

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-02-00:2009

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ**

**HELLENIC TECHNICAL
SPECIFICATION**



Δονητική Συμπύκνωση εδαφών

Vibratory soil compaction

Κλάση τιμολόγησης: 6

Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-02-00 **«Δονητική Συμπύκνωση εδαφών»** βασίζεται στην Προσωρινή Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή (ΠΕΤΕΠ) που συντάχθηκε από το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ) υπό την εποπτεία της 2^{ης} Ομάδας Διοίκησης Έργου (2^η ΟΔΕ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Την επεξεργασία και την έκδοση της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-02-00, ανέλαβε η Ειδική Ομάδα Έργου ΕΟΕ ΣΤ της ΕΛΟΤ ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», τη γραμματεία της οποίας έχει η Διεύθυνση Τυποποίησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Το κείμενο της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-02-00 εγκρίθηκε την 23^η Δεκεμβρίου 2009 από την ΕΛΟΤ ΤΕ 99 σύμφωνα με τον κανονισμό σύνταξης και έκδοσης ελληνικών προτύπων και προδιαγραφών.

© ΕΛΟΤ 2009

Όλα τα δικαιώματα έχουν κατοχυρωθεί. Εκτός αν καθορίζεται διαφορετικά, κανένα μέρος αυτού του Προτύπου δεν επιτρέπεται να αναπαραχθεί ή χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε τρόπο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, περιλαμβανομένων φωτοαντιγραφής και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	4
1 Αντικείμενο	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές	5
3 Όροι και ορισμοί.....	6
3.1 Ορισμοί.....	6
4 Απαιτήσεις	7
4.1 Γεωτεχνικές έρευνες	7
4.2 Γενικές απαιτήσεις	7
4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών	8
5 Εφαρμογή της μεθόδου της δονητικής συμπίκνωσης εδαφών	8
5.1 Ειδικές απαιτήσεις	8
5.2 Εξοπλισμός.....	9
5.3 Μέθοδος δονητικής συμπίκνωσης – Γενικά στοιχεία	9
5.4 Εφαρμογή της μεθόδου	10
5.5 Ανοχές	12
5.6 Τηρούμενα στοιχεία	12
6 Δοκιμές και έλεγχοι	12
6.1 Δοκιμές	13
6.2 Έλεγχοι.....	13
6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής συμπίκνωσης	13
7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος.....	13
7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών	13
7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας	14
8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών	15

Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εντάσσεται στη σειρά των Π.Ε.ΤΕ.Π που έχουν προετοιμασθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΙΟΚ και οι οποίες πρόκειται να εφαρμοστούν στην κατασκευή των δημοσίων τεχνικών έργων στην χώρα, με σκοπό την παραγωγή έργων άρτιων και ικανών να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπέδειξαν την κατασκευή τους και να αποβούν επωφελή για το κοινωνικό σύνολο.

Ο ΕΛΟΤ ανέλαβε την υποχρέωση να επεξεργασθεί και να εκδώσει τις ΠΕΤΕΠ ως Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΛΟΤ ΤΠ – ΕΤΕΠ) σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στον Κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών και στον Κανονισμό σύστασης και λειτουργίας Τεχνικών Οργάνων Τυποποίησης.

Δονητική συμπίκνωση εδαφών

1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή αφορούν στις μεθόδους βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους με βαθιά δονητική συμπίκνωση (vibro-compaction).

Η συναφής μέθοδος βελτίωσης του εδάφους μέσω δονητικής αντικατάστασης (χαλικοπάσσαλοι) περιγράφεται στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00.

2 Τυποποιητικές παραπομπές

Η παρούσα Προδιαγραφή ενσωματώνει, μέσω παραπομπών, προβλέψεις άλλων δημοσιεύσεων, χρονολογημένων ή μη. Οι παραπομπές αυτές αναφέρονται στα αντίστοιχα σημεία του κειμένου και κατάλογος των δημοσιεύσεων αυτών παρουσιάζεται στη συνέχεια. Προκειμένου περί παραπομπών σε χρονολογημένες δημοσιεύσεις, τυχόν μεταγενέστερες τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις αυτών θα έχουν εφαρμογή στην παρούσα, όταν θα ενσωματωθούν σε αυτή, με τροποποίηση ή αναθεώρησή της. Όσον αφορά τις παραπομπές σε μη χρονολογημένες δημοσιεύσεις ισχύει η τελευταία έκδοσή τους.

