



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αποτίμηση βλαβών και προτάσεις επισκευής σε κτιριακές υποδομές του Δήμου Θέρμης



Μελέτη

Καραγιαννίδου Κυριακή
Πολυχρονίδου Σταυρούλα

Επιβλέπων

Δρ. Παπαχριστοφόρου Μιχαήλ

Οκτώβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η εξέταση καταστροφικών και μη καταστροφικών μεθόδων σε υφιστάμενη κατασκευή για τον προσδιορισμό της αντοχής του σκυροδέματος.

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται συχνά η ανάγκη για τον έλεγχο καθώς και για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση επεμβάσεων (είτε επισκευή είτε ενίσχυση είτε συνδυασμό των δυο) σε μια υφιστάμενη κατασκευή.

Η μελέτη αναπτύσσεται σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η φθορά καθώς και η εκτίμηση αντοχής του σκυροδέματος στον χρόνο και οι καταστροφικές και μη καταστροφικές μέθοδοι αποτίμησης των κατασκευών. Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφεται η διαδικασία διερεύνησης της αντοχής του σκυροδέματος με συνδυασμό μη καταστροφικών μεθόδων και δοκιμών θλίψης σε κυλινδρικά δοκίμια. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι τρόποι αποκατάστασης της υφιστάμενης κατασκευής.

ABSTRACT

The subject of this thesis was the examination of destructive and non-destructive methods in an existing structure for the determination of the strength of the concrete. In recent years, the need for control as well as for the design and execution of interventions (either repair or reinforcement or a combination of both) is often presented in an existing structure.

The study is developed in three chapters. The first chapter presents the wear as well as the durability assessment of the concrete over time and the destructive and non-destructive methods of valuation of the constructions. In the second chapter we record the process of investigating the strength of concrete by combining non-destructive methods and tests of compression in cylindrical specimens. The third chapter analyzes the ways of restoring the existing construction.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή.....	9
1.1Φθορά σκυροδέματος στον χρόνο.....	9
1.2Συντήρηση και αποκατάσταση κατασκευής.....	9
1.3Μέθοδοι εκτίμησης αντοχής σκυροδέματος.....	11
1.4Καταστροφικοί έλεγχοι.....	11
1.5Μη καταστροφικοί έλεγχοι.....	16
1.6Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης.....	22
2.Κτίριο έλεγχου.....	23
2.1 Οπτικός έλεγχος.....	27
2.2 Έλεγχος με κρουσιμέτρηση	33
2.3 Έλεγχος υπερήχων.....	34
2.4 Υπέρυθρη θερμογραφία.....	37
2.5Εξαγωγή δοκιμίων.....	40
2.6 Θλίψη δοκιμίων στο εργαστήριο.....	45
3.Τρόποι Αποκατάστασης-Προτάσεις.....	48
4.Βιβλιογραφία.....	53
5.Ευχαριστίες.....	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Καροτιέρα	12	
Εικόνα 2 Πυρήνας	13	
Εικόνα 3 Δοκιμή εφελκυσμού χαλύβδινης ράβδου	14	
Εικόνα 4 Αναπαράσταση μεθόδου Pull-off test	15	
Εικόνα 5 Κρουσίμετρο	17	
Εικόνα 6 Σονόμετρο	17	
Εικόνα 7 Παράδειγμα μέτρησης ηλεκτρικού δυναμικού οπλισμού	19	
Εικόνα 8 Αναπαράσταση μέτρησης με ακτίνες X	20	
Εικόνα 9 Νότια όψη του κτιρίου	23	
Εικόνα 10 Εξώφυλλο σχεδίου κάτοψης 1ου ορόφου	24	
Εικόνα 11 κάτοψη ορόφου (Σχέδιο από Τεχνική Υπηρεσία Θέρμης)	25	
Εικόνα 12 Σκαρίφημα ένδειξης υποστυλωμάτων πυρηνοληψίας	26	
Εικόνα 15 Επίδραση απορροής νερού	27	
Εικόνα 13 Υγρασία στο τοιχίο	27	
Εικόνα 14 Ρωγμή στην σύνδεση τοιχίου - υποστύλωματος	27	
Εικόνα 16 Επίδραση απορροής νερού	28	
Εικόνα 17 Απώλεια νερού	28	
Εικόνα 18 Επίδραση απορροής νερού στο υποστύλωμα	29	
Εικόνα 19 Ρωγμή στο τοιχίο λόγω καθίζησης	30	
Εικόνα 20 Ρωγμή στο τοιχίο λόγω καθίζησης	30	
Εικόνα 21 Ρωγμές από θερμοκρασιακές μεταβολές στο υποστύλωμα	30	
Εικόνα 22 Ρωγμές από θερμοκρασιακές μεταβολές στο τοιχίο	30	
Εικόνα 23 Απώλεια επικάλυψης, διόγκωση οπλισμού	Εικόνα 24 Απώλεια επικάλυψης , διόγκωση οπλισμού και	31
Εικόνα 25 Ρωγμή και οξείδωση οπλισμού στον υποστύλωμα	31	
Εικόνα 26 Μέτρηση διαμέτρου οπλισμού - Ένδειξη 8.51 cm	31	
Εικόνα 27 Στάσιμο νερό στην οροφή του κτιρίου	32	
Εικόνα 28 Σοβαρή διάβρωση του οπλισμού	32	
Εικόνα 29 φθορές στον αρμό	33	
Εικόνα 30 Εκτίμηση θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος με τη χρήση κρουσίμετρου	33	
Εικόνα 31 Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης ηχητικού κύματος και θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος	35	
Εικόνα 34 υπέρυθη θερμογραφία σε υποστύλωμα	37	
Εικόνα 33 Υποστύλωμα	37	
Εικόνα 35 Υπέρυθη θερμογραφία σε υποστύλωμα	38	
Εικόνα 36 Υποστύλωμα	38	
Εικόνα 37 Υπέρυθη θερμογραφία σε υποστύλωμα	39	
Εικόνα 38 Σαρωτής οπλισμού	40	
Εικόνα 39 Κάναβος οπλισμού	41	
Εικόνα 40 Αποτύπωση κορώνας	41	
Εικόνα 41 Τοποθέτηση Καροτιέρας	42	
Εικόνα 42 Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης	42	
Εικόνα 43 Μέτρηση απόστασης από το έδαφος	43	
Εικόνα 44 Υλικό κάλυψης κενού	44	
Εικόνα 45 Μέτρηση μήκους πυρήνα	Εικόνα 46 Τοποθέτηση δοκιμίου σε σακουλάκι	44
Εικόνα 47 Μέτρηση διαμέτρου στο εργαστήριο	Εικόνα 48 Ζύγισμα δοκιμίου ..	45
Εικόνα 49 Καπέλωμα	Εικόνα 50 Σύνθλιψη δοκιμίου στην πρέσα	46
Εικόνα 51 Απομάκρυνση σκυροδέματος με πεπιεσμένο αέρα	48	
Εικόνα 52 τρίψιμο οπλισμού με βούρτσα	48	
Εικόνα 53 Καθαίρεση επιχρίσματος	49	

<i>Εικόνα 54</i> Υαλόπλεγμα	49
<i>Εικόνα 55</i> Καθαίρεση επιχρίσματος τοιχοποιίας	50
<i>Εικόνα 56</i> Σκαρίφημα αποκατάστασης ρωγμών	51
<i>Εικόνα 57</i> Σκαρίφημα αποκατάστασης σοβά.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Αποτελέσματα κρουσιμέτρου.....	34
Πίνακας 2 Αποτελέσματα μετρήσεων υπερήχων	36
Πίνακας 3 Σονομετρήσεις εργαστηρίου	45
Πίνακας 4 αποτελέσματα δοκιμών εργαστηρίου	47
Πίνακας 5 Αποτελέσματα δοκιμών στα δοκίμια	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Ένδειξη κρουσιμέτρου	34
Διάγραμμα 2 Ένδειξη ταχύτητας υπερήχων	35
Διαγραμμα 3 Εκτίμηση θλιπτικής αντοχής.....	36
Διάγραμμα 4 Διάγραμμα υπερήχων στα δοκίμια.....	46
Διάγραμμα 5 Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων υπερήχων και δοκιμής κάμψης.....	47

1.Εισαγωγή

1.1Φθορά σκυροδέματος στον χρόνο.

Οι κατασκευές από σκυρόδεμα είναι αρκετά σταθερές και ανθεκτικές, λόγω της σύστασης και της σκληρότητας του σκυροδέματος, της ποιότητας, της αναλογίας νερού/τσιμέντου και άλλων παραγόντων είναι ανθεκτικές παρόλα αυτά με την πάροδο του χρόνου εμφανίζονται κάποιες φθορές. Το πιο σύνηθες φαινόμενο είναι η μεταβολή του όγκου του σκυροδέματος, η οποία οφείλεται σε φυσικά αίτια όπως η υγρασία, η θερμοκρασία και η πίεση λόγω κρυστάλλωσης αλάτων στους πόρους και για τα οποία δεν ευθύνεται ο άνθρωπος. Οι φθορές κατηγοριοποιούνται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι η επιφανειακή φθορά και οι ρηγματώση. Στην επιφανειακή φθορά ανήκουν η απότριψη, η διάβρωση και η σπηλαιώση. Ο όρος απότριψη αναφέρεται στην ξηρά τριβή. Η διάβρωση εξαρτάται από τον λόγο νερού-τσιμέντου και το είδος των χονδρόκοκκων αδρανών, τις χημικές δράσεις που προκαλούνται από το νερό της βροχής, καθώς μεταφέρουν στο σκυρόδεμα στοιχεία που το διαβρώνουν και αυξάνουν το πορώδες, μειώνουν την μάζα και την αντοχή και διαβρώνουν τον χάλυβα, καθώς και η επίδραση απορροής νερού που είναι καταστροφική για όλες τις κατασκευές σκυροδέματος.

Στην ρηγματώση ανήκουν η μεταβολή του όγκου, η δομική φόρτιση και η έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες. Οι ρηγματώσεις μπορεί να οφείλονται σε σεισμό, σε σφάλματα ή παραλείψεις, έκθεση σε ακραίες συνθήκες, φορτία λειτουργίας, πιέσεις λόγω κρυστάλλωσης αλάτων. Δεν είναι επιθυμητό να υπάρχουν ρωγμές στις κατασκευές για λόγους αισθητικής, για το αίσθημα της ασφάλειας, την προστασία του οπλισμού, την αύξηση διαπερατότητας σε υγρά και αέρια. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν εστίες βακτηρίων και μυκήτων στο σκυρόδεμα και να το βλάψουν. Βέβαια είναι αδύνατον να μην υπάρχουν ρωγμές στις κατασκευές από σκυρόδεμα σε όλη την διάρκεια της ζωής τους και γι' αυτό τον λόγο υπάρχουν κάποια ανεκτά πλάτη ρωγμής, τα οποία δεν αφορούν την εργασία και δεν θα αναφερθούν παραπάνω.

1.2Συντήρηση και αποκατάσταση κατασκευής

Οι κατασκευές όταν φθείρονται σε μεγάλο βαθμό χρειάζεται να συντηρηθούν ή και να αποκατασταθούν. Θέμα συντήρησης και αποκατάστασης τίθεται όταν μια κατασκευή δεν μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στις λειτουργικές απαιτήσεις που πρέπει να εξυπηρετεί όπως έχει προβλεφθεί κατά τον σχεδιασμό της ή απαιτούνται σε κάποια φάση της ζωής της. Τα προβλήματα αυτά είναι άμεσα συνδεδεμένα, όπως έχει προαναφερθεί, με τις συνθήκες στις οποίες εκτίθεται, την στατική επάρκεια του φορέα και την ανθεκτικότητα των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία του έργου. Η συντήρηση και αποκατάσταση μιας κατασκευής γίνεται με οργανωμένο τρόπο ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα.

Αρχικά γίνεται μια εκτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης με οπτικό έλεγχο. Για να γίνει αυτό αναζητούνται τα σχέδια μελέτης του κτιρίου αν υπάρχουν, και αν όχι κάνει ο μηχανικός την αποτύπωση του κτιρίου σε σκαρίφημα. Στην συνέχεια αποτυπώνονται οι βλάβες του κτιρίου με φωτογράφιση ή επισήμανση πάνω στο σκαρίφημα. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) 2^η Αναθεώρηση του 2017 ΦΕΚ 2984/Β/30-08-2017 Με τον όρο «βλάβη», νοείται κάθε αλλοίωση ή απομείωση της γεωμετρίας ή των μηχανικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού ή των τοιχοπληρώσεων. Στις βλάβες, συμπεριλαμβάνονται γενικώς και οι φθορές, π.χ. λόγω φυσικοχημικών δράσεων. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται το σκυρόδεμα και ο χάλυβας από τα οποία είναι φτιαγμένη η κατασκευή, τα προστατευτικά υλικά όπως επιχρίσματα και βαφές, τα δομικά μέλη δηλαδή οι δοκοί, τα υποστυλώματα, οι αρμοί και τα τοιχία και έτσι εντοπίζονται τυχόν φθορές στην κατασκευή ώστε να αντιμετωπιστούν έγκαιρα. Κατά τον έλεγχο δίνεται προσοχή μήπως εντοπιστεί:

- Απόμιξη σκυροδέματος
- Φωλιές και απολέπιση σκυροδέματος
- Λευκές κηλίδες πάνω στο σκυρόδεμα
- Κηλίδες σκουριάς
- Ρηγματώσεις

- Αποφλοίωση σκυροδέματος και απογύμνωση του οπλισμού
- Διαβρωμένο και σπασμένο οπλισμό.

Βοηθητικά μπορούν να συμπληρωθούν κάρτες καταγραφής για την αναγνώριση και εκτίμηση των βλαβών που διαμορφώθηκαν βάσει της εμπειρίας που αναπτύχθηκε στο εργαστήριο Σκυροδέματος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο προσδιορισμός αιτιών φθοράς και βλαβών. Τα ευρήματα από τον επιτόπου και εργαστηριακό έλεγχο είναι συνήθως τα αποτελέσματα ενός φθοροποιού παράγοντα. Στην περίπτωση που υπάρχουν βλάβες, η διαδικασία αποτίμησης έχει δύο σκέλη. Αποτιμάται πρώτα το δόμημα ως έχει, με συνεκτίμηση των βλαβών. Ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, το αποτέλεσμα της αποτίμησης θα οδηγήσει στην απόφαση για επέμβαση (επισκευή ή/και ενίσχυση) ή όχι. Σε περίπτωση που απαιτείται επέμβαση, αποτιμάται το δόμημα στην προ των βλαβών κατάσταση, δηλαδή με την παραδοχή ότι απλώς θα αποκατασταθούν (επισκευασθούν) οι βλάβες. Ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, το αποτέλεσμα της αποτίμησης αυτής θα οδηγήσει στην απόφαση για απλή μόνον επισκευή ή για επισκευή και ενίσχυση. Σύμφωνα ΚΑΝ.ΕΠΕ με τον όρο **επέμβαση** νοείται οποιαδήποτε εργασία που έχει ως αποτέλεσμα την στοχευόμενη την μεταβολή υφιστάμενων μηχανικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου ή δομήματος και έχει, ως συνέπεια την τροποποίηση της απόκρισης του. Με τον όρο **επισκευή** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα που έχει βλάβες από οποιαδήποτε αιτία, η οποία αποκαθιστά τα προ της βλάβης μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του δομήματος και το επαναφέρει στην αρχική του φέρουσα ικανότητα. Με τον όρο **ενίσχυση** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα με ή χωρίς βλάβες, η οποία αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα ή πλαστιμότητα του στοιχείου ή φορέα σε στάθμη υψηλότερη από αυτήν του αρχικού σχεδιασμού. Στην λήψη αυτής της απόφασης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η διάρκεια ζωής του έργου και η ανθεκτικότητα.

