

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-01-00:2009

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ
HELLENIC TECHNICAL
SPECIFICATION**



Δυναμική συμπίκνωση εδαφών

Dynamic soil compaction

Κλάση τιμολόγησης: 5

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-01-00:2009

Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-01-00 «**Δυναμική 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 1501-11-03-01-00, 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 1501-11-03-01-00 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 φωτοαντιγράψισης και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.
Αχαρνών 313, 111 45 Αθήνα

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	4
1 Αντικείμενο	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές	5
3 Όροι και ορισμοί.....	5
3.1 Ορισμοί.....	5
4 Απαιτήσεις	6
4.1 Γεωτεχνικές έρευνες	6
4.2 Γενικές απαιτήσεις	6
4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών	7
5 Εφαρμογή της μεθόδου της δυναμικής συμπίκνωσης εδαφών	7
5.1 Ειδικές απαιτήσεις	7
5.2 Εξοπλισμός.....	8
5.3 Μέθοδος δυναμικής συμπίκνωσης	8
5.4 Εφαρμογή της μεθόδου	9
5.5 Ανοχές	10
5.6 Τηρούμενα στοιχεία	10
6 Δοκιμές και έλεγχοι	10
6.1 Δοκιμές	10
6.2 Έλεγχοι.....	11
6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής συμπίκνωσης	11
7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος.....	11
7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών	11
7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας	12
8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών	13
9 Βιβλιογραφία	14

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 άριτων 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.

Δυναμική συμπίκνωση εδαφών

1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που περιγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή, αφορούν τις εργασίες βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους με την μέθοδο της Δυναμικής Συμπύκνωσης.

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 ΤΠ 1501-11-03-03-00	Vibratory soil replacement (stone column) -- Δονητική αντικατάσταση

3 Όροι και ορισμοί

3.1 Ορισμοί

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

3.1.1 Δυναμική συμπίκνωση (Dynamic compaction) : Διαδικασία συμπίκνωσης σε χαλαρούς και συμπιεστούς εδαφικούς σχηματισμούς (με σχετικώς εύκολη δυνατότητα στράγγισης), με τη διαδοχική ελεύθερη πτώση μιας σφύρας βάρους 10 έως 40 τόνων από ένα ύψος 8 έως 30 m, επί της επιφανείας του εδάφους που πρόκειται να συμπτυκνωθεί. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα πρόσφορη για την βελτίωση των ιδιοτήτων τεχνητών επιχώσεων με τυχαία απόρριψη, επειδή πέραν της επιτυγχανόμενης συμπίκνωσης, αναιρείται στο μεγαλύτερο ποσοστό η ανομοιογένεια των υλικών αυτών. Λόγω των δονήσεων που προκαλούνται από την πτώση του βάρους, πριν την εφαρμογή της μεθόδου, θα πρέπει να διερευνηθεί η πιθανότητα δυσμενών επιρροών σε παρακείμενα κτίσματα.

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-01-00:2009

© ΕΛΟΤ

3.1.2 Φάση σιδερώματος: Εφαρμόζεται κατά την τελική φάση της δυναμικής συμπίκνωσης, κατά την οποία η πτώση της σφύρας γίνεται από σχετικά μικρότερο ύψος (5 έως 8 μέτρα) σε συνεχή κάρναβο θέσεων πτώσεως, που παρουσιάζουν αλληλοκάλυψη κατά 10% περίπου (συνεπώς, οι διαστάσεις του καννάβου είναι ελαφρώς μικρότερες από τις διαστάσεις κατώσεως της σφύρας). Με την τελική αυτή φάση επιδιώκεται η ομοιόμορφη συμπίκνωση των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων της θεμελίωσης.

4 Απαιτήσεις

4.1 Γεωτεχνικές έρευνες

Η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους με τη μέθοδο της δυναμικής συμπίκνωσης θα πρέπει να βασίζεται στα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν εκτιμηθεί πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου. Οι αναγκαίες γεωτεχνικές έρευνες θα πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις συστάσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 1997-1.

