

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

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

*Τομέας Γεωλογικών Επιστημών Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου 157 80

**Μάρνης 32, 104 32 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

Η περιοχή γεωτεκτονικά εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη και καλύπτεται από καρστικοποιημένους Τριαδικούς ασβεστολίθους και Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις από μάργες, αργίλους, ιλυόλιθους, ψαμμίτες, κώνους κορημάτων, κ.λπ. Στην περιοχή διαπιστώθηκαν παλιές και νέες ερπυστικές κινήσεις, καταπτώσεις και κατολισθήσεις, που οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε λιαιμιγή υλικά, την παρουσία φρεάτιου υδραφάρου αρίζοντα υπό μορφή θυλάκων μέσα στα κορήματα μέχρι το βάθος των ιλυομαργαϊκών σχηματισμών και τους κραδασμούς από τη μεγάλη κυκλαφορική 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-Almyri Valley (District of Corinth). There were identified existing failure problems and there are suggested prevention or stabilization measure of landslide phenomena and other kinds of failure (e.g. settlements, creeping, etc.).

The studied area belongs geotectonically in the Plagonic zone, consists of karstified Triassic Limestones, as well as Neogene and Quaternary deposits including marls, and new creeping movements, topplings and landslides, which are attributed to the a) substantial participation of silty particles, b) presence of high phreatic piezometric

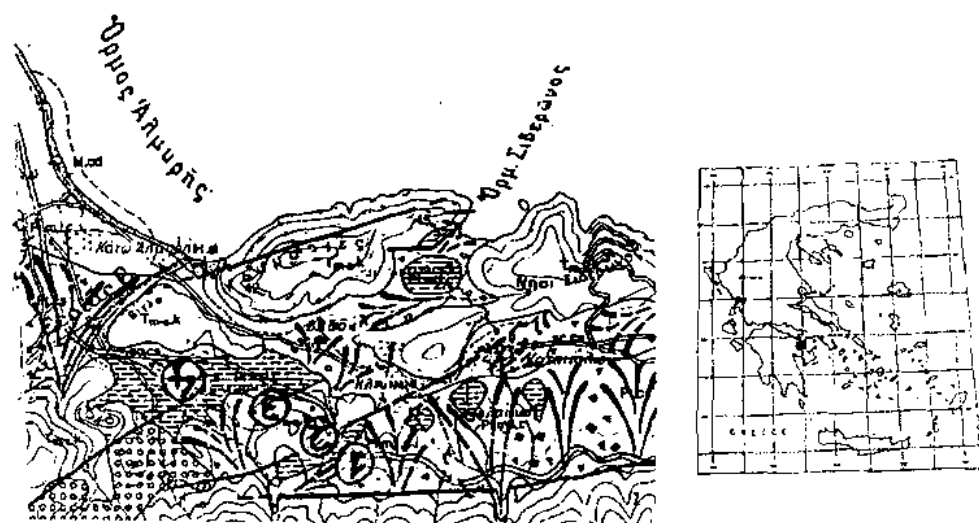
surface of underground water in form of pockets in scree, up to the depth of the contact with silty and marly formations, and c) vibration of ground in the vicinity to National Road, due to increased traffic loads.

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

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 ασαθειών (καθιζήσεις, ερπυσμοί, κ.λπ.).

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



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

Τμ-σκ Ασβεστόλιθοι Πελαγονικής ζ. (Limestones), Πl, m, s, e.t.c. Πλειοκαινικοί σχηματισμοί (Pliocene), Πl, es Παλ. κώνοι κορημάτων (old talus cones), sc, es Σύγχρονα άλετρο. κορήματα (Recent serrec).

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

ΓΕΝΙΚΑ

Γεωτεκτονικά η περιοχή εντάσσεται στην Πελαγονική ζώνη (γεωλογικός χάρτης, φύλλο Σοφικό, ΙΓΜΕ, 1:50.000). Συναντώνται ασβεστόλιθοι Μέσου - Ανωτ. Τριαδικού, Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

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 αργιλικές παρεμβολές. Τους σχηματισμούς αυτούς διαδέχεται μια σειρά ιλυομιγών ή ψαμμπικών μαργών που μεταπίπτουν κατά θέσεις σε ελαφρώς κυανότεφρες ασβεστολιθικές μάργες.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν Παλαιοδουλιβιακά ιζήματα χερσαίας προέλευσης (συνεκτικά ή ημιχαλαρά κροκαλοπαγή, ιλυόλιθους, κ.λπ.), Τυρρήνιες αποθέσεις και νεότερους τεταρτογενείς σχηματισμούς (κώνους κορημάτων, κ.λπ.), πλευρικά κορήματα και ποταμοχευμάριες αποθέσεις.