Αυτές είναι δύο διαφορετικές έννοιες που συχνά κάποιος μπορεί να τις μπερδέψει. Ανθεκτικότητα είναι η ικανότητα διατήρησης της λειτουργικότητας ενός προϊόντος εξαρτήματος ή κατασκευής για καθορισμένο χρόνο. Η λειτουργικότητα είναι η ικανότητα των παραπάνω να εκτελέσουν τις λειτουργίες για τις οποίες έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί. Αντιθέτως, η διάρκεια ζωής (κατασκευαστικού στοιχείου ή υλικού) είναι η περίοδος του χρόνου μετά την εγκατάσταση κατά την διάρκεια της οποίας όλες οι ιδιότητες υπερβαίνουν τις ελάχιστα αποδεκτές τιμές, με δεδομένο ότι συντηρούνται συστηματικά. Τρεις τύποι διάρκειας ζωής έχουν αναγνωριστεί. Η τεχνική διάρκεια είναι ο χρόνος από την κατασκευή μέχρι την εμφάνιση μιας μη αποδεκτής κατάστασης (π.χ αστοχία δομικών στοιχείων). Η λειτουργική διάρκεια ζωής είναι το διάστημα μέχρι η κατασκευή να μην πληρεί κάποιες λειτουργικές απαιτήσεις (πχ αυξημένα φορτία λειτουργίας, μεγαλύτερο άνοιγμα δρόμου κ.α), και τέλος οικονομική διάρκεια ζωής είναι όταν η αντικατάσταση της κατασκευής ή μέρος αυτής είναι πιο οικονομική λύση από το να διατηρείται σε λειτουργία. Μεθοδολογίες για την αύξηση της ζωής του έργου εφαρμόζονται τόσο κατά τον σχεδιασμό όσο και κατά την λειτουργία του. Έχουν δημιουργηθεί διάφορα εργαλεία - μεθοδολογίες για την για την πρόβλεψη διάρκειας ζωής ενός έργου, και εφαρμόζονται όταν παρέχονται πληροφορίες για την υφιστάμενη κατάσταση, ρυθμό διάβρωσης, παλαιά και μελλοντικά επίπεδα φόρτισης, και ορισμός του τέλους ζωής του έργου. Το τέλος ζωής του έργου επέρχεται όταν η στατική ασφάλεια είναι ανεπαρκής λόγω διάβρωσης ή παραλαβής φορτίων μεγαλύτερων από αυτών που μπορεί να παραλάβει η κατασκευή, όταν υποστεί σημαντική υποβάθμιση των υλικών όπως διάβρωση οπλισμού, το κόστος συντήρησης ξεπερνά τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, αισθητικοί λόγοι και όταν το έργο δεν επαρκεί για νέες ανάγκες που δημιουργούνται.

Έπειτα, γίνεται η μελέτη επισκευής και η εκτέλεση του έργου. Βέβαια, για την μελέτη αυτή καθώς και τις ενέργειες που θα γίνουν, έχει λόγω ο ιδιοκτήτης καθώς έχει πολλές επιλογές ανάλογα με το τι σχεδιάζει να κάνει ώστε η επισκευή να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες του κτιρίου, και φυσικά τα χρήματα που θέλει να διαθέσει. Μερικές από αυτές τις επιλογές είναι:

- Καμία ενέργεια για ένα χρονικό διάστημα
- Υποβάθμιση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής ή της λειτουργίας της
- Αποτροπή ή μείωση περαιτέρω βλάβης χωρίς επισκευή ή βελτίωση

- Αναβάθμιση, ενίσχυση συνολική ή τμηματική ανακατασκευή
- Κατεδάφιση

Επίσης σημαντικοί παράγοντες κατά την φάση εξέτασης αυτών των επιλογών είναι:

- Η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής που συνεπάγονται οι ενέργειες επισκευής και προστασίας
- Η απαιτούμενη ανθεκτικότητα και απαιτήσεις
- Ο τρόπος με τον οποίο θα αναλαμβάνονται τα φορτία πριν, κατά την διάρκεια μετά τις εργασίες επισκευής
- Η δυνατότητα για περαιτέρω εργασίες επισκευών στο μέλλον, λαμβάνοντας υπόψη την ευκολία πρόσβασης και συντήρησης
- Οι δαπάνες των εναλλακτικών επιλογών και των πιθανών τεχνικών λύσεων.

Στην φάση της εκτέλεσης της επισκευής ακολουθούνται ορισμένες Τεχνικές και Είδη επεμβάσεων, οι οποίες αναλύονται παρακάτω. Για τον οπλισμό γίνεται κυρίως αντικατάσταση οπλισμού, δηλαδή απομακρύνεται ο παλιός και αντικαθίσταται με νέες ράβδους που συγκολλούνται. Μέχρι να τελειώσει αυτή η διαδικασία το δομικό στοιχείο πρέπει να υποστηρίζεται. Εκτός από την αντικατάσταση του οπλισμού, δίνεται προσοχή και για την προστασία του. Η προστασία στον οπλισμό παρέχεται με επικάλυψη τσιμεντοκονίας επί τόπου ή με χρήση επικαλυμμένων χαλύβων. Η ποιότητα του χάλυβα που επικαλύπτεται παίζει ρόλο στην επιτυχημένη επικάλυψη. Οι διατομές ενισχύονται με πρόσθετες μεταλλικές πλάκες που τοποθετούνται στην εφελκόμενη ζώνη, σε πτέρυγα δοκών, στην θλιβόμενη ζώνη και αντικαθίστανται όταν οξειδώνονται. Τα πλεονεκτήματα είναι: 1. απλότητα εφαρμογής 2. μικρές αλλαγές στην διατομή 3. μικρή σχετικά αύξηση του ίδιου βάρους. Η συγκόλληση αυτής της μεταλλικής πλάκας γίνεται με αποξειδική ρητίνη που έχει χαμηλό μέτρο ελαστικότητας και υψηλό συντελεστή διαστολής. Για την ανακατασκευή μεγάλων τμημάτων διατομής, πρέπει όλο το ανθρακωμένο σκυρόδεμα να απομακρύνεται και να ακολουθούνται σχολαστικά οι οδηγίες καθαρισμού, πλυσίματος και τράχυνσης των επιφανειών. Περιπτώσεις εφαρμογής είναι όταν δεν υπάρχει πρόσβαση, δεν είναι δυνατή η εφαρμογή ξυλότυπου και απαιτούνται λεπτά στρώματα επικάλυψης. Τα αυλικά που θα χρειαστούν είναι το σκυρόδεμα ταχείας πήξεως, ιπταμένη τέφρα, τα αδρανή και τα πρόσμικτα. Και τέλος η πλήρωση ρωγμών με ενέματα, τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι τσιμεντοκονίαμα.

1.3 Μέθοδοι εκτίμησης αντοχής σκυροδέματος

Η εκτίμηση αντοχής του σκυροδέματος και του χάλυβα των υφιστάμενων κατασκευών γίνεται με ορισμένες μεθόδους που χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις Καταστροφικές μεθόδους και τις Μη Καταστροφικές μεθόδους. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν οι Καταστροφικές μέθοδοι. Όπως γίνεται σαφές και από την ίδια την λέξη, οι μέθοδοι αυτοί επιβαρύνουν την αντοχή και την στατικότητα του κτιρίου, τα αποτελέσματα τους όμως είναι πολύ αξιόπιστα.

1.4 Καταστροφικοί έλεγχοι

Η πρώτη μέθοδος που θα αναλυθεί είναι η μέθοδος της **πυρηνοληψίας**, η οποία επικεντρώνεται στην αντοχή του σκυροδέματος. Η διερεύνηση του σκυροδέματος σκοπεύει, κυρίως, στον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής, για κάθε περιοχή του φέροντος οργανισμού. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αναμενόμενη συστηματική διαφοροποίηση αντοχής σκυροδέματος, ανάλογα με τη χαρακτηριστική θέση-του στον φορέα, και ανάλογα με τις συνθήκες σκυροδέτησης, συμπίκνωσης και συντήρησης. Με την μέθοδο αυτή, ο πολιτικός μηχανικός πρέπει να έχει στην διάθεση του τον απαραίτητο εξοπλισμό που απαιτείται. Με τα κατάλληλα εργαλεία (καροτιέρα) εξάγει πυρήνες από τα υποστυλώματα του υφιστάμενου κτιρίου τα οποία στην συνέχεια τα στέλνει σε κάποιο πιστοποιημένο εργαστήριο ώστε να τα συνθλίψουν και να διαγνώσουν επακριβώς την αντοχή του σκυροδέματος κάθε δοκιμίου, καθώς έχουν μετρηθεί νωρίτερα η διάμετρος το ύψος και το μήκος ενανθράκωσης κάθε δοκιμίου.



Εικόνα 1 Καροτιέρα

Το πλήθος των θέσεων στις οποίες θα γίνονται πυρηνοληψίες διαφέρουν από κτίριο σε κτίριο καθώς πρέπει να υπάρχει ένας δείκτης αξιοπιστίας. Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) που αφορούν δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφισταμένου κτιρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Διακρίνονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων: i. «Υψηλή» ii. «Ικανοποιητική» iii. «Ανεκτή». Απαιτούμενο πλήθος δοκιμών - Σ.Α.Δ. α. Για μικρά (μέχρι διώροφα) κτίρια, το απολύτως ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος πυρήνων, είναι $n = 3$, από ομοειδή δομικά στοιχεία. Για μεγαλύτερα κτίρια, απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον «κρίσιμο» όροφο. Κρίσιμος όροφος, νοείται εκείνος στον οποίο αναμένεται η δυσμενέστερη καταπόνηση λόγω σεισμού. Στις συνήθεις περιπτώσεις κρίσιμος όροφος είναι ο κατώτερος (ισόγειο), ιδίως σε περιπτώσεις pilotis. β. Για να μπορεί η Σ.Α.Δ., για την αντοχή του σκυροδέματος, να θεωρείται «υψηλή» πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν σε κάθε όροφο επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 45% των κατακόρυφων στοιχείων
- Το 25% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

γ. Για να μπορεί η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «ικανοποιητική», αρκεί οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν ένα μικρότερο αλλά επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 30% των κατακόρυφων στοιχείων
- Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $\leq 0,20 X \leq S$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «υψηλή». δ. Με εφαρμογή της μεθόδου στο μισό των παραπάνω ποσοστών του εδαφίου (γ), η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ανεκτή», εκτός αν τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $\leq 0,20 X \leq S$), οπότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ικανοποιητική» ε. Σε ειδικές περιπτώσεις κτιρίων για τα οποία διατίθενται υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής τους, οι δοκιμές για την επαλήθευση των διατιθέμενων πληροφοριών μπορούν να περιορίζονται στην ελάχιστη πυρηνοληψία όπως προβλέπεται στο πιο πάνω εδάφιο

(α), από ομοειδή δομικά στοιχεία κάθε ορόφου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επαρκής σύγκλιση των αποτελεσμάτων (η απόκλιση αντοχής κάθε πυρήνα να είναι μικρότερη από το 15% της μέσης τιμής). Στις περιπτώσεις αυτές η Σ.Α.Δ. θεωρείται «ικανοποιητική». Είναι όμως δυνατόν, εάν εκτελεστούν οι δοκιμές του εδαφίου (γ), η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «υψηλή».



Εικόνα 2 Πυρήνας

Τα σημεία από τα οποία εξάγονται οι πυρήνες μετά τα καλύπτονται με επισκευαστικό κονίαμα. Η μετατροπή της αντοχής των πυρήνων στην πραγματική επιτόπου αντοχή, γίνεται μέσω διορθωτικών συντελεστών, με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη:

- Ο λόγος του ύψους προς τη διάμετρο του πυρήνα
- Η διάμετρος του πυρήνα
- Το πάχος του στοιχείου από το οποίο ελήφθη ο πυρήνας
- Η διαταραχή από την πυρηνοληψία.

Τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δίνουν την αντοχή του δοκιμίου σε ΜΡα για την συγκεκριμένη δύναμη που ασκήθηκε. Έτσι υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα για την αντοχή και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα καθώς απαιτείται η παροχή νερού και ρεύματος για την λήψη των δοκιμίων, ο ακριβής εντοπισμός της θέσης του οπλισμού εντός του υποστρώματος, η απομάκρυνση του κοινού σε μια απόσταση για την αποφυγή τυχόν ατυχήματος, και φυσικά είναι πολύ σημαντική η εμπειρία του χειριστή. Οι πυρήνες που θα σταλούν στο εργαστήριο πρέπει να μην έχουν οπλισμό για να είναι τα αποτελέσματα ακριβή, βέβαια λόγω του ότι δεν είναι πάντα αυτό εφικτό, είναι ανεκτή η παρουσία οπλισμού μέχρι διαμέτρου 8 χιλιοστών. Επίσης τα δοκίμια πρέπει να έχουν μήκος 10 εκατοστά ώστε να μπορεί να γίνει η απαραίτητη προετοιμασία στο εργαστήριο για να μπουν στο μηχάνημα που θα τα συνθλίψει (πρέσα). Τα δοκίμια στο εργαστήριο διατηρούνται σε περιβάλλον υγρασίας άνω των 80% μέχρι να ελεγχθούν. Τροχίζονται στα άκρα ώστε να είναι λεία, κατελώνονται με ένα ειδικό υγρό και στην συνέχεια τοποθετούνται στο μηχάνημα που θα τους ασκηθεί δύναμη μέχρι να σπάσουν. Όλα αυτά βέβαια μετρούνται ώστε να βγει το αποτέλεσμα.

