

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
- ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

# Φέρουσα ικανότητα εδάφους (Dunn et al., 1980, Budhu, 1999)

- (Τελική) φέρουσα ικανότητα -  $q$ , ονομάζεται το φορτίο, ανά μονάδα επιφανείας εδάφους, που θα προκαλέσει θραύση του εδάφους θεμελίωσης.
- Επιτρεπόμενη τάση -  $q_s$  (φέρουσα ικανότητα ασφαλείας,  $q_s=q/F$ ), ονομάζεται το μέγιστο φορτίο, ανά μονάδα επιφανείας εδάφους, που εφαρμόζεται μέσω των πεδίων θεμελίωσης, χωρίς να προκληθούν απαράδεκτες παραμορφώσεις, ρηγματώσεις ή και θραύση της ανωδομής.
- Ωφέλιμο φορτίο, ονομάζεται το ολικό φορτίο που μπορεί να μεταφέρει το σύνολο της θεμελίωσης, χωρίς να προκληθούν καθιζήσεις.

# Θραύση του εδάφους (1)

- Χαλαρά εδάφη:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} = \tan \phi$$

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \tan^2 \left( 45^\circ \pm \frac{\phi}{2} \right)$$

-: ενεργή ώθηση (πίεση) του εδάφους  
+: παθητική ώθηση (αντίσταση) του εδάφους

- Συνεκτικά εδάφη (συνοχή - c):

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 2 \tan \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + c \tan \phi \right)$$

- Η γωνία μεταξύ  $\sigma_1$  και  $\sigma_n$  ισούται με  $\beta = 45 + \phi/2$

# Θραύση του εδάφους (2)

**Αντιπροσωπευτικοί συντελεστές ασφάλειας για αργίλους ανάλογα με τις διαστάσεις του θεμελίου**

1/m <sub>v</sub> c *	200	100	50	25
Επιτρεπόμενη καθίζηση (cm)	2.5 - 7.5 - 15	2.5 - 7.5 - 15	2.5 - 7.5 - 15	2.5 - 7.5 - 15
Τύπος εδάφους	Υπερ-στερεοποιημένο		Κανονικά στερεοποιημένο	
Πλάτος πέλδου (m)				
1,5	3 - 3 - 3	3 - 3 - 3	6 - 3 - 3	12 - 4 - 3
3,0	3 - 3 - 3	6 - 3 - 3	12 - 4 - 3	24 - 8 - 4
6,0	6 - 3 - 3	12 - 4 - 3	24 - 8 - 4	48 - 16 - 8
12,0	12 - 4 - 3	24 - 8 - 4	48 - 16 - 8	96 - 32 - 16

\* m<sub>v</sub>: συντελεστής μεταβολής όγκου, c: συνοχή

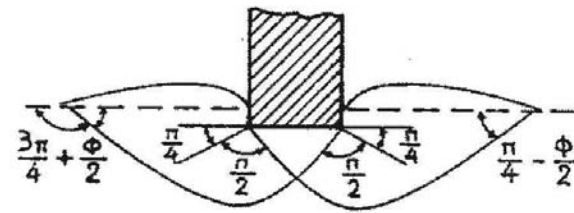
**Επιτρεπόμενη τάση για αντιπροσωπευτικούς τύπου εδαφών**

Αμμώδη εδάφη	q <sub>s</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Αργιλώδη εδάφη	q <sub>s</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Ρέουσα άμμος	0,5	Χαλαρή ή υγρή άργιλος (πάχος 4-5 m)	1-2
Υγρή άμμος	2	Χαλαρή άργιλος με άμμο + ιλύ	1
Λεπτή άμμος (ξηρή, συμπαγής)	2,5-3,5	Χαλαρή άργιλος με υγρή άμμο	1-1,5
Πολύ συμπαγής άμμος	3-6	Χαλαρή άργιλος, συγκρατούμενη πλευρικά	2
Χονδρή άμμος με χαλίκια σε συμπαγή στρώματα	5-8	Συμπαγής άργιλος	2
		Σκληρή άργιλος	3-4

