

Διερεύνηση παραγωγής αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στην Κύπρο με παραπροϊόντα από την εγχώρια αγορά.

*Περικλής Σάββα, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός – Λατομεία Φαρμακά*

*Κωνσταντίνα Οικονομοπούλου, Υποψήφια Διδάκτωρ – Πανεπιστήμιο Κύπρου*

*Κωνσταντίνος Αϊβαλιώτης, Πολιτικός Μηχανικός – Πανεπιστήμιο Κύπρου*

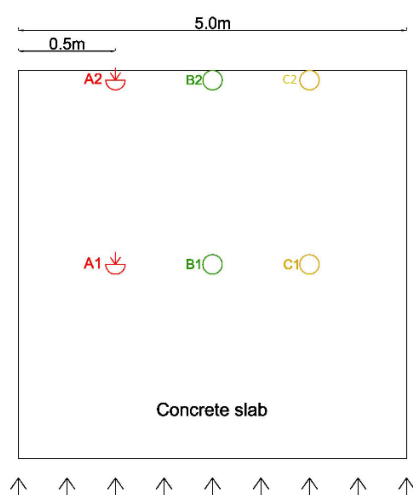
Η ακόλουθη πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος CONCEPT/0617/0071, με ανάδοχο φορέα τα Λατομεία Φαρμακά και πάροχο πειραματικών υπηρεσιών το Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (SCC) δημιουργήθηκε στην Ιαπωνία περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980, με σκοπό την εξάλειψη προβλημάτων στον κατασκευαστικό τομέα που σχετίζονταν με τον ανθρώπινο παράγοντα (π.χ. κακή συμπύκνωση) αλλά και την ανάγκη για την δημιουργία σύνθετων κατασκευών. Χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του να ρέει εντός σύνθετων καλουπιών χωρίς δόνηση, ακόμη και στην παρουσία πυκνών οπλισμών ενώ μπορεί να διανύει μεγάλες αποστάσεις χωρίς οποιαδήποτε ανθρώπινη παρέμβαση και με ταυτόχρονη διατήρηση της ομοιογένειας του μίγματος. Η επιτυχής παραγωγή του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος προσφέρει σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας, στις απαιτούμενες ανθρωποώρες, στον χρόνο σκυροδέτησης και στα χαρακτηριστικά ποιότητας του τελικού προϊόντος. Πέραν των πλεονεκτημάτων που προσφέρει το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα οφείλεται να σημειωθεί η ιδιαίτερη ευαισθησία του κατά τη διάρκεια παραγωγής του. Αυτό συνεπάγεται πως τυχόν λανθασμένος σχεδιασμός ή κακής ποιότητας πρώτες ύλες ενδεχομένως να οδηγήσουν σε πλήρη απόρριψη του υλικού με συνεπακόλουθο αύξηση του συνολικού κόστους.

