εφελκυστικές τάσεις

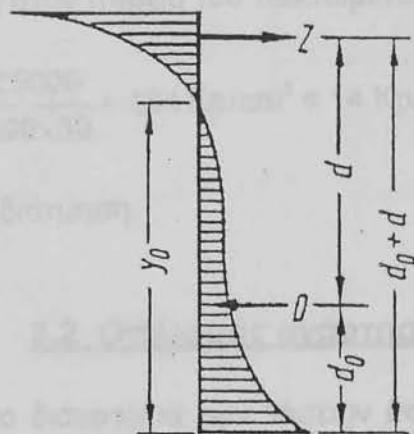
$$\sigma_x^o = -1,511 \cdot \frac{P}{Lh} = -1,511 \times \frac{50}{5,00 \times 0,30} = -50,37 \text{ t/m}^2 = -5,04 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. Στον άξονα στηρίξεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +0,748 \cdot \frac{P}{Lh} = +0,748 \times \frac{50}{5,00 \times 0,30} = +24,93 \text{ t/m}^2 = +2,49 \text{ Kp/cm}^2$$

2.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 0,208 P = 0,208 \times 50 = 10,40 \text{ t}$
2. Απόσταση της δυνάμεως εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_o + d = 0,925 L = 0,925 \times 5,00 = 4,63 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_o = 0,796 L = 0,796 \times 5,00 = 3,98 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,604 L = 0,604 \times 5,00 = 3,02 \text{ m}$.



σχ. 14.3 - διάγραμμα τάσεων στη στήριξη

2.3 Υπολογισμός οπλισμού στη στήριξη

Ο οπλισμός στον άξονα στηρίξεως είναι :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e\text{ επ}}} = \frac{10400}{2400} = 4,33 \text{ cm}^2$$

Επιλογή :		
2Φ14	(3,08 cm ²)	υπάρχουν από το άνοιγμα
2Φ10	(1,57 cm ²)	πρόσθετα
Σύνολο :	F _e = 4,65 cm ²	

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$Q = \frac{P}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ t} = 25000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διάτμητική τάση για υψίκορμους δοκούς για β=1,0 είναι :

$$\tau_{o\text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7H'h} = \frac{8 \times 25000}{7 \times 490 \times 30} = 1,94 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτήται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

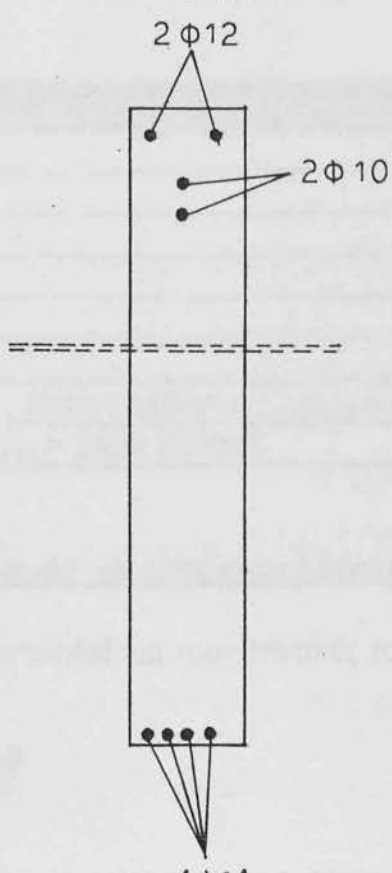
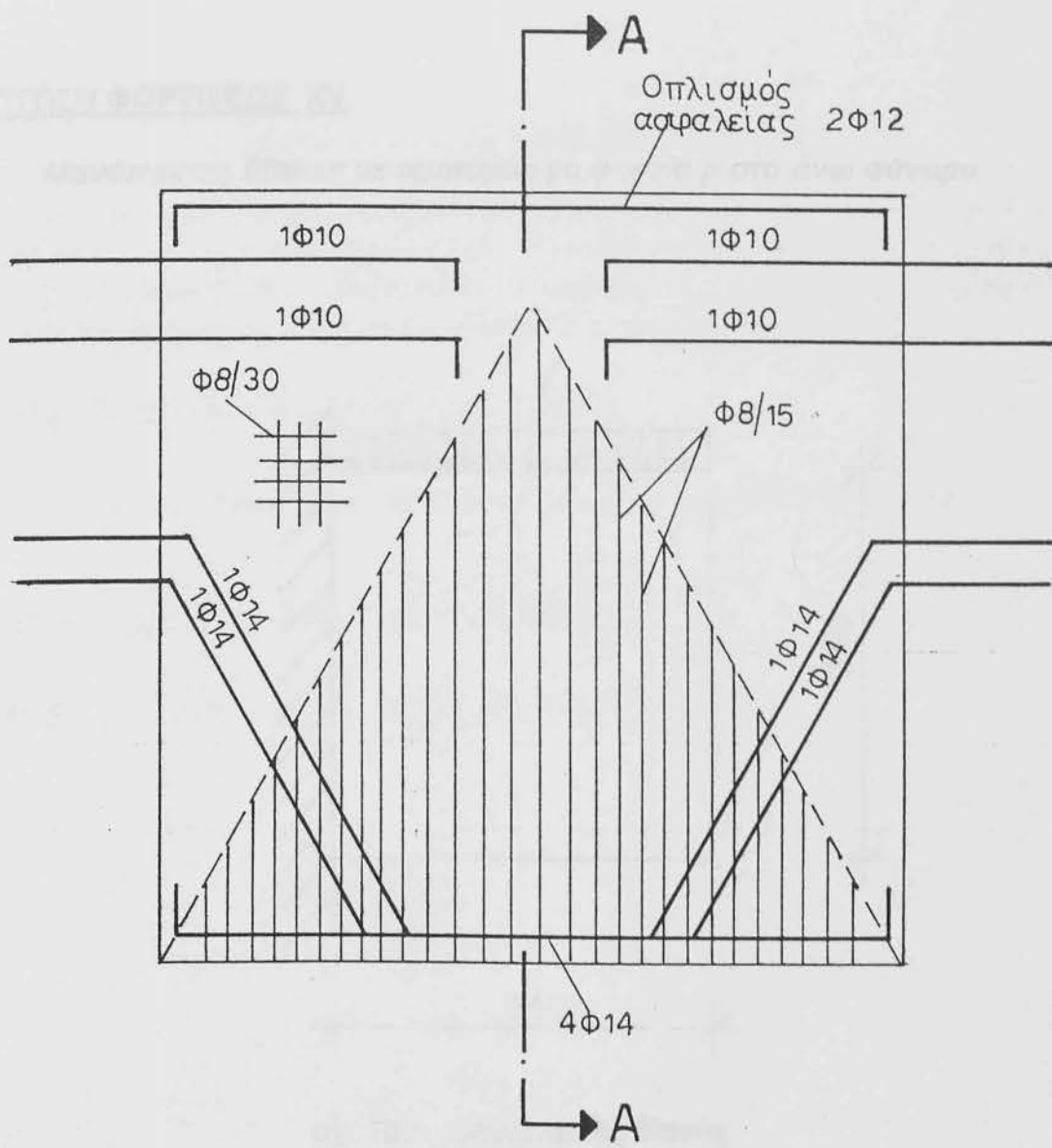
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{e_{av}} = \frac{P}{2000} = \frac{50000}{2000} = 25 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω $\Phi 8/15$ ως οπλισμό αναρτήσεως.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω $\Phi 8/30$.

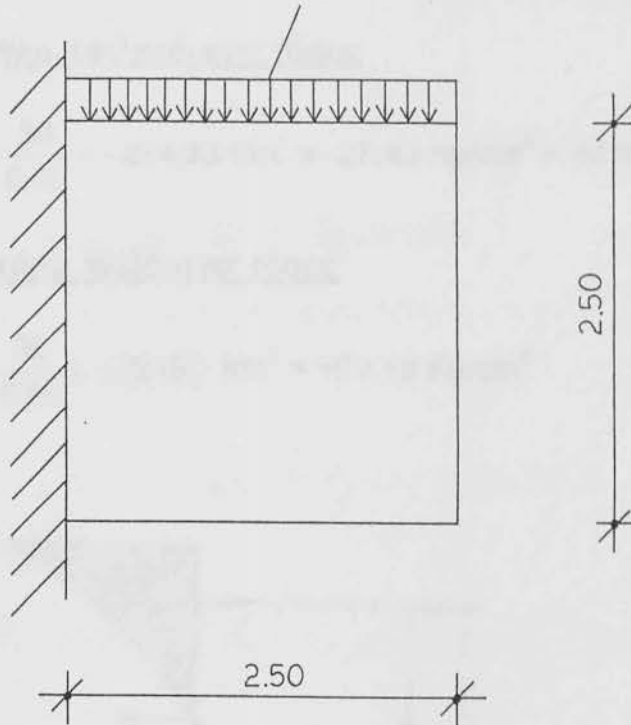


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΧΙΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ XV

Μονόπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



σχ. 15.1 - μονόπακτος δίσκος

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 2,50 \text{ m}$

Ύψος δοκού $H = 2,50 \text{ m}$

Φορτίο δοκού $p = 30 \text{ t/m}$

Πάχος δοκού $h = 0,45 \text{ m}$

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85 \text{ Kp/cm}^2$

Ποιότητα χάλυβα Β_{st} = 42/50, $\sigma_{s,επ} = 2400 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός αμφίπακτου δίσκου

Η παράμετρος που θα χρησιμοποιηθεί για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στην πάκτωση

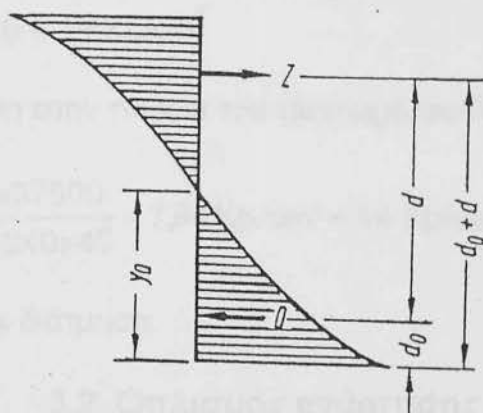
Εδώ ερευνάται μόνο μία χαρακτηριστική τομή, η θέση πακτώσεως I - I. Η κατανομή των τάσεων σ_x σ' αυτή τη θέση καθώς και των κατακόρυφων σ_y δίνεται γραφικά στον πίνακα XV. Οι τροχιές των κυρίων τάσεων υποδείχνουν, ο σπλισμός να διατάσσεται όχι με πολλή κλίση και να κατανέμεται σύμφωνα με την κατανομή των σ_x .

1. Στη θέση πακτώσεως άνω, εφελκυστικές τάσεις

$$\sigma_x^o = -4,115 \cdot \frac{p}{h} = -4,115 \times \frac{30}{0,45} = -274,33 \text{ t/m}^2 = -27,43 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$

2. Στη θέση πακτώσεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +3,327 \cdot \frac{p}{h} = +3,327 \times \frac{30}{0,45} = +221,80 \text{ t/m}^2 = +22,18 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 15.2 - διάγραμμα τάσεων στη θέση πακτώσεως

Παρατήρηση : Όπως διαπιστώνουμε από το διάγραμμα τάσεων, ο μονόπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο στο άνω σύνορο, συμπεριφέρεται περίπου όπως ένας ραβδόμορφος φορέας, αφού το διάγραμμα είναι περίπου ίδιο με την ευθύγραμμη κατανομή των τάσεων του Navier.

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :

$$Z_1 = 0,715 p a = 0,715 \times 30 \times 1,25 = 26,81 \text{ t}$$

2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :

$$d_0 + d = 0,864 a = 0,864 \times 1,25 = 1,08 \text{ m}$$

3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :

$$y_0 = 0,535 a = 0,535 \times 1,25 = 0,67 \text{ m}$$

4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,699 \alpha = 0,699 \times 1,25 = 0,87 \text{ m.}$

1.3 Υπολογισμός οπλισμού μονόπακτης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της μονόπακτης δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{\epsilon \text{ επ}}} = \frac{26810}{2400} = 11,17 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 6Φ16 (12,06 cm²)

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$Q = \rho L = 30 \times 2,50 = 75 \text{ t} = 75000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διάτμητική τάση για υψίκορμους δοκούς για $\beta=1,0$ είναι :

$$\tau_{\sigma \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Η μέγιστη διατμητική τάση στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$\max \tau_{\sigma} = \frac{8Q}{7Hh} = \frac{8 \times 37500}{7 \times 240 \times 45} = 7,94 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτμηση.

3.2 Οπλισμός ανάρτησης

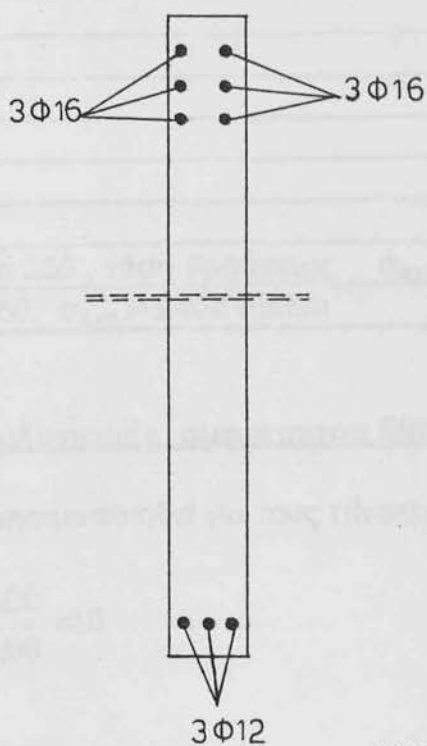
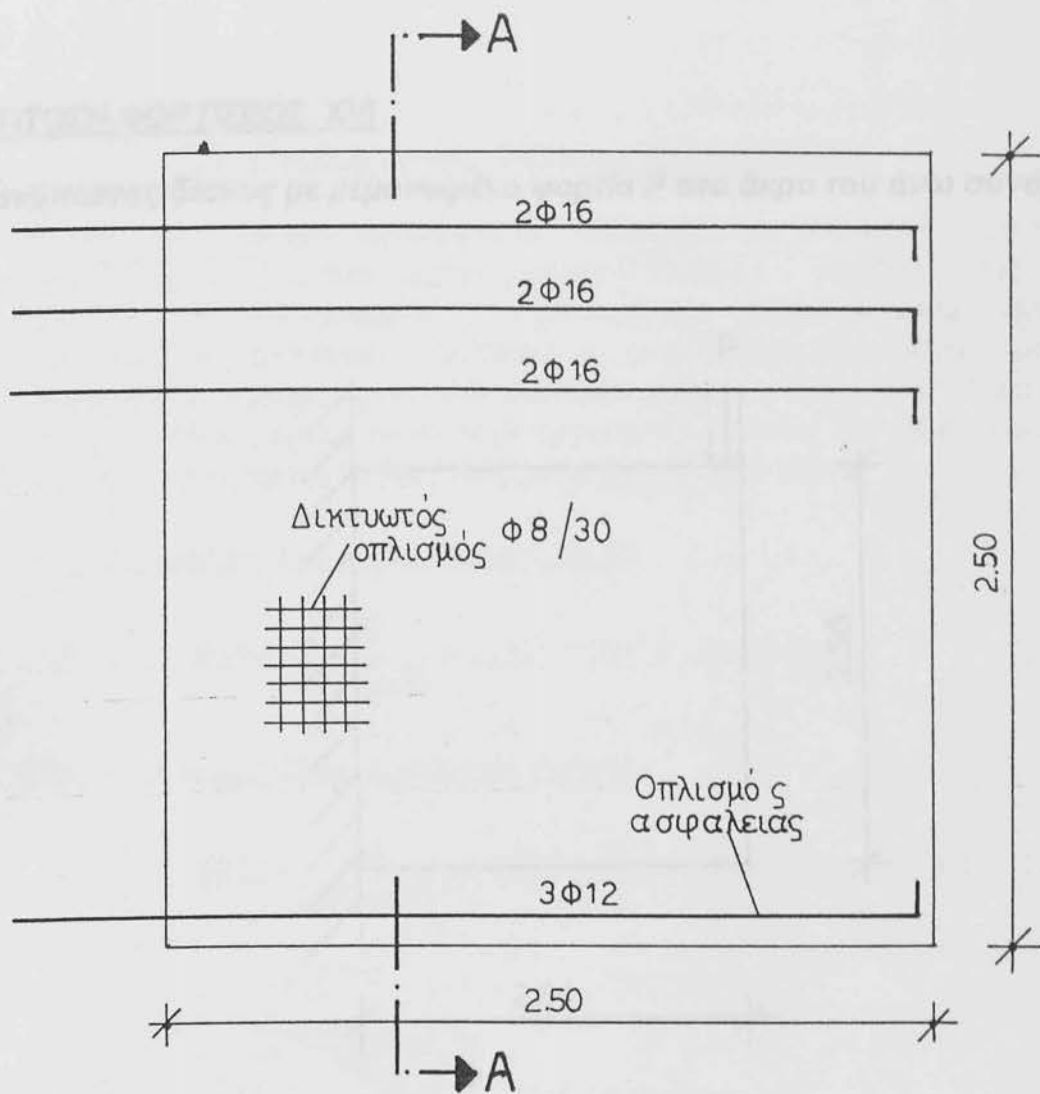
Αν παρατηρήσουμε το διάγραμμα των τάσεων θα διαπιστώσουμε ότι αναπτύσσονται θλιπτικοί θόλοι από τους οποίους κρέμονται οι εφελκυστικές τάσεις. Για να εισχωρήσει η ομοιόμορφη φόρτιση p , πρέπει να διαταχθεί οπλισμός αναρτήσεως. Ο απαιτούμενος οπλισμός αναρτήσεως :

$$F_{eav} = \frac{p}{2000} = \frac{30000}{2000} = 15 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω Φ8/20 ως οπλισμό αναρτήσεως.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός $1,15 \text{ cm}^2/\text{m}$, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω Φ8/30.

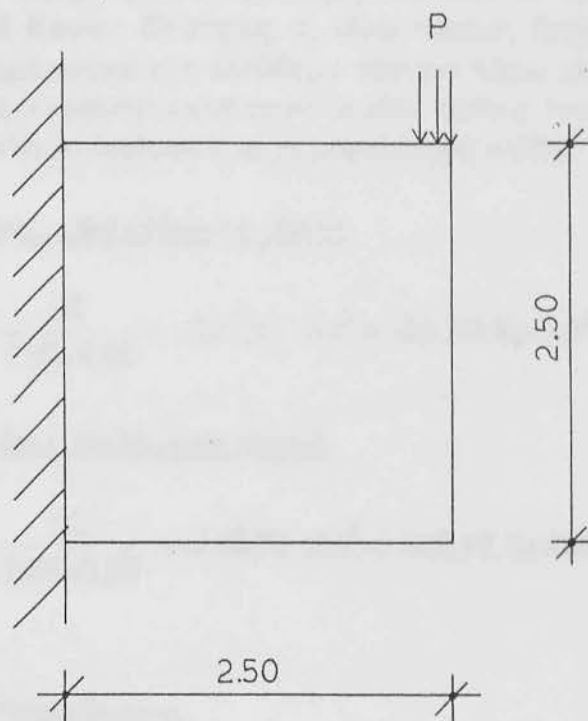


ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΧΥ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ XVI

Μονόπακτος δίσκος με μεμονωμένο φορτίο P στο άκρο του άνω συνόρου.



σχ. 16.1 - μονόπακτος δίσκος

Για τον υπολογισμό της υψίκορμης δοκού εκλέγονται τα παρακάτω δεδομένα :

Μήκος δοκού $L = 2,50$ m

Ύψος δοκού $H = 2,50$ m

Φορτίο δοκού $P = 30$ t

Πάχος δοκού $h = 0,35$ m

Ποιότητα σκυροδέματος Βη 250 , τάση θραύσεως $\sigma_{b,επ} = 85$ Kp/cm²

Ποιότητα χάλυβα Β_{st} = 42/50, $\sigma_{e,επ} = 2400$ Kp/cm²

Υπολογισμός αμφίπακτου δίσκου

Η παράμετρος που θα χρησιμοποιηθεί για τους πίνακες του Theimer είναι :

$$\beta = \frac{H}{L} = \frac{5,00}{5,00} = 1,0$$

1.1 Υπολογισμός τάσεων στην πάκτωση

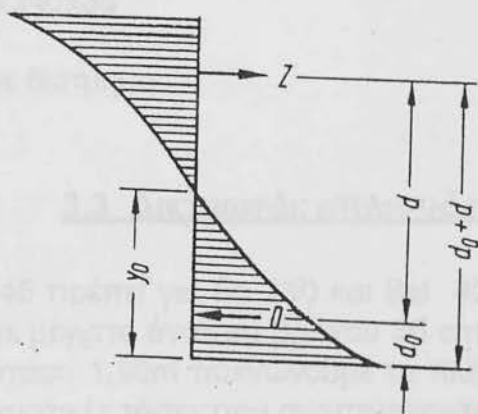
Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση φορτίσεως έτσι και εδώ εξετάζουμε την κατανομή των τάσεων σ_x μόνο στη χαρακτηριστική διατομή I - I, στη θέση πακτώσεως. Όπως προκύπτει από τον πίνακα XVI, η κατανομή των τάσεων σ_x απέχει μόνο λίγο από την ευθύγραμμη κατά Navier. Οι τάσεις σ_y είναι τελείως διαφορετικές από της περιπτώσεως XV. Συγκεντρώνονται στο ελεύθερο σύνορο κάτω από το σημείο φορτίσεως. Οι κύριες τάσεις εφελκυσμού κατανέμονται εδώ κάπως πιο κατακόρυφα, δηλαδή ο οπλισμός εδώ πρέπει να διατάσσεται με μεγαλύτερη κλίση.

1. Στη θέση πακτώσεως άνω, εφελκυσόμενες τάσεις

$$\sigma_x^o = -6,767 \cdot \frac{P}{Lh} = -6,767 \cdot \frac{30}{2,50 \times 0,35} = -232,01 \text{ t/m}^2 = -23,20 \text{ Kp/cm}^2$$

2. Στη θέση πακτώσεως κάτω, θλιβόμενες τάσεις

$$\sigma_x^u = +6,612 \cdot \frac{P}{Lh} = +6,612 \times \frac{30}{2,50 \times 0,35} = +226,70 \text{ t/m}^2 = +22,67 \text{ Kp/cm}^2 < 85 \text{ Kp/cm}^2$$



σχ. 16.2 - διάγραμμα τάσεων στη θέση πακτώσεως

1.2 Υπολογισμός εφελκυστικής δύναμης

1. Η συνισταμένη δύναμη εφελκυσμού :
 $Z_1 = 1,475 P = 1,475 \times 30 = 44,25 \text{ t}$
2. Απόσταση της δύναμης εφελκυσμού από το κάτω σύνορο :
 $d_0 + d = 0,843 L = 0,843 \times 2,50 = 2,11 \text{ m}$
3. Απόσταση της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο :
 $y_0 = 0,502 L = 0,502 \times 2,50 = 1,26 \text{ m}$
4. Ο μοχλοβραχίον των εσωτερικών δυνάμεων :
 $d = 0,678 L = 0,678 \times 2,50 = 1,70 \text{ m}$.

1.3 Υπολογισμός οπλισμού μονόπακτης δοκού

Ο εφελκόμενος οπλισμός της μονόπακτης δοκού βρίσκεται :

$$F_e = \frac{Z}{\sigma_{e \text{ επ}}} = \frac{44250}{2400} = 18,44 \text{ cm}^2$$

Εκλέγονται : 8 Φ 18 (20,36 cm²)

3.1 Έλεγχος σε διάτμηση

Η διατμητική δύναμη στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$Q = P = 30t = 30000 \text{ Kp}$$

Η αυξημένη διάτμητική τάση για υψίκορμους δοκούς για $\beta=1,0$ είναι :

$$\tau_{o \text{ επ}} = 2 \tau_{01} = 2 \times 7,0 = 14 \text{ Kp/cm}^2$$

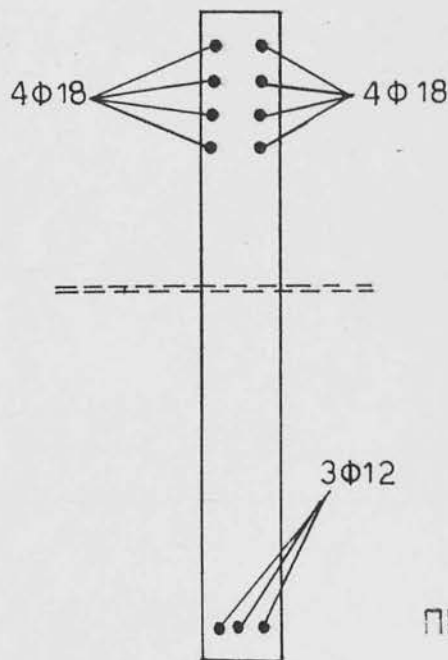
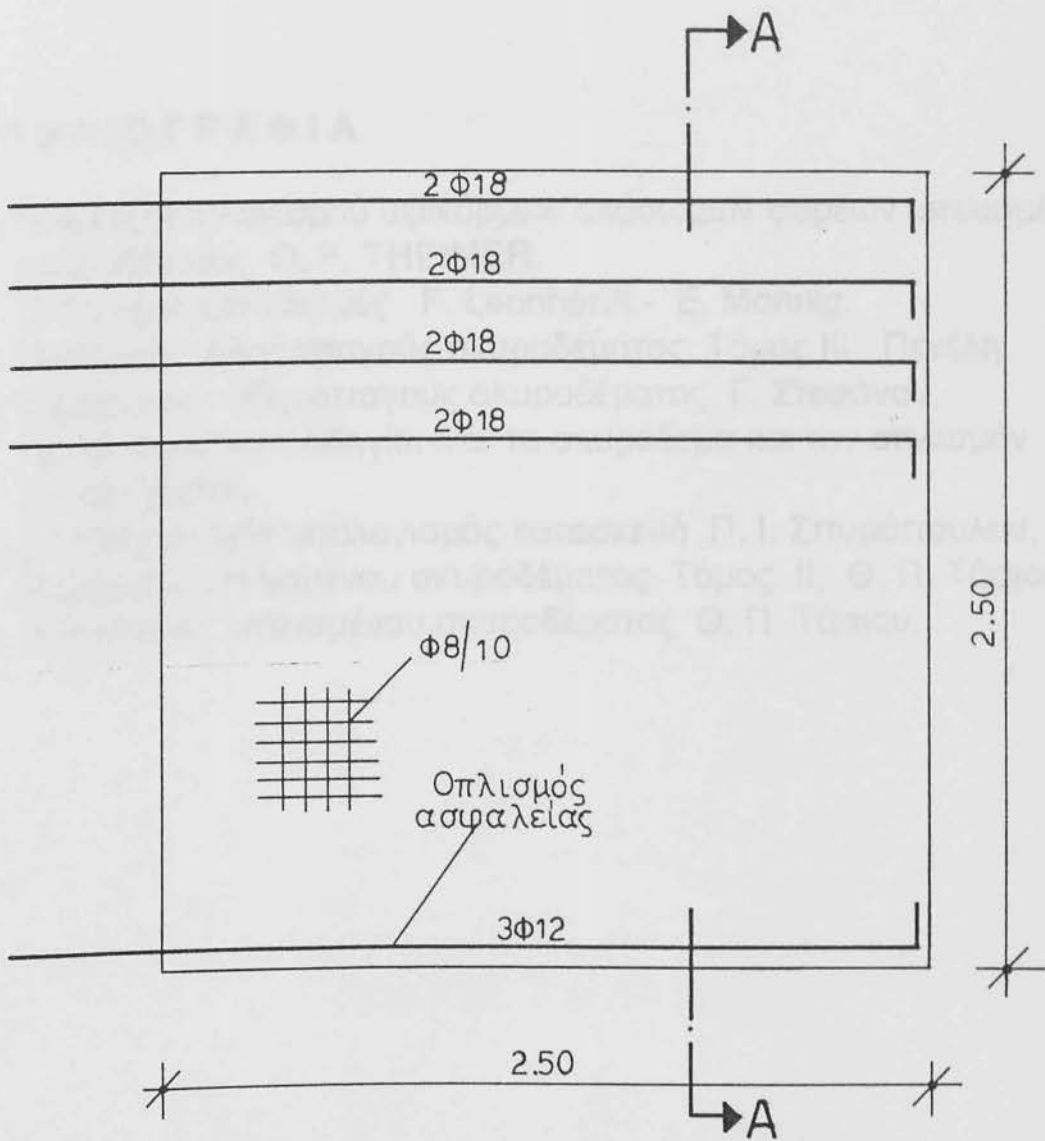
Η μέγιστη διατμητική τάση στην παρειά του πακτωμένου δίσκου είναι :

$$\max \tau_o = \frac{8Q}{7H'h} = \frac{8 \times 30000}{7 \times 240 \times 35} = 4,08 \text{ Kp/cm}^2 < 14 \text{ Kp/cm}^2$$

Δεν απαιτήται έλεγχος σε διάτμηση.

