

ΓΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΒΛΑΒΕΣ, ΠΡΟΛΗΨΗ, ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ



Η γήρανση των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος συνοδεύεται από βλάβες στα δομικά υλικά. Η πρόληψη, η επιβράδυνση και η αποκατάσταση της φθοράς μέσω σύγχρονων μεθόδων και κανονιστικών διατάξεων διασφαλίζουν την ανθεκτικότητα της κατασκευής σε διάρκεια.

Παρουσίαση: ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΕΤΡΙΔΗΣ, πολιτικός μηχανικός, MSc

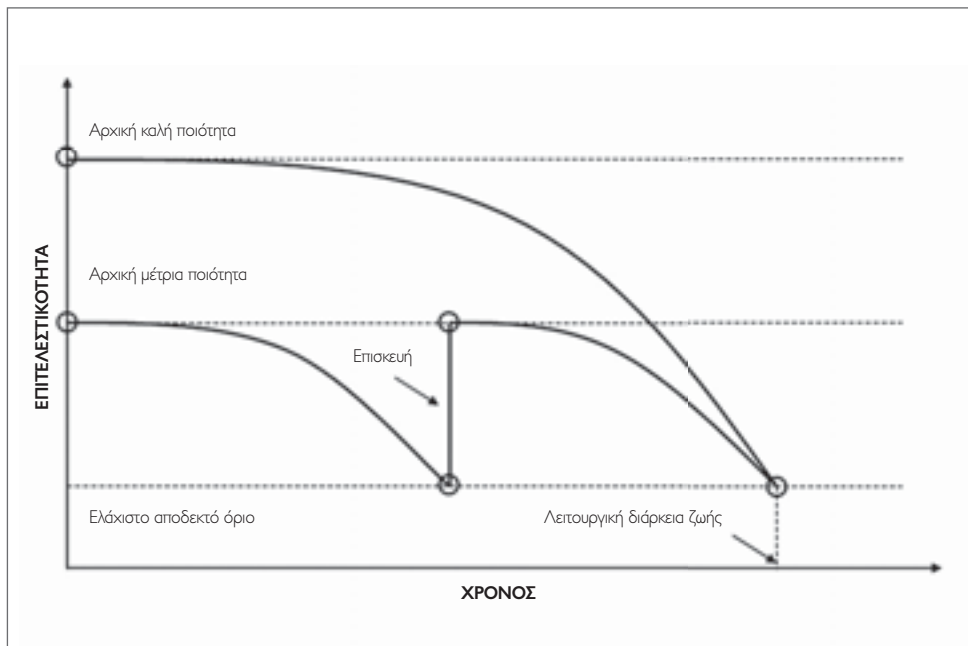
1
Σχέση επιτελεστικότητας και χρόνου ζωής, συγκριτικά για μια καλής και μια μέτριας ποιότητας κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Οι καλής ποιότητας κατασκευές ολοκληρώνουν το χρόνο ζωής τους χωρίς ανάγκη επισκευής. Οι μέτριας ποιότητας κατασκευές εμφανίζουν την ανάγκη επεμβάσεων στη διάρκεια του χρόνου ζωής τους.

2
Μηχανισμός διάβρωσης στο χάλυβα οπλισμού.

3
Εξέλιξη του φαινομένου της διάβρωσης χαλύβδινου οπλισμού σκυροδέματος.

4
Διαβρωμένοι χάλυβες οπλισμού με το περιβάλλον σκυρόδεμα επικάλυψης να έχει αποτιναχθεί.

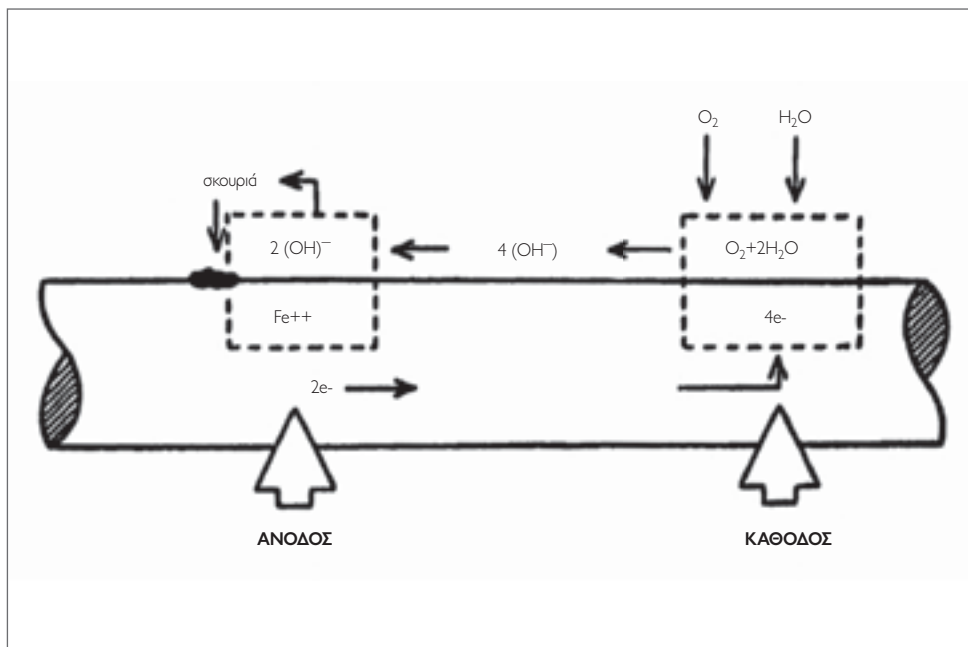
5
Έλεγχος ενανθράκωσης σε δοκίμιο σκυροδέματος μέσω ψεκασμού με διάλυμα φαινόλ-φθαλεΐνης. Το χρωματισμένο τμήμα καταδεικνύει το υγιές σκυρόδεμα, ενώ η απουσία χρώματος μαρτυρεί ενανθράκωση.



