

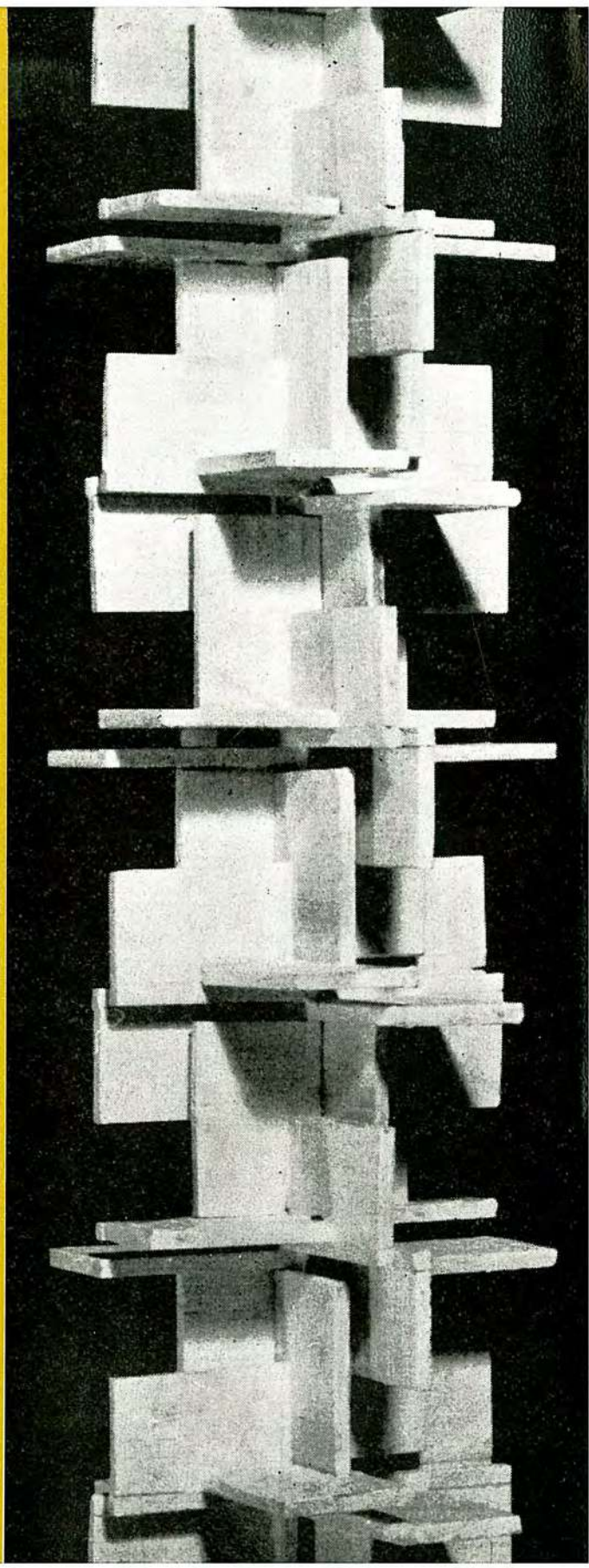
**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

τομος γ'

θεμελειώσεις

ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ
πολ.μηχανικού

αθηνά



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

τομος γ'

θεμελειώσεις

ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗ
πολ.μηχανικού

αθηνα

Κάθε γνήσιο αντίτυπο έχει την υπογραφή τοῦ συγγραφέα.

Copyright:

Ἀπόστολος Κωνσταντινίδης Σκρᾱ 38 Καλλιθέα Ἀθήνα

Τηλ. 95-66-129

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τά θεμέλια δέν φαίνονται καί δέν έντυπωσιάζουν όπως άλλα δομικά στοιχεΐα, εΐναι όμως τά σπουδαιότερα στοιχεΐα τοῦ σκελετοῦ ἐνός ἔργου.

Οἱ περισσότερες ζημιές τῶν σκελετῶν, ἐπομένως καί τῶν ὑπολοίπων στοιχείων, δομικῶν ἔργων όφείλονται σέ κακή θεμελίωση.

Στόν Ἑλληνικό χῶρο τά προβλήματα τῶν θεμελιώσεων εΐναι ιδιαίτερα έντονα, όχι μόνο λόγω τῆς κακῆς ποιότητας τοῦ ἑδάφους όρισμένων περιοχῶν αλλά κύρια λόγω τῆς πυκνῆς δόμησης.

Στίς περισσότερες πόλεις ἓνα μεγάλο μέρος τους ἔχει συνεχές σύστημα δόμησης χωρίς προκήπια, μέ πολλούς όρόφους. Τό αποτέλεσμα αὐτῆς τῆς δόμησης εΐναι μεγάλα φορτία νά κατανέμονται σέ μικρές ἐπιφάνειες καί μεγάλα φορτία νά "πατᾶνε" ἔκκεντρα, τόσο στά σύνορα τῶν ιδιοκτησιῶν, όσο καί στά όρια τῶν οἰκοδομικῶν γραμμῶν.

Τό ἑδαφος εΐναι ἓνα ἀνισότροπο ὕλινό καί ὁ χειρισμός του μέ κανόνες καί τύπους πολύ δύσκολος, ἐπειδή δέν μποροῦν νά δοθοῦν ἀπόλυτα σωστές λύσεις, γι' αὐτό ἡ εὐθύνη καί τό βάρος πού ἐπωμίζεται αὐτός πού προτείνει λύσεις θεμελιώσεων εΐναι πολύ μεγάλο. Ἐπειδή όμως σέ κανένα βιβλίο, στήν Ἑλληνική βιβλιογραφία, δέν ἔχει γίνη συστηματική ἀντιμετώπιση τῶν θεμελιῶν, όπως αὐτά συνηθίζεται νά κατασκευάζονται, αποφασίστηκε τό γράψιμο αὐτοῦ τοῦ βιβλίου.

Ἐχει ληφθεῖ ὑπ' όψη ἡ Ἑλληνική πραγματικότητα καί ἔχει σκοπό νά δώσει πρακτικές λύσεις στά πιό συνηθισμένα προβλήματα πού ἀντιμετωπίζει ὁ μηχανικός στή πράξη.

Ἡ ὁλοκλήρωση αὐτοῦ τοῦ βιβλίου ἔγινε μόνο χάρι στή βοήθεια τῶν ἀξίων συνεργατῶν, Γιώργου Κυρατζῆ, Πολιτικοῦ Μηχανικοῦ, Γιάννη Λυράκη, Πολιτικοῦ Μηχανικοῦ καί Κώστα Ἀναστασιάδη, Ἀρχιτέκτονα Μηχανικοῦ.

Ἰούνιος 1978

Ἀπόστολος Κωνσταντινίδης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ
DIN 1054

1. Προσδιορισμός της επιτρεπόμενης τάσης εδάφους (μέ τη βοήθεια πινάκων).....	30
1.1. Προϋποθέσεις για να ισχύουν οι πίνακες.....	30
1.2. Επαύξηση της επιτρεπόμενης τάσης.....	30
1.3. Επιτρεπόμενες μέσες τάσεις εδάφους σε μη συνεκτικά έδαφη θεμελίωσης.....	31
1.3.1. Επιτρεπόμενες μέσες τάσεις (πιέσεις) έδαφους για δομικά έργα ευαίσθητα σε καθιζήσεις.....	31
1.3.2. Επιτρεπόμενες μέσες πιέσεις έδαφους για δομικά έργα όχι ευαίσθητα σε καθιζήσεις.....	32
1.3.3. Επαύξηση των τιμών των πινάκων 1 και 2..	33
1.3.4. Μείωση των τιμών των πινάκων 1 και 2....	34
1.4. Επιτρεπόμενες μέσες τάσεις (πιέσεις) έδαφους σε συνεκτικά έδαφη θεμελίωσης.....	35
1.4.1. Επαύξηση των τιμών των πινάκων 3 μέχρι 6	36
1.4.2. Μείωση των τιμών των πινάκων.....	38
1.5. Επιτρεπόμενες μέσες τάσεις (πιέσεις) έδαφους για θεμελιώσεις σε βράχο.....	38
2. Ολίσθηση πεδίου.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

	Σελίδα
1. Δύσκαμπτα πέδιλα.....	43
1.1. Κατανομή των τάσεων (πιέσεων) του έδαφους στη βάση του θεμελίου.....	43
1.2. Στατική επίλυση.....	44
1.3. Έλεγχος σέ κάμψη.....	46
1.4. Έλεγχος σέ διάτμηση.....	47
1.5. Κατασκευαστικές οδηγίες.....	48
1.6. Πορεία έργασίας.....	49
2. Εύκαμπτα πέδιλα.....	53
2.1. Κατανομή των πιέσεων του έδαφους στη βάση του θεμελίου.....	54
2.2. Στατική επίλυση.....	55
2.3. Έλεγχος σέ κάμψη.....	56
2.4. Έλεγχος σέ διάτμηση.....	56
2.5. Όπλισμός.....	57
2.6. Κατασκευαστικές οδηγίες.....	58
ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΠΕΔΙΑ ΜΕ ΜΕΓΑΛΗ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

ΓΕΝΙΚΑ.....	125
1. Επίδραση της έξωτερικής φόρτισης στο έδαφος θεμελίω- σης.....	127
1.1. Αναγωγή της έντασης του υποστυλώματος στη βάση της θεμελίωσης.....	127
1.2. Η επίδραση της συμπίεστικότητας του έδαφους στην έκκεντρότητα.....	129
1.2.1. Γενικά.....	129
1.2.2. Ακαμψία ράβδου υποστυλώματος - πεδίου... ..	130
1.2.2.1. Ακαμψία αμφίπακτης ράβδου.....	130

1.2.2.2. Άκαμψία δύσκαμπτου πεδίλου.....	131
1.2.2.3. Άκαμψία εδκαμπτου πεδίλου.....	132
1.2.3. Άκαμψία συνδετήριας δοκού.....	132
1.2.4. Άκαμψία έδάφους.....	133
1.2.4.1. Γενικά.....	133
1.2.4.2. Μέθοδος του δείκτη έδάφους K...	134
1.2.4.3. Μέθοδος του μέτρου συμπίεσης...	136
1.2.4.4. Πρακτικά χρησιμοποιούμενη μέθο- δος.....	140
1.2.5. Συντελεστής μείωσης ε της άρχικης έκκεν- τρότητας (ροπή).....	141
1.3. Κατανομή των τάσεων (πιέσεων) του έδάφους στη βάση του πεδίλου.....	142
1.3.1. Άπλή έκκεντρότητα.....	143
1.3.1.1. Φορτίο μέσα στον πυρήνα.....	143
1.3.1.2. Φορτίο μεταξύ πυρήνα και έξωτε- ρικού πυρήνα.....	143
1.3.2. Διπλή έκκεντρότητα.....	144
1.3.2.1. Φορτίο μέσα στον πυρήνα.....	144
1.3.2.2. Φορτίο μεταξύ πυρήνα και έξωτε- ρικού πυρήνα.....	145
2. Επίδραση της αντίδρασης του έδάφους στο πέδιλο και τό υποστύλωμα.....	146
2.1. Ένταση της ράβδου υποστύλωμα - πέδιλο.....	146
2.1.1. Γενική περίπτωση.....	147
2.1.2. Κεντρικό πέδιλο χωρίς συνδετήρια δοκό...	148
2.1.3. Κατασκευαστικά έκκεντρο πέδιλο με μηδε- νική άρχική έκκεντρότητα.....	148
2.1.4. Κατασκευαστικά έκκεντρο πέδιλο με μηδε- νική άρχική έκκεντρότητα χωρίς συνδετή- ρια δοκό.....	149
2.2. Ένταση του πεδίλου.....	149
3. Πορεία έργασίας.....	150
ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	159

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ι V

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Σελίδα

1. Πέδιλο σέ βάση από άοπλο σκυρόδεμα.....	297
1.1. Γενικά.....	297
1.2. Όδηγίες για τόν ύπολογισμό.....	298
1.3. Κανονισμοί.....	299
2. Πέδιλα μέ νεύρωση.....	300
2.1. Κεντρικά πέδιλα.....	300
2.2. Έκκεντρα πέδιλα.....	301
ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	303

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο V

ΠΕΔΙΛΟΔΟΚΟΙ

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

1. Γενικά.....	319
2. Δείκτης έδάφους.....	320
3. Πεπερασμένη πεδילוδοκός μέ συγκεντρωμένο φορτίο στό μέσο.....	321
4. Πεπερασμένη πεδילוδοκός μέ τυχαία συγκεντρωμένα φορτία.....	324
5. Άπειρομήκης πεδילוδοκός.....	326
6. Άκρίβεια τών στατικών επίλύσεων.....	327
7. Γενική κοιτόστρωση.....	329
7.1. Γενικά.....	329
7.2. Στατική επίλυση.....	329
7.3. Κοιτόστρωση μέ συνδετήριες δοκούς.....	330
7.4. Κατασκευαστικές οδηγίες.....	330
ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	333
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	373

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν κατασκευάζεται ένα έργο διαταράσσεται ή ήρεμία και ή φυσική ισορροπία του έδαφους με τή μεταφορά των φορτίων του έργου πάνω σ' αυτό.

Γιά νά γίνεται ή θεμελίωση με ασφάλεια και οίκονομία, πρέπει νά έξετάζονται δύο παράγοντες:

1. Τό έδαφος θεμελίωσης.
2. 'Η διαμόρφωση των θεμελίων

1. ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Τή συμπεριφορά του έδαφους θεμελίωσης έξετάζει ή 'Εδαφομηχανική. Οί βασικές άρχές τής 'Εδαφομηχανικής στηρίζονται σέ θεωρίες και πειράματα. Σ' αυτό τό βιβλίο θεωρούνται γνωστές οί άρχές αυτές και συνιστάται τό φρεσκάρισμα των γνώσεων του σπουδαιού αυτού κεφάλαιου γιά τό Μηχανικό, πρίν άσχοληθί με θέματα θεμελίωσης.

'Η έπιτυχία τής θεμελίωσης ενός έργου έξαρτάται άμεσα από τήν πείρα του μηχανικού σ' αυτόν τόν τομέα. 'Η προσωπική πείρα κάθε μηχανικού είναι όπωσδήποτε περιορισμένη, γι' αυτό είναι άναγκασμένος νά βασίζεται σέ παρατηρήσεις πού έχουν γίνει πάνω σέ συναφή έργα παλαιότερων κατασκευών συναδέλφων του. 'Από τίς παρατηρήσεις αυτές, παίρνονται πολύτιμες ένδείξεις και πληροφορίες, π.χ. ό μηχανικός πού κατασκευάζει μιá πολυκατοικία πρίν ξεκινήσει τή μελέτη τής θεμελίωσης επισκέπτεται στήν άρχή έργα έκσκαφών στή γύρω περιοχή, άν υπάρχουν. Στή συνέχεια έπι-

κοινωνεί με μηχανικούς που έχουν κάνει έργα στη περιοχή ζητώντας την "έπιτρεπόμενη τάση έδάφους" που χρησιμοποίησαν, τον τρόπο θεμελίωσης και την επίδραση αυτής στον σκελετό.

Ο μηχανικός που μελετά ή κατασκευάζει θεμελιώσεις πρέπει να γνωρίζει τη συμπεριφορά του έδάφους για να μπορεί να ελέγχει την ασφάλεια όχι μόνο του έδάφους, αλλά και του έργου ολόκληρου. Η συμπεριφορά αυτή είναι δύσκολο να προσδιορισθῇ εξαίτιας της ανομοιογένειας και του ανισότροπου του έδάφους. Ο σκοπός των σχετικών υπολογισμών δέν είναι να βρεθούν ακριβεῖς τιμές, αλλά ἡ εκτίμηση τάξεων μεγέθους. Στη πράξη αρκοῦν απλουστευτικοί τύποι και προσεγγιστικοί υπολογισμοί. Η χρησιμοποίηση πολύπλοκων τύπων δέν πρέπει να ξεγελά για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Για τό ίδιο πρόβλημα υπάρχουν πάντα πολλές λύσεις, ἡ εκλογή ὅμως της πιο κατάλληλης εξαρτάται από την προσωπικότητα του μηχανικού που βασίζεται στις γνώσεις και την πείρα του. Πολλές φορές ἡ λύση αυτή πρέπει να στηρίζεται σε έδαφοτεχνική μελέτη κάποιου ειδικού.

Στό βιβλίο αυτό αντιμετωπίζεται ἡ θεμελίωση ενός έργου, θεωρουμένης γνωστής της συμπεριφοράς του έδάφους και ὠρισμένων παραμέτρων αὐτοῦ ὅπως ἡ έπιτρεπόμενη τάση, τό μέτρο ελαστικότητας, ὁ συντελεστής τριβῆς κ.ά.

Τό βασικότερο θέμα είναι ἡ έπιτρεπόμενη φόρτιση του έδάφους. Σ'αυτήν αναφέρεται ἕνας ὁλόκληρος Γερμανικός κανονισμός (DIN 1054). Πρακτικά και τυποποιημένα, ἡ έπιτρεπόμενη φόρτιση του έδάφους αναπτύσσεται σε ιδιαίτερο κεφάλαιο. (ΚΕΦΑΛΑΙΟ I).

2. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

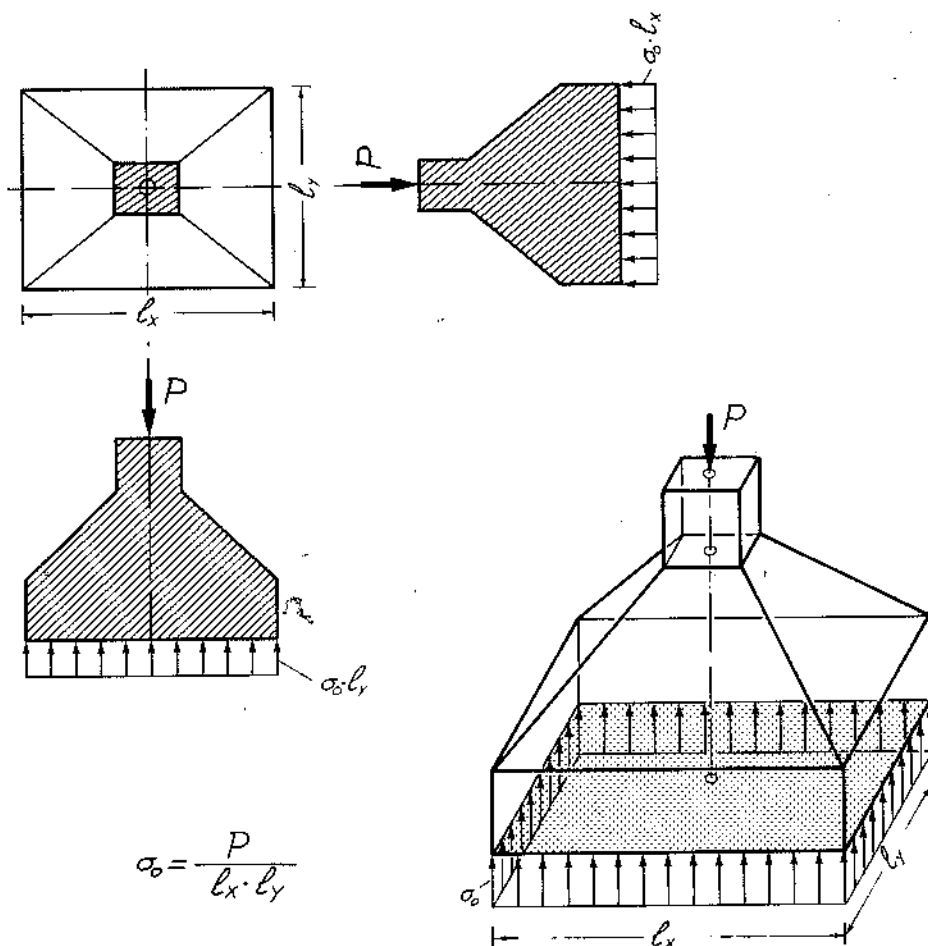
Αφού γίνεται ἡ εξέταση της συμπεριφοράς του έδάφους, έχουν προσδιοριστεῖ με σιγουριά τά χαρακτηριστικά του (κύρια ἡ έπιτρεπόμενη τάση) και έχουν αναγνωριστεῖ οἱ ένδεχόμενες κατασκευαστικές δυσχέρειες, εκλέγεται ὁ τρόπος θεμελίωσης, ἀπ'αυτοῦς που εξετάζονται συνοπτικά πιο κάτω.

2.1. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΠΕΔΙΛΑ

2.1.1. Πέδιλα με μηδενική ή μικρή συνισταμένη έκκεντρότητα

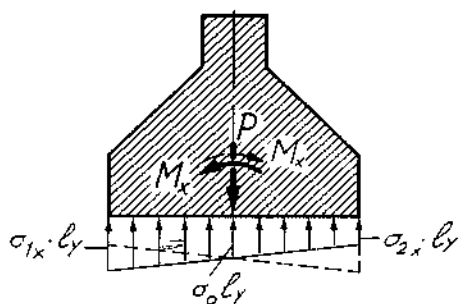
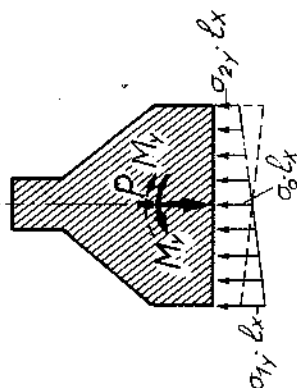
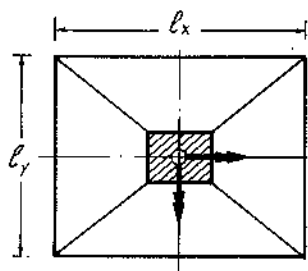
Η κατανομή των τάσεων του εδάφους, εξαρτάται από την συνισταμένη έκκεντρότητα στη βάση του πεδίλου.

2.1.1.1. Κεντρική φόρτιση υποστυλώματος



Στό σχήμα φαίνεται η πιο συνηθισμένη περίπτωση θεμελίωσης. Εφαρμόζεται όταν το υποστυλώμα που πρόκειται να θεμελιωθῇ δέ-

χεται κύρια μόνιμη κεντρική φόρτιση ή και έναλλασσόμενη ροπή [διασ έντασης (λόγω σεισμοῦ)]. Στή θεμελίωση μέ ροπή σεισμοῦ τό πέδιλο δέν κατασκευάζεται έκκεντρο λόγω τῆς έναλλακτικότητας τῆς φόρτισης.

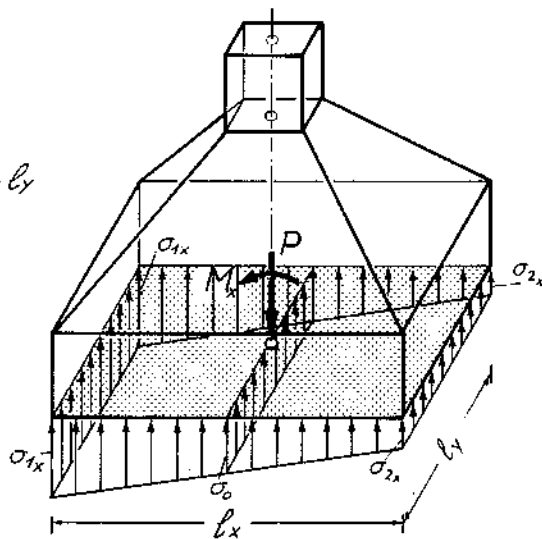


$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y}$$

$$e_i = \frac{M_i}{P}$$

$$\sigma_{1i} = \sigma_0 \left(1 + \frac{b e_i}{l_i} \right)$$

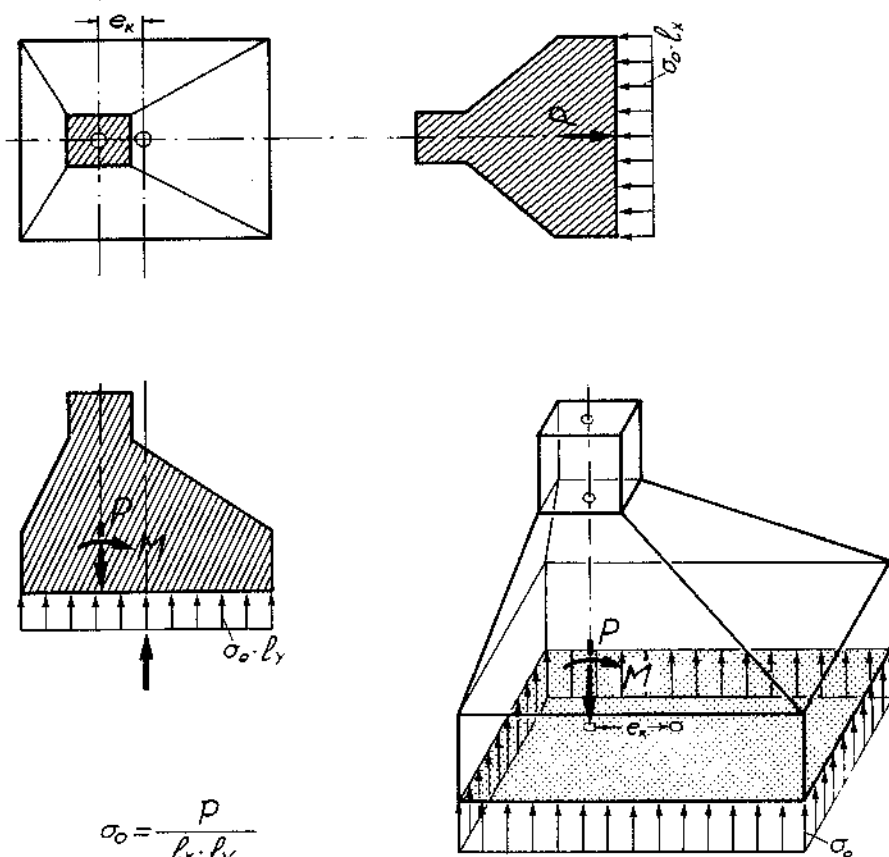
$$\sigma_{2i} = \sigma_0 \left(1 - \frac{b e_i}{l_i} \right)$$



$$i = x, y$$

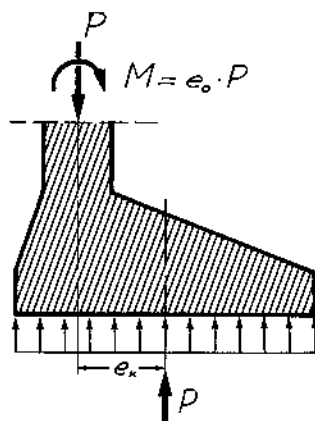
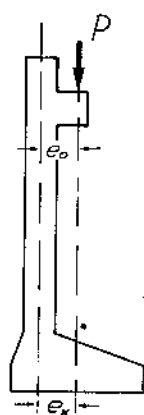
2. 1.1.2. Μόνιμη έκκεντρη φόρτιση υποστυλώματος

Δίνεται στο υποστύλωμα κατασκευαστική έκκεντρότητα $e_k = e_0$ τέτοιας διεύθυνσης, ώστε να εξουδετερώνει την μόνιμη (συνισταμένη έκκεντρότητα μηδενική).

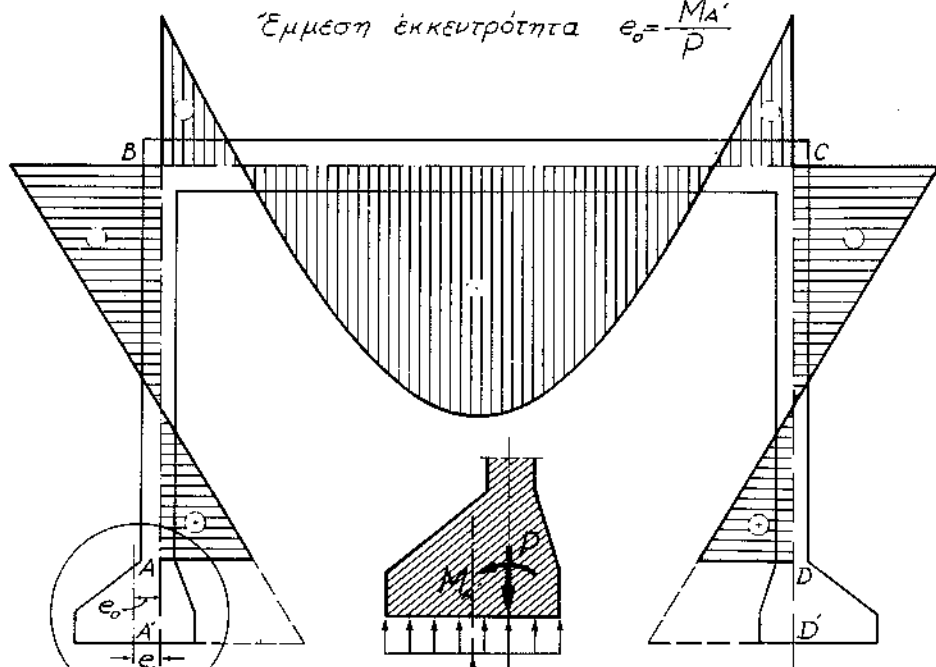


Μόνιμες έκκεντρες φορτίσεις εμφανίζονται γενικά, σε περιπτώσεις πλαισιακής λειτουργίας.

Άμεση εκκεντρότητα e_o



Έμμεση εκκεντρότητα $e_o = \frac{M_{A'}}{P}$



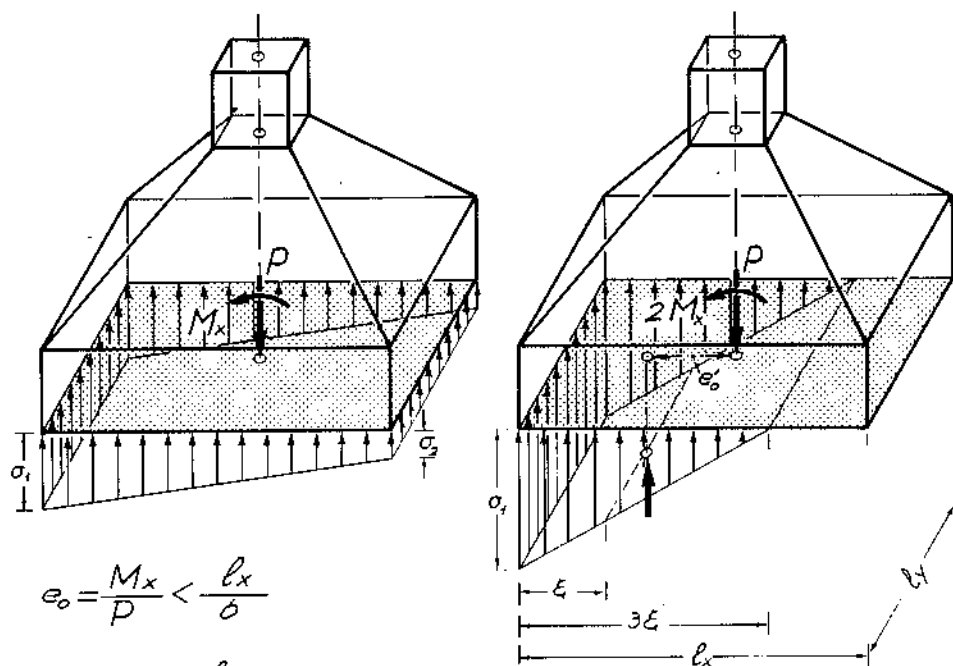
Λεπτομέρεια „Α"

2. 1. 2. Πέδιλα με μεγάλη συνισταμένη έκκεντρότητα

Η κατανομή των τάσεων (πιέσεων) του εδάφους, εξαρτάται από την συνισταμένη έκκεντρότητα στη βάση του πεδίλου.

2. 1. 2. 1. Έκκεντρη φόρτιση υποστυλώματος και κεντρικό πέδιλο

Έδραση πεδίου σε όχι ένδοσιμη επιφάνεια
(π. χ. βράχος)



$$e_o = \frac{M_x}{P} < \frac{l_x}{6}$$

$$e_o' = 2e_o > \frac{l_x}{6}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_o \left(1 \pm \frac{6e_o}{l_x} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{2P}{3l_y \left(\frac{l_x}{2} - e_o \right)}$$

Θεμέλια της μορφής αυτής χρησιμοποιούνται όταν:

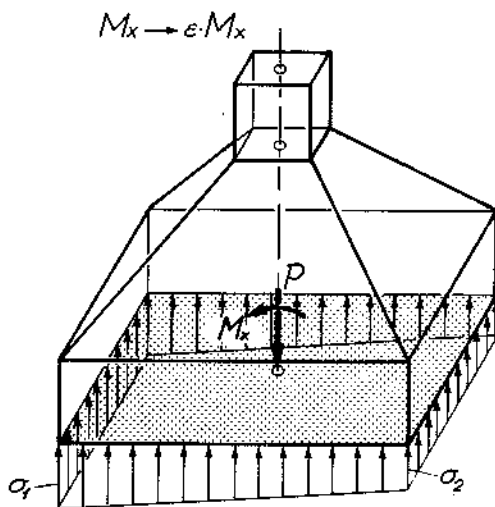
- α) Υπάρχει μεγάλος έναλλακτικός σεισμός
- β) Για κατασκευαστικούς λόγους (σπάνια).

Παρατήρηση

Τό στερεό των τάσεων καί στίς δυό περιπτώσεις πρέπει νά δύνει συνισταμένη δύναμη ἴση μέ P καί σημεῖο ἐφαρμογῆς πού ἀπέχει ἀπό τό κέντρο βάρους τῆς διατομῆς τῆς βάσης ἀπόσταση ἴση μέ τήν ἐκκεντρότητα τῆς φόρτισης τοῦ ὑποστηλώματος e_0 , γιά νά ὑπάρχει ἰσορροκία.

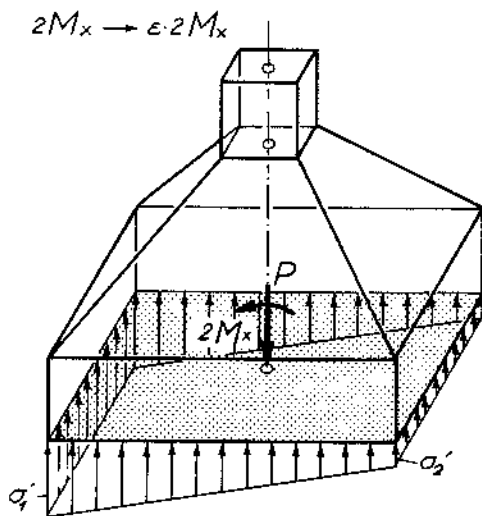
**Ἔδραση πεδίου σέ ἐνδοσίμη ἐπιφάνεια
(π. χ. ἀργιλικό ἔδαφος)**

$$e_0 = \frac{M_x}{P}$$



$$\sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6e_0 \cdot \epsilon}{l_x} \right)$$

$$e'_0 = 2e_0$$



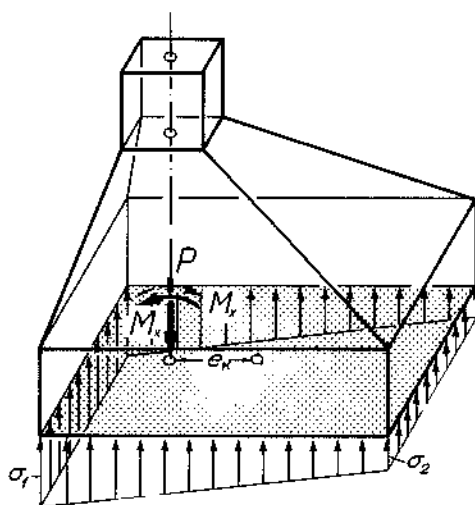
$$\sigma'_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6e'_0 \cdot \epsilon}{l_x} \right)$$

ϵ : συντελεστής μικρότερος ἀπό τή μονάδα πού ἐκφράζει τήν ἀνακούφιση τοῦ πεδίου ἐξ αἰτίας τῆς ἐνδοτικότητας τοῦ ἐδάφους, φυσικά ὅταν ὑπάρχει ἀκλόνητη στήριξη στήν κορυφή τοῦ ὑποστηλώματος) [Κεφ.ΙΙΙ, σελ.141] .

2. 1. 2.2. Κεντρική ή εκκεντρή φόρτιση υποστυλώματος και εκκεντρά πέδιλα

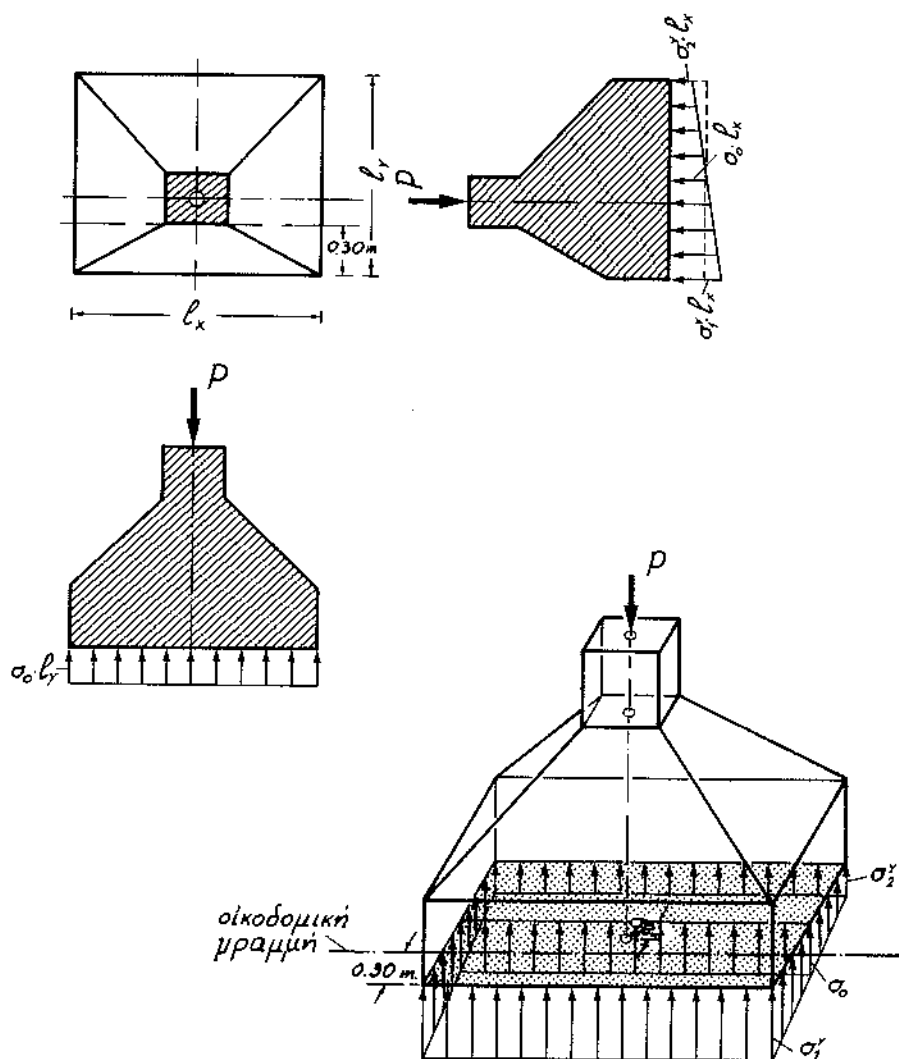
$$e_o = \frac{M_x}{P} \quad \sigma_{1,2} = \sigma_o \left(1 \pm \frac{\delta e_{o2} \cdot \varepsilon}{l_x} \right)$$

$$e_{o2} = e_x + e_o \quad 0 < \varepsilon < 1$$

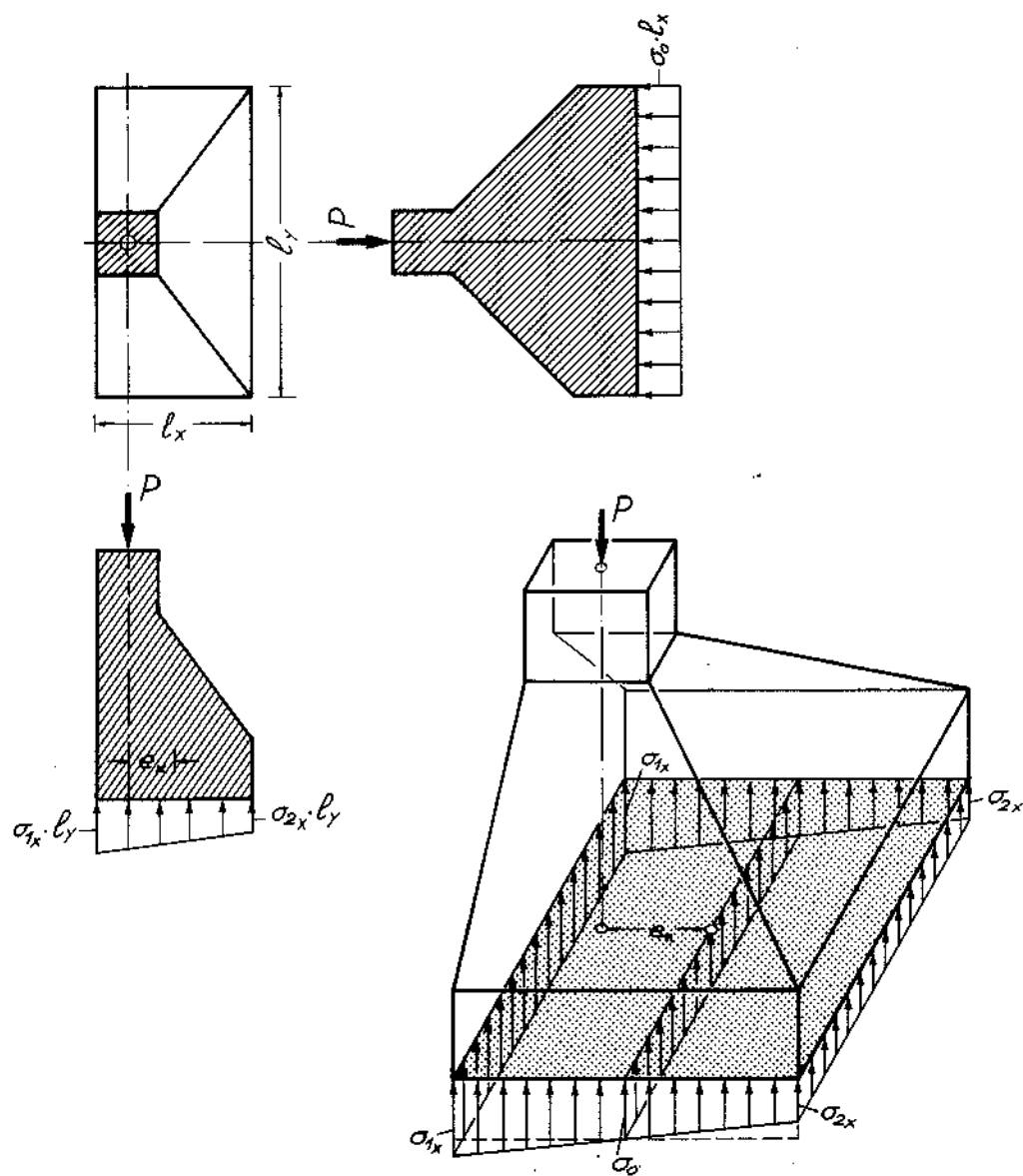


Τέτοια πέδιλα εμφανίζονται σε περιπτώσεις που υπάρχουν κατασκευαστικοί περιορισμοί όπως παρακάτω:

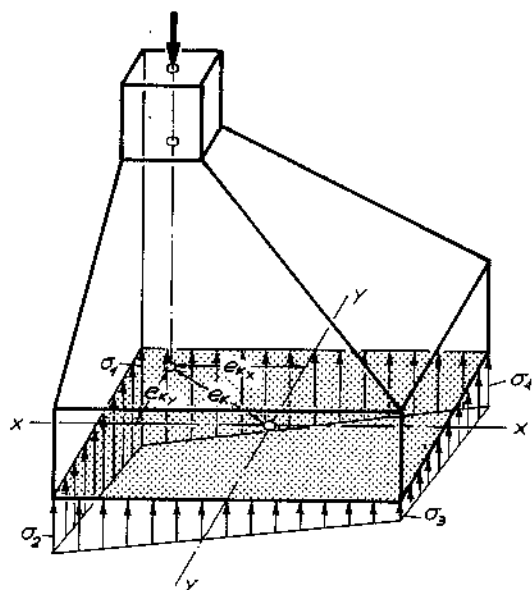
α) Υποστύλωμα έφαπτόμενο στην οικόδομική γραμμή



Β) Υποστούλωμα έφαιπτόμενο σέ όριο ιδιοκτησίας

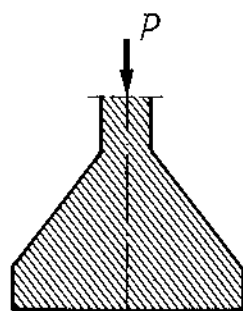
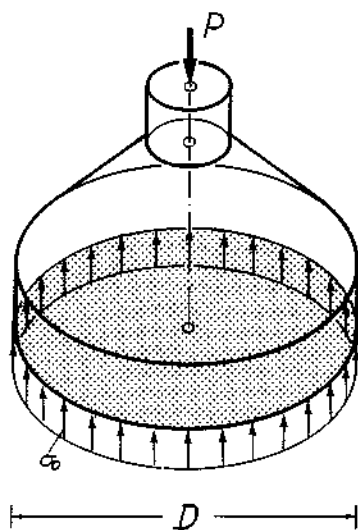


ν) Υποστυλώμα στη γωνία δύο όριων



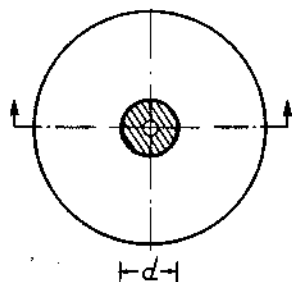
2. 1. 3. Πέδιλα ειδϊκῶν μορφῶν

2. 1. 3. 1. Κυκλϊκᾶ



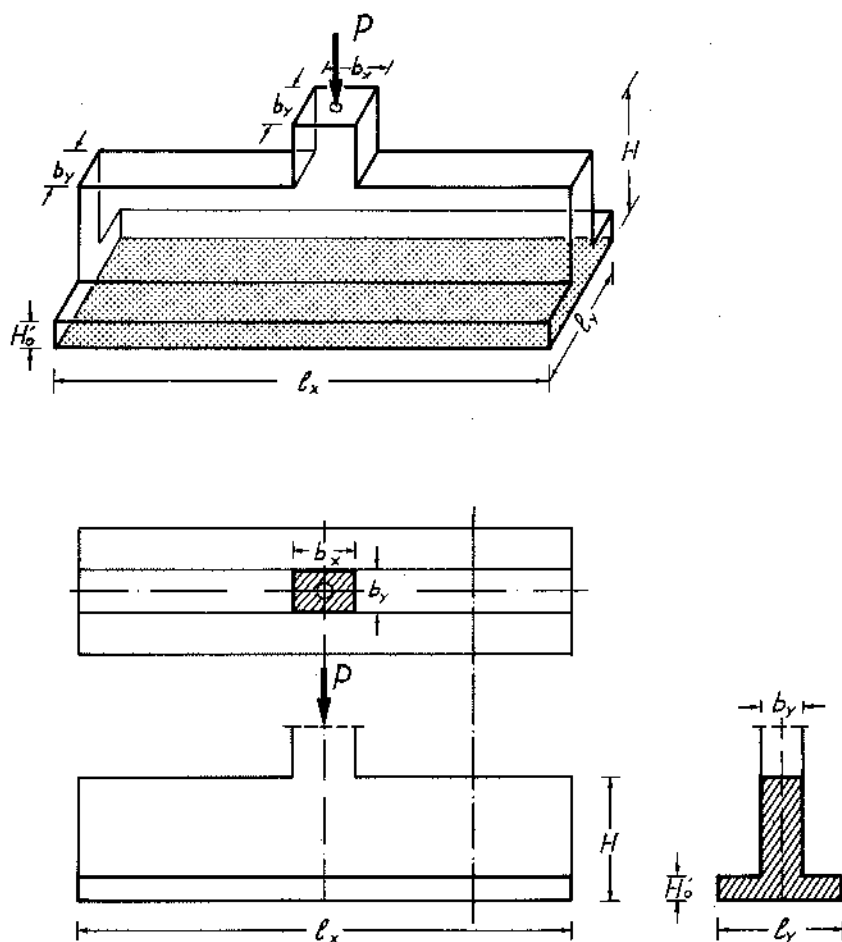
D

$$\sigma_0 = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}}$$



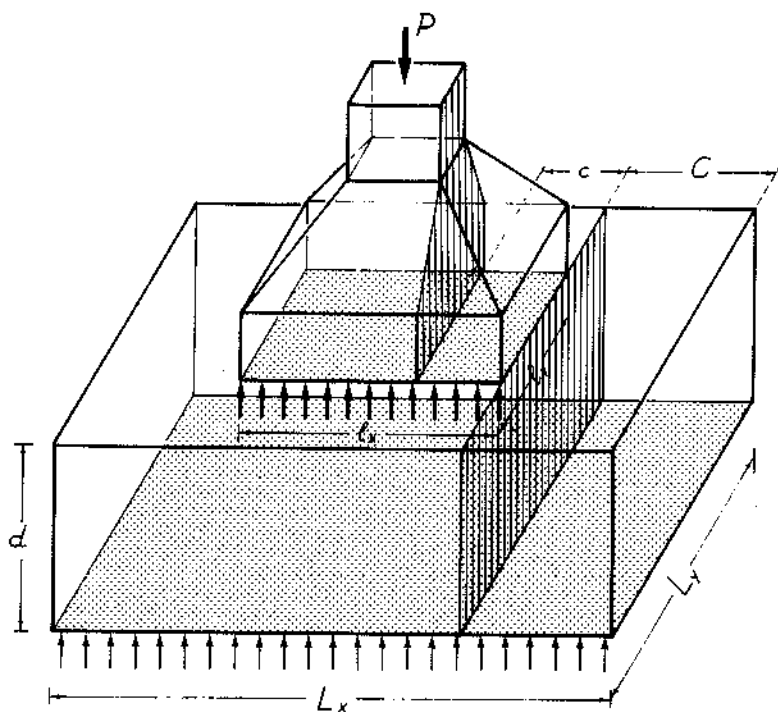
Είναι σπάνια μορφή πεδίλου που έχει τό πλεονέκτημα ιδανικής κατανομής τάσεων τόσο στο έδαφος όσο και στο πέδιλο. Έξ αιτίας της μεγάλης δαπάνης του ξυλότυπου χρησιμοποιείται σε εξαιρετικές περιπτώσεις εμφανών πεδίων ή σε προκατασκευή.

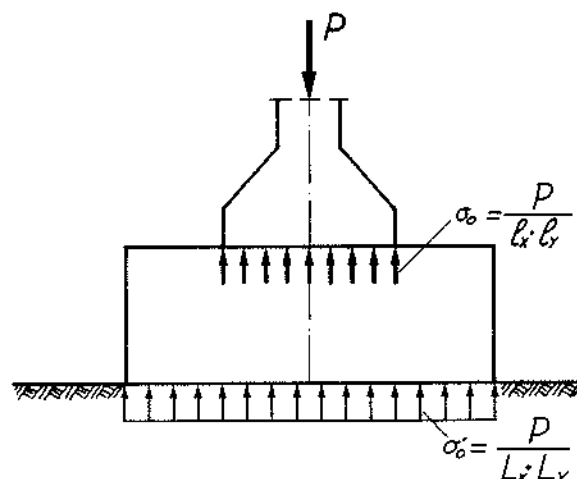
2. 1.3.2. Πέδιλα με νεύρωση



Κι'αυτή ή μορφή πεδύλου εἶναι σπάνια. Παρουσιάζει τό πλεονέκτημα τῆς οἰκονομίας σέ σκυρόδεμα καί σίδηρο, ἀλλά εἶναι ἀντιοικονομική ή κατασκευή τοῦ ξυλότυπου καί ή σκυροδέτηση. Κατασκευάζεται σέ περιπτώσεις πού εἶναι δύσκολη καί ἀντιοικονομική ή, σέ μεγάλο βάθος, ἐκσκαφή, ἐπειδή ἀρκεῖ ἐκσκαφή μόνο γιά τό πέλμα, μέ τήν προϋπόθεση νά μπορεῖ νά ἐντοπισθῇ ή δοκός.

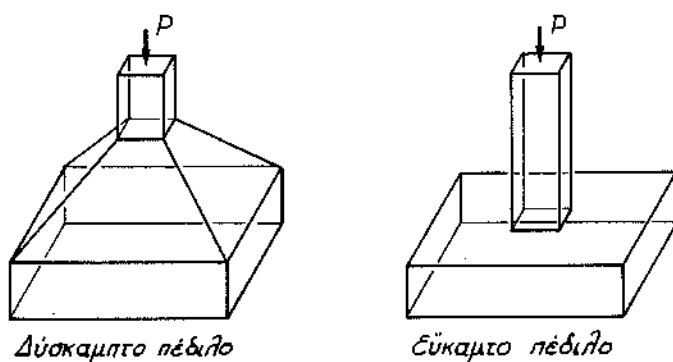
**2. 1. 3. 3. Πέδιλα σέ βάσεις ἀπό ἄσπλο σκυρόδεμα
(βαθμιδωτή θεμελίωση)**





Ἡ μορφή αὐτή θεμελίωσης χρησιμοποιεῖται σέ κακῆς ποιότη-
τας ἐδάφη ἢ σέ περίπτωση πολὺ μεγάλου φορτίου.

2. 1. 4. Πέδιλα δύσκαμπτα καὶ εὐκαμπτα

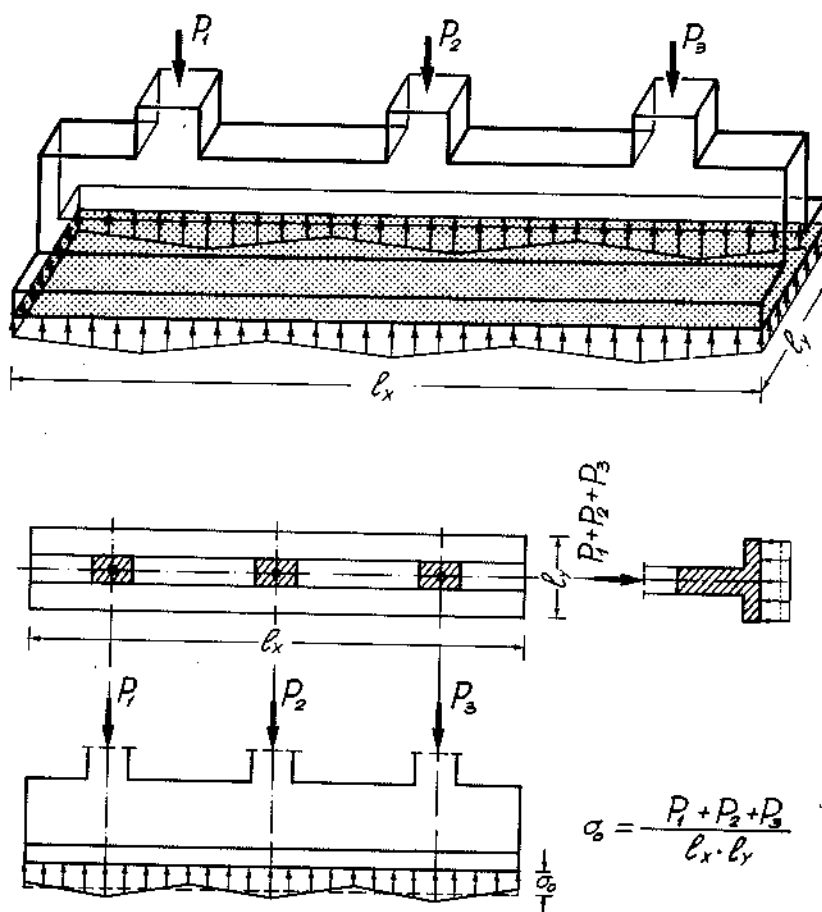


Ὅλα τὰ πέδιλα ποὺ περιγράφηκαν στὶς προηγούμενες παραγρά-
φους, μποροῦν νά κατασκευασθοῦν εἴτε σάν "δύσκαμπτα" εἴτε σάν
"εὐκαμπτα". Ὁ διαχωρισμός αὐτός γίνεται μέ κριτήριο τή σχέση
τοῦ ὕψους πρὸς τό πλάτος. Ἡ πιό συνηθισμένη κατασκευή εἶναι

αυτή του δύσκαμπτου. Εύκαμπτα κατασκευάζονται κύρια τὰ πέδιλα όταν υπάρχει πρόβλημα έκσκαφής σέ μεγάλο βάθος.

2. 2. ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

2. 2. 1. Πεδιλοδοκοί

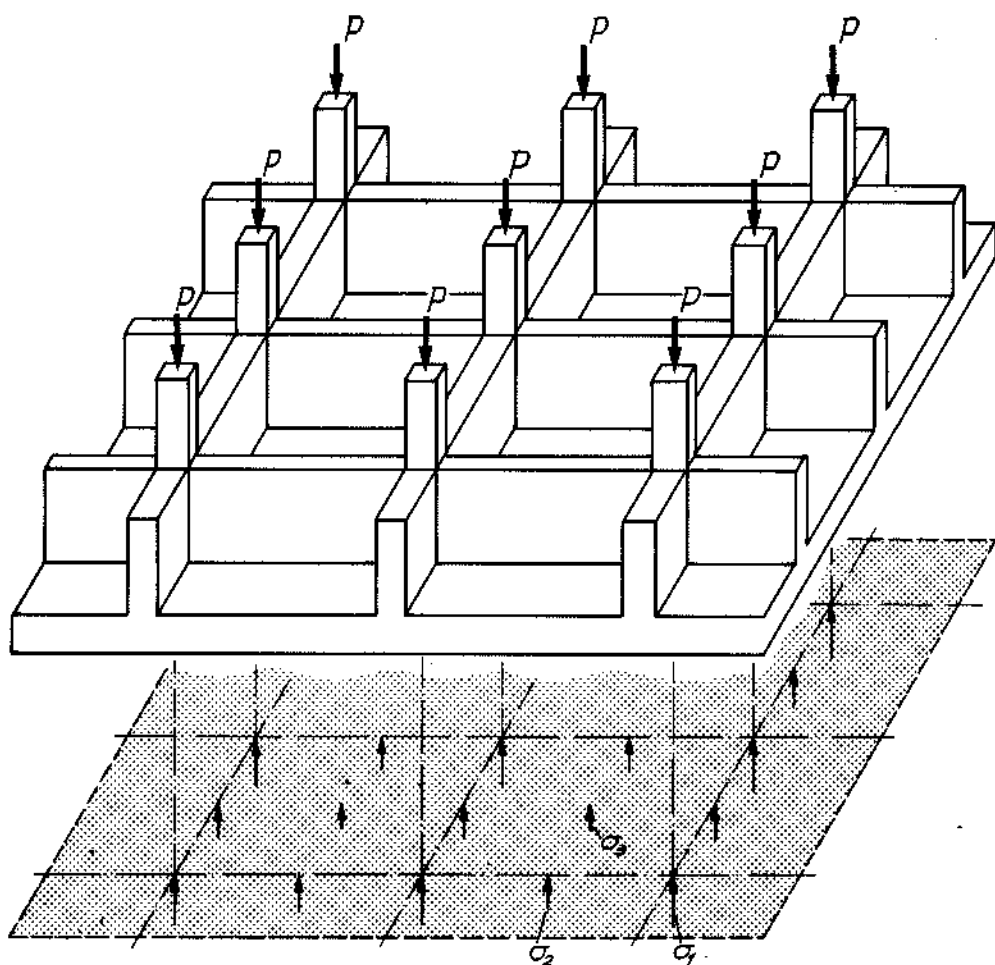


Όταν οί καθιζήσεις είναι μεγαλύτερες από τίς έπιτρεπόμενες γιά μεμονωμένα πέδιλα, συνδέονται τὰ ύποστυλώματα μέ θεμελιοδοκό γιά νά αύξηθί ή άκαμψία τίς θεμελίωσης. Τότε ή άνωδομή

μετακινείται σαν απόλυτα στερεό σώμα που έχει σαν συνέπεια τη μείωση των διαφορικών καθιζήσεων κάτω από κάθε υποστυλώμα.

Οι θεμελιοδοκοί υπολογίζονται σαν δοκοί με φορτίο τής τάσεις του εδάφους και με στηρίξεις στις θέσεις των υποστυλωμάτων.

2. 2. 2. Γενική κοιτόστρωση



Όταν το έδαφος είναι πολύ χαλαρό, για να αύξηθι ακόμη περισσότερο η άκαμψία της θεμελίωσης, κατασκευάζεται πλάκα θεμελίωσης με συνδεδημένες δοκούς κατά τής δύο διευθύνσεις. Ή πλά-

κα αυτή φορτίζεται από τις τάσεις του εδάφους και υπολογίζεται σάν άνεστραμμένη πλάκα πού στηρίζεται στά δοκάρια πού μέ τή σειρά τους στηρίζονται στά ύποστυλώματα.

2. 3. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Σέ περιπτώσεις σημαντικών φορτίων και έδαφών μέ πολύ μικρή έπιτρεπόμενη τάση, οι θεμελιώσεις γίνονται μέ πασσάλους. Οι πάσσαλοι μεταφέρουν τά φορτία τής άνωδομής σέ μεγαλύτερο βάθος, και διακρίνονται σέ:

α) Πασσάλους αίχμης

Οι πάσσαλοι αίχμης μεταβιβάζουν τά φορτία στό έδαφος κύρια μέ τήν πίεση τής αίχμης του πασσάλου, ενώ ή πλευρική τριβή δέν παίζει ούσιαστικό ρόλο.

β) Πασσάλους τριβής

Οι πάσσαλοι τριβής μεταβιβάζουν τά φορτία τής κατασκευής κύρια μέ τήν τριβή στην παράπλευρη έπιφάνεια τους.

Κάθε πάσσαλος ανάλογα μέ τή διατομή του σκυροδέματος, του μήκους του και του εδάφους στό όποιο πιέζεται, μπορεί νά φέρει μέ ασφάλεια ένα έπιτρεπόμενο φορτίο $P_{επ}$. Συγκρίνοντας τό φορτίο του ύποστυλώματος μέ τό έπιτρεπόμενο φορτίο του πασσάλου, αποφασίζεται ό αριθμός των πασσάλων πού θά χρησιμοποιηθούν για τό συγκεκριμένο ύποστύλωμα. Τό πέλμα του ύποστυλώματος πού έδράζεται στους πασσάλους, λέγεται "κεφαλόδεσμος". Ανάλογα μέ τόν αριθμό των χρησιμοποιούμενων πασσάλων, διακρίνονται:

- I. Πέδιλα σέ δύο πασσάλους (σχ. α)
- II. " " τρείς " (σχ. β)
- III. " " τέσσερις " (σχ. γ) .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι θεμελιώσεις πού θά εξετασθούν στά επόμενα κεφάλαια, είναι επίπεδες θεμελιώσεις πού μεταφέρουν τά φορτία τής κατασκευής στό έδαφος κατανεμημένα σέ επιφάνειες πλακών ή λωρίδων. Στή φόρτιση αυτή τό έδαφος άντιδρά μέ μιá όρθή τάση σ_0 . 'Η τάση αυτή τοϋ έδάφους πρέπει νά είναι μικρότερη ή τό πολύ ίση μέ τήν επιτρεπόμενη όρθή τάση τοϋ έδάφους $\epsilon\pi\sigma_0$.

"Επιτρεπόμενη τάση έδάφους είναι ή τάση, πού:

- (α) Δέν προκαλεῖ καθιζήσεις ή διαφορές καθιζήσεων βλαβερές για τήν κατασκευή καί
- (β) Δέν ξεπερνά τήν άντοχή σέ θραύση τοϋ έδάφους (μέ κάποιο συντελεστή ασφάλειας)."

Καθοριστική τιμή, για τόν υπολογισμό, είναι ή μικρότερη από τίς δύο.

Γενικά τά συνεκτικά έδάφη είναι περισσότερο συμπιεστά από τά μή συνεκτικά, γι' αυτό συνήθως στά συνεκτικά έδάφη κρίσιμη συνθήκη είναι αυτή τής καθίζησης καί στά μή συνεκτικά έδάφη ή συνθήκη θραύσης.

'Η τιμή τής επιτρεπόμενης όρθης τάσης τοϋ έδάφους έχει μεγάλη σημασία, γιατί όταν υπερτιμηθῇ δέν υπάρχει ή ασφάλεια πού πρέπει καί όταν υποτιμηθῇ δέν γίνεται οίκονομία.

"Όταν πληροϋνται όρισμένες προϋποθέσεις οι τιμές τής επιτρεπόμενης τάσης μπορούν νά λαμβάνονται από πίνακες σύμφωνα μέ

τόν Γερμανικό κανονισμό DIN 1054.

Ένα μέρος του κανονισμού αυτού (όλοκληρος περιλαμβάνεται στην Έλληνική έκδοση του BETON - KALENDER 1970), με σχόλια και διευκρινήσεις δίνεται πιο κάτω.

DIN 1054

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ)

1.1. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΙΣΧΥΟΥΝ ΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Οι επιτρεπόμενες πιέσεις (τάσεις) του εδάφους επιτρέπεται να καθορίζονται από τους επόμενους πίνακες, όταν:

(α) οι έδαφικές συνθήκες είναι κατά προσέγγιση ομοιόμορφες μέχρι ένα βάθος κάτω από την βάση του θεμελίου ίσο με τό διπλάσιο του πλάτους της θεμελίωσης,

(β) τό θεμέλιο δέν φορτίζεται υπέρμετρα, ούτε κατά δυναμικό τρόπο,

(γ) ή ανώτατη στάθμη των υδάτων βρίσκεται σέ βάθος κάτω από τή βάση της θεμελίωσης, ίσο τουλάχιστο μέ τό πλάτος του θεμελίου σέ περίπτωση μή συνεκτικών εδαφών καί σέ βάθος διπλάσιο τουλάχιστο από τό πλάτος του θεμελίου σέ περίπτωση συνεκτικών εδαφών.

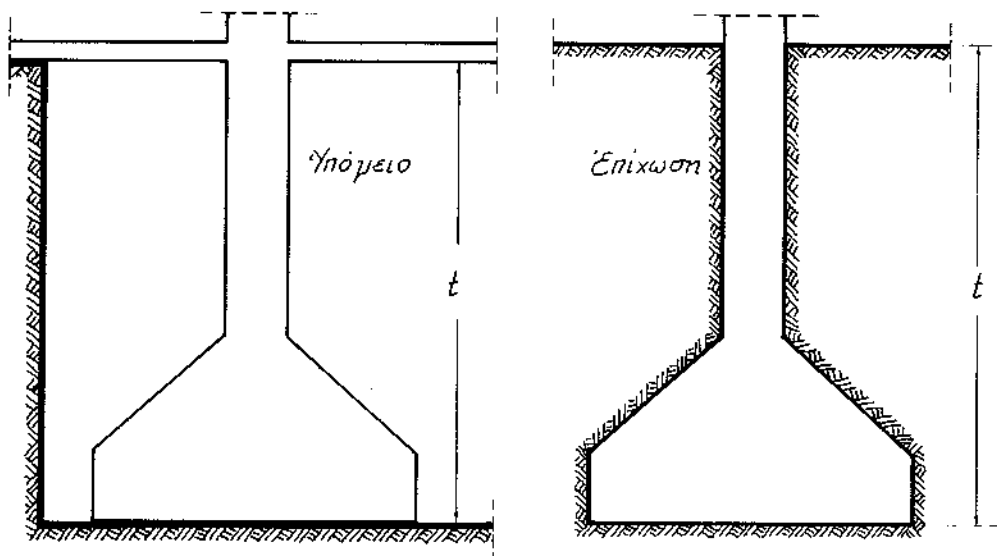
1.2. ΕΠΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ

Όταν ή θεμελίωση γίνεται σέ βάθος t μεγαλύτερο των 2,00m ή επιτρεπόμενη τάση του εδάφους επιτρέπεται να λαμβάνεται αύξημένα κατά τό βάρος των χωμάτων, πού αντιστοιχοῦν στο μεγαλύτερο των 2,00m, βάθος της θεμελίωσης.

Σέ κάθε επί πλέον μέτρο βάθους θεμελίωσης, πέρα από τά 2,00m, ή επιτρεπόμενη τάση του εδάφους αύξάνεται κατά:

$$1,65 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \cdot 1,0 \text{ m} = 1,65 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 0,165 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} .$$

Ἡ ἐπαύξηση λαμβάνεται μόνο ὅταν δέν γίνεται ἐπιχωμάτωση τοῦ πεδίου.



$$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = \epsilon\pi\sigma_0 + \gamma_{\epsilon\delta} \cdot (t - 2,0)$$

$$\epsilon\pi\sigma_{\epsilon\delta} = \epsilon\pi\sigma_0 .$$

$\epsilon\pi\sigma_0$: ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους ἀπὸ τοὺς πύνακες

$\gamma_{\epsilon\delta}$: φαινόμενο βάρος τοῦ ἐδάφους, μέ μέση τιμή $\gamma_{\epsilon\delta} = 1,65 \text{ t/m}^3$.

t : βάθος θεμελίωσης.

1. 3. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΜΕΣΕΣ ΤΑΣΕΙΣ (ΠΙΕΣΕΙΣ) ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Αὐτά πού δίνονται στίς δύο ἐπόμενες παραγράφους, ἰσχύουν γιά δομικά ἔργα σέ ἔδαφος μὴ συνεκτικό ἀποτελούμενο ἀπὸ στρώσεις τουλάχιστον μέσης πυκνότητας.

1. 3.1. Ἐπιτρεπόμενες μέσες τάσεις (πιέσεις) ἐδάφους γιά δομικά ἔργα εὐαίσθητὰ σέ καθιζήσεις

Σέ περίπτωση δομικῶν ἔργων πού τὰ θεμέλια τους δέν εἶναι δυνατόν νά ὑποστοῦν καθίζηση ἀνεξάρτητη μεταξύ τους (στατικά ἀ-

όριστα έδραζόμενες κατασκευές, όπως π.χ. κτίρια κατοικιών), ή σέ κατασκευές όπου άνομοιόμορφες καθιζήσεις είναι έπιβλαβείς ή μπορούν νά έπηρεάσουν τή χρήση τους, έπιτρέπεται νά χρησιμοποιούνται, γιά θεμελιώσεις σέ λωρίδες, οί έπιτρεπόμενες μέσες πιέσεις έδάφους από τόν πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μή συνεκτικό έδαφος θεμελίωσης καί δομικό έργο εύαισθητο σέ καθιζήσεις.

Βάθος θεμελίωσης	Έπιτρεπόμενη μέση πίεση έδάφους σέ kg/cm ² , γιά θεμελιώσεις σέ λωρίδες, μέ πλάτη:					
m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5 m	2,0	3,0	3,3	2,8	2,5	2,2
1,0 m	2,7	3,7	3,6	3,1	2,7	2,4
1,5 m	3,4	4,4	3,9	3,4	2,9	2,6
2,0 m	4,0	5,0	4,2	3,6	3,1	2,8
Σέ περίπτωση μικρών δομικών έργων	1,50 Kg/cm ² γιά πλάτη λωρίδων από 0,2 m καί βάθη θεμελίωσης από 0,3 m.					

Ένδιάμεσες τιμές έπιτρέπεται νά παρεμβάλονται γραμμικά.

Οί τιμές τών πιέσεων έδάφους πού δίνονται, οδηγούν σέ καθιζήσεις πού δέν ύπερβαίνουν τό 1 cm γιά πλάτη θεμελίων μέχρι 1,5 m καί τά 2 cm γιά μεγαλύτερα πλάτη. Σέ περίπτωση άμοιβαίας ούσιαστικής άλληλεπίδρασης γειτονικών θεμελίων, είναι δυνατόν νά προκύπτουν ακόμη μεγαλύτερες καθιζήσεις.

Γιά πλάτη θεμελίων μεταξύ 3,0 καί 5,0m, πρέπει νά μειωθούν οι τιμές τής τελευταίας στήλης του πίνακα 1 κατά 10% γιά κάθε μέτρο πρόσθετου πλάτους θεμελίου.

1. 3. 2. Έπιτρεπόμενες μέσες πιέσεις έδάφους γιά δομικά έργα όχι εύαισθητα σέ καθιζήσεις

Σέ περίπτωση δομικών έργων πού τά θεμέλια τους έχουν περιθώριο καθίζησης, δηλαδή ή καθίζηση δ' προκαλεί βλάβες στήν

κατασκευή του δομικού έργου, μπορούν να χρησιμοποιούνται για θεμελιώσεις σε λωρίδες, οι επιτρεπόμενες μέσες πιέσεις έδαφους, σύμφωνα με τον πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μή συνεκτικό έδαφος θεμελίωσης και κατασκευή
δχι ευαίσθητη σε καθιζήσεις

Βάθος θεμελίωσης	Επιτρεπόμενη μέση πίεση έδαφους σε kg/cm^2 , για θεμελιώσεις σε λωρίδες, με πλάτη:			
m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
0,5	2,0	3,0	4,0	5,0
1,0	2,7	3,7	4,7	5,7
1,5	3,4	4,4	5,4	6,4
2,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Σε περίπτωση μη- κρών δομικών έργων.	1,50 Kg/cm^2 για πλάτη λωρίδων από 0,2 m και βάθη θεμελίωσης από 0,3 m.			

Ενδιάμεσες τιμές επιτρέπεται να παρεμβάλλονται γραμμικά.

Οι τιμές για τα θεμέλια με πλάτος 2,0 m, επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται και σε περίπτωση μεγαλύτερου πλάτους.

Οι αναφερόμενες πιέσεις έδαφους, μπορούν να οδηγήσουν σε καθιζήσεις μέχρι 2 cm για θεμέλια με πλάτος μέχρι 1,5 m και σε σημαντικά μεγαλύτερες για μεγαλύτερα πλάτη.

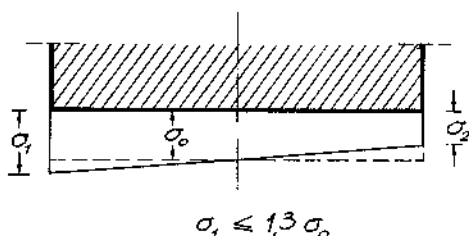
Σε περίπτωση ουσιαστικής άμοιβαίας αλληλεπίδρασης γειτονικών θεμελίων είναι δυνατόν να αύξηθούν οι τιμές των καθιζήσεων.

1. 3. 3. Έπαυξηση των τιμών των πινάκων 1 και 2

Οι πιο κάτω έπαυξεις των επιτρεπομένων μέσων πιέσεων έδαφους αναφέρονται μόνο στις τιμές των πινάκων 1 και 2 και μπορούν να γίνονται:

(α) Σε περίπτωση ορθογωνικών θεμελίων με λόγο πλευρών μικρότερο του 2 και σε κυκλικά θεμέλια, οι τιμές των πινάκων 1 και 2 επιτρέπεται να έπαυξάνονται κατά 20%.

(β) Οι τιμές των πινάκων 1 και 2 επιτρέπεται να έπαυξάνονται κατά 50% όταν μετά από έρευνες διαπιστωθή μονοσήμαντη πυκνή διάστρωση εδάφους μέχρι βάθος, ίσο με τό διπλάσιο του μήκους της μικρότερης πλευράς του θεμελίου, όχι όμως μικρότερου από 2,0 m κάτω από την επιφάνεια της βάσης θεμελίωσης και σε ανάλογη με την περίπτωση έκταση.



(γ) Οι πιέσεις στις άκμές ή στις γωνίες θεμελίων, επιτρέπεται να έπαυξάνονται κατά 30% τό πολύ, από τις τιμές που δίνονται στους πίνακες 1 και 2, με τη προϋ-

πόθεση ότι η πίεση του εδάφους στη θέση του κέντρου βάρους της θλιβόμενης επιφάνειας (μέση πίεση) δέν υπερβαίνει τις τιμές των πινάκων 1 και 2.

(δ) Οι έπαυξήσεις των τιμών των πινάκων, δέν επιτρέπεται να λαμβάνονται σε μικρά δομικά έργα.

1. 3. 4. Μείωση των τιμών των πινάκων 1 και 2

Οι παρακάτω μειώσεις των μέσων έπιτρεπομένων τάσεων, αναφέρονται μόνο στις τιμές των πινάκων 1 και 2 και πρέπει να γίνονται:

(α) Αν η απόσταση d μεταξύ άνωτάτης στάθμης υδάτων και βάσης θεμελίωσης είναι μικρότερη από τό καθοριστικό πλάτος b , πρέπει να μειώνονται οι τιμές του πίνακα 2 και μάλιστα κατά 40% όταν η άνωτατη στάθμη των ύπογειών υδάτων άγγίζει τή βάση του θεμελίου ($d=0$). Ένδιάμεσες τιμές $\left(\frac{d}{b}\right)$ μεταξύ 0 και 1) πρέπει να λαμβάνονται γραμμικά. Οι τιμές του πίνακα 1 μπορούν να χρησιμοποιούνται άναλλοίωτες, αν δέν υπερβαίνουν τις μειωμένες τιμές του

πίνακα 2. Άλλοιώς καθοριστικές είναι οι δεύτερες.

(β) Αν σε κάποιο θεμέλιο δοϋν εκτός από τις κατακόρυφες δυνάμεις P και οριζόντιες H , οι τιμές των πινάκων 1 και 2 πρέπει να μειώνονται κατά τη σχέση: $\frac{H}{P} \cdot \epsilon_{\text{πο}_0}$, $[\epsilon_{\text{πο}_0} = (1 - \frac{H}{P}) \cdot \epsilon_{\text{πο}_0}]$.

1. 4. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΜΕΣΕΣ ΤΑΣΕΙΣ (ΠΙΕΣΕΙΣ) ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Οι τιμές των πινάκων 3 μέχρι 6 ισχύουν για θεμέλια σε λωρίδες, σε έδαφος πλαστικής, ήμισκληρης ή σκληρης κατάστασης που δεν επιτρέπεται να επηρεασθῇ από κατασκευαστικά μέτρα.

Παρατήρηση

Η κατάσταση ενός συνεκτικού εδάφους μπορεί να προσδιορισθῇ με δοκιμή στο έργοτάξιο, όπως πιο κάτω:

α) πολτώδες είναι τό έδαφος, που συμπιεζόμενο στην παλάμη, διαφεύγει μέσα από τα δάκτυλα.

β) μαλακό είναι τό έδαφος που πλάθεται εύκολα.

γ) πλαστικό είναι τό έδαφος, που πλάθεται δύσκολα, μπορεί όμως με τρύψιμο στην παλάμη να πάρει τή μορφή λεπτών κυλίνδρων διαμέτρου 3 mm χωρίς να ρηγματώνεται ή να θρυμματίζεται.

δ) ήμισκληρο είναι τό έδαφος, που κατά τή δοκιμή διαμόρφωσης του σε κυλίνδρους 3 mm ρηγματώνεται και θρυμματίζεται, αλλά είναι ακόμη υγρό ώστε να μπορεί και πάλι να μορφωθῇ σε βῶλο.

ε) σκληρό (στερεό) είναι τό έδαφος που ἔχει αποξηρανθῇ και είναι συχνά περισσότερο ανοικτόχρωμο. Δεν μπορεί πιά να πλασθῇ παρά μόνο να θραυσθῇ. Η νέα συμπίεση των θρυμμάτων σε βῶλο είναι αδύνατη.

Οι ἐπόμενοι πίνακες ισχύουν με τή προϋπόθεση ότι τό θεμέλιο δεν θά φορτισθῇ τελείως σε μικρό χρονικό διάστημα.

Γιά πολτώδη και μαλακά συνεκτικά εδάφη δεν είναι δυνατόν να δοθοῦν συγκεκριμένες τιμές.

Οι αναφερόμενες πιέσεις εδάφους οδηγοῦν σε καθιζήσεις θεμελίων ανάλογα με τή ποιότητα τοῦ εδάφους:

καθαρή ἰλύς (πίνακας 3) : 2 cm

έδαφος ανάμεικτων κόκκων (πίνακας 4):	3 cm
άργιλώδης ίλως (πίνακας 5)	: 4 cm
πηλός (πίνακας 6)	: 4 cm .

Σε περίπτωση ούσιαστικής άμοιβαίας άλληλεπίδρασης γειτονικών θεμελίων, οί τιμές τών καθιζήσεων είναι δυνατόν νά αοξάνονται.

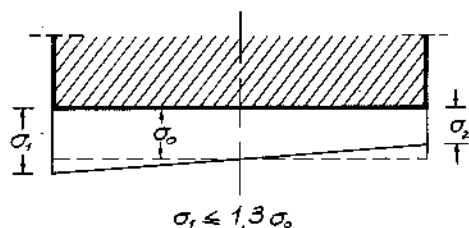
Γιά πλάτη θεμελίων μεταξύ 2,0 καί 5,0m πρέπει νά μειωθοοιν οί τιμές τών πινάκων 3 μέχρι 6 κατά 10%, γιά κάθε μέτρο πρόσθετου πλάτους θεμελίου.

Σε θεμέλια κτισμάτων μικρής σημασίας (όπως π.χ. σταθμοί αοτοκινήτων, όπόστεγα, προσωρινά δομικά έργα κ.ά.) μέ πλάτος $b \geq 0,20$ m καί βάθος θεμελίωσης $t \geq 0,50$ m, μπορεί νά ληφθή καί μιά πρόσθετη έπιτρεπόμενη τάση έδάφους ίση μέ 0,80 kg/cm².

1. 4. 1. Έπαύξηση τών τιμών τών πινάκων 3 μέχρι 6

Οί πιο κάτω έπαυξήσεις τών έπιτρεπομένων μέσων πιέσεων έδάφους, αναφέρονται στίς τιμές τών πινάκων 3 μέχρι 6 καί μποροοιν νά λαμβάνονται:

(α) Σε όρθογωνικά θεμέλια μέ λόγο πλευρών μικρότερο τοο 2 καί στα κυκλικά θεμέλια, έπιτρέπεται οί τιμές τών πινάκων 3 έως 6 νά έπαυξάνονται κατά 20% .



(β) Οί πιέσεις στίς άκμές ή στίς γωνίες θεμελίων, έπιτρέπεται νά έπαυξάνονται κατά 30% τό πολύ άπό τίς τιμές πού δίνονται στοος πίνακες 3 έως 6 μέ τήν προόθεση ότι ή πίεση τοο έδάφους στή θέση τοο κέντρου βάρους τής θλιβόμενης έπιφάνειας (μέση πίεση), δέν όπερβαίνει τίς τιμές τών πινάκων.

Βάθος θεμελίωσης (m)	Έπιτρεπόμενη μέση πίεση έδάφους σε kg/cm ² για θεμέλια σε λωρύδες με πλάτος από 0,5 m μέχρι 2,0 m και πλαστική μέχρι ήμισκληρη σύσταση
0,5	1,3
1,0	1,8
1,5	2,2
2,0	2,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Έδαφος με ανάμεικτους κόκκους που περιέχει κόκκους με μέγεθος πηλοῦ έως άμμου, χαλίκια ή λίθους (π.χ. άμμος, φερτή μάργα, φερτός πηλός).

Βάθος θεμελίωσης (m)	Έπιτρεπόμενη μέση πίεση έδάφους σε kg/cm ² για θεμέλια σε λωρύδες με πλάτος από 0,5 m έως 2,0 m και σύσταση:		
	πλαστική	ήμισκληρη	σκληρή
0,5	1,5	2,2	3,3
1,0	1,8	2,8	3,8
1,5	2,2	3,3	4,4
2,0	2,5	3,7	5,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Άργιλώδης έλγος.

Βάθος θεμελίωσης (m)	Έπιτρεπόμενη μέση πίεση έδάφους σε kg/cm ² για θεμέλια σε λωρύδες με πλάτος από 0,5 m έως 2,0 m και σύσταση:		
	πλαστική	ήμισκληρη	σκληρή
0,5	1,2	1,7	2,8
1,0	1,4	2,1	3,2
1,5	1,6	2,5	3,6
2,0	1,8	2,8	4,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Άργιλος (πηλός)

Βάθος θεμελίωσης (m)	Έπιτρεπόμενη μέση πίεση έδάφους σε kg/cm ² για θεμέλια σε λωρύδες με πλάτος από 0,5 m έως 2,0 m και σύσταση:		
	πλαστική	ήμισκληρη	σκληρή
0,5	0,9	1,4	2,0
1,0	1,1	1,8	2,4
1,5	1,3	2,1	2,7
2,0	1,5	2,3	3,0

Ένδιάμεσες τιμές στους πίνακες, έπιτρέπεται να λαμβάνονται γραμμικά.

1. 4. 2. Μείωση τῶν τιμῶν τῶν πινάκων

Ἄν ἡ ἀπόσταση d μεταξύ ἀνωτάτης στάθμης ὑδάτων καί βάσης θεμελίωσης, εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὸ διπλάσιο τοῦ καθοριστικοῦ πλάτους b τῆς θεμελίωσης ($d < 2b$), πρέπει νὰ μειώνονται καί μάλιστα κατὰ 25% οἱ τιμές τῶν πινάκων 3, 4 καί κατὰ 15% οἱ τιμές τῶν πινάκων 5, 6. Ἐνδιάμεσες τιμές ($\frac{d}{b}$ μεταξύ 0 καί 2) πρέπει νὰ λαμβάνονται γραμμικά.

1. 5. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΜΕΣΕΣ ΤΑΞΕΙΣ (ΠΙΕΣΕΙΣ) ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΒΡΑΧΟ

Ἄν τὸ ἔδαφος ἀποτελεῖται ἀπὸ ὁμοιόμορφο ἀνθεκτικὸ βράχο ἀρκετοῦ πάχους, ἐπιτρέπεται οἱ πιέσεις τοῦ ἔδαφους νὰ λαμβάνονται ἀπὸ τὸν πίνακα 7, ἐφ' ὅσον τὸ πέτρωμα ἐμφανίζει τίς ἀντίστοιχες ἰδιότητες, ἐξασφαλίζεται ἡ μετάδοση τῶν φορτίων σέ βαθύτερα στρώματα καί ἀποκλείεται χειροτέρευση τῶν ἰδιοτήτων τοῦ βράχου ἀπὸ κατασκευαστικὰ μέτρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Βράχος.

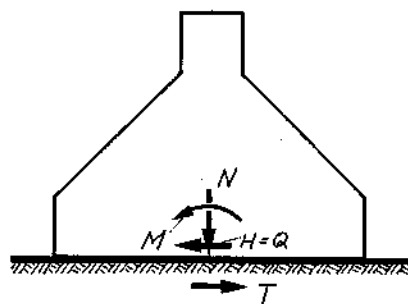
Κατάσταση διάστρωσης	Ἐπιτρεπόμενες πιέσεις ἔδαφους σέ kg/cm^2 γιὰ ἐπιφανειακές θεμελιώσεις καί καταστάσεις πετρωμάτων:	
	Χωρὺς ρωγμές καί καθόλου ἢ λυγρὸ ἀποσάθρωμένο	Με ρωγμές ἢ με ἐμφανῆ ὕψη ἀποσάθρωσης
Βράχος ὁμοιόμορφης στερεᾶς σύνθεσης	40	15
Βράχος ἐναλλασσόμενης διάστρωσης ἢ με ρωγμές	20	10

Ὅταν ὑπάρχει ἀσάφεια στὸν προσδιορισμὸ τῆς καταλληλότητας τοῦ βράχου εἶναι ἀναγκαία ἡ βοήθεια ἐιδικοῦ.

2. ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΠΕΔΙΛΟΥ

Τὸ πέδιλο εἶναι ἀσφαλές σέ ὀλίσθηση, ὅταν ἡ ὀριζόντια συνιστώσα H τῆς ἐξωτερικῆς φόρτισης, εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἐπιτρεπόμενη δύναμη τριβῆς T δηλαδή $H \leq T$ (1)

Ἡ ἐπιτρεπόμενη δύναμη τριβῆς T , εἶναι ἴση μέ τήν κατακόρυφη συνιστώσα τῆς ἐξωτερικῆς φόρτισης N ἐπί τήν ἐφαπτομένη τῆς γωνίας τριβῆς σέ ὀλίσηση, εφφ, διαιρεμένη μέ ἕνα συντελεστή ἀσφαλείας $\gamma = 1,50$, σύμφωνα μέ τό DIN 1054:



$$T = \frac{N \cdot \epsilon\phi\phi}{\gamma},$$

ὁπότε ἡ συνθήκη (I), γράφεται:

$$H \leq \frac{N \cdot \epsilon\phi\phi}{\gamma} \Rightarrow \mu = \frac{H}{N} \leq \frac{\epsilon\phi\phi}{1,50} = \mu_{\epsilon\kappa}$$

Σημειώνεται ὅτι στίς πιά πάνω σχέσεις, δέν ἔχει ληφθῇ ὑπ' ὄψη ἡ εὐνοϊκή ἐπίδραση τῆς συνοχῆς.

Ἡ γωνία τριβῆς σέ ὀλίσηση, δίνεται ἀπό τοῦς πίνακες I, II.

ΠΙΝΑΚΑΣ I Μή συνεκτικά ἐδάφη

	Χαλίμι	Ἀμμοχάλικο	Ἀμμος	Πολύ λεπτῆ ἄμμος
$\varphi (^{\circ})$	34 - 38	31 - 34	26 - 33	16 - 33
$\epsilon\phi\phi$	0,67 - 0,78	0,60 - 0,67	0,49 - 0,65	0,29 - 0,65
$\mu_{\epsilon\kappa}$	0,45 - 0,52	0,40 - 0,45	0,33 - 0,43	0,19 - 0,43

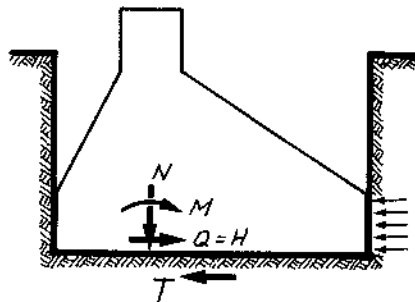
ΠΙΝΑΚΑΣ II Συνεκτικά ἐδάφη

	Καθαρή ἱλύς	Τύρφη ἱλύς ὀργανική ἑλώδη ἐδάφη	Ἀργιλος	Ἀμώδης ἄργιλος
$\varphi (^{\circ})$	0 - 10	12 - 18	10 - 18	16 - 22
$\epsilon\phi\phi$	0 - 0,18	0,21 - 0,32	0,18 - 0,32	0,29 - 0,40
$\mu_{\epsilon\kappa}$	0 - 0,12	0,14 - 0,22	0,12 - 0,22	0,19 - 0,27

Οι πίνακες I, II, πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή, όταν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία.

Παρατηρήσεις

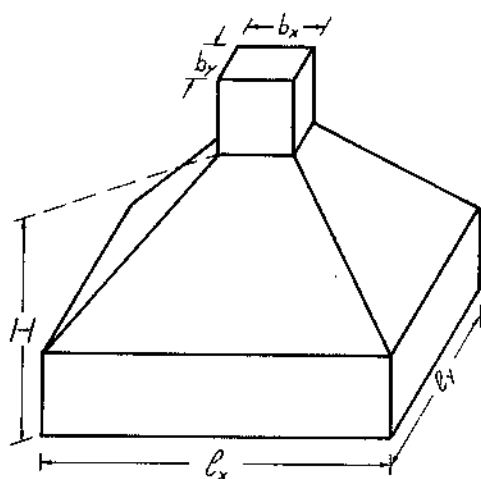
- Όταν $H > T$, δηλαδή ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι μικρότερος από 1,50, η όριζόντια δύναμη πρέπει να παραληφθῇ από συνδετήρια δοκό. Η λύση της συνδετήριας δοκού, πρέπει να χρησιμοποιείται (όταν είναι δυνατόν), ἔστω καὶ ἂν $H \leq T$, γιατί ἐκτός ἀπὸ τῆ μεγαλύτερη ἀσφάλεια πού δίνει γιὰ τὴν ὀλίσθηση, "ὀρθοκεντρώνει" τὸ πέδιλο.
- Εὐνοϊκὸς παράγοντας σὲ θεμέλια κατασκευασμένα σὲ "ἐκσκαφές θεμελίων", εἶναι ἡ πλευρική ἀντίδραση τοῦ ἐδάφους.
- "Όταν τὸ θεμέλιο δέν κατασκευάζεται "ἐπὶ τόπου", δηλαδή εἶναι προκατασκευασμένο, ἡ γωνία τριβῆς ϕ , πού δίνεται στοὺς πίνακες I, II, πρέπει νά πολλαπλασιάζεται ἐπὶ 2/3.
- "Όταν ὑπάρχει ἔνταση καὶ πρὸς τὶς δύο διευθύνσεις, σὴν ὀριζόντια δύναμη, λαμβάνεται $H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΛΑ

1. ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΠΕΔΙΛΑ



Πρακτικά δύσκαμπτο
είναι τό πέδιλο πού έχει
ύψος H :

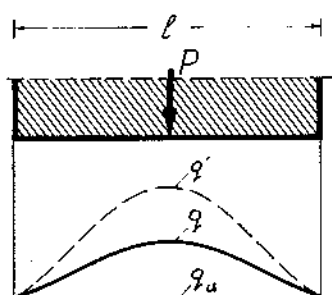
$$H > \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_x - b_x}{4} \\ \frac{l_y - b_y}{4} \end{array} \right\}$$

1. 1. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ (ΠΙΕΣΕΩΝ) ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ

Σέ τέλεια δύσκαμπτα θεμέλια, ή καθίζηση είναι αναγκαστικά
ομοιόμορφη, γι' αυτό ή κατανομή τών πιέσεων του έδάφους στή βά-
ση του θεμελίου είναι αντίστοιχη τής κατανομής του φορτίου πού
χρειάζεται για νά δώσει ομοιόμορφη καθίζηση.

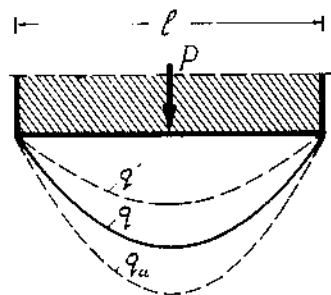
Γιά συνηθισμένη βαθμίδα φόρτισης καί για θεμελιώσεις σέ
λωρίδες μικρού σχετικά πλάτους, ή κατανομή τών πιέσεων του έδά-

φους δίνεται από τις καμπύλες q . Για μικρή βαθμίδα φόρτισης, ή κατανομή των τάσεων είναι q' , ενώ για φόρτιση μέχρι τη θραύση του εδάφους, ή κατανομή των τάσεων είναι η q_u . Για ένδιάμεση κατάσταση εδάφους μεταξύ συνεκτικού και μη συνεκτικού, ισχύει και ένδιάμεση κατανομή των πιέσεων.



Συνεκτικό έδαφος

$$P = \int_0^l q \cdot d\ell$$



Μη συνεκτικό έδαφος

Η κατανομή των πιέσεων του εδάφους τείνει να γίνει ομοιόμορφη, όσο αυξάνεται το πλάτος ή το βάθος της θεμελίωσης.

Επειδή τα δύσκαμπτα θεμέλια παραμένουν επίπεδα (έστω και αν κάμπτονται εκκεντρα), προκύπτει το συμπέρασμα ότι η κατανομή της αντίδρασης του εδάφους είναι γραμμική, αφού η αντίδραση ακολουθεί την καθίζηση που είναι γραμμική.

Πρακτικά, η πραγματική κατανομή της πίεσης του εδάφους αντικαθίσταται από μία ομοιομορφισμένη πίεση σ_0 και ισχύει:

$$\sigma_0 = \frac{P}{l} \text{ /ανά μονάδα μήκους,}$$

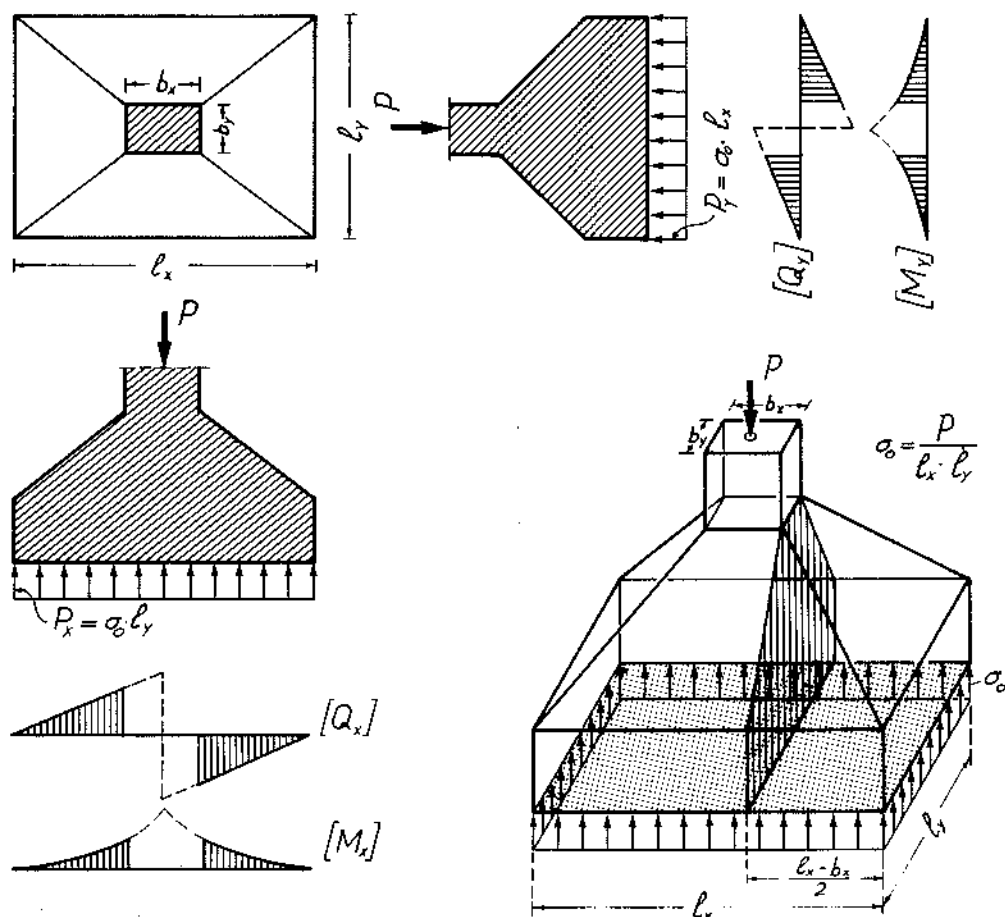
δηλαδή σε ορθογωνικό θεμέλιο διαστάσεων l_x , l_y , είναι

$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y}$$

1. 2. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ

Βασικά, τα δύσκαμπτα πέδιλα συμπεριφέρονται σαν δίσκοι και ο υπολογισμός των τάσεων και των όπλισμών, πρέπει να βασίζεται στη θεωρία των δίσκων.

Στή πράξη, για εύκολία και πάντα προς τή πλευρά της ασφαλείας της κατασκευής, τὰ πέδιλα θεωρούνται πλάκες.



$$Q_x = P_x \cdot \frac{l_x - b_x}{2} = \sigma_0 \cdot l_y \cdot \frac{l_x - b_x}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l_x - b_x}{l_x}$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot P_x \cdot \left(\frac{l_x - b_x}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \sigma_0 \cdot l_y \cdot \left(\frac{l_x - b_x}{2} \right)^2 = \frac{P}{8} \cdot \frac{(l_x - b_x)^2}{l_x}$$

$$Q_y = P_y \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = \sigma_0 \cdot l_x \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l_y - b_y}{l_y}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \cdot P_y \cdot \left(\frac{l_y - b_y}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \sigma_0 \cdot l_x \cdot \left(\frac{l_y - b_y}{2} \right)^2 = \frac{P}{8} \cdot \frac{(l_y - b_y)^2}{l_y}$$

1. 3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

Ἡ θλιβόμενη ζώνη εἶναι τραπεζοειδής μέ βάσεις b, b_1 καί ὕψος x . Ἡ τραπεζοειδής αὐτή θλιβόμενη ζώνη, εἶναι ἰσοδύναμη μέ ὀρθογωνική, μέ πλάτος b_m καί ἴδιο ὕψος x , ὥστε νά δέχονται τήν ἴδια δύναμη θλίψης D_b .

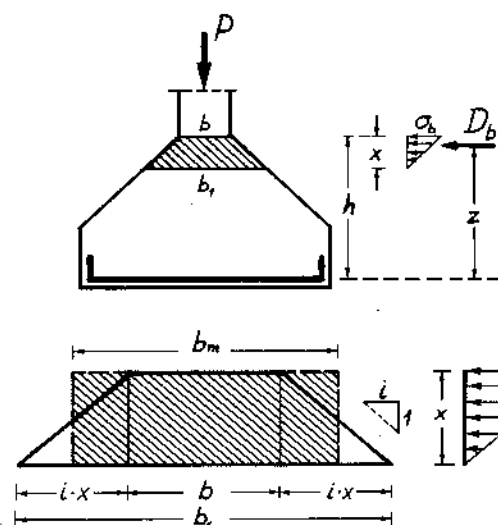
Τραπεζοειδής διατομή:

$$D_b = \frac{1}{2} \cdot b \cdot x \cdot \sigma_b + 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot i \cdot x \cdot x \cdot \sigma_b$$

$$\Rightarrow D_b = \frac{1}{2} \left(b + \frac{2i}{3} \cdot x \right) x \cdot \sigma_b \quad (1)$$

Ἰσοδύναμη ὀρθογωνική διατομή:

$$D_b = \frac{1}{2} \cdot b_m \cdot x \cdot \sigma_b \quad (2)$$



$$(1), (2) \Rightarrow \frac{1}{2} \left(b + \frac{2i}{3} \cdot x \right) x \cdot \sigma_b = \frac{1}{2} \cdot b_m \cdot x \cdot \sigma_b \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b_m = b + \frac{2i}{3} \cdot x.$$

Γιά τόν ὑπολογισμό σέ κάμψη, χρησιμοποιεῖται ἡ μέθοδος K_h , ἐπειδή ἡ διαφορά τῶν μοχλοβραχιόνων τῶν ἐσωτερικῶν δυνάμεων (z) στίς δύο διατομές (τήν τραπεζοειδή καί τήν ὀρθογωνική), εἶναι ἐλάχιστη σέ σχέση μέ τό στατικό ὕψος h . Ἡ λύση φυσικά δέν εἶναι ἀμεση, γιατί δέν εἶναι γνωστό ἀπό τήν ἀρχή τό ὕψος τῆς θλιβόμενης ζώνης x . Γι' αὐτό ὑποτίθεται τιμή

$$x = 0 \Rightarrow b_m = b \Rightarrow K_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{B}}} \Rightarrow K_x \Rightarrow x = x_1$$

καί μέ τήν καινούργια αὐτή τιμή x_1 συνεχίζονται οἱ δοκιμές μέχρι νά συμπέσουν δύο τιμές τοῦ x ἢ τοῦ πλάτους b_m .

Στή πράξη καί πάντα γιά τήν ἀσφάλεια τῆς θεμελίωσης θεωρεῖται ὅτι ἡ κάμψη παραλαμβάνεται ἀπό ὀρθογωνική διατομή μέ ὕ-

ψος h και πλάτος ίσο με τό πλάτος του υποστυλώματος $b < b_m$.

Είναι τότε

$$K_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} > K_h^*,$$

όπου τό K_h^* αντιστοιχεί στις επιτρεπόμενες τάσεις κάμψης των πλακών (πίνακας 1 ή πίνακας 11, Α' τόμου).

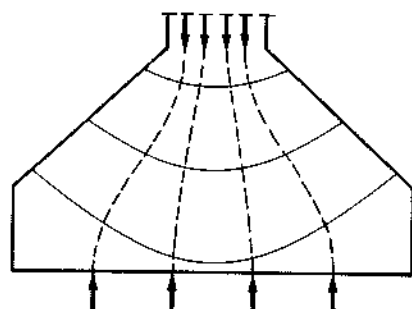
Παρατήρηση

Η άκριβής μέθοδος ύπολογισμού σέ κάμψη είναι αυτή του έλκυστήρα, πού θεωρεί τό πέδιλο σάν δίσκο και δύνει όπλισμό:

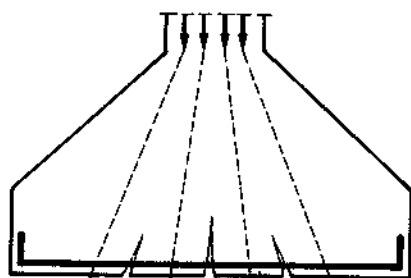
$$F_{e_i} = \frac{P}{8} \cdot \frac{l_i - b_i}{h_i} \cdot \frac{1}{\sigma_e} \quad (i = x, y).$$

Αν συγκριθί ή τιμή αυτή του όπλισμού μέ αυτή πού προκύπτει όταν έφαρ-
μοσθί ή μέθοδος πού προτείνεται πιο πάνω, είναι περίπου ή ίδια.

1. 4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ



Στάδιο I (χωρίς ρηγμάτωση)

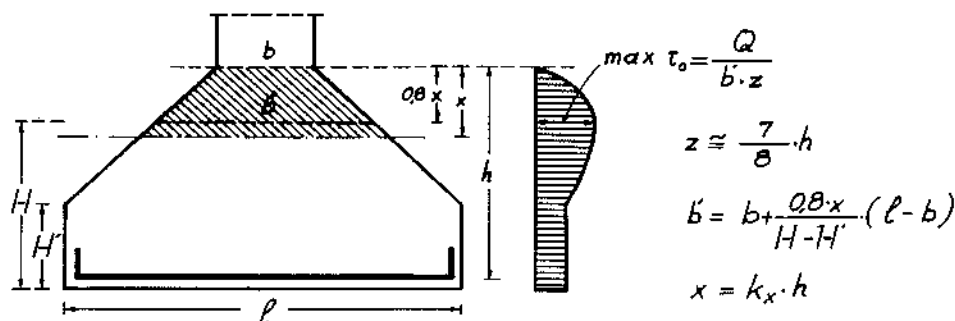


Στάδιο II (μέ ρηγμάτωση)

Τό πέδιλο, είτε εργάζεται στό στάδιο I, είτε στό στάδιο II, έχει πρακτικά όριζόντιες έφελκυστικές τάσεις, συγκεντρωμένες στή βάση του πεδίου και στή περιοχή του όπλισμού. Οί έφελκυστικές αυτές τάσεις (πού τό άθροισμα τους δίνει την έφελκυστική δύναμη κάμψης), παραλαμβάνονται από τόν όπλισμό της βάσης του πεδίου, ενώ οι τέμνουσες δυνάμεις, από τίς κεκλιμένες θλιβόμενες διαγώνιες. Στά δύσκαμπτα πέδιλα δηλαδή, δέν ύπάρχει πρόβλημα διάτμησης.

Παρ' όλα αυτά, για νά ύπάρχει έποπτεία μέ τά γνωστά της τεχνικής μηχανικής και πάντα προς

τή πλευρά της άσφαλείας, γίνεται ή πιο κάτω παραδοχή, πού ισχύει με ακρίβεια στά εδοκαμπτα πέδιλα με κεκλιμένες παρειές.



Η μεγαλύτερη διατμητική τάση, εμφανίζεται σε ύψος περίπου 0,8x από τό λαιμό. Η διατμητική αυτή τάση, πρέπει νά είναι μικρότερη από τήν επιτρεπόμενη, πού λαμβάνεται από τόν πίνακα 1, δηλαδή:

$$\tau_{\max} \leq \epsilon \pi \tau (\epsilon \pi \tau = \tau_{01}) .$$

Παρατηρήσεις

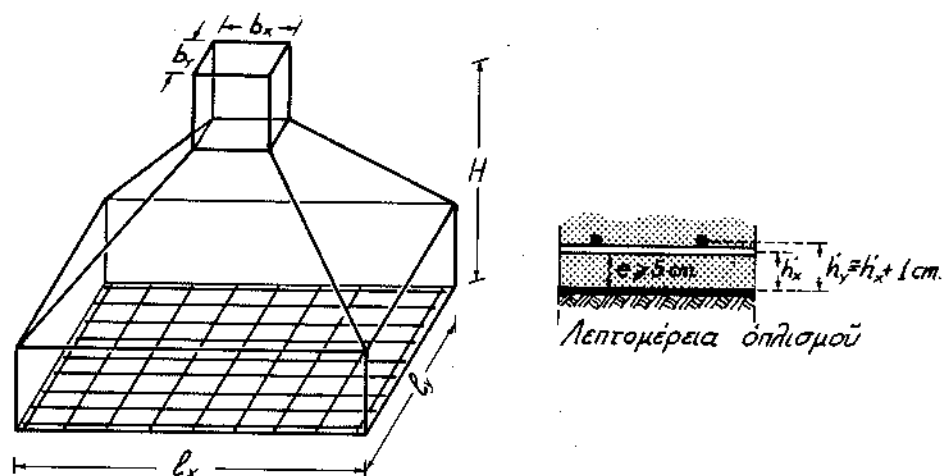
- Στή πραγματικότητα, τό ύψος είναι μεγαλύτερο από 0,8x, αλλά λαμβάνεται αυτό για άσφάλεια.
- Σε όρθογωνισμένο πέδιλο καί γενικά σε όρθογωνική διατομή, ή μεγαλύτερη διατμητική τάση εμφανίζεται στό ύψος της ουδέτερης γραμμής, δηλ. x.

1. 5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

• Τό βάθος της θεμελίωσης, πρέπει νά είναι τουλάχιστον ίσο με 0,80 m, ώστε νά προστατεύεται ή θεμελίωση από τόν παγετό. Καλό είναι, νά λαμβάνεται βάθος θεμελίωσης $t \geq 1,50$ m.

• Τό ύψος του "κουτιού" H', πρέπει νά είναι τουλάχιστον ίσο με τό ένα τρίτο του ύψους H του πεδύλου καί όπωσδήποτε μεγαλύτερο από 20 cm:

$$H' \geq \max \left\{ \begin{array}{l} H/3 \\ 20 \text{ cm} \end{array} \right\}$$



• Η επικάλυψη e του όπλισμού, πρέπει νά είναι τουλάχιστον 5 cm, όταν τό πέδιλο ἐδράζεται ἀπ'εὐθείας στό ἔδαφος, ἐνῶ μπορεῖ νά εἶναι μικρότερη, όταν παρεμβάλλεται ἐξομαλυντική στρώση ἀπό σκυρόδεμα. Ἀπ' εὐθείας ἐδραση στό ἔδαφος ἐπιτρέπεται, μόνο ὅταν τό ἔδαφος εἶναι καλῆς ποιότητος καί δέν ὑπάρχει ἐντονη ὑγρασία.

• Ἄν οἱ ράβδοι τοῦ όπλισμοῦ εἶναι λεῖτες, ὅπως στό χάλυβα ποιότητος St I, χρειάζεται καλή ἀγκύρωση (π.χ. κάμψη στίς ἄκρες).

• Ὁ ἐλάχιστος όπλισμός πού πρέπει νά χρησιμοποιεῖται σέ κάθε κατεύθυνση, εἶναι $\phi 10/15$.

• Οἱ ράβδοι τοῦ όπλισμοῦ ἐπιτρέπεται νά τοποθετοῦνται σέ πυκνότερη διάταξη στίς μεσαῖες λωρίδες τῶν δύο διευθύνσεων τοῦ πεδίου ἀπ' ὅτι στίς ἄκρες, μέ τόν ἴδιο ὅμως συνολικό όπλισμό.

1. 6. ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σέ κάθε πρόβλημα ὑπολογισμοῦ κεντρικοῦ πεδίου, δίνεται τό φορτίο P καί οἱ διαστάσεις b_x , b_y τοῦ ὑποστυλώματος, ἐνῶ ἔχουν ἐκλεγεῖ ἡ ποιότητα τῶν ὑλικῶν (σκυροδέματος - χάλυβα) καί ἡ ἐπι-

τρεπόμενη τάση του εδάφους. Ζητούνται οι διαστάσεις l_x, l_y , το ύψος H και ο αναγκαίος όπλισμός του πεδίλου. Η πορεία που ακολουθείται για τον υπολογισμό του πεδίλου, είναι η πιο κάτω:

Α. Προεκτίμηση

Από τη σχέση

$$\varepsilon_{\sigma_0} = \frac{P}{l_x \cdot l_y} \Rightarrow l_x \cdot l_y = \frac{P}{\varepsilon_{\sigma_0}} .$$

Εκλέγεται στην αρχή η σχέση $l_x = l_y = l$, οπότε $l = \sqrt{\frac{P}{\varepsilon_{\sigma_0}}}$ και στη τιμή αυτή αφήνεται κάποιο περιθώριο για το βάρος G του πεδίλου. Γι' αυτή τη τιμή του l , από τον πίνακα III, προκύπτει μία τιμή για τους συντελεστές α_1, α_2 . Είναι

$$h = \alpha_1 \cdot P \Rightarrow H \geq h + 0,06,$$

ΠΙΝΑΚΑΣ III

Προεκτίμηση ύψους και βάρους πεδίλου, για περίπου τετραγωνικά υποστυλώματα και πέδιλα

B 160

Μήκος $l(m)$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	$h^{(m)} = \alpha_1 \cdot P(t)$ $G(t) = \alpha_2 \cdot H^{(m)}$
α_1	0,014	0,011	0,009	0,007	0,006	0,005	0,005	
α_2	1,60	3,50	6,20	9,60	13,70	18,60	24,10	

Οι τιμές του συντελεστή α_1 , ισχύουν για ποιότητα σκυροδέματος B160. Για B225, η τιμή του συντελεστή α_1 , που προκύπτει από τον πίνακα III, πολλαπλασιάζεται επί 0,85 και για B300 επί 0,80.

Όταν τα υποστυλώματα είναι έντονα ορθογωνικά, η προεκτίμηση με βάση τον πίνακα III, οδηγεί σε σφάλματα.

οπότε το ίδιο βάρος G του πεδίλου είναι $G = \alpha_2 \cdot H$. Εκλέγονται οι διαστάσεις l_x, l_y ανάλογα με τις ανάγκες του προβλήματος (π.χ. επιδίωξη ίσων προβόλων) και ελέγχεται η τάση του εδάφους με φορτίο $P_{ολ} = P + G$.

B. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

Ελέγχεται η τάση του εδάφους $\sigma_0 = \frac{P_{o\lambda}}{I_x \cdot I_y}$, αν είναι μικρότερη από την $\varepsilon\sigma_0$.

2. Στατική επίλυση

Υπολογίζονται οι ροπές και οι τέμνουσες δυνάμεις του πεδίου προς τις δύο διευθύνσεις, σύμφωνα με την παράγραφο 1.2.

3. Έλεγχος σέ κάμψη

Γίνεται ο έλεγχος προς τις δύο διευθύνσεις με διατομές $b_x \cdot h_y$, $b_y \cdot h_x$, ώστε

$$K_{hx} = \frac{h_x}{\sqrt{\frac{M_x}{b_y}}} \quad , \quad K_{hy} = \frac{h_y}{\sqrt{\frac{M_y}{b_x}}} > K_h^* ,$$

όπου τό K_h^* προκύπτει από τον πίνακα 2, αφού ληφθούν οι έπιτροπόμενες τάσεις χάλυβα και σκυροδέματος από τον πίνακα 1.

4. Έλεγχος σέ διάτμηση

Γίνεται ο έλεγχος με διατομή $b' \cdot h$, σύμφωνα με την παράγραφο 1.4, προς τή δυσμενέστερη διεύθυνση, πού συνήθως φαίνεται εύκολα.

5. Όηλισμός

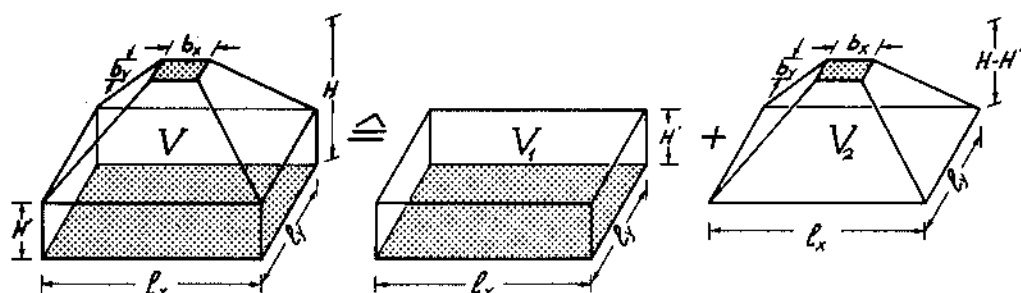
Από τις τιμές των K_{hx} , K_{hy} , προκύπτουν από τον πίνακα 2, οι συντελεστές K_{ex} , K_{ey} , όπότε:

$$F_{ex} = K_{ex} \cdot \frac{M_x}{h_x} \text{ (cm}^2\text{)} \quad \eta \quad f_{ex} = \frac{F_{ex}}{I_y} \text{ (}\frac{\text{cm}^2}{\text{m}}\text{)}$$

$$F_{ey} = K_{ey} \cdot \frac{M_y}{h_y} \text{ (cm}^2\text{)} \quad \eta \quad f_{ey} = \frac{F_{ey}}{I_x} \text{ (}\frac{\text{cm}^2}{\text{m}}\text{)}$$

*Από το πίνακα 3, εκλέγεται ο συνδυασμός των όπλισμών.

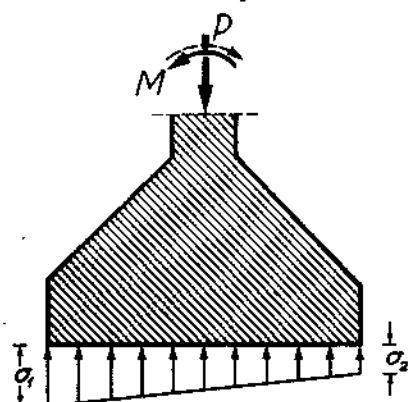
Γ. Όγκος πεδίου



Ο όγκος του πεδίου είναι:

$$V = V_1 + V_2 = l_x \cdot l_y \cdot H' + \frac{H - H'}{4} \left[(l_x + b_x) \cdot (l_y + b_y) + \frac{1}{3} (l_x - b_x) \cdot (l_y - b_y) \right]$$

Δ. Πέδιλα με καταπόνηση σεισμού



$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y} < \epsilon \pi \sigma_0, \quad e = \frac{M}{P}$$

$$\sigma_1 = \sigma_0 \left(1 + \frac{e \cdot \sigma_0}{\rho} \right) < \epsilon \pi \sigma_1$$

$$\sigma_2 = \sigma_0 \left(1 - \frac{e \cdot \sigma_0}{\rho} \right) \geq 0$$

(Αν $\sigma_2 < 0$, βλέπε κεφ III §1.2.5 & §1.3)

Παρατήρηση

Κανονικά ή ένταση λόγω σεισμού (όπως σε κάθε ένταση), συνεχίζεται και μέσα στο πέδιλο μέχρι το έδαφος. Η ροπή κάμψης τότε στη βάση είναι μεγαλύτερη από αυτή στο λαιμό του πεδύλου. Αν όμως ληφθεί υπ' όψη η ένδοτικότητα του έδαφους, η ροπή αυτή μειώνεται σημαντικά (βλέπε κεφ. III), γι' αυτό για απλούστευση των υπολογισμών στο έδαφος λαμβάνονται τα έντατικά μεγέθη του λαιμού του πεδύλου.