3.3 Δικτυωτός οπλισμός

Σύμφωνα με DIN 1045 πρέπει για B_n 250 και B_{st} 42/50 να τίθεται αμφίπλευρος οπλισμός 1,15 cm²/m, με μέγιστο άνοιγμα βρόχου 30 cm. Επιλέγω Φ8/15 ενώ κοντά στη στήριξη μέχρι απόσταση 1,50m πυκνώνουμε το πλέγμα σε Φ8/10 για να παραλάβει τις τυχούσες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται.



ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ

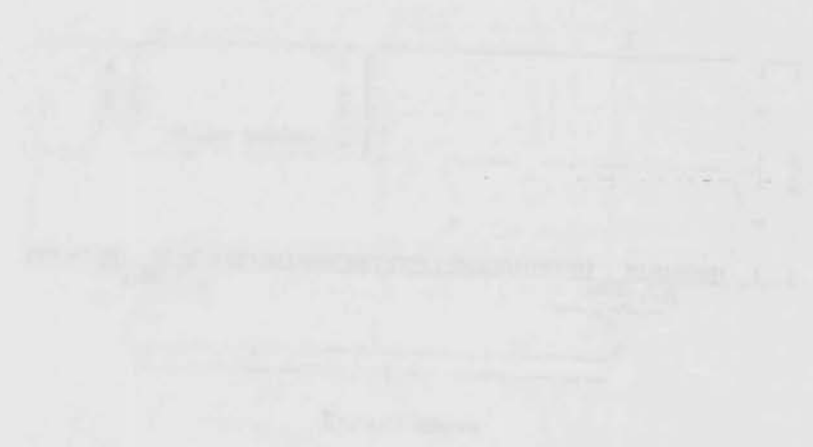
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΧVI

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

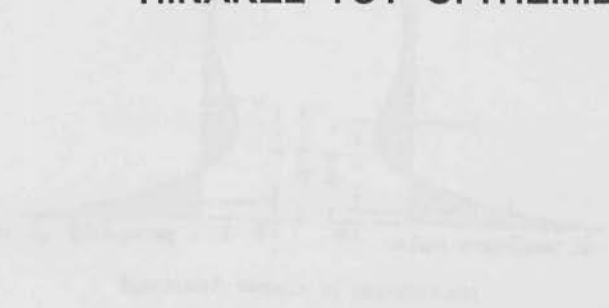
1. Πίνακες υπολογισμού υψίκορμων ολόσωμων φορέων ωπλισμένου σκυροδέματος Ο. F. THEIMER.
2. Ολόσωμες κατασκευές F. Leonhardt - E. Monnig.
3. Μαθήματα σιδηροπαγούς σκυροδέματος Τόμος III, Πενέλη.
4. Σημειώσεις σιδηροπαγούς σκυροδέματος Γ. Στεφάνου.
5. Κατασκευαστικές οδηγίες διά το σκυρόδεμα και τον οπλισμόν Π. Ι. Σπυρόπουλου.
6. Σιλό τεχνολογία υπολογισμός κατασκευή Π. Ι. Σπυρόπουλου.
7. Μαθήματα ωπλισμένου σκυροδέματος Τόμος II, Θ. Π. Τάσιου.
8. Κατασκευές ωπλισμένου σκυροδέματος Θ. Π. Τάσιου.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ

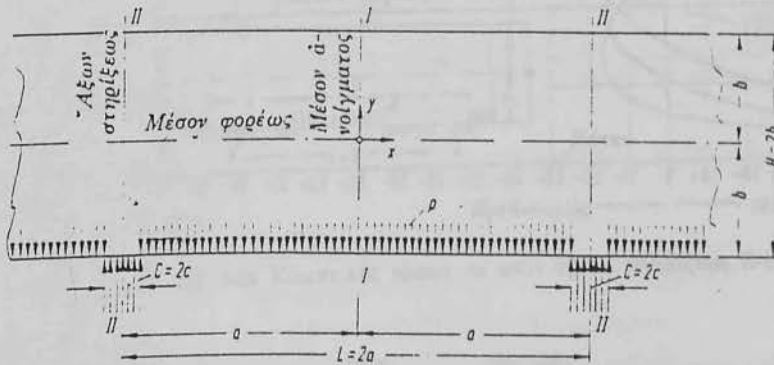


ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΟΥ Ο. THEIMER

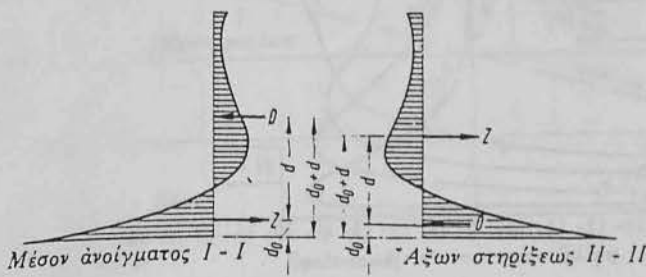


ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΩΝ

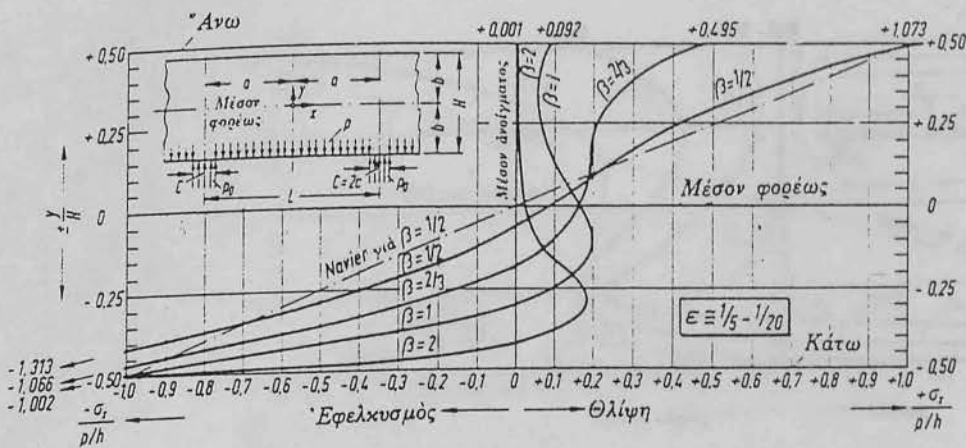
Πίναξ Ι — Περίπτωση
φορτίσεως Ι: Συνεχής δοκός άπειρων άνοιγμάτων
μέ όμοιομορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο



Στατική εικόνα



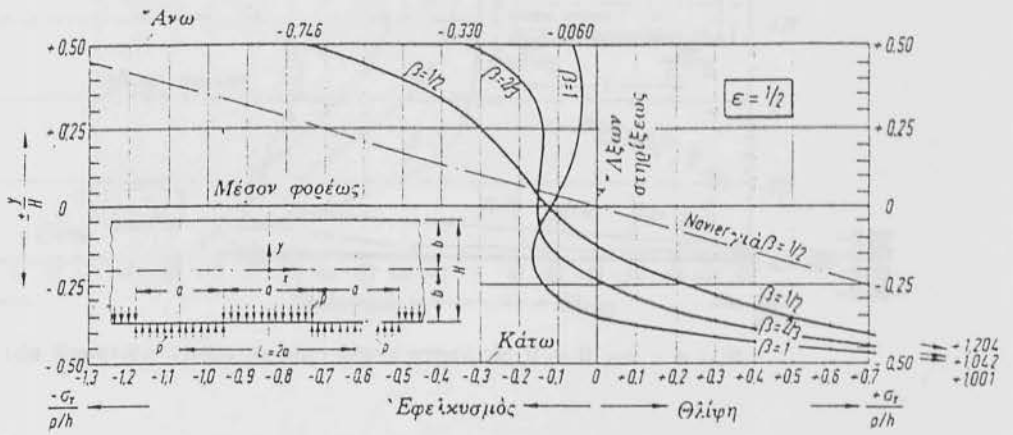
Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά)



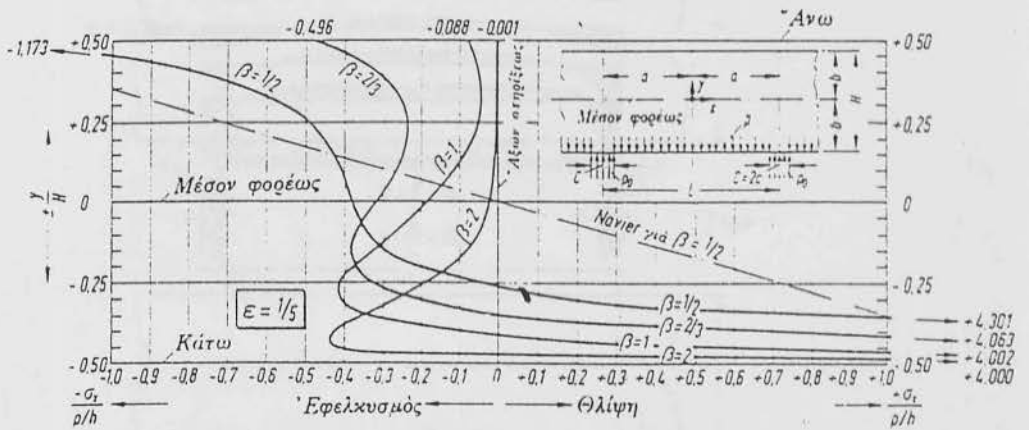
Σχ. Ι-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος Ι-Ι

Οι καμπύλες έχουν σχεδιαστή για $\epsilon = 1/10$, ισχύουν όμως κατά προσέγγιση επίσης για $\epsilon = 1/5$ έως $1/20$

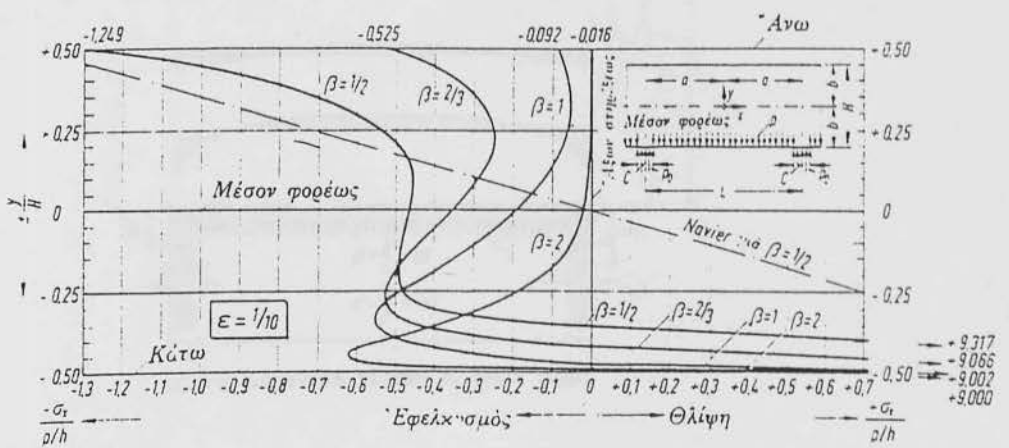
Λόγοι: $\beta = H/L$, $\epsilon = C/L$, πάχος δίσκου = h



Σχ. 1-2a Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II-II για $\epsilon = 1/2$

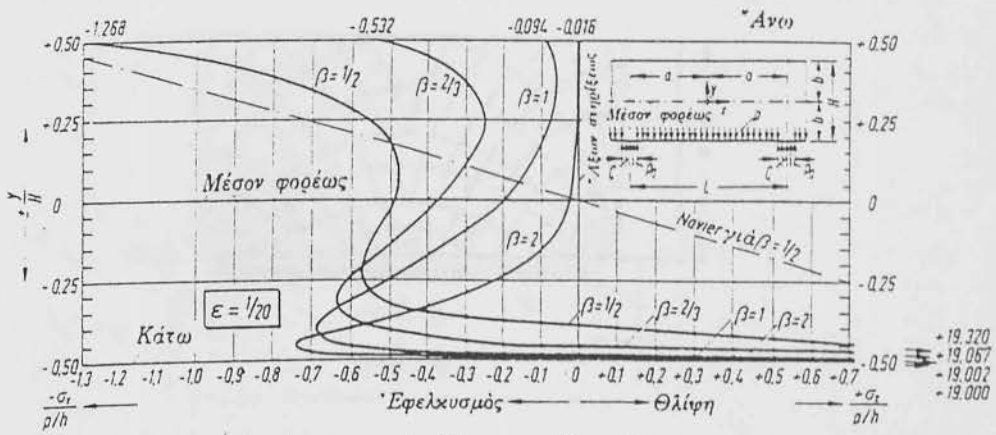


Σχ. 1-2b Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II-II για $\epsilon = 1/5$

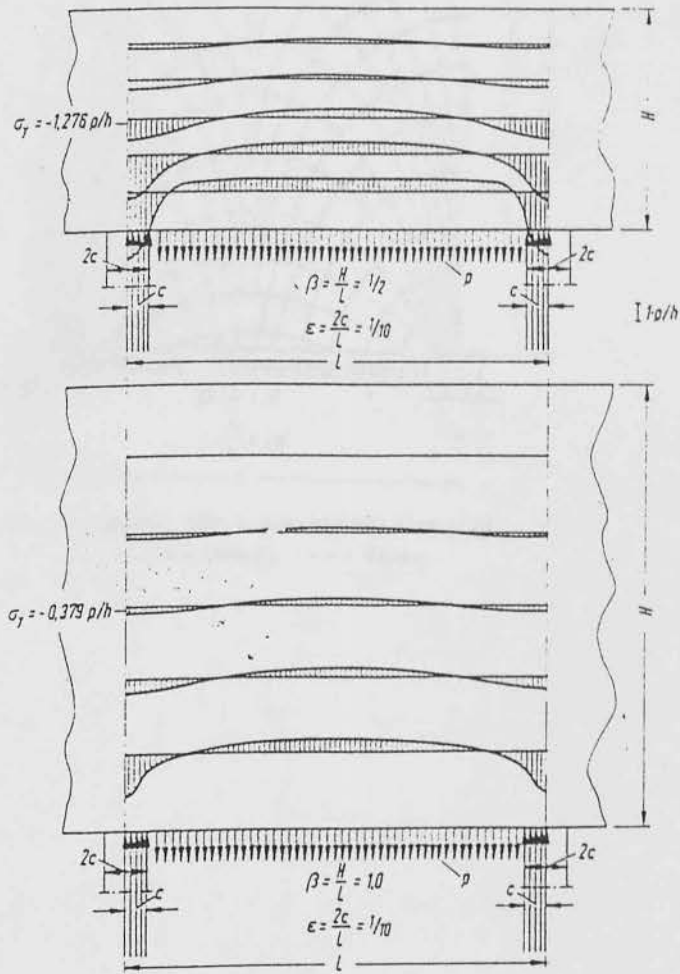


Σχ. 1-2c Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II-II για $\epsilon = 1/10$

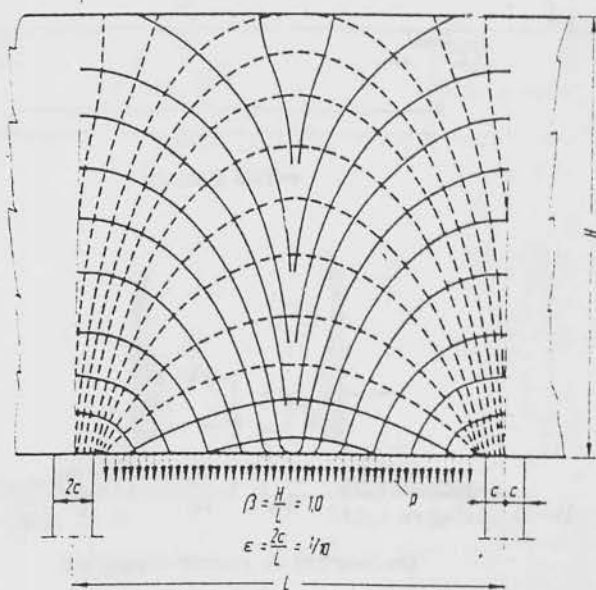
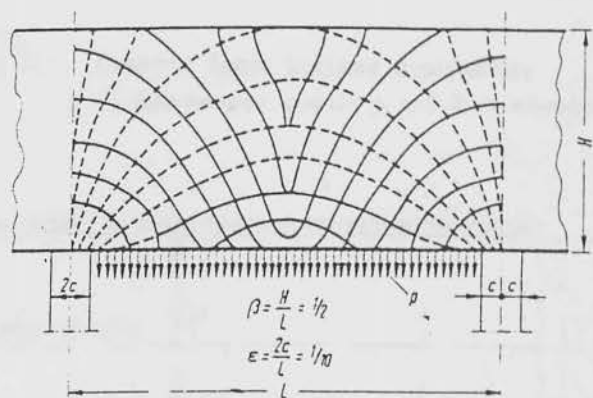
Πίναξ I : Συνεχής δοκός - όμοιομορφο φορτίο κάτω



Σχ. I-2d Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II — II για $\epsilon = 1/20$

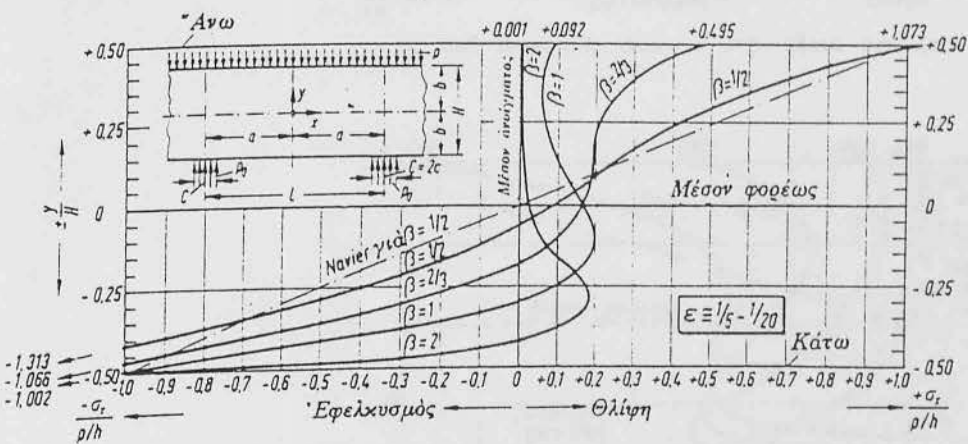
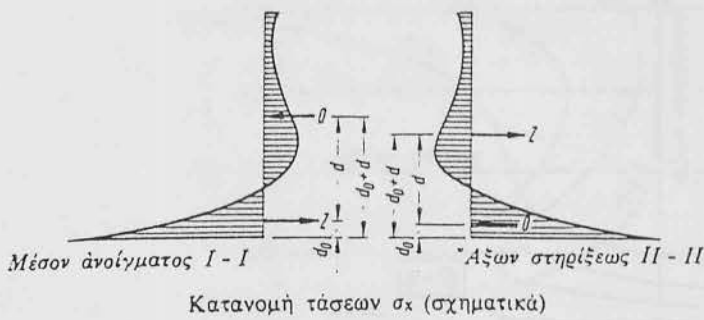
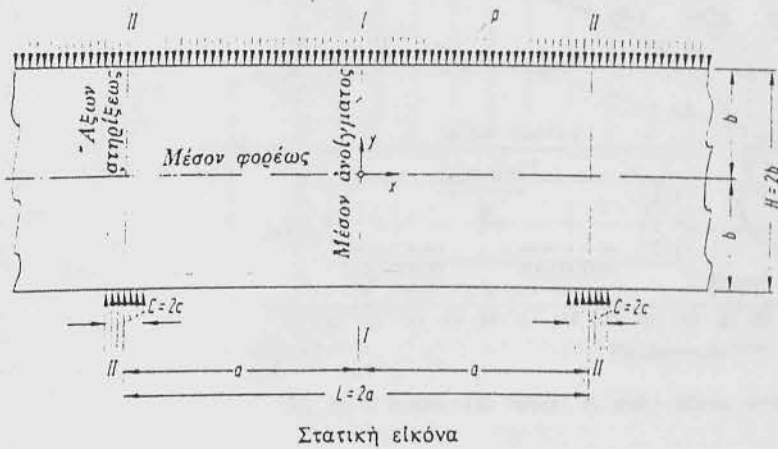


Σχ. I-3 Κατανομή τάσεων σ_y (κατά [12])

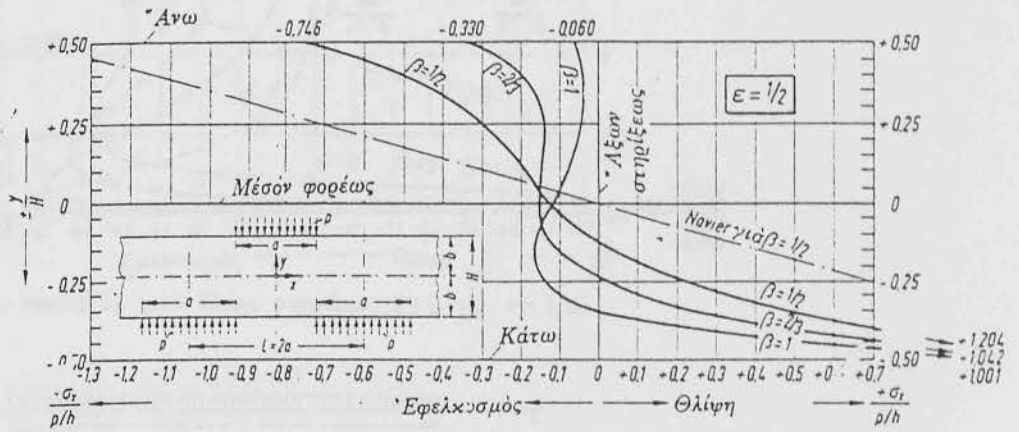


Σχ. 1-4 Τροχιές τών κυρίων τάσεων (άπό [12])
 ——— έφελκυσμός, - - - - θλίψη

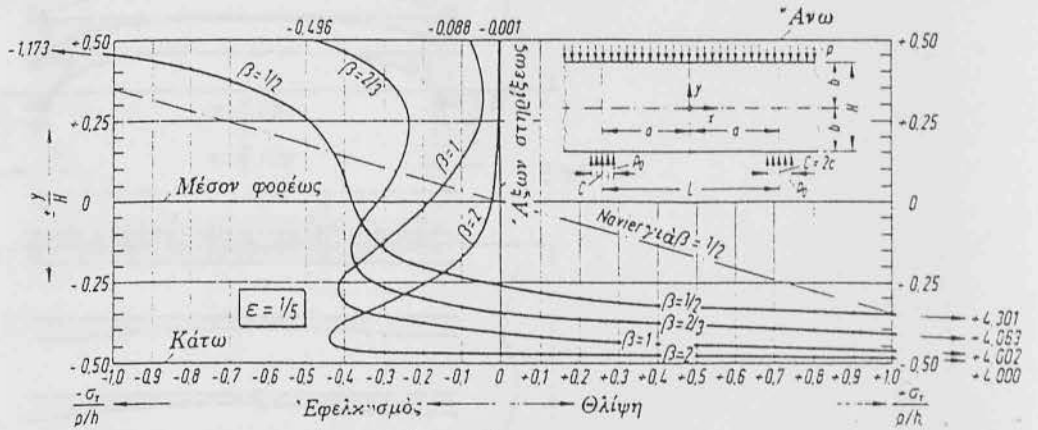
Πίναξ II — Περίπτωση φορτίσεως II: Συνεχής δοκός άπειρων άνοιγμάτων με όμοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο



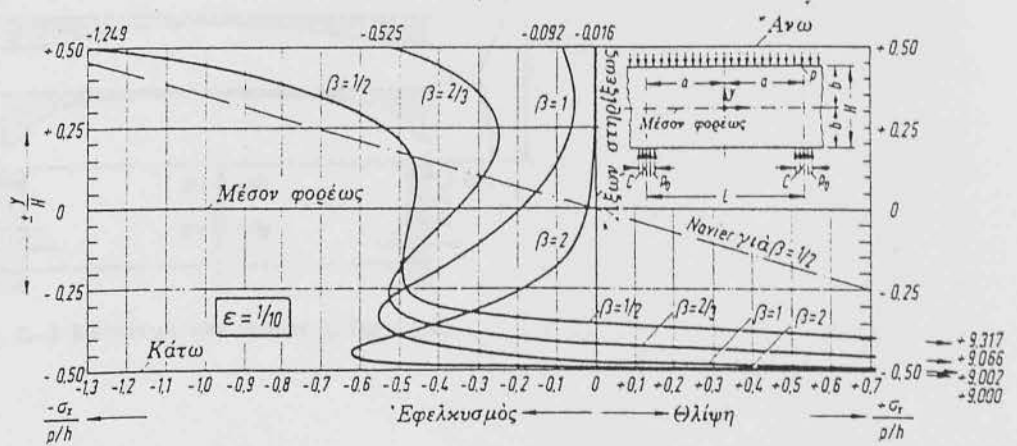
Οι καμπύλες έχουν σχεδιασθή για $\epsilon = 1/10$, αλλά ισχύουν επίσης προσεγγιστικά για $\epsilon = 1/5$ έως $1/20$



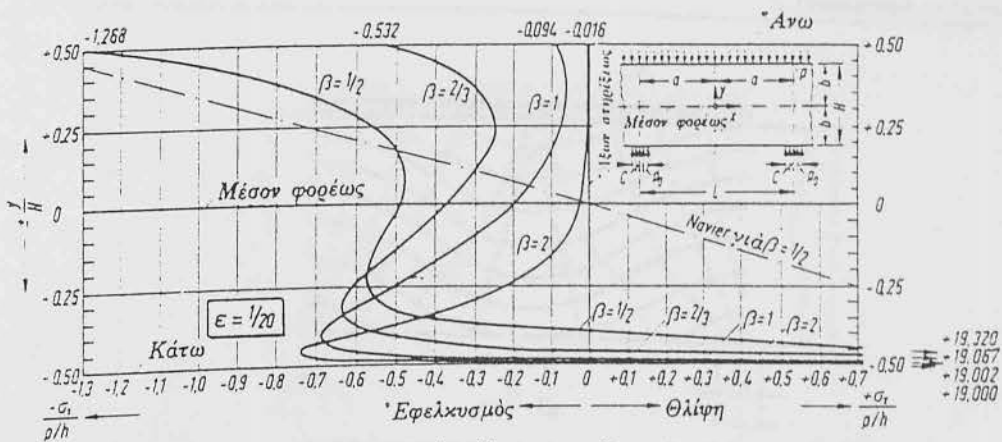
Σχ. ΙΙ-2α Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως ΙΙ — ΙΙ για $\epsilon = 1/2$



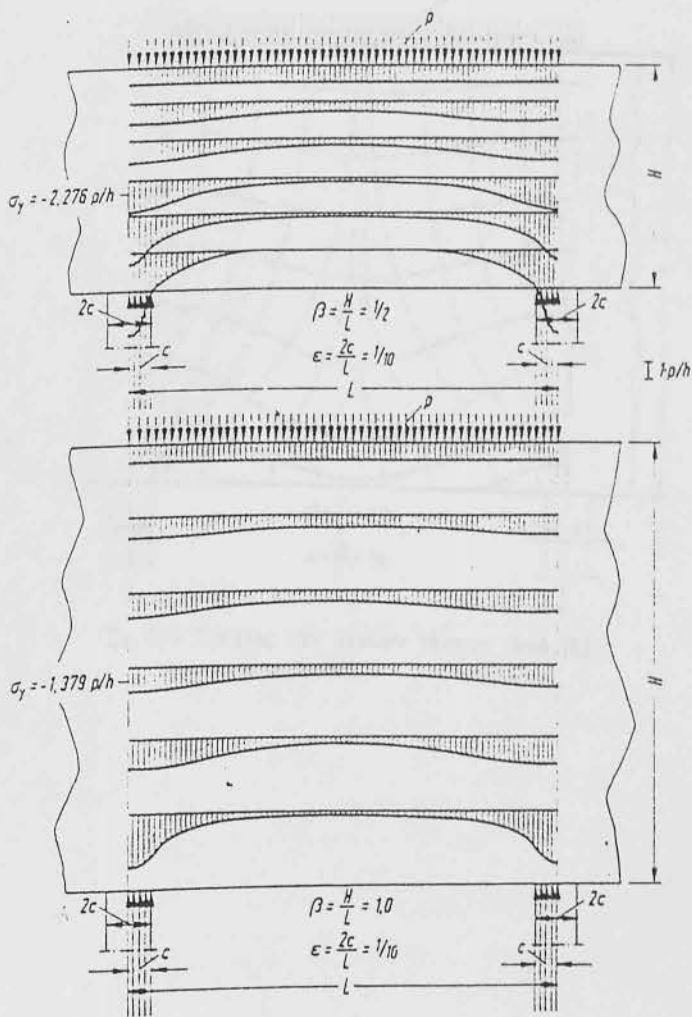
Σχ. ΙΙ-2β Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως ΙΙ — ΙΙ για $\epsilon = 1/5$



