

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΑΤΤΙΚΗΣ**



ΑΘΗΝΑ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ –
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

«ΦΘΟΡΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ»

ΑΓΚΑΣΙ ΕΛΕΝΗ

Επιβλέπων Καθηγητής
Αυτουσμής Αθανάσιος
Λέκτορας-Εφαρμογών

Αθήνα 2022

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Αγκάσι Ελένη του Σκελκίμ, με αριθμό μητρώου 47753 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Διπλωματικών Σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



*Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι
Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:*

Αθανάσιος Αυτουσλής

*Καθηγητής
Επιβλέπων*

Σταυρούλα Δενεζάκη

*Καθηγητής
Μέλος*

Τριαντ.-Φίλης Κόκκινος

*Αναπληρωτής Καθηγητής
Μέλος*

Φεβρουάριος 2022, ΑΙΓΑΛΕΩ

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ (Acknowledgements)

Θεωρώ απαραίτητο να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επόπτη επιστήμονα καθηγητή μου, τον κύριο Αθανάσιο Αυτουσμή, ο οποίος ανέλαβε να φέρει εις πέρας την εκπόνηση ετούτης της πτυχιακής εργασίας, η οποία τοποθετείτε στοχοποιημένα σε ένα θέμα το οποίο απασχολεί γενιές ολόκληρες τον σύγχρονο τουλάχιστον θεωρούμενο κόσμο. Πιστεύω ότι η προσπάθεια αυτή θα αξιολογηθεί θετικά κυρίως από τους καθηγητές και ύστερα από τους αναγνώστες προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές στους οποίους πρωτίστως απευθύνεται ώστε το σύγγραμμα να αποτελέσει βιβλίο αναφοράς (textbook) όχι μόνο στη διάρκεια των σπουδών τους αλλά και στη μετέπειτα επαγγελματική τους σταδιοδρομία.

Επιπροσθέτως, η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αφιερώνεται στη λατρεμένη μου οικογένεια που στάθηκαν αρωγοί και συμπαραστάτες σε όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, οι οποίοι ανέκαθεν ήταν, είναι και θα είναι πάντα στο πλευρό μου ενθαρρύνοντας πάντα τις προσπάθειές μου για την κατάκτηση και την επίτευξη των στόχων μου.

Πολύτιμη στάθηκε και η βοήθεια του κ. Σαμουλαδά Γεώργιου Πολιτικού Μηχανικού Τ.Ε., ο οποίος από τη πρώτη κιόλας επαφή θεώρησε υποχρέωσή του να βοηθήσει ή να συμβάλει στην διεκπεραίωση του παρόντος πονήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία – πτυχιακή επιτεύχθηκε η μαζικότερη και πιο συσσωρευμένη συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με τις Φθορές του Σκυροδέματος.

Σε ένα πρώτο επίπεδο στο Κεφάλαιο 1, έγινε μία ανάλυση της Εισαγωγής προσπαθώντας να επιτευχθεί μία προλογική ανάπτυξη στο τι θα ακολουθήσει.

Στο Κεφάλαιο 2, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία και προσοχή στη παρουσίαση εννοιών και όρων σε σχέση με το Οπλισμένο Σκυρόδεμα, τονίζοντας εισαγωγικά δεδομένα σχετικά με την συνάφεια αυτού αλλά και την ταυτοποίησή του.

Στο Κεφάλαιο 3, σημαντικό ρόλο παίζει η καθολική ανάλυση σχετικά την ποιότητα του σκυροδέματος.

Στο Κεφάλαιο 4, αναπτύχθηκαν οι μηχανισμοί φθοράς του σκυροδέματος, αλλά και οι κατηγορίες των ρωγμών.

Στο Κεφάλαιο 5, τονίστηκαν οι βλάβες που γεννιούνται στα δομικά στοιχεία.

Στο Κεφάλαιο 6, αναλύθηκαν τα μέτρα προστασία του σκυροδέματος και τα μέτρα επέμβασης.

Στο Κεφάλαιο 7, επιλέχθηκε η λογική της μελέτης περίπτωσης ώστε να τα δεδομένα του παρόντος πονήματος να γίνουν πιο εύκολα κατανοήσιμα.

Εν κατακλείδι, στο Κεφάλαιο 8, παρατέθηκαν συμπεράσματα τα οποία με την σειρά τους έρχονται να εδραιώσουν την τελική και ολοκληρωμένη άποψη και εικόνα του ενδότερου κειμενικού περιεχομένου, στοχεύοντας στην παρουσίαση της προσωπικής, αντικειμενικής και παράλληλα συμπερασματικής άποψης πάνω στο αναπτυσσόμενο θέμα που προσεγγίστηκε στην κειμενική εξέλιξη του παρόντος πονήματος.

Λέξεις – Κλειδιά: Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Φθορές Σκυροδέματος, Μέτρα Προστασίας Σκυροδέματος.

ABSTRACT

In the present thesis, the most massive and accumulated collection of information on Concrete Damage.

At the first level in Chapter 1, an analysis of the Introduction was made in an attempt to achieve a prologue to what would follow.

In Chapter 2, special importance and attention was given to the presentation of concepts and terms in relation to Reinforced Concrete, emphasizing introductory data on its relevance and its identification.

In Chapter 3, the overall analysis of the quality of concrete plays an important role.

In Chapter 4, the mechanisms of concrete wear were developed, as well as the categories of cracks.

In Chapter 5, the damages that arise in the structural elements are highlighted.

In Chapter 6, concrete protection measures and intervention measures were analyzed.

In Chapter 7, the logic of the case study was chosen so that the data of the present case can be more easily understood.

In conclusion, in Chapter 8, conclusions were presented which in turn come to consolidate the final and integrated view and image of the internal textual content, aiming at presenting the personal, objective, and at the same time conclusive point of view on the developing issue that was approached in of this work.

Keywords: Reinforced Concrete, Concrete Damage, Concrete Protection Measures.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	8
Κατάλογος Πινάκων.....	11
Κατάλογος Σχημάτων.....	12
Κατάλογος Εικόνων.....	13
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	15
Κεφάλαιο 2: Εισαγωγικά Δεδομένα του Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	17
2.1 Προσέγγιση στον Σχεδιασμό Κτιρίων.....	17
2.2 Σκυρόδεμα.....	19
2.2.1 Συνάφεια Σκυροδέματος – Χάλυβα.....	19
2.3 Τρόπος Ταυτοποίησης Σκυροδέματος.....	19
2.4 Τρόπος Ταυτοποίησης Χάλυβα.....	19
2.5 Χαρακτηριστικά Σκυροδέματος.....	19
2.6 Χαρακτηριστικά Χάλυβα.....	20
2.7 Σχεδιαστικές Αρχές Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	20
Κεφάλαιο 3: Ποιότητα Σκυροδέματος.....	24
3.1 Ορισμός της «Ποιότητας».....	24
3.1.1 Διαχείριση της ποιότητας.....	25
3.2 Ποιότητα Σκυροδέματος με βάση το Τσιμέντο.....	26
3.3 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση ποσοστού Ρευστών.....	26
3.4 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση ποσοστού Ιπτάμενης Τέφρας.....	27
3.5 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση ποσοστού Αδρανών Υλικών.....	27
3.6 Ο προγραμματισμός της ποιότητας.....	27
3.7 Σύστημα Ποιότητας.....	29
3.8 Σύγχρονες Τάσεις στην Εφαρμογή Μεθόδων Ποιότητας.....	31
Κεφάλαιο 4: Μηχανισμοί Φθοράς Σκυροδέματος.....	33
4.1 Διαπερατότητα και διαδικασία μεταφοράς.....	33
4.2 Αιτίες Φθοράς Σκυροδέματος.....	33
4.3 Διάβρωση Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	34
4.3.1 Ενανθράκωση.....	37
4.3.2 Χλωρίωση.....	38
4.3.3 Εντοπισμός Προβλημάτων Ανθεκτικότητας Κατασκευής.....	39
4.3.4 Γενικά για τις ρωγμές.....	39

Κεφάλαιο 5: Βλάβες/Αστοχίες Δομικών Στοιχείων.....	43
5.1 Κατηγοριοποίηση Βλαβών.....	43
5.1.1 Βλάβες Ενδογενούς φύσεως.....	43
5.1.2 Βλάβες Εξωγενούς φύσεως.....	44
5.2 Το φαινόμενο του σεισμού.....	44
5.3 Το φαινόμενο της πυρκαγιάς.....	45
5.3.1 Αποκόλληση Επιχρισμάτων.....	46
5.3.2 Κατάρρευση Υπερκείμενης Τοιχοποιίας.....	46
5.3.3 Ρηγμάτωση υπερθύρων.....	47
Κεφάλαιο 6: Μέτρα επέμβασης και μέτρα προστασίας.....	47
6.1 Ορισμός της συντήρησης.....	47
6.2 Μέτρα Επέμβασης.....	47
6.2.1 Επεμβάσεις στο Σκυρόδεμα.....	47
6.2.2 Επεμβάσεις στον Οπλισμό.....	51
6.2.3 Ενεργές Επεμβάσεις.....	55
6.3 Μέτρα Προστασίας.....	56
6.3.1 Ανασταλτικά διάβρωσης.....	57
6.3.2 Ποιότητα της επικάλυψης των σιδηρών οπλισμών.....	57
6.3.3 Χρήση Χημικών Πρόσμικτων για Βελτίωση Εργασιμότητας.....	57
6.3.4 Χρήση Υδατοστεγών Μembrανών.....	58
6.3.5 Σχετική Υγρασία Σκυροδέματος.....	58
6.3.6 Τοποθέτηση Επιχρισμάτων στον Οπλισμό.....	58
6.3.7 Χρήση Ανοξειδωτών Χαλύβων.....	58
6.3.8 Αποφυγή ρωγμών.....	58
6.3.9 Περιβάλλον και Στεγανοποίηση.....	58
Κεφάλαιο 7: Περίπτωση Μελέτης.....	61
7.1 Εισαγωγικά Δεδομένα.....	61
7.2 Σχεδιαστική Αποτύπωση οικίας.....	62
7.3 Φωτογραφική Αποτύπωση οικίας.....	66
7.4 Πιθανά Μέτρα Επέμβασης.....	69
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα – Συστάσεις.....	70
Βιβλιογραφία.....	71

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επεξηγηματικό Υπόμνημα.....	62
--	----

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Βασικές μέθοδοι για ασφαλείς λειτουργικές δομές. Ιδία Επεξεργασία.....	18
Σχήμα 2: Υπό εξέταση περιορισμοί. Ιδία Επεξεργασία.....	21
Σχήμα 3: Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας. Ιδία Επεξεργασία.....	23
Σχήμα 4: Διαστάσεις της έννοιας "ποιότητα". Ιδία Επεξεργασία.....	25
Σχήμα 5: Αρχές Διαχείρισης της Ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.....	26
Σχήμα 6: Ενέργειες προ εφαρμογής προγραμματισμού ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.....	29
Σχήμα 7: Κοινά στοιχεία σε κάθε σύστημα ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.....	31
Σχήμα 8: Διάγραμμα σχέσης σχετικής διαπερατότητας και λόγου N/T. Πηγή: Richardson, 2002.....	33
Σχήμα 9: Φυσικές Αιτίες Φθοράς. Ιδία Επεξεργασία.....	34
Σχήμα 10: Σχετικός όγκος Οξειδίων σιδήρου. Πηγή: https://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/07-oplismeno-skyrodema-givalou.pdf	35
Σχήμα 11: Διαδικασία πρόκλησης βλάβης σε σκυρόδεμα λόγο διάβρωσης του χάλυβα. Πηγή: http://builtconstructions.in/OnlineMagazine/Builtconstructions/Pages/Protective-Coatings-for-Durable-Concrete-0142.aspx	35
Σχήμα 12: Χρονική εξέλιξη διάβρωσης ράβδων οπλισμού στο σκυρόδεμα. (t: χρόνος επώασης της διάβρωσης). Πηγή: Papadakis, 2005.....	36
Σχήμα 13: Μηχανισμοί εισαγωγής στην διάβρωση οπλισμού σκυροδέματος. Πηγή: Papadakis, 2005.	39
Σχήμα 14: Μη πραγματοποιούμενα προβλήματα σε συνθήκες λειτουργίας λόγω ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.....	40
Σχήμα 15: Βασικότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία....	41
Σχήμα 16: Είδη Ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.....	42
Σχήμα 17: Ενδογενή αίτια βλαβών.Ιδία Επεξεργασία.....	44
Σχήμα 18: Περιπτώσεις δυνατότητας σαφούς προσδιορισμού και προσομοίωσης του φέροντα οργανισμού και της απόκρισης του υπό οριζόντια σεισμικά φορτία. Ιδία Επεξεργασία.....	45
Σχήμα 19: Επεμβάσεις του Σκυροδέματος. Ιδία Επεξεργασία.....	48
Σχήμα 20: Σφράγισμα Ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.....	49
Σχήμα 21: Επεμβάσεις στον Οπλισμό. Ιδία Επεξεργασία.....	51
Σχήμα 22: Ενεργές επεμβάσεις. Ιδία Επεξεργασία.....	55
Σχήμα 23: Μέτρα Προστασίας. Ιδία Επεξεργασία.....	57
Σχήμα 24: Τα πιο συνήθη ασφαλτικά υλικά. Ιδία Επεξεργασία.....	59
Σχήμα 25: Αποτύπωση Ισόγειο Τμήματος.....	63
Σχήμα 26: Αποτύπωση Ορόφου.....	64
Σχήμα 27: Αποτύπωση Στέγης.....	65

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Το σεισμικό φαινόμενο ανήκει στην κατηγορία των εξωγενών τυχηματικών βλαβών. Σεισμός 03.03.21. Ιδία Επεξεργασία.....	44
Εικόνα 2: Κατεστραμμένο σπίτι από την πυρκαγιά στην Εύβοια 2021. Πηγή: Αρχείο Ερυθρού Σταυρού.....	46
Εικόνα 3: Κατεστραμμένο σπίτι από την πυρκαγιά στην Βαρυμπόμπη 2021. Πηγή: Αρχείο Ερυθρού Σταυρού.....	46

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει μια κατασκευή κατά την διάρκεια της ζωής της προέρχονται από τον όρο διάβρωση, η οποία με την σειρά της επηρεάζει και άλλα στοιχεία της κατασκευής. Οι κυριότερες αιτίες πρόκλησης διάβρωσης οπλισμών είναι η ενανθράκωση του σκυροδέματος, η είσοδος χλωριόντων στο σκυρόδεμα, οι επιφανειακές ρηγματώσεις και η ηλεκτροχημική διάβρωση. Η συνάφεια του οπλισμού στο σκυρόδεμα είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που επιτρέπει τη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος σαν δομικό υλικό.

Η συνάφεια του σκυροδέματος με τον ενσωματωμένο σιδηρό οπλισμό αποτελεί βασικό στοιχείο για την ομαλή λειτουργία μιας κατασκευής.

Το κυριότερο πρόβλημα της ανθεκτικότητας του οπλισμένου σκυροδέματος αποτελεί η διάβρωση των οπλισμών. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κατασκευών στην χώρα μας αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα φορτία που υπόκεινται μια κατασκευή θα πρέπει να μπορούν να μεταφέρονται ομαλά και με συνοπτικό τρόπο από όλα τα φέροντα μέλη στα θεμέλιά της.

Στο σχεδιασμό μιας κατασκευής είναι σημαντικό να ορίζονται τα πάντα και να δίνονται λύσεις και απαντήσεις για τη λειτουργικότητα, οικονομία και ασφάλεια.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάγκη παράτασης της διάρκειας ζωής των κατασκευών έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για μελέτες ανθεκτικότητας και αξιολογήσεις υφιστάμενων κατασκευών. Ο συνδυασμός του με τον χάλυβα παρέχει αντοχή σε εφελκυσμό, η οποία είναι σχετικά μειωμένη σε σχέση με τη θλιπτική αντοχή του. Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να είναι αισθητικά ευχάριστες και να πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας.

Πολλοί άνθρωποι επενδύουν στην κατασκευή υποδομών χρησιμοποιώντας το σκυρόδεμα ως βασικό υλικό σε πολλά αρχιτεκτονικά και τεχνικά έργα όπως κτίρια, γέφυρες κ.λπ.

Το σκυρόδεμα είναι ένα φθηνό υλικό με υψηλή αντοχή σε θλίψη αλλά χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται χάλυβας, ο οποίος παρέχει στο σκυρόδεμα τις απαιτούμενες εφελκυστικές ιδιότητες.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το πιο κοινό υλικό στον κατασκευαστικό κλάδο σήμερα, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σχεδόν κάθε είδους έργου.

Ωστόσο, η διάβρωση είναι κοινή στον χάλυβα. Σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό (Κουλούμπη, 2010), η διάβρωση είναι «η φυσικοχημική αλληλεπίδραση ενός τεχνικού οικοδομικού υλικού με το περιβάλλον του, που σημαίνει υποβάθμιση της απόδοσης του υλικού, του περιβάλλοντος ή του τεχνικού συστήματος στο οποίο ανήκει το υλικό».

Ο χάλυβας που είναι ενσωματωμένος σε κατασκευές από σκυρόδεμα μπορεί να διαβρωθεί λόγω της διείσδυσης διοξειδίου του άνθρακα ή χλωρίου.

Η παραγωγή προϊόντων διάβρωσης και η απώλεια χάλυβα έχουν αρνητικό αποτέλεσμα, μειώνοντας την ποιότητα του οπλισμένου σκυροδέματος και θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια του κτιρίου και των χρηστών του.

Αυτά τα προβλήματα σχετίζονται κυρίως με ρωγμές και θραύση σκυροδέματος, απώλεια συνοχής μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος και μείωση της αντοχής σε εφελκυσμό του οπλισμού.

Φυσικά, έχουν αναπτυχθεί πολλοί διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης «αστοχιών», οδηγώντας στην ανάπτυξη νέων μεθόδων συγκεκριμένης προστασίας που βασίζονται στην ασφάλεια που σχετίζεται με την καινοτομία.

•

Κεφάλαιο 2: Εισαγωγικά Δεδομένα του Οπλισμένου Σκυροδέματος

2.1 Προσέγγιση στον Σχεδιασμό Κτιρίων

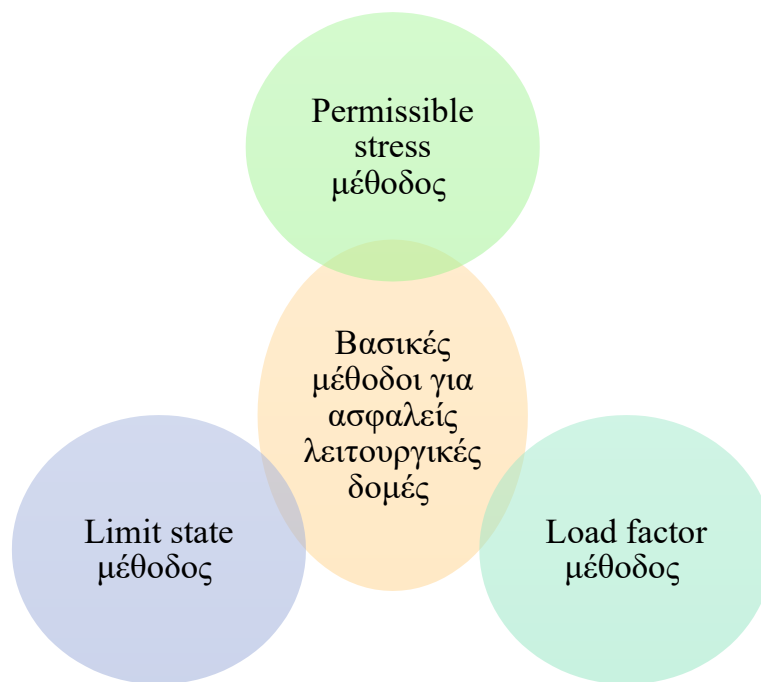
Οι πολιτικοί μηχανικοί έχουν υιοθετήσει μια σχεδιαστική ιδέα που ονομάζεται permissible stress design. Με το permissible stress design πρέπει να εξασφαλίζονται οι τάσεις οι οποίες αναπτύσσονται στην κατασκευή από τα φορτία, να μην υπερβαίνουν το όριο ελαστικότητας. Όσο αναφορά τις κατασκευές στην μηχανική, το permissible stress design έχει αντικατασταθεί από το limit state design, εκτός από κάποιες ορισμένες περιπτώσεις. Τα κριτήρια που θα πρέπει να πληρούνται από την κατασκευή με τον προαναφερόμενο σχεδιασμό είναι:

- η οριακή κατάσταση αστοχίας
- η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Το limit state αποτελεί ένα σύνολο κριτηρίων απόδοσης (π.χ. επίπεδα δονήσεων, παραμορφώσεων, λυγισμός), που πρέπει να πληρούνται όταν η δομή υπόκειται σε φορτία.

