

ΕΙΣΗΓΗΣΗ

ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ  
ΣΤΗ ΜΑΡΓΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΟΥ

Σ.ΠΑΠΑΣΠΥΡΟΥ, Δρ Πολιτικού Μηχανικού

## 1. Γ Ε Ν Ι Κ Α

Τα εδάφη πάνω στα οποία εδράζονται τα λιμενικά έργα είναι τις περισσότερες φορές αργιλώδη έως ιλυοαμμώδη και χαρακτηρίζονται από πολύ μικρή αντοχή. Τούτο προκαλεί δυσκολίες στη θεμελίωση με μικρές τάσεις έδρασης, μεγάλες καθιζήσεις, ήπιες κλίσεις πρανών εκσκαφής κλπ. Όλα αυτά έχουν δημιουργήσει γενικά μια δυσμενή εντύπωση, όσον αφορά τις θεμελιώσεις των λιμενικών έργων.

Αντίθετα όμως η μάργα του Πειραιά αποτελεί μια ευχάριστη είδηση, όταν συναντηθεί στη θεμελίωση, γιατί παρ'όλες τις ανομοιογένειες, τις ενστρώσεις μαλακής αργίλου και άλλες ατέλειες που περικλείει, δεν παύει να αποτελεί ένα ανθεκτικό υπόβαθρο, ικανό να δεχτεί τα φορτία των λιμενικών έργων.

Στις μελέτες και στην κατασκευή των λιμενικών έργων η μάργα εμφανίζεται κάτω από τρεις μορφές :

- (α) σαν έδαφος θεμελίωσης
- (β) σαν κατακόρυφη παρειά ή πρανές
- (γ) σαν εκσκαφή

## 2. Θ Ε Μ Ε Λ Ι Ω Σ Ε Ι Σ

Θα εξετάσουμε τους πιο συνηθισμένους τρόπους θεμελίωσης λιμενικών έργων και θα διερευνήσουμε πως επιδρά η ύπαρξη της μάργας στη διαμόρφωσή τους.

### 2.1. Έργα από λιθορριχές

Τα έργα αυτά που είναι τα απλούστερα λιμενικά έργα, δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα, διότι έχουν μεγάλες ανοχές καθιζήσεων και υποχωρήσεων του πυθμένα. Οι αργιλικοί κωμμοί ή θύλακες που περιλαμβάνονται στη μάργα δεν αποτελούν κίνδυνο για το έργο εκτός αν έχουν εξαιρετικά μεγάλη έκταση.

Δεν τοποθετείται επίσης υπόστρωμα άμμου μεταξύ μάργας και λιθορριπής, διότι ακόμη και τα αργιλικά τμήματα είναι αρκετά συνεκτικά, ώστε να μην ευνοούν τη μόλυνση της λιθορριπής.

## 2.2. Έργα με κατακόρυφα μέτωπα

Τα έργα με κατακόρυφα μέτωπα, δηλαδή κρηπιδώματα, μάλσι κλπ. εδράζονται στο έδαφος με τη μεσολάβηση μιας στρώσης λιθορριπής, η οποία έχει σκοπό να δανείζει τις τάσεις σε μεγαλύτερη επιφάνεια (Σχήμα 1.).

Στην περίπτωση της μάργας, το ανθεκτικό υπέδαφος μειώνει το ύψος και τον όγκο της λιθορριπής που απαιτείται για τη διανομή των τάσεων. Το απαιτούμενο ύψος της λιθορριπής καθορίζεται τότε με βάση γεωμετρικά και κατασκευαστικά κριτήρια. Σε μάλσι η σχέση ύψους λιθορριπής και κατακόρυφου μετώπου, η οποία είναι συνάρτηση οικονομικών στοιχείων, μπορεί έτσι να εξελιχθεί χωρίς περιορισμούς από το έδαφος θεμελίωσης.

