

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΑΛΜΥΡΗΣ - ΚΑΤΑΚΑΛΙΟΥ (Ν. ΚΟΡΙΝΘΟΥ), ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ -
ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.

Α. ΑΛΕΞΟΥΛΗ - ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ*, Κ. ΣΑΧΠΑΖΗΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή διερευνάται η ευστάθεια των πρανών της κοιλάδας Κατακαλίου-Αλμυρής (Ν.Κορινθίας). Εντοπίστηκαν υπάρχοντα προβλήματα αστοχιών και προτείνονται μέτρα πρόληψης ή αναχαίτισης φαινομένων κατολισθήσεων και γενικότερων αστοχιών (καθιζήσεις, ερπυσμοί, κλπ).

Η περιοχή γεωτεκτονικά εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη και καλύπτεται από καρστικοποιημένους Τριαδικούς ασβετόλιθους και Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις από μάργες, αργίλους, ιλυόλιθους, ψαμμίτες, κώνους κορημάτων, κλπ. Στην περιοχή διαπιστώθηκαν παλιές και νέες ερπυστικές κινήσεις, καταπτώσεις και κατολισθήσεις, που οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε ιλυομιγή υλικά, την παρουσία φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα υπό μορφή θυλάκων μέσα στα κορήματα μέχρι το βάθος των ιλυομαργαϊκών σχηματισμών και τους κραδασμούς από τη μεγάλη κυκλοφοριακή κίνηση στο δρόμο.

Προτείνονται μέτρα αναχαίτισης και σταθεροποίησης των υπαρχουσών αστοχιών, για τις κατασκευές που υπάρχουν και μέτρα πρόληψης αστοχιών, για τις καινούργιες κατασκευές.

ABSTRACT

This paper deals with the investigation of both artificial and natural slope stability problems, in the area of Katakali-Almiri Valley (District of Corinth). There were identified existing failure problems and there are suggested prevention or stabilization measures of landslide phenomena and other kinds of failure (e.g. settlements, creeping, etc.).

The studied area belongs in the geotectonic zone of Pelagonic zone, and consists of karstified Triassic Limestones, as well as Neogene and Quaternary deposits including marls, clays, siltstones, sandstones, screes, etc. In the examined area there are recognized both old and new creeping movements, topplings and landslides, which are attributed to the a) substantial participation of silty particles, b) presence of high phreatic piezometric surface of underground water in form of pockets in screes, up to the depth of the contact with silty and marly formations, and c) vibration of ground in the vicinity to National Road, due to increased traffic loads.

Finally, certain proposals and special measures are suggested for the restraint and stabilization of existing failures in various constructions, as well as failure prevention measures for future constructions to be built in this geotechnically unstable area.

"Slope Stability Investigation in Almiri - Katakali area (District of Corinth). Failure prevention - Stabilization measures".

* Av. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολύτεχνειου 9, Ζωγράφου, 157 80
Α. Alexouli - Livadioti, Assos. Professor of Techn. University of Athens, 9 Iroon Polytechniou, 157 80

** Γεωτεχνικός και Γεωλόγος Μηχανικός (M.Sc. U.K.-Dr. Ε.Μ.Π.). Μάρνη 32, ΑΘΗΝΑ 104 32.
C. Sachpazis, Geotechnical and Geological Engineer (M.Sc. U.K.-Ph.D. N.T.U.A.) 32 Marni, 104 32, Athens.

ΣΚΟΠΟΣ - ΘΕΣΗ

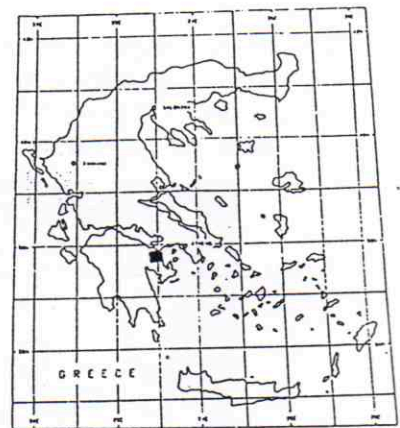
Η εργασία αφορά στη διερεύνηση της ευστάθειας των πρανών της κοιλάδας Κατακαλίου-Αλμυρής, προκειμένου να εντοπισθούν τυχόν προβλήματα και να προταθούν μέτρα πρόληψης ή αναχαίτησης φαινομένων κατολισθήσεων και γενικότερων ασταθειών (καθιζήσεις, ερπυσμοί, κλπ).

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται 11 Km νότια του Ισθμού της Κορίνθου, στο βόρειο τμήμα του ορεινού όγκου της Τραπεζώνας (Σχ. 1).

ΓΕΝΙΚΑ

Γεωτεκτονικά η περιοχή εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη (γεωλογικός χάρτης, φύλλο Σοφικό, ΙΓΜΕ, 1:50.000). Συναντώνται ασβεστόλιθοι Μέσου - Ανωτ. Τριαδικού, έντονα καρστικοποιημένοι και πάνω σ' αυτούς έχουν αποθεθεί Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι Νεογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν τη μαργαϊκή σειρά και διακρίνουμε τις λεπτοστρωματώδεις έως λεπτοπλακώδεις λευκότεφρες ασβεστολιθικές μάργες με πολλές λεπτές αργλικές παρεμβολές. Τους σχηματισμούς αυτούς διαδέχεται μια σειρά ιλυομιγών ή ψαμμιτικών μαργών που μεταπίπτουν κατά θέσεις σε ελαφρώς κυανότεφρες ασβεστολιθικές μάργες.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν Παλαιοδiluβιακά ιζήματα χερσαίας προέλευσης (συνεκτικά ή ημιχαλαρά κροκαλοπαγή, ιλυόλιθους, κλπ), Τυρρήνες αποθέσεις και νεότερους τεταρτογενείς σχηματισμούς (κώνους κορημάτων, κλπ), πλευρικά κορήματα και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις.



Σχ.1. Γεωλογικός χάρτης περιοχής (Σοφικό, ΙΓΜΕ, 1985). Σημειώνονται οι θέσεις που παρατηρήθηκαν οι κυριότερες αστοχίες και έγιναν οι γεωφυσικές διασκοπήσεις.

Tm-s-k Ασβεστόλιθοι Πελαγονικής ζ. (Limestones), Pl, m, s, st, e.t.c. Πλειοκαινικοί σχηματισμοί (Pleistocene), Pt, cs Παλ. κώνοι κορημάτων (old talus cones), sc,cs Σύγχρονα πλευρ.κορήματα, (Recent scree).

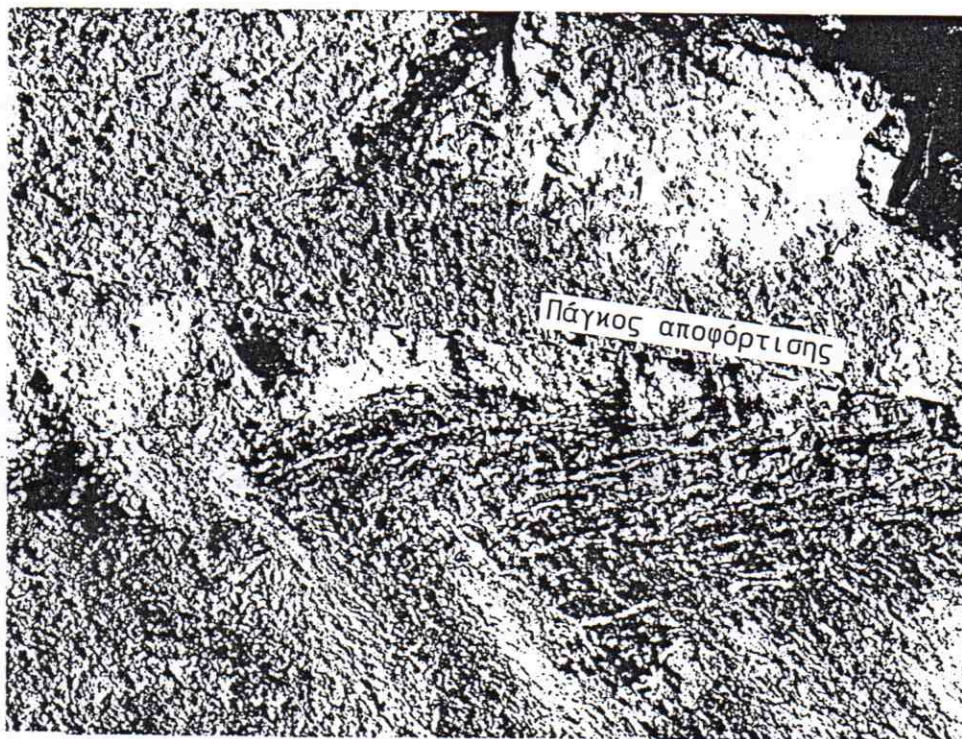
Fig. 1. Geological map of the investigated area (Sofico, IGME, 1985). The places with the failure problems are noted.