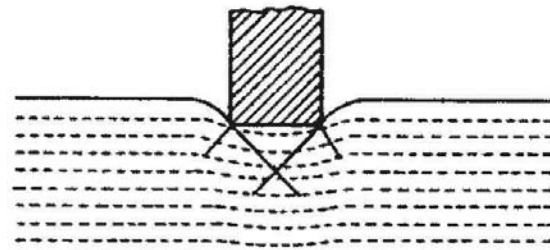
# Θραύση του εδάφους (3)

- **Γενική θραύση**: Απότομη θραύση του εδάφους θεμελίωσης, λόγω φόρτισης μεγαλύτερης της διατμητικής αντοχής του.
- Συνοδεύεται από απότομη βύθιση και στροφή του θεμελίου καθώς και από διόγκωση των επιφανειακών στρωμάτων (πυκνή άμμος, συμπαγής άργιλος).
- **Τοπική θραύση**: Συνεχής βύθιση του θεμελίου και συμπύκνωση του εδάφους στην περιοχή κάτω από το θεμέλιο.
- Δεν παρατηρείται διόγκωση στα γύρω εδάφη (χαλαρά - συμπιεστά εδάφη).

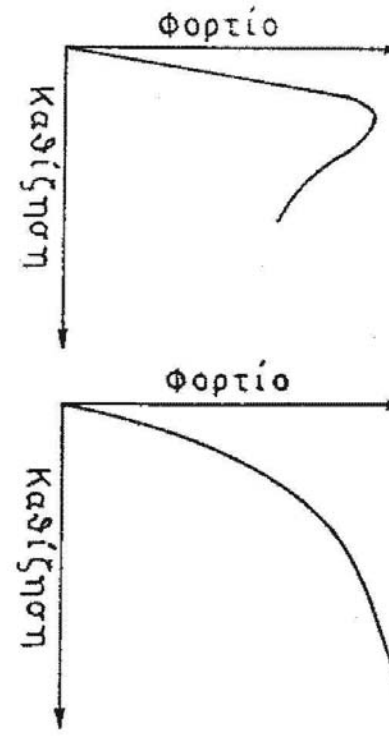
# Γενική (α) και Τοπική θραύση (β)



(α)



(β)

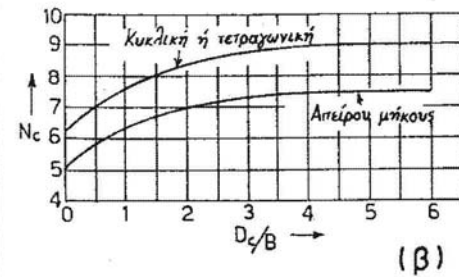
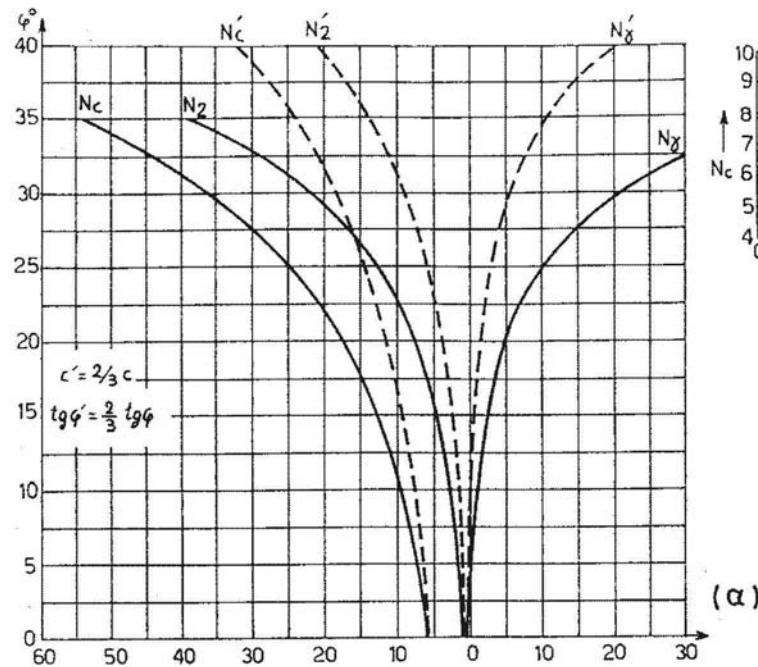


