

ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ

Γ. Γαρατζιώτης

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

M. Corradi

BASF C.C. ITALIA SPA

R. Khurana

BASF C.C. ITALIA SPA

R. Magarotto

BASF C.C. ITALIA SPA

Λέξεις κλειδιά: Χαμηλών λεπτοκόκκων, Σκυρόδεμα,, Αυτοσυμπυκνούμενο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η χρήση αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (Α.Σ.Σ.) δεν είχε μεγάλη διάδοση λόγω του αυξημένου κόστους που αυτό συνεπάγεται μέχρι τώρα. Η ανάπτυξη όμως νέων και πιο αποτελεσματικών ρυθμιστών ιξώδους (Viscosity Modifying Agents/VMA) επιτρέπει σχεδιασμό αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (Α.Σ.Σ.) με πολύ πιο οικονομικό τρόπο και αντοχές στο επίπεδο των 25-35 MPa. Αυτό γίνεται με τη χρήση χαμηλότερης ποσότητας συνολικών λεπτοκόκκων (τσιμέντο + λεπτοκόκκα): 350-380Kg/m³. Οι παραπάνω εξελίξεις καθιστούν επιτέλους δυνατή την παραγωγή αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (Α.Σ.Σ.) με βελτιωμένο (χαμηλότερο) κόστος που θα οδηγήσει στην “διόγκωση” της χρήσεως από τις Βιομηχανίες Ετοιμού Σκυροδέματος, προς βελτίωση της ποιότητας των κατασκευών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα παρουσιάστηκε στην Ευρωπαϊκή αγορά στα μέσα της δεκαετίας του '90 και έτυχε ταχύτατα ευνοϊκής αποδοχής. Διάφορα πρότυπα, οδηγίες και προδιαγραφές δημοσιεύτηκαν από τότε, δίνοντας χρήσιμες οδηγίες, κατευθύνσεις και πληροφορίες τόσο για την παραγωγή όσο και για την εφαρμογή του. Το Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα εξαπλώθηκε επίσης ευρύτατα και στην βιομηχανία προκατασκευής. Η χρήση του Αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στην προκατασκευή συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της παραγωγής, την εκμετάλλευση των καλουπιών, την μείωση των ενεργειακών και

εργασιακών κόστων αλλά πρωτίστως στοχεύει στην βελτίωση της ποιότητας και εμφάνισης του τελικού παραγόμενου προϊόντος. Υπολογίζεται ότι περισσότερο από το 50% του παραγόμενου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται στον χώρο της προκατασκευής είναι πλέον Αυτοσυμπυκνούμενο. Αλλά η εικόνα είναι τελείως διαφορετική για τα παρασκευαστήρια ετοιμού σκυροδέματος, όπου λιγότερο από το 1% της παραγωγής σκυροδέματος είναι Αυτοσυμπυκνούμενο. Γιατί αυτή η τόσο μεγάλη διαφορά?

Γεγονός είναι ότι όταν ένας παραγωγός σκυροδέματος προμηθεύει Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα, λαμβάνει υψηλότερες μηχανικές αντοχές σε σχέση με την κατηγορία του σκυροδέματος που του παραγγέλθηκε και για την οποία τελικά πληρώνεται. Αυτό συμβαίνει λόγω της απαίτησης για υψηλή περιεκτικότητα λεπτοκόκκων, που χρειάζονται για την διασφάλιση της συνεκτικότητας του μίγματος, την αποφυγή εξίδρωσης (bleeding) αλλά και της τάσης διαχωρισμού (segregation).

Η ανάγκη για λεπτόκοκκα καλύπτεται συνήθως με την αυξημένη δοσολογία τσιμέντου, με τη χρήση θραυστής άμμου με υψηλή περιεκτικότητα σε παιπάλη αλλά και χρήση άλλων υλικών όπως φίλλερ. Η περιεχόμενη ποσότητα λεπτοκόκκων στα παραδοσιακά μίγματα Αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος είναι της τάξης των 450-600 kg/m³.

Οι διακυμάνσεις στις ιδιότητες του νωπού Αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος εξαιτίας της διαφοροποίησης των πρώτων υλών (αδρανή κλπ) διευθετούνται με την μεταβολή των λεπτοκόκκων και της δοσολογίας του χρησιμοποιούμενου υπερρρευστοποιητή.