Οι γεωτεχνικές αυτές έρευνες μπορεί να είναι :

1. Δοκιμές πενετρομέτρου με στατικό ή δυναμικό κώνο.
2. Δοκιμές πρότυπων δοκιμών διείσδυσης (SPT)
3. Δοκιμές πρεσσιομέτρου.
4. Δοκιμαστικές φορτίσεις πλάκας κλπ.
5. Γεωφυσικές δοκιμές.
6. Διερευνητικές διατρήσεις πιθανού εντοπισμού αερίων στις χωματερές όπου πολλές φορές εφαρμόζεται η μέθοδος.

4.2 Γενικές απαιτήσεις

Οι γενικές απαιτήσεις για την εκτέλεση των εργασιών της δυναμικής συμπίκνωσης των εδαφών, είναι οι ακόλουθες :

- Ύπαρξη επαρκών στοιχείων, προερχόμενων την γεωτεχνική διερεύνηση των σχηματισμών που απαντώνται στην περιοχή εφαρμογής της δυναμικής συμπίκνωσης. Επισημαίνεται ότι η απαιτούμενη γεωτεχνική έρευνα θα πρέπει να περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των γεωτεχνικών στρώσεων συμπεριλαμβανομένου και των τιμών των απαραίτητων γεωτεχνικών παραμέτρων σε όλη την έκταση της ζώνης εφαρμογής της μεθόδου.
- Είναι απαραίτητο να γίνεται σαφής αναφορά στα δομικά χαρακτηριστικά των γειτονικών κτιρίων και άλλων έργων (π.χ. δίκτυα κοινής ωφέλειας) προκειμένου να διερευνηθεί η πιθανότητα δυσμενούς επηρεασμού τους από την εφαρμογή της μεθόδου. Γενικά, σε όλες τις φάσεις των εργασιών θα πρέπει να παρακολουθούνται οι επιπτώσεις της δυναμικής συμπίκνωσης στις γειτονικές κατασκευές από τους κραδασμούς που προκαλούνται. Συνήθως, η μέθοδος εφαρμόζεται σε αποστάσεις τουλάχιστον 20-25 μέτρα από γειτονικές κατασκευές, για την αποφυγή ζημιών από τους κραδασμούς αλλά και από τα εδαφικά υλικά που μπορεί να εκσφενδονισθούν κατά την πρόσκρουση της σφύρας. Σε μικρότερες από τις ανωτέρω αποστάσεις, η δυναμική συμπίκνωση μπορεί να εφαρμοστεί με πρόγραμμα πτώσεων που αντιστοιχεί σε μειωμένη ενέργεια ανά πτώση σφύρας και αύξηση του αριθμού των πτώσεων, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Βεβαίως, με την μείωση της ενέργειας πτώσεως ανά πρόσκρουση, μειώνεται το βάθος επιρροής της βελτίωσης και συνεπώς η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι μειωμένη εάν απαιτείται βελτίωση σε μεγάλο βάθος.

- Οι προβλεπόμενες μελλοντικές κατασκευές στην περιοχή όπου πρόκειται να εφαρμοσθεί Δυναμική Συμπύκνωση, καθορίζουν τον τρόπο και την ένταση της επιβολής της μεθόδου (ανάλογα με την επιφάνειά τους, τα φορτία τους και την ευαισθησία τους σε διαφορικές καθιζήσεις).

4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών δυναμικής συμπύκνωσης είναι επίσης απαραίτητη η εκτέλεση χρωματογραφικών εργασιών, κυρίως μεταξύ των διαδοχικών φάσεων συμπύκνωσης, προκειμένου να αποκαθίσταται η ομαλότητα του δαπέδου εργασίας, που έχει διαταραχθεί από τη δημιουργία κοιλοτήτων («κρατήρων») στις θέσεις πτώσεως της σφύρας. Οι κοιλοότητες αυτές πληρούνται με κατάλληλα αδρανή υλικά (π.χ. αμμοχάλικο) μετά από κάποιο αριθμό πτώσεων της σφύρας σε μία θέση, ώστε στην επόμενη επανάληψη της μεθόδου η επιφάνεια του εδάφους να έχει επιπεδωθεί.