1

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό εδώ και αρκετές δεκαετίες, παρουσιάζοντας ωστόσο βλάβες και ανάγκη επισκευής κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Αυτό το γεγονός ανατροφοδοτεί τους επιστήμονες με τεχνογνωσία ως προς τους μηχανισμούς φθοράς των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, ενώ το υψηλό κόστος αποκατάστασης των προβλημάτων αναδεικνύει την απαίτηση για ανθεκτικότητα των κατασκευών σε διάρκεια. Σήμερα οι παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία του σκυροδέματος είναι αναγνωρισμένοι και πλήθος μεθόδων πρόληψης, επιβράδυνσης και αποκατάστασης των φθορών έχουν αναπτυχθεί. Η έκθεση των κατασκευών στις συνθήκες περιβάλλοντος, καθώς και η σημαντικότητά τους καθορίζονται από το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο και αποτελούν το βασικό γνώμονα για το σχεδιασμό μέτρων πρόληψης.



2

Η ορθή σχεδίαση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την ανθεκτικότητα της κατασκευής σε διάρκεια τόσο σε επίπεδο νέων, όσο και σε επίπεδο υφιστάμενων κατασκευών. Ως ανθεκτικότητα της κατασκευής σε διάρκεια ορίζεται η ικανοποίηση των απαιτήσεων λειτουργικότητας, αντοχής και ευστάθειας όλη τη διάρκεια του επιδιωκόμενου χρόνου ζωής της, χωρίς σημαντικές απώλειες χρηστικότητας ή ανάγκη εκτεταμένης συντήρησης. Συνεπώς, η προστασία της κατασκευής προϋποθέτει θεωρηση της προβλεπόμενης χρήσης της, του χρόνου ζωής της, του προγράμματος συντήρησής της, των περιβαλλοντικών συνθηκών

που επικρατούν και των άμεσων ή έμμεσων δράσεων που αναμένονται.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα σε διάρκεια

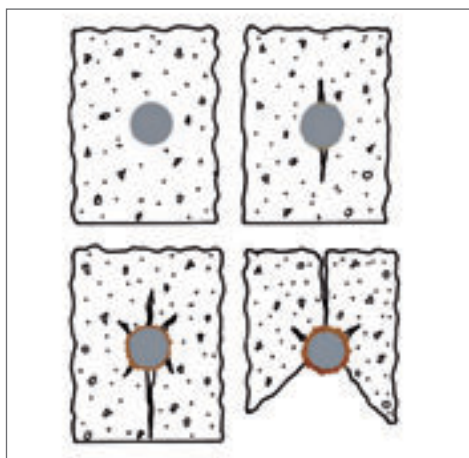
Σύμφωνα με την προέλευσή τους, οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα σε διάρκεια κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Διαπερατότητα. Σκυρόδεμα, χαρακτηριζόμενο από χαμηλή διαπερατότητα, παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα σε προσβολή από φυσικές και χημικές επιδράσεις. Οι παράμετροι που κατ' επέκταση αυξομειώνουν τη διαπερατότητα του σκυροδέματος είναι ο λόγος νερού προς τσιμέντο (N/T), το πορώδες, η

