

Διερεύνηση Αιτίων Αστοχίας Επιχωμάτων με την Βοήθεια Στατικού Πενετρομέτρου

Investigation of Causes of Embankment Failure with the Use of Static Penetrometer

ΔΙΔΑΣΚΑΛΟΥ, Γ.

Πολιτικός Μηχανικός

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Στο παρόν παρουσιάζεται, ο τρόπος διερεύνησης των αιτίων αστοχίας επιχωμάτων της Ε.Ο. Σερρών - Δράμας, που έγινε με την βοήθεια στατικού πενετρομέτρου.

ABSTRACT : This paper presents a method of investigating the causes of failure of embankments along the Serres - Drama National Road with the use of static penetrometer.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα επιχώματα μετά την αποπεράτωση τους και πριν δοθούν στην κυκλοφορία, παρουσίασαν διαμήκεις ρωγμές βλ. Φωτογραφία 1.



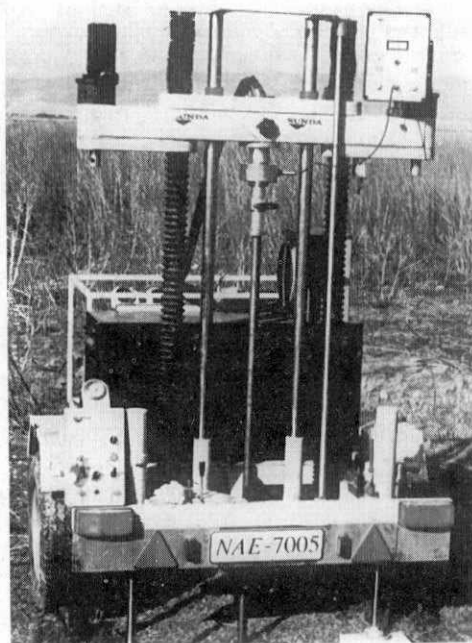
Φωτογρ.1. Διαμήκεις ρωγμές οδοστρώματος
Photograph 1. Pavement's longitudinal cracks

2. ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Για την διερεύνηση των αιτίων αστοχίας, αποφασίσθηκε να εκτελεστούν στατικές πενετρομετρήσεις.

Χρησιμοποιήθηκε ελκόμενο αυτοαγκυρούμενο στατικό πενετρόμετρο Ολλανδικού τύπου 10t με αιχμή Begemann, βλ. Φωτογρ.2.

Η γεωτεχνική έρευνα με στατικό πενετρόμετρο, σε αντίθεση με αυτή με δειγματοληπτικό γεωτρύπανο, παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:



Φωτογραφία 2. Στατικό Πενετρόμετρο
Photograph 2. Static Cone Penetrometer

Είναι φθηνότερη και πιο γρήγορη. Παρέχει μεγαλύτερη δυνατότητα λήψεως αδιατάρακτων δειγμάτων. Η όλη εργασία γίνεται εν ξηρώ, και τέλος ήταν δυνατός ο καθορισμός των παχών των συμπυκνωθέντων στρώσεων κατά την κατασκευή των επιχωμάτων.

Κατά την εκτέλεση των στατικών πενετρομετρήσεων καταγράφηκαν ψηφιακά:

Οι αντιστάσεις q_c της αιχμής του κώνου, και οι τριβές R_a (τοπικές+πλευρικές f_s+q_c).

Στην συνέχεια με πρόγραμμα υπολογιστού, σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα των q_c , f_s και των λόγων τριβών $F.R.=f_s/q_c$.

Από τα προηγούμενα καθορίστηκαν:

Το είδος του εδάφους (κατάταξη), η αστράγγιστη αντοχή c_u των αργιλικών εδαφών, η γωνία εσωτερικής τριβής ϕ των αμμοδών εδαφών, τα μέτρα ελαστικότητας των εδαφικών στρώσεων.

Δεδομένου ότι οι σπές παρέμεναν ανοιχτές, ήταν δυνατή και η μέτρηση της στάθμης των υπογείων υδάτων.

Μετά την εκτέλεση των πενετρομετρήσεων, μετατοπίζονταν το μηχάνημα και λαμβάνονταν αδιατάρακτα δείγματα με λεπτότοιχους σωλήνες Shelby από όλο το πάχος του επιχώματος.

