

# ΤΟ ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Γ. Γαρατζιώτης

*Μηχανικός Δομικών Έργων – Τμήμα Προσθέτων Σκυροδέματος, BASF C.C.ΕΛΛΑΣ Α.Ε.*

*Λέξεις κλειδιά: Σκυρόδεμα, Κατασκευή, Αστικός Ιστός*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Το σκυρόδεμα ως τελικό προϊόν θεωρείται υλικό υψίστης ασφαλείας διότι μαζί με τον χάλυβα συνεργάζονται και συμμετέχουν στην στατική λειτουργία μιας κατασκευής, εξασφαλίζοντας την με ασφάλεια μεταφορά των ιδίων αλλά και των παραλαμβανομένων φορτίων στο έδαφος. Ενώ ο χάλυβας είναι ένα προϊόν βιομηχανοποιημένο με σταθεροποιημένες ιδιότητες, άρα και ποιότητα, το σκυρόδεμα μέχρι να φτάσει στο έργο μας, επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες τόσο στη παραγωγή, όσο στη μεταφορά, την διάστρωση, τη συμπύκνωση και τέλος στη συντήρησή του. Στην παρούσα εισήγηση θα εξετάσουμε κατά πόσο είναι εφικτό να επιτευχθεί ένα σκυρόδεμα υψηλής επιτελεστικότητας με χαμηλό λόγο νερού προς τσιμέντο αλλά ταυτόχρονα να έχει μεγάλη κάθιση, την οποία θα διατηρεί αναλλοίωτη μέχρι και την χύτευσή του χωρίς επιπλέον προσθήκες ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες ακόμη και με παρουσία πυκνών οπλισμών.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλη είναι η αλυσίδα των ανθρώπων, που εμπλέκονται στη κατασκευή ενός έργου, ξεκινώντας από τον κύριο του έργου και περνώντας διαδοχικά στον μελετητή, τον ανάδοχο, τον επιβλέποντα μηχανικό, τον μηχανικό κατασκευής και καταλήγοντας στον παραγωγό ετοιμού σκυροδέματος. Όλοι καλούνται όμως, να αντιμετωπίσουν μιά σειρά προβλημάτων στα έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα, ειδικά όταν αυτά γίνονται σε μεγάλα αστικά κέντρα:

- Η Ελλάδα είναι μια από τις χώρες που αντιμετωπίζει έντονη σεισμικότητα, γεγονός που οδηγεί σε στοιχεία σκυροδέματος με πυκνό οπλισμό,
- Υπάρχει μεγάλη ανεπάρκεια εξειδικευμένου προσωπικού,

- Κίνηση και μποτιλιάρισμα είναι καθημερινό φαινόμενο ιδιαίτερα μέσα στις Αστικές περιοχές,
- Υψηλές θερμοκρασίες επικρατούν, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες,
- Έλλειψη γνώσεων σε θέματα κανονισμών που αφορούν την εφαρμογή του σκυροδέματος

Γεγονός παραμένει ότι η αγορά απαιτεί από τους μηχανικούς την μελέτη και κατασκευή έργων, τόσο ιδιωτικών όσο και δημοσίων που να αντέχουν στον χρόνο. Αυτό επίσης σημαίνει κατασκευές που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τις οποίες σχεδιάστηκαν με το δυνατόν μικρότερο κόστος συντήρησης. Παραδείγματα τέτοιων έργων είναι το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος, η Αττική Οδός και άλλα αυτοχρηματοδοτούμενα έργα.

Ο όρος ανθεκτικότητα έχει πλέον μπει στο λεξιλόγιό μας και εννοούμε την ικανότητα του σκυροδέματος να αντέχει στις εξωτερικές επιρροές του περιβάλλοντος που δρουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το ερώτημα που κυριαρχεί έντονα στο μυαλό του κάθε εμπλεκόμενου στη κατασκευή είναι το εξής: «θέλουμε να παράγουμε ανθεκτικό σκυρόδεμα ή θέλουμε ανθεκτικές κατασκευές?». Είναι φυσικό βέβαια να έχουμε ανθεκτικές κατασκευές όταν και το σκυρόδεμα είναι ανθεκτικό. Άρα επιζητούμε έναν ανθεκτικό και δυνατό φέροντα οργανισμό για να έχουμε μια ασφαλή κατασκευή.

Σωστή επίσης σύνταξη της μελέτης σύνθεσης του σκυροδέματος μπορεί να εξασφαλίσει ιδιότητες κλειδιά για την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος άρα και της κατασκευής :

- Εργασιμότητα,
- Μηχανική αντοχή

Εργασιμότητα είναι η ευκολία με την οποία μπορούμε να δουλέψουμε το σκυρόδεμα, να το τοποθετήσουμε στον ξυλότυπο και ακολούθως να το συμπυκνώσουμε ώστε να δώσει μια ομοιόμορφη και ομοιογενή μάζα με τη μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα και τιο μικρότερο επομένως πορώδες. Ένας όρος τόσο απλός αλλά πόσο σημαντικός! Με την εμπειρία που έχουμε από τη κατασκευή μεγάλων έργων, από το έργο της κατασκευής της Αττικής οδού, του Μετρό Αθηνών αλλά και άλλων, μπορούμε με σιγουριά να πούμε ότι σωστή διάστρωση και συμπίκνωση εξασφαλίζεται με την κατάλληλη

εργασιμότητα η οποία πρέπει να είναι της τάξεως των 14 cm κατά την ώρα διάστρωσης.