Οι κύριοι τεκτονικοί χαρακτήρες της περιοχής (άξονες πτυχών, μέτωπα επιπτεύσεων) έχουν διεύθυνση Α-Δ. Επίσης ολόκληρη η περιοχή της λοφώδους Κορινθίας κατατέμνεται από μεγάλες ταφροειδείς καταβυθίσεις με διεύθυνση Α-Δ, των οποίων η γένεση αποδίδεται στο Τριτογενές ή και μεταγενέστερα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα που οφείλεται στην ενεργό τεκτονική δραστηριότητα που παρατηρείται στην περιοχή. Σύμφωνα με τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό η ευρύτερη περιοχή κατατάσσεται στην ζώνη ΙΙΙ, υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας και τα συναντώμενα εδάφη κατατάσσονται κύρια στην κατηγορία Β και τοπικά στην Γ.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή που μελετήθηκε είναι τμήμα της λεκάνης απορροής του ρεύματος Κατακαλίου-Αλμυρής και αποτελεί μια σχετικά χαμηλή εσωτερική λεκάνη, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Τραπεζώνας. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι ασύμμετρα αναπτυγμένο στη λεκάνη απορροής, που διασχίζεται από την κύρια κοίτη μήκους 3 Km στο βόρειο τμήμα. Ολοι σχεδόν οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου αναπτύσσονται στις νότιες κλιτύες της λεκάνης ενώ απουσιάζουν ουσιαστικά από τις βόρειες κλιτύες, οι οποίες αποτελούνται αποκλειστικά από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους. Τα υψηλότερα σημεία της υδροκριτικής γραμμής στο νότιο τμήμα φθάνουν τα 664 m (κορυφή Ρεματιά) και 600 m (κορυφή Προφήτης Ηλίας, ενώ στο βόρειο τμήμα είναι πολύ χαμηλότερα και φθάνουν τα 163 m και 153 m. Η μέση κλίση των νοτίων πρानών της κοιλάδας είναι 32%, δηλαδή 18%. Οι μεγαλύτερες κλίσεις παρτηρούνται στα ασβεστολιθικά τμήματα και φθάνουν έως 83% ή 40°, ενώ στις νεογενείς αποθέσεις είναι ηπιότερες και κυμαίνονται γύρω στο 13% ή 8°. Η μέση κλίση των βορείων πρानών είναι 32% ή 18°.

Εξ αιτίας της μεγάλης κλίσης των πρानών και της σχετικά νεαρής ηλικίας του υδρογραφικού δικτύου παρατηρούνται πολλοί και μεγάλοι μήκους κλάδοι 1ης τάξης, ενώ μόνο πέντε κλάδοι είναι 2ης τάξης. Η κυρία κοίτη του ρεύματος είναι 3ης τάξης και ένα μεγάλο τμήμα της προς τις εκβολές είναι ανενεργό και δεν εκβάλλει στη θάλασσα, ενώ



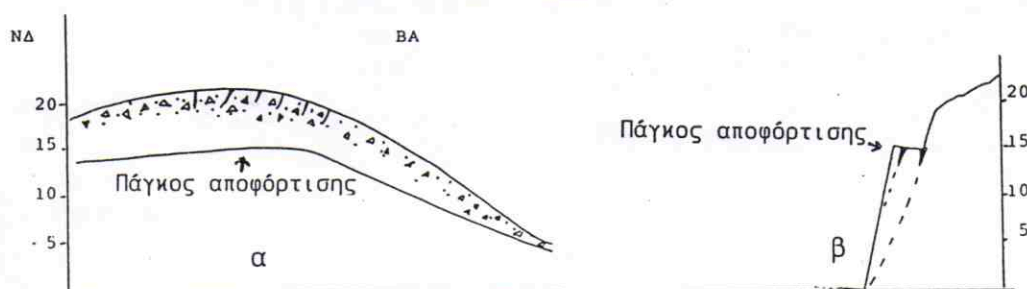
Σχ. 2. Τεχνητό πρανές όπου διακρίνονται οι ρωγμές εφελκυσμού και παλιές κατολισθήσεις.
Fig. 2. Artificial Slope showing tentson cracks and old landslides.

ανατολικότερα, στη θέση Βλασαίικα παρατηρείται μεγάλη κατά βάθος διάβρωση της κοίτης. Τα χαρακτηριστικά αυτά οφείλονται στην ενεργό τεκτονική που χαρακτηρίζει την περιοχή.

Στις νότιες κλιτύες πάνω στους ασβεστόλιθους έχουν αποθεθεί νεογενή στρώματα (ιλυομιγείς μάργες), και πάνω σ' αυτούς πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται από γωνιώδεις λατύπες διαφόρων μεγεθών από 5-20cm με αργιλομαργαϊκό συνδετικό υλικό. Επίσης παρατηρήθηκαν κολλούβια με τη μορφή τεταρτογενών αργιλικών υλικών με στρώματα κυανών μαργών και αργίλων, που προέρχονται από παλές κατολισθήσεις, καθώς και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, με αποστρωγγυλεμένα ασβεστολιθικά και οφιολιθικά θραύσματα πάνω σε χερσαίο υλικό. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Στα ανώτερα τμήματα των κώνων κορημάτων παρατηρούνται εφελκυστικές διακλάσεις με κλίση περίπου $200^{\circ}/70^{\circ}$ πληρωμένες με ερυθρογαίες. Οι ρωγμές αυτές υποδηλώνουν ότι επικρατεί μια ασταθής ισορροπία, που οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα των σχηματισμών αυτών σε ιλυομιγή υλικά και εκδηλώνεται με ερπυσμό εδάφους.

Με προσεκτική παρατήρηση των τομών, διαπιστώσαμε παλές ερπυστικές κινήσεις, της ίδιας περίπου φοράς με τις νεότερες, στα ανώτερα τμήματα των αργιλομαργαϊκών σχηματισμών που υπόκεινται των τεταρτογενών αποθέσεων (sx. 2). Αυτό δείχνει ότι οι λιθολογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι επιρρεπείς σε κατολισθήσεις. Στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκαν αστοχίες και ενδείξεις αρχομένων αστοχιών τόσο σε ιδιωτικά, όσον και σε δημόσια έργα. Για παράδειγμα, στα ιδιωτικά έργα, παρατηρήθηκαν ρωγμές σε μεσοτοιχίες, φράκτες, αποκολλήσεις πλακιδίων, δικοσμητικών επενδύσεων, κλπ. Επί της Εθνικής Οδού προς την Επίδαυρο, σε διάφορες θέσεις παρατηρούνται επί του τάπητα κύλισης του οδοστρώματος πλεγματοειδείς κατακερματισμοί και αυλακώσεις, ενώ σε υψηλά κυρίως πρανή (ύψους >12m), που έχουν εκσκαφεί σε νεογενείς μάργες, διακρίναμε μικροκατολισθήσεις, καταπτώσεις, ρωγμές εφελκυσμού (tension cracks) εικ.1, και περιστροφικές ολισθήσεις. Τα φαινόμενα αυτά προκύπτουν από την υπάρβαση ή οριακή προσέγγιση της διατμητικής κυρίως αντοχής των εδαφών μέσα στα οποία εδράζονται και φιλοξενούνται τα διάφορα τεχνικά έργα.

Όλες αυτές οι παρατηρήσεις επί των προβλημάτων της γεωτεχνικής αστάθειας της πειροχής, μας οδήγησαν στη λεπτομερή γεωλογική και γεωτεχνική διερεύνησή της, με μεθόδους τόσο υπαίθριων, όσον και εργαστηριακών μετρήσεων και δοκιμών. Στις επόμενες ενότητες δίνεται λεπτομερής περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών των θέσεων στις οποίες εκδηλώθηκαν τα προβλήματα που αναφέραμε, παρουσιάζονται οι γεωτεχνικές ιδιότητες και παράμετροι των εδαφών και αναλύονται οι γεωμηχανικές συνθήκες ευστάθειας των διαφόρων έργων. Στη συνέχεια προτείνονται τα μέτρα σταθεροποίησης των υπάρχοντων τεχνικών έργων ή τα μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον αρχικό σχεδιασμό νέων, ώστε να αποφεύγονται τα φαινόμενα αστοχιών σε αυτήν την προβληματική, από γεωτεχνική άποψη, περιοχή.

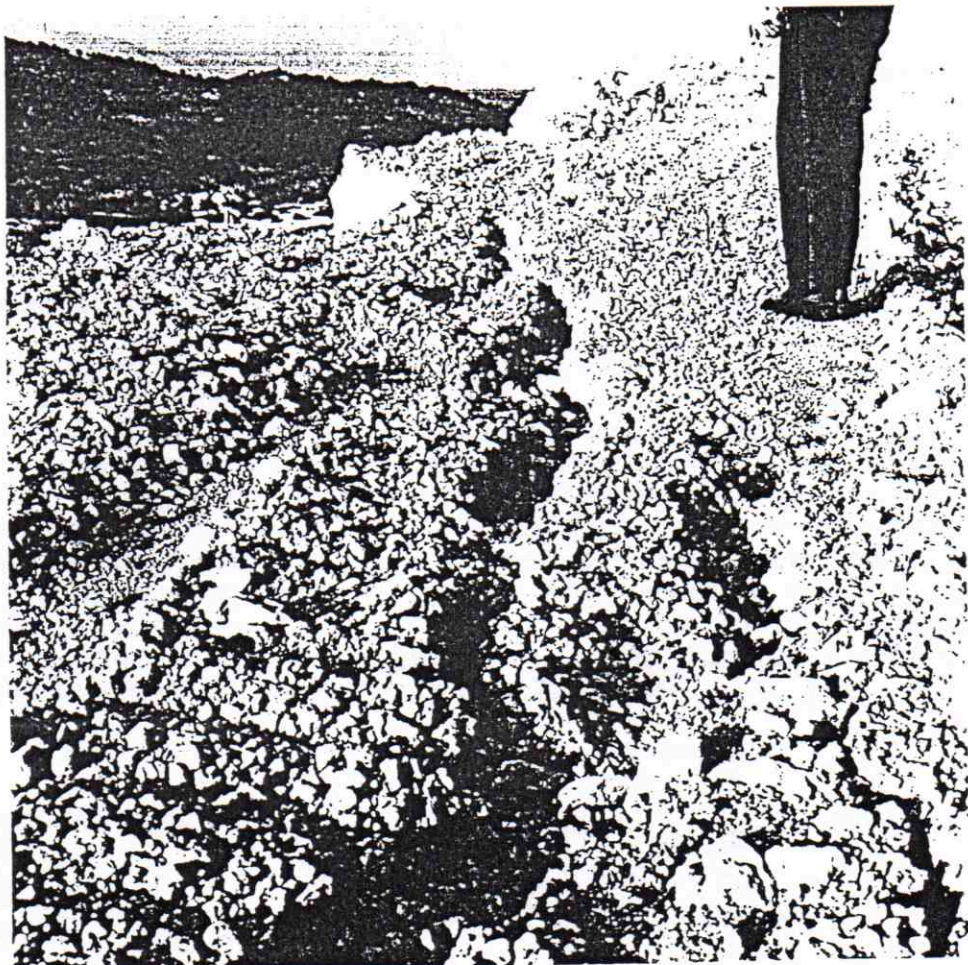


Σχ. 3. Σχηματική τομή τεχνητού πρανούς: α) κατά τον άξονα όρυξης και β) κάθετα προς την κλιτύ.

