

ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΥΤΟΥ ΩΣ ΜΕΣΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΙΝΑ
ΜΠΑΣΔΕΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η δομή και η χρήση των υπερρρευστοποιητών καθώς και το υπέρρευστο σκυρόδεμα ως μέσο κατασκευής και ενίσχυσης. Αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του και γίνεται μια επιγραμματική σύγκριση με το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα. Τέλος, παρουσιάζεται μια σειρά εφαρμογών του υπέρρευστου σκυροδέματος στη χώρα μας και εκτενέστερα μια μελέτη αποκατάστασης κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε υπέρρευστο σκυρόδεμα.

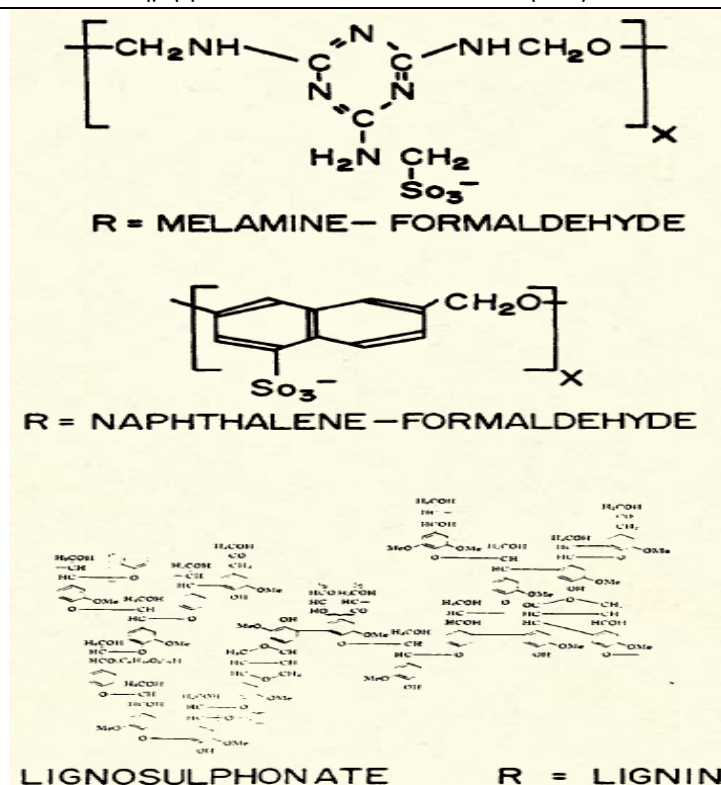
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Ο υπερρρευστοποιητής ανήκει σε μια κατηγορία μίξεων αποκαλούμενων ως ρευστοποιητές που χρησιμοποιούνται για να μειώσουν την απαίτηση νερού του μίγματος του σκυροδέματος. Οι υπερρρευστοποιητές είναι γραμμικά πολυμερή σώματα που περιέχουν οργανικά σουλφονικά του τύπου RSO_3^- , όπου το R είναι μία σύνθετη οργανική ομάδα (Εικόνα 1) με επί το πλείστον υψηλό μοριακό βάρος, τα οποία συνδέονται σε τακτά διαστήματα με την πολυμερή σπονδυλική στήλη (Verbeck 1968) [8, 7]. Επίσης, χαρακτηρίζονται ως υδατοδιαλυτές οργανικές ενώσεις που από ρεολογικής απόψεως κατατάσσονται στα ιξωδοελαστικά πολυμερή [1]. Οι περισσότερες από τις εμπορικές τυποποιημένες μορφές ανήκουν σε μια από τις τέσσερις παρακάτω οικογένειες :

- Θεϊκού πολυ-ναφθαλενίου, (poly-naphthalene sulfonated ή PNS)
- Θεϊκής πολυ-μελαμίνης (poly-melamine sulfonated ή PMS)
- Τροποποιημένων λιγνοσουλφονικών (MLS) (Εικόνα 1) και εστέρων θεϊκού οξέος (lignosulfonates) και
- Καρβοξυλιωμένοι εστέρες (carboxylated ή PC)

Μια άλλη ομάδα δραστικών υπερρρευστοποιητών ανήκει στις εξής κατηγορίες :

- Τα σουλφονικά συμπυκνώματα μελαμίνης-φορμαλδεΐδης (SMF) (Εικόνα 1)
- Τα σουλφονικά συμπυκνώματα ναφθαλίνης- φορμαλδεΐδης (SNF) (Εικόνα 1)



Εικόνα 1. -R οργανική ομάδα για ναφθαλίνη-φορμαλδεΐδη, μελαμίνη-φορμαλδεΐδη και λιγνοσουλφόνη [7].

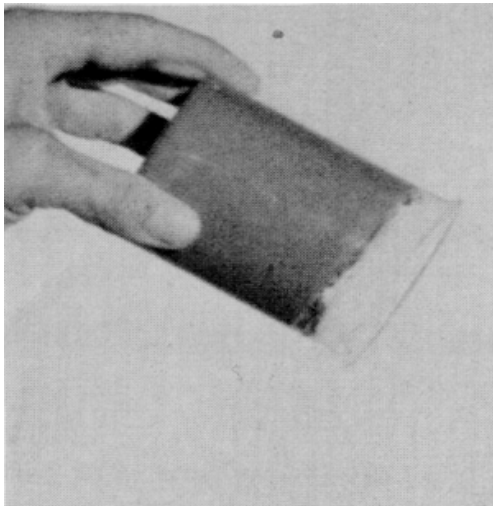
Η χρήση των υλικών αυτών οδηγεί σε ακόμα μεγαλύτερη ελάττωση του απαιτούμενου νερού και επομένως επιτυγχάνονται υψηλότερες αντοχές. Οι Υ/Ρ αυτοί χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη της δραστικής θειικής ομάδας, η οποία σε συνδυασμό με την ύπαρξη των θεικών, λόγω των φορέων θειικού ασβεστίου, εντός του σκυροδέματος εγείρει ενδιαφέροντα ζητήματα ρεολογίας. Η οικογένεια των Υ/Ρ, η οποία βασίζεται σε πολυκαρβοξυλικά προϊόντα είναι η πλέον πρόσφατη, καθώς άρχισε να χρησιμοποιείται τη δεκαετία του 1980. Η δραστικότητά τους είναι πολύ υψηλή, δεν περιέχουν σουλφονικές ομάδες και ιονίζονται σε βασικό περιβάλλον.

Επίσης υπάρχουν παραλλαγές σε κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες και μερικές διατυπώσεις μπορούν να περιέχουν και ένα δεύτερο συστατικό. Τα περισσότερα διαθέσιμα στοιχεία, εντούτοις, αναφέρονται με βάση την Πηγή 9 σε μίξεις βασισμένες σε SMF και SNF συμπυκνώματα. Παρέχονται συνήθως ως διαλύματα ύδατος αλλά μερικές φορές μπορεί και ως στερεά. Για να επιτευχθούν τα αποτελέσματα που ισχυρίζονται οι κατασκευαστές, χρειάζονται μεγάλες δόσεις συνήθως μεταξύ 1 και 2 % του βάρους του τσιμέντου, ανάλογα και με την περίπτωση χρήσης. Συγκρινόμενοι με τους συμβατικούς ρευστοποιητές οι αναφερόμενοι υπερευστοποιητές είναι αρκετά ακριβοί [7].