Ο σεισμός είναι μία έκτακτη καταπόνηση, που προκαλεί ένταση προς όλες τις διευθύνσεις. Η κατάσταση, όμως που κυριαρχεί είναι η μόνιμη και αυτή πρέπει να εξετάζεται κατά κύριο λόγο. Σε ήρεμη κατάσταση, η τάση του εδάφους σ_0 δεν πρέπει να ξεπερνά την επιτρεπόμενη τάση $\varepsilon_{\sigma 0}$.

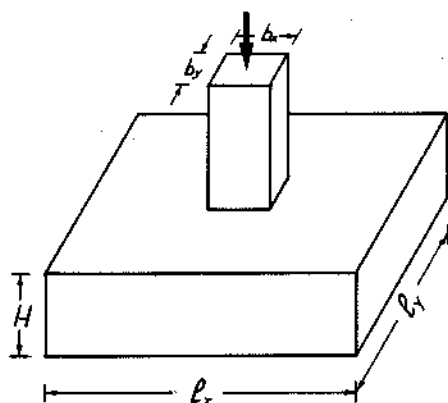
Στη καταπόνηση με σεισμό, επιτρέπεται να λαμβάνονται οι επιτρεπόμενες τάσεις μεγαλύτερες κατά 20% ή πράγμα περίπου το ίδιο, οι εντάσεις μικρότερες κατά 20%. Για το έδαφος και συγκεκριμένα για την επιτρεπόμενη τάση στην άκμή του πεδίου, επιτρέπεται να λαμβάνεται επαύξηση κατά 20% λόγω σεισμού και κατά 30% λόγω άκμης (πάντα η μέση τάση πρέπει να είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη, κεφ. I § 1.3.3 και § 1.4.1), οπότε συνολικά:

$$\varepsilon_{\sigma 1} = 1,50 \cdot \varepsilon_{\sigma 0}$$

Στο όπλισμένο σκυρόδεμα, οι επιτρεπόμενες τάσεις επιτρέπεται να επαυξάνονται κατά 20%, για εύκολία όμως λαμβάνονται εντατικά μεγέθη μικρότερα κατά 20%.

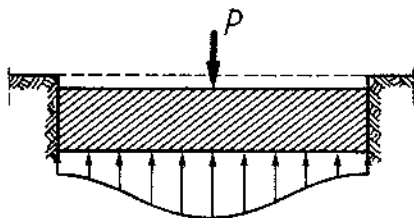
$$M_{\text{υπολογ.}} = \max \left| \frac{M}{\frac{M_{\text{σεισμοϋ}}}{1,20}} \right|, \quad Q_{\text{υπολογ.}} = \max \left| \frac{Q}{\frac{Q_{\text{σεισμοϋ}}}{1,20}} \right|$$

2. ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΠΕΔΙΛΑ



Ευκαμπτο, είναι τό πέδιλο που έχει μικρό ύψος H σε σχέση με τις διαστάσεις l_x , l_y και οριζόντια την πάνω επιφάνεια.

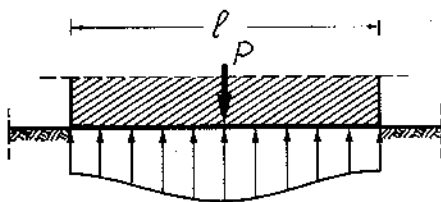
2. 1. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ



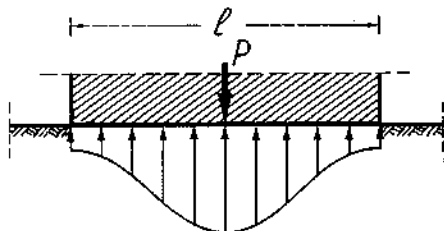
Σχήμα (α)

Στά εύκαμπτα πέδιλα, ή καθίζηση δέν είναι όμοιόμορφη, όπως στά δύσκαμπτα, αλλά μειώνεται από τόν άξονα τοῦ πεδίου πρὸς τά άκρα, γι' αυτό καί ή αντίδραση (πίεση) τοῦ έδάφους, μειώνεται από μία μέγιστη τιμή στό κέντρο τοῦ πεδίου μέχρι μία ελάχιστη στά άκρα.

Αν τό πέδιλο είναι πολύ εύκαμπτο, υπάρχει περίπτωση νά άνυψωθοῦν τά άκρα, ὁπότε ή πίεση τοῦ έδάφους μηδενίζεται εκεί. Σέ μαλακά έδάφη, ή καθίζηση τείνει νά γίνει όμοιόμορφη, ὁπότε ή κατανομή της πίεσης τοῦ έδάφους έχει τή μορφή τοῦ Σχ. (β). Επίσης, ὅσο μεγαλύτερο είναι τό πλάτος τοῦ θεμελίου καί ὅσο πιά άσυμπέστο είναι τό έδαφος, τόσο ή άνομοιομορφία της κατανομής της πίεσης τοῦ έδάφους γίνεται πιά έντονη (Σχ. γ).



Σχήμα (β)



Σχήμα (γ)

Πάντως γιά τό ίδιο φορτίο P καί τό ίδιο πλάτος l , ή μέγιστη ροπή κάμψης (ή πραγματική) είναι μικρότερη στό εύκαμπτο πέδιλο άπ' ὅτι στό άκαμπτο, γεγονός πού αύξάνει τό συντελεστή άσφαλείας τοῦ έδάφους.

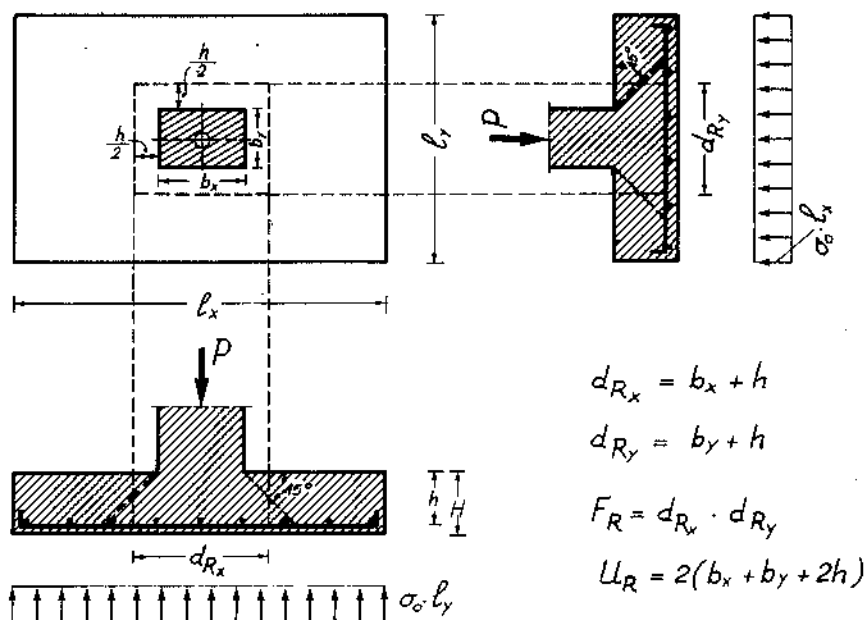
Στή πράξη, ή πραγματική κατανομή της πίεσης τοῦ έδάφους, άντικαθιστάται από μία όμοιομορφισμένη πίεση σ_0 , πού είναι:

$$\sigma_0 = \frac{P}{l} \text{ /ανά μονάδα μήκους,}$$

δηλαδή στό ὀρθογωνικό θεμέλιο μέ διαστάσεις l_x, l_y είναι

$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y}$$

2. 2. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ



Παρατήρηση

- Σύμφωνα με τον κανονισμό, στον τύπο $u_R = 2(b_x + b_y + 2h)$, ή μεγαλύτερη πλευρά του υποστυλώματος, δεν επιτρέπεται να λαμβάνεται περισσότερο από 1,5 φορά τη μικρότερη (δηλ. για $b_x \cdot b_y = 30 \times 50$)

$$u_R = 2(b_x + b'_y + 2h) = 2(0,30 + 0,45 + 2h).$$

Οι καθοριστικές διατμητικές τάσεις για την ασφάλεια της πλάκας θεμελίωσης είναι οι τάσεις διάτρησης, που εμφανίζονται σε μία διατομή γύρω από το υποστύλωμα και σε απόσταση $\frac{h}{2}$ από τις παρειές του. Η τέμνουσα δύναμη διάτρησης Q_R , που αντιστοιχεί σ'αυτή τη διατομή, είναι:

$$Q_R = P - \sigma_o \cdot F_R.$$

$$M_x = \frac{1}{2} \sigma_o \left(\frac{l_x - b_x}{2} \right)^2 l_y = \frac{P}{8} \frac{(l_x - b_x)^2}{l_x}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \sigma_0 \left(\frac{l_y - b_y}{2} \right)^2 l_x = \frac{p}{8} \frac{(l_y - b_y)^2}{l_y}$$

2. 3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

Η κάμψη παραλαμβάνεται από μια όρθογωνική διατομή με πλάτος l και ύψος h . Είναι τότε:

$$K_{hx} = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_x}{l_y}}} > K_h^* , \quad K_{hy} = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_y}{l_x}}} > K_h^* ,$$

όπου τό K_h^* αντιστοιχεί στις επιτρεπόμενες τάσεις των πλακών (πίνακας 1).

2. 4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Η διατομή του "κώνου" που αντιδρά έχει διαστάσεις d_{R_x}, d_{R_y} . Η μέγιστη διατμητική τάση διάτρησης, είναι:

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R \cdot z} , \quad z = \frac{7}{8} h .$$

Αν $\tau_R < \tau_{011}$, δέν χρειάζεται όπλισμός διάτρησης.

Αν $\tau_{011} \leq \tau_R \leq \tau_{01}$, χρειάζεται μειωμένος όπλισμός, ίσος μέ $0,75 F_{eR}$.

Αν $\tau_{01} \leq \tau_R \leq \tau_{02}$, χρειάζεται όπλισμός F_{eR} .

Αν $\tau_R > \tau_{02}$, χρειάζεται αλλαγή των διαστάσεων του πεδίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

	B160	B225	B300
τ_{011}	4,00	4,50	5,00
τ_{01}	6,00	6,75	7,50
τ_{02}	8,00	9,00	10,00

Ο πίνακας αυτός ισχύει με την προϋπόθεση ότι οι ράβδοι του όπλισμού κάμψης εκτείνονται σ' όλο το μήκος του πεδίου και σε μία στρώση για κάθε διεύθυνση.

Ακόμη το ύψος της πλάκας πρέπει να είναι $H \leq 60 \text{ cm}$.

Για μεγαλύτερα ύψη πεδίων πρέπει να λαμβάνονται τιμές τ_{011} πολύ μικρότερες.

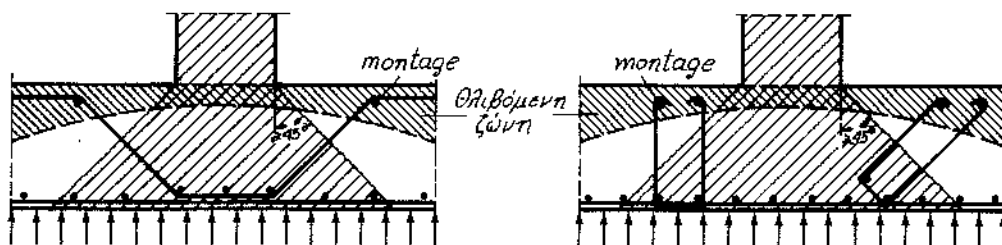
Ο όπλισμός διάτρησης, όταν χρειάζεται, δίνεται από τη σχέση:

$$F_{eR} = \frac{Q_R}{\epsilon \rho \sigma_e}$$

Για κεκλιμένες ράβδους ή κεκλιμένους συνδετήρες με γωνία 45° , θεωρητικά, ο όπλισμός πρέπει να μειώνεται σύμφωνα με το συντελεστή $\frac{1}{\sqrt{2}}$. Η μείωση αυτή πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή.

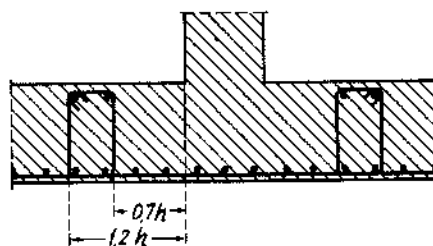
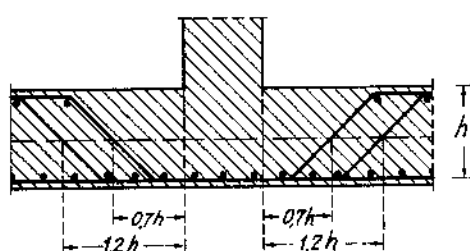
2. 5. ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο όπλισμός κάμψης είναι $F_e = K_e \cdot \frac{M}{h}$, σύμφωνα με τα γνωστά. Εκεί που χρειάζεται μεγάλη προσοχή, είναι στον υπολογισμό και πρό πάντων στη διάταξη του όπλισμού διάτρησης. Η θραύση του πεδίου εξ αιτίας των διατμητικών τάσεων διάτρησης, γίνεται με γωνία $> 45^\circ$ ως προς τον άξονα του υποστυλώματος και έχει τη μορφή κώνου. Ο όπλισμός που τοποθετείται, πρέπει να "συρράπτει", τον "κώνο" θραύσης με τη θλιβόμενη ζώνη.



2. 6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

- Ο όπλισμός κάμψης πρέπει να τοποθετείται πυκνότερος στην περιοχή του υποστύλματος.
- Το ύψος του πεδίου H , πρέπει να είναι τουλάχιστον 20 cm.
- Η απλούστερη και οικονομικότερη εξασφάλιση σε διάτρηση, είναι η εκλογή άρκετου ύψους H .
- Ο όπλισμός διάτρησης, μπορεί να διατάσσεται, είτε με τη μορφή κεκλιμένων ράβδων, είτε με τη μορφή κλωβοῦ συνδετήρων, σε αποστάσεις μεταξύ τους 10 έως 15 cm.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΑΣΚΗΣΗ 1

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μέ διατομή 35×35 καί φορτίο $P = 80,0 \text{ t}$. Νά σχεδιασθῇ τό πέδιλο σέ κάτοψη καί τομή καί νά γίνεи προμέτρηση τῶν ὑλικῶν.

Δίνονται: Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon\sigma_0 = 2,50 \text{ Kg/cm}^2$.

Υλικά: B225, St III.

Λύση

A. Προεκτίμηση

$$\text{Ἀπό τή σχέση} \quad \epsilon\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y} \quad \text{γιά} \quad l_x = l_y = l \quad \Rightarrow$$

$$l = \sqrt{\frac{P}{\epsilon\sigma_0}} = \sqrt{\frac{80,0}{25,0}} \approx 1,80 \text{ m.}$$

Γιά $l = 1,80$ λαμβάνεται (πίνακας III) $\alpha_1 = 0,010$ καί $\alpha_2 = 5,10$.

Γιά B225 ὁ συντελεστής α_1 πολλαπλασιάζεται ἐπὶ 0,86, ἄρα:

$$h = 0,86\alpha_1 P = 0,86 \cdot 0,010 \cdot 80,0 = 0,69 \text{ m} \quad \Rightarrow$$

$$H \geq 0,69 + 0,06 = 0,75 \text{ m.}$$

Λαμβάνεται $H = 0,75 \text{ m}$ καί $H' = 0,25 \text{ m}$, ὁπότε:

$$G = \alpha_2 H = 5,10 \cdot 0,75 = 3,80 \text{ t} \quad \text{καί} \quad P_{0\lambda} = P + G = 80,0 + 3,80 \approx 84,0 \text{ t.}$$

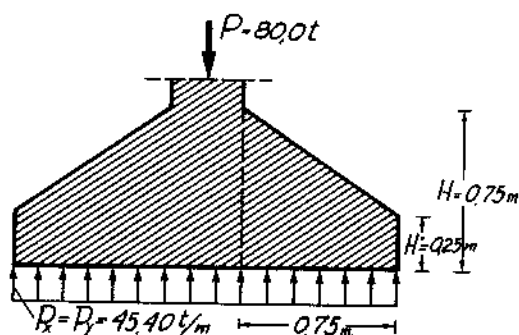
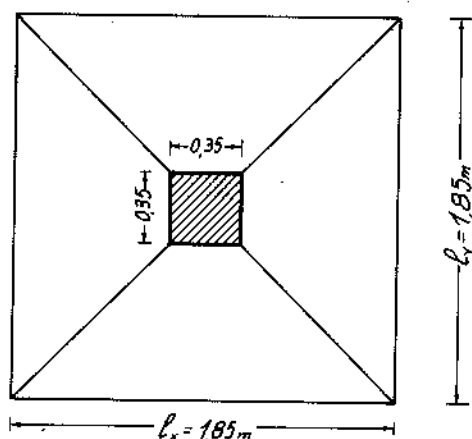
Γιὰ $P_{ολ} = 84,0 \text{ t}$ προκύπτει $l_x = l_y = l = \sqrt{\frac{84,0}{25,0}} = 1,83 \text{ m}$.
 Λαμβάνεται $l_x = l_y = 1,85 \text{ m}$.

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{84,0}{1,85 \cdot 1,85} = 24,54 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < \epsilon\pi\sigma_0 = 25,0 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = P_y = \sigma_0 l = 24,54 \cdot 1,85 = 45,40 \text{ t/m}$$

$$Q_x = Q_y = p \frac{1-b}{2} = 45,40 \cdot 0,75 = 34,05 \text{ t}$$

$$M_x = M_y = p \left[\frac{(1-b)}{2} \right]^2 = 45,40 \cdot \frac{0,75^2}{2} = 12,77 \text{ tm.}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\epsilon\pi\sigma_b}{\epsilon\pi\sigma_e} = \frac{80}{2400} \quad (\text{πίνακας 1}),$$

$$K_h^* = 9,2 \quad (\text{πίνακας 2}).$$

Λαμβάνεται

$$h_x = h_y = 0,75 - 0,07 = 0,68 \text{ m}$$

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{68}{\sqrt{\frac{12,77}{0,35}}} = 11,3 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,28,$$

$$K_e = 0,46 \quad (\text{πίνακας 2})$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

$$Q = 34,05 \text{ t}, \quad h = 0,68 \text{ m}$$

$$K_x = 0,28 \Rightarrow x = 0,28 \cdot 0,68 = 0,19 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b' = b + \frac{0,8x}{H-H'}(1-b) = 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,19}{0,75-0,25}(1,85-0,35) = 0,81 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Άρα } \tau &= \frac{Q}{\frac{7}{8} h b'} = \frac{34,05}{\frac{7}{8} \cdot 0,68 \cdot 0,81} = 70,70 \text{ t/m}^2 = 7,07 \text{ Kg/cm}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = \\ &= 9,0 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{πίνακας 1}). \end{aligned}$$

5. Όπλισμός

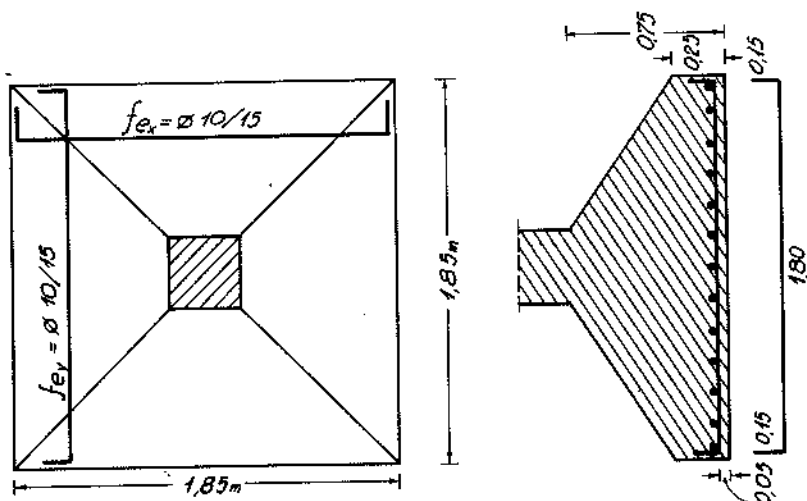
$$F_{e_x} = F_{e_y} = K_e \frac{M}{h} = 0,46 \cdot \frac{12,77}{0,68} = 8,64 \text{ cm}^2 \quad \eta$$

$$f_{e_x} = f_{e_y} = \frac{8,64}{1,85} = 4,67 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός:

$$f_{e_x} = f_{e_y} = \phi 10/15 \quad (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ πίνακας 3}).$$

6. Σχεδίαση όπλισμού



7. Προμέτρηση υλικών

α. Σκυρόδεμα

$$\begin{aligned}
 V &= H' l_x l_y + \frac{H-H'}{4} [(l_x + b_x)(l_y + b_y) + \frac{1}{3}(l_x - b_x)(l_y - b_y)] = \\
 &= 0,25 \cdot 1,85 \cdot 1,85 + \frac{0,75 - 0,25}{4} [(1,85 + 0,35)(1,85 + 0,35) + \\
 &+ \frac{1}{3}(1,85 - 0,35)(1,85 - 0,35)] = 1,55 \text{ m}^3.
 \end{aligned}$$

($G = 1,55 \cdot 2,40 = 3,72 \text{ t} \approx 3,80 \text{ t}$ πού βρέθηκαν στην προεκτίμηση).

β. Σίδηρος

Πρός κάθε διεύθυνση χρειάζονται $\frac{1,85}{0,15} = 12,3$ ράβδοι. Λαμβάνονται $n = 13$ ράβδοι.

Διεύθυνση x: $L = n \cdot l = 13 \cdot 2,10 = 27,30 \text{ m}$

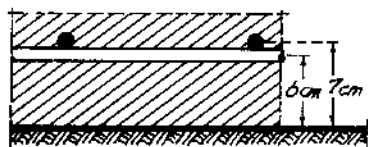
Για σίδηρο $\Phi 10$ προκύπτει (από τον πίνακα 1, τόμος Α') βάρος $0,617 \text{ Kg/m} \Rightarrow G_x = 27,30 \cdot 0,617 = 16,84 \text{ Kg}$.

Διεύθυνση y: $G_y = G_x = 16,84 \text{ Kg}$.

Άρα $G_{ολ} = G_x + G_y = 2 \cdot 16,84 = 33,70 \text{ Kg}$.

Παρατηρήσεις

- Στην πραγματικότητα είναι $h_x = 0,75 - 0,06 = 0,69 \text{ m}$ και $h_y = 0,75 - 0,07 = 0,68 \text{ m}$ ή αντίστροφα. Έπειδή όμως είναι δύσκολο να προσδιορισθεί από την αρχή η διεύθυνση προς την οποία θα τοποθετηθεί ο κάθε όπλισμός (κατά τη κατασκευή), λαμβάνεται ένα το h , το δυσμενέστερο.



- Σε κάθε δομικό στοιχείο χαρακτηριστική είναι η περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε σίδηρο (σε Kg/m^3). Στα πέδιλα η περιεκτικότητα σε σίδηρο

δηρο είναι μικρότερη από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Σ' αυτό τό πέδυλο

$$\text{είναι: } \frac{33,70}{1,55} = 21,7 \text{ Kg/m}^3.$$

- Στις άσκήσεις έξυπηρετετ ή χρησιμοκόηση τοϋ μέτρου (m), σάν μονάδας μήκοις καί τοϋ τόννου (t) σάν μονάδας βάρους.

$$\text{Είναι } 1 \text{ Kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2.$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Νά ύπολογισθ ή θεμελίωση ύποστυλώματος μέ διατομή 50×40 καί φορτίο $P = 120,0 \text{ t}$.

Δίνονται: Έπιτρεπόμενη τάση έδάφους: $\text{επσο} = 3,00 \text{ Kg/cm}^2$

Υλικά: B160, St I.

Λύση

A. Προεκτίμηση

$$\text{Από τή σχέση } \text{επσο} = \frac{P}{l_x \cdot l_y}, \text{ για } l_x = l_y = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 = \sqrt{\frac{120,0}{30,0}} = 2,0 \text{ m.}$$

$$\text{Γιά } l = 2,0 \text{ m} \Rightarrow \alpha_1 = 0,009, \quad \alpha_2 = 6,20 \text{ (Πίνακας III).}$$

$$\text{Είναι } h = \alpha_1 P = 0,009 \cdot 120,0 = 1,08 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H \geq 1,08 + 0,07 = 1,15 \text{ m.}$$

$$\text{Λαμβάνεται } H = 1,15 \text{ m καί } H' = 0,40 \text{ m}$$

Τό βάρος τοϋ πεδίλου είναι:

$$G = \alpha_2 H = 6,20 \cdot 1,15 = 7,13 \text{ t} \approx 7,50 \text{ t}$$

$$\text{Άρα } P_{o\lambda} = P + G = 120,0 + 7,5 = 127,5 \text{ t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l_x l_y = \frac{127,5}{30,0} = 4,25 \text{ m}^2.$$

Γιά να προκύπτουν ίσοι πρόβολοι, προς τις δύο διευθύνσεις, πρέπει :

$$l_x - l_y = b_x - b_y = 50 - 40 = 10 \text{ cm.}$$

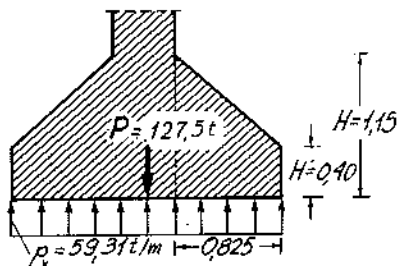
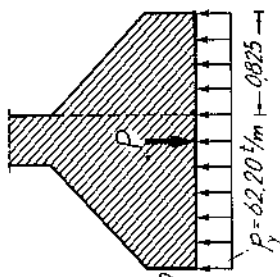
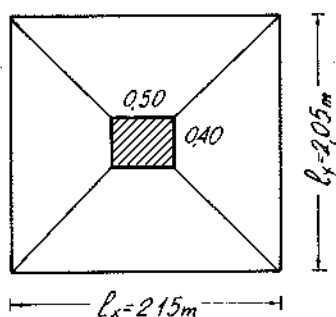
Λαμβάνεται $l_x = 2,15 \text{ m}$ και $l_y = 2,05 \text{ m}$.

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{127,50}{2,15 \cdot 2,05} = 28,93 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0 = 30,0 \text{ t/m}^2$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = \sigma_0 l_y = 28,93 \cdot 2,05 = 59,31 \text{ t/m}$$

$$P_y = \sigma_0 l_x = 28,93 \cdot 2,15 = 62,20 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 59,31 \cdot 0,825 = 48,93 \text{ t}$$

$$M_x = 59,31 \cdot \frac{0,825^2}{2} = 20,18 \text{ tm}$$

$$Q_y = 62,20 \cdot 0,825 = 51,32 \text{ t}$$

$$M_y = 62,20 \cdot \frac{0,825^2}{2} = 21,17 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\epsilon \pi \sigma_b}{\epsilon \pi \sigma_e} = \frac{60}{1400}, \quad K_h^* = 9,9 \text{ (πίν. 1 και 2),}$$

$$h_x = h_y = h = 1,15 - 0,07 = 1,08 \text{ m.}$$

$$K_{hx} = \frac{108}{\sqrt{\frac{20,18}{0,40}}} = 15,2 > 9,9 \Rightarrow K_x = 0,27, \quad K_e = 0,79$$

$$K_{hy} = \frac{108}{\sqrt{\frac{21,17}{0,50}}} = 16,6 > 9,9 \Rightarrow K_x = 0,25, \quad K_e = 0,78$$

4. Έλεγχος σέ διάτμηση

Δυσμενέστερη διεύθυνση είναι αυτή προς την οποία αντιδρά ή μικρότερη διατομή υποστυλώματος, δηλ. η διεύθυνση x:

$$Q_x = 48,93 \text{ t}, \quad h = 1,08 \text{ m}, \quad x = K_x \cdot h = 0,27 \cdot 1,08 = 0,29 \text{ m} \Rightarrow$$

$$b'_y = b_y + \frac{0,8x}{H-H'}(l_y - b_y) = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,29}{1,15 - 0,40}(2,05 - 0,40) = 0,91 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{Q_x}{\frac{7}{8} h b'_y} = \frac{48,93}{\frac{7}{8} \cdot 1,08 \cdot 0,91} = 56,9 \text{ t/m}^2 < 80,0 \text{ t/m}^2 = \text{επτ (πίν. 1)}.$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,79 \cdot \frac{20,18}{1,08} = 14,76 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{14,76}{2,05} = 7,20 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = \Phi 10/10 \quad (= 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ πίνακας 3}).$$

$$F_{e_y} = 0,78 \cdot \frac{21,17}{1,08} = 15,29 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{15,29}{2,15} = 7,11 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_y} = \Phi 10/11 \quad (= 7,18 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατηρήσεις

- Σε ορθογωνικά υποστυλώματα οι διαστάσεις των πεδύλων λαμβάνονται έτσι ώστε να προκύπτουν κατά τύς δύο διευθύνσεις περίπου ίσοι πρόβολοι, δηλ.

$$\frac{l_x - b_x}{2} = \frac{l_y - b_y}{2} \Rightarrow l_x - l_y = b_x - b_y.$$

- Όταν λαμβάνονται ίσοι πρόβολοι, προκύπτουν ίσοι όπλισμού στο μέτρο μήκους.

ΑΣΚΗΣΗ 3

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση υποστυλώματος μέ διατομή 60×40 καί φορτίο $P = 215,0 \text{ t}$, σέ ἔδαφος ἀργιλιῶδες σέ ἡμίσηληρη κατά-

σταση.

Δίνονται: Βάθος θεμελίωσης $t = 2,50 \text{ m}$.

Υλικά: B300, St III.

Λύση

A. Προεκτίμηση

Η επιτρεπόμενη τάση του έδαφους είναι $\epsilon\pi\sigma_0 = 2,30 \text{ Kg/cm}^2$ (πίνακας 6, ΚΕΦ. Ι). Επειδή ο λόγος των πλευρών του πεδίου προβλέπεται να είναι μικρότερος του 2, επιτρέπεται να αύξηθῇ ἡ επιτρεπόμενη τάση κατά 20% (ΚΕΦ. Ι, § 1.4.1), δηλ.

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 1,20 \times 2,30 = 2,76 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{Γιὰ } l_x = l_y = l \Rightarrow l = \sqrt{\frac{215,0}{27,6}} = 2,80 \text{ m}.$$

Από τόν πίνακα III λαμβάνονται

$$\alpha_1 = 0,0064 \quad \text{καί} \quad \alpha_2 = 12,06.$$

Γιὰ B300 είναι:

$$h = 0,80 \cdot 0,0064 \cdot 215,0 = 1,10 \text{ m} \Rightarrow H = 1,10 + 0,07 = 1,17 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $H = 1,20 \text{ m}$ καί $H' = 0,40 \text{ m}$. Τότε

$$G = 12,06 \cdot 1,20 = 14,50 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{0\lambda} = 215,0 + 14,5 = 229,5 \text{ t} \Rightarrow$$

$$l_x l_y = \frac{229,5}{27,6} = 8,32 \text{ m}^2$$

Γιὰ νά προκύπτουν ἴσοι πρόβολοι κατὰ τίς δύο διευθύνσεις, λαμβάνονται

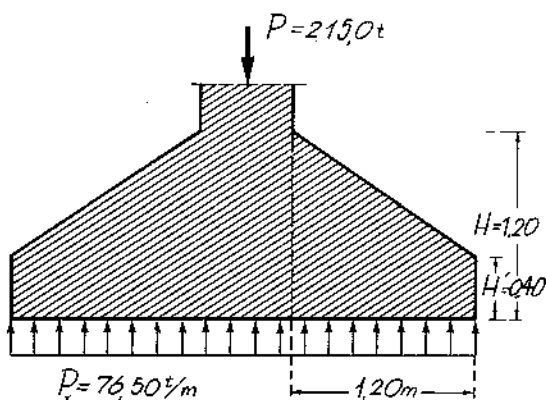
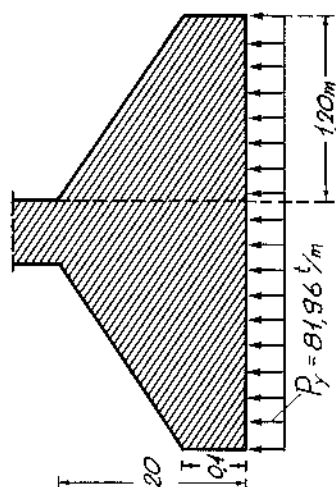
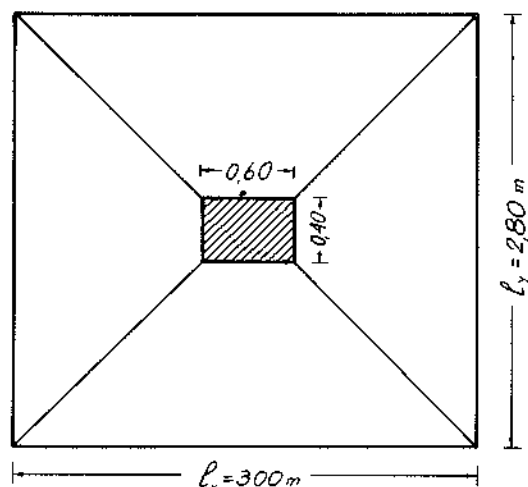
$$l_x = 3,00 \text{ m}, \quad l_y = 2,80 \text{ m}.$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{229,5}{3,0 \cdot 2,8} = 27,32 \text{ t/m}^2 < \varepsilon \sigma_0 = 27,60 \text{ t/m}^2.$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = 27,32 \cdot 2,80 = 76,50 \text{ t/m}$$

$$P_y = 27,32 \cdot 3,00 = 81,96 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 76,50 \cdot 1,20 = 91,80 \text{ t}$$

$$M_x = 76,50 \cdot \frac{1,20^2}{2} = 55,08 \text{ tm}$$

$$Q_y = 81,96 \cdot 1,20 = 98,35 \text{ t}$$

$$M_y = 81,96 \cdot \frac{1,20^2}{2} = 59,01 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\varepsilon \sigma_e} = \frac{100}{2400}, \quad K_h^* = 7,7$$

$$h_x = h_y = h = 1,20 - 0,07 = 1,13 \text{ m}.$$

$$K_{h_x} = \frac{113}{\sqrt{\frac{55,08}{0,40}}} = 9,6 > 7,7 \Rightarrow K_x = 0,32, \quad K_e = 0,47.$$

$$K_{h_y} = \frac{113}{\sqrt{\frac{59,01}{0,60}}} = 11,4 > 7,7 \Rightarrow K_x = 0,27, \quad K_e = 0,46.$$

4. Έλεγχος σε διότρηση

Η διεύθυνση x είναι δυσμενέστερη γιατί προς αυτή αντιδρά η μικρότερη διατομή ($b_y = 0,40\text{m}$): $Q_x = 91,80\text{ t}$, $h = 1,13\text{ m}$,

$$x = 0,32 \cdot 1,13 = 0,36\text{ m} \Rightarrow b'_y = b_y + \frac{0,8x}{H-H'} (1_y - b_y) = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,36}{1,20 - 0,40} (2,80 - 0,40) = 1,26\text{ m}.$$

$$\text{Είναι λοιπόν } \tau = \frac{91,80}{\frac{7}{8} 1,13 \cdot 1,26} = 73,7\text{ t/m}^2 < 100,0\text{ t/m}^2 = \text{επιτ}$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,47 \cdot \frac{55,08}{1,13} = 22,91\text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{22,91}{2,80} = 8,18\text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 12/13 \quad (= 8,69\text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,46 \cdot \frac{59,01}{1,13} = 24,02\text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{24,02}{3,00} = 8,01\text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_y} = \emptyset 12/14 \quad (= 8,08\text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατηρήσεις

- Τό βάθος θεμελίωσης $t = 2,50\text{m}$ δέν τό λάβαμε υπ' όψη στους ύπολογισμούς γιά ασφάλεια, άν καί δύνει αύξηση στην έπιτρεπόμενη τάση του έδάφους $(2,50 - 2,00) \cdot 1,65 = 0,83\text{ t/m}^2$ (Κεφ.Ι, § 1.2).

- Η ποιότητα σκυροδέματος B300 καλό είναι να αποφεύγεται σε συνηθισμένες θεμελιώσεις γιατί, εκτός του ότι είναι δύσκολο να παρασκευασθῇ καὶ να σκυροδετηθῇ, δὲν προσφέρει καὶ καμμιὰ οὐσιώδη οἰκονομία στὴ θεμελίωση. Τὴν ἔδα ἐμπιστοσύνη ἔως καὶ μεγαλύτερη μπορούμε νὰ ἔχουμε μὲ σκυρόδεμα B160 ἢ B225 πού σκυροδετοῦνται μὲ εὐκολία.

ΑΣΚΗΣΗ 4

Ζητεῖται ὁ ὑπολογισμὸς τῆς θεμελίωσης ὑποστυλώματος μὲ διατομὴ 90×25 καὶ φορτίο $P = 160,0 \text{ t}$, σὲ ἔδαφος ἀργιλῶδες σὲ πλαστικὴ κατάσταση.

Δίνονται: Ὑλικά B225, St III.

Λύση

A. Προεκτίμηση

Λαμβάνεται βάθος θεμελίωσης $t = 1,50 \text{ m}$. Ἀπὸ τὸν πίνακα 6 (Κεφ. I) προκύπτει $\varepsilon_{\sigma 0} = 1,3 \text{ kg/cm}^2$. Ἐπειδὴ ὁ λόγος τῶν πλευρῶν τοῦ πεδίου προβλέπεται νὰ εἶναι μικρότερος τοῦ 2 λαμβάνεται ἐπιτρεπόμενη τάση ἑδάφους αὐξημένη κατὰ 20% (§ 1.4.1.), δηλ. $\varepsilon_{\sigma 0} = 1,20 \cdot 1,30 = 1,56 \text{ kg/cm}^2$.

Ἀπὸ τὴ σχέση $\varepsilon_{\sigma 0} = \frac{P}{l_x \cdot l_y}$, γιὰ $l_x = l_y = l$, προκύπτει:

$$l = \sqrt{\frac{160,0}{1,56}} = 3,20 \text{ m}$$

Γιὰ $l = 3,20 \text{ m} \Rightarrow \alpha_1 = 0,0056$, $\alpha_2 = 15,66$ (πίνακας III).

Ἐπειδὴ ἔχουμε σκυρόδεμα B225 $\Rightarrow h = 0,86 \cdot 0,0056 \cdot 160,0 = 0,77$
 $\Rightarrow H \geq 0,77 + 0,07 = 0,84 \text{ m}$.

Λαμβάνεται $H = 0,85 \text{ m}$ καὶ $H' = 0,30 \text{ m}$.

$$G = \alpha_2 H = 15,66 \cdot 0,85 = 13,31 \text{ t} \approx 13,50 \text{ t}.$$

Ἄρα $P_{0\lambda} = P + G = 160,0 + 13,50 = 173,50 \text{ t}$.

Πρέπει $l_x l_y \geq \frac{P_0 \lambda}{\epsilon \sigma_0} \Rightarrow l_x l_y = \frac{173,50}{15,6} = 11,12 \text{ m}^2.$

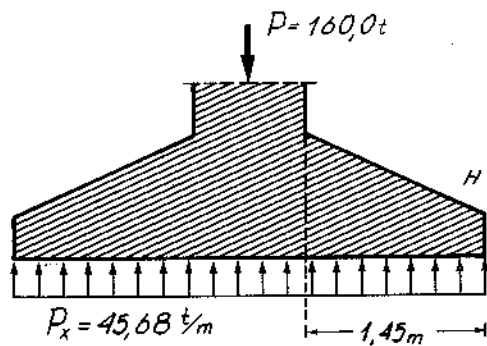
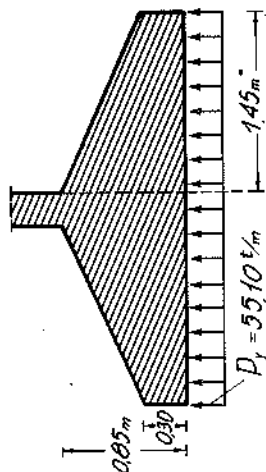
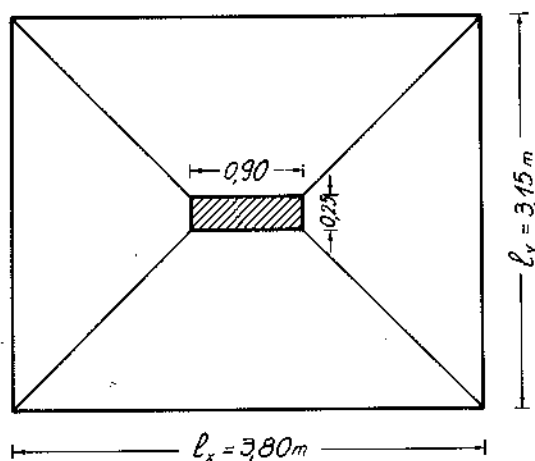
Λαμβάνονται $l_x = 3,80 \text{ m}$ και $l_y = 3,15 \text{ m}$ ($l_x - l_y = b_x - b_y = 0,65 \text{ m}$).

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{173,50}{3,80 \cdot 3,15} = 14,50 \text{ t/m}^2 < 15,60 \text{ t/m}^2 = \epsilon \sigma_0.$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = 14,50 \cdot 3,15 = 45,68 \text{ t/m}$$

$$P_y = 14,50 \cdot 3,80 = 55,10 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 45,68 \cdot 1,45 = 66,24 \text{ t}$$

$$M_x = 45,68 \cdot \frac{1,45^2}{2} = 48,02 \text{ tm}$$

$$Q_y = 55,10 \cdot 1,45 = 79,90 \text{ t}$$

$$M_y = 55,10 \cdot \frac{1,45^2}{2} = 57,92 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{80}{2400} , \quad K_h^* = 9,2$$

$$h_x = h_y = h = 0,85 - 0,07 = 0,78 \text{ m}$$

$$K_{h_x} = \frac{78}{\sqrt{\frac{48,02}{0,25}}} = 5,60 < K_h^* = 9,2 \quad \text{χρειάζεται μεγαλύτερο ύψος.}$$

Παρατηρείται ότι η προεκτίμηση με τόν πίνακα III δέν οδηγεί σέ άμεση λύση. Αυτό συμβαίνει στά έντονα όρθογωνικά ύποστυλώματα, όπου η μία πλευρά είναι πολύ μικρή σέ σχέση μέ τήν άλλη, όποτε κρίσιμος είναι ό έλεγχος σέ κάμψη.

$$\text{Είναι } h_{\alpha\pi} = K_h^* \cdot \sqrt{\frac{M}{B}} = 9,2 \sqrt{\frac{48,02}{0,25}} = 127,5 \text{ cm} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H \geq 1,28 + 0,07 = 1,35 \text{ m} .$$

$$\text{Λαμβάνεται } H = 1,40 \text{ m} . \Rightarrow G = 15,66 \cdot 1,40 = 21,92 = 22,00 \text{ t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{o\lambda} = 160,0 + 22,0 = 182,0 \text{ t} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma_o = \frac{182,0}{3,80 \cdot 3,15} = 15,20 \text{ t/m}^2 < \varepsilon_{\sigma_o} = 15,60 \text{ t/m}^2 .$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot 15,20 \cdot 3,15 \cdot 1,45^2 = 50,33 \text{ tm} \Rightarrow K_{h_x} = \frac{133}{\sqrt{\frac{50,33}{0,25}}} = 9,4 > 9,2$$

Τελικά οι διαστάσεις του πεδίου λαμβάνονται:

$$l_x = 3,80 \text{ m}, \quad l_y = 3,15 \text{ m}, \quad H = 1,40 \text{ m}, \quad H' = 0,50 \text{ m},$$

όποτε χρειάζονται διόρθωση τά έντατικά μεγέθη:

$$P_x = 15,20 \cdot 3,15 = 47,88 \text{ t/m}$$

$$P_y = 15,20 \cdot 3,80 = 57,76 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 47,88 \cdot 1,45 = 69,43 \text{ t}$$

$$M_x = \frac{1}{2} 47,88 \cdot 1,45^2 = 50,33 \text{ tm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_{h_x} = 9,4 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,33, \quad K_e = 0,47$$

$$Q_y = 57,76 \cdot 1,45 = 83,75 \text{ t}$$

$$M_y = \frac{1}{2} 57,76 \cdot 1,45^2 = 60,72 \text{ tm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_{h_y} = \frac{133}{\sqrt{\frac{60,72}{0,90}}} = 16,2 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,20, \quad K_e = 0,45$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

Δυσμενέστερη είναι η διατομή των 0,25m:

$$Q_x = 69,43 \text{ t}, \quad h = 1,33 \text{ m}, \quad x = 0,33 \cdot 1,33 = 0,44 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b'_y = b_y + \frac{0,8x}{H-H'} (l_y - b_y) = 0,25 + \frac{0,8 \cdot 0,44}{1,40 - 0,50} (3,15 - 0,25) =$$

$$= 1,38 \text{ m.}$$

$$\text{Άρα } \tau = \frac{69,43}{\frac{7}{8} 1,33 \cdot 1,38} = 43,23 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,47 \cdot \frac{50,33}{1,33} = 17,79 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{17,79}{3,15} = 5,65 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 10/13 (= 6,04 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{60,72}{1,33} = 20,54 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{20,54}{3,80} = 5,41 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_y} = \emptyset 10/14 (= 5,61 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατηρήσεις

- Σε θεμελιώσεις υποστυλωμάτων με λόγο πλευρών μεγαλύτερο από 1,50 ή προεκτίμηση δεν οδηγεί σε άμεση διαστασιολόγηση, ειδικά όταν η επιτρεπόμενη τάση του εδάφους είναι πολύ μικρή, όποτε δημιουργούνται μεγάλοι πρόβολοι, άρα και μεγάλες ροπές.

Αυτό συμβαίνει γιατί η διατομή που αντιδρά στην κάμψη είναι πολύ μικρότερη απ' αυτή που αντιμετωπίστηκε στην σύνταξη του πίνακα III (για τετραγωνικά περικόμματα υποστυλώματα).

- Αν είχε ληφθεί το έσοδύναμο πλάτος b_m της κάμψης (§ 1.3):

$$b_m = b + \frac{2}{3} i x \quad \text{όπου} \quad i = \frac{l_y - b_y}{2(H - H')} = \frac{3,15 - 0,25}{2(1,40 - 0,50)} = 1,61,$$

στη συνέχεια της προεκτίμησης θα είχαμε:

$$\text{Για } x = 0 \Rightarrow b_m = b = 0,25\text{m}, \quad K_h = \frac{78}{\sqrt{\frac{48,02}{0,25}}} = 5,6 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_x = 0,45 \Rightarrow x = 0,45 \cdot 0,78 = 0,35\text{m}$$

$$\text{Για } x = 0,35\text{m} \Rightarrow b_m = 0,25 + \frac{2}{3} \cdot 1,61 \cdot 0,35 = 0,63\text{m}, \quad K_h = \frac{78}{\sqrt{\frac{48,02}{0,63}}} = 8,9$$

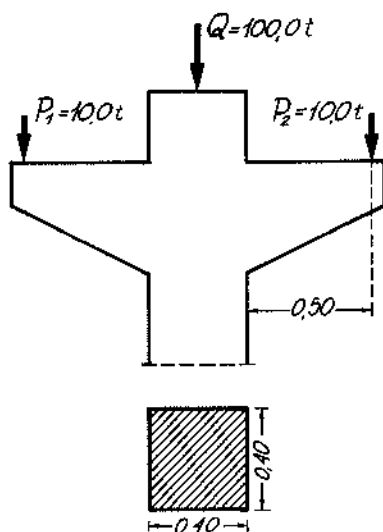
$$\Rightarrow K_x = 0,34 \Rightarrow x = 0,34 \cdot 0,78 = 0,27\text{m}$$

$$\text{Για } x = 0,27\text{m} \Rightarrow b_m = 0,25 + \frac{2}{3} \cdot 1,61 \cdot 0,27 = 0,54\text{m}, \quad K_h = \frac{78}{\sqrt{\frac{48,02}{0,54}}} = 8,3$$

$$\Rightarrow K_x = 0,36 \Rightarrow x = 0,36 \cdot 0,78 = 0,28\text{m} \approx 0,27\text{m}.$$

Παρατηρείται ότι η τιμή $K_h = 8,3$, έστω και αν δεν άρκει, πλησιάζει αρκετά προς την τιμή $K_h^* = 9,2$, αντίθετα προς την τιμή $K_h = 5,6$.

Φαίνεται δηλαδή ότι με την μέθοδο "b_m" ένα ύψος $H = 1,00\text{m}$ είναι αρκετό.

ΑΣΚΗΣΗ 5

Ζητείται ο υπολογισμός της θεμελίωσης υποστυλώματος διατομής 40×40 πού στην κεφαλή φέρει συνολικό φορτίο $Q = 100,0 \text{ t}$ και στους προβόλους συμμετρικά κινητά φορτία $P_1 = 10,0 \text{ t}$, $P_2 = 10,0 \text{ t}$.

Δίνονται:

Επιτρεπόμενη τάση έδάφους:

$$\epsilon\sigma_0 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$$

Υλικά: B225, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

$$\text{Ή από τή σχέση } \epsilon\sigma_0 = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x l_y = \frac{120,0}{30,0} = 4,0 \text{ m}^2.$$

$$\text{Λαμβάνονται } l_x = 2,20 \text{ m}, \quad l_y = 2,00 \text{ m}. \quad \text{Γιά } l = \frac{2,20 + 2,00}{2} = 2,10 \text{ m}$$

άπό τόν πίνακα III προκύπτουν: $\alpha_1 = 0,0086$, $\alpha_2 = 6,88$, όπότε:

$$h = 0,86 \cdot 0,0086 \cdot 120,0 = 0,89 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H \geq 0,89 + 0,07 = 0,96 \text{ m}$$

Λαμβάνεται $H = 1,00 \text{ m}$ καί $H' = 0,35 \text{ m}$.

$$G = 6,88 \cdot 1,00 = 6,88 \text{ t} \approx 7,0 \text{ t} \Rightarrow P_{0\lambda} = 120,0 + 7,0 = 127,0 \text{ t}.$$

Τό πέδιλο κατασκευάζεται κεντρικό, έπειδή ή φόρτιση είναι έναλλασσόμενη ίσων έντάσεων.

B. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\alpha) P_{0\lambda} = Q + P_1 + P_2 + G = 100,0 + 10,0 + 10,0 + 7,0 = 127,0 \text{ t}$$

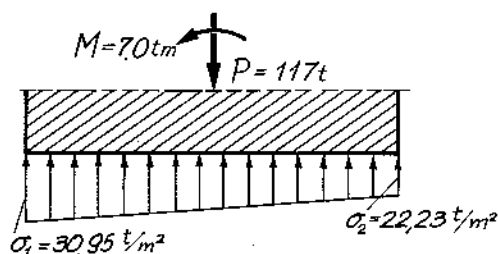
$$M = 0 \text{ (ως προς τον άξονα του υποστυλώματος)} \Rightarrow e = \frac{M}{P} = 0$$

$$\text{Άρα } \sigma_0 = \frac{127,0}{2,20 \cdot 2,00} = 28,86 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_0 = 30,0 \text{ t/m}^2$$

$$\beta) P_{0\lambda} = Q + P_1 + G = 100,0 + 10,0 + 7,0 = 117,0 \text{ t}$$

$$M_1 = P_1 \cdot C = 10,0 \left(0,50 + \frac{0,40}{2} \right) = 7,0 \text{ tm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e = \frac{M}{P} = \frac{7,0}{117,0} = 0,06 \text{ m}$$



$$\sigma_0 = \frac{117,0}{2,20 \cdot 2,00} = 26,59 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Άρα } \sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6e}{I} \right) = 26,59 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,06}{2,20} \right) = 26,59 (1 \pm 0,164) =$$

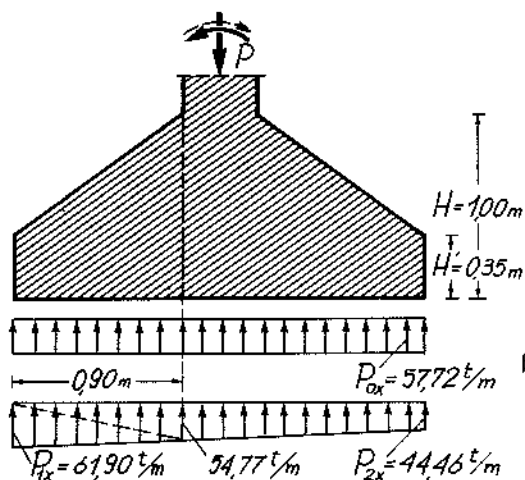
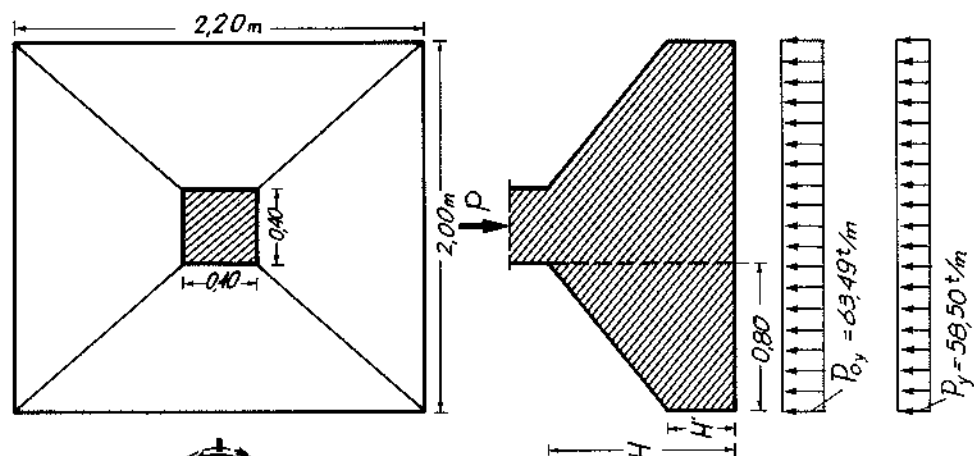
$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 30,95 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_1 = 1,30 \epsilon \sigma_0 = 1,30 \cdot 30,0 = 39,0 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_2 &= 22,23 \text{ t/m}^2 > 0 \end{aligned} \quad (\text{Κεφ. I, § 1.3.3 \& 1.4.1})$$

2. Στατική επίλυση

$$\alpha) P_{0x} = 28,86 \cdot 2,00 = 57,72 \text{ t/m}$$

$$P_{0y} = 28,86 \cdot 2,20 = 63,49 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 57,72 \cdot 0,90 = 51,95 \text{ t}$$



$$M_x = 57,72 \cdot \frac{0,90^2}{2} = 23,38 \text{ tm}$$

$$Q_y = 63,49 \cdot 0,80 = 50,79 \text{ t}$$

$$M_y = 63,49 \cdot \frac{0,80^2}{2} = 20,32 \text{ tm}$$

$$\beta) P_{1x} = 30,95 \cdot 2,00 = 61,90 \text{ t/m}$$

$$P_{2x} = 22,23 \cdot 2,00 = 44,46 \text{ t/m}$$

$$P_y = 26,59 \cdot 2,20 = 58,50 \text{ t/m}$$

$$\max Q_x = \frac{61,90 + 54,77}{2} \cdot 0,90 = 52,50 \text{ t}$$

$$\max M_x = \frac{1}{6} \cdot 54,77 \cdot 0,90^2 + \frac{1}{3} \cdot 61,90 \cdot 0,90^2 = 24,11 \text{ tm}$$

$$Q_y = 58,50 \cdot 0,80 = 46,80 \text{ t}$$

$$M_y = 58,50 \cdot \frac{0,80^2}{2} = 18,72 \text{ tm}$$

Εντατικά μεγέθη υπολογισμού

$$Q_x = 52,50 \text{ t}$$

$$M_x = 24,11 \text{ tm}$$

$$Q_y = 50,79 \text{ t}$$

$$M_y = 20,32 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\varepsilon \sigma_e} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2, \quad h_x = h_y = h = 0,93 \text{ m}$$

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{24,11}{0,40}}} = 12,0 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,26, \quad K_e = 0,46$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{20,32}{0,40}}} = 13,0 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

$$Q = 52,50 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m}, \quad x = 0,26 \cdot 0,93 = 0,24 \text{ m} \Rightarrow$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,24}{1,00 - 0,35} (2,00 - 0,40) = 0,87 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\tau_{\max} = \frac{52,50}{\frac{7}{8} 0,93 \cdot 0,87} = 74,16 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon \pi \tau.$$

5. Όπλισμός

$$F_{ex} = 0,46 \cdot \frac{24,11}{0,93} = 11,93 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ex} = 5,97 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ex} = \emptyset 10/13 \quad (= 6,04 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{ey} = 0,45 \cdot \frac{20,32}{0,93} = 9,83 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ey} = 4,47 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ey} = \emptyset 10/15 \quad (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ ο ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός}).$$

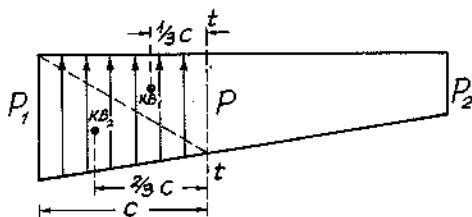
Παρατηρήσεις

- Τό πέδιλο δέν κατασκευάζεται τετραγωνικό αλλά μέ μεγαλύτερη τή διάσταση πρὸς τή διεύθυνση τῆς ἐκκεντρότητας. Ἔτσι ὁ λόγος $\frac{6e}{I}$ προκύπτει μικρότερος καὶ ἐπομένως μικρὴ διαφορά στὺς τάσεις σ_1 καὶ σ_2 , δηλαδή περισσότερο ὁμοιόμορφη φόρτιση.

- Ἡ ροπή στῆ στήριξη πρόβολου πού φορτίζεται μέ τραπεζοειδῆ φόρτιση βρίσκεται ἂν χωρίσουμε τὸ διάγραμμα σέ δύο τριγωνικὲς φορτίσεις, ὁπότε:

$$M_t = \frac{1}{2} p c \frac{1}{3} c + \frac{1}{2} p_1 c \frac{2}{3} c =$$

$$= \frac{1}{6} p c^2 + \frac{1}{3} p_1 c^2 .$$



- Ἡ αὔξηση τῆς ἐπιτρεπόμενης τάσης κατὰ 30% στὴν ἀκμὴ τοῦ θεμελίου, μέ τὴν προϋπόθεση ὅτι ἡ τάση στὸ μέσο τοῦ πεδύλου δέν ὑπερβαίνει τὴν ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους, ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ καθίζηση τοῦ πεδύλου θὰ εἶναι πάλι ἡ ἴδια μὲ καὶ ἐξαρτᾶται μόνο ἀπὸ τὴ μέση τάση καὶ στὸ ὅτι ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους κατὰ κανόνα προκύπτει ἀπὸ τὴ συνθήκη περιορισμοῦ τῶν καθιζήσεων.

ΑΣΚΗΣΗ 6

Νά ὑπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μέ διατομὴ 35×35 , φορτίο $P = 60,0 \text{ t}$ καὶ ροπὲς ἀπὸ σεισμό $M_x = \pm 4,60 \text{ tm}$ ἢ $M_y = \pm 4,60 \text{ tm}$. Δίνονται: Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon_{\sigma 0} = 2,50 \text{ Kg/cm}^2$.

Ὑλικά: B160, St I.

Λύση

A. Προεκτίμηση

Ἀπὸ τὴ σχέση $\epsilon_{\sigma 0} = \frac{P}{l_x l_y}$, γιὰ $l_x = l_y = l \Rightarrow$

$$l = \sqrt{\frac{60,0}{2,5,0}} = 1,55 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $l = 1,60\text{ m}$ (γιά τή παραλαβή καί τοῦ ἴδιου βάρους).

Γιά $l = 1,60\text{ m} \Rightarrow \alpha_1 = 0,0106, \alpha_2 = 4,04$ (πίνακας III), ὁπότε:

$$h = \alpha_1 P = 0,0106 \cdot 60,0 = 0,64\text{ m} \Rightarrow$$

$$H \geq 0,64 + 0,07 = 0,71\text{ m}$$

Λαμβάνεται $H = 0,70\text{ m}$ καί $H' = 0,25\text{ m}$.

$$G = \alpha_2 H = 4,04 \cdot 0,70 = 2,83\text{ t} \approx 3,00\text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{0\lambda} = 60,0 + 3,0 = 63,0\text{ t} \Rightarrow l_x = l_y = \sqrt{\frac{63,0}{25,0}} = 1,59\text{ m}.$$

Λαμβάνονται τελικά $l_x = l_y = 1,60\text{ m}$.

B. "Ελεγχος πεδίου

1. Τάση ἐδάφους

$$\alpha. \text{ "Ενταση χωρίς σεισμό } \sigma_0 = \frac{63,0}{1,60 \cdot 1,60} = 24,61\text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\sigma_0 = 25,0\text{ t/m}^2$$

β. "Ενταση μέ σεισμό (βλ. 1. β. Δ): ἐπειδή τό πέδιλο εἶναι τετραγωνικό καί ἡ φόρτιση συμμετρική, οἱ πρόβολοι πρὸς τίς τέσσερις κατευθύνσεις ἔχουν τά ἴδια στοιχεῖα, γι' αὐτό καί ἐξετάζεται ἕνας ἀπ' αὐτοῦς.

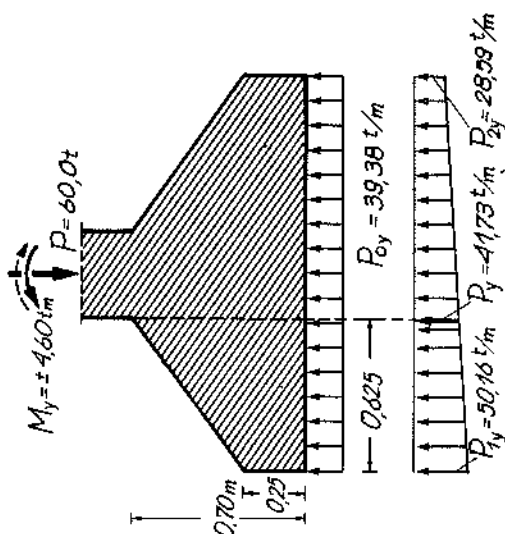
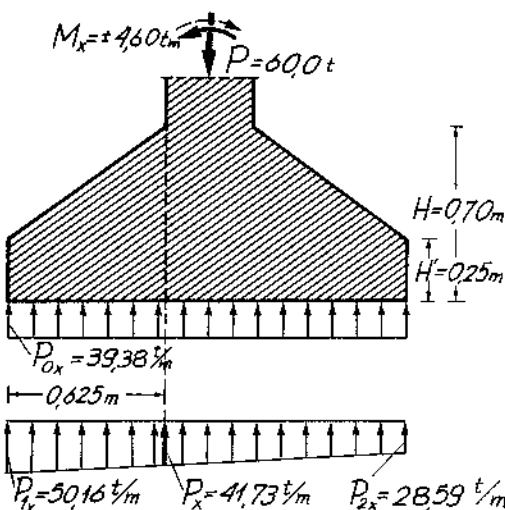
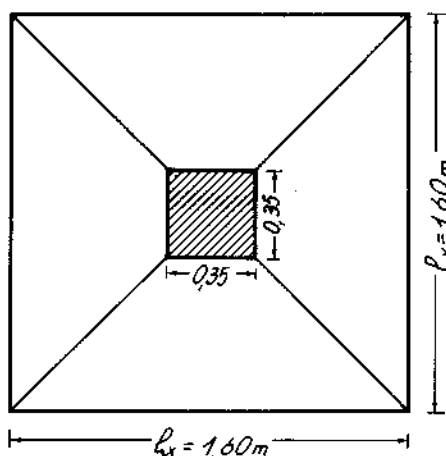
$$\text{Εἶναι } e_0 = \frac{M}{P} = \frac{4,60}{63,0} = 0,073\text{ m}$$

$$\epsilon\pi\sigma_1 = 1,50\epsilon\pi\sigma_0 = 1,50 \cdot 2,50 = 3,75\text{ Kg/cm}^2 = 37,50\text{ t/m}^2.$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6e_0}{l}\right) = 24,61 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,073}{1,60}\right) = 24,61 (1 \pm 0,274) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 31,35\text{ t/m}^2 < 37,50\text{ t/m}^2 \\ \sigma_2 = 17,87\text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

2. Στατική επίλυση



$$P_{ox} = P_{oy} = P_o = \sigma_o l =$$

$$= 24,61 \cdot 1,60 = 39,38 \text{ t/m}$$

$$P_{1x} = P_{1y} = P_1 = \sigma_1 l =$$

$$= 31,35 \cdot 1,60 = 50,16 \text{ t/m}$$

$$P_{2x} = P_{2y} = P_2 = \sigma_2 l =$$

$$= 17,87 \cdot 1,60 = 28,59 \text{ t/m}$$

$$P_x = P_y = P = 28,59 + (50,16 -$$

$$- 28,59) \frac{0,975}{1,60} = 41,73 \text{ t/m}$$

α. Ένταση χωρίς σεισμό

$$Q = 39,38 \cdot 0,625 = 24,61 \text{ t}$$

$$M = 39,38 \cdot \frac{0,625^2}{2} = 7,69 \text{ tm}$$

Β. Ένταση μέ σεισμό

$$Q = \frac{50,16 + 41,73}{2} \cdot 0,625 = 28,72 \text{ t}$$

$$M = 41,73 \cdot \frac{0,625^2}{6} + 50,16 \cdot \frac{0,625^2}{3} = 9,25 \text{ tm.}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\epsilon_{\sigma_b}}{\epsilon_{\sigma_e}} = \frac{60}{1400}, \quad K_h^* = 9,9$$

Ροπή υπολογισμού: $M = \max \left\{ \begin{array}{l} 7,69 \\ \frac{9,25}{1,20} \end{array} \right\} = 7,71 \text{ tm}$

$$K_h = \frac{63}{\sqrt{\frac{7,71}{0,35}}} = 13,4 > 9,9 \Rightarrow K_x = 0,30, \quad K_e = 0,79$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

Τέμνουσα υπολογισμού: $Q = \max \left\{ \begin{array}{l} 24,61 \\ \frac{28,72}{1,20} \end{array} \right\} = 24,61 \text{ t}$

$$\begin{aligned} x = K_x h &= 0,30 \cdot 0,63 = 0,19 \text{ m} \Rightarrow b' = b + \frac{0,8x}{H-H'}(1-b) = \\ &= 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,19}{0,70-0,25}(1,60-0,35) = 0,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\tau_{\max} = \frac{24,61}{8 \cdot 0,63 \cdot 0,77} = 58,0 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = 80,0 \text{ t/m}^2.$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,79 \cdot \frac{7,71}{0,63} = 9,67 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = f_{e_y} = 6,04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = f_{e_y} = \phi 10/13 (= 6,04 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατηρήσεις

- Για συνηθισμένες περιπτώσεις με σεισμό κρίσιμη κατάσταση είναι αυτή της κεντρικής θάλαμης.
- Στη πραγματικότητα το έδαφος είναι ένδοτικό στην έκκεντρη φόρτιση, όποτε η έκκεντρότητα μειώνεται και η κατανομή των τάσεων είναι πιο ομαλή (βλέπε Κεφ. III, § 1.2.5).

ΑΣΚΗΣΗ 7

Ζητείται ο υπολογισμός της θεμελίωσης υποστυλώματος πολυκατοικίας, με διατομή 60×25 , φορτίο $P = 110,0 \text{ t}$ και ροπές από σεισμό $M_x = 7,50 \text{ tm}$ ή $M_y = 2,00 \text{ tm}$.

Δίνονται: Έδαφος θεμελίωσης: άμμοχαλικώδες

Βάθος θεμελίωσης: $t = 3,0 \text{ m}$.

Υλικά: B225, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

Από τον πίνακα 1, για βάθος θεμελίωσης $3,00 \text{ m}$ και πλάτος πεδίου περίπου $2,00 \text{ m}$, λαμβάνεται $\text{επσο} = 3,6 \text{ Kg/cm}^2$. Επειδή ο λόγος των πλευρών του πεδίου θα είναι μικρότερος του 2, η τάση αύξάνεται κατά 20%: $\text{επσο} = 1,20 \cdot 3,60 = 4,32 \text{ Kg/cm}^2$. Από τη σχέση

$$\text{επσο} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x l_y = \frac{110,0}{43,2} = 2,55 \text{ m}^2.$$

Λαμβάνεται $l_x = 1,85 \text{ m}$ και $l_y = 1,50 \text{ m}$.

$$\text{Γιὰ } l = \frac{1,85 + 1,50}{2} = 1,70 \Rightarrow \alpha_1 = 0,0102, \quad \alpha_2 = 4,58.$$

$$h = \alpha_1 P = 0,86 \cdot 0,0102 \cdot 110,0 = 0,96 \text{ m} \Rightarrow$$

$$H \geq 0,96 + 0,07 = 1,03 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $H = 1,05 \text{ m}$ και $H' = 0,35 \text{ m}$.

$$G = \alpha_2 H = 4,58 \cdot 1,05 = 4,81 \text{ t} \approx 5,0 \text{ t} \quad \Rightarrow$$

$$P_{0\lambda} = 110,0 + 5,0 = 115,0 \text{ t}$$

B. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

α. Ένταση χωρίς σεισμό

$$\sigma_0 = \frac{115,0}{1,85 \cdot 1,50} = 41,4 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_0 = 43,2 \text{ t/m}^2.$$

β. Ένταση με σεισμό

$$\epsilon \sigma_1 = 1,50 \cdot \epsilon \sigma_0 = 1,50 \cdot 43,2 = 64,8 \text{ t/m}^2.$$

Διεύθυνση x

$$e_{0x} = \frac{M_x}{P} = \frac{7,50}{115,0} = 0,065 \text{ m}.$$

$$\sigma_{1,2}^x = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6 \cdot e_{0x}}{l_x} \right) = 41,4 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,065}{1,85} \right) = 41,4 (1 \pm 0,21) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_{1x} = 50,1 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_1 \\ \sigma_{2x} = 32,7 \text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

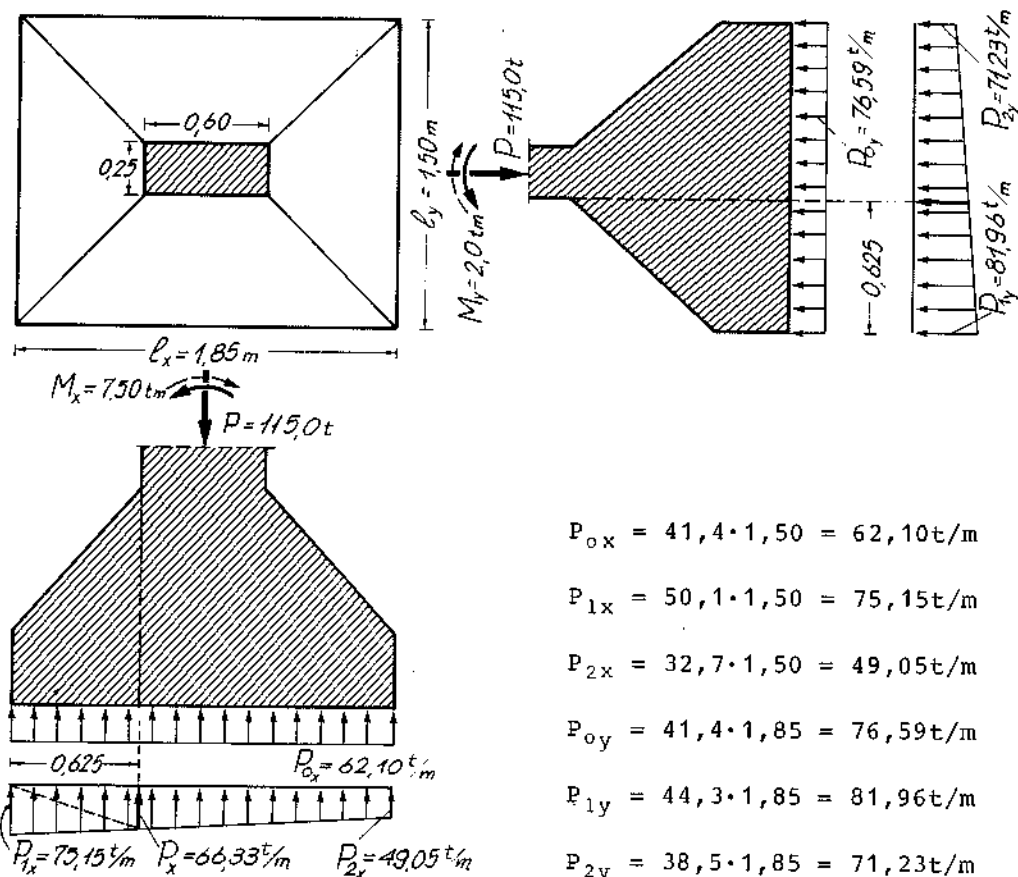
Διεύθυνση y

$$e_{0y} = \frac{M_y}{P} = \frac{2,00}{115,0} = 0,017 \text{ m}.$$

$$\sigma_{1,2}^y = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6 \cdot e_{0y}}{l_y} \right) = 41,4 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,017}{1,50} \right) = 41,4 (1 \pm 0,07) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_{1y} = 44,3 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_1 \\ \sigma_{2y} = 38,5 \text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

2. Στατική επίλυση



$$P_{0x} = 41,4 \cdot 1,50 = 62,10 \text{ t/m}$$

$$P_{1x} = 50,1 \cdot 1,50 = 75,15 \text{ t/m}$$

$$P_{2x} = 32,7 \cdot 1,50 = 49,05 \text{ t/m}$$

$$P_{0y} = 41,4 \cdot 1,85 = 76,59 \text{ t/m}$$

$$P_{1y} = 44,3 \cdot 1,85 = 81,96 \text{ t/m}$$

$$P_{2y} = 38,5 \cdot 1,85 = 71,23 \text{ t/m}$$

Διεύθυνση x

α. Ένταση χωρίς σεισμό

$$Q_x = 62,10 \cdot 0,625 = 38,81 \text{ t}$$

$$M_y = 62,10 \cdot \frac{0,625^2}{2} = 12,13 \text{ tm}$$

β. Ένταση με σεισμό

$$P_x = 49,05 + (75,15 - 49,05) \frac{1,225}{1,85} = 66,33 \text{ t/m}$$

$$Q_x^{\text{σεισ.}} = \frac{75,15 + 66,33}{2} \cdot 0,625 = 44,21 \text{ t}$$

$$M_x^{\text{σεισ.}} = \frac{1}{6} \cdot 66,33 \cdot 0,625^2 + \frac{1}{3} \cdot 75,15 \cdot 0,625^2 = 14,10 \text{ tm}$$

Διεύθυνση ψ

Ένταση χωρίς σεισμό

$$Q_y = 76,59 \cdot 0,625 = 47,87 \text{ t}$$

$$M_y = 76,59 \cdot \frac{0,625^2}{2} = 14,96 \text{ tm}$$

Επειδή η ένταση του σεισμού κατά τη διεύθυνση γ είναι μικρή, κρίσιμη κατάσταση θα είναι όπωσδήποτε αυτή χωρίς σεισμό, γι' αυτό και δεν γίνεται στατική επίλυση με σεισμό.

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\varepsilon\sigma_b}{\varepsilon\sigma_e} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2$$

Διεύθυνση x

$$M_{\text{υπολ}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 12,13 \\ 14,10 \\ 1,20 \end{array} \right\} = 14,13 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{98}{\sqrt{\frac{12,13}{0,25}}} = 14,1 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,23, \quad K_e = 0,45.$$

Διεύθυνση ψ

$$M_{\text{υπολ}} = 14,96 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{98}{\sqrt{\frac{14,96}{0,60}}} = 19,6 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,17, \quad K_e = 0,44.$$

4. Έλεγχος σέ διατμηση

Κρίσιμη είναι ή διατομή των 0,25m:

$$x = K_x h = 0,23 \cdot 0,98 = 0,23 \text{ m.}$$

$$b'_y = b_y + \frac{0,8x}{H-H'}(l_y - b_y) = 0,25 + \frac{0,8 \cdot 0,23}{1,05 - 0,35}(1,50 - 0,25) = 0,58 \text{ m}$$

$$Q_{\text{υπολ}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 38,81 \\ 44,21 \\ 1,20 \end{array} \right\} = 38,81 \text{ t} \Rightarrow$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{38,81}{\frac{7}{8} \cdot 0,98 \cdot 0,58} = 78,0 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \text{επτ.}$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{12,13}{0,98} = 5,57 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{5,57}{1,50} = 3,71 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

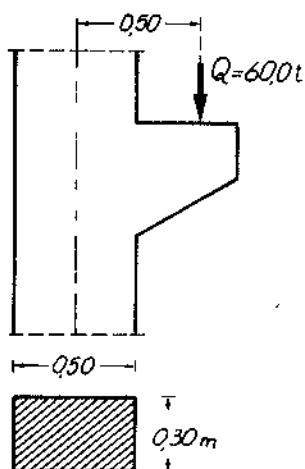
$$f_{e_x} = \emptyset 10/15 (5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ ό ελάχιστος άναγκαϊος})$$

$$F_{e_y} = 0,44 \cdot \frac{14,96}{0,98} = 6,72 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{6,72}{1,85} = 3,63 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{e_y} = \emptyset 10/15$$

Παρατήρηση

Η αύξηση της έπιτρεπόμενης τάσης του έδάφους κατά 20% σέ περίπου τετραγωνικά πέδουλα όφείλεται στό ότι ή καθίζηση του πεδύλου είναι μικρότερη σέ τετραγωνικές διατομές άπό ότι σέ όρθογωνικές (λωρίδες) καί κατά κανόνα ή έπιτρεπόμενη τάση του έδάφους προκύπτει άπό τή συνθήκη περιορισμού των καθιζήσεων. Ύπενθυμίζεται ότι οί έπιτρεπόμενες τάσεις των πυνάκων του DIN 1054 άναφέρονται σέ θεμέλια κατά λωρίδες.

ΑΣΚΗΣΗ 8

Νά υπολογισθῇ τό θεμέλιο τοῦ ὑποστυλώματος τοῦ σχήματος πού στή κεφαλὴ του φέρει ἐκκεντρω φορτίο $Q = 60\text{t}$. Τό ἴδιο βάρος τοῦ ὑποστυλώματος ἀμελεῖται.

Δίνονται: Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους
 $\varepsilon_{\text{πο}} = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$

Υλικά B225, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

Στή περίπτωση αὐτή ἡ ἐκκεντρότητα εἶναι μόνιμη. Τό πέδιλο κατασκευάζεται

συμμετρικὸ ὡς πρὸς τό σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνιστάμενης δύναμης, δηλαδή τῆς Q . Γι' αὐτό καί ἡ ἀντίδραση τοῦ ἐδάφους θά εἶναι ὁμοιόμορφη καί τό πέδιλο ἀντιμετωπίζεται σάν κεντρικό.

$$\text{Εἶναι } \varepsilon_{\text{πο}} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow$$

$$l_x l_y = \frac{60,0}{20,0} = 3,0 \text{ m}^2.$$

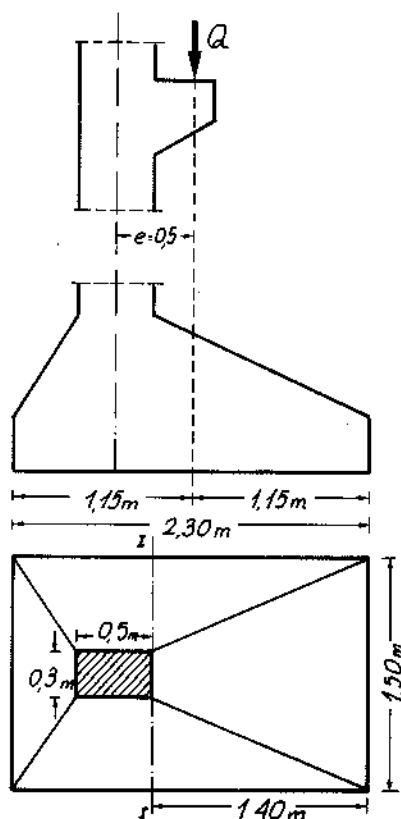
Λαμβάνεται $l_x = 2,30\text{m}$ καί $l_y = 1,50\text{m}$

$$\text{Γιὰ } l = \frac{2,30 + 1,50}{2} = 1,90 \text{ m}$$

ἀπὸ τὸν πίνακα III προκύπτει:

$\alpha_2 = 5,66$ καί γιὰ $H = 1,00\text{m}$ περίπου, λαμβάνεται:

$$\begin{aligned} G &= \alpha_2 H = 5,66 \cdot 1,00 = \\ &= 5,66\text{t} \approx 6,0\text{t} \Rightarrow \end{aligned}$$



$$\Rightarrow P_{o\lambda} = Q + G = 60,0 + 6,0 = 66,0 \text{ t}$$

$$\text{Είναι } \sigma_o = \frac{66,0}{2,30 \cdot 1,50} = 19,13 \text{ t/m}^2 < 20,0 \text{ t/m}^2 = \epsilon \sigma_o$$

Γιά τόν υπολογισμό του αναγκαίου ύψους καθοριστικός είναι ο έλεγχος σέ κάμψη:

$$M_{I,I} = 19,13 \cdot 1,50 \cdot \frac{1,40^2}{2} = 28,12 \text{ tm}$$

$$\frac{\epsilon \sigma_b}{\epsilon \sigma_e} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2 \Rightarrow h_{\alpha\pi} = 9,2 \sqrt{\frac{28,12}{0,30}} = 89,1 \text{ cm}$$

$$H \geq 0,89 + 0,07 = 0,96 \text{ m.}$$

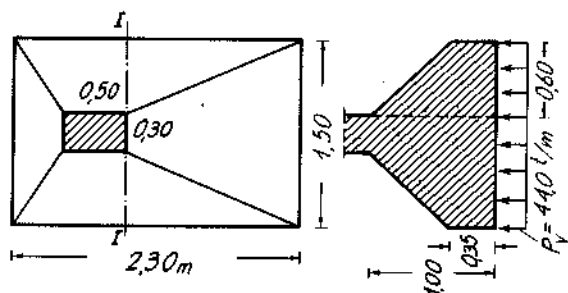
Λαμβάνονται $H = 1,00 \text{ m}$, $H' = 0,35 \text{ m}$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_o = \frac{66,0}{2,30 \cdot 1,50} = 19,13 \text{ t/m}^2 < 20,0 \text{ t/m}^2 = \epsilon \sigma_o$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = \sigma_o l_y = 19,13 \cdot 1,50 = 28,70 \text{ t}$$

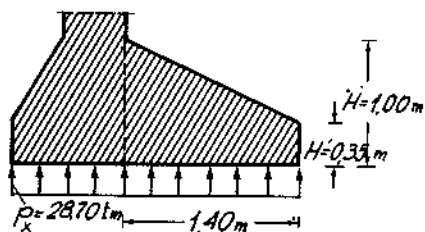
$$P_y = \sigma_o l_x = 19,13 \cdot 2,30 = 44,0 \text{ t}$$

$$Q_{I-I} = 28,70 \cdot 1,40 = 40,18 \text{ t}$$

$$M_{I-I} = 28,70 \cdot \frac{1,40^2}{2} = 28,13 \text{ tm}$$

$$Q_y = 44,0 \cdot 0,60 = 26,40 \text{ t}$$

$$M_y = 44,0 \cdot \frac{0,60^2}{2} = 7,92 \text{ tm}$$



3. Έλεγχος σέ κάμψη

Λαμβάνεται $h_x = h_y = h = 93\text{cm}$

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{28,13}{0,30}}} = 9,6 > 9,2 = K_h^* \Rightarrow K_x = 0,32, \quad K_e = 0,47$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{7,92}{0,50}}} = 23,4 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,44$$

4. Έλεγχος σέ διάτρηση

Δυσμενέστερη είναι ή διατομή I-I μέ πλάτος ύποστυλώματος $b_y = 0,30\text{ m}$.

$$\begin{aligned} \text{Είναι } Q_x = Q_{I-I} &= 40,18\text{t}, \quad h = 0,93\text{m}, \quad x = K_x h = 0,32 \cdot 0,93 = \\ &= 0,30\text{ m}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{"Αρα } b'_y &= b_y + \frac{0,8x}{H-H'}(1_y - b_y) = 0,30 + \frac{0,8 \cdot 0,30}{1,00 - 0,35}(1,50 - 0,30) = \\ &= 0,74\text{ m}. \end{aligned}$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_x}{\frac{7}{8} h b'_y} = \frac{40,18}{\frac{7}{8} 0,93 \cdot 0,74} = 66,7 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \text{επιτ}$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,47 \cdot \frac{28,13}{0,93} = 14,22\text{cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 9,48 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

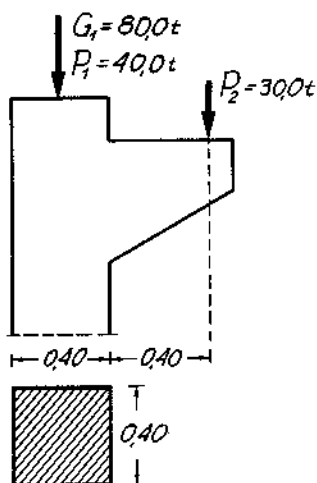
$$f_{e_x} = \emptyset 12/12 (= 9,42 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$F_{e_y} = 0,44 \cdot \frac{7,92}{0,93} = 3,75\text{cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 1,63 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{e_y} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ ό ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός}).$$

Παρατήρηση

- Κατά τη διεύθυνση x ο όπλισμός που προκύπτει από τη ροπή $M_{I-I} = \max M_x$ τοποθετείται σ' όλο το μήκος του πεδύλου.

ΑΣΚΗΣΗ 9

Ζητείται ο υπολογισμός της θεμελίωσης υποστυλώματος με διατομή 40×40 και φορτία: μόνιμο $G_1 = 80, t$ (περιλαμβάνεται τό ίδιο βάρος του υποστυλώματος) και κινητά $P_1 = 40,0 t$, $P_2 = 30,0 t$, όπως στο σχήμα.

Δίνονται:

Επιτρεπόμενη τάση έδάφους: $\epsilon\pi\sigma_0 = 3,5 \text{ kg/cm}^2$

Υλικά: B225, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

Για τον καθορισμό των διαστάσεων του πεδύλου λαμβάνεται το σύνολο των κατακόρυφων φορτίων, ενώ άμελεείται ή επίδραση της ροπής:

$$P_{ολ} = G_1 + P_1 + P_2 = 150,0 t.$$

Από τη σχέση $\epsilon\pi\sigma_0 = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x l_y = \frac{150,0}{35,0} = 4,29 \text{ m}^2.$

Επειδή κατά τη διεύθυνση x υπάρχει έξωτερική έκκεντρότητα, το πέδιλο κατασκευάζεται επίμηκες προς τη διεύθυνση αυτή, δηλαδή λαμβάνονται:

$$l_x = 2,60 \text{ m}, \quad l_y = 1,80 \text{ m}.$$

Για $l = \frac{2,60 + 1,80}{2} = 2,20 \text{ m}$ προκύπτουν από τον πίνακα III:

$$\alpha_1 = 0,0082 \quad \text{και} \quad \alpha_2 = 7,56 .$$

$$h = 0,86 \cdot 0,0082 \cdot 150,0 = 1,06 \text{ m} \Rightarrow H \geq 1,06 + 0,07 = 1,13 \text{ m}.$$

$$\text{Λαμβάνονται} \quad H = 1,20 \text{ m} \quad \text{και} \quad H' = 0,40 \text{ m}.$$

$$G = 7,56 \cdot 1,20 = 9,0 \text{ t} \Rightarrow P_{o\lambda} = 150,0 + 9,0 = 159,0 \text{ t}$$

Γιά τόν προσδιορισμό της κατασκευαστικής έκκεντρότητας λαμβάνονται οι δύο όριακές φορτίσεις:

$$\text{Φόρτιση (1): } P = G_1 + P_1 + G = 80,0 + 40,0 + 9,0 = 129,0 \text{ t}$$

$$M = 0 \Rightarrow e_1 = 0$$

$$\text{Φόρτιση (2): } P = G_1 + P_2 + G = 80,0 + 30,0 + 9,0 = 119,0 \text{ t}$$

$$M = 30,0 (0,40 + \frac{0,40}{2}) = 18,0 \text{ tm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e_2 = \frac{18,0}{119,0} = 0,15 \text{ m}.$$

Δίνεται στο πέδιλο κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_{\text{κατ}} = \frac{e_1 + e_2}{2} = \frac{0,0 + 0,15}{2} = 0,075 \text{ m}.$$

Οι έκκεντρότητες αυτές νοούνται ως προς τόν άξονα του υποστυλώματος.

B. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\text{Φόρτιση (1): } P = 129,0 \text{ t}.$$

$$e^+ = e_{\text{κατ}} - e_1 = 0,075 - 0,0 = 0,075 \text{ m} \quad (\text{ως προς τό κέντρο του πεδίου}).$$

$$\sigma_o = \frac{129,0}{2,60 \cdot 1,80} = 27,56 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_o.$$

$$\sigma_{1,2} = 27,56 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,075}{2,60} \right) = 27,56 (1 \pm 0,173) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 32,33 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \pi \sigma_0 \\ \sigma_2 = 22,79 \text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

Φόρτιση (2): $P = 119,0 \text{ t}$

$$\vec{e} = e_2 - e_{\kappa\alpha\tau} = 0,15 - 0,075 = 0,075 \text{ m}$$

$$\sigma_0 = \frac{119,0}{2,60 \cdot 1,80} = 25,43 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0$$

$$\sigma_{1,2} = 25,43 (1 \mp 0,173) = \begin{cases} \sigma_1 = 21,03 \text{ t/m}^2 > 0 \\ \sigma_2 = 29,83 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \pi \sigma_0 \end{cases}$$

Φόρτιση (3): $P = 159,0 \text{ t}$, $M = 30,0 \left(0,40 + \frac{0,40}{2} \right) = 18,0 \text{ tm}$

$$e_3 = \frac{18,0}{159,0} = 0,113 \text{ m} \Rightarrow \vec{e} = e_3 - e_{\kappa\alpha\tau} = 0,113 - 0,075 = 0,038 \text{ m}$$

$$\sigma_0 = \frac{159,0}{2,60 \cdot 1,80} = 33,97 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0$$

$$\sigma_{1,2} = 33,97 \left(1 \mp \frac{6 \cdot 0,038}{2,60} \right) = 33,97 (1 \mp 0,088) =$$

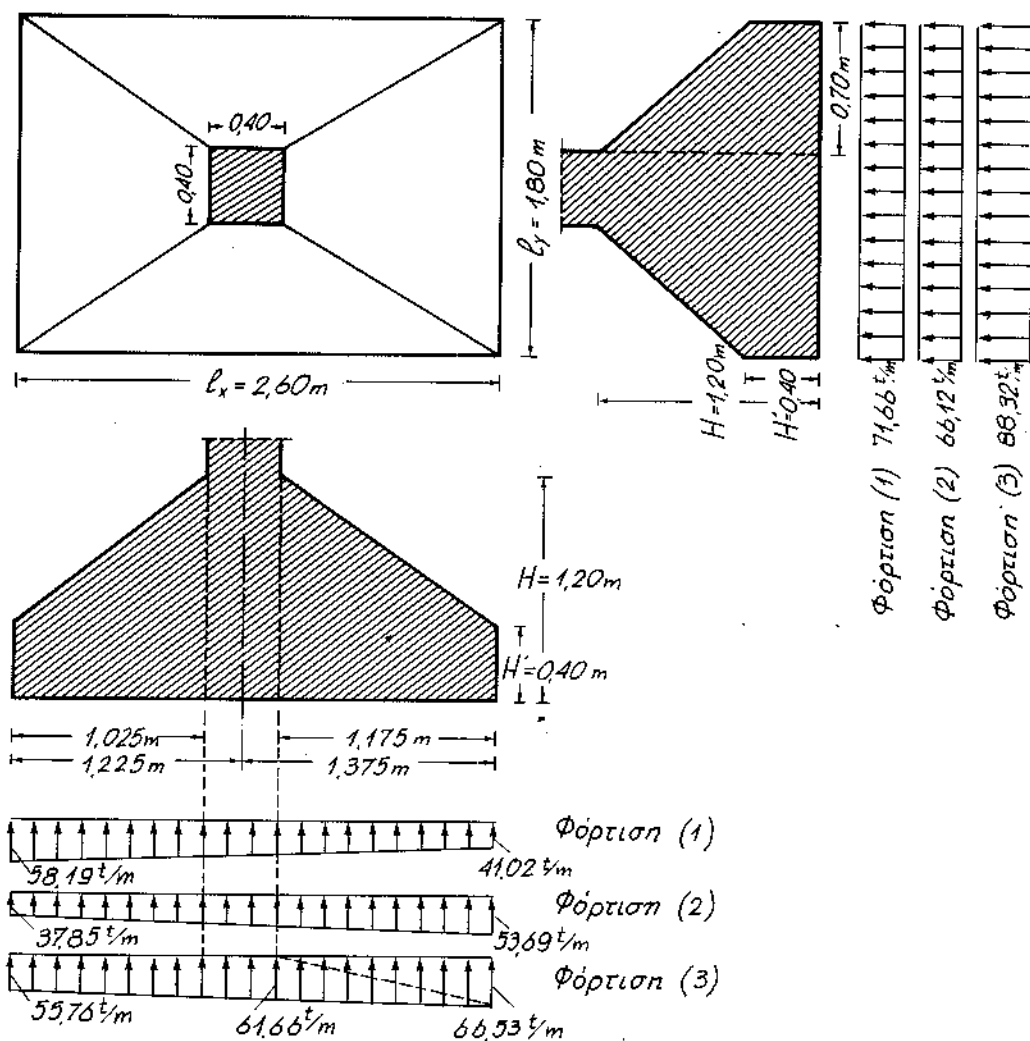
$$= \begin{cases} \sigma_1 = 30,98 \text{ t/m}^2 > 0 \\ \sigma_2 = 36,96 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \pi \sigma_0 \end{cases}$$

2. Στατική επίλυση

Φόρτιση (1): $P_1^x = 32,33 \cdot 1,80 = 58,19 \text{ t/m}$

$$P_2^x = 22,79 \cdot 1,80 = 41,02 \text{ "}$$

$$P^y = 27,56 \cdot 2,60 = 71,66 \text{ "}$$



Φόρτιση (2): $P_1^x = 21,03 \cdot 1,80 = 37,85\text{ t/m}$

$P_2^x = 29,83 \cdot 1,80 = 53,69\text{ "}$

$P^y = 25,43 \cdot 2,60 = 66,12\text{ "}$

Φόρτιση (3): $P_1^x = 30,98 \cdot 1,80 = 55,76\text{ t/m}$

$P_2^x = 36,96 \cdot 1,80 = 66,53\text{ "}$

$P^y = 33,97 \cdot 2,60 = 88,32\text{ "}$

$$\max Q_x = \frac{61,66 + 66,53}{2} \cdot 1,175 = 75,31 \text{ t}$$

$$\max M_x = \frac{1}{6} 61,66 \cdot 1,175^2 + \frac{1}{3} 66,53 \cdot 1,175^2 = 44,81 \text{ tm}$$

$$\max Q_y = 88,32 \cdot 0,70 = 61,82 \text{ t}$$

$$\max M_y = \frac{1}{2} 88,32 \cdot 0,70^2 = 21,64 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2, \quad h_x = h_y = h = 113 \text{ cm}$$

$$K_{h_x} = \frac{113}{\sqrt{\frac{44,81}{0,40}}} = 10,7 > 9,2 \Rightarrow K_x = 0,29, \quad K_e = 0,46$$

$$K_{h_y} = \frac{113}{\sqrt{\frac{21,64}{0,40}}} = 15,4 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45$$

4. Έλεγχος σέ διάτμηση

$$Q = 75,31 \text{ t}, \quad h = 1,13 \text{ m}, \quad x = K_x h = 0,29 \cdot 1,13 = 0,33 \text{ m}$$

$$\Rightarrow b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,33}{1,20 - 0,40} (1,80 - 0,40) = 0,86 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_{\max} = \frac{75,31}{\frac{7}{8} 1,13 \cdot 0,86} = 88,57 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon_{\tau}.$$

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = 0,46 \cdot \frac{44,81}{1,13} = 18,24 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 10,13 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

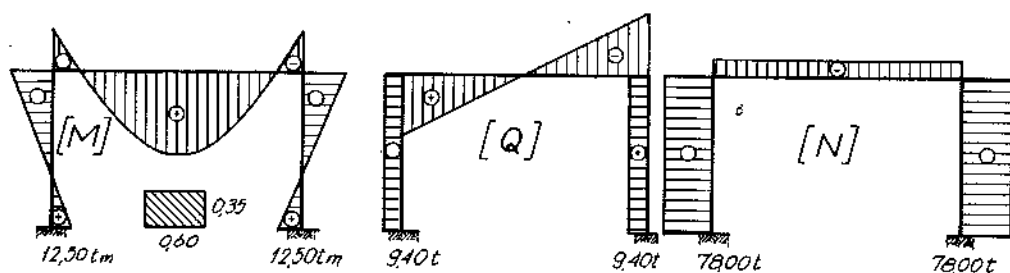
$$f_{e_x} = \varnothing 12/11 (= 10,28 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$F_{ey} = 0,45 \cdot \frac{21,64}{1,13} = 8,62 \text{ cm}^2 \quad \text{ή} \quad f_{ey} = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Rightarrow$$

$$f_{ey} = \phi 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ό ελάχιστος άναγκαίος όπλι- σμός}).$$

ΑΣΚΗΣΗ 10

Νά ύπολογισθῇ ἡ θεμελίωση τοῦ συμμετρικοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος. Διατομές ύποστυλωμάτων 60×35 .



Νά σχεδιασθῇ ὁ όπλισμός τῶν πεδίλων σέ κάτοψη καί τομή.

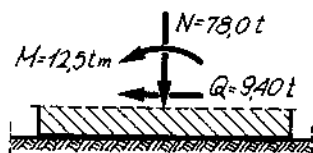
Δίνονται: Ἐπιτρεπόμενη τάση έδάφους: $\epsilon\pi\sigma_0 = 3,0 \text{ Kg/cm}^2$, έδαφος άργιλώδες

Υλικά: B225, St III.

Λύση

A. Προεκτίμηση

Τά δύο πέδιλα θά εἶναι συμμετρικά πρὸς τόν άξονα τοῦ πλαισίου, γιατί τά έντατικά μεγέθη τῶν ύποστυλωμάτων εἶναι συμμετρικά. Ἐξετάζεται λοιπόν ἡ θεμελίωση μόνο τοῦ ενός ύποστυλώματος καί συγκεκριμένα τοῦ άριστερά.



Εἶναι $P = N = 78,0 \text{ t}$ καί

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 3,0 \text{ Kg/cm}^2 = 30,0 \text{ t/m}^2,$$

$$\text{όποτε από τή σχέση} \quad \epsilon\pi\sigma_0 = \frac{P}{l_x l_y} \quad \Rightarrow \quad l_x l_y = \frac{78,0}{30,0} = 2,60 \text{ m}^2.$$

Επειδή υπάρχει εξωτερική έκκεντρότητα τό πέδιλο κατασκευάζεται επίμηκες προς την διεύθυνση x. Λαμβάνονται λοιπόν

$$l_x = 2,0 \text{ m και } l_y = 1,50 \text{ m.}$$

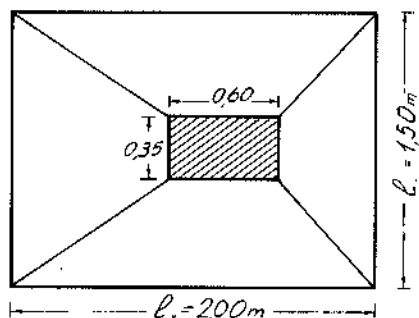
Η εξωτερική έκκεντρότητα είναι $e = \frac{M}{P} = \frac{12,50}{78,0} = 0,16 \text{ m.}$

Τό πέδιλο κατασκευάζεται μέ κατασκευαστική έκκεντρότητα $e_{\text{κατ}} = e = 0,16 \text{ m.}$ Έτσι ή αντίδραση του έδάφους θά είναι όμοιόμορφη και τό πέδιλο αντιμετωπίζεται σάν κεντρικό.

Γιά $l = \frac{2,00 + 1,50}{2} = 1,75 \text{ m,}$ από τόν πίνακα III, προκύπτει $\alpha_2 = 4,85.$

Λαμβάνεται $H = 1,00,$ όποτε $G = 4,85 \cdot 1,00 = 4,85 \text{ t} = 5,0 \text{ t}$

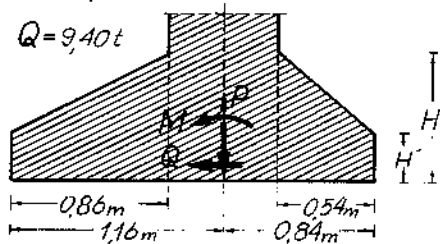
και $P_{0\lambda} = 78,0 + 5,0 = 83,0 \text{ t}$



$$P = 78,0 \text{ t}$$

$$M = 12,50 \text{ tm}$$

$$Q = 9,40 \text{ t}$$



Γιά τόν ύπολογισμό του άναγκαίου ύψους καθοριστικός είναι ό έλεγχος σέ κάμψη:

$$\sigma_o = \frac{P_{0\lambda}}{I_x I_y} = \frac{83,0}{2,00 \cdot 1,50} = 27,67 \text{ t/m}^2$$

$$M_{I,I} = 27,67 \cdot 1,50 \cdot \frac{0,86^2}{2} = 15,35 \text{ tm}$$

$$\frac{\epsilon_{psb}}{\epsilon_{ps_e}} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2 \Rightarrow$$

$$h_{\alpha\pi} = 9,20 \sqrt{\frac{15,35}{0,35}} = 60,9 \text{ cm}$$

$$H \geq 0,61 + 0,07 = 0,68 \text{ m}$$

Λαμβάνεται $H = 0,70 \text{ m}$ και

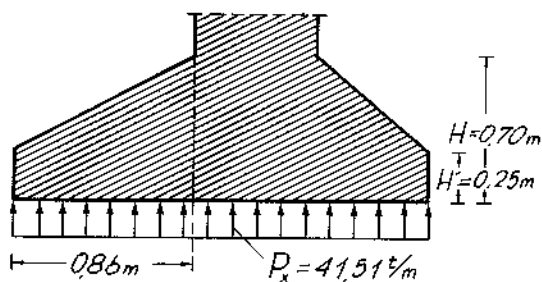
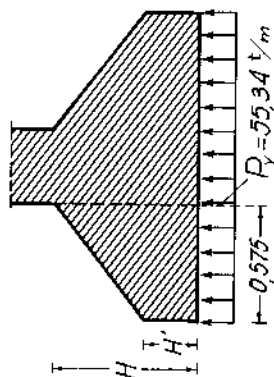
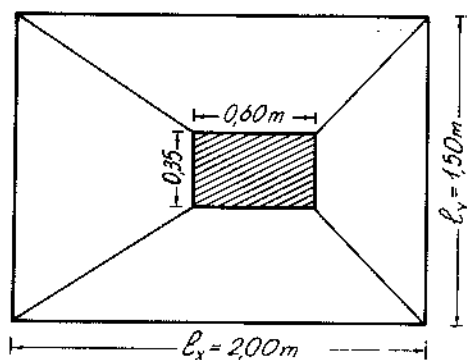
$$H' = 0,25 \text{ m.}$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = 27,67 \text{ t/m}^2 < 30,0 \text{ t/m}^2 = \epsilon \pi \sigma_0$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = 27,67 \cdot 1,50 = 41,51 \text{ t/m}$$

$$P_y = 27,67 \cdot 2,00 = 55,34 \text{ t/m}$$

$$Q_x = 41,51 \cdot 0,86 = 35,70 \text{ t}$$

$$M_x = \frac{1}{2} 41,51 \cdot 0,86^2 = 15,35 \text{ t.m}$$

$$Q_y = 55,34 \cdot 0,575 = 31,82 \text{ t}$$

$$M_y = \frac{1}{2} 55,34 \cdot 0,575^2 = 9,15 \text{ t.m}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

Λαμβάνεται $h_x = h_y = h = 0,70 - 0,07 = 0,63 \text{ m.}$

$$K_{h_x} = \frac{63}{\sqrt{\frac{15,35}{0,35}}} = 9,5 > 9,2 = K_h^* \Rightarrow K_x = 0,32, \quad K_e = 0,47$$

$$K_{hy} = \frac{63}{\sqrt{\frac{9,15}{0,60}}} = 16,1 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

$$\max Q = 35,70 \text{ t}, \quad x = K_x h = 0,32 \cdot 0,63 = 0,20 \text{ m} \Rightarrow$$

$$b' = 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,20}{0,70 - 0,25} (1,50 - 0,35) = 0,76 \text{ m}.$$

$$\tau_{\max} = \frac{35,70}{\frac{7}{8} \cdot 0,63 \cdot 0,76} = 85,2 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \epsilon \pi \tau_0$$

5. Έλεγχος σε όλίσθηση

$$\mu = \frac{H}{N} = \frac{9,40}{86,0} = 0,109 < \mu_{\epsilon \pi} = 0,12 \text{ (πίνακας II, σελ. 39)}$$

6. Όπλισμός

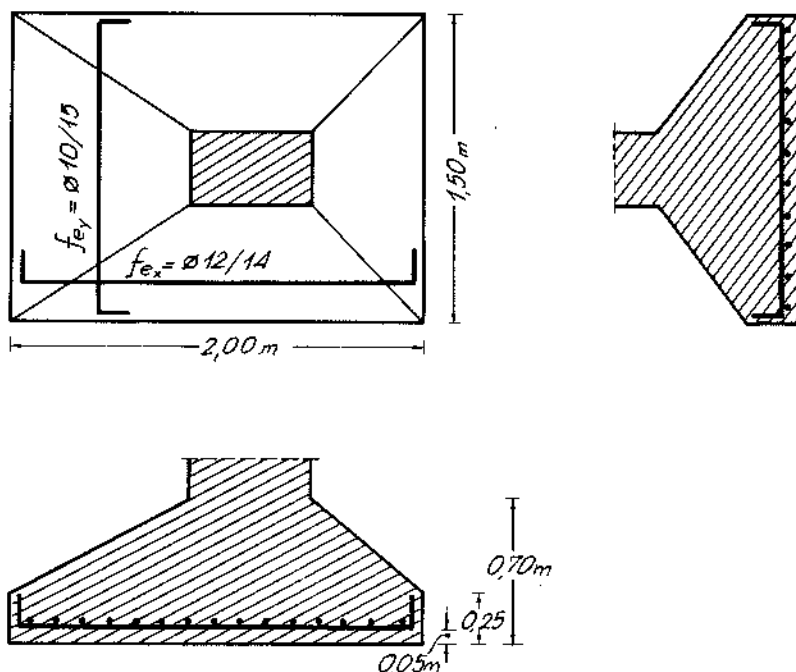
$$F_{e_x} = 0,47 \cdot \frac{15,35}{0,63} = 11,45 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{11,45}{1,50} = 7,63 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 12/14 (= 8,08 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{9,15}{0,63} = 6,54 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{6,54}{2,00} = 3,27 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow f_{e_y} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ } \delta \text{ } \epsilon \lambda \alpha \chi \iota \sigma \tau \omicron \varsigma \text{ } \alpha \nu \alpha \gamma \mu \alpha \iota \omicron \varsigma \text{ } \omicron \pi \lambda \iota \sigma \mu \omicron \varsigma).$$

7. Σχεδίαση όηλιοροφ



ΑΣΚΗΣΗ 11

Ζητείται ό υπολογισμός της θεμελίωσης όποστυλώματος πλαισίου 70×45 , πού άπό τήν επίλυση, μέ τά μόνιμα καί τά κινητά φορτία, έδωσε δύο δυσμενείς φορτίσεις στή βάση της θεμελίωσης.

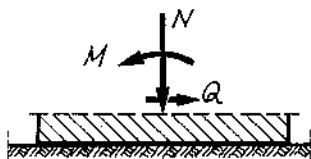
Φόρτιση 1: $M_1 = 5,0 \text{ tm}$, $Q_1 = 12,5 \text{ t}$, $N_1 = 115,0 \text{ t}$

Φόρτιση 2: $M_2 = 35,0 \text{ tm}$, $Q_2 = 18,0 \text{ t}$, $N_2 = 123,0 \text{ t}$

Δίνονται:

Έπιτρεπόμενη τάση έδάφους: $\epsilon \sigma_0 = 2,50 \text{ kg/cm}^2$.

Υλικά: B300, St III.



Λύση**Α. Προεκτίμηση**

Γιά τόν καθορισμό τών διαστάσεων τοῦ πεδίου ἀμελεῖται ἡ ἐπίδραση τῆς ροπῆς, ὁπότε ἀπό τή σχέση

$$\varepsilon_{\sigma_0} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x l_y = \frac{123,0}{25,0} = 4,92 \text{ m}^2.$$

Γιά $l_x = l_y = l = \sqrt{4,92} = 2,25 \text{ m},$

ἀπό τόν πίνακα ΙΙΙ, προκύπτουν: $\alpha_1 = 0,008$, $\alpha_2 = 7,90$, ὁπότε:

$$h = 0,80 \cdot 0,008 \cdot 123,0 = 0,79 \text{ m}$$

καί $H \geq 0,79 + 0,07 = 0,86 \text{ m}$

Λαμβάνεται $H = 0,90 \text{ m}$ καί $H' = 0,30 \text{ m}$

$$G = 7,90 \cdot 0,90 = 7,11 \text{ t} = 7,50 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{\sigma\lambda} = 123,0 + 7,50 = 130,5 \text{ t}$$

Ἄρα $l_x l_y = \frac{130,5}{25,0} = 5,22 \text{ m}^2.$

Λαμβάνονται τελικά $l_x = 2,80 \text{ m}, \quad l_y = 2,00 \text{ m}.$

Οἱ ἐντατικές καταστάσεις (1), (2) δίνουν, ὡς πρὸς τόν ἄξονα τοῦ ὑποστυλώματος, ἐκκεντρότητες:

$$e_1 = \frac{5,0}{115,0 + 7,5} = 0,04 \text{ m} \quad e_2 = \frac{35,0}{130,5} = 0,27 \text{ m}.$$

Δίνεται στό πέδιλο κατασκευαστική ἐκκεντρότητα, ὡς πρὸς τόν ἄξονα τοῦ ὑποστυλώματος:

$$e_{\text{κατ}} = \frac{e_1 + e_2}{2} = \frac{0,04 + 0,27}{2} = 0,155 \text{ m}.$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\text{Φόρτιση (1): } \sigma_0 = \frac{N_1 + G}{l_x l_y} = \frac{122,5}{2,80 \cdot 2,00} = 21,88 \text{ t/m}^2 < \varepsilon \pi \sigma_0 = 25,0 \text{ t/m}^2$$

$$e^+ = e_{\text{κατ}} - e_1 = 0,155 - 0,04 = 0,115 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \mp \frac{6e}{l_x} \right) = 21,88 \left(1 \mp \frac{6 \cdot 0,115}{2,80} \right) = 21,88 (1 \mp 0,246) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 16,50 \text{ t/m}^2 > 0 \\ \sigma_2 = 27,26 \text{ t/m}^2 < 1,30 \varepsilon \pi \sigma_0 = 32,50 \text{ t/m}^2 \end{cases}$$

$$\text{Φόρτιση (2): } \sigma_0 = \frac{N_2 + G}{l_x l_y} = \frac{130,5}{2,80 \cdot 2,00} = 23,30 \text{ t/m}^2 < \varepsilon \pi \sigma_0 = 25,0 \text{ t/m}^2$$

$$e^+ = e_2 - e_{\text{κατ}} = 0,27 - 0,155 = 0,115 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{6e}{l_x} \right) = 23,30 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,115}{2,80} \right) = 23,30 (1 \pm 0,246) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 29,03 \text{ t/m}^2 < 1,30 \varepsilon \pi \sigma_0 \\ \sigma_2 = 17,57 \text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

2. Στατική επίλυση

$$\text{Φόρτιση (1): } P_{x_1} = 16,50 \cdot 2,00 = 33,00 \text{ t/m}$$

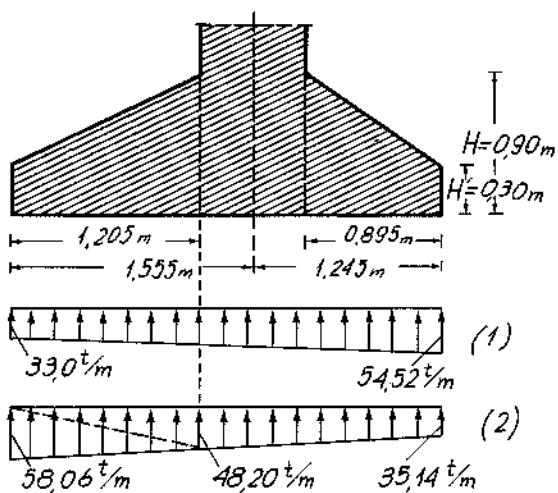
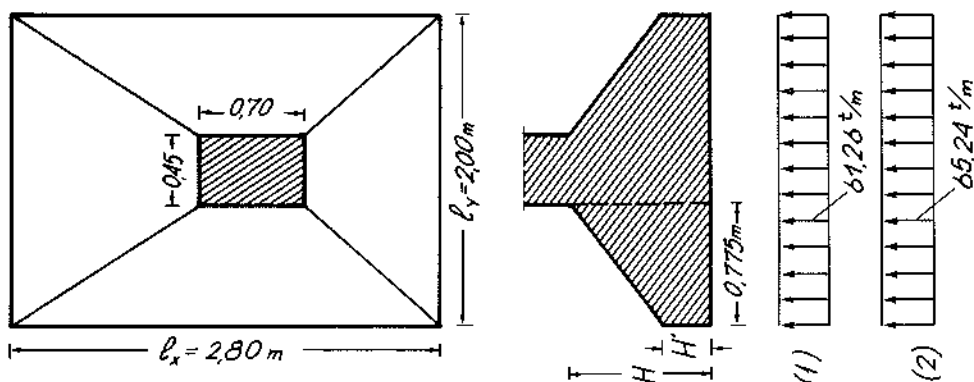
$$P_{x_2} = 27,26 \cdot 2,00 = 54,52 \text{ t/m}$$

$$P_y = 21,88 \cdot 2,80 = 61,26 \text{ t/m}$$

$$\text{Φόρτιση (2): } P_{x_1} = 29,03 \cdot 2,00 = 58,06 \text{ t/m}$$

$$P_{x_2} = 17,57 \cdot 2,00 = 35,14 \text{ t/m}$$

$$P_y = 23,30 \cdot 2,80 = 65,24 \text{ t/m}$$



$$\begin{aligned} \max Q_x &= \frac{58,06 + 48,20}{2} \cdot 1,205 = \\ &= 64,02 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max M_x &= \frac{1}{6} 48,20 \cdot 1,205^2 + \\ &+ \frac{1}{3} 58,06 \cdot 1,205^2 = \\ &= 39,77 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max Q_y &= 65,24 \cdot 0,775 = \\ &= 50,56 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\max M_y = \frac{1}{2} 65,24 \cdot 0,775^2 = 19,59 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\epsilon \rho \sigma_b}{\epsilon \rho \sigma_e} = \frac{100}{2400}, \quad K_h^* = 7,7, \quad h_x = h_y = h = 0,90 - 0,07 = 0,83 \text{ m}$$

$$K_{h_x} = \frac{83}{\sqrt{\frac{39,77}{0,45}}} = 8,8 > 7,7 \Rightarrow K_x = 0,35, \quad K_e = 0,47$$

$$K_{hy} = \frac{83}{\sqrt{\frac{19,59}{0,70}}} = 15,7 > 7,7 \Rightarrow K_e = 0,45$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση

$$Q = 64,02 \text{ t}, \quad h = 0,83 \text{ m}, \quad x = 0,35 \cdot 0,83 = 0,29 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b' = 0,45 + \frac{0,8 \cdot 0,29}{0,90 - 0,30} (2,00 - 0,45) = 1,05 \text{ m}$$

$$\text{Άρα } \tau_{\max} = \frac{64,02}{\frac{7}{8} 0,83 \cdot 1,05} = 83,95 \text{ t/m}^2 < 100,0 \text{ t/m}^2 = \text{επτ}$$

5. Όπλισμός

$$F_{ex} = 0,47 \frac{39,77}{0,83} = 22,52 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ex} = 11,26 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

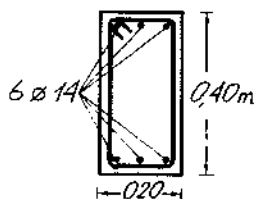
$$f_{ex} = \emptyset 12/10 (11,31 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{ey} = 0,45 \cdot \frac{19,59}{0,83} = 10,62 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ey} = 3,79 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ey} = \emptyset 10/15 (\text{ο ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός}).$$

6. Έλεγχος σε όλισθηση

Έπειδή δεν είναι γνωστή η συμπεριφορά του εδάφους σε όλισθηση, χρησιμοποιείται συνδετήρια δοκός 20×40 μέ τέτοιο όπλισμό που νά μπορεί νά παραλάβη τήν όριζόντια δύναμη H :



$$F_e = \frac{H}{\epsilon \sigma_e} = \frac{18,0}{2,40} = 7,50 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = 6 \emptyset 14.$$

Μέ τόν τρόπο αυτό γίνεται ή ασφαλέστερη παραλαβή τής όριζόντιας δύναμης, άνεξάρτητα από τό είδος του εδάφους καί τήν κα τάστασή του.