ΕΛΟΤ EN 863	Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.
ΕΛΟΤ EN 397 A/1	Industrial safety helmets (Amendment A1: 2000) - Κράνη προστασίας.
ΕΛΟΤ EN 388 E2	Protective gloves against mechanical risks -- Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων
ΕΛΟΤ EN ISO 20345	Safety Footwear for Professional Use - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση
ΕΛΟΤ EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες.
ΕΛΟΤ EN 791	Drill rigs - Safety – Γεωτρύπανα - Ασφάλεια.
ΕΛΟΤ EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες.
ΕΛΟΤ EN 933.01	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method-- Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 1: Προσδιορισμός του διαγράμματος κοκκομετρίας - Μέθοδος με κόσκινα.
ΕΛΟΤ EN 933.02	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 2: Determination of particle size distribution - Test sieves, nominal size of apertures-- Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων αδρανών. Μέρος 2: Προσδιορισμός κατανομής μεγέθους κόκκων. Εργαστηριακά κόσκινα, ονομαστικό άνοιγμα βροχίδων.

3 Όροι και ορισμοί

3.1 Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας Προδιαγραφής εφαρμόζονται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί.

3.1.1 Βαθιά δονητική συμπίκνωση είναι μέθοδος βελτίωσης μηχανικών χαρακτηριστικών εδαφικού γεωυλικού μέσω δόνησης που εισάγεται στο έδαφος επιτυγχάνοντας συμπίκνωση και συνεπώς σημαντική αύξηση της σχετικής πυκνότητας. Λόγω της επακόλουθης μείωσης του εδαφικού όγκου προκαλείται ταπείνωση της επιφάνειας του εδάφους (με την δημιουργία επιφανειακών «κρατήρων») κατά την διάρκεια των εργασιών βελτίωσης. Η αύξηση της σχετικής πυκνότητας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, την μείωση των καθιζήσεων και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου ρευστοποίησης του εδάφους λόγω ραγδαίας επαναλαμβανόμενης φόρτισης. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε χαλαρά μη-συνεκτικά εδάφη (π.χ. με περιεκτικότητα ιλύος μικρότερη του 15% ή περιεκτικότητα αργίλου μικρότερη του 5%).

3.1.2 Δονητική Τορπίλη (Vibro-flot): Το κυρίως τμήμα του δονητή, αποτελούμενο από ένα κυλινδρικό μεταλλικό σωλήνα με μορφή τορπίλης στην αιχμή του. Μέσα στον σωλήνα αυτό, ένα βάρος δύναται να περιστρέφεται έκκεντρα, μεταδίδοντας την δόνηση στο έδαφος (σχ.1).

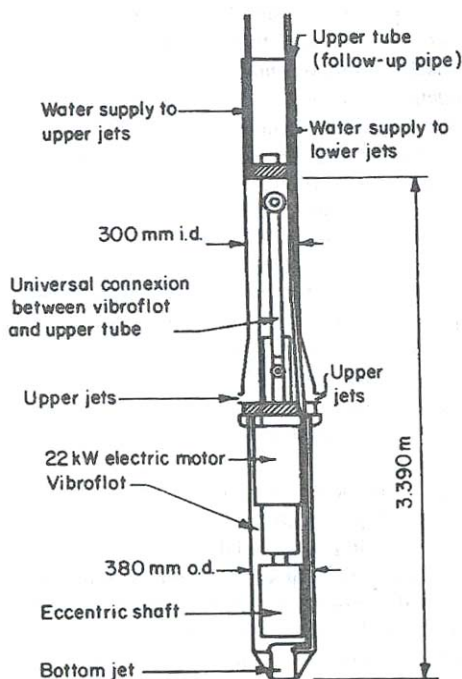


Fig. 11.39 Diagram of vibroflot.

Σχήμα 1- Δονητική Τορπίλη (Vibro-flot)

3.1.3 Δονητική Στήλη: Το σύνολο της δονητικής τορπίλης και των στελεχών (αποτελούμενων από απλούς χαλύβδινους σωλήνες). Τα στελέχη συνδέονται με τον κυρίως δονητή μέσω ενός ελαστομερούς μονωτήρα απόσβεσης των δονήσεων. Η δονητική στήλη περιέχει εσωτερικά σωλήνες για την διοχέτευση νερού στην αιχμή του δονητή. Στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου με εσωτερική τροφοδοσία χαλκικού προς την αιχμή, η δονητική στήλη φέρει στο εσωτερικό της και έναν ειδικό σωλήνα τροφοδοσίας με χοάνη στην κεφαλή.

3.1.4 Δονητική συμπίκνωση (Vibro compaction) : Διαδικασία συμπίκνωσης κοκκωδών εδαφών με τη βοήθεια του συστήματος δονητή-στήλη.