Οι κύριαι τεκτονικοί χαρακτήρες της περιοχής (άξονες πτυχών, μέτωπα εφιπτεύσεων) 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. Όλοι σχεδόν οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου αναπτύσσονται στις νότιες κλιτύες της λεκάνης, ενώ απουσιάζουν ουσιαστικά από τις βόρειες κλιτύες, οι οποίες απατελούνται 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 πρηνών της κοιλάδας είναι 32%, δηλαδή 18°. Οι μεγαλύτερες κλίσεις παρατηρούνται 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 πρηνών είναι 32% ή 18°.

Εξ αιτίας της μεγάλης κλίσης των πρηνών και της σχετικά νεαρής ηλικίας του υδρογραφικού δικτύου παρατηρούνται πολλοί και μεγάλου 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 ανατολικότερα, στη θέση Βλασαίικα παρατηρείται μεγάλη κατά βάθος διόβρωση 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' αυτά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Τα πλευρικά κορήματα αποτελούνται από γωνιώδεις λατύπες διαφόρων μεγεθών από 5-20 cm με αργιλομαργαϊκό συνδεδετικό υλικό. Επίσης παρατηρήθηκαν κολλούβια με τη



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

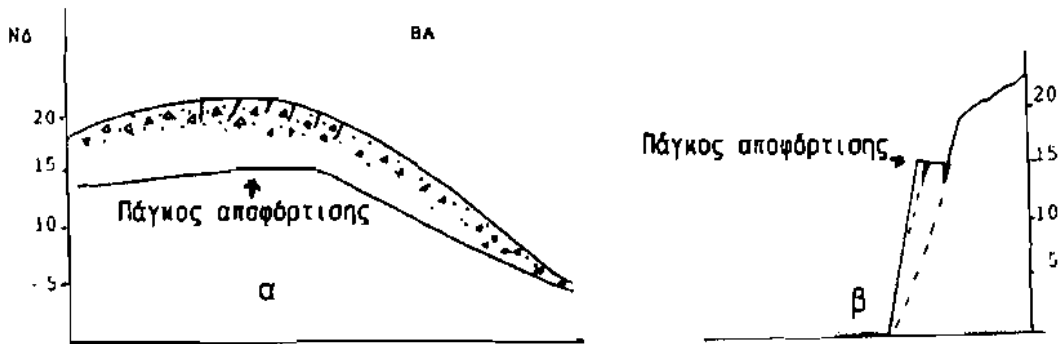
μορφή τεταρτογενών αργιλικών υλικών με στρώματα κυανών μαργών και αργίλων, που προέρχονται από παλιές κατολισθήσεις, καθώς και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, με αποστρογγυλεμένα ασβεστολιθικά και οφιολιθικά θραύσματα πάνω σε χερσαίο υλικό. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Στα ανώτερα τμήματα των κώνων κορημάτων παρατηρούνται εφελκυστικές διακλάσεις με κλίση περίπου $200^{\circ}/70^{\circ}$ πληρωμένες με ερυθρογαίες. Οι ρωγμές αυτές υπαδηλώνουν ότι επικρατεί μια ασταθής ισορροπία, που οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα των σχηματισμών αυτών σε ιλυομιγή υλικό και εκδηλώνεται με ερπυσμό εδάφους.

Με προσεκτική παρατήρηση των τομών, διαπιστώσαμε παλιές ερπυστικές κινήσεις, της ίδιας περίπου φοράς με τις νεότερες, στα ανώτερα τμήματα των αργιλομαργαϊκών σχηματισμών, που υπόκεινται των τεταρτογενών αποθέσεων (Σχ. 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 παρά-δειγμα, στα ιδιωτικά έργα, παρατηρήθηκαν ρωγμές σε μεσοτοιχίες, φράκτες, αποκολλη-σεις πλακιδίων, διακοσμητικών επενδύσεων, κ.λπ. Επί της Εθνικής Οδού προς την Επίδαυρο, σε διάφορες θέσεις παρατηρούνται επί του τάπητα κύλισης του οδοστρώ-ματος πλεγματοειδείς κατακερματισμοί και αυλακώσεις, ενώ σε υψηλά κυρίως πρανή (ύψους > 12 m), που έχουν εκσκαφεί σε νεογενείς μάργες, διακρίναμε μικροκατολι-σθήσεις, καταπτώσεις, ρωγμές εφελκυσμού (tension cracks) εικ. 1 και περιστροφικές ολισθήσεις. Τα φαινόμενα αυτά προκύπτουν από την υπέρβαση ή οριακή προσέγγιση της διατμητικής κυρίως αντοχής των εδαφών μέσα στα οποία εδράζονται και φιλοξε-νούνται τα διάφορα τεχνικά έργα.