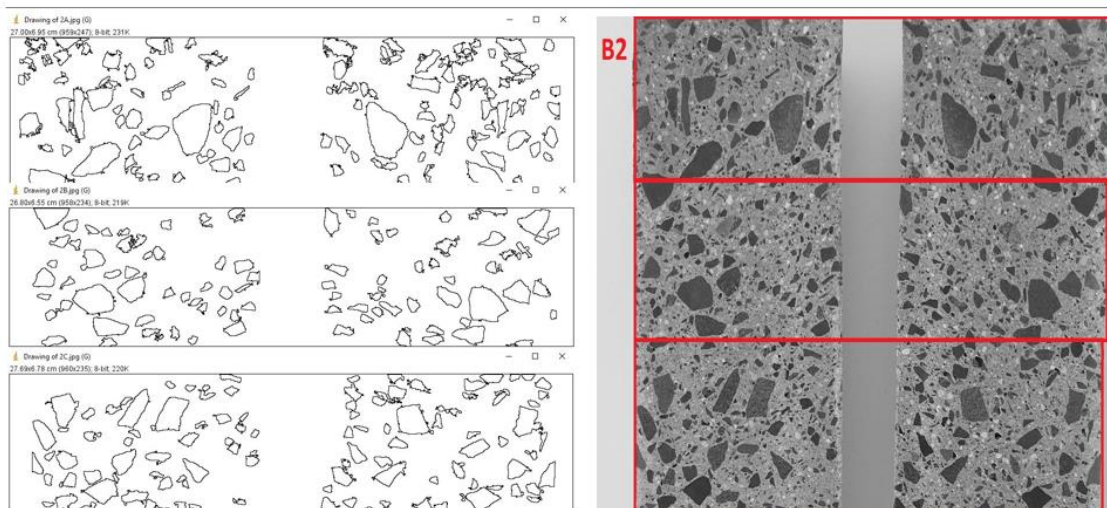
Είναι ευρέως αποδεκτό ότι παρά το γεγονός ότι η εμφάνιση του αυτοσυμπυκνούμενου έχει συμπληρώσει τρεις δεκαετίες, η ευρεία χρήση του στον οικοδομικό τομέα της Κύπρου δεν έχει ακόμη επιτευχθεί. Η τεχνογνωσία της οικοδομικής βιομηχανίας, οι πρώτες ύλες αλλά και το κόστος είναι περιοριστικοί παράγοντες ως προς την επιτυχή παραγωγή και διάθεση αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος. Επομένως, όντας διττή η ανάγκη για ένταξη του υλικού στην οικοδομική βιομηχανία σε σωστή βάση, πραγματοποιήθηκε η παρούσα προκαταρκτική βιομηχανική διερεύνηση, με σκοπό να την αξιολόγηση της ποιότητας πρώτων υλών-κόστους και τα πιθανά θετικά αποτελέσματά τους.

Με βάση την ευαισθησία του υλικού σε σχέση με την σύνθεση του, ως προς την επίτευξη των απαιτούμενων ρεολογικών χαρακτηριστικών και της αντίστασης σε απόμειξη, υιοθετήθηκαν συνθέσεις μιγμάτων από την βιβλιογραφία, με σκοπό την δημιουργία ενός αρχικού πλαισίου σύγκρισης. Ακολούθως προγραμματίστηκε η διερεύνηση της αποδοτικότητας του υλικού μετά από αντικατάσταση διαφόρων ποσοστών πρότυπης ασβεστολιθικής παιπάλης με παραπροϊόντα πλύσης ασβεστολιθικής άμμου από Κυπριακά λατομεία, καθώς και η χρήση εισαγόμενης πυριτικής παιπάλης. Η έρευνα ξεκίνησε με εργαστηριακές δοκιμές και επιλογή του βέλτιστου εκ των μιγμάτων σε σχέση με το μίγμα ελέγχου, ακολουθούμενη από παραγωγή του σε μεγάλη κλίμακα καθώς και από την δημιουργία μιας πλάκας δαπέδου σε συνθήκες εργοταξίου για να επιβεβαιωθεί η δυνατότητα της επιτυχούς βιομηχανικής παραγωγής.

