

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ Χ.Θ. 123 ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΚΟΡΙΝΘΟΥ – ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μαρίνος Π.<sup>1</sup>, Καββαδάς Μ.<sup>2</sup>, Ντουνιάς Γ.<sup>3</sup>, και Προβιά Α.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Καθηγητής Ε.Μ.Π., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, marinos@central.ntua.gr & Centre de Geologie de l' Ingenieur, Ecole des Mines de Paris (2003-2004)

<sup>2</sup>Καθηγητής Ε.Μ.Π., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, kavvadas@central.ntua.gr

<sup>3</sup> Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε., Υπερείδου 9, 10558 Αθήνα, edafos@hol.gr

<sup>4</sup> Γεωλόγος, ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε., Υπερείδου 9, 10558 Αθήνα, kprovia@yahoo.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εξετάζονται και παρουσιάζονται συνοπτικά τα αίτια που προκάλεσαν την κατολίσθηση στη περιοχή της Χ.Θ. 123 του αυτοκινητόδρομου Κορίνθου-Τριπόλεως στις 8 Φεβρουαρίου 2003 και τα μέτρα αποκατάστασης της ευστάθειας. Η κατολίσθηση αυτή προκάλεσε την διακοπή της συγκοινωνίας στον ανωτέρω οδικό άξονα επί διμήνο, μέχρι να ολοκληρωθούν τα προσωρινά έργα με τοπική παράκαμψη της θέσης που εκδηλώθηκε η αστοχία.

Η μορφολογία της περιοχής υποδεικνύει παλαιότερα κατολισθητικά γεγονότα, η ισορροπία των οποίων επιβαρύνθηκε από την κατασκευή της Ε.Ο.. Από τις γεωτεχνικές έρευνες προέκυψε ότι η αστάθεια οφείλεται σε βαθιά επιφάνεια ολίσθησης.

Για την αποκατάσταση της ευστάθειας κατασκευάζεται υψηλό σταθεροποιητικό επίχωμα στον πόδα της κατολίσθησης με διευθέτηση του ρέματος δια μέσου θολωτού οχετού σε συνδυασμό με δίκτυο αποστράγγισης του επιχώματος και του αυτοκινητόδρομου.

### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

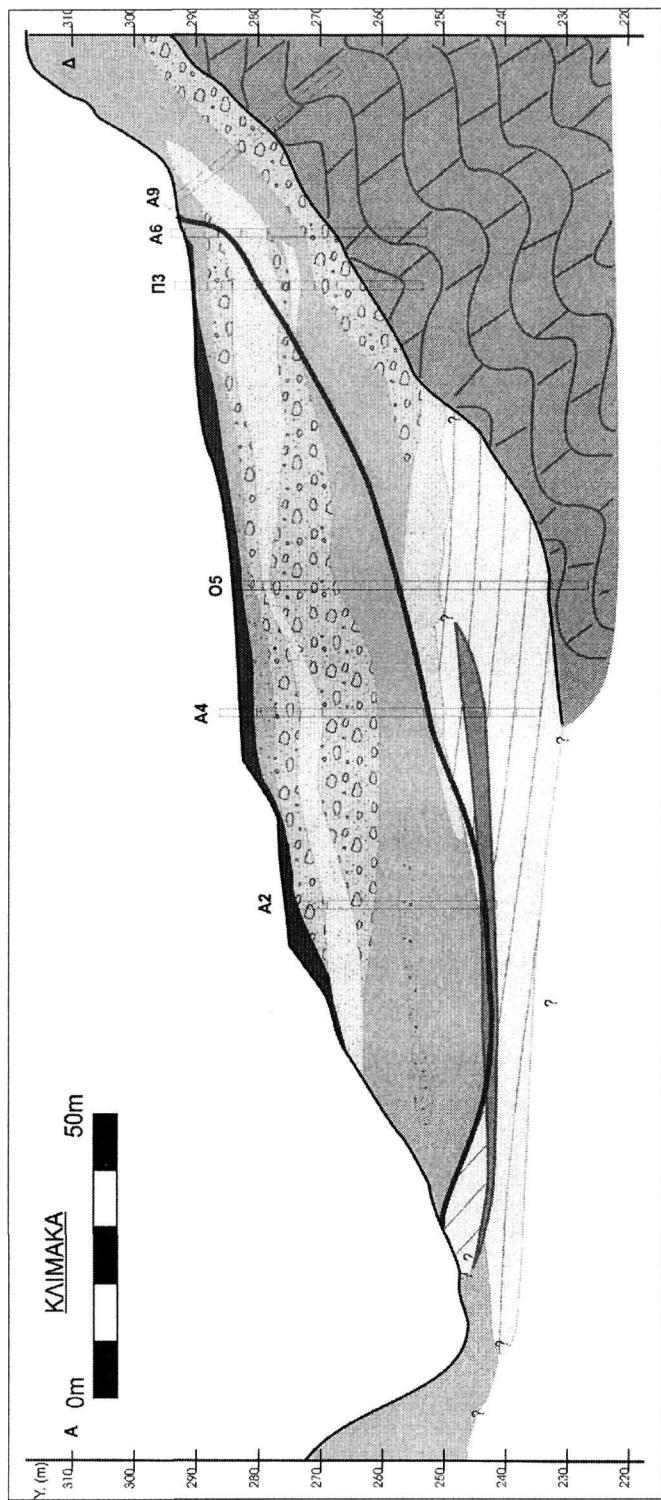
Από το έτος 1995 είχαν παρουσιαστεί ρηγματώσεις και μικροκαθιζήσεις του οδοστρώματος της Ε.Ο. στη συγκεκριμένη θέση. Οι βλάβες αυτές είχε θεωρηθεί αρχικά ότι οφείλονταν σε απλή συνίζηση του επιχώματος και αντιμετωπίζονταν μέχρι το 1998 με διαδοχικές ασφαλτικές επαλείψεις του οδοστρώματος κυκλοφορίας. Το 1999, με προσεκτικότερη εξέταση του μοντέλου των εδαφικών μετακινήσεων διαπιστώθηκε, Μαρίνος και Καββαδάς (1998, 1999), ότι η περιοχή ευρίσκεται σε κατάσταση αστάθειας με κατολισθητικό φαινόμενο σε εξέλιξη. Με βάση τις διαπιστώσεις αυτές, εκτελέστηκε συμπληρωματικό πρόγραμμα γεωτεχνικών ερευνών από το οποίο προέκυψε ότι η αστάθεια οφείλεται σε βαθιά επιφάνεια ολίσθησης που περιλαμβάνει και το φυσικό έδαφος.

Από την αρχή της διαπίστωσης προτάθηκε και διανοίχθηκε παράκαμψη του αυτοκινητοδρόμου στο ανάντη πρानές, εκεί όπου εμφανίζεται το βραχύδες υπόβαθρο, που οριοθετούσε έτσι το ανάντη άκρο της κατολίσθησης. Προτάθηκε ακόμα η επιφόρτιση του ποδός του πρानούς με την κατασκευή ανακουφιστικού αναβαθμού και η διευθέτηση του ρέματος με την κατασκευή οχετού. Η λύση αυτή τελικά προβλέφθηκε και από την οριστική μελέτη.

Σημειώνεται ότι κατά την ενεργοποίηση της κατολίσθησης δεν είχαν ξεκινήσει ακόμη τα προβλεπόμενα στην ανωτέρω μελέτη, έργα αντιμετώπισης του φαινομένου της κατολίσθησης.



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής (στο σχέδιο έχουν προστεθεί και τα έργα περί το σταθεροποιητικό επίχωμα ποδός) (ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004).



Σχήμα 2. Γεωλογική Τομή Α - Α' (ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004).

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ



Τεχνητές επιχώσεις.



Μανδύας Αποσάθρωσης.



ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΟΙΤΗΣ. Αμμοχαλικώδη λικά με χαλαρή δομή, τα οποία έχουν αποτεθεί στην κοίτη του χειμάρρου.



ΑΝΑΒΑΘΜΙΔΕΣ. Φακοειδείς ενστρώσεις άμμων και κροκαλών, οι οποίες έχουν αποτεθεί στη ευρύτερη περιοχή της κοίτης.



Αργιλικός σχηματισμός γκριζου χρώματος.

### ΚΩΝΟΣ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ



Αμμοχαλικώδεις σχηματισμοί με σημαντικό ποσοστό αργίλου, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος.