Κάποια δυσκολία παρουσιάζεται, όταν η μάργα περιέχει αργιλικά τμήματα. Η δυσκολία προέρχεται κυρίως από το γεγονός, ότι τα μαλακά τμήματα, όταν είναι κατεσπαρμένα δεν εντοπίζονται εύκολα μέσα στη θάλασσα, επειδή δεν είναι ορατά. Εάν, λοιπόν, από τις έρευνες που έχουν προηγηθεί, διαπιστωθεί ότι η μάργα δεν είναι συμπαγής, τότε πρέπει γενικότερα να μειώνεται η τάση έδρασης σε όλη την έκταση του έργου ή του συγκεκριμένου τμήματος του έργου, όπου διαπιστώθηκε ο θύλακας (Σχήμα 2).

Οι τάσεις έδρασης των λιθορριπών στη συμπαγή μάργα μπορεί να είναι υψηλές και ρυθμίζονται με τα κριτήρια των μαλακών βράχων. Συνήθως εκλέγονται στην περιοχή 3 έως 8 KG/CM<sup>2</sup> ή και μεγαλύτερες. Στα αργιλικά τμήματα οι τάσεις καθορίζονται με τα γνωστά κριτήρια, που ισχύουν για τα συνεκτικά εδάφη, δηλαδή θραύση - καθίζηση. Εκλέγονται συνήθως μέχρι 1,50 KG/CM<sup>2</sup>. Η δυσκολία όμως, έγκειται στον καθορισμό του βάθους του συμπιεστού στρώματος.

Η εμπειρία υποδεικνύει ότι το βάθος των αργιλικών θυλάκων είναι μικρό και η άργιλος περιέχει σε σημαντικό ποσοστό συμπαγείς ογκολίθους, που είναι πρακτικά ασυμπιέστοι. Όλα αυτά πρέπει να παίρνονται υπόψη στην εκτίμηση των καθιζήσεων, γιατί σε αντίθετη περίπτωση ο υπολογισμός είναι εξαιρετικά δυσμενής.

### 2.3. Πασσαλώσεις

Η έδραση λοξών ή κατακορύφων πασσάλων ή φρεατοπασσάλων στην επιφάνεια ή μέσα στη μάζα της μάργας είναι ευνοϊκή. Εν τούτοις επειδή το υπόβαθρο συναντάται σε προσιτό βάθος σε όλη την περιοχή του λιμανιού έχουν προτιμηθεί ως τώρα οι επιφανειακές θεμελιώσεις.

Πάσσαλοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ίσως με ειδικά έργα (DOLFINs) ή σε θέσεις όπου η μάργα συναντάται σε μεγάλο βάθος.

Ο υπολογισμός, η κατασκευή και η εν γένει συμπεριφορά των πασσάλων αναπτύσσεται σε προηγούμενη ομιλία.

### 2.4. Σεισμική επικινδυνότητα

Επειδή οι θεμελιώσεις των λιμενικών έργων είναι πάντοτε βυθισμένες πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα ρενστοποίησης του εδάφους κατά τη διάρκεια του σεισμού.

Η συμπαγής μάργα, αργιλική ή ασβεστολιθική δεν κινδυνεύει από ρενστοποίηση διότι έχει επαρκή συνοχή.

Η αργιλική φάση της μάργας πρέπει να ελέγχεται αν πληρεί τις συνθήκες ρενστοποιήσιμου εδάφους.

## 3. ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ

Οι ωθήσεις γαιών που αναπτύσσονται σε κρανή ή τομές της μάργας του Πειραιά αναπτύχθηκαν σε προηγούμενη ομιλία και τα συμπεράσματά της επεκτείνονται γενικά και στα λιμενικά έργα.

Η συμπαγής μάργα μπορεί να κοπεί σε κατακόρυφο μέτωπο χωρίς να δίνει ωθήσεις.

