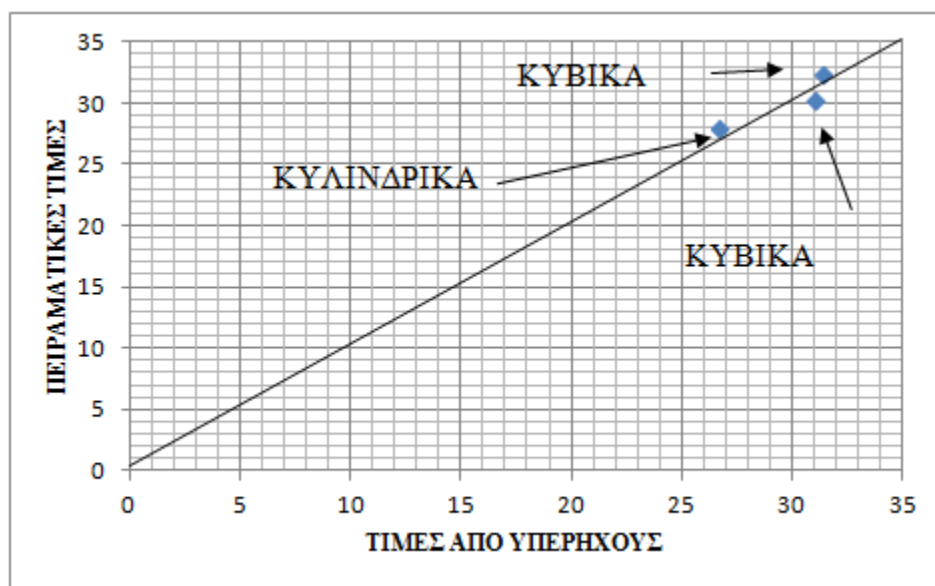


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μη καταστροφικοί Έλεγχοι σε Υφιστάμενες Κατασκευές



Μελέτη

Σπύρος - Γεράσιμος Σταματούλης

Επιβλέπων

Δρ. Ρεπαπής Κωνσταντίνος

Σεπτέμβριος 2013

**ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**

Περίληψη

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

Καθώς τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται συχνά η ανάγκη για τον έλεγχο μιας υφιστάμενης κατασκευής καθώς και για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση επεμβάσεων (είτε αφορούν επισκευή είτε ενίσχυση είτε συνδυασμό των δύο) σε μια υφιστάμενη κατασκευή κρίνεται ιδιαίτερα επίκαιρο.

Η μελέτη αναπτύσσεται σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές αρχές και περιορισμοί κατά προσδιορισμό της αντοχής των κατασκευών, (νέων και υφιστάμενων). Στη συνέχεια το δεύτερο κεφάλαιο εστιάζει στην ανάλυση των μη καταστροφικών μεθόδων αποτίμησης των κατασκευών. Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας καταγράφεται η διαδικασία διερεύνησης της αντοχής δοκιμίων σκυροδέματος με συνδυασμό μη καταστροφικών μεθόδων (κρουσίμετρο, υπέρηχοι) και δοκιμές θλίψης σε κυβικά και κυλινδρικά δοκίμια. Οι προβλέψεις των μη καταστροφικών μεθόδων συγκρίνονται με τα πειραματικά αποτελέσματα προκειμένου να διερευνηθεί η εγκυρότητα των μη καταστροφικών μεθόδων και οι παράμετροι που τις επηρεάζουν.

Abstract

The subject of this thesis is to examine non-destructive methods to existing structures to determine the strength of concrete.

As the last few decades is often the need to control an existing structure and for designing and carrying out surgery (either repair involving either potentiation or combination of both) in an existing building is particularly timely.

The study was developed in three chapters. The first chapter presents the general principles and limitations in determining the strength of construction (new and existing). Then the second chapter focuses on the analysis of non-destructive evaluation methods of construction. In the third chapter, record the process of investigating the strength of concrete specimens with a combination of non-destructive methods (impact hammer, ultrasound) and compression test in cubic and cylindrical specimens. Forecasts of non-destructive methods are compared with experimental results in order to investigate the validity of non-destructive methods and parameters affecting them.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
i. Αντικείμενο Μελέτης.....	7
ii. Μεθοδολογία Έρευνας.....	7
iii. Περίγραμμα Μελέτης.....	8
1. ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	9
Εισαγωγή	9
1.1 Διάκριση Ελέγχων	9
1.2 Αναγκαιότητα Ελέγχων.....	10
1.2.1 Νέες Κατασκευές	11
1.2.2 Υφιστάμενες Κατασκευές	11
1.3 Αρχές Αποτίμησης	12
1.3.1 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Σκυρόδεμα.....	14
1.3.2 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Τοιχοποιία.....	16
1.3.3 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Ξύλο	17
1.3.4 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Χάλυβα.....	17
1.4 Μέθοδοι και Όργανα Διάγνωσης Βλαβών	19
1.5 Συνοπτική Παρουσίαση Άμεσων και Έμμεσων Ελέγχων.....	23
2. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ	31
Εισαγωγή	31
2.1 Οπτικός Έλεγχος – Επιθεωρήσεις.....	31
2.2 Κρουσιμέτρηση.....	33
2.3 Χρήση Υπερήχων.....	35
2.4 Μαγνητικές Μέθοδοι.....	36
2.5 Μέτρηση του Ηλεκτρικού Δυναμικού Σιδηροπλισμού.....	37
2.6 Ακτινογράφιση με ακτίνες «Χ» και «Γ»	38

2.7	Θερμογράφηση με Υπέρυθρη Ακτινοβολία	39
2.8	Μέτρηση Υγρασίας με Εκπομπή Νετρονίων	41
3.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΗΣ & ΥΠΕΡΗΧΩΝ	42
	Εισαγωγή	42
3.1	Μέθοδος Κρουσίμετρου	44
3.2	Μέθοδος Υπέρηχων	48
3.2.1	Μεθοδολογία Εφαρμογής.....	50
3.3	Πειραματικές Μετρήσεις.....	53
3.4	Πίνακες Αποτελεσμάτων.....	52
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	60

Στα πλαίσια απόκτησης του τίτλου σπουδών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά του τμήματος Τεχνολογίας Πολιτικών Δομικών Έργων οι σπουδαστές του ιδρύματος καλούνται να συντάξουν μια πτυχιακή μελέτη. Μέσα από αυτό το πόνημα μας δίνεται η δυνατότητα να εμβαθύνουμε τις γνώσεις μας σχετικά με εξειδικευμένα ζητήματα της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού. Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται το ζήτημα των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών της καμπτικής συμπεριφοράς οπλισμένης δοκού με συμβατικό οπλισμό, ίνες και προένταση. Η μελέτη διήρκησε δώδεκα μήνες.

i. Αντικείμενο Μελέτης

Σε πολλές περιπτώσεις οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζουν βλάβες οπότε κρίνεται απαραίτητο να διερευνηθούν οι αιτίες που τις προκάλεσαν, να αξιολογηθεί η σοβαρότητα τους και η επίδρασή τους στην φέρουσα ικανότητα των επιμέρους δομικών στοιχείων και στην συνολική συμπεριφορά του φορέα. Με βάση την παραπάνω αξιολόγηση προτείνονται οι περισσότερο ενδεδειγμένες μέθοδοι επισκευής ή/και ενίσχυσης (εφ' όσον αυτό κριθεί αναγκαίο) των βλαμμένων δομικών στοιχείων ή συνολικά της κατασκευής.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιλεγεί ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης των παραπάνω βλαβών είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής καθώς και η σοβαρότητα των καταγεγραμμένων βλαβών. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων και τεχνικών για την αποτίμηση των ιδιοτήτων των υλικών σε υφιστάμενες κατασκευές.

ii. Μεθοδολογία Έρευνας

Αναφερόμενοι στη μεθοδολογία της παρούσης έρευνας, θα πρέπει να σημειωθεί πως σκοπός της έρευνας είναι η διευκόλυνση της κατανόησης των φαινομένων, η πρόβλεψή τους και η δυνατότητα για τον έλεγχό τους. Σύμφωνα με τον Moully

(1970), έρευνα είναι μια διαδικασία που οδηγεί μέσα από προγραμματισμένη συστηματική συλλογή, ανάλυση κι ερμηνεία δεδομένων, στην αξιόπιστη λύση προβλημάτων.

Έτσι, το γενικό πλαίσιο μιας έρευνας περιλαμβάνει τη συλλογή δευτερογενών δεδομένων, ήτοι δεδομένων που έχουν «δημιουργηθεί» από κάποιον άλλον πλην του ερευνητή, χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων είναι η βιβλιογραφία, καθώς και από τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων, ήτοι δεδομένων που έχουν «δημιουργηθεί» από τον ερευνητή, χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων είναι οι συνεντεύξεις, αλλά και η συμπλήρωση προκατασκευασμένων ερωτηματολογίων. Η παρούσα εργασία θα περιλάβει και τις δύο ανωτέρω μορφές δεδομένων, οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

iii. Περίγραμμα Μελέτης

Η μελέτη αναπτύσσεται σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές αρχές και περιορισμοί κατά προσδιορισμό της αντοχής των κατασκευών, (νέων και υφιστάμενων). Στη συνέχεια το δεύτερο κεφάλαιο εστιάζει στην ανάλυση των μη καταστροφικών μεθόδων αποτίμησης των κατασκευών. Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας καταγράφεται η διαδικασία διερεύνησης της αντοχής δοκιμίων σκυροδέματος με συνδυασμό μη καταστροφικών μεθόδων (κρουσίμετρο, υπέρηχοι) και δοκιμές θλίψης σε κυβικά και κυλινδρικά δοκίμια. Οι προβλέψεις των μη καταστροφικών μεθόδων συγκρίνονται με τα πειραματικά αποτελέσματα προκειμένου να διερευνηθεί η εγκυρότητα των μη καταστροφικών μεθόδων και οι παράμετροι που τις επηρεάζουν.

1. ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά των ελέγχων αποτίμησης τόσο σε νέες όσο και σε υφιστάμενες κατασκευές. Επιπρόσθετα καταγράφονται βασικές έννοιες με στόχο την αποσαφήνιση δύσκολων εννοιών που αφορούν τον τομέα ελέγχου των κατασκευών.

1.1 Διάκριση Ελέγχων

Με σκοπό την διερεύνηση της συμπεριφοράς των υλικών των υφιστάμενων κτηρίων, αλλά και τον έλεγχο εν γένει της καταστάσεως των υφισταμένων κατάσκευών (π.χ. ύπαρξη κενών ή φωλεών στο εσωτερικό των τοίχων ή φερόντων δομικών στοιχείων, κατάσταση χάλυβα κλπ), έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι ελέγχου επί τόπου και στο εργαστήριο. Αυτές οι μέθοδοι διακρίνονται σε :

- έμμεσες (μη καταστροφικές) μεθόδους, οι οποίες πρακτικά εφαρμόζονται με μηδενική επέμβαση στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής και σε
- ελάχιστα καταστρεπτικές, η εφαρμογή των οποίων απαιτεί την αποκοπή μικρών τεμαχίων από φέροντα στοιχεία της κατασκευής.

Όπως είναι φυσικό, η χρήση των έμμεσων (μη καταστρεπτικών) μεθόδων προτιμάται στην περίπτωση κατασκευών με μεγάλη Ιστορική και Αρχιτεκτονική αξία, για τις οποίες δεν επιτρέπεται καμμία επέμβαση. Παρ' όλα αυτά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι έμμεσες (μη καταστροφικές) μέθοδοι, οι οποίες επί πλέον, παρουσιάζουν και χαμηλό κόστος εφαρμογής, έχουν μειωμένη αξιοπιστία (ιδίως στην περίπτωση που δεν βαθμονομηθούν με πυρήνες από το συγκεκριμένο έργο). Ακόμη και στην περίπτωση που οι έμμεσες μέθοδοι δεν έχουν βαθμονομηθεί, μπορούν ωστόσο να μας παρέχουν σημαντικές ποιοτικές πληροφορίες για την κατάσταση της κατασκευής, όπως

- ομοιογένεια των χαρακτηριστικών της κατασκευής
- εντοπισμό περιοχών ασυνέχειας με ανώμαλη συμπεριφορά κλπ.

Οι ελάχιστα καταστρεπτικές μέθοδοι είναι πολύ πιο αξιόπιστες, η δε χρήση-τους, ακόμη και σε μνημεία εξαιρετικής αξίας, είναι κατάλληλη, υπό τον όρο, βεβαίως, να επιλέγεται αντιπροσωπευτική θέση στην οποία εκτελούνται οι δοκιμές, καθώς και να είναι αποδεκτές η έκταση της επεμβάσεως και η μέθοδος αποκαταστάσεως του τοπικού τραύματος.

1.2 Αναγκαιότητα Ελέγχων

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται πολύ συχνά η ανάγκη για τον έλεγχο μιας υφιστάμενης κατασκευής καθώς και για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση επεμβάσεων (είτε αφορούν επισκευή είτε ενίσχυση είτε συνδυασμό των δύο) σε μια υφιστάμενη κατασκευή. Λόγοι για έναν τέτοιο έλεγχο μπορεί να είναι:

- Η επιθυμία για αύξηση του επιπέδου ασφαλείας της κατασκευής (συνήθως για προσαρμογή στους νέους κανονισμούς)
- Προγραμματιζόμενη αλλαγή χρήσεως της κατασκευής (αύξηση ωφελίμων φορτίων)
- Αποκλίσεις από την αρχική μελέτη
- Αρνητικές ενδείξεις κατά τον περιοδικό έλεγχο της κατασκευής
- Διαπίστωση σφαλμάτων κατά την μελέτη ή την εκτέλεση
- Υποψίες για χρήση ακατάλληλων υλικών ή μεθόδων κατασκευής
- Βλάβες και φθορές στον φέροντα οργανισμό μετά από σεισμό ή τυχηματικές ή άλλες δράσεις (πυρκαγιά, πρόσκρουση οχήματος)
- Αμφιβολίες ως προς την ασφάλεια μετά από βλάβες και φθορές που δεν οφείλονται σε εμφανείς αιτίες

Είναι προφανές ότι ούτε η αποτίμηση της υπάρχουσας κατασκευής αλλά και ούτε ο σχεδιασμός των επεμβάσεων μπορούν να γίνουν με τους κανονισμούς που αφορούν νέες κατασκευές. Η αιτία βρίσκεται στις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ του σχεδιασμού μιας νέας κατασκευής και του ελέγχου μιας υφισταμένης. Οι διαφορές βασίζονται κυρίως στον διαφορετικό βαθμό της γνώσεως ή/και της αβεβαιότητας που

έχουμε για τις βασικές μεταβλητές του σχεδιασμού. Η διάκριση γίνεται μεταξύ των νέων και των υφιστάμενων κατασκευών.

1.2.1 Νέες Κατασκευές

Στις νέες κατασκευές ο σχεδιασμός βασίζεται κυρίως σε προδιαγραφόμενες ποιότητες υλικών, γεωμετρίας, και λεπτομερειών οπλίσεως. Ο μηχανικός έχει δυνατότητα ελέγχου του προσομοιώματος της κατασκευής, με αμφιβολίες όμως για το κατά πόσον το προσομοίωμα αντιστοιχεί στην πραγματική κατασκευή (για τον λόγο αυτό άλλωστε έχουμε και τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας)

1.2.2 Υφιστάμενες Κατασκευές

Στις υφιστάμενες κατασκευές υπάρχει δυνατότητα επιβεβαίωσης των γεωμετρικών διαστάσεων με αρκετή ακρίβεια, εκτιμήσεως της ποιότητας της εκτελέσεως καθώς και της ποιότητας των υλικών επί τόπου με μικρότερη ακρίβεια. Αντιθέτως, οι λεπτομέρειες οπλίσεως εικάζονται με μεγάλες αβεβαιότητες κυρίως λόγω των αφανών ελαττωμάτων.

Το οριακό κόστος για την αύξηση της ασφάλειας υφισταμένων κατασκευών είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος για την ίδια αύξηση της αντοχής μιας νέας κατασκευής.

Η υπολειπόμενη διάρκεια ζωής για τις υφιστάμενες κατασκευές είναι μικρότερη από την διάρκεια ζωής μιας νέας κατασκευής. Τούτο θα ήταν ένας λόγος για να μειωθούν οι χαρακτηριστικές τιμές των φορτίων καθώς και η σεισμική δράση στην περίπτωση υφισταμένης κατασκευής για την οποία η υπολειπόμενη διάρκεια ζωής θα ήταν μικρότερη από την αντίστοιχη μιας νέας κατασκευής. Το ίδιο ισχύει και για τα ίδια βάρη μιας και έχουν μειωμένες αβεβαιότητες σε μια υπάρχουσα κατασκευή. Στις επεμβάσεις ο συντελεστής συμπεριφοράς δεν μπορεί να είναι ενιαίος.