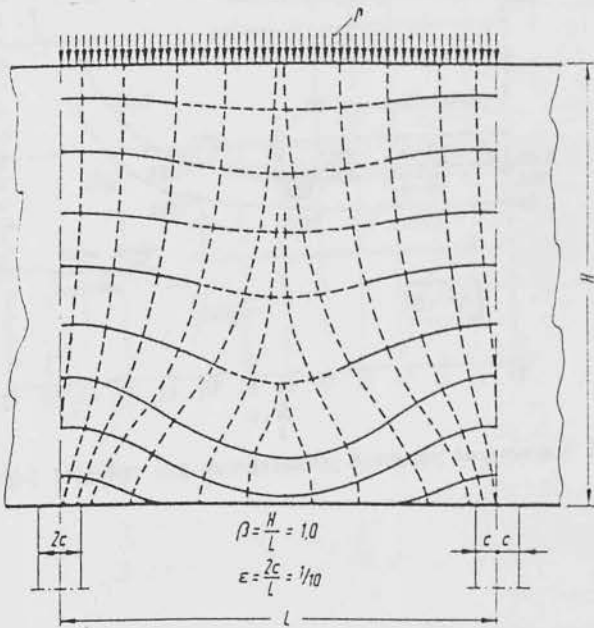
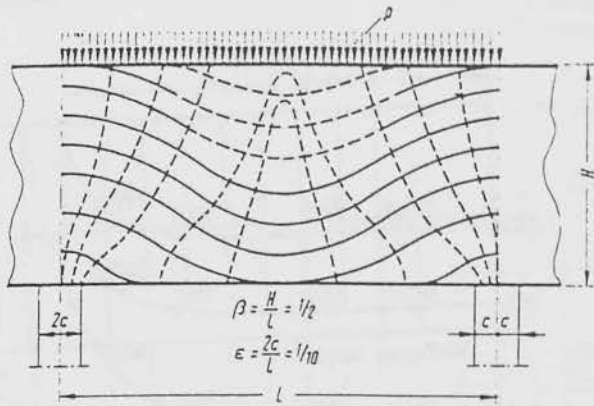
Σχ. ΙΙ-2γ Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως ΙΙ — ΙΙ για $\epsilon = 1/10$



Σχ. II-2d Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II-II για $\epsilon = 1/20$

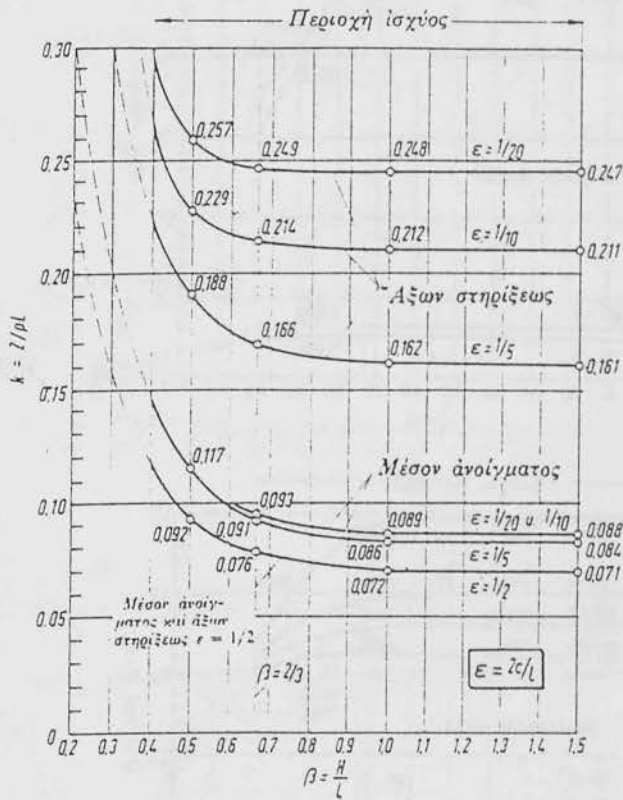


Σχ. II-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

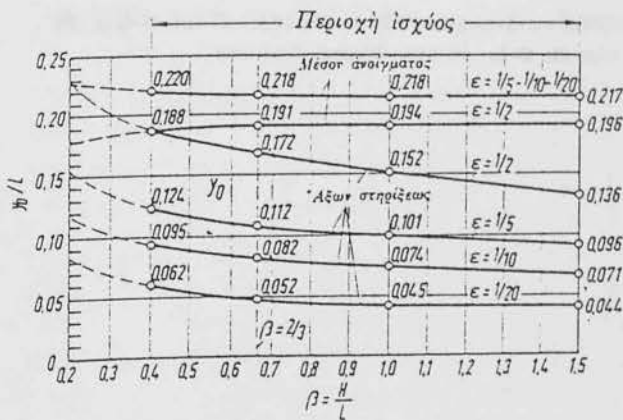


Σχ. Π-4 Τροχιές των κυρίων τάσεων (άπό [12])
 — έφελκυσμός, - - - - - θλίψη

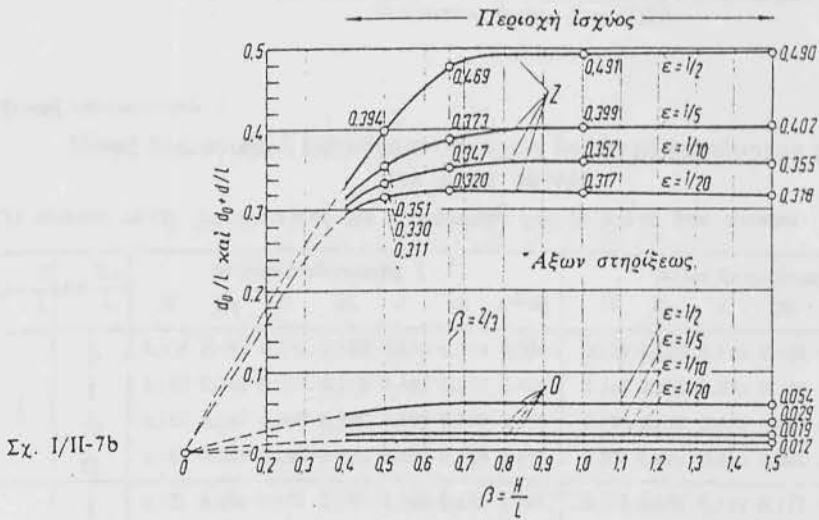
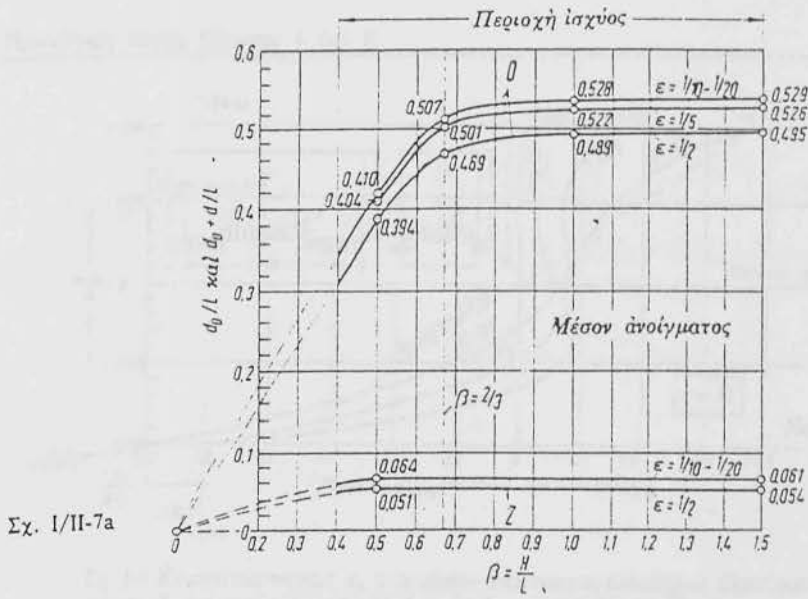
Προσθήκες στους Πίνακες I και II



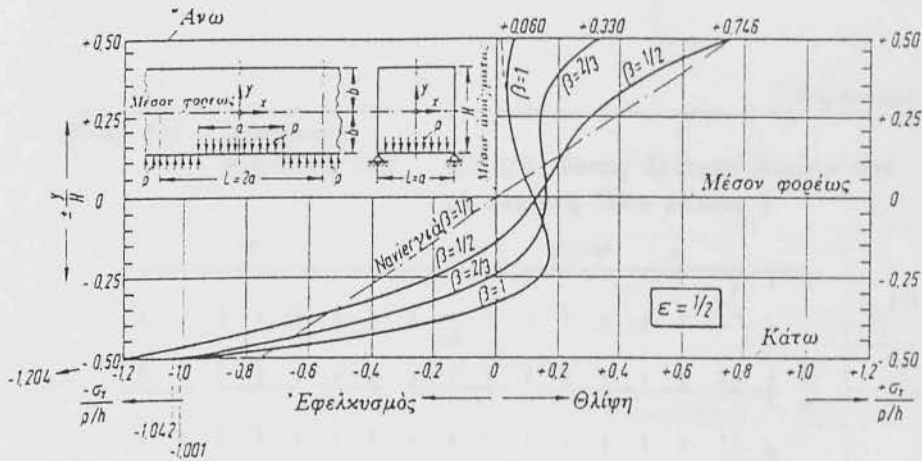
Σχ. I/II-5 Μέγεθος της συνισταμένης δύναμης έφελκυσμού Z



Σχ. I/II-6 Απόσταση y_0 της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο



Σχ. I/II-7a και 7b Απόσταση των συνισταμένων δυνάμεων θλίψεως και έφελκυσμού από το κάτω σύνορο



Σχ. 1-8 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον ανοίγματος ελευθέρως έδραζόμενων φορέων
 Λόγοι β : για συνεχείς φορείς $\beta = H/L$, για ελευθέρως έδραζόμενους φορείς ενός
 ανοίγματος $\beta = H/2L$

Πίναξ υπολογισμού I

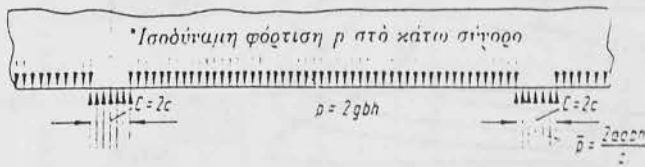
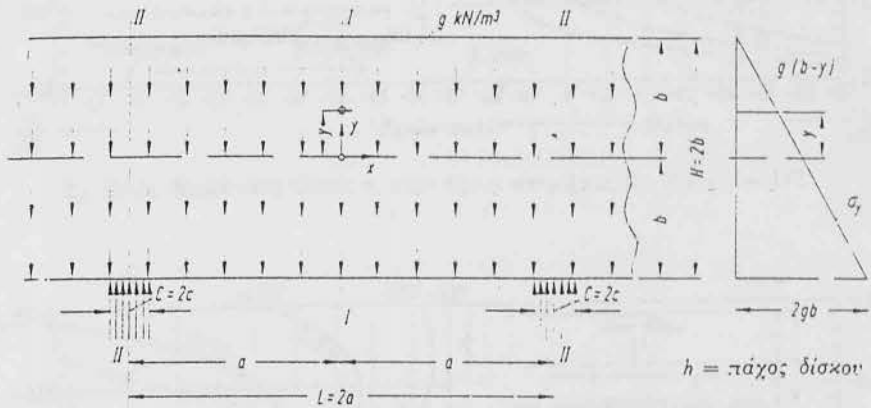
Πίναξ υπολογισμού ύψικόρμων συνεχών δοκῶν με όμοιόμορφο φορτίο p
 στο κάτω σύνορο

Ό πίνακας αυτός ισχύει επίσης για όμοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

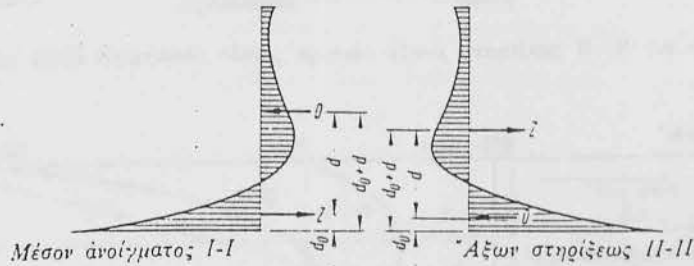
$\beta = \frac{H}{L}$	$\epsilon = \frac{2c}{L}$	Μέσον ανοίγματος I-I							Άξων στηρίζεως II-II						
		M	Z _n	Z	γ_0	d	d ₀	d+d ₀	M	Z _n	Z	γ_0	d	d ₀	d+d ₀
1/2	1/2	0,125	0,188	0,186	0,188	0,674	0,114	0,394	0,125	0,188	0,186	0,188	0,674	0,114	0,394
	1/3	0,160	0,240	0,235	0,218	0,682	0,127	0,404	0,240	0,360	0,375	0,124	0,640	0,062	0,351
	1/10	0,165	0,247	0,239	0,220	0,690	0,128	0,409	0,285	0,428	0,458	0,095	0,622	0,039	0,330
	1/20	0,166	0,249	0,240	0,221	0,692	0,129	0,411	0,309	0,464	0,515	0,062	0,600	0,022	0,311
2/3	1/2	0,125	0,140	0,151	0,191	0,828	0,111	0,469	0,125	0,141	0,151	0,172	0,828	0,110	0,469
	1/3	0,160	0,180	0,182	0,216	0,880	0,122	0,501	0,240	0,270	0,351	0,112	0,686	0,060	0,373
	1/10	0,165	0,185	0,186	0,218	0,888	0,124	0,506	0,285	0,321	0,428	0,082	0,656	0,038	0,347
	1/20	0,166	0,187	0,187	0,219	0,890	0,125	0,508	0,309	0,347	0,498	0,052	0,620	0,020	0,320
1	1/2	0,125	0,095	0,144	0,194	0,870	0,109	0,489	0,125	0,094	0,144	0,152	0,864	0,108	0,491
	1/3	0,160	0,120	0,172	0,214	0,924	0,121	0,522	0,240	0,180	0,324	0,101	0,740	0,058	0,399
	1/10	0,165	0,124	0,177	0,217	0,932	0,123	0,527	0,285	0,214	0,424	0,074	0,668	0,036	0,352
	1/20	0,166	0,125	0,178	0,218	0,934	0,124	0,529	0,309	0,232	0,497	0,045	0,612	0,022	0,317
2	1/2	0,125	-	0,143	0,195	0,874	0,108	0,496	0,125	-	0,143	0,125	0,874	0,108	0,491
	1/3	0,160	-	0,171	0,214	0,930	0,121	0,526	0,240	-	0,322	0,094	0,746	0,058	0,402
	1/10	0,165	-	0,177	0,217	0,936	0,122	0,529	0,285	-	0,422	0,070	0,674	0,038	0,356
	1/20	0,166	-	0,178	0,218	0,938	0,122	0,530	0,309	-	0,495	0,043	0,612	0,024	0,318
Συντελεστές		ρa^2	ρa	ρa	L	a	a	L	ρa^2	ρa	ρa	L	a	a	L

Z_n = Δύναμη έφελκυσμού για εύθύγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier: Z_n = 3 M/4 b

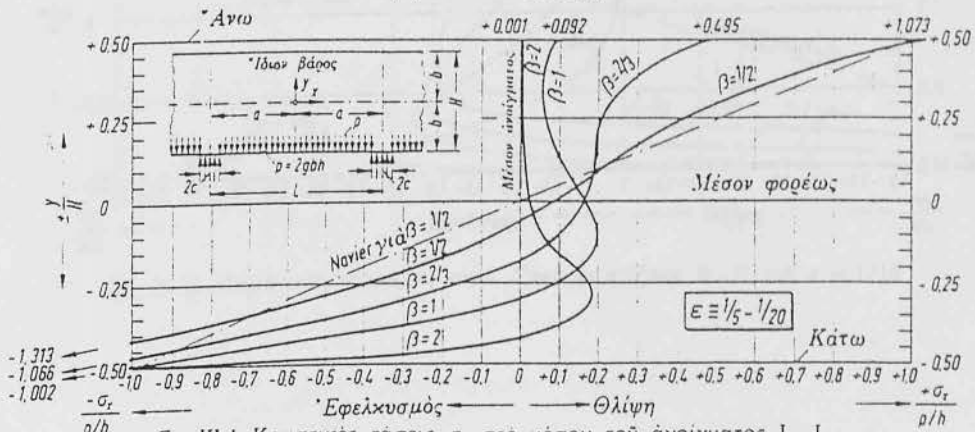
Πίναξ III — Περίπτωση φορτίσεως III: Συνεχής δοκός άπειρων άνοιγμάτων με φόρτιση ίδιου βάρους g



Στατική εικόνα

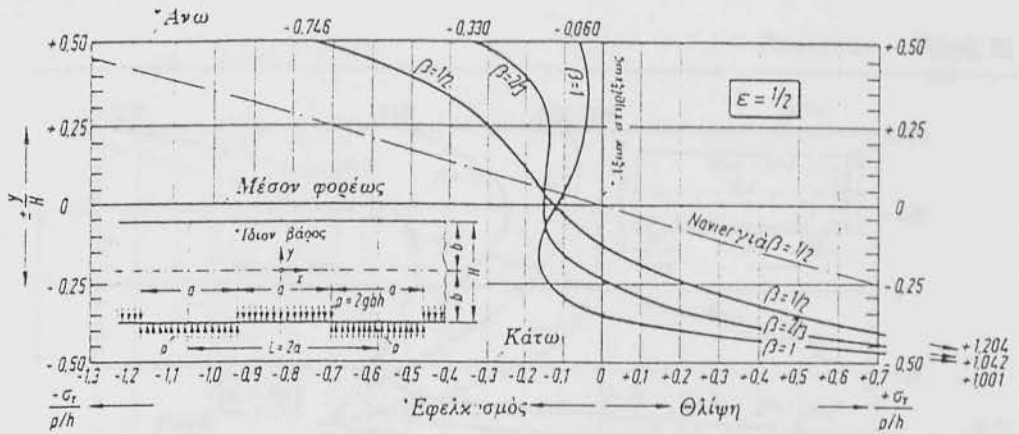


Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά)

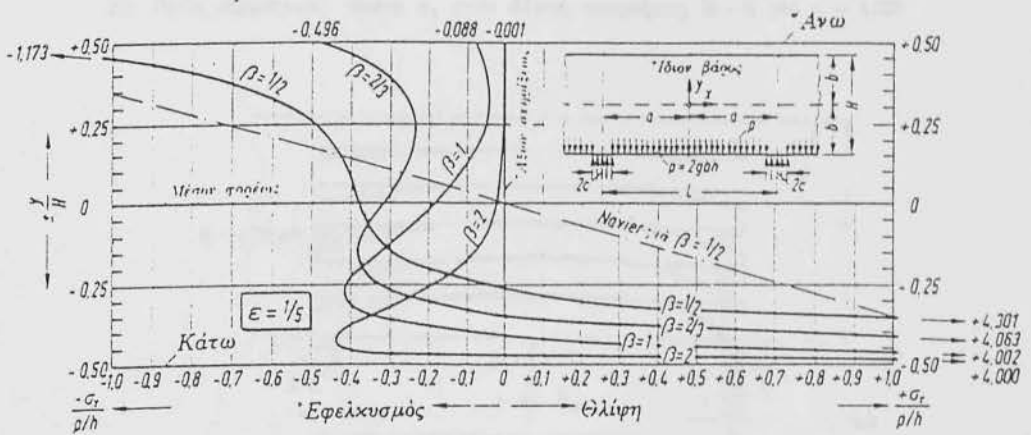


Σχ. III-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος I - I
Οι καμπύλες έχουν σχεδιαστή για $\epsilon = 1/10$, αλλά ισχύουν επίσης προσεγγιστικά για $\epsilon = 1/5$ έως $1/20$

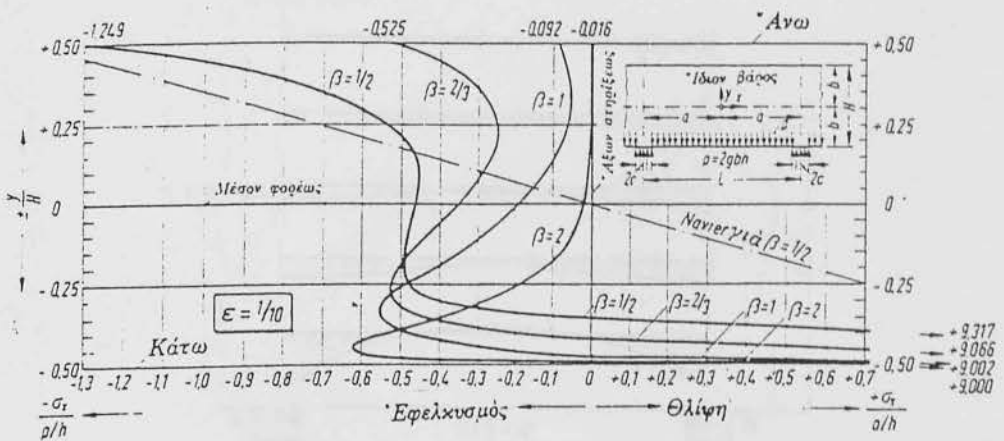
Πίναξ III: Συνεχής όσκος — Ίδιον βάρος



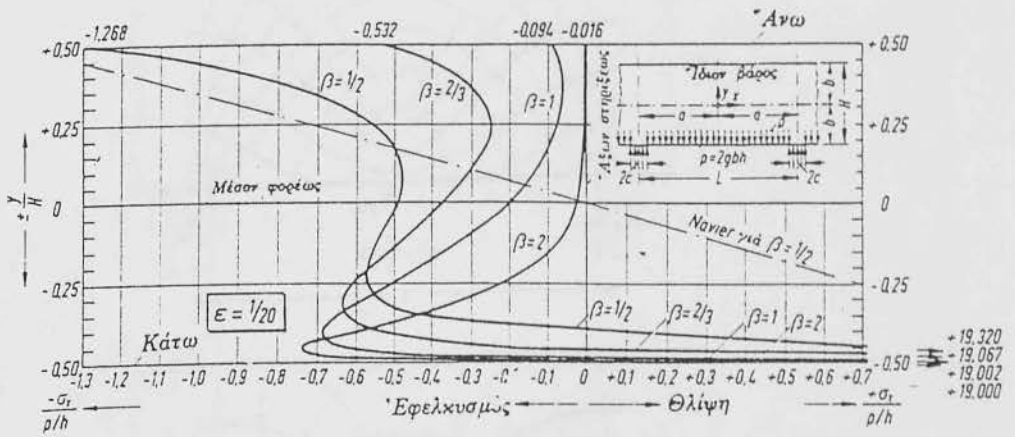
Σχ. III-2a Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II - II για $\epsilon = 1/2$



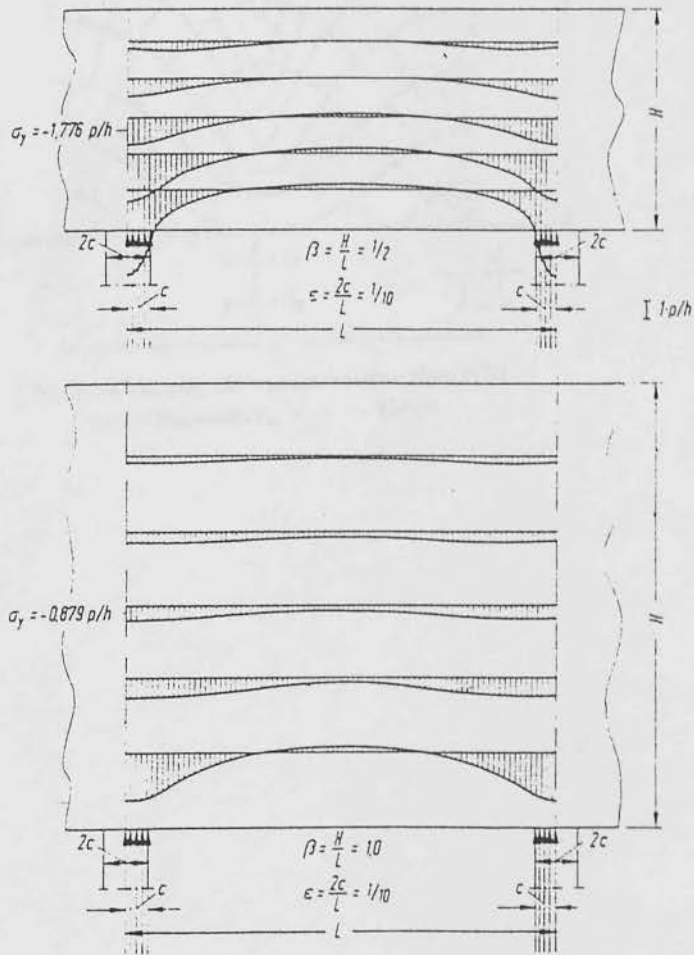
Σχ. III-2b Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II - II για $\epsilon = 1/5$



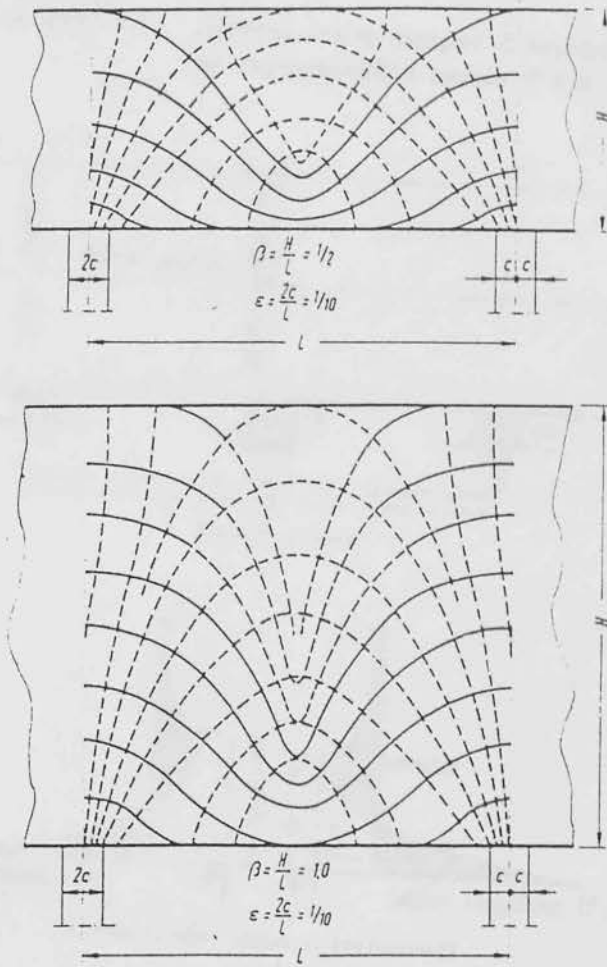
Σχ. III-2c Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως II - II για $\epsilon = 1/10$



Σχ. III-2d Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στηρίξεως Π-Π για $\epsilon = 1/20$

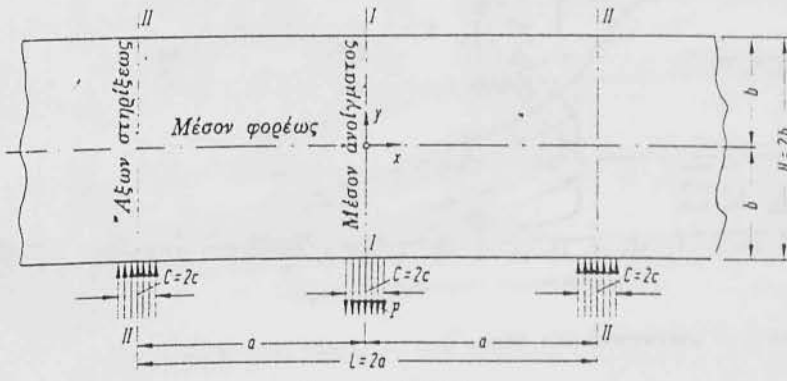


Σχ. III-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

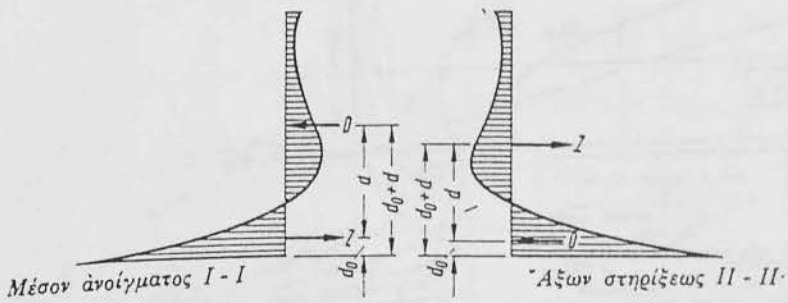


Σχ. III-4 Τροχιές τών κυρίων τάσεων (από [12])
 ——— έφελκυσμός, - - - - - θλίψη

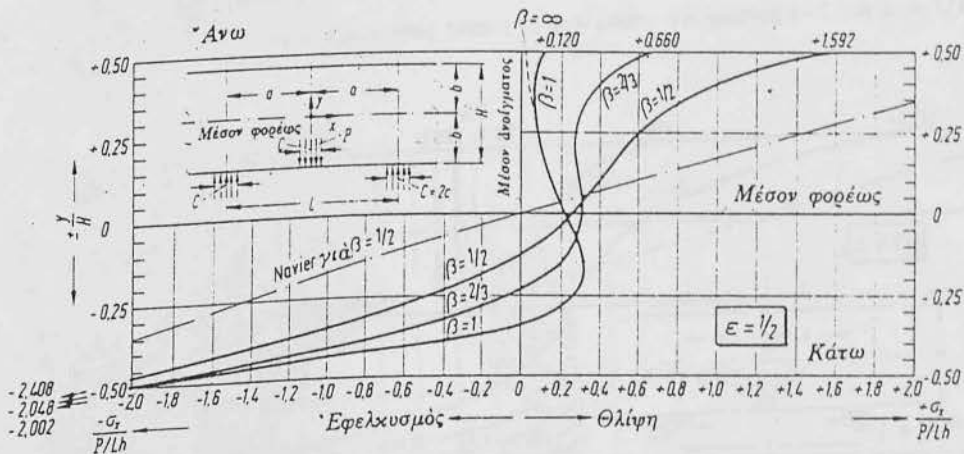
Πίναξ IV — Περίπτωση φορτίσεως IV: Συνεχής δοκός άπειρων άνοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P στο κάτω σύνορο