Άλλος ένας καταστροφικός έλεγχος είναι ο **έλεγχος απομένουσας αντοχής χάλυβα**. Ο προσδιορισμός της κατηγορίας του χάλυβα οπλισμού υφισταμένου κτιρίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Η κατάταξη του χάλυβα μπορεί να γίνει με οπτική αναγνώριση (επιφάνεια λεία ή με νευρώσεις, τυχόν αναγνώσιμες σημάνσεις στην επιφάνεια των ράβδων), σε συνδυασμό και με την εποχή κατασκευής του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή η

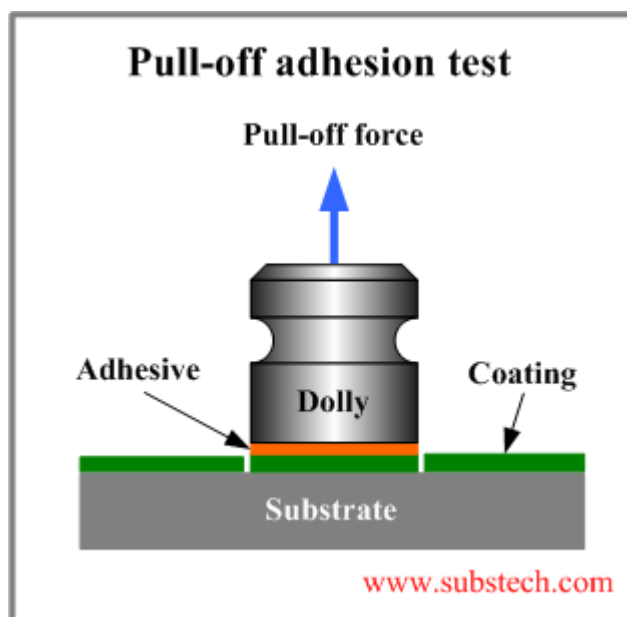
Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θεωρείται «κανονοποιητική». Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα που θα χρησιμοποιούνται κατά τον έλεγχο της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων, επιτρέπεται να λαμβάνονται από τα προβλεπόμενα στους αντίστοιχους Κανονισμούς για την κατηγορία χάλυβα. Στην περίπτωση που υπάρχουν αμφιβολίες για την αξιοπιστία της κατάταξης του χάλυβα με οπτική αναγνώριση, θα χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά που θα προκύπτουν από κατάλληλη διερεύνηση. Η διερεύνηση για τον προσδιορισμό των «πραγματικών» χαρακτηριστικών του χάλυβα (όριο διαρροής, αντοχή, ολκιμότητα) πρέπει να περιλαμβάνει τη δοκιμή σε τρία τουλάχιστον δείγματα περίπου ίδιας διαμέτρου από δομικά στοιχεία του κρίσιμου ορόφου. Αν από τα δείγματα αυτά, διαπιστωθεί η παρουσία χαλύβων που κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες, τότε η έρευνα πρέπει να επεκταθεί, ώστε να προσδιοριστούν τα δομικά στοιχεία στα οποία έχει εφαρμοστεί κάθε κατηγορία. Μόνον στην περίπτωση αυτή η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θα θεωρείται «υψηλή». Όταν από τον ανασχεδιασμό προβλέπεται συγκόλληση νέων με παλιούς οπλισμούς, πρέπει να γίνεται έρευνα για τη «συγκολλησιμότητά» τους. Μετά τον οπτικό έλεγχο όπου διαπιστώνεται αν ο οπλισμός είναι λείος, και σε τι βαθμό βρίσκεται η διάβρωση του, λαμβάνονται δείγματα χάλυβα ικανού μήκους από την κατασκευή τα οποία επεξεργάζονται στον τόρνο για να δημιουργηθούν καθαρές διατομές. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος των δειγμάτων σε εφελκυσμό και υπολογίζονται το φορτίο διαρροής και το μέγιστο φορτίο. Εκτός από αυτά που είναι και τα σημαντικότερα, μετρούνται και άλλα στοιχεία του δοκιμίου όπως, το αρχικό του μήκος, η επιμήκυνση, η διάμετρος, το φορτίο θραύσης, η πλαστική παραμόρφωση και αν είναι συγκολλησιμος ή όχι.



Εικόνα 3 Δοκιμή εφελκυσμού χαλύβδινης ράβδου

Μια ακόμα καταστροφική μέθοδος για την εκτίμηση αντοχής είναι η μέθοδος **εκτίμησης επί-τόπου αντοχής Pull-off test**. Με την μέθοδο αυτή εκτιμάται η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος τόσο σε καινούριες όσο και σε υφιστάμενες κατασκευές, όπως και την συνάφεια επισκευαστικών υλικών με την υπόβαση. Στην επιφάνεια του σκυροδέματος συγκολλάτε ένας ορθοστάτης χρησιμοποιώντας μια ισχυρή κόλλα, πιθανώς αποξειδική ή πολυεστερική ρητίνη, που είναι ισχυρότερη από τον δεσμό που πρέπει να δοκιμαστεί, στην συνέχεια καταμετράται η δύναμη που απαιτείται για να τραβηχτεί το πείρο από την επιφάνεια μαζί με τον φορέα. Με βάση το φορτίο που απαιτείται για την αποκοπή ενός πυρήνα σκυροδέματος, υπολογίζεται η αντοχή του. Για την μέθοδο αυτή απαιτείται απλός μηχανικός χειροκίνητος εξοπλισμός. Όταν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, οι δοκιμές μπορούν να πραγματοποιηθούν με πιο προηγμένο εξοπλισμό που ονομάζεται ελεγκτής δεσμών. Ένας ελεγκτής δεσμών παρέχει περισσότερο έλεγχο και ενδεχομένως

αυτοματοποίηση. Αποτελεί μέθοδο χαμηλής δυσκολίας καθώς δεν απαιτεί εξειδίκευση και δεν διατρέχει κίνδυνο ο χειριστής ούτε οι άνθρωποι που βρίσκονται πλησίον του.



Εικόνα 4 Αναπαράσταση μεθόδου Pull-off test

Όπως είναι φανερό οι καταστροφικές μέθοδοι έχουν κάποια πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα που βρίσκονται συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα.

Πλεονεκτήματα καταστροφικών ελέγχων	Μειονεκτήματα καταστροφικών ελέγχων
Αξιόπιστα και ακριβή δεδομένα	Δεδομένα μόνο για το δείγμα που εξετάζεται
Χρήση δεδομένων για δημιουργία κανονισμών	Συνήθως μετά την δοκιμή το δοκίμιο δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί
Η διάρκεια ζωής των αντικειμένων μπορεί να προβλεφθεί	Μεγάλος και ακριβός εργαστηριακός εξοπλισμός

1.5 Μη καταστροφικοί έλεγχοι.

Μη καταστροφικές δοκιμές ονομάζονται οι έλεγχοι οι οποίοι επιτρέπουν την ανίχνευση και μέτρηση των ιδιοτήτων του υλικού ή ατελειών χωρίς να καταστρέφουν το εξεταζόμενο αντικείμενο.

Οι χρήσεις των Μη καταστροφικών ελέγχων είναι:

- Ανίχνευση ελαττωμάτων και αξιολόγηση
- Διαρροές
- Εντοπισμός θέσης
- Μετρήσεις διαστάσεων
- Χαρακτηρισμός μικροδομής
- Εκτίμηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών
- Μετρήσεις δυναμικής απόκρισης
- Διαχωρισμός υλικών
- Χημική ανάλυση

Η πρώτη μέθοδος είναι ο **οπτικός έλεγχος**. Η μέθοδος αυτή παρέχει μια άμεση εκτίμηση της επιφανειακής κατάστασης του σκυροδέματος για τον προσδιορισμό των ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων ασυνεχειών, αποχρωματισμών, διάβρωσης, διαστασιολογική συμμόρφωση και έλεγχο συναρμολόγησης . Αυτός που διενεργεί τον έλεγχο χρησιμοποιεί μεγεθυντικό φακό, ηλεκτρικό φακό ή ρωγμοσκόπιο.

Πλεονεκτήματα οπτικού ελέγχου	Μειονεκτήματα οπτικού ελέγχου
Εφαρμόζεται σε όλα τα υλικά	Περιορίζεται στην επιφάνεια
Απλή εφαρμογή	Φωτισμός
Χαμηλό κόστος	Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται εμπειρία από τον χρήστη ενώ το αποτέλεσμα εξαρτάται από τις γνώσεις και την οπτική οξύτητα του
Σχετικά γρήγορος έλεγχος	Δεν είναι εύκολη η απόκτηση του απαραίτητου επιπέδου για ένα χειριστή
Τα αποτελέσματα μπορούν να καταγραφούν σε μόνιμο αρχείο	
Μπορεί να αυτοματοποιηθεί με τη βοήθεια κάμερας και ηλεκτρονικού υπολογιστή	

Άλλη μια μέθοδος είναι η **κρουσιμέτρηση** η οποία είναι η συνηθέστερη μη καταστρεπτική μέθοδος ελέγχου. Βασίζεται στο συσχετισμό της σκληρότητας της επιφάνειας του σκυροδέματος με τη θλιπτική αντοχή του. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η σκληρότητα της επιφάνειας του σκυροδέματος ανάλογα με το ύψος αναπήδησης του κρουσιμέτρου. Μειονέκτημα της μεθόδου, είναι ότι απαιτούνται συχνές βαθμονομήσεις του οργάνου ανάλογα με τον τύπο τσιμέντου και την ποιότητα των αδρανών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Τα αποτελέσματα μπορούν να επηρεαστούν από τις επιφανειακές συνθήκες και τις διαστάσεις του σκυροδέματος. Συνήθως η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι επαρκής μέχρι βάθος 30 mm και αυξημένη στις λείες επιφάνειες (ακατάλληλες θεωρούνται οι ανώμαλες ή μετά από κοπή επιφάνειες). Επίσης, για την αύξηση της αξιοπιστίας του οργάνου, οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται σε ξηρά στοιχεία γιατί η

παρουσία υγρασίας στο σκυρόδεμα του δοκιμίου έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της. Ένας πρόσθετος παράγοντας που μπορεί να επιφέρει μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ της πραγματικής αντοχής του σκυροδέματος και αυτής που υπολογίζεται, είναι το βάθος ενανθράκωσης. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, συνιστάται η αφαίρεση μίας επιφανειακής στρώσης πάχους έως 5 mm από την επιφάνεια του δοκιμίου.



Εικόνα 5 Κρουσίμετρο

Επόμενη μέθοδος είναι η **χρήση υπερήχων**. Η ομοιομορφία και η ποιότητα του σκυροδέματος της κατασκευής μπορεί να εκτιμηθεί με την εκπομπή υπερήχων διαμέσου του σκυροδέματος και τη μέτρηση της ταχύτητάς τους. Οι μετρούμενες τιμές εξαρτώνται από την υφή της επιφάνειας, την υγρασία, τη θερμοκρασία, το μήκος της διαδρομής, αλλά κυρίως είναι συνάρτηση του οπλισμού, των ενδεχόμενων εσωτερικών ατελειών και ρωγμών του σκυροδέματος, καθώς και της πυκνότητάς του. Η μέθοδος των υπερήχων είναι δημοφιλής για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής, του μέτρου ελαστικότητας, της σταθεράς του Poisson και της ποιότητας του σκυροδέματος. Επίσης, με τη μέθοδο των υπερήχων μπορούν να μετρηθούν αλλαγές που παρατηρούνται με την πάροδο του χρόνου στις ιδιότητες του σκυροδέματος των κατασκευών.



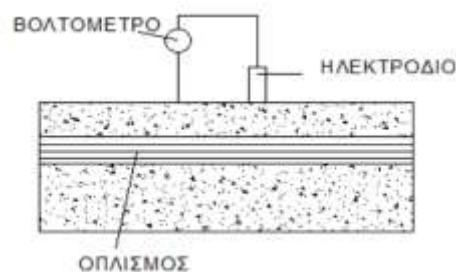
Εικόνα 6 Σονόμετρο

Πλεονεκτήματα υπερήχων	Μειονεκτήματα υπερήχων
Μεγάλη διεισδυτική ικανότητα	Δεν μόνιμη καταγραφή των δεδομένων
Ακριβής προσδιορισμός θέσης και μεγέθους	Τα αποτελέσματα του ελέγχου απαιτούν ερμηνεία
Απαιτείται πρόσβαση σε μία μόνο επιφάνεια του υπό τον έλεγχο αντικειμένου	Η εμπειρία του χειριστή είναι σημαντική
Απαιτείται ελάχιστη προετοιμασία του αντικειμένου προς έλεγχο	Αντικείμενα που έχουν τραχεία επιφάνεια, ακανόνιστο σχήμα, ή είναι πολύ μικρά σε μέγεθος ή έχουν πολύ λεπτή διατομή ή μη ομοιογενή, είναι δύσκολο να ελεγχθούν
Τα σύγχρονα συστήματα παρέχουν πλήρη αυτοματοποίηση με δυνατότητα απεικόνισης υψηλής ευαισθησίας, παρέχοντας άμεσα αποτελέσματα	Η επιφάνεια του δοκιμίου πρέπει να είναι προσπελάσιμη για μετάδοση υπερήχων
Η υψηλή ευαισθησία – ανίχνευση πολύ μικρών ατελειών	Ασυνέχειες που υπάρχουν σε μικρό βάθος αμέσως κάτω από την επιφάνεια, είναι δύσκολο να ανιχνευθούν
Δυνατότητα ογκομετρικής ανίχνευσης, που επιτρέπει τον έλεγχο του συνολικού όγκου του αντικειμένου, που εκτείνεται από την εμπρός επιφάνεια ως την πίσω επιφάνεια του	Είναι δύσκολος ο έλεγχος χονδροκόκκων υλικών εξαιτίας της μεγάλης εξασθένησης των υπερήχων και του υψηλού σήματος θορύβου στα υλικά αυτά
Δυνατότητα ψηφιακής επεξεργασίας	Γραμμικές ατέλειες προσανατολισμένες παράλληλα με τη δέσμη των υπερήχων μπορεί να μην ανιχνευτούν
Φορητότητα	Απαιτείται μέσο σύζευξης για την αποτελεσματική μεταφορά της ηχητικής ενέργειας στο δοκίμιο
Κανένας κίνδυνος για την υγεία των χειριστών από την χρήση της μεθόδου	Απαιτούνται πρότυπα αναφοράς τόσο για την βαθμονόμηση του εξοπλισμού όσο και για τον χαρακτηρισμό των ατελειών
Δεν απαιτούνται αναλώσιμα	

Στην συνέχεια θα αναφερθούν οι **μαγνητικές μέθοδοι**. Η μέθοδος αυτή και η δημιουργία μαγνητικού πεδίου πραγματοποιείται με κατάλληλα βαθμονομημένες συσκευές με στόχο τον προσδιορισμό της θέσης και της διαμέτρου του οπλισμού με σημείο αναφοράς την επιφάνεια του σκυροδέματος, καθώς επίσης και του πάχους της επικάλυψης του σκυροδέματος. Τα όργανα ανάλογα με τον τύπο τους μπορούν να μετρήσουν την επικάλυψη με ένα σφάλμα της τάξης του $\pm 0,01$ για βάθος έως 180 mm. Οι συσκευές αυτές είναι φορητά όργανα, ανιχνεύουν με ακρίβεια τη θέση της εξωτερικής στρώσης οπλισμού μόνο και κατά συνέπεια, είναι περισσότερο αποδοτικά για τον εντοπισμό του οπλισμού πλακών με μία στρώση οπλισμού. Η αξιοπιστία τους μειώνεται στην περίπτωση πλακών οπλισμένων με πλέγμα ή δοκών και υποστυλωμάτων με περισσότερες από μία στρώσεις οπλισμού, καθώς και με την αύξηση του πάχους της επικάλυψης

Πλεονεκτήματα μαγνητικών μεθόδων	Μειονεκτήματα μαγνητικών μεθόδων
Ανιχνεύει επιφανειακές και ελαφρώς υπό-επιφανειακές ασυνέχειες	Ελέγχει μόνο φερρομαγνητικά υλικά
Ελέγχει τεμάχια με οποιαδήποτε γεωμετρία	Έλεγχος μεγάλων τεμαχίων απαιτεί χρήση υψηλής ενέργειας
Ο προκαταρκτικός καθαρισμός δεν είναι τόσο κρίσιμος, αλλά παραμένει επιθυμητός. Ακόμα και αν η ρωγμή είναι γεμάτη με άλλο υλικό θα υπάρξει διαρροή μαγνητικών γραμμών	Περιορισμένο βάθος ανίχνευσης (μέχρι 15 mm)
Γρήγορη μέθοδος	Καθαρισμός και απομαγνητισμός είναι απαραίτητα μετά τον έλεγχο
Οι ενδείξεις υποδεικνύουν ακριβώς το σημείο βλάβης χωρίς περαιτέρω ανάλυση	Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη διεύθυνση μεταξύ της μαγνητικής ροής και των πιθανών ρωγμών
Χαμηλό κόστος	
Είναι κινητή μέθοδος. Όλα τα όργανα χωρούν σε βαλιτσάκι.	