# Φέρουσα ικανότητα εδάφους

- **Γενική θραύση:**
- Επίμηκες θεμέλιο:  $q=cN_c+\gamma D_f N_q+0.5\gamma N_\gamma$
- Τετράγωνο θεμέλιο:  $q=1.3cN_c+\gamma D_f N_q+0.4\gamma B N_\gamma$
- Κυκλικό θεμέλιο:  $q=1.3cN_c+\gamma D_f N_q+0.3\gamma B N_\gamma$
- **Τοπική θραύση:**
- αντί c τίθεται:  $c'=(2/3)c$
- αντί του  $\tan\phi$  τίθεται:  $\tan\phi'=(2/3)\tan\phi$
- αντί των  $N_c, N_q, N_\gamma$  τίθενται:  $N_c', N_q', N_\gamma'$

Βλέπε επόμενους πίνακες

# Νομογράμματα φέρουσας ικανότητας (Terzaghi, 1943)



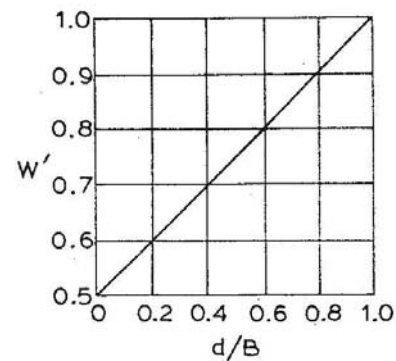
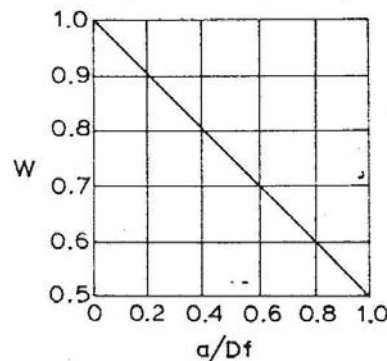


# Πίνακες φέρουσας ικανότητας

$\varphi$	Terzaghi (Εικ. III.10)				Γενική θεωρία (Dunn et al, 1980)				
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1.0	0.0	5.14	1.00	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2	6.48	1.57	0.09
10	9.6	2.7	1.2	8.0	1.9	0.5	8.34	2.47	0.47
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9	10.97	3.94	1.42
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7	14.83	6.40	3.54
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2	20.72	10.66	8.11
30	37.2	22.5	19.7	19.0	8.3	5.7	30.14	18.40	18.08
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1	46.13	32.29	40.69
40	35.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8	75.32	64.18	95.41
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7	133.89	134.85	240.85
50	347.5	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1	266.89	318.96	681.84

# Επίδραση υπόγειου νερού στη φέρουσα ικανότητα του εδάφους

- **Θεμελίωση εντός του υδροφόρου στρώματος:**
- Επίμηκες θεμέλιο:  $q=cN_c+\gamma D_f N_q W+0.5\gamma' N_\gamma$
- **Θεμελίωση επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα:**
- Επίμηκες θεμέλιο:  $q=cN_c+\gamma D_f N_q+0.5\gamma N_\gamma W'$
- **Ροή υπόγειου νερού με υδραυλική κλίση  $i$ :**
- Φαινόμενο βάρος εδάφους:  $\gamma'=(\gamma-\gamma_w) - i\gamma_w$



# Οριακό βάθος ανοικτής εκσκαφής

- Αργιλικό έδαφος:  $D_c = N_c(C_u/\gamma)$ 
  - $D_c$ : Οριακό βάθος εκσκαφής
  - $N_c$ : Συντελεστή φέρουσας ικανότητας που εξαρτάται από τις διαστάσεις της εκσκαφής
  - $C_u$ : Αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους
  - $\gamma$ : Φαινόμενο βάρος εδάφους
- Συντελεστής ασφάλειας  $F = N_c C_u / [D_c(\gamma_1 - \gamma_2) + p]$ 
  - $\gamma_1 \gamma_2$ : Φαινόμενα βάρη (1) εδάφους και (2) υλικού πλήρωσης
  - $p$ : επιφόρτιση επιφάνειας εδάφους γύρω από την εκσκαφή
- Σε συνεκτικά εδάφη: Συντελεστή  $F$  για αποφυγή διόγκωσης πυθμένα:  $F = 2N_\gamma(\gamma_2/\gamma_1) K_\alpha \tan\phi$ 
  - $K_\alpha$ : Συντελεστής ενεργούς ώθησης
  - $\phi$ : γωνία εσωτερικής τριβής

