

## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ, ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΡ. ΕΣΚΙΟΓΛΟΥ

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η φέρουσα ικανότητα ενός εδάφους είναι η οριακή τιμή της τάσης την οποία μπορεί να δεχθεί το έδαφος θεμελίωσης χωρίς να υποστεί παραμορφώσεις. Εξαρτάται από την αντοχή του εδάφους σε θραύση λόγω διατμητικών δυνάμεων, από τους συντελεστές παραμόρφωσης, τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους από τις διαστάσεις της θεμελίωσης, και κατά ένα μεγάλο βαθμό από τη στάθμη του υπόγειου ύδατος. Όταν δεν πραγματοποιείται σωστή μελέτη και δεν λαμβάνονται υπόψιν οι παραπάνω παράγοντες, παρατηρούνται φαινόμενα θραύσης του εδάφους και στη συνέχεια καταστροφές κατασκευών. Στην έρευνητική αυτή εργασία μελετήθηκε σε δύο περιοχές της Θράκης, και συγκεκριμένα στην ορεινή δασική περιοχή της Μύκης και στη πεδινή του Ιάσμου - όπου στις 29 Νοεμβρίου 1996 είχαμε πρωτοφανή πλημμυρικά φαινόμενα- σε τι οφειλόταν η τόσο έντονη διάβρωση των εδαφών αλλά κυρίως η υποσκαφή θεμελίων και η καταστροφή δρόμων και γεφυρών. Το κύριο συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι η υψηλή τιμή των κατακρημνισμάτων σε μικρό χρονικό διάστημα, επέδρασε στην απρόβλεπτα ταχύτατη άνοδο της στάθμης των υπόγειων νερών - που σε κάποιες στιγμές έφθασε ως την επιφάνεια του εδάφους- οπότε η φέρουσα ικανότητα μειώθηκε σε τέτοιο βαθμό και ανατράπηκε η γενική ευστάθεια κατασκευής. Επομένως για μία επιτυχή θεμελίωση, θα πρέπει κατά τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή ανώτατη στάθμη του υπόγειου ύδατος.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα ενός εδάφους, ονομάζεται η οριακή τιμή της τάσης την οποία μπορεί να δεχθεί το έδαφος θεμελίωσης χωρίς να υποστεί παραμορφώσεις απαράδεκτες για την ανωδομή. (Terzaghi K. Peck P. 1967)

Ο υπολογισμός της τιμής αυτής για κάθε έδαφος είναι απαραίτητος, διότι υπέρβασή της συνεπάγεται ανασφαλή μεταφορά των φορτίων διαφόρων κατασκευών στο έδαφος, κατακόρυφες μετακινήσεις και έντονες παραμορφώσεις του εδάφους, με άμεσο αποτέλεσμα την απότομη καταστροφή της υπερκείμενης κατασκευής. (Βαλαλάς Δ. 1977)

Η φέρουσα ικανότητα εξαρτάται από την αντοχή του εδάφους σε θραύση λόγω διατμητικών δυνάμεων, από τους συντελεστές παραμόρφωσης, τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους (συνοχή, τριβή, πυκνότητα, συμπίεστότητα), από το βάθος το πλάτος και το σχήμα της θεμελίωσης, και τέλος κατά ένα μεγάλο βαθμό από τη στάθμη του υπόγειου ύδατος. (Smith G.N. 1989 Μουρατίδης Av. 1995)

Όταν δεν πραγματοποιείται σωστή μελέτη και δεν λαμβάνονται υπόψιν οι παραπάνω συσχετισμοί, παρατηρούνται φαινόμενα θραύσης του εδάφους, που διακρίνονται σε: (Terzaghi K. Peck P. 1967. Βαλαλάς Δ. 1977)

1. Γενική θραύση, που συνοδεύεται από μεγάλη παραμόρφωση του εδάφους και εμφανίζεται σαν διόγκωση στην ελεύθερη επιφάνεια του.