Το σχετικό κενό έρχεται να καλύψει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ). Μια από τις βασικές έννοιες που εισάγονται στον ΚΑΝΕΠΕ είναι και η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) η οποία εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του εξεταζομένου κτηρίου. Διακρίνονται τέσσερις Σ.Α.Δ. (υψηλή, ικανοποιητική, ανεκτή και ανεπαρκής) συναρτήσει των οποίων επιλέγονται οι

αριθμητικές τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας των δράσεων και των υλικών καθώς και η μέθοδος ανάλυσης. Προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών: μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών (σκυρόδεμα, χάλυβας, τοιχοποιία), γεωμετρικά χαρακτηριστικά (γεωμετρία θεμελίωσης, ανωδομής, τοιχοπληρώσεων, επιστρώσεων), χαρακτηριστικά όπλισης (διάταξη και διάμετρος των ράβδων, αγκυρώσεις, παραθέσεις, αναμονές, κλείσιμο συνδετήρων). Η Σ.Α.Δ. δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτίριο.

Κριτήριο για τον καθορισμό της στάθμης αξιοπιστίας ενός μεγέθους είναι πρακτικώς η ποσότητα και ποιότητα των διατιθέμενων πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να προέρχονται ήδη από την φάση της μελέτης και εκτέλεσης του έργου, αλλά και από πληροφορίες που θα συλλεγούν ειδικώς για τις ανάγκες της επεμβάσεως από μετρήσεις και ελέγχους που θα γίνουν επιτόπου του έργου. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να αφορούν τις μηχανικές και άλλες ιδιότητες των υλικών, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, την ύπαρξη κακοτεχνιών κλπ.

1.3 Αρχές Αποτίμησης

Η αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών ακολουθεί τις παρακάτω αρχές:

1. Όταν ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη μόνον κατακόρυφων φορτίων, η αποτίμησή του μπορεί να γίνεται με βάση απλές, πάντως συντηρητικές, μεθόδους. Στην περίπτωση αυτή, η ακρίβεια της χρησιμοποιούμενης μεθόδου αποτίμησης πρέπει να προσαρμόζεται προς τον επιδιωκόμενο στόχο. Π.χ. αρκεί μια προσεγγιστική, αλλά συντηρητική, μέθοδος αποτίμησης φορτίων.
2. Όταν ο υφιστάμενος φορέας προβλέπεται να καθαιρεθεί πλήρως, δεν απαιτείται αποτίμησή του.

Όταν, αντίθετα, ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη τόσο κατακόρυφων όσο

και σεισμικών φορτίων, πρέπει να γίνεται αποτίμησή του με βάση τις παρακάτω αρχές:

1. Η αποτίμηση γίνεται με αναλυτικές μεθόδους. Ειδικώς στα δομήματα για τα οποία διατίθεται εγκεκριμένη μελέτη (η οποία έχει εφαρμοσθεί) και τα οποία δεν παρουσιάζουν βλάβες, η αποτίμηση μπορεί να γίνει βάσει των περιεχομένων της εγκεκριμένης μελέτης.
2. Τα προσομοιώματα που θα χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση μπορεί να αντιπροσωπεύουν το σύνολο του δομήματος ή επί μέρους στοιχεία. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται διαφορετικά προσομοιώματα, ανάλογα με το είδος των επιβαλλομένων δράσεων. Γενικώς, το είδος των προσομοιωμάτων πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με τις μεθόδους υπολογισμού που θα εφαρμοσθούν.
3. Η ακρίβεια των χρησιμοποιούμενων μεθόδων, συνιστάται να είναι συμβατή με την ακρίβεια των δεδομένων.
4. Η χρήση εμπειρικών - αναλυτικών ή αμιγώς εμπειρικών μεθόδων επιτρέπεται μόνον στις περιπτώσεις που καλύπτονται από σχετικές ειδικές διατάξεις εκδιδόμενες από τη Δημόσια Αρχή. Η έκδοση τέτοιων ειδικών διατάξεων μπορεί να γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι αφορούν ειδικό πληθυσμό με κοινά, γνωστά χαρακτηριστικά, πάντοτε δε μετά από σχετική έρευνα η οποία θα αποδεικνύει ότι οι απλοποιητικές αυτές διατάξεις είναι συμβατές με τις απαιτήσεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Η δυνατότητα ερμηνείας των βλαβών κατά μορφή και θέση αποτελεί κριτήριο αποδοχής των χρησιμοποιούμενων μεθόδων ανάλυσης.
5. Στις περιπτώσεις δομημάτων που ήδη παρουσιάζουν βλάβες ή φθορές, η εφαρμοζόμενη μέθοδος αποτίμησης οφείλει να μπορεί να ερμηνεύσει κατά αδρομερή προσέγγιση τόσο τη μορφή όσο και τη θέση των ουσιωδών αυτών βλαβών. Σε δομήματα μεγάλης σημασίας, στα οποία έχουν διαπιστωθεί βλάβες, ενδέχεται να απαιτηθούν παραμετρικές αναλύσεις προκειμένου να επιτευχθεί η ερμηνεία των βλαβών κατά μορφή και θέση. Πιθανέ παράμετροι

μπορεί να είναι αφανή γεωμετρικά στοιχεία, μηχανικά χαρακτηριστικά που δεν έχουν ερευνηθεί, τυχαίοι συνδυασμοί δράσεων που πιθανολογείται ότι ασκήθηκαν στο παρελθόν.

6. Για την ανάλυση, τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων, την επαλήθευση του επιλεγέντος δείκτη συμπεριφοράς, έχουν κατ' αναλογία εφαρμογή οι διατάξεις των Παραγράφων 2.4.3 έως 2.4.5 του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Ειδικώς για τις τοιχοπληρώσεις ισχύει η Παράγραφος 2.1.4.2 του Κανονισμού Επεμβάσεων.
7. Σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να είναι χρήσιμη ή/και αναγκαία μια ταχεία εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος που έχει υποστεί βλάβες ή φθορές. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να γίνεται ανάλογα με την ένταση και έκταση των βλαβών σύμφωνα με δόκιμες (ακριβείς ή προσεγγιστικές) μεθόδους.

1.3.1 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Σκυρόδεμα

Κατά τις επιθεωρήσεις υφισταμένων κατασκευών από σκυρόδεμα αναζητούνται ειδικότερα στοιχεία και πληροφορίες για τα εξής:

- Μελέτη (εγκεκριμένη ή μη) και τα κατασκευαστικά σχέδια αν υπάρχουν.
- Ιστορικά στοιχεία με βάση την πρακτική που ακολουθούσαν την εποχή της ανέγερσής της (τρόπος παραγωγής σκυροδέματος: μηχανικός ή «με το χέρι», τρόπος όπλισης, μήκη αγκυρώσεων, χρήση συνδετήρων ή μανδυών, κατεργασία χάλυβα, κλπ).
- Ποιότητα υλικών. Οι ιδιότητες του σκυροδέματος που κυρίως ενδιαφέρουν στην περίπτωση υφισταμένων κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα είναι εκείνες που σχετίζονται με την δομητική συμπεριφορά και τις απαιτήσεις ενισχύσεως. Τέτοιες είναι κυρίως η θλιπτική αντοχή και σε μικρότερο βαθμό το ειδικό βάρος και το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος καθώς και το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και η παραμόρφωση θραύσεως του χάλυβα. Πάντως ενδέχεται να ενδιαφέρουν και άλλες ιδιότητες του

σκυροδέματος όπως η εφελκυστική αντοχή, η συνάφεια, η διαπερατότητα κλπ. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά και με έμμεσες μη καταστροφικές μεθόδους (κρουσίμετρο, υπέρηχους, εξόλκευση ήλου κλπ). Πάντως, προκειμένου να γίνει επισκευή ή ενίσχυση μιας κατασκευής, οι έμμεσες μέθοδοι δεν είναι επαρκείς και πρέπει να συνδυάζονται με πυρηνοληψίες για λόγους βαθμονόμησης των εμμέσων μεθόδων και αύξησης της ακρίβειας. Το όριο διαρροής καθώς και οι λοιπές ιδιότητες του χάλυβα γενικώς παραμένουν σταθερά, αν και ορισμένες περιβαλλοντικές δράσεις (όπως π.χ. θαλάσσιο περιβάλλον, χημικά εργοστάσια κλπ) προκαλούν εξασθένηση του χάλυβα. Συνήθως στις κατασκευές μετά το 1990 η ποιότητα του χάλυβα είναι ίδια για τα όλα τα δομικά στοιχεία (κατακόρυφα, οριζόντια και θεμελίωση). Στις κατασκευές της περιόδου 1965-1990 ήταν συνήθης ο συνδυασμός διαμήκους χάλυβα κατηγορίας StIII (S400) και συνδετήρων κατηγορίας StI (S220). Για τις κατασκευές πριν το 1965 είχαμε αποκλειστική χρήση λείου χάλυβα St I (S220).

- Ιδιότητες δομικών στοιχείων. Οι ιδιότητες των δομικών στοιχείων που ενδιαφέρουν, στην περίπτωση υφισταμένων κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα, είναι εκείνες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του συνόλου της κατασκευής, όπως οι διαστάσεις, η αποδιοργάνωση, η θέση και αγκύρωση του οπλισμού κλπ. Ειδικότερα οι παρακάτω ιδιότητες θεωρούνται σημαντικές και θα πρέπει να παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα και να αξιολογούνται καταλλήλως:
- Υλοποιηθείσες διαστάσεις σε σχέση με τις αρχικές προβλεπόμενες από την μελέτη
- Υλοποιηθείσες συνθήκες στηρίξεως (άρθρωση, ελαστική πάκτωση ή πάκτωση)
- Λεπτομέρειες οπλίσεως (αγκυρώσεις, ματίσεις, κλπ)
- Ικανότητα μεταφοράς εντάσεως από τους κόμβους (π.χ. περίπτωση έκκεντρης δοκού μεγάλου πλάτους στηριζομένης σε υποστύλωμα μικρών διαστάσεων.
- Έλεγχος καταστάσεως μελών από Ω.Σ. Εκτός από τις διάφορες ιδιότητες του ωπλισμένου σκυροδέματος, ενδιαφέρον ενδέχεται να παρουσιάζουν και λοιπές ιδιότητες ή καταστάσεις των μελών ενός φορέα από Ω.Σ.. Τέτοιες μπορεί να είναι: η παρουσία χλωριόντων, το βάθος ενανθρακώσεως, η

διάβρωση του χάλυβα και η αντίστοιχη απώλεια χάλυβα λόγω διαβρώσεως, η διαπερατότητα, η ύπαρξη υγρασίας, τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής, το εύρος ρωγμών, η εξέλιξη παραμορφώσεων συναρτήσει του χρόνου και, τέλος, η αποτελεσματικότητα επεμβάσεων (στις περιπτώσεις που έχουν γίνει επεμβάσεις).

1.3.2 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Τοιχοποιία

Κατά τις επιθεωρήσεις κατασκευών από τοιχοποιία οι μηχανικές ιδιότητες που κυρίως ενδιαφέρουν είναι η θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας και η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας.

Θλιπτική αντοχή. Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας μπορεί να γίνει με τρεις μεθόδους (FEMA 274, 2000). Οι δύο βασίζονται στον έλεγχο τμήματος τοιχοποιίας το οποίο είτε αποσπάται από υφιστάμενη κατασκευή από τοιχοποιία, είτε επαναδομείται στο εργαστήριο με κονίαμα ανάλογο της υπό εξέταση τοιχοποιίας. Η τρίτη μέθοδος μετράει την θλιπτική αντοχή εισάγοντας επίπεδους γρύλους σε υφιστάμενη κατασκευή από τοιχοποιία. Τέλος, εκτός από τις παραπάνω αναφερόμενες μεθόδους στις οποίες χρησιμοποιείται τμήμα τοιχοποιίας για να εκτιμηθεί η θλιπτική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας, έχουν αναπτυχθεί και αρκετές ημιεμπειρικές σχέσεις με τις οποίες τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας υπολογίζονται από τα χαρακτηριστικά των επί μέρους υλικών.

Μέτρο ελαστικότητας. Το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας μπορεί να προσδιορισθεί από τις παραπάνω μεθόδους προσδιορισμού θλιπτικής αντοχής. Απουσία άλλης ενδείξεως, το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας μπορεί να εκτιμηθεί ως πολλαπλάσιο της αντοχής της τοιχοποιίας $E_{\text{τοιχ}} = \alpha \cdot f_{c,\text{τοιχ}}$. ($\alpha = 600$ έως 1200)

Αντοχή σε διάτμηση. Η αντοχή σε διάτμηση μπορεί να υπολογισθεί με χρήση της μεθόδου των επιπέδων γρύλων.

Έλεγχος καταστάσεως. Ο οπτικός έλεγχος και η μακροσκοπική εξέταση της καταστάσεως τοιχοποιίας έχουν σκοπό την αναγνώριση του τύπου τοιχοποιίας (σύστημα δομήσεως), την εξέταση της γενικής καταστάσεως της τοιχοποιίας, τις φθορές / βλάβες που υπάρχουν στην τοιχοποιία και τις πιθανές αιτίες που τις προκάλεσαν (σεισμός, επίδραση εδάφους, φυσικοχημικές δράσεις), την αναγνώριση

του στατικού συστήματος και του τρόπου μεταφοράς φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος. Εκτός από την οπτική επιθεώρηση και την μακροσκοπική εξέταση ο έλεγχος της κατάστασεως της τοιχοποιίας μπορεί να γίνει τόσο με έμμεσες (μή καταστροφικές) μεθόδους, όσο και με ελάχιστα καταστρεπτικούς ελέγχους.

1.3.3 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Ξύλο

Τα σημαντικότερα σημεία μιας επιθεώρησης, σε κατασκευή με ξύλινο φορέα είναι τα εξής :

- Αναγνώριση του είδους της χρησιμοποιούμενης ξυλείας και της ποιότητάς της.
- Γενική αναγνώριση του στατικού μοντέλου του φορέα του κτιρίου.
- Έλεγχος της κατάστασης στην οποία βρίσκεται το ξύλο, ως υλικό, από την φυσική φθορά του χρόνου.
- Έλεγχος για την ύπαρξη ρωγμών στο ξύλο, οι οποίες είναι υπεύθυνες, εκτός από την ενδεχόμενη μείωση της αντοχής του, και για την διάνοιξη διόδων στις περιβαλλοντικές δράσεις, οι οποίες βλάπτουν το ξύλο και τα συνδετικά στοιχεία.
- Έλεγχος για σημεία του φορέα με αυξημένα ποσοστά υγρασίας.
- Έλεγχος για εύρεση φυτικών και ζωικών φθορέων του ξύλου. Η παρουσία των ζωικών φθορέων γίνεται αντιληπτή, από τις διάφορες οπές οι οποίες εντοπίζονται στο ξύλο, σε περιοχές με αυξημένη υγρασία και ελλιπή αερισμό. Η παρουσία των φυτικών φθορέων γίνεται αντιληπτή με τη χρωματική αλλαγή του ξύλου και την ανάπτυξη μυκήτων.
- Έλεγχος των κόμβων του φορέα και ιδιαίτερα σε όλους τους μεταλλικούς συνδέσμους.

1.3.4 Απαιτήσεις για Κατασκευές από Χάλυβα

Πριν από οποιονδήποτε έλεγχο ή δειγματοληψία, πρέπει να γίνεται αναγνώριση των χαλύβων (κυρίως για τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος). Για τον σκοπό αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Παράρτημα 1 του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων.

Οι ιδιότητες που συνήθως ελέγχονται είναι οι εξής:

- Οριο διαρροής
- Εφελκυστική αντοχή
- Παραμόρφωση θραύσεως
- Δοκιμή σε κάμψη - ανάκαμψη ή αναδίπλωση, μόνο για χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος
- Διαστάσεις
- Χημική σύσταση κυρίως όταν πρόκειται να γίνουν συγκολλήσεις
- Έλεγχος διαβρώσεως

1.4 Μεθοδολογία Διάγνωσης Βλαβών

Η μεθοδολογία διάγνωσης βλαβών περιλαμβάνει το συνδυασμό της οπτικής αξιολόγησης της κατασκευής με τις κατάλληλες ενόργανες μεθόδους διάγνωσης βλαβών με σκοπό την αποκατάσταση επαρκών στοιχείων για την κατάσταση της κατασκευής. Επίσης η θέση και η επιλογή των προς εξέταση δειγμάτων είναι σημαντική για την εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων που αφορούν το σύνολο του φορέα. Ο αριθμός των ελέγχων πρέπει να επαρκεί για την επιλογή της σωστής στρατηγικής επεμβάσεων και την κακή εκτίμηση του συνολικού τμήματος της κατασκευής που χρήζει επισκευών.

