

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ : ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΔΟΠΟΪΑΣ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΟΔΟ (Τμήμα S1)**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΤΖΑΜΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΤΑΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΠΕΣΚΟΥ ΝΙΚΗ

ΠΑΤΡΑ 10/03/2021

ΘΕΡΜΕΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΡΩΜΑΝΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΦΟΥΡΝΙΩΤΗ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πίνακας Περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
2. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ	9
2.1. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	9
2.1.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	10
2.1.2. ΕΠΙΔΙΩΚΟΜΕΝΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	15
2.1.3. ΕΓΧΥΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	17
2.1.4. ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	19
2.1.5. ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	20
2.2. ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	20
2.2.1. ΈΛΕΓΧΟΣ	20
2.2.3. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	22
3. ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	25
3.1. ΓΕΝΙΚΑ	25
3.2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΦΡΕΣΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	26
3.2.3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ	26
3.2.4. Slump test	27
3.2.5. ΔΟΚΙΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΦΡΕΣΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	29
3.2.6. ΑΛΛΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	29
3.2.7. ΣΥΝΟΧΗ	29
3.2.8. ΕΚΧΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ	30
3.2.9. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΕΡΑ	30
3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΓΙΝΟΥΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ	32
3.3.1. ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ	32
3.3.2. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	36
3.3.2.1. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	36

3.3.2.2.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	38
3.3.3.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	40
3.3.4.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΞΗΡΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	42
3.3.5.	ΔΟΚΙΜΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ	45
3.3.6.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	48
3.3.7.	ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ	48
3.3.7.1.	ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Ο ΜΕΤΡΗΤΗΣ;	50
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σύνθεση Σκυροδέματος	10
Εικόνα 2: Αντοχή διαφόρων κλάσεων σκυροδέματος	14
Εικόνα 3: Τύποι Slump.....	29
Εικόνα 4: Υπολογισμοί για ένα κομμάτι της οδού από λήψη πραγματικών δεδομένων	35
Εικόνα 5: Υπολογισμοί κατά την κοκκομετρική ανάλυση.....	39
Εικόνα 6: Υπολογισμοί για τον δείκτη πλαστικότητας σε ένα σημείο του δρόμου	42
Εικόνα 7: Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της μέγιστης ξηράς πυκνότητας	45
Εικόνα 8: Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης άμμου	47
Εικόνα 9: Αποτελέσματα από την εργαστηριακή μέτρηση για ένα κομμάτι του δρόμου	48
Εικόνα 10: Διάγραμμα πυρηνικού μετρητή.....	50
Εικόνα 11: Αποτελέσματα μετρήσεων από ένα σημείο του δρόμου	52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα πρόγραμμα QA (Quality Assurance) / QC (Quality Control) συμβάλλει στους στόχους της καθοδήγησης ορθής πρακτικής, δηλαδή στη βελτίωση της διαφάνειας, της συνέπειας, της συγκρισιμότητας, της πληρότητας και της εμπιστοσύνης κάθε κατασκευής. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας QA / QC ενδέχεται να οδηγήσουν σε επανεκτίμηση του αποθέματος ή των εκτιμήσεων αβεβαιότητας της πηγής. Για παράδειγμα, εάν διαπιστωθεί ότι η ποιότητα των δεδομένων είναι χαμηλότερη από ό, τι πιστεύαμε προηγουμένως και αυτή η κατάσταση δεν μπορεί να διορθωθεί στο χρονικό πλαίσιο του τρέχοντος αποθέματος, οι εκτιμήσεις αβεβαιότητας πρέπει να επανεκτιμηθούν.

Οι όροι «έλεγχος ποιότητας» και «διασφάλιση ποιότητας» χρησιμοποιούνται συχνά εσφαλμένα. Οι ορισμοί των QC και QA θα χρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς της καθοδήγησης ορθής πρακτικής. Ο ποιοτικός έλεγχος (QC) είναι ένα σύστημα συνήθων τεχνικών δραστηριοτήτων, για τη μέτρηση και τον έλεγχο της ποιότητας του αποθέματος καθώς αναπτύσσεται (Balaguera et al., 2018). Το σύστημα QC έχει σχεδιαστεί για:

- a) Να παρέχει τακτικούς και συνεπούς ελέγχους για να διασφαλίζει την ακεραιότητα, την ορθότητα και την πληρότητα των δεδομένων.
- b) Να προσδιορίζει και αντιμετωπίζει σφάλματα και παραλείψεις.
- c) Τεκμηρίωση και αρχειοθέτηση υλικού απογραφής και καταγραφή όλων των δραστηριοτήτων QC.

Οι δραστηριότητες QC περιλαμβάνουν γενικές μεθόδους όπως ελέγχους ακρίβειας στην απόκτηση δεδομένων και υπολογισμούς και τη χρήση εγκεκριμένων τυποποιημένων διαδικασιών για υπολογισμούς εκπομπών, μετρήσεις, εκτίμηση αβεβαιότητας, αρχειοθέτηση πληροφοριών και αναφορές. Οι δραστηριότητες διασφάλισης ποιότητας (QA) περιλαμβάνουν ένα προγραμματισμένο σύστημα διαδικασιών επανεξέτασης που πραγματοποιείται από προσωπικό που δεν συμμετάσχει άμεσα στη διαδικασία κατάρτισης / ανάπτυξης αποθέματος.

Οι κριτικές, κατά προτίμηση από ανεξάρτητα τρίτα μέρη, θα πρέπει να διενεργούνται μετά την ολοκλήρωση του αποθέματος και μετά την εφαρμογή των διαδικασιών QC. Πριν από την εφαρμογή των δραστηριοτήτων QA / QC, είναι απαραίτητο να καθοριστεί ποιες τεχνικές πρέπει να χρησιμοποιούνται και πού και πότε θα εφαρμοστούν. Υπάρχουν τεχνικές και πρακτικές εκτιμήσεις για τη λήψη αυτών των αποφάσεων (Farhangdoust & Mehrabi, 2019). Η εφαρμογή διαδικασιών QA / QC απαιτεί πόρους, εμπειρογνωμοσύνη και χρόνο. Κατά την ανάπτυξη οποιουδήποτε συστήματος QA / QC, αναμένεται ότι θα πρέπει να ληφθούν κρίσεις για τα ακόλουθα:

- Πόροι που διατίθενται σε QC για διαφορετικές κατηγορίες πηγών και τη διαδικασία σύνταξης.
- Χρόνος που διατίθεται για τη διενέργεια των ελέγχων και των αναθεωρήσεων.
- Διαθεσιμότητα και πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με δεδομένα δραστηριότητας και άλλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας των δεδομένων.

- Διαδικασίες για την εξασφάλιση της εμπιστευτικότητας των πληροφοριών για την απογραφή και την κατηγορία πηγών, όταν απαιτείται.
- Απαιτήσεις για αρχειοθέτηση πληροφοριών.
- Συχνότητα ελέγχων QA / QC σε διαφορετικά μέρη του αποθέματος.
- Το επίπεδο QC κατάλληλο για κάθε κατηγορία πηγής.
- Εάν η αυξημένη προσπάθεια στο QC θα έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένες εκτιμήσεις αποτελεσμάτων και μειωμένη αβεβαιότητα.
- Εάν υπάρχει επαρκής εμπειρογνωμοσύνη για τη διενέργεια των ελέγχων και των αναθεωρήσεων.

Στην πράξη, το σύστημα QA / QC αποτελεί μέρος μόνο της διαδικασίας ανάπτυξης αποθέματος και οι εταιρείες απογραφής δεν έχουν απεριόριστους πόρους. Οι απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου, η βελτιωμένη ακρίβεια και η μειωμένη αβεβαιότητα πρέπει να αντισταθμίζονται έναντι των απαιτήσεων επικαιρότητας και αποτελεσματικότητας κόστους. Ένα σύστημα ορθών πρακτικών επιδιώκει να επιτύχει αυτήν την ισορροπία και να επιτρέψει τη συνεχή βελτίωση των εκτιμήσεων αποθέματος (Xu & Chang, 2016).

Μέσα στο σύστημα QA / QC, η ορθή πρακτική παρέχει μεγαλύτερη προσπάθεια για βασικές κατηγορίες πηγών και για εκείνες τις κατηγορίες πηγών όπου έχουν πραγματοποιηθεί πρόσφατα δεδομένα και μεθοδολογικές αλλαγές, παρά για άλλες κατηγορίες πηγών. Είναι απίθανο οι εταιρείες απογραφής να έχουν επαρκείς πόρους για τη διεξαγωγή όλων των διαδικασιών QA / QC σε όλες τις κατηγορίες πηγών. Επιπλέον, δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται όλες αυτές οι διαδικασίες κάθε χρόνο (Xu & Chang, 2016). Για παράδειγμα, οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων που διεξάγονται από εθνικές στατιστικές υπηρεσίες δεν είναι πιθανό να αλλάξουν σημαντικά από το ένα έτος στο άλλο.

Μόλις ο οργανισμός απογραφής έχει εντοπίσει ποιοι ποιοτικοί έλεγχοι υπάρχουν, αξιολογεί την αβεβαιότητα αυτών των δεδομένων και τεκμηριώνει τις λεπτομέρειες για μελλοντική αναφορά αποθέματος, δεν είναι απαραίτητο να επανεξετάζεται αυτή η πτυχή της διαδικασίας QC κάθε χρόνο. Ωστόσο, είναι καλή πρακτική να ελέγχεται περιοδικά η εγκυρότητα αυτών των πληροφοριών καθώς ενδέχεται να συμβούν αλλαγές στο μέγεθος του δείγματος, τις μεθόδους συλλογής ή τη συχνότητα της συλλογής δεδομένων (Darwin, Dolan & Nilson, 2016). Η βέλτιστη συχνότητα τέτοιων ελέγχων εξαρτάται από τις εθνικές συνθήκες.

Ενώ η εστίαση των δραστηριοτήτων QA / QC σε βασικές κατηγορίες πηγών θα οδηγήσει στις σημαντικότερες βελτιώσεις στις συνολικές εκτιμήσεις αποθέματος, είναι καλή πρακτική να σχεδιάζει κανείς να διεξάγει τουλάχιστον τις γενικές διαδικασίες QC, σε όλα τα μέρη του αποθέματος για μια χρονική περίοδο. Ορισμένες κατηγορίες πηγών ενδέχεται να απαιτούν συχνότερο QA / QC από άλλες, λόγω της σημασίας τους για τις συνολικές εκτιμήσεις αποθέματος, τις αλλαγές στα δεδομένα ή τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας πηγής, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου αβεβαιότητας. Για παράδειγμα, εάν προκύψουν τεχνολογικές εξελίξεις σε μια κατηγορία βιομηχανικών πηγών, είναι καλή πρακτική να πραγματοποιείται ένας διεξοδικός έλεγχος QC των πηγών δεδομένων και της διαδικασίας

κατάρτισης ώστε να βεβαιωθεί ότι οι μέθοδοι απογραφής παραμένουν κατάλληλες (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

Τα ακόλουθα είναι τα κύρια στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος QA / QC εφαρμόστηκε στην παρακολούθηση της συλλογής αποθέματος:

- Ένας οργανισμός απογραφής που είναι υπεύθυνος για το συντονισμό των δραστηριοτήτων QA / QC
- Ένα πρόγραμμα QA / QC
- Γενικές διαδικασίες QC
- Διαδικασίες QC για συγκεκριμένη κατηγορία πηγής
- Διαδικασίες αναθεώρησης QA
- Διαδικασίες αναφοράς, τεκμηρίωσης και αρχειοθέτησης

Ένα σχέδιο QA / QC είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο ενός συστήματος QA / QC και είναι καλή πρακτική η ανάπτυξη του. Το σχέδιο θα πρέπει, γενικά, να περιγράφει τις δραστηριότητες QA / QC που θα εφαρμοστούν και να περιλαμβάνει ένα προγραμματισμένο χρονικό πλαίσιο που ακολουθεί την προετοιμασία του αποθέματος από την αρχική του ανάπτυξη έως την τελική αναφορά κάθε έτους. Θα πρέπει να περιέχει ένα περίγραμμα των διαδικασιών και το χρονοδιάγραμμα για την αναθεώρηση όλων των κατηγοριών πηγών.

Το πρόγραμμα QA / QC είναι ένα εσωτερικό έγγραφο για την οργάνωση, τον σχεδιασμό και την υλοποίηση δραστηριοτήτων QA / QC. Μόλις αναπτυχθεί, μπορεί να γίνει αναφορά και να χρησιμοποιηθεί σε επόμενη προετοιμασία αποθέματος, ή να τροποποιηθεί ανάλογα με την περίπτωση (δηλαδή όταν συμβαίνουν αλλαγές στις διαδικασίες ή μετά από συμβουλή ανεξάρτητων κριτικών). Αυτό το σχέδιο πρέπει να είναι διαθέσιμο για εξωτερική αναθεώρηση (Darwin, Dolan & Nilson, 2016).

Κατά την ανάπτυξη και εφαρμογή του προγράμματος QA / QC, μπορεί να είναι χρήσιμο να αναφερθείτε στα πρότυπα και τις οδηγίες που δημοσιεύονται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), συμπεριλαμβανομένης της σειράς ISO 9000. Αν και τα πρότυπα ISO 9000 δεν έχουν σχεδιαστεί ειδικά για απογραφές εκπομπών, έχουν εφαρμοστεί από ορισμένες χώρες για να βοηθήσουν στην οργάνωση δραστηριοτήτων QA / QC.

Τα ακόλουθα πρότυπα και οδηγίες που δημοσιεύονται στη σειρά ISO ενδέχεται να συμπληρώνουν τις διαδικασίες QA / QC για συγκεκριμένες κατηγορίες πηγών για την ανάπτυξη αποθέματος και να παρέχουν πρακτική καθοδήγηση για τη διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων και ενός διαφανούς συστήματος αναφοράς (Fleming, Frost & Lambert, 2009).

- ✓ ISO 9004–1: Γενικές οδηγίες ποιότητας για την εφαρμογή ενός συστήματος ποιότητας.
- ✓ ISO 9004–4: Οδηγίες για την εφαρμογή συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας στον οργανισμό, χρησιμοποιώντας εργαλεία και τεχνικές που βασίζονται στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων.

- ✓ ISO 10005: Οδηγίες για τον τρόπο προετοιμασίας ποιοτικών σχεδίων για τον έλεγχο συγκεκριμένων έργων.
- ✓ ISO 10011–1: Οδηγίες για τον έλεγχο ενός συστήματος ποιότητας.
- ✓ ISO 10011–2: Καθοδήγηση σχετικά με τα κριτήρια πιστοποίησης για τους ελεγκτές συστημάτων ποιότητας.
- ✓ ISO 10011–3: Οδηγίες για τη διαχείριση προγραμμάτων ελέγχου συστημάτων ποιότητας.
- ✓ ISO 10012: Οδηγίες για συστήματα βαθμονόμησης και στατιστικούς ελέγχους για να διασφαλιστεί ότι οι μετρήσεις γίνονται με την προβλεπόμενη ακρίβεια.
- ✓ ISO 10013: Οδηγίες για την ανάπτυξη εγχειριδίων ποιότητας για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών.

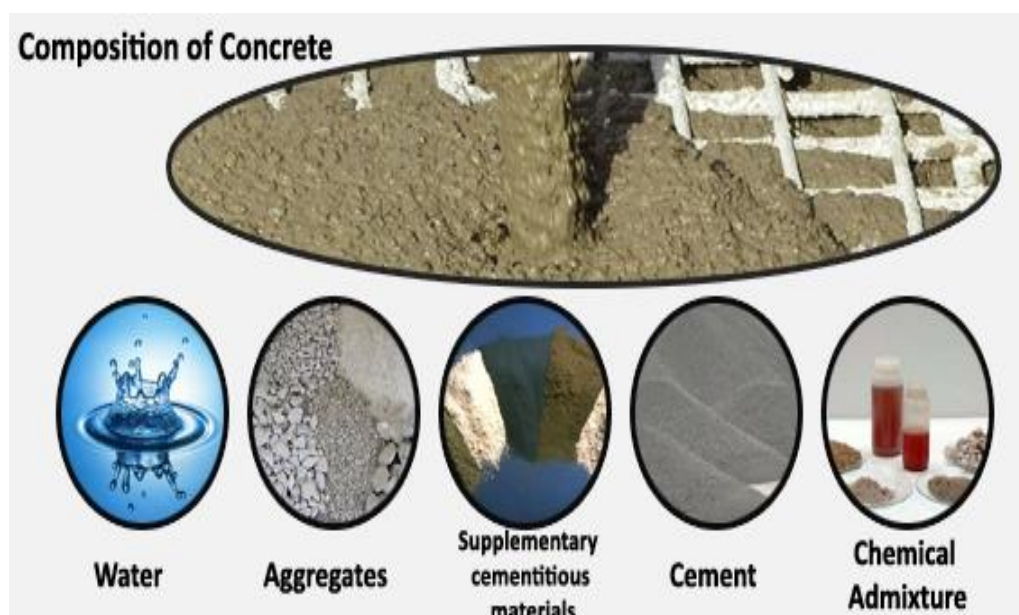
2. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

2.1. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

2.1.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα κύρια μέρη όλων των γραμμών παραγωγής, των χρησιμοποιημένων υλικών και θα παρουσιαστούν ορισμένες δοκιμές του σκυροδέματος. Θα γίνουν αναφορές στα TS (Τεχνικές Προδιαγραφές) και στα STS (Ειδικές Τεχνικές Προδιαγραφές).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή σκυροδέματος εγγυώνται εύλογα τις απαιτούμενες ιδιότητες οι οποίες είναι κυρίως η αντοχή και η ανθεκτικότητα, που καθορίζονται με βέλτιστες μεθόδους (Gjørv, 2003). Η καταλληλότητα όλων των στοιχείων του σκυροδέματος επαληθεύεται με δοκιμές καταλληλότητας.



Εικόνα 1: Σύνθεση Σκυροδέματος

Η χρήση των υλικών θα εγκριθεί από τον Πάροχο σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφών (TS) (Hunter, 2000).

Οι βασικές απαιτήσεις καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1. Η σύνθεση του σκυροδέματος λαμβάνει υπόψη τυχόν ειδικές απαιτήσεις των κατασκευαστικών στοιχείων του σκυροδέματος και του ίδιου του σκυροδέματος όσον αφορά τη σχεδιασμένη δομή, την επιθετικότητα του περιβάλλοντος και άλλες απαιτήσεις που περιλαμβάνονται στα έγγραφα σχεδιασμού.

Ο τύπος ή / και η κατηγορία τσιμέντου για τους μεμονωμένους τύπους σκυροδέματος καθορίζονται στα ακόλουθα πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN 206 – 1
- ΕΛΟΤ 73 2400
- ΕΛΟΤ 73 2400

Για προεντεταμένα σκυροδέματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο τσιμέντα Portland, το ΕΛΟΤ 73 1210 ή το ΕΛΟΤ EN 206-1 ισχύει για τις προδιαγραφές τύπων τσιμέντου που χρησιμοποιούνται σε σκυρόδεμα για επιθετικά χημικά περιβάλλοντα. Οι απαιτήσεις για το τσιμέντο που πρέπει να χρησιμοποιείται σε ειδικές κατασκευές πρέπει να προσδιορίζονται στο σχεδιασμό έγγραφα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 197-1, εκτός εάν εμφανίζονται στο Μέρος 15 ή σε μέρη του TS που καλύπτουν τις επιμέρους δομές.

Τα ελάχιστα περιεχόμενα τσιμέντου καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1. Υψηλότερο περιεχόμενο μπορεί να προταθεί από το TS ή από τις Ειδικές Τεχνικές Προδιαγραφές για ειδικές δομές ή ειδικές τεχνολογίες. Οι συνιστάμενες μέγιστοι περιεκτικότητες τσιμέντου σε σκυρόδεμα ποιότητας υδάτινων έργων καθορίζονται στο ΕΛΟΤ 73 1210 (Helal, Sofi & Mendis, 2015).