Εδώ και πάρα πολλά χρόνια, οι βασικοί μέθοδοι που λαμβάνουν υπόψη τους συντελεστές ασφαλείας για τις ασφαλές και λειτουργικές δομές είναι:

- † Permissible stress μέθοδος όπου για να εξασφαλιστούν οι τάσεις σχεδιασμού στην ελαστική περιοχή, η τελική αντοχή πρέπει να διαιρεθεί με έναν συντελεστή ασφαλείας.
- † Load factor μέθοδος όπου τα χρησιμοποιούμενα φορτία πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή ασφαλείας.
- † Limit state μέθοδος όπου πολλαπλασιάζονται τα φορτία με τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας και διαιρούνται οι τελευταίες αντοχές των υλικών με άλλους παράγοντες ασφαλείας.



Σχήμα 1: Βασικές μέθοδοι για ασφαλείς λειτουργικές δομές. Ιδία Επεξεργασία.

Η permissible stress design μέθοδος πλέον δεν χρησιμοποιείται καθώς είναι βασισμένη σε μια ελαστική κατανομή τάσεων που στην πραγματικότητα δεν ισχύει για κάποιο ημιπλαστικό υλικό, ένα παράδειγμα είναι και το σκυρόδεμα, επίσης είναι ακατάλληλη αν οι παραμορφώσεις δεν είναι ανάλογες με το φορτίο, όπως γίνεται με τις λεπτές κολώνες.

Διαπιστώθηκε επίσης ότι δεν είναι ασφαλές όταν αντιμετωπίζουμε τη σταθερότητα των κατασκευών που υφίστανται σε ανατροπή των δυνάμεων.

Στην load factor method στον υπολογισμό πρέπει να χρησιμοποιείται η τελική αντοχή υλικών. Επίσης, με την μέθοδο αυτή, η μεταβλητότητα του υλικού δεν μπορεί να ληφθεί άμεσα υπόψη, ούτε μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό των παραμορφώσεων ή του ραγίσματος.

Πλέον αποτελεί μια μέθοδο που την έχουν αντικαταστήσει άλλες πιο σύγχρονες μέθοδοι σχεδιασμού (limit state design)

Η limit state αποτελεί την μέθοδο που εξαλείφει όλα τα προειπόμενα μειονεκτήματα των δύο μεθόδων και γι' αυτόν τον λόγο έχει υιοθετηθεί σε όλη την Ευρώπη και σε πολλά άλλα μέρη παγκοσμίως.

Η επιτυχία της μεθόδου σχετίζεται με την εφαρμογή των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας στα φορτία και στις αντοχές των υλικών και το μέγεθος των παραγόντων ίσως να διαφέρει για να έχουν την δυνατότητα χρησιμοποίησης σε πλαστικές συνθήκες στην τελική αντοχή ή με την πιο ελαστική περιοχή.

Αυτή η ευελιξία είναι ιδιαίτερα σημαντική εάν πρόκειται να αποκομιστούν τα πλήρη οφέλη από την ανάπτυξη βελτιωμένων ιδιοτήτων σκυροδέματος και χάλυβα. Για του μηχανικούς, τα κριτήρια σχεδιασμού έχουν ίδιο στόχο, την εξασφάλιση ασφαλούς έργου και διασφάλιση της λειτουργικότητας του συστήματος.

2.2 Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι ένας τεχνητός λίθος και παρασκευάζεται με ανάμειξη τσιμέντου, αδρανών και νερού στις κατάλληλες πάντα αναλογίες τους. Οι αναλογίες των παραπάνω αναμιγνύονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα νέο νωπό σκυρόδεμα που συμπυκνώνεται και διατηρείται έως την τελική του μορφή (στερεό σώμα) μέχρι να αποκτήσει συγκεκριμένες ιδιότητες αντοχής και ανθεκτικότητας.

2.2.1 Συνάφεια Σκυροδέματος – Χάλυβα

Η κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα πραγματοποιείται με τη συνεργασία σκυροδέματος και εντοιχισμένου οπλισμού χάλυβα. Η πετυχημένη συνεργασία των δύο υλικών διασφαλίζεται από τη συνδυασμένη δράση μηχανισμών που εμποδίζουν τη σχετική ολίσθηση μεταξύ του οπλισμού και του γύρω σκυροδέματος και χαρακτηρίζεται ως συνάφεια. Ο όρος αυτός

Η συνάφεια των ράβδων του οπλισμού με το σκυρόδεμα είναι μια από τις βασικότερους παραμέτρους που επιτρέπουν την χρήση του σκυροδέματος ως δομικό υλικό των κατασκευών.

2.3 Τρόπος Ταυτοποίησης Σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα αναγνωρίζεται σύμφωνα με τη συμβατική θλιπτική αντοχή που διαθέτει και κατατάσσεται σε κατηγορίες με σύμβολο Cα/β με τις κατηγορίες C12/16, C16/20, C20/25, C25/30, C30/35 να είναι οι πιο σύνηθες. Η πρώτη κατηγορία C12/16 χρησιμοποιείται για μη φέρουσες κατασκευές μόνο. Στο σύμβολο της κατηγορίας εκφράζεται το γράμμα C που έχει ως προέλευση την λέξη την αγγλική λέξη concrete, και εκφράζει το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται. Εν συνεχεία, οι αριθμοί εκφράζουν την συμβατική αντοχή, με μονάδα μέτρησης τα MPa, η οποία μετριέται σε συμβατικό κυλινδρικό δοκίμιο και συμβατικό κυβικό δοκίμιο.

2.4 Τρόπος Ταυτοποίησης Χάλυβα

Η ταυτοποίηση του χάλυβα γίνεται με βάση την συμβατική εφελκυστική αντοχή η οποία συμπίπτει με την θλιπτική του αντοχή.

2.5 Χαρακτηριστικά Σκυροδέματος

Παραμορφωσιακή συμπεριφορά:

Το σκυρόδεμα εμφανίζει κάποια παραμορφωσιακή συμπεριφορά η οποία διατυπώνεται με μορφή διαγράμματος των ορθών τάσεων και παραμορφώσεων (σ - ϵ) συμβατικού δοκιμίου που έχει υποβληθεί σε κεντρική θλίψη.

Μέτρο Ελαστικότητας:

Το μέτρο ελαστικότητας E_{cm} είναι η κλίση της ευθείας του διαγράμματος σ - ϵ που οδηγεί στο 40% της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος.

Ερπυσμός:

Ερπυσμό ονομάζουμε το φαινόμενο το οποίο όταν σε ένα στερεό σώμα στο οποίο ασκείται κάποια σταθερή δύναμη εμφανίζεται αργή και συνεχόμενη παραμόρφωση ακόμη κι αν η τάση η οποία το καταπονεί είναι μικρότερη του ορίου διαρροής του υλικού.

Συστολή ξήρανσης:

Η συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο από μόνο του δεν συνιστά πρόβλημα.

2.6 Χαρακτηριστικά Χάλυβα

Δομικός χάλυβας:

Τα μηχανικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στο οπλισμένο σκυρόδεμα καθορίζονται βάση του κανονισμού προτύπου EN10080. Ο Ευρωκώδικας 2 ισχύει για ένα εύρος αντοχής διαρροής f_{yk} από 400 έως 600 Mpa και για χάλυβες με νευρώσεις και συγκολλίσιμους.

Χαρακτηριστική αντοχή:

Η αντοχή του χάλυβα σε εφελκυσμό είναι πολύ σημαντική καθώς μπορεί να παραλάβει εφελκυστικές τάσεις όπου αναπτύσσονται σε δομικά στοιχεία. Η χαρακτηριστική αντοχή f_{yk} θεωρείται η τιμή του ορίου διαρροής f_y .

Μέτρο ελαστικότητας:

Το μέτρο ελαστικότητας των χαλύβων E_s είναι σε όλους σταθερό έως την διαρροή και λαμβάνεται ίσο με 200 GPa.

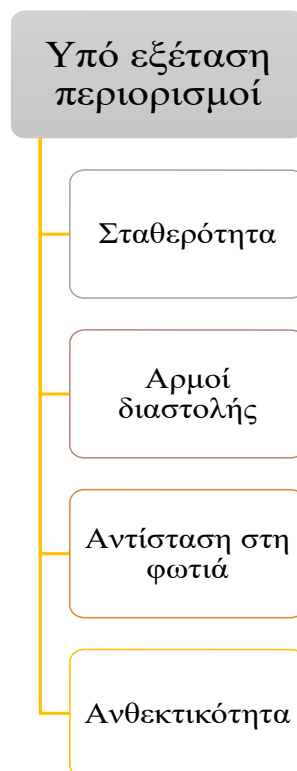
Συντελεστής θερμικής διαστολής:

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χάλυβα μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 12×10^{-6} ανά $^{\circ}\text{C}$. Πρακτικά είναι ο ίδιος με αυτόν του σκυροδέματος και η κοινή τους αυτή ιδιότητα βοηθά σημαντικά στην συνεργασία των δυο υλικών.

2.7 Σχεδιαστικές Αρχές Οπλισμένου Σκυροδέματος

Στο σχεδιασμό μιας κατασκευής, θα πρέπει να ορίζονται τα πάντα και να δίνονται λύσεις και απαντήσεις για τη λειτουργικότητα, οικονομία και ασφάλεια. Ο σκοπός του σχεδιασμού είναι η επίτευξη μιας αποδεκτής πιθανότητας ότι η κατασκευή δε θα φτάσει σε καμιά οριακή κατάσταση κατά τη διάρκεια της ζωής της. Η μέθοδος σχεδιασμού με βάσει τους Ευρωκώδικες είναι η μέθοδος των οριακών καταστάσεων σε συνδυασμό με τη χρήση επιμέρους συντελεστών ασφαλείας.

Ο μηχανικός πρέπει να εξετάζει πιθανούς περιορισμούς που υπάρχουν στο οικόπεδο, την ευκολία κατασκευής, ευκολία συντήρησης ακόμη και την ευκολία κατεδάφισης.



Σχήμα 2: Υπό εξέταση περιορισμοί. Ιδία Επεξεργασία.

Σταθερότητα:

Πλευρική σταθερότητα πρέπει να εξασφαλίζεται από ένα σύστημα τοιχίων συμμετρικό ως προς το κέντρο βάρους της κατασκευής και αρκετά άκαμπτο που να αποφεύγονται φαινόμενα 2^{ης} τάξης στην κατασκευή σαν σύνολο.

Αρμοί διαστολής:

Ο σκοπός των αρμών διαστολής είναι για να ελαττώσουν τις επιπτώσεις των μετακινήσεων που προκαλούνται από θερμοκρασιακές αλλαγές, ερπυσμό, καθιζήσεις και συστολή ξήρανσης. Η αποτελεσματικότητα των αρμών διαστολής εξαρτάται από τη θέση τους. Πρέπει

να περνούν από όλο το ύψος της κατασκευής και να χωρίζουν την κατασκευή σε απλά σχήματα.

Αντίσταση στη φωτιά:

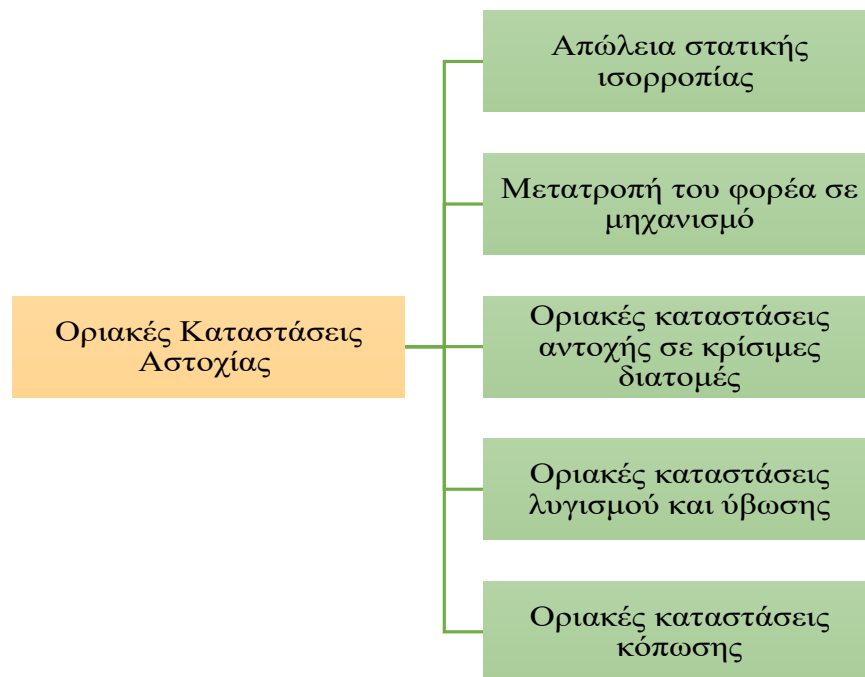
Για τη προδιαγραμμένη περίοδο αντίσταση στη φωτιά η κατασκευή πρέπει να έχει ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα, να περιορίζει την άνοδο της θερμοκρασίας στην απέναντι πλευρά.

Ανθεκτικότητα:

Ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη πιθανή αποσάθρωση λόγω έκθεσης σε περιβαλλοντικές συνθήκες λαμβάνοντας υπόψη πιθανά προγράμματα συντήρησης. Στους πιο κάτω εμπλεκόμενοι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι λειτουργικές απαιτήσεις, αναμενόμενες συνθήκες περιβάλλοντος, η σύνθεση και οι ιδιότητες των υλικών, το σχήμα και οι λεπτομέρειες σπλισμού των διαφόρων μελών, η ποιότητα κατασκευής, πιθανά συστήματα εξωτερικής προστασίας.

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα και αφορά την ασφάλεια των ανθρώπων και των κτιρίων. Ως οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

- ✚ Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος
- ✚ Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό
- ✚ Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές
- ✚ Οριακές καταστάσεις λυγισμού και ύβωσης
- ✚ Οριακές καταστάσεις κόπωσης



Σχήμα 3: Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας. Ιδία Επεξεργασία.

Οριακή κατάσταση αστοχίας από τέμνουσα:

Διάτμηση:

Ο μηχανισμός και η αιτία της διατμητικής αστοχίας διαφέρει από φορέα σε φορέα, αλλά και για το ίδιο είδος φορέα η διατμητική αστοχία μπορεί να συμβεί με διαφορετικό τρόπο. Στα υποστυλώματα και τοιχώματα η αλλαγή του ύψους του φορέα και/ή το μέγεθος της αξονικής φόρτισης επηρεάζει σημαντικά τον τρόπο της διατμητικής αστοχίας.

Κεφάλαιο 3: Ποιότητα Σκυροδέματος

Η χρονική διάρκεια ανάπτυξης, κατασκευής και μετέπειτα διατήρησης των έργων είναι αποτέλεσμα που απορρέει αφενός από την ύπαρξη αξιόπιστων συστημάτων επίβλεψης και διαχείρισης της ποιότητας κατά την διάρκεια της κατασκευής και αφετέρου από την απαιτούμενη παρακολούθηση σε συνδυασμό την ορθή διαδικασία κατασκευής και την χρήση ενδεδειγμένης ποιότητας υλικών.

Η επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας του σκυροδέματος προέρχεται κυρίως από την ύπαρξη πολυάριθμων επιχειρήσεων που προμηθεύουν με αξιόπιστα υλικά και είδη αναδευμένα μίγματα σκυροδέματος.

3.1 Ορισμός της «Ποιότητας»

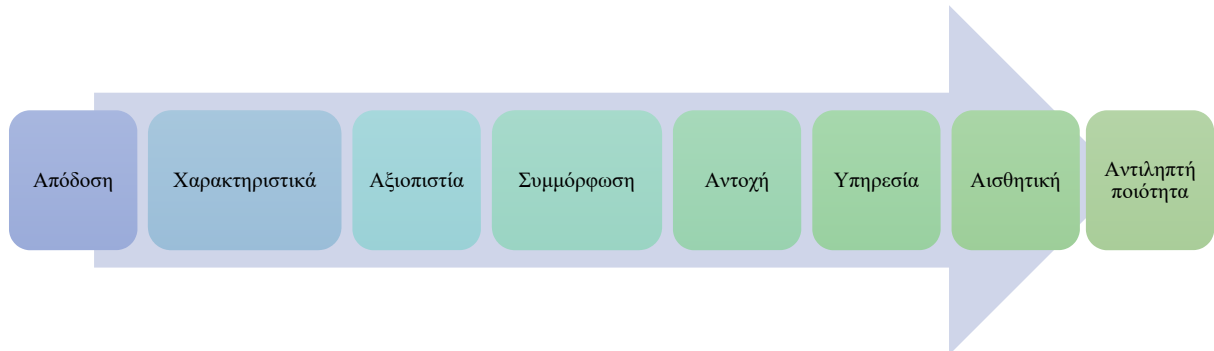
Ο ορισμός της ποιότητας ως επί των πλείστον μπορεί να εκλαμβάνεται διαφορετικά από τον καθένα καθώς είναι τελείως υποκειμενικός όρος. Μεταξύ του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα προέκυψαν μεγάλες τροποποιήσεις στις ιδέες των αρχιτεκτόνων και στα κτίρια καθώς εισχώρησε η Αναγεννησιακή ιδέα που αποτελούνταν κυρίως από τοξωτές κολώνες. Η ιδέα για χρήση κάποιου οικονομικού και αξιόπιστου υλικού εκείνη την εποχή οδήγησε στην επιλογή του σκυροδέματος για την κατασκευή των κτιρίων.

Η ανάγκη για διαχώριση του φάσματος των υλικών και των υπηρεσιών οδήγησε σε κάποιες απαιτήσεις.

Βάση άρθρου του ο Garvin, D.A. (1987) καθορίζονται οκτώ διαστάσεις που υποδηλώνουν την έννοια ποιότητας :

- † Απόδοση: ο τρόπος που λειτουργεί ένα προϊόν.
- † Χαρακτηριστικά: χαρακτηρίζουν την βασική λειτουργία του προϊόντος
- † Αξιοπιστία: η εγγύηση ενός προϊόντος σε βάθος χρόνου
- † Συμμόρφωση: ποσοστό στον οποίο ο σχεδιασμός και η λειτουργία του προϊόντος φέρει χαρακτηριστικά τα οποία συμφωνούν με τα υπάρχοντα πρότυπα.
- † Αντοχή: η συνολική υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος
- † Υπηρεσία: η ικανότητα που παρουσιάζει ένα προϊόν καθώς και το πόσο εύκολα επισκευάζεται.
- † Αισθητική: αναλόγως με το προϊόν έχουμε την εμφάνιση την αίσθηση, τον ήχο, την οσμή

- † Αντιληπτή ποιότητα: ο λόγος που είναι φημισμένο το προϊόν και πολλά άλλα μέτρα ποιότητας.



Σχήμα 4: Διαστάσεις της έννοιας "ποιότητα". Ιδία Επεξεργασία.

