

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΝΑΚΑΡΗ**

**ΜΠΑΛΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ , ΠΑΠΑΔΗΜΑΚΗΣ ΙΑΣΩΝ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο « Έργα αντιστήριξης για τη διάνοιξη της οδού Κανακάρη» εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας. Το θέμα της εργασίας αφορά τη Διάνοιξη της οδού Κανακάρη , έργο υποδομής και βρίσκεται στην περιοχή της Πάτρας. Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη ως εποπτεύουσα για την εκπόνηση της εργασίας μας και τον κύριο Γεώργιο Σπηλιωτόπουλο (πολ. Μηχανικός Msc), Διευθυντή του τμήματος Έργων υποδομής του Δήμου Πατρέων για την βοήθεια του. Επίσης, ευχαριστούμε θερμά τον κύριο Παπαδιώτη Ιωάννη (Εργοδηγός) και την κυρία Μαρματάκη Αιμιλία (πολ. Μηχανικός Msc και Εργοταξίαρχης) για την πρόσβαση στο έργο και τις πολύτιμες πληροφορίες που μας παρείχαν.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή έχει ως στόχο την παρουσίαση και ανάλυση των έργων αντιστήριξης για τη διάνοιξη της οδού Κανακάρη. Η εργασία απαρτίζεται από 6 κεφάλαια.

- Στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στα γεωτεχνικά δεδομένα και συγκεκριμένα η περιγραφή του εδάφους από τις γεωτρήσεις, γραφήματα τομών εδαφικής στρωματογραφίας, καθώς και πίνακες αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης εδάφους.
- Στο κεφάλαιο 2 που ακολουθεί πραγματοποιείται αναφορά στην προετοιμασία του εργοταξίου, στις γενικές εκσκαφές και την αρχική διαμόρφωση των πρανών, καθώς και στα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν.
- Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η κατασκευή συρματοκιβωτίων (σαραζανέτ), ο τρόπος τοποθέτησης τους, η διαδικασία συγκρότησης τους και αναλύεται η λειτουργία τους στο έργο.
- Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης θεμελιωμένος επι πασσάλων. Γίνεται αναφορά της θεωρητικής λειτουργίας των πασσάλων και περιγράφεται λεπτομερώς όλα τα στάδια κατασκευής του τοίχου.
- Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την αποστράγγιση του εδάφους και των κατασκευών αντιστήριξης. Αυτές οι εργασίες περιλαμβάνουν την τοποθέτηση στραγιστηρίων στη βάση των σαραζανέτ, τοποθέτηση σωλήνων PVC στη πασσαλοστοιχία και την εφαρμογή τρισδιάστατου γεωπλέγματος στα πρανή.
- Τέλος, το κεφάλαιο 6 αποτελείται από 2 μέρη. Στο πρώτο μέρος περιγράφει τα όργανα παρακολούθησης τυχών μετατόπισης του συστήματος αντιστήριξης και στο δεύτερο μέρος, η μέθοδος δοκιμαστικής φόρτισης πασσάλων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |     |
|--|-----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....                                    | ii  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                   | iii |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....                                | iv  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                   | vii |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....                    | 1   |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....                      | 1   |
| 1.1 ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ .....          | 3   |
| 1.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ .....                         | 6   |
| 1.3 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ.....                              | 9   |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....                    | 11  |
| ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ..... | 11  |
| 2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ.....                 | 11  |
| 2.2 ΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΑΝΩΝ .....                         | 14  |
| 2.3 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....         | 15  |
| 2.3.1 Εκσκαφείς.....                             | 15  |
| 2.3.2 Φορτηγά .....                              | 17  |
| 2.3.3 Προωθητής.....                             | 18  |
| 2.3.4 Φορτωτές.....                              | 18  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....                    | 20  |
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ .....                        | 20  |
| 3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....                                 | 20  |
| 3.2 ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ.....                   | 22  |
| 3.3 ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ .....            | 23  |
| 3.4 ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ ΣΤΟ ΕΡΓΟ. ....         | 24  |
| 3.4.1 Πρώτος τοίχος σαραζανέτ .....              | 24  |
| 3.4.2 Δεύτερος τοίχος σαραζανέτ.....             | 25  |
| 3.4.3 Τρίτος τοίχος σαραζανέτ .....              | 26  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....                    | 28  |

|   |    |
|---|----|
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ .....                                | 28 |
| 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 28 |
| 4.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....   | 30 |
| 4.2.1 Φέρουσα ικανότητα μεμονωμένων πασσάλων .....                              | 31 |
| 4.2.2 Έγχυτοι πάσσαλοι σε άργιλο .....  | 32 |
| 4.2.3 Συνάφεια $c_a$ .....  | 33 |
| 4.2.4 Έγχυτοι πάσσαλοι σε άμμο .....  | 34 |
| 4.2.5 Συντελεστής ασφαλείας .....   | 35 |
| 4.2.6 Ομάδες πασσάλων .....   | 36 |
| 4.2.7 Απόσταση των πασσάλων .....   | 36 |
| 4.2.8 Φορτιζόμενη ζώνη .....  | 36 |
| 4.2.9 Διακύμανση φορτίου .....  | 37 |
| 4.2.10 Απόδοση .....  | 38 |
| 4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....  | 39 |
| 4.3.1 Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης με αντηρίδες θεμελιωμένος επί πασσάλων .... | 48 |
| 4.3.2 Κατασκευή κεφαλόδεσμου πασσάλων στα θεμέλια του τοίχου .....              | 50 |
| 4.3.3 Κατασκευή αντηρίδων .....   | 50 |
| 4.3.4 Τελική μορφή προβόλου .....   | 55 |
| 4.3.5 Εικόνες Google Earth .....  | 56 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....   | 59 |
| ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ .....  | 59 |
| 5.1 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ .....                                     | 59 |
| 5.2 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΤΟΙΧΙΑΣ .....                                   | 61 |
| 5.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΑΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ .....                     | 62 |
| 5.3.1 Αντιδιαβρωτική λειτουργία γεωσυνθετικών υλικών .....                      | 63 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> .....   | 65 |
| ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....                   | 65 |
| 6.1 ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ .....                     | 65 |
| 6.1.1 Αποκλισιόμετρα .....  | 65 |
| 6.1.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ .....   | 66 |
| 6.1.1.2 Περιγραφή οργάνου .....   | 67 |
| 6.1.1.3 Υπολογισμός αθροίσματος οριζόντιας απόκλισης .....                      | 71 |
| 6.1.2 Κλισιόμετρα .....   | 71 |
| 6.1.2.1 Περιγραφή οργάνου .....   | 71 |
| 6.1.2.2 Μετρήσεις κλισιμέτρων .....   | 73 |
| 6.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ .....   | 74 |
| 6.2.1 Πάσσαλοι αντίδρασης .....   | 74 |
| 6.2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....   | 75 |
| 6.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....  | 76 |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 77

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βάσει της πτυχιακής εργασίας είναι το έργο της διάνοιξης της οδού Κανακάρη, που βρίσκεται στην πόλη της Πάτρας και συγκεκριμένα στη περιοχή της Γούβας. Είναι ένα έργο οδοποιίας του οποίου ο σκοπός είναι η αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας του κέντρου της Πάτρας , καθώς και η επέκταση – διεύρυνση του κυκλοφοριακού δικτύου της. Με την ολοκλήρωση αυτού του έργου κατασκευάζεται τμήμα οδικού δικτύου το οποίο ενώνει την οδό Κανακάρη από το ύψος της οδού Πατρών – Κορίνθου μέχρι το ύψος της οδού Πουκεβίλ , καθώς η οδός Κανακάρη διασχίζει την Πάτρα από την αρχή μέχρι την άλλη άκρη της. Έτσι, θα οριστεί η οδός Κορίνθου ως αρτηρία εισόδου προς την πόλη της Πάτρας και η οδός Κανακάρη ως εξόδου από αυτή. Άμεσο αποτέλεσμα της ολοκλήρωσης αυτού του έργου είναι η αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας από το κέντρο της πόλης και η απαλοιφή παρακάμψεων από το Δασύλλιο. Το έργο περιλαμβάνει διανοίξεις σε 2 τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι μεταξύ των οδών Πουκεβίλ και Γκότση , ενώ το δεύτερο μεταξύ των οδών Νόρμαν και Αγίας Σοφίας. Στην εργασία μας περιγράφονται τα έργα αντιστήριξης καθώς και αυτά που τα περιβάλλουν για τη διάνοιξη του δεύτερου τμήματος.

Ο στόχος της πτυχιακής είναι να παρουσιάσει τα έργα αντιστήριξης που κατασκευάστηκαν στο έργο της διάνοιξης Κανακάρη παρουσιάζοντας τόσο την θεωρητική τους υπόσταση, όσο και την ρεαλιστική τους εφαρμογή στην πραγματικότητα. Αυτό επιτεύχθηκε αναλύοντας τις αρχές που διέπουν μία κατασκευή αντιστήριξης, τον τρόπο κατασκευής τους στο πεδίο του εργοταξίου της ίδιας της κατασκευής και των έργων που την περιβάλλουν, και όλες τις προεργασίες , θεωρητικές και κατασκευαστικές, ώστε να διαμορφωθούν οι συνθήκες για την κατασκευή των έργων αντιστήριξης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Για την κατασκευή του έργου και την ασφαλή αντιστήριξη των πρανών, απαραίτητη είναι η έρευνα για το προσδιορισμό του είδους του εδάφους και των τεχνικών χαρακτηριστικών του. Σύμφωνα από τις εργαστηριακές δοκιμές και αναλύσεις του Πανεπιστημίου Πατρών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών προέκυψαν τα παρακάτω γεωτεχνικά δεδομένα.

Τα γεωτεχνικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα Τεχνική Έκθεση βασίζονται στα αποτελέσματα παλαιότερης γεωτεχνικής διερεύνησης στη θέση του έργου (Μάρτιος 2008) καθώς και σε πιο πρόσφατη διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης (Νοέμβριος 2009). Συγκεκριμένα, αξιολογούνται τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας του Μαρτίου 2008, η οποία περιέλαβε τη διεξαγωγή των γεωτρήσεων Γ-1, Γ-2, Γ-3 και Γ-4. Στο Σχ. 1.1 παρουσιάζεται δορυφορική φωτογραφία (Google Earth) της περιοχής του έργου στην οποία σημειώνεται ο άξονας της διάνοιξης της οδού Κανακάρη, οι θέσεις των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και οι εγκάρσιες Τομές (3-3, 6-6 και 12-12) που χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις ευστάθειας. Όπως φαίνεται στο ανωτέρω σχήμα οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις Γ-2, Γ-3 και Γ-4 της παλαιότερης γεωτεχνικής έρευνας (Μάρτιος 2008) διεξήχθησαν σε θέσεις ανάντη του άξονα της διάνοιξης.

Οι θέσεις των τριών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων της νέας γεωτεχνικής έρευνας (γεωτρήσεις: ΓΝ-1, ΓΝ-2 και ΓΝ-3) σημειώνονται στο Σχ. 1.1. Οι γεωτρήσεις αυτές διανοίχθηκαν σε οριζοντιογραφικά συμμετρικές θέσεις –ως προς τον άξονα της χάραξης- με αυτές των γεωτρήσεων Γ-2, Γ-3 και Γ-4, αλλά σε χαμηλότερο υψόμετρο, κατάντη του άξονα της διάνοιξης.

Με βάση τα αποτελέσματα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και τα στοιχεία από τις διαθέσιμες γεωλογικές μελέτες διαπιστώνεται ότι στην περιοχή του έργου η εδαφική τομή περιλαμβάνει την ακόλουθη στρωματογραφία, αρχίζοντας από την εδαφική επιφάνεια:

ΣΤΡΩΣΗ 1: Επιφανειακή στρώση φυτικών γαιών, κυμαινόμενου πάχους από 0.40m έως 4.0m.

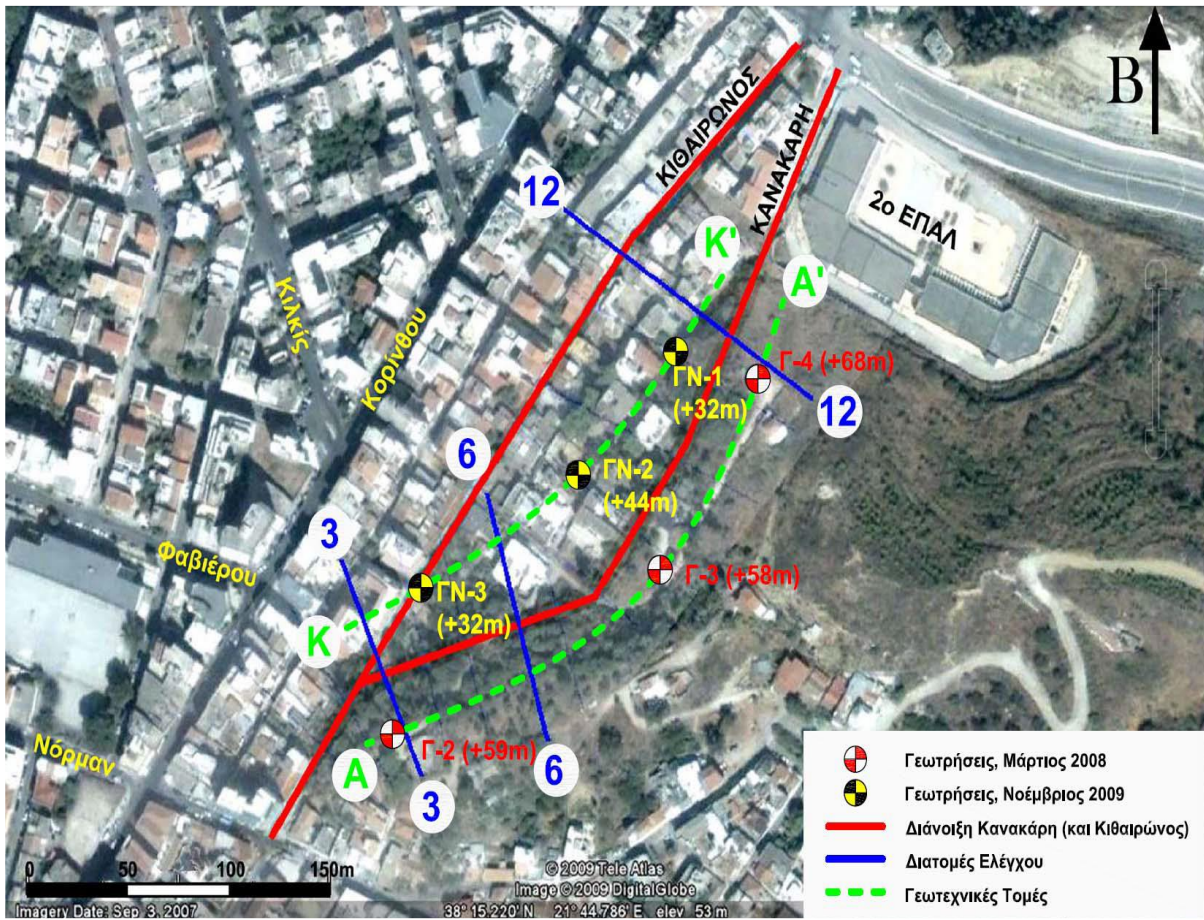
ΣΤΡΩΣΗ 2: Καστανού και τοπικά καστανότεφρου χρώματος, μέτρια στιφρή έως πολύ πυκνή Ιλυώδης Άμμος (ML) χαμηλής πλαστικότητας.

ΣΤΡΩΣΗ 3: Τεφρού και τοπικά καστανότεφρου χρώματος, πολύ σκληρή Ιλυώδης Άργιλος (CL) χαμηλής πλαστικότητας, με ενστρώσεις καστανής άμμου.

ΣΤΡΩΣΗ 4: Τεφρού και τοπικά καστανότεφρου χρώματος πολύ σκληρή Άργιλος (CL) χαμηλής πλαστικότητας, με κατά τόπους ενστρώσεις άμμου, όστρακα και οργανικά.

Επισημαίνεται ότι σε καμία από τις γεωτρήσεις (των οποίων το βάθος από την επιφάνεια του εδάφους κυμάνθηκε από 20m έως 50m) δεν συναντήθηκε ο φρεάτιος ορίζοντας.



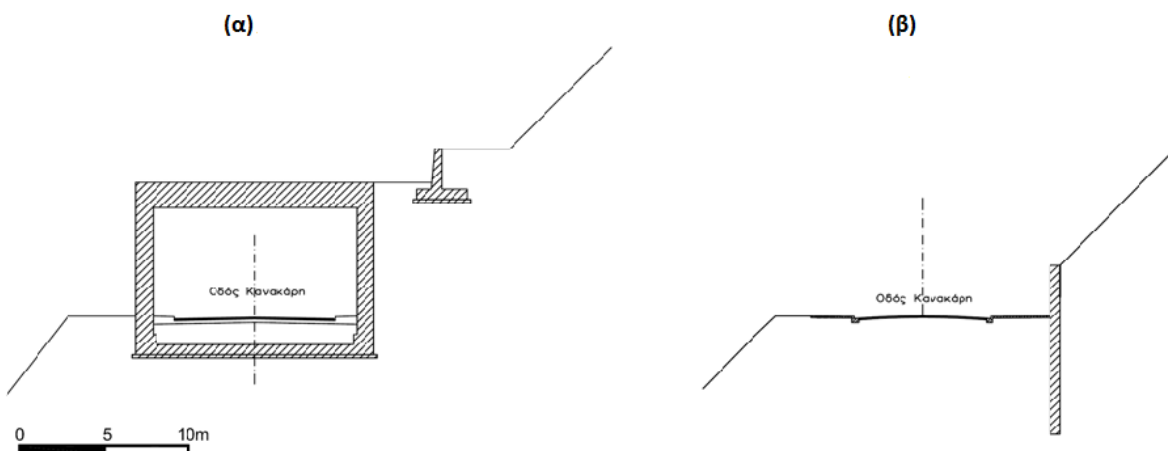


Σχήμα 1.1. Δορυφορική φωτογραφία της περιοχής διάνοιξης του εξεταζόμενου τμήματος της οδού Κανακάρη με τις θέσεις των γεωτρήσεων, των θέσεων των εδαφικών τομών Α-Α' και Κ-Κ' και των διατομών 3-3, 6-6 και 12-12

Για τη διάνοιξη της οδού Κανακάρη στο 2<sup>ο</sup> τμήμα εξετάστηκαν δύο λύσεις:

- (α) κλειστής διατομής
- (β) ανοιχτής διατομής

και παρουσιάζονται στο σχήμα 1.2



Σχήμα 1.2 Οι δύο εξεταζόμενες λύσεις διάνοιξης της οδού για το 2<sup>ο</sup> τμήμα της διάνοιξης ( Νόρμαν – Αγ. Σοφίας )

Στη μέθοδο (α) προτείνεται λύση κλειστής διατομής με κατασκευή σήραγγας, ενώ στη μέθοδο (β) προτείνεται η λύση της ανοικτής διατομής με κατασκευή τοίχου για την αντιστήριξη του λόφου. Τελικά, επιλέχθηκε η μέθοδος ανοικτής διατομής ως η πιο συμφέρουσα και αισθητικά ορθή για την σύνδεση του έργου με το σχέδιο πόλεως.

Αφού έγιναν οι γεωτρήσεις για το προσδιορισμό του εδάφους και οι σχετικοί έλεγχοι, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες αποτελεσμάτων ανάλυσης εδάφους, οι εδαφικές τομές και τα διαγράμματα των γεωτρήσεων. Οι εδαφικές τομές που προέκυψαν είναι 3 κατά πλάτος (3-3, 6-6, 12-12) και 2 κατά μήκος (Α-Α' και Κ-Κ').

### 1.1 ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (m) | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%) | ΟΡΙΑ ATTERBERG |        |        | ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_t$ (kN / m <sup>3</sup> ) | ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_d$ (kN / m <sup>3</sup> ) | % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ |       |       | ΣΥΜΒΟΛ. ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (U.S.C.S.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--|--|--------------|-------|-------|--|
|          |                     |                      | LL (%)         | PL (%) | PI (%) |  |  | ΧΑΛΙΚΕΣ      | ΑΜΜΟΣ | ΛΕΠΤΑ |  |
| Γ-2      | 4.00                | 11.9                 | 38.20          | 15.80  | 22.40  |  |  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 5.00                | 14.2                 | 51.60          | 17.90  | 33.70  |  |  | 0            | 4     | 96    | CH   |
|          | 7.00                | 5.4                  | 22.30          | 16.90  | 5.40   |  |  | 1            | 40    | 59    | CL-ML  |
|          | 9.00                | 4.0                  | 22.70          | 19.00  | 3.70   |  |  | 2            | 50    | 48    | SM   |
|          | 11.00               | 9.3                  | 27.90          | 14.60  | 13.30  |  |  | 6            | 22    | 72    | CL   |
|          | 13.00               | 7.5                  | 25.80          | 14.80  | 11.00  |  |  | 1            | 21    | 78    | CL   |
|          | 16.00               | 6.8                  | 24.30          | 15.40  | 8.90   |  |  | 0            | 22    | 78    | CL   |
|          | 17.85               |                      | 24.80          | 14.60  | 10.20  |  |  | 1            | 22    | 77    | CL   |
|          | 19.00               | 7.7                  | 26.00          | 14.10  | 11.90  |  |  | 1            | 20    | 79    | CL   |
|          | 20.00               |                      | 33.90          | 15.70  | 18.20  |  |  | 2            | 11    | 87    | CL   |
|          | 22.00               | 17.4                 | 39.30          | 18.70  | 20.60  | 21.24  | 18.09  | 0            | 6     | 94    | CL   |
|          | 27.50               |                      | 48.90          | 20.30  | 28.60  |  |  | 1            | 6     | 93    | CL   |
|          | 30.00               | 16.7                 | 30.10          | 12.90  | 17.20  | 21.36  | 18.30  | 0            | 22    | 78    | CL   |
|          | 32.00               | 16.8                 | 42.00          | 19.50  | 22.50  | 21.34  | 18.27  | 0            | 0     | 100   | CL   |
|          | 34.00               |                      | 31.20          | 18.40  | 12.80  |  |  | 3            | 9     | 88    | CL   |
|          | 39.00               | 18.2                 | 45.30          | 18.20  | 27.10  | 20.63  | 17.45  | 0            | 2     | 98    | CL   |
| 42.70    | 18.8                | 44.30                | 17.30          | 27.00  | 20.46  | 17.22  | 0  | 2            | 98    | CL    |  |

Πίνακας 1.1 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης (γεώτρηση Γ-2).

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (m) | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%) | ΟΡΙΑ ATTERBERG |        |        | ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_t$ (kN / m <sup>3</sup> ) | ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_d$ (kN / m <sup>3</sup> ) | % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ |       |       | ΣΥΜΒΟΛ. ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (U.S.C.S.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--|--|--------------|-------|-------|--|
|          |                     |                      | LL (%)         | PL (%) | PI (%) |  |  | ΧΑΛΙΚΕΣ      | ΑΜΜΟΣ | ΛΕΠΤΑ |  |
| Γ-3      | 4.00                | 11.9                 | N.P.           | N.P.   | N.P.   |  |  | 1            | 50    | 49    | SM   |
|          | 7.00                | 9.5                  | 22.20          | 15.70  | 6.50   |  |  | 0            | 35    | 65    | CL-ML  |
|          | 10.00               | 4.4                  | N.P.           | N.P.   | N.P.   |  |  | 7            | 77    | 16    | SM   |
|          | 12.00               |                      | N.P.           | N.P.   | N.P.   |  |  | 1            | 78    | 21    | SM   |
|          | 13.00               |                      | 29.00          | 12.00  | 17.00  |  |  | 3            | 16    | 81    | CL   |
|          | 14.00               | 17.7                 | 49.90          | 17.60  | 32.30  | 20.00  | 16.99  | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 17.00               |                      | 33.30          | 15.50  | 17.80  |  |  | 0            | 4     | 96    | CL   |
|          | 19.00               |                      | 40.30          | 15.60  | 24.70  |  |  | 1            | 5     | 94    | CL   |
|          | 21.50               |                      | 49.70          | 14.30  | 35.40  |  |  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 26.00               | 23.4                 | 43.90          | 17.50  | 26.40  | 19.71  | 15.97  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 28.00               | 18.4                 | 52.00          | 15.50  | 36.50  | 20.87  | 17.63  | 1            | 3     | 96    | CH   |

Πίνακας 1.2 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης (γεώτρηση Γ-3).

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (m) | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%) | ΟΡΙΑ ATTERBERG |        |        | ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_t$ (kN / m <sup>3</sup> ) | ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_d$ (kN / m <sup>3</sup> ) | % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ |       |       | ΣΥΜΒΟΛ. ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (U.S.C.S.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--|--|--------------|-------|-------|--|
|          |                     |                      | LL (%)         | PL (%) | PI (%) |  |  | ΧΑΛΙΚΕΣ      | ΑΜΜΟΣ | ΛΕΠΤΑ |  |
| Γ-4      | 2.65                |                      | 27.80          | 15.90  | 11.90  |  |  | 7            | 31    | 62    | CL   |
|          | 4.85                |                      | 17.40          | 12.80  | 4.60   |  |  | 36           | 46    | 18    | SC-SM  |
|          | 5.85                |                      | 18.50          | 12.90  | 5.60   |  |  | 39           | 41    | 20    | SC-SM  |
|          | 8.50                | 14.9                 | 32.80          | 20.10  | 12.70  | 19.62  | 17.07  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 10.80               | 9.5                  | 19.60          | 17.10  | 2.50   | 19.60  | 17.89  | 0            | 30    | 70    | ML   |
|          | 12.65               | 13.9                 | 26.70          | 17.40  | 9.30   | 20.03  | 17.59  | 0            | 4     | 96    | CL   |
|          | 14.40               | 15.0                 | 50.70          | 19.40  | 31.30  | 20.64  | 17.95  | 0            | 5     | 95    | CH   |
|          | 15.80               | 16.1                 | 40.10          | 18.20  | 21.90  | 20.40  | 17.58  | 0            | 4     | 96    | CL   |
|          | 16.85               | 14.1                 | 44.60          | 15.90  | 28.70  | 21.41  | 18.76  | 1            | 1     | 98    | CL   |
|          | 17.90               |                      | 22.40          | 17.80  | 4.60   |  |  | 0            | 18    | 82    | CL-ML  |
|          | 18.80               | 17.1                 | 25.80          | 14.80  | 11.00  | 20.29  | 17.33  | 0            | 18    | 82    | CL   |
|          | 19.65               | 14.3                 | 32.90          | 14.30  | 18.60  | 21.55  | 18.86  | 0            | 5     | 95    | CL   |
|          | 20.45               | 17.0                 |                |        |        | 20.38  | 17.41  |              |       | 100   |  |
|          | 21.80               |                      | 47.10          | 19.20  | 27.90  |  |  | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 22.35               | 17.3                 |                |        |        | 20.39  | 17.39  |              |       | 100   |  |
|          | 23.75               | 16.9                 | 32.50          | 18.80  | 13.70  | 20.66  | 17.67  | 0            | 5     | 95    | CL   |
|          | 24.85               | 15.8                 | 43.20          | 16.90  | 26.30  | 21.15  | 18.26  | 0            | 4     | 96    | CL   |
|          | 26.85               | 14.0                 | 45.30          | 16.60  | 28.70  | 21.11  | 18.52  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 27.85               | 15.2                 | 29.60          | 14.90  | 14.70  |  |  | 0            | 7     | 93    | CL   |
| 28.85    | 15.2                | 27.90                | 14.90          | 13.00  | 19.05  | 16.53  | 0  | 9            | 91    | CL    |  |
| 30.55    | 23.0                | 36.00                | 17.00          | 19.00  | 20.81  | 16.92  | 0  | 1            | 99    | CL    |  |
| 31.35    | 20.8                | 31.00                | 17.40          | 13.60  | 20.16  | 16.68  | 0  | 6            | 94    | CL    |  |

Πίνακας 1.3 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης (γεώτρηση Γ-4).

