

Σύνθεση σκυροδέματος μεγάλου ειδικού βάρους με σκωρίες χαλυβουργίας και ίνες χάλυβα

Ελευθέριος Αναστασίου

Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ., elan@civil.auth.gr

Μιχαήλ Παπαχριστοφόρου

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, papchr@civil.auth.gr

Αλέξανδρος Λιάπης

Υποψήφιος Διδάκτωρ ΑΠΘ, aliapisk@civil.auth.gr

Ιωάννα Παπαγιάννη

Καθηγήτρια Α.Π.Θ., papayian@civil.auth.gr

Εκτενής περίληψη

Το σκυρόδεμα μεγάλης πυκνότητας βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε εφαρμογές στην ιατρική, τη βιομηχανία αλλά και σε άλλους ερευνητικούς τομείς, λόγω της απαίτησης για αντοχή σε έκθεση σε ακτινοβολία και της απαίτησης για αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (Τορζυ, 2003, Παπαγιάννη and Αναστασίου, 2010). Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, σχεδιάστηκε σε εργαστηριακή κλίμακα σκυρόδεμα μεγάλου ειδικού βάρους σκυροδέματος (φαινόμενη πυκνότητα $> 3000 \text{ kg/m}^3$) υψηλής αντοχής, με ή χωρίς οπλισμό ιών χάλυβα. Για τη μεγιστοποίηση του ειδικού βάρους χρησιμοποιήθηκαν βαριά αδρανή (σκωρίες χαλυβουργίας με φαινόμενη πυκνότητα 3300 kg/m^3) σε διάφορα ποσοστά αντικατάστασης των συμβατικών θραυστών ασβεστολιθικών αδρανών, έως και 100%, όπως και υψηλό ποσοστό ιών χάλυβα (1,5% κ.ο.). πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εργαστηριακές συνθέσεις με διαφορετικές περιεκτικότητες σε τσιμέντο (από 300 έως 500 kg/m^3) και λόγο νερού προς τσιμέντο 0,25 ή 0,40. Σκοπός της διακύμανσης των παραμέτρων ήταν η μεγιστοποίηση της πυκνότητας του σκυροδέματος, με ικανοποιητική εργασιμότητα (τουλάχιστον S1). Στις δοκιμαστικές εργαστηριακές συνθέσεις μεταξύ άλλων εξετάστηκαν οι μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος (αντοχή σε κάμψη/ θλίψη, μέτρο ελαστικότητας, αντοχή σε κρούση, δυσθραυστότητα) καθώς και συμπεριφορά του υλικού μετά από έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες. Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα μέτρησης της φαινόμενης πυκνότητας και της θλιπτικής αντοχής των τεσσάρων δοκιμαστικών εργαστηριακών συνθέσεων.

Πίνακας 1. Αντοχές των διαφόρων εργαστηριακών συνθέσεων

Συνθέσεις	1	2	3	4
Ειδικό βάρος σκληρυμένου σκυροδέματος (kg/m^3)	2865	2894	2879	2929
Θλιπτική αντοχή 3 ημερών (MPa)	53.3	71.0	62.0	-
Θλιπτική αντοχή 7 ημερών (MPa)	66.0	68.0	67.1	55.2
Θλιπτική αντοχή 28 ημερών (MPa)	74.3	74.4	70.8	67.9

Από τις δοκιμαστικές εργαστηριακές συνθέσεις προκύπτει ότι ο στόχος της πυκνότητας $> 3000 \text{ kg/m}^3$ δεν επιτεύχθηκε για λίγο, αλλά σε όλες τις περιπτώσεις είχαμε βαρύ σκυρόδεμα υψηλής αντοχής. Η βέλτιστη περίπτωση αφορούσε τη σύνθεση 4, όπου με 300 kg/m^3 τσιμέντο, λόγο $w/c = 0,40$ και 1,5% κ.ο. χαλύβδινες ίνες επιτεύχθηκε η μεγαλύτερη πυκνότητα. Η σύνθεση αυτή επιλέχθηκε για περαιτέρω ελέγχους, όπως η μέτρηση του στατικού μέτρου ελαστικότητας, η αντοχή σε κάμψη και η δυσθραυστότητα σύμφωνα με αμερικανικά, ευρωπαϊκά και ιαπωνικά πρότυπα. Μετρήθηκε, επίσης, η αντοχή σε κρούση ασκώντας επαναλαμβανόμενα κρουστικά φορτία από σταθερό ύψος μέχρι τη θραύση του και υπολογίζοντας την ενέργεια που απορροφάται από το δοκίμιο. Συγκριτικά με ένα συμβατικό δοκίμιο ινοπλισμένου σκυροδέματος, το σκυρόδεμα ελέγχου απορρόφησε περίπου 6 φορές μεγαλύτερη ενέργεια πριν τη θραύση του (Σχ.1). Για τον έλεγχο συμπεριφοράς σε υψηλές θερμοκρασίες τα δοκίμια θερμάνθηκαν θερμοκρασία 500°C και στη συνέχεια ελέγχθηκαν ως προς τη θλιπτική αντοχή τους και την ταχύτητα διέλευσης υπέρηχου (ultrasonic pulse velocity).



Σχ. 1 Δοκίμια με σκωριοαδρανή (κάτω) και ασβεστολιθικά αδρανή (πάνω) μετά τη δοκιμή σε κρούση



Σχ.2 Μήτρα για τη σκυροδέτηση ογκόλιθου σε φυσικό μέγεθος

Τέλος, η επιλεγμένη σύνθεση πραγματοποιήθηκε σε εργοταξιακή κλίμακα, σε εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος, όπου σκυροδετήθηκε κυλινδρικός ογκόλιθος διαμέτρου 150 cm και ύψους 100 cm. Λόγω της δυσκολίας της μεταφοράς της εργαστηριακής σύνθεσης στο πεδίο, η φαινόμενη πυκνότητα και η αντοχή σε θλίψη του εργοταξιακού σκυροδέματος εμφανίζονται μειωμένες σε σχέση με την εργαστηριακή σύνθεση. Για τον περαιτέρω έλεγχο του εργοταξιακού σκυροδέματος λήφθηκαν πυρήνες και ελέγχθηκαν ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες.

Βιβλιογραφία

- Τορζυ, Ι. Β. (2003). Properties of heavyweight concrete produced with barite. *Cement and Concrete Research*, 33(6), 815-822.
- Papayianni, I., & Anastasiou, E. (2010). Production of high-strength concrete using high volume of industrial by-products. *Construction and Building Materials*, 24(8), 1412-1417.