Για τη διεξαγωγή των ελέγχων απαιτείται πεπειραμένο συνεργείο, το οποίο σε συνεργασία με το μελετητή Μηχανικό πρέπει να διασφαλίσει τα ακόλουθα:

- Την εφαρμογή των κατάλληλων μεθόδων διάγνωσης βλαβών στην πράξη, συμπεριλαμβανομένης της λειτουργίας του απαραίτητου εξοπλισμού.
- Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και θέσης ελέγχου ανάλογα με το είδος της βλάβης.
- Την ορθή και λεπτομερή περιγραφή των αποτελεσμάτων της έρευνας, καθώς και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτών.

Επιτόπου, μία εξιδανικευμένη διάγνωση ξεκινά πάντα με έναν οπτικό έλεγχο που σκοπό έχει την απόκτηση μιας εποπτικής εικόνας του κτιρίου και των βλαβών που έχει υποστεί.

Οι οπτικές παρατηρήσεις καταγράφονται σε πρόχειρα σχέδια κατόψεων και όψεων. Τα σχέδια πρέπει να περιλαμβάνουν την ταυτότητα και τον προσανατολισμό των ελεγχόμενων στοιχείων.

Όταν ολοκληρωθεί ο οπτικός έλεγχος, γίνεται μία «υπόθεση εργασίας» σχετικά με την αιτία των βλαβών. Με βάση την υπόθεση αυτή, επιλέγονται οι μέθοδοι διάγνωσης βλαβών που θα εφαρμοστούν καθώς και οι θέσεις των προς εξέταση περιοχών.

Αφού προσδιοριστούν οι θέσεις, μετρούνται κατακόρυφες αποστάσεις, συνήθως από το επίπεδο του εδάφους. Οριζόντιες αποστάσεις πρέπει επίσης να μετρηθούν από μία καλώς ορισμένη θέση αναφοράς (π.χ. γωνία κάποιου συγκεκριμένου υποστυλώματος).

Όταν όλοι οι προγραμματισμένοι έλεγχοι έχουν ολοκληρωθεί, οι οπτικές παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των ελέγχων πρέπει να συνεκτιμηθούν έτσι ώστε να καθοριστεί επακριβώς η αιτία, η έκταση, και η πιθανή περαιτέρω ανάπτυξη βλαβών. Εάν ο ακριβής καθορισμός δεν είναι δυνατός, συμπληρωματικοί έλεγχοι πρέπει να επιλεγούν και να εκτελεστούν.

Εφόσον τα αποτελέσματα των ελέγχων δεν επαληθεύουν την αρχική υπόθεση για την αιτία των βλαβών, αυτή πρέπει να αναθεωρηθεί. Ενδέχεται να απαιτηθεί η εκτέλεση συμπληρωματικών ελέγχων για την επιβεβαίωση της αναθεωρημένης υπόθεσης.

1.4 Μέθοδοι και Όργανα Διάγνωσης Βλαβών

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ελέγχων διάγνωσης βλαβών που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση τόσο των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος όσο και της διαβρωτικής δράσης ουσιών στο σκυρόδεμα και στο χάλυβα του οπλισμού. Οι έλεγχοι αποσκοπούν κυρίως στην εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος και στον προσδιορισμό περιοχών που χαρακτηρίζονται από μεγάλη διαπερατότητα, ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις, μειωμένη πυκνότητα, κ.λπ. Διακρίνουμε τέσσερις κύριες κατηγορίες ελέγχων:

- Μη καταστροφικοί
- Ημικαταστροφικοί
- Επιτόπου χημικοί
- Καθολική φόρτιση

Εκτός από τις παραπάνω κύριες κατηγορίες διάγνωσης βλαβών, μία κατασκευή μπορεί επίσης να υποβληθεί και σε άλλους συμπληρωματικούς ελέγχους για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την εμφάνιση βλαβών, όπως:

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση ελέγχων βλαβών σε δομικά στοιχεία

Έλεγχοι γεωμετρίας δομικών στοιχείων φορέα	Μετρήσεις των διαστάσεων των διατομών και του μήκους των μελών και των τελειωμάτων, όπως κατασκευάστηκαν. Μετρήσεις του εύρους των ρωγμών στο σκυρόδεμα ή στη φέρουσα τοιχοποιία. Μετρήσεις των παραμενουσών παραμορφώσεων (συνιστάται χρήση τοπογραφικών οργάνων).
Έλεγχοι θεμελίωσης	Μέτρηση των διαστάσεων των θεμελιώσεων και αξιολόγηση με την εκσκαφή τάφρων ελέγχου. Λήψη και εξέταση δειγμάτων υπεδάφους.

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται ονομαστικά οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές από σκυρόδεμα και στις κατασκευές από τοιχοποιία, όπου χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: οπτικοί έλεγχοι και ενόργανοι έλεγχοι

Πίνακας 2 Μέθοδοι ελέγχου κατασκευών από σκυρόδεμα

Οπτικοί Έλεγχοι		<p>προσεισμικός έλεγχος</p> <p>μετασεισμικός έλεγχος</p> <p>με χρήση μεγεθυντικού φακού</p>
Ενόργανοι Έλεγχοι	Επιτόπου του Έργου	<p>πυρηνοληψία</p> <p>υπέρηχοι</p> <p>κρουσίμετρο</p> <p>εξόλκευση ήλου</p> <p>ραδιογραφικές μέθοδοι</p> <p>μαγνητικές μέθοδοι</p> <p>δυναμικό χάλυβα, καμπύλες πολώσεως</p> <p>υγρασία σκυροδέματος</p> <p>διαπερατότητα</p> <p>υπέρυθρη φωτογράφιση</p> <p>ραντάρ</p> <p>ενδοσκόπηση</p> <p>δοκιμή χαραγής, δοκιμή μικροθραυσμάτων</p> <p>μέθοδος επίπεδων γρύλων</p> <p>μέτρηση εύρους ρωγμών</p> <p>έλεγχος παραμορφώσεων</p> <p>δοκιμαστικές φορτίσεις Δυναμικές-Στατικές</p> <p>δοκιμές χάλυβα</p>
	Στο Εργαστήριο	<p>αντοχή σε θλίψη</p> <p>αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη</p> <p>προσδιορισμός φαινόμενου βάρους</p> <p>προσδιορισμός υγρασίας δοκιμίων</p> <p>προσδιορισμός υδατοαπορροφητικότητας</p> <p>βαθμονόμηση εμμέσων μεθόδων:</p> <p>κρουσίμετρο, υπέρηχοι</p> <p>έλεγχος μάζας δομικού στοιχείου</p>

Πίνακας 3 Μέθοδοι ελέγχου κατασκευών από τοιχοποιία

Οπτικοί Έλεγχοι		<p>προσεισμικός έλεγχος</p> <p>μετασεισμικός έλεγχος</p> <p>με χρήση μεγεθυντικού φακού</p>
Ενόργανοι Έλεγχοι	Επιτόπου του Έργου	<p>πυρηνοληψία</p> <p>υπέρηχοι</p> <p>κρουσίμετρο</p> <p>κρουστικές μέθοδοι</p> <p>ραδιογραφικές μέθοδοι</p> <p>υπέρυθρη φωτογράφιση</p> <p>ραντάρ</p> <p>ενδοσκόπηση</p> <p>δοκιμή χαραγής</p> <p>μέθοδος επίπεδων γρύλων</p> <p>μέτρηση εύρους ρωγμών</p> <p>έλεγχος παραμορφώσεων</p> <p>δοκιμαστικές φορτίσεις Δυναμικές-Στατικές</p> <p>δοκιμές χάλυβα</p> <p>αποτελεσματικότητα επεμβάσεων</p> <p>έλεγχος συγκολλήσεως παλαιού δομικού στοιχείου</p>
	Στο Εργαστήριο	<p>αντοχή σε θλίψη</p> <p>αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη</p> <p>προσδιορισμός λόγου Poisson</p> <p>προσδιορισμός μέτρου ελαστικότητας</p> <p>προσδιορισμός φαινόμενου βάρους</p> <p>προσδιορισμός υγρασίας δοκιμίων</p> <p>προσδιορισμός υδατοαπορροφητικότητας</p> <p>βαθμονόμηση εμμέσων μεθόδων: κρουσίμετρο, υπέρηχοι</p> <p>μακροσκοπικός έλεγχος μάζας δομικού στοιχείου</p> <p>δοκιμή μικροθραυσμάτων</p> <p>χημικές αναλύσεις</p>

Στην συνέχεια τα αποτελέσματα των ελέγχων αξιολογούνται ενώ ταυτόχρονα γίνεται έλεγχος εφαρμογής των ξυλοτύπων (στατικά σχέδια). Ακολουθεί ο στατικός υπολογισμός - επανέλεγχος βάσει των Ελληνικών αντισεισμικών κανονισμών και κανονισμών Οπλισμένου Σκυροδέματος. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι το κατά πόσο το κτίριο συμμορφώνεται με αυτούς τους κανονισμούς και τι ανεπάρκειες προκύπτουν. Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μία στατική μελέτη ενισχύσεων - αντισεισμικής αναβάθμισης ή μελέτη ανθεκτικότητας / συντήρησης (όταν δεν εμφανίζονται ανεπάρκειες). Οι παραπάνω εργασίες αποτελούν την ιδανική λύση για την ακριβή εκτίμηση της στατικότητας και αντοχής κάθε υφιστάμενης κατασκευής. Μια τέτοια εκτίμηση είναι αναγκαία, πριν την όποια αποκατάσταση ζημιών από σεισμό, πυρκαγιά, διάβρωση, γήρανση, κόπωση, καθίζηση θεμελιώσεων, σαθρό ή κακής ποιότητας σκυρόδεμα και κακοτεχνίες.

Οι παραπάνω εργασίες βρίσκουν εφαρμογή σε κατοικίες, επαγγελματικούς χώρους, βιομηχανικά ή βιοτεχνικά κτίρια, πισίνες ή δεξαμενές, παραδοσιακά / διατηρητέα κτίρια και λιθοδομές.



Εικόνα 1 Ημικαταστροφική μέθοδος μέτρησης ενανθράκωσης του σκυροδέματος

1.5 Συνοπτική Παρουσίαση Άμεσων και Έμμεσων Ελέγχων

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται συνοπτικά οι διάφοροι είδη επιθεώρησης και ελέγχου της αντοχής των υλικών σε υφιστάμενες κατασκευές.

Όνομασία	Είδος Ελέγχου	Περιγραφή Ελέγχου
Οπτικός έλεγχος	Επιθεώρηση	<p>Εντοπίζονται και καταγράφονται οι φθορές – βλάβες που υπάρχουν σε ένα υφιστάμενο κτίριο. Έτσι, ο έλεγχος συνίσταται στην καταγραφή, πάνω σε σχέδια ή σκαριφήματα, των εξής στοιχείων: ρωγμές (θέση και εύρος), διαβρωμένοι οπλισμοί, προβλήματα υγρασίας, ανερχόμενης ή κατερχόμενης.</p> <p>Ανωμαλίες και φθορές σε σκυρόδεμα και χάλυβα, όπως : απόμιξη, φωλιές, αποθέσεις αλάτων, δημιουργία μικροσταλακτιτών, απολεπίσεις, αποφλοιώσεις, άτακτη ρηγμάτωση, απόσπαση τεμαχίων, εκτινάξεις, ίχνη σκουριάς, χρωματικές αλλοιώσεις, απογυμνωμένοι οπλισμοί, θραυσμένοι οπλισμοί, κατάσταση τενόντων προεντάσεως.</p>
Πυρηνοληψία	Ημικαταστροφική μέθοδος	<p>Βασίζεται στην διάτρηση και αποκοπή κυλινδρικού δοκιμίου. Μέθοδος για τον προσδιορισμό: της αντοχής σε θλίψη, αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη, αντοχής σε εφελκυσμό από κάμψη, μέτρου ελαστικότητας, λόγου Poisson, υγρασίας δοκιμίου, υδατοαπορροφητικότητας, πορώδους, μάζας, φαινομένου βάρους, αποτελεσματικότητας επεμβάσεων (πληρότητα ενέσεων κόλλας, ή ενεμάτων). Για την ορθή εξαγωγή συμπερασμάτων από μια πυρηνοληψία θα πρέπει να έχει γίνει ορθός προγραμματισμός. Συγκεκριμένα θα πρέπει να αποφασισθούν η διάμετρος και το μήκος των πυρήνων, τα δομικά στοιχεία από όπου θα γίνει η πυρηνοληψία και οι θέσεις των πυρήνων πάνω στα δομικά στοιχεία καθώς και ο αριθμός των πυρήνων. Στην διεθνή βιβλιογραφία συνιστάται η διάμετρος των αποκοπόμενων πυρήνων, προκειμένου για τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, να είναι 10 έως 15 cm, αλλά σε κάθε περίπτωση τριπλάσια του μεγέθους του μέγιστου αδρανούς που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του εξεταζόμενου σκυροδέματος. Τα μεγαλύτερης διαμέτρου δοκίμια δίνουν ακριβέστερα αποτελέσματα γιατί καταστρέφονται λιγότερο κατά την διαδικασία κοπής και</p>

		<p>λείανσής τους και επειδή είναι λιγότερο ευαίσθητα (π.χ. η αντοχή των πυρήνων διαμέτρου 10cm παρουσιάζεται 20% περίπου αυξημένη σε σχέση με την αντοχή των πυρήνων διαμέτρου 5cm). Το μήκος του πυρήνα συνιστάται να είναι $L=0.95D$ έως $2D$. Η απόσταση των αποκοπτόμενων πυρήνων απ' τις ακμές των εξεταζόμενων στοιχείων πρέπει να είναι τουλάχιστον 8cm, ενώ η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $4D$ (D η διάμετρος του πυρήνα).</p> <p>Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή των πυρήνων είναι: η παρουσία ράβδων οπλισμού, η επιπέδωση των παράλληλων επιφανειών τους, η θέση του πυρήνα καθύψος του δομικού στοιχείου, το είδος του δομικού στοιχείου (πλάκα, δοκός, υποστύλωμα κλπ), η διεύθυνση κοπής των πυρήνων σε σχέση με την διεύθυνση σκυροδέτησης. Στην διεθνή αλλά και Ελληνική βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλές σχέσεις αναγωγής της αντοχής του πυρήνα σε (συμβατική) αντοχή κύβου οι οποίες όμως παρουσιάζουν μεγάλες διασπορές μεταξύ τους.</p>
Μέθοδος τασικών κυμάτων – Υπέρηχοι	Έμμεση μέθοδος	<p>Βασίζεται στην διάδοση τασικών κυμάτων δια μέσου του υλικού ή στην αντήχηση (υπερηχητικών ή κρουστικών κυμάτων). Με την μέθοδο αυτή γίνεται μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των υπερήχων δια μέσου τμήματος σκυροδέματος ή τοιχοποιίας γνωστού μήκους. (Παραλλαγές της μεθόδου: αντανάκλαση σε ελεύθερη επιφάνεια ή σε ρωγμή). Πρόκειται για μεθόδους με τις οποίες γίνεται μέτρηση της σχετικής καταστάσεως του σκυροδέματος ή τοιχοποιίας με βάση την ταχύτητα διαδόσεως των υπερήχων. Με τις μεθόδους αυτές γίνεται: προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής του δομικού στοιχείου, εντοπισμός κοιλοτήτων στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων, εκτίμηση βάθους επιφανειακών ρωγμών, προσδιορισμός ομοιομορφίας, αποτίμηση βάθους στρώματος δομικού στοιχείου που έχει υποστεί φθορά.</p>
Κρουσίμετρο	Έμμεση μέθοδος	<p>η οποία βασίζεται στην μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας σκυροδέματος, λίθων και κονιάματος. Μέθοδος για τον έμμεσο προσδιορισμό θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος, λίθων ή κονιάματος· έλεγχο ομοιομορφίας,</p>

		έλεγχο επιφανειακής σκληρότητας και ομοιογένειας των υλικών δομήσεως, κυρίως όμως του σκυροδέματος
Κρουστικές μέθοδοι	Έμμεση μέθοδος	οι οποίες βασίζονται στην ανάλυση συχνοτήτων των παλμών κατά την διάδοση-τους διαμέσου του σκυροδέματος. Μέθοδοι για τον προσδιορισμό κακοτεχνιών στο εσωτερικό στοιχείων από σκυρόδεμα, την εκτίμηση πάχους επιφανειακών στοιχείων και του μήκους γραμμικών στοιχείων (πασάλων).
Εξόλκευση ήλου	Έμμεση μέθοδος	η οποία βασίζεται στην μέτρηση της δυνάμεως εξολκείσεως ειδικού ήλου ο οποίος εμπήγνυται κρουστικώς στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου (σκυροδέματος, κονιάματος ή ξύλου). Μέθοδος για τον προσδιορισμό της αντοχής του δομικού στοιχείου σκυροδέματος, έλεγχο ομοιομορφίας (σκυροδέματος, κονιάματος ή ξύλου).
Ραδιογραφική μέθοδος	Μη καταστροφική μέθοδος	η οποία βασίζεται στην προσβολή της ελεγχόμενης επιφάνειας με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που διέρχεται δια μέσου της μάζας του δομικού στοιχείου. Με την μέθοδο αυτή γίνεται μέτρηση πυκνότητας του δομικού στοιχείου, εντοπισμός οπλισμών και κενών - σπηλαιώσεων στην μάζα του δομικού στοιχείου
Μαγνητικές μέθοδοι	Μη καταστροφική μέθοδος	οι οποίες βασίζονται στην μεταβολή του μαγνητικού πεδίου από την παρουσία του χάλυβα σε δομικό στοιχείο. Μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως χάλυβα, εκτίμησης διαμέτρου και επικάλυψης οπλισμού
Ηλεκτρικές μέθοδοι	Ημικαταστροφική μέθοδος	οι οποίες βασίζονται στην μεταβολή του δυναμικού ή της εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος. Μέθοδοι με την οποίες γίνεται έλεγχος πιθανότητας διαβρώσεως του σιδηροπλισμού και όχι της ταχύτητας διαβρώσεως
Διαπερατότητα	Μη καταστροφική (επί του έργου) και ημικαταστροφική	Η μέθοδος βασίζεται στην μέτρηση της ροής ρευστού (αέρα ή ύδατος) δια μέσου τους σκυροδέματος υπό δεδομένες συνθήκες. Εφαρμόζεται για σύγκριση σκυροδεμάτων με διάφορες συνθέσεις, έλεγχο ωρίμανσης σκυροδέματος.