ΑΣΚΗΣΗ 12

Νά λυθῇ ἡ άσκηση 1, μέ πέδιλο τετραγωνικό ένιαίου ύψους $H = 0,45 \text{ m}$.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

$$\text{Άπό τή σχέση } \varepsilon_{\text{πο}} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x = l_y = \sqrt{\frac{80,0}{25,0}} = 1,80 \text{ m.}$$

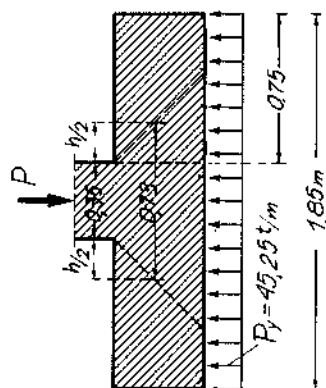
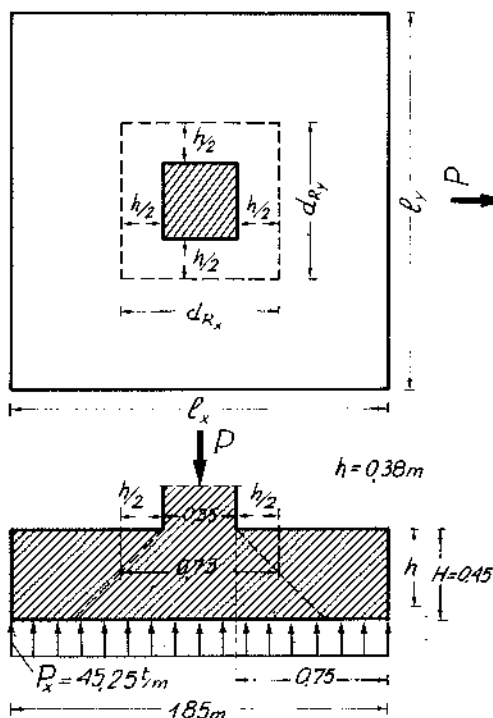
Γιά νά μπορεῖ νά ἀναλάβει τό πέδιλο καί τό ἑξιο βάρος, λαμβάνε-

$$\text{ται } l_x = l_y = 1,85 \text{ m.} \Rightarrow G = 1,85 \cdot 1,85 \cdot 0,45 \cdot 2,40 = 3,70 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{0\lambda} = 80,0 + 3,7 = 83,7 \text{ t}$$

B. Έλεγχος πεδίου**1. Τάση εδάφους**

$$\sigma_0 = \frac{83,70}{1,85 \cdot 1,85} = 24,46 \text{ t/m}^2 < 25,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon_{\text{πο}}.$$

2. Στατική επίλυση

$$P_x = P_y = \sigma_0 \cdot l = 24,46 \cdot 1,85 = 45,25 \text{ t/m}$$

$$d_{R_x} = d_{R_y} = b + h = 0,35 + 0,38 = 0,73 \text{ m.}$$

$$F_R = d_{R_x} \cdot d_{R_y} = 0,73 \cdot 0,73 = 0,53 \text{ m}^2.$$

$$u_R = 2(d_{R_x} + d_{R_y}) = 2,92 \text{ m}$$

$$Q_R = P + G - F_R \cdot \sigma_0 = 80,0 + 3,7 - 0,53 \cdot 24,46 = 70,7 \text{ t}$$

$$M_x = M_y = 45,25 \cdot \frac{0,75^2}{2} = 12,73 \text{ tm}.$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon_{ps_b}}{\varepsilon_{ps_e}} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2$$

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{38}{\sqrt{\frac{12,73}{1,85}}} = 14,5 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45.$$

4. Έλεγχος σέ διάτρηση

$$\tau_R = \frac{Q_R}{\frac{7}{8} \cdot h \cdot u_R} = \frac{70,7}{\frac{7}{8} \cdot 0,38 \cdot 2,92} = 72,82 \text{ t/m}^2.$$

$$\text{Είναι } \tau_{01} = 67,50 \text{ t/m}^2 < \tau_R = 72,82 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 90,0 \text{ t/m}^2,$$

άρα απαιτείται όπλισμός διάτρησης.

5. Όπλισμός

Όπλισμός κάμψης:

$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{12,73}{0,38} = 15,08 \text{ cm}^2 \text{ ή } f_{e_x} = f_{e_y} = \frac{15,08}{1,85} =$$

$$= 8,15 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow f_{e_x} = f_{e_y} = \phi 12/13,5 (= 8,37 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Όπλισμός διάτρησης:

$$F_{e_R} = \frac{Q_R}{\varepsilon_{ps_e}} = \frac{70,7}{2,4} = 29,46 \text{ cm}^2.$$

Θά χρησιμοποιηθοῦν δίτμητοι συνδετήρες, όπότε:

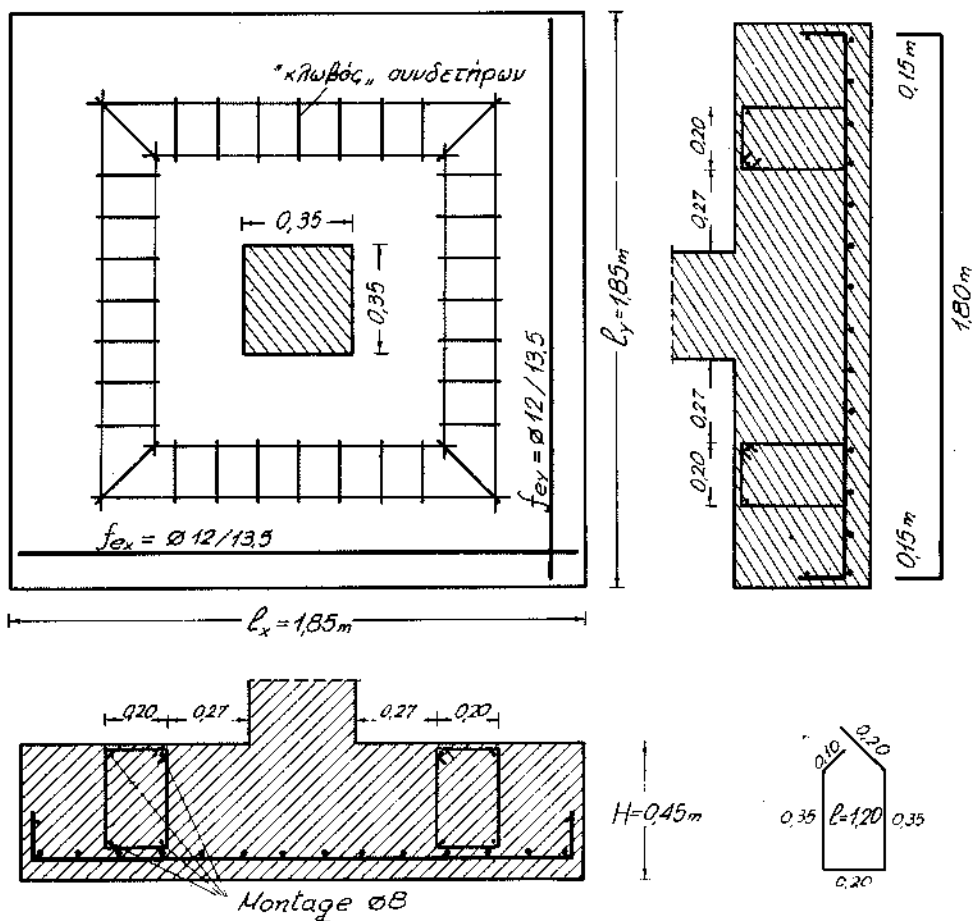
$$F'_{e_R} = \frac{F_{e_R}}{2} = \frac{29,46}{2} = 14,73 \text{ cm}^2 .$$

Γιά συνδετήρες $\varnothing 8$, απαιτούνται $\frac{14,73}{0,50} \approx 30$ συνδετήρες. Τοποθετούνται 32 συνδετήρες (8 σε κάθε πλευρά). Σύμφωνα με την § 2.6, τό συνολικό μήκος πού τοποθετούνται συνδετήρες είναι:

$$l = 2(b_x + b_y + 4 \cdot 0,7h) = 3,53 \text{ m},$$

άρα ή απόσταση μεταξύ τους είναι

$$e = \frac{353}{32} = 11,0 \text{ cm} \quad (10 < e < 15) .$$



7. Προμέτρηση υλικών

α. Σκυρόδεμα

$$V = H \cdot l_x \cdot l_y = 0,45 \cdot 1,85 \cdot 1,85 = 1,54 \text{ m}^3.$$

β. Σίδηρος

Όπλισμός κάμψης, $\emptyset 12$:

σέ κάθε διεύθυνση χρειάζονται $n = \frac{1,85}{0,135} = 13,7$ ράβδοι καί τοποθετούνται $n = 14$ ράβδοι.

$$n_{\text{ολ}} = 2 \cdot 14 = 28, \quad l = 2,10 \text{ m} \Rightarrow$$

$$L = n_{\text{ολ}} \cdot l = 28 \cdot 2,10 = 58,8 \text{ m} \Rightarrow$$

$$G_1 = 0,888 \cdot 58,8 = 52,2 \text{ kg}.$$

Όπλισμός διάτρησης, συνδετήρες $\emptyset 8$:

$$n = 4 \cdot 8 = 32, \quad l = 1,20 \text{ m} \Rightarrow L = 32 \cdot 1,20 = 38,4 \text{ m} \Rightarrow$$

$$G_2 = 0,395 \cdot 38,4 = 15,2 \text{ kg}.$$

montage $\emptyset 8$:

$$n = 16, \quad l = 1,00 \text{ m} \Rightarrow L = 16 \cdot 1,0 = 16,0 \text{ m} \Rightarrow$$

$$G_3 = 16,0 \cdot 0,395 = 6,3 \text{ kg}. \quad G_{\text{ολ}} = G_1 + G_2 + G_3 = 73,7 \text{ kg}.$$

Περιεκτικότητα σέ σίδηρο: $\frac{73,7}{1,54} = 47,90 \text{ kg/m}^3.$

Παρατήρηση

Στό εύκαμπτο πέδουλο ή περιεκτικότητα σέ σίδηρο, σέ σχέση μέ τό αντίστοιχο δύσκαμπτο, είναι μεγαλύτερη, άρα καί ή δαπάνη σέ υλικά είναι μεγαλύτερη μιά καί ό όγκος είναι περίπου ό ίδιος. "Αν ληφθή όμως υπ' όψη ή διαφορά δαπάνης γιά τήν κατασκευή τοῦ ξυλοτύπου, τό συνολικό κόστος είναι περίπου τό ίδιο.

ΑΣΚΗΣΗ 13

Νά λυθῇ ἡ ἀσκηση 2 μέ τό περιορισμό τοῦ μικρότερου δυνατοῦ ὕψους πεδίου.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

$$\varepsilon\sigma_0 = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x = l_y = \sqrt{\frac{120,0}{30,0}} = 2,0 \text{ m.}$$

Γιά νά μπορεῖ τό πέδιλο νά ἀναλάβῃ καί τό ἴδιο βάρος, λαμβάνονται

$$l_x = 2,10 \text{ m}, \quad l_y = 2,00 \text{ m.}$$

Θεωρεῖται $Q_R = 0,90P = 0,90 \cdot 120,0 = 108,0 \text{ t}$,

ὁπότε ἀπό τή σχέση $\tau_R = \frac{Q_R}{u_R z}$,

γιά $Q_R = 108,0 \text{ t}$, $u_R = 2(b_x + b_y + 2h) = 1,80 + 4h$, $z = \frac{7}{8}h$

καί $\tau_R = \tau_{02} = 80,0 \text{ t/m}^2$, προκύπτει:

$$80 = \frac{108,0}{(1,80 + 4h) \cdot \frac{7}{8}h} \Rightarrow h^2 + 0,45h - 0,386 = 0 \Rightarrow h = 0,44 \text{ m.}$$

$H \geq 0,44 + 0,07 = 0,51 \text{ m}$. Λαμβάνεται $H = 0,50 \text{ m}$.

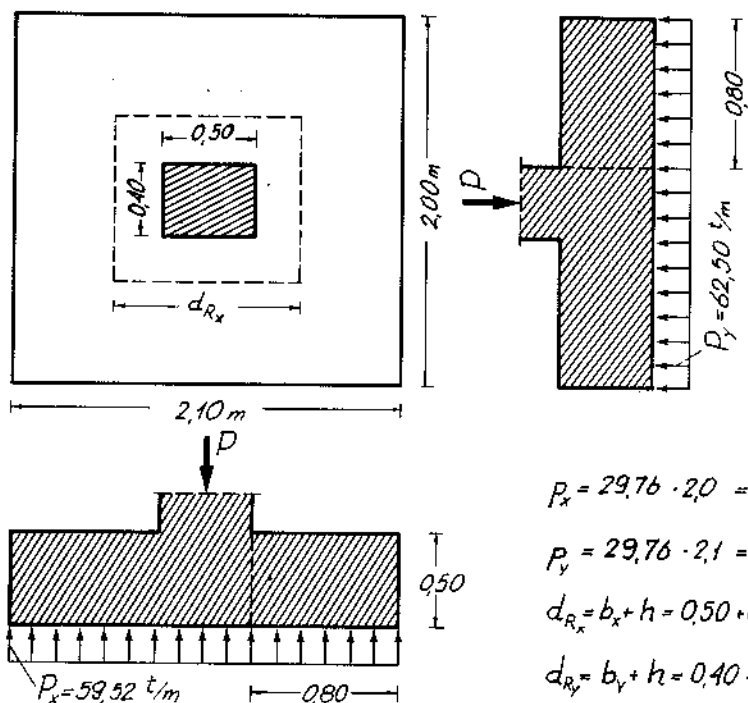
$$G = 2,40 \cdot (2,1 \cdot 2,0 \cdot 0,50) = 5,0 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{o\lambda} = 120,0 + 5,0 = 125,0 \text{ t}.$$

B. Έλεγχος πεδίου**1. Τάση εδάφους**

$$\sigma_0 = \frac{125,0}{2,1 \cdot 2,0} = 29,76 \text{ t/m}^2 < \varepsilon\sigma_0 = 30,0 \text{ t/m}^2.$$

2. Στατική επίλυση



$$p_x = 29,76 \cdot 2,0 = 59,52 \text{ t/m}$$

$$p_y = 29,76 \cdot 2,1 = 62,50 \text{ t/m}$$

$$d_{R_x} = b_x + h = 0,50 + 0,43 = 0,93 \text{ m}$$

$$d_{R_y} = b_y + h = 0,40 + 0,43 = 0,83 \text{ m}$$

$$F_R = 0,93 \cdot 0,83 = 0,77 \text{ m}^2$$

$$U_R = 2 \cdot (0,93 \cdot 0,83) = 3,52 \text{ m}$$

$$Q_R = 125,0 - 29,76 \cdot 0,77 = 102,08 \text{ t}$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot 59,52 \cdot 0,80^2 = 19,05 \text{ tm}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \cdot 62,50 \cdot 0,80^2 = 20,00 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\varepsilon_{psb}}{\varepsilon_{ps_e}} = \frac{60}{1400}, \quad K_h^* = 9,9, \quad h_x = h_y = 0,43 \text{ m}.$$

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{43}{\sqrt{\frac{19,05}{2,0}}} = \frac{43}{\sqrt{\frac{20,0}{2,1}}} = 13,9 > 9,9 \Rightarrow K_{e_x} = K_{e_y} = 0,79$$

(Στά εύκαμπτα πέδιλα όταν είναι ίσοι οι πρόβολοι προκύπτει πάντοτε $K_{h_x} = K_{h_y}$).

4. Έλεγχος σε διάτρηση

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_{RZ}} = \frac{102,08}{3,52 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,43} = 77,08 \text{ t/m}^2.$$

Είναι $\tau_{01} = 60,0 \text{ t/m}^2 < \tau_R = 77,08 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 80,0 \text{ t/m}^2$

Άρα χρειάζεται οπλισμός σε διάτρηση.

5. Οπλισμός

Οπλισμός κάμψης:

$$F_{e_x} = 0,79 \cdot \frac{19,05}{0,43} = 35,00 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad f_{e_x} = \frac{35,00}{2,0} = 17,50 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 16/11,5 \quad (= 17,49 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$F_{e_y} = 0,79 \cdot \frac{20,00}{0,43} = 36,74 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad f_{e_y} = \frac{36,74}{2,1} = 17,50 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 16/11,5 \quad (= 17,49 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Οπλισμός διάτρησης:

$$F_{e_R} = \frac{102,08}{1,4} = 72,91 \text{ cm}^2.$$

Θά χρησιμοποιηθούν λοξές ράβδοι με γωνία 45° . Ο αριθμός των αναγκαίων ράβδων (κάθε ράβδος δύο κάμψεις), είναι:

$$n = \frac{F_{e_R}}{2 \cdot f_{e_{16}}} = \frac{72,91}{2 \cdot 2,01} = 18,1 \approx 18.$$

Σε κάθε διεύθυνση χρειάζονται $\frac{18}{2} = 9$ ράβδοι. Υπάρχουν από

τόν οπλισμό σε κάμψη, σε μήκος $d_R = 0,90 \text{ m}$, $\frac{0,90}{0,115} = 8$ ράβδοι, από τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μισές (οι λοξές ράβδοι), όποτε απαιτούνται 5 $\emptyset 16$ πρόσθετα σε κάθε διεύθυνση.

Παρατηρήσεις

- Ο όπλισμός διάτρησης F_{eR} , θα μπορούσε να ληφθῇ

$$F_{eR} = \frac{Q_R}{\sqrt{2} \cdot \sigma_e} = 0,71 \frac{Q_R}{\sigma_e},$$

αν ήταν σύγoura προσδιορισμένη ἡ διεύθυνση τῶν διατμητικῶν τάσεων, δηλ. ἡ γωνία θραύσης (ἔση μέ 45°). Πολλές φορές ὅμως ἡ γωνία αὐτή εἶναι μεγαλύτερη ἀπό 45° , ὁπότε θά ἦταν λογικό νά ληφθῇ ὁ μέσος ὅρος τῶν δύο τιμῶν:

$$\frac{1,00 + 0,71}{2} \cdot \frac{Q_R}{\sigma_e} = 0,85 \cdot \frac{Q_R}{\sigma_e}$$

- Γιά τόν ὀπλισμό διάτρησης, καλό εἶναι νά ἀποφεύγονται οἱ λοξές ράβδοι καί νά προτιμᾶται ἡ χρησιμοποίηση συνδετήρων, γιατί παρουσιάζονται κατασκευαστικά προβλήματα, τόσο στή τοποθέτηση τοῦ ὀπλισμοῦ, ὅσο καί στή σκυροδέτηση. Ἰδιαίτερα ἔντονα προβλήματα παρουσιάζονται, ὅταν ὁ ὀπλισμός εἶναι St I, ὁπότε ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ χάλυβα εἶναι μικρή καί προκύπτουν πολλές ράβδοι.

ΑΣΚΗΣΗ 14

Νά ὑπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μέ διατομή 60×25 , φορτίο $P = 90,0 \text{ t}$ καί μέ τόν περιορισμό τοῦ ἐλάχιστου δυνατοῦ ὕψους.

Δίνονται: Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon_{\pi\sigma_0} = 2,0 \text{ kg/cm}^2$

Ὑλικά: B225, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

$$\epsilon_{\pi\sigma_0} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x l_y = \frac{90,0}{20,0} = 4,5 \text{ m}^2,$$

λαμβάνονται $l_x = 2,40 \text{ m}$, $l_y = 2,05 \text{ m}$.

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R z},$$

γιά $Q_R = 0,90 \cdot P = 0,90 \cdot 90,0 = 81,0 \text{ t}$,

$$u_R = 2(b'_x + b_y + 2h) = 2(1,5 \cdot 0,25 + 0,25 + 2h) = 1,25 + 4h.$$

$$[b'_x = 1,5 b_y, \text{ παράγρ. 2.2, κεφ. II}].$$

$$z = \frac{7}{8}h \quad \text{και} \quad \tau_R = \tau_{02} = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

$$90,0 = \frac{81,0}{(1,25 + 4h) \cdot \frac{7}{8}h} \Rightarrow h^2 + 0,313h - 0,257 = 0 \Rightarrow$$

$$h = 0,37 \text{ m.} \quad H \geq 0,37 + 0,07 = 0,44 \text{ m.}$$

Λαμβάνεται $H = 0,50 \text{ m}$ (αντί $0,45$, επειδή δεν δουλεύει όλο το υποστύλωμα)

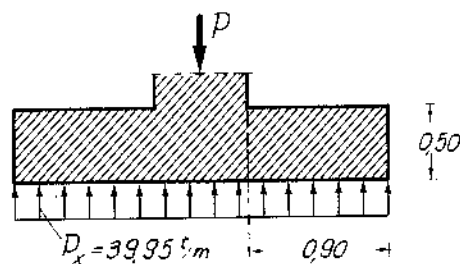
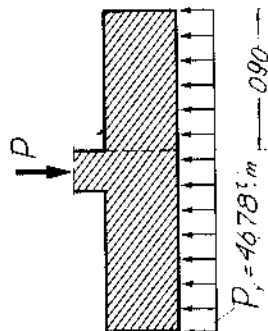
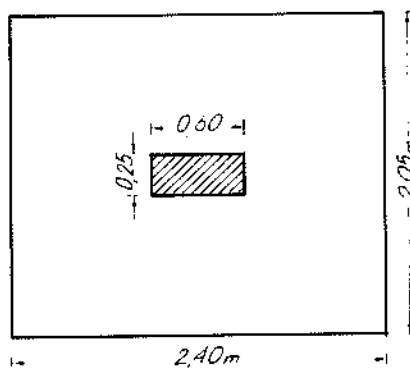
$$G = 2,40(2,40 \cdot 2,05 \cdot 0,50) = 5,9 \text{ t} \Rightarrow P_{0\lambda} = 95,9 \text{ t.}$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{95,9}{2,40 \cdot 2,05} = 19,49 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\sigma_0 = 20,0 \text{ t/m}^2$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = 19,49 \cdot 2,05 = 39,95 \text{ t/m}$$

$$P_y = 19,49 \cdot 2,40 = 46,78 \text{ t/m}$$

$$d_{R_x} = b'_x + h = 1,5 \cdot 0,25 + 0,43 = 0,81 \text{ m}$$

$$d_{R_y} = b'_y + h = 0,25 + 0,43 = 0,68 \text{ m}$$

$$F_R = 0,81 \cdot 0,68 = 0,55 \text{ m}^2$$

$$u_R = 2(0,81 + 0,68) = 2,98 \text{ m}$$

$$Q_R = 95,9 - 19,49 \cdot 0,55 = 85,18 \text{ t}$$

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot 39,95 \cdot 0,90^2 = 16,18 \text{ tm}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \cdot 46,78 \cdot 0,90^2 = 18,95 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon_{\sigma b}}{\varepsilon_{\sigma e}} = \frac{80}{2400} \text{ , } K_h^* = 9,2 \text{ , } h_x = h_y = 0,43 \text{ m.}$$

$$K_{hx} = K_{hy} = \frac{43}{\sqrt{\frac{16,18}{2,05}}} = \frac{43}{\sqrt{\frac{18,95}{2,40}}} = 15,3 > 9,2 \Rightarrow$$

$$K_{ex} = K_{ey} = 0,45 \text{ .}$$

4. Έλεγχος σέ διάτρηση

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R z} = \frac{85,18}{2,98 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,43} = 75,97 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Είναι } \tau_{01} = 67,50 \text{ t/m}^2 < \tau_R = 75,97 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 90,0 \text{ t/m}^2,$$

άρα χρειάζεται οπλισμός σέ διάτρηση.

5. Οπλισμός

Οπλισμός κάμψης:

$$F_{ex} = F_{ey} = 0,45 \cdot \frac{16,18}{0,43} = 16,93 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad f_{ex} = f_{ey} = \frac{16,93}{2,05} = 8,26 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 12/13,5 (= 8,38 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Οπλισμός διάτρησης:

$$F_{eR} = \frac{Q_R}{\sigma_e} = \frac{85,18}{2,40} = 35,49 \text{ cm}^2.$$

Θά χρησιμοποιηθούν δίτμητοι συνδετήρες, όπότε:

$$F'_{eR} = \frac{35,49}{2} = 17,75 \text{ cm}^2.$$

Τό συνολικό μήκος πού θά τοποθετηθοῦν συνδετήρες, εἶναι περίπου

$$2(0,60 + 0,25 + 4 \cdot 0,7 \cdot 0,43) = 4,11 \text{ m.}$$

Ἄν χρησιμοποιηθοῦν συνδετήρες ρ8, ἀπαιτοῦνται $\frac{17,75}{0,5} \approx 36$ τεμάχια, σέ ἀπόσταση $e = \frac{411}{36} = 11,4 \text{ cm}$ ($10 < e < 15$).

ΑΣΚΗΣΗ 15.

Ζητεῖται ὁ ὑπολογισμός τῆς θεμελίωσης ὑποστυλώματος μέ διατομή 40×40 , φορτίο $P = 108,0 \text{ t}$ καί ροπή λόγω σειсмоῦ $M_x = M_y = \pm 10,70 \text{ tm}$, μέ τό μικρότερο δυνατό ὕψος πεδίου. Ἡ ἐδραση τοῦ πεδίου θά γίνῃ πάνω σέ ἐξομαλυντική στρώση ἀπό ἀοπλο σκυρόδεμα.

Δίνονται: Ἐδαφος: Ἡμισκληρο ἀργιλιῶδες

Ὑλικά: B225, St III.

Λύση

A. Προεκτίμηση

Ἡ θεμελίωση θά γίνῃ σέ βάθος $t \geq 0,50 \text{ m}$, ὁπότε ἀπό τόν πίνακα 4, κεφ. I, προκύπτει

$$e_{\sigma_0} = 1,40 \text{ kg/cm}^2.$$

Ἐπειδή τό πέδιλο θά κατασκευασθῇ τετραγωνικό, ἐπιτρέπεται αὔξηση τῆς ἐπιτρεπόμενης τάσης κατὰ 20%, δηλαδή

$$e_{\sigma_0} = 1,20 \cdot 1,40 = 1,68 \text{ kg/cm}^2.$$

$$e_{\sigma_0} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x = l_y = \sqrt{\frac{108,0}{1,68}} = 2,54 \text{ m.}$$

Γιά νά μπορεῖ τό πέδιλο νά ἀναλάβῃ καί τό ἴδιο βάρος, λαμβάνονται

$$l_x = l_y = 2,65 \text{ m.}$$

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R z}.$$

Γιὰ $Q_R = 0,9 \cdot 108,0 = 97,2 \text{ t}, \quad u_R = 2(0,40 + 0,40 + 2h) =$

$$= 1,60 + 4h, \quad z = \frac{7}{8}h \text{ καί } \tau_R = \tau_{o2} = 90,0 \text{ t/m}^2,$$

προκύπτει:

$$90,0 = \frac{97,2}{(1,60 + 4h) \cdot \frac{7}{8}h} \Rightarrow h^2 + 0,40h - 0,31 = 0 \Rightarrow h = 0,39 \text{ m}$$

$$H \geq 0,39 + 0,04 = 0,43 \text{ m, λαμβάνεται } H = 0,45 \text{ m.}$$

$$G = 2,40 \cdot 0,45 \cdot 2,65^2 = 7,6 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{o\lambda} = 108,0 + 7,6 = 115,6 \text{ t.}$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

α. Ένταση χωρίς σεισμό

$$\sigma_o = \frac{115,6}{2,65 \cdot 2,65} = 16,46 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_o = 16,80 \text{ t/m}^2.$$

β. Ένταση με σεισμό

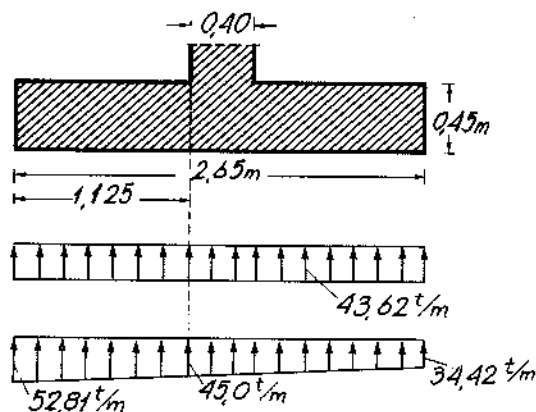
$$e = \frac{10,70}{115,6} = 0,093 \text{ m.}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_o \left(1 \pm \frac{6e}{1}\right) = 16,46 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,093}{2,65}\right) = 16,46 (1 \pm 0,211) =$$

$$= \begin{cases} 19,93 \text{ t/m}^2 \\ 12,99 \text{ t/m}^2 \end{cases}$$

$$\sigma_1 = 19,93 \text{ t/m}^2 < 1,50 \cdot \epsilon \sigma_o = 25,20 \text{ t/m}^2.$$

2. ΣΤΟΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ



$$P_{x_0} = P_{y_0} = 16,46 \cdot 2,65 = 43,62 \text{ t/m}$$

$$P_{x_1} = 19,93 \cdot 2,65 = 52,81 \text{ t/m}$$

$$P_{x_2} = 12,99 \cdot 2,65 = 34,42 \text{ t/m}$$

$$d_{R_x} = d_{R_y} = 0,40 + 0,41 = 0,81 \text{ m}$$

$$u_R = 4 \cdot 0,81 = 3,24 \text{ m}$$

$$F_R = 0,81^2 = 0,66 \text{ m}^2.$$

$$\alpha) \quad Q_R = 115,6 - 16,46 \cdot 0,66 = 104,7 \text{ t}$$

$$M_x = M_y = \frac{1}{2} \cdot 43,62 \cdot 1,125^2 = 27,60 \text{ tm}$$

$$\beta) \quad Q_R = 104,7 \text{ t}$$

$$M_x = M_y = \frac{1}{3} \cdot 52,81 \cdot 1,125^2 + \frac{1}{6} \cdot 45,00 \cdot 1,125^2 = 31,77 \text{ tm}.$$

$$M_{\text{υπολ}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 27,60 \\ 31,77 \\ 1,20 \end{array} \right\} = 27,60 \text{ tm}.$$

3. Έλεγχος σε κάμψη

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\varepsilon \sigma_e} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2, \quad h_x = h_y = 41 \text{ cm}$$

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{41}{\sqrt{\frac{27,60}{2,65}}} = 12,7 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,46.$$

4. Έλεγχος σέ διάτρηση

$$Q_R = 104,7 \text{ t}, \quad u_R = 3,24 \text{ m}, \quad z = \frac{7}{8} \cdot 0,41 = 0,36 \text{ m}.$$

$$\tau_R = \frac{104,7}{3,24 \cdot 0,36} = 89,76 \text{ t/m}^2.$$

$$\text{Είναι } \tau_{01} = 67,50 \text{ t/m}^2 < \tau_R = 89,76 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 90,0 \text{ t/m}^2,$$

άρα χρειάζεται όπλισμός διάτρησης.

5. Όπλισμός

Όπλισμός κάμψης:

$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,46 \cdot \frac{27,60}{0,41} = 30,97 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad f_{e_x} = f_{e_y} = \frac{30,97}{2,65} = 11,69 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 14/13 (= 11,85 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Όπλισμός διάτρησης:

$$F_{e_R} = \frac{104,7}{2,4} = 43,63 \text{ cm}^2.$$

Θά τοποθετηθούν δίτμητοι συνδετήρες, όπότε

$$F'_{e_R} = \frac{43,63}{2} = 21,82 \text{ cm}^2,$$

σέ συνολικό μήκος: $2(0,40 + 0,40 + 4 \cdot 0,7 \cdot 0,41) = 3,90 \text{ m}.$

Άν έκλεγοΰν συνδετήρες $\emptyset 8$, άπαιτούνται $\frac{21,82}{0,50} \approx 44$ τεμάχια.

Καί ή μεταξύ τους άπόσταση είναι μικρότερη άπό τήν έπιτρεπόμενη τών 10 cm ($\frac{390}{44} \approx 8,9 \text{ cm}$), γι' αυτό τοποθετούνται συνδετήρες $\emptyset 10$.

Άπαιτούνται: $\frac{21,82}{0,79} \approx 28$ τεμ. σέ άπόσταση $e = \frac{390}{28} = 13,9 \text{ cm}.$

Τελικά τοποθετούνται δίτμητοι συνδετήρες $\emptyset 10/14$.

ΑΣΚΗΣΗ 16

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μέ διατομή 30×30 καί φορτίο $P = 35,0 \text{ t}$.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon_{\text{πο}_0} = 3,0 \text{ kg/cm}^2$.

Υλικά: B160, St III.

Λύση**A. Προεκτίμηση**

Ἐπειδὴ τὸ φορτίο P εἶναι πολύ μικρό, θά κατασκευασθῇ πέδιλο εὐκαμπτο μέ διαστάσεις τέτοιες, ὥστε νά μή χρειάζεται ὀπλισμός διάτρησης.

$$\epsilon_{\text{πο}_0} = \frac{P}{l_x l_y} \Rightarrow l_x = l_y = \sqrt{\frac{35,0}{30,0}} = 1,08 \text{ m}.$$

Γιά νά μπορεῖ τὸ πέδιλο νά ἀναλάβῃ καί τὸ ἴδιο βάρος, λαμβάνεται

$$l_x = l_y = 1,15 \text{ m}$$

Λαμβάνεται $d = 0,30 \text{ m} \Rightarrow h = 0,30 - 0,07 = 0,23 \text{ m}$.

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R z}, \quad z = \frac{7}{8} \cdot 0,23 = 0,20 \text{ m}, \quad u_R = 2(0,30 + 0,30 + 2 \cdot 0,23) = 2,12 \text{ m},$$

$$Q_R = 35,0 - \frac{35}{1,15^2} (0,30 + 0,23)^2 = 27,57 \text{ t} \Rightarrow$$

$$\tau_R = \frac{27,57}{2,12 \cdot 0,20} = 65,0 \text{ t/m}^2.$$

Γιά νά μή χρειάζεται ὀπλισμός διάτρησης, πρέπει

$$\tau_R < 40,0 \text{ t/m}^2 \Rightarrow 40,0 > \frac{27,57}{(1,20 + 4h) \cdot \frac{7}{8} h} \Rightarrow h > 0,32 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $H = 0,40 \text{ m}$.

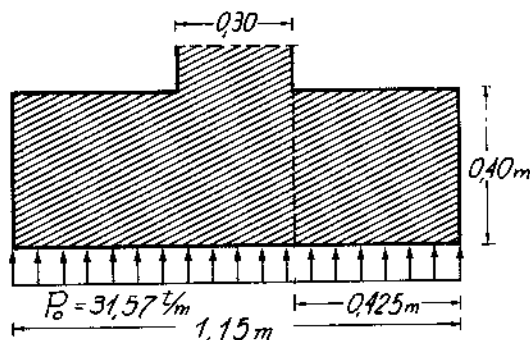
$$G = 2,40 \cdot 0,40 \cdot 1,15^2 = 1,3 \text{ t} \Rightarrow P_{0\lambda} = 35,0 + 1,3 = 36,3 \text{ t}.$$

Β. Έλεγχος πεδίου

1. Τάση εδάφους

$$\sigma_0 = \frac{36,3}{1,15 \cdot 1,15} = 27,45 \text{ t/m}^2 < \varepsilon \sigma_0 = 30,0 \text{ t/m}^2.$$

2. Στατική επίλυση



$$P_x = P_y = 27,45 \cdot 1,15 = 31,57 \text{ t/m.}$$

$$d_{R_x} = d_{R_y} = 0,30 + 0,33 = 0,63 \text{ m.}$$

$$F_R = 0,63^2 = 0,40 \text{ m}^2.$$

$$u_R = 4 \cdot 0,63 = 2,52 \text{ m.}$$

$$Q_R = 36,3 - 27,45 \cdot 0,40 = 25,32 \text{ t}$$

$$M_x = M_y = \frac{1}{2} \cdot 31,57 \cdot 0,425^2 = 2,85 \text{ tm}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\varepsilon \sigma_e} = \frac{60}{2400}, \quad K_h^* = 11,6, \quad h_x = h_y = 0,40 - 0,07 = 0,33 \text{ m}$$

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{33}{\sqrt{\frac{2,85}{1,15}}} = 21,0 > 11,6 \implies K_e = 0,44.$$

4. Έλεγχος σέ διάτρηση

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_{Rz}} = \frac{25,32}{2,52 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,33} = 34,8 \text{ t/m}^2 < \tau_{011} = 40,0 \text{ t/m}^2,$$

Άρα δεν απαιτείται όπλισμός σέ διάτρηση.

5. Όπλισμός

$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,44 \cdot \frac{2,85}{0,33} = 3,80 \text{ cm}^2 \quad \text{ή} \quad f_{e_x} = f_{e_y} = \frac{3,80}{1,15} = 3,30 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός $\emptyset 10/15$ ($5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$).

ΑΣΚΗΣΗ 17

Γιά τή στέγαση βιομηχανικοῦ χώρου μέ ἐμβαδό κάτοψης 2.500 m^2 , χρησιμοποιοῦνται 100 ὑποστυλώματα διατομῆς 35×35 μέ φορτίο $P = 80,0 \text{ t}$ τό καθένα.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon_{\text{ps}_0} = 2,50 \text{ kg/cm}^2$.

Υλικά: B225, St III.

Ζητεῖται: ὁ οἰκονομικότερος τρόπος θεμελίωσης, ὅταν ἰσχύουν οἱ τιμές:

Γενική ἐκσκαφή	:	50 δρχ/ m^3	
Ἐκσκαφή θεμελίων	:	210 "	
Ἐπιχωμάτωση	:	50 "	
Σκυρόδεμα	:	1250 "	(περιλαμβάνεται καί ἡ ἐργασία).
Όπλισμός	:	22 δρχ/kg	—"
Ξυλότυπος	:	240 δρχ/ m^2	

Λύση

Τό ὑποστύλωμα πού δόθηκε, εἶναι αὐτό τῶν ἀσκήσεων 1 καί 12.

Α. Θεμελίωση μέ δύοκαμπτα πέδιλα

Ὁ ἀναγκαῖος ξυλότυπος σέ κάθε πέδιλο, εἶναι τό ἐμβαδόν τῆς παράπλευρης ἐπιφάνειας, δηλ.:

$$E_{\text{κουτιοῦ}} = 0,25 \cdot 1,85 \cdot 4 = 1,85 \text{ m}^2$$

$$E_{\pi} = \frac{0,35 + 1,85}{2} \cdot 0,90 \cdot 4 = 3,96 \text{ m}^2.$$

1. Γενική έκσκαφή

$$\text{Δαπάνη έκσκαφής} : V = 2500 \cdot 0,75 = 1875 \text{ m}^3.$$

$$\Delta = 1875 \cdot 50 = 93.750 \text{ δρχ}$$

$$\text{Δαπάνη ξυλοτύπου} : \Delta = (1,85 + 3,96) 100 \cdot 240 = 139.440 \text{ δρχ.}$$

$$\text{Δαπάνη ύλικων} : \Delta = (1,55 \cdot 1250 + 33,70 \cdot 22) 100 = 267890 \text{ δρχ.}$$

$$\text{Δαπάνη έπιχωμάτωσης} : V = 1875 - 100 \cdot 1,55 = 1720 \text{ m}^3 .$$

$$\Delta = 1720 \cdot 50 = 86.000 \text{ δρχ.}$$

$$\Delta_{ολ} = 93750 + 139440 + 267890 + 86000 = 587.080 \text{ δρχ.}$$

2. Έκσκαφή θεμελίων

$$\text{Δαπάνη έκσκαφής} : V = 1,85^2 \cdot 0,75 \cdot 100 = 256,7 \text{ m}^3.$$

$$\Delta = 256,7 \cdot 210 = 53.907 \text{ δρχ.}$$

$$\text{Δαπάνη ξυλοτύπου} : \Delta = 3,96 \cdot 100 \cdot 240 = 95.040 \text{ δρχ. (Σάν ξυ-} \\ \text{λότυπος για τό κουτί χρησιμοποιείται} \\ \text{τό ίδιο τό έδαφος).}$$

$$\text{Δαπάνη ύλικων} : \Delta = 267.890 \text{ δρχ.}$$

$$\text{Δαπάνη έπιχωμάτωσης} : \Delta = (2,57 - 1,55) 100 \cdot 50 = 5.100 \text{ δρχ}$$

$$\Delta_{ολ} = 53.907 + 95.040 + 267.890 + 5.100 = 421.937 \text{ δρχ.}$$

B. Θεμελίωση μέ εύκαρπτα πέδιλα

1. Γενική έκσκαφή

$$\text{Δαπάνη έκσκαφής} : V = 2500 \cdot 0,45 = 1125 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 1125 \cdot 50 = 56.250 \text{ δρχ.}$$

$$\text{Δαπάνη ξυλοτύπου} : E = 1,85 \cdot 0,45 \cdot 4 \cdot 100 = 333 \text{ m}^2$$

$$\Delta = 333 \cdot 240 = 79.920 \text{ δρχ.}$$

Δαπάνη υλικών : $\Delta = (1,54 \cdot 1250 + 73,7 \cdot 22) 100 = 354640$ δραχ.

Δαπάνη επιχωμάτωσης : $V = 1125 - 100 \cdot 1,54 = 971 \text{ m}^3$

$\Delta = 971 \cdot 50 = 48.550$ δραχ.

$\Delta_{\text{ολ}} = 56.250 + 79.920 + 354.640 + 48.550 = 539.360$ δραχ.

2. Έκσκαφή θεμελίων

Δαπάνη έκσκαφής : $\Delta = 1,54 \cdot 100 \cdot 210 = 32.340$ δραχ.

Δαπάνη ξυλοτύπου : $\Delta = 0$

Δαπάνη υλικών : $\Delta = 354.640$ δραχ.

Δαπάνη επιχωμάτωσης : $\Delta = 0$.

$\Delta_{\text{ολ}} = 32.340 + 354.640 = 386.980$ δραχ.

Οικονομικότερη είναι η θεμελίωση με εδκαμπτα πέδιλα και με έκσκαφή θεμελίων.

Παρατηρήσεις

- Η μεγάλη διαφορά στη δαπάνη με γενική έκσκαφή, οφείλεται στο ότι η υποστήλωση ήταν άραλη και τα φορτία σχετικά μικρά. Όταν οι δύο αυτού του παράγοντες είναι αντίθετοι, είναι πιθανό οικονομικότερη να είναι η λύση της γενικής έκσκαφής.
- Οι τιμές των υλικών (τιμές 1977) και του ξυλοτύπου είναι περίπου σταθερές για τα περισσότερα έργα, ενώ οι τιμές της έκσκαφής και της επιχωμάτωσης μπορεί να κυμανθούν πολύ. Ιδιαίτερα το κόστος της επιχωμάτωσης μπορεί να είναι και άρνητικό, δηλαδή να υπάρχει όφελος από την επιχωμάτωση, π.χ. όταν η επιχωμάτωση γίνεται με τα κατάλληλα "μπάζα" του έδου του έργου.

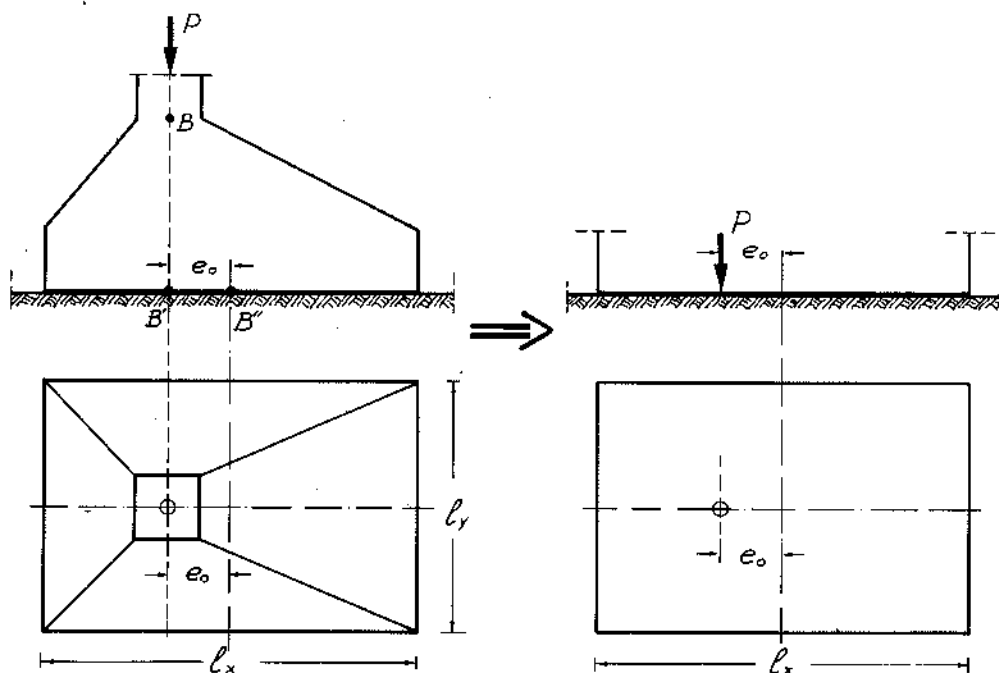
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΠΕΔΙΛΑ ΜΕ ΜΕΓΑΛΗ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

Γ Ε Ν Ι Κ Α

Όταν μελετάται ένα έκκεντρο πέδιλο, εξετάζονται γενικά δύο παράγοντες:

- (1) Η επίδραση της εξωτερικής φόρτισης στο έδαφος θεμελίωσης.
- (2) Η επίδραση της αντίδρασης του εδάφους στο πέδιλο και το υποστύλωμα και στη συνέχεια στην υπόλοιπη κατασκευή.



Στήν αρχή εξετάζεται ο παράγοντας (1).

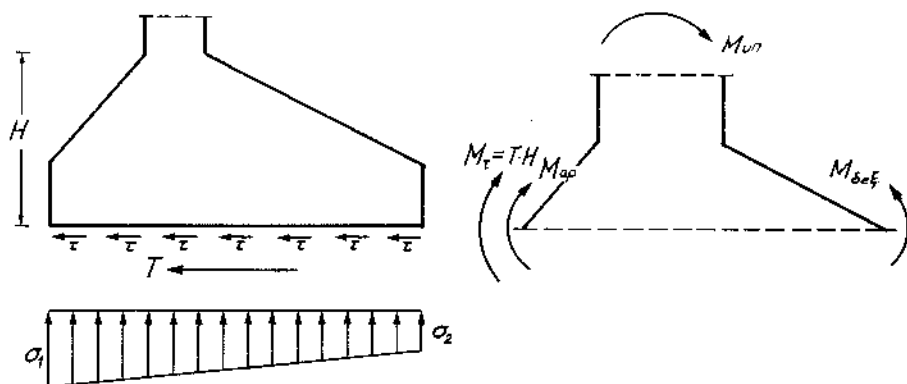
Τά ένιατικά μεγέθη πού εξασκούνται στό ύποστυλώμα μεταφέρονται στή βάση τοῦ πεδίου καί ἡ ἐκκεντρότητα ἀναφέρεται στό κέντρο βάρους τῆς διατομῆς τῆς βάσης.

Όταν τό ἔδαφος εἶναι ἀσυμπίεστο (π.χ. βράχος), ἡ ἐκκεντρότητα παραμένει σταθερή ($e = e_0$), ἐνῶ μειώνεται ($e = e \cdot e_0, 0 < e < 1$), ὅταν τό ἔδαφος εἶναι συμπίεστό (π.χ. ἀργίλος).

Από τήν ὀριστική ἐκκεντρότητα e τῶν φορτίων στή βάση τοῦ πεδίου, προκύπτει ἡ κατανομή τῶν τάσεων τοῦ ἔδαφους.

Στό σημείο αὐτό τελειώνει ἡ εξέταση τοῦ παράγοντα (1) καί γίνεται ὁ ἐλεγχος τοῦ πεδίου σέ κάμψη καί διάτμηση.

Μέ φόρτιση τήν κατακόρυφη πίεση καί τήν ὀριζόντια ἀντίδραση τοῦ ἔδαφους, εξετάζεται στή συνέχεια ἡ ἰσορροπία τοῦ κόμβου ὑποστυλώματος πεδίου:



Τίς ροπές πού προκαλοῦν οἱ ἀντιδράσεις τοῦ ἔδαφους, ἐξισορροπεῖ ἡ ροπή τοῦ ὑποστυλώματος, M_{up} . Μέ τήν ροπή αὐτή καί τήν ἀξονική δύναμη P , γίνεται ὁ ἐλεγχος τοῦ ὑποστυλώματος.

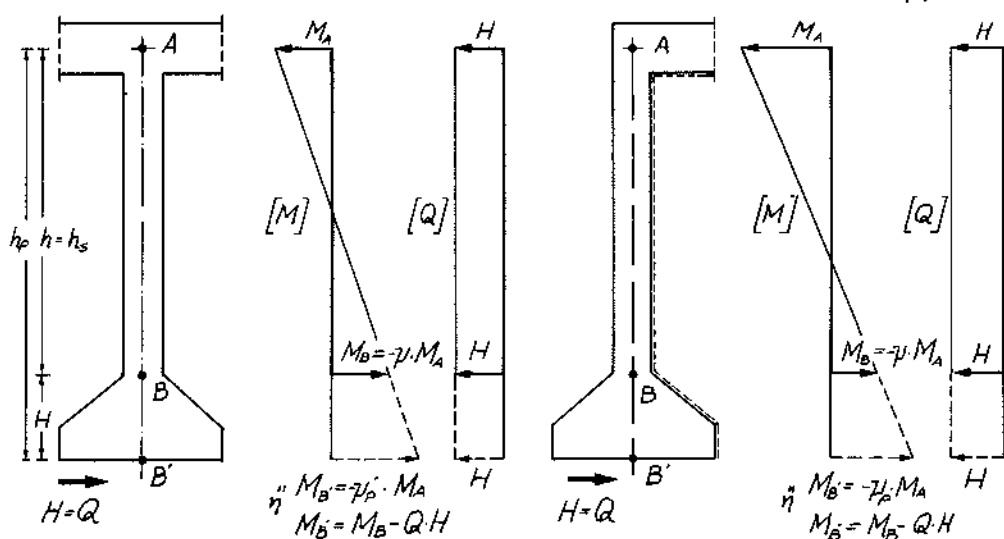
1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

1.1. ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Σε συνηθισμένες περιπτώσεις υποστυλωμάτων και πεδίλων η ένταση του υποστυλώματος βρίσκεται επιλύοντας την "άρχηκή" ράβδο AB (όπως συμβαίνει στον αντισεισμικό υπολογισμό). Η ένταση στη βάση του πεδίλου προκύπτει από τη συνέχιση των διαγραμμάτων ροπών και τεμνουσών του υποστυλώματος.

Έντατική κατάσταση λόγω σεισμού

Έντατική κατάσταση λόγω πλαισιακής λειτουργίας



Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, που προκύπτουν με τη παραδοχή αυτή, θεωρείται ικανοποιητική, αφού η άκαμψια της ράβδου AB στο σημείο A είναι περίπου ίση με την άκαμψια της ράβδου AB' στο σημείο A.

Τονίζεται πάντως ότι οι πιο πάνω σχέσεις (σχήματα) ισχύουν πριν γίνει η στροφή του πεδίλου.

Όταν η εξωτερική φόρτιση προκαλεί μόνο μετακίνηση του κόμ-

βου Α (σεισμός) είναι $\gamma = -1$, ενώ όταν προκαλεί μόνο στροφή του κόμβου Α (πλαισιακή λειτουργία), $\gamma = -0,50$.

Ο συντελεστής μεταβίβασης γ'_ρ προκύπτει από τὰ ὅμοια τρί-
γωνα:

$$\gamma'_\rho = \frac{\gamma + \frac{H}{h_\rho}}{1 - \frac{H}{h_\rho}}$$

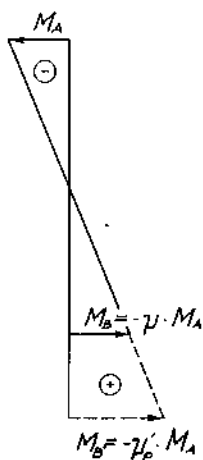
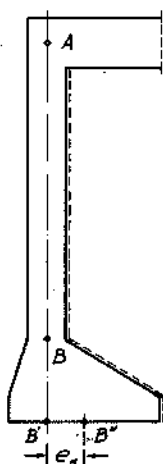
Οι τιμές του συντελεστή γ'_ρ δίνονται στους δύο ἐπόμενους πίνακες.

Μόνο μετατόπιση του κόμβου Α (σεισμός), $\gamma = 1,00$

H/h_ρ	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
γ'_ρ	1,00	1,11	1,22	1,35	1,50	1,67	1,86	2,08	2,33	2,64	3,00

Μόνο στροφή του κόμβου Α (πλαισιακή λειτουργία), $\gamma = 0,50$

H/h_ρ	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
γ'_ρ	0,50	0,58	0,67	0,76	0,88	1,00	1,14	1,31	1,50	1,73	2,00



Όταν τὸ πέλδilo, ἐκτός
τῆς ἐκκεντρότητας ἀπὸ τὴν
ἐξωτερικὴ φόρτιση, ἔχει καὶ
κατασκευαστικὴ ἐκκεντρότη-
τα e_k , βρίσκεται πάλι ἡ ἐν-
ταση στὸ σημεῖο Β' ἀπὸ τὴν
ἐξωτερικὴ φόρτιση. Ἐίναι
τότε

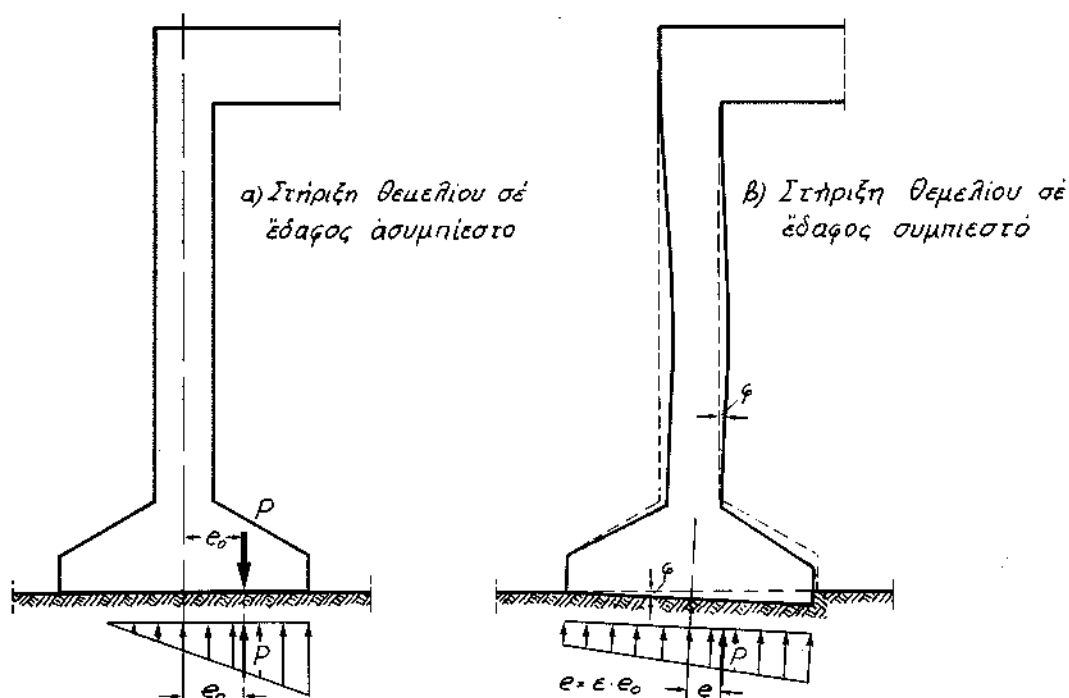
$$e_o = \frac{M_B}{P}$$

καὶ ἡ ὁλικὴ ἐκκεντρότητα
στὸ κέντρο βάρους τοῦ πε-
δίου

$$e_{o\lambda} = e_k + e_o .$$

1. 2. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

1. 2. 1. Γενικά



(α) Όταν ή έδραση τοϋ θεμελίου γίνεται σέ έδαφος άσυμπιεστό (π.χ. σέ βράχο), τό πέδιλο δέν μπορεί νά στραφή. Ή αντίδραση τοϋ έδάωους στήν έξωτερική φόρτιση P , M_0 , είναι ένα τραπεζοειδές ή τριγωνικό διάγραμμα πιέσεων, πού δίνει συνισταμένη δύναμη P σέ απόσταση από τό κέντρο βάρους τοϋ πεδύλου, ίση μέ τήν έξωτερική έκκεντρότητα

$$e_0 = \frac{M_0}{P}.$$

(β) Όταν τό θεμέλιο έδράζεται σέ συμπίεστό έδαφος (π.χ. σέ άργιλο), υποχωρεϊ περισσότερο στό σημείο πού δέχεται μεγαλύτερη πίεση από έκεϊνο πού δέχεται τή μικρότερη. Αυτό έχει σαν συνέ-

πεια τή στροφή του θεμελίου, γεγονός που επιδρά ευνόικα στην ανακατανομή των ροπών και επομένως στην κατανομή των τάσεων. Η συνισταμένη των τάσεων, δύναμη P , δρα σε απόσταση e από το κέντρο βάρους του πεδίου μικρότερη από την αρχική e_0 και ίση με $e \cdot e_0$, όπου $0 < e < 1$. Επειδή η δύναμη P είναι ίδια και στις δύο φορτίσεις από τη σχέση $e = e \cdot e_0$ βγαίνει το συμπέρασμα ότι η αρχική ροπή M_0 μειώνεται σε μία τελική $M = e \cdot M_0$.

Στη στροφή κατά γωνία φ του θεμελίου αντιστέκονται, εκτός από το έδαφος, η ράβδος υποστυλώμα - πέδιλο και η συνδετήρια δοκός, όταν υπάρχει.

Ο συντελεστής μείωσης e εξαρτάται από τις άκαμψίες των ράβδων που συνδέχουν στον αρμό πέδιλο - έδαφος.

1. 2. 2. Άκαμψία ράβδου υποστυλώματος - πεδίου

1. 2. 2. 1. Άκαμψία αμφίπακτης ράβδου

Άκαμψία ράβδου σε ένα σημείο της, είναι η ροπή M που προκαλεί στροφή της ράβδου κατά $\varphi = 1 \text{ rad}$ σ' αυτό το σημείο.

Η άκαμψία αμφίπακτης ράβδου με σταθερή διατομή, είναι:

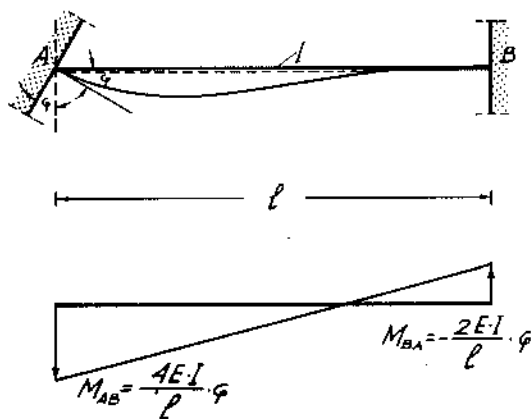
$$D = \frac{4EI}{l}$$

Συντελεστής μεταβίβασης γ της ροπής, είναι ο

λόγος $\frac{M_{BA}}{M_{AB}}$. Στην αμφί-

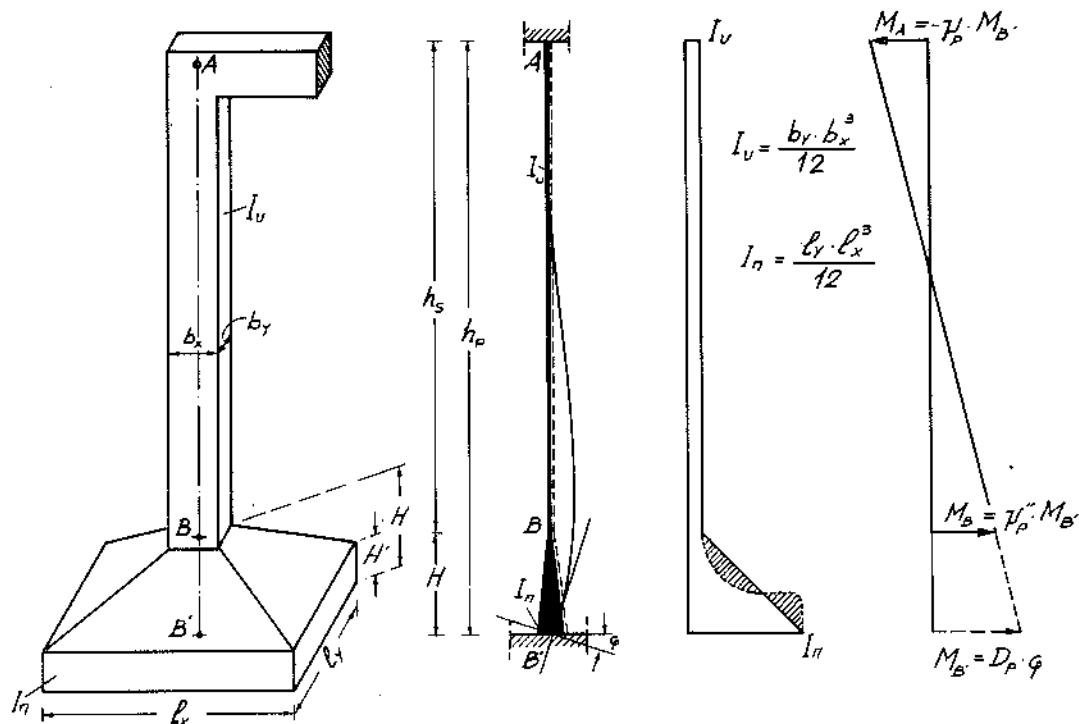
πακτη δοκό είναι

$$\gamma = -0,50.$$



Διάγραμμα ροπών λόγω στροφής του κόμβου Α κατά γωνία φ

1. 2.2.2. Άκαμψία δύσκαμπτου πεδίου



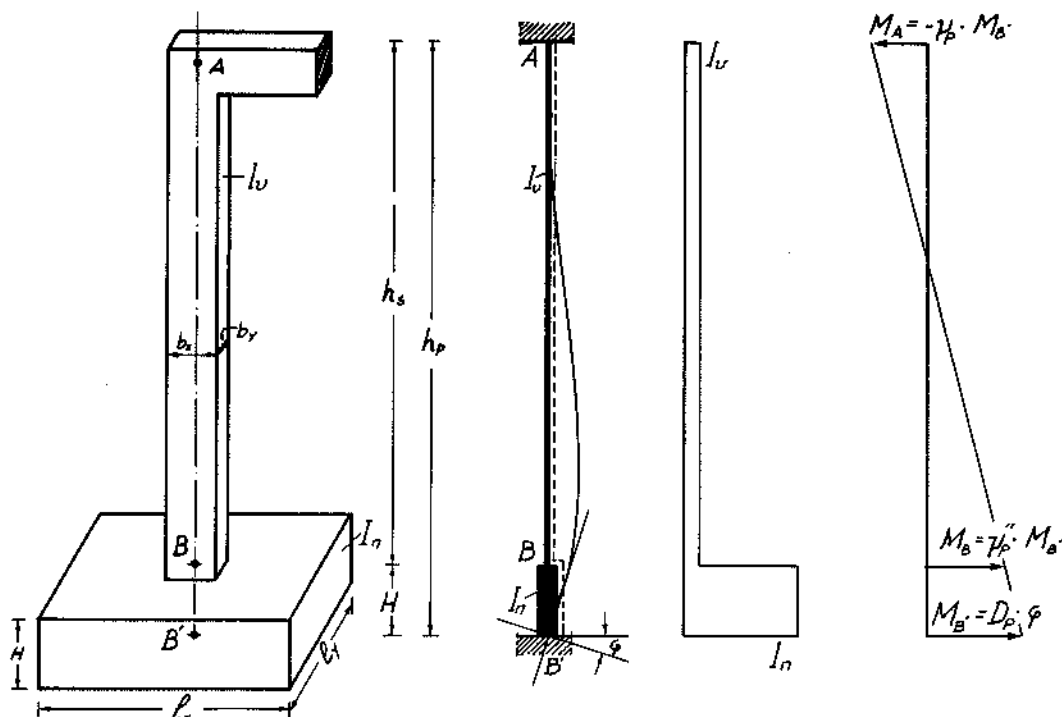
Όταν μία αμώπικη ράβδος έχει ένίσχυση στό άκρο Β' μέ ροπή άδρανείας πού μεταβάλλεται γραμμικά (θεωρεΐται ότι αυτό συμβαίνει στό δύσκαμπτο πέδιλο), ή άκαμψία στό άκρο αυτό δίνεται, μέ τή βοήθεια συντελεστή, λ_p , από τή σχέση:

$$D_p = D_{B'A} = \lambda_p \cdot \frac{E_b \cdot I_u}{h_p},$$

ώστε $M_{B'A} = D_p \cdot \phi$, όπου E_b είναι τό μέτρο έλαστικότητας του σκυροδέματος.

Στόν πίνακα 5 δίνεται ό συντελεστής λ_p , πού λέγεται συντελεστής άκαμψίας, καθώς καί οί συντελεστές μεταβίβασης γ_p, γ_p'' τής ροπής M_B , λόγω στροφής ϕ , στό σημεία Α, Β αντίστοιχα.

1. 2. 2. 3. Άκαμψία εὐκαρπτού πεδίου



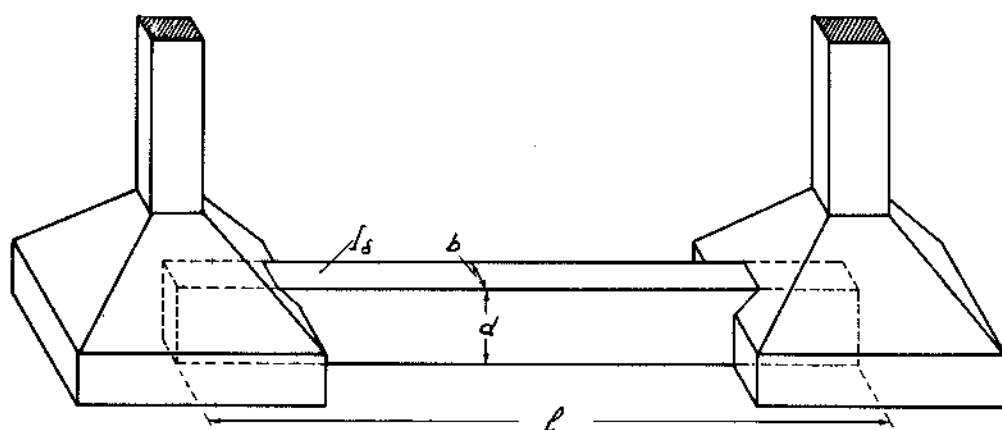
Όταν μία άμώϊπακτη ράβδος AB' έχει ένίσχυση στο άκρο B' μέ σταθερή ροπή άδρανεϊας (όπως συμβαίνει στο εὐκαρπτο πέδιλο), ή άκαμψία στο άκρο αυτό δίνεται, μέ τή βοήθεια συντελεστή άκαμψίας λ_p , από τή σχέση:

$$D_p = D_{B'A} = \lambda_p \cdot \frac{E_B \cdot I_v}{h_p}, \quad \text{ώστε } M_{B'A} = D_p \cdot \varphi.$$

Στόν πίνακα 6 δίνεται ό συντελεστής άκαμψίας λ_p καθώς καί οί συντελεστές μεταβίβασης γ_p, γ_p'' τής ροπής M_B .

1. 2. 3. Άκαμψία συνδετήριας δοκού

Η συνδετήρια δοκός δύο πεδίων θεωρείται άμώϊπακτη μέ άκαμψία:



$$D_{\delta} = \frac{4E_b \cdot I_{\delta}}{1} , \quad \text{όπου} \quad I_{\delta} = \frac{bd^3}{12}$$

Ο συντελεστής μεταβίβασης είναι $\gamma_{\delta} = -0,50$

Παρατήρηση

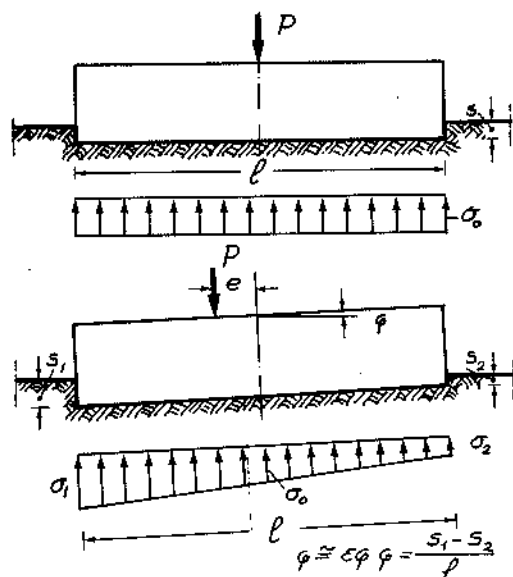
Τό μέτρο ελαστικότητας E_b του σκυροδέματος, λαμβάνεται για όλες τις ποιότητες σκυροδέματος (συνήθως B160 και B225) όσο μέ:

$$E_b = 210.000 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2.$$

1. 2.4. Άκαμψία έδάφους

1. 2.4.1. Γενικά

Όταν τό πέδιλο φορτίζεται κεντρικά μέ δύναμη P , θεωρήθηκε για εύκολία και προς τή πλευρά της ασφαλείας της κατασκευής, ότι ή δύναμη P μεταβιβάζεται στό έδαφος μέ μία όμοιόμορφη τάση σ_0 .



Αυτό σημαίνει ότι καί η καθίζηση όλων των σημείων της βάσης του πεδίου είναι ίδια και ίση με s .

Ετήν περίπτωση που το πέδιλο φορτίζεται εκκεντρα με δύναμη P , θεωρείται ότι η δύναμη μεταβιβάζεται στο έδαφος με μιὰ γραμμική κατανομή τάσεων από σ_1 μέχρι σ_2 , όποτε καί η καθίζηση των διαφόρων σημείων της βάσης του πεδίου είναι διαφορετική καί μεταβάλλεται γραμμικά από s_1 μέχρι s_2 .

Οι επιφανειακές τάσεις σ διαχέονται μέσα στο έδαφος με αποτέλεσμα οι καθιζήσεις s_1 καί s_2 νά μήν είναι ανάλογες των τάσεων σ_1 καί σ_2

$$\left(\frac{s_1}{s_2} \neq \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \right)$$

Ετήν πράξη, η αλληλεπίδραση των τάσεων καί η αντίστοιχα προκαλούμενη καθίζηση, θεωρείται ότι γίνεται μέχρι βάθος z , ίσο με τό διπλάσιο του πλάτους l του θεμελίου ($z = 2l$). Έπομένως κύρια προϋπόθεση για τή μελέτη ενός εκκεντρου πεδίου, είναι η γνώση των χαρακτηριστικών του εδάφους τουλάχιστον μέχρι τό βάθος $z = 2l$.

Η έκτίμηση της γωνίας στρωφής φ μπορεί νά γίνει με δύο μεθόδους:

1. 2. 4. 2. Μέθοδος του "δείκτη εδάφους K ."

Η μέθοδος αυτή είναι προσεγγιστική καί μπορεί νά εφαρμοσθή μόνο όταν ισχύουν όρισμένες προϋποθέσεις.

Σάν σταθερά τοῦ ἐδάφους λαμβάνεται ὁ δείκτης ἐδάφους K , πού συνδέει τίς τάσεις σ μέ τίς ἀντίστοιχες καθιζήσεις s , μέ τή σχέση:

$$\sigma = K \cdot s$$

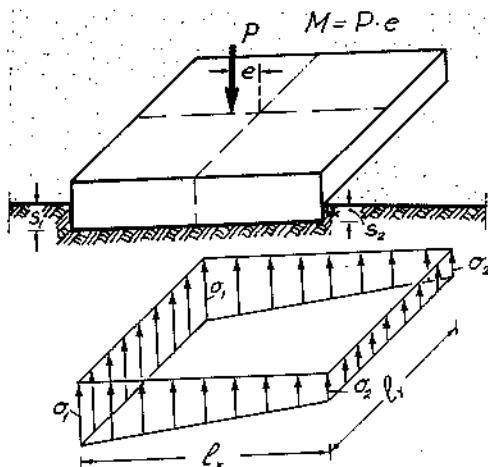
δηλαδή δέχεται ὅτι οἱ καθιζήσεις εἶναι ἀνάλογες τῶν τάσεων.

Θά εἶναι τότε:

$$s_1 = \frac{\sigma_1}{K}, \quad s_2 = \frac{\sigma_2}{K} \quad \text{καί ἡ}$$

$$\text{σχέση } \varphi = \frac{s_1 - s_2}{l_x} \quad \text{γίνεται}$$

$$\varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{K \cdot l_x} \quad (1)$$



$$\sigma_{1,2} = \frac{P}{l_x l_y} \left(1 \pm \frac{6e}{l_y} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma_1 - \sigma_2 = \frac{12P \cdot e}{l_x^2 \cdot l_y} = \frac{12M}{l_x^2 \cdot l_y} \quad (2)$$

$$(1), (2) \quad \varphi = \frac{12M}{K \cdot l_x^3 \cdot l_y} \quad (3)$$

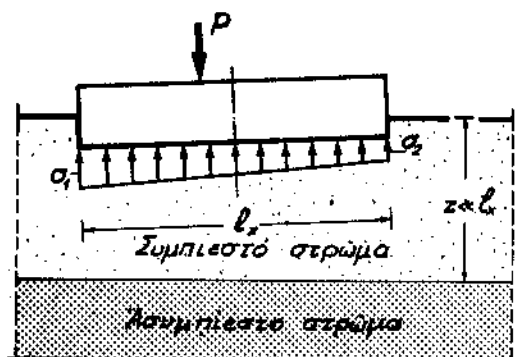
Ἐπειδή $I_\pi = \frac{l_x^3 \cdot l_y}{12}$, ἡ σχέση (3) γίνεται τελικὰ:

$$M = K \cdot I_\pi \cdot \varphi,$$

δηλαδή ἡ ἀκαμψία τοῦ ἐδάφους εἶναι ($\varphi = 1$):

$$D_{εδ} = K \cdot I_\pi$$

Ἡ μέθοδος τοῦ "δείκτη ἐδάφους" θά ἔδινε ικανοποιητικά ἀποτελέσματα γιά μικρό πάχος z τοῦ συμπιεστοῦ στρώματος. Συνή-



θως όμως στην πράξη έμφανίζεται ή αντίθετη κατάσταση, δηλαδή τό πάχος τοῦ συμπιεστοῦ στρώματος εἶναι σχετικά μεγάλο. Τότε ή καθίζηση τοῦ σημείου 2 ἐπηρεάζεται ἀπό τή τάση τοῦ σημείου 1 καί ἀντίστροφα, μέ ἀποτέλεσμα νά μήν ἰσχύει ή συνθήκη

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}, \text{ πού ὑποτέθηκε}$$

στήν ἀρχή.

Οἱ τιμές τοῦ δείκτη K δίνονται στόν ἐπόμενο πίνακα:

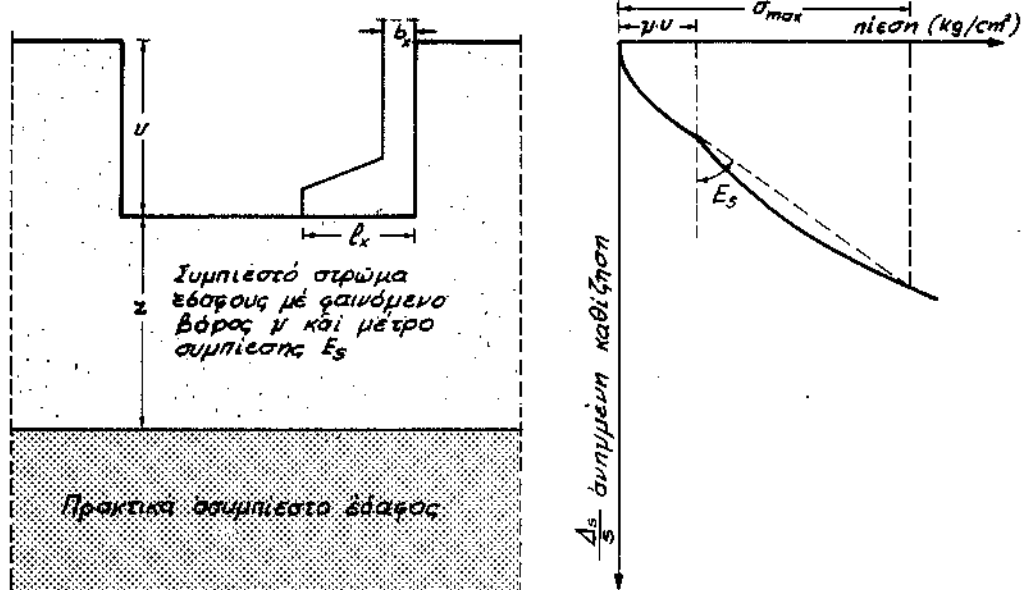
Τιμές τοῦ δείκτη ἐδάφους K (kg/cm³)

Χαλύκι πυκνό	Χαλύκι χαλαρό	Ἀμμοχάλικο πυκνό	Ἀμμοχάλικο χαλαρό	Ἀμμος πυκνή	Ἀμμος χαλαρή	Ἀμμος λεπτή
18-25	10-15	15-20	10-15	12-15	5 - 10	1,5-3
Καθαρή Ἴλύς	Ὀργανική Ἴλύς, Τύρφη	Ἀργίλος μαλακή	Ἀργίλος πλαστική	Ἀργίλος ἡμισκληρή	Ἀργίλος σκληρή	Ἀργίλος ἀμμώδης
0-0,5	0,5-2,0	0,8-1,5	1 - 3	2 - 6	5 - 10	8 - 12

1. 2. 4. 3. Μέθοδος τοῦ μέτρου συμπίεσης

Ἡ μέθοδος τοῦ μέτρου συμπίεσης εἶναι ἀκριβής καί στηρίζεται στή θεωρία τοῦ ἐλαστικοῦ καί ἰσότροπου ἡμίχωρου. Ἡ θεωρία αὕτη παραδέχεται ὅτι τό ἔδαφος εἶναι τέλεια ὁμοιόμορφο καί ὑπακούει στό νόμο τοῦ Hooke (ἰσότροπο εἶναι τό σῶμα πού ἐμφανίζει τίς ἴδιες φυσικές ιδιότητες πρὸς ὅλες τίς διευθύνσεις).

Σάν σταθερά τοῦ ἐδάφους λαμβάνεται τό μέτρο συμπίεσης E_s ,



πού θεωρείται σταθερό για τάσεις εδάφους από 0 μέχρι $\sigma_{\max}$, όπου $\sigma_{\max}$ είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να εμφανισθῇ στο έδαφος από τή μελέτη τοῦ πεδίου.

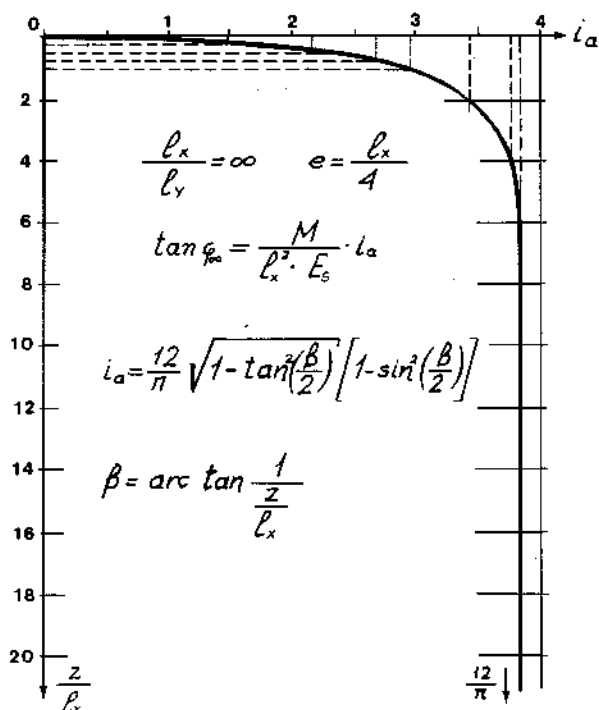
Σύμφωνα μέ τό DIN 4019 ("Έκδοση 1968), ἐπιτρέπεται νά λαμβάνεται

$$\frac{D_{es}}{\text{μονάδα μήκους}} = \frac{l_x^2 \cdot E_s}{i_a}, \quad \text{γιά } \frac{l_x}{l_y} \rightarrow 0,$$

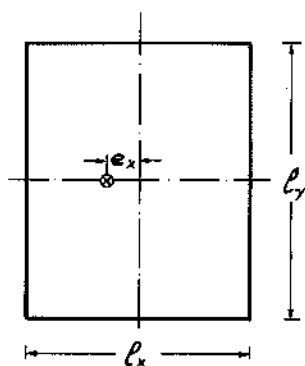
ὅταν δηλαδή πρόκειται γιά θεμελιολωρίδα, καί $e \leq \frac{l_x}{4}$, όπου e ἡ ὀριστική ἐκκεντρότητα.

Ὁ συντελεστής i_a πού ἐκφράζει τήν ἐπίδραση τοῦ βάθους τοῦ συμπίεστοῦ στρώματος μπορεῖ νά λαμβάνεται ἀπό τόν ἐπόμενο πίνακα ἢ τό νόμογραφημα.

$\frac{z}{l_x}$	i_a
0,25	1,4827
0,50	2,1729
0,75	2,6464
1,00	2,9675
1,50	3,3347
2,00	3,5158
3,00	3,6724
4,00	3,7341
6,00	3,7807
8,00	3,7976
10,00	3,8055
12,00	3,8098
15,00	3,8134
18,00	3,8153
20,00	3,8161



Στο ορθογωνικό πέδιλο με διαστάσεις l_x , l_y και όριστική



$\frac{l_x}{l_y}$	i_o
0,00	1,00
0,20	0,99
0,33	0,98
0,50	0,93
0,67	0,86
1,00	0,81
1,50	0,75
2,00	0,65
3,00	0,58
5,00	0,50

έκκεντρότητα $e_x \leq \frac{l_x}{4}$, ή "άκαμψία" του εδάφους είναι:

$$D_{\varepsilon\delta} = \frac{l_x^2 \cdot l_y \cdot E_s}{i_\alpha \cdot i_0} = \frac{12}{i_\alpha i_0} \cdot \frac{E_s}{l_x} \cdot I_\pi$$

όπου i_0 συντελεστής πού εξαρτάται από τή γεωμετρία του πεδίου και δίνεται στο πιο πάνω πίνακα.

Παρατηρείται ότι ή "άκαμψία" του έδάφους εξαρτάται βασικά από δύο έδαφολογικούς παράγοντες:

α. Τό βάθος του συμπιεστού στρώματος z .

Τό βάθος του συμπιεστού στρώματος είναι δυνατό να προσδιορισθί με γεώτρηση, πενετρομέτρηση ή έκσκαφή όρύγματος. Η πιο συνηθισμένη και οίκονομική μέθοδος είναι ή έκσκαφή όρύγματος, άφου μάλιστα δέν ένδιαφέρει τόσο τό άκριβές βάθος, αλλά άν είναι μεγαλύτερο του διπλάσιου του πλάτους l_x ($z > 2l_x$).

Ύπενθυμίζεται ότι, πρακτικά, ή διανομή των τάσεων γίνεται μέχρι βάθους $2l_x$ περίπου, πού είναι συνήθως 2,0 - 4,0 m, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του συντελεστή $i_\alpha = \varphi\left(\frac{z}{l_x}\right)$.

β. Τό μέτρο συμπίεσης E_s .

Η σταθερά αυτή του έδάφους προσδιορίζεται από τό διάγραμμα τάσεων - καθιζήσεων, πού προκύπτει πειραματικά με τή δοκιμή συμπίεσης. Οι τιμές του E_s εξαρτώνται σημαντικά από τή τάση θλίψης, δηλαδή τό μέτρο συμπίεσης δέν έχει σταθερή τιμή. Για τους ύπολογισμούς λαμβάνεται σταθερή τιμή (μέσο μέτρο συμπίεσης) για ένα συγκεκριμένο διάστημα τάσεων, π.χ. από $\sigma = \gamma \cdot u$ (τάση προφόρτισης) μέχρι $\sigma_{\max} = 4,0 \text{ kg/cm}^2$.

Επίσης παρατηρείται ότι ή γεωμετρία της κάτοψης του θεμελίου, πού έκφράζεται με τό συντελεστή i_0 , επηρεάζει πολύ λίγο τήν "άκαμψία" του έδάφους στις συνηθισμένες περιπτώσεις των τετραγωνικών περίπου κεντρικών πεδίων με ροπές από σεισμό, ιδιαίτερα δέ στά έντονα όρθογωνικά πέδιλα ($l_x < l_y$) στά όρια των ιδιοκτησιών.

1. 2. 4. 4. Πρακτικά χρησιμοποιούμενη μέθοδος

Όταν δέν υπάρχουν στοιχεία από έδαφοτεχνική μελέτη για τό βάθος z του συμπιεστοῦ στρώματος ή πρόκειται για προμελέτη, λαμβάνεται $z > 2l_x$, όπου l_x ή διάσταση του πεδίου προς τήν όποία γίνεται ή κάμψη, όποτε $i_a = \frac{12}{\pi}$.

Ο συντελεστής i_0 , λαμβάνεται ίσος μέ τή μονάδα, έπειδή ή διακύμανση τής τιμής του έχει μικρή σημασία σέ σχέση μέ τή διακύμανση τής τιμής του E_s , όπως φαίνεται καί στον έπόμενο πίνακα πού δίνονται οί τιμές του E_s για διάφορα είδη έδαφών.

Η "άκαμψία" του έδάφους είναι:

$$D_{εδ} = \frac{l_x^2 \cdot l_y \cdot E_s}{\frac{12}{\pi}} = \pi \cdot \frac{l_x^3 \cdot l_y}{12} \cdot \frac{E_s}{l_x} = \pi \cdot I_x \cdot \frac{E_s}{l_x}$$

Τιμές μέτρου συμπίεσης $E_s \cdot 10^{-2}$ (kg/cm²)

(Περιοχή φόρτισης 1 - 4 kg/cm²)

Χαλίκι πυκνό	Χαλίκι χαλαρό	Άμμοχάλικο πυκνό	Άμμοχάλικο χαλαρό	Άμμος πυκνή	Άμμος χαλαρή	Άμμος λεπτή
15-25	10-15	15-25	10-15	4 - 10	1 - 5	0,3-1,5
Καθαρή Ίλύς	Όργανο- κή Ίλύς, Τύρφη	Άργιλος μαλακή	Άργιλος πλαστική	Άργιλος ήμισκληρη	Άργιλος σκληρή	Άργιλος άμμόδης
0,0-0,1	0,05-0,2	0,15-0,30	0,30-0,80	0,80 - 1,50	1,50-4,00	1,50-4,00

Ανεξάρτητα πάντως από τίς πιο πάνω οδηγίες, καλό είναι κατά τή διάρκεια τής έκσκαφής των θεμελίων νά ανοίγεται καί ένα δορυγμα βάθους τουλάχιστον $2l_x$ (l_x : πλάτος θεμελίου κατά τή διεύθυνση τής κάμψης). Μέ σχετική έμπειρία, από τή παρατήρηση του όρύγματος βγαίνουν χρήσιμα συμπεράσματα, όχι μόνο για τό βάθος του συμπιεστοῦ στρώματος, αλλά καί για άλλα χαρακτηριστικά του έδάφους (υπόγειος υδροφόρος όρίζοντας κ.λ.π.).

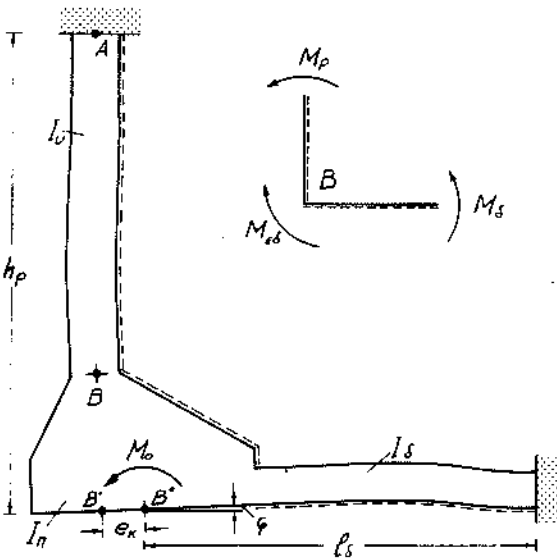
Παρατηρήσεις

- Πρακτικά, τὰ άμοχαλικώδη έδάφη είναι δυνατό νά θεωρούνται λίγο συμπιεστά καί τά άργιλλικά συμπιεστά μέ μέτρο συμπίεσης

$$E_s \cdot 10^{-2} = (0,4 \div 0,6) \text{ επσο (kg/cm}^2\text{)}.$$

- Έπειδή ή διακύμανση τής τιμής τοῦ μέτρου συμπίεσης E_s είναι μεγάλη, στόν ύπολογισμό τοῦ πεδύλου λαμβάνονται δύο όριακές τιμές από τις όποτες ή μεγαλύτερη χρησιμοποιείται για τόν ύπολογισμό τών μέγιστων τάσεων τοῦ έδάφους καί ή μικρότερη για τόν ύπολογισμό τών δυσμενέστερων ροπών κάμψης (άν κριθῇ άναγκαία μία τέτοια έξασφάλιση).

1. 2. 5. Συντελεστής μείωσης ϵ τής άρχικῆς έκκεντρότητας (ροπῆς)



"Ας είναι M_0 ή άρχική ροπή πού έξασκεῖται στό έδαφος (δηλ. ή ροπή πού προκύπτει όταν τό έδαφος θεωρηθῇ άκλόνητη στήριξη) καί ϕ ή γωνία στρωφῆς πού προκαλεῖ στό έδαφος, άρα καί στό θεμέλιο.

Οι ράβδοι πού "συντρέχουν" στόν κόμβο Β", είναι: ή συνδετήρια δοκός μέ άκαμψία D_δ , ή ράβδος ύποστύλωμα - πέδιλο μέ άκαμψία D_ρ καί μία ύποθετική ράβδος, πού άντιπροσωπεύει τήν έλαστικότητα τοῦ έδάφους, μέ άκαμψία $D_{εδ}$.

Μετά τή στρωφή τοῦ πεδύλου, κάθε ράβδος παραλαμβάνει ροπή άνάλογη μέ τήν άκαμψία τής:

$$M_\delta = \frac{D_\delta}{D_\delta + D_\rho + D_{εδ}} \cdot M_0 = \epsilon_\delta \cdot M_0 \quad \text{μέ} \quad \epsilon_\delta = \frac{D_\delta}{D_\delta + D_\rho + D_{εδ}}$$

$$M_{\rho} = M_0 - \frac{D_{\rho}}{D_{\delta} + D_{\rho} + D_{\epsilon\delta}} \cdot M_0 = (1 - \epsilon_{\rho}) M_0 \quad \text{μέ} \quad \epsilon_{\rho} = \frac{D_{\rho}}{D_{\delta} + D_{\rho} + D_{\epsilon\delta}}$$

$$M_{\epsilon\delta} = \frac{D_{\epsilon\delta}}{D_{\delta} + D_{\rho} + D_{\epsilon\delta}} \cdot M_0 = \epsilon \cdot M_0 \quad \text{μέ} \quad \epsilon = \frac{D_{\epsilon\delta}}{D_{\delta} + D_{\rho} + D_{\epsilon\delta}}$$

Ο συντελεστής ϵ είναι ο συντελεστής μείωσης της αρχικής έκκεντρότητας.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η ροπή της ράβδου υποστύλωμα - πέδιλο αναφέρεται στον άξονα του πεδίου, στο σημείο Β". Επειδή συνήθως ενδιαφέρει η ροπή στον άξονα του υποστυλώματος για να γίνει ο έλεγχος αυτού, γίνεται αναγωγή με τη σχέση:

$$M_{B'} = M_{B''} - e_k \cdot P.$$

1. 3. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ (ΠΙΕΣΕΩΝ) ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΛΟΥ

Όταν είναι γνωστή η όριστική έκκεντρότητα e των φορτίων στη βάση του πεδίου, $e = e \cdot e_0$, υπολογίζονται οι τάσεις του έδαφους σύμφωνα με τις έπόμενες παραγράφους.

Τό έδαφος μπορεί να αναλάβη μόνο θλιπτικές τάσεις. "Αν στην έπιφάνεια πεδίου - έδαφους προκύψει περιοχή όπου αναπτύσσονται έφελκυστικές τάσεις, δημιουργείται "χαίνων άρμός" (ή περιοχή παραμένει άδρανής).

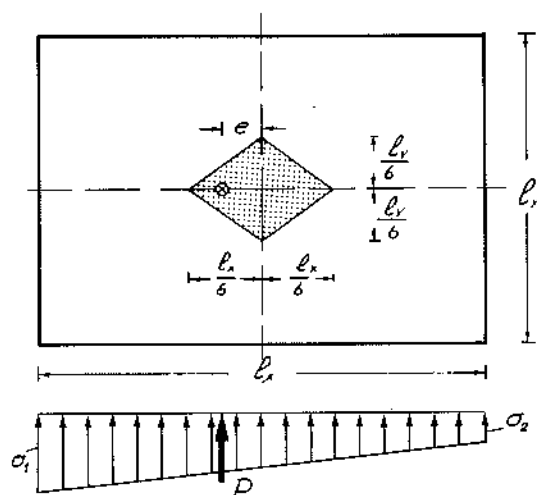
Στή διατομή κάθε πεδίου ενδιαφέρουν δύο συγκεκριμένες περιοχές: ο πυρήνας καί ο έξωτερικός πυρήνας.

Πυρήνας μιās διατομής, είναι η περιοχή στην οποία όταν ενεργεί δύναμη, έξασκοϋνται θλιπτικές τάσεις σέ όλα τά σημεία της διατομής.

Έξωτερικός πυρήνας είναι η περιοχή στην οποία όταν ενεργεί δύναμη, έξασκοϋνται θλιπτικές τάσεις τουλάχιστον στή μισή διατομή.

1. 3. 1. Άπλή έκκεντρότητα

1. 3. 1. 1. Φορτίο μέσα στον πυρήνα



Ο πυρήνας στην ορθογωνική διατομή είναι ρόμβος με ημιδιαγώνιες $\frac{l_x}{6}$ και $\frac{l_y}{6}$.

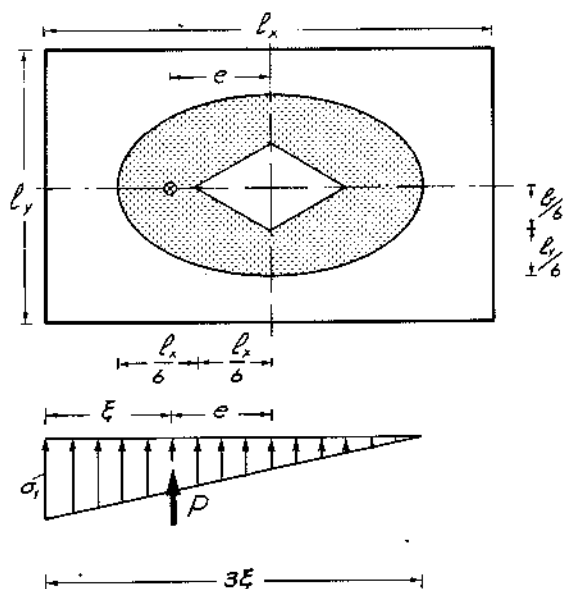
Επειδή $e < \frac{l_x}{6}$ εξασκούνται θλιπτικές τάσεις σε όλη τη διατομή. Είναι:

$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y} \quad \text{καί}$$

$$\sigma_1 = \sigma_0 \left(1 + \frac{6 \cdot e}{l_x}\right) \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \sigma_0 \left(1 - \frac{6 \cdot e}{l_x}\right)$$

1. 3. 1. 2. Φορτίο μεταξύ πυρήνα και έξωτερικού πυρήνα



Ο έξωτερικός πυρήνας στην ορθογωνική διατομή είναι έλλειψη με ημιάξονες $\frac{2l_x}{6}$ και $\frac{2l_y}{6}$.

Επειδή $\frac{l_x}{6} < e < \frac{2l_x}{6}$,

δημιουργείται "χαίνων άρμός" και η τάση σ_1 υπολογίζεται από τη συνθήκη ισορροπίας:

$$P = \frac{1}{2} \sigma_1 \cdot 3\xi \cdot l_y$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{2P}{3\xi \cdot l_y} \quad (2')$$

Αν τό μέγεθος Ξ έκφρασθῇ σάν συνάρτηση τῆς ἐκκεντρότητας e, ϵ ζ-
ναι:

$$\Xi = \frac{l_x}{2} - e \Rightarrow \sigma_1 = \frac{2P}{3(\frac{l_x}{2} - e)l_y} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{\frac{4}{3}}{1 - \frac{2 \cdot e}{l_x}} \cdot \frac{P}{l_x \cdot l_y} \quad (2)$$

Ὁ ὑπολογισμός τῶν τάσεων τοῦ ἐδάφους σέ συνάρτηση τοῦ λό-
γου $\frac{e}{l_x}$, δίνεται, ἀπό τόν πίνακα 4, μέ τή σχέση:

$$\max \sigma = \mu \cdot \frac{P}{l_x \cdot l_y}$$

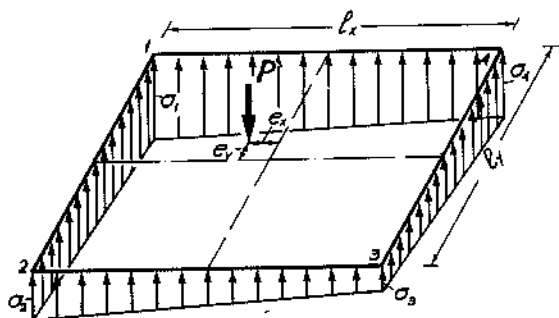
Οἱ τιμές τοῦ συντελεστή μ βρίσκονται στή τελευταία σειρά
($\frac{e_y}{l_y} = 0$).

Ὅταν $\frac{e_x}{l_x} < \frac{1}{6} = 0,167$ "ἐργάζεται" ὅλη ἡ διατομή.

" $\frac{1}{6} < \frac{e_x}{l_x} < \frac{1}{3} = 0,33$ "ἐργάζεται" τμήμα τῆς διατομῆς.

1. 3. 2. Διπλή ἐκκεντρότητα

1. 3. 2. 1. Φορτίο μέσα στόν πυρῆνα



$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y}$$

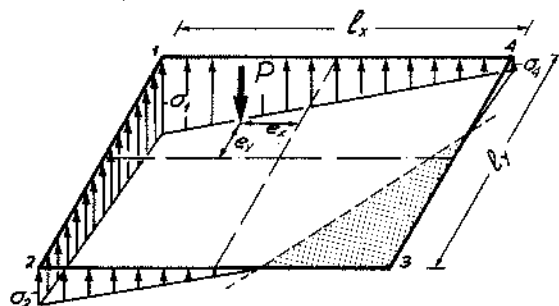
$$\sigma_1 = \sigma_0 \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{l_x} + \frac{6 \cdot e_y}{l_y} \right)$$

$$\sigma_2 = \sigma_0 \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{l_x} - \frac{6 \cdot e_y}{l_y} \right)$$

$$\sigma_3 = \sigma_0 \left(1 - \frac{6 \cdot e_x}{l_x} - \frac{6 \cdot e_y}{l_y} \right) > 0$$

$$\sigma_4 = \sigma_0 \left(1 - \frac{6 \cdot e_x}{l_x} + \frac{6 \cdot e_y}{l_y} \right).$$

1. 3. 2. 2. Φορτίο μεταξύ πυρήνα και έξωτερικού πυρήνα



Ἡ μέγιστη τάση σ_1 βρίσκεται με τή βοήθεια τοῦ πίνακα 4, σέ συνάρτηση μέ τούς λόγους $\frac{e_x}{l_x}$ καί $\frac{e_y}{l_y}$, ἀπό τή σχέση $\max \sigma = \mu \cdot \frac{P}{l_x l_y}$.

Οἱ τιμές τοῦ συντελεστή μ πού βρίσκονται κάτω ἀπό τήν ἀριστερή κλιμακωτή γραμμή, ἰσχύουν ὅταν ἡ δύναμη βρίσκεται μέσα στό πυρήνα. Οἱ

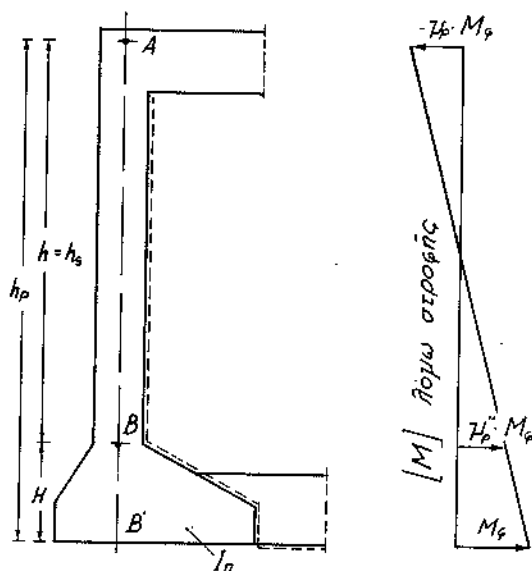
τιμές τοῦ μ πού περιλαμβάνονται μεταξύ τῶν δύο κλιμακωτῶν γραμμῶν ἰσχύουν ὅταν ἡ δύναμη βρίσκεται μεταξύ τοῦ πυρήνα καί τοῦ ἔξωτερικοῦ πυρήνα.

Παρατήρηση

- Ὅταν ἓνας ἀπό τούς δύο λόγους $\frac{e_x}{l_x}$, $\frac{e_y}{l_y}$ εἶναι μεγαλύτερος τῆς τιμῆς 0,33, χρειάζεται ἀλλαγὴ τῶν διαστάσεων τῆς διατομῆς.

2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΛΟ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ

2.1. ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΡΑΒΔΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ-ΠΕΔΙΛΟ



Αν M_ϕ είναι η ροπή που αναλαμβάνει η ράβδος υποστυλώμα - πέδιλο στο σημείο Β' λόγω της στρεφής, η ροπή που μεταβιβάζεται στο σημείο Α είναι $-\gamma_p \cdot M_\phi$ και στο σημείο Β είναι $\gamma_p'' \cdot M_\phi$.

Οι τιμές των συντελεστών μεταβίβασης γ_p , γ_p'' εξαρτώνται από τους λόγους

$$\frac{I_u}{I_\pi} \quad \text{και} \quad \frac{H}{h_p}$$

και δίνονται στους πίνακες 5 και 6 για δύσκαμπτα και εύκαμπτα πέδιλα αντίστοιχα.

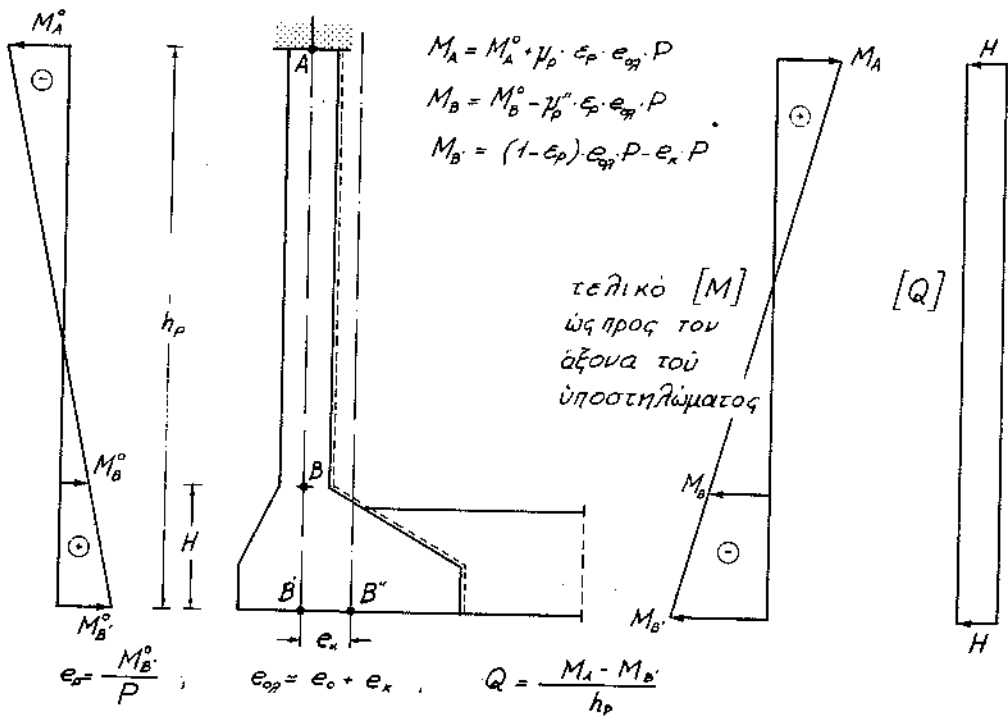
Για συνηθισμένες περιπτώσεις πεδίων, όπου $\frac{I_u}{I_\pi} < 0,01 \div 0,015$, είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται οι τιμές των γ_p , γ_p'' από τον πιο κάτω πίνακα, όπου για λόγους πληρότητας δίνονται και οι τιμές του συντελεστή άκαμψίας λ_p .

Συντελεστής άκαμψίας λ_p και συντελεστές μεταβίβασης γ_p , γ_p'' , όταν $\frac{I_u}{I_\pi} \rightarrow 0$

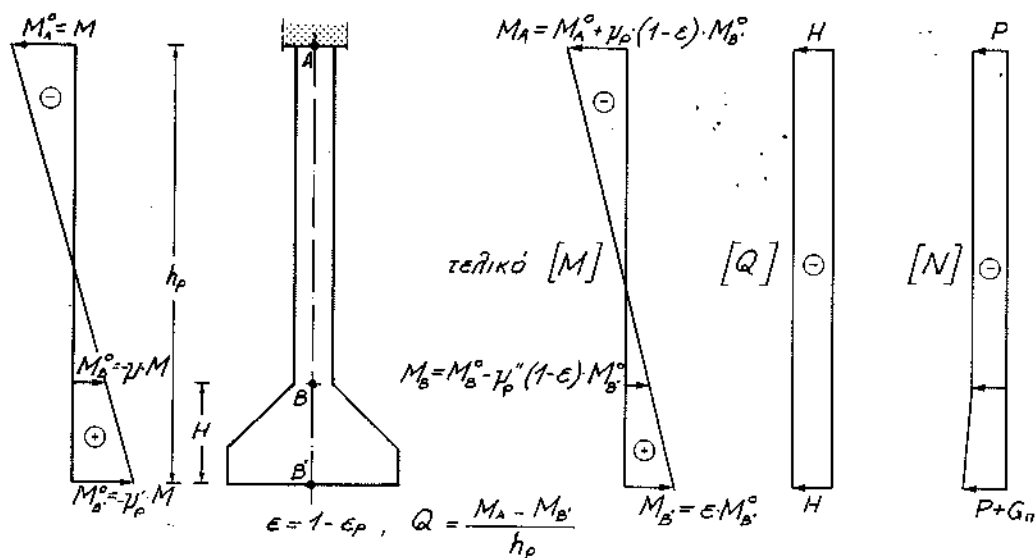
H/h_p	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
λ_p	4,00	4,91	6,09	7,64	9,69	12,44	16,21	21,45	28,89	39,73	56,00
γ_p	0,50	0,50	0,49	0,47	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,32	0,29
γ_p''	1,00	0,93	0,85	0,78	0,71	0,64	0,58	0,52	0,46	0,41	0,36

$$\gamma_p = \frac{1 + \frac{H}{h_p} - 2\left(\frac{H}{h_p}\right)^2}{2\left[1 + \frac{H}{h_p} + \left(\frac{H}{h_p}\right)^2\right]} \quad \text{και} \quad \gamma_p'' = 1 - \frac{H}{h_p} (1 + \gamma_p).$$

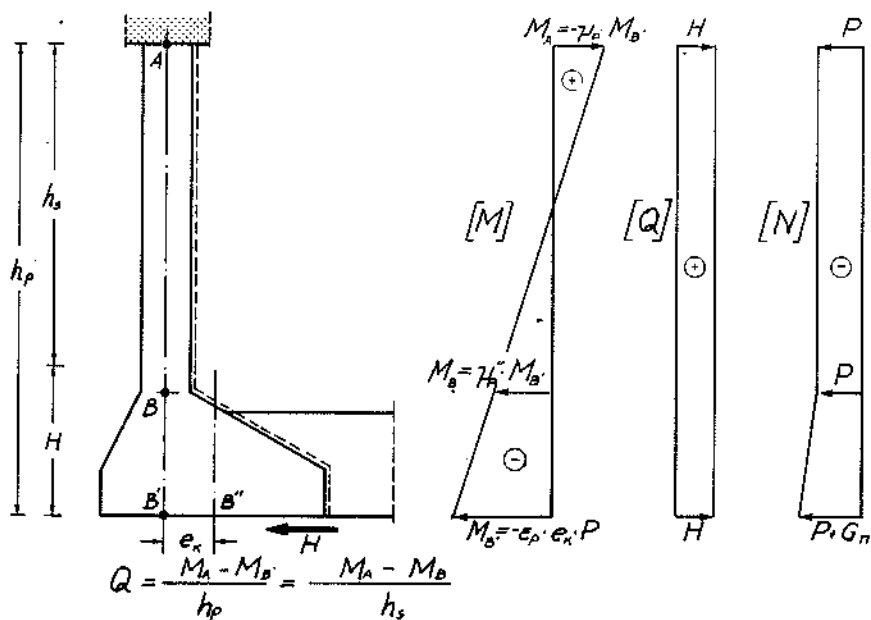
2. 1.1. Γενική περίπτωση .



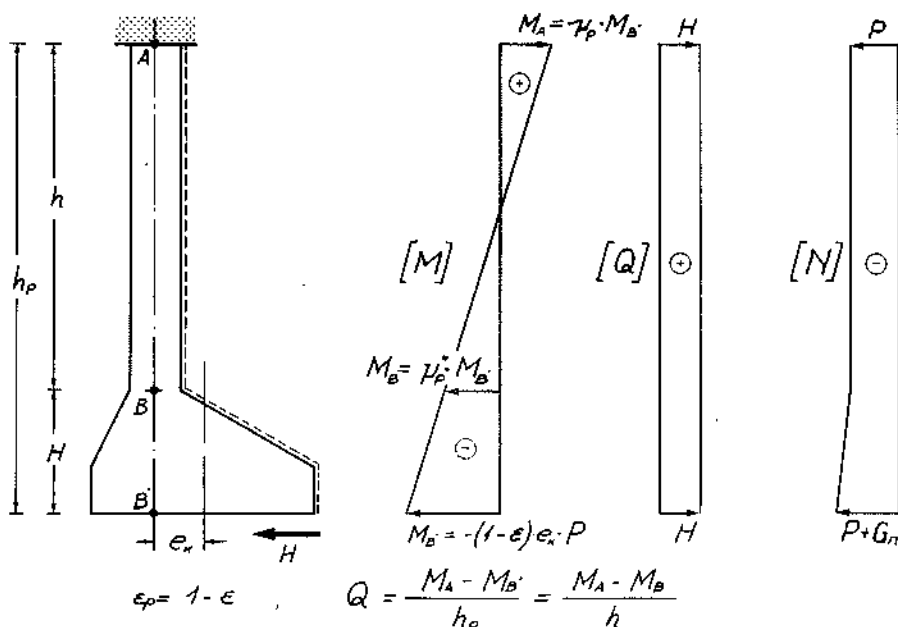
2. 1. 2. Κεντρικό πέδιλο χωρίς συνδετήρια δοκό



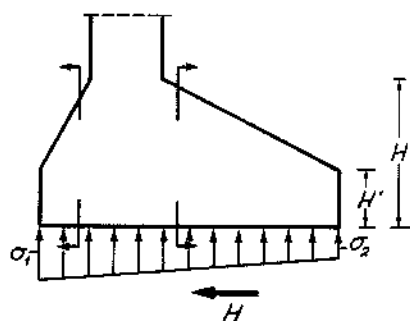
2. 1. 3. Κατασκευαστικό έκκεντρο πέδιλο με μηδενική άρχική έκκεντρότητα



2. 1. 4. Κατασκευαστικά έκκεντρο πέδιλο με μηδενική άρχική έκκεντρότητα χωρίς συνδετήρια δοκό



2. 2. ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΔΙΛΟΥ



Οι ροπές των προβόλων του πεδίου που προκύπτουν από την αντίδραση του εδάφους (δίνουν τάσεις σκυροδέματος παράλληλες προς την επιφάνεια του εδάφους και) παραλαμβάνονται από τον οριζόντιο όπλισμό του πεδίου όπως αναπτύχθηκε στα κεντρικά πέδιλα.

Η βάση του πεδίου φορτίζεται από το διάγραμμα των τάσεων σ που δίνει η ροπή $\epsilon \cdot M$, όπως περιγράφηκε στη §1.

Η συνισταμένη ροπή όλων των δυνάμεων στο λαιμό του υποστυλώματος είναι ροπή στρέψης, που δίνει όμως μικρές διατμητι-

κές τάσεις, έπειδή άντιδροϋν διατομές με μεγάλα πλάτη.

Παρατήρηση.

Στά έντονα έκκεντρα πέδιλα, για να άντιμετωπίζεται καλύτερα τό πρόβλημα της στρέψης, συνιστάται ή έκλογή μεγάλου ύψους H'
($H' = 0,40 \pm 0,50 H$)

3. ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τό πρόβλημα της θεμελίωσης έκκέντρου πεδίλου παρουσιάζεται ως έξης: Είηαι γνωστά τό φορτίο καί ή διατομή τοϋ ύποστυλώματος καί ή συνθήκη για τό ένα όριο τοϋ πεδίλου. Ζητοϋνται ή διατομή τοϋ πεδίλου καί οί άναγκαίοι όπλισμοί ύποστυλώματος καί πεδίλου.

A. ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ

Έκλέγεται διατομή πεδίλου τέτοια ώστε ή κατασκευαστική έκκεντρότητα να είναι μικρή, δηλαδή τό πέδιλο κατασκευάζεται επίμηκες. Στην άντίθετη περίπτωση που ή έκκεντρότητα είναι σημαντική (καί ό συντελεστής μείωσης ϵ μικρός), θα ύπάρχει πρόβλημα στην άντοχή τοϋ ύποστυλώματος, όποτε είναι άναγκαία ή χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκού.

Κριτήριο για την έκλογή της διατομής τοϋ πεδίλου είναι ή έκλογή τάσης έδάφους $1,0 \cdot \epsilon \sigma_0$ όταν δέν ύπάρχει συνδετήρια δοκός καί ή έκλογή τάσης έδάφους $0,90 \epsilon \sigma_0$ όταν ύπάρχει συνδετήρια δοκός.

Κριτήριο για την έκλογή της διατομής της συνδετήριας δοκού είναι ή άκαμψία της να είναι περίπου διπλάσια από την άκαμψία της ράβδου ύποστύλωμα - πέδιλο. Από τη συνθήκη αυτή βγαίνει ή σχέση
$$I_\delta = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{\rho}{h_\rho} \cdot \frac{1}{h_\rho} \cdot I_\nu$$
 καί ύπολογίζεται ή σχετική ροπή άδρανείας I_δ , άφοϋ είναι σταθερά όλα τά άλλα μεγέθη. Στη συ-

νέχεια, εκλέγοντας ένα πλάτος δοκοῦ $b = 0,25 \pm 0,30 \text{ m}$, με τή βοήθεια τοῦ πίνακα 8, βρίσκεται τό ἀπαιτούμενο ὕψος d .

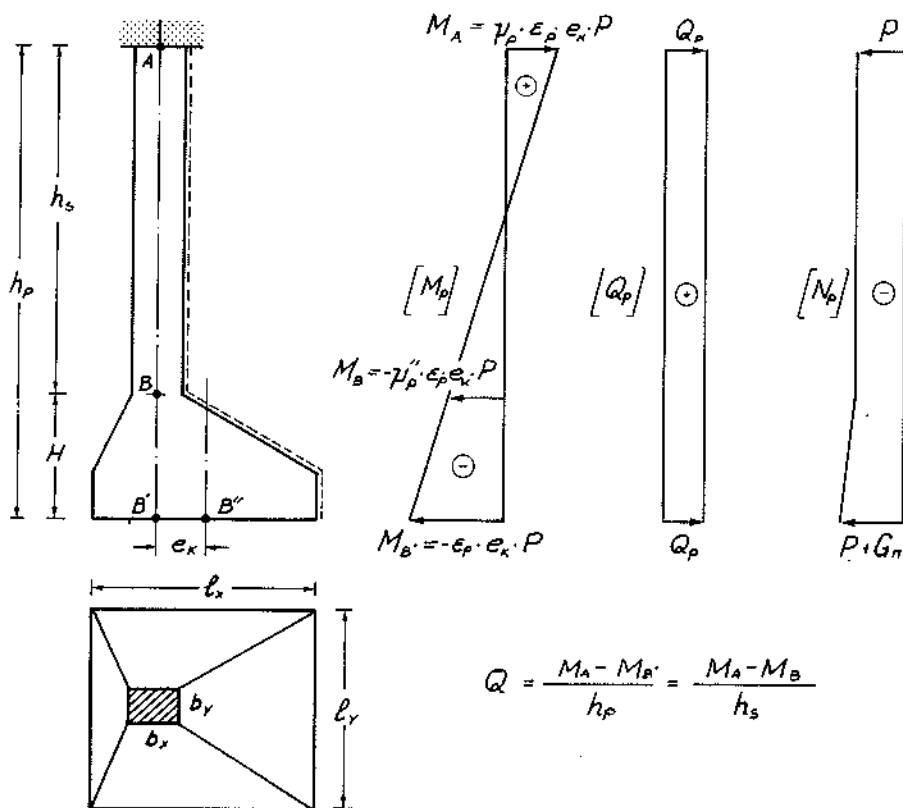
Παρατήρηση

Ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους ἐπσ₀ στό κριτήριο γιά τήν ἐκλογή τῆς διατομῆς τοῦ πεδύλου, νοεῖται γιά κεντρική θλίψη, δηλαδή εἶναι ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση κού ἔχει ἐκλεγεί γιά τά κεντρικά πέδιλα τοῦ ὕδου ἔργου. Μ' αὐτό τόν τρόπο ἡ μέγιστη τάση ἀκμῆς σ_1 προκύπτει (συνήθως) μικρότερη ἀπό 1,30 ἐπσ₀ (βλέπε κεφ. I §1.3.3 καί §1.4.1).

B. ΕΛΕΓΧΟΙ

Μετά τή προεκτίμηση γίνονται οἱ ἐλεγχοί τοῦ ὑποστυλώματος καί τοῦ ἐδάφους καθώς καί τοῦ πεδύλου γιά τίς διατομές πού ἔχουν ἐκλεγεί. Ἄν ἀπό τόν ἐλεγχο βρεθῇ ὅτι δέν "ἀντέχει" κάποια διατομή, γίνεται ἡ ἀναγκαία ἀλλαγὴ καί ἐπαναλαμβάνονται οἱ ἐλεγχοί.

