

Δεκέμβριος 2006

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

1. ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Γίνεται με τους εξής τρόπους:

- 1.1. Γεωτρύπανο
- 1.2. Στατικό Πενετρόμετρο Ολλανδικού Τύπου
- 1.3. Επίπεδο Ντιλατόμετρο Marchetti
- 1.4. Πρεσσιόμετρο Menard
- 1.5. Ερευνητικά Φρέατα
- 1.6. Δοκιμαστικές Φορτίσεις με πλάκα επί Τόπου

Με τους τρόπους των § 1.1. και 1.5. λαμβάνονται αδιατάρακτα διαταραγμένα ή μερικώς διατεταραγμένα δείγματα, για την διενέργεια εργαστηριακών δοκιμών.

Με τους λοιπούς τρόπους δεν λαμβάνονται δείγματα αλλά προσδιορίζονται οι εδαφικοί παράμετροι αντοχής και συμπιεστότητας επί τόπου.

2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Στα δείγματα που λαμβάνονται από τις γεωτρήσεις ή και από τα Φρέατα, εκτελούνται εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των παραμέτρων αντοχής και συμπίεστότητας.

3. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ

Βάσει απλών εργαστηριακών δοκιμών, όπως κοκκομετρικής αναλύσεως και προσδιορισμού των ορίων Atterberg δηλαδή των ορίων υδαρότητας, των ορίων πλαστικότητας και των δεικτών πλαστικότητας, κατατάσσονται αρχικά τα εδαφικά δείγματα σε ομάδες βλ. συνημ. Πίνακες κατατάξεως A.A.S.H.O και A.U.S.C.S. βλ. διαγράμματα σελίδων 3 & 4.

4. ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Βάσει των αποτελεσμάτων των ερευνών υπαίθρου κι εργαστηρίου συντάσσεται η «μέση αντιπροσωπευτική τομή εδάφους μελέτης» στην οποία σημειώνεται και η τυχόν υπάρχουσα στάθμη υπογείων υδάτων.

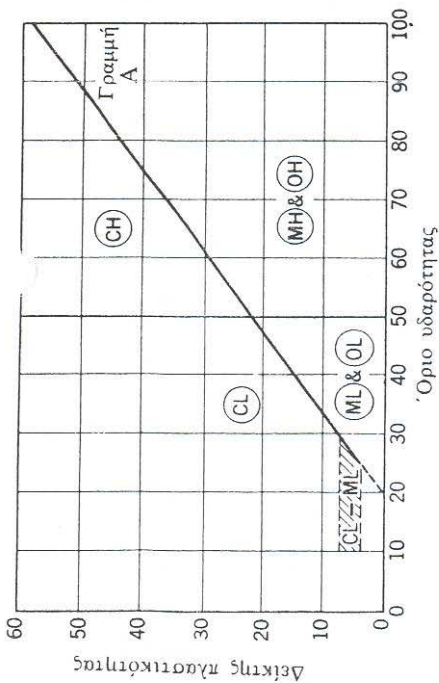
Οι παράμετροι που θα πρέπει να καθορισθούν ώστε να μπορεί να συνταχθεί στην συνέχεια η μελέτη είναι:

Το γ_m = υγρό φαινόμενο βάρος, η c = συνοχή (αστράγγιστη ή ενεργός), η ϕ = γωνία εσωτερικής τριβής (ενεργός κατά προτίμηση) και το E_s = μέτρο συμπίεστότητας.

