



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
(ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.)**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μέτρηση μηχανικών χαρακτηριστικών φέροντος οργανισμού
υφιστάμενων κτιρίων**

**Μαρκοπούλου Μαρία
Χατζή Κωνσταντίνα**

**Σίνδος
Φεβρουάριος 2020**

**Μέτρηση μηχανικών χαρακτηριστικών φέροντος οργανισμού
υφιστάμενων κτιρίων**

**Μαρκοπούλου Μαρία
Χατζή Κωνσταντίνα**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Εισηγητής: Παπαχριστοφόρου Μιχάλης

Μέλος: Αναγνωστόπουλος Κωνσταντίνος

Μέλος: Κωνσταντινίδης Δημήτριος

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα « Μέτρηση μηχανικών χαρακτηριστικών φέροντος οργανισμού υφιστάμενου κτιρίου » πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης πτυχιακής εργασίας για την λήψη πτυχίου του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος με κατεύθυνση Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος.

Στο σημείο αυτό αισθανόμαστε την ανάγκη να εκφράσουμε τις ευλικρινείς και θερμές μας ευχαριστίες σε όσους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας:

Πρώτα απ' όλα, στον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μας εργασίας, Κύριο Παπαχριστοφόρου Μιχαήλ για τη εμπιστοσύνη που μας έδειξε, τη συνεχή καθοδήγηση, τις ουσιώδεις συμβουλές, καθώς επίσης και την αδιάκοπη ενθάρρυνση που μας παρείχε καθ' όλο το χρονικό διάστημα.

Επιπλέον, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας ως προς τον δήμο Βασιλικών για την εξασφάλιση της άδειας εργασιών και την παροχή εγγράφων σχετικά με το κτίριο καθώς και στο αστυνομικό τμήμα Βασιλικών για την ανοχή τους καθ' όλη την διάρκεια παραμονής μας στο κτίριο και την διευκόλυνση στην εκτέλεση των εργασιών.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το τμήμα εργαστηρίων της διεύθυνσης τεχνικών έργων της περιφέρειας κεντρικής Μακεδονίας για την πολύτιμη συνεισφορά του στην επεξεργασία και θραύση των πυρήνων σκυροδέματος μεγάλης διαμέτρου και το εργαστήριο του τμήματος Πολιτικών μηχανικών του Αριστοτέλειο Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την παραχώρηση του χώρου για την επεξεργασία και θραύση των πυρήνων σκυροδέματος μικρής διαμέτρου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....σελ.	5
1.1 Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών φέροντα οργανισμού.....σελ.	5
1.2 Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Ν.Κ.Τ.Σ.).....σελ.	6
1.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.....σελ.	7
1.4 EN 13791.....σελ.	9
1.5 EN 12504-1.....σελ.	13
1.6 Σχέση διαμέτρου πυρήνα – αντοχής σκυροδέματος.....σελ.	14
Κεφάλαιο 2 ^ο : Σκοπός Πτυχιακής.....σελ.	16
Κεφάλαιο 3 ^ο : Πειραματικό Μέρος.....σελ.	17
3.1 Μεθοδολογία.....σελ.	17
3.1.1 Πληροφορίες κτιρίου.....σελ.	17
3.1.2 Επιτόπιοι Έλεγχοι.....σελ.	19
3.1.2.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι.....σελ.	19
3.1.2.2 Καταστροφικοί Έλεγχοι.....σελ.	21
3.1.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι.....σελ.	22
3.2 Αποτελέσματα Επιτόπου Ελέγχων.....σελ.	23
3.2.1. Μη καταστροφικοί Έλεγχοι.....σελ.	23
3.2.2 Καταστροφικοί Έλεγχοι.....σελ.	32
3.3 Αποτελέσματα Εργαστηριακών Ελέγχων.....σελ.	34
Κεφάλαιο 4 ^ο : Αποτελέσματα – Συμπεράσματα.....σελ.	37
Κεφάλαιο 5 ^ο : Βιβλιογραφία.....σελ.	41

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών φέροντα οργανισμού

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο Αστυνομικό τμήμα-Ειρηνοδικείο Βασιλικών για τη μέτρηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του φέροντος οργανισμού του κτιρίου. Η φθορά από τον χρόνο, τα διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα όπως σεισμοί, πλημμύρες, πυρκαγιές καθώς και οι συνθήκες που επικρατούν στον περιβάλλοντα χώρο (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.) καθιστούν αναγκαία την εξέταση των κτιρίων από μηχανικούς για να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο τα κτίρια έχουν επηρεαστεί και φυσικά σε ποιο βαθμό έχουν εισχωρήσει οι φθορές μέσα στον φέροντα οργανισμό.

Στα υφιστάμενα κτίρια η εκτίμηση της συνολικής τους κατάστασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με δυο τύπους ελέγχων. Ανάλογα με την φθορά που προκαλούν στον κτίριο και στην λειτουργικότητα του φέροντος οργανισμού οι έλεγχοι μπορεί να είναι είτε μη καταστροφικοί (Μ.Κ.Ε.) είτε καταστροφικοί (Κ.Ε.). Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι που συνήθως προηγούνται των καταστροφικών χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Οπτικοί έλεγχοι
- Κρουστικοί έλεγχοι (Κρουσιμέτρηση)
- Έλεγχοι με διεισδυτικά υγρά
- Έλεγχοι με διεισδυτικές ακτινοβολίες
- Έλεγχοι με μηχανικές δονήσεις
- Έλεγχοι με υπερήχους (Σονομέτρηση)
- Μαγνητικοί – Ηλεκτρονικοί έλεγχοι
- Θερμικοί έλεγχοι
- Χημικοί και ηλεκτροχημικοί έλεγχοι

Κάθε έλεγχος τέτοιου τύπου που πραγματοποιείται σε υφιστάμενες κατασκευές μπορεί να παρέχει διάφορες πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους των υλικών όπως ασυνέχειες και διαχωρισμούς που τυχόν υπάρχουν στο εξωτερικό περίβλημα (ρωγμές, αποκολλήσεις), τις διαστάσεις των δομικών στοιχείων (υποστυλώματα, αντηρίδες), τις μη φυσιολογικές κατανομές στην θερμοκρασία που πιθανόν να υποδηλώνουν βλάβες ή κενά στο εσωτερικό των τοίχων κ.α.

