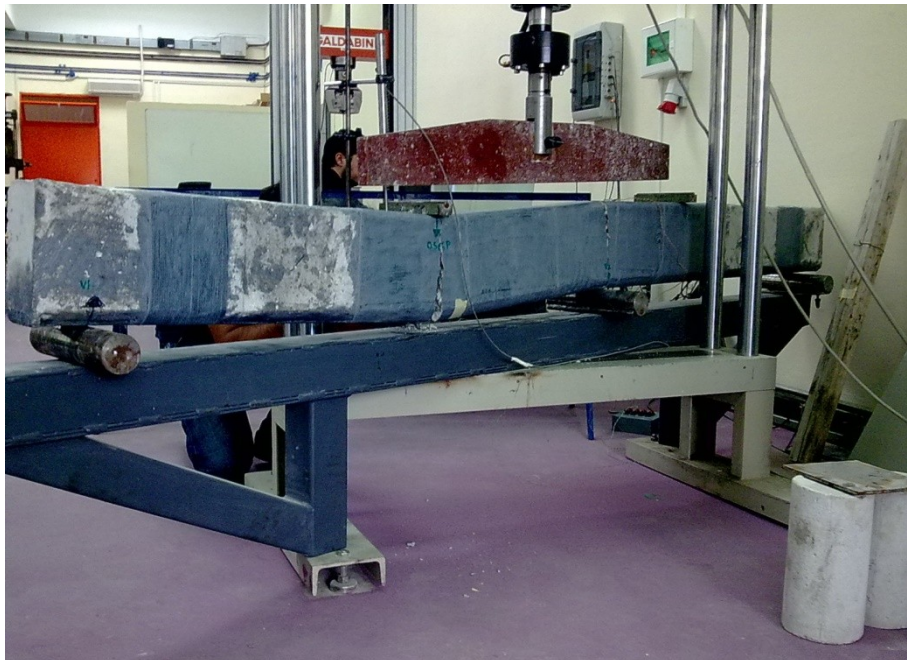


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστηριακές Ασκήσεις **Οπλισμένου Σκυροδέματος**



Δρ Κωνσταντίνος Δημάκος
Καθηγητής - Διευθυντής Εργαστηρίου

Αθήνα, 2018

Πρόλογος

Ο σκοπός του παρόντος βιβλίου είναι να δώσει στον μελετητή, είτε αυτός είναι φοιτητής Προπτυχιακού ή Μεταπτυχιακού επιπέδου είτε είναι μηχανικός πράξης, κάποιες γνώσεις για την συμπεριφορά του Οπλισμένου Σκυροδέματος με ή χωρίς ενισχύσεις σε διάφορες καταπονήσεις.

Οι ολοένα περισσότερες απαιτήσεις για γνώση από τον πολιτικό μηχανικό, ώστε να μπορέσει να αντιμετωπίσει αυτός όλο και πιο δύσκολα εμφανιζόμενα προβλήματα με συνδυασμό παραμέτρων, επιβάλλουν την εκτενέστερη ανάπτυξη των διαφόρων μεθόδων, που εφαρμόζονται στην πράξη για να εκτιμηθεί και υπολογισθεί η αντοχή και γενικότερα η ανθεκτικότητα του Σκυροδέματος με ή χωρίς οπλισμό και πρόσθετα.

Δοθέντος, ότι οι δράσεις και οι παράμετροι, που επηρεάζουν την παραμορφωσιακή κατάσταση των κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος, είναι πολλές έγινε προσπάθεια να δοθεί περιγραφή και ανάλυση των σημαντικότερων πειραματικών δοκιμών και κάποιων θεωρητικών αναλύσεων, που βοηθούν τον φοιτητή και τον μηχανικό πράξης, ώστε να μπορεί να εκτιμήσει την αντοχή ενός οπλισμένου δομικού στοιχείου με συμβατικό χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή.