B₁ ΕΚΚΕΝΤΡΟ ΠΕΔΙΛΟ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΑ ΔΟΚΟ



1. Γεωμετρικά στοιχεία

Επειδή στους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι λόγοι των ροπών αδρανείας υποστυλώματος, πεδίου, συνδετήριας δοκού, έγιναν οι πίνακες 7, 8 που δίνουν τη ροπή αδρανείας μιας διατομής σε σύγκριση με τη ροπή αδρανείας της διατομής 30×30 . Είναι δηλαδή:

$$I_u = \frac{b_x^3 \cdot b_y}{12} = u \cdot I_{30}, \quad I_\kappa = \frac{l_x^3 \cdot l_y}{12} = \pi \cdot I_{30} \quad \text{καί} \quad \frac{I_u}{I_\kappa} = \frac{u}{\pi}.$$

όπου οι συντελεστές u, π δίνονται στους πίνακες 7 και 8 αντίστοιχα.

$$\text{Γιὰ} \quad \left. \begin{array}{c} \frac{H}{h_\rho} \\ \frac{I_u}{I_\kappa} = \frac{u}{\pi} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{c} \lambda_\rho \\ \gamma_\rho \\ \gamma''_\rho \end{array} \right. \quad (\text{πίνακας 5}).$$

2. Συντελεστής μείωσης της έκκεντρότητας ϵ

$$\epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_{\epsilon\delta} + K_\rho},$$

όπου οι σχετικοί δείκτες άκαμψίας K , υπολογίζονται από τις πιο κάτω σχέσεις:

$$\text{ράβδος "υποστώμα-πέδιλο": } K_\rho = \frac{\lambda_\rho \cdot I_u \cdot E_b}{h_\rho \cdot I_\kappa \cdot E_s} \quad (E_b = 2,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2).$$

$$\text{ράβδος "έδαφος": } K_{\epsilon\delta} = \frac{\frac{12}{i_a \cdot i_o}}{l_x} \quad (1)$$

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις θεμελίωσης, το βάθος του συμπιεστοῦ στρώματος είναι σχετικά μεγάλο, ὁπότε $i_a = \frac{12}{\pi}$ καί ἡ διάσταση τοῦ πεδίου l_x πρὸς τὴν ὁποία γίνεται ἡ κάμψη εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν l_y (γιὰ νὰ μὴ προκύπτει μεγάλη κατασκευαστικὴ ἐκκεντρότητα), ὁπότε $i_o = 1,00$ καί ἡ σχέση (1) ἐκφράζεται πρὸς ἁπλᾶ:

$$K_{\varepsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x}$$

3. Στατική επίλυση

Μέ τό συντελεστή μείωσης ε υπολογίζονται τά έντατικά μεγέθη πού φαίνονται στό σχήμα.

4. Έλεγχος ύποστυλώματος

Μέ τά έντατικά μεγέθη τής διατομής Β, ελέγχεται τό ύποστύλωμα.

5. Έλεγχος τάσεων έδάφους

Μέ τή ροπή πού παραλαμβάνει τό έδαφος $M_{\varepsilon\delta} = \varepsilon \cdot (e_k \cdot P)$ καί τή δύναμη θλίψης $P + G_{\pi\varepsilon\delta}$, ανάλογα σέ ποιά περιοχή τής διατομής δρᾷ ἡ δύναμη (μέσα ἢ έξω ἀπό τόν πυρήνα), υπολογίζονται οἱ τάσεις τοῦ έδάφους σύμφωνα μέ τήν §1.3 καί ελέγχεται τό μέγεθος τους.

6. Έλεγχος πεδίου

Μέ φόρτιση γιά τό πέδιλο τίς τάσεις τοῦ έδάφους, υπολογίζονται οἱ τέμνουσες δυνάμεις, οἱ ροπές κάμψης καί οἱ ἀναγκαῖοι ὀπλισμοί τής διατομής.

7. Έλεγχος σέ ὀλίσθηση

Στά ἐκκεντρα πέδιλα ὑπάρχει πάντα ὀριζόντια ἀντίδραση, ἴση μέ τή τέμνουσα δύναμη, πού πρέπει νά παραλαμβάνεται ἀπό τή τριβή τοῦ έδάφους. Στίς περισσότερες περιπτώσεις ἐκκεντρων πεδίων δέν εἶναι ἀναγκαῖος ὁ έλεγχος σέ ὀλίσθηση, γιάτί ἡ διατμητική ἀντοχή τοῦ έδάφους εἶναι μεγάλη.

Έλεγχος σέ ὀλίσθηση χρειάζεται, ὅταν ἡ ἀντίδραση εἶναι πολύ μεγάλη, ἢ ἡ ποιότητα τοῦ έδάφους πολύ ἄσχημη καί γίνεται σύμφωνα μέ τήν §2 τοῦ κεφ. I.

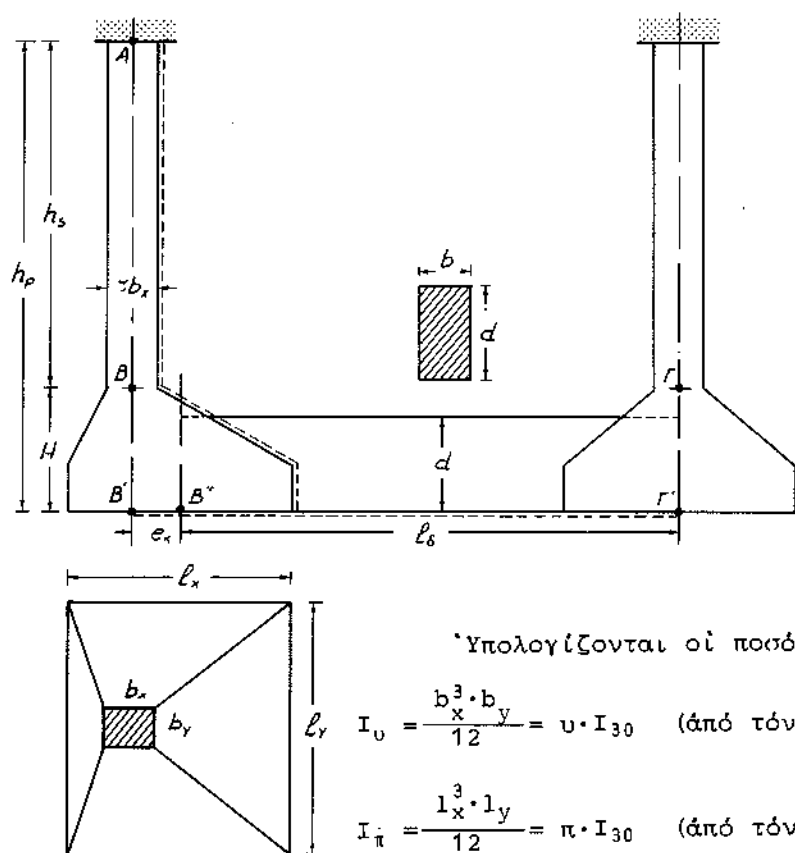
Παρατήρηση

Τό προηγούμενο πρόβλημα ἐξετάσθηκε μόνο μέ κατασκευαστική ἐκκεντρότη-

τα. Στο ίδιο πρόβλημα μπορούν να αναχθούν και οι περισσότερες περιπτώσεις έντασης που έχουν ταυτόχρονα σεισμό, γιατί η αύξηση της έντασης λόγω του σεισμού θα είναι μικρότερη από την αύξηση στις επιτρεπόμενες τάσεις κατά 20%, που επιτρέπεται να γίνει λόγω του σεισμού.

Β₂ ΕΚΚΕΝΤΡΟ ΠΕΔΙΛΟ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΑ ΔΟΚΟ

1. Γεωμετρικά στοιχεία



Υπολογίζονται οι ποσότητες

$$I_u = \frac{b_x^3 \cdot b_y}{12} = u \cdot I_{30} \quad (\text{από τον πίνακα 7}).$$

$$I_\pi = \frac{l_x^3 \cdot l_y}{12} = \pi \cdot I_{30} \quad (\text{από τον πίνακα 8})$$

$$I_\delta = \frac{b \cdot d^3}{12} = \delta \cdot I_{30} \quad (\text{από τον πίνακα 8})$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{H}{h_p} \\ \\ \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \lambda_p \\ \gamma_p \\ \gamma_p'' \end{array} \quad (\text{πίνακας 5})$$

2. Συντελεστές κατανομής

Σχετικοί δείκτες άκαμψίας

$$\text{ράβδος "υποστύλωμα - πέδιλο": } K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s}$$

$$(E_b = 2,1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{ράβδος "έδαφος": } K_{\epsilon\delta} = \frac{\frac{12}{i_a \cdot i_o}}{l_x} = \frac{\pi}{l_x}$$

$$\text{ράβδος "συνδετήρια δοκός": } K_\delta = \frac{4}{l_\delta} \cdot \frac{I_\delta}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s}$$

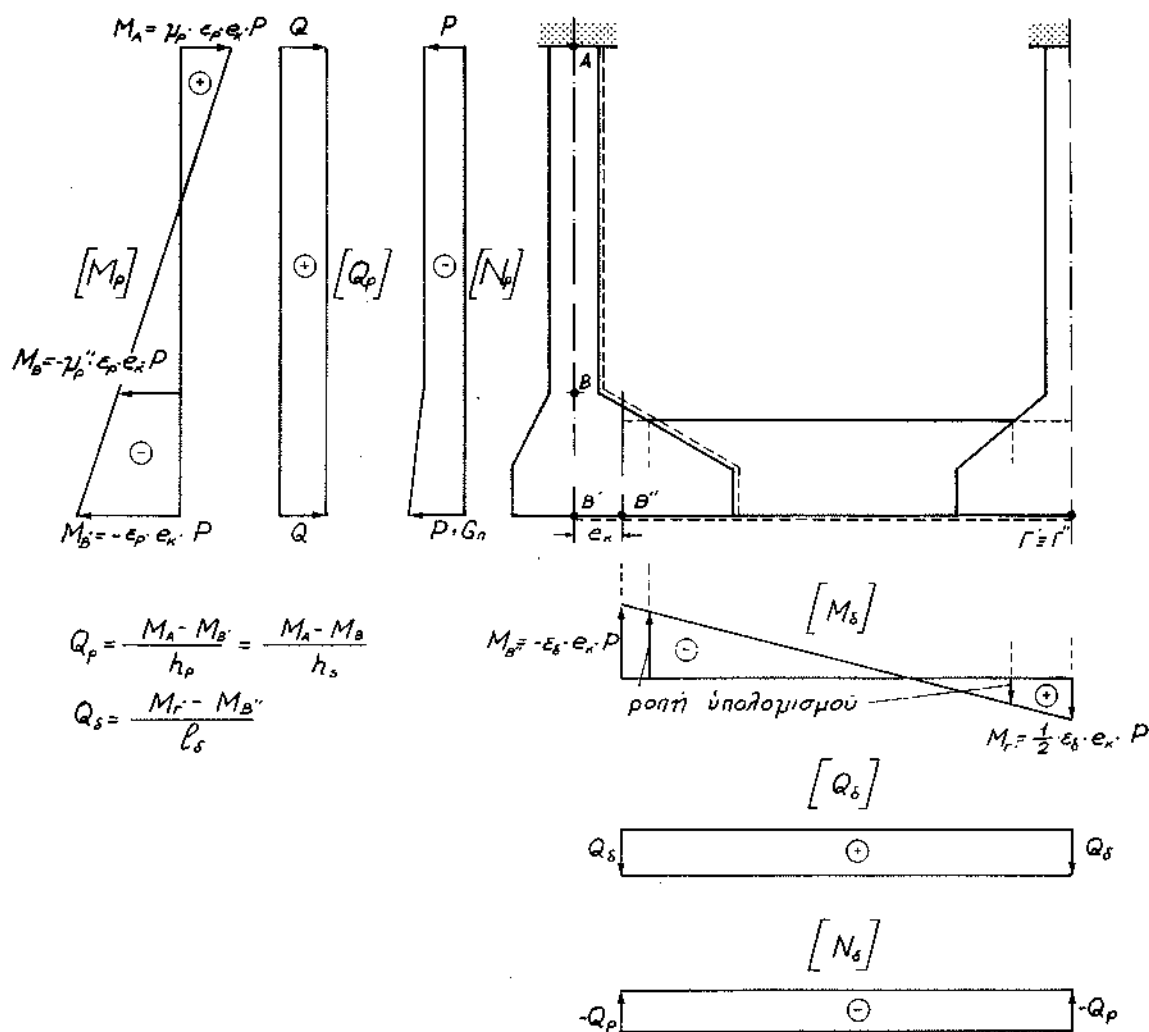
Συντελεστές κατανομής

$$\epsilon_p = \frac{K_p}{K_p + K_{\epsilon\delta} + K_\delta} \quad ,$$

$$\epsilon_{\epsilon\delta} = \epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_p + K_{\epsilon\delta} + K_\delta} \quad ,$$

$$\epsilon_\delta = \frac{K_\delta}{K_p + K_{\epsilon\delta} + K_\delta} \quad .$$

3. Στατική επίλυση



4. Έλεγχος διατομών υποστυλώματος και συνδετήριας δοκού

Μέ τα έντατικά μεγέθη που έχουν προκύψει στο "λαιμό" του υποστυλώματος και στο "λαιμό" της συνδετήριας δοκού, γίνεται ο έλεγχος του υποστυλώματος και της συνδετήριας δοκού.

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους

Μέ τη ροπή που παραλαμβάνει το έδαφος, $M_{εδ} = e(e_k \cdot P)$ και την δύναμη θλίψης $P + G_{κεδ} + Q_{δ}$, ανάλογα με το που πέφτει η δύναμη (μέσα ή έξω από τον πυρήνα) υπολογίζονται οι τάσεις του εδάφους σύμφωνα με τη §1.3. και ελέγχεται το μέγεθός τους.

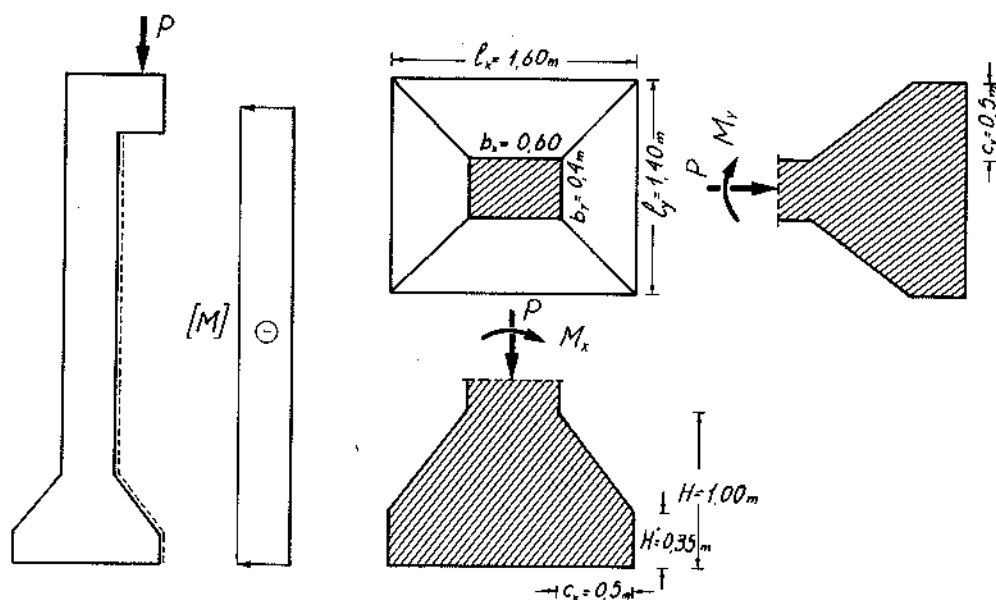
6. Έλεγχος πεδίου

Μέ φόρτιση του πεδίου τις τάσεις του εδάφους, υπολογίζονται οι τέμνουσες δυνάμεις, οι ροπές κάμψης και οι αναγκαίοι όπλισμοί.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΑΣΚΗΣΗ 18

Ζητείται ο έλεγχος του πεδίου του σχήματος που φέρει φορτίο $P_{ολ} = 80,0 \text{ t}$ (περιλαμβάνεται και το ίδιο βάρος του πεδίου).



Η έντατική κατάσταση που υπάρχει στον πόδα του υποστυλώματος είναι: $M_x = 12,80 \text{ tm}$, $M_y = 0,0$.

Η έδραση του πεδίου γίνεται σε άσυμπίεστο έδαφος.

Δίνονται: Υλικό υποστυλώματος: B300, St III.

Υλικό πεδίου: B225, St III.

Λύση

1. Τάσεις έδαφους

Ο φορέας είναι ισοστατικός και γι' αυτό η ροπή στη βάση του πεδίου είναι ίδια με αυτή στη κεφαλή του υποστυλώματος.

$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y} = \frac{80,0}{1,60 \cdot 1,40} = 35,71 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_0 \text{ (έδαφος άσυμπίεστο)}.$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{12,80}{80,0} = 0,16 \text{ m} < \frac{l_x}{6} = \frac{1,60}{6} = 0,267 \text{ m}.$$

Δηλαδή τό φορτίο βρίσκεται μέσα στον πυρήνα.

$$\sigma_{1,2} = 35,71 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,16}{1,60} \right) = 35,71 (1 \pm 0,6) = \begin{cases} \sigma_1 = 57,14 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \\ \sigma_2 = 14,28 \text{ "} \end{cases}$$

$$\sigma_2 = \max = 57,14 \text{ t/m}^2 < 1,30 \text{ επσο} \quad (\text{πρέπει νά ισχύη αὐτή ἡ συνθήκη})$$

Ὁ προσδιορισμός τῶν τάσεων σ_1 καί σ_2 εἶναι δυνατό νά γίνῃ καί μέ τήν χρησιμοποίηση τοῦ πίνακα 4.

Εἶναι:

$$\frac{e_x}{l_x} = \frac{0,16}{1,60} = 0,10 \Rightarrow$$

$$\mu = 1,60 \quad (\text{πίνακας 4}).$$

$$\text{Ἄρα} \quad \max = \sigma_1 = \mu \frac{P}{l_x \cdot l_y} = 1,60 \frac{80,0}{1,60 \cdot 1,40} = 57,14 \text{ t/m}^2$$

Ὅποτε ἀπό τό σχῆμα εἶναι:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \Rightarrow \sigma_2 = 2\sigma_0 - \sigma_1 = 2 \cdot 35,71 - 57,14 = 14,28 \text{ t/m}^2.$$

2. Ἐλεγχος πεδίου

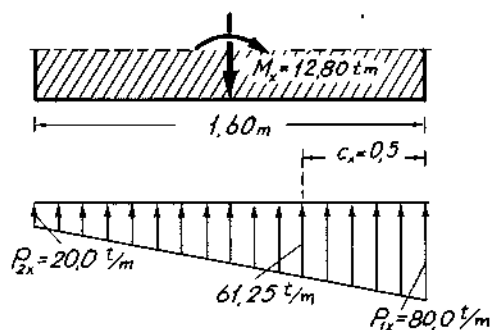
2.1 Στατική ἐπίλυση.

Διεύθυνση x

$$P_{1x} = \sigma_1 \cdot l_y = 57,14 \cdot 1,40 = 80,0 \text{ t/m}$$

$$P_{2x} = \sigma_2 \cdot l_y = 14,28 \cdot 1,40 = 20,0 \text{ t/m}$$

Διεύθυνση x



$$M_x = \left(\frac{1}{3} 80,0 + \frac{1}{6} 61,25 \right) 0,50^2 =$$

$$= 9,22 \text{ tm}$$

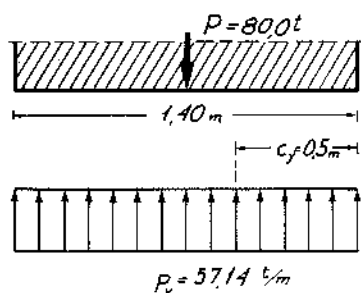
$$Q_x = \frac{61,25 + 80,0}{2} \cdot 0,50 =$$

$$= 35,31 \text{ t}$$

$$P_y = \sigma_0 \cdot l_x = 35,71 \cdot 1,60 =$$

$$= 57,14 \text{ t/m}$$

Διεύθυνση y



$$M_y = \frac{1}{2} \cdot 57,14 \cdot 0,50^2 = 7,14 \text{ tm}$$

$$Q_y = 57,14 \cdot 0,50 = 28,57 \text{ t.}$$

2.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$\frac{\varepsilon_{\text{πσ}_b}}{\varepsilon_{\text{πσ}_e}} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2, \quad h = 0,93 \text{ m}$$

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{9,22}{0,40}}} = 19,4 > 9,2, \quad K_{ex} = 0,44, \quad K_x = 0,18$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{7,14}{0,60}}} = 27,0 > 9,2, \quad K_{ey} = 0,44$$

2.3 Έλεγχος σε διάτρηση.

$$Q = 35,31 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m} \Rightarrow x = 0,18 \cdot 0,93 = 0,17 \text{ m}.$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,17}{1,00 - 0,35} (1,40 - 0,40) = 0,61 \text{ m (Κεφ. II § 1.4.)}$$

$$\tau = \frac{35,31}{\frac{7}{8} 0,93 \cdot 0,61} = 71,13 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

2.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,44 \frac{9,22}{0,93} = 4,36 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{e_x} = \frac{4,36}{1,40} = 3,12 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\eta \quad f_{e_x} = \emptyset 10/15 \quad (\delta \text{ \textit{ελάχιστος αναγκαίος όπλισμός}).$$

$$F_{e_y} = 0,44 \frac{7,14}{0,93} = 3,38 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{e_y} = \frac{3,38}{1,60} = 2,11 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\eta \quad f_{e_y} = \emptyset 10/15.$$

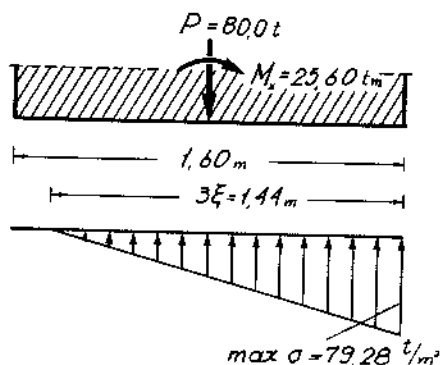
ΑΣΚΗΣΗ 19

Νά λυθῇ ἡ άσκησι 18, μέ φόρτιση:

$$P_{o\lambda} = 80,0 \text{ t}, \quad M_x = 25,60 \text{ tm} \quad \text{καί} \quad M_y = 0,0$$

Λύση**1. Τάσεις εδάφους**

$$\sigma_o = 35,71 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\sigma_o}$$



$$e_x = \frac{25,60}{80,0} = 0,32\text{ m.}$$

$$\text{Είναι } \frac{l_x}{6} = 0,267 < e_x < \frac{l_x}{3} = 0,533\text{ m,}$$

δηλαδή τό φορτίο βρίσκεται στον έξωτερικό πυρήνα, ό-
πότε από τόν πίνακα 4, γιά

$$\frac{e_x}{l_x} = \frac{0,32}{1,60} = 0,20, \text{ λαμβά-}$$

νεται $\mu = 2,22$ καί

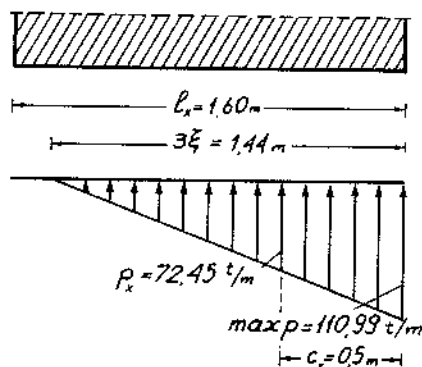
$$\begin{aligned} \max \sigma &= \mu \cdot \sigma_0 = 2,22 \cdot 35,71 = \\ &= 79,28\text{ t/m}^2. \end{aligned}$$

• Η διατομή πού "εργάζεται" είναι $3\xi = 3\left(\frac{l_x}{2} - e_x\right) = 3\left(\frac{1,60}{2} - 0,32\right) = 3 \cdot 0,48 = 1,44\text{ m.}$

2. Έλεγχος πεδίου

2.1 Στατική επίλυση.

Διεύθυνση x



$$\begin{aligned} \max p &= \max \sigma \cdot l_y = 79,28 \cdot 1,40 = \\ &= 110,99\text{ t/m} \end{aligned}$$

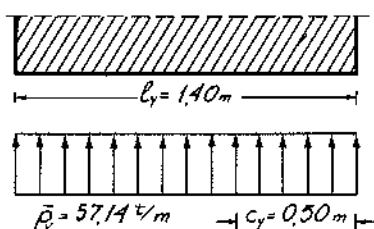
$$\begin{aligned} p_x &= 110,99 \cdot \frac{1,44 - 0,50}{1,44} = \\ &= 72,45\text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= \left(\frac{1}{3} \cdot 110,99 + \frac{1}{6} \cdot 72,45\right) \cdot \\ &\quad \cdot 0,50^2 = 12,27\text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_x &= \frac{110,99 + 72,45}{2} \cdot 0,50 = \\ &= 45,86\text{ t.} \end{aligned}$$

Διεύθυνση ψ

Τό "ομοιομορφισμένο" φορτίο κατά τη διεύθυνση y είναι:



$$\bar{p}_y = \sigma_0 \cdot l_x = 35,71 \cdot 1,60 = 57,14 \text{ t/m}$$

$$M_y = \frac{1}{2} 57,14 \cdot 0,50^2 = 7,14 \text{ tm}$$

$$Q_y = 57,14 \cdot 0,50 = 28,57 \text{ t}$$

2.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{12,27}{0,40}}} = 16,8 > 9,2 \Rightarrow K_{ex} = 0,45, \quad K_x = 0,20$$

$$K_{hy} = 27,0 > 9,2, \quad K_{ey} = 0,44$$

2.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 45,86 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m} \Rightarrow x = 0,20 \cdot 0,93 = 0,19 \text{ m}$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,19}{1,00 - 0,35} (1,40 - 0,40) = 0,63 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{45,86}{\frac{7}{8} 0,93 \cdot 0,63} = 89,45 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\tau} = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

2.4 Όπλισμός.

$$F_{ex} = 0,45 \cdot \frac{12,27}{0,93} = 5,94 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{ex} = \frac{5,94}{1,40} = 4,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος απαιτούμενος όπλισμός $f_{ex} = \phi 10/15$.

$$F_{ey} = 0,44 \cdot \frac{7,14}{0,93} = 3,38 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{ey} = \frac{3,38}{1,60} = 2,11 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος απαιτούμενος όπλισμός $f_{ey} = \emptyset 10/15$.

Παρατηρήσεις

- Όταν δέν έργάζεται όλη ή διατομή δέν ισχύουν οι σχέσεις
 $\sigma_{1,2} = \sigma_0 (1 \pm \frac{6 e_i}{l_i})$ όπου $i = x, y$ καί ή τάση $\sigma_1 = \text{max}$ βρίσκεται
 από τόν πίνακα 4: $\text{max} = \mu \cdot \sigma_0$.
- Η κατανομή τών ροπών κατά τή διεύθυνση y είναι αντίστοιχη τής κατανομής τών τάσεων κατά τή διεύθυνση x .

ΑΣΚΗΣΗ 20

Νά λυθί ή άσκηση 18, μέ φόρτιση:

$$P_{ολ} = 80,0 \text{ t}, \quad M_x = 12,80 \text{ tm} \quad \text{καί} \quad M_y = 5,60 \text{ tm}.$$

Λύση

1. Τάσεις έδάφους

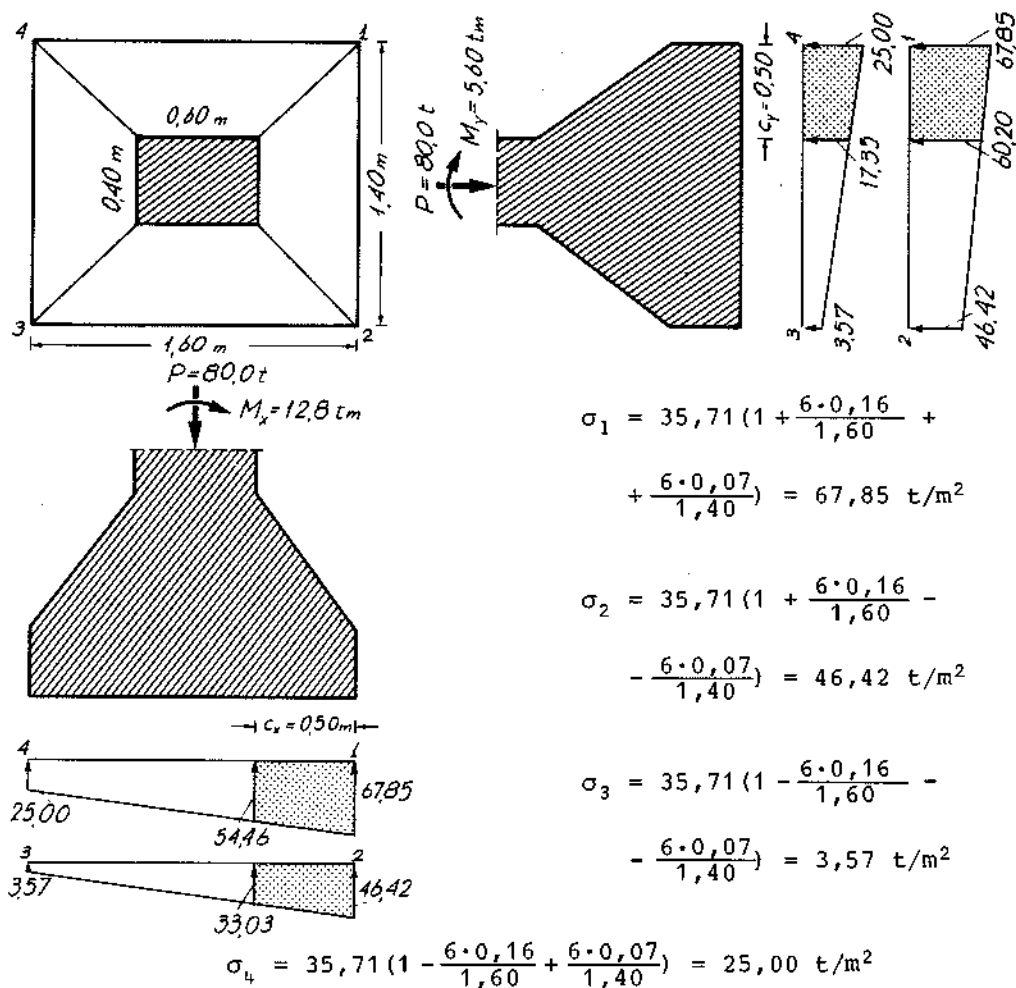
$$\sigma_0 = 35,71 \text{ t/m}^2.$$

$$e_x = \frac{12,80}{80,0} = 0,16 \text{ m} < \frac{l_x}{6} = 0,267 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{5,60}{80,0} = 0,07 \text{ m} < \frac{l_y}{6} = 0,233 \text{ m}$$

$$\text{Γιά } \frac{e_x}{l_x} = 0,1 \text{ καί } \frac{e_y}{l_y} = 0,05 \Rightarrow \mu \text{ κάτω από τήν πρώτη κλί-}$$

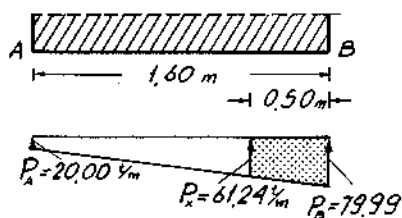
μακα στόν πίνακα 4, άρα τό φορτίο βρίσκεται στό πυρήνα.



2. Έλεγχος πεδίου

2.1 Στατική επίλυση.

Διεύθυνση x



$$P_A = \frac{\sigma_3 + \sigma_4}{2} \cdot l_y = \frac{3,57 + 25,00}{2} \cdot 1,40 = 20,00 \text{ t/m}$$

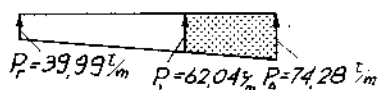
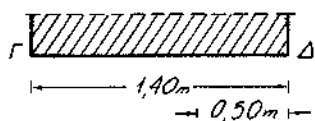
$$P_B = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot l_y = \frac{67,85 + 46,42}{2} \cdot 1,40 = 79,99 \text{ t/m}$$

$$P_x = \frac{54,46 + 33,03}{2} \cdot 1,40 = 61,24 \text{ t/m}$$

$$M_x = \left(\frac{1}{3} 79,99 + \frac{1}{6} 61,24 \right) \cdot 0,50^2 = 9,22 \text{ tm}$$

$$Q_x = \frac{61,24 + 79,99}{2} \cdot 0,50 = 35,31 \text{ t}$$

Διεύθυνση ψ



$$P_{\Gamma} = \frac{\sigma_2 + \sigma_3}{2} \cdot l_x = \frac{46,42 + 3,57}{2} \cdot 1,60 =$$

$$= 39,99 \text{ t/m}$$

$$P_{\Delta} = \frac{\sigma_1 + \sigma_4}{2} \cdot l_x = \frac{67,85 + 25,00}{2} \cdot 1,60 =$$

$$= 74,28 \text{ t/m}$$

$$P_y = \frac{17,35 + 60,20}{2} \cdot 1,60 = 62,04 \text{ t/m}$$

$$M_y = \left(\frac{1}{3} 74,28 + \frac{1}{6} 62,04 \right) \cdot 0,50^2 = 8,78 \text{ tm}$$

$$Q_y = \frac{62,04 + 74,28}{2} \cdot 0,50 = 34,08 \text{ t}$$

2.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{9,22}{0,40}}} = 19,4 > 9,2, \quad K_{ex} = 0,44, \quad K_x = 0,18$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{8,78}{0,60}}} = 24,3, \quad K_{ey} = 0,44.$$

2.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 35,31 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m} \Rightarrow x = 0,18 \cdot 0,93 = 0,17 \text{ m}$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,17}{1,00 - 0,35} \cdot (1,40 - 0,40) = 0,61 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{35,31}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,61} = 71,13 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

2.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,44 \cdot \frac{9,22}{0,93} = 4,36 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{e_x} = \frac{4,36}{1,40} = 3,11 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος απαιτούμενος όπλισμός $f_{e_x} = \emptyset 10/15$

$$F_{e_y} = 0,44 \cdot \frac{8,78}{0,93} = 4,15 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{e_y} = \frac{4,15}{1,60} = 2,59 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τοποθετείται ο ελάχιστος απαιτούμενος όπλισμός $f_{e_y} = \emptyset 10/15$

ΑΣΚΗΣΗ 21

Νά λυθῇ ἡ άσκησι 18, μέ φόρτιση:

$$P_{ολ} = 80,0 \text{ t}, \quad M_x = 12,80 \text{ καί } M_y = 11,20 \text{ tm}$$

Λύση**1. Τάσεις έδάφους**

$$\sigma_0 = 35,71 \text{ t/m}^2.$$

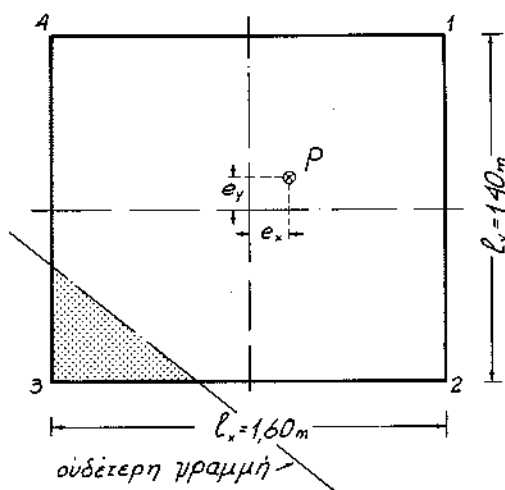
$$e_x = \frac{12,80}{80,0} = 0,16 \text{ m}.$$

$$e_y = \frac{11,20}{80,0} = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Για } \frac{e_x}{l_x} = \frac{0,16}{1,60} = 0,1 \quad \text{και} \quad \frac{e_y}{l_y} = \frac{0,14}{1,40} = 0,1 \quad \text{παρατηρείται}$$

στόν πίνακα 4 ότι τό $\mu = 2,20$ βρίσκεται μεταξύ πρώτης και δεύτερης κλίμακος, δηλαδή τό φορτίο P ενεργεί στόν έξωτερικό πυρήνα της διατομής, της βάσης του πεδίου.

Είναι λοιπόν $\sigma_1 = \max = \mu \cdot \sigma_0 = 2,20 \cdot 35,71 = 78,56 \text{ t/m}^2$.



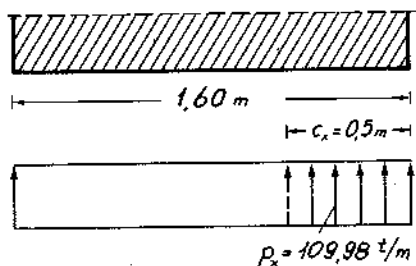
Επειδή τό φορτίο ενεργεί στόν έξωτερικό πυρήνα υπάρχει άδρανης περιολή όπως περίπου φαίνεται στό σχήμα.

Γιά τόν ύπολογισμό των έντατικών μεγεθών χρησιμοποιείται ή τάση $\sigma_1 = \max$, πού θεωρείται όμοιόμορφη και κατά τίς δύο διευθύνσεις, πρός τήν πλευρά της άσφαλείας βέβαια.

2. Έλεγχος πεδίου

2.1 Στατική επίλυση.

Διεύθυνση x



θεωρείται όμοιόμορφη φόρτιση σ' όλο τό μήκος της διατομής:

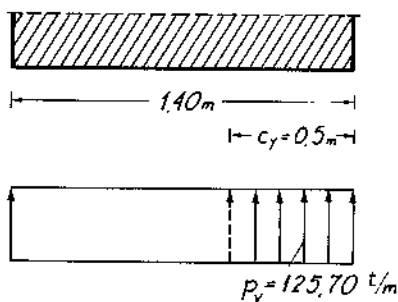
$$p_x = \sigma_1 \cdot l_y = 78,56 \cdot 1,40 = 109,98 \text{ t/m}$$

Άρα

$$M_x = \frac{1}{2} 109,98 \cdot 0,50^2 = 13,75 \text{ tm}$$

$$Q_x = 109,98 \cdot 0,50 = 54,99 \text{ t}$$

Διεύθυνση ψ



$$P_y = \sigma_1 \cdot l_x = 78,56 \cdot 1,60 = 125,70 \text{ t/m}$$

$$M_y = \frac{1}{2} 125,70 \cdot 0,50^2 = 15,71 \text{ tm}$$

$$Q_y = 125,70 \cdot 0,50 = 62,85 \text{ t.}$$

2.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{h_x} = \frac{93}{\sqrt{\frac{13,75}{0,40}}} = 15,9 > 9,2, \quad K_{e_x} = 0,45, \quad K_x = 0,21$$

$$K_{h_y} = \frac{93}{\sqrt{\frac{15,71}{0,60}}} = 18,2 > 9,2, \quad K_{e_y} = 0,45, \quad K_x = 0,19$$

2.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

Διεύθυνση x

$$Q_x = 54,99 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m}, \quad x = 0,21 \cdot 0,93 = 0,20 \text{ m}$$

$$b'_x = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,20}{1,00 - 0,35} (1,40 - 0,40) = 0,65 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{54,99}{\frac{7}{8} 0,93 \cdot 0,65} = 104,0 \text{ t/m}^2 > 90,0 \text{ t/m} = \text{επτ.}$$

Επομένως χρειάζεται μεγαλύτερο ύψος πεδίου (αν και ψ -

πάρχει περίπτωση νά επαρκεί τό 1,0 m άν γίνει αναλυτικός ύπολογισμός έπειδή ή τέμνουσα Q_x πού ύπολογίσθηκε είναι πολύ μεγαλύτερη άπ' τή πραγματική άφου ή επίλυση έγινε μέ όμοιόμορφη τάση τή $\max$).

ΑΣΚΗΣΗ 22

Η θεμελίωση του πεδύλου στις ασκήσεις 18 και 19 γίνεται σέ έδαφος μή συνενκτικό μέ δείκτη έδάφους $K = 10 \text{ kg/cm}^3$ ή μέ μέτρο συμπίεσης $E_s = 800 \text{ kg/cm}^2$.

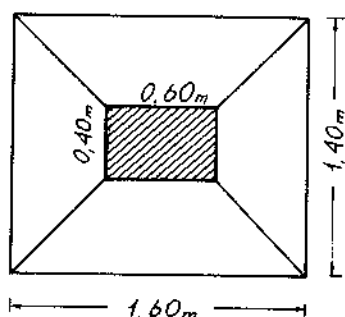
Ζητείται ή στροφή του πεδύλου.

Δίνονται: Βάθος συμπιεστού στρώματος $z = 2,50 \text{ m}$.

Λύση

Έπειδή ο φορέας είναι συμμετρικός, ή στροφή του πεδύλου δέν έπηρεάζει τήν ένταση του.

1ος τρόπος: Μέθοδος του "δείκτη έδάφους K "



Από τόν όρισμό τής γωνίας στρωφής είναι

$$M = \varphi \cdot D_{εδ} \Rightarrow \varphi = \frac{M}{D_{εδ}} \quad (1)$$

$$D_{εδ} = K \cdot I_{\pi}$$

$$I_{\pi} = \frac{1,40 \cdot 1,60^3}{12} = 0,478 \text{ m}^4 = 4,78 \cdot 10^7 \text{ cm}^4$$

$$\text{άρα } D_{εδ} = 10 \times 4,78 \times 10^7 \text{ kg/cm}^3 \cdot \text{cm}^4 = 4,78 \times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

$$\text{Από τή σχέση (1)} \Rightarrow \varphi = \frac{12,80 \cdot (1000 \cdot 100) \text{ kg} \cdot \text{cm}}{4,78 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}} \Rightarrow$$

$$\varphi = 0,0027 \text{ rad}.$$

2ος τρόπος: Μέθοδος του μέτρου συμπίεσης E_s

$$\text{είναι } D_{εδ} = \frac{12}{I_\alpha \cdot I_o} \cdot \frac{E_s}{I_x} \cdot I_\pi \text{ για } e_x \leq \frac{l_x}{4}$$

$$e_x = \frac{12,80}{80} = 0,16 < \frac{1,60}{4} = 0,40 \quad (\text{εδώ η αρχική έκκεντρότητα είναι και τελική}),$$

$$\text{είναι } \frac{z}{I_x} = \frac{2,50}{1,60} = 1,56 \implies i_\alpha = 3,36 \quad (\text{§ 1.2.4.3})$$

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{1,60}{1,40} = 1,14 \implies i_o = 0,79$$

$$I_\pi = 4,78 \cdot 10^7 \text{ cm}^4 \text{ και } \frac{E_s}{I_x} = \frac{800}{160} = 5 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Άρα } D_{εδ} = \frac{12}{3,36 \cdot 0,79} \cdot 5 \cdot 4,78 \cdot 10^7 = 10,80 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{και } \varphi = \frac{12,80 (10^5) \text{ kg} \cdot \text{cm}}{10,80 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}} = 0,0012 \text{ rad.}$$

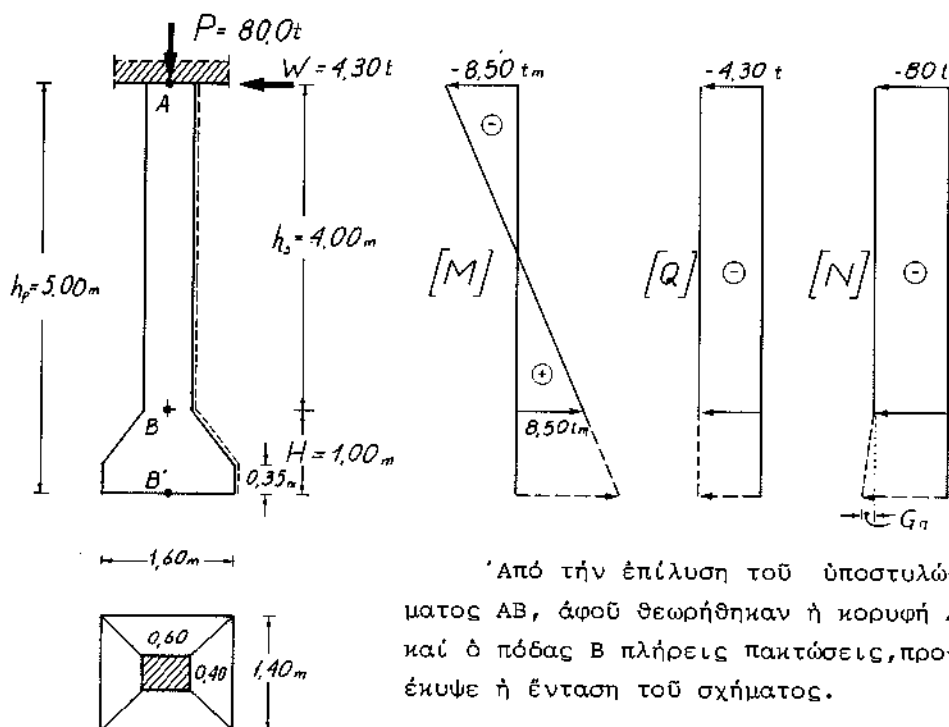
Παρατηρήσεις

- Η γωνία στροφής φ δεν επηρεάζει την ένταση της ράβδου "υποστύλωμα - πεδίλο" γιατί ο φορέας είναι ισοστατικός. Στη πράξη όμως οι περισσότεροι φορείς είναι υπερστατικοί και επομένως η γωνία φ προκαλεί ανακατανομή των ροπών, οι οποίες προκαλούν νέα γωνία φ , μέχρι να ισορροπήσει το σύστημα (σχεπτόμενοι με τη μέθοδο CROSS).
- Παρατηρείται ότι με τη μέθοδο του δείκτη εδάφους ή λύση είναι πιο άπλη και εξαρτάται μόνο από τη ροπή αδρανείας του πεδίου, ενώ με τη μέθοδο του μέτρου συμπίεσης ή λύση εξαρτάται εκτός από τη ροπή αδρανείας του πεδίου και από το βάθος του συμπιεστού στρώματος, τη γεωμετρία του πεδίου και κύρια από το μήκος l_x του πεδίου.
- Αν και όλοι αυτοί οι υπολογισμοί γίνονται για να βρίσκονται τάξεις μεγεθών γωνιών στροφής και ροπών και όχι ακριβή μεγέθη είναι σκόδατο να γίνεται όσο το δυνατό μεγαλύτερη προσέγγιση. Γι' αυτό πρέ-

πει να προτιμάται ή μέθοδος του μέτρου συμπίεσης.

- Για να ισχύει ο τύπος της άκαμψιας εδάφους πρέπει ή τελική έκκεντρότητα $e_x \leq \frac{1_x}{4}$. Στην άσκηση αυτή ή έκκεντρότητα $e_x = 0,16 \text{ m}$ είναι αρχική και τελική.

ΑΣΚΗΣΗ 23



Από την επίλυση του υποστυλώματος AB, αφού θεωρήθηκαν ή κορυφή A και ο πόδας B πλήρεις πακτώσεις, προέκυψε ή ένταση του σχήματος.

Ζητείται ο υπολογισμός της έντασης του εδάφους και της ράβδου "υποστυλώμα - πέδιλο", όταν ή έδραση του πεδίου γίνεται σέ επιφάνεια άσυμπίεστη.

Λύση

Η υπόθεση της πλήρους πακτώσης στο σημείο B είναι σωστή όταν ή ροπή άδρανείας του πεδίου είναι πολύ μεγαλύτερη από την ροπή άδρανείας του υποστυλώματος, όπως περίπου συμβαίνει στο παράδειγμα αυτό.

Ἡ ἔνταση τοῦ πεδίου εἶναι ἡ συνέχεια τῆς ἔντασης τοῦ ὑποστυλώματος. Ἡ ἔνταση στή βάση τοῦ πεδίου στό σημεῖο Β' εἶναι: γιά τήν τέμνουσα δύναμη Q ἡ ἴδια, γιά τήν ἀξονική δύναμη N εἶναι ἡ ἴδια μέ τό ὑποστύλωμα αὐξημένη κατά τό βάρος τοῦ πεδίου (πολλές φορές θεωρεῖται ὅ' ὅλο τό ὕψος ἐνιαῖο $N = P + G$) καί γιά τήν ροπή $M_B = M_B - Q \cdot H$ ἢ $M_B = \gamma'_\rho \cdot M_A$. Σ' αὐτό τό παράδειγμα εἶναι:

$$M_B = M_B - Q \cdot H = 8,50 + 4,3 \cdot 1,0 = 12,8 \text{ tm}$$

ἢ ἀπό τήν παράγραφο 1.1. γιά $\frac{H}{h_\rho} = \frac{1}{5} = 0,20$ καί $\gamma = -1$ εἶναι

$$\gamma'_\rho = 1,50 \implies M_B = -\gamma'_\rho \cdot M_A = 1,50 \cdot 8,5 = 12,8 \text{ tm} \quad (\text{ἴδιο ἀποτέλεσμα}).$$

Ἡ ἔνταση τῆς ἐπιφάνειας θεμελίωσης ἐξαρτᾶται ἀπό τή ροπή στή βάση τοῦ πεδίου $M_B = 12,80 \text{ tm}$ ποῦ εἶναι ἴδια μέ τήν ἀσκήση 18.

Παρατήρηση

Ἐπειδή ἡ ἐπιφάνεια θεμελίωσης εἶναι ἀσυμπύεστη, δέν προκαλεῖται στροφή τῆς βάσης τοῦ πεδίου, καί γι' αὐτό δέν γίνεται καμμιά ἀνακατανομή στήν ἔνταση. Συνήθως ἡ ἐπιφάνεια θεμελίωσης εἶναι ἔδαφος ἐνδοτικό καί γι' αὐτό προκαλεῖται στροφή τῆς βάσης, ὅποτε γίνεται ἀνακατανομή τῆς ἔντασης (ἐπειδή φυσικά ὁ φορέας εἶναι ὑπεροστατικός).

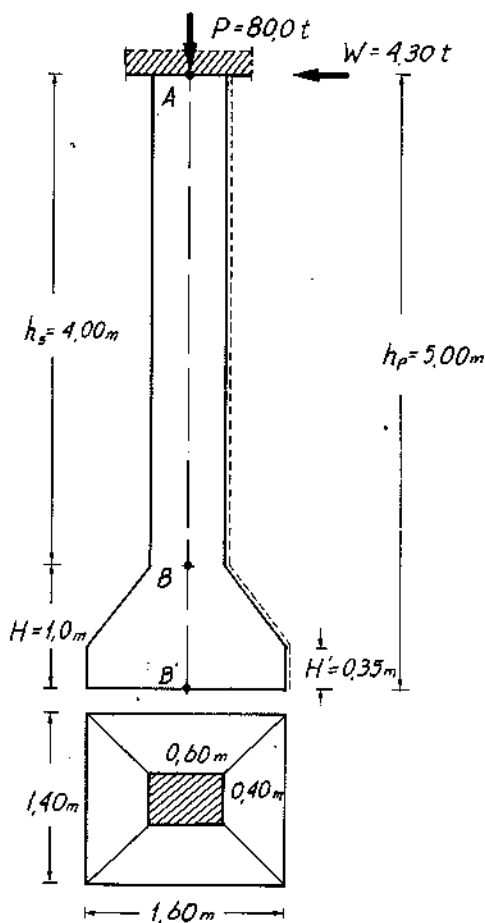
ΑΣΚΗΣΗ 24

Νά λυθῇ ἡ ἀσκήση 23, ὅταν ἡ ἔδραση τοῦ πεδίου γίνεται σέ ἔδαφος ἀργιλικό μέ δείκτη ἐδάφους $K = 6 \text{ kg/cm}^3$ ἢ $E_s = 200 \text{ kg/cm}^2$.

Δίνεται: Βάθος συμπιεστοῦ στρώματος $z = 4,0 \text{ m}$.

Λύση

1ος τρόπος: Μέθοδος του "δείκτη εδάφους K"



Ακαμψία εδάφους.

$$I_{\pi} = \frac{1,40 \cdot 1,60^3}{12} = 0,4779 \text{ m}^4.$$

$$D_{\epsilon\delta} = K \cdot I_{\pi} = 6 \cdot 0,4779 \cdot 10^8 = 2,87 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Ακαμψία ράβδου

υποστυλώμα - πέδιλο.

$$I_u = \frac{0,40 \cdot 0,60^3}{12} = 0,0072 \text{ m}^4$$

$$\frac{I_u}{I_{\pi}} = \frac{0,0072}{0,4779} = 0,015 \quad \Rightarrow$$

$$\frac{H}{h_p} = \frac{1,00}{5,00} = 0,20$$

$$\Rightarrow \lambda_p = 8,26, \quad \gamma_p = 0,46$$

$$\text{καί } \gamma_p'' = 0,71 \text{ (πίνακας 5)}$$

$$D_p = \lambda_p \frac{E_b \cdot I_u}{h_p} = 8,26 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,0072 \cdot 10^8}{500} = 24,98 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Συντελεστής μείωσης: } \epsilon = \frac{D_{\epsilon\delta}}{D_{\epsilon\delta} + D_p} = \frac{2,87}{2,87 + 24,98} = 0,10.$$

2ος τρόπος: Μέθοδος του μέτρου συμπίεσης E_c **Άκαμψία ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο.**

$$D_\rho = 24,98 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

Άκαμψία εδάφους.

$$D_{\epsilon\delta} = \frac{12}{i_\alpha \cdot i_0} \cdot \frac{E_s}{l_x} \cdot I_\pi \quad \text{για} \quad e_x \leq \frac{l_x}{4}$$

$$\text{Είναι } \frac{e}{l_x} = \frac{4,00}{1,60} = 2,50 \implies i_\alpha = 3,59 \quad (\S 1.2.4.3)$$

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{1,60}{1,40} = 1,14 \implies i_0 = 0,79$$

$$\text{Άρα } D_{\epsilon\delta} = \frac{12}{3,59 \cdot 0,79} \cdot \frac{200}{160} \cdot 0,4779 \cdot 10^8 = 2,53 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Συντελεστής μείωσης: } \epsilon = \frac{2,53}{2,53 + 24,98} = 0,09$$

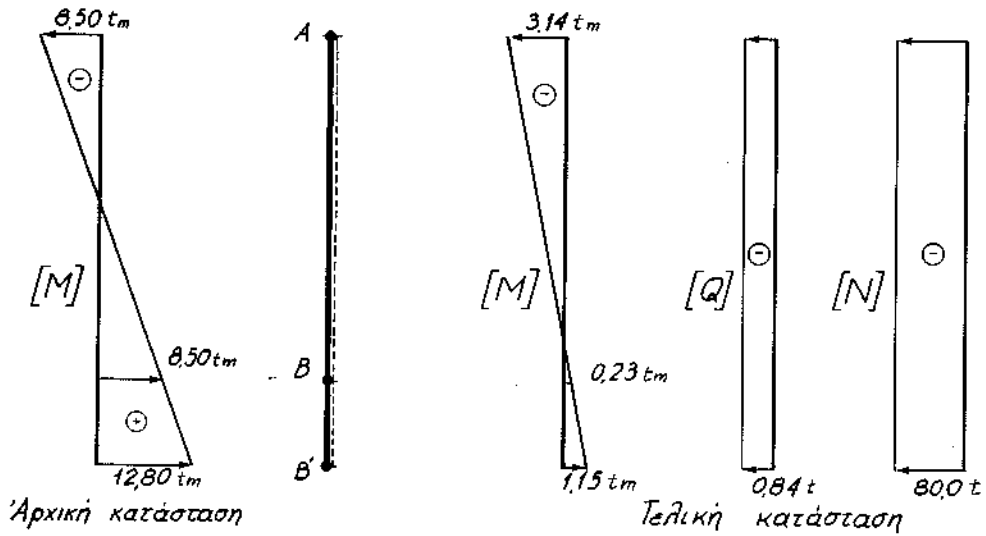
Επειδή η μέθοδος του μέτρου συμπίεσης είναι πιο ακριβής, χρησιμοποιείται ο συντελεστής $\epsilon = 0,09$.

Ένταση ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο.

$$M_{B'} = \epsilon \cdot M_B^0 = 0,09 \cdot 12,80 = 1,15 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} M_A &= M_A^0 - \gamma_\rho (1 - \epsilon) M_{B'}^0 = -8,50 + 0,46 \cdot (1 - 0,09) 12,80 = \\ &= 3,14 \text{ tm} \quad (\S 2.1.2). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= M_B^0 - \gamma_\rho'' (1 - \epsilon) \cdot M_{B'}^0 = 8,50 - (1 - 0,09) 0,71 \cdot 12,80 = \\ &= 0,23 \text{ tm}. \end{aligned}$$



(Ἡ ροπή M_B βρίσκεται καί ἀπό τό διάγραμμα ροπῶν, μέ τά ὅμοια τρίγωνα)

$$Q = \frac{M_A - M'_B}{h_p} = \frac{-3,14 - 1,15}{5,00} = -0,86 \text{ t}$$

Ένταση ἐδάφους.

Ἡ ροπή πού παραλαμβάνει τό ἔδαφος εἶναι: $M_{ε6} = 1,15 \text{ tm}$

$$\text{εἶναι } \sigma_0 = \frac{80,0}{1,40 \cdot 1,60} = 35,71 \text{ t/m}^2 \text{ καί } e = \frac{1,15}{80,0} = 0,014 \text{ m}$$

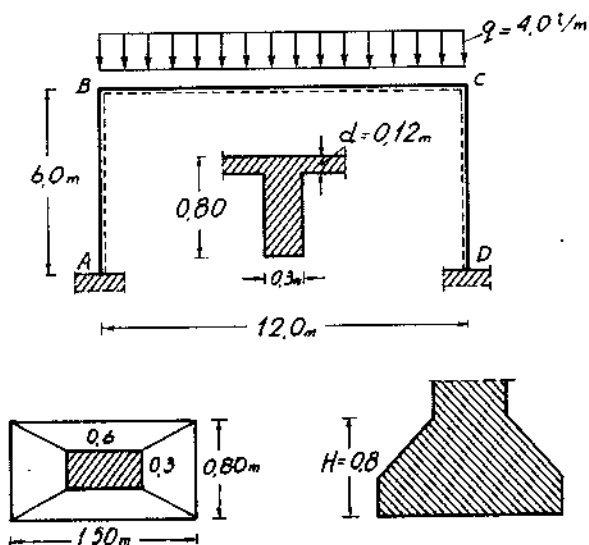
$$\text{Ἄρα } \sigma_{1,2} = 35,71 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,014}{1,60} \right) = 35,71 (1 \pm 0,053) =$$

$$\begin{aligned} & \rightarrow \sigma_1 = 37,60 \text{ t/m}^2 \\ & \rightarrow \sigma_2 = 33,82 \text{ "} \end{aligned}$$

Παρατηρήσεις

- Τα μεγέθη K και E_s δεν έχουν καμιά σχέση μεταξύ τους όπως φαίνεται από τις ασκήσεις 22 και 24. Ένω στην άσκηση 22, για το συγκεκριμένο μη συνεκτικό έδαφος θεμελίωσης, τα αποτελέσματα διαφέρουν κατά 56%, στην άσκηση 24 για το συγκεκριμένο αργιλικό έδαφος διαφέρουν κατά 10%. Σ' όλες τις επόμενες ασκήσεις θα χρησιμοποιείται η μέθοδος του μέτρου συμπίεσης E_s , η οποία οδηγεί σε σωστότερα αποτελέσματα.
- Η τιμή $E_s = 200 \text{ kg/cm}^2$ αντιστοιχεί σε σχετικά ανθεκτικό έδαφος. Παρ' όλα αυτά επέρχεται μεγάλη μείωση της ροπής (συντελεστής μείωσης πολύ μικρός). Δηλαδή αν το έδαφος λαμβανόταν ασυμπίεστο, θα προέκυπτε μεγάλο σφάλμα, μεγαλύτερο στον κόδα του υποστυλώματος και το έδαφος και μικρότερο στην κεφαλή του υποστυλώματος.
- Στη πράξη η υπόθεση πλήρους πάκτωσης στη κεφαλή Α του υποστυλώματος είναι σωστή όταν η άκαμψία του ζυγώματος είναι πολύ μεγαλύτερη από την άκαμψία του υποστυλώματος.

ΑΣΚΗΣΗ 25



Ζητείται η ένταση του πλαισίου του σχήματος που θεμελιώνεται με δύο κεντρικά πέδιλα διαστάσεων $1,50 \times 0,80 \text{ m}$ και ύψους $0,80 \text{ m}$.

Δίνονται:

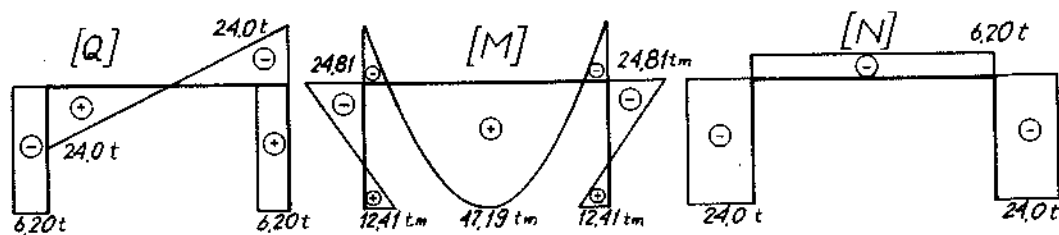
Βάθος συμπίεστου στρώματος: $z = 3,0 \text{ m}$.

Μέτρο συμπίεσης:

$$E_s = 120 \text{ kg/cm}^2.$$

Τα διαγράμματα $[Q]$, $[M]$, $[N]$ προέκυψαν από την

επίλυση του πλαισίου με θεώρηση πάκτωσης στα σημεία A και D.



Λύση

Α' Προσεγγιστικός τρόπος

θεωρείται πάκτωση στη κεφαλή του υποστυλώματος

Συντελεστής μείωσης της έκκεντρότητας

ροπές αδρανείας

Υποστύλωμα:

$$I_u = 0,30 \cdot 0,60^3 : 12 = 0,0054 \text{ m}^4$$

ζύγωμα:

$$b = b_0 + 6d = 0,30 + 6 \cdot 0,12 = 1,02 \text{ m} \quad (\text{βλέπε σελ. 78, A' τόμος})$$

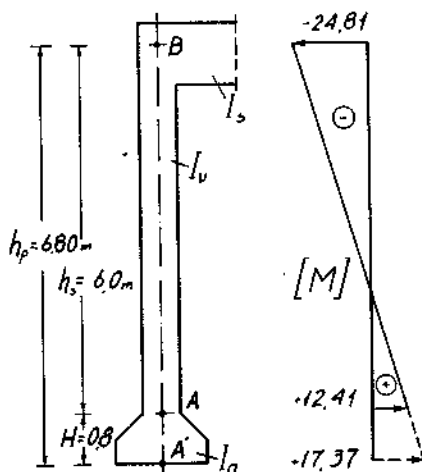
A' τόμος)

$$\frac{b_0}{b} = \frac{0,30}{1,02} = 0,29$$

$$\frac{d}{d_0} = \frac{0,12}{0,80} = 0,15$$

→

$$\mu = 0,0384 \quad (\text{πίνακας 55, τόμος B'})$$



$$I_s = \mu \cdot b \cdot d_o^3 = 0,0384 \cdot 1,02 \cdot 0,80^3 = 0,020 \text{ m}^4$$

Πέδιλο:

$$I_{\pi} = 0,80 \cdot 1,50^3 : 12 = 0,225 \text{ m}^4$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_u}{I_{\pi}} &= \frac{0,0054}{0,225} = 0,024 \\ \frac{H}{h_p} &= \frac{0,80}{6,80} = 0,12 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \lambda_p &= 6,03 \\ \gamma_p &= 0,49 \\ \gamma_p'' &= 0,82 \end{aligned} \right. \quad (\text{πίνακας 5})$$

Άκαμψία ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο.

$$D_p = \frac{\lambda_p \cdot E_b \cdot I_u}{h_p} = \frac{6,03 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,0054 \cdot 10^8}{680} = 10,06 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Άκαμψία εδάφους.

$$\text{Είναι } \frac{z}{l_x} = \frac{3,0}{1,50} = 2,0 \Rightarrow i_{\alpha} = 3,52 \text{ (από τόν πίνακα της σελ.138)}$$

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{1,50}{0,80} = 1,88 \Rightarrow i_o = 0,67 \text{ (από τόν πίνακα της σελ.138)}$$

$$\begin{aligned} D_{\epsilon\delta} &= \frac{12}{i_{\alpha} \cdot i_o} \cdot \frac{E_s}{l_x} \cdot I_{\pi} = \frac{12}{3,52 \cdot 0,67} \cdot \frac{120}{150} \cdot 0,225 \cdot 10^8 = \\ &= 0,92 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm} . \end{aligned}$$

Συντελεστής μείωσης ε:

$$\epsilon = \frac{D_{\epsilon\delta}}{D_{\epsilon\delta} + D_p} = \frac{0,92}{0,92 + 10,06} = 0,08$$

Ένταση ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο.

Ένταση πριν τη στροφή:

$$M_{A'}^0 = M_A - Q \cdot H = 12,41 + 6,20 \times 0,80 = 17,37 \text{ tm}$$

[Η ροπή $M_{A'}^0$ μπορεί να υπολογιστεί και από τη παραγρ. 1.1. με το συντελεστή $\gamma'_\rho = 0,71$, $M_{A'}^0 = -\gamma'_\rho \cdot M_B^0 = 0,71 \cdot 24,81 = 17,62 \text{ tm} \approx 17,37 \text{ tm}$]

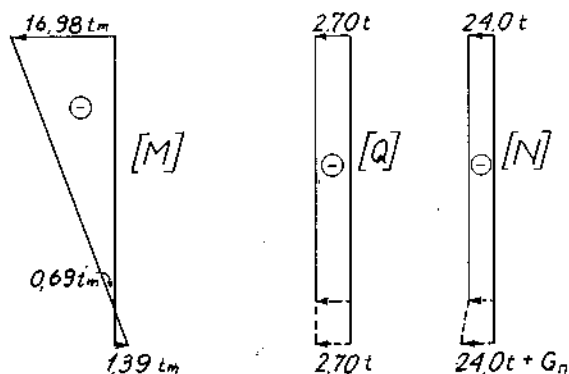
Ένταση μετά τη στροφή (§ 2.1.2.):

$$M_{A'} = \epsilon \cdot M_{A'}^0 = 0,08 \cdot 17,37 = 1,39 \text{ tm}$$

$$M_B = M_B^0 + \gamma_\rho (1 - \epsilon) M_{A'}^0 = -24,81 + 0,49 (1 - 0,08) \cdot 17,37 = -16,98 \text{ tm}$$

$$M_A = M_A^0 - \gamma'_\rho (1 - \epsilon) M_{A'}^0 = 12,41 - 0,82 \cdot (1 - 0,08) \cdot 17,37 = -0,69 \text{ tm}$$

$$Q = \frac{M_B - M_{A'}}{h_\rho} = \frac{-16,98 - 1,39}{6,80} = -2,70 \text{ t}$$



Β' Ακριβής τρόπος (κατά CROSS)**Δείκτες άκαμψίας και συντελεστές κατανομής.**

Κόμβος Β $I_c = I_u$. Έπειδή είναι συμμετρικός ο φορέας και δέχεται συμμετρική φόρτιση, θεωρείται ο μισός φορέας, με τό μισό δείκτη άκαμψίας και θεμελιώδη ροπή ολοκλήρου του ζυγώματος:

$$K_{BA} = \frac{4 \cdot I_u}{I_c \cdot h} = \frac{4}{6,0} = 0,67 (\approx 1,1) \quad u_{BA} = \frac{0,67}{1,29} = 0,52$$

$$K_{BC} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot I_s}{I_c \cdot l} = \frac{4 \cdot 0,020}{2 \cdot 0,0054 \cdot 12,0} = \frac{0,62}{1,29}$$

$$u_{BC} = \frac{0,62}{1,29} = 0,48$$

Συντελεστής μεταβίβασης: $\gamma_p' = 0,71$

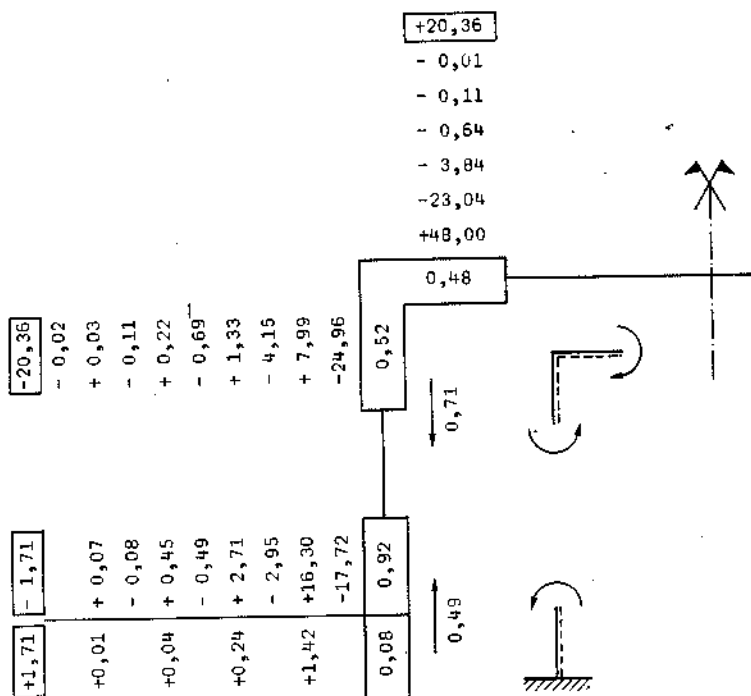
Κόμβος Α

$$u_{\varepsilon\delta} = \varepsilon = 0,08$$

$$u_{AB} = 1 - \varepsilon = 0,92$$

$$1,00$$

Συντελεστής μεταβίβασης: $\gamma_p = 0,49$



Πραγματικές ροπές

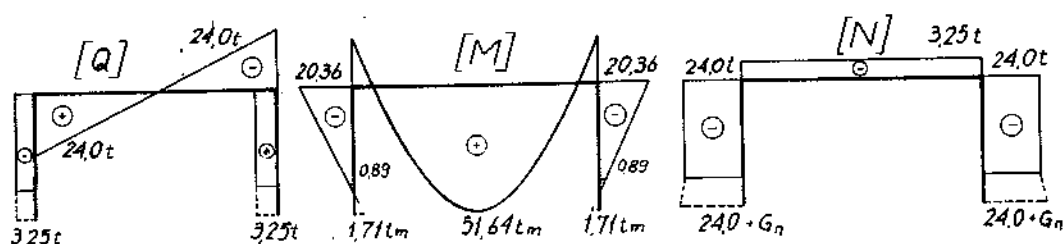
$$M_B = -20,36 \text{ tm}$$

$$M_A = +1,71 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{M_{BA'} - M_{A'B}}{h_p} = \frac{-20,36 - 1,71}{6,80} = -3,25 \text{ t}$$

$$Q_{BC} = Q_{CB} = \frac{q_1}{2} = \frac{4,0 \cdot 12,0}{2} = 24,0 \text{ t}$$

$$N_{A'B} = -Q_{BC} = -24,0 \text{ t} , \quad N_{BC} = Q_{AB} = -3,25 \text{ t}$$



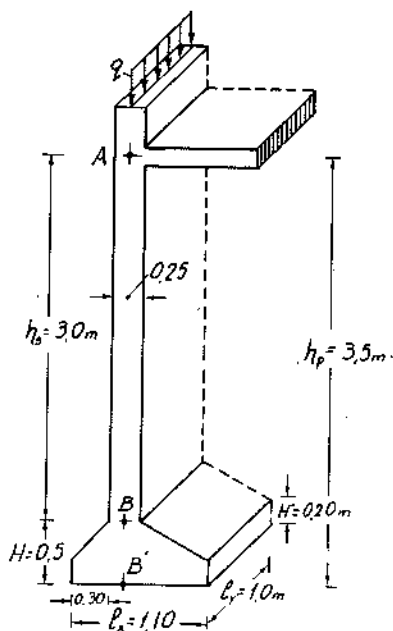
Παρατηρήσεις

- 'Ο απόλυτα άκριβής συντελεστής άκαμψίας λ'_p , της ράβδου BAA' στο σημείο B, είναι $\lambda'_p = 4,42$ (πίνακες στατικής π.χ. Π. Σκυρόπουλος) όποτε

$$K_{BA} = K_{BA'} = \frac{4,42}{6,80} \cdot \frac{I_U}{I_U} = 0,65 \text{ αντί } 0,67 \text{ που λήφθηκε στην άσκηση και}$$

$\gamma'_p = 0,66$ αντί $0,71$. Έπομένως στην άρχική επίλυση των πλαισίων αντί για τή ράβδο "ύποστύλωμα - κέδילו" μπορεί νά λαμβάνεται ή ράβδος "ύποστύλωμα" θεωρώντας στάθμη πάκτωσης τόν λαιμό τοῦ πεδίλου, ανεξάρτητα αν στο κέδילו δόθηκε ή όχι κατασκευαστική έκκεντρότητα.

- "Αν υπήρχε δυνατότητα κατασκευαστικής έκκεντρότητας στο πέδιλο, θά κατασκευαζόταν έκκεντρο μέ έκκεντρότητα $e = \frac{17,37}{24,00}$ και όχι $e = \frac{12,41}{24,00}$.

ΑΣΚΗΣΗ 26

Ἡ θεμελίωση τοιχείου
στό ὄριο οἰκοδομικῆς γραμ-
μῆς εἶναι ὅπως στό σχῆμα.
Νά ἐλεγχθῇ ἡ κατασκευὴ καί
νά ὑπολογισθοῦν οἱ ἀνα-
γκαῖοι ὀπλισμοί.

Δίνονται:

Φόρτιση: $q = 30,0 \text{ t/m}$

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους:

$$\epsilon_{\text{πο}} = 3,50 \text{ kg/cm}^2$$

Βάθος συμπιεστοῦ στρώματος:

$$z = 8,0 \text{ m}$$

Ἐδαφος μὴ συνεκτικό μέ μέ-
τρο συμπίεσης $E_s = 500 \text{ kg/cm}^2$

Ὑλικά: B225, St III.

Λύση

Ἡ θεμελίωση τοῦ σχήματος ἀφορᾷ ἑκκεντρο πέδιλο χωρίς συν-
δετήρια δοκό καί ἐλέγχεται σύμφωνα μέ τήν §3, Β1.

1. Γεωμετρικά στοιχεῖα.

Ἐξετάζεται τμήμα τοῦ τοιχείου μήκους $1,00 \text{ m}$.

Γιά $b_x = 25 \text{ cm}$ καί $b_y = 100 \text{ cm}$, ἀπό τό πῖνακα 7 λαμβάνεται

$$I_0 = 1,93$$

Γιά $l_x = 110 \text{ cm}$ καί $l_y = 100 \text{ cm}$ ἀπό τό πῖνακα 8 λαμβάνεται

$$I_{\pi} = 164$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Είναι } \frac{H}{h_p} = \frac{0,50}{3,50} = 0,143 \\ \text{και } \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{1,93}{164} = 0,012 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 6,73 \\ \gamma_p = 0,48 \\ \gamma_p'' = 0,79 \end{array} \right\} \text{ (πίνακας 5)}$$

2. Συντελεστής μείωσης της έκκεντρότητας ϵ .

$$\text{Επειδή } \frac{z}{l_x} = \frac{8,0}{1,10} = 7,27 \Rightarrow i_\alpha \approx \frac{12}{\pi}, \quad \frac{l_x}{l_y} + 0 \Rightarrow i_0 = 1,00$$

Χρησιμοποιούνται οι τύποι μέ τούς δείκτες άκαμψίας

$$\text{Είναι } K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{6,73}{3,50} \cdot 0,012 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{500} = 9,69$$

$$\text{και } K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = 2,86$$

$$\text{Αρα } \epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_{\epsilon\delta} + K_p} = \frac{2,86}{2,86 + 9,69} = 0,23$$

3. Στατική επίλυση.

Ίδιο βάρος πεδίου:

$$g_\pi = \left[(0,20 \cdot 1,10 + \frac{1,10 + 0,25}{2} \cdot 0,30) \cdot 1,00 \right] \cdot 2,40 = 1,0 \text{ t/m}$$

$$q_{o\lambda} = q + g_\pi = 30,0 + 1,0 = 31,0 \text{ t/m}$$

Η κατασκευαστική έκκεντρότητα του πεδίου είναι:

$$e = \frac{l_x - b_x}{2} = 0,30 = 0,125 \text{ m}$$

186.

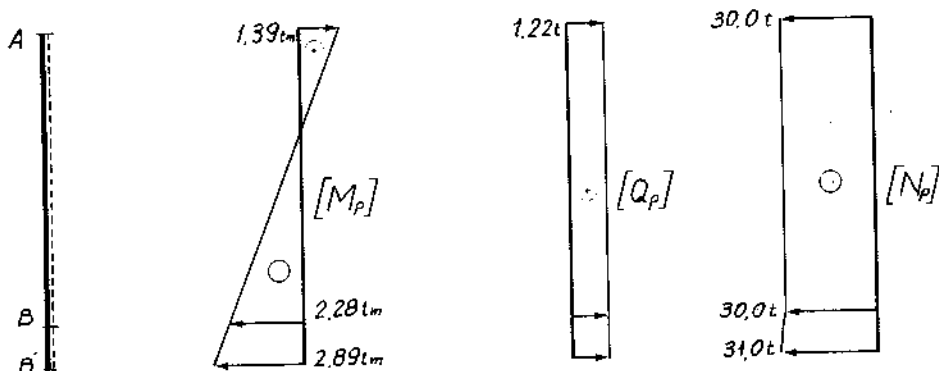
$$\begin{aligned} \text{Άρα } M_{B'} &= -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P_u = -(1 - \epsilon) \cdot e_k \cdot P = -(1 - 0,23) \cdot 0,125 \cdot 30,0 = \\ &= -2,89 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_B = Y_p'' \cdot M_{B'} = -0,79 \cdot 2,89 = -2,28 \text{ tm}$$

$$M_A = -Y_p \cdot M_{B'} = 0,48 \cdot 2,89 = +1,39 \text{ tm}$$

$$Q_p = \frac{M_A - M_{B'}}{h_p} = \frac{1,39 + 2,89}{3,50} = 1,22 \text{ t}$$

$$N_B = -30,0 \text{ t}, \quad N_{B'} = -31,0 \text{ t}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$\text{Είναι } \gamma = \frac{M}{N \cdot b_x} = \frac{2,28}{30,0 \cdot 0,25} = 0,304 < 0,350 \text{ (μικρή έκκεντρότητα)}$$

$$y_e = \frac{25}{2} - 2,5 = 10 \text{ cm} \Rightarrow \frac{y_e}{d} = \frac{10}{25} = 0,40$$

Χρησιμοποιείται ο πίνακας 8β (τόμος Α')

$$\text{Είναι } \sigma_o = \frac{30000}{25 \cdot 100} = 12,0 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \lambda = \frac{\epsilon \sigma_b}{\sigma_o} = \frac{90,0}{12,0} = 7,5$$

Η τιμή $\lambda = 7,5$ βρίσκεται εκτός του πίνακα 8β, όποτε αναζητείται η στατικά απαιτούμενη διατομή.

Γιά $\mu_o = \mu'_o = 0,4\%$ και $1000\gamma = 304$, από τόν πίνακα 8α (συμμετρικός όπλισμός) λαμβάνεται

$$\lambda = \frac{\epsilon \sigma_b}{\sigma_o} = 2,37 \Rightarrow \sigma_o = \frac{\epsilon \sigma_b}{2,37} = \frac{90,0}{2,37} = 37,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Άρα } F_b = \frac{N}{\sigma_o} = \frac{30000}{37,97} = 790,1 \text{ cm}^2$$

$$\text{και } F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} F_b = \frac{0,4}{100} \cdot 790,1 = 3,16 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad F_e = F'_e = \emptyset 8/15 (= 3,33 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Διατομή Α

Η ροπή M_A , πού βρέθηκε στην κορυφή του υποστυλώματος, παραλαμβάνεται από τὰ διάφορα στοιχεία πού συντρέχουν στον κόμβο Α ανάλογα μέ τήν άκαμψία τους (Βλέπε και τόμο Β', κεφ. XVI,σελ. 258).

Στους υπολογισμούς μπορεί νά λαμβάνεται κατά προσέγγιση

$M_{A_{\cup \pi}} = \frac{M_A}{2}$ (θεωρείται ότι δέν παραλαμβάνει ροπή ή πλάκα και τή μοιράζονται οι δύο κατακόρυφες ράβδοι).

$$M_{A_{\cup \pi}} = \frac{1,39}{2} = 0,70 \text{ tm}, \quad N = - 30,0 \text{ t}$$

$$\gamma = \frac{0,70}{30,0 \cdot 0,25} = 0,93 < 0,350 \quad (\text{μικρή έκκεντρότητα})$$

Αναζητείται ή στατικά απαιτούμενη διατομή όπως και προηγούμενα.

Από τον πίνακα 8α, για $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\%$ και $1000\gamma = 93$, λαμβάνεται

$$\lambda = \frac{\varepsilon\sigma_b}{\sigma_0} = 1,35 \Rightarrow \sigma_0 = \frac{90,0}{1,35} = 66,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow F_b = \frac{30000}{66,67} = 450,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{και } F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 450,0 = 1,80 \text{ cm}^2$$

$$\text{λαμβάνεται } F_e = F'_e = \varnothing 8/20 (= 2,50 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Τοποθετείται και εγκάρσιος όπλισμός $\varnothing 5/25$ σ' όλο τό μήκος του τοιχείου.

4.2 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$\tau_0 = \frac{Q}{b \cdot z} = \frac{1,22}{1,00 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,225} = 6,20 \text{ t/m}^2 < 70,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon\pi\tau_0$$

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

Η τελική έκκεντρότητα είναι:

$$e = e \cdot e_k = 0,23 \cdot 0,125 = 0,03 \text{ m} < \frac{1_x}{6} = 0,18 \text{ m}, \quad \text{άρα τό φορ-}$$

τίο ενεργεί στον πυρήνα της διατομής της βάσης του πεδίλου.

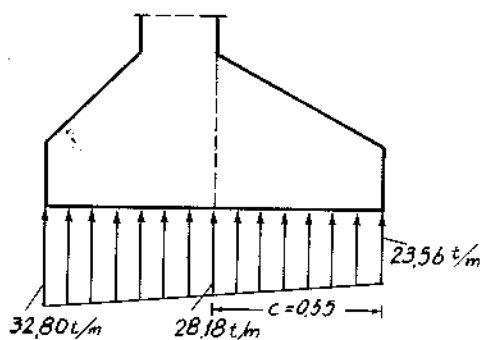
$$\sigma_0 = \frac{31,0}{1,10 \cdot 1,0} = 28,18 \text{ t/m}^2 < 35,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon\pi\sigma_0$$

$$\sigma_{1,2} = 28,18 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,03}{1,10}\right) = 28,18 (1 \pm 0,164) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 32,80 \text{ t/m}^2 < 1,30 \text{ επ}\sigma_0 \\ \sigma_2 = 23,56 \text{ " } > 0 \end{cases}$$

6. Έλεγχος πεδίου

6.1 Στατική επίλυση.



$$P_{x_1} = \sigma_1 l_y = 32,80 \cdot 1,00 =$$

$$= 32,80 \text{ t/m}$$

$$P_{x_2} = \sigma_2 l_y = 23,56 \cdot 1,00 =$$

$$= 23,56 \text{ t/m}$$

$$\max M = \left(\frac{1}{3} \cdot 23,56 + \frac{1}{6} \cdot 28,18\right) 0,55^2 =$$

$$= 3,80 \text{ tm}$$

$$\max Q = \frac{28,18 + 23,56}{2} \cdot 0,55 =$$

$$= 14,23 \text{ t}$$

6.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_h = \frac{43}{\sqrt{\frac{3,80}{1,00}}} = 22,1 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,44, \quad K_x = 0,16$$

6.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 14,23 \text{ t}, \quad h = 0,43 \text{ m}, \quad b' = 1,00 \text{ m}$$

$$\tau_0 = \frac{14,23}{\frac{7}{8} \cdot 0,43 \cdot 1,00} = 37,80 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \text{επτ}_0.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,44 \cdot \frac{3,80}{0,43} = 3,89 \text{ cm}^2 \Rightarrow f_{e_x} = 3,89 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Τοποθετείται $f_{e_x} = \emptyset 10/15$ ($= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$, ο ελάχιστος απαιτούμενος όπλισμός)

Κατά τη διεύθυνση y τοποθετείται όπλισμός διανομής

$$f_{e_y} = \frac{1}{5} f_{e_x} = \frac{5,24}{5} = 1,05 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Λαμβάνεται $f_{e_y} = \emptyset 8/25$

7. Έλεγχος σέ όλίσθηση.

$\mu = \frac{H}{N} = \frac{1,22}{31,00} = 0,04$. Για τη χειρότερη ποιότητα μή συννεκτικού έδάφους είναι $\text{επμ} = 0,19 \gg 0,04$.

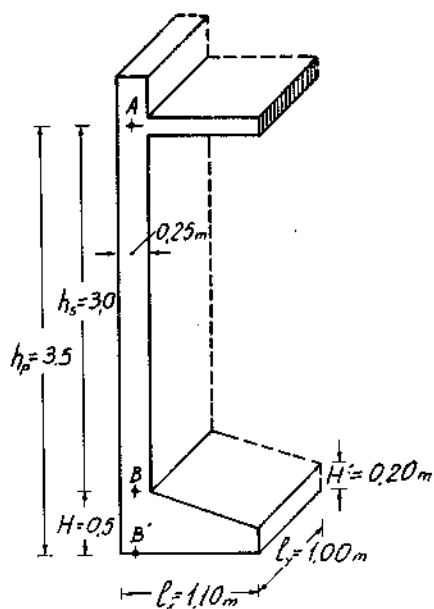
Παρατήρηση

Η ροπή λόγω έκκεντρότητας όφείλεται στή δύναμη P_0 καί όχι στή $P_0 + G_{\pi}$, έπειδή τό ίδιο βάρος τοϋ πεδίου G_{κ} έξασκεύται σχεδόν κεντρικά.

ΑΣΚΗΣΗ 27

Η θεμελίωση τοιχείου σέ μεσοτοιχία είναι όπως στό σχήμα. Νά έλεγχθι ή κατασκευή καί νά όπολογισθοϋν οι άναγκαίοι όπλισμοί.

Δεδομένα τά ίδια μέ τήν άσκηση 26.



Λύση

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

*Ιδια με την άσκηση 26: $\lambda_\rho = 6,73$, $\gamma_\rho = 0,48$, $\gamma'_\rho = 0,79$

2. Συντελεστής μείωσης της έκκεντρότητας ϵ .

*Από την άσκηση 26, είναι $\epsilon = 0,23$ και $\epsilon_\rho = 0,77$.

3. Στατική επίλυση.

*Η κατασκευαστική έκκεντρότητα είναι:

$$e_k = \frac{l_x - b_x}{2} = \frac{1,10 - 0,25}{2} = 0,425 \text{ m.}$$

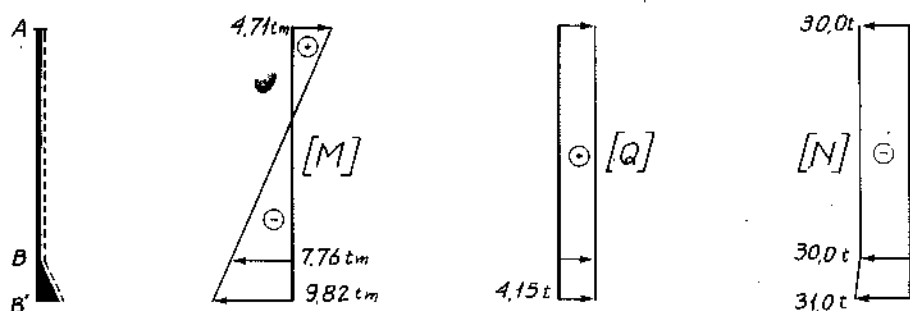
$$M_{B'} = -\epsilon_{\rho} \cdot e_k \cdot P = -0,77 \cdot 0,425 \cdot 30,0 = -9,82 \text{ tm.}$$

$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = 0,79 (-9,82) = -7,76 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = -0,48 (-9,82) = +4,71 \text{ tm}$$

$$Q_{\rho} = \frac{M_A - M_{B'}}{h_{\rho}} = \frac{4,71 + 9,82}{3,50} = 4,15 \text{ t.}$$

$$N_B = -30,0 \text{ t} \quad , \quad N_{B'} = -31,0 \text{ t.}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή B

$$\gamma = \frac{M}{N \cdot d} = \frac{7,76}{30,0 \cdot 0,25} = 1,03 > 0,70 \quad (\text{μεγάλη έκκεντρότητα}).$$

$$\frac{\epsilon_{\rho\sigma}_b}{\epsilon_{\rho\sigma}_e} = \frac{90}{2400} \implies K_h^* = 8,4$$

$$K_h = \frac{22,5}{\sqrt{\frac{7,76}{1,00}}} = 8,1 \implies K_e = 0,47 \quad , \quad K'_e = 0,06$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{7,76}{0,225} = 16,21 \text{ cm}^2 \text{ ή } F_e = 4\emptyset 10 + 7\emptyset 16$$

$$F'_e = 0,06 \cdot \frac{7,76}{0,225} = 2,07 \text{ cm}^2 \text{ ή } F'_e = 4\emptyset 10$$

Διατομή A

Θεωρείται ότι μετά την κατανομή της έντασης στον κόμβο της κεφαλής του υποστυλώματος, το υποστύλωμα παραλαμβάνει το μισό της ροπής

$$M_A^{\text{υπολ.}} = \frac{M_A}{2} = \frac{4,71}{2} = 2,36 \text{ tm}$$

$$\gamma = \frac{2,36}{30,0 \cdot 0,25} = 0,315 < 0,350 \text{ (μικρή έκκεντρότητα)}$$

$$\frac{y_e}{d} = \frac{0,10}{0,25} = 0,40. \text{ Χρησιμοποιείται ο πίνακας 8β (τόμος A)}$$

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\sigma_o} = \frac{90,0}{\frac{30000}{25 \cdot 100}} = 7,50 \text{ εκτός του πίνακα 8β, τότε ανα-}$$

ζητείται η στατικά απαιτούμενη διατομή.

Γιά $\mu_o = \mu'_o = 0,4\%$ και $1000\gamma = 315$, από τον πίνακα 8α

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon \sigma_b}{\sigma_o} = 2,42 \Rightarrow \sigma_o = \frac{\varepsilon \sigma_b}{2,42} = \frac{90,00}{2,42} = 37,19 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_b = \frac{N}{\sigma_o} = \frac{30000}{37,19} = 806,7 \text{ cm}^2,$$

$$\text{άρα } F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 806,7 = 3,23 \text{ cm}^2$$

$$\text{ή } F_e = F'_e = 5\emptyset 10.$$

4.2 Έλεγχος σέ διάτμηση.

$$Q = 4,15 \text{ t} , \quad h = 0,225 \text{ m} , \quad b = 1,00 \text{ m}.$$

$$\tau_0 = \frac{4,15}{\frac{7}{8} \cdot 0,225 \cdot 1,00} = 21,08 \text{ t/m}^2 < 70,0 \text{ t/m}^2,$$

δέν απαιτείται όπλισμός διάτμησης.

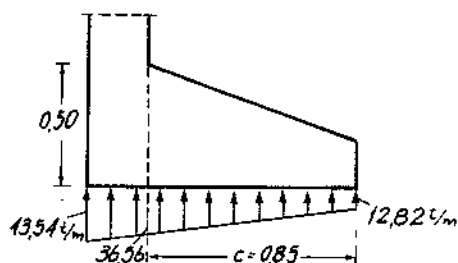
5. Έλεγχος τάσεων έδάφους.

$$\text{Τελική έκκεντρότητα: } e = \varepsilon \cdot e_k = 0,23 \cdot 0,425 = 0,10 \text{ m}.$$

$$\sigma_0 = 28,18 \text{ t/m}^2 .$$

$$\sigma_{1,2} = 28,18 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,10}{1,10} \right) = 28,18 (1 \pm 0,545) =$$

$$\begin{aligned} &= \begin{cases} \sigma_1 = 43,54 \text{ t/m}^2 < 1,30 \text{ επσο} \\ \sigma_2 = 12,82 \text{ "} \end{cases} \end{aligned}$$

6. Έλεγχος πεδίου.**6.1 Στατική επίλυση.**

$$P_{x_1} = 43,54 \cdot 1,00 = 43,54 \text{ t/m}$$

$$P_{x_2} = 12,82 \cdot 1,00 = 12,82 \text{ t/m}$$

$$Q_x = \frac{36,56 + 12,82}{2} \cdot 0,85 = 20,99 \text{ t}$$

$$M_x = \left(\frac{36,56}{6} + \frac{12,82}{3} \right) \cdot 0,85^2 = 7,49 \text{ tm}$$

6.2 Έλεγχος σέ κάμψη.

$$\frac{\text{επσο}_b}{\text{επσο}_e} = \frac{80}{2400} , \quad K_h^* = 9,2 .$$

$$K_h = \frac{43}{\sqrt{\frac{7,49}{1,00}}} = 15,7 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45$$

6.3 Έλεγχος σέ διάτμηση.

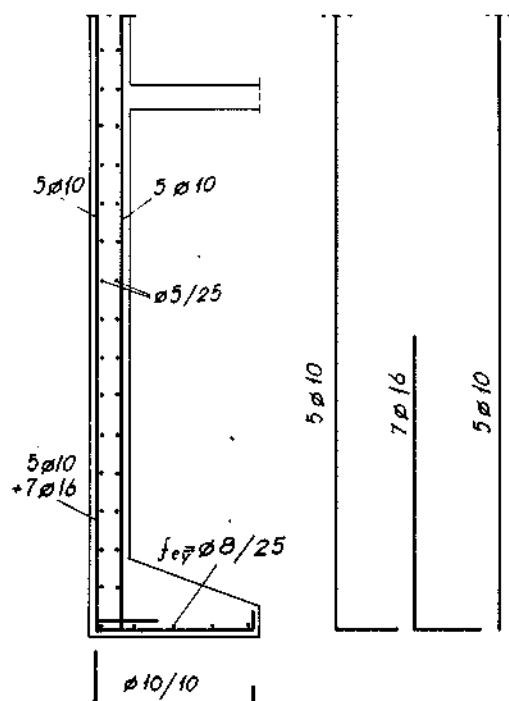
$$Q = 20,99 \text{ t}, \quad h = 0,43 \text{ m}, \quad b' = 1,00 \text{ m}.$$

$$\tau_o = \frac{20,99}{\frac{7}{8} \cdot 0,43 \cdot 1,00} = 55,79 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau_o = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{7,49}{0,43} = 7,84 \text{ cm}^2$$

$$\eta \quad f_{e_x} = 7,84 \text{ cm}^2/\text{m} = \emptyset 10/10 (= 7,85 \text{ cm}^2)$$



Κατά τή διεύθυνση y τοποθετείται όπλισμός διανομής

$$f_{e_y} = \frac{1}{5} \cdot f_{e_x} = 1,57 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \eta$$

$$f_{e_y} = \emptyset 8/25$$

Τοποθετείται όπλισμός $5\emptyset 10/\text{m}$ ($= \emptyset 10/20$) σέ όλο τό ύψος καί $7\emptyset 16/\text{m}$ πρόσθετος έφελκυόμενος όπλισμός, έξωτερικά.

Έπίσης τοποθετείται διαμήκης όπλισμός $\emptyset 5/25$ μέσα - έξω.

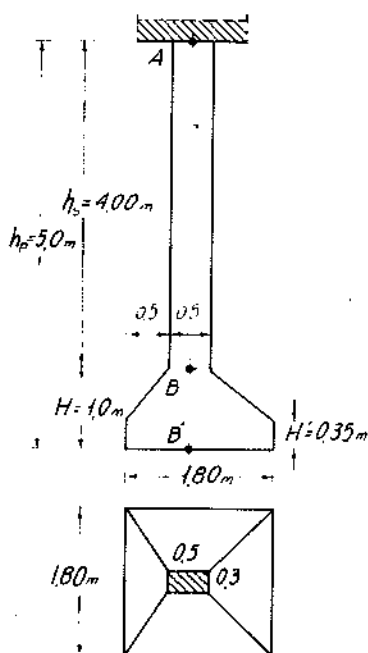
Παρατήρηση

- Πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην αγκύρωση του έφελκυσμένου όπλισμοῦ (Ὁ πίνακας 74 τοῦ Β' τόμου δίνει τὰ μήκη αγκύρωσης). Ὑπενθυμίζεται ὅτι τὸ μήκος αγκύρωσης εἶναι ἀνάλογο τῆς διαμέτρου τῶν ράβδων τοῦ όπλισμοῦ, τῆς ποιότητος τοῦ σκυροδέματος καί τῆς τάσης τοῦ σιδήρου.

Στό θλιβόμενο όπλισμό χρειάζεται μικρότερο μήκος αγκύρωσης, γιατί "δουλεύει" μέ πολύ μικρότερη τάση ἀπό τήν ἐπιτρεπόμενη ἴση μέ

$$\sigma'_e = n \cdot \epsilon \sigma_D \Rightarrow \sigma'_e \leq 15 \cdot 90 = 1350 \text{ kg/cm}^2 < 2.400 \text{ kg/cm}^2 = \sigma_e,$$

δηλ. ὁ θλιβόμενος όπλισμός χρειάζεται τό μισό περίπου μήκος αγκύρωσης ἀπ' ὅτι ὁ έφελκυσμένος.

ΑΣΚΗΣΗ 28

Ζητεῖται ὁ έλεγχος τοῦ ὑποστυλώματος καί τοῦ πεδίου τοῦ σχήματος, ὅταν ὑπάρχει ἀναγκαστική ἐκκεντρότητα κατά τή διεύθυνση x.

Ἀπό τόν ἀντισεισμικό έλεγχο τοῦ ὑποστυλώματος προέκυψε όπλισμός $F_e = 4\phi 20 + 2\phi 14$.

Δίνονται

- Φορτίο ὑποστυλώματος:

$$P_u = 90,0 \text{ t}$$

- Έδαφος ἀργιλλώδες μέ

$$\epsilon_{ps0} = 3,0 \text{ kg/cm}^2,$$

$$E_s = 150 \text{ kg/cm}^2.$$

- Ποιότητα ὑλικῶν B225, St III.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Γιὰ $b_x = 50 \text{ cm}$, $b_y = 30 \text{ cm}$ από τον πίνακα 7 $\Rightarrow u = 4,63$

" $l_x = l_y = 180 \text{ cm}$ " " " 8 $\Rightarrow \pi = 1296$

$$\text{Γιὰ } \left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{h_\rho} = \frac{1,00}{5,00} = 0,20 \\ \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} = \frac{4,63}{1296} = 0,004 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 8,92 \\ \gamma_\rho = 0,46 \\ \gamma'_\rho = 0,71 \end{array} \right\} \text{ (πίνακας 5)}$$

2. Συντελεστής μείωσης τῆς ἐκκεντρότητας ϵ .

Δεῖκτες ἀκαμψίας

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{8,92}{5,00} \cdot \frac{4,63}{1296} \cdot \frac{210.000}{150} = 8,92$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = 1,75.$$

$$\epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_{\epsilon\delta} + K_\rho} = \frac{1,75}{1,75 + 8,92} = 0,16.$$

3. Στατική επίλυση

"Ιδίο βάρος πεδίου:

$$G_\pi = 2,40 \left[0,35 \cdot 1,80^2 + \frac{0,65}{4} (2,30 \cdot 2,10 + \frac{1}{3} \cdot 1,30 \cdot 1,50) \right] =$$

$$= 5,0 \text{ t} \quad \Rightarrow$$

$$P_{o\lambda} = 90,0 + 5,0 = 95,0 \text{ t.}$$

$$\text{Κατασκευαστική ἐκκεντρότητα: } e_k = \frac{1,80 - 0,50}{2} - 0,50 =$$

$$= 0,15 \text{ m.}$$

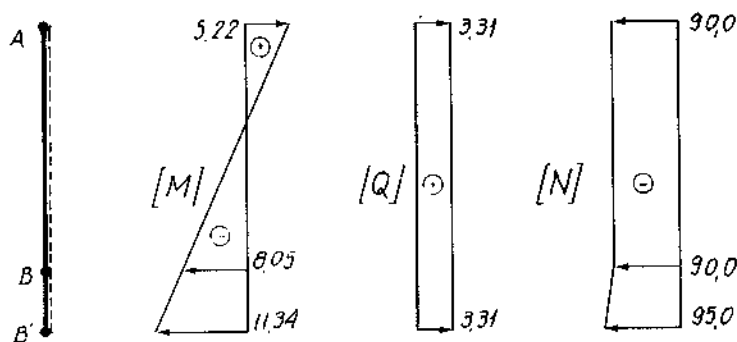
$$M_{B'} = -\varepsilon_{\rho} \cdot e_k \cdot P_u = -(1 - 0,16) \cdot 0,15 \cdot 90,0 = -11,34 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 11,34 = -8,05 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = 0,46 \cdot 11,34 = 5,22 \text{ tm}$$

$$Q_{\rho} = \frac{M_A - M_{B'}}{h_{\rho}} = \frac{5,22 + 11,34}{5,0} = 3,31 \text{ t}$$

$$N_{B'} = -95,0 \text{ t}, \quad N_B = N_A = -90,0 \text{ t}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{90}{2400}$$

Διατομή B

$$\gamma = \frac{M}{N \cdot b_x} = \frac{8,05}{90,0 \cdot 0,50} = 0,179 < 0,350 \text{ (μικρή έκκεντρότητα).}$$

$$y_e = \frac{50}{2} - 2,5 = 22,5 \text{ cm} \Rightarrow \frac{y_e}{d} = \frac{22,5}{50} = 0,45$$

$$\lambda = \frac{90}{\frac{90.000}{50 \cdot 30}} = 1,50 .$$

Λαμβάνεται $\mu_0 = 0,4\%$, όποτε από τόν πίνακα 9β (τόμος Α)

γιά $1000\gamma = 179$ καί $\lambda = 1,50 \implies \mu'_0 = 0,74\%$.

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 50 \cdot 30 = 6,0 \text{ cm}^2 . \text{ 'Υπάρχουν } 2\emptyset 20 (= 6,28 \text{ cm}^2) \text{ καί } \text{ἀρκοῦν} .$$

$$F'_e = \frac{0,74}{100} \cdot 50 \cdot 30 = 11,10 \text{ cm}^2 . \text{ 'Υπάρχουν } 2\emptyset 20 \text{ καί χρειά-}$$

ζονται πρόσθετα $11,10 - 6,28 = 4,82 \text{ cm}^2$ ἢ πρόσθετα

$$F'_e = 2\emptyset 18 (= 5,08 \text{ cm}^2) .$$

Διατομή Α

Πρός τή πλευρά τῆς ἀσφάλειας λαμβάνεται ὁλόκληρη ἡ ροπή
 $M_A = 5,22 \text{ tm} .$

$$\gamma = \frac{5,22}{90,0 \cdot 0,50} = 0,116 < 0,350 \text{ (μικρή ἐκκεντρότητα)}$$

Λαμβάνεται $\mu_0 = 0,4\%$, όποτε γιά $1000\gamma = 116$ καί $\lambda = 1,50$ ἡ τιμή τοῦ μ'_0 βρίσκεται ἐκτός τοῦ πίνακα 9β. Ἀναζητεῖται λοιπόν ἡ στατικά ἀπαιτούμενη διατομή.

Λαμβάνεται $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\%$, όποτε από τόν πίνακα 9α γιά

$$1000\gamma = 116 \implies \lambda = 1,43 \implies \sigma_0 = \frac{\epsilon \sigma_b}{\lambda} = \frac{90,0}{1,43} = 62,94 \text{ kg/cm}^2 .$$

$$\text{"Αρα } F_b = \frac{N}{\sigma_0} = \frac{90.000}{62,94} = 1429,9 \text{ cm}^2$$

$$\text{καί } F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 1429,9 = 5,72 \text{ cm}^2$$

Υπάρχουν $F_e = F'_e = 2\varnothing 20 (= 6,28 \text{ cm}^2)$ και άρκουν.

4.2 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$\tau_o = \frac{Q}{b \cdot z} = \frac{3,31}{0,30 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,475} = 26,55 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau_o = 70,0 \text{ t/m}^2,$$

άρα δεν χρειάζεται όπλισμός διάτμησης.

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

Η τελική έκκεντρότητα είναι:

$$e = e \cdot e_k = 0,16 \cdot 0,15 = 0,024 \text{ m} < \frac{l_x}{6} = 0,30 \text{ m}.$$

$$\sigma_o = \frac{95,0}{1,80 \cdot 1,80} = 29,32 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\sigma_o = 30,0 \text{ t/m}^2.$$

$$\sigma_{1,2} = 29,32 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,024}{1,80}\right) = 29,32 (1 \pm 0,08) =$$

$$\begin{aligned} & \rightarrow \sigma_1 = 31,67 \text{ t/m}^2 < 1,30 \cdot \epsilon\pi\sigma_o \\ & \rightarrow \sigma_2 = 26,97 \text{ " } \end{aligned}$$

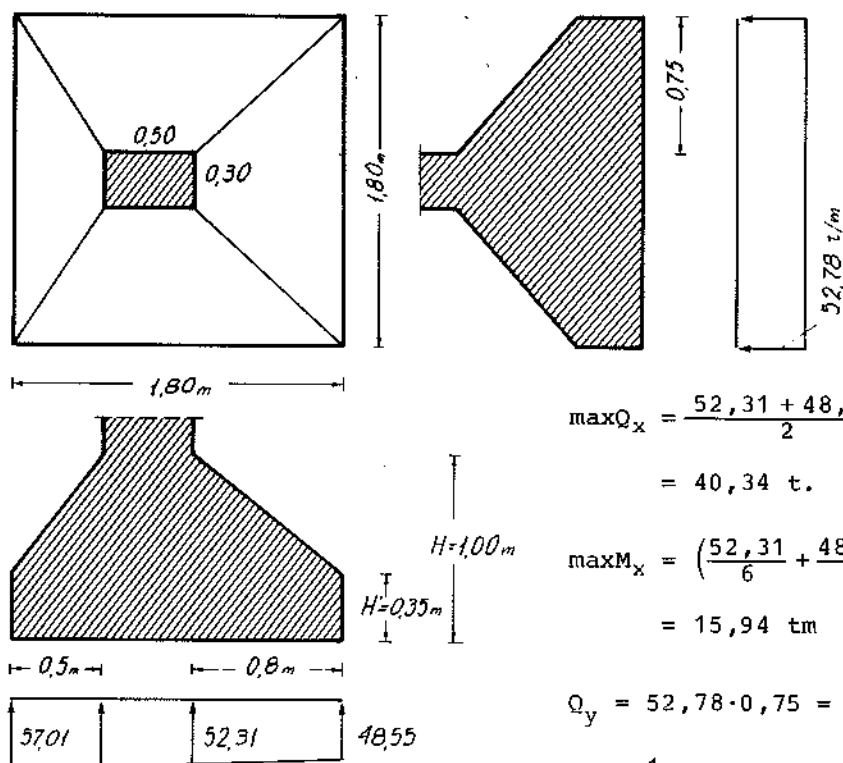
6. Έλεγχος πεδίου.

6.1 Στατική επίλυση.

$$P_{x_1} = 31,67 \cdot 1,80 = 57,01 \text{ t/m}$$

$$P_{x_2} = 26,97 \cdot 1,80 = 48,55 \text{ "}$$

$$P_y = 29,32 \cdot 1,80 = 52,78 \text{ "}$$



$$\max Q_x = \frac{52,31 + 48,55}{2} \cdot 0,80 = 40,34 \text{ t.}$$

$$\max M_x = \left(\frac{52,31}{6} + \frac{48,55}{3} \right) 0,80^2 = 15,94 \text{ tm}$$

$$Q_y = 52,78 \cdot 0,75 = 39,59 \text{ t.}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \cdot 52,78 \cdot 0,75^2 = 14,84 \text{ tm}$$

6.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{15,94}{0,30}}} = 12,8 > K_h^* = 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45, \quad K_x = 0,25$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{14,84}{0,50}}} = 17,1 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,45$$

6.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 40,34 \text{ t, } h = 0,93 \text{ m, } x = 0,25 \cdot 0,93 = 0,23 \text{ m.}$$

$$b' = 0,30 + \frac{0,8 \cdot 0,23}{1,00 - 0,35} (1,80 - 0,30) = 0,72 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_o = \frac{40,34}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,72} = 68,9 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_o.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{15,94}{0,93} = 7,71 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = \frac{7,71}{1,80} = 4,28 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{14,84}{0,93} = 7,18 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = \frac{7,18}{1,80} = 3,99 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{e_y} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

7. Έλεγχος σε όλίσθηση.

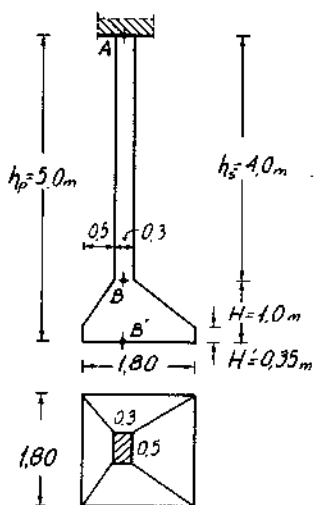
$$\mu = \frac{H}{N} = \frac{3,31}{95,0} = 0,03 \text{ πολύ μικρό.}$$

Παρατήρηση

- Για τον υπολογισμό των ροκων και τεμνουσων του πεδύλου κατά τη διεύθυνση x θα μπορούσε με αρκετή προσέγγιση και πάντα προς την πλευρά της ασφαλείας, να λαμβάνεται η μέση τάση - σ_o - του έδάφους.

$$\max Q_x = 29,32 \cdot 1,80 \cdot 0,80 = 42,2 \text{ t}$$

$$\max M_x = 29,32 \cdot 1,80 \cdot \frac{0,80^2}{2} = 16,9 \text{ tm.}$$

ΑΣΚΗΣΗ 29

Νά γίνουν οί έλεγχοι τοῦ ὑποστυλώματος καί τοῦ πεδίου τοῦ σχήματος, μέ τά δεδομένα τῆς προηγούμενης άσκησης.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Γιά $b_x = 30 \text{ cm}$, $b_y = 50 \text{ cm}$ ἀπό τόν πίνακα 7 $\Rightarrow u = 1,67$.

Ἀπό τή προηγούμενη άσκηση

$$\pi = 1296.$$

$$\text{Γιά } \left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{h_p} = \frac{1,00}{5,00} = 0,20 \\ \frac{I_u}{I_{\pi}} = \frac{u}{\pi} = \frac{1,67}{1296} = 0,0013 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 9,69 \\ \gamma_p = 0,45 \\ \gamma_p'' = 0,71 \end{array} \right\} \quad (\text{πίνακας 5})$$

2. Συντελεστής μείωσης τῆς έκκεντρότητας E .

$$K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_{\pi}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{9,69}{5,00} \cdot \frac{1,67}{1296} \cdot \frac{210.000}{150} = 3,50.$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{I_x} = 1,75$$

$$\text{Ὅποτε } \epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_{\epsilon\delta} + K_p} = \frac{1,75}{1,75 + 3,50} = 0,33$$

3. Στατική επίλυση

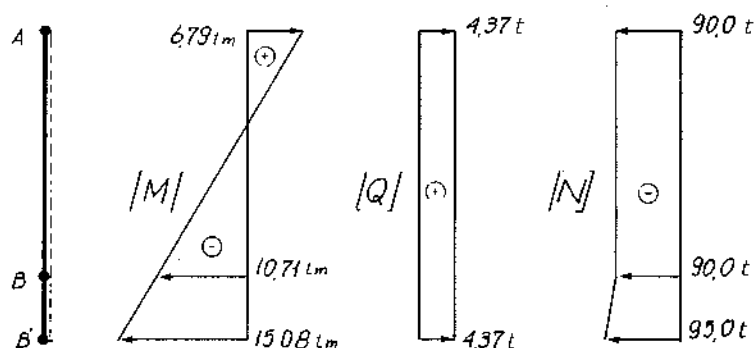
Κατασκευαστική έκκεντρότητα: $e_k = \frac{1,80 - 0,30}{2} - 0,50 = 0,25 \text{ m.}$

$$M_{B'} = -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P_u = -(1 - 0,33) \cdot 0,25 \cdot 90,0 = -15,08 \text{ tm.}$$

$$M_B = \gamma_p'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 15,08 = -10,71 \text{ tm}$$

$$M_A = \gamma_p \cdot M_{B'} = 0,45 \cdot 15,08 = 6,79 \text{ tm.}$$

$$Q_p = \frac{6,79 + 15,08}{5,00} = 4,37 \text{ t.}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή B

$$\gamma = \frac{10,71}{90,0 \cdot 0,30} = 0,40 \begin{matrix} > 0,35 \\ < 0,70 \end{matrix} \quad (\text{μέση έκκεντρότητα}).$$

$$y_{e..} = \frac{30}{2} - 2,5 = 12,5 \text{ cm.}$$

$$M_e = 10,71 + 0,125 \cdot 90,0 = 21,96 \text{ tm}$$

$$M'_e = \quad " \quad - \quad " \quad = -0,54 \quad " \quad .$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{2,5}{27,5} = 0,09 \approx 0,08. \text{ Χρησιμοποιείται ο πίνακας 14 (τ.Α)}$$

$$\rho = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{21,96}{900 \cdot 0,50 \cdot 0,275^2} = 0,65$$

$$\rho' = \frac{M'_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{0,54}{900 \cdot 0,50 \cdot 0,275^2} = -0,02$$

Η τιμή $\rho = 0,65$ δέν περιλαμβάνεται στον παραπάνω πίνακα, όποτε αλλάζεται ή διατομή του πεδίου και γίνεται επιμήκης, ώστε νά προκύπτει μικρότερη έκκεντρότητα, άρα και μικρότερη ένταση.

Εκλέγονται νέες διαστάσεις πεδίου: $l_x = 1,50 \text{ m}$, $l_y = 2,20 \text{ m}$

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

Από τόν πίνακα 8 $\Rightarrow \pi = 917$.

$$\text{Γιά} \left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{h_p} = \frac{1,00}{5,00} = 0,20 \\ \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} = \frac{1,67}{917} = 0,0018 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 9,69 \\ \gamma_p = 0,45 \\ \gamma_p'' = 0,71 \end{array} \right\} \quad (\text{πίνακας 5})$$

(ίδιες τιμές μέ τή προηγούμενη περίπτωση)

2. Συντελεστής μείωσης τής έκκεντρότητας ϵ .

$$K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{9,69}{5,00} \cdot \frac{1,67}{917} \cdot \frac{210.000}{150} = 4,94.$$

$$K_{\epsilon \delta} = \frac{\pi}{l_x} = 2,09.$$

$$\epsilon = \frac{K_{\epsilon\delta}}{K_{\epsilon\delta} + K_p} = \frac{2,09}{2,09 + 4,94} = 0,30$$

3. Στατική επίλυση

Κατασκευαστική έκκεντρότητα: $e_k = \frac{1,50 - 0,30}{2} - 0,50 = 0,10 \text{ m.}$

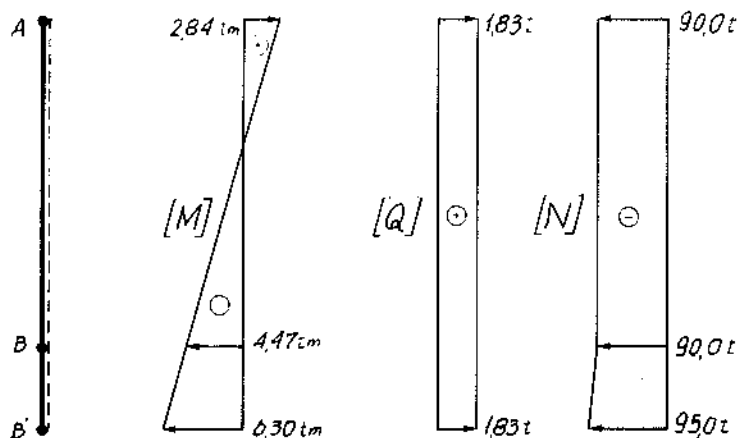
$$M_{B'} = -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P_0 = -(1 - 0,30) \cdot 0,10 \cdot 90,0 = -6,30 \text{ tm.}$$

$$M_B = \gamma_p'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 6,30 = -4,47 \text{ tm.}$$

$$M_A = -\gamma_p \cdot M_{B'} = 0,45 \cdot 6,30 = 2,84 \text{ tm}$$

$$Q_p = \frac{2,84 + 6,30}{5,00} = 1,83 \text{ t}$$

$$N_{B'} = -95,0 \text{ t,} \quad N_B = -90,0 \text{ t}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$\gamma = \frac{4,47}{90,0 \cdot 0,30} = 0,166 < 0,350 \text{ (μικρή έκκεντρότητα).}$$

$$y_e = 12,5 \text{ cm}, \quad \frac{y_e}{d} = \frac{12,5}{30,0} = 0,40$$

$$\lambda = \frac{\varepsilon_{psb}}{\sigma_0} = 1,50.$$

Λαμβάνεται $\mu_0 = 0,4\%$, οπότε από τον πίνακα 8β, τόμου Α, για $1000\gamma = 166$ και $\lambda = 1,50$ λαμβάνεται $\mu'_0 = 0,75\%$.

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 50 \cdot 30 = 6,0 \text{ cm}^2. \text{ 'Υπάρχουν } 2\emptyset 20 + 1\emptyset 14 (=7,82 \text{ cm}^2) \text{ και άρκουν.}$$

$$F'_e = \frac{0,75}{100} \cdot 50 \cdot 30 = 11,25 \text{ cm}^2. \text{ 'Υπάρχουν } 2\emptyset 20 + 1\emptyset 14 (=7,82 \text{ cm}^2).$$

Χρειάζονται πρόσθετα $11,25 - 7,82 = 3,43 \text{ cm}^2$ ή

$$F'_{e_{\text{προσθ.}}} = 2\emptyset 16 (= 4,00 \text{ cm}^2).$$

Διατομή Α

$$\gamma = \frac{2,84}{90,0 \cdot 0,30} = 0,105 < 0,350 \text{ (μικρή έκκεντρότητα).}$$

$$y_e = 12,5 \text{ cm}, \quad \frac{y_e}{d} = 0,40 \text{ και } \lambda = 1,50$$

Λαμβάνεται $\mu_0 = 0,4\%$, οπότε από τον πίνακα 8β για $1000\gamma = 105$ και $\lambda = 1,50$ ή τιμή του μ'_0 βρίσκεται εκτός του πίνακα.

Αναζητείται λοιπόν η στατικά απαιτούμενη διατομή.

Για $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\%$ και $1000\gamma = 105$ από τον πίνακα 8α λαμβάνε-

$$\lambda = \frac{\varepsilon \sigma_b}{\sigma_o} = 1,40 \implies \sigma_o = \frac{90,0}{1,40} = 64,29 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_b = \frac{N}{\sigma_o} = \frac{90.000}{64,29} = 1400,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{και } F_e = F_e' = \frac{0,4}{100} \cdot 1400 = 5,60 \text{ cm}^2$$

Υπάρχουν $F_e = F_e' = 2\emptyset 20 + 1\emptyset 14$ ($7,82 \text{ cm}^2$) και άρκου

4.2 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 1,83 \text{ t}, \quad h = 0,275 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{Q}{b \cdot z} = \frac{1,83}{0,50 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,275} = 15,21 \text{ t/m}^2 < 70,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon \tau_o$$

5. Έλεγχος τάσεων έδάφους.

Η τελική έκκεντρότητα είναι:

$$e = e \cdot e_k = 0,30 \cdot 0,10 = 0,03 \text{ m} < \frac{l_x}{6} = 0,25 \text{ m},$$

άρα τό φορτίο ένεργεί στόν πυρήνα της διατομής της βάσης του πε-
δύλου.