Οι καταστροφικοί έλεγχοι που εφαρμόζονται επεμβαίνοντας στη δομή του φέροντος οργανισμού, είναι πιο αποτελεσματικοί και προσδίδουν στην εξαγωγή μιας ολοκληρωμένης εικόνας για τα υπό μελέτη στοιχεία. Οι πιο συνήθεις καταστροφικοί έλεγχοι είναι η πυρηνοληψία και η εφαρμογή της φαινολοφθαλεΐνης. Κατά την πυρηνοληψία η διάμετρος πυρήνων που ορίζεται από τον νέο κανονισμό τεχνολογίας σκυροδέματος (Ν.Κ.Τ.Σ.) και από τον ΕΛΟΤ 344 είναι 10 cm, όμως λόγω των δυσκολιών που υπάρχουν στην λήψη τέτοιων πυρήνων (συχνά οι οπλισμοί είναι πυκνότεροι και η απόσταση μεταξύ τους είναι μικρότερη από 10 cm) στην διεθνή βιβλιογραφία αλλά και στους κανονισμούς γίνεται αποδεκτή η λήψη πυρήνων διαμέτρου από 10 cm έως 5 cm. Η αντοχή που παρουσιάζουν οι πυρήνες 10 cm ισοδυναμεί με περίπου 88% της αντοχής κυλινδρικών δοκιμών 15 cm σε συνθήκες εργαστηρίου, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για πυρήνες διαμέτρου 5 cm είναι από 65% έως 70% σύμφωνα με έρευνες που έγιναν στην διεθνή βιβλιογραφία (Campbel - Tobin 1967, Szyrula – Grossman 1990).

1.2 Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Ν.Κ.Τ.Σ.)

Στο Νέο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος προσδιορίζονται με σαφήνεια έννοιες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση των διαδικασιών που αναγράφονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

- Διάρκεια ζωής : είναι η χρονική περίοδος, κατά την οποία η επιτελεστικότητα του σκυροδέματος στην κατασκευή θα τηρηθεί σε ένα επίπεδο συμβατό με την εκπλήρωση των απαιτήσεων επιτελεστικότητας του δομήματος, με την προϋπόθεση ότι αυτό συντηρείται κατάλληλα. Σχετίζεται με την διάρκεια ζωής σχεδιασμού κατά ΕΛΟΤ EN 1990.
- Δείγμα σκυροδέματος: μια μικρή ποσότητα σκυροδέματος που έχει ληφθεί σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 12350.01 και είναι αντιπροσωπευτική του υπό έλεγχο σκυροδέματος. Από κάθε δείγμα σκυροδέματος παρασκευάζονται ένα ή δύο ή τρία συμβατικά δοκίμια , τα οποία ελέγχονται ως προς την αντοχή σε θλίψη. Η αντοχή του δοκιμίου σε θλίψη προκύπτει από τον μέσο όρο των συμβατικών αντοχών σε θλίψη των δοκιμίων αυτών. Στην περίπτωση λήψης ενός δοκιμίου από το δείγμα σκυροδέματος, η συμβατική αντοχή σε θλίψη του δείγματος συμπίπτει με τη συμβατική αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου.
- Εργαστηριακό σκυρόδεμα: λέγεται το σκυρόδεμα που παράγεται σε σταθερές εγκαταστάσεις και παραδίδεται νωπό από κάποιο άτομο ή φορέα που δεν είναι ο κατασκευαστής.
- Εργοταξιακό σκυρόδεμα: λέγεται το σκυρόδεμα που παράγεται σε σταθερές εγκαταστάσεις στον τόπο εκτέλεσης του έργου, δημοσίου ή ιδιωτικού. Το εργοταξιακό σκυρόδεμα παράγεται από τον κατασκευαστή του έργου ή από υπερεργολάβο του.
- Μέγιστος κόκκος αδρανούς D: είναι η μέγιστη ονομαστική διάσταση κόκκου που καθορίζεται από το μεγαλύτερο άνοιγμα κοσκίνου τετραγωνικής οπής για το οποίο το ποσοστό των συγκρατούμενων κόκκων κλάσματος αδρανών d/D είναι σύμφωνο με τον Κανονισμό τεχνολογίας σκυροδέματος.
- Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη: είναι ο μέσος όρος θλιπτικής αντοχής όλων των συμβατικών δοκιμίων που θα μπορούσαν να παρασκευασθούν από ένα πλήθος σκυροδέματος.
- Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη: θεωρείται εκείνη η τιμή της αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου του πληθυσμού.

Όσον αφορά την δειγματοληψία πυρήνων στον Νέο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος αναφέρεται ότι το εργοστασιακό νωπό σκυρόδεμα ελέγχεται με συμβατικά δοκίμια, κυβικά με ακμή 150 mm ή κυλινδρικά με διάμετρο 150 mm και ύψος 300 mm ιδανικά.

1.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ

Ο Κανονισμός επεμβάσεων έχει ως στόχο την θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενων δομημάτων, καθώς και για τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις. Η ενότητα 3.7.1 αναφέρεται στις ελάχιστες απαιτήσεις για τα χαρακτηριστικά και την αξιολόγηση του σκυροδέματος. Πιο συγκεκριμένα στις γενικές παρατηρήσεις αναφέρεται ότι:

α. Η διερεύνηση του σκυροδέματος αποσκοπεί, κυρίως στον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής, για κάθε περιοχή του φέροντος οργανισμού.

β. Για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενης κατασκευής, θα χρησιμοποιείται η επιτόπου αντοχή σκυροδέματος σε κάθε κρίσιμη περιοχή κάθε δομικού στοιχείου.

γ. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη η αναμενόμενη συστηματική διαφοροποίηση αντοχής σκυροδέματος, ανάλογα με τη χαρακτηριστική θέση του στον φορέα, και ανάλογα με τις συνθήκες σκυροδέτησης, συμπύκνωσης και συντήρησης.

δ. Όταν δεν υπάρχουν ενδείξεις τοπικών κακοτεχνιών, οι τιμές αντοχής σκυροδέματος που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς για κάθε χαρακτηριστική θέση στο φορέα επιτρέπεται να προέρχονται από μετρήσεις που γίνονται σε ένα επιλεγμένο ποσοστό του συνόλου των θέσεων αυτών στο κτίριο.

