

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 151-163	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΚΙΑΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1981

ΕΥΘ. ΓΚΑΣΙΟΣ, ΧΑΡ. ΓΙΑΝΝΑΡΟΣ & Ι. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΙΑΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά τους σεισμούς του Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981, εμφανίστηκαν αστοχίες κατά μήκος του μώλου του λιμένος Κιάτου, με τη μορφή υποχωρήσεων της τάξεως 0.80-1.00m στο ακρότατο τμήμα. Συγχρόνως υποχωρήσεις μικρότερου μεγέθους παρουσιάστηκαν και στην περιοχή του κρηπιδώματος.

Η Δ/ση Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1) (τέως ΚΕΔΕ) του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, με πρωτοβουλία της, πέτυχε τη χορήγηση πιστώσεως από μέρους της Υ.Α.Σ. με σκοπό να διεξάγει ένα πρόγραμμα γεωτεχνικών ερευνών, για να διαπιστωθούν οι εδαφικές συνθήκες της περιοχής θεμελιώσεως του έργου και να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς το ποσοστό συμμετοχής του εδάφους θεμελιώσεως στην αστοχία του έργου (σχ. 1).

Συνολικά εκτελέστηκαν κατά μήκος του μώλου επτά (7) γεωτρήσεις βάθους 40m περίπου από το δάπεδο του μώλου. Κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων έγιναν δοκιμές προτύπου διεισδύσεως (S.P.T.) (σχ. 7) κατά Terzaghi και συγκεντρώθηκαν τόσο αντιπροσωπευτικά όσο και αδιατάρακτα δείγματα για εργαστηριακή εξέταση. Στο εργαστήριο τα αντιπροσωπευτικά δείγματα υποβλήθηκαν στις δοκιμές κατά τάξεως, ενώ τα αδιατάρακτα υποβλήθηκαν επιπλέον σε δοκιμές μηχανικών σταθερών, όπως τριαξονική φόρτιση, άμεσο διάτμηση και στερεοποίηση.

Μηχανικοί και Γεωλόγοι της Δ/σεως επισκέφθηκαν το έργο και συνέλεξαν μακροσκοπικές παρατηρήσεις. Από την πρώτη επίσκεψη εντοπίστηκαν στην παραλία της πόλης μερικές τριχοειδείς ρωγμές που

προκλήθηκαν από το σεισμό, με διεύθυνση παράλληλη προς την ακτή του Κιάτου. Επίσης έγινε επισταμένη έρευνα στην αμμώδη ακτή της πόλης για την εντόπιση κρατήρων άμμου, αλλά δεν παρατηρήθηκε καμμία ούτε οι κάτοικοι της περιοχής επιβεβαίωσαν ύπαρξή τους.

Επίσης με εισήγηση μας το Α.Τ. Κιάτου διέθεσε δύτη που επιθεώρησε τόσο το βυθισμένο τμήμα του ακρομωλίου όσο και τον πυθμένα της θάλασσας, γύρω από τη στάθμη θεμελιώσεως του έργου. Οι θέσεις των γεωτρήσεων φαίνονται στο σχήμα 2.

Από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, γεωλογικά, γεωτεχνικά, εργαστηριακά, μακροσκοπικά, κλπ. και από έλεγχο ευστάθειας που έγινε στο ακρομώλιο με τη βοήθεια του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή της ΕΚ1, επιχειρήθηκε η διερεύνηση των αιτίων της αστοχίας.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΩΛΟΥ ΚΑΙ ΚΡΗΠΙΔΩΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή του μώλου έγινε σταδιακά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους όπως περιγράφεται στη συνέχεια (σχ.5) και είναι θεμελιωμένος σε διαφορετικό βάθος. Λεπτομερέστερα ο τρόπος θεμελιώσεως φαίνεται στις καταπλάτος τομές (σχ.4 και σχ.5).

Το πρώτο τμήμα μήκους 110m ολοκληρώθηκε το 1954, το επόμενο τμήμα μήκους 51m ολοκληρώθηκε το 1964 και το τελευταίο τμήμα, μαζί με τη διαπλάτυνση των δύο προηγούμενων, ολοκληρώθηκε το 1976.

Η κατασκευή του κρηπιδώματος του λιμένος, μήκους 120m, ολοκληρώθηκε το 1966. Το πίσω μέρος του κρηπιδώματος πληρώθηκε με αμμοχάλικο της ίδιας ποιότητας με το αμμοχάλικο που χρησιμοποιήθηκε και για τη θεμελίωση του μώλου. Σημειώνουμε ότι υποχωρήσεις της τάξεως του 0.50m συνέβηκαν και στο δάπεδο του κρηπιδώματος, το υπόβαθρο του οποίου αποτελείται από επίχωση με αμμοχάλικο.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΙΑΤΟΥ

Ολόκληρη η παραλία της ευρύτερης περιοχής γύρω από την πόλη του Κιάτου, αποτελείται από σύγχρονες προσχώσεις ποικίλων υλικών της περιοχής Κορίνθου.