4 Απαιτήσεις

4.1 Γεωτεχνικές έρευνες

Οι γεωτεχνικές έρευνες θα πρέπει να εκτείνονται σε ικανό βάθος, έτσι ώστε να προσφέρουν επαρκή στοιχεία (αντοχής και παραμορφωσιμότητας) για όλες τις γεωτεχνικές ενότητες, οι οποίες εκτιμάται ότι επηρεάζουν την επιλογή και εφαρμογή της μεθόδου. Η εκτέλεση των παραπάνω ερευνών θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις και τις γενικές αρχές που αναφέρονται στο ΕΛΟΤ ΕΝ 1997-1. Επιπλέον, για τον τελικό καθορισμό των ποσοτήτων των προς εκτέλεση αναγκαίων γεωτεχνικών ερευνών, είναι απαραίτητη η συνεκτίμηση της υπάρχουσας σχετικής εμπειρίας στην δονητική αντικατάσταση σε ανάλογες γεωτεχνικές συνθήκες ή/και των γεωτεχνικών πληροφοριών στην ευρύτερη περιοχή των εργασιών.

Οι γεωτεχνικές έρευνες μπορεί να είναι :

- Δοκιμές πενετρομέτρου με στατικό ή δυναμικό κώνο.
- Δοκιμές πρότυπων δοκιμών διείσδυσης (SPT)
- Δοκιμές πρεσσιομέτρου.
- Γεωφυσικές, σεισμικές δοκιμές.
- Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις.

Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ακόλουθες γεωτεχνικές συνθήκες :

- Παρουσία λεπτοκόκκων που θα επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της δονητικής συμπίκνωσης.
- Στρώσεις κροκαλών και ογκολίθων, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσκολίες στην διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.
- Παρουσία ανθεκτικού φέροντος σχηματισμού ικανού πάχους που είναι δυνατόν να προκαλέσει δυσκολίες στην διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.
- Συστηματική καταγραφή της στάθμης του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα.
- Παρουσία αρτεσιανού ή επικρεμάμενου υδροφόρου ορίζοντα.

4.2 Γενικές απαιτήσεις

Οι γενικές απαιτήσεις για την εκτέλεση των εργασιών βαθιάς δονητικής συμπίκνωσης είναι οι ακόλουθες :

- Ύπαρξη επαρκών γεωτεχνικών στοιχείων του εδάφους στην περιοχή εφαρμογής της τεχνικής της βαθιάς δόνησης.
- Γνώση των απαραίτητων πληροφοριών που αφορούν στις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή, δηλαδή έκταση και όρια της περιοχής, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, δυνατότητα πρόσβασης ή άλλοι περιορισμοί.
- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη, την ακριβή θέση και την κατάσταση παρακείμενων

υφιστάμενων κατασκευών (π.χ. κτίρια, δρόμοι, δίκτυα κοινής ωφέλειας), υπογείων κατασκευών και στοιχείων θεμελίωσης καθώς και τυχόν αρχαιολογικών ευρημάτων.

- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών εντός των σχηματισμών ή με πιθανούς κινδύνους, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μέθοδο κατασκευής, τις επιλογές ως προς την απόρριψη των υλικών διάτρησης, ή την ασφάλεια του προσωπικού.
- Ικανοποίηση των νομικών και περιβαλλοντικών περιορισμών (π.χ. πιθανή ρύπανση, περιορισμοί υπερβολικού θορύβου, περιορισμοί των προκαλούμενων δονήσεων και της γενικότερης όχλησης στα γειτονικά κτίσματα).
- Περιγραφή της μεθοδολογίας εκτέλεσης των εργασιών με σαφή και λεπτομερή αναφορά στον κατάλογο των μηχανημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, στη σύνθεση του τεχνικού προσωπικού, με ορισμό του επικεφαλής, ο οποίος θα πρέπει να είναι εργοδηγός βεβαιωμένης πείρας σε παρόμοιες εργασίες και στον κάνναβο εφαρμογής της μεθόδου και την χρονική αλληλουχία της κατασκευής.
- Εκτέλεση ενός δοκιμαστικού πεδίου, για την επαλήθευση της διαδικασίας εκτέλεσης των εργασιών, της απαιτούμενης πυκνότητας του καννάβου και βεβαίως της επιτυγχάνουσας συμπίκνωσης.

4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών

Τα υλικά τα οποία ενσωματώνονται στις εργασίες δονητικής συμπίκνωσης είναι τα αδρανή υλικά πλήρωσης που θα πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες απαιτήσεις :

Το υλικό πλήρωσης του κρατήρα που δημιουργείται από τη μείωση του όγκου του επιτόπου εδαφικού υλικού κατά τη διαδικασία συμπίκνωσης, θα πρέπει να είναι αμμοχάλικο καλής διαβάθμισης με ποσοστά λεπτοκόκκου υλικού (διερχόμενα από το κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933.01, ΕΛΟΤ EN 933.02) μικρότερο από 10 % και χωρίς αργιλικό υλικό.