Για τις συγκεντρώσεις των συστατικών ισχύουν οι ισχύοντες όροι των προτύπων:

- ΕΛΟΤ 72 1512
- ΕΛΟΤ EN 932 – 1 έως 6
- ΕΛΟΤ EN 933 – 1 με 10
- ΕΛΟΤ EN 1097 – 1 με 8

και άλλα πρότυπα (ασβεστόλιθο, δολομιτικό άθροισμα κ.λπ.). Ειδικές απαιτήσεις που ισχύουν για τους μεμονωμένους τύπους σκυροδέματος περιλαμβάνονται στα ακόλουθα πρότυπα:

- a) ΕΛΟΤ EN 206-1 ή EN 12620
- b) ΕΛΟΤ 73 2401 - προ εντεταμένο σκυρόδεμα
- c) ΕΛΟΤ 73 1210 - υδατοστεγές ανθεκτικό σκυρόδεμα και ειδικό σκυρόδεμα.

Οι δοκιμές αντιδραστικότητας του αδρανούς με βάσεις διεξάγονται σύμφωνα με τα ΕΛΟΤ 72 1160 και ΕΛΟΤ 72 1179.

Τα αδρανή μίγματα ορίζονται ως εξής:

- a) Μείγματα συνεχούς διαβάθμισης που περιέχουν πολλά κλάσματα
- b) Μείγματα ασυνεχούς διαβάθμισης, που συνήθως περιέχουν μόνο δύο κλάσματα.

Το σκυρόδεμα που κατασκευάζεται με συνεχές αδρανή διαβάθμισης είναι λιγότερο ευαίσθητο στον διαχωρισμό, κυρίως στις ποιότητες συνοχής S3 και S4 (ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002: Πίνακας 3).

Σκυρόδεμα κατασκευασμένο με ασυνεχή διαβάθμιση αδρανή, με τον καλύτερο κόκκο του χονδροειδούς κλάσματος να είναι τέσσερις φορές το μέγεθος του μεγαλύτερου κόκκου στο λεπτότερο κλάσμα (δηλαδή ένα μείγμα που συνδυάζει π.χ. τα κλάσματα 0/4 και 16/22, όπου 16: 4 = 4) είναι ελαφρώς πυκνότερο και δυνατότερο, αλλά το μείγμα είναι πιο ευαίσθητο

στον διαχωρισμό. Τα μεγαλύτερα μεγέθη κόκκων καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1. Οι απαιτήσεις της συνολικής σύνθεσης των αδιαπέρατων και ανθεκτικών σκυροδεμάτων καθορίζονται στο ΕΛΟΤ 73 1210.

Το νερό πρέπει να συμμορφώνεται με τις διατάξεις του ΕΛΟΤ EN 1008. Η δοσολογία του νερού εξαρτάται από την καθορισμένη αναλογία νερού / τσιμέντου. Το νερό πρέπει να είναι καθαρό και να μην τροποποιείται με οποιοδήποτε πρόσθετο (Chowdhury, Apul & Fry, 2010).

Τα πρόσθετα χρησιμοποιούνται για τη λήψη βέλτιστων ή ειδικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος και του σκυροδέματος. Η προσθήκη τους επαληθεύεται με κατάλληλη δοκιμή του σκυροδέματος. Τα πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο με πιστοποιητικά αναγνώρισης. Οι πλαστικοποιητές και οι υπερπλαστικοποιητές πρέπει να συμμορφώνονται με το ΕΛΟΤ EN 934-2.

Το αεριζόμενο σκυρόδεμα παράγεται με παράγοντες παρασυρόμενου αέρα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 72 2322, που συνήθως εφαρμόζεται σε συνδυασμό με έναν πλαστικοποιητή για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας δημιουργώντας μεγάλους αριθμούς φυσαλίδων αέρα μεγέθους κάτω από 0,1 mm και μειώνοντας έτσι τον συντελεστή χωρικής κατανομής των πόρων. Η αμοιβαία αναλογία και τα βέλτιστα ποσοστά τους επαληθεύονται με δοκιμές καταλληλότητας.

Συνδυασμοί που περιέχουν υπερπλαστικοποιητή μειώνουν την αποτελεσματικότητα των παραγόντων εισόδου αέρα, ανάλογα με τη σύνθεση του μίγματος (π.χ. παρουσία παραμορφωτικού παράγοντα) (Müller, 2012). Ως εκ τούτου, σε τέτοιες περιπτώσεις, υψηλής ποιότητας παράγοντες παγίδευσης αέρα, που χαρακτηρίζονται από συντελεστή κατανομής χαμηλού πόρου (κάτω από 0,15 mm), συνιστώνται γενικά για να αποφευχθεί η αύξηση αυτού του παράγοντα σε σκυρόδεμα σε πάνω από 0,20 mm.

Άλλοι τύποι προσμίξεων είναι οι παρακάτω: ρύθμιση επιταχυντών, επιβραδυντές, βελτιώσεις στεγανότητας νερού, μειωτές σημείου πήξης νερού, σταθεροποιητές ιδιοτήτων μίξης σκυροδέματος, τέτοια μίγματα θα χρησιμοποιούνται σύμφωνα με την παρούσα ενότητα.

Η μέγιστη περιεκτικότητα σε χλωρίδια ορίζεται στην Ενότητα 2.7 του TS. Τα εισαγόμενα μείγματα πρέπει να συμμορφώνονται με τα ισχύοντα ξένα πρότυπα ή προδιαγραφές και να ενσωματώνονται στον κατάλογο των εγκεκριμένων προσμίξεων. Σε περιπτώσεις προηγούμενης πρακτικής εμπειρίας με συγκεκριμένους συνδυασμούς εγχώριων και εισαγόμενων προσμίξεων, η τεκμηρίωση της καταλληλότητας τους είναι πολύ σημαντική.

Οι συνδυασμοί προσμίξεων επαληθεύονται με δοκιμές καταλληλότητας (Malek & Kaouther, 2014). Πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μείγμα σκυροδέματος σε ποσότητες που δεν προκαλούν μείωση της αντοχής του σκυροδέματος ή διάβρωση του ενισχυτικού χάλυβα (Ισχύουν οι προϋποθέσεις ΕΛΟΤ Ρ ENV 13670-1 για αδιαπέραστα και ανθεκτικά σκυροδέματα ποιότητας). Οι απαιτήσεις για τον ασβεστόλιθο καθορίζονται στο ΕΛΟΤ 72 1220. Η καταλληλότητα της σκωρίας υψικαμίνου επαληθεύεται με δοκιμές και εγκρίνεται από τον Πάροχο (διάταξη του ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002).

Η περιεκτικότητα σε χλωρίδια σε σκυρόδεμα, εκφραζόμενη σε εκατοστιαία αναλογία ιόντων χλωρίου στο βάρος του τσιμέντου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές που

καθορίζονται στον Πίνακα 10 του TS. Η περιεκτικότητα σε χλωρίδια σε σκυροδέμα προσδιορίζεται ως το άθροισμα των τιμών των χλωριδίων σε μεμονωμένα συστατικά σκυροδέματος. Για κατασκευές με χάλυβα οπλισμού ή άλλα μεταλλικά ένθετα ισχύει η κατηγορία C1 0.2. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε χλωριούχα ιόντα στο βάρος του τσιμέντου είναι 0,2%. Για κατασκευές με προεντεταμένο οπλισμό ισχύει η κατηγορία C1 0.1. Η μέγιστη περιεκτικότητα ιόντων χλωρίου στο βάρος του τσιμέντου είναι 0,1% (Farhangdoust & Mehrabi, 2019).

Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτές ενώσεις θείου στο μείγμα σκυροδέματος (εκφραζόμενη σε SO₃) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4% κατά βάρος τσιμέντου, κατανοητή ως το άθροισμα των περιεχομένων σε SO₃ όλων των συστατικών του μείγματος (Xu & Chang, 2016).

Μέγιστες τιμές αναλογίας νερού / τσιμέντου για διάφορα επίπεδα επιθετικότητας του περιβάλλοντος καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002 και συμπληρώνονται με πιο λεπτομερείς απαιτήσεις για τους επιμέρους τύπους δομικών σκυροδέματος, λαμβάνοντας υπόψη την περιβαλλοντική επιθετικότητα, στο μέρος 15, παράρτημα 1 του TS. 3.1.10.

Το εύρος θερμοκρασίας του υγρού σκυροδέματος καθορίζεται στο ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002. Η παραγωγή αεριούχου σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι η θερμοκρασία επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των παραγόντων εισόδου αέρα. Αυτές οι αυξημένες ποσότητες του μίγματος απαιτούνται για τη διατήρηση του όγκου του παρασυρόμενου αέρα που μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ακόλουθες συνθήκες συνιστώνται για καλή αντλησιμότητα:

- Συνεχής διαβάθμιση αδρανών στο συνιστάμενό εύρος κλασμάτων
- Ο μεγαλύτερος κόκκος του αδρανούς δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα τρίτο της διαμέτρου του σωλήνα αντλίας και οι κόκκοι πρέπει να έχουν κατάλληλο σχήμα (στρογγυλοί κόκκοι, μη επιμήκεις)
- Η συνδυασμένη ποσότητα τσιμέντου και πληρωτικού (δηλ. λεπτό συσσωμάτωμα έως 0,25 mm) θα πρέπει να είναι 370 έως 460 kg / m³, καθώς κάτω από αυτό το εύρος μπορεί να εμφανιστεί αυξημένη απόφραξη ενώ υψηλότερες ποσότητες έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της κινητικότητας του μίγματος και την αύξηση πίεση της αντλίας
- Θα πρέπει να προστεθούν υπερπλαστικοποιητές (εάν υπάρχουν) στο μείγμα σκυροδέματος αμέσως πριν από την άντληση για να αξιοποιηθεί πλήρως η επίδρασή τους, η οποία είναι μικρής διάρκειας και πρέπει να καθοριστεί από τον παραγωγό. Για το σκοπό αυτό, το αναμικτήριο πρέπει να διαθέτει κατάλληλο εξοπλισμό μέτρησης και πρέπει να διασφαλιστεί η πλήρης ανάδευση (για τουλάχιστον 10 λεπτά). Η διαδικασία επαληθεύεται σε πιλοτική δοκιμή επιτόπου και μπορεί να εφαρμοστεί μόνο με την έγκριση του Μηχανικού.

Οι απαιτήσεις αντοχής του σκυροδέματος, που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της κατασκευής καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1. Ειδικές απαιτήσεις σκυροδέματος καθορίζονται στα έγγραφα σχεδιασμού. Οι απαιτήσεις αντίστασης δομικών επιφανειών έναντι παγετού και χημικών παραγόντων απόψυξης καθορίζονται στο Μέρος 15 του TS ή στα έγγραφα σχεδιασμού. Εκφράζονται σε αριθμούς κύκλων στη δοκιμή κόπωσης ΕΛΟΤ 73 1326 και από τιμές αστοχίας (Balaguera et al., 2018).

Οι απαιτήσεις των ιδιοτήτων νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος καθορίζονται στο ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002 (Κεφάλαια 5.4 και 5.5). Η σχέση μεταξύ του βαθμού και της αντοχής των σκυροδέματος σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002 (Πίνακας 7 - στήλη Α).

Class C fly ash in concrete			Class F fly ash in concrete		
Concrete type	Compressive strength (MPa) 28 d	Compressive strength (MPa) 90 d	Concrete type	Compressive strength (MPa) 28 d	Compressive strength (MPa) 90 d
C20	40.20	46.20	C20	40.20	46.20
C24C26	40.50	47.00	C24F26	38.75	44.45
C24C39	41.32	49.53	C24F39	40.25	47.87
C24C52	42.54	50.16	C24F52	39.25	46.93
C216C44	38.71	45.27	C216F44	36.49	44.55
C216C66	39.86	46.40	C216F66	38.14	46.21
C216C88	41.27	48.75	C216F88	40.06	48.39
C320	47.80	54.87	C320	47.81	54.87
C288C32	48.62	55.99	C288F32	46.81	55.02
C288C48	50.85	57.56	C288F48	47.93	57.31
C288C64	50.55	56.95	C288F64	46.69	54.76
C266C54	48.26	55.57	C266F54	45.90	52.33
C266C81	50.54	57.43	C266F81	46.23	53.95
C266C108	51.22	59.84	C266F108	47.52	55.76
C400	60.53	72.33	C400	60.53	72.33
C360C40	57.90	68.96	C360F40	57.76	71.65
C360C60	60.88	72.88	C360F60	61.10	75.06
C360C80	63.26	73.84	C360F80	63.31	73.42
C332C68	58.87	68.65	C332F68	55.27	69.79
C332C102	60.19	72.06	C332F102	58.44	71.72
C332C136	62.91	73.15	C332F136	61.12	74.94

Εικόνα 2: Αντοχή διαφόρων κλάσεων σκυροδέματος

Ο σχεδιαστής έργου είναι ο προσδιοριστής που είναι υπεύθυνος για συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ο εργολάβος κτιρίων αναλύει τις προδιαγραφές του σκυροδέματος. Ο μηχανικός εγκρίνει τις προδιαγραφές του σκυροδέματος. Τόσο το σκυρόδεμα που εξαρτάται από τον τύπο όσο και το σκυρόδεμα συγκεκριμένης σύνθεσης βασίζονται στα αποτελέσματα των δοκιμών που πληρούν τις προϋποθέσεις. Το σκυρόδεμα που εξαρτάται από τον τύπο πρέπει να προσδιορίζεται από τις βασικές απαιτήσεις (κατηγορία αντοχής, κατηγορία έκθεσης, υψηλότερο ονομαστικό ανώτατο όριο συνολικού κλάσματος, κατηγορία ποιοτικού ελέγχου σκυροδέματος σε οδικές κατασκευές 21 περιεκτικότητα σε χλωριούχα κ.λπ.) και εάν απαιτείται από τις συμπληρωματικές απαιτήσεις (τύπος τσιμέντου, θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος, αντοχή, κλπ).

Το καθορισμένο σκυρόδεμα σύνθεσης καθορίζεται από τις βασικές απαιτήσεις δηλαδή περιεχόμενο, τύπος και κατηγορία τσιμέντου, λόγος νερού-τσιμέντου ή συνέπεια, τύπος και ποσότητα προσμείξεων κ.λπ. και από τις συμπληρωματικές απαιτήσεις εάν

χρειάζεται (Helal, Sofi & Mendis, 2015). Οι αλλαγές στις συγκεκριμένες προδιαγραφές απαιτούν την έγκριση του Μηχανικού ο οποίος μπορεί να παραγγείλει πρόσθετες δοκιμές καταλληλότητας για το σκοπό αυτό. Αυτή η διάταξη δεν ισχύει για τροποποιήσεις της ποσότητας μεμονωμένων εξαρτημάτων σκυροδέματος για σκοπούς ρύθμισης της παραγωγής (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

2.1.2. ΕΠΙΔΙΩΚΟΜΕΝΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Κατεργασιμότητα

Αυτή είναι η ευκολία στην οποία το σκυρόδεμα τοποθετείται, ενοποιείται και πήζει. Τα συγκεκριμένα μίγματα πρέπει να είναι ρευστά για να μπορούν να παίρνουν το κατάλληλο σχήμα αλλά να μην διαχωρίζονται ή να διαρρέουν υπερβολικά. Ο εγκλωβισμένος αέρας βελτιώνει την κατεργασιμότητα και μειώνει τις πιθανότητες διαχωρισμού.

Η σωστή ενοποίηση του σκυροδέματος καθιστά δυνατή τη χρήση σκληρότερων μιγμάτων. Τα πιο σκληρά μίγματα τείνουν να είναι πιο οικονομικά και επιτυγχάνονται μειώνοντας την αναλογία νερού προς τσιμέντο ή χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες αναλογίες χονδροειδών αδρανών και μικρότερη αναλογία λεπτών αδρανών, με αποτέλεσμα βελτιωμένη ποιότητα και οικονομία.

Ανθεκτικότητα σε κατάψυξη, απόψυξη και χημικές ουσίες

Μια επιθυμητή απαίτηση σχεδιασμού σε κατασκευές από σκυρόδεμα και δρόμους είναι η επίτευξη μεγάλης διάρκειας ζωής με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος συντήρησης. Ως εκ τούτου το σκυρόδεμα πρέπει να είναι ικανό να αντέχει στις σκληρές φυσικές συνθήκες στις οποίες εκτίθεται. Ο πιο καταστροφικός καιρικός παράγοντας στον οποίο εκτίθεται το σκυρόδεμα είναι η κατάψυξη και η απόψυξη ενώ το σκυρόδεμα είναι υγρό, ειδικά παρουσία χημικών αποχέτευσης.

Η κατάψυξη του νερού στην πάστα (μίγμα τσιμέντου-νερού), τα αδρανή ή και τα δύο, προκαλεί κυρίως φθορά. Καθώς το νερό σε υγρό σκυρόδεμα παγώνει, παράγει οσμωτικές και υδραυλικές πιέσεις στα τριχοειδή αγγεία και τους πόρους του τσιμέντου και αδρανή. Οι υδραυλικές πιέσεις προκαλούνται από την διαστολή του νερού κατά 9% κατά την κατάψυξη, στην οποία οι αυξανόμενοι κρύσταλλοι πάγου αντικαθιστούν το παγωμένο νερό. Εάν ένα τριχοειδές είναι πάνω από τον κρίσιμο κορεσμό (91,7% γεμάτο με νερό), προκύπτουν υδραυλικές πιέσεις καθώς προχωρά η κατάψυξη. Σε χαμηλότερα περιεχόμενα νερού, δεν πρέπει να υπάρχει υδραυλική πίεση.

Εάν η πίεση υπερβεί την αντοχή εφελκυσμού της πάστας ή του αδρανούς, η κοιλότητα θα διασταλεί και θα σπάσει. Η συσσωρευτική επίδραση των διαδοχικών κύκλων ψύξης-απόψυξης και η διακοπή της πάστας και του αδρανούς προκαλούν τελικά σημαντική διαστολή και φθορά του σκυροδέματος. Η επιδείνωση είναι ορατή με τη μορφή ρωγμών, κλιμάκωσης και θρυμματισμού. Ο αεραγωγός είναι χρήσιμος από αυτή την άποψη και καθιστά το σκυρόδεμα εξαιρετικά ανθεκτικό στην φθορά λόγω αυτού του παράγοντα. Το σκυρόδεμα είναι ανθεκτικό στην κατάψυξη και την απόψυξη. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη της δομής των πόρων στο εσωτερικό του τσιμέντου είναι θεμελιώδης για την κατανόηση της αντίστασης κατάψυξης-απόψυξης του σκυροδέματος.

Μια προσέγγιση για την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος στην κατάψυξη-απόψυξη είναι η τροποποίηση της μικροδομής του, επειδή το σκυρόδεμα απορροφά εύκολα νερό, όταν βρίσκεται σε υγρό περιβάλλον και στη συνέχεια ψύχεται κάτω από 0 ° C, οποιοδήποτε νερό που παγώνει μέσα στο σκυρόδεμα θα διασταλεί και, ανάλογα με τη φύση της εσωτερικής δομής των πόρων, θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσωτερικές μικρορωγμές. Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί υπεύθυνοι για αυτήν τη ζημιά, επομένως η πρόληψη είναι περίπλοκη. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του αντίκτυπου που προκαλείται από το νερό κατάψυξης, συμπεριλαμβανομένων:

- Ενσωμάτωση του παρασυρόμενου αέρα στο σκυρόδεμα για την ανακούφιση των πιέσεων που προκαλούνται από το νερό κατάψυξης.
- Χρήση χαμηλών αναλογιών νερού προς τσιμέντο για ελαχιστοποίηση του τύπου των κενών στα οποία το νερό συνήθως παγώνει.
- Χρησιμοποιώντας αναθυμιάσεις πυριτίου για να βελτιωθεί το σύστημα πόρων έτσι ώστε το νερό να μην μπορεί να παγώσει σε κανονικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- Η ανθεκτικότητα κατάψυξης-απόψυξης καθορίζεται από μια διαδικασία εργαστηριακής δοκιμής ASTM C666, «Πρότυπη μέθοδος δοκιμής για αντίσταση σκυροδέματος σε ταχεία κατάψυξη και απόψυξη».

