

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΜΕΝΤΖΙΚΟΦΑΚΗΣ

Γενικός Διευθυντής Penetron Hellas, t.mentzikofakis@penetron.gr

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΠΟΥΡΑΪΜΗΣ

Πολιτικός Μηχανικός MSc.-Τεχνική Υποστήριξη Πωλήσεων, d.bouraimis@penetron.gr

Περίληψη

Οι τεχνολογίες με ανάπτυξη κρυστάλλων στο σκυρόδεμα, ήδη γνωστές από τη δεκαετία του '50, είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί για τη στεγανοποίηση κατασκευών, σε μεγάλα έργα υποδομών, αλλά και σε βιομηχανικά και κτηριακά έργα. Σήμερα, τα συστήματα αυτά από τους Leader αυτής της τεχνολογίας, χρησιμοποιούνται τόσο στην επισκευή και προστασία κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, όσο και στη νέα κατασκευή, εξασφαλίζοντας από την αρχή την μακρόχρονη προστασία και αυτό-ίαση των κατασκευών (ανθεκτικότητα κατασκευών / durability).

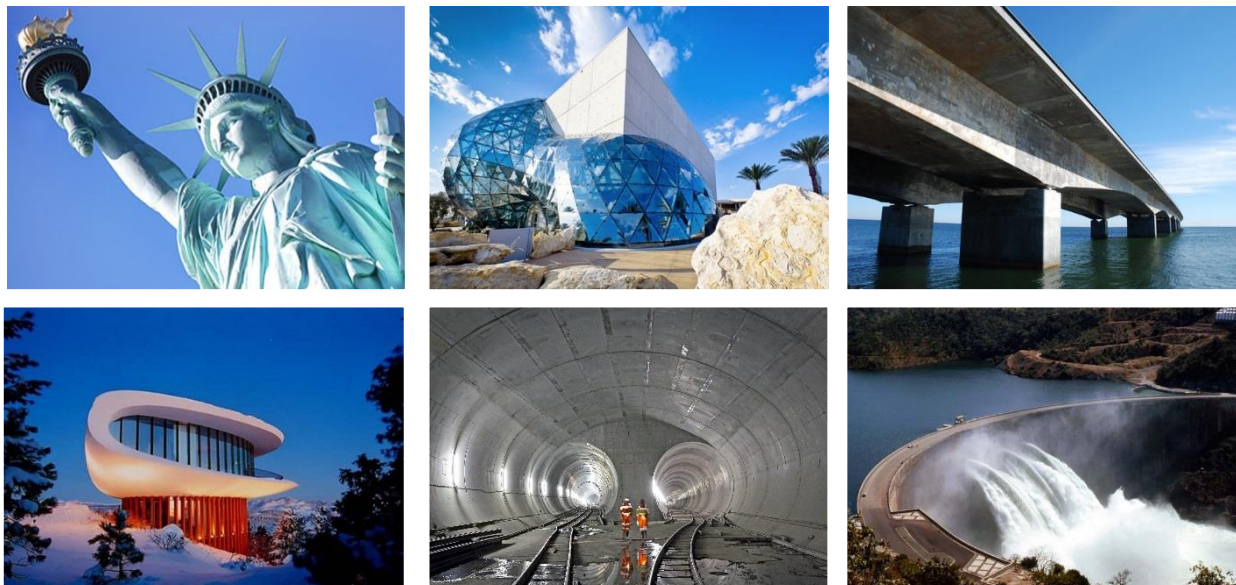
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τεχνολογίες με ανάπτυξη κρυστάλλων στο σκυρόδεμα, ήδη γνωστές από τη δεκαετία του '50, είχαν αρχικά χρησιμοποιηθεί για τη στεγανοποίηση κατασκευών, σε μεγάλα έργα υποδομών, αλλά και σε βιομηχανικά και κτηριακά έργα [1, 2].

Αρχικά, περιελάμβαναν, κυρίως επαλειπτικά, τσιμεντοειδούς βάσης προϊόντα, με δυνατότητα να διεισδύουν βαθύτερα μέσα στα τριχοειδή και τους πόρους του σκυροδέματος, σφραγίζοντάς τα, με αναπτύγματα πυριτικών αλάτων (κρύσταλλοι), που σε μικρά πάχη είχαν μια αδιάλυτη και σταθερή μορφή. Με την πάροδο των ετών, οι τεχνολογίες αυτές εξελίχθηκαν με την παράλληλη ανάπτυξη της γκάμας των προϊόντων ανάπτυξης κρυστάλλων, σε επισκευαστικά συστήματα με μόνιμα αποτελέσματα. Είχαν επίσης σαν σημαντικό αποτέλεσμα την αύξηση των χημικών και μηχανικών αντοχών των κατασκευών, με την δυνατότητα επανεπούλωσης νέων τριχοειδών (self-healing), όταν το νερό εισχωρούσε σε αυτά, αντιδρώντας εκ νέου [1, 16].