Fig. 3. Profile of artificially cut slope: a) parallel and b) vertical to the slope.

Οι θέσεις στις οποίες παρατηρήθηκαν προβλήματα αστάθειας σημειώνονται στο χάρτη 1 και παραθέτουμε λεπτομερή περιγραφή τους.

Στη θέση 1 (Σχ. 1), επί της Εθνικής Οδού Ισθμού-Επιδαύρου σε υψόμετρο 160 έχει εκσκαφεί τεχνητό πρανές ύψους 12m. Σε τομή από πάνω προς τα κάτω συναντώνται: Πλευρικά κορήματα με λατύπες διαφόρων μεγεθών από 5-20cm συνδεδεμένα με αργιλομαργαϊκό υλικό. Στο κέντρο της τομής συναντάται αργιλική μάργα μεγάλης πλαστικότητας που πλευρικά καθώς και στα ανώτερα τμήματα μεταπίπτει σε ιλυόλιθο με στρώσεις 5-15cm. Στο ανώτερο τμήμα του σχηματισμού παρατηρούνται εφελκυστικές διακλάσεις με διεύθυνση κλίσης $200^{\circ}/70^{\circ}$, πλάτους 20-30cm πληρωμένες με ερυθροπηλούς, που μαρτυρούν παληές ερπυστικές κινήσεις. Επίσης στα ανώτερα τμήματα των αργιλικών μαργών παρατηρείται εναλλαγή μαργών με ερυθροπηλούς που υποδηλώνουν παληότερες ερπυστικές κινήσεις (Εικ.1). Κατά την όρυξη του πρανούς δημιουργήθηκε πάγκος αποφόρτισης ύψους 15m και πλάτους 2,5m. Στην επιφάνεια του πάγκου αυτού δημιουργήθηκαν ρωγμές εφελκυσμού (πτεροειδείς), χαινίτσες με άνοιγμα έως 20cm και με τάση αποχωρισμού του τμήματος αυτού (Σχ. 3,4).



Σχ. 4. Διακρίνονται ρωγμές εφελκυσμού.

Fig. 4. Tension cracks occurrence.

Από τη θέση 2 έως 3 σε υψόμετρο περίπου 110m έχει ορυχθεί τεχνητό πρανές σε κώνους κορημάτων και αργιλικές μάργες, που παρουσιάζουν ρωγμές εφελκυσμού κατά την ίδια διεύθυνση όπως και οι προηγούμενες. Στη θέση 3 συναντώνται κολλούβια (εναλλαγές νεογενών μαργών με αργιλικούς τεταρτογενείς σχηματισμούς), αποτέλεσμα παληών κατολισθήσεων. Στην πεδινή περιοχή ποταμοχειμάρριες αποθέσεις έχουν αποθεθεί πάνω σε τεταρτογενείς χερσαίους σχηματισμούς. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10cm. Είναι αξιοσημείωτο, ότι τόσο οι εφελκυστικές διακλάσεις, που

παρατηρούνται στους νεογενείς σχηματισμούς, τους υποκείμενους των κορημάτων, όσον και αυτές που τέμνουν τους κώνους κορημάτων έχουν την ίδια φορά.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούν στρώματα πάχους 5-15 cm που εναλλάσσονται μεταξύ τους και αποτελούνται από αργιλικές μάργες και ιλυόλιθους. Οι ιλυόλιθοι είναι πιο ανθεκτικοί με γενικά καλύτερες γεωτεχνικές ιδιότητες, ενώ οι αργιλικές μάργες είναι πλέον υποβαθμισμένες γεωτεχνικά. Από τα στρώματα αυτά ελήφθησαν δείγματα και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι γεωτεχνικές ιδιότητές τους.

1. Προσδιορισμός φυσικών ιδιοτήτων

Οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων αυτών προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές:

α) Μέθοδος Αρχιμήδη, B.S.:812: Part 2:1975, και

β) Μέθοδος προσδιορισμού του ειδικού βάρους ορυκτών κόκκων εδάφους, British Standards: 1377: April 1975, με λήκυθο πυκνότητας. Αυτές είναι:

A. Αργιλική Μάργα: B. Ιλυόλιθος

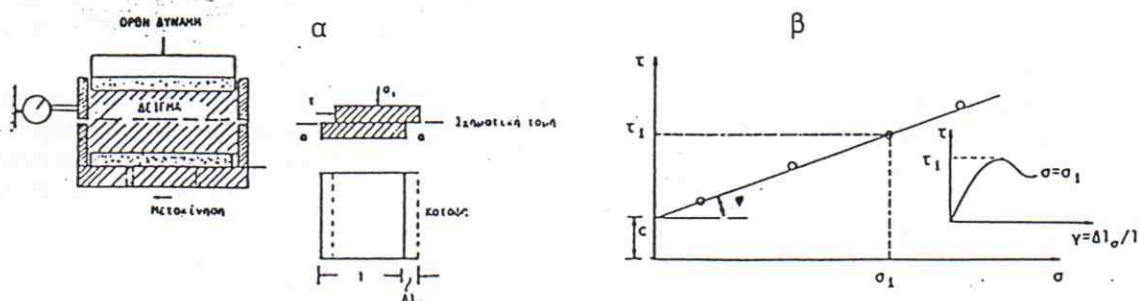
1) Ξηρή φαινομένη πυκνότητα	$\rho_d = 2.05 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_d = 2.34 \text{ gr/cm}^3$
2) Κορεσμένη φαινομένη πυκνότητα	$\rho_{sat} = 2.16 \text{ gr/cm}^3$	$\rho_{sat} = 2.47 \text{ gr/cm}^3$
3) Μονάδα βάρους εδάφους (ξηρή)	$\gamma_s = 20.10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_s = 22.95 \text{ kN/m}^3$

2. Εργαστηριακή εκτίμηση παραμέτρων διατμητικής αντοχής.

Δοκιμή άμεσης διάτμησης.

Η δοκιμή άμεσης διάτμησης προσομοιώνει την επιβολή αυξανόμενης διατμητικής τάσης τ , μέχρι διατμητικής θραύσης, επί προκαθορισμένου επιπέδου, με σύγχρονη δράση ορθής τάσης σ επί της διατεταμένης επιφάνειας. Η δοκιμή εκτελέστηκε σύμφωνα με την Αμερικάνικη προδιαγραφή: A.S.T.M. D3080 - 79, (Σχ. 5α). Η δοκιμή της άμεσης διάτμησης εκτελέστηκε σε αστράγγιστη κατάσταση (undrained), σε διάφορες ορθές τάσεις (σ), και συνεπώς οι παράμετροι της διατμητικής αντοχής, γωνία εσωτερικής τριβής και συνοχή, είναι οι ολικές, δηλαδή c_u και ϕ_u . Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται διαγραμματικά στο Σχ.5β. Οι παράμετροι της ολικής διατμητικής αντοχής των σχηματισμών θεμελίωσης της περιοχής, όπως μετρήθηκαν είναι:

	A. Αργιλική Μάργα	B. Ιλυόλιθος
Συνοχή	$c_u = 84 \text{ kN/m}^2$	$c_u = 159 \text{ kN/m}^2$
Γωνία εσωτερικής τριβής	$\phi_u = 6^\circ$	$\phi_u = 17^\circ$



Σχ. 5. α. Σχηματική διάταξη δοκιμής άμεσης διάτμησης. β. Αξιοποίηση δοκιμών άμεσης διάτμησης.