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Κατηγορία	Αίτιο	Επίδραση	Επίπτωση
Διαπερατότητα	Σύσταση τσιμέντου	Παρουσία στο σκυρόδεμα ποσότητας τσιμέντου $>300 \text{ kg/m}^3$	+
	Λόγος νερού / τσιμέντου	Ο λόγος $N/T > 0.6$ αυξάνει δυσανάλογα τη διαπερατότητα	-
	Πορώδες	Το αυξημένο πορώδες ευνοεί τις φυσικές και χημικές επιδράσεις	-
	Συμπύκνωση	Η σωστή συμπύκνωση οδηγεί σε μειωμένο πορώδες	+
	Συντήρηση	Η σωστή συντήρηση οδηγεί σε μειωμένη διαπερατότητα	+
	Ύπαρξη ρωγμών	Η ύπαρξη ρωγμών ευνοεί τη διείσδυση βλαβερών ουσιών	-
Φυσικές επιδράσεις	Επιβαλλόμενα φορτία	Τα φορτία σχεδιασμού ή ερπυστικά, που δρουν στην κατασκευή	-
	Επιβαλλόμενες παραμορφώσεις	Οι παραμορφώσεις από καθιζήσεις ή σεισμό	-
	Ακραίες θερμοκρασίες	Οι θερμοκρασιακές μεταβολές υπό μορφή παγετού / πυρκαγιάς	-
	Μεταβολή όγκου	Η επιρροή θερμοκρασίας, υγρασίας ή κρυστάλλωσης αλάτων	-
	Απότριψη	Η κυκλοφορία πεζών ή οχημάτων	-
	Υδροφθορά	Νερό με παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων	-
	Σπηλαίωση	Η κίνηση νερού με μεγάλη ταχύτητα και δημιουργία φυσαλίδων	-
Χημικές επιδράσεις	Υδρόλυση τσιμεντοπολτού	Το νερό της βροχής διαλύει τα προϊόντα ασβεστίου στον τσιμεντοπολτό	-
	Αντιδράσεις ανταλλαγής μάζας	Φθορά του σκυροδέματος μέσω ανταλλαγής ιόντων	-
	Σχηματισμός προϊόντων διόγκωσης	Διόγκωση στο σκυρόδεμα και ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων	-
Βιολογικές επιδράσεις	Παρουσία μικροοργανισμών	Συγκεκριμένοι τύποι μικροοργανισμών δρουν βλαπτικά	-

Υπόμνημα: + : ευεργετική, - : αρνητική



3



4



5

συμπύκνωση και συντήρηση κατά την παραγωγή και η ενδεχόμενη ύπαρξη ρωγμών.

Φυσικές επιδράσεις. Επιβαλλόμενα φορτία ή παραμορφώσεις στην κατασκευή, καθώς και μηχανική φθορά υπό τη μορφή απότριψης, υδροφθοράς και σπηλαίωσης επηρεάζουν την ανθεκτικότητα της κατασκευής σε βάθος χρόνου. Επίσης στην ίδια κατηγορία εντάσσονται φαινόμενα, σχετιζόμενα με ακραίες θερμοκρασιακές μεταβολές, όπως παγετός ή πυρκαγιά.

Χημικές επιδράσεις. Η παρουσία οξέων, αλάτων και βάσεων στο περιβάλλον του σκυροδέματος πυροδοτεί χημικές διεργασίες που με τη σειρά τους επιβαρύνουν το σκυρόδεμα. Συγκεκριμένα, οι επιπτώσεις περιλα-

βάνουν την υδρόλυση του τσιμεντοπολτού, τις αντιδράσεις ανταλλαγής μάζας και το σχηματισμό των προϊόντων διόγκωσης.

Βιολογικές επιδράσεις. Φυτικοί ή ζωικοί μικροοργανισμοί που δρουν ή παρασιτούν επί του σκυροδέματος έχουν συχνά αρνητική επίπτωση στην υγεία του σκυροδέματος.

Βλάβες στο οπλισμένο σκυρόδεμα

Βλάβη σκυροδέματος ονομάζουμε τη διαφορά κλίμακας αποσύνθεσης του σκυροδέματος κατά την οποία οι συνήθεις μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες (ή αλλιώς η αντίσταση του σκυροδέματος) μειώνονται είτε επιφανειακά είτε σε ολόκληρη τη μάζα του, με πιθα-

νό αποχωρισμό των συστατικών του. Ο σχεδιασμός των κατασκευών με τις σύγχρονες μεθόδους τείνει να προλάβει προβλήματα φυσικών επιδράσεων, ωστόσο η αναπόφευκτη γήρανση των κατασκευών επιφέρει βλάβες χημικής ή συνδυασμένης φυσικοχημικής υποστάσης. Τα συνηθέστερα προβλήματα λόγω γήρανσης στο οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η ενανθράκωση του σκυροδέματος, η διάβρωση του οπλισμού, η προσβολή από χλωριόντα και η συνδυαστική δράση τους.

Ενανθράκωση σκυροδέματος. Η αντίδραση του τσιμεντοπολτού με το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα συνιστά την ενανθράκωση του σκυροδέματος.

1

Εκ των προτέρων εφαρμογή καθοδικής προστασίας σε νεόδομητο στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος.