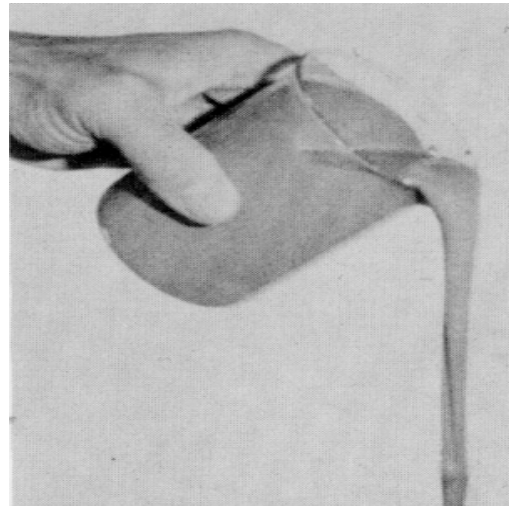
Σύμφωνα με την πηγή 1 και 8 οι ομάδες σουλφονικού οξέος είναι αρμόδιες για την εξουδετέρωση των επιφανειακών φορτίσεων στα μόρια του τσιμέντου και την πρόκληση διάχυσης λόγω ηλεκτρικής απώθησης, την απελευθέρωση κατά συνέπεια του νερού που εμπλέκεται στις συσσωρεύσεις μορίων τσιμέντου και έκτοτε τη μείωση του ιξώδους της “κόλλας” και του σκυροδέματος (Mindess and Young 1981). Η παράταση της πήξης βελτιστοποιεί το ποσοστό ενυδάτωσης των κόκκων. Όταν κάποτε, η ποσότητα των ένυδρων προϊόντων αυξηθεί και η ποσότητα της υγρής φάσης μειωθεί, αρχίζει ο σχηματισμός δεσμών μεταξύ των κόκκων του τσιμέντου, οι οποίοι καλύπτονται από φιλμ ένυδρων ενώσεων. Με

την πάροδο του χρόνου, οι δεσμοί αυτοί σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο πλέγμα που προκαλεί την πήξη της πάστας.

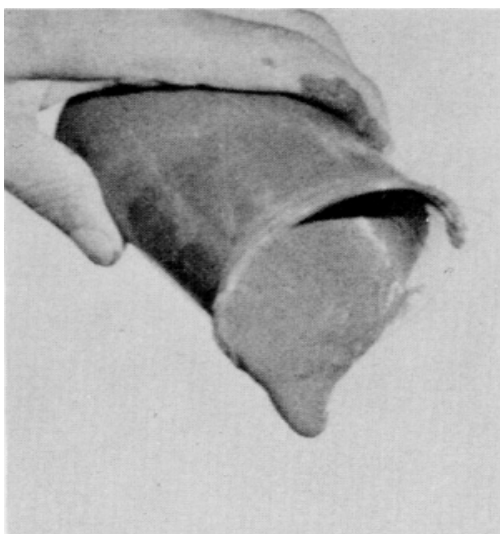
Η δυνατότητα των υπερευστοποιητών να αυξάνουν τη ροή του σκυροδέματος εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος, η δόση, και ο χρόνος της προσθήκης του υπερευστοποιητή, ο λόγος νερού / τσιμέντο και η φύση ή η ποσότητα του τσιμέντου. Έχει διαπιστωθεί ότι για τους περισσότερους τύπους τσιμέντου, ο υπερευστοποιητής βελτιώνει την εργασιμότητα του σκυροδέματος. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση 1,5% SMF σε σκυρόδεμα που περιέχει τσιμέντο τύπου I, II και V αυξάνει την αρχική ροή των 3 ίντσών (76 χιλ.) σε 8,7, 8,5, και 9 ίντσες (222, 216, και 229 χιλ.), αντίστοιχα. Στις παρακάτω εικόνες [9] φαίνεται αρχικά ένα δείγμα σκυροδέματος χωρίς πρόσμιξη όπου η πάστα του τσιμέντου δεν ρέει σχεδόν καθόλου (Εικόνα 2a), στη συνέχεια ένα δείγμα όπου έχει προστεθεί υπερευστοποιητής και η πάστα ρέει όπως ένα υγρό και τέλος δύο δείγματα όπου έχει γίνει προσθήκη ενός κανονικού ρευστοποιητή (0,2 ή 0,4 % λιγνοσουλφονικά) και προκαλείται σχηματισμός μιας απλά ιξώδους πάστας τσιμέντου (Εικόνα 2c και 2d αντίστοιχα).



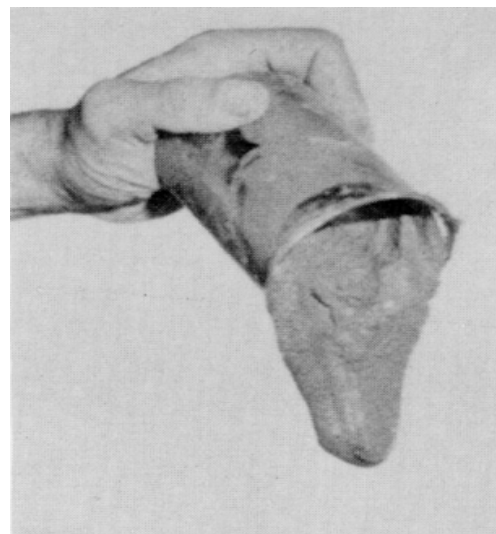
(a) Χωρίς ρευστοποιητή.



(b) Με 0,3 % υπερευστοποιητή.



(γ) Με 0,2 % λιγνοσουλφονικό.



(δ) Με 0,4 % λιγνοσουλφονικό.

Εικόνα 2. Επίδραση του ρευστοποιητή στη ρευστότητα της πάστας τσιμέντου (αναλογία νερού / τσιμέντου = 0.3) [9].

Σύμφωνα με την πηγή 9 οι συνηθισμένοι ρευστοποιητές βασισμένοι στα λιγνοσουλφονικά οξέα, στα υδροκαρβοξυλικά οξέα ή στους επεξεργασμένους υδατάνθρακες είναι σε θέση να μειώσουν τις απαιτήσεις νερού από 10 περίπου έως 15 τοις εκατό. Η ενσωμάτωση των μεγαλύτερων ποσών ρευστοποιητών για να επιτευχθούν υψηλότερες μειώσεις ύδατος οδηγεί σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα στη ρύθμιση, την περιεκτικότητα σε αέρα, την αποβολή νερού, το διαχωρισμό και στα χαρακτηριστικά της σκλήρυνσης. Οι υπερευστοποιητές διεθνώς γνωστοί ως *superplasticizers*, *superfluidizers*, *superfluidifiers*, *super water-reducers* or *high range water-reducers* είναι χημικά διαφορετικοί από τους κανονικούς ρευστοποιητές και είναι σε θέση να μειώσουν το περιεχόμενο ύδατος μέχρι και 30 τοις εκατό. Η ικανότητα των υπερευστοποιητών [8] να μειώνουν τις απαιτήσεις νερού μέχρι και 30 % χωρίς την επιρροή της εργασιμότητας του σκυροδέματος οδηγεί στην παραγωγή υψηλής αντοχής σκυροδέματος και μειώνει τη διαπερατότητα. Έχουν επιτευχθεί συμπίεστικές δυνάμεις μεγαλύτερες από 14.000 PSI (96,5 MPa) σε 28 ημέρες (*Admixtures and ground slag 1990*).

