«ΜΕΓΑΛΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΙΘΟΡΕΑΣ – ΔΟΜΟΚΟΥ»

“Βελτίωση Εδάφους για την Έδραση των Επιχωμάτων της ΝΣΓΥΤ στο Τμήμα Τιθορέα – Λειανοκλάδι με τη Μέθοδο της Βαθιάς Ανάμιξης (Deep Mixing)”

Παπαχαραλάμπους Γιώργος, Πολιτικός Μηχανικός M.Sc.

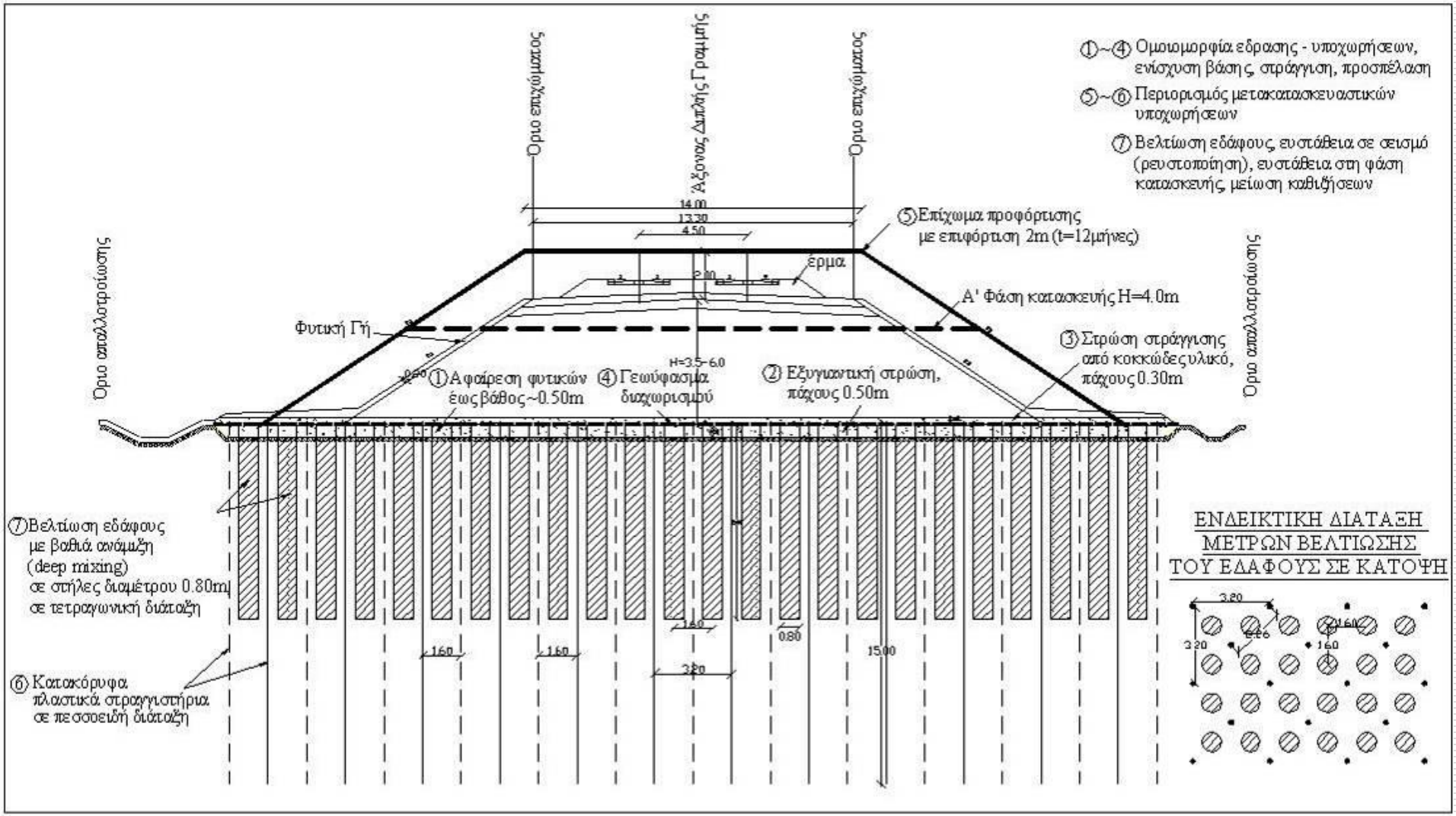
Σωτηρόπουλος Ηλίας, Πολιτικός Μηχανικός M.S.C.E.

ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Τ.Ε.

ΤΥΠΙΚΟ ΕΔΑΦΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ Χ.Θ.41+300 ΕΩΣ Χ.Θ.46+000 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΔΡΑΣΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

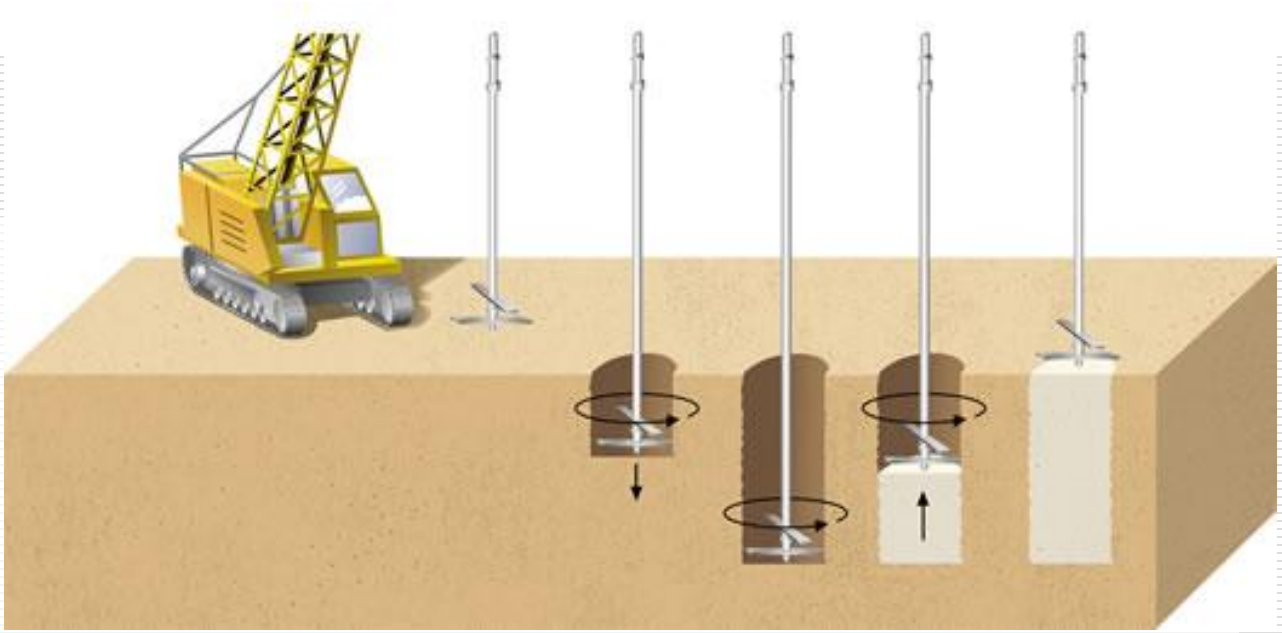
- Καθιζήσεις μεγέθους >50cm και βραδείας εξέλιξης έως βάθος 20÷25m.
- Αστοχία ή μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις κατά την κατασκευή έως βάθος 6-8m.
- Αστοχία σε περίπτωση ισχυρού σεισμού, λόγω απώλειας αντοχής ή και ρευστοποίησης σε χαλαρές αμμοϊλυώδεις αποθέσεις έως βάθος 4-8m.

ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΔΡΑΣΗΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ



ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΑΘΙΑΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Βελτίωση μαλακών εδαφών μέσω της ανάμιξής τους με κατάλληλο σταθεροποιητή με χρήση περιστροφικού εξοπλισμού.