2. Τοπική θραύση που χαρακτηρίζεται από μικρή παραμόρφωση κάτω από το θεμέλιο, χωρίς να φθάνει η παραμόρφωση στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους.

3. Διείσδυση που χαρακτηρίζεται από θραύση του εδάφους μόνο περιμετρικά της θεμελίωσης, ενώ έξω από αυτήν το έδαφος παραμένει απαράμορφωτο.

Η μορφή της θραύσης του εδάφους εξαρτάται περισσότερο από την συμπίεστότητα του εδάφους και λιγότερο από τις γεωμετρικές συνθήκες και τις συνθήκες φόρτισης. Εδάφη ασυμπίεστα (π.χ. πυκνή άμμος) παρουσιάζουν μορφή γενικής θραύσης, ενώ συμπίεστα παρουσιάζουν τη μορφή της διείσδυσης. (Τσώτσος Στ. 1991)

Για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας, όλες οι αναλυτικές λύσεις ξεκινούν από την παραδοχή ότι όταν η φόρτιση έχει φθάσει στην οριακή τιμή, μια περιοχή του εδάφους κάτω από την επιφάνεια φόρτισης έχει πλήρως πλαστικοποιηθεί και τείνει να ολισθήσει κατά μήκος μιας επιφάνειας. Τόσο στην περιοχή πλαστικοποίησης όσο και κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης, ισχύει το κριτήριο θραύσης κατά Coulomb  $\tau = c + \sigma \tan \phi$ , το δε όλο σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ασταθούς ισορροπίας.

Ο Terzaghi, για τον ακριβέστερο υπολογισμό της, διαχώρισε καταρχάς την φέρουσα ικανότητα ενός εδάφους στα τρία παρακάτω μέρη:

Συνοχή  $c \cdot N_c$ , Υπερκείμενη πίεση ή υπερφόρτιση στην έδραση του θεμελίου λόγω του βάθους θεμελίωσης  $\gamma \cdot D_f \cdot N_q$ , και Πυκνότητα εδάφους  $\gamma \cdot B \cdot N_\gamma$

και στη συνέχεια έδωσε τις σχέσεις με τις οποίες υπολογίζεται αυτή, ανάλογα με το σχήμα του πεδίου θεμελίωσης. Για τις 3 χαρακτηριστικές περιπτώσεις πεδίων υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας  $q$  που είναι οι τιμές της φόρτισης στη μονάδα επιφανείας με την οποία επέρχεται η θραύση του εδάφους θεμελίωσης:

- Συνεχή πέδιλα  $q = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$  ( 1 )
- Τετραγωνικά πέδιλα  $q = 1,3 c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$  ( 2 )
- Κυκλικά πέδιλα  $q = 1,3 c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,3 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$  ( 3 )

Όπου  $c$ =η συνοχή του εδάφους  
 $\gamma$ =φαινόμενο βάρος εδάφους θεμελίωσης  
 $B$ =πλάτος θεμελίωσης  
 $D_f$ =το βάθος θεμελίωσης  
 $N_c$ =συντελεστής αντοχής ψαθυρού εδάφους  
 $N_c$ =συντελεστής συνοχής  
 $N_q$ =συντελεστής βάθους θεμελίωσης

Οι συντελεστές  $N_\gamma$ ,  $N_c$  και  $N_q$  εξαρτώνται από τη γωνία τριβής και δίνονται από νομογραφήματα ή πίνακες.