	(στο εργαστήριο)	
Υπέρυθρη φωτογράφιση	Μη καταστροφική μέθοδος	Βασίζεται στην μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας δια μέσου δομικού στοιχείου (σκυροδέματος, χάλυβα, τοιχοποιίας, ξύλου) παρουσία ελαττωμάτων, φθορών ή διαφορετικών υλικών καθώς και στο γεγονός ότι η εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από μια επιφάνεια εξαρτάται από την θερμοκρασία της. Η μέθοδος εφαρμόζεται για τον έλεγχο ρωγμών και αποφλοιώσεων σε δάπεδα και καταστρώματα γεφυρών, υγρασίας σε κτίρια,, εντοπισμός διαφορετικών υλικών
Ραντάρ	Μη καταστροφική μέθοδος	Βασίζεται στην μελέτη της ανακλάσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς διέρχονται από υλικά με διαφορετικές διηλεκτρικές σταθερές. Με την μέθοδο αυτή γίνεται προσδιορισμός μεταλλικών αντικειμένων και κενών σε δάπεδα, περιοχών με αυξημένη υγρασία, εκτίμηση του πάχους στοιχείων.
Ενανθράκωση	Ημικαταστροφική μέθοδος	Βασίζεται στην μεταβολή του ΡΗ του σκυροδέματος δομικού στοιχείου από την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂). Ψεκάζεται διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης σε φρεσκοθραυσμένες ή φρεσκοκομμένες επιφάνειες σκυροδέματος. Προσδιορίζεται το βάθος ενανθράκωσης (από την προκαλούμενη αλλαγή χρώματος στο μη ενανθρακωμένο σκυρόδεμα) το οποίο επηρεάζει την παθητική προστασία του χάλυβα και τις ενδείξεις του κρουσιμέτρου.
Ενδοσκοπηση	Μη καταστροφική μέθοδος	Μπορεί να ελεγχθεί και φωτογραφηθεί η κατάσταση της μάζας δομικού στοιχείου αφού προηγηθεί μικρή διάτρηση. Μέθοδος με την οποία διανοίγεται μικρή οπή 10 έως 15 mm, εισάγεται ο σωλήνας του ενδοσκοπίου, ελέγχεται ή και φωτογραφίζεται το εσωτερικό ή η παράπλευρη επιφάνεια της διατρήσεως για τον εντοπισμό κοιλοτήτων, κενών, φωλεών σε σκυρόδεμα ή τοιχοποιία, έλεγχο της κατάστασης οπλισμού (διαβρωμένων ή μή) κυρίως προεντεταμένων στοιχείων, πληρότητας ενέσεων (κόλλας ή ενεμάτων).

Δοκιμή χαραγής	Ημικαταστροφική έμμεση μέθοδος	Ελέγχεται η θλιπτική αντοχή του κονιάματος. Η μέθοδος βασίζεται στην επιφανειακή σκληρότητα του κονιάματος Μέθοδος για τον έμμεσο προσδιορισμό θλιπτικής αντοχής κονιάματος, έλεγχο ομοιομορφίας, επιφανειακής σκληρότητας και ομοιογένειας υλικών δομήσεως.
Δοκιμή Μικρο-θραυσμάτων	Ημικαταστροφική μέθοδος	Τεμάχια κονιάματος τα οποία απόσπώνται από το έργο εγκιβωτίζονται σε ειδικές μήτρες στο εργαστήριο και υποβάλλονται σε εφελκυσμό για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής κονιάματος
Μέθοδος των επίπεδων γρύλων	Ημικαταστροφική μέθοδος	Δοκιμή θλίψης επί τόπου του έργου σε πραγματική κλίμακα. Η δοκιμή συνίσταται στην επιβολή κατακορύφου θλιπτικού φορτίου σε τμήματα τοιχοποιίας μέσω επίπεδων γρύλων με ταυτόχρονη καταγραφή οριζοντίων και κατακορύφων παραμορφώσεων. Απαιτείται διάνοιξη οριζοντίων και κατακορύφων σχισμών στην τοιχοποιία. Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζονται η θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας, το μέτρο ελαστικότητας, ο λόγος Poisson, ο λόγος εγκάρσιας διογκώσεως τοιχοποιίας
Μέτρηση εύρους ρωγμών – έλεγχος παραμορφώσεων	Μη καταστροφικές μέθοδοι	Γίνεται μέτρηση και παρακολούθηση των παραμορφώσεων σε δοκιμές που γίνονται στο εργαστήριο ή επί τόπου του έργου. Ο έλεγχος / μέτρηση γίνεται με τα παρακάτω όργανα: Ακουστικά μηκυσιόμετρα, Μηχανικά μηκυσιόμετρα, Ηλεκτρικά μηκυσιόμετρα, Μετρητές μετακινήσεων. Εφαρμόζονται για την παρακολούθηση και καταγραφή μακροχρόνιων παραμορφώσεων, παρακολούθηση και καταγραφή παραμορφώσεων που προέρχονται από παροδικά φορτία
Δοκιμαστικές φορτίσεις (στατικές ή	Μη καταστροφικές μέθοδοι	γίνεται πειραματικός έλεγχος της φέρουσας ικανότητας ή των δυναμικών χαρακτηριστικών (απόσβεση και ιδιοπερίοδος) μιας κατασκευής, καθώς και παρακολούθηση της παραμορφώσεως των υλικών. Ανάλογα με την μέθοδο που εφαρμόζεται ελέγχονται τα εξής χαρακτηριστικά:

δυναμικές)		<p>Στατική μέθοδος Φέρουσα ικανότητα (η κατασκευή φορτίζεται με φορτίο μεγαλύτερο του φορτίου λειτουργίας), παραμορφώσεις υλικών και δομικών στοιχείων, από τα οποία κατασκευάζονται διαγράμματα τάσεως – παραμορφώσεως ή φορτίου – παραμορφώσεως, από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται υπολογισμός του μέτρου ελαστικότητας</p> <p>Δυναμική φόρτιση, προσδιορισμός δυναμικών χαρακτηριστικών (ιδιοπερίοδος και απόσβεση), μέτρηση παραμορφώσεων</p>
Δοκιμές χάλυβα	Ημικαταστροφική δοκιμή	<p>γίνονται στον χάλυβα (σιδηροπλισμό ή μορφοσίδηρο) για τον έλεγχο, αφ' ενός των μηχανικών χαρακτηριστικών, αφ' ετέρου της χημικής σύστασης και ελέγχου διαβρώσεως. Με τις μεθόδους αυτές ελέγχονται τα εξής: Οριο διαρροής, Οριο θραύσεως, Παραμόρφωση θραύσεως, Δοκιμή κάμψης - ανάκαμψης, αναδίπλωσης (μόνο για χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος), Χημική σύσταση, Έλεγχος διαβρώσεως</p>
Χημικές αναλύσεις	Ημικαταστροφική δοκιμή	<p>Σε δείγματα που προσκομίζονται στο εργαστήριο, γίνεται χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της συνθέσεως. Με τις μεθόδους αυτές ανιχνεύονται: Σε κονιάματα διάφορα οξείδια (πυριτίου, Αργιλίου, Σιδήρου, Ασβεστίου, Μαγνησίου, Νατρίου, Καλίου), Σε σκυροδέματα το ποσοστό χλωριόντων κατά βάρος τσιμέντου, σε χάλυβες τα χημικά στοιχεία C, Mn, Si, V κλπ.</p>
Έμψη ήλου – εξόλκευση κοχλία	Έμψη μη καταστροφική μέθοδος	<p>Με ειδικό εργαλείο γίνεται έμψη ήλου στο ξύλο και μετριέται το μήκος διεισδύσεως. Παραλλαγή: μετριέται η δύναμη για την εξόλκευση ενός τυποποιημένου κοχλία. Απλή, γρήγορη μέθοδος με πολλές αβεβαιότητες, συνιστάται να εφαρμόζεται κατόπιν βαθμονομήσεως</p>
Διάτρηση	Έμψη μη	<p>Με ειδικό ηλεκτρικό τρυπάνι γίνεται τρύπα στο ξύλο και καταγράφεται η καμπύλη της δυσκολίας προωθήσεως</p>

	καταστροφική μέθοδος	της διατρήσεως. Απλή, γρήγορη μέθοδος με πολλές αβεβαιότητες, συνιστάται να εφαρμόζεται κατόπιν βαθμο- νομήσεως. Επίσης μπορεί να γίνει έλεγχος των προϊόντων διατρήσεως για τον σχηματισμό μακροσκοπικής εικόνας της καταστάσεως του ξύλου
Μέτρηση σκληρότητας	Έμμεση μη καταστροφική μέθοδος	Μετριέται το αποτύπωμα που σχηματίζεται από την πτώση πρότυπου βάρους στην επιφάνεια ξύλου ή μετάλλου.

2. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Εισαγωγή

Αντικείμενο ανάλυσης του δεύτερου κεφαλαίου αποτελούν πιο συγκεκριμένα πλέον οι μη καταστροφικοί έλεγχοι. Οι πλέον δημοφιλείς σε χρήση εξ αυτών είναι η κρουσιμέτρηση¹ και οι υπέρηχοι² οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενώς στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας

2.1 Οπτικός Έλεγχος – Επιθεωρήσεις

Μία γρήγορη και άμεση εκτίμηση της επιφανειακής κατάστασης του σκυροδέματος μπορεί να γίνει οπτικά. Χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τον προσδιορισμό ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων, και άλλων επιφανειακών ατελειών. Η εφαρμογή του ελέγχου είναι απλή και μικρού κόστους. Μπορεί να εντοπίσει τις προβληματικές περιοχές και έτσι σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους ελέγχου, ο οπτικός έλεγχος είναι πολύ αποδοτικός. Πάντως δεν μπορεί να ανιχνεύσει προβλήματα κάτω από την επιφάνεια του σκυροδέματος, δίνει υποκειμενικά αποτελέσματα και απαιτεί εξαιρετικά πεπειραμένο συνεργείο.

Η επιθεώρηση (αυτοψία) είναι ο αρχικός έλεγχος για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης ενός δομήματος, ανεξάρτητα από το υλικό που έχει κατασκευασθεί. Οι επιθεωρήσεις αυτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

¹ μετράται η αναπήδηση του κρουσιμέτρου (σφύρα SCHMIDT) και η αναγωγή της σε θλιπτική αντοχή σκυροδέματος.

² Ο υπολογισμός της αντοχής του σκυροδέματος με τη μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης των υπερήχων μέσα σε αυτό.

Πίνακας 4 Κατηγορίες επιθεωρήσεων κατασκευών

Προσεισμικές Οι οποίες δεν έχουν επείγοντα χαρακτήρα και γίνονται με σκοπό:
τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση φθορών/βλαβών
την εκτίμηση της καταστάσεως του δομήματος ενόψει επεμβάσεων

Μετασεισμικές Οι οποίες έχουν επείγοντα χαρακτήρα και γίνονται για την διαπίστωση:
της τυχόν ύπαρξης κινδύνου για πρόσωπα και περιουσίες
της καταλληλότητας ή μη της κατασκευής για άμεση χρήση

Οπτικός έλεγχος με χρήση ειδικού μεγεθυντικού φακού Για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος (προληπτικού χαρακτήρα) χρησιμοποιείται μεγεθυντικός φακός, ηλεκτρικός φακός, κανόνας ή ρωγμοσκόπιο³. Επειδή τα χείλη των ρωγμών δεν είναι ποτέ παράλληλα, άρα δεν ορίζεται μονοσήμαντα η απόσταση τους, πρέπει να υπάρχει μεγάλη προσοχή ώστε να εκτιμηθεί σωστά το εύρος της ρωγμής. Μια ρωγμή που παρουσιάζει πολύ έντονες μεταβολές υπάρχει μεγάλος βαθμός δυσκολίας στον ορισμό ενός ενιαίου εύρους, έτσι απαιτούνται μετρήσεις σε αρκετές θέσεις ακόμη και αν το πλάτος δεν είναι σταθερό(σχεδόν πάντα). Τέλος γίνεται κατασκευή ιστογράμματος και εκτιμάται το εύρος της ρωγμής από την συχνότερη αναγραφόμενη τιμή.

Ο προσεισμικός έλεγχος διακρίνεται στα εξής **δύο επίπεδα** με τους αντίστοιχους σκοπούς:

Σε εθνικό επίπεδο Σε εθνικό επίπεδο ο προσεισμικός έλεγχος έχει σκοπό:
Την καταγραφή του δομικού πλούτου της χώρας, την αξιολόγηση της τρωτότητας και την εκτίμηση της διακινδύνευσης.
Τον σχεδιασμό σεναρίων επεμβάσεως και τον προσδιορισμό του

³ Το ρωγμοσκόπιο είναι ένα μικροσκόπιο με εσωτερική κλίμακα που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ποσοτικοποιεί το εύρος ορατών επιφανειακών ρωγμών

αντίστοιχου κόστους.

Τις προτάσεις και την θέσπιση κινήτρων για ενδεχόμενους χρηματοδοτικούς μηχανισμούς κάλυψης των επεμβάσεων.

Συγκεκριμένου κτηρίου Σε επίπεδο ενός συγκεκριμένου κτηρίου ο προσεισμικός έλεγχος αποσκοπεί:

Στην διαπίστωση της αναγκαιότητας ή μή της ενισχύσεως

Στον προσδιορισμό του βαθμού ενισχύσεως/επεμβάσεως

Στον καθορισμό του είδους των απαραίτητων ελέγχων και αναλύσεων

Στον σχεδιασμό των ενισχύσεων/επεμβάσεων

Για τον (προσεισμικό) έλεγχο μιας υφιστάμενης κατασκευής η διαδικασία είναι:

- Προκαταρκτικός έλεγχος (Οπτικός έλεγχος, φάκελος αδείας, συμβατότητα με νέους κανονισμούς, ιστορικό, προσθήκες, παρούσα κατάσταση, ηλικία, συνθήκες)
- Γεωμετρική αποτύπωση (διάταξη φερόντων και μή φερόντων στοιχείων, διατομές, οπλισμοί)
- Εκτίμηση αντιστάσεων (υλικά, καμπτική και διατμητική αντοχή, ικανότητα πλαστικών στροφών)
- Εκτίμηση δράσεων πλην σεισμού (φορτία βαρύτητας)
- Αποτίμηση (φάσματα επιταχύνσεων-μετατοπίσεων, έλεγχος)
- Ανασχεδιασμός - επανέλεγχος (ανάλυση)

2.2 Κρουσιμέτρηση

Ο συνηθέστερος μη καταστροφικός έλεγχος είναι η κρουσιμέτρηση. Η μέθοδος 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 κρουσίμετρου. Η μέτρηση του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας του σκυροδέματος έχει μικρότερο ποσοστό σφάλματος για ηλικίες σκυροδέματος μεταξύ 14 ημερών και 3 μηνών. Τα κρουσίμετρα είναι εύκολα στην χρήση και η μέθοδος σχετικά απλή και αξιόπιστη.

