

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις



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

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

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**

Απαιτήσεις Ευρωκώδικα 7

2.4 Geotechnical design by calculation

2.4.1 General

(1)P Design by calculation shall be in accordance with the fundamental requirements of EN 1990:2002 and with the particular rules of this standard. Design by calculation involves:

- actions, which may be either imposed loads or imposed displacements, e.g. from ground movements; ΔΡΑΣΕΙΣ
- properties of soils, rocks and other materials; ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
- geometrical data; ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ
- limiting values of deformations, crack widths, vibrations etc.; ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ
- calculation models. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Απαιτήσεις Ευρωκώδικα 7

ΔΡΑΣΕΙΣ §2.4.2

(4) In geotechnical design, the following should be considered for inclusion as actions:

- the weight of soil, rock and water;
- stresses in the ground;
- earth pressures and ground-water pressure;
- free water pressures, including wave pressures;
- ground-water pressures;
- seepage forces;
- dead and imposed loads from structures;
- surcharges;
- mooring forces;
- removal of load or excavation of ground;
- traffic loads;
- movements caused by mining or other caving or tunnelling activities;
- swelling and shrinkage caused by vegetation, climate or moisture changes;
- movements due to creeping or sliding or settling ground masses;
- movements due to degradation, dispersion, decomposition, self-compaction and solution;
- movements and accelerations caused by earthquakes, explosions, vibrations and dynamic loads;
- temperature effects, including frost action;
- ice loading;
- imposed pre-stress in ground anchors or struts;
- downdrag.

Απαιτήσεις Ευρωκώδικα 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**

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

- ΔΡΑΣΕΙΣ (actions F) φορτία και λοιπές επιπονήσεις
Γεωτεχνικές δράσεις (G) Δράσεις που προέρχονται από το έδαφος
Αποτελέσματα δράσεων (Action effects E) π.χ. εντατικά μεγέθη (N, V, M)
- ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (X) π.χ. φ, c, γ
- ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ (Resistances R) Αντιστάσεις στα αποτελέσματα των δράσεων
π.χ. φέρουσα ικανότητα, αντίσταση σε ολίσθηση

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

F_k, E_k, X_k, R_k

ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Εφαρμογή επιμέρους συντελεστών $\gamma_F, \gamma_M, \gamma_R$

F_d, E_d, X_d, R_d

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές σχεδιασμού δράσεων (F_d) : τιμές που προκύπτουν από τις χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων (F_k) με εφαρμογή των αντίστοιχων επιμέρους συντελεστών δράσεων ($\gamma_F \geq 1$) και των συντελεστών συνδυασμού δράσεων ($\psi \leq 1$) :

$$F_d = \psi \gamma_F F_k$$

Τιμές σχεδιασμού εδαφικών παραμέτρων (X_d) : τιμές που προκύπτουν από τις χαρακτηριστικές τιμές εδαφικών παραμέτρων (X_k) με εφαρμογή των αντίστοιχων επιμέρους συντελεστών (γ_M) :

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές σχεδιασμού γεωτεχνικών δράσεων (G_d) : τιμές που προκύπτουν με εφαρμογή των εναλλακτικών σχέσεων :

$$G_d = \psi \gamma_F G_k$$
$$G_d = \psi G(F_d, X_d)$$

Τιμές σχεδιασμού αποτελεσμάτων δράσεων (E_d) : τιμές που προκύπτουν με εφαρμογή των εναλλακτικών σχέσεων :

$$E_d = \gamma_E \left\{ \sum \psi F_k + \sum \psi G_k \right\}$$
$$E_d = \sum F_d + \sum G_d$$

όπου : γ_E = επιμέρους συντελεστής αποτελεσμάτων δράσεων (συνήθως = γ_F)

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές σχεδιασμού αντιστάσεων (R_d) : τιμές που προκύπτουν με εφαρμογή των εναλλακτικών σχέσεων :

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R(F_k, X_k)$$

$$R_d = R(F_d, X_d)$$

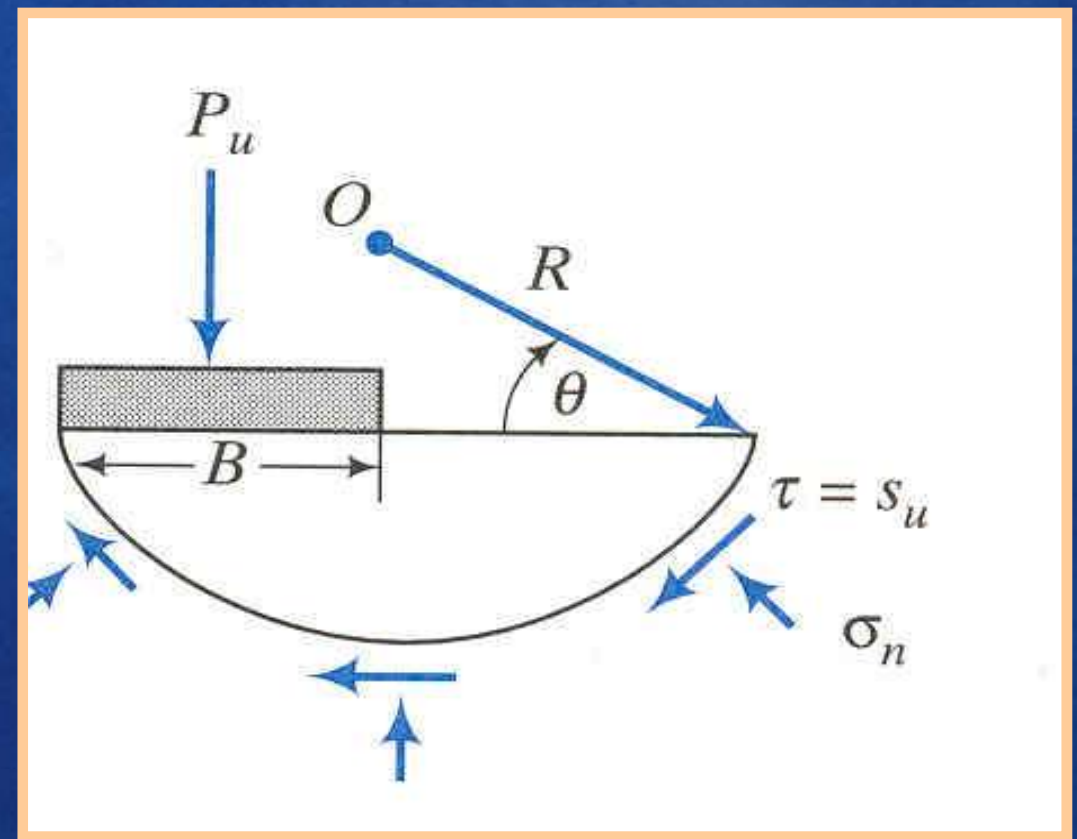
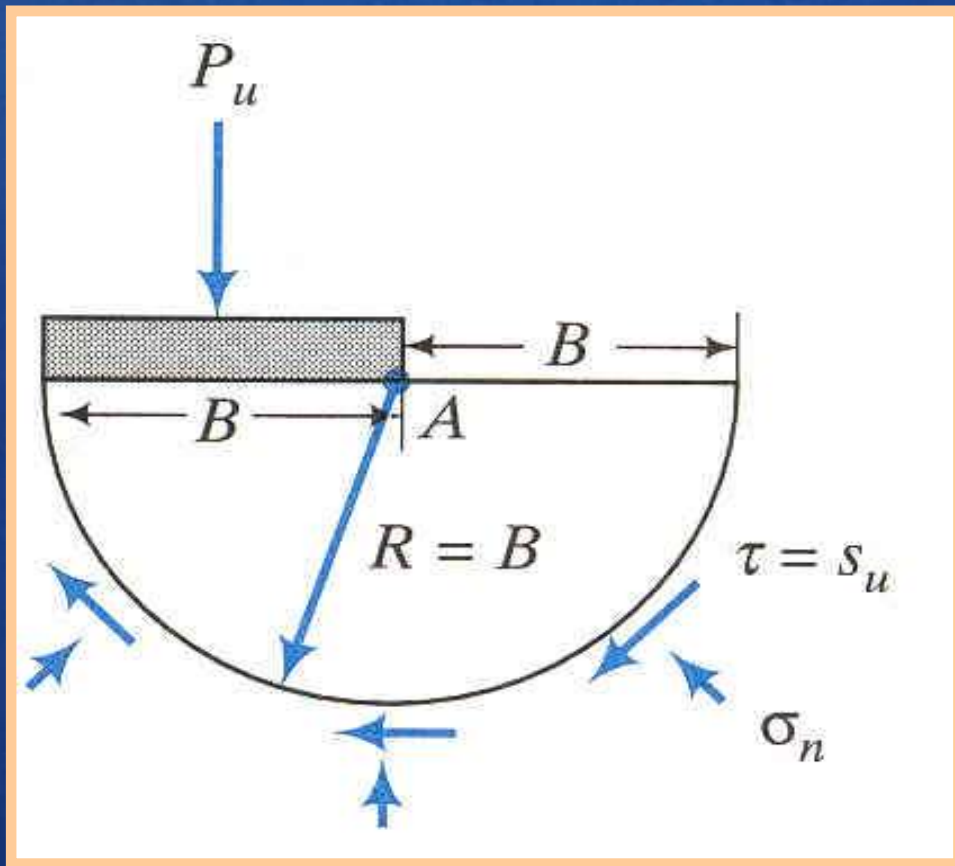
$$F_d = \psi \gamma_F F_k$$
$$X_d = X_k / \gamma_M$$

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

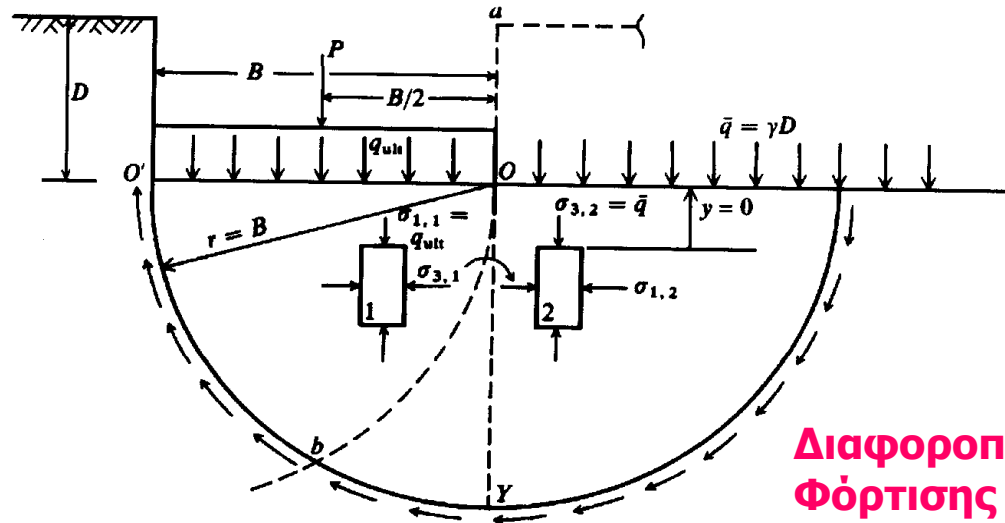
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

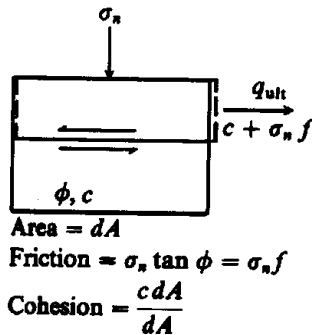
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



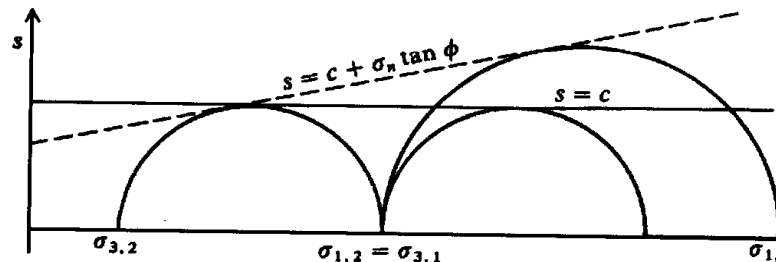
Διαφοροποίηση Φόρτισης

(a) Footing on $\phi = 0^\circ$ soil.

Note: $\bar{q} = p'_o = \gamma'D$, but use \bar{q} , since this is the accepted symbol for bearing capacity computations.



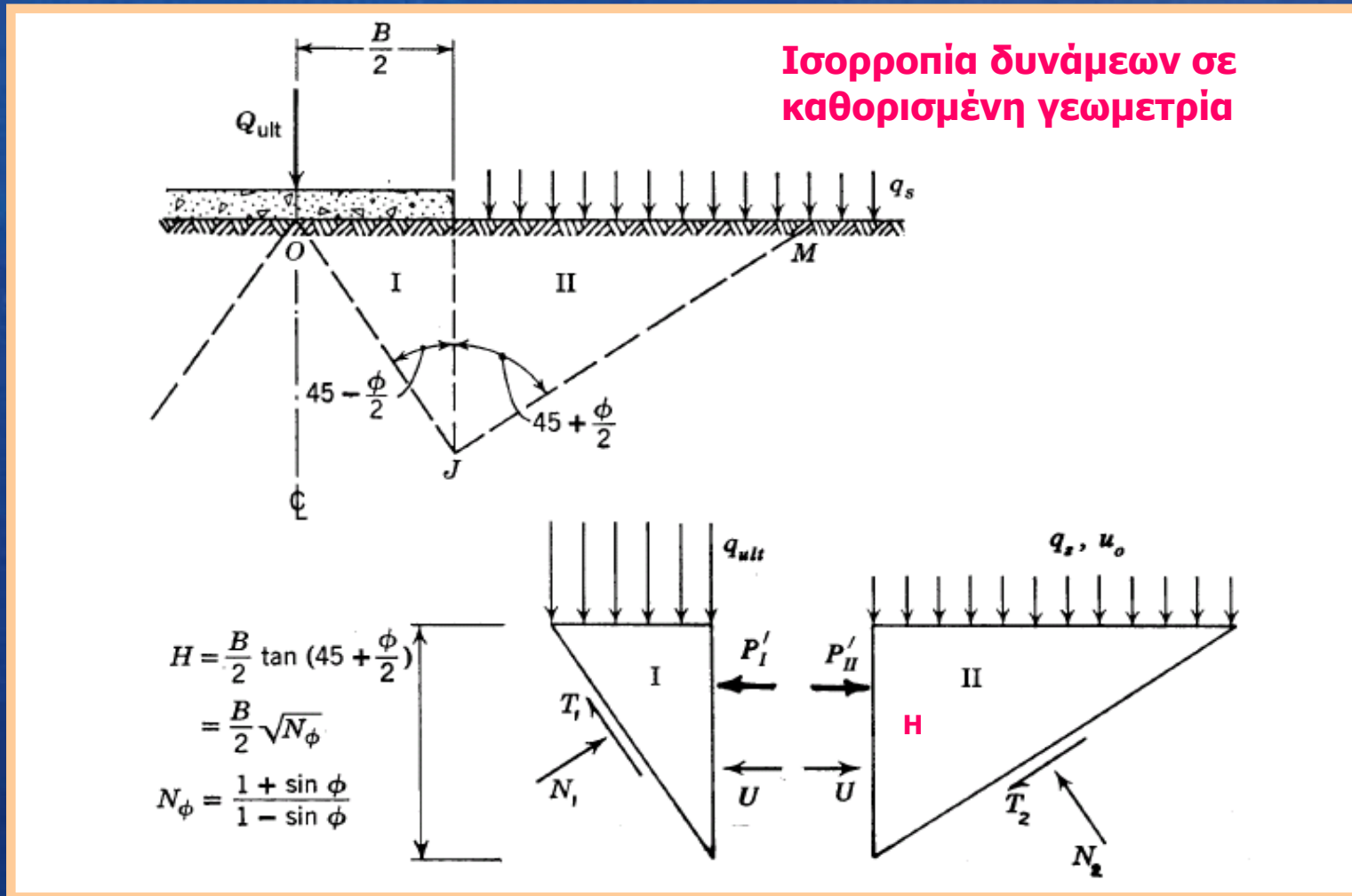
(b) Physical meaning of Eq. (2-52) for shear strength.



(c) Mohr's circle for (a) and for a ϕ -c soil.