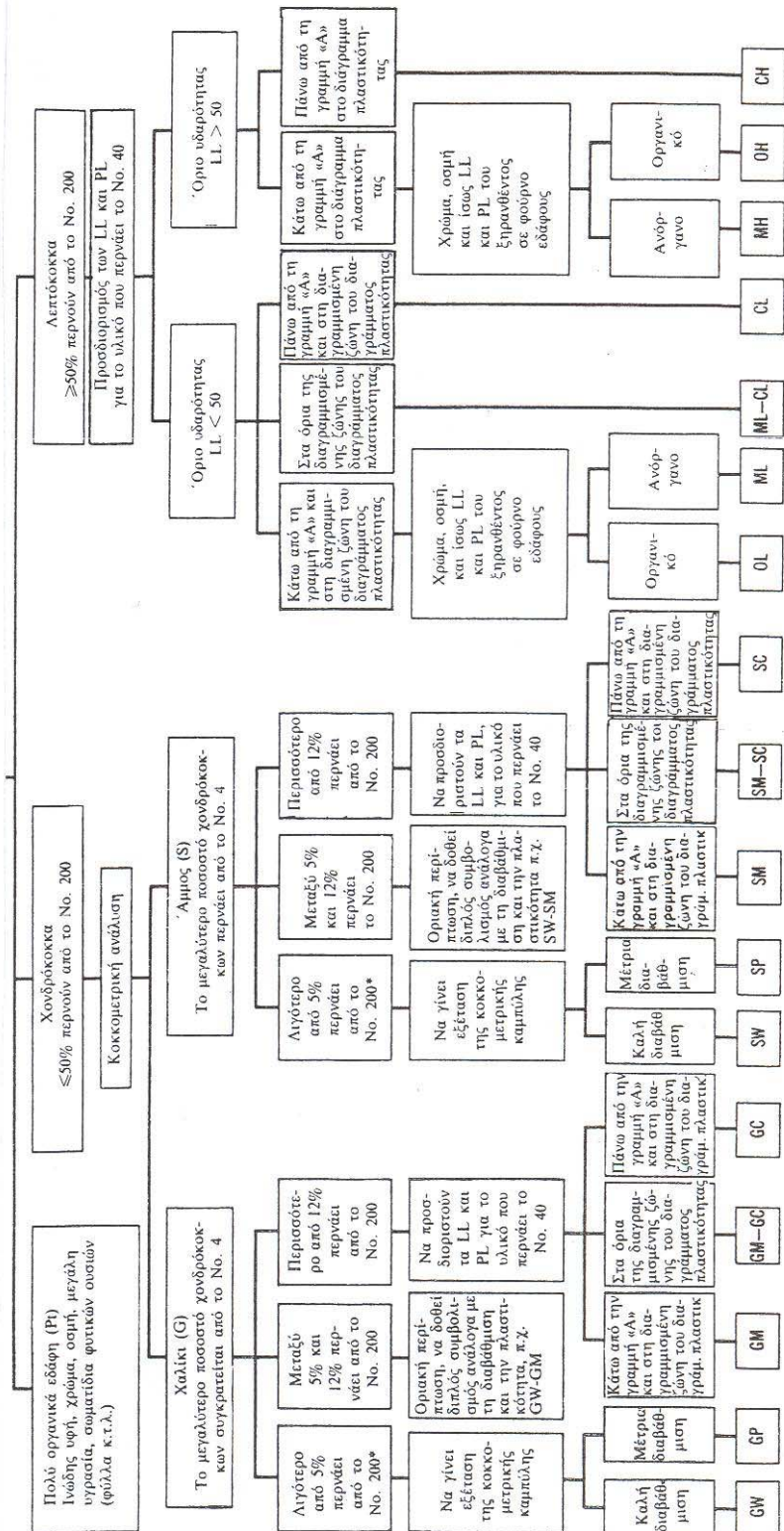
232

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2. Κατάταξη Εδαφών κατά AASHO (Κατάταξη υλικών υπεδάφους οδών)