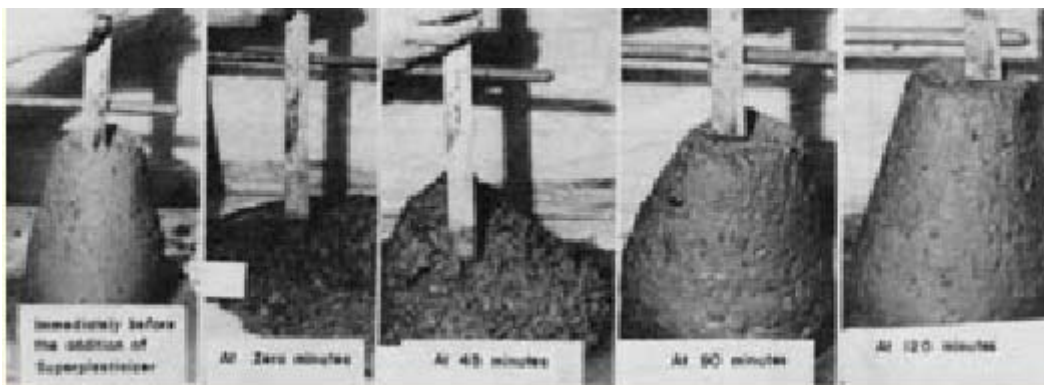
Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥΣ [2]

Η ανάπτυξη των υπερευστοποιητών είναι μία σημαντική ανακάλυψη των τελευταίων δεκαετιών που έχει ουσιαστική επίδραση στην παραγωγή και χρήση του σκυροδέματος με το πέρασμα των χρόνων. Αυτό φαίνεται και στην ανάπτυξη και τη χρήση μίας αυξανόμενης οικογένειας υπερευστοποιημένων υψηλής-απόδοσης προϊόντων, όπως το υψηλής αντοχής υπερευστοποιημένο σκυρόδεμα, το υπερευστοποιημένο σκυρόδεμα υψηλής-διάρκειας, το υπερευστοποιημένο υψηλής-έντασης ιπτάμενης τέφρας και σκουριάς σκυρόδεμα, το υπερευστοποιημένο αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα, το υποβρύχιο υπερευστοποιημένο μη-παρασυρόμενο σκυρόδεμα, και το υπερευστοποιημένο ινο-ενισχυμένο σκυρόδεμα.

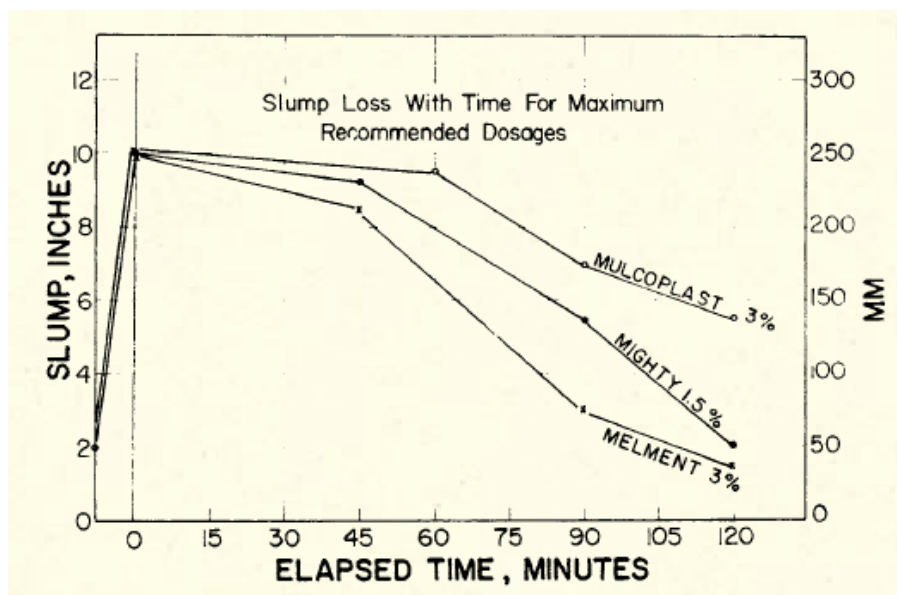
Στο τέλος της δεκαετίας του '60, προϊόντα βασισμένα σε σουλφονικά ναφθαλίνης αναπτύχθηκαν στην Ιαπωνία, και ταυτόχρονα τα προϊόντα σουλφονικών μελαμινών πρωτοπαρουσιάστηκαν στη Δυτική Γερμανία. Στις ΗΠΑ έκαναν την εμφάνιση τους αργότερα στα μέσα της δεκαετίας του '70. Σύμφωνα με τον Shigehiro Nagataki (*Associate Professor at Yukawa Institute for Theoretical Physics*), οι πρώτες εφαρμογές του υπερευστοποιημένου σκυροδέματος στην Ιαπωνία ήταν για την παραγωγή των υψηλής-αντοχής σωρών προκατασκευασμένου σκυροδέματος που θα μπορούσαν να αντισταθούν στο ράγισμα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους. Επιπλέον [9], μόνο για την κατασκευή του ολυμπιακού σταδίου στο Μόντρεαλ παρήχθησαν 5000 μονάδες προκατασκευασμένου σκυροδέματος χρησιμοποιώντας υπερευστοποιητές.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70, και τα δοκάρια διάφορων γεφυρών οδικού δικτύου και σιδηροδρόμων στην Ιαπωνία κατασκευάστηκαν με μίγματα υπερευστοποιημένου σκυροδέματος αντοχής 50 έως 80 MPa (7.300 έως 12.000 PSI) με μικρή ρευστότητα. Στη Δυτική Γερμανία, όπου ο αρχικός στόχος ήταν να αναπτυχθεί υποβρύχιο μη-παρασυρόμενο σκυρόδεμα, οι υπερευστοποιητές χρησιμοποιήθηκαν για να βελτιώσουν τη ρευστότητα των δύσκαμπτων μιγμάτων χωρίς αλλαγή της αναλογίας νερού / τσιμέντου των υλικών (w / cm). Όπως γίνεται αντιληπτό και για τους δύο παραπάνω στόχους, σήμερα οι προσμίξεις υπερευστοποιητών χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο με σκοπό την επίτευξη υψηλής δύναμης, υψηλής ρευστότητας, και υψηλής διάρκειας.