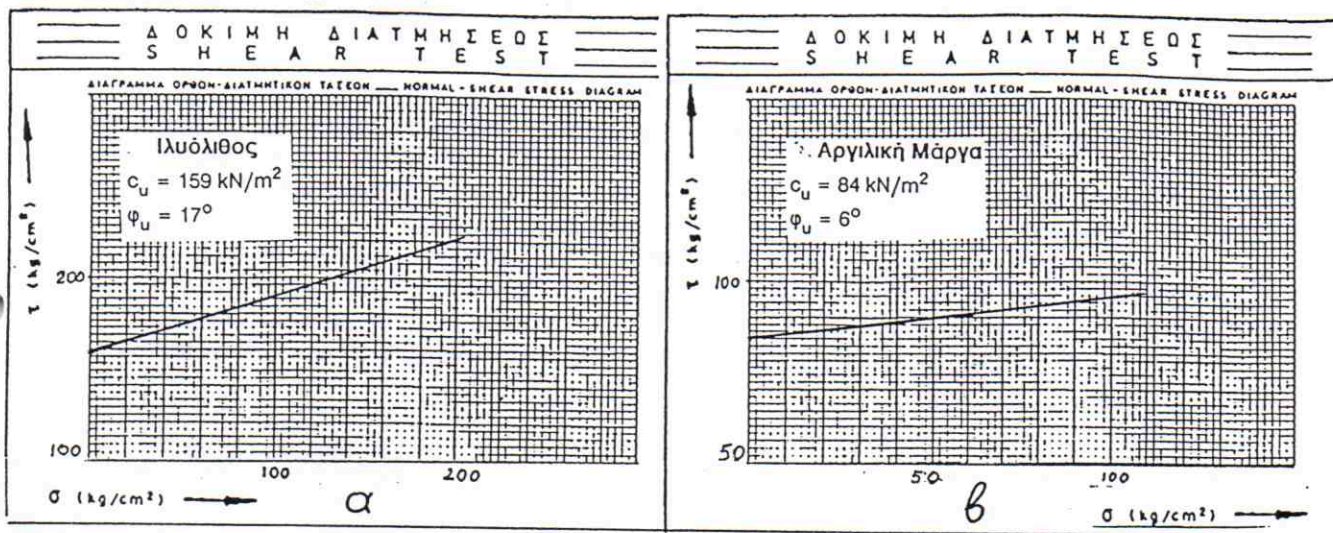
Fig. 5. a. Illustration of direct shear test arrangement, b. Evolution of direct shear tests.

3. Ανάλυση κοκκομετρικής διαβάθμισης

Η κοκκομετρική ανάλυση και ταξινόμηση των δειγμάτων της αργιλικής μάργας και του ιλυόλιθου έγιναν σύμφωνα με την μέθοδο Folk et Al. (1970) με σειρά κοσκίνων και πιπέττα, για ιζήματα χωρίς χαλίκια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ιλυόλιθος συνίσταται σε ποσοστά: 97,5% από ιλύ, 2% από άμμο και 0,5% από άργιλο, ενώ η αργιλική μάργα 98,5% από ιλύ, 1% από άμμο και 0,5% από άργιλο.

Με αοβεστόμετρο Bernard προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε ανθρακικά: αργιλική μάργα 23,06%, ιλυόλιθος 24,5%



Σχ. 6α. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια αργιλικής μάργας.

Fig.6a. Results of direct shear test in clayey Marl samples.

Σχ. 6β. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια ιλυόλιθου

Fig.6β. Results of direct shear test in siltstone samples.

ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ (RESISTIVITY)

Οι μετρήσεις έγιναν με όργανο μέτρησης ειδικής αντίστασης, με δυνατότητα εκπομπής μέγιστου ρεύματος γραμμής 1000 mA και με ισχύ εξόδου 500 W. Η τάση λειτουργίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν 12 V DC σε συνδυασμό με μη πολώσιμα ηλεκτρόδια δυναμικού MN. Χρησιμοποιήθηκε η κατά Schlumberger διάταξη ηλεκτροδίων. Η επεξεργασία και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων έγιναν κατ' αρχήν με την χρησιμοποίηση πρότυπων καμπύλων και στη συνέχεια με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, με την εφαρμογή προγραμμάτων βασισμένων στη μέθοδο γραμμικών φίλτρων (Interpretation by Linear Filter Method).

Έγιναν τρεις γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις. Οι ακριβείς θέσεις των κέντρων τους, φαίνονται στο σχήμα 1. Διαπιστώθηκε ότι η λιθοστρωματογραφία στην ερευνοούμενη έκταση, μέχρι βάθους 100 m, αποτελείται επιφανειακά από τεταρτογενή πλευρικά κορήματα, τα οποία αποτέθηκαν πάνω σε νεογενείς καρστικούς σχηματισμούς, που με τη σειρά τους επικάθονται ασύμφωνα στους άνω - μέσο Τριαδικούς ασβεστόλιθους του υποβάθρου της περιοχής, όπως απεικονίζεται παραστατικά στις συνημμένες καμπύλες υπαίθρου (Σχ. 7).

Σύμφωνα με αυτά λοιπόν παρατηρούνται στην περιοχή:

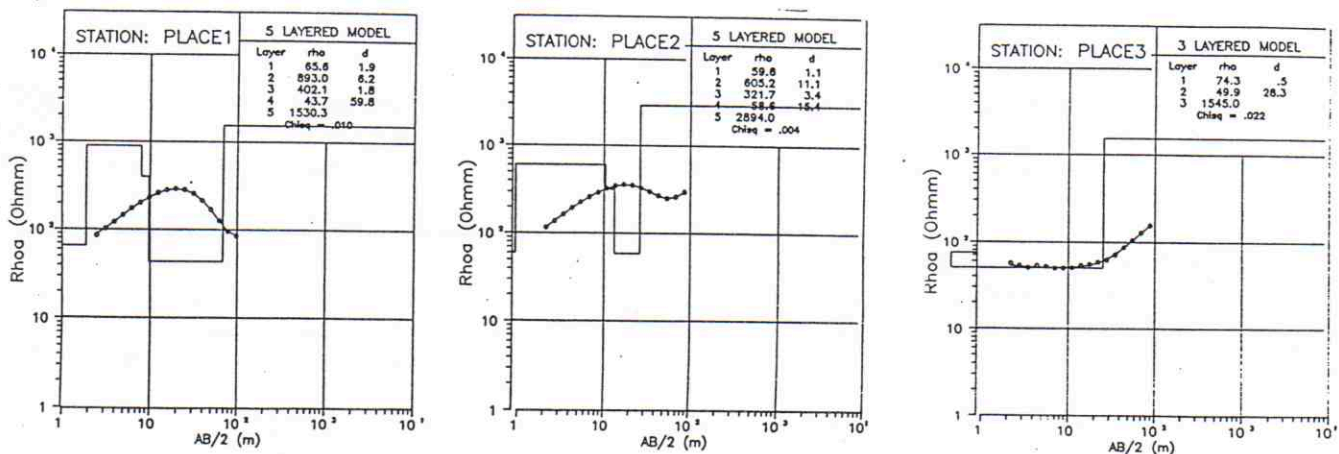
α) ένα επιφανειακό στρώμα πάχους 0.5 έως 1.9 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 59.6$ έως $74.3 \Omega.m$, το οποίο αντιστοιχεί στον επιφανειακό αποσαθρωμένο εδαφικό μανδύα, σύστασης αμμώδους ιλύος με άργιλο και λατύπες,

β) στη συνέχεια αναπτύσσεται στρώμα πάχους 0 έως 14.5 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 548.1$ έως $893.0 \Omega.m$, το οποίο αντιστοιχεί στη φάση των πλευρικών κορημάτων του Τεταρτογενούς, σύστασης λατυπών με άμμο και αργιλοϋλή. Μέσα και στη βάση του στρώματος αυτού αναπτύσσεται κατά τόπους υδροφόρος ορίζοντας φρεάτιου τύπου, ο οποίος πρέπει να υπόκειται σε έντονες εποχικές διακυμάνσεις. Κατά την περίοδο των μετρήσεων (Μάρτιος 1993) εντοπίστηκε στη θέση 1 (Σχ. 1) να έχει πάχος 1.8 m και στη θέση 2, 3.4 m.

γ) ακολούθως αναπτύσσεται το μαργαϊκό στρώμα των νεογενών σχηματισμών πάχους 15.4 έως 59.8 m με ειδική ηλεκτρική αντίσταση $\rho_a = 43.7$ έως $58.6 \Omega.m$, το οποίο αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού σχετικά πάχους ιλυόλιθου και αργιλικής μάργας.

δ) τέλος από το βάθος των 29 m περίπου στη θέση 3 και των 68 m περίπου στη θέση 1, και κάτω αναπτύσσεται η βραχομάζα του ασβεστολίθου που αποτελεί και το βραχώδες υπόβαθρο όλων των παραπάνω σχηματισμών, του οποίου η ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ_a κυμαίνεται από 1545 έως $2894 \Omega.m$.

Στους πιο πάνω σχηματισμούς διαπιστώθηκε ότι αναπτύσσεται περιορισμένη τοπική υδροφορία με μορφή θηλάκων μέσα στα τεταρτογενή πλευρικά κορήματα μέχρι το βάθος των ιλυο-μαργαϊκών νεογενών στρωμάτων, που στην υγειή τους κατάσταση είναι υδατοστεγή. Πρέπει να τονισθεί ότι η ανάπτυξη των φρεάτιων αυτών υπόγειων νερών αποτελεί δυσμενέστατο παράγοντα για τις γεωτεχνικές ιδιότητες και παραμέτρους των εδαφών θεμελίωσης των διάφορων τεχνικών έργων της ευρύτερης περιοχής.



Σχ. 7. Γεωηλεκτρικές καμπύλες υπαίθρου στις θέσεις 1, 2 και 3.

Fig.7. Geoelectric field curves at locations 1, 2 and 3.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.

1. Βλάβες κτιρίων και οδοστρωμάτων λόγω ερπυσμού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, διάφορα κτίρια αλλά και ο τάπητας κύλισης της εθνικής οδού σε διάφορες θέσεις στην περιοχή, παρουσιάζουν προβλήματα και διατρέχονται από αστοχίες. Οι αστοχίες αυτές είναι αποτέλεσμα των ερπυστικών κινήσεων του εδάφους θεμελίωσης, προς τα χαμηλότερα τοπογραφικά υψόμετρα. Τα προβλήματα αυτά παρατηρήθηκαν κύρια στα έργα, που θεμελιώνονται σε φυσικά πρανή με κλίσεις μεγαλύτερες των 13^0 . Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων στα κατασκευαστικά μέρη των τεχνικών έργων. Η υπέρβαση της εφελκυστικής και διατμητικής αντοχής των παραπάνω υλικών εκδηλώνεται με τη δημιουργία αστοχιών.