Μικρότερες εργασιμότητες απαιτούν δυσανάλογο αριθμό ατόμων για την διάστρωση και την συμπύκνωση, οι οποίοι συνήθως δεν διατίθενται, με συνέπεια (απουσία σωστής Επίβλεψης) να προστίθεται νερό για την διευκόλυνση των εργασιών, εις βάρος όμως της αντοχής και της ποιότητας.

Με απόλυτη πλέον σιγουριά μπορούμε να πούμε ότι:

Διασφάλιση εργασιμότητας = Εξασφάλιση αντοχής

Έχουμε εξασφάλιση της μηχανικής αντοχής όταν τηρούμε σταθερό τον λόγο νερού προς τσιμέντο όπως περιγράφεται στη μελέτη σύνθεσης. Άρα όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του νερού για την ίδια ποσότητα τσιμέντου τόσο μικραίνει και η αντοχή του σκυροδέματος. Όπως προαναφέραμε, συμβαίνει στα οικοδομικά έργα τα μίγματα με μικρή κάθιση να διαστρώνονται και να συμπυκνώνονται δύσκολα, ιδιαίτερα σε πυκνά οπλισμένες θέσεις όπως οι κόμβοι. Συνέπεια αυτών είναι να παρουσιάζονται φωλιές ή απόμιξη, λόγω αδυναμίας του υλικού να κινηθεί και να συμπυκνωθεί αποτελεσματικά. Η αντιμετώπιση εκ των υστέρων των συνεπειών αυτών, ορισμένες φορές είναι αδύνατη και τα σημεία αυτά αποτελούν την Αχίλλειο πτέρνα της κατασκευής μας.

Στο σημείο αυτό καλούμαστε να πούμε ότι τα χημικά πρόσθετα έχουν κυρίαρχο ρόλο στην Ανθεκτικότητα του σκυροδέματος και είναι τα υλικά που προστίθενται στο σκυρόδεμα και τροποποιούν τις ιδιότητές του για λόγους οικονομίας, εξοικονομίσεως ενέργειας και άλλων ειδικών απαιτήσεων. Τι πετυχαίνουμε όμως με τη χρήση των προσθέτων?

- μείωση της ποσότητας του νερού άρα αύξηση των αντοχών,
- αύξηση της εργασιμότητας,
- βελτίωση της αντλησιμότητας,
- δυνατότητα αύξησης ή μείωσης του χρόνου πήξεως,
- δυνατότητα ανάπτυξης πρώιμων μηχανικών αντοχών,
- αύξηση της ανθεκτικότητας σε παγοπληξία,
- βελτίωση της μορφής του σκυροδέματος

Παραδοσιακά στην πράξη μέχρι σήμερα, στην Μονάδα Παραγωγής γίνεται χρήση ρευστοποιητών- πλαστικοποιητών – μειωτών νερού και στο έργο η αύξηση της εργασιμότητας με χρήση προσθέτου επιτυγχάνεται με την χρήση υπερρευστοποιητή.

Η τελευταία γενιά υπερρευστοποιητών Πολυκαρβοξυλικού Αιθέρα (PCE) όμως, έχει πραγματικά εκπλήξει ευχάριστα, όλους τους εμπλεκόμενους στην κατασκευή οικοδομικών έργων, καταφέροντας να συνδυάσει δύο φαινομενικά αντικρουόμενες ιδιότητες στο σκυρόδεμα :

- Τήρηση χαμηλού λόγου νερού / τσιμέντου ( $N/T < 0,40$ ) και
- Μεγάλες καθίσεις σκυροδέματος, με μεγάλο χρόνο διατήρησης της εργασιμότητας.

