

Πτυχιακή εργασία

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Αβραάμ Σωτήρης

Λεμεσός, Δεκέμβριος 2022

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

Δρ. Έλια Ταντελέ

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Αβραάμ Σωτήρης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας μου κυρία Έλια Ταντελέ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγηση μου καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	x
ABSTRACT.....	xi
Κεφάλαιο 1 ^ο - Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2 ^ο – Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά του Οπλισμένου Σκυροδέματος	4
2.1 Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά του Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	4
2.2 Ορθός Τρόπος Εφαρμογής του Οπλισμένου Σκυροδέματος στις Κατασκευές.....	7
2.3 Το Τσιμέντο ως Βασικό Στοιχείο του Οπλισμένου Σκυροδέματος	9
2.4 Λόγοι Χρήσης του Οπλισμένου Σκυροδέματος στη Σημερινή Εποχή	12
2.5 Η Χρήση του Τύπου Self-Healing Σκυροδέματος σε Κατασκευές με Σκοπό την Αντοχή και Προστασία	14
2.6 Μέθοδοι Υπολογισμού Αντοχής Self-Healing και Οπλισμένου Σκυροδέματος	16
2.6.1 Δοκιμές Μακροδομής.....	16
2.6.2 Δοκιμές Μικροδομής.....	17
2.6.3 Δοκιμές Νανοδομής.....	18
2.7 Προηγμένα Οπλισμένα Σκυροδέματα με Αυξημένη Ανθεκτικότητα που Χρησιμοποιούνται για Προστασία Έναντι Πιέσεων και Φορτίων	18
Κεφάλαιο 3 ^ο – Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά της Διάβρωσης στο Σκυρόδεμα και Ιδιαίτερα στη Κατηγορία του Οπλισμένου Σκυροδέματος – Τεχνικές Προσδιορισμού και Τεχνικές Μέτρησης.....	21
3.1 Οι Διαδικασίες της Διάβρωσης.....	21
3.1.1 Στάδιο Έναρξης της Διάβρωσης.....	25
3.1.2 Στάδιο Διάδοσης της Διάβρωσης	25
3.2 Τρόπος Λειτουργίας του Μηχανισμού Διάβρωσης στις Κατασκευές.....	28
3.3 Μηχανικές Ιδιότητες Διαβρωμένων Χαλύβδινων Ράβδων.....	29
3.4 Δέσμευση Μεταξύ Διαβρωμένης Ενίσχυσης και Σκυροδέματος	30
3.5 Μηχανική Συμπεριφορά Διαβρωμένων Κατασκευών.....	31
Κεφάλαιο 4 ^ο – Τρόποι και Μέθοδοι Αντιμετώπισης της Διάβρωσης στο Οπλισμένο Σκυρόδεμα και Στοιχεία Ενίσχυσης.....	33