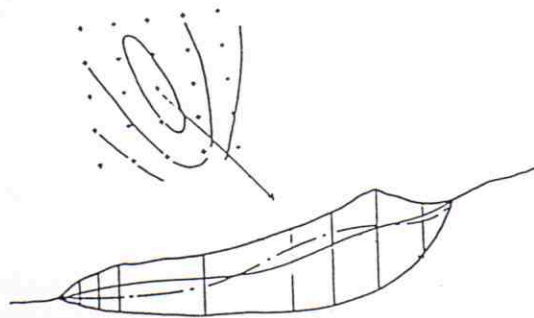
Οι ερπυστικές κινήσεις του εδάφους θεμελίωσης των τεχνικών έργων οφείλονται:

i) Στην παρουσία του υπόγειου νερού που ως γνωστόν υποβαθμίζει τις γεωτεχνικές ιδιότητες των εδαφών θεμελίωσης,

ii) Στην διαφυγή του ύδατος από τους πόρους του εδάφους, στην ζώνη έδρασης των έργων, λόγω φόρτισής τους, με συνέπεια την σταδιακή καθίζηση του εδάφους από στερεοποίηση.

iii) Στην εποχική κυκλική μεταβολή της στάθμης του υπόγειου φρεάτιου ορίζοντα που αναπτύσσεται στα Τεταρτογενή και στον αποσαθρωμένο μανδύα των μαργαϊκών στρωμάτων.

iv) Στην δυναμική καταπόνηση των φορτισμένων γαιών λόγω των σεισμικών αλλά και των τεχνητών δονήσεων στη περιοχή που προέρχονται απο τον κυκλοφοριακό φόρτο της παρακείμενης εθνικής οδού, με συνέπεια την κατά τόπους συμπύκνωση των εδαφών εξαιτίας αναδιάταξης των κόκκων τους με αποτέλεσμα καθιζήσεις και ερπυσμούς.



Σχ. 8. Σχηματική παρουσίαση της υπολογιστικής τεχνικής που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του κρίσιμου κύκλου ολίσθησης.

Fig. 8. Graphical presentation of the computing technique used for the determination of critical sliding surface.

2. Αστάθεια τεχνητών πρανών λόγω κατολισθήσεων

Τα διάφορα τεχνητά πρανή στην περιοχή αυτή παρουσιάζουν προβλήματα. Συγκεκριμένα το υψηλό πρανές της οδού στην θέση 1 είναι επικίνδυνο για αστοχίες και προσφέρεται για έρευνα. Η γεωτεχνική ανάλυση και ο υπολογισμός της ευστάθειας του τεχνητού πρανούς στην θέση αυτή πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το ειδικό πρόγραμμα Η/Υ "SOILSLOP" ανάλυσης ευστάθειας γαιδών πρανών με βάση τη μέθοδο Bishop - Morgenstern τροποποιημένη για μη ομαλή επιφάνεια ολίσθησης (Composite Sliding Surface), Σχ. 8.

Για τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία (input data):

α) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά τεχνητού πρανούς:

i) ύψος πρανούς = 19.5 m,

ii) γωνία τεχνητού πρανούς = 70°

β) Εργαστηριακές δοκιμές επί των συλλεχθέντων δειγμάτων:

i) συνοχή = 84 KN/m^2 ,

ii) γωνία εσωτερικής τριβής = 6° , και

iii) μονάδα βάρους εδάφους 20.1 KN/m^3 .

Η ανάλυση έγινε με βάση τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά της αργιλικής μάργας, η οποία υπερισχύει και έχει δυσμενέστερες ιδιότητες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία και τα αποτελέσματα του προγράμματος ανάλυσης της ευστάθειας, διαπιστώθηκε ότι ο συντελεστής ασφάλειας του συγκεκριμένου πρανούς είναι ίσος με $F = 1.15$. Η τιμή αυτή θεωρείται πολύ χαμηλή και δηλώνει κατάσταση επικίνδυνη για την ευστάθεια του πρανούς. Πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τις ρωγμές εφελκυσμού που διαπιστώθηκαν στο φρύδι του πρανούς αυτού, γεγονός που μαρτυρά την

κατάσταση οριακής ευστάθειας και κρούει τον κώδωνα του κινδύνου. Οπωσδήποτε όμως, το γεγονός της ύπαρξης των ενδιαστωμένων μικρού πάχους στρωμάτων ιλυόλιθου, βελτιώνει σχετικά τις συνθήκες ευστάθειας και έχει αποτρέψει προς το παρόν την άμεση κατολίπηση.

Σαν γενικός οδηγός λοιπόν για την κατασκευή τεχνητών πρανών στην ευρύτερη περιοχή δίδεται συνοπτικά ο ακόλουθος πίνακας (I) ο οποίος συσχετίζει το ύψος του πρανού με την βέλτιστη γωνία κοπής του ώστε να παρέχεται μακροχρόνια ευστάθεια, με συντελεστή ασφάλειας $F > \eta = 1.4$ (κατά G.B. Sowers, 1970).

Πίνακας (I). Προτεινόμενες γωνίες κοπής τεχνητών πρανών εντός των νεογενών στρωμάτων.

Υψος Πρανού (H) σε m	Μέγιστη ασφαλής προτεινόμενη γωνία κοπής σε μοίρες (*)
5	90
10	90
15	80
20	55
25	40

* Οι τιμές προήλθαν από αναλύσεις με το πρόγραμμα "SOILSLOP"

3. Αστοχίες λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας

Στην ευρύτερη περιοχή της έρευνας το πλέον προβληματικό έδαφος και από άποψη θεμελίωσης τεχνικών έργων είναι η αργιλική μάργα και μάλιστα όπως αυτή εμφανίζεται στον ανώτερο αποσαθρωμένο μανδύα της. Το έδαφος αυτό αποτελεί δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις το υλικό έδρασης των διάφορων τεχνικών έργων στην ευρύτερη περιοχή. Για τον λόγο αυτό αναλύεται και υπολογίζεται στη συνέχεια η επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητά του, ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατόν τα προβλήματα αστοχιών λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας και καθιζήσεων.

3.1. Αναλύσεις

Η φέρουσα ικανότητα (Q_s) υπολογίστηκε σύμφωνα με την μέθοδο, Terzaghi - Prandtl - Caquot - Kerisel, και για μέγιστη επιτρεπόμενη καθίζηση ίση με 25 mm. Ο συντελεστής ασφάλειας (F.S.), έχει ληφθεί ίσος με 3. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα Η/Υ "BEARING". Τα στοιχεία εισαγωγής στο πρόγραμμα είναι τα ακόλουθα:

α) Στις γεωτεχνικές ιδιότητες του εδάφους θεμελίωσης:

- i) Συνοχή = 84 KN/m^2 ,
- ii) Γωνία εσωτερικής τριβής = 6° , και
- iii) Ξηρή φαινόμενη πυκνότητα 2.05 gr/cm^3 .

β) Στα γεωμετρικά στοιχεία των θεμελίων:

- i) Μήκος και πλάτος θεμελίωσης: λαμβάνεται ίσο με 1.5 m,
- ii) Βάθος θεμελίωσης: λαμβάνεται ίσο με 1.5 m.

γ) Στο βάθος της πιεζομετρικής στάθμης.

Για λόγους ασφάλειας, λόγω γενικής αντιμετώπισης, λαμβάνεται ίσο με το βάθος της στάθμης θεμελίωσης.

Η μέγιστη ασφαλής φέρουσα ικανότητα (Q_s) του εδάφους θεμελίωσης υπολογίζεται ίση με: $Q_s = 382 \text{ KN/m}^2$.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΝΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Οι βασικές αρχές που διέπουν τα μέτρα παρέμβασης για την αντιμετώπιση νέων αστοχιών ή και την σταθεροποίηση υπαρχουσών, είναι κύρια τρεις.

- A. Παρεμβάσεις επι των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας των εδαφών.
- B. Παρεμβάσεις για την γεωτεχνική βελτίωση των ιδιοτήτων των εδαφών, και
- Γ. Παρεμβάσεις με έργα συγκράτησης των εδαφών.

Οι παρεμβάσεις επι των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι οι εξής:

- A.1. Εκσκαφή του άνω τμήματος των φυσικών ή τεχνητών πρανών για λόγους αποφόρτισης.
- A.2. Εκσκαφή καθ' όλο το μήκος του φυσικού ή τεχνητού πρανού με σκοπό την γενική μείωση της κλίσης του και απομάκρυνση του αποσαθρωμένου μανδύα του εδάφους.
- A.3. Επιχωμάτωση στην περιοχή κατάντη του πόδα του φυσικού ή τεχνητού πρανού για λόγους μείωσης της συνολικής κλίσης του, αλλά και επιφόρτιση του ποδός του (Αντίβαρα).