Στατική εικόνα



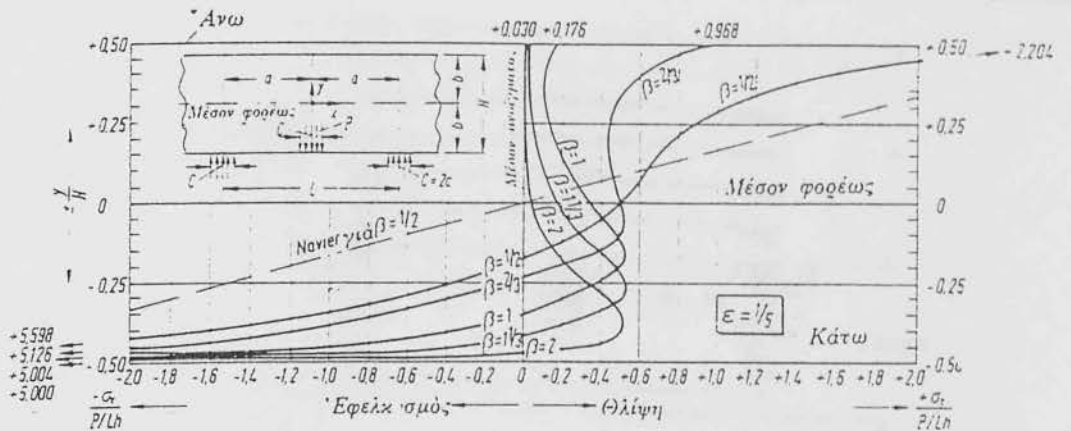
Κατανομή των τάσεων σ_x (σχηματικά)



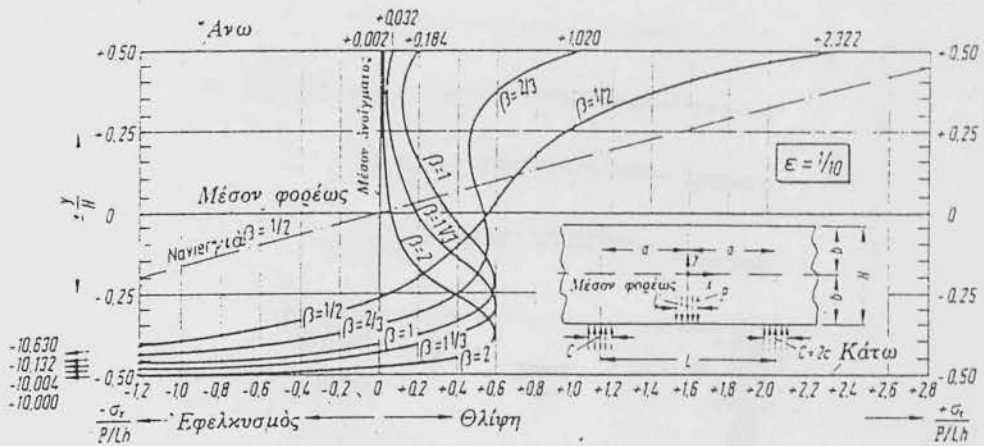
Σχ. IV-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος I - I

Οι καμπύλες ισχύουν επίσης για τον άξονα στηρίξεως, όταν τα Άνω και Κάτω αντικατασταθούν άμοιβαίως. Λόγοι: $\beta = H/L$, $\epsilon = C/L$, πάχος δίσκου = h

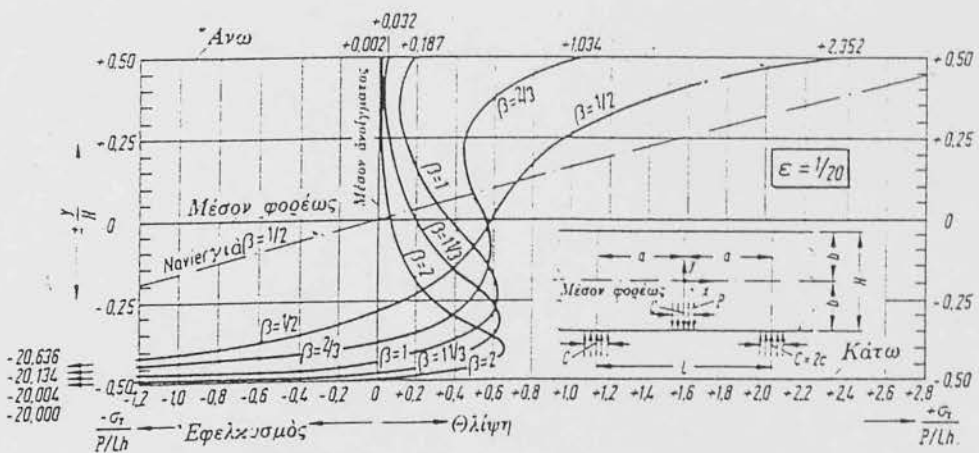
Πίναξ IV : Συνεχής οδός — συγκεντρωμένο φορτίο κάτω



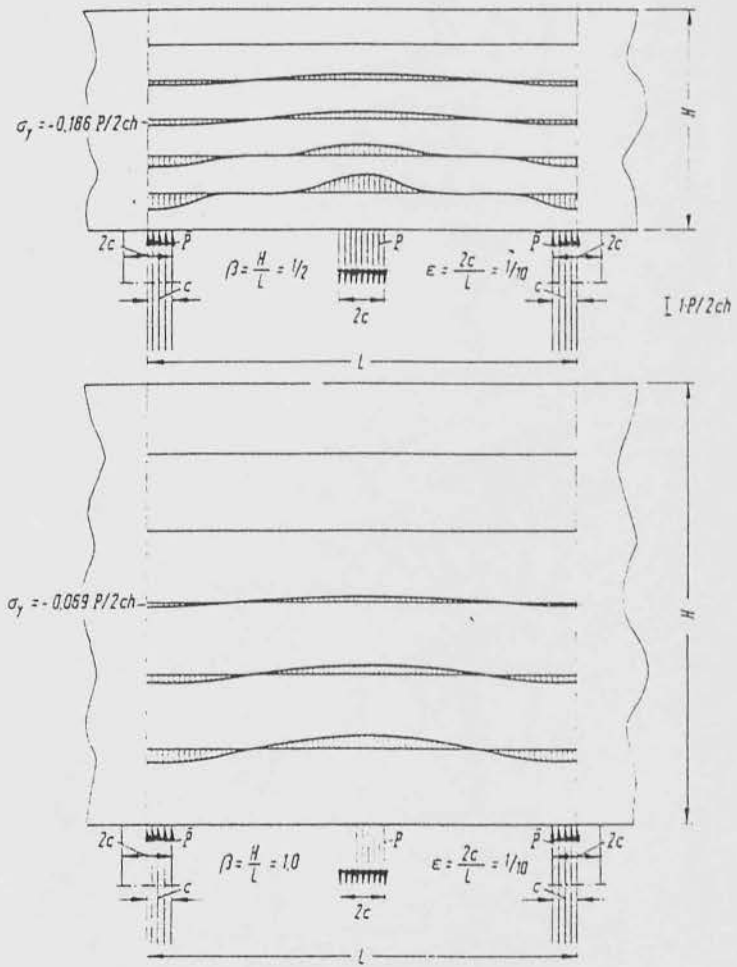
Σχ. IV-2a Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος I-I για $\epsilon = 1/5$



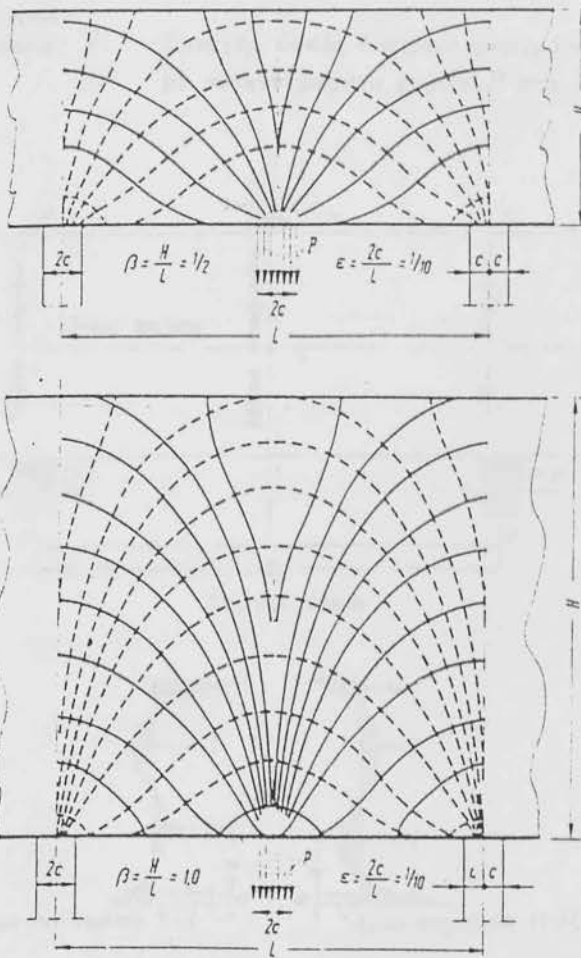
Σχ. IV-2b Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον ανοίγματος I-I για $\epsilon = 1/10$



Σχ. IV-2c Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος I-I για $\epsilon = 1/20$

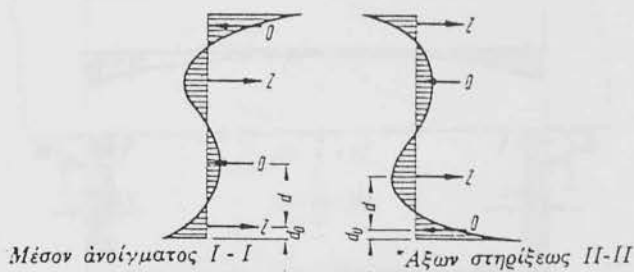
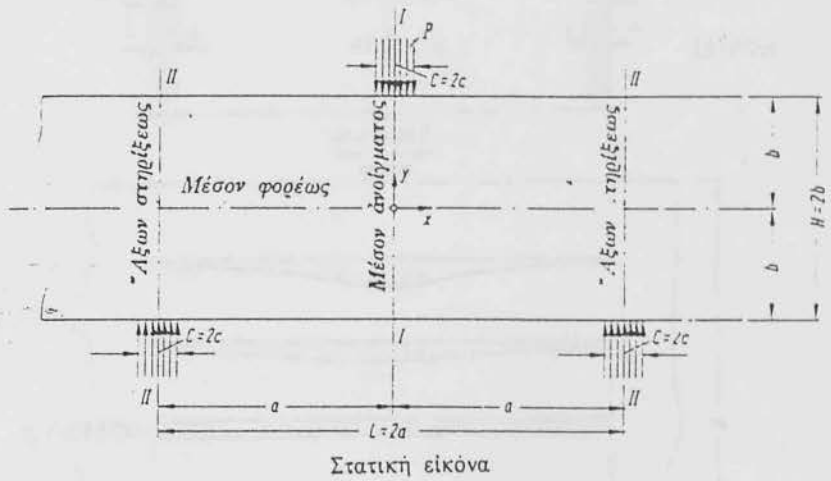


Σχ. IV-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

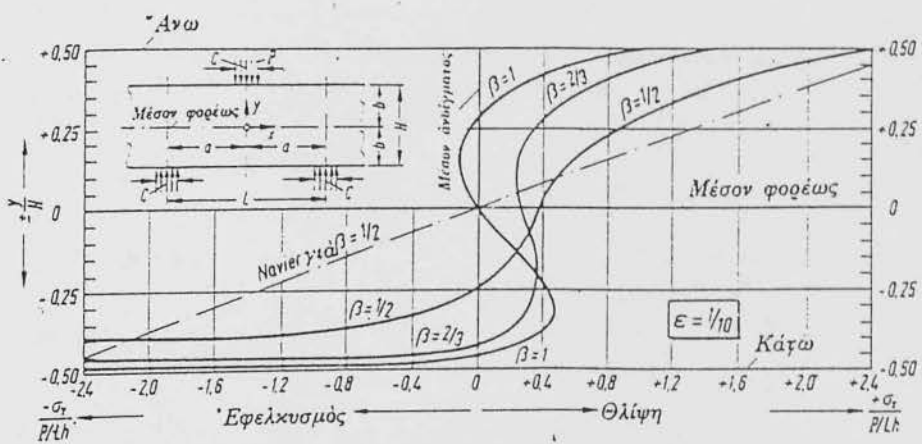


Σχ. IV-4 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
 — έφελκυσμός, - - - - - θλίψη

Πίναξ V — Περίπτωση φορτίσεως V: Συνεχής δοκός απείρων ανοιγμάτων με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο

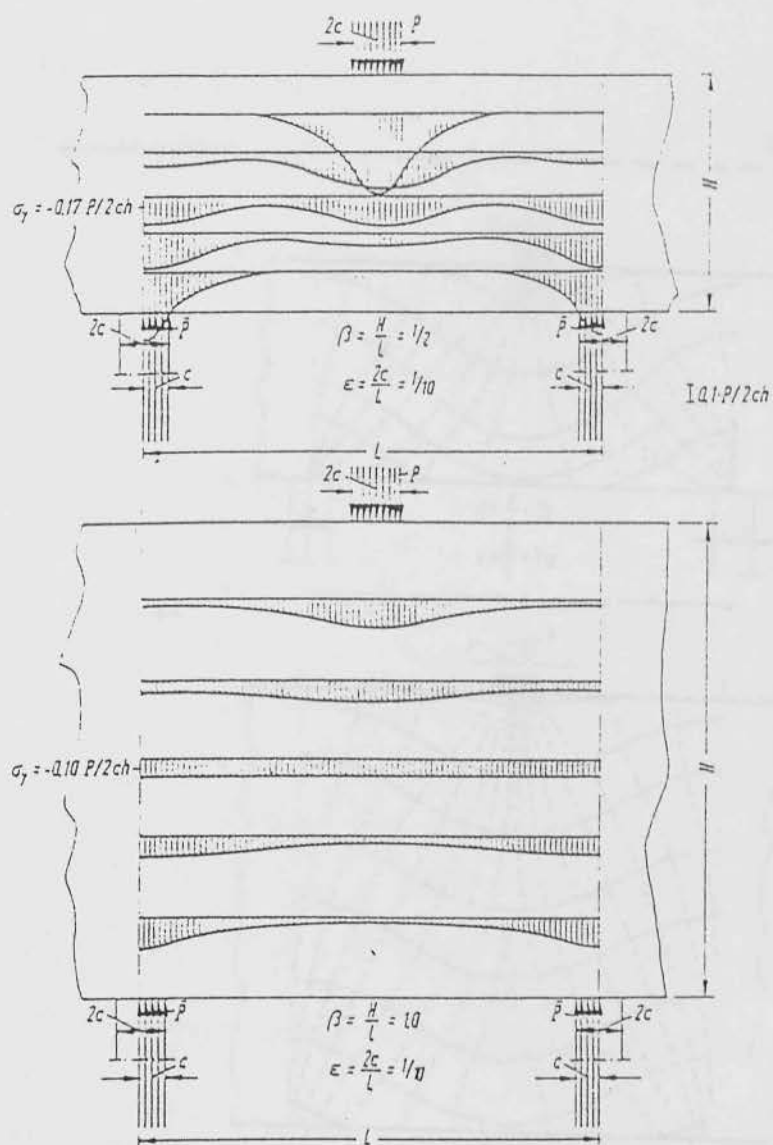


Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά) για $\beta > 1$

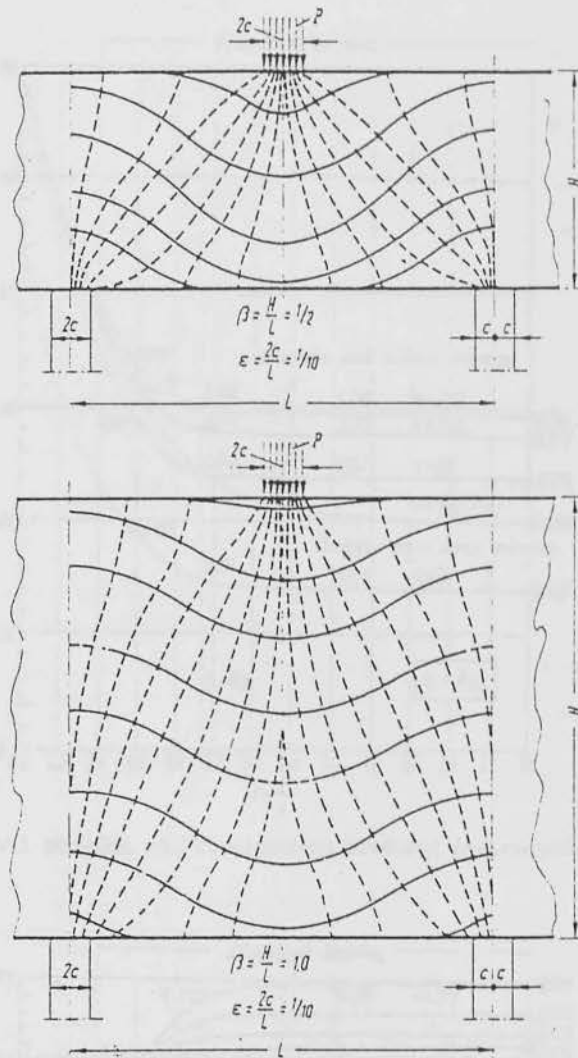


Σχ. V-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξωνα στηρίξεως II - II

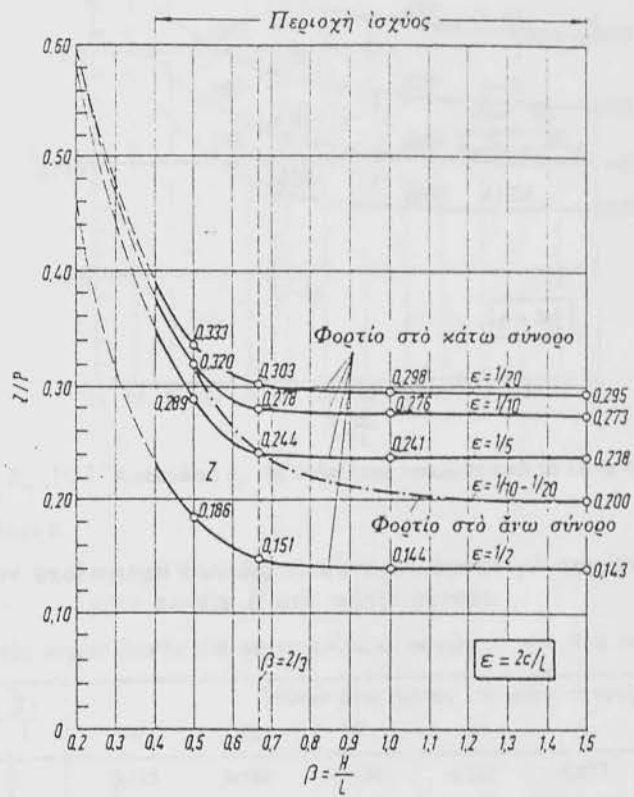
Οι καμπύλες έχουν σχεδιασθή για $\epsilon = 1/10$, αλλά ισχύουν επίσης προσεγγιστικά για $\epsilon = 1/5$ έως $1/20$. Οι καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος I - I προκύπτουν δι' αμοιβαίας έναλλαγής των Άνω και Κάτω



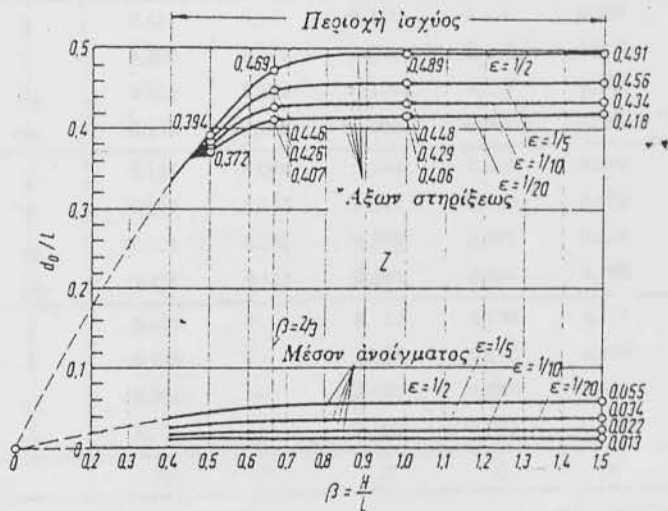
Σχ. V-2 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])



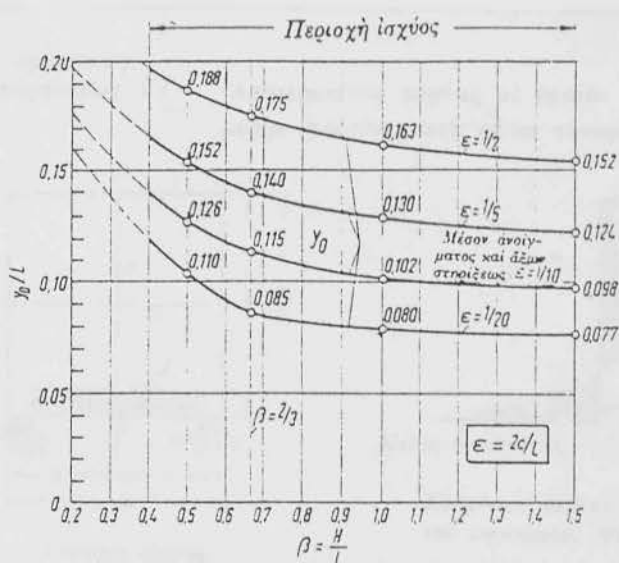
Σχ. V-3 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
 ———— έφέλκυσμός, - - - - - θλίψη



Σχ. IV/V-5 Μέγεθος της συνισταμένης δύναμης έφελκυσμού Z



Σχ. IV-6 Απόσταση d_0 της συνισταμένης δύναμης έφελκυσμού Z από το κάτω σύνορο



Σχ. IV-7 Απόσταση y_0 της συδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο

Πίναξ υπολογισμού II

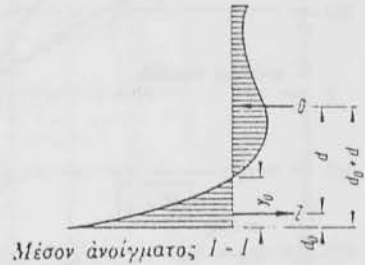
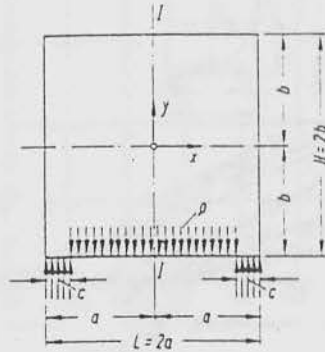
Πίναξ για τόν υπολογισμό ύψικόρμων συγεχών δοκῶν με συγκεντρωμένο φορτίο P στο κάτω σύνορο

Ο πίνακας αυτός ισχύει επίσης για συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο

$\beta = \frac{H}{L}$	$\epsilon = \frac{2c}{L}$	Μέσον ανοίγματος και ἄξων στηρίζεως						
		M	Z_n	Z	y_0	d	d_0	$d + d_0$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0,125	0,188	0,186	0,188	0,674	0,114	0,394
	$\frac{1}{5}$	0,200	0,300	0,289	0,152	0,692	0,076	0,384
	$\frac{1}{10}$	0,225	0,338	0,320	0,126	0,704	0,048	0,376
	$\frac{1}{20}$	0,238	0,357	0,333	0,110	0,716	0,028	0,372
$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	0,125	0,141	0,151	0,175	0,828	0,111	0,469
	$\frac{1}{5}$	0,200	0,225	0,244	0,140	0,820	0,072	0,446
	$\frac{1}{10}$	0,225	0,253	0,278	0,115	0,808	0,044	0,426
	$\frac{1}{20}$	0,238	0,268	0,303	0,085	0,788	0,026	0,407
1	$\frac{1}{2}$	0,125	0,094	0,144	0,163	0,870	0,109	0,489
	$\frac{1}{5}$	0,200	0,150	0,241	0,130	0,830	0,068	0,448
	$\frac{1}{10}$	0,225	0,169	0,276	0,102	0,816	0,043	0,429
	$\frac{1}{20}$	0,238	0,178	0,298	0,080	0,780	0,024	0,406
2	$\frac{1}{2}$	0,125	—	0,143	0,150	0,874	0,108	0,491
	$\frac{1}{5}$	0,200	—	0,238	0,115	0,840	0,072	0,456
	$\frac{1}{10}$	0,225	—	0,273	0,095	0,824	0,044	0,434
	$\frac{1}{20}$	0,238	—	0,295	0,075	0,810	0,026	0,418
Συντελεστές		$\cdot Pa$	$\cdot P$	$\cdot P$	$\cdot L$	$\cdot a$	$\cdot a$	$\cdot L$

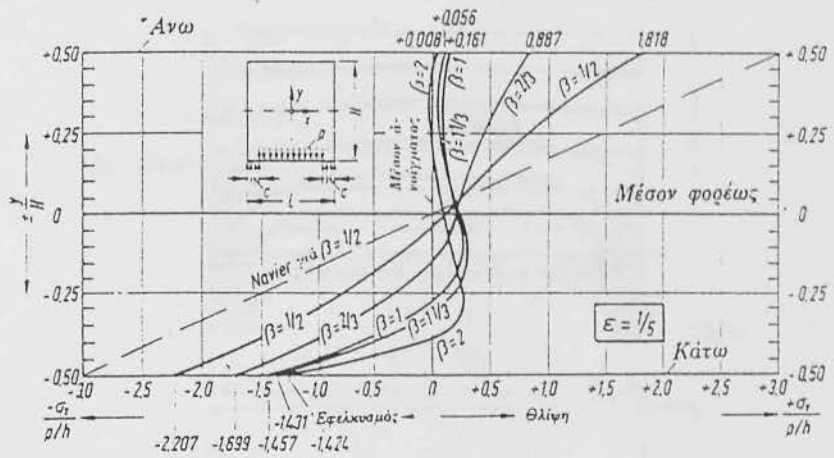
$Z_n =$ Έφελκυστική δύναμη στην εϋθύγραμμη κατανομή τάσεων κατά Νανιερ; $Z_n = 3M/4b$

Πίναξ VI — Περίπτωση φορτίσεως VI: Άμφιέρειστος φορέας με όμοιομορφο φορτίο p στο κάτω σύνορο

