

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΜΕ ΪΝΕΣ ΥΑΛΟΥ

Αναστασία Β. Σωτηροπούλου

Δρ. Πολ. Μηχ., Καθηγήτρια – Προϊσταμένη Τμημ. Εκπ/κών Πολ. Δομ. Έργων ΑΣΠΑΙΤΕ

Ζαχαρίας Γ. Πανδερμαράκης

Δρ. Μηχανικός – Επιστημ. Συνεργ. ΑΣΠΑΙΤΕ

Λέξεις κλειδιά: εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αδρανή από μάρμαρο, ινοπλισμένο σκυρόδεμα, ίνες υάλου, συστολή ξήρανσης, αυτογενής συστολή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Προσδιορίσθηκε η αυτογενής και η συνολική συστολή ξήρανσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος, το οποίο είχε ενισχυθεί με ίνες υάλου και ελέγχθηκε με αυτήν του άοπλου σκυροδέματος. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με εκείνα αντίστοιχων μετρήσεων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε χυτά δοκίμια ινοπλισμένα και άοπλα της ίδιας ακριβώς σύστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συστολή ξήρανσης εμφανίζεται περισσότερο αυξημένη στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα από ότι στο χυτό, ενώ όπως φάνηκε η χρήση οπλισμού ιών οδηγεί σε μικρότερες παρουσιαζόμενες συστολές, αν και το ποσοστό της αυτογενούς δεν φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα.

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (sprayed concrete ή shotcrete ή gunite) είναι ένα σκυρόδεμα με λεπτόκοκκο κλάσμα αδρανών –συνήθως έως 4 με 8mm- το οποίο χρησιμοποιείται εκτεταμένα στην ενίσχυση και επισκευή των κατασκευών. Μπορεί να διαστρωθεί άοπλο ή να περιλαμβάνει χαλύβδινες, πλαστικές ή ίνες υάλου και άνθρακα ως οπλισμό. Απαιτεί ειδικό εξοπλισμό, όπως και ικανό χειριστή (σχ.1α), και παρόλο το αρχικό κόστος του, είναι μία διάταξη που ανεβάζει κατά πολύ την παραγωγικότητα ενός έργου, μειώνοντας ανάλογα τους απαιτούμενους χρόνους. Δύο βασικές μέθοδοι έχουν διαφοροποιήσει σήμερα τη χρήση του. Η ξηρή και η υγρή μέθοδος. Η επιλογή της κάθε μεθόδου εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του έργου.



Σχήμα 1α : Διάστρωση εκτοξευόμενου σε πλαίσια στο χώρο του Εργαστηρίου Αντοχής της ΑΣΠΑΙΤΕ



Σχήμα 1β : Συντήρηση του εκτοξευόμενου μετά τη διάστρωσή του

ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Συνήθως οι ίνες που προστίθενται σε ένα σκυρόδεμα ως οπλισμός είναι βραχείες με μήκος μερικά εκατοστά ή και χιλιοστά, ενώ η διάμετρός τους είναι της τάξεως των μικρών. Επίσης και η αναλογία με την οποία υπεισέρχονται είναι εξίσου χαμηλή. Γύρω στο 1 με 3%. Βασικός σκοπός της χρήσης ινών είναι η αύξηση της πλαστιμότητας του βασικού σώματος και της απορροφούμενης ενέργειας κατά τη θραύση, αλλά και ο περιορισμός των αναπτυσσόμενων ρωγμών, λόγω πχ συστολών ή εξωτερικών καταπονήσεων, παράλληλα με μια συνήθως μικρή αύξηση της αντοχής.

ΣΥΣΤΟΛΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Το φαινόμενο της συστολής στο σκυρόδεμα είναι αρκετά σύνθετο και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η ειδική υγρασία αλλά και η σύστασή του. Ειδικότερα, η συστολή ξήρανσης προκαλείται κυρίως από την απώλεια ύδατος, όπως πχ με εξάτμιση, σε συνδυασμό με αυτήν λόγω χημικών δράσεων, οδηγώντας έτσι στην μείωση του όγκου. Λόγω όμως της μειωμένης εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος, ιδιαίτερα κατά το στάδιο της σκλήρυνσης, όπου και η συστολή εμφανίζεται ακόμα πιο έντονη, μπορεί να προκληθεί μικρορωγμάτωση και κατά συνέπεια μείωση της αντοχής. Παράγοντες που επιτείνουν το φαινόμενο είναι η περιεκτικότητα σε τσιμέντο, η λεπτότητα αλέσεως του τσιμέντου, η αυξημένη επιφάνεια του σώματος, ο αυξημένος υδατοτσιμεντοσυντελεστής και η ξηρότητα της ατμόσφαιρας (Barcelo L et al. 2005, Barr B et al. 2003)

Είναι γνωστό ότι το σκυρόδεμα αποτελείται από τριχοειδείς πόρους, στους οποίους το παραμένον νερό σχηματίζει με την επιφάνεια των κόκκων μικροσκοπικούς μηνίσκους. Καθώς η ποσότητα του ύδατος μειώνεται, λόγω της εξάτμισης και λόγω της προόδου των χημικών δράσεων της ενυδάτωσης του τσιμέντου, οι μηνίσκοι αυτοί έλκουν τις γειτονικές στέρεες περιοχές οδηγώντας το σώμα υπό καθεστώς μαζικής θλιπτικής καταπόνησης. Όμως η διαφοροποίηση στη συστολή, που εμφανίζεται κυρίως λόγω της γρήγορης επιφανειακής ξήρανσης, μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένη ρωγμάτωση. Έτσι η ένταση και η έκταση της παρουσιαζόμενης συστολής αποκτά ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον. Ένα τμήμα αυτής της συστολής, η αυτογενής συστολή, προκαλείται αυθόρμητα ακόμα και όταν

το σκυρόδεμα κρατηθεί μονωμένο χωρίς καμιά μεταβολή του βάρους του, υπό σταθερή θερμοκρασία (Tazawa E.I. & Miyazawa S 1995, Persson B 1995, Jensen O.M. & Hansen 2001, Rongbing B & Jian S 2005). Από αυτήν την άποψη εμφανίζεται περισσότερο αντιπροσωπευτική της τάσης για συστολή του σώματος και άρα ενδεικτική για το αναπτυσσόμενο μικροπορώδες αλλά και των εκδηλούμενων μικρορωγματώσεων κατά την πήξη του. Οι Jensen O.M. & Hansen P.F. (1999, 2001) για τον προσδιορισμό της αυτογενούς συστολής, επένδυσαν τα δοκίμια με λεπτές στρώσεις φύλλων πολυαιθυλενίου, ενώ ο Person B. (1998) τα επικάλυψε με 2mm βουτυλικού λάστιχου. Οι Tazawa E.I. & Miyazawa S. (1995) επικόλλησαν αυτοκολλούμενα φύλλα αλουμινίου και βουτυλικό λάστιχο στα σημεία των δεικτών μέτρησης, κάτι που εφάρμοσαν και οι Rongbing B. & Jian S. (2005) αλλά και οι Barcelo L et al (2005).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η όλη έρευνα χωρίστηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση μελετήθηκε η συμπεριφορά άοπλων δοκιμίων εκτοξευόμενου και χυτού σκυροδέματος, ενώ στη δεύτερη φάση μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης ινών υάλου στο εκτοξευόμενο και στο χυτό σκυρόδεμα. Χρησιμοποιήθηκε αδρανές μάρμαρο, κοκκομετρίας από 0 έως 4mm.