Στην δεκαετία του '70 εξελίσσεται από την εταιρεία PENETRON[®], σύστημα με ανάπτυξη κρυστάλλων, που περιλαμβάνει, εκτός από επαλειπτικά, τσιμεντοειδή με μεγάλη διείσδυση και συνεχή επανεπούλωση τριχοειδών και πόρων έως 0,4 mm, αντίστοιχης τεχνολογίας επισκευαστικά κονιάματα, ενέματα, ταχύπηκτα σφραγιστικά, αλλά και αργότερα πρόσμικτα σκυροδέματος και κονιαμάτων. Για να γίνει αντιληπτή η λειτουργία αυτών των τεχνολογιών, αλλά και οι εφαρμογές στην επισκευή και προστασία των κατασκευών, θα πρέπει να ξεκινήσουμε από την παθολογία αυτού καθαυτού του σκυροδέματος και των παραγόντων που επηρεάζουν τις ιδιότητές του [17].

Το σκυρόδεμα είναι το πιο κοινό, ανθρωπογενές, δομικό υλικό στον κόσμο και συγκεκριμένα αποτελεί το δεύτερο σε κατανάλωση υλικό στη Γη μετά το νερό. Διαθέτει μια σχετικά καλή αντοχή και τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα μπορούν να διαμορφωθούν αρκετά εύκολα σε διάφορα σχήματα και μεγέθη.



Σχ. 1: Κατασκευές με υψηλές απαιτήσεις στεγάνωσης και προστασίας [17]

Ανθεκτικότητα του σκυροδέματος από υδραυλικό τσιμέντο, ορίζεται, ως η ικανότητά του να ανθίσταται στις καιρικές συνθήκες, στη χημική προσβολή, στην τριβή ή σε οποιαδήποτε άλλη μέθοδο αλλοίωσης. Το ανθεκτικό σκυρόδεμα θα διατηρήσει την αρχική του μορφή, την ποιότητα και την λειτουργικότητά του, όταν βρίσκεται εκτεθειμένο στο περιβάλλον του.

Παρά την ανθεκτικότητά του, το σκυρόδεμα – ακόμα και το υψηλής ποιότητας σκυρόδεμα – είναι ένα πορώδες υλικό. Το πλεονάζον εξατμιζόμενο νερό στο στάδιο ενυδάτωσης του σκυροδέματος θα δημιουργήσει εκατομμύρια πόρους και τριχοειδή στο σκυρόδεμα. Επιπλέον, οι ενδιάμεσες ζώνες μετάβασης (ITZ) – ένα μέρος της μικροδομής του σκυροδέματος που περιγράφει την ζώνη, που υπάρχει ανάμεσα στην ενυδατωμένη τσιμεντόπαστα και σε μεγάλα σωματίδια αδρανούς – είναι επιρρεπείς στη ρωγμάτωση κατά το στάδιο ωρίμανσης του σκυροδέματος, εξαιτίας της συρρίκνωσης, των θερμοκρασιακών τάσεων και των εξωτερικά εφαρμοζόμενων φορτίων. Αυτές οι μικρορωγμές στην ενδιάμεση ζώνη μετάβασης είναι συνήθως μεγαλύτερες από τις περισσότερες τριχοειδείς κοιλότητες που υπάρχουν στο σκυρόδεμα. Οι πόροι και οι μικρορωγμές (ειδικά εάν διασυνδέονται σε όλο το σκυρόδεμα) αυξάνουν το πορώδες της μήτρας σκυροδέματος και θα επιτρέψουν στον αέρα και στο νερό να εισέλθουν στο ωριμασμένο σκυρόδεμα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την διάβρωση του οπλισμού και άλλες φθορές του σκυροδέματος, που προκαλούνται από άλατα και χημικά, που συνεισφέρουν επίσης στην επιδείνωση και αποδυνάμωση της αντοχής του σκυροδέματος, επηρεάζοντας άμεσα την ανθεκτικότητά του [2, 18].



Σχ. 2: Ανθεκτικότητα του Σκυροδέματος

Το νερό (θαλασσινό, υπόγειο, ποτάμιο, λιμναίο, χιόνι, πάγος και υδρατμός) είναι ο πρωταρχικός παράγοντας για την δημιουργία και την καταστροφή του σκυροδέματος – και εμπλέκεται βαθιά σχεδόν σε κάθε μορφή αποσάθρωσης του σκυροδέματος. Η εμπειρία στον τομέα δείχνει, ότι, κατά σειρά φθίνουσας σημασίας, οι πρωταρχικές αιτίες της επιδείνωσης είναι η διάβρωση του οπλισμού, η έκθεση σε κύκλους πήξης – τήξης, η αλκαλοπυριτική αντίδραση, και η χημική προσβολή [18].

Το πρόβλημα του πορώδους και της ρωγμάτωσης του σκυροδέματος αυξάνεται σε κατασκευές που εκτίθενται συνεχώς σε διαφορετικά φορτία, ανακατανομή τάσεων και τεκτονικές σεισμικές επιρροές.

2. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Διάβρωση [17, 18]

- Το σκυρόδεμα παρουσιάζει μεγάλη αντοχή θλίψης αλλά μικρή αντοχή εφελκυσμού, οπότε απαιτείται η χρήση μεταλλικού οπλισμού, ώστε να αποτρέψει την διάσπασή του υπό φορτίο.
- Όμως, το **νερό** επιτρέπεται να διέρχεται μέσω των ρηγματώσεων, των κενών και των πόρων του σκυροδέματος, μεταφέροντας διαβρωτικές χημικές ουσίες, που προσβάλλουν τον οπλισμό.

- Άπαξ και αρχίσει ο μηχανισμός της διάβρωσης δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί η έκταση της ζημίας, διότι μπορεί να συμβεί οπουδήποτε κατά μήκος του δικτύου του οπλισμού.



Σχ. 3: Διάβρωση Οπλισμού

Αλκαλοπυριτική Αντίδραση (ASR) [17, 18]

Η ASR προκαλείται από την αντίδραση ανάμεσα στα ιόντα υδροξυλίου στο αλκαλικό διάλυμα πόρων τσιμέντου στο σκυρόδεμα και σε δραστικές μορφές πυριτίου στο αδρανές (π.χ. κερατόλιθος, χαλαζίτης, οπάλιο, κατεργασμένοι κρύσταλλοι χαλαζία). Παράγεται μια γέλη, που αυξάνεται σε όγκο, απορροφώντας νερό και επομένως ασκεί μια πίεση λόγω διόγκωσης, με αποτέλεσμα την αστοχία του σκυροδέματος. Αυτή η γέλη μπορεί να συμβεί σε ρωγμές ακόμα και μέσα στα σωματίδια του αδρανούς.

Για να πραγματοποιηθεί στο σκυρόδεμα η ASR, χρειάζεται:

- Ένα αρκετά υψηλό αλκαλικό περιεχόμενο στο τσιμέντο (ή αλκάλια από άλλες πηγές)
- Ένα δραστικό αδρανές (π.χ. κερατόλιθος ή χαλαζίτης)

- Νερό στο σκυρόδεμα, καμία ASR δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, καθώς η δημιουργία της αλκαλοπυριτικής γέλης απαιτεί νερό.



Σχ. 4: Αλκαλοπυριτική Αντίδραση

Παγοπληξία – Αντιψυκτικά Άλατα [17, 18]

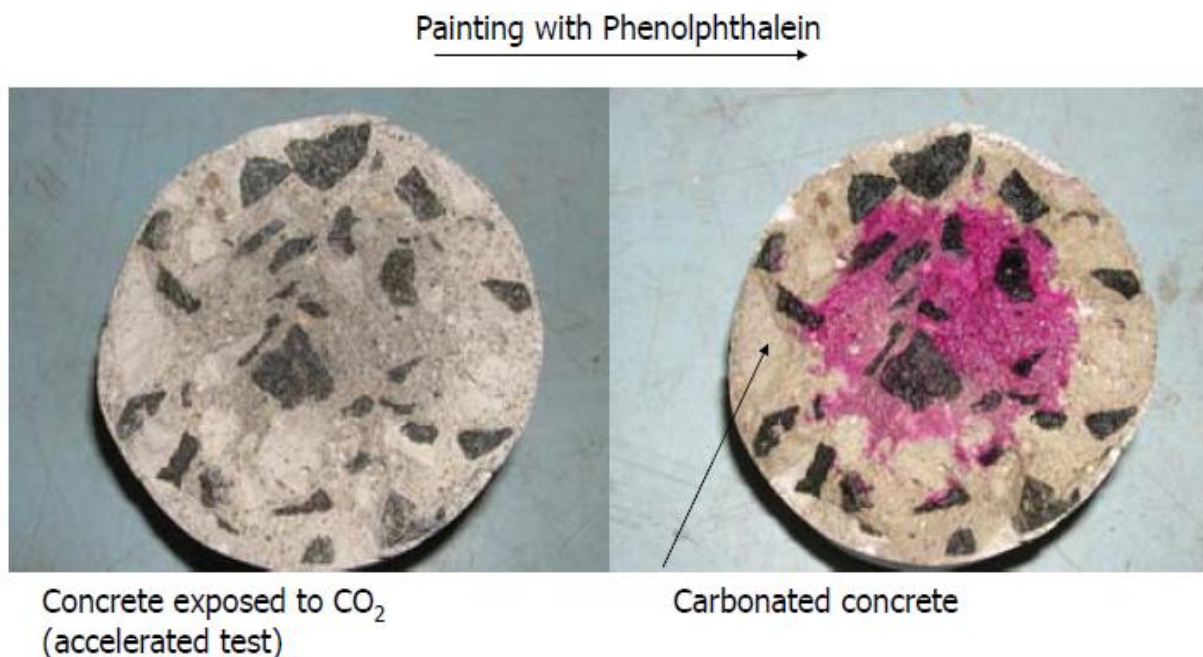
Σε ψυχρά κλίματα η φθορά σε οδοστρώματα από σκυρόδεμα, τοίχους αντιστήριξης, καταστρώματα γεφυρών και κιγκλιδώματα, που οφείλεται στους κύκλους πήξης – τήξης, είναι μια από τις μεγαλύτερες αιτίες για εργασίες επισκευής και συντήρησης. Τα μόρια του νερού είναι πολύ μικρά και επομένως ικανά να διεισδύσουν ακόμα και στους πιο λεπτούς πόρους και τριχοειδή του σκυροδέματος. Όταν το νερό εισέλθει στο σύστημα τριχοειδών και το παγώσει, θα διογκωθεί και θα διαστειλί τον πόρο ή την κοιλότητα του σκυροδέματος, ασκώντας υδραυλική πίεση που παράγεται από την διόγκωση. Αυτή η πίεση θα διευρύνει σιγά, σιγά – σε διάστημα πολλαπλών κύκλων – τους πόρους ή τα τριχοειδή. Μόλις το νερό στους πόρους τηχθεί, θα προχωρήσει βαθύτερα στο σκυρόδεμα, όπου η διαδικασία θα επαναληφθεί, όταν το νερό παγώσει ξανά και ούτω καθεξής. Οι φθορές που δημιουργούνται στο σκυρόδεμα από τους κύκλους πήξης – τήξης είναι συνήθως ρωγμές και αποφλοιώσεις του σκυροδέματος, εξαιτίας της προοδευτικής διόγκωσης της τσιμεντόπαστας. Το φαινόμενο του κύκλου πήξης-τήξης αυξάνεται δραστικά, όταν η υγρασία και τα αντιψυκτικά άλατα – που χρησιμοποιούνται στην συντήρηση των δρόμων – είναι παρόντα, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη αποφλοίωση της επιφάνειας του σκυροδέματος. Η αποφλοίωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος θα εκθέσει στο τέλος τον οπλισμό στην διάβρωση, εξαιτίας των χλωριδίων και της διείσδυσης νερού.