Διαπερατότητα και στεγανότητα στο νερό

Η διαπερατότητα είναι η ικανότητα του σκυροδέματος να αντιστέκεται στη διείσδυση του νερού ή σε άλλες ουσίες. Τα οδοστρώματα καθώς και άλλες κατασκευές ανάλογα με τη χρήση τους απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου διείσδυση νερού.

Η στεγανότητα είναι η ικανότητα του σκυροδέματος να συγκρατεί νερό χωρίς ορατή διαρροή. Αυτή η ιδιότητα είναι επιθυμητή σε κατακράτηση νερού ή περιορισμένες κατασκευές.

Η διαπερατότητα και η υδατοστεγανότητα είναι συνάρτηση της διαπερατότητας της πάστας και των αδρανών, της διαβάθμισης των αδρανών και της σχετικής αναλογίας της πάστας προς συσσωμάτωση. Αυτά σχετίζονται με την αναλογία νερού-τσιμέντου και τον βαθμό ενυδάτωσης του τσιμέντου ή το μήκος της υγρής σκλήρυνσης.

Αντοχή

Η αντοχή ορίζεται ως η μέγιστη αντίσταση ενός δείγματος σκυροδέματος στο αξονικό φορτίο. Το πιο κοινό μέτρο της αντοχής του σκυροδέματος είναι η αντοχή σε θλίψη. Είναι κυρίως μια φυσική ιδιότητα, η οποία χρησιμοποιείται σε υπολογισμούς σχεδιασμού δομικών μελών. Το σκυρόδεμα γενικής χρήσης έχει αντοχή θλίψης 3.000 psi - 5.000 psi (21.0 - 35.0 MPa) σε ηλικία είκοσι οκτώ (28) ημερών, ενώ το σκυρόδεμα υψηλής αντοχής έχει αντοχή θλίψης τουλάχιστον 6.000 psi (42.0 MPa).

Στο σχεδιασμό οδοστρώματος, χρησιμοποιείται η αντοχή σε κάμψη του σκυροδέματος. Η αντοχή σε θλίψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ωστόσο, ως δείκτης αντοχής σε κάμψη, μόλις αποδειχθεί η εμπειρική σχέση μεταξύ τους. Η αντοχή σε κάμψη προσεγγίζεται ως 7,5 έως

10 φορές η τετραγωνική ρίζα της αντοχής σε θλίψη ενώ η αντοχή σε εφελκυσμό είναι περίπου 5 έως 7,5 φορές η τετραγωνική ρίζα της αντοχής σε θλίψη.

Οι κύριοι παράγοντες, που καθορίζουν την αντοχή ενός μίγματος, είναι:

Ο λόγος ελεύθερου νερού-τσιμέντου, ο χονδροειδής τύπος αδρανών (τα σκληρότερα χονδροειδή αδρανή έχουν ως αποτέλεσμα ισχυρότερο σκυρόδεμα) και οι ιδιότητες του τσιμέντου.

Αντοχή στη φθορά

Οι δρόμοι υποβάλλονται σε τριβή. Έτσι, σε αυτόν τον τύπο εφαρμογής το σκυρόδεμα πρέπει να έχει υψηλή αντοχή στην τριβή. Η αντοχή στην τριβή σχετίζεται στενά με την αντοχή στο σκυρόδεμα.

Οικονομία

Δεδομένου ότι η ποιότητα του σκυροδέματος εξαρτάται κυρίως από την αναλογία νερού προς τσιμέντο, για να μειωθεί το κόστος του σκυροδέματος λόγω του όγκου του τσιμέντου στο μείγμα, η απαίτηση νερού πρέπει να ελαχιστοποιηθεί για να μειωθεί η ανάγκη τσιμέντου. Η υιοθέτηση οποιασδήποτε από τις ακόλουθες μεθόδους ή ο συνδυασμός οποιωνδήποτε δύο ή και των τριών ως εξής μπορεί να ελαχιστοποιήσει το κόστος του σκυροδέματος.

- Χρησιμοποιήστε το πιο σκληρό δυνατό μείγμα.
- Χρησιμοποιήστε το μεγαλύτερο συνολικό μέγεθος πρακτικό για την εργασία.
- Χρησιμοποιήστε τη βέλτιστη αναλογία λεπτόκοκκου προς χονδρόκοκκου

2.1.3. ΕΓΧΥΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το σκυρόδεμα χύνεται παρουσία ενός ικανού επαγγελματία, όπως ορίζεται στο ELOTEN 206-1. Το ίδιο πρότυπο καθορίζει τις συνθήκες έκχυσης. Η διαδικασία σκυροδέτησης των κατασκευών και η αρμολόγηση του αρμού κατασκευής καθορίζονται στο ΕΛΟΤ 73 2400: 1986, Κεφάλαιο 10 ή ΕΛΟΤ PENV 13670-1. Πριν από την έναρξη των εργασιών σκυροδέματος, οι απαιτήσεις που ορίζονται στο TS, στα ισχύοντα πρότυπα και στα έγγραφα σχεδιασμού ελέγχονται σε σχέση με τη δομή και τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες της (Gjørn, 2011).

Συγκεκριμένα, ο Ανάδοχος και ο Μηχανικός θα ελέγχουν τα ακόλουθα:

- 1) Εκπλήρωση όλων των απαιτήσεων σχετικά με την ποιότητα του σκυροδέματος, την απόδοση της εργασίας και την τήρηση των διαστάσεων ανοχών από τα μέρη της κατασκευής που κατασκευάστηκαν πριν από την έναρξη των παρόντων έργων
- 2) Δέουσα παρουσίαση και έγκριση των αποτελεσμάτων των δοκιμών που πληρούν τις προϋποθέσεις και της σύνθεσης του καθορισμένου μίγματος, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών για το κατά πόσον το μείγμα θα παρέχεται από τη μονάδα ανάμιξης που καθορίζεται στην έκθεση δοκιμής που πληροί τις προϋποθέσεις

- 3) Έγκριση τεχνολογικών οδηγιών ή τεχνικών όρων (σε περίπτωση ειδικών σκυροδέματος) , ή της τεχνολογικής διαδικασίας που θα εφαρμοστεί στα έργα, συμπεριλαμβανομένης της ταυτοποίησης του αποθεματικού εργοστασίου ανάμιξης που έχει επιλεγεί για την προμήθεια μείγματος της ίδιας σύνθεσης σε περίπτωση διακοπής των παραδόσεων μείγματος για κατασκευές που απαιτούν συνεχή έκχυση
- 4) Υποβολή εγγράφων ως απόδειξη της ποιότητας ενισχυτικός χάλυβας, έγγραφα και / ή δοκιμές σχετικά με το μάτισμα του οπλισμού χάλυβας
- 5) Παροχή συνθηκών που επιτρέπουν την ορθή επεξεργασία της δομής και εκτέλεση δοκιμών ελέγχου ή / και μετρήσεων
- 6) Εκπλήρωση απαιτήσεων που ορίζονται στο ΕΛΟΤ ΕΝ 13670-1, ειδικές απαιτήσεις εγγράφων σχεδιασμού ή / και γενικές προδιαγραφές του Μέρους 0 TS, κυρίως τα ακόλουθα:
 - Διαστάσεις ξυλότυπου και τοποθέτηση ενισχυτικού χάλυβα
 - Αφαίρεση σκόνης, πριονιδιού, χιονιού, πάγου και υπολειμματικών καλωδίων σύνδεσης από τον ξυλότυπο και τη βάση
 - Επεξεργασία του σκυροδέματος σε αρμούς κατασκευής
 - Υγροποίηση του ξυλότυπου ή της βάσης
 - Παράμετροι αντοχής του ξυλότυπου
 - Ανοίγματα ελέγχου
 - Δυνατότητα στεγανοποίησης του ξυλότυπου για την αποφυγή διαρροής τσιμεντοπολτού
 - Έλεγχος ποιότητας σκυροδέματος σε οδικές κατασκευές (24 ώρες) Επιφανειακή επεξεργασία του ξυλότυπου
 - Αφαίρεση επιφανειακών ακαθαρσιών από τον ενισχυτικό χάλυβα που αποτρέπει τη συγκόλληση του σκυροδέματος (π.χ. λάδι, συγκέντρωση πάγου, βαφή, χαλαρά, σκουριά)
 - Τεμάχια απόστασης (θέση, σταθερότητα, καθαρότητα)
 - Μέτρα για την αποτελεσματική μεταφορά, συμπίεση και επεξεργασία του σκυροδέματος στην απαιτούμενη συνέπεια
 - Επαγγελματικά προσόντα των εργαζομένων

7) Ο έλεγχος και η επαλήθευση των ακόλουθων παραμέτρων πρέπει να πραγματοποιούνται όσον αφορά τη μεταφορά του μίγματος σκυροδέματος, την έκχυση, τη συμπίκνωση και τη σκλήρυνσή του:

- Ομοιογένεια του σκυροδέματος κατά τη μεταφορά και τη στιγμή της έκχυσης
- Ομοιόμορφη εξάπλωση σκυροδέματος στο ξυλότυπο
- Ομοιόμορφη συμπίεση με αποφυγή διαχωρισμού
- Μέγιστο ύψος που επιτρέπει τη ρίψη του σκυροδέματος
- Πάχος του στρώματος σκυροδέματος
- Ταχύτητα ροής και πλήρωση ξυλότυπου σε σχέση με τις πιέσεις που δημιουργούνται από το σκυρόδεμα
- Χρόνος εργασιμότητας του σκυροδέματος, λαμβανομένου υπόψη του χρόνου ανάμιξης ή του χρόνου παράδοσης του χώρου
- Ειδικά μέτρα που πρέπει να εφαρμόζονται το χειμώνα ή το σκυρόδεμα με ζεστό καιρό
- Ειδικά μέτρα που εφαρμόζονται σε ακραίες κλιματολογικές συνθήκες, π.χ. καταρρακτώδη βροχή
- Προδιαγραφή αρμών κατασκευής (τοποθεσίες)
- Επεξεργασία αρμών κατασκευής πριν από την τοποθέτηση του σκυροδέματος
- Επεξεργασία επιφανείας όπως καθορίζεται από τα έγγραφα σχεδιασμού, από τον TS ή από τον Μηχανικό
- Μέθοδος και χρόνος σκυροδέματος της σκλήρυνσης υπό εξέταση του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης αντοχής
- Πρόληψη ζημιών στο πρόσφατα τοποθετημένο σκυρόδεμα από κραδασμούς ή κρούσεις.

2.1.4. ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η σκλήρυνση του σκυροδέματος καθορίζεται στο ΕΛΟΤΕΝ 206-1. Οι ελάχιστοι χρόνοι σκλήρυνσης σε ημέρες για τάξη έκθεσης για μεμονωμένους ρυθμούς ανάπτυξης αντοχής σκυροδέματος παρουσιάζονται στο ΕΛΟΤΡΕΝV 13670-1. Η σκλήρυνση με τη χρήση επικαλύψεων που δημιουργούν προστατευτικά στρώματα που προστατεύουν τους ατμούς πρέπει να συμμορφώνονται με το ΕΛΟΤ 73 6180. Οποιαδήποτε εισαγόμενα υλικά προς χρήση πρέπει να επαληθεύονται και να περιλαμβάνονται στον κατάλογο των εγκεκριμένων υλικών (Farhangdoust & Mehrabi, 2019).

2.1.5. ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα προκατασκευασμένα στοιχεία παράγονται βάσει σχεδιασμού, που περιλαμβάνει κυρίως σχέδια σχήματος και ενίσχυσης, στατικούς υπολογισμούς και περαιτέρω λεπτομέρειες. Η τεκμηρίωση αυτή καταρτίζεται όταν τα προκατασκευασμένα στοιχεία πρόκειται να παραχθούν βάσει άλλης από την τεχνολογική τεκμηρίωση του παραγωγού. Η τεκμηρίωση εργασίας (λεπτομερής σχεδιασμός) πρέπει να προετοιμάζεται λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένες ανοχές (κλάση ακρίβειας) των διαστάσεων παραγωγής και ανέγερσης, των επιτρεπόμενων αποκλίσεων στην τοποθέτηση ενισχυτικού χάλυβα, των απαιτήσεων που σχετίζονται με επιθετικά περιβάλλοντα, τη γενική εμφάνιση και τις απαιτήσεις της επιφανειακής κατασκευής ή επιφανειακή επεξεργασία του εξαρτήματος (Darwin, Dolan & Nilson, 2016).

Τα στοιχεία που έχουν σχεδιαστεί για χρήση στην κατασκευή δρόμων παρέχονται από μονάδες παραγωγής που έχουν εισαγάγει σύστημα διαχείρισης ποιότητας ή από μονάδες παραγωγής που εκδίδουν πιστοποιητικά προϊόντος. Το ίδιο ισχύει και για προ εντεταμένα καθώς και για μετα-αγχωμένα στοιχεία. Σε περιπτώσεις όπου η εκπλήρωση αυτής της απαίτησης είναι προσωρινά ανέφικτη, οι λεπτομερείς όροι και οι αρχές του ποιοτικού ελέγχου και του συστήματος αποδοχής των στοιχείων θα καθορίζονται στο STS και θα περιλαμβάνονται στη Σύμβαση.

Οι απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 73 3000 ισχύουν για την παραγωγή, τον έλεγχο και την παράδοση δομικών στοιχείων κατασκευασμένων από συμπαγμένο απλό, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα, μαζί με το σχετικό πρότυπο ΕΛΟΤΕΝ 206-1 που καθορίζουν τις ιδιότητες του σκυροδέματος. Οι ειδικές απαιτήσεις των προεντεταμένων και μετά από τάση στοιχείων σκυροδέματος καθορίζονται από το Μέρος 15 του TS ή από τα έγγραφα σχεδιασμού (Darwin, Dolan & Nilson, 2016).

2.2. ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

2.2.1. ΈΛΕΓΧΟΣ

Πριν από την έναρξη των εργασιών, ο Ανάδοχος θα επεξεργαστεί το πρόγραμμα ελέγχου και δοκιμών σύμφωνα με το ISO-9000 – 9004, συμπεριλαμβανομένου του πίνακα και της συχνότητας των αντίστοιχων χειριστηρίων και δοκιμών εξαρτημάτων σκυροδέματος, φρέσκου και σκληρυμένου σκυροδέματος και μεμονωμένων δομικών στοιχείων. Το CTS καθορίζει τις απαιτήσεις και τα κριτήρια του ισχύοντος TS που πρέπει να πληρούνται, καθώς και το σύστημα ελέγχου ποιότητας και το προσωπικό που είναι υπεύθυνα για την εκτέλεση των αντίστοιχων ελέγχων και δοκιμών.

Κατά την επεξεργασία του χρονοδιαγράμματος ελέγχου και δοκιμών για κατασκευές σκυροδέματος και σκυροδέματος, οι απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 206-1 θεωρείται στο πεδίο που καθορίζεται από τον Μηχανικό σε σχέση με την έκταση, τις απαιτήσεις, σημασία και συνθήκες συντήρησης της κατασκευής (Müller, 2012).

Οι ακόλουθες δοκιμές νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τους ΕΛΟΤ EN 206-1:

- Δοκιμές ελέγχου

- Δοκιμές αποδοχής
- Διαιτητικά τεστ

2.2.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Οι προδιαγραφές δοκιμών προβλέπονται για να αποδείξουν, από τον Ανάδοχο, ιδιότητες νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος και την εκπλήρωση των απαιτήσεων που καθορίζονται στα TS και STS. Η αντοχή του κύβου του προτεινόμενου σκυροδέματος πρέπει να συμμορφώνεται με το ΕΛΟΤ EN 206-1, για ισοδύναμο βαθμό σκυροδέματος που κυμαίνεται από B 15 έως B 60 (ΕΛΟΤ 73 2400: 1986) ή C8 / 10 έως C100 / 115 (ΕΛΟΤ EN 206-1: 2002).

Οι παράμετροι άλλων καθορισμένων ιδιοτήτων του μίγματος σκυροδέματος και του σκυροδέματος πρέπει να προσδιορίζονται στις συνθήκες των δοκιμών που πληρούν τις προϋποθέσεις. Σε αεριζόμενα σκυροδέματα, οι ακόλουθες ιδιότητες υπόκεινται σε δοκιμές καταλληλότητας (Balaguera et al., 2018):

- Αντοχή στην επιφάνεια του δείγματος έναντι χημικών παγετού και απόψυξης. Χρησιμοποιούνται δείγματα δοκιμής που αντιπροσωπεύουν κοψίματα από κύλινδρο διαμέτρου 150 mm, πάχους περίπου 50 mm και μήκους 300 mm. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν δοκιμαστικοί κύβοι μήκους άκρης 150 mm. Η αντίσταση προσδιορίζεται σε σκυρόδεμα που περιέχουν ελάχιστους όγκους αέρα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 206-1
- Η παράμετρος αντίστασης του δείγματος σκυροδέματος πρέπει να υπερβαίνει την τιμή που απαιτείται από τα έγγραφα σχεδιασμού ή από το Μέρος 15 του TS κατά τουλάχιστον 50% (π.χ. όταν απαιτούνται 75 κύκλοι από έγγραφα σχεδιασμού, το δείγμα θα αντιστέκεται σε $75 \times 1,5 = 113$ κύκλους).
- Η αντοχή του κύβου (κύλινδρος) δοκιμάζεται σε δείγματα που περιέχουν μέγιστο όγκο αέρα στο νωπό σκυρόδεμα, με το περιεχόμενο να αυξάνεται κατά 3% κατ' όγκο έναντι των απαιτήσεων του ΕΛΟΤ EN 206-1,. Οι αναφορές των αποτελεσμάτων των δοκιμών καταλληλότητας πρέπει να δείχνουν τουλάχιστον τα ακόλουθα (αριθμητικά) δεδομένα:
- Αντοχή κύβου (κύλινδρος) του σκυροδέματος σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.3.3, Βάρος όγκου του σκυροδέματος και το καθορισμένο μείγμα, Συνοχή του καθορισμένου μίγματος, Ποιοτικός έλεγχος σκυροδέματος σε οδικές κατασκευές Αντοχή στην επιφάνεια του σκυροδέματος σύμφωνα με το υποκεφάλαιο 3.3.3, Δεδομένα για άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος σύμφωνα με ΕΛΟΤ EN 206-1, TS ή STS (π.χ. στεγανότητα, πρόσκρουση αντοχή, αντοχή εφελκυσμού, αντοχή εφελκυσμού επιφανειακής στρώσης, συντελεστής ελαστικότητας, απορρόφηση, σταθερότητα όγκου, αντοχή σε τριβή, αυξητική αντοχή, συντελεστής διαπερατότητας σε πορώδη σκυροδέματα, κ.λπ.). Δεδομένα που χαρακτηρίζουν τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία συγκεκριμένων δειγμάτων για δοκιμές καταλληλότητας, Συντελεστές διόρθωσης για μη καταστρεπτικές δοκιμές σκυροδέματος. Όλες οι παράμετροι πρέπει να πιστοποιούνται με πρωτόκολλα δοκιμών και να αξιολογούνται, δείχνοντας τα

ισχύοντα συμπεράσματα (δηλώσεις επίτευξης ιδιοτήτων που καθορίζονται από τα έγγραφα σχεδιασμού και την καταλληλότητα των στοιχείων)

- Η έκθεση δοκιμής που πληροί τις προϋποθέσεις περιλαμβάνει οδηγίες που ισχύουν για τη ρύθμιση της σύνθεσης μείγματος σκυροδέματος συνδυάζοντας διάφορα μείγματα, καθώς και τον τύπο και την ποσότητα των δοκιμών ελέγχου, εκτός εάν έχουν ήδη καθοριστεί από τα TS, STS ή από το ΕΛΟΤ EN 206-1 ή όταν διαφέρουν από τις τυπικές τιμές. Οι εκθέσεις των δοκιμαστικών δοκιμών υποβάλλονται για έγκριση στον Μηχανικό σύμφωνα με τις διατάξεις του Μέρους 0 του TS. Πριν από την έναρξη της σκυροδέτησης, η καθορισμένη σύνθεση μίγματος επαληθεύεται και ρυθμίζεται από δοκιμαστική εκτέλεση που εκτελείται σε πραγματικές συνθήκες στο χώρο. Αυτό ισχύει κυρίως για αεριομένα σκυροδέματα.