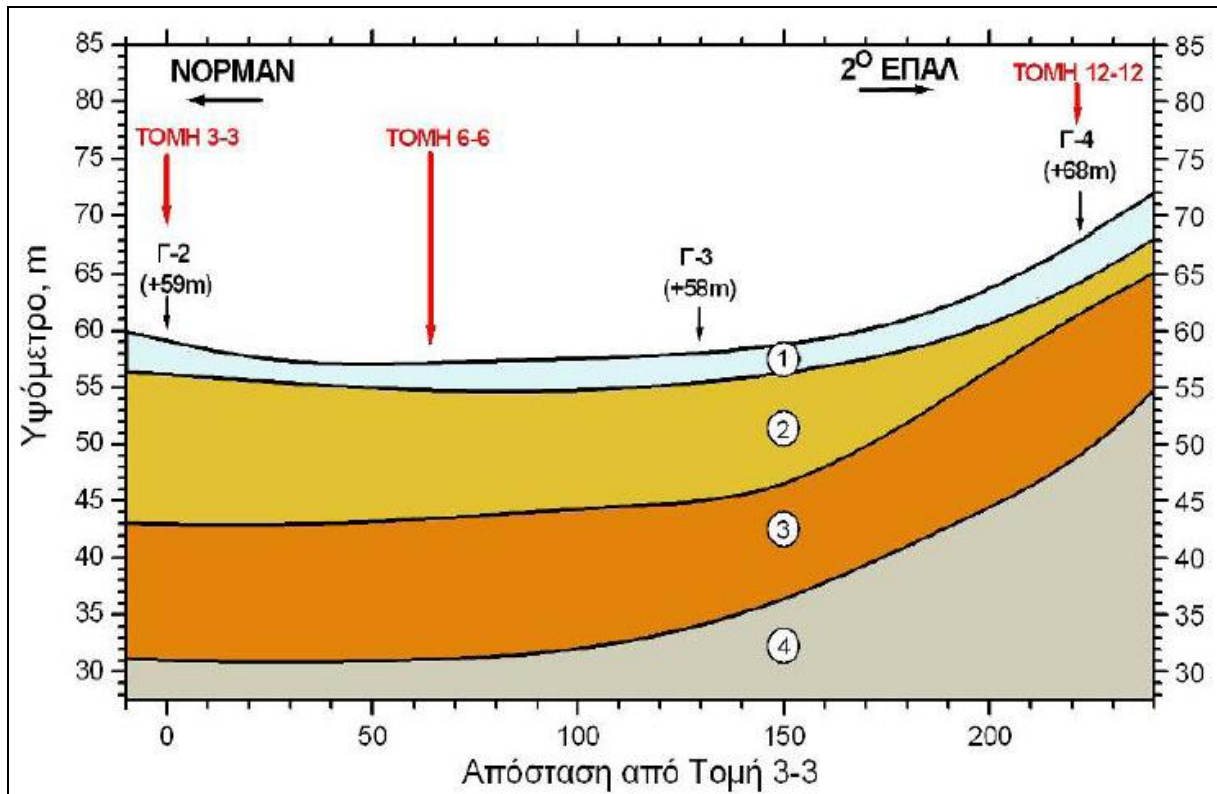
| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (m) | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%) | ΟΡΙΑ ATTERBERG |        |        | ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_t$ (kN / m <sup>3</sup> ) | ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_d$ (kN / m <sup>3</sup> ) | % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ |       |       | ΣΥΜΒΟΛ. ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (U.S.C.S.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--|--|--------------|-------|-------|--|
|          |                     |                      | LL (%)         | PL (%) | PI (%) |  |  | ΧΑΛΙΚΕΣ      | ΑΜΜΟΣ | ΛΕΠΤΑ |  |
| Γ-4      | 32.85               | 17.1                 | 33.10          | 15.10  | 18.00  | 21.33  | 18.21  | 0            | 5     | 95    | CL   |
|          | 34.40               | 19.5                 | 37.50          | 15.30  | 22.20  | 21.60  | 18.08  | 0            | 7     | 93    | CL   |
|          | 35.85               |                      | 41.10          | 17.60  | 23.50  |  |  | 1            | 5     | 94    | CL   |
|          | 36.85               |                      | 45.20          | 15.00  | 30.20  |  |  | 1            | 2     | 97    | CL   |
|          | 37.80               |                      | 36.90          | 16.60  | 20.30  |  |  | 1            | 4     | 95    | CL   |
|          | 39.32               | 12.4                 | 34.80          | 15.70  | 19.10  | 20.69  | 18.41  | 0            | 3     | 97    | CL   |
|          | 40.40               | 12.2                 | 28.40          | 13.10  | 15.30  | 20.80  | 18.54  | 0            | 17    | 83    | CL   |
|          | 41.45               | 19.6                 | 19.70          | 17.00  | 2.70   | 19.42  | 16.24  | 0            | 45    | 55    | CL   |
|          | 42.85               | 18.6                 | 65.50          | 25.80  | 39.70  | 19.18  | 16.17  | 0            | 7     | 93    | CL   |
|          | 45.60               | 18.9                 | 31.50          | 17.70  | 13.80  | 20.19  | 16.98  | 0            | 6     | 94    | CL   |
|          | 46.65               | 19.7                 | 36.10          | 14.80  | 21.30  | 20.83  | 17.4   | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 49.75               | 11.0                 | 22.00          | 15.20  | 6.80   | 20.51  | 18.48  | 0            | 29    | 71    | CL   |

Πίνακας 1.3 (Συνέχεια) Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης (γεώτρηση Γ-4).

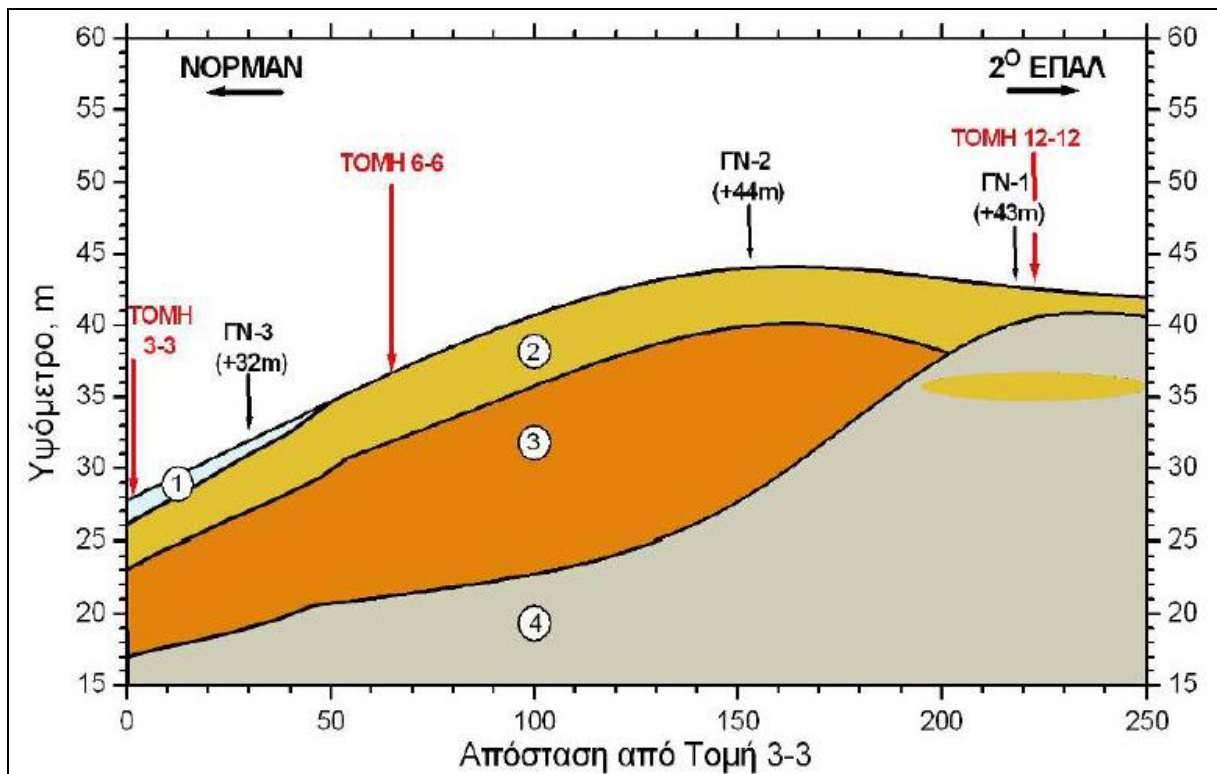
| ΓΕΩΤΡΗΣΗ | ΒΑΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (m) | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%) | ΟΡΙΑ ATTERBERG |        |        | ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_t$ (kN / m <sup>3</sup> ) | ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma_d$ (kN / m <sup>3</sup> ) | % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ |       |       | ΣΥΜΒΟΛ. ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (U.S.C.S.) |
|----------|---------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--|--|--------------|-------|-------|--|
|          |                     |                      | LL (%)         | PL (%) | PI (%) |  |  | ΧΑΛΙΚΕΣ      | ΑΜΜΟΣ | ΛΕΠΤΑ |  |
| ΓΝ-1     | 2.25                |                      | N.P.           | N.P.   | N.P.   |  |  | 0            | 25    | 75    | ML   |
|          | 4.70                | 14.1                 | 38.00          | 20.00  | 18.00  | 21.13  | 18.53  | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 8.20                | 13.9                 | 27.00          | 17.00  | 10.00  |  |  | 0            | 16    | 84    | CL   |
| ΓΝ-2     | 2.70                |                      | 30.00          | 20.00  | 10.00  |  |  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 4.80                | 11.7                 | 33.00          | 18.00  | 15.00  |  |  | 0            | 2     | 98    | CL   |
|          | 6.80                | 15.1                 | 41.00          | 20.00  | 21.00  | 19.55  | 16.98  | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 15.25               |                      | 23.00          | 18.00  | 5.00   |  |  | 0            | 29    | 71    | CL-ML  |
| ΓΝ-3     | 2.70                |                      | 32.00          | 20.00  | 12.00  |  |  | 0            | 3     | 97    | CL   |
|          | 4.30                | 23.9                 | 50.00          | 22.00  | 28.00  | 18.63  | 15.03  | 0            | 1     | 99    | CL   |
|          | 7.75                |                      | N.P.           | N.P.   | N.P.   |  |  | 0            | 52    | 48    | SM   |
|          | 9.40                | 16.1                 | 30.00          | 17.00  | 13.00  | 20.3   | 17.48  | 0            | 10    | 90    | CL   |

Πίνακας 1.4 Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης (γεωτρήσεις: ΓΝ-1, ΓΝ-2 και ΓΝ-3).

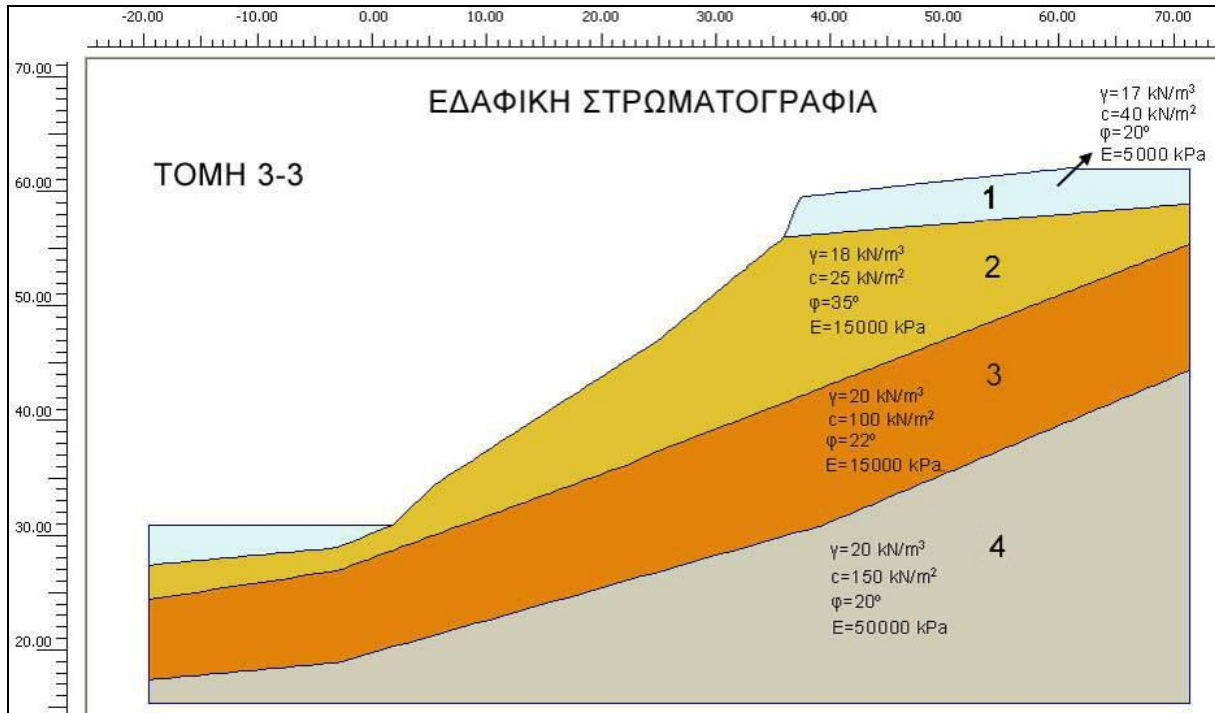
1.2 ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ



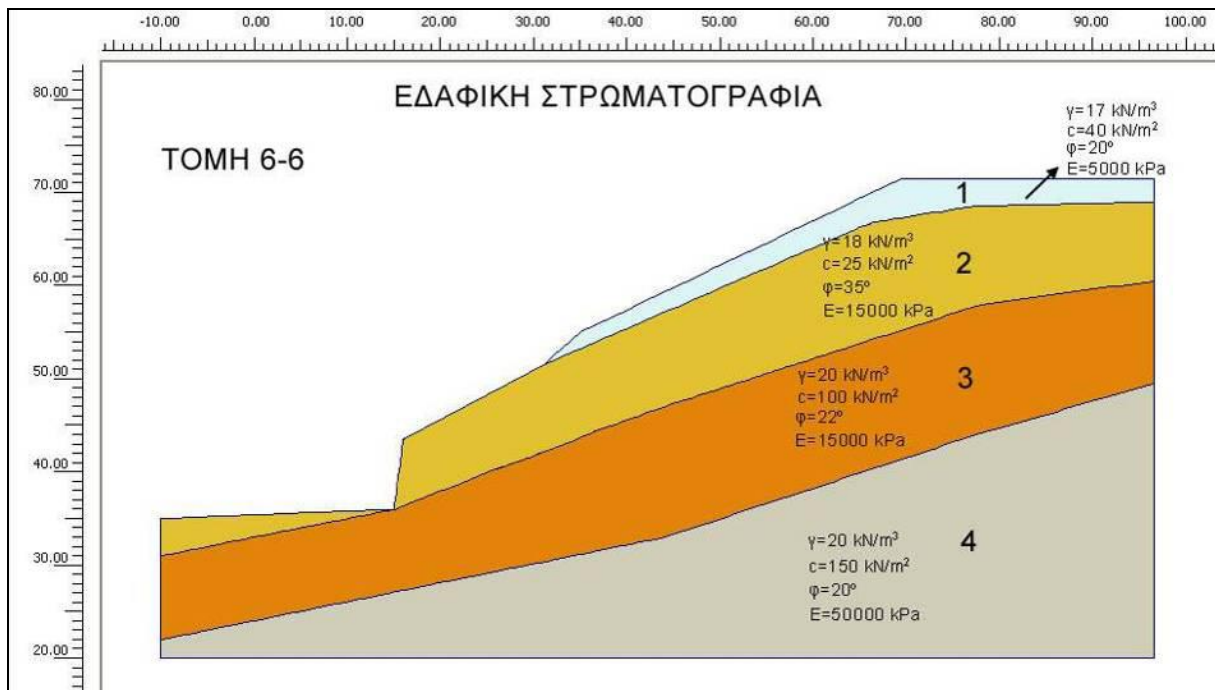
Σχήμα 1.3. Εδαφική τομή με βάση τα στοιχεία των ανάντη της διάνοιξης της οδού Κανακάρη γεωτρήσεων Γ-2, Γ-3 και Γ-4.



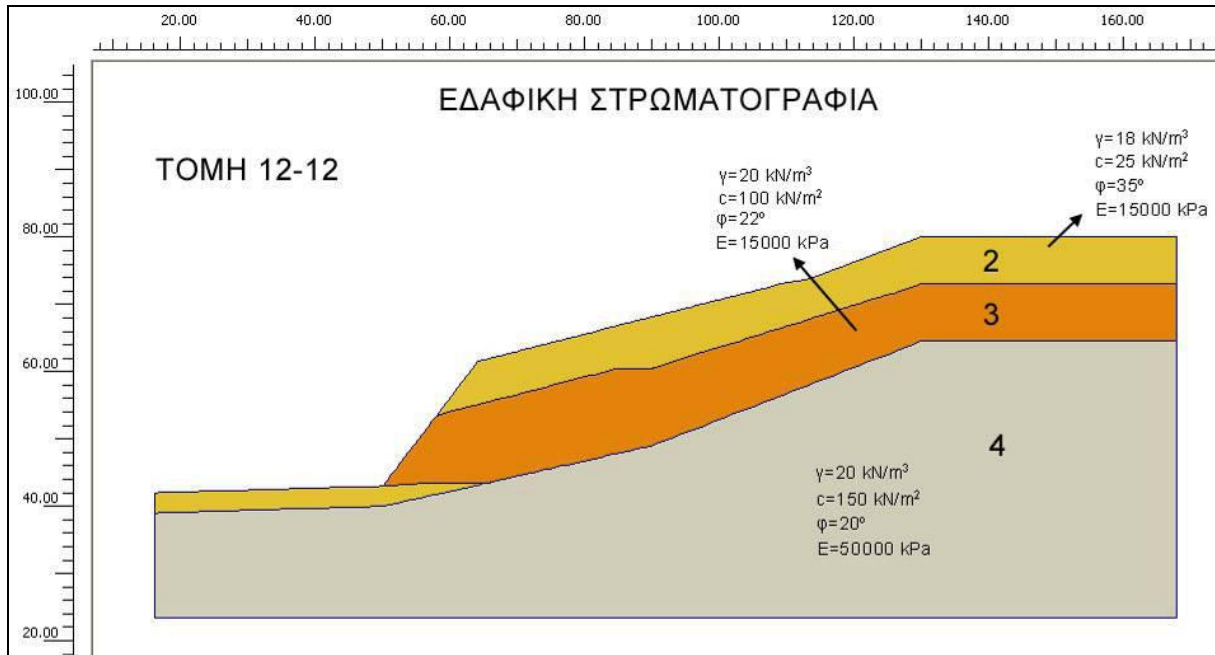
Σχήμα 1.4. Εδαφική τομή με βάση τα στοιχεία των κατόντη της διάνοιξης της οδού Κανακάρη γεωτρήσεων ΓΝ-1, ΓΝ-2 και ΓΝ-3.



Σχήμα 1.5. Τομή ελέγχου 3-3 με την εδαφική στρωματογραφία και τις εδαφικές παραμέτρους των εδαφικών υλικών.



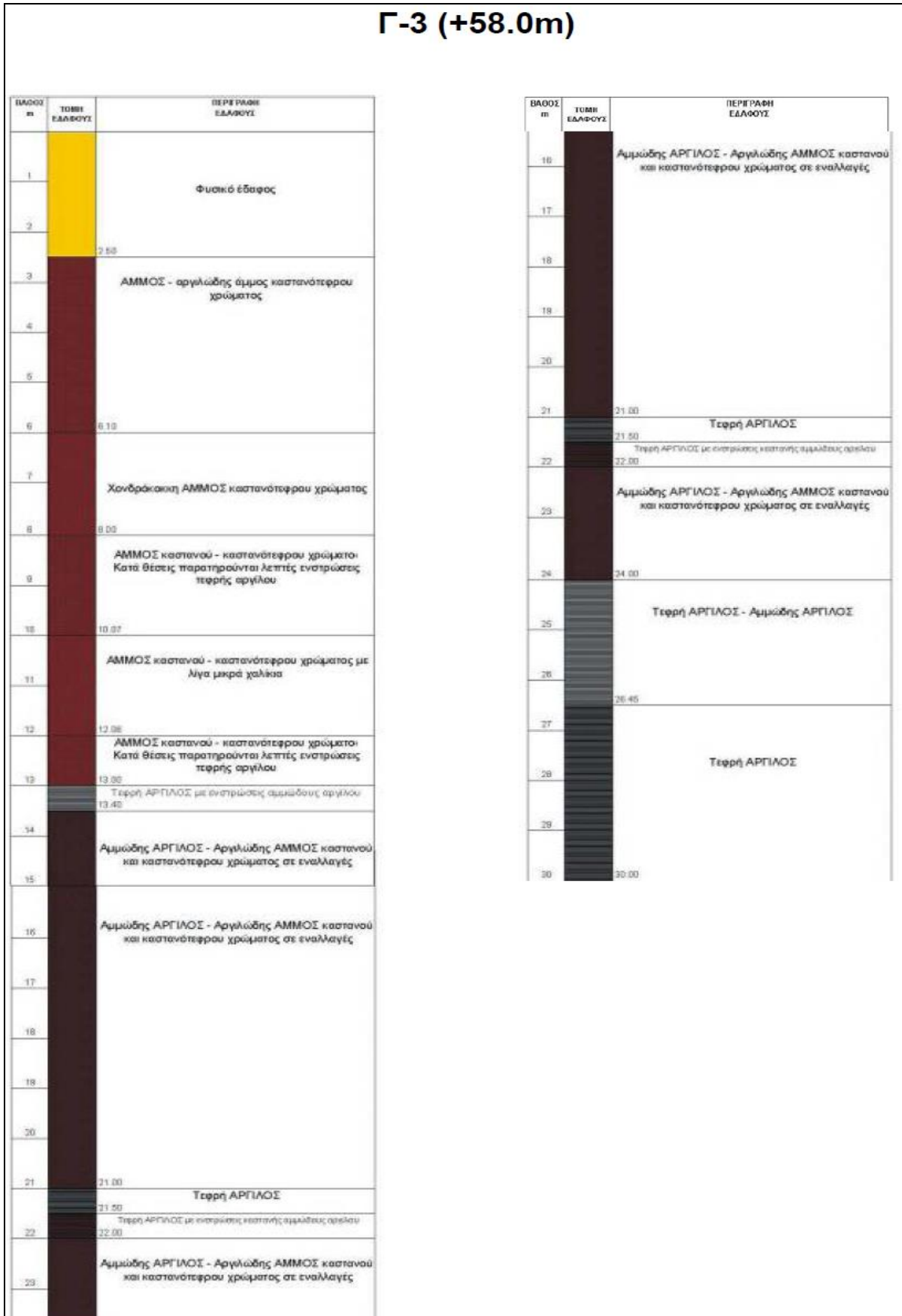
Σχήμα 1.6. Τομή ελέγχου 6-6 με την εδαφική στρωματογραφία και τις εδαφικές παραμέτρους των εδαφικών υλικών.



Σχήμα 1.7. Τομή ελέγχου 12-12 με την εδαφική στρωματογραφία και τις εδαφικές παραμέτρους των εδαφικών υλικών.