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτούνται συχνές βαθμονομήσεις του οργάνου ανάλογα με τον τύπο τσιμέντου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε καθώς και την ποιότητα των αδρανών (σκληρά, μαλακά, κλπ.) Επίσης τα αποτελέσματα μπορούν να επηρεαστούν από τις επιφανειακές συνθήκες και τις διαστάσεις του σκυροδέματος. Συνήθως η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι επαρκής μέχρι βάθος χιλιοστών. Γενικά πάντως συνιστάται η μέθοδος της κρουσιμέτρησης να συνδυάζεται με κάποια άλλη μέθοδο διάγνωσης βλαβών, όπως π.χ. με την μέθοδο λήψης πυρήνων.



Οι επιφάνειες που ελέγχονται με την μέθοδο της κρουσιμέτρησης πρέπει να είναι απολύτως λείες, αφού έχει παρατηρηθεί ότι η αξιοπιστία του κρουσίμετρου είναι αυξημένη στις λείες επιφάνειες. Εκτός από τις ανώμαλες επιφάνειες, ακατάλληλες είναι επίσης αυτές που προκύπτουν από κοπή. Επίσης συνιστάται οι μετρήσεις να γίνεται σε ξηρά στοιχεία γιατί η παρουσία υψηλού ποσοστού υγρασίας στο σκυρόδεμα του δοκιμίου έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της αξιοπιστίας του οργάνου. Ένας πρόσθετος παράγοντας που μπορεί να φέρει μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ της πραγματικής αντοχής του σκυροδέματος και αυτής που υπολογίζεται με την μέθοδο της κρουσιμέτρησης είναι το βάθος ενανθράκωσης. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος συνιστάται η αφαίρεση μιας επιφανειακής στρώσης πάχους έχω 5 χιλιοστών από την επιφάνεια του δοκιμίου.

Κρουσίμετρα απλούστερης μορφής χρησιμοποιούνται επίσης για την προσδιορισμό περιοχών του σκυροδέματος που έχουν μεγάλα εσωτερικά κενά. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται από τις αλλαγές στον ήχο που παράγει η αναπήδηση του οργάνου πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Οι έλεγχοι αυτού του είδους συνοδεύουν κατά κανόνα οπτικούς ελέγχους αλλά τα αποτελέσματά τους δεν είναι ιδιαίτερα ακριβή, για αυτό και έχουν εκτοπιστεί από άλλες μεθόδους. Σε κάθε περίπτωση απαιτούνται κατ' ελάχιστο οκτώ έλεγχοι κρουσιμέτρησης ανά όροφο και δεκαέξι ανά κτίριο.

2.3 Χρήση Υπερήχων

Είναι μία μέθοδος όπου βασίζεται στην ηχώ (αντήχηση) εξ αντανακλάσεως υπερηχητικών ή κρουστικών κυμάτων και κατατάσσεται στη κατηγορία έμμεσων μη καταστροφικών μεθόδων από σκυρόδεμα και τοιχοποιία. Με τη μέθοδο των υπερήχων έχουμε τη δυνατότητα να εντοπίσουμε τις ανωμαλίες του σκυροδέματος (φθορές, ρωγμές, κενά κ.α.), να ελέγξουμε την ποιότητα και να εκτιμήσουμε την αντοχή του σκυροδέματος μετά από την κατάλληλη βαθμονόμηση του οργάνου (συσκευή υπερήχων)



Εικόνα 2 Με τη χρήση των υπερήχων ανιχνεύονται, κενά, ρωγμές, πυκνότητα, ελαστικότητα, δομή και άλλες ιδιότητες στο ξύλο, τα κονιάματα, το σκυρόδεμα. Είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος ελέγχου της πλήρους δομής. Ο πομπός παράγει ένα ηλεκτρικό παλμό ο οποίος όταν εφαρμόζεται, μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε έναν παλμό υπερήχων. Τα σήματα μπορούν να καταγραφούν με το μέσο για επανεξέταση στην οθόνη ή για τη μεταφορά σε έναν υπολογιστή. Περισσότεροι από 200 αναγνώσεις μπορούν να καταγραφούν στην κύρια μνήμη και τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν σε ένα PC για επεξεργασία.⁴

⁴ <http://www.aeinaes.gr/el/equipment/?nid=956>

Η συσκευή των υπερήχων αποτελείται από μια γεννήτρια παραγωγής υπερηχητικών κυμάτων δυο κρυστάλλους, το πομπό και το δέκτη όπου τοποθετούνται αντικριστά στις δυο παράλληλες επιφάνειες του υπό εξέταση στοιχείου.

Ο πομπός και ο δέκτης είναι κατασκευασμένοι από πιεζοηλεκτρικά κεραμικά στοιχεία. Το μέγεθος τους αλλάζει εφαρμόζοντας τους ηλεκτρικό ρεύμα ή όταν παράγουν αυτοί ηλεκτρικό ρεύμα. Ο πομπός πάλλεται, η ταλάντωση του παράγει τασικά κύματα όπου διαδίδονται δια μέσου του σκυροδέματος, ενώ παράλληλα τίθεται σε λειτουργία ένα χρονόμετρο ακριβείας και σταματά μόλις ο παλμός φτάσει στο δέκτη. Με αυτή τη διαδικασία βρίσκουμε τη ταχύτητα(V), από το χρόνο(T) που διάνυσε το υπερηχητικό κύμα και το πάχος(L) του δοκιμίου $V=L/T$

- Τοποθετώντας στις δυο κάθετες πλευρές(όπου είναι η πιο ακριβής μέθοδος)
- Τοποθετώντας στις δυο κάθετες πλευρές(είναι δυσκολία να προσδιορίσει το μήκος του στοιχείου)
- Τοποθετώντας στη ίδια πλευρά(όταν δεν υπάρχει άλλη επιλογή ή αν υπάρχει υποψία διαφοροποίησης του σκυροδέματος)

Επίσης για τη καλύτερη επαφή των κρυστάλλων με το σκυρόδεμα χρησιμοποιούμε λιπαντική ουσία (π.χ. γράσο) για να καλύπτει τα κενά της εξωτερικής επιφάνειας του στοιχείου και πρέπει να πιέζονται οι κρύσταλλοι. Για να έχουμε ακριβέστερα αποτελέσματα πρέπει το μήκος όπου θα τοποθετηθούν οι κρύσταλλοι να είναι μικρό και προσδιορισμό.

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνονται το χαμηλό κόστος των οργάνων και η ευκολία στη χρήση τους. τα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται το γεγονός ότι η πυκνότητα και οι διαβαθμίσεις στο μέγεθος των αδρανών του σκυροδέματος μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

2.4 Μαγνητικές Μέθοδοι

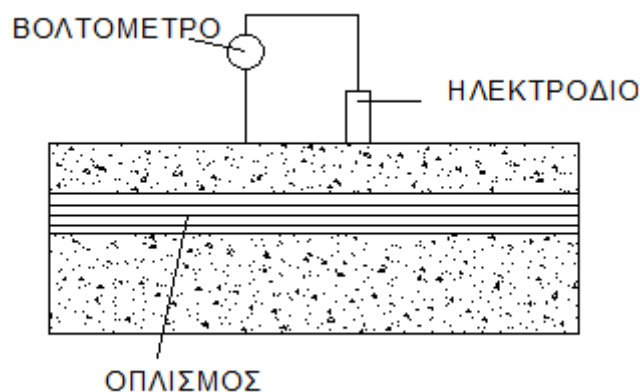
Τα μαγνητόμετρα είναι όργανα που μπορούν να εντοπίσουν και να προβλέψουν με ακρίβεια τη θέση του οπλισμού, το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος ακόμη και τη διάμετρο της ράβδου. Η μαγνητική μέθοδος στηρίζεται στη αλληλεπίδραση του οπλισμού με ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (όργανο). Δημιουργείται ένα

εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο όπου προκαλεί ηλεκτρικό δυναμικό σε ένα κύκλωμα. Η διαδικασία της μέτρησης πρέπει να γίνεται δύο φορές, η πρώτη μέτρηση γίνεται με την κεφαλή του οργάνου να ακουμπά το σκυρόδεμα ενώ η δεύτερη με τη κεφαλή να είναι σε συγκεκριμένη απόσταση. Η διαδικασία όμως μειονεκτεί γιατί έχει ως αποτέλεσμα δύο καμπύλες(που προκύπτουν από τις δυο μετρήσεις) και το αποτέλεσμα δεν έχει μεγάλη ακρίβεια.

Αν και τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι πολύ δημοφιλής κυρίως γιατί είναι φορητά, ανιχνεύουν με ακρίβεια τη θέση της εξωτερικής στρώσης οπλισμού μόνο και κατά συνέπεια είναι περισσότερο αποδοτικά για τον εντοπισμό του οπλισμού πλακών με μια στρώση οπλισμού. Η αξιοπιστία τους μειώνεται σε περίπτωση πλακών οπλισμένων με πλέγμα ή δοκών και υποστλωμάτων με περισσότερες από μια στρώσεις οπλισμού, καθώς και με την αύξηση του πάχους της επικάλυψης. Επίσης όταν κάποια από τα συστατικά του σκυροδέματος εμπεριέχουν μαγνητικά στοιχεία, οι μετρούμενες τιμές απαιτούν ειδική βαθμονόμηση.

2.5 Μέτρηση του Ηλεκτρικού Δυναμικού Σιδηροπλισμού

Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία μετρήσεως θα πρέπει να γνωρίζουμε τι πρόκειται να αντιμετωπίσουμε προκειμένου να λάβουμε τα σωστά μέτρα ασφαλείας. Για να ελέγξουμε αν υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης του χάλυβα θα πρέπει να γίνουν οι μετρήσεις δυναμικού χάλυβα με ηλεκτρόδιο αναφοράς χαλκού ή αργίλου.



Από τη σχέση $V_{SCE}+240=V_{CSE}+300$ [mV] υπολογίζεται η διάβρωση του χάλυβα. Όπως αναφέρεται στο ASTM C 876-87 υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

- Αν $E > -200$ mV_{CSE}, κατά πιθανότητα 90% δεν συμβαίνει διάβρωση
- Αν $E > -350$ mV_{CSE}, κατά πιθανότητα 90% συμβαίνει διάβρωση
- Αν -200 mV_{CSE} $> E > -350$ mV_{CSE}, δεν είναι βέβαιο αν συμβαίνει ή όχι διάβρωση

Για τη μέτρηση υγρασίας τοποθετούνται τέσσερα ηλεκτρόδια σε μικρό βάθος όπου συνδέονται με βολτόμετρο και ρεύμα. Στη συνέχεια εφαρμόζεται ρεύμα εντάσεως i , μετριέται το αντίστοιχο δυναμικό και υπολογίζετε η αντίσταση R του σκυροδέματος, η ειδική αντίσταση ρ δίνετε από τον τύπο

$$\rho = 2\pi a R$$

οπού

ρ : ειδική αντίσταση του σκυροδέματος

a : απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων

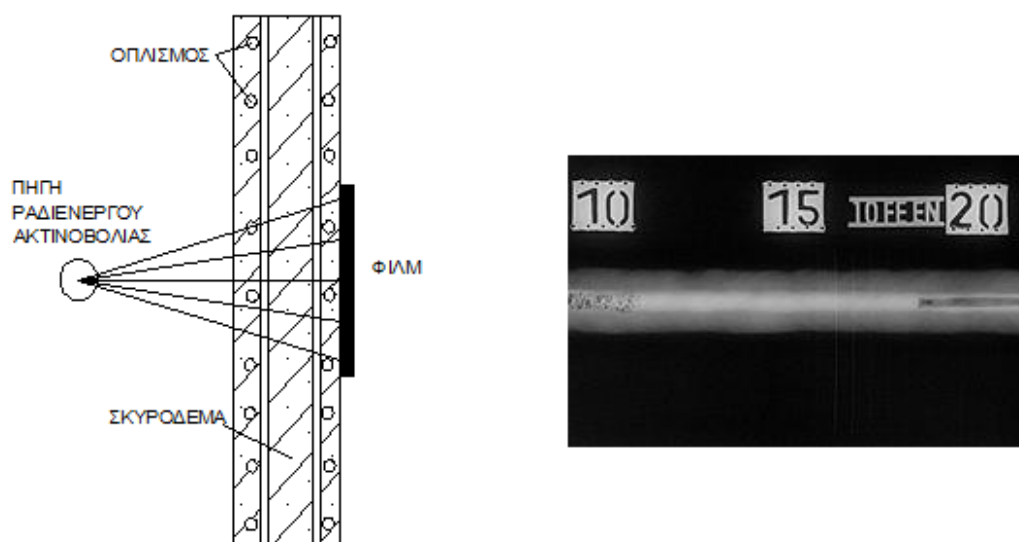
R : αντίσταση του σκυροδέματος

Η τιμή της ειδικής αντίστασης καθορίζει την υγρασία. Η μέθοδος είναι εύκολη και απλή πρέπει όμως να υπάρξει μεγάλη προσοχή ώστε τα ηλεκτρόδια να τοποθετηθούν σωστά με ακρίβεια και να αποφευχθούν την επαφή με τον οπλισμό του σκυροδέματος. Παρόλο που η συγκεκριμένη μέθοδος είναι σχετικά απλή και οι μετρήσεις πραγματοποιούνται εύκολα στο πεδίο δεν μπορεί να δώσει πληροφορίες για το βαθμό της διάβρωσης (όπως π.χ. το ποσοστό απομείωσης της διατομής) ενώ ταυτόχρονα παρέχει ενδείξεις και όχι αποδείξεις διαβρωτικής δράσης

2.6 Ακτινογράφιση με ακτίνες «X» και «Γ»

Οι ακτίνες «X» χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης των ράβδων οπλισμού και την εξέταση της πυκνότητας και της σύστασης του σκυροδέματος. Με τη χρήση ακτινών «Γ» μπορούν επίσης να εντοπιστούν κενά και να υπολογιστεί η διάμετρος των ράβδων.

Ο εξοπλισμός μεταφέρεται εύκολα και τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα, αλλά το κόστος της μεθόδου είναι υψηλό. Ο έλεγχος δεν είναι ακριβής για πάχη σκυροδέματος μεγαλύτερα από 30 cm. Επιπλέον, η αξιοπιστία των μετρήσεων μειώνεται με την παρουσία περισσότερων της μίας στρώσεων οπλισμού, ενώ απαιτείται πρόσβαση και στις δύο πλευρές του στοιχείου που πρόκειται να ελεγχθεί. Με τη χρήση της ραδιενέργειας παράγεται μια ακτινογραφία όπου απεικονίζει το εσωτερικό τμήμα της κατασκευής. Στη μια πλευρά του εξεταζόμενου στοιχείου τοποθετείται μια πηγή ραδιενεργούς ακτινοβολίας, ενώ στην άλλη ένα φωτογραφικό φιλμ όπου καταγράφεται η ένταση της ραδιενεργούς ακτινοβολίας. Στο φιλμ παρουσιάζονται με λευκά σημεία ο οπλισμός ενώ με μαύρα τα κενά του σκυροδέματος. Ανάλογα με το πάχος και τη πυκνότητα του στοιχείου υπολογίζεται η ένταση της ραδιενέργειας. Για τη σωστή και ασφαλές εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται ειδικευμένου προσωπικό και ειδικά μέτρα ασφάλειας αφού η μέθοδος δεν διαφέρει με την ιατρική.



Εικόνα 3 Στη μια πλευρά του εξεταζόμενου στοιχείου τοποθετείται μια πηγή ραδιενεργούς ακτινοβολίας, ενώ στην άλλη ένα φωτογραφικό φιλμ όπου καταγράφεται η ένταση της ραδιενεργούς ακτινοβολίας. Στο φιλμ παρουσιάζονται με λευκά σημεία ο οπλισμός ενώ με μαύρα τα κενά του σκυροδέματος

2.7 Θερμογράφηση με Υπέρυθρη Ακτινοβολία

Μία πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας τοποθετείται στη μία πλευρά του υπό έλεγχο στοιχείου και η ροή υπέρυθρης ενέργειας καταγράφεται και αναλύεται. Τυχόν κενά ή ασυνέχειες στο στρώμα του σκυροδέματος διαταράσσουν τη ροή της ακτινοβολίας

και έτσι μπορούν να εντοπιστούν. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την ανίχνευση διάβρωσης, εσωτερικών ρωγμών, κενών, αυξημένου πορώδους, και αλλαγών στη σύσταση του σκυροδέματος. Αποτελεί συνήθη πρακτική για την διερεύνηση του καταστρώματος γεφυρών μέσω μετρήσεων αύξησης ή μείωσης της επιφανειακής θερμοκρασίας 2 – 3° C.