Η επιφάνεια του εδάφους, όπως διαμορφώνεται μετά την τελική φάση της Δυναμικής Συμπύκνωσης, δεν είναι πάντα κατάλληλη για την έδραση των θεμελίων του υπό κατασκευή έργου επειδή τα κρουστικά κύματα που δημιουργούνται από την πτώση της σφύρας σε ένα σημείο προκαλούν χαλάρωση του επιφανειακού στρώματος στην γειτονική περιοχή. Γι' αυτόν το λόγο, μετά την ολοκλήρωση της φάσης του «σιδερώματος», απαιτείται η τελική συμπύκνωση της επιφανείας ή και η συμπλήρωση του επιχώματος με κάποιες εδαφικές στρώσεις από επίλεκτα υλικά με κλασικές μεθόδους (χρήση δονητικού οδοστρωτήρα).

Τα ενσωματούμενα ή χρησιμοποιούμενα υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τα αντίστοιχα Πρότυπα και τις απαιτήσεις που απορρέουν από τα αναφερόμενα στην παρούσα Προδιαγραφή.

5 Εφαρμογή της μεθόδου της δυναμικής συμπύκνωσης εδαφών

5.1 Ειδικές απαιτήσεις

Πριν από την έναρξη της εφαρμογής της δυναμικής συμπύκνωσης, θα πρέπει να ακολουθούνται οι δραστηριότητες του Πίνακα 1, οι οποίες συνδυάζονται άμεσα με τη μελέτη και την εφαρμογή της δυναμικής συμπύκνωσης. Επισημαίνεται ότι η σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι εν λόγω δραστηριότητες στον παρακάτω Πίνακα 1, δεν αντιπροσωπεύει αναγκαστικά και τη χρονική αλληλουχία τους.

Πίνακας 1 - Κατάλογος δραστηριοτήτων για τη μελέτη και εφαρμογή της δυναμικής συμπύκνωσης

α/α	Δραστηριότητα
1	Διάθεση των στοιχείων της γεωτεχνικής διερεύνησης.
2	Απόφαση επί της μεθόδου κατασκευής και αρχικές δοκιμαστικές εφαρμογές της μεθόδου.
3	Απόκτηση όλων των αναγκαίων νομικών εξουσιοδοτήσεων από τις Αρχές και από τρίτα φυσικά ή νομικά πρόσωπα.
4	Σχεδιασμός και Μελέτη της μεθόδου.
5	Προσδιορισμός όλων των σχετικών φάσεων κατασκευής.
6	Εκτέλεση των αρχικών δοκιμαστικών πεδίων (εάν απαιτείται) και των επιτόπου ή/και των εργαστηριακών δοκιμών.
7	Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αρχικών δοκιμαστικών εφαρμογών.
8	Επιλογή του καταλληλότερου κανάβου εφαρμογής της μεθόδου και άλλων παραμέτρων, (ύψος πτώσεως, βάρος σφύρας, κλπ).
9	Οδηγίες για την μεθοδολογία κατασκευής και την ακολουθούμενη χρονική αλληλουχία των εργασιών κατασκευής.
10	Προδιαγραφές εκτέλεσης των αναγκαίων μετρήσεων για την πιθανή επίδραση των εργασιών στις γειτονικές κατασκευές (δηλ. είδος, ακρίβεια και συχνότητα μετρήσεων) και ερμηνείας των σχετικών καταγραφών.

11	Επίβλεψη των εργασιών εφαρμογής της δυναμικής συμπίκνωσης και καθορισμός των απαιτήσεων ποιοτικού ελέγχου.
12	Καταγραφή των επιδράσεων των εργασιών κατασκευής επί των γειτονικών κατασκευών και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.
13	Ποιοτικός έλεγχος του αποτελέσματος της εφαρμογής της μεθόδου, (δοκιμές, τοπογραφικές μετρήσεις).

5.2 Εξοπλισμός

Για την εκτέλεση της δυναμικής συμπίκνωσης είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός :

1. Χωματουργικά μηχανήματα για την εκτέλεση των πάσης φύσεως χωματουργικών εργασιών πριν, κατά, και μετά την Δυναμική Συμπύκνωση. Τα μηχανήματα αυτά είναι εκσκαφείς, φορτωτές, φορτηγά αυτοκίνητα, προωθητές (bulldozer), διαμορφωτήρες (grader) κλπ.
2. Ερπυστριοφόροι ανυψωτικοί γερανοί με ανυψωτική ικανότητα άνω των 50 τόνων και με επαρκές μήκος μπούμας ώστε να είναι δυνατή η ανύψωση της σφύρας μέχρι το ανώτατο ύψος πτώσεως που απαιτείται για την ορθή εκτέλεση της εργασίας. Η ανυψωτική ικανότητα του γερανού πρέπει να είναι μεγάλη για τον πρόσθετο λόγο ότι πρέπει να είναι σε θέση να αναλάβει τους ισχυρούς κραδασμούς που προκαλούνται από την ταχεία ανύψωση και στην συνέχεια ελεύθερη πτώση της σφύρας.
3. Χαλύβδινες σφύρες βάρους 10 έως 20 τόνων ικανών διαστάσεων (π.χ. 2 x 3 m), τετραγωνικής ή κυκλικής διατομής.
4. Εξοπλισμό για την εκτέλεση των γεωτεχνικών εργασιών ελέγχου μετά την εφαρμογή της μεθόδου, (π.χ. διατρητικά μηχανήματα, πενετρόμετρα, πρεσσομόμετρα κλπ)

5.3 Μέθοδος δυναμικής συμπίκνωσης

Η παραπάνω μέθοδος, στοχεύει στη βελτίωση των χαρακτηριστικών (μέσω συμπίκνωσης) κυρίως των χαλαρών και συμπιεστών εδαφικών σχηματισμών, με σχετικώς εύκολη δυνατότητα στράγγισής τους. Η μέθοδος της Δυναμικής Συμπύκνωσης, συνίσταται στην διαδοχική ελεύθερη πτώση με προκαθορισμένο πρόγραμμα, μιας σφύρας βάρους 10 έως 40 τόνων από ένα ύψος 8 έως 30 m επί της επιφανείας του εδάφους που πρόκειται να συμπυκνωθεί. Από την πτώση αυτή, δημιουργούνται κρουστικά κύματα και εισάγονται στο έδαφος υψηλές πιέσεις, που έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εδαφικών πόρων μέσω αναδιάταξης των κόκκων (στην περίπτωση ξηρών ή μερικώς κορεσμένων εδαφών) ή μέσω της ανάπτυξης υψηλών υπερπίεσεων πόρων (μερικής ρευστοποίησης) και επακόλουθης αποτόνωσής τους (στερεοποίηση).

Η συμπίκνωση του εδάφους επιτυγχάνεται με ένα αριθμό κρούσεων της σφύρας σε κάθε θέση, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται επαρκές χρονικό διάστημα, ώστε να υπάρξει η δυνατότητα εκτόνωσης της υπερπίεσης των πόρων από την προηγηθείσα κρούση. Η ενέργεια που εισάγεται στο έδαφος με κάθε κρούση της σφύρας είναι ίση με το γινόμενο του βάρους της σφύρας επί το ύψος πτώσεως:

$$E = B \times h$$

Η τεχνική είναι ιδιαίτερα πρόσφορη για την βελτίωση των ιδιοτήτων τεχνητών επιχώσεων με τυχαία απόρριψη, επειδή πέραν της επιτυγχάνουσας συμπίκνωσης, αναιρείται στο μεγαλύτερο ποσοστό η ανομοιογένεια των υλικών αυτών.

Λόγω των δονήσεων που προκαλούνται από την πτώση του βάρους, υπάρχει η πιθανότητα δυσμενών επιρροών σε παρακείμενα κτίσματα.

5.4 Εφαρμογή της μεθόδου

Η μέθοδος της δυναμικής συμπίκνωσης απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και εμπειρία δεδομένου ότι απαιτείται ιδιαίτερα βαρύς ανυψωτικός γερανός ενώ η ανύψωση και η ελεύθερη πτώση του βάρους απαιτεί ιδιαίτερα έμπειρους χειρισμούς.

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται:

- Η αξιολόγηση της υπάρχουσας γεωτεχνικής έρευνας
- Η επιλογή των φάσεων και των παραμέτρων των πτώσεων (ύψος πτώσεως, βάρος σφύρας, αριθμός κρούσεων, αριθμός φάσεων, χρόνος αναμονής μεταξύ των φάσεων και κάρναβο των σημείων εφαρμογής).
- Η εκτέλεση δυναμικής συμπίκνωσης σε δοκιμαστικό πεδίο (εντός της περιοχής ενδιαφέροντος) προκειμένου να οριστικοποιηθούν τα χαρακτηριστικά της μεθόδου.
- Η εφαρμογή της μεθόδου κατά φάσεις.
- Ο έλεγχος του αποτελέσματος στην τελική κατάσταση (και συχνά στις ενδιάμεσες φάσεις).