ε. Η εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος σε κάθε κρίσιμη περιοχή δομικού στοιχείου γίνεται με αξιόπιστες έμμεσες (μη καταστροφικές) μεθόδους, η επιτόπου βαθμονόμηση των οποίων πρέπει να γίνεται όπως ορίζεται σε επόμενη παράγραφο.

στ. Το πλήθος των χαρακτηριστικών θέσεων στις οποίες θα γίνονται τέτοιες μετρήσεις ανά όροφο και είδος δομικού στοιχείου πρέπει να είναι αρκετό για την επιζητούμενη αξιοπιστία, επηρεάζεται δε και απ' το μέγεθος της από θέση σε θέση διαφοράς τιμών που θα παρατηρηθούν. Πάντως, το πλήθος αυτό δεν μπορεί να είναι μικρότερο των ελάχιστων απαιτήσεων.

Αναφορικά με τις μεθόδους εκτίμησης της αντοχής ο Κανονισμός επεμβάσεων ορίζει τα εξής:

α. Θα γίνεται συνδυασμός έμμεσων μεθόδων και πυρηνοληψίας, ώστε να δίνεται η δυνατότητα ελέγχου σε περισσότερες θέσεις, με μεγαλύτερη αξιοπιστία.

β. 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

γ. Επειδή η ακρίβεια των έμμεσων μεθόδων εξαρτάται και από το πλήθος τοπικών συνθηκών, επιβάλλεται η παράλληλη λήψη πυρήνων, προκειμένου να γίνεται βαθμονόμηση των μεθόδων αυτών στο υπόψη δόμημα.

δ. Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών, ο μελετητής Μηχανικός υποχρεούται να αιτιολογήσει τις παραδοχές για τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθούν κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, λαμβάνοντας υπόψη και συνεκτιμώντας και άλλες τυχόν διαθέσιμες πληροφορίες.

Για να μπορούν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από τις προαναφερθείσες μεθόδους να είναι αξιόπιστα έχουν θεσπιστεί παράμετροι που πρέπει να τηρούνται ανάλογα με τη κατηγορία του κτιρίου και την στάθμη της αξιοπιστίας του σκυροδέματος (Σ.Α.Δ.). 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. Επίσης 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 οριζόντιων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

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

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

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $S \leq 0,20 * X_{\text{μέσο}}$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «υψηλή».

Ο κανονισμός διευκρινίζει ότι με εφαρμογή της μεθόδου στο μισό των παραπάνω ποσοστών, η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ανεκτή», εκτός αν τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $S \leq 0,20 * X_{\text{μέσο}}$), οπότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ικανοποιητική».

Τέλος σε ειδικές περιπτώσεις κτιρίων για οποία διατίθεται 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 στην αρχή της προηγούμενης παραγράφου από ομοειδή δομικά στοιχεία του 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 προαναφερθείσες δοκιμές η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «υψηλή».

1.4 EN 13791

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13791 παρέχει τεχνικές για την εκτίμηση της επιτόπου δύναμης σε δομές σκυροδέματος και σε προκατασκευασμένα σκυροδέματα. Στη δοκιμή της επιτόπιας αντοχής λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις τόσο των υλικών όσο και της εκτέλεσης (συμπύκνωση και σκλήρυνση σκυροδέματος).

Στα σημεία όπου η επιτόπου αντοχή καθορίζεται με πυρήνες:

- Η δοκιμή ενός πυρήνα με όμοιο μήκος και ονομαστική διάμετρο 100mm δίνει μια τιμή αντοχής ισοδύναμη με την δύναμη ενός κύβου 150mm που κατασκευάζεται και σκληραίνεται υπό τις ίδιες συνθήκες.
- Η δοκιμή ενός πυρήνα ονομαστικής διαμέτρου τουλάχιστον 100mm και με αναλογία μήκους προς διάμετρο ίση με 2 δίνει μια τιμή αντοχής ισοδύναμη με την τιμή αντοχής ενός κυλίνδρου 150mm επι 300mm που κατασκευάζεται και σκληραίνεται υπό τις ίδιες συνθήκες.
- Η μεταφορά των αποτελεσμάτων από πυρήνες με διάμετρο 50mm έως 150mm και άλλες αναλογίες μήκους προς διάμετρο βασίζεται σε συντελεστές μετατροπής.

Ο αριθμός των πυρήνων που πρέπει να λαμβάνονται από μια περιοχή δοκιμής θα πρέπει να καθορίζεται από τον όγκο του συγκεκριμένου σκυροδέματος και τον σκοπό δοκιμής των πυρήνων. Κάθε θέση δοκιμής περιλαμβάνει έναν πυρήνα. Για την εκτίμηση της επί τόπου δοκιμής σε θλίψη για στατικούς λόγους και λόγους ασφάλειας, πρέπει να χρησιμοποιούνται πολλοί πυρήνες που είναι πρακτικά εφικτοί. Μια αξιολόγηση της επιτόπιας αντοχής σε θλίψη για συγκεκριμένη περιοχή δοκιμής θα πρέπει να βασίζεται τουλάχιστον σε 3 πυρήνες για να θεωρείται αξιόπιστη. Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι διορθωτικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη λήψη των πυρήνων, οι οποίοι αναφέρονται στο EN 12504-1. Ο αριθμός των δειγμάτων που προσδιορίστηκαν παραπάνω αφορά τους πυρήνες με διάμετρο τουλάχιστον 100mm. Ο αριθμός των πυρήνων πρέπει να αυξηθεί όταν η διάμετρος είναι μικρότερη από 100mm.

Όταν ο αριθμός των πυρήνων κυμαίνεται από 3 έως 14 η εφαρμογή των προσεγγίσεων στην αξιολόγηση της αντοχής του σκυροδέματος σε υπάρχουσες κατασκευές, για τις οποίες δεν υπάρχουν προηγούμενες γνώσεις, μπορεί να οριστεί στον τόπο χρήσης.

Annex A - (Παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή των πυρήνων σκυροδέματος)

Κατά την διαδικασία της πυρηνοληψίας μπορεί να προκληθούν βλάβες στο σκυρόδεμα οι οποίες θα επηρεάσουν την τελική αντοχή του σκυροδέματος. Η ανοχή για την επιτεδότηση πρέπει να είναι η ίδια όπως για τα τυποποιημένα δείγματα, δηλαδή όπως καθορίζεται στο EN 12390-1. Εάν για την εξασφάλιση της επιτεδότησης των δειγμάτων τοποθετηθούν καπάκια, τα καπάκια χαμηλής αντοχής μειώνουν τη τελική δύναμη του πυρήνα. Από την άλλη λεπτά καλύμματα υψηλής αντοχής κονιάματος ή θείου υψηλής αντοχής δεν επηρεάζουν σημαντικά τη δύναμη.