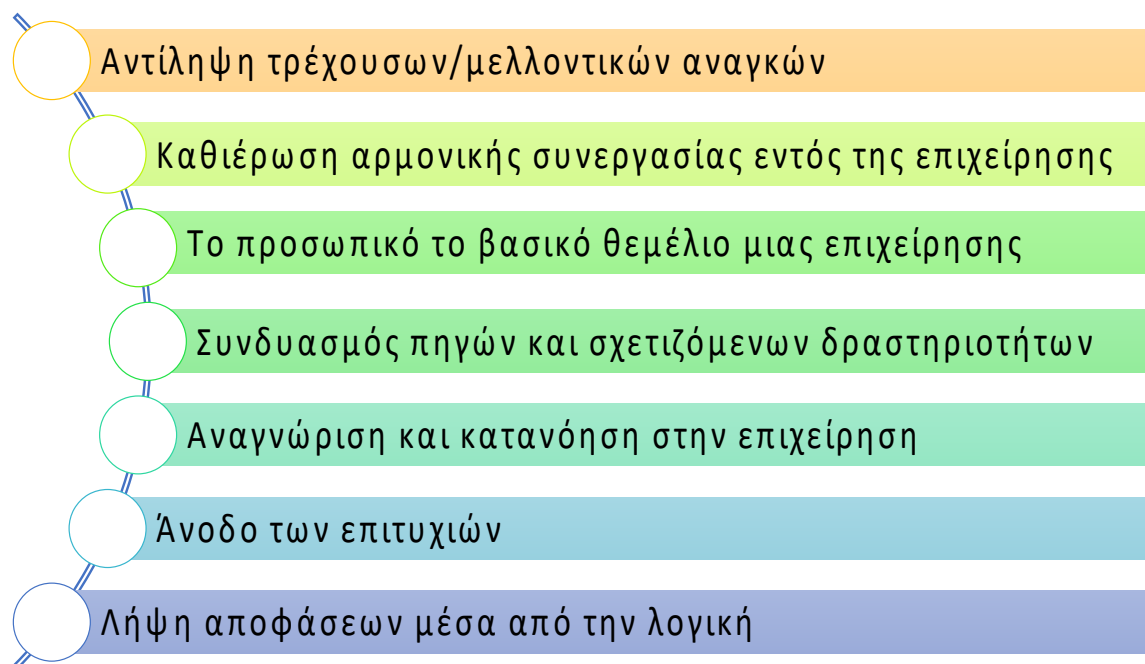
Κάποια αρχικά σύνολα προτύπων που έχουν αναθεωρηθεί αρκετά ήταν (Mukherjee, 2019):

- † ISO 9000
- † ISO 9001
- † ISO 9002
- † ISO 9003
- † ISO 9004

3.1.1 Διαχείριση της ποιότητας

Οι πιο σημαντικές και αξιόπιστες αρχές διαχείρισης ποιότητας που συναντάμε είναι :

- † Η κάθε επιχείρηση που προσπαθεί να πετύχει θα πρέπει αρχικά να επικεντρώνεται στους πελάτες της και να αναζητά την ικανοποίησή τους γνωρίζοντας και επιτυγχάνοντας τις ανάγκες που έχουν και αντίστοιχα την κάθε τους απαίτηση που εκφέρουν.
- † Το βασικό θεμέλιο μιας επιχείρησης είναι το προσωπικό του οποίο απασχολεί. Το πόσο ασχολούνται οι ίδιοι θα αποδώσουν και την τελική εικόνα μιας επιχείρησης.
- † Η πορεία και το πόσο θα αποδώσει μια επιχείρηση μπορούν να βελτιώνονται συνεχώς αν συμβάλλει η κατανόηση και αναγνώριση.
- † Η άνοδος των επιτυχιών αποτελεί βασικός στόχος μιας επιχείρησης.
- † Οι ορθές και αποτελεσματικές αποφάσεις πρέπει να προκύπτουν από την ανάλυση πολλών δεδομένων .
- † Οι προμηθευτές δεν συμπίπτουν με τις επιχειρήσεις, όταν υπάρξει βελτίωση εμπορικής αξίας.



Σχήμα 5: Αρχές Διαχείρισης της Ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.

3.2 Ποιότητα Σκυροδέματος με βάση το Τσιμέντο

Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε το πόσο ομοιόμορφο είναι η χρησιμοποιούμενη τσιμεντοκονία θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μια τυποποιημένη μέθοδο που ονομάζεται μέθοδος ASTM C917.

Οι παραγωγοί του σκυροδέματος πρέπει να έχουν συνεχή ενημέρωση από τους παραγωγούς τσιμέντου εφόσον έχουν παρατηρηθεί διαφορές και τροποποιήσεις από τα πρότυπα που υπάρχουν κατά την διάρκεια παραγωγής τσιμέντου, καθώς και να ενημερώνονται είτε αν με τις δοκιμές αντοχής που γίνονται παρατηρούνται διακυμάνσεις ως προς τα όρια των προτύπων. Γι αυτό τον λόγο θα πρέπει αυτοί οι δύο να συνεργάζονται είτε για να αποφεύγεται η χαμηλή αντοχή είτε η μεταβλητότητα.

3.3 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση Ποσοστού Ρευστών

Είναι απαραίτητο το νερό που προστίθεται να μην ξεπερνά το ποσοστό του $\pm 1\%$ από το νερό που είναι σχεδιασμένο να αναμειχθεί βάση του ASTM C94. Πρέπει να αναφερθεί όμως ότι κατά την διαδικασία κατασκευής και παραγωγής σκυροδέματος υπάρχουν πολλές πιθανότητες να ξεπεραστούν τα προαναφερθείσα ποσοστά νερού καθώς υπάρχουν πολλές πηγές υγρασίας, ένα παράδειγμα είναι το νερό που προέρχεται από την δεξαμενή προς το φορτηγό που μεταφέρει το σκυρόδεμα.

Το τελικό αποτέλεσμα της ποιότητας που αναπτύσσει το μίγμα του σκυροδέματος εξαρτάται, όπως έχει προκύψει μέσα από πολλούς ελέγχους, από την ύπαρξη αέριων ρευστών και των ποσοστών της υγρασίας κατά την διάρκεια ανάδευσης.

Η αντοχή σε θλίψη εξαρτάται από το ποσοστό νερού που θα χρησιμοποιηθεί στο μίγμα καθώς και η περιεκτικότητα του αέρα.

3.4 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση Ποσοστού Ιπτάμενης Τέφρας

Η τέφρα η οποία χρησιμοποιείται, είναι ένα βιομηχανικό υποπροϊόν όπου η παραγωγή του προέρχεται λόγω καύσης άνθρακα. Λαμβάνεται με ηλεκτροστατική ή μηχανική κατακρήμνιση των αιωρούμενων σωματιδίων στα καυσαέρια κλιβάνων που καίνε κονιοποιημένο άνθρακα και μπορεί να είναι πυριτικής ή ασβεστούχου φύσης (Moropoulou and Lampropoulos, 2014).

Σε εργοστάσια που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η παραγωγή του υλικού αυτού αποτελεί έμμεσο παράγωγο.

Ο άνθρακας είναι ένα στοιχείο όπως και τα μίγματά του, ο οποίος αναλόγως τον τύπο ή από πού προέρχεται, μπορεί να καθορίσει εύκολα την ιδιότητα που θα αναπτύξει ένα υλικό.

Μέσα από πειραματικές μελέτες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι το ποσοστό της παροχής της ιπτάμενης τέφρας που παράγεται αν αποσταλούν σε άλλους χρόνους από την ίδια όμως πηγή μπορεί να επιφέρει διακύμανση αντοχής στο σκυρόδεμα.

Για την αποφυγή της προαναφερόμενης διακύμανσης ο αρμόδιος για την παραγωγή του σκυροδέματος θα πρέπει να ρυθμίσει τις αναλογίες που χρησιμοποιεί για το μίγμα του σκυροδέματος βάση την επικείμενη διακύμανση της δύναμης η οποία εμπίπτει με την ιπτάμενη τέφρα που θα χρησιμοποιήσει.

3.5 Ποιότητα Σκυροδέματος βάση Ποσοστού Αδρανών Υλικών

Το μεγαλύτερο ποσοστό όγκου που καταλαμβάνεται σε ένα μίγμα σκυροδέματος είναι από τα συσσωματώματα των αδρανών υλικών και ανέρχεται στο 75% περίπου. Αν και το παραπάνω ποσοστό θεωρείτε μέγιστο, οι ιδιότητες που παρέχουν τα προαναφερθέντα αδρανή υλικά είναι πολύ σημαντικά και αποδίδουν στην βέλτιστη επίδοση των κατασκευών, κάποια από αυτές είναι η συνοχή, η χωρητικότητα του νερού, η δύναμη, η σκληρότητα και τέλος η ευχέρεια της συγχώνευσης του υλικού. Όσο αναφορά, το σκυρόδεμα και συγκεκριμένα την λειτουργικότητά της, με την κατηγοριοποίηση των αδρανών επηρεάζεται περισσότερο σε αντίθεση με την κατηγοριοποίηση χονδρόκοκκων.

Για τα λεπτόκοκκα υλικά το ποσοστό που διαπερνά το Νο. 100 (δηλαδή με πάχος 300 μm) του κόσκινου πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των 15% και 30% για να υπάρχει καλή ρευστότητα. Τα συσσωματώματα τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 600μm -150μm είναι σε θέση να αποθηκεύσουν μεγαλύτερο ποσοστό αέρα σε σχέση με τα πιο λεπτά ή και τα πιο

χοντρά. Αν λεπτύνει ακόμη πιο πολύ το συσσωμάτωμα σε μεγάλες ποσότητες παράλληλα η περιεκτικότητα του αέρα θα μειωθεί.

Το ποσοστό των λεπτόκοκκων που διαπερνά το κόσκινο 300μm και 150μm συμβάλουν στην μεγαλύτερη εργασιμότητα , την κολλητικότητα και τον βαθμό αντοχής του σκυροδέματος.

3.6 Ο προγραμματισμός της ποιότητας

Το μάνατζμεντ αναγράφει ότι ο προγραμματισμός της ποιότητας είναι από τα πιο σοβαρά προτερήματα καθώς μπορεί να κατευθύνει όλο τον οργανισμό. Με την απώλειά του είναι αρκετά συχνό φαινόμενο να σπαταλούνται πόροι και καταστρέφεται η φήμη.

Ένα πλεονέκτημα ύπαρξης προγραμματισμού είναι ότι τα διευθυντικά στελέχη αποφασίζουν τα σχέδια που θα επακολουθήσουν και να κάνουν προσαρμογή στο συνεχώς παραλλαζόμενο περιβάλλον. Παράλληλα μπορεί να εμφανιστεί οποιαδήποτε πληροφορία από την οποία είναι πιθανό να παρθούν ορθές αποφάσεις.

Για να έχουμε έναν επιτυχή προγραμματισμό θα πρέπει να ακολουθηθούν κάποια στοιχεία:

- Να γίνει ανάλυση του περιβάλλοντος χώρου για την καλύτερη παροχή υπηρεσίας ή προϊόντος που επιθυμείτε από τους πελάτες.
- Να γίνεται αποστολή ποιότητας από την οποία θα επισημαίνονται κομμάτια που η διοίκηση του οργανισμού προτιμά.
- Να δημιουργηθεί πολιτική για την ποιότητα η οποία θα πρέπει να παρέχει καθοδήγηση για όλα όσα χρειάζεται να εφαρμόσει ο οργανισμός στη πράξη , να εφαρμόζεται σε όλες τις κατηγορίες συστημάτων και εργασιών, να είναι από την μια συμβουλευτική και από την άλλη να βοηθά αντί να την εμποδίζει τις εργασίες που σχετίζονται με την ποιότητα καθώς και να έχει την δυνατότητα να εφαρμόζεται σε όλο τον οργανισμό.
- Να γίνει καθορισμός στρατηγικών στόχων που να σχετίζονται με την ποιότητα οι οποίοι θα πρέπει να είναι αναγνωρίσιμοι , υλοποιήσιμοι και χρονικά ακριβής.
- Θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα δράσης το οποίο να σχετίζεται με την ποιότητα. Αξίζει να τονιστεί ότι πρόγραμμα αυτό κρίνεται απαραίτητο για την διασφάλιση της συνέχειας του προγράμματος ποιότητας.
- Από τα πιο σημαντικά είναι επίσης η εφαρμογή στρατηγικής ποιότητας και μπορεί να συμπεριλαμβάνει την εκμάθηση και διδασκαλία του προσωπικού, την εισφορά

τους, αλλαγές ως προ του τρόπο σκέψης, τεχνικά προβλήματα, τις μεθόδους, τις μεθοδικές δομές καθώς και δομές αμοιβής.

- Έλεγχος μαζί με εκτίμηση της απόδοσης ποιότητας. Στο βήμα αυτό έχουμε τον ποιοτικό έλεγχο που πρέπει να εξετασούμε.



Σχήμα 6: Ενέργειες προ εφαρμογής προγραμματισμού ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.

3.7 Σύστημα Ποιότητας

Με τόσους πολλούς παράγοντες και δραστηριότητες που συνδέονται με τον ποιοτικό έλεγχο και την διαχείριση , είναι απαραίτητο για τις εταιρίες και τις βιομηχανικές μονάδες να παρέχουν ένα πλήρες σύστημα εξασφάλισης ποιότητας , που να μπορεί να ορίζει, να εντοπίζει , να αιτιολογεί και κυρίως να οργανώνει όλες τις αναγκαίες πράξεις.

Παρ' όλ' αυτά, πρέπει να υφίστανται κάποια κοινά στοιχεία σε οποιοδήποτε σύστημα ποιότητας , όπως τα εξής:

- Σημαντική είναι η ύπαρξη ορισμένης πολιτικής ποιότητας και σκοπός, για ένα ορθολογικό σύστημα εξασφάλισης ποιότητας που θα καθορίζουν την κατεύθυνση και τα προτερήματα του συστήματος.
- Παρουσίαση προϊόντος και παραγωγικής διαδικασίας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ένα σύστημα παραγωγής είναι αρκετά σύνθετο και περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό προϊόντων, γεγονός που καθιστά δύσκολη την ανάλυση των στοιχείων τους και την ανακάλυψη των βασικών σημείων που συσχετίζονται με την ποιότητα.

○ Σχεδιασμός και προδιαγραφές προϊόντος.

Η εκλογή της σωστής τεχνικής προδιαγραφής είναι πολύ απαραίτητη και πολύπλοκη ενέργεια.

○ Ποιοτικός έλεγχος στην παραγωγική διαδικασία.

Χρησιμοποιώντας διαγράμματα ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας μπορούμε να ελέγξουμε την ικανότητα και την ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας.

○ Ποιοτικός έλεγχος πρώτων υλών από του παραγωγούς.

○ Έλεγχος προϊόντων που βρίσκονται εκτός εταιρίας.

Το σύστημα ποιότητας είναι απαραίτητο να μπορεί να εξετάζει και προϊόντα εκτός εταιρίας, βοηθώντας έτσι στην αξιολόγηση της πορείας κάποιων κρίσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ή τις λειτουργίες και την στήριξη με την πιθανότητα της αποτυχίας.

○ Θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά η λειτουργικότητα του συστήματος.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι όπου η προβλεπόμενη ενέργεια μπορεί να επηρεαστεί ή να εφαρμοστεί εσφαλμένα. Ένα παράδειγμα είναι οι εσφαλμένες οδηγίες στον τεχνίτη είτε κάποια πιθανή βλάβη στα όργανα μέτρησης

○ Συνεχόμενες αναθεωρήσεις συστήματος.

Ένα σύστημα εξασφάλισης ποιότητας είναι αδύνατον να θεωρείται στατικό ή οριστικό. Οι μεταβαλλόμενες εξωτερικές συνθήκες στην αγορά , η τεχνογνωσία και η νομοθεσία για τις εσωτερικές συνθήκες των παραγωγικών μονάδων αλλάζουν συνεχώς και απαιτείτε συνεχής εγρήγορση για την αναθεώρηση βάση των τελευταίων δεδομένων.

○ Επιλογή και εκμάθηση προσωπικού.

Για να λειτουργήσει με επιτυχία ένα σύστημα ποιότητας πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα τον ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα. Αν και ο σχεδιασμός συστήματος μπορεί να είναι αλάνθαστος και αξιόπιστος η σωστή εφαρμογή και βέλτιστη συσχετίζεται με ανθρώπινους παράγοντες και ιδιαίτερα την αποδοχή του συστήματος από αυτούς που το διαχειρίζονται



Σχήμα 7: Κοινά στοιχεία σε κάθε σύστημα ποιότητας. Ιδία Επεξεργασία.

Αναλόγως τον τύπο του χαρακτηριστικού που ελέγχεται, οι τεχνικές ποιοτικού ελέγχου μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- ο Οι τεχνικές έλεγχου διαθέτουν τεχνικές μετρήσεων, στις οποίες υπολογίζονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μέτρησης σε συγκεκριμένες αναλογίες , καθώς γίνεται καταγραφή των ακριβών αποτελεσμάτων μετρήσεων για οποιαδήποτε μονάδα προϊόντος.
- ο Για οποιαδήποτε τεχνική έλεγχου όπου πραγματοποιούνται βάση διαλογής και οποιαδήποτε μονάδας προϊόντος γίνεται έλεγχος και ταξινόμηση σε κατηγορία.

Το ακριβές σημείο που γίνεται έλεγχος αλλά και το είδος, δηλαδή αν θα έχουμε δειγματοληπτικό έλεγχο ή 100% έλεγχο καθορίζεται από τη διοίκηση της εταιρίας και εξαρτάται από τα προϊόντα όπου παράγονται και τα προϊόντα διακίνησης .

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο έλεγχος δεν περιορίζεται μόνο στο τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, αλλά επεκτείνεται και στα ενδιάμεσα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και στην έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας, δηλαδή στην παραλαβή των προϊόντων (Δημητριάδης & Μιχιώτης, 2007).

Οι πιο σημαντικές τεχνικές έλεγχου της παραγωγικής διαδικασίας είναι τα διαγράμματα έλεγχου μέσης τιμής και διασποράς, τα διαγράμματα ελαττωματικών, ενώ οι συνηθέστερες τεχνικές έλεγχου είναι η απλή, η διπλή, η πολλαπλή και η συνεχής δειγματοληψία (Λαγοδήμος, 2003).

3.8 Σύγχρονες Τάσεις στην Εφαρμογή Μεθόδων Ποιότητας

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί νέες τάσεις αναφορικά με την κατασκευή προϊόντων που περιλαμβάνουν υλικά που είναι λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον, όπως επίσης καλύτερες συνθήκες εργασίας για τους εργαζομένους, μεγαλύτερη αντοχή στον χρόνο, αλλά και στην χρήση.

Συνεπώς για να καταφέρουν οι επιχειρήσεις να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν σε ένα διαρκώς ανταγωνιστικό περιβάλλον θα πρέπει να δώσουν έμφαση, αφενός στην βελτίωση της ποιότητας, αφετέρου δε στην μείωση του κόστους παραγωγής.

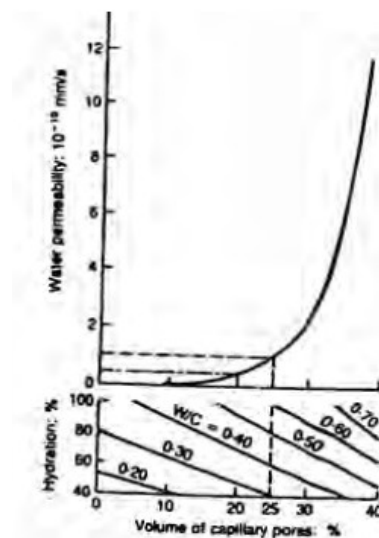
Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι, σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, έχει αποδειχθεί ότι «η ποιότητα αποτελεί προτεραιότητα για τον καταναλωτή στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, καθώς όταν υπάρχει υψηλή τιμή, η υψηλή τιμή απόκτησης ισοσκελίζεται από την αξία που μπορεί να δώσει το προϊόν, καθώς επίσης και οι υπηρεσίες που βρίσκονται κοντά σε αυτό» (Hallak , 2006).

Κεφάλαιο 4: Μηχανισμοί Φθοράς Σκυροδέματος

4.1 Διαπερατότητα και διαδικασία μεταφοράς

Η ανθεκτικότητα είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένη με την έννοια της αδιαπερατότητας. Η ευκολία κίνησης των ιόντων στη μάζα του σκυροδέματος, ή αλλιώς η διαπερατότητά του, αποτελεί μια από τους κύριους λόγους που επηρεάζεται η ανθεκτικότητά του καθώς και η διάρκεια της ζωής που εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα όπου τα επιβλαβή ιόντα που μπορούν να διεισδύσουν στην μάζα του.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαπερατότητα είναι η σύσταση του σκυροδέματος, η συμπύκνωση και η σκλήρυνσή του.



Σχήμα 8: Διάγραμμα σχετικής διαπερατότητας και λόγου N/T. Πηγή: Richardson, 2002.

Η σωστή συμπύκνωση είναι απαραίτητη για την παραγωγή αδιαπέραστου σκυροδέματος. Οι θύλακες αέρα σε κλουβιά μπορεί να έχουν μεγάλη διάμετρο και μπορούν να αποτελέσουν συνδετικό κρίκο για ένα μικρό δίκτυο τριχοειδών αγγείων.