2.2.3. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Αυτή η ενότητα καλύπτει ιδίως τις μη καταστρεπτικές δοκιμές σκυροδέματος σε σχέση με κατασκευές και δομικά στοιχεία. Πραγματοποιούνται δοκιμές που χρησιμοποιούν δείγματα για βαθμονόμηση και λεπτομερείς προδιαγραφές των μεθόδων δοκιμής. Οι μη καταστροφικές δοκιμές σκυροδέματος σε κατασκευές και στοιχεία πραγματοποιούνται συνήθως στις ακόλουθες περιπτώσεις (Xu & Chang, 2016):

- Όταν δεν πραγματοποιήθηκαν δοκιμές ελέγχου όπως απαιτείται από το ΕΛΟΤ EN 206-1, από τα έγγραφα σχεδιασμού, από τους τεχνολογικούς κανονισμούς παραγωγής και συναρμολόγησης ή από αυτό το μέρος της TS
- Όταν οι δοκιμές αυτές πραγματοποιήθηκαν σε ανεπαρκές εύρος ή σε περίπτωση αμφιβολίας για την ποιότητα εκτέλεσης των δοκιμών ελέγχου από τον Ανάδοχο
- Όταν τα αποτελέσματα των δοκιμών ελέγχου έδειξαν ότι το σκυρόδεμα δεν πληρούσε τις ποιοτικές παραμέτρους που απαιτούνται από την ισχύουσα τεκμηρίωση
- Συμπληρωματικός εντοπισμός ανεπαρκειών στην τεχνολογία παραγωγής, μεταφορά
- Συμπύεση ή σκλήρυνση του σκυροδέματος, κυρίως υπό αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες
- Εμφάνιση δομικών ελαττωμάτων που επηρεάζουν στατική ακεραιότητα της διάρκειας ζωής της δομής
- Αναδημιουργία ή αλλαγή τεκμηρίωσης με αποτέλεσμα υψηλότερα αποτελεσματικά φορτία
- Επαλήθευση αποτελεσματικότητας ορισμένων τεχνολογικών μέτρων (π.χ. εθισμός των προσμίξεων), της ομοιογένειας του σκυροδέματος ή των αυξημένων τιμών συγκεκριμένων παραμέτρων (π.χ. αντοχή σε θλίψη) υπό πραγματικές συνθήκες τοποθεσίας
- Επαλήθευση της αντοχής του σκυροδέματος.

Οι μη καταστροφικές δοκιμές σκυροδέματος πρέπει να πραγματοποιούνται σύμφωνα με σχετικά πρότυπα. Μη καταστρεπτικές δοκιμές σκυροδέματος με τις μεθόδους Νο. 1, 2, 3, 4, 5 και 6 μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό. Σε περιπτώσεις δοκιμών διαιτησίας, οι μη καταστροφικές δοκιμές εκτελούνται από διαπιστευμένο ίδρυμα δοκιμών ή από ανεξάρτητο επαγγελματικό ίδρυμα σύμφωνα με το Μέρος 0 του TS.

Ο Μηχανικός μπορεί να καθορίσει στο STS περαιτέρω υποχρεωτικές παραμέτρους ποιότητας σκυροδέματος στη δομή ή το στοιχείο που υπερβαίνει τις απαιτήσεις των εφαρμοστέων προτύπων και κανονισμών, συμπεριλαμβανομένων ονομαστικών τιμών π.χ. της ομοιογένειας ή του όγκου βάρους του σκυροδέματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα έγγραφα σχεδιασμού καθορίζουν εκ των προτέρων τις συνθήκες και τη μεθοδολογία ελέγχου και δοκιμών, με προτίμηση σε ορισμένες μη καταστρεπτικές μεθόδους δοκιμών. Μη καταστρεπτικές μέθοδοι δοκιμής σκυροδέματος: Επανεξέταση των κύριων μεθόδων δοκιμής (Balaguera et al., 2018):

- Δοκιμή αναπήδησης – Σφυριά πρόσκρουσης Schmidt
- Δοκιμή τοπικής αστοχίας
- Δοκιμή υπερηχητικών παλμών
- Δοκιμές αντοχής στρώματος, στρώσης – βάσης

Η δοκιμή χρησιμοποιώντας μεθόδους ανάκαμψης με σφυριά πρόσκρουσης Schmidt πραγματοποιείται σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 73 1373 για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αντοχής και ομοιογένειας σκυροδέματος και κονιαμάτων. Στον εξοπλισμό δοκιμής εθισμού στη σκληρότητα που αναφέρεται στα αναφερόμενα πρότυπα, τα σφυριά τύπου εκκρεμούς τύπου Schmidt P και PT ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν για τους παραπάνω σκοπούς, χρησιμοποιώντας έναν γενικό συντελεστή βαθμονόμησης που φαίνεται στην τεκμηρίωση του εξοπλισμού δοκιμών.

Το ΕΛΟΤ 73 1373 συμπληρώνεται ως εξής παρακάτω για την προετοιμασία όλων των θέσεων δοκιμής σε όλους τους τύπους εξοπλισμού δοκιμής σκληρότητας. Είναι επίσης δυνατή η εύρεση αυτών των δοκιμών σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 12504 μέρη 1, 2, 3 και 4 (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

Οι τοπικές δοκιμές αστοχίας χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αντοχής σκυροδέματος (κατόπιν προηγούμενης συμφωνίας του Αναδόχου με τον Μηχανικό, σύμφωνα με την οποία η συμφωνημένη ποσότητα δειγμάτων σκυροδέματος θα προετοιμαστεί κατά τη διάρκεια εργασιών από το ίδιο καθορισμένο μείγμα που χρησιμοποιείται στη δομή για τον προσδιορισμό των παραγόντων βαθμονόμησης).

Οι δοκιμές παλμών υπερήχων πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα ΕΛΟΤ 73 1371 και ΕΛΟΤ 73 2011 για τον προσδιορισμό της αντοχής, της ομοιογένειας, της συμπίεσης, των δομικών αλλαγών, των ελαττωμάτων και των αστοχιών του σκυροδέματος στις κατασκευές.

Οι ραδιομετρικές και ακτινογραφικές δοκιμές εκτελούνται σύμφωνα με τα ΕΛΟΤ 73 1375 και ΕΛΟΤ 73 1376 για τον προσδιορισμό του όγκου βάρους και υγρασίας του σκυροδέματος, της περιοχής, του σχήματος και της ποσότητας του ενισχυμένου χάλυβα στις

κατασκευές που κατασκευάζονται από απλά, ενισχυμένα και προ εντεταμένα σκυροδέματα, και για τον προσδιορισμό ελαττώματα και σφάλματα (Mroueh et al., 2000).

3. ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Για να εφαρμόσει ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα QC (quality control), μια επιχείρηση πρέπει πρώτα να αποφασίσει ποια συγκεκριμένα πρότυπα πρέπει να πληροί το προϊόν ή η υπηρεσία. Στη συνέχεια, πρέπει να προσδιοριστεί η έκταση των ενεργειών QC (για παράδειγμα, το ποσοστό των μονάδων που θα δοκιμαστούν από κάθε παρτίδα). Έπειτα, πρέπει να συλλέγονται δεδομένα πραγματικού κόσμου (για παράδειγμα, το ποσοστό μονάδων που αποτυγχάνουν) και τα αποτελέσματα αναφέρονται στο διοικητικό προσωπικό. Μετά από αυτό, πρέπει να αποφασιστούν και να ληφθούν διορθωτικά μέτρα (για παράδειγμα, οι ελαττωματικές μονάδες πρέπει να επισκευαστούν ή να απορριφθούν και η κακή εξυπηρέτηση να επαναληφθεί χωρίς χρέωση έως ότου ικανοποιηθεί ο πελάτης).

Εάν εμφανιστούν πάρα πολλές αστοχίες μονάδας ή περιπτώσεις κακής εξυπηρέτησης, πρέπει να επινοηθεί ένα σχέδιο για τη βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής ή εξυπηρέτησης και, στη συνέχεια, αυτό το σχέδιο πρέπει να τεθεί σε εφαρμογή. Τέλος, η διαδικασία QC πρέπει να είναι σε εξέλιξη για να διασφαλιστεί ότι οι προσπάθειες αποκατάστασης, εάν απαιτείται, έχουν αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα και για τον άμεσο εντοπισμό υποτροπών ή νέων περιστατικών προβλημάτων (Müller, 2012).

Ουσιαστικά, ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει την εξέταση ενός προϊόντος, υπηρεσίας ή διαδικασίας για ορισμένα ελάχιστα επίπεδα ποιότητας. Ο στόχος μιας ομάδας ελέγχου ποιότητας είναι να προσδιορίσει προϊόντα ή υπηρεσίες που δεν πληρούν τα καθορισμένα πρότυπα ποιότητας μιας εταιρείας. Εάν εντοπιστεί κάποιο πρόβλημα, η δουλειά μιας ομάδας ποιοτικού ελέγχου ή ενός επαγγελματία μπορεί να περιλαμβάνει προσωρινή διακοπή της παραγωγής.

Ανάλογα με τη συγκεκριμένη υπηρεσία ή προϊόν, καθώς και τον τύπο του προβλήματος που εντοπίστηκε, η παραγωγή ή η εφαρμογή ενδέχεται να μην σταματήσει εντελώς. Συνήθως, δεν είναι δουλειά μιας ομάδας ποιοτικού ελέγχου ή επαγγελματία να διορθώνει ζητήματα ποιότητας. Συνήθως, άλλα άτομα εμπλέκονται στη διαδικασία ανακάλυψης της αιτίας των ζητημάτων ποιότητας και επίλυσης αυτών. Μόλις ξεπεραστούν τέτοια προβλήματα, το προϊόν, η υπηρεσία ή η διαδικασία συνεχίζει την παραγωγή ή την εφαρμογή ως συνήθως.

Ο ποιοτικός έλεγχος μπορεί να καλύπτει όχι μόνο προϊόντα, υπηρεσίες και διαδικασίες, αλλά και ανθρώπους. Οι εργαζόμενοι αποτελούν σημαντικό μέρος κάθε εταιρείας. Εάν μια εταιρεία έχει υπαλλήλους που δεν έχουν επαρκείς δεξιότητες ή εκπαίδευση, έχουν πρόβλημα να κατανοήσουν τις οδηγίες ή να έχουν λανθασμένη πληροφόρηση, η ποιότητα μπορεί να είναι σοβαρά μειωμένη. Όταν ο ποιοτικός έλεγχος λαμβάνεται υπόψη όσον αφορά τα ανθρώπινα όντα, αφορά διορθωτικά ζητήματα. Ωστόσο, δεν πρέπει να συγχέεται με θέματα ανθρώπινου δυναμικού. Συχνά, ο ποιοτικός έλεγχος συγχέεται με τη διασφάλιση ποιότητας. Αν και τα δύο είναι πολύ παρόμοια, υπάρχουν μερικές βασικές διαφορές. Ο ποιοτικός έλεγχος αφορά το προϊόν, ενώ η διασφάλιση ποιότητας είναι προσανατολισμένη στη διαδικασία (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

Ο ποιοτικός έλεγχος είναι ο κλάδος της μηχανικής και της κατασκευής που ασχολείται με τη διασφάλιση και τον έλεγχο αστοχίας στο σχεδιασμό και την παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών, για την κάλυψη ή την υπέρβαση των απαιτήσεων των πελατών.

3.2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΦΡΕΣΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η τελική ποιότητα μιας κατασκευής από σκυρόδεμα εξαρτάται τόσο από τον έλεγχο των ιδιοτήτων τους σε φρέσκο όσο και από τη σκλήρυνσή του. Λανθασμένα, πολλές φορές, η τεχνολογία ελέγχου περιορίζεται σε δοκιμές αντοχής σε θλίψη (σκληρυμένο σκυρόδεμα), καθώς αυτή η παράμετρος από μόνη της θα μπορούσε να διασφαλίσει την ποιότητα του σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα, θα διέπεται αποκλειστικά από το χαρακτηριστικό αντίστασης σε θραύση. Ωστόσο μπορεί να μην έχουν τέτοιες ιδιότητες που οδηγούν σε καλή απόδοση και ικανοποιητική αντοχή.

Επομένως, άλλες πτυχές πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν είναι σημαντικό να αποκτήσουμε εικόνα για τη ρεαλιστική ποιότητα, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των ιδιοτήτων του νωπού σκυροδέματος, καθώς και αυτές είναι θεμελιώδεις για την υλοποίηση δομών και ιδιοτήτων της δομής σκληρυμένου σκυροδέματος.

Ο έλεγχος του νωπού σκυροδέματος δεν μπορεί να βασίζεται αποκλειστικά στη **δοκιμή κάμψης (Slump Test)**, καθώς αυτή η μεθοδολογία μετρά μόνο μία παράμετρο του μείγματος που είναι η συνοχή του. Άλλα χαρακτηριστικά που είναι επίσης υπεύθυνα για την ποιότητα του σκυροδέματος πρέπει να ελέγχονται στο υλικό πριν από τη διαδικασία σκλήρυνσής του, μεταξύ των οποίων μπορεί να αναφερθεί η λειτουργικότητα, η συνοχή, ο διαχωρισμός, η εξώθηση του αέρα που ενσωματώνεται ως ο πιο σημαντικός. Η ποιότητα των τελικών κατασκευών συνδέεται στενά με την ποιότητα του νωπού, καθορίζοντας εάν υπάρχουν ή όχι αστοχίες σκυροδέματος, διαχωρισμού, εξίδρωσης και κενών στο σκυρόδεμα (Xu & Chang, 2016).

3.2.3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Η σωστή εργασία σε κάθε κατάσταση σκυροδέματος είναι απαραίτητη για την επίτευξη τελικής ποιότητας προϊόντος. Η εργασιμότητα είναι μια ιδιότητα του φρέσκου αναμεμιγμένου σκυροδέματος που καθορίζει την ευκολία και την ομοιογένεια με την οποία το υλικό μπορεί να αναμιχθεί, να χυθεί, πυκνό. Η απόκτηση σκυροδέματος με επαρκή εργασιμότητα (αναφερθήκαμε σε αυτή στην ενότητα 2.1.2.), σε αντίθεση με ό, τι πιστεύουν οι άνθρωποι, δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται.

Δεν ισχύει πάντα ότι μεγαλύτερη ποσότητα νερού στο μείγμα οδηγεί σε μεγαλύτερη κατεργασιμότητα αλλά συχνά μπορεί να οδηγήσει σε αποβολή, διαχωρισμό ή απλά σε αύξηση του επιδόματος. Ο χρόνος εργασίας εξαρτάται από τη σωστή επιλογή και αναλογία υλικών και συχνά από τη χρήση προσμείξεων και προσθέτων. Τα περιεχόμενα πολτού, τσιμέντου και αδρανών, ανάλογα με την επιθυμητή εργασιμότητα, πρέπει να συμβιβάζονται. Αυτό επιτυγχάνεται με τη γνώση των χαρακτηριστικών κάθε συστατικού και τη σωστή αναλογία του μείγματος. Υπάρχει μια αποδεκτή δοκιμή για τον άμεσο προσδιορισμό της εργασιμότητας του σκυροδέματος (Sawangsuriya, Ketkaew & Sramoon, 2012).

Ωστόσο, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες να συσχετιστεί η εργασιμότητα με κάποια φυσική ποσότητα που μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα. Μεταξύ των δοκιμών που υποδηλώνουν έμμεσα τη λειτουργικότητα του αντλούμενου από σκυρόδεμα συμβατικού μπορεί να αναφερθεί η δοκιμή Abatement Trunk Cone.

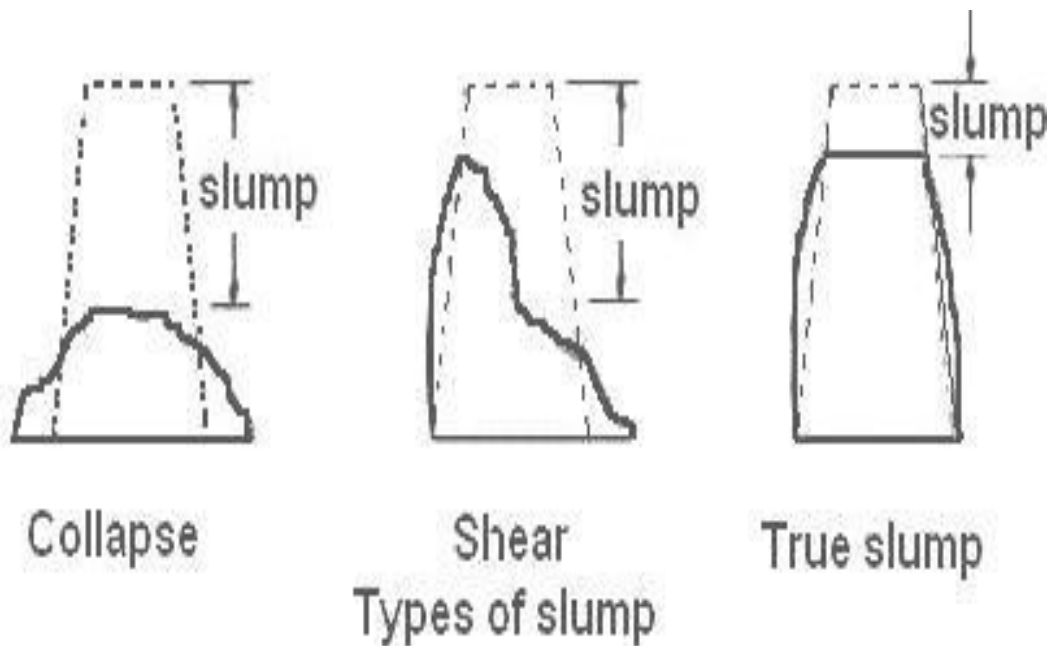
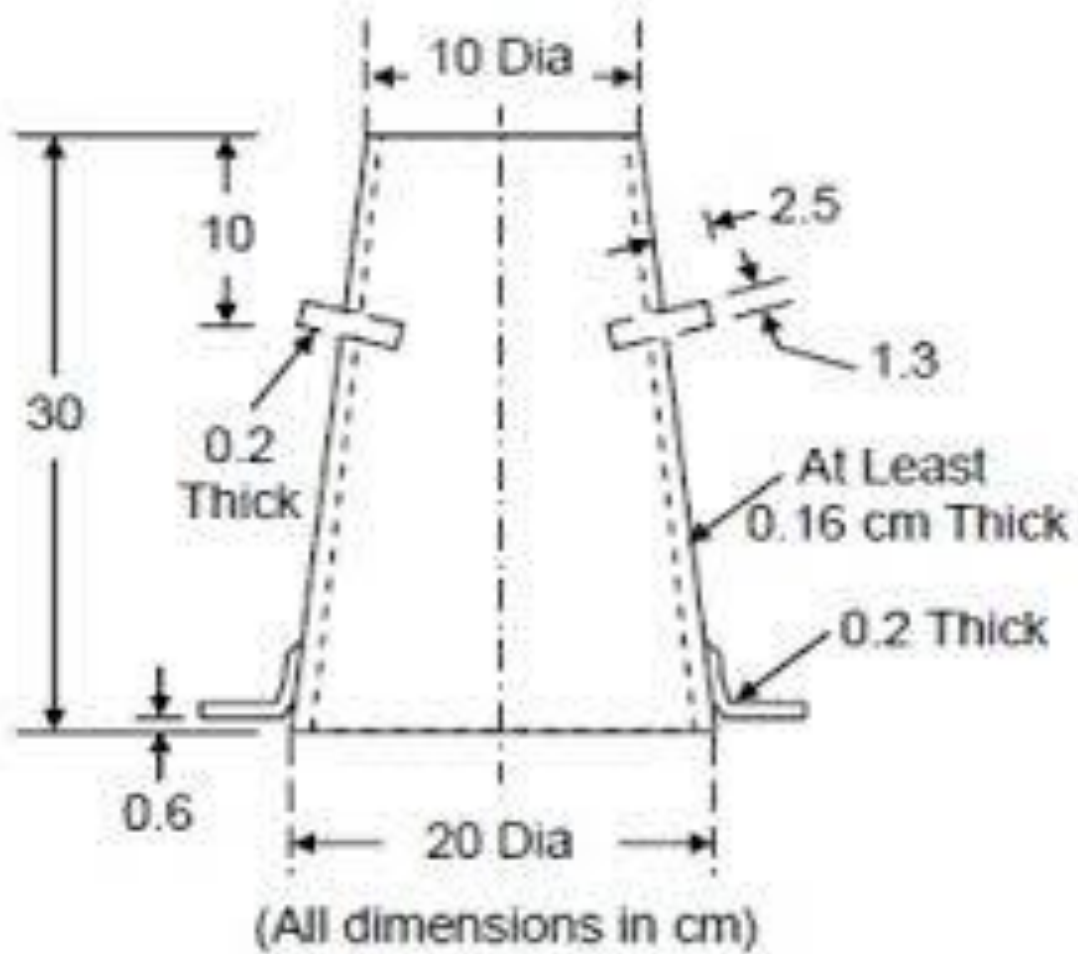
3.2.4. Slump test

Η δοκιμή Abatement Trunk Cone μετρά τη συνέπεια και τη ρευστότητα του υλικού, επιτρέποντάς τους να ελέγχουν την ομοιομορφία του σκυροδέματος. Η κύρια λειτουργία αυτού του δοκιμίου είναι να παρέχει μια απλή και πειστική μέθοδο για τον έλεγχο της ομοιομορφίας της παραγωγής σκυροδέματος σε διαφορετικά σκυροδέματα. Βασικά συνίσταται στην ολοκλήρωση ενός περικομμένου κώνου σε τρία στρώματα ίσου ύψους, όπου σε κάθε στρώση υπάρχουν 25 λωρίδες με μοτίβο ράβδου.