Ένας δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει τη μετρημένη ισχύ και τη μεταβλητότητα της αντοχής είναι η διάμετρος του πυρήνα. Η αντοχή ενός οριζόντια τρυπημένου πυρήνα με διάμετρο 100mm και αναλογία ύψους -διαμέτρου $l/d=1$ αντιστοιχεί στην αντοχή των δειγμάτων κύβου με μήκος πλευράς 150mm. Σε πυρήνες με διάμετρο μικρότερη από 100mm και $l/d=1$, η μεταβλητότητα της αντοχής είναι γενικά μεγαλύτερη. Για το λόγο αυτό, με τους πυρήνες των 50mm είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν τρεις φορές περισσότεροι

πυρήνες, σε σχέση με όταν οι δοκιμές εκτελούνται σε πυρήνες διαμέτρου 100mm. Η αναλογία μήκους/διαμέτρου επηρεάζει εξίσου τη μετρημένη ισχύ. Η ισχύς μειώνεται για λόγους $l/d > 1$ και αυξάνει για λόγους $l/d < 1$. Αυτό οφείλεται κυρίως σε συγκράτηση από τις πλάκες της μηχανής δοκιμής.

Συγκρίνοντας έναν πυρήνα με έναν εργαστηριακό κύλινδρο προκύπτει ότι ο πυρήνας μπορεί να είναι ασθενέστερος από τον κύλινδρο επειδή η επιφάνεια ενός πυρήνα περιλαμβάνει κομμένα τεμάχια συσσωματώματος τα οποία μπορούν να συγκρατούνται μόνο στην επιφάνεια με προσκόλληση της μήτρας. Τέτοια σωματίδια είναι πιθανό να συμβάλλουν ελάχιστα στη δύναμη του πυρήνα.

Τέλος κυριότερη προϋπόθεση για την ορθή μέτρηση της αντοχής του σκυροδέματος είναι η απουσία ράβδου στο εσωτερικό του πυρήνα. Όταν αυτό δεν μπορεί να αποφευχθεί, πρέπει να αναμένεται ότι θα υπάρξει μια μείωση της μετρημένης αντοχής για έναν πυρήνα που περιέχει χάλυβα. Όλοι οι πυρήνες που περιέχουν ενισχυτικές ράβδους μέσα ή κοντά στον διαμήκη άξονα δεν είναι κατάλληλοι για δοκιμή αντοχής.

Annex B - (Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα με την χρήση μεθόδων έμμεσης δοκιμής)

B.1 Κρουσιμέτρηση

Η σχέση μεταξύ αντοχής και αριθμού αναπήδησης επηρεάζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος όσο και από τις συνθήκες δοκιμής.

B.2 Υπερηχητικές μετρήσεις ταχύτητας παλμού

Η σχέση μεταξύ αντοχής και υπερηχητικών μετρήσεων ταχύτητας παλμού επηρεάζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος όσο και από τις συνθήκες δοκιμής. Αυτοί οι παράγοντες βρίσκονται στο πρότυπο EN 12504-4 και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών.

B.3 Pull-out test

Η σχέση μεταξύ της αντοχής και της μετρούμενης δύναμης έλξης επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος καθώς και από τις συνθήκες δοκιμής.

Ορισμένοι πιθανοί παράγοντες είναι:

- Η σύνθεση σκυροδέματος
- Η συμπίεση
- Η σκλήρυνση
- Η υγρασία κατά τη δοκιμή
- Το βάθος τοποθέτησης
- Οι επιφανειακές ανωμαλίες
- Η παρουσία Ενίσχυσης, συγκεκριμένα, η παρουσία ενισχυμένου χάλυβα σε άμεση γειτνίαση με τη θέση δοκιμής μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα.

Annex C - (Εννοιες που συσχετίζουν την ισχύ και την επί τόπου ισχύ από τυποποιημένα δοκίμια)

Η αντοχή σε θλίψη των πυρήνων και η επί τόπου αντοχή θα είναι γενικά μικρότερη από εκείνη που μετράται σε πρότυπα δείγματα δοκιμής που λαμβάνονται από την ίδια παρτίδα σκυροδέματος. Αυτό οφείλεται σε μια σειρά παραγόντων που συμπεριλαμβάνουν τον βαθμό συμπίκνωσης και σκλήρυνσης σε συγκεκριμένες συνθήκες τοποθεσίας και

εξαρτώνται από τη θέση στο μέλος όπου προσδιορίζονται τα ένθετα ένταση. Οι δοκιμές σε επί τόπου σκυρόδεμα δείχνουν τα εξής:

1. Η δύναμη επί τόπου μπορεί να ποικίλει μέσα σε ένα δομικό μέλος.
2. Το μέγεθος των αποτελεσμάτων της επί τόπου αντοχής μέσα στα δομικά μέλη μπορεί να διαφέρει από το ένα μέλος στο άλλο
3. Όσον αφορά το ύψος της διάστρωσης, η επιτόπια αντοχή μειώνεται προς την επιφάνεια, ακόμα και για πλάκες, έως και 25% σε σύγκριση με το σώμα- κέντρο του πυρήνα. Το σκυρόδεμα χαμηλότερης αντοχής συχνά συγκεντρώνεται κοντά στην επιφάνεια (περίπου στα 300 mm ή στο 20% του βάθους).

Annex D - (Κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό, τη δειγματοληψία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών κατά την αξιολόγηση της επιτόπου αντοχής)

Σχεδίαση

Ο σκοπός της εκτίμησης της επιτόπιας αντοχής σε θλίψη σε μια δομή επηρεάζει τον προγραμματισμό των περιοχών δοκιμής. Αρχικά εντοπίζονται μία ή περισσότερες περιοχές δοκιμής και σε κάθε περιοχή δοκιμής επιλέγονται διάφορες θέσεις δοκιμών. Η επιλογή του μεγέθους των θέσεων δοκιμής εξαρτάται από τη μέθοδο δοκιμής που χρησιμοποιείται. Ο αριθμός των αποτελεσμάτων των δοκιμών από μια περιοχή δοκιμής επηρεάζει την αξιοπιστία της αξιολόγησης.