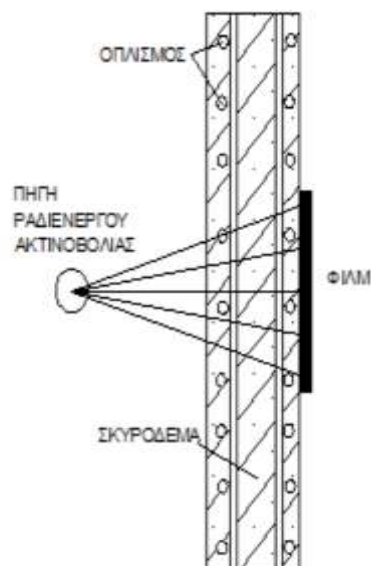
Έπεται η μέθοδος με την **μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού σιδηροπλισμού**. Η μέθοδος αυτή υποδεικνύει πόσο έχει διαβρωθεί ο οπλισμός και αν υπάρχουν οποιεσδήποτε ηλεκτροχημικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Η τακτική που γίνεται είναι η μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού των ράβδων οπλισμού του σκυροδέματος με χρήση ηλεκτροδίου χαλκού ή αργίλου, το ένα άκρο του οποίου συνδέεται με βολτόμετρο και το άλλο με τη ράβδο του οπλισμού. Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να δώσει πληροφορίες για το βαθμό της διάβρωσης, όπως για παράδειγμα το ποσοστό απομείωσης της διατομής, ενώ ταυτόχρονα παρέχει ενδείξεις και όχι αποδείξεις διαβρωτικής δράσης.



Εικόνα 7 Παράδειγμα μέτρησης ηλεκτρικού δυναμικού οπλισμού

Ακόμη μια μέθοδος είναι η **ακτινογράφιση με ακτίνες "X" και "Γ"**.

Οι ακτίνες "X" χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης των ράβδων οπλισμού και για την εξέταση της πυκνότητας και της σύστασης του σκυροδέματος. Με τη χρήση ακτίνων "Γ" μπορούν να εντοπιστούν κενά, καθώς και να υπολογιστεί η διάμετρος των ράβδων. Τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα, όμως το μειονέκτημα της μεθόδου είναι το αυξημένο κόστος της και ο αυξημένος κίνδυνος που υπάρχει τόσο για τον χειριστή όσο και για τους ανθρώπους που ενδεχομένως βρίσκονται σε ακτίνα μερικών μέτρων, καθώς αυτή η μέθοδος είναι επιβλαβής για την υγεία και μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στην υγεία του ανθρώπου. Ο έλεγχος αυτός, δεν είναι ακριβής στην περίπτωση όπου τα πάχη του σκυροδέματος είναι μεγαλύτερα από 30 cm. Επίσης, η αξιοπιστία των μετρήσεων μειώνεται με την παρουσία περισσοτέρων της μίας στρώσεων οπλισμού, ενώ παράλληλα απαιτείται πρόσβαση και στις δύο πλευρές του στοιχείου που πρόκειται να ελεγχθεί.



Εικόνα 8 Αναπαράσταση μέτρησης με ακτίνες X

Επόμενη μέθοδος η **θερμογράφιση με υπέρυθρη ακτινοβολία**. Στην μέθοδο αυτή, τοποθετείται στη μία πλευρά του στοιχείου μια υπέρυθρη ακτινοβολία έχοντας ως αποτέλεσμα η ροή της υπέρυθρης ενέργειας να καταγράφεται και να αναλύεται. Τυχόν κενά ή ασυνέχειες στο σώμα του σκυροδέματος διαταράσσουν τη ροή της ακτινοβολίας και έτσι μπορούν να εντοπιστούν. Η θερμογράφιση με υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την ανίχνευση διάβρωσης, εσωτερικών ρωγμών, κενών, αυξημένου πορώδους και αλλαγών στη σύσταση του σκυροδέματος. Επιπλέον, αποτελεί συνήθη πρακτική για τη διερεύνηση του καταστρώματος γεφυρών μέσω μετρήσεων της ομοιόμορφης αύξησης ή μείωσης της επιφανειακής θερμοκρασίας. Πλεονέκτημα της παρούσας μεθόδου είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνει, ενώ μειονέκτημα της είναι το σχετικά υψηλό κόστος του ειδικού εξοπλισμού που απαιτείται για τη διενέργειά της.

Πλεονεκτήματα θερμογράφισης	Μειονεκτήματα θερμογράφισης
Τεχνική πλήρους πεδίου με ταχύ ρυθμό ελέγχου	Οι θερμικές απώλειες, λόγω θερμικής μεταβίβασης ή ακτινοβολίας, μπορούν να οδηγήσουν σε ψευδείς αντιθέσεις που πλήττουν την αξιοπιστία της ερμηνείας των θερμογραφημάτων
Τεχνική μη επαφής	Κόστος εξοπλισμού
Ασφαλής για το προσωπικό ελέγχου	Δυνατότητα ανίχνευσης μόνο ατελειών που οφείλονται σε μετρήσιμη αλλαγή των θερμικών ιδιοτήτων
Τα αποτελέσματα είναι σχετικά εύκολο να ερμηνευτούν	Ικανότητα ελέγχου μικρού πάχους υλικού κάτω από την επιφάνεια
Μεγάλο εύρος εφαρμογών	Προβλήματα με τον συντελεστή εκπομπής
Μοναδικό εργαλείο ελέγχου για κάποιες εφαρμογές	

Μία μέθοδος των ΜΚΕ είναι η **ακουστική εκπομπή**, η οποία είναι τεχνική παθητικής κατάστασης απεικόνισης που επιτρέπει τη συνεχή εξέταση της κατασκευής ενώ είναι σε χρήση. Αναφέρεται στους παλμούς που οφείλονται στη μεταβολή της ενέργειας ελαστικής έντασης, που συμβαίνει στο υλικό σαν αποτέλεσμα παραμόρφωσης και θραύσης. Μέσω του υλικού διαδίδεται μέρος της ενέργειας, που μπορεί να ανιχνευτεί από δέκτες υψηλής ευαισθησίας, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στην επιφάνεια της κατασκευής. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ατελειών. Επίσης, χρησιμοποιεί πολλούς αισθητήρες υπερήχων, οι οποίοι τοποθετούνται στην επιφάνεια του υπό εξέταση αντικειμένου και σε απόσταση μεταξύ τους ώστε να καλύπτουν όλο το αντικείμενο. Η χρονική συσχέτιση των σημάτων τους επιτρέπει τον γεωμετρικό προσδιορισμό της θέσης της πηγής κάθε παλμού. Ατέλειες, οι οποίες βρίσκονται σε ακτίνα 1 m από τους αισθητήρες, μπορεί να εντοπιστεί η θέση τους με ακρίβεια εκατοστού.

Πλεονεκτήματα ακουστικής εκπομπής	Μειονεκτήματα ακουστικής εκπομπής
Μπορεί να καλύψει μεγάλες επιφάνειες και κατασκευές	Δεν εκπέμπονται παλμοί ακουστικής εκπομπής από όλες τις ατέλειες του υλικού
Δείχνει ότι υπάρχουν ατέλειες που επεκτείνονται	Η απόδοση της εξαρτάται από τη μέθοδο φόρτισης της κατασκευής και από την ύπαρξη θορύβου
Εντοπίζει τις ατέλειες και σε απρόσιτα σημεία	Δεν καθορίζει το μέγεθος της ατέλειας
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενώ η κατασκευή λειτουργεί	Δεν είναι ακόμη πλήρως τυποποιημένη

Τέλος η μέθοδος της **μέτρηση του ποσοστού υγρασίας με εκπομπή νετρονίων** κατά την οποία ένα φορητό όργανο εκπέμπει ροή νετρονίων στο σώμα του στοιχείου και, καθώς η ταχύτητα της ακτινοβολίας μειώνεται με την υγρασία, το ποσοστό υγρασίας υπολογίζεται με μέτρηση της ταχύτητας των νετρονίων. Είναι μια αξιόπιστη μέθοδος για τον προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας του σκυροδέματος, όμως το κόστος του φορητού οργάνου που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Μη Καταστρεπτικών Ελέγχων:

Πλεονεκτήματα Μη Καταστρεπτικών ελέγχων	Μειονεκτήματα Μη Καταστρεπτικών ελέγχων
Το αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά τη δοκιμή	Μεγάλη εξάρτηση από το χειριστή
Εξέταση ολόκληρου του αντικειμένου	Σε μερικές μεθόδους δεν γίνεται συνεχής καταγραφή των δεδομένων
Έλεγχος εσωτερικού και επιφάνειας	Μεγάλος και ακριβός εργαστηριακός εξοπλισμός
Έλεγχος σε συνθήκες λειτουργίας	Η κατεύθυνση των ασυνεχειών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη
Φορητός εξοπλισμός	Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι υποκειμενική
Χαμηλό κόστος	
Εξοικονόμηση υλικών, εργατικών, ενέργειας και μείωση ποσότητας απορριπτέου υλικού	
Βελτιώνει την εικόνα του παραγωγού μέσω της αυξημένης ποιότητας των προϊόντων	

1.6 Δείκτης Φαινολοφθαλεΐνης

Φαινολοφθαλεΐνη είναι η εμπειρική ονομασία της οργανικής χημικής ένωσης που, σύμφωνα με την κατά IUPAC ονοματολογία, ονομάζεται 3,3-δι(4-υδροξυφαινυλο)-2-βενζοφουραν-1(3H)-όνη. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως συνθετικός δείκτης αλλαγής χρώματος από το Luck το 1877 και από τότε χρησιμοποιείται ευρέως ως δείκτης για τον προσδιορισμό του pH του τελικού σημείου της ογκομέτρησης διαλυμάτων οξέων.

Η βασική χρήση της φαινολοφθαλεΐνης είναι ως δείκτη ενεργής οξύτητας (pH) διαλυμάτων και ιδιαιτέρως στις ογκομετρήσεις των ασθενών οξέων. Μία άλλη χρήση της φαινολοφθαλεΐνης ως δείκτη είναι να καθορίζει το βάθος ενανθράκωσης του σκυροδέματος, το οποίο είναι ένας δείκτης έναρξης της διάβρωσης. Η δοκιμασία αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι δεν καταστρέφει το αρχικό δείγμα.



2.Κτίριο έλεγχου

Το κτίριο το οποίο δόθηκε προς εξέταση βρίσκεται στον Δήμο Θέρμης. Σύμφωνα με πληροφορίες, το κτίριο αρχικά ήταν ιδιοκτησίας της Χάρης Α.Β.Ε.Ε και είχε χρήση Πλεκτηρίου-Βιοτεχνίας Ενδυμάτων, βρίσκεται εκτός σχεδίου και έχει αριθμό αγροτεμαχίου 212. Έπειτα το εν λόγω κτίριο πέρασε στα χέρια του δημοσίου για άγνωστους λόγους. Η τοπική διοίκηση προκειμένου να το αξιοποιήσει, θα αλλάξει την χρήση του και θα χρησιμοποιείται ο χώρος ως γραφεία της κοινότητας. Για τον λόγο αυτό ζητήθηκε να γίνουν κάποιοι έλεγχοι για την σπουδαιότητα του κτιρίου ώστε να αλλάξει χρήση.