Ως υλικό πλήρωσης θα πρέπει να αποφεύγεται η λεπτόκοκκη άμμος επειδή κατά τη διαδικασία συμπίκνωσης «ξεπλένεται» από το εκτοξευόμενο νερό του δονητή καθώς επίσης και τα μεγάλα χαλίκια ή κροκάλες, λόγω του φαινομένου «arching» που δημιουργείται κατά τη συμπίκνωση.

Τα ενσωματούμενα ή χρησιμοποιούμενα υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τα αντίστοιχα Πρότυπα και τις απαιτήσεις που απορρέουν από τα αναφερόμενα στην παρούσα Προδιαγραφή. Κάθε πρόθεση για αλλαγή των αρχικώς εγκεκριμένων πηγών τροφοδοσίας των ενσωματούμενων υλικών θα πρέπει να δηλώνεται εγκαίρως στη Διευθύνουσα Υπηρεσία και να αιτιολογείται καταλλήλως. Υλικά τα οποία έχουν απορριφθεί μετά τη διενέργεια των σχετικών ελέγχων καταλληλότητας θα πρέπει να απομακρύνονται από την περιοχή των εργασιών.

5 Εφαρμογή της μεθόδου της δονητικής συμπίκνωσης εδαφών

5.1 Ειδικές απαιτήσεις

Πριν από την έναρξη των εργασιών, θα πρέπει να υποβάλλεται προς έγκριση η μεθοδολογία της βαθιάς δόνησης, η οποία θα περιέχει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία :

- Σκοπός των εργασιών βελτίωσης του εδάφους με την τεχνική της βαθιάς δόνησης.
- Συνοπτική περιγραφή των χαρακτηριστικών του εδάφους.
- Περιγραφή της προτεινόμενης μεθόδου κατασκευής η οποία κρίνεται ως κατάλληλη για τις

αναμενόμενες γεωτεχνικές συνθήκες ή άλλες συνθήκες του εργοταξιακού χώρου.

- Σχηματική εγκατάσταση του εξοπλισμού και της διαχείρισης των άχρηστων υλικών.
- Διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου καθώς και τις ελάχιστες απαιτήσεις αυτού (π.χ. μεταβολή της υδραυλικής πίεσης ή της έντασης του ηλεκτρικού φορτίου με το βάθος και τον χρόνο).
- Τα χαρακτηριστικά του αμμοχάλικου πλήρωσης με την αντίστοιχη κοκκομετρική καμπύλη. Στην περίπτωση της δονητικής συμπύκνωσης το υλικό αυτό είναι συνήθως το επιτόπου εδαφικό υλικό (εφόσον πληρεί τις απαιτήσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω – ενσωματούμενα υλικά).
- Κατασκευαστικά σχέδια και τεχνικές εκθέσεις όπου θα φαίνεται ο κάρναβος και το βάθος εφαρμογής, καθώς και η αλληλουχία των εργασιών.

5.2 Εξοπλισμός

Για την εκτέλεση των εργασιών της δονητικής συμπύκνωσης, είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός:

- 1.Ερπυστριοφόρος ανυψωτικός γερανός ικανής ανυψωτικής ικανότητας, ανάλογης με το βάρος της δονητικής στήλης, με κατακόρυφη ή κεκλιμένη μπούμα.
- 2.Δονητική Τορπίλη υδραυλική ή ηλεκτρική κατάλληλης ισχύος. Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του δονητή θα προσδιορίζονται από την μελέτη και θα επιβεβαιώνονται από την αρχική εφαρμογή στο δοκιμαστικό πεδίο. Ενδεικτικά, ως ελάχιστα χαρακτηριστικά για την εκτέλεση των εργασιών αυτών είναι:
 - Ισχύς 100 kW
 - Αθροιστικό πλάτος δόνησης 7 cm
 - Φυγοκεντρική δύναμη 150 kN
- 3.Ειδικά στελέχη ικανού μήκους ώστε να είναι δυνατή η διείσδυση του δονητή μέχρι το τελικό επιθυμητό βάθος.
- 4.Χωματοουργικά μηχανήματα για την εκτέλεση των πάσης φύσεως χωματοουργικών εργασιών πριν, κατά, και μετά την δονητική αντικατάσταση. Τα μηχανήματα αυτά είναι εκσκαφείς, φορτωτές, φορητά αυτοκίνητα κλπ.
- 5.Αντλίες νερού και δίκτυα διαχείρισης του απαιτούμενου ύδατος, που στην περίπτωση της υγρής μεθόδου οι ποσότητες είναι σημαντικές.
- 6.Βοηθητικός εξοπλισμός όπως π.χ. δεξαμενές, δίκτυα κλπ.