Αμμώδους σύστασης σχηματισμοί με διάσπαρτες λατύπες και σημαντική περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα γκριζόλευκου χρώματος.



Αργιλικής σύστασης σχηματισμοί καστανοκόκκινου χρώματος.



Συνεκτικό λατυποπαγές με ισχυρή διαγένεση, καστανού χρώματος.

### ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



Μάργες, ψαμμιτομάργες, ψαμμίτες, άμμοι και ψηφιτοπαγοί με χαλαρά μαργαϊκά κροκαλοπαγή. Ανώτερο Πλειόκαινο - Διλούβιο.

### ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ



Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου. Ανώτερο Κρητιδικό.

### Όργανα

ΚΛΙΣΙΟΜΕΤΡΑ : A1, A2, A3, A4, A5,  
A6, A8, Γ3, Γ4

ΠΙΕΣΟΜΕΤΡΑ : Γ1, Γ2, Π1, Π2, Π3, Π4



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 1996.



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 1999.



Μη δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που τοποθετήθηκαν πιεσόμετρα το έτος 1999.



Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έτους 2003 (μετά την κατολίσθηση).



Διεύθυνση και κλίση στρώσης.



Εποχιακή πηγή.



Ρήγμα πιθανό ή καλυμμένο.



Γεωλογικό όριο.



Γεωλογικό όριο καλυμμένο - ασαφές.



Όριο κατολίσθησης.



Πιθανό όριο κατολίσθησης στα άκρα.

Παρατήρηση: Ο χάρτης αυτός αποτελεί μεταφορά του χάρτη g.01 της Χ. Αλεξιάδου (1999) στην νέα τοπογραφία που δημιουργήθηκε μετά την κατολίσθηση του Φεβρουαρίου 2003, συμπληρωμένος με τις πρόσφατες γεωτεχνικές έρευνες και νέα γεωλογικά στοιχεία.

Σχήμα 3. Υπόμνημα του σχήματος 1 και 2

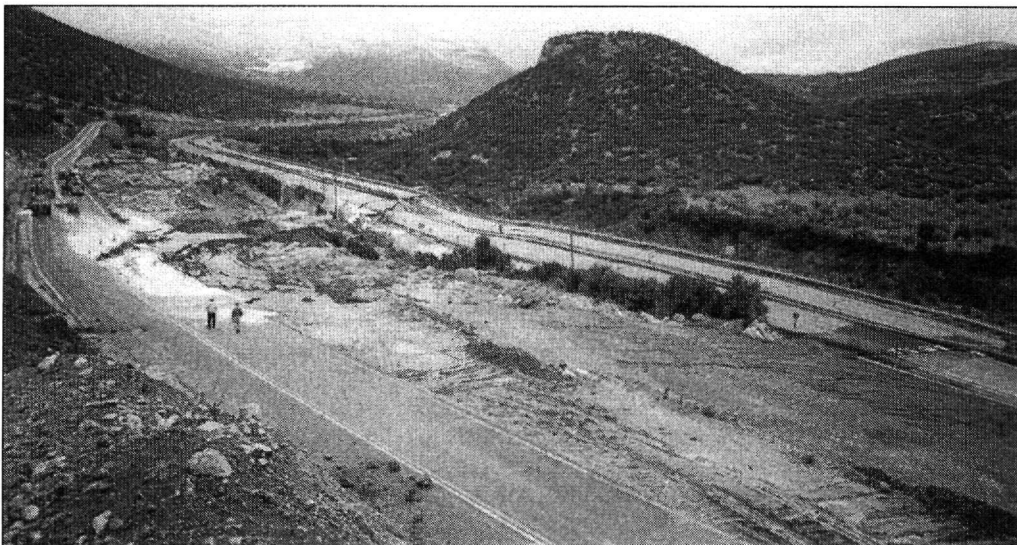
## 2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή ενδιαφέροντος αναπτύσσεται σε επικλινές ανάγλυφο σε υψόμετρα που κυμαίνονται περίπου από 260 έως 320m (Σχήμα 1). Από εκεί διέρχεται ρέμα εποχιακής ροής, γενικής διεύθυνσης Β-Ν. Το ρέμα βρίσκεται σε απόσταση περίπου 120m ανατολικά του άξονα της Ε.Ο. σε παράλληλη σχεδόν διεύθυνση. Η ανατολική όχθη του ρέματος χαρακτηρίζεται από απότομες κλίσεις (της τάξεως των 40° και τοπικά των 70°) που σφείλονται πιθανώς σε έντονη κατά βάθος διάβρωση. Η δυτική όχθη αποτελεί τον πόδα της κατολίσθησης και έχει ομαλότερες κλίσεις (20° με 30°). Από τα τοπογραφικά σχέδια προ της κατολίσθησης διαπιστώνονται χαρακτηριστικές γεωμορφές προς τα κατόντη που υποδεικνύουν ευρείας κλίμακας κατολισθητικά φαινόμενα. Αντίστοιχες γεωμορφές μπορούν να παρατηρηθούν και στη σημερινή μορφολογία του αναγλύφου.

