






Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**





Οριακή Κατάσταση Σχεδιασμός έναντι θραύσης

-  **Απαιτήσεις Ευρωκώδικα 7**
-  **Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές**
-  **Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας**
Μέθοδοι: Terzaghi, Meyerhof, Hansen,
Vesic, Caquot-Kerisel, Ευρωκώδικας 7
-  **Αστοχία σε ολίσθηση**
-  **Επιτρεπόμενη εκκεντρότητα**

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**




Κατάσταση Λειτουργικότητας

-   Υπολογισμός Καθιζήσεων
Αμεσες (Θεωρία Ελαστικότητα Παραδοχές)
Στερεοποίηση (Σύζευξη Υδραυλικών – Μηχανικών
Εξισώσεων)
-   Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Αριθμητικές Μέθοδοι Κατάσταση Λειτουργικότητας

-  Χρήση Αριθμητικών Μεθόδων
Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων – Πεπερασμένων Διαφορών
Παραδοχές – Προσομοίωση – Καταστατικοί Νόμοι
-  Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης
Απλοποιημένη προσομοίωση εδάφους-κατασκευών
-  Υπολογισμός Εντατικού και Κινηματικού Πεδίου
Σημαντικές πληροφορίες για την απόκριση ευπαθών
εδαφών, πληροφορίες σε ειδικές θέσεις



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Διαστασιολόγηση

- Κανονισμοί
 - Δράσεις
 - Συνδυασμοί Φορτίσεων
 - Ευρωκώδικας 7
- Αντισεισμικός Σχεδιασμός
 - ΕΑΚ, Ευρωκώδικας 8
- Ικανοτικός Σχεδιασμός
- Διαστασιολόγηση

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**



Τέλος

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Ευρωκώδικας 7 Απαιτούμενοι Έλεγχοι σε Οριακή Κατάσταση

6.2 Limit states

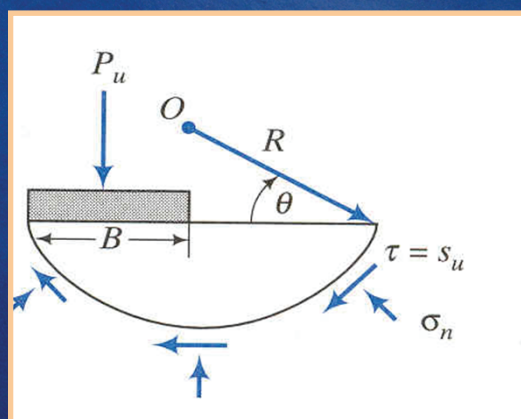
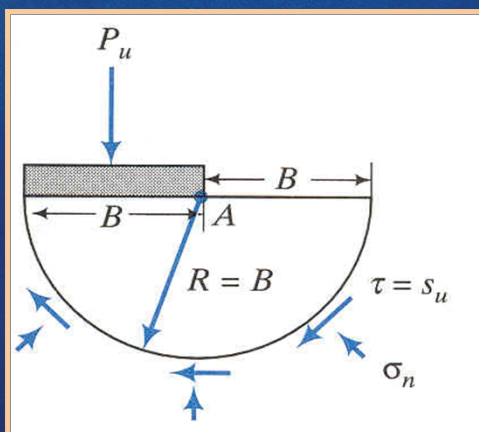
(1)P The following limit states shall be considered and an appropriate list shall be compiled:

- loss of overall stability; **Απώλεια γενικής ισορροπίας**
- bearing resistance failure, punching failure, squeezing; **Φέρουσα Ικανότητα, διάτρηση**
- failure by sliding; **Αστοχία σε ολίσθηση**
- combined failure in the ground and in the structure; **Συνδυασμένη Αστοχία εδάφους-θεμελίωσης**
- structural failure due to foundation movement; **Δομική Αστοχία λόγω μετακίνησης της Θεμελίωσης**
- excessive settlements; **Υπερβολική καθίζηση**
- excessive heave due to swelling, frost and other causes; **Υπερβολική Ανύψωση**
- unacceptable vibrations. **Μη αποδεκτό όριο δόνησης**

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

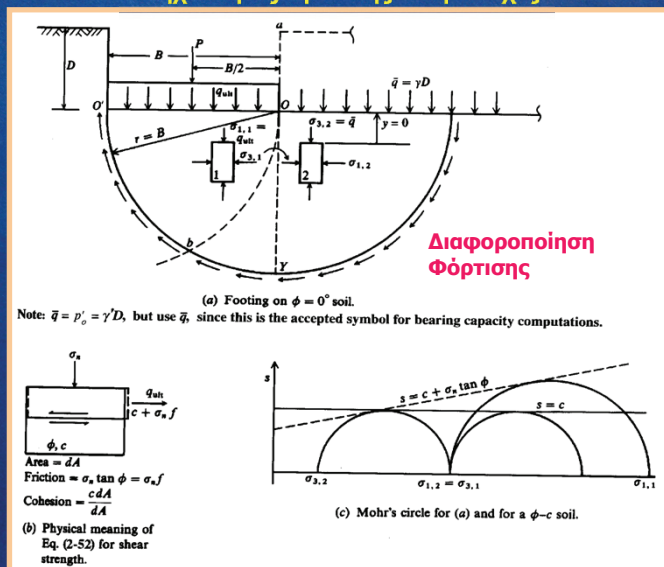
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

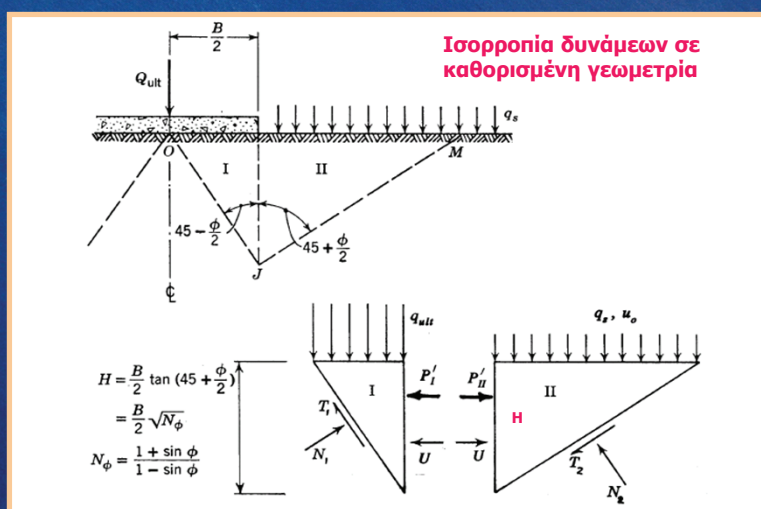
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

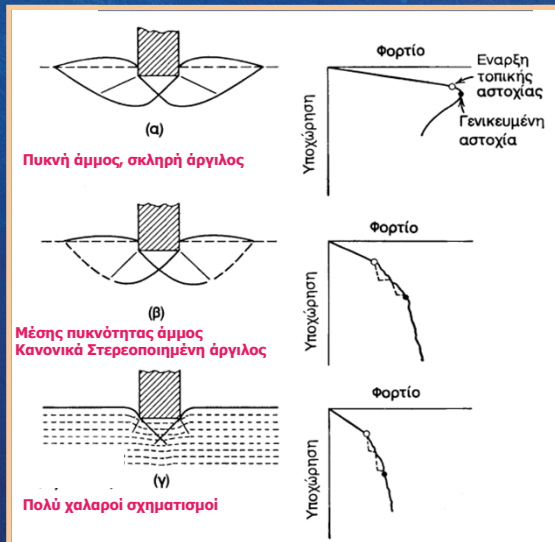
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές

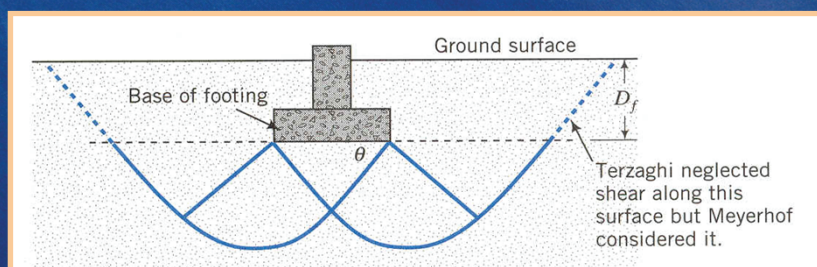


Αντιστοίχιση με δοκιμές διατμητικής αντοχής

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

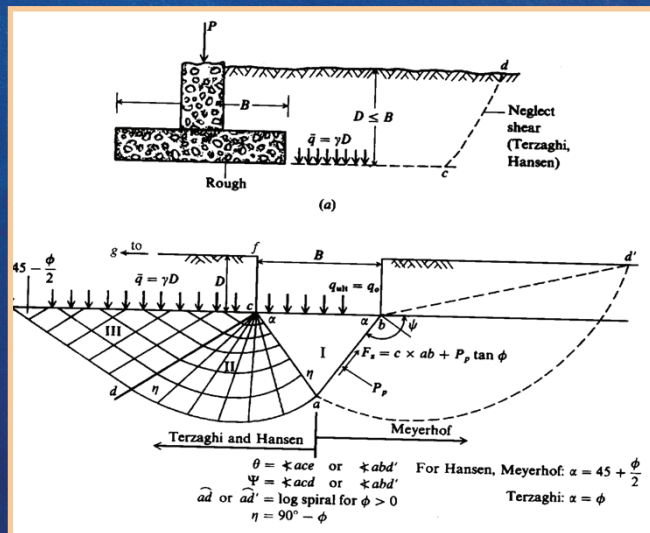
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Οριακή Κατάσταση –Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

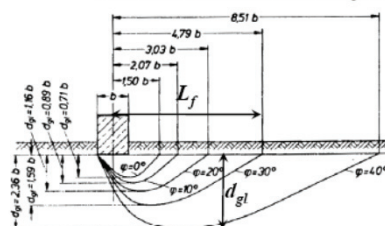


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

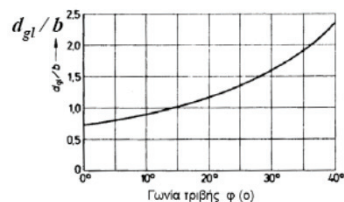
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Οριακή Κατάσταση –Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Φέρουσα Ικανότητα Επιφανειακών Θεμελιώσεων (πεδίων)
 Εκτίμηση του βάθους επιρροής (d_{gl}) πεδίων (κατά το DIN 4017) :



Στην περίπτωση έδρασης πεδίων κοντά σε πρανές, υπάρχει επιρροή του πρανούς στη φέρουσα ικανότητα του πεδίου (μείωση) εάν η απόσταση του πεδίου από το πρανές είναι μικρότερη από το εύρος της ζώνης αστοχίας (L_f)



Στην περίπτωση έδρασης πεδίων επί ανομοιογενούς εδάφους, οι παράμετροι αντοχής (c , ϕ) και το ειδικό βάρος (γ) λαμβάνονται ως ζυγισμένες τιμές στην εδαφική ζώνη πάχους (d_{gl})

Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

TABLE 4-1
Bearing-capacity equations by the several authors indicated

Terzaghi (1943). See Table 4-2 for typical values and for K_{ps} values.

$$q_{ult} = cN_c s_c + \bar{q}N_q + 0.5\gamma B N_{\gamma}$$

$$N_q = \frac{e^{\pi \tan \phi}}{a \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{b(75 - \phi) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{ps}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

For: strip round square
 $s_c = 1.0 \quad 1.3 \quad 1.3$
 $s_{\gamma} = 1.0 \quad 0.6 \quad 0.8$

Meyerhof (1963).* See Table 4-3 for shape, depth, and inclination factors.

Vertical load: $q_{ult} = cN_c s_c d_s i_s + \bar{q}N_q s_q d_q i_q + 0.5\gamma B' N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma}$
 Inclined load: $q_{ult} = cN_c d_s i_s + \bar{q}N_q d_q i_q + 0.5\gamma B' N_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma}$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Hansen (1970).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

General:† $q_{ult} = cN_c s_c d_s i_s g_s b_s + \bar{q}N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B' N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} g_{\gamma} b_{\gamma}$
 when $\phi = 0$
 use $q_{ult} = 5.14s_c(1 + s'_c + d'_s - i'_s - g'_s - b'_s) + \bar{q}$
 N_c = same as Meyerhof above
 N_{γ} = same as Meyerhof above
 $N_q = 1.5(N_c - 1) \tan \phi$

Vesic (1973, 1975).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.
 Use Hansen's equations above.

$$N_q = \text{same as Meyerhof above}$$

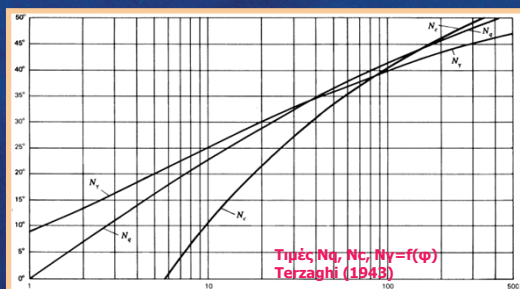
$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \tan \phi$$

*These methods require a trial process to obtain design base dimensions since width B and length L are needed to compute shape, depth, and influence factors.
 †See Sec. 4-6 when $i_s < 1$.

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Μέθοδοι Terzaghi, Meyerhof, Hensen Vesic



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

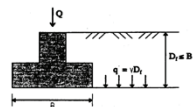
Μέθοδοι υπολογισμού

α) Κατά Terzaghi (συνθήκες πλήρους αποστράγγισης)

$$q = cN_c s_c + \sigma'_v N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma}$$

όπου σ'_v είναι η κάθετη ενεργός τάση στο επίπεδο θεμελίωσης

Συντελεστής	Λωρίδα	στρόγγυλο	τετραγωνικό
s_c	1.0	1.3	1.3
s_{γ}	1.0	0.6	0.8



β) Κατά Meyerhof (συνθήκες πλήρους αποστράγγισης)

$$q = cN_c s_c d_s i_s + \sigma'_v N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma}$$

όπου $N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2)$, $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan(1.4\phi), \quad K_{ps} = \tan^2(45 + \phi/2)$$

Συντελεστής	Τιμή	Για
Σχήματος	$s_c = 1.0 + 0.20K_s \left(\frac{B}{L} \right)$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$s_{\gamma} = s_c = 1 + 0.10K_s \left(\frac{B}{L} \right)$	$\phi > 10^\circ$
	$s_c = s_{\gamma} = 1$	$\phi < 10^\circ$
Βάθους	$d_s = 1 + 0.2 \sqrt{K_{ps}} \left(\frac{D_s}{B} \right)$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$d_q = d_s = 1 + 0.1 \sqrt{K_{ps}} \left(\frac{D_q}{B} \right)$	$\phi > 10^\circ$
	$d_s = d_q = 1$	$\phi < 10^\circ$
Κλίσης	$i_s = i_q = \left(1 - \frac{\theta^2}{90^\circ} \right)^2$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$i_s = i_q = \left(1 - \frac{\theta^2}{\phi^2} \right)^2$	$\phi > 10^\circ$
	$i_s = i_q = 1$	$\phi < 10^\circ$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Μέθοδοι Terzaghi, Meyerhof