Όταν η τάξη συμπίεστικής αντοχής σε μια ολόκληρη οικοδομική δομή πρέπει να αξιολογηθεί για επιτόπια αντοχή, η δομή θα πρέπει να υποδιαιρείται σε περιοχές δοκιμών στις οποίες το σκυρόδεμα μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στον ίδιο πληθυσμό και είναι αντιπροσωπευτικό της γενικής ποιότητας. Τα βασικά δεδομένα πρέπει να επανεξεταστούν για να ελεγχθεί εάν η υπόθεση μιας ενιαίας κατανομής είναι λογική.

Στις περιπτώσεις που πρέπει να αξιολογηθεί η αντοχή φορτίου μιας υπάρχουσας δομής, οι δοκιμές πρέπει να συγκεντρωθούν σε σκυρόδεμα αντιπροσωπευτικό των πλέον καταπονημένων τμημάτων της κατασκευής. Ωστόσο, η δειγματοληψία δεν πρέπει να επηρεάζει δυσμενώς τη φέρουσα ικανότητα.

Όταν εκτιμάται ο τύπος ή η έκταση της βλάβης, οι περιοχές δοκιμής δεν θα πρέπει να επικεντρώνονται στα μέρη όπου είναι γνωστά ή ενδέχεται να υποστούν βλαβερές επιδράσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι ωφέλιμη η σύγκριση αυτών των αποτελεσμάτων με δείγματα που λαμβάνονται από μη κατεστραμμένα μέρη.

Δειγματοληψία

Εάν στόχος της δειγματοληψίας είναι η λήψη ενός συνόλου αντιπροσωπευτικών δεδομένων τότε πρέπει να δειγματοληφθούν τυχαία οι επιμέρους δοκιμαστικές θέσεις σε κάθε περιοχή.

Ο αριθμός των πυρήνων που έχουν ληφθεί ή οι έμμεσες μετρήσεις εξαρτώνται από τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για τα δεδομένα αξιολόγησης.

Γενικά, η δειγματοληψία θα πρέπει να σχεδιάζεται κατά τρόπον τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ότι το τυχαίο δείγμα που λαμβάνεται από τα δομικά στοιχεία ή από τα

προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος αντιπροσωπεύει τη διανομή των ιδιοτήτων του σκυροδέματος σε ολόκληρο τον πληθυσμό.

Εκτίμηση

Η εκτίμηση της επιτόπιας αντοχής σε θλίψη μπορεί να περιλαμβάνει την εξέταση της ηλικίας κατά τη δομική και των συνθηκών υγρασίας στο σκυρόδεμα. Η αντοχή μπορεί να εκτιμηθεί σε οποιαδήποτε ηλικία, αλλά η ηλικία πρέπει να αναφέρεται και να λαμβάνεται υπόψη εάν είναι απαραίτητο.

Πρέπει να λαμβάνονται επίσης υπόψη οι συνθήκες υγρασίας της κατασκευής. Σε περιπτώσεις όπου μια δομή εκτίθεται σε υγρές συνθήκες, οι πυρήνες θα πρέπει να δοκιμάζονται σε κορεσμένη κατάσταση, ομοίως, όταν η δομή εκτίθεται σε ξηρές συνθήκες, οι πυρήνες πρέπει να δοκιμάζονται σε ξηρή κατάσταση.

1.5 EN 12504-1

Αυτό το πρότυπο καθορίζει μια μέθοδο για τη λήψη πυρήνων από σκυρόδεμα, την προετοιμασία για τη δοκιμή και τον προσδιορισμό της αντοχής τους σε θλίψη.

Πυρηνοληψία

Η αναλογία του μέγιστου μεγέθους κόκκου αδρανών στο σκυρόδεμα προς τη διάμετρο του πυρήνα έχει σημαντική επίδραση στην μετρούμενη ισχύ όταν προσεγγίζει τιμές μεγαλύτερες από 1:3.

Τοποθεσία

Οι πυρήνες πρέπει κατά προτίμηση να λαμβάνονται σε σημεία μακριά από τις αρθρώσεις ή τις άκρες του στοιχείου σκυροδέματος και όπου υπάρχει μικρή ή καθόλου ενίσχυση.

Διάτρηση

Η λήψη των πυρήνων πρέπει να γίνεται κάθετα προς την επιφάνεια με τέτοιο τρόπο ώστε να προκληθεί ελάχιστη ή να μην προκληθεί βλάβη στους πυρήνες.

Αναλογίες μήκους/διαμέτρου

Οι προτιμώμενοι λόγοι διαμέτρου/μήκος είναι οι εξής:

- α) 2,0 αν τα αποτελέσματα της αντοχής πρέπει να συγκριθούν με την ισχύ του κυλίνδρου.
- β) 1,0 αν τα αποτελέσματα της αντοχής πρέπει να συγκριθούν με την ισχύ του κύβου.

Annex A (EN 12504-1) – Η επίπτωση της σύνθεσης του σκυροδέματος και της διαμέτρου των πυρήνων στην αντοχή του σκυροδέματος.

Πειράματα, όπου δοκιμάστηκαν πυρήνες διαμέτρων 25mm, 50mm και 100mm που περιείχαν αδρανή μεγίστων μεγεθών 20mm και 40mm, έδειξαν ότι:

A) Για αδρανή 20mm

- Οι πυρήνες διαμέτρου 100mm ήταν περίπου 7% ισχυρότεροι από τους πυρήνες διαμέτρου 50mm
- Οι πυρήνες διαμέτρου 50mm ήταν περίπου 20% ισχυρότεροι από τους πυρήνες διαμέτρου 25mm

B) Για αδρανή 40mm

- Οι πυρήνες διαμέτρου 100mm ήταν περίπου 17% ισχυρότεροι από τους πυρήνες διαμέτρου 50mm
- Οι πυρήνες διαμέτρου 50mm ήταν περίπου 19% ισχυρότεροι από τους πυρήνες διαμέτρου 25mm

1.6 Σχέση διαμέτρου πυρήνα – αντοχής σκυροδέματος

Η νομοθεσία αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι τόσο στην διαδικασία της κατασκευής ενός κτιρίου όσο και στην διαδικασία του ελέγχου και της συντήρησης του. Η σχέση που παρουσιάζουν οι πυρήνες σκυροδέματος ανάλογα με το μέγεθος τους, με την αντοχή που τελικά προκύπτει από την θραύση τους και με την νομοθεσία καθιστούν αναγκαία την χρήση εναλλακτικών μεθόδων υπολογισμού. Πιο συγκεκριμένα σε περιπτώσεις όπου η λήψη πυρήνων με διάμετρο 100 mm ή 150 mm (διάμετροι πυρήνων που ορίζονται από την νομοθεσία) δεν είναι εφικτή, για παράδειγμα εξαιτίας της πυκνής όπλισης, αποδεικνύεται έμπρακτα το πρόβλημα της αποδοχής της αντοχής διαφορετικής διαμέτρου.

