

Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας

Ποιος ο ρόλος της μικροδομής του σκυροδέματος;

Το σκυρόδεμα, ως πορώδες υλικό, δεν είναι απόλυτα συμπαγές· περιέχει μικρές εσωτερικές κοιλότητες και κενά, γνωστά και ως πόροι. Οι κοιλότητες αυτές μπορεί να είναι μερικώς ή ολικώς κορεσμένες με, ή χωρίς, νερό, παρά μόνο γεμάτες με αέρα. Το σύνολο των κενών-κοιλοτήτων συνιστούν το ολικό πορώδες του σκυροδέματος.

Το πορώδες μπορεί να είναι:

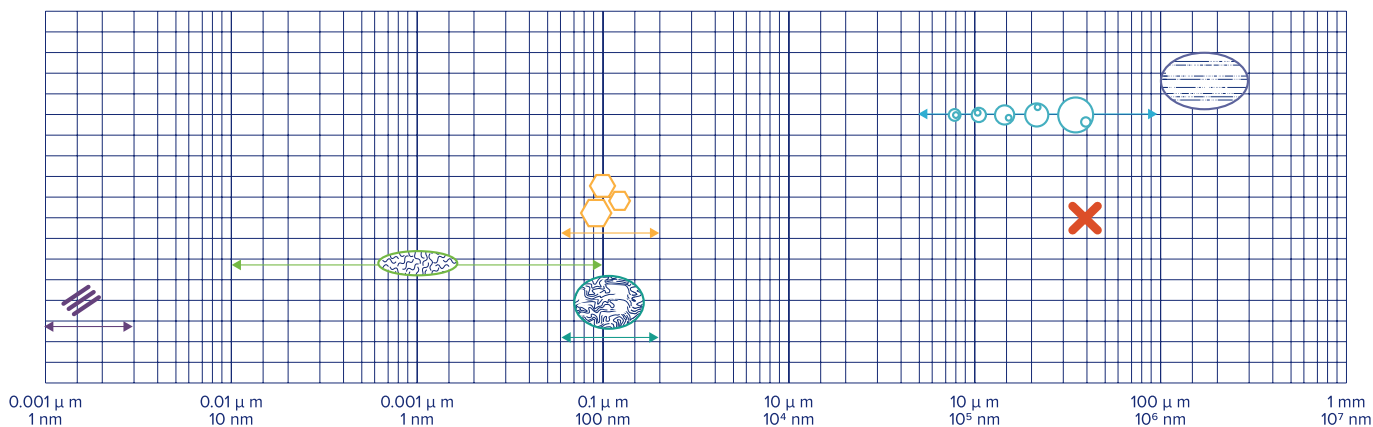
- Κλειστό, με ασυνεχείς πόρους-κενά.
- Ανοικτό (διαμπερές), με πλήρη συνέχεια μεταξύ πόρων-κενών.
- Ανοικτό από τη μία πλευρά, με μερική συνέχεια μεταξύ πόρων-κενών.

Η μεταφορά των ρευστών στο εσωτερικό του σκυροδέματος πραγματοποιείται μέσω των πόρων και σχετίζεται με το πορώδες στη μάζα του τσιμεντοπολτού, αλλά και στη διεπιφανειακή μεταβατική ζώνη τσιμεντοπολτού και αδρανών.

Η διαπερατότητα αφορά την ευκολία με την οποία τα ρευστά εισέρχονται μέσω των πόρων του σκυροδέματος, ωστόσο μόνο οι συνεχείς πόροι και τα συνδεδεμένα κενά συντελούν στην αύξησή της.

Συνεπώς, ένα αυξημένο πορώδες δεν συνεπάγεται απαραίτητα αυξημένη διαπερατότητα, σημαίνει όμως αυξημένη πιθανότητα να αποκτήσουν συνέχεια οι πόροι και να δημιουργηθούν διάδρομοι ροής των ρευστών. Αυτό συμβαίνει επειδή, με την πάροδο του χρόνου, οι φυσικοχημικές μεταβολές που συμβαίνουν στο σκυρόδεμα συνδυαστικά με τη μηχανική καταπόνηση που δέχεται, ευνοούν την ανάπτυξη τασικού πεδίου τοπικά, το οποίο διευρύνει τους πόρους, με αποτέλεσμα την τελική σύνδεση τους.