Σχ. 5: Παγοπληξία – Αντιψυκτικά Άλατα

Ενανθράκωση [17, 18]

- Η ενανθράκωση συμβαίνει, όταν διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα διεισδύει στο σκυρόδεμα και αντιδρά με υδροξείδια, όπως το υδροξείδιο του ασβεστίου, σχηματίζοντας ανθρακικά άλατα. Στην αντίδραση με υδροξείδιο του ασβεστίου, σχηματίζεται το ανθρακικό ασβέστιο.
- Η αντίδραση αυτή οδηγεί στη μείωση του pH του διαλύματος των πόρων χαμηλά στο 8,5 και σε αυτό το επίπεδο το παθητικό φιλμ οξειδίου του σιδήρου του χάλυβα δεν είναι σταθερό και θα ξεκινήσει η διάβρωση.



Σχ. 6: Ενανθράκωση

Το κοινό των παραπάνω παραγόντων, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τον υποβιβασμό του σκυροδέματος, είναι το νερό. Το νερό έχει μεγάλη σημασία για την πρώιμη ωρίμανση του σκυροδέματος, προκαλώντας την ενυδάτωση του τσιμέντου, στην οποία οφείλεται η σκληρότητα σκυροδέματος. Ωστόσο, η παρουσία του νερού μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση, τόσο στο σκυρόδεμα, όσο και στον οπλισμό. Το νερό, σαν άμεσος ή σαν παράγοντας μεταφοράς, μεταφέρει επιβλαβείς ουσίες, όπως ιόντα χλωρίου, θειικά ιόντα και οξέα, που μπορούν να ενεργοποιήσουν τη διαδικασία αποδόμησης του σκυροδέματος, μειώνοντας σημαντικά την αντοχή και την διάρκεια ζωής του. Η εξάλειψη της παρουσίας νερού στην μάζα του σκυροδέματος πραγματοποιείται με την μείωση απορροφητικότητας.

Τα συστήματα με ανάπτυξη κρυστάλλων που διεισδύουν σε βάθος, μέσα στα τριχοειδή και τους πόρους του σκυροδέματος (ακόμη και σε βάθος πέρα του ενός μέτρου), σφραγίζοντας μόνιμα πλέον πάχη έως 0,5 mm και με δυνατότητα επανεπούλωσης (self-healing), κάθε φορά που δημιουργούνται νέα τριχοειδή φαινόμενα, προστατεύουν το σκυρόδεμα και τους οπλισμούς του από την επιβλαβή επιρροή του νερού και των ρύπων που αυτό μεταφέρει. Η δυνατότητα αυτή με τα συστήματα της εταιρείας PENETRON® είναι εφικτή τόσο κατά την φάση των επισκευών, επιλέγοντας τα κατάλληλα προϊόντα αυτής της τεχνολογίας, αλλά εδώ και δύο δεκαετίες και κατά τη φάση της σκυροδέτησης σε νέες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η μηδενική διείσδυση του νερού και των ρύπων σε αυτές τις κατασκευές, όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία με ανάπτυξη κρυστάλλων, αυξάνει