Σύμφωνα με το A.M. Neville, ο οποίος έχει επιτελέσει πρόεδρος και αντιπρύτανης του πανεπιστημίου του Dundee και επί σειρά ετών σύμβουλος πολιτικών μηχανικών, τα δείγματα μικρότερης διαμέτρου και μεγέθους αντιμετωπίζουν μεγαλύτερη δυσκαμψία σε σχέση με τα αντίστοιχα δείγματα μεγαλύτερης διαμέτρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτουν λανθασμένα αποτελέσματα και συμπεράσματα για την αντοχή. Η αντοχή που παρουσιάζουν τα δοκίμια είναι άμεσα συνδεδεμένη με το σχήμα, τις αναλογίες και το μέγεθος του εκάστοτε δοκιμίου, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ανάγκη η τιμή της αντοχής που προκύπτει να μπορεί να μετατραπεί και να συγκριθεί με οποιοδήποτε μέγεθος πυρήνα. Η αναλογία μήκους προς διάμετρο πυρήνα καθιστά την σύγκριση των δοκιμών μετρούμενη και αποτελεί την πρώτη προτεραιότητα για την κατάταξη των δειγμάτων στο εργαστήριο. Με μεγαλύτερη συχνότητα χρησιμοποιούνται δείγματα με αναλογία μήκους προς διάμετρο πυρήνα, δύο προς ένα, ($l/d=2,0$) καθώς έχει παρατηρηθεί ότι παρουσιάζουν πιο ακριβή αποτελέσματα. Καταλήγοντας μέσα από μια πειραματική διαδικασία αναφέρει ότι οι πυρήνες διαμέτρου 50 mm παρουσιάζουν μια αντοχή περίπου 10% χαμηλότερη από τους αντίστοιχους πυρήνες διαμέτρου 100 mm, και άρα για την μετατροπή της αντοχής των πυρήνων μικρής διαμέτρου σε πυρήνες μεγάλης διαμέτρου χρησιμοποιείται συντελεστής 1,1. (Neville,1981)

Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε από το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Σκυροδέματος (ACI) το 2003 αναφέρεται ότι η αναλογία μήκους προς διάμετρο ταυτοποιήθηκε ως παράγοντας που επηρεάζει τη μετρούμενη θλιπτική δύναμη ενός πυρήνα και σε πιο πρόσφατες δημοσιεύσεις του Ινστιτούτου παρατηρήθηκε η χρήση συντελεστών διόρθωσης των αντοχών πυρήνων μικρότερης διαμέτρου. Επίσης παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα με μικρό l/d αποτυγχάνουν- θρυμματίζονται σε μεγαλύτερα φορτία επειδή οι πλάκες φόρτωσης χάλυβα της μηχανής δοκιμής συγκρατούν την πλευρική επέκταση σε όλο το μήκος του δείγματος πιο αποτελεσματικά και έτσι παρέχουν περιορισμό της θραύσης.

Στην ίδια μελέτη γίνεται αναφορά σε μια ερευνητική εργασία που πραγματοποίησαν οι Bartlett and Macgregor την οποία δημοσίευσαν το 1994 και αναφέρει χαρακτηριστικά ότι ο συντελεστής διόρθωσης είναι ελαφρώς μικρότερος σε σκυροδέματα υψηλής αντοχής και διαβρεγμένους πυρήνες. Παρατήρησαν επίσης ότι οι συντελεστές διόρθωσης είναι λιγότερο ακριβείς καθώς το μέγεθος της απαραίτητης διόρθωσης αυξάνει για τους πυρήνες με μικρότερο l/d . Έτσι οι διορθωμένες τιμές αντοχής των πυρήνων δεν έχουν τον ίδιο βαθμό βεβαιότητας με τη αντοχή που προκύπτει από δείγματα που έχουν $l/d=2$.

Σε σχέση με την διάμετρο και τον συντελεστή διόρθωσης οι Bartlett and Macgregor αναφέρουν επίσης ότι σε μια ανάλυση δεδομένων αντοχής που πραγματοποιήθηκε σε 1080 πυρήνες που δοκιμάστηκαν από διάφορους ερευνητές τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αντοχή ενός πυρήνα διαμέτρου 50 mm ήταν κατά μέσο όρο 6% μικρότερη από τη δύναμη ενός πυρήνα διαμέτρου 100 mm. Άρα προέκυψε ένας συντελεστής διόρθωσης της αντοχής 1,06.

Στην πράξη είναι συχνά δύσκολο να ληφθεί ένα δείγμα διαμέτρου 50 mm το οποίο δεν επηρεάζεται από τη διαδικασία της πυρηνοληψίας ή δεν περιέχει μια μικρή απόκλιση που θα επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα. Εάν απαιτούνται διορθωτικοί συντελεστές για να

μετατραπεί η αντοχή των πυρήνων των διαμέτρων 50 mm στη διατομή ισοδύναμων πυρήνων 100 mm, ο ερευνητής θα πρέπει να τους αποκομίσει απευθείας χρησιμοποιώντας μερικούς πυρήνες κάθε διαμέτρου που λαμβάνονται από την εν λόγω δομή, γίνεται ξεκάθαρη η μοναδικότητα της κάθε δομής και άρα η πιθανότητα να προκύψει διαφορετικός συντελεστής και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι πυρήνες μικρής και μεγάλης διαμέτρου που αποκόπτονται από κάθε δομή.)