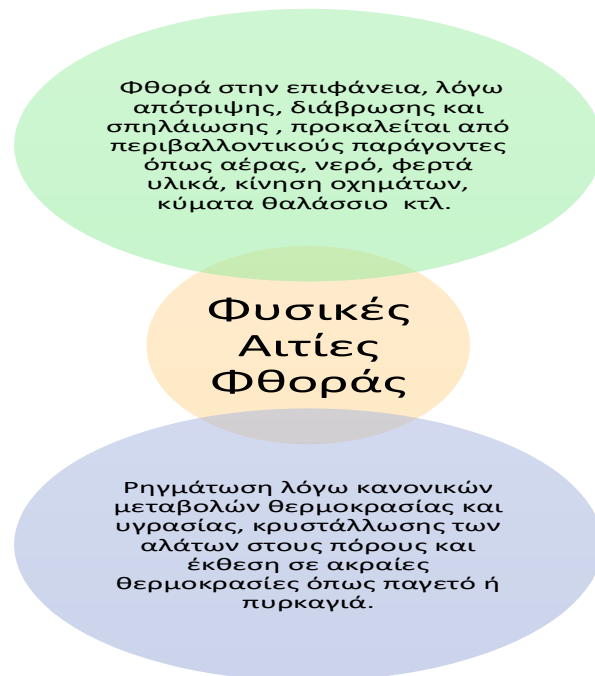
4.2 Αιτίες Φθοράς Σκυροδέματος

Για να γίνει πιο εύκολη η μελέτη της φθοράς του σκυροδέματος ο Mehta, 2009 ξεχώρισε αιτίες όπου προκαλούν την φθορά σε φυσικές και χημικές.

Τις φυσικές αιτίες φθοράς τις κατατάσσουμε σε δύο κατηγορίες:

1. Φθορά στην επιφάνεια, λόγω απότριψης, διάβρωσης και σπηλαιοποίησης, προκαλείται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως ο αέρας, το νερό, τα ιζήματα, η κίνηση των οχημάτων και τα κύματα της θάλασσας κ.τ.λ. (Papadakis, 2005), (Mehta, 2009), (Richardson, 2002) & (Παπαδάκης, 2005).

2. Ρηγμάτωση λόγω κανονικών μεταβολών θερμοκρασίας και υγρασίας, κρυστάλλωσης των αλάτων στους πόρους και έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες όπως παγετό ή πυρκαγιά.

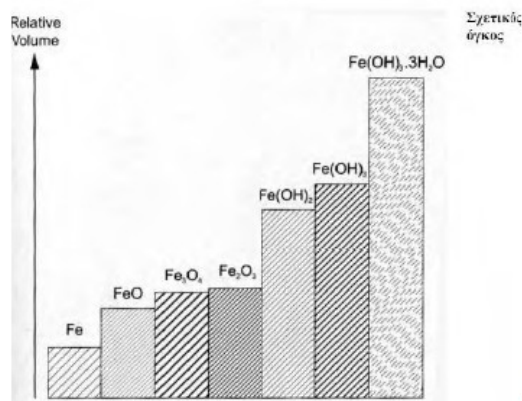


Σχήμα 9: Φυσικές Αιτίες Φθοράς. Ιδία Επεξεργασία.

Εάν έχουμε τρεχούμενο νερό, είναι κατανοητό ότι η υδρόλυση θα συνεχιστεί έως ότου το μεγαλύτερο μέρος του υδροξειδίου του ασβεστίου έχει ξεπλυθεί, ακολουθούμενο από κάθετη μείωση της αντοχής του σκυροδέματος.

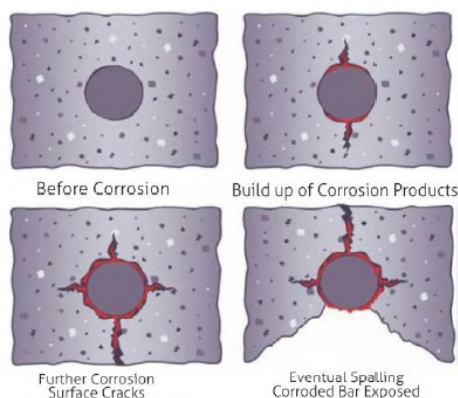
4.3 Διάβρωση Οπλισμένου Σκυροδέματος

Από τις πιο κύριες αστοχίες των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί η διάβρωση του οπλισμού. Το αποτέλεσμα ενός οξειδωμένου οπλισμού είναι η διόγκωση του όπου προκαλεί άσκηση ακτινωτής πίεσης στο γύρω σκυρόδεμα.



Σχήμα 10: Σχετικός όγκος Οξειδίων σιδήρου. Πηγή: <https://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/07-oplismeno-skyrodema-givalou.pdf>

Οι προκύπτουσες διαζονικές τάσεις προκαλούν ζημιά που συμβαίνει σταδιακά με τη μορφή διαστολής, ρωγμής και τελικά ανακίνηση της επικάλυψης σκυροδέματος.



Σχήμα 11: Διαδικασία πρόκλησης βλάβης σε σκυρόδεμα λόγω διάβρωσης του χάλυβα. Πηγή: <http://builtconstructions.in/OnlineMagazine/Builtconstructions/Pages/Protective-Coatings-for-Durable-Concrete-0142.aspx>

Η διάβρωση του χάλυβα είναι μια ηλεκτροχημική διεργασία. Ο χάλυβας διαβρώνεται πολύ γρήγορα όταν έρχεται σε επαφή με το οξυγόνο σε υγρά περιβάλλοντα. Η ανθεκτικότητα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα εξαρτάται από τις συνθήκες που εμποδίζουν τη διάβρωση των μεταλλικών ενισχύσεων. Αυτό σημαίνει ότι ο οπλισμός δεν είναι προσβάσιμος από την υγρασία και το οξυγόνο

Εκτός από την ομοιόμορφη διάβρωση υπάρχει και η διάβρωση με βελονισμούς ή μικροδιάβρωση (pitting corrosion). Όταν τα επίπεδα υγρασίας σε μια περιοχή ποικίλλουν, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση του μετάλλου πχ λόγω κάποιας διαρροής, επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες για την εκκίνηση μικροδιάβρωσης.

Συνήθως η διάβρωση με βελονισμό συμβαίνει όταν υπάρχει υψηλή παρουσία χλωριόντων και εξαρτάται από την σχετική ποσότητα χλωριόντων και ιόντων υδροξυλίου. Όταν τα χλωριόντα επικρατούν, η απώλεια ιόντων σιδήρου (Fe^{2+}) επιταχύνεται και σχηματίζεται μικροδιάβρωση..

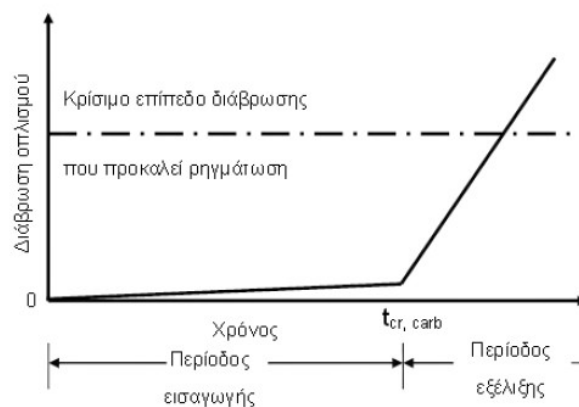
Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για την μεταξύ σχέση της ικανότητας κάμψης με την απώλεια ενεργού διατομής του χάλυβα.

Τα συμπεράσματα των μελετών είναι ότι το μεγαλύτερο διαβρωμένο σε βάθος είναι ο κύριος παράγοντας που μειώνει την φέρουσα ικανότητα των διαβρωμένων οπλισμών.

Ιδιαίτερα σε κίνδυνο βρίσκεται η παθητική μεμβράνη λόγω της ενανθράκωσης και της χλωρίωσης όπως θα αναλυθούν παρακάτω.

Την στιγμή που η παθητική μεμβράνη καταστραφεί, το ποσοστό του οξυγόνου και της υγρασίας θα προκαλέσουν την αρχή και την πορεία της διάβρωσης.

Βάση τον χρόνο που θα χρειαστεί να εμφανιστούν οι πρώτες ρωγμές θα ισούται και ο χρόνος αποπαθητικοποίησης μεμβράνης μαζί με τον χρόνο εως ότου η πίεση που θα ασκηθεί στο σκυρόδεμα από τα προϊόντα της διάβρωσης ξεπεράσει το κρίσιμο όριο.



Σχήμα 12: Χρονική εξέλιξη διάβρωσης ράβδων οπλισμού στο σκυρόδεμα. (t_c : χρόνος επόασης της διάβρωσης). Πηγή: Papadakis, 2005.

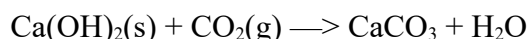
Η εξέλιξη της φθοράς είναι σημαντική για τη διάρκεια ζωής της κατασκευής και πολλές μελέτες έχουν αφιερωθεί στην κατανόηση και την ανάπτυξη μεθόδων ανίχνευσης διάβρωσης.

Το πρώτο σημάδι οξείδωσης οπλισμού είναι η εμφάνιση ρωγμών στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Μελέτες έδειξαν ότι το πλάτος των ρωγμών αυτών εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την ποιότητα και το πάχος της επικάλυψης, την χωρική κατανομή του οπλισμού και την μηχανική καταπόνηση στην οποία εκτίθεται ο χάλυβας (Zhu et al., 2018) & (Ortega et al., 2008).

4.3.1 Ενανθράκωση

Ενανθράκωση ονομάζεται η επιρροή του διοξειδίου του άνθρακα σε μια κατασκευή. Αν και η διαδικασία φέρει στατικά προβλήματα, μπορεί να προκαλέσει ρωγμές και αποτινάξεις με σημαντικό κόστος επισκευής. Ο πιο σημαντικός κίνδυνος είναι η αναστολή της παθητικότητας του χάλυβα από την μείωση του pH του ενανθρακωμένου σκυροδέματος.

Η αντίδραση της ενανθράκωσης που πραγματοποιείται είναι:



Ο ρυθμός της ενανθράκωσης αυξάνεται με την περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τα πιο ψηλά επίπεδα διοξειδίου με εξαίρεση συγκεκριμένων βιομηχανικών περιπτώσεων συνήθως συναντώνται εσωτερικά των κτιρίων. Το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει πολύ ελαφριές διακυμάνσεις, είναι μικρότερες στις παράκτιες περιοχές και μεγαλύτερες στα αστικά περιβάλλοντα.

Στην περίπτωση αυτή, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα διαχέεται 106 φορές πιο αργά στο νερό από ότι στον αέρα, η περιεκτικότητα σε υγρασία στους πόρους του σκυροδέματος είναι πολύ υψηλή, εμποδίζοντας τη διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα.

Καθώς αυξάνεται η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, αυξάνεται και ο ρυθμός ενανθράκωσης. Με εξαίρεση ορισμένες βιομηχανικές περιπτώσεις, υψηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα βρίσκονται συνήθως στα κτίρια. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρουσιάζει ελαφρές διακυμάνσεις, όντας η χαμηλότερη στις παράκτιες περιοχές και η υψηλότερη στα αστικά περιβάλλοντα.

Ωστόσο, η διαφορά είναι ασήμαντη, αφού σε οποιαδήποτε περιοχή μπορούμε να συναντήσουμε ένα μικροκλίμα με υψηλή περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα

Στην περίπτωση σχετικής υγρασίας με ποσοστό μεγαλύτερης του 75% των πόρων που είναι γεμάτοι νερό είναι μεγάλο και η διέλευση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στον οπλισμό είναι σημαντικά περιορισμένη.

Γενικότερα, σε εύκρατα κλίματα, η ενανθράκωση δεν είναι σοβαρή αιτία διάβρωσης. Όταν το σκυρόδεμα κατασκευάζεται στο κατάλληλο μέγεθος και έχει την απαιτούμενη αντοχή, η ενανθράκωση είτε σταματά σε πολύ μικρά βάθη, είτε προχωρά τόσο αργά που η παθητικότητα του οπλισμού δεν απειλείται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής

Οι Ranjith et all. μελέτησαν τέσσερα από αυτά για να διαπιστώσουν την αξιοπιστία τους. Οι Papadakis et all. ήταν οι πρώτοι που ανέπτυξαν ένα μοντέλο μηχανικής αντίδρασης της διαδικασίας (reaction engineering model) που οδηγεί στην ενανθράκωση του σκυροδέματος.

Βέβαιο είναι ότι η ενανθράκωση είναι μια σύνθετη διαδικασία που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και διεργασίες που ακόμη προσπαθούμε να κατανοήσουμε.

Οι Nasser et all. μελέτησαν την μικροδιάβρωση που μπορεί να προκληθεί λόγω ενανθράκωσης εφόσον συντρέχουν λόγοι το μέτωπο της ενανθράκωσης να μην είναι ομοιόμορφο, οπότε δεν φτάνει σε όλες τις ράβδους οπλισμού ταυτόχρονα.

4.3.2 Χλωρίωση

Γενικά αποδεκτό θεωρείτε ότι η διάβρωση του οπλισμού που προκαλείται από την διείσδυση χλωριόντων είναι η μεγαλύτερη απειλή για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Υπάρχουν δύο κύριες πηγές χλωριόντων, το θαλασσινό νερό και τα αντιπαγωτικά άλατα που χρησιμοποιούνται για την τήξη του χιονιού. Ζημιές από αντιπαγωτικά άλατα συναντάμε κυρίως σε γέφυρες και άλλα έργα υποδομής (Richardson, 2002).

Στις παράκτιες περιοχές οι ζώνες με την μεγαλύτερη επικινδυνότητα για παρουσίαση διάβρωσης θεωρούνται η ζώνη παλίρροιας και η ζώνη ψεκασμού.

Η διάβρωση με χλωριόντα εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή ραβδιών βελόνας (μικροδιάβρωση). Δηλαδή, ξεκινά από ένα ορισμένο σημείο και συνήθως περνά απαρατήρητο έως ότου αυτό το σημείο έχει χάσει ένα σημαντικό μέρος της ενεργής διατομής του χάλυβα και η ικανότητα μεταφοράς φορτίου του στοιχείου έχει μειωθεί σημαντικά.

Επομένως υπάρχει μια ανταγωνιστική επίδραση μεταξύ της αποπαθητικοποίησης του οπλισμού από χλωριόντα και της επιδιόρθωσης της παθητικής μεμβράνης από τα ιόντα υδροξυλίου. Η διάχυση των χλωριδίων σε αυτό το σκυρόδεμα παίζει βασικό ρόλο στην ανθεκτικότητα του σκυροδέματος σε περιβάλλοντα πλούσια σε χλωριόντα. Η πρόσληψη χλωριδίων στην επιφάνεια είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση της απορροφητικότητας του σκυροδέματος.

Σε κάθε περίπτωση, είναι σκόπιμο να ελέγχονται τα αδρανή που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές που θα εκτεθούν σε περιβάλλοντα πλούσια σε χλωριόντα, ώστε να μην επηρεαστεί αρνητικά η επιθυμητή αντίσταση

Τέλος, εάν η δομή σε περιβάλλον πλούσιο σε χλώριο υπόκειται σε υδροστατική κεφαλή, η επιπλέον δύναμη ωθεί περισσότερο χλώριο μέσα. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε μέρη της κατασκευής που είναι βυθισμένα στη θάλασσα.

Σαφώς, η προσβολή από χλωριόντα αποτελεί σύνθετο φαινόμενο. Εξαρτάται από παράγοντες που συχνά είναι δύσκολο να αξιολογηθούν, γι' αυτό και πολλοί ερευνητές προσπαθούν να αναπτύξουν τη γνώση που έχουμε.

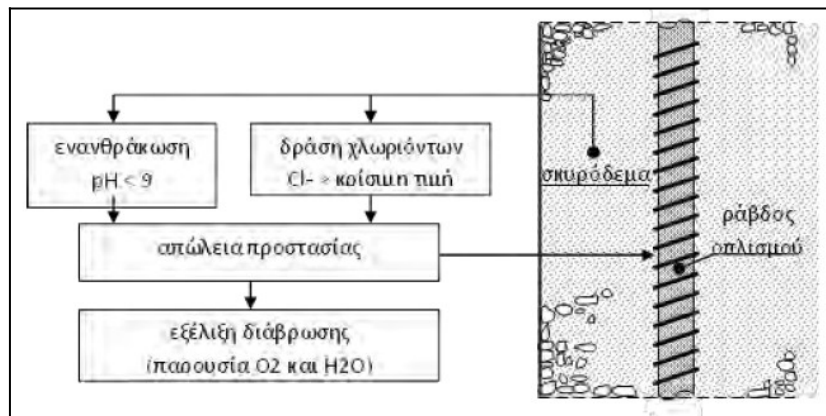
Τέλος, λόγω της παρουσίας διοξειδίου του άνθρακα και χλωριόντων σε πολλές περιοχές, μεγάλο μέρος της έρευνας έχει αφιερωθεί στις συνδυασμένες επιδράσεις της ενανθράκωσης και της χλωρίωσης στο οπλισμένο σκυρόδεμα.

4.3.3 Εντοπισμός Προβλημάτων Ανθεκτικότητας Κατασκευής

Συνοψίζοντας, η αιτία της δομικής αστοχίας είναι συνήθως η φθορά που προκαλείται από τη διάβρωση του χαλύβδινου οπλισμού του και τι μπορεί να προκαλέσει. Επιπλέον, η

μηχανική συμπεριφορά των διαβρωμένων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι διαφορετική από αυτή των υγείων κατασκευών.

Μέρος της έρευνας έχει επικεντρωθεί στην ανάλυση των ιδιοτήτων του υλικού για τον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου επιπέδου διάβρωσης του οπλισμού πέρα από το οποίο μπορεί να συμπληρωθεί η διάρκεια ζωής.



Σχήμα 13: Μηχανισμοί εισαγωγής στην διάβρωση οπλισμού σκυροδέματος. Πηγή: Papadakis, 2005.

Δεδομένου ότι οι περισσότερες κατασκευές που παρουσιάζουν σημάδια διάβρωσης απαιτείται να παραμείνουν λειτουργικές για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, έχουν γίνει προσπάθειες για την ανάπτυξη μη καταστροφικών δοκιμών για την αξιολόγηση της φθοράς των κατασκευών χωρίς να προκληθούν νέες ζημιές.

Τελικά, είναι σημαντικό να μπορούμε να εκτιμήσουμε πότε και ποιες επισκευές είναι καλές ή εάν, για οικονομικούς ή άλλους λόγους, είναι προτιμότερο να τεθεί εκτός λειτουργίας ένα κατεστραμμένο κτίριο.

4.3.4 Γενικά για τις ρωγμές

Είναι γνωστό ότι το σκυρόδεμα έχει μεγάλη θλιπτική αντοχή και πολύ μικρή εφελκυστική αντοχή με αποτέλεσμα οι κατασκευές αυτές να συνδέονται συχνά με τις ρωγμές. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο ποσοστό ρωγμών που δημιουργούνται δεν επηρεάζει την ανθεκτικότητα της κατασκευής αλλά ούτε και την λειτουργικότητά της σε βάθος χρόνου αν το μέγεθός του είναι επιτρεπτό από τους Ευρωκώδικες. Κάποια μη επιτρεπτά χαρακτηριστικά ως προς την κατασκευή που αναφέρει είναι:

- ! Αρνητική επιρροή της λειτουργικότητας
- ! Μείωση πλαστικότητας και αισθητικά προβλήματα
- ! Απόκτηση φόβου κατά την χρήση της κατασκευής
- ! Απόκτηση φόβου κατά την χρήση της κατασκευής



Σχήμα 14: Μη πραγματοποιούμενα προβλήματα σε συνθήκες λειτουργίας λόγω ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.

Ένα μεγάλο αρνητικό στοιχείο των ρηγματώσεων είναι ότι δημιουργείται ένα πέρασμα που επιτρέπει την είσοδο του διοξειδίου του άνθρακα αλλά και των χλωριόντων που μαζί διευκολύνουν την διάβρωση του οπλισμού.