Κάθε μίγμα ελέγχθηκε ως προς την εκπλήρωση των κριτηρίων αυτοσυμπύκνωσης (V-funnel, L-box, Spread/ T500 test) , τις μηχανικές ιδιότητες αλλά και την ανθεκτικότητα, μέσω των ελέγχων CYS EN 12390-8/9/10. Εφόσον το μίγμα ικανοποιούσε τα παραπάνω κριτήρια, ακολουθούσε σκυροδέτηση, έλεγχος θλιπτικής αντοχής, καμπτικής αντοχής, αντοχής σε διάρρηξη, ανοικτού πορώδους σε κενό, διείσδυσης χλωριόντων και τριχοειδούς απορροφητικότητας με προπανόλη. Τα μίγματα τα οποία πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το μίγμα ελέγχου (C), δύο μίγματα με αντικατάσταση 10% (LC10) και 20% (LC20) παραπροϊόντος ασβεστολιθικής παιπάλης και τέλος με βάση το βέλτιστο από τα τελευταία δύο αντικατάσταση 5% του τσιμέντου (SC5) με πυριτική παιπάλη. Από τους ελέγχους σκυροδέματος παρατηρήθηκε παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ του μίγματος LC10 και του μίγματος ελέγχου με παρόμοιες θλιπτικές αντοχές, μειωμένο πορώδες και διείσδυση χλωριόντων στις 28 ημέρες. Περαιτέρω προσθήκη ασβεστολιθικής παιπάλης οδήγησε σε μείωση της θλιπτικής αντοχής και του πορώδους, με παράλληλη αύξηση της απορροφητικότητας και της διαπερατότητας χλωριόντων όπως φάνηκε στο μίγμα LC20. Το μίγμα LC10 επιλέχθηκε λόγω των πολύ καλών αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος παραγωγής του, με το μίγμα LC20 να είναι το χαμηλότερο από άποψης κόστους αλλά με μεγάλες διακυμάνσεις στα αποτελέσματα. Το μίγμα SC5 παρά τις ελαφρώς καλύτερες ιδιότητες του είχε σημαντικά υψηλότερο κόστος παραγωγής καθιστώντας το οικονομικά ασύμφορο για ευρεία χρήση. Μετά την αξιολόγηση της σχέσης κόστους/ απόδοσης, επιλέχθηκε το LC10 ως το βέλτιστο μίγμα το οποίο κατασκευάστηκε σε εργοστασιακές συνθήκες, δηλαδή παραγωγή στο εργοστάσιο, μεταφορά με μπετονιέρα και σκυροδέτηση. Στις 28 ημέρες λήφθηκαν πυρήνες από την πλάκα όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 οι οποίοι υπεβλήθησαν σε ελέγχους θλιπτικής αντοχής από ανεξάρτητο εργαστήριο, πορώδους, απορροφητικότητας καθώς και σε ψηφιακής ανάλυσης των διατομών (Εικόνα 2) με σκοπό την εκτίμηση της ικανότητας πλήρωσης του μίγματος κατά μήκος αλλά και της πιθανότητας απόμιξης. Να σημειωθεί ότι η σκυροδέτηση έγινε από το κάτω σημείο όπου φαίνονται τα μαύρα βέλη χωρίς την χρήση αντλίας ή δόνησης.



Εικόνα 1: Πλάκα Αυτοσυμπυκνούμενου Σκυροδέματος



Εικόνα 2: Ψηφιακή ανάλυση των διατομών σκυροδέματος

Από το ψηφιακή ανάλυση των διατομών σκυροδέματος παρατηρήθηκε ομοιόμορφη κατανομή κόκκων, ανάλογη κατανομή όγκου αδρανών καθ' ύψος και ικανοποιητική κατανομή αδρανών συγκρίνοντας το σημείο 1 με το σημείο 2 (Εικόνα 1). Επιπλέον, η σχέση αδρανών/ τσιμεντόπαστας ήταν στο σημείο 1 κατά 91% αντίστοιχη του αρχικού σχεδιασμού μίγματος και στο σημείο 2 κατά 85% αντίστοιχη του σχεδιασμού μίγματος.

Συμπερασματικά, αναφέρουμε ότι η παραγωγή αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στην Κύπρο με υλικά αποκλειστικά από την ντόπια αγορά εξακολουθεί να είναι αντικείμενο προς διερεύνηση. Επαναλαμβάνεται ότι ο σκοπός του παρόντος προγράμματος ήταν η διερεύνηση του κατά πόσο υπάρχει η βάση για πραγματοποίηση του πιο πάνω, με μειωμένο κόστος ώστε να επιτευχθεί σταδιακά η πλήρης ένταξη του υλικού στην αγορά. Εκ πρώτης όψεως ο συγκεκριμένος στόχος φαίνεται εφικτός αλλά με αρκετές προκλήσεις λόγω της ευαισθησίας του υλικού σε συνάρτηση με την ποιότητα των πρώτων υλών. Σε μελλοντικό στάδιο πρόκειται να εξεταστεί η χρήση όλων των διαθέσιμων διαθέσιμων παραπροϊόντων ώστε να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο ένταξης του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στην Κυπριακή αγορά.