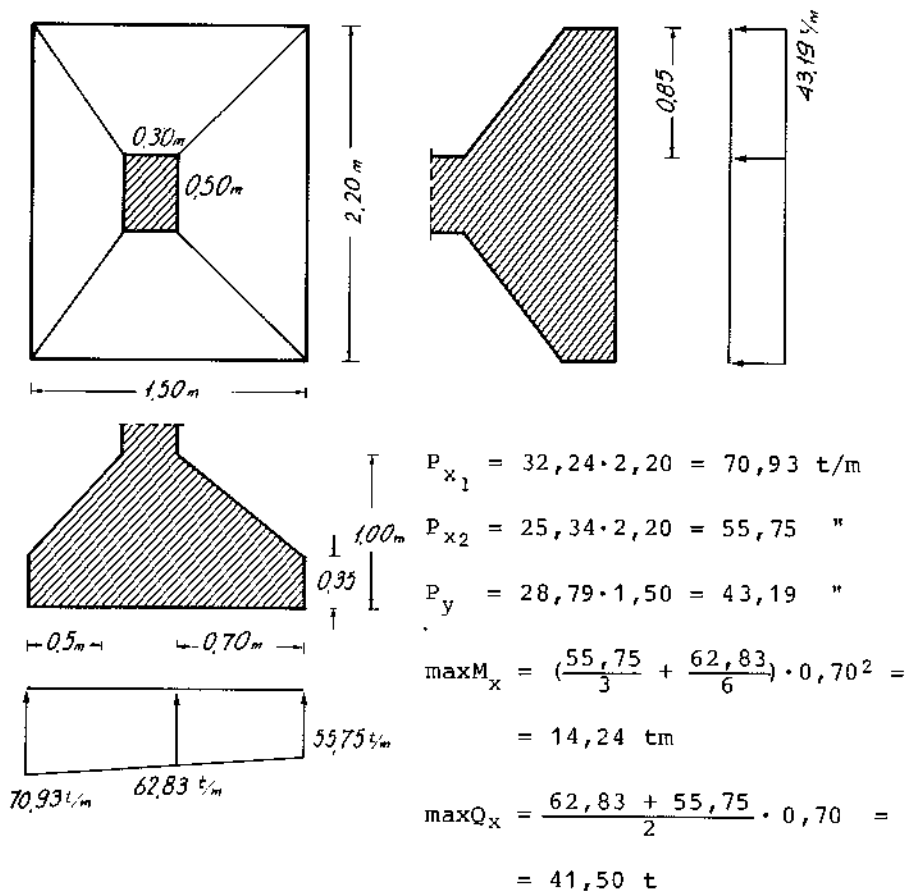
$$\sigma_o = \frac{95,0}{1,50 \cdot 2,20} = 28,79 \text{ t/m}^2 < 30,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon \sigma_o$$

$$\sigma_{1,2} = 28,79 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,03}{1,50} \right) = 28,79 \left(1 \pm 0,12 \right) =$$

$$\begin{aligned} & \nearrow \sigma_1 = 32,24 \text{ t/m}^2 < 1,30 \cdot 30,0 \\ & \searrow \sigma_2 = 25,34 \text{ " } > 0 \end{aligned}$$

6. "Ελεγχος πεδίου.

6.1 Στατική επίλυση.



$$M_y = \frac{1}{2} \cdot 43,19 \cdot 0,85^2 = 15,60 \text{ tm}$$

$$Q_y = 43,19 \cdot 0,85 = 36,71 \text{ t}$$

μέ προσέγγιση: $\max M_x = 28,79 \cdot 2,20 \cdot \frac{0,70^2}{2} = 15,52 \text{ tm}$

$$\max Q_x = 28,79 \cdot 2,20 \cdot 0,70 = 44,34 \text{ t}$$

6.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{14,24}{0,50}}} = 17,4 > K_h^* = 9,2 \Rightarrow K_{ex} = 0,45$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{15,60}{0,30}}} = 12,9 > 9,2 \Rightarrow K_{ey} = 0,45, \quad K_x = 0,25$$

6.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q_y = 36,71 \text{ t}, \quad h = 0,93, \quad x = 0,25 \cdot 0,93 = 0,23 \text{ m.}$$

$$b' = 0,30 + \frac{0,8 \cdot 0,23}{1,00 - 0,35} (1,50 - 0,30) = 0,64 \text{ m.}$$

$$\tau_o = \frac{36,71}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,64} = 70,49 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \varepsilon \pi \tau_o.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{ex} = 0,45 \cdot \frac{14,24}{0,93} = 6,89 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ex} = \frac{6,89}{2,20} = 3,13 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{ex} = \emptyset 10/15.$$

$$F_{ey} = 0,45 \cdot \frac{15,60}{0,93} = 7,55 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ey} = \frac{7,55}{1,50} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

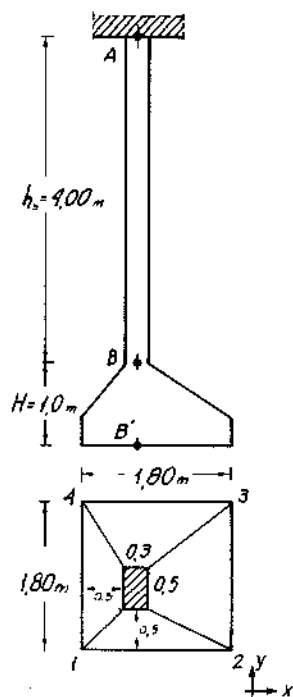
$$\Rightarrow f_{ey} = \emptyset 10/15.$$

7. Έλεγχος σε ολίσθηση.

$$\text{Η τιμή του } \mu = \frac{H}{N} = \frac{1,83}{95,0} = 0,02 \text{ είναι πολύ μικρή}$$

Παρατήρηση

- Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης κατασκευαστικά εκκεντρου πεδύλου είναι η κατασκευή επιμήκους πεδύλου, όχι τόσο για τη μείωση του ε , όσο για τη μείωση της κατασκευαστικής εκκεντρότητας e_k .

ΑΣΚΗΣΗ 30

Τό υποστυλώμα των ασκήσεων 28 και 29 θεμελιώνεται έκκεντρα καί πρὸς τὶς δύο διευθύνσεις. Νά γίνουν οἱ ἔλεγχοι τοῦ ὑποστυλώματος καί τοῦ πεδίου.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Διεύθυνση x : τὰ ἴδια γεωμετρικά στοιχεία μέ τήν άσκησι 29, δηλ.:

$$\lambda_{\rho x} = 9,69, \gamma_{\rho x} = 0,45, \gamma''_{\rho x} = 0,71.$$

Διεύθυνση y : τὰ ἴδια γεωμετρικά στοιχεία μέ τήν άσκησι 28, δηλ.:

$$\lambda_{\rho y} = 8,92, \gamma_{\rho y} = 0,46, \gamma''_{\rho y} = 0,71.$$

2. Συντελεστής μείωσης τῆς έκκεντρότητας ϵ .

Διεύθυνση x Ὁ συντελεστής πού προέκυψε στήν άσκησι 29:

$$\epsilon_x = 0,33.$$

Διεύθυνση y Ὁ συντελεστής πού προέκυψε στήν άσκησι 28:

$$\epsilon_y = 0,16.$$

3. Στατική επίλυση

Διεύθυνση x Ἡ ένταση εἶναι αὐτή πού προέκυψε στήν άσκησι 29.

Διεύθυνση y " " " " " " " 28.

4. Έλεγχος ὑποστυλώματος.

Ἡ ένταση τοῦ ὑποστυλώματος εἶναι διαξονική. Ὁ έλεγχος

των διατομών γίνεται σύμφωνα με τους πίνακες 9α έως 9ε. Φυσικά το υποστύλωμα δεν άντέχει, αφού δεν άντεχε στην άσκηση 29 με τα ίδια δεδομένα και μονοαξονική κατοπόνηση, αλλά δόθηκε η άσκηση αυτή για να δειχτεί η πορεία εργασίας, αν και ο κανονισμός δίνει επιτρεπόμενη τάση μεγαλύτερη κατά 10 kg/cm^2 (Πίνακας 11 - §Γστ. 16 τόμος Α').

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

Τελική έκκεντρότητα:

$$e_x = e_x \cdot e_{k_x} = 0,33 \cdot 0,25 = 0,083 \text{ m} \Rightarrow \frac{e_x}{l_x} = 0,046$$

$$e_y = e_y \cdot e_{k_y} = 0,16 \cdot 0,15 = 0,024 \text{ m} \Rightarrow \frac{e_y}{l_y} = 0,013$$

Από τον πίνακα 4 για $\frac{e_x}{l_x} = 0,046$ και $\frac{e_y}{l_y} = 0,013$, προκύπτει ο συντελεστής $\mu = 1,36$ κάτω από την κλίμακα, που σημαίνει ότι το φορτίο ενεργεί μέσα στο πυρήνα, οπότε:

$$\max \sigma = \sigma_1 = \mu \cdot \sigma_0 = 1,36 \cdot 29,32 = 39,9 \text{ t/m}^2 < 1,30 \cdot \epsilon \sigma_0$$

$$\sigma_1 = 29,32 \left(1 + \frac{6 \cdot 0,083}{1,80} + \frac{6 \cdot 0,024}{1,80} \right) = 39,78 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 29,32 \left(1 - \frac{6 \cdot 0,083}{1,80} + \frac{6 \cdot 0,024}{1,80} \right) = 23,55 \text{ "}$$

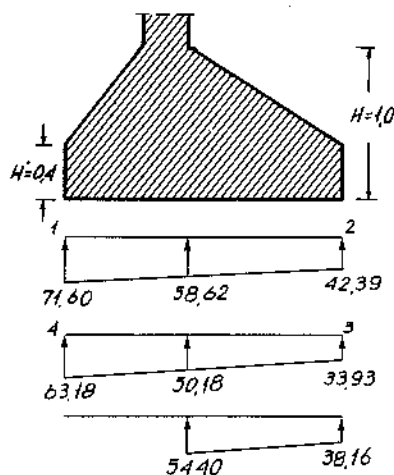
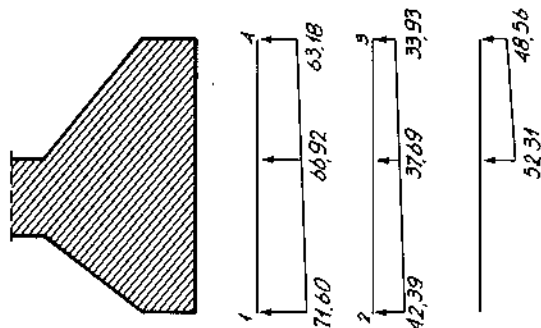
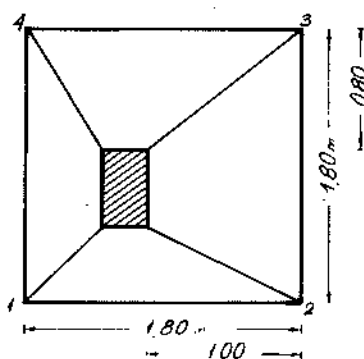
$$\sigma_3 = 29,32 (1 - 0,277 - 0,080) = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_4 = 29,32 (1 + 0,277 - 0,080) = 35,10 \text{ "}$$

6. Έλεγχος πεδίου.

6.1 Στατική επίλυση.

$$P_{x1} = P_{y1} = 39,78 \cdot 1,80 = 71,60 \text{ t/m}$$



$$P_{x_2} = P_{y_2} = 23,55 \cdot 1,80 = 42,39 \text{ t/m}$$

$$P_{x_3} = P_{y_3} = 18,85 \cdot 1,80 = 33,93 \text{ "}$$

$$P_{x_4} = P_{y_4} = 35,10 \cdot 1,80 = 63,18 \text{ "}$$

$$\begin{aligned} \max M_x &= \left(\frac{54,40}{6} + \frac{38,16}{3} \right) \cdot 1,00^2 = \\ &= 21,79 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max Q_x &= \frac{54,40 + 38,16}{2} \cdot 1,00 = \\ &= 46,28 \text{ t.} \end{aligned}$$

$$\max M_y = \left(\frac{52,31}{6} + \frac{48,56}{3} \right) \cdot 0,80^2 = 15,94 \text{ tm}$$

$$\max Q_y = \frac{52,31 + 48,56}{2} \cdot 0,80 = 40,35 \text{ t}$$

"Η με προσέγγιση: $P_x = P_y = 29,32 \cdot 1,80 = 52,78 \text{ t/m}$,

$$\max M_x = 52,78 \cdot \frac{1,0^2}{2} = 26,39 \text{ t/m}$$

$$\max Q_x = 52,78 \cdot 1,0 = 52,78 \text{ t}$$

$$\max M_y = 52,78 \cdot \frac{0,80^2}{2} = 16,89 \text{ tm}$$

$$\max Q_y = 52,78 \cdot 0,80 = 42,22 \text{ t}$$

6.2 Έλεγχος σέ κάμψη.

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{80}{2400} \quad , \quad K_h^* = 9,2$$

$$K_{h_x} = \frac{93}{\sqrt{\frac{21,79}{0,50}}} = 14,1 > 9,2 \implies K_e = 0,45$$

$$K_{h_y} = \frac{93}{\sqrt{\frac{15,94}{0,30}}} = 12,8 > 9,2 \implies K_e = 0,45 \quad , \quad K_x = 0,25.$$

6.3 Έλεγχος σέ διάτμηση.

Δυσμενέστερη διατομή κατά τη διεύθυνση y (μικρότερη διατομή ύποστρώματος)

$$Q = 40,35 \quad , \quad h = 0,93 \text{ m} \quad , \quad x = 0,25 \cdot 0,93 = 0,23 \text{ m}.$$

$$b' = 0,30 + \frac{0,8 \cdot 0,23}{1,00 - 0,40} \cdot (1,80 - 0,30) = 0,76 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{40,35}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,76} = 65,24 \text{ t/m}^2 < \varepsilon\pi\tau_o = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{21,79}{0,93} = 10,54 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 5,86 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

$$\implies f_{e_x} = \emptyset 10/13 (= 6,04 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{15,94}{0,93} = 7,71 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 4,28 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

$$\implies f_{e_y} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

7. Έλεγχος σε όλισθηση.

$$\mu = \frac{\sqrt{\frac{H_x^2}{N} + \frac{H_y^2}{N}}} = \frac{\sqrt{4,37^2 + 3,31^2}}{95,0} = \frac{5,48}{95,0} = 0,06, \quad \text{πολύ}$$

μικρός.

- Ο έλεγχος του υποστρώματος γίνεται σύμφωνα με τους πίνακες 9 του Ouvrier:

Διατομή B

$$\gamma_x = \frac{M_x}{N \cdot b_x} = \frac{10,71}{90,0 \cdot 0,30} = 0,397$$

$$\gamma_y = \frac{M_y}{N \cdot b_y} = \frac{8,05}{90,0 \cdot 0,50} = 0,179$$

Είναι $\gamma_{ολ} = \gamma_x + \gamma_y = 0,397 + 0,179 = 0,576 > 0,45$ (μεγάλη έκντρότητα).

Γιά $\gamma_x = 0,397$ καί $\gamma_y = 0,179$, από τό πίνακα 9β, προκύπτει ότι τό χαρακτηριστικό σημείο βρίσκεται μεταξύ 124 καί 125 ($\chi.σ. = 124 \div 125$).

Στή συνέχεια, εξαντλώντας τή τάση του σκυροδέματος, $\sigma_b = \varepsilon \sigma_b = 100 \text{ kg/cm}^2$, αναζητείται στίς γραμμές 124 καί 125 του πίνακα 9B, ή τιμή

$$\sigma_{bi} = \frac{100}{\sigma_b} \cdot \frac{N}{b_x \cdot b_y} = \frac{100 \cdot 90000}{100 \cdot 30 \cdot 50} = 60,0 \text{ kg/cm}^2.$$

Παρατηρείται ότι γιά τό μέγιστο ποσοστό όπλισμού 6%,

$$\sigma_{bi} = 43,2 \div 44,9 < 60,0,$$

πού σημαίνει ότι ή διατομή του υποστρώματος δέν άντέχει.

Διατομή Α

$$\gamma_x = \frac{6,79}{90 \cdot 0,30} = 0,251, \quad \gamma_y = \frac{5,22}{90 \cdot 0,50} = 0,116$$

$$\gamma_{ολ} = 0,251 + 0,116 = 0,367 < 0,45 \quad (\text{στάδιο I}).$$

Από τό πίνακα 9β, προκύπτει χαρακτηριστικό σημείο
 $\chi.σ. = 70 \div 71,$

Στόν πίνακα 9Α στίς γραμμές 70 καί 71 βρίσκεται ή τιμή
 $\sigma_{bi} = 60$ πού άντιστοιχεΐ στή στήλη $\mu = 4,2\%$ (μέ γραμμική παρ-
 εμβολή).

Ο συνολικός όπλισμός πού άπαιτεΐται, εΐναι

$$F_e = \frac{4,2}{100} \cdot 30 \cdot 50 = 63,00 \text{ cm}^2 \quad (\text{πάρα πολύς}).$$

- "Ας ύποτεθΐ για παράδειγμα ότι στή διατομή Α, χρησιμοποι-
 εΐται συνολικός όπλισμός $F_e = 12\emptyset 24 (= 54,26 \text{ cm}^2)$. Ζητεΐται ή
 τάση του σκυροδέματος.

$$\gamma_x = 0,251, \quad \gamma_y = 0,116 \Rightarrow \chi.σ. = 70 \div 71 \quad (\text{πίνακας 9β}).$$

Από τό πίνακα 9Α καί τίς γραμμές 70, 71 για ποσοστό όπλι-
 σμοϋ $\mu = \frac{54,26}{30 \cdot 50} = 3,6\%$, προκύπτει $\sigma_{bi} = 56,1 \text{ kg/cm}^2$,
 όποτε από τή σχέση

$$\sigma_{bi} = \frac{100}{\sigma_b} \cdot \frac{N}{b_x \cdot b_y} \Rightarrow \sigma_b = \frac{100}{56,1} \cdot \frac{90000}{30 \cdot 50} = 107,0 \text{ kg/cm}^2.$$

Σημειώνεται ότι οι παρεμβολές πρέπει νά γίνονται στους συντελε-
 στές πού άντιστοιχοϋν στά $\chi.σ.$ καί όχι στά ίδια τά $\chi.σ.$

Περισσότερες λεπτομέρειες ύπάρχουν στό βιβλίο "Die Bemessung Von Gedrückten Stahlbeton säulen" του Ε. OUVRIER.

- "Έλεγχος του ύποστυλώματος σύμφωνα μέ τή μέθοδο συνολικής
 άντοχής (DIN 1045, κεφ. VIII, τόμος Α'):

$$\beta_R = 0,6 \cdot 225 = 135 \text{ kg/cm}^2 = 1350 \text{ t/m}^2$$

$$\beta_S = 4,20 \text{ t/cm}^2 = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \frac{\beta_S}{\beta_R} = 31,11.$$

Διατομή Β

$$m_x = \frac{M_x}{b_x^2 \cdot b_y \cdot \beta_R} = \frac{10,71}{0,30^2 \cdot 0,50 \cdot 1350} = 0,18$$

$$m_y = \frac{M_y}{b_x \cdot b_y^2 \cdot \beta_R} = \frac{8,05}{0,30 \cdot 0,50^2 \cdot 1350} = 0,08$$

(Τά διανύσματα τῶν ροπῶν τοῦ πίνακα, εἶναι κάθετα στὶς διευθύνσεις πού ἔχουν ληφθῇ οἱ ροπές).

$$n = \frac{N}{b_x \cdot b_y \cdot \beta_R} = - \frac{90}{0,30 \cdot 0,50 \cdot 1350} = - 0,44$$

Γιὰ $m_1 = 0,18$, $m_2 = 0,08$, ἀπὸ τὸ πίνακα 10 $\Rightarrow \bar{\mu}_0 \approx 1,05$.

$$\text{Τότε} \quad F_e = \frac{\bar{\mu}_0}{\beta_R} \cdot b_x \cdot b_y = \frac{1,05}{31,11} \cdot 30 \cdot 50 = 50,63 \text{ cm}^2$$

$$\text{Σὲ κάθε γωνία τοποθετεῖται ὀπλισμός} \quad \frac{F_e}{4} = 12,66 \text{ cm}^2$$

Διατομή Α

$$m_x = \frac{6,79}{0,30^2 \cdot 0,50 \cdot 1350} = 0,11, \quad m_y = \frac{5,22}{0,30 \cdot 0,50^2 \cdot 1350} = 0,05$$

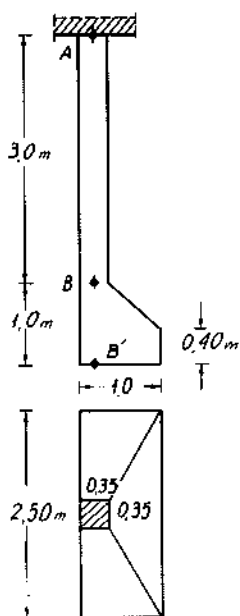
Γιὰ $m_1 = 0,11$, $m_2 = 0,05$ καὶ $n = -0,44$, ἀπὸ τὸ πίνακα 10 λαμβάνεται $\bar{\mu} \approx 0,6$.

$$\text{Τότε} \quad F_e = \frac{0,6}{31,11} \cdot 30 \cdot 50 = 28,93 \text{ cm}^2$$

$$\text{Σὲ κάθε γωνία τοποθετεῖται ὀπλισμός} \quad \frac{F_e}{4} = 7,23 \text{ cm}^2$$

Παρατήρηση

Οἱ μεγάλες διαφορές στὰ ἀποτελέσματα τῆς μεθόδου τῆς συνολικῆς ἀντοχῆς, ὀφείλονται στὴν "ἐμπιστοσύνη" πού δίνεται, στὸ σκυρόδεμα (πού εἶναι καὶ τὸ κρίσιμο ὕλικό) μὲ τὴ μέθοδο αὐτή.

ΑΣΚΗΣΗ 31

Νά γίνει ο έλεγχος του υπο-
 στυλώματος καί του πεδίου του σχή-
 ματος.

Δίνονται:

Φορτίο υποστυλώματος: $P_{ολ} = 55,0 \text{ t}$.

Έδαφος: $\epsilon\pi\sigma_0 = 2,5 \text{ kg/cm}^2$, καί

δείκτης έδάφους $K = 6,0 \text{ kg/cm}^3$.

Ποιότητα υλικών: B160, St I.

Από τόν άντσεισμικό έλεγχο
 προέκυψε όπλισμός $F_e = 4\phi 18$.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Γιά $b_x = b_y = 35 \text{ cm}$, από τόν πίνακα 7 $\Rightarrow \nu = 1,85$

Γιά $l_x = 100 \text{ cm}$, $l_y = 250 \text{ cm}$ " " " 8 $\Rightarrow \pi = 309$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{h_p} = \frac{1,00}{4,00} = 0,25 \\ \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{\nu}{\pi} = \frac{1,85}{309} = 0,006 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 10,81 \\ \gamma_p = 0,44 \\ \gamma''_p = 0,64 \end{array} \right\} \text{ (πίνακας 5).}$$

2. Συντελεστής μείωσης τής έκκεντρότητας E .

$$D_{εδ} = K \cdot I_\pi = 6,0 \cdot \frac{1,00^3 \cdot 2,50 \cdot 10^8}{12} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$D_p = \lambda_p \cdot \frac{I_u \cdot E_b}{h_p} = 10,81 \cdot \frac{0,35^4 \cdot 10^8 \cdot 210.000}{12 \cdot 400} = 7,10 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\varepsilon = \frac{D_{\varepsilon\delta}}{D_{\varepsilon\delta} + D_{\rho}} = \frac{1,25}{1,25 + 7,10} = 0,15$$

3. Στατική επίλυση

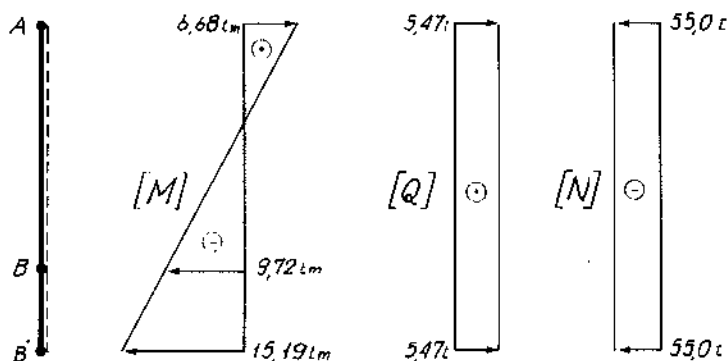
Κατασκευαστική έκκεντρότητα: $e_k = \frac{1,00 - 0,35}{2} = 0,325 \text{ m}$

$$M_{B'} = -(1 - \varepsilon) \cdot e_k \cdot P = -(1 - 0,15) \cdot 0,325 \cdot 55,0 = -15,19 \text{ tm.}$$

$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = -0,64 \cdot 15,19 = -9,72 \text{ tm.}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = 0,44 \cdot 15,19 = 6,68 \text{ tm.}$$

$$Q_{\rho} = \frac{6,68 + 15,19}{4,00} = 5,47 \text{ t,} \quad N = -55,0 \text{ t.}$$



4. Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή B

$$\gamma = \frac{9,72}{55,0 \cdot 0,35} = 0,50 \quad (\text{μέση έκκεντρότητα})$$

$$y_e = \frac{35}{2} - 2,5 = 15 \text{ cm}, \quad \frac{h'}{h} = 0,08, \quad \text{άρα χρησιμοποιείται}$$

ο πίνακας 14, τόμου Α.

$$M_e = 9,72 + 0,15 \cdot 55,0 = 17,97 \text{ tm}$$

$$M'_e = \text{ " } - \text{ " } = 1,47 \text{ tm}$$

$$\rho = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{17,97}{700 \cdot 0,35 \cdot 0,325^2} = 0,69$$

$$\rho' = 0,69 \cdot \frac{1,47}{17,97} = 0,06$$

Η τιμή $\rho = 0,69$, δεν περιέχεται στον πίνακα 14, πού σημαίνει ότι δεν αντέχει η διατομή του υποστυλώματος.

Γιά νά γίνει η θεμελίωση του συγκεκριμένου υποστυλώματος, πρέπει ή νά γίνει πιό επίμηκες τό πέδιλο, ή νά χρησιμοποιηθῇ συνδετήρια δοκός. Έπειδή τό πέδιλο εἶναι ἤδη πολύ επίμηκες, χρησιμοποιεῖται συνδετήρια δοκός. Ἄν εἶναι ἀδύνατη ἡ χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκοῦ, ἡ κατάσταση ἀντιμετωπίζεται μόνο μέ αὔξηση τῆς διατομῆς τοῦ υποστυλώματος.

ΑΣΚΗΣΗ 32

Νά λυθῇ ἡ ἀσκηση 31 μέ τή χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκοῦ μέ μήκος 3,50 m ἀπό κέντρο βάρους σέ κέντρο βάρους πεδίων.

Λύση

Ἡ θεμελίωση αὐτή ἀφορᾷ ἑκκεντρο πέδιλο μέ συνδετήρια δοκοῦ καί ἐλέγχεται σύμφωνα μέ τή §3, Β₂.

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

Σύμφωνα μέ τήν ἀσκηση 31, $\lambda_\rho = 10,81$, $\gamma_\rho = 0,44$, $\gamma''_\rho = 0,64$.

Ἡ ἐκλογή τῶν διαστάσεων τῆς συνδετήριας δοκοῦ γίνεται μέ βάση τή σχέση:

$$\delta = \frac{\lambda_p}{2} \cdot \frac{1_\delta}{h_p} \cdot u = \frac{10,81}{2} \cdot \frac{3,50}{4,0} \cdot 1,85 = 8,75,$$

ὁπότε ἀπό τόν πίνακα 7 γιά πλάτος συνδετήριας δοκοῦ

$$b = 25 \text{ cm} \Rightarrow d \approx 65$$

2. Συντελεστές κατανομῆς

Δείκτες ἀκαμψίας

ράβδος "ὑποστύλωμα - πέδιλο": $D_p = 7,10 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

" " "ἔδαφος" : $D_{\epsilon\delta} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ "}$

" "συνδετήρια δοκός" : $D_\delta = \frac{4 \cdot E_b \cdot I_\delta}{l_\delta} =$
 $= \frac{4 \cdot 210.000 \cdot 0,25 \cdot 0,65^3 \cdot 10^8}{12 \cdot 350} = 13,73 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

Συντελεστές κατανομῆς.

$$\epsilon_p = \frac{D_p}{D_p + D_{\epsilon\delta} + D_\delta} = \frac{7,10}{7,10 + 1,25 + 13,73} = 0,32$$

$$\epsilon = \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{1,25}{22,08} = 0,06 \text{ καί } \epsilon_\delta = 0,62.$$

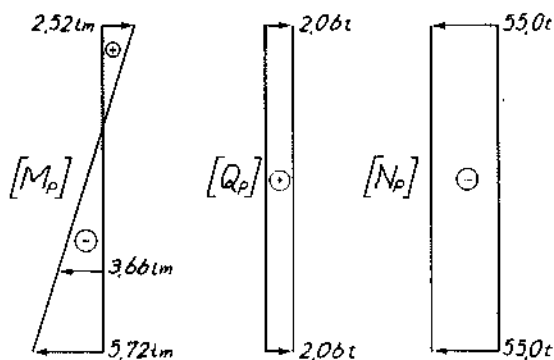
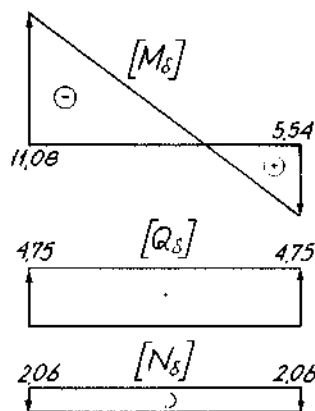
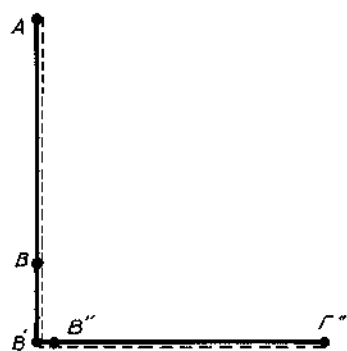
3. Στατική ἐπίλυση

$$M_{B'} = -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P = -0,32 \cdot 0,325 \cdot 55,0 = -5,72 \text{ tm.}$$

$$M_B = \gamma''_p \cdot M_{B'} = -0,64 \cdot 5,72 = -3,66 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_p \cdot M_{B'} = 0,44 \cdot 5,72 = 2,52 \text{ "}$$

$$Q_p = \frac{2,52 + 5,72}{4} = 2,06 \text{ t}, \quad N_p = -55,0 \text{ t}.$$



$$M_{B''} = -\epsilon_{\delta} \cdot e_k \cdot P = -0,62 \cdot 0,325 \cdot 55,0 = -11,08 \text{ tm}.$$

$$M_{\Gamma''} = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_{\delta} \cdot e_k \cdot P = \frac{11,08}{2} = 5,54 \text{ tm}.$$

$$Q_{\delta} = \frac{M_{\Gamma''} - M_{B''}}{l_{\delta}} = \frac{5,54 + 11,08}{3,50} = 4,75 \text{ t}.$$

$$N_{\delta} = -Q_p = -2,06 \text{ t}.$$

4. Έλεγχος διατομών υποστυλώματος και συνδετήριας δοκού.

4.1. Υποστώλωμα

4.1.1. Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$\gamma = \frac{3,66}{55,0 \cdot 0,35} = 0,190 \text{ (μικρή έκκεντρότητα)}$$

$$\frac{y_e}{d} = \frac{15}{35} = 0,43 \approx 0,45$$

$$\lambda = \frac{\varepsilon \sigma_b}{\sigma_0} = \frac{70}{\frac{55.000}{35 \cdot 35}} = 1,56, \quad \text{όποτε για } 1000\gamma = 190,$$

$$\lambda = 1,56 \text{ και } \mu_0 = 0,4\% \text{ από τον πίνακα 9β} \Rightarrow \mu'_0 = 0,73\%.$$

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 4,90 \text{ cm}^2. \text{ Υπάρχουν } 2\emptyset 18 = 5,08 \text{ cm}^2, \text{ άρκοϋν.}$$

$$F'_e = \frac{0,73}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 8,94 \text{ cm}^2. \text{ Υπάρχουν } 2\emptyset 18 = 5,08 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{πρόσθ. } F'_e = 8,94 - 5,08 = 3,86 \text{ cm}^2 \text{ ή } \text{πρόσθ. } F'_e = 2\emptyset 16.$$

Διστομή A

$$\gamma = \frac{2,52}{55,0 \cdot 0,35} = 0,131 \text{ (μικρή έκκεντρότητα)}$$

$$\text{Για } 1000\gamma = 131 \text{ και } \mu_0 = \mu'_0 = \frac{2 \cdot 2,54}{35 \cdot 35} = 0,004, \text{ από τον πίνακα}$$

$$\begin{aligned} 9\alpha \Rightarrow \lambda = 1,50 = \frac{\sigma_b}{\sigma_0} \Rightarrow \sigma_b &= 1,50 \cdot \sigma_0 = 1,50 \cdot \frac{55.000}{35 \cdot 35} = \\ &= 67,3 \text{ kg/cm}^2 < \varepsilon \sigma_b = 70,0 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

4.1.2. Έλεγχος σε διάτμηση.

$$\tau_0 = \frac{Q}{b \cdot z} = \frac{2,06}{0,35 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,325} = 20,7 \text{ t/m}^2 < \varepsilon \pi \tau_0 = 60,0 \text{ t/m}^2.$$

4.2. Συνδετήρια δοκός

4.2.1. Έλεγχος σε κόμψη.

$$\frac{\varepsilon \sigma_b}{\varepsilon \sigma_e} = \frac{70}{1400} \Rightarrow K_h^* = 8,8$$

Διατομή Β"

$$\gamma = \frac{11,08}{2,06 \cdot 0,65} = 8,27 \quad (\text{μεγάλη έκκεντρότητα})$$

$$y_e = \frac{0,65}{2} - 0,05 = 0,275 \text{ m}$$

$$M_e = 11,08 + 2,06 \cdot 0,275 = 11,65 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{60}{\sqrt{\frac{11,65}{0,25}}} = 8,8 = K_h^* \implies K_e = 0,83$$

$$F_e = 0,83 \cdot \frac{11,65}{0,60} - \frac{2,06}{1,40} = 16,12 - 1,47 = 14,65 \text{ cm}^2$$

$$\implies F_e = 6\emptyset 18 (= 15,24 \text{ cm}^2)$$

Διατομή Γ"

$$\gamma = \frac{5,54}{2,06 \cdot 0,65} = 4,14 \quad (\text{μεγάλη έκκεντρότητα})$$

$$M_e = 5,54 + 2,06 \cdot 0,275 = 6,11 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{60}{\sqrt{\frac{6,11}{0,25}}} = 12,1 > K_h^* = 8,8 \implies K_e = 0,81$$

$$F_e = 0,81 \cdot \frac{6,11}{0,60} - \frac{2,06}{1,40} = 6,78 \text{ cm}^2 \implies F_e = 3\emptyset 18 (= 7,62 \text{ cm}^2)$$

Σέ όλο τό μήκος τής δοκοῦ, τοποθετοῦνται συνδετήρες $\emptyset 6/20$

4.2.2. Έλεγχος σέ διάτμηση.

$$\tau_o = \frac{Q}{b \cdot z} = \frac{4,75}{0,25 \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,60} = 36,2 \text{ t/m}^2 < \text{επτ}_o = 60,0 \text{ t/m}^2.$$

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

Η συνολική θλιπτική δύναμη είναι

$$P = N_p + Q_d = 55,0 + 4,75 = 59,75 \text{ t}$$

$$\sigma_0 = \frac{59,75}{1,0 \cdot 2,5} = 23,90 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_0 = 25,0 \text{ t/m}^2.$$

Τελική έκκεντρότητα:

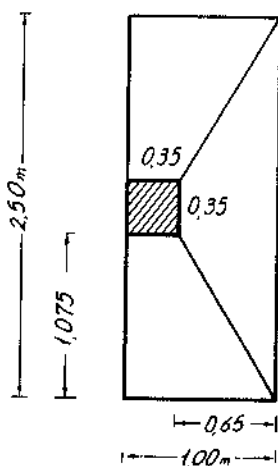
$$e = \epsilon \cdot e_k = 0,06 \cdot 0,325 = 0,02 \text{ m} < \frac{l_x}{6} = 0,17 \text{ m}.$$

$$\sigma_{1,2} = 23,90 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,02}{1,00} \right) = 23,90 (1 \pm 0,12) =$$

$$\begin{aligned} &= \begin{cases} \sigma_1 = 26,77 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \sigma_0 \\ \sigma_2 = 21,03 \text{ "} \end{cases} \end{aligned}$$

6. Έλεγχος πεδίου.

6.1 Στατική επίλυση.



$$M_x \approx 23,90 \cdot 2,50 \cdot \frac{0,65^2}{2} = 12,62 \text{ tm}$$

$$Q_x \approx 23,90 \cdot 2,50 \cdot 0,65 = 38,84 \text{ t}$$

$$M_y = 23,90 \cdot 1,00 \cdot \frac{1,075^2}{2} = 13,81 \text{ tm},$$

$$Q_y = 23,90 \cdot 1,00 \cdot 1,075 = 25,69 \text{ t}$$

$$\text{Λαμβάνεται } H = 1,00 \text{ m}$$

$$H' = 0,40 \text{ m}$$

6.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$\frac{\varepsilon_{ps_b}}{\varepsilon_{ps_e}} = \frac{60}{1400} \Rightarrow K_h^* = 9,9$$

$$K_{h_x} = \frac{93}{\sqrt{\frac{12,62}{0,35}}} = 15,5 > 9,9 \Rightarrow K_{e_x} = 0,78$$

$$K_{h_y} = \frac{93}{\sqrt{\frac{13,81}{0,35}}} = 14,8 > 9,9 \Rightarrow K_{e_y} = 0,79, \quad K_x = 0,28$$

6.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q_y = 25,69 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m} \Rightarrow x = 0,28 \cdot 0,93 = 0,26 \text{ m}$$

$$b_y' = 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,26}{1,00 - 0,40} (1,00 - 0,35) = 0,58 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{25,69}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,58} = 54,4 \text{ t/m}^2 < \varepsilon_{\text{πτ}} = 80,0 \text{ t/m}^2$$

6.4 Οπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,78 \cdot \frac{12,62}{0,93} = 10,58 \text{ cm}^2 \quad \text{ή} \quad f_{e_x} = \frac{10,58}{2,50} = 4,23 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m})$, ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός.

$$F_{e_y} = 0,79 \cdot \frac{13,81}{0,93} = 11,73 \text{ cm}^2 \quad \text{ή} \quad f_{e_y} = \frac{11,73}{1,00} = 11,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\Rightarrow f_{e_y} = \emptyset 14/13 (= 11,84 \text{ cm}^2/\text{m})$ (πίνακας 3).

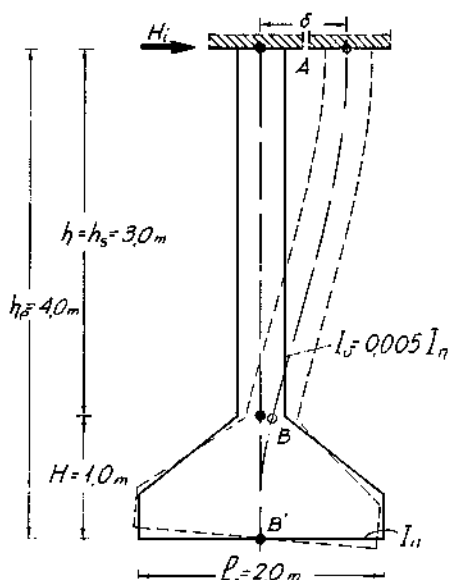
Παρατήρηση

Τό πέδιλο της παραπάνω άσκησης είναι αρκετά επίμνηκες (άρα μέ μικρή

κατασκευαστική εκκεντρότητα) και φέρει σχετικά μικρό φορτίο ($P = 55,0$ t).

Παρ' όλα αυτά το υποστυλώμα δέν "άντεχε" και χρησιμοποιήθηκε συνδετήρια δοκός. Στις περισσότερες περιπτώσεις εκκέντρων πεδύλων σε μεσοτοιχία είναι αναγκαία η χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκού.

ΑΣΚΗΣΗ 33

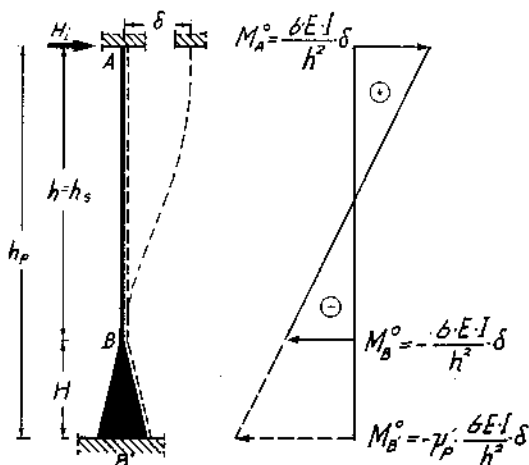


Ζητείται ο υπολογισμός του δείκτη αντίστασης του υποστυλώματος του σχήματος και η κατανομή της έντασης στο υποστυλώμα AB λόγω μετατόπισης της κορυφής A κατά δ από σεισμό.

Η θεμελίωση του υποστυλώματος γίνεται

- (I) σε άσυμπέστο έδαφος (βράχος)
- (II) σε μη συνεκτικό έδαφος με $E_s = 1500 \text{ kg/cm}^2$.
- (III) σε συνεκτικό έδαφος με $E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$.

Λύση



"Αρχική ένταση" (δηλαδή επίλυση χωρίς να ληφθεί υπ' όψη η στροφή της βάσης)

$$\frac{H}{h_p} = \frac{1,0}{4,0} = 0,25 \Rightarrow$$

$$\gamma_p = 1,67 \text{ (51.1)}.$$

(I) Θεμελίωση σε άσυμπίεστο έδαφος

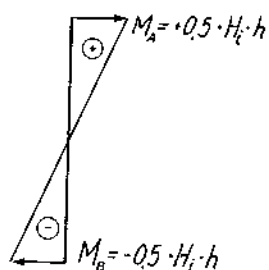
Η "τελική" ένταση είναι ίδια με την "άρχική".

"Δείκτης αντίστασης" D_{AB} του υποστυλώματος AB λέγεται η οριζόντια δύναμη H_i που προκαλεί μετατόπιση της κορυφής A κατά $\delta = 1$.

$$\text{Έδω: } H_i = Q_{AB} = Q_{AB}' = \frac{M_A - M_B}{h} = \frac{M_A - M_B}{h_p} = \frac{6EI}{h^3} \delta + \frac{6EI}{h^3} \delta = \frac{12EI}{h^3} \delta$$

$$D_{AB} = \frac{12EI}{h^3}$$

Κατανομή της έντασης



$$\delta = \frac{h^3}{12EI} \cdot H_i \Rightarrow M_A = \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = 0,50 H_i \cdot h$$

$$\text{και } M_B = -0,50 H_i \cdot h$$

(II) Θεμελίωση σε μη συνεκτικό έδαφος με $E_s = 1500 \text{ kg/cm}^2$

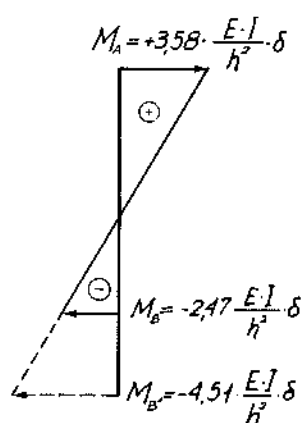
Συντελεστής μείωσης έγκεντρότητας

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = 0,005 \\ \frac{H}{h_p} = 0,25 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 10,81 \\ \gamma_p = 0,44 \\ \gamma_p'' = 0,64 \end{array} \right\} \quad (\text{πίνακας 5})$$

$$K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{10,81}{4,0} \cdot 0,005 \cdot \frac{210.000}{1.500} = 1,89 \quad \epsilon_p = \frac{1,89}{3,46} = 0,55$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x} = \frac{\pi}{2,0} = \underline{\underline{1,57}} \quad \epsilon = \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{1,57}{3,46} = \underline{\underline{0,45}} \quad \underline{\underline{1,00}}$$

Τελική Ένταση (§2.1.2.)



$$M_B' = \varepsilon \cdot M_B^0 = -0,45 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = -4,51 \frac{EI}{h^2} \delta$$

$$M_A = M_A^0 + \gamma_p (1 - \varepsilon) M_B^0 = \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta - 0,44 \cdot$$

$$\cdot 0,55 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = 3,58 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta$$

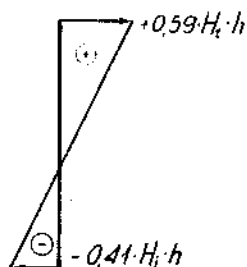
$$M_B = M_B^0 - \gamma_p'' (1 - \varepsilon) M_B^0 = -\frac{6EI}{h^2} \cdot \delta + 0,64 \cdot$$

$$\cdot 0,55 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = -2,47 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta$$

$$H_1 = Q_{AB} = \frac{M_A - M_B}{h} = \frac{3,58 + 2,47}{h} \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta = 6,05 \cdot \frac{EI}{h^3} \cdot \delta$$

$$D_{AB} = 6,05 \cdot \frac{EI}{h^3}$$

Κατανομή της έντασης



$$\delta = \frac{h^3}{6,05 \cdot EI} \cdot H_1 \Rightarrow M_A = 3,58 \frac{EI}{h^2} \cdot \delta =$$

$$= 0,59 H_1 \cdot h$$

$$\text{και } M_B = -2,47 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta = -0,41 H_1 \cdot h$$

(III) Θεμελίωση σε μη συνεκτικό έδαφος με $E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$

Συντελεστής μείωσης έγκεντρότητας

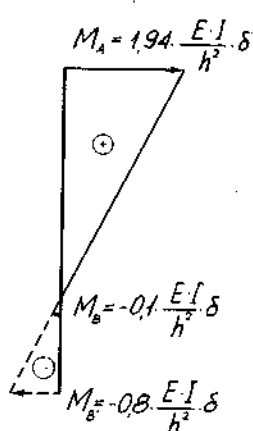
$$K_p = \frac{1500}{150} \cdot 1,89 = 18,90$$

$$\varepsilon_p = \frac{18,90}{20,47} = 0,92$$

$$K_{\varepsilon\delta} = \frac{1,57}{20,47}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\varepsilon\delta} = \frac{1,57}{20,47} = \frac{0,08}{1,00}$$

Τελική ένταση



$$M_{B'} = \epsilon \cdot M_B^0 = -0,08 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = -0,80 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta$$

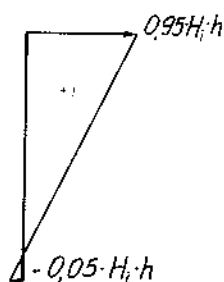
$$M_A = M_A^0 + \gamma_p (1 - \epsilon) M_B^0 = \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta - 0,44 \cdot 0,92 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = 1,94 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta$$

$$M_B = M_B^0 - \gamma_p'' (1 - \epsilon) M_B^0 = -\frac{6EI}{h^2} \cdot \delta + 0,64 \cdot 0,92 \cdot 1,67 \cdot \frac{6EI}{h^2} \cdot \delta = -0,10 \frac{EI}{h^2} \cdot \delta$$

$$H_i = Q_{AB} = \frac{M_A - M_B}{h} = \frac{1,94 + 0,10}{h} \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta = 2,04 \cdot \frac{EI}{h^3} \cdot \delta$$

$$D_{AB} = 2,04 \cdot \frac{EI}{h^3} \cdot \delta$$

Κατανομή της έντασης



$$\delta = \frac{h^3}{2,04 \cdot EI} \cdot H_i \implies M_A = 1,94 \frac{EI}{h^2} \cdot \delta = 0,95 H_i \cdot h$$

$$\text{και } M_B = -0,10 \cdot \frac{EI}{h^2} \cdot \delta = -0,05 H_i \cdot h$$

Παρατηρήσεις

- Η επίδραση της ένδοτικότητας του εδάφους είναι σημαντική τόσο στο δέκτη αντίστασης (τιμές 12, 6,05, 2,04) όσο και στη κατανομή της σεισμικής ροπής $H_i \cdot h$ (τιμές $\frac{0,50}{0,50}$, $\frac{0,59}{0,41}$, $\frac{0,95}{0,05}$). Φυσικά όλα αυτά τα μεγέθη έχουν αξία μόνο εάν συγκριτικά, γιατί δεν έχει ληφθεί υπ'

όψη ή ελαστική πάκτωση που πάντοτε υπάρχει στην κορυφή Α του υποστυλώματος.

- Αν υπήρχε συνδετήρια δοκός ο δείκτης αντίστασης και η κατανομή της σεισμικής ροπής στο υποστύλωμα θα μπορούσε να λαμβάνεται σαν του τυπικού όρφου.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις περιπτώσεις θεμελίωσης σε περισσότερο του ενός επίπεδα (π.χ. σε κατασκευή με υπόγειο που δεν περιλαμβάνει όλα τα υποστυλώματα). Τότε στον αντισεισμικό υπολογισμό του ισόγειου, ο δείκτης αντίστασης των υποστυλωμάτων που συνεχίζονται στο υπόγειο πρέπει να λαμβάνεται τριπλάσιος ή πενταπλάσιος από αυτόν των υποστυλωμάτων που θεμελιώνονται στο ισόγειο - σε συνεκτικά και μη συνεκτικά έδαφη αντίστοιχα - με την προϋπόθεση φυσικά ίσων ύψων.

ΑΣΚΗΣΗ 34

Νά θεμελιωθή υποστύλωμα υπογείου σε μεσοτοιχία με διατομή 30×30 , φορτίο $P = 42,0 \text{ t}$ και ύψος $h_s = 3,00 \text{ m}$. Τό έδαφος θεμελίωσης έχει εκτιμηθή σαν άργιλικό μέσης σκληρότητας.

Ο αντισεισμικός υπολογισμός έχει δώσει στη βάση του υποστυλώματος $M_x = M_y = \pm 2,50 \text{ tm}$ $Q_x = Q_y = \pm 1,67 \text{ t}$.

Δίνονται:

Άξονική απόσταση υποστυλωμάτων: $l_0 = 3,50 \text{ m}$.

Υλικά : B225, St III.

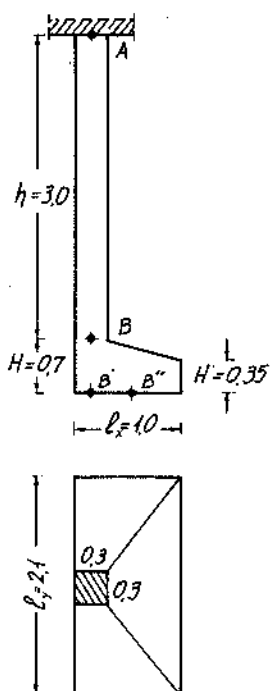
Λύση

Α' Προεκτίμηση

Επειδή τό βάθος θεμελίωσης είναι μεγαλύτερο από 2,00 μέτρα, από τόν πίνακα 6 σελ. 37 λαμβάνεται $\varepsilon\sigma_0 = 2,30 \text{ kg/cm}^2$,

$$\text{όποτε } E_s \cdot 10^{-2} = \frac{\varepsilon\sigma_0}{2} \Rightarrow E_s = 115,0 \text{ kg/cm}^2.$$

Θά χρησιμοποιηθή συνδετήρια δοκός.



Γιά ομοιόμορφη τάση

$$\sigma_0 = 0,90 \cdot 2,30 = 2,07 \text{ kg/cm}^2 =$$

$$= 20,70 \text{ t/m}^2$$

υπολογίζονται οι διαστάσεις του πεδίου.

$$\text{Είναι } F_b = l_x \cdot l_y = \frac{P}{\sigma_0} = \frac{42,0}{20,70} =$$

$$= 2,03 \text{ m}^2$$

Λαμβάνεται $l_x = 1,00 \text{ m}$ και $l_y = 2,10 \text{ m}$.

Τό απαιτούμενο ύψος του πεδίου προσδιορίζεται από τον έλεγχο σέ κάμψη.

Γιά ομοιόμορφη τάση

$$\sigma_0 = \frac{P}{l_x \cdot l_y} = \frac{42,0}{1,00 \cdot 2,10} = 20,0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{προκύπτει } \max M = M_x = 20,0 \cdot 2,10 \cdot \frac{0,70^2}{2} = 10,29 \text{ tm.}$$

$$\text{Άρα } h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M_x}{b_x}} = 9,2 \sqrt{\frac{10,29}{0,30}} = 54,0 \text{ cm.}$$

Λαμβάνεται $H = 70 \text{ cm}$ και $H' = 35 \text{ cm}$

Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

$$b_x = b_y = 30 \text{ cm} \Rightarrow v = 1,00 \text{ (πίνακας 7)}$$

$$l_x = 100 \text{ cm}, l_y = 210 \text{ cm} \Rightarrow \pi = 259 \text{ (πίνακας 8)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} = \frac{1,00}{259} = 0,004 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{0,70}{3,70} = 0,19 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 8,73 \\ \gamma_\rho = 0,46 \\ \gamma''_\rho = 0,71 \end{array} \right\} \quad (\text{πίν. 5})$$

Από τη σχέση

$$\delta = \frac{\lambda_\rho}{2} \cdot \frac{l_\delta}{h_\rho} \cdot u = \frac{8,73}{2} \cdot \frac{3,50}{3,70} \cdot 1,00 = 4,13$$

υπολογίζονται οι διαστάσεις της συνδετήριας δοκού.

Γιά $b = 25$ cm λαμβάνεται $d = 55$ cm (πίνακας 7) πού αντιστοιχεί στη τιμή $\delta = 5,14$.

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{8,73}{3,70} \cdot \frac{1,00}{259} \cdot \frac{210.000}{115} = 16,64, \quad \varepsilon_\rho = \frac{16,64}{61,20} = 0,27$$

$$K_{\varepsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = 3,14, \quad \varepsilon_{\varepsilon\delta} = \frac{3,14}{61,20} = 0,05$$

$$K_\delta = \frac{4}{l_\delta} \cdot \frac{I_\delta}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{4}{3,50} \cdot \frac{5,14}{259} \cdot \frac{210.000}{115} = \frac{41,42}{61,20}, \quad \varepsilon_\delta = \frac{41,42}{61,20} = \frac{0,68}{1,00}$$

3. Στατική επίλυση

Βάρος πεδίου:

$$G_\pi = 2,40 \left[1,00 \cdot 2,10 \cdot 0,35 + \frac{0,35}{4} (1,30 \cdot 2,40 + \frac{1}{3} \cdot 0,70 \cdot 1,80) \right] = 2,50 \text{ t.}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{l_x - b_x}{2} = \frac{1,00 - 0,30}{2} = 0,35 \text{ m}$$

Ένταση ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο.

$$M_{B'} = -\epsilon_{\rho} \cdot e_k \cdot P = -0,27 \cdot 0,35 \cdot 42,0 = -3,97 \text{ tm}$$

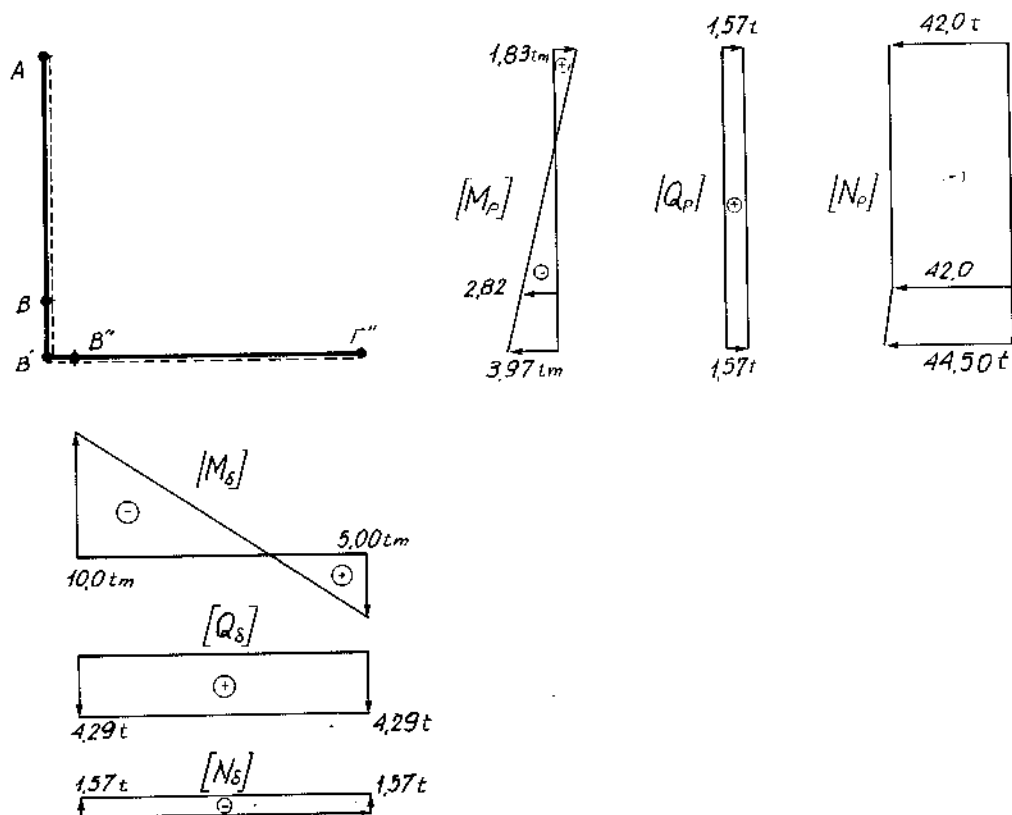
$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 3,97 = -2,82 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} M_{B'} = 0,46 \cdot 3,97 = 1,83 \text{ tm}$$

$$Q_{\rho} = \frac{M_A - M_{B'}}{h_{\rho}} = \frac{1,83 + 3,97}{3,70} = 1,5 \text{ t}$$

$$N_B = -P = -42,0 \text{ t}, \quad N_{B'} = -(P + G_{\pi}) = -44,50 \text{ t}.$$

Ένταση ράβδου συνδετήρια δοκός.



$$M_{B''} = -e_{\delta} \cdot e_k \cdot P = -0,68 \cdot 0,35 \cdot 42,0 = -10,00 \text{ tm}$$

$$M_{F''} = -\frac{1}{2} \cdot M_{B''} = -\frac{1}{2} \cdot 10,00 = 5,00 \text{ tm}$$

$$Q_{\delta} = \frac{M_{F''} - M_{B''}}{l_{\delta}} = \frac{5,00 + 10,00}{3,50} = 4,29 \text{ t}$$

$$N_{\delta} = -Q_{\rho} = -1,57 \text{ t.}$$

4. Έλεγχος διατομών υποστυλώματος και συνδετήριας δοκού.

4.1 Υποστύλωμα

4.1.1. Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$M = \max \left\{ \begin{array}{l} M_B \\ \frac{M_B + M_{\text{σελσ}}}{1,20} \end{array} \right\} = \frac{2,82 + 2,50}{1,20} = 4,43 \text{ tm}$$

$$\gamma = \frac{4,43}{42,0 \cdot 0,30} = 0,352 > 0,350 \text{ (μέση έκκεντρότητα)}$$

$$y_e = \frac{0,30}{2} - 0,025 = 0,125 \text{ m}$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{2,5}{27,5} = 0,08. \quad \text{Χρησιμοποιείται ο πίνακας 14 (Τόμος Α)}$$

$$M_e = 4,43 + 0,125 \cdot 42,0 = 9,68 \text{ tm}$$

$$M_{e'} = 4,43 - 0,125 \cdot 42,0 = -0,82 \text{ tm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho = \frac{9,68}{900 \cdot 0,30 \cdot 0,275^2} = 0,47 \\ \rho' = -\frac{0,82}{900 \cdot 0,30 \cdot 0,275^2} = -0,04 \end{array} \right\} \Rightarrow \mu_0 = 1,56\% , \mu'_0 = 0,4\%$$

$$F_e = 0,0156 \cdot 30 \cdot 27,5 = 12,87 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 7\emptyset 16$$

$$F_{e'} = 0,004 \cdot 30 \cdot 27,5 = 3,30 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_{e'} = 2\emptyset 16$$

Διατομή Α

$$\max M = \left| \begin{array}{c} M_A \\ \frac{M_A + M_x^{\text{σεισ}}}{1,20} \end{array} \right| = \frac{1,83 + 2,50}{1,20} = 3,61 \text{ tm}$$

$$\gamma = \frac{3,61}{42,0 \cdot 0,30} = 0,287 < 0,350 \quad (\text{μικρή έκκεντρότητα}).$$

Χρησιμοποιείται ο πίνακας 8β ($\mu_o = 0,4\%$).

Για $1000\gamma = 287$ και $\lambda = 1,93$ λαμβάνεται $\mu'_o = 0,9\%$

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 30 \cdot 30 = 3,6 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 2\emptyset 16$$

$$F_{e'} = \frac{0,9}{100} \cdot 30 \cdot 30 = 8,1 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_{e'} = 4\emptyset 16$$

4.1.2 Έλεγχος σέ διάτμηση.

$$\max Q = \left| \begin{array}{c} Q_p \\ \frac{Q_o + Q_x^{\text{σεισ}}}{1,20} \end{array} \right| = \frac{1,57 + 1,67}{1,20} = 2,70 \text{ t}$$

Η τέμνουσα δύναμη είναι πολύ μικρή και δεν υπάρχει πρόβλημα διάτμησης.

4.2 Συνδετήρια δοκός

4.2.1 Έλεγχος σέ κάμψη.

Διατομή Β"

$$\gamma = \frac{10,00}{1,57 \cdot 0,55} = 11,6 > 0,70 \quad (\text{μεγάλη έκκεντρότητα}).$$

$$M_e = M - N \cdot y_e = 10,00 + 1,57 \cdot 0,225 = 10,35 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{50}{\sqrt{\frac{10,35}{0,25}}} = 7,8 < K_h^* = 8,4 \Rightarrow K_e = 0,47, \quad K_{e'} = 0,13$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{10,35}{0,50} - \frac{1,57}{2,40} = 9,07 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 5\phi 16$$

$$F_{e'} = 0,13 \cdot \frac{10,35}{0,50} = 2,69 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_{e'} = 2\phi 14$$

Διατομή Γ"

$$\gamma = \frac{5,00}{1,57 \cdot 0,55} = 5,8 > 0,70 \quad (\text{μεγάλη έκκεντρότητα})$$

$$M_e = 5,00 + 1,57 \cdot 0,225 = 5,35 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{50}{\sqrt{\frac{5,35}{0,25}}} = 10,8 > K_h^* = 8,4 \Rightarrow K_e = 0,46.$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{5,35}{0,50} - \frac{1,57}{2,4} = 4,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 3\phi 14$$

4.2.2 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 4,29 \text{ t}$$

Η τέμνουσα δύναμη είναι μικρή και δεν υπάρχει πρόβλημα διάτμησης.

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

$$P_{o\lambda} = P + G_k + Q_d = 42,0 + 2,50 + 4,29 = 48,79 \text{ t}$$

$$\sigma_o = \frac{48,79}{1,00 \cdot 2,10} = 23,23 \text{ t/m}^2 \approx \epsilon \pi \sigma_o = 23,0 \text{ t/m}^2.$$

Ἡ ροπή πού ἀναλαμβάνει τὸ ἔδαφος εἶναι πολὺ μικρὴ

$$M_{εδ} = \epsilon \cdot e_k \cdot P = 0,05 \cdot 0,35 \cdot 42,0 = 0,74 \text{ tm.}$$

Ὁ ἔλεγχος τοῦ πεδίου γίνεται μέ ὁμοιόμορφη τάση $\sigma_0 = 23,23 \text{ t/m}^2$

Ἡ ἔνταση λόγφ σεισμοῦ θά εἶναι εὐμενέστερη, ἀφοῦ ἐπιτρέπεται αὔξηση τῶν ἐπιτρεπομένων τάσεων κατὰ 20%.

6. Ἐλεγχος πεδίου.

6.1 Στατική ἐπίλυση.

$$M_x = 23,23 \cdot 2,10 \cdot \frac{0,70^2}{2} = 11,95 \text{ tm.}$$

$$Q_x = 23,23 \cdot 2,10 \cdot 0,70 = 34,15 \text{ t.}$$

$$M_y = 23,23 \cdot 1,00 \cdot \frac{0,90^2}{2} = 9,41 \text{ tm.}$$

$$Q_y = 23,23 \cdot 1,00 \cdot 0,90 = 20,91 \text{ t.}$$

6.2 Ἐλεγχος σὲ κόμψη.

$$K_{hx} = \frac{63}{\sqrt{\frac{11,95}{0,30}}} = 10,0 > K_h^* = 9,2 \implies K_e = 0,46$$

$$K_{hy} = \frac{63}{\sqrt{\frac{9,41}{0,30}}} = 11,2 > 9,2 \implies K_e = 0,46, \quad K_x = 0,28$$

6.3 Ἐλεγχος σὲ διάτμηση.

$$Q_y = 20,91 \text{ t}, \quad h = 0,63 \text{ m} \implies x = 0,28 \cdot 0,63 = 0,18 \text{ m.}$$

$$b' = 0,30 + \frac{0,8 \cdot 0,18}{0,70 - 0,35} (1,00 - 0,30) = 0,59 \text{ m.}$$

$$\tau_0 = \frac{20,91}{\frac{7}{8} \cdot 0,63 \cdot 0,59} = 64,29 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_0 = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

6.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,46 \cdot \frac{11,95}{0,63} = 8,73 \text{ cm}^2 \text{ ή } f_{e_x} = \frac{8,73}{2,10} = 4,16 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{e_x} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,46 \cdot \frac{9,41}{0,63} = 6,87 \text{ cm}^2 \text{ ή } f_{e_y} = \frac{6,87}{1,00} = 6,87 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{e_y} = \emptyset 10/11 (= 7,14 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατήρηση

- Η τιμή του μέτρου συμπίεσης E_S , έγκυρήθηκε στα $115 \text{ kg/cm}^2 (= 10^2 \cdot 0,5 \cdot \epsilon \pi \sigma_0)$. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, θα μπορούσε τό υποστύλωμα καί ή δοκός νά υπολογισθοῦν μέ $E_S = \frac{115}{2} = 57,5 \text{ kg/cm}^2$ καί τό έδαφος μέ $E_S = 1,50 \cdot 115 = 172,5 \text{ kg/cm}^2$, ὥστε νά καλυφθοῦν οἱ δυσμενέστερες περιπτώσεις. Οἱ υπολογισμοί αὐτοῦ γίνονται πιά κάτω:

α) $E_S = 57,5 \text{ kg/cm}^2$.

$$\left. \begin{aligned} K_\rho &= \frac{115}{57,5} \cdot 16,64 = 33,28 \\ K_{\epsilon\delta} &= &= 3,14 \\ K_\delta &= \frac{115}{57,5} \cdot 41,42 = 82,84 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \epsilon_\rho &= 0,28 \\ \epsilon_{\epsilon\delta} &= 0,03 \\ \epsilon_\delta &= 0,69 \end{aligned} \right.$$

119,26

β) $E_S = 172,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\left. \begin{aligned} K_\rho &= \frac{115}{172,5} \cdot 16,64 = 11,09 \\ K_{\epsilon\delta} &= &= 3,14 \\ K_\delta &= \frac{115}{172,5} \cdot 41,42 = 27,61 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \epsilon_\rho &= 0,265 \\ \epsilon_{\epsilon\delta} &= 0,075 \\ \epsilon_\delta &= 0,66 \end{aligned} \right.$$

41,84

Θάπρεπε δηλ. νά ληφθοῦν γιά τούς ὑπολογισμούς τῶν ἐντατικῶν μεγεθῶν:
 $\epsilon_{\rho} = 0,28$, $\epsilon_{\delta} = 0,69$ καί $\epsilon_{\epsilon\delta} = 0,075$ ἐνῶ ἐλήφθησαν: $\epsilon_{\rho} = 0,27$,
 $\epsilon_{\delta} = 0,68$, $\epsilon_{\epsilon\delta} = 0,05$. Οἱ διαφορές παρατηρεῖται πῶς εἶναι ἀσήμαν-
 τες. Αὐτό συμβαίνει πάντοτε σέ συμπιεστά ἐδάφη.

ΑΣΚΗΣΗ 35

Νά θεμελιωθῇ ὑποστυλώμα μεσοτοιχίας, πού φέρει φορτίο $P = 100,0 \text{ t}$ καί ἔχει ὕψος $h_s = 4,00 \text{ m}$. Ἀπό τόν ἀντισεισμικό ὑπολογισμό καί τόν ἐλεγχό σέ κεντρική θλίψη, προέκυψε διατομή ὑποστυλώματος 40×40 καί ὀπλισμός $F_e = 4\phi 20$.

Ἡ θεμελίωση γίνεται σέ ὑπόγειο πού ἔχει περιμετρικό τοίχειο καί ἀναλαμβάνει τή ροπή σεισμοῦ.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους γιά κεντρικά πέδιλα τοῦ ἴδιου ἔργου: $\epsilon_{\rho 0} = 3,00 \text{ kg/cm}^2$.

Ἀξονική ἀπόσταση ὑποστυλωμάτων: $4,50 \text{ m}$.

Υλικά: B225, St III.

Νά γίνεи ἀναλυτική σχεδίαση τῶν ὀπλισμῶν.

Λύση

Α' Προεκτίμηση

Ἐπειδή ἡ διατομή τοῦ πεδύλου θά εἶναι ἐπιμήκης ($l_y : l_x \geq 2,0$) ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους σέ κεντρική θλίψη λαμβάνεται $\epsilon_{\rho 0} = \frac{3,00}{1,20} = 2,50 \text{ kg/cm}^2$ (σύμφωνα μέ τήν §1.3.3. καί 1.4.1. κεφάλαιο I).

Τό φορτίο τοῦ ὑποστυλώματος εἶναι μεγάλο καί ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους σχετικά μικρή, ὁπότε θά προκύβουν μεγάλες διαστάσεις πεδύλου, ἄρα καί μεγάλη ἐκκεντρότητα.

Ἡ διατομή τοῦ ὑποστυλώματος 40×40 δέν ἀντέχει γι' αὐτό

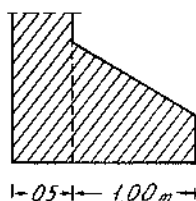
λαμβάνεται νέα διατομή υποστυλώματος 50×40 .

Οι διαστάσεις του πεδίου εκλέγονται για ομοιόμορφη τάση
 $0,90 \cdot \epsilon_{\sigma_0} = 0,90 \cdot 2,50 = 2,25 \text{ kg/cm}^2$.

$$\text{Άρα } l_x l_y = \frac{100,0}{22,5} = 4,44 \text{ m}^2.$$

Λαμβάνεται $l_x = 1,50 \text{ m}$ και $l_y = 3,20 \text{ m}$.

$$\max M = \sigma_0 \frac{(l_x - b_y)^2}{2} \cdot l_y = \frac{100,0}{1,50 \cdot 3,20} \cdot \frac{1,0^2}{2} \cdot 3,20 = 33,33 \text{ tm}$$



$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b_y}} = 9,2 \sqrt{\frac{33,33}{0,40}} = 84 \text{ cm}.$$

Λαμβάνεται $H = 100 \text{ cm}$ και $H' = 40 \text{ cm}$.

Τό μέτρο συμπίεσης E_s εκτιμάται στο

$$10^2 \cdot 0,50 \cdot \epsilon_{\sigma_0} = 100 \cdot 0,50 \cdot 3,0 = 150 \text{ kg/cm}^2$$

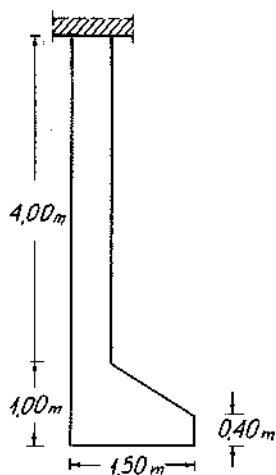
Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

$$b_x = 50, \quad b_y = 40 \text{ cm} \Rightarrow u = 6,17 \text{ (πίνακας 7)}$$

$$l_x = 150, \quad l_y = 320 \text{ cm} \Rightarrow \pi = 1333 \text{ (" 8)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} = \frac{6,17}{1333} = 0,005 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{1,00}{5,00} = 0,20 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 8,73 \\ \gamma_\rho = 0,46 \\ \gamma''_\rho = 0,71 \end{array} \right\} \text{ (πίνακας 5)}$$



$$\delta = \frac{\lambda_p}{2} \cdot \frac{1}{h_p} \cdot \nu = \frac{8,73}{2} \cdot \frac{4,50}{5,00} \cdot 6,17 = 24,24,$$

όποτε από τον πίνακα 7, για $b = 0,20 \text{ m}$,
λαμβάνεται $d = 1,00 \text{ m}$ που αντιστοιχεί
σε $\delta = 24,7$

$$K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_v}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{8,73}{5,00} \cdot \frac{6,17}{1333} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{150} = 11,31, \quad \epsilon_p = \frac{11,31}{36,45} = 0,31$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x} = \frac{\pi}{1,50} = 2,09, \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{2,09}{36,45} = 0,06$$

$$K_\delta = \frac{4}{1_\delta} \cdot \frac{I_\delta}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{4}{4,50} \cdot \frac{24,70}{1333} \cdot \frac{21 \cdot 10^5}{150} = 23,05, \quad \epsilon_\delta = \frac{23,05}{36,45} = 0,63$$

36,45

1,00

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

$$G_\pi = 2,40 \left[1,50 \cdot 3,20 \cdot 0,40 + \frac{0,60}{4} \cdot (2,00 \cdot 3,60 + \frac{1}{3} \cdot 1,00 \cdot 1,80) \right]$$

$$\approx 7,5 \text{ t.}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{1,50 - 0,50}{2} = 0,50 \text{ m.}$$

Διατομή	Διαστάσεις	Συντελεστής ροπής (1)	$e_y \cdot P$ (2)	$M_{ε_{κλ}}$ (1) × (2)	Q	N	γ	Όπλισμός
A	50 × 40	$\gamma_p \cdot \epsilon_p = 0,14$	50,0	7,0	4,50	100,0	0,140	$F_e = F'_e = 2\phi 20$
B	50 × 40	$\gamma'_p \cdot \epsilon_p = 0,22$	50,0	11,0	4,50	100,0	0,220	$F_e = 2\phi 20 + 1\phi 16$ $F'_e = 2\phi 20 + 2\phi 18$
B'	20 × 100	$\epsilon_{\delta}^+ = 0,63$	50,0	31,5	10,50	4,50	>0,70	$F_e = 6\phi 18$ $F'_e = 2\phi 18 + 2\phi 16$
Γ''	20 × 100	$\frac{1}{2}\epsilon_{\delta} = 0,315$	50,0	15,75	10,50	4,50	>0,70	$F_e = 2\phi 18 + 1\phi 16$
Βάση	150 × 320	$\epsilon_{\epsilon\delta} = 0,06$	50,0	3,0	-	118,0	-	$f_{e_x} = \phi 10/12,5$ $f_{e_y} = \phi 14/12,5$

3.1. Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$y_e = \frac{0,50}{2} - 0,025 = 0,225 \text{ m}, \quad \frac{y_e}{d} = \frac{0,225}{0,50} = 0,45,$$

$$\lambda = \frac{\epsilon_{psb}}{\sigma_o} = \frac{90}{\frac{100.000}{50 \cdot 40}} = 1,80$$

Για $1000\gamma = 220$, $\lambda = 1,80$ και $\mu_o = 0,4\%$ από τον πίνακα 9β, λαμβάνεται $\mu'_o = 0,55\%$ τόμος Α:

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 50 \cdot 40 = 8,0 \text{ cm}^2$$

Υπάρχουν $2\phi 20$ ($= 6,28 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow F_{e_{\text{προσθ}}} = 1\phi 16$ ($2,01 \text{ cm}^2$).

$$F'_e = \frac{0,55}{100} \cdot 50 \cdot 40 = 11,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Υπάρχουν } 2\emptyset 20 \implies F'_e \text{ προσθ} = 2\emptyset 18 (= 5,08 \text{ cm}^2).$$

Διατομή Α

Γιὰ $1000\gamma = 140$ καί $\lambda = 1,80$ από τόν πίνακα 9β $\implies \mu'_0 \ll 0,4\%$ ή από τόν πίνακα 9α $\implies \mu_0 = \mu'_0 < 0,4\%$, πού σημαίνει ότι άρκεϊ ό όπλισμός $F_e = F'_e = 2\emptyset 20$ πού ύπάρχει.

Διατομή Β"

$$y_e = \frac{1,00}{2} - 0,05 = 0,45 \text{ m}$$

$$M_e = 31,50 + 4,50 \cdot 0,45 = 33,53 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{33,53}{0,20}}} = 7,3 < K_h^* = 8,4 \implies K_e = 0,47, \quad K'_e = 0,24$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{33,53}{0,95} - \frac{4,50}{2,40} = 14,71 \text{ cm}^2 \implies$$

$$\implies F_e = 6\emptyset 18 (= 15,24 \text{ cm}^2) \quad \text{σέ δύο σειρές}$$

$$F'_e = 0,24 \cdot \frac{33,53}{0,95} = 8,47 \text{ cm}^2 \implies F'_e = 2\emptyset 18 + 2\emptyset 16 (= 9,10 \text{ cm}^2)$$

Διατομή Γ"

$$M_e = 15,75 + 4,50 \cdot 0,45 = 17,78 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{17,78}{0,20}}} = 10,1 > 8,4 \implies K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{17,78}{0,95} - \frac{4,50}{2,40} = 6,73 \text{ cm}^2 \quad \eta$$

$$F_e = 2\emptyset 18 + 1\emptyset 16 (= 7,09 \text{ cm}^2).$$

3.2. Έλεγχος σε διάτμηση.

Στό υποστύλωμα δεν υπάρχει πρόβλημα (ή $Q = 4,50 \text{ t}$ πολύ μικρή).

Στή συνδετήρια δοκό είναι

$$\tau_0 = \frac{10,50}{\frac{7}{8} \cdot 0,95 \cdot 0,20} = 63,16 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau_0 = 70 \text{ t/m}^2.$$

4. Έλεγχος τάσεων

$$P_{0\lambda} = 118,0 \text{ t}$$

$$\sigma_0 = \frac{118,0}{1,50 \cdot 3,20} = 24,58 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\sigma_0 = 25,0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{1,2} = 24,58 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 3,0}{118,0 \cdot 1,50} \right) = 24,58 (1 \pm 0,10) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 27,04 \text{ t/m}^2 < 1,30 \cdot \sigma_0 \\ \sigma_2 = 22,12 \text{ "} \end{cases}$$

5. Έλεγχος πεδίου.

5.1 Στατική επίλυση.

Η επίλυση γίνεται με ομοιόμορφη φόρτιση $\sigma_0 = 24,58 \text{ t/m}^2$.

$$M_x = 24,58 \cdot \frac{1,00^2}{2} \cdot 3,20 = 39,33 \text{ tm}$$

$$Q_x = 24,58 \cdot 1,00 \cdot 3,20 = 78,66 \text{ t}$$

$$M_y = 24,58 \cdot \frac{1,40^2}{2} \cdot 1,50 = 36,13 \text{ tm}$$

$$Q_y = 24,58 \cdot 1,40 \cdot 1,50 = 51,62 \text{ t}$$

5.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{39,33}{0,40}}} = 9,4 > K_h^* = 9,2 \Rightarrow K_e = 0,47$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{36,13}{0,50}}} = 10,9 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,46, \quad K_x = 0,28.$$

5.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 51,62 \text{ t}, \quad h = 0,93 \Rightarrow x = 0,28 \cdot 0,93 = 0,26 \text{ m}$$

$$b' = 0,50 + \frac{0,8 \cdot 0,26}{1,00 - 0,40} (1,50 - 0,50) = 0,85 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{51,62}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,85} = 74,63 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_o = 90,0 \text{ t/m}^2$$

5.4 Οπλισμός.

$$F_{ex} = 0,47 \cdot \frac{39,33}{0,93} = 19,88 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ex} = 6,21 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ex} = \emptyset 10/12,5 \text{ (6,28 cm}^2/\text{m)}$$

$$F_{ey} = 0,46 \cdot \frac{36,13}{0,93} = 17,87 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ey} = 11,91 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ey} = \emptyset 14/12,5 \text{ (12,32 cm}^2/\text{m)}.$$

ΑΣΚΗΣΗ 36

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μεσοτοιχίας μέ διαστάσεις $b_x \times b_y = 25 \times 100$, πού φέρει φορτίο $P = 100,0 \text{ t}$ καί ἔχει ὕψος $h_s = 3,20 \text{ m}$.

Δίνονται:

*Ἐδαφος θεμελίωσης ἀμμοχαλικῶδες, μέσης πυκνότητας.

Βάθος θεμελίωσης: $t = 2,00 \text{ m}$.

*Ἀξονική ἀπόσταση ἀπὸ ἀπέναντι ὑποστύλωμα: $l_\delta = 5,00 \text{ m}$.

Ροπή ἀπὸ σεισμό στή βάση τοῦ ὑποστυλώματος: $M_x = \pm 4,50 \text{ tm}$ καί στή κορυφή: $M_x = \mp 4,50 \text{ tm}$.

*Υλικά: B225, St III.

Λύση**A Προεκτίμηση**

*Απὸ τὸν πίνακα 1 (κεφ. I), γιὰ $t = 2,00 \text{ m}$ καί $l_x = 1,00 \text{ m}$ λαμβάνεται $\varepsilon_{\sigma_0} = 5,0 \text{ kg/cm}^2$. Ἐπίσης ἀπὸ τὴ § 1.2.4.4 (Κεφ. III) λαμβάνονται $E_{s1} = 2000 \text{ kg/cm}^2$ καί $E_{s2} = 1250 \text{ kg/cm}^2$.

*Ἐπειδὴ τό ἔδαφος εἶναι μὴ συνεκτικό (μεγάλη τιμὴ E_s), ὁ συντελεστής $\varepsilon_{\varepsilon\delta}$ θὰ εἶναι ἀρκετὰ μεγάλος, γι' αὐτό ἡ ροπή καί ἡ ἀπαιτούμενη διατομὴ τοῦ πεδύλου ὑπολογίζονται μέ μέση ὁμοιόμορφη τάση $\sigma_0 = 0,60 \cdot \varepsilon_{\sigma_0} = 0,60 \cdot 50,0 = 30,0 \text{ t/m}^2$.

Εἶναι $F_{\alpha\pi} = \frac{100,0}{30,0} = 3,33 \text{ m}^2$. Λαμβάνονται $l_x = 1,10 \text{ m}$, $l_y = 3,30 \text{ m}$

$$\sigma_0 = \frac{100,0}{1,10 \cdot 3,30} = 27,55 \text{ t/m}^2 \quad \Rightarrow$$

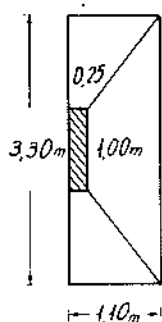
$$M_y = 27,55 \cdot \frac{1,15^2}{2} \cdot 1,10 = 20,04 \text{ tm}$$

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 9,2 \sqrt{\frac{20,04}{0,25}} = 82 \text{ cm}$$

Λαμβάνονται $H = 100 \text{ cm}$, $H' = 40 \text{ cm}$.

Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.



$$b_x = 25 \text{ cm}, \quad b_y = 100 \text{ cm} \quad \Rightarrow$$

$$v = 1,93 \text{ (πίνακας 7)}$$

$$l_x = 110 \text{ cm}, \quad l_y = 330 \text{ cm} \quad \Rightarrow$$

$$\pi = 542 \text{ (πίνακας 8)}.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{v}{\pi} = \frac{1,93}{542} = 0,004 \\ \frac{H}{h_p} = \frac{1,00}{4,20} = 0,24 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 10,81 \\ \gamma_p = 0,44 \\ \gamma'_p = 0,64 \end{array} \right\} \text{ (πίνακας 5)}$$

$$\delta = \frac{\lambda_p}{2} \cdot \frac{1_\delta}{h_p} \cdot v = \frac{10,81}{2} \cdot \frac{5,00}{4,20} \cdot 1,93 = 12,42$$

Λαμβάνονται $b = 30 \text{ cm}$, $d = 80 \text{ cm} \Rightarrow \delta = 19,0 \text{ (πίνακας 7)}$

2. Συντελεστές κατανομής

Γιά τους έλέγχους των διατομών υποστυλώματος και συνδετήριας δοκοῦ, οί συντελεστές κατανομής θά υπολογισθοῦν μέ

$E_s = 1250 \text{ kg/cm}^2$, ἐνώ γιά τόν έλεγχο των τάσεων του έδάφους μέ

$E_s = 2000 \text{ Kg/cm}^2$.

$$K_{\rho} = \frac{\lambda_{\rho}}{h_{\rho}} \cdot \frac{I_{\nu}}{I_{\pi}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{10,81}{4,20} \cdot \frac{1,93}{542} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{1250} = 1,54 \Rightarrow \epsilon_{\rho} = \frac{1,54}{9,11} = 0,17$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x} = \frac{\pi}{1,10} = 2,86 \Rightarrow \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{2,86}{9,11} = 0,31$$

$$K_{\delta} = \frac{4}{1_{\delta}} \cdot \frac{I_{\delta}}{I_{\pi}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{4}{5,00} \cdot \frac{19,0}{542} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{1250} = \frac{4,71}{9,11} \Rightarrow \epsilon_{\delta} = \frac{4,71}{9,11} = \frac{0,52}{1,00}$$

$$K_{\rho} = 1,54 \cdot \frac{1250}{2000} = 0,96 \Rightarrow \epsilon_{\rho} = \frac{0,96}{6,76} = 0,14$$

$$K_{\epsilon\delta} = 2,86 \Rightarrow \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{2,86}{6,76} = 0,42$$

$$K_{\delta} = 4,71 \cdot \frac{1250}{2000} = \frac{2,94}{6,76} \Rightarrow \epsilon_{\delta} = \frac{2,94}{6,76} = \frac{0,44}{1,00}$$

Χρησιμοποιούνται λοιπόν

$$\epsilon_{\rho} = 0,17, \quad \epsilon_{\delta} = 0,52, \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = 0,42$$

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

Βάρος πεδίου:

$$G_{\pi} = 2,40 \left[0,40 \cdot 1,10 \cdot 3,30 + \frac{0,60}{4} (1,35 \cdot 4,30 + \frac{1}{3} \cdot 0,85 \cdot 2,30) \right] = 5,8 \text{ t.}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{1,10 - 0,25}{2} = 0,425 \text{ m.}$$

Διατομή	Διαστάσεις	Συντελεστής ροπήs (1)	$e_k \cdot P$ (2)	$M_{εκκ}$ (1) (2)	$M_{σείs}$	$M_{υπολ}$	$Q_{υκ}$	N	γ
A	25 × 100	$\gamma_p \cdot \epsilon_p = 0,07$	42,5	2,98	4,50	6,23	4,34	100,0	0,249
B	25 × 100	$\gamma''_p \cdot \epsilon_p = 0,11$	42,5	4,68	4,50	7,65	4,34	100,0	0,306
B''	80 × 30	$\epsilon_\delta = 0,52$	42,5	22,10	-	22,10	6,63	4,34	>0,70
Γ''	80 × 30	$0,50 \cdot \epsilon_\delta = 0,26$	42,5	11,05	-	11,05	6,63	4,34	>0,70
Βάση	110 × 330	$\epsilon_{\epsilon\delta} = 0,42$	42,5	17,85	-	17,85	-	112,43	

3.1. Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή A

Από τον πίνακα 8, για $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\%$ και $1000\gamma = 249 \implies \lambda = 2,10$.

$$\sigma_0 = \frac{90}{2,10} = 42,86 \implies F_b = \frac{100000}{42,86} = 2333,2 \text{ cm}^2$$

$$F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 2333,2 = 9,33 \text{ cm}^2 \implies F_e = F'_e = 5\emptyset16$$

Διατομή B

Για $1000\gamma = 306$, $\lambda = 2,25$ και $\mu_0 = 0,4\% \implies$

$\mu'_0 = 0,5\%$ (πίνακας 8B, Τόμ. Α)

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 25 \cdot 100 = 10,00 \text{ cm}^2 \implies F_e = 5\emptyset16$$

$$F'_e = \frac{0,5}{100} \cdot 25 \cdot 100 = 12,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 7\emptyset 16 \text{ (σέ δύο σειρές)}.$$

Διατομή Β"

$$M_e = 22,10 + 0,35 \cdot 4,34 = 23,62 \text{ tm}$$

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{90}{2400} \Rightarrow K_h^* = 8,4$$

$$K_h = \frac{75}{\sqrt{\frac{23,62}{0,30}}} = 8,5 > 8,4 \Rightarrow K_e = 0,47$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{23,62}{0,75} - \frac{4,34}{2,40} = 12,99 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 7\emptyset 16$$

Διατομή Γ"

$$M_e = 11,05 + 0,35 \cdot 4,34 = 12,57 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{75}{\sqrt{\frac{12,57}{0,30}}} = 11,6 > 8,4 \Rightarrow K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{12,57}{0,75} - \frac{4,34}{2,40} = 5,90 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 3\emptyset 16$$

3.2. Έλεγχος σέ διάτμηση.

Στό υποστύλωμα δέν υπάρχει πρόβλημα διάτμησης ($Q = 4,34 \text{ t}$)
 ὅπως καί στή δοκό ($Q = 6,63 \text{ t}$).

4. Έλεγχος τάσεων ἐδάφους.

$$\varepsilon_{\sigma_0} = 48,4 \text{ t/m}^2 \text{ (πίν. 1, κεφ. I) γιά } l_x = 1,10 \text{ m}$$

$$\sigma_0 = \frac{112,43}{1,10 \cdot 3,30} = 30,97 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0 = 48,4 \text{ t/m}^2.$$

$$\sigma_{1,2} = 30,97 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 17,85}{100 \cdot 1,10} \right) = 30,97 (1 \pm 0,974) =$$

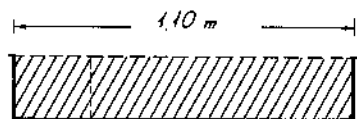
$$= \begin{cases} \sigma_1 = 61,13 \text{ t/m}^2 < 1,30 \cdot \epsilon \pi \sigma_0 \\ \sigma_2 = 0,81 \text{ t/m}^2 > 0 \end{cases}$$

5. Έλεγχος πεδίου.

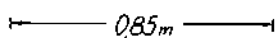
5.1 Στατική επίλυση.

Γιά τον υπολογισμό της έντασης τοῦ πεδίου λαμβάνεται $\epsilon_{\epsilon 6} = 0,31$.

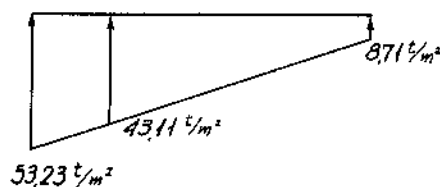
$$\sigma_{1,2} = 30,97 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,31 \cdot 42,5}{100 \cdot 1,10} \right) = \begin{cases} \sigma_1 = 53,23 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_2 = 8,71 \text{ "} \end{cases}$$



$$M_x = \left(\frac{43,11}{6} + \frac{8,71}{3} \right) \cdot 0,85^2 \cdot 3,30 = 24,05 \text{ tm}$$



$$Q_x = \frac{43,11 + 8,71}{2} \cdot 0,85 \cdot 3,30 = 72,68 \text{ t}$$



$$M_y = 30,97 \cdot \frac{1,15^2}{2} \cdot 1,10 = 22,53 \text{ tm}$$

$$Q_y = 30,97 \cdot 1,15 \cdot 1,10 = 39,18 \text{ t}$$

5.2 Έλεγχος σέ κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{93}{\sqrt{\frac{24,05}{1,00}}} = 19,0 > K_h^* = 9,2 \Rightarrow K_e = 0,44$$

$$K_{hy} = \frac{93}{\sqrt{\frac{22,53}{0,25}}} = 9,8 > 9,2 \Rightarrow K_e = 0,46, \quad K_x = 0,31$$

5.3 Έλεγχος σέ διάτμηση.

Δυσμενέστερη είναι η διατομή $b_x = 0,25 \text{ m}$.

$$Q = 39,18 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m}, \quad x = 0,31 \cdot 0,93 = 0,29 \text{ m}$$

$$b' = 0,25 + \frac{0,8 \cdot 0,29}{1,00 - 0,40} (1,10 - 0,25) = 0,58 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{39,18}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,58} = 83,0 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_o = 90,0 \text{ t/m}^2$$

5.4 Όπλισμός.

$$F_{ex} = 0,44 \cdot \frac{24,05}{0,93} = 11,38 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ex} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ex} = \emptyset 10/15$$

$$F_{ey} = 0,46 \cdot \frac{22,53}{0,93} = 11,14 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{ey} = 10,13 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{ey} = \emptyset 12/11 (= 10,28 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

ΑΣΚΗΣΗ 37

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μεσοτοιχίας, πού φέρει φορτίο $P = 63,0 \text{ t}$ καί ἔχει ὕψος $h_s = 4,0 \text{ m}$. Ὁ ἔλεγχος σέ κεντρική θλίψη καί ὁ ἀντισεισμικός ἔλεγχος ἔδωσαν διατομή $b_x b_y = 35 \cdot 35$ καί ὀπλισμό $F_e = 4\phi 18$.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon_{ps_0} = 2,0 \text{ kg/cm}^2$

Υλικά: B160, St I.

Ἡ χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκοῦ εἶναι ἀδύνατη.

Λύση**Α' Προεκτίμηση**

Ἡ ἀπαιτούμενη διατομή τοῦ πεδίου υπολογίζεται γιά ὁμοιόμορφη τάση $\sigma_0 = 1,0 \cdot \epsilon_{ps_0} = 20,0 \text{ t/m}^2$.

$$F_{\alpha\pi} = \frac{63,0}{20,0} = 3,15 \text{ m}^2. \text{ Λαμβάνονται } l_x = 1,10 \text{ m}, l_y = 3,30 \text{ m}$$

(μέ περιθώριο γιά νά παραληφθῇ καί τό ἴδιο βάρος τοῦ πεδίου)

$$\sigma_0 = \frac{63,0}{1,10 \cdot 3,30} = 17,36 \text{ t/m}^2 \implies$$

$$\max M = 17,36 \cdot \frac{1,475^2}{2} \cdot 1,10 = 20,77 \text{ tm}$$

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 9,9 \sqrt{\frac{20,77}{0,35}} = 76 \text{ cm}$$

$$\text{Λαμβάνονται } H = 0,90 \text{ m}, H' = 0,40 \text{ m}$$

Τό μέτρο συμπίεσης λαμβάνεται $E_s = 10^2 \cdot 0,50 \cdot \epsilon_{ps_0} = 100 \text{ kg/cm}^2$.

Ἐπειδή δέν μπορεῖ νά χρησιμοποιηθῇ συνδετήρια δοκός, ἡ διατομή τοῦ ὑποστυλώματος δέν θά "ἀντέχει". Γι' αὐτό λαμβάνεται διατομή $b_x \times b_y = 50 \times 35$.

Β' Έλεγχοι**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

$$b_x = 50 \text{ cm}, \quad b_y = 35 \text{ cm} \Rightarrow u = 5,40 \text{ (πίνακας 7)}$$

$$l_x = 110 \text{ cm}, \quad l_y = 330 \text{ cm} \Rightarrow \pi = 542 \text{ (πίνακας 8)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{5,40}{542} \approx 0,010 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{0,90}{4,90} = 0,18 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 7,84 \\ \gamma_\rho = 0,47 \\ \gamma''_\rho = 0,74 \end{array} \right\} \quad (\text{πίνακας 5})$$

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{7,84}{4,90} \cdot \frac{5,40}{542} \cdot \frac{210000}{100} = 33,48, \quad \epsilon_\rho = \frac{33,48}{36,33} = 0,92$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = \frac{\pi}{1,10} = \frac{2,85}{36,33}, \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \epsilon = \frac{2,85}{36,33} = 0,08$$

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

Βάρος πεδύλου:

$$G_\pi = 2,40 \left[0,40 \cdot 1,10 \cdot 3,30 + \frac{0,50}{4} (1,60 \cdot 3,65 + \right. \\ \left. + \frac{1}{3} \cdot 0,60 \cdot 2,95) \right] = 5,4 \text{ t}$$

Κατασκευαστική εκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{1,10 - 0,50}{2} = 0,30 \text{ m.}$$

Διατομή	Διαστάσεις	Συντελεστής ροπής (1)	$e_k \cdot P$ (2)	$M_{εκκ}$ (1)·(2)	Q	N	γ	Όπλισμός
A	50 × 35 (50 × 40)	$\gamma_p \cdot \epsilon_p = 0,43$	18,9	8,13	5,25	63,0	0,258	$F_e = 3\emptyset 18$ $F_e' = 3\emptyset 18$
B	50 × 35 (50 × 40)	$\gamma_p'' \cdot \epsilon_p = 0,68$	18,9	12,85	5,25	63,0	0,408	$F_e = 2\emptyset 18 + 8\emptyset 20$ $F_e' = 3\emptyset 18$
Βάση	110 × 330	$\epsilon_{εδ} = 0,08$	18,9	1,51	-	68,4	-	$f_{e_x} = \emptyset 10/15$ $f_{e_y} = \emptyset 16/10$

3.1 Έλεγχος σε κάμψη.

Διατομή Β

$$M_e = 12,85 + 0,225 \cdot 63,0 = 27,03 \text{ tm}$$

$$M_e' = \quad - \quad = -1,33 \text{ tm}$$

$$\rho = \frac{27,03}{700 \cdot 0,35 \cdot 0,475^2} = 0,49, \quad \rho' = \frac{-1,33}{700 \cdot 0,40 \cdot 0,475^2} = -0,02$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{2,5}{47,5} = 0,05$$

Γιὰ $\mu_0' = 0,4\% \rightarrow \mu_0 = 1,81\%$ (πίν. 13, Α' τόμος)

$$F_e = \frac{1,81}{100} \cdot 35 \cdot 47,5 = 30,09 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F_e = 2\emptyset 18 + 8\emptyset 20$$

$$F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 47,5 = 6,65 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F'_e = 2\emptyset 18 + 1\emptyset 18$$

Επειδή χρειάζεται πάρα πολύ όπλισμός, λαμβάνεται τελικά διατομή $b_x \cdot b_y = 50 \cdot 40$. Οι υπολογισμοί δεν επαναλαμβάνονται για τό προσδιορισμό των έντατικών μεγεθών, επειδή η διάσταση b_y ελάχιστα επηρεάζει τους συντελεστές κατανομής.

$$\rho = \frac{27,03}{700 \cdot 0,40 \cdot 0,475^2} = 0,43, \quad \rho' = -0,43 \cdot \frac{1,33}{27,03} = -0,02$$

Για $\mu_0 = 0,4\%$ λαμβάνεται $\mu_0 = 1,36\%$

$$F_e = \frac{1,36}{100} \cdot 40 \cdot 47,5 = 25,84 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F_e = 2\emptyset 18 + 7\emptyset 20$$

$$F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 40 \cdot 47,5 = 7,60 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F'_e = 2\emptyset 18 + 1\emptyset 18$$

Διατομή A

$$\frac{y_e}{d} = \frac{22,5}{50,0} = 0,45$$

Για $1000\gamma = 258$ και $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\% \Rightarrow \lambda = 2,1$ (πιν.9α, Α'τόμ.)

$$\sigma_0 = \frac{70}{2,1} = 33,33 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$$

στατικά απαιτούμενη $F_b = \frac{63000}{33,33} = 1890 \text{ cm}^2$.

$$F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 1890 = 7,56 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F_e = F'_e = 2\emptyset 18 + 1\emptyset 18$$

3.2. Έλεγχος σε διάτμηση.

$$\tau_0 = \frac{5,25}{\frac{7}{8} \cdot 0,475 \cdot 0,40} = 31,58 \text{ t/m}^2 < \varepsilon\pi\tau = 60,0 \text{ t/m}^2.$$

4. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

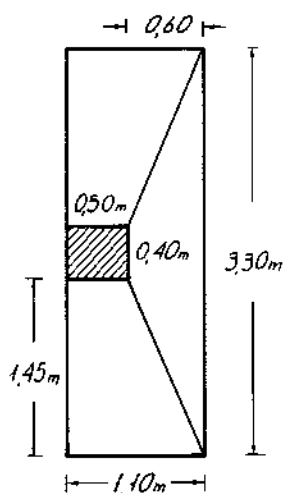
$$\sigma_0 = \frac{68,4}{1,10 \cdot 3,30} = 18,84 \text{ t/m}^2 < \varepsilon\pi\sigma_0.$$

$$\sigma_{1,2} = 18,84 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 1,51}{68,4 \cdot 1,10} \right) = 18,84 (1 \pm 0,12) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 21,10 \text{ t/m}^2 < 1,30\varepsilon\pi\sigma_0 \\ \sigma_2 = 16,58 \text{ t/m}^2 > 0. \end{cases}$$

5. Έλεγχος πεδίου.

5.1 Στατική επίλυση.



$$M_x = 18,84 \cdot \frac{0,60^2}{2} \cdot 3,30 = 11,19 \text{ tm}$$

$$Q_x = 18,84 \cdot 0,60 \cdot 3,30 = 37,30 \text{ t}$$

$$M_y = 18,84 \cdot \frac{1,45^2}{2} \cdot 1,10 = 21,79 \text{ tm}$$

$$Q_y = 18,84 \cdot 1,45 \cdot 1,10 = 30,05 \text{ t}$$

5.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{h_x} = \frac{83}{\sqrt{\frac{11,19}{0,40}}} = 15,7 > K_h^* = 9,9 \Rightarrow K_e = 0,78$$

$$K_{h_y} = \frac{83}{\sqrt{\frac{21,79}{0,50}}} = 12,6 > 9,9 \Rightarrow K_e = 0,80, \quad K_x = 0,32$$

5.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 30,05 \text{ t}, \quad h = 0,83\text{m}, \quad x = 0,32 \cdot 0,83 = 0,27\text{m}$$

$$b' = 0,50 + \frac{0,8 \cdot 0,27}{0,90 - 0,40} \cdot (1,10 - 0,50) = 0,76 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{30,05}{\frac{7}{8} \cdot 0,83 \cdot 0,76} = 54,44 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau = 80,0 \text{ t/m}^2.$$

5.4 Οπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,78 \cdot \frac{11,19}{0,83} = 10,52 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 3,19 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

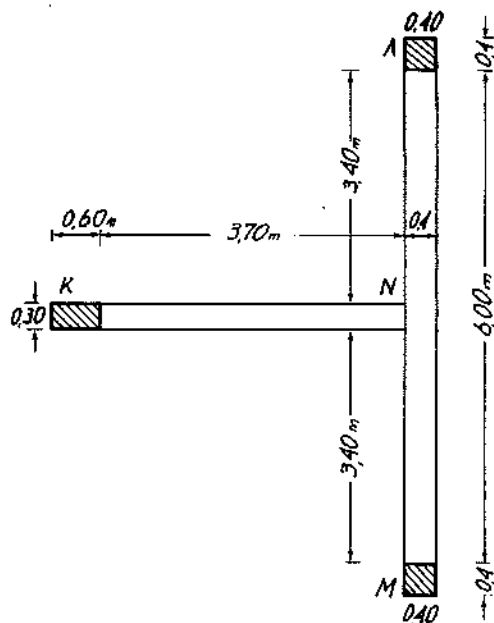
$$f_{e_x} = \emptyset 10/15 \quad (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,80 \cdot \frac{21,79}{0,83} = 21,00 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 19,09 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$f_{e_y} = \emptyset 16/10 \quad (= 20,10 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

ΑΣΚΗΣΗ 38

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση τοῦ ὑποστυλώματος Κ τοῦ σχήματος πού βρίσκεται σέ μεσοτοιχία, φέρει φορτίο $P = 110,0 \text{ t}$ καί ἔχει ὕψος $h_s = 3,50 \text{ m}$.



Δίνονται:

Ροπές λόγω σεισμοῦ στή κεφαλή καί στόν πόδα:

$$M_x = 8,50 \text{ tm}.$$

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους:

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 2,50 \text{ kg/cm}^2$$

Υλικά: B225, St III.

Λύση**Α' Προεκτίμηση**

Κρίνεται ἀπαραίτητη ἡ χρησιμοποίηση συνδετήριας δοκοῦ ΚΝ, πού τό ἄκρο της Ν θά στηρίζεται σέ βοηθητική συνδετήρια δοκοῦ ΑΜ πού συνδέει τά πέδιλα τῶν ὑποστυλωμάτων Α καί Μ. Ἡ δοκός ΚΝ θεωρεῖται μονόπακτη μέ πάκτωση στό Κ καί ἀρθρωση στό Ν (δέν λαμβάνεται ὑπ' ὄψη ἡ στρεπτική ἀκαμψία τῆς ράβδου ΑΜ).

Ἡ ἀπαιτούμενη διατομή τοῦ πεδίου ὑπολογίζεται μέ ὁμοιόμορφη τάση

$$\sigma_0 = 0,90\epsilon\pi\sigma_0 = 0,90 \cdot 25,0 = 22,50 \text{ t/m}^2.$$

$$F_{\alpha\pi} = \frac{110,0}{22,50} = 4,89 \text{ m}^2. \text{ Λαμβάνονται } l_x = 1,40 \text{ m}, l_y = 3,50 \text{ m}$$

$$\sigma_0 = \frac{110,0}{1,40 \cdot 3,50} = 22,45 \text{ t/m}^2 \Rightarrow M_x = 22,45 \cdot \frac{0,80^2}{2} \cdot 3,50 = 25,14 \text{ tm}$$

$$h_{\alpha\pi} = 9,2 \sqrt{\frac{25,14}{0,30}} = 84 \text{ cm.} \quad \text{Λαμβάνονται } H = 100 \text{ cm,} \\ H' = 40 \text{ cm.}$$

$$\text{Είναι } E_S = 0,50 \cdot \epsilon \rho_0 \cdot 10^2 = 0,50 \cdot 2,50 \cdot 10^2 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

$$b_x = 60 \text{ cm, } b_y = 30 \text{ cm} \Rightarrow u = 8,0 \quad (\text{πίν. 7})$$

$$l_x = 140 \text{ cm, } l_y = 350 \text{ cm} \Rightarrow \pi = 1186 \quad (\text{πίν. 8})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{u}{\pi} = \frac{8}{1186} = 0,007 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{1,00}{4,50} = 0,22 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 9,41 \\ \gamma_\rho = 0,45 \\ \gamma''_\rho = 0,68 \end{array} \right\} \quad (\text{πίνακας 5})$$

$$\delta = \frac{\lambda_\rho}{2} \cdot \frac{1}{h_\rho} \cdot I_u = \frac{9,41}{2} \cdot \frac{4,00}{4,50} \cdot 8,0 = 33,46$$

Επειδή η συνδετήρια δοκός είναι μονόπακτη λαμβάνεται

$$\delta = \frac{33,46}{0,75} = 44,61,$$

οπότε από τον πίνακα 7, για $b = 30 \text{ cm}$, λαμβάνεται $d = 100 \text{ cm}$
και $\delta = 37,0$.

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_{\rho} = \frac{\lambda_{\rho}}{h_{\rho}} \cdot \frac{I_u}{I_{\pi}} \cdot \frac{E_D}{E_s} = \frac{9,41}{4,50} \cdot \frac{8,0}{1186} \cdot \frac{210000}{125} = 23,70, \quad \epsilon = 0,36$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{I_x} = 2,24, \quad \epsilon = 0,04$$

$$K_{\delta} = \frac{3}{I_{\delta}} \cdot \frac{I_{\delta}}{I_{\pi}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{3}{4,00} \cdot \frac{37,0}{1186} \cdot \frac{210000}{125} = \frac{39,31}{65,25}, \quad \epsilon_{\delta} = \frac{0,60}{1,00}$$

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

Βάρος πεδίου:

$$G_{\pi} = 2,40 \left[0,40 \cdot 1,40 \cdot 3,50 + \frac{0,60}{4} (2,00 \cdot 3,80 + \frac{1}{3} 0,80 \cdot 3,20) \right] \approx 8,0 \text{ t.}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{1,40 - 0,60}{2} = 0,40 \text{ m.}$$

Διατομή	Διαστάσεις	Συντελεστής ροπής	$e_k \cdot P$	$M_{\text{εγκ}}$	Q	N	γ	Όπλισμός
A	60 × 30	$\gamma_{\rho} \cdot \epsilon_{\rho} = 0,16$	44,0	7,04	5,03	110,0	0,107	$F_e = 4\emptyset 16$ $F'_e = 4\emptyset 16$
B	60 × 30	$\gamma''_{\rho} \cdot \epsilon_{\rho} = 0,24$	44,0	10,56	5,03	110,0	0,160	$F_e = 4\emptyset 16$ $F'_e = 6\emptyset 16$
B''	100 × 30	$\epsilon_{\delta} = 0,60$	44,0	26,40	6,60	5,03	>0,70	$F_e = 6\emptyset 16$
Γ''	100 × 30	0,00	44,0	0,00	6,60	5,03	-	-
Βάση	140 × 350	$\epsilon = 0,04$	44,0	1,76	-	124,60	-	$f_{ex} = \emptyset 10/15$ $f_{ey} = \emptyset 16/12,5$

3.1. Έλεγχος σε κάμψη.**Διατομή Α**

$$\frac{y_e}{d} = 0,45$$

Από τον πίνακα 9α, για $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\%$ και $1000\gamma = 107$ λαμβάνεται $\lambda = 1,39$.

$$\sigma_0 = \frac{90}{1,39} = 64,75 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow F_b = \frac{110000}{64,75} = 1699 \text{ cm}^2$$

$$F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 1699 = 6,80 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F_e = F'_e = 4\phi 16$$

Διατομή Β

Από τον πίνακα 9β, για $1000\gamma = 160$, $\mu_0 = 0,4\%$ και

$$\lambda = \frac{90}{\frac{110000}{60 \cdot 30}} = 1,47 \quad \text{λαμβάνεται} \quad \mu'_0 = 0,66\%.$$

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 60 \cdot 30 = 7,20 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F_e = 4\phi 16$$

$$F'_e = \frac{0,66}{100} \cdot 60 \cdot 30 = 11,88 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad F'_e = 6\phi 16$$

Διατομή Β"

$$M_e = 26,40 + 0,45 \cdot 5,03 = 28,66 \text{ tm.}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{28,66}{0,30}}} = 9,7 > K_h^* = 8,4, \quad K_e = 0,47$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{28,66}{0,95} - \frac{5,03}{2,40} = 12,08 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 6\phi 16$$

3.2. Έλεγχος σε διάτμηση.

3.2.1. Υποστώλωμα

$$\tau_0 = \frac{5,03}{\frac{7}{8} \cdot 0,575 \cdot 0,30} = 33,33 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_0 = 70,0 \text{ t/m}^2.$$

3.2.2. Δοκός

$$\tau_0 = \frac{6,60}{\frac{7}{8} \cdot 0,95 \cdot 0,30} = 26,47 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau_0 = 70,0 \text{ t/m}^2$$

4. Έλεγχος τάσεων έδάφους.

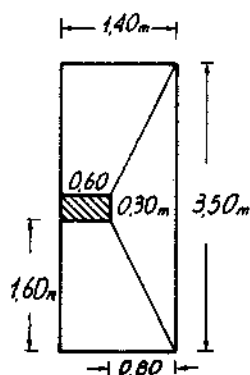
$$\sigma_0 = \frac{124,60}{1,40 \cdot 3,50} = 25,43 \text{ t/m}^2 = \epsilon \pi \sigma_0.$$

$$\sigma_{1,2} = 25,43 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 1,76}{124,6 \cdot 1,40} \right) = 25,43 (1 \pm 0,06) =$$

$$\begin{aligned} &= \begin{cases} \sigma_1 = 26,96 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \pi \sigma_0 \\ \sigma_2 = 23,90 \text{ t/m}^2 \end{cases} \end{aligned}$$

5. Έλεγχος πεδίου.

5.1 Στατική επίλυση.



$$M_x = 25,43 \cdot \frac{0,80^2}{2} \cdot 3,50 = 28,48 \text{ tm}$$

$$Q_x = 25,43 \cdot 0,80 \cdot 3,50 = 71,20 \text{ t}$$

$$M_y = 25,43 \cdot \frac{1,60^2}{2} \cdot 1,40 = 45,57 \text{ tm}$$

$$Q_y = 25,43 \cdot 1,60 \cdot 1,40 = 56,96 \text{ t}$$

5.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{h_x} = \frac{93}{\sqrt{\frac{28,48}{0,30}}} = 9,5 > K_h^* = 9,2, \quad K_e = 0,47$$

$$K_{h_y} = \frac{93}{\sqrt{\frac{45,57}{0,60}}} = 10,7 > 9,2, \quad K_e = 0,46, \quad K_x = 0,29$$

5.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 56,96 \text{ t}, \quad h = 0,93 \text{ m}, \quad x = 0,29 \cdot 0,93 = 0,27 \text{ m}$$

$$b' = 0,60 + \frac{0,8 \cdot 0,27}{1,00 - 0,40} \cdot (1,40 - 0,60) = 0,89 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{56,96}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,89} = 78,65 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

5.4 Οπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,47 \cdot \frac{28,48}{0,93} = 14,39 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 4,11 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

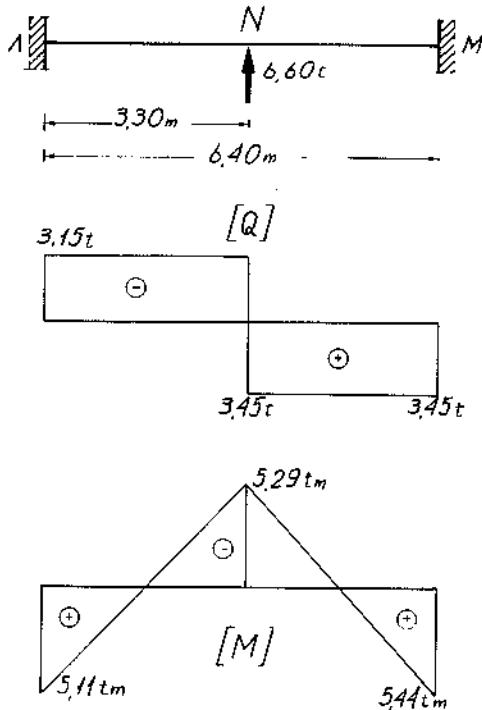
$$f_{e_x} = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

$$F_{e_y} = 0,46 \cdot \frac{45,57}{0,93} = 22,54 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 16,10 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

$$f_{e_y} = \emptyset 16/12,5 (= 16,09 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Παρατήρηση

"Αν τὰ πέδιλα Α καὶ Μ εἶναι κεντρικά, τότε ἡ ἐντατική κατάσταση τῆς ράβδου ΑΜ εἶναι ἡ ἑξῆς:



$$M_A = 6,60 \cdot 3,30 \left(\frac{3,10}{6,40} \right)^2 = +5,11 \text{ tm}$$

$$M_M = 6,60 \cdot 3,10 \left(\frac{3,30}{6,40} \right)^2 = +5,44 \text{ tm}$$

$$Q_A = 6,60 \cdot \frac{3,10}{6,40} - \frac{5,44 - 5,11}{6,40} = 3,15 \text{ t}$$

$$Q_M = 6,60 \cdot \frac{3,30}{6,40} - \frac{5,11 - 5,44}{6,40} = 3,45 \text{ t}$$

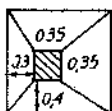
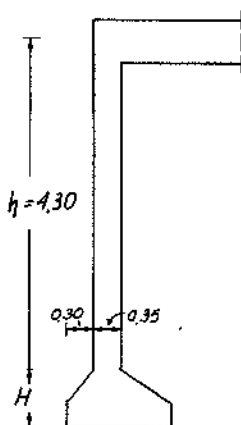
$$M_N = 5,11 - 3,15 \cdot 3,30 = -5,29 \text{ tm}$$

Γιὰ $b = 0,20 \text{ m}$,

$$h_{\alpha\pi} = 9,2 \sqrt{\frac{5,29}{0,20}} = 47,3 \text{ m}$$

Λαμβάνεται $d = 60 \text{ cm}$.

Βέβαια ή δοκός ΑΜ μπορεί νά φορτίζεται, έκτός από τή δύναμη 6,60 t, καί μέ φορτία αντίθετης φοράς (ΰδιο βάρος, επίκάλυψη κ.τ.λ.), όπότε ή ένταση τής ράβδου είναι πολύ εύμενέστερη.

ΑΣΚΗΣΗ 39

Ζητείται ο υπολογισμός της θεμελίωσης υποστυλώματος οικόδομικού έργου με διατομή 35×35 , πού φέρει φορτίο $P = 45,0$ t. Η θεμελίωση γίνεται σε συνεκτικό έδαφος με τὸ περιορισμὸ προεξοχῆς τοῦ πεδύλου κατὰ 30 cm πρὸς τὴ μία διεύθυνση καὶ 40 cm πρὸς τὴν ἄλλη.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους:

$$\epsilon\sigma_0 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$$

Υλικά: B225, St III.

Ἡ σεισμικὴ ἔνταση $H_i \cdot h = 3,20$ tm, θεωρεῖται ὅτι παραλαμβάνεται ἀπὸ τὴ κεφαλὴ τοῦ υποστυλώματος.

Λύση**Α' Προεκτίμηση**

Εἶναι $F_{ap} = \frac{45,0}{30,0} = 1,50 \text{ m}^2$. Λαμβάνεται $l_x = l_y = 1,25 \text{ m}$

$$c_x = 1,25 - (0,30 + 0,35) = 0,60 \text{ m.} \quad c_y = 0,50 \text{ m.}$$

$$M_x = 30,0 \cdot \frac{0,60^2}{2} \cdot 1,25 = 6,75 \text{ tm.}$$

$$h_{ap} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 9,2 \sqrt{\frac{6,75}{0,35}} = 40,4 \text{ cm.}$$

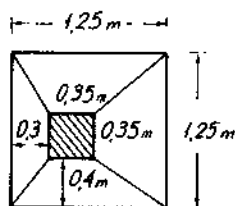
Λαμβάνεται $H = 0,70 \text{ m,} \quad H' = 0,30 \text{ m.}$

Τό μέτρο συμπίεσης εκτιμάται σε

$$E_s = 10^2 \cdot 0,5 \cdot 3,0 = 150 \text{ kg/cm}^2$$

Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.



$$b_x = b_y = 35 \text{ cm} \Rightarrow v = 1,85 (\text{πίν.7})$$

$$l_x = l_y = 125 \text{ cm} \Rightarrow \pi = 301$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_v}{I_\pi} = \frac{1,85}{301} = 0,006 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{0,70}{5,00} = 0,14 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 6,84 \\ \gamma_\rho = 0,48 \\ \gamma''_\rho = 0,79 \end{array} \right.$$

(πίνακας 5)

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_v}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{6,80}{5,00} \cdot \frac{1,85}{301} \cdot \frac{210000}{150} = 11,77 \quad \epsilon_\rho = 0,82$$

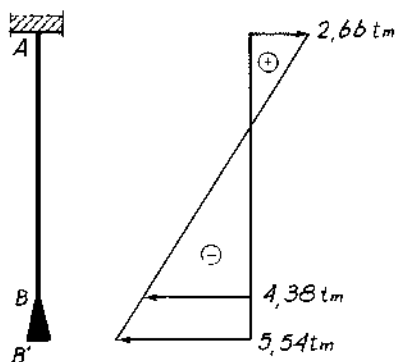
$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = \frac{\pi}{1,25} = \frac{2,51}{14,28} \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{0,18}{1,00}$$

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

Διεύθυνση x

Κατασκευαστική εκκεντρότητα:

$$e_{k_x} = \frac{1,25 - 0,35}{2} - 0,30 = 0,15 \text{ m}$$



$$M_{B'} = -\epsilon_{\rho} \cdot e_{kx} \cdot P = -0,82 \cdot 0,15 \cdot$$

$$\cdot 45,0 = -5,54 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma''_{\rho} \cdot M_{B'} = -0,79 \cdot 5,54 =$$

$$= 4,38 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = +0,48 \cdot 5,54 =$$

$$= 2,66 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{4,38 + 2,66}{4,30} = 1,64 \text{ t}$$

Διεύθυνση ψ

Κατασκευαστική έκκεντρώση

$$e_{ky} = \frac{1,25 - 0,35}{2} - 0,40 =$$

$$= 0,05 \text{ t.}$$

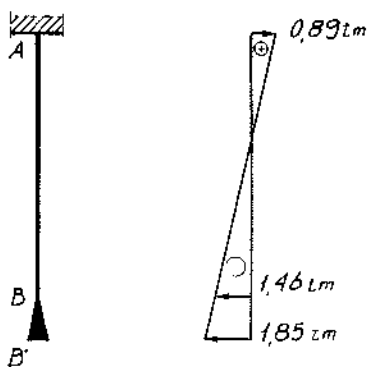
$$M_{B'} = -\epsilon_{\rho} \cdot e_{ky} \cdot P = -0,82 \cdot 0,05 \cdot$$

$$\cdot 45,0 = -1,85 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma''_{\rho} \cdot M_{B'} = -0,79 \cdot 1,85 = -1,46 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = 0,48 \cdot 1,85 = 0,89 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{1,46 + 0,89}{4,30} = 0,55 \text{ t.}$$

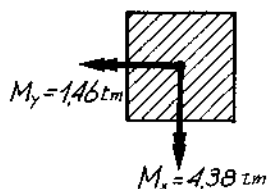


ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θ.ΤΑΣΙΟΣ: "Μαθήματα 'Ωπλισμένου Σκυροδέματος" 1974.
2. F.LEONHARDT - E.MÖNNIG: "Ἡ τέχνη τοῦ ὀπλισμοῦ" 1974.
3. H.RÜSCH: "Ὀπλισμένον καί Προεντεταμένον Σκυρόδεμα" 1973.
4. J.HAHN: "Πλάκες, πλαίσια, συνεχεῖς δοκοί, θεμελιώσεις ἐπὶ ἐλαστικοῦ ἐδάφους" 1974.
5. BETON - KALENDER: 1971, 1972, 1975.
6. Π.ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ: "Ἡ μέθοδος CROSS" 1959.
7. E.OUVRIER: "Die Bemessung Von Gedrückten Stahlbetonsäulen" 1966.
8. W.STIEGLER: "Τό ἔδαφος στίς θεμελιώσεις" 1973.
9. K.TERZAGHI - R.B.PECK: "Ἐφαρμοσμένη ἐδαφομηχανική" 1969.
10. Α.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ: "Ἐφαρμογές ὀπλισμένου Σκυροδέματος" 1976.

3.1. Έλεγχος σε κάμψη

Διατομή Β



Επειδή η κάμψη είναι διαξονική ή έπιτρεπόμενη τάση του σκυροδέματος είναι

$\epsilon_{ps_b} = 100 \text{ kg/cm}^2$ (πίνακας 11 ΣΓ.β. τόμος Α)

$$\gamma_{o\lambda} = \gamma_x + \gamma_y = \frac{4,38}{45,0 \cdot 0,35} + \frac{1,46}{45,0 \cdot 0,35} = 0,37 < 0,45 \text{ (στάδιο Ι)}$$

$$\text{Γιὰ } 1000\gamma = 370, \quad \lambda = \frac{100}{\frac{45000}{35 \cdot 35}} = 2,72 \text{ από τον πίνακα 8α} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu_o = \mu'_o = 0,45\% \Rightarrow$$

$$F_e = F'_e = \frac{0,45}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 5,51 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = F'_e = 2\emptyset 20$$

Διατομή Α

Η διατομή Α θεωρήθηκε ότι παραλαμβάνει τή ροπή λόγω σεισμού, όποτε η ένταση είναι:

$$M_x = 2,66 \text{ tm} \text{ καί } M_y = \frac{0,89 + 3,20}{1,20} = 3,41 \text{ tm}$$

$$\eta \quad M_x = \frac{2,66 + 3,20}{1,20} = 4,88 \text{ tm} \text{ καί } M_y = 0,89 \text{ tm}$$

$$\gamma_{o\lambda} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{2,66}{45,0 \cdot 0,35} + \frac{3,41}{45,0 \cdot 0,35} \\ \frac{4,88}{45,0 \cdot 0,35} + \frac{0,89}{45,0 \cdot 0,35} \end{array} \right\} = 0,385 < 0,45 \text{ (στάδιο Ι)}.$$

Γιὰ $1000\gamma = 385$, $\lambda = 2,72 \Rightarrow \mu_0 = \mu'_0 \approx 0,5\%$ (πλν. 8α).

$$F_e = F'_e = \frac{0,5}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 6,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = F'_e = 2\emptyset 20$$

3.2. "Ελεγχος σέ διάτμηση

Η τέμνουσα δύναμη είναι πολύ μικρή.

4. "Ελεγχος τάσεων έδάφους.

Βάρος πεδίου:

$$G = 2,40 \left[0,30 \cdot 1,25^2 + \frac{0,40}{4} (1,60^2 + \frac{1}{3} \cdot 0,90^2) \right] = 1,80 \text{ t.}$$

$$\sigma_0 = \frac{46,8}{1,25 \cdot 1,25} = 29,95 \text{ t/m}^2.$$

$$M_x^{\text{εχκ}} = 0,18 \cdot 0,15 \cdot 45,0 = 1,22 \text{ tm}, \quad e_x = \frac{1,22}{46,8} = 0,026, \quad \frac{e_x}{l_x} = 0,02$$

$$M_y^{\text{εχκ}} = 0,18 \cdot 0,05 \cdot 45,0 = 0,41 \text{ tm}, \quad e_y = \frac{0,41}{46,8} = 0,009, \quad \frac{e_y}{l_y} = 0,01$$

$$\text{Από τόν πίνακα 4} \Rightarrow \mu = 1,18 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \max \sigma = \mu \cdot \sigma_0 = 1,18 \cdot 29,95 = 35,34 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \sigma_0 = 39,0 \text{ t/m}^2$$

5. "Ελεγχος πεδίου.

5.1 Στατική επίλυση.

Η επίλυση γίνεται μέ όμοιόμορφη τάση $\sigma_0 = 29,95 \text{ t/m}^2$

$$M_x = 29,95 \cdot \frac{0,60^2}{2} \cdot 1,25 = 6,74 \text{ tm}$$

$$Q_x = 29,95 \cdot 0,60 \cdot 1,25 = 22,46 \text{ t}$$

$$M_y = 29,95 \cdot \frac{0,50^2}{2} \cdot 1,25 = 4,68 \text{ tm}$$

$$Q_y = 29,95 \cdot 0,50 \cdot 1,25 = 18,72 \text{ t}$$

5.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{63}{\sqrt{\frac{6,74}{0,35}}} = 14,4 > K_h^* = 9,2 \Rightarrow K_e = 0,45, \quad K_x = 0,23$$

$$K_{hy} = \frac{63}{\sqrt{\frac{4,68}{0,35}}} = 17,2 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,45$$

5.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 22,46 \text{ t}, \quad h = 0,63 \text{ m}, \quad x = 0,23 \cdot 0,63 = 0,145 \text{ m}$$

$$b' = 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,145}{0,70 - 0,30} (1,25 - 0,35) = 0,61 \text{ m}$$

$$\max \tau = \frac{22,46}{\frac{7}{8} \cdot 0,63 \cdot 0,61} = 66,80 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \tau = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

5.4 Όπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{6,74}{0,63} = 4,81 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

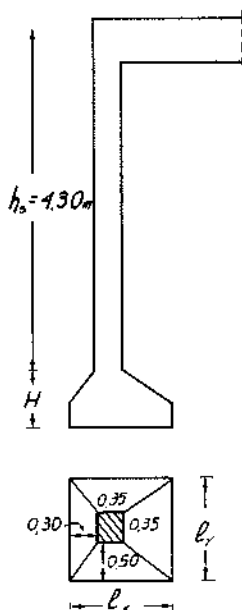
$$\Rightarrow f_{e_x} = \emptyset 10/15$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{4,68}{0,63} = 3,34 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 2,67 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{ey} = \emptyset 10/15$$

ΑΣΚΗΣΗ 40

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση τοῦ ὑποστυλώματος τοῦ σχήματος πού φορτίζεται μέ φορτίο $P = 75,0 \text{ t}$.



Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους:

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 2,50 \text{ kg/cm}^2.$$

Υλικά: B225, St III.

Ἡ σεισμική ἔνταση $H_1 \cdot h = 6,00 \text{ tm}$, κατανέμεται ἐξ ἴσου στό πόδα Β καί στή κεφαλή Α.

Θά χρησιμοποιηθῇ συνδετήρια δοκοὶ καί πρὸς τίς δύο διευθύνσεις μέ ἀνοιγμα $l_\delta = 4,00 \text{ m}$.

Λύση

Α' Προεκτίμηση

Ὁ ὑπολογισμός τῶν διαστάσεων τοῦ πεδίου γίνεται μέ $\sigma_0 = 0,75 \cdot \epsilon\pi\sigma_0$, ἐπειδὴ οἱ δύο συνδετήριες δοκοὶ θά δώσουν πρόσθετη θλίψη στό ἔδαφος.

$$F_{\alpha\pi} = \frac{75,0}{0,75 \cdot 25,0} = 4,00 \text{ m}^2. \quad \text{Λαμβάνεται } l_x = l_y = 2,00 \text{ m}.$$

Ἐπειδὴ ἡ ἔνταση εἶναι διαξονική, ἡ διατομή τοῦ ὑποστυλώματος 35×35 δέν ἀντέχει, γι' αὐτό λαμβάνεται 40×40 .

$$c_x = 2,00 - (0,30 + 0,40) = 1,30 \text{ m} \quad \Rightarrow$$

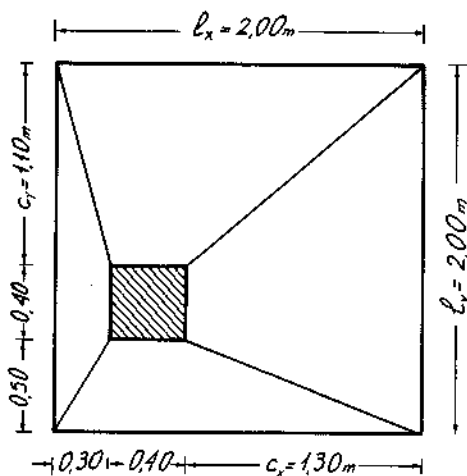
$$\Rightarrow M_x = 25,0 \cdot \frac{1,30^2}{2} \cdot 2,00 = 42,25 \text{ tm}$$

$$h_{\alpha\pi} = 9,2 \sqrt{\frac{42,25}{0,40}} = 95 \text{ cm.} \quad \text{Λαμβάνεται } H = 1,10 \text{ m,} \\ H' = 0,40 \text{ m}$$

$$E_s = 0,50 \cdot \epsilon_{\sigma_0} \cdot 10^2 = 0,50 \cdot 2,50 \cdot 10^2 = 125 \text{ kg/cm}^2.$$

Β' Έλεγχοι

1. Γεωμετρικά στοιχεία.



$$b_x = b_y = 40 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$v = 3,16 \text{ (πλν. 7)}$$

$$l_x = l_y = 200 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$\pi = 1975 \text{ (πλν. 8)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_v}{I_\pi} = \frac{3,16}{1975} \approx 0,00 \\ \frac{H}{h_p} = \frac{1,10}{5,40} = 0,20 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_p = 9,69 \\ \gamma_p = 0,45 \\ \gamma_p'' = 0,71 \end{array} \right\} \text{ (πλν. 5)}$$

$$\delta = \frac{\lambda_p}{2} \cdot \frac{1_\delta}{h_p} \cdot I_v = \frac{9,69}{2} \cdot \frac{4,00}{5,4} \cdot 3,16 = 11,34$$

Λαμβάνεται και πρὸς τὶς δύο διευθύνσεις δοκὸς μέ $b = 20 \text{ cm}$ καὶ $a = 100 \text{ cm}$ ($\delta = 24,7$), ἀρκετὰ μεγάλη, γιὰ νά ἀνακοιφίσῃ τὸ ὑποστύλωμα, ὅπου ἡ ἔνταση εἶναι διαξονικὴ καὶ ἐπομένως (δι-αίτερα ἔντονη).

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_{\rho} = \frac{\lambda}{h_{\rho}} \cdot \frac{I_{\nu}}{I_{\kappa}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{9,69}{5,40} \cdot \frac{3,16}{1975} \cdot \frac{210000}{125} = 4,82 \quad \epsilon_{\rho} = 0,17$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = \quad = 1,57 \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = 0,06$$

$$K_{\delta} = \frac{4}{l_{\delta}} \cdot \frac{I_{\delta}}{I_{\kappa}} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{4}{4,00} \cdot \frac{24,7}{1975} \cdot \frac{210000}{125} = 21,01 \quad \epsilon_{\delta} = 0,77$$

27,40

1,00

Οι συντελεστές κατανομής είναι ίδιοι και προς τις δύο διευθύνσεις.

3. Στατική επίλυση και έλεγχος διατομών

Διεύθυνση x

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_{k_x} = \frac{2,00 - 0,40}{2} - 0,30 = 0,50m$$

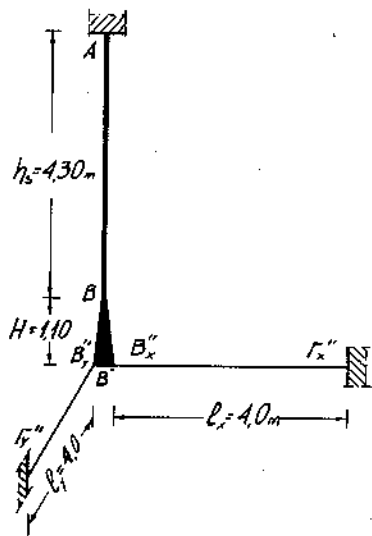
α. Υποστύλωμα

$$M_{B'} = -\epsilon_{\rho} \cdot e_{k_x} \cdot P = -0,17 \cdot 0,50 \cdot 75,0 = -6,38 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 6,38 = -4,53 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = 0,45 \cdot 6,38 = 2,87 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{2,87 + 4,53}{4,30} = 1,72 \text{ t}$$



β. Δοκός

$$M_{B''} = -\varepsilon_{\delta} \cdot e_{k_x} \cdot P = -0,77 \cdot 0,50 \cdot 75,0 = -28,88 \text{ tm}$$

$$M_{\Gamma''} = -\frac{1}{2} M_{B''} = \frac{1}{2} 28,88 = 14,44 \text{ tm}$$

$$Q_{B''\Gamma''} = \frac{14,44 + 28,88}{4,00} = 10,83 \text{ t}$$

Διεύθυνση ψ

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_{k_y} = \frac{2,00 - 0,40}{2} - 0,50 = 0,30 \text{ m}$$

α. Υποστώλωμα

$$M_{B'} = -\varepsilon_{\rho} \cdot e_{k_y} \cdot P = -0,17 \cdot 0,30 \cdot 75,0 = -3,83 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma_{\rho}'' \cdot M_{B'} = -0,71 \cdot 3,83 = -2,72 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_{\rho} \cdot M_{B'} = 0,45 \cdot 3,83 = 1,72 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{1,72 + 2,72}{4,30} = 1,03 \text{ t}$$

β. Δοκός

$$M_{B''} = -\varepsilon_{\delta} \cdot e_{k_y} \cdot P = -0,77 \cdot 0,30 \cdot 75,0 = -17,33 \text{ tm}$$

$$M_{\Gamma''} = -\frac{1}{2} M_{B''} = \frac{1}{2} 17,33 = 8,67 \text{ tm}$$

$$Q_{B''\Gamma''} = \frac{8,67 + 17,33}{4,00} = 6,50 \text{ t}$$

3.1. Έλεγχος σε κάμψη

Υποστώλωμα

Διατομή Β

Η δυσμενέστερη ένταση προκύπτει με ένα από τα δύο ζεύγη ροπών:

$$M_x = 4,53 \text{ tm}, \quad M_y = \frac{2,72 + 3,00}{1,20} = 4,77 \text{ tm}$$

$$\text{καί} \quad M_x = \frac{4,53 + 3,00}{1,20} = 6,28 \text{ tm}, \quad M_y = 2,72 \text{ tm}$$

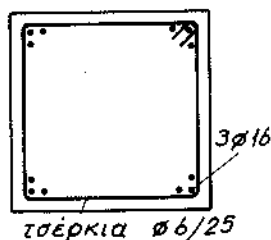
όπου $M_{\sigma\epsilon\lambda\sigma}^x = M_{\sigma\epsilon\lambda\sigma}^y = 3,00 \text{ tm}$ στις διατομές Α και Β.

Δυσμενέστερο είναι το πρώτο ζεύγος.

$$\text{Άρα} \quad \gamma_{o\lambda} = \frac{4,53}{75,0 \cdot 0,40} + \frac{4,77}{75,0 \cdot 0,40} = 0,310 < 0,450 \text{ (στάδιο I)}$$

$$\text{Γιὰ} \quad 1000\gamma = 310 \quad \text{καί} \quad \lambda = \frac{100}{\frac{75000}{40 \cdot 40}} = 2,13 \quad \Rightarrow \quad \mu_o = \mu'_o \cong 0,7\%$$

(πλν. 8α).



$$F_e = F'_e = \frac{0,7}{100} \cdot 40 \cdot 40 = 11,2 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_e = F'_e = 6\phi 16.$$

Διατομή Α

$$M_x = 2,87 \text{ tm}, \quad M_y = \frac{1,72 + 3,00}{1,20} = 3,93 \text{ tm}$$

$$\eta \quad M_x = \frac{2,87 + 3,00}{1,20} = 4,89 \text{ tm}, \quad M_y = 1,72 \text{ tm}$$

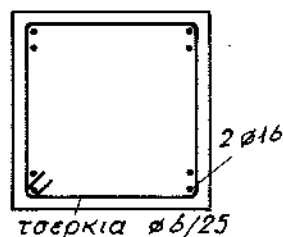
Δυσμενέστερο είναι το πρώτο ζεύγος ροπών.

$$\gamma_{o\lambda} = \frac{2,87}{75,0 \cdot 0,40} + \frac{3,93}{75,0 \cdot 0,40} = 0,227 < 0,450 \text{ (στάδιο I)}$$

Γιά $1000\gamma = 227$ και $\lambda = 2,13 \Rightarrow \mu_0 = \mu'_0 < 0,4\%$ (πίν. 8α)

Βρίσκεται η στατικά απαιτούμενη διατομή.

Γιά $1000\gamma = 227$ και $\mu_0 = \mu'_0 = 0,4\% \Rightarrow \lambda = 2,0$ (πίν. 8α)



$$\sigma_b = \frac{100}{2,0} = 50,0 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$$

$$F_b = \frac{75000}{50,0} = 1500 \text{ cm}^2$$

$$F_e = F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 1500 = 6,00 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow F_e = F'_e = 4\phi 16.$$

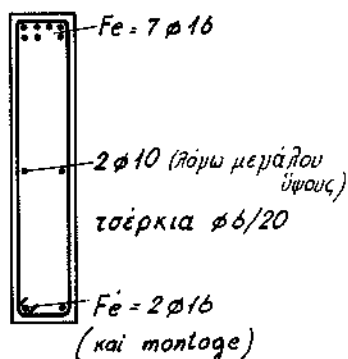
Συνδετήρια δοκός κατά την διεύθυνση x

Διατομή Β''

$$\gamma > 0,70, \quad \frac{\epsilon \rho \sigma_b}{\epsilon \rho \sigma_e} = \frac{90}{2400}, \quad K_h^* = 8,4$$

$$M_e = 28,88 + 0,45 \cdot 1,72 = 29,65 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{29,65}{0,20}}} = 7,8 < K_h^* \Rightarrow K_e = 0,47, \quad K'_e = 0,13$$



$$F_e = 0,47 \cdot \frac{29,65}{0,95} - \frac{1,72}{2,40} = 13,95 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow F_e = 7\phi 16$$

$$F'_e = 0,13 \cdot \frac{29,65}{0,95} = 4,06 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow F'_e = 2\phi 16$$

Διατομή Γ''

$$\gamma > 0,70$$

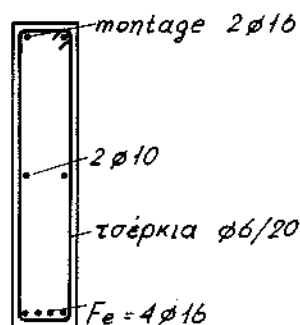
$$M_e = 14,44 + 0,45 \cdot 1,72 = 15,21 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{15,21}{0,20}}} = 10,9 > K_h^* \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{15,21}{0,95} = 7,36 \text{ cm}^2$$

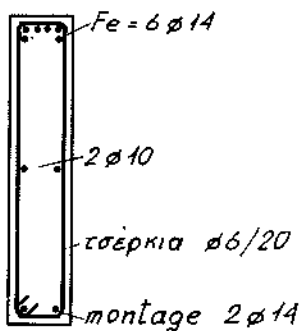
$$\Rightarrow F_e = 4\phi 16$$

**Συνδεδητήρια δοκός κατά την διεύθυνση ψ****Διατομή Β''**

$$M_e = 17,33 + 0,45 \cdot 1,03 = 17,79 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{17,79}{0,20}}} = 10,1 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{17,79}{0,95} = 8,61 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 6\phi 14$$

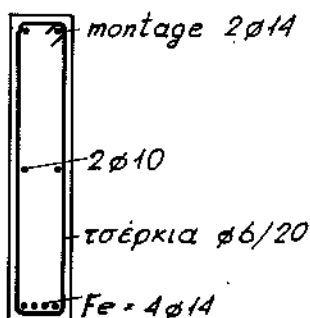
**Διατομή Γ''**

$$M_e = 8,67 + 0,45 \cdot 1,03 = 9,13 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{95}{\sqrt{\frac{9,13}{0,20}}} = 14,1 \Rightarrow K_e = 0,45$$

$$F_e = 0,45 \cdot \frac{9,13}{0,95} = 4,32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Τοποθετούνται } F_e = 4\phi 14$$



3.2. Έλεγχος σε διάτμηση

Δέν υπάρχει πρόβλημα διάτμησης.

4. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

$$G_{\pi} = 2,40 \left[2,00 \cdot 2,00 \cdot 0,40 + \frac{0,70}{4} (2,40^2 + \frac{1}{3} \cdot 1,60^2) \right] = 6,6 \text{ t.}$$

$$P_{o\lambda} = 75,0 + 6,6 + 10,83 + 6,50 = 98,93 \text{ t}$$

$$\sigma_o = \frac{98,93}{2,00 \cdot 2,00} = 24,73 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_o.$$

$$M_{\epsilon\kappa\kappa}^x = 0,06 \cdot 0,50 \cdot 75,0 = 2,25 \text{ tm} \Rightarrow e_x = \frac{2,25}{98,93} = 0,023 \Rightarrow$$

$$\frac{e_x}{l_x} = 0,012$$

$$M_{\epsilon\kappa\kappa}^y = 0,06 \cdot 0,30 \cdot 75,0 = 1,35 \text{ tm} \Rightarrow e_y = \frac{1,35}{98,93} = 0,014 \Rightarrow$$

$$\frac{e_y}{l_y} = 0,007.$$

$$\text{Από τόν πίνακα 4, για } \frac{e_x}{l_x} = 0,012 \text{ και } \frac{e_y}{l_y} = 0,007 \Rightarrow$$

$$\mu < 1,30 \Rightarrow \max \sigma = \mu \cdot \sigma_o < 1,30 \cdot \sigma_o < 1,30 \cdot \epsilon \sigma_o$$

5. Έλεγχος πεδίου

5.1 Στατική επίλυση.

$$M_x = 24,73 \cdot \frac{1,30^2}{2} \cdot 2,00 = 41,79 \text{ tm}$$

$$Q_x = 24,73 \cdot 1,30 \cdot 2,00 = 64,30 \text{ t}$$

$$M_y = 24,73 \cdot \frac{1,10^2}{2} \cdot 2,00 = 29,92 \text{ tm}$$

$$Q_y = 24,73 \cdot 1,10 \cdot 2,00 = 54,41 \text{ t.}$$

5.2 Έλεγχος σε κάμψη.

$$K_{h_x} = \frac{103}{\sqrt{\frac{41,79}{0,40}}} = 10,1 > K_h^* = 9,2 \implies K_e = 0,46, \quad K_x = 0,30$$

$$K_{h_y} = \frac{103}{\sqrt{\frac{29,92}{0,40}}} = 11,9 > 9,9 \implies K_e = 0,46$$

5.3 Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 64,30, \quad h = 1,03 \text{ m}, \quad x = 0,30 \cdot 1,03 = 0,31 \text{ m.}$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,31}{1,10 - 0,40} \cdot (2,00 - 0,40) = 0,97 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{64,30}{\frac{7}{8} \cdot 1,03 \cdot 0,97} = 73,55 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\tau} = 90,0 \text{ t/m}^2$$

5.4 Οπλισμός.

$$F_{e_x} = 0,46 \cdot \frac{41,79}{1,03} = 18,66 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 9,33 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

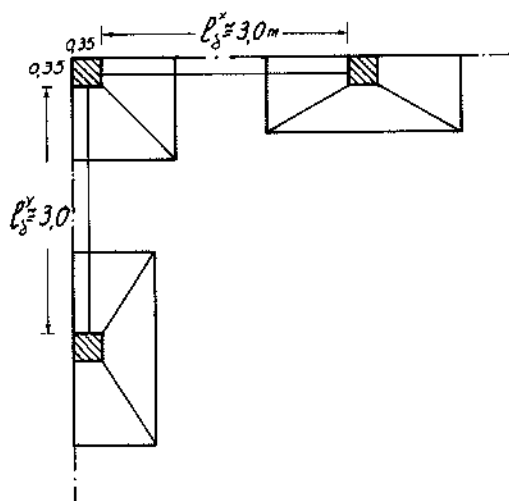
$$f_{e_x} = \emptyset 12/12$$

$$F_{e_y} = 0,46 \cdot \frac{29,92}{1,03} = 13,36 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 6,68 \text{ cm}^2/\text{m} \implies$$

$$f_{e_y} = \emptyset 10/11$$

Παρατήρηση

Κατά τη διεύθυνση y ήταν δυνατό να ληφθῇ μικρότερη διατομή συνδετήρων δοκοῦ, ἀλλὰ τότε θὰ ἐπιβαρύνονταν τό ὑποστύλωμα.

ΑΣΚΗΣΗ 41

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος διατομῆς 35×35 , ὕψους $h_s = 3,20$ m, πού φέρει φορτίο $P = 33,0$ t καί βρίσκεται στή συμβολή δύο μεσοτοιχιῶν.

Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους:

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 3,00 \text{ kg/cm}^2.$$

Υλικά: B160, St I.

Λύση**Α' Προεκτίμηση**

$$F_{\alpha\pi} = \frac{33,0}{0,75 \cdot 30,0} = 1,47 \text{ m}^2. \text{ Λαμβάνονται } l_x = l_y = 1,25 \text{ m.}$$

$$c_x = c_y = 1,25 - 0,35 = 0,90 \text{ m.}$$

$$M_x = M_y = 30,0 \cdot \frac{0,90^2}{2} \cdot 1,25 = 15,19 \text{ tm.}$$

$$h_{\alpha\pi} = 9,9 \sqrt{\frac{15,19}{0,35}} = 65 \text{ cm. Λαμβάνονται } H = 0,80 \text{ m, } H' = 0,35 \text{ m}$$

$$E_s \approx 0,50 \cdot \epsilon\pi\sigma_0 \cdot 10^2 = 0,50 \cdot 30,0 \cdot 10^2 = 150,0 \text{ kg/cm}^2.$$

Β' Ἐλεγχοι**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

$$b_x = b_y = 35 \text{ cm} \implies u = 1,85 \text{ (πίν. 7)}$$

$$l_x = l_y = 125 \text{ cm} \implies \pi = 301$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{v}{\pi} = \frac{1,85}{301} = 0,005 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{0,80}{4,00} = 0,20 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 8,73 \\ \gamma_\rho = 0,46 \\ \gamma'_\rho = 0,71 \end{array} \right\} \quad (\text{πίν. 5})$$

$$\delta_x = \delta_y = \frac{\lambda_\rho}{2} \cdot \frac{I_\delta}{h_\rho} \cdot I_u = \frac{8,73}{2} \cdot \frac{3,00}{4,00} \cdot 1,85 = 6,06$$

Επειδή τό υποστύλωμα καταπονείται σέ διαξονική κάμψη, γιά νά άντέχει, πρέπει οί δοκοί νά παραλαμβάνουν μεγαλύτερη ροπή. Γι' αυτό λαμβάνεται $b = 20 \text{ cm}$ καί $d = 80 \text{ cm}$ (όσο είναι καί τό ύψος τοῦ πεδίου), μέ $\delta = 12,6$.

2. Συντελεστές κατανομῆς

Εἶναι ἴδιοι καί πρός τίς δύο διευθύνσεις

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{8,73}{4,00} \cdot \frac{1,85}{301} \cdot \frac{210.000}{150,0} = 18,78 \quad \epsilon_\rho = 0,19$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x} = \frac{\pi}{1,25} = 2,51 \quad \epsilon = 0,02$$

$$K_\delta = \frac{4}{1_\delta} \cdot \frac{I_\delta}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{4}{3,00} \cdot \frac{12,6}{301} \cdot \frac{210.000}{150,0} = 78,14 \quad \epsilon_\delta = \frac{0,79}{99,43} = 1,00$$

3. Στατική επίλυση καί έλεγχος διατομῶν

Βάρος πεδίου:

$$G_\pi = 2,40 \left[0,35 \cdot 1,25^2 + \frac{0,45}{4} (1,60^2 + \frac{1}{3} \cdot 0,90^2) \right] = 2,0 \text{ t}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_{k_x} = e_{k_y} = \frac{1,25 - 0,35}{2} = 0,45 \text{ m}$$

Διατομή	Διαστάσεις	Συντελεστής ροπής	$e_{k_x} \cdot P, e_{k_y} \cdot P$	M_{EKK}^x, M_{EKK}^y	Q	N	γ_x, γ_y	Όπλισμός
A	35 × 35	$\gamma_p \cdot \epsilon_p = 0,09$	14,85	1,34	1,02	33,0	0,116	4Ø20
B	35 × 35	$\gamma_p' \cdot \epsilon_p = 0,13$	14,85	1,93	1,02	33,0	0,167	4Ø20
B_x'', B_y''	80 × 20	$\epsilon_\delta = 0,79$	14,85	11,73	5,87	1,02	>0,70	$F_e = 3Ø16 + 3Ø18$
Γ_x'', Γ_y''	80 × 20	$\frac{1}{2}\epsilon_\delta = 0,395$	14,85	5,87	5,87	1,02	>0,70	$F_e = 3Ø16$
Βάση	125 × 125	$\epsilon = 0,02$	14,85	0,30	-	46,74	-	$f_{e_x} = f_{e_y} =$ $= Ø14/11$

Η αξονική δύναμη στη βάση είναι $N = P + G_k + Q_{B_x''} + Q_{B_y''}$

3.1. Έλεγχος σέ κάμψη

Διατομή B

$$\gamma_{0\lambda} = \gamma_x + \gamma_y = 2 \cdot 0,167 = 0,334 < 0,450 \text{ (στάδιο I)}$$

$$\epsilon_{ps_b} = 80 \text{ kg/cm}^2 \text{ (διαξονική κάμψη)}$$

$$\text{Για } 1000\gamma = 334 \text{ και } \lambda = \frac{80}{\frac{33000}{35 \cdot 35}} = 2,97, \text{ από τον πίνακα 8α } \Rightarrow$$

$$\mu_0 = \mu_0' = 0,4\%$$

$$F_e = F_e' = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 4,90 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$F_e = F_e' = 2Ø18 (= 5,08 \text{ cm}^2)$$

καί επειδή είναι γωνιακό τό υποστόλωμα $F_e = F_e' = 2Ø20$ (άντισταθμιστικός κανονισμός).

Διατομή Α

$$\gamma_{o\lambda} = \gamma_x + \gamma_y = 2 \cdot 0,116 = 0,232 < 0,450 \quad (\text{στάδιο I}).$$

$$\text{Γιὰ } 1000\gamma = 232 \text{ καί } \lambda = 2,97 \implies \mu_o = \mu'_o < 0,4\%.$$

$$\text{Ο όπλισμός } F_e = F'_e = 2\phi 20 \text{ άρκεϊ}$$

Διατομή Β_x, Β_ψ

$$M_e = 11,73 + 0,35 \cdot 1,02 = 12,09 \text{ tm}$$

$$\frac{\varepsilon_{\sigma_b}}{\varepsilon_{\sigma_e}} = \frac{70}{1400} \implies K_h^* = 8,8$$

$$K_h = \frac{75}{\sqrt{\frac{12,09}{0,20}}} = 9,6 > K_h^* \implies K_e = 0,82$$

$$F_e = 0,82 \cdot \frac{12,09}{0,75} - \frac{1,02}{1,40} = 12,49 \text{ cm}^2 \implies F_e = 3\phi 16 + 3\phi 18$$

Διατομή Γ_x, Γ_ψ

$$M_e = 5,87 + 0,35 \cdot 1,02 = 6,23 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{75}{\sqrt{\frac{6,23}{0,20}}} = 13,4 > K_h^* \implies K_e = 0,79$$

$$F_e = 0,79 \cdot \frac{6,23}{0,75} - \frac{1,02}{1,40} = 5,83 \text{ cm}^2 \implies F_e = 3\phi 16$$

3.2. Έλεγχος σέ διάτμηση

Δέν υπάρχει πρόβλημα διάτμησης ούτε στο ύποστύλωμα ($Q = 1,02 \text{ t}$), ούτε στις συνδετήριες δοκούς ($Q = 5,87 \text{ t}$).

4. "Έλεγχος τάσεων εδάφους.

$$\sigma_0 = \frac{46,74}{1,25 \cdot 1,25} = 29,91 \text{ t/m}^2 < \epsilon\sigma_0 = 30,0 \text{ t/m}^2$$

$$M_{\epsilon\kappa\kappa}^x, M_{\epsilon\kappa\kappa}^y = 0,30 \text{ tm}, \quad P = 33,0 \text{ t} \quad \implies$$

$$e_x = e_y = \frac{0,30}{33,0} = 0,009 \implies \frac{e_x}{l_x} = \frac{e_y}{l_y} = 0,007,$$

όποτε από τόν πίνακα 4 $\implies \mu = < 1,30$ καί $\mu\sigma_0 < 1,30\epsilon\sigma_0$.

5. "Έλεγχος πεδίου.

5.1 Στατική επίλυση.

$$M_x = M_y = 29,91 \cdot \frac{0,90^2}{2} \cdot 1,25 = 15,14 \text{ tm}$$

$$Q_x = Q_y = 29,91 \cdot 0,90 \cdot 1,25 = 33,65 \text{ t}$$

5.2 "Έλεγχος σέ κάμψη.

$$K_{hx} = K_{hy} = \frac{73}{\sqrt{\frac{15,14}{0,35}}} = 11,1 > K_h^* = 9,9 \implies$$

$$K_{ex} = K_{ey} = 0,81, \quad K_x = 0,36.$$

5.3 "Έλεγχος σέ διάτμηση.

$$Q = 33,65 \text{ t}, \quad h = 0,73 \text{ m}, \quad x = 0,36 \cdot 0,73 = 0,26 \text{ m}$$

$$b' = 0,35 + \frac{0,8 \cdot 0,26}{0,80 - 0,35} \cdot (1,25 - 0,35) = 0,77 \text{ m}$$

$$\tau_o = \frac{33,65}{\frac{7}{8} \cdot 0,73 \cdot 0,77} = 68,42 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau_o = 80,0 \text{ t/m}^2.$$

5.4 Όπλισμός.

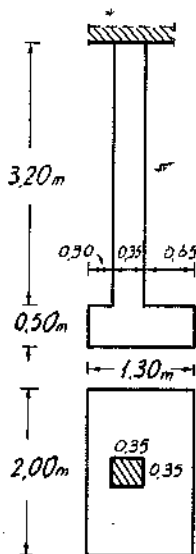
$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,81 \cdot \frac{15,14}{0,73} = 16,80 \text{ cm}^2 \text{ ή } f_{e_x} = f_{e_y} = 13,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = f_{e_y} = \emptyset 14/11 (= 13,99 \text{ cm}^2/\text{m}).$$

Παρατηρήσεις

- Στην προεκτίμηση οι διαστάσεις του πεδύλου εκλέγονται ούτε πολύ μικρές, γιατί τότε δεν αντέχει τό έδαφος, ούτε πολύ μεγάλες, γιατί τότε προκύπτουν μεγάλοι πρόβολοι, άρα καί μεγάλες ροπές καί δεν αντέχει τό ύποστυλώμα.
- 'Η "στατική εικόνα" του πεδύλου στην πραγματικότητα είναι διαφορετική, αλλά θεωρείται πρόβολος δύο διευθύνσεων προς την πλευρά της άσφαλείας.

ΑΣΚΗΣΗ 42



Νά γίνει ό έλεγχος του ύποστυλώματος καί του πεδύλου του σχήματος.

Δίνονται:

Φορτίο ύποστυλώματος: $P_{o\lambda} = 64,0 \text{ t.}$

Επιτρεπόμενη τάση έδάφους:

$$\epsilon\pi\sigma_o = 2,75 \text{ kg/cm}^2.$$

Μέτρο συμπίεσης: $E_s = 150 \text{ kg/cm}^2.$

Ποιότητα ύλικων: B225, St III.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

$$b_x = b_y = 35 \text{ cm} \implies u = 1,85 \quad (\text{πίν. 7})$$

$$l_x = 130 \text{ cm}, l_y = 200 \text{ cm} \implies \pi = 542 \quad (\text{πίν. 8})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_u}{I_\pi} = \frac{1,85'}{542} = 0,003 \\ \frac{H}{h_\rho} = \frac{0,50}{3,70} = 0,135 \end{array} \right\} \implies \left\{ \begin{array}{l} \lambda_\rho = 7,16 \\ \gamma_\rho = 0,48 \\ \gamma_\rho'' = 0,80 \end{array} \right. \quad (\text{πίν. 6})$$

2. Συντελεστές κατανομής

$$K_\rho = \frac{\lambda_\rho}{h_\rho} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{7,16}{3,70} \cdot \frac{1,85}{542} \cdot \frac{210.000}{150} = 9,25 \quad \epsilon_\rho = 0,79$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{l_x} = \frac{\pi}{1,30} = \frac{2,42}{11,67} \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{0,21}{1,00}$$

3. Στατική επίλυση

Βάρος πεδίου:

$$G = 2,40 \cdot 1,30 \cdot 2,00 \cdot 0,50 = 3,10 \text{ t} \implies P_{o\lambda} = 67,10 \text{ t}$$

Κατασκευαστική έκκεντρότητα:

$$e_k = \frac{1,30 - 0,35}{2} - 0,30 = 0,175 \text{ m}$$

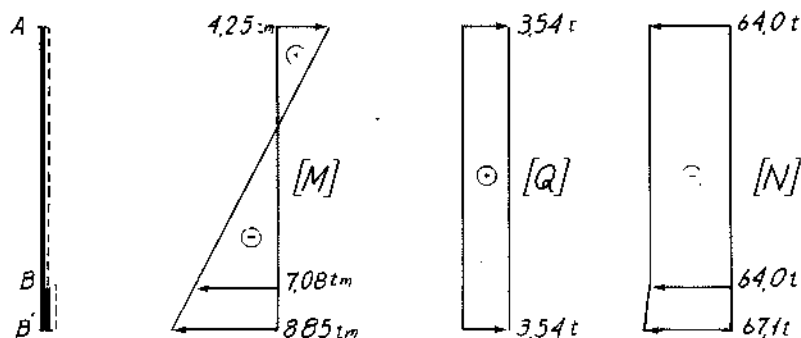
$$M_{B'} = -\epsilon_\rho \cdot e_k \cdot P = -0,79 \cdot 0,175 \cdot 64,0 = -8,85 \text{ tm}$$

$$A_B = Y'_p \cdot M_{B'} = -0,80 \cdot 8,85 = -7,08 \text{ tm}$$

$$M_A = -Y_p \cdot M_{B'} = 0,48 \cdot 8,85 = 4,25 \text{ tm}$$

$$Q_{AB} = \frac{7,08 + 4,25}{3,20} = 3,54 \text{ t}$$

$$N_A = N_B = -64,0 \text{ t}, \quad N_{B''} = -(64,0 + 3,10) = -67,10 \text{ t}.$$



4. "Έλεγχος υποστυλώματος.

4.1. "Έλεγχος σέ κάμψη

Διατομή Β

$$\gamma = \frac{7,08}{64,0 \cdot 0,35} = 0,316 \quad (\text{μικρή έκκεντρότητα})$$

$$\frac{y_e}{d} = \frac{17,5}{40} \approx 0,45$$

$$\text{Γιὰ } 1000\gamma = 316 \text{ καί } \lambda = \frac{90}{\frac{64000}{35 \cdot 35}} = 1,72 \text{ από τόν πίνακα 9B } \Rightarrow$$

$$\mu_0 = 0,4\% \text{ καί } \mu'_0 = 1,3\%$$

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 4,90 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 2\phi 18$$

$$F'_e = \frac{1,3}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 15,93 \text{ cm}^2 \Rightarrow F'_e = 6\emptyset 18 + 1\emptyset 14$$

Διατομή A

Γιὰ $\gamma = \frac{4,25}{64,0 \cdot 0,35} = 0,190$ καί $\lambda = 1,72$, από τόν πίνακα 9β $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \mu_0 = 0,4\% \text{ καί } \mu'_0 = 0,5\%$$

$$F_e = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 4,90 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 2\emptyset 18$$

$$F'_e = \frac{0,4}{100} \cdot 35 \cdot 35 = 6,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow F'_e = 2\emptyset 18 + 1\emptyset 14$$

4.2. Έλεγχος σέ διάτμηση

Η τέμνουσα δύναμη είναι πολύ μικρή.

5. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

$$\sigma_0 = \frac{67,10}{1,30 \cdot 2,00} = 25,81 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0$$

Τελική έκκεντρότητα:

$$e = \epsilon_{\epsilon \delta} \cdot e_k = 0,21 \cdot 0,175 = 0,04 \text{ m.}$$

$$\sigma_{1,2} = 25,81 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,04}{1,30} \right) = 25,81 (1 \pm 0,185) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 30,58 \text{ t/m}^2 < 1,30 \epsilon \pi \sigma_0 \\ \sigma_2 = 21,04 \text{ "} \end{cases}$$

6. Έλεγχος πεδίου.

6.1 Στατική επίλυση.

$$c_x = 0,65 \text{ m} \quad c_y = \frac{2,00 - 0,35}{2} = 0,825 \text{ m.}$$

$$M_x = 25,81 \cdot \frac{0,65^2}{2} \cdot 2,00 = 10,90 \text{ tm}$$

$$Q_x = 25,81 \cdot 0,65 \cdot 2,00 = 33,55 \text{ t}$$

$$M_y = 25,81 \cdot \frac{0,825^2}{2} \cdot 1,30 = 11,42 \text{ tm}$$

$$Q_y = 25,81 \cdot 0,825 \cdot 1,30 = 27,68 \text{ t}$$

6.2 Έλεγχος σέ κάμψη.

$$K_{hx} = \frac{43}{\sqrt{\frac{10,90}{2,00}}} = 18,4 \implies K_e = 0,45$$

$$K_{hy} = \frac{43}{\sqrt{\frac{11,42}{1,30}}} = 14,5 \implies K_e = 0,45.$$

6.3 Έλεγχος σέ διάτρηση.

$$d_{R_x} = d_{R_y} = b + h = 0,35 + 0,43 = 0,78 \text{ m.}$$

$$F_R = d_{R_x} \cdot d_{R_y} = 0,78^2 = 0,61 \text{ m}^2.$$

$$u_R = 2(d_{R_x} + d_{R_y}) = 3,12 \text{ m}$$

$$Q_R = P_{o\lambda} - F_R \cdot \sigma_o = 67,10 - 0,61 \cdot 25,81 = 51,36 \text{ t.}$$

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R \cdot Z} = \frac{51,36}{7 \cdot 0,43 \cdot 3,12} = 43,75 \text{ t/m}^2 < \tau_{o11} = 45,0 \text{ t/m}^2$$

(πίν. IV, κεφ. II)

Επομένως δέν απαιτείται όπλισμός διάτρησης, παρ' όλα αυτά τοποθετείται κλωβός συνδετήρων $\varnothing 8/20$ (βλ. κεφ. II).

6.4 Όπλισμός .

$$F_{e_x} = 0,45 \cdot \frac{10,90}{0,43} = 11,41 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_x} = 5,71 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \longrightarrow$$

$$f_{e_x} = \emptyset 10/13 \text{ (} = 6,04 \text{ cm}^2/\text{m)}$$

$$F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{11,42}{0,43} = 11,95 \text{ cm}^2 \quad \eta \quad f_{e_y} = 9,19 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \longrightarrow$$

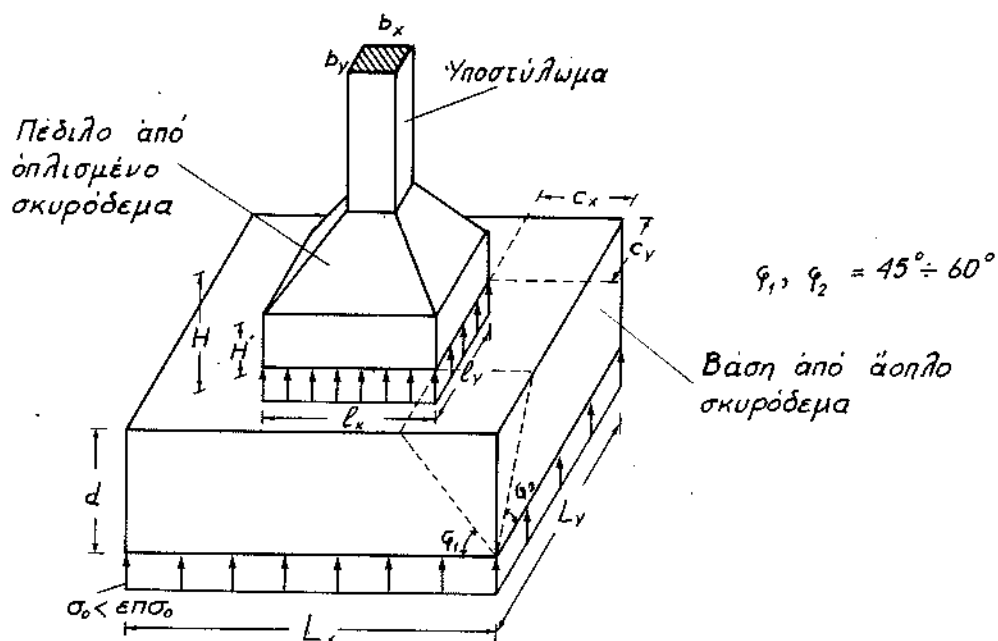
$$f_{e_y} = \emptyset 12/12 \text{ (} = 9,42 \text{ cm}^2/\text{m) } .$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΠΕΔΙΛΩΝ

1. ΠΕΔΙΛΟ ΣΕ ΒΑΣΗ ΑΠΟ ΑΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.1. Γενικά



Με τó τρόπο αυτό θεμελίωσης, τá φορτία τοῦ ὑποστυλώματος μεταβιβάζονται, μέ ἓνα πέδιλο ἀπό ὀπλισμένο σκυρόδεμα, σέ βάση ἀπό ἀοηλο σκυρόδεμα καί στή συνέχεια στό ἔδαφος.

Για να μή υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης του πεδίλου πάνω στη βάση, λόγω όριζοντίων δυνάμεων που αναπτύσσονται σε περιπτώσεις έκκεντρότητας (π.χ. σεισμός), η πάνω επιφάνεια της βάσης από άοπλο σκυρόδεμα διαμορφώνεται τραχεία, ώστε να αύξηθῇ ὁ συντελεστής τριβῆς μεταξύ τῶν δύο ἐπιφανειῶν.

1.2. Ὁδηγίες γιὰ τὸν ὑπολογισμό

• Τὸ πέδιλο ὑπολογίζεται κανονικά μετὰ τὰ φορτία τοῦ ὑποστυλώματος, ὅπως στὰ προηγούμενα κεφάλαια, μετὰ τὴ διαφορά ὅτι, ἀντὶ γιὰ τὴν ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἐδάφους $\epsilon\sigma_0$, λαμβάνεται ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση $\epsilon\sigma_{bd}$ τοῦ σκυροδέματος σὲ θλίψη, ποὺ δίνεται ἀπὸ τὸ πῖνακα I τοῦ κανονισμοῦ DIN 1047, γιὰ τὸ ἄοπλο σκυρόδεμα. Συνήθως πάντως δὲν ἐξαντλεῖται αὐτὴ ἡ τάση γιὰ νὰ μή προκύψουν πολὺ μικρὲς διαστάσεις πεδίλου καὶ ἐπομένως μεγάλοι πρόβολοι στὴν ἄοπλη βάση.

• Γιὰ τὸ προσδιορισμὸ τῶν διαστάσεων τῆς βάσης ἀπὸ ἄοπλο σκυρόδεμα χρησιμοποιεῖται ἡ σχέση

$$\epsilon\sigma_0 = \frac{P_{o\lambda}}{L_x \cdot L_y}$$

ὅπου L_x, L_y οἱ διαστάσεις τῆς βάσης καὶ $P_{o\lambda} = P_{up} + G_{πεδ} + G_{β}$

• Τὸ ὕψος d τῆς βάσης ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴ συνθήκη

$$\sigma_{bz} = \frac{M}{W} \leq \epsilon\sigma_{bz} \quad (1)$$

Εἶναι $M = \frac{1}{2} c^2 \cdot \sigma_0$ καὶ $W = \frac{d^2}{6}$, ὁπότε ἡ σχέση (1) γίνεται:

$$\sigma_{bz} = \frac{c^2 \cdot \sigma_0}{2 \cdot \frac{d^2}{6}} \leq \epsilon\sigma_{bz} \implies d \geq \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_0 \cdot c^2}{\epsilon\sigma_{bz}}} \implies$$

$$d \geq \sqrt{\frac{3\sigma_0}{\epsilon\sigma_{bz}}} \cdot c$$

όπου $\epsilon_{ps_{bz}}$, ή επιτρεπόμενη τάση του σκυροδέματος σέ έφελκυσμό.

1.3. Κανονισμοί

DIN 1047 (έκδοση 1960)

ΜΗ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Έπιτρεπόμενες τάσεις

α) Ή μέγιστη τάση θλίψης του σκυροδέματος δέν έπιτρέπεται νά υπερβαίνει τίς τιμές του πιο κάτω πίνακα. Ένδιάμεσες τιμές δέν έπιτρέπεται νά παρεμβάλλονται.

Έπιτρεπόμενες τάσεις θλίψης σκυροδέματος (kg/cm^2)

Σειρά	Κατηγορία ποιότητας σκυροδέματος	$\epsilon_{ps_{bD}}$
1	B 50	10
2	B 80	20
3	B120	30
4	B160	40
5	B225	55
6	B300	70

Οί τιμές των σειρών 4, 5, 6 έπιτρέπεται νά χρησιμοποιούνται μόνο όταν ή παρασκευή του σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα έπιμελημένη.

β) Σέ περίπτωση κάμψης μέ όρθή δύναμη, πρέπει νά λαμβάνεται υπ' όψη στόν ύπολογισμό ή μέγιστη τάση θλίψης, χωρίς νά λαμβάνεται υπ' όψη ή άντοχή σέ έφελκυσμό. Ή έφελκυσόμενη ζώνη έπιτρέπεται νά φτάνει τό πολύ μέχρι τό κέντρο βάρους της συνολικής διατομής. Για άπλοποίηση του ύπολογισμού, έπιτρέπεται νά λαμβάνεται υπ' όψη ή άντοχή σέ έφελκυσμό, όταν ή τάση έφελκυσμού

είναι μικρότερη από τό $1/10$ της τάσης θλίψης που εμφανίζεται ταυτόχρονα στη διατομή.

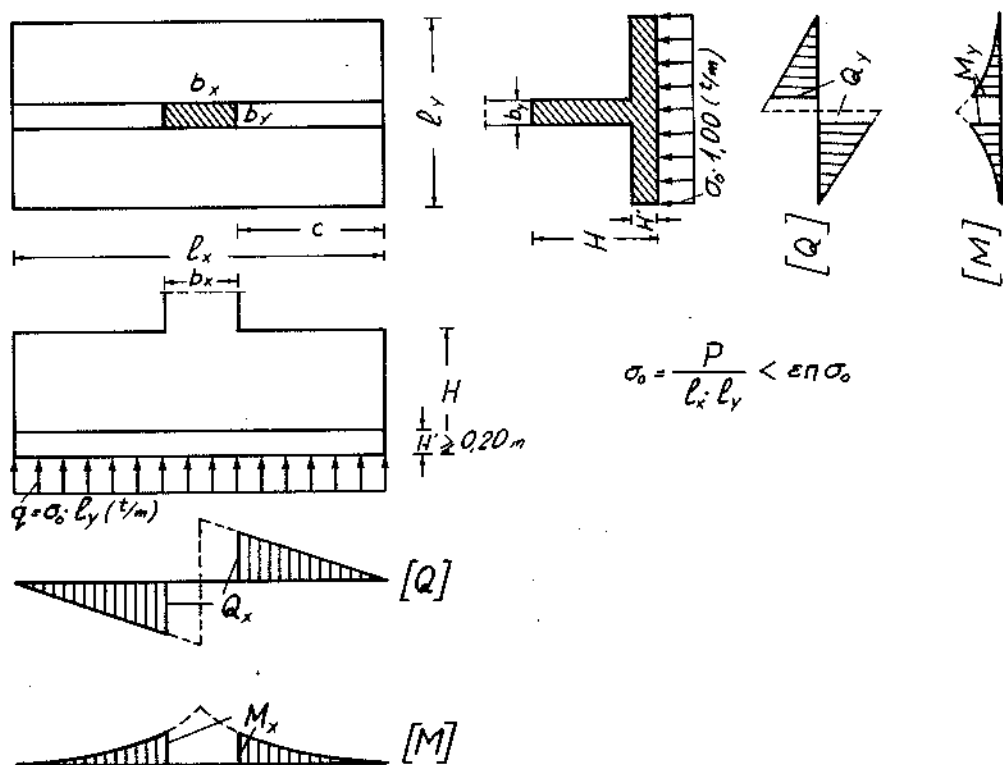
Σε περίπτωση απλής κάμψης χωρίς όρθη δύναμη, επιτρέπεται μία τάση έφελκυσμού ίση με $1/20$ της επιτρεπόμενης τάσης θλίψης.

Σύμφωνα με τό LEONHARDT, ή επιτρεπόμενη τάση σέ έφελκυσμό $\sigma_{bz} = 0,30\beta_{WN}^{\frac{2}{3}}$, όπου β_{WN} ή άντοχή σέ θλίψη.

Στή πράξη, γιά τίς συνηθισμένες ποιότητες άοπλου σκυροδέματος λαμβάνεται $\epsilon\sigma_{bz} = 4,0 \text{ kg/cm}^2$, όταν είναι εύνοϊκές οι συνθήκες παρασκευής καί διάστρωσης τοϋ άοπλου σκυροδέματος.

2. ΠΕΔΙΑ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΗ

2. 1. Κεντρικά πέδιλο



Ο έλεγχος του πεδίου γίνεται με την έξης σειρά:

Στατική επίλυση

$$M_x = q \frac{c^2}{2} = \sigma_0 l_y \frac{(l_x - b_x)^2}{8} \quad (\text{tm})$$

$$Q_x = q \frac{l_x - b_x}{2} = \sigma_0 l_y \frac{l_x - b_x}{2} \quad (\text{t})$$

$$M_y = \sigma_0 \frac{(l_y - b_y)^2}{8} \quad (\text{tm/m})$$

$$Q_y = \sigma_0 \frac{l_y - b_y}{2} \quad (\text{t/m})$$

Τά έντατικά μεγέθη M_y , Q_y χρησιμοποιούνται για τόν υπολογισμό και τόν έλεγχο της πλάκας και τά μεγέθη M_x , Q_x για τόν υπολογισμό και τόν έλεγχο της δοκοῦ (ὅπως ἀναφέρεται στό κεφ. IX, τόμος Β).

2. 2. Έκκεντρα πέδιλα

Σ' αὐτή τή περίπτωση ὁ συντελεστής μείωσης τῆς ἐκκεντρότητας υπολογίζεται ὅπως ἀκριβῶς στά ἐκκεντρα πέδιλα.

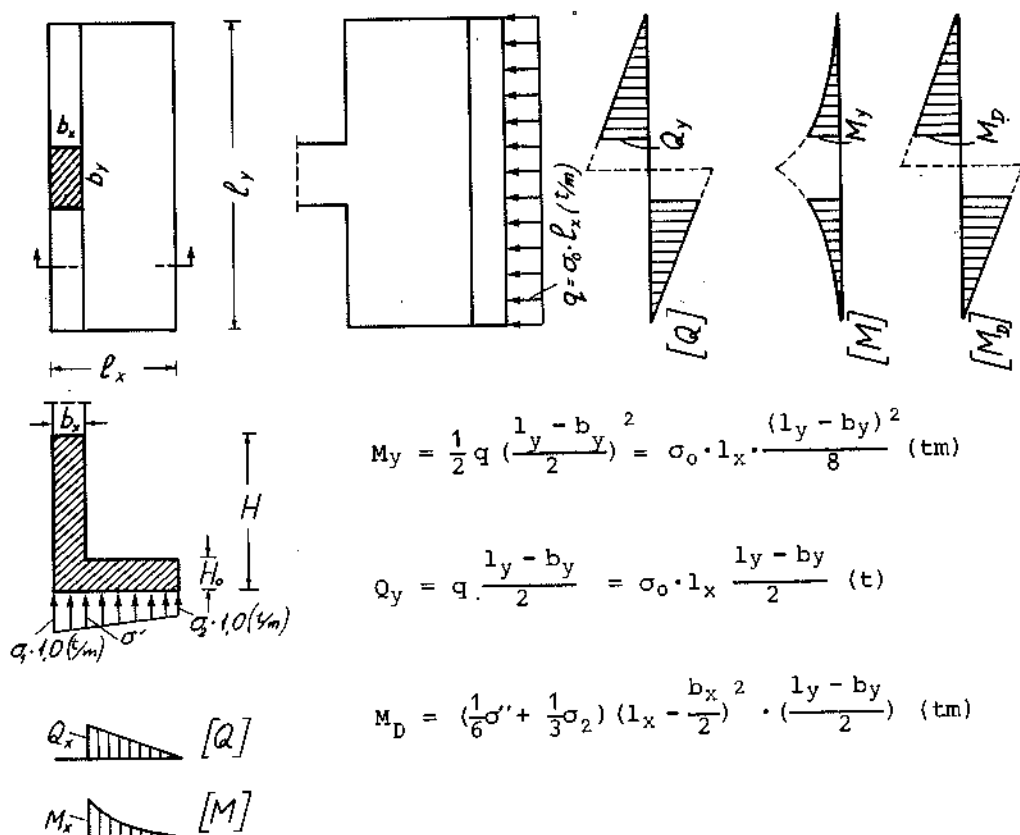
Ὁ συντελεστής λ_p κυμαίνεται ἀπό 4 ἔως 6 καί μπορεῖ νά λαμβάνεται μέ μία μέση τιμή $\lambda_p = 5,0$.

Ὁ συντελεστής γ_p λαμβάνεται $\gamma_p = 0,50$.

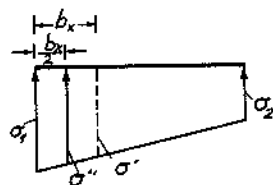
Στατική επίλυση

$$M_x = \left(\frac{1}{6} \sigma' + \frac{1}{3} \sigma_2 \right) \cdot (l_x - b_x)^2 \quad (\text{tm/m})$$

$$Q_x = \frac{\sigma' + \sigma_2}{2} \cdot (l_x - b_x) \quad (\text{t/m})$$



Τά έντατικά μεγέθη M_x , Q_x χρησιμοποιούνται για τόν ύπολογισμό καί τόν έλεγχο τής πλάκας καί τά μεγέθη M_y, Q_y, M_D για τόν ύπολογισμό τής δοκού καί τόν έλεγχο τής σέ κάμψη, διάτμηση καί στρέψη αντίστοιχα.



Ἡ πορεία ἐργασίας εἶναι γνωστή ἀπό τά προηγούμενα κεφάλαια.

ΑΣΚΗΣΗ 43

Νά υπολογισθῇ ἡ θεμελίωση ὑποστυλώματος μέ διατομή 50×50 καί φορτίο $P = 200,0 \text{ t}$, μέ τή χρησιμοποίηση βάσης ἀπό ἄοπλο σκυρόδεμα B120.

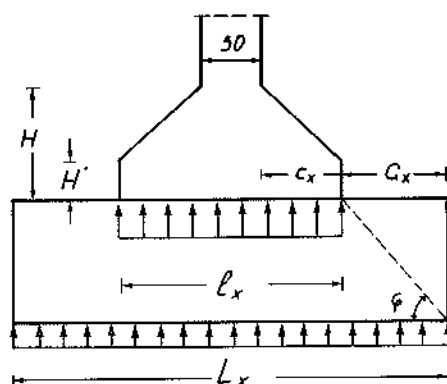
Δίνονται:

Ἐπιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\epsilon\sigma_0 = 2,00 \text{ kg/cm}^2$.

Υλικά: B160, St III.

Λύση

Α' Προεκτίμηση



Υπολογισμός διαστάσεων πεδίου:

Γιά B120 ἀπό τόν πίνακα I (κεφ.V) λαμβάνεται

$$\epsilon\sigma_b = 30,0 \text{ kg/cm}^2 = 300,0 \text{ t/m}^2$$

$$F_{\alpha\pi} = l_x \cdot l_y \geq \frac{200,0}{300,0} = 0,67 \text{ m}^2$$

Λαμβάνονται $l_x = l_y = 1,80 \text{ m}$.

$$\sigma_b = \frac{200,0}{1,80 \cdot 1,80} = 61,73 \text{ t/m}^2 < 300,0 \text{ t/m}^2.$$

$$M_x = \frac{1}{2} \sigma_b \cdot c_x^2 \cdot l_y = \frac{1}{2} 61,73 \cdot \left(\frac{1,80 - 0,50}{2}\right)^2 \cdot 1,80 = 23,47 \text{ tm}.$$

$$Q_x = \sigma_b \cdot c_x \cdot l_y = 61,73 \cdot \frac{1,80 - 0,50}{2} \cdot 1,80 = 72,22 \text{ t}$$

Ἀπό τόν ἔλεγχο σέ κάμψη λαμβάνεται:

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 11,6 \sqrt{\frac{23,47}{0,50}} = 80 \text{ cm}$$

Λαμβάνεται $H = 90 \text{ cm}$ καί $H' = 30 \text{ cm}$.

Όπότε από τόν έλεγχο σέ διάτμηση λαμβάνεται:

$$K_x = 0,26 \implies x = 0,26 \cdot 0,86 = 0,22 \text{ m} \implies$$

$$b' = 0,50 + \frac{0,8 \cdot 0,22}{0,90 - 0,30} (1,80 - 0,50) = 0,88 \text{ m}$$

$$\text{Άρα } \max \tau = \frac{72,22}{\frac{7}{8} \cdot 0,86 \cdot 0,88} = 109,1 \text{ t/m}^2 > \epsilon_{\pi\tau} = 80,0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Λαμβάνεται } h_{\alpha\pi} = \frac{72,22}{\frac{7}{8} \cdot 80,0 \cdot 0,88} = 1,17 \text{ m} \implies$$

$$H = 130 \text{ cm} \text{ καί } H' = 50 \text{ cm.}$$

$$G_{\pi} = 2,40 \left[0,50 \cdot 1,80^2 + \frac{0,80}{4} (2,30^2 + \frac{1}{3} 1,30^2) \right] = 7,0 \text{ t}$$

$$\implies P + G_{\pi} = 207,0 \text{ t}$$

Β'. Έλεγχος πεδίου.

1. Τάση θλίψης

$$\sigma_b = \frac{207,0}{1,80 \cdot 1,80} = 63,89 \text{ t/m}^2 < \epsilon_{\pi\sigma_b}$$

2. Στατική επίλυση.

$$M_x = M_y = 63,89 \cdot 1,80 \frac{(1,80 - 0,50)^2}{8} = 24,29 \text{ tm}$$

$$Q_x = Q_y = 63,89 \cdot 1,80 \frac{1,80 - 0,50}{2} = 74,75 \text{ t}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη.

$$K_{h_x} = K_{h_y} = \frac{126}{\sqrt{\frac{24,29}{0,50}}} = 18,1 \implies K_e = 0,45, K_x = 0,19$$

4. Έλεγχος σε διάτμηση.

$$Q = 74,56 \text{ t}, \quad h = 1,26 \text{ m}, \quad x = 0,19 \cdot 1,26 = 0,24 \text{ m}$$

$$b' = 0,50 + \frac{0,8 \cdot 0,24}{0,80} \cdot (1,80 - 0,50) = 0,81 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{maxt}} = \frac{74,56}{\frac{7}{8} \cdot 1,26 \cdot 0,81} = 83,49 \text{ t/m}^2$$

Ἡ τιμὴ μ_{maxt} εἶναι κάπως μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐπι (=80,0 t/m²), ἀλλὰ δὲν ὑπάρχει πρόβλημα, γιατί ἡ μορφή τοῦ πεδίου εἶναι ἐντονα πρισματική καὶ συμπεριφέρεται σάν δίσκος (βλ. κεφ. II, §1.2.).

5. Όπλισμός.

$$F_{e_x} = F_{e_y} = 0,45 \cdot \frac{24,29}{1,26} = 8,68 \text{ cm}^2 \quad \text{ἢ} \quad f_{e_x} = f_{e_y} = 4,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow f_{e_x} = f_{e_y} = \emptyset 10/15$$

Γ. Υπολογισμός τῆς βάσης

$$\text{Λαμβάνεται} \quad G_B = 30,0 \text{ t} \Rightarrow P_{o\lambda} = 207,0 + 30,0 = 237,0 \text{ t}$$

$$L_x L_y = \frac{P_{o\lambda}}{\epsilon \pi \sigma_0} = \frac{237,0}{20,0} = 11,85 \text{ m}^2 \Rightarrow L_x = L_y = 3,50 \text{ m}$$

$$\sigma_0 = \frac{237,0}{3,50 \cdot 3,50} = 19,35 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Λαμβάνεται} \quad \epsilon \pi \sigma_{bz} = 4,0 \text{ kg/cm}^2 = 40,0 \text{ t/m}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{3\sigma_0}{\epsilon \pi \sigma_{bz}}} \cdot c = \sqrt{\frac{3 \cdot 19,35}{40,0}} \cdot \frac{3,50 - 1,80}{2} = 1,20 \cdot 0,85 = 1,00 \text{ m}$$

Άρα οἱ διαστάσεις τῆς βάσης εἶναι $3,50 \times 3,50 \times 1,00$.

$$\varepsilon\varphi = \frac{1,00}{0,85} = 1,18 \Rightarrow \varphi = 50^\circ.$$

Παρατηρήσεις

- Σύμφωνα με το DIN 1047, η επιτρεπόμενη τάση του σκυροδέματος σε έφελκυσμό είναι

$$\varepsilon\sigma_{bz} = \frac{1}{20} \cdot \varepsilon\sigma_{bD} = \frac{1}{20} \cdot 30,0 = 1,50 \text{ kg/cm}^2, \quad \text{όποτε}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{3 \cdot 19,35}{15,0}} \cdot 0,85 = 1,67 \text{ m}$$

- Κατά τον Leonhardt,

$$\varepsilon\sigma_{bz} = 0,3 \beta_{WN}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 120^{\frac{2}{3}} = 7,30 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{3 \cdot 19,35}{73,0}} \cdot 0,85 = 0,76 \text{ m}.$$

ΑΣΚΗΣΗ 44

Νά υπολογισθῇ ἡ κεντρικὴ θεμελίωση ὑποστυλώματος, μέ διατομή 50×35 καί φορτίο $P = 108,0 \text{ t}$, μέ τόν περιορισμό $\max l_y = 1,00 \text{ m}$.

Δίνονται:

Επιτρεπόμενη τάση ἐδάφους: $\varepsilon\sigma_0 = 2,80 \text{ kg/cm}^2$.

Υλικά: B225, St III.

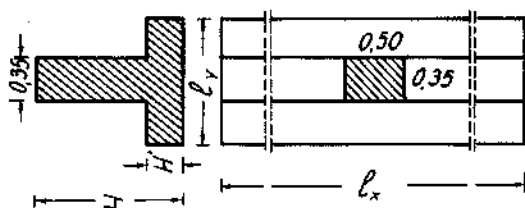
Λύση

Α' Προεκτίμηση

Κατασκευάζεται πέδιλο μέ νεύρωση.

$$F_{\alpha\pi} = \frac{108,0}{28,0} = 3,86 \text{ m}^2.$$

Λαμβάνονται $l_x = 4,10 \text{ m}$,
 $l_y = 1,00 \text{ m}$ (γιά την ανά-
 ληψη καί τοῦ ἰδίου βάρους)



$$\sigma_0 = \frac{108,0}{4,10 \cdot 1,00} = 26,34 \text{ t/m}^2$$

Πλάκα

$$\begin{aligned} M_y &= \sigma_0 \cdot \frac{(l_y - b_y)^2}{8} = \\ &= 26,34 \frac{(1,00 - 0,35)^2}{8} = \\ &= 1,39 \text{ tm/m} \end{aligned}$$

$$Q_y = \sigma_0 \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = 26,34 \cdot \frac{1,00 - 0,35}{2} = 8,56 \text{ t/m}$$

Από τόν έλεγχο σέ κάμψη λαμβάνεται:

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 9,2 \sqrt{\frac{1,39}{1,00}} = 11 \text{ cm.} \quad \text{Λαμβάνεται } H' = 20 \text{ cm.}$$

Όποτε ό έλεγχος σέ διάτμηση δίνει:

$$\max \tau_0 = \frac{8,56}{\frac{7}{8} \cdot 0,13 \cdot 1,00} = 75,25 \text{ t/m}^2 < \epsilon \tau_0 = 90,0 \text{ t/m}^2.$$

Δοκός

$$M_x = \sigma_0 \cdot l_y \cdot \frac{(l_x - b_x)^2}{8} = 26,34 \cdot 1,00 \cdot \frac{(4,10 - 0,50)^2}{8} = 42,67 \text{ tm}$$

$$Q_x = \sigma_0 \cdot l_y \cdot \frac{l_x - b_x}{2} = 26,34 \cdot 1,00 \cdot \frac{4,10 - 0,50}{2} = 47,41 \text{ t}$$

Από τόν έλεγχο σέ κάμψη λαμβάνεται:

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 8,4 \sqrt{\frac{42,67}{0,35}} = 93 \text{ cm.} \quad \text{Λαμβάνεται } H = 1,00 \text{ m.}$$

Όπότε ο έλεγχος σέ διάτμηση δίνει:

$$\tau = \frac{47,41}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,35} = 166,46 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 180 \text{ t/m}^2$$

Αν καί άντέχει ή διατομή σέ διάτμηση, αόξάνεται κάπως τό ύψος γιά νά μή προκύψη πολύς όπλισμός διάτμησης.

$$\text{Λαμβάνεται } H = 1,20 \text{ m}$$

$$G = 2,40 (0,20 \cdot 4,10 \cdot 1,00 + 1,00 \cdot 0,35 \cdot 4,10) \approx 5,50 \text{ t} \Rightarrow$$

$$P_{ολ} = 108,0 + 5,50 = 113,50 \text{ t}$$

Β. Έλεγχος πεδίου.

1. Τάσεις έδάφους

$$\sigma_0 = \frac{113,50}{4,10 \cdot 1,00} = 27,68 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_0 = 28,0 \text{ t/m}^2$$

2. Στατική επίλυση

$$M_x = \sigma_0 \cdot l_y \cdot \frac{(l_x - b_x)^2}{8} = 27,68 \cdot 1,00 \cdot \frac{(4,10 - 0,50)^2}{8} = 44,84 \text{ tm}$$

$$Q_x = \sigma_0 \cdot l_y \cdot \frac{l_x - b_x}{2} = 27,68 \cdot 1,00 \cdot \frac{4,10 - 0,50}{2} = 49,82 \text{ t}$$

$$M_y = \sigma_0 \cdot \frac{(l_y - b_y)^2}{8} = 27,68 \cdot \frac{(1,00 - 0,35)^2}{8} = 1,46 \text{ tm/m}$$

$$Q_y = \sigma_0 \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = 27,68 \cdot \frac{1,00 - 0,35}{2} = 9,00 \text{ t/m}$$

3. Έλεγχος σέ κάμψη

Πλάκα

$$\frac{\varepsilon_{psb}}{\varepsilon_{pe}} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,20$$

$$K_h = \frac{14}{\sqrt{\frac{1,46}{1,00}}} = 11,6 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,46$$

Δοκός

$$\frac{\varepsilon_{psb}}{\varepsilon_{pe}} = \frac{90}{2400}, \quad K_h^* = 8,4$$

$$K_h = \frac{114}{\sqrt{\frac{44,84}{0,35}}} = 10,1 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,46$$

4. Έλεγχος σέ διάτμηση

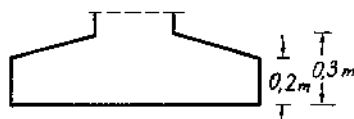
Πλάκα

$$\tau = \frac{9,00}{\frac{7}{8} \cdot 0,14 \cdot 1,00} = 73,47 \text{ t/m}^2 < 90,0 \text{ t/m}^2 = \tau_{01}$$

Επειδή δεν υπάρχει καθόλου λοξός όπλισμός στη πλάκα έδρασης για την παραλαβή τυχαίων πρόσθετων λοξών έφελκυστινών δυνάμεων, αύξάνεται τοπικά τό πάχος

της πλάκας

Δοκός



$$\tau = \frac{49,82}{\frac{7}{8} \cdot 1,14 \cdot 0,35} = 142,70 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} &> \tau_{01} = 70,0 \text{ t/m}^2 \\ &< \tau_{02} = 180,0 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

χρειάζεται όπλισμός διάτμησης.

5. Όπλισμός.**5.1. Όπλισμός κάμψης****Πλάκα**

$$f_e = 0,46 \cdot \frac{1,46}{0,24} = 2,80 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow f_e = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Δοκός

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{44,84}{1,14} = 18,09 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 6\emptyset 20 (= 18,84 \text{ cm}^2)$$

5.2. Όπλισμός διάτμησης δοκού**α) Συνδετήρες**

$$Q_B = \frac{1}{3} \cdot 49,82 = 16,61 \text{ t} \quad \Rightarrow$$

$$\frac{F_{eB}}{e} = \frac{Q_B}{2z \cdot \sigma_{eB}} = \frac{16,61}{2 \cdot \frac{7}{8} \cdot 114 \cdot 2,40} = 0,0347 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

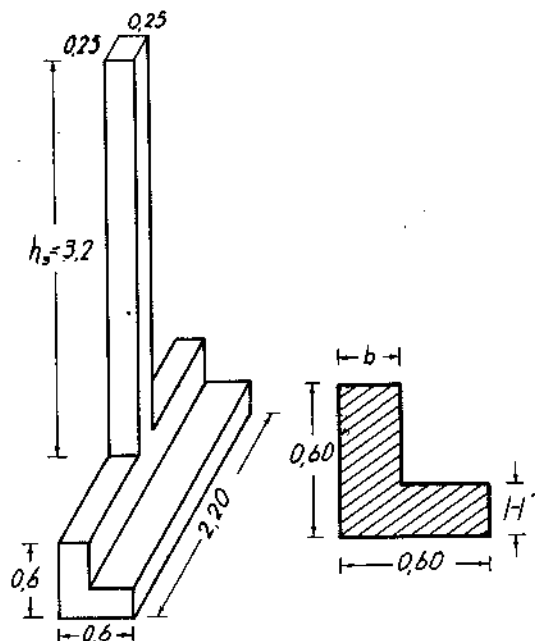
Από τό πίνακα 30 (Α' τόμος) για $\frac{F_{eB}}{e} = 0,0347$ λαμβάνονται
συνδετήρες $\emptyset 8/14$.

β) Λοξός όπλισμός

$$E_Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{(49,82 - 16,61)^2}{27,68} = 19,92 \text{ tm}$$

$$F_{eS} = \frac{19,92}{\sqrt{2} \cdot \frac{7}{8} \cdot 1,14 \cdot 2,40} = 5,88 \text{ cm}^2.$$

Αρκούν τά λοξά από τή κάμψη: $3\emptyset 20 (= 9,42 \text{ cm}^2)$.

ΑΣΚΗΣΗ 45

Νά γίνει ο έλεγχος του πεδίου του σχήματος καί νά σχεδιασθούν οί όπλισμοί, όταν τό ύποστύλωμα φέρει όλικό φορτίο $P = 30,0 \text{ t}$ καί έχει ύψος $h_s = 3,20 \text{ m}$.

Δίνονται:

Έπιτρεπόμενη τάση έδάφους:

$$\epsilon\pi\sigma_0 = 2,30 \text{ kg/cm}^2$$

Υλικά: B225, St III.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

$$I_u = \frac{0,25 \cdot 0,25^3}{12} = 0,00033 \text{ m}^4$$

$$I_\pi = \frac{2,20 \cdot 0,60^3}{12} = 0,0396 \text{ m}^4$$

Λαμβάνεται: $\lambda_p = 5,0$ καί $\gamma_p = 0,50$.

2. Συντελεστές κατανομής

$$k_p = \frac{\lambda_p \cdot I_u \cdot E_b}{h_p \cdot I_\pi \cdot E_s}$$

όπου $E_s = 0,50 \cdot 10^2 \cdot \epsilon\pi\sigma_0 = 0,50 \cdot 10^2 \cdot 2,30 = 115 \text{ kg/cm}^2$.

$$k_p = \frac{5,0}{3,80} \cdot \frac{0,00033}{0,0396} \cdot \frac{210000}{115} = 20,02 \quad \epsilon_p = 0,79$$

$$k_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{1_x} = \frac{\pi}{0,60} = \frac{5,24}{25,26} \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{0,21}{1,00}$$

3. Έλεγχοι

3.1. Πλάκα

$$e_k = \frac{0,60 - 0,25}{2} = 0,175 \text{ m}, \quad e = \epsilon \cdot e_k = 0,21 \cdot 0,175 = 0,037 \text{ m}$$

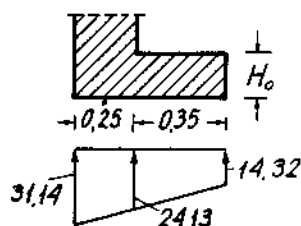
3.1.1. Τάσεις έδάφους

$$\sigma_0 = \frac{30,0}{0,60 \cdot 2,20} = 22,73 \text{ t/m}^2 < \epsilon\sigma_0 = 23,0 \text{ t/m}^2.$$

$$\sigma_{1,2} = 22,73 \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,037}{0,60} \right) = 22,73 (1 \pm 0,37) =$$

$$= \begin{cases} \sigma_1 = 31,14 \text{ t/m}^2 \approx 1,30 \epsilon\sigma_0 \\ \sigma_2 = 14,32 \text{ t/m}^2 \end{cases}$$

3.1.2. Στατική επίλυση.



$$M_x = \left(\frac{1}{6} \cdot 24,13 + \frac{1}{3} \cdot 14,32 \right) \cdot 0,35^2 = 1,08 \text{ tm/m}$$

$$Q_x = \frac{24,13 + 14,32}{2} \cdot 0,35 = 6,73 \text{ t/m}$$

3.1.3. Έλεγχος σε κάμψη.

$$h_{\alpha\pi} = K_h^* \sqrt{\frac{M}{b}} = 9,2 \sqrt{\frac{1,08}{1,00}} = 9,6 \text{ cm.}$$

Λαμβάνεται $H^* = 20 \text{ cm}$ (ελάχιστο απαιτούμενο)

$$K_h = \frac{14}{\sqrt{\frac{1,08}{1,00}}} = 13,5 \Rightarrow K_e = 0,45$$

3.1.4. Έλεγχος σε διάτμηση.

$$\max \tau = \frac{6,73}{\frac{7}{8} \cdot 0,14 \cdot 1,00} = 54,94 \text{ t/m}^2 < \epsilon\pi\tau = 90,0 \text{ t/m}^2$$

3.1.5. Όπλισμός.

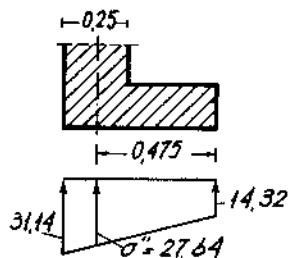
$$f_e = 0,45 \cdot \frac{1,08}{0,14} = 3,47 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow f_e = \emptyset 10/15 (= 5,24 \text{ cm}^2/\text{m},$$

ο ελάχιστος απαιτούμενος).

3.2. Δοκός**3.2.1. Στατική επίλυση.**

$$M_y = \sigma_o \cdot l_x \cdot \frac{(l_y - b_y)^2}{8} = 22,73 \cdot 0,60 \cdot \frac{(2,20 - 0,25)^2}{8} = 6,48 \text{ tm}$$

$$Q_y = \sigma_o \cdot l_x \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = 22,73 \cdot 0,60 \cdot \frac{2,20 - 0,25}{2} = 13,30 \text{ t}$$



$$\begin{aligned} M_D &= \left(\frac{1}{6} \sigma'' + \frac{1}{3} \sigma_2 \right) \cdot \left(l_x - \frac{b_x}{2} \right)^2 \cdot \frac{l_y - b_y}{2} = \\ &= \left(\frac{1}{6} \cdot 27,64 + \frac{1}{3} \cdot 14,32 \right) \left(0,60 - \frac{0,25}{2} \right)^2 \cdot \\ &\quad \cdot \frac{2,20 - 0,25}{2} = 2,06 \text{ tm.} \end{aligned}$$

3.2.2. Έλεγχος σε κάμψη.

Για πλάτος δοκού $b = 25 \text{ cm} \Rightarrow$

$$K_h = \frac{54}{\sqrt{\frac{6,48}{0,25}}} = 10,6 > K_h^* = 9,2$$

3.2.3. Έλεγχος σε διάτμηση.

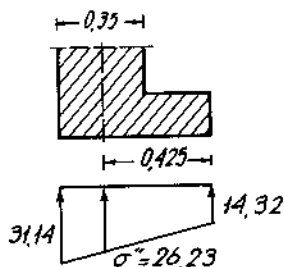
$$\max \tau = \frac{13,30}{\frac{7}{8} \cdot 0,54 \cdot 0,25} = 112,59 \text{ t/m}^2 < \tau_{02} = 180,0 \text{ t/m}^2$$

3.2.4. Έλεγχος σε στρέψη

$$\frac{d}{b} = \frac{60}{25} = 2,4 \Rightarrow n = 3 + \frac{2,60}{0,45 + 2,4} = 3,91 \text{ (σελ. 174, τόμος Α')}$$

$$\max \tau_D = \frac{n \cdot M_D}{b^2 \cdot d} = \frac{3,91 \cdot 2,06}{0,25^2 \cdot 0,60} = 214,79 \text{ t/m}^2 > \tau_{D2} = 180,0 \text{ t/m}^2$$

Χρειάζεται αλλαγή διαστάσεων της δοκού, γιατί δεν αντέχει σε στρέψη. Λαμβάνεται $b = 35 \text{ cm}$. Με τις νέες διαστάσεις είναι:

3.2.1. Στατική επίλυση.

$$M_D = \left(\frac{1}{6} \cdot 26,23 + \frac{1}{3} \cdot 14,32 \right) \cdot 0,425^2 \cdot$$

$$\cdot \frac{220 - 0,25}{2} = 1,61 \text{ tm} .$$

3.2.2. Έλεγχος σέ κάμψη.

$$K_h = \frac{54}{\sqrt{\frac{6,48}{0,35}}} = 12,5 > K_h^* \Rightarrow K_e = 0,46.$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{6,48}{0,54} = 5,52 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 4\emptyset 14$$

3.2.3. Έλεγχος σέ διάτμηση.

$$\max \tau = \frac{13,30}{\frac{7}{8} \cdot 0,54 \cdot 0,35} = 80,42 \text{ t/m}^2 \quad \begin{array}{l} > \tau_{01} = 70,0 \text{ t/m}^2 \\ < \tau_{02} = 180,0 \text{ "} \end{array}$$

Χρειάζεται όπλισμός διάτμησης

α) Συνδετήρες

$$Q_B = \frac{1}{3} \cdot 13,30 = 4,43 \text{ t}, \quad z = \frac{7}{8} \cdot 54 = 47,25 \text{ cm}$$

$$\frac{F_{eB}}{e} = \frac{4,43}{2 \cdot 47,25 \cdot 2,40} = 0,0195 \Rightarrow \text{συνδετήρες } \emptyset 8/25$$

β) Λοξός όπλισμός

$$E_Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{(13,30 - 4,43)^2}{22,73} = 1,73 \text{ tm}$$

$$F_{eS} = \frac{1,73}{\sqrt{2} \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,54 \cdot 2,40} = 1,08 \text{ cm}^2$$

Άρκοϋν τά λοξά από τή κάμψη: $2\emptyset 14 (= 3,08 \text{ cm}^2)$.

3.2.4. Έλεγχος σέ στρέψη

$$\frac{d}{b} = \frac{60}{35} = 1,71 \Rightarrow n = 3 + \frac{2,60}{0,45 + 1,71} = 4,20$$

$$\max \tau_D = \frac{n \cdot M_D}{b^2 \cdot d} = \frac{4,20 \cdot 1,61}{0,35^2 \cdot 0,60} = 92,0 \text{ t/m}^2 > \tau_{D1} = 60 \text{ t/m}^2$$

$$< \tau_{D2} = 180,0 \text{ t/m}^2$$

Λαμβάνονται $b_k = 29 \text{ cm}$ και $d_k = 51 \text{ cm}$

α) Συνδετήρες

$$\frac{F_{eB}}{\beta} = \frac{M_D}{2 \cdot \sigma_e \cdot b_k \cdot d_k} = \frac{1,61 \cdot 10^2}{2 \cdot 2,4 \cdot 29 \cdot 51} = 0,0227$$

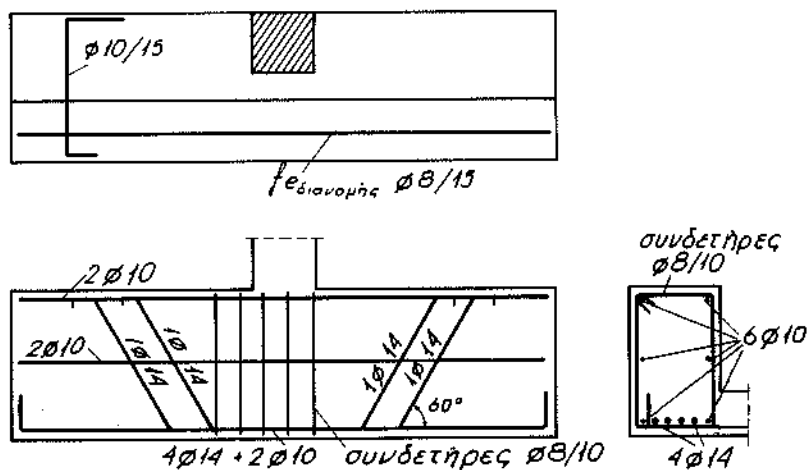
Εκλέγεται διατομή $\phi 8 (F_{eB} = 0,50 \text{ cm}^2)$, οπότε $\beta = \frac{0,50}{0,0227} = 22,03 \text{ cm} \Rightarrow$ συνδετήρες $\phi 8/20$ και έπειδή υπάρχουν από τη διάτμηση $\phi 8/25$, τοποθετούνται συνολικά συνδετήρες $\phi 8/10$.

β) Διαμήκης όπλισμός

$$v \cdot F_e = \frac{M_D (b_k + d_k)}{\sigma_e \cdot b_k \cdot d_k} = \frac{1,61 \cdot 10^2 (29 + 51)}{2,40 \cdot 29 \cdot 51} = 3,63 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$F_e = 6\phi 10 (= 4,74 \text{ cm}^2).$$

4. Σχεδίαση όπλισμού

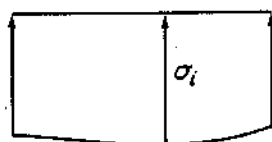
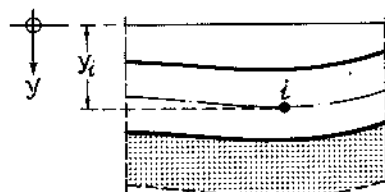
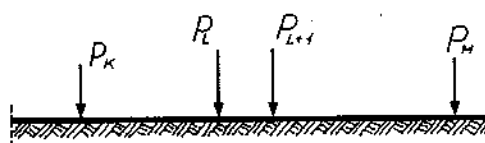


ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΠΕΔΙΛΟΔΟΚΟΙ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

1. Γενικά

Όταν τό έδαφος θεμελίωσης δέν είναι καλής ποιότητας ή πρέπει νά θεμελιωθοῦν πολύ μεγάλα φορτία, χρησιμοποιοῦνται πεδילוδοκοί.



$$\sigma_i = \kappa \cdot y_i$$

Οί πεδילוδοκοί είναι φορείς πού μεταφέρουν τά φορτία στό έδαφος μέ σχετικά μικρές τάσεις, έπειδή έκμεταλλεύονται όλο τό χώρο μεταξύ τών υποστυλωμάτων.

Ή στατική μορφή αὐτοῦ τοῦ θεμελίου είναι συνεχής δοκός πού στηρίζεται σ' όλο τό μήκος της πάνω σέ έλαστικό ισότροπο ήμίχωρο. Τό σταθερό μέγεθος τοῦ εδάφους, όταν θεωρηθῇ αὐτό σάν έλαστικός ισότροπος ήμίχωρος, είναι τό μέτρο συμπίεσης, E_s . Δύσεις μέ αὐτή τή μέθοδο, εὔχρηστες, έχουν δοθεῖ μόνο γιά συγκεκριμένες περιπτώσεις θεμελιοδοκῶν.

Έδω θα δοθούν λύσεις που θα στηρίζονται στη μέθοδο του δείκτη έδάφους K.

2. Δείκτης έδάφους

Γιά συγκεκριμένη θεμελιοδοκό μέ πλάτος έδρασης b καί μήκος l, που στηρίζεται σέ έδαφος μέ μέτρο συμπίεσης E_s καί συντελεστή πλευρικής διαστολής (συντελεστής poisson) ν , ο δείκτης έδάφους, σύμφωνα μέ τόν Dimitron, είναι:

$$K = \rho \cdot \frac{E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b} \quad (\text{kg/cm}^3).$$

Τό ρ λαμβάνεται από τόν επόμενο πίνακα.

l/b	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10	20	30	50
ρ	1,05	0,87	0,78	0,66	0,54	0,45	0,39	0,33	0,30

Ο συντελεστής ν , αν δέν υπολογίζεται μέ ακρίβεια, μπορεί νά λαμβάνεται προσεγγιστικά ανάλογα μέ τό μέτρο συμπίεσης, από τόν επόμενο πίνακα.

E_s (Kg/cm ²)	50	200	1000	10.000
ν	0,40	0,35	0,30	0,20

Σύμφωνα μέ τόν De Beer, ο δείκτης έδάφους, δίνεται από τή σχέση

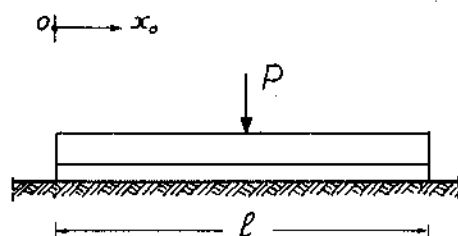
$$K = \frac{1,33 E_s}{\sqrt[3]{b^2 \cdot l}} \quad (\text{kg/cm}^3)$$

Όταν θα υπάρχει άμφιβολία γιά τή κατάλληλη έκλογή του K, πρέπει νά χρησιμοποιούνται δύο τιμές του καί νά λαμβάνονται οί

δυσμενέστερες τιμές των έντατικών μεγεθών κατά τόν έλεγχο των διατομών.

3. Πεπερασμένη πεδילוδοκός μέ συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσο

Στό κεφάλαιο II έχει έξετασθεί ή είδική περίπτωση αύτης της πεδילוδοκού (τό μεμονωμένο, περίπου τετραγωνικό, πέδιλο) καί έχει ληφθεί κατανομή τάσεων έδάφους ομοιόμορφη. 'Η "δυσκαμψία" εκείνων των πεδίων ήταν πολύ μεγάλη.



Σ' αυτό τό κεφάλαιο θα δοθ ή γενική λύση της πεδילוδοκού λαμβάνοντας υπ' όψη καί την έλαστικότητα τοϋ συστήματος πεδילוδοκός - έδαφος. 'Η έλαστικότητα αύτή εκφράζεται μέ τό "συντελεστή έλαστικότητας" α:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K (\text{kg/cm}^3) \cdot b (\text{cm})}{4E_b (\text{kg/cm}^2) I (\text{m}^4)}} \quad (\text{m}^{-1})$$

όπου $E_b = 210.000 \text{ kg/cm}^2$ (μέση τιμή) καί I ή ροπή άδρανείας της διατομής της πεδילוδοκού. Χαρακτηριστικό μέγεθος είναι τό "έλαστικό μήκος" λ , πού δίνεται από τή σχέση:

$$\lambda = \alpha \cdot l \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{m}}\right)$$

Στό σημείο x_0 , ή τάση έδάφους καί ή ροπή κάμψης, είναι:

$$\sigma = n_\sigma \cdot \sigma_0 \quad (\text{όπου } \sigma_0 = \frac{P}{b \cdot l}) \quad \text{καί} \quad M = n_M \cdot \frac{P \cdot l}{100},$$

όπου n_σ , n_M συντελεστές πού βρίσκονται από τό πίνακα 13 γιά δεδομένες τιμές τοϋ $\frac{x_0}{l}$ καί λ .

Σάν παράδειγμα εξετάζεται πεδικοδοκός ορθογωνικής διατομής, μήκους $l = 8,0 \text{ m}$, πλάτους $b = 1,0 \text{ m}$ και ύψους $d = 0,45 \text{ m}$, πού φέρει φορτίο $P = 48,0 \text{ t}$. Τό έδαφος έχει μέτρο συμπίεσης $E_s = 120 \text{ kg/cm}^2$.

Ο δείκτης έδάφους είναι:

$$K = \rho \cdot \frac{E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b}$$

Γιά $\frac{l}{b} = \frac{8,0}{1,0} = 8,0 \Rightarrow \rho = 0,49$ καί γιά $E_s = 120 \Rightarrow \nu = 0,38$.

Άρα $K = 0,49 \cdot \frac{120}{(1 - 0,38^2) \cdot 100} = 0,69 \text{ kg/cm}^3$,

$$I = \frac{1,0 \cdot 0,45^3}{12} = 0,0076 \text{ m}^4.$$

Συντελεστής έλαστικότητας:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_b \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,69 \cdot 100}{4 \cdot 210000 \cdot 0,0076}} = 0,32 \text{ m}^{-1}$$

Έλαστικό μήκος: $\lambda = \alpha \cdot l = 0,32 \cdot 8,0 \approx 2,5 \frac{\text{m}}{\text{m}}$

Είναι $\sigma_0 = \frac{P}{b \cdot l} = \frac{48,0}{1,0 \cdot 8,0} = 6,0 \text{ t/m}^2$

καί $\frac{P \cdot l}{100} = \frac{48,0 \cdot 8,0}{100} = 3,84 \text{ tm}$

Όποτε από τό πίνακα 13 γιά $\lambda = 2,5$ λαμβάνεται:

$$\sigma_{0,0} = 0,45 \cdot \sigma_0 = 2,70 \text{ t/m}^2, \quad M_{0,0} = 0,0$$

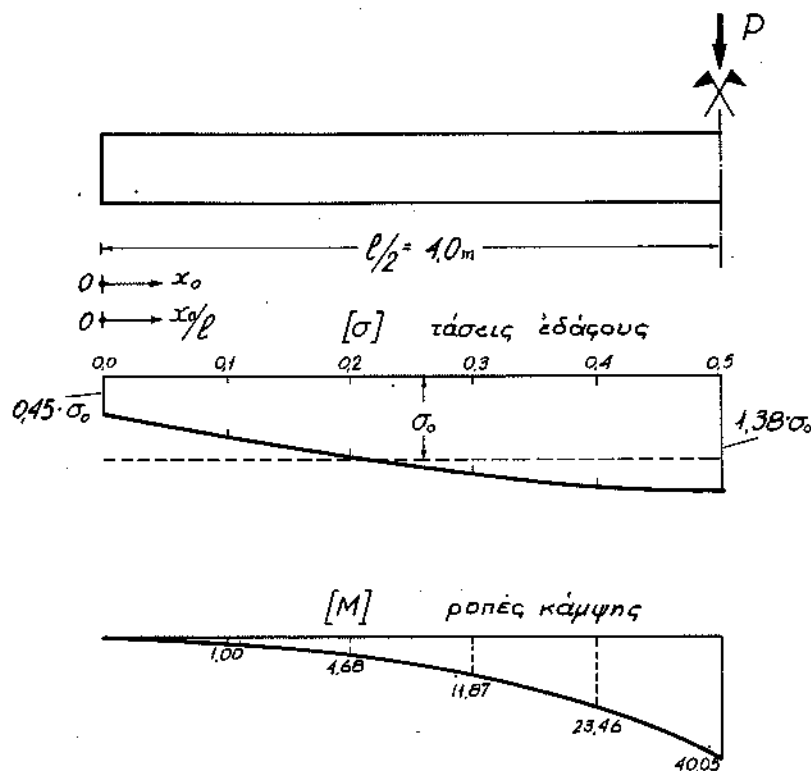
$$\sigma_{0,1} = 0,69 \cdot \sigma_0 = 4,14 \quad " \quad M_{0,1} = 0,26 \cdot 3,84 = 1,00 \text{ tm}$$

$$\sigma_{0,2} = 0,93 \cdot \sigma_0 = 5,58 \text{ t/m}^2, \quad M_{0,2} = 1,22 \cdot 3,84 = 4,68 \text{ tm}$$

$$\sigma_{0,3} = 1,14 \cdot \sigma_0 = 6,84 \text{ "}, \quad M_{0,3} = 3,09 \cdot 3,84 = 11,87 \text{ "}$$

$$\sigma_{0,4} = 1,31 \cdot \sigma_0 = 7,86 \text{ "}, \quad M_{0,4} = 6,11 \cdot 3,84 = 23,46 \text{ "}$$

$$\sigma_{0,5} = 1,38 \cdot \sigma_0 = 8,28 \text{ "}, \quad M_{0,5} = 10,43 \cdot 3,84 = 40,05 \text{ "}$$

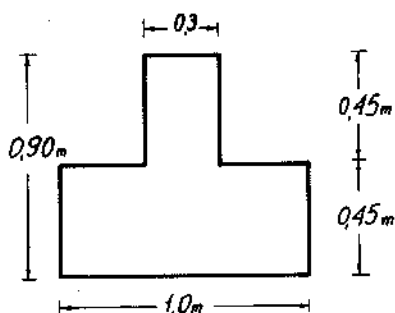


Αν χρησιμοποιηθεί νεύρωση, όπως στο σχήμα, μεταβάλλεται μόνο η ροπή αδράνειας.

$$\text{Είναι} \quad \frac{b_0}{b} = \frac{0,30}{1,00} = 0,30, \quad \frac{d}{d_0} = \frac{0,45}{0,90} = 0,50,$$

$$\text{όποτε από το πίνακα 55 (Β' τόμος)} \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,0424$$

$$\text{καί } I = 0,0424 \cdot 1,00 \cdot 0,90^3 = 0,0309 \text{ m}^4$$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{0,69 \cdot 100}{4 \cdot 210000 \cdot 0,0309}} = 0,227$$

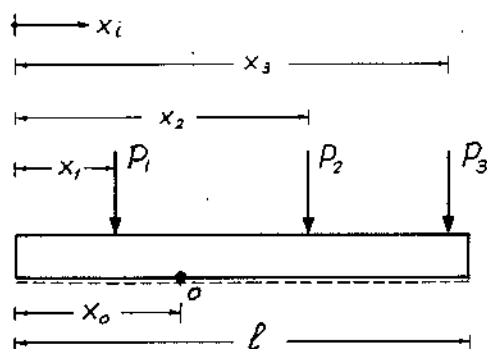
$$\Rightarrow \lambda = \alpha \cdot l = 0,227 \cdot 8,0 = 1,82 < 2$$

Ἡ κατανομή τῶν τάσεων εἶναι περιπίπτου ὀρθογωνική, μέ

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= \frac{48,0}{1,0 \cdot 8,0} = 6,0 \text{ t/m}^2 = \\ &= 0,6 \text{ kg/cm}^2,\end{aligned}$$

- καί ἡ κατανομή τῶν ροπῶν σάν τοῦ προβόλου, μέ μέγιστη τεταγμένη στό μέσο $\frac{P \cdot l}{8} = \frac{48,0 \cdot 8,0}{8} = 48,0 \text{ tm}$.

4. Πεπερασμένη πεδילוδοκός μέ τυχαία συγκεντρωμένα φορτία



Ἡ ἐλαστικότητα τοῦ συστήματος πεδילוδοκός - ἔδαφος ἐκφράζεται πάλι μέ τό "συντελεστή ἐλαστικότητας" $\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_D \cdot I}}$. Οἱ

λύσεις δίνονται ἀνάλογα μέ τό "ἐλαστικό μήκος" $\lambda = \alpha \cdot l$.

Ἡ ἔνταση στό σημεῖο 0 (πού ὁρίζεται ἀπό τό λό-

γο $\frac{x_0}{l}$), λόγω φόρτισης τῆς δοκοῦ μέ φορτία P_1, P_2, P_3 στά σημεία $\frac{x_1}{l}, \frac{x_2}{l}, \frac{x_3}{l}$ εἶναι

$$\sigma_0 = n_{\sigma}^{0,1} \cdot \frac{P_1}{b \cdot l} + n_{\sigma}^{0,2} \cdot \frac{P_2}{b \cdot l} + n_{\sigma}^{0,3} \cdot \frac{P_3}{b \cdot l}$$

$$M_o = n_M^{0,1} \cdot \frac{P_1 \cdot l}{100} + n_M^{0,2} \cdot \frac{P_2 \cdot l}{100} + n_M^{0,3} \cdot \frac{P_3 \cdot l}{100}$$

$$Q_o = n_Q^{0,1} \cdot P_1 + n_Q^{0,2} \cdot P_2 + n_Q^{0,3} \cdot P_3$$

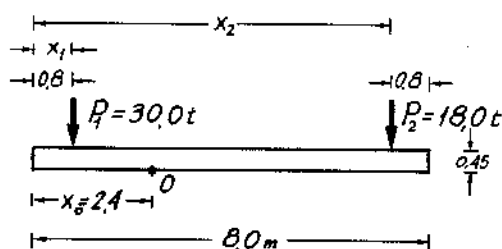
$\lambda = \text{σταθ.}$

x_o/l \ x_i/l	x_1/l	x_2/l	x_3/l
$\frac{x_o}{l}$	$n_{\sigma}^{0,1}$	$n_{\sigma}^{0,2}$	$n_{\sigma}^{0,3}$
	$n_M^{0,1}$	$n_M^{0,2}$	$n_M^{0,3}$
	$n_Q^{0,1}$	$n_Q^{0,2}$	$n_Q^{0,3}$

Οι συντελεστές n_{σ} , n_M , n_Q δίνονται από τούς πίνακες 15 έως 25 για διάφορες τιμές του λ .

Σάν παράδειγμα θεωρείται ή προηγούμενη πεδילוδοκός με φόρτιση όπως στο σχήμα. Ζητείται ή ένταση στο σημείο $\frac{x_o}{l} = \frac{2,40}{8,0} = 0,30$

Τό έλαστικό μήκος λ είναι τό ίδιο μέ τό προηγούμενο παράδειγμα. Είναι $\lambda = 2,5$, όποτε χρησιμοποιείται ό πίνακας 17:

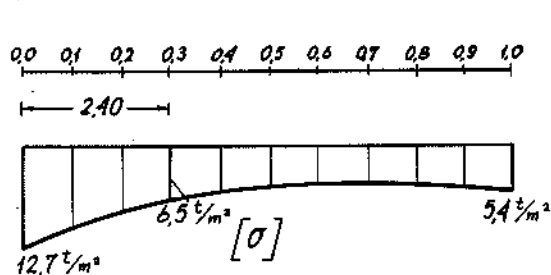


$$\frac{x_1}{l} = \frac{0,80}{8,0} = 0,10$$

$$\text{καί } \frac{x_2}{l} = \frac{7,20}{8,0} = 0,90$$

Αναζητούνται οι τεταγμένες στη γραμμή $\frac{x_o}{l} = 0,30$

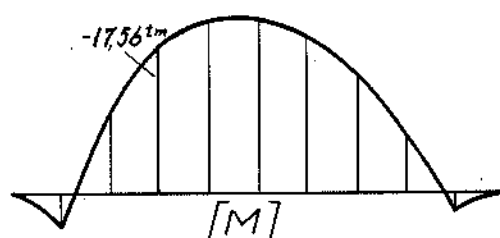
$$\sigma_{0,3} = 1,79 \cdot \frac{30,0}{8,0 \cdot 1,0} - 0,08 \cdot \frac{18,0}{8,0 \cdot 1,0} = 6,53 \text{ t/m}^2$$



$$M_{0,3} = -5,56 \cdot \frac{30,0 \cdot 8,0}{100} -$$

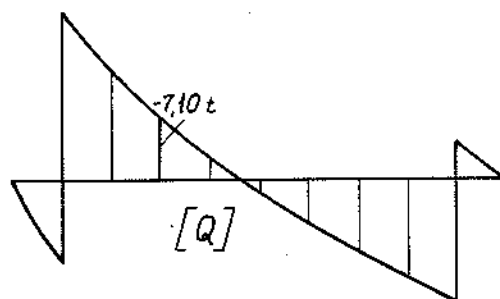
$$-2,93 \cdot \frac{18,0 \cdot 8,0}{100} =$$

$$= -17,56 \text{ tm}$$



$$Q_{0,3} = -0,145 \cdot 30,0 -$$

$$-0,153 \cdot 18,0 = -7,10 \text{ t}$$



Με τόν ίδιο τρόπο βρίσκονται οι τεταγμένες και των υπολοίπων σημείων, όποτε σχεδιάζονται τά διαγράμματα σ , M , Q .

5. Άπειρομήκης πεδילוδοκός

Ἡ πεδילוδοκός αὐτή ἀντιμετωπίζεται μέ τή χρησιμοποίηση γραμμῶν ἐπιρροῆς τῆς τάσης ἐδάφους, τῆς τέμνουσας δύναμης καί τῆς ροπῆς κάμψης γιά τυχαῖο σημεῖο (πίνακας 14).

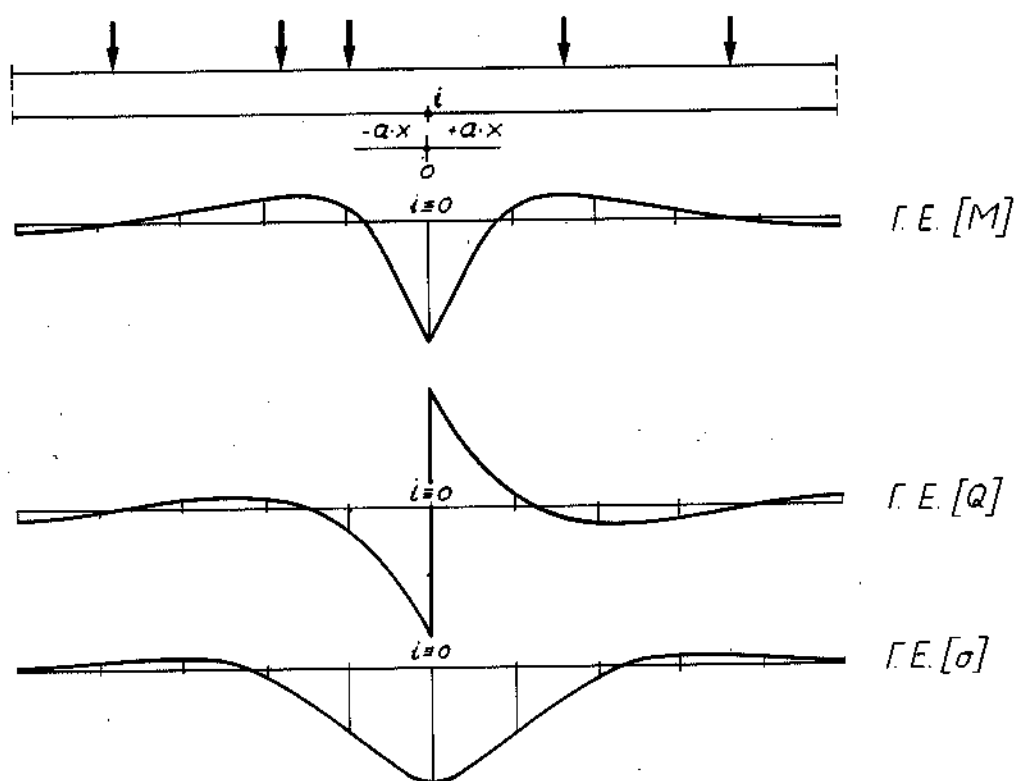
Τό σημεῖο O τῆς γραμμῆς ἐπιρροῆς τοποθετεῖται στό σημεῖο i τῆς πεδילוδοκοῦ τοῦ ὁποῖου ζητοῦνται τά μεγέθη σ , M , Q .

Τά μήκη ἔχουν ἀντικατασταθῇ μέ τά "ἐλαστικά μήκη".

Τό μέγεθος Ω ($\Omega = \sigma, Q, M$) στό σημεῖο i προκύπτει μέ φόρ-

τιση της αντίστοιχης γραμμής έπιρροής με τά φορτία που έπηρεάζουν τό σημείο αυτό. Τότε είναι $\Omega = \Sigma (P \cdot \eta_{\Omega})$.

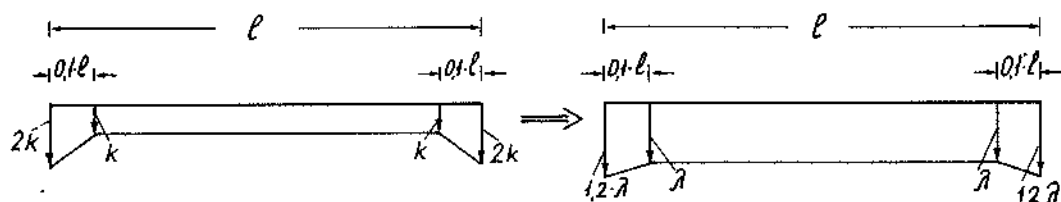
Πρακτικά τό σημείο 1 έπηρεάζεται από φορτία που βρίσκονται σέ απόστάσεις μέχρι $a \cdot x = 5,0$ καί από τίς δύο πλευρές του.



6. Άκρίβεια τών στατικών επίλύσεων

6.1. Οι επίλυσεις πεδילוδοκών που δόθηκαν στίς προηγούμενες παραγράφους στηρίζονται στό δείκτη έδάφους K , που όπως ήδη αναφέρθηκε (κεφάλαιο III) δέν είναι σταθερά τοῦ έδάφους. Μπορεῖ όμως νά θεωρηθῇ σταθερά γιά ἕνα συγκεκριμένο πρόβλημα θεμελιοδοκοῦ, όπου θά λαμβάνεται ὑπ' ὄψη ἡ έλαστικότητα τοῦ έδάφους (E_s) καί ἡ γεωμετρία τοῦ θεμελίου.

6.2. Άλλο σφάλμα που προκύπτει με το δείκτη έδάφους, οφείλεται στη παραδοχή μετάδοσης τάσεων μόνο κάτω από τη πεδιλοδοκό, ενώ στην πραγματικότητα οι τάσεις διαχέονται στο έδαφος και πέρα από τη πεδιλοδοκό. Όταν τα φορτία κινούνται στο μεσαίο 0,8 l, ή



"διάχυση" αυτή των τάσεων δεν ξεπερνά τα όρια της πεδιλοδοκού, και επομένως οι λύσεις είναι ακριβείς.

Το πρόβλημα αρχίζει όταν τα φορτία κινούνται στα άκρα 0,1·l. Λαμβανομένης υπ' όψη της πλαστικής συμπεριφοράς του έδάφους, πρακτικά η κατάσταση αντιμετωπίζεται με τη θεώρηση μεταβλητού δείκτη έδαφους από K έως 2K στα άκρα τμήματα. Τότε και το έλαστικό μήκος μεταβάλλεται αντίστοιχα από $\sqrt{K}$ έως $\sqrt{2K}$ δηλαδή από λ έως 1,20 λ ($\sqrt{2} = 1,20$)

6.3. Τέλος το κρισιμότερο σφάλμα που μπορεί να γίνει στη στατική επίλυση μίας πεδιλοδοκού είναι η εκτίμηση του δείκτη έδαφους K (κυρίως όταν δεν γίνεται εδαφολογική μελέτη για το προσδιορισμό του μέτρου συμπίεσης E_s). Σε σχετικά άνελαστικές πεδιλοδοκούς η επίδραση του K είναι έντονη, παρ' όλο που υπεισέρχεται με τετάρτη δύναμη, και είναι δυνατό από λάθος εκτίμηση του να προκύψουν και αντίθετα έντατικά μεγέθη π.χ. αρνητικές ροπές να υπολογίζονται σαν θετικές.

Η απάλειψη αυτού του σφάλματος γίνεται με τη χρησιμοποίηση δύο τιμών του δείκτη έδαφους K, μία πάνω τιμή και μία κάτω. Με τις δύο αυτές τιμές γίνονται δύο στατικές επιλύσεις, όποτε οι υπολογισμοί των τάσεων έδαφους και των όπλισμών γίνονται με

τή περιβάλλουσα των έντατικών μεγεθών.

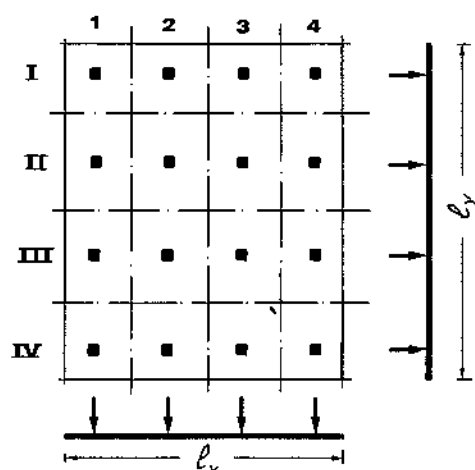
Γιά περισσότερες διευκρινήσεις και περισσότερους πίνακες συνιστάται η μελέτη του βιβλίου του J.Hahn.

7. Γενική κοιτόστρωση

7.1. Γενικά

Όταν τό έδαφος είναι χαλαρό, τά φορτία των υποσυλωμάτων μεγάλα καί οι αποστάσεις μεταξύ των μικρές, χρησιμοποιείται έννιαία πλάκα θεμελίωσης (γενική κοιτόστρωση), ώστε η κατανομή των τάσεων νά είναι σχετικά όμοιόμορφη καί νά γίνεται σέ όσο τό δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια.

7.2. Στατική επίλυση



Η στατική μορφή αυτής της θεμελίωσης είναι η εύκαμπτη πλάκα, πού στηρίζεται στον έλαστικό ισότροπο ήμίχωρο. Η σωστή επίλυση είναι πολύ δύσκολη καί στηρίζεται σέ άπλοποιητικές παραδοχές, πού δίνουν λύσεις μόνο μέ τή βοήθεια ήλεκτρονικού υπολογιστή.

Στά συνηθισμένα προβλήματα θεμελίωσης μέ γενική κοιτόστρωση μπορεί νά

δοθής μία προσεγγιστική λύση χωρίζοντας τή κοιτόστρωση σέ ζώνες καί πρós τίς δύο διευθύνσεις καί επίλύνοντας κάθε μία ζώνη σάν μία μεμονωμένη θεμελιοδοκό.

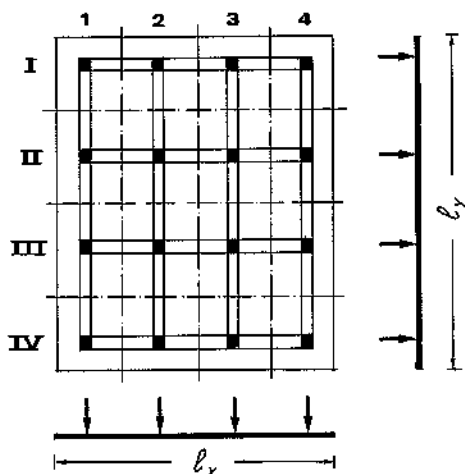
Οι επίλυσεις αυτές δίνουν τόσο πιό ικανοποιητικά αποτελέ-

σματα, όσο πιο συμμετρικός είναι ο "κάνναβος" των υποστυλωμάτων και όσο μικρότερες είναι οι αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων.

7. 3. Κοιτόστρωση με συνδετήριες δοκούς

Η στατική μορφή αυτής της θεμελίωσης είναι πιο συγκεκριμένη. Όταν η ροπή αδράνειας των συνδετηρίων δοκών είναι μεγάλη,

μπορούν να θεωρηθούν άυποχώρητες στηρίξεις, πάνω στις οποίες εδράζεται η πλάκα της κοιτόστρωσης με φόρτιση ίση με τη τάση έδαφους θεωρουμένης ομοιόμορφης. Αν υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα δοκών ή οι δοκοί έχουν μικρή άκαμψία, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ελαστική υποχώρηση των δοκών με κύρια συνέπεια την αύξηση των ροπών των ανοιγμάτων των πλακών.



Οι συνδετήριες δοκοί υπολογίζονται σαν μεμονωμένες πεδילוδοκοί με διατομή πλακοδοκού και πλάτος ίσο με το πλάτος της ζώνης.

7. 4. Κατασκευαστικές οδηγίες

• Όταν η επίλυση της γενικής κοιτόστρωσης γίνεται προσεγγιστικά, πρέπει να λαμβάνονται μεγάλες άνοχές στα έντατικά μεγέθη και μάλιστα τόσο μεγαλύτερες, όσο άνομοιόμορφος είναι ο κάνναβος και τά φορτία των υποστυλωμάτων.

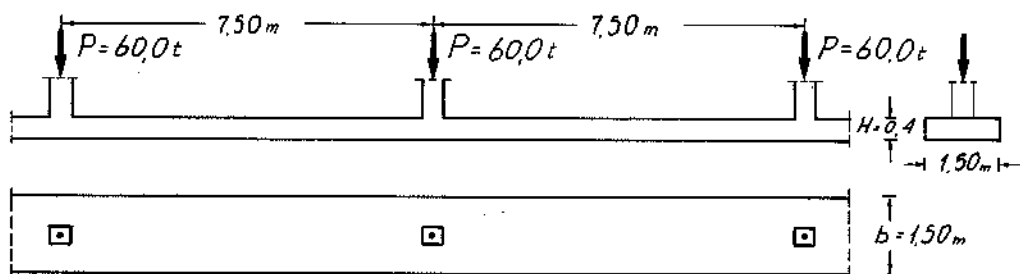
• Συνήθως απαιτείται η κατασκευή δαπέδου εργασίας, κύρια όταν το έδαφος είναι υγρό, από σκυρόδεμα πάχους περίπου 10 cm, που θα επιτρέψει τη καλή τοποθέτηση του όπλισμού και που στη συνέχεια θα είναι η επικάλυψη του όπλισμού.

- Συνιστάται η χρησιμοποίηση ενός ελάχιστου διπλού όπλισμού πάνω και κάτω, πού στη περίπτωση της ενιαίας πλάκας θεμελίωσης μπορεί νά έχει τή μορφή πλέγματος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΑΣΚΗΣΗ 46

Ζητείται ο υπολογισμός των έντατικών μεγεθών της θεμελιοδοκού του σχήματος, πρακτικά άπειρου μήκους, που φέρει συγκεντρωμένα φορτία $P = 60,0 \text{ t}$ κάθε $7,50 \text{ m}$.



Από την έδαφοτεχνική μελέτη, προέκυψαν: μέτρο συμπίεσης $E_s = 100,0 \text{ kg/cm}^2$ και συντελεστής πλευρικής διαστολής (λόγος Poisson) $\nu = 0,40$.

Λύση

1. Γεωμετρικά στοιχεία.

$$\text{Δείκτης έδάφους: } K = \frac{\rho \cdot E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b},$$

όπου $E_s = 100,0 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0,40$, $b = 150 \text{ cm}$ και $\rho = 0,30$ (γιά $\frac{1}{b} = \infty$, από τό πίνακα της σελ. 320), όότε:

$$K = \frac{0,30 \cdot 100,0}{(1 - 0,40^2) \cdot 150,0} = 0,24 \text{ kg/cm}^3.$$

$$\text{Ροπή άδρανείας: } I = \frac{b \cdot H^3}{12} = \frac{1,50 \cdot 0,40^3}{12} = 0,008 \text{ m}^4.$$

Συντελεστής ελαστικότητας:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_D \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,24 \cdot 150}{4 \cdot 210000 \cdot 0,008}} = 0,271 \text{ m}^{-1}$$

Ελαστικό μήκος μεταξύ δύο διαδοχικών φορτίων:

$$\lambda = \alpha \cdot l = 0,271 \cdot 7,50 = 2,0 \text{ m/m}$$

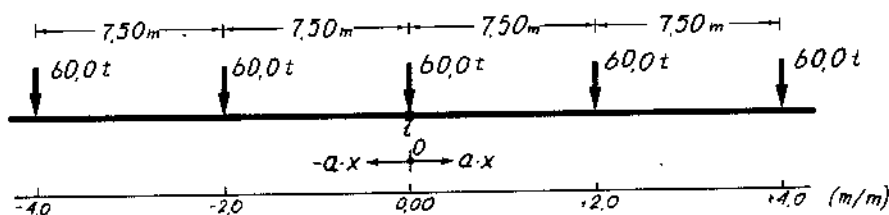
2 Στατική επίλυση

Αρκεί ο υπολογισμός των έντατικών μεγεθών κάτω από τα φορτία και τα μέσα των ανοιγμάτων, για τη κατασκευή των διαγραμμάτων σ , M , Q .

Οι τεταγμένες των έντατικών μεγεθών λαμβάνονται από το πίνακα 14 της άπειρομήκουσ πεδιλοδοκού.

Πρακτικά, ένα φορτίο επηρεάζει το σημείο τοῦ οποίου ζητούνται τα έντατικά μεγέθη, όταν βρίσκεται σε απόσταση $\leq 5,0 \text{ m/m}$ δεξιά ή αριστερά τοῦ σημείου.

2.1 Έντατικά μεγέθη κάτω από τα φορτία



$$\sigma_i = \frac{\alpha}{2b} \cdot \Sigma P n_{\sigma} = \frac{\alpha}{2b} \cdot P \cdot \Sigma n_{\sigma} =$$

$$= \frac{0,271}{2 \cdot 1,50} \cdot 60,0 [1,00 + 0,07 - 0,03 + 0,07 - 0,03] =$$

$$= 5,85 \text{ t/m}^2.$$

$$M_i = \frac{\Sigma P \cdot n_M}{100 \cdot \alpha} = \frac{P \cdot \Sigma n_M}{100 \cdot \alpha} =$$

$$= \frac{60,0}{100 \cdot 0,271} \cdot [25,0 - 4,5 + 0,1 - 4,5 + 0,1] = 35,87 \text{ tm.}$$

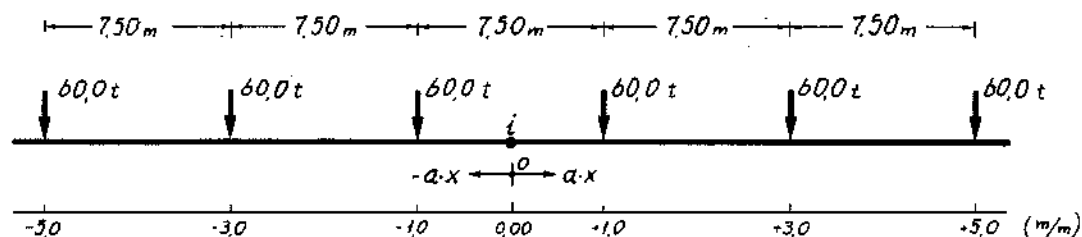
$$Q_i^{\delta} = \Sigma P \cdot n_Q = P \cdot \Sigma n_Q =$$

$$= 60,0 [-0,50 + 0,03 + 0,01 - 0,03 - 0,01] = -30,0 \text{ t}$$

$$Q_i^{\alpha} = P [(1 - n_Q^{0,0}) + \Sigma n_Q] =$$

$$= 60,0 [+0,50 + 0,03 + 0,01 - 0,03 - 0,01] = +30,0 \text{ t.}$$

2.2 Έντατικά μεγέθη στα μέσα των ανοιγμάτων



$$\sigma_i = \frac{\alpha}{2b} \cdot P \cdot \Sigma n_{\sigma} =$$

$$= \frac{0,271}{2 \cdot 1,50} \cdot 60,0 [0,51 - 0,04 - 0,01 + 0,51 - 0,04 - 0,01] =$$

$$= 4,99 \text{ t/m}^2.$$

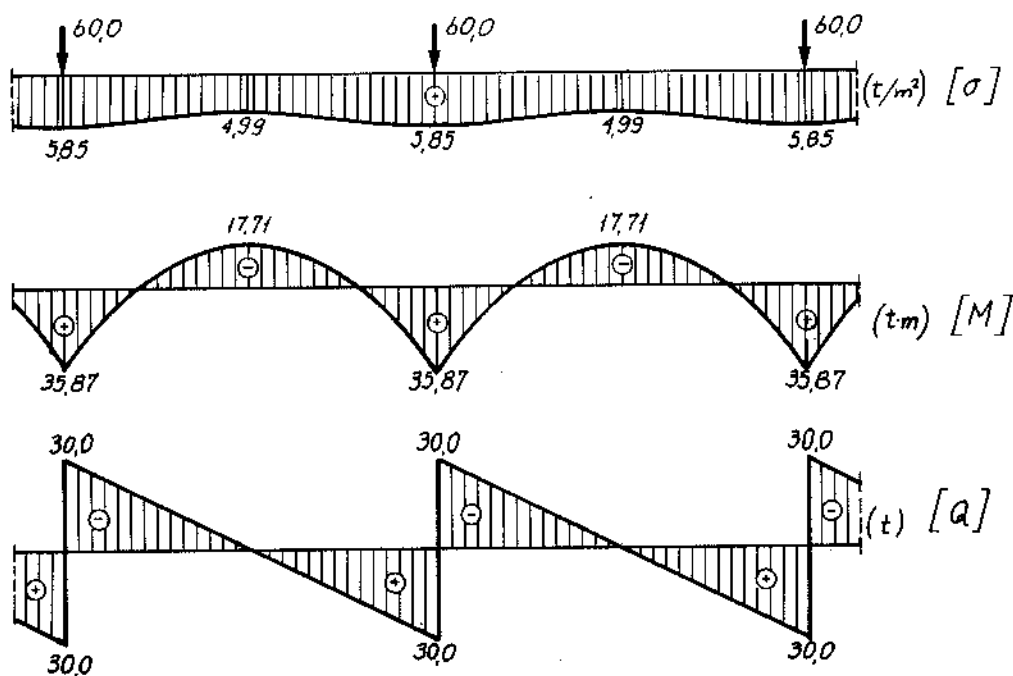
$$M_i = \frac{P \cdot \Sigma n_M}{100 \cdot \alpha} =$$

$$= \frac{60,0}{100 \cdot 0,271} \cdot [-2,8 - 1,4 + 0,2 - 2,8 - 1,4 + 0,2] = -17,71 \text{ tm}$$

$$Q_i = P \cdot \Sigma n_Q =$$

$$= 60,0 [-0,10 + 0,02 - 0,001 + 0,10 - 0,02 + 0,001] = 0,0$$

2.3 Διαγράμματα έντατικών μεγεθών



ΑΣΚΗΣΗ 47

Νά επιλυθῇ ἡ θεμελιοδοκός τῆς ἀσκησης 46, ὅταν ἐδράζε-
ται σέ ἔδαφος μέ μέτρο συμπίεσης $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$.

Λύση**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

$$\text{Δείκτης ἐδάφους: } K = \frac{\rho \cdot E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b}$$

Γιά $E_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$, ἀπό τό πῖνακα τῆς σελ. 320 $\Rightarrow \nu = 0,30$,

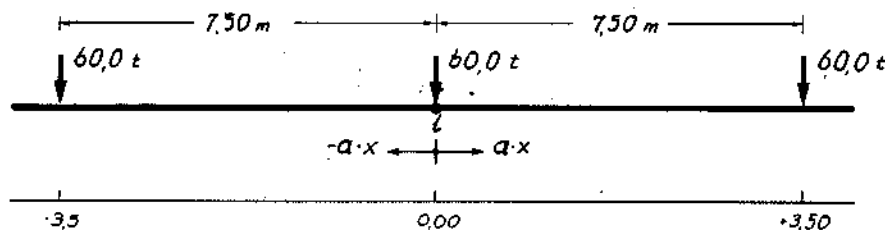
$$\text{ὁπότε: } K = \frac{0,30 \cdot 1000}{(1 - 0,30^2) \cdot 150} = 2,20 \text{ kg/cm}^3.$$

Συντελεστής ἐλαστικότητας:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_b \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{2,20 \cdot 150}{4 \cdot 210000 \cdot 0,008}} = 0,471 \text{ m}^{-1}$$

Ἐλαστικό μήκος μεταξύ δύο διαδοχικῶν φορτίων:

$$\lambda = \alpha \cdot l = 0,471 \cdot 7,50 = 3,50 \text{ m/m}$$

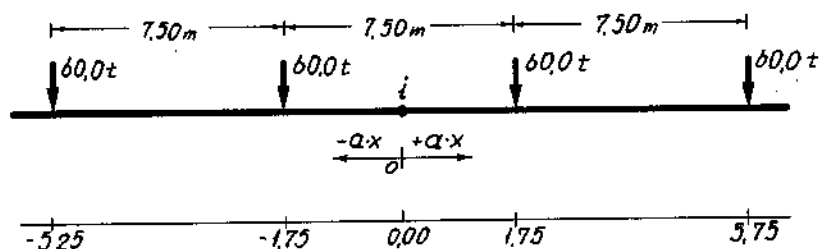
2 Στατική επίλυση**2.1 Ἐντατικά μεγέθη κάτω ἀπό τά φορτία**

$$\sigma_i = \frac{\alpha}{2b} \cdot P \cdot \Sigma n_{\sigma} = \frac{0,471}{2 \cdot 1,50} \cdot 60,0 \cdot [1,00 - 0,04 - 0,04] = 8,67 \text{ t/m}^2$$

$$M_i = \frac{P \cdot \Sigma n_M}{100 \cdot \alpha} = \frac{60,0}{100 \cdot 0,471} \cdot [25,0 - 0,45 - 0,45] = 30,70 \text{ tm}$$

$$Q_i^0 = -Q_i^{\alpha} = -30,0 \text{ t}$$

2.2 Έντατικά μεγέθη στα μέσα τῶν ἀνοιγμάτων

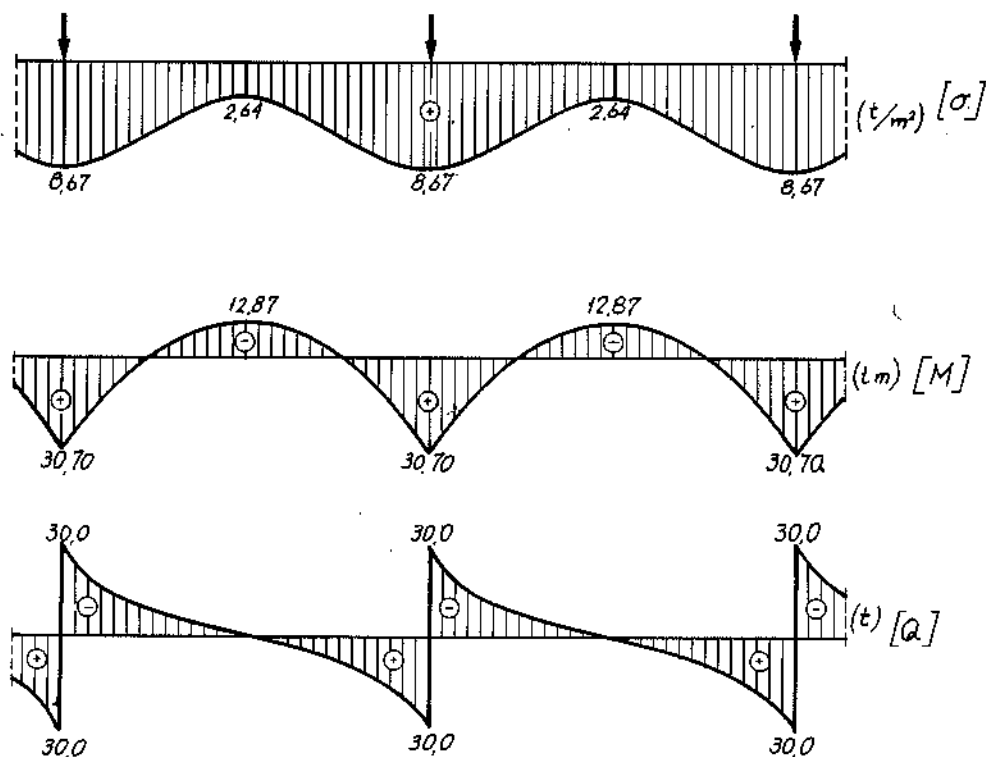


$$\sigma_i = \frac{\alpha}{2b} \cdot P \cdot \Sigma n_{\sigma} = \frac{0,471}{2 \cdot 1,50} \cdot 60,0 [0,14 + 0,14] = 2,64 \text{ t/m}^2.$$

$$M_i = \frac{P \cdot \Sigma n_M}{100 \cdot \alpha} = \frac{60,0}{100 \cdot 0,471} [-5,05 - 5,05] = -12,87 \text{ tm}$$

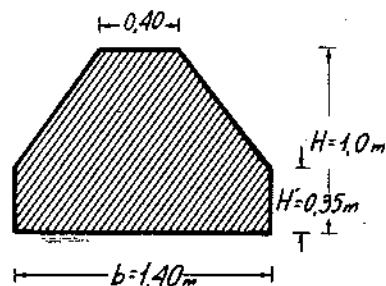
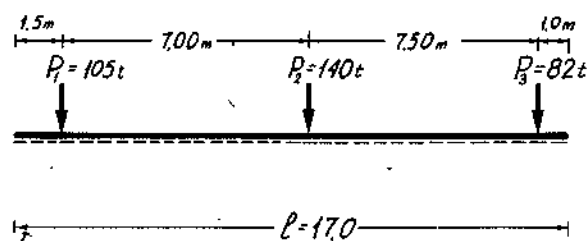
$$Q_i = 0.$$

2.3 Διαγράμματα έντατικών μεγεθών



ΑΣΚΗΣΗ 48

Ζητείται ο υπολογισμός της πεδιλοδοκού του σχήματος.



$$\frac{1}{b} = \frac{17,0}{1,40} = 12,1 \quad \Rightarrow \quad \rho = 0,44$$

Δείκτης έδάφους:

$$K = \frac{\rho \cdot E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b} = \frac{0,44 \cdot 60}{(1 - 0,40^2) \cdot 140} = 0,22 \text{ kg/cm}^3$$

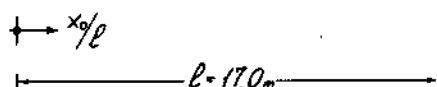
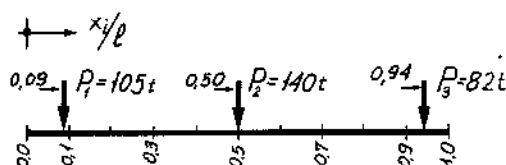
Συντελεστής έλαστικότητας

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_b \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,22 \cdot 140}{4 \cdot 210000 \cdot 0,0750}} = 0,149 \text{ m}^{-1}$$

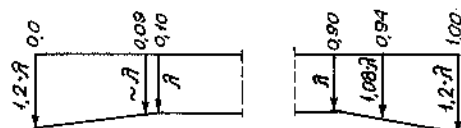
Έλαστικό μήκος

$$\lambda = \alpha \cdot l = 0,149 \cdot 17,0 = 2,50 \text{ m/m}$$

2. Στατική επίλυση



Τό φορτίο P_3 βρίσκεται στο δεξιό 0,1·1. Σύμφωνα με τή §6.2. ή έπιρροή αυτού τοῦ φορτίου θά υπολογισθῇ μέ $\lambda = 1,08 \cdot 2,50 = 2,70$.



Οἱ τεταγμένες τοῦ φορτίου P_1 βρίσκονται μέ άπλή παρεμβολή καί τοῦ P_3 μέ διπλή.

Τό P_1 βρίσκεται πολύ κοντά στό 0,1·1 καί γι' αυτό ή έπιρροή του υπολογίζεται μέ $\lambda = 2,50$.

Διατομή 0,0

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (105 \cdot 4,06 + 140 \cdot 0,45 - 82 \cdot 0,872) = 17,55 \text{ t/m}^2$$

$$M = 0$$

$$Q = 0$$

Διατομή 0,10

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (105 \cdot 3,28 + 140 \cdot 0,69 - 82 \cdot 0,69) = 16,15 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{17,0}{100} (105 \cdot 0,90 + 140 \cdot 0,26 - 82 \cdot 0,404) = 16,62 \text{ tm}$$

$$Q = 105(-0,633) + 140 \cdot 0,057 + 82(-0,077) = -64,80 \text{ t}$$

Διατομή 0,30

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (105 \cdot 1,79 + 140 \cdot 1,14 - 82 \cdot 0,225) = 13,83 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{17,0}{100} \cdot (-105 \cdot 6,22 + 140 \cdot 3,09 - 82 \cdot 3,02) = -79,58 \text{ tm}$$

$$Q = -105 \cdot 0,129 + 140 \cdot 0,241 - 82 \cdot 0,169 = 6,34 \text{ t.}$$

Διατομή 0,50

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (105 \cdot 0,67 + 140 \cdot 1,38 + 82 \cdot 0,488) = 12,75 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{17,0}{100} (-105 \cdot 6,03 + 140 \cdot 10,43 - 82 \cdot 6,43) = 50,96 \text{ tm}$$

$$Q^{\delta} = 105 \cdot 0,110 - 140 \cdot 0,50 - 82 \cdot 0,149 = -70,67 \text{ t}$$

$$Q^a = 105 \cdot 0,110 + 140 \cdot 0,50 - 82 \cdot 0,149 = 69,33 \text{ t.}$$

Διατομή 0,70

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (-105 \cdot 0,11 + 140 \cdot 1,14 + 82 \cdot 1,732) = 12,19 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{17,0}{100} (-105 \cdot 3,05 + 140 \cdot 3,09 - 82 \cdot 7,72) = -88,52 \text{ tm}$$

$$Q = 105 \cdot 0,167 - 140 \cdot 0,241 + 82 \cdot 0,062 = -11,75 \text{ t}$$

Διατομή 0,90

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (-105 \cdot 0,73 + 140 \cdot 0,69 + 82 \cdot 3,604) = 13,26 \text{ t/m}^2$$

$$M = \frac{17,0}{100} (-105 \cdot 0,43 + 140 \cdot 0,26 - 82 \cdot 1,85) = -27,28 \text{ tm}$$

$$Q = 105 \cdot 0,082 - 140 \cdot 0,057 + 82 \cdot 0,588 = 48,85 \text{ t}$$

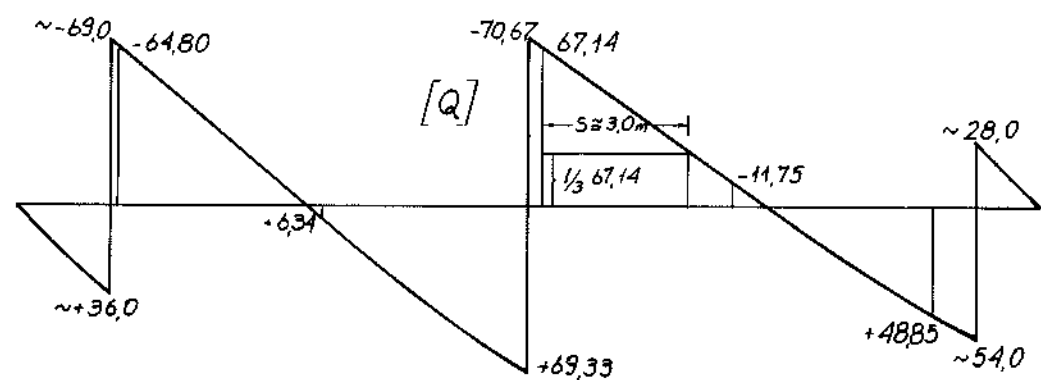
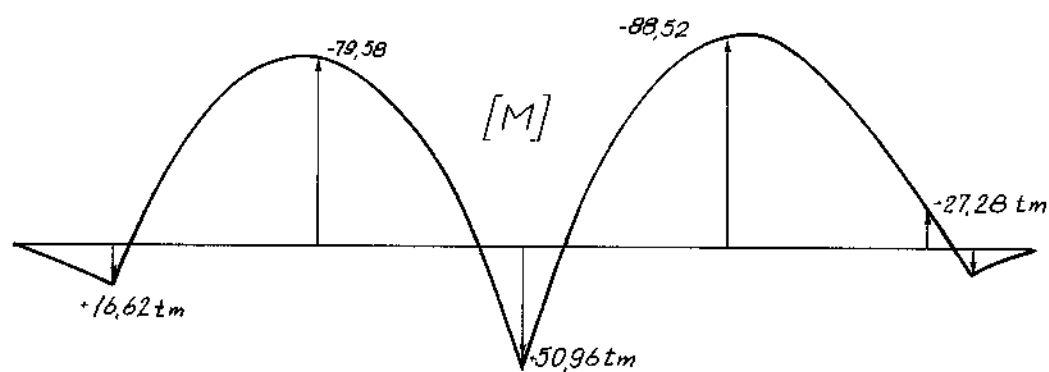
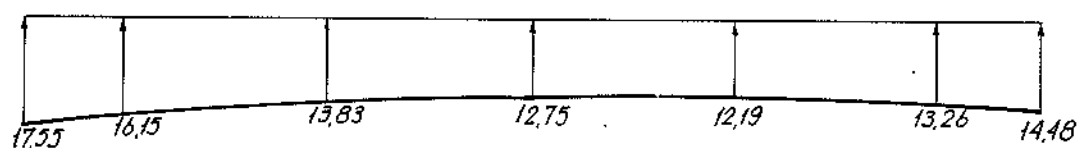
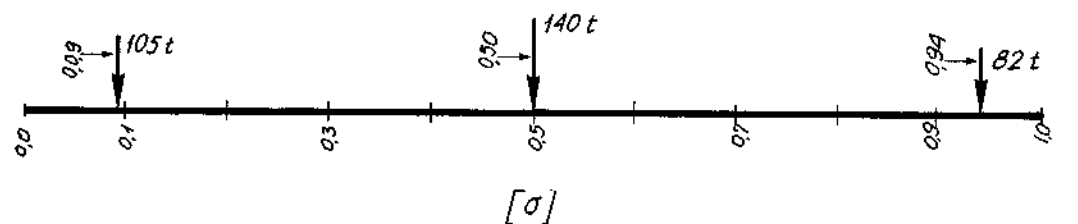
Η παρεμβολή στις τιμές n_Q^3 γίνεται με τις διατομές 0,9 άριστερά και 1,00.

Διατομή 1,00

$$\sigma = \frac{1}{17,0 \cdot 1,40} (-105 \cdot 0,95 + 140 \cdot 0,45 + 82 \cdot 4,65) = 14,48 \text{ t/m}^2$$

$$M = 0$$

$$Q = 0$$



3. Έλεγχος τάσεων έδάφους.

$$\sigma_o = \frac{\Sigma P}{lb} + q_n = \frac{327}{17,0 \cdot 1,40} + \frac{1,075 \cdot 2,40}{1,40} = 15,58 \text{ t/m}^2 < \epsilon \sigma_o.$$

$$\max \sigma = 17,55 + 1,84 = 19,39 \text{ t/m}^2 \approx \epsilon \sigma_{\alpha\lambda\chi\mu}.$$

4. Έλεγχος σέ κάμψη

Διατομή 0,7

Θλιβόμενες ίνες της διατομής είναι οι κάτω, όποτε $b=1,40\text{m}$.

$$K_h = \frac{93}{\sqrt{\frac{88,52}{1,40}}} = 11,7 \Rightarrow K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{88,52}{0,93} = 43,78 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 18\emptyset 18$$

Διατομή 0,3

$$K_h = \frac{93}{\sqrt{\frac{79,58}{1,40}}} = 12,3 \Rightarrow K_e = 0,46.$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{79,58}{0,93} = 39,36 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 16\emptyset 18$$

Διατομή 0,5

Θλιβόμενες ίνες της διατομής είναι οι πάνω, όποτε $b=0,40\text{m}$.

$$M_{\text{παρ.}} = 0,9 \cdot 50,96 = 45,86 \text{ tm.}$$

$$K_h = \frac{93}{\sqrt{\frac{45,86}{0,40}}} = 8,7 \Rightarrow K_e = 0,47, \quad K_x = 0,35.$$

$$F_e = 0,47 \cdot \frac{45,86}{0,93} = 23,18 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 9\phi 18.$$

Τά υπάρχοντα άρκοϋν. (Κανονικά τό "ίσοδύναμο θλιβόμενο πλάτος" είναι:

$$b_m = b + \frac{2}{3} i \cdot x, \quad x = 0,35 \cdot 0,93 = 0,326 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b_m = 0,40 + \frac{2}{3} \cdot \frac{0,50}{0,65} \cdot 0,326 = 0,57 \text{ m},$$

σύμφωνα μέ τή §1.3, κεφ. ΙΙ).

5. "Έλεγχος σέ διάτμηση

$$\max |Q| = 0,95 \cdot 70,67 = 67,14 \text{ t}$$

$$b' = 0,40 + \frac{0,8 \cdot 0,326}{1,00 - 0,35} (1,40 - 0,40) = 0,80 \text{ m}.$$

$$\max \tau = \frac{67,14}{\frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 0,80} = 103,1 \text{ t/m}^2 > 90,0 \text{ t/m}^2,$$

άρα χρειάζεται όπλισμός διάτμησης.

5.1. Συνδετήρες σέ διατομή 40 x 100

$$Q_B = \frac{1}{3} \cdot Q_{\text{παρ.}} = \frac{1}{3} \cdot 67,14 = 22,38 \text{ t}, \quad \sigma_{eB} = 2,40 \text{ t/cm}^2$$

$$\frac{F_{eB}}{e} = \frac{Q_B}{2 \cdot z \cdot \sigma_{eB}} = \frac{22,38}{2 \cdot \frac{7}{8} \cdot 93 \cdot 2,40} = 0,057 \Rightarrow \text{συνδετήρες } \phi 10/14$$

(πίν. 30, τόμ. Α).

5.2. Λοξός όπλισμός

$$E_Q = \frac{1}{2} \cdot (67,14 - 22,38) \cdot 3,00 = 67,14 \text{ tm}$$

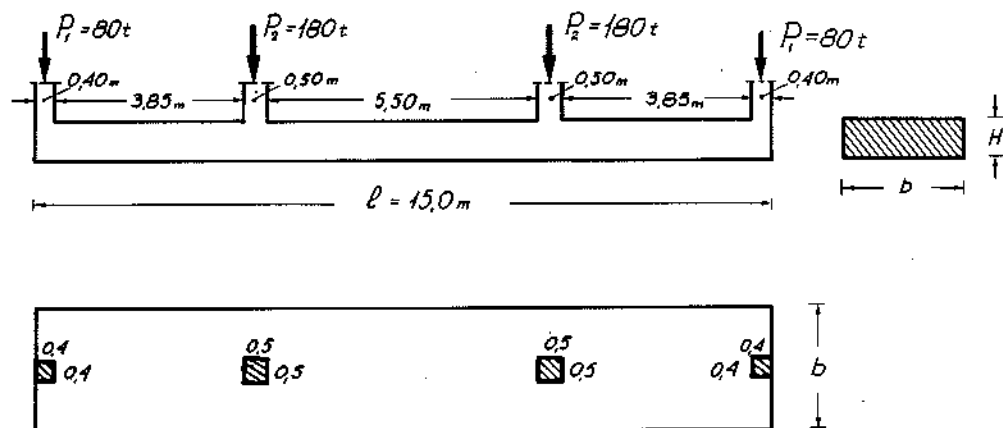
(ή απόσταση $s = 3,0 \text{ m}$ λαμβάνεται γραφικά)

$$F_{es} = \frac{67,14}{\sqrt{2} \cdot \frac{7}{8} \cdot 0,93 \cdot 2,4} = 24,38 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_{es} = 10\phi 18$$

Γιά τή διάτμηση μπορούν νά χρησιμοποιηθοῦν καί οί ράβδοι τοῦ όπλισμοῦ κάμψης.

ΑΣΚΗΣΗ 49

Ζητεῖται ὁ ὑπολογισμός τῆς θεμελιοδοκοῦ τοῦ σχήματος.



Δίνονται: Έδαφος: άργιλώδης έλύς πλαστική.

Βάθος θεμελίωσης: $z = 3,50 \text{ m}$

Υλικά: B225, St III

Διατομή ύποστυλωμάτων 50×50 καί 40×40

Θά χρησιμοποιηθή ένιαία πλάκα θεμελίωσης.

Λύση

A Προεκτίμηση

Άπό τό πίνακα 5, §1.4, κεφ. I, προκύπτει $\epsilon\sigma_0 = 1,80 \text{ kg/cm}^2$.

Έπειδή δέν υπάρχουν έδαφολογικά στοιχεΐα καί υπέρ τής ασφάλειας τής κατασκευής, λαμβάνεται $\epsilon\sigma_0 = 1,60 \text{ kg/cm}^2$ (άν καί λόγω βάθους ή $\epsilon\sigma_0$ είναι ακόμη μεγαλύτερη: $(3,50 - 2,0) \cdot 1,70 = 2,6 \text{ t/m}^2$).

Μέτρο συμπίεσης $I_s \approx 0,50 \cdot 1,60 \cdot 10^2 = 80,0 \text{ kg/cm}^2$.

Η απαιτούμενη διατομή προκύπτει από τή σχέση:

$$\epsilon\sigma_0 = \frac{\Sigma P}{1 \cdot b} \Rightarrow b = \frac{\Sigma P}{\epsilon\sigma_0 \cdot 1} = \frac{520}{16,0 \cdot 15,0} = 2,17 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $b = 2,50 \text{ m}$, γιά νά παραληφθῇ τό ίδιο βάρος, καί ένδεχόμενες μεγάλες εξάρσεις τής τάσης έδάφους.

Τό απαιτούμενο ύψος τής πεδικοδοκού προκύπτει από τόν έλεγχο σέ διάτρηση. Γιά $\tau_R = 60,0 \text{ t/m}^2$ (κεφ. II, §2.4),

$$z = 0,875 h, \quad u_R = 4(h + 0,50) \text{ καί } Q_R = 180,0 \text{ t, είναι:}$$

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R \cdot z} \Rightarrow 60,0 = \frac{180,0}{4(h + 0,50) \cdot 0,875h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h^2 + 0,5h - 0,86 = 0 \Rightarrow h = \frac{-0,50 \pm 1,92}{2} = 0,71 \text{ m}.$$

Λαμβάνεται $H = 80 \text{ cm}$.

Β' Έλεγχοι**1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Δείκτης έδάφους:
$$K = \frac{\rho \cdot E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{15,0}{2,5} = 6,0 \Rightarrow \rho = 0,52$$

Γιά $E_s = 80,0 \text{ kg/cm}^2$ είναι $\nu = 0,40$, οπότε

$$K = \frac{0,52 \cdot 80,0}{(1 - 0,40^2) \cdot 250} = 0,20 \text{ kg/cm}^3.$$

Γιά μεγαλύτερη ασφάλεια, λαμβάνονται δύο τιμές του δείκτη έδάφους K : $K_1 = 0,10 \text{ kg/cm}^3$ και $K_2 = 0,50 \text{ kg/cm}^3$, γίνονται δύο στατικές επίλυσεις και κατασκευάζεται η περιβάλλουσα των έντατικών μεγεθών.

Ροπή αδρανείας

$$I = \frac{b \cdot H^3}{12} = \frac{2,50 \cdot 0,80^3}{12} = 0,107 \text{ m}^4.$$

Συντελεστής έλαστικότητας:

$$\alpha_1 = \sqrt[4]{\frac{K_1 \cdot b}{4 \cdot E \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,10 \cdot 250}{4 \cdot 210000 \cdot 0,107}} = 0,129 \text{ m}^{-1}$$

$$\alpha_2 = \sqrt[4]{\frac{K_2 \cdot b}{4 \cdot E \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,50 \cdot 250}{4 \cdot 210000 \cdot 0,107}} = 0,193 \text{ m}^{-1}$$

Έλαστικό μήκος:

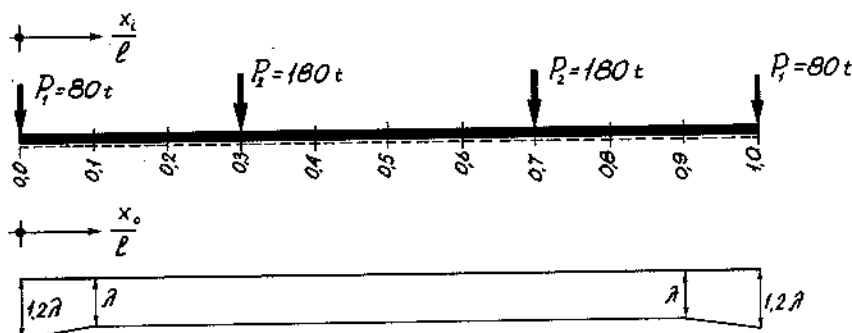
$$\lambda_1 = \alpha_1 \cdot l = 0,129 \cdot 15,0 = 1,94 \rightarrow \lambda_1 = 2,0$$

$$\lambda_2 = \alpha_2 \cdot l = 0,193 \cdot 15,0 = 2,90 \rightarrow \lambda_2 = 3,0$$

2 Στατική επίλυση

2.1. Υπολογισμός έντατικών μεγεθών με $\lambda = 2,0$

Τά φορτία $P_1 = 80,0 \text{ t}$, θεωρείται ότι επενεργούν στο άκρο της δοκού ($\frac{x}{l} = \frac{0,20}{15,0} = 0,0$), οπότε επηρεάζουν τα έντατικά μεγέθη με ελαστικό μήκος $\lambda' = 1,20 \cdot \lambda = 2,50$ και χρησιμοποιείται ο πίνακας 17 ($\lambda = 2,50$), αντί του πίνακα 16 ($\lambda = 2,0$) που χρησιμοποιείται για τα φορτία P_2 .



Διατομή 0,0

$$\sigma_{0,0} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(5,18 - 1,18) + 180,0(2,03 - 0,29)] =$$

$$= 16,9 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,0} = 0$$

$$Q_{0,0} = -1,0 \cdot 80,0 = -80,0 \text{ t}$$

Διατομή 0,1

$$\sigma_{0,1} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(3,93 - 0,92) + 180,0(1,88 - 0,02)] =$$

$$= 15,3 \text{ t/m}^2.$$

$$M_{0,1} = \frac{15,0}{100} \cdot [80,0(-7,62 - 0,55) + 180,0(0,99 - 0,10)] =$$

$$= -74,0 \text{ tm}$$

$$Q_{0,1} = 80,0(-0,545 - 0,105) + 180,0(0,196 - 0,015) = -19,4 \text{ t}$$

Διατομή 0,2

$$\sigma_{0,2} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(2,79 - 0,66) + 180,0(1,73 + 0,26)] =$$

$$= 14,1 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,2} = \frac{15,0}{100} \cdot [80,0(-11,30 - 2,01) + 180,0(3,86 - 0,21)] =$$

$$= -61,2 \text{ tm}$$

$$Q_{0,2} = 80,0(-0,21 - 0,184) + 180,0(0,376 - 0,003) = 35,6 \text{ t}$$

Διατομή 0,3

$$\sigma_{0,3} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(1,83 - 0,37) + 180,0(1,55 + 0,53)] =$$

$$= 13,1 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,3} = \frac{15,0}{100} [80,0(-12,16 - 4,15) + 180,0(8,46 - 0,07)] =$$

$$= 30,8 \text{ tm}$$

$$Q_{0,3}^{\delta} = 80,0(0,020 - 0,237) + 180,0(-0,460 + 0,036) = -93,7 \text{ t}$$

$$Q_{0,3}^a = 80,0(0,020 - 0,237) + 180,0 [(1 - 0,460) + 0,036] =$$

$$= 86,3 \text{ t}$$

Διστομή 0,4

$$\sigma_{0,4} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(1,05 - 0,01) + 180,0(1,32 + 0,80)] =$$

$$= 12,4 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,4} = \frac{15,0}{100} [80,0(-11,19 - 6,64) + 180,0(4,60 + 0,60)] =$$

$$= -73,6 \text{ tm}$$

$$Q_{0,4} = 80,0(0,162 - 0,257) + 180,0(-0,316 + 0,102) = -46,1 \text{ t}$$

Διστομή 0,5

$$\sigma_{0,5} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(0,45 + 0,45) + 180,0(1,07 + 1,07)] =$$

$$= 12,2 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,5} = \frac{15,0}{100} [80,0(-9,14 - 9,14) + 180,0(2,07 + 2,07)] =$$

$$= -107,6 \text{ tm}$$

$$Q_{0,5} = 0,0.$$

2.2. Υπολογισμός έντατικών μεγεθών με $\lambda = 3,0$

Τά φορτία P_1 επηρεάζουν τά έντατικά μεγέθη με $\lambda' = 1,20 \cdot 3,0 = 3,5$, όποτε χρησιμοποιείται ο πίνακας 19, ενώ για τά φορτία P_2 , ο πίνακας 18.

Διατομή 0,0

$$\sigma_{0,0} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(7,01 - 0,25) + 180,0(1,55 - 0,46)] =$$

$$= 19,7 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,0} = 0,0$$

$$Q_{0,0} = -80,0 \text{ t}$$

Διατομή 0,1

$$\sigma_{0,1} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} \cdot [80,0(4,64 - 0,35) + 180,0(1,68 - 0,14)] =$$

$$= 16,5 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,1} = \frac{15,0}{100} [80,0(-6,90 - 0,14) + 180,0(0,80 - 0,17)] =$$

$$= -67,5 \text{ tm}$$

$$Q_{0,1} = 80,0(-0,420 - 0,030) + 180,0(0,161 - 0,030) = -12,4 \text{ t}$$

Διατομή 0,2

$$\sigma_{0,2} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(2,66 - 0,44) + 180,0(1,77 + 0,18)] =$$

$$= 14,1 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,2} = \frac{15,0}{100} [80,0(-9,13 - 0,63) + 180,0(3,27 - 0,49)] =$$

$$= -42,1 \text{ tm}$$

$$Q_{0,2} = 80,0(-0,059 - 0,070) + 180,0(0,344 - 0,028) = 46,6 \text{ t}$$

Διάτομή 0,3

$$\begin{aligned}\sigma_{0,3} &= \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(1,22 - 0,50) + 180,0(1,76 + 0,52)] = \\ &= 12,5 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{0,3} &= \frac{15,0}{100} [80,0(-8,65 - 1,56) + 180,0(7,50 - 0,63)] = \\ &= 63,0 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$Q_{0,3}^{\delta} = 80,0(0,131 - 0,117) + 180,0(-0,487 + 0,006) = -85,5 \text{ t}$$

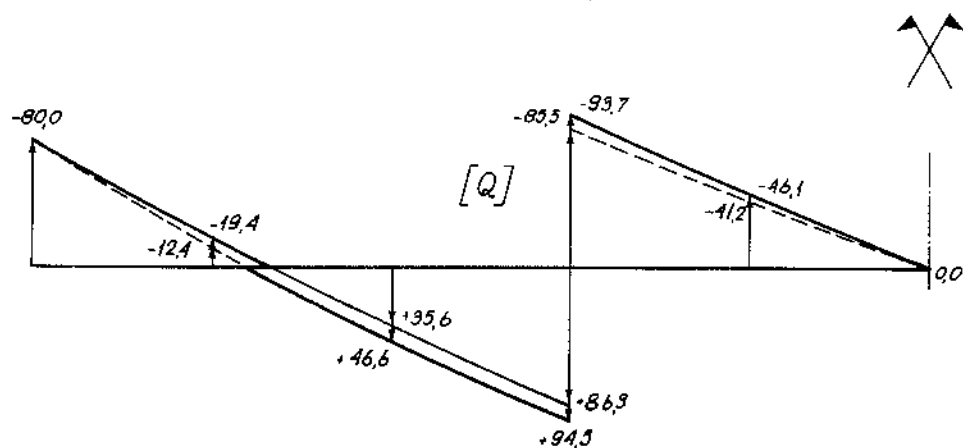
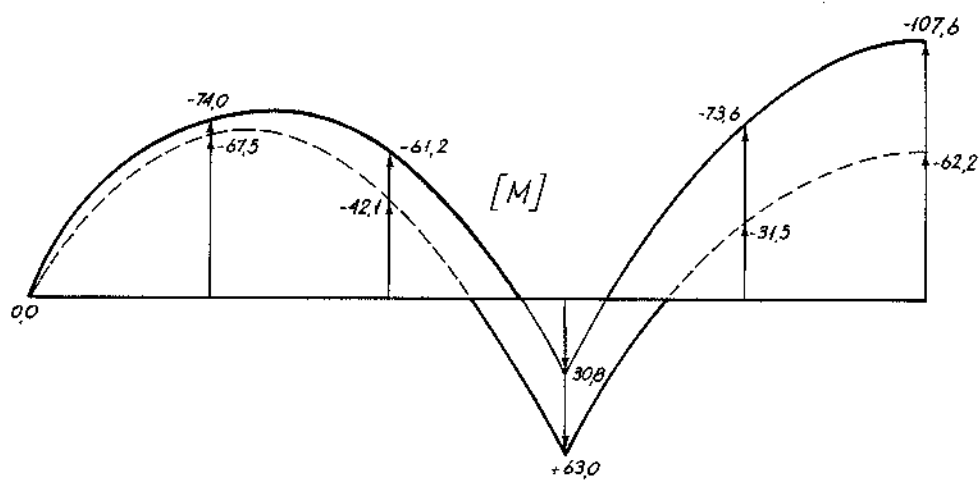
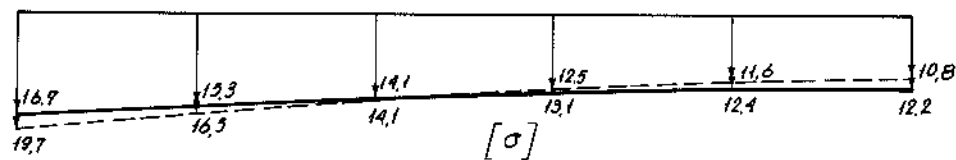
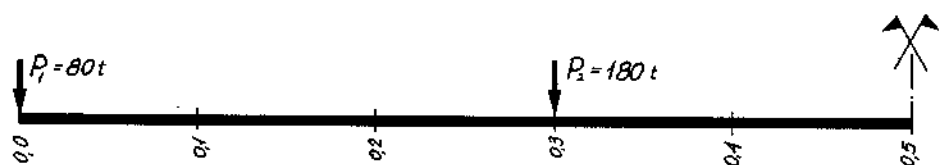
$$Q_{0,3}^{\alpha} = 180,0 - 85,46 = 94,5 \text{ t}$$

Διάτομή 0,4

$$\begin{aligned}\sigma_{0,4} &= \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(0,29 - 0,45) + 180,0(1,55 + 0,87)] = \\ &= 11,6 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{0,4} &= \frac{15,0}{100} [80,0(-6,91 - 2,98) + 180,0(3,48 - 0,25)] = \\ &= -31,5 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{0,4} &= 80,0(0,202 - 0,166) + 180,0(-0,320 + 0,075) = \\ &= -41,2 \text{ t}\end{aligned}$$



Διατομή 0,5

$$\sigma_{0,5} = \frac{1}{2,50 \cdot 15,0} [80,0(-0,23 - 0,23) + 180,0(1,23 + 1,23)] =$$

$$= 10,8 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,5} = \frac{15,0}{100} [80,0(-4,84 - 4,84) + 180,0(1,00 + 1,00)] =$$

$$= -62,2 \text{ tm}$$

$$Q_{0,5} = 0,0$$

3. Έλεγχος τάσεων εδάφους.

$$\sigma_o = \frac{\Sigma P}{l \cdot b} + g_o = \frac{520,0}{15,0 \cdot 2,5} + 0,80 \cdot 2,40 = 15,8 \text{ t/m}^2 < \epsilon \pi \sigma_o =$$

$$= 16,0 \text{ t/m}^2.$$

$$\max \sigma = 19,70 + 1,9 = 21,6 \text{ t/m}^2 = 1,30 \cdot \epsilon \pi \sigma_o = 20,80 \text{ t/m}^2.$$

4. Έλεγχος σέ κάμψη

4.1. Διεύθυνση κ

Διατομή 0,5

$$M = 107,6 \text{ tm}, \quad b = 2,50 \text{ m}, \quad \frac{\epsilon \pi \sigma_b}{\epsilon \pi \sigma_e} = \frac{80}{2400}, \quad K_h^* = 9,2$$

$$K_h = \frac{73}{\sqrt{\frac{107,6}{2,50}}} = 11,1 \quad \Rightarrow \quad K_e = 0,46$$

$$F_e = 0,46 \cdot \frac{107,6}{0,73} = 67,80 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 27\emptyset 18$$

Διατομή 0,1 ÷ 0,2

$$M \approx 80,0 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{73}{\sqrt{\frac{80,0}{2,50}}} = 12,9 \Rightarrow K_e = 0,45$$

$$F_e = 0,45 \cdot \frac{80,0}{0,73} = 49,32 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 20\emptyset 18$$

Διατομή 0,3

$$\max M = 63,0 \text{ tm}, \quad b = 2,50 \text{ m}$$

$$K_h = \frac{73}{\sqrt{\frac{63,0}{2,50}}} = 14,5 \Rightarrow K_e = 0,45$$

$$F_e = 0,45 \cdot \frac{63,0}{0,73} = 38,84 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_e = 16\emptyset 18 \text{ (κάτω)}$$

4. 2. Διεύθυνση ψ

Διατομή 0,0 ÷ 0,2

$$\sigma = 19,7 \text{ t/m}^2 \Rightarrow p = 19,7 \text{ t/m}, \quad M^y = 19,7 \cdot \frac{1,25^2}{2} = 15,4 \text{ tm}.$$

$$K_h = \frac{73}{\sqrt{\frac{15,4}{1,0}}} = 18,6 \Rightarrow K_e = 0,45 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{ey} = 0,45 \cdot \frac{15,4}{0,73} = 9,49 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow f_{ey} = \emptyset 12/12$$

Διατομή 0,2 ÷ 0,5

$$\sigma = 14,1 \text{ t/m}^2 \implies p = 14,1 \text{ t/m}, \quad M^y = 14,1 \cdot \frac{1,25^2}{2} = 11,0 \text{ tm}$$

$$K_h = \frac{73}{\sqrt{\frac{11,0}{1,0}}} = 22,0 \implies K_e = 0,44 \implies$$

$$\implies f_{ey} = 0,44 \cdot \frac{11,0}{0,73} = 6,63 \text{ cm}^2/\text{m} \implies f_{ey} = \emptyset 12/17$$

5. Έλεγχος σέ διάτρηση

Στήριξη 0,3

$$\tau_R = \frac{Q_R}{u_R \cdot z}$$

$$d_{Rx} = d_{Ry} = 0,50 + 0,73 = 1,23 \text{ m}, \quad F_R = 1,23^2 = 1,51 \text{ m}^2$$

$$u_R = 4 \cdot 1,23 = 4,92 \text{ m}, \quad Q_R = 180,0 - 1,51 \cdot 12,5 = 161,1 \text{ t}$$

$$\tau_R = \frac{161,1}{4,92 \cdot 0,875 \cdot 0,73} = 51,26 \text{ t/m}^2 \quad \begin{array}{l} > \tau_{011} = 45,0 \text{ t/m}^2 \\ < \tau_{01} = 67,5 \text{ "} \end{array}$$

οπότε χρειάζεται οπλισμός διάτρησης.

$$F_{eR} = 0,75 \cdot \frac{161,1}{2,40} = 50,34 \text{ cm}^2$$

Για δέιτμητους συνδετήρες $\emptyset 8$, απαιτούνται:

$$n = \frac{50,34}{2 \cdot 0,50} = 52 \text{ συνδετήρες και σέ κάθε πλευρά } \frac{52}{4} = 13,$$

σέ απόσταση μεταξύ τους $\frac{0,50 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,73}{13} = 11,5 \text{ cm}$ (κεφ. II , §2.6).

Στά ένδιάμεσα τμήματα μεταξύ τών συνδετήρων οί διατμητικές τάσεις είναι πολύ μικρές.

Στήριξη 0,0

$$d_{R_x} = d_{R_y} = 0,40 + 0,73 = 1,13 \text{ m} ,$$

$$u_R = 0,6 \cdot 4 \cdot 1,13 = 2,71 \text{ m}$$

$$\tau_R = \frac{80,0}{2,71 \cdot 0,875 \cdot 0,73} = 46,2 \text{ t/m}^2 = \tau_{011}$$

Παρ' όλα αυτά τοποθετείται όπλισμός διάτρησης

$$F_{e_R} = 0,75 \cdot \frac{80,0}{2,40} = 25,0 \text{ cm}^2.$$

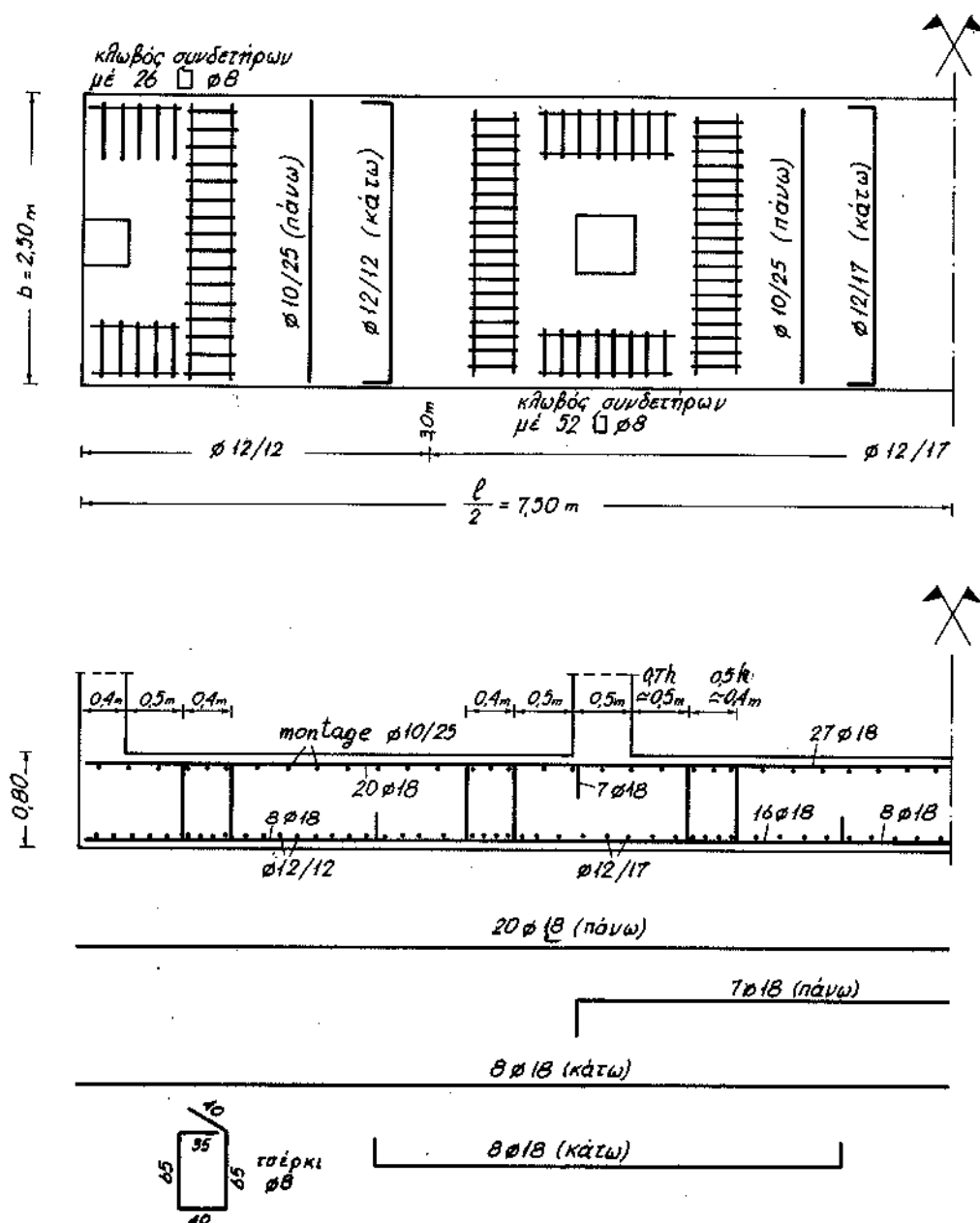
Γιά δίτηντους συνδετήρες διατομής $\emptyset 8$ άπαιτείται άριθμός

$$n = \frac{25,0}{2 \cdot 0,50} = \text{συνδετήρων}$$

Παρατηρήσεις

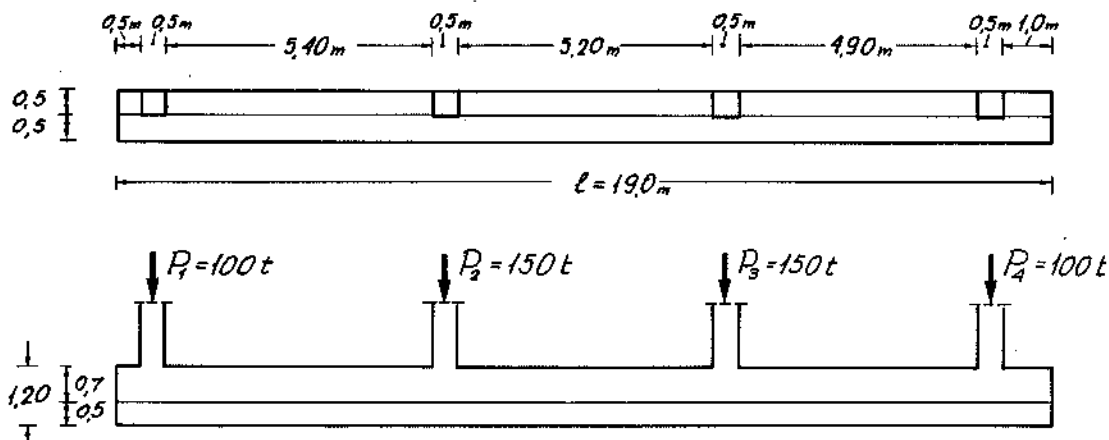
- Η ένταση λόγω ζδίου βάρους είναι μία όμοιόμορφη τάση για τό έδαφος.
- Τόσο στά μεσαία ύποστυλώματα όσο καί στά άκραία ύπάρχει κάποιος βαθμός πάκτωσης που πρέπει νά λαμβάνεται ύπ' όψη στόν ύπολογισμό τών ύποστυλωμάτων, τουλάχιστο τών άκραίων (βλέπε κεφ. III).

6. Σχεδίαση όπλισμού



ΑΣΚΗΣΗ 50

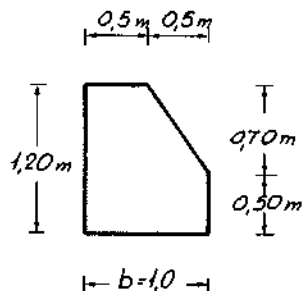
Ζητείται η στατική επίλυση της έκκεντρης θεμελιοδοκού του σχήματος



*Υψος υποστυλωμάτων $h_s = 3,20 \text{ m}$

*Εδαφος με μέτρο συμπίεσης

$E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$ και $\nu = 0,38$

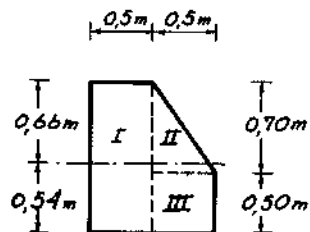
**Λύση****1. Γεωμετρικά στοιχεία.**

Διεύθυνση x

$$\text{Δείκτης εδάφους: } K = \frac{\rho \cdot E_s}{(1 - \nu^2) \cdot b}$$

$$\text{Γιὰ } \frac{1}{b} = \frac{19,0}{1,0} = 19 \Rightarrow \rho = 0,40$$

$$\Rightarrow K = \frac{0,40 \cdot 150}{(1 - 0,38^2) \cdot 100} = 0,70 \text{ kg/cm}^3$$



Ροπή αδρανείας

i	b _i	d _i	F _i	Y _i	F _i ·Y _i	Y _{is}	F _i ·Y _{is} ²	I _{is} '	I _{is}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	0,50	1,20	0,600	0,600	0,360	0,060	0,0022	0,072	0,0742
II	0,50	0,70	0,175	0,733	0,128	0,193	0,0065	0,0048	0,0113
III	0,50	0,50	0,250	0,250	0,063	0,290	0,0210	0,0052	0,0262
			1,025		0,551				0,1117
$Y_s = \frac{0,551}{1,025} = 0,54 \text{ m} \quad I_s = 0,1117 \text{ m}^4$									

Συντελεστής ελαστικότητας:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K \cdot b}{4 \cdot E_b \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{0,70 \cdot 100}{4 \cdot 210000 \cdot 0,1117}} = 0,165 \text{ m}^{-1}$$

Ελαστικό μήκος $\lambda = 0,165 \cdot 19,0 = 3,14 \quad + \quad \lambda = 3,0$ Διεύθυνση ψ

Ακαμψία ράβδου υποστυλώμα - πέδιλο:

Αντιδρούν 4 υποστυλώματα 50×50

$$b_x = b_y = 50 \text{ cm} \Rightarrow u = 4 \cdot 7,72 = 30,88 \text{ (πίν. 7)}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad l = 1900 \Rightarrow \pi = \frac{100^3 \cdot 1900}{30^4} = 2346$$

$$\Rightarrow \frac{I_u}{I_{\pi}} = \frac{u}{\pi} = 0,01$$

$$\text{Γιὰ } \frac{H}{h_p} = \frac{1,20}{3,20 + 1,20} = 0,27 \quad \Rightarrow \quad \lambda_p = 11,29, \quad \gamma_p = 0,43,$$

$$\gamma_p^* = 0,61 \quad (\text{πίν. 5})$$

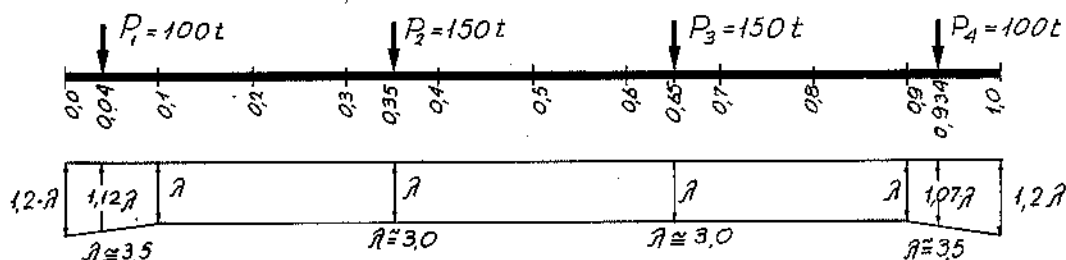
Δείκτες άκαμψίας και συντελεστές κατανομής.

$$K_p = \frac{\lambda_p}{h_p} \cdot \frac{I_u}{I_\pi} \cdot \frac{E_b}{E_s} = \frac{11,29}{4,40} \cdot \frac{30,88}{2346} \cdot \frac{210000}{150} = 47,28 \quad \epsilon_p = 0,94$$

$$K_{\epsilon\delta} = \frac{\pi}{b} = \frac{\pi}{1,0} = \frac{3,14}{50,42} \quad \epsilon_{\epsilon\delta} = \frac{0,06}{1,00}$$

2. Στατική επίλυση

Διεύθυνση x



Διατομή 0,0

$$\sigma_{0,0} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100(6,06 - 0,32) + 150(1,12 - 0,36)] = 36,2 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,0} = 0$$

$$Q_{0,0} = 0$$

Διατομή 0,1

$$\begin{aligned}\sigma_{0,1} &= \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(4,22 - 0,33) + 150,0(1,34 - 0,01)] = \\ &= 31,0 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{0,1} &= \frac{19,0}{100} [100,0(-3,28 - 0,16) + 150,0(0,60 - 0,12)] = \\ &= -51,7 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$Q_{0,1} = 100,0(-0,487 - 0,033) + 150,0(0,123 - 0,019) = -36,4 \text{ t}$$

Διατομή 0,2

$$\begin{aligned}\sigma_{0,2} &= \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(2,60 - 0,33) + 150,0(1,54 + 0,34)] = \\ &= 26,8 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{0,2} &= \frac{19,0}{100} [100,0(-6,23 - 0,65) + 150,0(2,57 - 0,25)] = \\ &= -66,3 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$Q_{0,2} = 100(-0,148 - 0,066) + 150,0(0,272 - 0,002) = 19,1 \text{ t}$$

Διατομή 0,3

$$\begin{aligned}\sigma_{0,3} &= \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(1,35 - 0,30) + 150,0(1,66 + 0,70)] = \\ &= 24,2 \text{ t/m}^2.\end{aligned}$$

$$M_{0,3} = \frac{19,0}{100} [100,0(-6,72 - 1,47) + 150,0(5,99 - 0,05)] =$$

$$= 13,7 \text{ tm}$$

$$Q_{0,3}^a = 100,0(0,047 - 0,098) + 150,0(0,428 + 0,049) = +66,5 \text{ t}$$

Διατομή 0,4

$$\sigma_{0,4} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(0,49 - 0,17) + 150,0(1,60 + 1,05)] =$$

$$= 22,6 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,4} = \frac{19,0}{100} [100,0(-5,75 - 2,58) + 150,0(6,10 + 0,85)] =$$

$$= + 39,8 \text{ tm}$$

$$Q_{0,4}^{\delta} = 100,0(0,135 - 0,122) + 150,0(-0,408 + 0,136) = -39,5 \text{ t}$$

Διατομή 0,5

$$\sigma_{0,5} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,02 + 0,11) + 150,0(1,37 + 1,37)] =$$

$$= 22,1 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,5} = \frac{19,0}{100} [100,0(-4,24 - 3,85) + 150,0(2,79 + 2,79)] =$$

$$= + 5,3 \text{ tm}$$

$$Q_{0,5} = 100,0(0,156 - 0,127) + 150,0(-0,258 + 0,258) = +2,9 \text{ t}$$

Διατομή 0,6

$$\sigma_{0,6} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,28 + 0,63) + 150,0(1,05 + 1,60)] =$$

$$= 22,8 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,6} = \frac{19,0}{100} [100,0(-2,74 - 4,99) + 150,0(+0,85 + 6,10)] =$$

$$= + 51,2 \text{ tm}$$

$$Q_{0,6} = 100,0(0,140 - 0,092) + 150,0(-0,136 + 0,408) =$$

$$= + 45,6 \text{ t}$$

Διατομή 0,7

$$\sigma_{0,7} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,38 + 1,44) + 150,0(0,70 + 1,66)] =$$

$$= 24,2 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,7} = \frac{19,0}{100} [100,0(-1,50 - 5,47) + 150,0(-0,05 + 5,99)] =$$

$$= +36,9 \text{ tm}$$

$$Q_{0,7}^{\delta} = [100,0(0,105 + 0,008) + 150,0(-0,049 - 0,428)] =$$

$$= -60,3 \text{ t}$$

Διατομή 0,8

$$\sigma_{0,8} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,38 + 2,57) + 150(0,34 + 1,54)] =$$

$$= 26,4 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,8} = \frac{19,0}{100} [100,0(-0,64 - 4,50) + 150,0(-0,25 + 2,57)] =$$

$$= -31,5 \text{ tm}$$

$$Q_{0,8} = 100,0(0,068 + 0,206) + 150,0(0,002 - 0,272) = -13,1 \text{ t}$$

Διατομή 0,9

$$\sigma_{0,9} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,34 + 3,95) + 150,0(-0,01 + 1,34)] =$$

$$= 29,5 \text{ t/m}^2$$

$$M_{0,9} = \frac{19,0}{100} [100,0(-0,15 - 0,93) + 150,0(-0,12 + 0,60)] =$$

$$= -6,8 \text{ tm}$$

$$Q_{0,9}^{\alpha} = 100,0(0,032 + 0,531) + 150,0(0,019 - 0,123) =$$

$$= +40,7 \text{ t}$$

Διατομή 1,0

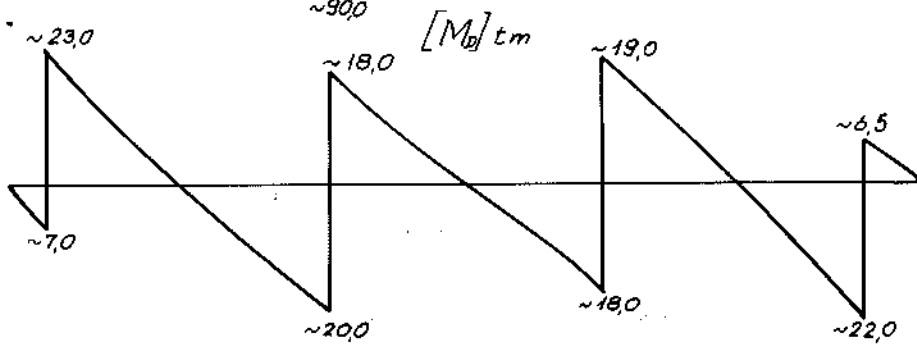
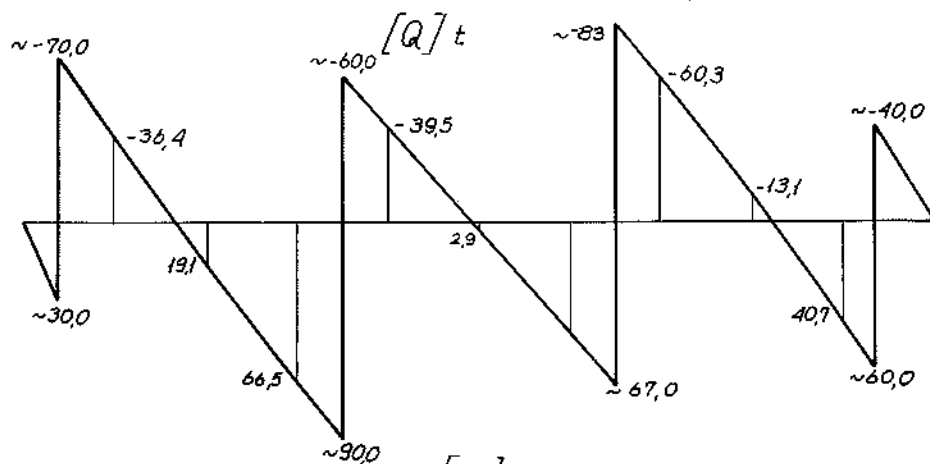
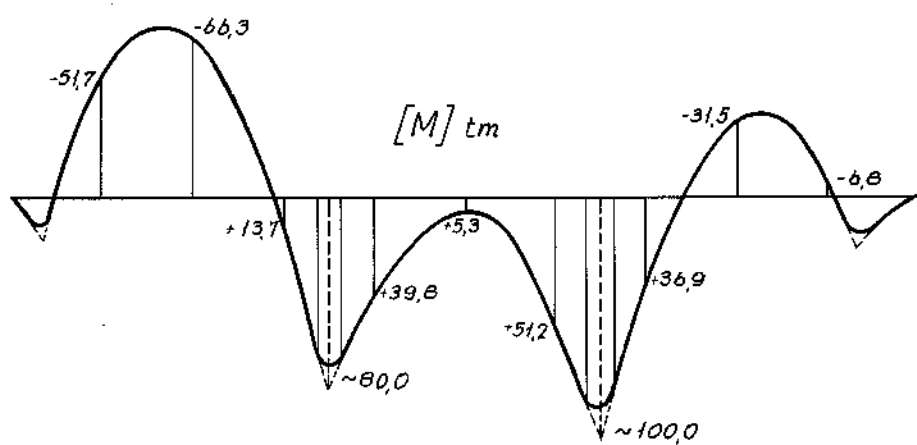
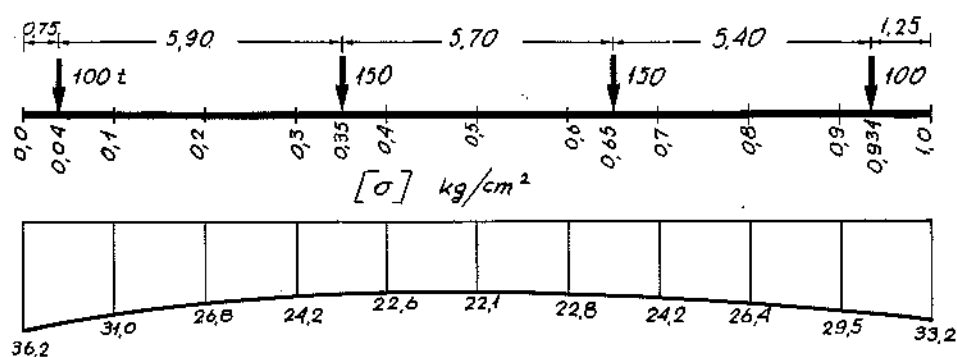
$$\sigma_{1,0} = \frac{1}{1,0 \cdot 19,0} [100,0(-0,29 + 5,45) + 150,0(-0,36 + 1,12)] =$$

$$= 33,2 \text{ t/m}^2$$

$$Q = 0$$

$$M = 0.$$

Τά έντατικά μεγέθη M και Q στά σημεία πού έπενεργοούν τά φορτία βρίσκονται γραφικά μέ προσέγγιση.

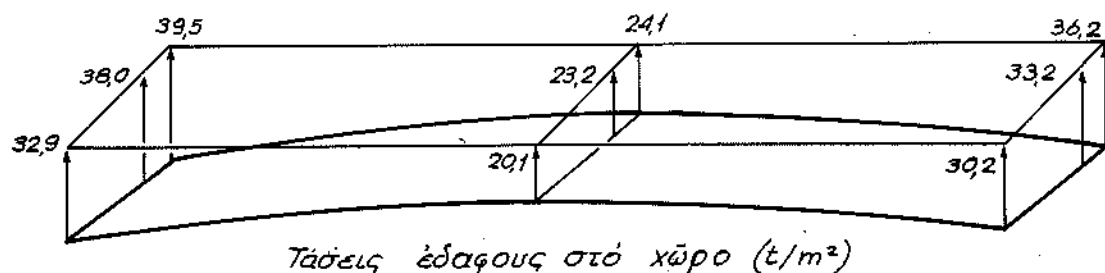
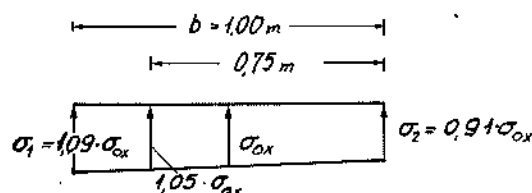


Διεύθυνση ψ

Η επίλυση κατά τη διεύθυνση x έδωσε τρεις μέσες τάσεις σ_{ox} σε κάθε διατομή y . Αν τα υποστυλώματα ήταν κεντρικά, η τάση αυτή θα ήταν σταθερή σε όλο το μήκος της διατομής y , τώρα που τα υποστυλώματα είναι εκκεντρα η τάση αυτή μεταβάλλεται γραμμικά από σ_1 έως σ_2 :

$$e_k = 0,50 - 0,25 = 0,25 \text{ m}, \quad e = \epsilon \cdot e_k = 0,06 \cdot 0,25 = 0,015 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_{ox} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,015}{1,0} \right) = \sigma_{ox} (1 \pm 0,09) \quad \begin{cases} \sigma_1 = 1,09 \sigma_{ox} \\ \sigma_2 = 0,91 \sigma_{ox} \end{cases}$$



$$M_y = \left(\frac{1}{3} \cdot 32,9 + \frac{1}{6} \cdot 38,0 \right) \cdot 0,75^2 = 9,73 \text{ tm/m} \quad \text{στό σημείο } 0,0$$

$$M_y = \left(\frac{1}{3} \cdot 20,1 + \frac{1}{6} \cdot 23,2 \right) \cdot 0,75^2 = 5,94 \text{ tm/m} \quad \text{στό σημείο } 0,50$$

$$M_y = \left(\frac{1}{3} \cdot 30,2 + \frac{1}{6} \cdot 33,2 \right) \cdot 0,75^2 = 8,77 \text{ tm/m} \quad \text{στό σημείο } 1,0$$

Οι ροπές αυτές έχουν κατανομή σαν τών σ . Με φόρτιση m_D αυτές τīs ροπές υπολογίζεται τό διάγραμμα τών ροπών στρέψης M_D (βλ. κεφ. VI τόμος Α').

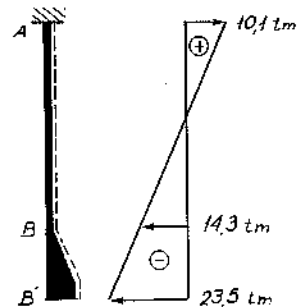
Παρατηρήσεις

- Η διατομή τής θεμελιοδοκού είναι προτιμότερο νά γίνεται ὀρθογωνική γιά νά παραλαμβάνονται οἱ ροπές τών στηρίξεων ἀπό μεγαλύτερο πλάτος, καί νά παραλαμβάνεται ἀσφαλέστερα ἡ στρέψη.
- Ὁ συντελεστής λ_p θά ἦταν πιό σωστό νά ληφθῇ σαν μέσος ὅρος τών τιμῶν πού προκύπτουν ἀπό τούς πίνακες 5,6.
- Ἡ ἔνταση τών ἀκραίων ὑποστυλωμάτων είναι:

$$M_{B'} = -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P = -0,94 \cdot 0,25 \cdot 100,0 = -23,5 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma_p'' \cdot M_{B'} = -0,61 \cdot 23,5 = -14,3 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_p \cdot M_{B'} = 0,43 \cdot 23,5 = +10,1 \text{ tm}$$

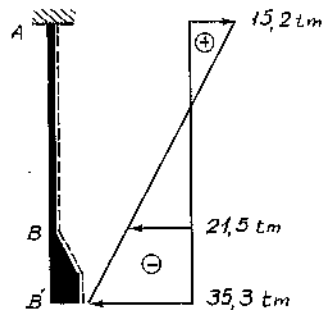


- Ἡ ἔνταση τών μεσαίων ὑποστυλωμάτων είναι:

$$M_{B'} = -\epsilon_p \cdot e_k \cdot P = -0,94 \cdot 0,25 \cdot 150,0 = -35,3 \text{ tm}$$

$$M_B = \gamma_p'' \cdot M_{B'} = -0,61 \cdot 35,3 = -21,5 \text{ tm}$$

$$M_A = -\gamma_p \cdot M_{B'} = 0,43 \cdot 35,3 = +15,2 \text{ tm}$$



- Παρ' ὅτι τό πλάτος τής θεμελιοδοκού είναι μικρό (ἄρα καί ἡ κατασκευαστική ἐκκεντρότητα μικρή), οἱ ροπές πού προκύπτουν στά ὑποστυλώματα είναι σημαντικές, ὅποτε καλό είναι νά χρησιμοποιηθοῦν συνδετήριες δοκοί.
- Οἱ τεταγμένες τών ἐντατικῶν μεγεθῶν σέ διατομή πού ἐπενεργεῖ φορτίο, υπολογίζονται γιά τό συγκεκριμένο φορτίο μέ διαγώνια γραμμική παρεμβολή, ἐνῶ γιά τά ὑπόλοιπα φορτία γίνεται διπλή γραμμική παρεμβολή, π.χ:

$$\eta_{\text{M}}^{0,35} = \frac{7,50 + 8,72}{2} = 8,11$$

$$\eta_{\text{M}}^{0,65} = \frac{8,72 + 7,50}{2} = 8,11$$

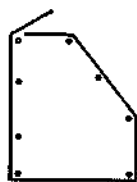
Διατομή 0,35

$$M_{0,35} = \frac{19,0}{100} [100,0(-6,24 - 2,03) + 150,0(8,11 + 0,40)] = +85,4 \text{ tm}$$

Διατομή 0,65

$$M_{0,65} = \frac{19,0}{100} [100,0(-2,12 - 5,23) + 150,0(0,40 + 8,11)] = +102,9 \text{ tm.}$$

- Ο όπλισμός κάμψης είναι προτιμότερο να τοποθετείται εὐθύγραμμος πάνω καὶ κάτω. Γιά τή παραλαβή ἐνδεχόμενων διατμητικών τάσεων, λόγω διάτμησης, ἢ στρέψης πρέπει νά χρησιμοποιοῦνται συνδετήρες. Σ' αὐτή τή μορφή τοῦ πεδύλου καταλληλότερος όπλισμός εἶναι αὐτός τοῦ σχήματος πού εἶναι συγχρόνως όπλισμός κάμψης (κατά τή διεύθυνση y), όπλισμός διάτμησης καὶ όπλισμός στρέψης.



ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Έπιτρεπόμενες τάσεις πλακών από όπλισμένο σκυρόδεμα

Είδος Καταπόνησης	Υλικό κατασκευής και περιοχή εφαρμογής	Κατηγορίες ποιότητας σκυροδέματος			
		Kg/cm ²	B160	B225	B300
Κάμψη	Έπιτρεπόμενη τάση σκυροδέματος σέ kg/cm ²	σ_b	60	80	100
	Έπιτρεπόμενη St I τάση χάλυβα σέ kg/cm ²	σ_e	1400	1400	1400
	St II	σ_e	2000	2000	2000
	St III	σ_e	2400	2400	2400
Διάτμηση λόγω κάμψης	Έπιτρεπόμενη τάση διάτμησης χωρίς ανάγκη όπλισμού	τ_{01}	8	9	10
	Έπιτρεπόμενη τάση διάτμησης με ανάγκη όπλισμού	τ_{02}	16	18	20

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2

Συντελεστές K_h, K_x, K_z, K_e $M_e = M - N \cdot e$ (N άρνητικό σε θλίψη. Για άπλη κάμψη $M_e = M$)

$$z = K_z \cdot h, \quad x = K_x \cdot h, \quad h(\text{cm}) = K_h \cdot \sqrt{\frac{M_e(\text{tm})}{b(\text{m})}}, \quad F_e(\text{cm}^2) = \frac{M_e(\text{tm})}{h(\text{m})} \cdot K_e + \frac{N(\text{t})}{\sigma_e(\text{t/cm}^2)}$$

$\sigma_b \backslash \sigma_e$		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
10	K_h	40.0	43.3	46.3	49.0	51.7	54.1				
	K_e	1.05	0.86	0.74	0.64	0.57	0.51				
	K_z	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98				
	K_x	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07				
15	K_h	27.81	29.9	31.7	33.7	35.3	36.9	38.5	40.0	41.4	42.8
	K_e	1.06	0.88	0.75	0.65	0.58	0.52	0.47	0.43	0.40	0.37
	K_z	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98
	K_x	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07
20	K_h	21.6	23.1	24.6	25.9	27.1	28.3	29.4	30.6	31.5	32.5
	K_e	1.08	0.90	0.76	0.66	0.58	0.52	0.47	0.43	0.40	0.37
	K_z	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97
	K_x	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
30	K_h	15.5	16.4	17.3	18.1	18.9	19.7	20.4	21.2	21.7	22.5
	K_e	1.11	0.92	0.78	0.67	0.60	0.53	0.48	0.44	0.40	0.37
	K_z	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95
	K_x	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
40	K_h	12.3	13.0	13.6	14.2	14.8	15.3	15.9	16.4	16.9	17.3
	K_e	1.14	0.94	0.79	0.69	0.61	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38
	K_z	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94
	K_x	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18
50	K_h	10.4	10.9	11.4	11.9	12.3	12.7	13.1	13.5	13.9	14.3
	K_e	1.17	0.96	0.81	0.70	0.62	0.55	0.50	0.48	0.42	0.38
	K_z	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93
	K_x	0.43	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21

σ_b / σ_e		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
60	K_h			9.9	10.3	10.6	11.0	11.3	11.6	11.9	12.2
	K_e			0.82	0.71	0.63	0.56	0.50	0.46	0.42	0.39
	K_z			0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92
	K_x			0.39	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24
70	K_h			8.8	9.1	9.4	9.7	10.0	10.2	10.5	10.7
	K_e			0.83	0.72	0.63	0.57	0.51	0.46	0.43	0.39
	K_z			0.86	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91
	K_x			0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27
80	K_h			8.0	8.3	8.5	8.7	9.0	9.2	9.4	9.6
	K_e			0.84	0.73	0.64	0.57	0.52	0.47	0.43	0.40
	K_z			0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90
	K_x			0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.32	0.30
90	K_h			7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8
	K_e			0.85	0.74	0.65	0.58	0.52	0.47	0.43	0.40
	K_z			0.84	0.85	0.86	0.87	0.87	0.88	0.89	0.89
	K_x			0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33
100	K_h			6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.7	7.9	8.1
	K_e			0.86	0.75	0.66	0.58	0.53	0.48	0.44	0.40
	K_z			0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88
	K_x			0.52	0.48	0.46	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35
110	K_h			6.4	6.6	6.7	6.9	7.0	7.2	7.3	7.5
	K_e			0.87	0.75	0.66	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41
	K_z			0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88
	K_x			0.54	0.51	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37
120	K_h			6.0	6.2	6.3	6.5	6.6	6.7	6.9	7.0
	K_e			0.88	0.76	0.67	0.59	0.54	0.49	0.45	0.41
	K_z			0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87
	K_x			0.56	0.53	0.50	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Συνδυασμός όπλισμών πλακών												
Απόστώ- σεις βέ cm	Διάμετρος βέ mm											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
6.0	4.71	8.38	13.09	18.85	25.66	33.52	42.41	52.36	63.36	81.83	102.67	16.7
6.5	4.35	7.73	12.08	17.40	23.68	30.95	39.15	48.33	58.48	75.54	94.77	15.4
7.0	4.04	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87	54.30	70.14	88.00	14.3
7.5	3.77	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.89	50.81	65.47	82.13	13.4
8.0	3.53	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26	47.51	61.38	77.00	12.5
8.5	3.33	5.91	9.24	13.31	18.11	23.66	29.94	36.95	44.72	57.76	72.47	11.8
9.0	3.14	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90	42.23	54.56	68.44	11.1
9.5	2.98	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06	40.01	51.68	64.84	10.5
10.0	2.83	5.00	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41	38.01	49.10	61.60	10.0
10.5	2.69	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91	36.20	46.76	58.67	9.5
11.0	2.57	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55	34.55	44.64	56.00	9.1
11.5	2.46	4.37	6.83	9.84	13.39	17.49	22.13	27.31	33.05	42.70	53.57	8.7
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	31.67	40.92	51.33	8.3
12.5	2.26	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	30.41	39.28	49.28	8.0
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	29.24	37.77	47.38	7.7
13.5	2.09	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	28.16	36.37	45.63	7.4
14.0	2.02	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44	27.15	35.07	44.00	7.1
14.5	1.95	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66	26.21	33.86	42.48	6.9
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.94	25.34	32.73	41.07	6.7
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	24.52	31.68	39.74	6.5
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	23.76	30.69	38.50	6.3
16.5	1.71	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	23.04	29.76	37.33	6.1
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	22.36	28.88	36.24	5.9
17.5	1.62	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95	21.72	28.06	35.20	5.7
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	21.12	27.28	34.22	5.6
18.5	1.53	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94	20.55	26.54	33.30	5.4
19.0	1.49	2.65	4.13	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54	20.01	25.84	32.42	5.3
19.5	1.45	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11	19.49	25.18	31.59	5.1
20.0	1.41	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	12.72	15.71	19.01	24.55	30.80	5.0

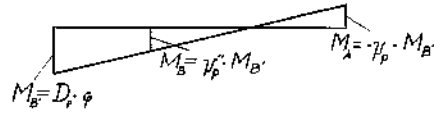
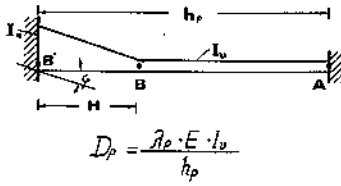
ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Μέγιστες τάσεις όρθογωνικής διατομής σε κάμψη με όρθή δύναμη (τιμές του μ).

Τιμές διά $\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$															Τιμές διά $\frac{\sigma_z}{\sigma_x}$																						
0,34	4,17	4,42	4,69	4,98	5,28	5,62	5,97								0,34	4,17	4,42	4,69	4,98	5,28	5,62	5,97															
0,32	3,70	3,93	4,17	4,43	4,70	4,99	5,31	5,66	6,04	6,46					0,32	3,70	3,93	4,17	4,43	4,70	4,99	5,31	5,66	6,04	6,46												
0,30	3,33	3,54	3,75	3,98	4,23	4,49	4,78	5,09	5,43	5,81	6,23	6,69			0,30	3,33	3,54	3,75	3,98	4,23	4,49	4,78	5,09	5,43	5,81	6,23	6,69										
0,28	3,03	3,22	3,41	3,62	3,84	4,08	4,35	4,63	4,94	5,28	5,66	6,08	6,56		0,28	3,03	3,22	3,41	3,62	3,84	4,08	4,35	4,63	4,94	5,28	5,66	6,08	6,56									
0,26	2,78	2,95	3,13	3,32	3,52	3,74	3,98	4,24	4,53	4,84	5,19	5,57	6,01	6,51	0,26	2,78	2,95	3,13	3,32	3,52	3,74	3,98	4,24	4,53	4,84	5,19	5,57	6,01	6,51								
0,24	2,56	2,72	2,88	3,06	3,25	3,46	3,68	3,92	4,18	4,47	4,79	5,15	5,55	6,01	6,56	0,24	2,56	2,72	2,88	3,06	3,25	3,46	3,68	3,92	4,18	4,47	4,79	5,15	5,55	6,01	6,56						
0,22	2,38	2,53	2,68	2,84	3,02	3,20	3,41	3,64	3,88	4,15	4,44	4,77	5,15	5,57	6,08	0,22	2,38	2,53	2,68	2,84	3,02	3,20	3,41	3,64	3,88	4,15	4,44	4,77	5,15	5,57	6,08	6,69					
0,20	2,22	2,36	2,50	2,66	2,82	2,99	3,18	3,39	3,62	3,86	4,14	4,44	4,79	5,19	5,66	6,23	0,20	2,22	2,36	2,50	2,66	2,82	2,99	3,18	3,39	3,62	3,86	4,14	4,44	4,79	5,19	5,66	6,23				
0,18	2,08	2,21	2,35	2,49	2,64	2,80	2,98	3,17	3,38	3,61	3,86	4,15	4,47	4,84	5,28	5,81	6,46	0,18	2,08	2,21	2,35	2,49	2,64	2,80	2,98	3,17	3,38	3,61	3,86	4,15	4,47	4,84	5,28	5,81	6,46		
0,16	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,80	2,97	3,17	3,38	3,62	3,88	4,18	4,53	4,94	5,43	6,04	0,16	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,80	2,97	3,17	3,38	3,62	3,88	4,18	4,53	4,94	5,43	6,04		
0,14	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,79	2,97	3,17	3,39	3,64	3,92	4,24	4,63	5,09	5,66	0,14	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,79	2,97	3,17	3,39	3,64	3,92	4,24	4,63	5,09	5,66		
0,12	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,80	2,98	3,18	3,41	3,68	3,98	4,35	4,78	5,31	5,97	0,12	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,63	2,80	2,98	3,18	3,41	3,68	3,98	4,35	4,78	5,31	5,97
0,10	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,20	2,34	2,48	2,63	2,80	2,99	3,20	3,46	3,74	4,08	4,49	4,99	5,62	0,10	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,20	2,34	2,48	2,63	2,80	2,99	3,20	3,46	3,74	4,08	4,49	4,99	5,62
0,08	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,64	2,82	3,02	3,25	3,52	3,84	4,23	4,70	5,28	0,08	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,48	2,64	2,82	3,02	3,25	3,52	3,84	4,23	4,70	5,28
0,06	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,49	2,66	2,84	3,06	3,32	3,62	3,98	4,43	4,98	0,06	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,34	2,49	2,66	2,84	3,06	3,32	3,62	3,98	4,43	4,98
0,04	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,35	2,50	2,68	2,88	3,13	3,41	3,75	4,17	4,69	0,04	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,35	2,50	2,68	2,88	3,13	3,41	3,75	4,17	4,69
0,02	1,12	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,36	2,53	2,72	2,95	3,22	3,54	3,93	4,42	0,02	1,12	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,21	2,36	2,53	2,72	2,95	3,22	3,54	3,93	4,42
0,00	1,00	1,12	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,22	2,38	2,56	2,78	3,03	3,33	3,70	4,17	0,00	1,00	1,12	1,24	1,36	1,48	1,60	1,72	1,84	1,96	2,08	2,22	2,38	2,56	2,78	3,03	3,33	3,70	4,17
	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34		0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34

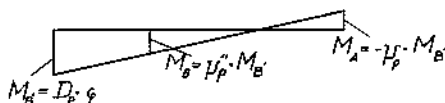
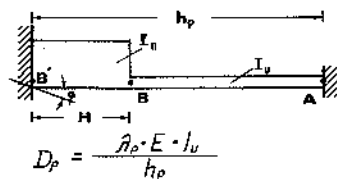
ΠΙΝΑΚΑΣ 4α

Συντελεστής άκαμψίας λ_p και συντελεστές μεταβίβασης γ_p , γ_p''
άμφιπακτης ράβδου με γραμμική ένιςχυση στο ένα άκρο



$\frac{I_0}{I_1}$ H/h_p		0,00	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,20	0,30	0,50
0,00	λ_p	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	γ_p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	γ_p''	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,05	λ_p	4,91	4,81	4,78	4,73	4,70	4,68	4,65	4,63	4,60	4,57	4,45	4,36	4,23
	γ_p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	γ_p''	0,93	0,98	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
0,10	λ_p	6,09	5,82	5,74	5,63	5,55	5,48	5,43	5,38	5,29	5,22	4,94	4,75	4,46
	γ_p	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50
	γ_p''	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
0,15	λ_p	7,64	7,10	6,94	6,73	6,57	6,45	6,35	6,25	6,09	5,96	5,48	5,15	4,69
	γ_p	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50
	γ_p''	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
0,20	λ_p	9,69	8,73	8,44	8,07	7,81	7,60	7,43	7,28	7,01	6,80	6,05	5,56	4,91
	γ_p	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49
	γ_p''	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70
0,25	λ_p	12,44	10,81	10,33	9,73	9,30	8,97	8,69	8,45	8,05	7,73	6,65	5,98	5,12
	γ_p	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48
	γ_p''	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63
0,30	λ_p	16,21	13,49	12,72	11,75	11,09	10,58	10,17	9,81	9,22	8,77	7,27	6,39	5,32
	γ_p	0,40	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
	γ_p''	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56
0,35	λ_p	21,45	16,97	15,73	14,22	13,22	12,47	11,86	11,35	10,52	9,79	7,91	6,80	5,51
	γ_p	0,38	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43	0,43	0,45	0,46	0,47
	γ_p''	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49
0,40	λ_p	28,89	21,51	19,54	17,22	15,74	14,64	13,78	13,07	11,94	11,09	8,54	7,19	5,68
	γ_p	0,35	0,37	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,43	0,45	0,47
	γ_p''	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41
0,45	λ_p	39,73	27,44	24,33	20,83	18,66	17,11	15,91	14,95	13,44	12,34	9,16	7,56	5,84
	γ_p	0,32	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46
	γ_p''	0,41	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34
0,50	λ_p	56,00	35,22	30,34	25,09	22,00	19,86	18,24	17,96	15,02	13,61	9,76	7,91	5,98
	γ_p	0,29	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,38	0,41	0,42	0,45
	γ_p''	0,36	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27

Συντελεστής άκαμψίας λ_p και συντελεστές μεταβίβασης γ_p , γ_p''
 άμφιπακτης ράβδου με σταθερή ένίσχυση στο ένα άκρο.



I_u/I_π		0,00	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,20	0,30	0,50
H/h_p	λ_p	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	γ_p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,00	γ_p''	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	λ_p	4,91	4,90	4,90	4,89	4,88	4,87	4,85	4,84	4,82	4,80	4,70	4,60	4,41
0,05	γ_p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	γ_p''	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
0,10	λ_p	6,09	6,07	6,06	6,03	6,00	5,97	5,94	5,91	5,85	5,79	5,51	5,26	4,83
	γ_p	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
0,15	γ_p''	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	λ_p	7,64	7,60	7,57	7,50	7,43	7,37	7,30	7,24	7,12	7,00	6,46	6,00	5,25
0,20	γ_p	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49
	γ_p''	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
0,25	λ_p	9,69	9,62	9,55	9,42	9,29	9,16	9,04	8,92	8,69	8,48	7,54	6,78	5,66
	γ_p	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47
0,30	γ_p''	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	λ_p	12,44	12,31	12,18	11,94	11,70	11,47	11,25	11,04	10,63	10,26	8,72	7,58	6,04
0,35	γ_p	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,47
	γ_p''	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63
0,40	λ_p	16,21	15,96	15,72	15,26	14,83	14,42	14,03	13,67	12,99	12,38	10,01	8,41	6,38
	γ_p	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,43	0,45
0,45	γ_p''	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56
	λ_p	21,45	20,98	20,53	19,69	18,91	18,20	17,53	16,92	15,80	14,83	11,35	9,20	6,69
0,50	γ_p	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,44
	γ_p''	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50
0,55	λ_p	28,89	27,99	27,14	25,59	24,20	22,97	21,85	20,84	19,08	17,59	12,67	9,92	6,93
	γ_p	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,38	0,39	0,43
0,60	γ_p''	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,44	0,43
	λ_p	39,73	37,95	36,32	33,46	31,02	28,91	27,07	25,45	22,74	20,55	13,91	10,54	7,13
0,65	γ_p	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34	0,36	0,38	0,41
	γ_p''	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,38	0,36
0,70	λ_p	56,00	52,37	49,19	43,86	39,58	36,07	33,13	30,64	26,64	23,57	15,00	11,04	7,27
	γ_p	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,33	0,36	0,40
0,75	γ_p''	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Σχετικές ροπές αδρανείας υποστυλωμάτων και δοκών $I_U = u \cdot I_{30 \times 30}$

$I_\delta = \delta \cdot I_{30 \times 30}$

$$u = \frac{b_x^3 \cdot b_y : 12}{30^3 \cdot 30 : 12}$$

$$\delta = \frac{b \cdot d^3 : 12}{30^3 \cdot 30 : 12}$$

$\begin{matrix} b_y, b \\ b_x, d \end{matrix}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	$\begin{matrix} b_y, b \\ b_x, d \end{matrix}$
20	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,94	0,99	20
25	0,39	0,48	0,56	0,68	0,77	0,87	0,96	1,06	1,16	1,25	1,35	1,45	1,54	1,64	1,73	1,83	1,93	25
30	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33	30
35	1,06	1,32	1,59	1,85	2,12	2,38	2,65	2,91	3,18	3,44	3,71	3,97	4,23	4,50	4,76	5,03	5,29	35
40	1,58	1,98	2,37	2,77	3,16	3,56	3,95	4,35	4,74	5,14	5,53	5,93	6,32	6,72	7,11	7,51	7,90	40
45	2,25	2,81	3,38	3,94	4,50	5,06	5,63	6,19	6,75	7,31	7,88	8,44	9,00	9,56	10,1	10,7	11,3	45
50	3,09	3,86	4,63	5,40	6,17	6,94	7,72	8,49	9,26	10,0	10,8	11,6	12,3	13,1	13,9	14,7	15,4	50
55	4,11	5,14	6,16	7,19	8,22	9,24	10,3	11,3	12,3	13,4	14,4	15,4	16,4	17,5	18,5	19,5	20,5	55
60	5,33	6,67	8,00	9,33	10,7	12,0	13,3	14,7	16,0	17,3	18,7	20,0	21,3	22,7	24,0	25,3	26,7	60
65	6,78	8,48	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0	18,6	20,3	22,0	23,7	25,4	27,1	28,8	30,5	32,2	33,9	65
70	8,47	10,6	12,7	14,8	16,9	19,1	21,2	23,3	25,4	27,5	29,6	31,8	33,9	36,0	38,1	40,2	42,3	70
75	10,4	13,0	15,6	18,2	20,8	23,4	26,0	28,6	31,2	33,9	36,5	39,1	41,7	44,3	46,9	49,5	52,1	75
80	12,6	15,8	19,0	22,1	25,3	28,4	31,6	34,8	37,9	41,1	44,2	47,4	50,6	53,7	56,9	60,0	63,2	80
85	15,2	19,0	22,7	26,6	30,3	34,1	37,9	41,7	45,5	49,3	53,1	56,9	60,7	64,4	68,2	72,0	75,8	85
90	18,0	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45,0	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5	90,0	90
95	21,2	26,5	31,8	37,0	42,3	47,6	52,9	58,2	63,5	68,8	74,1	79,4	84,7	90,0	95,3	101	106	95
100	24,7	30,9	37,0	43,2	49,4	55,6	61,7	67,9	74,1	80,2	86,4	92,6	98,8	105	111	117	123	100
105	28,6	35,7	42,9	50,0	57,2	64,3	71,5	78,6	85,7	92,9	100	107	114	121	129	136	143	105
110	32,9	41,1	49,3	57,5	65,7	73,9	82,2	90,4	98,6	107	115	123	131	140	148	156	164	110
115	37,6	46,9	56,3	65,7	75,1	84,5	93,9	103	113	122	131	141	150	160	169	178	188	115
120	42,7	53,3	64,0	74,7	85,3	96,0	107	117	128	139	149	160	171	181	192	203	213	120
125	48,2	60,3	72,3	84,4	96,5	109	121	133	145	157	169	181	193	205	217	229	241	125
130	54,2	67,8	81,4	94,9	108	122	136	149	163	176	190	203	217	231	244	258	271	130
135	60,8	75,9	91,1	106	122	137	152	167	182	197	213	228	243	258	273	289	304	135
140	67,8	84,7	102	119	136	152	169	186	203	220	237	254	271	288	305	322	339	140
$\begin{matrix} b_x, d \\ b_y, b \end{matrix}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	$\begin{matrix} b_x, d \\ b_y, b \end{matrix}$

ΤΙΝΑΚΑΣ Θ

Σχετικές ροπές αδρανείας πεδίων

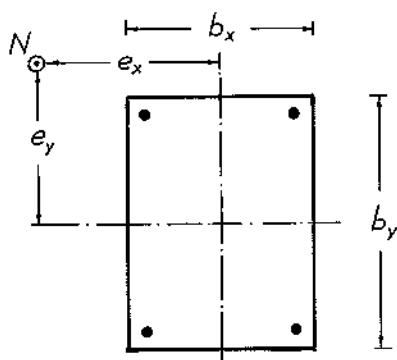
$$I_{\eta} = n \cdot I_{30 \cdot 30}, \quad n = \frac{\rho_i \cdot \rho_j \cdot l_2}{30 \cdot 30 \cdot l_2}$$

$L_y \backslash L_x$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	$L_y \backslash L_x$
50	15,4	17,0	18,5	20,1	21,6	23,1	24,7	26,2	27,8	29,3	30,9	32,4	34,0	35,5	37,0	38,6	40,1	41,7	43,2	44,8	46,3	47,8	49,4	50,9	52,5	54,0	55,6	57,1	58,6	60,2	61,7	50
60	26,7	29,3	32,0	34,7	37,3	40,0	42,7	45,3	48,0	50,7	53,3	56,0	58,7	61,3	64,0	66,7	69,3	72,0	74,7	77,3	80,0	82,7	85,3	88,0	90,7	93,3	96,0	98,7	101	104	107	60
70	42,3	46,6	50,8	55,0	59,3	63,5	67,8	72,0	76,2	80,5	84,7	88,9	93,2	97,4	102	106	110	114	119	123	127	131	136	140	144	148	152	157	161	165	169	70
80	63,2	69,5	75,9	82,2	88,5	94,8	101	107	114	120	126	133	139	145	152	158	164	171	177	183	190	196	202	209	215	221	228	234	240	247	253	80
90	90,0	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216	225	234	243	252	261	270	279	288	297	306	315	324	333	342	351	360	90
100	123	136	148	160	173	185	198	210	222	235	247	259	272	284	296	309	321	333	346	358	370	383	395	407	420	432	444	457	469	481	494	100
110	164	181	197	214	230	246	263	279	296	312	329	345	362	378	394	411	427	444	460	477	493	509	526	542	559	575	592	608	624	641	657	110
120	213	235	256	277	299	320	341	363	384	405	427	448	469	491	512	533	555	576	597	619	640	661	683	704	725	747	768	789	811	832	853	120
130	271	298	325	353	380	407	434	461	488	515	542	570	597	624	651	678	705	732	759	787	814	841	868	895	922	949	976	1004	1031	1058	1085	130
140	339	373	407	440	474	508	542	576	610	644	678	711	745	779	813	847	881	915	949	982	1016	1050	1084	1118	1152	1186	1220	1253	1287	1321	1355	140
150	417	458	500	542	583	625	667	708	750	792	833	875	917	958	1000	1042	1083	1125	1167	1208	1250	1292	1333	1375	1417	1458	1500	1542	1583	1625	1667	150
160	506	556	607	657	708	759	809	860	910	961	1011	1062	1112	1163	1214	1264	1315	1365	1416	1466	1517	1568	1618	1669	1719	1770	1820	1871	1922	1972	2023	160
170	607	667	728	789	849	910	970	1031	1092	1152	1213	1274	1334	1395	1456	1516	1577	1638	1698	1759	1820	1880	1941	2002	2062	2123	2184	2244	2305	2366	2426	170
180	720	792	864	936	1008	1080	1152	1224	1296	1368	1440	1512	1584	1656	1728	1800	1872	1944	2016	2088	2160	2232	2304	2376	2448	2520	2592	2664	2736	2808	2880	180
190	847	931	1016	1101	1186	1270	1355	1440	1524	1609	1694	1778	1863	1948	2032	2117	2202	2286	2371	2456	2540	2625	2710	2796	2880	2964	3048	3133	3219	3302	3387	190
200	988	1086	1185	1284	1383	1481	1580	1679	1778	1877	1975	2074	2173	2272	2370	2469	2568	2667	2765	2864	2963	3062	3160	3259	3358	3457	3556	3654	3753	3852	3951	200

210	1143	1258	1372	1486	1601	1715	1829	1944	2058	2172	2287	2401	2516	2630	2744	2858	2973	3087	3201	3316	3430	3544	3659	3773	3887	4002	4116	4230	4345	4459	4573	210
220	1316	1446	1571	1709	1840	1972	2103	2236	2366	2498	2629	2761	2892	3024	3155	3286	3418	3549	3681	3812	3944	4075	4207	4338	4470	4602	4732	4864	4995	5127	5258	220
230	1502	1652	1803	1953	2103	2253	2403	2554	2704	2854	3004	3154	3305	3455	3605	3755	3905	4056	4206	4356	4506	4657	4807	4957	5107	5257	5408	5558	5708	5858	6008	230
240	1707	1877	2048	2219	2389	2560	2731	2901	3072	3243	3413	3584	3755	3925	4096	4267	4437	4608	4779	4949	5120	5291	5461	5632	5803	5973	6144	6315	6485	6656	6827	240
250	1929	2122	2315	2508	2701	2894	3086	3279	3472	3665	3858	4051	4244	4437	4630	4823	5015	5208	5401	5594	5787	5980	6173	6366	6559	6752	6944	7137	7330	7523	7716	250
260	2170	2387	2604	2821	3038	3255	3472	3689	3906	4123	4340	4557	4774	4991	5208	5425	5642	5859	6076	6293	6510	6727	6944	7161	7378	7595	7812	8029	8246	8463	8680	260
270	2430	2673	2916	3159	3402	3645	3888	4131	4374	4617	4860	5103	5346	5589	5832	6075	6318	6561	6804	7047	7290	7533	7776	8019	8262	8505	8748	8991	9234	9477	9720	270
280	2710	2981	3252	3523	3794	4065	4336	4607	4878	5149	5420	5691	5962	6233	6504	6775	7046	7317	7588	7859	8130	8401	8672	8943	9214	9485	9756	1003	1030	1057	1084	280
290	3011	3312	3613	3914	4215	4516	4818	5119	5420	5721	6022	6323	6624	6925	7226	7527	7828	8129	8430	8731	9032	9333	9634	9935	10236	10537	10838	11139	11440	11741	12042	290
300	3333	3647	3960	4273	4587	4900	5213	5526	5839	6152	6465	6778	7091	7404	7717	8030	8343	8656	8969	9282	9595	9908	10221	10534	10847	11160	11473	11786	12099	12412	12725	300
310	3678	4046	4413	4781	5149	5517	5885	6253	6620	6986	7353	7720	8087	8454	8821	9188	9555	9922	10289	10656	11023	11390	11757	12124	12491	12858	13225	13592	13959	14326	14693	310
320	4045	4450	4855	5259	5664	6068	6473	6877	7282	7686	8091	8495	8900	9304	9709	10113	10517	10921	11325	11729	12133	12537	12941	13345	13749	14153	14557	14961	15365	15769	16173	320
330	4437	4880	5324	5768	6211	6655	7099	7542	7986	8430	8873	9317	9761	10205	10649	11093	11537	11981	12425	12869	13313	13757	14201	14645	15089	15533	15977	16421	16865	17309	17753	330
340	4852	5338	5823	6308	6793	7279	7764	8249	8734	9219	9705	10191	10676	11162	11647	12133	12618	13104	13589	14075	14561	15047	15533	16019	16505	16991	17477	17963	18449	18935	19421	340
350	5293	5823	6352	6881	7410	7940	8469	8998	9528	10057	10586	11115	11644	12173	12702	13231	13760	14289	14818	15347	15876	16405	16934	17463	17992	18521	19050	19579	20108	20637	21166	350
360	5760	6336	6912	7488	8064	8640	9216	9792	10368	10944	11520	12096	12672	13248	13824	14400	14976	15552	16128	16704	17280	17856	18432	19008	19584	20160	20736	21312	21888	22464	23040	360
370	6253	6879	7504	8129	8755	9380	10006	10631	11256	11881	12506	13131	13756	14381	15006	15631	16256	16881	17506	18131	18756	19381	20006	20631	21256	21881	22506	23131	23756	24381	25006	370
380	6774	7457	8129	8802	9474	10146	10818	11490	12162	12834	13506	14178	14850	15522	16194	16866	17538	18210	18882	19554	20226	20898	21570	22242	22914	23586	24258	24930	25602	26274	26946	380
390	7323	8056	8788	9520	10252	10984	11716	12448	13180	13912	14644	15376	16108	16840	17572	18304	19036	19768	20500	21232	21964	22696	23428	24160	24892	25624	26356	27088	27820	28552	29284	390
400	7901	8741	9581	10421	11261	12101	12941	13781	14621	15461	16301	17141	17981	18821	19661	20501	21341	22181	23021	23861	24701	25541	26381	27221	28061	28901	29741	30581	31421	32261	33101	400
Lx	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	Lx
Ly	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	Ly

Οι τιμές των συντελεστών π που είναι κάτω απ' την κλίμακα της γραμμής πρέπει να πολλαπλασιαζονται επί 10

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ
ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ
(Ε. ΟΥΒΡΙΕΡ)**



$$\mu_x = \frac{M_x}{N \cdot b_x}$$

$$\mu_y = \frac{M_y}{N \cdot b_y}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 9α

διάστημα άνηγμένων έκκεντροτήτων $0,00 \div 0,125$

36	37	38	39	40	41	42	43	44	0,125
37	28	29	30	31	32	33	34	35	0,109
38	29	21	22	23	24	25	26	27	0,0938
39	30	22	15	16	17	18	19	20	0,0781
40	31	23	16	10	11	12	13	14	0,0625
41	32	24	17	11	6	7	8	9	0,0469
42	33	25	18	12	7	3	4	5	0,0313
43	34	26	19	13	8	4	1	2	0,0156
44	35	27	20	14	9	5	2	0	0,0000
0,125	0,109	0,0938	0,0781	0,0625	0,0469	0,0313	0,0156	0,0000	γ_y γ_x

ΠΙΝΑΚΑΣ 9α

Διάστημα άνηγμένων έκκεντροτήτων

$$0,156 \div 0,625$$

240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	0,625
241	240	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	0,594
242	221	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	0,563
243	222	202	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	0,531
244	223	203	184	164	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	0,500
245	224	204	185	167	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	0,469
246	225	205	186	168	151	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	0,438
247	226	206	187	169	152	136	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	0,406
248	227	207	188	170	153	137	122	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	0,375
249	228	208	189	171	154	138	123	109	94	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	0,344
250	229	209	190	172	155	139	124	110	97	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	0,313
251	230	210	191	173	156	140	125	111	98	86	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	0,281
252	231	211	192	174	157	141	126	112	99	87	76	66	67	68	69	70	71	72	73	74	0,250
253	232	212	193	175	158	142	127	113	100	88	77	67	58	59	60	61	62	63	64	65	0,219
254	233	213	194	176	159	143	128	114	101	89	78	68	59	51	52	53	54	55	56	57	0,188
255	234	214	195	177	160	144	129	115	102	90	79	69	60	52	45	46	47	48	49	50	0,156
256	235	215	196	178	161	145	130	116	103	91	80	70	61	53	46						0,125
257	236	216	197	179	162	146	131	117	104	92	81	71	62	54	47						0,0938
258	237	217	198	180	163	147	132	118	105	93	82	72	63	55	48						0,0625
259	238	218	199	181	164	148	133	119	106	94	83	73	64	56	49						0,0313
260	239	219	200	182	165	149	134	120	107	95	84	74	65	57	50						0,0000
0,625	0,594	0,563	0,531	0,500	0,469	0,438	0,406	0,375	0,344	0,313	0,281	0,250	0,219	0,188	0,156	0,125	0,0938	0,0625	0,0313	0,0000	$\frac{y}{x}$

MINAKAS 9y

Διάστημα άνηγμένων έκκεντροτήτων

$$0,688 \div 1,25$$

405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	1,25
406	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	1,19
407	386	386	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	1,13
408	387	367	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	1,06
409	388	368	349	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	1,00
410	389	369	350	332	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	0,938
411	390	370	351	333	316	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	0,875
412	391	371	352	334	317	301	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	0,813
413	392	372	353	335	318	302	287	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	0,750
414	393	373	354	316	319	303	288	274	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	0,688
415	394	374	355	337	320	304	289	275	262												0,625
416	395	375	356	338	321	305	290	276	263												0,563
417	396	376	357	339	322	306	291	277	264												0,500
418	397	377	358	340	323	307	292	278	265												0,438
419	398	378	359	341	324	308	293	279	266												0,375
420	399	379	360	342	325	309	294	280	267												0,313
421	400	380	361	343	326	310	295	281	268												0,250
422	401	381	362	344	327	311	296	282	269												0,188
423	402	382	363	345	328	312	297	283	270												0,125
424	403	383	364	346	329	313	298	284	271												0,0625
425	404	384	365	347	330	314	299	285	272												0,0000
1,25	1,19	1,13	1,06	1,00	0,938	0,875	0,813	0,750	0,688	0,625	0,563	0,500	0,438	0,375	0,313	0,250	0,188	0,125	0,0625	0,0000	$\frac{y}{x}$

Διάστημα άνηγμένων έκκεντροτήτων
2,50 ÷ 3,00

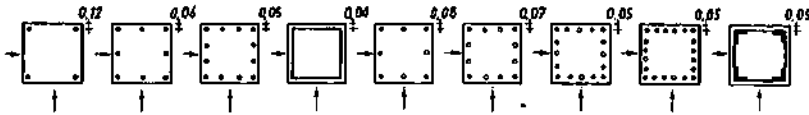
573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	3,00
574	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	2,75
575	582	589	591	592	593	594	595	596	597	598	599	580	2,50
576	583	591											2,25
577	584	592											2,00
578	585	593											1,75
579	586	594											1,50
580	587	595											1,25
581	588	596											1,00
582	589	597											0,75
583	590	598											0,50
584	591	599											0,25
585	592	580											0,00
5,00	2,75	2,50	2,25	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00	$\gamma_x \gamma_y$

Διάστημα άνηγμένων έκκεντροτήτων
3,00 ÷ 6,00

Figure 1: A 7x7 grid of numbers representing a discrete approximation of a function. The grid is labeled with x and y coordinates. The x -axis is labeled x_1 through x_7 at the bottom, and the y -axis is labeled y_1 through y_7 on the right. A dashed diagonal line runs from the top-left corner (x_1, y_7) to the bottom-right corner (x_7, y_1). The numbers in the grid are:

597	598	599	600	601	602	603
598	591	592	593	594	595	596
599	592	586	587	588	589	590
600	593	587	573	577	581	585
601	594	588	577	577	581	585
602	595	589	581	581	581	581
603	596	590	585	585	585	585

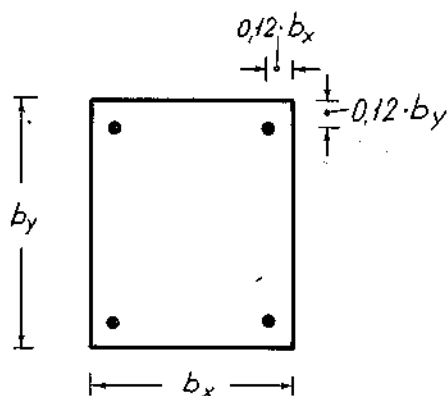
Στάδιο Ι (χωρίς ρηγμάτωση)



Σημεία με ● έχουν διπλάσια διατομή όπλισμού από σημεία με ○

$$\sigma_{bi} = \frac{100 \cdot N}{\sigma_b \cdot b_x \cdot b_y} \quad (\sigma_b \text{ σε kg/cm}^2)$$

Σημείο	σ_b					
	0.8%	1%	2%	3%	4%	6%
0	112	115	130	145	160	190
1	95,4	98,2	112	126	140	167
2	103	106	120	135	149	170
3	83,1	85,6	98,4	111	124	149
4	88,0	91,5	105	118	131	157
5	95,4	98,2	112	126	139	167
6	73,6	76,0	87,8	99,4	111	134
7	78,0	80,5	92,8	105	117	141
8	83,1	85,2	98,4	111	124	149
9	88,0	91,5	105	118	131	157
10	66,1	68,3	79,2	90,0	101	122
11	69,6	71,9	83,3	94,5	106	128
12	73,6	76,0	87,8	99,4	111	134
13	78,1	80,5	92,8	105	117	141
14	83,1	85,7	98,4	111	124	149
15	59,9	62,0	72,2	82,2	92,2	112
16	62,8	65,0	75,5	85,9	96,3	117
17	66,1	68,3	79,2	90,0	101	122
18	69,6	71,9	83,3	94,5	106	128
19	73,6	76,0	87,8	99,4	111	134
20	78,1	80,5	92,8	105	117	141
21	54,8	56,7	66,2	75,6	85,0	104
22	57,2	59,2	69,1	78,8	88,4	108
23	59,9	62,0	72,1	82,2	92,2	112
24	62,8	65,0	75,5	85,9	96,3	117
25	66,0	68,2	79,2	90,0	101	122
26	69,6	71,9	83,3	94,5	106	128
27	73,6	76,0	87,8	99,4	111	134
28	50,6	52,4	61,4	70,2	79,0	96,4
29	52,6	54,5	63,7	72,8	81,9	99,8
30	54,9	56,8	66,3	75,7	85,1	104
31	57,3	59,3	69,1	78,9	88,5	108
32	68,0	70,2	82,3	92,3	102	122
33	62,9	65,0	75,6	86,0	96,4	117
34	66,1	68,4	79,3	90,1	101	122
35	69,7	72,0	83,4	94,6	106	128
36	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
37	48,7	50,4	59,1	67,6	76,1	93,0
38	50,5	52,3	61,2	70,1	78,8	96,2
39	52,6	54,4	63,7	72,8	81,9	99,8
40	54,8	56,7	66,2	75,7	85,0	104
41	57,2	59,2	69,1	78,8	88,4	108
42	59,9	62,0	72,1	82,2	92,2	112
43	62,8	65,0	75,5	85,9	96,3	117
44	66,1	68,3	79,2	90,0	101	122
45	40,9	42,5	50,0	57,4	64,8	79,5
46	43,7	45,3	53,2	61,1	68,9	84,4
47	46,9	48,6	57,0	65,3	73,5	89,9
48	50,5	52,4	61,3	70,1	78,9	96,3
49	54,8	56,8	66,3	75,7	85,0	104
50	60,0	62,0	72,2	82,3	92,3	112
51	36,2	37,6	44,4	51,1	57,8	71,0
52	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
53	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
54	43,0	45,2	53,1	61,0	68,8	84,3
55	46,8	48,5	56,9	65,2	73,4	89,8
56	50,4	52,3	61,2	70,0	78,7	96,1
57	54,7	56,7	66,2	75,6	84,9	103
58	32,6	33,8	40,0	46,2	52,3	64,4
59	34,3	35,6	42,1	48,5	54,9	67,6
60	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
61	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
62	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
63	43,6	45,2	53,2	61,0	68,8	84,3
64	46,8	48,5	56,9	65,2	73,5	89,8
65	50,5	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
66	32,6	33,8	40,0	46,2	52,3	64,4
67	34,4	35,7	42,2	48,6	55,0	67,7
68	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
69	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
70	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
71	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
72	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
73	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
74	34,4	35,7	42,2	48,6	55,0	67,7
75	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
76	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
77	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
78	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
79	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
80	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
81	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
82	38,5	39,9	47,1	54,1	61,2	75,1
83	40,9	42,4	49,9	57,4	64,8	79,5
84	43,7	45,3	53,2	61,1	68,9	84,4
85	32,6	33,8	40,0	46,2	52,3	64,4
86	34,3	35,6	42,1	48,5	54,9	67,6
87	36,3	37,6	44,4	51,1	57,8	71,1
88	38,4	39,9	47,0	54,0	61,1	75,0
89	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
90	43,6	45,2	53,2	61,0	68,8	84,3
91	46,8	48,5	56,9	65,2	73,5	89,8
92	50,5	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
93	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
94	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
95	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
96	43,6	45,2	53,2	61,0	68,8	84,3
97	46,8	48,5	56,9	65,2	73,5	89,8
98	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
99	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
100	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
101	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
102	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
103	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
104	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
105	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
106	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
107	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
108	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
109	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
110	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
111	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
112	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
113	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
114	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
115	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
116	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
117	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
118	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
119	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
120	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
121	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
122	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
123	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
124	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
125	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
126	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
127	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
128	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
129	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
130	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
131	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
132	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
133	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
134	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
135	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
136	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
137	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
138	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
139	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
140	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
141	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
142	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
143	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
144	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
145	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
146	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
147	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
148	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
149	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
150	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
151	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
152	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
153	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
154	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
155	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
156	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
157	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
158	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
159	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
160	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
161	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
162	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
163	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
164	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
165	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
166	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
167	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
168	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
169	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
170	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
171	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
172	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0
173	40,9	42,4	49,9	57,3	64,7	79,4
174	43,7	45,3	53,2	61,0	68,9	84,3
175	46,8	48,5	56,9	65,3	73,5	89,9
176	50,4	52,3	61,2	70,0	78,8	96,2
177	36,3	37,7	44,5	51,2	57,9	71,2
178	38,4	39,9	47,0	54,1	61,1	75,0



$$\sigma_{bi} = \frac{100 \cdot N}{\sigma_b \cdot b_x \cdot b_y}$$

(σ_b σε kg/cm^2)

$$\eta \text{ τάση του χάλυβα} = \frac{\sigma_b}{100} \cdot \sigma_e$$

Σημείο	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bi}	σ_e	σ_{bi}	σ_e	σ_{bi}	σ_e	σ_{bi}	σ_e	σ_{bi}	σ_e	σ_{bi}	σ_e
58	28,9	580	30,9	550	37,6	440	44,3	380	50,8	334	62,9	270
59	31,8	480	33,9	450	40,9	365	48,1	310	54,6	270	67,3	205
66	24,9	736	26,9	680	33,4	560	39,6	484	45,5	430	57,0	380
67	27,3	630	29,4	585	36,1	490	42,4	423	48,6	375	60,7	315
68	29,9	540	31,9	500	38,7	423	45,3	360	51,7	315	64,2	255
69	32,4	455	34,4	420	41,4	355	48,3	295	54,8	255	67,9	195
75	21,9	870	23,6	810	30,0	660	35,8	580	41,4	520	52,0	446
76	24,0	780	25,8	735	32,0	600	38,0	525	43,8	475	54,6	400
77	26,1	695	27,9	658	34,1	540	40,4	470	46,3	430	57,7	365
78	28,2	615	30,1	580	36,3	480	42,8	415	48,9	380	60,8	310
79	30,3	550	32,2	510	38,6	425	45,2	365	52,0	330	63,9	263
80	32,4	480	34,4	450	40,9	365	47,5	310	54,7	272	67,3	215
85	19,2	1000	20,8	924	27,0	750	32,6	660	37,9	600	48,0	526
86	21,0	920	22,7	860	28,7	700	34,4	615	39,7	560	50,3	485
87	22,8	850	24,5	790	30,5	650	36,3	570	41,7	520	52,7	445
88	24,6	775	26,4	725	32,4	600	38,2	525	43,8	475	55,1	405
89	26,4	710	28,3	660	34,2	550	40,3	480	46,2	430	57,7	363
90	28,2	645	30,1	605	36,2	500	42,6	430	48,8	380	60,5	320
91	30,0	585	32,0	550	38,3	450	45,0	383	51,5	330	63,5	273
92	31,8	540	33,8	505	40,4	405	47,4	347	54,2	280	67,0	225
96	17,2	1106	18,7	1028	24,7	830	29,8	736	35,0	670	44,4	592
97	18,7	1040	20,1	965	26,2	785	31,4	695	36,6	635	46,2	555
98	20,1	975	21,6	905	27,8	740	33,1	655	38,3	595	48,2	520
99	21,6	915	23,2	850	29,3	695	34,8	615	40,1	560	50,3	480
100	23,1	855	24,8	790	30,9	650	36,6	573	42,0	520	52,5	450
101	24,7	800	26,4	740	32,5	607	38,5	532	44,1	475	54,9	410
102	26,2	747	28,0	690	34,2	565	40,5	490	46,3	430	57,5	370
103	27,8	700	29,6	650	35,9	520	42,6	450	48,5	390	60,3	330
104	29,3	670	31,3	620	37,8	480	44,8	405	50,9	350	63,2	285
105	30,9	640	32,9	590	39,9	440	47,1	365	53,4	305	66,4	245
106	32,4	620	34,6	565	42,1	405	49,5	320	56,0	260	69,9	200
107	34,0	602	36,2	550	44,4	370	52,0	288	58,9	220	73,5	156
108	15,6	1200	17,0	1120	22,8	906	27,5	800	32,4	728	41,2	650
109	16,8	1140	18,1	1060	24,0	860	28,9	765	33,8	690	43,0	620
110	18,0	1087	19,2	1010	25,2	823	30,4	730	35,2	660	44,8	590
111	19,2	1030	20,4	955	26,6	784	31,8	696	36,8	628	46,6	560
112	20,5	980	21,8	910	27,8	745	33,4	660	38,3	595	48,5	525

Ζημείο	0,8%		1%		2%		3%		4%		5%	
	σ_{bl}	σ_r	σ_{bl}	σ_r	σ_{bl}	σ_r	σ_{bl}	σ_r	σ_{bl}	σ_r	σ_{bl}	σ_r
113	21,8	935	23,1	863	29,2	708	34,9	625	39,8	560	50,5	490
114	23,1	890	24,5	825	30,6	670	36,5	590	41,8	530	52,7	450
115	24,4	850	26,0	790	32,2	630	38,3	550	43,6	495	55,1	415
116	25,8	820	27,4	760	33,8	595	40,2	515	45,7	457	57,6	375
117	27,2	790	29,0	735	35,5	560	42,2	480	48,0	420	60,3	340
118	28,7	770	30,5	710	37,5	530	44,4	440	50,5	380	63,2	300
119	30,2	753	32,1	690	39,5	495	46,6	405	53,0	340	66,4	260
120	31,7	740	33,6	676	41,5	464	48,9	370	55,7	296	69,7	224
121	14,3	1290	15,6	1200	21,0	970	25,7	860	30,2	780	38,7	700
122	15,2	1240	16,5	1150	22,0	935	26,8	830	31,4	750	40,2	670
123	16,2	1193	17,5	1107	23,1	900	27,9	798	32,6	727	41,7	650
124	17,2	1148	18,5	1063	24,2	865	29,2	766	34,0	700	43,2	620
125	18,2	1102	19,5	1020	25,2	830	30,4	735	35,4	670	44,9	593
126	19,3	1060	20,6	980	26,5	797	31,8	700	36,8	640	46,6	560
127	20,4	1020	21,8	945	27,7	760	33,3	670	38,4	610	48,4	530
128	21,5	984	23,0	910	29,1	730	35,0	640	40,2	575	50,4	493
129	22,7	950	24,3	877	30,6	695	36,7	605	42,1	540	52,6	460
130	24,0	927	25,6	852	32,1	660	38,5	575	44,1	506	54,9	425
131	25,3	908	27,0	835	33,7	630	40,3	540	46,1	470	57,5	390
132	26,6	892	28,4	820	35,4	603	42,2	510	48,3	437	60,3	357
133	27,9	882	29,8	810	37,2	580	44,1	480	50,6	400	63,3	320
134	29,3	872	31,2	800	39,0	556	46,0	450	52,9	364	66,5	290
135	13,1	1364	14,2	1276	19,4	1026	24,0	906	28,1	836	36,2	746
136	13,9	1320	15,0	1233	20,3	996	25,0	877	29,2	810	37,6	725
137	14,7	1282	15,9	1195	21,3	965	26,0	850	30,3	785	39,0	703
138	15,5	1243	16,7	1157	22,3	935	27,1	820	31,5	760	40,4	680
139	16,3	1206	17,5	1120	23,3	905	28,2	794	32,8	731	41,8	655
140	17,2	1170	18,5	1085	24,3	875	29,3	765	34,0	703	43,3	630
141	18,2	1140	19,5	1050	25,4	845	30,5	740	35,3	675	44,8	597
142	19,1	1110	20,5	1020	26,6	815	31,8	712	36,0	650	46,5	565
143	20,2	1080	21,6	990	27,8	785	33,2	684	38,3	620	48,3	535
144	21,2	1057	22,7	965	29,1	757	34,7	657	39,9	590	50,3	500
145	22,3	1040	23,9	947	30,5	730	36,3	630	41,7	560	52,5	470
146	23,4	1025	25,1	930	32,0	704	37,9	600	43,6	527	54,9	440
147	24,6	1010	26,3	920	33,6	680	39,7	575	45,7	495	57,5	410
148	25,9	1002	27,6	914	35,2	656	41,6	547	47,8	462	60,4	370
149	27,1	996	29,0	910	36,9	632	43,5	520	50,1	430	63,4	348
150	12,1	1430	13,2	1340	18,1	1080	22,4	950	26,5	870	34,0	788
151	12,7	1395	13,9	1305	18,9	1050	23,3	926	27,5	860	35,2	770
152	13,3	1360	14,6	1270	19,7	1020	24,2	902	28,6	845	36,4	750
153	14,0	1330	15,3	1240	20,6	994	25,2	876	29,6	825	37,6	730
154	14,7	1295	16,0	1210	21,4	965	26,2	852	30,8	803	39,0	707
155	15,5	1267	16,8	1180	22,3	940	27,2	830	31,9	780	40,3	682
156	16,3	1240	17,6	1155	23,3	915	28,2	805	33,0	753	41,8	655
157	17,1	1213	18,4	1130	24,3	890	29,4	780	34,2	725	43,3	626
158	18,0	1190	19,4	1104	25,3	865	30,6	755	35,5	695	45,0	600
159	18,9	1168	20,3	1082	26,4	842	31,9	730	36,8	666	46,7	570
160	19,9	1150	21,3	1063	27,6	820	33,3	705	38,3	640	48,4	540
161	20,9	1140	22,4	1050	28,8	800	34,8	680	39,8	610	50,5	512
162	21,9	1130	23,5	1040	30,2	775	36,3	657	41,6	580	52,7	485
163	23,0	1122	24,6	1035	31,7	755	37,9	632	43,3	550	55,1	457
164	24,1	1121	25,8	1030	33,2	735	39,7	608	45,3	521	57,6	426
165	25,2	1120	27,1	1026	34,7	714	41,4	582	47,3	492	60,2	400
166	11,2	1500	12,3	1400	17,0	1124	21,1	990	24,9	920	32,1	822
167	11,7	1470	12,9	1370	17,7	1100	21,9	968	25,8	900	33,1	808
168	12,3	1440	13,4	1340	18,4	1075	22,7	944	26,7	880	34,2	790
169	12,8	1410	14,0	1312	19,1	1052	23,5	920	27,6	860	35,2	770
170	13,4	1380	14,7	1286	19,8	1030	24,3	900	28,6	840	36,3	750

Σημείο	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e
171	14,0	1355	15,3	1260	20,6	1008	25,2	880	29,6	820	37,4	730
172	14,7	1330	16,0	1235	21,5	985	26,2	858	30,6	797	38,7	710
173	15,4	1307	16,8	1212	22,3	962	27,2	840	31,7	775	40,0	682
174	16,2	1285	17,6	1190	23,3	940	28,2	820	32,9	752	41,5	658
175	17,0	1268	18,4	1174	24,3	920	29,3	800	34,1	730	43,0	630
176	17,9	1252	19,3	1160	25,3	895	30,5	780	35,3	703	44,7	605
177	18,8	1240	20,3	1145	26,4	875	31,8	760	36,7	680	46,5	580
178	19,6	1237	21,3	1138	27,6	855	33,1	740	38,2	653	48,4	555
179	20,5	1235	22,3	1130	28,8	835	34,5	720	39,8	630	50,4	530
180	21,4	1235	23,3	1128	30,2	820	36,0	700	41,5	603	52,7	505
181	22,4	1240	24,3	1128	31,6	800	37,6	680	43,4	577	54,9	480
182	23,4	1244	25,4	1130	33,0	786	39,2	666	45,3	552	57,3	456
183	10,5	1553	11,5	1450	16,0	1165	20,0	1025	23,6	950	30,6	853
184	10,9	1525	12,0	1423	16,7	1144	20,7	1003	24,3	935	31,6	840
185	11,4	1500	12,5	1400	17,3	1125	21,4	985	25,2	915	32,5	822
186	11,8	1473	13,0	1375	17,9	1103	22,0	965	26,0	896	33,4	805
187	12,3	1450	13,5	1350	18,5	1080	22,8	947	26,8	876	34,4	790
188	12,8	1425	14,1	1328	19,2	1060	23,6	930	27,8	856	35,5	770
189	13,4	1405	14,7	1305	19,9	1040	24,4	910	28,7	835	36,5	750
190	14,0	1388	15,4	1285	20,7	1020	25,3	890	29,6	813	37,6	730
191	14,7	1370	16,1	1265	21,5	1000	26,1	870	30,6	792	38,8	705
192	15,4	1360	16,8	1250	22,3	980	27,0	850	31,7	770	40,0	683
193	16,2	1345	17,5	1230	23,2	960	28,0	830	32,8	750	41,4	660
194	17,0	1338	18,3	1213	24,2	940	28,9	815	34,0	730	42,9	640
195	17,8	1333	19,2	1205	25,2	922	30,1	795	35,3	710	44,6	617
196	18,6	1333	20,1	1200	26,4	905	31,3	777	36,7	690	46,4	595
197	19,4	1336	21,0	1200	27,5	890	32,7	758	38,2	670	48,4	572
198	20,3	1340	21,9	1205	28,8	875	34,2	740	39,8	650	50,5	550
199	21,1	1350	22,9	1210	30,1	860	35,8	720	41,5	628	52,8	528
200	22,0	1360	23,9	1220	31,4	850	37,4	705	43,2	610	55,2	505
201	9,80	1607	10,8	1500	15,1	1205	18,9	1060	22,3	980	29,0	885
202	10,2	1585	11,2	1480	15,7	1185	19,5	1047	23,0	964	29,9	870
203	10,6	1563	11,7	1458	16,2	1164	20,1	1030	23,8	947	30,8	858
204	11,0	1542	12,1	1436	16,8	1144	20,8	1012	24,5	928	31,6	843
205	11,4	1522	12,6	1415	17,3	1125	21,4	995	25,3	910	32,4	828
206	11,9	1505	13,1	1395	17,9	1108	22,1	977	26,1	890	33,4	810
207	12,4	1486	13,6	1376	18,5	1090	22,8	960	26,8	872	34,3	792
208	12,9	1470	14,2	1360	19,2	1073	23,6	943	27,7	854	35,3	775
209	13,5	1455	14,8	1340	19,9	1056	24,4	925	28,6	837	36,4	755
210	14,1	1440	15,4	1325	20,6	1040	25,2	910	29,5	820	37,4	738
211	14,7	1430	16,0	1310	21,4	1025	26,0	892	30,4	800	38,6	716
212	15,3	1418	16,7	1300	22,3	1010	26,9	875	31,5	783	40,0	695
213	16,0	1413	17,4	1290	23,2	995	27,8	860	32,6	765	41,5	675
214	16,8	1413	18,2	1288	24,2	980	28,9	843	33,8	750	43,1	653
215	17,5	1418	19,0	1288	25,2	970	30,1	827	35,2	730	44,7	630
216	18,2	1423	19,8	1290	26,3	955	31,4	810	36,6	712	46,5	610
217	19,0	1433	20,7	1293	27,6	942	32,8	793	38,2	695	48,5	590
218	19,8	1447	21,6	1300	28,8	930	34,2	775	39,7	676	50,5	570
219	20,7	1460	22,5	1310	30,0	920	35,7	760	41,3	660	52,6	547
220	9,20	1660	10,1	1548	14,4	1240	17,9	1094	21,2	1010	27,7	913
221	9,50	1640	10,5	1525	14,9	1223	18,5	1080	21,9	995	28,4	900
222	9,90	1620	10,9	1505	15,3	1207	19,0	1063	22,5	980	29,2	880
223	10,2	1600	11,3	1485	15,8	1190	19,6	1050	23,2	963	29,9	867
224	10,6	1580	11,7	1465	16,3	1172	20,2	1033	23,9	948	30,7	850
225	10,9	1560	12,2	1448	16,8	1155	20,8	1020	24,6	930	31,6	837
226	11,3	1540	12,7	1430	17,3	1140	21,5	1003	25,3	915	32,4	820
227	11,8	1525	13,1	1415	17,9	1122	22,1	990	26,0	900	33,3	805
228	12,3	1510	13,6	1400	18,5	1110	22,8	972	26,8	880	34,3	790

Σημείο	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e
229	12,8	1500	14,1	1390	19,1	1094	23,5	958	27,7	867	35,4	775
230	13,4	1490	14,7	1380	19,8	1080	24,3	940	28,5	850	36,5	760
231	14,0	1487	15,3	1370	20,6	1070	25,1	930	29,5	835	37,7	745
232	14,7	1485	16,0	1363	21,3	1060	26,0	913	30,5	820	39,0	730
233	15,3	1488	16,7	1360	22,2	1045	27,0	900	31,5	803	40,4	712
234	16,0	1493	17,3	1360	23,1	1035	28,0	883	32,7	787	41,8	695
235	16,7	1500	18,1	1363	24,0	1025	29,1	870	33,9	770	43,4	675
236	17,3	1513	18,8	1370	25,0	1013	30,3	855	35,2	755	45,1	655
237	18,1	1526	19,5	1377	26,1	1003	31,6	840	36,7	740	46,8	635
238	18,8	1543	20,4	1387	27,2	995	32,8	830	38,2	722	48,7	613
239	19,6	1560	21,2	1400	28,3	985	34,2	815	39,7	710	50,6	590
240	8,70	1710	9,67	1590	13,7	1275	17,1	1125	20,3	1040	26,4	940
241	9,00	1688	9,98	1570	14,1	1256	17,6	1110	20,9	1025	27,0	925
242	9,30	1668	10,3	1552	14,5	1240	18,1	1097	21,5	1010	27,7	915
243	9,62	1647	10,6	1535	15,0	1224	18,6	1083	22,0	997	28,6	902
244	10,0	1630	11,0	1515	15,4	1209	19,1	1070	22,6	981	29,1	890
245	10,3	1611	11,3	1500	15,8	1192	19,7	1058	23,2	967	29,9	875
246	10,7	1598	11,7	1483	16,3	1178	20,3	1044	23,8	952	30,7	860
247	11,1	1583	12,1	1470	16,8	1163	20,8	1030	24,5	940	31,5	847
248	11,5	1572	12,6	1458	17,3	1150	21,5	1020	25,2	924	32,4	832
249	11,9	1567	13,1	1450	17,9	1140	22,1	1005	26,0	910	33,3	820
250	12,4	1562	13,5	1440	18,5	1128	22,8	990	26,8	895	34,3	803
251	12,9	1560	14,1	1433	19,2	1115	23,5	980	27,6	880	35,3	790
252	13,5	1562	14,7	1430	19,9	1107	24,3	965	28,5	867	36,5	775
253	14,1	1566	15,3	1428	20,6	1097	25,2	950	29,5	850	37,7	760
254	14,7	1572	15,9	1430	21,4	1088	25,9	940	30,5	840	39,1	743
255	15,2	1582	16,7	1435	22,2	1080	26,9	927	31,6	824	40,5	728
256	15,9	1592	17,3	1440	23,1	1070	27,9	913	32,8	810	42,0	710
257	16,5	1605	18,1	1447	24,0	1062	29,1	900	34,0	795	43,5	692
258	17,2	1620	18,9	1456	25,0	1057	30,3	888	35,3	780	45,2	675
259	17,9	1635	19,6	1468	26,0	1050	31,5	875	36,6	765	46,9	652
260	18,6	1650	20,4	1480	27,0	1045	32,7	865	38,0	755	48,6	635
261	7,86	1785	8,75	1660	12,5	1328	15,6	1172	18,6	1085	24,3	980
262	8,36	1750	9,24	1628	13,1	1300	16,4	1150	19,6	1062	25,4	960
263	8,86	1720	9,83	1600	13,9	1272	17,3	1130	20,5	1040	26,5	940
264	9,47	1692	10,4	1575	14,6	1250	18,1	1107	21,7	1015	27,8	920
265	10,1	1675	11,1	1554	15,4	1230	19,2	1085	22,8	990	29,2	897
266	10,8	1663	11,8	1540	16,4	1210	20,3	1060	24,0	968	30,7	870
267	11,6	1663	12,7	1530	17,4	1192	21,5	1040	25,3	943	32,7	845
268	12,4	1670	13,6	1533	18,5	1175	22,9	1020	26,9	920	34,7	819
269	13,4	1692	14,7	1543	19,9	1163	24,5	1008	28,6	892	37,0	792
270	14,5	1720	15,8	1560	21,4	1155	26,2	985	30,5	872	39,5	762
271	15,7	1758	17,1	1583	23,1	1152	28,0	970	32,8	853	42,1	733
272	16,9	1800	18,5	1615	24,8	1150	30,0	953	35,2	835	44,7	705
273	7,10	1855	7,95	1720	11,4	1376	14,3	1217	17,1	1127	22,4	1020
274	7,50	1825	8,40	1693	12,0	1354	15,0	1200	18,0	1106	23,3	1000
275	7,90	1798	8,82	1670	12,5	1335	15,7	1180	18,8	1086	24,3	980
276	8,41	1778	9,34	1650	13,2	1315	16,5	1160	19,8	1065	25,4	962
277	8,98	1762	9,88	1635	13,8	1297	17,3	1140	20,7	1045	26,5	942
278	9,53	1757	10,5	1626	14,6	1280	18,2	1123	21,7	1025	27,8	923
279	10,1	1758	11,1	1620	15,4	1263	19,2	1107	22,7	1007	29,3	903
280	10,8	1768	11,9	1622	16,3	1250	20,3	1090	23,9	987	31,1	883
281	11,6	1788	12,7	1630	17,4	1242	21,6	1078	25,3	968	32,9	862
282	12,4	1815	13,7	1647	18,6	1238	23,0	1063	26,7	950	34,8	840
283	13,4	1852	14,7	1672	20,0	1240	24,5	1052	28,5	935	36,9	820
284	14,5	1895	15,8	1700	21,4	1242	26,2	1040	30,6	922	39,2	800
285	15,6	1945	17,0	1740	23,0	1250	28,0	1030	32,8	910	41,5	775
286	6,52	1910	7,30	1765	10,5	1415	13,3	1252	15,9	1160	20,8	1050

T _h (°C)	0.8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e
287	6,85	1880	7,64	1745	11,0	1398	13,9	1236	16,7	1143	21,8	1034
288	7,21	1858	8,04	1728	11,5	1382	14,5	1220	17,4	1128	22,6	1020
289	7,59	1840	8,43	1712	12,0	1366	15,1	1203	18,1	1111	23,6	1002
290	7,98	1825	8,85	1700	12,5	1350	15,8	1188	18,9	1095	24,4	988
291	8,43	1820	9,37	1690	13,2	1337	16,5	1172	19,8	1080	25,5	970
292	8,91	1822	9,96	1685	13,9	1323	17,4	1160	20,7	1063	26,7	952
293	9,50	1833	10,5	1685	14,7	1312	18,3	1147	21,7	1050	28,0	935
294	10,1	1850	11,2	1690	15,5	1302	19,2	1135	22,8	1033	29,5	917
295	10,8	1875	12,0	1705	16,5	1298	20,4	1125	24,0	1022	31,2	900
296	11,6	1909	12,8	1730	17,6	1298	21,6	1118	25,4	1005	32,9	882
297	12,5	1948	13,7	1760	18,8	1300	23,0	1110	26,9	992	34,8	865
298	13,5	1998	14,7	1795	20,1	1311	24,4	1104	28,7	980	36,8	848
299	14,5	2055	15,8	1840	21,4	1325	26,0	1100	30,5	970	39,0	830
300	6,04	1960	6,77	1810	9,80	1452	12,3	1290	14,8	1190	19,5	1080
301	6,38	1935	7,04	1790	10,2	1438	12,8	1272	15,4	1178	20,2	1065
302	6,60	1915	7,41	1775	10,6	1422	13,3	1258	16,0	1165	20,9	1053
303	6,86	1900	7,75	1762	11,1	1407	13,9	1242	16,6	1150	21,7	1042
304	7,21	1890	8,09	1752	11,5	1393	14,4	1230	17,3	1138	22,5	1030
305	7,56	1883	8,49	1745	12,1	1382	15,1	1218	18,0	1123	23,5	1015
306	8,00	1887	8,96	1742	12,6	1373	15,8	1208	18,8	1111	24,4	1000
307	8,44	1898	9,40	1747	13,3	1365	16,6	1197	19,8	1100	25,5	985
308	8,96	1915	9,94	1752	14,0	1360	17,4	1188	20,7	1088	26,8	970
309	9,54	1940	10,5	1765	14,8	1358	18,2	1180	21,6	1078	28,1	955
310	10,2	1971	11,3	1778	15,6	1360	19,2	1175	22,8	1067	29,5	940
311	10,9	2011	12,0	1812	16,6	1365	20,4	1168	24,0	1058	31,1	925
312	11,6	2058	12,9	1850	17,6	1375	21,6	1162	25,4	1048	32,8	910
313	12,5	2108	13,8	1890	18,8	1390	22,9	1159	27,0	1040	34,6	896
314	13,4	2165	14,7	1935	19,9	1405	24,5	1157	28,7	1030	36,6	883
315	5,62	1995	6,30	1850	9,16	1482	11,5	1315	13,8	1215	18,2	1105
316	5,82	1977	6,58	1834	9,48	1470	12,0	1303	14,3	1202	18,9	1092
317	6,05	1960	6,84	1820	9,82	1458	12,4	1290	14,9	1192	19,6	1082
318	6,31	1947	7,16	1809	10,2	1448	12,9	1280	15,5	1181	20,2	1073
319	6,62	1938	7,46	1800	10,6	1437	13,4	1268	16,0	1171	21,0	1060
320	6,88	1932	7,78	1795	11,0	1428	13,9	1258	16,6	1162	21,6	1050
321	7,24	1933	8,18	1792	11,5	1420	14,5	1247	17,3	1150	22,6	1030
322	7,64	1941	8,60	1797	12,1	1411	15,2	1238	18,1	1141	23,5	1025
323	8,06	1958	9,05	1805	12,7	1405	15,9	1220	18,9	1130	24,5	1013
324	8,64	1982	9,42	1818	13,3	1402	16,6	1220	19,8	1120	25,5	1000
325	9,10	2015	10,1	1840	14,1	1404	17,4	1214	20,8	1110	26,7	988
326	9,68	2055	10,7	1867	14,9	1412	18,3	1211	21,8	1100	28,1	975
327	10,3	2097	11,4	1898	15,8	1422	19,3	1208	23,0	1092	29,6	963
328	11,0	2147	12,1	1933	16,7	1435	20,5	1208	24,3	1085	31,1	950
329	11,7	2200	12,8	1972	17,6	1450	21,7	1209	25,6	1081	32,8	938
330	12,4	2255	13,7	2015	18,6	1468	23,0	1210	27,0	1078	34,6	924
331	5,22	2035	5,89	1888	8,59	1510	10,9	1340	13,0	1248	17,2	1130
332	5,44	2020	6,10	1870	8,88	1500	11,2	1330	13,5	1229	17,7	1120
333	5,65	2007	6,32	1860	9,18	1488	11,7	1320	13,9	1220	18,3	1109
334	5,88	1995	6,57	1848	9,50	1478	12,1	1310	14,4	1210	18,9	1100
335	6,12	1986	6,83	1840	9,82	1470	12,5	1298	14,9	1200	19,5	1088
336	6,39	1980	7,12	1835	10,2	1460	13,0	1288	15,4	1190	20,2	1077
337	6,67	1978	7,43	1832	10,6	1452	13,5	1280	16,0	1180	20,9	1068
338	6,99	1981	7,78	1835	11,1	1448	14,0	1270	16,6	1170	21,6	1057
339	7,35	1995	8,18	1843	11,6	1445	14,6	1265	17,3	1163	22,5	1047
340	7,72	2015	8,55	1860	12,1	1443	15,2	1259	18,0	1155	23,4	1037
341	8,15	2045	9,01	1880	12,7	1445	15,8	1252	18,8	1149	24,4	1025
342	8,61	2082	9,50	1904	13,3	1451	16,5	1250	19,7	1142	25,6	1015
343	9,13	2125	10,1	1935	14,1	1461	17,4	1251	20,7	1137	26,8	1005
344	9,71	2175	10,8	1969	14,9	1472	18,3	1252	21,7	1132	28,1	995

Z_{input}	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e
345	10,4	2228	11,4	2007	15,7	1488	19,4	1253	22,9	1128	29,5	985
346	11,0	2287	12,1	2048	16,6	1506	20,5	1256	24,2	1125	31,0	973
347	11,7	2345	12,9	2090	17,6	1527	21,7	1260	25,5	1122	32,8	963
348	4,92	2065	5,51	1918	8,07	1538	10,3	1362	12,3	1262	16,3	1130
349	5,09	2052	5,71	1903	8,35	1522	10,6	1353	12,7	1253	16,8	1142
350	5,28	2040	5,93	1893	8,62	1511	11,0	1343	13,1	1244	17,3	1132
351	5,48	2030	6,15	1884	8,90	1500	11,3	1333	13,6	1236	17,8	1122
352	5,69	2022	6,40	1876	9,20	1492	11,7	1324	14,0	1227	18,3	1113
353	5,92	2017	6,64	1870	9,50	1486	12,1	1316	14,5	1215	18,9	1105
354	6,17	2017	6,90	1868	9,89	1482	12,5	1310	14,9	1208	19,6	1095
355	6,43	2022	7,20	1870	10,3	1480	13,0	1303	15,5	1200	20,2	1085
356	6,72	2032	7,50	1877	10,7	1478	13,5	1298	16,1	1192	21,0	1075
357	7,04	2050	7,87	1890	11,2	1478	14,0	1293	16,7	1185	21,7	1065
358	7,40	2076	8,27	1907	11,7	1480	14,6	1290	17,4	1180	22,6	1057
359	7,80	2110	8,70	1930	12,2	1482	15,1	1285	18,1	1174	23,6	1047
360	8,23	2148	9,18	1960	12,8	1491	15,9	1285	18,9	1170	24,6	1039
361	8,70	2193	9,70	1992	13,5	1503	16,7	1288	19,8	1168	25,7	1030
362	9,24	2244	10,3	2030	14,2	1518	17,6	1291	20,7	1165	27,0	1022
363	9,80	2300	10,9	2072	15,0	1534	18,5	1294	21,8	1162	28,3	1015
364	10,4	2360	11,5	2117	15,8	1553	19,5	1300	23,0	1161	29,7	1008
365	11,0	2425	12,2	2163	16,7	1576	20,6	1307	24,3	1160	31,2	1000
366	4,62	2095	5,17	1944	7,60	1560	9,75	1385	11,6	1285	15,4	1170
367	4,79	2082	5,34	1941	7,81	1548	10,0	1373	12,0	1272	15,9	1161
368	4,94	2072	5,51	1930	8,05	1540	10,3	1365	12,4	1263	16,3	1153
369	5,11	2064	5,70	1920	8,30	1530	10,6	1356	12,8	1255	16,8	1145
370	5,29	2058	5,90	1910	8,58	1522	10,9	1349	13,1	1247	17,3	1137
371	5,50	2055	6,13	1903	8,85	1517	11,3	1341	13,5	1239	17,8	1128
372	5,70	2057	6,38	1900	9,20	1512	11,7	1335	14,0	1230	18,4	1120
373	5,94	2062	6,62	1900	9,51	1509	12,1	1330	14,5	1224	18,9	1110
374	6,21	2072	6,90	1908	9,89	1508	12,5	1327	15,0	1218	19,5	1103
375	6,50	2088	7,20	1920	10,3	1509	12,9	1322	15,5	1211	20,2	1095
376	6,80	2108	7,52	1935	10,7	1510	13,4	1320	16,0	1207	20,9	1087
377	7,13	2133	7,90	1955	11,2	1511	14,0	1317	16,6	1201	21,8	1079
378	7,51	2167	8,30	1982	11,7	1520	14,6	1313	17,3	1199	22,7	1070
379	7,92	2207	8,72	2014	12,3	1530	15,2	1315	18,1	1197	23,6	1064
380	8,36	2254	9,22	2050	12,9	1542	15,9	1320	18,9	1193	24,7	1057
381	8,83	2307	9,72	2090	13,6	1558	16,7	1325	19,8	1192	25,8	1050
382	9,33	2365	10,3	2133	14,3	1575	17,6	1330	20,8	1192	27,0	1043
383	9,87	2426	10,9	2180	15,1	1595	18,5	1340	21,9	1193	28,3	1036
384	10,4	2495	11,5	2230	15,9	1620	19,5	1350	23,1	1195	29,7	1030
385	4,36	2120	4,89	1968	7,20	1580	9,20	1404	11,0	1303	14,6	1185
386	4,48	2108	5,05	1960	7,42	1571	9,46	1398	11,3	1293	15,0	1178
387	4,62	2100	5,21	1953	7,65	1563	9,71	1390	11,7	1285	15,4	1170
388	4,77	2092	5,40	1947	7,88	1555	10,0	1382	12,0	1278	15,8	1163
389	4,93	2087	5,58	1940	8,10	1548	10,4	1375	12,4	1270	16,3	1155
390	5,10	2081	5,76	1935	8,35	1542	10,7	1370	12,7	1262	16,8	1148
391	5,30	2080	5,95	1930	8,61	1536	11,0	1362	13,1	1255	17,3	1140
392	5,50	2081	6,18	1932	8,89	1532	11,3	1358	13,6	1250	17,8	1130
393	5,72	2090	6,40	1938	9,20	1530	11,7	1353	14,0	1243	18,4	1125
394	5,95	2105	6,67	1945	9,55	1530	12,1	1350	14,5	1239	19,0	1118
395	6,23	2125	6,96	1960	9,90	1532	12,5	1345	15,0	1234	19,6	1110
396	6,50	2150	7,27	1975	10,3	1537	13,0	1342	15,5	1230	20,3	1103
397	6,82	2182	7,60	1995	10,7	1542	13,5	1340	16,1	1227	21,1	1096
398	7,20	2220	8,00	2020	11,2	1554	14,1	1340	16,8	1225	21,9	1090
399	7,58	2267	8,41	2053	11,7	1568	14,7	1345	17,5	1223	22,8	1083
400	7,98	2315	8,89	2090	12,3	1582	15,3	1350	18,3	1222	23,8	1078
401	8,40	2370	9,37	2133	12,9	1600	16,1	1357	19,1	1222	24,8	1070
402	8,87	2430	9,86	2180	13,6	1618	16,9	1365	20,1	1223	25,9	1068

Injeção	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e
403	9,32	2490	10,3	2230	14,3	1638	17,7	1378	21,0	1226	27,1	1064
404	9,85	2556	10,9	2288	15,1	1660	18,6	1390	22,0	1230	28,4	1060
405	4,15	2148	4,65	1990	6,80	1600	8,75	1422	10,5	1321	13,9	1200
406	4,27	2137	4,79	1980	7,00	1592	8,99	1415	10,8	1311	14,2	1192
407	4,40	2128	4,92	1974	7,21	1587	9,23	1410	11,1	1303	14,6	1184
408	4,53	2120	5,08	1968	7,41	1580	9,50	1402	11,4	1297	15,0	1178
409	4,68	2115	5,22	1962	7,63	1573	9,76	1396	11,7	1290	15,4	1170
410	4,82	2110	5,39	1958	7,88	1569	10,0	1390	12,0	1280	15,9	1165
411	4,98	2110	5,61	1955	8,12	1562	10,3	1384	12,3	1276	16,3	1160
412	5,15	2112	5,77	1955	8,40	1560	10,7	1380	12,7	1270	16,8	1153
413	5,36	2120	5,98	1958	8,67	1557	11,0	1375	13,1	1265	17,3	1148
414	5,55	2130	6,20	1965	8,96	1555	11,4	1372	13,5	1260	17,8	1140
415	5,76	2148	6,42	1978	9,28	1555	11,8	1370	14,0	1258	18,4	1132
416	6,01	2170	6,72	1993	9,61	1560	12,2	1367	14,4	1254	19,0	1127
417	6,30	2200	7,00	2013	10,0	1565	12,6	1366	15,0	1251	19,6	1120
418	6,58	2232	7,32	2040	10,4	1575	13,1	1366	15,5	1250	20,3	1115
419	6,92	2271	7,70	2071	10,8	1588	13,6	1368	16,1	1250	21,1	1110
420	7,28	2317	8,07	2108	11,3	1600	14,2	1372	16,8	1250	21,9	1105
421	7,68	2368	8,45	2147	11,8	1615	14,8	1380	17,6	1251	22,8	1102
422	8,07	2423	8,90	2190	12,4	1632	15,5	1388	18,4	1252	23,7	1098
423	8,51	2482	9,37	2237	13,0	1652	16,3	1400	19,3	1254	24,8	1095
424	8,90	2547	9,80	2288	13,6	1675	17,0	1414	20,1	1257	25,9	1093
425	9,35	2612	10,3	2340	14,3	1698	17,8	1428	21,0	1260	27,1	1090
426	3,75	2191	4,20	2035	6,22	1635	7,95	1455	9,55	1350	12,7	1230
427	3,92	2175	4,42	2018	6,57	1620	8,39	1442	10,1	1336	13,3	1211
428	4,15	2163	4,68	2008	6,91	1610	8,80	1432	10,6	1323	14,0	1199
429	4,40	2160	4,97	2003	7,30	1603	9,30	1425	11,1	1312	14,7	1188
430	4,67	2166	5,30	2009	7,69	1598	9,82	1418	11,8	1302	15,5	1180
431	5,02	2185	5,68	2021	8,20	1598	10,4	1413	12,4	1295	16,4	1170
432	5,42	2222	6,12	2050	8,71	1603	11,0	1410	13,2	1290	17,3	1160
433	5,89	2283	6,60	2093	9,40	1618	11,8	1410	14,1	1290	18,4	1153
434	6,43	2360	7,18	2158	10,1	1640	12,6	1420	15,1	1292	19,7	1148
435	7,05	2456	7,85	2237	10,9	1673	13,6	1435	16,3	1298	21,1	1143
436	7,80	2574	8,60	2333	11,9	1714	14,9	1460	17,7	1307	22,8	1141
437	8,55	2710	9,40	2447	13,1	1763	16,3	1490	19,3	1320	25,0	1140
438	3,44	2228	3,87	2068	5,72	1660	7,30	1480	8,80	1378	11,7	1254
439	3,59	2211	4,02	2052	6,02	1650	7,68	1470	9,20	1362	12,2	1242
440	3,76	2202	4,25	2041	6,32	1642	8,03	1463	9,65	1350	12,8	1232
441	3,96	2200	4,47	2038	6,64	1635	8,42	1457	10,1	1341	13,4	1220
442	4,19	2202	4,73	2042	6,95	1630	8,85	1452	10,6	1331	14,0	1210
443	4,45	2218	5,02	2055	7,32	1630	9,32	1447	11,2	1325	14,7	1202
444	4,77	2245	5,37	2079	7,73	1633	9,82	1443	11,8	1321	15,5	1195
445	5,12	2295	5,77	2110	8,22	1645	10,5	1445	12,5	1320	16,4	1190
446	5,54	2362	6,22	2157	8,78	1668	11,1	1450	13,3	1321	17,4	1185
447	6,02	2445	6,72	2220	9,44	1697	11,9	1464	14,3	1327	18,6	1181
448	6,57	2545	7,28	2298	10,3	1732	12,9	1484	15,3	1337	19,9	1180
449	7,18	2662	7,90	2395	11,2	1773	14,0	1510	16,5	1350	21,4	1181
450	7,85	2795	8,60	2515	12,2	1822	15,2	1540	17,8	1370	23,2	1182
451	3,15	2260	3,55	2095	5,30	1684	6,75	1500	8,15	1397	10,8	1270
452	3,30	2245	3,72	2082	5,53	1675	7,07	1492	8,48	1388	11,3	1258
453	3,43	2235	3,92	2074	5,77	1669	7,38	1486	8,83	1380	11,7	1250
454	3,60	2230	4,10	2070	6,03	1662	7,70	1480	9,23	1372	12,2	1242
455	3,79	2235	4,30	2070	6,31	1658	8,04	1475	9,65	1365	12,8	1233
456	4,00	2247	4,53	2080	6,62	1658	8,41	1472	10,1	1360	13,4	1227
457	4,23	2270	4,80	2100	6,98	1663	8,80	1470	10,6	1355	14,0	1220
458	4,51	2308	5,12	2128	7,38	1672	9,27	1470	11,2	1353	14,7	1217
459	4,86	2364	5,50	2168	7,85	1688	9,80	1476	11,9	1355	15,6	1214
460	5,23	2435	5,90	2220	8,39	1710	10,4	1486	12,6	1360	16,5	1212

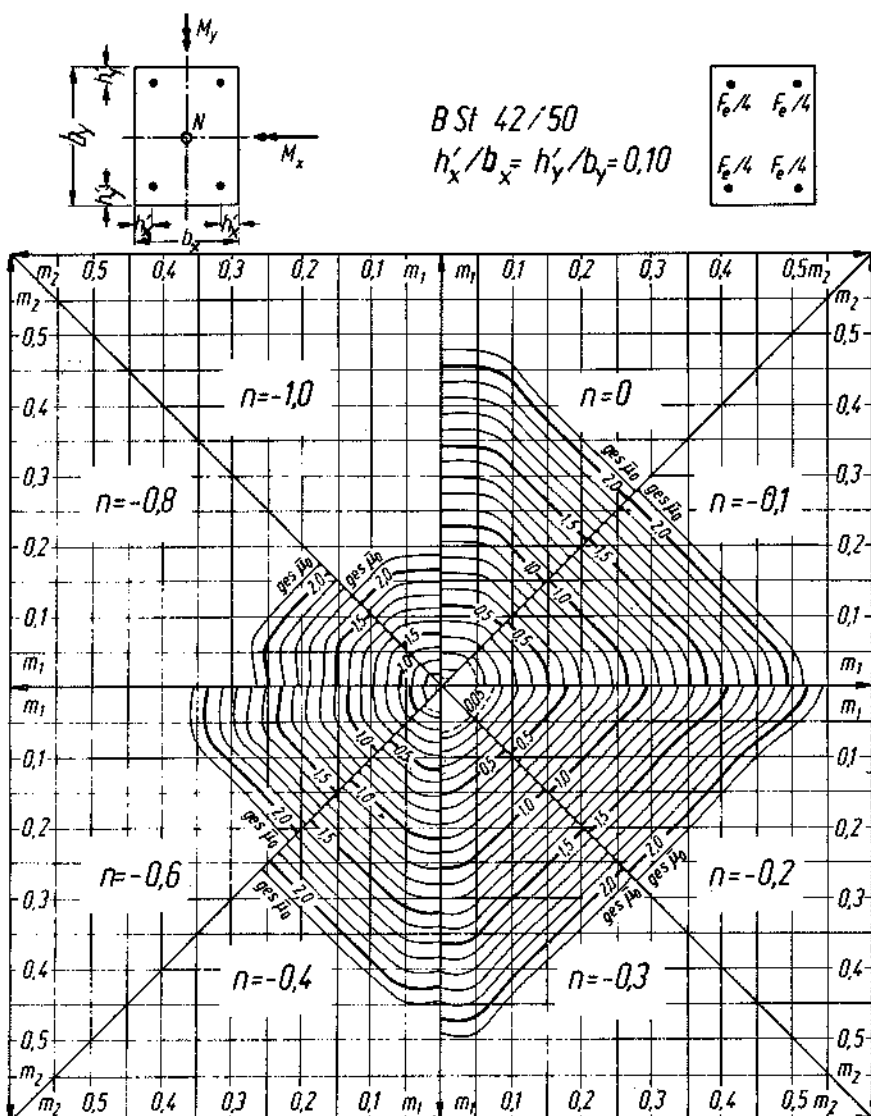
Σημείο	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e	σ _{bl}	σ _e
461	5,67	2522	6,36	2290	8,98	1739	11,2	1503	13,5	1370	17,6	1212
462	6,17	2624	6,85	2372	9,68	1777	12,0	1523	14,4	1382	18,8	1213
463	6,70	2736	7,42	2465	10,5	1820	13,0	1550	15,5	1397	20,2	1216
464	7,25	2867	8,00	2580	11,3	1872	14,0	1580	16,5	1415	21,6	1220
465	2,92	2282	3,30	2121	4,90	1700	6,30	1520	7,60	1411	10,1	1288
466	3,05	2271	3,43	2112	5,10	1692	6,55	1512	7,89	1402	10,5	1278
467	3,19	2262	3,59	2105	5,32	1688	6,82	1508	8,18	1394	10,9	1270
468	3,34	2263	3,75	2102	5,55	1683	7,10	1502	8,50	1390	11,3	1260
469	3,49	2263	3,91	2102	5,80	1682	7,42	1500	8,85	1382	11,7	1255
470	3,67	2272	4,11	2110	6,07	1680	7,75	1498	9,25	1380	12,2	1250
471	3,86	2291	4,33	2122	6,37	1684	8,10	1497	9,70	1378	12,8	1247
472	4,08	2322	4,60	2145	6,68	1692	8,50	1498	10,2	1378	13,4	1242
473	4,33	2370	4,88	2179	7,03	1703	8,90	1502	10,7	1378	14,1	1240
474	4,61	2426	5,20	2223	7,45	1722	9,40	1509	11,4	1380	14,8	1239
475	4,94	2500	5,57	2282	7,92	1747	10,0	1521	12,0	1387	15,7	1239
476	5,33	2590	5,96	2352	8,50	1780	10,6	1540	12,8	1398	16,6	1240
477	5,77	2693	6,42	2435	9,11	1820	11,4	1562	13,6	1412	17,7	1242
478	6,25	2805	6,92	2528	9,80	1866	12,2	1590	14,5	1430	18,9	1247
479	6,75	2932	7,45	2637	10,6	1920	13,1	1620	15,4	1450	20,2	1252
480	2,72	2302	3,10	2140	4,56	1720	5,90	1535	7,10	1427	9,45	1300
481	2,82	2293	3,21	2133	4,76	1714	6,13	1532	7,30	1420	9,84	1292
482	2,93	2289	3,35	2130	4,95	1710	6,38	1524	7,64	1414	10,1	1288
483	3,05	2288	3,46	2128	5,15	1706	6,62	1521	7,93	1410	10,5	1280
484	3,18	2290	3,62	2129	5,35	1705	6,88	1518	8,23	1405	10,9	1277
485	3,32	2297	3,77	2131	5,57	1706	7,15	1518	8,55	1402	11,3	1272
486	3,49	2312	3,93	2140	5,80	1708	7,42	1518	8,90	1400	11,7	1270
487	3,66	2337	4,13	2160	6,05	1712	7,75	1519	9,30	1398	12,2	1265
488	3,86	2372	4,36	2187	6,36	1721	8,11	1520	9,73	1398	12,8	1261
489	4,10	2423	4,63	2224	6,70	1736	8,52	1525	10,2	1400	13,4	1260
490	4,39	2481	4,91	2272	7,07	1754	8,96	1533	10,8	1404	14,2	1261
491	4,70	2555	5,28	2334	7,51	1782	9,50	1548	11,4	1412	15,0	1262
492	5,05	2643	5,63	2405	8,03	1818	10,1	1568	12,1	1424	15,9	1263
493	5,45	2745	6,07	2488	8,58	1858	10,8	1590	12,9	1440	16,9	1268
494	5,87	2860	6,53	2580	9,23	1905	11,5	1618	13,7	1458	17,9	1272
495	6,30	2990	7,00	2685	9,90	1960	12,3	1650	14,6	1480	19,0	1280
496	2,55	2320	2,90	2158	4,30	1737	5,50	1549	6,70	1440	8,90	1310
497	2,63	2313	3,00	2150	4,45	1729	5,70	1542	6,92	1433	9,20	1302
498	2,73	2312	3,10	2146	4,62	1723	5,90	1538	7,17	1428	9,50	1296
499	2,83	2310	3,22	2142	4,81	1721	6,13	1532	7,42	1422	9,80	1290
500	2,94	2312	3,33	2142	4,98	1719	6,37	1530	7,70	1419	10,1	1287
501	3,08	2320	3,45	2150	5,15	1720	6,60	1528	7,98	1415	10,5	1281
502	3,22	2330	3,60	2158	5,35	1721	6,84	1529	8,28	1412	10,9	1278
503	3,38	2350	3,78	2175	5,58	1725	7,11	1530	8,60	1411	11,3	1275
504	3,52	2380	3,98	2200	5,82	1735	7,41	1532	8,98	1412	11,7	1273
505	3,72	2424	4,20	2232	6,09	1748	7,75	1540	9,40	1415	12,2	1273
506	3,93	2478	4,42	2271	6,42	1765	8,12	1548	9,87	1420	12,8	1276
507	4,20	2545	4,71	2323	6,80	1790	8,57	1559	10,4	1428	13,5	1279
508	4,48	2622	5,02	2383	7,20	1820	9,03	1577	10,9	1438	14,2	1282
509	4,78	2710	5,39	2455	7,67	1856	9,57	1598	11,6	1450	15,1	1288
510	5,12	2810	5,77	2540	8,20	1896	10,2	1621	12,2	1467	15,9	1292
511	5,50	2920	6,15	2628	8,72	1940	10,8	1650	13,0	1485	16,9	1300
512	5,90	3040	6,55	2730	9,30	1990	11,5	1680	13,7	1507	17,9	1308
513	2,40	2348	2,72	2172	4,05	1750	5,19	1560	6,27	1450	8,37	1320
514	2,47	2335	2,81	2168	4,17	1743	5,35	1553	6,47	1445	8,62	1315
515	2,55	2322	2,90	2165	4,30	1739	5,53	1550	6,68	1442	8,90	1309
516	2,62	2330	3,01	2165	4,44	1737	5,72	1548	6,90	1438	9,17	1303
517	2,72	2332	3,10	2166	4,59	1733	5,93	1545	7,13	1435	9,47	1300
518	2,82	2338	3,21	2170	4,73	1732	6,13	1543	7,38	1431	9,80	1296

Zapelo	0,8%		1%		2%		3%		4%		6%	
	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e	σ_{bl}	σ_e
519	2,94	2350	3,33	2176	4,91	1733	6,35	1542	7,63	1430	10,1	1293
520	3,08	2360	3,48	2188	5,10	1738	6,58	1543	7,93	1429	10,5	1291
521	3,22	2393	3,63	2205	5,31	1745	6,80	1546	8,23	1429	10,9	1290
522	3,39	2430	3,81	2231	5,55	1758	7,11	1552	8,60	1430	11,3	1290
523	3,58	2475	4,02	2268	5,82	1772	7,42	1560	9,00	1432	11,8	1291
524	3,80	2532	4,25	2315	6,13	1792	7,78	1570	9,41	1440	12,3	1292
525	4,03	2600	4,51	2370	6,48	1820	8,20	1584	9,88	1449	13,0	1297
526	4,31	2679	4,81	2432	6,87	1852	8,69	1602	10,4	1460	13,6	1302
527	4,60	2765	5,12	2504	7,28	1888	9,20	1624	11,0	1474	14,4	1307
528	4,92	2863	5,47	2505	7,75	1928	9,72	1648	11,6	1490	15,2	1313
529	5,26	2970	5,83	2673	8,23	1972	10,3	1675	12,2	1508	16,0	1321
530	5,60	3087	6,22	2770	8,75	2020	10,9	1705	12,9	1530	16,9	1330
531	2,28	2358	2,57	2188	3,83	1763	4,92	1572	5,95	1460	7,90	1330
532	2,33	2352	2,65	2181	3,95	1760	5,07	1560	6,14	1455	8,15	1326
533	2,40	2350	2,73	2178	4,06	1755	5,22	1563	6,31	1451	8,40	1322
534	2,48	2350	2,82	2176	4,20	1752	5,39	1561	6,50	1448	8,66	1320
535	2,56	2351	2,91	2178	4,34	1750	5,55	1559	6,70	1445	8,94	1316
536	2,65	2356	3,01	2181	4,48	1750	5,73	1558	6,90	1442	9,21	1313
537	2,75	2364	3,11	2189	4,64	1751	5,91	1558	7,14	1440	9,50	1310
538	2,85	2378	3,24	2199	4,80	1752	6,12	1559	7,36	1440	9,80	1309
539	2,98	2398	3,36	2215	4,98	1758	6,35	1561	7,62	1441	10,1	1308
540	3,11	2428	3,51	2238	5,16	1768	6,60	1563	7,90	1443	10,5	1308
541	3,27	2467	3,69	2268	5,39	1780	6,85	1570	8,22	1446	10,9	1309
542	3,45	2520	3,90	2308	5,64	1798	7,15	1578	8,60	1453	11,3	1309
543	3,64	2578	4,11	2354	5,90	1820	7,50	1588	8,98	1460	11,8	1310
544	3,86	2648	4,36	2409	6,22	1848	7,89	1604	9,42	1470	12,3	1313
545	4,10	2727	4,64	2473	6,59	1879	8,30	1623	9,92	1483	12,9	1320
546	4,36	2813	4,92	2547	6,97	1914	8,75	1645	10,4	1497	13,6	1325
547	4,65	2910	5,24	2630	7,39	1953	9,26	1670	11,0	1513	14,3	1333
548	4,94	3015	5,56	2720	7,84	1997	9,81	1698	11,6	1530	15,1	1341
549	5,25	3126	5,90	2810	8,30	2048	10,4	1730	12,3	1550	16,0	1350
550	2,03	2386	2,31	2212	3,45	1787	4,45	1592	5,38	1480	7,15	1350
551	2,15	2376	2,45	2207	3,65	1774	4,70	1585	5,65	1472	7,56	1343
552	2,26	2377	2,59	2209	3,87	1770	4,96	1581	5,98	1468	8,00	1338
553	2,41	2390	2,76	2215	4,11	1771	5,26	1580	6,33	1463	8,46	1332
554	2,60	2417	2,96	2234	4,39	1780	5,60	1581	6,72	1462	8,97	1329
555	2,81	2470	3,21	2273	4,70	1800	5,99	1591	7,20	1468	9,56	1328
556	3,07	2555	3,49	2335	5,07	1830	6,44	1606	7,75	1477	10,2	1329
557	3,40	2650	3,84	2425	5,52	1870	6,98	1632	8,38	1492	11,0	1336
558	3,79	2785	4,25	2540	6,05	1929	7,63	1668	9,12	1518	11,9	1348
559	4,24	2965	4,73	2685	6,70	2000	8,45	1712	10,0	1548	13,1	1363
560	4,74	3193	5,28	2870	7,48	2090	9,40	1770	11,2	1588	14,6	1386
561	1,84	2408	2,09	2240	3,15	1803	4,05	1610	4,90	1495	6,53	1370
562	1,94	2400	2,20	2232	3,31	1798	4,26	1600	5,13	1487	6,80	1360
563	2,06	2403	2,31	2231	3,49	1795	4,50	1596	5,38	1482	7,12	1351
564	2,18	2412	2,45	2240	3,68	1797	4,74	1594	5,67	1480	7,50	1348
565	2,31	2434	2,61	2260	3,89	1802	5,00	1600	5,98	1480	7,90	1344
566	2,46	2470	2,80	2290	4,13	1815	5,30	1607	6,35	1484	8,38	1344
567	2,64	2527	3,02	2333	4,40	1837	5,65	1620	6,75	1492	8,95	1349
568	2,86	2613	3,29	2392	4,75	1870	6,04	1640	7,24	1509	9,61	1356
569	3,14	2723	3,60	2475	5,13	1910	6,52	1670	7,82	1528	10,4	1367
570	3,47	2865	3,95	2590	5,61	1972	7,11	1707	8,53	1555	11,2	1380
571	3,86	3040	4,36	2737	6,17	2045	7,80	1752	9,35	1585	12,3	1397
572	4,32	3248	4,80	2920	6,83	2134	8,60	1808	10,2	1620	13,3	1415
573	1,68	2426	1,91	2260	2,88	1818	3,72	1623	4,47	1510	5,99	1382
574	1,76	2418	2,00	2243	3,00	1813	3,90	1619	4,70	1506	6,25	1375
575	1,85	2416	2,10	2252	3,16	1811	4,10	1616	4,90	1501	6,55	1370
576	1,95	2424	2,21	2257	3,31	1812	4,29	1613	5,16	1497	6,85	1363

Σημείο	0,8°		1°		2°		3°		4°		6°	
	α _{h-l}	α _e	α _{h-l}	α _e	α _{h-l}	α _e	α _{h-l}	α _e	α _{h-l}	α _e	α _{h-l}	α _e
577	2,40	2412	2,32	2270	3,19	1818	4,51	1616	5,41	1495	7,19	1361
578	2,20	2473	2,16	2293	3,69	1825	4,75	1621	5,70	1497	7,36	1360
579	2,34	2518	2,61	2332	3,90	1842	5,01	1633	6,02	1503	7,99	1362
580	2,51	2580	2,81	2381	4,17	1866	5,31	1650	6,40	1514	8,49	1368
581	2,73	2668	3,07	2450	4,16	1898	5,70	1673	6,81	1533	9,04	1376
582	2,99	2765	3,35	2536	4,85	1914	6,11	1707	7,31	1555	9,69	1388
583	3,29	2905	3,66	2650	5,27	2007	6,65	1745	7,90	1583	10,4	1403
584	3,62	3080	4,02	2790	5,76	2082	7,24	1790	8,60	1615	11,3	1420
585	4,00	3295	4,43	2963	6,34	2170	7,92	1840	9,40	1650	12,2	1440
586	1,27	2480	1,44	2305	2,18	1860	2,82	1661	3,39	1542	4,53	1410
587	1,46	2481	1,65	2310	2,50	1858	3,21	1660	3,89	1541	5,20	1400
588	1,75	2585	1,97	2387	2,93	1893	3,75	1683	4,55	1558	6,04	1406
589	2,24	2882	2,50	2620	3,65	2011	4,62	1763	5,56	1611	7,31	1440
590	3,00	3430	3,31	3090	4,76	2262	6,00	1920	7,16	1720	9,35	1510
591	1,02	2510	1,15	2330	1,74	1880	2,26	1683	2,72	1565	3,64	1430
592	1,14	2515	1,29	2331	1,92	1888	2,50	1680	3,04	1561	4,05	1417
593	1,29	2573	1,45	2377	2,17	1905	2,81	1692	3,30	1568	4,55	1418
594	1,51	2723	1,71	2503	2,53	1970	3,25	1734	3,91	1596	5,21	1442
595	1,91	3015	2,13	2740	3,11	2105	3,92	1825	4,70	1667	6,20	1490
596	2,40	3510	2,68	3163	3,83	2323	4,84	1973	5,78	1770	7,55	1550
597	0,85	2530	0,95	2350	1,44	1900	1,88	1697	2,28	1578	3,04	1443
598	0,92	2535	1,01	2355	1,58	1898	2,05	1702	2,48	1575	3,31	1440
599	1,01	2572	1,16	2378	1,74	1912	2,23	1710	2,73	1580	3,64	1441
600	1,16	2662	1,31	2455	1,96	1953	2,52	1734	3,05	1600	4,07	1453
601	1,38	2838	1,53	2598	2,24	2028	2,88	1782	3,48	1645	4,63	1480
602	1,66	3150	1,84	2847	2,67	2167	3,39	1878	4,07	1717	5,10	1524
603	2,00	3565	2,24	3211	3,22	2360	4,07	2010	4,85	1810	6,35	1580

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Διαξονική κάμψη (Νέο DIN 1045)



$$m_x = \frac{|M_x|}{b_x b_y \beta_R}$$

$$m_y = \frac{|M_y|}{b_x b_y \beta_R}$$

$$n = \frac{N}{b_x b_y \beta_R}$$

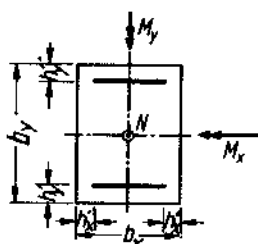
$$m_x > m_y \rightarrow m_1 = m_x; m_2 = m_y$$

$$m_x < m_y \rightarrow m_1 = m_y; m_2 = m_x$$

Σ κυρόδεμα	Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	—
β_R	105	175	230	270	300	κν/σν ²
β_s/β_R	40,0	24,0	18,3	15,6	14,0	—

$$F_e = \frac{\text{ges } \mu_0}{\beta_s/\beta_R} b_x b_y$$

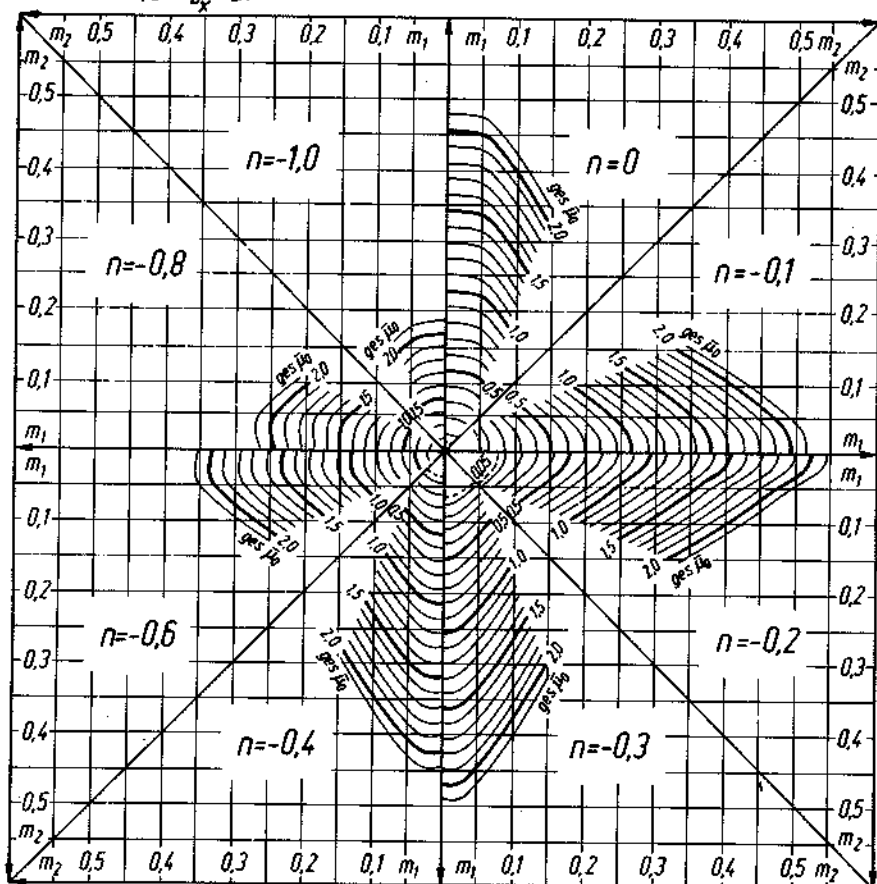
Διαξονική κάμψη (Νέο DIN 1045)



BSI 42/50
 $h'_x/b_x = h'_y/b_y = 0,10$

$$\frac{F_y}{2}$$

$$\frac{F_y}{2}$$



$$m_x = \frac{|M_x|}{b_x b_y^2 \beta_R}$$

$$m_y = \frac{|M_y|}{b_x^2 b_y \beta_R}$$

$$n = \frac{N}{b_x b_y \beta_R}$$

$$m_1 = m_x$$

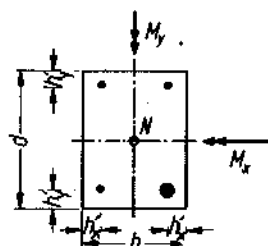
$$m_2 = m_y$$

Σκυρόδεμα	Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
β_R	105	175	230	270	300	κρ.τ.μ.
β_s / β_R	40,0	24,0	18,3	15,6	14,0	

$$F_y = \frac{\text{ges } \mu_0}{\beta_s / \beta_R} b_x b_y$$

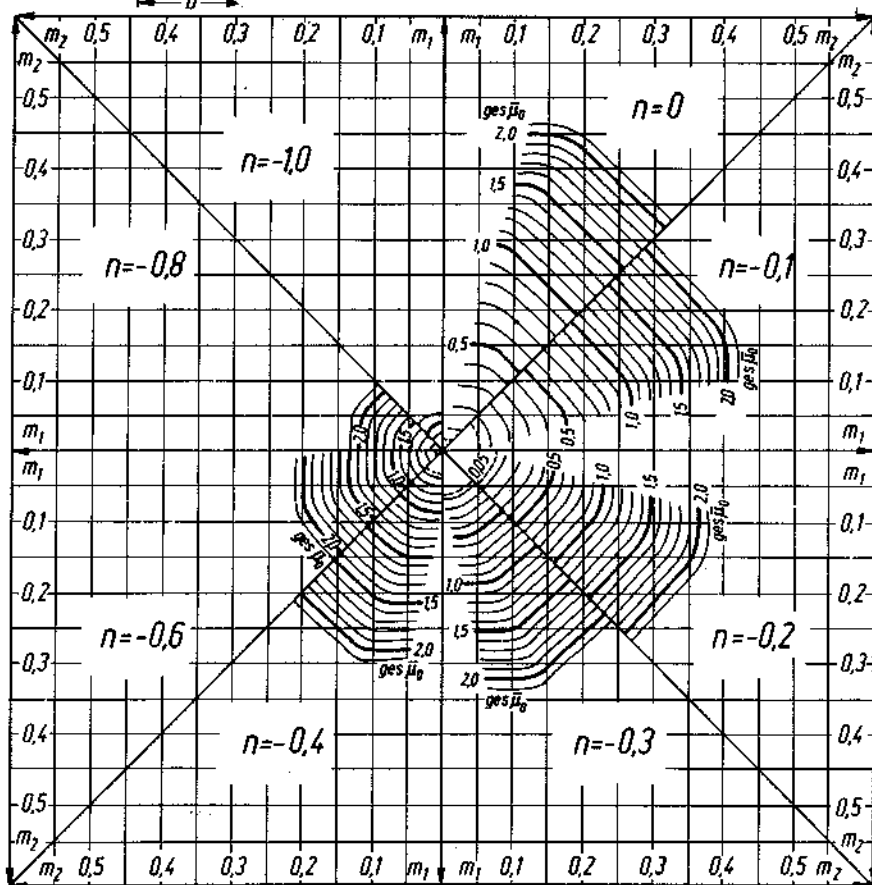
ΠΙΝΑΚΑΣ 12

Διαξονική κάμψη (Νέο DIN 1045)



BSt 42/50
 $h'_x/b_x = h'_y/b_y = 0,10$

$\bullet$	$F_e/6$	$F_e/6$
$\bullet$	$F_e/6$	$F_e/2$



$$m_x = \frac{M_x}{b \cdot d^2 \cdot \beta_R}$$

$$m_y = \frac{M_y}{b \cdot d^2 \cdot \beta_R}$$

$$n = \frac{N}{b \cdot d \cdot \beta_R}$$

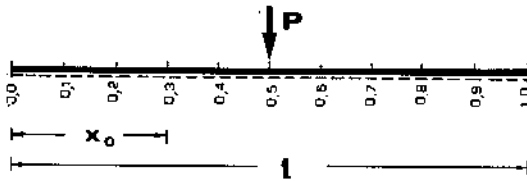
$m_x > m_y \rightarrow m_1 = m_x; m_2 = m_y$

$m_x < m_y \rightarrow m_1 = m_y; m_2 = m_x$

Σκυρόδεμα	Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
β_R	105	175	230	270	300	kg/cm ²
β_s / β_R	40,0	24,0	18,3	15,6	14,0	

$$F_e = \frac{\text{ges } \mu_0}{\beta_s / \beta_R} b d$$

Πεδιλοδοκός με συγκεντρωμένο φορτίο στη μέση



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

n_σ
n_M

$$\sigma = n_\sigma \cdot \frac{P}{b \cdot l}$$

$$M = n_M \cdot \frac{P \cdot l}{100}$$

$\lambda \backslash x_0 : l$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	1,0 0	1,0 0,50	1,0 2,00	1,0 4,50	1,0 8,00	1,0 12,50
2,0	0,74 0	0,85 0,39	0,97 1,63	1,07 3,83	1,15 7,10	1,18 11,51
2,5	0,45 0	0,69 0,26	0,93 1,22	1,14 3,09	1,31 6,11	1,38 10,43
3,0	0,10 0	0,49 0,11	0,87 0,72	1,23 2,18	1,51 4,88	1,64 9,07
3,5	-0,23 0	0,29 -0,03	0,81 0,23	1,31 1,30	1,72 3,66	1,91 7,72
4,0	-0,47 0	0,12 -0,14	0,73 -0,15	1,35 0,57	1,90 2,64	2,16 6,59
4,5	-0,62 0	0,002 -0,20	0,65 -0,41	1,36 0,05	2,05 1,87	2,39 5,71
5,0	-0,67 0	-0,08 -0,24	0,57 -0,56	1,34 -0,30	2,16 1,31	2,61 5,05
6,0	-0,59 0	-0,18 -0,23	0,37 -0,63	1,22 -0,63	2,34 0,61	3,05 4,15
7,0	-0,40 0	-0,21 -0,17	0,16 -0,53	1,02 -0,70	2,45 0,21	3,51 3,56
8,0	-0,19 0	-0,20 -0,10	-0,02 -0,39	0,79 -0,65	2,55 -0,03	4,00 3,12

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

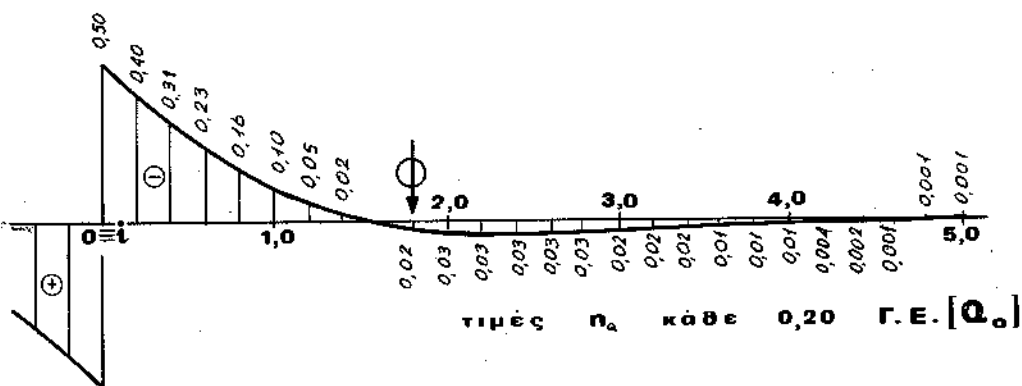
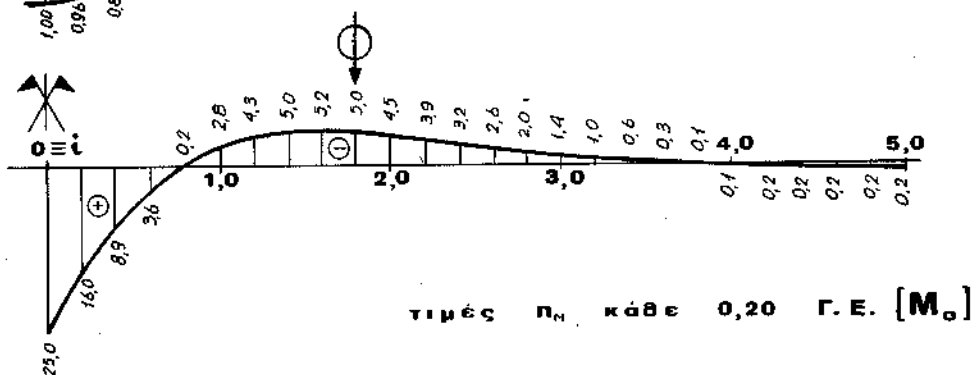
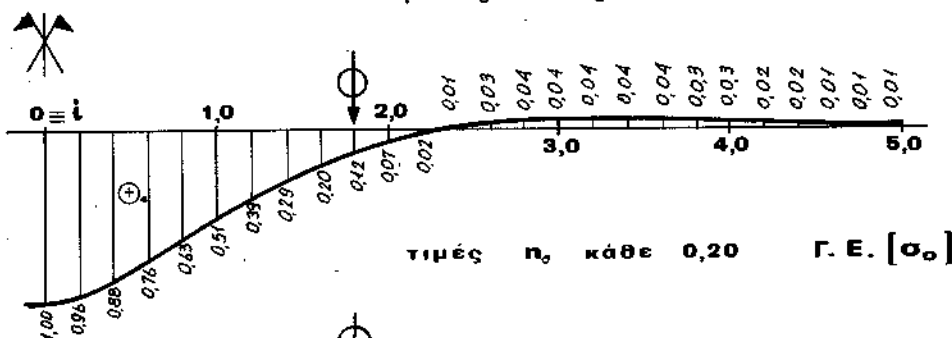
Γραμμές έπιρροής άπειρομήκους πεδιλοδοκού

$$\sigma_i \equiv \sigma_o = \frac{\sigma}{2 \cdot b} P \cdot n_\sigma$$

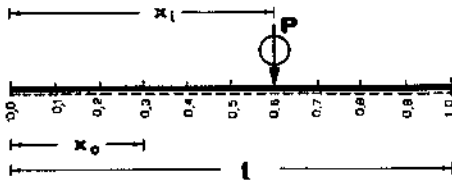
$$a = \sqrt[4]{\frac{\kappa \cdot b}{4 \cdot E \cdot I}}$$

$$M_i \equiv M_o = \frac{P \cdot n_M}{a \cdot 100}$$

$$Q_i \equiv Q_o = P \cdot n_Q$$



Γραμμές επίρροής πεδίοδοκου με $\lambda = 0$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_B I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή επίρροής του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

στα σημεία x_i

n_0
n_M
n_Q

$$\sigma = n_0 \frac{P}{b \cdot l}$$

$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

*Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^\alpha = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l											
x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	4,00 0 -1,00	3,40 0 0	2,80 0 0	2,20 0 0	1,60 0 0	1,00 0 0	0,40 0 0	-0,20 0 0	-0,80 0 0	-1,40 0 0	-2,00 0 0
0,1	3,40 -8,10 -0,630	2,92 1,62 -0,684	2,44 1,34 0,262	1,96 1,06 0,200	1,48 0,78 0,154	1,00 0,50 0,100	0,52 0,22 0,046	0,04 -0,06 -0,008	-0,44 -0,34 -0,062	-0,92 -0,62 -0,116	-1,40 -0,90 -0,170
0,2	2,80 -12,80 -0,320	2,44 -3,84 -0,416	2,08 5,12 -0,512	1,72 4,08 0,392	1,36 3,04 0,296	1,00 2,00 0,200	0,64 0,96 0,104	0,28 -0,08 0,008	-0,08 -1,12 -0,088	-0,44 -2,16 -0,184	-0,80 -3,20 -0,280
0,3	2,20 -14,70 -0,070	1,96 -6,86 -0,196	1,72 0,98 -0,322	1,48 8,82 -0,448	1,24 6,66 0,426	1,00 4,50 0,300	0,76 2,34 0,174	0,52 0,18 0,048	0,28 -1,98 -0,078	0,04 -4,14 -0,204	-0,20 -6,30 -0,330
0,4	1,60 -14,40 0,120	1,48 -7,92 -0,024	1,36 -1,44 -0,168	1,24 5,04 -0,328	1,12 11,52 -0,456	1,00 8,00 0,400	0,88 4,48 0,256	0,76 0,96 0,112	0,64 -2,56 -0,032	0,52 -6,08 -0,176	0,40 -9,60 -0,320
0,5	1,00 -12,50 0,250	1,00 -7,50 0,100	1,00 -2,50 -0,050	1,00 2,50 -0,200	1,00 7,50 -0,350	1,00 12,50 -0,500	1,00 7,50 0,350	1,00 2,50 0,200	1,00 -2,50 0,050	1,00 -7,50 -0,100	1,00 -12,50 -0,250
0,6	0,40 -9,60 0,320	0,52 -6,08 0,176	0,64 -2,56 0,032	0,76 0,96 -0,112	0,88 4,48 -0,256	1,00 8,00 -0,400	1,12 11,52 -0,544	1,24 5,04 0,328	1,36 -1,44 0,168	1,48 -7,92 0,024	1,60 -14,40 -0,120
0,7	-0,20 -6,30 0,330	0,04 -4,14 0,204	0,28 -1,98 0,078	0,52 0,18 -0,048	0,76 2,34 -0,174	1,00 4,50 -0,300	1,24 6,66 -0,426	1,48 8,82 -0,552	1,72 0,98 0,322	1,96 -6,86 0,196	2,20 -14,70 0,070
0,8	-0,80 -3,20 0,280	-0,44 -2,16 0,184	-0,08 -1,12 0,088	0,28 -0,08 -0,008	0,64 0,96 -0,104	1,00 2,00 -0,200	1,36 3,04 -0,296	1,72 4,08 -0,392	2,08 5,12 -0,488	2,44 -3,84 0,416	2,80 -12,80 0,320
0,9	-1,40 -0,90 0,170	-0,92 -0,62 0,116	-0,44 -0,34 0,062	0,04 -0,06 0,008	0,52 0,22 -0,046	1,00 0,50 -0,100	1,48 0,78 -0,154	1,96 1,06 -0,208	2,44 1,34 -0,262	2,92 1,62 -0,316	3,40 -8,10 0,630
1,0	-2,00 0 0	-1,40 0 0	-0,80 0 0	-0,20 0 0	0,40 0 0	1,00 0 0	1,60 0 0	2,20 0 0	2,80 0 0	3,40 0 0	4,00 0 1,00

Γραμμές έπιρροής πεδίοδοκού με $\lambda=2,0$ 

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή έπιρροής του σημείου

 x_0 για κίνηση του φορτίουστα σημεία x_i

n_0
n_m
n_a

$$\sigma = n_0 \frac{P}{b \cdot l}$$

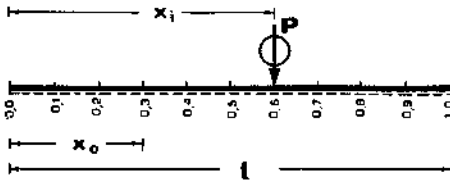
$$M = n_m \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_a \cdot P$$

Όταν $l \equiv 0$ δίνεται η τιμή n_0^δ , τότε $n_0^\alpha = 1 - |n_0^\delta|$

x_i/l x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	4,55 0 -1,000	3,65 0 0	2,80 0 0	2,03 0 0	1,34 0 0	0,74 0 0	0,20 0 0	-0,29 0 0	-0,74 0 0	-1,17 0 0	-1,60 0 0
0,1	3,65 -7,87 -0,590	3,06 1,73 -0,665	2,46 1,34 0,263	1,88 0,99 0,196	1,35 0,67 0,134	0,85 0,39 0,079	0,40 0,13 0,030	-0,02 -0,10 -0,015	-0,41 -0,31 -0,057	-0,79 -0,52 -0,098	-1,17 -0,73 -0,139
0,2	2,80 -12,09 -0,268	2,46 -3,49 -0,389	2,11 5,15 -0,508	1,73 3,86 0,376	1,34 2,69 0,269	0,97 1,63 0,170	0,60 0,67 0,080	0,26 -0,21 -0,003	-0,08 -1,04 -0,082	-0,41 -1,84 -0,158	-0,74 -2,63 -0,234
0,3	2,03 -13,50 -0,027	1,88 -6,24 -0,172	1,73 1,05 -0,317	1,55 8,46 -0,460	1,32 6,04 0,402	1,07 3,83 0,272	0,80 1,80 0,150	0,53 -0,07 0,036	0,26 -1,84 -0,073	-0,02 -3,56 -0,180	-0,29 -5,26 -0,285
0,4	1,34 -12,87 0,141	1,35 -7,11 -0,011	1,34 -1,31 -0,163	1,32 4,60 -0,316	1,26 10,72 -0,468	1,15 7,10 0,383	0,99 3,74 0,240	0,80 0,60 0,102	0,60 -2,39 -0,031	0,40 -5,30 -0,161	0,20 -8,18 -0,290
0,5	0,74 -10,90 0,244	0,85 -6,64 0,098	0,97 -2,34 -0,048	1,07 2,07 -0,196	1,15 6,66 -0,347	1,18 11,51 -0,500	1,15 6,66 0,347	1,07 2,07 0,196	0,97 -2,34 0,048	0,85 -6,64 -0,098	0,74 -10,90 -0,244
0,6	0,20 -8,18 0,290	0,40 -5,30 0,161	0,60 -2,39 0,031	0,80 0,60 -0,102	0,99 3,74 -0,240	1,15 7,10 -0,383	1,26 10,72 -0,532	1,32 4,60 0,316	1,34 -1,31 0,163	1,35 -7,11 0,011	1,34 -12,87 -0,141
0,7	-0,29 -5,26 0,285	-0,02 -3,56 0,180	0,26 -1,84 0,073	0,53 -0,07 -0,036	0,80 1,80 -0,150	1,07 3,83 -0,272	1,32 6,04 -0,402	1,55 8,46 -0,540	1,73 1,05 0,317	1,88 -6,24 0,172	2,03 -13,50 0,027
0,8	-0,74 -2,63 0,234	-0,41 -1,84 0,158	-0,08 -1,04 0,082	0,26 -0,21 0,003	0,60 0,67 -0,080	0,97 1,63 -0,170	1,34 2,69 -0,269	1,73 3,86 -0,376	2,11 5,15 -0,492	2,46 -3,49 0,389	2,80 -12,09 0,268
0,9	-1,17 -0,73 0,139	-0,79 -0,52 0,098	-0,41 -0,31 0,057	-0,02 -0,10 0,015	0,40 0,13 -0,030	0,85 0,39 -0,079	1,35 0,67 -0,134	1,88 0,99 -0,196	2,46 1,34 -0,263	3,06 1,73 -0,335	3,65 -7,87 0,590
1,0	-1,60 0 0	-1,17 0 0	-0,74 0 0	-0,29 0 0	0,20 0 0	0,74 0 0	1,34 0 0	2,03 0 0	2,80 0 0	3,65 0 0	4,55 0 1,00

Γραμμές επίρροης πεδילוδοκού με $\lambda = 2,5$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_0 I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή επίρροης του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

ατά σημεία x_i

n_σ
n_M
n_Q

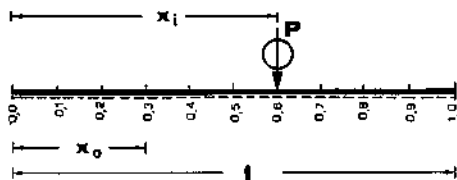
$$\sigma = n_\sigma \frac{P}{b \cdot l}$$

$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

*Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^a = 1 - |n_Q^\delta|$

$x_i/l \backslash x_0/l$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	5,18 0 -1,00	3,93 0 0	2,79 0 0	1,83 0 0	1,05 0 0	0,45 0 0	-0,01 0 0	-0,37 0 0	-0,66 0 0	-0,92 0 0	-1,18 0 0
0,1	3,93 -7,62 -0,545	3,21 1,85 -0,643	2,48 1,34 0,264	1,79 0,91 0,181	1,19 0,55 0,112	0,69 0,26 0,057	0,27 0,04 0,013	-0,08 -0,14 -0,022	-0,38 -0,28 -0,052	-0,71 -0,42 -0,079	-0,92 -0,55 -0,105
0,2	2,79 -11,30 -0,210	2,48 -3,10 -0,359	2,14 5,17 -0,505	1,74 3,61 0,358	1,33 2,29 0,238	0,93 1,22 0,138	0,56 0,35 0,054	0,23 -0,35 -0,015	-0,08 -0,94 -0,075	-0,38 -1,49 -0,130	-0,66 -2,01 -0,184
0,3	1,83 -12,16 0,020	1,79 -5,56 -0,145	1,74 1,12 -0,310	1,63 8,05 -0,472	1,42 5,36 0,376	1,14 3,09 0,241	0,84 1,23 0,124	0,53 -0,33 0,023	0,23 -1,68 0,068	-0,08 -2,39 -0,153	-0,37 -4,15 -0,237
0,4	1,05 -11,19 0,162	1,19 -6,22 0,003	1,33 -1,18 -0,157	1,42 4,11 -0,319	1,43 9,84 -0,480	1,31 6,11 0,365	1,10 2,93 0,221	0,84 0,21 0,091	0,56 -2,20 -0,029	0,27 -4,45 -0,144	-0,01 -6,64 -0,257
0,5	0,45 -9,14 0,236	0,69 -5,68 0,096	0,93 -2,15 -0,045	1,14 1,59 -0,190	1,31 5,73 -0,342	1,38 10,43 -0,500	1,31 5,73 0,342	1,14 1,59 0,190	0,93 -2,15 0,045	0,69 -5,68 -0,096	0,45 -9,14 -0,236
0,6	-0,01 -6,64 0,257	0,27 -4,45 0,144	0,56 -2,20 0,029	0,84 0,21 -0,091	1,10 2,93 -0,221	1,31 6,11 -0,365	1,43 9,84 -0,520	1,42 4,11 0,319	1,33 -1,18 0,157	1,19 -6,22 -0,003	1,05 -11,19 -0,162
0,7	-0,37 -4,15 0,237	-0,08 -2,93 0,153	0,23 -1,68 0,068	0,53 -0,33 -0,023	0,84 1,23 -0,124	1,14 3,09 -0,241	1,42 5,36 -0,376	1,63 8,05 -0,528	1,74 1,12 0,310	1,79 -5,56 0,145	1,83 -12,16 -0,020
0,8	-0,66 -2,01 0,184	-0,38 -1,49 0,130	-0,08 -0,94 0,075	0,23 -0,35 0,015	0,56 0,35 -0,054	0,93 1,22 -0,138	1,33 2,29 -0,238	1,74 3,61 -0,358	2,14 5,17 -0,495	2,48 -3,10 0,359	2,79 -11,30 0,210
0,9	-0,92 -0,55 0,105	-0,71 -0,42 0,079	-0,38 -0,28 0,052	-0,08 -0,14 0,022	0,27 0,04 -0,013	0,69 0,26 -0,057	1,19 0,91 -0,112	1,79 1,34 -0,181	2,48 1,85 -0,264	3,21 1,85 -0,357	3,93 -7,62 0,545
1,0	-1,18 0 0	-0,92 0 0	-0,66 0 0	-0,37 0 0	-0,01 0 0	0,45 0 0	1,05 0 0	1,83 0 0	2,79 0 0	3,93 0 0	5,18 0 1,00

Γραμμές επίρροής πεδικοδοκού με $\lambda=3,0$ 

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_0 I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή επίρροής του σημείου

 x_0 για κίνηση του φορτίουστα σημεία x_i

n_σ
n_M
n_Q

$$\sigma = n_\sigma \frac{P}{b \cdot l}$$

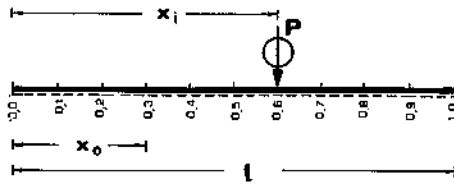
$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^\alpha = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	6,04 0 -1,00	4,29 0 0	2,76 0 0	1,55 0 0	0,68 0 0	0,10 0 0	-0,26 0 0	-0,46 0 0	-0,56 0 0	-0,63 0 0	-0,68 0 0
0,1	4,29 -7,28 -0,485	3,40 2,00 -0,615	2,50 1,34 0,263	1,68 0,80 0,161	1,00 0,39 0,084	0,49 0,11 0,029	0,12 -0,07 -0,007	-0,14 -0,17 -0,030	-0,33 -0,24 -0,045	-0,48 -0,29 -0,055	-0,63 -0,33 -0,065
0,2	2,76 -10,25 -0,135	2,50 -2,61 -0,320	2,20 5,17 -0,501	1,77 3,27 0,344	1,31 1,87 0,200	0,87 0,72 0,097	0,49 -0,01 0,024	0,18 -0,49 -0,028	-0,09 -0,81 -0,066	-0,33 -1,06 -0,096	-0,56 -1,29 -0,125
0,3	1,55 -10,44 0,077	1,67 -4,70 -0,112	1,77 1,19 -0,302	1,76 7,50 -0,487	1,55 4,48 0,343	1,23 2,18 0,203	0,87 0,53 0,092	0,52 -0,63 0,006	0,18 -1,47 -0,061	-0,14 -2,16 -0,120	-0,46 -2,80 -0,176
0,4	0,68 -9,06 0,186	1,00 -5,11 0,020	1,31 -1,02 -0,148	1,55 3,48 -0,320	1,65 8,72 -0,495	1,51 4,88 0,341	1,22 1,95 0,197	0,87 -0,25 0,075	0,49 -1,95 -0,028	0,12 -3,40 -0,122	-0,26 -4,76 -0,213
0,5	0,10 -6,97 0,222	0,49 -4,50 0,093	0,87 -1,92 -0,039	1,23 1,00 -0,180	1,51 4,58 -0,335	1,64 9,07 -0,500	1,51 4,58 0,335	1,23 1,00 0,180	0,87 -1,92 0,039	0,49 -4,50 -0,093	0,10 -6,97 -0,222
0,6	-0,26 -4,76 0,213	0,12 -3,40 0,122	0,49 -1,95 0,028	0,87 -0,25 -0,075	1,22 1,95 -0,197	1,51 4,88 -0,341	1,65 8,72 -0,505	1,55 3,48 0,320	1,31 -1,02 0,148	1,00 -5,11 -0,020	0,68 -9,06 -0,186
0,7	-0,46 -2,80 0,176	-0,14 -2,16 0,120	0,18 -1,47 0,061	0,52 -0,63 -0,006	0,87 0,53 -0,092	1,23 2,18 -0,203	1,55 4,48 -0,343	1,76 7,50 -0,513	1,77 1,19 0,302	1,67 -4,70 0,112	1,55 -10,44 -0,077
0,8	-0,56 -1,29 0,125	-0,33 -1,06 0,096	-0,09 -0,81 0,066	0,18 -0,49 0,028	0,49 -0,01 -0,024	0,87 0,72 -0,097	1,31 1,87 -0,200	1,77 3,27 -0,344	2,20 5,17 -0,499	2,50 -2,61 0,320	2,76 -10,25 0,135
0,9	-0,63 -0,33 0,065	-0,48 -0,29 0,055	-0,33 -0,24 0,045	-0,14 -0,17 0,030	0,12 -0,07 0,007	0,49 0,11 -0,029	1,00 0,39 -0,084	1,68 0,80 -0,161	2,50 1,34 -0,263	3,40 2,00 -0,385	4,29 -7,28 0,485
1,0	-0,68 0 0	-0,63 0 0	-0,56 0 0	-0,46 0 0	-0,26 0 0	0,10 0 0	0,68 0 0	1,55 0 0	2,76 0 0	4,29 0 0	6,04 0 1,00

Γραμμές επίρροής πεδילוδοκού με $\lambda=3,5$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_0 I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή επίρροής του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

στα σημεία x_i

n_σ
n_M
n_Q

$$\sigma = n_\sigma \frac{P}{b \cdot l}$$

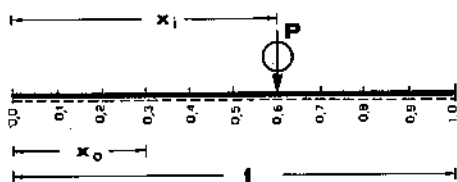
$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

Όταν $l \equiv 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^\alpha = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	7,01 0 -1,00	4,64 0 0	2,66 0 0	1,22 0 0	0,29 0 0	-0,23 0 0	-0,45 0 0	-0,50 0 0	-0,44 0 0	-0,35 0 0	-0,25 0 0
0,1	4,64 -6,90 -0,420	3,60 2,15 -0,588	2,52 1,31 0,259	1,55 0,66 0,138	0,80 0,23 0,054	0,29 -0,03 0,003	-0,02 -0,15 -0,024	-0,19 -0,20 -0,035	-0,28 -0,19 -0,036	-0,32 -0,17 -0,034	-0,35 -0,14 -0,030
0,2	2,66 -9,13 -0,059	2,52 -2,11 -0,282	2,28 5,13 -0,499	1,83 2,87 0,308	1,29 1,26 0,159	0,81 0,23 0,058	0,41 -0,33 -0,005	0,12 -0,59 -0,038	-0,10 -0,67 -0,055	-0,28 -0,66 -0,064	-0,44 -0,63 -0,070
0,3	1,22 -8,65 0,131	1,55 -3,83 -0,080	1,83 1,21 -0,292	1,93 6,90 -0,502	1,71 3,57 0,311	1,31 1,30 0,164	0,87 -0,10 0,060	0,47 -0,86 -0,009	0,12 -1,23 -0,054	-0,19 -1,42 -0,088	-0,50 -1,56 -0,117
0,4	0,29 -6,91 0,202	0,80 -4,00 0,035	1,29 -0,89 -0,136	1,71 2,82 -0,317	1,90 7,58 -0,507	1,72 3,66 0,316	1,33 1,01 0,170	0,87 -0,65 0,057	0,41 -1,67 -0,028	-0,02 -2,37 -0,100	-0,45 -2,98 -0,166
0,5	-0,23 -4,84 0,202	0,29 -3,34 0,088	0,81 -1,69 -0,032	1,31 0,43 -0,166	1,72 3,44 -0,323	1,91 7,72 -0,500	1,72 3,44 0,323	1,31 0,43 0,166	0,81 -1,69 0,032	0,29 -3,34 -0,088	-0,23 -4,84 -0,202
0,6	-0,45 -2,98 0,166	-0,02 -2,37 0,100	0,41 -1,67 0,028	0,87 -0,65 -0,057	1,33 1,01 -0,170	1,72 3,66 -0,316	1,90 7,58 -0,493	1,71 2,82 0,317	1,29 -0,89 0,136	0,80 -4,00 -0,035	0,29 -6,91 -0,202
0,7	-0,50 -1,56 0,117	-0,19 -1,42 0,088	0,12 -1,23 0,054	0,47 -0,66 0,009	0,87 -0,10 -0,060	1,31 1,30 -0,164	1,71 3,57 -0,311	1,93 6,90 -0,498	1,83 1,21 0,292	1,55 -3,83 2,52	1,22 -8,65 2,66
0,8	-0,44 -0,63 0,070	-0,28 -0,66 0,064	-0,10 -0,67 0,055	0,12 -0,59 0,038	0,41 -0,33 0,005	0,81 0,23 -0,058	1,29 1,26 -0,159	1,83 2,87 -0,308	2,28 5,13 -0,501	2,52 -2,11 0,282	2,66 -9,13 0,059
0,9	-0,35 -0,14 0,030	-0,32 -0,17 0,034	-0,28 -0,19 0,036	-0,19 -0,20 0,035	-0,02 -0,15 0,024	0,29 -0,03 -0,003	0,80 0,23 -0,054	1,55 0,66 -0,138	2,52 1,31 -0,259	3,60 2,15 -0,412	4,64 -6,90 0,420
1,0	-0,25 0 0	-0,35 0 0	-0,44 0 0	-0,50 0 0	-0,45 0 0	-0,23 0 0	0,29 0 0	1,22 0 0	2,66 0 0	4,64 0 0	7,01 0 1,00

Γραμμές έπιρροής πεδίοδοκού με $\lambda=4,0$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή έπιρροής του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

στά σημεία x_i

n_0
n_M
n_Q

$$\sigma = n_0 \frac{P}{b \cdot l}$$

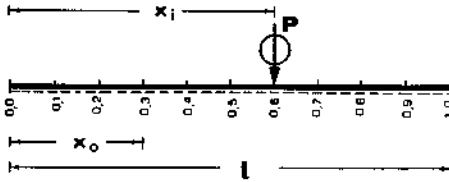
$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q P$$

Όταν $i \equiv 0$ δίνεται η τιμή n_Q^0 , τότε $n_Q^a = 1 - |n_Q^0|$

x_i/l x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	8,01 0 -1,00	4,94 0 0	2,50 0 0	0,86 0 0	-0,06 0 0	-0,47 0 0	-0,56 0 0	-0,48 0 0	-0,32 0 0	-0,15 0 0	-0,02 0 0
0,1	4,94 -6,52 -0,356	3,78 2,28 -0,563	2,53 1,26 0,252	1,42 0,52 0,114	0,62 0,08 0,028	0,12 -0,14 -0,017	-0,13 -0,21 -0,034	-0,22 -0,20 -0,035	-0,23 -0,14 -0,027	-0,19 -0,08 -0,017	-0,15 -0,01 -0,006
0,2	2,50 -8,09 0,01	2,53 -1,67 -0,248	2,40 5,03 -0,50	1,91 2,46 0,282	1,29 0,78 0,123	0,73 -0,15 0,025	0,33 -0,54 -0,025	0,06 -0,61 -0,043	-0,11 -0,51 -0,044	-0,24 -0,35 -0,038	-0,32 -0,18 -0,029
0,3	0,86 -7,01 0,171	1,42 -3,08 -0,053	1,91 1,16 -0,282	2,13 6,30 -0,512	1,86 2,76 0,282	1,35 0,57 0,130	0,83 -0,55 0,032	0,40 -0,96 -0,022	0,06 -0,99 -0,048	-0,22 -0,85 -0,061	-0,48 -0,66 -0,070
0,4	-0,06 -5,05 0,206	0,62 -3,05 0,046	1,29 -0,80 -0,122	1,86 2,21 -0,309	2,14 6,58 -0,514	1,90 2,64 0,293	1,39 0,28 0,143	0,83 -0,91 0,039	0,32 -1,40 -0,030	-0,13 -1,55 -0,079	-0,56 -1,61 -0,122
0,5	-0,47 -3,11 0,176	0,12 -2,37 0,081	0,73 -1,47 -0,022	1,35 -0,03 -0,147	1,90 2,49 -0,308	2,16 6,59 -0,500	1,90 2,49 0,308	1,35 -0,03 0,147	0,73 -1,47 0,022	0,12 -2,37 -0,081	-0,47 -3,11 -0,176
0,6	-0,56 -1,61 0,122	-0,13 -1,55 0,079	0,32 -0,40 0,03	0,83 -0,91 -0,039	1,39 0,28 -0,143	1,90 2,64 -0,293	2,14 6,58 -0,486	1,86 2,21 0,309	1,29 -0,80 0,122	0,62 -3,05 -0,046	-0,06 -5,05 -0,206
0,7	-0,48 -0,66 0,07	-0,22 -0,85 0,061	0,06 -0,99 0,048	0,40 -0,96 0,022	0,83 -0,55 -0,032	1,35 0,57 -0,130	1,86 2,76 -0,282	2,13 6,30 -0,488	1,91 1,16 0,282	1,42 -3,08 0,053	0,86 -7,01 -0,171
0,8	-0,32 -0,18 0,029	-0,24 -0,35 0,038	-0,11 -0,51 0,044	0,06 -0,61 0,043	0,33 -0,54 0,025	0,73 -0,15 -0,025	1,29 0,78 -0,123	1,91 2,46 -0,282	2,40 5,03 -0,500	2,53 1,67 0,248	2,50 -8,05 -0,01
0,9	-0,15 -0,01 0,006	-0,19 -0,08 0,017	-0,23 -0,14 0,027	-0,22 -0,20 0,035	-0,13 -0,21 0,034	0,12 -0,14 0,017	0,62 0,08 -0,028	1,42 0,52 -0,114	2,53 1,26 -0,252	3,78 2,28 -0,437	4,94 -6,52 0,356
1,0	-0,02 0 0	-0,15 0 0	-0,32 0 0	-0,48 0 0	-0,56 0 0	-0,47 0 0	-0,06 0 0	0,86 0 0	2,50 0 0	4,94 0 0	8,01 0 1,00

Γραμμές επιρροής πεδίοδοκου με $\lambda = 4,5$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή επιρροής του σημείου
 x_o για κίνηση του φορτίου
ατά σημεία x_i

n_σ
n_M
n_Q

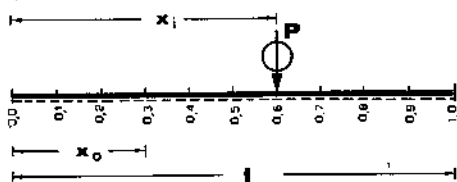
$$\sigma = n_\sigma \cdot \frac{P}{b \cdot l}$$

$$M = n_M \cdot \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

Όταν $i \equiv 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^\alpha = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	9,01 0 -1,00	5,17 0 0	2,27 0 0	0,50 0 0	-0,35 0 0	-0,62 0 0	-0,57 0 0	-0,40 0 0	-0,21 0 0	-0,02 0 0	0,15 0 0
0,1	5,17 -6,16 -0,296	3,93 2,38 -0,544	2,53 1,18 0,24	1,30 0,38 0,09	0,46 -0,04 0,005	0,002 -0,20 -0,031	-0,19 -0,22 -0,038	-0,20 -0,17 -0,031	-0,18 -0,10 -0,019	-0,10 -0,02 -0,006	-0,02 0,05 0,006
0,2	2,27 -7,07 0,066	2,53 -1,32 -0,221	2,55 4,87 -0,502	2,02 2,06 0,257	1,28 0,38 0,093	0,65 -0,41 0,001	0,23 -0,63 -0,036	-0,01 -0,56 -0,043	-0,12 -0,37 -0,034	-0,18 -0,15 -0,020	-0,21 0,07 -0,005
0,3	0,50 -5,61 0,196	1,30 -2,49 -0,032	2,02 1,05 -0,270	2,36 5,73 -0,519	2,02 2,08 0,259	1,36 0,05 0,102	0,75 -0,80 0,011	0,29 -0,95 -0,030	-0,01 -0,76 -0,042	-0,22 -0,45 -0,040	-0,40 -0,11 -0,035
0,4	-0,35 -3,58 0,197	0,46 -2,32 0,052	1,28 -0,76 -0,105	2,02 1,69 -0,295	2,38 5,57 -0,516	2,05 1,87 0,273	1,39 -0,21 0,117	0,75 -1,03 0,021	0,23 -1,15 -0,032	-0,19 -0,96 -0,062	-0,57 -0,70 -0,084
0,5	-0,62 -1,84 0,145	0,002 -1,65 0,073	0,65 -1,29 -0,010	1,36 -0,35 -0,125	2,05 1,75 -0,290	2,39 5,71 -0,500	2,05 1,75 0,290	1,36 -0,35 0,125	0,65 -1,29 0,010	0,002 -1,65 -0,073	-0,62 -1,84 -0,145
0,6	-0,57 -0,70 0,084	-0,19 -0,96 0,062	0,23 -1,15 0,032	0,75 -1,03 -0,021	1,39 -0,21 -0,117	2,05 1,87 -0,273	2,38 5,57 -0,484	2,02 1,69 0,295	1,28 -0,76 0,105	0,46 -2,32 -0,052	-0,35 -3,58 -0,197
0,7	-0,40 -0,11 0,035	-0,22 -0,45 0,040	-0,01 -0,76 0,042	0,29 -0,95 0,030	0,75 -0,80 -0,011	1,36 0,05 -0,102	2,02 2,08 -0,259	2,36 5,73 -0,481	2,02 1,05 0,270	1,30 -2,49 0,032	0,50 -5,61 -0,196
0,8	-0,21 0,07 0,005	-0,18 -0,15 0,020	-0,12 -0,37 0,034	-0,01 -0,56 0,043	0,23 -0,63 0,036	0,65 -0,41 -0,001	1,28 0,38 -0,093	2,02 2,06 -0,257	2,55 4,87 -0,498	2,53 -1,32 0,221	2,27 -7,07 -0,066
0,9	-0,02 0,05 -0,006	-0,10 -0,02 0,006	-0,18 -0,10 0,019	-0,20 -0,17 0,031	-0,19 -0,22 0,038	0,002 -0,20 0,031	0,46 -0,04 -0,005	1,30 0,38 -0,090	2,53 1,18 -0,24	3,93 2,38 -0,456	5,17 -6,16 0,296
1,0	0,15 0 0	-0,02 0 0	-0,21 0 0	-0,40 0 0	-0,57 0 0	-0,62 0 0	-0,35 0 0	0,50 0 0	2,27 0 0	5,17 0 0	9,01 0 1,00

Γραμμές έπιρροής πεδίοδοκού μέ $\lambda = 5,0$ 

$$a = \sqrt{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = a \cdot l$$

Γραμμή έπιρροής του σημείου

 x_0 για κίνηση του φορτίουστο σημείο x_i

n_0
n_M
n_Q

$$\sigma = n_0 \frac{P}{b \cdot l}$$

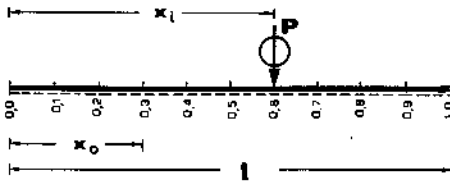
$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^a = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	10,00 0 -1,0	5,32 0 0	1,99 0 0	0,15 0 0	-0,57 0 0	-0,67 0 0	-0,51 0 0	-0,30 0 0	-0,11 0 0	0,04 0 0	0,17 0 0
0,1	5,32 -5,82 -0,241	4,06 2,46 -0,529	2,52 1,09 0,226	1,19 0,25 0,067	0,33 -0,14 -0,012	-0,08 -0,24 -0,038	-0,22 -0,21 -0,036	-0,20 -0,13 -0,025	-0,13 -0,06 -0,012	-0,05 0,01 0	0,04 0,06 0,010
0,2	1,99 -6,19 0,111	2,52 -1,05 -0,199	2,73 4,66 -0,506	2,13 1,68 0,235	1,27 0,07 0,068	0,57 -0,56 -0,015	0,14 -0,62 -0,041	-0,07 -0,46 -0,039	-0,13 -0,24 -0,025	-0,13 -0,04 -0,009	-0,11 0,16 0,007
0,3	0,15 -4,45 0,207	1,19 -2,02 -0,017	2,13 0,90 -0,258	2,61 5,21 -0,521	2,10 1,53 0,24	1,34 -0,30 0,079	0,64 -0,90 -0,004	0,18 -0,85 -0,034	-0,07 -0,56 -0,036	-0,20 -0,21 -0,026	-0,30 0,14 -0,013
0,4	-0,57 -2,46 0,179	0,33 -1,77 0,055	1,27 -0,76 -0,088	2,16 1,26 -0,277	2,62 5,12 -0,515	2,16 1,31 0,255	1,35 -0,51 0,093	0,64 -1,04 0,004	0,14 -0,92 -0,034	-0,22 -0,57 -0,047	-0,51 -0,17 -0,053
0,5	-0,67 -0,99 0,113	-0,08 -1,14 0,064	0,57 -1,14 0,001	1,34 -0,57 -0,101	2,16 1,24 -0,270	2,61 5,05 -0,500	2,16 1,24 0,270	1,34 -0,57 0,101	0,57 -1,14 -0,001	-0,08 -1,14 -0,064	-0,67 -0,99 -0,113
0,6	-0,51 -0,17 0,053	-0,22 -0,57 0,047	0,14 -0,92 0,034	0,64 -1,04 -0,004	1,35 -0,51 -0,093	2,16 1,31 0,255	2,62 5,12 -0,485	2,16 1,26 0,277	1,27 -0,76 0,088	0,33 -1,77 -0,055	-0,57 -2,46 -0,179
0,7	-0,30 0,14 0,013	-0,20 -0,21 0,026	-0,07 -0,56 0,036	0,18 -0,85 0,034	0,64 -0,90 0,004	1,34 -0,30 -0,079	2,16 1,53 -0,24	2,61 5,21 -0,479	2,13 0,90 0,258	1,19 -2,02 0,017	0,15 -4,45 -0,207
0,8	-0,11 0,16 -0,007	-0,13 -0,04 0,009	-0,13 -0,24 0,025	-0,07 -0,46 0,039	0,14 -0,62 0,041	0,57 -0,56 0,015	1,27 0,07 -0,068	2,13 1,68 -0,235	2,73 4,66 -0,494	2,52 -1,05 0,199	1,99 -6,19 -0,111
0,9	0,04 0,06 -0,010	-0,05 0,01 0	-0,13 -0,06 0,012	-0,20 -0,13 0,025	-0,22 -0,21 0,036	-0,08 -0,24 0,038	0,33 -0,14 0,012	1,19 0,25 -0,067	2,52 1,09 -0,226	4,06 2,46 -0,471	5,32 -5,82 0,241
1,0	0,17 0 0	0,04 0 0	-0,11 0 0	-0,30 0 0	-0,51 0 0	-0,67 0 0	-0,57 0 0	0,15 0 0	1,99 0 0	5,32 0 0	10,00 0 1,00

Γραμμές έπιρροής πεδίοδοκού με $\lambda = 6,0$



$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_b I}}$$

$$\lambda = \alpha \cdot l$$

Γραμμή έπιρροής του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

ανά σημείο x_i

n_σ
n_M
n_Q

$$\sigma = n_\sigma \cdot \frac{P}{b \cdot l}$$

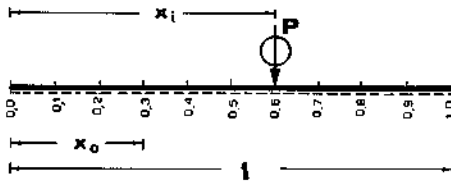
$$M = n_M \cdot \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

*Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^\alpha = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	12,00 0 -1,00	5,44 0 0	1,31 0 0	-0,45 0 0	-0,80 0 0	-0,59 0 0	-0,30 0 0	-0,09 0 0	0,011 0 0	0,052 0 0	0,074 0 0
0,1	5,44 -5,17 -0,143	4,29 2,54 -0,51	2,51 0,86 0,192	0,98 0,02 0,026	0,13 -0,25 -0,034	-0,18 -0,23 -0,039	-0,20 -0,13 -0,025	-0,13 -0,05 -0,011	-0,06 -0,01 -0,002	0 0,02 0,003	0,05 0,03 0,006
0,2	1,31 -4,68 0,172	2,51 -0,70 -0,167	3,16 4,19 -0,515	2,37 1,01 0,195	1,19 -0,35 0,031	0,37 -0,63 -0,031	-0,03 -0,47 -0,038	-0,14 -0,24 -0,025	-0,12 -0,08 -0,011	-0,06 0,04 0	0,01 0,12 0,010
0,3	-0,45 -2,68 0,198	0,98 -1,40 0,002	2,37 0,54 -0,229	3,13 4,32 -0,52	2,38 0,75 0,209	1,22 -0,63 0,045	0,38 -0,81 -0,023	-0,020 -0,55 -0,035	-0,14 -0,24 -0,025	-0,13 0 -0,009	-0,09 0,21 0,006
0,4	-0,80 -1,02 0,128	0,13 -1,05 0,052	1,19 -0,77 -0,053	2,38 0,61 -0,235	3,08 4,19 -0,508	2,34 0,61 0,222	1,20 -0,73 0,052	0,38 -0,86 -0,020	-0,03 -0,55 -0,035	-0,20 -0,17 -0,026	-0,30 0,20 -0,012
0,5	-0,59 -0,12 0,056	-0,18 -0,53 0,046	0,37 -0,86 0,021	1,22 -0,75 -0,056	2,34 0,58 -0,228	3,05 4,15 -0,500	2,34 0,58 0,228	1,22 -0,75 0,056	0,37 -0,86 -0,021	-0,18 -0,53 -0,046	-0,59 -0,12 -0,056
0,6	-0,30 0,20 0,012	-0,20 -0,17 0,026	-0,03 -0,55 0,035	0,38 -0,86 0,020	1,20 -0,73 -0,052	2,34 0,61 -0,222	3,08 4,19 -0,492	2,38 0,61 0,235	1,19 -0,77 0,053	0,13 -1,05 -0,052	-0,80 -1,02 -0,128
0,7	-0,09 0,21 -0,006	-0,13 0 0,009	-0,14 -0,24 0,025	-0,02 -0,55 0,035	0,38 -0,81 0,023	1,22 -0,63 -0,045	2,38 0,75 -0,209	3,13 4,32 -0,480	2,37 0,54 0,229	0,98 -1,40 -0,002	-0,45 -2,68 -0,198
0,8	0,011 0,12 -0,010	-0,06 0,04 0	-0,12 -0,08 0,011	-0,14 -0,24 0,025	-0,03 -0,47 0,038	0,37 -0,63 0,031	1,19 -0,35 -0,031	2,37 1,01 -0,195	3,16 4,19 -0,485	2,51 -0,70 0,167	1,31 -4,68 -0,172
0,9	0,052 0,03 -0,006	0 0,02 -0,003	-0,06 -0,01 0,002	-0,13 -0,05 0,011	-0,20 -0,13 0,025	-0,18 -0,23 0,039	0,13 -0,25 0,034	0,98 0,02 -0,026	2,51 0,86 -0,192	4,29 2,54 -0,490	5,44 -5,17 0,143
1,0	0,074 0 0	0,05 0 0	0,01 0 0	-0,09 0 0	-0,30 0 0	-0,59 0 0	-0,80 0 0	-0,45 0 0	1,31 0 0	5,44 0 0	12,00 0 1,00

Γραμμές επίρροης πεδίοδοκού με $\lambda = 8,0$



$$a = \sqrt[4]{\frac{b \cdot k}{4 \cdot E_s I}}$$

$$\lambda = a \cdot l$$

Γραμμή επίρροης του σημείου

x_0 για κίνηση του φορτίου

στα σημεία x_i

n_0
n_M
n_Q

$$a = n_0 \frac{P}{b \cdot l}$$

$$M = n_M \frac{P \cdot l}{100}$$

$$Q = n_Q \cdot P$$

Όταν $i = 0$ δίνεται η τιμή n_Q^δ , τότε $n_Q^a = 1 - |n_Q^\delta|$

x_i/l x_0/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	16,00 0 -1,00	5,01 0 0	-0,09 0 0	-1,07 0 0	-0,65 0 0	-0,19 0 0	0,01 0 0	0,05 0 0	0,03 0 0	0,01 0 0	-0,01 0 0
0,1	5,01 -4,03 0,009	4,78 2,51 -0,500	2,53 0,40 0,123	0,62 -0,26 -0,024	-0,12 -0,24 -0,040	-0,20 -0,10 -0,020	-0,10 -0,01 -0,004	-0,02 0,01 0,001	0,01 0,01 0,002	0,01 0 0,001	0,01 0 0
0,2	-0,09 -2,52 0,208	2,53 -0,42 -0,125	4,17 3,26 -0,522	2,65 0,13 0,137	0,82 -0,57 -0,011	-0,02 -0,39 -0,034	-0,18 -0,13 -0,019	-0,11 0 -0,005	-0,03 0,03 0,001	0,01 0,02 0,002	0,03 0 0,001
0,3	-1,07 -0,77 0,128	0,62 -0,77 0,023	2,65 -0,03 -0,163	4,10 3,15 -0,508	2,58 -0,01 0,153	0,79 -0,65 -0,004	-0,03 -0,40 -0,033	-0,18 -0,12 -0,020	-0,11 0,01 -0,006	-0,02 0,03 0,001	0,05 0,03 0,005
0,4	-0,65 0,03 0,038	-0,12 -0,40 0,039	0,82 -0,68 0,003	2,58 -0,05 -0,158	4,00 3,12 0,501	2,55 -0,03 0,156	0,78 -0,65 -0,003	-0,03 -0,41 -0,035	-0,18 -0,13 -0,021	-0,10 0,02 -0,005	0,01 0,10 0,009
0,5	-0,19 0,17 -0,002	-0,20 -0,09 0,020	-0,02 -0,42 0,035	0,79 -0,66 0	2,55 -0,04 -0,156	4,00 3,12 -0,500	2,55 -0,04 0,156	0,79 -0,66 0	-0,02 -0,42 -0,035	-0,20 -0,09 -0,020	-0,19 0,17 0,002
0,6	0,01 0,10 -0,009	-0,10 0,02 0,005	-0,18 -0,13 0,021	-0,03 -0,41 0,035	0,78 -0,65 0,003	2,55 -0,03 -0,156	4,00 3,12 -0,499	2,58 -0,05 0,158	0,82 -0,68 -0,003	-0,12 -0,40 -0,039	-0,65 0,03 -0,038
0,7	0,05 0,03 -0,005	-0,02 0,03 -0,001	-0,11 0,01 0,006	-0,18 -0,12 0,020	-0,03 -0,40 0,033	0,79 -0,65 0,004	2,58 -0,01 -0,153	4,10 3,15 -0,492	2,65 -0,03 0,163	0,62 -0,77 -0,023	-1,07 -0,77 -0,128
0,8	0,03 0 -0,001	0,01 0,02 -0,002	-0,03 0,03 -0,001	-0,11 0 0,005	-0,18 -0,13 0,019	-0,02 -0,39 0,034	0,82 -0,57 0,011	2,65 0,13 -0,137	4,17 3,26 -0,478	2,53 -0,42 0,125	-0,09 -2,52 -0,208
0,9	0,01 0 0	0,01 0 -0,001	0,01 0,01 -0,002	-0,02 0,01 -0,001	-0,10 -0,01 0,004	-0,20 -0,10 0,020	-0,12 -0,24 0,040	0,62 -0,26 0,024	2,53 0,40 -0,123	4,78 2,51 -0,501	5,01 -4,03 -0,009
1,0	-0,01 0 0	-0,01 0 0	0,03 0 0	0,05 0 0	0,01 0 0	-0,19 0 0	-0,65 0 0	-1,07 0 0	-0,09 0 0	5,01 0 0	16,00 0 1,00

ΑΛΛΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ

- 1. εφαρμογές οπλισμένου ακυροδεματός "τομός α"**
- 2. εφαρμογές οπλισμένου ακυροδεματός "τομός β"**
- 3. εφαρμογές οπλισμένου ακυροδεματός "τομός γ"**
- 4. ασκήσεις προεντεταμένου ακυροδεματός**