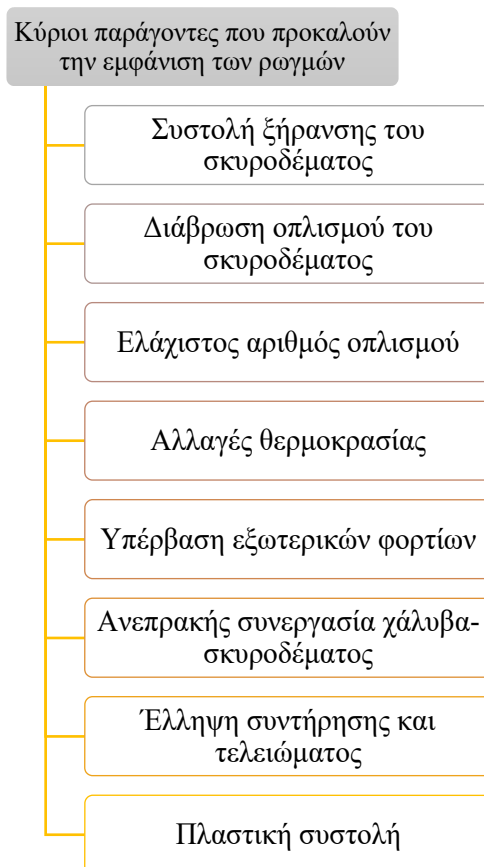
4.3.4.1 Αίτια Ρωγμών

Σε μια κατασκευή όταν οι ρωγμές που εμφανίζονται ποικίλλουν η διερεύνησή τους δυσκολεύει σημαντικά. Οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την εμφάνιση και στη συνέχεια πολλαπλασιασμό των ρωγμών είναι:

- ✘ Η συστολή ξήρανσης σκυροδέματος ο οποίος εμφανίζεται με τον κορεσμένο τσιμεντοπολτό με νερό όταν βρίσκεται σε περιβάλλον με υψηλό ποσοστό υγρασίας παρατηρείται απώλεια νερού και γίνεται συστολή με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών.
- ✘ Η διάβρωση οπλισμού του σκυροδέματος που συμβαίνει είτε λόγω μικρής στρώσης σκυροδέματος με αποτέλεσμα την ελάχιστη προστασία του, είτε λόγω κακής ποιότητας σκυροδέματος είτε λόγω πορώδους μάζας σκυροδέματος.
- ✘ Ο ελάχιστος αριθμός οπλισμού από τον ζητούμενο με αποτέλεσμα εμφάνισης ρωγμών εξαιτίας της μεγάλης αντοχής που δέχεται. Επίσης, σε περίπτωση επισκευής τους είναι μεγάλες οι πιθανότητες εμφάνισης προβλημάτων στην δομική συμπεριφορά του μέλους.
- ✘ Οι αλλαγές της θερμοκρασίας οι οποίες ρωγμές δεν αποτελούν κίνδυνο για την κατασκευή και η επισκευή τους είναι καθαρά αισθητικός. Ένα παράδειγμα εμφάνισης

διαφοράς θερμοκρασίας είναι μετά την σκυροδέτηση όταν κατά την ενυδάτωση του τσιμεντοπολτού προκαλούνται εφελκυστικές παραμορφώσεις και ρηγματώσεις .

- ✘ Υπέρβαση εξωτερικών φορτίων από τα προβλεπόμενα έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών.
- ✘ Η ανεπαρκής συνεργασία χάλυβα-σκυροδέματος που οδηγεί στην παραγωγή ελάχιστων ρωγμών αλλά μεγάλου εύρους στο σημείο που δεν υπάρχει συνάφεια. Είναι συχνό φαινόμενο στις παρειές.
- ✘ Έλλειψη συντήρησης και τελειώματος με αποτέλεσμα το εξωτερικό του σκυροδέματος να είναι άφθονο σε νερό σε αντίθεση με το εσωτερικό του.
- ✘ Η πλαστική συστολή όπου εμφανίζεται κυρίως στο άνω άκρο του υποστρώματος λόγω απότομης αρχικής ξήρανσης.



Σχήμα 15: Βασικότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.

4.3.4.2 Τα είδη Ρωγμών

Οι κατηγορίες των ρωγμών που συναντάμε σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι εγκάρσιες, οι διαμήκεις, οι οριζόντιες, οι κάθετες και οι διαγώνιες , οι ρωγμές προεξοχών και γωνιών



Σχήμα 16: Είδη Ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.

4.3.4.2 Διάκριση Ρωγμών

4.3.4.2.1 Πλαστικές Ρωγμές Διακένωσης

Οι ρωγμές διακρίνονται σε δυο κατηγορίες. Η μια από αυτές είναι οι πλαστικές ρωγμές διακένωσης. Οι συγκεκριμένες από την ώρα τοποθέτησης του σκυροδέματος μέσα σε καλούπι, μια ώρα μετά, ή και περισσότερο σε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί επιβραδυντής πήξεως, στο μείγμα θα ξεκινήσουν την εμφάνισή τους οι πλαστικές ρωγμές διακένωσης. Οι ρωγμές αυτές είναι αποτέλεσμα επίδρασης καιρικών συνθηκών στην επιφάνεια του . Το σκυρόδεμα φέρει ένα ποσοστό πλαστημότητας το οποίο όταν αδυνατεί να αντέξει τα φορτία που υπόκεινται απελευθερώνει τις αντίστοιχες ρωγμές.

4.3.4.2.2 Ρωγμές Διάβρωσης

Η άλλη κατηγορία είναι οι ρωγμές διάβρωσης οι οποίες προκύπτουν από την διαδικασία του παγώματος αλλά και του ξεπαγώματος, της ξήρανσης , του βρεξίματος , της θέρμανσης και της ψύξης.

Σε περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας , η υγρασία γίνεται πάγος και επεκτείνεται με αποτέλεσμα η υδραυλική πίεση να προσπαθεί να ραγίσει την επιφάνεια του σκυροδέματος. Άλλοι δύο λόγοι πρόκλησης ρωγμών στο σκυρόδεμα είναι η εναλλασσόμενη ξήρανση και βρεξίματος καθώς και η διαδικασία θέρμανσης και ψύξης οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τον όγκο του με αποτέλεσμα το ράγισμα.

Κεφάλαιο 5: Βλάβες/Αστοχίες Δομικών Στοιχείων

5.1 Κατηγοριοποίηση Βλαβών

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι γενικού χαρακτήρα παρατηρήσεις, που έχουν καταγραφεί κατά την αποτίμηση βλαβών διαφόρων αιτιών και τύπου σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία .

Υπάρχει δυσκολία προσδιορισμού αιτίας σε περίπτωση δομικής διαταραχής καθώς είναι ελλιπή τα στοιχεία του ιστορικού κατασκευής , άγνωστη συμπεριφορά των υλικών και της στατικότητας. Οι ζημιές που προκαλούνται είναι πιθανό να είναι είτε μόνιμες σε περιπτώσεις όπως υγρασίας, βλάστησης,κακοτεχνίες από εργάτες είτε παροδικές σε περιπτώσεις σεισμού , κραδασμούς, πυρκαγιών κ.λ.π.

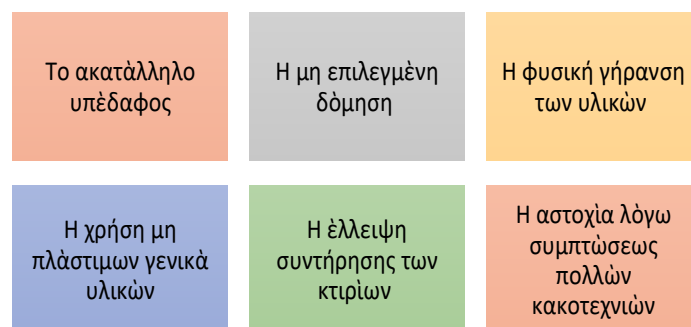
Συνήθως το φαινόμενο της ζημιάς προκαλείτε από πολλές αιτίες καθώς με την δημιουργία του γίνεται αλυσιδωτή εκδήλωση επιπρόσθετων άλλων. Το σημείο, η ένταση, και η έκταση μιας βλάβης στην κατασκευή ορίζει και το μέγεθος της καταστρεπτικότητα της βλάβης.

5.1.1 Βλάβες Ενδογενούς φύσεως

Οι ενδογενείς αιτίες περιλαμβάνουν ελαττωματική ή ελλιπή μορφή κατασκευής, κακή ποιότητα υλικών και κατασκευής, έλλειψη σχεδιασμού, ασυμβατότητα υλικών και μεθόδων κατασκευής και αλλαγές στον όγκο και το σχήμα που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες

Επιπλέον μερικά από τα ενδογενή αίτια βλαβών είναι:

1. Το ακατάλληλο υπέδαφος
2. Η φυσική γήρανση των υλικών (λίθων, κονιάματος, ξύλων κ.λ.π.) του κτιρίου
3. Η χρήση μη πλαστικών γενικά υλικών, αλλά και ειδικότερα η μειωμένη αντοχή των αργολιθοδομών έναντι σεισμικών ή άλλων καταπονήσεων
4. Η αστοχία λόγω συμπτώσεως πολλών κακοτεχνιών
5. Η έλλειψη συντήρησης των κτιρίων
6. Η μη επιλεγμένη δόμηση (κακή έδραση ανωφλιών , έλλειψη γωνιολίθων κ.λ.π)



Σχήμα 17: Ενδογενή αίτια βλαβών.Ιδία Επεξεργασία.

5.1.2 Βλάβες Εξωγενούς φύσεως

Στα αίτια εξωγενών βλαβών ανήκουν σχετικά με την συχνότητα δημιουργίας ,οι μόνιμες ή σπάνιες (περιβαλλοντικές) δράσεις και σχετικά με τον χαρακτήρα και τον τρόπο επιβολής οι στατικές ή δυναμικές

5.2 Το φαινόμενο του σεισμού

Ενδιαφέρον συμπεριφορά παρουσιάζει μια κατασκευή κατά την διάρκεια ενός σεισμού καθώς δέχεται οριζόντια σεισμικά φορτία. Η αντίσταση μιας τοιχοποιίας επηρεάζεται κατά την διάρκεια του σεισμού από διάφορους παράγοντες με κυριότερους να είναι τα υλικά και ο τρόπος που έχει κατασκευαστεί το κτίριο. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για να ενισχυθεί η τοιχοποιία αυξάνοντας,την δυσκαμψία της και την ικανότητα να απορροφά εφελκυστικές δυνάμεις προσθέτοντας οριζόντιες κυρίως ζώνες ενίσχυσης, καθώς κατά την σεισμική φόρτιση δεν επηρεάζονται τα κατακόρυφα φορτία . Τα μηχανικά καθώς και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του φέροντα οργανισμού είναι αυτά που επηρεάζουν την κατανομή της σεισμικής τέμνουσας καθ' ύψος.



Εικόνα 1: Το σεισμικό φαινόμενο ανήκει στην κατηγορία των εξωγενών τυχηματικών βλαβών. Σεισμός 03.03.21.Ιδία Επεξεργασία.

Η πολυμορφία και πολυτυπία των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, αλλά και η δυσκολία εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών, περιορίζουν την δυνατότητα σαφούς προσδιορισμού και προσομοίωσης του φέροντα οργανισμού και της απόκρισης του υπό οριζόντια σεισμικά φορτία μόνο σε ακραίες περιπτώσεις όπως οι ακόλουθες(Τάσιος, 1987):

1. Πατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος
2. Εύκαμπτα ξύλινα πατώματα - Παχείς τοίχοι χαμηλής αντοχής χωρίς διαζώματα και ελκυστήρες
(ανεπαρκής συμπεριφορά υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση)

Φυσικά η μεγάλη πλειοψηφία των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία βρίσκεται συνήθως μεταξύ των δύο ακραίων αυτών περιπτώσεων, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η πρόγνωση της απόκρισης τους υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση (Τάσιος, 1987). Οι παραπάνω περιπτώσεις αντιστοιχούν σε πλήρη απουσία διαφράγματος και διαζωμάτων με αποτέλεσμα οι τοίχοι να είναι ασύνδετοι και μετά τον αποχωρισμό τους να λειτουργούν ανεξάρτητα (κρίσιμη η εκτός επιπέδου καμπτική λειτουργία των τοίχων που είναι κάθετοι στην διεύθυνση του σεισμού) (Τουλιάτος, 1998).

Πατώματα από
πλάκες οπλισμένου
σκυροδέματος

Εύκαμπτα ξύλινα
πατώματα - Παχείς
τοιχοί χαμηλής
αντοχής χωρίς
διαζώματα και
ελκυστήρες
(ανεπαρκής
συμπεριφορά υπό
οριζόντια σεισμική
φόρτιση)

Σχήμα 18: Περιπτώσεις δυνατότητας σαφούς προσδιορισμού και προσομοίωσης του φέροντα οργανισμού και της απόκρισης του υπό οριζόντια σεισμικά φορτία. Ιδία Επεξεργασία.

5.3 Το φαινόμενο της πυρκαγιάς

1. Έχει διαπιστωθεί ότι κατά την διάρκεια των πυρκαγιών, αναπτύσσονται κατά τόπους πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό τεκμηριώνεται από την τήξη υλικών (όπως, για παράδειγμα το γυαλί, το αλάτι, το αλουμίνιο, κλπ.)
2. Έχει παρατηρηθεί ότι οι διαφορές θερμοκρασίας είναι πολύ μεγάλες, ακόμη και μέσα στον ίδιο χώρο. Αυτές οι μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας οφείλονται:
 - στο γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει συγκεντρωμένη καύσιμη ύλη σε ορισμένα τμήματα των κτηρίων,
 - στο ότι η εξέλιξη της φωτιάς γίνεται με ομοιόμορφο τρόπο στο εσωτερικό και στο εξωτερικό των κτηρίων.

Όντως, δεδομένου του φωτογραφικού υλικού υφίστανται κτήρια, που η φωτιά έχει αναπτυχθεί κατά κύριο λόγο στο εσωτερικό, και η πυρκαγιά συνεχίζει στο εσωτερικό και παράλληλα αναπτυσσόταν στον περιβάλλον χώρο, και η οποία συνδυάζεται με την εσωτερικής εξέλιξη αυτής.

Σε ορισμένες περιπτώσεις διαπιστώνετε ότι προϋπάρχουν στα κτήρια βλάβες από άλλο αίτιο (π.χ. από σεισμό ή από καθιζήσεις). Βεβαίως, μια τέτοια διαπίστωση δεν είναι δυνατόν να γίνει σε όλες τις περιπτώσεις για τις οποίες ενδεχομένως ισχύει, καθώς οι βλάβες λόγω των πυρκαγιών είτε είναι παρόμοιας μορφής με προϋπάρχουσες είτε η εκδήλωσή τους έχει εξαφανίσει τα ίχνη των προηγούμενων βλαβών.

Μπορεί, πάντως, να γίνει η εύλογη υπόθεση ότι και σε άλλα κτήρια, πέραν εκείνων στα οποία διαπιστώθηκε, υπήρχαν παλαιότερες βλάβες. Τούτο είναι ακριβές ιδιαίτερος για παλαιά κτήρια από

τοιχοποιία, πολλά από τα οποία (κυρίως αποθήκες στις παρυφές ή εκτός των οικισμών) δεν χρησιμοποιούνται ή/και είναι χαμηλής ποιότητας δόμησης.



Εικόνα 2: Κατεστραμμένο σπίτι από την πυρκαγιά στην Εύβοια 2021. Πηγή: Αρχείο Ερυθρού Σταυρού.



Εικόνα 3: Κατεστραμμένο σπίτι από την πυρκαγιά στην Βαρυμπόμπη 2021. Πηγή: Αρχείο Ερυθρού Σταυρού.

5.3.1 Αποκόλληση Επιχρισμάτων

Η αποκόλληση επιχρισμάτων δεν προκαλεί κάποια βλάβη άμεσα στο κτίριο, παρόλ'αυτά είναι σημαντική πληροφορία που πρέπει να καταγραφεί για την αποτίμηση του κτιρίου.

Τα επιχρίσματα και ειδικά τα μεγάλου πάχους επιφέρουν μεγάλη προστασία στα φέροντα στοιχεία καθώς μπορούν να επιβραδύνουν την εισχώρηση των υψηλών θερμοκρασιών προς τα εσωτερικά δομικά στοιχεία.

Έτσι, εάν τα επιχρίσματα δεν έχουν αποκολληθεί από την τοιχοποιία κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς, μπορεί ο Μηχανικός να συναγάγει με ασφάλεια ότι τα φέροντα στοιχεία του κτηρίου δεν έχουν υποστεί μείωση της αντίστασής τους λόγω της πυρκαγιάς.

5.3.2 Κατάρρευση Υπερκείμενης Τοιχοποιίας

Η συγκεκριμένη βλάβη δεν θεωρείται σπάνια και το μέγεθος της εξαρτάται από την μόρφωση των υπερθύρων, από την κατανομή και την ένταση των υπερκείμενων φορτίων.

5.3.3 Ρηγμάτωση υπερθύρων

Ρωγμές είχαν παρατηρηθεί σε τοξωτά υπέρθυρα (είτε στο μέσον είτε στα ακρα), οι οποίες συνεχίζονται στην υπερκείμενη τοιχοποιία, μέχρι τη στέψη του τοίχου.

Κεφάλαιο 6: Μέτρα επέμβασης και μέτρα προστασίας

6.1 Ορισμός της συντήρησης

Η συντήρηση της κατασκευής είναι κρίσιμη για την μείωση του κόστους επισκευής αλλά και για την διατήρηση της ασφάλειας του χρήστη . Η κατασκευή πρέπει να συντηρείται το λιγότερο κάθε 4 χρόνια.

Η συντήρηση σκοπεύει στην επιδιόρθωση των προβλημάτων στην εμφάνιση τους, προτού εξελιχθούν σε μόνιμη κατάσταση.

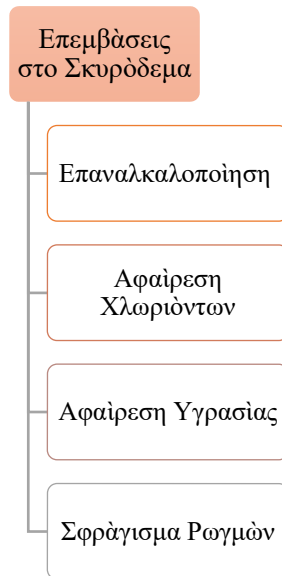
6.2 Μέτρα Επέμβασης

Η επέμβαση σε ένα κτίριο έχει ως σκοπό την αποκατάσταση των υπάρχοντων βλαβών για την σωστή και μακροχρόνια λειτουργία του. Πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια χαρακτηριστικά κατασκευής μέσα στα οποία συγκαταλέγονται το ποσοστό σχετικής υγρασίας της ευρύτερης περιοχής και ο ρυθμός φθοράς. Βάση των παραπάνω υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι αποκατάστασης που χωρίζονται σε ήπιες και ενεργές.

6.2.1 Επεμβάσεις στο Σκυρόδεμα

Η αναστολή μίας εξελισσόμενης πορείας φθοράς επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των ήπιων επεμβάσεων, δίχως όμως να είναι ικανές να διορθώσουν την φθορά που ήδη έχει συμβεί.

- † Επανακαλοποίηση
- † Αφαίρεση Χλωριόντων
- † Αφαίρεση Υγρασίας
- † Σφράγισμα Ρωγμών



Σχήμα 19: Επεμβάσεις του Σκυροδέματος. Ιδία Επεξεργασία.

6.2.1.1 Επανακαλοποίηση

Επανακαλοποίηση είναι μέθοδος αύξησης του pH του σκυροδέματος. Χρησιμοποιείται όταν έχει υποστεί κυρίως ενανθράκωση το σκυρόδεμα και η διαδικασία αποτελεί την επαλειφεί την επιφάνειά του με αλκαλικό υγρό με περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Με την μέθοδο αυτή υπάρχει περίπτωση κάποιες περιοχές να μην αλκαλοποιηθούν είτε να μην είναι τόσο αποτελεσματική.

6.2.1.2 Αφαίρεση Χλωριόντων

Για την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ένας ηλεκτρολύτης , μία ρητίνη αναλλαγής ιόντων και τέλος ένα πλέγμα μεταλλικό σε όλη την επιφάνεια του σκυροδέματος, που θα αφαιρέσουμε τα χλωριόντα, που λειτουργεί ως άνοδος ενώ για τον χάλυβα ως κάθοδος. Αμέσως μετά, όταν θα επιβληθεί ηλεκτρικό ρεύμα τα χλωριόντα πάνε προς την θετικά φορτισμένη άνοδο όπου δεσμεύονται από την ρητίνη και εξαφανίζονται . Είναι κυρίως αποτελεσματική μεθοδος σε καταστρώματα γεφυρών και έχει γρήγορα αποτελέσματα.

6.2.1.3 Αφαίρεση Υγρασίας

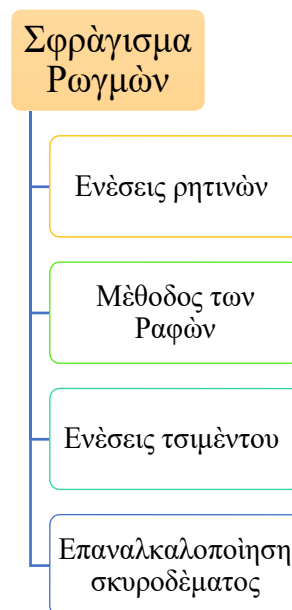
Η αφαίρεση της υγρασίας γίνεται κυρίως σε κονιάματα και για να είναι επιτυχής η εφαρμογή της θα πρέπει τα άλατα του κονιάματος να είναι σε περιεκτικότητα 2-5 % και το pH του υλικού άνω του 8.