5.3 Μέθοδος δονητικής συμπύκνωσης – Γενικά στοιχεία

Η παραπάνω μέθοδος, στοχεύει στη συμπύκνωση χαλαρών μη συνεκτικών (κυρίως) εδαφών μέσω δόνησης. Ανάλογα με το βαθμό κορεσμού του εδάφους, ισχύουν τα παρακάτω:

- Όταν ένα κορεσμένο, χαλαρό, κοκκώδες έδαφος υποβάλλεται σε επαναλαμβανόμενη φόρτιση (π.χ. δόνηση) τότε τείνει να συμπυκνωθεί. Εάν, επιπρόσθετα, δεν υπάρχει η δυνατότητα στράγγισής του, τότε αυτή η τάση για μείωση του όγκου, οδηγεί σε μία αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων (και ανάλογη μείωση της ενεργού τάσης). Εάν η επαναλαμβανόμενη φόρτιση διατηρηθεί επί κάποιο χρονικό διάστημα, τότε η ενεργός τάση τείνει να μηδενιστεί και το έδαφος χάνει μερικώς ή και ολικώς την διατμητική αντοχή του ανάλογα με την αρχική του πυκνότητα. Σε αυτήν την κατάσταση, το έδαφος δύναται να παρουσιάζει μεγάλες παραμορφώσεις και λέγεται ότι βρίσκεται σε κατάσταση «ρευστοποίησης». Με τη βοήθεια της δόνησης που επιβάλλει ο δονητής, προκαλείται τοπική ρευστοποίηση σε μία μικρή μάζα του κορεσμένου κοκκώδους εδάφους, ενώ

παράλληλα, διευκολύνεται η στράγγιση μέσω του ελεύθερου δακτυλίου μεταξύ του δονητή και του εδάφους, με αποτέλεσμα την ταχύτερη εκτόνωση της υπερπίεσης των πόρων. Το γεγονός αυτό οδηγεί, στην μείωση των κενών του εδάφους και στην διάταξή τους σε πυκνότερη κατάσταση μετά την απομάκρυνση του δονητή.

- Σε μη κορεσμένα, χαλαρά κοκκώδη εδάφη, αντίστοιχα, η προκαλούμενη δόνηση έχει ως αποτέλεσμα ανάλογη αναδιάταξη των κόκκων - δυναμική συνίζηση- και μείωση των κενών με αύξηση της σχετικής πυκνότητας.

5.4 Εφαρμογή της μεθόδου

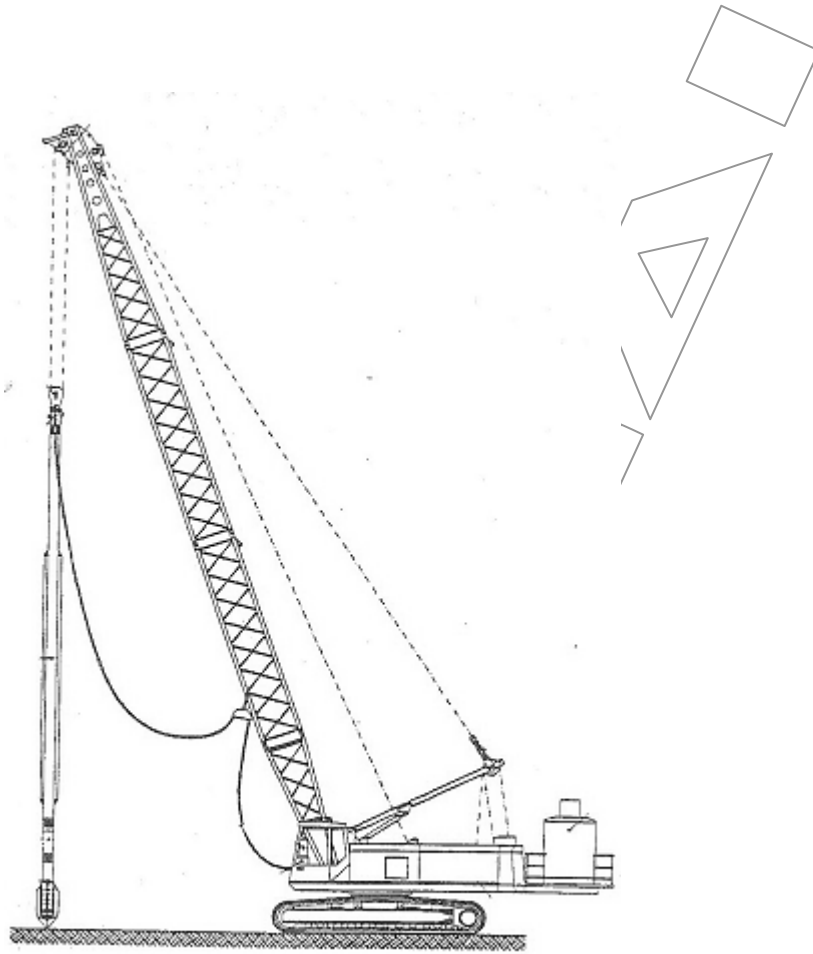
Η εφαρμογή της βαθιάς δονητικής συμπίκνωσης απαιτεί ιδιαίτερη γνώση και εμπειρία με εξειδικευμένο κατά περίπτωση εξοπλισμό και προσωπικό. Η δονητική συμπίκνωση περιλαμβάνει τις εξής φάσεις :