Χρησιμοποιούμενα υλικά

Τόσο στην παρασκευή του εκτοξευόμενου όσο και του χυτού σκυροδέματος η βασική σύσταση παρέμεινε η ίδια. Το τσιμέντο ήταν τύπου I52.5 ενώ τα αδρανή μάρμαρο με μέγεθος 0-4mm σε αναλογία με το τσιμέντο 1/3. Ο υδατοτσιμεντοσυντελεστής ήταν της τάξης του 40% ενώ οι ίνες υάλου που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τύπου E-glass με ε.β. 2.54 kg/lit, εφελκυστική αντοχή γύρω στο 250 N/mm², μέτρο ελαστικότητας 72GPa και διαστάσεων 4cm μήκος και 13μm διάμετρο σε αναλογία 0.4% κατά βάρος στο μίγμα των αδρανών.

Παρασκευή δοκιμίων

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε όλες τις φάσεις παρασκευάστηκε στο χώρο του εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών της ΑΣΠΑΙΤΕ. Σε κατάλληλα διαμορφωμένα ξύλινα πλαίσια 1000mm x 1000mm x 14mm εκτοξεύθηκε σκυρόδεμα ακολουθώντας τη μέθοδο της ξηρής ανάμιξης (σχ.1α). Μεγάλη

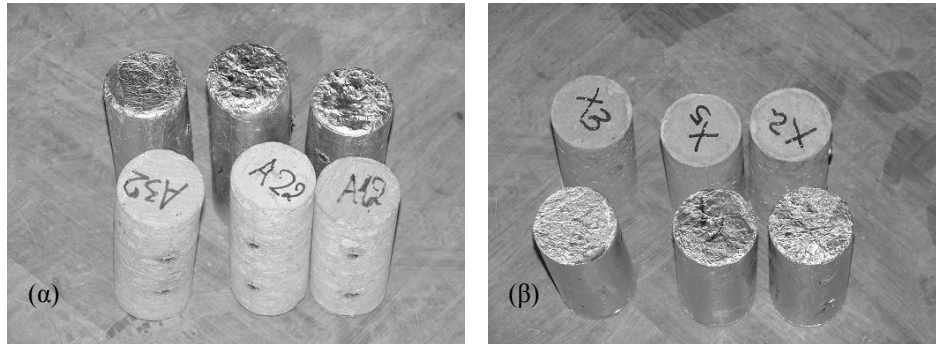
προσοχή δόθηκε στη διάστρωση του σκυροδέματος στα πλαίσια, μια και ως γνωστόν αποτελεί κρίσιμο παράγοντα σε όλες τις αντίστοιχες κατασκευές. Έτσι, ο χειρισμός του εξοπλισμού πραγματοποιήθηκε από εξειδικευμένο προσωπικό με πολυετή εμπειρία στο χώρο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενώ ακολουθήθηκαν με όσο το δυνατό πιστότερη ακρίβεια οι οδηγίες των σχετικών προτύπων ΠΕΤΕΠ 12-03-02-00 /2004, 14-01-14-00/ 2006, ΕFNARC 1996. Αφού αναμίχθηκαν τα αδρανή με τις ίνες και το τσιμέντο επαρκώς σε αναμκτήρα, ακολούθησε προδιαβροχή του υλικού και εκτόξευση του σκυροδέματος σε τρεις στρώσεις. Τρία πανέλα συμπληρώθηκαν σε κάθε φάση, από τα οποία ελήφθησαν αντιπροσωπευτικά δοκίμια (πυρήνες) με κατάλληλο εξοπλισμό: καρотиέρα, οι τελικές διαστάσεις των οποίων, μετά από κατάλληλη διαμόρφωση-επιπέδωση, βρίσκονταν στα 5cm διάμετρο και περίπου 10cm ύψος. Χαρακτηριστική διαστρωμάτωση των δοκιμίων παρατηρήθηκε, συνέπεια του τρόπου παρασκευής τους (Sotiropoulou A.B. & Pandermarakis Z.G. 2006).