Γενική κατάταξη	Κοκκώδη υλικά (35% ή λιγότερο περνούν το Νο. 200)		Ιλυώδη-αργιλωδή υλικά (περισσότερο από 35% περνούν το Νο. 200)	
Κατάταξη ομάδας	A-1	A-2	A-4	A-7
Ανάλυση κόκκων, ποσοστό που περνούν				
No. 10				
No. 40	50 max	51 min		
No. 200	26 max	10 max	36 min	36 min
Χαρακτηριστ. του τμήματος, που περνά το Νο. 40:				
Όριο υδαρότητας			40 max	41 min
Δείκτης πλαστικότητας		NP	10 max	11 min
Δείκτης ομάδας	6 max		12 max	16 max
Βαθμός καταλληλότητας σαν υπέδαφος	Εξαιρετικό έως καλό		Μέτριο έως ακατάλληλο	
(υποομάδες)				
Γενική κατάταξη	Κοκκώδη υλικά (35% ή λιγότερο περνούν το Νο. 200)		Ιλυώδη-αργιλωδή υλικά (περισσότερο από 35% περνούν το Νο. 200)	
Κατάταξη ομάδας	A-1-a	A-1-b	A-2	A-4
Ανάλυση κόκκων, ποσοστό που περνά				
No. 10				
No. 40	50 max	51 min		
No. 200	15 max	25 max	35 max	36 min
Χαρακτηριστ. του τμήματος που περνά το Νο. 40				
Όριο υδαρότητας			40 max	41 min
Δείκτης πλαστικότητας		NP	10 max	11 min
Δείκτης ομάδας	6 max	0	4 max	8 max
Συνήθεις τύποι των κύριων συστατικών	Πέτρες, χαλίκια και άμμος		Λεπτή Ιλυώδες ή αργιλικό χαλίκι και άμμος	
Βαθμός καταλληλότητας σαν υπέδαφος	Εξαιρετικό έως καλό		Μέτριο έως μετριότατο	



Σχ. 7.7. Διάγραμμα πλαστικότητας. (Κατά το Σύστημα των Μηχανικών).



Σημείωση: Τα κόσκινα είναι τυποποιημένα σύμφωνα με το σύστημα των Η.Π.Α.
* Αν το ποσοστό των λεπτών συστατικών επιδρά στην διαπερατότητα να χρησιμοποιηθεί διπλό σύμβολο π.χ. GW-GM κ.τ.λ. (Κατά το Σύστημα των Μηχανικών).

5. ΟΡΙΑΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ ΑΒΑΘΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

Υπολογίζεται σύμφωνα με το Παράρτημα Ζ του ΕΑΚ. Βλ. συνημ. σελ. 7, 8 & 9.

Αναφέρεται μόνο ως προς την διατμητική αντοχή του εδάφους.

Εξαρτάται και από τα γεωμετρικά στοιχεία της θεμελιώσεως.

6. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Υπολογίζονται σύμφωνα με την Προσαρμοσμένη Μέθοδο Ελαστικότητας με την σχέση:

$$S_i = \frac{p \cdot B \cdot f}{E}$$

Όπου

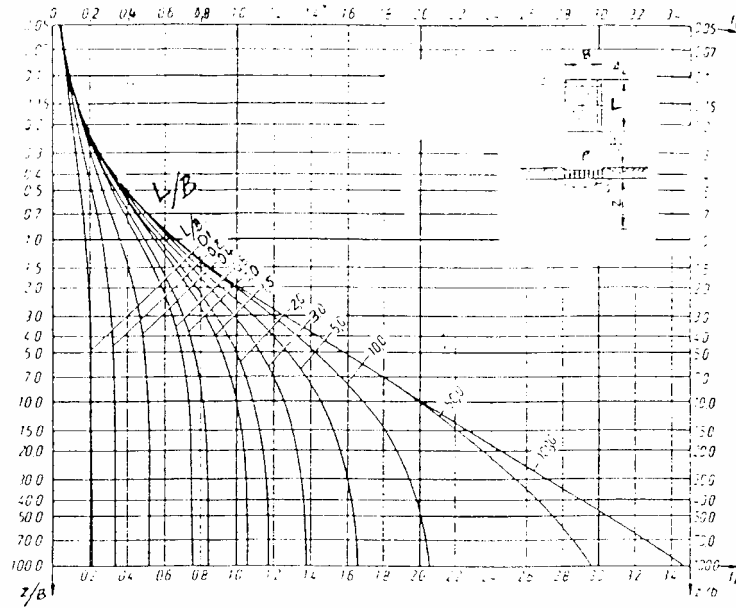
P = η πρόσθετη από την ανωδομή ενεργός πίεση στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, η οποία θεωρείται γραμμικώς κατανεμημένη στη βάση της θεμελιώσεως.