Ο αυτοκινητόδρομος βρίσκεται σε επίχωμα μέσου ύψους 10 m πάνω από ασθενώς συγκολλημένα υλικά κορημάτων (αργιλώδη αμμοχάλικα), με έντονη ετερογένεια κατά την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση και τα οποία αναπτύσσονται είτε επί νεογενών σχηματισμών είτε επί ασβεστολίθων του αλπικού υποβάθρου (σχήμα 1, 2, 3).

## 3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

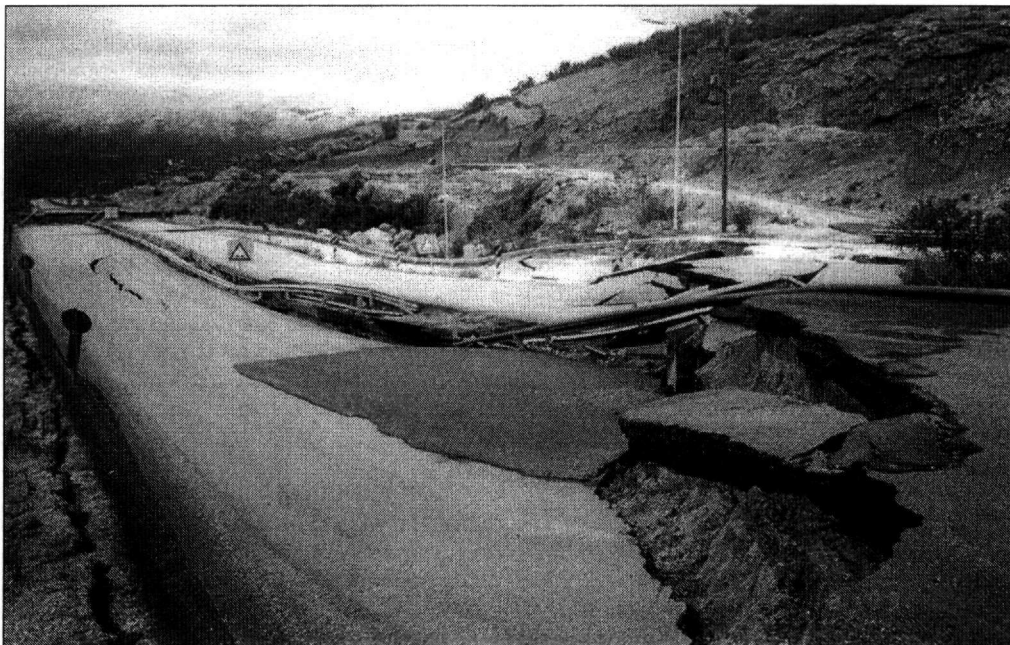
Στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από το 1999, όπου εντοπίστηκε και οριοθετήθηκε το πρόβλημα, μέχρι τον χειμώνα του 2002-2003, η εξέλιξη της κατολίσθησης ήταν ερπυστικού τύπου με ρυθμούς μετακινήσεων της τάξεως των 10cm το έτος, ενώ την χειμερινή περίοδο συχνά έφτανε και 3-4cm τον μήνα. Η διάνοιξη των ρωγμών είχε σαν αποτέλεσμα την ολοένα μεγαλύτερη εισροή υδάτων επιταχύνοντας το φαινόμενο έως την 8-2-2003, οπότε και αυτό εκδηλώθηκε (Σχ.4, 5).