Ο Adam Carroll μέσω μιας διατριβής που κατέθεσε στο πανεπιστήμιο του Auburn το 2014 κατέληξε στο συμπέρασμα πως η αντοχή πυρήνων διαμέτρου 2 ιντσών, δηλαδή 50 mm, ισοδυναμεί με το 94% της αντοχής των πυρήνων διαμέτρου 4 ιντσών, δηλαδή 100 mm. Άρα ο συντελεστής που προκύπτει για την μετατροπή της αντοχής των πυρήνων διαμέτρου 50 mm σε ισοδύναμη αντοχή πυρήνων διαμέτρου 100 mm είναι περίπου 1,06.

Το Αμερικανικό Ινστιτούτο σκυροδέματος σε μια επόμενη μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2012 επισήμανε ότι η πραγματική αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να υπολογισθεί και με την βοήθεια ενός τύπου που εμπεριέχει διορθωτικούς συντελεστές για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος υπολογισμού της αντοχής.

$$f_c = F_{l/d} * F_{dia} * F_{mc} * F_D * f_{core}$$

όπου f_c : η ισοδύναμη δύναμη κυλίνδρου σκυροδέματος

$F_{l/d}$: συντελεστής διόρθωσης δύναμης λόγω διαστάσεων

F_{dia} : συντελεστής διόρθωσης δύναμης για διάμετρο

F_{mc} : συντελεστής διόρθωσης δύναμης για την κατάσταση υγρασίας

F_D : συντελεστής διόρθωσης δύναμης που υπολογίζει την επίδραση της βλάβης που υπέστη κατά την διάρκεια της πυρηνοληψίας.

f_{core} : αντοχή σκυροδέματος

Factor	Mean value	Coefficient of variation V , %
$F_{l/d}$: l/d ratio [†]		
As-received [‡]	$1 - \{0.130 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Soaked 48 h	$1 - \{0.117 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Air dried [‡]	$1 - \{0.144 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
F_{dia} : core diameter		
50 mm (2 in.)	1.06	11.8
100 mm (4 in.)	1.00	0.0
150 mm (6 in.)	0.98	1.8
F_{mc} : core moisture content		
As-received [‡]	1.00	2.5
Soaked 48 h	1.09	2.5
Air dried [‡]	0.96	2.5
F_d : damage due to drilling	1.06	2.5

Πίνακας 1: Συντελεστές διόρθωσης της δύναμης για τη μετατροπή των πυρήνων σε ισοδύναμες επιτόπιες δυνάμεις (πηγή: [16]).

Κεφάλαιο 2^ο: Σκοπός Πτυχιακής

Η εκλογή του θέματος βοήθησε στην εξοικείωση μας με τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν σε ένα υφιστάμενο κτίριο και στην αξιολόγηση τους. Αρχικά η επιθεώρηση του χώρου για την αναγνώριση των επιμέρους (φερόντων) στοιχείων μας έδωσε την δυνατότητα να αναγνωρίζουμε την υφιστάμενη κατάσταση και να διακρίνουμε ποιές βλάβες αποτελούν κρισιμότερης σημασίας για περαιτέρω διερεύνηση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο εύκολη η εκλογή των μη καταστροφικών και καταστροφικών ελέγχων που θα χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ενασχόληση μας με αυτό τον κομμάτι της παθολογίας και επιθεώρησης μας ανάγκασε να αναζητήσουμε πληροφορίες για την παλαιότητα του κτιρίου και τυχόν άλλες πληροφορίες που θα μας προσέφεραν μια εικόνα για την δομή του.

Στις ελάχιστες πληροφορίες που συλλέχθηκαν διαπιστώθηκε η αλλαγή χρήσης κτιρίου. Σε μια επιστολή με θέμα την αποπεράτωση του παλαιού λυκείου που συντάχθηκε τον Ιανουάριο του 1996 από τον πρόεδρο της κοινότητας προς το τμήμα προγραμματισμού της νομαρχίας Θεσσαλονίκης γίνεται γνωστή η προγενέστερη χρήση του. Το ισόγειο αρχικά λειτουργούσε ως λύκειο και στην συνέχεια στεγάστηκε το 1^ο νηπιαγωγείο Βασιλικών. Για την μετατροπή του κτιρίου σε Αστυνομικό τμήμα χρειάστηκε η ολοκλήρωση της κατασκευής του ημιτελούς ορόφου όπως γίνεται γνωστό μέσα από τα επίσημα έγγραφα. Σύμφωνα με την νομοθεσία η χρήση του κτιρίου καθορίζει και την κατηγορία σπουδαιότητας του. Η προγενέστερη κατασκευή λοιπόν σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. εντάσσει το κτίριο σε κατηγορία σπουδαιότητας III (εκπαιδευτικά κτίρια), δηλαδή σε εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας καθώς και κτίρια δημοσίων συναθροίσεων και γενικά κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, ενώ η μεταγενέστερη χρήση του το εντάσσει σε κατηγορία σπουδαιότητας IV, κατηγορία που επισημαίνει ότι το κτίριο αποτελεί ζωτικής σημασίας κατά την διάρκεια όσο και μετά τους σεισμούς. Αυτή η αλλαγή σπουδαιότητας από μικρότερη σε μεγαλύτερη κλίμακα καθιστά πιο επιτακτική την ανάγκη για την εκλογή ορθών αποτελεσμάτων από την πυρηνοληψία.

Η διαλογή πυρήνων 10 cm είναι κοινός αποδεχτή όπως διαπιστώθηκε από την διεθνή βιβλιογραφία και προσδιορίζει με ικανοποιητική ακρίβεια την αντοχή του σκυροδέματος παρ' όλα αυτά δεν αποτελεί πάντα επιλογή, λόγω πυκνής όπλισης, με αποτέλεσμα να υπάρχει επιτακτική ανάγκη διαλογής πυρήνων 5 cm. Η διαφοροποίηση αυτή στην διάμετρο επηρεάζει την αντοχή που προσδίδεται στο εκάστοτε σκυρόδεμα. Πιο συγκεκριμένα όταν η διάμετρος μειώνεται, αυξάνεται η αναλογία της επιφάνειας κοπής προς τον όγκο με συνέπεια να μειώνεται η αντοχή λόγω της ζημιάς που προκαλείται από την θραύση της επιφάνειας μικρότερης διαμέτρου (Shafik Khoury - Reliability of core test 2014). Σκοπός της πτυχιακής είναι να βρεθεί η συσχέτιση μεταξύ αντοχής πυρήνων διαμέτρου 50 και 100 mm για το συγκεκριμένο σκυρόδεμα του κτιρίου, και να ελεγχθεί αν ο συντελεστής συσχέτισης είναι κοντά σε αυτούς που υπάρχουν στη βιβλιογραφία.