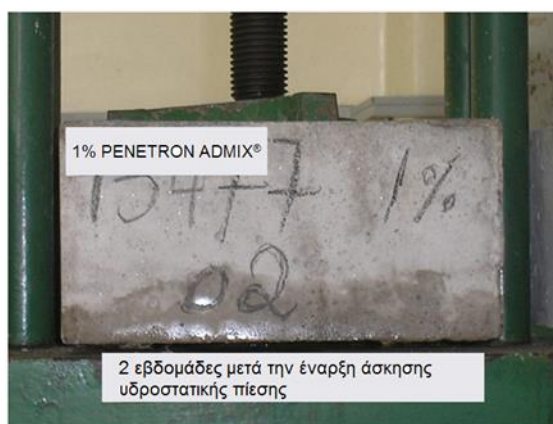
τη ζωή των κατασκευών, μειώνοντας το κόστος συντήρησης, και ευνοώντας τη συνολική απόσβεση του κόστους έργου.

3. ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ – NBR 10.787/94 / ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ 700 KPA (101,5 PSI)

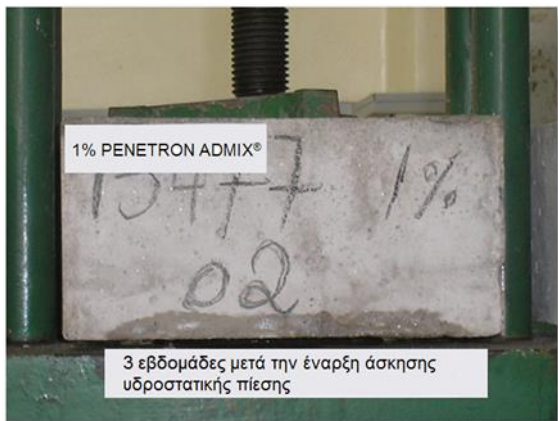
Μετά την έκθεση των 4 εβδομάδων σε υδροστατική πίεση 700 kPa (περ. 70 m ύψους στήλης νερού), οι κρυσταλλικοί σχηματισμοί από τις αντιδράσεις των ενεργών συστατικών του συστήματος ανάπτυξης κρυστάλλων είχαν μειώσει την διαπερατότητα του σκυροδέματος και σχεδόν εξ'ολοκλήρου εξαλείφει κάθε διαρροή [3, 4, 5, 20].



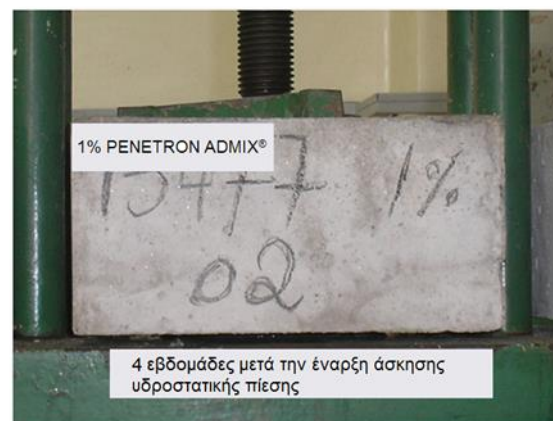
Σχ. 7: Μία εβδομάδα μετά την έναρξη άσκησης υδροστατικής πίεσης



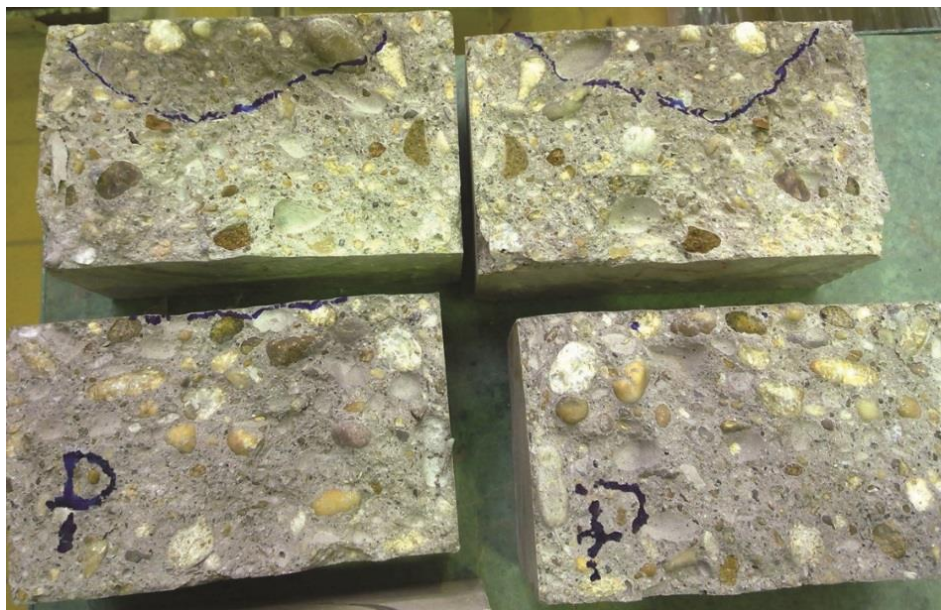
Σχ. 8: Δύο εβδομάδες μετά την έναρξη άσκησης υδροστατικής πίεσης