Σχήμα 4. Άποψη της κατολισθημένης μάζας από ανάντη. Διακρίνεται το φρύδι της κατολίσθησης που έφτασε έως το μέσο του ανάντη της Ε.Ο. παράδρομου.

Σε ότι αφορά τα γενικά χαρακτηριστικά της κατολίσθησης αυτά είναι:

- Αποκόπτει μήκος Ε.Ο. περίπου 150m
- Μήκος κατολίσθησης (από το φρύδι έως τον πόδα) της τάξεως των 180m περίπου
- Μέγιστο μέσο εύρος κατολίσθησης 210m
- Συνολική επιφάνεια κατολίσθησης 35.000m<sup>2</sup> περίπου
- Συνολικός όγκος κατολίσθησης 350.000 έως 400.000m<sup>3</sup> περίπου
- Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση 4.0m περίπου
- Μέγιστη κατακόρυφη υποχώρηση στην περιοχή της κεφαλής της κατολίσθησης 4.0m περίπου



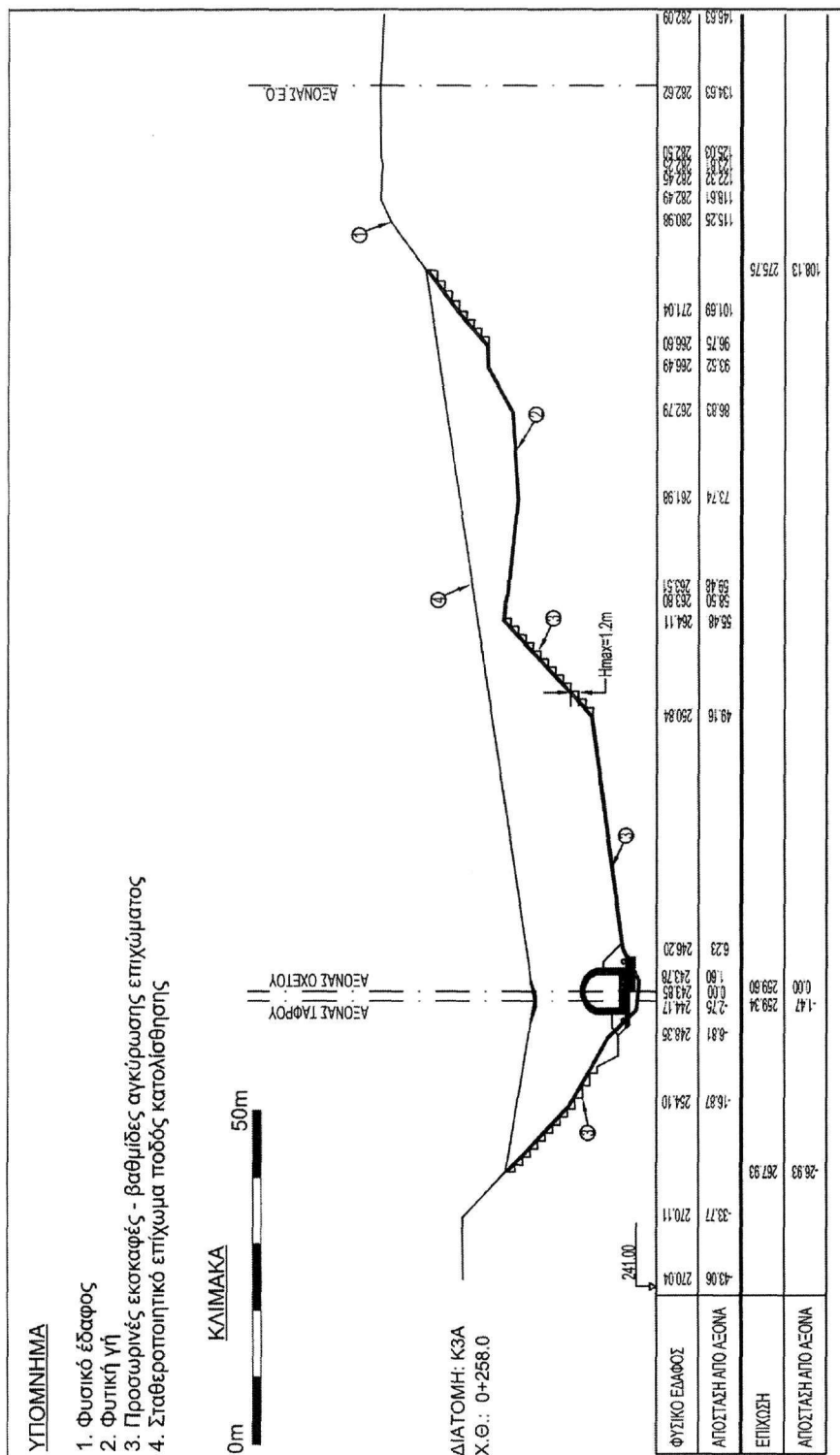
Σχήμα 5. Άποψη του βυθίσματος που προκάλεσε η κατολίσθηση στο οδόστρωμα της Ε.Ο. Κορίνθου-Τρίπολης.