1.3 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Γ-3 (+58.0m)





Γ-4 (+68.0m)

| ΒΑΘΟΣ<br>m | ΤΟΜΗ<br>ΕΛΑΦΟΥΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ<br>ΕΛΑΦΟΥΣ   |
|------------|-----------------|--|
| 1          | 0.50            | Φυσικό έδαφος  |
| 2          |                 | Ιλυώδης ΑΜΜΟΣ ανοιχτού καστανού χρώματος με διάσπαρτους κατά θέσεις ασβεστολιθικούς χάλικες                        |
| 3          |                 |  |
| 4          | 4.00            |  |
| 5          |                 | ΑΜΜΟΚΑΛΥΚΟ λευκόπεφρου χρώματος με χαλίκια και μικρές κροκώλες ασβεστολιθικής, κροστολιθικής και ψαδμικής σύστασης |
| 6          |                 |  |
| 7          | 6.00            |  |
| 8          |                 | ΑΡΓΙΛΙΟΣ - ΑΡΓΙΛΙΟΥΛΥΣ τεφρού και τοπικά περροκάστου χρώματος  |
| 9          | 8.00            |  |
| 10         |                 | Λεπτοκοκκή ΑΜΜΟΣ και ΑΜΜΟΙΟΥΣ τεφρού-περροκάστου και τοπικά καστανόκίτρινου χρώματος                               |
| 11         |                 | Προς τα κάτω παρατηρείται αύξηση το ποσοστό και το μέγεθος των κόκκων της άμμου                                    |
| 12         |                 |  |
| 13         | 12.00           |  |
| 14         |                 | Μεσοκοκκή - λευκό-κόκκινη ΑΜΜΟΣ καστανού χρώματος  |
| 15         | 14.00           |  |
| 16         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ  |
| 17         | 15.00           |  |
| 18         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ - Αργιλιώδης ΑΜΜΟΣ καστανού και καστανόπεφρου χρώματος σε εναλλαγές                                |
| 19         | 17.00           |  |
| 20         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ  |
| 21         | 17.00           |  |
| 22         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ καστανού χρώματος  |
| 23         | 19.20           |  |
| 24         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ  |
| 25         | 20.00           |  |
| 26         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ καστανού χρώματος  |
| 27         | 21.20           |  |
| 28         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ  |
| 29         | 22.00           |  |
| 30         |                 | ΑΡΓΙΛΙΟΥΛΥΣ τεφρού - καστανόπεφρου χρώματος  |
| 31         |                 |  |
| 32         |                 |  |
| 33         |                 |  |
| 34         |                 |  |
| 35         |                 |  |
| 36         |                 |  |
| 37         |                 |  |
| 38         |                 |  |
| 39         |                 |  |
| 40         |                 |  |
| 41         |                 |  |
| 42         |                 |  |
| 43         |                 |  |
| 44         |                 |  |
| 45         |                 |  |
| 46         |                 |  |
| 47         |                 |  |
| 48         |                 |  |
| 49         |                 |  |
| 50         |                 |  |

| ΒΑΘΟΣ<br>m | ΤΟΜΗ<br>ΕΛΑΦΟΥΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ<br>ΕΛΑΦΟΥΣ  |
|------------|-----------------|---|
| 25         |                 |   |
| 26         | 26.00           |   |
| 27         |                 | ΑΡΓΙΛΙΟΥΛΥΣ τεφρού - καστανόπεφρου χρώματος με άμμο                                 |
| 28         |                 |   |
| 29         |                 |   |
| 30         | 29.70           |   |
| 31         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ<br>Προς τα κάτω παρατηρείται αύξηση του ποσοστού συμμετοχής της άμμου |
| 32         | 31.50           |   |
| 33         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ - Αργιλιώδης ΑΜΜΟΣ τεφρού και καστανόπεφρου χρώματος σε εναλλαγές   |
| 34         |                 |   |
| 35         | 35.00           |   |
| 36         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ   |
| 37         |                 |   |
| 38         |                 |   |
| 39         |                 |   |
| 40         | 40.00           |   |
| 41         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ - Αργιλιώδης ΑΜΜΟΣ τεφρού και καστανόπεφρου χρώματος σε εναλλαγές   |
| 42         | 42.00           |   |
| 43         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ   |
| 44         | 43.00           |   |
| 45         | 44.00           | Τεφρή ΑΜΜΟΣ με ενσωματωμένες τεφρής ΑΡΓΙΛΟΥ   |
| 46         | 44.50           | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ με άμμο   |
| 47         | 46.00           | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ τεφρού - καστανόπεφρου χρώματος                                     |
| 48         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ   |
| 49         | 45.00           |   |
| 50         |                 | Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ - Αργιλιώδης ΑΜΜΟΣ τεφρού και καστανόπεφρου χρώματος σε εναλλαγές   |
| 51         | 48.00           |   |
| 52         |                 | Τεφρή ΑΡΓΙΛΟΣ   |
| 53         | 47.30           |   |
| 54         |                 | Ιλυώδης - αργιλιώδης ΑΜΜΟΣ καστανού και τοπικά καστανόπεφρου χρώματος               |
| 55         | 50.00           |   |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ

Οι χωματουργικές εργασίες αποτελούν την πρώτη φάση κατασκευής ενός οδικού έργου. Εκτελούνται στα πλαίσια της υλοποίησης των γεωκατασκευών αλλά συνεχίζονται, πρακτικά, μέχρι τα τελευταία στάδια του έργου, με επιχωματώσεις τάφρων, επενδύσεις πρανών και εκτέλεση εργασιών οδοστρωσίας. Σε γενικές γραμμές, οι χωματουργικές εργασίες είναι κατασκευαστικές διαδικασίες των οποίων το κύριο αντικείμενο είναι το έδαφος, υπό μορφή γαιωδών, ημιβραχωδών και βραχωδών υλικών.

#### Συγκεκριμένα ως χωματουργικές εργασίες νοούνται:

- η εκρίζωση θάμνων και δένδρων που ευρίσκονται μέσα στο εύρος κατάληψης της οδού
- ο καθαρισμός του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης
- οι εκσκαφές διαφόρων τύπων και επιμέρους έργων
- η μεταφορά εδαφικών υλικών
- οι κάθε είδους και έκτασης επιχωματώσεις ή εδαφοπληρώσεις
- οι λιθοπληρώσεις, η κατασκευή λιθορριπής και η τοποθέτηση αποστραγγιστικών κλινών
- οι μορφώσεις πρανών ορυγμάτων και επιχωμάτων
- η συμπίκνωση στρώσεων υπεδάφους, επιχώματος και οδοστρωσίας καθώς και πρανών επιχωμάτων
- οι τελικές εργασίες επένδυσης πρανών και λοιπών επιφανειών γεωκατασκευών.

#### 2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ

Για την εκκίνηση των εργασιών απαραίτητη προϋπόθεση είναι η προετοιμασία του χώρου. Αρχικά, ξεκίνησαν οι πρώτες εκσκαφές. Σταδιακά, δύο εκσκαφείς αφαίρεσαν έδαφος και σχημάτισαν διαδρόμους για την εγκατάσταση των μηχανημάτων και διαμόρφωσαν επιφάνεια κατάλληλη για την άνεση μετακινήσεων και εργασιών. Ακόμα, αφαιρέθηκε ολόκληρη η βλάστηση από το λόφο, ποσότητα εναποθέτων υλικών (μπαζών) και δόθηκε κλίση στο πρανές κατάλληλη έτσι ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση.



**Εικόνα 2.1 Προετοιμασία εργοταξίου – αφαίρεση 1<sup>ης</sup> φάσης πρανούς**

Στη συνέχεια γίνεται η μεταφορά και η εγκατάσταση των απαραίτητων μηχανημάτων και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε πρώτη φάση, όπως επίσης και η τοποθέτηση ενός κοντέινερ χρήσιμο ως χώρος αποθήκευσης. Παράλληλα τοποθετείται η σήμανση που υποδηλώνει τον πρότυπο εξοπλισμό για την είσοδο στο εργοτάξιο και προειδοποιητική σήμανση για την οριοθέτησή του.



**Εικόνα 2.2 Προειδοποιητική πινακίδα.**



Εικόνα 2.3 Πινακίδες πρότυπου εξοπλισμού – προειδοποιητική πινακίδα

Επίσης για λόγους ασφαλείας κατασκευάστηκε ξύλινος τοίχος για την εμπόδιση κατάπτωσης βράχων και άλλων φερτών υλικών προστατεύοντας έτσι τα κοντινά κτήρια. Οι γενικές εκσκαφές ξεκίνησαν τόσο στο πρώτο κομμάτι του έργου, όσο και στο δεύτερο. Οι εργασίες επικεντρώθηκαν στο δεύτερο κομμάτι γιατί στο πρώτο υπήρξαν κωλύματα λόγω κάποιων αρχαίων ευρημάτων και καθυστέρησης αδειοδότησης κατεδάφισης κτηρίων που εμπλέκονται στη διάνοιξη.



Εικόνα 2.4 Προσωρινή κατασκευή ξύλινου τοίχου για την προστασία από την κατάπτωση βράχων

## 2.2 ΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΑΝΩΝ

Η γενική πορεία της διαμόρφωσης των πρανών παρακολουθείται στη φάση των κύριων χωματουργικών εργασιών, εκσκαφών και επιχωματώσεων, όπου και πραγματοποιείται η χονδροειδής μόρφωση των πρανών. Αυτό σημαίνει ότι η κλίση του κάθε πρανούς, έστω και προσεγγιστικά, πρέπει να δίδεται είτε στη φάση των εκσκαφών (πρανή ορυγμάτων), είτε στη φάση των επιχωματώσεων (πρανή επιχωμάτων). Μετά την ολοκλήρωση των κύριων χωματουργικών εργασιών είναι πολύ δύσκολο να αλλάξει ριζικά η κλίση της επιφάνειας του πρανούς.

Οι εργασίες τελικής μόρφωσης των πρανών, ανήκουν στις δευτερεύουσες χωματουργικές εργασίες και ακολουθούν την αρχική χονδροειδή κατασκευή. Σε περιπτώσεις πρανών ορυγμάτων, η τελική μόρφωση των πρανών πρέπει να ακολουθεί αμέσως μετά τις εκσκαφές και, απαραίτητα, πριν από τη μετάβαση σε κατώτερο επίπεδο εργασίας. Σε περίπτωση κατασκευής ενός επιχώματος, η μόρφωση του πρανούς είναι ακόμη σημαντικότερη εργασία και μπορεί να γίνεται σταδιακά, με την εξέλιξη των εργασιών, ή στο τέλος, εφόσον το ύψος του επιχώματος παραμένει μικρό ( $h < 5$  m).

Συνήθως, η τελική μόρφωση της επιφάνειας των πρανών γίνεται με την εξωτερική παρειά του κάδου του εκσκαφέα (ανεστραμμένου πτύου, backhoe). Όταν οι κλίσεις των πρανών είναι πολύ ήπιες ( $< 1:2$ ), και ιδιαίτερα σε πρανή επιχωμάτων, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και προωθητής για μόρφωση των πρανών. Η εργασία της οριστικής μόρφωσης των πρανών είναι δυνατό να παραλειφθεί σε μικρότερης σημασίας έργα, ενώ σε ειδικές περιπτώσεις και σε προσβάσιμα πρανή, οι εργασίες πραγματοποιούνται από εξειδικευμένο προσωπικό. Το πρανές διαμορφώθηκε με κλίση 2:3 στο συγκεκριμένο έργο.



Εικόνα 2.5: Διαμόρφωση πρανούς με την βοήθεια της εξωτερικής παρειάς του κάδου του εκσκαφέα



**Εικόνα 2.6:** Πρανές διαμορφωμένο με το εξωτερικό του κάδου του εκσκαφέα

Σε πολλές περιπτώσεις, αστοχίες χωματουργικών έργων δημιουργούν δυσεπίλυτα τεχνικά προβλήματα πράγμα που δεν ισχύει στον ίδιο βαθμό, για αστοχίες ασφαλτικών έργων ή στοιχείων εξοπλισμού της οδού. Η ολίσθηση ενός επιχώματος, επί παραδείγματι, δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με τη διάστρωση ενός ασφαλτοτάπητα. Η λύση πρέπει να είναι ριζική και υπάρχει πιθανότητα να απαιτηθεί προσωρινή διακοπή της κυκλοφορίας και κατασκευή παρακαμπτήριος οδού μέχρι όπου ολοκληρωθούν οι εργασίες επανακατασκευής του επιχώματος του συστήματος επιφανειακής αποστράγγισης και του οδοστρώματος. Αν λοιπόν η σημασία των χωματουργικών εργασιών είναι μεγάλη λόγω του κόστους κατασκευής, γίνεται ακόμη μεγαλύτερη από το γεγονός ότι μια ελαττωματική εκτέλεση προκαλεί τόσο σοβαρές ζημίες στο οδόστρωμα που η αποκατάστασή τους είναι πολύ δαπανηρή και τεχνικά δύσκολη.

Σε κάθε περίπτωση, όπου αντιμετωπίζεται ένα εκτεταμένο και σημαντικό έργο, απαιτείται εκπόνηση μελέτης, η οποία, με βάση το σύνολο των τεχνικών και οικονομικών δεδομένων, να προτείνει τις ενδεδειγμένες λύσεις. Η μελέτη των χωματουργικών έργων περιλαμβάνει περιγραφή των προς εκτέλεση χωματουργικών εργασιών, αναλυτική περιγραφή και λεπτομέρειες της κατασκευαστικής διαδικασίας, τεχνικό και χρονικό προγραμματισμό των εργασιών, πρόγραμμα διαχείρισης χωματισμών, καθορισμό του αριθμού και της θέσης των μετώπων προσβολής, καθορισμό των θέσεων δανειοθαλάμων και αποθεσιοθαλάμων. Περιλαμβάνει ακόμη ή συμπληρώνεται από τη γεωτεχνική μελέτη των γεωκατασκευών που αναφέρεται στα θέματα ευστάθειας, θεμελίωσης και μέτρων προστασίας των έργων.

## **2.3 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ**

Κατά τη διαδικασία των γενικών εκσκαφών χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι μηχανήματα:

### **2.3.1 Εκσκαφείς**

Δύο ερπυστριοφόροι εκσκαφείς O&K (εικόνα 2.7) και Caterpillar (εικόνα 2.8) για την εκσκαφή και την εκφόρτωση των χωματισμών στα φορτηγά.

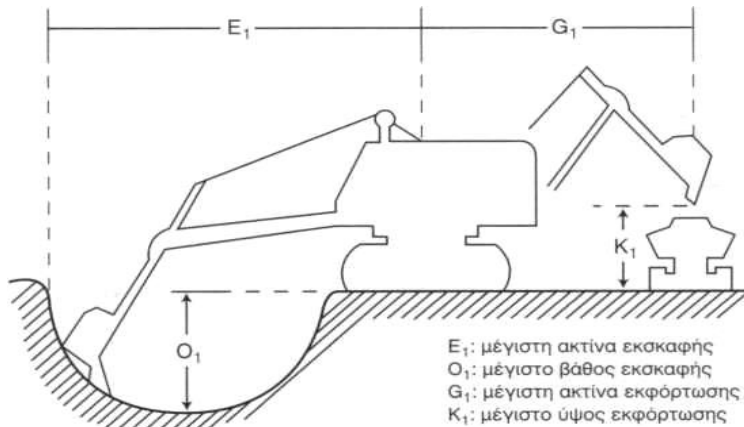


Εικόνα 2.7 Εκσκαφέας O&K



Εικόνα 2.8 Εκσκαφέας Caterpillar

Οι εκσκαφείς είναι δομικά μηχανήματα τα οποία εκτελούν εκσκαφές γαιών, ημίβραχων και βράχων σε χαλαρή κατάσταση. Με περιστροφή του θαλαμίσκου χειρισμών και του βραχίονος, οι εκσκαφείς μπορούν να πραγματοποιούν εκσκαφές σε επίπεδο και μέτωπο που να απέχουν αρκετά από τη δική τους θέση. Ανάλογα με το σύστημα κυλίσεως διακρίνονται σε εκσκαφείς επί ελαστικών τροχών και σε ερπυστριοφόρους εκσκαφείς, που αποτελούν και το μεγάλο ποσοστό των μηχανημάτων στην οδοποιία.



Εικόνα 2.9 Ακτίνα επιτρεπόμενης εκσκαφής

|                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| Μέγιστη ισχύς      | $P = 750 \text{ PS}$               |
| Βάρος              | $G = 30\text{-}50 \text{ t}$       |
| Χωρητικότητα κάδου | Μέση = $1,5 \text{ m}^3$           |
|                    | Μέγιστη = $8,0 \text{ m}^3$        |
| Μέγιστη ταχύτητα   | Ερπυστριοφόρου = $5 \text{ km/h}$  |
|                    | Ελαστιχοφόρου = $20 \text{ km/h}$  |
| Πίεση επί εδάφους  | $p = 0,5\text{-}1 \text{ kg/cm}^2$ |

### 2.3.2 Φορτηγά

Δυο φορτηγά μάρκας Volvo.



Εικόνα 2.10 Φορτηγό μεταφοράς γαιών

Τα φορτηγά είναι μηχανήματα μεταφοράς γαιών και χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και την εναπόθεση των γαιών μακριά από τον χώρο του εργοταξίου. Η μορφολογία



του εδάφους κρίθηκε ως μη κατάλληλη για χρήση σε κάποιο άλλο έργο και έτσι μεταφέρθηκε σε χώρο εναπόθεσης. Κατά βάση είναι λαστιχοφόρα μηχανήματα διότι διανύουν μεγάλες αποστάσεις σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μηχανήματα του εργοταξίου. Ο συγκεκριμένος τύπος φορτηγών έχει Μικτό βάρος 33.000kg και ωφέλιμο φορτίο 16.000kg.

### 2.3.3 Προωθητής

Μικρός ερπυστριοφορος εκσκαφέας και προωθητής για την διαμόρφωση πρανών σε σημεία που ένας μεγαλύτερος εκσκαφέας δεν θα μπορούσε να επέμβει.



Εικόνα 2.11 Ερπυστριοφόρος προωθητής

Οι προωθητές (bulldozers), είναι χωματουργικά μηχανήματα ευρείας χρήσης. Χρησιμοποιούνται για επιφανειακές εκσκαφές σκληρών εδαφών με παράλληλη μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε μικρές αποστάσεις. Ακόμη χρησιμοποιούνται για ισοπέδωση ανωμαλιών, για διάνοιξη βοηθητικών οδών, για εκρίζωση δένδρων και καθαρισμό επιφανειών. Ο συνηθέστερος τύπος προωθητή είναι ο ερπυστριοφόρος προωθητής με υδραυλικό σύστημα ανάρτησης της λεπίδας. Το μήκος της λεπίδας κυμαίνεται μεταξύ 2 m και 7 m και το ύψος της μεταξύ 0,5 m και 1,70 m. Για τη χαλάρωση πολύ σκληρών εδαφών χρησιμοποιείται ένα ιδιαίτερο σύστημα οδόντων (νύχια) που τοποθετείται στο πίσω μέρος της μηχανής και, έτσι, ο προωθητής λειτουργεί ως οδοντωτός αναμοχλευτής (ripper).

### 2.3.4 Φορτωτές

Φορτωτής μάρκας JCB CX3 με χωρητικότητα κάδου 1m<sup>3</sup> και Φορτωτής μάρκας Volvo L120C με χωρητικότητα κάδου 1m<sup>3</sup>



Εικόνα 2.13 Φορτωτής μάρκας JCB CX3



Εικόνα 2.14 Φορτωτής μάρκας Volvo L120C

Οι φορτωτές (loaders), χωματουργικά μηχανήματα φόρτωσης υλικών ποικίλης ισχύος. Σε περιορισμένη έκταση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορά υλικών στον χώρο του εργοταξίου, για εκσκαφή μαλακών εδαφών αλλά και για συμπύκνωση εδαφικών στρώσεων. Διακρίνονται σε ερπυστριοφόρους και επί ελαστικών φορτωτές και χαρακτηρίζονται από το είδος και τη χωρητικότητα του κάδου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ

#### 3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Τα σαραζανέτ ή συρματοκιβώτια ,ή *Gabion wall* στην αγγλική , αποτελείται από λίθους συγκροτημένους από συρματοπλέγμα σε σχήμα κιβωτίου (εικόνα 3.1) . Στην ουσία έχουμε μια λιθοπλήρωση όπου οι εργάτες συγκροτούν τους λίθους, και συσφίγγονται με συρματοπλέγμα. Έτσι, οι λίθοι μαζί με το συρματοπλέγμα που τους συγκρατεί λειτουργούν ως ένα τμήμα τοίχου βαρύτητας. Τοποθετώντας πλήθος από σαραζανέτ, δημιουργείται ο τοίχος. Πρόκειται για ένα τοίχο, ο οποίος μπορεί να κατασκευαστεί για διάφορους λόγους. Τέτοια είδη τοίχων συναντάμε σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται αντιστήριξη πρανούς, σε περιπτώσεις προστασίας κοίτης ποταμών από διάβρωση, σε διευθέτηση ροής νερού, αλλά και σε έργα οδοποιίας για την προστασία του δρόμου από κατάπτωση εδαφικών υλικών και την αποτροπή των λασποροών.



Εικόνα 3.1 Γενική εικόνα τοίχου σαραζανέτ

Οι λίθοι είναι τυχαίας διατομής και τυχαίου ακανόνιστου σχήματος όπου συνήθως προέρχονται από κοίτες ποταμών. Οι διατομές των λίθων καθορίζονται σύμφωνα με τη

μελέτη κατασκευής ή υπακούν σε συγκεκριμένες προδιαγραφές που διέπονται από αντίστοιχους κανονισμούς.



**Εικόνα 3.2** Λίθοι για την πλήρωση συρματοκιβωτίων

Το πλέγμα που αποτελείται το συρματοκιβώτιο αποτελείται από εξαγωνικό βρόγχο διαμέτρου  $D=60\text{mm}$  με πάχος σύρματος  $2.20\text{mm}$  ή  $2.70\text{mm}$  και  $D=80\text{mm}$  με πάχος  $2.7\text{mm}$  ή  $3.00\text{mm}$ . Οι κατασκευαστικές διατάξεις ορίζονται σύμφωνα με το κανονισμό ΕΛΟΤ EN 10223-3 για χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα σύρματος για φράκτες - Εξαγωνικά χαλύβδινα συρματοπλέγματα για οικοδομικές κατασκευές.

Το σύρμα κατασκευάζεται κυρίως από χάλυβα, αλλά υπάρχουν διάφορες κατηγορίες με επιπρόσθετες επικαλύψεις όπως:

- επικάλυψη ψευδαργύρου
- επικάλυψη κράματος ψευδαργύρου (ψευδάργυρος/αλουμίνιο)
- επικάλυψη xPE (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο)
- επικάλυψη xPVC (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο χλωριούχο πολυβινύλιο)



Εικόνα 3.3 Συρματόπλεγμα για τη συγκρότηση των λίθων

### 3.2 ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Επειδή τα σαραζανέτ συγκροτούνται από λίθους, έχουν ιδιότητα αποστράγγισης των υδάτων και τα κενά ανάμεσά τους δεσμεύουν εδαφικό υλικό από τις λασπορροές και αναπτύσσεται βλάστηση. Άμεσο αποτέλεσμα αυτής της ιδιότητάς τους είναι να αποκτούν πιο ισχυρή δομή με την πάροδο του χρόνου και να επιτυγχάνεται η φυσική ενσωμάτωση του πλέγματος από τον χώρο στον οποίο εναποτίθεται, αποδεικνύοντας έτσι, ότι είναι και φιλική προς το περιβάλλον κατασκευή. Τα σαραζανέτ εντάσσονται στις εύκαμπτες δομές και έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με πιο άκαμπτες, επειδή μπορούν να συμμορφώνονται στις καθιζήσεις και να προσαρμόζονται στη μορφολογία του εδάφους. Επιπλέον πλεονεκτήματα είναι η εύκολη εγκατάστασή τους στο χώρο κατασκευής, καθώς και ότι το κόστος τους είναι σχετικά πιο χαμηλό από άλλες κατασκευές.



Εικόνα 3.4 Σαραζανέτ με βλάστηση



Εικόνα 3.5 Σαραζανέτ με βλάστηση

### 3.3 ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ

Το συρματοπλέγμα που χρησιμοποιείται διατίθεται στην αγορά σε ρολό και υπάρχουν έτοιμα κιβώτια μονού μπλοκ διαστάσεων 1m\*1m\*1m, ή και διπλού μπλοκ με χώρισμα.



Εικόνα 3.6 Προκατασκευασμένα συρματοκιβώτια σαραζανέτ.

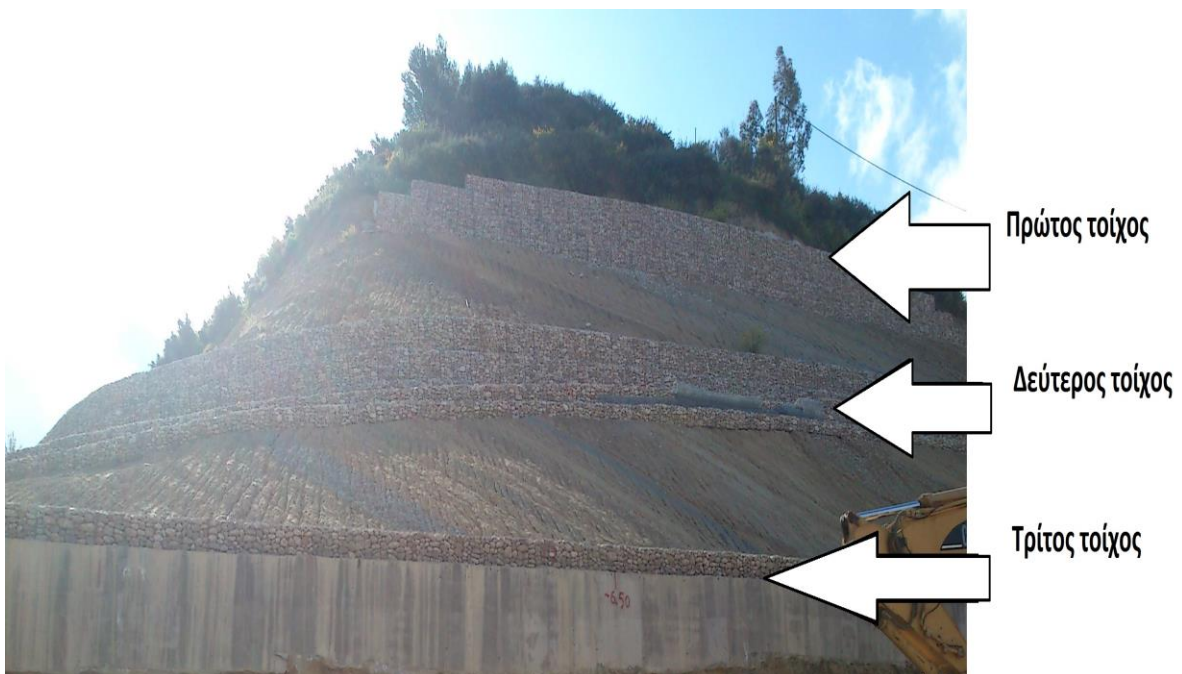
Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι χαρακτηριστικό τους είναι η ύπαρξη ελεύθερης προέκτασης φύλλου συρματοπλέγματος. Μετά την λιθοπλήρωση του συρματοκιβωτίου, το σαραζανέτ επιχώνεται και συνδέεται με τα υπόλοιπα σαραζανέτ με συνδετήρες, έτσι ώστε όλα μαζί να συμπεριφέρονται ως μια μάζα. Στην περίπτωση που η στρώση των σαραζανέτ είναι μεγάλου μήκους η και πλάτους, τότε η ένωση των συρματοκιβωτίων γίνεται με μια ακόμα στρώση σύρματος .



Εικόνα 3.7 Συνδετήρας σαραζανέτ και επιπλέον στρώση συρματοπλέγματος.

### 3.4 ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ ΣΤΟ ΕΡΓΟ.

Στο συγκεκριμένο έργο, δημιουργήθηκαν τρεις τοίχοι σαραζανέτ για την αντιστήριξη του λόφου καθώς και για την αποτροπή πτώσης λασπορρών.