Για τον καθορισμό της επιτρεπόμενης τάσης  $q_{επ}$  - που είναι η μέγιστη φόρτιση που εφαρμόζεται στη μονάδα της επιφανείας εδάφους, χωρίς να παραμορφώνεται ή να θραύεται το έδαφος- θα πρέπει η τιμή  $q$  να διαιρεθεί με ένα συντελεστή ασφαλείας  $v$ , που για την περίπτωση της φέρουσας ικανότητας παίρνει τιμές 2.5- 4. Ισχύει λοιπόν:

$$q_{επ} = \frac{q}{v} \quad (4)$$

Επειδή στο έδαφος δημιουργούνται υπόγειες ροές που προκαλούν διαφυγές καθώς και δυνάμεις διήθησης από τις οποίες εξαρτάται η διάβρωση του εδάφους, θέτοντας σε κίνδυνο την γενική ευστάθεια κατασκευής, θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν η ανώτατη πιθανή στάθμη του υπόγειου ύδατος αφού άνοδος της μειώνει τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους. (Terzaghi & Peck P. 1967)

Βάση υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας του εδάφους σε συνάρτηση με τη στάθμη του υπόγειου νερού είναι η εξίσωση (2), που ορίζει το μέγεθος της σε συνεχή πέλδιλα στις θεμελιώσεις και μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση της στάθμης :

1. Στην περίπτωση που το βάθος  $d$  της στάθμης των υπόγειων υδάτων από την επιφάνεια του εδάφους είναι μικρότερο από το  $D_f$  (Σχήμα 1α), η εξίσωση της φέρουσας ικανότητας δίνεται από τη σχέση (5), όπου στον δεύτερο παράγοντα το  $\gamma$  γίνεται  $\gamma_{αντ}$  και στον τελευταίο παράγοντα αντί για  $\gamma$  θα βάζουμε  $\gamma'$  που είναι το φαινόμενο βάρος του βυθισμένου εδάφους  $\gamma' = \gamma - \gamma_w$

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_{αντ} \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 B \cdot N_\gamma \cdot \gamma' \quad (5)$$

όπου:

$$\gamma_{αντ} = \frac{\{\gamma \cdot d + \gamma' (D_f - d)\}}{D_f} \quad (6)$$

2. Εάν  $(D_f + B) > d > D_f$  (Σχήμα 1β), τότε τμήμα της επιφάνειας θραύσης αναπτύσσεται μέσα στο έδαφος που είναι βυθισμένο στο νερό και η τιμή της φέρουσας ικανότητα δίνεται από τη σχέση :

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \cdot N_\gamma \{ \gamma(d - D_f) + \gamma' (B - d + D_f) \} \quad (7)$$

3. Όταν το υπόγειο νερό βρίσκεται σε ένα βάθος  $d$  από την επιφάνεια του εδάφους ή  $\chi$  κάτω από τον πυθμένα θεμελίωσης, και ισχύει η σχέση  $d >$  από το μέγεθος  $(B + D_f)$  (Σχήμα 1γ) τότε η επιφάνεια θραύσης αναπτύσσεται επάνω από την περιοχή του βυθισμένου εδάφους, και η παραπάνω σχέση (2) εφαρμόζεται όπως έχει.

4. Στην περίπτωση που το νερό βρίσκεται στο επίπεδο της βάσης θεμελίωσης, δηλαδή  $d = D_f$  (Σχήμα 1δ) τότε η φέρουσα ικανότητα δίνεται από τη σχέση :