Όμως, στα συγκεκριμένα μίγματα υπερευστοποιητών που περιέχουν σουλφονικά ναφθαλίνης ή μελαμινών η επίδραση τους διαρκούσε μόνο 30 με 60 λεπτά και συχνά έπασχαν από τη γρήγορη απώλεια ρευστότητας. Έτσι ενώ παρατηρείται μεγάλη αύξηση της ρευστότητας του μίγματος για τα πρώτα 5 με 10 λεπτά μετά την προσθήκη του υπερρευστοποιητή ακολουθεί γρήγορη απώλεια ρευστότητας που εξαρτάται από το είδος του ρευστοποιητή που έχουμε χρησιμοποιήσει. Σε μια μελέτη της συμπεριφοράς του φρέσκου σκυροδέματος που περιέχει ρευστοποιητές και αυτού με υπερευστοποιητές, οι Whiting και Dziedzic (1989) [8] διαπίστωσαν ότι η απώλεια ρευστότητας με το χρόνο είναι πολύ γρήγορη παρά το γεγονός ότι ο δεύτερης γενιάς υψηλού εύρους μειωτέας νερού, υπερευστοποιητής, θεωρείται ότι δεν πάσχει τόσο πολύ από το φαινόμενο απώλειας ρευστότητας όσο οι πρώτης γενιάς συμβατικοί μειωτές νερού, απλοί ρευστοποιητές. Για την καλύτερη κατανόηση όλων αυτών ακολουθούν εικόνες όπου φαίνεται η διαδικασία μέτρησης ρευστότητας με το πέρασμα διαφόρων χρονικών διαστημάτων σε ένα δείγμα σκυροδέματος (Εικόνα 3) και ένα διάγραμμα (Εικόνα 4) παρουσίασης των αποτελεσμάτων απώλειας ρευστότητας κατά τη διάρκεια ενός πειράματος [7] όπου έχουν χρησιμοποιηθεί οι εξής υπερευστοποιητές : α) Melment L10, που ανήκει στην κατηγορία των σουλφονικών συμπυκνωμάτων μελαμίνης-φορμαλδεΰδης (SMF), β) Mighty 150, που ανήκει στην κατηγορία των σουλφονικών συμπυκνωμάτων ναφθαλίνης- φορμαλδεΰδης (SNF) και γ) Mulcoplast CF, που ανήκει στην κατηγορία των τροποποιημένων λιγνοσουλφονικών.



Εικόνα 3. Μετρήσεις ρευστότητας μετά το πέρασμα διάφορων χρονικών διαστημάτων για σκυρόδεμα περιεκτικότητα υπερρευστοποιητή Melment L10 3 % του βάρους του τσιμέντου [7].



Εικόνα 4. Απώλεια ρευστότητας υπερρευστοποιημένων σκυροδεμάτων με την πάροδο του χρόνου για τις μέγιστες προτεινόμενες δόσεις σε κάθε περίπτωση [7].

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί από την εισαγωγή μιας πρόσθετης δόσης του υπερρευστοποιητή στον τόπο εργασίας, εντούτοις αυτή η μέθοδος είναι επιβαρυντική από άποψη επιπλέον εργασίας και δαπανηρή. Ο έλεγχος της δόσης, παραδείγματος χάριν, μπορεί να μην είναι επαρκής, και τότε απαιτείται βοηθητικός εξοπλισμός όπως δεξαμενές μίξης τοποθετημένες σε φορτηγά και διανομείς των μιγμάτων. Η προσθήκη των μίξεων στις ομαδικές εγκαταστάσεις, εκτός από τη βελτίωση του ελέγχου της δόσης, μειώνει την χρήση τέτοιων φορτηγών και την ανάγκη για προσθήκη του νερού στον τόπο εργασίας (Wallace 1985) [8].

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού το 1986 [2], αναπτύχθηκαν στην Ιαπωνία υπερρευστοποιητές διατήρησης ρευστότητας ή "μακράς διάρκειας". Σύμφωνα με τον Akinori Yonezawa (Professor of computer science at Department of Information Science, University of Tokyo), ένας χαρακτηριστικός "μακράς διάρκειας" υπερρευστοποιητής περιέχει μια αδιάλυτη στο νερό ένωση που περιλαμβάνει καρβοξυλικά όξινα άλατα, αμίδιο, και καρβοξυλικό ανυδρίτη. Η αλκαλική λύση ως αποτέλεσμα της ενυδάτωσης του τσιμέντου του Πόρτλαντ υδρολύει βαθμιαία τον υπερρευστοποιητή, απελευθερώνοντας ένα υδροδιαλυτό διαλυτικό που βοηθά να διατηρήσει την αρχική ροή για πολύ καιρό. Σήμερα, οι μακράς-ζωής υπερρευστοποιητές βασισμένοι σε σουλφονικά πολυμερή ναφθαλίνης ή μελαμινών στα πολυμερή σώματα είναι πλέον εμπορικά διαθέσιμες και μπορούν να προστεθούν στις ομαδικές εγκαταστάσεις και να διατηρήσουν ρευστότητα πάνω από 8 ίντσες (204 χιλ.) για περισσότερο από 2 ώρες.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ

Οι διάφοροι τύποι σκυροδέματος και ιδίως αυτοί των υψηλών ποιοτήτων που εφαρμόζονται στον Ελληνικό και ξένο κατασκευαστικό χώρο έχουν ιδιαίτερα χαμηλούς συντελεστές εργασιμότητας. Με την προσθήκη υπερρευστοποιητών αρχικά επιλύουμε αυτό το καθοριστικής σημασίας πρόβλημα και έχουμε τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση του συμβατού σκυροδέματος [1, 3, 4] :

- Αυξάνουμε ραγδαία την εργασιμότητα. Ο κύριος σκοπός χρήσης των υπερρευστοποιητών είναι για την παραγωγή ρευστού σκυροδέματος με πολύ υψηλή ρευστότητα της τάξης των 7-9 ιντσών (175-225 χιλ.) που χρησιμοποιούνται στις βαριά ενισχυμένες δομές επιτυγχάνοντας τη "διάτρηση" των μαζών πυκνού οπλισμού εξαιτίας της κινητικότητας του μπετόν και στις τοποθετήσεις όπου η επαρκής σταθεροποίηση με δόνηση δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα.
- Επιταχύνουμε όλες τις διαδικασίες. Οι ιδιότητες του υπερρευστοποιημένου σκυροδέματος βοηθούν στην γρήγορη και εύκολη σκυροδέτηση. Ιδιαίτερα μέσα στις Αστικές περιοχές όπου η κίνηση και το μποτιλιάρισμα είναι καθημερινό φαινόμενο υπάρχει ουσιαστική εξοικονόμηση χρόνου και κόπου.
- Πλήρης επικάλυψη των ράβδων. Εξαιτίας της εργασιμότητας του Υ/Σ διαμορφώνονται καλύτερες συνθήκες σκυροδέτησης για τις περιοχές γύρω από τους οπλισμούς.
- Καλή συμπύκνωση και ποιοτική ομοιογενή διανομή σε όλη την έκταση του φέροντος στοιχείου. Σε μία εργαστηριακή μελέτη φάνηκε ότι για να αναπτυχθεί η

θλιπτική αντοχή των 14 ημερών και να έχουμε πλήρη αποτελέσματα συμπύκνωσης χρειάστηκαν για το υπέρρευστοποιημένο σκυρόδεμα 10 sec δόνησης ενώ για το συμβατό 40 sec. Αυτό δείχνει την μεγάλη ικανότητα του υπέρρευστοποιημένου σκυροδέματος για αυτοσυμπύκνωση και τη σημαντική μείωση της απαιτούμενης ενέργειας στο έργο για την τελική συμπύκνωση.