Η επιφάνεια ολίσθησης, σύμφωνα με τα στοιχεία των κλισιομετρήσεων, εντοπίζεται στη βάση των υλικών του κώνου κορημάτων (Σχήμα 2). Συγκεκριμένα φαίνεται να ακολουθεί την επαφή των αμμοχαλικώδων σχηματισμών με τις αργιλικές ενστρώσεις, οι οποίες συστηματικά εμφανίζονται στη βάση του κώνου κορημάτων. Η επιφάνεια επαφής τους και κατά συνέπεια η επιφάνεια ολίσθησης διαμορφώνεται πολύ βαθιά, έως και βαθύτερα από το Α.Υ. της κοίτης του χειμάρρου.

Ειδικότερα, η επιφάνεια ολίσθησης διέρχεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, μέσω ενός αργιλικού στρώματος το οποίο διατηρεί τα λιθοοψικά χαρακτηριστικά της μάργας, αλλά στερείται δομής και στρώσης (πιθανώς ο αποσασθρωμένος μανδύας των μαργαϊκών σχηματισμών). Οι μαργαϊκοί σχηματισμοί αποκαλύφθηκαν και χαρτογραφήθηκαν κατά την κατασκευή του οχετού στον πόδα της κατολίσθησης.

Η βασική κατεύθυνση της κατολίσθησης είναι προς τα ανατολικά. Ωστόσο μικρό νοτιοανατολικό τμήμα της κατολισθημένης μάζας, βάσει των μετρήσεων των βάθρων επιφανειακών μετακινήσεων αλλά και κάποιων κλισιομέτρων, φαίνεται ότι κινήθηκε με κατεύθυνση ανατολικά - νοτιοανατολικά είτε συμπαρασυρόμενο από την μετακίνηση της κύριας μάζας είτε ως ένας ανεξάρτητος λοβός.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα στην ενεργοποίηση της κατολίσθησης. Βασικό ρόλο φαίνεται να έπαιζε η συστηματική εμφάνιση αργιλικής σύστασης σχηματισμού στη βάση του κώνου κορημάτων, καθώς και οι σχηματισμοί του Νεογενούς στο πόδα της κατολίσθησης. Και οι δύο αυτές κατηγορίες σχηματισμών είναι πολύ χαμηλής περατότητας, ευνοώντας έτσι τη δημιουργία επικρεμάμενων υδροφόρων οριζόντων στους υπερκείμενους σχηματισμούς του κώνου κορημάτων. Η παρουσία αυτών επιβαρύνει την ευστάθεια του πρανούς, προκαλεί αλλαγή των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών και δημιουργεί πιέσεις πόρων κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης, μειώνοντας την διατμητική αντοχή του γεωυλικού.



Σχήμα 6. Σταθεροποιητικό επίχωμα. Διατομή στην ίδια περίπου θέση με την γεωλογική τομή Α - Α' (ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑ Α.Τ.Ε. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2004)

#### 4 ΕΡΓΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα μελετηθέντα έργα για την σταθεροποίηση της κατολίσθησης και την αποκατάσταση του αυτοκινητοδρόμου συνοπτικά συνίστανται σε:

- Κατασκευή υψηλού επιχώματος (ύψους της τάξεως των 15.0m) στον πόδα της μάζας που κατολίσθησε το οποίο λειτουργεί ως αντίβαρο ποδός αλλά και ως αντιστήριξη, εφόσον πρόκειται για εγκιβωτισμένο επίχωμα στην κοίτη του ρέματος Βελανδοπόταμου (σχήμα 6, 7).
- Κατασκευή δικτύου αποστράγγισης στην περιοχή του σταθεροποιητικού επιχώματος και του αυτοκινητοδρόμου. Το αποστραγγιστικό δίκτυο περιλαμβάνει διαμήκη στραγγιστήρια, αγωγούς στραγγιστηρίων και αποστραγγιστικές κλίνες.
- Κατασκευή πυκνού επιφανειακού δικτύου αποχέτευσης ομβρίων. Το επιφανειακό δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων είναι πιο πυκνό περί την κεφαλή της κατολίσθησης ώστε να περιορισθεί σημαντικά η κατείσδυση των ομβρίων υδάτων στην κατολισθημένη μάζα.

Το εν λόγω έργο συνδυάζεται και με τα έργα που έχουν κατασκευασθεί σε προηγούμενες φάσεις ανάντη του αυτοκινητοδρόμου. Η διαμόρφωση των επιφανειών για ταχεία απορροή και η επιφανειακή αποχέτευση των έργων αυτών αποτελεί μια πρώτη ζώνη ανάσχεσης των υδάτων που επιβαρύνουν την κατολίσθηση. Επίσης, το έργο αντιστήριξης της παράπλευρης οδού, αποτελεί και έργο ανακούφισης της κεφαλής της κατολίσθησης.



Σχήμα 7 Άποψη της περιοχής ενδιαφέροντος κατά την κατασκευή του σταθεροποιητικού επιχώματος.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αλεξιάδου, Χ., 1999, Μελέτη κατολίσθησης στη Χ.Θ. 122+850 έως Χ.Θ. 123+300 του τμήματος Κ. Σολωμού – είσοδος σήραγγας Αρτεμισίου του αυτ/μου Κορίνθου – Τρίπολης, Εδαφομηχανική ΕΠΕ, έκθεση για ΥΠΕΧΩΔΕ/ΔΜΕΟ
- Μαρίνος, Π. και Καββαδάς, Μ., 1998-2003, Τεχνική έκθεση για Χ.Θ. 122+850 έως Χ.Θ. 123+300 του τμήματος Κ. Σολωμού – είσοδος σήραγγας Αρτεμισίου του αυτ/μου Κορίνθου – Τρίπολης, για το ΥΠΕΧΩΔΕ/ΔΜΕΟ
- Μαρίνος, Π. και Καββαδάς, Μ., 4/3/2003, Έλεγχος για την εφαρμογή της οριστικής μελέτης έργων αποκατάστασης κατολίσθησης στη Χ.Θ. 123+000 της Ε.Ο. Κορίνθου – Τρίπολης.

## ABSTRACT

### **INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE SLIDING ON THE 123KM ON THE KORINTHOS-TRIPOLIS NATIONAL ROAD AND WORKING TECHNIQUES TO RESTORE THE STABILITY**

Marinos P.<sup>1</sup>, Kavvadas M.<sup>2</sup>, Ntounias G.<sup>3</sup>, και Provia C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor N.T.U.A., 9 Iroon Polytechniou str., 15780 Zografou, marinos@central.ntua.gr & Centre de Geologie de l' Ingenieur, Ecole des Mines de Paris (2003-2004)

<sup>2</sup> Professor N.T.U.A., 9 Iroon Polytechniou str., 15780 Zografou, kavvadas@central.ntua.gr

<sup>3</sup> Edafos, Iperidou 9, 10558 Athens, edafos@hol.gr, kprovia@yahoo.gr

The paper deals with the important landslide of a 220m width at the area of the 123km on the Korinthos-Tripolis national road as well as the remedial measures in order to restore the stability of the road. The sliding caused the traffic interruption on the national road at 08/02/2003 and for the next two months. The service was restored after the development of a bypass road on the same position with the sliding.

The geomorphological features of the area indicate that there were sliding problems in the past which they became serious after the construction of the national road by the additional load of the embankment of the road and the increased infiltrations.

The main remedial work was the toe buttress of the unstable slope by the construction of a 15m high fence in the valley and appropriate drainage on the foot of the sliding and at the same time it is re-arranged the riverbed through the development of a sewer along with the use of a drainage network.