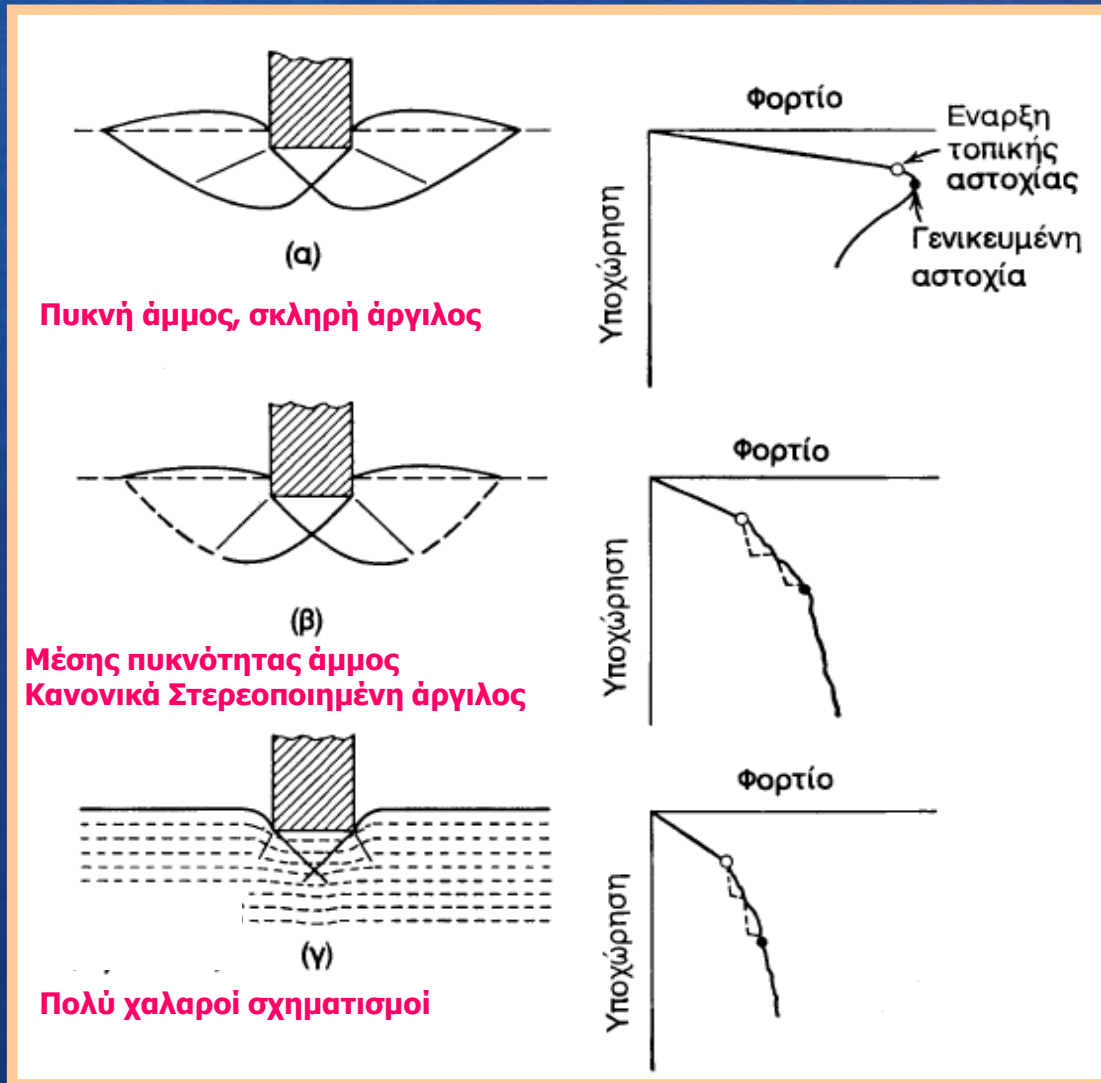
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

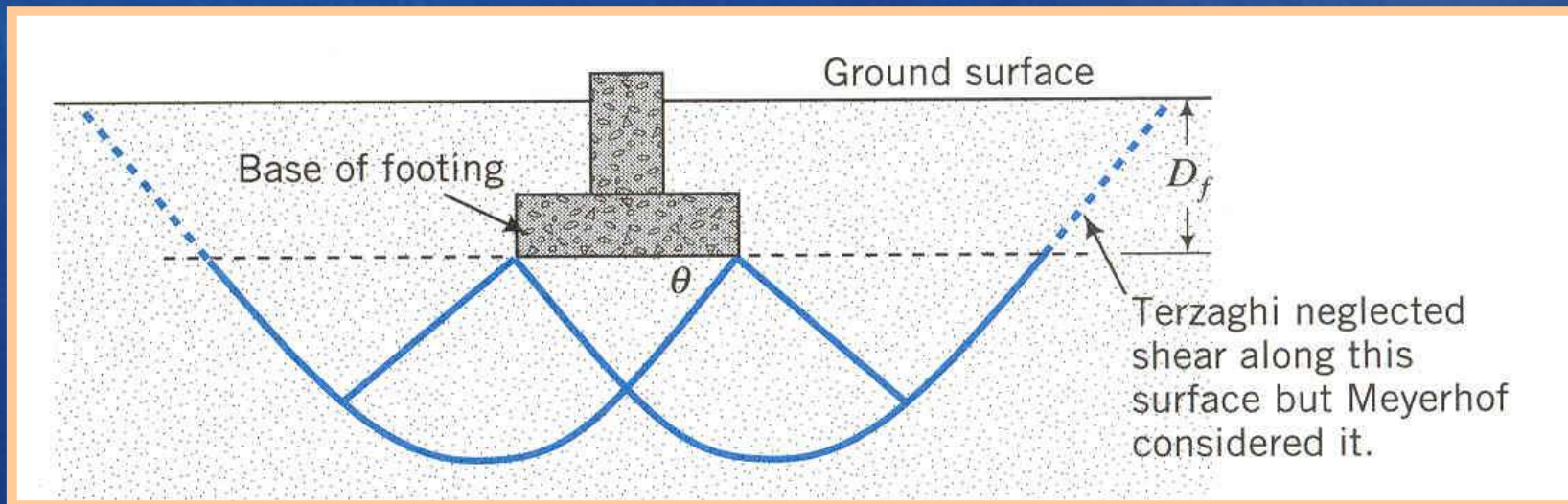
Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές



Αντιστοίχιση με δοκιμές διατμητικής αντοχής

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μηχανισμός Θραύσης - Παραδοχές

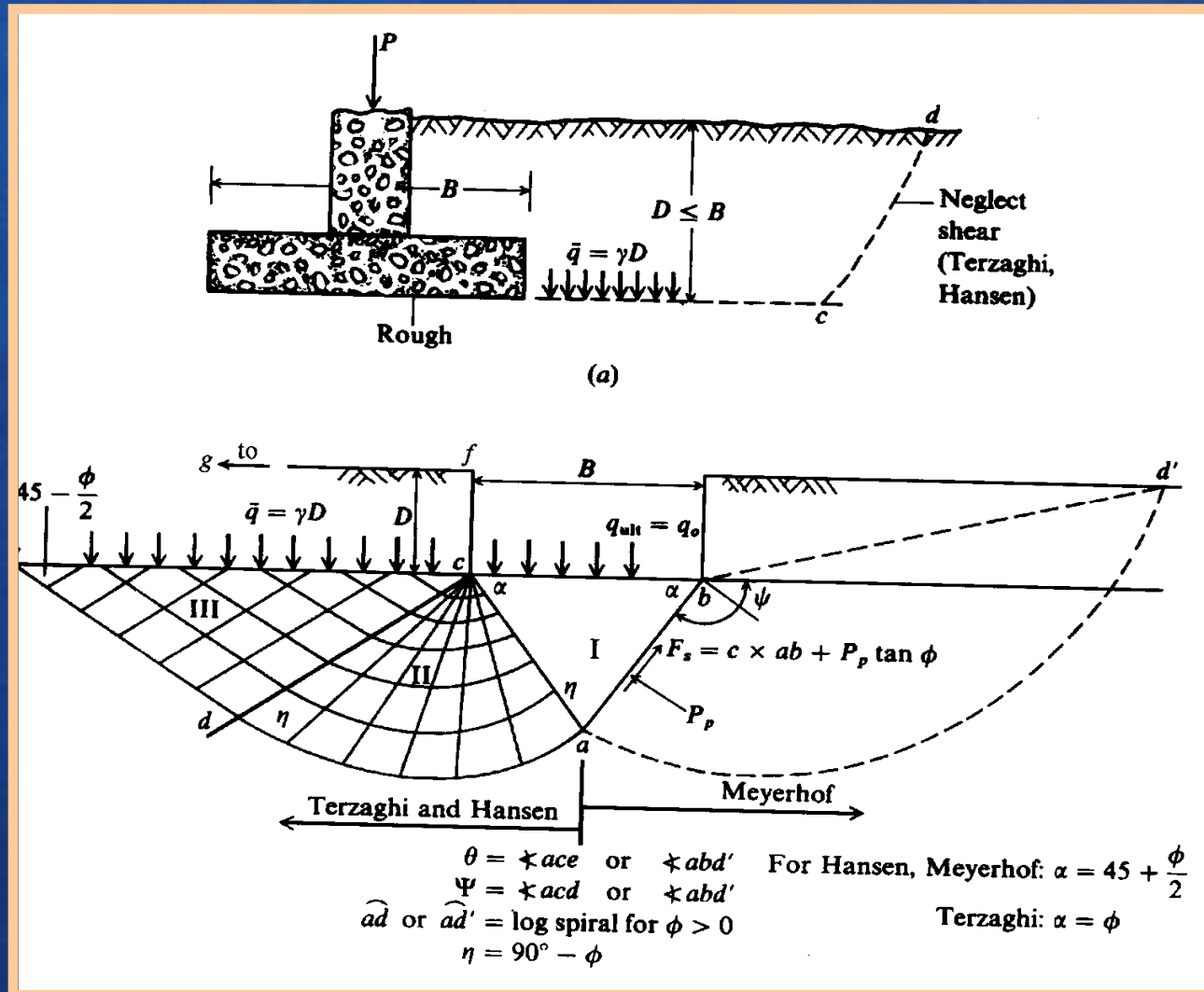


Οριακή Κατάσταση Σχεδιασμός έναντι θραύσης

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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

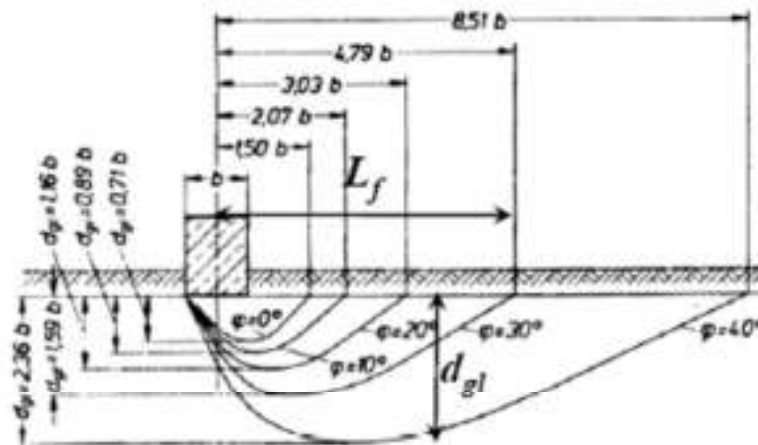
Οριακή Κατάσταση –Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας



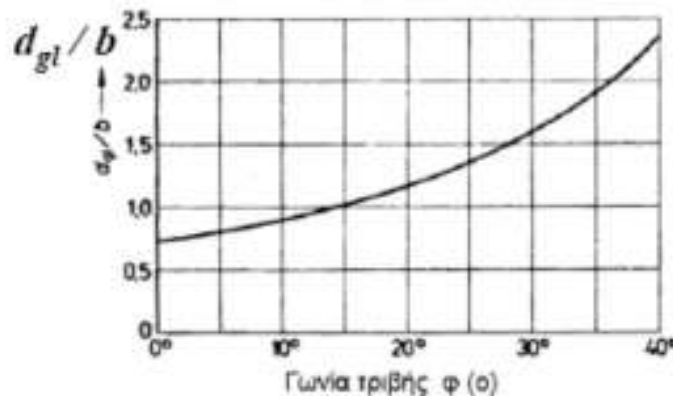
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

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

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_{py} values.

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

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

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

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

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

For: strip round square

$s_c = 1.0$	1.3	1.3
$s_\gamma = 1.0$	0.6	0.8

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

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

Inclined load: $q_{ult} = cN_c d_c i_c + \bar{q}N_q d_q i_q + 0.5\gamma B' N_\gamma d_\gamma i_\gamma$

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

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

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

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

General:† $q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q}N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

when $\phi = 0$

use $q_{ult} = 5.14s_u(1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$

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

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vesic (1973, 1975).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

Use Hansen's equations above.

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

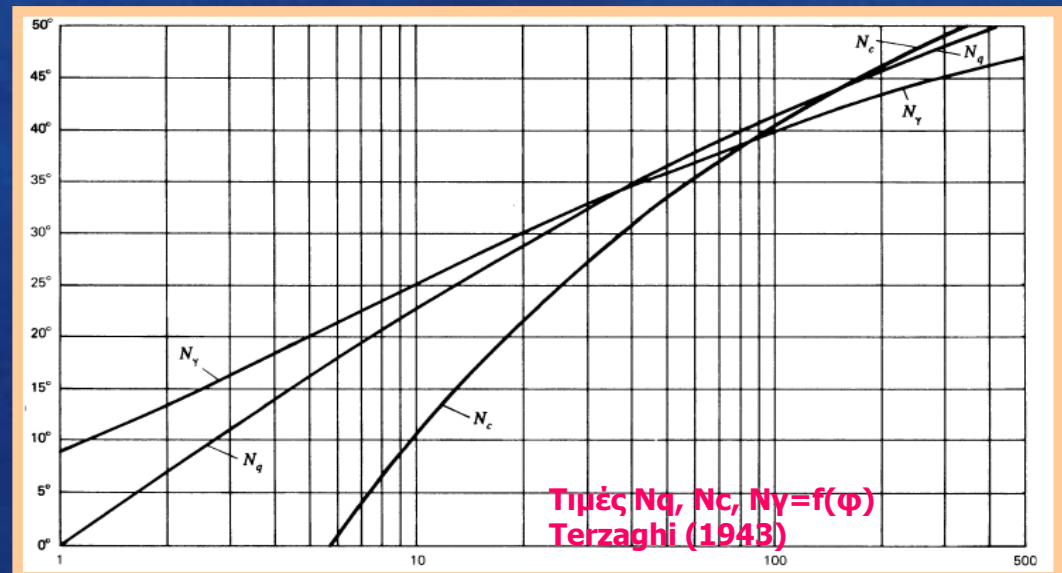
$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

*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 $i_i < 1$.

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Μέθοδοι Terzaghi, Meyerhof, Hensen Vesic



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

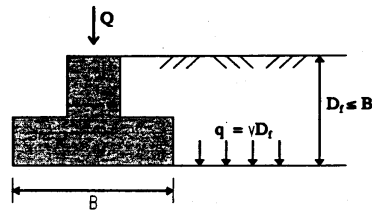
Μέθοδοι υπολογισμού

α) Κατά Terzaghi (συνθήκες πλήρους αποστράγγισης)

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

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



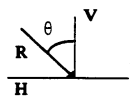
β) Κατά Meyerhof (συνθήκες πλήρους αποστράγγισης)

$$q = cN_c d_c i_c + \sigma'_v N_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1,4\phi), \quad K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

Συντελεστής	Τιμή	Για
Σχήματος	$S_c = 1,0 + 0,20 K_p \left(\frac{B}{L}\right)$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$S_q = S_\gamma = 1 + 0,10 K_p \left(\frac{B}{L}\right)$	$\phi > 10^\circ$
	$S_q = S_\gamma = 1$	$\phi = 0^\circ$
Βάθους	$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \left(\frac{D_f}{B}\right)$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} \left(\frac{D_f}{B}\right)$	$\phi > 10^\circ$
	$d_q = d_\gamma = 1$	$\phi = 0^\circ$
Κλίσης	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^0}{90^0}\right)^2$	Για οποιαδήποτε ϕ
	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^0}{\phi^0}\right)^2$	$\phi > 10^\circ$
	$i_\gamma = 1$	$\phi = 0^\circ$



Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Μέθοδοι Terzaghi, Meyerhof

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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μέθοδος Meyerhof

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

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

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

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

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4 \cdot \phi) \quad 2.00$$

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

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

$$\text{για } \phi < 10^\circ \quad s_q = s_{\gamma} \quad 1.00$$

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

$$\text{για } \phi > 10^\circ \quad d_q = d_{\gamma} = 1 + 0.1 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D_f/B) \quad 1.08$$

$$\text{για } \phi < 10^\circ \quad d_q = d_{\gamma} \quad 1$$

$$\text{Οριζόντια φόρτιση H} \quad 0.00 \text{ kN}$$

$$\text{Κατακόρυφη φόρτιση N} \quad 1,500.00 \text{ kN}$$

$$\text{Η κλίση του φορτίου είναι } \theta = \arctan(H/N) \quad 0.0000$$

$$i_c = i_q = [1 - (\theta/90)]^2 \quad 1.00$$

$$i_{\gamma} = [1 - (\theta/90)]^2 \quad 1.00$$

$$\text{για } \phi = 0 \quad i_{\gamma} \quad 0.00$$

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

$$q_{\omega\phi\epsilon\lambda} = q_{\text{οριακή}} - \gamma_A \cdot D \quad 701 \text{ kPa}$$

$$\text{Συντελεστής ασφαλείας F} \quad 3$$

$$\text{και } q_{\epsilon\pi} = q_{\omega\phi\epsilon\lambda} / F \quad 233.54 \text{ kPa}$$

$$\text{Απαιτούμενη επιφάνεια } A = \max N / q_{\epsilon\pi} \quad 6.42 \text{ m}^2$$

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

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Εφαρμογή Μεθόδου Meyerhof,

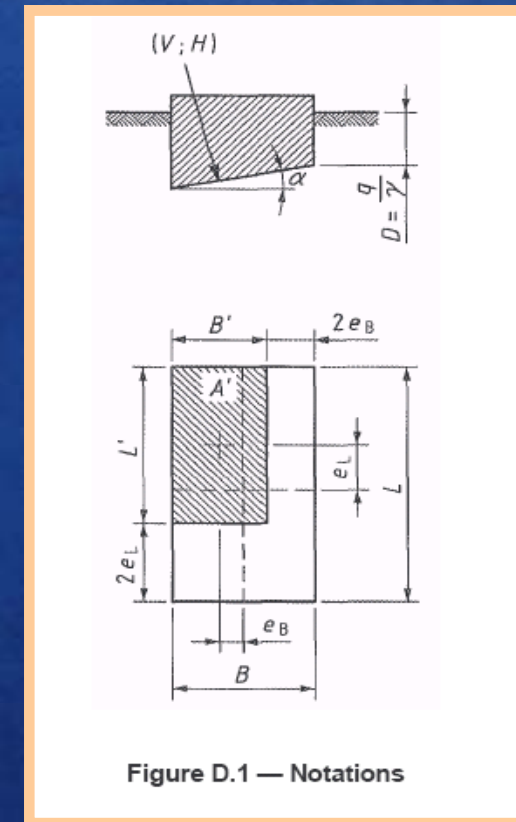


Figure D.1 — Notations

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Μέθοδος Meyerhof

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

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

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

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

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \cdot \tan(1.4 \cdot \phi) \quad 2.00$$

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

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

$$\text{για } \phi < 10^\circ \quad s_q = s_{\gamma} \quad 1.00$$

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

$$\text{για } \phi > 10^\circ \quad d_q = d_{\gamma} = 1 + 0.1 \cdot \tan(45 + \phi/2) \cdot (D_f/B) \quad 1.08$$

$$\text{για } \phi < 10^\circ \quad d_q = d_{\gamma} \quad 1$$

$$\text{Οριζόντια φόρτιση H} \quad 300.00 \text{ kN}$$

$$\text{Κατακόρυφη φόρτιση N} \quad 1,500.00 \text{ kN}$$

$$\text{H κλίση του φορτίου είναι } \theta = \arctan(H/N) \quad 11.3099$$

$$i_c = i_q = [1 - (\theta/90)]^2 \quad 0.76$$

$$i_{\gamma} = [1 - (\theta/90)]^2 \quad 0.76$$

$$\text{για } \phi = 0 \quad i_{\gamma} \quad 0.00$$

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

$$q_{\omega\phi\epsilon\lambda} = q_{\text{οριακή}} - \gamma_A \cdot D \quad 529 \text{ kPa}$$

$$\text{Συντελεστής ασφαλείας F} \quad 3$$

$$\text{και } q_{\text{επ}} = q_{\omega\phi\epsilon\lambda} / F \quad 176.29 \text{ kPa}$$

$$\text{Απαιτούμενη επιφάνεια } A = \max N / q_{\text{επ}} \quad 8.51 \text{ m}^2$$

$$\text{Ισχύει } B \cdot L = 8.50 \geq A_{\text{απαιτούμενο}} \quad ?$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Εφαρμογή Μεθόδου Meyerhof,

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 $H \leq A' c_u$.