4.1 Τεχνικές Αντιμετώπισης της Διάβρωσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στις Κατασκευές.....	33
4.1.1 Ενίσχυση Προϊόντων Διάβρωσης από Χάλυβα	33
4.1.2 Φύση των Προϊόντων Διάβρωσης.....	38
4.1.3 Τύποι Οξειδίων του Σιδήρου	40
4.1.4 Ιδιότητες Προϊόντων Διάβρωσης.....	41
4.1.5 Στοιχειακές Ιδιότητες.....	42
4.1.6 Κρυσταλλικές Ιδιότητες	45
4.1.7 Ρεολογικές Ιδιότητες.....	47
4.2 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες της Διάβρωσης σε Οπλισμένο Σκυρόδεμα ..	52
4.2.1 Οξείδιο του Σιδήρου	53
4.3 Η Επίδραση των Προϊόντων Διάβρωσης στο Οπλισμένο Σκυρόδεμα	55
4.4 Διανομή Προϊόντων Διάβρωσης Γύρω από Ράβδους Οπλισμού.....	57
4.5 Διάδοση Προϊόντων Διάβρωσης Μέσω Ρωγμών Σκυροδέματος.....	58
Συμπεράσματα.....	60
Βιβλιογραφία.....	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1:ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΔΟΚΟΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟ ΟΠΛΙΣΜΟ ΩΣ ΈΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΈΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	6
ΕΙΚΟΝΑ 2:ΑΝΟΙΓΌΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΟΚΟΣ ΥΠΌ ΟΜΟΙΌΜΟΡΦΗ ΦΌΡΤΙΣΗ :.....	7
ΕΙΚΟΝΑ 3:ΘΕΡΜΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΠΛΙΣΜΈΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΤΟΣ.(ΠΑΡΑΤΗΡΌΥΜΕ ΌΤΙ ΤΑ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΆ ΑΔΡΑΝΉ ΠΛΕΟΝΕΚΤΌΥΝ ΈΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΠΥΡΙΤΙΚΌΝ)	20
ΕΙΚΟΝΑ 4:ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΈΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΤΟΣ.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 5:ΤΡΌΠΟΣ ΥΠΟΣΤΉΡΙΞΗΣ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΕΚΤΈΙΘΕΤΑΙ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ..	23
ΕΙΚΟΝΑ 6:ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΡΆΒΔΟΥ	26
ΕΙΚΟΝΑ 7:ΔΈΙΓΜΑ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΈΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΉ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ SUDA ET AL.(1993)	34
ΕΙΚΟΝΑ 8:(Α) ΔΈΙΓΜΑ ΛΕΠΊΩΝ ΣΚΟΥΡΊΑΣ, (Β) ΔΈΙΓΜΑ ΣΚΟΥΡΊΑΣ ΣΕ ΣΚΌΝΗ	35
ΕΙΚΟΝΑ 9:ΔΟΚΙΜΉ ΑΠΌ ΤΟΝ ANDRADE	37
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΔΟΚΙΜΉ 3 ΑΠΌ ΤΟΝ ANDRADE.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 11:ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΆ ΤΩΝ ΚΌΚΚΩΝ ΣΚΟΥΡΊΑΣ ΚΑΘΌΣ ΤΟ ΝΕΡΌ ΕΞΑΤΜΊΖΕΤΑΙ	40
ΕΙΚΟΝΑ 12:ΠΟΣΟΣΤΌ ΦΆΣΕΩΝ ΠΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΊΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΆ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΤΑ(ΑΡΕΡΑΔΟΡ ET AL.2011)	43
ΕΙΚΟΝΑ 13:ΣΥΣΤΑΤΙΚΆ ΠΡΟΊΟΝΤΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕ ΑΥΞΑΝΌΜΕΝΗ ΠΥΚΝΌΤΗΤΑ ΡΈΥΜΑΤΟΣ	44
ΕΙΚΟΝΑ 14:SEM ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ GOETHITE	46
ΕΙΚΟΝΑ 15:SEM ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΛΕΠΙΔΟΚΡΟΚΊΤΗ	46
ΕΙΚΟΝΑ 16:ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΊΤΗ	47
ΕΙΚΟΝΑ 17:ΚΑΜΠΎΛΗ ΤΆΣΗΣ ΈΝΑΝΤΙ ΠΑΡΑΜΌΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΟΞΕΙΔΊΟΥ ΤΟΥ ΣΙΔΉΡΟΥ	49
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΆ ΜΗ-ΝΕΥΤΩΝΕΙΩΝ ΡΕΥΣΤΌΝ ΥΠΌ ΤΆΣΗ	50
ΕΙΚΟΝΑ 19:Η ΕΠΊΔΡΑΣΗ ΤΟ ΡΗ ΣΤΗΝ ΤΆΣΗ ΔΙΑΡΡΌΗΣ ΤΩΝ ΕΝΑΙΩΡΗΜΆΤΩΝ	51
ΕΙΚΟΝΑ 20:ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΉΣ ΔΙΑΣΤΟΛΉΣ ΠΡΟΊΟΝΤΩΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....	53