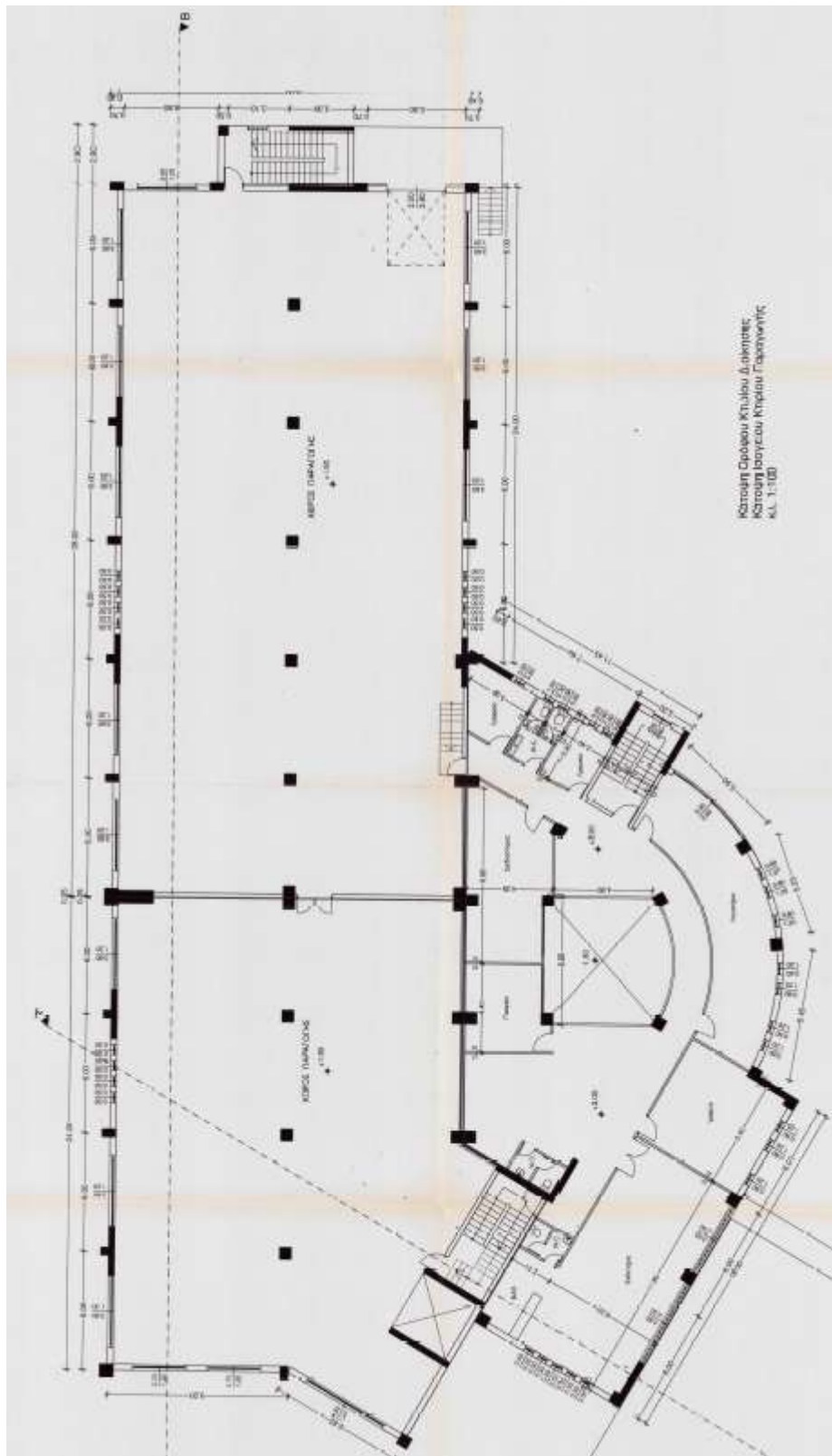


Εικόνα 9 Νότια όψη του κτιρίου

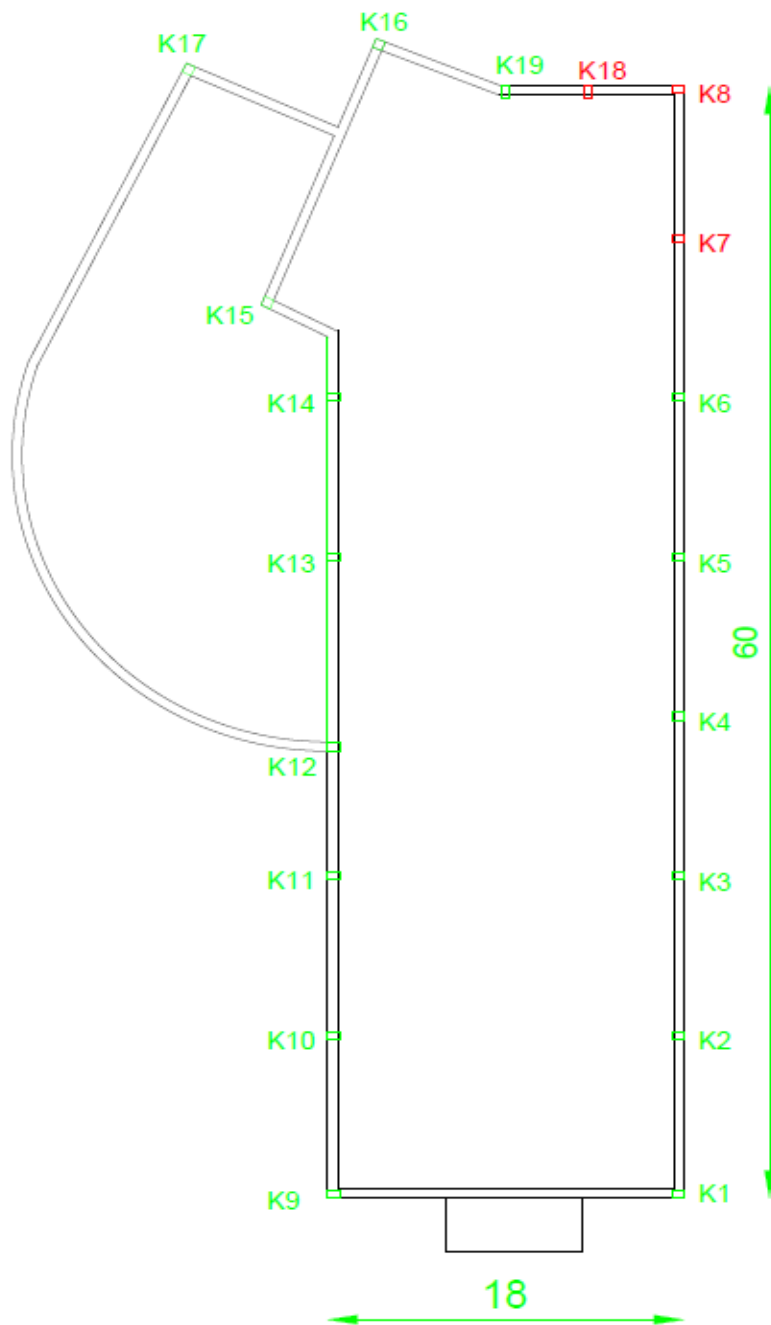
Αρχικά, πήγαμε στο γραφείο της υπεύθυνης και μας μίλησε για αυτά που πρέπει να κάνουμε και έπειτα μας παρέδωσε τα σχέδια του κτιρίου. Στην συνέχεια, πήγαμε να δούμε το κτίριο και τους χώρους τους οποίους θα εξετάσουμε. Εκεί, έγινε μια πρώτη εκτίμηση ως προς το τι θα χρειαστούμε. Αρχικά με μια πρώτη ματιά διαπιστώσαμε ότι διέφερε η πραγματοποιούμενη κατασκευή με τα σχέδια που μας είχαν δοθεί, αυτό βέβαια είναι σύνηθες φαινόμενο και δεν επηρέασε το δικό μας έργο.

έργο :	ΠΛΕΚΤΗΡΙΟ - ΒΙΟΤΕΧΝΙΑ ΕΝΔΥΜΑΤΩΝ		
εργοδότης :	ΧΑΡΗΣ Α.Β.Ε.Ε.		
θέση :	ΤΡΙΑΔΙ (εκτός σχεδίου - αρ. αγροτ. 212)		
μελέτη :	ΞΕΝΟΦΩΝ ΜΠΑΚΑΛΗΣ Πολιτικός Μηχανικός		
αντικείμενο σχεδίου:	Κάτοψη Ορόφου	Κλίμακα:	1:100
	Κάτοψη	Σχεδίου	Κτίριου
θεωρηση υπηρεσίας			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :	αριθμός σχεδίου :		
			

Εικόνα 10 Εξώφυλλο σχεδίου κάτοψης 1ου ορόφου



Εικόνα 11 κάτοψη ορόφου (Σχέδιο από Τεχνική Υπηρεσία Θέρμης)



Εικόνα 12 Σκαρίφημα ένδειξης υποστυλωμάτων πυρηνοληψίας.

2.1 Οπτικός Έλεγχος

Στην αρχή, πραγματοποιήθηκε οπτικός έλεγχος του κτιρίου ώστε να εντοπίσουν οι επιφανειακές φθορές όπως υγρασία και ρωγμές. Έγινε ένας οπτικός έλεγχος περιμετρικά του κτιρίου καθώς και στους εσωτερικούς χώρους και διαπιστώθηκαν επιφανειακές βλάβες. Στους εσωτερικούς χώρους οι βλάβες οφείλονται στην απορροή νερού, όπου οφείλεται και η υγρασία και παρουσιάστηκαν και κάποιες ρωγμές στα τοιχία.

Στην εικόνα 12 παρατηρείται υγρασία στο τοιχίο που οφείλεται στην απορροή νερού, το ίδιο πρόβλημα υπάρχει και στις εικόνες 14 και 15, μπορεί να οφείλεται είτε στην κατασκευή και στην ποιότητα των υλικών είτε στην πλημμελή συντήρηση. Στην εικόνα 13 υπάρχει ρωγμή στην σύνδεση τοιχίου – υποστυλώματος που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές και υγρασία.



Εικόνα 13 Υγρασία στο τοιχίο



Εικόνα 14 Ρωγμή στην σύνδεση τοιχίου - υποστυλώματος



Εικόνα 15 Επίδραση απορροής νερού



Εικόνα 16 Επίδραση απορροής νερού



Εικόνα 17 Απώλεια νερού

Στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου παρατηρήθηκαν πάλι κάποιες επιφανειακές φθορές, οι οποίες οφείλονται κάποιες στη απορροή νερού και όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες οι εσωτερικές φθορές οφείλονται και στα στάσιμα νερά που είναι στην πλάκα της οροφής καθώς η κλίση δεν είναι σωστή.

Στην εικόνα 17 παρατηρείται σταδιακή αποκόλληση του επιχρίσματος λόγω υγρασίας.



Εικόνα 18 Επίδραση απορροής νερού στο υποστύλωμα

Επίσης, υπάρχουν αρκετές ρωγμές στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τις θερμοκρασιακές μεταβολές και την καθίζηση του εξωτερικού πεζοδρομίου. Στις παρακάτω εικόνες 18, 19 παρατηρείται ρωγμή στο επίχρισμα του τοιχίου λόγω καθίζησης. Οι εικόνες 20, 21 έχουν εμφανίσει ρωγμές επίχρισματος λόγω ανάπτυξης τάσεων και παραμορφώσεων εξαιτίας των θερμοκρασιακών μεταβολών.



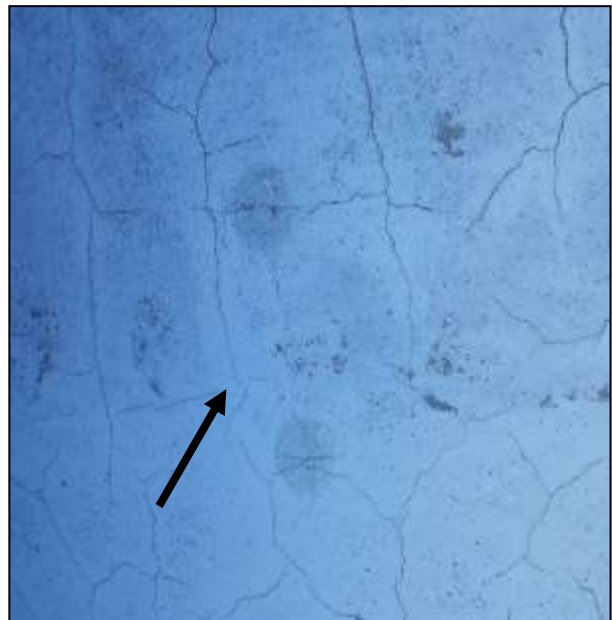
Εικόνα 19 Ρωγμή στο τοίχιο λόγω καθίζησης



Εικόνα 20 Ρωγμή στο τοίχιο λόγω καθίζησης



Εικόνα 21 Ρωγμές από θερμοκρασιακές μεταβολές στο υποσύτλωμα



Εικόνα 22 Ρωγμές από θερμοκρασιακές μεταβολές στο τοίχιο

Επιπλέον, σε ορισμένα σημεία στα υποστυλώματα παρατηρείται αποκόλληση επικάλυψης οπλισμού και οξείδωση οπλισμών, όπως φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν. Ωστόσο, οι οξείδωση των οπλισμών είναι επιφανειακή. Στην εικόνα 25 δεν υπάρχει απομείωση γιατί η διάμετρος είναι 8,51 cm .



Εικόνα 23 Απώλεια επικάλυψης, διόγκωση οπλισμού και ρωγμές



Εικόνα 24 Απώλεια επικάλυψης, διόγκωση οπλισμού και ρωγμές



Εικόνα 25 Ρωγμή και οξείδωση οπλισμού στο υποστόλωμα



Εικόνα 26 Μέτρηση διαμέτρου οπλισμού - Ένδειξη 8.51 cm

Στην συνέχεια έγινε έλεγχος της πλάκας στην οροφή του κτιρίου, όπου κατά την περίοδο των βροχών το νερό λόγω της κλίσης της οροφής είναι στάσιμο και δημιουργεί τις διάφορες βλάβες. Οι βλάβες που είναι εμφανής και στις παρακάτω εικόνες είναι η υγρασία από τα λιμνάζοντα νερά καθώς και η διάβρωση του οπλισμού.



Εικόνα 27 Στάσιμο νερό στην οροφή του κτιρίου

Στην οροφή εντοπίστηκε σοβαρή διάβρωση των οπλισμών όπως επίσης στον αρμό και στην μόνωση.



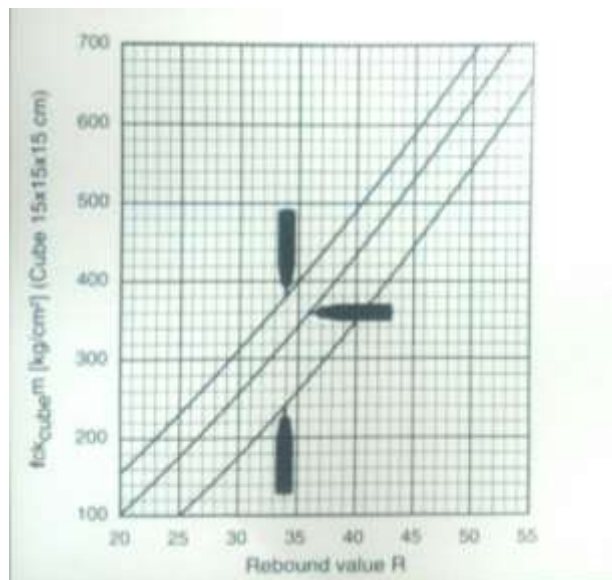
Εικόνα 28 Σοβαρή διάβρωση του οπλισμού



Εικόνα 29 φθορές στον αρμό

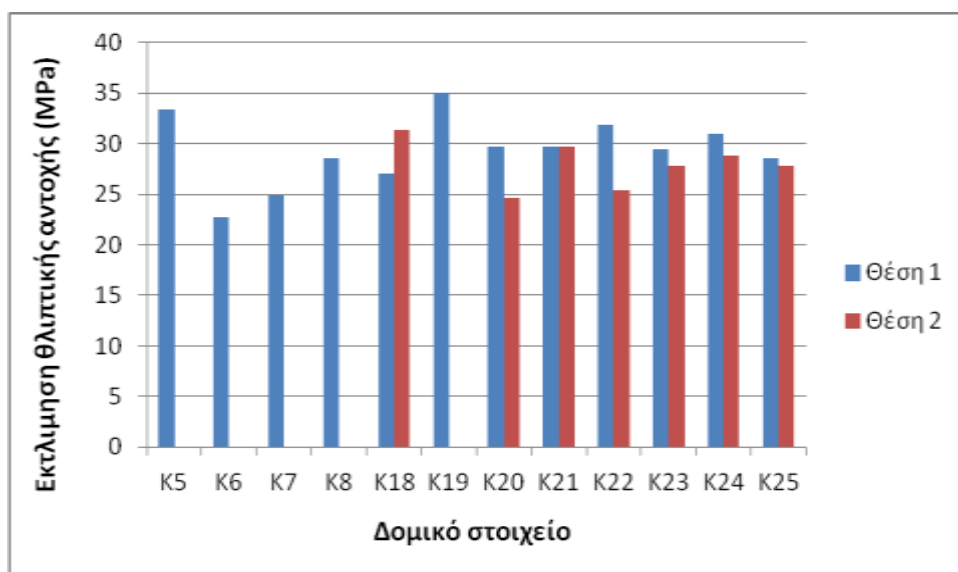
2.2 Έλεγχος με κρουσιμέτρηση

Εφόσον, τέλειωσε ο οπτικός έλεγχος του κτιρίου, ακολούθησε ο έλεγχος κρουσιμέτρησης. Στον συγκεκριμένο έλεγχο αυτό που πρέπει να προσεχθεί είναι να ασκείται ίδια πίεση σε κάθε χτύπημα ώστε να βγει σωστή μέτρηση. Γίνονται τρεις δοκιμές σε 1 σημείο του οποίου η επιφάνεια πρέπει να είναι λεία και λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Καταγράφηκαν μετρήσεις απ' όλα τα υποστυλώματα στα οποία υπήρχε δυνατότητα πρόσβασης και από την εσωτερική πλευρά και από την εξωτερική πλευρά του κτιρίου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια καταγράφηκαν μετρήσεις από δύο διαφορετικές θέσεις. Λόγω ότι κάποια σημεία ήταν δύσβατα δεν ήταν δυνατόν να παρθούν ενδείξεις απ' όλα τα σημεία.



Εικόνα 30 Εκτίμηση θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος με τη χρήση κρουσίμετρου

Στον παρακάτω πίνακα είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και ένα διάγραμμα σύγκρισης των δύο θέσεων.