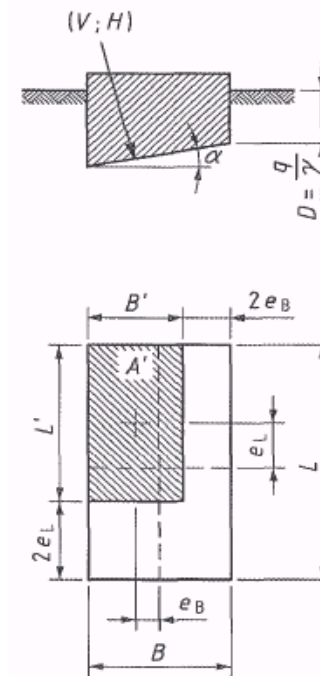


Figure D.1 — Notations

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:

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

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

— the shape of foundation:

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

$$s_q = 1 + \sin \phi', \text{ for a square or circular shape;}$$

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

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

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

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

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

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

where:

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

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

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:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta.$$

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

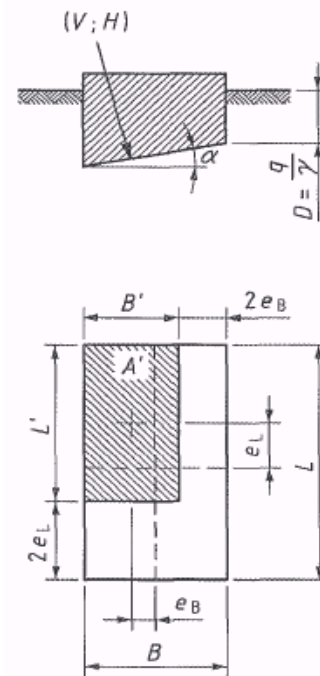
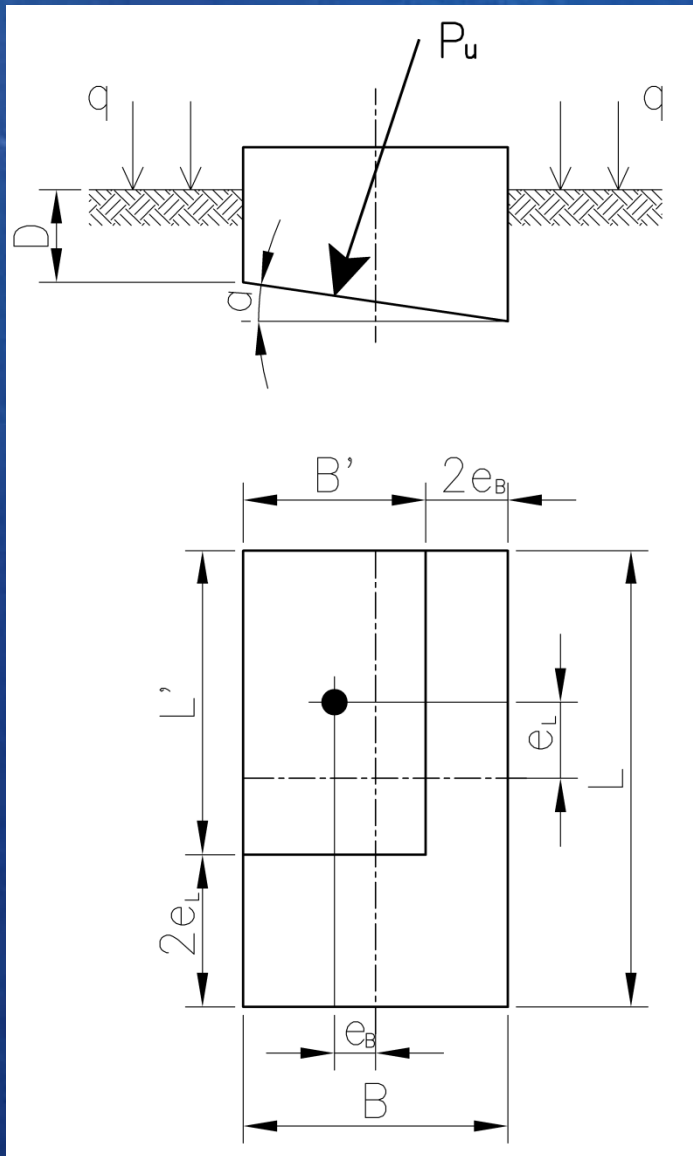


Figure D.1 — Notations

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις



$$R_k = A' [5.14 c_u b_c s_c i_c + q]$$

$$A' = B' \times L'$$

όπου:

B' : ενεργό πλάτος: $B' = B - 2e_B$,

e_B : εκκεντρότητα κατά τη κατεύθυνση B: $e_B = M_L / N$,

M_L : χαρακτηριστική τιμή της ροπής περί τον άξονα του μήκους,

N : χαρακτηριστική τιμή της αξονικής δύναμης,

L' : ενεργό πλάτος: $L' = L - 2e_L$,

e_L : εκκεντρότητα κατά τη κατεύθυνση L: $e_L = M_B / N$,

M_B : χαρακτηριστική τιμή της ροπής περί τον άξονα του πλάτους.

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2} \quad (1.7)$$

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (1.8)$$

$$i_c = 0.5 \left[1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \right], \text{ όπου } H \leq A' c_u \quad (1.9)$$

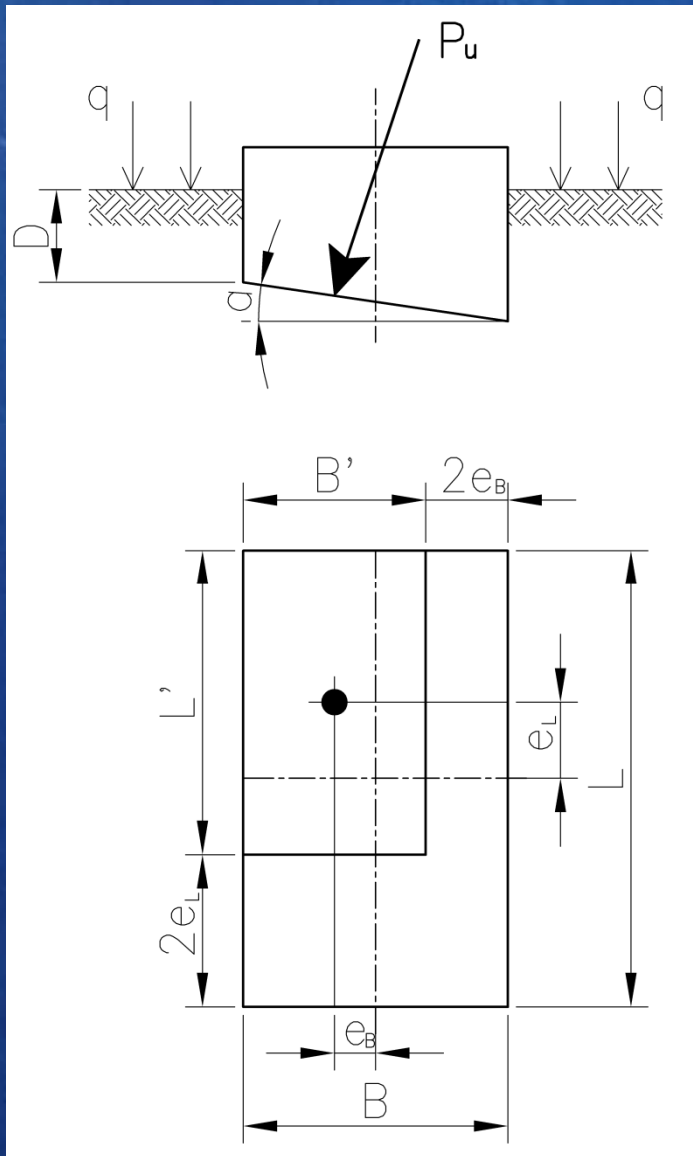
όπου:

α : η κλίση έδρασης του πεδύλου σε ακτίνια,

R_k : χαρακτηριστική τιμή οριακής αντίστασης,

H : οριακή τιμή αναπτυσσόμενης οριζόντιας δύναμης.

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις



$$R_k = R_c + R_q + R_\gamma \quad (1.10)$$

όπου:

$$R_c = A' N_c b_c s_c i_c c' \quad (1.11)$$

$$R_q = A' N_q b_q s_q i_q q' \quad (1.12)$$

$$R_\gamma = 0.5 A' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \gamma_k B' \quad (1.13)$$

$$A' = B' \times L'$$

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) :

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

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

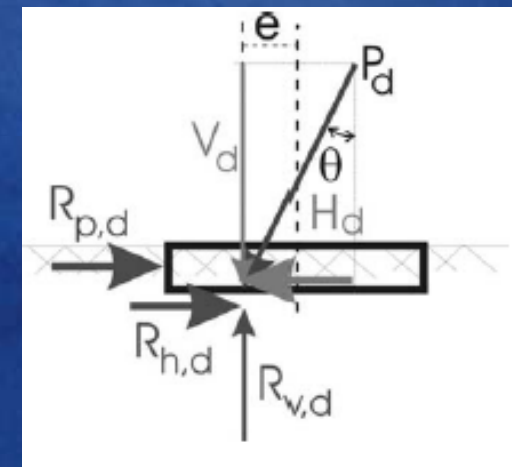
* Για προσωρινά έργα, οι τιμές μπορούν να απομειωθούν κατά 25%, αλλά πάντοτε $FS > 2$

Σημειώσεις Μ. Καββαδά

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Απαιτούμενος έλεγχος (γενικώς $E_d \leq R_d$)

- Έλεγχος φέρουσας ικανότητας $V_d \leq R_{v,d}$
- Έλεγχος ολίσθησης $H_d \leq R_{h,d} + R_{p,d}$



V_d, H_d : Τιμές σχεδιασμού των δράσεων

$R_{v,d}, R_{h,d}$: Τιμές σχεδιασμού της αντίστασης του εδάφους

$R_{p,d}$: Τιμή σχεδιασμού της παθητικής ώθησης πλευρικά του θεμελίου

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές σχεδιασμού δράσεων (V_d, H_d)

1^{ος} τρόπος:

$$V_d = \sum \psi \gamma_F V_k + \sum G_{v,d}$$

$$H_d = \sum \psi \gamma_F H_k + \sum G_{h,d}$$

$$G_{v,d} = \psi \gamma_F G_v(c_k, \tan \phi_k)$$

$$G_{h,d} = \psi \gamma_F G_h(c_k, \tan \phi_k)$$

$$G_{v,d} = \psi G_v \left(\frac{c_k}{\gamma_M}, \frac{\tan \phi_k}{\gamma_M} \right)$$

$$G_{h,d} = \psi G_h \left(\frac{c_k}{\gamma_M}, \frac{\tan \phi_k}{\gamma_M} \right)$$

2^{ος} τρόπος:

$$V_d = \gamma_E \left\{ \sum \psi V_k + \sum \psi G_{v,k} \right\}$$

$$H_d = \gamma_E \left\{ \sum \psi H_k + \sum \psi G_{h,k} \right\}$$

$$G_{v,k} = G_v(c_k, \tan \phi_k)$$

$$G_{h,k} = G_h(c_k, \tan \phi_k)$$

ψ = συντελεστής συνδυασμού δράσεων (≤ 1)

V_k, H_k, c_k, ϕ_k = χαρακτηριστικές τιμές των αντίστοιχων μεγεθών

G_v, G_h = κατακόρυφη / οριζόντια συνιστώσα γεωτεχνικών δράσεων (πχ. ώθηση γαιών)

γ_F = επιμέρους συντελεστής δράσεων

γ_M = επιμέρους συντελεστής αντοχής υλικών

γ_E = επιμέρους συντελεστής συνιστάμενης δράσης (συνήθως = γ_F)

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές σχεδιασμού αντιστάσεων (R_d)

1^{ος} τρόπος:

$$R_{i,d} = \frac{1}{\gamma_R} R(c_k, \tan \phi_k, \psi \gamma_F F_k)$$

2^{ος} τρόπος:

$$R_{i,d} = R\left(\frac{c_k}{\gamma_M}, \frac{\tan \phi_k}{\gamma_M}, \psi \gamma_F F_k\right)$$

ψ = συντελεστής συνδυασμού δράσεων (≤ 1)

c_k, ϕ_k = χαρακτηριστικές τιμές των εδαφικών παραμέτρων αντοχής

F_k = χαρακτηριστική τιμή δράσης που υπεισέρχεται στον υπολογισμό της αντίστασης

γ_F = επιμέρους συντελεστής δράσεων

γ_M = επιμέρους συντελεστής αντοχής υλικών

γ_R = επιμέρους συντελεστής αντιστάσεων

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Τιμές των επιμέρους συντελεστών $\gamma_F, \gamma_M, \gamma_R$:

Τρόπος Ανάλυσης	Συνδυασμός	Τύποι υπολογισμού	Τιμές των επιμέρους συντελεστών (από τους πίνακες που ακολουθούν και περιλαμβάνουν τα A_i, M_i, R_i)
1	Συνδ. 1 Συνδ. 2	Τύποι II	(A1) + (M1) + (R1) (A2) + (M2) + (R1)
2		Τύποι I	(A1) + (M1) + (R2)
3		Τύποι II (ή I) +	[(A1)* ή (A2)**] + (M2) + (R3)

+ Για τον υπολογισμό των δράσεων μπορεί να εφαρμοσθούν και οι τύποι I

* Για δράσεις από την ανωδομή (δομοστατικές δράσεις)

** Για γεωτεχνικές δράσεις (από το έδαφος, π.χ. ωθήσεις γαιών)

Παρατηρήσεις :

1. Η επιλογή ενός εκ των τριών Τρόπων Ανάλυσης γίνεται σε Εθνικό επίπεδο
2. Στον Τρόπο Ανάλυσης 1, εφαρμόζεται ο δυσμενέστερος των Συνδυασμών 1 & 2

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Ευρωκώδικας 7: Μέθοδος επιμέρους συντελεστών (partial factors)

Δράση	Συμβολισμός	Ομάδα	
		A1	A2
Μόνιμη	Δυσμενής	1.35	1.0
	Ευνοϊκή	1.0	1.0
Μεταβλητή	Δυσμενής	1.5	1.3
	Ευνοϊκή	0	0

Επιμέρους συντελεστές δράσεων
 γ_E, γ_F

Εδαφική παράμετρος	Συμβολισμός	Ομάδα	
		M1	M2
Γωνία διατμητικής αντοχής*	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Ενεργός συνοχή	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	γ_{cu}	1.0	1.4
Αντοχή ανεμπόδιστης θλίψης	γ_{qu}	1.0	1.4
Ειδικό βάρος	γ_γ	1.0	1.0

*Ο συντελεστής εφαρμόζεται στην τιμή $\tan \phi'$

Επιμέρους συντελεστές εδαφικού υλικού
 γ_M

Αντίσταση	Συμβολισμός	Ομάδα		
		R1	R2	R3
Φέρουσας Ικανότητας	$\gamma_{R.v}$	1.0	1.4	1.0
Ολίσθησης	$\gamma_{R.h}$	1.0	1.1	1.0

Επιμέρους συντελεστές αντιστάσεων
 γ_R

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ($\phi = \phi_u = 0, c = C_u$) συνεκτικά εδάφη σε ασφράγγιστες συνθήκες

CASE: ($\phi = \phi_u = 0, c = C_u$) cohesive soils, undrained conditions

ΕΡΓΟ - PROJECT :

STORAGE AND DRYING SILO PLANT IN SVISHTOV – BULGARIA

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L'/B' = 1$

$\min D (m) = 1.0$

$\gamma_o (kN/m^3) = 18.9$

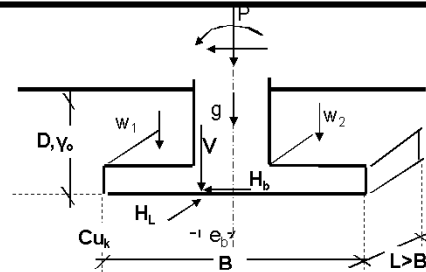
Characteristic (or minimum) soil value :

$Cu_k (kPa) = 45$

Factor of safety for design soil value :

$\gamma_R = 1.40$

Case M2



Note: $B' = B - 2e_b, L' = L - 2e_L, V = P + g + w_1 + w_2$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES :

(EUROCODE 7)

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας :

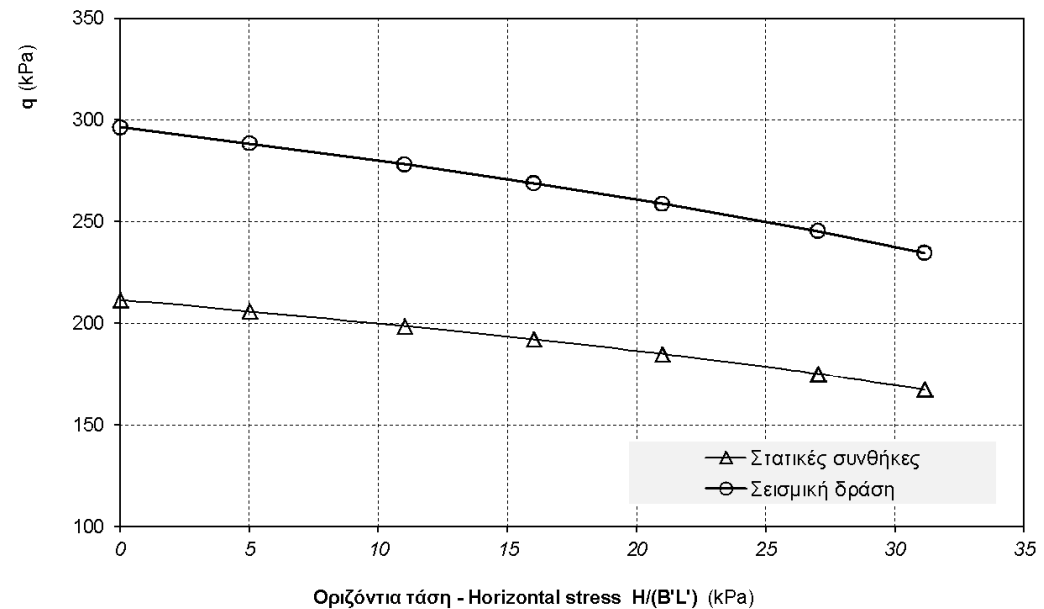
Proposed values of factors of safety :