Εικόνα 3.8 Οι τρεις τοίχοι σαραζανέτ

#### 3.4.1 Πρώτος τοίχος σαραζανέτ

Ο πρώτος, και τοποθετημένος πιο ψηλά, τοίχος σαραζανέτ βρίσκεται στο όριο του έργου και ο λόγος κατασκευής του είναι η αποτροπή πτώσης εδαφικού υλικού από τη κορυφή του λόφου.



Εικόνα 3.9 Ο πρώτος τοίχος σαραζανέτ πάνω στο όριο έργου.

### 3.4.2 Δεύτερος τοίχος σαραζανέτ

Ο δεύτερος τοίχος, τέμνει το πρανές, διακόπτοντας την κλίση του για μερικά μέτρα. Είναι ο μεγαλύτερος σε διαστάσεις τοίχος σαραζανέτ στο έργο. Έχει συνολικό πλάτος περίπου 8,25m με κλίση 6% αντίθετα στην οριζόντια κλίση του εδάφους και ύψος 5.50m. Είναι ο πιο ενισχυμένος τοίχος, λόγω των διαστάσεων του. Επίσης, το έδαφος στεγανοποιήθηκε σε ένα μέρος του για να αποφευχθεί η εισροή νερού στο υπέδαφος, ενώ σε ένα άλλο μέρος υπάρχει και αγωγός αποστράγγισης κατά μήκος και υπόγειά του.





**Εικόνα 3.10** Ο δεύτερος τοίχος σαραζανέτ στη φάση κατασκευής. Διακρίνεται και η μόνωση που εφαρμόστηκε στην επιφάνεια του εδάφους.

### **3.4.3 Τρίτος τοίχος σαραζανέτ**

Ο Κατώτερος τοίχος έχει κατασκευαστεί κατά μήκος της πασσαλοστοιχίας. Σταδιακά, τοποθετήθηκε συρματόπλεγμα δημιουργώντας ένα ανοικτό από την πάνω πλευρά ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Στη συνέχεια έγινε λιθοπλήρωση και το συρματόπλεγμα συσφίχθηκε. Η λειτουργία του τοίχου αυτού είναι να συγκρατεί όλες τις λασπορροές που προκύπτουν από το πρανές ανάμεσα στον τοίχο αυτόν και τον δεύτερο τοίχο με σαραζανέτ. Έτσι διασφαλίζεται ο τοίχος αντιστήριξης από τις λασπορροές.



**Εικόνα 3.11 Ο τρίτος τοίχος σαραζανέτ πάνω στον κεφαλόδεσμο.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

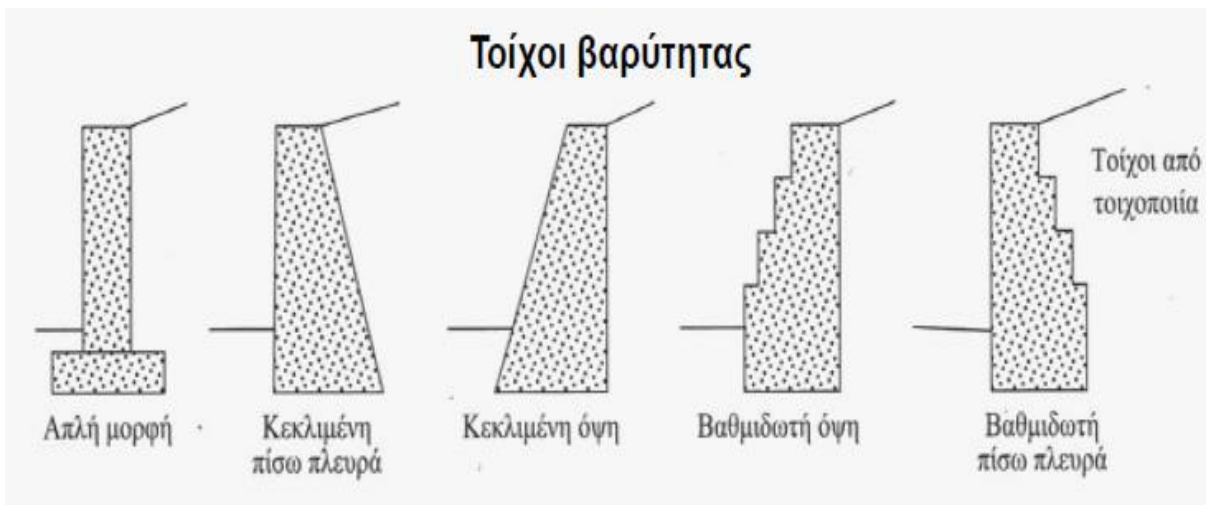
### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο έδαφος αναπτύσσονται κατακόρυφες και οριζόντιες τάσεις οι οποίες αυξάνονται με το βάθος. Η συνισταμένη των οριζόντιων εδαφικών τάσεων ονομάζεται εδαφική ώθηση. Στην περίπτωση απότομης μεταβολής της κλίσης του εδάφους (πρανές), το έδαφος τείνει να αστοχήσει απαιτώντας την ύπαρξη κάποιας μορφής αντιστήριξης που θα παραλάβει τις εδαφικές ωθήσεις. Η κατασκευαστική παρέμβαση που αντιτίθεται σε αυτές τις ωθήσεις και παραλαμβάνει τις τάσεις που πρόκειται να προκαλέσουν αστοχία ονομάζεται τοίχος αντιστήριξης.

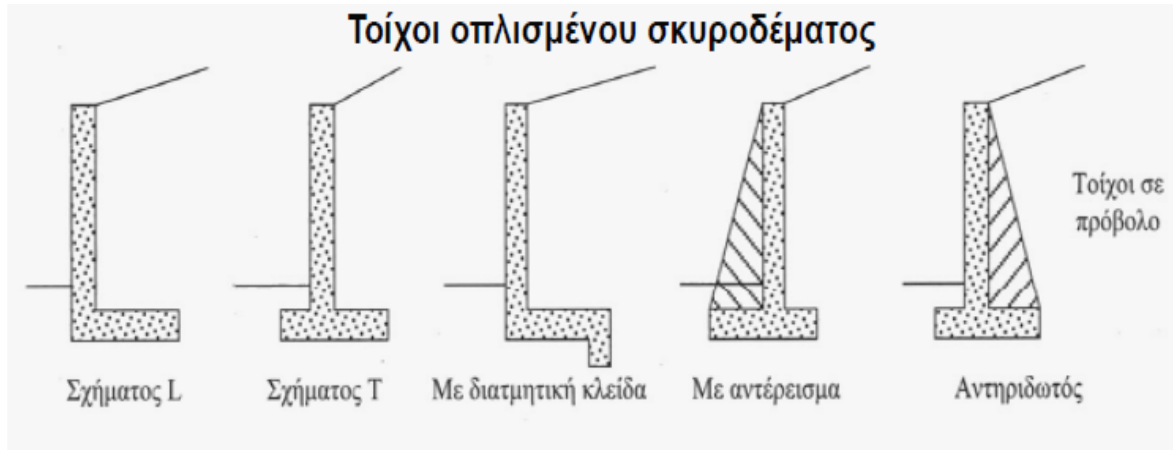
Ως τοίχος αντιστήριξης νοείται κάθε τεχνικό έργο που υποστηρίζει ένα επίχωμα ύψους μεγαλύτερο από 0,50 m πάνω από τη στάθμη επιχώματος ή από το φυσικό έδαφος που βρίσκεται σε άμεση επαφή με την όψη του. Υπάρχουν πολλοί τύποι τοίχων αντιστήριξης από διάφορα υλικά και τεχνικές κατασκευής.

**Τοίχοι αντιστήριξης από τοιχοποιία ή από σκυρόδεμα:**



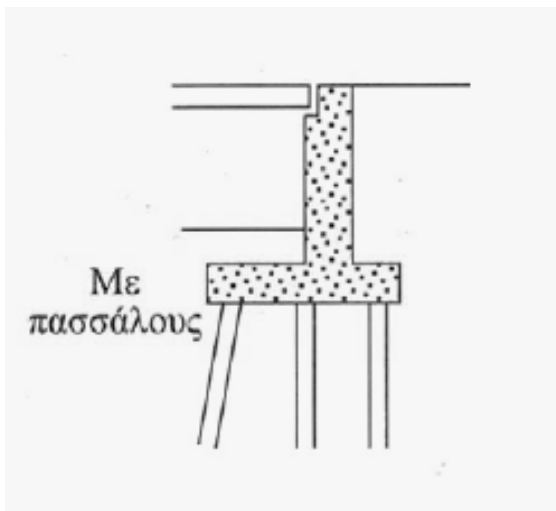
Σχήμα 4.1 Τοίχοι Βαρύτητας

Οι τοίχοι που κατασκευάζονται από τοιχοποιία ή από σκυρόδεμα ονομάζονται τοίχοι βαρύτητας επειδή η λειτουργία τους στηρίζεται στο ίδιο τους το βάρος εμποδίζοντας την ολίσθηση ή και την ανατροπή του τοίχου και κατ' επέκταση την αστοχία του πρανού. Το ύψος τους περιορίζεται στα 3m διότι δεν διαθέτουν οπλισμό και πρέπει να εξασφαλιστεί η εσωτερική ευστάθεια της κατασκευής σε κάμψη και διάτμηση, όταν υπόκειται σε εγκάρσιες τάσεις. Επίσης δίδεται κλίση 1:50 ( οριζόντια : κατακόρυφα) στην εμπρός όψη τους, καθώς αποφεύγεται η κλίση τοίχου προς τα έξω.

**Τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα:**

Σχήμα 4.2

Οι τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα διαθέτουν οπλισμό τοποθετημένο έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστούν ως πρόβολοι. Το πλάτος της βάσης και το βάρος του επιχώματος που στηρίζεται σε μια πλάκα πίσω από τον κορμό εξασφαλίζει την ολική ευστάθεια της κατασκευής.



Σχήμα 4.3

Οι τοίχοι θεμελιωμένοι επί πασσάλων χρησιμοποιούνται σε έργα υποδομής όπου οι διαστάσεις του πρανούς είναι τέτοιες ώστε να αναπτύσσονται δυνάμεις ολίσθησης και ανατροπής μέτρου όπου ένας τοίχος αντιστήριξης που δεν διαθέτει θεμέλια δεν μπορεί να τις παραλάβει.

**Είδη πασσάλων:**

Οι πάσσαλοι μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με:

- Τη μέθοδο εγκατάστασής τους, δηλαδή πάσσαλοι έμπηξης, έγχυτοι πάσσαλοι, πάσσαλοι εισπίεσης
- Το είδος του υλικού τους, δηλαδή ξύλινοι, χαλύβδινοι, ή από σκυρόδεμα,

- προκατασκευασμένοι ή έγχυτοι επί τόπου, μονοκόμματοι ή σύνθετοι
- Το είδος του συστήματος εγκατάστασης όπως πασσαλοπήκτης, τρίποδο, γεωτρύπανο, κωδωνοειδούς άκρου, συνεχής ελικοφόρος εδαφολήπτης.
- Το μέγεθός τους, δηλαδή έγχυτοι μικρής διαμέτρου, έγχυτοι μεγάλης διαμέτρου, κωδωνοειδούς άκρου, μικροπάσσαλοι.
- Τις επιδράσεις κατά την τοποθέτηση, δηλαδή εκτόπισης υλικού ή αντικατάστασης υλικού
- Τον τρόπο που εξασφαλίζουν την ικανότητα ανάληψης φορτίου, δηλαδή πάσσαλοι αιχμής, πάσσαλοι τριβής, εφελκούμενοι πάσσαλοι, κεκλιμένοι πάσσαλοι.

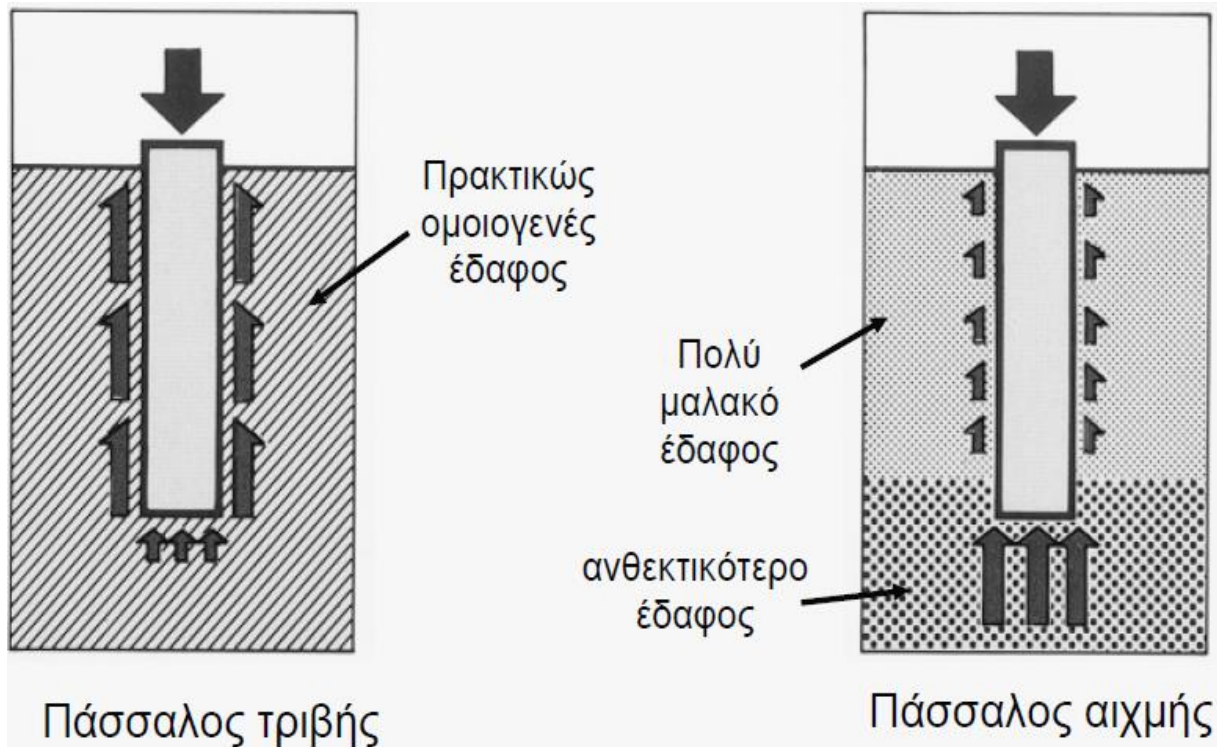
## 4.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Συγκεκριμένα στο έργο της διάνοιξης της οδού Κανακάρη κατασκευάστηκε προσωρινός τοίχος από φρεατοπασσάλους και στη συνέχεια αντιηδωτοί τοίχοι αντιστήριξης πρηνών θεμελιωμένοι επί πασσάλων. Ο προσωρινός τοίχος χρησιμοποιήθηκε ως μέσον συγκράτησης του εδαφικού όγκου ώστε να υποβαθμιστεί η στάθμη του εδάφους με ασφάλεια. Στην συνέχεια οι δύο κατασκευές συνδέθηκαν μέσω βλήτρων. Οι πάσσαλοι ταξινομούνται σύμφωνα με τη μέθοδο εγκατάστασής τους ως έγχυτοι πάσσαλοι, το είδος του υλικού τους είναι οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι έγχυτοι επί τόπου. Επίσης, το είδος του συστήματος εγκατάστασής τους είναι με μηχανήμα διάτρησης εδάφους (γεωτρύπανο - πασσαλοπήκτης) και θεωρούνται έγχυτοι πάσσαλοι μεγάλης διαμέτρου. Ακόμα, ο τρόπος τοποθέτησης έγινε με τη μέθοδο αντικατάστασης υλικού και η ικανότητα ανάληψης φορτίου εξασφαλίζεται με πασσάλους αιχμής και τριβής.

Ένας μεμονωμένος πάσσαλος μπορεί να οριστεί ως ένα λιγυρό δομικό μέλος που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα φορτία, τα οποία ασκούνται στην κορυφή του, σε χαμηλότερες στάθμες μέσα στο έδαφος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

1. Της διατμητικής τάσης που ενεργοποιείται στην επιφάνεια του κορμού του πασσάλου, η οποία ονομάζεται επιφανειακή τριβή στις άμμους και συνάφεια στις αργίλους.
2. Της αστοχίας λόγω φέρουσας ικανότητας στη βάση του πασσάλου, η οποία ονομάζεται αντίσταση αιχμής.

Πιο αναλυτικά, ο ρόλος του πασσάλου ως μέλος ενός τοίχου αντιστήριξης είναι να αναπτύσσει αντιδράσεις μεταξύ αυτού και του εδάφους. Οι αντιδράσεις αυτές είναι τριβής και αιχμής. Οι αντιδράσεις τριβής αναπτύσσονται καθ' όλη την περιμετρικά εξωτερική του επιφάνεια που βρίσκεται υπό του ορίζοντα του εδάφους. Οι αντιδράσεις αιχμής είναι εκείνες οι αντιδράσεις που αναπτύσσονται στην έδρα του και δημιουργούνται από φορτία ίδιου βάρους και επιπρόσθετων φορτίων. Αν και πάντα αναπτύσσονται και τα δύο είδη αντιδράσεων, οι πάσσαλοι κατηγοριοποιούνται σε πάσσαλοι αιχμής και πάσσαλοι τριβής, με κριτήριο τη διαφορά του μέτρου κατά το οποίο αυτές αναπτύσσονται. Δηλαδή όταν υπερισχύουν οι αντιδράσεις τριβής, ο πάσσαλος θεωρείται τριβής. Όταν υπερισχύουν οι αντιδράσεις αιχμής, ο πάσσαλος θεωρείται αιχμής. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο έχει κατασκευαστεί ο πάσσαλος ορίζει το μέγεθος των αντιδράσεων και ταυτόχρονα το είδος στο οποίο εντάσσονται. Όταν το έδαφος θεωρείται πρακτικά ομοιογενές, τότε αναπτύσσονται κυρίως αντιδράσεις τριβής. Όμως, κυρίως αντιδράσεις αιχμής αναπτύσσονται όταν ο πάσσαλος είναι εμπιγμένος σε μαλακό έδαφος, αλλά εδράζεται σε ανθεκτικό (Σχήμα 4.4). Σύμφωνα με τις εδαφολογικές αναλύσεις οι κατηγορίες του εδάφους στις οποίες εμπιγνύονται οι πάσσαλοι και εδράζονται, είναι μια ποικιλία από αργιλικά εδάφη και αμμόδεις αργίλους.



Σχήμα 4.4 . Απεικόνιση είδους πασσάλου ανάλογα με την ανάπτυξη των αντιδράσεων.

#### Σχεδιασμός μεμονωμένων πασσάλων:

Ο σχεδιασμός των πασσάλων γίνεται θεωρητικά, όμως λόγω των διαφορετικών εδαφικών συνθηκών, των επιδράσεων τοποθέτησης όπως ανάπλαση, συμπίεση, χαλάρωση και άλλες, χρησιμοποιούνται πάντα εμπειρικές σχέσεις και προκύπτουν συσχετίσεις και συντελεστές προσαρμογής για τις διάφορες επιδράσεις. Έτσι, θεωρείται απαραίτητο να γίνονται δοκιμές φόρτισης, επειδή οι θεωρητικοί υπολογισμοί της φέρουσας ικανότητας ενός πασσάλου δεν είναι αρκετά ακριβείς.

#### 4.2.1 Φέρουσα ικανότητα μεμονωμένων πασσάλων

Ένας πάσσαλος αναπτύσσει δύο αντιστάσεις στα κατακόρυφα ασκούμενα φορτία:  
αντίσταση κορμού (τριβής)  
αντίσταση αιχμής.

Στην αστοχία, ενεργοποιούνται οι οριακές τιμές και των δύο αυτών φορτίων και δίνουν:

$$Q_u = Q_s + Q_b \quad (4.1)$$

όπου:

$Q_u$  = οριακό ασκούμενο φορτίο

$Q_h$  = οριακό φορτίο αιχμής

$Q_s$  = οριακό φορτίο κορμού (τριβής)

Η αντίσταση αιχμής προκύπτει ως φορτίο,  $Q_b$ , με τον πολλαπλασιασμό της διατομής της βάσης του πασσάλου με την τάση της φέρουσας ικανότητας:

$$Q_b = q_b \cdot A_b \quad (4.2)$$

όπου:

$q_b$  = αντίσταση αιχμής (τάση)

$A_b$  = διατομή βάσης

Η αντίσταση κορμού (τριβής) λαμβάνεται ως φορτίο,  $Q_s$ , με τον πολλαπλασιασμό της επιφάνειας της περιμέτρου του κορμού του πασσάλου, η οποία είναι σε επαφή με το έδαφος, με μια διατμητική τάση που αναπτύσσεται ανάμεσα στην επιφάνεια του πασσάλου και το έδαφος και ονομάζεται επιφανειακή τριβή στις άμμους,  $f_s$ , και συνάφεια στις αργίλους,  $c_a$ :

$$Q_s = \sum_0^L c_a \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad (\text{άργιλοι}) \quad (4.3)$$

$$Q_s = \sum_0^L f_s \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad (\text{άμμοι}) \quad (4.4)$$

οπού:

$d$  = η διάμετρος του πασσάλου

$l$  = το μήκος του πασσάλου που είναι σε επαφή με κάθε εδαφική στρώση.

Οι πάσσαλοι συνήθως διαπερνούν διάφορους τύπους εδαφών, καθένας από τους οποίους δίνει διαφορετική αντίσταση κορμού (τριβής), οπότε η συνολική αντίσταση κορμού (τριβής) είναι το άθροισμα των ξεχωριστών τιμών.

Το βάρος του πασσάλου  $W_p$  πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στην Εξίσωση 4.1, αλλά μπορεί να αγνοηθεί αν χρησιμοποιείται η καθαρή φέρουσα ικανότητα για τον υπολογισμό του φορτίου της αντίστασης αιχμής, αφού:

**καθαρή φέρουσα ικανότητα = ολική φέρουσα ικανότητα -  $q$**

όπου το  $q$ , αντιπροσωπεύει την προσαύξηση της συνολικής τάσης στη στάθμη της βάσης του πασσάλου  $\sigma_{vb}$  και:

$$W_p \approx A_b \cdot \sigma_{vb} \quad \text{ή} \quad W_p \approx W_s \quad (4.5)$$

Όπου:

$W_s$  το βάρος του εδάφους που αφαιρείται ή εκτοπίζεται

Τότε η πλήρης εξίσωση είναι:

$$Q_u = Q_s + Q_b - W_p + W_s = Q_s + Q_b$$

#### 4.2.2 Έγχυτοι πάσσαλοι σε άργιλο

##### Αντίσταση αιχμής $q_b$

Αυτή μπορεί να ληφθεί από τη σχέση:

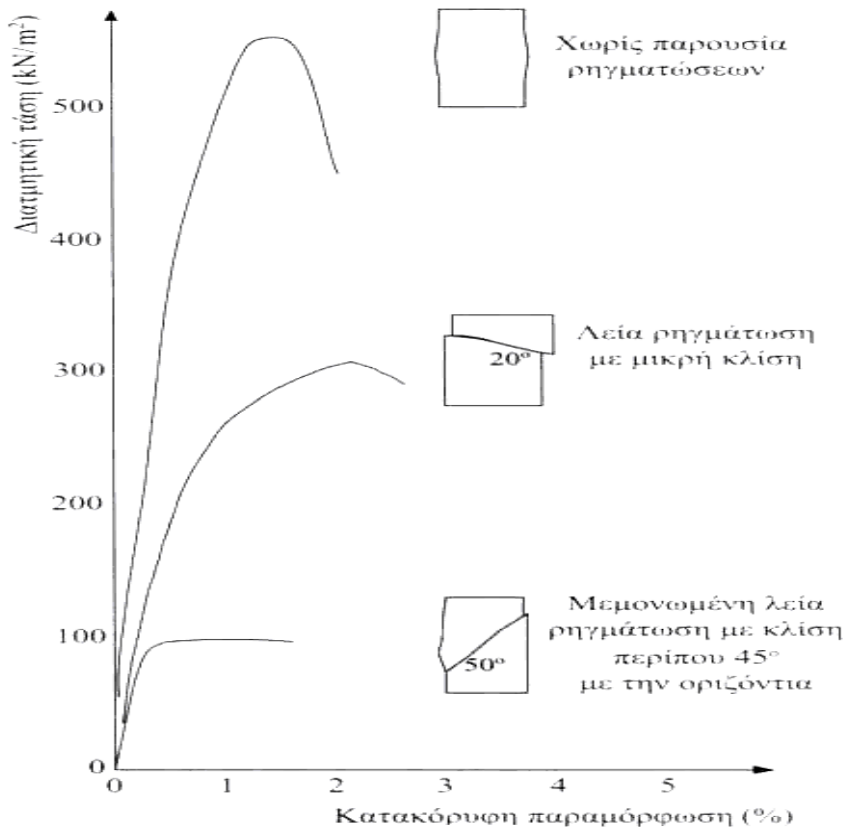
$$q_b = N_c \cdot \omega \cdot c_{ub} \quad (kN/m^2) \quad (4.6)$$

$N_c$  είναι ο συντελεστής φέρουσας ικανότητας. Αποδεικνύεται θεωρητικά ότι οι τιμές του είναι στο φάσμα 8.0 και 9.8 (Whitaker και Cooke, 1966) υπό αστράγγιστες συνθήκες και για βαθιά θεμελίωση. Η ευρέως αποδεκτή τιμή είναι 9 που πρότεινε ο Skempton (1959).

$c_{ub}$  είναι η διατμητική αντοχή υπό αστράγγιστες συνθήκες στη βάση του πασσάλου, η οποία λαμβάνεται από τη μέση γραμμή του διαγράμματος διατμητικής αντοχής - βάθους. Αυτές οι αντοχές συνήθως λαμβάνονται από δοκιμές τριαξονικής θλίψης σε δοκίμια διαμέτρου 38 mm.