- Την αρχική φάση που περιλαμβάνει την διείσδυση της δονητικής στήλης μέχρι το επιθυμητό βάθος,
- Τη φάση που περιλαμβάνει την διαδικασία συμπίκνωσης και πλήρωσης με κατάλληλο υλικό.

Η δονητική στήλη τοποθετείται σε κατακόρυφη θέση (με τη βοήθεια του ανυψωτικού γερανού) στο σημείο όπου πρόκειται να εφαρμοστεί η δονητική συμπίκνωση (Σχήμα 2).

Με το ίδιο βάρος της δονητικής στήλης, τη βοήθεια του νερού που διοχετεύεται από τα ακροφύσια στην αιχμή του δονητή και σε συνδυασμό με τη δόνηση που επιβάλλεται, η δονητική στήλη εισάγεται στο έδαφος μέχρι το επιθυμητό βάθος. Η διάτρηση γίνεται στις θέσεις, κλίσεις, μήκη, βάθη και ανοχές αποκλίσεων που προβλέπονται από τη Μελέτη, ή όπως απαιτηθεί από τις επιτόπου συνθήκες και με την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας. Σε περίπτωση που επιφανειακά υπάρχει σκληρό εδαφικό στρώμα που εμποδίζει την διείσδυση του δονητή, θα πρέπει να γίνεται προ-διάτρηση με διάμετρο τουλάχιστον ίση με αυτήν της δονητικής στήλης.

Αφού η δονητική στήλη φθάσει στο επιθυμητό βάθος, αρχίζει η διαδικασία συμπίκνωσης με ανιόντα βήματα της τάξεως των 30 έως 60 cm μέχρι την επιφάνεια (Σχήμα 3), με μειωμένη παροχή νερού. Σε κάθε βήμα, ο δονητής παραμένει σε σταθερή στάση κατ' ελάχιστον έως το εξ' αρχής προσδιορισμένο (από τη μελέτη ή το δοκιμαστικό πεδίο) χρονικό διάστημα, ή μέχρις ότου επιτευχθεί συγκεκριμένη αύξηση της υδραυλικής πίεσης (bars) ή της ηλεκτρικής έντασης (Ampers), ανάλογα εάν χρησιμοποιείται υδραυλικός ή ηλεκτρικός δονητής. Τα κριτήρια ανόδου του δονητή, δηλαδή βήμα ανόδου, χρόνος παραμονής και αύξηση της πίεσης ή της έντασης προσδιορίζονται από το αρχικό δοκιμαστικό πεδίο.



Σχήμα 2 - Τυπική διάταξη ανυψωτικού γερανού για την εφαρμογή δονητικής συμπίκνωσης

Η ως άνω διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας συμπτυκνωμένης εδαφικής στήλης η διάμετρος της οποίας κυμαίνεται από 2 έως 4 m, αναλόγως των συνθηκών. Λόγω της συμπίκνωσης, στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργείται ταπείνωση («κρατήρας»), ο όγκος της οποίας δείχνει και τον βαθμό της επιτευχθείσας μείωσης των κενών του υλικού (δηλαδή της επιτευχθείσας συμπίκνωσης). Κατά την διαδικασία συμπίκνωσης, είναι απαραίτητη η πλήρωση των ανωτέρω κρατήρων με κοκκώδες υλικό.

Τα σημεία συμπίκνωσης διατάσσονται σε τριγωνικό ή τετραγωνικό κάναβο, ούτως ώστε να υπάρχει επικάλυψη των περιοχών επιρροής και να δημιουργείται μια ομοιόμορφα συμπτυκνωμένη στρώση.