Case:

Case:	Σεισμική	Στατική
γ_R	1.00	1.40

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

$H/(B'L')$ (kPa)=	0	5	11	16	21	27	31
θ (rad)	0.000	0.017	0.037	0.054	0.071	0.091	0.105
i_e	1.00	0.97	0.93	0.90	0.87	0.82	0.78
q_{seism} (kPa)=	296	289	278	269	259	245	235
q_{stat} (kPa)=	212	206	199	192	185	175	168



Για δεδομένα V, H_b, H_L, e_b, e_L επιλέγονται κατάλληλα B, L υπολογίζονται: $B', L', R_k = B'L' \cdot p_u, R_d = R_k / \gamma_{R,v}$ ($\gamma_{R,v} = 1.4$)

For the given V, H_b, H_L, e_b, e_L choose appropriate values B, L calculate: $B', L', R_k = B'L' \cdot p_u, R_d = R_k / \gamma_{R,v}$ ($\gamma_{R,v} = 1.4$)

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

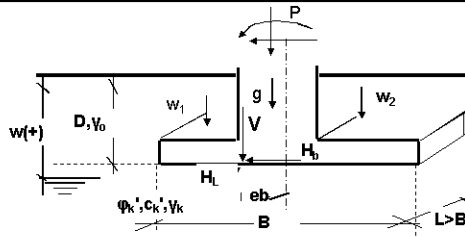
ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΕΡΓΟ: ΚΤΙΡΙΟ ΙΚΑ
PROJECT: ΣΤΟ ΔΙΑΔΥΜΟΤΕΙΧΟ

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ : (ϕ' , c'), συνθήκες στράγγισης
GENERAL CASE : (ϕ' , c'), drained conditions

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT:

$L'/B' = 2$
 $\min B' (m) = 1.5$
 $\max B' (m) = 3.5$
 $w (m) = 20.0$
 $\min D (m) = 1.0$
 $\gamma_o (kN/m^3) = 17.6$
 Characteristic (or minimum) soil values:
 $\gamma_k (kN/m^3) = 17.6$
 $\phi_k' (Deg) = 25.0$
 $c_k' (kPa) = 25$
 Factors of safety for design soil values:
 $\tan \phi_k' / \tan \phi_d = 1.00$ Case M1
 $c_k' / c_d = 1.00$
 $\gamma_k / \gamma_d = 1.00$



Note: $B' = B - 2e_b$, $L' = L - 2e_L$, $V = P + g + w_1 + w_2$

$\gamma_R; v = 1.4$
Design soil values :
 $\phi_d (Deg) = 25.00$
 $c_d (kPa) = 25$
 $\gamma_d (kN/m^3) = 17.6$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES : (EUROCODE 7)

$$p_u = R_u / (B'L') = 0.5 \gamma_2 B' N_\gamma i_\gamma + \gamma_1 D N_q S_q i_q + c_d' N_c S_c i_c$$

$w < 0$: $\gamma_1 = \gamma_o - 10$, $\gamma_2 = \gamma_o - 10$, $0 < w < D$: $\gamma_1 = \gamma_o - 10(1 - w/D)$, $\gamma_2 = \gamma_o - 10$, $D < w < D + d$: $\gamma_1 = \gamma_o$, $\gamma_2 = \gamma_o - 10(1 - w/D)/d$, $w > D + d$: $\gamma_1 = \gamma_o$, $\gamma_2 = \gamma_o$, $d = (0.71 + 3.5 \tan^2 \phi_o) B'$
 $N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \phi'/2)$, $N_c = (N_q - 1) \tan \phi'$ or $\pi + 2$ for $\phi_o = 0$, $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$, $S_q = 1 + \sin \phi' B'/L'$, $S_c = (S_q N_q - 1) / (N_q - 1)$ or $1 + 0.2 B'/L'$
 for $\phi_o = 0$, $S_\gamma = 1 - 0.3 B'/L'$, $i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$ or $i_c = 0.5(1 + (1 - H/(B'L'c_d))^{0.5})$ for $\phi_o = 0$,
 For $H_L = 0, H_b > 0$: $i_q = [1 - 0.7 H_b / (V + B'L'c' \tan \phi')]^3$, $i_\gamma = [1 - H_b / (V + B'L'c' \tan \phi')]^3$, For $H_L > 0, H_b = 0$: $i_q = i_\gamma = 1 - H_L / (V + B'L'c' \tan \phi')$

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας
Proposed values of factors of safety

Case:	M1	M2
$\tan \phi_k' / \tan \phi_d =$	1.00	1.25
$c_k' / c_d =$	1.00	1.25
$\gamma_k / \gamma_d =$	1.00	1.00

ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ :

Για δεδομένα V, H_b, H_L, e_b, e_L επιλέγονται κατάλληλα B, L υπολογίζονται: $B', L', R_k = B'L' p_u$, $R_d = R_k / \gamma_{R,v}$ ($\gamma_{R,v} = 1.4$)
 For the given V, H_b, H_L, e_b, e_L choose appropriate values B, L calculate: $B', L', R_k = B'L' p_u$, $R_d = R_k / \gamma_{R,v}$ ($\gamma_{R,v} = 1.4$)

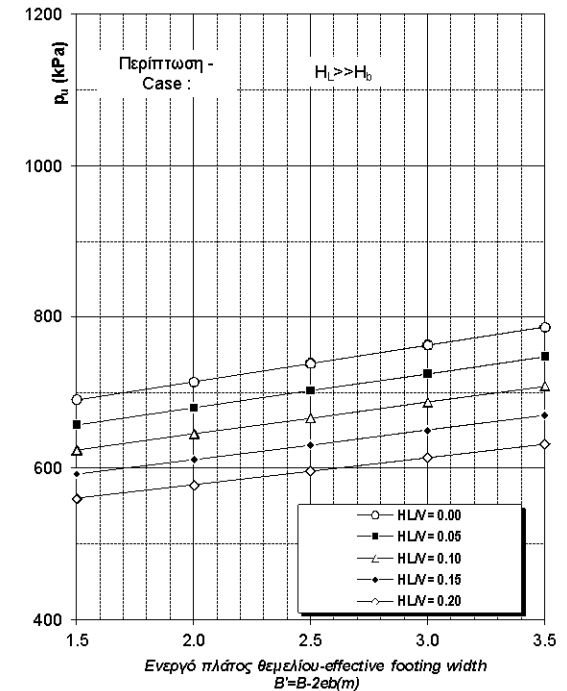
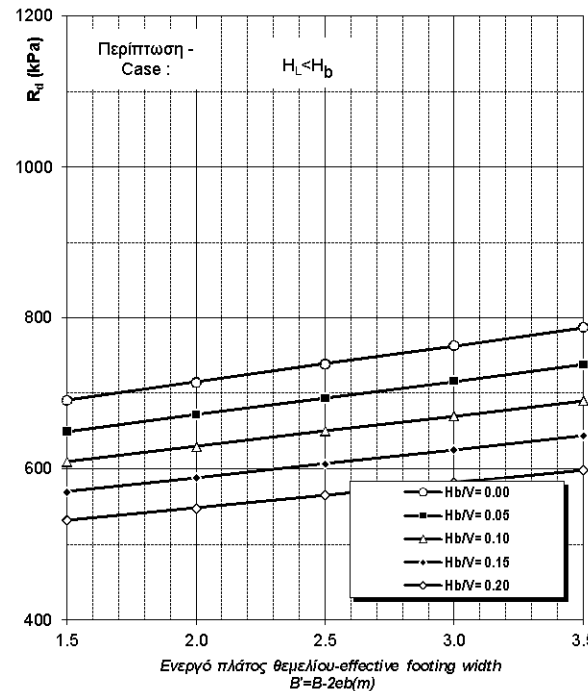
ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

$\gamma_1 (kN/m^3) = 17.60$
 $N_\gamma = 9.01$

$N_q = 10.66$

$N_c = 20.72$

$B' (m)$	$\gamma_2 (kN/m^3)$	H_b/V ($H_L=0$)	$R_d (kPa)$ ($H_b/V, H_L=0$)	H_L/V ($H_b=0$)	$R_d (kPa)$ ($H_L/V, H_b=0$)
1.50	17.60	0.00	691	0.00	691
2.00	17.60	0.00	715	0.00	715
2.50	17.60	0.00	739	0.00	739
3.00	17.60	0.00	763	0.00	763
3.50	17.60	0.00	787	0.00	787
1.50	17.60	0.05	650	0.05	658
2.00	17.60	0.05	672	0.05	680
2.50	17.60	0.05	694	0.05	703
3.00	17.60	0.05	716	0.05	725
3.50	17.60	0.05	738	0.05	748
1.50	17.60	0.10	610	0.10	625
2.00	17.60	0.10	630	0.10	646
2.50	17.60	0.10	650	0.10	667
3.00	17.60	0.10	670	0.10	688
3.50	17.60	0.10	691	0.10	709
1.50	17.60	0.15	570	0.15	593
2.00	17.60	0.15	589	0.15	612
2.50	17.60	0.15	607	0.15	632
3.00	17.60	0.15	626	0.15	651
3.50	17.60	0.15	644	0.15	671
1.50	17.60	0.20	532	0.20	561
2.00	17.60	0.20	549	0.20	579
2.50	17.60	0.20	566	0.20	597
3.00	17.60	0.20	582	0.20	615
3.50	17.60	0.20	599	0.20	633



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ($\phi=\phi_u=0, c=c_u$) Διστρωματικό συνεκτικό έδαφος σε αστράγγιστες συνθήκες
 CASE: ($\phi=\phi_u=0, c=c_u$) two-layer cohesive soil, undrained conditions

ΕΡΓΟ-PROJECT:

ΚΤΙΡΙΟ ΙΚΑ ΣΤΟ ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L'/B'= 10$
 $min B' (m) = 2.0$
 $max B' (m) = 4.0$
 $min D (m) = 1.00$
 $h (m) = 2.10$
 $\gamma_o (kN/m^3) = 17.5$

Characteristic (or minimum) soil values :

$Cu_{k1} (kPa) = 50$
 $Cu_{k2} (kPa) = 20$

Factor of safety for design soil value :

$Cu_k/Cu_d = 1.00$

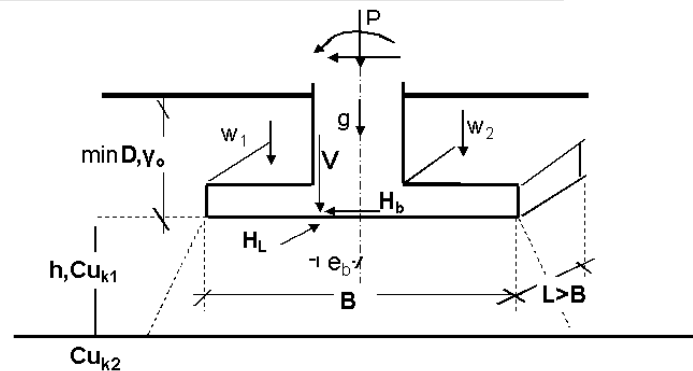
Case M1

Design soil value $Cu_{d1} (kPa) = 50$

Design soil value $Cu_{d2} (kPa) = 20$

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας - Proposed values of FOS

Case:	M1	M2
$Cu_k/Cu_d =$	1.00	1.40



Note: $B'=B-2e_b, L'=L-2e_L, V=P+g+w_1+w_2$

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

$$p_u = R_k(B'L') = s_c N_{mc} Cu_{d1} i_c + \gamma_o D \quad s_c N_c = (1 + 0.2(B'/L'))(\pi + 2) \quad i_c = 0.5 + 0.5(1 - H/(B'L'Cu_{d1}))^{0.5} \quad k = Cu_{d2}/Cu_{d1}, \quad \beta = B'L'/(2(B'+L')h)$$

$$k < 1: s_c N_{mc} = 1/\beta + k s_c N_c \quad (< s_c N_c) \quad k = 1: s_c N_{mc} = s_c N_c$$

$$k > 1: s_c N_{mc} = [k s_c N_c (s_c N_c + \beta - 1) / ((k+1)(s_c N_c)^{0.5} + (1+k\beta)s_c N_c + \beta - 1) / (((k+1)s_c N_c + k\beta - 1)((s_c N_c + \beta)s_c N_c + \beta - 1) - (k s_c N_c + \beta - 1)(s_c N_c + 1))] \quad (> s_c N_c)$$

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ($\varphi=\varphi_u=0, c=c_u$) Διστρωματικό συνεκτικό έδαφος σε αστράγγιστες συνθήκες
 CASE: ($\varphi=\varphi_u=0, c=c_u$) two-layer cohesive soil, undrained conditions

ΕΡΓΟ-PROJECT:

ΚΤΙΡΙΟ ΙΚΑ ΣΤΟ ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT :

$L'/B' = 10$
 $min B' (m) = 2.0$
 $max B' (m) = 4.0$
 $min D (m) = 1.00$
 $h (m) = 2.10$
 $\gamma_o (kN/m^3) = 17.5$

Characteristic (or minimum) soil values :

$Cu_{k1} (kPa) = 50$
 $Cu_{k2} (kPa) = 20$

Factor of safety for design soil value :

$Cu_k/Cu_d = 1.00$ Cas.

Design soil value $Cu_{d1} (kPa) = 50$

Design soil value $Cu_{d2} (kPa) = 20$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣ

$$p_u = R_k(B'L') = s_c N_{mc} Cu_{d1} i_c + \gamma_o D$$

$$\kappa < 1: s_c N_{mc} = 1/\beta + \kappa s_c N_c \quad (\kappa \leq s_c N_c) \quad \kappa = 1: s_c N_{mc} = s_c N_c$$

$$\kappa > 1: s_c N_{mc} = [\kappa s_c N_c (s_c N_c + \beta - 1) / ((\kappa + 1)(s_c N_c)^{0.5} + (1 + \kappa \beta) s_c N_c + \beta)]$$

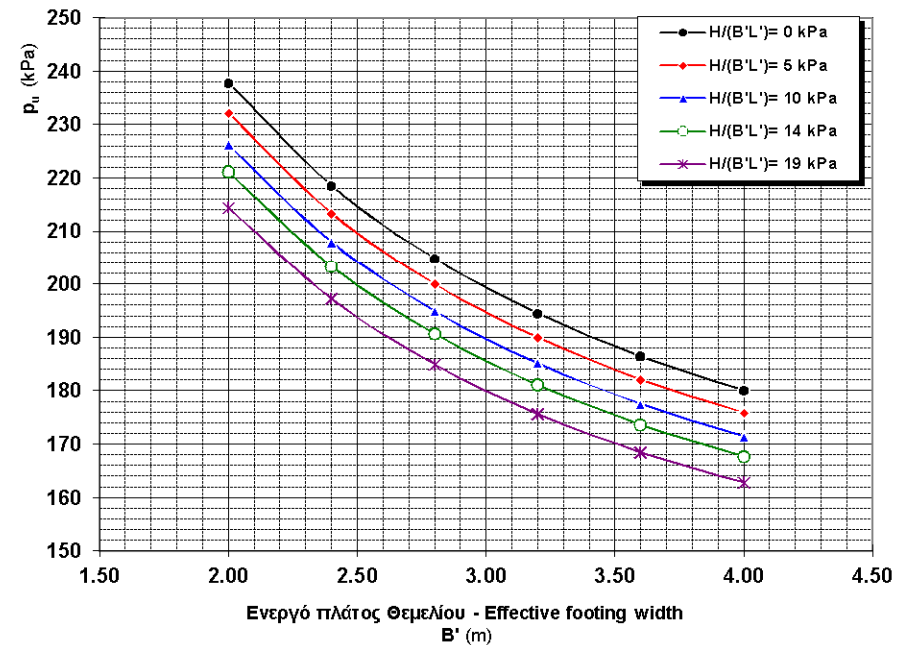


ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

$sN_c = 5.24$ $\kappa = 0.40$

$B' (m)$	$H/(B'L') \text{ kPa}$	$p_u (kPa)$
2.00	0	238
2.40	0	219
2.80	0	205
3.20	0	195
3.60	0	187
4.00	0	180
2.00	5	232
2.40	5	213
2.80	5	200
3.20	5	190
3.60	5	182
4.00	5	176
2.00	10	226
2.40	10	208
2.80	10	195
3.20	10	185
3.60	10	178
4.00	10	172
2.00	14	221
2.40	14	203
2.80	14	191
3.20	14	181
3.60	14	174
4.00	14	168
2.00	19	214
2.40	19	197
2.80	19	185
3.20	19	176
3.60	19	169
4.00	19	163

$H = \max\{H_b, H_d\}$ Επιτρεπόμενη-Allowable $\max H/(B'L') = 19 \text{ kPa}$



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ($\phi=\phi_u=0, c=C_u$) συνεκτικά εδάφη σε αστράγγιστες συνθήκες & εξυγιαντική στρώση

CASE: ($\phi=\phi_u=0, c=C_u$) cohesive soils, undrained conditions & base improvement

ΕΡΓΟ-PROJECT:

STORAGE AND DRYING SILO PLANT IN SVISHTOV – BULGARIA

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT:

$$L'/B' = 1$$

$$\min B' (m) = 1.5$$

$$\max B' (m) = 2.0$$

$$\min D (m) = 1.00$$

$$h (m) = 0.40$$

$$\gamma_o (kN/m^3) = 18.9$$

$$\gamma_\epsilon (kN/m^3) = 20.0$$

Characteristic (or minimum) soil value :

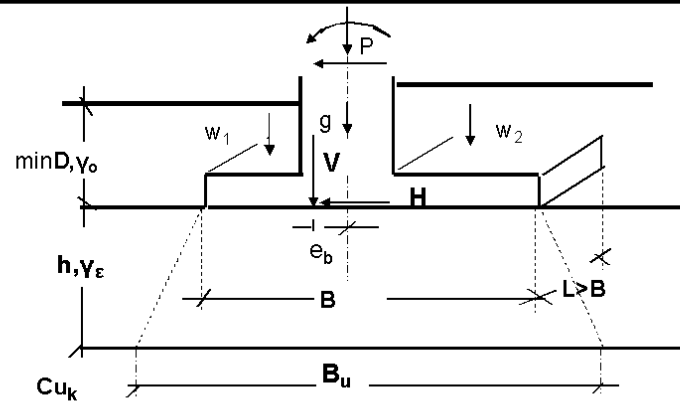
$$C_{u,k} (kPa) = 45$$

Factor of safety for design soil value :

$$C_{u,k}/C_{u,d} = 1.00$$

Case M1

Design soil value $C_{u,d}$ (kPa) = 45



Note: $B' = B - 2e_b$, $L' = L - 2e_L$, $V = P + g + w_1 + w_2$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ - CALCULATION PRINCIPLES : (EUROCODE 7)

$$p_u = R_k / (B'L') = [s_c N_c * C_{u,d} * i_c + \gamma_o (D+h) - \gamma_\epsilon h] * (B'_u L'_u) / (B'L'), s_c N_c = (1 + 0.2(B'_u/L'_u)) * (\pi + 2), i_c = 0.5 + 0.5 * (1 - H / (B'_u L'_u C_{u,d}))^{0.5}$$

$$B'_u = B' (1 + 2/3 (h/B')^2), L'_u = L' (1 + 2/3 (h/L')^2) \quad (J. Costet, G. Sanglerat)$$