Η ύπαρξη ρηγματώσεων στην άργιλο επηρεάζουν σε διαφορετικό βαθμό από ρηγματώσεις μέσα στο δοκίμιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5 και το διάγραμμα μέσω των τιμών δεν θα αντιπροσωπεύει την αντοχή του εδάφους που αναπτύσσεται κάτω από τον πάσσαλο. Οι τιμές που πρότεινε ο Skempton (1966) για το  $\omega$  είναι οι εξής:

- Άργιλος χωρίς ρηγματώσεις  $\omega = 1.0$
- Άργιλος με ρηγματώσεις  $d < 0.9m$   $\omega = 0.8$
- Άργιλος με ρηγματώσεις  $d > 0.9m$   $\omega = 0.75$



Σχήμα 4.5

Εάν όμως ληφθεί η διατμητική αντοχή υπό αστράγγιστες συνθήκες μέσω τριαξονικής δοκιμής σε δείγματα περίπου 100mm, είναι πιθανότερο να υπάρξουν αντιπροσωπευτικές τιμές και να μη χρειαστεί να εφαρμοστεί ο συντελεστής  $\omega$ , ειδικά αν γίνει χρήση του κάτω ορίου αποτελεσμάτων. Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει αποδεκτή η τιμή της διατμητικής αντοχής, είναι να έχει εξασφαλιστεί ότι θα έχει καθαριστεί καλά γεώτρηση όπου θα εισαχθεί ο πάσσαλος. Αν παραμείνουν θραύσματα, σκόνες, ή μπετονίτης στη βάση του πασσάλου, θα προκύψει μικρότερη τιμή της αντίστασης αιχμής.

#### 4.2.3 Συνάφεια $c_a$

Η συνάφεια  $c_a$  είναι η διατμητική τάση που αναπτύσσεται μεταξύ της επιφάνειας του πασσάλου και του εδάφους και περιορίζεται μέσα σε μια στενή ζώνη κοντά στον πάσσαλο. Η συνάφεια  $c_a$  είναι γενικά μικρότερη από την αρχική διατμητική αντοχή υπό αστράγγιστες συνθήκες,  $c_u$  εξαιτίας:



1. της αναμόχλευσης από τη δράση των διατρητικών εργαλείων
2. της χαλάρωσης που προκαλείται από την εκτόνωση των τάσεων κατά τη μετακίνηση της υγρασίας από το γειτονικό έδαφος και από το υγρό σκυρόδεμα προς το δακτύλιο του εδάφους γύρω από τον πάσσαλο. Ποσότητα νερού που υπάρχει στη γεώτρηση επιδεινώνει το πρόβλημα.

Πιθανά, η τιμή της συνάφειας εξαρτάται από τις τεχνικές διάτρησης που εφαρμόζονται και από το διάστημα του χρόνου της διάτρησης μέχρι τη σκυροδέτηση. Ένα μέτρο της συνάφειας προσδιορίζεται από την προσέγγιση της ολικής τάσης με τη χρήση εμπειρικής τροποποίησης της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής:

$$c_a = a * c_u \quad (4.7)$$

όπου:

$a$  είναι ο συντελεστής συνάφειας.

Για μαλακές και συμπαγείς αργίλους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια τιμή  $a = 1.0$  (Vesic, 1977). Για την πιο δύσκαμπτη άργιλο του Λονδίνου, ο Skempton (1959) βρήκε τιμές του  $a$  μεταξύ 0.30 και 0.60 από αντίστροφες αναλύσεις ενός αριθμού δοκιμαστικών φορτίσεων πασσάλων και συνιστά μια τιμή 0.45 για πασσάλους που εκτείνονται κάτω από τον ανώτερο ορίζοντα της άργιλου του Λονδίνου, η οποία παρουσιάζει πολλές ρηγματώσεις και είναι διαβρωμένη από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Για πασσάλους μικρού μήκους, κυρίως μέσα στην ανώτερη ζώνη, όπου είναι πιθανή μια καθυστέρηση στην έγχυση του σκυροδέματος, όπως σε μεγάλης διαμέτρου πασσάλους κωδωνοειδούς άκρου, συνιστάται μια τιμή  $a = 0.30$ . Αυτές οι τιμές συχνά χρησιμοποιούνται για άλλες, συμπαγείς, αργίλους με ρηγματώσεις. Όπου για τη σταθεροποίηση των πλευρών της γεώτρησης χρησιμοποιείται μπεντονίτης ή λάσπη, αν εξασφαλιστεί ότι μετά θα εκτοπιστεί πλήρως από το σκυρόδεμα κατά τη διαδικασία της σκυροδέτησης, δε θα υπάρξουν ανεπιθύμητες συνέπειες στην τιμή της συνάφειας (Fleming και Sliwinski, 1977). Ο Tomlinson (1987) συνιστά οι τιμές συνάφειας να μειώνονται κατά 20% για να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις της λάσπης, επειδή δεν μπορεί να υπάρξει εγγύηση ότι αυτή θα αφαιρεθεί εντελώς.

#### 4.2.4 Έγχυτοι πάσσαλοι σε άμμο

Κατά τη διάτρηση στις άμμους παρατηρείται χαλάρωση του εδάφους γύρω από την περιοχή της οπής με αποτέλεσμα να μειώνονται οι οριζόντιες τάσεις. Έτσι, οι έγχυτοι πάσσαλοι που κατασκευάζονται αμμώδη εδάφη και κυρίως σε πυκνές άμμους έχουν μικρότερη φέρουσα ικανότητα. Η επιτόπου σκυροδέτηση δημιουργεί τραχεία επιφάνεια αλλά μόνο προσωρινά καθώς μειώνεται από την χαλάρωση της άμμου.

Ο Roulos (1980) προτείνει τη χρήση των μεθόδων που δίνονται για τους πασσάλους έμπηξης, αλλά με μειωμένες τιμές της τελικής γωνίας εσωτερικής τριβής. Επίσης, για τους προκαταρτικούς υπολογισμούς, η αντίσταση της αιχμής ενός έγχυτου πασσάλου να λαμβάνεται ως το ένα τρίτο της τιμής που υπολογίζεται για ένα πάσσαλο έμπηξης, και περίπου το μισό για την αντίσταση του κορμού (τριβής).

#### 4.2.5 Συντελεστής ασφαλείας

Λόγω των αβεβαιοτήτων που μπορεί να παρουσιάζουν οι εδαφικές συνθήκες, των επιδράσεων της τοποθέτησης των πασσάλων και για τον περιορισμό των καθιζήσεων σε επιτρεπόμενες τιμές, εφαρμόζεται συντελεστής ασφαλείας  $Q_u$  στο οριακό φορτίο.

Αν και οι πάσσαλοι συχνά σχεδιάζονται με την εφαρμογή συντελεστή ασφαλείας στο οριακό φορτίο, για να προκύψει ένα φορτίο λειτουργίας, τα κυριότερα κριτήρια της απόδοσης ενός πασσάλου είναι ότι δεν πρέπει να σημειωθεί καθίζηση μεγαλύτερη από μια επιτρεπόμενη τιμή. Ο Tomlinson (1987) ανέφερε ότι, σύμφωνα με την πείρα του, οι καθιζήσεις σε πασσάλους με διάμετρο μέχρι 600 mm υπό το φορτίο λειτουργίας είναι απίθανο να υπερβούν τα 10 mm, αν ληφθεί ένας συνολικός συντελεστής ασφαλείας ίσος με 2.5 ώστε:

$$\text{φορτίο λειτουργίας} = \frac{\text{οριακό φορτίο}}{\text{συντελεστής ασφαλείας}} \quad (4.8)$$

Για πασσάλους με διάμετρο μεγαλύτερη από 600 mm, έχει βρεθεί ότι οι δύο συνιστώσες, δηλαδή η αντίσταση κορμού (τριβής) και η αντίσταση αιχμής, ενεργοποιούνται σε διαφορετικές ποσότητες καθιζήσης. Κατά προσέγγιση, το σύνολο της αντίστασης κορμού (τριβής) ενεργοποιείται με καθίζηση της κεφαλής του πασσάλου περίπου 1-2% της διαμέτρου του, ενώ για να ενεργοποιηθεί όλη η αντίσταση αιχμής ο πάσσαλος πρέπει να ωθηθεί προς τα κάτω σε μήκος περίπου 10-20% της διαμέτρου του. (Δηλαδή 100mm -200mm στην περίπτωση της οδού κανακάρη όπου η διάμετρος του πασσάλου είναι 1000mm )

Για τυπική διάμετρο πασσάλου και επιτρεπόμενη καθίζηση  $p_{all}$ , μπορεί να αποδειχθεί πως, όταν εφαρμόζεται το φορτίο λειτουργίας, ενεργοποιείται ένα μεγάλο ποσοστό της αντίστασης κορμού (τριβής), αλλά μόνον ένα μικρό ποσοστό της αντίστασης αιχμής. Για πασσάλους σε άμμους, η συνιστώσα του φορτίου κορμού (τριβής) είναι συνήθως μικρότερη από την αντίσταση αιχμής. Έτσι, μια πιο λογική προσέγγιση είναι να εφαρμόζονται διαφορετικοί συντελεστές ασφαλείας για τις δύο συνιστώσες. Αυτοί ονομάζονται επιμέρους συντελεστές. Για έγχυτους πασσάλους στην άργιλο του Λονδίνου, οι Burland *et al.* (1966) προτείνουν ότι, με την προϋπόθεση ενός συνολικού συντελεστή ασφαλείας ίσου με 2, πρέπει να εφαρμόζονται επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τον κορμό και την αιχμή ίσοι με 1 και 3 αντίστοιχα, ώστε το φορτίο λειτουργίας  $Q_a$  να είναι το μικρότερο από τα:

$$Q_a = Q_{ult}/2 = (Q_s + Q_b) / 2 \quad (4.9)$$

$$Q_a = (Q_s/1) + (Q_b/3) \quad (4.10)$$

Οι Burland *et al.* αναφέρουν ότι η τελευταία έκφραση καθορίζει γενικά τη σχεδίαση για μεγάλους πασσάλους κωδωνοειδούς άκρου, και η πρώτη συνήθως καθορίζει τη σχεδίαση ευθύγραμμων πασσάλων.

Για εδάφη διαφορετικά από την άργιλο του Λονδίνου, όταν υπάρχει μικρότερη βεβαιότητα για τις εδαφικές συνθήκες, τα ασκούμενα φορτία και τις επιδράσεις της τοποθέτησης των πασσάλων, πρέπει να εφαρμόζονται μεγαλύτεροι συντελεστές ασφαλείας, όπως 2.5 για το συνολικό και 1.5 και 3.5 για το φορτίο κορμού και αιχμής αντίστοιχα.

#### 4.2.6 Ομάδες πασσάλων

Όπως αναφέρθηκε η λειτουργία των πασσάλων είναι να υποστηρίζουν φορτία που μεταφέρονται από την κατασκευή αξονικά σε αυτούς. Επειδή σπάνια πρόκειται για ένα μεμονωμένο κατακόρυφο φορτίο, δεν είναι συνηθισμένο μόνο ένας πάσσαλος να μεταφέρει τα φορτία της κατασκευής. Γι αυτό το λόγο κατασκευάζονται ομάδες πασσάλων, συνήθως σε τετραγωνικό κάρναβο, και το φορτίο της κατασκευής μεταφέρεται και κατανέμεται μέσω κεφαλόδεσμου από σκυρόδεμα.

#### 4.2.7 Απόσταση των πασσάλων

Η αξονική απόσταση των πασσάλων,  $s$ , είναι τυπικά 3 φορές η διάμετρος για πασσάλους τριβής και μπορεί 2 φορές η διάμετρος για πασσάλους αιχμής. Για πασσάλους κωδωνοειδούς άκρου, η απόσταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2 φορές τη διάμετρο της βάσης.

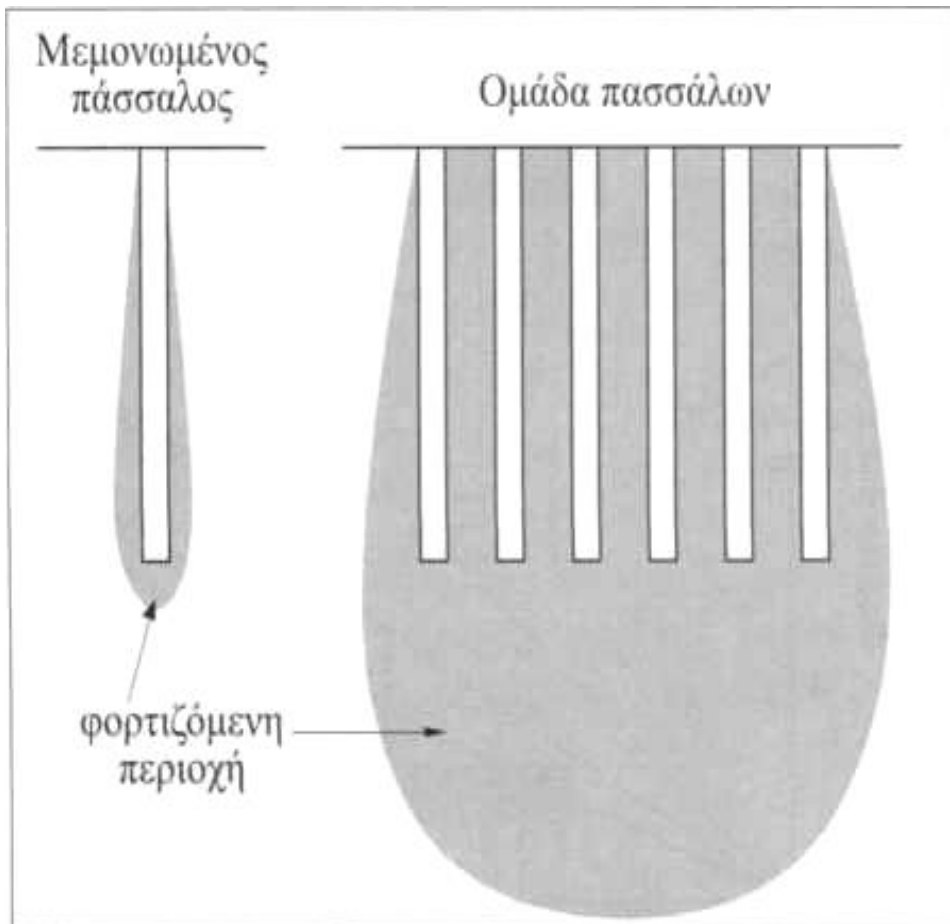
Αν οι πάσσαλοι είναι πολύ μακριά μεταξύ τους, οι καμπτικές τάσεις στον κεφαλόδεσμο είναι μεγάλες και απαιτούν περισσότερο πάχος σκυροδέματος και οπλισμό για να κατανεύμουν τα ασκούμενα φορτία στους πασσάλους. Αν οι πάσσαλοι είναι πολύ κοντά, το έδαφος ανάμεσά τους μπορεί να αποδιοργανωθεί σε μεγάλο βαθμό και να διαταραχθεί, οδηγώντας σε μεγάλες αυξήσεις πίεσης πόρων, ανύψωση εδάφους, και μικρή φέρουσα ικανότητα. Επίσης, η ελλιπής ευθυγράμμιση μπορεί να δημιουργήσει ανεπιθύμητες παρεμβολές.

#### 4.2.8 Φορτιζόμενη ζώνη

Η ζώνη του εδάφους που φορτίζεται γύρω από ένα μεμονωμένο πάσσαλο είναι πολύ μικρότερη από όσο κάτω και γύρω από μια ομάδα πασσάλων. Αυτό έχει μια σειρά συνεπειών:

1. Η μέθοδος τοποθέτησης έχει μικρότερη επίδραση στη συμπεριφορά μιας ομάδας πασσάλων παρά σε αυτή ενός μεμονωμένου πασσάλου, επειδή γύρω και κάτω από την ομάδα η ζώνη που επηρεάζεται από τη διατάραξη είναι σχετικά μικρή και οι τάσεις μεταφέρονται σε αδιατάρακτο έδαφος.
2. Τυχόν συμπιεστά στρώματα κάτω από τη βάση μιας ομάδας πασσάλων προκαλούν καθίζηση της ομάδας ενώ δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας δοκιμής φόρτισης μεμονωμένου πασσάλου.

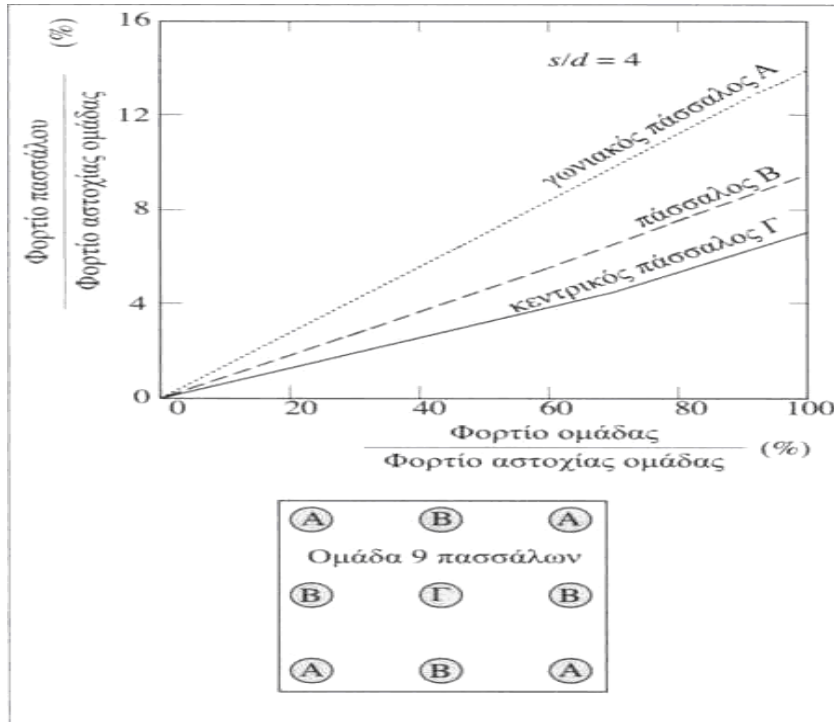
Λόγω των παραπάνω αλλά και άλλων παραγόντων, η προβολή της απόδοσης μιας δοκιμής φόρτισης μεμονωμένου πασσάλου στη συμπεριφορά ομάδας πασσάλων πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή.



Σχήμα 4.6 Φορτιζόμενη ζώνη γύρω από πασσάλους

#### 4.2.9 Διακύμανση φορτίου

Είναι λάθος η υπόθεση ότι κάθε πάσσαλος που ανήκει σε μια ομάδα πασσάλων παραλαμβάνει το ίδιο φορτίο. Αν κατασκευαστεί ένας εύκαμπτος κεφαλόδεσμος και εφαρμοστεί ομοιόμορφο φορτίο, τότε οι πιέσεις επαφής θα είναι αρκετά ομοιόμορφες και για τις αργίλους και για τις άμμους, και οι πάσσαλοι οι οποίοι βρίσκονται κάτω από τον εύκαμπτο κεφαλόδεσμο θα φέρουν περίπου ίσα φορτία. Αυτό ισχύει για πασσάλους κάτω από ένα επίχωμα, που κατασκευάζονται για να μειωθούν οι καθιζήσεις κάτω από αυτό. Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι θα προκληθεί ανομοιόμορφη καθίζηση, δισκοειδούς καμπύλου σχήματος, την οποία μερικές κατασκευές δεν μπορούν να αντέξουν.



Σχήμα 4.7 Κατανομή φορτίων σε ομάδα 9 πασσάλων (από Whitaker, 1970)

Ο σκοπός ενός άκαμπτου κεφαλόδεσμου είναι να εξομαλύνει την καμπύλη των καθιζήσεων και να προκληθούν ομοιόμορφες καθιζήσεις. Αν οι πάσσαλοι έχουν εισαχθεί σε άργιλο, ο άκαμπτος κεφαλόδεσμος θα αυξήσει τα φορτία στους εξωτερικούς πασσάλους και θα τα μειώσει στους κεντρικούς. Αυτό επιβεβαιώθηκε και με προσομοιώματα πασσάλων σε άργιλο σε δοκιμές που πραγματοποίησε ο Whitaker (1957), ο οποίος έδειξε ότι για τυπικές αποστάσεις μικρότερες από 4 φορές τη διάμετρο οι γωνιακοί πάσσαλοι φέρουν το περισσότερο φορτίο και οι κεντρικοί το λιγότερο.

Συμπεραίνεται ότι για ομάδες πασσάλων σε άμμους με άκαμπτο κεφαλόδεσμο η κατανομή του φορτίου μπορεί να αναμένεται αντίστροφη, με τους κεντρικούς πασσάλους να παραλαμβάνουν το περισσότερο φορτίο και τους γωνιακούς το λιγότερο, και αυτό έχει επιβεβαιωθεί από τον Vesic (1969).

#### 4.2.10 Απόδοση

Συνήθως, είναι λάθος να υποθέτουμε ότι το φορτίο αστοχίας της ομάδας είναι ίσο με το άθροισμα των φορτίων των πασσάλων όταν δρουν μεμονωμένα. Η διαφορά αντιπροσωπεύεται από το συντελεστή απόδοσης  $\eta$ :

$\eta = \text{μέσο φορτίο ανά πάσσαλο κατά την αστοχία της ομάδας} / \text{φορτίο αστοχίας μεμονωμένου πασσάλου}$

Για πασσάλους έμπηξης σε χαλαρές ή μέσης πυκνότητας άμμους, η επίδραση της συμπίκνωσης οδηγεί σε απόδοση μεγαλύτερη από 1, με υψηλότερες τιμές όταν οι πάσσαλοι είναι πλησιέστερα ο ένας στον άλλο και σε χαλαρότερες άμμους. Για πασσάλους έμπηξης σε πυκνές άμμους, η απόδοση είναι απίθανο να υπερβεί το 1 και θα είναι μικρότερη αν η τοποθέτηση προκαλεί διατάραξη. Για ομάδες έγχυτων πασσάλων σε άμμο, οι επικαλυπτόμενες ζώνες διατάραξης ανάμεσα στους πασσάλους είναι πιθανό να μειώσουν την απόδοση.

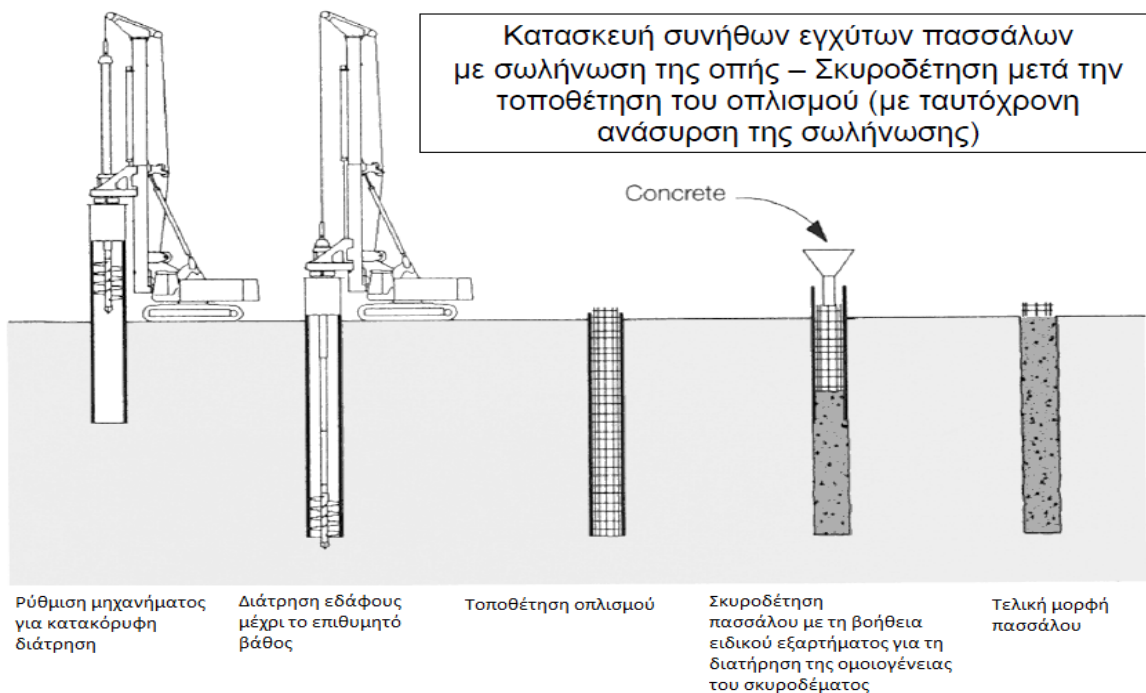
### 4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σύμφωνα με τη μελέτη του έργου, το υψόμετρο της ερυθράς είναι πολύ χαμηλότερο από τη στάθμη του φυσικού εδάφους. Στόχος της μελέτης είναι να κατασκευαστεί το οδόστρωμα σε τέτοιο υψόμετρο ώστε να είναι εφικτή η ένωση του με την οδό Πατρών – Κορίνθου. Λόγω του ύψους του λόφου και των χαρακτηριστικών του εδάφους του, χρήζεται απαραίτητο η κατακόρυφη εκσκαφή καθώς τα όρια του σχεδίου πόλεως και η έκταση του λόφου δεν επιτρέπουν διαφορετικό τρόπο. Γι αυτό το λόγο και την ασφαλή εκσκαφή επιλέχθηκε να κατασκευαστεί τοίχος από πασσαλοστοιχία και τοίχος αντιστήριξης με αντιηρίδες μεγάλου βάθους θεμελιωμένους επί πασσάλων.

Πριν θεμελιωθεί ο τοίχος αντιστήριξης, κατασκευάστηκε ο πασσαλότοιχος για να συγκρατεί το πρανές και να επιτρέπει την ασφαλή εκσκαφή για την ταπείνωση της στάθμης του εδάφους και για να συγκρατήσει σε πρώτη φάση το πρανές ώστε να είναι εφικτό η κατακόρυφη εκσκαφή για τη κατασκευή των θεμελίων του κύριου τοίχου. Εν τέλει, η πασσαλοστοιχία « ενσωματώνεται » με τον αντιηριδωτό τοίχο και παραλαμβάνουν τα φορτία που ασκούνται από το πρανές.

Αυτός ο τύπος τοίχου αντιστήριξης αποτελείται από πασσάλους από οπλισμένο σκυρόδεμα εφαπτομενικά στοιχισμένους και οι πάσσαλοι όπως προαναφέρθηκε είναι έγχυτοι. Ο πασσαλότοιχος λειτουργεί ως φράγμα για την κατολίσθηση σε κύκλο αστοχίας του πρανούς. Γι αυτό το λόγο, η κατασκευή γίνεται σε μεγαλύτερο βάθος σε σχέση με την προβλεπόμενη επιφάνεια του κύκλου αστοχίας.