E = το μέτρο της μονοδιάστατης συμπίεσεως

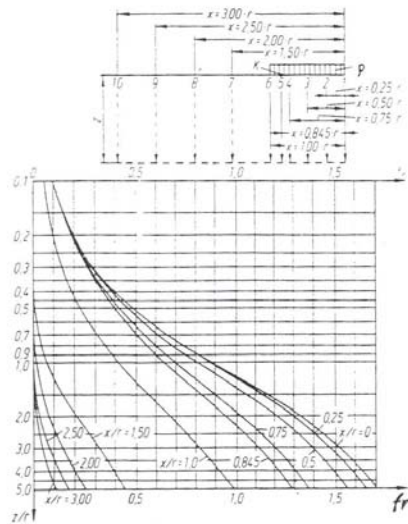
f = ο συντελεστής, του οποίου η τιμή εξαρτάται από το σχήμα και τις διαστάσεις της επιφανείας θεμελιώσεως, το πάχος του συμπιεστού σχηματισμού, το λόγο Poisson και το σημείο στο οποίο υπολογίζεται η καθίζηση. Οι τιμές του f εκτιμώνται από τα διαγράμματα των σχημάτων 4.2.1.1. και 4.2.1.2. για τις περιπτώσεις εύκαμπτης ορθογωνικής και κυκλικής επιφανείας φορτίσεως αντιστοίχως και για μηδενική τιμή του λόγου Poisson ($\nu = 0$)

Σημαντική Διευκρίνιση:

Εφ' όσον προκύψουν ανεκτές καθιζήσεις, τότε και μόνον τότε, υιοθετείται οριστικά η $\sigma_{\text{επ}}$ που εκτιμήθηκε στην § 5.



Σχήμα 4.2.1.1 Συντελεστής f για την εκτίμηση της καθιζήσεως υπό το “χαρακτηριστικό” σημείο εύκαμπτης ορθογωνικής επιφανείας φορτίσεως κατά DIN 4019 με λόγο Poisson $\nu=0$ (KANY 1974).



Σχήμα 4.2.1.2 Συντελεστής f για την εκτίμηση της καθιζήσεως υπό το “χαρακτηριστικό” σημείο ($x/r=0.845$) και υπό τα σημεία με $x/r=0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.50, 2, 2.50, 3$, εύκαμπτης κυκλικής επιφανείας φορτίσεως κατά DIN 4019 με λόγο Poisson $\nu=0$ (LEONHARDT 1963).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