Ταυτόχρονα με την εκτόξευση του σκυροδέματος, πραγματοποιήθηκε και σκυροδέτηση χυτού σε κατάλληλα διαμορφωμένες μήτρες διαστάσεων 5cm διαμέτρου και 10cm ύψους.

Τόσο μετά τη ολοκλήρωση της εκτόξευσης όσο και μετά τη σκυροδέτηση, το σκυρόδεμα συντηρήθηκε επαρκώς καλύπτοντάς το με κατάλληλα διαβρεγμένα υφάσματα (σχ.1β). Τα δοκίμια –εκτοξευόμενα και χυτά- συλλέχθηκαν αμέσως την επομένη της εκτόξευσης, ώστε να μειωθεί όσον το δυνατόν περισσότερο η απώλεια του αρχικού, με υψηλό ρυθμό, σταδίου της συστολής ξήρανσης.

Λήψη Μετρήσεων

Προέκυψαν έτσι έξι δοκίμια εκτοξευόμενου (δύο από κάθε πανέλο) και έξι χυτού σκυροδέματος. Για την μέτρηση της εκδηλούμενης συστολής επιλέχθηκε η μέθοδος με χρήση ορολογιακού επιμηκυνσιόμετρου. Εδώ το Demec Gauge. Δύο κομβία τοποθετήθηκαν επί των κυλινδρικών δοκιμίων, κατά μήκος μιας γενέτειράς τους και σε ακριβή απόσταση μεταξύ τους.

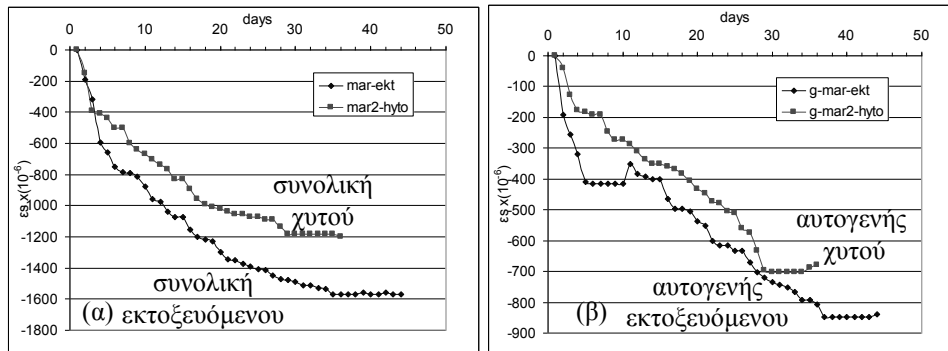


Σχήμα 2 : (α) πυρήνες εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τη μέτρηση της συνολικής και της αυτογενούς συστολής και (β) αντίστοιχα χυτά δοκίμια

Έτσι, η σχετική απομάκρυνση ή σύγκλισή τους και κατά συνέπεια η ίδια η συστολή των δοκιμίων, ήταν εύκολο να μετρηθεί εφαρμόζοντας πάνω τους το ως άνω ωρολογιακό επιμηκυσιόμετρο. Οι σχετικές ενδείξεις που λαμβάνονταν από το όργανο, μετατρέπονταν σε απόλυτες μετρήσεις μέσω κατάλληλων συντελεστών μεγέθυνσης, δίνοντας τελικά και την συνολικά εκδηλούμενη συστολή ξήρανσης του δοκιμίου σε κάθε περίπτωση (EN 12617-4/2002). Παράλληλα, για τον προσδιορισμό της αυτογενούς (χωρίς απώλεια βάρους) συστολής, επιλέχθηκε αντίστοιχος αριθμός εκτοξευόμενων δοκιμίων (πυρήνων) αλλά και χυτών, τα οποία –σύμφωνα και με τα προαναφερθέντα- μονώθηκαν επαρκώς χρησιμοποιώντας στρώσεις πολυεστερικής ρητίνης και φύλλων αλουμινίου όπως φαίνεται στην αντίστοιχη εικόνα (σχ.2).