Σχ. 9: Τρεις εβδομάδες μετά την έναρξη άσκησης υδροστατικής πίεσης



Σχ. 10: Τέσσερις εβδομάδες μετά την έναρξη άσκησης υδροστατικής πίεσης



Σχ. 11: Μέτρηση Διείσδυσης των θραυσμένων δοκιμίων

Παραπάνω παρουσιάζονται δείγματα που έχουν επεξεργαστεί με το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων (φέρουν τη σήμανση P) και δύο «τυφλά» δείγματα. Όλα τα δείγματα βρίσκονταν εκτεθειμένα σε υδροστατική πίεση 500 KPa (72,5 psi) για 72 ώρες. Αυτή η φωτογραφία τραβήχτηκε αμέσως μετά τη θραύση των δειγμάτων στη μέση, ώστε να μετρηθεί το βάθος διείσδυσης νερού. Τα δείγματα που είχαν επεξεργαστεί με το πρόσμικτο ανάπτυξης κρυστάλλων παρουσίασαν μείωση της διαπερατότητας της τάξης του 94,4%, σε σχέση με τα «τυφλά» δείγματα, ενώ τα περισσότερα από αυτά στην 4^η εβδομάδα δοκιμών, παρουσίασαν διείσδυση σε mm μηδέν (0) [3, 4, 5, 20].

Αντίστοιχα αποτελέσματα με μηδενική διείσδυση, παρουσίασαν και τα δοκίμια (κατά τη φάση δοκιμών 2015-2016) με διαφορετικούς τύπους σκυροδέματος (C20/25 και C30/37), αλλά και με τσιμέντα από διαφορετικές εταιρείες παραγωγής (TITAN, ΧΑΛΥΨ και LAFARGE).

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ PENETRON®

- Γίνεται αναπόσπαστο τμήμα του σκυροδέματος
- Αυξάνει την αντοχή σε θλίψη
- Προστατεύει μόνιμα το σκυρόδεμα
- Εφαρμόζεται, είτε από την θετική, είτε από την αρνητική πλευρά
- Αντοχή σε υψηλή υδροστατική πίεση (16 Atm.) για το επαλειφόμενο σύστημα
- Αντοχή σε υψηλή υδροστατική πίεση (20 Atm.) για το πρόσμικτο σύστημα
- Ανθεκτικό σε χημική προσβολή pH 3 - 11 για μόνιμη επαφή, pH 2 - 12 (για παροδική επαφή έως 3 ώρες)
- Επιτρέπει στο σκυρόδεμα να αναπνέει
- Μειώνει την διείσδυση χλωριόντων, κατά την εναθράκωση
- Αποτρέπει την διάβρωση οπλισμού
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε νωπό σκυρόδεμα
- Οι ιδιότητές του παραμένουν άθικτες, όταν η επιφάνεια πληγωθεί
- Αυτοσφράγιση ρωγμών μέχρι 0.4mm
- Εύκολη εφαρμογή

- Μη τοξικό, άοσμο
- Εγκεκριμένο για πόσιμο νερό
- Μόνιμο αποτέλεσμα

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Κάθετος Άξονας Εγνατίας Οδού Θεσσαλονίκης Σερρών

Στην επισκευή της γέφυρας του κάθετου άξονα της Εγνατίας Οδού Θεσσαλονίκης Σερρών, το σύστημα ανάπτυξης κρυστάλλων PENETRON® εφαρμόστηκε με ψεκασμό, για την απόλυτη στεγανοποίηση και προστασία των περίπου 1800 m² του υποστρώματος της γέφυρας. Αμέσως μετά, ακολούθησε στο «φρέσκο» υλικό η εκ νέου σκυροδέτηση, ώστε το PENETRON®, εκτός από γέφυρα πρόσφυσης, να διεισδύσει, τόσο στο παλαιό, όσο και στο νέο σκυρόδεμα [8].