2

Επάλειψη χαλύβδινων οπλισμών σκυροδέματος με αναστολέα διάβρωσης. Η επάλειψη δημιουργεί προστατευτικό στρώμα γύρω από τον οπλισμό και ενισχύει τη συνάφεια παλαιού και νέου σκυροδέματος.

3

Ο καθορισμός της ονομαστικής επικάλυψης του οπλισμού σκυροδέματος εξαρτάται από τις κανονιστικές τιμές πάχους επικάλυψης με βάση κριτήρια ανθεκτικότητας και συνάφειας.

4

Η χρήση σφραγιστικού υλικού στο σκυρόδεμα προλαμβάνει τις εξωτερικές προσβολές. Το νερό επικάθεται στην επιφάνεια σκυροδέματος και δεν διεισδύει στους πόρους.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ (mm)

Κατηγορία κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον EN1992						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

SI-S6: Κατηγορία κατασκευής με βάση την αύξουσα σημαντικότητα της

ΤΥΠΟΙ ΣΦΡΑΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τύπος	Λειτουργία	Εφαρμογές	Αποδοτικότητα
Διαπεραστικά σιλικόνης	Διεισδύουν και αντι-δρούν χημικά μέσα στα τριχοειδή αγγεία σκυροδέματος	Εξωτερικές επιφάνειες σκυροδέματος, που υπόκεινται σε διάβρωση	Εξαιρετική προστασία από εξωτερικές προσβολές. Επιτρέπουν συνήθως την "αναπνοή" του σκυροδέματος
Ακρυλικά	Σχηματίζουν λεπτή προστατευτική μεμβράνη επί του σκυροδέματος	Εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες. Οικονομία και ευκολία εφαρμογής	Καλή προστασία απέναντι σε νερό και χλωριόντα. Η μεμβράνη φθείρεται ταχύτερα από τα προϊόντα πολυουρεθάνης και τα εποξειδικά
Πολυουρεθάνης	Σχηματίζουν προστατευτική μεμβράνη επί του σκυροδέματος	Εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες	Σχεδόν διπλάσιο πάχος από τα ακρυλικά προϊόντα. Υψηλή ανθεκτικότητα σε χημικές προσβολές και τριβή
Εποξειδικά	Σχηματίζουν προστατευτική μεμβράνη επί του σκυροδέματος	Κυρίως σε εσωτερικές επιφάνειες, εμφανίζουν κίτρινα στίγματα υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας	Σκληρή, ανθεκτική και αδιαπέραστη από το νερό μεμβράνη. Συχνά παγιτεύουν την υγρασία εντός του σκυροδέματος

Καθώς το διοξείδιο του άνθρακα εκμεταλλεύεται την αέρια φάση των πόρων στο σκυρόδεμα για να διεισδύσει σ' αυτό, αυξάνεται και ο βαθμός ενανθράκωσης. Η έκταση της βλάβης συνηθίζεται να μετράται σε εκατοστά του μέτρου, καθώς δοκίμιο του σκυροδέματος ψεκάζεται με διάλυμα φαινόλοφθαλείνης, το οποίο χρωματίζει το υγιές τμήμα του δοκιμίου και αποκαλύπτει το βάθος ενανθράκωσης που αντιστοιχεί στο υπόλοιπο τμήμα. Άμεση συνέπεια της ενανθράκωσης αποτελεί η μείωση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος που περιβάλλει τις ράβδους οπλισμού (τιμές $pH < 9$).

Διάβρωση οπλισμού. Συμβαίνει όταν καταστρέφεται η παθητικοποίηση του χάλυβα από

το αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος παρουσία υγρασίας και οξυγόνου. Η διάβρωση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης διατομής της ράβδου οπλισμού, ενώ το προσβεβλημένο τμήμα της διογκώνεται, προκαλώντας ρηγματώσεις, αποτινάσσοντας την επικάλυψη σκυροδέματος και εκθέτοντας περαιτέρω τον οπλισμό. Άμεσο επακόλουθο της διάβρωσης είναι η επιδείνωση των μηχανικών ιδιοτήτων του οπλισμού.

Δράση χλωριόντων. Τα χλωριόντα προέρχονται είτε από το εσωτερικό του σκυροδέματος (π.χ. χρήση αδρανών από παραλίες ή βελτιωτικά σκυροδέματος με χλωριούχα άλατα) είτε από το περιβάλλον του σκυροδέματος (π.χ.

παραθαλάσσιες περιοχές). Άμεση επίπτωση της προσβολής του οπλισμένου σκυροδέματος από χλωριόντα είναι η διάτρηση του προστατευτικού στρώματος οξειδίου γύρω από τις ράβδους οπλισμού. Αυτό το στρώμα αποτελεί προϊόν της υψηλής αλκαλικότητας του σκυροδέματος που περιβάλλει τον οπλισμό και η καταστροφή του συνεπάγεται έκθεση των ράβδων χάλυβα στο διαβρωτικό περιβάλλον.