Στα ληφθέντα δείγματα, έγιναν κοκκομετρικές αναλύσεις, προσδιορισμοί ορίων Atterberg, προσδιορισμοί φυσικών υγρασιών, προσδιορισμοί φαινομένων βαρών, προσδιορισμοί των παραμέτρων αντοχής με την εκτέλεση τριαξονικών δοκιμών, προσδιορισμοί των συντελεστών στερεοποίησης και τάσεων διογκώσεως και τέλος προσδιορισμοί των βέλτιστων υγρασιών συμπυκνώσεως και των αντίστοιχων μέγιστων εργαστηριακών πυκνοτήτων κατά την τροποποιημένη μέθοδο Proctor, καθώς και προσδιορισμοί των ποσοστών συμπτύκνωσεως που επιτεύχθηκαν στην πράξη.

3. ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ - ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΑΙΤΙΩΝ

3.1 Σύσταση εδάφους κατασκευής επιχωμάτων

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων, διαπιστώθηκε ότι τα επιχώματα είχαν κατασκευαστεί από υλικά κατηγορίας A-6 και A-7-6, δηλαδή από τα πτωχότερα ποιοτικά εδάφη.

3.2 Παγοπληξία

Τα εξετασθέντα εδάφη δεδομένου ότι ήταν έντονα αργιλικά, συμπεραίνεται ότι δεν

υπέστησαν παγοπληξία.

3.3 Διογκωσιμότης εδαφών

Τα εξετασθέντα εδάφη παρουσίαζαν μικρή τάση διογκωσιμότητας, ίση προς $0,25 \text{ kg/cm}^2$.

3.4 Διαμητική αντοχή και συμπιεστότης υπεδάφους.

Με τις εκτελεσθείσες πενετρομετρήσεις διαπιστώθηκε η μεγάλη διαμητική αντοχή του υπεδάφους και η μικρή συμπιεστότης αυτού.

3.5 Συμπυκνωμένα πάχη διαστρώσεως επιχωμάτων

Επειδή το υλικό κατασκευής επιχωμάτων ήταν της αυτής συστάσεως, οι αιχμές του διαγράμματος αντιστάσεων q_c , βλ. συνημ. πενετρομέτρηση, σημειώνουν τα συμπυκνωμένα πάχη.

Διαπιστώθηκε ότι τα πάχη αυτά ήταν αισθητά υψηλότερα των προτεινομένων στην Π.Τ.Π. X1. (Κεφ. Β').

3.6 Γεινίαση με Τεχνικά

Οι περισσότερες ρωγμές παρουσιάστηκαν σε επιχώματα που γεινίαζαν με Τεχνικά, όπου γενικά η επίτευξη ικανοποιητικού βαθμού συμπυκνώσεως, για κατασκευαστικούς λόγους, είναι δυσχερής.

Σύμφωνα με την Π.Τ.Π. X1 βλ. § 2.9.7. η επίχωση εκατέρωθεν των Τεχνικών πρέπει να γίνεται με κοκκώδη υλικά τα οποία να συμπυκνώνονται με ιδιαίτερη επιμέλεια.

Στο παρόν έργο τα υλικά ήταν κατηγορίας A-6 τα οποία δεν ήταν εύκολο να συμπτύκνωθούν ικανοποιητικά.