Η τιμή της έκπτωσης είναι ένα μέτρο της πυκνότητας του σκυροδέματος μετά την αφαίρεση του κωνικού καλουπιού. Ο όρος κατεργασιμότητα είναι επομένως πιο υποκειμενικός παρά φυσικός, και το πιο σημαντικό φυσικό συστατικό της κατεργασιμότητας είναι η συνέπεια, ένας όρος που εφαρμόζεται στο σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα εγγενείς ιδιότητες του μείγματος, που σχετίζονται με την κινητικότητα της μάζας και τη συνοχή μεταξύ των συστατικών στοιχείων, με σκοπό την ομοιομορφία και τη συμπαγή του σκυροδέματος, εκτός από την καλή απόδοση κατά την υλοποίηση της κατασκευής (Balaguera et al., 2018).

Τα μίγματα με σκληρή συνοχή έχουν μηδενική μείωση, οπότε δεν είναι δυνατόν να δούμε αυτές τις περιπτώσεις παραλλαγές εργασιμότητας. Ήδη πλούσια μίγματα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως σε σκυρόδεμα για κατασκευή, μπορούν να μετρηθούν ικανοποιητικά με αυτήν τη δοκιμή.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται στην κατασκευή, αν και το χαρτί παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς λόγω της ευκολίας εφαρμογής του, είναι πολύ χρήσιμο για ποιοτικό έλεγχο νωπού σκυροδέματος. Ωστόσο, πρέπει να βεβαιωθεί ότι το σκυρόδεμα δοσολογήθηκε σωστά και ότι ελέγχθηκε για εργασιμότητα κατά την προετοιμασία του (Waty et al., 2018).



Εικόνα 3: Τύποι Slump

3.2.5. ΔΟΚΙΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΦΡΕΣΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Για σκυρόδεμα που προετοιμάζεται από τον τεχνικό των εργασιών, οι δοκιμές πρέπει να διεξάγονται κάθε φορά που αλλοιώνεται η υγρασία των αδρανών, την πρώτη ημέρα μέρα ανάμειξης μετά από διακοπές στην παραγωγή 2 ωρών ή στον χειριστή ανταλλαγής. Για συγκεκριμένες πληροφορίες που παρέχονται από εταιρείες σκυροδέματος (παραγωγοί σκυροδέματος) πρέπει να διεξάγονται δοκιμές σε κάθε σκυρόδεμα που έρχεται στο έργο.

3.2.6. ΑΛΛΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Υπάρχουν πολλές άλλες δοκιμές (μερικές από αυτές αναφέρονται παρακάτω) που εκτιμούν έμμεσα τη λειτουργικότητα του σκυροδέματος. Στο Central Concrete and Dosis μελέτες προτείνουν ότι χρησιμοποιούνται και άλλες παράμετροι εκτός από το Slump, για την αξιολόγηση της λειτουργικότητάς του. Η δοκιμή παράγοντα πυκνότητας είναι μια από τις πιο κατάλληλες δοκιμές για τη μέτρηση της εργασιμότητας. Χρησιμοποιεί μια αντίστροφη προσέγγιση άλλων, δηλαδή, καθορίζει τον βαθμό πυκνότητας που λαμβάνεται κατά την εφαρμογή πολλών εργασιών (Barr, 1987).

Η δοκιμή επαναληπτικού ελέγχου, χρησιμοποιείται ένας πίνακας επιτυχιών για την αξιολόγηση της εργασιμότητας βάσει της εργασίας αλλαγής της μορφής ενός δείγματος σκυροδέματος. Είναι ένα καλό εργαστήριο δοκιμών, κυρίως για την αξιολόγηση των ξηρών μιγμάτων. Δοκιμή Spread Table μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα άτομο και απαιτεί λίγα υλικά, επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιηθούν σε εργοτάξια και όχι μόνο σε εργαστήρια (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

Αποτελείται από μια βάση, η οποία πρέπει να είναι ένα τετράγωνο 1000 x 1000 mm, η οποία δεν απορροφά νερό ή δεν προκαλεί τριβή με το σκυρόδεμα, και έναν κολοβωμένο κώνο με υλικά παρόμοια χαρακτηριστικά της βάσης. Αυτή η δοκιμή ενδείκνυται για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας του σκυροδέματος που μπορεί να αυτοπροσδιορίζεται ή των υγρών Spread.

Η δοκιμή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της χωρητικότητας της ροής του σκυροδέματος με δυνατότητα αυτόματης ροής χωρίς διαχωρισμό. Ο προσδιορισμός της συνέπειας του σκυροδέματος με τη διασπορά του πίνακα Graff ισχύει για μίγματα που επιτυγχάνουν την ελάχιστη διάδοση των 350 mm, αλλά περιορίζονται στο μέγεθος του πίνακα των 700 mm. Είναι δυνατόν να πούμε, περίπου, ότι η δοκιμή ροής ολίσθησης είναι μια προσαρμογή αυτών των δύο δοκιμών, για ένα σκυρόδεμα πολύ ρευστό (Cho et al., 2011).

3.2.7. ΣΥΝΟΧΗ

Μια ιδιότητα που σχετίζεται στενά με την κατεργασιμότητα είναι η συνοχή. Η έλλειψη συνοχής του μείγματος μπορεί να προκαλέσει τη διάσπαση του ναπού σκυροδέματος, αλλάζοντας τη φυσική του σύνθεση και την ομοιογένεια του. Η ιδανική θήκη είναι αυτή που παρέχει επαρκή συνοχή και λειτουργικότητα. Το σκυρόδεμα μαζί είναι αυτό που μπορεί να είναι ομοιογενές, χωρίς διαχωρισμό του μίγματος υλικών σε όλα τα στάδια της χρήσης του, είτε στην παραγωγή, μεταφορά, απελευθέρωση, ή ακόμη και στην πυκνότητα κατά τη σκυροδέτηση της κατασκευής (Cruvinel et al., 1990).

Η συνοχή εξαρτάται από την αναλογία των λεπτών σωματιδίων στο μείγμα και, ιδίως σε μίγματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε τσιμέντο, πρέπει να δίνεται στα κύρια κλάσματα στο λεπτό άκρο της καμπύλης βαθμονόμησης. Συχνά είναι απαραίτητο να γίνουν πολλά δοκιμαστικά μείγματα με διαφορετικές αναλογίες χονδροειδούς αδρανούς και παιδιά για να βρούμε ένα κατάλληλο μείγμα με συνοχή. Δεν υπάρχουν τυποποιημένες δοκιμές για τη μέτρηση, με απλό τρόπο, της συνοχής ενός μείγματος (Xu & Chang, 2016).

Ωστόσο, οι πρακτικές δοκιμές για να χτυπήσουν το τεστ βυθίσματος της καθίζησης, πλευρικά, ειδικότερα, μπορεί να υποδηλώνουν, εμπειρικά, τη συνοχή του υλικού. Συνιστάται αυτές οι πτυχές να επαληθεύονται στη δοκιμή δοσολογίας και στη διεξαγωγή εργασιών ανακούφισης.

3.2.8. ΕΚΧΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

Ο διαχωρισμός ορίζεται ως ο διαχωρισμός των συστατικών του νωπού σκυροδέματος έτσι ώστε η κατανομή τους να είναι πιο ομοιόμορφη. Υπάρχουν βασικά δύο μορφές διαχωρισμού. Το πρώτο, χαρακτηριστικό του φτωχού και ξηρού σκυροδέματος, οι μεγάλοι κόκκοι τείνουν να συσσωρεύονται για να διαχωρίζονται από τους άλλους κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης με υπερβολική ενέργεια ή δόνηση. Το δεύτερο, πολύ συνηθισμένο σε πλαστικά μίγματα, που εκδηλώνεται με τον καθαρό διαχωρισμό του μείγματος πολτού, και επίσης γνωστό ως αποβολή. Η εξίδρωση είναι μια συγκεκριμένη μορφή διαχωρισμού, όπου το μείγμα νερού τείνει να ανεβαίνει στην επιφάνεια του σκυροδέματος που ξεκίνησε πρόσφατα. Αυτό το φαινόμενο προκαλείται από την αδυναμία στερέωσης του στερεού σε όλο το νερό και το μείγμα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες του τσιμέντου.

Ως αποτέλεσμα της εξίδρωσης, έχει την εμφάνιση νερού στην επιφάνεια του σκυροδέματος μετά την απελευθέρωσή του και την πυκνότητα, και την εμφάνιση και την έκφραση πολλών άλλων προβλημάτων, όπως εξασθένηση του συσσωματώματος κόλλας (ζώνη μετάβασης), αυξημένη διαπερατότητα στο σκυρόδεμα και, εάν αποτραπεί η εξάτμιση του νερού, το στρώμα που υπερτίθεται, μπορεί να οδηγήσει σε ένα ασθενές στρώμα σκυροδέματος, πορώδες και με χαμηλή αντοχή. Δεν υπάρχουν τυποποιημένες δοκιμές για τη μέτρηση του διαχωρισμού (Delatte, 2014).

Έτσι, δίνεται οπτική παρατήρηση της συνοχής του νωπού σκυροδέματος ή του σκληρυμένου και η εξαγωγή αποδεικτικών στοιχείων του σκληρυμένου σκυροδέματος δίνονται για την εκτίμηση των ζημιών στη δομή αυτού του φαινομένου. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το σκυρόδεμα με χαμηλή μέτρηση οδηγεί σε διαχωρισμό και οποιαδήποτε διαρροή. Ο διαχωρισμός και η εφίδρωση μπορούν να μειωθούν ή να εξαλειφθούν μέσω μεγαλύτερου ελέγχου των μεθόδων δοσολογίας και παράδοσης και της πυκνότητας του σκυροδέματος πιο αποτελεσματική και καλά εκτελεστή (Yin & Luo, 2009).

3.2.9. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΕΡΑ

Είναι δυνατόν να βρεθούν κενά γεμάτα με αέρα στο σκυρόδεμα με δύο τρόπους: με ενσωματωμένες φυσαλίδες αέρα ή μέσω παγιδευμένου κενού αέρα.

Οι φυσαλίδες αέρα έχουν διαστάσεις ενσωματωμένες μεταξύ 100um και 1mm σε διάμετρο, ενώ τα παγιδευμένα κενά αέρα είναι μεγαλύτερα, μεταξύ 1 mm και 10 mm. Τα κενά του παγιδευμένου αέρα, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλονται σε έλλειψη

δοσολογίας και επιλογής υλικών, είναι επιζήμια για την ποιότητα του σκυροδέματος, υπονομεύοντας τις μηχανικές ιδιότητες της αντοχής και του συντελεστή συμπίεσης. Ένα αρνητικό για την παρουσία παγιδευμένων κενών αέρα στο σκυρόδεμα είναι η τελική εμφάνιση, με το σχηματισμό φυσαλίδων μακρο-επιφάνειας (Gardner & Roberts, 1967).

Στην περίπτωση του σκυροδέματος, η παρουσία επιφάνειας μακροφυσαλίδων είναι εντελώς ανεπιθύμητη. Καθώς οι ενσωματωμένες φυσαλίδες αέρα μπορεί να είναι διπλές. Το πρώτο, με τη φυσική ενσωμάτωση μικρών ποσοτήτων αέρα, που απλώνεται από μικροφυσαλίδες στη μάζα του σκυροδέματος. Ο δεύτερος, μέσω της χρήσης παράγοντα παρασυρόμενου αέρα στο σκυρόδεμα (Balaguera et al., 2018).

Η ενσωμάτωση ονομάζεται φυσική και η παρουσία κενών αέρα που απορρέουν από παράγοντες όπως ο τύπος και η λεπτότητα των συνδετικών και τα λεπτά αδρανή, η αντοχή των υλικών, ο τύπος και ο βαθμός συμπίεσης που εφαρμόζεται, η θερμοκρασία και ο χρόνος ανάμιξης του σκυροδέματος. Η ενσωμάτωση προσθέτων δίνεται σε ειδικές περιπτώσεις με στόχο τη μείωση του μεγέθους των μακροφυσαλίδων (κενά του παγιδευμένου αέρα), την αυξημένη λειτουργικότητα του σκυροδέματος, τη μείωση της κατανάλωσης τσιμέντου και τη βελτίωση της ποιότητας του σκυροδέματος και της δράσης του πάγου και της απόψυξη.

Εντός αποδεκτών ορίων για πρόσληψη έως και 6% προσθέτων, κάθε αύξηση της ενσωμάτωσης αέρα σε 1% μπορεί να επιτραπεί να μειωθεί το μείγμα νερού έως και 3% και το ποσοστό άμμου έως 1% οδηγώντας σε βελτιώσεις της αντοχής σε θλίψη του σκυροδέματος. Ο έλεγχος του περιεχομένου του αέρα είναι θεμελιώδης για τον εταιρικό ποιοτικό έλεγχο του σκυροδέματος, είτε για τον έλεγχο του μέγιστου και του ελάχιστου επιθυμητού αέρα που έχει ενσωματωθεί είτε για τον προσδιορισμό των επιπέδων των κενών αέρα στο σκυρόδεμα (Ramachandran & Beaudoin, 2000).

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή της δοκιμής μέτρησης του αέρα στο σκυρόδεμα, ο οποίος αποτελείται από ερμητικά σφραγισμένο δοχείο που είναι γεμάτο με φρέσκο σκυρόδεμα. Μέσα από τρύπες εγχύονται στο νερό σε κλειστό δοχείο για να απομακρυνθεί ο αέρας από το σκυρόδεμα. Στους μετρητές ροής αέρα εντοπίζεται η απελευθέρωση της παρουσίας και υποδεικνύεται το ποσοστό αέρα στο μείγμα (Kosmatka & Panarese, 1988).

Το συμβατικό σκυρόδεμα περιέχει μέσα του, ακόμη και χωρίς τη χρήση παράγοντα που παγιδεύει αέρα, 1 έως 3% κατ' όγκο στην παγίδευση αέρα λόγω της διαδικασίας ανάμιξης και της συνέπειας του. Στην περίπτωση σκυροδέματος που παράγεται στο κέντρο και μεταφέρεται με αναμικτήρα φορτηγών, αυτό το ποσοστό μπορεί να φτάσει την τάξη του 4%. Ποσοστό ενσωματωμένου αέρα άνω του 5% μπορεί να βλάψει τη μηχανική απόδοση του υλικού.

Η εφαρμογή σκυροδέματος που παγιδεύει τον αέρα καθιστά δυνατή τη μετατροπή των μακροφυσαλίδων που ενσωματώνονται στο μείγμα σε μικροφυσαλίδες και την αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε σκυρόδεμα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι δημιουργούμενες φυσαλίδες είναι μικρές, περίπου 0,2 mm, και μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην εργασιμότητα του σκυροδέματος, χωρίς απαραίτητα μείωση των αντοχών. Η περιεκτικότητα του αέρα σε σκυρόδεμα είναι επομένως ζήτημα εξαιρετικής σημασίας για την τελική του ποιότητα.

Έλεγχος του ποσοστού αέρα σε φρέσκο σκυρόδεμα για τον υπολογισμό των αντοχών, των προσθηκών προσθέτων και, κατά συνέπεια, της ποιότητας του υλικού (Balaguera et al., 2018). Τιμές αέρα πάνω από αυτές που παρέχονται στη δοσολογία του υλικού υποδεικνύουν ότι το άτομο μπορεί να υποστεί μηχανική βλάβη, όπως μειωμένη αντοχή σε θλίψη και συντελεστή ελαστικότητας, ή αισθητική ως ο σχηματισμός φυσαλίδων μακρο-επιφάνειας. Στην περίπτωση της χρήσης πρόσθετων, το ερώτημα αντιστρέφεται, καθώς η ενσωμάτωση τιμών κάτω από την εκτιμώμενη θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο τη λειτουργικότητα και την αντίσταση στη δράση του παγετού και της απόψυξης (κοινές σε χώρες με ψυχρά κλίματα ή σε περιπτώσεις ειδικών έργων όπως ως ψυκτική αποθήκευση) (Rao, Von Quintus & Schmitt, 2007).

3.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΓΙΝΟΥΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ

Για να πληροί η κατασκευή τους κανόνες των πρωτοτύπων πρέπει να γίνουν κάποια τεστ για τη διασφάλιση της ποιότητας των υλικών.

3.3.1. ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

Η δοκιμή φόρτισης πλάκας έχει σχεδιαστεί για να προσδιορίσει τα κατακόρυφα χαρακτηριστικά παραμόρφωσης και αντοχής του εδάφους, αξιολογώντας τη δύναμη και την ποσότητα της διείσδυσης με το χρόνο που κατασκευάζεται μια άκαμπτη πλάκα για να διεισδύσει στο έδαφος.

Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της απόλυτης φέρουσας ικανότητας, της διατμητικής αντοχής και των παραμέτρων παραμόρφωσης του εδάφους κάτω από την πλάκα χωρίς να συνεπάγονται τις επιπτώσεις της διαταραχής του δείγματος. Η δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί στην επιφάνεια του εδάφους, σε λάκκους ή σε χαρακώματα.

Η δοκιμή φορτίου πλάκας θεωρείται μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες και κατάλληλες μεθόδους για το σκοπό της σε εδάφη ειδικά όταν το θεμέλιο υλικό είναι τέτοιο που είναι πρακτικά αδύνατο να συλλεχθούν αδιάτακτα δείγματα για δοκιμή θεμελίωσης. Η δοκιμή φορτίου πλάκας μπορεί να διεξαχθεί σε όλα τα εδάφη, τα γεμίσματα και τους βράχους. Γενικά, χονδροειδή και σύνθετα εδάφη, καθώς και άκαμπτα και σταθερά εδάφη είναι κατάλληλα (Hoła, Bień & Schabowicz, 2015).

Η δοκιμή κανονικά δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για πολύ μαλακά λεπτά εδάφη. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, πρέπει να διασφαλίζεται ότι η πλάκα φόρτωσης δεν τοποθετείται απευθείας σε σωματίδια μεγαλύτερα από το ένα τέταρτο της διαμέτρου της. Σε περίπτωση ταχείας ξήρανσης, ίση με κοκκώδη άμμο, ή έδαφος που έχει σχηματίσει επιφανειακό φλοιό, έχει μαλακώσει ή έχει διαταραχθεί αλλιώς στην άνω ζώνη του, αυτό το διαταραγμένο έδαφος πρέπει να αφαιρεθεί πριν από τη διεξαγωγή της δοκιμής φορτίου πλάκας. Η πυκνότητα του εδάφους θα παραμείνει όσο το δυνατόν πιο αμετάβλητη DIN 18134.