Πρόληψη στις κατασκευές

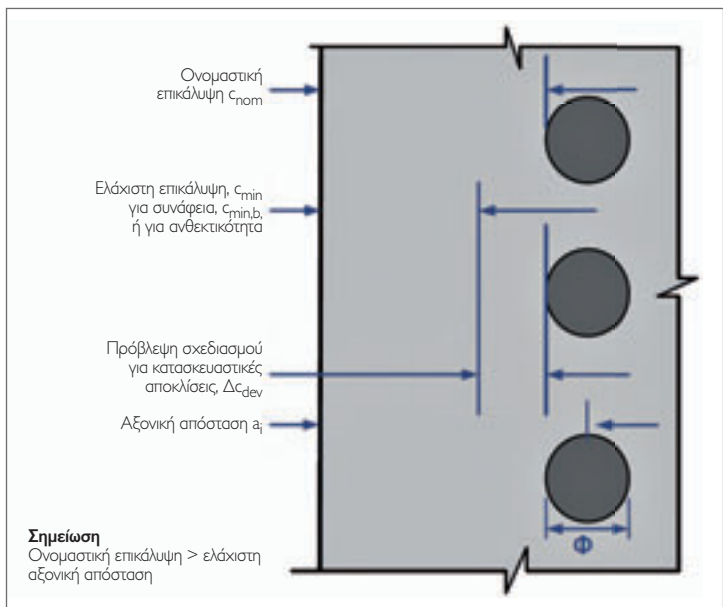
Εξετάζοντας την ανθεκτικότητα των κατασκευών σε διάρκεια με οικονομικά κριτήρια, η κοινότητα των μηχανικών καλείται να προλάβει παρά να θεραπεύσει βλάβες στο οπλισμένο σκυρόδεμα,



1



2



3



4

καθώς το κόστος επισκευής προκύπτει πολλαπλάσιο σε σχέση με το κόστος πρόληψης. Η διασφάλιση της υγείας της κατασκευής στον επιδιωκόμενο χρόνο ζωής της προϋποθέτει συνεκτίμηση των απαιτήσεων ανθεκτικότητας κατά το σχεδιασμό του φορέα, την επιλογή υλικών, τη διαμόρφωση κατασκευαστικών λεπτομερειών και την τήρηση των παραπάνω κατά την κατασκευή και επίβλεψη του δομήματος. Τα μέτρα που λαμβάνονται στις σύγχρονες κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος διέπονται πλέον από σαφές κανονιστικό πλαίσιο και αναφέρονται σε γενικές και ειδικές περιπτώσεις.

Επικάλυψη οπλισμών. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του οπλισμού εγγύτερα στην πλησιέστερη επιφάνεια του σκυροδέματος (συμπεριλαμβανομένων συνδέσμων, συνδετήρων και επιφανειακού οπλισμού) και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος. Αποτελεί ένα γενικότερο μέτρο προστασίας, που εξαρτάται από την ποιότητα του σκυροδέματος και το πάχος επικάλυψης. Ως τμήμα του δομικού μέλους, φροντίζει για την ασφαλή μεταφορά των τάσεων λόγω συνάφειας οπλισμού - σκυροδέματος, προστατεύει τον οπλισμό έναντι διάβρωσης και προσδίδει ικανοποιητική αντοχή σε πυρκαγιά.

Προστατευτικά σκυροδέματος. Η τεχνολογία των υλικών εξελίσσεται και ανανεώνει διαρκώς

τα προϊόντα που αποσκοπούν στην προστασία του σκυροδέματος. Τα υλικά κατηγοριοποιούνται στην αγορά ανάλογα με τη δράση τους, επιφανειακά ή εντός του σκυροδέματος.

Επικάλυψη του σκυροδέματος με μεμβράνες. Οι μεμβράνες αποτελούν υδατοστεγή, βιομηχανοποιημένα φύλλα, που τοποθετούνται επί του σκυροδέματος και επιδεικνύουν καλή πρόσφυση με το υπάρχον υλικό. Ωστόσο, η χρήση τους προϋποθέτει μέριμνα για συχνή αντικατάστασή τους σε βάθος χρόνου.

Κονιάματα σε ρευστή φάση. Σε ρευστή μορφή εφαρμόζονται τσιμεντοειδή κονιάματα τελικής επίστρωσης. Τα κονιάματα στην απλούστερη μορφή τους αποτελούνται από

1

Ψεκασμός στοιχείων σκυροδέματος με προστατευτικό υλικό. Τα σύγχρονα προϊόντα δημιουργούν επιφανειακό στρώμα ή διεισδύουν στο σκυρόδεμα, διασφαλίζοντας την ανθεκτικότητα σε διάρκεια του δομικού στοιχείου.