Όλες αυτές οι παρατηρήσεις επί των προβλημάτων της γεωτεχνικής αστάθειας της περιοχής, μας οδήγησαν στη λεπτομερή γεωλογική διερεύνησή της, με μεθό-δους τόσο υπαιθριων, όσον και εργαστηριακών μετρήσεων και δοκιμών. Στις επόμε-νες ενότητες δίνεται λεπτομερής περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών των θέσεων στις οποίες εκδηλώθηκαν τα προβλήματα που αναφέραμε, παρουσιάζονται οι γεωτε-



Σχ. 3. Σχηματική τομή τεχνητού πρανός: 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.

χνικές ιδότητες και παράμετροι των εδαφών και αναλύονται οι γεωμηχανικές συνθή-κες ευστάθειας των διαφόρων έργων. Στη συνέχεια προτείνονται τα μέτρα σταθερο-ποίησης των υπάρχοντων τεχνικών έργων ή τα μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον αρχικό σχεδιασμό νέων, ώστε να αποφεύγονται τα φαινόμενα αστο-χιών σε αυτή την προβληματική, υπό γεωτεχνική όποψη, περιοχή.

Οι θέσεις στις οποίες παρατηρήθηκαν προβλήματα οστάθειας σημειώνονται στο χάρτη 1 (Σχ. 1) και παραθέτουμε λεπτομερή περιγραφή τους.

Στη θέση (Σχ. 1), επί της Εθνικής Οδού Ισθμού-Επίδαυρου σε υψόμετρο 160 έχει εκσκαφεί τεχνητό πρανές ύψους 12 m. Σε τομή από πάνω προς τα κάτω συναντώνται: Πλευρικά κορήματα με λατίπες διαφόρων μεγεθών από 5-20 cm συνδεδεμένα με αργιλομορφαϊκό υλικό. Στο κέντρο της τομής συναντάται αργιλική μάργα μεγάλης πλα-Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

στικότητας που πλευρικά καθώς και στα ανώτερα τμήματα μεταπίπτει σε ιλιόλιθο με στρώσεις 5-15 cm. Στο ανώτερα τμήμα του σχηματισμού παρατηρούνται εφελκυστικές διοκλίσσεις με διεύθυνση κλίσης $200^{\circ}/70^{\circ}$, πλάτους 20-30 cm πληρωμένες με ερυθροπηλούς, που μαρτυρούν παλιές ερπυστικές κινήσεις. Επίσης στα ανώτερα τμήματα των αργιλικών μαργών παρατηρείται εναλλαγή μαργών με ερυθροπηλούς που υποδηλώνουν παλιότερες ερπυστικές κινήσεις (Εικ. 1). Κατά την όρυξη του πρανούς δημιουργήθηκε πάγκος αποφόρτισης ύψους 15 m και πλάτους 2,5 m. Στην επιφάνεια του πάγκου αυτού δημιουργήθηκαν ρωγμές εφελκυσμού (πτεροειδείς), χαινουσες με άνοιγμα έως 20 cm και με τάση αποχωρισμού του τμήματος αυτού (Σχ. 3, 4).



Σχ. 4. Διακρίνονται οι ρωγμές εφελκυσμού.
Fig. 4. Tension cracks occurrence

Από τη θέση 2 έως 3, σε υψόμετρο περίπου 110 m, 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 παλιών καταλισθήσεων. Στην πεδινή περιοχή ποταμοχειμάρριες αποθέσεις

έχουν αποτεθεί πάνω σε τεταρτογενείς χερσαίους σχηματισμούς. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Είναι αξιοσημείωτο, ότι τόσο οι εφελκυστικές διακλάσεις, που παρατηρούνται στους νεογενείς σχηματισμούς, τους υποκειμένους των κορημάτων, όσο 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)	$\gamma_s = 10.10 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_s = 22.95 \text{ kN/m}^3$

2. Εργαστηριακή εκτίμηση ποσομέτρων 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 ποράμετροι της ολικής διατμητικής αντοχής των σχηματισμών θεμελίωσης της περιοχής, όπως μετρήθηκαν είναι:

έχουν αποτεθεί πάνω σε τεταρτογενείς χερσαίους σχηματισμούς. Οι κώνοι κορημάτων καλύπτονται από κρούστες πάχους περίπου 10 cm. Είναι αξιοσημείωτο, ότι τόσο οι εφελκυστικές διακλάσεις, που παρατηρούνται στους νεογενείς σχηματισμούς, τους υποκείμενους των κορημάτων, όσο 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 απαστελούνται 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)	$Y_s = 10.10 \text{ kN/m}^3$	$Y_s = 22.95 \text{ kN/m}^3$

2. Εργαστηριακή εκτίμηση παραμέτρων διατμητικής αντοχής.