Τιμές $N_q, N_c, N_{\gamma} = f(\phi)$
Terzaghi (1943)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μέθοδος Meyerhof

$$Q_{οριακή} = (s_c \cdot d_c \cdot i_c) \cdot c \cdot N_c + (s_q \cdot d_q \cdot i_q) \cdot \gamma_A \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_K \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$$

ϕ	c	γ	Df	όπου B=B'	2.50
18	25	19	1.5	όπου L=L'	3.40

$$N_c = e^{\tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi/2) \cdot 5.24$$

$$N_q = (N_c - 1) \cdot \cot \phi \cdot 13.07$$

$$N_\gamma = (N_c - 1) \cdot \tan(1.4 \cdot \phi) \cdot 2.00$$

$$s_c = 1 + \tan^2(45 + \phi/2) \cdot 0.2 \cdot (B/L) \cdot 1.28$$

για $\phi > 10^\circ$ $s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \tan^2(45 + \phi/2) \cdot (B/L) \cdot 1.14$
για $\phi < 10^\circ$ $s_q = s_\gamma = 1.00$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D/B) \cdot 1.16$$

για $\phi > 10^\circ$ $d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D/B) \cdot 1.08$
για $\phi < 10^\circ$ $d_q = d_\gamma = 1$

Οριζόντια φόρτιση H 0.00 kN
Κατακόρυφη φόρτιση N 1.500.00 kN
Η κλίση του φορτίου είναι $\theta = \arctan(H/N)$ 0.0000
 $i_c = i_q = [1 - (\theta/90)]^2 \cdot 1.00$
 $i_\gamma = [1 - (\theta/90)]^2 \cdot 1.00$
για $\phi = 0$ $i_\gamma = 0.00$

$$Q_{οριακή} = (s_c \cdot d_c \cdot i_c) \cdot c \cdot N_c + (s_q \cdot d_q \cdot i_q) \cdot \gamma_A \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_K \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma) \quad 729 \text{ kPa}$$

$$Q_{υπερλ} = Q_{οριακή} \cdot \gamma_A \cdot D \quad 701 \text{ kPa}$$

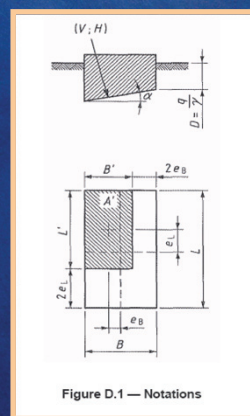
Συντελεστής ασφαλείας F 3
και $q_{υπερλ}/F$ 233.54 kPa

Απαιτούμενη επιφάνεια $A = \max(N/q_{υπερλ})$ 6.42 m²

Ισχύει B'L= 8.50 $\geq A_{απαιτούμενο}$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Εφαρμογή Μεθόδου Meyerhof,



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μέθοδος Meyerhof

$$Q_{οριακή} = (s_c \cdot d_c \cdot i_c) \cdot c \cdot N_c + (s_q \cdot d_q \cdot i_q) \cdot \gamma_A \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_K \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$$

ϕ	c	γ	Df	όπου B=B'	2.50
18	25	19	1.5	όπου L=L'	3.40

$$N_c = e^{\tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi/2) \cdot 5.24$$

$$N_q = (N_c - 1) \cdot \cot \phi \cdot 13.07$$

$$N_\gamma = (N_c - 1) \cdot \tan(1.4 \cdot \phi) \cdot 2.00$$

$$s_c = 1 + \tan^2(45 + \phi/2) \cdot 0.2 \cdot (B/L) \cdot 1.28$$

για $\phi > 10^\circ$ $s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \tan^2(45 + \phi/2) \cdot (B/L) \cdot 1.14$
για $\phi < 10^\circ$ $s_q = s_\gamma = 1.00$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D/B) \cdot 1.16$$

για $\phi > 10^\circ$ $d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D/B) \cdot 1.08$
για $\phi < 10^\circ$ $d_q = d_\gamma = 1$

Οριζόντια φόρτιση H 300.00 kN
Κατακόρυφη φόρτιση N 1.500.00 kN
Η κλίση του φορτίου είναι $\theta = \arctan(H/N)$ 11.3099
 $i_c = i_q = [1 - (\theta/90)]^2 \cdot 0.76$
 $i_\gamma = [1 - (\theta/90)]^2 \cdot 0.76$
για $\phi = 0$ $i_\gamma = 0.00$

$$Q_{οριακή} = (s_c \cdot d_c \cdot i_c) \cdot c \cdot N_c + (s_q \cdot d_q \cdot i_q) \cdot \gamma_A \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_K \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma) \quad 557 \text{ kPa}$$

$$Q_{υπερλ} = Q_{οριακή} \cdot \gamma_A \cdot D \quad 529 \text{ kPa}$$

Συντελεστής ασφαλείας F 3
και $q_{υπερλ}/F$ 176.29 kPa

Απαιτούμενη επιφάνεια $A = \max(N/q_{υπερλ})$ 8.51 m²

Ισχύει B'L= 8.50 $\geq A_{απαιτούμενο}$?

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Εφαρμογή Μεθόδου Meyerhof,

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Ευρωκώδικας 7 Αστράγγιστες Συνθήκες

D.3 Undrained conditions

(1) The design bearing resistance may be calculated from:

$$R/A' = (\pi+2) c_u b_c s_c i_c + q$$

with the dimensionless factors for:

— the inclination of the foundation base: $b_c = 1 - 2\alpha / (\pi + 2)$;

— the shape of the foundation:

$$s_c = 1 + 0,2 (B'/L'), \text{ for a rectangular shape;} \\ s_c = 1,2, \text{ for a square or circular shape.}$$

— the inclination of the load, caused by a horizontal load H :

$$i_c = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \right)$$

with $H \leq A' c_u$.

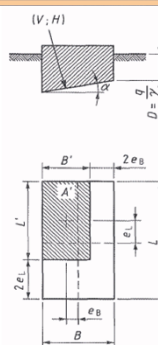


Figure D.1 — Notations

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Ευρωκώδικας 7 Στραγγιζόμενες Συνθήκες

D.4 Drained conditions

(1) The design bearing resistance may be calculated from:

$$R/A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

with the design values of dimensionless factors for:

— the bearing resistance:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45 + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi, \text{ where } \delta \geq \phi/2 \text{ (rough base)}$$

— the inclination of the foundation base:

$$b_c = b_q - (1 - b_q) N_c \times \tan \phi'$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \phi')^2$$

— the shape of foundation:

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi', \text{ for a rectangular shape;} \\ s_c = 1 + \sin \phi', \text{ for a square or circular shape;}$$

— $s_\gamma = 1 - 0,3 (B'/L')$, for a rectangular shape;
 $s_\gamma = 0,7$, for a square or circular shape

— $s_c = (s_q N_c - 1)(N_c - 1)$ for rectangular, square or circular shape;

— the inclination of the load, caused by a horizontal load H :

$$i_c = i_q - (1 - i_q) N_c \tan \phi'$$

$$i_q = [1 - H/(V + A' c' \cot \phi')]^m$$

$$i_\gamma = [1 - H/(V + A' c' \cot \phi')]^{m+1}$$

where:

$$m = m_\theta = [2 + (B'/L')] [1 + (B'/L')] \text{ when } H \text{ acts in the direction of } B';$$

$$m = m_\theta = [2 + (L'/B')] [1 + (L'/B')] \text{ when } H \text{ acts in the direction of } L'.$$

In cases where the horizontal load component acts in a direction forming an angle θ with the direction of L' , m may be calculated by:

$$m = m_\theta = m_\theta \cos^2 \theta + m_\theta \sin^2 \theta$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Annex D (informative) A sample analytical method for bearing resistance calculation

D.1 Symbols used in Annex D

(1) The following symbols are used in Annex D.

