

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ
ΣΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΕΚΘΕΣΗ Β' ΦΑΣΗΣ

Επιστημονικός Υπεύθυνος : Καθ. Σ.Α. Σαββίδης
Αναπλ. Επιστημ. Υπεύθυνος : Δρ. Π. Παπακυριακόπουλος

ΑΘΗΝΑ - ΙΟΥΛΙΟΣ 1987

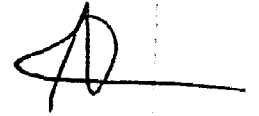
6/11/87
- υποψη Δ/ντή
- Α₁
- Α₃

- Γ₃, κηκε

- κηκε κηκε κηκε

παράβλ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΕΠΙΘΕΤΑΣΙΑΣ (Ο. Α. Σ. Π.)
ΑΡΙΘΜ. ΠΡΩΤ. 1863
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 6-11-87



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1. ΕΙΣΑΙΩΓΗ	1
2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	3
3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	6
3.1. Εκτελεσθείσες εργασίες	6
3.2. Δυναμικές Πενетроμετρήσεις	7
3.3. Γεωφυσικές Έρευνες Σεισμικής Διάθλασης	12
4. ΕΡΓΑΣΤΗΓΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	18
4.1. Εκτελεσθείσες εργασίες	18
4.2. Δοκιμές Φυσικών και Μηχανικών Ιδιοτήτων	23
4.3. Δοκιμές Συντονισμένου Δοκιμίου	27
4.4. Δοκιμές Απλής Κυκλικής Διάτμησης *	34
5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ	35
5.1. Αξιολόγηση Δοκιμών Συντονισμένου Δοκιμίου	35
5.2. Αξιολόγηση Δοκιμών Απλής Κυκλικής Διάτμησης *	38
5.3. Συσχέτιση Εργαστηριακών Δοκιμών και Ερευνών Υπαίθρου	39
5.4. Δυναμικές Παράμετροι Υπεδάφους	44
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53

* Επί πλέον δοκιμές εκτελούνται.

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α Τ Α

	Φύλλα
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ	Α1
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ	Α2
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ	
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	
Παράρτημα Β1 : Αναλυτική Παρουσίαση Γεωτεχνικών	
Ερευνών	20
Παράρτημα Β2 : Τομές Υπεδάφους Γεωτεχνικών	
Ερευνών	10
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ	
DIN 4094	26
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ : ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΗ-	
ΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ	
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ	12
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε : ΔΟΚΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	
ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	3
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ : ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	
Παράρτημα Ζ1 : Παρουσίαση Πειραματικής Διάταξης	10
Παράρτημα Ζ2 : Αποτελέσματα Αμμοϊλύος Δυτικής	
Παραλίας	4
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η : ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΠΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
Παράρτημα Η1 : Παρουσίαση Πειραματικής Διάταξης	8

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την υπ' αρ. 518/21-10-86 απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) ανατέθηκε στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, στα πλαίσια της μικροζωνικής μελέτης της πόλης Καλαμάτας, το ερευνητικό πρόγραμμα :

"Αξιολόγηση σεισμικής συμπεριφοράς θεμελίωσης δομικών έργων και υπεδάφους στη Καλαμάτα - Εκτέλεση ειδικών δοκιμών".

Αντικείμενο του προγράμματος είναι η εκτέλεση εργαστηριακών και εργοταξιακών ειδικών δοκιμών προσδιορισμού της δυναμικής συμπεριφοράς των εδαφικών στρώσεων στη Καλαμάτα. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία καθώς και στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από άλλους φορείς αξιολογείται η σεισμική συμπεριφορά της θεμελίωσης δομικών έργων σε σχέση με τον τρόπο θεμελίωσης, τις γεωτεχνικές συνθήκες υπεδάφους, τις σεισμικές-εδαφοδυναμικές παραμέτρων.

Εξάγονται συμπεράσματα και διατυπώνονται προτάσεις σε σχέση με την αποκατάσταση των ζημιών και την μελλοντική ανοικοδόμηση.

Στα πλαίσια της α' φάσης του ερευνητικού προγράμματος υποβλήθηκε έκθεση τον Δεκέμβριο 1986, που περιλαμβάνει την αξιολόγηση οκτώ παλαιότερων γεωτεχνικών ερευνών στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας, πρόσφατων γεωτρήσεων της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ και χάρτη με χαρακτηρισμό εδαφικών συνθηκών κατά τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό.

Στα πλαίσια της β' φάσης ολοκληρώθηκε η συγκέντρωση, παρουσίαση και αξιολόγηση παλαιών γεωτεχνικών ερευνών. Εκτελέσθηκε πρόγραμμα ερευνών υπαίθρου που περιλαμβάνει δυναμικές πενετρομετρήσεις και γεωφυσικές δοκιμές. Εκτελέσθηκαν εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων καθώς και δυναμικών παραμέτρων σε αντιπροσωπευτικά αδιατάρακτα δείγματα, που μας εδόθησαν από γεωτρήσεις της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ. Επίσης στα πλαίσια της β' φάσης αξιολογού-

νται τα παραπάνω αποτελέσματα σε σχέση με τη σεισμική συμπεριφορά του υπεδάφους και των θεμελιώσεων.

2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν 12 παλαιότερες γεωτεχνικές έρευνες στην ευρύτερη περιοχή της πόλης Καλαμάτας. Οι γεωτεχνικές αυτές έρευνες περιλαμβάνουν 52 γεωτρήσεις συνολικού μήκους 1.106 μ.

Στον πίνακα 1 δίνονται τα στοιχεία των έργων, ο αριθμός των γεωτρήσεων, η τοποθεσία και ο φορέας εκτέλεσης των γεωτεχνικών ερευνών. Οι θέσεις παρουσιάζονται στο τοπογραφικό διάγραμμα (σχέδιο Α1, Παράρτημα Α).

Η παρουσία και αξιολόγηση των γεωτεχνικών ερευνών δίδεται αναλυτικά υπό μορφή πινάκων με τα αποτελέσματα των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του υπεδάφους (Παράρτημα Β1).

Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για κάθε θέση οι γεωτεχνικές τομές των γεωτρήσεων με τα αποτελέσματα των δοκιμών τυποποιημένης διείδυσης (SPT) κρούσεις / 30 cm (Παράρτημα Β2).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνεται :

α) το υπέδαφος της ευρύτερης περιοχής στην πόλη της Καλαμάτας, όπως φαίνεται και στο γεωλογικό χάρτη (1:50.000) του ΙΓΜΕ (Σχέδιο Α2, Παράρτημα Α), είναι προσχωσιγενές με αλληπάλληλες στρώσεις αμμοχάλικου, αμμοϊλύος και αμμώδους αργίλου. Η παρουσία χαλίκων και κροκάλων σε όλες τις στρώσεις είναι αρκετά έντονη.

β) Η εκτιμώμενη από τις δοκιμές τυποποιημένης διείδυσης (SPT) αντοχή του εδάφους σε συνάρτηση με το βάθος παρουσιάζει όπως αναμενότανε λόγω των αλληπάλληλων στρώσεων ομοιομορφία. Γενικά από 0-20 μ. βάθος, ο αριθμός κρούσεων κυμαίνεται $N = 10 \pm 50$ ενώ στα βαθύτερα στρώματα είναι $N > 40$.

Μια χαρακτηριστική μείωση των κρούσεων $N = 3 \pm 10$ παρουσιάζεται συχνά στο βάθος 5±10 μ.

γ) Σε ορισμένες θέσεις της ευρύτερης περιοχής (Σχολή Ινδάρων, Σφαγεία) διαπιστώνεται η ύπαρξη οργανικών στρώσεων και χαλαρών στρώσεων άμμου.

α/α	ΕΡΓΟ	Αριθμός γεωτρήσεων	ΘΕΣΗ	ΕΚΤΕΛΕΣΗ
1.	ΣΧΟΛΗ ΙΚΑΡΩΝ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	7	-	Γ.Σεισάκης-Γ.Ρούσσος ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ Ο.Ε. (1978)
2.	ΠΟΣΜΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1	Αγία Τριάδα	ΙΓΜΕ (1982)
3.	ΚΕΚΑΤΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	4		ΚΕΔΕ (1976)
4.	ΣΦΑΓΕΙΟ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	4	6ο χλμ. Ε.Ο. Καλαμάτος-Μεσ- σήνης	ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΟΞΙΑΛΗ (1978)
5.	ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΗ	1	Πάρκο	Δ/ση ΕΒ (1983)
6.	ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΗ	1	Γουλιμίδες	Δ/ση ΕΒ (1985)
7.	ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΗ	1	Μπαριαμάγη	Δ/ση ΕΒ (1984)
8.	ΟΤΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	4	Οδός Βασ. Κων/νου	ΓΕΩΠΡΕΥΝΑ ΑΕ (1979)
9.	ΚΡΗΠΙΔΟΤΟΙΧΟΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	2	Λιμένας	Γ.Σεισάκης-Γ.Ρούσσος ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΟΕ (1975)
10.	ΠΟΣΜΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	8	Αγία Τριάδα	ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ (1983)
11.	ΚΑΤΕΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	9	8ο χλμ. ΕΟ Καλα- μάτας-Τριπόλεως	ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΕ (1980)
12.	ΠΟΣΜΕ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	10	Αγία Τριάδα	ΓΕΩΠΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΠΕ (1979)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Αξιολογηθείσες παλαιότερες γεωτεχνικές έρευνες.

- δ) Ο υδάτινος ορίζοντας κυμαίνεται από 2 μ. (πλησίον της παραλίας) μέχρι 18 μ. (παλαιό κτίριο ΟΤΕ, οδός Κουμουνδούρου).

Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενδεικτικά και πρέπει να συμπε-
ριληφθούν μαζί με τις γεωτρήσεις της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ
στην αξιολόγηση του συνόλου των γεωτεχνικών ερευνών σχετι-
κά με το υπέδαφος της πόλης της Καλαμάτας.

3. ΕΡΕΥΝΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

3.1. Εκτελεσθείσες Εργασίες

Με σκοπό την επί τόπου διερεύνηση των φυσικών, μηχανικών και δυναμικών παραμέτρων του υπεδάφους Καλαμάτας καταρτίστηκε πρόγραμμα ερευνών υπαίθρου που περιλαμβάνει εκτέλεση δυναμικών πενετρομετρήσεων κατά DIN 4094 και γεωφυσικών δοκιμών σεισμικής διάθλασης.

Εκτελέσθηκαν 26 δυναμικές πενετρομετρήσεις συνολικού μήκους 478 μ. Η εκτέλεση των πενετρομετρήσεων έγινε με δυναμικό πενετρόμετρο τύπου SRS κατά DIN 4094 του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής Δ.Π.Θ. το οποίο μεταφέρθηκε για το σκοπό αυτό στην Καλαμάτα. Οι δυναμικές πενετρομετρήσεις εκτελέσθηκαν στο χρονικό διάστημα Ιούλιος - Αύγουστος 1987 από τους Γιώργο Σίμου, Γεωλόγο και Γιάννη Κουκουβέλα Γεωλόγο, Επιστημονικούς συνεργάτες του Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Δ.Π.Θ.

Εκτελέσθηκαν (σε πέντε διατομές) γεωφυσικές δοκιμές σεισμικής διάθλασης από τις οποίες συντάχθηκαν τομές υπεδάφους, συνολικού μήκους 180 μ.

Οι δοκιμές σεισμικής διάθλασης εκτελέσθηκαν με ελαφρό φορητό σειсмоγράφο έξι καναλιών τύπου ES-6 της Nimbus Instruments του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής Δ.Π.Θ. στο χρονικό διάστημα Ιούλιος - Αύγουστος 1987 από τους Αγγελική Ρόικα, Dr Γεωλόγο-Γεωφυσικό, Γιώργο Σίμου, Γεωλόγο και Γιάννη Κουκουβέλα Γεωλόγο, Επιστημονικούς συνεργάτες του Τομέα Γεωτεχνικής μηχανικής του Δ.Π.Θ.

3.2. Δυναμικές Πενетроμετρήσεις

Εκτελέσθηκαν 26 δυναμικές πεντρομετρήσεις κατά DIN 4094 στην πόλη της Καλαμάτας. Η εκτέλεση των πεντρομετρήσεων έγινε με δυναμικό πεντροόμετρο τύπου SRS κατά DIN 4094 του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής ΔΠΘ (Σχ. 1).

Οι βασικές αρχές της δοκιμής και περιγραφή του δυναμικού πεντροόμετρου τύπου SRS κατά DIN 4094 Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής ΔΠΘ δίδονται στο Παράρτημα Γ1.



Σχ. 1 : Δυναμικό Πεντροόμετρο τύπου SRS Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων Δ.Π.Θ.

Οι θέσεις των πενετρομετρήσεων δίδονται στο σχέδιο Α1 (Παράρτημα Α). Οι θέσεις και τα βάθη των δυναμικών πενετρομετρήσεων δίδονται επίσης στον πίνακα 2. Τα αποτελέσματα των δυναμικών πενετρομετρήσεων δίδονται στο Παράρτημα Γ2, Φύλλο 1 μέχρι 26.

Το βάθος των πενετρομετρήσεων κυμαίνεται από 10 μέχρι 24 μ.

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών επί τόπου διαπιστώνεται :

Κατά κανόνα μειωμένες τιμές αντοχής ($N_{SRS} < 5$) παρουσιάζονται σχεδόν σε όλα τα είδη εδαφών που έγιναν πενετρομετρήσεις σε βάθος από 0 έως 7 μ.

Από 7 έως 15 μ. παρουσιάζονται έντονες διακυμάνσεις ($N_{SRS} = 5 - 50^+$ και άνω) ενώ από 15 έως 24 μ. παρουσιάζεται αυξημένη αντοχή ($N_{SRS} \geq 15$). Ο μέσος όρος κρούσεων ανά 10 cm διεϊσδυση στην επιφανειακή στρώση (0-5 μ. βάθος) κυμαίνεται ανά περιοχή όπως παρακάτω :

Περιοχή	Μέσος όρος κρούσεων N/10 cm
Κολυμβητήριο	3
Μπαριαμάγα	4
Παραλία	4
Δ. Παραλία	7
Νησάκι	8
Σύνταγμα	9

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΝΕ- ΤΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΘΕΣΗ	ΒΑΘΟΣ (Μ)
SRS 1	Νομαρχία /Γ1	16,10
SRS 2	Νησάκι /Γ27	11,80
SRS 3	οδ. Ηρώων και Καίσαρη	15,20
SRS 4	οδός Ηρώων	13,30
SRS 5	οδός Ηρώων	18,00
SRS 6	οδός Ηρώων	19,00
SRS 7	οδός Ηρώων	24,00
SRS 8	Παραλία-Λιμεναρχείο, οδός Μισούλη	20,50
SRS 9	Παραλία, οδός Σανταρόζα & Μαιζώνος	20,00
SRS 10	Παραλία, οδός Μεθώνης & Φαρών	21,00
SRS 11	Παραλία, οδός Λυκούργου & Φαρών	19,00
SRS 12	Παραλία πίσω από Λιμεναρχείο Λυκούργου και Φιλελλήνων	19,10
SRS 13	Κολυμβητήριο, οδ. Βύρωνος & Σωκράτους	14,0
SRS 14	Κολυμβητήριο, οδ. Βύρωνος & Πλάτωνος	18,60
SRS 15	Κολυμβητήριο, οδ. Ακρίτα & Πινδάρου	23,40
SRS 16	Κολυμβητήριο, οδ. Βύρωνος & Ομήρου	18,00
SRS 17	Κολυμβητήριο, οδ. Ακρίτα & Ηροδότου	23,10
SRS 18	Κολυμβητήριο, οδ. Κανάρη & Ευριπίδου	24,00
SRS 19	Κολυμβητήριο, οδ. Σοφοκλέους & Μαιζώνος	19,00
SRS 20	Νέδοντας, οδ. Νέδοντα & Μακεδονίας	17,10
SRS 21	Νέδοντας	14,80
SRS 22	Νέδοντας, οδ. Νέδοντα & Τριών Ναυάρχων	21,30
SRS 23	Νέδοντας	23,00
SRS 24	Νέδοντας, οδ. Νέδοντα & Ευαγγελίστριας	23,00
SRS 25	Στρατόπεδο	10,40
SRS 26	Στρατόπεδο	12,00

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Χαρακτηριστικά δυναμικών πενετρομετρήσεων.

Εκτελέσθηκαν δυναμικές πενετρομετρήσεις (SRS) πλησίον γεωτρήσεων με δοκιμές τυποποιημένης διείδυσης (SPT) της Διεύθυνσης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα διαγράμματα μεταβολής του αριθμού κρούσεων $N_{SPT} / 30$ cm και $N_{SRS} / 10$ cm με το βάθος και οι αντίστοιχες εδαφικές τομές δίνονται στο παράρτημα Δ. Η συσχέτιση είναι αρκετά ικανοποιητική με εξαίρεση ορισμένα βάθη όπου κυρίως λόγω της παρουσίας χαλίκων ή κροκαλών παρουσιάζεται απόκλιση.

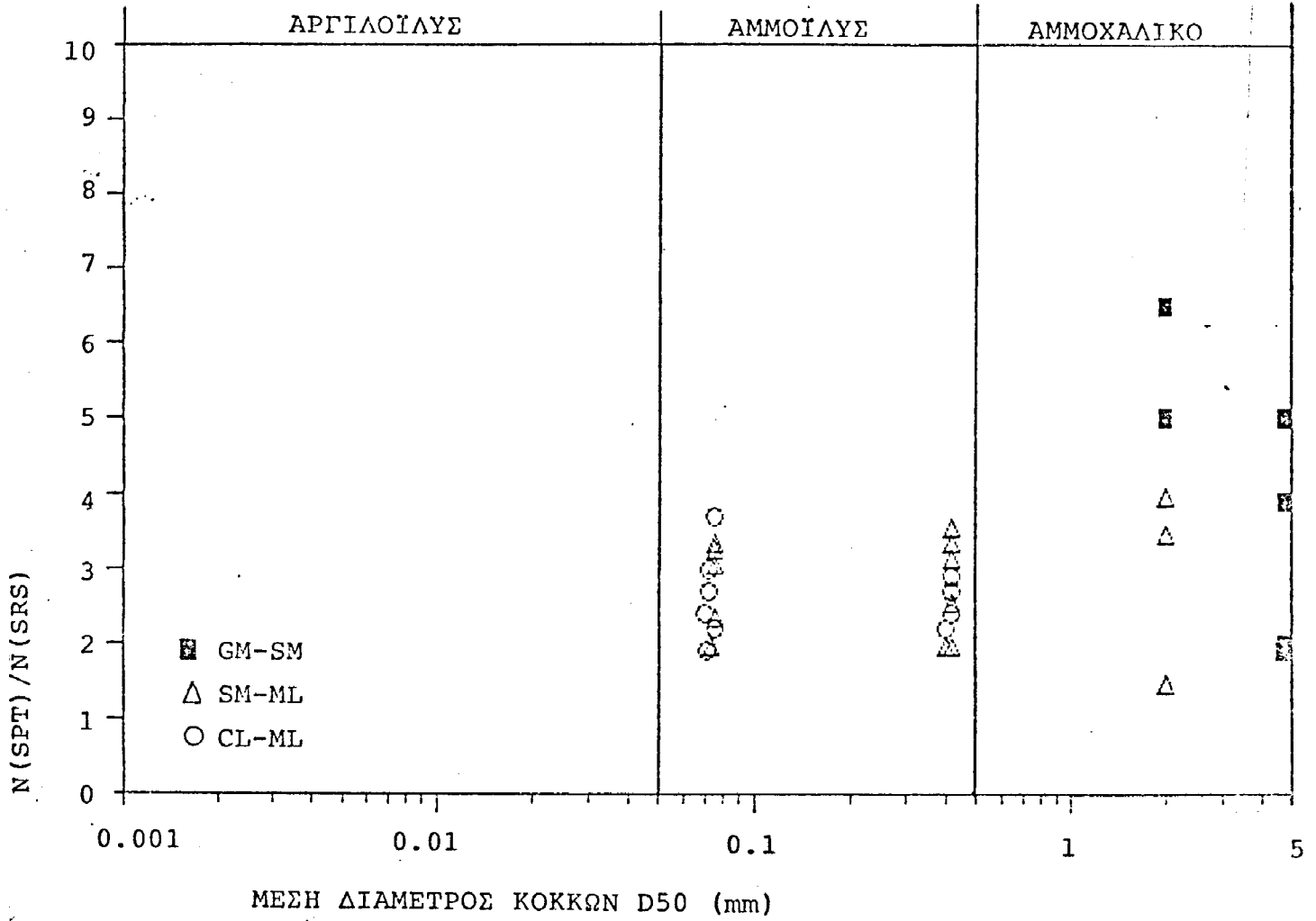
Στο σχήμα 2 δίνεται ο λόγος N_{SPT}/N_{SRS} σε σχέση με την μέση διάμετρο των κόκκων D_{50} της αντίστοιχης εδαφικής στρώσης.

Από το διάγραμμα αυτό προσδιορίζεται ο λόγος N_{SPT} για :

Αμμοχάλικα : $2 < N_{SPT}/N_{SRS} < 7^+$

Αμμοϊλύς : $2 < N_{SPT}/N_{SRS} < 4$

Αργιλοϊλυώδη: $1 < N_{SPT}/N_{SRS} < 3$



Σχ. 2 : Συσχέτιση λόγου $\frac{N_{SPT}}{N_{SRS}}$ με τη μέση διάμετρο κόκκων D50.

3.3. Γεωφυσικές Έρευνες Σεισμικής Διάθλασης

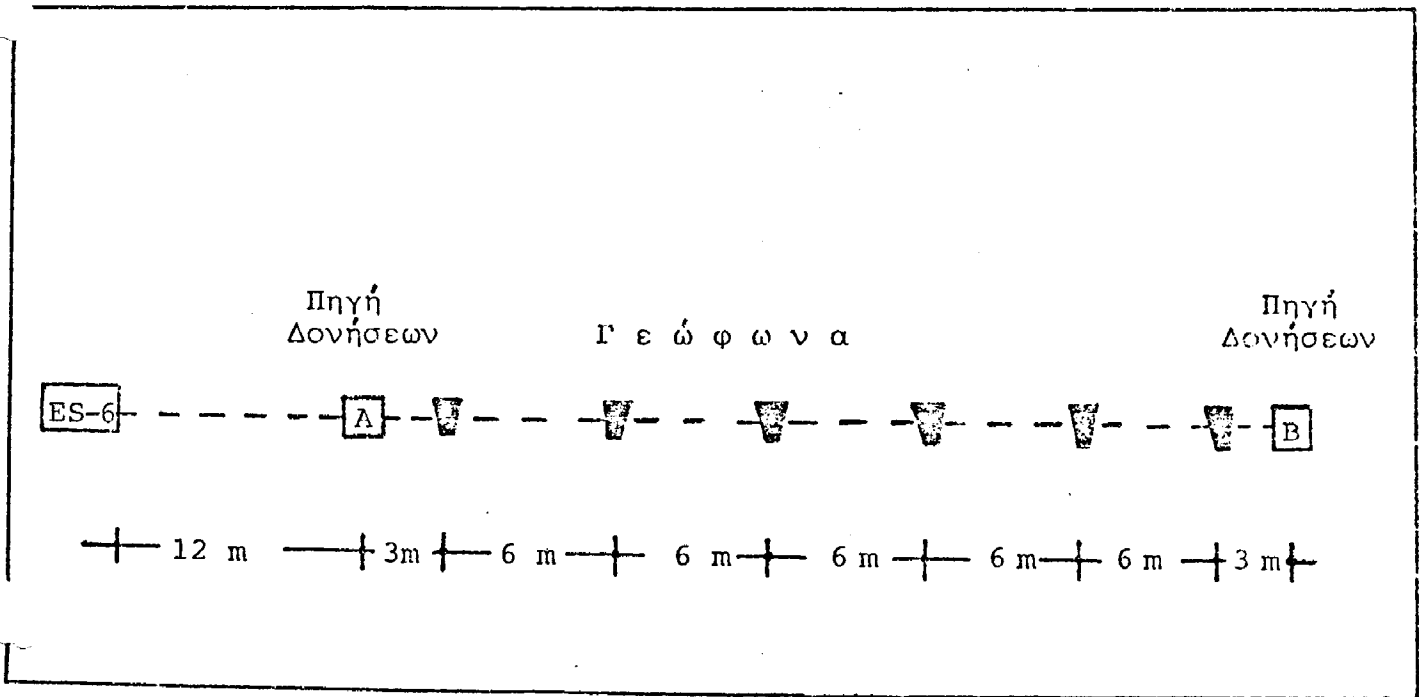
Εκτελέσθηκαν σε 5 διατομές γεωφυσικές δοκιμές σεισμικής διάθλασης. Οι δύο δοκιμές εκτελέσθηκαν στην περιοχή του στρατοπέδου και οι τρείς στην οδό Ηρώων. Οι θέσεις των διατομών που εκτελέσθηκαν οι γεωφυσικές διατομές σεισμικής διάθλασης δίνονται στο Σχέδιο Α1 (Παράρτημα Α). Από τις δοκιμές σχεδιάσθηκαν 5 σεισμικές τομές συνολικού μήκους 180 μ.

Χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός του Γεωτεχνικού Τομέα του ΔΠΘ που αποτελείται από ελαφρό φορητό σειсмоγράφο έξι καναλιών τύπου ES-6 της Nimbus Instruments και έξι γεώφωνα. Φωτογραφία του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε δίδεται στο σχήμα 3. Η παραγωγή σεισμικών κυμάτων έγινε με τη μέθοδο του "σφυριού".



Σχ. 3 : Εξοπλισμός γεωφυσικών δοκιμών σεισμικής διάθλασης Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων Δ.Π.Θ.

Η διαδικασία εκτέλεσης των δοκιμών είναι η εξής : τοποθετούνται έξι γεώφωνα σε ευθεία γραμμή κατά μήκος της τομής που επιλέγεται. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γεωφώνων είναι 6 μ. Με τη βοήθεια σφυριού βάρους 150 kg και σε απόσταση 3 μ. από το πρώτο και το τελευταίο γεώφωνο της διάταξης προκαλούνται δονήσεις (σεισμικά κύματα), τις οποίες καταγράφουν τα έξι γεώφωνα. Σχηματική παράσταση της διάταξης δίδεται στο σχήμα 4.



Σχ. 4 : Σχηματική παράσταση διάταξης οργάνων εκτέλεσης γεωφυσικών ερευνών σεισμικής διάθλασης.

Ταχύτητες διαμήκων σεισμικών κυμάτων

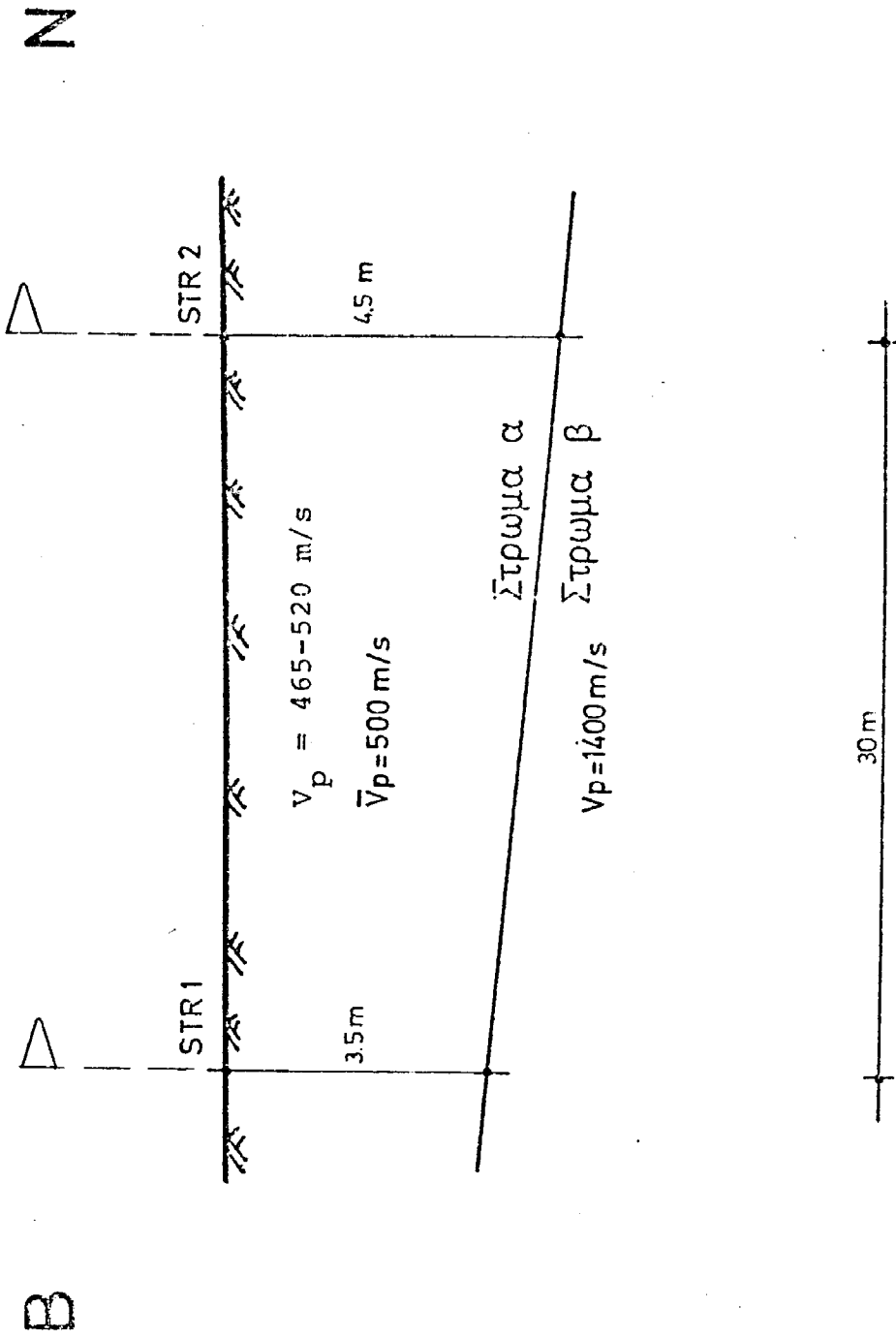
Στην περιοχή του στρατοπέδου πραγματοποιήθηκαν οι σεισμικές τομές STR1 και STR2. Η σεισμική τομή STR1 έγινε με διεύθυνση ανάπτυξης των γεωφώνων Βορρά-Νότου και η STR2 με διεύθυνση Ανατολής-Δύσης.

Από την καταγραφή των σημάτων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των δύο τομών προσδιορίσθηκαν δύο στρώματα. Στο πρώτο, το επιφανειακό στρώμα, η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων σεισμικών κυμάτων V_p κυμαίνεται από 465 μέχρι 520 m/sec και το πάχος του αυξάνει κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου από 3,5 μ. σε 4,5 μ. σε μήκος 30 μ. Στο δεύτερο στρώμα η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων σεισμικών κυμάτων είναι 1400 m/sec (σχ. 5).

Στην περιοχή της οδού Ηρώων πραγματοποιήθηκαν οι σεισμικές τομές HR1, HR2 και HR3. Οι σεισμικές τομές HR1 και HR3 έγιναν με διεύθυνση ανάπτυξης γεωφώνων Βορρά-Νότου και η HR2 με διεύθυνση Ανατολής-Δύσης.

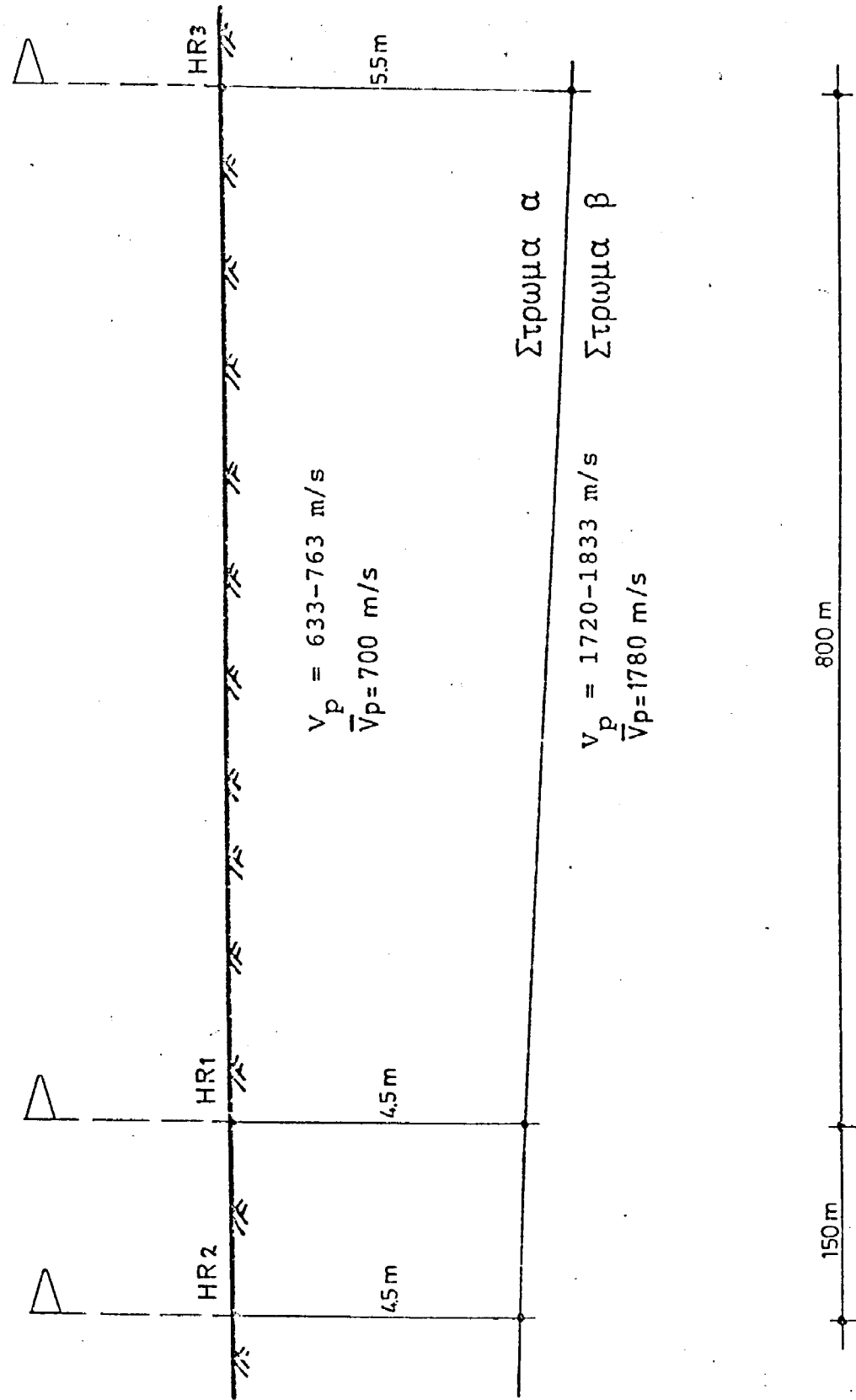
Από την καταγραφή των σημάτων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των τριών τομών προσδιορίσθηκαν δύο στρώματα. Στο πρώτο, το επιφανειακό στρώμα, η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων σεισμικών κυμάτων V_p κυμαίνεται από 633 μέχρι 763 m/sec και το πάχος του αυξάνει κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου από 4,5 m σε 5,5 m σε μήκος 800 m. Στο δεύτερο στρώμα η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων σεισμικών κυμάτων κυμαίνεται από 1720 μέχρι 1833 m/sec (σχ. 6).

Τα αποτελέσματα των γεωφυσικών ερευνών σεισμικής διάθλασης δίδονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3.



Σχ. 5 : Διακρίση σεισμικής τομής STR1 - STR2 (στρατόπεδο).

N



B

Σχ. 6 : Σκαρίφημα σεισμικής τμήσης HR2 - HR1 - HR3 (οδός Ηρώων).

ΘΕΣΗ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΟΜΗ	ΔΙΕΥ-ΘΥΝΣΗ	ΣΤΡΩΜΑ	ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΔΙΑΜΗΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ \bar{V}_P (m/s)
Στρατόπεδο	STR 1	B-N	α	3,5	500
			β	>3,5	1400
	STR 2	A-Δ	α	4,5	500
			β	>4,5	1400
Οδός Ηρώων	HR 1	B-N	α	4,5	700
			β	>4,5	1780
	HR 2	A-Δ	α	4,5	700
			β	>4,5	1780
	HR 3	B-N	α	5,5	700
			β	>5,5	1780

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Αποτελέσματα γεωφυσικών ερευνών σεισμικής διάθλασης.

4. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

4.1. Εκτελεσθείσες Εργασίες

Στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Δ.Π.Θ. παραδόθηκαν στις 15-5-87 από την Δ/ση ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ 16 αδιατάρακτα δείγματα από γεωτρήσεις στην πόλη της Καλαμάτας. Η δειγματοληψία έγινε με εκτέλεση περιστροφικών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων από την παραπάνω Υπηρεσία. Τα διατάρακτα δείγματα λήφθηκαν με δειγματολήπτη τύπου Shelby.

Στον πίνακα 4 δίδονται τα χαρακτηριστικά των αδιατάρακτων δειγμάτων, τοποθεσία, γεώτρηση, βάθος δειγματοληψίας, καθώς και ο τύπος εδάφους, όπως προκύπτει από τα αντίστοιχα μητρώα έρευνας υπεδάφους που συντάχθηκαν από την Δ/ση ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Τα αδιατάρακτα δείγματα παρέλαβαν μέλη της επιστημονικής ομάδας που επεξεργάζεται το παρόν ερευνητικό πρόγραμμα και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του ΔΠΘ στην Ξάνθη.

Σκοπός της μεταφοράς των αδιατάρακτων δειγμάτων είναι η εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού των δυναμικών παραμέτρων του εδάφους για την διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς του υπεδάφους της πόλης της Καλαμάτας. Παράλληλα με τις δυναμικές εργαστηριακές δοκιμές, εκτελέστηκαν και κλασικές εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφικών στρώσεων. Ο αριθμός και το είδος των δοκιμών βασίζεται στην επάρκεια και καταλληλότητα του δείγματος. Το πρόγραμμα των εργαστηριακών δοκιμών δίνεται στον πίνακα 5.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΘΕΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ
ΚΕΝΤΡΟ	Παλαιό ΟΤΕ	Γ ₂	12,80-13,20	Αμμοχάλικο
	" "	Γ ₂	19,50-20,10	Ιλυώδης άμμος
ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	Αρτέμιδος & Λεϊκών	Γ ₉	9,00- 9,60	Αμμοχάλικο
	" "	Γ ₉	15,00-15,40	Αμμώδης ιλύς
ΔΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΛΙΑ	Ευαγγελιστριάς	Γ ₁₆	11,30-11,90	Αμμοϊλός
	"	Γ ₁₆	13,70-14,30	Αμμοϊλός
	"	Γ ₁₆	18,80-19,40	Αμμοϊλός
	"	Γ ₁₆	21,90-21,90	Αμμοϊλός
	Τριών Ναυάρχων	Γ ₁₇	9,80-19,40	Ιλυώδες αμμοχάλικο
	"	Γ ₁₇	11,90-12,50	Αμμοϊλός
	"	Γ ₁₇	14,00-14,50	Αμμοϊλός
	"	Γ ₁₇	23,50-24,00	Αμμώδες άργιλος με χάλικες
ΠΑΛΑΙΑ ΠΟΛΗ	Μαυρομιχάλη και Παλαιολόγου	Γ ₁₈	1,60- 2,20	Αργιλώδης άμμος με χάλικες
	"	Γ ₁₈	4,00- 4,60	" "
	Υπαπαντή	Γ ₁₉	2,80- 3,40	Αμμώδης άργιλος με χάλικες
"	Γ ₁₉	9,70-10,30	Αμμώδης μάργα	

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Αδιατάρακτα δείγματα γεωτρήσεων στην πόλη της Καλαμάτας που παραδόθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής ΔΠΘ για την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ										ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	
ΘΕΣΗ	ΤΕΡΤΗΡΙΟ	ΡΑΒΔΟΣ (m)	Προσδιορισμού φυσικών ιδιοτήτων				Προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων			Προσδιορισμού δυναμικών ιδιοτήτων			
			Κοκκομετρική ανάλυση με κλάκτα	Κοκκομετρική ανάλυση με αραδίετρα	Προσδιορισμός ειδικού βάρους	Δοκιμή αντοχής συμπίεσής	Δοκιμή αντοχής σε ανεμόδραση	Δοκιμή φέσισης	Δοκιμή συντονισμένου δοκίμιου	Δοκιμή απλής κυκλικής διάταξης			
Παλαιό Κτίριο Ο.Τ.Ε.	Γ2	12,80-13,20 19,50-20,10	E	E	E	E		E		A	E		
			+	+	+				A	E			
Οδ. Αρτέμιδος και Λεϊκών	Γ9	9,00- 9,60 15,00-15,40	+										
			E	E	E	E							
			E	E	E	E							
			+	+	+	+							
Οδός Ευαγγελιστρίας	Γ16	11,30-11,90 13,70-14,30 18,80-19,40 21,30-21,90	E	E	E	E		+	E		E		
			E	E	E	E		E					
			+	+	+	+							
			E	E	E	E							
Οδός Τριών Ναυάρχων	Γ17	9,60-10,40 11,90-12,50 14,00-14,50 23,50-24,00	E	E	E	E							
			+	+	+	+							
			+	+	+	+							
			+	+	+	+							
Οδός Μαυρομιχάλη και Παλαιολόγου	Γ18	1,60- 2,20 4,00- 4,60	+	+	+	+							
			+	+	+	+							
Υπαπαντή	Γ19	2,80- 3,40 9,70-10,30	+	+	+	+							
			+	+	+	+							

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Πρόγραμμα εργαστηριακών δοκιμών Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής Α.Π.Θ.

Ειδικότερα εκτελέσθηκαν ή εκτελούνται οι παρακάτω δοκιμές :

Είδος Δοκιμής	Εκτελέσθηκαν	Εκτελούνται
1. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα	8	5
2. Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο	8	5
3. Προσδιορισμός ορίων Atterberg	8	5
4. Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας	18	38
5. Προσδιορισμός ειδικού βάρους κόκκων	8	5
6. Προσδιορισμός φαινομένου βάρους	16	38
7. Δοκιμή συμπίεσομέτρου	6	0
8. Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης	1	2
9. Δοκιμή άμεσης διάτμησης	-	5
10. Δοκιμή συντονισμένου δοκιμίου	2	8
11. Δοκιμή απλής κυκλικής διάτμησης	-	4

Τα αδιατάρακτα δείγματα αμμόδους αργίλου μετά καλίκων από τις γεωτρήσεις Γ9 (βάθος 9,0-9,60 m), Γ18 (βάθος 1,60-2,20 m) και Γ19 (βάθος 2,80-3,40 m) κρίθηκαν ακατάλληλα για την παρασκευή αδιατάρακτου δοκιμίου στη συσκευή συντονισμένου δοκιμίου διαμέτρου 3,6 cm λόγω της ύπαρξης καλίκων.

Το αδιατάρακτο δείγμα ιλυώδους άμμου από τη γεώτρηση Γ18 (βάθος 4,0-4,6 m) κρίθηκε ακατάλληλο για την παρασκευή αδιατάρακτου δοκιμίου στη συσκευή συντονισμένου δοκιμίου λόγω κατάρρευσης.

Δοκιμές απλής κυκλικής διάτμησης δεν εκτελέσθηκαν σε αδιατάρακτα δείγματα, επειδή η διάμετρος του αδιατάρακτου δείγματος 71,1 mm είναι μικρότερη της διαμέτρου 79,8 mm της μήτρας της συσκευής NGI.

Ως εκ τούτου δοκιμές απλής κυκλικής διάτμησης εκτελούνται σε 4 αναζυμωμένα δοκίμια.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μέχρι σήμερα εκτελεσθεισών εργαστηριακών δοκιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Γαββός (mm)	Κατάσταση (MIG/CS)	ΧΑΛΙΚΕΣ	Αριθμός	Κεντρικός	ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ							ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ																								
					Ήχος (MIZ)	Όμοιοτητα (M.%)	Δείκτης αδιαφάνειας (ταg I _a %)	Επίκλιση βάσης (γ ₁ lt/μ ₁)	Επίκλιση βάσης (γ ₂ lt/μ ₂)	Επίκλιση βάσης (γ ₃ lt/μ ₃)	Δείκτης πόρου (μ ₁ %)	Βαθμολογία κορεσμού (B ₁ %)	Απόδοση σε αντηκ. όλην (q ₁ kg/cm ²)	Δείκτης συμπίεσης (C _a %)	Μικρές στατικές παραμορφώσεις (γ<0.0012)					Μεγάλες στατικές παραμορφώσεις (γ>0.0012)																
					Από κορεσμού (M.%)	Δείκτης αδιαφάνειας (ταg I _a %)	Επίκλιση βάσης (γ ₁ lt/μ ₁)	Επίκλιση βάσης (γ ₂ lt/μ ₂)	Επίκλιση βάσης (γ ₃ lt/μ ₃)	Δείκτης πόρου (μ ₁ %)	Βαθμολογία κορεσμού (B ₁ %)	Απόδοση σε αντηκ. όλην (q ₁ kg/cm ²)	Δείκτης συμπίεσης (C _a %)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για σ (MPa)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)	Μέσο στατικό G _{max} (MPa) για γ (%)													
Γ9 15,00-15,40	CL-ML	1	34	65	19	24	7	2,70	1,80	0,50	103	0,108	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,003	0,01	0,02	0,03	0,003	0,01	0,02	0,03	0,003	0,01	0,02	0,03	0,003	0,01	0,02	0,03		
Γ15 11,30-11,90					31				1,46	0,87	97	0,25																								
Γ16 11,70-14,30					30				1,48	0,85	95																									
Γ15 12,30-19,40	SM	-	66	34	29	N. P.		2,73	1,56	0,75	105	0,098																								
Γ16 21,30-21,90	SM	-	58	42	30	N. P.		2,74	1,55	0,66	108	0,105																								
Γ17 14,00-14,50	SM	-	33	60	13	28	14	2,70	1,87	0,44	94	0,126																								
Γ17 23,50-24,00	CL	7	50	21	12	23	10	2,63																												
Γ18 1,60-2,20	SC	29	63	36	12	N. P.		2,64	1,75	0,50	63	0,082																								
Γ18 4,00-4,50	SM	1	11	89		N. P.		2,68																												
Γ19 2,80-3,40	ML	-	5	95	28	38	11	2,69	1,51	0,78	97	0,149																								
Γ19 9,70-10,30	CL	-																																		

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Αποτελέσματα δοκιμών προσδιορισμού φυσικών, μηχανικών και δυναμικών ιδιοτήτων.

4.2. Δοκιμές Φυσικών και Μηχανικών Ιδιοτήτων

Στρώση αμμοϊλύος Δυτικής Παραλίας

Με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων της στρώσης αμμοϊλύος της Δυτικής Παραλίας Καλαμάτας εκτελέσθηκαν εργαστηριακές δοκιμές σε δύο δείγματα των γεωτρήσεων Γ₁₆ (βάθος 18,80-19,40 m) και Γ₁₇ (βάθος 14,00-14,50 m).

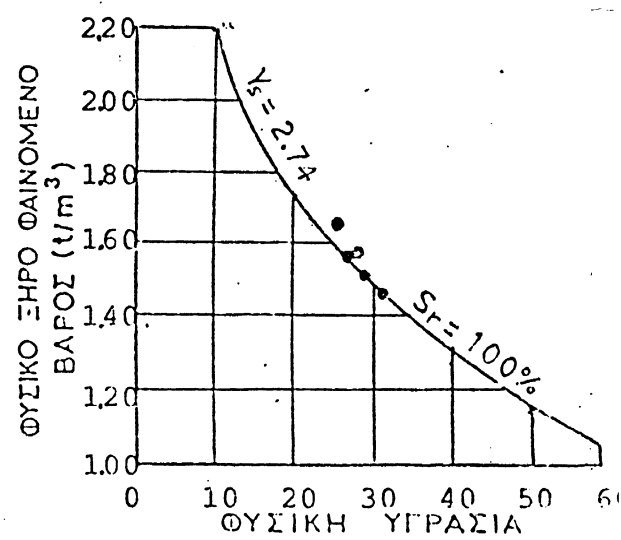
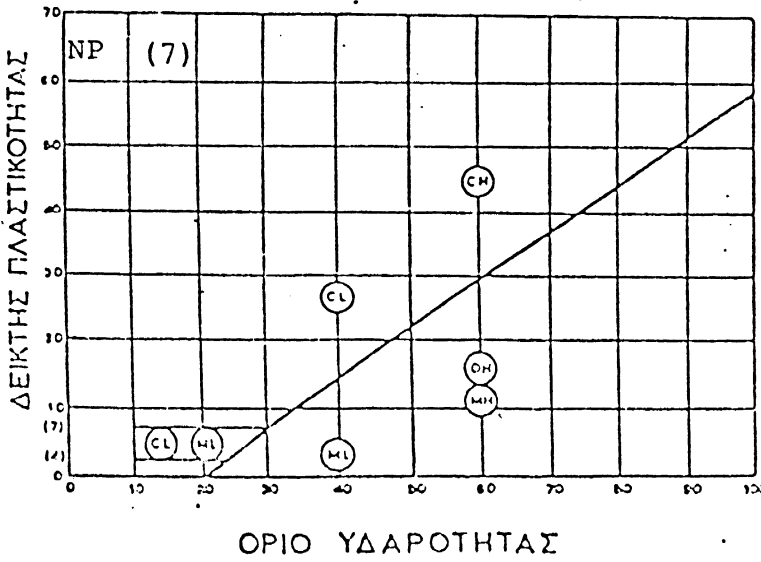
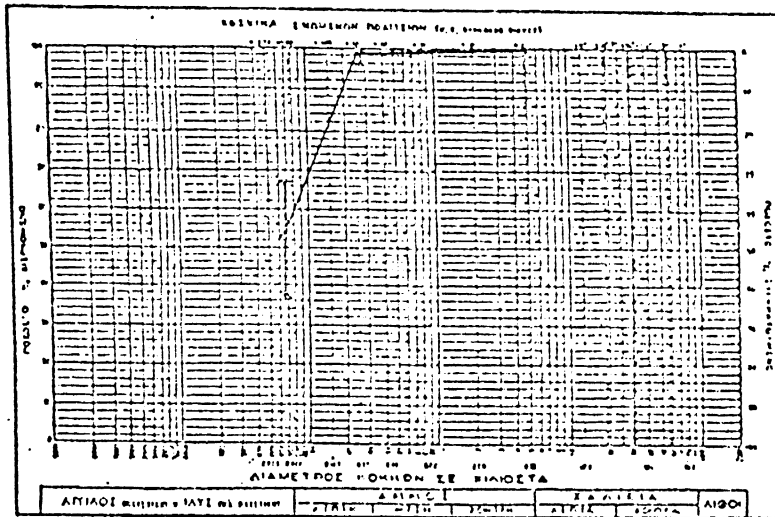
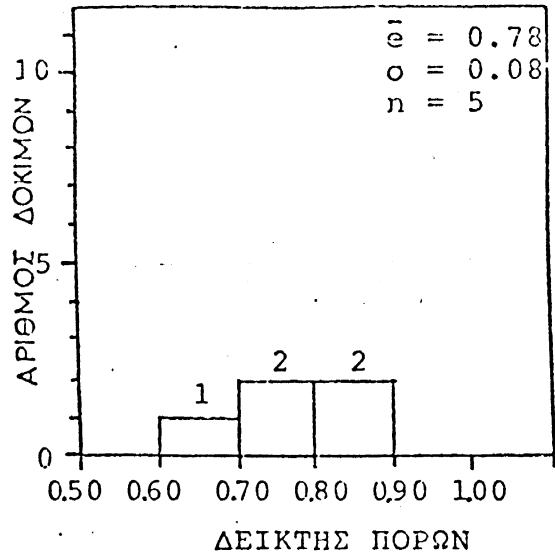
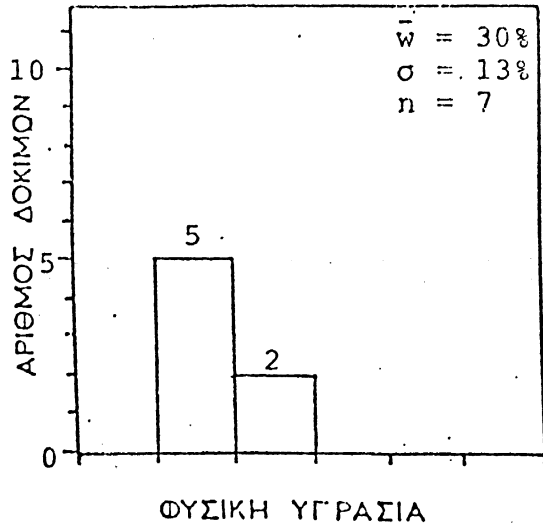
Οι δοκιμές περιλαμβάνουν κοκκομέτρηση με κόσκινα και υδρόμετρο, προσδιορισμό ορίων Atterberg, προσδιορισμό φυσικής υγρασίας, προσδιορισμό ειδικού βάρους, προσδιορισμό φαινομένου βάρους και δοκιμή συμπίεσομέτρου. Εκτελέσθηκε επίσης δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης σε δείγμα της γεώτρησης Γ₁₆ (βάθος 11,30-11,90 m).

Στα παραπάνω δείγματα, προσδιορίστηκε επίσης ο δείκτης πόρων και ο βαθμός κορεσμού.

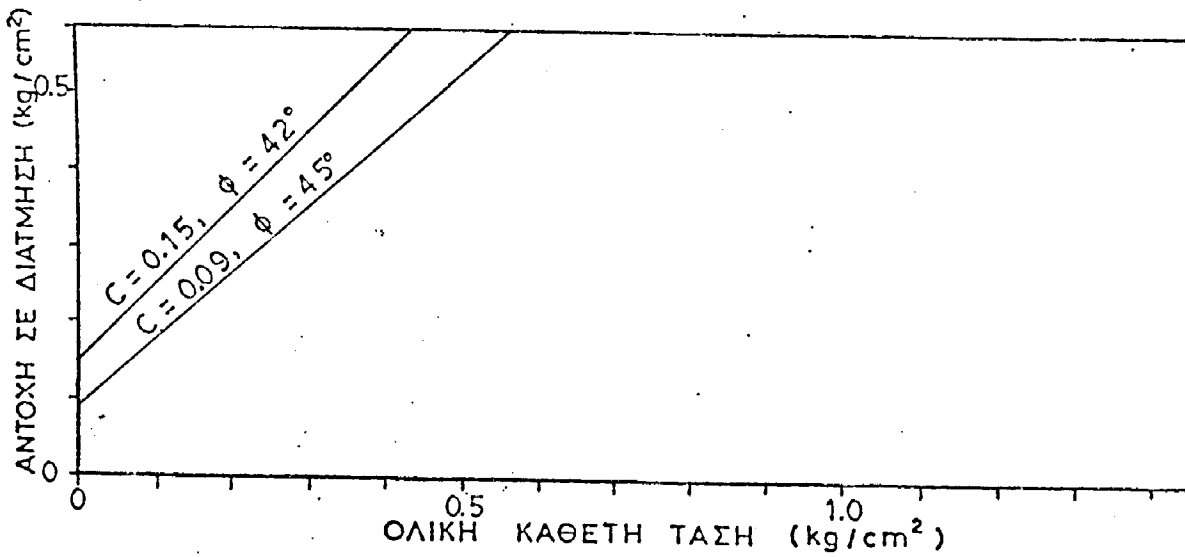
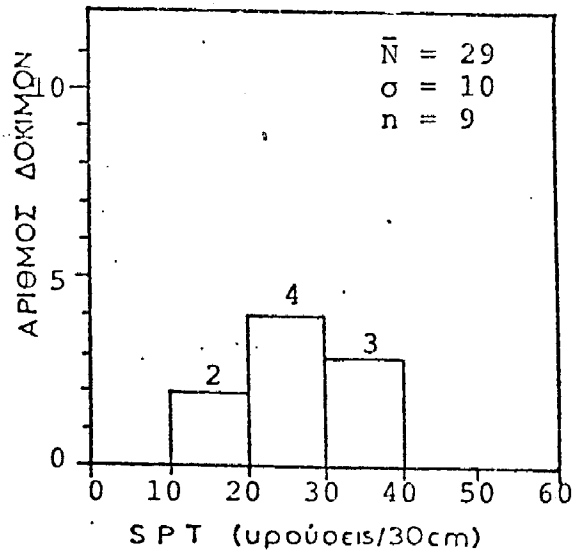
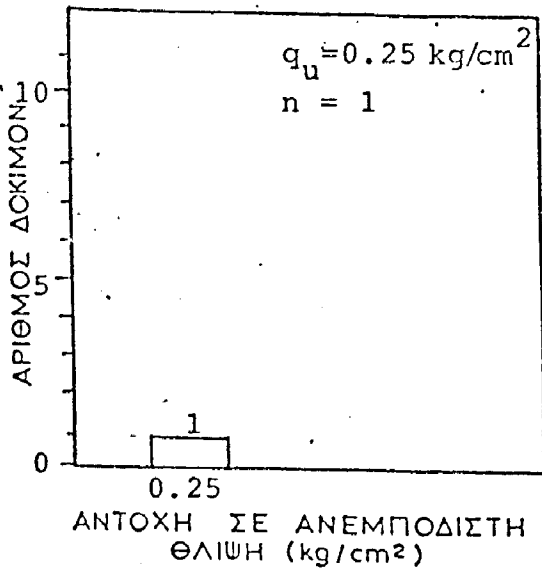
Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που εκτελέσθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής του Δ.Π.Θ. αξιολογήθηκαν μαζί με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ (πίνακας 7).

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των παραπάνω δοκιμών παρουσιάζονται στο Σχ. 7 για τις φυσικές ιδιότητες και στο Σχ. 8 για τις μηχανικές ιδιότητες της αμμοϊλύος της Δυτικής Παραλίας.

Γειθμόν	Βάρος (α)	Κατάσταση (AUCCB)	Χάλαση	Αίμα	Αντοκοκκα	Ψευκή υγρασία (%)	Όμο υδατίνια (%)	Δείκτης ηλαστικότητας (%)	Επίκδο βάρος (t/m ²)	Σηρ βάσι. βάρος (t/m ²)	Δείκτης ηδραν (α)	Βαθμ. κορεσμ. Β (%)	Ανοχή σε ανεμ. θλιμ. q (kg/cm ²)	Συνοχή c (kg/cm ²)	Γωνία τριβ. φ (α)	Δείκτης συμπίεστας Cc ()	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	
Γ 16	9,00	SM	-	86	14	31	N. P.							0,15	42		Εκτέλεση δοκιμής ΕΚ1	
	10,00	ML	-	39	61	31	N. P.	1,46	0,87	97	0,25						"	
	11,30-11,90																"	
	12,00	ML	-	22	78		N. P.										"	
	13,00	ML	-	45	55		N. P.										"	
	13,70-14,30					30												"
	16,00	SM	-	66	34	30	N. P.	1,48	0,85	95				0,09	45		"	
	17,00	ML	-	28	72		N. P.											"
	18,60-19,40	SM	-	66	34	29	N. P.	1,56	0,73	106						0,098		"
	21,30-21,90					27			1,65	0,66	108							"
Γ 17	12,00	ML	-	45	55		N. P.										"	
	14,00	SM	-	55	45		N. P.										"	
	14,00-14,50	SM	-	48	42	30	N. P.	1,55	0,77	107						0,105	"	



Σχ. 7 : Φυσικές ιδιότητες ομοιόλυσης Δυτικής Παραλίας.

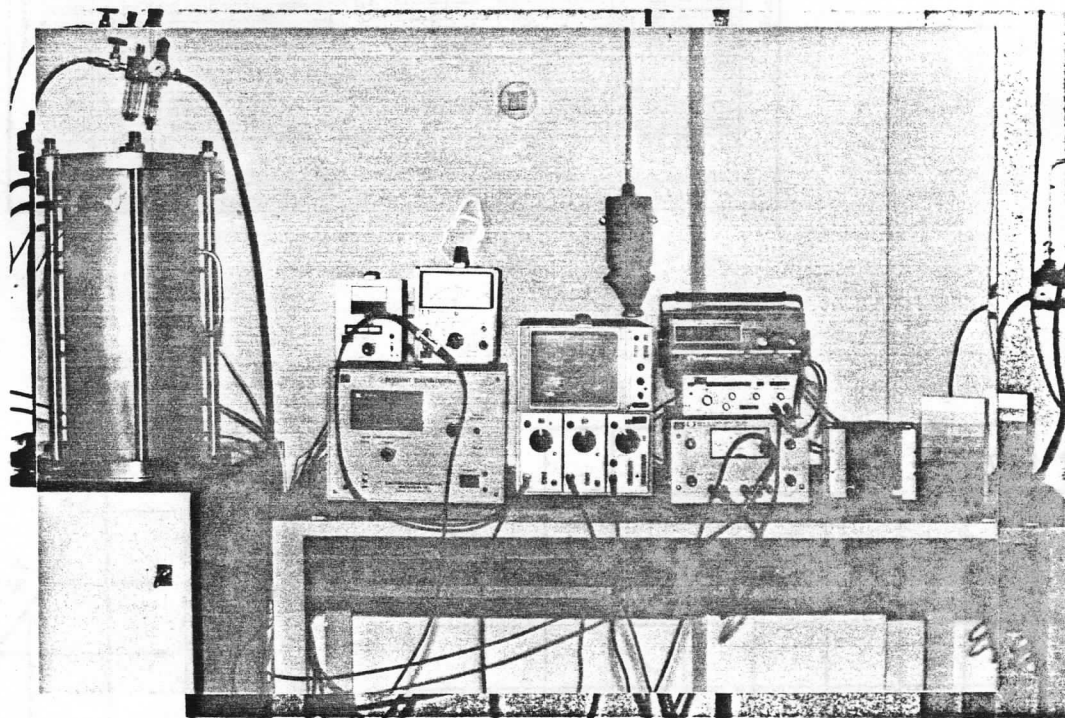


Σχ. 8 : Μηχανικές ιδιότητες αμμοϊλύος Δυτικής Παραλίας.

4.3. Δοκιμές Συντονισμένου Δοκιμίου

Αρχές εκτέλεσης δοκιμής

Οι βασικές αρχές εκτέλεσης της δοκιμής συντονισμένου δοκιμίου και η περιγραφή της πειραματικής διάταξης τύπου Stokoe που διαθέτει το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Δ.Π.Θ. παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ζ1. Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης συντονισμένου δοκιμίου τύπου Stokoe Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων Δ.Π.Θ. δίδεται στο σχ. 9. Το διάγραμμα ροής για την εκτέλεση της δοκιμής δίδεται στο σχ. 10.



Σχ. 9 : Πειραματική διάταξη συντονισμένου δοκιμίου τύπου STOKOE εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων ΔΠΘ.

Το δοκίμιο παρασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο που παρασκευάζεται το δοκίμιο για την δοκιμή της τριαξονικής θλίψης στην τριαξονική συσκευή. Τοποθετείται ελαστική μεμβράνη γύρω από το δοκίμιο, προσαρμόζεται η καλύπτρα στην κορυφή και τοποθετείται στο καλύβδινο θάλαμο. Εφαρμόζεται λουτρό ύδατος για αποφυγή διαπίδυσης αέρα μέσα στο δοκίμιο. Στην κορυφή του δοκιμίου τοποθετείται το σύστημα επιβολής στρεπτικής διέγερσης και ελέγχου απόκρισης. Ο καλύβδινος θάλαμος κλείνεται αεροστεγώς και εφαρμόζεται η πλευρική πίεση πεπιεσμένου αέρα με αεροσυμπιεστή, μέσω του λουτρού ύδατος.

Σε κάθε δοκίμιο επιβάλλεται διαδοχικά διαφορετική πλευρική πίεση. Το δοκίμιο στερεοποιηθεί για χρονικό διάστημα 1000 min. Μελετάται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης σε σχέση με τον χρόνο για επιβαλλόμενη στρεπτική διέγερση διάρκειας περίπου 30 sec υπό αστράγγιστες συνθήκες. Οι μετρήσεις λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το εύρος της επιβαλλόμενης διατμητικής παραμόρφωσης είναι μικρότερο από 0.001%.

Επιλογή αμμοΐλλους Δυτικής Παραλίας

Επιλέχθηκαν δύο δοκιμές σε δοκίμια αμμοΐλλους από τις γεωτρήσεις Γ16 (οδός Ευαγγελίστριας) και Γ17 (οδός Τριών Ναυάρχων) που βρίσκονται στην Δυτική Παραλία.

Στο δοκίμιο της γεώτρησης Γ16 εφαρμόστηκαν πλευρικές πιέσεις ίσες προς 0.05, 0.10, 0.20 και 0.40 MPa.

Στο δοκίμιο της γεώτρησης Γ17 εφαρμόστηκαν πλευρικές πιέσεις ίσες προς 0.05, 0.15, 0.30 και 0.50 MPa.

Στο στάδιο εφαρμογής της μέγιστης πλευρικής πίεσης εφαρμόστηκε σειρά στρεπτικών διεγέρσεων υψηλού εύρους διατμητικής παραμόρφωσης ($\gamma > 0.001\%$). Μελετήθηκε η τιμή του μέτρου διάτμησης και του συντελεστή απόσβεσης για μεγάλες διατμητικές παραμορφώσεις με επιβαλλόμενη διέγερση διάρκειας περίπου 30 sec σε ωτράγγιστες συνθήκες.

Μεταξύ δύο διαδοχικών δοκιμών μεσολαβεί χρονικό διάστημα 15 min.

Το τελικό επιβαλλόμενο εύρος διατμητικής παραμόρφωσης για το δοκίμιο της γεώτρησης Γ16 ήταν 0.022% και για το δοκίμιο της γεώτρησης Γ17 0.013%. Στο δοκίμιο της γεώτρησης Γ16 μελετήθηκε η μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του συντελεστή απόσβεσης για μεγάλες διατμητικές παραμορφώσεις μετά από ελάττωση της πλευρικής πίεσης από 0.40 σε 0.10 MPa.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου της στρώσης αμμοΐλλους της Δυτικής Παραλίας δίνονται στον πίνακα 8 και στα σχ. 11 μέχρι 13. Τα αναλυτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παράρτημα Ζ2 (φύλλο 1 μέχρι 4).

Στη γεώτρηση Γ16 το μέτρο διάτμησης G_{\max} για διατμητικές παραμορφώσεις χαμηλού εύρους $< 0.001\%$ μεταβάλλεται από 61.6 MPa, για επιβαλλόμενη πλευρική πίεση 0.05 MPa μέχρι 182.0 MPa για επιβαλλόμενη πλευρική πίεση 0.40 MPa (Σχ. 11).

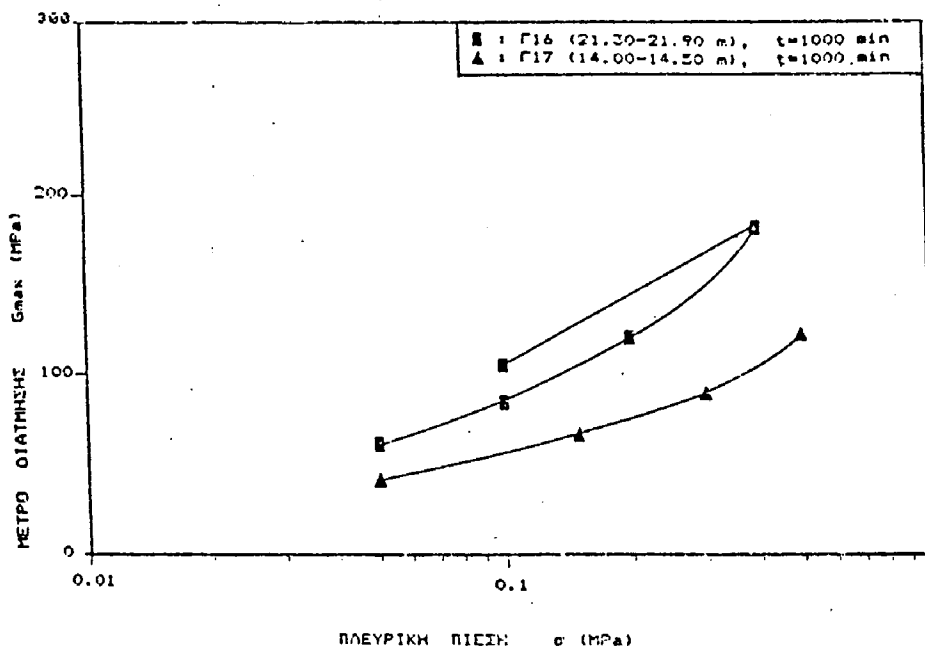
Στην γεώτρηση Γ17 το μέτρο διάτμησης G_{\max} για διατμητικές παραμορφώσεις χαμηλού εύρους $< 0.001\%$ μεταβάλλεται από 40.4 MPa για επιβαλλόμενη πίεση 0.05 MPa μέχρι 121.6 MPa για επιβαλλόμενη πλευρική πίεση 0.50 MPa (Σχ. 11).

Στη γεώτρηση Γ16, για πλευρική πίεση 0.4 MPa, το μέτρο διάτμησης μεταβάλλεται από 182 MPa για εύρος διατμητικής παραμόρφωσης 0.00005% μέχρι 145 MPa για εύρος διατμητικής παραμόρφωσης 0.022% (Σχ. 12) και ο συντελεστής απόσβεσης από 1 μέχρι 4.5% αντίστοιχα (Σχ. 13).

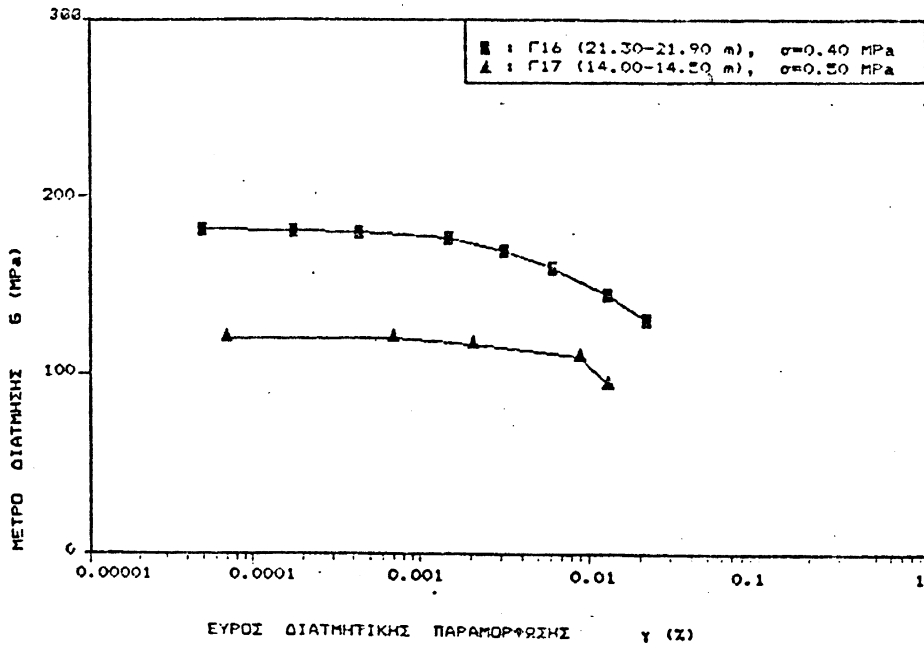
Στη γεώτρηση Γ17, για πλευρική πίεση 0.50 MPa, το μέτρο διάτμησης μεταβάλλεται από 121.6 MPa για εύρος διατμητικής παραμόρφωσης 0.00007% μέχρι 95.1 MPa για εύρος διατμητικής παραμόρφωσης 0.013% (Σχ. 12) και ο συντελεστής απόσβεσης από 1.7 μέχρι 6% αντίστοιχα (Σχ. 13).

ΘΕΣΗ		ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ														
Γεώτρηση	Βάθος (m)	Μικρές διατμητικές παραμορφώσεις ($\gamma < 0.001\%$)							Μεγάλες διατμητικές παραμορφώσεις ($\gamma > 0.001\%$)							
		Μέτρο διάτμησης G_{max} (MPa) για σ (MPa)							Μέτρο διάτμησης G (MPa) για γ (%)				Συντ. απόσβεσης D (%) για γ (%)			
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.003	0.01	0.02	0.03	0.003	0.01	0.02	0.03
Γ16	21,30-21,90	61,6	84,7		121,6		182,0		169,7	145,2	132,3		2,2	3,7	4,5	
Γ17	14,00-14,50	40,4		65,2		88,0		121,6	118	95,1				4,2		

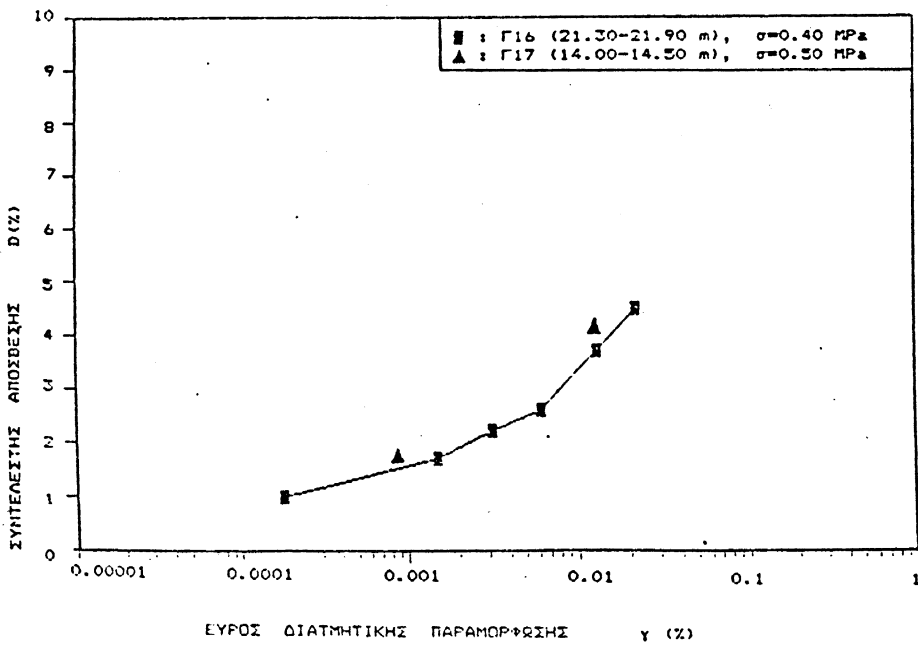
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού δυναμικών ιδιοτήτων στη στρώση αμμοίλουσ Δυτικής παραλίας.



Σχ. 11 : Μεταβολή μέτρου διάτμησης G_{max} σε σχέση με την πλευρική πίεση σ .



Σχ. 12 : Μεταβολή μέτρου διάτμησης G σε σχέση με το εύρος της διατμητικής παραμόρφωσης γ .



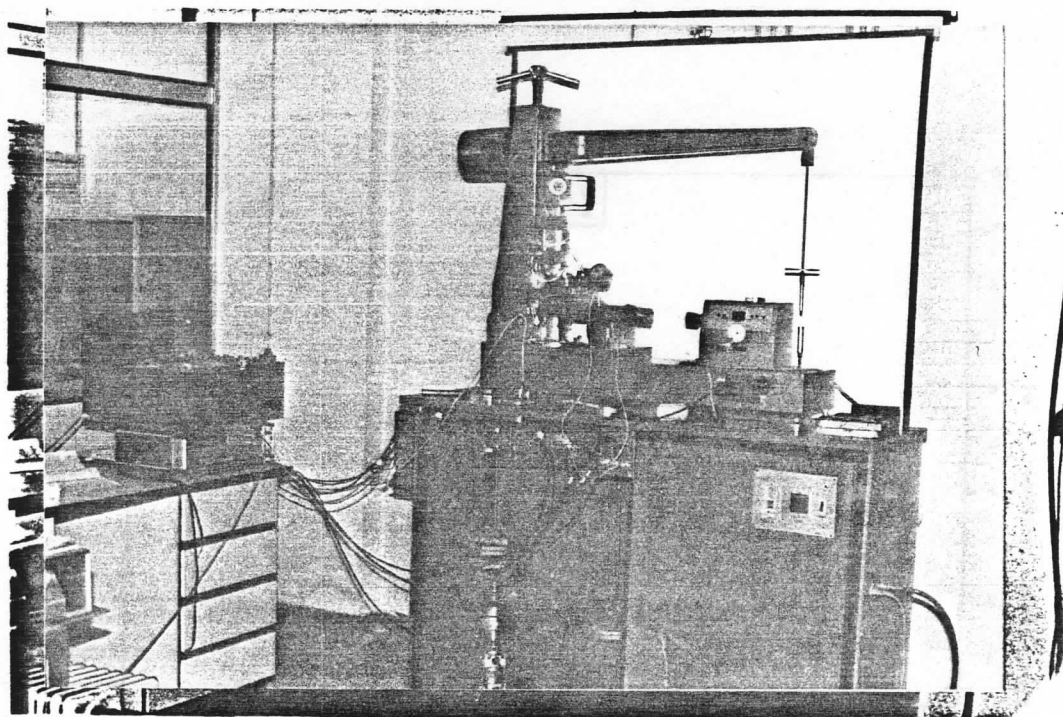
Σχ. 13 : Μεταβολή συντελεστή απόσβεσης D σε σχέση με το εύρος διατμητικής παραμόρφωσης γ .

4.4. Δοκιμές Απλής Κυκλικής Διάτμησης

Οι βασικές αρχές εκτέλεσης δοκιμής απλής κυκλικής διάτμησης στην συσκευή NGI που διαθέτει το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Δ.Π.Θ. παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ζ2.

Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης απλής κυκλικής διάτμησης τύπου NGI Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων ΔΠΘ δίδεται στο Σχ. 14.

Αποτελέσματα δοκιμών απλής κυκλικής διάτμησης σε αδιατάρακτα δοκίμια, δεν παρουσιάζονται, διότι η διάμετρος των δειγμάτων που μας διέθετε η Δ/ση ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ είναι μικρότερη από την διάμετρο της μήτρας της συσκευής. Ως εκ τούτου δοκιμές μπορούν να εκτελεσθούν μόνο σε αναζυμωμένα δοκίμια, τα αποτελέσματα των οποίων ποιοτικά μόνο μπορούν να αξιολογηθούν. Τέτοιου είδους δοκιμές βρίσκονται σε εκτέλεση, τα αποτελέσματα των οποίων θα δοθούν σε συμπληρωματικό τεύχος.



Σχ. 14 : Πειραματική διάταξη απλής κυκλικής διάτμησης τύπου NGI Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων ΔΠΘ.

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

5.1. Αξιολόγηση Δοκιμών Συντονισμένου Δοκιμίου

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου που εκτελέσθηκαν στη στρώση αμμοϊλύος της Δυτικής Παραλίας συσχετίζονται με τα εργαστηριακά αποτελέσματα δοκιμών σε αμμοϊλύ, που εκτελέσθηκαν από τους C.K. Shen et al (1985), K. Stokoe et al. (1980) και S. Wu et al. (1984). Από την συσχέτιση προκύπτει ότι το μέτρο διάτμησης αυξάνει όσο μειώνεται ο δείκτης πόρων (Σχ.15). Συσχετίζονται επίσης με εμπειρικές σχέσεις των Hardin και Richart (1963) και Iwasaki και Tatsuoka (1977) :

$$G_{\max} = 700 \times \frac{(2.17-e)^2}{1+e} \times (\bar{\sigma})^{0.5} \quad (1) \text{ Hardin, Richart (1963),}$$

στρογγυλεμένοι κόκκοι άμμου

$$G_{\max} = 326 \times \frac{(2.97-e)^2}{1+e} \times (\bar{\sigma})^{0.5} \quad (2) \text{ Hardin, Richart (1963),}$$

γωνιώδεις κόκκοι άμμου

$$G_{\max} = 900 \times \frac{(2.17-e)^2}{1+e} \times (\bar{\sigma})^{0.38} \quad (3) \text{ Iwasaki, Tatsuoka (1977),}$$

στρογγυλεμένοι κόκκοι άμμου

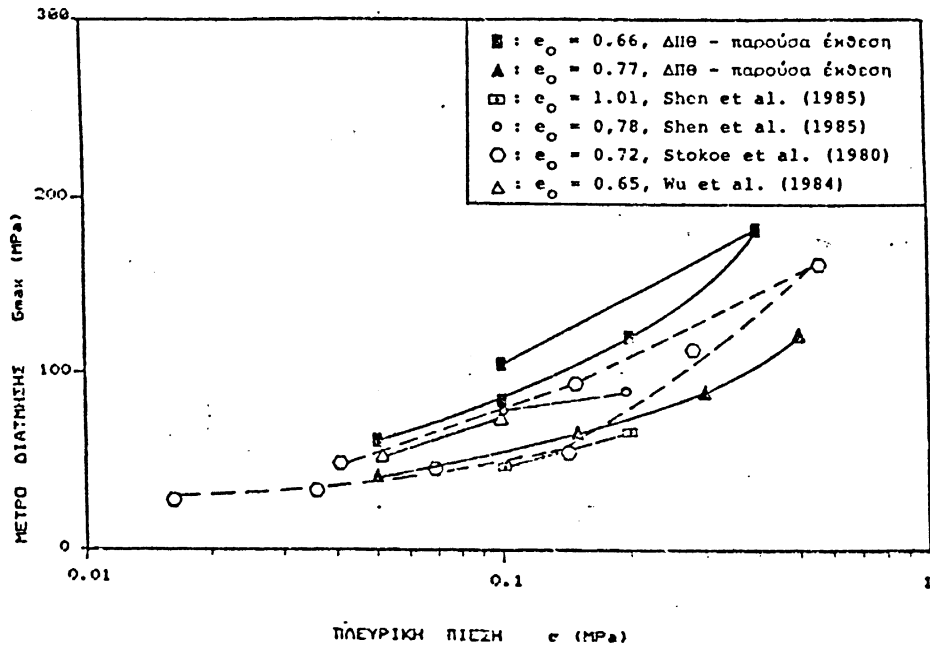
όπου G_{\max} : Μέτρο διάτμησης για χαμηλού εύρους διατμητικές παραμορφώσεις (kg/cm^2)

$\bar{\sigma}$: Πλευρική πίεση (kg/cm^2)

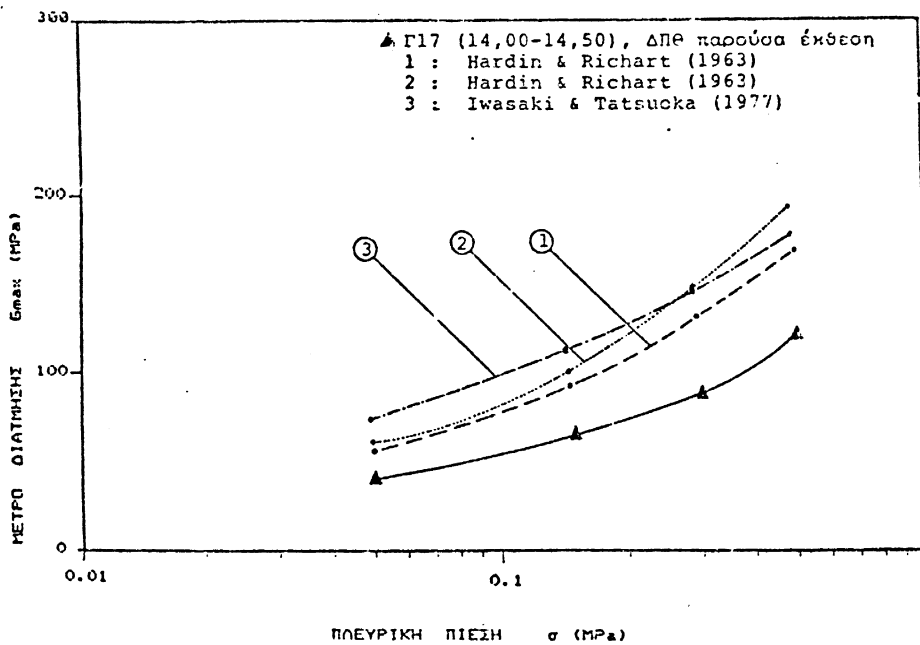
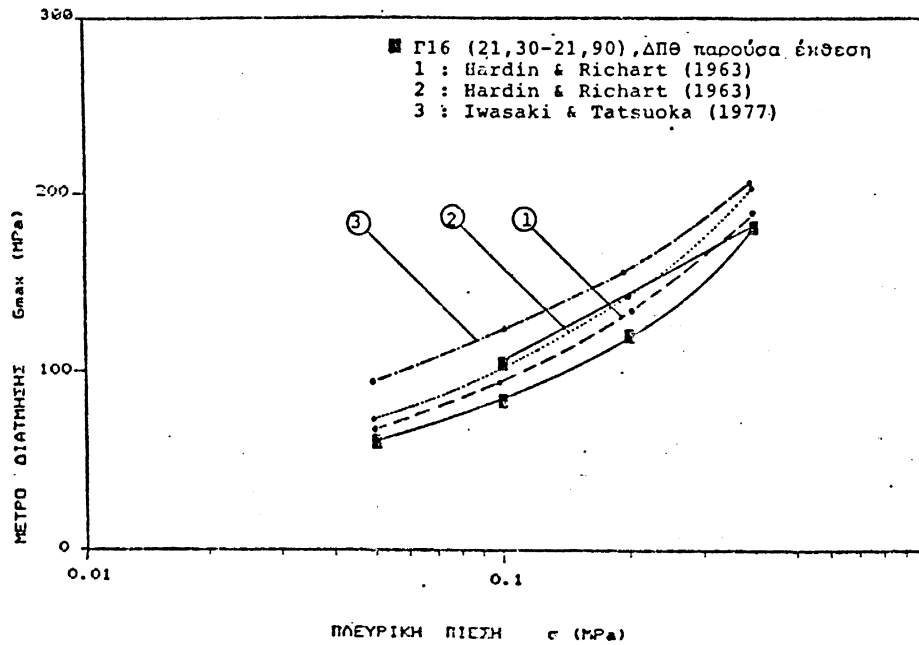
e : Δείκτης πόρων (

Προκύπτει ότι το μέτρο διάτμησης που υπολογίζεται από τις εργαστηριακές δοκιμές είναι μικρότερο (Σχ. 16).

Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών κρίνονται ικανοποιητικά.



Σχ. 15 : Μεταβολή μέτρου διάτμησης G_{max} σε σχέση με την πλευρική πίεση σ (συσχέτιση με εργαστηριακά αποτελέσματα).



Σχ. 16 : Μεταβολή μέτρου διατμήσης G_{max} σε σχέση με την πλευρική πίεση σ (συσχέτιση με εμπειρικούς τύπους).

5.2. Αξιολόγηση Δοκιμών Απλής Κυκλικής Διάτμησης

Τα αποτελέσματα αξιολόγησης των δοκιμών απλής κυκλικής διάτμησης που εκτελούνται από το Εργαστήριο Έδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων ΔΠΘ σε ανασυμωμένα δείγματα γεωτρήσεων Καλαμάτας θα δοθούν συμπληρωματικά.

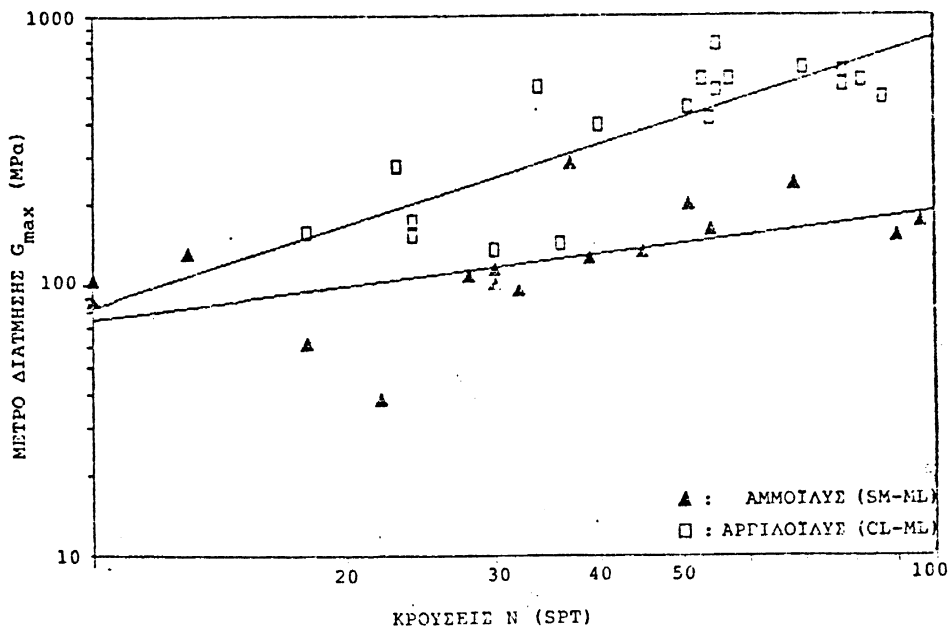
5.3. Συσχέτιση Εργαστηριακών Δοκιμών και Ερευνών Υπαίθρου

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου, του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων ΔΠΘ, συντονισμένου δοκιμίου και επί τόπου δοκιμών Cross Hole του Εργαστηρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής Πανεπιστημίου Πατρών και των δοκιμών τυποποιημένης διείδυσης (SPT) της Διεύθυνσης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ συσχετίζονται και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των δυναμικών παραμέτρων του υπεδάφους της πόλης της Καλαμάτας.

Στο σχ. 17 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέτρου διάτμησης G_{max} που προκύπτει από τις δοκιμές Cross Hole σε σχέση με τον αριθμό των κρούσεων $N_{SPT}/30$ cm διείδυση στις στρώσεις αμμοϊλύς και αργιλοϊλύς (μάργα).

Προκύπτουν οι εξής εμπειρικές σχέσεις :

- αργιλοϊλύς : $G_{max} = 8.32 N$ (MPa)
- αμμοϊλύς : $G_{max} = 30 N^{0.4}$ (MPa)



Σχ. 17: Συσχέτιση μέτρου διάτμησης G_{max} (Cross-Hole) με τις κρούσεις $N/30$ cm πρότυπης δοκιμής διείδυσης (SPT)

Τα παραπάνω αποτελέσματα και εμπειρικές σχέσεις συσχετίζονται με τις εμπειρικές σχέσεις των :

α) Ohta-Goto (1976) : $G_{\max} = 180 \times 10^3 N^{0.34} D^{0.4}$ (psf)

όπου : N = κρούσεις SPT

D = βάθος σε πόδια (ft)

β) ATC (1978) : $G_{\max} = \rho \cdot V_s^2$ (KN/m²)

όπου : $\rho = \frac{\gamma}{g}$: πυκνότητα εδάφους

$V_s = 34.9(2.98-e)(\bar{\sigma})^{0.25}$:

ταχύτητα μετάδοσης διατμητικών κυμάτων

όπου e = λόγος κενών (για $e > 0.6$)

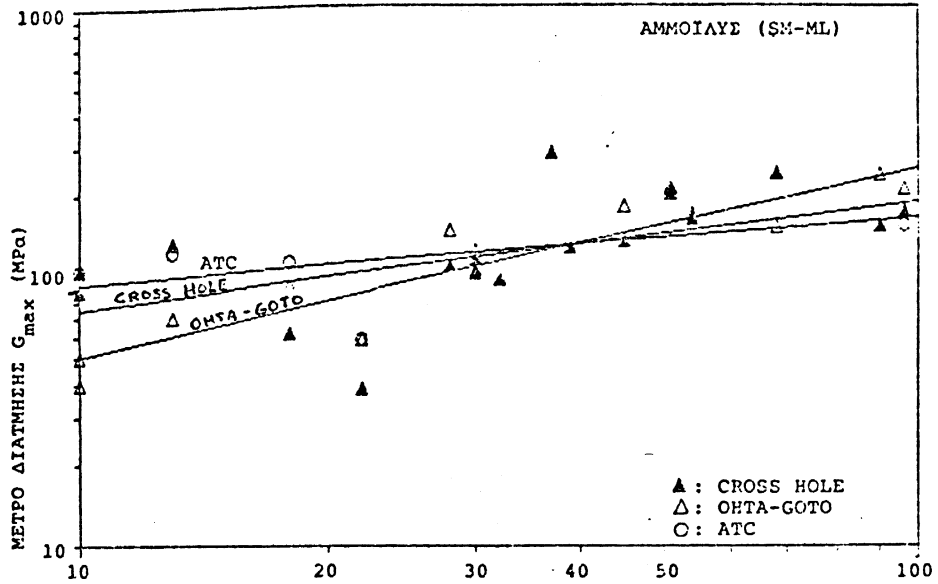
$\bar{\sigma} = 1+2K_o/3 \gamma'z$ (KN/m²)

γ' = φαινόμενο βάρος υπό άνωση (KN/m³)

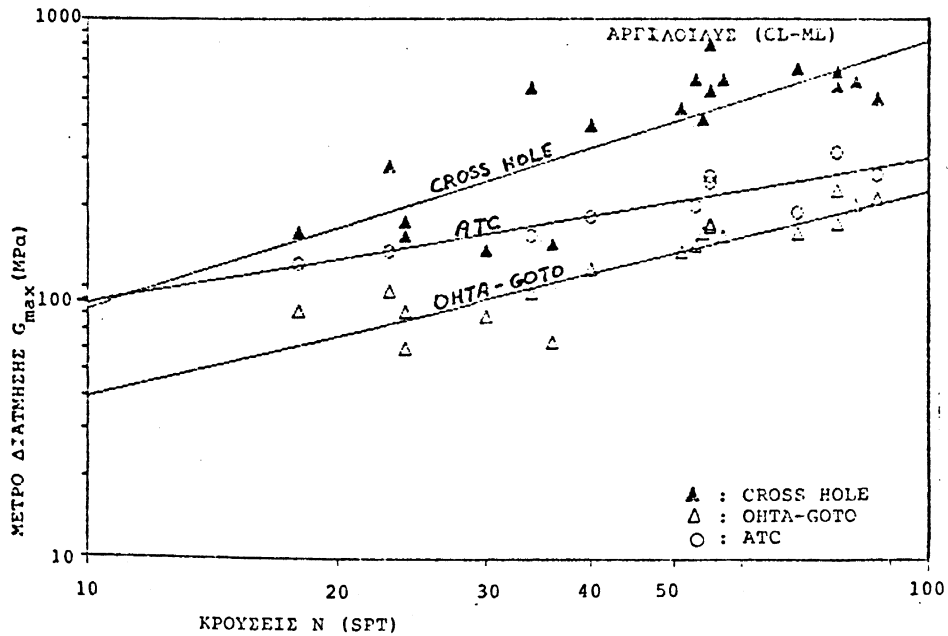
z = βάθος (m)

K_o = συντελεστής ωθήσεως γαιών σε ηρεμία

Η συσχέτιση παρουσιάζεται στο σχ. 18 για την αμμοϊλύ και στο σχ. 19 για την αργιλοϊλύ.

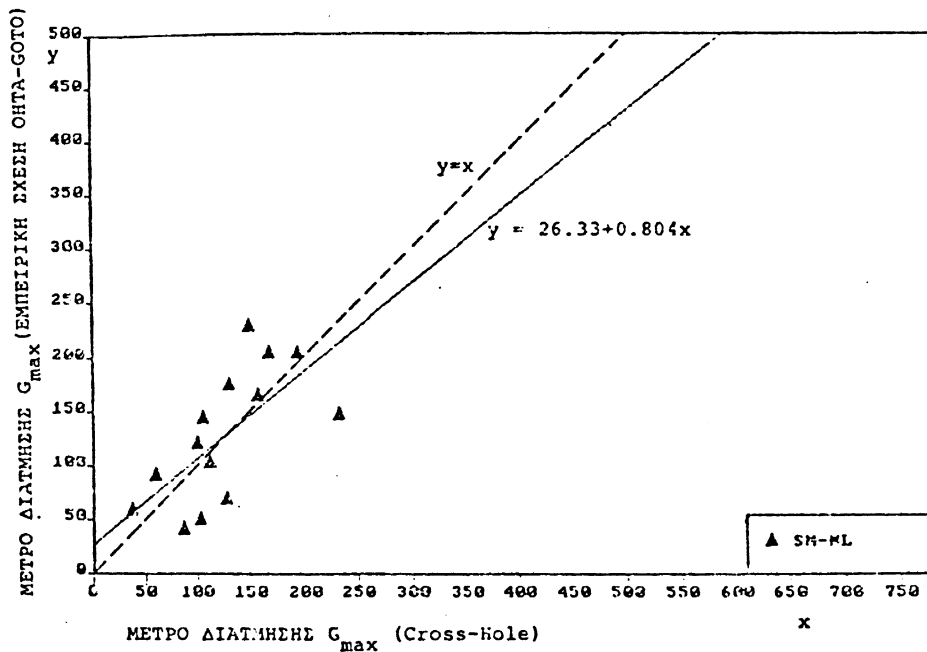


Σχ. 18: Μεταβολή μέτρου διάτμησης G_{max} σε σχέση με τις κρούσεις N/30 cm πρότυπης δοκιμής διείδουσης (SPT) - Αμμοίαις.

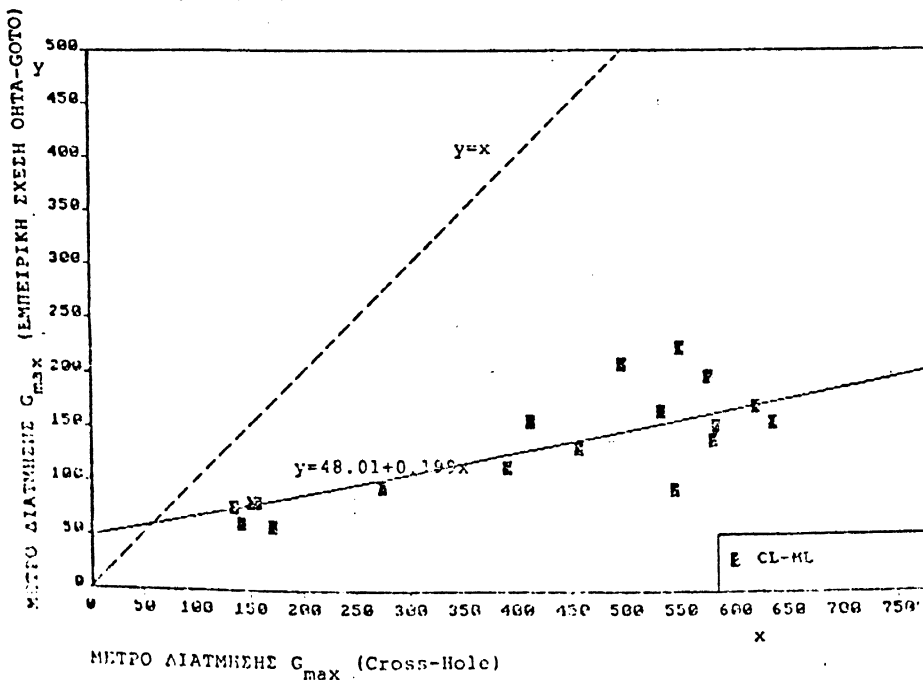


Σχ. 19 : Μεταβολή μέτρου διάτμησης G_{max} σε σχέση με τις κρούσεις N/30 cm πρότυπης δοκιμής διείδουσης (SPT) - Αργιλοΐαις.

Στα σχήματα 20 και 21 δίνεται η απόκλιση του μέτρου διάτμησης G_{max} που προκύπτει από τις δοκιμές Cross-Hole σε σχέση με τις τιμές G_{max} από την εμπειρική σχέση των Ohta-Goto (1976) δίνεται στα σχ. 20 και 21. Στην αμμοϊλύ η απόκλιση είναι μικρή (σχ. 20). Αντίθετα στην αργιλοϊλύ η απόκλιση είναι μεγάλη (σχ. 21) με τιμές του μέτρου διάτμησης G_{max} (Cross-Hole) αρκετά υψηλότερες από εκείνες που προκύπτουν από την εμπειρική σχέση.



Σχ. 20: Συσχέτιση μέτρου διάτμησης G_{max} από δοκιμές Cross-Hole με την εμπειρική σχέση του Ohta-Goto - Αμμοϊλύς



Σχ. 21 : Συσχέτιση μέτρου διάτμησης G_{max} από τις δοκιμές Cross-Hole με την εμπειρική σχέση των Ohta-Goto - Αργιλοϊλύς.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου που εκτελέσθηκαν στη στρώση αμμοϊλύος της Δυτικής Παραλίας συσχετίζονται με τα αποτελέσματα δοκιμών Cross-Hole σε παρόμοια εδάφη της Ανατολικής Παραλίας (Γεώτρηση Γ12) και του Κολυμβητηρίου (Γεώτρηση Γ26).

Το μέτρο διάτμησης G_{max} της αμμοϊλύος που προκύπτει από τις δοκιμές συντονισμένου δοκιμίου αυξάνει γραμμικά με το βάθος και κυμαίνεται από 40 μέχρι 60 MPa σε βάθος 2.5 m και από 105 μέχρι 180 MPa σε βάθος 20 m. Το μέτρο διάτμησης G_{max} της αμμοϊλύος που προκύπτει από τις επί τόπου δοκιμές Cross-Hole συσχετίζεται ικανοποιητικά με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών.

Με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι το μέτρο διάτμησης G_{max} της αμμοϊλύος των επί τόπου δοκιμών κυμαίνεται μεταξύ των εργαστηριακών τιμών G_{max} .

Η εμφάνιση μεμονωμένων τιμών G_{max} (Cross-Hole) που υπερβαίνουν τα όρια του G_{max} των εργαστηριακών δοκιμών οφείλονται στην ανομοιομορφία κοκκομετρικής σύστασης και πυκνότητας του εδάφους, πχ. γεώτρηση Γ12, βάθος 2 μέχρι 15 m και γεώτρηση Γ26, βάθος 2 μέχρι 20 m.

5.4. Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους

Η εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του υπεδάφους της πόλης Καλαμάτας απαιτεί τον καθορισμό των δυναμικών παραμέτρων του υπεδάφους. Ο καθορισμός των δυναμικών παραμέτρων προκύπτει από την αξιολόγηση των επί τόπου δοκιμών Cross-Hole, των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου και έμμεσα από τις επί τόπου δοκιμές τυποποιημένης διείδυσης (SPT) σε σχέση πάντα με την στρωματογραφία των γεωτεχνικών ερευνών υπεδάφους.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά, ανά περιοχή της πόλης Καλαμάτας, δυναμικές παράμετροι υπεδάφους. Τα στοιχεία αυτά απαιτείται να συμπληρωθούν με τα αποτελέσματα των ήδη εκτελούμενων δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου από το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής ΔΠΘ και των επί τόπου δοκιμών Cross-Hole από το Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Στον πίνακα 9 δίδονται ενδεικτικές γεωτρήσεις ανά περιοχή και το είδος της δοκιμής προσδιορισμού των δυναμικών παραμέτρων υπεδάφους.

Περιοχή	Γεώτρηση	Είδος Δοκιμής	Σχήμα
Παραλία	Γ12	CH, RCT	23α
Κολυμβητήριο	Γ26	CH, SPT	23β
Νησάκι	Γ27	CH, RCT	23γ
Κέντρο	Γ1, Γ2	SPT	23δ
Κέντρο/Παλαιά πόλη	Γ18	CH, RCT	23ε
Παλαιά πόλη	Γ19	CH, RCT	23στ

CH : Δοκιμή Cross-Hole

RCT: Δοκιμή συντονισμένου δοκιμίου

SPT: Δοκιμή τυποποιημένης διείδυσης

Στην Παραλία (Γεώτρηση Γ12, σχ. 23α) και στο Κολυμβητήριο (Γεώτρηση Γ26, σχ. 23β) στις στρώσεις αμμοϊλύος το μέτρο διάτμησης G_{\max} αυξάνεται γραμμικά με το βάθος, που δίδεται από την εμπειρική σχέση :

$$G_{\max} = 40 + 4z \quad (\text{MPa})$$

Ο συντελεστής απόσβεσης D_{\min} προσδιορίστηκε 2%. Στις στρώσεις αργιλώδους άμμου το μέτρο διάτμησης προσδιορίστηκε 300 MPa και στις στρώσεις αμμόδους αργίλου 520 MPa. Στις στρώσεις κροκαλοπαγούς το μέτρο διάτμησης είναι περίπου 2000 MPa.

Στο Νησάκι (Γεώτρηση Γ27, σχ. 23γ) το μέτρο διάτμησης G_{\max} προσδιορίζεται κύρια από τα αποτελέσματα των δοκιμών SPT, διότι δοκιμές Cross-Hole εκτελέστηκαν μέχρι βάθος μόλις 6,0 m. Το μέτρο διάτμησης σε βάθος μέχρι 10 m κυμαίνεται από 80 μέχρι 160 με ακραία τιμή 280 MPa. Σε βάθος μεγαλύτερο από 10 m το $G_{\max} > 500$ MPa και στο κροκαλοπαγές περίπου 2000 MPa.

Στο Κέντρο (Γεωτρήσεις Γ1, σχ. 23δ) δεν υπάρχουν αποτελέσματα δοκιμών Cross-Hole και συντονισμένου δοκιμίου. Το μέτρο διάτμησης G_{\max} προσδιορίζεται από τα αποτελέσματα των δοκιμών SPT. Στις επιφανειακές στρώσεις υπάρχει μεγάλη διακύμανση του μέτρου διάτμησης.

Στη Γεώτρηση Γ2, σε βάθος από 2 μέχρι 8 m το μέτρο διάτμησης είναι περίπου 240 MPa και από 8 μέχρι 20 m παρουσιάζει διακύμανση. Από 20 μέχρι 30 m στη στρώση αμμοχάλικου εκτιμάται γραμμική αύξηση.

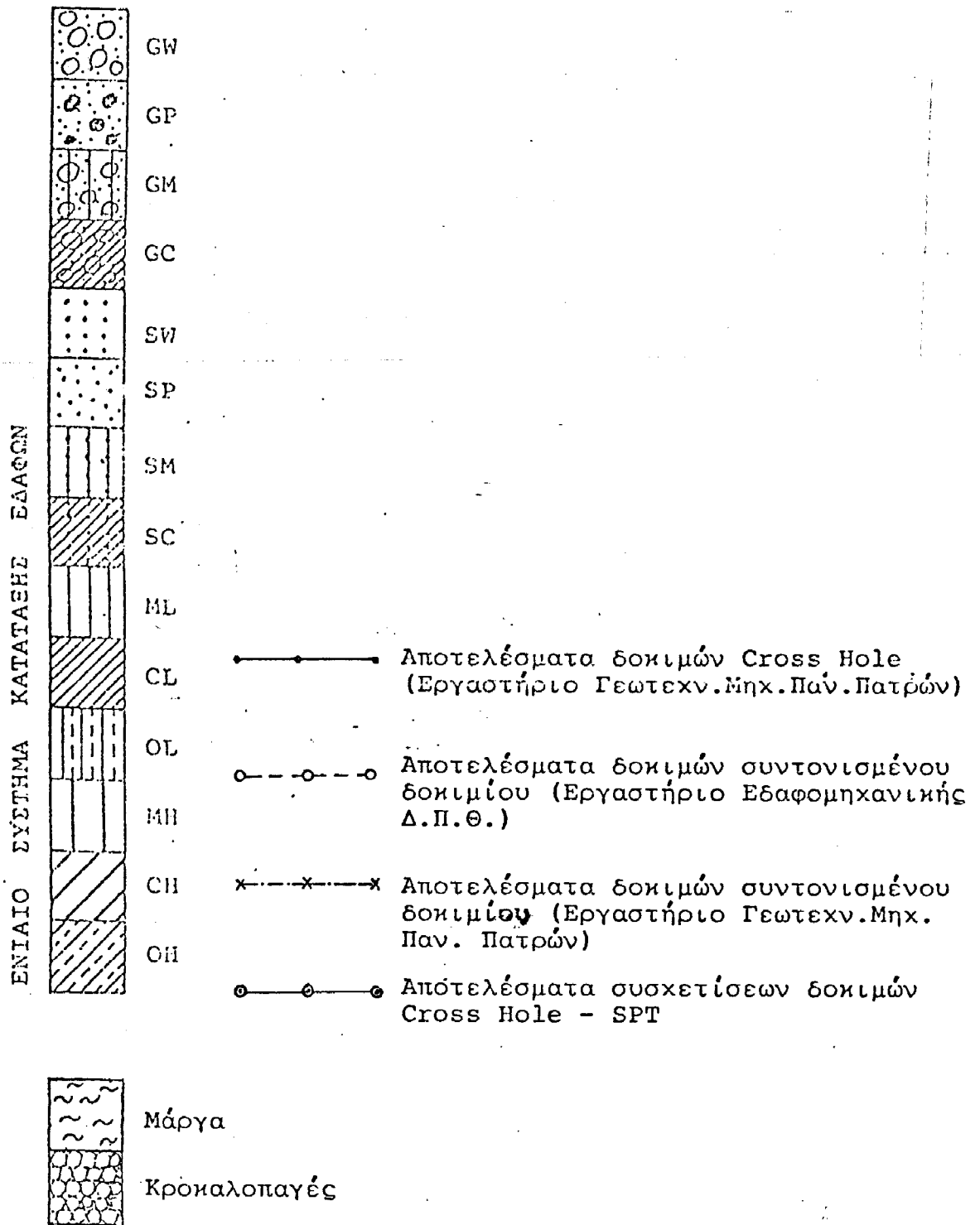
Σε βάθος μεγαλύτερο από 30 m, στο μαργαϊκό υπόβαθρο το μέτρο διάτμησης είναι μεγαλύτερο από 500 MPa.

Στην Παλαιά Πόλη/Κέντρο (Γεώτρηση Γ18, σχ. 23ε) το μέτρο διάτμησης από 2 μέχρι 7,5 m είναι περίπου 260 MPa και σε βάθος μεγαλύτερο από 7,5 m το μέτρο διάτμησης κυμαίνεται από 500 μέχρι 1300 MPa με ιδιαίτερα υψηλές τιμές 3000-7000 MPa στο κροκαλοπαγές.

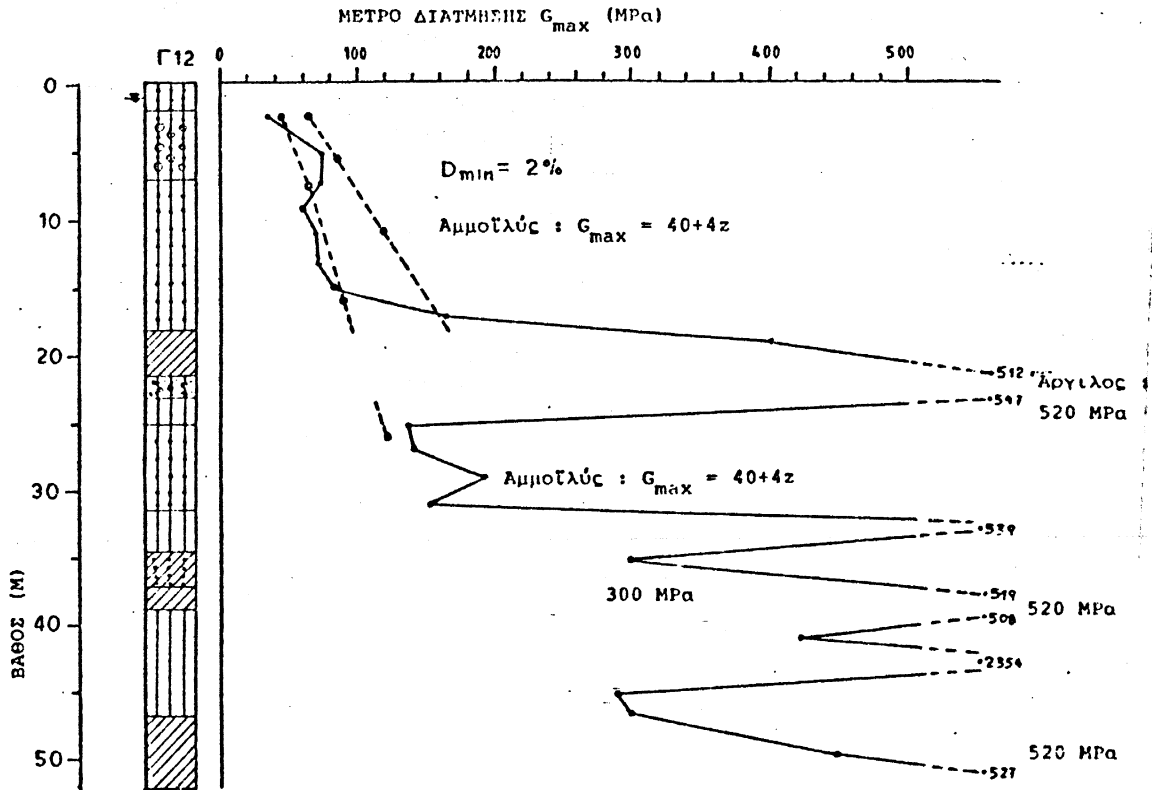
Στην Παλαιά πόλη (Γεώτρηση Γ19, σχ. 23στ) σε βάθος 2 μέχρι 7 m το μέτρο διάτμησης αυξάνει γραμμικά από 130 μέχρι 150 ΜΡα.

Σε βάθος από 7 μέχρι 20 m (τέλος γεώτρησης), στη μάργα, το μέτρο διάτμησης είναι ίσο προς 440 ΜΡα.

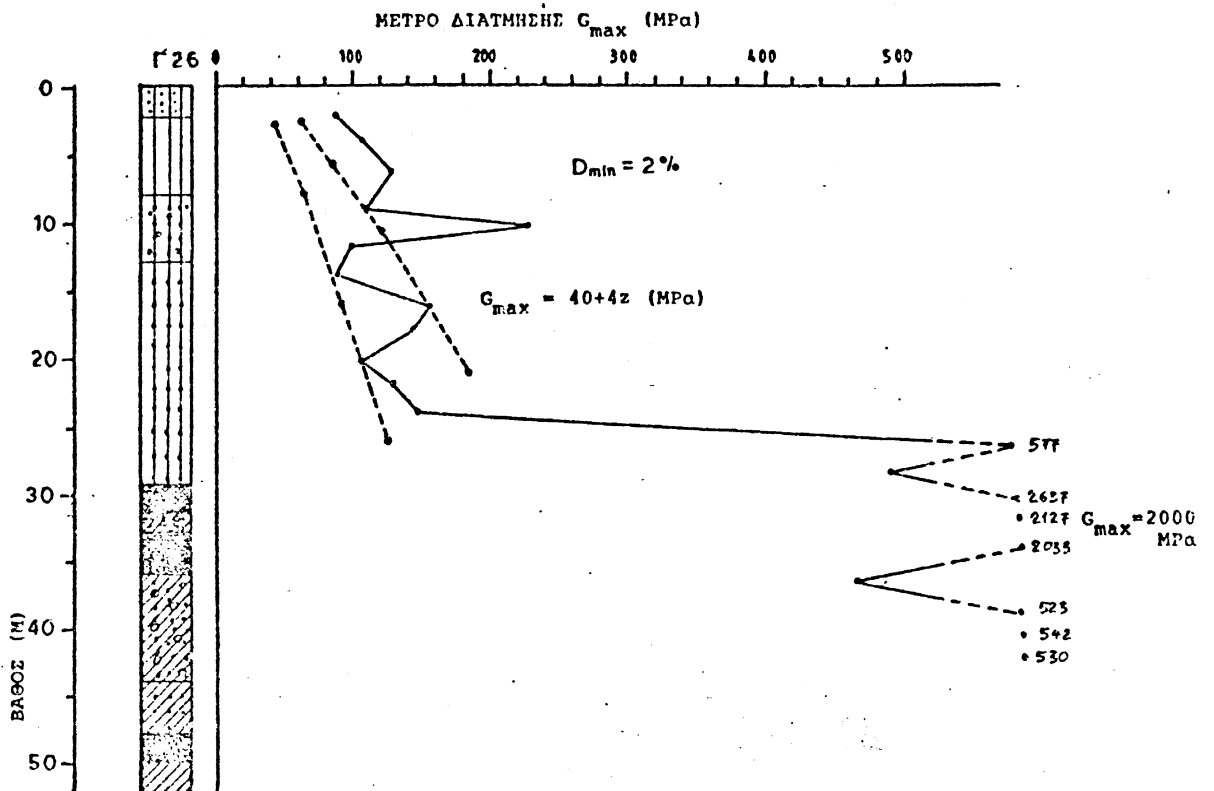
Σε βάθος μεγαλύτερο από 7 m οι δοκιμές συντονισμένου δοκιμίου έδωσαν σε παρόμοιο έδαφος (Γ14, Στρατόπεδο), ιδιαίτερα χαμηλές τιμές σε σχέση με τις δοκιμές Cross-Hole λόγω μη πλήρους στερεοποίησης του δείγματος (Αθανασόπουλος, 1987). Συνεπώς αντιπροσωπευτικές τιμές G_{max} δίνουν οι δοκιμές Cross Hole και κυμαίνονται από 150 μέχρι 580 ΜΡα.



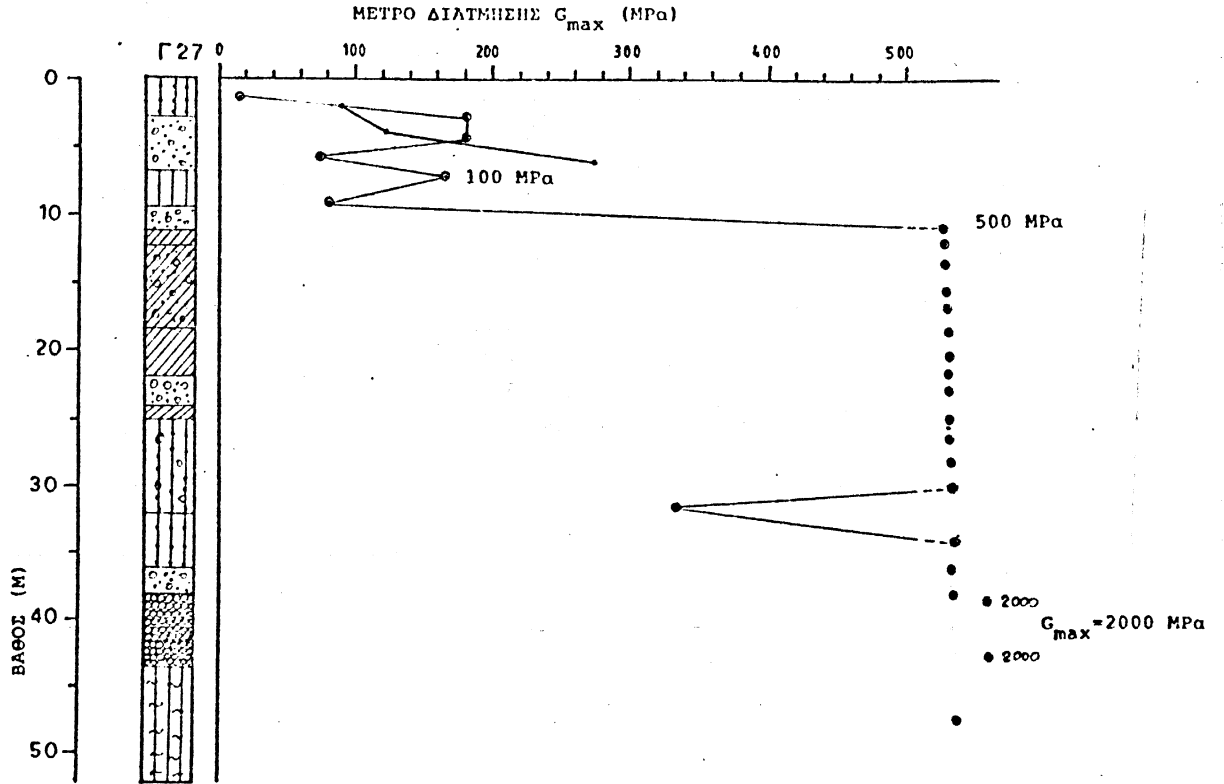
Σχ. 22 : Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους - Υπόμνημα.



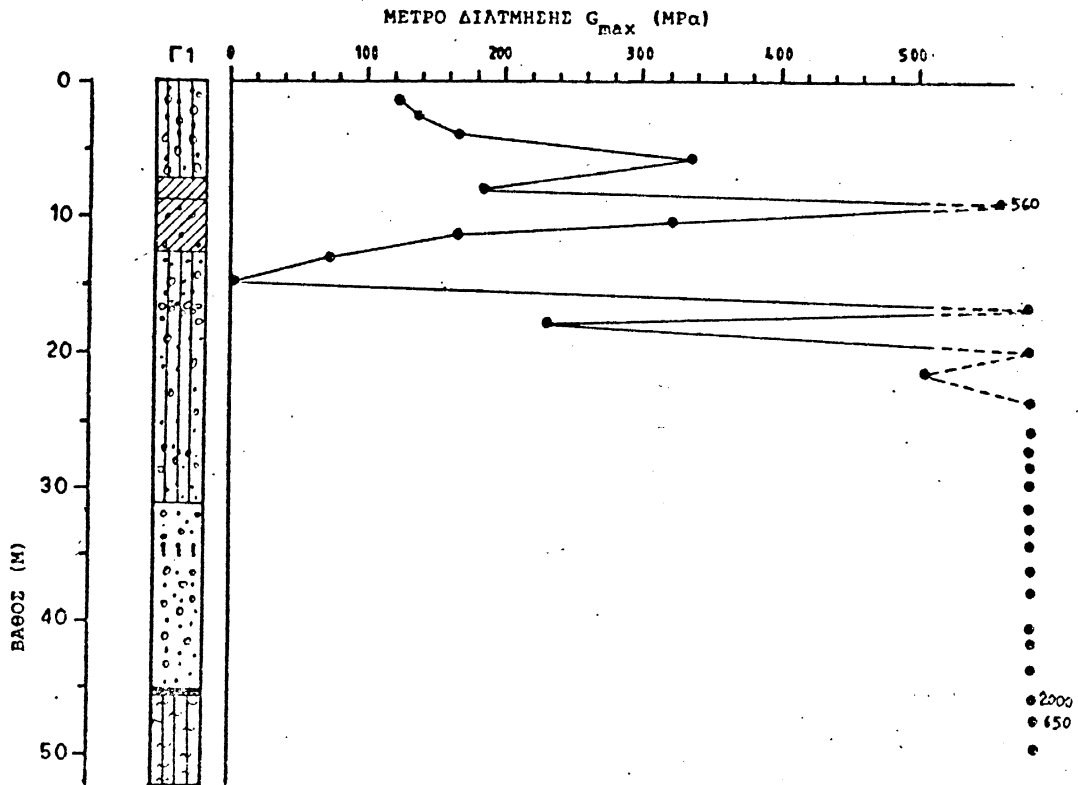
Σχ. 23α: Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους Παραλίας.



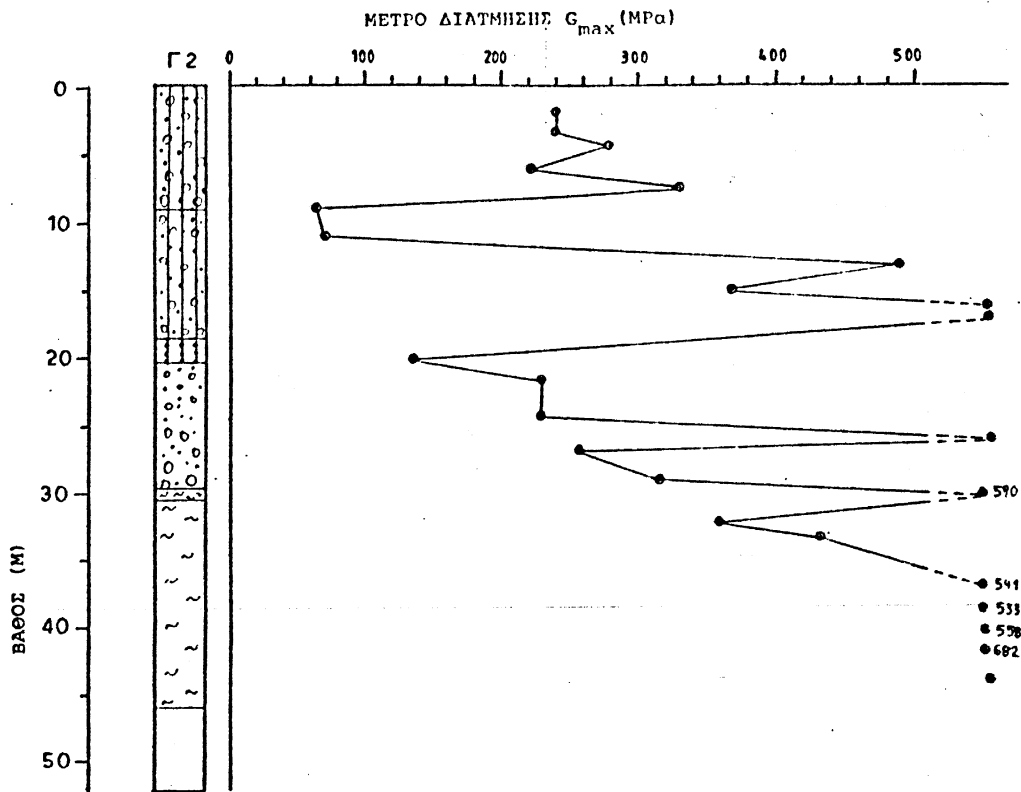
Σχ. 23β: Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους Κολυμβητηρίου.



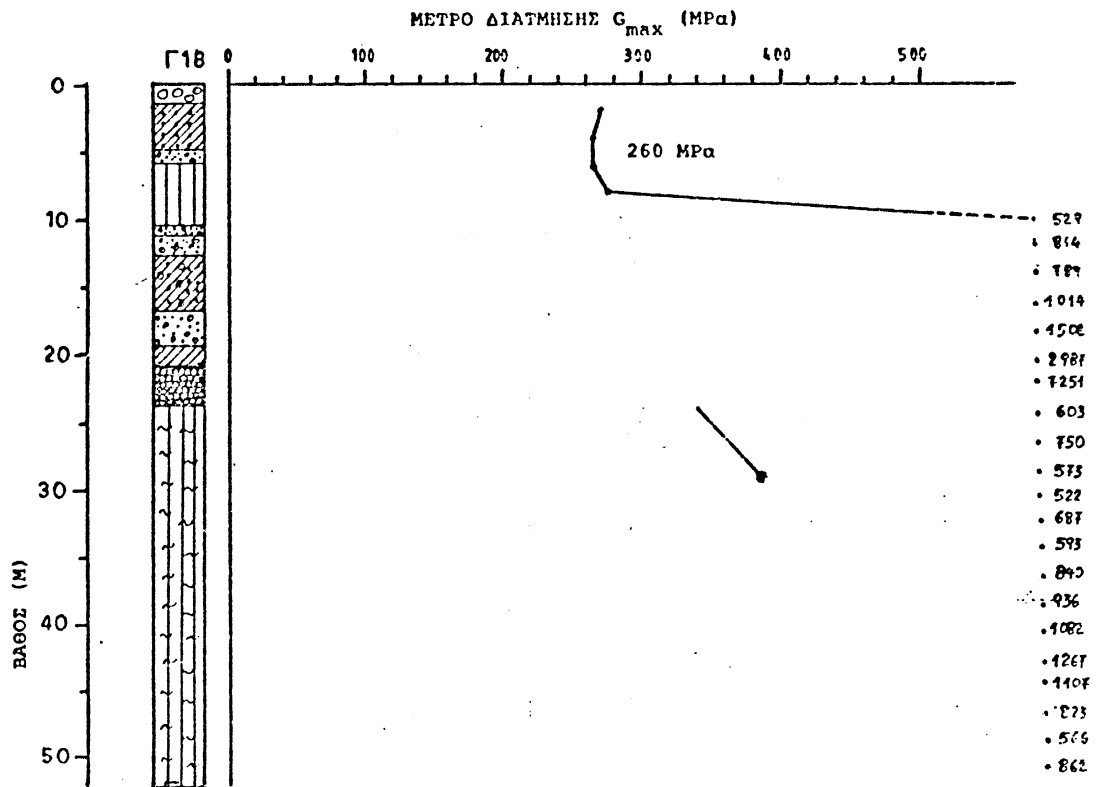
Σχ. 23γ: Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους Νηρακίου.



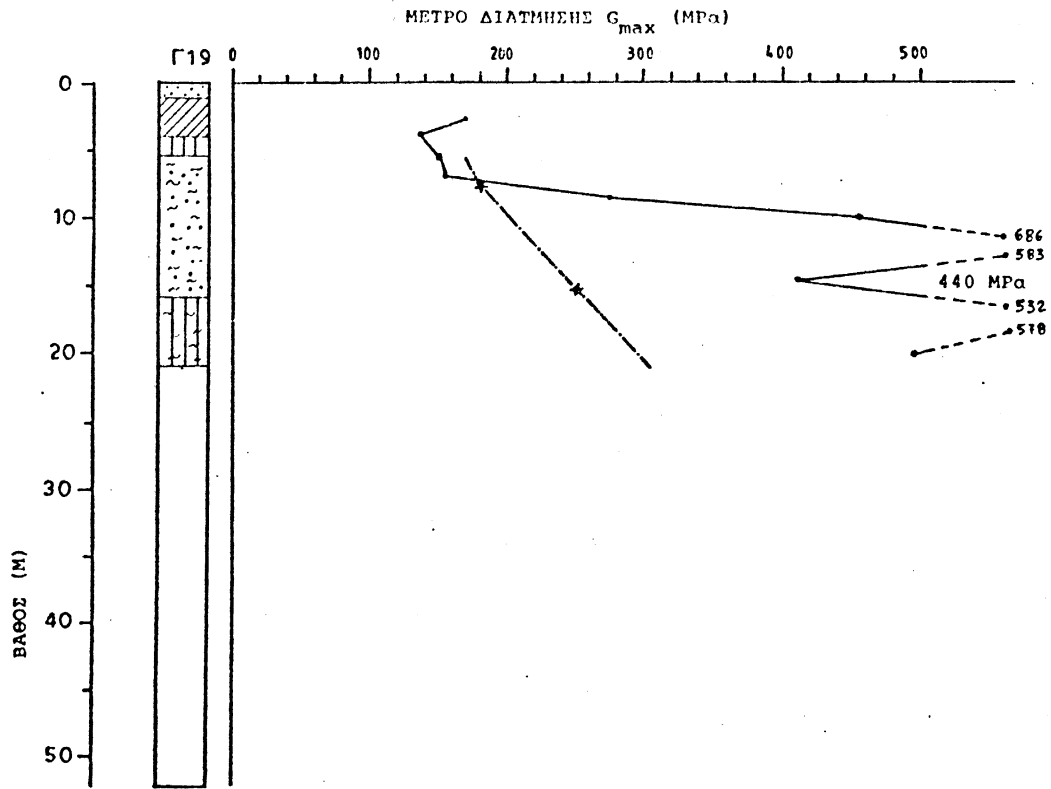
Σχ. 23β: Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους Κέντρου.



Δυναμικές παράμετροι υπεδόφους Κέντρου.



Σχ. 23ε: Δυναμικές παράμετροι υπεδόφους παλαιάς πόλης/κέντρου.



Σχ.23στ: Δυναμικές παράμετροι υπεδάφους παλαιάς πόλης.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Σ.Α. ΣΑΒΒΙΔΗΣ, Καθ. Δρ.-Μηχ. : Επιστημονικός Υπεύθυνος
Π. ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Δρ.-Μηχ. : Αναπλ. Επιστημ. Υπεύθυνος
Σ. ΦΕΛΕΚΟΣ, Πολ. Μηχ. : Επιστημονικός Συνεργάτης
Α. ΤΣΙΤΣΗΣ, Πολ. Μηχ., MSc : " "
Α. ΡΟΚΚΑ, Δρ. Γεωλόγος : " "
Γ. ΣΙΜΟΥ, Γεωλόγος : " "
Ι. ΚΟΥΚΟΥΒΕΛΑΣ, Γεωλόγος : " "

BIBΛIOΓPAΦIA

- [1] ASTM (1981) : "Modulus and Damping of Soils by the Resonant-Column Method", Annual Book of ASTM Standards, Part 19, D 4015-81.
- [2] ATC (1978) : "Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings", NSF, National Science Foundation, USA.
- [3] Bjerrum L., Landva A. (1966) : "Direct simple shear tests on a Norwegian quick clay", Geotechnique Vol. 16, No. 1.
- [4] Drenvich V.P., Hardin B.O., Shippy D.J. (1978) : "Modulus and damping of soils by the Resonant column testing. Problems and solutions". Dynamic Geotechnical Testing. ASTM STP 694, American Society for Testing and Materials.
- [5] Drenvich V.P. (1985) : "Recent developments in Resonant Column Testing", Proc. Richart Commemorative Lectures, ASCE Convention, Oct. 23 1985, Detroit.
- [6] Hardin B.O., Richart F.E. (1963) : "Elastic Wave velocities in granular soils"; J. Soil Mech. and Found. Div., Proc. ASCE, Vol. 89, NO. SM1, Feb. 1966.
- [7] Isenhower W.M. (1979) : "Torsional simple shear / Resonant column properties of San Francisco Bay Mud". Master of science thesis. University of Texas, Austin.
- [8] Iwasaki T., Tatsuoka F. (1977) : "Effects of grain size and grading on dynamic shear moduli of sands". Technical memorandum of the public Works Research Institute, no. 1264, July.
- [9] Kasim A., Ming-Yau Chu, Jensen C. (Mar. 1986) : "Field Correlation of Cone and Standard Penetration Tests". Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol. 112, No. 3.
- [10] Macky T., Saada A. (Apr. 1984) : "Dynamics of Anisotropic Clays under Large Strains", JGED, ASCE, Vol. 110, No. 4, pp. 487-504.

- [11] Maugeri M., Carrubba P. (1) : "Microzoning Using SPT data".
- [12] Seed H.B., Peacock W.H. (1971) : "Test procedures for measuring soil liquefaction characteristics". ASCE J. Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 97,
- [13] Seed H.B., Idriss F.M. (1982) : "Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes", EERI-Earthquake Engineering Research Institute.
- [14] Seed H.B., Wong R., Idriss I., Tokimatsu K. (Nov. 1986) : "Moduli and Damping Factors for Dynamic Analyses of Cohesionless Soils", IGED, ASCE, Vol. 112, No. 11.
- [15] Seismology Gommittee - Structural Engineers Association of California (1974) : "Recommended Lateral Force Requirements".
- [16] Shen C.K., Ker C.C., Wang Z., Li X.S. (1985) : "Dynamic Response of Silt", Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Proc. of the 2nd Conf. on board the liner Queen Elizabeth 2.
- [17] Stokoe K.H., Isenhower W.M., Hsu J.R. (1980) : "Dynamic properties of offshore silty samples", 12th annual offshore technology conference, Houston.
- [18] Wu S., Gray D.H., Richart F.E. (1984) : "Capillary effects on dynamic modulus of sands and silts". Journal of geotechnical engineering, Vol. 110, No. 9, Sept. 1984.
- [19] Ohta Y., Goto N. (1976) : "Estimation of S-wave velocity in terms of characteristic indices of soil". Butsuri-Tanko, 29(4), in Japanese.
- [20] Γ. Αθανασόπουλος (1987) : "Μικροζωνική Μελέτη Καλαμάτας - Εκτέλεση ειδικών δοκιμών". Έκθεση Ερευν. Προγ. ΟΑΣΠ, Παν. Πατρών.