Τα ιόντα ,βάση της εφαρμογής του δυναμικού, τείνουν να πηγαίνουν προς τα ηλεκτρόνια και φέρουν μαζί νερό. Η διαδικασία αυτή προτιμάται λόγω αποτελεσματικότητας και χαμηλού κόστους σε τοιχοποιίες. Το μόνο αρνητικό είναι η μεγάλη χρονική διάρκεια μείωσης υγρασίας .

6.2.1.4 Σφράγιση Ρωγμών

Το σφράγιση των ρωγμών γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- ! Ενέσεις ρητινών
- ! Μέθοδος των Ραφών
- ! Ενέσεις τσιμέντου
- ! Επανακαλοποίηση σκυροδέματος



Σχήμα 20: Σφράγιση Ρωγμών. Ιδία Επεξεργασία.

6.2.1.4.1 Ρητίνες

Σε περιπτώσεις ρωγμής χρησιμοποιούμε ρητίνες για την κάλυψη κενών, οι οποίες σταματάνε την εισαγωγή του οξυγόνου και της υγρασίας λόγω σύστασης. Με την μέθοδο αυτή οι οπλισμοί προστατεύονται από την διάβρωση καθώς εγκλωβίζονται.

Στάδια για εκτέλεση της επέμβασης:

1. Χρησιμοποιείτε κενό ή πεπιεσμένο αέρα για να καθαρίσετε τις ρωγμές καθώς και τις παρακείμενες περιοχές.
2. Σφραγίστε τα κενά από τις ρωγμές με μικρή ταινία για να αποτρέψετε την διαρροή της ρητίνης από το κενό.
3. Χρησιμοποιείτε ένα τρυπάνι για να τρυπηθεί 5-10 mm σε κάποια θέση στην ρωγμή. Η απόφαση για την τοποθέτηση της οπής είναι ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία της διαδικασίας έγχυσης ρητίνης.
4. Καθαρίστε τη ραγισμένη περιοχή για να αποφύγετε την απόφραξη του καναλιού του ενέματος.

5. Τοποθετείστε ένα καρφί, ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου ή ένα ακροφύσιο στη θέση της οπής ως σημείο έγχυσης ρητίνης.
6. Ύστερα, καλύψτε όλη την επιφάνεια της ρωγμής με ρητινικό στόκο γρήγορης πήξης ή άλλο παρόμοιο υλικό.
7. Ανακατέψτε την ρητίνη με τον σκληρυντή σε έναν αρμόδιο αναμικτήρα για 3 λεπτά, έτσι ώστε να μην παραμείνει αέρας στο μείγμα και η θερμοκρασία μίγματος, για γρήγορης ή μεσαίας αντίδρασης, να μην ξεπερνά τους 40 °C ή 60 °C για αργής αντίδρασης. Η μίξη πρέπει να γίνει πλησίον της θέσης όπου θα λάβει θέση η επέμβαση για περισσότερο χρόνο εργασιμότητας υλικού.
8. Πραγματοποίηση εποξειδικής ρητίνης με έγχυση. Η έγχυση αρχίζει από το χαμηλότερο μέρος και συνεχίζεται μέχρι να ξεχειλίσει η ρητίνη από την κορυφή
9. Τα σημεία έγχυσης ρητίνης και υπερχειλίσης πρέπει να είναι καλά σφραγισμένα με ειδικό τρόπο.
10. Το υλικό γρήγορης σκλήρυνσης που χρησιμοποιείται για τη σφράγιση της επιφάνειας των ρωγμών αφαιρείται με τρίψιμο της επιφάνειας μετά από 24 ώρες.

Η προϋπόθεση επιλογής κατάλληλου υλικού επισκευής είναι η συγκριτική μελέτη των τεχνικών ιδιοτήτων των διαθέσιμων υλικών, σε συνδυασμό με την γνώση και την εμπειρία των μηχανικών για μια επιτυχή ανάπτυξη της μεθόδου.

Επίσης, για μια επιτυχημένη επέμβαση δεν πρέπει να παραβλέψουμε παράγοντες όπως το γεωμετρικό σχήμα της ρωγμής όπου βοηθά στην επιλογή σημείων που θα γίνει η έγχυση ρητίνης, οι αποστάσεις από τα σημεία έγχυσης, η πίεση του ενέματος όπου λειτουργεί μεταβαλλόμενα στην διάρκεια της επέμβασης προς επίτευξης συνεχούς ροής ενέσιμου υλικού με σταθερή πρόοδο γεμίζοντας τη ρωγμή σε ικανοποιητικό βαθμό.

6.2.1.4.2 Μέθοδος Ραφών

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται και σε ενεργές αλλά και σε μη ενεργές ρωγμές, επίσης περιλαμβάνει ειδικά μεταλλικά στοιχεία με σχήμα U ώστε με σωστή τοποθέτηση γίνεται η αποκατάσταση της εφελκυστικής αντοχής ρωγμής.

Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης:

1. Ανοίγουμε τις οπές αριστερά και δεξιά της ρωγμής και για να επιτευχθεί η αγκύρωση των μεταλλικών στοιχείων γίνεται καθαρισμός με πεπιεσμένο αέρα ή νερό.
2. Για την σωστή αγκύρωση των μεταλλικών στοιχείων γίνεται πλήρωση των οπών με ρητίνη
3. Εφαρμογή μεταλλικών στοιχείων και επάλειψη με ρητίνη στην επιφάνεια του σκυροδέματος και μεταλλικών στοιχείων για περισσότερη συνάφεια .

4. Τα μεταλλικά στοιχεία έχουν διαφορά στο μήκος ,την διεύθυνση και στην απόσταση που έχουν λόγω της συγκέντρωσης δυνάμεων στις ραφές, τις οποίες βάζουμε πυκνότερα στις άκρες της ρωγμής καθώς έχουμε μεγάλη συγκέντρωση τάσεων.

6.2.1.4.3 Τσιμεντενέσεις- Τσιμεντοκονιάματα

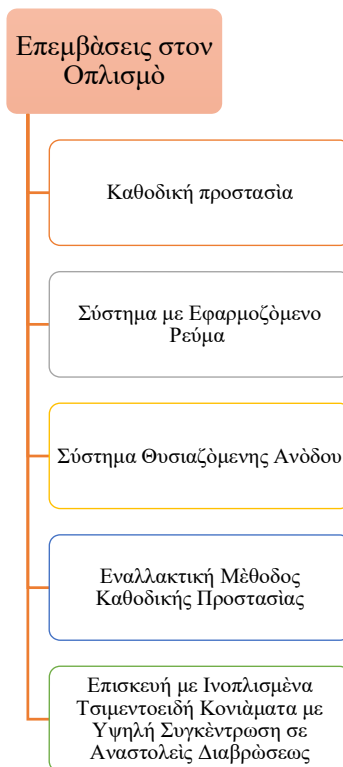
Οι τσιμεντενέσεις χρησιμοποιούνται για επισκευή ρωγμών με ανοίγματα λίγων χιλιοστών, ενώ η τσιμεντοκονία είναι κατάλληλη για ευρύτερες ρωγμές πάχους έως 10 mm. Αυτή η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή στο σκυρόδεμα, αλλά κυρίως σε φέρουσα τοιχοποιία. Τα τσιμεντοκονιάματα λαμβάνονται από ειδικά κονιάματα με την προσθήκη μικρής ποσότητας νερού της τάξης του 10-20% του βάρους του κονιάματος. Το κονίαμα είναι ένα τσιμεντοειδές μείγμα που περιέχει λεπτόκοκκα αδρανή, συνήθως όχι μεγαλύτερη από 2,5 mm σε διάμετρο, σε συνδυασμό με υπερρευστοποιητικά υλικά και πρόσμικτα για την πρόληψη της συστολής ξήρανσης.

Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης:

1. Για να αφαιρέσετε την επίστρωση, αφαιρέστε το χαλαρό μέρος της ρωγμής και καθαρίστε την περιοχή με νερό υπό πίεση.
2. Ανοίγουμε οπές στο επίπεδο ρωγμής με τρυπάνι με απόσταση μικρότερη όσο η ρωγμή.
3. Σε αυτές τις οπές βάζουμε επίσης σωλήνες.
4. Διευρύνετε το χείλος της ρωγμής και σφραγίστε το με τσιμεντοκονία για να αποτρέψετε τη διαρροή της τσιμεντοκονίας έξω από τη ρωγμή.
5. Εγχύστε τσιμεντοκονία σε μορφή τσιμεντοπολτού ή τσιμεντοκονιάματος και βελτιωτικά πρόσθετα μέσω του κάτω σωλήνα. Η τσιμεντοκονία αραιώνει σε χαμηλή πίεση στην αρχή και πήζει στην υψηλή πίεση στο τέλος.
6. Μόλις το εγχεόμενο υλικό τσιμέντου ξεχειλίζει από τον σωλήνα ακριβώς από πάνω, συνεχίζουμε από εκείνο το σημείο σφραγίζοντας τον προηγούμενο, ενώ η τσιμεντοένωση συνεχίζεται από κάτω προς τα πάνω

6.2.2 Επεμβάσεις στον Οπλισμό

Οι επεμβάσεις στον οπλισμό που μπορούν να αναπτυχθούν φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 21: Επεμβάσεις στον Οπλισμό. Ιδία Επεξεργασία.

6.2.2.1 Καθοδική προστασία

Η μέθοδος αυτή στοχεύει στην επαναφορά της αλκαλικότητας που περιέχει το σκυροδέμα προς αποφυγή της ενανθράκωσης. Με την μέθοδο καθοδικής προστασίας φορτίζοντας αρνητικά την εγκατάσταση την προστατεύουμε παράλληλα.

Αυτό σημαίνει ότι η εγκατάσταση εξακολουθεί να είναι αρνητικά φορτισμένη, όπως και πριν την εφαρμογή της προστασίας, αλλά η δράση αντιστρέφεται: έχει προδιάθεση να πάθει αναγωγή και όχι, οξείδωση. Για να εφαρμοστεί η μέθοδος χρήζει η χρήση ηλεκτρικής τάσης.

6.2.2.2 Σύστημα με Εφαρμοζόμενο Ρεύμα

«Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην σύνδεση του θετικού πόλου μιας πηγής συνεχούς ρεύματος με την επιφάνεια του σκυροδέματος, και του αρνητικού με τους οπλισμούς» (Δημάδη Κ., Κατσένιου Γ., 2006).

Η εφαρμογή της μεθόδου χρήζει προσοχή προς αποφυγή εφαρμογής υπό λανθασμένες συνθήκες. Αυτό δομείται με την εφαρμογή βάσης άνθρακα – στρώμα μπογιάς.

«Η σύνδεση των ράβδων οπλισμού ή η επαφή των ράβδων μέσω των συρμάτων επαρκεί. Αντίθετα εντελώς απαραίτητο είναι να μην υπάρχουν μεταξύ επιφανειακού αγωγίμου στρώματος και ράβδων οπλισμού σύρματα, καβάλες και άλλα που μπορούν να βραχυκυκλώσουν το ηλεκτρικό κύκλωμα» (Δημάδη Κ., Κατσένιου Γ., 2006).

Πλεονεκτήματα

- † Μεγάλη διάρκεια ζωής ανόδου χωρίς συχνή αντικατάσταση
- † Πλήρης αναστολή της διάβρωσης του χάλυβα με την εφαρμογή διαφόρων τιμών ρεύματος.

- † Μία άνοδος παρέχει πολύ ρεύμα επομένως προστατεύει το μεγαλύτερο μέρος της κατασκευής
- † Μπορεί να τοποθετηθεί μακριά από τις κατασκευές καθώς παρέχει υψηλή τάση μέχρι 100Volt.

Μειονεκτήματα

- † Απαιτούνται συχνές ρυθμίσεις και προσαρμογές(πιθανές διακοπές ρεύματος κυμαινόμενες ιδιότητες διαβρωτικών περιβαλλόντων
- † Μη συνάφεια χάλυβα-σκυροδέματος.
- † Η πιο ακριβή μέθοδος
- † Λόγω της εξέλιξης του υδρογόνου, η ολκιμότητα των χάλυβων υψηλής αντοχής μειώνεται
- † Δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στην περίπτωση προεντεταμένου χάλυβα, λόγω του κινδύνου της ψαθυροποίησης από έκλυση υδρογόνου, εκτός αν χρησιμοποιούνται κατάλληλοι αυτοματισμοί για τον περιορισμό της μεταβλητότητας της εφαρμογής ρεύματος (ακίνδυνα ηλεκτρόδια κατάλληλα για οπλισμό σκυροδέματος).
- † Πρέπει να βρεθεί στερεό υλικό ανόδου για την εκτέλεση αυτής της μεθόδου ανύψωσης, η οποία θα μπορεί να διανείμει τα ρεύμα προστασίας κατάντη σε μεγάλες επιφάνειες.

6.2.2.3 Σύστημα Θυσιαζόμενης Ανόδου

Σε αυτή τη μέθοδο, μια σειρά από μεταλλικές πλάκες υψηλότερες από τον χάλυβα τοποθετούνται στον οπλισμό για να λειτουργήσουν ως θυσιαζόμενοι άνοδοι. Πιο συχνά εμφανίζονται τα κράματα Mg, Zn, Al. Αυτά τα προηγμένα μέταλλα αποκτούν αυθόρμητα αρνητικά δυναμικά που σχετίζονται με διαβρωτικά περιβάλλοντα. Το ίδιο αρνητικό φορτίο (σε σχέση με το διαβρωτικό περιβάλλον) είναι και η μεταλλική κατασκευή που πρέπει να προστατευτεί. Ωστόσο, αυτά τα μέταλλα διαβρώνονται πιο εύκολα (είναι ψηλότερα) και επομένως έχουν μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον από τον χάλυβα.

Επιδιώκεται η θετική φόρτιση του χάλυβα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα γαλβανικό στοιχείο με αρνητικό πόλο το μέταλλο και θετικό το χάλυβα.

Ταυτόχρονα, λόγω της δημιουργίας ενός γαλβανικού στοιχείου, το μέταλλο οξειδώνεται προς τα πάνω (απώλεια ηλεκτρονίων, σχηματισμός ιόντων) και καταναλώνει περισσότερο από ό,τι όταν χρησιμοποιείται μόνο του. Θυσιάζετε δηλαδή για να διατηρηθεί το κτήριο

Πλεονεκτήματα

- ! Εύκολη εγκατάσταση
- ! Ασήμαντη συντήρηση
- ! Χρησιμοποιείται επίσης σε προεντεταμένο σκυρόδεμα

- ! Μη απαραίτητη η παρουσία εξωτερικού τροφοδοτικού
- ! Κατάλληλη για τοπική προστασία στα κτίρια
- ! Είναι σχετικά δύσκολο να δημιουργηθούν αλληλεπιδράσεις με γειτονικές δομές

Μειονεκτήματα

- ! Μικρή διάρκεια ζωής ανόδου (αντικατάσταση συχνά καθώς η μακροχρόνια χρήση των ανοδίων μειώνει τον αριθμό τους και σχηματίζει ένα μη αγώγιμο στρώμα στην επιφάνειά τους, καθιστώντας αδύνατη την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας).
- ! Για να προστατεύσουμε όλους τους οπλισμούς αναζητούμε πολλούς ανόδους.
- ! Ανεπαρκής έλεγχος ρεύματος (ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος).

Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι όταν οι άνοδοι μαγνησίου (Mg) ή αλουμινίου (Al) τοποθετούνται σε μια σκουριασμένη επιφάνεια κοντά σε εύφλεκτα υλικά όπως το πετρέλαιο, μπορούν να δημιουργήσουν σπινθήρες λόγω θερμικών αντιδράσεων

Σε επικίνδυνα περιβάλλοντα, συνιστάται αύξηση του ψευδαργύρου. Από την άλλη πλευρά, οι άνοδοι ψευδαργύρου δεν λειτουργούν αποτελεσματικά σε παράκτια περιβάλλοντα με υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 60 °C). Τα συστήματα εφαρμοζόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται περισσότερο από τη μέθοδο του θυσιαζόμενου ηλεκτροδίου, ειδικά στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- a) για προστασία υπόγειων αγωγών σε γλυκό ή θαλασσινό νερό
- b) σε πλωτές και μη κατασκευές, στη θάλασσα
- c) σε πλοία

6.2.2.4 Εναλλακτική Μέθοδος Καθοδικής Προστασίας

Αποτελεί μία μέθοδο η οποία δομείται από μία δικτυωτή άνοδο με στοιχεία ψευδαργύρου, η οποία εφαρμόζεται στην κατασκευή που τίθεται προς επισκευή, και περιτριγυρίζεται από μανδύα δομημένο από ίνες γυαλιού.

Ο μανδύας αυτός χωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε όλο το ύψος. Το κενό μεταξύ του μανδύα και του βάρθρου πληρώνεται με έγχυτο σκυρόδεμα (Δημάδη Κ., Κατσένιου Γ., 2006).

Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης

1. Αρχικά, το αποσθρωμένο και χαλαρό σκυρόδεμα αφαιρείται με εξειδικευμένο εξοπλισμό μέχρι να αποκαλυφθεί ο διαβρωμένος οπλισμός.
2. Στη συνέχεια αφαιρέστε τη σκουριά από τη ράβδο με αμμοβολή ή ψεκασμό νερού, ώστε να έχουμε καλή αγώγιμη διεπαφή και το σύστημα να λειτουργεί σωστά
3. Τα μέρη του μανδύα συγκολλούνται με ειδική μέθοδο, με χρήση μη αγώγιμων υλικών, τα οποία μπορούν να παρέχουν αδιάβροχη μόνωση.
4. Τέλος, τοποθετείται ξύλινη βάση για να συγκρατεί το εκχυόμενο σκυρόδεμα, αφαιρείται, και γίνονται οι συνδέσεις των καλωδίων, τώρα για καθοδική προστασία.

Στην περίπτωση εκτεταμένης ζημιάς και ανάγκης προσθήκης νέου οπλισμού, το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ενσωματωθεί ο νέος οπλισμός.

Πλεονεκτήματα

- † Είναι ένα πλήρες σύστημα προστασίας.
- † Εύκολη εγκατάσταση.
- † Αυτορυθμίζεται.
- † Δεν απαιτεί συντήρηση και συνεπώς έχει χαμηλό κόστος.
- † Η τεχνολογία του έχει δοκιμαστεί πειραματικά.
- † Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε απομακρυσμένες περιοχές επειδή το σύστημα μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας.
- † Παρέχει προστασία για περισσότερα από 20 χρόνια.

6.2.2.5 Επισκευή με Ινοπλισμένα Τσιμεντοειδή Κονιάματα με Υψηλή Συγκέντρωση σε Αναστολείς Διαβρώσεως

Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων να διαλύονται και σε υγρή και σε αέρια μορφή. Εισέρχονται και στο πιο μικρό πόρο του φέροντα οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα. Έτσι επιδιώκεται η θετική ή αρνητική φόρτιση με μεταλλική επιφάνεια δημιουργώντας ένα στρώμα προστασίας.

Η διαδικασία αποτελείται από τα εξής βήματα:

1. Αφαίρεση αποσπασμένων και σπασμένων τμημάτων σκυροδέματος για πλήρη αποκάλυψη υγιούς σκυροδέματος και διαβρωμένης ράβδου οπλισμού. Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η αμμοβολή, ο ψεκάσμος με νερό και η λείανση με συρματόβουρτσα.
2. Εφαρμόστε 2 στρώσεις στη ράβδο οπλισμού που έχει αφαιρεθεί από σκουριά, γράσα και υπολείμματα σκυροδέματος, με ειδικό ρευστοκονίαμα πάχους 1-2 mm, προστατευτικό, αντιδιαβρωτικό
3. Εφαρμόστε την τσιμεντοκονία στην καθαρισμένη επιφάνεια σκυροδέματος με ψεκάσμο μικρής πίεσης ή βούρτσα, έτσι ώστε η τσιμεντοκονία να εισχωρήσει στο σκυρόδεμα και να προσκολληθεί στην επιφάνεια της ράβδου.
4. Εφαρμόστε ένα στρώμα τσιμέντου ενισχυμένου με ίνες 2 συστατικών με μια σκληρή βούρτσα πάχους 10 mm για να λειτουργήσει ως ένα είδος «γέφυρας», τυλίγοντας τα εύθραυστα κομμάτια.
5. Επάλειψη με επισκευαστικό μη συρρικνωμένο, θιξοτροπικό τσιμεντοειδές κονίαμα με πολύ καλές συγκολλητικές ιδιότητες και υψηλή αντοχή στη διείδυση από διοξείδιο του άνθρακα, χλωριούχα και σουλφίδια. Ολοκληρώστε την εφαρμογή με μυστρί ή σπρί σε στρώσεις 10-61mm.