Περί τα 1000m νοτίως της παραλίας εκτείνεται μία εδαφική έξαρση ύψους 40-50m από πλειστο-πλειοκαινικές μάργες υποκίτρινου έως λευκού χρώματος, ψαμμίτες, ψηφιδοπαγή, κροκαλοπαγή και μαργαϊκό ασβεστόλιθο.

Η γεωτεχνική έρευνα που έγινε στην υποθαλάσσια περιοχή του λιμένος, προσδιόρισε σε βάθος 20m από τον πυθμένα, μόνο σύγχρονες

προσχώσεις από άμμο, αμμοίλυ και αμμοαργίλο, με υπεροχή της αμμοίλους.

4. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΩΛΟΥ

Το πρώτο τμήμα του μώλου, η κατασκευή του οποίου ολοκληρώθηκε πριν από το 1954, εδράστηκε σε λιθοριπή που αποτέθηκε πάνω στον πυθμένα της θάλασσας χωρίς να προηγηθεί εξυγίανση της μαλακής αργιλικής επιφανειακής στρώσεως του πυθμένα. Ο τρόπος αυτός θεμελιώσεως δεν αποδείχθηκε ικανοποιητικός, γιατί μέρος των τεχνικών ογκολίθων υποχώρησε ή βυθίστηκε στον πυθμένα, με αποτέλεσμα άλλοι απ'αυτούς να εγκαταληφθούν και άλλοι να ανασυρθούν. Τελικά η θεμελίωση του τμήματος αυτού επιτεύχθηκε, αφού ακολούθησε νέα διάστρωση λιθοριπής και επιφόρτιση.

Για τη θεμελίωση των υπόλοιπων τμημάτων του μώλου που κατασκευάστηκαν μετά το 1954, λήφθηκαν υπόψη, τόσο η προηγούμενη εμπειρία από της συμπεριφορά του πρώτου τμήματος όσο και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων που έγιναν κατά το 1962 και 1964 από το ΚΕΔΕ.

Στα νεώτερα αυτά τμήματα του μώλου, προηγήθηκε αφαίρεση των μαλακών αργιλικών στρώσεων του πυθμένα και πλήρωση της αύλακας που δημιουργήθηκε με αμμοχάλικο και στη συνέχεια ακολούθησε η διάστρωση της λιθοριπής και η τοποθέτηση των τεχνικών ογκολίθων. Ο τρόπος αυτός της θεμελίωσης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν μία επιπλέον θεμελίωση. Λεπτομερέστερα ο τρόπος θεμελιώσεως φαίνεται στα σχήματα 3, 4, 5.

Το πάχος της λιθοριπής και της πρόσθετης στρώσης του αμμοχάλικου, αυξάνει προοδευτικά με το μήκος του μώλου και αυτό διαπιστώθηκε και από τις πρόσφατες γεωτρήσεις που έγιναν από την ΕΚ1.

5. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΩΛΟΥ ΚΡΗΠΙΔΩΜΑΤΟΣ

Από την κατασκευή τους όλα τα τμήματα του μώλου και του κρηπιδώματος έδειξαν πολύ καλή συμπεριφορά και δεν είχαν παρουσιάσει καμμία ένδειξη αστοχίας.

Αιφνιδίως, κατά τη διάρκεια των σεισμών του 1981, παρατηρήθηκαν υποχωρήσεις στα τμήματα του μώλου που κατασκευάστηκαν μετά το 1954, στις διαπλάτυνσεις και στο δάπεδο του κρηπιδώματος. Στο τμήμα του μώλου που ολοκληρώθηκε κατά το 1954, δεν παρατηρήθηκε καμμία υποχώρηση ή άλλο είδος αστοχίας.

Οι υποχωρήσεις του μώλου παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι κατά πλάτος είναι ομοιόμορφες ενώ κατά μήκος αυξάνουν προοδευτικά

και στο τελευταίο άκρο του μώλου ανέρχονται στα 80cm έως 100cm. Η προηγούμενη αύξηση των υποχωρήσεων είναι επίσης ανάλογη με την αύξηση του βάθους της θάλασσας και του πάχους του κοκκώδους υπόβαθρου.

Στη διαπλάτυνση του αρχικού τμήματος του μώλου, οι υποχωρήσεις κατά πλάτος είναι ανομοιόμορφες και οι μεγαλύτερες από αυτές παρατηρούνται στην εξωτερική πλευρά. Εκτός από τη διεύρυνση του αρμού μεταξύ παλαιού και νέου τμήματος, παρατηρήθηκε στο νέο τμήμα ελαφρά απόκλιση προς την εξωτερική πλευρά.

Στην περίπτωση του κρηπιδώματος οι μεγαλύτερες υποχωρήσεις του δαπέδου παρατηρούνται στην επαφή με τον κρηπιδότοιχο. Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά πλάτος, οι υποχωρήσεις του δαπέδου μειώνονται με την απόσταση.

6. ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΛΙΜΕΝΟΣ ΚΙΑΤΟΥ

Από τη συμπεριφορά του μώλου και του κρηπιδώματος, τη γεωτεχνική έρευνα και τους υπολογισμούς ευστάθειας, φαίνεται ότι οι αστοχίες δεν πρέπει να οφείλονται στη συμπεριφορά του εδάφους θεμελιώσεως (πυθμένας), αλλά μάλλον θα πρέπει να αποδοθούν στην παρουσία του κοκκώδους υποστρώματος και της λιθοροπής, πάνω στο οποίο εδράζονται οι τεχνικοί ογκόλιθοι.

Το πάχος της λιθοροπής μαζί με την κλίση αμμοχάλικο που σημειωτέον κατασκευάστηκε κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας χωρίς συμπίκνωση, κυμαίνεται από 10.50m έως 14.00m.

Οι υπολογισμοί ευστάθειας που έγιναν, έδωσαν ικανοποιητικούς συντελεστές ασφαλείας, τόσο για την περίπτωση σεισμού, όσο και για την περίπτωση χωρίς σεισμό (σχ.6), που δεν δικαιολογούν ούτε θραύση εδάφους, ούτε υποχωρήσεις του πυθμένα.

Η ευστάθεια του μώλου έγινε στον Η/Υ της ΕΚ1 με πρόγραμμα της BASIC και στη συνέχεια επιβεβαιώθηκε και από τον κεντρικό Η/Υ του ΥΠ.Δ.Ε.

Η επίσκεψη του δύτη επιβεβαίωσε τη μη ύπαρξη διαταραχής, θραύσης ή διόγκωσης που να δικαιολογούν θραύση του πυθμένα ή των πρανών.

Κατά την άποψη μας, το αδύνατο σημείο στην όλη συμπεριφορά του έργου, πρέπει να αποτέλεσε το χαλαρής απόθεσης κοκκώδες υπόστρωμα, το οποίο με τις σεισμικές δονήσεις υπέστη συμπίκνωση λόγω ανακατάταξης των κόκκων (κατά άλλους ενσάκωση των κόκκων ή συνί-
ζηση). Η άποψη αυτή ενισχύεται και από τη συμπεριφορά του έργου, όπου οι μεγαλύτερες υποχωρήσεις σημειώνονται στις θέσεις που το

υπόστρωμα έχει μεγαλύτερο πάχος. Επίσης οι υποχωρήσεις κατά μήκος του μώλου αυξάνουν προοδευτικά και ανάλογα με την αύξηση του πάχους του αμμοχάλικου.

Στην περίπτωση του κρηπιδώματος, μειωμένου του πάχους της επίχωσης με την απόσταση από τον κρηπιδότοιχο, μειώνονται αντίστοιχα και οι υποχωρήσεις.

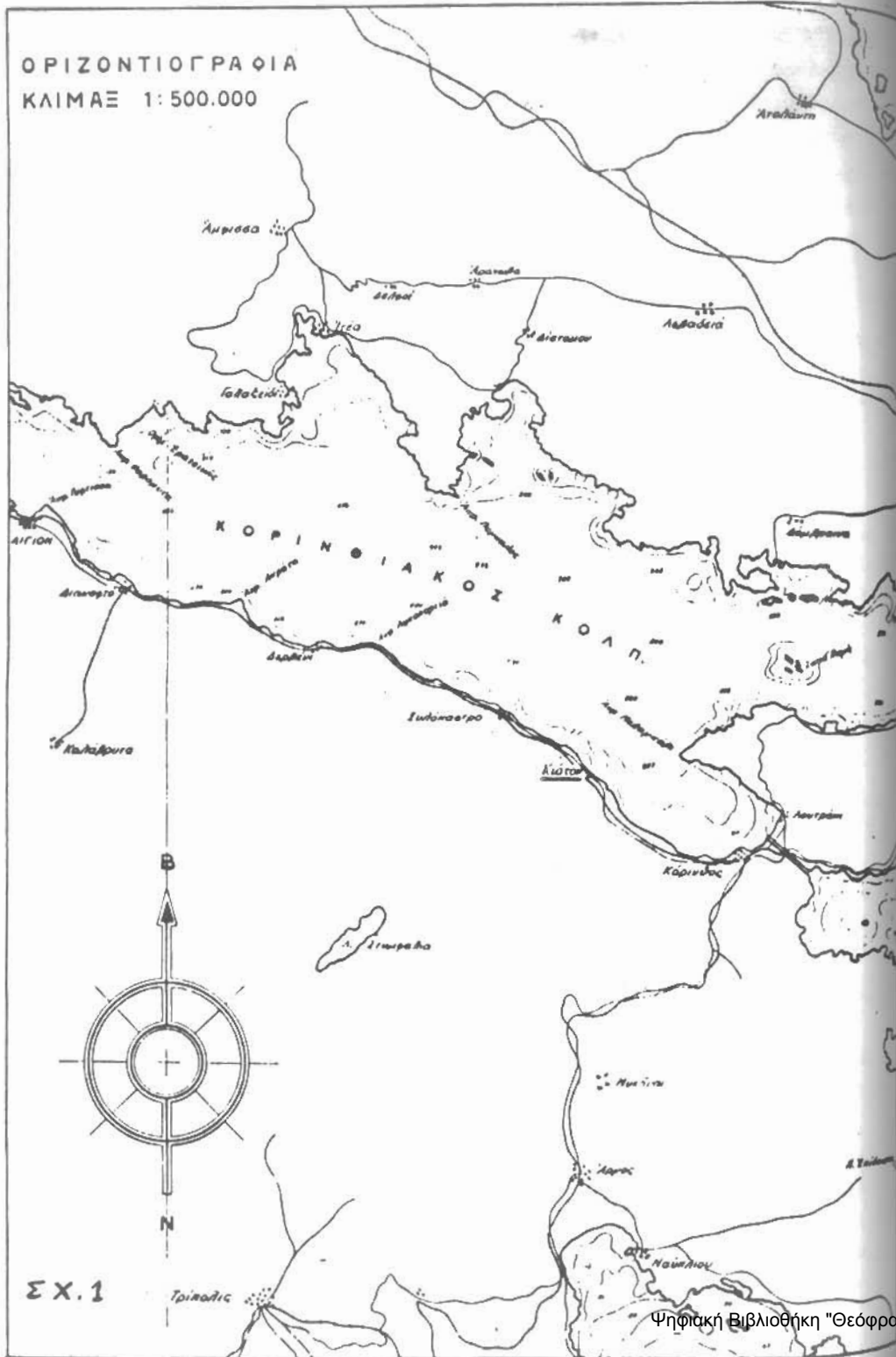
Ενα πρόσθετο στοιχείο που ενισχύει την άποψη μας, είναι ότι οι αστοχίες φυνέβηκαν στα τμήματα του έργου που δεν είχαν υποστεί την επίδραση άλλων σεισμών, ενώ στο τμήμα του μώλου που κατασκευάστηκε πριν το 1954 και είχε υποστεί την επίδραση προγενέστερου σεισμού, δεν παρουσίασε καμμία αστοχία.

Φαινόμενα ρευστοποιήσεως τόσο του εδάφους θεμελιώσεως, όσο και του κοκκώδους υποστρώματος, μάλλον θα πρέπει να αποκλεισθούν, γιατί δεν παρουσιάστηκαν στο Κιάτο μετά το σεισμό (έγινε επισταμένη έρευνα για την ύπαρξη κρατήρων), ούτε θα μπορούσαν να εμφανισθούν εκλεκτικά, μόνο στην υποθαλάσσια περιοχή του έργου.

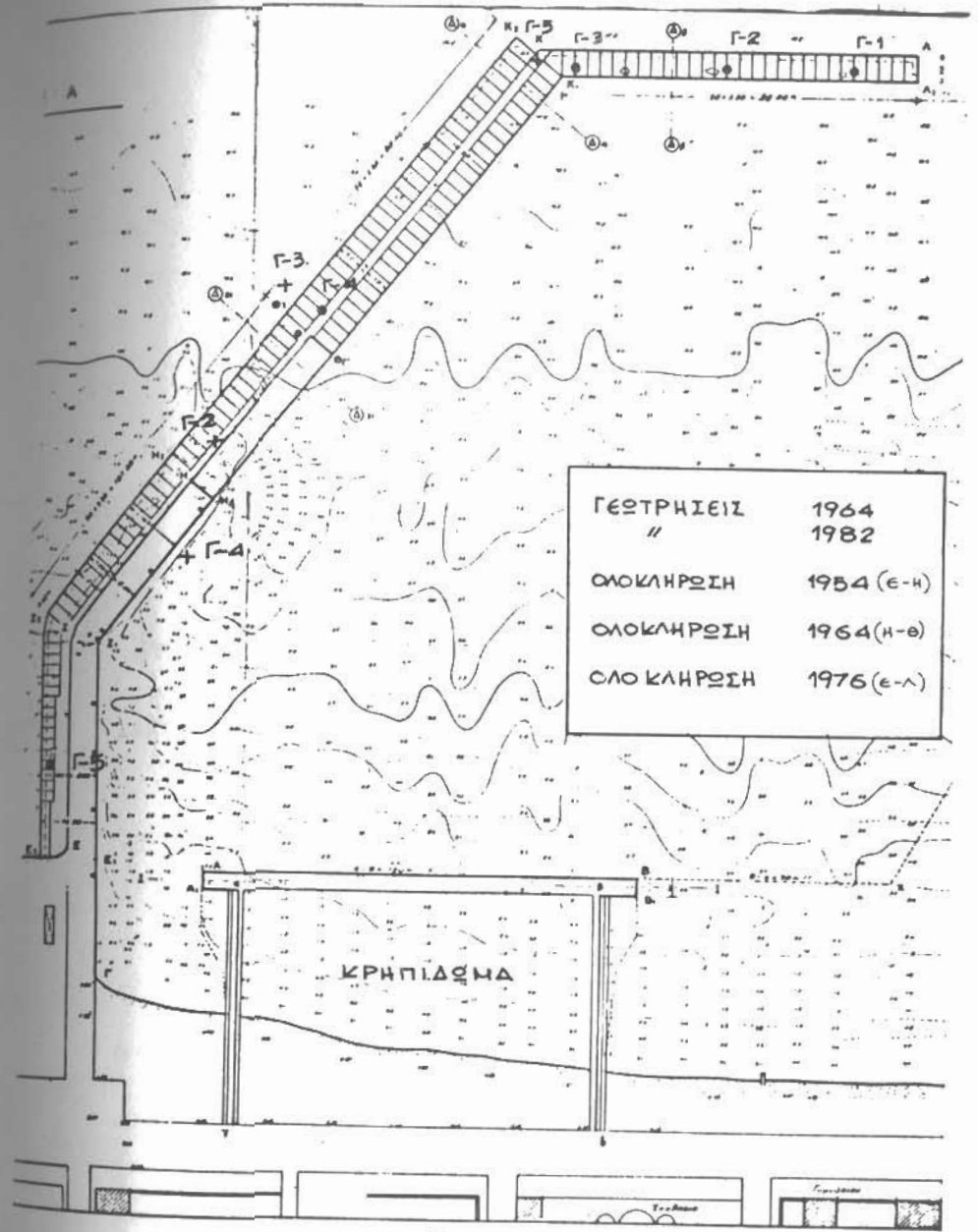
Επίσης τα φαινόμενα ρευστοποιήσεως θα προκαλούσαν στο έργο έντονες παραμορφώσεις, θραύσεις ή και στροφές, και όχι τις ομοιόμορφες υποχωρήσεις που παρουσιάζει σήμερα.

Επί πλέον, από ότι γνωρίζουμε, ρευστοποιήσεις παρουσιάζονται σε ομοιόμορφα κοκκώδη και λεπτόκοκκα υλικά, όπως ιλύες και άμμοις και μέχρι σήμερα δεν καταγράφηκαν περιπτώσεις ρευστοποιήσεως σε εδάφη κατηγορίας (CL) ή σε εδάφη κοκκώδη με μεγάλο ποσοστό χονδρόκοκκου, όπως είναι το υλικό του υποστρώματος.

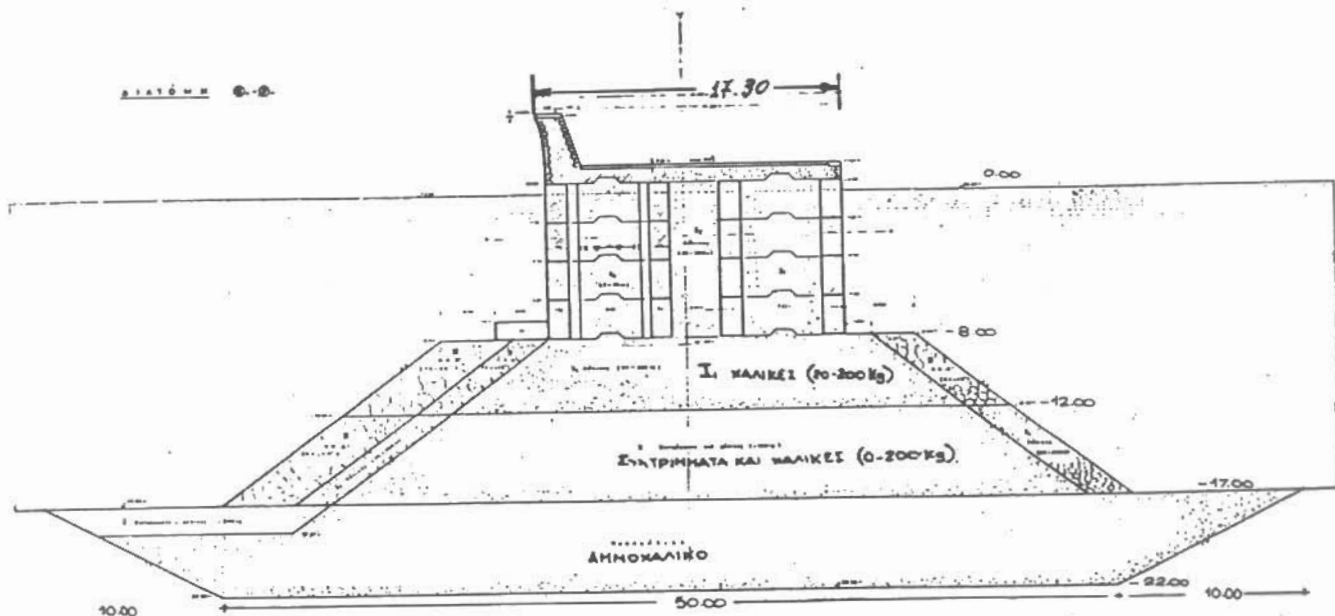
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΚΛΙΜΑΞ 1:500.000



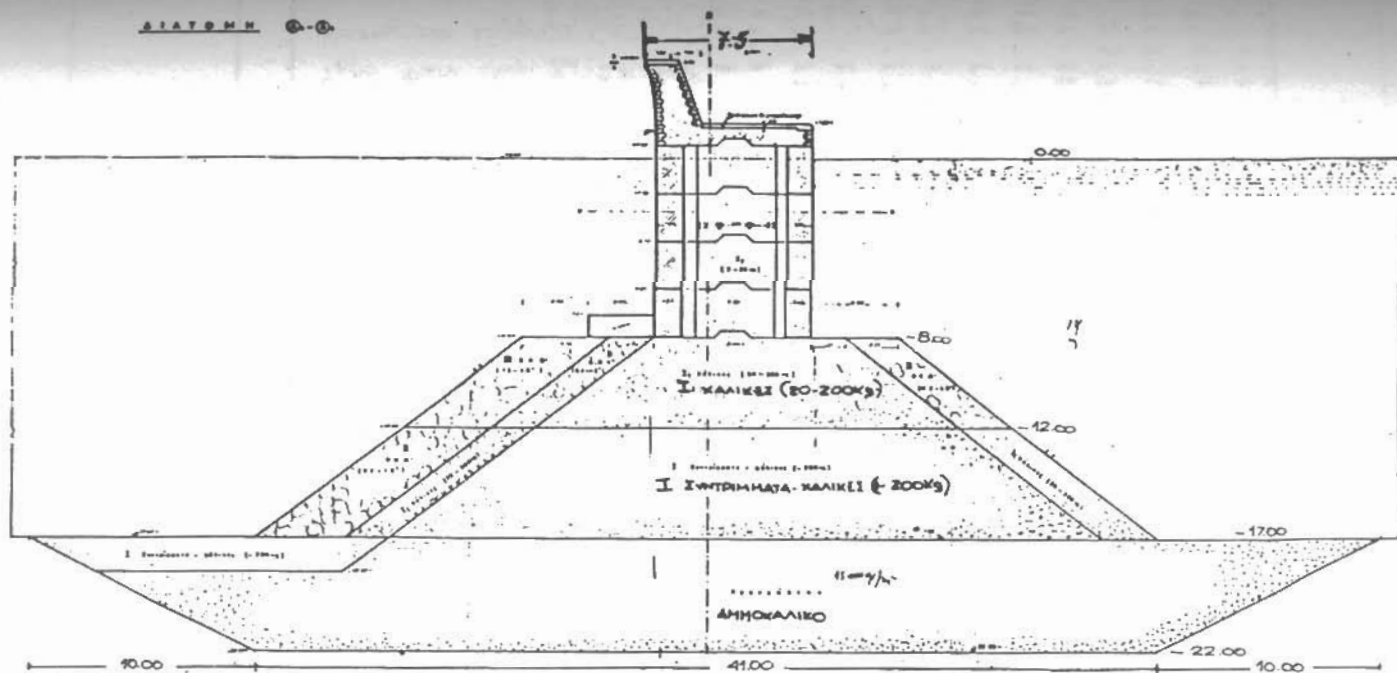
ΣΧ. 1



ΣΧ. 2

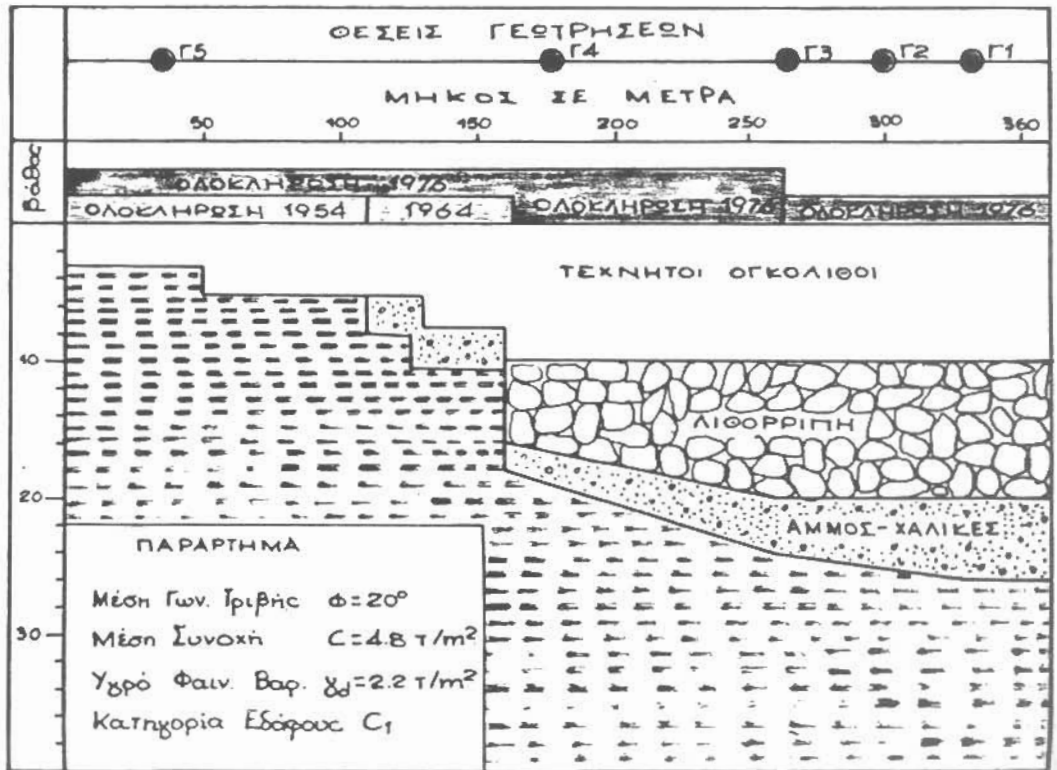


ΣΧ.3

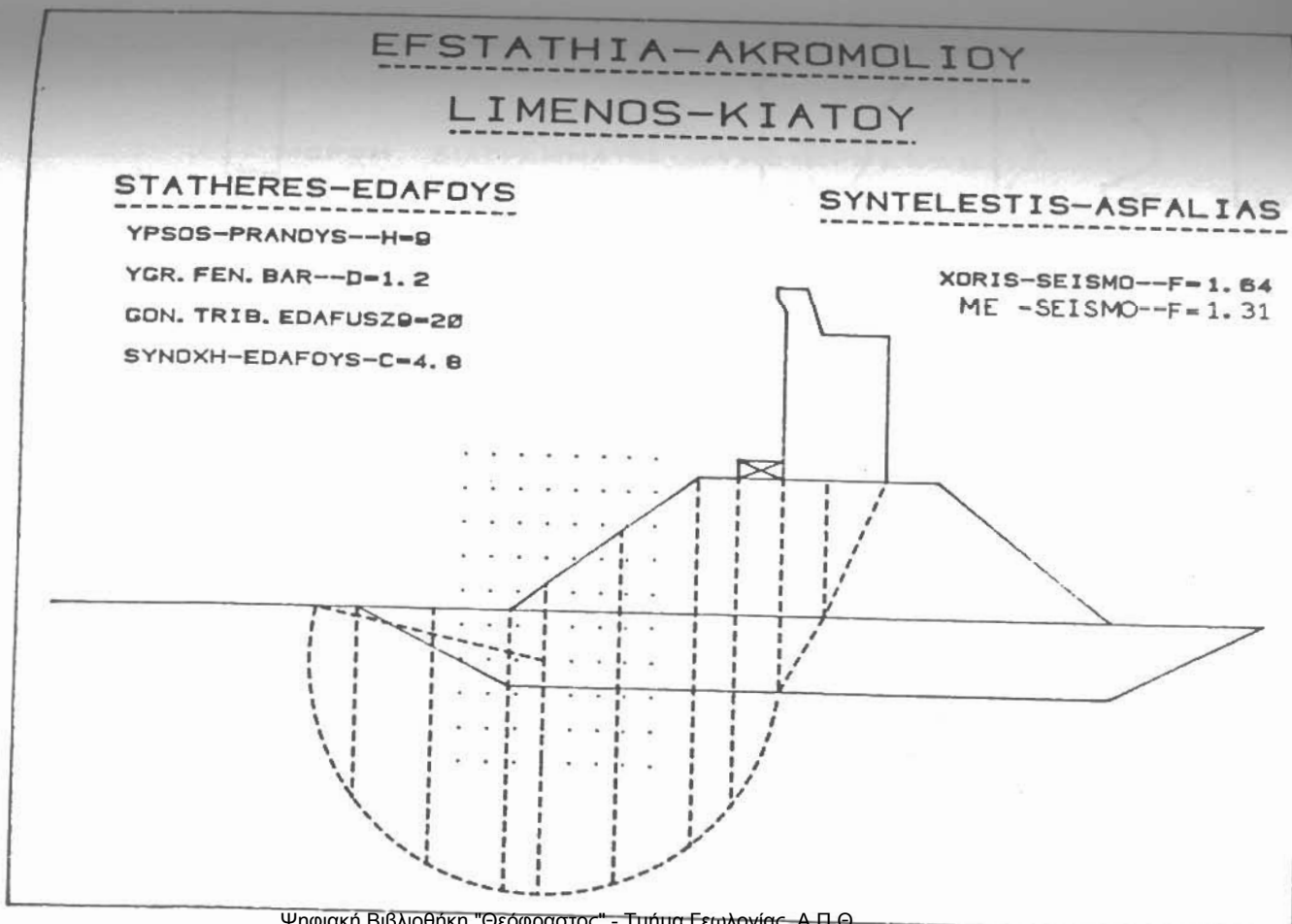


ΣΧ.4

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΜΟΛΟΥ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΥΣ Ε-Ζ-Η-Θ-Κ-Α
ΛΙΜΕΝΟΣ ΚΙΑΤΟΥ

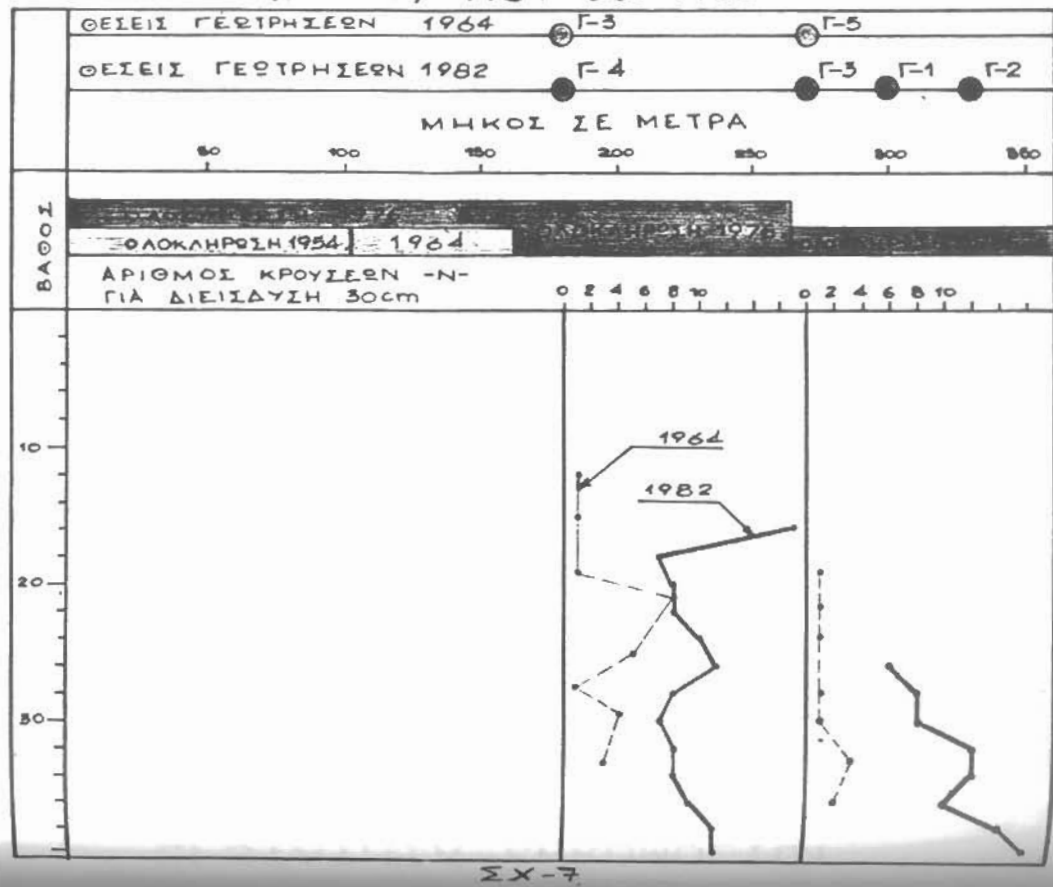


ΣΧ-5

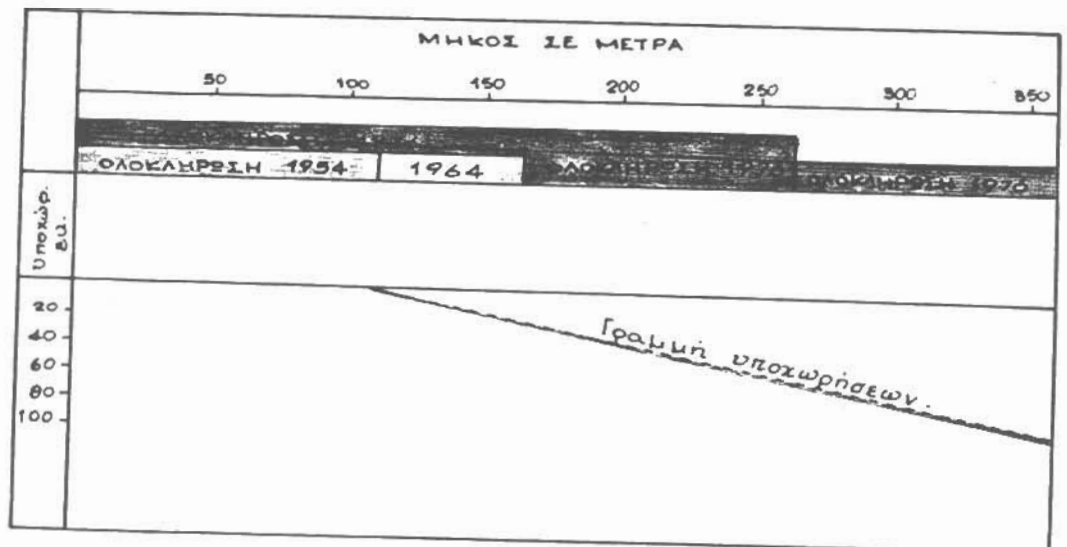


ΣΧ-6

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΩΣ (S.P.T)
ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1964 και 1982



ΜΟΡΦΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ
ΜΕΛΟΥ ΚΙΑΤΟΥ



ΣΧ. 8