Η δοκιμή πλάκας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στο ότι δίνει άμεσα αποτελέσματα στο πεδίο και μπορεί να χρησιμεύσει ως καλή δοκιμή για έλεγχο ποιότητας συμπίεσης δρόμου.

Η δοκιμή φόρτισης πλάκας εκτελείται χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο εξοπλισμό. Μια άκαμπτη πλάκα: Οι άκαμπτες πλάκες για την εκτέλεση αυτής της δοκιμής διατίθενται σε διαφορετικές διαμέτρους και κυμαίνονται από 300 mm έως 1000 mm. Αξίζει να σημειωθεί

ότι η ζώνη επιρροής τάσης είναι γενικά δύο φορές η διάμετρος της πλάκας, επομένως, είναι επιθυμητή η χρήση μεγαλύτερης πλάκας, όποτε είναι διαθέσιμη. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η ίδια πίεση, όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος τόσο μεγαλύτερη είναι η κλίση / συγκράτηση, και επομένως θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την παροχή πιο χρήσιμων αποτελεσμάτων (Xu & Chang, 2016):

- **Σύστημα μέτρησης δύναμης:** Ένας μηχανικός (μετρητής) ή ηλεκτρικός μετατροπέας δύναμης πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ της πλάκας φόρτωσης και του υδραυλικού γρύλου. Μετρά το φορτίο στην πλάκα. Για την περίπτωση ενός μηχανικού περιτυπώματος, θα πρέπει να δοθεί ειδοποίηση για τη βαθμονόμηση του μετρητή καθώς έρχονται σε πίεση ή δύναμη.
- **Σύστημα φόρτωσης:** Το σύστημα φόρτωσης αποτελείται από υδραυλική αντλία συνδεδεμένη σε υδραυλικό γρύλο μέσω εύκαμπτου σωλήνα υψηλής πίεσης. Το σύστημα πρέπει να είναι ικανό να εφαρμόζει και να απελευθερώνει το φορτίο σταδιακά. Για να εφαρμοστεί σωστά η πίεση, ο υδραυλικός γρύλος πρέπει να είναι αρθρωτός και στις δύο πλευρές και να ασφαρίζεται από την κλίση. Το έμβολο πίεσης πρέπει επίσης να λειτουργεί σε απόσταση τουλάχιστον 150 mm.
- **Μετρητές κλίσης:** Τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται μορφοτροπείς για τη μέτρηση της ποσότητας καθίζησης στο έδαφος που προκαλείται από το φορτίο αντίδρασης. Συνδέονται σε μια γραμμική δεδομένων και στη συνέχεια συνδέονται με την πλάκα.
- **Φορτίο αντίδρασης:** Αυτό χρησιμοποιείται για να ασκήσει φορτίο στο έδαφος μέσω της πλάκας. Ένα φορτίο αντίδρασης πρέπει να έχει βάρος περίπου τουλάχιστον 1,5 φορές το αναμενόμενο βάρος της δομής.

Οι απαιτούμενες παράμετροι που συνήθως απαιτούνται από τις δοκιμές φόρτισης πλάκας είναι: ο συντελεστής της αντίδρασης υποβάθμισης (k_s), το μέτρο ελαστικότητας (E_v) και οι επιτρεπόμενες επιφανειακές τάσεις, q_{all} . Αυτές οι παράμετροι μπορούν να αξιολογηθούν από γραφήματα παραμόρφωσης φορτίου που λαμβάνονται από τα δεδομένα δοκιμών. Δύο απλοποιημένες προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση προβλημάτων παραμόρφωσης φορτίου.

Αυτά είναι: Η γνωστή υπόθεση Winkler που υποθέτει ότι το εδαφολογικό μέσο είναι ένα σύστημα πανομοιότυπων, ανεξάρτητων, στενών αποστάσεων, διακριτών και γραμμικά ελαστικών ελατηρίων. Σε αυτήν την προσέγγιση ο λόγος μεταξύ πίεσης επαφής, p και καθίζησης, w , που παράγεται με εφαρμογή φορτίου σε αυθαίρετο σημείο, i , στην επιφάνεια επαφής, δίνεται από τον συντελεστή αντίδρασης υποβάθμισης (k_s). Ένα κρίσιμο μειονέκτημα του μοντέλου Winkler είναι η δυσκολία στην αξιολόγηση του k_s σε λογική βάση. k_s σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί εγγενή ιδιότητα του εδάφους.

Η τιμή του εξαρτάται όχι μόνο από την ακαμψία του εδάφους, αλλά και από διάφορους γεωμετρικούς και μηχανικούς παράγοντες (π.χ. γεωμετρία και δυσκαμψία του δομικού στοιχείου / εδάφους) Μια άλλη προσέγγιση είναι ο εξιδανίκευση του ελαστικού συνεχούς, γενικά θεωρείται ότι το έδαφος είναι γραμμικά ελαστικός μισός χώρος και ιστροπικός για χάρη της απλότητας (Sargand, Kim & Farrington, 2005).

Αυτή η προσέγγιση παρέχει πολύ περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το άγχος και την παραμόρφωση της μάζας του εδάφους σε σύγκριση με το μοντέλο Winkler και έχει ως παραμέτρους εισόδου, το συντελεστή Young και τον λόγο Poisson. Χρησιμοποιώντας την θεωρία ελαστικότητας, ο διακανονισμός μιας άκαμπτης επιφανειακής πλάκας διαμέτρου, d , με ομοιόμορφο φορτίο p_l που εφαρμόζεται σε ένα ημιάπειρο ιστροπικό έδαφος που χαρακτηρίζεται από το μέτρο Young και τον λόγο Poisson ν , η μετατόπιση μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$w_l = \frac{\pi p_l d (1 - \nu^2)}{4 E_s}$$

Οπότε με μία αναδιάταξη των όρων έχουμε:

$$E_s = \frac{\pi p_l d (1 - \nu^2)}{4 w_l}$$

Και, τέλος, με το μοντέλο Winkler έχουμε:

$$k_s = \frac{\pi d (1 - \nu^2)}{4 E_s}$$

Να σημειωθεί εδώ ότι επειδή έχει γίνει χρήση της θεωρίας ελαστικότητας θα πρέπει να προσέξουμε καθώς οι παραπάνω μαθηματικές εκφράσεις ισχύουν μόνο για μικρές μετατοπίσεις (τέτοιες ώστε το υλικό να λειτουργεί στην γραμμική περιοχή).

Παρακάτω φαίνονται οι υπολογισμοί για ένα κομμάτι τους οδού που έγιναν από την λήψη πραγματικών δεδομένων:

Δεδομένα Δοκιμής/ Test data

ΣΧΗΜΑ ΠΛΑΚΑΣ
 ΚΥΚΛΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΣΟΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ
 2 min

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΛΑΚΑΣ
 300 mm 600 mm 762 mm

Τυποτυπή κόπτη Νόμισμα κίττα	Πίεση Δοκιμής Ρύθμιση Πρακτική	Φορτίο Load	Ανάγνωση Μηκρονασιμέτρων Gauge Reading			Μέση Μετατόπιση πυθαγόρ Settlement S
σ_a	[bar]	[KN]	Gauge 1 [mm]	Gauge 2 [mm]	Gauge 3 [mm]	[mm]
1ος Κύκλος Φόρτισης/ 1st Loading Cycle						
0,00		0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,08		5,7	0,03	0,04	0,05	0,04
0,16		11,3	0,07	0,09	0,10	0,09
0,24		17,0	0,17	0,16	0,16	0,16
0,33		23,3	0,30	0,22	0,25	0,26
0,45		31,8	0,46	0,37	0,41	0,41
0,50		35,3	0,51	0,41	0,51	0,48
Αποφόρτιση/ Unloading						
0,25		17,7	0,44	0,34	0,44	0,41
0,12		8,5	0,40	0,26	0,38	0,35
0,00		0,0	0,25	0,15	0,26	0,22
2ος Κύκλος Φόρτισης/ 2nd Loading Cycle						
0,08		5,7	0,31	0,17	0,32	0,27
0,16		11,3	0,37	0,22	0,35	0,31
0,24		17,0	0,41	0,27	0,39	0,36
0,40		28,3	0,51	0,31	0,45	0,42
0,45		31,8	0,56	0,34	0,49	0,46

$$E_v = \frac{1,5 \times r}{a_1 + a_2 \sigma_{1max}}$$

$$S = a_0 + a_1 \cdot \sigma_a + a_2 \cdot \sigma_a^2$$

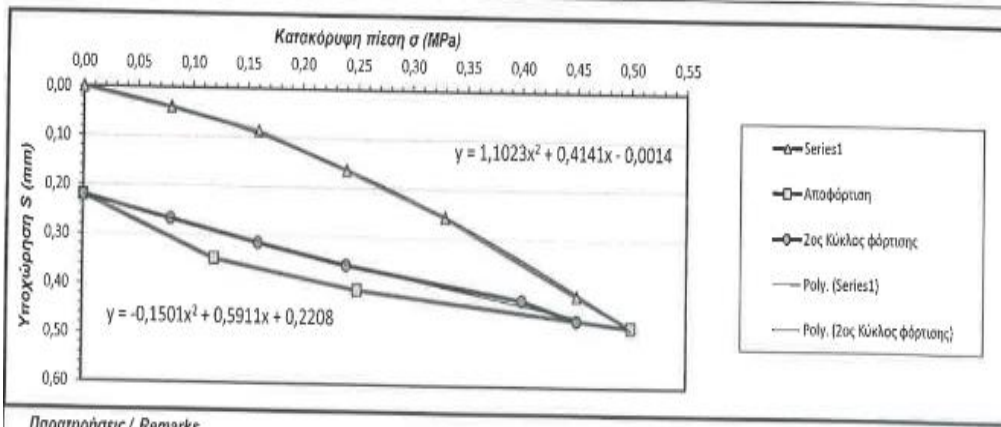
$$r = 150 \text{ mm}$$

ΚΥΚΛΟΣ / CYCLE	1 ος	2 ος
σ_{max} (Mpa)	0,50	0,45
a_1	0,4141	0,5911
a_2	1,1023	-0,1501
E (Mpa)	233,1	429,8
E_2/E_1	1,84	

* Η απαίτηση για λόγο $E_2/E_1 < 2,2$ δεν ισχύει όταν η τιμή E_1 φθάσει ήδη το 60% της θεωρητικής τιμής του E_2 (βλ. Πίνακα) ή για βραχυώδη εδάφη

Ελάχιστες τιμές E_2 (ΠΤΠ ΧΙ παρ. 2.10.4)/ MINIMUM E2 VALUES		
Είδος εδάφους	E_2 (kg/cm ²)	E_2 (Mpa)
Συνεκτικά εδάφη	300	29,4
Συνεκτικό υπέδαφος	450	44,1
Μη συνεκτικά εδάφη	600	58,8
Μη συνεκτικό υπέδαφος	1200	117,6

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ/ COMPLIANCE CONTROL		
Χαρακτηρισμός Εδάφους	E_1 (Mpa)	60% E_2 (Mpa)
$E_1 \text{ max} =$		



Εικόνα 4: Υπολογισμοί για ένα κομμάτι της οδού από λήψη πραγματικών δεδομένων

Συγκεκριμένα έχουμε από το διάγραμμα των δεδομένων της δοκιμής ότι:

- Για τον 1^ο κύκλο φόρτισης ότι το μέγιστο αξονικό φορτίο είναι 35,3 kN
- Μέση μετατόπιση $S=0,48$ mm
- Συντελεστής $\alpha_1=0,4141$ και $\alpha_2=1,1023$
- Για διάμετρο πλάκας $d=300$ mm έχουμε $\sigma=F/(\pi*d^2/4)=0,499$ MPa=0,50 MPa
- $r=d/2=150$ mm

Άρα τελικά από τη σχέση $E_v=(1,5)*r/(\alpha_1+\alpha_2*\sigma_{\max})= 233,1$ MPa

Επίσης από τα δεδομένα έχουμε για τον δεύτερο κύκλο φόρτισης ότι:

- Για τον 2^ο κύκλο φόρτισης το μέγιστο αξονικό φορτίο είναι 31,8kN
- Μέση μετατόπιση $S=0,46$ mm
- Συντελεστής $\alpha_1=0,5911$ και $\alpha_2=-0,1501$
- Για διάμετρο πλάκας $d=300$ mm έχουμε $\sigma = F/(\pi*d^2/4)=0,45$ MPa
- $r=d/2=150$ mm

Άρα τελικά από τη σχέση $E_v=(1,5)*r/(\alpha_1+\alpha_2*\sigma_{\max})= 429,8$ MPa

Άρα τελικά έχουμε ότι:

$$E_1/E_2=1,84$$

3.3.2. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.3.2.1. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στεγνώνεται το δείγμα με σταθερή μάζα σε θερμοκρασία 110 ± 5 °C.

Επιλέγονται κόσκινα με κατάλληλα ανοίγματα για την παροχή των πληροφοριών που απαιτούνται από τις προδιαγραφές που καλύπτουν το υλικό που πρόκειται να δοκιμαστεί.

Χρησιμοποιούμε πρόσθετα κόσκινα όπως επιθυμούμε ή χρειάζεται για να παράσχουμε άλλες πληροφορίες, όπως συντελεστή λεπτότητας, ή για να ρυθμίσουμε την ποσότητα υλικού σε κόσκινο.

Τοποθετούμε τα κόσκινα κατά φθίνουσα σειρά ανοίγματος από πάνω προς τα κάτω και τοποθετούμε το δείγμα στο πάνω κόσκινο.

Ανακινούμε τα κόσκινα με το χέρι ή με μηχανική συσκευή για αρκετό χρονικό διάστημα, που καθορίστηκε με δοκιμή ή ελέγχθηκε με μέτρηση στο πραγματικό δείγμα δοκιμής, για να ικανοποιηθεί το κριτήριο επάρκειας ή κοσκινίσματος.

Περιορίζουμε την ποσότητα υλικού σε ένα δεδομένο κόσκινο, έτσι ώστε όλα τα σωματίδια να έχουν την ευκαιρία να φτάσουν σε ανοίγματα κόσκινου αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κοσκινίσματος.

Για κόσκινα με ανοίγματα μικρότερα από 4,75 mm (No. 4), η ποσότητα που διατηρείται σε οποιοδήποτε κόσκινο κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κοσκινίσματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 7 kg / m² της επιφάνειας κοσκινίσματος. Για κόσκινα με ανοίγματα 4,75 mm (No. 4) και μεγαλύτερα, η ποσότητα που διατηρείται σε kg δεν πρέπει να υπερβαίνει το προϊόν των 2,5 * (άνοιγμα κόσκινου, mm³) * (πραγματική περιοχή κοσκινίσματος, mm²).

Σε καμία περίπτωση η ποσότητα που διατηρείται δεν είναι τόσο μεγάλη ώστε να προκαλεί μόνιμη παραμόρφωση στο κόσκινο.

Αποτρέπουμε την υπερφόρτωση υλικού σε ένα μεμονωμένο κόσκινο με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

Εισαγάγουμε ένα επιπλέον κόσκινο με μέγεθος ανοίγματος ενδιάμεσο μεταξύ του κόσκινου που μπορεί να υπερφορτωθεί και του κόσκινου ακριβώς πάνω από αυτό το κόσκινο στο αρχικό σύνολο κόσκινων.

Χωρίζουμε το δείγμα σε δύο ή περισσότερα τμήματα, κοσκινίζοντας κάθε μερίδα ξεχωριστά. Συνδυάζουμε τις μάζες των διαφόρων τμημάτων που διατηρούνται σε ένα συγκεκριμένο κόσκινο πριν υπολογίσουμε το ποσοστό του δείγματος στο κόσκινο.

Χρησιμοποιούμε κόσκινα με μεγαλύτερο μέγεθος πλαισίου και παρέχοντας μεγαλύτερη περιοχή κοσκινίσματος.

Συνεχίζουμε το κοσκίνισμα για αρκετή περίοδο και με τέτοιο τρόπο ώστε, μετά την ολοκλήρωση, όχι περισσότερο από 1% κατά μάζα του υλικού που συγκρατείται σε οποιοδήποτε μεμονωμένο κόσκινο να περάσει αυτό το κόσκινο κατά τη διάρκεια 1 λεπτού συνεχούς κοσκινίσματος χεριών που εκτελείται ως εξής:

Κρατάμε το μεμονωμένο κόσκινο, εφοδιασμένο με ένα κατάλληλο ταψί και κάλυμμα, σε μια ελαφρώς κεκλιμένη θέση στο ένα χέρι. Χτυπάμε απότομα την πλευρά του κόσκινου και με μια κίνηση προς τα πάνω στη φτέρνα του άλλου χεριού με ρυθμό περίπου 150 φορές ανά λεπτό, γυρίστε το κόσκινο περίπου στο ένα έκτο της επανάστασης σε διαστήματα περίπου 25 διαδρομών. Κατά τον προσδιορισμό της επάρκειας κοσκινίσματος για μεγέθη μεγαλύτερα από το κόσκινο 4,75 mm (No. 4), περιορίζουμε το υλικό στο κόσκινο σε ένα μόνο στρώμα σωματιδίων. Εάν το μέγεθος των τοποθετημένων κόσκινων δοκιμής καθιστά την περιγραφόμενη κίνηση κοσκινίσματος ανέφικτη, χρησιμοποιήστε κόσκινα διαμέτρου 203 mm (8 in.). Για να επαληθεύσουμε την επάρκεια κοσκινίσματος (Sawangsurinya, Ketkaew & Srmoon, 2012).

Στην περίπτωση χονδροειδών και λεπτών αδρανών μιγμάτων, το τμήμα του δείγματος λεπτότερο από το κόσκινο 4,75 mm (No. 4) μπορεί να κατανέμεται σε δύο ή περισσότερες σειρές κόσκινων για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση μεμονωμένων κόσκινων.

Εναλλακτικά, το τμήμα λεπτότερο από το κόσκινο 4,75 mm (No. 4) μπορεί να μειωθεί σε μέγεθος χρησιμοποιώντας μηχανικό διαχωριστή. Εάν ακολουθείται αυτή η διαδικασία, υπολογίζουμε τη μάζα κάθε αύξησης μεγέθους του πρωτοτύπου δείγμα ως εξής:

$$A=(W_1/W_2)*B$$

όπου:

- A = μάζα αύξησης μεγέθους σε συνολική βάση δείγματος
- W_1 = μάζα κλάσματος λεπτότερη από κόσκινο 4,75 mm (No. 4) στο συνολικό δείγμα
- W_2 = μάζα μειωμένο τμήμα υλικού μικρότερο από κόσκινο 4,75 mm (No. 4) που κοσκινίστηκε πραγματικά και
- B = αύξηση μάζας μεγέθους σε κοσκινισμένο μειωμένο τμήμα.

Εκτός εάν χρησιμοποιείται μηχανικός αναδευτήρας κόσκινου, σωματίδια κόσκινου χειρός μεγαλύτερα από 75 mm. Καθορίζοντας το μικρότερο άνοιγμα κόσκινου μέσω του οποίου θα περάσει κάθε σωματίδιο. Ξεκινήστε τη δοκιμή στο μικρότερο κόσκινο που θα χρησιμοποιηθεί. Περιστρέψτε τα σωματίδια, εάν είναι απαραίτητο, για να προσδιορίσετε εάν θα περάσουν από ένα συγκεκριμένο άνοιγμα. Ωστόσο, μην αναγκάζετε τα σωματίδια να περάσουν από ένα άνοιγμα.

Προσδιορίζουμε τη μάζα κάθε αύξησης μεγέθους σε κλίμακα ή ισορροπία σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται στο 5.1 έως το πλησιέστερο 0,1% της συνολικής αρχικής μάζας ξηρού δείγματος. Η συνολική μάζα του υλικού μετά το κοσκίνισμα πρέπει να ελέγχεται στενά με την αρχική μάζα του δείγματος που τοποθετείται στα κόσκινα. Εάν τα ποσά διαφέρουν περισσότερο από 0,3%, με βάση την αρχική μάζα ξηρού δείγματος, τα αποτελέσματα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για σκοπούς αποδοχής.