Οι παρεμβάσεις για την γεωτεχνική βελτίωση του εδάφους είναι οι εξής:

- B.1. Έργα για την επιφανειακή αποστράγγιση των νερών για τον περιορισμό της περαιτέρω διάβρωσης και αποσάθρωσης του εδάφους, αλλά και την μείωση της πίεσης νερού πόρων. Αυτό επιτυγχάνεται με τα παρακάτω έργα:
 - B.1.1. Στεγανοποίηση της επιφάνειας,
 - B.1.2. Σφράγιση των ανοικτών ρωγμών,
 - B.1.3. Κατασκευή επιφανειακών αγωγών απομάκρυνσης νερού,
 - B.1.4. Κατασκευή φρεατίου στον πόδα του πρανού για έλεγχο και μείωση της διαβρωτικής και αποσαθρωτικής δράσης των ρεόντων νερών.
- B.2. Έργα υποβιβασμού της στάθμης των υπόγειων νερών. Ως γνωστόν, η υψηλή στάθμη υπόγειων νερών, τόσοστα πρανή, όσο καιστιςθεμελιώσεις, επιδρά άκρως δυσμενώς. Οι λόγοι είναι οι παρακάτω:
 - α) Αυξάνεται το φορτίο της επιρρεπούς προς κατολίπηση μάζας,
 - β) Μειώνονται οι γεωτεχνικές παράμετροι της διατμητικής αντοχής, εφόσον μειώνονται οι ενεργοί παράμετροι c' και ϕ' ,
 - γ) Μειώνεται η διατμητική αντοχή λόγω "λίπανσης" που επιφέρει το νερό μεταξύ των ορυκτών κόκκων του εδάφους, και
 - δ) Επιβάλλονται επιπρόσθετα, ανατρεπτικά προς την ευστάθεια φορτία, που δημιουργούνται από την κίνηση των υπόγειων νερών (δυνάμεις αποστράγγισης ή Seepage forces).

Για τους παραπάνω αναφερόμενους λόγους, η ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών δρα ανακουφιστικά στην γενική ευστάθεια του πρανού, αποτρέποντας κάποια αστοχία και βελτιώνει την φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης.

Τα έργα για τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών είναι τα παρακάτω:

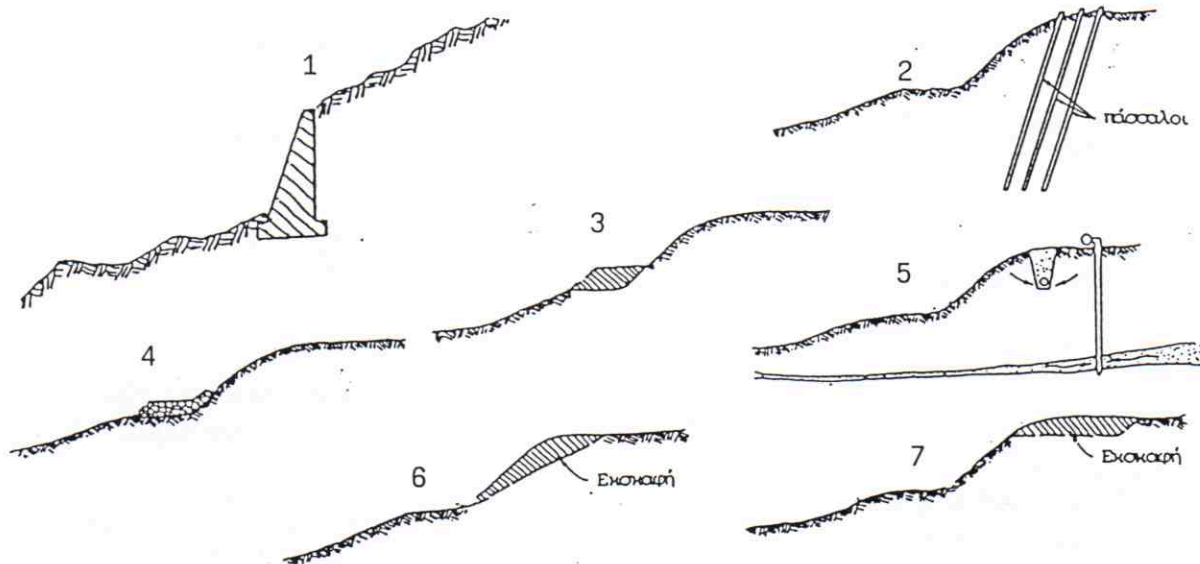
- B.2.1. Υπόγειοι οχετοί για ρηχές αποστραγγίσεις,
- B.2.2. Στραγγιστήρια περιφερειακών τάφρων πληρωμένων με φίλτρα κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης,
- B.2.3. Κατακόρυφες και οριζόντιες στραγγιστικές γεωτρήσεις,
- B.2.4. Σήραγγες αποστράγγισης, πλησίον του πόδα του πρανού.

Οι παρεμβάσεις για την συγκράτηση και αντιστήριξη είναι οι εξής:

- Γ.1. Κατασκευή διάφορων τύπων τοίχων αντιστήριξης.
- Γ.2. Κατασκευή τσιμεντενέσεων και πασσάλων.

- Γ.3. Αντιστηρίξεις με αγκύρια.
- Γ.4. Κατασκευή φρεατοπασσάλων.

Στο σχ. 9 δίδεται μία διαγραμματική απεικόνιση μερικών από τις διάφορες παρεμβάσεις αντιμετώπισης των αστοχιών.



Σχήμα 9. Διατάξεις έργων αντιμετώπισης. 1. Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης, 2. Κατασκευή πασσάλων σταθεροποίησης, 3. Επιχωμάτωση στην περιοχή κατάντη του ποδός, 4. Προστασία έναντι διάβρωσης του ποδός 5. Ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού, (αποστράγγιση, αντλήσεις), 6. Εκσκαφή. Μείωση της κλίσης, 7. Εκσκαφή και αποφόρτιση του άνω τμήματος του πρανούς.

Fig. 9. Arrangements of stabilization measures.

1. Construction of retaining wall, 2. Construction of stabilization piles, 3. Backfilling in the lower area of slope, 4. Protection against erosion of slope toe, 5. Lowering of underground water table (Drainage-pumping), 6. Excavation. Decreasing of gradient, 7. Excavation and unloading of upper section of the slope.

Στη συνέχεια προτείνονται οι καταλληλότερες από τις παραπάνω αναφερόμενες παρεμβάσεις που θα πρέπει να εφαρμοσθούν στις διάφορες περιπτώσεις αστοχίας, ανάλογα με το είδος του προβλήματος αστοχίας το μέγεθος τους έργου, την επικινδυνότητα και το κόστος των εργασιών παρέμβασης ώστε να αντιμετωπίζονται και σταθεροποιούνται, καθώς και οι παρεμβάσεις εκείνες που θα πρέπει να εκτελούνται πριν την έναρξη νέων ιδιωτικών ή δημόσιων έργων στην προβληματική αυτή περιοχή.

1. Σταθεροποιήσεις υπάρχουσών αστοχιών.

Στην περιοχή που μελετήθηκε έχουν κατασκευαστεί, από δημόσια έργα μόνον η Εθνική Οδός Ισθμού-Επιδαύρου και κατοικίες, που αποτελούν συνήθεις κατασκευές. Για το λόγο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του έργου θα προτείνουμε τα αναγκαία μέτρα για τη σταθεροποίηση και την πρόληψη αστοχιών σ' αυτά με το μικρότερο δυνατό κόστος, που θα πρέπει όμως να επιλεγούν κατόπιν ειδικής μελέτης για κάθε περίπτωση.

1.1. Περιπτώσεις Ερπυσμών.

Τέτοια προβλήματα εμφανίζονται κυρίως σε κτίρια που εδράζονται συνήθως σε κλίσεις φυσικών πρανών μεγαλύτερες των 13° , καθώς και σε διάφορα σημεία του τάπητα κύλισης της εθνικής οδού προς Επίδαυρο.

Οι απαιτούμενες παρεμβάσεις για σταθεροποίηση των ερπυστικών κινήσεων που προτείνονται με σειρά αυξανόμενου κόστους είναι οι ακόλουθες:

B.1. (2,1 και 3), B.2. (2 και 1, έως το βάθος της ζώνης του βολβού των σημαντικών τάσεων της θεμελίωσης, που βρίσκεται ως βάθος ίσο με $2 \times$ το μέγιστο πλάτος των θεμελίων).

1.2. Περιπτώσεις Αστάθειας Τεχνητών Πρανών.

Τέτοια προβλήματα εμφανίζονται σε διάφορες θέσεις υψηλών τεχνητών πρανών στην Εθνική Οδό προς Επίδαυρο. Σημαντικότερο πρόβλημα με ενδείξεις αρχόμενης αστάθειας (έντονες ρωγμές εφελκυσμού στο φρύδι) παρουσιάζεται στη θέση 1 όπως φαίνεται στο Σχ. 1.

Οι απαραίτητες παρεμβάσεις για σταθεροποίηση είναι οι παρακάτω:

Εφαρμογή των μεθόδων A.1., A.3. σε συνδιασμό (τελική ασφαλής κλίση = 55σ , όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενη ενότητα), A.2. (Αντίβαρα απο σκυρόδεμα), B.1.2. και B.1.4.

2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΝΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.

2.1. Ερπυσμοί.

Πριν απο έναρξη κατασκευής κάποιου τεχνικού έργου (κτίριο, γέφυρα, οδόστρωμα), στις περιοχές όπου αυτό πρόκειται να θεμελιωθεί επι των ιλυο-μαργαϊκών αποθέσεων ή επι μικρού καλύμματος τεταρτογενών υπερκείμενων των μαργών, θα πρέπει να λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα:

Για συνήθη έργα συνιστώνται οι ακόλουθες παρεμβάσεις. A.1., A.3. σε συνδιασμό A2 (σε κλίσεις $< 13^\circ$), B.1.1., B.1.3., B.2. (1 και 2, έως το βάθος της ζώνης του βολβού των σημαντικών τάσεων). Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος χρόνος πριν την κατασκευή ή στο σχεδιασμό μελλοντικών έργων τη μέθοδο B3 και τέλος για πολύ μεγάλων απαιτήσεων έργα οδοποιίας χωρίς εναλλακτική λύση τις μεθόδους B.2.3, Γ.1, Γ.3 και B.2.4. Η επιλογή του βέλτιστου ή των βέλτιστων μέτρων παρέμβασης εξαρτάται κύρια απο τις μορφολογικές ιδιαιτερότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Οποσδήποτε σε όλες τις περιπτώσεις έδρασης τεχνικών έργων η σχεδιαζόμενη τάση θεμελίωσης θα πρέπει να είναι χαμηλότερη της φέρουσας ικανότητας, όπως αυτή έχει υπολογισθεί και παρουσιασθεί σε προηγούμενη ενότητα.