- Αυξημένη θλιπτική αντοχή. Εξαιτίας της μείωσης της ποσότητας του νερού παράγεται πιο ισχυρό σκυρόδεμα με αυξημένη θλιπτική αντοχή. Έτσι, ενώ σε μετρήσεις της αντοχής αμέσως μετά την προσθήκη του υπέρρευστοποιητή και την ανάμιξη των συστατικών για 2 λεπτά δε φαίνεται ουσιαστική βελτίωση στην αντοχή του σκυροδέματος, οι ίδιες μετρήσεις 120 λεπτά μετά δείχνουν αξιοσημείωτα μεγαλύτερες αντοχές που κυμαίνεται από 10% έως 40% [7]. Σε αντίθεση, στην καμπτική αντοχή δεν παρατηρείται ουσιαστική διαφοροποίηση.
- Μειώνεται το πορώδες και η αδιαπερατότητα στο νερό. Η παρουσία ενός στρώματος απορροφηθέντων μορίων υπέρρευστοποιητή ελαττώνει τις διαντιδράσεις μεταξύ των κόκκων, στην αρχή μέσω ηλεκτροστατικών δυνάμεων. Οι κόκκοι τσιμέντου περιβεβλημένοι από τα μακρομόρια των υπέρρευστοποιητών δεν συσσωματώνονται, αφού το ομογενές από ηλεκτροστατικής απόψεως περίβλημα διατηρεί τις απωστικές τάσεις. Η αδυναμία συσσωμάτωσης επιβραδύνει τη δέσμευση ύδατος σε μεγάλα συγκροτήματα κόκκων, καθώς και τον εγκλεισμό φυσαλίδων αέρος.
- Ομαλοί ρυθμοί έκκλησης θερμότητας ενυδάτωσης. Η επιβράδυνση της διαδικασίας πήξης όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οδηγεί στη σταδιακή έκκληση της θερμότητας ενυδάτωσης, στην περιορισμένη συστολή πήξης και στη διευκόλυνση της σκυροδέτησης και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου οι θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα υψηλές.
- Μικρές σχετικά αναλογίες νερού / τσιμέντου. Με τη χρήση υπέρρευστοποιητών επιτυγχάνουμε αναλογίες νερού / τσιμέντου μεταξύ 0,3 και 0,4 και παράγουμε υψηλής αντοχής σκυρόδεμα.
- Περιορίζεται η γήρανση του υλικού. Η μείωση του λόγου v/t σε συνδυασμό με την καλύτερη ενυδάτωση που επιφέρει η εισαγωγή των κατάλληλων (συμβατών) υπέρρευστοποιητών, βελτιστοποιεί παραμέτρους ποιότητας και περιορίζει τις δράσεις που προκαλούν τη γήρανση του υλικού. Έτσι αυξάνεται η αντοχή στο χρόνο.
- Μικρότερη υδατοαπορρόφηση.
- Βελτίωση της αντλησιμότητας. Εξαιτίας της αυξημένης ρευστότητας.
- Δυνατότητα αύξησης ή μείωσης του χρόνου πήξεως.
- Δυνατότητα ανάπτυξης πρώιμων μηχανικών αντοχών.
- Αύξηση της ανθεκτικότητας σε παγοπληξία.
- Εύκολη, γρήγορη σκυροδέτηση με άριστη τελική επιφάνεια. Η διαφορά γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή σε περίπλοκα γεωμετρικά στοιχεία.
- Λιγότερα έξοδα συντήρησης της κατασκευής.
- Μείωση της ηχορύπανσης (δυνατότητα σκυροδέτησης κατά τη διάρκεια περιόδων κοινής ησυχίας, ή πλησίον νοσοκομείων, σχολείων και άλλων δημοσίων κτιρίων σε ώρες λειτουργίας τους).
- Μικρότερη φθορά των καλουπιών. Η φθορά των καλουπιών λόγω της χρήσης υπέρρευστου σκυροδέματος είναι σαφώς μικρότερη σε σύγκριση με εκείνη η οποία οφείλεται στη χρήση συμβατικού σκυροδέματος.

ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ

- Έλεγχος της δοσολογίας υπερρευστοποιητή. Είναι γενικά παραδεκτό ότι οι λιγνοσουλφονικοί υπερρευστοποιητές σε μεγάλες δοσολογίες οδηγούν σε καθυστέρηση της ωρίμανσης του σκυροδέματος [8].
- Μελέτη της συμβατότητας άλλων μίξεων όπως οι επιβραδυντές, οι επιταχυντές και τα μέσα που παρασύρουν τον αέρα σε συνδυασμό με τους υπερρευστοποιητές [9].
- Εξασφάλιση μίας κατά το δυνατόν συνεχούς κοκκομετρικής διαβάθμισης [4]. Ο Αμερικανός Μηχανικός Freese σε συνέδριο της Οττάβας το 1978 πρότεινε την ιδεώδη περιοχή κοκκομετρικής διαβάθμισης για αδρανή στρογγυλών κόκκων. Παρόμοιες προτάσεις έγιναν και από την ένωση Cement and Concrete Association για στρογγυλούς και θραυστούς κόκκους αδρανών. Σε γενικές γραμμές μία αποδεκτή ελάχιστη ποσότητα ψιλών είναι περίπου 300 kg για στρογγυλούς κόκκους αδρανών και 400 kg στο m² για θραυστά αδρανή. Τέλος, η περιεκτικότητα σε τσιμέντο δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 280 kg.
- Επιβάλλεται οι συναφείς με τη σκυροδέτηση εργασίες να πληρούν υψηλά κριτήρια ποιότητας. Πολλές φορές οι χρησιμοποιούμενοι τύποι παρουσιάζουν κακοτεχνίες (π.χ. διαρροές από συναρμογές ξυλοτύπων), ή δεν έχουν διαστασιολογηθεί κατάλληλα ώστε να δύναται να φέρουν με ασφάλεια τις εσωτερικές πλευρικές πιέσεις λόγω υψηλού ρυθμού σκυροδέτησης (σε κατακόρυφα στοιχεία). Κάτι τέτοιο δε σημαίνει ότι το υπερρευστοποιημένο σκυρόδεμα μειονεκτεί ως προς την ευχέρεια σκυροδέτησης, αλλά ότι οι συναφείς με τη σκυροδέτηση εργασίες πρέπει να πληρούν υψηλά κριτήρια ποιότητας [9].
- Πρέπει πάντα να εκτελούνται δοκιμές επαλήθευσης στις υγρές μίξεις για να επιβεβαιώνεται ότι το υλικό είναι το ίδιο με αυτό που εγκρίθηκε. Αυτές οι δοκιμές περιλαμβάνουν τον έλεγχο στην περιεκτικότητα σε χλωρίδιο και στερεά, το pH και την υπέρυθρη φασματομετρία [8].
- Εάν γίνεται χρήση των φορητών που μεταφέρουν τα μίγματα για να αναμίξουν και το υψηλής ρευστότητας σκυρόδεμα, συνιστάται η χρήση πολύ καλά αναμιγμένου σκυροδέματος ροής 75 χιλ. ώστε να εξασφαλιστούν οι ιδιότητες ομοιομορφίας του σκυροδέματος [8].
- Εάν τα φορητά που μεταφέρουν τα μίγματα χρησιμοποιούνται για να αναμίξουν σκυρόδεμα χαμηλής αναλογίας v/τ, συνιστάται το μέγεθος των φορτίων να μειώνεται στο 1/2 στα 2/3 της ικανότητας ανάμιξης ώστε να εξασφαλιστούν οι ιδιότητες ομοιομορφίας του σκυροδέματος [8].
- Πιθανότητα ύπαρξης διαφορών μεταξύ ρεολογικής συμπεριφοράς στο εργαστήριο και στο πεδίο.
- Εάν η δοκιμή πήξης-τήξης όπως περιγράφεται από το ASTM C 666 δείχνει να υπάρχει πρόβλημα, συνιστάται η περιεκτικότητα σε αέρα να αυξάνεται κατά 1,5 % [8] και τέλος
- Εξειδίκευση προσωπικού και εκπαίδευση σε θέματα κανονισμών που αφορούν την εφαρμογή του. Ειδικά στην Ελλάδα όπου η εμφάνιση των υπερρευστοποιητών θεωρείται μία καινοτομία και η χρήση του αντιμετωπίζεται ακόμα και από μηχανικούς έργων με συντηρητισμό και ίσως και δυσπιστία.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (self compacting, ή self consolidating, concrete – SCC – στη διεθνή βιβλιογραφία) [5] είναι το είδος του σκυροδέματος το οποίο δύναται να πληρώσει οποιονδήποτε τύπο (ξυλότυπο, μεταλλότυπο, πλαστικότυπο κτλ.) και να αποκτήσει ικανή συμπίκνωση αποκλειστικά μέσω της βαρύτητας και της ρεολογικής του συμπεριφοράς. Κύριο χαρακτηριστικό του ΑΣΣ είναι η ιδιαίτερα αυξημένη του ρευστότητα σε συνδυασμό με τη διατήρηση της απαιτούμενης «σταθερότητας», η οποία αποτελεί μέτρο της αντίστασης διαχωρισμού του αναμίγματος. Πρόκειται για σκυρόδεμα προηγμένης τεχνολογίας, το οποίο εμπίπτει στην κατηγορία των σκυροδεμάτων υψηλής επιτελεστικότητας (σκυροδέματα με επιλεκτικά αναβαθμισμένες ιδιότητες).