Για να κατασκευαστεί ένας πάσσαλος γίνεται διάτρηση του εδάφους σε διάμετρο σύμφωνα με τη διατομή του. Αφού ολοκληρωθεί η διάτρηση στο επιθυμητό βάθος, τοποθετείται σιδηρός οπλισμός. Η κατασκευή του πασσάλου ολοκληρώνεται με τη σκυροδέτηση της οπής. (Σχήμα 4.8)



**Σχήμα 4.8. Φάσεις κατασκευής ενός πασσάλου, από τη διάτρηση του εδάφους, τη τοποθέτηση οπλισμού και τη σκυροδέτηση, έως και τη τελική του μορφή.**

Πιο αναλυτικά, για τη κατασκευή χρησιμοποιείται ερπυστριοφόρο μηχάνημα διάτρησης εδάφους εξοπλισμένο με ειδικό εξάρτημα . Αυτό το εξάρτημα είναι ένας κυλινδρικός κάδος στη διάμετρο του πασσάλου που θέλουμε να κατασκευαστεί. Είναι περιστρεφόμενος και στο κάτω μέρος του έχει οπές και λεπίδες που προεξέχουν. Έτσι, προσαρτημένος στο μηχάνημα ,περιστρέφεται και με την επιβολή κατακόρυφου φορτίου γίνεται εκσκαφή με τις λεπίδες και το έδαφος που πρέπει να αφαιρεθεί εισέρχεται στο εσωτερικό του κυλινδρικού κάδου από τις οπές (μέθοδο αντικατάστασης υλικού) . Επίσης ο κάδος διαθέτει θύρα η οποία ανοίγει για να ελευθερώσει το δεσμευμένο έδαφος. Ο κάδος έχει διάμετρο  $D = 100\text{cm}$  και ύψος  $H = 130\text{cm}$ .



**Εικόνα 4.1** Ο κυλινδρικός κάδος με ανοικτή θύρα κατά την αποδέσμευση του εδαφικού υλικού. Διακρίνεται το κάτω μέρος του με τις προεξοχές και τις εγκοπές του που συμβάλουν στην διάτρηση και τη δέσμευση του εδαφικού υλικού.

Πριν την εκκίνηση της διάτρησης έγιναν οι σχετικές ρυθμίσεις στο μηχάνημα. Αρχικά ρυθμίστηκε η κατακόρυφη θέση του βραχίονα του μηχανήματος για την κάθετη διάνοιξη της οπής. Αφού ρυθμιστεί το μηχάνημα από το χειριστή, ελέγχεται από τους εργάτες με όργανα οριζοντίωσης και με τη βοήθειά τους λαμβάνει τη σωστή θέση για τη διάτρηση. Στη συνέχεια, αφού έχει πάρει την κατάλληλη θέση πάνω από το σημείο της διάτρησης, ξεκινά η διαδικασία.



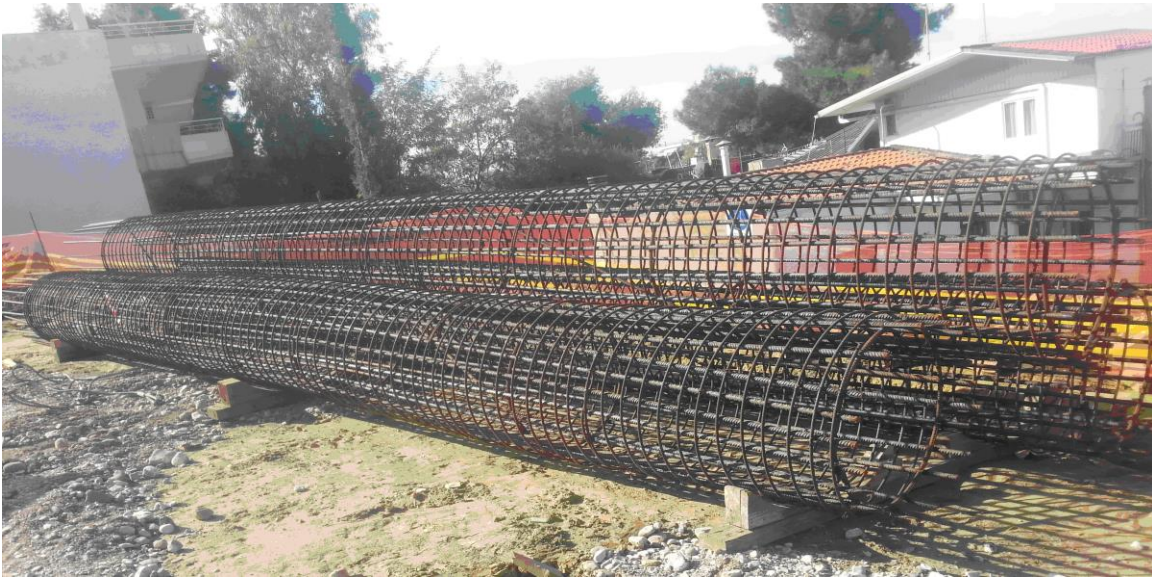
Εικόνα 4.2 Το ερπυστριοφόρο μηχάνημα με το εξάρτημα διάτρησης



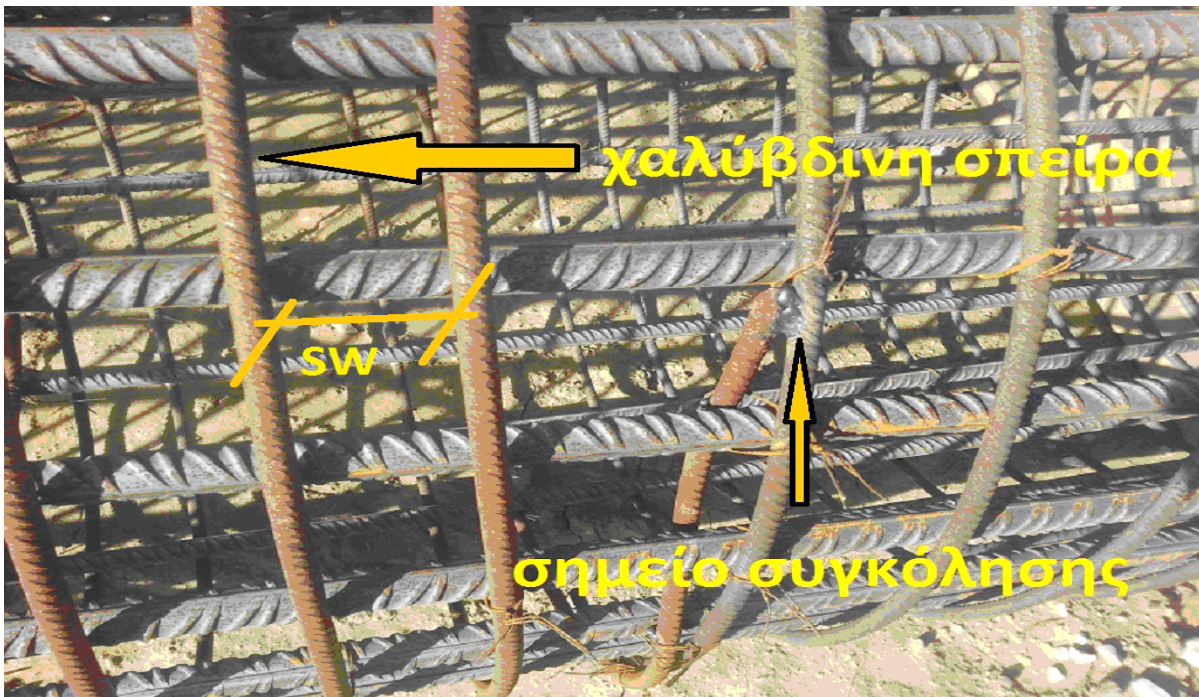
Εικόνα 4.3 Το μηχάνημα κατά τη διάρκεια της εκσκαφής

Όταν η οπή έχει αποκτήσει το κατάλληλο βάθος, τότε τοποθετείται ο σιδηρός οπλισμός. Με τη βοήθεια του μηχανήματος ο οπλισμός μεταφέρεται από το χώρο απόθεσης στην οπή. Να σημειωθεί ότι ο οπλισμός αποτελείται από ράβδους χάλυβα τοποθετημένους σε κύκλο διαμέτρου  $D = 88\text{cm}$ . Οι ράβδοι περιβάλλονται από χαλύβδινο σπειροειδή οπλισμό συγκολλημένο εξωτερικά, και εσωτερικά από στεφάνια. Έτσι, διασφαλίζεται η κυκλική περιστοίχιση κρατώντας ενιαία την θέση τους. Στο εργοτάξιο φθάνουν ήδη συναρμολογημένοι κατά παραγγελία.

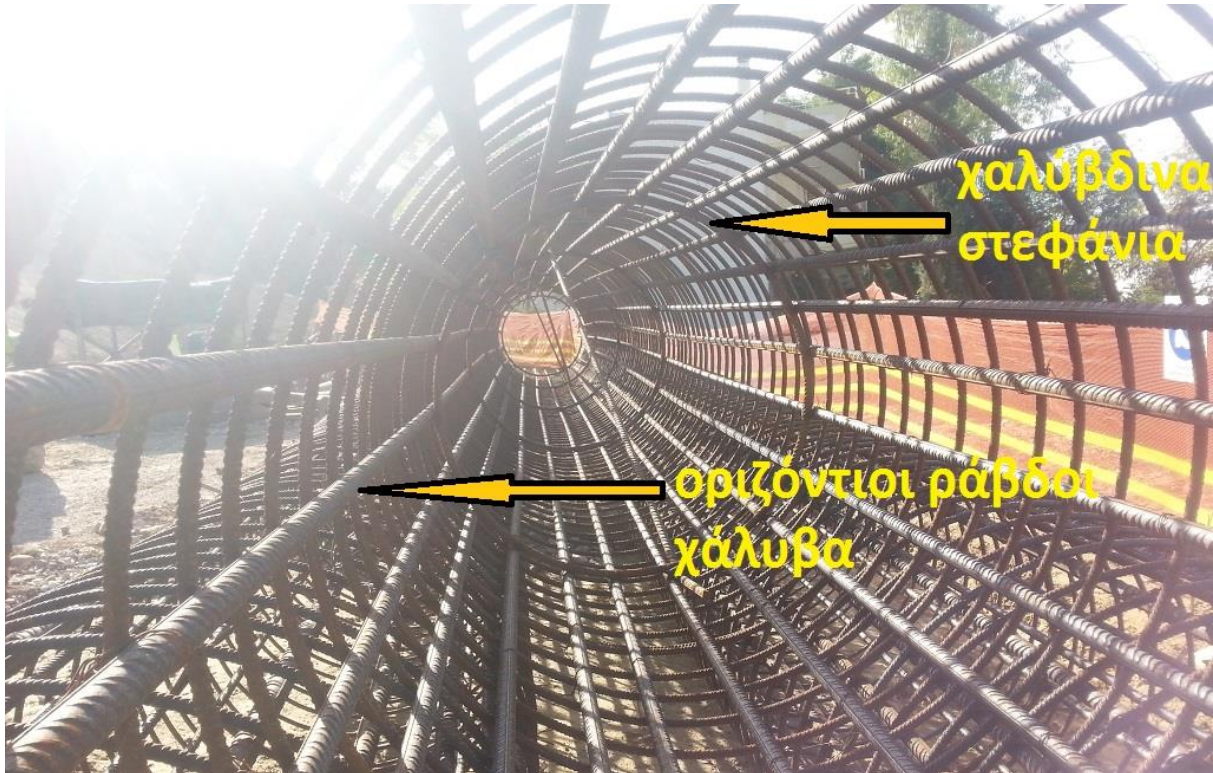




Εικόνα 4.4 Συναρμολογημένος οπλισμός πασσάλων.



Εικόνα 4.5 Λεπτομέρειες οπλισμού πασσάλου.



Εικόνα 4.6 Λεπτομέρειες οπλισμού

Συγκεκριμένα:

- η διάμετρος του κύκλου που σχηματίζουν οι ράβδοι είναι  $D = 88 \text{ cm}$ .
- Η παράταξη του οπλισμού των ράβδων είναι 22 ράβδοι διαμέτρου  $\phi 25$  για πάσσαλο μήκους  $14 \text{ m}$ .
- Η χαλύβδινη σπείρα είναι διαμέτρου  $\phi 14$  και η απόσταση του διαστήματος της σπείρας  $s_w = 10 \text{ cm}$  με συνολικό μήκος σπείρας  $L_0 \approx 39 \text{ m}$ .
- Τα εσωτερικά στεφάνια είναι διαμέτρου  $\phi 14$  τοποθετημένα ανά  $20 \text{ cm}$ . Το πρώτο στεφάνι είναι τοποθετημένο σε απόσταση  $h = 1.3 \text{ m}$  από την κορυφή του οπλισμού και συνολικά είναι 5.



**Εικόνα 4.7** Μεταφορά οπλισμού στην οπή.

Αφού τοποθετήθηκε ο οπλισμός, σταθεροποιήθηκε στο κέντρο με εμπόδια, ώστε να διασφαλιστεί η καθαρότητα και οι αποστάσεις για την επικάλυψη από σκυρόδεμα. Επίσης, έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις έτσι ώστε να διαπιστωθεί ότι το βάθος της οπής ήταν όντως κατάλληλο και η προεξοχή του οπλισμού επαρκούσε για τη κατασκευή του κεφαλόδεσμου. Στη συνέχεια έπεται η σκυροδέτηση του πασσάλου. Για τη σκυροδέτηση χρησιμοποιείται βοηθητικό εξάρτημα του οποίου η κορυφή αποτελείται από κούρρου κώνου σχήματος και καταλήγει σε κυλινδρικό σχήμα. Η μορφολογία του εξαρτήματος αυτού είναι έτσι ώστε να διευκολύνει την έγχυση σκυροδέματος. Το εξάρτημα αυτό τοποθετείται στην οπή το οποίο μεταφέρεται με το μηχάνημα διάτρησης λόγω του μεγάλου μήκος του και συγκρατείται καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Η τοποθέτηση του είναι αναγκαία έτσι ώστε να αποφευχθεί η ρίψη σκυροδέματος από μεγάλο ύψος γιατί υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης της ομοιογένειας του σκυροδέματος κατά την έκχυση του.



**Εικόνα 4.8 Μεταφορά του εξαρτήματος στην οπή**



**Εικόνα 4.9 Τοποθετημένος οπλισμός στην οπή έτοιμη για σκυροδέτηση.**

Στην συνέχεια φθάνει στο χώρο των εργασιών μπετονιέρα με το κατάλληλη κατηγορία σκυροδέματος. Κατά τη διάρκεια της αγκυροδέτησης λαμβάνονται κυβικά δοκίμια για την διαπίστωση της αντοχής του σκυροδέματος όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς. Τα δοκίμια συντηρούνται στο εργοτάξιο μέχρι τη μεταφορά τους στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου.



**Εικόνα 4.10 Διαδικασία σκυροδέτησης. Το μηχάνημα διάτρησης έχει τοποθετήσει το εξάρτημα τη διαδικασία και η μπετονιέρα γεμίζει την οπή με σκυρόδεμα.**



**Εικόνα 4.11 Δείγμα δοκιμίων που πάρθηκαν κατά τη σκυροδέτηση. Συντηρούνται στο νερό μέχρι να μεταφερθούν στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου.**

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, ότι όταν γίνεται διάτρηση για την κατασκευή ενός πασσάλου, η επόμενη οπή θα ανοιχθεί σε απόσταση της διαμέτρου  $D= 1.0$  m από τον προηγούμενο πάσσαλο. Αυτό συμβαίνει για λόγους ασφαλείας γιατί υπάρχει κίνδυνος αστοχίας του εδάφους. Έτσι, για να κατασκευαστεί ένας πάσσαλος επαπτόμενος σε έναν άλλο πρέπει πρώτα ο προηγούμενος να έχει σκυροδετηθεί και να έχει αποκτήσει αντοχή.



**Εικόνα 4.12** Απεικόνιση του μηχανήματος διάτρησης κατά την εκσκαφή οπής ενδιάμεσα από δύο σκυροδετημένους πασσάλους

Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή των πασσάλων κατασκευάζεται ο κεφαλόδεσμος. Ο κεφαλόδεσμος είναι ένα τοιχίο το οποίο κατασκευάζεται στη κορυφή της πασσαλοστοιχίας και συγκροτεί τους πασσάλους. Με τον κεφαλόδεσμο, οι πάσσαλοι συνδέονται και λειτουργούν ως ένα σώμα. Έτσι, σε οποιαδήποτε μεταβολή κάποιου πασσάλου, όλοι οι υπόλοιποι αντιδρούν μαζί του. Για να επιτευχθεί αυτό το μέρος της κατασκευής του τοίχου, ο οπλισμός που θα τοποθετείται προεξέχει της οπής. Ο κεφαλόδεσμος έχει ύψος 1,20 m και πλάτος 1.0 m.



**Εικόνα 4.13** Κατασκευή κεφαλόδεσμου

#### 4.3.1 Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης με αντηρίδες θεμελιωμένος επί πασσάλων

Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή της πασσαλοστοιχίας, γίνεται εκσκαφή του εδάφους για τη θεμελίωση του τοίχου αντιστήριξης. Κατά την εκσκαφή και η πασσαλοστοιχία αποκαλύπτεται. Όπως προαναφέρθηκε, τα θεμέλια του τοίχου αντιστήριξης είναι πάσσαλοι. Πιο συγκεκριμένα, τα θεμέλια αποτελούνται από δύο ή τρεις, κατά περίπτωση, σειρές πασσάλων παράλληλες στη πασσαλοστοιχία.



Εικόνα 4.14 Εκσκαφή για την εμφάνιση της πασσαλοστοιχίας



Εικόνα 4.15 Εμφάνιση πασσαλότοιχου μετά την κατακόρυφη εκσκαφή

Η απόσταση της πασσαλοστοιχίας από το πάσσαλο θεμελίου είναι 20 cm , ενώ οι πάσσαλοι θεμελίωσης έχουν κάθετη απόσταση 3.8 m από το κέντρο της διαμέτρου τους και διαμήκη 3 m από το κέντρο της διαμέτρου τους επίσης.



Εικόνα 4.16 Πάσσαλοι θεμελίων



Στην εικόνα φαίνονται έτοιμοι σκυροδετημένοι πάσσαλοι θεμελίων, όπως επίσης, και οι προεξοχές του οπλισμού για την κατασκευή κεφαλόδεσμου των πασσάλων, όπου λειτουργούν και άνω βάση θεμελίου. Οι πάσσαλοι αυτοί κατασκευάζονται με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως στην κατασκευή πασσαλοστοιχίας και έχουν μήκος 10m.

#### 4.3.2 Κατασκευή κεφαλόδεσμου πασσάλων στα θεμέλια του τοίχου

Μετά την κατασκευή πασσάλων, κατασκευάζεται επίσης ο κεφαλόδεσμος όπως στην πασσαλοστοιχία. Ο κεφαλόδεσμος λειτουργεί μεν ως σύνδεσμος των πασσάλων για να συγκρατεί τους πασσάλους και να αντιδρούν συλλογικά, αλλά και αποτελεί βάση θεμελίου και βάσης για τις αντηρίδες. Επίσης τοποθετήθηκε επιπλέον οπλισμός οριζόντιοι ράβδοι και πλέγμα για ενίσχυση της κατασκευής. Ο οπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη κατασκευή πασσάλων ως θεμέλια είναι 20 ράβδοι διαμέτρου  $\phi 28$  για μήκος πασσάλου 11m



Εικόνα 4.17 Σκυροδετημένος κεφαλόδεσμος. Φαίνεται η προεξοχή επιπρόσθετου οπλισμού.

#### 4.3.3 Κατασκευή αντηρίδων

Οι αντηρίδες « αποτελούν το κύριο τμήμα του τοίχου », ενώνονται με τα θεμέλια και με την πασσαλοστοιχία και αντιστηρίζουν το πρανάς σε συνεργασία με αυτή. Οι αντηρίδες παραλαμβάνουν τις ροπές έναντι ανατροπής, αντιδρούν σε αυτές και οι τάσεις μεταφέρονται στα θεμέλια. Παράλληλα με τη σκυροδέτηση του κεφαλόδεσμου και την τοποθέτηση του

επιπρόσθετου οπλισμού του, τοποθετήθηκε και ο κατακόρυφος οπλισμός των αντηρίδων.



Εικόνα 4.18 Απεικονίζεται ο οπλισμός των αντηρίδων.

Μετά την τοποθέτηση του οπλισμού των αντηρίδων, διατρήθηκαν οι πάσσαλοι της πασσαλοστοιχίας και τοποθετήθηκαν βλήτρα. Τα βλήτρα είναι κομμάτια χαλύβδινων ράβδων και τοποθετούνται κατά ένα μέρος τους στην πασσαλοστοιχία και το υπόλοιπο μέρος στην αντηρίδα. Η λειτουργία τους είναι να συνδέσουν την πασσαλοστοιχία με τον τοίχο αντιστήριξης.



Εικόνα 4.19 Βλήτρο

Μετά την τοποθέτηση των βλήτρων τοποθετήθηκαν καλούπια σκυροδέτησης. Τα καλούπια σκυροδέτησης είναι μπετοφόρμ. Δηλαδή, ξύλινα φύλλα με επιφάνεια διαμορφωμένη ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος συγκόλλησης με το σκυρόδεμα. Στηρίζονται από μεταλλική κατασκευή η οποία είναι συναρμολογούμενη και κατάλληλη ώστε να στηρίζει το καλούπι κατά τη σκυροδέτηση και το βάρος της κατασκευής μέχρι να αποκτήσει πρώτη αντοχή και να απομακρυνθούν τα καλούπια σκυροδέτησης. Ακόμα, ο λόγος που το μπετοφόρμ αποτελείται από ξύλο είναι γιατί το υλικό αυτό είναι πορώδες και έχει την ιδιότητα να αφήνει την υγρασία να εισέρχεται στο σκυροδετημένο τμήμα της κατασκευής και επίσης έχει την ιδιότητα της συγκράτησης της υγρασίας σε σχέση με άλλα υλικά.



Εικόνα 4.20 Καλούπι αντηρίδας

Μετά την τοποθέτηση του καλουπιού, η κατασκευή της αντηρίδας περνάει στη φάση της σκυροδέτησης. Η σκυροδέτηση έγινε με πρέσα σκυροδέματος και η κατηγορία του ήταν C30/37 .



Εικόνα 4.21 Σκυροδετημένες αντηρίδες.

Αφού περάσει ο επαρκούμενος χρόνος για να αποκτήσει το σκυρόδεμα που σκυροδετήθηκε η αντηρίδα πρώτημη αντοχή, αφαιρούνται τα καλούπια.



Εικόνα 4.22 Στην εικόνα φαίνονται αντηρίδες που τους έχουν αφαιρεθεί τα καλούπια , και άλλες που βρίσκονται στο διάστημα αφαιρέσής τους.

Στην κορυφή των αντηρίδων, φαίνονται αναμονές του οπλισμού. Ο λόγος που υπάρχουν είναι διότι αργότερα κατασκευάστηκε πρόβολος. Ο πρόβολος αυτός είναι προέκταση των αντηρίδων, στηρίζεται στην κορυφή τους και τις ενώνει μεταξύ τους και με το κεφαλόδεσμο της πασσαλοστοιχίας. Αρχικά τοποθετήθηκαν σκαλωσιές για να υποστηρίξουν την τοποθέτηση οπλισμού και των καλουπιών για τη σκυροδέτηση.



Εικόνα 4.23 Οπλισμός στην κορυφή των αντηρίδων για την κατασκευή του προβόλου.



Εικόνα 4.24 Σκαλωσιές ανάμεσα από τις αντηρίδες και καλούπωμα.

Μετά την τοποθέτηση των καλουπιών, έγινε η σκυροδέτηση του προβόλου.



Εικόνα 4.25 Διαδικασία σκυροδέτησης προβόλου.

#### 4.3.4 Τελική μορφή προβόλου

Μετά τη σκυροδέτηση του προβόλου έγινε αφαίρεση των καλουπιών και ο τοίχος πήρε τη τελική του μορφή. Περεταίρω αξιοποίηση των τεχνικών έργων αντιστήριξης περιλαμβάνει τη προσβασιμότητα στον πρόβολο ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί ως πεζόδρομος. Για αυτόν το λόγο δημιουργήθηκαν σκάλες από τον δρόμο, στον πρόβολο.



Εικόνα 4.26 Τελική μορφή προβόλου



Εικόνα 4.27 Σκάλα πρόσβασης από τον δρόμο, στον πρόβολο.



Εικόνα 4.28 Τελική μορφή τοίχου αντιστήριξης.

#### 4.3.5 Εικόνες Google Earth



Εικόνα 4.29 Εικόνα Google Earth <Διάνοιξη οδού Κανακάρη> 2012



Εικόνα 4.30 Εικόνα Google Earth <Διάνοιξη οδού Κανακάρη> 2013



Εικόνα 4.31 Εικόνα Google Earth <Διάνοιξη οδού Κανακάρη> 2014





Εικόνα 4.32 Εικόνα Google Earth <Διάνοιξη οδού Κανακάρη> 2015



Εικόνα 4.32 Εικόνα Google Earth <Διάνοιξη οδού Κανακάρη> 2016

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

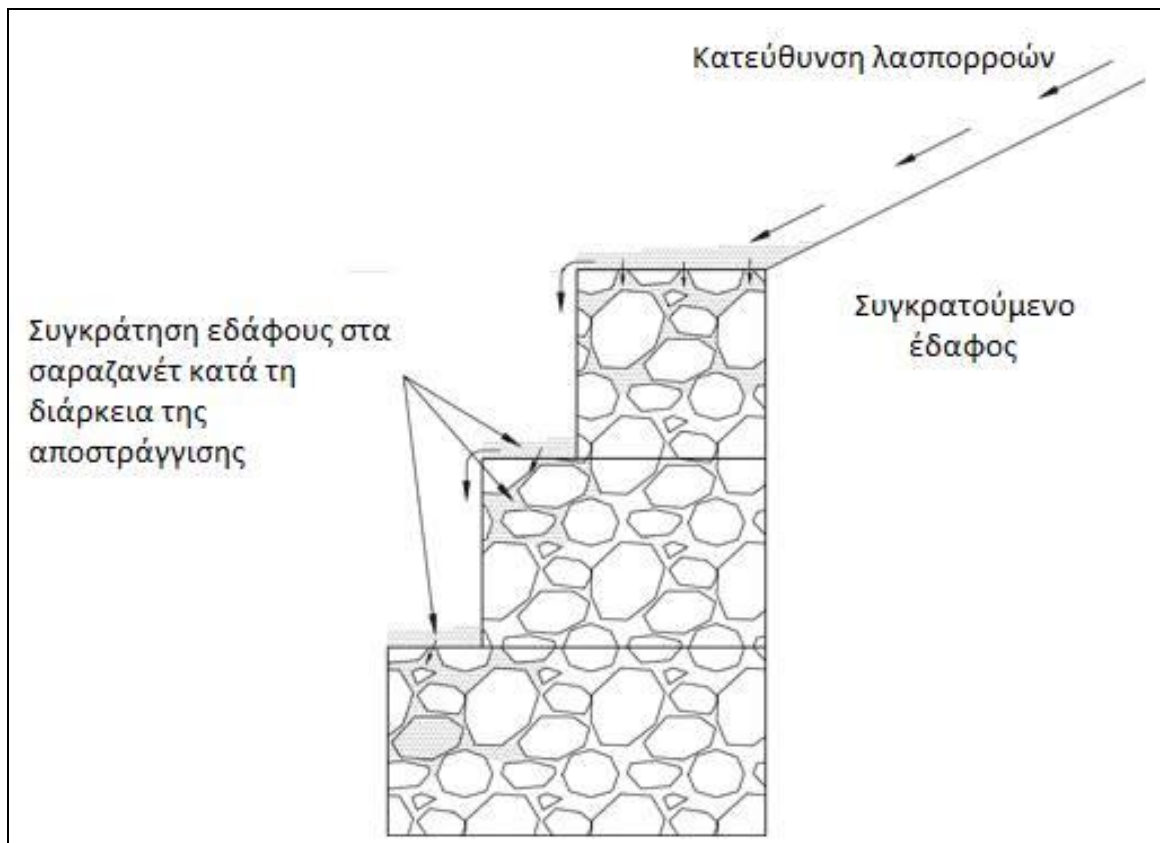
Η εισροή νερού μέσα στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα των κορεσμό των κενών από νερό. Ο εγκλωβισμός νερού ανάμεσα από το έδαφος και τη κατασκευή αντιστήριξης προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία της κατασκευής. Πιθανά προβλήματα που προκαλούνται είναι:

- λασπορροές
- επιφανειακές αστοχίες πρανούς
- μετατόπιση εδαφικού υλικού
- αύξηση του ασκούμενου φορτίου στη κατασκευή λόγω της πίεσης των πόρων από τον κορεσμό του εδάφους
- κατολισθήσεις και καθιζήσεις

Για την αποφυγή αυτών των φαινομένων κατασκευάζονται έργα αποστράγγισης.