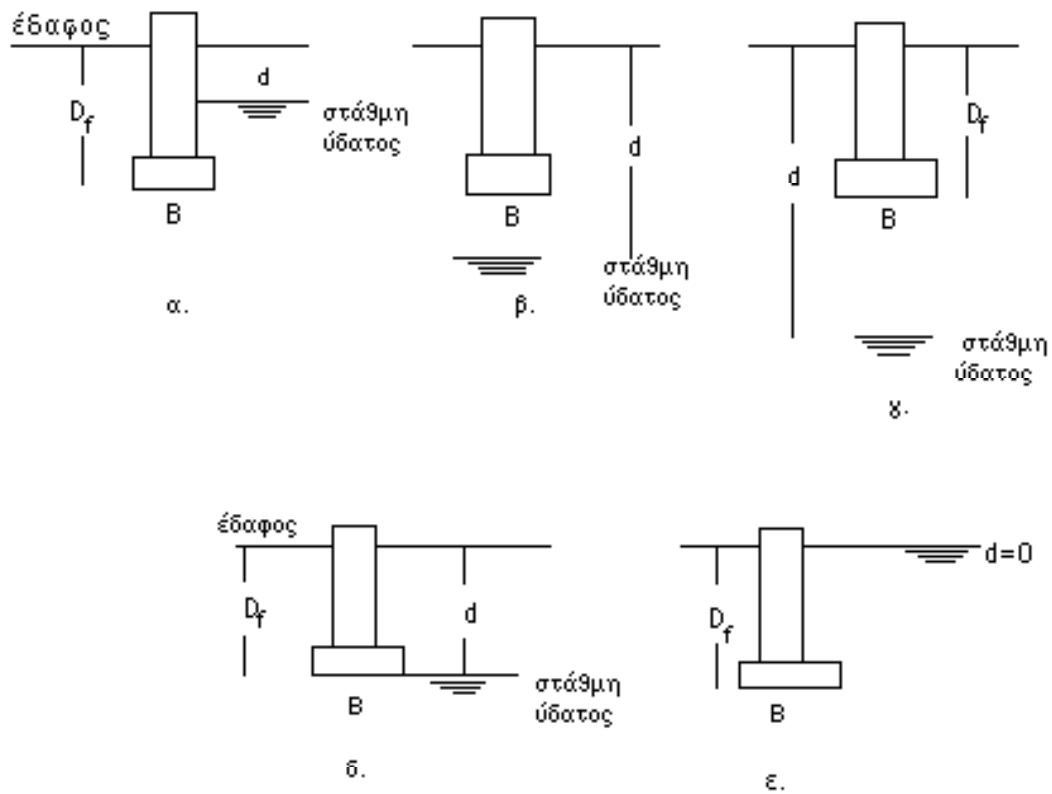
$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \quad (8)$$

5. Τέλος στην περίπτωση που το νερό βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και  $d = 0$  m (Σχήμα 1ε), τότε σε όλους τους παράγοντες γίνεται αντικατάσταση του  $\gamma$  με τον  $\gamma'$  οπότε η σχέση της φέρουσας ικανότητας μετατρέπεται σε :

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma' \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \quad (9)$$

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται η επίδραση του υπόγειου ύδατος στην τιμή της φέρουσας ικανότητας, η οποία μειούται όσο πιο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους βρίσκεται η στάθμη του υπόγειου ύδατος. Επομένως για μία επιτυχή θεμελίωση, θα πρέπει κατά τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή ανώτατη στάθμη του υπόγειου ύδατος.

Αυτό μας οδήγησε στην πραγματοποίηση έρευνας σε περιοχές που είχαμε πλημμυρικά φαινόμενα, άνοδο της στάθμης του ύδατος, διάβρωση του εδάφους και τέλος καταστροφές σε έργα Οδοποιίας, επειδή δεν προνοήθηκε ο υπολογισμός της πιθανής ανόδου της στάθμης του υπόγειου ύδατος. (Γ ρ α μ μ α τ ι κ ό π ο υ λ ο ς Γ. - Μ ά ν ο υ - Θ. Χ α τ ζ η γ ώ γ ο ς 1985)



Σχήμα Χαρακτηριστικές θέσεις της στάθμης του υπόγειου νερού σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους.

## ΥΛΙΚΑ- ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την έρευνα προτιμήθηκαν δύο περιοχές της Θράκης, και συγκεκριμένα η ορεινή δασική περιοχή της Μύκης και η πεδινή του Ιάσμου όπου στις 29 Νοεμβρίου 1996 είχαμε πρωτοφανή πλημμυρικά φαινόμενα (Φωτογραφίες 1 και 2). Οι συγκεκριμένες περιοχές επλήγησαν ιδιαίτερα, η δε άνοδος της στάθμης του υπόγειου ύδατος, - που σε κάποιες στιγμές

έφθασε ως την επιφάνεια του εδάφους- εκτός των άλλων διάβρωσε τα εδάφη, αλλά κυρίως αυτό που ενδιέφερε την έρευνα, υπέσκαψε θεμέλια και κατέστρεψε 2 γέφυρες (φωτογραφίες 3 και 4 ).

