

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΡΟΠΩΤΟΥ*

Χ. ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ¹ & Μ. ΜΠΕΛΛΑΣ²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κοινότητα Ροπώτου που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νομού Τρικάλων και εντοπίζεται περίπου 28χλμ ΒΑ/κά της πόλης, είναι μία από τις λίγες περιπτώσεις (τουλάχιστον για την ελληνική πραγματικότητα), όπου δίνεται η δυνατότητα εκτενούς έρευνας ευστάθειας φυσικού τρανούς στο οποίο αναπτύσσεται οικοδομική δραστηριότητα. Τα δεδομένα της έρευνας στηρίχθηκαν α) σε στοιχεία από το υπέδαφος β) σε αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, γ) στην εγκατάσταση οργάνων μέτρησης των μικρομετακινήσεων στο υπέδαφος και στην παρακολούθησή τους για ικανό χρονικό διάστημα.

Τα στοιχεία του υπεδάφους προέρχονται από δύο (2) γεωτρήσεις συνεχούς δειγματοληψίας με επιτόπου δοκιμές (κυρίως αντοχής εδαφών) και ανορύξεις δύο (2) ερευνητικών ορυγμάτων. Οι εργαστηριακές δοκιμές περιέλαβαν κυρίως τις δοκιμές εδαφομηχανικής αλλά και βραχομηχανικής, για τη διερεύνηση των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των διατρηθέντων σχηματισμών στις γεωτρήσεις και τα ορύγματα. Η οριακή ισορροπία του φυσικού τρανούς διερευνήθηκε με τη μέθοδο "ευστάθειας τρανών" κατά SARMA βαιωιόμενη στην τεχνική της "non circular" και "non vertical" ανάλυσης. Οι μετρήσεις των μετακινήσεων πραγματοποιήθηκαν με αποκλιόμετρα μέχρι το βάθος των 18.0μ διά χρονικό διάστημα τουλάχιστον ενός έτους. Το γεγονός αυτό επέτρεψε αρχικά να εντοπισθούν με μεγάλη πιθανότητα οι θέσεις διέλευσης της επιφάνειας ολίσθησης και στη συνέχεια να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για προτάσεις περισσότερων σιμφατών με τις πραγματικές συνθήκες, που αποσκοπούν σε ασφαλέστερη αντιμετώπιση των μηχανισμών μετακίνησης των εδαφικών μαζών και φυσικά ανάσχεσης και αντιτοξικής τους.

ABSTRACT

The community of Ropoto is found in the northern part of Trikala prefecture and is approximately 28km NW of the city of Trikala. Many landslides have occurred in this place since the early 60's especially in the central part of the community. IGME had already four (4) reports about these phenomena when finally in 1989 was decided the necessity of a full scale geotechnical research that comprised: a) Geotechnical mapping of the area (scale 1:5000) and sampling, mainly of limestone rocks from the natural surface, b) opening of two (2) trial pits, undisturbed sampling from them, c) drilling of two (2) boreholes, undisturbed and disturbed sampling and installation of inclinometers in both boreholes for the study of the ground movements, d) laboratory tests for the estimation of the physical and mechanical characteristics of all the drilled formations e) slope stability analysis based on the "SARMA" program (non vertical, non circular slice analysis), f) propositions about the protecting measures concerning the above mentioned phenomena.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ροπώτο, κατολισθήσεις, γεωτεχνική έρευνα, γεωτρήσεις, ορύγματα, αποκλιόμετρα, ανάλυση ευστάθειας τρανών,

KEY WORDS: Ropoto-Greece, landslides, geotechnical research, boreholes, inclinometers, slope stability analysis.

* LANDSLIDES IN THE COMMUNITY OF ROPOTO

¹ Δρ.Γεωλόγος μηχανικός Άλυσης Τεχνικής Γεωλογίας Η.Μ.Ε.

² ΜSc Γεωλόγος μηχανικός Άλυσης Τεχνικής Γεωλογίας Η.Μ.Ε. **Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κοινότητα Ροπαωτού, που βρίσκεται 28χλμ. Νοτιοδυτικά της πόλης των Τριγάλων, αποτελείται από έξι (6) διασπαρμένους οικισμούς. Στον κεντρικό οικισμό ιδιαίτερα εκδηλώθηκαν από πολλά έντονα κατολισθητικά φαινόμενα τα οποία επαναδραστικοποιούνταν κατά διαστήματα έως σήμερα, προκαλώντας ζημιές σε οπίτια, δρόμους, τεχνικά έργα, οικοπεδικές και καλλιεργημένες εκτάσεις. Το ΙΓΜΕ διενέργησε κατά το παρελθόν επανειλημμένα αναγνωριστικές έρευνες στην περιοχή και έχει συνταχθεί σειρά τεχνικών εκθέσεων.