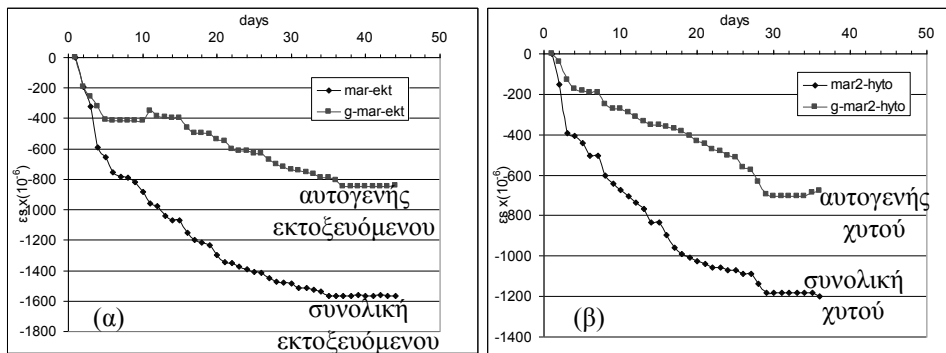
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέσα από τα διαγράμματα μεταβολής του μήκους μια σειράς δοκιμίων, μπορούμε να υπολογίσουμε την ανηγμένη τους συστολή και από εκεί να εξαγάγουμε μια μέση τιμή, αντιπροσωπευτική για τη συγκεκριμένη κατηγορία υλικού. Στα σχήματα που ακολουθούν οι αντίστοιχες καμπύλες που παραθέτουμε έχουν προκύψει από τις μέσες τιμές μετρήσεων τριών τουλάχιστον δοκιμίων για κάθε καμπύλη.

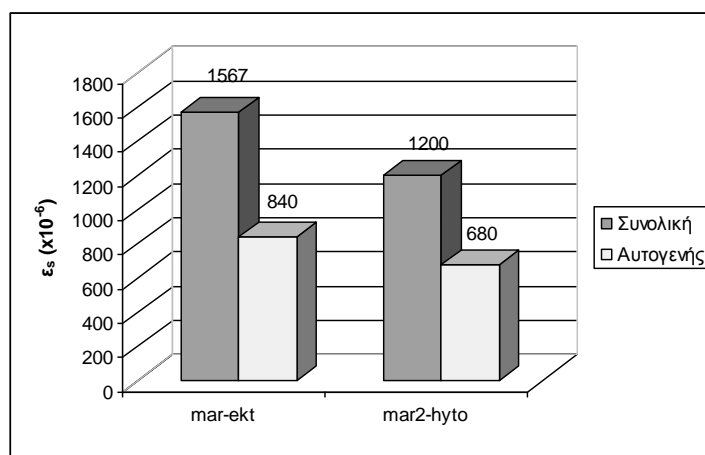


Σχήμα 3: Άοπλο σκυρόδεμα. (α) η συνολική συστολή ξήρανσης στο εκτοξευόμενο αλλά και στο χυτό σκυρόδεμα, (β) η αυτογενής συστολή στο εκτοξευόμενο και στο χυτό σκυρόδεμα

Τα σχήματα 3, 4 και 5 αφορούν το άοπλο εκτοξευόμενο και χυτό σκυρόδεμα, ενώ τα σχήματα 6, 7 και 8 αφορούν τα αντίστοιχα μεγέθη για το οπλισμένο με ίνες υάλου εκτοξευόμενο και χυτό σκυρόδεμα. Μια συνολική αντιμετώπιση επιχειρείται στη συνέχεια για τις παρουσιαζόμενες διαφοροποιήσεις στις διάφορες περιπτώσεις.