#### 5.1 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟ ΣΑΡΑΖΑΝΕΤ

Οι τοίχοι κατασκευασμένοι από σαραζανέτ έχουν την ιδιότητα να αποστραγγίζουν και να συγκρατούν τις λασπορροές. Οι συγκροτημένοι λίθοι λειτουργούν ως φυσικό φίλτρο καθώς και τα κενά μεταξύ τους προσφέρονται για τη συγκράτηση φερτών υλικών σε αυτά.



Σχήμα 5.1

Για τη διευθέτηση των υδάτων που στραγγίζονται από τα σαραζανέτ, τοποθετήθηκε διάτρητος αγωγός από σκυρόδεμα διαμέτρου  $D = 400 \text{ mm}$  ο οποίος αποτελείται από κομμάτια αγωγού και συναρμολογήθηκε στο εργοτάξιο και βρίσκεται στο δεύτερο τοίχο των σαραζανέτ και διοχετεύει τα ύδατα σε κεντρικό σύστημα αποχέτευσης ομβρίων.

Πριν τη τοποθέτηση του σωλήνα, τοποθετήθηκε στεγανοποιητικό υλικό και γεωύφασμα σε όλη την επιφάνεια έδρασης του τοίχου και κατ' επέκταση του αγωγού για λόγους μόνωσης. Επίσης ο αγωγός καλύφθηκε περιμετρικά από γεωύφασμα για την εμπόδιση εισροής λάσπης μέσα σε αυτόν ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα σχετικά με την φραγή του αγωγού και του δικτύου από αυτήν. Επίσης, μετά τη συναρμολόγηση του αγωγού τοποθετήθηκε θραυστό υλικό τυχαίας διατομής.



**Εικόνα 5.1** Εργασίες τοποθέτησης αποχετευτικού σωλήνα.



Εικόνα 5.2 Τοποθέτηση θραυστού υλικού πάνω σε αγωγό αποστράγγισης.

## 5.2 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΤΟΙΧΙΑΣ

Για την αποστράγγιση των υδάτων από τη πασσαλοστοιχία τοποθετήθηκαν πλαστικοί σωλήνες ανάμεσα από τους πασσάλους. Οι σωλήνες αυτοί είναι κατασκευασμένοι από υλικό PVC διαμέτρου  $d=125$  mm και είναι διάτρητοι κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς του τοίχου. Επίσης είναι περιτυλιγμένοι από γεωύφασμα για την αποφυγή απόφραξης των οπών τους.



Εικόνα 5.3 Τοποθετημένοι σωλήνες PVC για ομαλή αποστράγγιση.

Όλοι οι σωλήνες αποστράγγισης από τον πασσαλότοιχο και από τα σαραζανέτ καταλήγουν μέσω σωλήνα PVC d = 200 mm στο κεντρικό αγωγό αποστράγγισης του δικτύου της πόλης.

### 5.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΑΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Στα τεχνικά έργα γίνεται ευρεία χρήση γεωσυνθετικών υλικών εξυπηρετώντας πλήθος λειτουργιών εξαιτίας του εύρους πεδίου εφαρμογής τους. Σύμφωνα με τη βασική λειτουργία τους για την οποία χρησιμοποιούνται κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

**Συγκράτηση** π.χ. για τη συγκράτηση κόκκων εδάφους με σκοπό τη διατήρηση συγκεκριμένης γεωμετρίας

**Αποστράγγιση** π.χ. για τη συλλογή και τη μεταφορά υπογείων υδάτων σε συγκεκριμένες διαδρομές

**Προστασία** λειτουργώντας π.χ. ως στρώσεις ανάληψης ποσοστού των αναπτυσσόμενων τάσεων ανακουφίζουν τα υποκείμενα εδαφικά στρώματα, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις καθιζήσεις

**Όπλιση** π.χ. για την ενίσχυση της διατμητικής αντοχής του εδάφους κυρίως μέσω της εφελκυστικής αντοχής των γεωσυνθετικών υλικών

**Διαχωρισμός** π.χ. για την αποφυγή ανάμιξης διαφορετικής κοκκομετρικής διαβάθμισης εδαφικών υλικών

**Προστασία** επιφανειακής διάβρωσης π.χ. για την αποφυγή της μετακίνησης εδαφών εξαιτίας της αιολικής διάβρωσης ή της διάβρωσης από την επιφανειακή απορροή υδάτων

**Ζώνες διήθησης και προστασίας ή φιλτραρίσματος** ταυτόχρονη διατήρηση των εδαφικών κόκκων στη θέση τους.

**Στεγανοποίησης /φράγματα** για την αποφυγή της εισροής ή διαφυγής υγρών ( π.χ. υπογείων υδάτων, ρύπων) ή αερίων

Ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε τεχνικού έργου , επιλέγεται συγκεκριμένος τύπος γεωσυνθετικού υλικού. Στο συγκεκριμένο έργο οι λόγοι για τους οποίους έγινε τοποθέτηση γεωσυνθετικών υλικών στα πρανή είναι για :

- μείωση του ρυθμού διάβρωσης,
- συγκράτηση και διατήρηση της γεωμετρίας του πρανούς
- εξομάλυνση και διευκόλυνση της επιφανειακής απορροής των υδάτων

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι επιπλέον κριτήριο για την επιλογή του υλικού είναι ότι τα μέτρα προστασίας του πρανούς με γεωσυνθετικά υλικά είναι μόνιμα και πρόκειται να λειτουργήσουν σε συνδυασμό με βλάστηση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι

**μόνιμοι τρισδιάστατοι, ανοικτής δομής, γεωσυνθετικοί τάπητες ή πλέγματα (Turf Reinforcement Mats) και οι τρισδιάστατες γεωσυνθετικές κυψέλες**, όπου επιλέχθηκαν τρισδιάστατα ανοικτής δομής πλέγματα. Οι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες ή πλέγματα (πάχους 6mm περίπου) συνίστανται από συνθετικές ίνες (π.χ. πλαστικοποιημένο PVC), που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία για να είναι ανθεκτικές στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV – stabilized) και στις χημικές προσβολές που πιθανά να υποστούν από το έδαφος, έχουν ιδιαίτερα ανοικτή δομή (πορώδες της τάξεως του 85%) με αποτέλεσμα να επιτρέπουν την ενδιάμεση πλήρωσή τους με εδαφικό υλικό και την ανάπτυξη και αλληλοεμπλοκή του ριζικού συστήματος εντός αυτών (Φωτ. 14). Δύναται να τοποθετηθούν κυρίως προ, αλλά και μετά την εκτέλεση των εργασιών υδραυλικής υδροσποράς σε πρανή και ανήκουν στην οικογένεια των μη βιοδιασπώμενων γεωσυνθετικών υλικών παρέχοντας σε συνδυασμό με τη βλάστηση την απαιτούμενη μακροχρόνια αντιδιαβρωτική προστασία. Οι τρισδιάστατοι γεωσυνθετικοί τάπητες έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν ιδιαίτερα ανθεκτικό αντιδιαβρωτικό μέτρο, σε σημείο που σε πολλές περιπτώσεις έχουν αντικαταστήσει τεχνικές λύσεις με συρματοκιβώτια ή και λιθορριπές σε πρανή καναλιών. Από εργαστηριακές δοκιμές αλλά και επιτόπου παρατηρήσεις έχει διαπιστωθεί η ικανότητα φυτρωμένου τρισδιάστατου τάπητα να ανθίστανται σε ταχύτητες έως 4m/sec για διάρκεια ροής 48 ωρών

Οι λόγοι εφαρμογής έργων πρόβλεψης αντιδιαβρωτικής προστασίας οφείλονται άλλοτε σε περιοριστικούς όρους που επιβάλλουν οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις σε κάθε έργο ( π.χ. αποφυγή μόλυνσης υδάτων από εδαφικά υλικά που παρασύρονται από την αρχική τους θέση), άλλοτε στην απαίτηση διατήρησης του διαμορφωμένου τοπογραφικού ανάγλυφου σε μια περιοχή (π.χ. σε πρανή οδοποιίας), άλλοτε στην απαίτηση διατήρησης ευφόρου για καλλιέργεια εδάφους, άλλοτε στη διατήρηση της λειτουργικότητας της αποχέτευσης / αποστράγγισης οδών (π.χ. έμφραξη φρεατίων λόγω φερτών υλικών) και άλλοτε στην προστασία ιδιωτικής ή δημόσιας περιουσίας σε διαβρώσιμες ακτές που έχουν ως φυσικό επακόλουθο σε πολλές περιπτώσεις κατολισθήσεις.

### **5.3.1 Αντιδιαβρωτική λειτουργία γεωσυνθετικών υλικών**

#### **Πρανή χωματουργικών έργων**

Η παρουσία γεωσυνθετικών υλικών και η ανάπτυξη βλάστησης λειτουργεί ως αντιδιαβρωτική προστασία μέσω της απορρόφησης ποσοστού της ενέργειας που μεταφέρουν οι σταγόνες μιας βροχόπτωσης, μέσω της αύξησης της διατμητικής αντοχής του επιφανειακού εδαφικού φλοιού εξαιτίας της ευεργετικής παρουσίας του ριζικού συστήματος, μέσω της μείωσης της ταχύτητας της επιφανειακής απορροής και τέλος, μέσω της αύξησης του ποσοστού των υδάτων που διηθείται στο έδαφος (Σχήμα 8).

#### **Τοποθέτηση γεωσυνθετικών σε πρανή**

Για τη συγκράτηση των γεωσυνθετικών υλικών στα πρανή απαιτείται η αγκύρωση τους στο φρύδι και στον πόδα σε κατάλληλων διαστάσεων τάφρους (της τάξεως του 0.3 - 0.5m βάθους σε απόσταση 1.0m από το φρύδι). Αντίστοιχη συγκράτηση των γεωσυνθετικών απαιτείται και στις επιφάνειες των πρανών, η οποία επιτυγχάνεται τις περισσότερες φορές μέσω ειδικών χαλύβδινων δίχαλων ή αγκυρίων.



**Εικόνα 5.4 Τοποθετημένο γεόπλεγμα στο πρανές.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

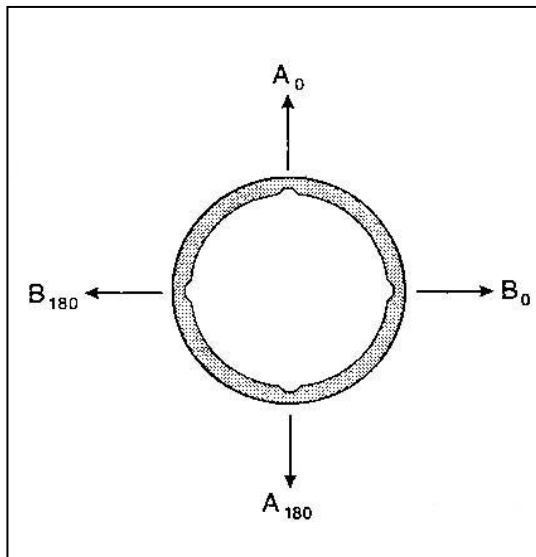
### ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

#### 6.1 ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Για την ασφάλεια του έργου <<Κατασκευή οδού Κανακάρη με διανοίξεις στα τμήματα της Πουκεβίλ-Γκότση και Νόρμαν-Αγ. Σοφίας>> οφείλουμε σαν τεχνικοί να παρακολουθούμε τη συμπεριφορά των πρανών. Η παρακολούθηση γίνεται δια μέσω οργάνων τα οποία τοποθετούνται στο έργο κατά τη φάση κατασκευής του. Τα όργανα παρακολούθησης στο έργο μας είναι τα αποκλισιόμετρα και τα κλισίμετρα

##### 6.1.1 Αποκλισιόμετρα

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του συστήματος αντιστήριξης, αποφασίστηκε η εγκατάσταση αποκλισιομετρικών σωλήνων τοποθετημένων σταθερά στους πασσάλους. Τοποθετήθηκαν αποκλισιομετρικοί σωλήνες και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε διάφορες φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας. Οι αποκλισιομετρικοί σωλήνες είναι ειδικοί σωλήνες που φέρουν στην εσωτερική επιφάνειά τους ειδικούς αύλακες σε δυο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους (Σχήμα 6.1). Οι αύλακες αυτοί είναι απαραίτητοι για την ομαλή και με ακρίβεια κίνηση της τορπίλης μέσα στο σωλήνα.



Σχήμα 6.1.1 Διατομή αποκλισιομετρικού σωλήνα.

Υπάρχουν πολλοί τύποι αποκλισιομετρικών σωλήνων. Οι σωλήνες μπορεί να είναι πλαστικοί ή μεταλλικοί με κυκλική ή σχεδόν τετραγωνική διατομή. Στο συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιήθηκαν πλαστικοί σωλήνες κυκλικής διατομής. Οι σωλήνες αποτελούνται από τμήματα τα όποια και συνδέονται μεταξύ τους κατάλληλα ώστε να κατασκευασθεί σωλήνας συνολικού μήκους ίσου σχεδόν με το ύψος του μεταλλικού τοίχου (Εικόνα 6.1)





Εικόνα 6.1.1 Τοποθετημένος αποκλισιομετρικός σωλήνας στο σημείο που θα κατασκευαστεί κεφαλόδεσμος

#### 6.1.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η εγκατάσταση των οργάνων παρακολούθησης άρχισε τον Δεκέμβριο 2013 με την ενσωμάτωση αποκλισιομετρικού σωλήνα εντός του φρεατοπασσάλου οπλισμένου σκυροδέματος με κωδικό P62. Το βάθος του φρεατοπασσάλου P62 είναι 10m (συν 1.20m το ύψος του κεφαλόδεσμου) από την επιφάνεια του διαμορφωμένου εδάφους κατά την περίοδο κατασκευής του, ενώ του αποκλισιομετρικού σωλήνα είναι 18.0m (από την άνω στάθμη του κεφαλόδεσμου). Ο αποκλισιομετρικός σωλήνας προεκτείνεται σε μεγαλύτερο βάθος από τον φρεατοπάσσαλο, σε οπή διαμέτρου 40cm πληρωμένη με σκυρόδεμα. Στις 25-03-2014 σκυροδετήθηκε κεφαλόδεσμος σύνδεσης των φρεατοπασσάλων με ύψος 1.20m.

Ακολούθησε η διάνοιξη της γεώτρησης ΓΑ-1 καθώς και της ΓΑ-2 και ΓΑ-3, στον ανάντη της οδού αναβαθμό (ή “μονοπάτι” όπως αναφέρεται στα αρχιτεκτονικά σχέδια του έργου. Τέλος, τον Ιούνιο του 2014, εγκαταστάθηκε και αποκλισιομετρικός σωλήνας στον φρεατοπάσσαλο με κωδικό P8 με μήκος 16.0m από την επιφάνεια του διαμορφωμένου εδάφους κατά τις εργασίες διάτρησής του. Οι θέσεις εγκατάστασης των οργάνων σημειώνονται στο παρακάτω πίνακα.

| Όργανο                    | Κωδικός οργάνου | Ημερομηνία εγκατάστασης | Βάθος <sup>◇</sup><br>(m) | Θέση (ΕΓΣΑ '87) |         |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|---------|
|                           |                 |                         |                           | X               | Y       |
| Αποκλισιομετρικοί σωλήνες | ΓΑ-1            | 06/02/2014              | 32.50                     | 302708          | 4236092 |
|                           | ΓΑ-2            | 03/05/2014              | 32.50                     | 302631          | 4235996 |
|                           | ΓΑ-3            | 07/05/2014              | 34.50                     | 302582          | 4235981 |
|                           | P62             | 03/12/2013              | 18.00                     | 302686          | 4236080 |
|                           | P8              | 30/05/2014              | 16.50                     | 302613          | 4236005 |

Πίνακας 6.1.1 Θέσεις και στοιχεία αποκλισιομετρικών σωλήνων



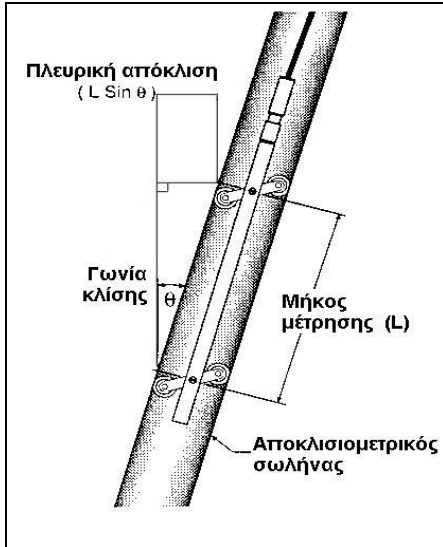
Εικόνα 6.1.2 Διαδικασία τοποθέτησης αποκλισιομετρικών σωλήνων

#### 6.1.1.2 Περιγραφή οργάνου

Για την εκτέλεση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός του Εργαστηρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Χρησιμοποιήθηκε το όργανο Digitilt Datamate της εταιρείας Slope Indicator Co, το οποίο αποτελείται από τα παρακάτω μέρη :

- Την τορπίλη
- Τον καταγραφέα
- Το Καλώδιο.

**Η Τορπίλη,** είναι μια μεταλλική συσκευή η οποία είναι εξοπλισμένη με ειδικούς τροχίσκους. Οι τροχίσκοι αυτοί βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται για να κινείται η τορπίλη πάνω στους αύλακες του ειδικού σωλήνα που έχει τοποθετηθεί σταθερά στην πασσαλοσανίδα. Κατ' αυτό τον τρόπο η τροχιά που εκτελεί η τορπίλη είναι απολύτως καθορισμένη. Αυτή, δεν δίνει άμεσα τον προσδιορισμό των μετακινήσεων, αλλά την κλίση του κατά μήκος άξονά της σε κάθε θέση, δηλαδή την κλίση του σωλήνα στη θέση αυτή. Έτσι, γνωρίζοντας τη κλίση και επειδή είναι γνωστό το μήκος της τορπίλης (που είναι ίσο με την απόσταση των 2 ζευγών τροχίσκων, ίση με 0.5m) μπορούμε να υπολογίσουμε σε κάθε θέση της τορπίλης την βηματική οριζόντια μετακίνηση (Σχ. ). Επομένως, η οριζόντια μετακίνηση σε κάθε θέση της τορπίλης, θα δίνεται από τον τύπο:  $S=L*\sin\theta$  (όπου L: το σταθερό «βήμα» μέτρησης που είναι ίσο με 0,5 μέτρα). Αυτή η οριζόντια μετακίνηση καλείται βηματική οριζόντια μετακίνηση αφού αποτελεί τη διαφορική μετακίνηση σε μια θέση, των δυο άκρων της τορπίλης (και επομένως και του σωλήνα) μήκους 0,5m.



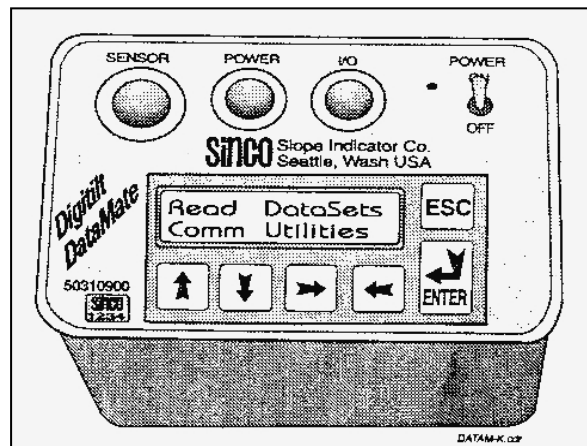
$$s = L * \sin \theta$$

Σχήμα 6.1.2 Επεξήγηση του τύπου της οριζόντιας μετακίνησης

**Το Καταγραφικό όργανο,** είναι μια συσκευή η οποία συνδέεται με την τορπίλη μέσω του ειδικού καλωδίου. Στο όργανο αυτό (Σχ. 6.48), φτάνουν τα δεδομένα (ουσιαστικά η κλίση του σωλήνα κατά τους δυο άξονες) και εμφανίζονται στην οθόνη του χρήστη. Ο καταγραφέας στη συνέχεια αποθηκεύει τα δεδομένα, ενώ παρέχει και τη δυνατότητα αξιολόγησής τους με στατιστικές μεθόδους. Σημειώνεται ότι, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στον καταγραφέα δεν απεικονίζεται η κλίση, αλλά ένας αριθμός που ισούται:

$$\text{αναγνωσμένη τιμή} = 25,000 * \sin \theta \text{ για το σύστημα S.I.}$$

Αυτό, γίνεται προς διευκόλυνση του χρήστη επειδή η κλίση του σωλήνα είναι ένας πολύ μικρός αριθμός.



Εικόνα 6.1.3 Το καταγραφικό όργανο

**Το Καλώδιο σύνδεσης,** μήκους 50 μέτρων, το οποίο είναι αρκετά μεγάλης αντοχής και μεταβιβάζει τα δεδομένα από τη τορπίλη στο καταγραφέα, (Σχ. 6.49). Στις άκρες του, έχει κατάλληλες υποδοχές για να συνδέεται με τις επιμέρους συσκευές με ασφάλεια. Το καλώδιο φέρει ενδείξεις ανά 0.5m έτσι ώστε ο χρήστης να ξέρει κάθε στιγμή σε ποιο βάθος βρίσκεται η τορπίλη.



Εικόνα 6.1.4 Το καλώδιο σύνδεσης

### Διαδικασία μετρήσεων :

Για την επιτυχέστερη διεξαγωγή των μετρήσεων είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να υπάρχουν περισσότερα από ένα άτομα. Όπως φαίνεται στο Σχ.1 υπάρχουν δυο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις διεξαγωγής των αποκλισιομετρικών μετρήσεων (αντίστοιχοι αυλακωτοί οδηγοί). Στην ιδανική περίπτωση η μια από τις δυο διευθύνσεις είναι παράλληλη στον άξονα του τοίχου και η άλλη κάθετη. Στην πράξη όμως, λόγω του ότι δεν είναι πάντα εφικτό κάτι τέτοιο, οι διευθύνσεις είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε τυχαίο προσανατολισμό σε σχέση με τον άξονα του πασσαλότοιχου.

Σε κάθε περίπτωση εκλέγεται μια διεύθυνση ως κύρια (A) και η κάθετη προς αυτή είναι η δευτερεύουσα (B). Στη συνέχεια, ο αύλακας που ταυτίζεται με την διεύθυνση (A) σημειώνεται με μαρκαδόρο. Σε αυτόν τον αύλακα τοποθετείται η τορπίλη με τον τροχίσκο προς τα πάνω. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική, διότι οι μετρήσεις γίνονται κατά διαστήματα και είναι απαραίτητο η τορπίλη να τοποθετείται με τον ίδιο πάντα προσανατολισμό. Η εμπειρία έχει δείξει ότι η σημείωση επί του σωλήνα με μαρκαδόρο είναι η καλύτερη μέθοδος για να θυμάται ο χρήστης τον προσανατολισμό της τορπίλης.



Εικόνα 6.1.5 Αποκλισιομετρικός σωλήνας σημειωμένος με μαρκαδόρο για τον προσανατολισμό της τορπίλης

Αφού τοποθετηθεί η τορπίλη στο σωλήνα, με ιδιαίτερη προσοχή βυθίζεται μέχρι τον πυθμένα του. Πρέπει να σημειωθεί ότι η βύθιση αυτή, πρέπει να γίνεται πολύ προσεχτικά για να μην χτυπηθεί η άκρη της τορπίλης. Είναι δυνατό ο σωλήνας να έχει σπάσει ή να έχει φράξει σε κάποιο βάθος και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να χτυπήσει η τορπίλη σε αυτή τη θέση ή στον πυθμένα.

Όταν η τορπίλη φτάσει στον πυθμένα, μετράται το ύψος του (μέσω των ενδείξεων επί του καλωδίου) και δημιουργείται αρχείο στο καταγραφέα. Κατά τη δημιουργία του αρχείου αυτού ζητούνται ορισμένα στοιχεία από το χρήστη. Τέτοια στοιχεία είναι, ο κωδικός της θέσης του αποκλισιομέτρου (π.χ. I-1, I-2), όνομα χρήστη, το μήκος του σωλήνα, οι μονάδες μέτρησης (σε πόδια ή μέτρα), και το βήμα των μετρήσεων (για το συγκεκριμένο όργανο και για το μετρικό σύστημα, 0.5m). Το όργανο αποθηκεύει επίσης την ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής των μετρήσεων.