Πρόσφατα μετά από επίμονο αίτημα της κοινότητας σε συνδυασμό με πρόγραμμα ενδύτερης βασικής έρευνας κατολισθητικών φαινομένων του ΙΓΜΕ στο Νομό, πραγματοποιήθηκε γεωτεχνική μελέτη η οποία περιέλαβε:

1. Γεωλογική-γεωτεχνική χαρτογράφηση του χώρου του κεντρικού οικισμού κλίμακας 1:5.000.
2. Λιάνοξη 2 δειγματοληπτικών γεωτρήσεων (PO₁ και PO₂) με βάθη 18.00 και 17.00 μέτρα αντίστοιχα (βλ. γεωτεχνικό χάρτη κλίμακας 1:5.000).
3. Λιάνοξη 2 ορυγμάτων (OP₁ και OP₂) με βάθη 10.00μ. και 7.00μ αντίστοιχα (βλ. γεωτεχνικό χάρτη κλίμακας 1:5.000).
4. Εγκατάσταση αποκλισιόμετρων στις δύο γεωτρήσεις για την παρακολούθηση των μετακινήσεων σε διάφορα βάθη για συνολικό διάστημα ενός (1) χρόνου.
5. Εξομνεία των μετρήσεων των αποκλισιόμετρων, σε συνδυασμό με τα δεδομένα των γεωτρήσεων και των ορυγμάτων, ενώ πραγματοποιήθηκε και μελέτη ευστάθειας πηριών σύμφωνα με το πρόγραμμα "SARMA" και τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1. Μορφολογία

Ο κεντρικός οικισμός αναπτύσσεται σε πλάγια που αποτελείται από δύο κύρια αντερείσματα, μεταξύ των οποίων διαμορφώνονται δύο μορφολογικά βυθίσματα.

2.2. Γεωλογία

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελούν οι σχηματισμοί της γεωτεκτονικής ζώνης της Πίνδου. Το μεγαλύτερο τμήμα της κοινοτικής περιοχής και του κεντρικού οικισμού έχει γεωλογικό υπόβαθρο το φλύσχη της Πίνδου. Νότια και δυτικά του κεντρικού οικισμού εμφανίζονται τα "στρώματα μετάβασης" ενώ ανάντι εμφανίζονται λεπτοπλαζώδεις ασβεστόλιθοι. Ο φλύσχης, ιδιαίτερα σε θέσεις με μειωμένη κλίση, καλύπτεται από παχύ μανδύα αποσάθρωσης. Οι ασβεστόλιθοι και τα "στρώματα μετάβασης" δημιουργούν κορήματα. Η τεκτονική δομή της ενδύτερης περιοχής περιλαμβάνει πτυχές και πολυσχιδή ρήγματα, στοιχεία τα οποία φαίνονται και στο βασικό γεωλογικό χάρτη της περιοχής κλίμακας 1:50.000 (φύλλο "Μουζάκιον").

2.3. Υδρογεωλογία

Οι λεπτοπλαζώδεις ασβεστόλιθοι και τα στρώματα μετάβασης παρουσιάζουν δευτερογενή υδροπερατότητα, η οποία οφείλεται στο σύστημα διακλάσεων που εμφανίζουν. Ο εδαφικός μανδύας του φλύσχη είναι υδροπερατός σχηματισμός, όπως επίσης και η φαμμιτική του φάση. Αντίθετα οι αργιλιζοί σχιστόλιθοι που συμπληρώνουν τη διάπλαση, είναι πρακτικά στεγανοί σχηματισμοί.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες στην περιοχή εννοούν την εκδήλωση έξι (6) πηγών "ταπεινώσεως" και "επαφής", ενώ ο υδροφόρος ορίζων χαρακτηρίζεται "ρηχός" και μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας.