3.7 Κλίση Πρανών Επιχωμάτων

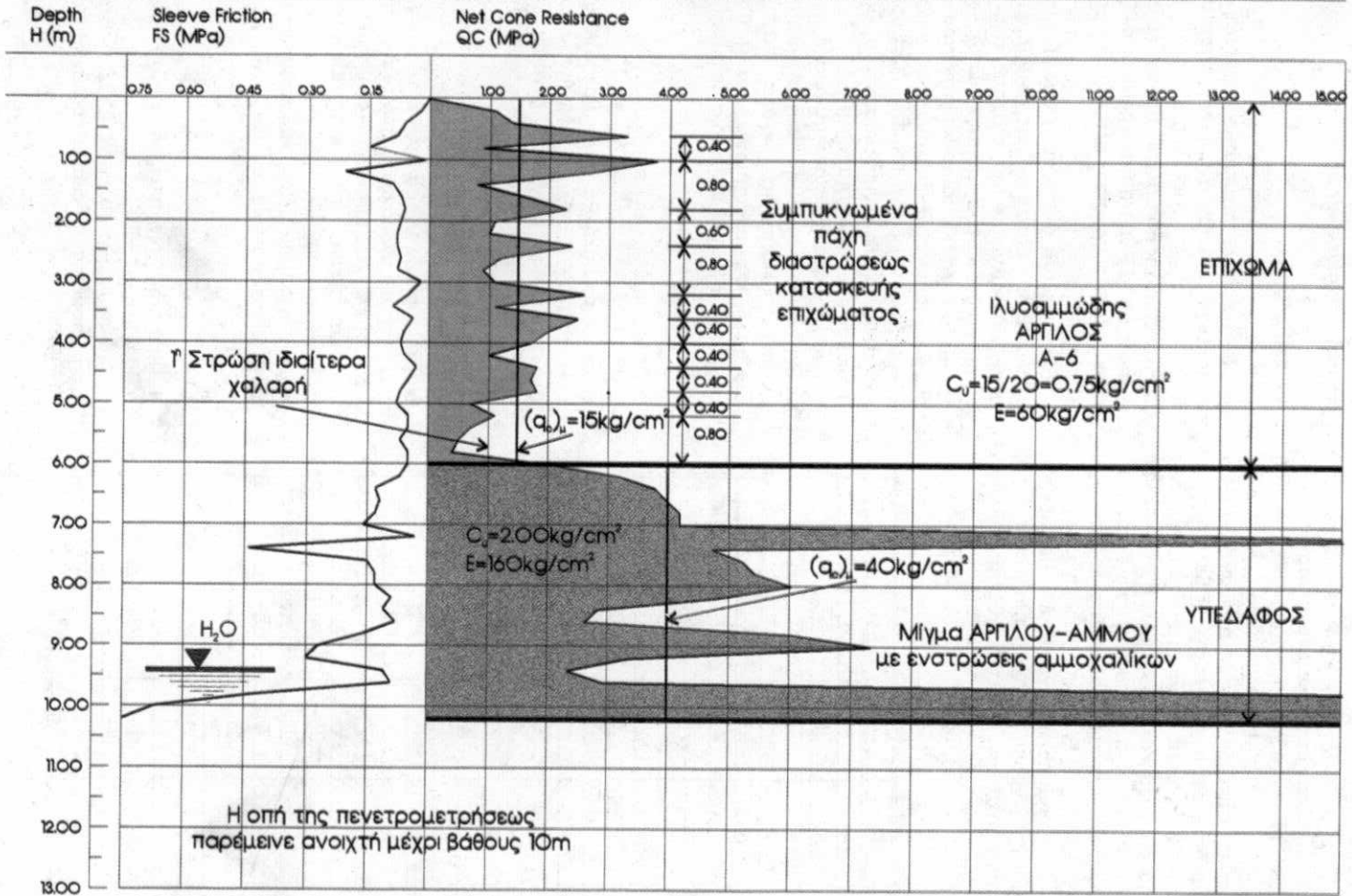
Σύμφωνα με την Π.Τ.Π. X1 συνιστάται κλίση πρανών επιχωμάτων ίση προς $\frac{1}{\pi} = \frac{1}{1,5}$

Στο έργο τα πρανή διαμορφώθηκαν με πιο απότομες κλίσεις περίπου 1:1.

3.8 Φυσική Υγρασία - Συμπύκνωση Επιχωμάτων

Στα 32 ληφθέντα αδιατάρακτα δείγματα, διαπιστώθηκε ότι η φυσική υγρασία των δειγμάτων, περίπου ένα χρόνο μετά την κατασκευή τους,

CPT - CONE PENETRATION TEST SUNDA (Cod. 1/233)



κυμαίνονται από 12 ως 30%, με μέση τιμή περίπου 20%.

Η μεγίστη εργαστηριακή πυκνότητα στο παρόν έδαφος υπολογίστηκε ότι ήταν $(\gamma_d)_{max} = 1,99 \text{ t/m}^3$ κατά την τροποποιημένη δοκιμή Proctor και η βέλτιστη υγρασία $\omega_{opt} = 11,50\%$. Διαπιστώθηκε δηλαδή ότι η φυσική υγρασία ήταν διπλάσια, ως τριπλάσια της βελτίστης.