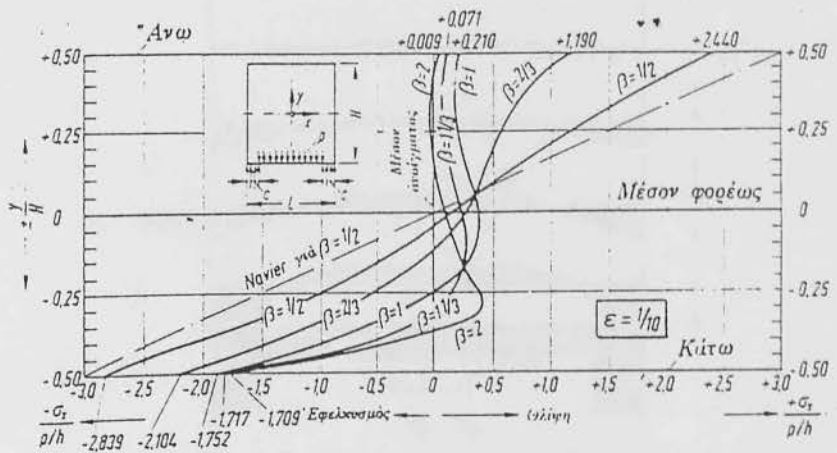


Στατική εικόνα

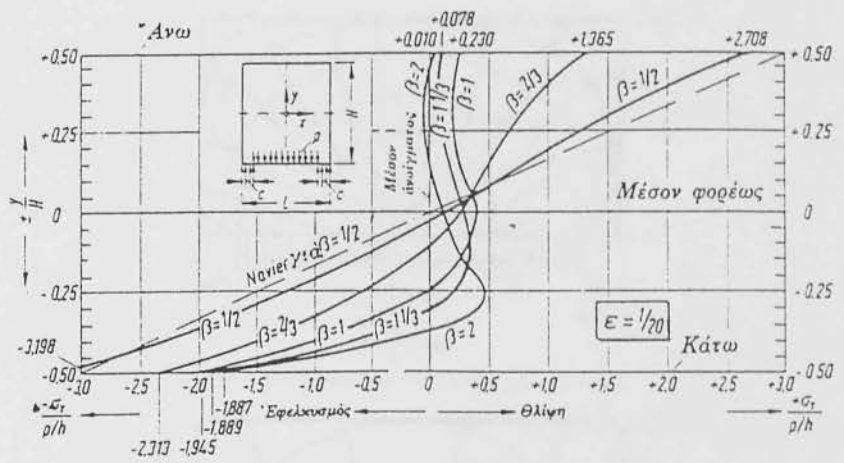
Κατανομή τάσεων σ_x στο μέσον του άνοιγματος (σχηματικά)



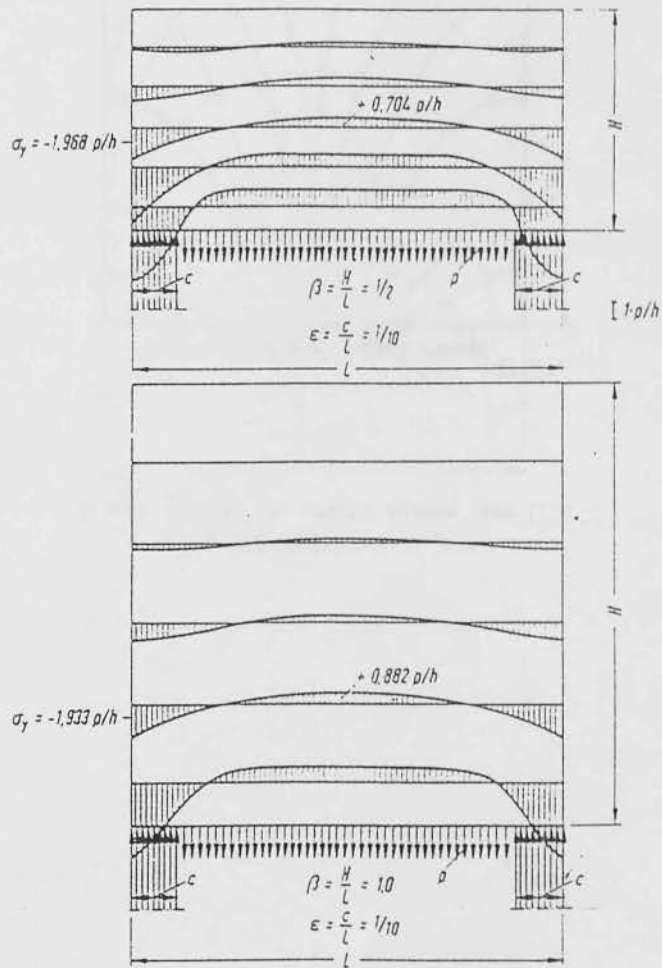
Σχ. VI-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος για $\epsilon = 1/5$



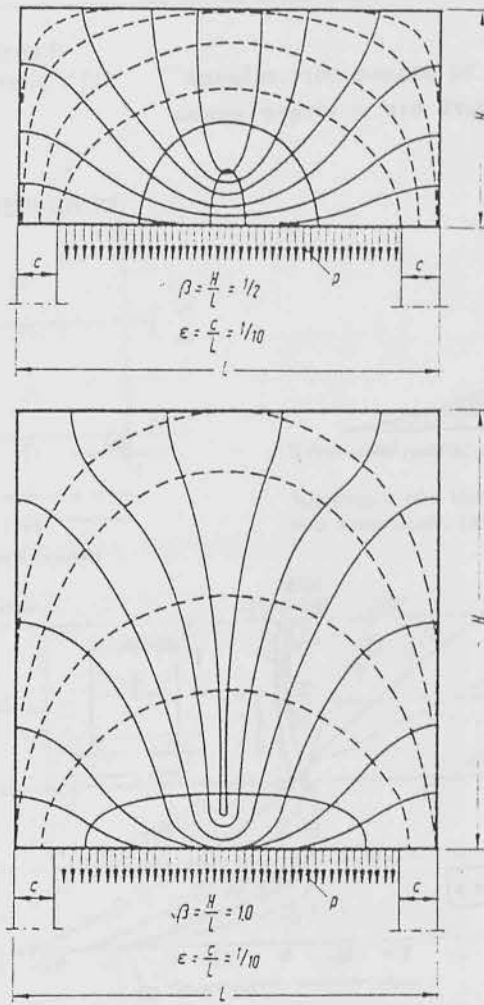
Σχ. VI-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος για $\epsilon = 1/10$



Σχ. VI-3 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος για $\epsilon = 1/20$



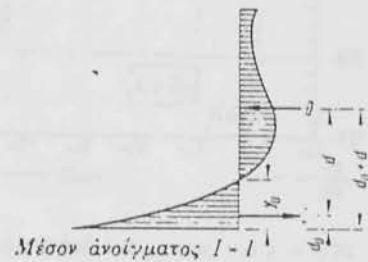
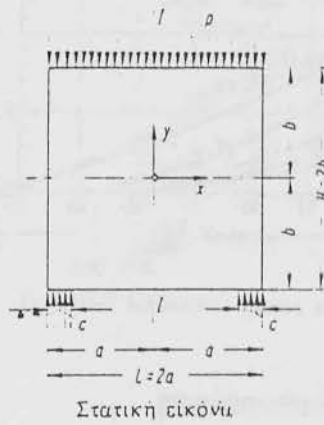
Σχ. VI-4 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])



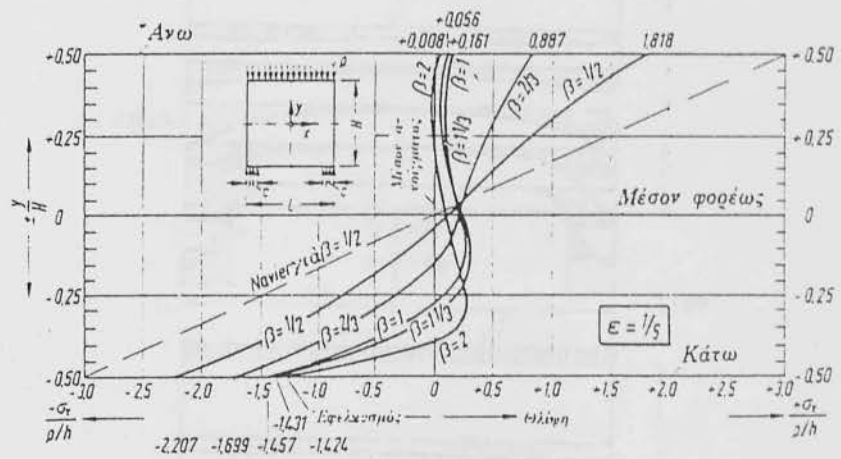
Σχ. VI-5 Τροχιές των κυρίων τάσεων (άπό [12])
 — έφελκυσμός, - - - - - θλίψη

Πίναξ VII — Περίπτωση φορτίσεως VII:

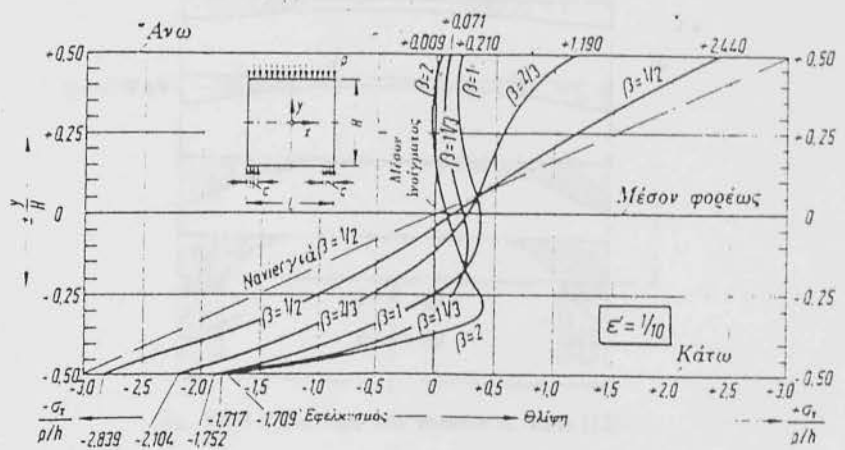
Άμφιέριεστος φορέας με όμοιόμορφο φορτίο ρ στο άνω σύνορο



Κατανομή των τάσεων σ_i στο μέσον του ανοίγματος (σχηματικά)

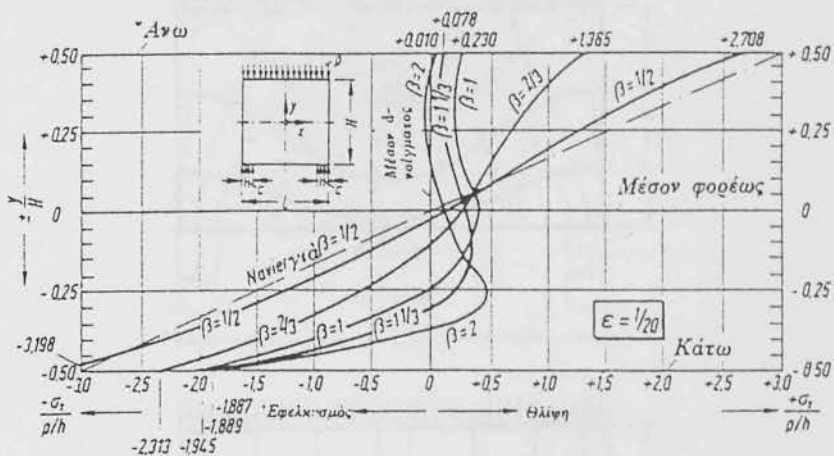


Σχ. VII-1 Καμπτικές τάσεις σ_i στο μέσον του ανοίγματος για $\epsilon = 1/5$

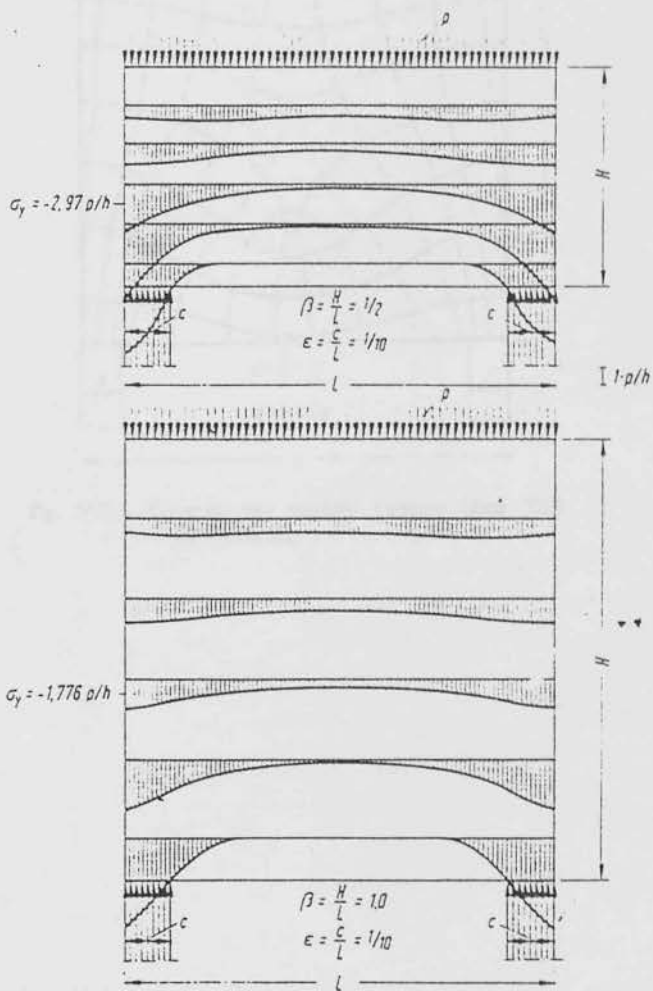


Σχ. VII-2 Καμπτικές τάσεις σ_i στο μέσον του ανοίγματος για $\epsilon = 1/10$

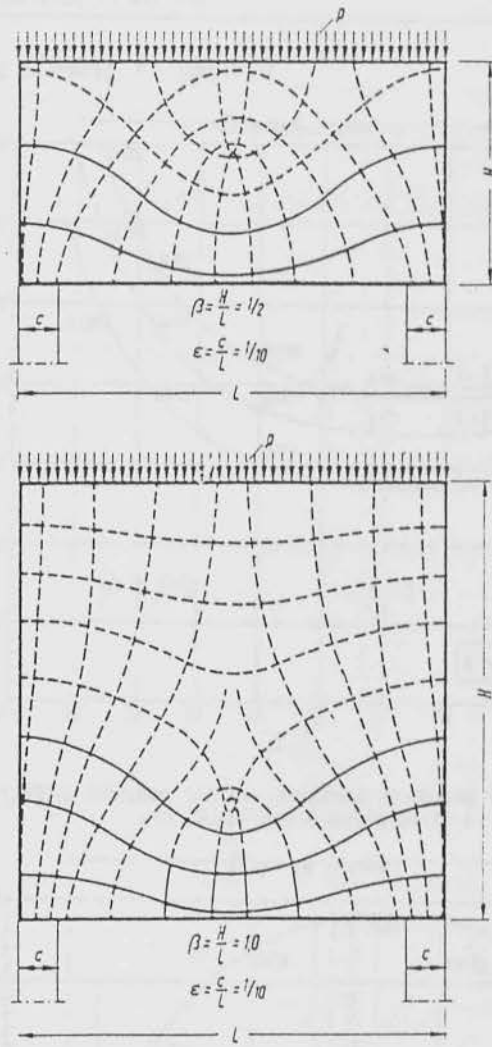
Πίναξ VII: Φορέας άμφιέρειστος — όμοιομορφο φορτίο άνω



Σχ. VII-3 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος για $\epsilon = 1/20$

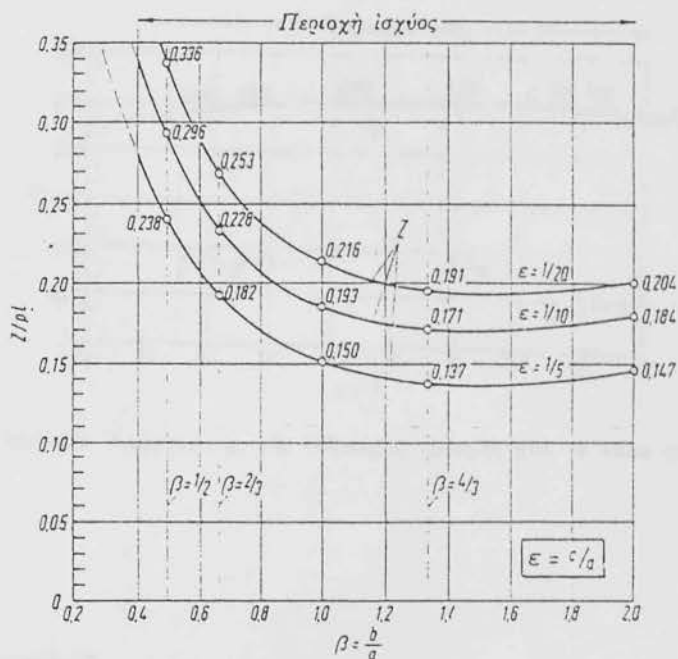


Σχ. VII-4 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

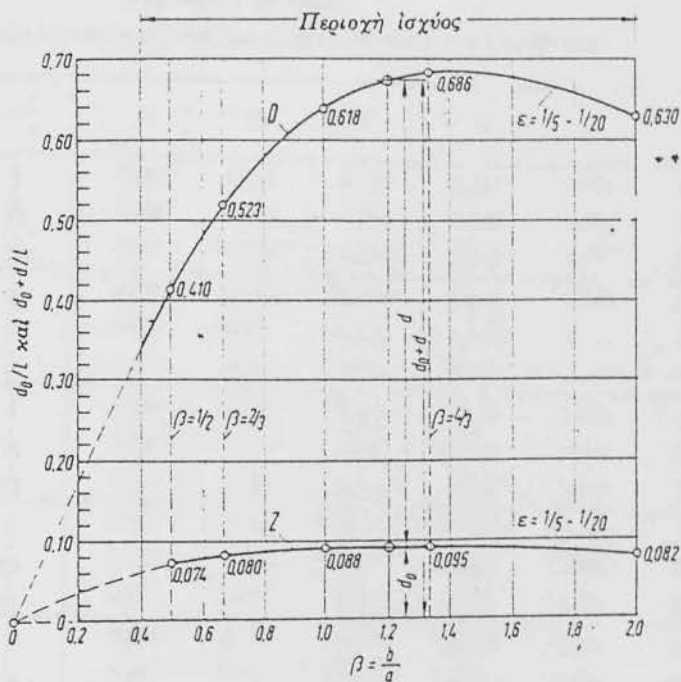


Σχ. VII-5 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
 ———— έφέλκυσμός, - - - - - θλίψη

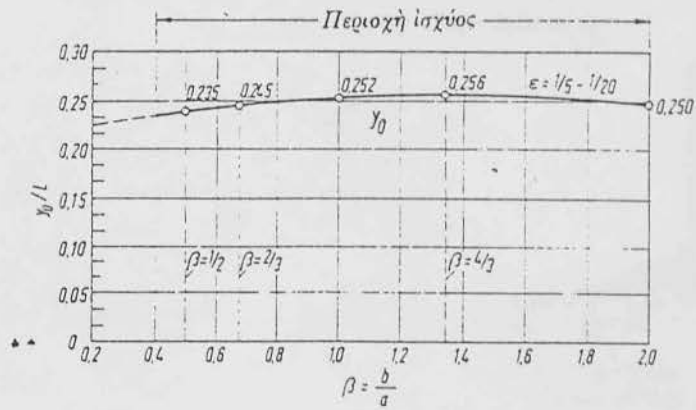
Προσθήκες στους Πίνακες VI και VII



Σχ. VI/VII-6 Μέγεθος της συνισταμένης δύναμης έφελκυσμού Z στο μέσον του ανοίγματος I-I



Σχ. VI/VII-7 Απόσταση d_0 της συνισταμένης Z και $(d_0 + d)$ της συνισταμένης D από το κάτω σύνορο

Σχ. VI/VII-8 Απόσταση y_0 της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο

Πίναξ υπολογισμού III

Πίναξ υπολογισμού άμφιερέιστων φορέων με όμοιομορφο φορτίο p στο κάτω σύνοροΟ πίνακας αυτός ισχύει επίσης για όμοιομορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

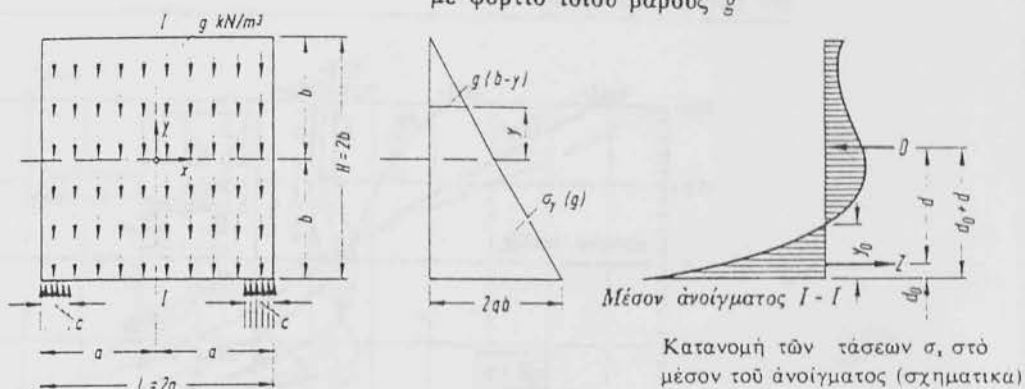
$\beta = \frac{H}{L}$	$\varepsilon = \frac{c}{a}$	M	Z_n	Z	y_0	d	d_0	$d + d_0$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	0,080	0,240	0,238	0,232	0,335	0,071	0,406
	$\frac{1}{10}$	0,101	0,303	0,296	0,235	0,336	0,074	0,410
	$\frac{1}{20}$	0,113	0,339	0,336	0,238	0,337	0,077	0,414
$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	0,080	0,182	0,182	0,245	0,440	0,078	0,518
	$\frac{1}{10}$	0,101	0,227	0,228	0,258	0,443	0,080	0,523
	$\frac{1}{20}$	0,113	0,254	0,253	0,262	0,446	0,083	0,529
1	$\frac{1}{3}$	0,080	0,120	0,150	0,239	0,523	0,082	0,605
	$\frac{1}{10}$	0,101	0,151	0,193	0,248	0,524	0,088	0,612
	$\frac{1}{20}$	0,113	0,170	0,216	0,252	0,525	0,093	0,618
$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{3}$	0,080	0,090	0,137	0,258	0,586	0,090	0,676
	$\frac{1}{10}$	0,101	0,114	0,171	0,268	0,591	0,095	0,686
	$\frac{1}{20}$	0,113	0,127	0,191	0,272	0,593	0,098	0,691
2	$\frac{1}{3}$	0,080	0,060	0,147	0,240	0,545	0,080	0,625
	$\frac{1}{10}$	0,101	0,076	0,184	0,248	0,548	0,082	0,630
	$\frac{1}{20}$	0,113	0,085	0,204	0,250	0,550	0,083	0,633
Συντελεστές		$\cdot \rho L^2$	$\cdot \rho L$	$\cdot \rho L$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$

 $Z_n =$ Έφελκυστική δύναμη για εύθυγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier: $Z_n = 3M/2b$

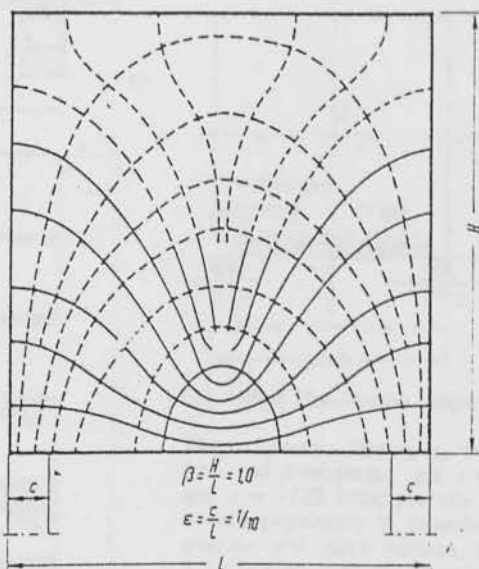
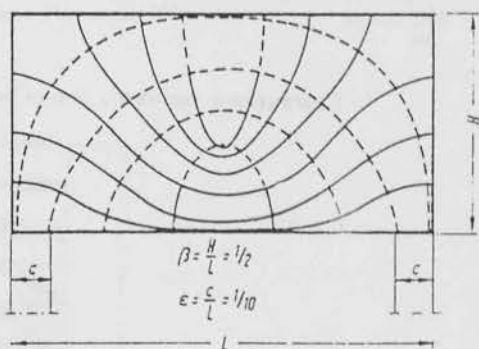
Πίναξ VIII — Περίπτωση

φορτίσεως VIII:

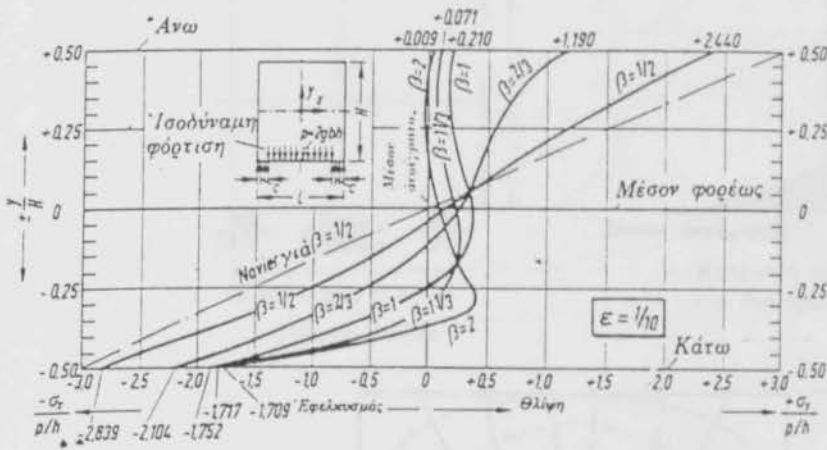
Άμφιέρειστος φορέας
μέ φορτίο ίδιου βάρους g



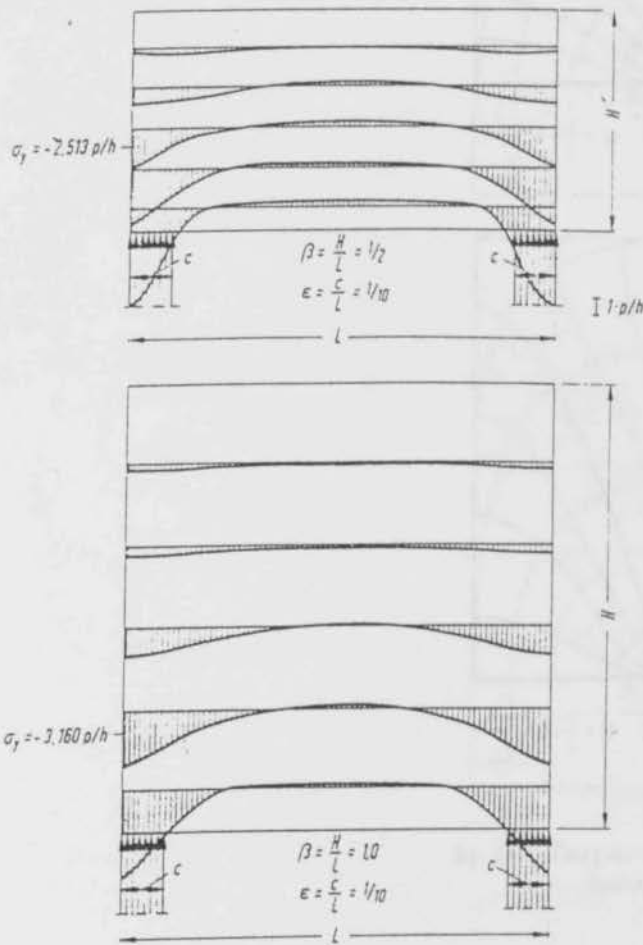
Στατική εικόνα



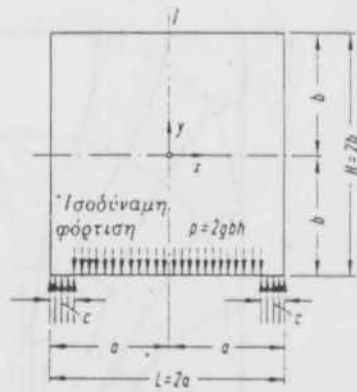
Σχ. VIII-1 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
——— έφέλκυσμός, - - - - - θλίψη



Σχ. VIII-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος I - I



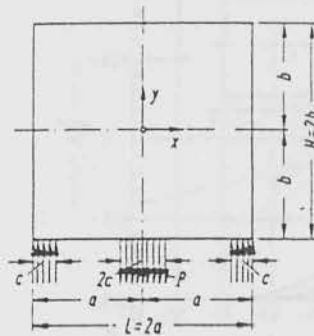
Σχ. VIII-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])



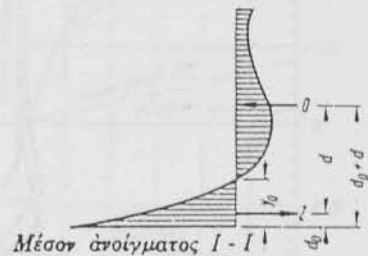
Σχ. VIII-4 Ίσοδύναμη φόρτιση

Παρατήρηση: Τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος για $\epsilon = 1/5$ και $\epsilon = 1/20$ όπως για την περίπτωση φορτίσεως VI (ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο, Πίναξ VI), αν τεθεί αντί του ίδιου βάρους μία ισοδύναμη φόρτιση $p = 2gbh$ στο κάτω σύνορο. Αποστάσεις y_0 της ουδέτερης γραμμής και μέγεθος της συνισταμένης Z στο μέσον του ανοίγματος όπως στην περίπτωση φορτίσεως VI, ομοιόμορφο φορτίο στο κάτω σύνορο, για ισοδύναμη φόρτιση $p = 2gbh$.