- Κατακόρυφη διείσδυση με συνεχή περιστροφή.
- Αποδόμηση του φυσικού εδαφικού υλικού.
- Ανάσυρση με συνεχή περιστροφή.
- Εισαγωγή προκαθορισμένης ποσότητας υλικού του σταθεροποιητή μέσω ειδικού σωλήνα, με απόληξη στο στέλεχος ανάμιξης (κατά την ανάσυρση ή/και διείσδυση).
- Δημιουργία ενισχυμένης εδαφοκολώνας.

ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΣΤΟΧΟΣ

- Εξασφάλιση ευστάθειας – σε σεισμική φόρτιση/ ρευστοποίηση (κρίσιμη)
  – στη φάση κατασκευής/ αστράγγιστες (συμπληρωματικά)
- Ενίσχυση χαλαρού εδάφους έδρασης/ βελτίωση συνθηκών (ποιοτικά)
- Καθιζήσεις-μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις – προφόρτιση και στραγγιστήρια

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΑΛΛΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

- Χαλικοπάσσαλοι: υψηλότερο κόστος, βραδύτερος ρυθμός, χαμηλότερη αντοχή
- Vibrocompaction: αναποτελεσματική - υψηλή περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα
- Σταδιακή κατασκευή/προφόρτιση: δεν αυξάνουν πυκνότητα άμμου

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

- Διάταξη: Μεμονωμένες στήλες – πυκνός ορθογωνικός κάναβος /
  όχι περιμετρικό διάφραγμα (κόστος, βελτίωση όλης επιφάνειας/διαφορικές υποχωρήσεις, περιορισμένος κίνδυνος πλευρικής εξάπλωσης)
- Βάθος: 6m, 8m, 12m (βάθος χαλαρών-ρευστοποιούμενων κατά τμήμα)
- Διάμετρος: 80cm (υψηλή αντίσταση, ευρεία διαθεσιμότητα εξοπλισμού)
- Εύρος: Επιφάνεια έδρασης επιχώματος + 5m εκατέρωθεν
- Αποστάσεις: 1,6÷2,0m (αναλύσεις ευστάθειας)

Μέθοδος: ξηρά ή και υγρή

Σταθεροποιητής: Τσιμέντο (λόγω αμμοϊλυωδών) ή μίγμα τσιμέντου/ασβέστη

Ελάχιστη ποσότητα: 90kg/m^3

Καθορισμός σύστασης και ποσότητας κατά τη φάση κατασκευής με επιτόπου έλεγχο

<u>Μηχανικά χαρακτηριστικά βελτιωμένου εδάφους στη στήλη</u>

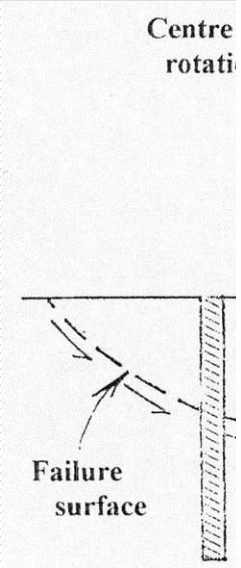
$Su_{col\ 0}$ = UXL/2 = 100kPa άμεσα

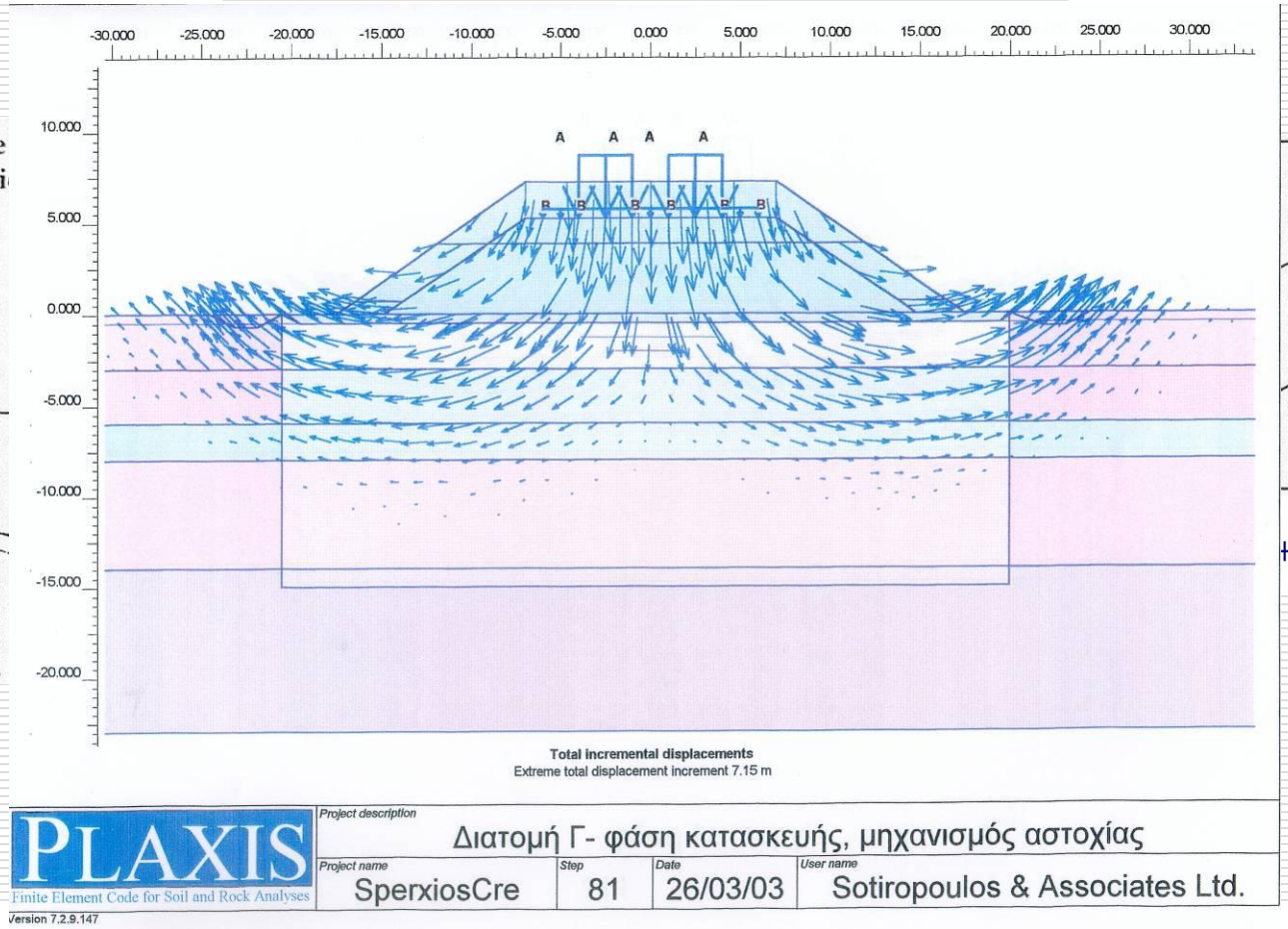
Su_{col} = 150 kPa μακροχρόνια (λόγω δράσης σταθεροποιητή και στερεοποίησης)

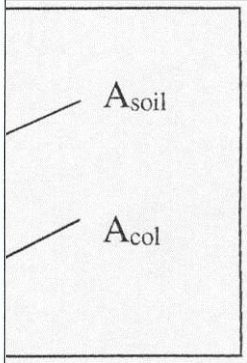
c'_{col}=0,3÷0,35xSu_{col} = 45 kPa και φ′ = 35°/ρευστοποίηση: c'_{colr}=0,1xSu_{col} =15 kPa

E_c = Su_{col} = 30 MPa, k_{col} = k_{soil}

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ (1/2)







+Ac)

Μέση αντοχή του σύνθετου μέσου, χωρίς θεώρηση συγκέντρωσης τάσεων:

$c_{tot} = (1-\alpha) \times c_s + \alpha c \times c_c$, $\varphi_{tot} = \mathrm{Atan}\,[\alpha \tan(\varphi_c) + (1-\alpha) \times \tan(\varphi_s)]$ [1]

Προσδιορίστηκε S=1,6÷2,0m =>

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Υγρή μέθοδος – σταθεροποιητής τσιμεντένεμα

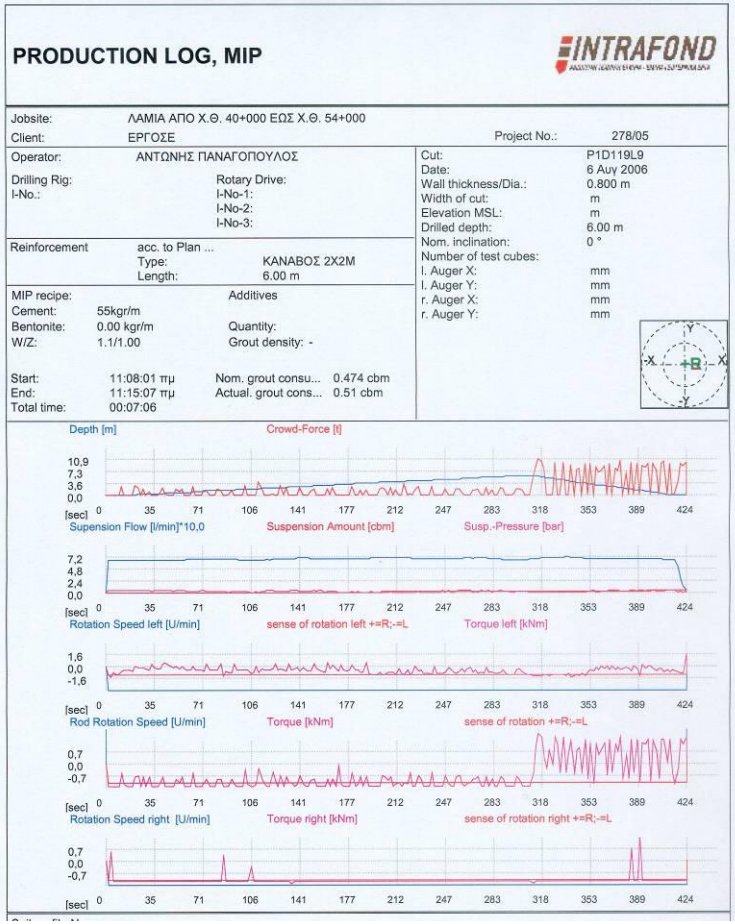
Κατασκευαστής: BIOTEP-Intrafond

Εξοπλισμός BAUER Maschinen GmbH

σιλό τσιμέντου, δεξαμενή νερού 12m^3, αναμικτήρας 1m^3 με αυτόματη ζύγιση, δοχεία συντήρησης 4m^3 με συνεχή ανάδευση, αντλία ρυθμιζόμενης παροχής,

ερπυστριοφόρο, περιστροφικό διατρητικό μηχάνημα με περιστροφή έως 60 rpm

διατρητική στήλη, με ειδικά στελέχη με δυνατότητα εισπίεσης από το εσωτερικό στέλεχος 3,5÷5,5m, με πτερύγια ανάμιξης 0,8m και ακροφύσια εξόδου



ηλεκτρονικό σύστημα προγραμματισμού και συνεχούς, καταγραφής και ελέγχου:

χρόνος/ ταχύτητα διείσδυσης - ανάσυρσης, παροχή - ποσότητα σταθεροποιητή, πίεση εισαγωγής, ταχύτητα περιστροφής, ροπή στρέψης

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

≈ 50,000 στήλες, συνολικού μήκους ≈425,000m

Χρόνος: 5/2006 ÷ 9/2007

Ρυθμός παραγωγής: 500m/ημέρα σε 12ώρη βάρδια/μηχάνημα

μέσος 400m/ημέρα (με χρόνο αποκατάστασης βλαβών και διενέργειας ελέγχων)

ΕΛΕΓΧΟΣ

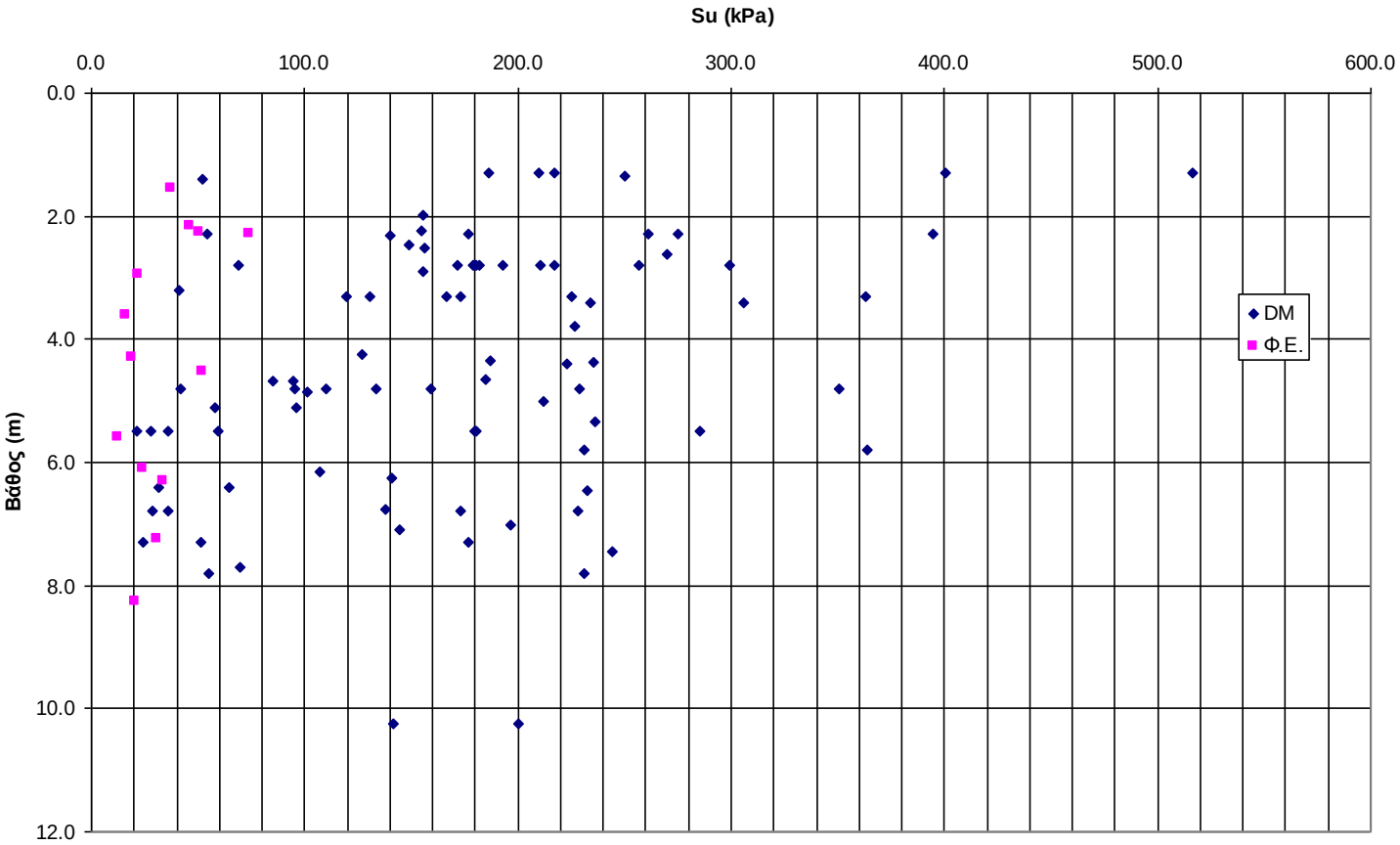
Συνολικά ποσοστό > 0,5% των στηλών

Ομάδες 5 ελέγχων/στηλών ανά θέση σε τακτά διαστήματα κατά μήκος:

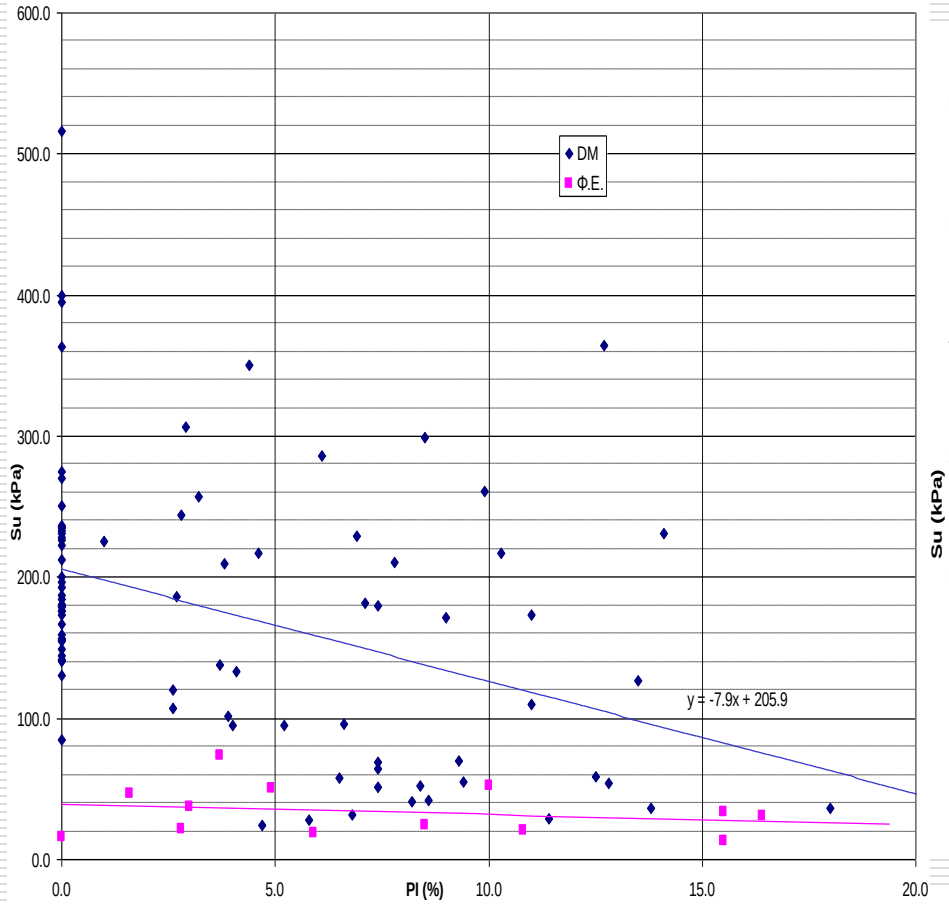
- 3 δοκιμές CPT, σε 25 ημέρες (Su =100kPa/ qc=1,5÷2MPa)
- 1 γεώτρηση – δειγματοληψία – εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης και αντοχής (TXLUU ή qu) , σε 25 ημέρες (Su=100kPa, οπτική εξέταση)
- 1 CPT στο τέλος α΄ φάσης προφόρτισης (Su=150kPa)

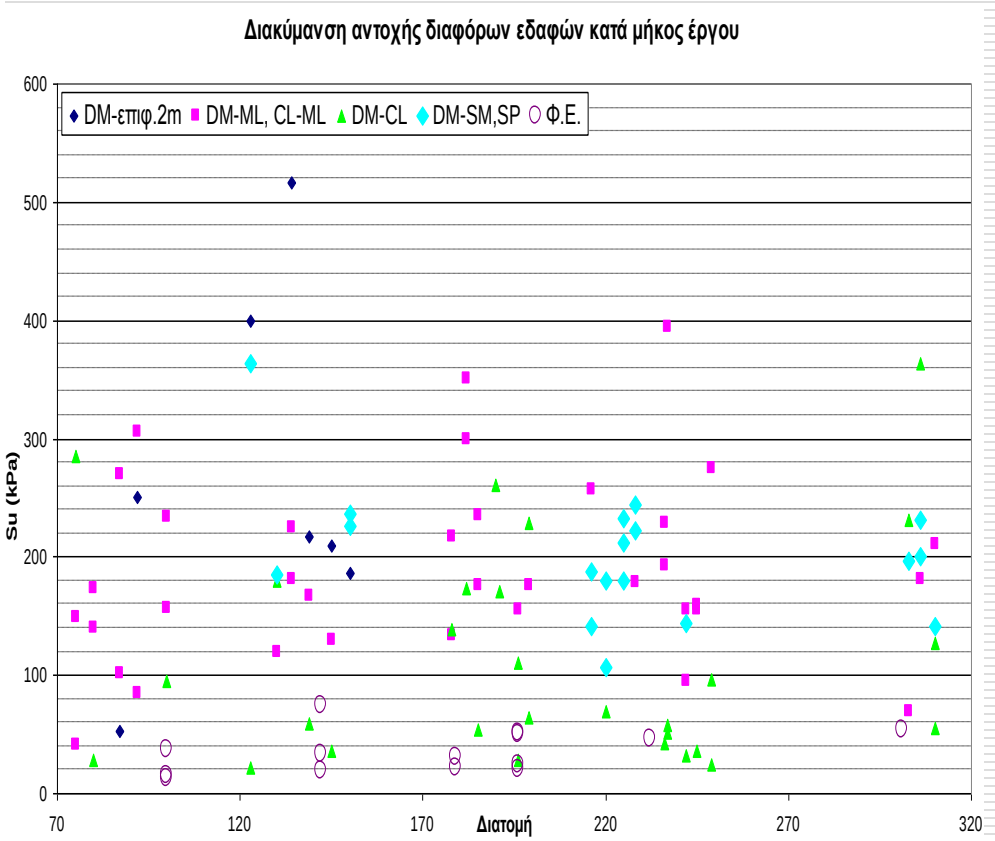
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΩΝ (1/5)

$Su_{\mu\acute{\varepsilon}\sigma o}$ ~ 170 kPa (>100kPa στο σύνολο, εκτός βάθους 5÷8m)



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΩΝ (3/5)





- Αμμοϊλυώδη - Ιλυώδη παντού ικανοποιητική με τιμές 100 ÷ 400 kPa (κύριος στόχος βελτίωσης)
- Ανώτερα 2m, ανεξαρτήτως σύστασης, πάνω από Υ.Ο., w χαμηλό, $Su_{μέσο}$> 200kPa
- Αργιλικά ανομοιόμορφη ανάμιξη, εναλλαγή ισχυρά τσιμεντωμένων και ασθενέστερων ζωνών, $Su_{μέση}$=115kPa (25÷365), μείωση αντοχής με PI (τελικό)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

- μεγάλη έκταση
- ανομοιόμορφες εδαφικές συνθήκες
- εκτεταμένο πρόγραμμα ελέγχου

➔ΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ

ΕΠΙΤΥΧΗΣ:

-ταχύτητα
-κόστος
-ασφάλεια

Συντ.ασφαλείας	Φυσικό έδαφος	DMM (μελέτη)	DMM (back analysis)
Αστράγγιστες	1,0	1,5	1,7
Σεισμός	0,7	1,1	1,3

-Αμμοϊλύς – Αργιλοϊλύς: C=100÷120kg/m^3 -> Su>150kPa

-Άργιλος: Δυσκολία ανάμιξης ~ PI, tmixing ↗, Cαπαιτ. ↗