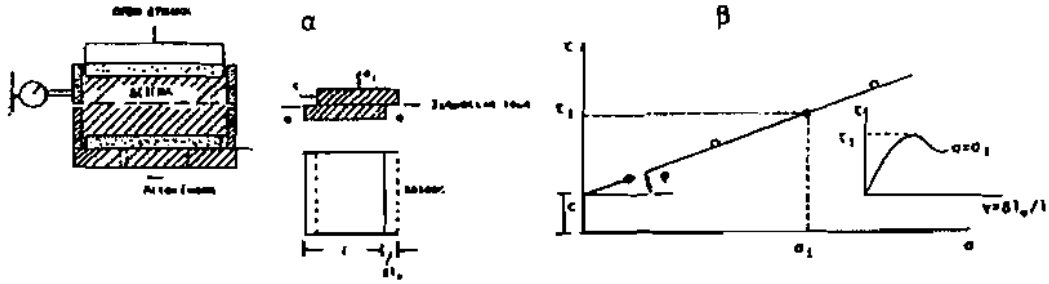
Δοκιμή άμεσης διάτμησης.

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 ασπράγγιστη 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:

Συναχή
Γωνία εσωτερικής τριβής

Α. Αργιλική Μάργα
 $c_u = 84 \text{ kN/m}^2$
 $\varphi_u = 6^\circ$

Β. Ιλυόλιθος
 $c_u = 159 \text{ kN/m}^2$
 $\varphi_u = 17^\circ$



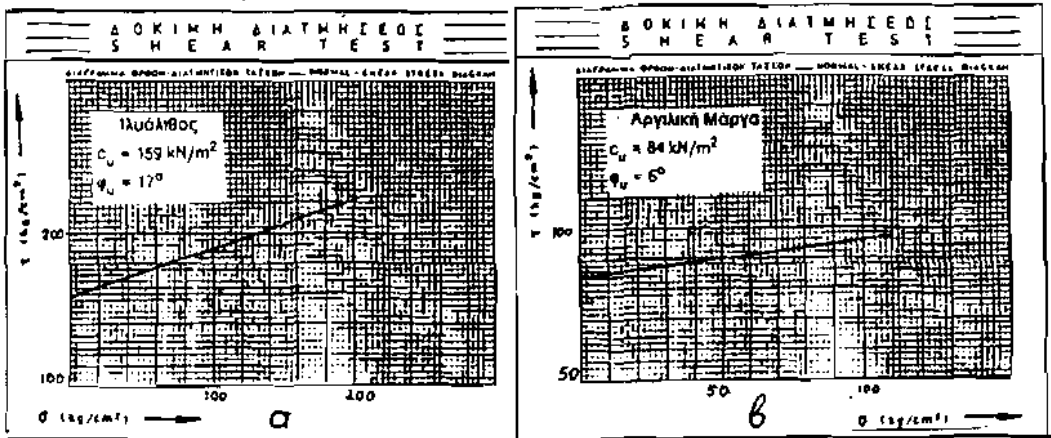
Σχ. 5. α. Σχηματική διάταξη δομικής άμεσης διάτμησης. β) Αξιοποίηση δομικών άμεσης διάτμησης.
Fig. 5. a. Illustration of direct shear test attangement, b. Evaluation of direct shear tests.

3. Ανάλυση κοκκομετρικής διαβάθμισης

Η κοκκομετρική ανάλυση και ταξινόμηση των δειγμάτων της αργιλικής μάργας και του ιλυόλιθου έγιναν σύμφωνα με την μέθοδο Falk 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 αβεστομέτρο Bernard προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε ανθρακικά: αργιλική μάργα 23,06%, ιλυόλιθος 24,5%.