# Συμπύκνωση του εδάφους

τεχνητή αύξηση της πυκνότητας του εδάφους με μηχανικά μέσα

## Με την συμπύκνωση επιτυγχάνεται:

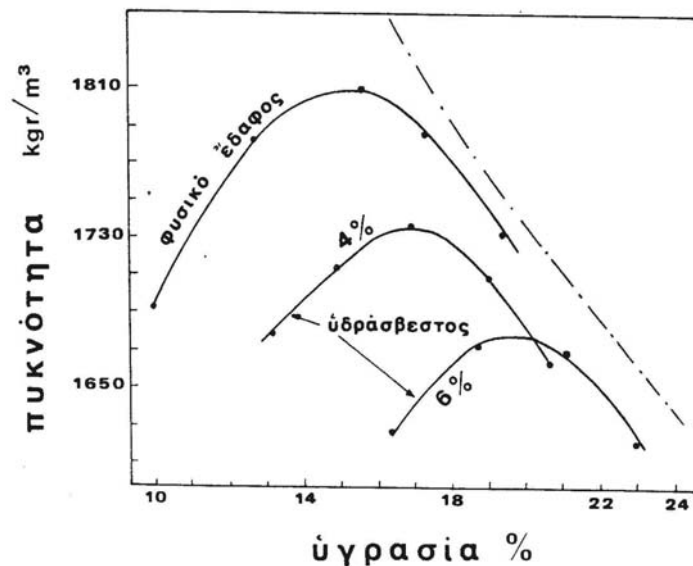
- Αύξηση της διατμητικής αντοχής και της φέρουσας ικανότητας του εδάφους
- Μείωση της συμπιεστότητας και επομένως των προκαλούμενων καθιζήσεων του εδάφους, σε συνθήκες εξωτερικής φόρτισης
- Μείωση της διαπερατότητας του εδάφους
- Αύξηση της αντίστασης του εδάφους

## Η συμπύκνωση του εδάφους εφαρμόζεται:

- Για τη σταθεροποίηση του εδάφους για θεμελίωση τεχνικών έργων
- Για τη δημιουργία ανθεκτικότερη εδαφικής επιφάνειας για περπάτημα και γενικότερη διαμόρφωση χώρου.
- Για την ομογενοποίηση του εδάφους θεμελίωσης
- Για τη δημιουργία στερεών εδαφικών επιχωμάτων, για την κατασκευή δρόμων κ.α.
- Για την κατασκευή χωμάτινων φραγμάτων.
- Για τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και μείωση των ενδεχόμενων καθιζήσεων εδαφικών υλικών πλήρωσης εκσκαφών κ.α.
- Για την αύξηση της παθητικής αντίστασης του εδάφους σε πλευρικές φορτίσεις.

# Πυκνότητα - Βέλτιστη υγρασία

- Ανάμιξη του εδάφους με υδράσβεστο αυξάνει τη βέλτιστη υγρασία του εδάφους κατά 2-5%, με αποτέλεσμα την ικανότητα συμπύκνωσης του σε συνθήκες μεγαλύτερης φυσικής υγρασίας.
- Μη σβησμένη άσβεστος, σε σκόνη, αναμειγνυόμενη με το έδαφος απορροφά νερό σε ποσοστό 32% του βάρους του, λόγω εξώθερμης χημικής αντίδρασης  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$  που προκαλεί συγχρόνως εξάτμιση του νερού



$$d = \frac{\gamma}{1 + m} = \dots [Kg / m^3]$$

## Βιβλιογραφία κεφαλαίου

- Dunn, I. S., Anderson, L. R. & Kiefer, F. W. (1980). Fundamentals of geotechnical analysis. John Wiley & Sons, New York, 414 p.
- Terzaghi, K. (1943) Theoretical soil mechanics. John Wiley & Sons Publ., New York
- Budhu, M. (1999). Soil Mechanics and Foundations. John Wiley & Sons Inc. New York, 585 p