Μικροδομή σκυροδέματος*

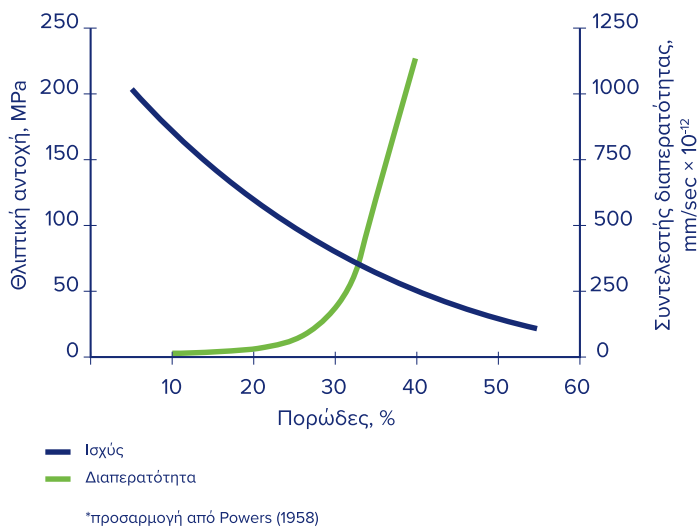


- Ενδοστρωσιακά κενά στο C-S-H
- Τριχοειδή κενά
- Εξαγωγικοί κρύσταλλοι CH ή θειικών
- Συσσωμάτωση φύλλων C-S-H
- Φυσαλίδες αέρα (αερακτικό)
- Εγκλωβισμένος αέρας
- Μέγιστη διάσταση φυσαλίδων αερακτικού για αντιπαγωτική δράση

*Μπαδογιάννης Ε. - 2ο Εξαμ. - ΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το νερό του μίγματος διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο και επηρεάζει το πορώδες, καθώς υψηλοί λόγοι νερού προς τσιμέντο αυξάνουν την παρουσία τριχοειδών πόρων. Επομένως, αυξάνεται η διαπερατότητα και μειώνεται σημαντικά η ανθεκτικότητα και η αντοχή του σκυροδέματος.

Η θλιπτική αντοχή και η διαπερατότητα σχετίζονται με το τριχοειδές πορώδες του τσιμεντοπολτού



Μηχανισμοί εισόδου νερού στο σκυρόδεμα

Το νερό, στην υγρή κατάσταση της ύλης, εισέρχεται στα πορώδη υλικά, όπως το σκυρόδεμα ως εξής:

1 Διαπερατότητα υπό υδροστατική πίεση

Όταν το σκυρόδεμα εκτίθεται σε μονόπλευρή πίεση νερού, προκαλείται διαφορά πίεσης μεταξύ των ελευθέρων επιφανειών. Η διαφορά αυτή αναπτύσσει ροή νερού, η οποία και οδηγεί το νερό εντός πόρων και τριχοειδούς δικτύου του σκυροδέματος. Είναι σαφές ότι, όσο μεγαλύτερο το ύψος στήλης νερού, όπως ένα δομικό μέλος κατασκευής βυθισμένο στο νερό π.χ. βάθρο γέφυρας, τόσο μεγαλύτερη η υδροστατική πίεση που αναπτύσσεται και συνεπώς τόσο περισσότερο τείνει το νερό να εισέλθει εντός του σκυροδέματος.

2 Τριχοειδής απορρόφηση

Η τριχοειδής απορρόφηση δεν απαιτεί διαφορά πίεσης και υδροστατική πίεση και είναι ο πιο συνηθής μηχανισμός εισόδου του νερού με περιοδική διαβροχή, όπως οι κύκλοι ύγρυνσης-ξηράνσης π.χ. βάθρο γέφυρας πάνω από τη στάθμη του νερού, γνωστό και ως ζώνη παφλασμού-κυματισμού «splash-tidal zone».

Τι είναι το σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας;

Σκυρόδεμα που να αποκλείει πλήρως τη διέλευση νερού μέσα από τη μάζα του, δηλαδή «απόλυτα στεγανό σκυρόδεμα», δεν μπορεί να επιτευχθεί, παρά μόνο σε συνδυασμό με την κατασκευή επιφανειακής, απόλυτα στεγανής επικάλυψης.

Ωστόσο, με τη χρήση ειδικών σκυροδεμάτων αυξάνεται σημαντικά η αντίσταση των κρίσιμων δομικών στοιχείων της οικοδομής (περιμετρικά τοιχία υπογείων, πλάκες δώματος, πισίνες κ.ά.) στη διέλευση του νερού. Τα σκυροδέματα αυτά ονομάζονται «μειωμένης υδατοπερατότητας» και, όταν διαστρώνονται και συντηρούνται σωστά, μαζί με επικουρικά μέτρα στεγανοποίησης ευπαθών σημείων της κατασκευής (π.χ. αρμοί, ασυνέχειες, στήριξη των καλουπιών κλπ.), συμβάλλουν ουσιαστικά στη βελτίωση της στεγανότητας της οικοδομής.