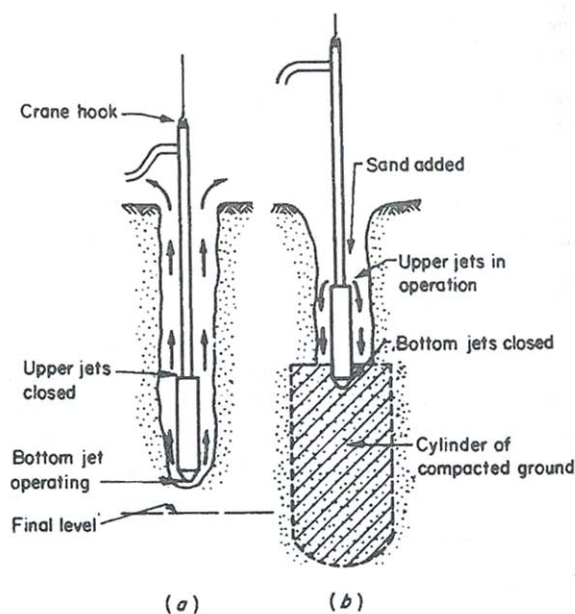


Fig. 11.40 Operation of vibroflot. (a) Jetting down vibroflot. (b) Withdrawal of vibroflot.

Σχήμα 3 - Διαδικασία δονητικής συμπίκνωσης.

5.5 Ανοχές

Οι ανοχές αποκλίσεων της εφαρμοσμένης δονητικής συμπίκνωσης είναι αυτές όπως καθορίζονται στην εκάστοτε Μελέτη ή απαιτούνται από τις επιτόπου συνθήκες, με την έγκριση πάντοτε της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

5.6 Τηρούμενα στοιχεία

Κατά τη διαδικασία της δονητικής συμπίκνωσης θα πρέπει να καταγράφονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία σε τυποποιημένο έγγραφο που ονομάζεται Μητρώο Εκτελεσμένης Δυναμικής Συμπύκνωσης.

Στο μητρώο της εκτελεσμένης εργασίας θα πρέπει συγκεκριμένα να καταγράφονται: το σημείο εφαρμογής της συμπίκνωσης με την αρίθμηση του, η ημερομηνία συμπίκνωσης, οι στάθμες κεφαλής και αιχμής της συμπυκνωμένης στήλης, η πίεση και η παροχή του νερού στις διάφορες φάσεις της εργασίας, η υδραυλική πίεση ή ηλεκτρική ένταση με το βάθος και τον χρόνο, οι ποσοτήτες των αδρανών πλήρωσης και όλες οι τυχόν άλλες λεπτομέρειες που χρήζουν να μνημονεύονται.

6 Δοκιμές και έλεγχοι

Για τον ποιοτικό έλεγχο της δονητικής συμπίκνωσης του εδάφους, απαιτούνται οι παρακάτω δοκιμές και έλεγχοι:

6.1 Δοκιμές

- Η τελική απόφαση για την μέθοδο και την διαδικασία κατασκευής θα ληφθεί μετά την εκτέλεση ενός δοκιμαστικού πεδίου, (τουλάχιστον 12 σημεία εφαρμογής σε ένα κάναβο 3 x 4). Το δοκιμαστικό αυτό πεδίο θα αποτελέσει και την βάση του ποιοτικού ελέγχου για το σύνολο της κατασκευής.
- Γεωτεχνικές έρευνες, (πρεσσιόμετρα, δοκιμές SPT, δοκιμές πενετρομέτρου, δοκιμαστικής φόρτισης πλάκας, κλπ) ώστε να διαπιστωθεί άμεσα η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους, μετά την εφαρμογή της μεθόδου.

6.2 Έλεγχοι

- Έλεγχος συμμόρφωσης με τα κριτήρια της μελέτης.
- Έλεγχος Πρωτοκόλλων Παραλαβής ενσωματούμενων υλικών.
- Στη φάση της κατασκευής θα πρέπει, η δονητική στήλη να είναι αριθμημένη σε όλο το μήκος ανά 0.25 m, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη μέτρηση την στάθμης αιχμής συνεχώς από την επιφάνεια.
- Ο έλεγχος επίτευξης ικανοποιητικού βαθμού συμπύκνωσης σε κάθε βήμα κατά την ανύψωση πραγματοποιείται μέσω της αναπτυσσόμενης πίεσης λαδιών στο υδραυλικό σύστημα ή της έντασης του ρεύματος του τροφοδοτικού του ηλεκτροκίνητου δονητικού στελέχους, ανάλογα με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ο Ανάδοχος. Η τιμή αυτή (πίεση λαδιών ή ένταση ρεύματος) θα πρέπει να καθοριστεί μετά από δοκιμές που θα γίνουν στις συγκεκριμένες εδαφικές συνθήκες, πριν από την έναρξη των εργασιών.
- Έλεγχος Φακέλου Στοιχείων και Δοκιμών.