ώρες μετά την ανατολή ή δύση του ηλίου. Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνει και μειονέκτημα το σχετικά υψηλό κόστος του ειδικού εξοπλισμού που απαιτείται για τη διενέργειά της.

Η μέθοδος δίνει τη δυνατότητα να εντοπίσουμε την ύπαρξη ποικίλων υλικών πίσω από μια ενιαία επιφάνεια, τις εσωτερικές ανωμαλίες, τις ρωγμές και τέλος την ύπαρξη αλλά και τη μέτρηση υγρασίας. Με τη βοήθεια της θερμικής ακτινοβολίας παράγεται ένα θερμογράφημα, δεν μετρά όμως απευθείας τη θερμοκρασία της επιφάνειας αλλά μετράει τη μεταβολή τη μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία το μήκος του κύματος γίνεται βραχύτερο έως ορατό φάσμα σε κάποιες περιπτώσεις. Οι υποεπιφανειακές ανωμαλίες επηρεάζουν τη ροή θερμότητας, γεγονός που επηρεάζει την επιφανειακή θερμοκρασία. Οι ιδανικές συνθήκες για τη μέθοδο υπέρυθρης φωτογράφισης: είναι καθαρός ουρανός, έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ασθενείς άνεμοι (έως 25km/h) και ξηρή επιφάνεια.

Τα μέρη του οργάνου:

- Ανιχνευτής/ σαρωτής: μια οπτική κάμερα όπου οι φακοί της επιτρέπουν τη διέλευση υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Σύστημα συλλογής κα ανάλυσης δεδομένων
- Οπτικός καταγραφέας, για την αποτύπωση της ελεγχόμενης επιφάνειας

Τα πλεονεκτήματα της υπέρυθρης φωτογράφισης είναι ότι υπάρχει δυνατότητα να γίνεται έλεγχος σε μεγάλες επιφάνειες άρα προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία και γρήγορα αποτελέσματα. Το κόστος όμως για την αγορά του εξοπλισμού είναι αρκετά μεγάλο, επίσης απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό και κατάλληλες καιρικές συνθήκες για να γίνει η λήψη μετρήσεων.

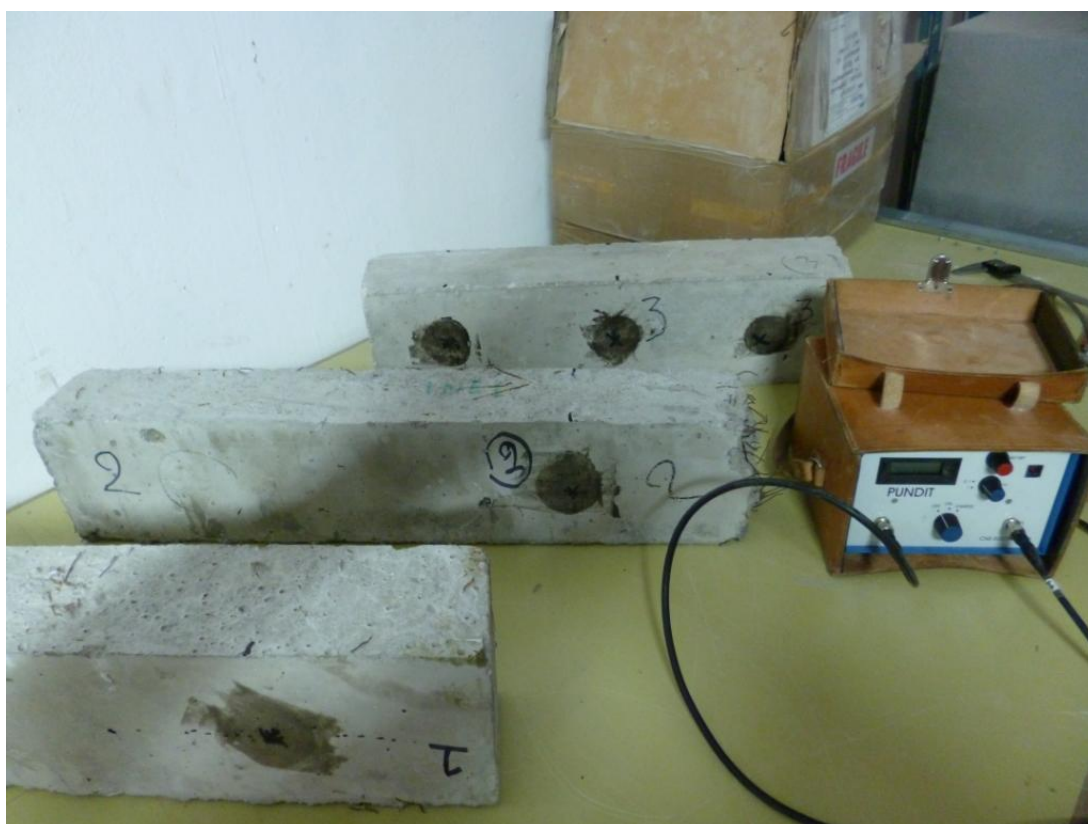
2.8 Μέτρηση Υγρασίας με Εκπομπή Νετρονίων

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. Αποτελεί την πλέον αξιόπιστη μέθοδο για προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας του σκυροδέματος, αλλά το κόστος του φορητού οργάνου που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση είναι ιδιαίτερα υψηλό.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΗΣ & ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πρωτογενούς έρευνας, όπου χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι αποτίμησης δομικών στοιχείων, που αναφέρθηκαν περιληπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι μέθοδοι αυτοί είναι το κρουσίμετρο και οι υπέρηχοι και θα αναλυθούν περαιτέρω σε αυτό το κεφάλαιο. Από τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή τους στα δοκίμια θα γίνει σύγκριση με τη πειραματική αντοχή του κάθε δοκιμίου, ώστε να έχουμε την δυνατότητα να κρίνουμε αν οι προβλέψεις των μεθόδων είναι έγκυρες και να διερευνηθεί που οφείλονται οι τυχόν αποκλίσεις. Στην εικόνα 4 φαίνονται τα στοιχεία από τα οποία ελήφθησαν τα εξεταζόμενα δοκίμια.



Εικόνα 4 Τα εξεταζόμενα δοκίμια



Εικόνα 5 Κατά την διαδικασία της πυρηνοληψίας, για το δεύτερο δείγμα



Εικόνα 6 Κατά την διαδικασία της πυρηνοληψίας, για το τρίτο δείγμα

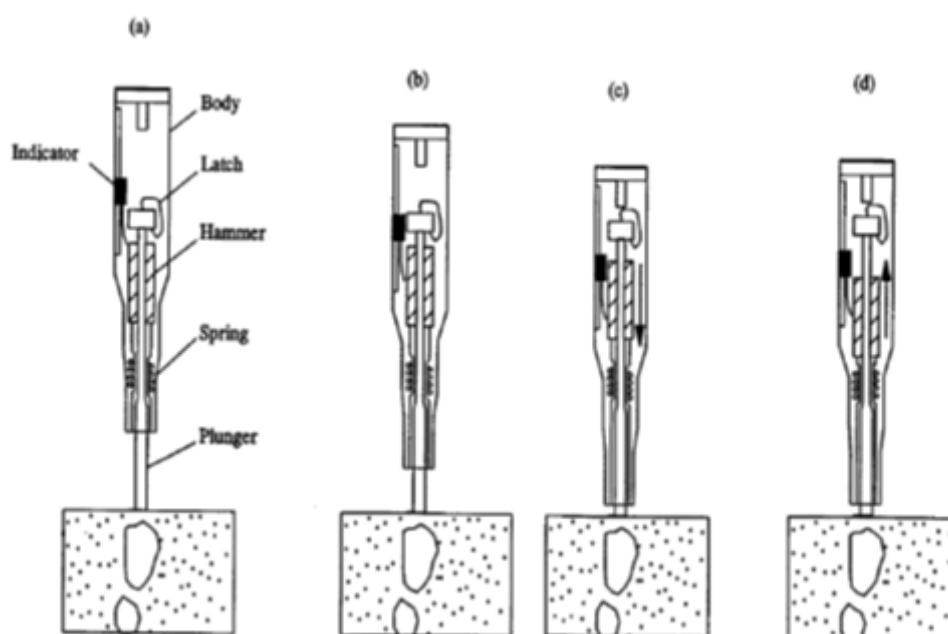
3.1 Μέθοδος Κρουσίμετρου

Το κρουσίμετρο είναι ένα όργανο που κατατάσσεται στις μη καταστρεπτικές μεθόδους για την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος. Είναι μια διαδομένη και απλή σε εφαρμογή μέθοδος αποτίμησης όπου βασίζεται στη μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας του σκυροδέματος ή όποιου άλλου δομικού στοιχείου εξετάζεται και δίνει ένδειξη έως και 30mm. Οι κρουσιμετρίσεις αποτελούν μια έμμεση και φυσικά μη καταστρεπτική μέθοδο ώστε να προσδιορίζεται η αντοχή και να ελέγχεται η ομοιογένεια του σκυροδέματος, αυτό βέβαια πρέπει πάντα να γίνεται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους αποτίμησης υλικών και δομικών στοιχείων, ώστε να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα. Συνήθως προτείνεται ο συνδυασμός της πυρηνοληψίας, των υπερήχων, μαγνητομετρήσεις και άλλων.



Εικόνα 7 Μετρήσεις με το κρουσίμετρο

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων καθαρίζεται το σημείο που θα έρθει σε επαφή το έμβολο του κρουσίμετρου και απομακρύνονται όλα τα ξένα αντικείμενα όπως τα επιχρίσματα και άλλα δομικά υλικά. Στη συνέχεια γίνεται τοπική λείανση του στοιχείου για να έρθει σε άμεση επαφή με το έμβολο του κρουσίμετρου ώστε να μειωθούν τα τυχόν σφάλματα από την ανομοιομορφία των δομικών στοιχείων. Τέλος δημιουργείται ένας κánaβος όπου καθορίζει τις θέσεις που θα γίνει η εφαρμογή με το κρουσίμετρο.



Εικόνα 8 Στάδια κρουσιμέτρησης

Οι κρουσιμετρήσεις θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 ανά θέση και η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα τους να είναι 3εκ. Αν υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού του οπλισμού με κάποιο αντίστοιχο όργανο όπως το σκάνερ ή άλλο παρόμοιο όργανο τότε θα πρέπει να αποφεύγονται οι μετρήσεις πάνω στον οπλισμό του στοιχείου.

Η δοκιμή γίνεται πιέζοντας το έμβολο του κρουσίμετρου στην επιφάνεια που έχουν γίνει απαραίτητες εργασίες που προαναφέρθηκαν με αποτέλεσμα την αναπήδηση του εμβόλου όπου εξαρτάται από την ελαστικότητα των υλικών και συνεπώς την αντοχή τους. Κάθε αναπήδηση μπορεί να έχει διαφορετική ένδειξη και αναγράφεται πάνω στο κρουσίμετρο. Το κρουσίμετρο πρέπει να είναι πάντα κάθετο στη εξεταζόμενη επιφάνεια του σκυροδέματος κατά την εκτέλεση της δοκιμής. Ως τελικό αποτέλεσμα της δοκιμής δίνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα των κρουσιμετρήσεων παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα

Πίνακας 5 Παράγοντες επιρροής αποτελεσμάτων κρουσίμετρου

Παρουσία αδρανών υλικών και κενών	Στην επιφάνεια του στοιχείου που εξετάζετε δεν θα πρέπει να υπάρχουν αδρανή ή άλλα υλικά, ώστε η επιφάνεια του να είναι λεία και καθαρή με σκοπό τα αποτελέσματα που θα παρθούν να είναι έγκυρα. Επίσης για την αποφυγή σφαλμάτων στις μετρήσεις η εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται σε συμπαγή σώμα και όχι τμήματα που υπάρχουν κενά.
Τύπος τσιμέντου	Οι διαφορετικοί τύποι τσιμέντου μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τις ενδείξεις του κρουσιμέτρου σε ποσοστό από 50 έως 100%. Οι τύποι τσιμέντου που κατατάσσονται στην κατηγορία Portland δεν επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα, η μέγιστη απόκλιση μπορεί να φτάσει έως το 10%. Απαραίτητο λοιπόν είναι κάθε φορά που γίνεται η χρήση του συγκεκριμένου οργάνου, πριν την εφαρμογή του να βαθμονομείται με τα δεδομένα του στοιχείου που εξετάζεται.
Υγρασία	Εάν το στοιχείο που εξετάζετε περιέχει υψηλή ποσότητα υγρασίας τότε μειώνετε η ακρίβεια των αποτελεσμάτων έως 20% σε σχέση με τα στοιχεία που εξετάζονται υπό κανονικές συνθήκες.
Θερμοκρασία	Αν κατά τη διάρκεια των κρουσιμετρήσεων η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή (περίπου 0°C) τότε τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα είναι αυξημένα. Η κατάλληλη θερμοκρασία για να παρθούν οι μετρήσεις πρέπει να είναι από 10° έως 30°C, αλλιώς προκύπτουν σφάλματα στα αποτελέσματα.
Πυρκαγιά	Το κρουσίμετρο δεν δίνει αξιόπιστες μετρήσεις σε επιφάνειες που έχουν υποστεί πυρκαγιά και συνήθως υπερεκτιμά την αντοχή του σκυροδέματος, γι' αυτό καλύτερο είναι να αποφεύγεται σε τέτοιες συνθήκες η χρήση του.
Τύπος και	Η εξεταζόμενη επιφάνεια θα πρέπει να είναι λεία και καθαρή,

<p>γεωμετρία</p>	<p>ώστε ανάμεσα στο έμβολό και την επιφάνεια να μην δημιουργούνται κενά για την αποφυγή σφαλμάτων. Σημαντική διασπορά παρατηρείται στις επιφάνειες (όπως κολώνες) που έχει χρησιμοποιηθεί το μυστρί για την κατασκευή τους με αποτέλεσμα να ανταποκρίνονται εντελώς διαφορετικά από ότι οι επιφάνειες που προέρχονται από καλούπια. Αν λοιπόν οι εξεταζόμενες επιφάνειες δεν προέρχονται από καλούπια και είναι ανώμαλές τότε πρέπει να λειανθούν για να δοθούν οι σωστές ενδείξεις, αν όμως δεν είναι δυνατή η λείανση τους κάλο θα ήταν να αποφεύγονται, όπως επίσης πρέπει να αποφεύγονται και οι μετρήσεις που γίνονται σε δοκίμια που έχει γίνει αλλαγή στο μέγεθός τους.</p>
<p>Ενανθράκωση</p>	<p>Το φαινόμενο της ενανθράκωσης μεγιστοποιεί της ενδείξεις του κρουσιμέτρου σε ποσοστό έως 50%. Το φαινόμενο αυτό συναντάται κυρίως σε δομικά στοιχεία μεγάλης ηλικίας ή σε δομικά στοιχεία που περιβάλλονται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Για την αποφυγή σφαλμάτων στις μετρήσεις θα πρέπει προτού αρχίσει η διαδικασία της κρουσιμέτρησης να αφαιρεθεί ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 5εκ. από τα εξεταζόμενα στοιχεία.</p>
<p>Διεύθυνση κρουσιμέτρησης</p>	<p>Κάθε κρουσίμετρο έχει το δικό του εγχειρίδιο όπου αναφέρονται οι οδηγίες χρήσης, αλλά και οι σχετικές διορθώσεις που πρέπει να γίνονται ανάλογα με τη διεύθυνση που γίνεται η εφαρμογή (οριζόντια ή κατακόρυφη). Η επιφανειακή σκληρότητα (Rebound) επηρεάζεται αρκετά από τη διεύθυνση κρουσιμέτρησης για αυτό το λόγο λοιπόν θα πρέπει να ακολουθούνται οι αναμενόμενες διορθώσεις. Η γωνία υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχετική θέση του κρουσιμέτρου ως προς το δάπεδο. Για παράδειγμα:</p> <p>Για μετρήσεις σε κατακόρυφα στοιχεία – π.χ. κολώνες - η γωνία του κρουσιμέτρου σε σχέση με το δάπεδο είναι 0°</p>