Στην φωτογραφία 3 διακρίνεται η καταστροφή του σώματος της μίας γέφυρας , ενώ στη φωτογραφία 4 φαίνεται η νέα σιδηροδρομική γέφυρα του Ιάσμου , στο τέλος της λεκάνης απορροής του Κομψάτου. Η γέφυρα αυτή παρασύρθηκε από τα ορμητικά νερά, και στη φωτογραφία διακρίνεται η επανακατασκευή της, ακόμα και όταν τα νερά δεν είχαν υποχωρήσει.

Για την έρευνά μας, πάρθηκε από τον τόπο έρευνας εδαφικό δείγμα που μεταφέρθηκε στα Εργαστήρια της Υπηρεσίας Δημοσίων Έργων και υπεβλήθη στη δοκιμή της τριαξονικής θλίψης.

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε στην αντίστοιχη συσκευή, όπου κυλινδρικό εδαφικό δοκίμιο τοποθετείται μέσα στην κυψέλη της συσκευής που γεμίζει με νερό και το δοκίμιο δέχεται την ομοιόμορφη τάση  $\sigma_3$ .

Οι διατμητικές τάσεις στο δοκίμιο εμφανίζονται με την εφαρμογή μίας πρόσθετης αξονικής κατακόρυφης τάσης, που αυξάνεται μέχρι τη θραύση του δοκιμίου. Η ολική κατακόρυφη τάση είναι  $\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma$  (μέγιστη κύρια τάση). Η δοκιμή επαναλαμβάνεται σε ίδια δοκίμια δίνοντας διαφορετικές τιμές στη  $\sigma_3$ . Στη οπότε σχεδιάζονται οι κύκλοι του Mohr, όπου η κοινή εφαπτομένη τους αντιπροσωπεύει την εξίσωση του Coulomb  $\tau = c + \sigma \epsilon\phi$  από την οποία λαμβάνουμε τις τιμές  $\phi$  και  $c$  (Σχήμα 2 ).

Για τη μέτρηση της στάθμης και της πίεσης του νερού χρησιμοποιήθηκε το πιεζόμετρο του Casagrande . Το όργανο αυτό αποτελείται από σωλήνα που τοποθετείται στη γεώτρηση, περιβάλλεται από διαπερατό εδαφικό υλικό και του οποίου ένα τμήμα είναι διάτρητο , επιτρέποντας το νερό να εισέρχεται στο εσωτερικό του. Η μέτρηση της στάθμης του νερού στο σωλήνα γίνεται με τη βύθιση απλής μετροταινίας από την κεφαλή της γεώτρησης μέχρι τη στάθμη του νερού. Η κεφαλή του πιεζόμετρου σφραγίζεται από τα επιφανειακά νερά και προστατεύεται γενικότερα ενώ αφήνεται ελεύθερη η κατακόρυφη επικοινωνία μεταξύ των στρώσεων στο χώρο που περιβάλλει το σωλήνα, οπότε με τον τρόπο αυτό μετρείται η υψηλότερη στάθμη μεταξύ των διαφόρων στρώσεων . Μπορεί επίσης κατά την τοποθέτηση του φίλτρου να κατασκευασθεί φραγμός από χαμηλής διαπερατότητας υλικά οπότε η ένδειξη να αφορά συγκεκριμένα βάθη και συγκεκριμένη στρώση. Ο τύπος αυτός του πιεζόμετρου που χρησιμοποιήθηκε είναι αποτελεσματικός επειδή χρησιμοποιήθηκε σε γρανίτη όπου η διαπερατότητα είναι πολύ μεγάλη και η απόκριση πολύ γρήγορη. ( Εσκίογλου 1994)