Η δυναμική συμπίκνωση εδαφών εκτελείται τις εξής φάσεις :

1. Αρχική φάση (πριν από την έναρξη της Δυναμικής Συμπίκνωσης), που περιλαμβάνει τις προκαταρκτικές εργασίες κατά τις οποίες προετοιμάζεται ο χώρος εργασίας με την εκτέλεση χωματουργικών εργασιών διαμόρφωσης και επιπέδωσης (εκσκαφές, επιχωματώσεις, μεταφορές χωμάτων, κλπ). Σκοπός αυτών των εργασιών είναι η διαμόρφωση ομαλού, επιπέδου και κατά το δυνατό οριζοντίου δαπέδου εργασίας για τη διευκόλυνση των κινήσεων των μηχανημάτων. Όταν οι προς συμπίκνωση αποθέσεις είναι πολύ χαλαρές ή όταν η στάθμη υδροφόρου ορίζοντα ευρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, είναι δυνατόν να απαιτηθεί η διάστρωση μίας στρώσης κοκκώδους υλικού πάχους περίπου 1 μ. («κουβέρτα») προκειμένου να αποτραπούν τυχόν απρόβλεπτες βυθίσεις του βάρους μηχανικού εξοπλισμού. Στις προκαταρκτικές εργασίες περιλαμβάνεται και η εγκατάσταση τοπογραφικού δικτύου χωροσταθμίσεως του εδάφους πριν και κατά τη διάρκεια εκτελέσεως της δυναμικής συμπίκνωσης ώστε να παρακολουθείται η επιτυχάνουσα συμπίεση. Πρέπει επίσης να εγκατασταθεί κάρναβος αξόνων με κατάλληλες εξασφαλίσεις, ώστε να είναι ευχερής η επαναχάραξη επί του εδάφους των σημείων στα οποία επεβλήθη η κρουστική ενέργεια της σφύρας και να υλοποιηθούν οι θέσεις των επόμενων φάσεων της μεθόδου.
2. Φάση χωρισμού της εδαφικής έκτασης που πρόκειται να υποβληθεί σε δυναμική συμπίκνωση, σε επί μέρους περιοχές αναλόγως των χρήσεων, με αντίστοιχες απαιτήσεις, και των κατασκευών που πρόκειται να θεμελιωθούν επάνω σε αυτές, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Μελέτης. Σε περίπτωση κτιρίων, η αντίστοιχη περιοχή περιλαμβάνει και ένα πλάτος 5 περίπου μέτρων έξω από τις οριογραμμές των θεμελίων του κτιρίου. Επίσης, στην περίπτωση κτιρίων, τα σημεία επιβολής των κρούσεων (δηλαδή τα σημεία του κάρναβου των θέσεων πτώσεως του βάρους) κατά την πρώτη φάση της δυναμικής συμπίκνωσης επιλέγονται συνήθως στις θέσεις των υποστηλωμάτων των κτιρίων. Ο κάρναβος των θέσεων πτώσεως βαίνει γενικά πυκνούμενος από φάση σε φάση επιβολής της κρουστικής ενέργειας στο έδαφος, έτσι ώστε αρχικά να συμπυκνώνονται οι βαθύτερες εδαφικές στρώσεις και στην συνέχεια οι επιφανειακές. Σε κάθε μία από τις ζώνες αυτές προδιαγράφονται τα κριτήρια αποδοχής (επάρκειας) της συμπίκνωσης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μελέτης και τα αποτελέσματα της αρχικής εφαρμογής της δυναμικής συμπίκνωσης στο δοκιμαστικό πεδίο.
3. Φάσεις διαδοχικής επιβολής της κρουστικής ενέργειας στο έδαφος. Με την επιλογή του ενδεδειγμένου χρονικού διαστήματος τόσο μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων της σφύρας σε μία θέση πτώσεως, όσο και μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων (φάσεων), επιτυγχάνεται η συνολική υποχώρηση (άρα και συμπίκνωση) του εδάφους. Στην περίπτωση όπου οι προς συμπίκνωση σχηματισμοί είναι κορεσμένοι με νερό, θα πρέπει μεταξύ των φάσεων να μεσολαβεί αρκετός