- $A' = B' \times L'$ the design effective foundation area
- b the design values of the factors for the inclination of the base, with subscripts c , q and γ
- B the foundation width
- B' the effective foundation width
- D the embedment depth
- e the eccentricity of the resultant action, with subscripts B and L
- i the inclination factors of the load, with subscripts cohesion c , surcharge q and weight density γ
- i hydraulic gradient
- L the foundation length
- L' the effective foundation length
- m exponent in formulas for the inclination factor i
- N the bearing capacity factors, with subscripts for c , q and γ
- q overburden or surcharge pressure at the level of the foundation base
- q' the design effective overburden pressure at the level of the foundation base
- s the shape factors of the foundation base, with subscripts for c , q and γ
- V the vertical load
- α the inclination of the foundation base to the horizontal
- γ' the design effective weight density of the soil below the foundation level
- θ direction angle of H
- (2) The notations used in this method are given in Figure D.1.

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Ευρωκώδικας 7 Συμβολισμοί

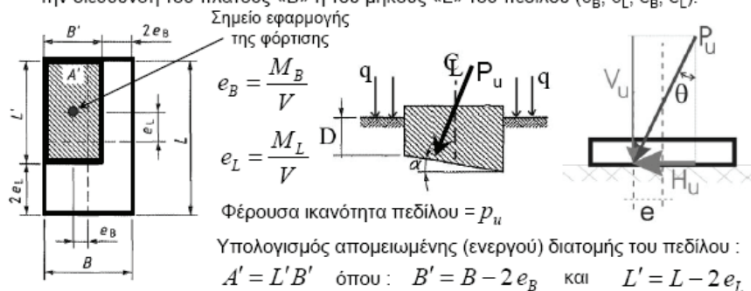
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Φέρουσα Ικανότητα Επιφανειακών Θεμελιώσεων (πεδίων)

6. Μέθοδος κατά τον Ευρωκώδικα EC-7 (Παράρτημα D) και κατά το DIN 4017 :

- Για ορθογωνικά πεδία (διαστάσεων $B \times L$, $L > B$), εδραζόμενα σε βάθος (D), σε έδαφος με c και ϕ , ειδικό βάρος (γ) και επιφόρτιση (q). Λοξότητα βάσης = α .
- Φόρτιση λοξή (γωνία θ ως προς την κατακόρυφο) και εκκεντρή (εκκεντρότητα « e » ως προς το κέντρο του πεδίου). Η λοξότητα και εκκεντρότητα μπορεί να είναι κατά την διεύθυνση του πλάτους « B » ή του μήκους « L » του πεδίου ($\theta_B, \theta_L, e_B, e_L$).



Κατακόρυφη και οριζόντια συνιστώσα V_u, H_u του οριακού φορτίου P_u :

$$V_u = p_u B' L' \quad H_u = V_u \tan \theta \quad P_u = V_u / \cos \theta$$

Σημειώσεις Μ. Καβαδαδά

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις Οριακή Κατάσταση - Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

ΕΡΓΟ : ΕΓΝΑΤΙΑ ΤΜΗΜΑ 11.2: ΓΕΦΥΡΑ Τ3

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ : ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (φ', c'), συνθήκες στραγγιστές - GENERAL CASE (φ', c'), drained conditions

Σχήμα :

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $\sigma_{d,s}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $\sigma_{d,s}$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES (EUROCODE 7)

$\sigma_{d,s} = \frac{V_d}{V_{d,s}} \cdot \sigma_{R,s}$ where $\sigma_{R,s} = N_{s,d} \cdot S_{s,d} \cdot i_{s,d} \cdot \gamma_{s,d} \cdot D_{s,d} \cdot N_{s,d} \cdot S_{s,d} \cdot i_{s,d} \cdot \gamma_{s,d}$

Proposed values of factors of safety:

Case	A	B	C
$\gamma_{s,d}$	1.30	1.00	1.25
$i_{s,d}$	1.30	1.00	1.60
$V_d/V_{d,s}$	1.30	1.00	1.00

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L'/B' = 1.5$
 $\min B' (m) = 4.0$
 $\max B' (m) = 8.0$
 $w (m) = 2.0$
 $\min D = 2.0$
 $\gamma_s (kN/m^3) = 20.0$

Characteristics (or minimum) soil values:
 $\gamma_{s,d} (kN/m^3) = 21.0$ Note: $B' \geq 2e_s, L' \geq L_{2e_s}, V_d/P \geq \eta_{s,d} + \eta_{s,z}$
 $\phi_s (Deg) = 30.0$ Saf. Fact. DIN 4017
 $\tan \phi_{s,d} / \tan \phi_s = 1.00$ Design soil values:
 $\phi_{s,d} (Deg) = 30.00$
 $c_{s,d} (kPa) = 50$ $c_{s,d} (kPa) = 50$
 $\gamma_{s,d} (kN/m^3) = 21.0$

ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ :

προσδιορίστε την $\sigma_{d,s}$ από το Διαγράμμα και **ΕΛΕΓΤΕ $\sigma_{d,s}$**

DESIGN CONSIDERATIONS :

determine $\sigma_{d,s}$ from Charts and **check $\sigma_{d,s}$**

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

B' (m)	V _d (kN/m)	N _{s,d} = 18.40		N _{s,d} = 30.14	
		N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)
4.00	11.00	0.00	1124	0.00	1124
5.00	11.00	0.00	1184	0.00	1184
6.00	11.00	0.00	1183	0.00	1183
7.00	11.00	0.00	1213	0.00	1213
8.00	11.00	0.00	1242	0.00	1242
4.00	11.00	0.05	1009	0.05	1071
5.00	11.00	0.05	1055	0.05	1085
6.00	11.00	0.05	1069	0.05	1127
7.00	11.00	0.05	1086	0.05	1185
8.00	11.00	0.05	1111	0.05	1183
4.00	11.00	0.10	892	0.10	1016
5.00	11.00	0.10	924	0.10	1044
6.00	11.00	0.10	946	0.10	1070
7.00	11.00	0.10	958	0.10	1087
8.00	11.00	0.10	989	0.10	1123
4.00	11.00	0.15	803	0.15	964
5.00	11.00	0.15	822	0.15	989
6.00	11.00	0.15	840	0.15	1014
7.00	11.00	0.15	869	0.15	1038
8.00	11.00	0.15	878	0.15	1065
4.00	11.00	0.20	711	0.20	812
5.00	11.00	0.20	737	0.20	826
6.00	11.00	0.20	742	0.20	849
7.00	11.00	0.20	768	0.20	863
8.00	11.00	0.20	774	0.20	1006

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις Οριακή Κατάσταση - Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L'/B' = 1.0$
 $\min B' (m) = 4.0$
 $\max B' (m) = 8.0$
 $\min D = 3.50$
 $h (m) = 1.00$
 $\gamma_s (kN/m^3) = 18.0$

Characteristics (or minimum) soil values:
 $c_{s,d} (kPa) = 35$
 $c_{s,d} (kPa) = 100$

Factor of safety for design soil value:
 $c_{s,d}/c_{s,d} = 1.40$

Design soil value $c_{s,d} (kPa) = 25$
 Design soil value $c_{s,d} (kPa) = 71$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES (EUROCODE 7, FOUND. ENG. MANUAL)

$\sigma_{d,s} = \frac{V_d}{V_{d,s}} \cdot \sigma_{R,s}$ where $\sigma_{R,s} = N_{s,d} \cdot S_{s,d} \cdot i_{s,d} \cdot \gamma_{s,d} \cdot D_{s,d} \cdot N_{s,d} \cdot S_{s,d} \cdot i_{s,d} \cdot \gamma_{s,d}$