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διατμητική αντοχή του εδάφους δίνεται από τη σχέση του Coulomb  $\tau = c + \sigma \tan \varphi$  που παριστάνεται σε σύστημα αξόνων (  $\sigma$  ,  $\tau$  ) με ευθεία. Η κλίση της ευθείας αντιστοιχεί στη γωνία τριβής  $\varphi$  και το τμήμα στον άξονα  $\tau$  στη συνοχή  $c$  (Σχήμα 2). Οι εργαστηριακές μετρήσεις έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

1. Περιοχή Μύκης : συνοχή  $c = 3 \text{ t / m}^2$  γωνία τριβής  $\varphi = 20^\circ$  φαινόμενο βάρος σκληρής αργίλου  $\gamma = 1,9 \text{ t / m}^3$

2. Περιοχή Ιάσμου : συνοχή  $c = 0 \text{ t / m}^2$  γωνία τριβής  $\varphi = 20^\circ$  φαινόμενο βάρος ομοιογενούς στρώματος πυκνής ασυμπίεστης άμμου  $\gamma = 2 \text{ t / m}^3$

Τα κατασκευαστικά στοιχεία των 2 γεφυρών υπολογίστηκαν και είναι είναι τα ακόλουθα :

1. Γέφυρα Μύκης (ορεινό τμήμα )

Βάθος θεμελίωσης  $D_f = 1 \text{ m}$

Πλάτος τετραγωνικού θεμελίου  $B = 3,5 \text{ m}$

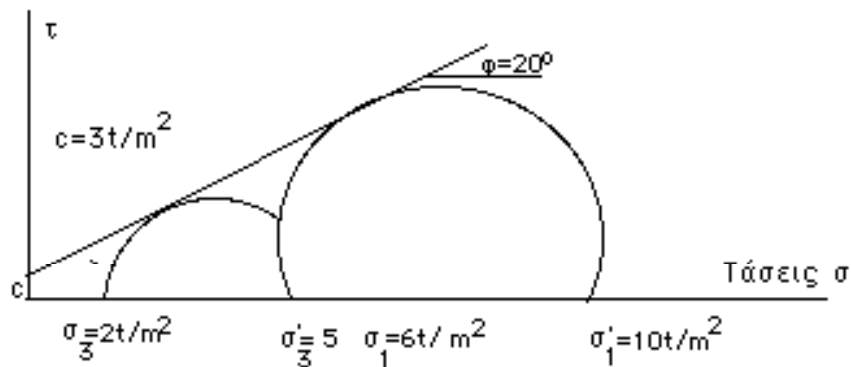
Τιμές συντελεστών  $N_c = 17,7$   $N_q = 7,4$  ,  $N_\gamma = 5$

2. Γέφυρα στο πεδινό τμήμα μετά τη λεκάνη απορροής.

Βάθος θεμελίωσης  $D_f = 4 \text{ m}$

Πλάτος τετραγωνικού θεμελίου  $B = 6 \text{ m}$

Τιμές συντελεστών  $N_c = 17,7$   $N_q = 7,4$  ,  $N_\gamma = 5$



Σχήμα Υπολογισμός συνοχής και γωνίας τριβής  $\varphi$

Κατόπιν αυτών, υπολογίσθηκε η φέρουσα ικανότητα των εδαφών, στις περιοχές έρευνας, με βάση τη στάθμη του υπόγειου ύδατος , από τις εξισώσεις 2, 5, 7, 8 και 9.

A. Περίπτωση ορεινής γέφυρας.

1. Βάθος  $d=0,5$  m. Στην περίπτωση αυτή η τιμή της φέρουσας ικανότητας δίνεται από τη σχέση 5 :

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_{αντ} \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 B \cdot N_\gamma \cdot \gamma'$$

όπου 
$$\gamma_{αντ} = \frac{\{\gamma \cdot d + \gamma' (D_f - d)\}}{D_f}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των διάφορων παραμέτρων υπολογίζεται  $q = 86,8 \text{ t/m}^2$

2. Βάθος  $d = 2$  m. Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση της φέρουσας ικανότητας είναι η :