6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής συμπύκνωσης

Για την αποδοχή της τελειωμένης δονητικής συμπύκνωσης, θα χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του Μητρώου και τα στοιχεία του φακέλου Ποιοτικού Ελέγχου.

Δονητική συμπύκνωση που δεν εκπληρεί τα επίπεδα των ανοχών της παρούσας Προδιαγραφής θα απορρίπτεται.

Δονητικές συμπυκνώσεις των οποίων οι δοκιμές δεν αποδεικνύουν συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της παρούσας Προδιαγραφής και της Μελέτης θα απορρίπτονται.

7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος

7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών

- Κίνδυνος από χρήση βαρέων ανυψωτικών μηχανημάτων.
- Κατά περίπτωση, συνθήκες εργασίας σε περιορισμένο χώρο ή και σε ύψος από την επιφάνεια του εδάφους.
- Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας
- Κίνδυνος βραχυκυκλώματος και πυρκαγιάς ή επέκταση της πυρκαγιάς σε υδραυλικά λάδια.
- Κίνδυνος εργασίας με πεπιεσμένο αέρα.

- Κίνδυνος μεταφοράς βαριών αντικειμένων.
- Κίνδυνος τραυματισμού κατά την εκτέλεση δοκιμών.
- Εργασία σε συνθήκες θορύβου.

7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς τα παρακάτω νομικά κείμενα, που είναι σχετικά με την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων σε τεχνικά έργα.

- Π.Δ. 305/96 "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΟΚ" (ΦΕΚ 212Α/29-8-96), σε συνδυασμό με την υπ' αριθμ. 130159/7-5-97 Εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας και την ΕΓΚΥΚΛΙΟ 11 (Αρ. Πρωτ. Δ16α/165/10/258/ΑΦ/19-5-97) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με το εν λόγω Π.Δ.
- Π.Δ.1073/16-9-81 "Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού"
- Π.Δ. 396/94 ΦΕΚ:221/Α/94 «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ». Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής:

Πίνακας 2 - ΜΑΠ

Είδος ΜΑΠ	Σχετικό Πρότυπο
Προστατευτική ενδυμασία	ΕΛΟΤ EN 863
Προστασία χεριών και βραχιόνων	ΕΛΟΤ EN 388
Προστασία κεφαλιού	ΕΛΟΤ EN 397:
Προστασία ποδιών	ΕΛΟΤ EN ISO 20345

- Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/Α91) σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ.
- Π.Δ 397/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για την ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ.
- Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα ισχύοντα Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών
- Ειδικές απαιτήσεις του εξοπλισμού μεταφοράς των χρησιμοποιούμενων ρευστών λόγω ανάπτυξης υψηλών πιέσεων.
- Τα γεωτρήματα θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 791

8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών

Η επιμέτρηση, της δονητικής συνπύκνωσης όταν απαιτείται, γίνεται σε τετραγωνικό μέτρο βελτιωμένης επιφάνειας που πραγματικά κατασκευάστηκαν πλήρως σύμφωνα με τη μελέτη και έγιναν αποδεκτά σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή.

Η επιμέτρηση μπορεί να διακριτοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το βάθος της βελτίωσης.

Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι αναγκαίες εργασίες καθώς και τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, η εξασφάλιση και η κατανάλωση της ενέργειας, καθώς και κάθε άλλη συμπαραομαρτούσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω δονητική συμπύκνωση εδαφών. Ειδικότερα, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η διάθεση του απαραίτητου προσωπικού και εξοπλισμού με όλα τα εξαρτήματα ή και εργαλεία
- Η εισκόμιση (από οποιαδήποτε απόσταση) του εξοπλισμού με όλα τα εξαρτήματα ή και εργαλεία, η θέση σε κατάσταση λειτουργικής ετοιμότητας και η απομάκρυνσή του μετά το πέρας των εργασιών
- Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- Οι εργασίες του δοκιμαστικού πεδίου
- Οι γεωτεχνικές έρευνες και οι μετρήσεις που απαιτούνται για τον έλεγχο της επιθυμητής συμπύκνωσης
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων κ.λ.π. για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.

Τα χρησιμοποιούμενα υλικά επίχωσης (π.χ. για την πλήρωση των κρατήρων) θα επιμετρούνται χωριστά ανά κυβικό μέτρο (m^3) σύμφωνα με τις οικείες Προδιαγραφές.