χρόνος (έως και τρεις εβδομάδες) για την εκτόνωση των υπερπίεσεων πόρων που αναπτύσσονται λόγω της (διατμητικής) παραμόρφωσης του εδάφους. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσεως των εργασιών συμπύκνωσης είναι επίσης απαραίτητη η εκτέλεση χηματοουργικών εργασιών.

4. Τελική φάση, κατά την οποία γίνεται η χάραξη του (πυκνότερου) καννάβου των θέσεων πτώσης της σφύρας, και η εισαγόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εδάφους είναι κατά κανόνα μικρότερη από αυτήν της προηγούμενης φάσης. Κατά την τελική φάση της Δυναμικής Συμπύκνωσης, που ονομάζεται «φάση σιδερώματος», η πτώση της σφύρας γίνεται από σχετικά μικρότερο ύψος (5 έως 8 μέτρα) σε συνεχή κάνναβο θέσεων πτώσεως που παρουσιάζουν αλληλοκάλυψη κατά 10% περίπου (συνεπώς, οι διαστάσεις του καννάβου είναι ελαφρώς μικρότερες από τις διαστάσεις κατόψεως της σφύρας). Με την τελική αυτή φάση επιδιώκεται η ομοιόμορφη συμπύκνωση των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων της θεμελίωσης. Η επιφάνεια του εδάφους, όπως διαμορφώνεται μετά την τελική φάση της Δυναμικής Συμπύκνωσης, δεν είναι πάντα κατάλληλη για την έδραση των θεμελίων του υπό κατασκευή έργου, Γι' αυτό μετά την ολοκλήρωση του «σιδερώματος» απαιτείται η τελική συμπύκνωση της επιφάνειας ή και η συμπλήρωση του επιχώματος με κάποιες εδαφικές στρώσεις από επίλεκτα υλικά.

Είναι δυνατόν επίσης, για τον περιορισμό της επιρροής των δονήσεων στα γειτονικά κτήρια, να απαιτηθεί η εκσκαφή περιμετρικής τάφρου που να διαχωρίζει τις υπό συμπύκνωση περιοχές από τις υφιστάμενες κατασκευές, ώστε να γίνεται ανάκλαση των κρουστικών κυμάτων.

Τονίζεται ότι σε όλες τις φάσεις των εργασιών δυναμικής συμπύκνωσης, θα πρέπει να παρακολουθούνται οι επιπτώσεις της δυναμικής συμπύκνωσης στις γειτονικές κατασκευές από τους κραδασμούς που προκαλούνται.

5.5 Ανοχές

Από τα αποτελέσματα του εκάστοτε δοκιμαστικού πεδίου και ανάλογα με τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά που θα διαπιστωθούν από θέση σε θέση, είναι δυνατόν να προσαρμόζεται το πρόγραμμα εφαρμογής της Δυναμικής Συμπύκνωσης.

Γι' αυτόν το λόγο, οι ανοχές αποκλίσεων της εφαρμοσμένης δυναμικής συμπύκνωσης είναι αυτές όπως καθορίζονται στην εκάστοτε Μελέτη ή απαιτούνται από τις επιτόπου γεωτεχνικές συνθήκες, με την έγκριση πάντοτε της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

5.6 Τηρούμενα στοιχεία

Κατά τη διαδικασία της δυναμικής συμπύκνωσης, 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 δυναμικής συμπύκνωσης με την αρίθμηση του, η ημερομηνία συμπύκνωσης, ύψος πτώσεως, βάρος σφύρας, αριθμός κρούσεων, αριθμός διαδοχικής επιβολής της κρουστικής ενέργειας στο έδαφος (αριθμός φάσεων), χρόνος αναμονής μεταξύ των προαναφερόμενων φάσεων.