6. Για το φινίρισμα εφαρμόζεται επισκευαστική τσιμεντοκονία στην επιφάνεια, παρόμοια με την προηγούμενη, αλλά με μικρότερα αδρανή. Αυτό το στρώμα μπορεί να είναι 1 έως 50 mm. Δεν χρειάζεται βρέξιμο.

Πλεονεκτήματα

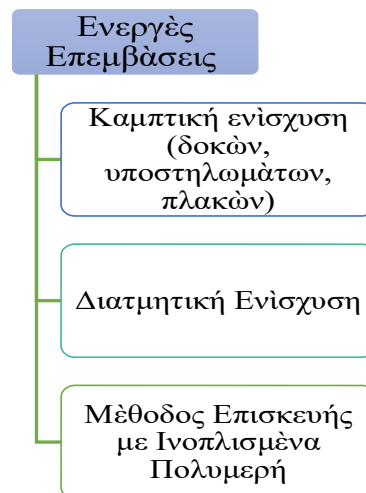
- † Εύκολη εφαρμογή στην επάλειψη του ειδικού τσιμεντοειδούς κονιάματος.
- † Παρέχει καλές μηχανικές αντοχές.

Μειονεκτήματα

- † Υψηλό κόστος.
- † Πολύπλοκη μέθοδος.
- † Πρακτικά αδύνατη αν η ενανθράκωση έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό.

6.2.3 Ενεργές Επεμβάσεις

Οι ενεργές επεμβάσεις σκοπεύουν στην όσο το δυνατόν βέλτιστη αποκατάσταση της φέρουσας ικανότητας της πληγείσας κατασκευής, και όχι στην καταστολή/αναίρεση των αιτιών περιβάλλοντος.



Σχήμα 22: Ενεργές επεμβάσεις. Ιδία Επεξεργασία.

6.2.3.1 Καμπτική ενίσχυση (δοκοί, υποστηλώματα, πλάκες)

Η ενίσχυση μπορεί να γίνει:

- ✗ Με επικόλληση λεπτών χαλύβδινων ελασμάτων μέσω εποξειδικών ρητινών
- ✗ Με ανοιχτούς μανδύες εκτοξευόμενου οπλισμένου σκυροδέματος
- ✗ Με μερική καθαίρεση και επισκευή βλαμμένης περιοχής

6.2.3.2 Διατμητική Ενίσχυση

Η διατμητική ενίσχυση μπορεί να γίνει:

- ✗ Με την προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων(κολλάρα, ταινίες συσκευασίας)
- ✗ Με την κατάλληλη αγκύρωση των άκρων των πρόσθετων συνδετήρων, όπως στην καμπτική ενίσχυση (Τσώνη Ν., 2010).

6.2.3.3 Μέθοδος Επισκευής με Ινοπλισμένα Πολυμερή

Με την εφαρμογή σύνθετων υλικών απόινες άνθρακα και γυαλιού, σε μέλη στοιχείων προσβεβλημένων από ποιότητα της ο επικολλημένος μανδύας μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός περιορισμού της διεύρυνσης των ρωγμών αναπτύσσοντας ισοδύναμη περισφικτική τάση.

Πλεονεκτήματα

- † Ταχύτατη μέθοδος
- † Απλή στην εκτέλεσή της (άρα μειωμένα εργατικά) αλλά και αποτελεσματική, γεγονός που την κάνει να υπερτερεί ενάντια των άλλων μεθόδων που αναφέρθηκαν προηγουμένως.
- † Ανθεκτική στον χρόνο

Μειονεκτήματα

- † Υψηλό κόστος εξαιτίας των υλικών ,ρητινών και υφασμάτων

Εφαρμογές

Η συγκεκριμένη μέθοδος επισκευής θεωρείται πολύ αποτελεσματική, αλλά είναι κατάλληλη για ιδιαίτερα προβληματικές καταστάσεις όπου το μέγεθος της ρωγμής είναι μεγάλο και η απλή έγχυση ρητίνης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος επισκευής..

Οπότε τα συνθετικά υφάσματα, λαμβάνουν χρήση στην ενίσχυση δοκών και πλακοδοκών. Στο σημείο που η χρήση τους είναι απολύτως απαραίτητη, είναι σε στοιχεία επιβεβλημένα εντόνως οπλισμένου σκυροδέματος (στα υποστυλώματα, στα τοιχώματα και τους κόμβους) (Δημάδη Κ., Κατσένιου Γ., 2006),(Δρίτσος Σ, 2007).

6.3 Μέτρα Προστασίας

Σε κάθε πρόβλημα που μπορεί να προκύψει, η καλύτερη απάντηση είναι αναμφίβολα η πρόληψη. Αυτή η άποψη είναι οικονομικά, λειτουργικά και αισθητικά συνεπής με τα θέματα διάβρωσης που συζητήθηκαν.

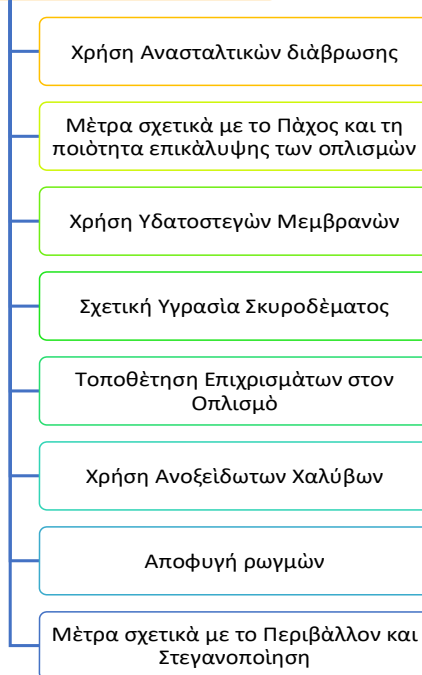
Το κόστος αντιμετώπισης είναι αρκετά πιο δαπανηρό εν αντιθέσει με εκείνο της λήψης μέτρων πρόληψης.

Ο οπλισμός σκυροδέματος μπορεί να προστατευτεί με τη μείωση της διαπερατότητας του σκυροδέματος για την αποφυγή της διείδυσης επιβλαβών ουσιών ή άμεσα με την πρόληψη της διείδυσης μετάλλων. Η απλούστερη και πιο βασική μέθοδος προστασίας είναι η συμμόρφωση με τους σύγχρονους κανονισμούς για το πάχος της επίστρωσης ράβδων, (όπως για παράδειγμα Ευρωκώδικας 2) όπου στο παρελθόν τον οπλισμό τον τοποθετούσαν στο πάνω καλούπι ενώ στο παρόν χρησιμοποιούμε πλαστικές ροδέλλες κάποιας διαμέτρου σε γωνιακούς οπλισμούς για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους επίστρωσης.

(Γιαννόπουλος Π., 2010), (Κουρνέτας Δ., (2010).

Τα Μέτρα Προστασίας είναι τα εξής:

Μέτρα Προστασίας



Σχήμα 23: Μέτρα Προστασίας. Ιδία Επεξεργασία.

6.3.1 Ανασταλτικά διάβρωσης

. Οι αναστολείς διάβρωσης αποτελούν οργανικά ή ανόργανα άλατα (διχρωμικό κάλιο, το βενζοϊκό νάτριο, το νιτρώδες νάτριο) που προστίθενται στο σκυρόδεμα κατά την κατασκευή για την προστασία του ενσωματωμένου χάλυβα από την διάβρωση.

6.3.2 Ποιότητα της επικάλυψης των σιδηρών οπλισμών

Βελτίωση ποιότητας της επικάλυψης έχουμε:

- Με ελαχιστοποίηση του πορώδους.
- Με τον πολλαπλασιασμό ποσότητας του τσιμέντου.
- Με βέλτιστη συμπόκνωση και ωρίμανση

6.3.3 Χημικά Πρόσμικτα για την Βελτίωση Εργασιμότητας:

Η χρήση των παραπάνω υλικών πρέπει να μην γίνεται αλόγιστα (Μάμαλης Π., Ξάνθης Δ., 2004).

6.3.4 Χρήση Υδατοστεγών Μεμβρανών

Με την χρήση αυτών το σκυρόδεμα προστατεύεται από διάφορες διαβρωτικές ουσίες.

6.3.5 Σχετική Υγρασία Σκυροδέματος

Εάν η σχετική υγρασία πέσει στο εύρος του 50-60%, το πιθανότερο είναι ότι θα υπάρξει σημαντική ενανθράκωση . Σε περίπτωση που το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό είναι μικρότερο από 40%, η διαδικασία θα καθυστερήσει επειδή το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 διαλυμένο στο νερό δεν μπορεί να σχηματίσει όξινο ανθρακικό H_2CO_3 . Για χαμηλότερα ποσοστά ενανθράκωσης, το ποσοστό ενανθράκωσης γίνεται μηδέν

6.3.6 Τοποθέτηση Επιχρισμάτων στον Οπλισμό

Τα επιχρίσματα στον οπλισμό δυσκολεύουν την επαφή του οπλισμού με το οξυγόνο, την υγρασία ή τα χλωριόντα. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις μεταλλικές και τις μη μεταλλικές επικαλύψεις.

Μειονεκτήματα:

- μεγάλη καταστροφικότητα κατά την διάρκεια των εργασιών
- μη οικονομικά
- ελάχιστη αντοχή σε πυρκαγιά
- αρνητική επίδραση σε εφαρμογή μεγάλου πάχους, σχετικά με την συνάφεια υλικών.

Εφαρμογή:

- Με εμβάπτιση
- Με επιμετάλλωση ή ψεκάσμο σε λιωμένο μέταλλο

6.3.7 Χρήση Ανοξειδωτων Χαλύβων

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες είναι κράματα σιδήρου και χρωμίου 11-12% κατά βάρος (όχι πάνω από 15%).

Ο ανοξειδωτος χάλυβας θα υποστεί γενική διάβρωση μόνο σε έντονα όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα. Έχουν υψηλό ηλεκτρικό δυναμικό και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προκληθεί διάβρωση λόγω του ρεύματος.

6.3.8 Αποφυγή ρωγμών

Οι ρωγμές είναι μονοπάτια για τη διέλευση του διοξειδίου του άνθρακα. Ο έλεγχος της ποσότητας και της έκτασής τους σε φρέσκο και σκληρυμένο σκυρόδεμα επιτρέπει καλύτερο έλεγχο της ενανθράκωσης. Ο έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης συνθετικών ινών, της προσεκτικής συντήρησης, των αρμών διαστολής, της κατάλληλης ενίσχυσης από οπλισμό κ.λπ.

6.3.9 Περιβάλλον και Στεγανοποίηση

Σε περιβάλλοντα στα οποία η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα είναι αρκετή, οξύνονται φαινόμενα ενανθράκωσης. Στις υπαίθριες περιοχές η ενανθράκωση αναπτύσσεται με αργότερους ρυθμούς .

Η πιο σωστή μέθοδος πρόληψης είναι η σφράγιση με στεγανοποιητικό υλικό. Η κύρια ιδιότητά τους είναι ότι δεν αφήνουν το νερό να εισχωρήσει στη μάζα τους. Τα στεγανωτικά είναι ασφαλτικές ενώσεις που εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες:

- τα άμορφα ασφαλτικά υλικά,
- τα σχηματοποιημένα ασφαλτικά προϊόντα
- τα ρευστά ασφαλτικά υλικά.



Σχήμα 24: Τα πιο συνήθη ασφαλτικά υλικά. Ιδία Επεξεργασία.

Είναι γνωστό ότι τα υλικά αυτά εμφανίζουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως είναι εύκολα στην χρήση και έχουν πολλές χρήσεις καθώς εμφανίζουν συγκολλητικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.

Σύμφωνα με τον Βλάχος Σ., 1991, «Τα δύο βασικότερα μειονεκτήματά τους είναι ότι είναι θερμοπλαστικές, δηλαδή ρευστοποιούνται με την άνοδο της θερμοκρασίας αλλά μπορούν και επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση και δημιουργούνται εύκολα φυσαλίδες αέρα στη μάζα τους».

Η κατεργασία χωρίζεται στα στάδια:

- Καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος
- Ξήρανση σε μεγάλες θερμοκρασίες μακροχρόνια
- Απαέρωση του σκυροδέματος με κενό
- Προσθήκη μονομερούς
- Θερμικός πολυμερισμός του μονομερούς

Η χρήση πολυμερών, ενδείκνυται γενικά, βελτιώνοντας όλες τις επιμέρους ιδιότητες του σκυροδέματος.

Τα αρνητικά της μεθόδου αποτελεί το κόστος ενώ χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός, εκπαιδευμένο προσωπικό και προσοχή κατά την διάρκεια της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 7: Περίπτωση Μελέτης

Στις 03.03.2021 στην Τοπική Κοινότητα Δαμασίου, της Δ.Ε. Τυρνάβου της Π.Ε. Λάρισας, εκτονώθηκε το φαινόμενο του σεισμού αφήνοντας πίσω του πολλές υλικές απώλειες και πολύ περισσότερες καταστροφές. Έτσι επιλέχθηκε ένα σπίτι να μελετηθεί σε ένα αρχικό

στάδιο. Πολύτιμη στάθηκε και η βοήθεια του κ. Σαμουλαδά Γεώργιου Πολιτικού Μηχανικού Τ.Ε..

7.1 Εισαγωγικά Δεδομένα

Στο Δαμάσι σε ανώνυμη κοινοτική οδό στο Ο.Τ. 29 υπάρχει μονώροφη οικία με ισόγειο και στέγη επι οικοπέδου άρτιου και οικοδομήσιμου εμβαδού $E= 433,56$ τ.μ.. Η οικοδομή αποτελείται από δύο ανεξάρτητες οικίες στο ισόγειο και μία στο Α όροφο καθώς και έναν βοηθητικό χώρο στο ισόγειο.

Αναλυτικότερα:

- α) στο ισόγειο υπάρχει οικία εμβαδού $E= 65,20$ τ.μ. και βοηθητικός χώρος $E=60,99$ τ.μ. και
- β) στο Α όροφο οικία $E= 125,47$ τ.μ..

Το κτίριο κατασκευάστηκε βάσει της 1480/1978 οικ. άδειας, νομιμοποιήθηκε βάσει της Α/Α 10211979 δήλωσης του Ν4495/2017 και ο φέρον οργανισμός του είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Κατά τον σεισμό στις 3/3/2021 γενικότερα οι βλάβες που η οικία υπέστη είναι στο ισόγειο και πολύ λιγότερο στο Α όροφο. Στο ισόγειο διακρίνουμε βλάβες σχεδόν σε όλα σχεδόν κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού οι οποίες διακρίνονται από ελαφριές βλάβες έως και βαριές.

Εκτός από τα κατακόρυφα στοιχεία, στο ισόγειο υπάρχουν πολύ σημαντικές βλάβες στους τοίχους πλήρωσης και στις εσωτερικές τοιχοποιίες στις οποίες εμφανίζονται από διαμπερείς ρωγμές έως και κατάρρευση τοιχοποιίας.

Πολύ σημαντικές ζημιές έχουν υποστεί τα Η/Μ του ισόγειο αλλά και τα υδραυλικά. Τέλος στον Α όροφο οι βλάβες εμφανίζονται και σε ρωγμές χιαστί και οριζόντιες στις τοιχοποιίες.

Οι προτεινόμενες επισκευαστικές ενέργειες ως προς τον φέροντα οργανισμό είναι:

1. η καθαίρεση των τοίχων πλήρωσης όπου διακρίνονται οι βαριές βλάβες των υποστυλωμάτων ώστε να διακριθεί καλύτερα ο βαθμός τους,
2. η τομή στο έδαφος πλησίον των υποστυλωμάτων για την διάκριση βλαβών και κατασκευής των θεμελίων ώστε να γίνει ενίσχυση εάν χρειαστεί
3. η ενίσχυση των υποστυλωμάτων έπειτα από την ανάδειξη του βαθμού βλάβης
4. η ανακατασκευή των τοίχων πλήρωσης και των εσωτερικών τοιχοποιιών,

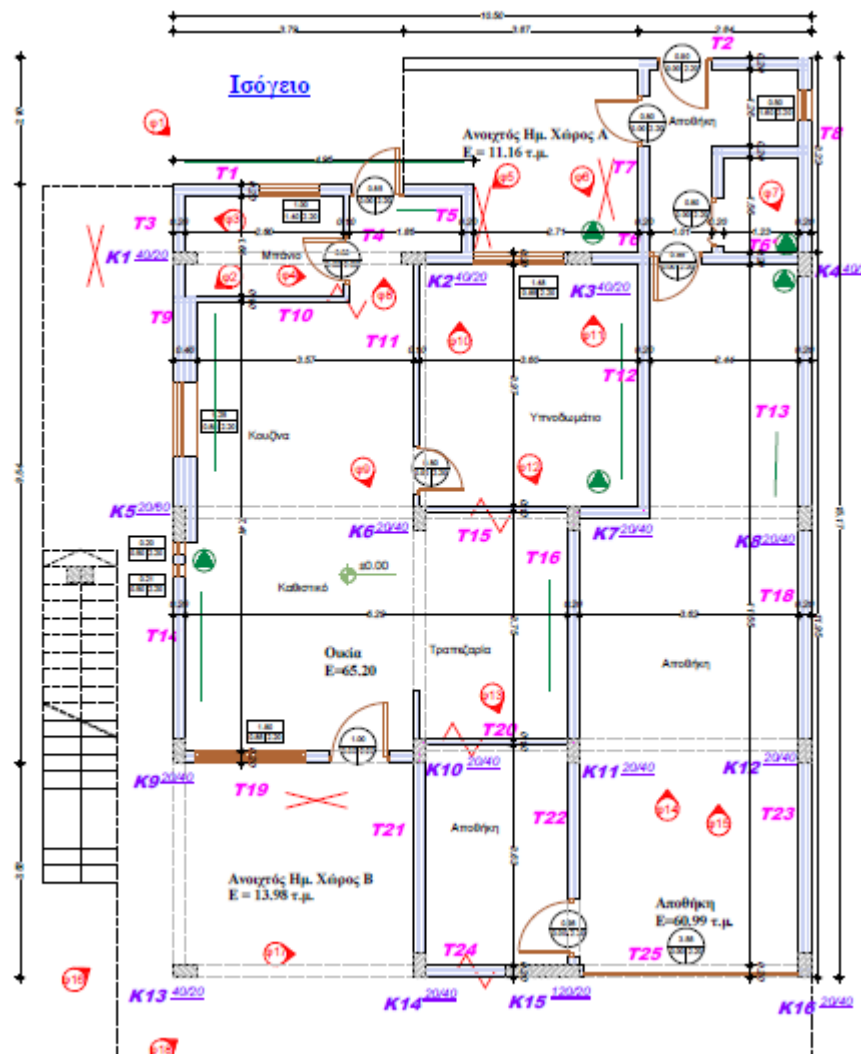
Γενικότερα και σύμφωνα με την εκτίμηση της απώλειας φέρουσας ικανότητας οι βλάβες είναι γενικού χαρακτήρα οι οποίες επηρεάζουν στην πλειοψηφία τους την ασφάλεια του κτιρίου.