Ζ.1 Γενικά

[1] Για τον υπολογισμό του κατακόρυφου οριακού φορτίου (φέρουσας ικανότητας) R_{Nd} , οριζόντιας και ορθογωνικής επιφάνειας έδρασης, επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται οι προσεγγιστικές σχέσεις που δίνονται παρακάτω. Οι σχέσεις αυτές έχουν προκύψει από τον συνδυασμό θεωρίας (πλαστικότητα) και πειραματικών αποτελεσμάτων και ισχύουν για ομοιογενές έδαφος. Οι ακόλουθες παράμετροι επηρεάζουν εν γένει την φέρουσα ικανότητα και η επίδραση τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- η γωνία τριβής φ' και η συνοχή c' , ή η αστράγγιστη διατμητική αντοχή S_u (τιμές σχεδιασμού),
- η εκκεντρότητα $e = M/N$ και η τέμνουσα δύναμη V . Όπου N , M και V είναι αντίστοιχα η ορθή δύναμη, η ροπή και η τέμνουσα δύναμη που μεταφέρονται στο έδαφος μέσω της έδρασης (οι M και V ασκούνται εν γένει σε κάθε μία από τις δύο διευθύνσεις),
- το σχήμα, το βάθος, και η κλίση της θεμελίωσης,
- οι πιέσεις των υπογείων υδάτων και, σε περίπτωση ροής, οι υδραυλικές κλίσεις και
- η μεταβολή της αντοχής από σημείο σε σημείο, και ειδικώς η στρωματογένεια του εδάφους.

[2] Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στον υπολογισμό που περιγράφεται εδώ είναι οι εξής :

- δ η γωνία συναφείας-τριβής στη βάση του θεμελίου (τιμή σχεδιασμού σύμφωνα με την παρ. 5.2.3.2.β.[2]),
- q η ολική πίεση επιφορτίσεως στη στάθμη της βάσης του θεμελίου,
- q' η ενεργός πίεση επιφορτίσεως στη στάθμη της βάσης του θεμελίου,
- γ το ολικό ειδικό βάρος του εδάφους,
- γ' το υπο-άνωσιν (ενεργό) ειδικό βάρος του εδάφους κάτω από τη στάθμη της θεμελίωσης $\gamma' = \gamma - \gamma_w$. Τούτο μειώνεται σε $\gamma' = \gamma - \gamma_w \cdot (1 + j)$ στην περίπτωση ροής ύδατος με υδραυλική κλίση προς τα άνω ίση με j ,
- $B' = B - 2 \cdot e_B$ το ενεργό πλάτος του θεμελίου, όπου e_B η εκκεντρότητα στην διεύθυνση του πλάτους B ,

- $L' = L - 2 \cdot e_L$ το ενεργό μήκος του θεμελίου, όπου e_L η εκκεντρότητα παράλληλα προς την διεύθυνση του μήκους $L \geq B$,
- $A' = B' \cdot L'$ η ενεργός επιφάνεια του θεμελίου, η οποία ορίζεται ως η βάση της θεμελίωσης ή, στην περίπτωση έκκεντρης φόρτισης, η μειωμένη επιφάνεια του θεμελίου της οποίας το κέντρο βάρους είναι το σημείο στο οποίο εφαρμόζεται η συνισταμένη των φορτίων και
- κ, ι οι τιμές των αδιάστατων συντελεστών σχήματος του θεμελίου και της κλίσης του φορτίου αντιστοίχως. Οι δείκτες c, q και γ υποδεικνύουν τις επιρροές λόγω συνοχής, επιφόρτισης και βάρους του εδάφους. Οι συντελεστές αυτοί ισχύουν μόνο όταν οι διατημητικές παράμετροι είναι ανεξάρτητες της διεύθυνσης.

Z.2 ΦΟΡΤΙΣΗ ΑΡΓΙΛΩΔΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΥΠΟ ΑΣΤΡΑΓΓΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

- [1] Το οριακό αξονικό φορτίο R_{Nd} (φέρουσα ικανότητα) υπό την ταυτόχρονη παρουσία V και M υπολογίζεται από τη σχέση :

$$R_{Nd} / A' = (2 + \pi) \cdot \bar{S}_u \cdot \kappa_c \cdot \iota_c + q \dots\dots\dots (Z.1)$$

με τις ακόλουθες τιμές των αδιάστατων συντελεστών για :

- το σχήμα του θεμελίου :

$$\kappa_c = 1 + 0.2 \cdot (B' / L') \dots\dots\dots (Z.2)$$

- την κλίση του φορτίου, η οποία προκαλείται από την τέμνουσα V :

$$\iota_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - V / A' \cdot S_u} \right) \dots\dots\dots (Z.3)$$

- Για σύγχρονη δράση τεμνουσών στις δύο διευθύνσεις εφαρμόζεται η γραμμική παρεμβολή, που ορίζεται στο τέλος της επομένης παραγράφου, σε τιμές ι_c που λαμβάνονται από την σχέση (Z.3) σε κάθε μία από τις δύο διευθύνσεις.