2.2. Τεχνητά Πρανή.

Κατ' αρχήν αυτά θα πρέπει να διαμορφώνονται στις σωστές τους κλίσεις που ανάλογα με το ύψος τους δίδονται στον πίνακα () προηγούμενης ενότητας.

Επιπλέον μπορούν κατά περίπτωση να λαμβάνονται και τα παρακάτω μέτρα:

A.1., A.3. σε συνδιασμό B.2.3., B.2.4., Γ.1. (προκύπτει απο ειδική εδαφομηχανική μελέτη), Γ.2. και Γ.3..

Φίλτρο στραγγιστηρίων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα στραγγιστήρια και οι αποστραγγιστικοί τάφροι θα πρέπει να είναι πληρωμένα με κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης υλικό φίλτρου. Το φίλτρο θα πρέπει να ικανοποιεί δύο βασικές αλλά και αντιφατικές απαιτήσεις:

1) Το μέγεθος των πόρων του φίλτρου θα πρέπει να είναι αρκετά μικρό ώστε να εμποδίζει τους κόκκους του γειτονικού αποστραγγιζόμενου εδάφους να εισχωρούν και απομακρύνονται εντός του φίλτρου, και

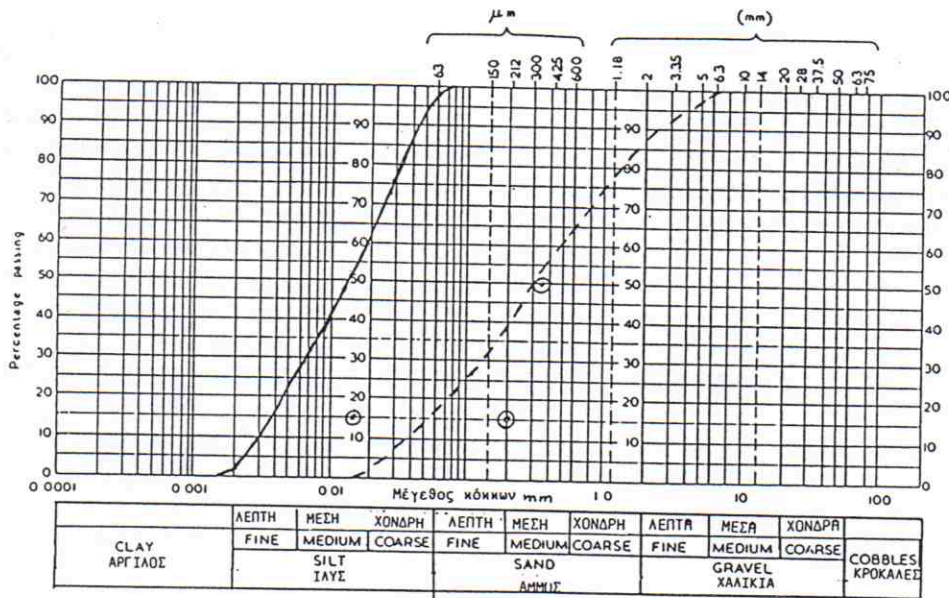
2) Η υδροπερατότητα του φίλτρου να είναι αρκετά υψηλή ώστε να επιτρέπει την ταχεία αποστράγγιση του νερού που εισέρχεται στο φίλτρο.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, ο Terzaghi προτείνει τα ακόλουθα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου φίλτρου αποστράγγισης:

- (D15)_f (D15)_f (D50)_f
 1) < 4 έως 5 (pip. requirement) 2) > 4 έως 5 (perm.req.) 3) < 25 (perm. requirement)
 (D85)_s (D15)_s (D50)_s

Όπου f συμβολίζει το "φίλτρο" και s το γειτονικό αποστραγγιζόμενο έδαφος. Η εξίσωση (1) ελέγχει την απαίτηση της αποτροπής εισόδου των κόκκων του εδάφους στο φίλτρο. Οι εξισώσεις (2) και (3) ελέγχουν τις απαιτήσεις για ικανοποιητικά υψηλή υδροπερατότητα του φίλτρου για την άνετη και ταχεία αποστράγγιση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της καμπύλης της ανάλυσης της κοκκομετρικής διαβάθμισης διαπιστώνεται ότι η διάμετρος των λεπτομερεστερών του 15% κόκκων του εδάφους (D15)_s είναι: (D15)_s = 0.004mm. Οι διάμετροι των (D50)_s και (D85)_s είναι: 0.015 mm και 0.04 mm αντίστοιχα.



Σχ. 10. Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης αργλικής μάργας (συνεχής γραμμή) και εύρος κοκκομετρικής διαβάθμισης αποστραγγιστικού φίλτρου (διακεκομμένη γραμμή).

Fig. 10. Grain size distribution curve of clayey marl (solid line) and width of drainage size distribution curve of filter (dashed line).

Από την εξίσωση (1) προκύπτει ότι:

$$(D15)_f < 4 \text{ έως } 5 \times (D85)_s \text{ ή } (D15)_f < 0.16 \text{ mm έως } 0.2 \text{ mm.}$$

Από την εξίσωση (2):

$$(D15)_f > 4 \text{ έως } 5 \times (D15)_s \text{ ή } (D15)_f > 0.016 \text{ mm έως } 0.02 \text{ mm.}$$

Από την εξίσωση (3):

$$(D50)_f < 25 \times (D50)_s \text{ ή } (D50)_f < 0.38 \text{ mm.}$$

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία (D15)_f και (D50)_f, σχεδιάστηκε το εύρος εντός του οποίου μπορεί να βρίσκεται η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβάθμισης του κατάλληλου αποστραγγιστικού φίλτρου, (Σχ. 10).

Συμπερασματικά λοιπόν προκύπτει ότι στην προβληματική αυτή περιοχή που ερευνήθηκε, από πλευράς γεωτεχνικής συμπεριφοράς και ιδιοτήτων (κυρίως της αργιλικής μάργας), είναι δυνατόν με κατάλληλες γεωτεχνικές παρεμβάσεις επι των εδαφών θεμελίωσης να κατασκευάζονται ευσταθή χωροχρονικά έργα, καθώς και να σταθεροποιούνται τα ήδη υπάρχοντα ασταθή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιοχή Κατακαλίου-Αλμυρής ανήκει γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ζώνη και συνίσταται από έντονα καρστικοποιημένους Τριαδικούς ασβεστόλιθους πάνω στους οποίους έχουν αποθεθεί νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις από μάργες, ψαμίτες, αργίλους, ιλυόλιθους, κροκαλοπαγή, κορήματα και ποταμοχειμμάριες αποθέσεις. Χαρακτηρίζεται από ενεργό τεκτονική δραστηριότητα και υψηλή σεισμικότητα.

Στις νότιες κλιτύες της περιοχής πάνω στους ασβεστόλιθους έχουν αποθεθεί ιλυομιγείς μάργες και πάνω σ' αυτές πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Επίσης παρατηρήθηκαν και κολλουβιακές αποθέσεις. Η μέση κλίση των πρικών είναι 32% ενώ οι μεγαλύτερες φθάνουν έως 83%. Οι βόρειες κλιτύες είναι ασβεστολιθικές και έχουν κλίσεις περίπου 32%.

Στις νότιες κλιτύες διαπιστώθηκαν προβλήματα αστοχιών στις κατασκευές (οπίτια, οδόστρωμα) όπως αυλακώσεις, ενώ σε τεχνητά πρική (ύψους >12m) καταπτώσεις, μικροκατολισθήσεις, περιστροφικές ολισθήσεις και ρωγμές εφελκισμού. Επίσης παρατηρήθηκαν παληές μικροκατολισθήσεις μέσα στους ιλυο-μαργαίους σχηματισμούς.

Για τη διερεύνηση των προβλημάτων κάναμε τις ακόλουθες εργαστηριακές δοκιμές και γεωφυσικές διασκοπήσεις από τις οποίες προέκυψαν:

- 1) Προσδιορισμός των μέσων φυσικών ιδιοτήτων.
αργιλική μάργα: $\rho_d = 2,05 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{\text{sat}} = 2,16 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_s = 20,10 \text{ KN/m}^3$, ενώ για τον ιλυόλιθο: $\rho_d = 2,34 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{\text{sat}} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_s = 22,95 \text{ KN/m}^3$.
- 2) Προσδιορισμός παραμέτρων διατμητικής αντοχής: αργιλική μάργα $c_u = 84 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 6^\circ$ και ιλυόλιθος $c_u = 159 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 17^\circ$.
- 3) Ανάλυση κοκκομετρικής διαβάθμισης: αργιλική μάργα ιλύς 98,5%, άμμος 1%, άργιλος 0,5% και ιλυόλιθος ιλύς 97,5%, άμμος 2% και άργιλος 0,5%.

Με τις γεωφυσικές διασκοπήσεις προσδιορίστηκαν τα πάχη των στρωμάτων του υποβάθρου έδρασης των τεχνικών έργων και οι στάθμες του υδροφόρου ορίζοντα σε τρεις θέσεις που παρουσίαζαν ιδιαίτερα προβλήματα.