Proposed values of factors of safety:

Case	A	B	C
$\gamma_{s,d}$	1.30	1.00	1.40

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

B' (m)	V _d (kN/m)	N _{s,d} = 5.24		N _{s,d} = 2.86	
		N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)	N _{s,d} (kPa)
4.00	9	205	205	205	205
5.00	9	215	215	215	215
6.00	9	219	219	219	219
7.00	9	224	224	224	224
8.00	9	229	229	229	229
4.00	9	186	186	186	186
5.00	9	190	190	190	190
6.00	9	193	193	193	193
7.00	9	197	197	197	197
8.00	9	201	201	201	201
4.00	12	185	185	185	185
5.00	12	189	189	189	189
6.00	12	193	193	193	193
7.00	12	197	197	197	197
8.00	12	201	201	201	201
4.00	18	172	172	172	172
5.00	18	176	176	176	176
6.00	18	179	179	179	179
7.00	18	183	183	183	183
8.00	18	186	186	186	186
4.00	24	148	148	148	148
5.00	24	154	154	154	154
6.00	24	157	157	157	157
7.00	24	160	160	160	160
8.00	24	162	162	162	162

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις Οριακή Κατάσταση –Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L/B = 1$
$min B (m) = 10.0$
$max B (m) = 14.0$
$min D (m) = 1.00$
$h (m) = 2.00$
$\gamma_s (kN/m^3) = 18.0$
$\gamma_c (kN/m^3) = 25.0$

Characteristic (or minimum) soil value : $C_u, \phi_{char} = 35$
Factor of safety for design soil value : $C_u, \phi_{des} = 1.00$
Design soil value $C_u, \phi_{des} = 35$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES : (Ευρωκώδικας 7)

$\sigma_u = N_d / (B \cdot L) = [\alpha_s N_c + c_u + \gamma_s (D+H) + \gamma_d] \cdot (B \cdot L) / (B \cdot L)$, $\alpha_s N_c = (1 + 0.2 B / L) \cdot (1 + 2)$, $L > 0.5 \cdot 0.5 \cdot (1 + H/B)$
 $B_c = 4 \cdot (1 + 2.0 B / B)$, $L_c = 1 \cdot (1 + 2.0 B / L)$ (J. Coles, G. Sangrar)

ενός τριών συντελεστών ασφαλείας :
revised values of factors of safety:

C_u, ϕ_{des}	A	B	C
	1.20	1.00	1.50

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

B' (m)	H/B' (L/B')	C_u, ϕ_{des}	$\alpha_s N_c (kPa)$
10.00	0	35	232
11.00	0	35	239
12.00	0	35	245
13.00	0	35	251
14.00	0	35	257
10.00	0.20	35	217
11.00	0.20	35	214
12.00	0.20	35	212
13.00	0.20	35	210
14.00	0.20	35	208
10.00	0.40	35	199
11.00	0.40	35	196
12.00	0.40	35	194
13.00	0.40	35	192
14.00	0.40	35	190
10.00	0.60	35	180
11.00	0.60	35	176
12.00	0.60	35	174
13.00	0.60	35	172
14.00	0.60	35	170
10.00	0.80	35	164
11.00	0.80	35	161
12.00	0.80	35	158
13.00	0.80	35	155
14.00	0.80	35	152

Επιτρεπόμενη Ανεκτή τάση $\sigma_{adm} (kPa) = 35$

Ενεργό πλάτος Θεμελίου - Effective footing width B' (m)

ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - DESIGN CONSIDERATIONS :
Για δεδομένα V, H, γ_s , γ_c , c_u , ϕ , εκλέξτε κατάλληλα B, L, υπολογιστές B', L', $\alpha_s N_c$ / (B' · L')
προσδιορίστε την σ_u από το Διαγράμμα και **ΕΛΕΓΞΕ ΟΣΟ**
For the given V, H, γ_s , γ_c , c_u , ϕ , choose appropriate values of B, L, calculate B', L', $\alpha_s N_c$ / (B' · L')
determine σ_u from Chart and **CHECK OSO**

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Έλεγχος επάρκειας επιφανειακών θεμελιώσεων έναντι υπέρβασης της αξονικής Φέρουσας Ικανότητας

Σημείωση : Απαιτείται και έλεγχος αποδεκτών καθιζήσεων για την ανωδομή
Μέθοδος του συνολικού συντελεστή ασφαλείας (FS) :

$$(FS) V \leq V_u \Leftrightarrow V \leq \frac{V_u}{(FS)}$$

V_u = κατακόρυφη συνιστώσα της οριακής φέρουσας ικανότητας : $V_u = p_u B' L'$

V = κατακόρυφο φορτίο λειτουργίας εκ της ανωδομής (χωρίς συντελεστές δράσεων)

Συνήθεις τιμές του συντελεστή ασφαλείας επιφανειακών θεμελιώσεων (κατά Vesic, 1975):

Είδος έργου	Γνώση των γεωτεχνικών συνθηκών	
	Καλή	Περιορισμένη
Δομικά έργα	2	3 *
Οδικές γέφυρες	2.5 *	3.5 *
Σιδηροδρομικές γέφυρες	3 *	4 *
Τοίχοι αντιστηρίξεως	1.3	1.5
Επιχώματα	1.5	2

* Για προσωρινά έργα, οι τιμές μπορούν να απομειωθούν κατά 25%, αλλά πάντοτε FS > 2
Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Ελεγχος σε ολίσθηση

$$H_d \leq S_d + E_{pd}$$

Όπου

H_d : η ολική οριζόντια δύναμη σχεδιασμού

S_d : η αντοχή σχεδιασμού σε ολίσθηση στη διεπιφάνεια εδάφους – θεμελίου

E_{pd} : μέρος της παθητικής ώθησης μπροστά από το θεμέλιο

$$S_d = V_d \tan \delta_d$$

Στραγγιζόμενες συνθήκες

$$S_d = A' c_u$$

Αστράγγιστες συνθήκες

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Φέρουσα Ικανότητα Επιφανειακών Θεμελιώσεων (πεδίων)

6. Μέθοδος κατά τον Ευρωκώδικα EC-7 (Παράρτημα D) και κατά το DIN 4017 :

Κατακόρυφη και οριζόντια συνιστώσα V_u , H_u του οριακού φορτίου P_u :

$$V_u = p_u B' L' \quad H_u = V_u \tan \theta \quad P_u = V_u / \cos \theta$$

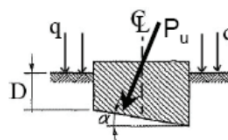
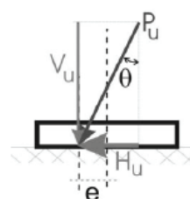
Απαιτούμενοι έλεγχοι επάρκειας του πεδίου :

(1) Έλεγχος έναντι αξονικής φέρουσας ικανότητας :

Υπολογισμός του V_u και έλεγχος ότι : $V \leq V_u / FS$
όπου FS = συντ. ασφαλείας έναντι φέρουσας ικανότητας

(2) Έλεγχος έναντι ολίσθησης :

Υπολογισμός του H_u και έλεγχος ότι : $H \leq H_u / FS$
όπου FS = συντ. ασφαλείας έναντι ολίσθησης



Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Έλεγχος επάρκειας επιφανειακών θεμελιώσεων
έναντι ολίσθησης στη βάση

Μέθοδος του συνολικού συντελεστή ασφαλείας (FS) :

$$(FS) H \leq H_u \Rightarrow H \leq \frac{H_u}{(FS)}$$

$$H_u = \min\{V_u \tan \theta, V \tan \delta\}$$

H_u = οριζόντια συνιστώσα της οριακής φέρουσας ικανότητας

H = οριζόντιο φορτίο λειτουργίας εκ της ανωδομής (χωρίς συντελεστές δράσεων)