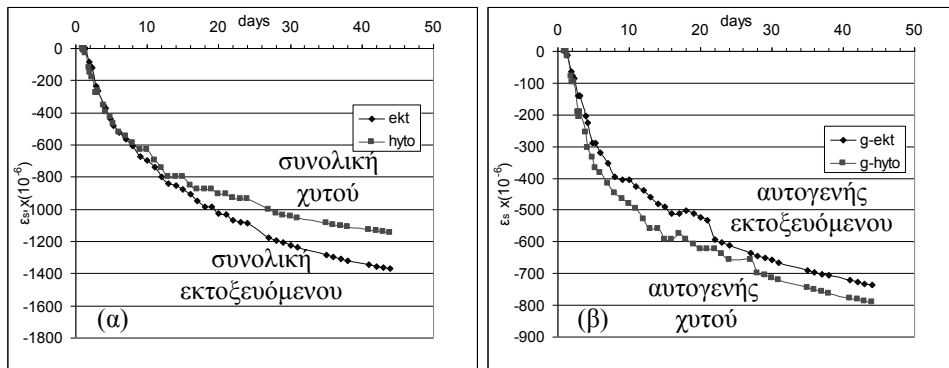


Σχήμα 4: Άοπλο σκυρόδεμα. (α) η συνολική συστολή ξήρανσης και η αυτογενής στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και (β) η συνολική και η αυτογενής συστολή στο χυτό σκυρόδεμα

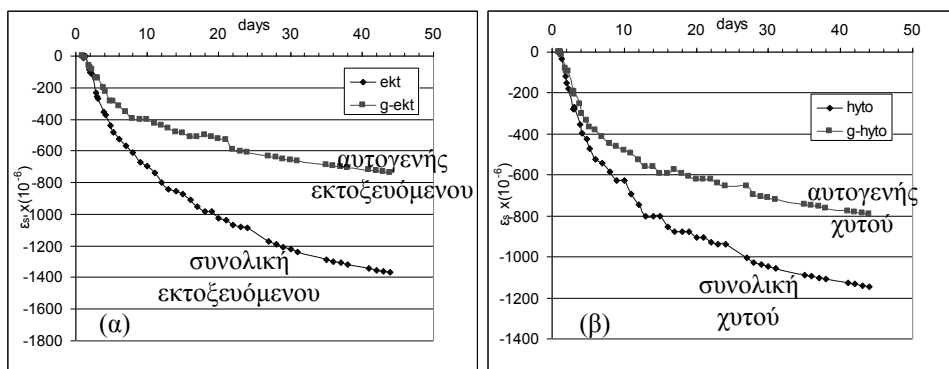


Σχήμα 5: Άοπλο σκυρόδεμα. Συνοπτικά η συνολική και η αυτογενής συστολή τόσο και για εκτοξευόμενο (αριστερά) όσο και για το χυτό (δεξιά) σκυρόδεμα

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της συστολής ξήρανσης, επιβεβαιώνεται ότι πράγματι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εμφανίζει αρκετά μεγαλύτερη συστολή σε σχέση με το χυτό. Στις περιπτώσεις που εξετάσαμε προέκυψε μια αύξηση της συστολής ξήρανσης κατά περίπου 30% για το άοπλο σκυρόδεμα και περίπου 20% αύξηση στην περίπτωση του οπλισμένου με διάσπαρτες ίνες σκυροδέματος. Από τα ίδια διαγράμματα προκύπτει ότι η αυτογενής συστολή δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τον τρόπο παρασκευής του σκυροδέματος. Ακολουθεί παρόμοια συμπεριφορά και στους δύο τρόπους παρασκευής: εκτοξευόμενου και χυτού, δίνοντας μια μέση τιμή για συστολή 45 ημερών περίπου $(860+680)/2=760\mu\text{s}$. Το μέγεθος αυτό αποτελεί το 55% της συνολικής συστολής ξήρανσης για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και το 65% για το χυτό.