Z.3 ΦΟΡΤΙΣΗ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΥΠΕΡΠΙΕΣΕΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

- [1] Το οριακό αξονικό φορτίο R_{Nd} (φέρουσα ικανότητα) υπό την ταυτόχρονη παρουσία V και M υπολογίζεται από τη σχέση :

$$R_{Nd} / A' = c' \cdot N_c \cdot \kappa_c \cdot \iota_c + q' \cdot N_q \cdot \kappa_q \cdot \iota_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot \kappa_\gamma \cdot \iota_\gamma \dots\dots\dots (Z.4)$$

με τις ακόλουθες τιμές των αδιάστατων συντελεστών για :

- την εδαφική αντίσταση ομοιογενούς εδάφους :

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2) \dots\dots\dots (Z.5.α)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi' \dots\dots\dots (Z.5.β)$$

110 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (1999)

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' \dots\dots\dots (Z.5.\gamma)$$

με την προϋπόθεση $\delta \geq \varphi' / 2$ (τραχεία έδραση).

- το σχήμα του θεμελίου :

$$\kappa_q = 1 + (B' / L') \tan \varphi' \dots\dots\dots (Z.6.\alpha)$$

$$\kappa_{\gamma} = 1 - 0.3 (B' / L') \dots\dots\dots (Z.6.\beta)$$

$$\kappa_c = 1 + (B' / L') (N_q / N_c) \dots\dots\dots (Z.6.\gamma)$$

- την κλίση του φορτίου, η οποία προκαλείται από την τέμνουσα V_L , παράλληλη προς το L :

$$i_q = 1 - V_L / (N + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi') \dots\dots\dots (Z.7.\alpha)$$

$$i_{\gamma} = i_q \dots\dots\dots (Z.7.\beta)$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \dots\dots\dots (Z.7.\gamma)$$

- ή την κλίση του φορτίου, η οποία προκαλείται από την τέμνουσα V_B , παράλληλη προς το B :

$$i_q = [1 - 0.7 V_B / (N + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')]^3 \dots\dots\dots (Z.8.\alpha)$$

$$i_{\gamma} = [1 - V_B / (N + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')]^3 \dots\dots\dots (Z.8.\beta)$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \dots\dots\dots (Z.8.\gamma)$$

- για σύγχρονη δράση τεμνουσών V_L παράλληλα προς L, και V_B παράλληλα προς B, οι τιμές των i θα υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή ανάμεσα στις τιμές i_B και i_L , όπως προκύπτουν από τις σχέσεις (Z-8) και (Z-7), ως εξής :

$$i = i_B (1 - \theta / 90) + i_L (\theta / 90) \dots\dots\dots (Z.9)$$

όπου

$$\tan \theta = V_B / V_L \dots\dots\dots (Z.10)$$

Z.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

- [1] Στις σχέσεις που αναφέρονται παραπάνω δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των ακολούθων παραγόντων:

- στρωματογραφική ανομοιογένεια του εδάφους μέχρι το βάθος επιρροής του θεμελίου

7. ΒΑΘΕΙΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Οι βαθιές θεμελιώσεις με πασσάλους υιοθετούνται όταν οι επιφανειακές στρώσεις εδάφους αδυνατούν να παραλάβουν τα φορτία της ανωδομής.

Ο υπολογισμός του φορτίου πασσάλου γίνεται κατά DIN 1055.

8. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Εδάφη μειωμένης αντοχής μπορούν να ενισχυθούν ή να βελτιωθούν με διάφορους τρόπους π.χ.