Σχ. 12: Κάθετος Άξονας Εγνατίας Οδού Θεσσαλονίκης Σερρών [8]

Δεξαμενή Λιμενισμού Πλοίων Σούδα Χανίων

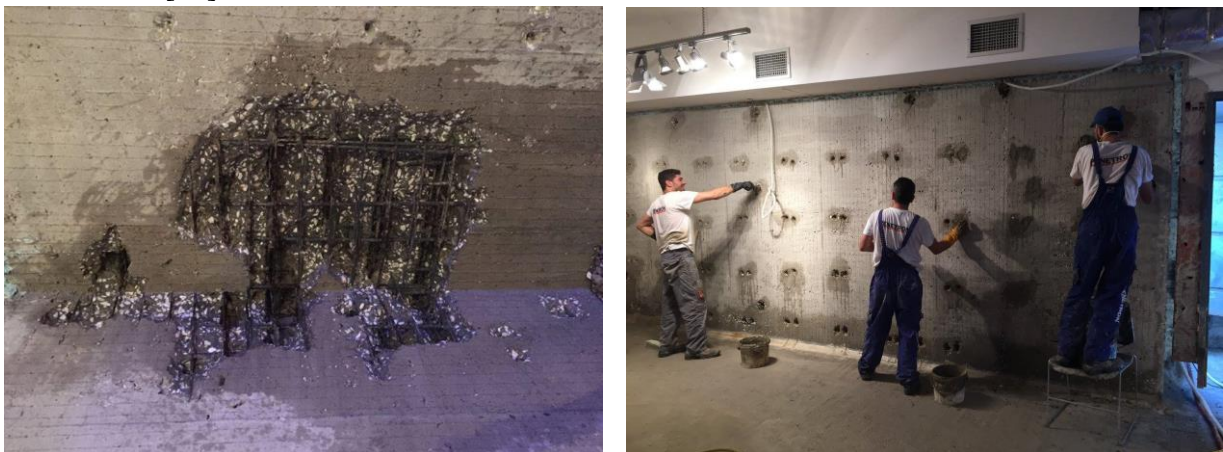
Η δεξαμενή λιμενισμού πλοίων προς επισκευή, στη Σούδα Χανίων, είχε υποστεί μεγάλη διάβρωση, από το εξαιρετικά δραστικό χημικό περιβάλλον από το θαλασσινό νερό, καθώς και τα υπολείμματα ελαίων και καυσίμων. Η συνολική επιφάνεια της δεξαμενής λιμενισμού ήταν περίπου 6000 m² και χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ανάπτυξης κρυστάλλων PENETRON® για την επισκευή και τη στεγανοποίηση των τοιχίων και του δαπέδου [7].



Σχ. 13: Δεξαμενή Λιμενισμού Πλοίων Σούδα Χανίων [7]

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Λίμνης Δοϊράνης, Κιλκίς

Απότέλεσμα της αύξησης της στάθμης της λίμνης ήταν η υψηλή εισροή νερού στο υπόγειο του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας. Για την στεγανοποίηση του υπογείου με αρνητική πίεση νερού εφαρμόστηκε το σύστημα μόνιμης στεγανοποίησης και προστασίας σκυροδέματος με ανάπτυξη κρυστάλλων PENETRON® στα τοιχία του υπογείου, καθώς και στο δάπεδο [14].





Σχ. 14: Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Λίμνης Δοϊράνης, Κιλκίς [14]

Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων, Αθήνα

Για την απόλυτη στεγανοποίηση και προστασία της Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων στα Άνω Λιόσια, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ανάπτυξης κρυστάλλων με ψεκασμό συνολική επιφάνεια 5.000 m² [6].



Σχ. 15: Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων, Αθήνα [6]

Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου, Σοχός Θεσσαλονίκη

Λόγω της αυξημένης χημικής καταπόνησης που δημιουργεί η παραγωγή βιοαερίου στις δεξαμενές, το σύστημα PENETRON[®], χρησιμοποιήθηκε για την επισκευή των αρμών διακοπής σκυροδέτησης, καθώς και για την στεγανοποίηση των τριών δεξαμενών [13].



Σχ. 16: Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου, Σοχός Θεσσαλονίκη [13]

Επισκευή Οχετών Εθνικής Οδού Κορίνθου Πατρών

Εξαιτίας της μεγάλης διάβρωσης στους οχετούς της Εθνικής Οδού Κορίνθου – Πατρών, το σύστημα PENETRON[®] χρησιμοποιήθηκε εκτός από τη στεγανοποίηση (υπό αρνητικής πίεσης νερού) και για την προστασία των διαβρωμένων οπλισμών, επαναφέροντας το pH σε υψηλά μη διαβρωτικά επίπεδα [12].



Σχ. 17: Επισκευή Οχετών Εθνικής Οδού Κορίνθου Πατρών [12]



Σχ. 18: Επισκευή Οχετών Εθνικής Οδού Κορίνθου Πατρών [12]

Στεγανοποίηση Διαφραγματικών Τοίχων Μετρό Θεσσαλονίκης & Μετρό Βουλγαρίας

Για τη στεγανοποίηση των διαφραγματικών τοίχων, χρησιμοποιήθηκε το ενέσιμο σύστημα με ανάπτυξη κρυστάλλων, το οποίο παρέχει σφράγιση ενεργών διαρροών σε τριχοειδής ρωγμές.