Η επιπλέον ποσότητα τσιμέντου στο μίγμα, η επιπλέον ποσότητα λεπτοκόκκων που απαιτούνται για την παραγωγή του Αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος, η εγκατάσταση επιπλέον σιλό για την τροφοδοσία λεπτοκόκκων, ο εξειδικευμένος ποιοτικός έλεγχος (πρώτων υλών και τελικού προϊόντος) είναι παράγοντες που προσθέτουν επιπλέον κόστος στην παραγωγή.

2. ΤΟ ΟΝΕΙΡΟ ΠΟΥ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΤΟΧΟΣ

Η μείωση της περιεκτικότητας των λεπτοκόκκων καθώς και η μείωση της περιεκτικότητας του τσιμέντου θα συνέβαλλαν στην μείωση του κόστους ανα παραγόμενο κυβικό μέτρο σκυροδέματος, με στόχο να διατηρηθούν βέβαια αναλλοίωτες οι ιδιότητες της αυτοσυμπύκνωσης. Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα για την σχεδιασμό και παραγωγή Αυτοσυμπυκνόμενου Σκυροδέματος με περιεκτικότητα συνολικών λεπτοκόκκων (τσιμέντο+λεπτόκοκκα) όχι μεγαλύτερη των 380 kg/m³ και με πιθανή μείωση στα 350 kg/m³ έτσι ώστε να μπορεί χρησιμοποιηθεί από όλα τα παρασκευαστήρια σκυροδέματος και για κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος, στο επίπεδο των 25-30 MPa και για κατηγορίες καθίσεων

S4-S5 με χαρακτηριστικά αυτοσυμπύκνωσης. Η ανάγκη για χρησιμοποίηση επιπλέον λεπτοκόκκων (Fillers 100-150 kg/m³) εξαλείφεται ή και μειώνεται και κατά συνέπεια το κόστος κυβικού σκυροδέματος. Ένας ισχυρός και πολύ αποτελεσματικός ρυθμιστής ιξώδους νέας τεχνολογίας (Viscosity Modifying Agents – VMA) καλείται να διατηρήσει την ομοιογένεια του Αυτοσυμπυκνούμενου Σκυροδέματος, να καταστήσει το μίγμα λιγότερο ευαίσθητο σε αλλαγές στην ζήτηση νερού (robustness) χωρίς όμως να επιδρά στην ρευστότητα του μίγματος. Η περιεκτικότητα του τσιμέντου στο μίγμα προσδιορίζεται πλέον ανάλογα με την κατηγορία του σκυροδέματος ή την κατηγορία έκθεσης στο περιβάλλον.

3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Για την επίτευξη των παραπάνω θεωρήθηκε σημαντικό να κλειδωθούν ορισμένες παραμέτροι σχεδίασης του μίγματος. Έτσι η συνολική περιεκτικότητα λεπτοκόκκων στο μίγμα δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 380 kg/m³. Η εξάπλωση του νεπού σκυροδέματος να βρίσκεται στο φάσμα των 60~70 εκατοστών, με χρόνο t₅₀ όχι μεγαλύτερο από 12 δευτερόλεπτα, και χωρίς κανένα ίχνος εμφάνισης εξίδρωσης. Ο χρόνος διατήρησης των χαρακτηριστικών αυτοσυμπύκνωσης ορίστηκε στα 90~120 λεπτά, χρόνος που θεωρείται ικανός για την μεταφορά και ολοκλήρωση διάστρωσης του κάθε αναμίγματος. Ο προτεινόμενος Ρυθμιστής Ιξώδους (Viscosity Modifying Agents – VMA) θα πρέπει να προστίθεται στο μίγμα σε μια λογική δοσολογία και πάνω απ'όλα να είναι φιλικός στους χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να προστίθεται κανονικά στο μίγμα και όχι τροποποιώντας τον χρόνο ανάμιξης των πρώτων υλών μέχρι επιτεύξεως επιθυμητού αποτελέσματος. Επίσης το σύστημα θα πρέπει να συνεργάζεται με την πλειοψηφία των τσιμέντων, αδρανών και συνδυασμών χρησιμοποιούμενων υπερρευστοποιητών και τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος θα πρέπει να παραμένουν σταθερά στις διακυμάνσεις της ποσότητας του περιεχόμενου στο μίγμα νερού ($\pm 10 \text{ lt/m}^3$, Robustness).

4. ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟ ΥΠΕΡΡΕΥΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (SMART DYNAMIC CONSTRUCTION™)

Η BASF Construction Chemicals, παρουσίασε την τεχνολογική καινοτομία Smart Dynamic Construction™, η οποία ανοίγει νέους δρόμους στη βιομηχανία παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος, για μη ενεργοβόρα – «οικολογικά» σκυροδέματα, με υψηλή ανθεκτικότητα, που προσφέρουν συντόμευση της παραγωγικής διαδικασίας, έχοντας σαν αποτέλεσμα την

εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος αλλά ταυτόχρονα την μείωση των εκπομπών CO₂. Η καινοτομία αυτή επιτρέπει την αναβάθμιση των σκυροδεμάτων με κάθιση S4 και S5 σε σκυροδέματα υψηλής απόδοσης, με χαρακτηριστικά αυτοσυμπύκνωσης, ενώ ταυτόχρονα η διαδικασία παραγωγής τους παραμένει ίδια με ένα κοινό τύπο σκυροδέματος. Στη πραγματικότητα, ανοίγει το δρόμο για τη παραγωγή μιας νέας γενιάς σκυροδεμάτων, τα οποία είναι εύκολα στη παραγωγή, με υψηλά τεχνικά χαρακτηριστικά και συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα ενός σκυροδέματος που δονείται με το παραδοσιακό τρόπο και του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος.

Η ιδέα του Smart Dynamic ConstructionTM, συνίσταται σε ένα ανάμιγμα με λιγότερα από 380 Kg λεπτόκοκκων ανά m³ σκυροδέματος, έναν υπερρευστοποιητή GLENIUM[®], ειδικά σχεδιασμένο για τις ανάγκες του μίγματος και το νέο πρωτοποριακό πρόσμικτο RheoMATRIX[®], ένα ρυθμιστή ιξώδους νέας τεχνολογίας, αποκλειστικό προϊόν της BASF, που αποτελεί το «κλειδί» για τη πρωτοποριακή αυτή ιδέα. Μέσω των μορίων του τα οποία έχουν την ικανότητα να αυτοοργανώνονται, το RheoMATRIX[®] 100 «διορθώνει» το ιξώδες του σκυροδέματος, με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτρέπει να συνυπάρχουν αντικρουόμενα χαρακτηριστικά όπως υψηλή ρευστότητα, μεγάλη ταχύτητα ροής και αντίσταση σε διαχωρισμό.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ελλάδα – Βιομηχανία Προκατασκευής

C25/30–η μελέτη σύνθεσης

Γαρμπίλι (4-16mm) 375 kg

Ριζάκι (4-8mm) 275 kg

Θραυστή άμμος (0-4mm) 1200 kg

Τσιμέντο (CEM I 42,5N) 360 kg

Νερό 210 kg

GLENIUM[®] (1,0 % κ.β.τσιμ.)

RheoMATRIX[®] (0,7% κ.β.τσιμ.)

N/T : 0,60

Εξάπλωση: 68 cm

V Funell: 11 sec

L Box : 0,92

Αντοχές σε θλίψη 7 ημερών : 34,5 Mpa

Τρεβίζο - Ιταλία : Βιομηχανία Ετοιμού σκυροδέματος

C20/25 – η μελέτη σύνθεσης

Γαμπίλι (4-16mm) 430 kg

Ριζάκι (4-8mm) 371 kg

Θραυστή άμμος (0-4mm) 658 kg

Φυσική άμμος (0-4mm) 371 kg

Τσιμέντο (CEM I 42,5N) 330 kg

Νερό 190 kg

GLENIUM® (1,2 % κ.β.τσιμ.)

RheoMATRIX® (0,2% κ.β.τσιμ.)

N/T : 0,58

Εξάπλωση: t=0 71 cm

Εξάπλωση: t=1h45min 60 cm

Βιτσέντζα – Ιταλία : Βιομηχανία Προκατασκευής

C30/37 – η μελέτη σύνθεσης

Γαμπίλι (4-16mm) 710 kg

Φυσική άμμος (0-4mm) 1064 kg

Τσιμέντο (CEM I 42,5N) 380 kg

Νερό 188 kg

GLENIUM® (1,2 % κ.β.τσιμ.)

RheoMATRIX® (0,2% κ.β.τσιμ.)