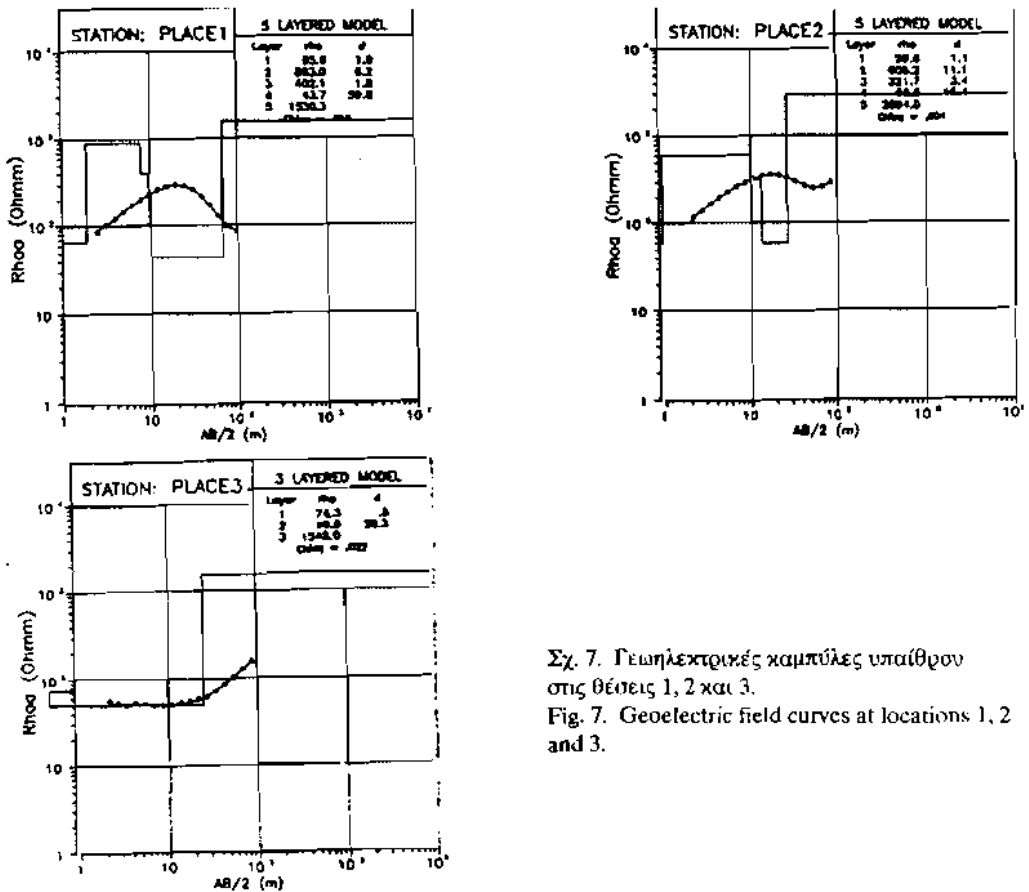
Σχ. 6α. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια αργιλικής μάργας.
Fig. 6a. Results of direct shear test in clayey marl samples.

Σχ. 6β. Αποτελέσματα της δοκιμής άμεσης διάτμησης σε δοκίμια ιλυόλιθου.
Fig. 6b. 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 ηλεκτροδία 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 ερευνόμενη έκταση, μέχρι βάθους 100 m, αποτελείται επιφανειακά από τεταρτογενή πλευρικά κορήματα, τα οποία αποστέθηκαν 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).



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

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

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 αποσασθρωμένο 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 $839,0 \Omega m$, το οποίο αντιστοιχεί στη φάση των πλευρικών κορημάτων του Τεταρτογενούς, σύστασης λατυπών με άμμο και αργιλοίλη. 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 (Σχ. 1) να έχει πάχος 1.8 m και στη θέση 2, 3.4 m.

γ) Ακολούθως αναπτύσσεται τα 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 Ωm .

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 διαφόρων τεχνικών έργων της ευρύτερης περιοχής.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ - ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

1. Βλάβες κπρίων και οδοστρωμάτων λόγω ερπυσμού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, διάφορα κτίρια αλλά και ο τάπητος 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° . 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.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

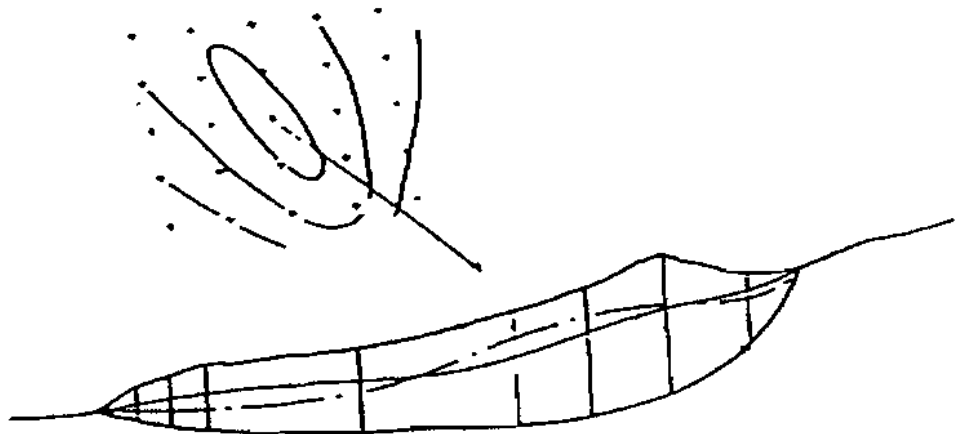
Οι ερπυστικές κινήσεις του εδάφους θεμελίωσης των τεχνικών έργων οφείλονται:

- 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 φρεατίου 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 τεχνικών δονήσεων στην περιοχή που προέρχονται από 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.