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας :

Proposed values of factors of safety :

Case:	M1	M2
$C_{u,k}/C_{u,d}$	1.00	1.40

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ $R_{d,v}$ - DESIGN BEARING RESISTANCE $R_{d,v}$

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ($\varphi=\varphi_u=0, c=C_u$) συνεκτικά εδάφη σε αστράγγιστες συνθήκες & εξυγιαντική στρώση

CASE: ($\varphi=\varphi_u=0, c=C_u$) cohesive soils, undrained conditions & base improvement

ΕΡΓΟ-PROJECT:

STORAGE AND DRYING SILO PLANT IN SVISHTOV – BULGARIA

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT:

$$L'/B' = 1$$

$$\min B' (m) = 1.5$$

$$\max B' (m) = 2.0$$

$$\min D (m) = 1.00$$

$$h (m) = 0.40$$

$$\gamma_o (kN/m^3) = 18.9$$

$$\gamma_s (kN/m^3) = 20.0$$

Characteristic (or minimum) soil value :

$$C_{u,k} (kPa) = 45$$

Factor of safety for design soil value :

$$C_{u,k}/C_{u,d} = 1.00 \quad \text{Case M1}$$

$$\text{Design soil value } C_{u,d} (kPa) = 45$$

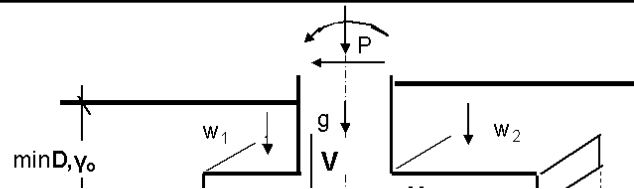
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩ

$$p_u = R_{k,v}(B'L') = [s_c N_c * C_{u,d} * i_c + \gamma_o(D+h) - \gamma_s h] * (B'_i$$

$$B'_i = B'(1 + 2/3(h/B')^2), L'_i = L'(1 + 2/3(h/L')^2) \quad (\text{J. Costet, G. San$$

Προτεινόμενες τιμές συντελεστών ασφαλείας :

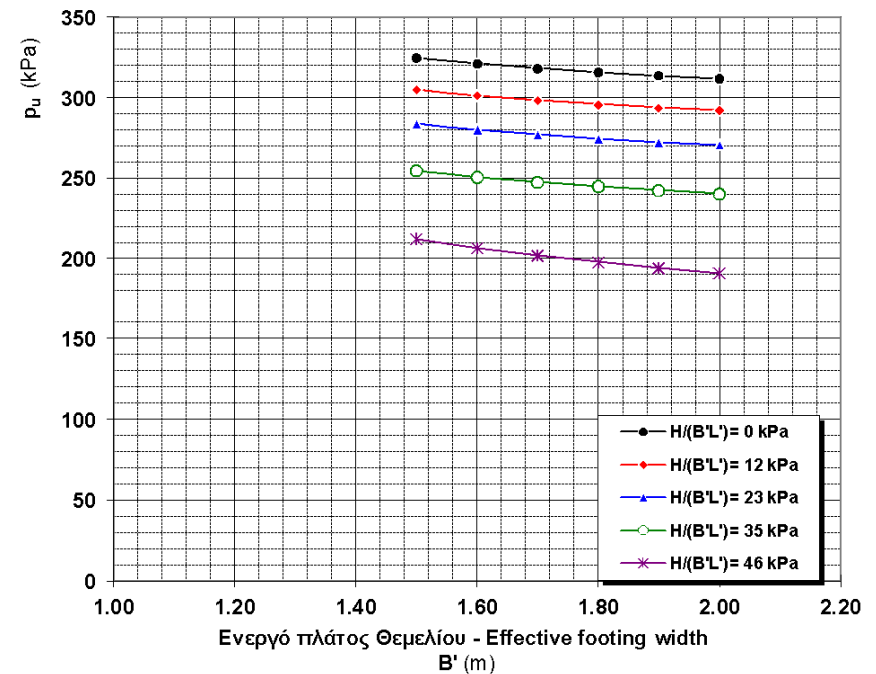
Proposed values of factors of safety :



ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ANALYTICAL CALCULATIONS

B' (m)	H/(B'L') kPa	p_u (kPa)
1.50	0	325
1.60	0	321
1.70	0	318
1.80	0	316
1.90	0	314
2.00	0	312
1.50	12	305
1.60	12	301
1.70	12	299
1.80	12	296
1.90	12	294
2.00	12	292
1.50	23	284
1.60	23	280
1.70	23	277
1.80	23	275
1.90	23	273
2.00	23	271
1.50	35	255
1.60	35	251
1.70	35	248
1.80	35	245
1.90	35	243
2.00	35	241
1.50	46	212
1.60	46	207
1.70	46	202
1.80	46	198
1.90	46	194
2.00	46	191

$H = \max\{H_b, H_L\}$ Επιτρεπόμενη-Allowable $\max H/(B'L') = 46 \text{ kPa}$



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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Έλεγχος σε ολίσθηση

$$H_d \leq R_d + R_{pd}$$

Όπου

H_d : η ολική οριζόντια δύναμη σχεδιασμού

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

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

$$R_d = V_d \tan \delta_d$$

Στραγγιζόμενες συνθήκες

$$R_d = A' c_u$$

Αστράγγιστες συνθήκες

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

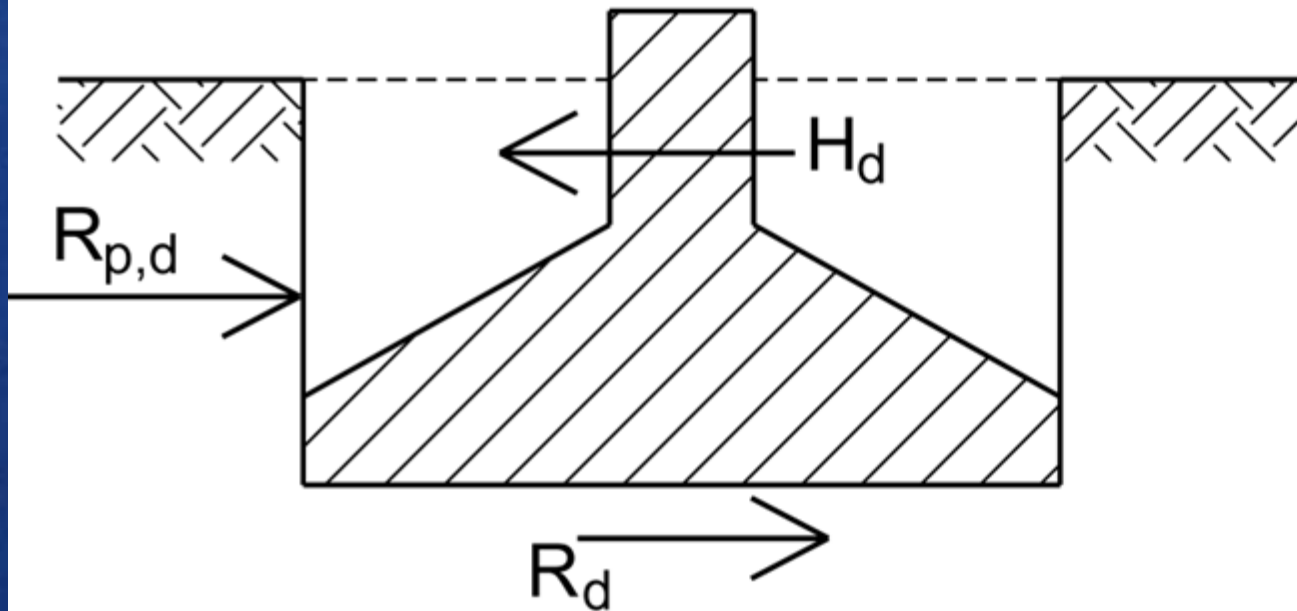
$$H_d \leq R_d + R_{p;d} \quad (1.27)$$

όπου:

H_d : οριζόντιο φορτίο σχεδιασμού,

R_d : αντίσταση σχεδιασμού στη βάση του πεδύλου,

$R_{p;d}$: αντίσταση σχεδιασμού λόγω ανάπτυξης πλευρικής αντίδρασης.



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Εφαρμογή μερικού συντελεστή είτε στη συνολική αντίσταση (γ_R) είτε στις εδαφικές παραμέτρους (γ_M) :

$$R_d = \frac{V_k \tan \delta}{\gamma_{R;H}} \quad \text{ή} \quad R_d = V_d \tan \delta_d = V_d \frac{\tan \delta_k}{\gamma_M} \quad (1.28)$$

όπου:

V_k : χαρακτηριστική τιμή κατακόρυφου φορτίου,

δ : γωνία τριβής κατά μήκος της διεπιφάνειας έδρασης,

$\gamma_{R;H}$: μερικός συντελεστής ασφάλειας έναντι ολίσθησης, βλ. Πίνακα 1.3.

$$R_d = \frac{A c_u}{\gamma_{R;H}} \quad \text{ή} \quad R_d = c_{u,d} B' L' = \frac{c_{u,k}}{\gamma_M} B' L' \quad (1.29)$$

όπου:

A : η επιφάνεια επαφής θεμελίου - εδάφους,

$$R_d \leq 0.4 V_k \quad (1.30)$$

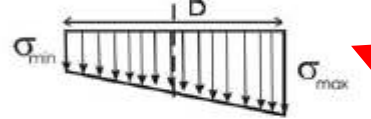
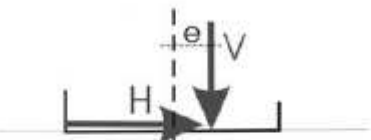
Οριακή Κατάσταση Σχεδιασμός έναντι θραύσης

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

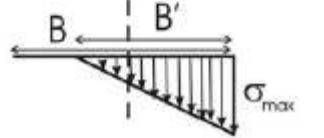
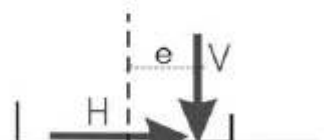
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Επιτρεπόμενη εκκεντρότητα

$$\left(\frac{e_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{e_L}{L}\right)^2 \leq \frac{1}{9} \quad (1.31)$$



$$0 \leq e \leq B/6$$



$$B/6 \leq e \leq B/2$$

Στην περίπτωση **μικρής εκκεντρότητας** ($0 \leq e \leq B/6$) οι ακραίες τάσεις για μονοαξονική εκκεντρότητα δίνονται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (1.32)$$

όπου:

σ_{\max} : η μέγιστη αναπτυσσόμενη τάση στην άκρη του πέδιλου,

σ_{\min} : η ελάχιστη αναπτυσσόμενη τάση στην άκρη του πέδιλου,

$\sum V$: η συνολική κατακόρυφη δύναμη,

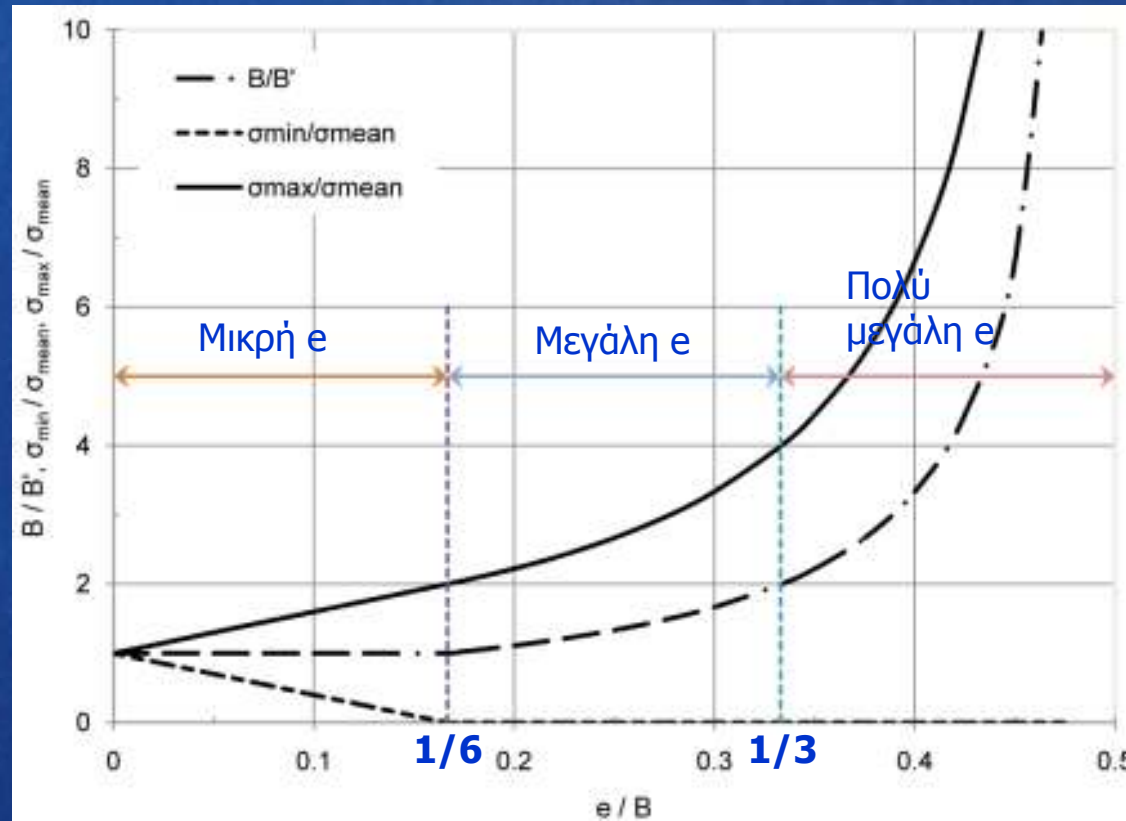
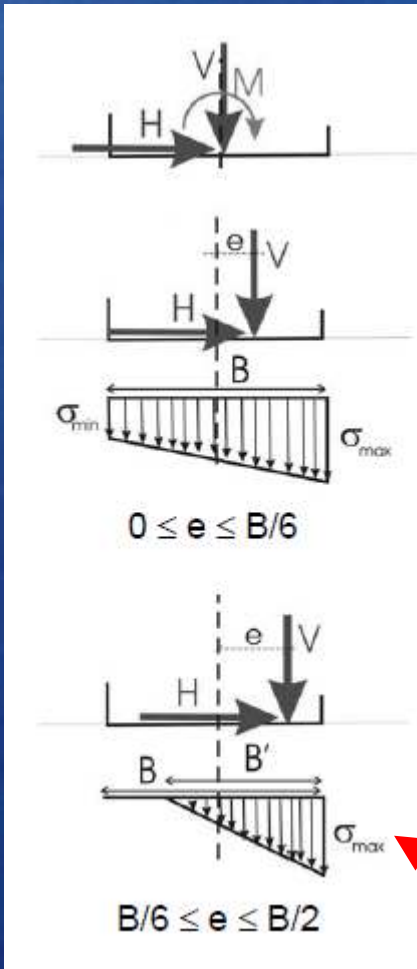
B : το πλάτος του πέλματος,

e : η εκκεντρότητα εφαρμογής της ολικής κατακόρυφης δύναμης.

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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Επιτρεπόμενη εκκεντρότητα



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

$$B' = 3 \left(\frac{B}{2} - e \right) \tag{1.33}$$

$$\sigma_{max} = 2 \sigma_{mean} \frac{B}{B'} \tag{1.34}$$

$$B/6 \leq e \leq B/2$$

Κατάσταση Λειτουργικότητας

Υπολογισμός Καθιζήσεων

Άμεσες (Θεωρία Ελαστικότητα Παραδοχές)
Στερεοποίηση (Σύζευξη Υδραυλικών – Μηχανικών
Εξισώσεων)

Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης

Κατάσταση Λειτουργικότητας

Υπολογισμός Καθιζήσεων

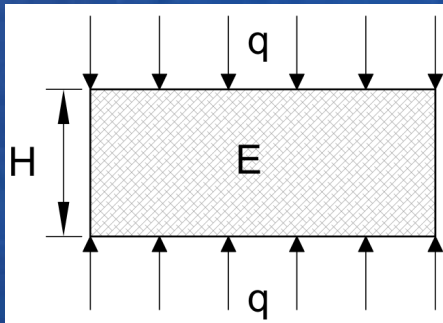
Άμεσες (Θεωρία Ελαστικότητα Παραδοχές)

Στερεοποίηση (Σύζευξη Υδραυλικών – Μηχανικών Εξισώσεων)

Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης

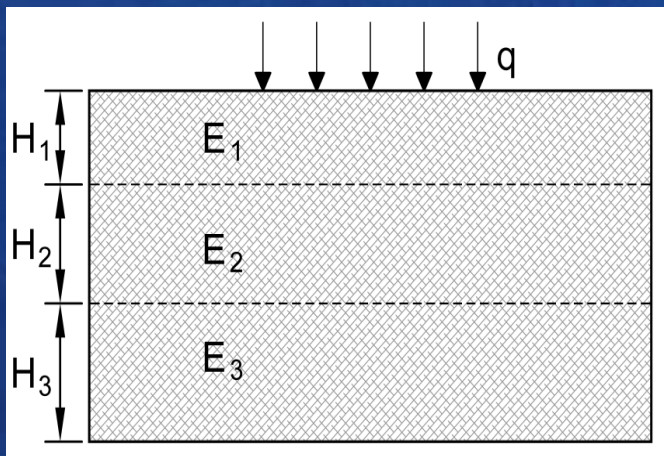
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Άμεσων Καθιζήσεων