Πρέπει να τονισθεί, ότι εις το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής δημιουργήθηκε το Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος με συνεχή και επίπονη προσπάθεια του γράφοντος και των συνεργατών του, το οποίο διαθέτει αξιόλογο εξοπλισμό με βαθμονομημένες μηχανές για διάφορες πειραματικές δοκιμές, υπολογιστές με κατάλληλο λογισμικό, ενώ τέλος χρησιμοποιούνται υλικά και τεχνολογίες σύγχρονες.

Ο γράφων ευχαριστώ θερμά και από αυτή τη θέση αυτή όλους τους συνεργάτες μου, που συνέβαλαν στην επιτυχή λειτουργία του Εργαστηρίου και στην υποστήριξη συγγραφής αυτού του βιβλίου και ιδιαίτερος τον Δημήτριο Δρίβα, τον Γεώργιο Δημητράκη και τον Χρυσοβαλάντη Ξουρή, το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής για την υλικοτεχνική του υποστήριξη στην αναβάθμιση του Εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος, όπως επίσης και όλους τους φοιτητές μου (Προπτυχιακού ή Μεταπτυχιακού επιπέδου ή τους εκπονούντες την Πρακτική άσκησή τους) για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους και την εν γένει συνδρομή τους.

Κωνσταντίνος Βύρ. Δημάκος
Καθηγητής
Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δοκιμή Los Angeles.....σελ. 4
2. Δοκιμή Υπολογισμού Αντοχής Τσιμεντοκονιάματος.....σελ.8
3. Δοκιμή Προσδιορισμού Φυσικών Ιδιοτήτων Τσιμέντου.....σελ.14
4. Δοκιμή Προσδιορισμού Κάθισης και Ωρίμανσης Σκυροδέματος.....σελ.20
5. Δοκιμή Προσδιορισμού Μηχανικών Ιδιοτήτων Σκυροδέματος.....σελ.28
6. Δοκιμή Άμεσου Προσδιορισμού Αντοχής Σκυροδέματος..... σελ.34
7. Δοκιμή Έμμεσου Προσδιορισμού Αντοχής Σκυροδέματος..... σελ. 50
8. Δοκιμή Προσδιορισμού Αντοχών Ινοπλισμένου Σκυροδέματος.....σελ.60
9. Δοκιμή Προσδιορισμού Ακαμψίας - Αντοχής - Πλαστιμότητας Δοκού Οπλισμένου Σκυροδέματος.....σελ.65
10. Άσκηση Υπολογισμού Οριακής Ροπής Αντοχής Δοκού Οπλισμένου Σκυροδέματος.....σελ. 71
11. Δοκιμή Επισκευής-Αποκατάστασης Δοκού Σκυροδέματος με Εποξειδική Ρητίνη..... σελ. 75
12. Δοκιμή Ενίσχυσης Δοκού Σκυροδέματος με Σύνθετα Υλικά.....σελ.78

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση και γενικά η αναπαραγωγή του παρόντος έργου με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά, στο πρωτότυπο ή σε μετάφραση ή άλλη διασκευή χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη, σύμφωνα με τον Ν. 2121/1983 και τη Διεθνή Σύμβαση της Βέρνης (που έχει κυρωθεί με τον Ν.100/1975).

1. ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES

Σκοπός Άσκησης

Η δοκιμή Los Angeles πραγματοποιείται για να προσδιορίσουμε την αντοχή των αδρανών υλικών σε τριβή και σε κρούση. Η δοκιμή αυτή κρίνεται σκόπιμη για να διαπιστωθεί η φθορά στην οποία υποβάλλονται κατασκευές από σκυρόδεμα, όπως είναι τα οδοστρώματα, τα δάπεδα, οι αεροδιάδρομοι καθώς και για να γίνει αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των υλικών στα λατομεία.