Διάγραμμα 1 Ένδειξη κρουσιμέτρου

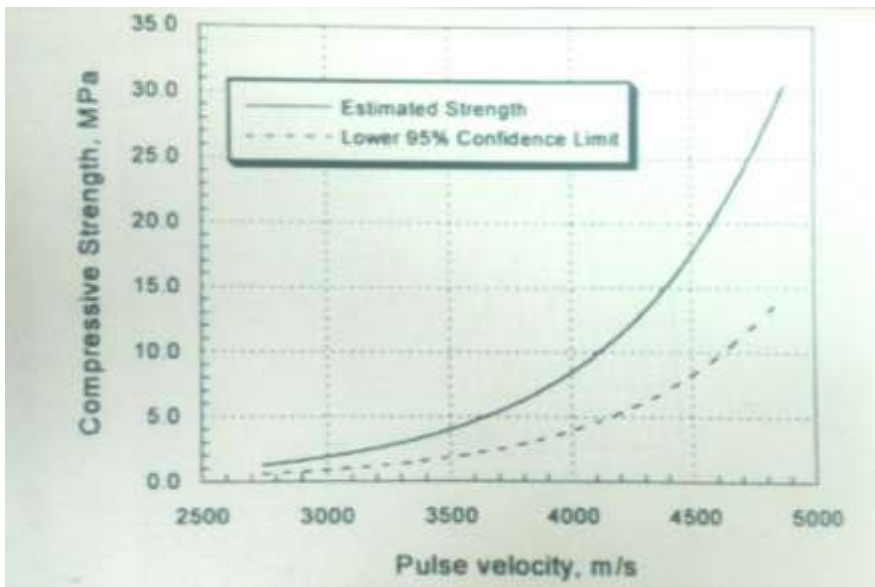
Πίνακας 1 Αποτελέσματα κρουσιμέτρου

Δοκίμιο	Ενδείξεις οργάνου Θέση 1		Ενδείξεις οργάνου Θέση 2		Μέσος όρος Θέση 1	Μέσος όρος Θέση 2	Θέση 1 σε Μpa	Θέση 2 σε Μpa
	Κάτω	Πάνω	Κάτω	Πάνω				
K5	107	93			33,3		305	
K6	62	74			22,7		140	
K7	72	77			24,8		175	
K8	80	91			28,5		230	
K18	74	88	89	99	27,0	31,3	210	275
K19	107	103			35,0		340	
K20	93	85	74	74	29,7	24,7	250	175
K21	93	85	97	81	29,7	29,7	250	250
K22	95	96	77	75	31,8	25,3	285	185
K23	87	90	81	86	29,5	27,8	250	220
K24	92	94	85	88	31,0	28,8	275	240
K25	89	82	91	76	28,5	27,8	230	220

2.3 Έλεγχος υπερήχων

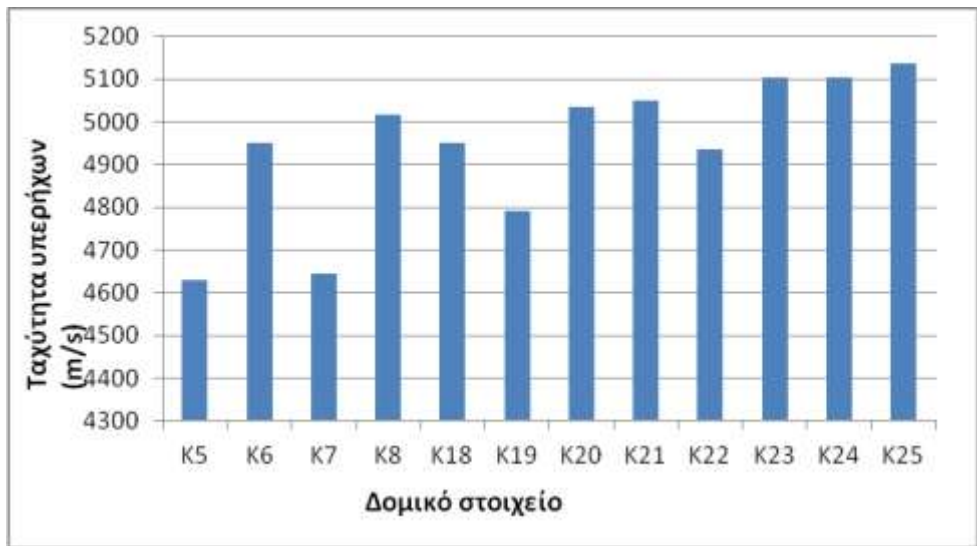
Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος υπερήχων. Προτού να διενεργηθεί ο έλεγχος στο κτίριο, πρέπει πρώτα να προγραμματιστεί το μηχάνημα με το δοκίμιο το οποίο έχει η συσκευασία του. Αφού, είναι έτοιμο επικαλύπτεται στις άκρες το ειδικό τζελ υπερήχων και το τοποθετείται στο σκυρόδεμα σε δύο επίπεδα, από την μέτρηση λαμβάνεται ο χρόνος και μετριέται η απόσταση ώστε να βγει η ταχύτητα. Όπως και στην κρουσιμέτρηση, λαμβάνονται μετρήσεις απ' όλα τα

υποστυλώματα τα οποία υπάρχει πρόσβαση και από την εσωτερική πλευρά και από την εξωτερική πλευρά του κτιρίου και για μεγαλύτερη ακρίβεια έχουν ληφθεί μετρήσεις από δύο διαφορετικές θέσεις. Λόγω ότι κάποια σημεία ήταν δύσβατα δεν ήταν δυνατόν να καταγραφούν οι ενδείξεις απ' όλα τα σημεία.

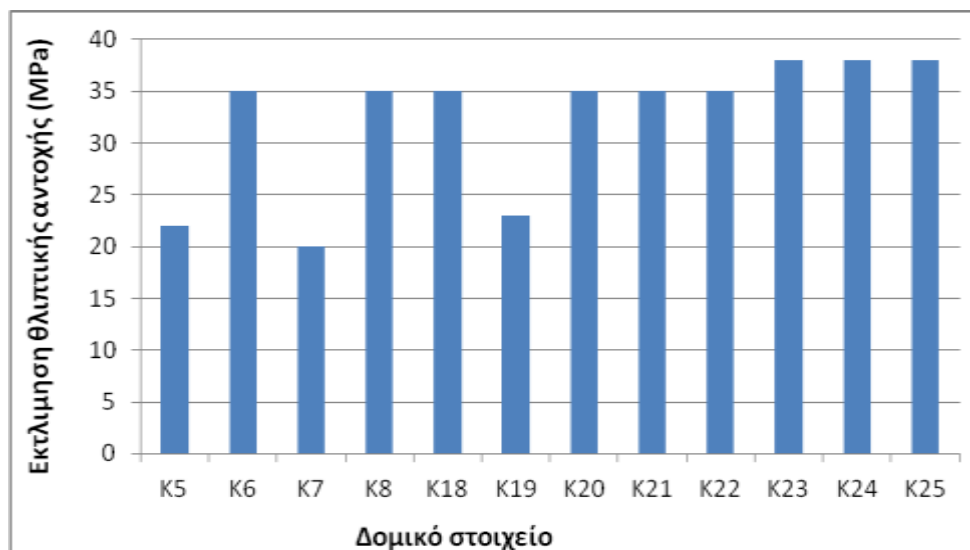


Εικόνα 31 Συσχέτιση ταχύτητας διέλευσης ηχητικού κύματος και θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος

Στον παρακάτω πίνακα είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και δύο διαγράμματα.



Διάγραμμα 2 Ένδειξη ταχύτητας υπερήχων



Διαγραμμα 3 Εκτίμηση θλιπτικής αντοχής

Πίνακας 2 Αποτελέσματα μετρήσεων υπερήχων

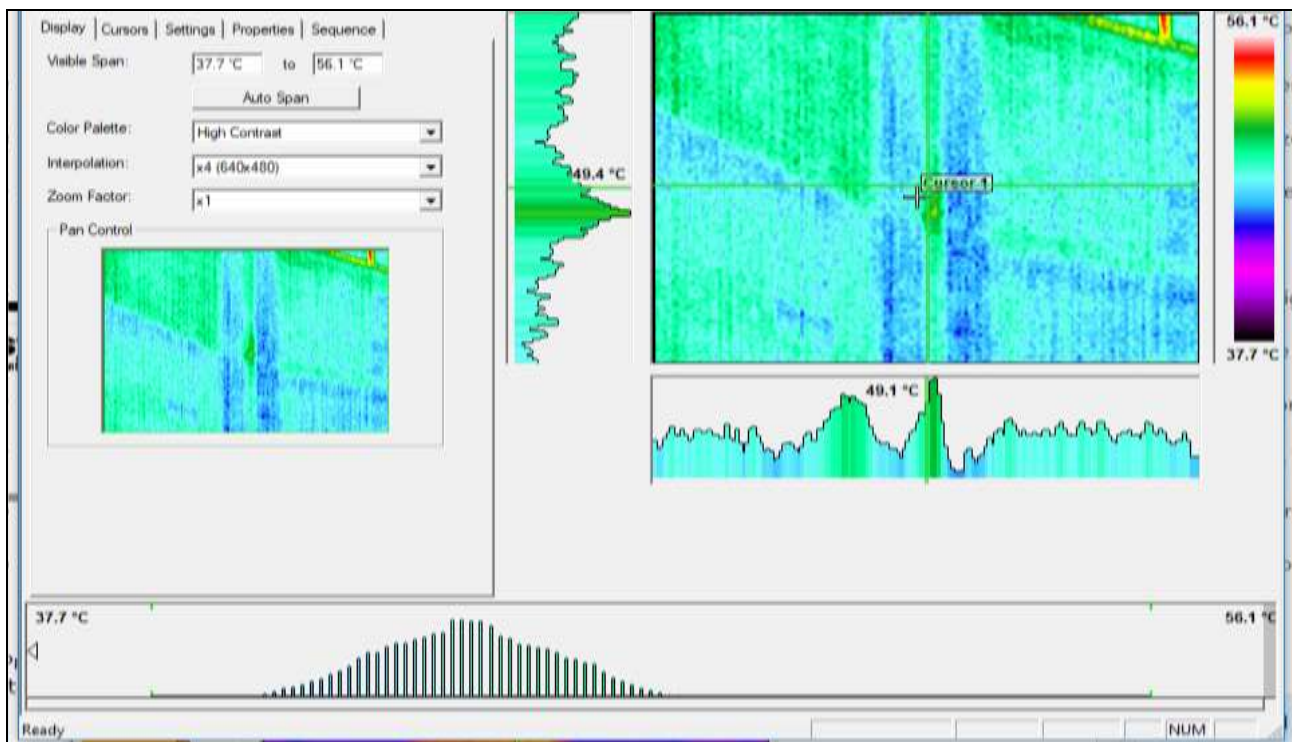
Στοιχείο-Θέση Ελέγχου	Θέση Δοκιμής	Ένδειξη οργάνου (μsec) Θέση 1		Απόσταση Πομπού - Δέκτη (cm)	Ταχύτητα Υπερήχων (m/sec) θέση 1	σ (MPa)
		Πάνω	Κάτω			
1	K5	32,4	69,4	15	4630	22
2	K6	30,3	31,47	15	4950	35
3	K7	32,3	60,4	15	4644	20
4	K8	29,9	34,9	15	5017	35
5	K18	30,3	40,9	15	4950	35
6	K19	31,3	28,4	15	4792	23
7	K20	29,8	32,9	15	5034	35
8	K21	29,7	34,9	15	5051	35
9	K22	30,4	27,9	15	4934	35
10	K23	29,4	41,9	15	5102	38
11	K24	29,4	29,4	15	5102	38
12	K25	29,2	31,9	15	5137	38

2.4 Υπέρυθρη θερμογραφία

Ο τελευταίος έλεγχος που πραγματοποιήθηκε είναι η υπέρυθη θερμογραφία με την βοήθεια θερμοκάμερας . Αυτός ο έλεγχος βοηθάει τον εντοπισμό βλαβών κοντά στην εξωτερική επιφάνεια. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα αποτελέσματα.

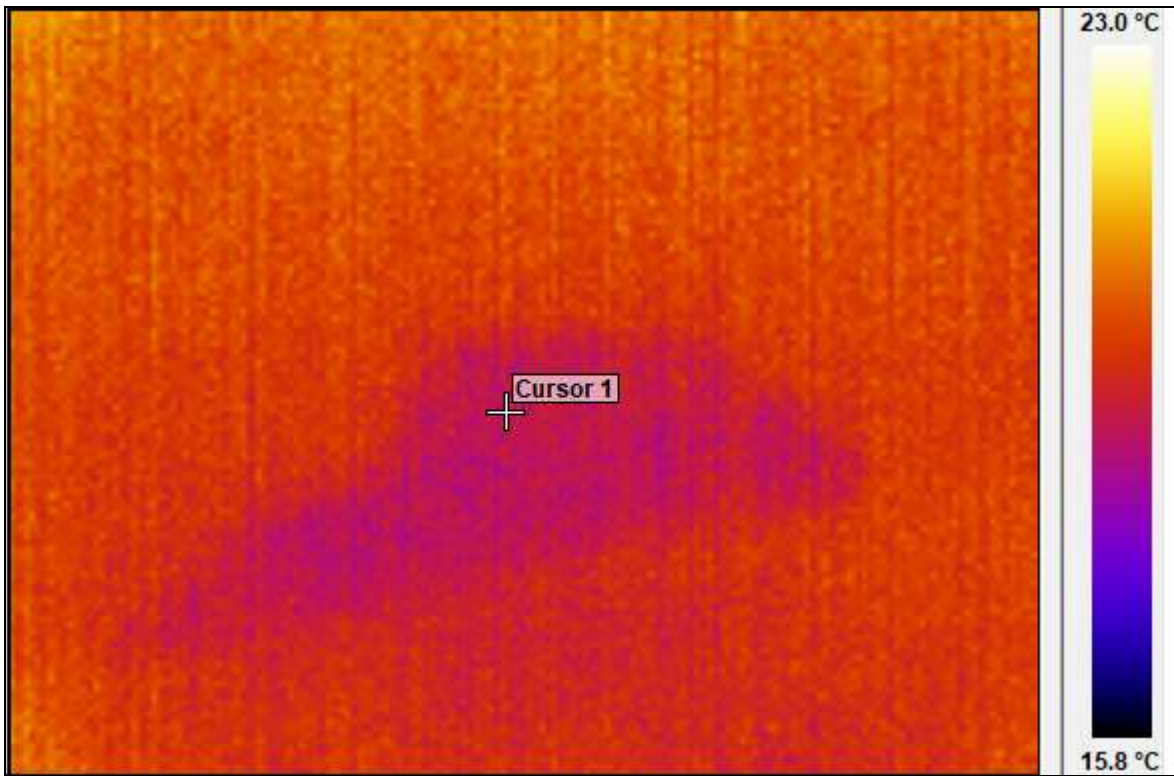


Εικόνα 32 Υποστύλωμα



Εικόνα 33 υπέρυθη θερμογραφία σε υποστύλωμα

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρείται στο μέσο του υποστυλώματος ρωγμή άρα είναι πιο ψυχρό.