2

Εγκατάσταση συστήματος καθοδικής προστασίας οπλισμού σκυροδέματος.

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Επανακαλοποίηση σκυροδέματος	Απλή εφαρμογή	Ύπαρξη περιοχών, στις οποίες δεν επιδρά
Αφαίρεση χλωριόντων	Γρήγορα αποτελέσματα	Υψηλό κόστος, κίνδυνος ρηγμάτωσης, μείωση συνάφειας οπλισμού
Αφαίρεση υγρασίας	Αποτελεσματική με χαμηλό κόστος	Χρονοβόρα διαδικασία
Σφράγισμα ρωγμών	Αντοχή στο χρόνο	Υψηλό κόστος
Καθοδική προστασία	Μεγάλος χρόνος ζωής	Υψηλό κόστος, μείωση συνάφειας οπλισμού



1



2

ταιμμένο υψηλότερης ποιότητας, ενώ συνθετότερα κονιάματα προκύπτουν με πρόσμιξη συνθετικών πολυμερών, συνθετικών ινών, αδρανών ειδικής κοκκομετρίας και εποξειδικών ρητινών. Διατίθενται τυποποιημένα στην αγορά, παρουσιάζουν εξαιρετική πρόσφυση και προστασία από εξωτερικές προσβολές, αποτελούν, ωστόσο, μια πιο δαπανηρή λύση σε σχέση με τις μεμβράνες.

Βαφές προστασίας. Ακρυλικά και ρητινούχα προϊόντα με δυνατότητα γεφύρωσης ρωγμών και αντίσταση σε γήρανση συμβάλλουν στην ανθεκτικότητα της κατασκευής.

Εμποτισμός του σκυροδέματος. Στοχεύει στην πλήρωση των κενών του σκυροδέματος με υδροαπωθητικά υλικά που σφραγίζουν το δομικό στοιχείο έναντι εξωτερικών προσβολών. Η πλειονότητα αυτών των προϊόντων στην αγορά είναι σιλανικής / σιλοξανικής βάσης.

Πρόσθετα σκυροδέματος. Υλικά που αναμειγνύονται στο σκυρόδεμα κατά την παραγωγή του και προσφέρουν λύσεις σε προβλήματα ανθεκτικότητας σε διάρκεια. Συνήθη προϊόντα αποτελούν οι αναστολείς διάβρωσης, που δημιουργούν προστατευτικό στρώμα γύρω από τον οπλισμό, τα πρόσθετα πυριτικής παιπάλης, που υποβοηθούν την αντίσταση σε χημικές προσβολές και ενανθράκωση, και τα στεγανοποιητικά μάζας, που μειώνουν την υδατοπερατότητα.

Προστασία οπλισμού. Μέθοδοι που στοχεύουν στην αντιδιαβρωτική προάσπιση του οπλισμού εντός του σκυροδέματος.

Καθοδική προστασία. Χρησιμοποιείται ως μέθοδος προστασίας έναντι διάβρωσης, κυρίως σε σημαντικές κατασκευές. Αρχή της μεθόδου είναι η αναίρεση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ ανοδικής και καθοδικής περιοχής

του χάλυβα, ώστε να εμποδίζεται η μεταφορά ηλεκτρονίων και να αναστέλλεται η διαδικασία διάβρωσης. Αν και χρησιμοποιείται σπανίως εκ των προτέρων, συνιστάται η πρόβλεψη κατά την κατασκευή για μελλοντική εγκατάσταση, ως μέτρο πρόληψης.

Αναστολείς διάβρωσης εμποτισμού. Πρόκειται για επιφανειακής εφαρμογής προϊόντα, που διεισδύουν στο σκυρόδεμα και σχηματίζουν προστατευτική στρώση γύρω από τον χάλυβα οπλισμού. Δρουν αναστέλλοντας την έναρξη της διάβρωσης ή μειώνοντας το ρυθμό ανάπτυξής της.

Ανοξειδωτοί χάλυβες οπλισμού. Ειδικά κράματα, συνήθως πλούσια σε νικέλιο ή χρώμιο, που πρακτικά αποκλείουν τη διάβρωση. Έχουν περιορισμένη χρήση λόγω του υψηλού κόστους σε σχέση με τον κοινό χάλυβα οπλισμού.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ EN 206-1 & EN1992