- 8.1. Με γαιωφάσματα
- 8.2. Με γεωπλέγματα
- 8.3. Με αντικατάσταση
- 8.4. Με προφόρτιση
- 8.5. Με ανάμιξη με τσιμέντο, ή άσβεστο κ.τ.λ.

Η σχετική απόφαση είναι αντικείμενο οικονομοτεχνικής μελέτης.

9. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος αποτελείται από την στερεά, υγρά και αέρια φάση.

Συμπύκνωση του εδάφους καλείται η μείωση των κενών αέρος και η προσέγγιση των εδαφικών κόκκων μεταξύ τους με μηχανικά μέσα, π.χ. με οδοστρωτήρες.

Με την συμπύκνωση επιτυγχάνεται σε μικρό χρονικό διάστημα αύξηση της φερούσης ικανότητας του εδάφους, μείωση της συμπίεστικότητας αυτού και αύξηση της διάρκειας ζωής αυτού, εάν πρόκειται π.χ. για εδαφική κατασκευή όπως επίχωμα ή φράγμα.

Η ύπαρξη υφισταμένης ή προστιθέμενης υγρασίας λειτουργεί αρχικά σαν λιπαντικό και διευκολύνει την συμπύκνωση αυξάνοντας τον βαθμό αυτής μέχρι κάποιου ορίου.

Η τιμή της υγρασίας αυτής λέγεται βέλτιστη (ω_{opt})

Η αντίστοιχη πυκνότητα λέγεται μέγιστη ξηρά πυκνότητα ($\gamma_{d\ max}$) βλ. διαγρ. σελ. 12.

Τα προηγούμενα αντιστοιχούν σε δεδομένη ενέργεια συμπτκνώσεως.

Αν η εμπειρεχόμενη υγρασία είναι μεγαλύτερη της ω_{opt} , όση ενέργεια κι αν καταβληθεί, δεν μπορεί να επιτευχθεί η τιμή $\gamma_{d\ max}$ επειδή το νερό είναι ασυμπίεστο και εκδιώκει τους εδαφικούς κόκκους οι οποίοι είναι βαρύτεροι του νερού, οπότε το όλο μίγμα καθίσταται ελαφρύτερο.

Σε διάφορες ενέργειες συμπτκνώσεως αντιστοιχούν διάφορες τιμές ω_{opt} και $\gamma_{d\ max}$ για το ίδιο έδαφος.

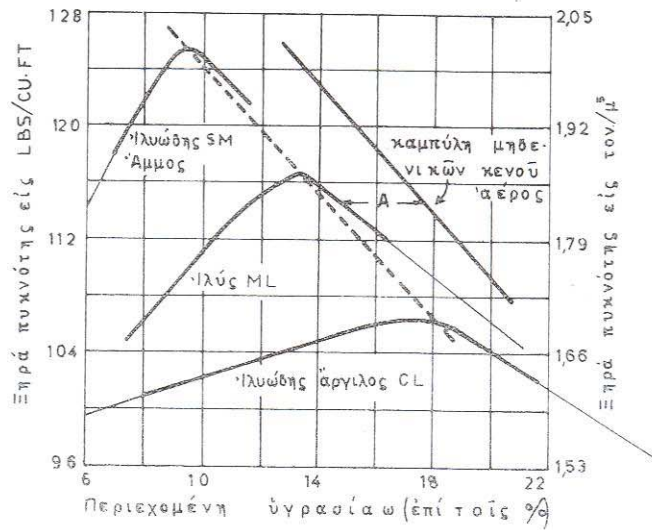
Πριν χρησιμοποιηθεί ένα χώμα για την κατασκευή εδαφικής κατασκευής, θα πρέπει να ελεγχθεί η φυσική υγρασία του δανειοθαλάμου στο εργαστήριο, και να προσδιορισθεί η ω_{opt} και η $\gamma_{d\ max}$ αυτού.