Ένα σκυρόδεμα «μειωμένης υδατοπερατότητας» παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις στη δομή των πόρων σε σχέση με ένα συμβατικό, απλό σκυρόδεμα. Διαφέρει ως προς το πλήθος, το μέγεθος, τη διάταξη και τη διασύνδεση των πόρων· στοιχεία που επηρεάζουν καθοριστικά την επικοινωνία μεταξύ τους και, συνεπώς, την υδατοδιαπερατότητα του σκυροδέματος. Η επικοινωνία των πόρων διαδραματίζει μεγαλύτερο ρόλο από το συνολικό πορώδες όταν εξετάζεται η ικανότητα διείσδυσης του νερού.

Η διαφορά του σκυροδέματος «μειωμένης υδατοπερατότητας» βασίζεται κυρίως στην περιεκτικότητα τσιμέντου, στην κοκκομετρία των αδρανών και στον λόγο νερού προς τσιμέντο που περιέχει κατά την παραγωγή του.

Πως καλύπτεται κανονιστικά το σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας;

Βάσει Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016 (ΚΤΣ 2016) και την παράγραφο Β7.1.3., το σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας ανήκει στα σκυροδέματα πρόσθετων απαιτήσεων.

Σύμφωνα με την παράγραφο Β7.6 – ΚΤΣ 2016 το σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας πρέπει να ικανοποιεί τις εξής απαιτήσεις:

- Μέγιστος υδατοτσιμεντοσυντελεστής $v/\tau=0,50$.
- Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου: 350 kg (μέγιστο αδρανές 31,5 mm) & 370 kg για γαρμπιλοσκυρόδεμα (μέγιστο αδρανές 16 mm).

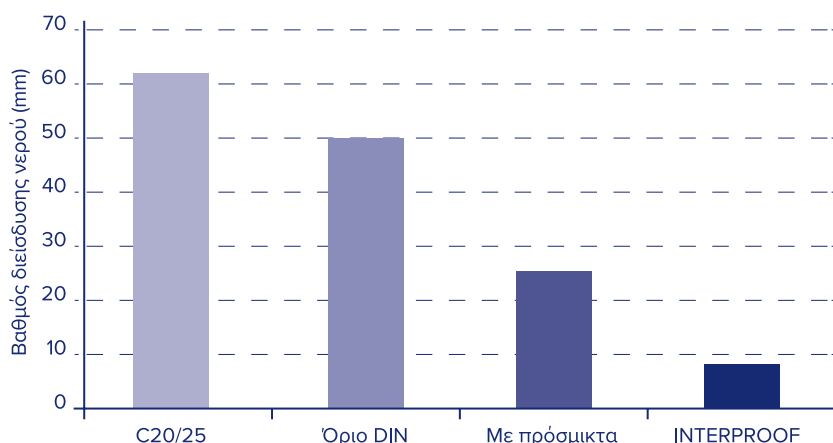
Συνιστάται επιπλέον, η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών να βρίσκεται, κατά το δυνατόν, στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ και η συμπίκνωση στο έργο πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφεύγονται κενά και φυσαλίδες μέσα στη μάζα του σκυροδέματος.

Τέλος, η συντήρηση του σκυροδέματος πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και να διαρκεί το κατάλληλο χρονικό διάστημα, ώστε να αποφεύγονται ρηγματώσεις, π.χ. από συστολή πριν από την πήξη, από συστολή ξήρανσης, καθώς και από θερμοκρασιακές μεταβολές.

Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας INTERPROOF

Το INTERPROOF είναι το έτοιμο σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας που διαθέτει η INTERBETON Δομικά Υλικά Α.Ε. Το INTERPROOF σχεδιάστηκε κατά τις απαιτήσεις του ΚΤΣ 2016: περιέχει την απαραίτητη ποσότητα τσιμέντου, κατάλληλης κοκομετρίας αδρανή υλικά και τον προβλεπόμενο λόγο νερού προς τσιμέντο. Παραδίδεται στο έργο με εξαιρετικά υψηλή εργασιμότητα S4 ή S5, ώστε να είναι πολύ εύκολο στη διάστρωσή του, αποτρέποντας τη παράτυπη προσθήκη νερού στο έργο, πράξη που αυξάνει την υδατοπερατότητα. Η υψηλή εργασιμότητα βοηθά στην επίτευξη λείας, τελικής επιφάνειας, ακόμη και αν η δόνηση-συμπύκνωση δεν είναι η ενδεδειγμένη. Το INTERPROOF μπορεί να αντληθεί και μέσω αντλίας δικτύου σε έργα που δεν μπορεί να προσεγγίσει η συμβατική αντλία δικτύου.