Χαρακτηρισμός	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα
1. Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής		
X0	Πολύ ξηρό	Εντός κτιρίων με χαμηλή υγρασία αέρος
2. Διάβρωση από ενανθράκωση		
XCI	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Εντός κτιρίων με υγρασία ή μόνιμα εντός νερού
XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Μακροχρόνια επαφή με νερό, π.χ. θεμελιώσεις
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα, προσβαλλόμενο από βροχή
XC4	Περιοδικά υγρό - ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με νερό
3. Διάβρωση από χλωριούχα		
XDI	Μέτρια υγρασία	Αερομεταφερόμενα χλωριόντα
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες, βιομηχανικά απόβλητα με χλωριόντα
XD3	Περιοδικά υγρό - ξηρό	Γέφυρες, χώροι στάθμευσης, πεζοδρόμια
4. Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού		
XSI	Αερομεταφερόμενα άλατα θαλάσσης	Κατασκευές πλησίον ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα εντός θαλασσινού νερού	Λιμενικές κατασκευές
XS3	Διαβροχή από θαλασσινό νερό	Λιμενικές κατασκευές
5. Προσβολή ψύξης / απόψυξης		
XFI	Μέτριος κορεσμός νερού χωρίς απόψυξη	Κατακόρυφες επιφάνειες σε βροχή ή παγετό
XF2	Μέτριος κορεσμός νερού με απόψυξη	XFI με έκθεση σε αντιπαγωτικά άλατα
XF3	Υψηλός κορεσμός νερού χωρίς απόψυξη	Οριζόντιες επιφάνειες σε βροχή ή παγετό
XF4	Υψηλός κορεσμός νερού με απόψυξη	XF3 με έκθεση σε αντιπαγωτικά άλατα
6. Χημική προσβολή		
XAI	Ελαφρώς διαβρωτικό χημικά	Εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA2	Μετρίως διαβρωτικό χημικά	Εδάφη και υπόγεια ύδατα
XA3	Ιδιαίτερος διαβρωτικό χημικά	Εδάφη και υπόγεια ύδατα

Xij: i: Κατηγορία περιβάλλοντος με βάση την επίδραση, j: Υποκατηγορία με βάση το βαθμό επίδρασης

Επεμβάσεις

στις υφιστάμενες κατασκευές

Η διασφάλιση της ανθεκτικότητας σε διάρκεια στην περίπτωση των υφιστάμενων κατασκευών αναλύεται σε δύο φάσεις, στην αποτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης και στη διενέργεια επεμβάσεων επί του φορέα.

Αποτίμηση. Η εκτίμηση της υγείας μιας υφιστάμενης κατασκευής σε μια δεδομένη χρονική στιγμή έχει ως αφετηρία την επιτόπου αυτοψία του μηχανικού. Η διαδικασίας της αποτίμησης ολοκληρώνεται με τη διενέργεια ελέγχων στην κατασκευή, που αποσκοπούν συνηθέστερα στη μέτρηση του πάχους επικάλυψης, στον προσδιορισμό του βαθμού διάβρωσης του οπλισμού και ενανθράκωσης του σκυροδέματος και στη διαπίστωση ενδεχόμενης ύπαρξης χλωριόντων.

Επεμβάσεις. Εξ ορισμού στόχος των επεμβάσεων είναι η επαναφορά της κατασκευής στην ακεραία κατάστασή της. Στην προκειμένη περίπτωση, εάν η διαδικασία αποτίμησης καταδειξεί ανυπαρξία βλαβών ή αμελητέου βαθμού βλάβες στο φορέα, οι επεμβάσεις που πραγματοποιούνται έχουν το χαρακτήρα πρόληψης και ταυτίζονται με τις προαναφερθείσες μεθόδους. Σε αντίθετη περίπτωση, οι επεμβάσεις αποκτούν το χαρακτήρα αποκατάστασης και πραγματοποιούνται με διαφορετικές μεθόδους, με γνώμονα την έκταση και το είδος της βλάβης.

Επανακαλοποίηση σκυροδέματος. Εφαρμόζεται στο ενανθρακωμένο σκυρόδεμα και στοχεύει στην επανάκτηση της αλκαλικότητάς του.

Αφαίρεση χλωριόντων. Ηλεκτροχημική μέθοδος, η οποία αποσκοπεί στην αφαίρεση των χλωριόντων που έχουν προσβάλει το σκυρόδεμα.

Αφαίρεση υγρασίας. Ηλεκτροχημική μέθοδος, με την οποία ξηραίνεται το πορώδες του σκυροδέματος και μειώνεται η υγρασία.

Σφράγισμα ρωγμών. Ενέσεις, κυρίως ρητινών, που σφραγίζουν τις ρηγματώσεις και αποτρέπουν τη διείσδυση οξυγόνου και υγρασίας.

Καθοδική προστασία. Μέθοδος που χρησιμοποιείται και ως πρόληψη, με δυνατότητα αναστολής της διάβρωσης ως μέτρο επέμβασης.