Σε μία προσπάθεια σύγκρισης του με το υπερρευστοποιημένο προσθέτουμε ότι το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα παρασκευάζεται με προσθήκη υπερρευστοποιητών αλλά και μίξεων αύξησης του ιξώδους (μη παρασυρόμενες απ' το νερό). Επίσης, περιέχει ένα ουσιαστικό ποσό ορυκτών μίξεων (τέφρα μυγών, σκουριά GGBF, σκόνη ασβεστόλιθων (150 kg/m³)). Όμως, το σκυρόδεμα αυτό δεν προτιμάται λόγω δύσκολης τοποθέτησης σε κλίσεις που υπερβαίνουν περίπου τους 3 βαθμούς από το οριζόντιο επίπεδο [9].

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Έργα που χρησιμοποιήθηκε υπέρρευστο σκυρόδεμα Αστικού Ιστού με χρησιμοποίηση τελευταίας γενιάς υπερρευστοποιητή με βάση τους πολυκαρβοξυλικούς αιθέρες είναι [3] :

- η Αττική Οδός, (Ενίσχυση Υποστυλωμάτων κόμβου Καισαριανής)
- το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας (Ενίσχυση Υπάρχοντος κτιρίου και κατασκευή του Πύργου Ελέγχου – Είσοδος λιμένα Πειραιώς)
- τον Αύγουστο 2005, στην κατασκευή των νέων πυλώνων για το τελεφερίκ στην Πάρνηθα, όπου στήθηκε σωληνωτό δίκτυο μήκους 517+250 μέτρων στην απόκρημνη πλαγιά του βουνού, λόγω αδυναμίας πρόσβασης με οποιοδήποτε άλλον τρόπο για την σκυροδέτηση των βάσεων των νέων πυλώνων. Η επόμενη λύση η οποία ήταν και πλέον πολυδάπανη, προέβλεπε τη χρησιμοποίηση ειδικού για σκυροδετήσεις μισθωμένου ελικοπτέρου από την Ρωσία. Τελικά ο τελευταίας γενιάς υπερρευστοποιητής με βάση τους πολυκαρβοξυλικούς αιθέρες για την παραγωγή Υπέρρευστου Σκυροδέματος (Αστικού ιστού) έδωσε τη λύση και χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή σκυροδέματος χαμηλού λόγου v/t αλλά με υψηλή εργασιμότητα >25 cm, κάνοντας μια εφαρμογή που φάνταζε αδύνατη να γίνει εφικτή και το νέο τελεφερίκ να κινείται πλέον με ασφάλεια προς όφελος όλων μας.
- Στην Αρτάκη Χαλκίδος χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα Αστικού ιστού για την σκυροδέτηση βαριάς οπλισμένης πλάκας οροφής εργοστασίου με πολύ πυκνό οπλισμό.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΑΞΗΣ (CASE STUDY) : ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ ΓΚΑΡΑΖ ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ [6]

Η διάβρωση του χάλυβα ενίσχυσης είναι η σημαντικότερη αιτία της κατάρρευσης των ενισχυμένων και προεντεταμένων πατωμάτων γκαράζ από τσιμέντο. Το άλας που

χρησιμοποιείται για την αφαίρεση χιονιού και πάγου επιταχύνει τη διάβρωση της ενίσχυσης του χάλυβα που προκαλεί στη συνέχεια το ράγισμα, την αποφλοιώση και ακολούθως την αποκόλληση του σκυροδέματος.

Αρκετές τεχνικές επισκευής έχουν αναπτυχθεί την τελευταία εικοσαετία για καταστρώματα γεφυρών και για χώρους γκαράζ. Μια τεχνική περιλαμβάνει την αφαίρεση όλου του ασθενικού σκυροδέματος και αντικατάσταση του διαβρωμένου χάλυβα από μια επικάλυψη με μεγάλη συνάφεια και σχετικά αδιαπέρατη με την οποία αποτρέπεται η διείσδυση υγρασίας και χλωριδίου.

Αυτό το άρθρο συγκεκριμένα συζητά τη χρήση στρώματος υπέρρευστου σκυροδέματος με χαμηλή αναλογία τσιμέντου / νερού για επισκευή κατεστραμμένου δαπέδου γκαράζ. Συζητά επίσης τεχνικές και προδιαγραφές επισκευής και εκτιμήσεις κατασκευής μέσα από ένα παράδειγμα αποκατάστασης ενός υπάρχοντος γκαράζ από ενισχυμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιώντας υπέρρευστο σκυρόδεμα.

Περιγραφή του γκαράζ

Το 15ετίας γκαράζ από ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι 113m x 101m σε κάτοψη και αποτελείται από 6 μη παράλληλα μεταξύ τους επίπεδα, δύο εκ των οποίων βρίσκονται σε κλίση. Τα 4 υποστηριζόμενα επίπεδα αποτελούνται από μια παχιά πλάκα 229 mm που με τη σειρά της στηρίζεται σε κολώνες με βάθρα. Η επίπεδη πλάκα έχει μέγεθος 8,2m x 8,2m. Η ελάχιστη αρχική επικάλυψη πάνω από την ενίσχυση πλάκας ήταν 19,1mm. Η πραγματική κάλυψη ποικίλλει από 3,2 ως 51mm. Πριν από την τοποθέτηση του στρώματος οι μετρούμενες εκτροπές ποικίλλουν από 25,4 ως 102mm.