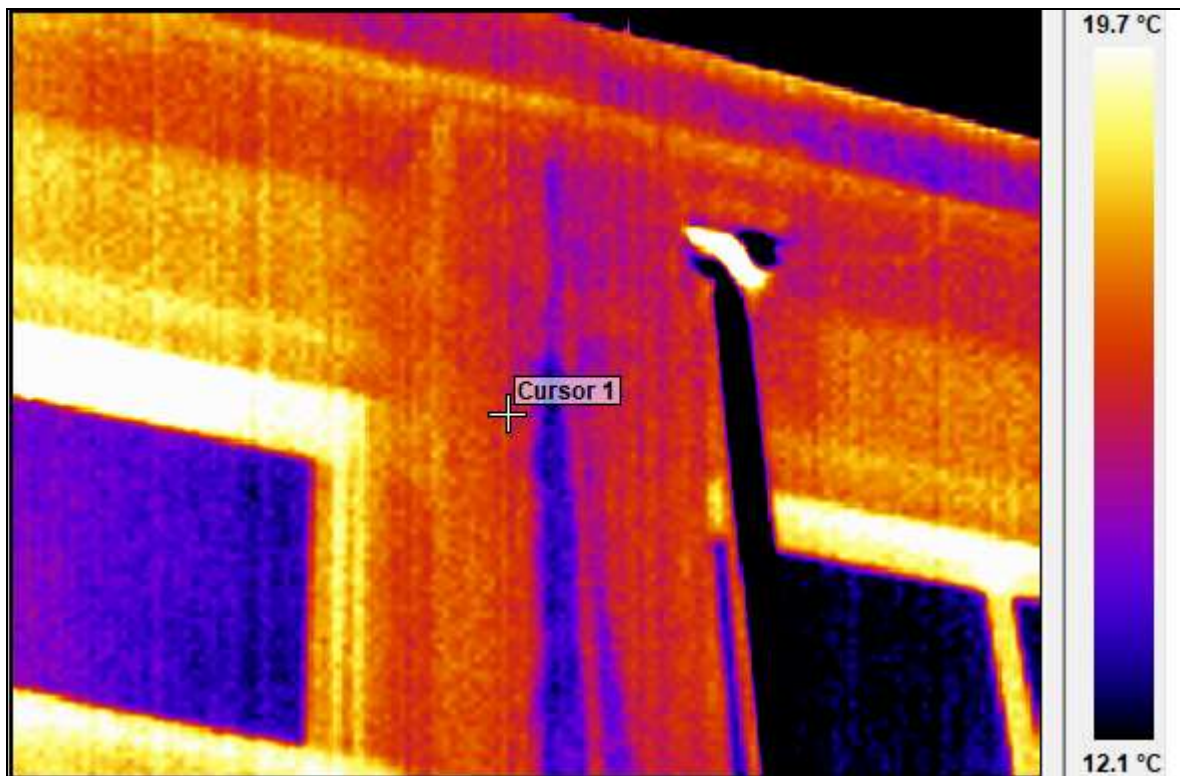


Εικόνα 34 Υπέρθρη θερμογραφία σε υποστώμα

Σε αυτή την εικόνα παρατηρείται πως στον αρμό υπάρχει υγρασία.



Εικόνα 35 Υποστώμα



Εικόνα 36 Υπέρυθρη θερμογραφία σε υποστύλωμα

Σε αυτή την φωτογραφία είναι ο αρμός στο υποστύλωμα από την έξω μεριά (το μαύρο είναι ο σωλήνας). Ο αρμός είναι 3,1 cm (31 mm) διογκωμένη πολυστερίνη και ο σπλισμός είναι Φ8.

2.5 Εξαγωγή Δοκιμίων

Για τον έλεγχο αντοχής του κτιρίου ήταν απαραίτητη η εξαγωγή δοκιμίων (καρώτων). Για να ικανοποιηθούν οι προϋποθέσεις και οι κανόνες του ΚΑΝ.ΕΠΕ έπρεπε να γίνουν τρεις (3) πυρηνοληψίες από κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία. Επειδή δεν ήταν εφικτή η πυρηνοληψία από δοκάρια λόγω ύψους, λήφθηκαν τρεις πυρήνες από υποστυλώματα. Τα υποστυλώματα από τα οποία έγινε η εξαγωγή δοκιμίων φαίνονται στο παραπάνω σκαρίφημα (Εικόνα12).

Όπως φαίνεται και στο σκαρίφημα (Εικόνα 12) σύμφωνα με την αρίθμηση των υποστυλωμάτων, λήφθηκαν δοκίμια από τα υποστυλώματα K7 K8 και K18.

Όπως αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο, στους Καταστροφικούς Ελέγχους, είναι μια χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία. Αρχικά, εξασφαλίστηκε πρόσβαση σε νερό και ρεύμα για την λειτουργία του μηχανήματος που χρησιμοποιήθηκε. Νωρίτερα είχε αποφασισθεί από ποια υποστυλώματα θα παρθούν δοκίμια, ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση του μηχανήματος, η απομάκρυνση των εμποδίων (αυτοκίνητα), αλλά και η ικανοποίηση των προϋποθέσεων (Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων) του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Στην συνέχεια, με την βοήθεια του σαρωτή οπλισμού βρέθηκε η θέση των οπλισμών μέσα στα υποστυλώματα και δημιουργήθηκε ένας κάναβος.



Εικόνα 37 Σαρωτής οπλισμού

Ο σαρωτής περνά πάνω από το υποστυλώμα με αργές κινήσεις και εντοπίζει που βρίσκεται ο κάθετος αλλά και ο οριζόντιος οπλισμός. Έτσι υπάρχει μια σαφή εικόνα για το που βρίσκεται ο οπλισμός πίσω από την επιφάνεια που σαρώθηκε και σχεδιάστηκε κάναβος με κιμωλία πάνω στο υποστυλώμα. Ο κάναβος βοήθησε να βρεθεί η θέση που έπρεπε να τοποθετηθεί η καρотиέρα καθώς όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν πρέπει τα δοκίμια που θα σταλούν στο εργαστήριο να περιέχουν οπλισμό μεγαλύτερο των 8mm. Βέβαια, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο σαρωτής εντοπίζει τον οπλισμό που βρίσκεται μερικά χιλιοστά πίσω από την επιφάνεια που σαρώνει, έτσι λοιπόν γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι για βαθύτερα σημεία μέσα στο υποστυλώμα δεν υπάρχει ακριβής εικόνα του οπλισμού, ήταν γνωστό εξαρχής ότι κατά πάσα πιθανότητα τα δοκίμια θα περιείχαν οπλισμό.



Εικόνα 38 Κάναβος οπλισμού

Η διάμετρος του κάθε δοκιμίου έπρεπε να είναι 10 χιλιοστά σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ οπότε βρήκαμε την κατάλληλη θέση για να τοποθετηθεί το μηχάνημα. Στην συνέχεια σχεδιάστηκε με μαρκαδόρο και χαρτόνι το αποτύπωμα της κορώνας της καροτιέρας ώστε να τοποθετηθεί πάνω στο υποστύλωμα, και να ανοιχτούν τρύπες με το τρυπάνι σε κατάλληλες θέσεις για να τοποθετηθεί ο μηχανισμός που θα την κρατάει σε αυτή την θέση μέχρι να βγει το δοκίμιο



Εικόνα 39 Αποτύπωση κορώνας

Αφού τοποθετήθηκε το μηχάνημα στην θέση που έπρεπε, έγινε η εξαγωγή του δοκιμίου. Με την βοήθεια του μοχλού με αργές και σταθερές κινήσεις διείσδυσε όλο και πιο βαθιά το μηχάνημα στο υποστύλωμα, πετώντας νερό.



Εικόνα 40 Τοποθέτηση Καροτιέρας

Όταν η ένδειξη της καροτιέρας έδειχνε ότι έχει εισχωρήσει 10+ εκατοστά σταματούσε το μηχάνημα, και με την βοήθεια ενός κατσαβιδιού γινόταν η λήψη του δοκιμίου. Αφού έβγαине ο πυρήνας, μετριοταν το βάθος της ενανθράκωσης ψεκάζοντας με δείκτη φαινολοφθαλειϋνης. Όπου ο δείκτης δεν αλλάζει χρώμα σε έντονο μωβ σημαίνει ότι το σκυρόδεμα είναι σίγουρα ενανθρακωμένο. Το βάθος της ενανθράκωσης είναι σημαντικό γιατί δείχνει κατά πόσο το σκυρόδεμα συνεχίζει να προστατεύει το χάλυβα οπλισμού. Από την εικόνα 39 παρατηρείται ότι το βάθος ενανθράκωσης είναι μικρότερο από το πάχος οπλισμού καθώς και ότι δεν παρατηρούνται οξειδώσεις στον οπλισμό.



Εικόνα 41 Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης

Στην συνέχεια μετρήθηκε το ύψος στο οποίο βρισκόταν το δοκίμιο, δηλαδή την απόσταση του κέντρου του κύκλου του πυρήνα από το έδαφος.



Εικόνα 42 Μέτρηση απόστασης από το έδαφος

Έπειτα έκλεισε η τρύπα με ένα ειδικό υλικό που προσέφερε αντοχή στο δομικό στοιχείο, διότι με την εξαγωγή του δοκιμίου σαφώς είχε αποδυναμωθεί και στερούσε της αρχικής του στατικότητας. Θα ήταν ριψοκίνδυνο να έμενε ακάλυπτο το κενό που δημιουργήθηκε , τόσο για την αντοχή και την στατικότητα του κτιρίου όσο και για το αίσθημα ασφάλειας των ανθρώπων, καθώς και για λόγους αισθητικής.



Εικόνα 43 Υλικό κάλυψης κενού

Στην συνέχεια μετρήθηκε το μήκος του πυρήνα και η διάμετρος. Με μαρκαδόρο σημειώθηκε ο αριθμός του υποστυλώματος από το οποίο πάρθηκε το δοκίμιο, σύμφωνα με το σκαρίφημα που υπάρχει στην εικόνα 12 για να είναι γνωστό κάθε δοκίμιο που αντιστοιχεί..



Εικόνα 44 Μέτρηση μήκους πυρήνα



Εικόνα 45 Τοποθέτηση δοκιμίου σε σακουλάκι

2.6Θλιψη δοκιμίων στο εργαστήριο

Εφόσον ολοκληρώθηκαν οι πυρηνοληψίες, κρουσιμετρήσεις και σονομετρήσεις που ήταν απαραίτητες, δόθηκαν τα δοκίμια στο εργαστήριο Υποδιεύθυνση Τεχνικών Έργων ΜΕ Θεσσαλονίκης . Εκεί αρχικά μετρήθηκε και από τους υπευθύνους το μήκος, η διάμετρος και το βάρος των δοκιμίων για να διαπιστώσουν ότι τηρούν τις προϋποθέσεις και μπορούν να συνεχίσουν στις εργαστηριακές δοκιμές.



Εικόνα 46 Μέτρηση διαμέτρου στο εργαστήριο

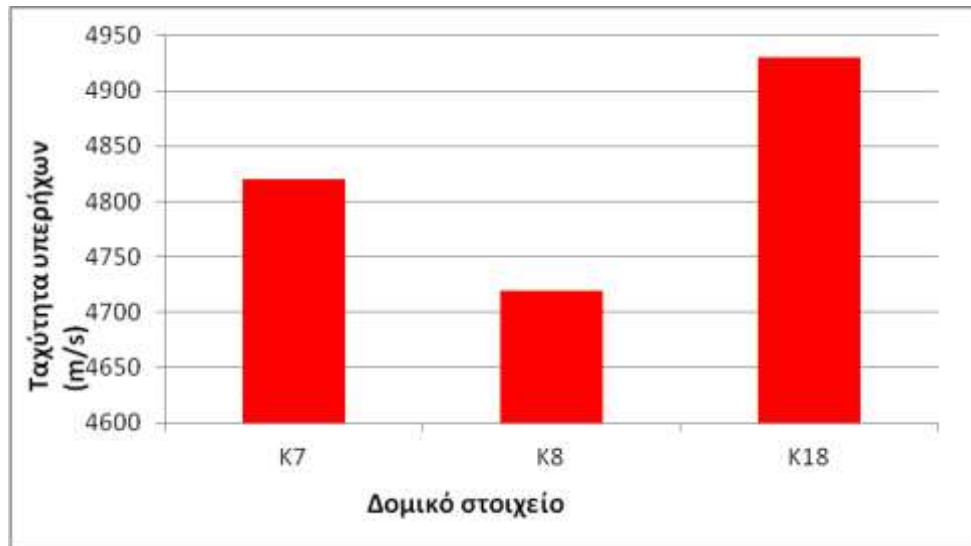


Εικόνα 47 Ζύγισμα δοκιμίου

Στα δοκίμια έγιναν σονομετρήσεις και κρουσιμετρήσεις για να συγκριθούν με αυτές των υποστρωμάτων στην επιτόπου πυρηνοληψία τους.

Πίνακας 3 Σονομετρήσεις εργαστηρίου

α / α	Δοκίμιο	D (m m)	h (m m)	Ταχύτητα Σονόμετρου (m/s)	σ (Μρα)	Βάρο ς	Σχόλια
1	K7	98	111	4820	35	1,815	Μικρή απώλεια, κενό
2	K8	98	111	4720	25	1,925	οπλισμός στο δοκίμιο με διάμετρο 20,10, απώλεια στην διατομή κατά την κοπή
3	K18	98	113	4930	35	1,81	



Διάγραμμα 4 Διάγραμμα υπερήχων στα δοκίμια

Τα δοκίμια διατηρήθηκαν σε περιβάλλον υγρασίας μεγαλύτερης του 80% και μετά από μερικές μέρες τροχίστηκαν στα δύο άκρα ώστε να είναι λεία, καπελώθηκαν με ένα ειδικό υγρό και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στην πρέσα για να τους ασκηθεί το φορτίο και να παρθούν τελικά τις μετρήσεις που χρειάζονται.



Εικόνα 48 Καπέλωμα



Εικόνα 49 Σύνθλιψη δοκιμίου στην πρέσα

Τα αποτελέσματα των δοκιμών του εργαστηρίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

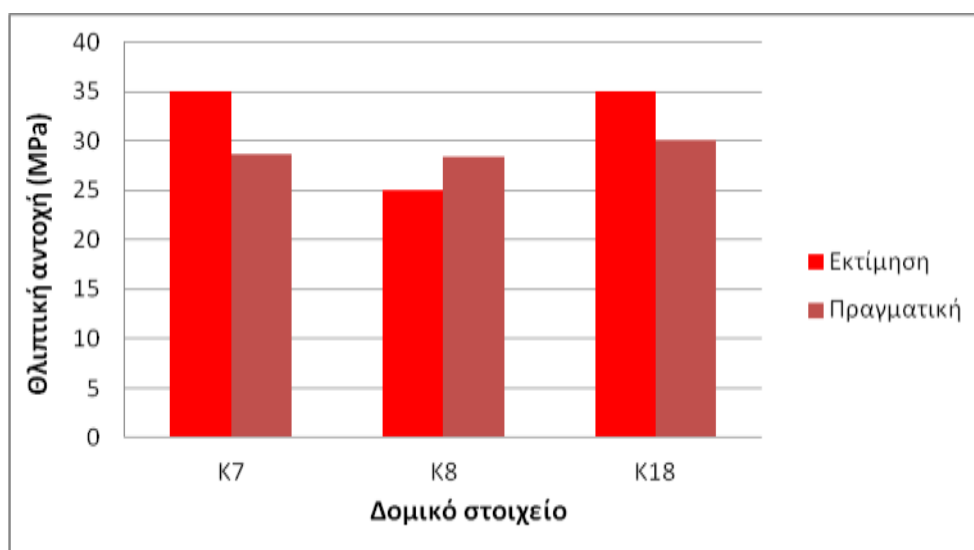
Πίνακας 4 αποτελέσματα δοκιμών εργαστηρίου

α/α	Δοκίμιο	D (mm)	h (mm)	F (kN)	σ (MPa)	Σχόλια
1	K7	98	111	215,9	28,62	Μικρή απώλεια, κενό
2	K8	98	111	214,4	28,42	σπλισμός στο δοκίμιο με διάμετρο 20,10, απώλεια στην διατομή κατά την κοπή
3	K18	98	113	226,6	30,04	

Παρακάτω συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων των δοκιμών στα δοκίμια καθώς και ένα διάγραμμα.