Σχ. 19: Στεγανοποίηση Διαφραγματικών Τοίχων Μετρό Θεσσαλονίκης [11]



Σχ. 20: Στεγανοποίηση Διαφραγματικών Τοίχων Μετρό Βουλγαρίας με ενέματα PENETRON® INJECT [10]

Στεγανοποίηση Τούνελ με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το πρόσμικτο σκυροδέματος με ανάπτυξη κρυστάλλων PENETRON ADMIX® χρησιμοποιήθηκε σε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, για την πλήρη στεγανοποίηση και προστασία του τούνελ, μήκους 1500 m² στη Βουλγαρία [15].



Σχ. 21: Στεγανοποίηση Τούνελ με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα [15]

Στεγανοποίηση Ξενοδοχείου στην Αλβανία

Κατά την εκσκαφή των θεμελίων του ξενοδοχείου, παρατηρήθηκε υψηλή στάθμη υδάτων, λόγω της μικρής απόστασης του ξενοδοχείου από την θάλασσα. Για την μόνιμη και απόλυτη στεγανοποίηση και προστασία του κτιρίου, συνολικής επιφάνειας 1000 m², χρησιμοποιήθηκε το πρόσμικτο σκυροδέματος με ανάπτυξη κρυστάλλων PENETRON ADMIX[®], σε συνδυασμό με επισκευές σε μορέλα και αδόνητα με το σύστημα PENETRON[®] [9].



Σχ. 22: Στεγανοποίηση Ξενοδοχείου στην Αλβανία [9]

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι τεχνολογίες επισκευαστικών αλλά και προϊόντων για νέες κατασκευές (όπως αυτές της PENETRON[®]), με ανάπτυξη κρυστάλλων στο σκυροδέμα, αυξάνουν θεμελιώδεις και ουσιαστικές ιδιότητες του σκυροδέματος, όπως η στεγανότητα, η αύξηση της θλιπτικής αντοχής, η αντιδιαβρωτική προστασία και η χημική ανθεκτικότητα, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος (Durability of Concrete), με συνέπεια την επέκταση του χρόνου ζωής των κατασκευών. Έτσι, περιορίζεται σημαντικά το συνολικό κόστος συντήρησης των έργων και επεκτείνεται ο συνολικός χρόνος απόσβεσης.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] American Concrete Institute (n.d), Chemical Admixtures for Concrete, ACI Education Bulletin E4-12, 2013.
- [2] American Concrete Institute (n.d), Report on Chemical Admixtures for Concrete, ACI 212.3R-10, 2011.
- [3] Ergotest (2015), Βάθος νερού υπό πίεση, ποιότητας σκυροδέματος C20/25, ΕΛΟΤ EN 12390.08:2009
- [4] Ergotest (2015), Βάθος νερού υπό πίεση, ποιότητας σκυροδέματος C30/37, ΕΛΟΤ EN 12390.08:2009
- [5] Ergotest (2016), Βάθος νερού υπό πίεση, ποιότητας σκυροδέματος C20/25, ΕΛΟΤ EN 12390.08:2009
- [6] Penetron Hellas (2008), Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων, Άνω Λιόσια, Αττική
- [7] Penetron Hellas (2014), Δεξαμενή Λιμενισμού Πλοίων, Σούδα Χανίων
- [8] Penetron Hellas (2014), Κάθετος Άξονας εγαντίας Οδού Θεσσαλονίκης Σερρών
- [9] Penetron Hellas (2015), Στεγανοποίηση Ξενοδοχείου στην Αλβανία
- [10] Penetron Hellas (2016), Επισκευή Διαφραγματικών Τοίχων Μετρό Βουλγαρίας
- [11] Penetron Hellas (2016), Επισκευή Διαφραγματικών Τοίχων Μετρό Θεσσαλονίκης
- [12] Penetron Hellas (2016), Επισκευή Οχετών Εθνικής Οδού Κορίνθου Πατρών

- [13] Penetron Hellas (2016), Μονάδα Βιοαερίου, Σοχός Θεσσαλονίκης
- [14] Penetron Hellas (2016), Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Λίμνης Δοϊράνης
- [15] Penetron Hellas (2016), Στεγανοποίηση Τούνελ με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- [16] Penetron International (2014), The Concrete Solution, General Brochure, USA.
- [17] Penetron International (n.d), Advantages of the PENETRON® Integral Waterproofing System with a Focus on PENETRON ADMIX®, Brochure, USA.
- [18] Penetron International (n.d), Durability of Concrete, USA.
- [19] University of Bologna (2005), Determination of the water absorption at atmospheric pressure and under pressure of a total of 42 cylindrical concrete test pieces made on your behalf at the laboratorio del Consorzio Cave of Bologna.
- [20] Μαρσέλλος Νίκος (2016), Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016, Δεδεμάδη 2016