Προδιαγραφές

ΣΚ-345

AASHTO-T96

ΕΛΟΤ 408

ASTM C131-81

Στην προδιαγραφή ASTM C 131-81 η δοκιμή Los Angeles αναφέρεται ως: *“Resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine”* (“Αντίσταση σε φθορά μικρών τεμαχίων χονδρόκοκκων υλικών σε τριβή και σε κρούση στη συσκευή της Los Angeles”).

Περιγραφή άσκησης

Η δοκιμή Los Angeles πραγματοποιείται για να προσδιορίσουμε την αντοχή των αδρανών υλικών σε τριβή και σε κρούση. Η δοκιμή αυτή κρίνεται σκόπιμη γιατί αποτελεί μέθοδο προσδιορισμού της αντοχής των αδρανών υλικών σε τριβή και σε κρούση, όπως προαναφέρθηκε.

Προς τούτο τα υλικά τοποθετούνται μέσα στη συσκευή Los-Angeles (Εικόνα 1), η οποία είναι ένας χαλύβδινος κύλινδρος κλειστός και από τα δύο άκρα εσωτερικής διαμέτρου $28\pm 0.2\text{in}$ ($711\pm 5\text{mm}$) και εσωτερικού μήκους $20\pm 0.2\text{in}$ ($508\pm 5\text{mm}$). Πάνω στον κύλινδρο υπάρχει ένα άνοιγμα για την εισαγωγή του δείγματος, το οποίο κλείνει με ένα κατάλληλο καπάκι ώστε να μη βγαίνει σκόνη από τη συσκευή. Το άνοιγμα και το καπάκι είναι τέτοιου σχήματος, ώστε να μην αλλοιώνεται το κυλινδρικό περίγραμμα της συσκευής. Στο εσωτερικό της συσκευής είναι τοποθετημένη μια χαλύβδινη ράβδος σε απόσταση από το άνοιγμα όχι μικρότερη από 50in.



Εικ.1: Συσκευή Los Angeles

Η συσκευή περιστρέφεται εκτελώντας 33 στροφές το λεπτό. Τα υλικά τοποθετούνται μέσα στη συσκευή μαζί με ένα συγκεκριμένο αριθμό χαλύβδινων σφαιρών ορισμένου βάρους (Εικόνα 2). Η εφαρμογή της μεθόδου εναπόκειται στη φθορά του υλικού με την περιστροφή της συσκευής,



Εικ. 2: Χαλύβδινες σφαίρες, που τοποθετούνται στη συσκευή.

οπότε τα αδρανή προσκρούουν πάνω στα τοιχώματά της, στην εσωτερική ράβδο και στις σφαίρες, οπότε επέρχεται σταδιακά μείωση του βάρους τους.

Τα δείγματα που τοποθετούνται στη συσκευή για τη δοκιμή, αφού προηγουμένως έχουν πλυθεί και ξηραθεί, διαβαθμίζονται ανάλογα με το μέγεθος του κόσκινου, από το οποίο συγκρατούνται.

Έτσι διαμορφώνονται οι ακόλουθοι πίνακες (Πίνακας 1), όπου σχετίζεται το μέγεθος των εισερχόμενων υλικών και η ποσότητα τους, το είδος του μίγματος, καθώς επίσης ο αριθμός και το βάρος των σφαιρών (Πίνακας 2) που τοποθετούνται στη συσκευή.

| Κόσκινα | | Βάρος υλικού κάθε κλάσματος Διαβάθμιση | | | |
|---------------|---------------|---|----------|----------|----------|
| Διερχόμενο | Συγκρατούμενο | A | B | Γ | Δ |
| 1 1/2" | 1" | 1.250±25 | - | - | - |
| 1" | 3/4" | 1.250±25 | - | - | - |
| 3/4" | 1/2" | 1.250±25 | 2.500±10 | - | - |
| 1/2" | 3/8" | 1.250±25 | 2.500±10 | - | - |
| 3/8" | 1/4" | - | - | 2.500±10 | - |
| 1/4" | No4 | - | - | 2.500±10 | - |
| No4 | No8 | - | - | - | 5.000±10 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 5.000±25 | 5.000±10 | 5.000±10 | 5.000±10 |

Πίν. 1: Βάρη υλικού.