ΕΙΚΟΝΑ 21: ΤΥΠΟΙ ΠÓΡΩΝ ΣΕ ΠΟΡΩΔΗ ΜΈΣΑ.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠÓΡΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛÓΜΕΝΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΝΕΡÓΥ ΠΡΟΣ ΤΣΙΜΈΝΤΟ	57
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΡΗΓΜΆΤΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΈΜΑΤΟΣ	59

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάβρωση μπορεί να επηρεάσει τη δομική απόδοση και την ακεραιότητα των συστατικών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε σημαντικό βαθμό μακροπρόθεσμα. Το οπλισμένο σκυρόδεμα, αναφέρεται ως σκυρόδεμα στο οποίο ο χάλυβας είναι ενσωματωμένος με τέτοιο τρόπο ώστε τα δύο υλικά να δρουν μαζί για να αντιστέκονται σε δυνάμεις πίεσης στο κτίριο.

Το τσιμέντο είναι ένα συνδετικό υλικό, μια ουσία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή, η οποία στερεώνει, *σκληραίνει* και προσκολλάται σε άλλα υλικά για να τα συνδέσει μαζί στην δημιουργία του οπλισμένου σκυροδέματος. Το τσιμέντο σπάνια χρησιμοποιείται από μόνο του, αλλά συνδέει μαζί την άμμο και το χαλίκι (αδρανή υλικά).

Πολλοί περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ανθεκτικότητα του οπλισμένου σκυροδέματος. Διαβρωτικοί παράγοντες, όπως η αποπάγωση ή τα άλατα θαλασσινού νερού, είναι οι πιο κοινές αιτίες φθοράς στις δομές στο οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο οπλισμός που είναι ενσωματωμένος στο αλκαλικό περιβάλλον, προστατεύεται από ένα παθητικό στρώμα. Η παθητικότητα του χάλυβα μπορεί, ωστόσο, να διασπαστεί από απώλεια αλκαλικότητας λόγω προσβολής χλωρίου ή ενανθράκωσης του σκυροδέματος. Αυτό το φαινόμενο οδηγεί σε αυξημένη ευπάθεια του οπλισμού χάλυβα στη διάβρωση.

Στις μέρες μας, το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το πιο χρησιμοποιούμενο δομικό υλικό στον κόσμο. Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό που προσφέρει πλεονεκτήματα όπως μηχανική αντοχή, αντοχή στη φωτιά, σεισμό και καιρικές συνθήκες, χαμηλό κόστος συντήρησης, ανθεκτικότητα και μορφοποίηση. Ωστόσο, ο οπλισμός από χάλυβα είναι επιρρεπής στη διάβρωση υπό συγκεκριμένες συνθήκες, καθιστώντας τον πιο συνηθισμένο μηχανισμό φθοράς σε οπλισμένο σκυρόδεμα και βλάπτοντας το 55% των κατασκευών σε οπλισμένο σκυρόδεμα στην Ευρώπη.

ABSTRACT

Corrosion can significantly affect the structural performance and integrity of reinforced concrete components in the long term. Reinforced concrete refers to concrete in which steel is embedded in such a way that the two materials act together to resist compressive forces in the building.

Cement is a binder, a substance used in construction, which sets, hardens and adheres to other materials to bind them together to create reinforced concrete. Cement is rarely used by itself, but binds sand and gravel (aggregates) together.

Many environmental factors can affect the durability of reinforced concrete. Corrosive agents, such as deicing or seawater salts, are the most common causes of structural deterioration in reinforced concrete. The armature embedded in the alkaline environment is protected by a passive layer. The passivity of the steel can, however, be broken by loss of alkalinity due to chlorine attack or carbonation of the concrete. This phenomenon leads to increased vulnerability of steel reinforcement to corrosion.

Nowadays, reinforced concrete is the most used construction material in the world. Reinforced concrete is a composite material that offers advantages such as mechanical strength, fire, earthquake and weather resistance, low maintenance cost, durability and formability. However, steel reinforcement is susceptible to corrosion under certain conditions, making it the most common deterioration mechanism in reinforced concrete and damaging 55% of reinforced concrete structures in Europe.