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 γαιωδών 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



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.

(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/m²,
- ii) γωνία εσωτερικής τριβής = 6°, και
- iii) μονάδα βάρους εδάφους 20.1 KN/m³.

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. Οποσδήποτε όμως, το γεγονός της ύπαρξης των ενδιαστρωμένων μικρού πάχους στρωμάτων ιλυόλιθου, βελτιώνει σχετικά τις συνθήκες ευστάθειας και έχει αποτρέψει προς το παρόν την άμεση καταλίσθηση.

Σαν γενικός οδηγός λοιπόν για την κατασκευή τεχνητών πρανών στην ευρύτερη περιοχή δίδεται συνοπτικά ο ακόλουθος πίνακας (I) ο οποίος συσχετίζει τα ύψος του πρανούς 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 Πρανούς (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 από-
 Ηφιακή Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

ψη θεμελίωσης τεχνικών έργων είναι η αργυλική μάργα και μάλιστα 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) υπολογίσθηκε 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/m²,
- ii) Γωνία εσωτερικής τριβής = 6°, και
- iii) Ξηρή φαινόμενη πυκνότητα 2.05 gr/cm³.

β) Στο 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 επί 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 επί των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι οι εξής:

- A.1. Εγκατάσταση του άνω τμήματος των φυσικών ή τεχνητών πραγών για λόγους απο-

φόρτησης.

- A.2. Εκσκαφή καθ' όλο το μήκος του φυσικού ή τεχνητού πρानού με σκοπό τη γενική μείωση της κλίσης του και απομάκρυνση του αποσαθρωμένου μανδύα του εδάφους.
- A.3. Επιχωμάτωση στην περιοχή κατόντη του πόδα του φυσικού ή τεχνητού πρानού για λόγους μείωσης της συνολικής κλίσης του, αλλά και επιφόρτιση του ποδός του (Αντίβαρα).

Οι παρεμβάσεις για τη 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 τη μείωση της πίεσης νερού πόρων. Αυτά 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 πάδα του πρानού 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 υπάγειων νερών, τόσα στα πρानή, όσο και στις θεμελιώσεις, επιδρά άκρως δυσμενώς. Οι λόγοι είναι οι παρακάτω:
 - α) Αυξάνεται το φορτίο της επιρρεπούς προς κατολίθωση 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 στη γενική ευστάθεια του πρανού, αποτρέποντας κάποια ασταχία και βελτιώνει τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης.

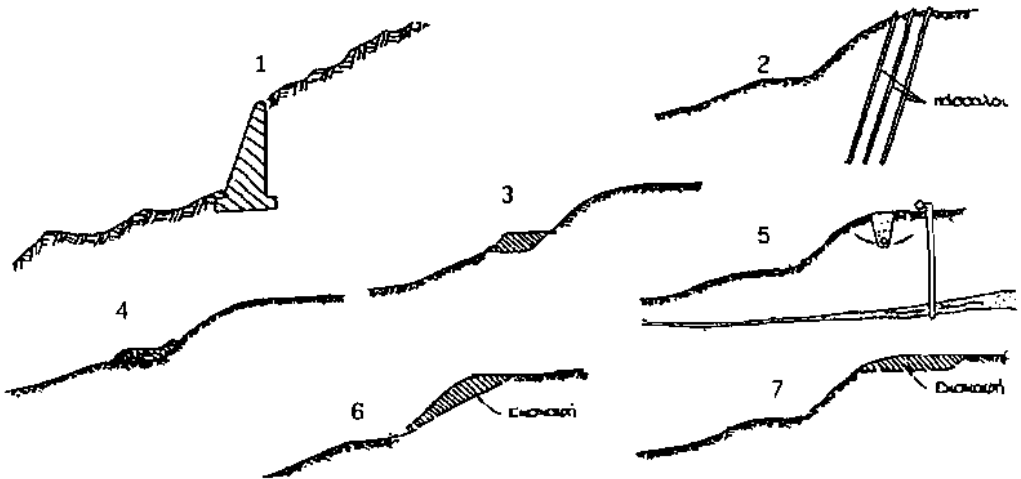
Το έργο για τον υποβιβασμό της στάθμης των υπόγειων νερών είναι τα παρακάτω:

- B.2.1. Υπόγειοι οχεταί για ρηχές αποστραγγίσεις.
- B.2.2. Στραγγιστήρια περιφερειακών τάφρων πληρωμένων με φίλτρα κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης.
- B.2.3. Κατακόρυφες και αριζόντιες 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 τοιμεντενέσεων 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.