	<p>Για μετρήσεις σε οριζόντια στοιχεία, από την κάτω μεριά – π.χ. πλάκα στο ταβάνι – η γωνία του κρουσιμέτρου σε σχέση με το δάπεδο είναι 90°</p> <p>Για μετρήσεις σε οριζόντια στοιχεία, από την πάνω μεριά – π.χ. πλάκα στο πάτωμα – η γωνία του κρουσιμέτρου σε σχέση με το δάπεδο είναι -90°</p>
Αριθμός και θέσεις δοκιμών	<p>Ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων θα πρέπει να είναι από 5 έως 10 στην κάθε θέση τουλάχιστον, ανάλογα πάντα και με τις εγχειρίδιο κάθε οργάνου. Ανάμεσα σε 150 έως 300mm θα πρέπει να είναι η συνολική διάμετρος στην περιοχή των μετρήσεων. Αφού γίνουν οι μετρήσεις ελέγχονται τα αποτελέσματα και αν υπάρχουν διαφορές πάνω από 5 μονάδες μεταξύ τους απορρίπτονται και από τις υπόλοιπες τιμές υπολογίζετε ο μέσος όρος οπότε θεωρείται η τελική τιμή, η αντοχή του σκυροδέματος. Σε περίπτωση όμως που το 20% των μετρήσεων διαφέρει κατά 6 μονάδες τότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται γιατί θεωρείται αναξιόπιστη.</p>
Σημεία προς αποφυγή	<p>Για να μην υπάρξουν σφάλματα και μεγάλες διαφορές θα πρέπει όσο είναι δυνατόν να αποφεύγονται κάποια σημεία από την κρουσιμέτρηση όπως, οι απότομες ασυνέχειες των δοκαριών και οι περιοχές που περιέχουν οπλισμό αν είναι εύκολο να εντοπίσου. Ακόμη λεπτές πλάκες και λεπτοί τοίχοι(πάχος μικρότερο από 12εκ)πρέπει να αποφεύγονται γιατί δίνουν χαμηλές ενδείξεις λόγω της ταλάντωσης που προκαλείται κατά την εφαρμογή της κρουσημέτρησης.</p>

3.2 Μέθοδος Υπέρηχων

Η συσκευή υπέρηχων αποτελείται από έναν πομπό και ένα δέκτη. Η μέθοδος αυτή κατατάσσεται στις μεθόδους τασικών κυμάτων και είναι μια έμμεση και μη

καταστρεπτική μέθοδος. Χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο ομοιομορφίας ενός δομικού στοιχείου, την διερεύνηση ύπαρξης ρωγμών ή ανομοιομορφιών, τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας και με την κατάλληλη βαθμονόμηση του οργάνου μπορεί να εκτιμηθεί η αντοχή του σκυροδέματος.

Όπως προαναφέρθηκαν ήδη, η συσκευή των υπερήχων αποτελείται από δύο κρυστάλλους, έναν πομπό και ένα δέκτη οι οποίοι τοποθετούνται με μία απόσταση στην επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου. Ο πομπός και ο δέκτης περιέχουν πιεζοηλεκτρικά κεραμικά στοιχεία τα οποία αλλάζουν μέγεθος όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα ή παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν αλλάζουν μέγεθος, με αποτέλεσμα ο πομπός να πάλλεται με τη φυσική συχνότητα του. Μέσω του σκυροδέματος διαδίδονται τασικά κύματα που παράγονται από την ταλάντωση του κρυστάλλου, ενώ ταυτόχρονα με την έναρξη του παλμού τίθεται σε λειτουργία ένα χρονόμετρο ακριβείας. Μόλις ο παλμός φτάσει στο δέκτη το χρονόμετρο σταματά και αναγράφεται στη συσκευή ο αντίστοιχος χρόνος. Η ταχύτητα των υπερήχων δίδεται από τον τύπο $V=L/T$, όπου V: η ταχύτητα των υπερήχων, L: το πάχος του δοκιμίου και T: ο χρόνος που χρειάστηκε να διανύσει το υπερηχητικό κύμα.



Εικόνα 9 Στιγμιότυπο κατά την εφαρμογή της συσκευής υπερήχων

3.2.1 Μεθοδολογία Εφαρμογής

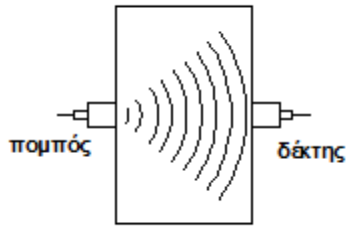
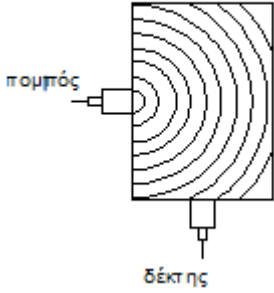
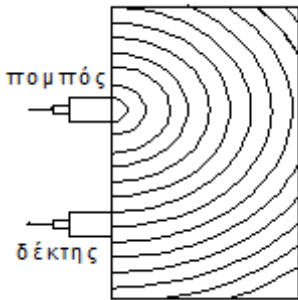
Το πρώτο βήμα για να ξεκινήσει η διαδικασία είναι η βαθμονόμηση του οργάνου. Πριν από κάθε χρήση πρέπει να γίνεται η βαθμονόμηση ώστε να εξασφαλίζεται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Το κάθε όργανο συνοδεύεται με μια ειδική μεταλλική ράβδο που χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση του. Αν το όργανο δεν περιέχει ράβδο βαθμονόμησης τότε ενώνουμε το πομπό με το δέκτη και το αποτέλεσμα του πρέπει να είναι μηδέν, αν υπάρχει διαφορά θα πρέπει να ρυθμισθεί το όργανο, ανάλογα με τις οδηγίες που ορίζει ο κατασκευαστής.

Αφού ολοκληρωθεί ο έλεγχος του οργάνου, αποθηκεύουμε στη μνήμη του τα στοιχεία που ήδη είναι γνωστά, δηλαδή το μήκος του εξεταζόμενου στοιχείου και το rebound του αν υπάρχει και ξεκινά η εφαρμογή. Για την αποφυγή σφαλμάτων χρησιμοποιούμε λιπαντική ουσία (π.χ. γράσο) ώστε να καλυφθούν οι ατέλειες του δομικού στοιχείου που εξετάζετε. Όταν οι κρύσταλλοι έρθουν σε επαφή με το δομικό στοιχείο, αυτό πρέπει να είναι λείο για να ασκείται μεγάλη πίεση από τους κρυστάλλους χωρίς να υπάρχουν φθορές στο όργανο. Σε περίπτωση που οι εξεταζόμενες επιφάνειες είναι αρκετά ανομοιόμορφες θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί τριβείο για τη λείανση τους και να μην τοποθετηθεί μεγάλη ποσότητα λιπαντικής ουσίας γιατί υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν διαφοροποιήσεις στην μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων. Οι μετρήσεις των υπερήχων μπορούν να γίνουν με τρεις τρόπους, όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.



Εικόνα 10 Στιγμιότυπο κατά τη μέτρηση της δοκού 3

Πίνακας 6 Τρόποι εφαρμογής της μεθόδου

<p>Τοποθετώντας αντικριστά τους κρυστάλλους</p>	<p>είναι η πιο ακριβής μέθοδος αφού δίνει τη δυνατότητα να υπολογισθεί ακριβώς η απόσταση των δυο κρυστάλλων</p>	 <p>The diagram shows a rectangular block with two transducers on opposite sides. The left one is labeled 'πομπός' (transmitter) and the right one is labeled 'δέκτης' (receiver). Concentric curved lines represent sound waves traveling from the transmitter to the receiver.</p>
<p>Τοποθετώντας στις δυο κάθετες πλευρές,</p>	<p>δεν προτείνεται γιατί υπάρχει δυσκολία για να προσδιορίσει το μήκος του στοιχείου</p>	 <p>The diagram shows a rectangular block with a transducer labeled 'πομπός' on the left side and a receiver labeled 'δέκτης' on the bottom side. Concentric curved lines represent sound waves reflecting off the right and top boundaries.</p>
<p>Τοποθετώντας στη ίδια πλευρά,</p>	<p>αυτή η περίπτωση χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει άλλη επιλογή ή αν υπάρχει υποψία διαφοροποίησης του σκυροδέματος</p>	 <p>The diagram shows a rectangular block with two transducers on the left side, labeled 'πομπός' (top) and 'δέκτης' (bottom). Concentric curved lines represent sound waves reflecting off the right and top boundaries.</p>

Μόλις τοποθετηθούν κατάλληλα οι κρύσταλλοι στο εξεταζόμενο στοιχείο τίθεται σε λειτουργία το όργανο πατώντας το κουμπί της εκκίνησης, στη συνέχεια περιμένουμε μέχρι να ακουστεί ότι το υπερηχητικό κύμα έχει φτάσει στο δέκτη και αυτόματα το όργανο, μας εμφανίζει της ενδείξεις V, L, T. Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα των υπερήχων

Πίνακας 7 Παράγοντες επιρροής αποτελεσμάτων μετρήσεων της μεθόδου

<p>Υγρασία</p>	<p>Εάν υπάρχει υψηλό ποσοστό υγρασίας στο υπό εξέταση στοιχείο τότε παρατηρείται αύξηση της μετρούμενης ταχύτητας των υπερήχων. Για να μειώσουμε τα σφάλματα των αποτελεσμάτων επιβάλλεται η χρήση διορθωτικών συντελεστών.</p>
----------------	---

<p>Θερμοκρασία του σκυροδέματος</p>	<p>Η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας όπου επηρεάζει τη μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων. Όταν κυμαίνεται από +5°C έως +30°C δεν υπάρχει διαφορά των αποτελεσμάτων, όταν όμως είναι μικρότερη από +5°C αυξάνεται η ταχύτητα των υπερήχων επειδή το νερό παγώνει. Αντίστοιχα όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από +30°C παρατηρείται μείωση της ταχύτητας των υπερήχων. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων υπάρχουν διορθωτικοί συντελεστές ώστε να μετατρέπεται η ταχύτητα των υπερήχων όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από +5°C ή μεγαλύτερη από +30°C.</p>
<p>Μήκος διαδρομής</p>	<p>Το ελάχιστο μήκος διαδρομής θα πρέπει να είναι πενταπλάσιο του μέγιστου κόκκου αδρανών και σε καμία περίπτωση μικρότερο από 150mm. Όταν η δοκιμή γίνεται σε στοιχεία με μεγάλο μήκος τότε η συχνότητα πρέπει να είναι 20kHz, αντίθετα για μικρά μήκη η συχνότητα μπορεί να φτάσει έως 200kHz.</p>
<p>Σχήμα και διαστάσεις δοκιμίου</p>	<p>Το σχήμα και η διάσταση κάθε δομικού στοιχείου δεν επηρεάζει την ταχύτητα, σε περίπτωση όμως που η διάσταση είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη τότε παρατηρείται μείωση στην ταχύτητα των υπερήχων.</p>
<p>Εκτίμηση βαθμού ρωγμής</p>	<p>Η συσκευή των υπερήχων έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει και να προσδιορίσει την ύπαρξη ρωγμών, καθώς και το μέγεθος τους. Ο εντοπισμός των ρωγμών γίνεται φανερός μόνο αν το μήκος του είναι μεγαλύτερο από το πλάτος των κρυστάλλων (πομπό - δέκτη) ή μεγαλύτερος από το μήκος κύματος υπερήχου που χρησιμοποιείται. Η ύπαρξη των ρωγμών γίνεται αντιληπτή όταν ο χρόνος διαδόσεως του υπερηχητικού κύματος παρουσιάζεται αυξανόμενος σε σχέση με το χρόνο που παρουσιάστηκε σε προηγούμενες κοντινές θέσεις που ήδη εξετάστηκαν και δεν υπήρχαν ρωγμές.</p>
<p>Ράβδοι οπλισμού</p>	<p>Στο χάλυβα παρατηρείται ότι η ταχύτητα των υπερήχων είναι μεγαλύτερη από το 1,2 έως 2 φορές σε σχέση με το σκυρόδεμα.</p>

	Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να αποφεύγονται τα τμήματα που έχουν οπλισμό αν αυτό είναι εφικτό.
--	---

3.3 Πειραματικές Μετρήσεις

Αρχικά επιλέγονται τα δομικά στοιχεία που θα εξετασθούν, στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 3 κυλινδρικά δοκίμια σκυροδέματος (Εικόνα 6). Καθένα από τα δοκίμια διαθέτει διαφορετική σύνθεση οπλισμού. Συγκεκριμένα :

- Ο πυρήνας 1 περιέχει μεταλλικές ίνες
- Ο πυρήνας 2 περιέχει μεταλλικές ίνες περισσότερες από τον πυρήνα 1
- Ο πυρήνας 3 δεν περιέχει ίνες

Η διαδικασία ξεκίνα μετρώντας τις διαστάσεις των δομικών στοιχείων. Τα στοιχεία που προέκυψαν είναι τα εξής :

Πυρήνας	D (cm)	H(cm)	H/D
1	9,92	9,96	1,00
2	9,92	9,30	0,94
3	9,92	10,45	1,05

Στη συνέχεια, για την αποφυγή σφαλμάτων στις μετρήσεις θα πρέπει οι εξεταζόμενες περιοχές να είναι απόλυτα καθαρές και λείες, για αυτό το λόγο λοιπόν οι επιφάνειες θα πρέπει να λειαίνονται και να αφαιρούνται τυχόν επιχρίσματα σε τοιχία/υποστυλώματα ώστε το όργανο να έρχεται σε άμεση επαφή με το σκυρόδεμα.



Εικόνα 11 Τα 3 δοκίμια τα οποία μελετήθηκαν



Εικόνα 12 Στιγμιότυπο θραύσης

Αφού καθαριστούν, λειανθούν και στηριχτούν κατάλληλα (ακλόνητα) τα δοκίμια ξεκινούν οι μετρήσεις, πιέζοντας το κρουσίμετρο κατακόρυφα στο σκυρόδεμα δημιουργείται πίεση και προκαλείται αναπήδηση, έτσι πάνω στο όργανο εμφανίζεται ένα νούμερο κάθε φορά, το Rebound. Σημειώνεται κάθε φορά το Rebound για τον υπολογισμό της αντοχής του

σκυροδέματος στο τέλος των μετρήσεων.

Μόλις τελειώσουν οι μετρήσεις ξεκινήσουν οι διαδικασίες υπολογισμού της αντοχής του σκυροδέματος. Δημιουργείται ένας πίνακας με όλες τις τιμές αντοχής. Αφού ολοκληρωθούν όλες οι μετρήσεις με το κρουσίμετρο γίνεται χρήση της συσκευής υπερήχων. Η συνδυαστική χρήση του κρουσίμετρου και της συσκευής υπερήχων διασφαλίζει εγκυρότερο προσδιορισμό της αντοχής του σκυροδέματος. Για να ξεκινήσουν οι μετρήσεις αποθηκεύουμε στη μνήμη των υπερήχων τις αποστάσεις των εξεταζόμενων δοκιμών καθώς και τη μέση τιμή αναπήδησης που έχουμε ήδη βρει από το κρουσίμετρο. Στη συνέχεια με τη βοήθεια λιπαντικής ουσίας τοποθετούνται οι κρύσταλλοι στην επιφάνεια του δοκιμίου. Το όργανο τίθεται σε λειτουργία και σε λίγα δευτερόλεπτα εμφανίζει στην οθόνη του, την ένδειξη της ταχύτητας διάδοσης του κύματος (V) στο υλικό και το χρόνο (t) που χρειάζεται για να φτάσει από τον πομπό στο δέκτη. Γίνονται δύο ή τρεις επαναληπτικές μετρήσεις

σε κάθε δοκίμιο. Μόλις γίνει η εφαρμογή της μεθόδου αυτής, σε όλα δοκίμια ξεκινά η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, δημιουργείται ένας πίνακας όπου τοποθετούνται όλα τα δεδομένα. Στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση ταχύτητα για κάθε δοκίμιο (M.O.v.), μέσω της οποίας γίνεται ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής f_c με χρήση του παρακάτω διαγράμματος t (km/s) / f_c (MPa). Από το μέσο όρο του f_c υπολογίζεται η μέση αντοχή κύβου ακμής 200χιλ. (f_{cum}) καθώς και η τυπική απόκλιση σ (MPa). Η μέση τιμή αντοχής κύβου ακμής 200χιλ. f_{cuk} δίνεται από τον τύπο $F_{cum}-1.6*\sigma$. Τέλος από τον τύπο $f_{cuk} * 0.94$ υπολογίζεται η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος (Neville)

Για την διερεύνηση της εγκυρότητας των προβλέψεων των παραπάνω μεθόδων ο προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος έγινε και πειραματικά με δοκιμές θλίψης, με τη μηχανή μονοαξονικής θλίψης δοκιμίων. Η μηχανή φόρτισης συμπεριλαμβάνει ένα ηλεκτρονικό πρόγραμμα όπου μετά τη θραύση εμφανίζει ακριβώς την αντοχή του σκυροδέματος, το μέγιστο φορτίο, τη δύναμη που ασκήθηκε στο δοκίμιο και το διάγραμμα χρόνου/φόρτισης.