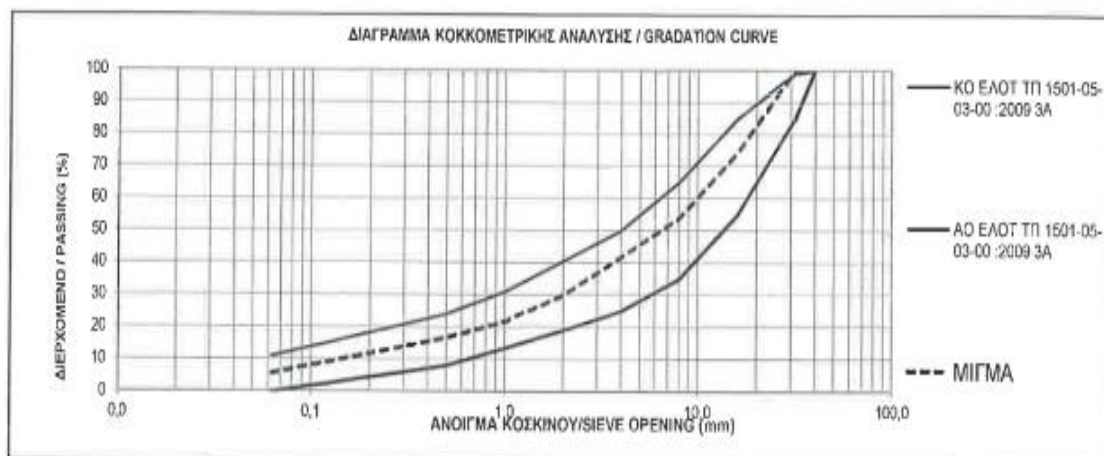
3.3.2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Υπολογίζουμε τα ποσοστά που περνούν, τα συνολικά ποσοστά που διατηρούνται ή τα ποσοστά σε διάφορα κλάσματα μεγέθους στο πλησιέστερο 0,1% με βάση τη συνολική μάζα του αρχικού ξηρού δείγματος. Εάν το ίδιο δείγμα δοκιμής δοκιμάστηκε για πρώτη φορά με τη μέθοδο δοκιμής C 117, συμπεριλαμβάνουμε τη μάζα υλικού μικρότερη από το μέγεθος των 75 μm (No. 200) με πλύσιμο στον υπολογισμό ανάλυσης κόσκινου και χρησιμοποιούμε τη συνολική ξηρή μάζα δείγματος πριν από το πλύσιμο στη μέθοδο δοκιμής C 117 ως βάση για τον υπολογισμό όλων των ποσοστών (Weinert, 1980).

Όταν οι αυξήσεις δείγματος ελέγχονται όπως προβλέπεται στο σημείο 7.6, συνολικά οι μάζες του τμήματος των αυξήσεων που διατηρούνται σε κάθε κόσκινο χρησιμοποιούμε αυτές τις μάζες για να υπολογίσουμε τα ποσοστά. Υπολογίστε το συντελεστή λεπτότητας, όταν απαιτείται, προσθέτοντας τα συνολικά ποσοστά υλικού στο δείγμα που είναι πιο χοντρό από κάθε ένα από τα ακόλουθα κόσκινα (διατηρούμενα αθροιστικά ποσοστά) και διαιρώντας το άθροισμα με 100: 150-μm (Ap. 100), 300-μm (No. 50), 600-μm (No. 30), 1,18-mm (No. 16), 2,36-mm (No. 8), 4,75-mm (No. 4), 9,5-mm (3/8-in.), 19,0-mm (3/4 in.), 37,5-mm (1 1/2 in.), Και μεγαλύτερο, αυξάνοντας την αναλογία 2 προς 1.

Παρακάτω βλέπουμε τους υπολογισμούς που έγιναν για κοκκομετρική:

Αριθμός κοσκίνου/ No of sieve	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου/ Standard Sieve	Συγκρατούμενο/ Retained	Διερχόμενο/ Passing		Απαιτήσεις διαβάθμισης Gradation Requirements / ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-00:2009	
			(gr)	(%)	Κάτω Όριο/ Down Limit ΕΛΟΤ ΤΠ 1501- 05-03-00:2009 ΠΙΝ 1 ΤΥΠΟΣ Ι	Άνω Όριο/ Upper Limit ΕΛΟΤ ΤΠ 1501- 05-03-00:2010 ΠΙΝ 1 ΤΥΠΟΣ Ι
(in)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)		
3"	76,2	0	12750	100,0		
2 1/2"	64,0	0	12750	100,0	100	100
	56,00					
2"	50,8					
	45,00					
	40,00	0,0	12750	100,0	100	100
1 1/2"	38,1					
1 1/4"	31,5	0,0	12750	100,0	85	99
1"	25,4					
	20,0					
3/4"	19,0	1170,9	10914	85,6		
	16,00	1450,0	9464	74,2	55	85
1/2"	12,70					
	10,00					
3/8"	9,5					
	8,00	1400,8	6862	53,8	35	65
No 4	4,75					
	4,00	1556,6	5305	41,6	25	50
No 10	2,00	1491,5	3814	29,9	19	40,5
	1,00	1057,5	2756	21,6	13,5	31
	0,500	625,2	2131	16,7	8	24
No 40	0,425					
	0,250					
No 200	0,075					
	0,063	120,4	722	5,7	0	11
Παιτάλη		722				
Ολικό βάρος		12750				



Εικόνα 5: Υπολογισμοί κατά την κοκκομετρική ανάλυση

3.3.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η μονοδιάστατη δοκιμή ενοποίησης (Oedometer Test) είναι ένα πείραμα για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Σε αυτήν την έρευνα η δοκιμή Oedometer διεξήχθη μόνο για τον προσδιορισμό του δείκτη συμπίεσης (C_c) μόνο. Ο δείκτης συμπίεσης (C_c) ισούται με την κλίση του γραφήματος της σχέσης πίεσης έναντι του κενού (κλίμακα \log). Ο δείκτης συμπίεσης (C_c) για τον άργιλο κυμαίνεται από 0,258 έως 0,968, ενώ για το έδαφος του λατερίτη ήταν στην περιοχή 0,101 έως 0,940.

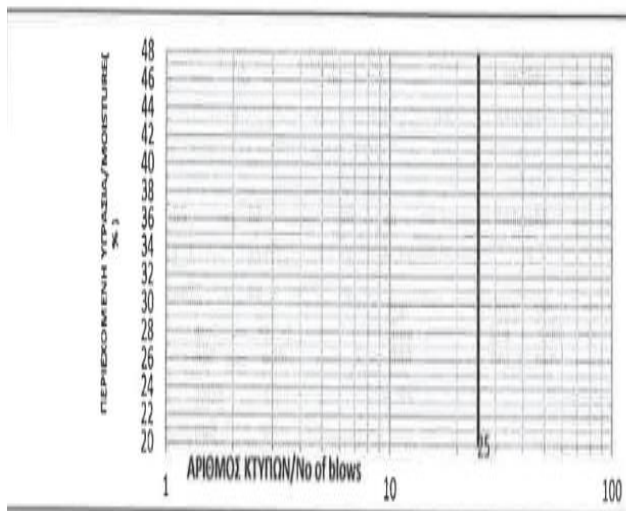
Η τιμή του δείκτη συμπίεσης (C_c) διαφέρει μεταξύ κάθε τύπου εδάφους. Και συνήθως για το έδαφος των κόκκων το έδαφος έχει υψηλή διαπερατότητα ροής συμβαίνει πολύ γρήγορα, ενώ για εδάφη με λεπτότερους κόκκους που έχουν χαμηλή διαπερατότητα, η διαδικασία ροής διαρκεί περισσότερο χρόνο.

Ο δείκτης συμπίεσης γραφήματος (C_c) έναντι του δείκτη πλαστικότητας (PI) σχεδιάζεται για να διευκολύνει την ανάλυση, γίνεται σχέση μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων. Σε αυτό το πείραμα, το C_c που ελήφθη για τους δύο τύπους εδάφους δεν έχει σημαντικές διαφορές. Μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Αυτό οφείλεται στους τύπους εδάφους που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις έρευνες που έχουν χαμηλή διαπερατότητα και η διαδικασία ροής διαρκεί περισσότερο χρόνο (Sherwood, 1995).

Ο χρόνος σταθεροποίησης εξαρτάται από τον όγκο του αέρα και τη διαπερατότητα του εδάφους. Ο υψηλότερος όγκος αέρα και η υψηλότερη διαπερατότητα είναι ένας παράγοντας του ταχύτερου ρυθμού ενοποίησης.

Παρακάτω βλέπουμε τους υπολογισμούς για τον δείκτη πλαστικότητας σε ένα σημείο του δρόμου.

ΔΟΚΙΜΗ/ TEST		ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ/ LIQUID LIMIT DETERMINATION				ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ/ PLASTIC LIMIT DETERMINATION			
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		1	2	3	4	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΟΔΟΧΕΑ								
N	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ N								
A	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ+ΥΠΟΔΟΧΕΑ	g							
B	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ+ΥΠΟΔΟΧΕΑ	g							
Γ	ΒΑΡΟΣ ΥΔΑΤΟΣ (Γ=A-B)	g							
Δ	ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΔΟΧΕΑ	g							
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=B-Δ)	g							
W_N	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (W _N = Γ*100/E)	%							
LLI	LLI=W _N (N25) ^{0.121}	%							
	ΜΕΧΟΣ ΟΡΟΣ	%							



ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ / LIQUID LIMIT

LL = N/P

ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / PLASTIC LIMIT

PL = N/P

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / PLASTICITY INDEX

PI = LL - PL = N/P

Εικόνα 6: Υπολογισμοί για τον δείκτη πλαστικότητας σε ένα σημείο του δρόμου

3.3.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΞΗΡΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

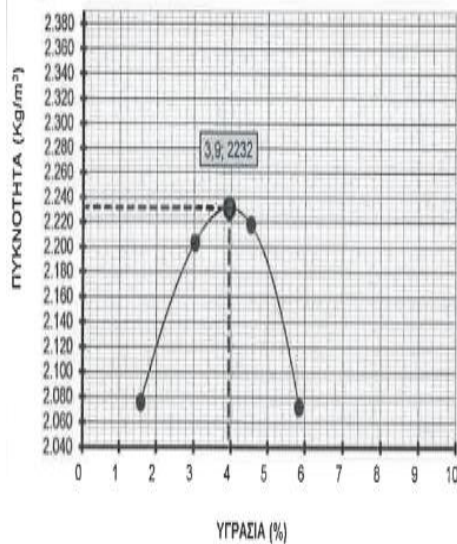
Το σκυρόδεμα πρέπει να διασφαλίζει ικανοποιητική αντοχή και αντοχή σε θλίψη. Οι μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητά του. Ένα πυκνότερο σκυρόδεμα γενικά παρέχει μεγαλύτερη αντοχή και λιγότερη ποσότητα κενών και πορώδους. Όσο μικρότερα είναι τα κενά στο σκυρόδεμα, γίνεται λιγότερο διαπερατό από το νερό και τα διαλυτά στοιχεία. Έτσι, η απορρόφηση νερού θα είναι επίσης μικρότερη και αναμένεται καλύτερη αντοχή από αυτόν τον τύπο σκυροδέματος. Διενεργείται ένα πειραματικό πρόγραμμα που ελέγχει την αντοχή σε θλίψη, πυκνότητα, ικανότητα απορρόφησης και ποσοστά κενών σκληρυμένου σκυροδέματος.

Η παραλλαγή αυτών των ιδιοτήτων με την ωριμότητα του σκυροδέματος είναι το κύριο επίκεντρο αυτού του πειράματος. Έχει παρατηρηθεί γενικότερα ότι, η αντοχή και η πυκνότητα αυξάνονται με την ωριμότητα του σκυροδέματος και το ποσοστό κενού και η ικανότητα απορρόφησης μειώνεται με το χρόνο. Καλύτερα αποτελέσματα επιτεύχθηκαν με σκυρόδεμα από πέτρινο σκυρόδεμα παρότι από το απλό σκυρόδεμα. Για τους λόγους αυτούς είναι απαραίτητο να ελέγχεται η μέγιστη ξηρά πυκνότητα του σκυροδέματος έτσι ώστε να διασφαλίζονται οι άριστες μηχανικές του ιδιότητες (Su Hsu & Chai, 2001).

Κατόπιν έγιναν οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της μέγιστης ξηράς πυκνότητας.

Μέθοδος / Method : Δ		Αντικατάσταση/ Replacement : <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No				Όχι/ No <input type="checkbox"/>	
Αριθμός Δοκιμής/ Test No		1	2	3	4		
A	Βάρος υγρού δείγματος+ μίτρας/ Mass of mould+wet material	gr	9312	9654	9756	9491	
I	Βάρος μίτρας/ Mass of mould	gr	4848	4848	4848	4848	
Γ	Βάρος υγρού δείγματος/ Mass of wet material ($\Gamma=A-B$)	gr	4464	4806	4908	4643	
Δ	Όγκος μίτρας/ Volume of mould	cm ³	2116,9	2116,9	2116,9	2116,9	
E	Υγρή πυκνότητα/ Wet density (Γ/Δ)	Kg/m ³	2109	2270	2318	2193	
Ξ	Περιεχόμενη υγρασία/ Moisture content	%	1,6	3,0	4,5	5,8	
H	Ξηρή εργαστηριακή πυκνότητα/ Dry density $H=(E*100)/(100+\Xi)$	Kg/m ³	2076	2204	2218	2072	

Αριθμός Κάψας/ No of Tin	No						
I	Βάρος υγρού δείγματος + κάψας/ Mass of wet material + Tin	gr	576,0	986,0	645,0	706,0	
K	Βάρος ξηρού δείγματος + κάψας/ Mass of dry material + Tin	gr	567,0	957,0	617,0	667,0	
Λ	Βάρος νερού/ Mass of water ($\Lambda=I-K$)	gr	9,0	29,0	28,0	39,0	
M	Βάρος κάψας/ Mass of tin	gr	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	Βάρος ξηρού δείγματος/ Mass of dry material ($N=K-M$)	gr	567,0	957	617,0	667,0	
Ξ	Περιεχόμενη υγρασία/ Moisture content $\Xi=(\Lambda*100)/N$	%	1,6	3,0	4,5	5,8	



ΜΕΓΙΣΤΗ ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (Kg/m ³)	2232
MAXIMUM DRY DENSITY (Kg/m ³) :	
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%) :	3,9
OPTIMUM MOISTURE (%) :	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	

Εικόνα 7: Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της μέγιστης ξηράς πυκνότητας

3.3.5. ΔΟΚΙΜΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ

Μια από τις βασικές παραμέτρους για την άρτια κατασκευή ενός οδοστρώματος είναι η καταλληλότητα των αδρανών υλικών που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν τόσο για την κατασκευή των ασύνδετων στρώσεων, όσο και για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος. Η καταλληλότητα αυτή, εξαρτάται από διάφορες ιδιότητες – παραμέτρους που σχετίζονται με τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών. Μία από αυτές είναι και η καθαρότητα τους από αργιλικά υλικά.

Το γενικότερο ενδιαφέρον για τα αργιλικά υλικά έγκειται στο γεγονός ότι ορισμένα από αυτά περιέχουν αργιλικά ορυκτά τα οποία έχουν την τάση να προσροφούν νερό και να διογκώνονται. **Η ιδιότητα αυτή, γνωστή ως δραστικότητα, τα καθιστά ακατάλληλα για χρήση στις ασύνδετες στρώσεις ενός οδοστρώματος.** Όσον αφορά τα ασφαλτομίγματα,

τα υλικά αυτά προκαλούν προβλήματα στη συνάφεια ασφάλτου-αδρανών και κατ' επέκταση στη συνεκτικότητα του ασφαλτομίγματος (Su Hsu & Chai, 2001).

Το ερώτημα που προκύπτει λοιπόν, είναι πως θα εντοπιστούν τα αργιλικά υλικά και πως θα γίνει η διάκριση εάν αυτά είναι επιβλαβή ή όχι. Απάντηση στο ερώτημα αυτό έρχεται να δώσει η εργαστηριακή δοκιμή της ισοδύναμης άμμου. Ο έλεγχος εκτελείται με σκοπό το γρήγορο καθορισμό της σχετικής αναλογίας της λεπτότατης σκόνης αργιλώδους μορφής και της άμμου στα αδρανή που προορίζονται για υποβάσεις, βάσεις και ασφαλτομίγματα, καθώς και στα χαλικομιγή ή αμμώδη εδάφη. Η ύπαρξη χαμηλού ποσοστού ισοδυνάμου άμμου χαρακτηρίζει τα αδρανή ως μη «καθαρά» και αποτελεί μια ένδειξη, μόνο, της ύπαρξης επιβλαβούς ποσότητας πολύ λεπτών κόκκων διαστάσεων αργίλου.

Παρακάτω γίνονται υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης άμμου.

SE (Διερχόμενο 4mm)		SE (Διερχόμενο 2mm)	
		1ο επιμέρους δείγμα/ 1st Subsample	
Βάρος Δείγματος MT (gr)	MT = (120(100+w)/100= 120 gr	Βάρος υγρό M ₁ / Mass M ₁ /	[gr]
		Βάρος στεγνό πλυμένο M ₂ / Mass M ₂	[gr]
		Περιεκτικότητα Παιτάλης f/ Fines content f	$100 - \frac{M_2(100+w)}{M_1}$
		2ο επιμέρους δείγμα/ 2st Subsample	
		f ≤ 10	f > 10
		MT = $\frac{120(100+w)}{100}$	M3 (υγρό με παιτάλη) $M_3 = \frac{1200}{f} \left(1 + \frac{w}{100}\right)$
			M4 (ξηρό πλυμένο στο κόσκινο 0.063) $M_4 = 120 - \frac{1200}{f}$
			MT = M3+M4

		1	2
Ανάγνωση αργίλου/ Clay reading	h ₁ [mm]	15,4	15,9
Ανάγνωση άμμου/ Sand reading	h ₂ [mm]	10,4	11,1
Ισοδύναμο άμμου/ Sand equivalent	100(h ₂ /h ₁)	67,7	69,7

SE	69
----	----

Παρατηρήσεις / Remarks	Η παραπάνω δοκιμή αναφέρεται σε ξηρό δείγμα (W=0%) διερχόμενο από το κόσκινο 4 mm σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-8: παρ.7
------------------------	--

Εικόνα 8: Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης άμμου

3.3.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Το σκυρόδεμα είναι ένα τριφασικό υλικό που εμπεριέχει και την στερεή (κόκκοι) και την υγρή (νερό) και την αέρια φάση (αέρας). Στην ειδική περίπτωση όπου το έδαφος είναι κορεσμένο, το έδαφος είναι διφασικό υλικό αποτελούμενο από τους εδαφικούς κόκκους και το νερό των εδαφικών πόρων.

Η περιεχόμενη υγρασία ορίζεται ως το ποσοστό του βάρους του περιεχόμενου νερού, προς το βάρος της στερεάς φάσης (των εδαφικών κόκκων). Ως φυσική υγρασία ορίζεται η περιεχόμενη υγρασία ενός εδαφικού δείγματος στην φυσική του κατάσταση.

Παρακάτω ακολουθούν ενδεικτικά αποτελέσματα από την εργαστηριακή μέτρηση για ένα κομμάτι του δρόμου.