Επιδόσεις τύπων σκυροδέματος σε έλεγχο υδατοπερατότητας κατά EN 12390-8 & DIN 1048-5



Με το INTERPROOF μειώνονται οι πιθανότητες εμφάνισης βλαβών στο σκυρόδεμα όπως:

- Διάβρωση χαλύβδινου οπλισμού (από χλωριόντα ή ενανθράκωση)
- Αλκαλοπυριτική αντίδραση
- Παγοπληξία
- Χημική προσβολή λόγω εισόδου φθοροποιών παραγόντων διά μέσου του νερού (π.χ. θειικά, νιτρικά κλπ.)

Επιπρόσθετα το INTERPROOF διατίθεται και:

- 1 Οπλισμένο με ίνες, οι οποίες διασκορπίζονται πλήρως στη μάζα του κατά την ανάμιξη στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος, σχηματίζοντας ένα τρισδιάστατο πλέγμα που περιορίζει την ανάπτυξη ρηγματώσεων στο εσωτερικό και στην επιφάνεια του INTERPROOF.
- 2 Με χρήση κρυσταλλικού χημικού προσμίκτη, το οποίο, παρουσία νερού, παράγει αδιάλυτους κρυστάλλους εντός του τριχοειδούς δικτύου και του πορώδους, μειώνοντας αισθητά την υδατοδιαπερατότητα του σκυροδέματος. Το κρυσταλλικό πρόσμικτο προστίθεται μόνο στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος και όχι στο αυτοκίνητο μεταφοράς στο έργο, ώστε να αποφεύγεται πιθανή μείωση της αντοχής του έτοιμου σκυροδέματος και αλλοίωσης των χαρακτηριστικών του, όπως μεταβολές σε εργασιμότητα και στον χρόνο πήξης. Αυτό προβλέπεται ρητά και στον ΚΤΣ 2016 και συγκεκριμένα στην παράγραφο B3.11 όπου αναγράφεται:
«Απαγορεύεται η προσθήκη υλικών στο μίγμα (όπως στεγανοποιητικών ή άλλων προσθέτων) μετά την απομάκρυνση του σκυροδέματος από τον αναμκτήρα.»
Στην περίπτωση που ο πελάτης επιθυμεί να προσθέσει στο μίγμα σκυροδέματος κρυσταλλικό πρόσμικτο που προμηθεύτηκε ο ίδιος, αυτομάτως η INTERBETON ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε. δεν φέρει καμία ευθύνη για τα χαρακτηριστικά του έτοιμου σκυροδέματος που παρέδωσε.

Σωστές πρακτικές για καλύτερη στεγανότητα έργων

Καλούπια: Οι ενώσεις και οι γωνίες των καλουπιών πρέπει να είναι ερμητικά κλειστές, ώστε να μην υπάρχει η διαρροή και η απώλεια τσιμεντόπαστας. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη χρήση κατάλληλων, λείων καλουπιών και αποκαλουπωτικού μέσου.

Οπλισμός: Η σωστή σχεδίαση και στερέωση του οπλισμού είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς περιορίζει ρηγματώσεις που οφείλονται σε ανεπαρκή οπλισμό ή σε ανεπαρκή επικάλυψη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε έντονη πλαστική συρρίκνωση και ρηγματώσεις.

Ωρίμανση – Συντήρηση: Η σωστή συντήρηση είναι καθοριστική. Μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης ρηγματώσεων πλαστικής ξήρανσης και παράλληλα συμβάλλει σε πληρέστερη ενυδάτωση του τσιμέντου στο σκυρόδεμα.

Αρμοί: Η προσεγμένη προετοιμασία των αρμών εργασίας και η σωστή επιλογή τεχνολογίας σφράγισης αρμών είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη στεγανότητα του έργου.

Βιβλιογραφία

Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (2016)

Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016. ΦΕΚ 1561/02-06-2016, Αθήνα.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (n.d.) DIN 1048-5:

Testing of Hardened Concrete – 7.6 Water Permeability. Berlin: DIN.

European Committee for Standardization (CEN) (2009)

EN 12390-8: Testing hardened concrete – Part 8: Depth of penetration of water under pressure. Brussels: CEN.