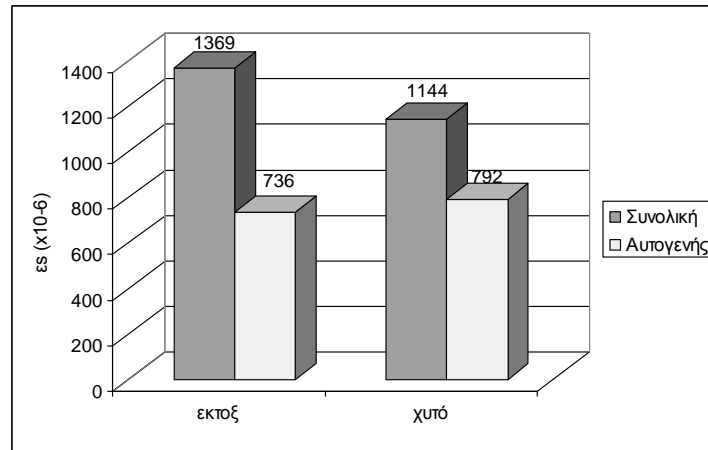
Σχήμα 6: Ινοπλισμένο σκυρόδεμα. (α) η συνολική συστολή ξήρανσης στο οπλισμένο με ίνες υάλου εκτοξευόμενο αλλά και στο χυτό σκυρόδεμα, (β) η αυτογενής συστολή στο οπλισμένο εκτοξευόμενο και στο χυτό σκυρόδεμα



Σχήμα 7: Ινοπλισμένο σκυρόδεμα. (α) η συνολική συστολή ξήρανσης και η αυτογενής στο οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και (β) η συνολική και η αυτογενής συστολή στο οπλισμένο χυτό σκυρόδεμα

Από την άλλη, η προσθήκη έστω και μικρής ποσότητας διάσπαρτων ιών υάλου στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα προκάλεσε μια πτώση της παρατηρούμενης συνολικής συστολής ξήρανσης. Παρόμοια συμπεριφορά εμφανίστηκε και στην περίπτωση του χυτού. Πιο συγκεκριμένα: η μείωση της συνολικής συστολής προσδιορίστηκε γύρω στο 15% για το εκτοξευόμενο και γύρω στο 5% για το χυτό. Η αυτογενής συστολή ξήρανσης έδωσε για μεν το εκτοξευόμενο ινοπλισμένο τιμή γύρω στο 736

μs για δε το χυτό 792μs, δηλ. μια μέση τιμή γύρω στα $(736+792)/2=764\mu\text{s}$. Συγκρίνοντας την τιμή αυτή για το ινοπλισμένο με αυτήν που προέκυψε για το άοπλο σκυρόδεμα (760μs) μπορούμε να πούμε ότι η αυτογενής συστολή ξήρανσης δεν δείχνει να επηρεάζεται από τη χρήση ινών και επίσης φαίνεται να παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη του τρόπου παρασκευής του σκυροδέματος.



Σχήμα 8: Ινοπλισμένο σκυρόδεμα. Συνοπτικά η συνολική και η αυτογενής συστολή τόσο και για εκτοξευόμενο (αριστερά) όσο και για το χυτό (δεξιά) σκυρόδεμα

Από τα προηγούμενα διαγράμματα γίνεται φανερό ότι η συνολική και η αυτογενής συστολή, για το χρονικό διάστημα που αυτές μελετήθηκαν, συσχετίζονται άμεσα και μεταβάλλονται ανάλογα. Την πρώτη εβδομάδα από τη στιγμή της σκυροδέτησης το σκυρόδεμα φαίνεται να συστέλλεται αρκετά γρήγορα (της τάξεως του 100μs για κάθε ημέρα) ενώ τις επόμενες η εκδηλούμενη συστολή ομαλοποιείται φθάνοντας σε αρκετά βραδύτερους ρυθμούς (κάτω από 10μs ανά ημέρα) κυρίως 40 με 60 ημέρες μετά τη σκυροδέτηση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πράγματι παρουσιάζει μεγαλύτερη συστολή ξήρανσης σε σχέση με χυτά της ίδιας σύστασης. Η χρήση ινών υάλου περιορίζει τη συστολή ξήρανσης όχι όμως έντονα. Από την άλλη η παρατηρούμενη αυτογενής συστολή, η οποία αναπτύσσεται χωρίς μεταβολή του βάρους του σώματος και έχει τη βάση της σε ισχυρές δυνάμεις εντός τριχοειδών καναλιών, αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής συστολής και φαίνεται να παραμένει ανεπηρέαστη από τη χρήση οπλισμού στο σώμα.