Συνολικά, όπως φαίνεται και από τους πίνακες 1 και 2 εισάγονται στη συσκευή 5000±10gr αδρανών υλικών, τα οποία τα ζυγίζουμε με ζυγαριά ακριβείας 1gr (Εικόνα 3). Η συσκευή τίθεται σε λειτουργία σε 500 στροφές. Κατόπιν,

| Διαβάθμιση | Αριθμός σφαιρών | Βάρος σφαιρών |
|------------|-----------------|---------------|
| A | 12 | 5000±25 |
| B | 11 | 4584±25 |
| Γ | 8 | 3330±20 |
| Δ | 6 | 2500±15 |

Πίν. 2: Αριθμός σφαιρών και βάρη σφαιρών.

το υλικό βγαίνει προσεκτικά από τη συσκευή προσέχοντας να μην χυθεί έστω και το ελάχιστο βάρος αδρανών. Στη συνέχεια διέρχεται από το κόσκινο No12. Το συγκρατούμενο υλικό πλένεται και ξηραίνεται στους 110 °C για 24h και μετά ζυγίζεται με ακρίβεια 1gr.

Η διαφορά βάρους από το αρχικό, που εισήχθη στη συσκευή (5000gr), είναι η ποσότητα, που έχει κονιορτοποιηθεί κατά τη δοκιμασία αντοχής σε τριβή και κρούση, που αναγόμενη επί τοις εκατό, αποτελεί τον συντελεστή τριβής w, δηλαδή:



Εικ. 3: Ζυγαριά ακριβείας 1gr

$$w = \frac{B \text{ αρχικό} - B \text{ τελικό}}{B \text{ αρχικό}} \times 100\%$$

Αν μειωθεί η περιστροφή της συσκευής στις 100 στροφές, η μείωση βάρους θα είναι ανάλογη του αριθμού των στροφών. Δηλαδή:

$$w = \frac{\text{Μείωση βάρους μετά από 100 στροφές}}{\text{Μείωση βάρους μετά από 500 στροφές}} \times 100\% = 0.2$$

Το ίδιο συμβαίνει, αν σε οποιαδήποτε άλλη στιγμή σταματήσουμε τη συσκευή. Αν δηλαδή ο αριθμός των στροφών διπλασιασθεί σε 200 στροφές, τότε θα έχουμε αντίστοιχο διπλασιασμό της μείωσης.

Συμπεράσματα

- Κατά τον ΕΛΟΤ-408, η φθορά πρέπει να είναι < 40% προκειμένου περί σκυροδέματος υποκείμενου σε φθορά από τριβή και κρούση (π.χ. οδοστρώματα από σκυρόδεμα, δάπεδα κ.τ.λ.)
- Χρησιμοποιείται η δοκιμή Los Angeles κατά την αξιολόγηση ενός υλικού σε λατομείο, απ' όπου μικρή τιμή του w δείχνει ένα πολύ σκληρό πέτρωμα, ενώ μία μεγάλη τιμή του παραπάνω συντελεστή, δείχνει ένα πολύ μαλακό πέτρωμα, το οποίο τρίβεται πάρα πολύ εύκολα, περιέχοντας μεγάλη ποσότητα παιπάλης και αν ξεπεραστεί το 40%, τότε το υλικό αυτό απορρίπτεται και δεν εισάγεται στη σύνθεση σκυροδέματος για έργα και κατασκευές μεγάλων απαιτήσεων.
- Μία ιδανική περιοχή για τον δείκτη w είναι ένα ποσοστό μεταξύ 25-28% . Κάτω από το 20% το πέτρωμα θεωρείται ιδιαίτερα σκληρό, ενώ πάνω από το 35% παρουσιάζει θρυμματισμό.