Μετά τη δημιουργία του αρχείου αρχίζει η διεξαγωγή των μετρήσεων. Οι μετρήσεις ξεκινούν από τον πυθμένα του αποκλισιομετρικού σωλήνα και με βήμα ίσο με 0.5m, καλύπτεται το συνολικό μήκος του σωλήνα. Για κάθε βήμα, τα δεδομένα εμφανίζονται στην οθόνη αμέσως και όπως είναι αναμενόμενο μεταβάλλονται συνεχώς μέχρι να σταθεροποιηθεί η τορπίλη. Τότε οι ενδείξεις σταθεροποιούνται και εμφανίζεται η οριστική ένδειξη στο καταγραφέα. Ο χρήστης πιέζει το ειδικό πλήκτρο που βρίσκεται επί του καταγραφέα ή επί του ειδικού χειριστηρίου και αποθηκεύεται η ένδειξη για τη θέση αυτή. Ο καταγραφέας περιμένει τη μέτρηση για το αμέσως επόμενο βήμα και ακολουθώντας την ίδια διαδικασία ολοκληρώνονται οι μετρήσεις μέχρι την κορυφή του σωλήνα.

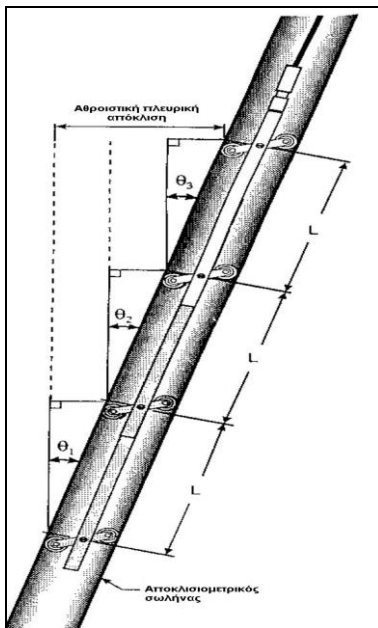
Όταν η τορπίλη φτάσει στην κορυφή, περιστρέφεται κατά 180° έτσι ώστε οι κάτω τροχίσκοι να βρεθούν στον αρχικά σημειωμένο αύλακα. Βυθίζεται ξανά με προσοχή ο σωλήνας μέχρι τον πυθμένα και επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις. Η επαναληπτική αυτή διαδικασία γίνεται ώστε να πραγματοποιηθεί έλεγχος των μετρήσεων που ελήφθησαν την πρώτη φορά. Αφού ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, ελέγχονται τα αποτελέσματα και αποθηκεύονται τα δεδομένα. Σημειώνεται ότι οι σύγχρονοι τύποι τορπιλών (όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα) επιτρέπουν τον ταυτόχρονο έλεγχο κατακορυφότητας κατά τις δυο κάθετες διευθύνσεις (A0-A180) και (B0-B180). Έτσι δεν απαιτείται η επανάληψη της διαδικασίας που αναφέρθηκε ανωτέρω κατά την διεύθυνση (B-B180).

Ο καταγραφέας παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα ελέγχου των μετρήσεων. Αυτό γίνεται ως εξής: Σε μία θέση, όταν περιστρέφεται η τορπίλη κατά 180°, και λαμβάνονται μετρήσεις δεν πρέπει να αλλάξουν οι ενδείξεις των κλίσεων κατά απόλυτη τιμή, δηλαδή η τορπίλη στην ίδια θέση πρέπει να δείχνει την αντίθετη κλίση. Επειδή μπορεί κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων να μεσολαβήσουν σφάλματα όπως π.χ. ότι οι μετρήσεις που θεωρητικά λαμβάνονται ανά 0.5m να μην είναι ακριβώς στη σωστή υψομετρικά θέση, αλλά ακόμα και το ότι είναι πιθανό τη στιγμή της αποθήκευσης των αποτελεσμάτων να κινηθεί η τορπίλη αλλά και για άλλες περιπτώσεις, είναι χρήσιμος ένας στατιστικός έλεγχος. Τέλος, μετά την ολοκλήρωση και αυτής της διαδικασίας, τα δεδομένα μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για επεξεργασία.

### 6.1.1.3 Υπολογισμός αθροίσματος οριζόντιας απόκλισης

Αφού πραγματοποιηθεί η μεταφορά των δεδομένων, είναι δυνατόν από τις βηματικές οριζόντιες αποκλίσεις να υπολογιστεί η αθροιστική οριζόντια απόκλιση (Σχ. 6.50) και αυτό πραγματοποιείται με βάση τις αρχές :

- Θεωρούμε αμετακίνητο τον πυθμένα του σωλήνα
- Αθροίζουμε τις βηματικές αποκλίσεις με το πρόσημό τους ξεκινώντας από κάτω.



Σχήμα 6.1.3 Υπολογισμός αθροίσματος οριζόντιας απόκλισης

## 6.1.2 Κλισίμετρα

### 6.1.2.1 Περιγραφή οργάνου

Τα κλισίμετρα χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της μεταβολής κλίσης επιφανειών στο εσωτερικό ή την επιφάνεια του εδάφους ή μιας κατασκευής. Οι περισσότεροι τύποι κλισιμέτρων αποτελούνται από :

- ένα μόνιμο οδηγό –περίβλημα,
- έναν αισθητήρα βαρύτητας που είναι και το λειτουργικό μέρος του οργάνου και
- ένα ηλεκτρικό καλώδιο για την σύνδεση με το καταγραφικό όργανο.

Το περίβλημα έχει τη δυνατότητα είτε να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους είτε να ενσωματωθεί στην επιφάνεια μιας κατασκευής (πάσσαλοι, πασσαλοσανίδες, τοίχοι αντιστήριξης, τοίχοι παρακείμενων κατασκευών κλπ.).

Τα κλισίμετρα βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στη μέτρηση οριζόντιων μετακινήσεων σε πρηνή, χωμάτινα φράγματα, δεξαμενές από σκυρόδεμα, τοίχους αντιστήριξης κ.α.

Ιδιαίτερα μεγάλης ακρίβειας κλισίμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύντομο χρονικό διάστημα για να μας παρέχουν μια γρήγορη ένδειξη των τάσεων παραμόρφωσης. Επίσης χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των εδαφικών καθιζήσεων αλλά και τον εντοπισμό των εδαφικών διογκώσεων. Τέλος, μία ακόμα εφαρμογή των κλισιμέτρων είναι η

παρακολούθηση της ασφάλειας κατασκευών που βρίσκονται στο μέτωπο βαθιών ανοικτών εκσκαφών με στόχο την πρόβλεψη έντονων παραμορφώσεων, όπως και στην περίπτωση μας.



Εικόνα 6.1.6 Κλισίμετρα σε δύο διευθύνσεις



Εικόνες 6.1.7 , 6.1.8 , 6.1.9 Τοποθετημένα κλισίμετρα σε τοιχοποιίες οικοδομών

Στο συγκεκριμένο έργο εγκαταστάθηκαν δύο κλισίμετρα T-1 και T-2 (SisGeo OS532HA10000), στην εξωτερική τοιχοποιία δύο οικοδομών, στο κατάντη όριο της

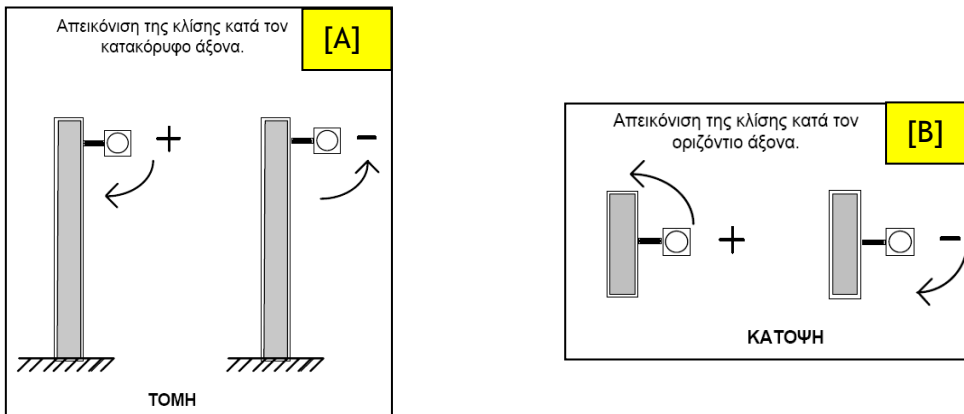
διανοιγόμενης οδού. Οι θέσεις εγκατάστασης των οργάνων σημειώνονται στο παρακάτω πίνακα.

| Όργανο     | Κωδικός οργάνου | Ημερομηνία εγκατάστασης | Βάθος (m) | Θέση (ΕΓΣΑ '87) |         |
|------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------------|---------|
|            |                 |                         |           | X               | Y       |
| Κλισίμετρα | T-1             | 12/05/2014              | -         | 302672          | 4236091 |
|            | T-2             | 12/05/2014              | -         | 302644          | 4236046 |

Πίνακας 6.1.2 Θέσεις εγκατεστημένων κλισιμέτρων

### 6.1.2.2 Μετρήσεις κλισιμέτρων

Οι μετρήσεις των κλισιμέτρων γίνονται σε δύο εγκάρσιους μεταξύ των άξονες, στον κατακόρυφο και τον οριζόντιο άξονα που αντιστοιχούν σε μετρήσεις του Ch A (A) και Ch B (B) ενώ η προσήμανση της φοράς μέτρησης φαίνεται κατά αντιστοιχία στο Σχήμα 6.53.



Σχήμα 6.1.4 Μετρήσεις κλισιμέτρων κατά τον κατακόρυφο [A] και οριζόντιο [B], άξονα.

Οι καταγραφές των κλισιμέτρων έγιναν από φορητό καταγραφέα (Σχήμα 6.10) (ο οποίος λαμβάνει μετρήσεις σε mA), ανά τακτά χρονικά διαστήματα λίγων ημερών. Το καταγραφικό περιέχει 24bit ψηφιοποιητή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.



Εικόνα 6.1.10 Φορητός καταγραφέας ενδείξεων κλισιμέτρων.



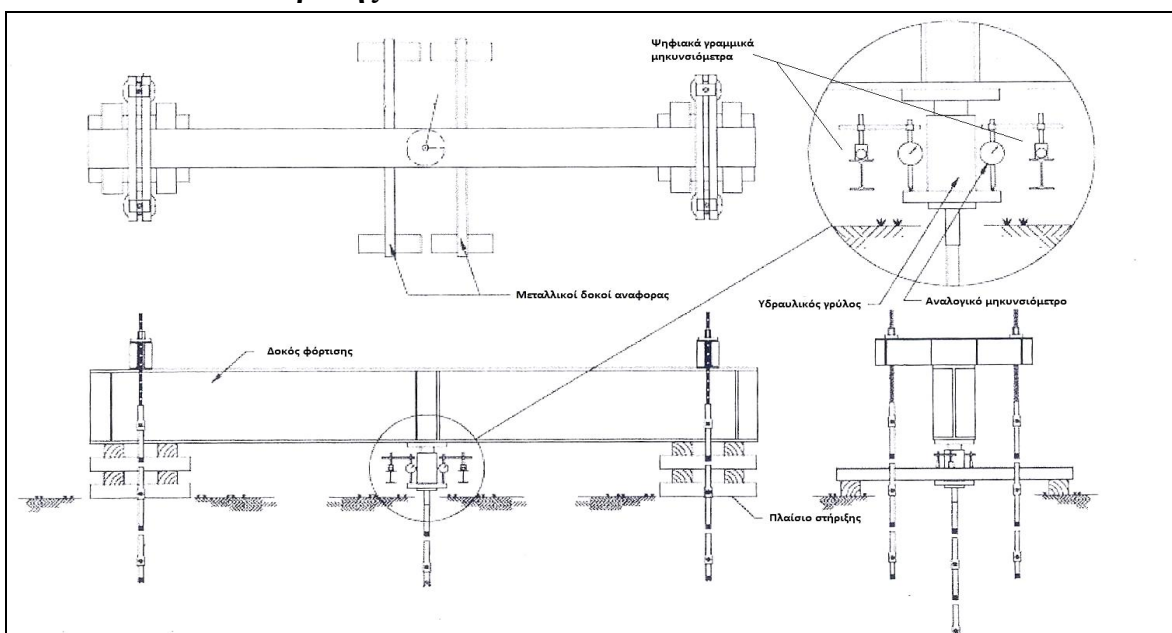
## 6.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ

Για να ελεγχθεί ένας συγκεκριμένος τύπος πασσάλου λαμβάνονται υπ όψιν οι εδαφικές και άλλες συνθήκες ώστε να ταιριάζει σε αυτές. Επίσης γίνονται δοκιμαστικοί υπολογισμοί του ύψους και της διαμέτρου με στόχο να υποστηρίξει ο πάσσαλος το φορτίο λειτουργίας. Φορτίο λειτουργίας είναι τα φορτία που πρέπει να φέρει ένας πάσσαλος ώστε να υποστηρίξει τα φορτία σχεδιασμού. Για να επιλεγθεί η βέλτιστη λύση, πρέπει να τοποθετηθούν δοκιμαστικοί πάσσαλοι στη θέση της κατασκευής και να υποβληθούν σε φόρτιση και να προκύψουν αποτελέσματα ώστε να ελεγχθούν εάν επαρκούν οι διαστάσεις σχεδιασμού και η απόδοση της κάθε σχεδιαστικής λύσης. Ο σχεδιασμός ενός πασσάλου πρέπει να βασίζεται σε δοκιμές στατικής φόρτισης ή μεθόδους υπολογισμού που έχουν επαληθευθεί από αυτές τις δοκιμές σύμφωνα με τον ευροκώδικα 7. Αν δε γίνουν δοκιμές φόρτισης, ο σχεδιασμός πρέπει να βασίζεται μόνο σε υπολογιστικές μεθόδους, με τη χρήση συντηρητικών τιμών των εδαφικών παραμέτρων και την υιοθέτηση υψηλότερων συντελεστών ασφαλείας, οπότε είναι λιγότερο πιθανό να επιτευχθεί οικονομικός σχεδιασμός.

Η διαδικασία εκτέλεσης της φόρτισης ακολουθεί την πρότυπη μέθοδο ASTM D 1143 ("Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load") και επικουρικά την αντίστοιχη προδιαγραφή E106-86-5 του ΥΠΕΧΩΔΕ (Φ.Ε.Κ. 578/23-03-1988) "Δοκιμαστική Φόρτιση Πασσάλου ή Ομάδας Πασσάλων με την Επιβολή Κατακόρυφου Φορτίου". Συγκεκριμένα ακολουθείται η Πρότυπη Διαδικασία Φόρτισης ("5.1 Standard Loading Procedure") του ASTM D 1143.

Η παρούσα διάταξη και εκτέλεση δοκιμαστικής στατικής φόρτισης, εφαρμόζεται σε θλίψη ενός λειτουργικού πασσάλου, μήκους 10μ και διαμέτρου 1000 mm του έργου "Κατασκευή Οδού Κανακάρη (Πούκεβιλ – Αγ. Σοφίας) με διανοίξεις στα τμήματά της". Κατά την εκτέλεση της δοκιμαστικής φόρτισης δύο επίσης λειτουργικοί πάσσαλοι θα παρέχουν αντίδραση κατά την επιβολή των φορτίων. Ο δοκιμαζόμενος πάσσαλος είναι λειτουργικός και το μέγιστο φορτίο που θα επιβληθεί είναι  $P_t = 1.50 \times P_w$ , όπου  $P_w$  είναι το φορτίο λειτουργίας. Δηλαδή,  $P_t = 1.50 \times P_w = 1.5 \times 2500\text{kN} = 3750\text{kN}$  ή 375 ton.

### 6.2.1 Πάσσαλοι αντίδρασης



Σχήμα 6.2.1 Τυπική διάταξη επιβολής φορτίου.

**Κατασκευαστικά στοιχεία πασσάλου**

Οι δοκιμαστική φόρτιση θα εκτελεσθεί σε λειτουργικό πάσσαλο ενώ δύο (2) επίσης λειτουργικοί πάσσαλοι θα παρέχουν αντίσταση κατά την επιβολή του φορτίου.

**Ράβδοι προέντασης**

Οι πάσσαλοι αντίδρασης προεντείνονται σε ίσο φορτίο με αυτό που θα αναλάβουν κατά την διάρκεια της φόρτισης με την βοήθεια δεκατεσσάρων (14) ράβδων προέντασης 0.6", ανά πάσσαλο.

**Προεκτάσεις (βάθρα)**

Πάνω στην κεφαλή του κάθε πασσάλου αντίδρασης κατασκευάζονται προεκτάσεις (μονός κεφαλόδεσμος) επιφάνειας σε κάτοψη 1.50 x 1.50 μ ύψους 70 εκ. όπου εκεί εδράζεται η κάθε γέφυρα αντίδρασης.

**Πλάκα σφήνωσης ράβδων**

Η σφήνωση των ράβδων προέντασης πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενισχυμένης μεταλλικής πλάκας, και κατάλληλο σύστημα ανάρτησης, που τοποθετείται πάνω από την γέφυρα αντίδρασης σε κάθε βάθρο.

**Δοκός αντίδρασης**

Η δοκός αντίδρασης αποτελείται από τρεις (3) ενισχυμένες σιδηροδοκούς HE 1000 B, μήκους 15.00 μ, που εδράζονται στις προεκτάσεις (βάθρα) των πασσάλων αντίδρασης. Ανάμεσα τους περνάνε οι ράβδοι προέντασης των πασσάλων αντίδρασης.

**Πλάκα φόρτισης**

Μεταξύ των συσκευών επιβολής φορτίου και της δοκού αντίδρασης παρεμβάλλεται κυκλική μεταλλική πλάκα πάχους τουλάχιστον 30 χιλ., η οποία τοποθετείται σε λεπτή στρώση ειδικού κονιάματος (τυπικά EMACO) πάνω στην κεφαλή του πασσάλου.

Τα φορτία επιβάλλονται με την χρήση ενός υδραυλικού γρύλλου, τύπου ENERPAC, δυναμικότητας 8000 kN, με διαδρομή 200 mm και με ενεργή επιφάνεια κυλίνδρου 1176,3 cm<sup>2</sup>, που τροφοδοτείται από ηλεκτρική υδραυλική αντλία, τύπου ENERPAC ZU4340ME, ανάλογης δυναμικότητας. Ο γρύλλος είναι εφοδιασμένος με εφίππιο ρύθμισης κλίσης και τοποθετούνται ανάμεσα στην πλάκα φόρτισης και μιας δεύτερης πλάκας που εφάπτεται στα πέλαμα της δοκού αντίδρασης. Η παρακολούθηση της υποχώρησης του δοκιμαζόμενου πασσάλου γίνεται με δύο (2) ψηφιακά γραμμικά μηκυνσιόμετρα με ανάλυση 0,1 μm και ένα (1) αναλογικό μηκυνσιόμετρο με υποδιαιρέσεις των 0.01 χιλ., αμφότερα μέγιστης διαδρομής 100 mm, τα οποία τοποθετούνται με τη χρήση μαγνητικών βραχιόνων σε μεταλλικές δοκούς αναφοράς που εδράζονται στο δάπεδο εργασίας κάθετα προς τον διαμήκη άξονα των πασσάλων, εξασφαλίζοντας έτσι ανεξάρτητη στάθμη αναφοράς των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις των μετατοπίσεων των πασσάλων και της κάμψης της δοκού γίνονται με χωροστάθμηση έξι κατάλληλα αναρτημένων κλιμάκων στους δύο πασσάλους αντίδρασης και στην δοκό αντίδρασης, με χρήση χωροβάτη και ακρίβεια χιλιοστού.

**6.2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

Το μέγιστο φορτίο της δοκιμής φόρτισης επιβάλλεται σταδιακά με βαθμίδες ίσες προς 25% του φορτίου λειτουργίας του δοκιμαζόμενου πασσάλου, δηλαδή κατά 63 ton.

Κατά την διάρκεια της φόρτισης, κάθε ενδιάμεσο φορτίο παραμένει σταθερό επί τουλάχιστον δέκα (10) λεπτά και πέραν τούτου έως η ταχύτητα των υποχωρήσεων του πασσάλου είναι μικρότερη από 0.25 χιλ./ώρα. Το μέγιστο φορτίο της δοκιμής διατηρείται επί μία (1) ώρα τουλάχιστον και πέραν τούτου μέχρι να διαπιστωθεί ότι οι υποχωρήσεις είναι μικρότερες των 0.25 χιλ./ώρα. Κατά την διάρκεια της αποφόρτισης, κάθε ενδιάμεσο φορτίο παραμένει σταθερό επί τουλάχιστον πέντε (5) λεπτά και πέραν τούτου έως η ταχύτητα των υποχωρήσεων του πασσάλου είναι μικρότερη από 0.25 χιλ./ώρα. Οι μετρήσεις της υποχώρησης με τα μηκυνσιόμετρα πραγματοποιούνται σε χρόνους 0, 5, 10, 30, 40, 60, 120, 180 κτλ. λεπτών από την χρονική στιγμή επιβολής του φορτίου ανάλογα αν η ταχύτητα των υποχωρήσεων παραμένει μεγαλύτερη από 0.25 χιλ./ώρα, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι μετρήσεις των μετακινήσεων των πασσάλων αντίδρασης, της δοκού αντίδρασης και του δοκιμαζόμενου πασσάλου με χωροβάτη γίνονται αρχικά πριν την επιβολή του φορτίου, αμέσως μετά την επιβολή του μέγιστου φορτίου και στο τέλος της δοκιμής μετά την αποφόρτιση. Με βάση τα ανωτέρω, η φόρτιση θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

### 6.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| Α/Α<br>ΒΑΘΜΙΔΑΣ | ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝ<br>Ο ΦΟΡΤΙΟ |         | ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ<br>ΧΡΟΝΟΣ<br>ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ<br>ΦΟΡΤΙΟΥ | ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ                                    |
|-----------------|-------------------------|---------|--|--|
|                 | (% Pw)                  | (tons)  | (λεπτά)                                      |  |
| Προφόρτιση      |                         | 0<br>15 | 10   |  |
| 0               | -                       | -       |  | Αρχικοποίηση                                 |
| 1               | 25 %                    | 63      | 10   | 0, 5, 10 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]             |
| 2               | 50 %                    | 125     | 10   | 0, 5, 10 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]             |
| 3               | 75 %                    | 188     | 10   | 0, 5, 10 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]             |
| 4               | 100 %                   | 250     | 10   | 0, 5, 10 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]             |
| 5               | 125 %                   | 313     | 10   | 0, 5, 10 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]             |
| 6               | 150 %                   | 375     | 60   | 0, 5, 10, 20, 40, 60 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα] |
| 7               | 125 %                   | 313     | 5  | 0, 5 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]                 |
| 8               | 100 %                   | 250     | 5  | 0, 5 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]                 |
| 9               | 75 %                    | 188     | 5  | 0, 5 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]                 |
| 10              | 50 %                    | 125     | 5  | 0, 5 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]                 |
| 11              | 25 %                    | 63      | 5  | 0, 5 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]                 |
| 12              |                         | 0       | 20   | 0, 5, 10, 20 λεπτά [s<0.25 χιλ./ώρα]         |

Πίνακας 6.2.1 Πίνακας βαθμίδας επιβολής φορτίου πασσάλου

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεωτεχνική Μελέτη για το έργο Διάνοιξη της οδού κανακάρη με διανοίξεις στα τμήματα της ( Πουκεβίλ – Γκότση και Νόρμαν – Αγ. Σοφίας)
- Οδοποιία . Η κατασκευή των οδικών έργων Αναστάσιος Κ. Μουρατίδης Δεύτερη έκδοση Θεσσαλονίκη 2007. σελ.125 -129 , 134 – 137 , 141, 147
- <http://www.ritchiespecs.com/specification?category=Hydraulic%20Excavator&make=CATERPILLAR&model=330bl&modelid=104007#ixzz2yVFKjqBf>
- Κατασκευή οδού κανακάρη ( Πουκεβίλ – Αγ. Σοφίας) Με διανοίξεις στα τμήματα της ( Πουκεβίλ – Γκότση και Νόρμαν – Αγ. Σοφίας)  
Οριστική μελέτη συγκοινωνιακών έργων .  
Τυπική τομή οδού τμήμα (Νόρμαν – Αγ. Σοφίας).  
Αρ. Σχεδίου : ΟΔΟ 4.
- <http://www.moliotis.gr/sarazaneti.html>
- <http://www.panmetal.gr/pdf/Texnikos%20fakelos%202009.pdf>
- ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ « « ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ» »  
7ο Εξ. . ΠΟΛ- ΜΗΧ. . ΕΜΠ - Ακαδ. Έτος 2005 – 06. ΔΙΑΛΕΞΗ 8α : Θεμελιώσεις με πασσάλους: Κατηγορίες πασσάλων
- Εδαφομηχανική αρχές και εφαρμογές Graham Barnes απόδοση στα ελληνικά Φ. Καραντώνη Αθήνα 2009 . σελ. 326-334 , 338, 343-344
- Κατασκευή οδού κανακάρη (Πουκεβίλ – Αγ. Σοφίας) Με διανοίξεις στα τμήματα της (Πουκεβίλ – Γκότση και Νόρμαν – Αγ. Σοφίας).  
Οριστική στατική μελέτη τεχνικών έργων: Τοίχος αντιστήριξης ύψους 9.5 m ,  
Θεμελίωση – Λεπτομέρειες – Τομές. Τμήμα: Νόρμαν – Αγ. Σοφίας. Αριθμός Σχεδίου: ΣΤΑ – 3
- <http://www.terraaqua.com/bio.php>
- Φίκιρης Ι.Φ. (2007). “Αντιδιαβρωτική Προστασία με Χρήση Γεωσυνθετικών Υλικών”. Ημερίδα: “Γεωτεχνικές Εφαρμογές Γεωσυνθετικών Υλικών”, ΕΒΕΑ 11-1-2007, Αθήνα. ([http://library.tee.gr/digital/m2185/m2185\\_fikiris.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2185/m2185_fikiris.pdf))
- Σύστημα αντιστήριξης βαθείας εκσκαφής με μεταλλικές πασσαλοσανίδες σε αστικό περιβάλλον. Ανάλυση εγκατάστασης, μετρήσεις συμπεριφοράς  
Γεώργιος Ι. Σπηλιωτόπουλος. Πάτρα, Οκτώβριος 2010.
- Κατασκευή οδού κανακάρη (Πουκεβίλ – Αγ. Σοφίας) Με διανοίξεις στα τμήματα της (Πουκεβίλ – Γκότση και Νόρμαν – Αγ. Σοφίας).

ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΥ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΩΝ.  
Σμαράγδα Ευθυμίου .Αθήνα, 20 Φεβρουαρίου 2015