7.2 Σχεδιαστική Αποτύπωση οικίας

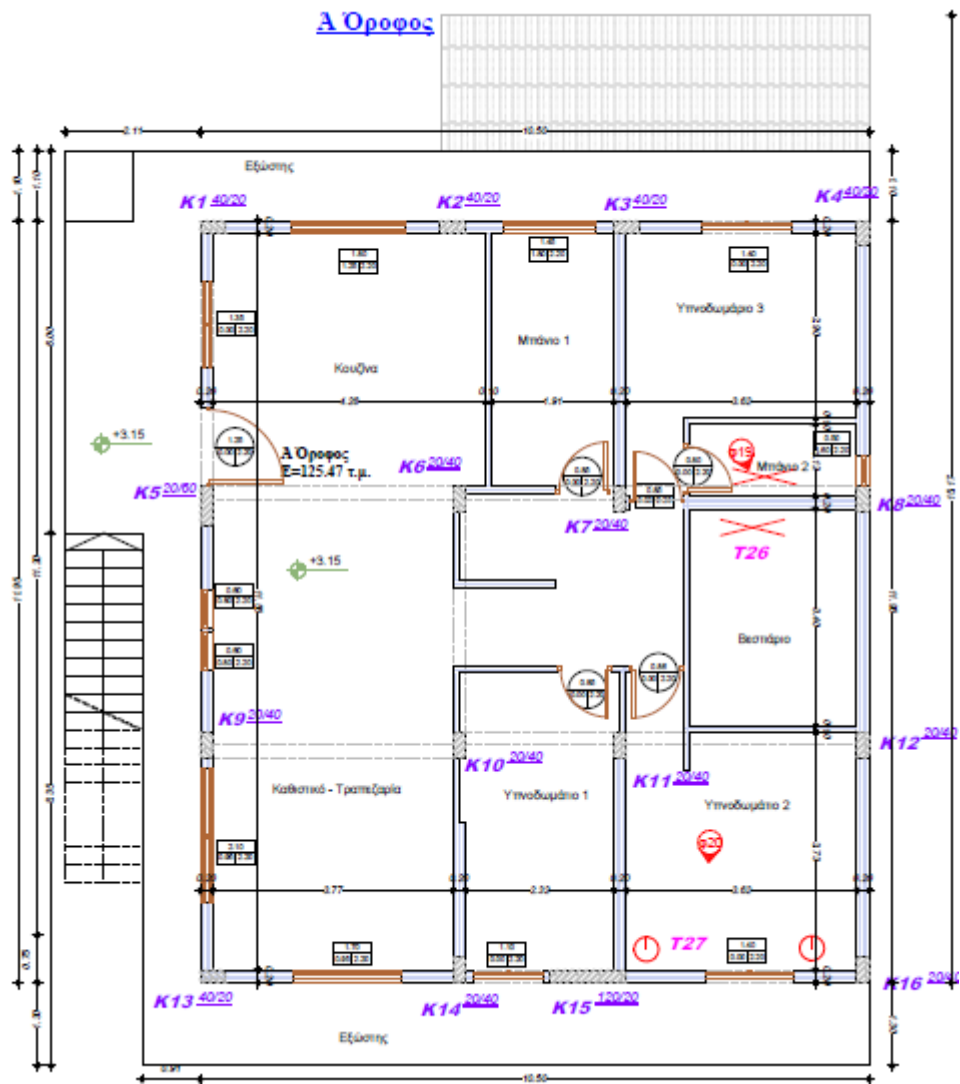
Βάσει του παρακάτω πίνακα υλοποιήθηκε η σχεδιαστική αποτύπωση της πληγείσας οικίας.

Πίνακας 1: Επεξηγηματικό Υπόμνημα

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
	Διαμετρής οριζόντια ρωγμή
	Διαμετρής κατακόρυφη ρωγμή
	Τριχοειδής ρωγμή
	Χιαστή ή διαγώνια ρωγμή
	Αποκόλληση επιχρίσματος
	Αποκόλληση Τοιχοποιίας

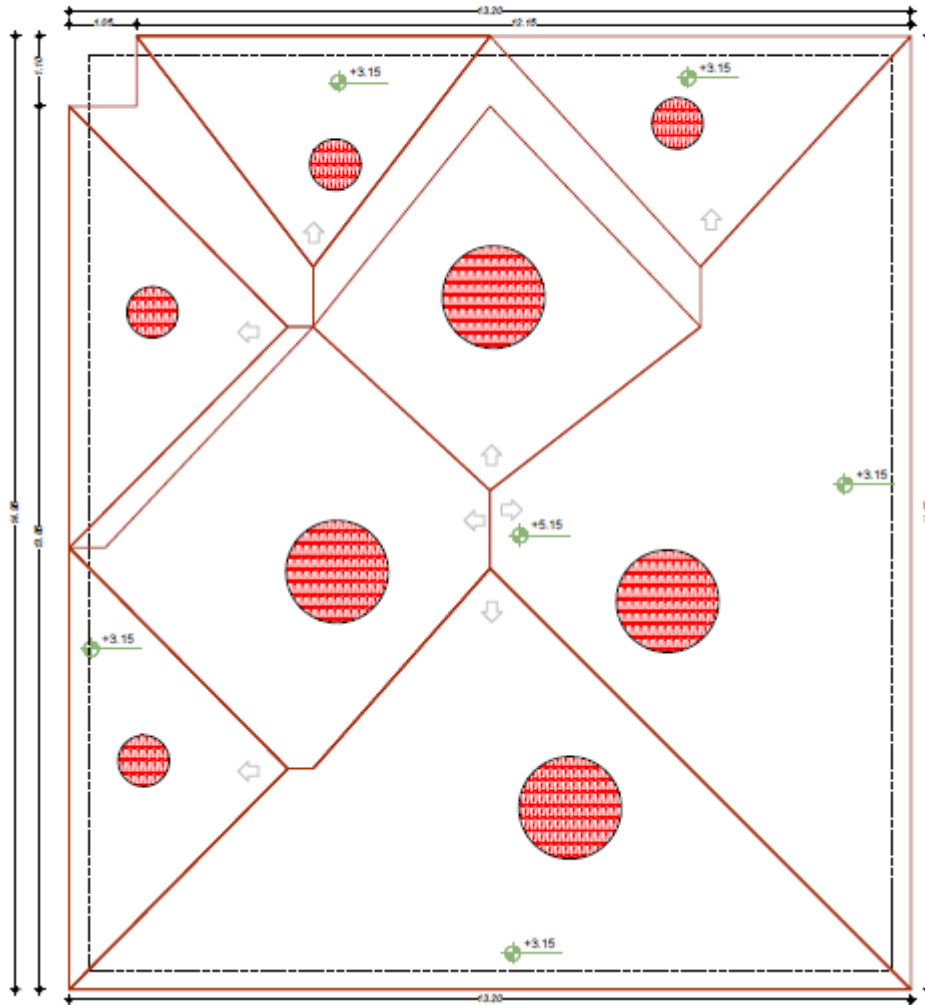


Σχήμα 25: Αποτύπωση Ισόγειο Τμήματος



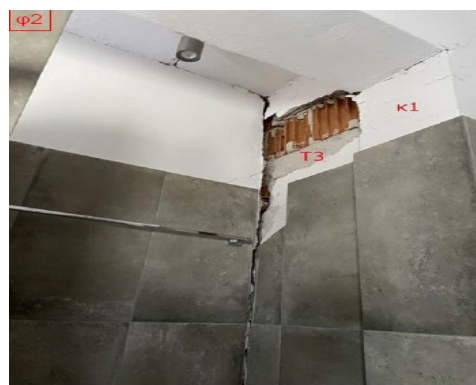
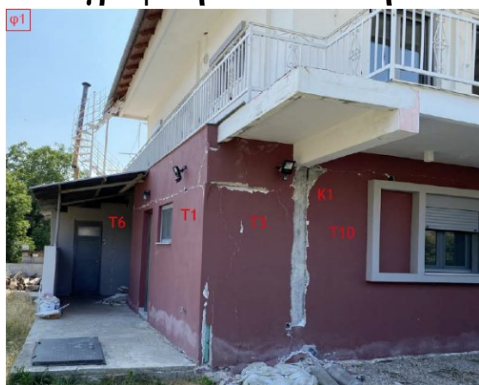
Σχήμα 26: Αποτύπωση Ορόφου

Στέγη



Σχήμα 27: Αποτύπωση Στέγης

7.3 Φωτογραφική Αποτύπωση οικίας







7.4 Πιθανά Μέτρα Επέμβασης

Οι επεμβάσεις οι οποίες δύναται να λάβουν χώρα στην παρούσα πληγείσα οικία σε όλο το μήκος της. Μπορούν να γίνουν επεμβάσεις στο σκυρόδεμα, αφαιρώντας της υγρασία ή ακόμη και η εφαρμογή της επαναλκαλοποίηση.

Στη συνέχεια αποδοτική θα καταστεί και το σφράγισμα των ρωγμών είτε με ρητίνες είτε με έντονες τσιμεντενέσεις. Από την άλλη τώρα θετική φαίνεται για την επέμβαση στον οπλισμό η επισκευή με Ινοπλισμένα Τσιμεντοειδή Κονιάματα με Υψηλή Συγκέντρωση σε Αναστολείς Διαβρώσεως.

Σημαντική είναι και η εφαρμογή των ενεργών επεμβάσεων, είτε με εφαρμογή μανδύα (καμπτική ενίσχυση), είτε με μερική καθαίρεση και αποκατάσταση βλαμμένης περιοχής. Επίσης στις περιπτώσεις που το φαινόμενο είναι αρκετά έντονο μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος Επισκευής με Ινοπλισμένα Πολυμερή.

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται όταν οι διαστάσεις των ρωγμών είναι σημαντικές και η απλή ρητινένωση δεν μπορεί να αποδώσει ως μέθοδος επισκευής. Έτσι τα υφάσματα από σύνθετα υλικά χρησιμεύουν ενισχυτικά στις δοκούς και τις πλακοδοκούς. Αυτή η μέθοδος είναι απαραίτητη στην ενίσχυση του φέροντος οργανισμού στα κρίσιμα σημεία όπως στην περίσφιξη των υποστλωμάτων, στα τοιχώματα και στους κόμβους του οπλισμένου σκυροδέματος.

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα – Συστάσεις

Η κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα πραγματοποιείται με τη συνεργασία σκυροδέματος και εντοιχισμένου οπλισμού χάλυβα. Η συγγένεια των χαλύβδινων ράβδων στο σκυρόδεμα είναι μία από τις βασικές παραμέτρους που επιτρέπει τη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος ως δομικό υλικό.

Στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό πρέπει να ορίζονται τα πάντα, να δίνονται λύσεις και απαντήσεις για λειτουργικότητα, οικονομία και ασφάλεια.

Το κύριο πρόβλημα με την αντοχή του οπλισμένου σκυροδέματος είναι η διάβρωση του οπλισμού. Οι αιτίες της διάβρωσης του οπλισμού είναι η ενανθράκωση του σκυροδέματος, η είσοδος χλωρίου στο σκυρόδεμα, οι ρωγμές στην επιφάνειά του και η γαλβανική διάβρωση.

Όλα τα φέροντα μέλη της κατασκευής είναι απαραίτητο να μπορούν να μεταφέρουν όλα τα φορτία στη θεμελίωση με συνοπτικό και σαφή τρόπο. Τις τελευταίες δεκαετίες, το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει γίνει το κύριο δομικό υλικό για τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα.

Οι παραπάνω μέθοδοι πρόληψης της διάβρωσης των όπλων παρέχουν διαφορετική διάρκεια ζωής και έχουν διαφορετικό κόστος εφαρμογής, αλλά έχουν και βασικές προϋποθέσεις για επιτυχή εφαρμογή:

- Η μέθοδος του αναστολέα είναι η απλούστερη καθώς απαιτείται μόνο η αρχική ανάμιξη του αναστολέα στο σκυρόδεμα.
- Η χρήση ανοξειδωτού χάλυβα είναι μια καλή λύση στα προβλήματα διάβρωσης του χάλυβα, αλλά είναι σχετικά ακριβή.
- Η μέθοδος των οργανικών επικαλύψεων είναι μια απλή και φθηνή λύση.
- Σωστή παρασκευή του σκυροδέματος σύμφωνα με τους κανόνες διεθνούς ισχύος που επιβάλλονται από τους κανονισμούς.

Η διάβρωση του οπλισμού ανιχνεύεται από την επίδρασή του στο σκυρόδεμα. Τα σημάδια που υποδηλώνουν την παρουσία διαβρωμένης ράβδου οπλισμού μπορούν εύκολα να ανιχνευθούν αφού ένας μηχανικός πραγματοποιήσει οπτική επιθεώρηση της κατασκευής ή χρησιμοποιήσει όργανα.

Για τον λόγο αυτό προτιμάται η μερική αντικατάσταση του οπλισμού στις πιο επικίνδυνες περιοχές από άποψη διάβρωσης των κατασκευών.

Η Ελλάδα πρέπει να αναβαθμίζεται ώστε οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση/επισκευή να θεωρούνται ποιο καινοτόμες και πιο αναβαθμισμένες.

Συμπερασματικά έχουμε ότι με ήπια επέμβαση λαμβάνει χώρα μία αναστολή των μηχανισμών διάβρωσης, ενώ οι ενεργές αυξάνουν την φέρουσα ικανότητα της υπό μελέτης κατασκευής.

Βιβλιογραφία

Ξενογλώσση

Alonso M.C., M.C. Andrade, J.M Diez, Factors Controlling Cracking of Concrete affected by Reinforcement Corrosion, Mater. Struct. 1998 (31), p 435-441.

- CYS EN 1990-2002, Eurocode – Basis of structural design
- CYS EN 1991-1-1:2002, Eurocode 1: Actions on structures-Part1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings.
- CYS EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2: Design of concrete structures-Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- DTI, British Cement Association, Members of the Steering Group, Members of the Concrete Industry Eurocode 2 Group, 2006, How to Design Concrete Structures using Eurocode 2, Surrey: The Concrete Centre.
- Garvin, D. A. (1987) 'Competing on the eight dimensions of quality.', *Harvard Business Review*, 65(6), pp. 94–105.
- Hallak, J. C., 2006. Product quality and the direction of Trade. *Journal of International Economics*, pp. 238-265.
- ISO (2008) ISO - International Organization for Standardization, iso.org. Available at: <https://www.iso.org/home.html>. Πρόσβαση 05/11/2021.
- ISO (2015) ISO 9001 Moving from ISO 9001:2008 to ISO 9001:2015. Available at: https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_9001_-_moving_from_2008_to_2015.pdf Πρόσβαση 05/11/2021.
- ISO (2018) About us, iso.org. Available at: <https://www.iso.org/about-us.html> Πρόσβαση 05/11/2021.
- ISO, 14001 (2015) 'ISO 14001 Environmental Management Systems - Requirements with Guidance for Use.', Central Secretariat, Geneva.
- Mehta P.K., P.J.M. Monteiro. Σκυρόδεμα: μικροδομή, ιδιότητες και υλικά, Κλειδάριθμος 2009.
- Moropoulou, A. and Lampropoulos, K. (2014) 'Cement & Concrete'. Athens, Greece, p. 120. Available at: https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG114/Cement_and_Concrete.pdf Πρόσβαση 08/11/2021.
- Mukherjee, S. P. (2019) *Quality Domains and Dimensions*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1271-7Library>.
- Nasser A., A. Clement, S. Laurens, A. Castel, Influence of steel–concrete interface condition on galvanic corrosion currents in carbonated concrete, *Corrosion Science*, 2010 (52), 2878-2890.
- Ortega N.F., R.R Avelano, Analysis of Tensed Reinforced Concrete Beams during the Corrosion Process, *Open Constr. Build. Technol. Journal*, 2008 (2), p 243-250.
- Papadakis V.G., Estimation of Concrete Service Life, *The theoretical background*, Patras 2005.
- Ranjith A., K. Balaji Rao, K. Manjunath, Evaluating the effect of corrosion on service life prediction of RC structures – A parametric study, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2016 (5), 587-603.
- Richardson M.G., *Fundamentals of Durable Reinforced Concrete*, Spon Press 2002.
- Torres-Acosta A.A., S. Navarri-Gutierrez, J. Teran-Guillen, Residual Flexure capacity of Corroded Reinforced Concrete Beams, *Eng. Struct.*, 2007 (29), p 1145-1152.
- Zhu W., R. Francois, C. Zhang, D. Zhang, Propagation of corrosion-induced cracks of the RC beam exposed to marine environment under sustained load for a period of 26 years, *Cement and Concrete Research*, 2018 (103), p 66-76.

Zhu X., G. Zi, W. Lee, S. Kim, J. Kong, *Probabilistic analysis of reinforcement corrosion due to the combined action of carbonation and chloride ingress in concrete*, *Construction and Building Materials*, 2016 (124) p 667-680.

Ελληνική

Αναστάσιος Α. «Φθορές Οπλισμένου Σκυροδέματος»
http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/645/ane_chapter1_2.pdf?sequence=4
Πρόσβαση 07/11/2021.

Βλάχος Σ. (1991), «Προστασία Χάλυβα από Διάβρωση».
<http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/1675> \l "page/12/mode/2up. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Αθήνα.

Γιαννόπουλος Π. (2010), «Σχεδιασμός φορέων από Σκυρόδεμα με Βάση τον Ευρωκώδικα 2 Μέρος 1-1». http://library.tee.gr/digital/m2469/m2469_giannopoulos.pdf. Πρόσβαση στις 10/12/2021.

Γκαβάλου Α., Μητζιθρα Μ. (2007), «Διάβρωση και Προστασία Οπλισμένου Σκυροδέματος».
<http://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/07-oplismenoskyrodema-givalou.pdf>.
Πρόσβαση στις 12/12/2021.

Δημάδη Κ., Κατσένιου Γ., (2006). «Διάβρωση Χάλυβα Οπλισμένου Σκυροδέματος & Τρόποι Αποκατάστασης». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202006/9%20DHMADH%20KATSENIΟΥ.pdf>». Πρόσβαση στις 08/12/2021.

Δημητριάδης , Σ. Γ. & Μιχιώτης , Α. Ν., 2007. *Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική .

Δρίτσος Σ. Πάτρα ,2007. «Ενισχύσεις/ Επισκευές Κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, Διαδικασίες – Τεχνικές και Διαστασιολόγηση»

Καλλιανιώτης Φ., Σταθάς Ν. (2009) , «Αίτια και μέθοδοι επισκευής ρωγμών στο οπλισμένο σκυρόδεμα». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202009/2%20%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%99%CE%A9%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%98%CE%91%CE%A3%20.pdf>. Πρόσβαση στις 09/12/2021.

Καλυβά Α.(2006), «Εντοπισμός και τρόποι ενίσχυσης των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202006/3%20KALYBA.pdf>.
Πρόσβαση στις 11/12/2021.

Κουρνέτας Δ. (2010), «Διάβρωση Οπλισμένου Σκυροδέματος – Μέτρα Επέμβασης». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/English/ergasies%202010/2.%20%CE%9A%CE%9F%CE%A5%CE%A1%CE%9D%CE%95%CE%A4%CE%91%CE%A3%20%CE%94..pdf>. Πρόσβαση στις 10/12/2021.

Κέφης , Β. Ν., 2014. *Διοίκηση Ολικής Ποιότητας*. 2η επιμ. Αθήνα : Εκδόσεις Κριτική.

Κουλουμπή, Ν., (2010). "Διάβρωση και Προστασία." *Σημειώσεις Μαθήματος*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Λαγοδήμος , Α., 2003. *Διοίκηση Παραγωγικών Διαδικασιών*. Αθήνα : Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Μάμαλης Π. , Ξάνθης Δ. (2004), «Διάβρωση Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος και Τρόποι Επισκευής». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202004/No2.PDF>. 10^ο Φοιτητικό Συνέδριο « Επισκευές Κατασκευών-04. Πρόσβαση στις 11/12/2021.

Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 2016, ΦΕΚ 1561/Β/02.06.2016.

Παπαδακης Ε.Γ., Υπολογισμός διάρκειας ζωής κατασκευών από σκυρόδεμα και πειραματική επιβιβαίωση, Ημερίδα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Χαλύβων, Βόλος 16-04-2005.

ΟΑΣΠ, «Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια», Αθήνα, 2001.

Τάσιος Θ.Π. Η μηχανική της τοιχοποιίας – υπό στατικές και σεισμικές συνθήκες. Εκδόσεις Συμμετρία. Αθήνα 1987.

Τουλιάτος Παναγιώτης. «Η αντισεισμική προστασία στην ιστορία των κατασκευών στην Ελλάδα. Η σημασία των ξύλινων κατασκευών», Αθήνα, 1998

Τσώνη Ν. (2010), «Η Διάβρωση του Χάλυβα στο Σκυρόδεμα». <http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202010/3.%20%CE%A4%CE%A3%CE%A9%CE%9D%CE%97%20%CE%9D..pdf>. Πρόσβαση στις 11/12/2021.

Διαδικτυακή

<https://www.chemeng.ntua.gr/courses/dpm/pdf-files/07-oplismeno-skyrodema-givalou.pdf>. Πρόσβαση 10/11/2021.

<http://builtconstructions.in/OnlineMagazine/Builtconstructions/Pages/Protective-Coatings-for-Durable-Concrete-0142.aspx>. Πρόσβαση 15/11/2021.

Isomat. «Επισκευές ρωγμών στο σκυρόδεμα με ρητινενέσεις». <http://www.isomat.gr/%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%95%CE%A3-%CE%92%CE%91%CE%A6%CE%97/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82-%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF%CF%85-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82-%CF%81%CF%89%CE%B3%CE%BC%CF%8E%CE%BD-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CF%8C%CE%B4%CE%B5%CE%BC%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/>shop.flypage14. Πρόσβαση στις 10/12/2021.