Η χρήση των υπερρευστοποιητών τελευταίας γενιάς Πολυκαρβοξυλικού Αιθέρα (PCE) παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Για τον Παραγωγό ετοιμού σκυροδέματος δυνατότητα παράδοσης σκυροδέματος υψηλής ρευστότητας, χωρίς επιπλέον προσθήκες ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες με εξαιρετικά χαμηλούς λόγους νερού /τσιμέντου,
- Για τον Εργολάβο εύκολη, γρήγορη σκυροδέτηση με άριστη τελική επιφάνεια,
- Για τον Μηχανικό/ Ιδιοκτήτη / Κύριο του έργου Εγγύηση ποιότητας τελικού προϊόντος, ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες  
(Total Performance Control – Σύστημα Ολοκληρωτικού Ελέγχου)

## 2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Έργα που χρησιμοποιήθηκε Υπέρρευστο Σκυρόδεμα Αστικού ιστού με χρησιμοποίηση τελευταίας γενιάς υπερρευστοποιητή με βάση τους πολυκαρβοξυλικούς αιθέρες (PCE) είναι :

- η Αττική Οδός, (Ενίσχυση Υποστηλωμάτων κόμβου Καισαριανής)
- το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, (Ενίσχυση Υπάρχοντος κτιρίου και κατασκευή του Πύργου Ελέγχου στην Είσοδο λιμένα Πειραιά)
- Στην κατασκευή βιομηχανικών ινοπλισμένων δαπέδων βαριάς κυκλοφορίας για την διέλευση φορτηγών μεταφοράς σιδηροπλισμών (βάρους 80tn) στην ΒΙ.ΠΕ. Βόλου
- τον Αύγουστο 2005, στην κατασκευή των νέων πυλώνων για το νέο τελεφερίκ στην Πάρνηθα, όπου στήθηκε δύκτιο μήκους 517+250 μέτρων στην απόκρυμνη πλαγιά του βουνού, λόγω αδυναμίας πρόσβασης με οποιοδήποτε άλλον τρόπο. Η επόμενη λύση η οποία ήταν και πλέον πολυδάπανη, προέβλεπε τη

χρησιμοποίηση ειδικού για σκυροδετήσεις μισθωμένου ελικοπτέρου από την Ρωσία.

Τελικά ο τελευταίος γενιάς υπερρευστοποιητής με βάση τους πολυκαρβοξυλικούς αιθέρες για την Παραγωγή Υπέρρευστου Σκυροδέματος (Αστικού Ιστού) έδωσε τη λύση και χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή Υπέρρευστου σκυροδέματος χαμηλού λόγου Νερού / Τσιμέντο αλλά με υψηλή εργασιμότητα >25cm, κάνοντας μια εφαρμογή που φάνταζε αδύνατη να γίνει εφικτή και το νέο τελεφερίκ να κινείται πλέον με ασφάλεια για την εξυπηρέτηση όλων μας

C30/37 Γαρμπιλομπετόν – η μελέτη σύνθεσης

Θραυστή άμμος 650 kg

Γαρμπίλι 1200 kg

Τσιμέντο 360 kg

Νερό 180 kg

GLENIUM SKY 510 (0,9% κ.β.τσιμ.)

N/T : 0,43

Κάθιση: t= 0min (μονάδα): 17 cm

t=40min (στην κορυφή Πάρνηθας): 12 cm

t=45min : >25 cm

Αντοχές σε θλίψη 7 ημερών : 39 MPa

28 ημερών : 48 MPa

- Στην Αρτάκη Χαλκίδος χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα Αστικού ιστού για την σκυροδέτηση βαριά οπλισμένης πλάκας οροφής βιομηχανικού κτιρίου (Εργοστάσιο επεξεργασίας κρέατος) με πολύ πυκνό οπλισμό.(1000μ<sup>3</sup> σκυροδέματος κατηγορίας C25/30 διαστρώθηκαν σε επιφάνεια 2.500 m<sup>2</sup> σε 7½ μόλις ώρες με εργασιμότητα σκυροδέματος στο έργο >20cm -S5- σε όλη τη διάρκεια της σκυροδέτησης και για όλα τα οχήματα μεταφοράς)

### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αντοχή στον χρόνο, η αποτελεσματική συμπεριφορά σε σεισμικές καταπονήσεις, τα λιγότερα έξοδα συντήρησης της κατασκευής, η ικανοποίηση των κριτηρίων συμμόρφωσης και αποδοχής του σκυροδέματος, η ικανοποίηση των χρηστών, ιδιοκτητών, αλλά και όλων των εμπλεκόμενων στη κατασκευή του έργου, είναι τα κύρια οφέλη που προέρχονται από την χρήση του Υπέρρευστου Σκυροδέματος Αστικού

Ιστού με χρησιμοποίηση υπερρευστοποιητών νέας γενιάς Πολυκαρβοξυλικού Αιθέρα (PCE).

Για τον Παραγωγό ετοιμού σκυροδέματος προσφέρεται η δυνατότητα παράδοσης σκυροδέματος υψηλής ρευστότητας, χωρίς επιπλέον προσθήκες ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες με εξαιρετικά χαμηλούς λόγους νερού /τσιμέντου, για τον Εργολάβο γίνεται εύκολη και γρήγορη σκυροδέτηση με άριστη τελική επιφάνεια, για τον Μηχανικό, τον Ιδιοκτήτη, τον Κύριο του έργου προσφέρεται ποιοτικό τελικό προϊόν, ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες ακόμα και με παρουσία πολύ πυκνών σπλισμών.



Εικόνα 1: Υπέρρευστο Σκυρόδεμα