Σχ. 9. Διατάξεις έργων αντιμετώπισης. 1) Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης. 2) Κατασκευή πασσάλων σταθεροποίησης. 3) Επιχωμάτωση στην περιοχή κατόπι του ποδός. 4) Προστασία έναντι διάβρωσης του ποδός. 5) Ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού (αποστράγγιση, αντλήσεις). 6) Εξσκαφή. Μείωση της κλίσης. 7) Εξσκαφή 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 του έργου, την επικινδυνότητα και το κόστος των εργασιών παρέμβασης ώστε να αντιμετωπίζονται και να σταθεροποιούνται. Προτείνονται επίσης οι παρεμβάσεις εκείνες, που θα πρέπει να εκτελούνται πριν την έναρξη νέων ιδιωτικών ή δημόσιων έργων στην προβληματική αυτή περιοχή.

1. Σταθεροποιήσεις υπαρχουσών αστοχιών.

Στην περιοχή που μελετήθηκε έχουν κατασκευαστεί από Δημοσία έργα μόνον η

Εθνική Οδός Ισθμού-Επίδαυρου 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 συνδυασμό (τελική ασφαλής κλίση = 55° , όπως υπολογίστηκε σε προηγούμενη ενότητα), A.2. (Αντίβαρα από σκυρόδεμα), B.1.2. και B.1.4.

2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΝΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ.

2.1. Ερπυσμαί.

Πριν από την έναρξη κατασκευής κάποιου τεχνικού έργου (κτίριο, γέφυρα, οδόστρωμα), στις περιοχές όπου αυτό πρόκειται να θεμελιωθεί επί των ιλυο-μαργαϊκών αποθέσεων ή επί 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 συνδυασμό, 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 B.3 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 από τις μαρφολογικές 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 (I) προηγούμενης ενότητας.

Επιπλέον μπορούν κατά περίπτωση να λαμβάνονται και τα παρακάτω μέτρα:

A.1., A.3. σε συνδυασμό, Β.2.3., Β.2.4., Γ.1. (προκύπτει από ειδική εδαφομηχανική μελέτη), Γ.2. και Γ.3.

Φίλτρα 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 να 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:

$$\begin{array}{ccc}
 (D15)_f & & (D15)_f & & (D50)_f \\
 1) < 4 \text{ έως } 5 \text{ (p.p. requirement)} & 2) > 4 \text{ έως } 5 \text{ (perm. req.)} & 3) < 25 \text{ (perm. req.)} \\
 (D85)_s & & (D15)_s & & (D50)_s
 \end{array}$$

Οπου f συμβολίζει το «φίλτρο» και s το γειτονικό αποστραγγιζόμενο έδαφος. Η εξίσωση (1) ελέγχει την απαίτηση της απατροπής 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 λεπτομερεστέρων του 15% κόκκων του εδάφους $(D15)_s$ είναι: $(D15)_s = 0.004 \text{ m.m.}$ Οι διαμέτροι των $(D50)_s$ και $(D85)_s$ είναι: 0.015 mm και 0.04 mm αντίστοιχα.

Από την εξίσωση (1) προκύπτει ότι:

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

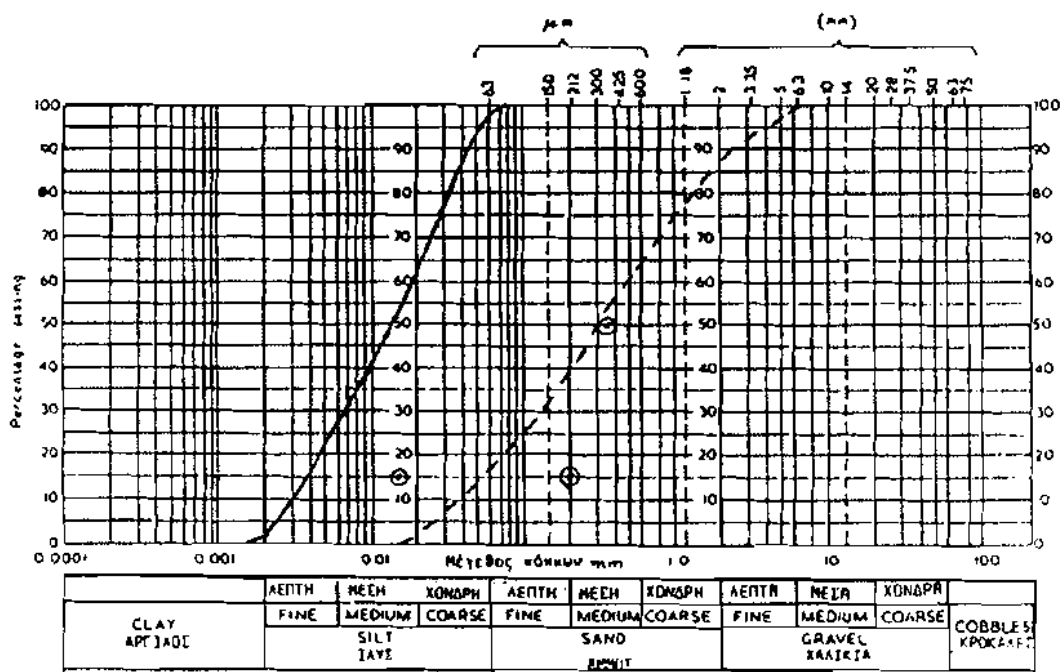
Από την εξίσωση (2):

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

Από την εξίσωση (3):

$$(D50)_f < 25 \times (D50)_s \text{ ή } (D15)_f < 0.38 \text{ mm.}$$

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).



Σχ. 10. Καμπύλη κοκκομετρικής διαβάθμισης αργιλικής 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).

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 επί 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, ψαμμίτες, αργίλους, ιλύολίθους, κροκαλοπαγή, κορήματα και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Χαρακτηρίζεται από ενεργό τεκτονική δραστηριότητα και υψηλή σεισμικότητα.

Στις νότιες κλιτύες της περιοχής πάνω στους ασβεστόλιθους έχουν αποθεθεί ιλυο-

μιγείς μάργες και πάνω σ' αυτές πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Επίσης παρατηρήθηκαν και κολλαυσιακές αποθέσεις. Η μέση κλίση των πρανών είναι 32% ενώ οι μεγαλύτερες φθάνουν έως 83%. Οι βάρειες κλιτύες είναι ασβεστολιθικές και έχουν κλίσεις περίπου 32%.

Στις νότιες κλιτύες διαπιστώθηκαν προβλήματα αστοχιών στις κατασκευές (οπίτια, οδόστρωμα) όπως αυλακώσεις, ενώ σε τεχνητά πρανή (ύψους > 12 m) καταπτώσεις, μικροκατολισθήσεις, περιστροφικές ολισθήσεις και ρωγμές εφελκυσμού. Επίσης παρατηρήθηκαν παλιές μικροκατολισθήσεις μέσα στους ιλυο-μαργαϊκούς 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: $\rho_d = 2,05 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,16 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_s = 20,10 \text{ KN/m}^3$,
ενώ για τον ιλυόλιθο: $\rho_d = 2,34 \text{ gr/cm}^3$, $\rho_{sat} = 2,47 \text{ gr/cm}^3$ 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 πρανή παρουσίαζαν κλίσεις μεγαλύτερες των 13° . Οφείλονται στην παραυσία υπόγειου νερού, στη διαφυγή ύδατος από τους πόρους του εδάφους λόγω φάρτισης, 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 πρανών λόγω κατολισθήσεων. Εγινε γεωτεχνική ανάλυση και υπολογισμός ευστάθειας του τεχνητού πρανούς και υπολογίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας. Συντάχθηκε πίνακας στον οποίο συσχετίζεται το ύψος του πρανούς με τη βέλτιστη γωνία καπής 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 συνίστονται 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 geotectonically in the 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 filed 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 strenght parameters:

Clayey marl: $c_u = 84 \text{ KN/m}^2$, $\phi_u = 6^\circ$, 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 2% and Clay = 0,5%.

Using geophysical surveys (geoelectic 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:

- a) 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.
- b) Instability of artificially cut slopes, due to landslides. In problems 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, $F > 1,4$.
- c) 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 measure 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 στα Μεσοχώρι Καρπάθου. (2^ο 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.M. 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.M. 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 commission 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 Nostrand Reinhold Company. 1980.
- ΓΑΪΤΑΝΑΚΗΣ 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 Υδραυγεωλογικά 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 - γεωλογικό - βραχομηχανικά και γεωλογικά θέματα και προβλήματα». Δημοσιεύματα πραγράμματα. 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., (1970). «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.