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 B \cdot N_\gamma \cdot \{\gamma(d - D_f) + \gamma'(B - d + D_f)\}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των διάφορων παραμέτρων υπολογίζεται  $q = 91,8 \text{ t/m}^2$

3. Βάθος  $d = 6$  m. Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση της φέρουσας ικανότητας είναι η :

$$q = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 B \cdot N_\gamma \cdot \gamma$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των διάφορων παραμέτρων υπολογίζεται  $q = 96,4 \text{ t/m}^2$

4. Βάθος  $d = 1$  m. Το νερό στην επιφάνεια της θεμελίωσης. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στην σχέση 8 βρίσκουμε  $q = 90 \text{ t/m}^2$

5. Το νερό στην επιφάνεια του εδάφους. Από τη σχέση 9 υπολογίζουμε  $q = 83 \text{ t/m}^2$

## B. Γέφυρα Ιάσμου

1. Η στάθμη του νερού στο 1m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.  $d=1$  m. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα βρίσκουμε  $q=49 \text{ t/m}^2$  ( Σχέση 5 )

2. Βάθος  $d=6$  m. Η στάθμη κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στη σχέση 7 βρίσκουμε  $q=77 \text{ t/m}^2$ .

3. Βάθος  $d=12$  m. Η στάθμη αρκετά κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στη σχέση 2 βρίσκουμε  $q=83 \text{ t/m}^2$

4. Βάθος  $d=4$  m. Το νερό στην επιφάνεια της θεμελίωσης. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στην σχέση 8 βρίσκουμε  $q = 71 \text{ t/m}^2$



5. Το νερό στην επιφάνεια του εδάφους. Από τη σχέση 9 υπολογίζουμε  $q = 41,6 \text{ t/m}^2$

#### ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της έρευνας εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η φέρουσα ικανότητα λαμβάνει τη μεγαλύτερη τιμή, όταν η στάθμη των υπόγειων νερών βρίσκεται από την επιφάνεια του εδάφους σε βάθος  $d$  που είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα του βάθους θεμελίωσης  $D_f$  και του πλάτους του πεδίου  $B$ . Όταν δηλαδή ισχύει η σχέση  $d > D_f + B$ .
- Η φέρουσα ικανότητα μειώνεται καθώς η στάθμη ανεβαίνει. Όταν το νερό φθάσει στο ύψος της θεμελίωσης η ικανότητα παίρνει μία ενδιάμεση τιμή, για να φθάσει στην ελάχιστη όταν τα νερά έρχονται στην επιφάνεια του εδάφους.
- Στην γέφυρα Ιάσμου, παρατηρείται ότι έχουμε καλύτερα κατασκευαστικά δεδομένα (βάθος θεμελίωσης εδάφους, μεγάλο πλάτος θεμελίων, πυκνότητα εδάφους) και θα έπρεπε να δεχόταν μεγαλύτερες τάσεις από τη γέφυρα Μύκης. Όμως αυτό δεν συμβαίνει και επιπλέον με την άνοδο των νερών στην επιφάνεια του εδάφους η ελάχιστη τιμή κατέρχεται στο 50% της μεγίστης ( $41,6 - 83 \text{ t/m}^2$ ), ενώ στη περιοχή Μύκης, έχουμε μείωση της ικανότητας μόνο κατά 15% ( $83 - 96 \text{ t/m}^2$ ) Αυτό οφείλεται στο ότι το έδαφος της γέφυρας Ιάσμου είναι ομοιογενές στρώμα πυκνής ασυμπίεστης άμμου σε αντίθεση με την άργιλο της Μύκης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απουσιάζει από τους υπολογισμούς ο παράγοντας Συνοχή  $c$ .  $N_c$  καθόσον  $c=0$ .
- Από την έρευνα συμπεραίνεται πως οι κατασκευαστές δεν πρόβλεψαν μία τέτοια συμπεριφορά της Φύσης (ραγδιότητα και υπερβολικό ύψος κατακρημνισμάτων 1000mm σε διάρκεια 5 ημερών), ώστε να προβλέψουν την πιθανή άνοδο της στάθμης των υπόγειων υδάτων.
- Θα πρέπει λοιπόν να προνοήσουν είτε για την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας κατασκευής είτε να υπολογισθεί η φέρουσα ικανότητα των εδαφών για δυσμενέστερες συνθήκες. Συγκεκριμένα για τη Μύκη, με τις σημερινές συνθήκες, θα πρέπει να μιλάμε για θεμελίωση σε έδαφος με επιτρεπόμενη τάση :