θ = απόκλιση του φορτίου του πεδίου από την κατακόρυφο

V_u = κατακόρυφη συνιστώσα της οριακής φέρουσας ικανότητας

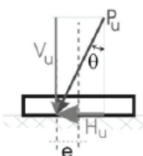
V = κατακόρυφο φορτίο λειτουργίας εκ της ανωδομής (χωρίς συντελεστές δράσεων)

δ = γωνία τριβής βάσης πεδίου και εδάφους :

Για τραχύ πέδιλο : $\delta = (2/3) \varphi$

Για σχετικώς λείο πέδιλο : $\delta = (1/2) \varphi$

Συνήθης τιμή του απαιτούμενου συντελεστή ασφαλείας
έναντι ολίσθησης : $FS = 1.5 + 2.0$



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Επιτρεπόμενη εκκεντρότητα

$$\left(\frac{e_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{e_L}{L}\right)^2 \leq \frac{1}{9}$$

A': Ενεργή Επιφάνεια Εδρασης

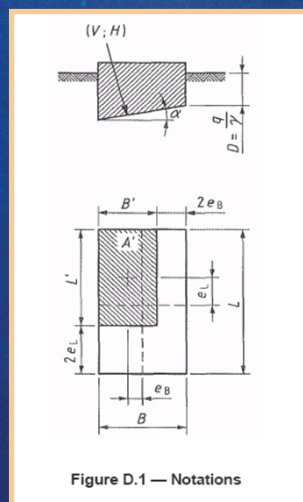


Figure D.1 — Notations

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Κατανομές τάσεων στη βάση ορθογωνικού πεδίου
(Παραδοχή Γραμμικής Κατανομής)

Εκκεντρότητα : $e = \frac{M}{V}$ Μέση τάση : $\sigma = \frac{V}{BL}$

1. Μικρή εκκεντρότητα : $0 \leq e \leq B/6$

$$\sigma_{\max} = \sigma \left(1 + 6 \frac{e}{B} \right) \quad \sigma_{\min} = \sigma \left(1 - 6 \frac{e}{B} \right) \geq 0$$

$e = \frac{B}{6} \Rightarrow \sigma_{\min} = 0, \sigma_{\max} = 2\sigma$

Σημείωση : Σε στοιχεία που μπορούν να αναλάβουν εφελκυσμό, ισχύουν για κάθε εκκεντρότητα

2. Μεγάλη εκκεντρότητα : $B/6 \leq e \leq B/2$

$$B' = 3 \left(\frac{B}{2} - e \right) \quad \sigma_{\max} = 2\sigma \frac{B}{B'}$$

Σημείωση : $e = \frac{B}{3} \Rightarrow B' = \frac{B}{2}, \sigma_{\max} = 4\sigma$

Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Κατανομές τάσεων στη βάση ορθογωνικού πεδίου
(Παραδοχή Γραμμικής Κατανομής)

$$e = \frac{M}{V} \quad \sigma = \frac{V}{BL}$$

$0 \leq e \leq B/6$

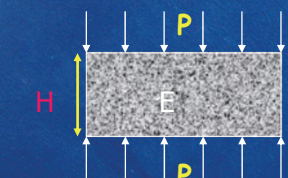
$B/6 \leq e \leq B/2$
Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Παρατήρηση : Σε παλαιότερους Κανονισμούς δεν επιτρεπόταν εκκεντρότητα : $e > B/3 \Rightarrow e/B > 1/3$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

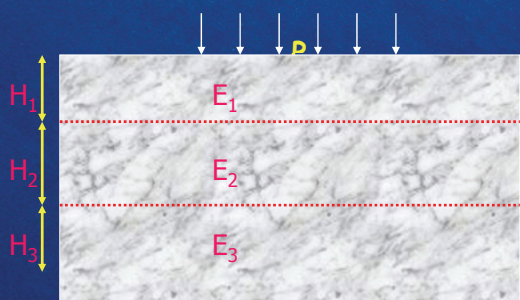
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Άμεσων Καθιζήσεων



$$\Delta h = H \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E} H = \frac{P}{E} H$$

Μονοδιάστατο πρόβλημα



$$\Delta h = \sum_{i=1}^n \frac{H_i \Delta \sigma_i}{E_{si}} = P \sum_{i=1}^n \frac{H_i I_{zi}}{E_{si}}$$

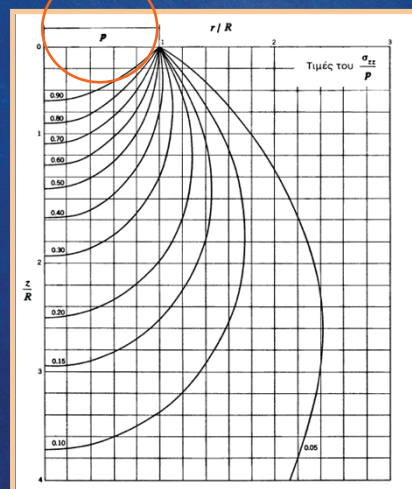
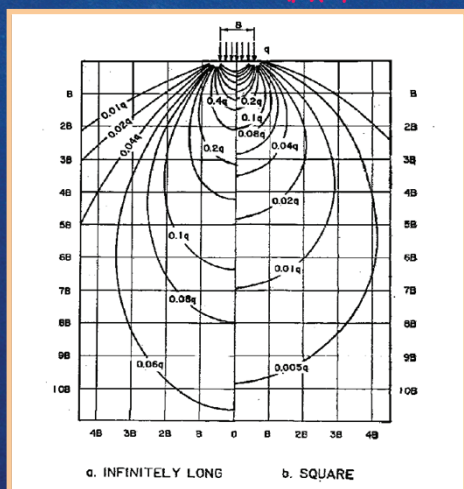
Διδιάστατο πρόβλημα

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Κατανομή τάσεων

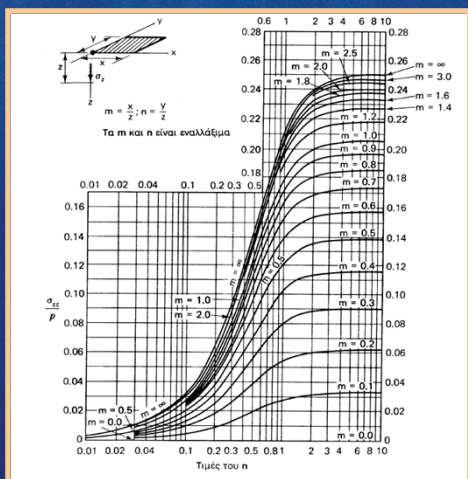
Ισχύει για ελαστικό ισότροπο ημίχωρο



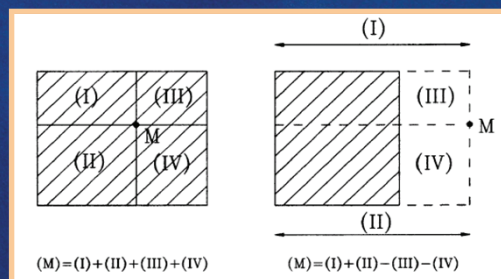
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Κατανομή τάσεων