Σοβαρή κατάρρευση υπέστησαν όλα τα επίπεδα κυρίως υπό μορφή οριζοντίων αποφλοιώσεων και αποσύνθεσης του σκυροδέματος, κατακόρυφων ρωγμών μέσω του σκυροδέματος και σοβαρής διάβρωσης της ενσωματωμένης ενίσχυσης. Η κατάρρευση συνέβη αρχικά κατά μήκος των υποστυλωμάτων εκεί όπου βρίσκεται ο χάλυβας δηλ. στο θλιβόμενο πέλμα και κατά μήκος των αρμών διαστολής. Τα υπάρχοντα δάπεδα έχουν επισκευαστεί πολλές φορές εκτενώς και τα περισσότερα μπαλώματα, συμπεριλαμβανομένων και των εποξειδικών κονιαμάτων, έχουν αποκολληθεί λίγα χρόνια μετά την επισκευή. Πριν την ανάληψη της επισκευής έγινε μια περιεκτική εξέταση στην οποία μετρήθηκε η περιεκτικότητα σε χλωρίδια στα διαφορετικά επίπεδα του γκαράζ. Η παραπάνω μέτρηση έγινε μέσω μιας διαδικασίας που αναπτύχθηκε από τον William G.Hime και κατά την οποία προσδιορίζονται τα διαλυτά χλωρίδια νιτρικού οξέος με την βοήθεια τιτλοδοτημένου διαλύματος και ενός ζεύγους ηλεκτροδίων. Η ιονική περιεκτικότητα σε χλωρίδια μετρήθηκε στην κορυφή μιας οριζόντιας φέτας, στην κορυφή και σε απόσταση 1/3 από τον πυρήνα της, στη μέση, στη βάση και στη βάση και σε απόσταση 1/3 από τον πυρήνα της. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 1. Αυτές οι τιμές χλωριδίου είναι κατά πολύ πάνω από 0,6-0,9 kg/m³ που συνήθως υπολογίζονται ως κατώτατο όριο διάβρωσης.

Δείγμα	Περιεκτικότητα σε χλωρίδια (kg/m ³)				
	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	All levels
Κορυφή	M.Π	10,6	12,3	14,7	12,5
Κορυφή 1/3	9	6,9	6,9	8,7	7,7
Μέση	3	1,2	2,6	1,9	2
Βάση 1/3	0,9	0,6	5,3	1,5	2,1
Βάση	0,7	M.Π	M.Π	M.Π	0,7

Πίνακας 1. Μέσος όρος ιονικής περιεκτικότητας σε χλωρίδια στα διαφορετικά επίπεδα του γκαράζ [6].

Προδιαγραφές επισκευής

Οι προδιαγραφές προετοιμάστηκαν για μια περιεκτική αποκατάσταση ολόκληρου του γκαράζ, η οποία περιλαμβάνει την εποξειδική έγχυση των ρωγμών, νέους αρμούς διαστολής, την αφαίρεση όλου του ασθενικού σκυροδέματος και χάλυβα και εγκατάσταση της επικάλυψης υπέρρευστου σκυροδέματος. Το υπέρρευστο επιλέχθηκε έναντι του τροποποιημένου με latex σκυροδέματος ως πιο συμφέρουσα από οικονομικής άποψης λύση αλλά και λόγω της ευκολίας στην ταυτόχρονη χύτευση για γέμισμα και επικάλυψη.

Η αναλογία μιγμάτων που χρησιμοποιεί το υπέρρευστο διευκρινίστηκε για την παραγωγή σκυροδέματος υψηλής αντοχής και χαμηλής διαπερατότητας με τον περιορισμό της αναλογίας τσιμέντου /νερού σε 0,32 ενώ η αντοχή οριοθετήθηκε στα 41,4 MPa.

Προετοιμασία της επιφάνειας επικάλυψης

Εντοπίστηκαν όλες οι αποφλοιωμένες περιοχές όπου αφαιρείται όλο το ασθενικό σκυρόδεμα μετά από σμίλευση καθώς και το σκυρόδεμα γύρω από τις χαλαρές ενισχύσεις. Οι κατακόρυφες ρωγμές επισκευάζονται με πλήρους βάρους εποξειδική έγχυση η οποία γίνεται από την κατώτατη επιφάνεια και η ρητίνη ρέει ελεύθερα από τη ρωγμή στην κορυφή της επιφάνειας. Οι υγείες επιφάνειες καθαρίζονται φυσώντας με συνδυασμό συμπιεσμένου αέρα και νερού. Οι εκτεθειμένοι οπλισμοί ενίσχυσης καθαρίζονται λεπτομερώς με τρίψιμο για να αφαιρεθεί όλη η σκουριά και το ασθενικό σκυρόδεμα ενώ παράλληλα παρέχονται συμπληρωματικοί οπλισμοί εκεί που οι ήδη υπάρχοντες είτε έχουν καταστραφεί είτε έχουν χάσει την αντοχή τους λόγω διάβρωσης. Τέλος, πριν την ταυτόχρονη χύτευση σκυροδέματος γεμίματος και επικάλυψης, τοποθετούνται ράγες επίστρωσης για να εξασφαλίσουν το ελάχιστο πάχος επικάλυψης – 44,5mm – και την κατάλληλη αποξήρανση, πρόβλημα που επιλύεται με διαβροχή τη νύχτα πριν τη χύτευση.

Προσθήκη υπερρευστοποιητή & ποιοτικός έλεγχος

Όλα τα συστατικά εκτός του υπερρευστοποιητή προστίθενται μέσα στην μπετονιέρα. Ο υπερρευστοποιητής προστίθεται στον τόπο της εργασίας χρησιμοποιώντας ένα μακρύ (3,7m), πλαστικό σωλήνα με διατρήσεις στα τελευταία 1,2m ο οποίος παρεμβάλλεται στην μπετονιέρα όταν η τελευταία σταματάει να γυρίζει. Ο υπερρευστοποιητής εισάγεται όταν ο σωλήνας αποσύρεται αργά αργά και η μπετονιέρα τίθεται σε υψηλή ταχύτητα για 3 min και το μίγμα τίθεται σε ανάμιξη για 60 περίπου επαναλήψεις.

Σε κάθε φορτίο της μπετονιέρας γίνονται δοκιμές κάθισης, περιεκτικότητας σε αέρα και βάρους μονάδων ενώ δοκίμια χυτεύτηκαν για τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής. Επίσης, γίνεται μια προσπάθεια να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα διαφόρων μεταβλητών που επηρεάζουν το μίγμα ή την ανάμιξη όπως η θερμοκρασία, η ποσότητα υπερρευστοποιητή, οι συμπληρωματικές δόσεις υπερρευστοποιητή και η αναλογία των υλικών στο αρχικό μίγμα.

Τοποθέτηση και επισκευή

Η επικάλυψη διαστρώνεται σε λωρίδες φάρδους 6,1m και μήκους 61-65,5m. Μέσα σε μια μέρα μπορούν να διαστρωθούν 2 λωρίδες ή περίπου 743 m³.

Πειραματικές παρατηρήσεις

Οι περισσότερες δυσκολίες αντιμετωπίζονται κατά τη διάρκεια της δουλειάς και επιλύονται εφόσον τα συνεργεία εξοικειώνονται περισσότερο με τον εξοπλισμό και τη φύση του υπέρρευστου σκυροδέματος.

- Συστατικά του σκυροδέματος: αποκλίσεις στην ποσότητα και τις ιδιότητες των συστατικών που αναμινύονται προκαλούν αλλαγές στη

ρευστότητα,εργασιμότητα,περιεκτικότητα σε αέρα και θλιπτική αντοχή. Διαπιστώθηκαν οι παρακάτω σχέσεις:

(α) υπερρρευστοποιητής σε ποσότητα μικρότερη από 227g έχει ως αποτέλεσμα ρευστότητα με μέγιστη κάθιση 127mm. Η απώλεια ρευστότητας είναι σημαντική ειδικά τις ζεστές και ηλιόλουστες μέρες και το σκυροδέμα είναι δύσκολο να δουλευτεί.