Αριθμός δείγματος/ No of sample:		-
Αριθμός κάψας/ No of dish:		
Βάρος κάψας + υγρό δείγμα/ Dish + wet sample:	A	3989,0
Βάρος κάψας + ξηρό δείγμα/ Dish + dry sample:	B	3879,0
Βάρος νερού/ Weight of water	Γ	110
Βάρος κάψας/ Weight of dish	Δ	
Βάρος ξηρού δείγματος/ Weight of dry sample	E	3879,0
Υγρασία/ Moisture	Z	2,8
Μέση τιμή υγρασίας/ Average moisture	H	-

Εικόνα 9: Αποτελέσματα από την εργαστηριακή μέτρηση για ένα κομμάτι του δρόμου

3.3.7. ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Η συσκευή πυρηνικής πυκνότητας υγρασίας (ή πυρηνικός μετρητής) έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη μέτρηση της υγρασίας και της πυκνότητας των εδαφών, των αδρανών υλικών, των τσιμέντων και των ασβεστοπυριτικών υλικών και για τη μέτρηση της πυκνότητας του

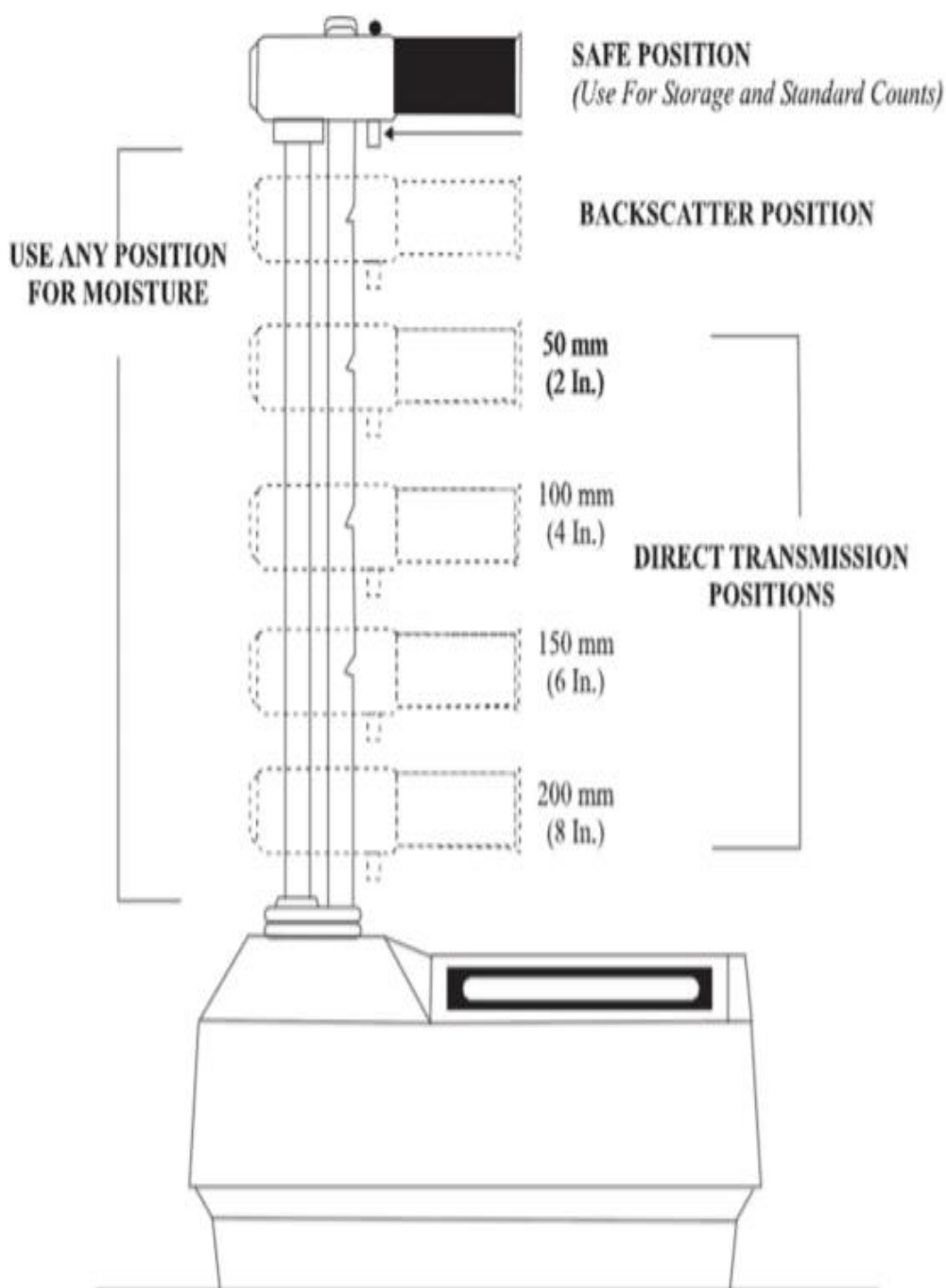
ασφαλτικού σκυροδέματος. Προσφέρει στον Επιθεωρητή και τον Ανάδοχο μια μέθοδο για γρήγορη, ακριβή και επιτόπια μέτρηση πυκνότητας και υγρασίας. Με κατάλληλες βαθμονομήσεις, η συσκευή δίνει αποτελέσματα που είναι συγκρίσιμα με αυτά που δίνονται από το Sand Cone ή το Volume Meter Test.

Η συσκευή χρησιμοποιεί μια μικρή ραδιενεργή πηγή η οποία στέλνει ακτινοβολία μέσω του υπό δοκιμή υλικού, δίνοντας δεδομένα που μπορούν να συσχετιστούν με την πυκνότητα και / ή την υγρασία.

Αν και δεν επιβάλλεται κίνδυνος ακτινοβολίας στον χειριστή όταν ακολουθεί τις κανονικές διαδικασίες χρήσης, υπάρχει πιθανός κίνδυνος εάν χρησιμοποιηθεί ακατάλληλα. Τρεις τρόποι περιορισμού της έκθεσης σε ακτινοβολία είναι ο χρόνος, η απόσταση και η θωράκιση. Πριν από τη λειτουργία ενός πυρηνικού μετρητή, ένα άτομο πρέπει να περάσει ένα πρόγραμμα πυρηνικής ασφάλειας και να λάβει ένα σήμα θερμοφωταύγειας δοσιμέτρου (TLD) (Sherwood, 1995).

Το σήμα μετρά την έκθεση σε ακτινοβολία και πρέπει να φοριέται κάθε φορά που λειτουργεί πυρηνικός μετρητής. Το TLD πρέπει να φυλάσσεται τουλάχιστον 10 μέτρα από το μανόμετρο. Δεν πρέπει να λειτουργούν δύο μετρητές σε απόσταση 33 μέτρων το ένα από το άλλο.

Μια μικρή πηγή ραδιενεργού βρίσκεται στο άκρο της ράβδου ανοξείδωτου χάλυβα που χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο πυκνότητας, ενώ μια άλλη πηγή βρίσκεται μέσα στη συσκευή η οποία χρησιμοποιείται ειδικά για την ταυτόχρονη λήψη δεδομένων υγρασίας. Η ράβδος αντίχνευσης μπορεί να μετακινηθεί στα διάφορα επιθυμητά βάθη, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Οι θέσεις είναι σφραγισμένες στη ράβδο οδηγού για εύκολο προσδιορισμό των κατάλληλων βαθών.



Εικόνα 10: Διάγραμμα πυρηνικού μετρητή

3.3.7.1. ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Ο ΜΕΤΡΗΤΗΣ;

Ο πυρηνικός μετρητής έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε υγρασία και της πυκνότητας των εδαφών, των αδρανών υλικών, των υλικών που έχουν υποστεί επεξεργασία τσιμέντου και ασβέστη και για τη μέτρηση της πυκνότητας του ασφαλικού σκυροδέματος. Προσφέρει στον επιθεωρητή μια μέθοδο για γρήγορη, ακριβή, επιτόπια μέτρηση της πυκνότητας και της υγρασίας. Με κατάλληλες εργαστηριακές

βαθμονομήσεις και σωστή λειτουργία πεδίου του μετρητή, η συσκευή δίνει αποτελέσματα που είναι συγκρίσιμα με αυτά που δίδονται από τις δοκιμές άμμου κώνου.

Το άκρο της ράβδου πηγής περιέχει μια μικρή ραδιενεργή πηγή (Καίσιο – 137) που εκπέμπει ακτίνες γάμμα. Οι ανιχνευτές στη βάση του μετρητή μετρούν αυτήν την ακτινοβολία και υπολογίζουν την πυκνότητα του υλικού. Ο μετρητής έχει δύο μετρήσεις πυκνότητας μέτρησης: τη λειτουργία μετρητή άμεσης μετάδοσης και τη λειτουργία οπισθοσκέδασης. Στη λειτουργία άμεσης μετάδοσης, η ράβδος πηγής εισάγεται στο υλικό που πρόκειται να ελεγχθεί στο επιθυμητό βάθος δοκιμής (Standard, 2009).

Το βάθος 6 ιντσών είναι το πιο συνιστώμενο βάθος για τον έλεγχο πυκνότητας και περιεκτικότητας υγρασίας ταυτόχρονα σε εδάφη που χρησιμοποιούνται σε γεμίσματα, επιχώματα και υποβαθμίσεις. Το βάθος 4 ιντσών χρησιμοποιείται για την πλήρωση γύρω από σωλήνες και στηρίγματα όπου χρησιμοποιείται χειροκίνητη συμπίεση και πνευματική συμπίεση. Το βάθος 8 ιντσών χρησιμοποιείται μόνο όταν καθορίζεται στη σύμβαση.

Στη λειτουργία οπισθοσκέδασης, ο μετρητής τοποθετείται στο προς δοκιμή υλικό και η ράβδος πηγής είναι κλειδωμένη στην πρώτη θέση κάτω από τη θέση ασφαλής. Δεδομένου ότι η ράβδος είναι επίπεδη με το κάτω μέρος του μετρητή και δεν απαιτείται τρύπα για τη ράβδο, η λειτουργία οπίσθιας σκέδασης χρησιμοποιείται μόνο σε συνδυασμό με τη μέθοδο κυλίνδρου / λωρίδας ελέγχου για τη δοκιμή πυκνότητας σε ασφάλτινο σκυρόδεμα και όλο το συνολικό υλικό (Waty et al., 2018).

Ο μετρητής έχει μια εσωτερική ραδιενεργή πηγή (Americium – 241: Beryllium) που εκπέμπει νετρόνια που μετρούν το υδρογόνο για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε υγρασία. Οποιαδήποτε θέση κάτω από τη θέση ασφάλειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε υγρασία.

Προβλήματα μπορεί να προκύψουν κατά τη δοκιμή υλικών που περιέχουν μίκα, βόριο, κάδμιο και χλώριο ή κατά τη δοκιμή βαρέων αργίλων και οργανικού υλικού. Η πυρηνική πυκνότητα συγκρίνεται με τη μέγιστη πυκνότητα ξηρού για τον υπολογισμό της εκατοστιαίας πυκνότητας και η περιεκτικότητα υγρασίας από τον πυρηνικό μετρητή συγκρίνεται με τα βέλτιστα όρια υγρασίας.

Παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων από ένα σημείο του δρόμου.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ/ DEVICE DATA													
Σειριακός Αριθμός / Serial number				Ημερομηνία Διακρίβωσης / Calibration date			STANDARDIZATION						
TROXLER 3450 / 62071				11/4/2016			Standard counts						
							MS			DS			
Αριθμός πρωτί/λου	Κωδικός δοκιμής	Χ.Θ.-Διατομή		Βάθος	Proctor		Ενδείξεις οργάνου/ Display of device						
Register number	Test id.code	Chainage Cross-section		Depth	Μέγιστη ξηρή πυκνότητα/ Max Dry Density	Βέλτιστη υγρασία/ Opt. Moisture	Υγρή πυκνότητα/ Wet density	Ξηρή πυκνότητα/ Dry density	Περιεχόμενη Υγρασία/ Moisture		Συμπύκνωση/ Compaction (%)		
				(cm)	(Kg/m ³)	(%)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	kg/m3	(%)	Απαι- τούμενη/ Requir- ed	Μετρηθεί- σα/ Calcu- lated	
PAVE-8291		1+520	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ	ΤΕΛΙΚ Η ΣΤΡΩΣ Η	10	2232	3,9	2301	2225	75,7	3,40	98	99,7
Pi 295		1+760	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ	ΤΕΛΙΚ Η ΣΤΡΩΣ Η	10	2232	3,9	2334	2253	81,1	3,60	98	100,9
PAVE-8298		1+840	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ	ΤΕΛΙΚ Η ΣΤΡΩΣ Η	10	2232	3,9	2287	2216	70,9	3,20	98	99,3
PAVE-8301		2+000	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΛΑΔΟΣ ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ	ΤΕΛΙΚ Η ΣΤΡΩΣ Η	10	2232	3,9	2343	2259	63,6	3,70	98	101,2

Εικόνα 11: Αποτελέσματα μετρήσεων από ένα σημείο του δρόμου

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία υλικών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση εργασιών κατασκευής και αποκατάστασης δρόμων. Είναι αδύνατο να εξετάσουμε όλες τις ποικιλίες τους και να τους δώσουμε μια περιγραφή. Στην εργασία αυτή περιγράφηκαν και εξετάστηκαν ορισμένοι τύποι σύγχρονων οικοδομικών υλικών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δρόμων και ειδικότερα της ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ.

Το σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό που συνδέεται μαζί με ένα ρευστό τσιμέντο (τσιμέντο πάστα) που σκληραίνει με την πάροδο του χρόνου. Στο παρελθόν, συνδετικά τσιμέντα με βάση ασβέστη, όπως στόκος ασβέστη, χρησιμοποιήθηκαν συχνά, αλλά μερικές φορές με άλλα υδραυλικά τσιμέντα, όπως τσιμέντο αργιλικού ασβεστίου ή με τσιμέντο Portland για να σχηματίσουν τσιμέντο Portland (ονομάζεται για την οπτική ομοιότητά του με την πέτρα Portland).

Πολλοί άλλοι μη τσιμεντοειδείς τύποι σκυροδέματος υπάρχουν με άλλες μεθόδους δέσμευσης αδρανών μαζί, συμπεριλαμβανομένου ασφάλτου σκυροδέματος με συνδετικό άσφαλτο, το οποίο χρησιμοποιείται συχνά για οδικές επιφάνειες και σκυροδέματα πολυμερών που χρησιμοποιούν πολυμερή ως συνδετικό (Standard, 2009).

Εξ ορισμού, το σκυρόδεμα αποτελείται από τρία μέρη, συμπεριλαμβανομένου του τμήματος πάστας τσιμέντου (τσιμέντου και νερού), του αδρανούς τμήματος (χαλίκι και άμμου) και του τμήματος μετάβασης (διεπιφανειακή ζώνη μετάβασης), που βοηθούν στη φόρμα του σκυροδέματος. Ειδικά σκυροδέματα είναι εκείνα που έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ή αναμιγνύονται με ασυνήθιστους τρόπους (Waty et al., 2018).

Συμπερασματικά, η κατασκευή και η συντήρηση ενός οδικού έργου είναι σύνθετη και πολυπαραγοντική. Το κύριο μέρος του έργου σχετίζεται με τις μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος οι οποίες έχουν πολλές συνιστώσες και επηρεάζονται από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η περίπτωση της ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ και βάσει των μετρήσεων που έγιναν για την κατασκευή του δρόμου αυτού προκύπτει ότι το κομμάτι της ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ για το τμήμα S1 (Αντίρριο – Κουβαράς) διαμορφώθηκε και δομήθηκε βάσει των προτύπων του ΕΛΟΤ. Συνεπώς, στο τμήμα αυτό της ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ η ποιότητα του δρόμου και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν είναι η επιθυμητή και αναγκαία βάσει των προτύπων που ορίζει ο ΕΛΟΤ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Balaguera, A., Carvajal, G. I., Albertí, J., & Fullana-i-Palmer, P. (2018). Life cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 37-48.
- [2]. Barr, P. (1987). *Guidelines for the design and assessment of concrete structures subjected to impact* (No. SRD-R--439). UKAEA Safety and Reliability Directorate.
- [3]. Cho, Y., Kabassi, K., Zhuang, Z., Im, H., Wang, C., Bode, T., & Kim, Y. R. (2011). *Non-nuclear method for density measurements* (No. SPR1 (10) P335). Lincoln, NE: Nebraska Department of Roads, Report SPR1 (10).
- [4]. Chowdhury, R., Apul, D., & Fry, T. (2010). A life cycle based environmental impacts assessment of construction materials used in road construction. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(4), 250-255., 54(4), 250-255.
- [5]. Cruvinel, P. E., Cesareo, R., Crestana, S., & Mascarenhas, S. (1990). X-and gamma-rays computerized minitomograph scanner for soil science. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 39(5), 745-750.
- [6]. Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2016). *Design of concrete structures*. New York, NY, USA:: McGraw-Hill Education.
- [7]. Delatte, N. J. (2014). *Concrete pavement design, construction, and performance*. Crc Press.
- [8]. Farhangdoust, S., & Mehrabi, A. (2019). Health monitoring of closure joints in accelerated bridge construction: a review of non-destructive testing application. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 17(7), 381-404.
- [9]. Fleming, P. R., Frost, M. W., & Lambert, J. P. (2009). Lightweight deflectometers for quality assurance in road construction. In *IN: Tutumluer, E. and Al-Qadi, IL (eds). Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields: Proceedings of the 8th International Conference (BCR2A'09)* (pp. 809-818). CRC Press (Taylor & Francis Group) Please cite the published version.
- [10]. Gardner, R. P., & Roberts, K. F. (1967). Density and moisture content measurements by nuclear methods. *NCHRP Report*, (43).
- [11]. Gjorv, O. E. (2003). Durability design and construction quality of concrete structures. In *International Conference on Advances in Concrete and Structures* (pp. 309-320). RILEM Publications SARL.
- [12]. Gjorv, O. E. (2011). Durability of concrete structures. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 36(2), 151-172.

- [13]. Helal, J., Sofi, M., & Mendis, P. (2015). Non-destructive testing of concrete: A review of methods. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 14(1), 97-105.
- [14]. Hoła, J., Bień, J., & Schabowicz, K. (2015). Non-destructive and semi-destructive diagnostics of concrete structures in assessment of their durability. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 63(1), 87-96.
- [15]. Hunter, R. N. (Ed.). (2000). *Asphalts in road construction*. Thomas Telford.
- [16]. Kosmatka, S. H., & Panarese, W. C. (1988). *Design and control of concrete mixtures* (No. EB001. 13T).
- [17]. Malek, J., & Kaouther, M. (2014). Destructive and non-destructive testing of concrete structures. *Jordan journal of civil engineering*, 159(3269), 1-10.
- [18]. Mroueh, U. M., Eskola, P., Laine-Ylijoki, J., Wellman, K., Mäkelä, E., Juvankoski, M., & Ruotoistenmäki, A. (2000). Life cycle assessment of road construction. *Tielaitoksenselvityksiä*.
- [19]. Müller, C. (2012). Use of cement in concrete according to European standard EN 206-1. *HBRC Journal*, 8(1), 1-7.
- [20]. Ramachandran, V. S., & Beaudoin, J. J. (2000). *Handbook of analytical techniques in concrete science and technology: principles, techniques and applications*. Elsevier.
- [21]. Rao, C., Von Quintus, H., & Schmitt, R. L. (2007). Calibration of Nonnuclear Density Gauge Data for Accurate In-Place Density Prediction. *Transportation research record*, 2040(1), 123-136.
- [22]. Sargand, S. M., Kim, S. S., & Farrington, S. P. (2005). Non-nuclear density gauge comparative study. *Draft Final Report. Ohio Research Institute for Transportation and the Environment*, 114, 45701-2979.
- [23]. Sawangsuriya, A., Ketkaew, C., & Sramoon, W. (2012). Laboratory evaluation of the soil density gauge (SDG). In *GeoCongress 2012: State of the Art and Practice in Geotechnical Engineering* (pp. 2707-2715).
- [24]. Sherwood, P. T. (1995). *Alternative materials in road construction*.
- [25]. Standard, B. (2009). Testing hardened concrete. *Compressive Strength of Test Specimens*, BS EN, 12390-3.
- [26]. Su, N., Hsu, K. C., & Chai, H. W. (2001). A simple mix design method for self-compacting concrete. *Cement and concrete research*, 31(12), 1799-1807.
- [27]. Waty, M., Alisjahbana, S. W., Gondokusumo, O., Sulistio, H., Hasyim, C., Setiawan, M. I., & Ahmar, A. S. (2018). Modelling of waste material costs on road construction projects.

- [28]. Weinert, H. H. (1980). *Natural road construction materials of Southern Africa*. CSIR.
- [29]. Xu, Q., & Chang, G. K. (2016). Adaptive quality control and acceptance of pavement material density for intelligent road construction. *Automation in Construction*, 62, 78-88.
- [30]. Yin, H. M., & Luo, Z. (2009). Investigation of the nuclear gauge density calibration method. *Road materials and pavement design*, 10(3), 625-645.