Εικόνα 13 Άποψη δοκιμίων, θέση δοκιμίων και εξοπλισμού



Εικόνα 14 Πρίσμα 1 σκυροδέματος δοκιμής



Εικόνα 15 Πρίσμα 2 σκυροδέματος δοκιμής



Εικόνα 16 Πρίσμα 3 σκυροδέματος δοκιμής

3.4 Πίνακες Αποτελεσμάτων

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες των πειραματικών ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν

Σήμανση Πυρήνα	Διαστάσεις Πυρήνων (cm)		Φορτίο (Kg)	Θλιπτική Αντοχή Πυρήνα (MPa)	Αντοχή Κυλίνδρου (MPa)	Αντοχή Κύβου 15x15x15 cm (MPa)
	Διάμετρος (cm)	Ύψος (cm)				
1	9,92	9,96	33000	42,70	35,85	41,2
2	9,92	9,30	25100	32,48	26,59	31,3
3	9,92	10,45	28600	37,00	31,51	36,6

Πίνακας 8 Αποτελέσματα ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν με τους υπερήχους

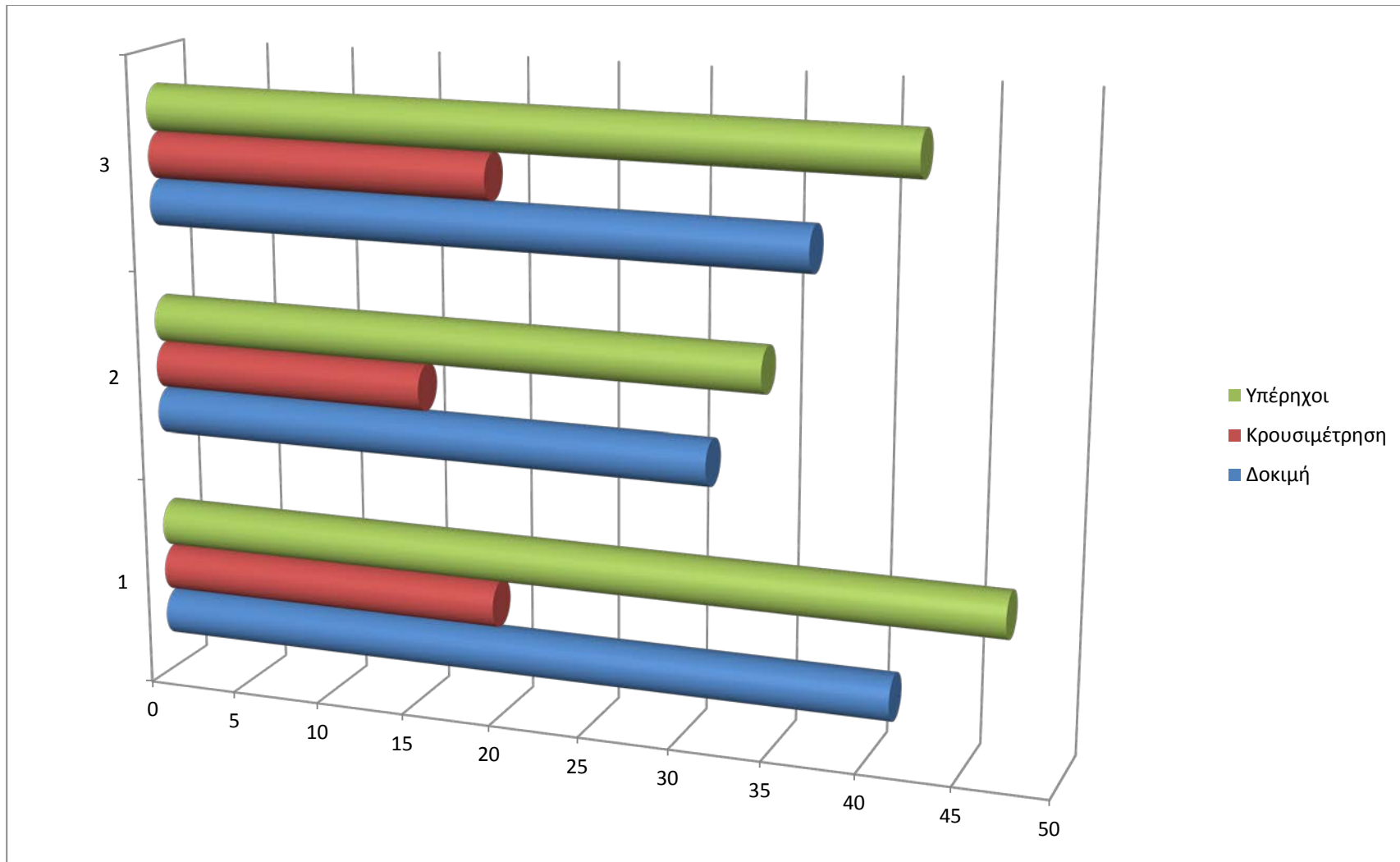
Στοιχείο-Θέση Ελέγχου	Θέση Δοκιμής	Ένδειξη Οργάνου (μsec)	Απόσταση Πομπού – Δέκτη (cm)	Ταχύτητα Υπερήχων (m/sec)	Αντοχή (Βάσει καμπύλης Τρέξου) (MPa)
1	1	21,1	10,3	4882	47,1
2	2	20,7	9,6	4638	34,2
3	3α	24	11,2	4667	42,1
	3β	23,2	11,2	4828	
	3γ	22,9	11,2	4891	

Πίνακας 9 Αποτελέσματα ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν με το κρουσίμετρο

α/α	Δοκίμιο	Ενδείξεις Οργάνου					Μέσος όρος	Αντοχή κύβου ακμής 20 cm βάσει των ενδείξεων του κρουσίμετρου	Διορθωμένη αντοχή κύβου ακμής 20cm λόγω ηλικίας 3 μηνών (επιρροή ενανθράκωσης) (MPa)
1	1	27	27	36	29	34	31,20	26,05	19,5
		34	28	36	30	34			
		29	30	29	36	31			
		30	29	30	36	29			
2	2	25	29	26	26	29	26,95	20,50	15,4
		29	26	25	27	26			
		25	27	26	27	29			
		26	29	27	26	29			
3	3	29	30	28	29	36	31,00	25,78	19,3
		33	29	29	29	29			
		36	32	34	30	32			
		29	31	30	36	29			

Πίνακας 10 Συγκριτικός πίνακας όλων των δοκιμών

Στοιχείο-Θέση Ελέγχου	Δοκιμή	Κρουσιμέτρηση	Υπέρηχοι
	Αντοχή Κύβου (Μρα)	Αντοχή Κύβου (Μρα)	Αντοχή Κύβου (Μρα)
1	41,2	19,5	47,1
2	31,3	15,4	34,2
3	36,6	19,3	42,1



Εικόνα 17 Σύγκριση αποτελεσμάτων των μεθόδων κρουσιμέτρησης και υπερύχων, σε αντιπαραβολή με τα αποτελέσματα της δοκιμής κάμψης

Όπως προκύπτει από το συγκριτικό διάγραμμα η μέθοδος των υπερύχων καταλήγει και για τα τρία δοκίμια σε μεγαλύτερες τιμές αντοχής σε σχέση με την ασφαλή μέθοδο της κάμψης. Αντίθετα η μέθοδος της κρουσιμέτρησης καταλήγει και στις τρεις περιπτώσεις σε αποτελέσματα μικρότερα της δοκιμής της κάμψης. Ελέγχοντας όμως την απόκλιση μεταξύ των τριών μεθόδων παρατηρείται πως οι υπέρηχει δίνουν πιο ασφαλή «κοντινά» αποτελέσματα στην μέθοδο της κάμψης. Το γεγονός ότι καταλήγει σταθερά σε μεγαλύτερη τιμή αντοχής μπορεί να αντιμετωπιστεί με την χρήση ενός μειωτικού συντελεστή της τάξης του 0,8 ο οποίος όταν θα πολλαπλασιάζεται με τις τιμές των υπερήχων θα κατάληγει σε νπιο κοντινές τιμές αντοχής με αυτές της δοκιμής κάμψης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι βέβαιο ότι η αποτίμηση των ιδιοτήτων των υλικών σε υφιστάμενες κατασκευές θα συνεχίσει να αναπτύσσεται όλο και περισσότερο τα επόμενα χρόνια. Αυτό απαιτεί από τον Μηχανικό της πράξης να είναι ενήμερος των διατιθέμενων μεθόδων καθώς και των δυνατοτήτων και ορίων τους. Τούτο γίνεται όλο και πιο επιτακτικό διότι η τεχνολογία μας προσφέρει νέα όργανα και μεθόδους για τα οποία πρέπει να ενημερωνόμαστε. Εκτός όμως από την ενημέρωση, ο Μηχανικός πρέπει να κάνει έναν σωστό προγραμματισμό των ελέγχων που θα ζητήσει (διότι οι έλεγχοι αυτοί έχουν ίσως και ένα αυξημένο κόστος), αλλά κυρίως πρέπει να είναι σε θέση να κάνει μια σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα πολλές φορές μπορεί να έχουν μεγάλες διασπορές ή ακόμη και να είναι αντιφατικά μεταξύ τους. Έτσι, θα πρέπει ο Μηχανικός να είναι σε θέση να κατανοήσει τις αιτίες αυτών των αποκλίσεων (διασπορά της μεθόδου, λάθη του παρατηρητή, εξωγενείς παράγοντες ή φυσική διασπορά του μεγέθους). Και βέβαια, οι μέθοδοι αυτές δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να υποκαταστήσουν τους συμβατικούς ελέγχους των υλικών και τις συμβατικές υποχρεώσεις όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Από την σύγκριση των πειραματικών αντοχών και των αντοχών που προκύπτουν από τις μη καταστρεπτικές μεθόδους (κρουσίμετρο, υπέρηχος) διαπιστώνεται απόκλιση. Η διαφορά αυτή εμφανίζεται μεγαλύτερη στην περίπτωση που γίνεται χρήση κρουσιμέτρου ενώ είναι σημαντικά μειωμένη όταν γίνεται χρήση της μεθόδου των υπερήχων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η παραπάνω απόκλιση (μεταξύ των τιμών αντοχής σκυροδέματος που προκύπτουν πειραματικά και αυτών που προκύπτουν από τις μετρήσεις των μη καταστρεπτικών μεθόδων) εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- δεν ήταν δυνατή η ακλόνητη στήριξη των δοκιμίων, με αποτέλεσμα τα δοκίμια αυτά (ιδίως τα μικρότερα) να μετατοπίζονται κατά τη δοκιμή (κρουσιμέτρηση)
- τη μικρή μάζα των δοκιμίων

Επίσης από τους πίνακες αντοχών σκυροδέματος και τα αντίστοιχα διαγράμματα παρατηρείται σε όλα τα μεγέθη των δοκιμίων οι τιμές αντοχών που προκύπτουν από τους υπερήχους είναι υψηλότερες από τις τιμές του κρουσίμετρου και πολύ πιο κοντά στις τιμές θραύσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- i. ΣΠΑΝΟΣ ΧΡ., ΣΠΙΘΑΚΗΣ Μ., ΤΡΕΖΟΣ Κ., ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΑΘΗΝΑ, 2006.
- ii. ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ Ι., ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1, ΑΘΗΝΑ: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2005.
- iii. ΕΑΚ (ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ)
- iv. NEVILLE A., PROPERTIES OF CONCRETE, PRENTICE HALL, 2000.
- v. ΒΟΥΘΟΥΡΗΣ Π., ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ- ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΑΘΗΝΑ, 1993.
- vi. <http://pavetest.gr/el/proionta/skyrodema/elegxos-yfistamenwn-kataskeywn-mh-katastrofikes-dokimes/kroysimetro.html>
- vii. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/anasigr/files/parartimaB.pdf
- viii. http://www.eds.gr/products/civilengineering/concrete/eds_products_gr_ultrasound.html
- ix. http://www.totalstation.gr/catalog.html?page=shop.product_details&product_id=481&category_id=83&flypage=flypage.tpl
- x. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teeait/drast/hmerida-11-12-2004/TAB5851916/CalibrationUpvRebound.pdf>

- xi. <http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/305Yperixoi.html>
- xii. http://www.nnk.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=82
- xiii. http://www.totalstation.gr/catalog.html?page=shop.product_details&product_id=170&flypage=flypage.tpl&pop=0

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Ημικατασκοπική μέθοδος μέτρησης ενανθράκωσης του σκυροδέματος	23
Εικόνα 2 Με τη χρήση των υπερήχων ανιχνεύονται, κενά, ρωγμές, πυκνότητα, ελαστικότητα, δομή και άλλες ιδιότητες στο ξύλο, τα κονιάματα, το σκυρόδεμα. Είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος ελέγχου της πλήρους δομής. Ο πομπός παράγει ένα ηλεκτρικό παλμό ο οποίος όταν εφαρμόζεται, μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε έναν παλμό υπερήχων. Τα σήματα μπορούν να καταγραφούν με το μέσο για επανεξέταση στην οθόνη ή για τη μεταφορά σε έναν υπολογιστή. Περισσότεροι από 200 αναγνώσεις μπορούν να καταγραφούν στην κύρια μνήμη και τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν σε ένα PC για επεξεργασία.....	35
Εικόνα 3 Στη μια πλευρά του εξεταζόμενου στοιχείου τοποθετείται μια πηγή ραδιενεργούς ακτινοβολίας, ενώ στην άλλη ένα φωτογραφικό φιλμ όπου καταγράφεται η ένταση της ραδιενεργούς ακτινοβολίας. Στο φιλμ παρουσιάζονται με λευκά σημεία ο σπλισμός ενώ με μαύρα τα κενά του σκυροδέματος.....	39
Εικόνα 4 Τα εξεταζόμενα δοκίμια	42
Εικόνα 5 Κατά την διαδικασία της πυρηνοληψίας, για το δεύτερο δείγμα.....	43
Εικόνα 6 Κατά την διαδικασία της πυρηνοληψίας, για το τρίτο δείγμα	43
Εικόνα 7 Μετρήσεις με το κρουσίμετρο	44
Εικόνα 8 Στάδια κρουσιμέτρησης.....	45
Εικόνα 9 Στιγμιότυπο κατά την εφαρμογή της συσκευής υπερήχων	49
Εικόνα 10 Στιγμιότυπο κατά τη μέτρηση της δοκού 3.....	50
Εικόνα 11 Τα 3 δοκίμια τα οποία μελετήθηκαν	54
Εικόνα 12 Στιγμιότυπο θραύσης.....	54
Εικόνα 13 Αποψη δοκιμίων, θέση δοκιμίων και εξοπλισμού	55
Εικόνα 14 Πρίσμα 1 σκυροδέματος δοκιμής.....	56
Εικόνα 15 Πρίσμα 2 σκυροδέματος δοκιμής.....	56
Εικόνα 16 Πρίσμα 3 σκυροδέματος δοκιμής.....	56
Εικόνα 17 Σύγκριση αποτελεσμάτων των μεθόδων κρουσιμέτρησης και υπερύχων, σε αντιπαραβολή με τα αποτελέσματα της δοκιμής κάμψης	56

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Κατηγοριοποίηση ελέγχων βλαβών σε δομικά στοιχεία.....	20
Πίνακας 2 Μέθοδοι ελέγχου κατασκευών από σκυρόδεμα.....	21
Πίνακας 3 Μέθοδοι ελέγχου κατασκευών από τοιχοποιία.....	22
Πίνακας 4 Κατηγορίες επιθεωρήσεων κατασκευών	32
Πίνακας 5 Παράγοντες επιρροής αποτελεσμάτων κρουσίμετρου	46
Πίνακας 6 Τρόποι εφαρμογής της μεθόδου.....	51
Πίνακας 7 Παράγοντες επιρροής αποτελεσμάτων μετρήσεων της μεθόδου.....	51
Πίνακας 8 Αποτελέσματα ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν με το κρουσίμετρο	Error! Bookmark not defined.
Πίνακας 9 Αποτελέσματα ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν με τους υπέρυχους.....	53
Πίνακας 10 Συγκριτικός πίνακας όλων των δοκιμών	55