Ευχαριστίες

Οι υπογράφωντες επιθυμούν να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους στην στήριξη αυτής της μελέτης η οποία αποτέλεσε τμήμα ερευνητικού προγράμματος με κωδικό MIS86473-14096/5/8/04 στα πλαίσια του έργου ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ Ι με Κοινοτική και Εθνική συγχρηματοδότηση από το ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστούμε τον επιστημονικό υπεύθυνο και μηχανικό της Marmoline κ. Σ.Παπαγιαννάκη για την προμήθεια των υλικών, και για τις πολύτιμες συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια του ερευνητικού έργου. Επίσης ευχαριστούμε τη λέκτορα του ΕΜΠ κ.Α. Μπάκα για τις πολύτιμες συμβουλές της.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Barcelo L., Moranville M. & Clavaud B., “Autogenous shrinkage of concrete : a balance between autogenous swelling and self-desiccation”, Cem. Concr. Res. 35, pp177-183 (2005)

Barr B., Hoseinian S.B. & Beygi M.A. “Shrinkage of concrete stored in natural environments”, Cem. Concr. Comp. 25, pp19-29 (2003)

Bentz D.P. & Jensen O.M., “Mitigation strategies for autogenous shrinkage cracking”, Cem. Concr. Comp. 26, pp677-685 (2004)

EFNARC, “European Specification for Sprayed Concrete” (1996)

Jensen O.M. & Hansen P.F., “Influence of temperature on autogenous deformation and relative humidity change in hardening cement paste”, Cem. Concr. Res. 29, pp567-575 (1999)

Jensen O.M. & Hansen P.F., “Autogenous deformation and RH-change in perspective”, Cem. Concr. Res. 31, pp1859-1865 (2001)

Persson B. "Experimental studies on shrinkage of high-performance concrete", Cem. Con. Res. 28, pp1023-1036 (1998)

Rongbing B & Jian S., "Synthesis and evaluation of shrinkage reducing admixture for cementitious materials", Cem. Concr. Res. 35, pp445-448 (2004)

Sotiropoulou, A. & Pandermarakis, Z., "Experimental Study of Concrete Using Marble Aggregates", 16th European Conference of Fracture Mechanics, Alexandroupolis (2006)

Tazawa E.I. & Miyazawa S., "Experimental study on mechanism of Autogenous shrinkage of concrete", Cem. Concr. Res. 25, pp 1633-1638 (1995)

EN 12617-4, "Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Test methods – Part 4: Determination of shrinkage and expansion", May 2002 (ΕΛΟΤ EN 12617.04, Προϊόντα και συστήματα για την προστασία και επισκευή δομημάτων από σκυρόδεμα – Μέθοδοι δοκιμής – Μέρος 4: Προσδιορισμός συστολής και διαστολής)

ΠΕΤΕΠ: 12-03-02-00, "Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα", Έκδοση 1^η, ΥΠΕΧΩΔΕ, 2^η Ομάδα Διοίκησης Έργου, Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ), (2006)

ΠΕΤΕΠ: 14-01-14-00, "Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα σε Έργα Επεμβάσεων", Έκδοση 1^η, ΥΠΕΧΩΔΕ, 2^η Ομάδα Διοίκησης Έργου, Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ), (2004)