6 Δοκιμές και έλεγχοι

Για τον ποιοτικό έλεγχο της δυναμικής συμπύκνωσης του εδάφους, απαιτούνται οι παρακάτω δοκιμές και έλεγχοι:

6.1 Δοκιμές

- Για τον υπολογισμό του βέλτιστου αριθμού κρούσεων (κτύπων) σε κάθε φάση, πριν από την έναρξη της κυρίως εργασίας σε διάφορες θέσεις του έργου, θα γίνεται δοκιμαστικό πεδίο εφαρμογής της μεθόδου. Κατά την διάρκεια των δοκιμών, θα καταγράφεται για κάθε επιβαλλόμενη κρουστική ενέργεια, η μεταβολή των καθιζήσεων με τον αριθμό των κρούσεων και με τον χρόνο, και εφόσον απαιτείται, η μείωση της πίεσεως των πόρων με τον χρόνο.

- Γεωτεχνικές έρευνες οι οποίες εφαρμόζονται πριν (για την επιλογή του τελικού προγράμματος εφαρμογής της μεθόδου) και μετά την εφαρμογή της μεθόδου (για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της συμπίκνωσης), οι οποίες συνίστανται κυρίως από δοκιμές πρεσσιομέτρου, δοκιμές SPT, δοκιμές πενετρομέτρου, δοκιμαστικής φόρτισης πλάκας, γεωφυσικές δοκιμές, κλπ.

Μετά το πέρας των εργασιών συμπίκνωσης και με τη βοήθεια των αρχικών γεωτεχνικών ερευνών θα επιλεγεί το τελικό πρόγραμμα εφαρμογής της μεθόδου.

6.2 Έλεγχοι

Σκοπός των ελέγχων που γίνονται μεταξύ των φάσεων εφαρμογής της Δυναμικής Συμπύκνωσης, αλλά και μετά την τελική φάση, είναι να αποδειχθεί η υλοποίηση της επιθυμητής βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους και η ικανοποίηση των απαιτήσεων της Μελέτης. Οι έλεγχοι συνήθως περιλαμβάνουν:

- Χωροστάθμιση, ώστε να υπολογιστούν τα υψόμετρα της επιφάνειας του εδάφους μετά τη συμπίκνωση (λαμβάνομένου υπόψη και του όγκου των πρόσθετων υλικών επίχωσης που χρησιμοποιούνται για την πλήρωση των «κρατήρων»), οπότε, θα προκύψει η μέση ποσοστιαία μεταβολή του όγκου του εδάφους, (εκτιμώντας ένα μέσο βάθος επιρροής της συμπίκνωσης).
- Καταγραφές των οργάνων μέτρησης δονήσεων στα γειτονικά κτίρια, σχετικά με το μέγεθος των δονήσεων που προκαλούνται, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που αναφέρονται στο DIN 4150-2/3 DIN 4150-3:1999- (Βιβλιογραφία)
- Χρονοδιάγραμμα εργασιών που θα περιλαμβάνει την απαιτούμενη χρονική διάρκεια μεταξύ των διαδοχικών φάσεων.
- Κατασκευαστικά σχέδια περιοχών εφαρμογής της μεθόδου ανάλογα με την επιβαλλόμενη ενέργεια.

6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής συμπίκνωσης

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

Δυναμικές συμπεκνώσεις 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

- 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 μεταφοράς βαριών αντικειμένων.
- Εργασία σε συνθήκες θορύβου.
- Εργασία κάτω από ανυψωτικά μηχανήματα.
- Κίνδυνος εκσφενδονισμού υλικού από την πτώση της σφύρας στο έδαφος

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-01-00:2009

© ΕΛΟΤ

- Πρόκληση δονήσεων σε γειτονικές κατασκευές..

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, 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 μέγεθος της εφαρμοζόμενης ενέργειας στην επιφάνεια αυτή (περίπτωση ελαφριάς και βαριάς συμπύκνωσης).

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 δυναμική 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.

9

Βιβλιογραφία

- DIN 4150-2:1999-06* *Vibrations in buildings - Part 2: Effects on persons in buildings -- Δονήσεις επί κτιρίων. Μέρος 2: Επιπτώσεις στους ενόικους.*
- DIN 4150-3:1999-02* *Vibration in buildings - Part 3: Effects on structures -- Δονήσεις επί κτιρίων. Μέρος 3: Επιπτώσεις στις κατασκευές*