Διαπιστώθηκαν προβλήματα αστοχιών, που οφείλονται:

- α) Σε ερπυστικές κινήσεις εδάφους, όπου τα φυσικά πρική παρουσίαζαν κλίσεις μεγαλύτερες των 13° . Οφείλονται στην παρουσία υπόγειου νερού, στη διαφυγή ύδατος από τους πόρους του εδάφους λόγω φόρτισης, στην εποχική κυκλική μεταβολή της στάθμης του υπόγειου φρεάτιου ορίζοντα και στη δυναμική καταπόνηση των φορτισμένων γαιών λόγω των σεισμικών αλλά και των τεχνητών δονήσεων που προέρχονται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της παρακείμενης Εθνικής Οδού.
- β) Σε αστάθεια τεχνητών πρικών λόγω κατολισθήσεων. Εγινε γεωτεχνική ανάλυση και υπολογισμός ευστάθειας του τεχνητού πρικού και υπολογίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας. Συντάχθηκε πίνακας στον οποίο συσχετίζεται το ύψος του πρικού με τη βέλτιστη γωνία κοπής του ώστε να παρέχεται μακροχρόνια ασφάλεια με συντελεστή ασφαλείας $F > 1,4$.
- γ) Σε αστοχίες, λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας. Διαπιστώθηκε ότι το πιο προβληματικό έδαφος στην περιοχή είναι η αργιλική μάργα και υπολογίστηκε η μέση προτεινόμενη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης $Q = 382 \text{ KN/m}^2$.

Προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης νέων αστοχιών και σταθεροποίησης υπαρχουσών τα οποία συνίστανται σε: α) στις παρεμβάσεις στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά

της επιφάνειας των εδαφών, β) παρεμβάσεις για τη γεωτεχνική βελτίωση των ιδιοτήτων των εδαφών και γ) παρεμβάσεις στα εδάφη με έργα συγκράτησης. Με γνώμονα πάντα το μέγεθος του έργου, το είδος της αστοχίας ή το βαθμό επικινδυνότητας και το κόστος των απαιτούμενων έργων προτείνονται για κάθε περίπτωση τα κατάλληλα μέτρα.

CONCLUSIONS

The studied area of Katakali-Almiri belongs in the geotectonic zone of Pelagonic zone and consists of strongly karstified Triassic Limestones as bedrock, on top of which there have been placed both Neogene and Quaternary deposits of marls, sandstones, clays, siltstones, conglomerates, screes, and river sediments.

This area is characterised by active tectonic activity and increased seismicity.

Upon the southern slopes of the area above Limestones there have been deposited silty marls and on top of them both screes and taluses. There have also been identified colluvial deposits. The mean gradient of slopes is about 32% while the highest one reaches up to 83%

In the southern slopes there exists many failure problems, in various construction (i.e. houses, road pavements, e.t.c.), such as cracks, ruttings, while in artificially cut slopes there are rockfalls, landslides of various types, rotary slides as well as many tension cracks spread over the area. Old slips and slides have been identified mainly in silty marls formations.

In order to investigate the above mentioned problems different kinds of both laboratory and field tests as well as geophysical surveys have been executed, with the following results:

1) Mean physical properties determination:

Clayey marl: $\rho_d = 2,05 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,16 \text{ gr/cm}^3$ and $\gamma_s = 20,10 \text{ KN/m}^3$

Siltstone: $\rho_d = 2,34 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$ and $\gamma_s = 22,95 \text{ KN/m}^3$.

2) Determination of shear strength parameters:

Clayey marl: $c_u = 84 \text{ KN/cm}^2$, $\phi_u = 6^\circ$, and

Siltstone: $c_u = 159 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 17^\circ$

3) Grain size distribution analysis:

Clayey marl: silt = 98,5%, sand = 1%, Clay = 0,5%, and

Siltstone: silt = 97,5%, sand = 25% and Clay = 0,5%.

Using geophysical surveys (geoelectric method), the thickness of foundation both soil and rock layers and determined, as well as the piezometric surface of ground water table, in three different locations where special problems exist.

The causes of failure problems are due to:

- Creeping movements of ground, where natural slopes have gradients more than 13%. Creeping phenomena are attributed to: ground water existence, pore water dissipation due to charge of soils, periodical and cycling fluctuation of ground water phreatic surface, as well as the dynamic loading of soils due to both seismic and artificial vibrations caused by heavy traffic loads in the close by National highway.
- Instability of artificially cut slopes, due to landslides. In problem areas, there have been executed geotechnical slope stability analysis and computation of factors of safety. A special table were computed where the height of a slope is correlated with the optimum angle of slope cutting, in order to ensure longterm stability with a desired factor of safety, $F > 1,4$.
- Failure, due to reduced bearing capacity of foundation grounds. It is determined that the most problem foundation soil in the studied area is clayey marl; its mean suggested bearing capacity is computed to be: $Q = 382 \text{ KN/m}^2$.

Finally various suggestions and proposals are explained for the restraint and stabilization of existing failure problems in different constructions, as well as failure prevention measures for new constructions to built in future, consisting of: a) arrangements and configurations of geometric characteristics of ground surfaces, b) Ground improvement of soils using various geotechnical techniques, and c) construction of different retaining works.

Keeping in mind always the extent and size of a project, the kind of failure and or the degree of risk or danger in case of a failure, as well as the cost of necessary works appropriate and suitable protection and or stabilization measures are proposed according.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ, Α., ΣΑΧΠΑΖΗΣ, Κ. (1989). Προβλήματα ευστάθειας των Φυσικών πρανών στο Μεσοχώρι Καρπάθου. (2ο Πανελλήνιο Γεωγρ. Συν. Αθήνα). σελ. 273-292
- ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β., ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Α., ΚΟΥΝΗΣ, Γ., ΡΟΖΟΣ, Δ., ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ, Χ., (1986). "Μακροσεισμικές, γεωλογικές και τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή που επηρεάστηκε από τους σεισμούς του Κορινθιακού κόλπου (Φεβρουάριος - Μάρτιος 1981)", Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε..
- ANON. (1967): British standards 1377 Methods of testing soils for civil engineering purposes. British standards institution. Gr. 9.
- ANON. (1972): British standards. Code of Practice for Foundations, CP 2004.
- ANON. (1972): The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Q.J1. Engng. Geol., 5, 293-281.
- ANON. (1977): The description of rock masses for engineering purposes. Report by the Geological Society Engineering Group Working Party. Q.J1. Engng. Geol., 10, 355-388.
- ANON. (1981 a): British Standard 5930: Site investigations. London British Standards Institution p.p. 147.
- ANON. (1981 β): Rock and Soil description for engineering geological mapping. Report by the commision of Engineering Geological Mapping. Bull. Int. Assoc. Engng. Geol. 24.
- ASTM: Special Tech. Pub.: 483, American Society for Testing and Materials, (1970), "The Sampling of soil and rock".
- BISHOP, A.W., (1955). "The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes", Geotechnique, 5(1), pp. 7-17.
- CRAIG, R.F., "Soil Mechanics", 2nd Edition, Van Norstand Reinhold Company, 1980.
- ΓΑΙΤΑΝΑΚΗΣ, Π., ΜΕΤΤΟΣ, Α., ΦΥΤΙΚΑΣ Μ., (1985). "Γεωλογικοί χάρτες της Ελλάδας, κλίμακα 1:50,000, Φύλλο Σοφικό", Ι.Γ.Μ.Ε.
- DEARMAN, W.R. (1974 β): Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. Bull. Int. Ass. Engng. Geol. 9, 33-42.
- LEWIS, D.W. (1984). "Practical Sedimentology", Hutchinson Ros. P.Co.Pennsylvania.
- ΜΑΣΤΟΡΗΣ, Κ., ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ., (1980). "Υδρογεωλογική Έρευνα περιοχής Κορίνθου - Λουτρακίου", Υδρολογικά και Υδρογεωλογικά Έρευναι, No. 3, Εκδοση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΜΟΝΟΠΩΛΗΣ, Δ., (1969). "Υδρογεωλογική αναγνώριση της Οικοπεδικής εκτάσεως του Οικοδομικού Συνεταιρισμού Ιεροψαλτών Αθηνών, παρά την Ανω Αλμυρή Κορινθίας", Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- MORGENSTERN, N.R., PRICE, V.E., (1965). "The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces", Geotechnique, 15, pp. 79-93.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Β.Π., (1980), "Στοιχεία Γεωτεχνικής", Εκδόσεις Συμεών.
- ΣΑΧΠΑΖΗΣ, Ι. Κ. (1983 - 1993), "Ανάπτυξη ειδικών προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή σχετικά με γεωτεχνικά - τεχνικό - γεωλογικά - βραχομηχανικά και γεωλογικά θέματα και προβλήματα". Δημοσίευτα προγράμματα. Software.
- ΣΑΧΠΑΖΗΣ, Κ. (1988). "Μεθοδολογία Γεωτεχνικής διερεύνησης Υπεδάφους για τη θεμελίωση Τεχνικών Έργων". Δελτίο Κέντρου Ερευνών Δημοσίων Έργων. Τεύχη 1 - 2, Ιανουάριος-Ιούνιος 1988.
- ΣΙΕΜΟΣ, Ν., (1984). "Υδρογεωλογική αναγνώριση σε έκταση Ιδιοκτησίας Οικοδομικού Συνεταιρισμού Υπαλλήλων Τράπεζας Ελλάδος στο Σοφικό Κορινθίας", Εκθεση
- ΣΚΑΓΙΑΣ, Σ., (1971). "Υδρογεωλογική αναγνώριση περιοχής κοινότητας Κατακαλίου, Ν. Κορινθίας". Εκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- SOWERS, G.B., SOWERS, G.F., (1970). "Introductory Soil Mechanics and Foundations", McMillan Co.
- STIEGER, W., (1975), "Τοίχοι Αντιστηρίξεως", Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας.
- TOMLINSON, M.J., (1980), "Foundation Design and Construction", 4th Edition, Pitman Publishing Ltd.