Πίνακας 5 Αποτελέσματα δοκιμών στα δοκίμια

Δοκίμιο	σ (MPa) Υπερήχων	σ (MPa) Δοκιμή
K7	26,5	28,62
K8	22,3	28,42
K18	29,0	30,04



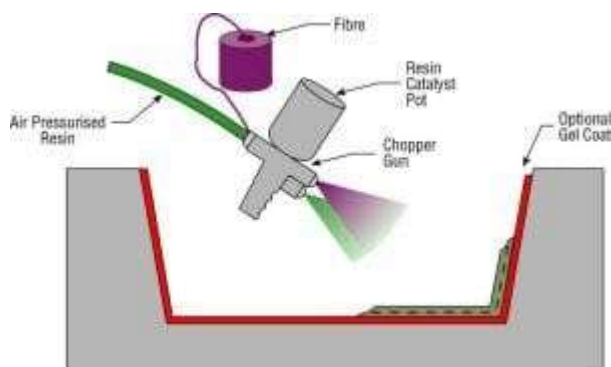
Διάγραμμα 5 Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων υπερήχων και δοκιμής κάμψης

3. Τρόποι αποκατάστασης-Προτάσεις

Μια από τις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση του κτιρίου είναι η αφαίρεση όλου του διαβρωμένου μέρους της κατασκευής και η αντικατάστασή του με καινούρια υλικά.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

1. Πρώτα γίνεται αφαίρεση όλου του σαθρού/διαβρωμένου σκυροδέματος σε όλα τα μέρη που έχουν επηρεαστεί. Είναι απαραίτητο η αφαίρεση του σκυροδέματος να γίνεται μέχρι και 20 mm πίσω από τον οπλισμό για την δημιουργία καθαρής και σταθερής επιφάνειας. Με την χρήση πιεσμένου αέρα και νερού, απομακρύνεται όλη η σκόνη.



Εικόνα 50 Απομάκρυνση σκυροδέματος με πιεσμένο αέρα

2. Στην συνέχεια θα ακολουθήσει τρίψιμο και καθαρισμός του οξειδωμένου οπλισμού με ειδικές βούρτσες και επάλειψη του με ειδική αντιοξειδωτική βαφή προστασίας οπλισμού ή αναστολέα διάβρωσης οπλισμού.



Εικόνα 51 τρίψιμο οπλισμού με βούρτσα

3. Έπειτα όταν στεγνώσει η βαφή του οπλισμού και εφόσον πρώτα έχει βραχεί καλά η επιφάνεια του σκυροδέματος, θα τοποθετηθεί επιδιορθωτικό τσιμεντοκονίαμα σκυροδέματος. Η τοποθέτηση του υλικού αυτού πρέπει να γίνει αφού στεγνώσει η βρεγμένη επιφάνεια και σε πάχος 30 mm. Το επιδιορθωτικό υλικό πρέπει να είναι μη συρρικνωμένο, να είναι θιξοτροπικό, να έχει υψηλή αντοχή και να είναι ανθεκτικό στις θεικές ενώσεις, χλωριούχα άλατα και άλλες βλαβερές χημικές ενώσεις
4. Οι επιδιορθωμένες επιφάνειες του σκυροδέματος θα προστατευτούν με κατάλληλο υλικό συντήρησης, αφού βραχεί με νερό για να αποφευχθεί η πρόωρη ξήρανση του επισκευαστικού κονιάματος.
5. Το τελικό στάδιο είναι να γίνει επάλειψη με αναστολέα διάβρωσης οπλισμού πάνω από την επιφάνεια του επιδιορθωμένου σκυροδέματος.

Μία ακόμη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η αποκατάσταση έντονης ρηγματώσης στην τοιχοποιία. Στο κτίριο που εξετάστηκε υπήρχαν πολλές τοιχοποιίες με έντονες ρηγματώσεις και είναι απαραίτητη η μέθοδος αυτή τόσο για την αντοχή όσο και για την αισθητική του κτιρίου. Ακολουθεί η εξής διαδικασία:

1. Καθαίρετε καθολικά το επίχρισμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.



Εικόνα 52 Καθαίρεση επιχρίσματος

2. Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων και καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
3. Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος
4. Κατόπιν εισάγεται ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα ή ταχύπηκτο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα με λεπτό μυστρί, όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη διευρυμένη ρωγμή. Η χρήση των κονιαμάτων αυτών απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού. Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά.

Για την αποκατάσταση του σοβά:

1. Το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και να διαβρέχεται καλά με νερό.
2. Εφαρμόζεται η πρώτη στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα ή το ταχύπηκτο κονίαμα, ενισχυμένα με οικοδομική ρητίνη.
3. Όσο είναι ακόμη νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης, τοποθετείται καθολικά υαλόπλέγμα σε όλη την επιφάνεια του σοβά, με ελαφρά πίεση πάνω στην πρώτη στρώση.



Εικόνα 53 Υαλόπλέγμα

4. Αφού πήξει η πρώτη στρώση, ακολουθεί η τελική στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα ή το ταχύπηκτο κονίαμα. Στην εφαρμογή αυτή τα κονιάματα αναμιγνύονται μόνο με νερό.

Η επόμενη μέθοδος είναι η αποκατάσταση της αποσυνδεδεμένης φέρουσας τοιχοποιίας από τον φέροντα οργανισμό. Η αποσύνδεση της τοιχοποιίας από το φέροντα οργανισμό σε μη φέρουσες τοιχοποιίες πληρώσεως δημιουργεί πέρα από την αντιαισθητική εμφάνιση και πρόβλημα αντοχής και ευστάθειας στην τοιχοποιία. Για την μέθοδο αυτή ακολουθούνται τα εξής:

1. Καθαίρεται το επίχρισμα σε συνολικό πλάτος 30-50 cm κατά μήκος της αποσύνδεσης (15-25 cm εκατέρωθεν αυτής).

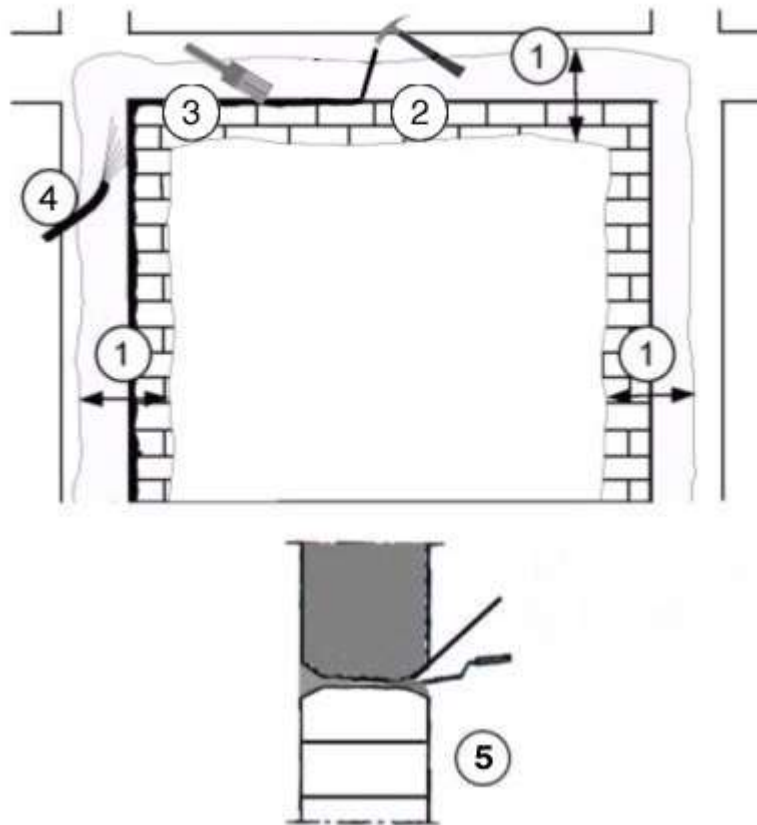


Εικόνα 54 Καθαίρεση επιχρίσματος τοιχοποιίας

2. Διευρύνονται τα χείλη των αποσυνδέσεων με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
3. Καθαρίζονται καλά οι αποσυνδέσεις με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
4. Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος
5. Κατόπιν εισάγεται το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα ή το ταχύπηκτο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα με λεπτό μυστρί, όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στην διευρυμένη αποσύνδεση. Η χρήση των κονιαμάτων αυτών απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού. Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά.

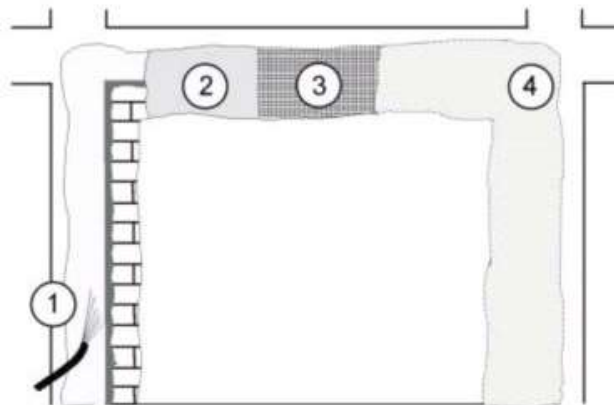
Στην συνέχεια για την αποκατάσταση του σοβά ακολουθούν τα βήματα όπως στην προηγούμενη μέθοδο αποκατάστασης. Ακολουθούν δύο εικόνες για την επεξήγηση των βημάτων αποκατάστασης ρωγμών και σοβά αντίστοιχα.

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΩΓΜΩΝ



Εικόνα 55 Σκαρίφημα αποκατάστασης ρωγμών

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΟΒΑ



Εικόνα 56 Σκαρίφημα αποκατάστασης σοβά

Τέλος, όπως φαίνεται σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν φθορές και στο δώμα του κτιρίου, για αυτό προτείνεται ακόμα μία λύση, η στεγάνωση δώματος. Η στεγάνωση δωματίων, εκτός από το να εξασφαλίζει απόλυτη στεγανότητα, να έχει ελαστικότητα και αντοχή στις καιρικές επιδράσεις και το χρόνο, θα πρέπει να παρουσιάζει και ιδιαίτερα υψηλή ανθεκτικότητα στα λιμνάζοντα νερά. Τις παραπάνω απαιτήσεις καλύπτει πλήρως η εφαρμογή του ελαστικού επαλειφόμενου στεγανωτικού κονιάματος, οπλισμένου καθολικά με φύλλα υαλοπλέγματος (65 g/m²) ή πολυεστερικού υφάσματος (30 g/m²), πλάτους 100 cm. Με την εφαρμογή του στο δώμα, δημιουργείται μία ισχυρή και συνεχής ελαστική στεγανωτική στρώση, με άριστη πρόσφυση και ανθεκτικότητα, ικανή να παρακολουθεί με επιτυχία τις συστολοδιαστολές του δώματος. Για την μέθοδο αυτή και την προετοιμασία του υποστρώματος ακολουθούν:

1. Καλός καθαρισμός της επιφάνειας από σαθρά υλικά, λίπη, σκόνες κλπ.
2. Η γωνία που σχηματίζεται στη συμβολή του δώματος με τα κατακόρυφα στοιχεία (στηθαίο, απόληξη κλιμακοστασίου κλπ.), διαβρέχεται και σφραγίζεται σε όλο το μήκος της με το έτοιμο ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα ή με τσιμεντοκονία ενισχυμένη με την οικοδομική ρητίνη. Όταν απαιτείται ταχύτητα εργασιών, μπορεί εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί, ως υλικό σφράγισης, το ταχύπηκτο επισκευαστικό κονίαμα.
3. Καλή διαβροχή του υποστρώματος, χωρίς να σχηματιστούν λιμνάζοντα νερά.

Για την εφαρμογή της στεγάνωσης ακολουθούν τα εξής:

1. Το στεγανωτικό κονίαμα προστίθεται στα 10 kg του υγρού υπό συνεχή ανάδευση, μέχρι να σχηματιστεί ένας ομοιογενής πολτός, κατάλληλος για επάλειψη. Για την ανάμιξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί αναμικτήρας (δράπανο) χαμηλών στροφών (300 στρ./λεπτό).
2. Ακολουθεί 1 επάλειψη με ελαστικό επαλειφόμενο στεγανωτικό κονίαμα, σε πλάτος όσο του οπλισμού (πολυεστερικό ύφασμα ή υαλόπλεγμα) και όσο αυτή είναι ακόμη νωπή, τοποθετείται ο οπλισμός. Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται η εφαρμογή και στην υπόλοιπη επιφάνεια. Τα φύλλα του οπλισμού τοποθετούνται διαδοχικά, έτσι ώστε να αλληλεπικαλύπτονται κατά 5-10 cm. Μετά το στέγνωμα αυτής της στρώσης ακολουθούν ακόμη 2 καθολικές επαλείψεις με στεγανωτικό κονίαμα σε όλη την επιφάνεια του δώματος. Η δεύτερη στρώση γίνεται σταυρωτά και αφού στεγνώσει η πρώτη.

4.Βιβλιογραφία

http://www.oasp.gr/userfiles/%CE%9A%CE%91%CE%9D_%CE%95%CE%A0%CE%95__2%CE%B7%20%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B8%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7_2017_Final.pdf

http://library.tee.gr/digital/m2590/m2590_stilianidis.pdf

<http://ktisis.cut.ac.cy/bitstream/10488/8790/1/%CE%9A%CF%85%CF%81%CE%B9%CE%AC%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CE%A0..pdf>

[https://e-](https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/GT8E116/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99-%20%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91.pdf)

[class.teilar.gr/modules/document/file.php/GT8E116/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99-%20%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91.pdf](https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/GT8E116/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99/%CE%9C%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%CE%99-%20%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91.pdf)

http://ktisis.cut.ac.cy/bitstream/10488/5853/1/Kyriakou_Eleni_%28ET%29.pdf

<http://www.ergo1.gr/articles/fenolophaleini/>

5.Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τον Δήμο Θέρμης για την παραχώρηση του κτιρίου για την εκπόνηση της εργασίας μας και όλη την βοήθεια που μας προσέφερε.

Επίσης, ευχαριστούμε το εργαστήριο Υποδιεύθυνση Τεχνικών Έργων ΜΕ Θεσσαλονίκης για την βοήθεια στην εξαγωγή αποτελεσμάτων για τα δοκίμια.

Τέλος, ευχαριστούμε τον καθηγητή μας Κ. Παπαχριστοφόρου για την καθοδήγηση και την άψογη συνεννόηση.