Τα επί τόπου ποσοστά συμπτύκνωσης που επιτεύχθηκαν, κυμάνθηκαν από 76 ως 91% με μέση τιμή που πλησίαζε το 85%, έναντι του 90% που θα έπρεπε να επιτευχθεί σύμφωνα με τις Ελληνικές Προδιαγραφές.

Σε συνημ. πίνακα φαίνονται οι μετρηθείσες φυσικές υγρασίες, οι μετρηθείσες ξερές πυκνότητες και τα επιτευχθέντα ποσοστά συμπτύκνωσης.

α/α	$\omega\%$	$\gamma_d \text{ t/m}^3$	%
A1	30	1.51	76
A2	28	1.63	82
A3	22	1.63	82
3A4	19	1.68	84
A5	12	1.80	90
A6	17	1.77	89
A7	21	1.71	86
A8	27	1.61	81
A9	17	1.74	87
A10	18	1.75	88
A11	17	1.79	90
A12	19	1.68	84
A13	19	1.72	86
A14	18	1.72	86
A15	23	1.70	85
A16	22	1.63	82
A17	17	1.76	88
A18	17	1.80	90
A19	16	1.81	91
A20	29	1.52	76
A21	24	1.54	77
A22	15	1.68	84
A23	16	1.76	88
A24	20	1.63	82
A25	18	1.68	84
A26	20	1.55	78
A27	23	1.52	76
A28	17	1.67	84
A29	16	1.70	85
A30	14	1.80	90
A31	12	1.79	90
A32	15	1.69	85

Είναι πολύ χαρακτηριστικό ότι όπου αυξάνεται η φυσική υγρασία, μειώνεται το ποσοστό συμπτύκνωσης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η αστοχία των επιχωμάτων προήλθε κατά κύριο λόγο από την ανεπιτυχή συμπτύκνωση τους.

Η ανεπιτυχής συμπτύκνωση, οφείλεται στο γεγονός ότι τα χώματα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν φυσική υγρασία πολύ υψηλότερη της βελτίστης.

Είναι γνωστό ότι, όταν η φυσική υγρασία είναι αισθητά μεγαλύτερη της βελτίστης η επιτυχής συμπτύκνωση του εδάφους είναι αδύνατη, όση ενέργεια συμπτύκνωσης κι αν καταβληθεί. Τα μόρια του ασυμπίεστου νερού με ειδικό βάρος 1, εκδιώκουν τους εδαφικούς κόκκους με ειδικό βάρος $G_s=2,65$ και καθιστούν το όλο μίγμα ελαφρύτερο, δηλαδή μειώνουν την πυκνότητα του.

Δευτερευόντως, στην μειωμένη συμπτύκνωση συνετέλεσαν η κακή ποιότητα του εδαφικού υλικού, τα μεγάλα πάχη των στρώσεων, η γειννίαση με τεχνικά, η απότομη κλίση των πρानών και η διογκωσιμότης του υλικού.

5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ζημιά θα μπορούσε κάλλιστα να είχε αποφευχθεί αν πριν από την κατασκευή των επιχωμάτων, ελέγχονταν εργαστηριακά τα υλικά κατασκευής, οπότε θ'αποδεικνύονταν αυτά ακατάλληλα για χρήση.

Οι απαιτούμενοι εργαστηριακοί έλεγχοι θα ήταν απλές δοκιμές κατατάξεως, προσδιορισμοί φυσικών υγρασιών και προσδιορισμοί των σχέσεων υγρασιών-πυκνοτήτων (Proctor). Οι λίγοι έλεγχοι πυκνότητας που έγιναν κατά την κατασκευή, με καλά αποτελέσματα, προφανώς εξέφραζαν την αυξημένη συμπτύκνωση, στο άνω μέρος και σε μικρό βάθος, των εδαφικών στρώσεων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή Π.Τ.Π. Χ1 ΥΠΕΧΩΔΕ - (1966)
2. Σταύρου Χριστούλα Καθ. Ε.Μ.Π., «Επιλογές Εφαρμοσμένης Γεωτεχνικής Μηχανικής» (1990)