(β) υπερρρευστοποιητής σε ποσότητα μεγαλύτερη από 312g έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες καθίσεις της τάξης των 229mm.

(γ) υπερρρευστοποιητής σε ποσότητα μεγαλύτερη από 425g έχει ως αποτέλεσμα το διαχωρισμό των αδρανών και καθίσεις μεγαλύτερες των 254mm.

(δ) αυξημένη περιεκτικότητα σε υπερρρευστοποιητή αυξάνει την περιεκτικότητα σε αέρα και τη ρευστότητα.

(ε) επαναλαμβανόμενη δόση υπερρρευστοποιητή στο μισό της αρχικής έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας σε αέρα και της ρευστότητας αλλά και μείωση της κάθισης.

(στ) είναι προφανές ότι αυξημένες ποσότητες συμπιεσμένου αέρα και υπερρρευστοποιητή έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της κάθισης και της περιεκτικότητας σε αέρα.

➤ Μεταφορά του σκυροδέματος:

(α) νεότερα μοντέλα φορτηγών παρέχουν καλύτερη ανάμιξη από τα παλιά μοντέλα.

(β) όταν το φορτηγό επιστρέφει από το πρώτο γέμισμα,ο οδηγός καθαρίζει τον κάδο. Στο δεύτερο γέμισμα, η κάθιση του σκυροδέματος είναι αυξημένη για την ίδια δόση υπερρρευστοποιητή.

(γ) προσθήκη υπερρρευστοποιητή απευθείας μέσα στην μπετονιέρα έχει ως αποτέλεσμα πάντα τις αποκλίσεις σε κάθιση και περιεκτικότητα σε αέρα οι οποίες ελαχιστοποιούνται με τη χρησιμοποίηση του σωλήνα που αναφέρθηκε παραπάνω.

(δ) μικρά φορτία του $1,5m^3$ ή λιγότερο απαιτούν μεγαλύτερη δόση υπερρρευστοποιητή απ'ότι τα συνήθη φορτία των $4,6m^3$.

➤ Περιβαλλοντικοί παράγοντες:

(α) αύξηση της ρευστότητας και εργασιμότητας του σκυροδέματος παρατηρήθηκαν μετά από βροχή, προφανώς γιατί η υγρασία της άμμου ήταν μεγαλύτερη από αυτήν που επιτυγχάνεται για την ανάμιξη.

(β) μια επιφανειακή κρούστα δημιουργείται πάνω στο φρέσκο σκυροδέμα σχεδόν αμέσως μετά την τοποθέτησή του λόγω ηλιοφάνειας τις ζεστές μέρες. Η υγρασία της επιφάνειας του σκυροδέματος εξατμίζεται και το χαμηλής αναλογίας τσιμέντου/νερού σκυροδέμα δεν έχει περίσσειμα νερού για να αντικαταστήσει το εξατμιζόμενο. Επομένως,η επιφάνεια ραγίζει όταν πάει να εξομαλυνθεί, πρόβλημα που αποφεύγεται με τη συνεχή διαβροχή της επιφάνειας με νερό.

(γ) υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της κάθισης. Θερμοκρασιακά προβλήματα εύκολα αναγνωρίζονται όταν μικρή ποσότητα υπερρρευστοποιητή έχει προστεθεί και αυξημένες ποσότητες και επαναλαμβανόμενες δόσεις κρίνονται απαραίτητες για να επιτευχθεί η ζητούμενη κάθιση και περιεκτικότητα σε αέρα.

➤ Παράγοντες τοποθέτησης: τα περισσότερα προβλήματα έχουν να κάνουν με τα ανειδίκευτα συνεργεία ως προς τη συμπεριφορά τους μ'αυτού του είδους το σκυροδέμα. Όταν οι δυσκολίες που είχαν σχέση με τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος αναγνωρίστηκαν και επιλύθηκαν, τα προβλήματα τοποθέτησης σχεδόν εξαλείφθηκαν.

Συμπεράσματα

δάπεδα γκαράζ μπορούν να επισκευάζονται οικονομικά με τη χρησιμοποίηση ενός στρώματος από υπέρρευστο σκυρόδεμα χαμηλής διαπερατότητας και υψηλής αντοχής. Με αυξημένη εργασιμότητα, λιγότερη εργασία και εξοπλισμός απαιτούνται για την κατάλληλη σταθεροποίηση. Οι δοκιμές αντοχής σε θλίψη δείχνουν υψηλές τιμές αντοχής – αρχικές και τελικές – επιτρέποντας την πρόωρη αφαίρεση των καλουπιών και το μειωμένο χρόνο μεταξύ των εφαρμογών.

Η απόδοση του υπέρρευστου σκυροδέματος επηρεάζεται από τις αναλογίες των υλικών, τις διαδικασίες ανάμιξης, τον τύπο των πρόσμικτων και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις. Αυστηρός ποιοτικός έλεγχος κατά τη διάρκεια της παρασκευής στον τόπο της εργασίας αλλά και συνεργασία συνεργείων και μηχανικού κρίνονται απαραίτητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γ.Ν.Τζουβαλάς, Γ. Μπάρτζης, Κ.Χριστοδουλής, Σ.Κ.Αντίοχος, Κ.Παύλου, Σ.Τσίμας, “ **Μελέτη επίδρασης ανόργανων ρυθμιστών πήξης τσιμέντου σε σκυρόδεμα με υπέρρευστοποιητή**”, 15ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Τόμος Β’, σελ. 637-647, Αλεξανδρούπολη, 2006.
2. P.Kumar Mehta, “ **Advancements in concrete technology**”, Concrete International, Vol. 21, Issue 6, σελ 69-70, June 1999.
3. Γ.Γαρατζιώτης, “ **Το υπέρρευστο σκυρόδεμα στην κατασκευή ποιοτικών οικοδομικών έργων**”, 15ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Τόμος Β’, σελ 423-426, Αλεξανδρούπολη, 2006.
4. Στέργιος Λαλιώτης, “ **Υπέρρευστοποιημένο έτοιμο σκυρόδεμα**”, 6ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Συνεδρία 2^η και 3^η : “Ειδικά Σκυροδέματα - Ποιοτικός Έλεγχος”, σελ. 81-89, Ιωάννινα, 1983.
5. Κ.Γ.Παπανικολάου, Σ.Λυκούδης, Αθ.Απέργης, Σ.Μαργέλη & Αφ.Τσαμπά, “**Εφαρμογή αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στην ελληνική προκατασκευή**”, 15ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Τόμος Β’, σελ. 529-538, Αλεξανδρούπολη, 2006.
6. [S.G.Pinjarkar](#), [A.E.N.Osborn](#), [M.J.Koob](#), [D.W.Pfeifer](#), “ **A case study : Rehabilitation of Parking Decks with Superplasticized Concrete Overlay**”, Concrete International, Vol 02, Issue 03, σελ. 62-67, March 1980.
7. [V.M.Malhotra](#), D.Malanka, “ **Landmark Series: Performance of Superplasticizers in Concrete: Laboratory Investigation-Part I**”, Concrete International, Vol. 26, Issue 08, σελ. 1-35, August 2004.
8. www.fhwa.dot.gov/infrastructure/materialsgrp/suprplz.htm, “**Superplasticizers**”.
9. irc.nrc-cnrc.gr.ca/pubs/cbd/cbd203_e.html , V. S. Ramachandran , “ **CBD – 203 . Superplasticizers in Concrete**”, 1979.