N/T : 0,58

Εξάπλωση: 66 cm

V Funell : 3 sec

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καινοτομία του συστήματος Smart Dynamic Construction™, προσφέρει μια «έξυπνη» τεχνολογία που απλοποιεί τη παραγωγή και τον έλεγχο ενός δυναμικού σκυροδέματος, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στα οικονομικά, εργονομικά αλλά και στα οικολογικά χαρακτηριστικά του. Η τεχνολογία αυτή, υπερτονίζει τη δέσμευση της βιομηχανίας των Χημικών Κατασκευής για λύσεις «ραμμένες στα μέτρα» της βιομηχανίας σκυροδέματος, δίνοντας της τη δυνατότητα για το άλμα προς το μέλλον. Σε συνδυασμό με την άριστη τεχνική υποστηρίξη σε τοπικό επίπεδο αλλά και με τη σιγουριά που δίνει το όνομα του παγκόσμιου ηγέτη στη βιομηχανία χημικών, το σύστημα αυτό δίνει την ώθηση στη βιομηχανία κατασκευής για να εισέλθει σε μια νέα εποχή.

Η πρωτοποριακή αυτή ιδέα, έρχεται να ικανοποιήσει τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες για υπέρρευστα σκυροδέματα στις κατασκευές, προσφέροντας στη κατασκευαστική βιομηχανία:

Οικονομία:

Η μείωση από τη μια πλευρά της ανάγκης προσθήκης λεπτόκοκκων (φίλλερ ή/και τσιμέντο) που κοστίζουν και από την άλλη, η παραγωγή ενός υπέρρευστου σκυροδέματος, με χαρακτηριστικά αυτοεπιπέδωσης, επιτρέπει τη διάστρωση σε 40% λιγότερο χρόνο, από λιγότερα άτομα, αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τη παραγωγικότητα. Επίσης η παραγωγή του είναι τόσο εύκολη όσο ενός κοινού σκυροδέματος, καθώς τα μίγματα αυτά είναι λιγότερο ευαίσθητα σε αλλαγές στη ζήτηση νερού (“robustness”).

Σεβασμός στο περιβάλλον

Η χαμηλή περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα (π.χ. τσιμέντο), η παραγωγή των οποίων προκαλεί έκκλυση CO₂, βελτιώνει σημαντικά την οικολογική συμπεριφορά του σκυροδέματος, ενώ η πλήρης επικάλυψη των ράβδων οπλισμού που επιτυγχάνεται , προσδίδει βέλτιστη προστασία στο χάλυβα έναντι διάβρωσης, αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος και συμπερασματικά το προσδόκιμο ζωής των κατασκευών όπου χρησιμοποιείται.

Εργονομία

Λόγω των χαρακτηριστικών αυτοσυμπύκνωσης, εξαλείφεται η ανάγκη χρήσης δόνησης και άρα δεν υπάρχει ανεπιθύμητος θόρυβος και κίνδυνοι από τις δονήσεις, για την υγεία του εργατοτεχνικού προσωπικού. Επίσης, η νέα φιλοσοφία των συνθέσεων σκυροδέματος, εγγυάται ένα τύπο σκυροδέματος με χαμηλό κολλώδες, βελτιώνοντας έτσι την εργασιμότητά του. Η καινοτομία του συστήματος Smart Dynamic Construction™, προσφέρει μια «έξυπνη» τεχνολογία που απλοποιεί τη παραγωγή και τον έλεγχο ενός δυναμικού σκυροδέματος, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στα οικονομικά, εργονομικά αλλά και στα οικολογικά χαρακτηριστικά του. Η τεχνολογία αυτή, υπερτονίζει τη δέσμευση της βιομηχανίας των Χημικών Κατασκευής για λύσεις «ραμμένες στα μέτρα» της βιομηχανίας σκυροδέματος, δίνοντας της τη δυνατότητα για το άλμα προς το μέλλον. Σε συνδυασμό με την άριστη τεχνική υποστηρίξη σε τοπικό επίπεδο αλλά και με τη σιγουριά που δίνει το όνομα του παγκόσμιου ηγέτη στη βιομηχανία χημικών, το σύστημα αυτό δίνει την ώθηση στη βιομηχανία κατασκευής για να εισέλθει σε μια νέα εποχή.



Εικόνα 1: με χρήση RheoMATRIX®



Εικόνα 2: χωρίς

«...Η διαφορά στην εξάπλωση των δύο σκυροδεμάτων (με και χωρίς RheoMATRIX®) είναι εμφανής...»



Εικόνα 3



Εικόνα 4

«...Η ομάδα σκυροδέτησης χωρίς RheoMATRIX® αποτελείται από 3 άτομα και δεν έχει τελειώσει ακόμα τη διάστρωση τη στιγμή που ομάδα του RheoMATRIX® που αποτελείται από 1 άτομο, έχει τελειώσει και ψεκάζει την αντιστατική μεμβράνη...»