$$q_{επ} = \frac{q}{\nu} = \frac{83}{3} = 27,5 \text{ t/m}^2$$

όταν θεωρείτο φυσικό να μην έχουμε κανένα πρόβλημα για επίδραση τάσεων μέχρι  $86,8 / 3 = 29 \text{ t/m}^2$

Στον Ίασμο, παρατηρούμε με το ίδιο σκεπτικό, ότι ενώ θα έπρεπε να είχαμε κατασκευή σε έδαφος με οριακή επιτρεπόμενη τάση ίση με  $41,6 / 3 = 13,9 \text{ t/ m}^2$ , θεωρούσαμε πολύ μεγαλύτερη τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους αυτού και την επιτρεπόμενη τάση του ίση με  $49 / 3 = 16,3 \text{ t/ m}^2$ .

Αυτή η αδυναμία, να δεχθούμε και να προνοήσουμε την δυσμενέστερη επίδραση της στάθμης των υπόγειων νερών στα συγκεκριμένα εδάφη, οδήγησαν σε αισιόδοξους υπολογισμούς της φέρουσας ικανότητας που όμως αποδείχτηκε μικρότερη κατά 5% στην πρώτη και 16% στη δεύτερη περίπτωση. Επομένως για μία επιτυχή θεμελίωση, θα πρέπει κατά τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή ανώτατη στάθμη του υπόγειου ύδατος. Αυτό δε είναι και το κυριότερο συμπέρασμα.

## THE IMPACT OF UNDERGROUND WATER'S LEVEL ON THE SOIL BEARING CAPACITY AFTER OVERFLOW.

PANAGIOTIS CHR. ESKIOGLOU

Ass. professor

### SUMMARY

The soil bearing capacity is the limit value of stress which the soil of foundation can accept without considerable deformation and absolutely no failure. It depends on the soil strength, mechanical properties, foundation's dimensions and in a great degree on underground water's level. When a correct research is not realized and when the higher up factors can't be taken into account, breaking's phenomenon and construction's destruction can be noticed.

In this paper the cause of soil erosion, road and bridge's destruction - in connection with overflow - were studied. The main conclusion of our research was that the bearing capacity, after an overflow and the rise in the water's level, was reduced. Therefore, the probable water's level for the calculation of bearing capacity should be taken into account for a successful foundation.

### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαλαλάς Δ. 1977 "Εισαγωγή στην Εδαφομηχανική" Φοιτητικές παραδόσεις, σελ.154-165.
- Γραμματικόπουλος Γ. - Μάνου - Θ. Χατζηγώγος 1985 "Εδαφομηχανική Ασκήσεις και Προβλήματα . Θεσσαλονίκη σελ.104-124
- Εσκίογλου Π. 1994 "Στοιχεία Εδαφομηχανικής" Φοιτητικές Παραδόσεις. Θεσσαλονίκη. σελ.18-25
- Μουρατίδης Αν. 1995 "Χωματοургικές Εργασίες και τεχνικά έργα Οδοποιίας". Θεσσαλονίκη σελ. 37- 42
- Smith G,N. 1989 "Elements of soil mechanics ". BSP pp.56-87
- Terzaghi K. Peck P. 1967 "Soil mechanics in Engineering Practice". N York Τσώτσος Στ. 1991 "Εδαφομηχανική .Θεωρία, μέθοδοι και εφαρμογές" Α.Π.Θ σελ. 211-232