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

Μονοδιάστατο πρόβλημα



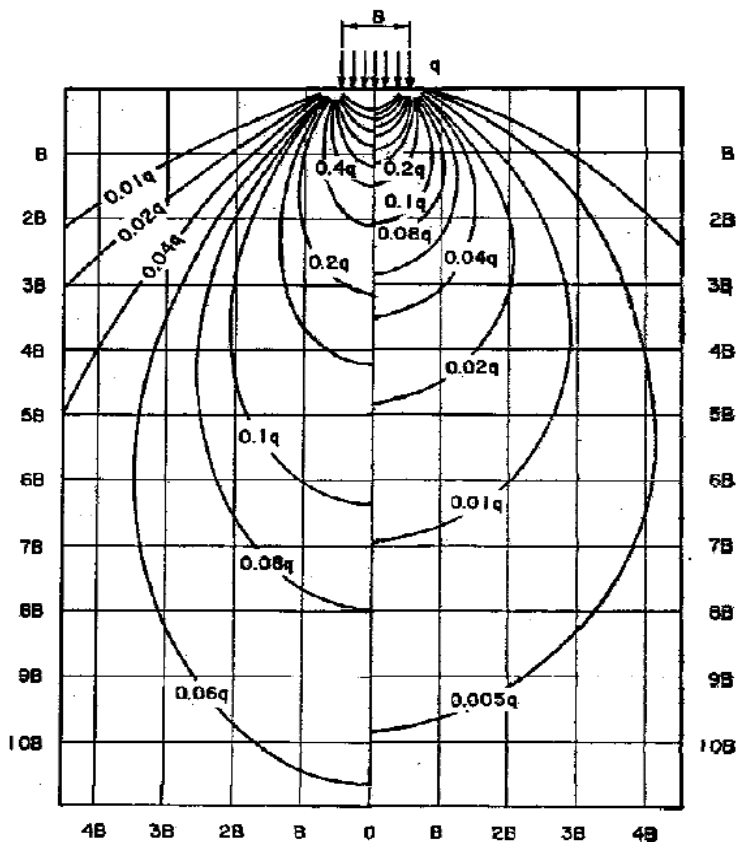
$$\Delta h = S = \sum_{i=1}^n \frac{H_i \Delta \sigma_i}{E_{si}} = q \sum_{i=1}^n \frac{H_i I_{zi}}{E_{si}}$$

Διδιάστατο πρόβλημα

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

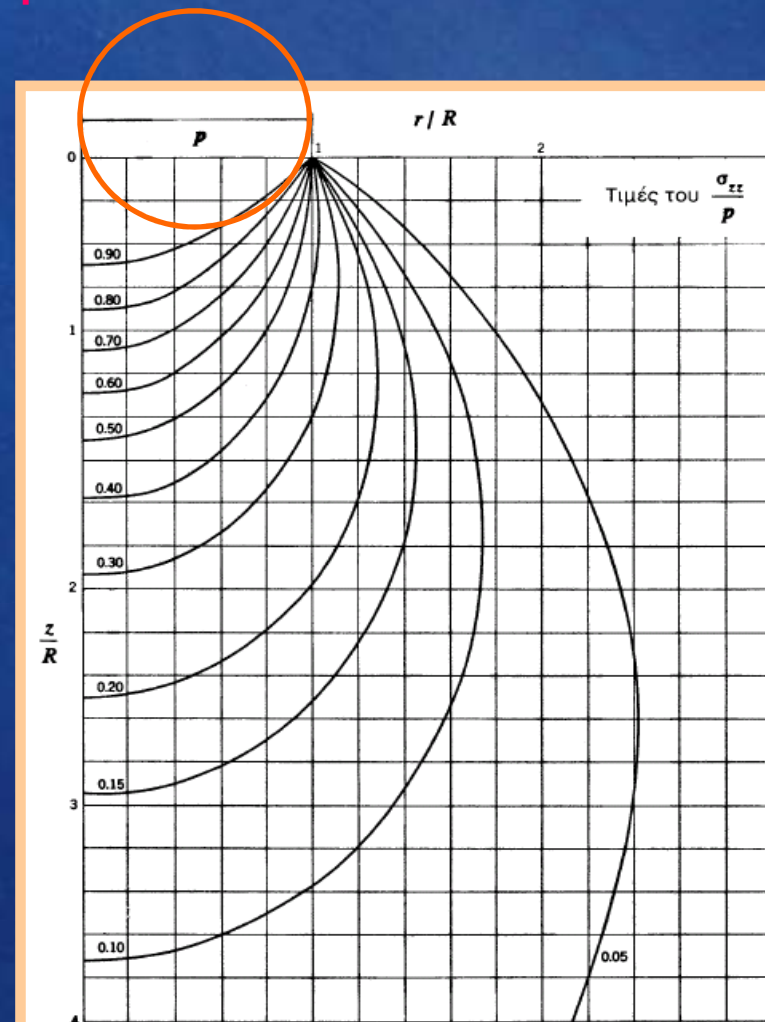
Κατανομή τάσεων

Ισχύει για ελαστικό ισότροπο ημίχωρο



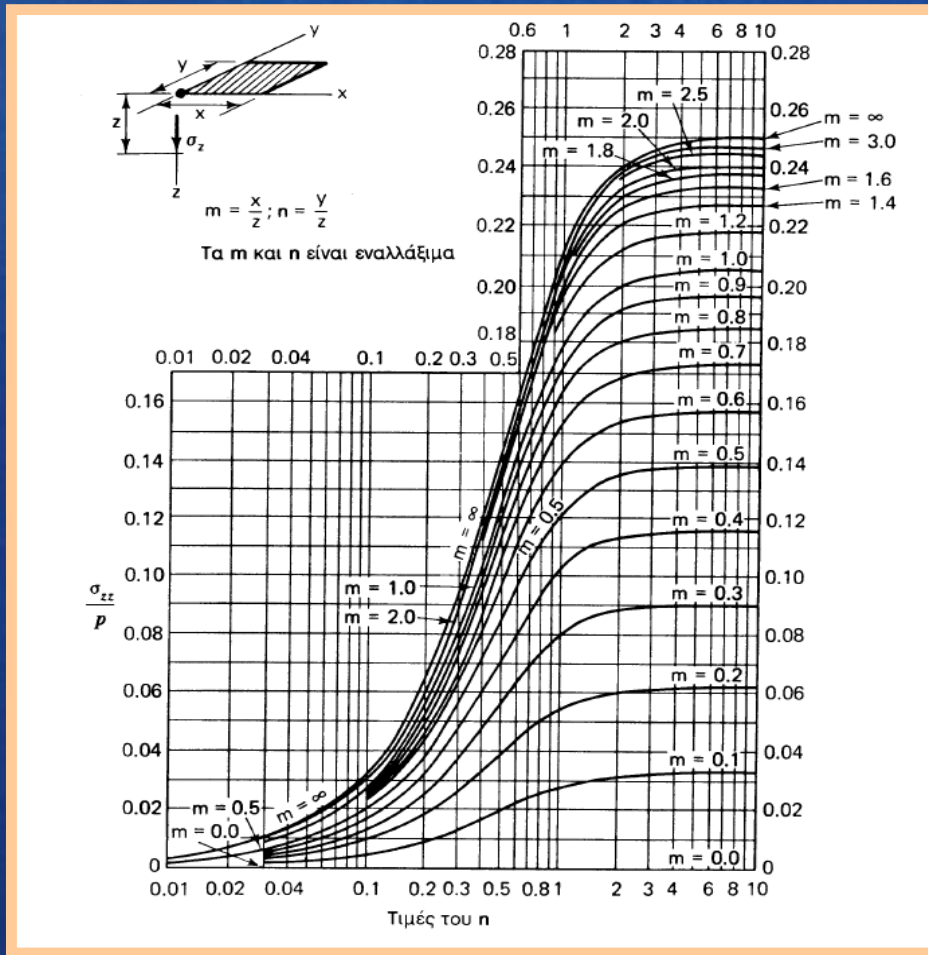
a. INFINITELY LONG

b. SQUARE

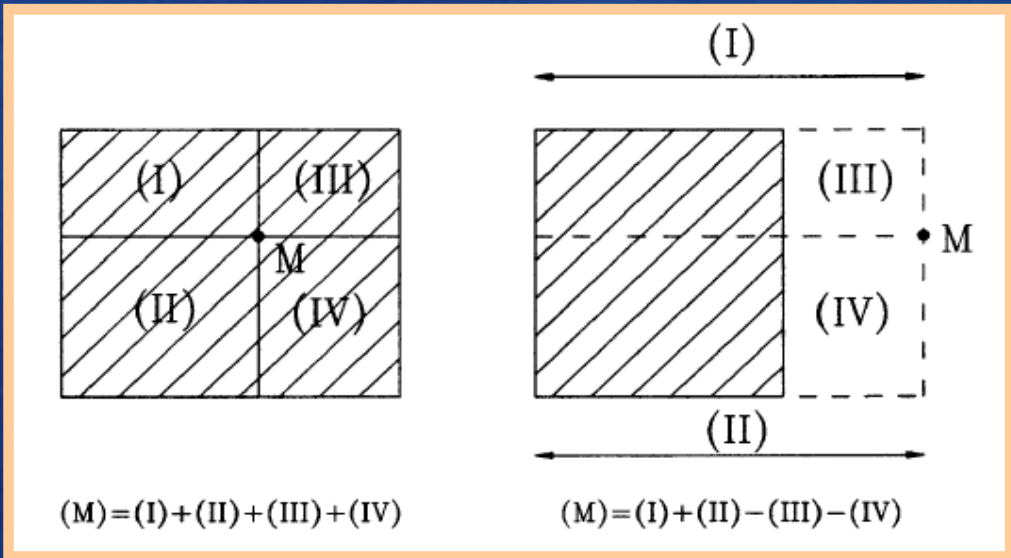


Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Κατανομή τάσεων



Ισχύει για ελαστικό ισότροπο ημίχωρο

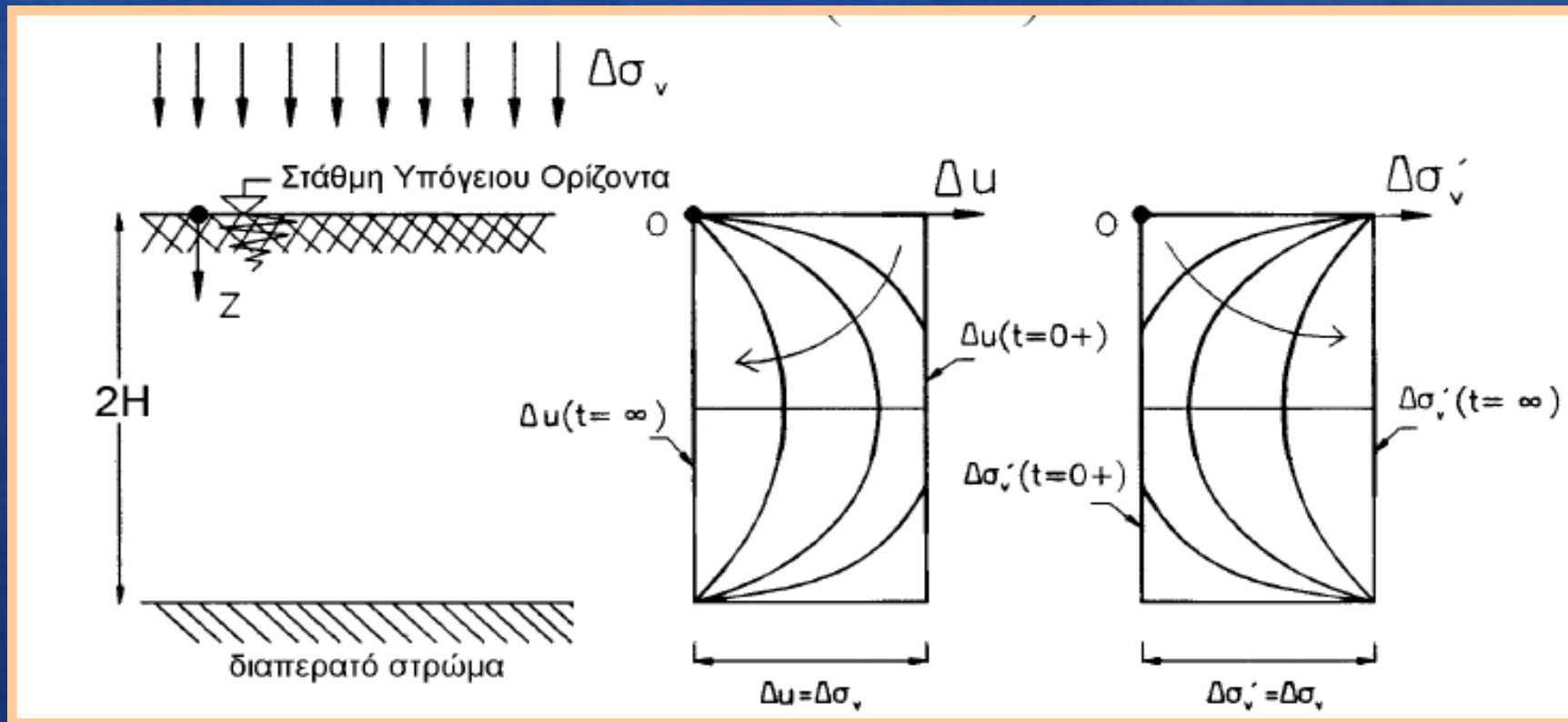


Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

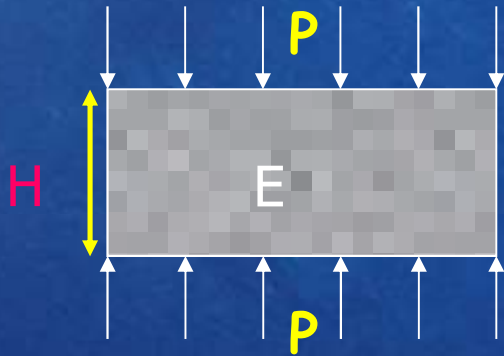
Μονοδιάστατη στερεοποίηση



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

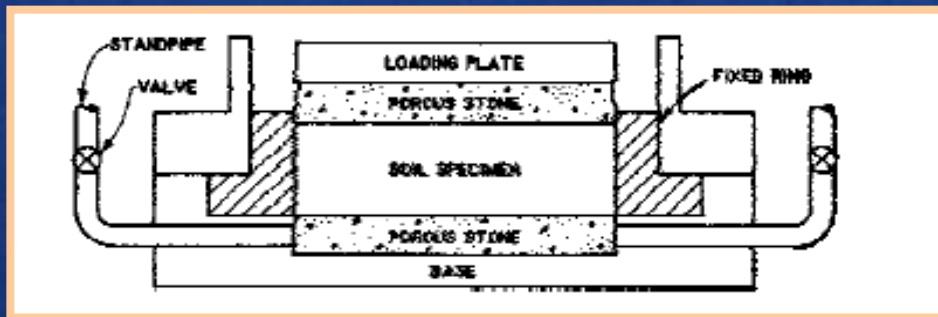
Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου



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

Μονοδιάστατο πρόβλημα

Τριδιάστατο πρόβλημα με παρεμποδιζόμενες οριακές συνθήκες



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

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

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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

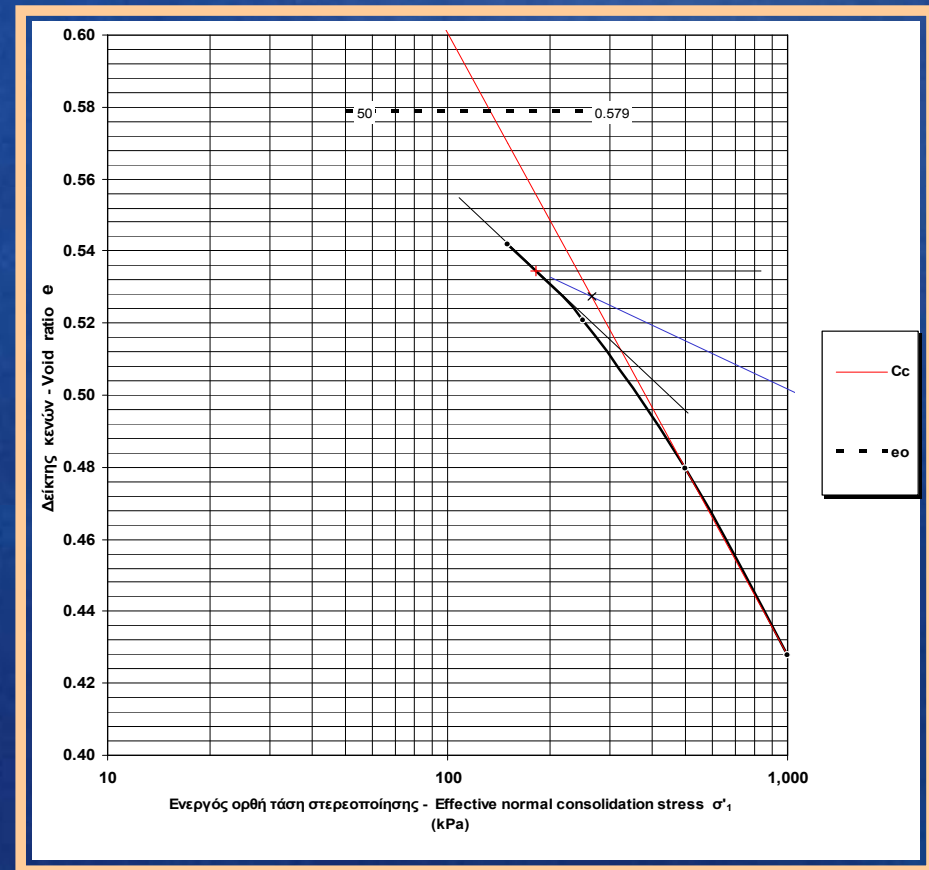
$$\varepsilon_{\text{vol}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{H}$$

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

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

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

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



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

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση
Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Μεταβολή πίεσης πόρων και τάσεων συναρτήσει του χρόνου

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

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

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

$$U = \sqrt[6]{\frac{T_v^3}{T_v^3 + 0.5}} \quad (U = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} ; U < 0.50)$$