Τα αργιλικά τμήματα όμως και η ύπαρξη αρμών ή διακλάσεων αλλάζουν τις συνθήκες ισορροπίας. Ιδιαίτερα, όταν οι διακλάσεις περιέχουν αργιλικό υλικό, η διατμητική αντοχή κατά μήκος της επιφάνειάς τους υποβιβάζεται μέχρι την αντίστοιχη αντοχή της αργίλου (Σχήμα 3).

Έτσι μια αρκετά συνηθισμένη εικόνα της μάργας που συνίσταται από συμπαγείς όγκους που περιβάλλονται από αργιλικό υλικό (Σχήμα 4), μακροσκοπικά και σε σύγκριση με την κλίμακα του έργου, εξομοιώνεται προς το αργιλικό υλικό. Τότε η διατμητική αντοχή του υλικού προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας εργαστηριακά στοιχεία της μαλακής φάσης της μάργας.

Χαρακτηριστικό στοιχείο των λιμενικών έργων, το οποίο κατά κάποιο τρόπο τα διαφοροποιεί από τα συνήθη οικοδομικά, είναι η κλίμακα του έργου. Το μέγεθος είναι πολύ μεγαλύτερο τόσο σε βάθος εκσκαφής όσο και σε έκταση.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ

##### 4.1. Εκσκαφές

Από την άποψη της εκσκαφιμότητας η μάργα ανήκει στους μαλακούς βράχους και παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες σε υποθαλάσσια εκσκαφή.

Τα εκκρηκτικά έχουν μικρή απόδοση και εφαρμόζονται μόνο σε συμπαγείς βόγκους. Παράλληλα οι αργιλικολί θύλακες έχουν πολύ μικρή έκταση και δεν διευκολύνουν την εκσκαφή για την οποία χρειάζεται βυθοκόρος.

##### 4.2. Πρανή

Τα πρανή ορυγμάτων μπορούν να κοπούν με απότομες κλίσεις από τελείως κατακόρυφα έως 2:1 εφόσον το πέτωμα είναι συμπαγές.

Αλλά σε περίπτωση που συναντηθούν διακλάσεις γεμάτες με αργιλικό υλικό ή ένσπρωση αργίλου, τότε όλο το πρανές πρέπει να διαταχθεί με ήπια κλίση τέτοια που να ανταποκρίνεται στο αργιλικό υλικό.

Σε περιπτώσεις που συναντώνται ογκόλιθοι συμπαγούς μάργας περιβαλλόμενοι από αργιλικό υλικό σε ακανόνιστη διάταξη, τότε η κλίση των πρανών εκσκαφής πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του αργιλικού υλικού δηλαδή της τάξεως του 1:1,5 έως 1:3.

#### ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Τελειώνοντας θέλω να τονίσω τους παράγοντες που διαφοροποιούν το λιμενικό έργο και οι οποίοι συνεπάγονται περισσότερο ή λιγότερο αυστηρά κριτήρια όσον αφορά τις παραδοχές και τους συντελεστές ασφαλείας.

Τα λιγότερο αυστηρά κριτήρια προέρχονται από το γεγονός ότι το λιμενικό έργο έχει :

- \* μεγαλύτερη ανοχή σε καθιζήσεις και οριζόντιες μετακινήσεις
- \* μικρότερη σεισμική επιβάρυνση.

Τα περισσότερο αυστηρά κριτήρια δικαιολογούνται, διότι το λιμενικό έργο:

- \* είναι δημόσιο έργο με αυξημένη σπουδαιότητα
- \* έχει μεγάλη διάρκεια ζωής
- \* είναι βυθισμένο σε νερά λιμανιού και έχει αποδειχθεί συχνά ότι τα νερά αυτά έχουν έντονες διαβρωτικές ικανότητες οι οποίες προσβάλλουν τον ασβεστόλιθο και είναι ενδεχόμενο να μειώνει τη συνοχή του πετρώματος.