2.4. Εργαστηριακά δεδομένα

Εξετάζοντας τα δείγματα από τα ορυγματα για τον προσδιορισμό των φυσικών κυρίως χαρακτηριστικών, **Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφράστος" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.** και των μηχανικών χαρακτηριστικών προέκρινε ότι:

Στο όρυγμα OP1 Συναντώνται οι εδαφικοί τύποι (κατά U.S.C.S.) GC και GC-CL. Ο βαθμός ενεργότητας για το OP1 και το OP2 κατατάσσει τα δείγματα στην κατηγορία “ενεργά”. Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη q_u (με βάση το δείκτη I_c) είναι και για τα δύο ορύγματα μεγαλύτερη από 1.5Kgr/cm^2 . Ο δείκτης συμπιεστότητας C_c και για τα δύο ορύγματα παίρνει τιμές ενδεικτικές υλικών που επιδέχονται συμπιεστότητα για εξαστούμενες πιέσεις της τάξης των 0.3Kgr/cm^2 ή μεγαλύτερες. Οι τιμές του συντελεστή υδροπερατότητας K είναι για μεν το όρυγμα OP1 από 2.5×10^{-3} έως $6.25 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ χαρακτηρίζοντας τα εδάφη μεγάλης υδροπερατότητας και για το OP2 από 2.2×10^{-5} έως $1.37 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ χαρακτηριστικό εδαφών μέτριας έως μεγάλης υδροπερατότητας.

Από τις γεωτρήσεις η PO2 (βορειότερη) συνάντησε το υπόβαθρο στα 6.00μ. ενώ η νοτιότερη στα 15.5μ. βάθος. Τα εδαφικά δείγματα που ελήφθησαν από τις δύο γεωτρήσεις αποτελούνται από υλικά μεγέθους αργίλου έως χονδρουν χαλιζιού, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνεται από υλικά μεγέθους ιλύος. Ο προσδιορισμός των ορίων Atterberg έδειξε ότι τα δείγματα και από τις δύο γεωτρήσεις είναι μέσης έως υψηλής πλαστικότητας. Όλα τα δείγματα βοιάζονται πάνω από τη “ραμμή A” αντιπροσωπεύοντας στην κατάταξη κατά U.S.C.S. κυρίως ανόργανες αργίλους (cl) μέσης ή υψηλής πλαστικότητας. Με βάση το βαθμό ενεργότητας τα εδάφη χαρακτηρίστηκαν “κανονικά” έως “ενεργά” για τη βορειότερη και “κανονικά” έως “πολύ ενεργά” για τη νοτιότερη γεώτρηση (βλ. γεωτεχνικό χάρτη κλίμακας 1:5.000).

Το ξηρό φαινόμενο βάρος αυξάνει απότομα στη νοτιότερη γεώτρηση (PO1) σε βάθος 12.00μ., ενώ αυξάνει επίσης απότομα στα 2.00μ. για τη βορειότερη (PO2). Σε σχέση με το βαθμό κορεσμού τα εδάφη της PO1 χαρακτηρίζονται σαν “κορεσμένα”, ενώ της PO2 σαν “διαποτισμένα”. Οι τιμές του συντελεστή υδροπερατότητας για τα δείγματα της PO1 κυμαίνονται από 4.6×10^{-9} έως $1.7 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ και χαρακτηρίζουν εδάφη με μέτρια έως πολύ μικρή υδροπερατότητα και για τα δείγματα της PO2 κυμαίνεται από 4.6×10^{-9} έως $1.8 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ χαρακτηρίζοντας τα εδάφη σαν μέτριας έως πολύ μικρής υδροπερατότητας.

Όσον αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων προέβλεψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Τα εύρη των τιμών κύλισης του μέτρου συμπίεσης H_s αντιστοιχούν σε πλαστικές έως ημιάκληρες αργίλους και χαρακτηρίζονται από δυνατότητα μεταβολής του όγκου χωρίς θραύση. Από τις τιμές της πίεσης προφόρτισης P_c συμπεραίνεται ότι το έδαφος και στις δύο γεωτρήσεις θεωρείται προφορτισμένο (OC). Από τις τιμές του συντελεστή στερεοποίησης C_v εκτιμάται ότι τα εδάφη της περιοχής μελέτης επιδέχονται στερεοποίηση σε συνθήκες φόρτισης, αλλά οι παραμορφώσεις εμφανίζονται σε σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι τιμές της συνοχής (c) θεωρούνται γενικά χαμηλές και χαρακτηρίζουν εδάφη χαμηλής συνεκτικότητας που σε συνδυασμό με την γωνία εσωτερικής τριβής που είναι 10° - 27° δίνουν μικρή διατμητική αντοχή. Οι τιμές της μονοαξονικής αντοχής της PO2 κυμαίνονται από 0.75 έως 1.5Kgr/cm^2 .