Ισχύον κανονιστικό πλαίσιο

Βασικός γνώμονας για τη διασφάλιση της ανθεκτικότητας κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος σε διάρκεια είναι ο **EN1992** (ευρωκώδικας 2), ο οποίος περιλαμβάνει τις σχετικές κανονιστικές διατάξεις. Το μέτρο προστασίας που καθορίζει το μέρος EN1992-1-1 είναι η επικάλυψη του οπλισμού. Συγκεκριμένα, η απαιτούμενη επικάλυψη υπολογίζεται συνεκτιμώντας κριτήρια



Σφράγιση ρωγμών με χρήση ενεμάτων. Πιθανές ρηγματώσεις παρέχουν δίοδο για εξωτερικές προσβολές, που μειώνουν την ανθεκτικότητα του οπλισμένου σκυροδέματος.

ανθεκτικότητας και συνάφειας οπλισμού και σκυροδέματος, προσαυξημένη κατά μία τιμή της τάξεως των 10 mm, ώστε να ληφθούν υπόψη πιθανές αποκλίσεις. Από τη σκοπιά της ανθεκτικότητας σε διάρκεια, η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή επικάλυψης ορίζεται, συνεκτιμώντας τη σημαντικότητα της κατασκευής και την έκθεση σε συνθήκες περιβάλλοντος της κατασκευής, όπως αυτές κατηγοριοποιούνται στον κανονισμό. Επιπροσθέτως, ο EN1992, στο παράρτημά του, καθορίζει την απαιτούμενη κατηγορία αντοχής σκυροδέματος με βάση τα ίδια κριτήρια. Η χρήση πρόσθετης προστασίας, αν και δεν εντάσσεται στο κανονιστικό πλαίσιο, λαμβάνεται υπόψη εμμέσως, επιτρέποντας μειωμένες τιμές επικάλυψης.

Παράλληλοι κανονισμοί και πρότυπα

Σε ταυτόχρονη λειτουργία υπάρχουν επιπλέον κανονιστικές διατάξεις, που προκύπτουν από παλαιότερους ελληνικούς κανονισμούς ή πρόθετα διεθνή πρότυπα. Ο **Ελληνικός Κανονισμός**

Οπλισμένου Σκυροδέματος αναφέρεται εν συντομία στο θέμα της ανθεκτικότητας σε διάρκεια, κατηγοριοποιώντας τις κατασκευές με βάση την έκθεσή τους σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ωστόσο η αναλυτικότερη διακρίση περιπτώσεων του EN1992 υπερτερεί. Ο **Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος** αποτελεί από τη φύση του εργαλείο για την παραγωγή ανθεκτικού σκυροδέματος. Η πρόσφατη ανασθεώρησή του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος το 2016 αποτελεί έκδοση εναρμονισμένη με τον EN1992, ενώ παρέχει επιπλέον πληροφορίες και κυρίως συστάσεις, καθορίζοντας το μέγιστο λόγο νερού / τσιμέντου και την ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου κατά τη σύνθεση του σκυροδέματος με βάση τις συνθήκες περιβάλλοντος.

Το ευρωπαϊκό πρότυπο **ΕΛΟΤ EN1504** συγκεντρώνει προδιαγραφές για την προστασία και επισκευή στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα και εστιάζει την προσοχή του εκτενώς στο κομμάτι της ανθεκτικότητας σε διάρκεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- EN1504, ευρωπαϊκό πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 1504**.
- EN1992-1-1, **Ευρωκώδικας 2 - Μέρος 1-1: Σχεδιασμός δομημάτων από σκυρόδεμα - Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια**.
- Ζέρης Χ., **Επικάλυψη και ανθεκτικότητα στο σκυρόδεμα: Σχεδιασμός σύμφωνα με το EN206-1 και τον ευρωκώδικα EN1992**, Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος, 2010.
- Τάσιος Θ. Π., Αλιγζάκη Κ., **Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος**, εκδόσεις Φοίβος, 1993.
- Φαρδής Μ. Ν., **Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος, μέρος III**, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2005.
- Newman A., **Structural renovation of buildings**, McGraw Hill, 2001.
- Danish Standards Association, **Repair of concrete structures to EN1504**, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Ενίσχυση δομικών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος στις ανακαινίσεις: σύνθετα υλικά & εφαρμογές. Τεύχος 2/2016, σελ. 53.
- Επισκευές σκυροδέματος: αντιμετώπιση βλαβών, τεχνικές & υλικά. Τεύχος 1/2014, σελ. 55.
- Εποξειδικές ρητίνες στην επισκευή στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος. Τεύχος 1/2012, σελ. 87.
- Αντιδιαβρωτική προστασία μεταλλικών κατασκευών. Τεύχος 3/2011, σελ. 87.
- Αφιέρωμα: Αποκατάσταση - ενίσχυση σκυροδέματος. Τεύχος 156, σελ. 91.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΒΡΕΙΤΕ ΣΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ **Υ - ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ 2017**
Χρήσιμα υλικά δόμησης

ή επισκεφθείτε το www.ktριο.gr