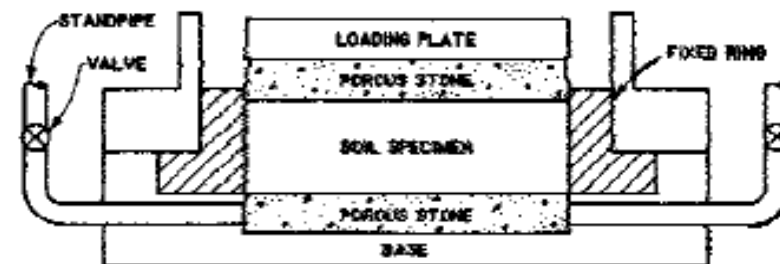
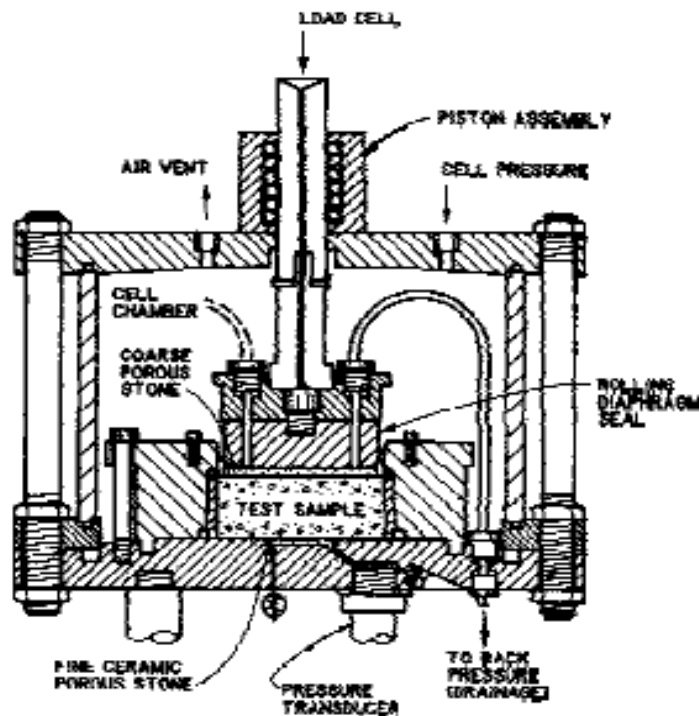
$$T_v = \frac{c_v}{h^2} t$$

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

Οι τιμές των t_{50} , C_c , C_r , σ_c
υπολογίζονται από τη δοκιμή οιδημέτρου

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

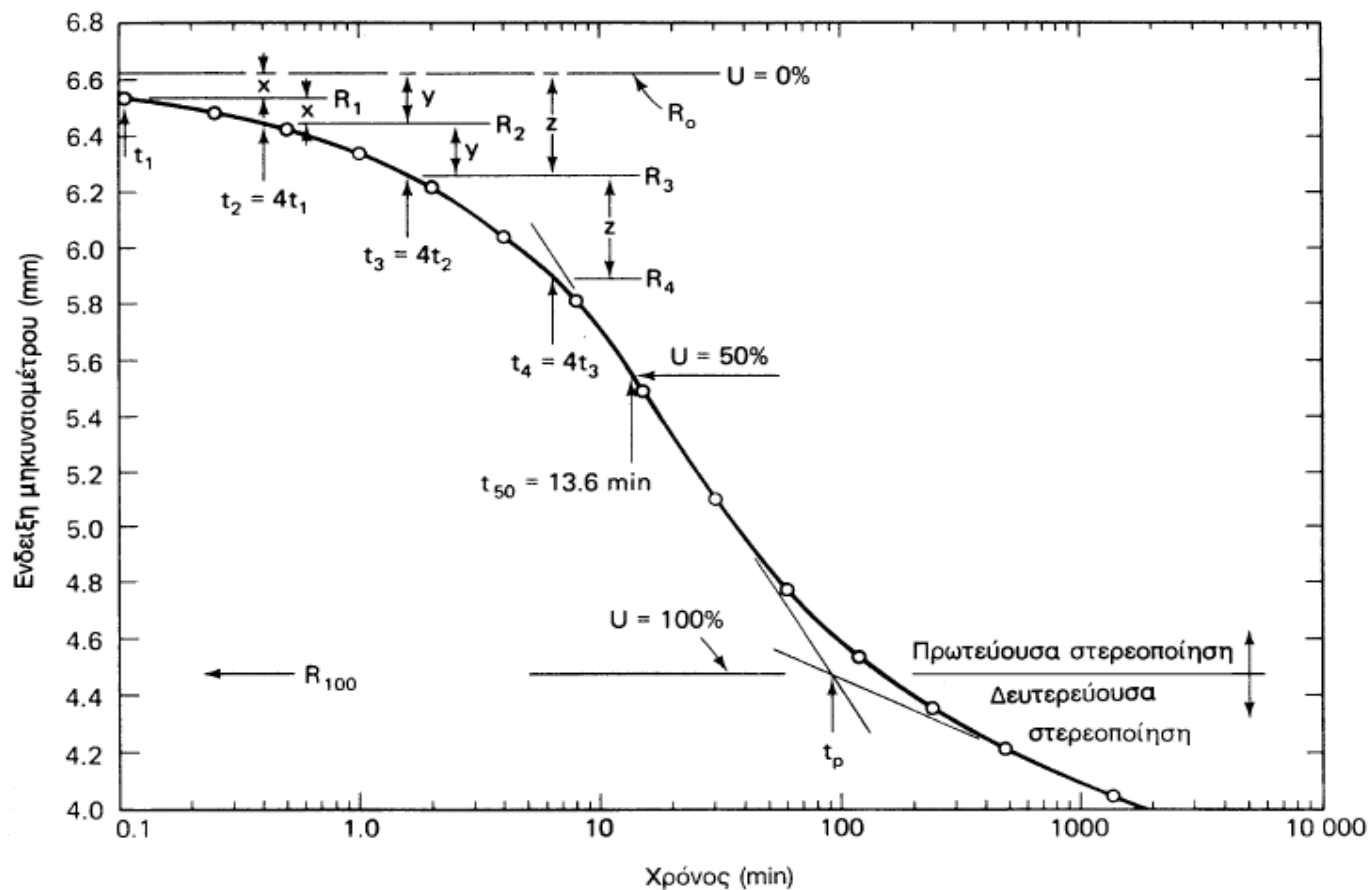
Συσκευή Οιδημέτρου



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

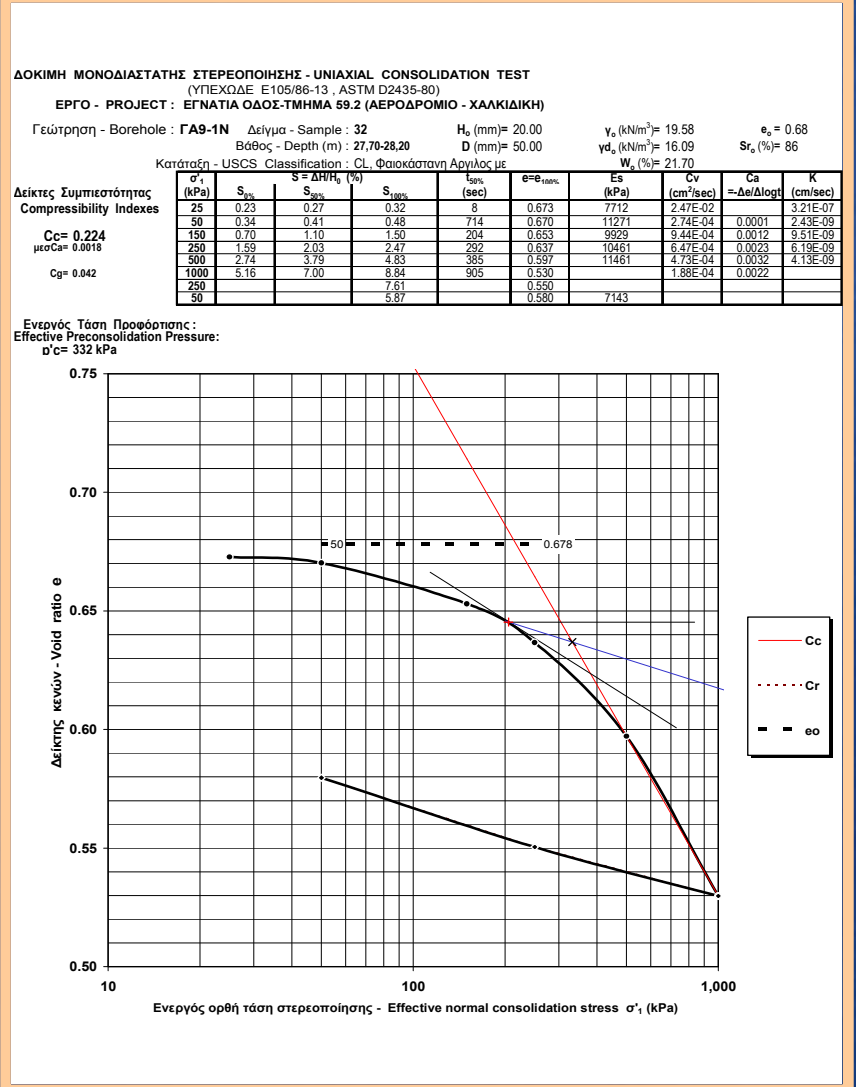
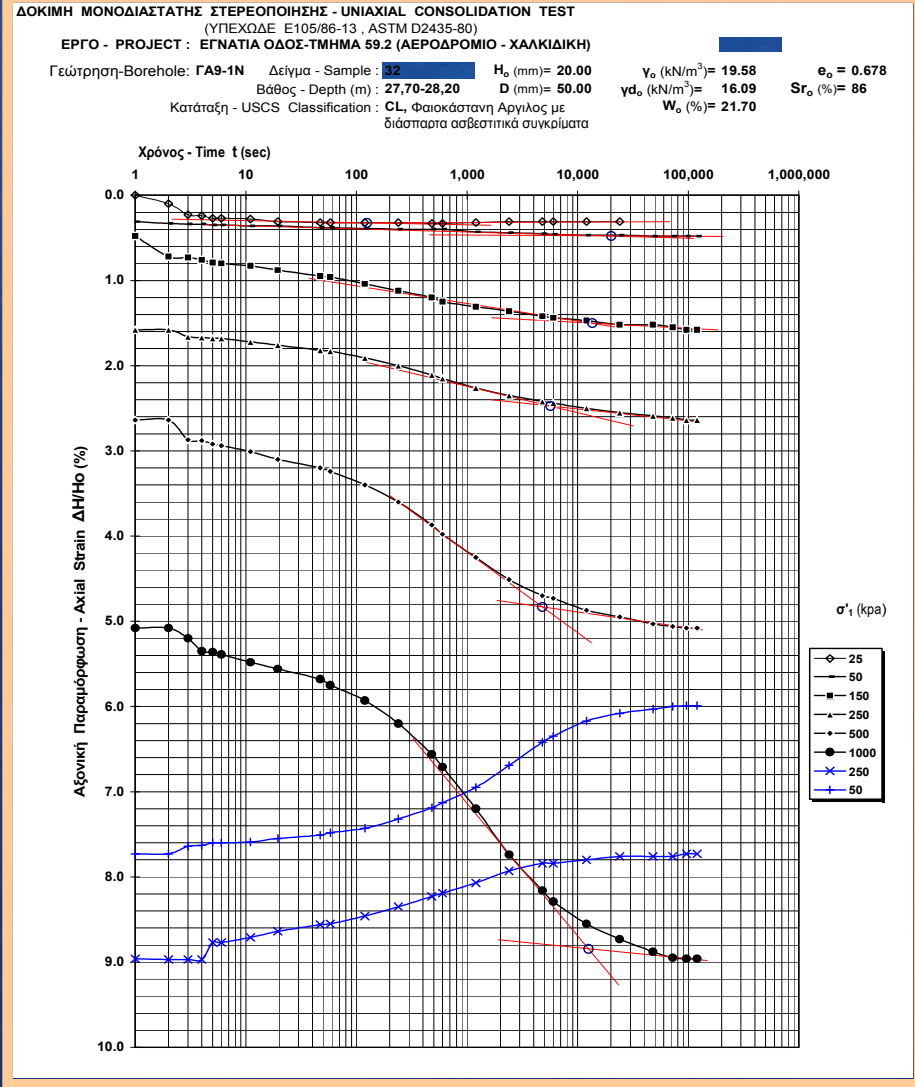
Προσδιορισμός t_0 , t_{100} και t_{50}



Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Προσδιορισμός t_0 , t_{100} και t_{50} , C_c , C_r , σ_p



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

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Προσδιορισμός c_v , E_s

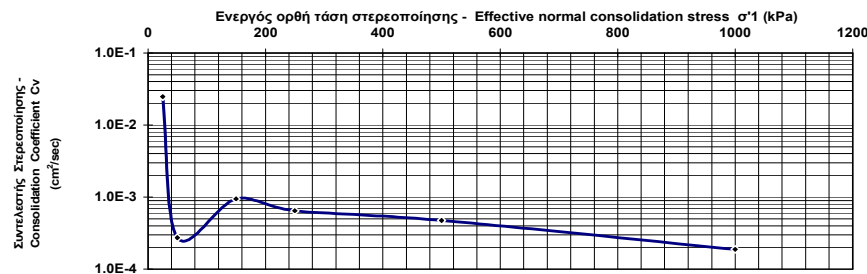
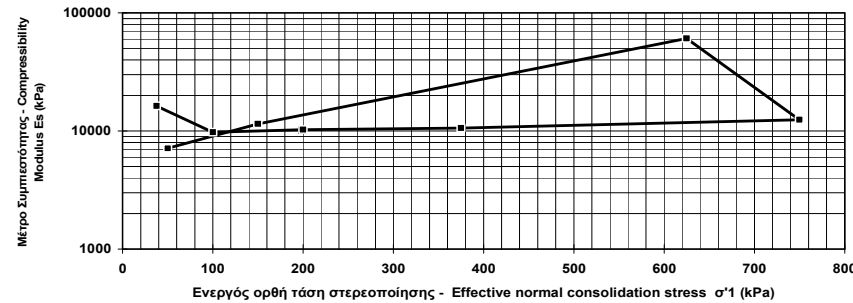
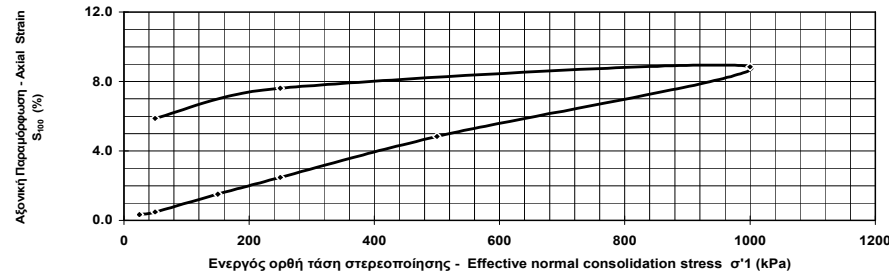
ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ - UNIAXIAL CONSOLIDATION TEST

(ΥΠΕΧΩΔΕ Ε105/86-13, ASTM D2435-80)

ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ - UNIAXIAL CONSOLIDATION TEST (ΥΠΕΧΩΔΕ Ε105/86-13, ASTM D2435-80)

ΕΡΓΟ - PROJECT : ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ-ΤΜΗΜΑ 59.2 (ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ - ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)

Γεώτρηση - Borehole : ΓΑ9-1N Δείγμα - Sample : 32 H_s (mm)= 20.00 γ_s (kN/m³)= 19.58 e_o = 0.68
 Βάθος - Depth (m) : 27.70-28.20 D (mm)= 50.00 γ_d (kN/m³)= 16.09 Sr_o (%)= 86
 Κατάταξη - USCS Classification : CL, Φαικόαστανη Αργίλος με W_o (%)= 21.70



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

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

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

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

$$U = \sqrt[6]{\frac{T_v^3}{T_v^3 + 0.5}} \quad (U = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} ; U < 0.50)$$

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

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

Μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του οιδημέτρου υπολογίζεται αρχικά η S_{fin} , στη συνέχεια ο C_v , ο T_v για συγκεκριμένο χρόνο t , ο βαθμός στερεοποίησης U και τέλος η καθίζηση $S(t)$ για το δεδομένο χρόνο t .

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

Υπολογισμός Καθιζήσεων από Στερεοποίηση

Αυτόματος
Υπολογισμός με
χρήση λογισμικού
φύλλου

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΘΙΖΗΣΩΝ

x(m)= 1.3 y(m)= 0.5 Στρώσεις: 11
ze(m)= -2.5 Στάθμη νερού W(m)= -50.0

Στρώση	z _b (m)	z _t (m)	Δσ _t (kPa)	σ' ₁₀ (kPa)	p' _{εθ} (kPa)	σ' _{1ε} (kPa)	γ(kN/m ³)	e ₀	C _c	Cr	Es (MPa)	Eu (MPa)	C _v (m ² /month)	C _α = -Δe/Δlogt	Άμεσες Καθιζήσ. S ₀ (cm)	Καθιζήσ. από Στερ. S _c (cm)	S ₀ +S _c (cm)
1	-4.0	-3.3	246	15	121	261	19.6	0.750	0.181	0.030			0.220	0.007	0.0	7.1	7.1
2	-6.0	-5.0	139	50	121	189	20.2	0.647	0.181	0.030			0.220	0.007	0.0	5.6	5.6
3	-8.5	-7.3	85	95	194	180	20.3	0.631	0.158	0.026			0.098	0.006	0.0	1.1	1.1
4	-11.0	-9.8	55	146	194	201	20.3	0.631	0.158	0.026			0.098	0.006	0.0	0.9	0.9
5	-13.0	-12.0	39	192	194	231	20.3	0.631	0.158	0.026			0.098	0.006	0.0	1.5	1.5
6	-15.0	-14.0	30	232	304	263	20.5	0.600	0.113	0.019			0.143	0.005	0.0	0.1	0.1
7	-17.0	-16.0	24	273	304	297	20.5	0.600	0.113	0.019			0.143	0.005	0.0	0.1	0.1
8	-19.0	-18.0	19	314	333	333	20.5	0.600	0.113	0.019			0.143	0.005	0.0	0.1	0.1
9	-22.0	-20.5	15	368	400	383	22.0	0.400			40.0				0.0	0.1	0.1
10	-26.0	-24.0	11	442	453	453	20.5	0.600	0.113	0.019			0.143	0.005	0.0	0.0	0.0
11	-30.0	-28.0	8	524	532	532	20.5	0.600	0.113	0.019			0.143	0.005	0.0	0.0	0.0
															0.0	16.6	16.6

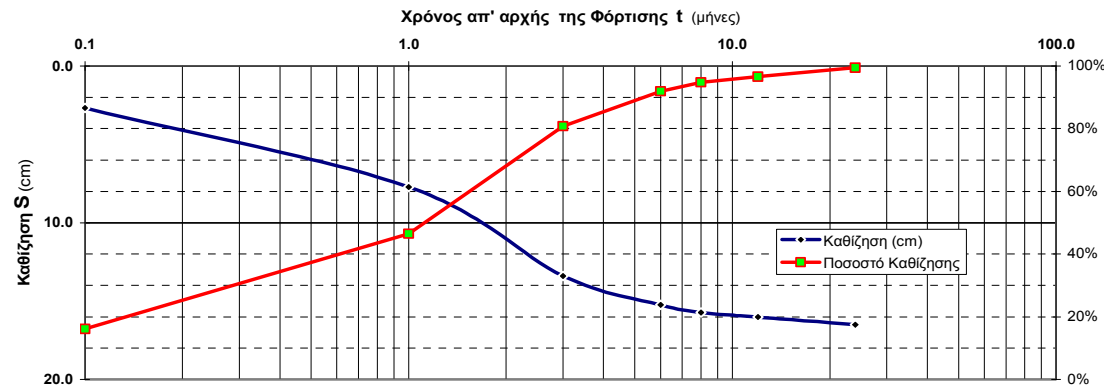
Χρονική εξέλιξη καθιζήσεων S=S₀+S_c(t)+S_s(t-t_c)
(t σε μήνες, S σε cm)