2.5. Μετρήσεις αποκλισημέτρων

Στις δύο γεωτρήσεις που προαναφέρθηκαν (PO_1 , PO_2) εγκαταστάθηκαν αποκλισηόμετρα, με τα οποία έγινε μελέτη των επί μέρους παραμέτρων των κατολισθήσεων της περιοχής, δηλαδή βοήθησε το βάθος του επιπέδου ή των επιπέδων ολίσθησης, η διεύθυνση της κίνησης, οι ρυθμοί εξέλιξης των μετακινήσεων και των περιόδων έντασης ή ανάσχεσής τους, σε συνδυασμό με την αναγκαία μέτρηση των μεταβολών του υδροφόρου ορίζοντα. Οι μετρήσεις των αποκλισηόμετρων κάλυψαν χρονική περίοδο 1 έτους (Ιανουάριος του 1991 έως τον Ιανουάριο του 1992), στην οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις περίπου ανά μήνα. Σε κάθε σειρά μετρήσεων για κάθε γεώτρηση γίνονταν μέτρηση της απόκλισης προς τις τέσσερις (4) διευθύνσεις του ορίζοντα.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις διευθύνσεις του εγκατεστημένου κλισιομέτρου της γεώτρησης PO_1 φαίνεται κατ' ελάχιστον ότι οι μετακινήσεις οριοθετούνται στο τεταρτημόριο Βορράς-Ανατολή. Και για τις δύο πρώτες (13/2/91 και 20/3/91) σειρές μετρήσεων, οι μετακινήσεις αφορούν όλο το τμήμα από το βάθος των 4.5 μέτρων (13.5μ) μέχρι την επιφάνεια με μέγιστη μετακίνηση 4.2εμ. προς

Βορρά. Μετά την υπ' αριθμόν 3 μέτρηση (23-4-91), οι μετακινήσεις περιορίζονται κυρίως στο επιφανειακό τμήμα μέχρι βάθους 5 ποδών (1.5μ) και για τις δύο κατευθύνσεις.

Στη γεώτρηση ΡΟ2 παρατηρήθηκε μετακίνηση προς Βορρά σε όλο το τμήμα μέχρι το βάθος των 45 ποδών (13.5μ), κατά τη μέτρηση της 20/3/91, ενώ κατά τις υπόλοιπες μετρήσεις οι μετακινήσεις βρίσκονται μέσα στα όρια του σφάλματος. Στη διεύθυνση Ανατολή - Δύση εντοπίζονται δύο μετρήσεις (20/3/91 και 23/4/91) κατά τις οποίες μετρήθηκαν μετακινήσεις 4εκ. προς την Ανατολή. Από τις υπόλοιπες οι μετρήσεις στις 30/5/91 και 9/7/91 παρουσιάζουν μετακινήσεις από το βάθος των 20 ποδών (6 μ) μέχρι την επιφάνεια, της τάξης των 5 χιλιοστών, ενώ στις άλλες οι μετακινήσεις είναι στα όρια του σφάλματος.

3. ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ

Η μελέτη ευστάθειας πρσανούς πραγματοποιήθηκε μόνο για το νοτιότερο από τα δύο μορφολογικά βυθίσματα, σύμφωνα με το πρόγραμμα "SARMA" που στηρίζεται στην παραδοχή ότι η ολίσθηση γίνεται ή θα γίνει επί διεπιφάνειας (διαχωριστική επιφάνεια βραχώδους υποβάθρου με εδαφικό σχηματισμό). Από την ανάλυση της ευστάθειας του πρσανούς εκτιμήθηκε ότι ο συντελεστής ασφάλειας είναι της τάξης του 1.07, που σημαίνει ότι το νότιο πρσανές του οικισμού Ροπωτού είναι σε κατάσταση οριακής ισορροπίας και ότι ο συντελεστής επιτάχυνσης των εδαφικών μορίων κατά την οριζόντια διεύθυνση σε περίπτωση σεισμικής διέγερσης έχει τιμή $K_c=0.0202g$. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και για σειμούς χαμηλής έντασης είναι δυνατόν να διαταραχθεί η οριακή ισορροπία του πρσανούς. Όσον αφορά στο βόρειο πρσανές, εκτιμάται ότι τα μέχρι τώρα στοιχεία δεν είναι αρκετά για τη διατύπωση ασφαλούς άποψης και έτσι θεωρείται αναγκαία η συνέχιση των μετρήσεων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ομαδοποιώντας τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η έρευνα, μπορούμε να πούμε ότι:

- Καθορίσθηκε πλήρως το γεωλογικό υπόβαθρο του κεντρικού οικισμού.
- Καθορίσθηκαν οι υδροπερατοί και αδιαπερατοί σχηματισμοί και διαμορφώθηκε υδρογεωλογική άποψη για την περιοχή και ως εκ τούτου και ο τρόπος αποστράγγισής της.
- Εντοπίσθηκαν μετακινήσεις σε συγκεκριμένα βάθη στη γεώτρηση ΡΟ1, ενώ δεν διαπιστώθηκαν σαφείς μετακινήσεις στην ΡΟ2.
- Διαπιστώθηκε η οριακή ισορροπία του νοτιότερου πρσανούς που επιβάλλει την άμεση λήψη μέτρων και
- Τροποποιήθηκε η θέση της κύριας στραγγιστήριας τάφρου, όπως αυτή προτεινόταν σε προηγούμενη έλθεση γεωτεχνικής αναγνώρισης, επειδή οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν απέδειξαν ότι η λειτουργικότητά της στην αρχική θέση θα ήταν μειωμένης αποδοτικότητας.

5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Γιά την αντιμετώπιση και ανάλυση των φαινομένων στο νοτιότερο πρσανές και τη βελτίωση των γεωτεχνικών συνθηκών θεμελίωσης του Κεντρικού οικισμού, προτείνεται σειρά μέτρων (βλ. γεωτεχνικό χάρτη) τα οποία έχουν δύο βασικούς στόχους:

- την αποστράγγιση των και απομάκρυνση των επιφανειακών και κατειοδιδόντων υδάτων και
- την αντισηρσίξη των εδαφικών σχηματισμών που είναι σε ασταθή ισορροπία.

Σχετικά με τον πρώτο στόχο προτάθηκε:

1) Κατασκευή συλλεκτήριας τάφρου τοξοειδούς μορφής στο νοτιότερο από τα δύο μορφολογικά βυθίσματα έναντι της γεώτρησης ΡΟ₁. Το μήκος της τάφρου πρέπει να είναι 200μ περίπου και το βάθος της τουλάχιστον 3μ.

2) Εκτέλεση έργων καλλιέργειας των κύριων πηγών "Ανω Καστανιάς" και "Ανάβρας".

3) Εγκλιση των προτεινόμενων ρεμμάτων και χειμάρρων στην πληγείσα περιοχή.

4) Κατασκευή στραγγιστήριου στο μέσο της απόστασης μεταξύ τάφρου και οπιστών, σε παράλληλη διάταξη με αυτή.

Σχετικά με την αντιστήριξη προτείνεται:

1) Κατασκευή - τοποθέτηση συρματοκιβωτίων από τη θέση της γεώτρησης ΡΟ₁ και προς τα καπάντη ανά διαστήματα μήκους 20μ. (βλ. χάρτη με προτεινόμενα μέτρα). Τα συρματοκιβώτια μπορούν να τοποθετούνται και στα όρια των ιδιοκτησιών εάν αυτό εξυπηρετεί. Το μήκος κάθε σειράς πρέπει να φθάνει τα 50μ, ενώ το βάθος θεμελίωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.5μ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΧΡ. ΜΠΕΛΛΑΣ Μ. 1992 "Μελέτη των γεωτεχνικών συνθηκών για την ασφαλή θεμελίωση σε σχέση με τις κατολισθήσεις της κοινότητας Ροπατού Ν. Τρικάλων", ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- BELL F. 1983, "Fundamentals of Engineering Geology", Butterworth, London.
- CASTANY G. 1963, "Traite pratique des eaux souterrains", Dunod, pp 657, Paris.
- CHOWDHURY N. R. 1978, "Slope Analysis. Developements in Geotechnical Engineering" Vol. 22. Elsevier publishing comp., N. York.
- DeWiest R. 1965, "Geohydrology", John Wiley & Sons, pp 366, New York
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ. 1986, "Εφαρμοσμένη υδρογεωλογία", τόμος Α', έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ, ΚΟΥΚΗΣ Γ. 1985, "Τεχνική Γεωλογία", Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Αθήνα.
- PAIGE S. 1963, "Application of geology to engineering practice". Geological Society of America, pp 97 - 100, New York.
- SCHUSTER L. R., KRIZEK J. R. 1978, "Landslides, analysis and control", Special report 176, National Academy of Sciences, Washington D.C..
- TERZAGHI K., PECK R. 1969, "Εφαρμοσμένη εδαφομηχανική", τόμος Α', μετάφραση στα Ελληνικά, Αθήνα.
- ZARUBA Q., MENCL V. 1969, "Landslides and their control", Elsevier Academia, pp 250, Amsterdam, Prague.