Ισχύει για ελαστικό ισότροπο ημίχωρο



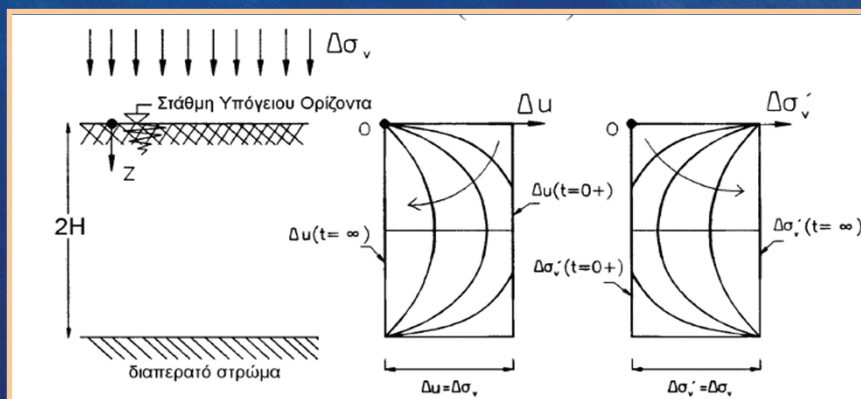
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

Μονοδιάστατη στερεοποίηση

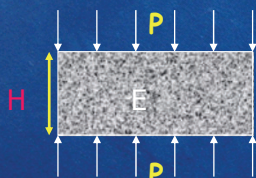


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

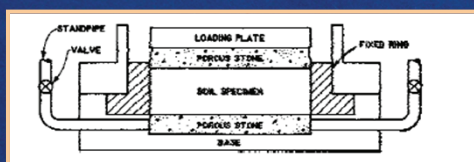
Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου



$$\Delta h = H \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E} H = \frac{P}{E} H$$

Μονοδιάστατο πρόβλημα

Τριδιάστατο πρόβλημα με παρεμποδιζόμενες οριακές συνθήκες



$$\varepsilon_{\text{vol}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{H}$$

$$\varepsilon_{\text{vol}} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{V_s(e_o - e_1)}{V_s(1 + e_o)} = \frac{\Delta e}{(1 + e_o)}$$

$$\Delta h = H \frac{\Delta e}{(1 + e_o)}$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

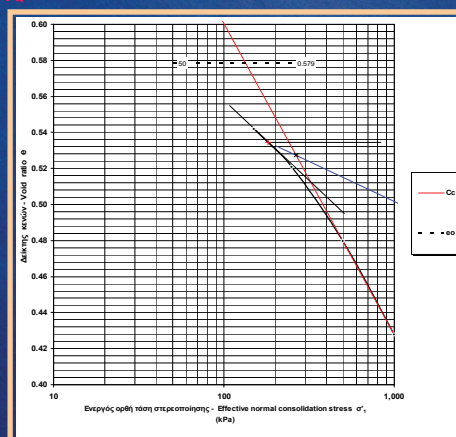
$$\varepsilon_{\text{vol}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{H}$$

$$\varepsilon_{\text{vol}} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{V_s(e_o - e_1)}{V_s(1 + e_o)} = \frac{\Delta e}{(1 + e_o)}$$

$$\Delta h = H \frac{\Delta e}{(1 + e_o)}$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma} = \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_i}{\sigma_{in}}}$$

$$\Delta H = H \frac{C_c}{(1 + e_o)} \log \frac{\sigma_i}{\sigma_{in}}$$



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

$$S = \sum_{i=1}^r H_i \frac{C_r}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_c}{\sigma_o} + H_i \frac{C_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_f}{\sigma_c}$$

$$C_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

όπου:

- i: ο αριθμός της εξεταζόμενης στρώσης
- r: ο συνολικός αριθμός στρώσεων
- H_i: το πάχος της στρώσης i
- C_c: ο δείκτης συμπίεσότητας
- C_r: ο δείκτης διόγκωσης ή δείκτης συμπίεσότητας σε επαναφόρτιση
- e_o: ο αρχικός λόγος κενών
- σ_c: η τάση προστερεοποίησης
- σ_o: η αρχική κατακόρυφη τάση
- σ_f: η τελική τάση μετά τη φόρτιση

όπου

- C_v: ο συντελεστής στερεοποίησης κατά την κατακόρυφη έννοια
- u: η πίεση πόρων
- z: το εξεταζόμενο βάθος
- t: δεδομένη τιμή χρόνου

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

$$S_{fin} = \sum_{i=1}^r H_i \frac{C_r}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_c}{\sigma_o} + H_i \frac{C_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_f}{\sigma_c}$$

$$C_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

$$S(t) = U(t) S_{fin}$$

$$U = \sqrt{\frac{T_v^3}{T_v^3 + 0.5}} \quad (U = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} ; U < 0.50)$$

$$T_v = \frac{c_v}{h^2} t$$

$$c_v = \frac{k E}{\gamma_w} = \frac{0.197 H^2}{t_{50}}$$

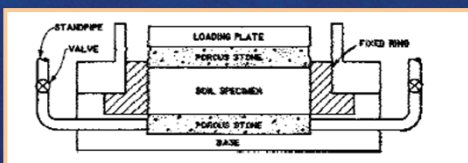
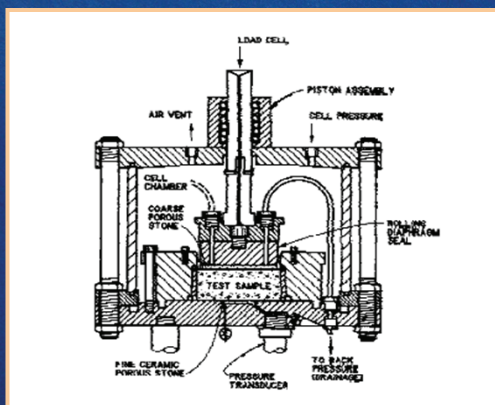
Οι τιμές των t₅₀, C_c, C_r, σ_c υπολογίζονται από την δοκιμή οιδημέτρου

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Συσκευή Οιδημέτρου

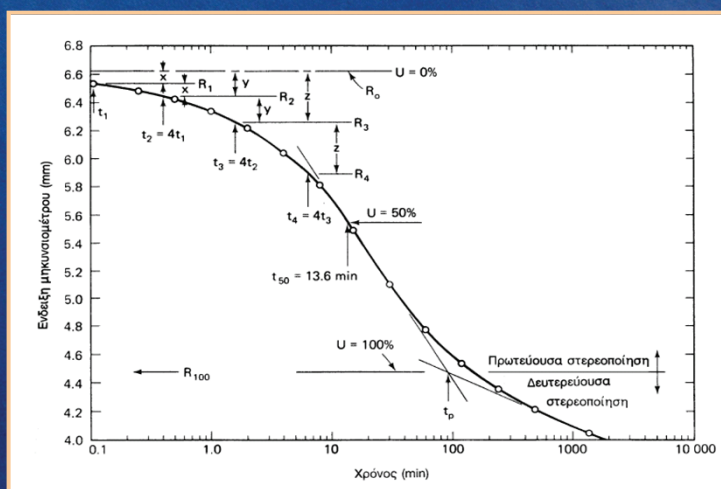


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Προσδιορισμός t_0 , t_{100} και t_{50}

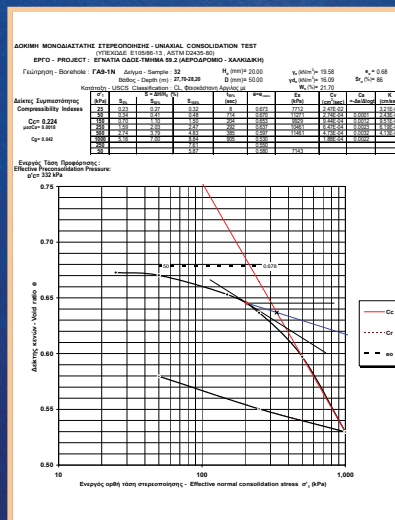
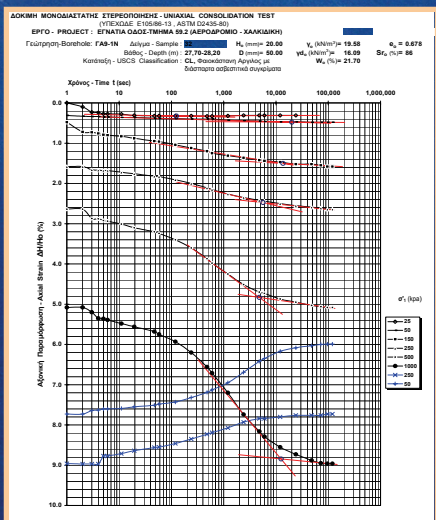