Βαθμός στερεοποίησης U
(t σε μήνες)

Στρώση	H _i (m)	h (m)	t _{c(U=98%)} (month)	Χρονική εξέλιξη καθιζήσεων S (cm)								Βαθμός στερεοποίησης U (%)							
				t=0.1	t=1	t=3	t=6	t=8	t=12	t=24	t=0.1	t=1	t=3	t=6	t=8	t=12	t=24		
1	1.5	0.8	4	1.6	4.9	6.8	7.1	7.1	7.1	7.1	22%	69%	96%	100%	100%	100%	100%		
2	2.0	1.0	7	0.6	1.5	4.4	5.3	5.6	5.6	5.6	17%	52%	85%	97%	100%	100%	100%		
3	2.5	1.3	25	0.1	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	9%	28%	49%	68%	77%	88%	98%		
4	2.5	1.3	25	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	9%	28%	49%	68%	77%	88%	98%		
5	2.0	1.0	16	0.1	0.5	0.9	1.2	1.3	1.4	1.5	11%	35%	60%	81%	89%	96%	100%		
6	2.0	1.0	11	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	13%	42%	72%	91%	95%	100%	100%		
7	2.0	1.0	11	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	13%	42%	72%	91%	95%	100%	100%		
8	2.0	1.0	11	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	13%	42%	72%	91%	95%	100%	100%		
9	3.0	1.5		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
10	4.0	2.0	44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7%	21%	37%	52%	60%	72%	91%		
11	4.0	2.0	44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7%	21%	37%	52%	60%	72%	91%		

Καθίζηση απ' αρχής S(cm)= 2.7 7.7 13.4 15.2 15.7 16.0 16.5
 Απομένουσα καθίζηση Sf-S= 13.9 8.9 3.2 1.3 0.9 0.6 0.1
 S/Sf= 16% 47% 81% 92% 95% 97% 99%

S_{fin}= 16.6



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

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

Αριθμητικές Μέθοδοι Κατάσταση Λειτουργικότητας

🏗️ Χρήση Αριθμητικών Μεθόδων

Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων – Πεπερασμένων Διαφορών
Παραδοχές – Προσομοίωση – Καταστατικοί Νόμοι

🏗️ Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης

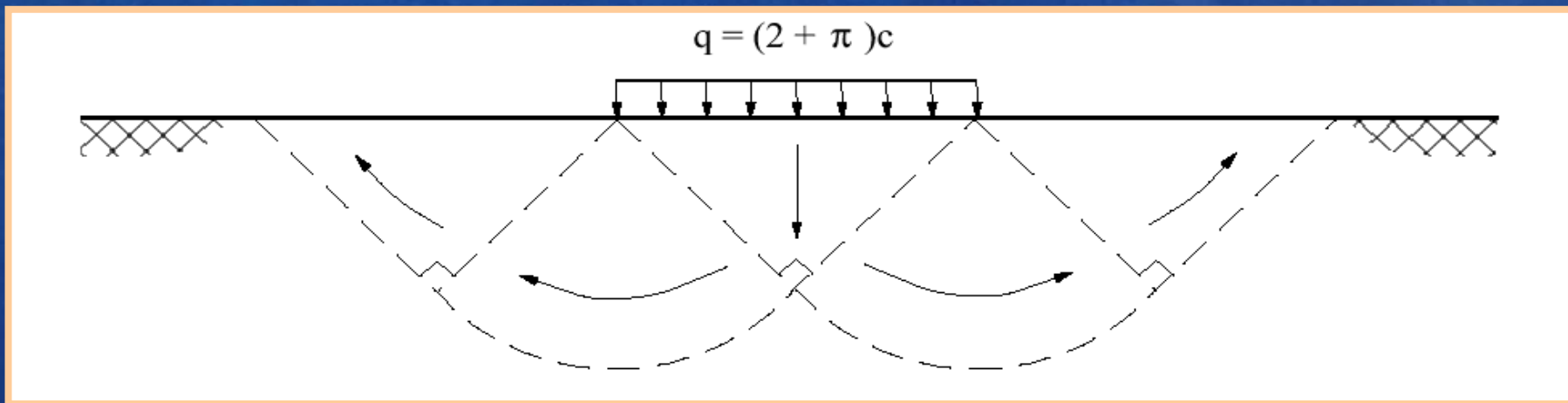
Απλοποιημένη προσομοίωση εδάφους – κατασκευών

🏗️ Υπολογισμός Εντατικού και Κινηματικού Πεδίου

Σημαντικές πληροφορίες για την απόκριση ευπαθών
εδαφών, πληροφορίες σε ειδικές θέσεις

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις

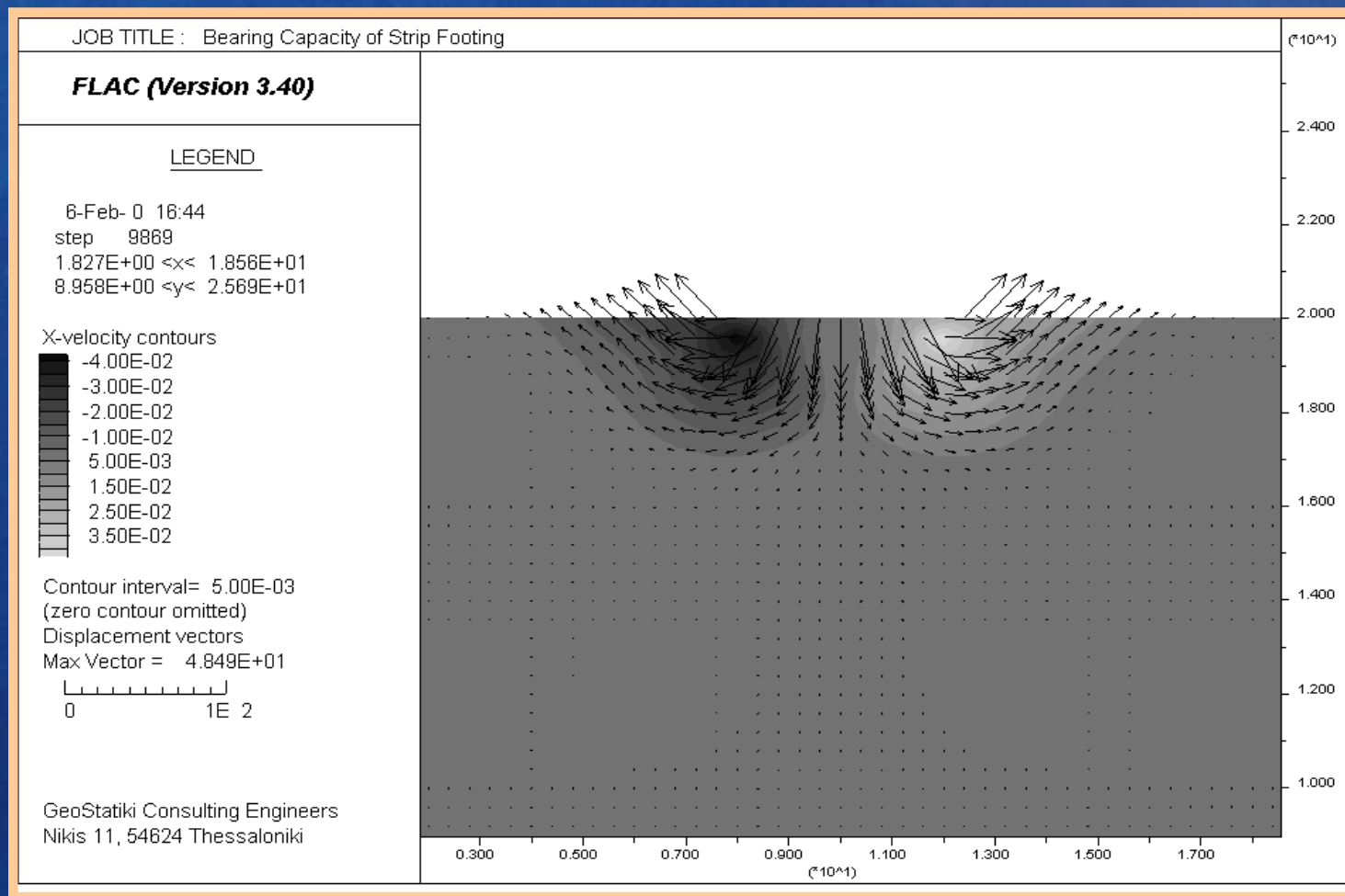
Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



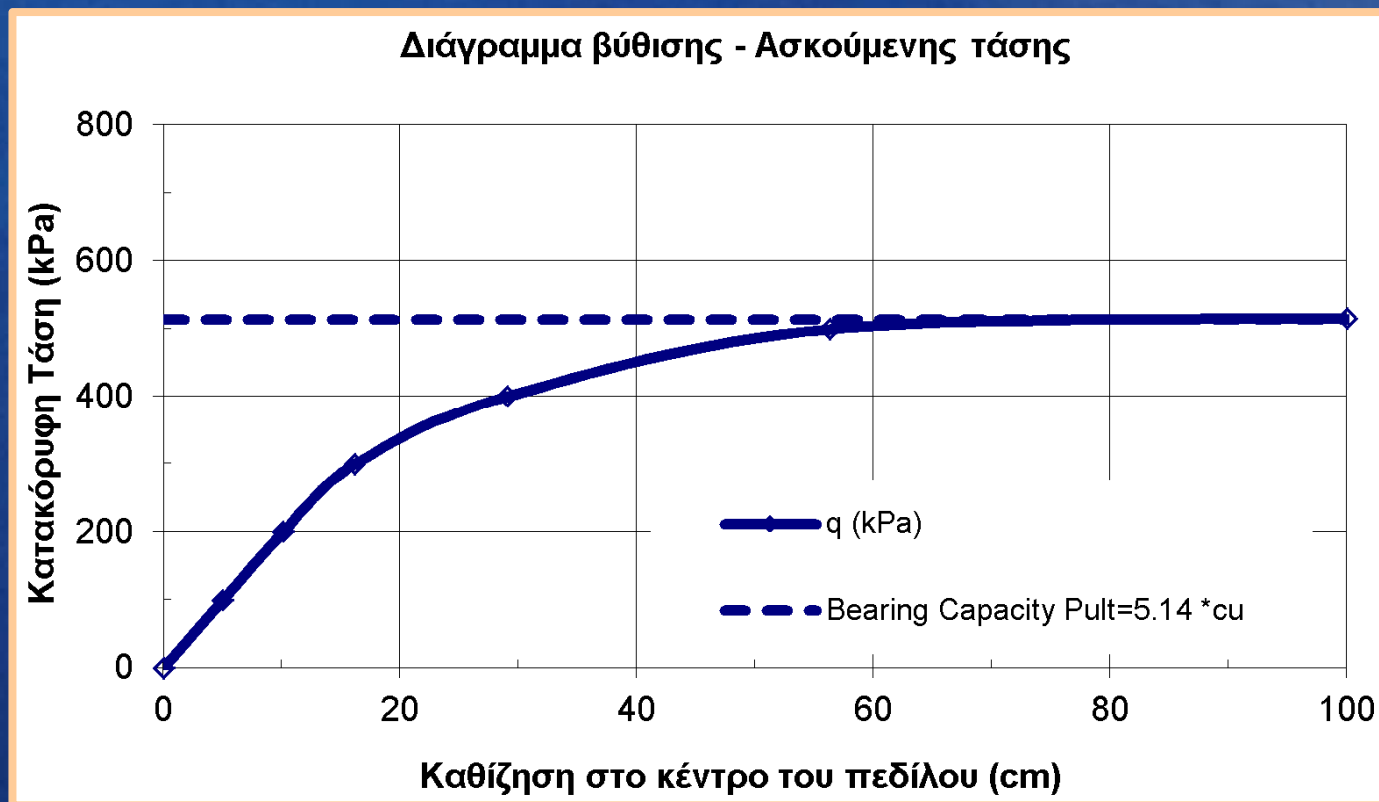
$B = 4.0 \text{ m}$
 $c_u = 100 \text{ kPa}$
 $q = 100 \text{ kPa}$
 $E_s = 15 \text{ MPa}$

$$R_k/A = 5.14c_u$$
$$\Delta h = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i \cdot H_i}{E_{si}}, \Delta \sigma = q \cdot I_{zi}$$

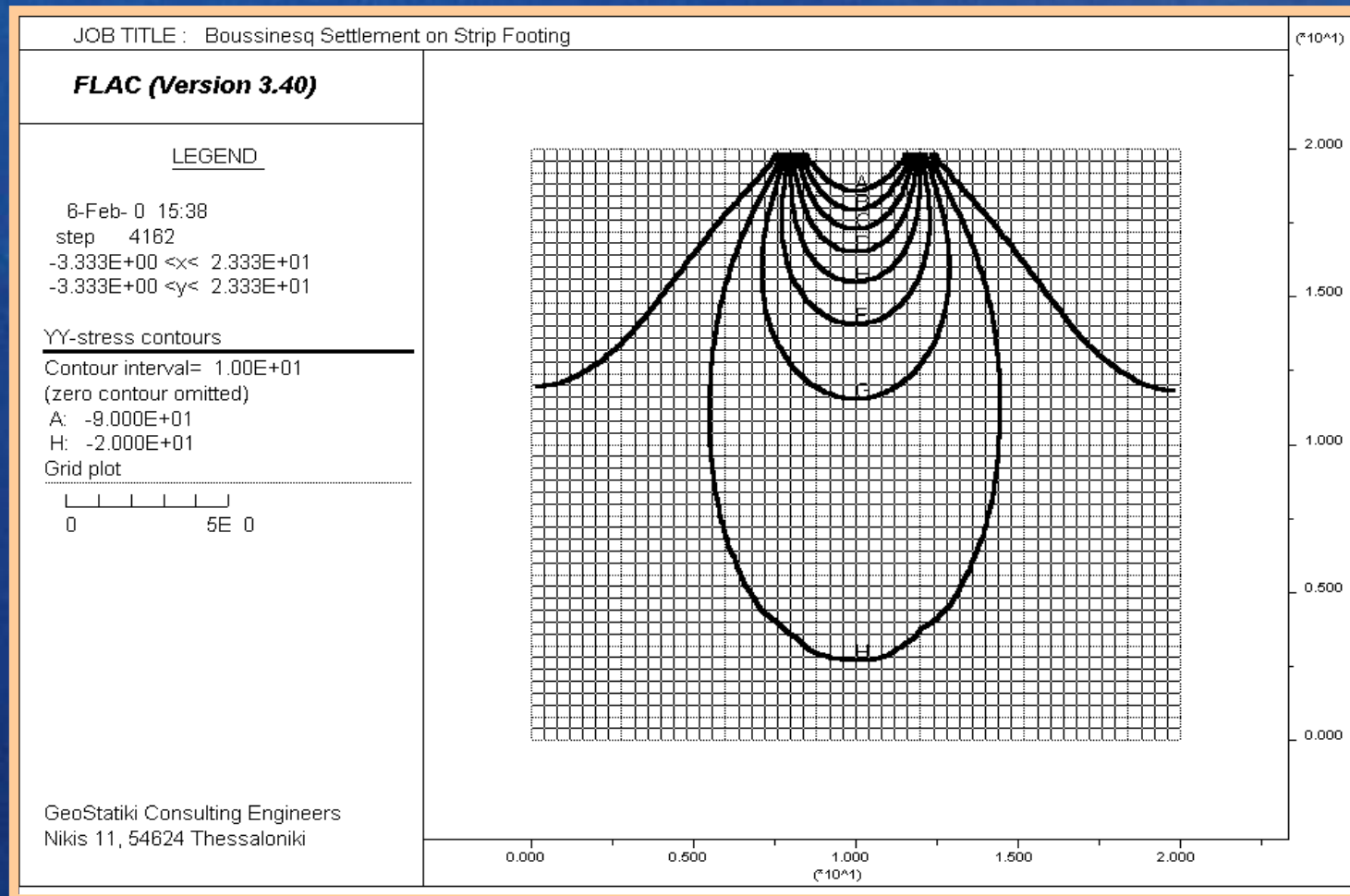
Απόκριση Πεδίλου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Απόκριση Πεδίου Μηχανισμός Θραύσης σε Οριακή Κατάσταση



Διαστασιολόγηση

🏗️ Κανονισμοί

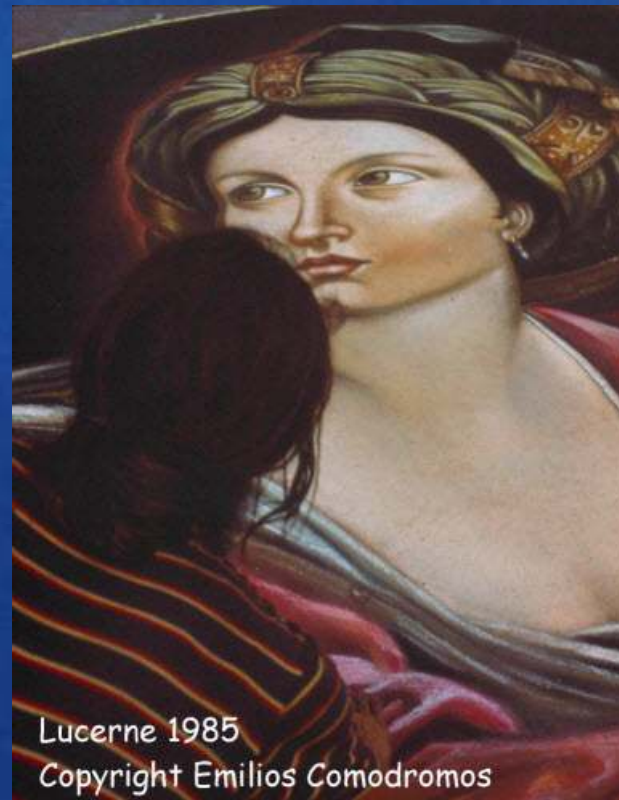
Δράσεις
Συνδυασμοί Φορτίσεων
Ευρωκώδικας 7

🏗️ Αντισεισμικός Σχεδιασμός ΕΑΚ, Ευρωκώδικας 8

🏗️ Ικανοτικός Σχεδιασμός

🏗️ Διαστασιολόγηση

Θεμελιώσεις - Αντιστηρίξεις | Επιφανειακές Θεμελιώσεις



Τέλος