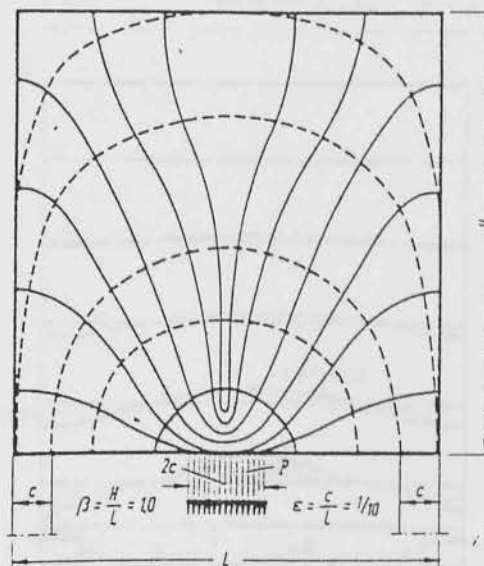
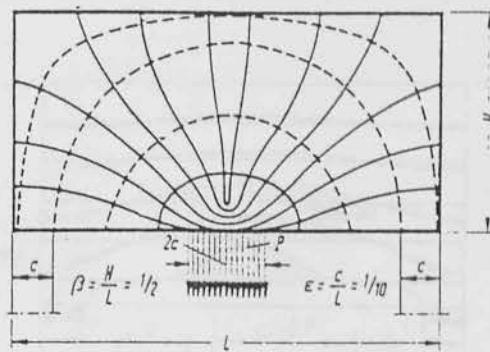
Πίναξ ΙΧ — Περίπτωση φορτίσεως ΙΧ: Άμφιέρειστος φορέας με συγκεντρωμένο φορτίο P στο κάτω σύνορο



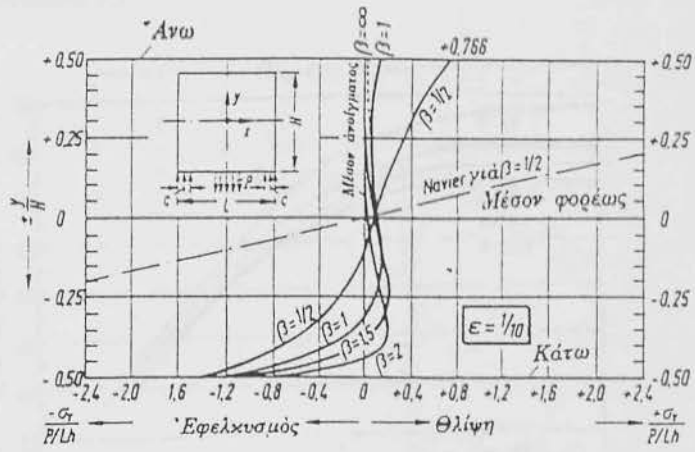
Στατική εικόνα



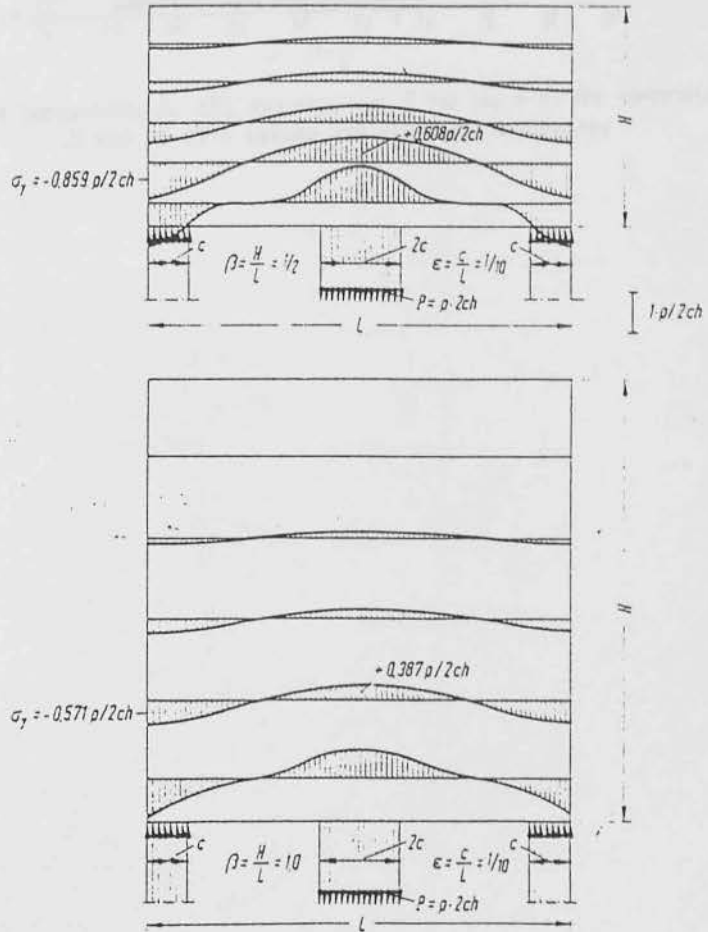
Κατανομή τάσεων σ_x στο μέσον του ανοίγματος (σχηματικά)



Σχ. ΙΧ-1 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
 — έφελκυσμός, - - - - θλίψη

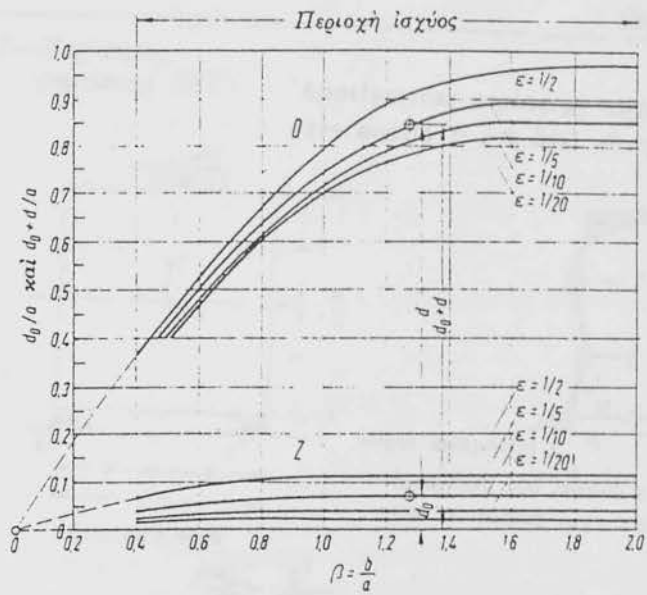


Σχ. ΙΧ-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος



Σχ. ΙΧ-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

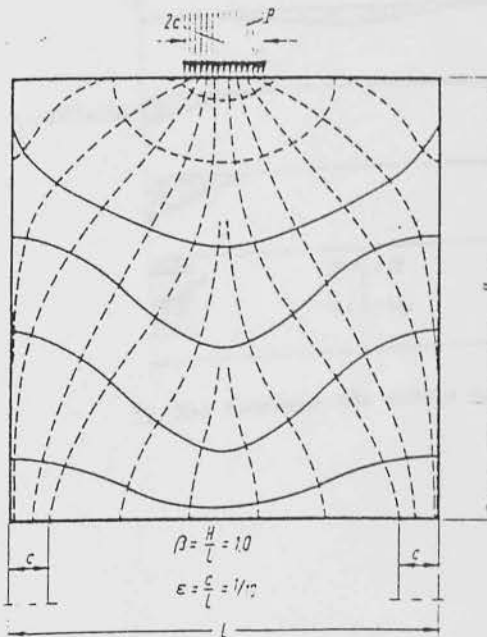
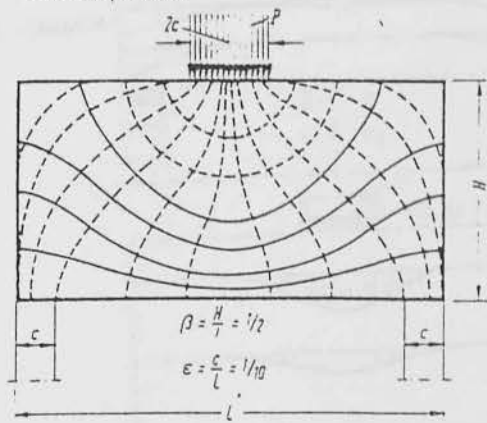
Προσθήκη στον Πίνακα ΙΧ



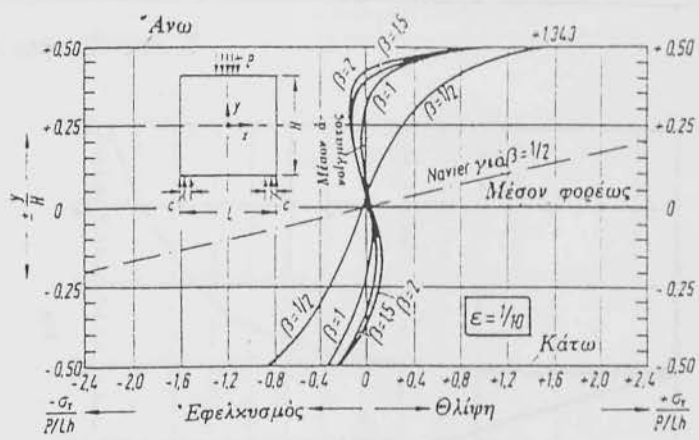
Σχ. ΙΧ-4 Αποστάσεις d_0 της συνισταμένης Z και $(d_0 + d)$ της συνισταμένης D από το κάτω σύνορο στο μέσον του ανοίγματος

Πίναξ XIV—Περίπτωση
φορτίσεως XIV:

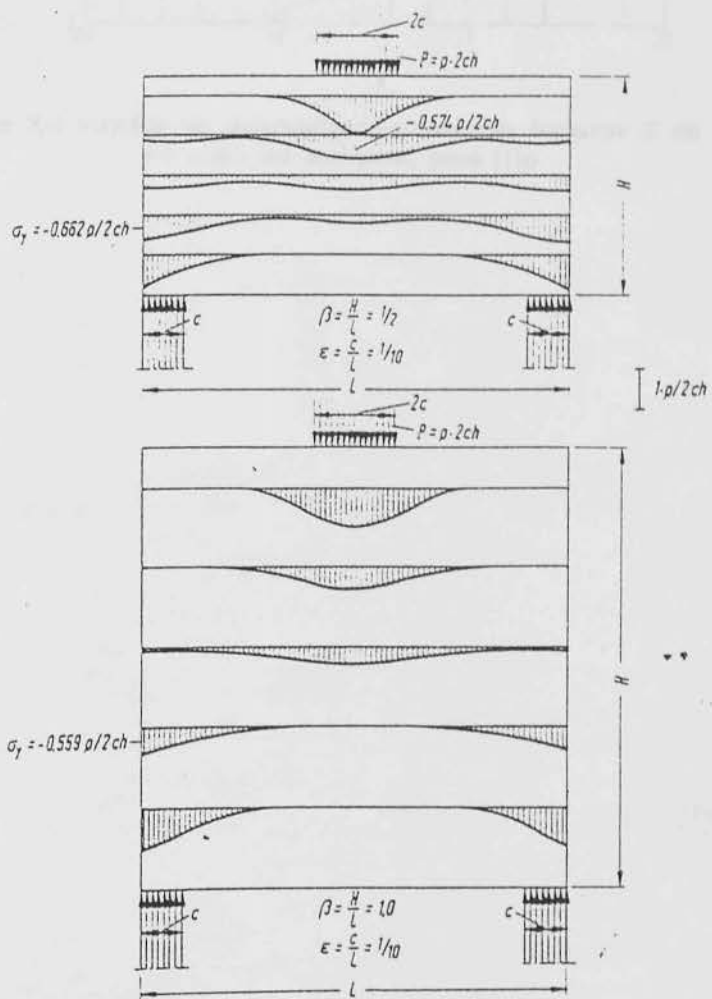
Άμφιτέρειστος φορέας με συγκεντρω-
μένο φορτίο P στο άνω σύνορο



Σχ. X-1 Τροχιές των κυρίων τάσεων (από [12])
— έφελκυσμός, --- θλίψη

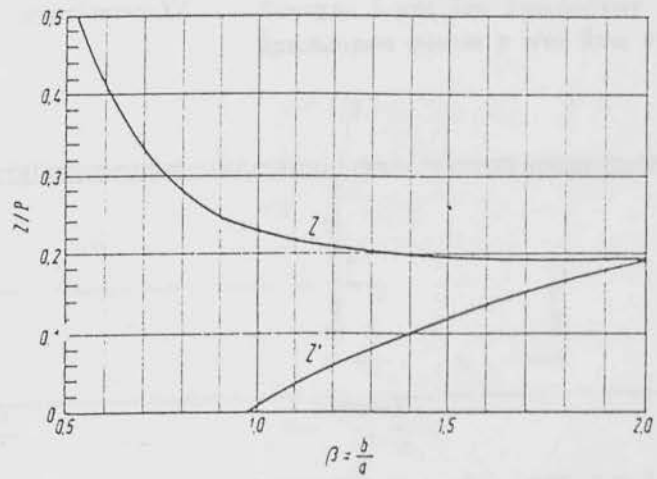


Σχ. Χ-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του άνοιγματος



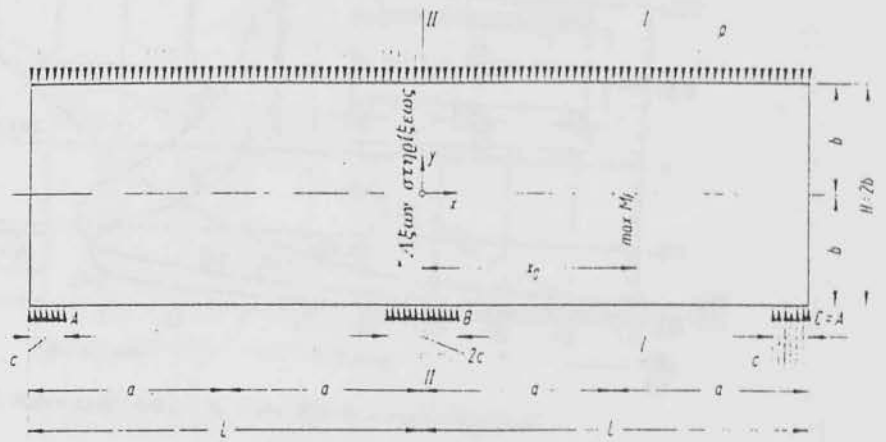
Σχ. Χ-3 Κατανομή των τάσεων σ_y (κατά [12])

Προσθήκη στον Πίνακα X

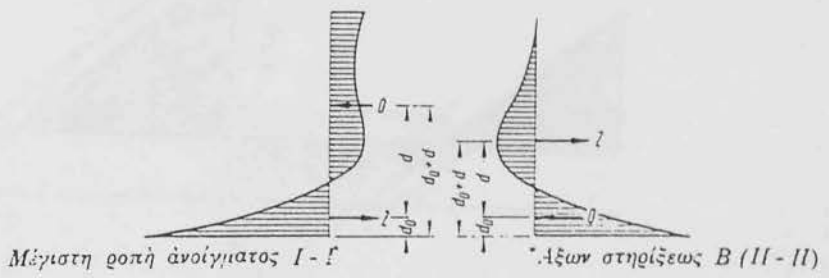


Σχ. X-4 Μέγεθος των συνισταμένων έφελκυστικών δυνάμεων Z και Z' στο μέσον του άνοιγματος (κατά [12])

Πίναξ XI— Περίπτωση φορτίσεως XI: Συνεχής δοκός δύο ανοιγμάτων με όμοιομορφο φορτίο p στο άνω σόνορο

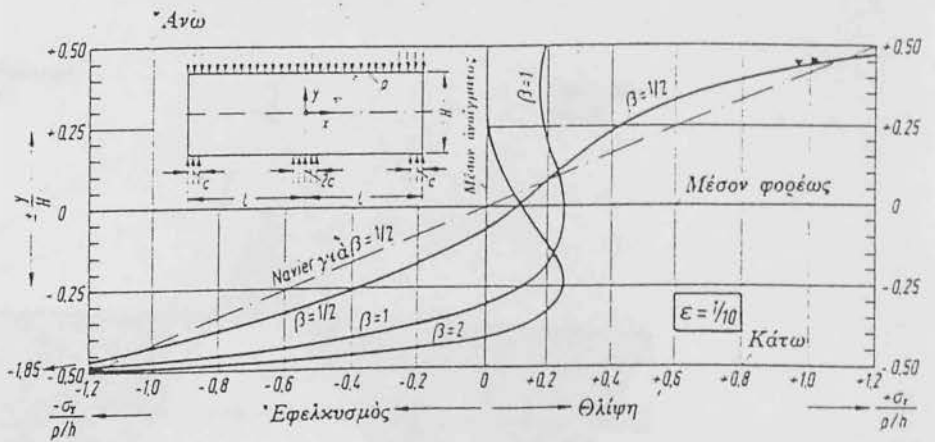


Στατική εικόνα

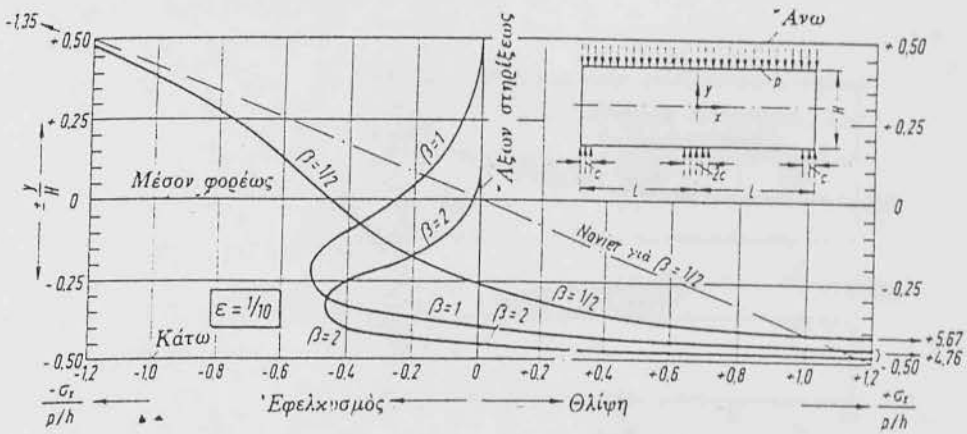


Μέγιστη ροπή ανοίγματος I - I' *Άξων στηρίξεως B (II - II)

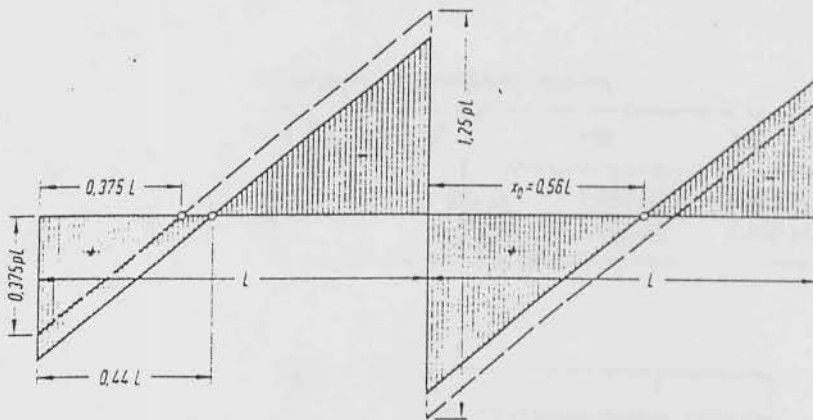
Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά)



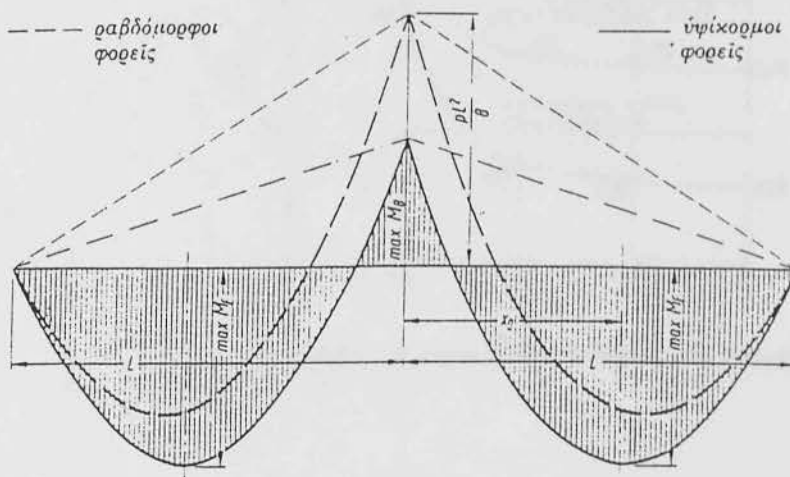
Σχ. XI-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος στη διατομή I-I (max M_F)



Σχ. XI-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στον άξονα στήριξεως II - II

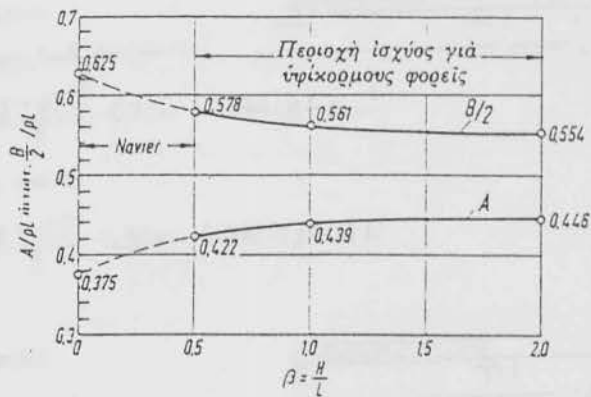


Σχ. XI-3α Τέμνουσες δυνάμεις



Σχ. XI-3β Ρομές κάμψεως

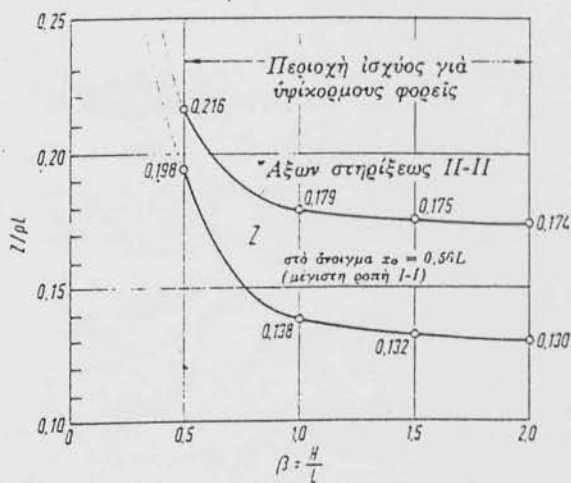
Προσθήκες στον Πίνακα XI



Σχ. XI-4 Αντιδράσεις στηρίξεως A και B/2 για καθολική φόρτιση

Αντιδράσεις για καθολική φόρτιση

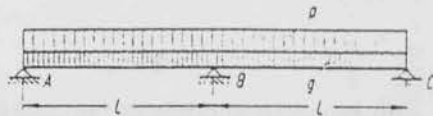
$\beta = H/L =$	0,5	1,0	2,0
A = C	0,422 ρL	0,439 ρL	0,446 ρL
B	1,156 ρL	1,122 ρL	1,108 ρL



Σχ. XI-5 Μέγεθος της συνισταμένης έφελκυστικής δυνάμεως Z

Ροπές κάμψεως για ύψικορμους φορείς δύο ανοιγμάτων (κατά Bay) με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

Καθολική φόρτιση $g + p$
 Ίδιον βάρος + ώφέλιμο φορτίο



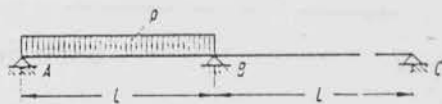
Ροπές ανοιγμάτων $A-B$ και $B-C$:

$$\max M_F = + \frac{(g+p)L^2}{8} \cdot 0,75 = +0,094 (g+p) L^2$$

Ροπή στηρίξεως στο B :

$$\min M_B = - \frac{(g+p)L^2}{8} \cdot 0,50 = -0,0625 (g+p) L^2$$

Μερικό φορτίο p
 μόνο ένα φορτισμένο άνοιγμα



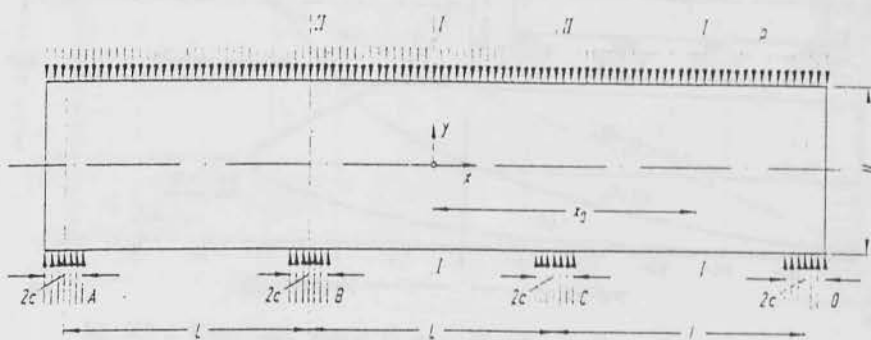
Ροπή ανοιγματος $A-B$:

$$\max M_F = + \frac{pL^2}{8} \cdot 0,86 = +0,108 p L^2$$

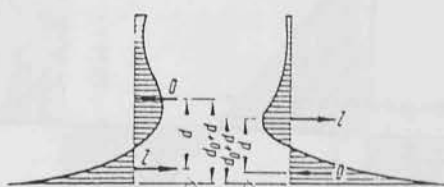
Ροπή στηρίξεως στο B :

$$\min M_B = - \frac{pL^2}{8} \cdot 0,28 = -0,035 p L^2$$

Πίναξ XII — Περίπτωση φορτίσεως XII: Συνεχής δοκός τριών άνοιγμάτων με όμοιομορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

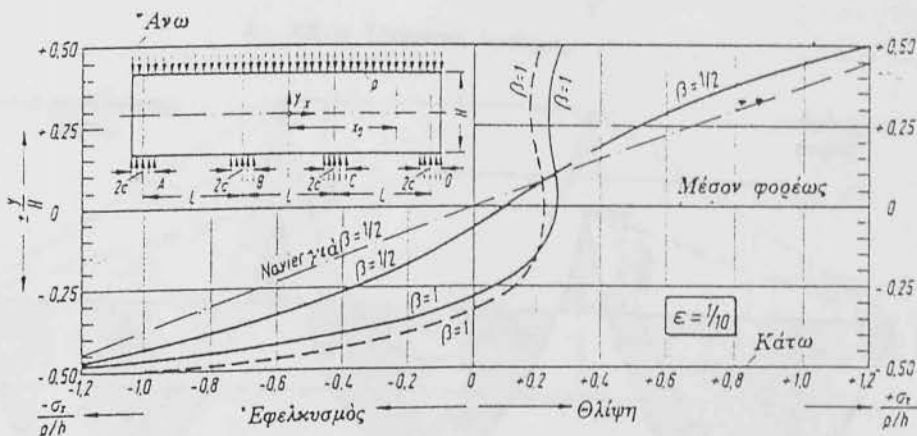


Στατική εικόνα



Μέγιστη ροπή άνοιγματος I - I άξων στηρίξεως B και C (II - II)

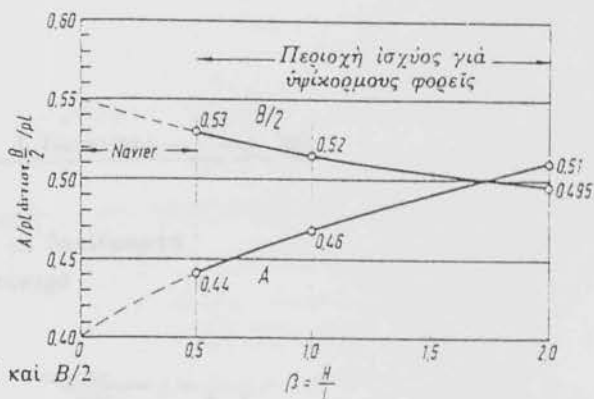
Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά)



Σχ. XII-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στις τομές I - I.

— άκραιο άνοιγμα ($x_0 = 1,04 L$) - - - - μεσαίο άνοιγμα ($x_0 = 0$)
 $Z = 0,17 pL$ (για $H/L = 1$) $Z = 0,10 pL$ (για $H/L = 1$)

Προσθήκες στον Πίνακα XII



Σχ. XII-4 Αντιδράσεις στηρίξεως A και B/2 για καθολική φόρτιση

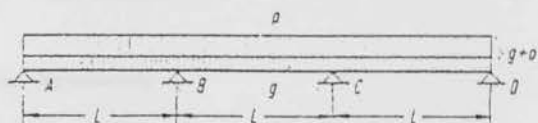
Αντιδράσεις στηρίξεως για καθολική φόρτιση

$\beta = H/L =$	0,5	1,0	2,0
$A = D$	$0,44 pL$	$0,46 pL$	$0,51 pL$
$B = C$	$1,06 pL$	$1,04 pL$	$0,99 pL$

Ροπές κάμψεως για ύψικορμους φορείς τριών ανοιγμάτων (κατά Bay) με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σνορο

Καθολική φόρτιση $g+p$

Ίδιον βάρος - ωφέλιμο φορτίο

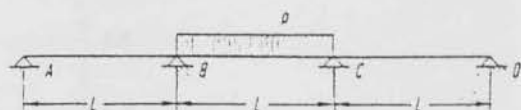


Ροπές ανοιγμάτων A-B και C-D: $\max M_F = + \frac{(g+p)L^2}{8} \cdot 0,80 = +0,10(g+p)L^2$

Ροπή ανοιγματος B-C: $\max M_F = + \frac{(g+p)L^2}{8} \cdot 0,60 = +0,075(g+p)L^2$

Ροπή στηρίξεως στο B και C: $\min M_{B,C} = - \frac{(g+p)L^2}{8} \cdot 0,40 = -0,050(g+p)L^2$

Μόνον το μεσαίο άνοιγμα B-C φορτισμένο

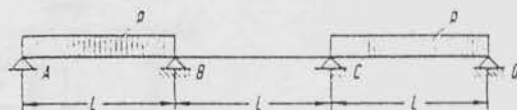


Ροπή ανοιγματος B-C: $\max M_F = + \frac{pL^2}{8} \cdot 0,70 = +0,0875 pL^2$

Ροπή στηρίξεως στο B και C: $\min M_{B,C} = - \frac{pL^2}{20} \cdot 0,80 = -0,040 pL^2$

Άκραία ανοιγματα

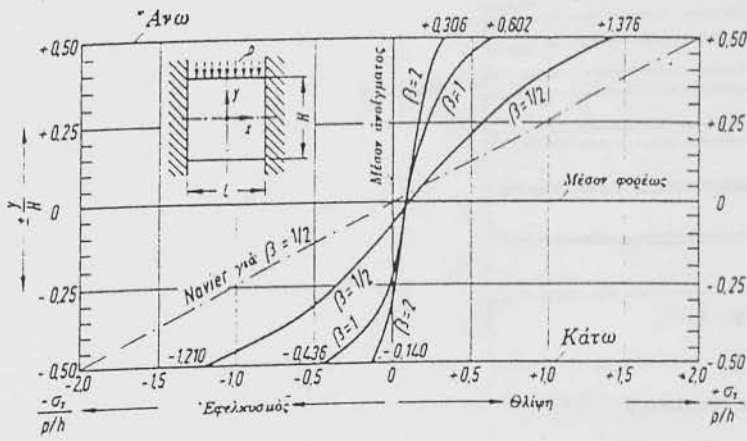
A-B και C-D φορτισμένα



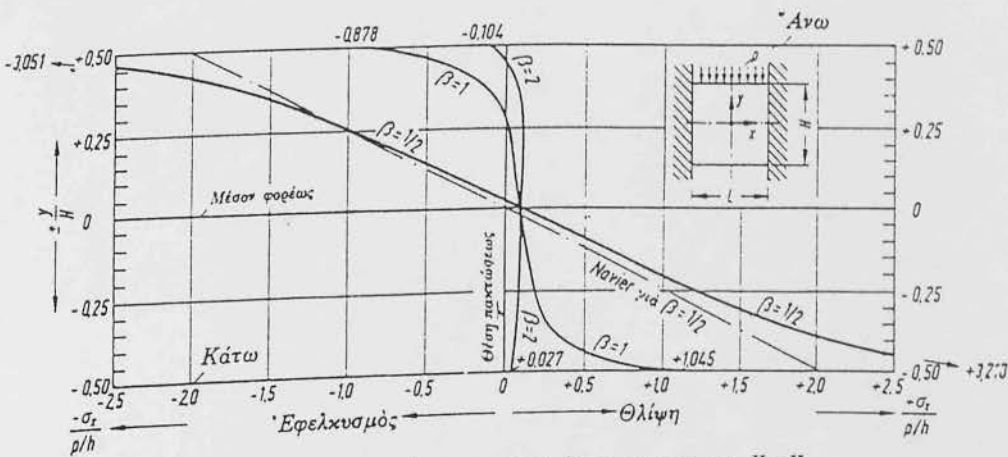
Ροπή ανοιγματος A-B: $\max M_F = + \frac{pL^2}{8} \cdot 0,85 = +0,106 pL^2$

Ροπή στηρίξεως στο B: $\min M_B = - \frac{pL^2}{20} \cdot 0,80 = -0,040 pL^2$

Πίναξ XIII — Περίπτωση φορτίσεως XIII: Άμφιπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

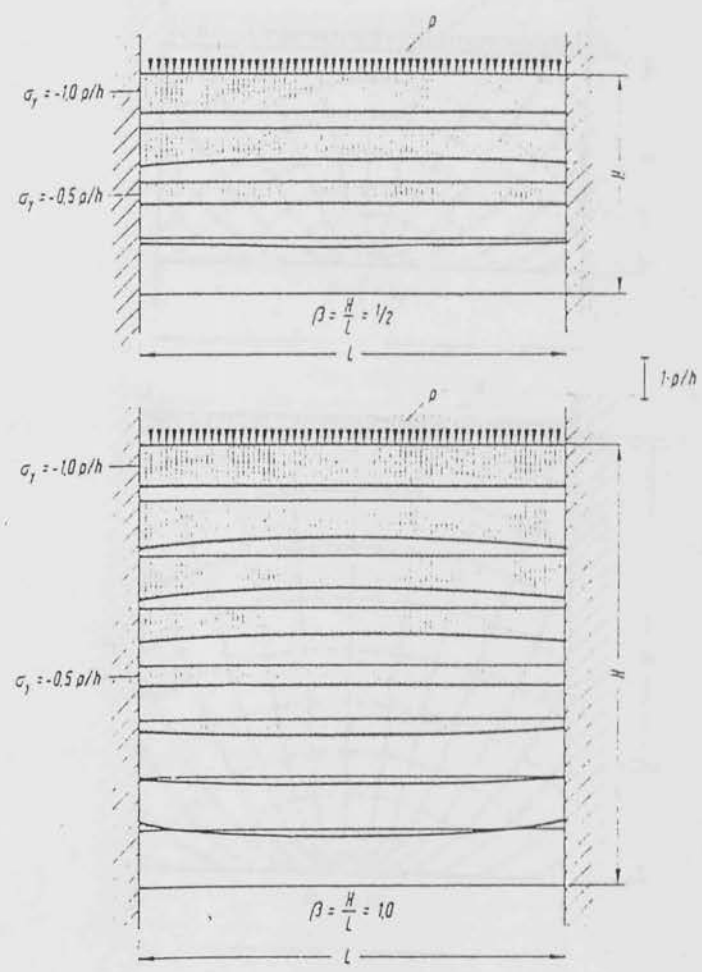


Σχ. XIII-1 Καμπτικές τάσεις σ_z στο μέσον του ανοίγματος I-I

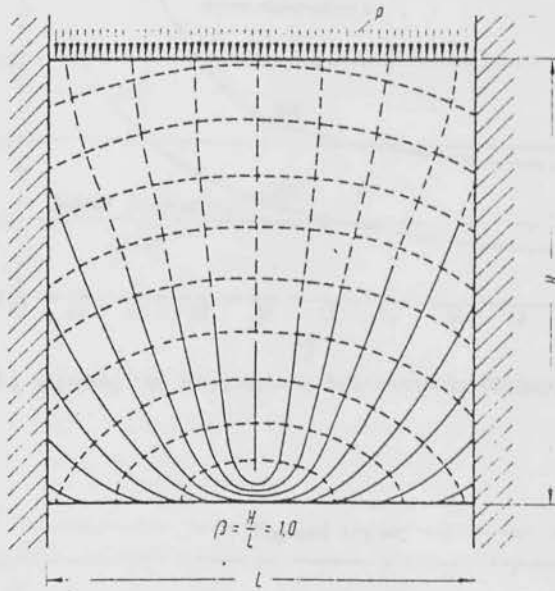
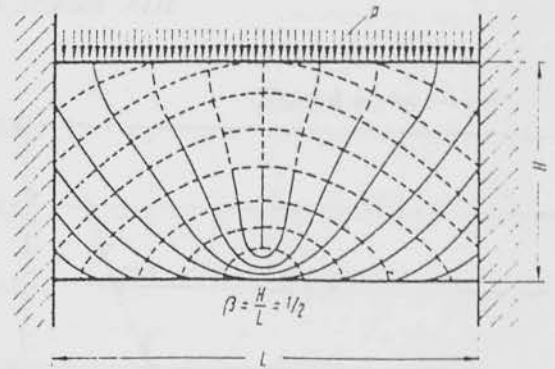


Σχ. XIII-2 Καμπτικές τάσεις σ_z στη θέση πακτώσεως II-II

Πίναξ ΧΠΠ: Αμοίπακτος δίσκος — ομοιόμορφο φορτίο άνω

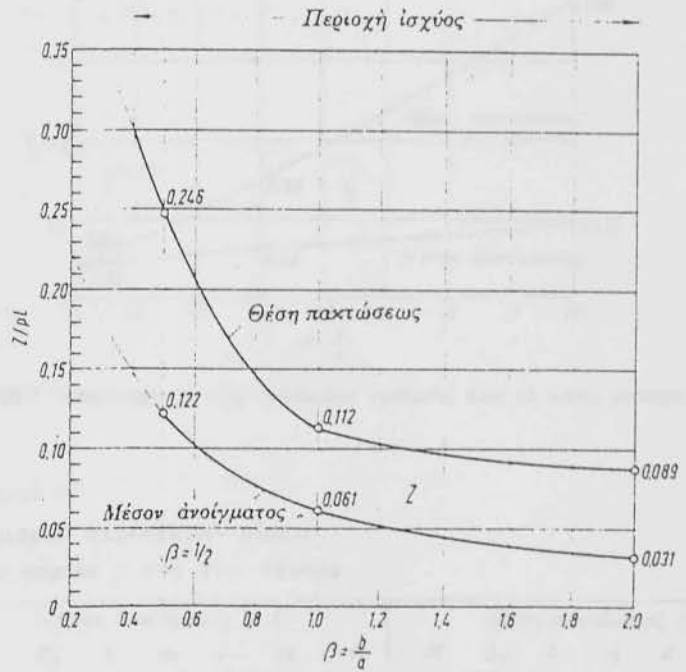


Σχ. ΧΠΠ-3 Κατανομή των τάσεων σ_y

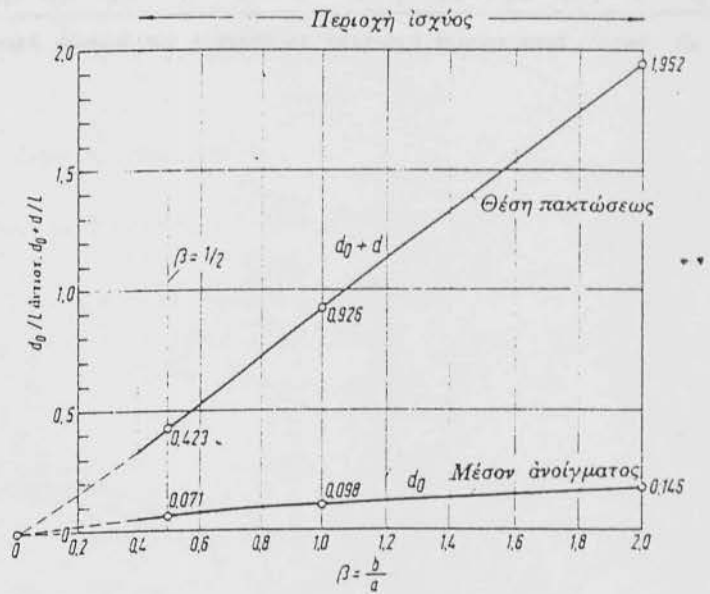


Σχ. XIII-4 Τροχιές των κυρίων τάσεων
 ——— έφελκυσμός, - - - - θλίψη

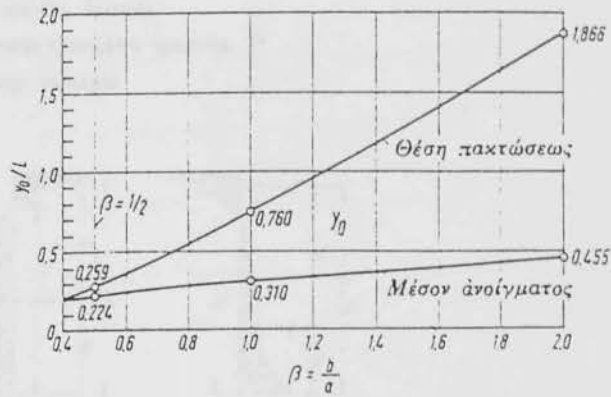
Προσθήκες στον Πίνακα XIII



Σχ. XIII-5 Μέγεθος της συνισταμένης έφελκυστικής δύναμης Z



Σχ. XIII-6 Απόσταση d_0 αντίστ. ($d_0 + d$) της έφελκυστικής δύναμης Z από τó κάτω σύνορο



Σχ. XIII-7 Απόσταση y_0 της ουδετέρας γραμμής από το κάτω σύνορο

Πίναξ υπολογισμού IV

Πίναξ υπολογισμού άμφιπάκτων δίσκων με όμοιομορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

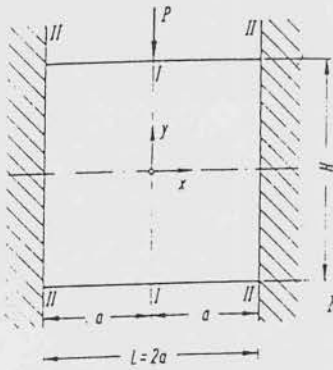
$\beta = \frac{H}{L}$	Μέσον ανοίγματος I - I							Θέση πακτώσεως II - II						
	M	Z_n	Z	y_0	d	d_0	$d+d_0$	M	Z_n	Z	y_0	d	d_0	$d+$
$\frac{1}{2}$	0,042	0,126	0,122	0,224	0,344	0,071	0,415	0,084	0,252	0,246	0,259	0,340	0,083	0,4
1	0,042	0,063	0,061	0,310	0,694	0,098	0,792	0,084	0,126	0,112	0,760	0,745	0,181	0,9
2	0,042	0,032	0,031	0,455	1,350	0,145	1,495	0,084	0,063	0,089	1,866	0,942	1,012	1,9
Συντελεστές	$\cdot pL^2$	$\cdot pL$	$\cdot pL$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot pL^2$	$\cdot pL$	$\cdot pL$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$	$\cdot L$

$Z_n =$ Έφελκυστική δύναμη για εύθυγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier: $Z_n = 3M/2b$

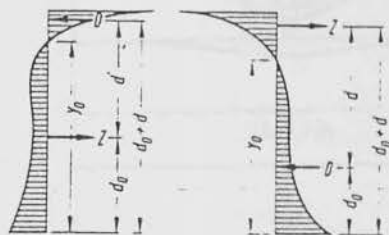
Πίναξ XIV : Άμφικακτος δίσκος — συγκεντρωμένο φορτίο άνω

Πίναξ XIV—Περίπτωση φορτίσεως XIV:

Άμφικακτος δίσκος με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω σύνορο



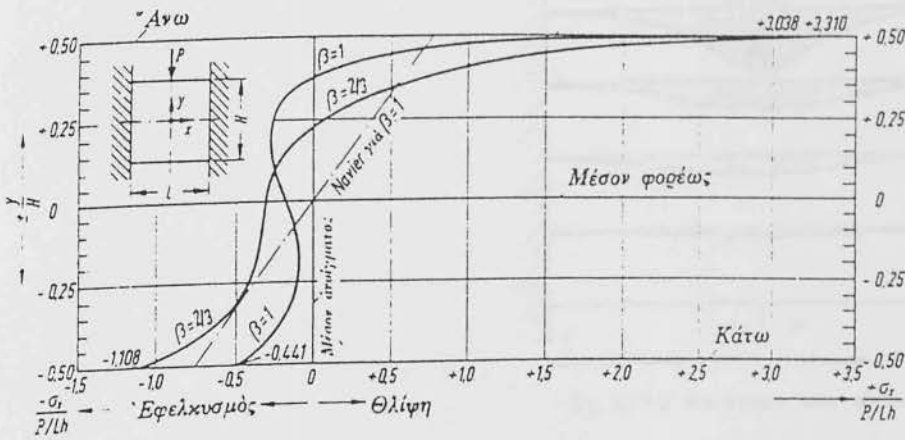
Στατική εικόνα



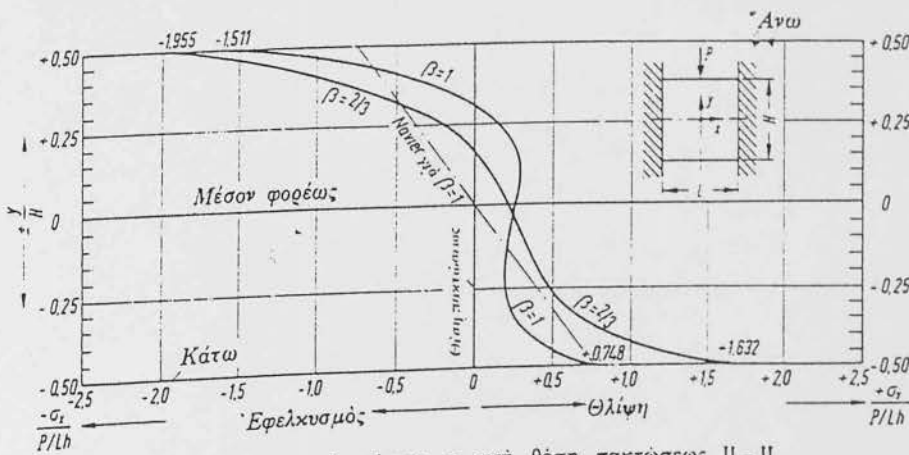
Μέσον ανοίγματος I - I

Θέση πακτώσεως II - II

Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά) για $\beta = 1,0$



Σχ. XIV-1 Καμπτικές τάσεις σ_x στο μέσον του ανοίγματος I - I

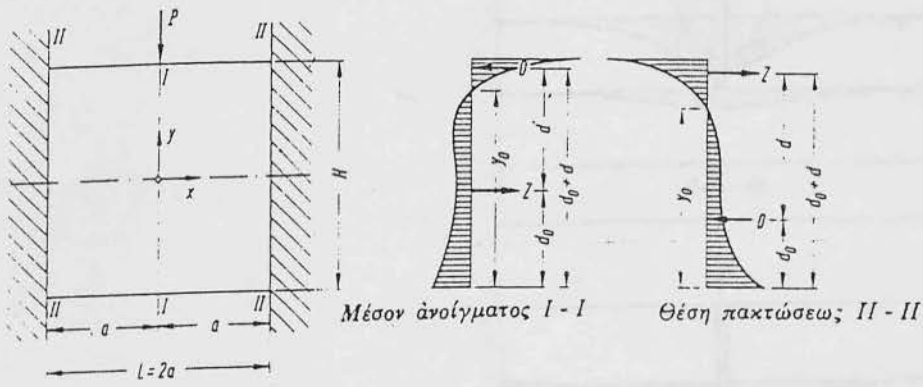


Σχ. XIV-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στη θέση πακτώσεως II - II

Πίναξ XIV: Ἀμφίπακτος δίσκος — συγκεντρωμένο φορτίο ἄνω

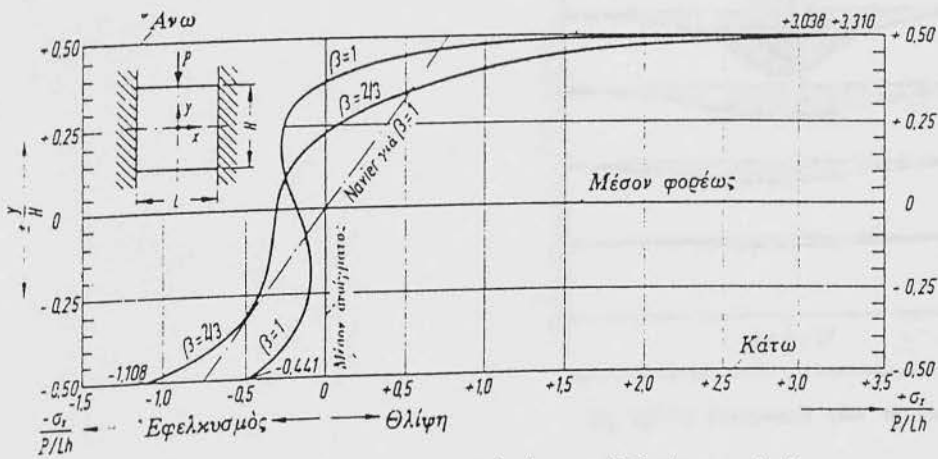
Πίναξ XIV—Περίπτωση φορτίσεως XIV:

Ἀμφίπακτος δίσκος
 με συγκεντρωμένο φορτίο P
 στο ἄνω σύνορο

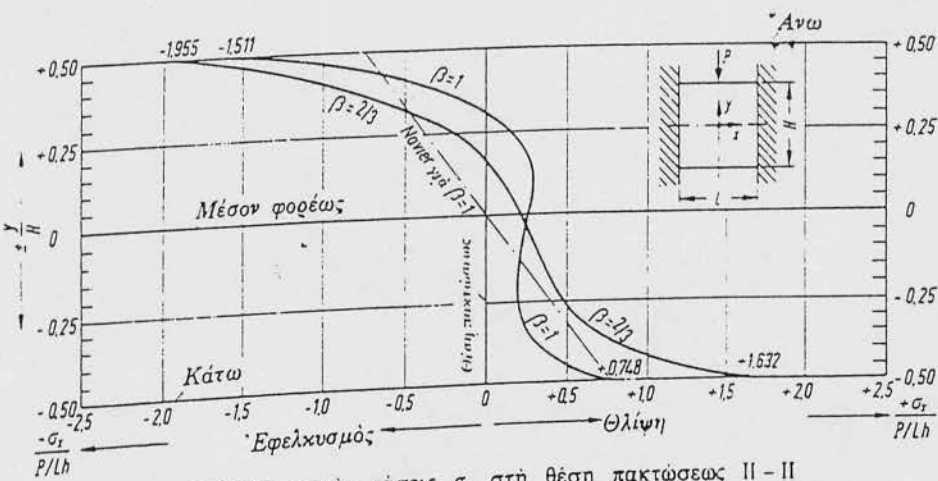


Στατική εικόνα

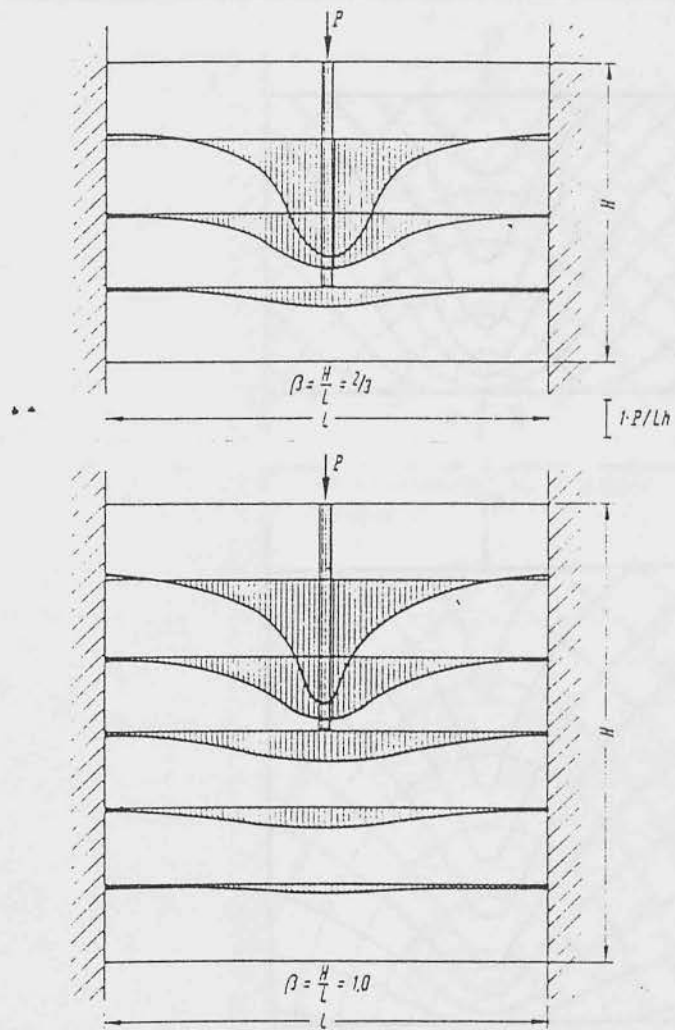
Κατανομή τάσεων σ_z (σχηματικά) για $\beta = 1,0$.