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Προσδιορισμός t_{50} , t_{100} και t_{50} , C_c , C_r , σ_p

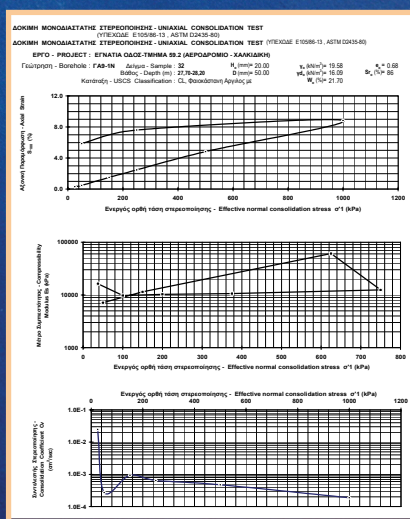


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Προσδιορισμός c_v , E_s



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

$$S_{fin} = \sum_{i=1}^r H_i \frac{C_r}{1+e_o} \log \frac{\sigma_c}{\sigma_o} + H_i \frac{C_e}{1+e_o} \log \frac{\sigma_f}{\sigma_c}$$

$$C_v \frac{d^2u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

$$S(t) = U(t) S_{fin}$$

$$U = \sqrt{\frac{T_v^3}{T_v^3 + 0.5}} \quad (U = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} ; U < 0.50)$$

$$T_v = \frac{c_v}{h^2} t$$

$$c_v = \frac{k E}{\gamma_w} = \frac{0.197 H^2}{t_{50}}$$

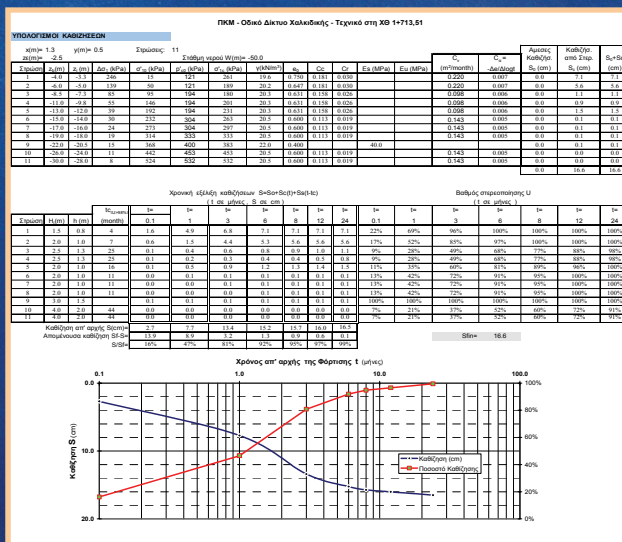
Μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του οιδιμέτρου υπολογίζεται αρχικά η Sfin, στη συνέχεια ο Cv, ο Tv για συγκεκριμένο χρόνο t, ο βαθμός στερεοποίησης U και τέλος η καθίζηση S(t) για το δεδομένο χρόνο t.

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

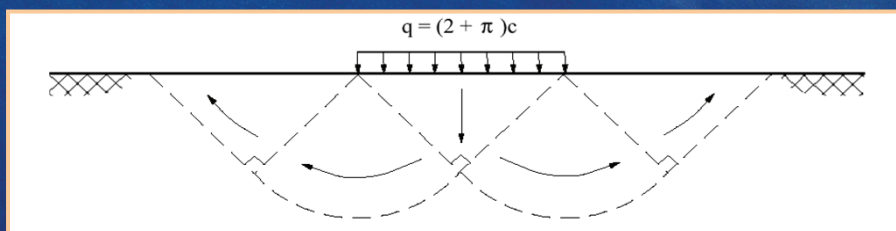
Αυτόματος Υπολογισμός με χρήση λογισμικού φύλλου



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

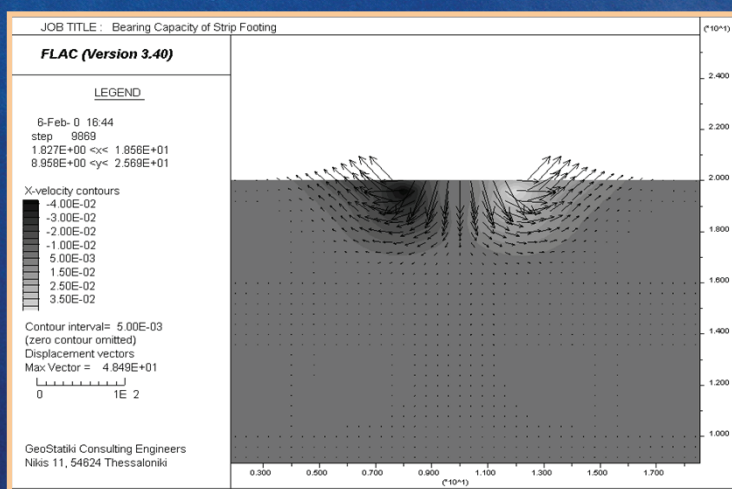
Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

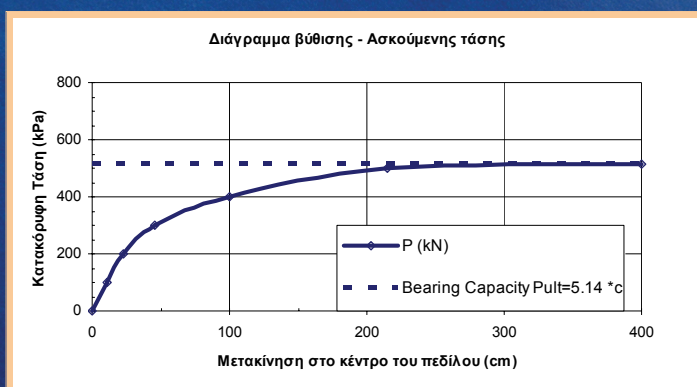
Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

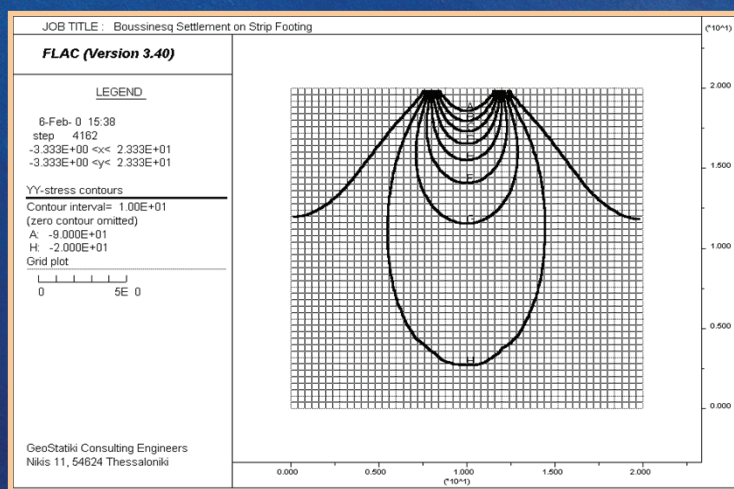
Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις **Επιφανειακές Θεμελιώσεις**

Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών