

Θεμελίωση Λιμενικών Έργων σε Μαλακά Εδάφη Βελτιωμένα με Προφόρτιση και Ενισχυμένα με Χαλικοπασσάλους

The Foundation of Marine Structures on Soft Ground Improved by Preloading and Reinforced with Stone Columns

ΔΡΕΤΤΑΣ Γ.Χ., Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΑΔΚ Α.Ε.

ΠΛΑΤΗΣ Α.Δ., Πολιτικός Μηχανικός, M.Eng., ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Ε.Π.Ε.

ΣΙΩΡΗΣ Ι.Α., Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΤΡΙΤΩΝ Ε.Π.Ε.

ΤΣΑΜΗΣ Β.Δ., Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., ΤΡΙΤΩΝ Ε.Π.Ε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Παρουσιάζεται η μέθοδος θεμελίωσης των κρηπιδοτόχων των νέων λιμένων Πάτρας και Ηγουμενίτσας. Το μαλακό αργιλοϊλυώδες έδαφος θεμελίωσης προβλέπεται να βελτιωθεί με προφόρτιση, επιταχυνόμενη με κατακόρυφα συνθετικά στραγγιστήρια, και να ενισχυθεί η περιοχή των κρηπιδοτόχων με χαλικοπασσάλους μετά το πέρας της προφόρτισης. Η μέθοδος βελτίωσης και ενίσχυσης του εδάφους θεμελίωσης ελέγχεται προκαταρκτικά με την κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος πλήρως εξοπλισμένου με όργανα μετρήσεων.

ABSTRACT: The method of foundation of the wharves of the new harbors of Patras and Igoumenitsa is presented. The soft silty clayey sea bottom is improved by preloading, accelerated by vertical wick drains, and is subsequently reinforced by compacted stone columns. A fully instrumented trial embankment is to be constructed and monitored before commencement of foundation works, in order to control the proposed method of ground improvement and reinforcement.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα ανακοίνωση αναφέρεται στη μέθοδο θεμελίωσης των κρηπιδοτόχων των νέων λιμένων Πάτρας και Ηγουμενίτσας. Τα δύο αυτά έργα εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες τόσο ως προς τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ανωδομής των κρηπιδοτόχων τους, όσο και ως προς τις συνθήκες θεμελίωσης και την υψηλή σεισμικότητα των περιοχών αυτών. Τα κρηπιδώματα προβλέπονται και στις δύο περιπτώσεις από πλωτά κυψελωτά κιβώτια (caissons) ύψους 13.00 m και ανακουφιστικό πρίσμα από κίσσηρη. Το συνολικό μήκος των κρηπιδοτόχων είναι 600 m περίπου αρχικά και 2.000 m περίπου τελικά στο νέο λιμένα της Πάτρας και 660 m περίπου στο νέο λιμένα Ηγουμενίτσας. Η διάταξη των δύο έργων φαίνεται στα σχήματα 1 & 2.

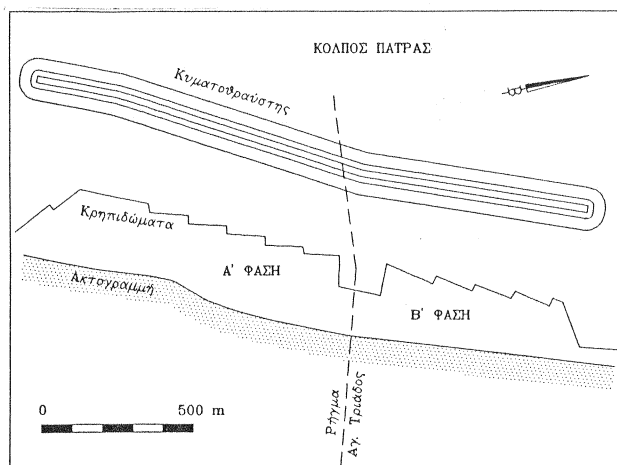
Η μέθοδος θεμελίωσης που επελέγη και για τα δύο έργα είναι παρεμφερής και αφορά τη βελτίωση των επιφανειακών μαλακών αργιλοϊλυωδών στρώσεων με προφόρτιση, επιταχυνόμενη με κατακόρυφα

συνθετικά στραγγιστήρια, και την εν συνεχεία ενίσχυση του ανώτερου τμήματος των στρώσεων αυτών, μόνο στην περιοχή των κρηπιδοτόχων, με χαλικοπασσάλους.

2. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα ανώτερα εδαφικά στρώματα στην περιοχή και των δύο έργων αποτελούνται από μαλακές αργιλοϊλίες σημαντικού πάχους, μεγάλης συμπίεστότητας και πολύ χαμηλής διατμητικής αντοχής. Επί πλέον, η σεισμικότητα και των δύο περιοχών είναι μεγάλη, ειδικότερα δε ο νέος λιμένας Πάτρας διασχίζεται εγκάρσια από το ενεργό ρήγμα Αγ. Τριάδος, το οποίο παρουσιάζει συνεχείς ερπυστικές μετακινήσεις καθ'όλο το μήκος του.

Οι εδαφικές συνθήκες κατά μήκος των κρηπιδοτόχων, όπως αυτές προσδιορίστηκαν για κάθε ένα από τα δύο έργα με δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και γεωφυσικές μεθόδους, φαίνονται στις γεωτεχνικές τομές των σχημάτων 3 και 4. Πιο αναλυτικά το υπέδαφος κατά μήκος των κρηπιδοτόχων



Σχήμα 1. Διάταξη νέου λιμένα Πάτρας.
Figure 1. Layout of new Patras harbor.

αποτελείται από τις εξής επί μέρους στρώσεις:

α) Λιμένας Πάτρας

Στρώμα 1: Τεφρή, μαλακή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης πλαστικότητας (CL) πάχους 10-25 m κατά μήκος των κρηπιδοδοίχων και γενικά μεγίστου πάχους 35 m.

Στρώμα 2α: Στιφρή ως σκληρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ με χαλίκια (CL-SC ή GC), πάχους 0-15 m.

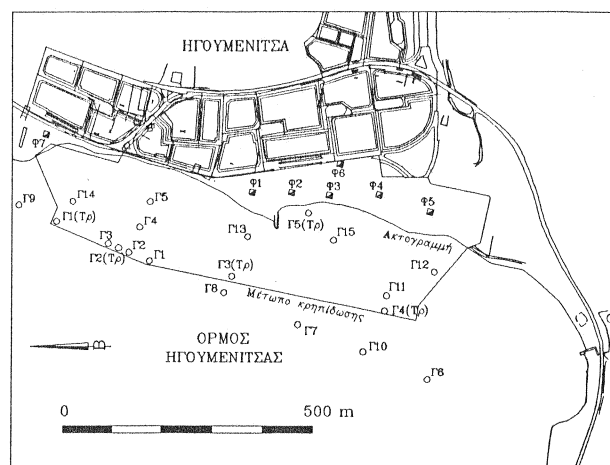
Στρώμα 2β: Αργιλώδες ως ιλυώδες ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ (GM-GC).

β) Λιμένας Ηγουμενίτσας

Στρώμα 1: Τεφρή, πολύ μαλακή ως μαλακή ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης ως υψηλής πλαστικότητας (CL2b-CH), πάχους 14-18 m.

Στρώμα 2α: ΑΜΜΟΣ με ΧΑΛΙΚΙΑ σε ποικίλοντα ποσοστά, με μικρό ποσοστό αργιλοίλλυος, πάχους 0-7 m, με σημαντική υδροφορία υπό αρτεσιανή πίεση.

Στρώμα 2β: Τεφρή ως καστανότεφρη



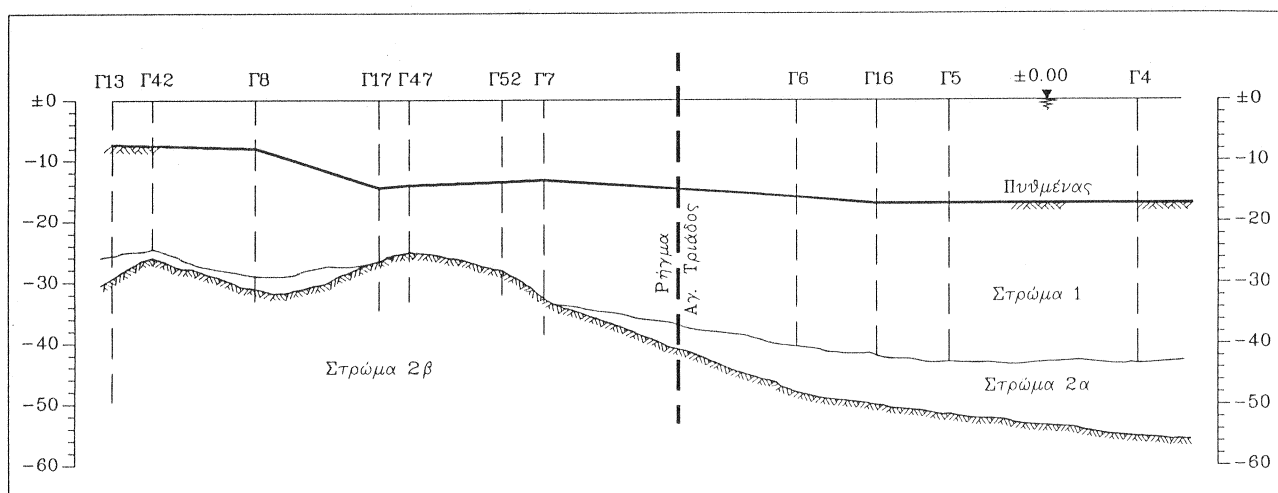
Σχήμα 2. Διάταξη νέου λιμένα Ηγουμενίτσας
Figure 2. Layout of new Igoumenitsa harbor.

στιφρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ ως αργιλώδης ΑΜΜΟΣ (CL-SC) με χαλίκια κατά θέσεις, πάχους 7-22 m κατά μήκος των κρηπιδοδοίχων.

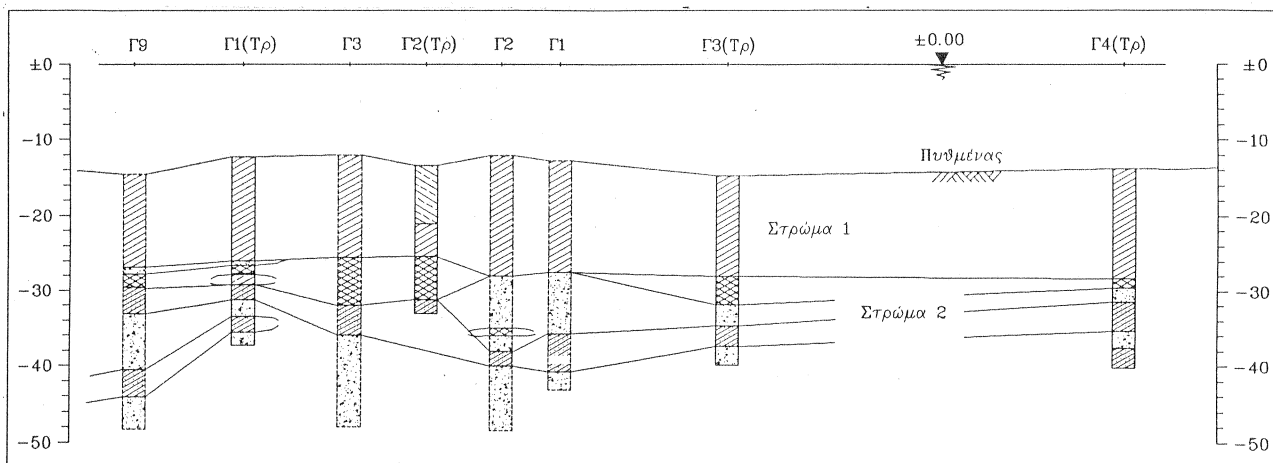
Στρώμα 2γ: Εναλλαγές ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΩΝ με άργιλο σε ποικίλοντα ποσοστά (GP-GC-GM-SC-SM) και στιφρής ως σκληρής αμμώδους ΑΡΓΙΛΟΥ μέσης ως υψηλής πλαστικότητας (CL-CH).

Στρώμα 3: Υπόλευκος μαργαϊκός ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ, που απαντήθηκε στο ΝΑ τμήμα του έργου και εμφανίζεται επιφανειακά νοτίως του όρμου της Ηγουμενίτσας.

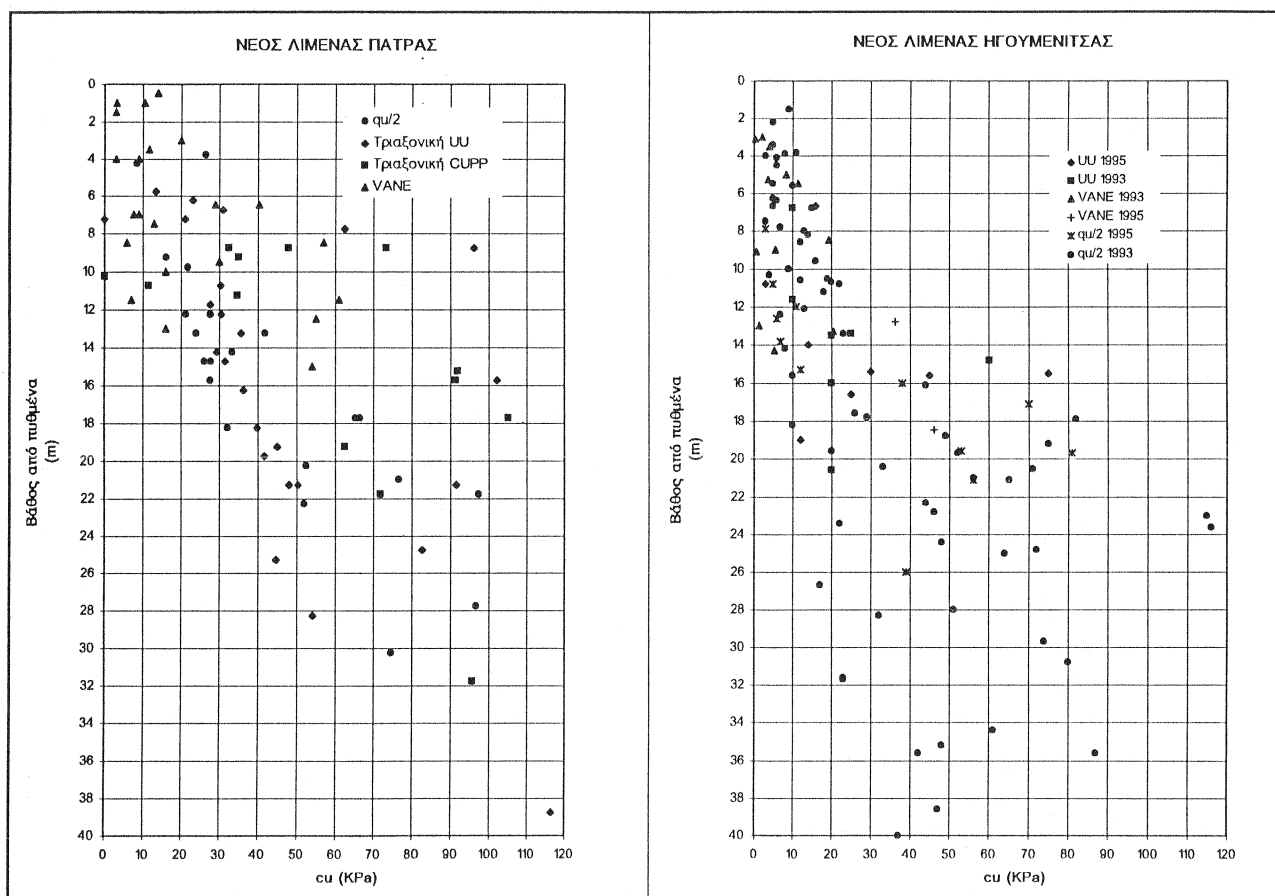
Η κατανομή της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής με το βάθος, όπως αυτή προσδιορίστηκε με επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές, φαίνεται στο σχήμα 5. Παρατηρείται γενικά μία ομαλή αύξηση της αντοχής με το βάθος, αρχίζοντας από σχεδόν μηδενικές τιμές κοντά στον πυθμένα, χαρακτηριστικό των κανονικά στερεοποιημένων αργίλων.



Σχήμα 3. Γεωτεχνική τομή κατά μήκος των κρηπιδοδοίχων - Νέος λιμένας Πάτρας.
Figure 3. Geotechnical profile along wharves - New Patras harbor.



Σχήμα 4. Γεωτεχνική τομή κατά μήκος των κρηπιδοτοίχων - Νέος λιμένας Ηγουμενίτσας.
Figure 4. Geotechnical profile along wharves - New Igoumenitsa harbor.



Σχήμα 5. Κατανομή c_u με το βάθος.
Figure 5. c_u distribution with depth.

Η κατανομή του c_u με το βάθος και ο λόγος $\Delta c_u / \Delta \sigma'_v$ που τελικά επελέγησαν για το σχεδιασμό των δύο έργων ήταν:

Πάτρα: $c_u = 2.00z$ (KPa)
 $\Delta c_u / \Delta \sigma'_v = 0.23$

Ηγουμενίτσα: $c_u = 1.75z$ (KPa)
 $\Delta c_u / \Delta \sigma'_v = 0.22$,

όπου z = βάθος από πυθμένα.

3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Οι δυσμενείς γεωτεχνικές συνθήκες και των δύο έργων δημιουργούν δύο ειδών προβλήματα. Το πρώτο πρόβλημα αφορά τις μεγάλες καθιζήσεις που αναμένονται λόγω των φορτίων αφ' ενός των επιχώσεων δημιουργίας χερσαίων χώρων και αφ' ετέρου του ίδιου

του κρηπιδοτοίχου. Το δεύτερο πρόβλημα αφορά τη γενική ευστάθεια κρηπιδοτοίχων-αντιστηριζομένων επιχώσεων και υποκειμένου αργιλικού εδάφους.

Μετά από εξέταση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων κρηπιδοτοίχων και θεμελιώσεων αυτών, όπως:

α) τοίχοι βαρύτητας ή προκατασκευασμένα κυψελωτά κιβώτια (caissons) θεμελιωμένοι πάνω σε βαθιά εξυγιαντική στρώση ή σε πασσάλους διαφόρων τύπων (έγχυτοι, μεταλλικοί, προκατασκευασμένοι),

β) πασσαλοστοιχίες ή πασσαλοσανίδες για τη δημιουργία του μετώπου κρηπιδώσης και ανωδομή κρηπιδότοιχου από οπλισμένο σκυρόδεμα στηριζόμενη επί πασσάλων διαφόρων τύπων και τέλος

γ) εξέδρα από προκατασκευασμένες πρό-πλακες και έγχυτο σκυρόδεμα, στηριζόμενη επί κατακορύφων και κεκλιμένων πασσάλων διαφόρων τύπων,

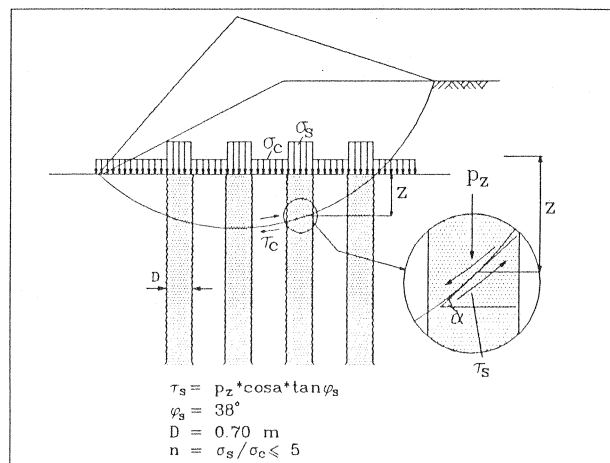
επελέγη τελικά η λύση των προκατασκευασμένων κυψελωτών κιβωτίων (caissons) με ανακουφιστικό πρίσμα από κίσηρη, με παράλληλη βελτίωση του επιφανειακού μαλακού αργιλοίλυδους στρώματος (στρώμα 1 των σχημάτων 3 & 4) στην περιοχή των κρηπιδοτοίχων. Η βελτίωση του στρώματος αυτού προβλέπεται να γίνει με προφόρτιση, επιταχυνόμενη με κατακόρυφα συνθετικά στραγγιστήρια εκτεινόμενα σε όλο σχεδόν το πάχος του, ήτοι 20 m στην Πάτρα και 16 m στην Ηγουμενίτσα, τοποθετούμενα σε κάναβο 1.5x1.5 m ως 2x2 m (η αποτελεσματικότητα των διαφόρων καννάβων παρουσιάζεται αργότερα). Η προφόρτιση γίνεται με επίχωμα εκτεινόμενο από τον πυθμένα μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας, ήτοι ύψους της τάξης των 10-16 m στην περιοχή των κρηπιδοτοίχων. Επίσης προβλέπεται η περαιτέρω ενίσχυση του επιφανειακού μαλακού στρώματος έναντι γενικής διατμητικής αστοχίας με τη βοήθεια χαλικοπασσάλων ονομαστικής διαμέτρου 0.60 m και μήκους 10 m (ήτοι μεγίστου βάθους 28 m από το δάπεδο εργασίας, που αποτελεί το μέγιστο τεχνικά εφικτό βάθος από την υπάρχουσα μέχρι το χρόνο σύνταξης της μελέτης κατασκευαστική εμπειρία), τοποθετούμενων σε κάναβο 2x2 m (βλ. ενδεικτική διάταξη στο σχήμα 6) και κατασκευαζομένων με τη μέθοδο της δονητικής αντικατάστασης (vibroreplacement).

Η επιλεγείσα λύση εξασφαλίζει, λόγω της προφόρτισης, αφ' ενός σημαντική μείωση των καθιζήσεων σε αποδεκτά επίπεδα (μείωση από 1.20-1.30 m σε 0.10 m περίπου), αφ' ετέρου δε αύξηση της διατμητικής

αντοχής της μαλακής αργίλου κατά το λόγο $\Delta c_u / \Delta \sigma'_v$ (αναμενόμενο $\Delta c_u \approx 20-30$ KPa). Επί πλέον, και επειδή η ως άνω επιτυγχανόμενη αύξηση της διατμητικής αντοχής δεν εξασφαλίζει επαρκή ασφάλεια του έργου τόσο κατά τη λειτουργία του όσο και κατά τη διάρκεια σεισμού, γίνεται περαιτέρω ενίσχυσή του με την τοποθέτηση των χαλικοπασσάλων. Σκοπός των χαλικοπασσάλων στην προκειμένη περίπτωση δεν είναι η μεταφορά φορτίων της ανωδομής σε κάποιο σταθερό υπόβαθρο, αλλά η προσθήκη στο έδαφος κατακορύφων στοιχείων υψηλής διατμητικής αντοχής τα οποία, διατενόμενα από μία πιθανή επιφάνεια ολίσθησης, παρέχουν πρόσθετη διατμητική αντίσταση. Η υψηλή διατμητική αντίσταση των χαλικοπασσάλων προέρχεται τόσο από το μεγαλύτερο αξονικό φορτίο το οποίο "έλκουν" εν σχέσει προς το περιβάλλον έδαφος, λόγω μεγαλύτερης κατακόρυφης ακαμψίας, όσο και από τα καλύτερα διατμητικά χαρακτηριστικά τους (γωνιώδη χαλίκια δονητικά συμπυκνωμένα). Στο σχήμα 6 φαίνεται η αρχή λειτουργίας των χαλικοπασσάλων και οι επιλεγείσες παράμετροι σχεδιασμού των.

Επί πλέον, και προκειμένου να επιταχυνθεί η χρονική εξέλιξη των καθιζήσεων στην περιοχή των επιχώσεων δημιουργίας χερσαίων χώρων, προβλέφθηκε η τοποθέτηση κατακορύφων συνθετικών στραγγιστηρίων μήκους 16 m (Ηγουμενίτσα) ως 20 m (Πάτρα), σε κάναβο 1.5x1.5 m ως 2x2 m μέχρι την ισοβαθή των -2.00 m και σε κάναβο 2.5x2.5 m στα μικρότερα βάθη.

Τέλος προκειμένου να ελεγχθούν οι παράμετροι σχεδιασμού και η κατασκευαστικότητα στραγγιστηρίων/χαλικοπασσάλων προβλέφθηκε η κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος που σχολιάζεται στη συνέχεια.



Σχήμα 6. Αρχή λειτουργίας χαλικοπασσάλων
Figure 6. Principle of stone column function.

4. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

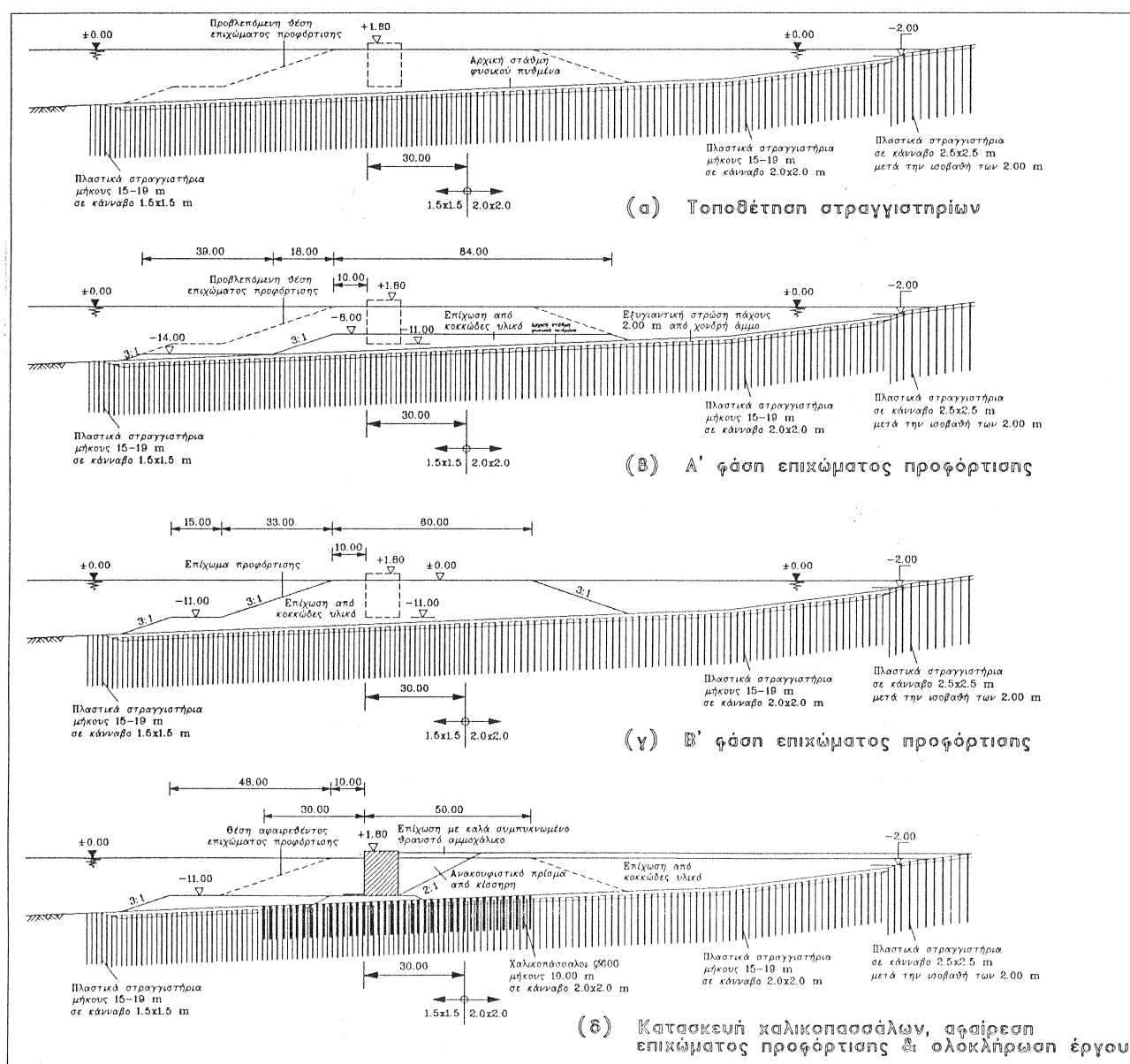
Προκειμένου να επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα βελτίωσης του εδάφους και κατασκευής των κρηπιδοτοιχών στο συντομότερο δυνατό χρόνο, οι εργασίες κατασκευής γίνονται σε διαδοχικές φάσεις, όπως περιγράφεται παρακάτω και παρουσιάζεται στο σχήμα 7. Παράλληλα γίνεται συνεχής παρακολούθηση της συμπεριφοράς του εδάφους με τη βοήθεια πλακών καθίζησης, πιεζομέτρων και αποκλισιομέτρων.

α) Εκσκαφή του πυθμένα σε βάθος 2.00 m, διάστρωση καθαρής χονδρόκοκκης άμμου ή/και λεπτών χαλίκων χωρίς λεπτόκοκκα, σε πάχος 1.00 m, τοποθέτηση συνθετικών στραγγιστηρίων σε όλη την έκταση του έργου από πλωτή ή αυτοανυψούμενη (jack-up)

εξέδρα και τέλος διάστρωση 1.00 m χονδρόκοκκου υλικού ως άνω.

β) Κατασκευή επιχώματος προφόρτισης, από κοκκώδες υλικό, στην περιοχή των κρηπιδωμάτων, μέχρι τη στάθμη -8.00 m, η στέψη του οποίου εκτείνεται 10 m εκτός μετώπου κρηπίδωσης και έχει πλάτος 84 m. Επίσης για λόγους ευστάθειας κατασκευάζεται κατόντη αντισταθμιστικό επίχωμα μέχρι τη στάθμη -14.00 m, πλάτους 39 m.

γ) Μετά παρέλευση 8-10 μηνών περίπου (ο ακριβής χρόνος θα προσδιοριστεί από την εξέλιξη της στερεοποίησης), κατασκευάζεται το υπόλοιπο του επιχώματος προφόρτισης μέχρι τη στάθμη της θάλασσας (± 0.00 m), η στέψη του οποίου εκτείνεται 10 m εκτός μετώπου κρηπίδωσης και έχει πλάτος 60 m. Επίσης επεκτείνεται το αντισταθμιστικό



Σχήμα 7. Διαδοχικές φάσεις κατασκευής κρηπιδοτοιχών.
Figure 7. Quay wall construction phases.

κό επιχώμα μέχρι τη στάθμη -11.00 m.

δ) Μετά παρέλευση 12-15 μηνών περίπου (ανάλογα και με την εξέλιξη της στερεοποίησης) γίνεται συμπλήρωση της στέψης του επιχώματος προφόρτισης με χονδρόκοκκο υλικό, προκειμένου να μπορούν να κινούνται επ' αυτού βαρέα μηχανήματα, και κατασκευάζονται από τη στάθμη της στέψης, και μόνο κατά μήκος των κρηπιδοτοίχων (βλ. διάταξη στο σχήμα 6), συμπυκνωμένοι χαλικοπάσσαλοι με τη μέθοδο της δονητικής αντικατάστασης (vibroreplacement), ονομαστικής διαμέτρου 0.60 m και ελάχιστης τελικής διαμέτρου 0.70 m, σε κάναβο 1.5x1.5 m ως 2x2 m, οι οποίοι εκτείνονται 10 m κάτω από τη στάθμη έδρασης του επιχώματος προφόρτισης (παλαιά στάθμη πυθμένα).

ε) Μετά το πέρας κατασκευής των χαλικοπασσάλων, ή και παράλληλα με αυτή, γίνεται τμηματική αφαίρεση των επιχώσεων προφόρτισης κατά μήκος της προβλεπόμενης θέσης των κρηπιδοτοίχων και συμπλήρωση με αυτές των επιχώσεων δημιουργίας χερσαίων χώρων, που θα έχουν στο μεταξύ καθιζήσει σημαντικά. Ακολούθως κατασκευάζονται οι λιθορριπές έδρασης και προστασίας ποδός μέχρι τη στάθμη -11.00 m.

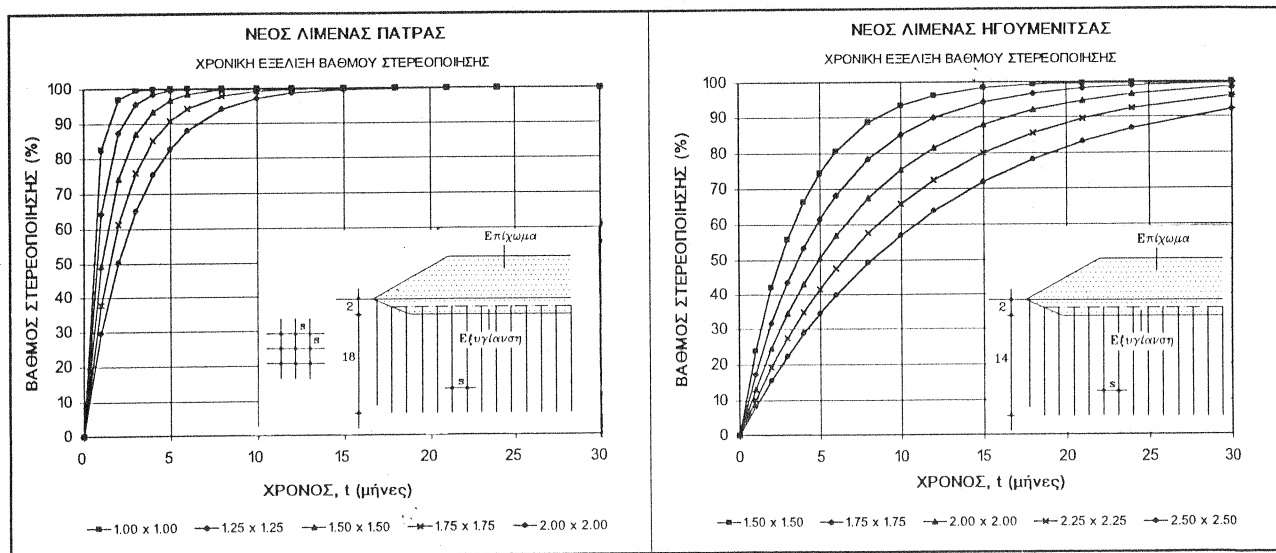
στ) Τέλος τοποθετούνται τα προκατασκευασμένα κιβώτια από σκυρόδεμα (caissons) πάνω στη λιθορριπή έδρασης και γίνεται μερική πλήρωσή τους με αδρανή, για να εξισορροπηθεί στη συνέχεια η ροπή ανατροπής από τις ωθήσεις γαιών. Στη συνέχεια κατασκευάζεται το ανακουφιστικό πρίσμα

από κίσσηρη μεταξύ κρηπιδοτοίχου και επιχώσεων δημιουργίας χερσαίων χώρων.

5. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο γεωτεχνικός σχεδιασμός των δύο έργων περιέλαβε μεταξύ άλλων:

α) Εκτιμήσεις της ταχύτητας εξέλιξης της στερεοποίησης για διάφορους καννάβους συνθετικών στραγγιστηρίων, προκειμένου να εκτιμηθεί η αύξηση της διατμητικής αντοχής με το χρόνο και να προβλεφθεί ο χρόνος διαδοχής των φάσεων προφόρτισης και κατασκευής. Οι εκτιμήσεις έγιναν κατά Barron (1948) και Hansbo (1981), τα δε αποτελέσματα συνοψίζονται στο σχήμα 8. Στις εκτιμήσεις αυτές ελήφθη υπόψη η μεγαλύτερη κατά την οριζόντια έννοια αναμενόμενη διαπερατότητα των αργίλων λόγω στρωσιγένειας και λεπτοτάτων αμμωδών ενστρώσεων, καθώς και η αναμενόμενη επιβράδυνση της στράγγισης στην περιοχή των στραγγιστηρίων λόγω της δημιουργίας ζώνης διατάραξης γύρω από αυτά κατά την τοποθέτησή τους. Η μειωμένη διαπερατότητα στη ζώνη αυτή, της τάξης μερικών χιλιοστών, οφείλεται στην αναζύμωση της αργίλου, στη διατάραξη της αρχικής της δομής και σε ένα λίγο-πολύ παραλληλισμό των πλακοειδών σωματιδίων της αργίλου με τη διεύθυνση έμπηξης των στραγγιστηρίων. Οι εκτιμήσεις της χρονικής εξέλιξης της στερεοποίησης προβλέπεται να διασταυρωθούν με τις μετρήσεις της πίεσης πόρων και των καθιζήσεων στα αντίστοιχα δοκιμαστικά επιχώματα.

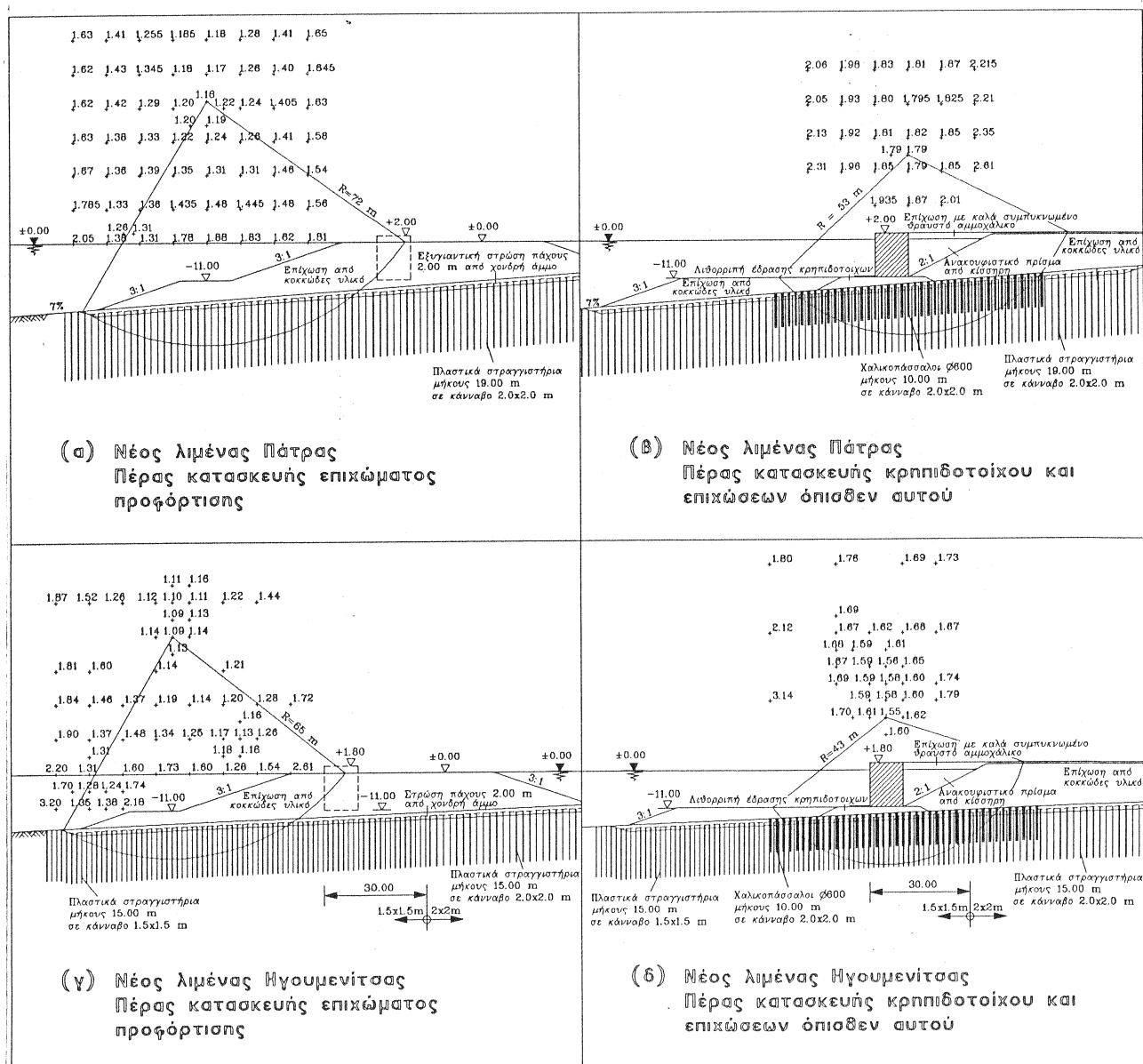


Σχήμα 8. Χρονική εξέλιξη στερεοποίησης επιταχυνόμενης με στραγγιστήρια.
Figure 8. Consolidation development accelerated by wick drains.

β) Έλεγχο γενικής ευστάθειας των κρηπιδοτοίχων και των όπισθεν αυτών επιχώσεων δημιουργίας χερσαίων χώρων στις διάφορες φάσεις προφόρτισης, κατασκευής και λειτουργίας (με και χωρίς σεισμό). Οι κρίσιμες επιφάνειες ολίσθησης και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφαλείας για τις κυριότερες φάσεις κατασκευής και λειτουργίας φαίνονται στο σχήμα 9. Στους ελέγχους αυτούς ελήφθη υπόψη τόσο η "χωρική" μεταβολή του c_u κατά πλάτος λόγω διαφορετικού βαθμού βελτίωσης και κατά βάθος λόγω αύξησης της αντοχής με το βάθος, όσο και η συμβολή των διατετασμένων χαλικοπασσάλων από τις εκάστοτε πιθανές επιφάνειες αστοχίας, λαμβάνοντας υπόψη το αναπτυσσόμενο σ' αυτούς αξονικό φορτίο (διάφορο κατά περιοχή). Το αξονικό

φορτίο των χαλικοπασσάλων εξαρτάται από:

- το μέγεθος του κατανεμημένου φορτίου στη στάθμη της κεφαλής τους.
- τη σχετική "ακαμψία" χαλικοπασσάλου-περιβάλλοντος εδάφους που εκφράζεται από το λόγο $n=Es/Ec$, όπου:
 Es = μέτρο συμπίεσης χαλικοπασσάλου
 Ec = μέτρο συμπίεσης περιβάλλοντος εδάφους
- τη φέρουσα ικανότητα των χαλικοπασσάλων τόσο στην περιοχή της κεφαλής (θραύση τριαξονικού τύπου) όσο και στην περιοχή της αιχμής (κρίσιμο όταν οι χαλικοπασσάλοι, όπως στην προκειμένη περίπτωση, είναι αιωρούμενοι) και το οποίο μπορεί τελικά (ιδίως σε μαλακά εδάφη) να καθορίζει την τιμή του λόγου $n=Es/Ec$.



Σχήμα 9. Αποτελέσματα αναλύσεων γενικής ευστάθειας σε διάφορες φάσεις κατασκευής.
 Figure 9. Overall stability analyses at various construction stages.

6. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΕΠΙΧΩΜΑ

Προκειμένου να ελεγχθεί:

- η αποτελεσματικότητα της μεθόδου κατασκευής στραγγιστηρίων και χαλικοπασσάλων, που θα ακολουθήσει ο Ανάδοχος του έργου,
- η παρουσιαζόμενη απόκλιση στη θέση των στραγγιστηρίων και χαλικοπασσάλων με την προτεινόμενη από τον Ανάδοχο μέθοδο χάραξης των θέσεων και υλοποίησης των και τέλος
- η ταχύτητα εξέλιξης του φαινομένου της στερεοποίησης στο στρώμα της αργίλου με ή χωρίς στραγγιστήρια, με σκοπό να προγραμματιστούν έγκαιρα οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής του έργου,

προβλέπεται η κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος διαστάσεων στέψης 30x60 m κατασκευαζόμενο σε κεντροβαρική θέση των δύο έργων, σε μέσο βάθος θάλασσας 5-7 m, κοντά σε υπάρχουσες θέσεις γεωτρήσεων.

Το δοκιμαστικό επίχωμα προβλέπεται να προηγηθεί οποιωνδήποτε εργασιών, η δε κατασκευή του θα ακολουθήσει τη σειρά εργασιών του επιχώματος προφόρτισης. Στο δοκιμαστικό επίχωμα προβλέπεται η τοποθέτηση οργάνων μέτρησης όπως:

- Πιεζόμετρα που εκτείνονται σε διάφορα βάθη μέσα στην άργιλο, για τη μέτρηση της πίεσης πόρων.
- Μεταλλικές πλάκες καθίζησης με κατακόρυφους μεταλλικούς δείκτες, τοποθετούμενες στη στάθμη έδρασης του επιχώματος, για τη μέτρηση των καθιζήσεων κάτω από το δοκιμαστικό επίχωμα.
- Αποκλισιόμετρα στην περιοχή των πρανών για την παρακολούθηση των οριζοντίων μετακινήσεων υπεδάφους και επιχώματος, τόσο λόγω πλευρικής εξώθησης όσο και λόγω πιθανής αστοχίας.

Επίσης προβλέπεται, μετά την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους της στερεοποίησης, η κατασκευή ορισμένου αριθμού χαλικοπασσάλων σε κάρναβο 2x2 m σε τμήμα του δοκιμαστικού επιχώματος, ορισμένοι από τους οποίους προβλέπεται να αποκαλυφθούν ή/και να υποβληθούν σε δοκιμαστική φόρτιση προκειμένου να ελεγχθούν τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τους.

Τέλος προβλέπεται η εκτέλεση πενετρομετρήσεων στη θέση του δοκιμαστικού επιχώματος πριν από την κατασκευή του, οι οποίες θα επαναληφθούν μετά το τέλος της δοκιμαστικής φόρτισης, προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός βελτίωσης της μαλακής αργίλου.

Στη φάση σύνταξης της παρούσας

ανακοίνωσης είναι υπό εξέλιξη η κατασκευή του ενός από τα δύο δοκιμαστικά επιχώματα (Ηγουμενίτσα) και δεν υπάρχουν ακόμα διαθέσιμα στοιχεία μετρήσεων.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θεμελίωση λιμενικών έργων που απαιτούν μεγάλης έκτασης επιχώσεις για τη δημιουργία χερσαίων χώρων, σε μαλακά αργιλοϊλυώδη εδάφη, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα αφ' ενός μεγάλων μακροχρόνιων καθιζήσεων και αφ' ετέρου γενικής ευστάθειας στην περιοχή των κρηπιδοτοιχών. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά προτείνεται:

α) Η χρήση κατακόρυφων συνθετικών στραγγιστηρίων για την επιτάχυνση των καθιζήσεων και την ολοκλήρωσή τους κατά τη διάρκεια κατασκευής.

β) Η βελτίωση των διατμητικών χαρακτηριστικών του εδάφους θεμελίωσης στην περιοχή των κρηπιδοτοιχών με προφόρτιση επιταχυνόμενη και πάλι με κατακόρυφα συνθετικά στραγγιστήρια.

γ) Η ενίσχυση της διατμητικής αντοχής του εδάφους στην περιοχή των κρηπιδοτοιχών με χαλικοπασσάλους σε κατά το δυνατόν πυκνή διάταξη και σε βάθος που να μειώνει τον κίνδυνο γενικής αστοχίας.

δ) Η χρήση "ελαφρού" κρηπιδοτόιχου και ανακουφιστικού πρίσματος, προκειμένου να μειωθούν τα φορτία στην κρίσιμη περιοχή των κρηπιδοτοιχών.

ε) Η κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος πριν από την κατασκευή του έργου προκειμένου να ληφθούν εγκαίρως ενόργανες μετρήσεις της συμπεριφοράς του εδάφους και να προγραμματισθούν σωστά οι διάφορες φάσεις κατασκευής του έργου.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΔΚ Α.Ε., ΤΡΙΤΩΝ Ε.Π.Ε. (1994)
"Οριστική Μελέτη Έργων Νέου Λιμένα Πατρών", ΥΠΕΧΩΔΕ, Διεύθυνση Λιμενικών Έργων, Λιμενικό Ταμείο Πατρών.
- ΑΔΚ Α.Ε., ΤΡΙΤΩΝ Ε.Π.Ε. (1995)
"Οριστική Μελέτη Νέου Λιμένα Ηγουμενίτσας - Α' Ολοκληρωμένη Φάση", Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ε.Υ.Δ.Ε.-Μ.Ε.Δ.Ε.
- BARRON R.A. (1948)
"Consolidation of Fine Grained Soils by Drain Wells", Transactions ASCE 113.
- HANSBO S. (1981)
"Consolidation of Fine Grained Soils by Prefabricated Drains", 10th International Conference SMFE, Stockholm.