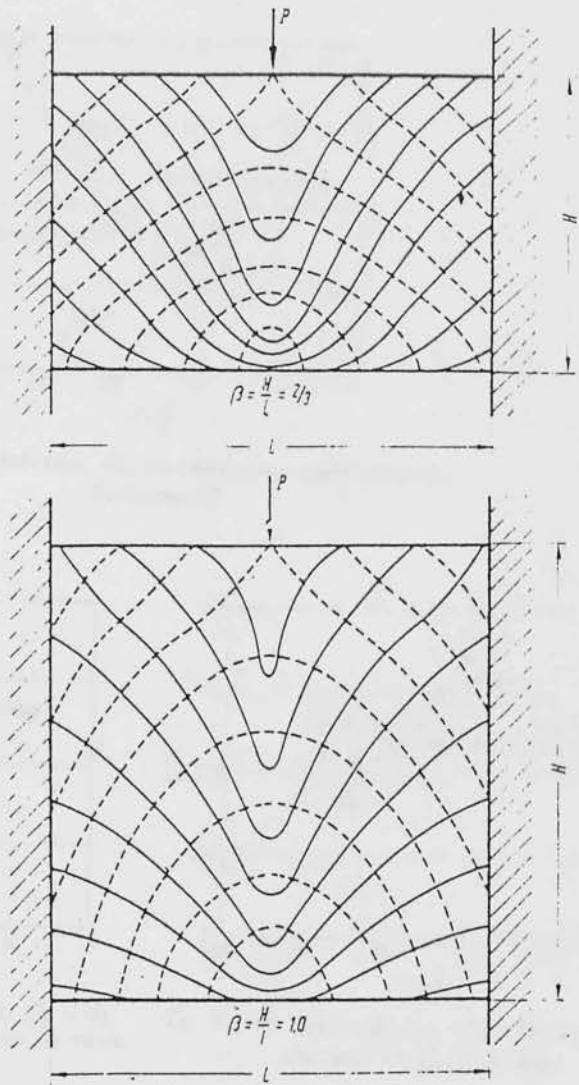
Σχ. XIV-1 Καμπτικές τάσεις σ_z στο μέσον τοῦ ἀνοίγματος I-I



Σχ. XIV-2 Καμπτικές τάσεις σ_z στη θέση πακτώσεως II-II

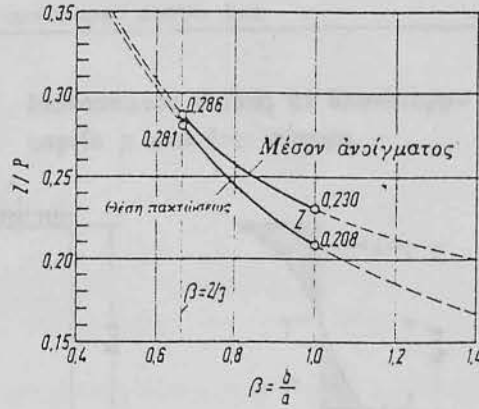


Σχ. XIV-3 Κατανομή των τάσεων σ_y

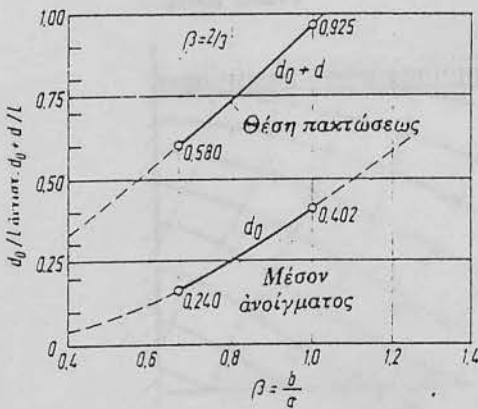


Σχ. XIV-4 Προχίτες τῶν κυρίων τάσεων
 — ἐφελκυσμός, - - - - - θλίψη

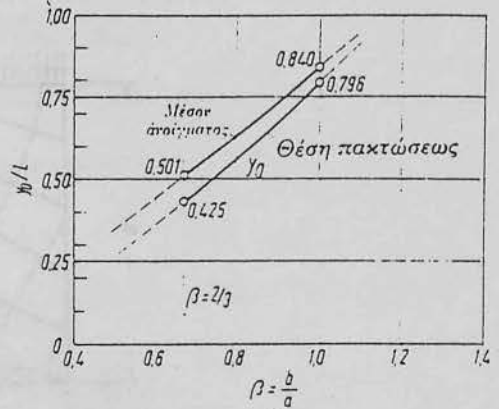
Προσθήκες στον Πίνακα XIV



Σχ. XIV-5 Μέγεθος της συσταμένης εφελκυστικής δυνάμεως Z



Σχ. XIV-6 Απόσταση d_0 αντίστ. $(d_0 - d)$ της εφελκυστικής δυνάμεως Z από το κάτω σύνορο



Σχ. XIV-7 Απόσταση y_0 της ουδέτερης γραμμής από το κάτω σύνορο

Πίναξ ύπολογισμού V

Πίναξ ύπολογισμού άμφιπάκτων δίσκων, με συγκεντρωμένο φορτίο P άνω στο μέσον του άνοιγματος

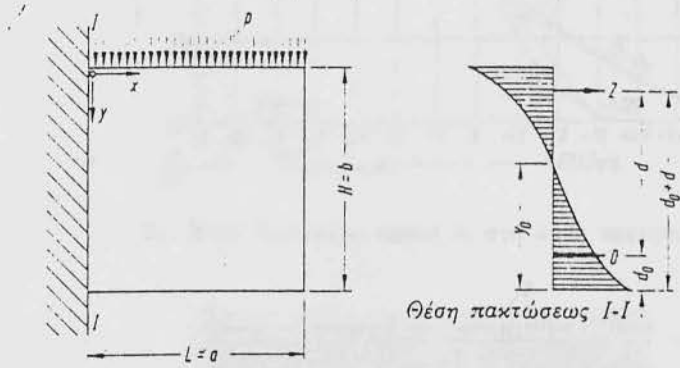
$\beta = \frac{H}{L}$	Μέσον άνοιγματος I - I							Θέση πακτώσεως II - II						
	M	Z_n	Z	γ_0	d	d_0	d+d ₀	M	Z_n	Z	γ_0	d	d_0	d+d ₀
$\frac{2}{3}$	0,125	0,281	0,286	0,502	0,436	0,240	0,612	0,125	0,281	0,281	0,425	0,445	0,135	0,580
1	0,125	0,188	0,230	0,840	0,544	0,402	0,946	0,125	0,188	0,208	0,796	0,604	0,321	0,925
Συντελεστές	PL	P	P	L	L	L	L	PL	P	P	L	L	L	L

Z_n = Έφελκυστική δύναμη για εύθύγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier: $Z_n = 3M/2b$

Πίναξ XV: Μονόπακτος δίσκος — ομοιόμορφο φορτίο άνω

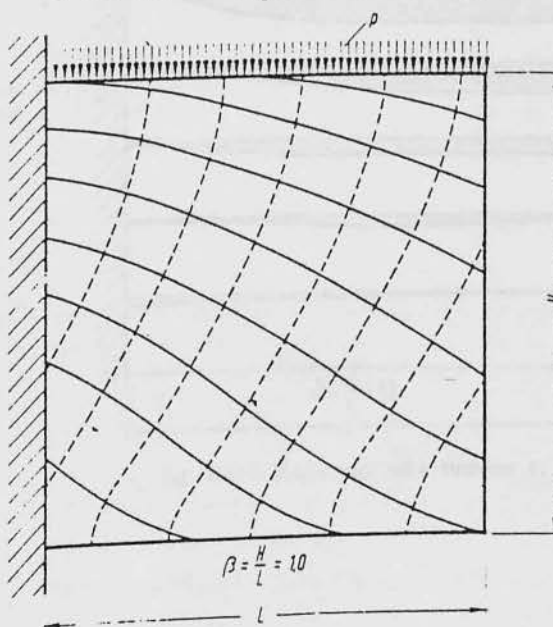
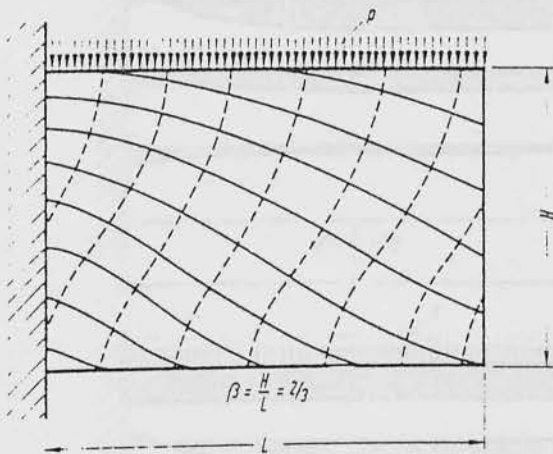
Πίναξ XV—Περίπτωση

φορτίσεως XV : Μονόπακτος δίσκος με ομοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

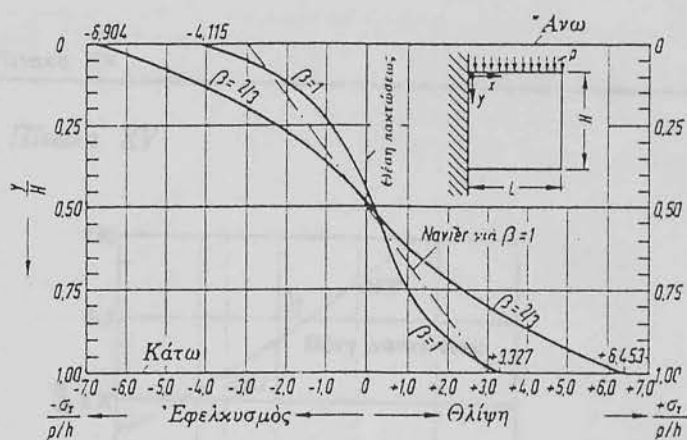


Στατική εικόνα

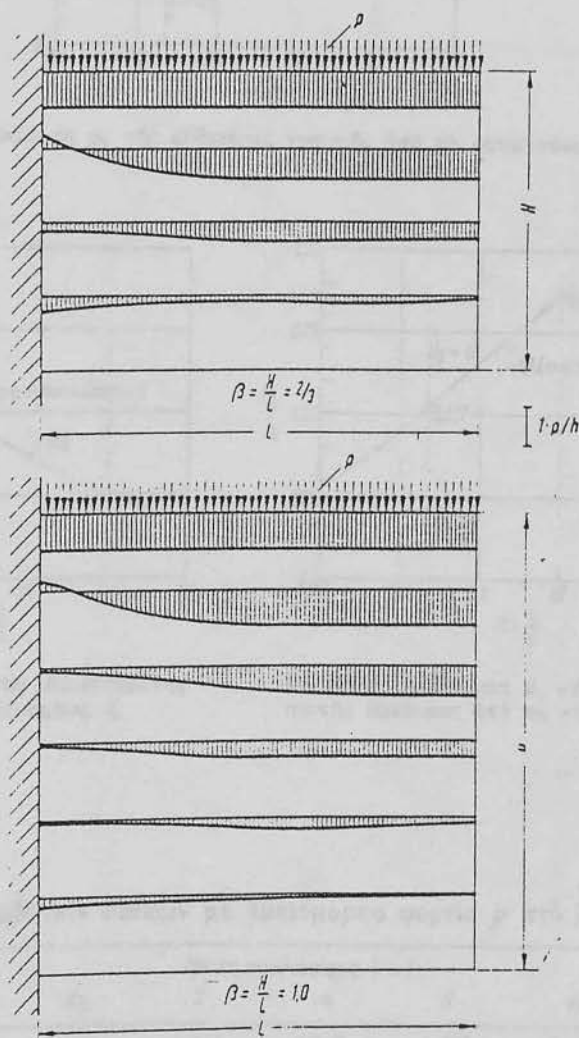
Κατανομή τάσεων σ_z (σχηματικά) για $\beta = 1,0$



Σχ. XV-1 Τροχιές
των κυρίων τάσεων
——— έφέλκυσμός,
----- θλίψη

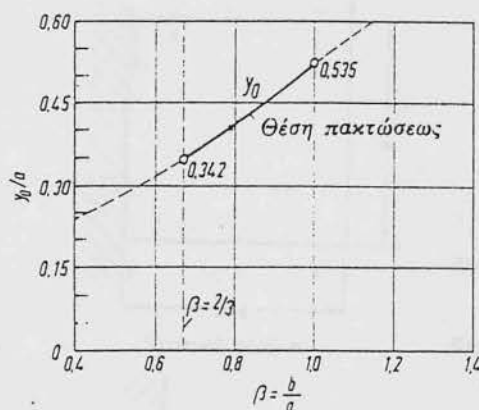


Σχ. XV-2 Καμπτικές τάσεις σ_x στη θέση πακτώσεως I - I



Σχ. XV-3 Κατανομή των τάσεων σ_y

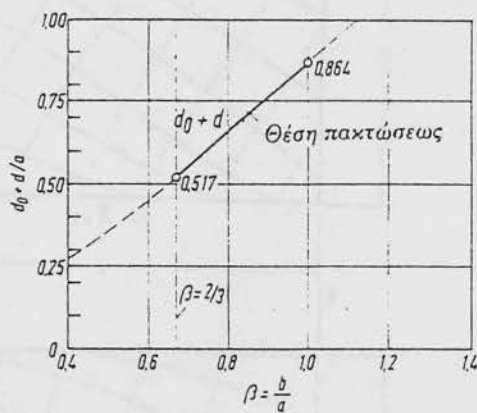
Προσθήκες στον Πίνακα XV



Σχ. XV-4 Απόσταση y_0 της ουδέτερης γραμμής από το κάτω σύνορο



Σχ. XV-5 Μέγεθος της συνισταμένης έφελκυστικής δύναμης Z



Σχ. XV-6 Απόσταση $d_0 + d$ της έφελκυστικής δύναμης από το κάτω σύνορο

Πίναξ ύπολογισμοῦ VI

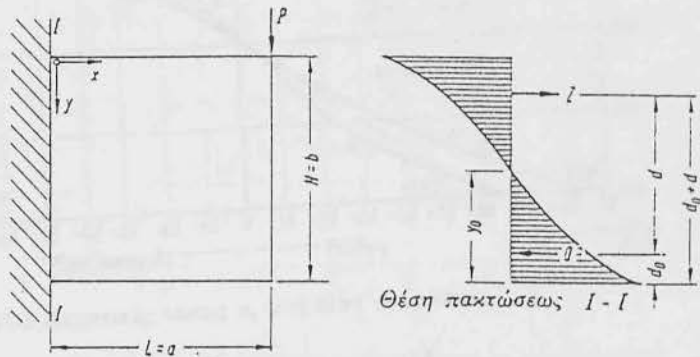
Πίναξ ύπολογισμοῦ προβόλων δίσκων με όμοιόμορφο φορτίο p στο άνω σύνορο

$\beta = \frac{b}{a}$	Θέση πακτώσεως I - I						
	M	Z_n	Z	y_0	d	d_0	$d + d_0$
$\frac{2}{3}$	0,500	1,125	1,263	0,342	0,395	0,122	0,517
1	0,500	0,750	0,715	0,535	0,699	0,165	0,864
Συντελεστές	$\cdot \rho a^2$	$\cdot \rho a$	$\cdot \rho a$	$\cdot a$	$\cdot a$	$\cdot a$	$\cdot a$

$Z_n =$ Έφελκυστική δύναμη για εύθύγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier : $Z_n = 3M/2b$

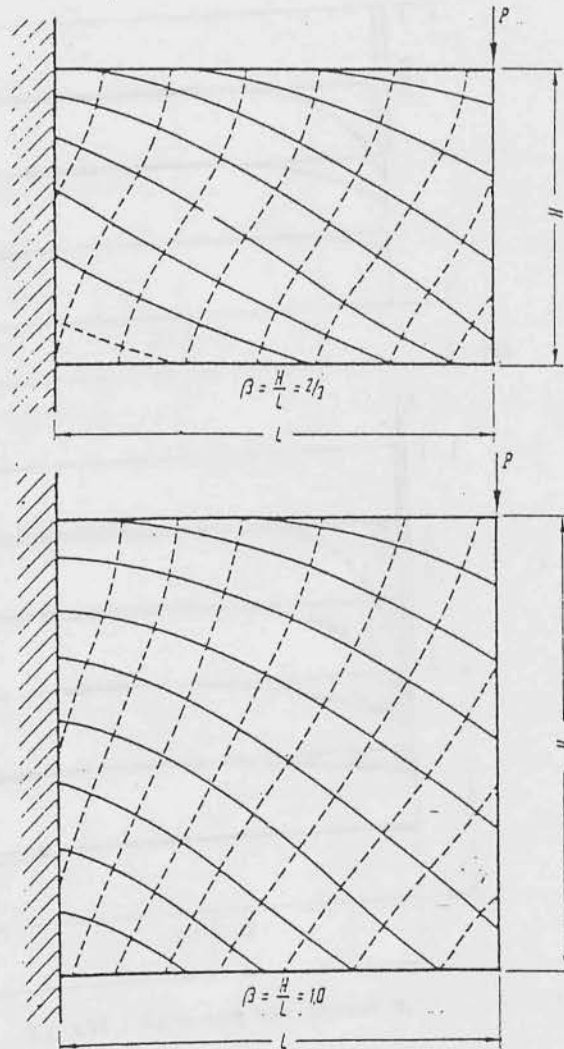
Πίναξ XVI—Περίπτωση φορτίσεως XVI:

Μονόπακτος δίσκος με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω άκρο του προβόλου



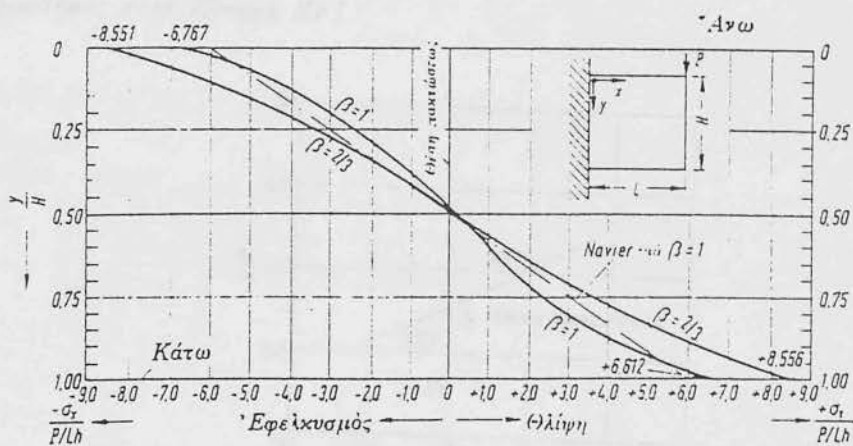
Στατική εικόνα

Κατανομή τάσεων σ_x (σχηματικά) για $\beta = 1,0$

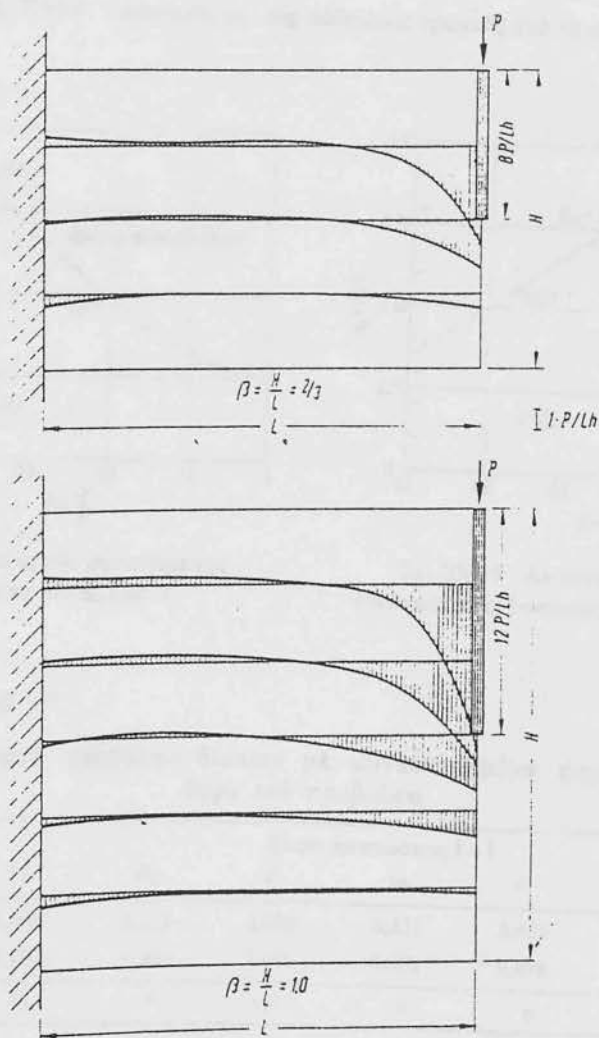


Σχ. XVI-1 Τροχιές των κυρίων τάσεων
 ————— έφελκυσμός,
 - - - - - θλίψη

Πίναξ XVI: Μονόπακτος δίσκος — συγκεντρωμένο φορτίο άνω

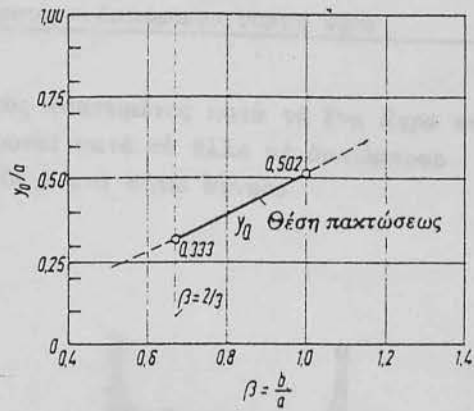


Σχ. XVI-2 Κυμπτικές τάσεις σ_x στη θέση πακτώσεως 1 - 1

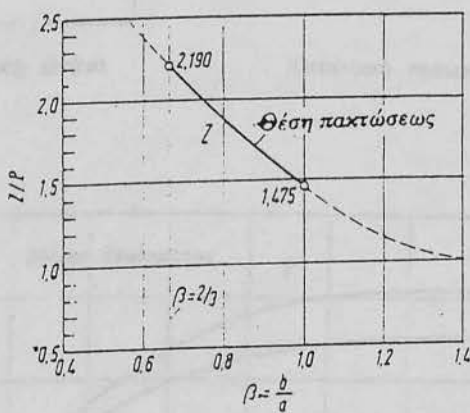


Σχ. XVI-3 Κατανομή των τάσεων σ_y

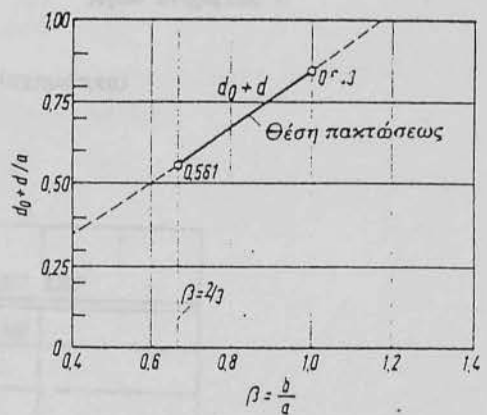
Προσθήκες στον Πίνακα XVI



Σχ. XVI-4 'Απόσταση y_0 της ουδέτερης γραμμής από το κάτω σύνορο



Σχ. XVI-5 Μέγεθος της συνισταμένης έφελκυστικής δυνάμεως Z



Σχ. XVI-6 'Απόσταση $d_0 + d$ της έφελκυστικής δυνάμεως από το κάτω σύνορο

Πίναξ ύπολογισμού VII

Πίναξ ύπολογισμού προβόλων δίσκων με συγκεντρωμένο φορτίο P στο άνω άκρο του προβόλου

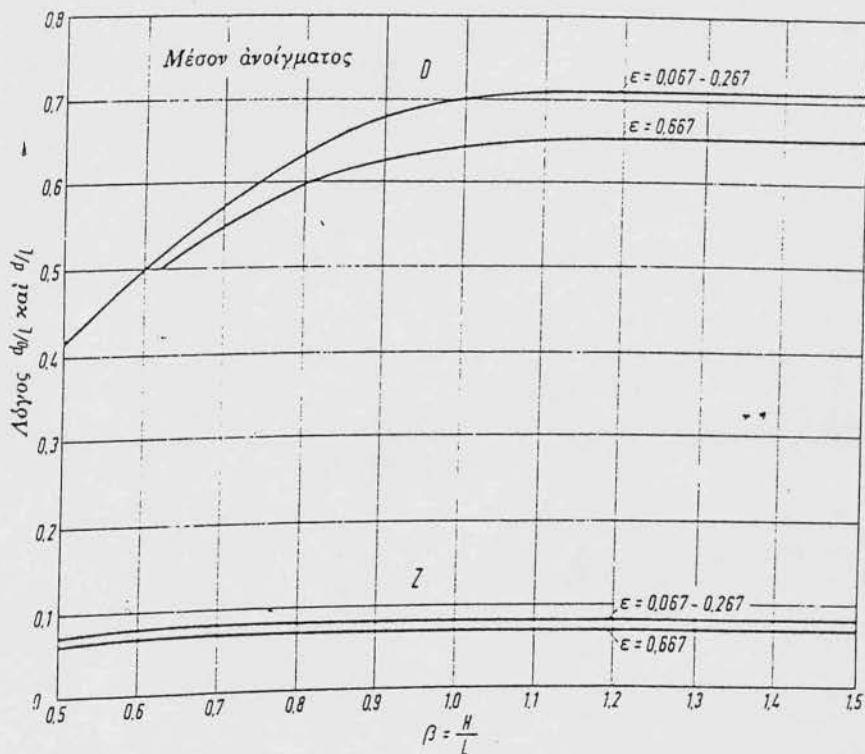
$\beta = \frac{b}{a}$	M	Z_n	Θέση πακτώσεως I-I				
			Z	y_0	d	d_0	$d+d_0$
$\frac{2}{3}$	1,000	2,225	2,190	0,333	0,456	0,105	0,561
1	1,000	1,500	1,475	0,502	0,678	0,165	0,843
Συντελεστές	$\cdot Pa$	$\cdot P$	$\cdot P$	$\cdot a$	$\cdot a$	$\cdot a$	$\cdot a$

Z_n = Έφελκυστική δύναμη για εύθυγραμμη κατανομή τάσεων κατά Navier: $Z_n = 3M/2b$

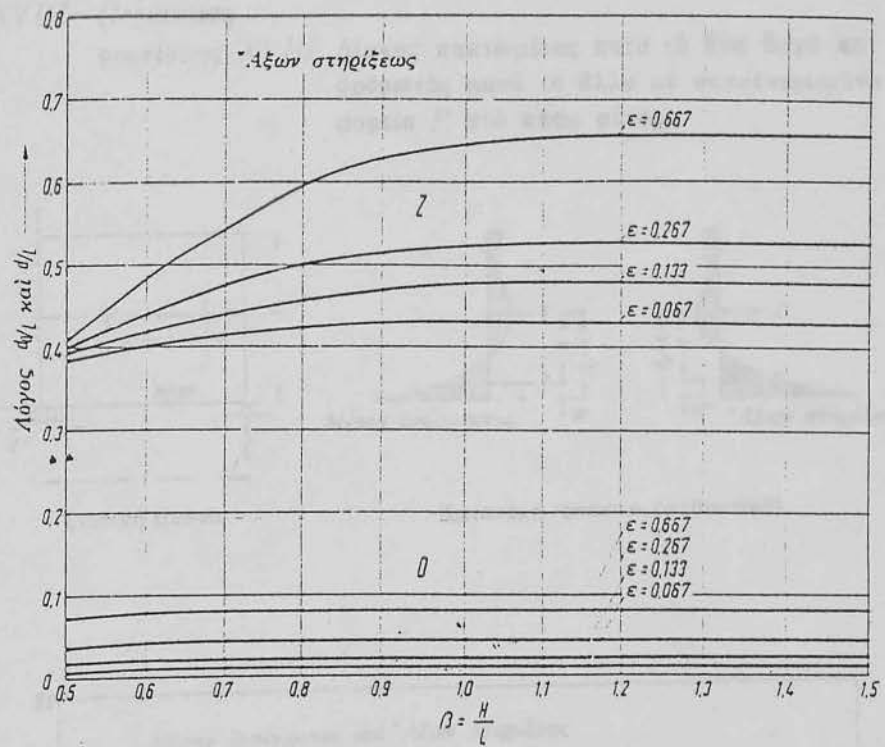
Πίναξ XVII: Δίσκος πακτωμένος και άρθρωτός — ομοιόμορφο φορτίο κάτω

Πίναξ XVII Περίπτωση

φορτίσεως XVII: Δίσκος πακτωμένος κατά τὸ ἓνα ἄκρο και
 άρθρωτός κατά τὸ ἄλλο με ὁμοιόμορφο
 φορτίο p στὸ κάτω σύνορο



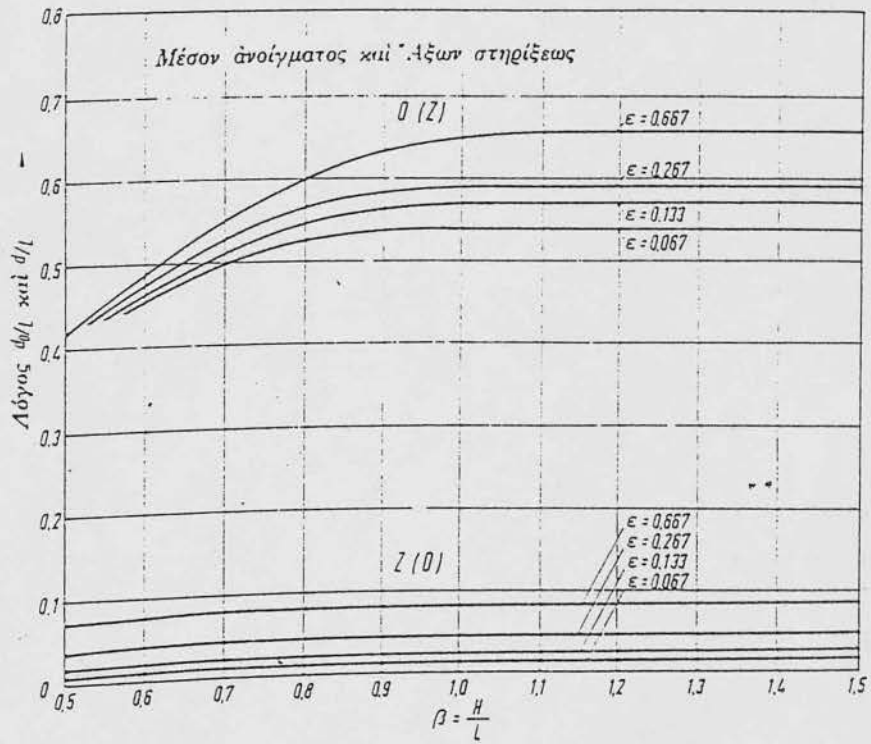
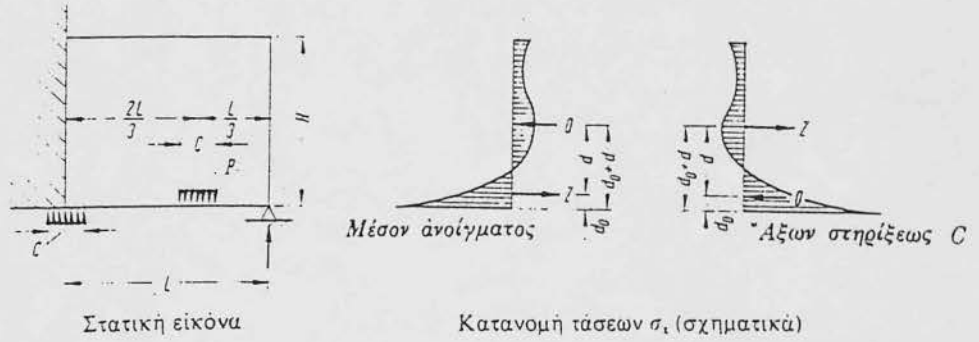
Σχ. XVII-1 Καθ' ὕψος θέση τῆς ἐφελκυστικῆς καὶ θλιπτικῆς συνισταμένης
 στὸ μέσον τοῦ ανοίγματος



Σχ. XVII-2 Καθ' ύψος θέση της έφελκυστικής και θλιπτικής συνισταμένης στον άξονα στηρίξεως

Πίναξ XVIII—Περίπτωση

φορτίσεως XVIII: Δίσκος πακτωμένος κατά τὸ ἓνα ἄκρο και άρθρωτός κατά τὸ ἄλλο με συγκεντρωμένο φορτίο P στὸ κάτω σύνορο



Σχ. XVIII-1 Καθ' ὕψος θέση τῆς ἐφελκυστικῆς και θλιπτικῆς συνισταμένης