Αν η φυσική υγρασία είναι αισθητά υψηλότερη της ω_{opt} τότε ο δανειοθάλαμος κρίνεται ακατάλληλος.

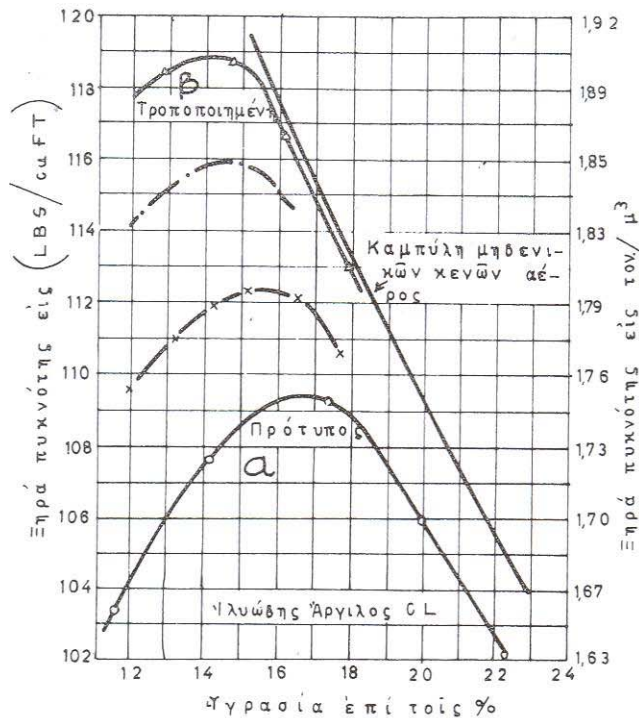
Έχοντας προσδιορισμένες τις παραμέτρους ω_{opt} και $\gamma_{d\ max}$ μπορεί να προσυμφωνηθεί με τον κατασκευαστή το ποσοστό συμπτκνώσεως το οποίο θα πρέπει να επιτευχθεί στο έργο για το συγκεκριμένο έδαφος.

Το επιτυγχανόμενο ποσοστό ελέγχεται εργαστηριακά, κατά κανόνα με την μέθοδο της άμμου με τον κώνο.

Η Προδιαγραφή ΠΤΠ Χ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ καλύπτει γενικώς και επαρκώς τα χωματοουργικά τα αναφερόμενα στα έργα Οδοποιίας.



Σχ. 1 ... Παιριστόν καμπύλας συμπτυγώσεως διαφόρων ὕλιων κατὰ τὴν πρό- τυπον μέθοδον AASHTO



Σχ.2. Παριστόν τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἐνεργείας συμπτυγώσεως ἐπὶ τῆς βελτίστης ὑγρασίας καὶ τῆς μεγίστης ἐργαστηριακῆς πυκνότητος

10. ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στερεοποίηση του εδάφους κατ' αντιδιαστολή της συμπτκνώσεως είναι, η διαδικασία κατά την οποία ένα πλήρως κεκορεσμένο έδαφος, αποβάλλει την υγρασία του, οπότε επέρχεται προσέγγιση (consolidation).

Η όλη διαδικασία είναι αργή κι εξαρτάται από τον συντελεστή διαπερατότητας του εδάφους.

Γίνεται συνήθως υπό την ενέργεια κάποια επιφορτίσεως διάρκειας, ή κατά κανόνα εκ του φορτίου του έργου.

Αναφέρεται κυρίως στα αργιλικά εδάφη.

Δεν γίνεται στερεοποίηση με οδοστρωτήρες, όπως η συμπύκνωση.

Κεκορεσμένα εδάφη, δεν χρησιμοποιούνται για την εδαφικές κατασκευές διότι δεν μπορούν να συμπτκνωθούν μηχανικά σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ο Συντάξας