Κεφάλαιο 3^ο: Πειραματικό Μέρος

3.1 Μεθοδολογία

3.1.1 Πληροφορίες κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο είναι του δημοσίου και ανήκει στην κυριότητα της Σχολικής Εφορίας του Γυμνασίου – Λυκείου Βασιλικών. Η κατασκευή του πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια, αρχικά κατασκευάστηκε το ισόγειο και έπειτα ο όροφος. Το ισόγειο του κτιρίου είναι κατασκευασμένο από λιθοδομή πάχους 0,60m ενώ ο όροφος από υπερμαπτική τοιχοδομή οπτόπλινθου. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι περίπου 1.100 m². Εκτός του κυρίως κτιρίου υπάρχει ανεξάρτητο κτίριο που στεγάζονται τα αφοδευτήρια.

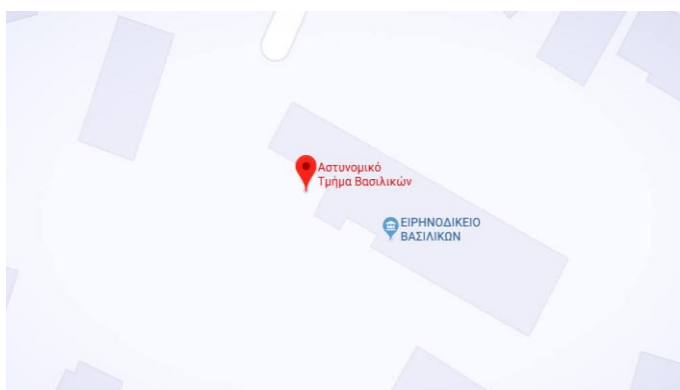
Το κτίριο υπέστη σοβαρές ζημιές σε διαχωριστικούς τοίχους, όπως ρωγμές και αποκολλήσεις από οροφές και δοκούς κατά τις διάρκειες σεισμών. Στην φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάστηκαν ρωγμές από διαφορετική καθίζηση των θεμελίων στην βορειοανατολική πλευρά του κτιρίου και κάτω από τις ποδιές των παραθύρων του ισογείου. Σε διάφορα σημεία της φέρουσας τοιχοποιίας παρουσιάστηκαν ρωγμές πλάτους μέχρι 2mm στα επιχρίσματα, η δε υποκείμενη τοιχοποιία παρέμεινε αδιατάρακτη.

Το άοπλο σκυρόδεμα που περιβάλλει την βάση του κτιρίου αποκολλήθηκε από το κτίριο, πολύ πριν τους σεισμούς και τα όμβρια ύδατα της στέγης εισέρχονται από το κενό στα θεμέλια του κτιρίου, με αποτέλεσμα οι τοίχοι του ισογείου στην Ανατολική πλευρά να είναι μονίμως υγροί.

Στην ανατολική πλευρά του κτιρίου κατά το παρελθόν κατασκευάστηκαν αντηρίδες (η τελευταία γνωστή χρονολογία κατασκευής αντηρίδων είναι το 1978) για να συγκρατήσουν την καθίζηση του κτιρίου. Αυτό ωστόσο δεν κατέστη δυνατόν διότι από την βορεινή πλευρά του κτιρίου η καθίζηση συνεχίστηκε με αποτέλεσμα να παρουσιαστούν ρωγμές στην τοιχοποιία.

Οι πλάκες, οροφή ισογείου και οροφή του πρώτου ορόφου δεν παρουσιάζουν ρωγμές, ούτε και τα δοκάρια της οροφής του πρώτου ορόφου. Από τις δονήσεις έγινε μετατόπιση μεγάλου μέρους της κεραμοσκεπής του κτιρίου και σε πολλά σημεία του κτιρίου ρέουν τα όμβρια της στέγης. Όλες σχεδόν οι ανοιχτές και οι κλειστές υδρορροές έχουν καταστραφεί από την πολυκαιρία.

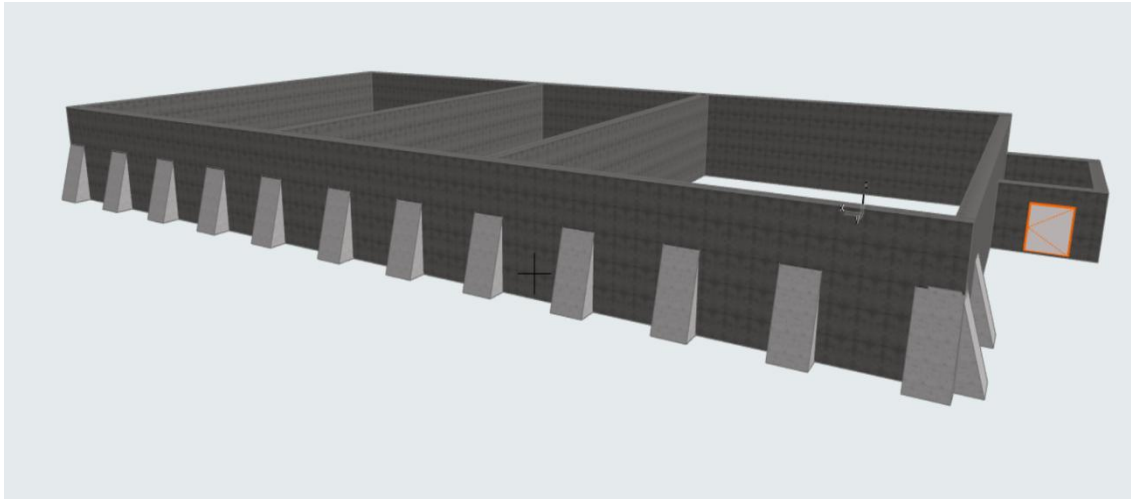
Στον πρόβολο του κτιρίου παρουσιάστηκαν ρωγμές στο μωσαϊκό δάπεδο που δεν οφείλονται στον σεισμό αλλά στην έλλειψη αρμών διαστολής.



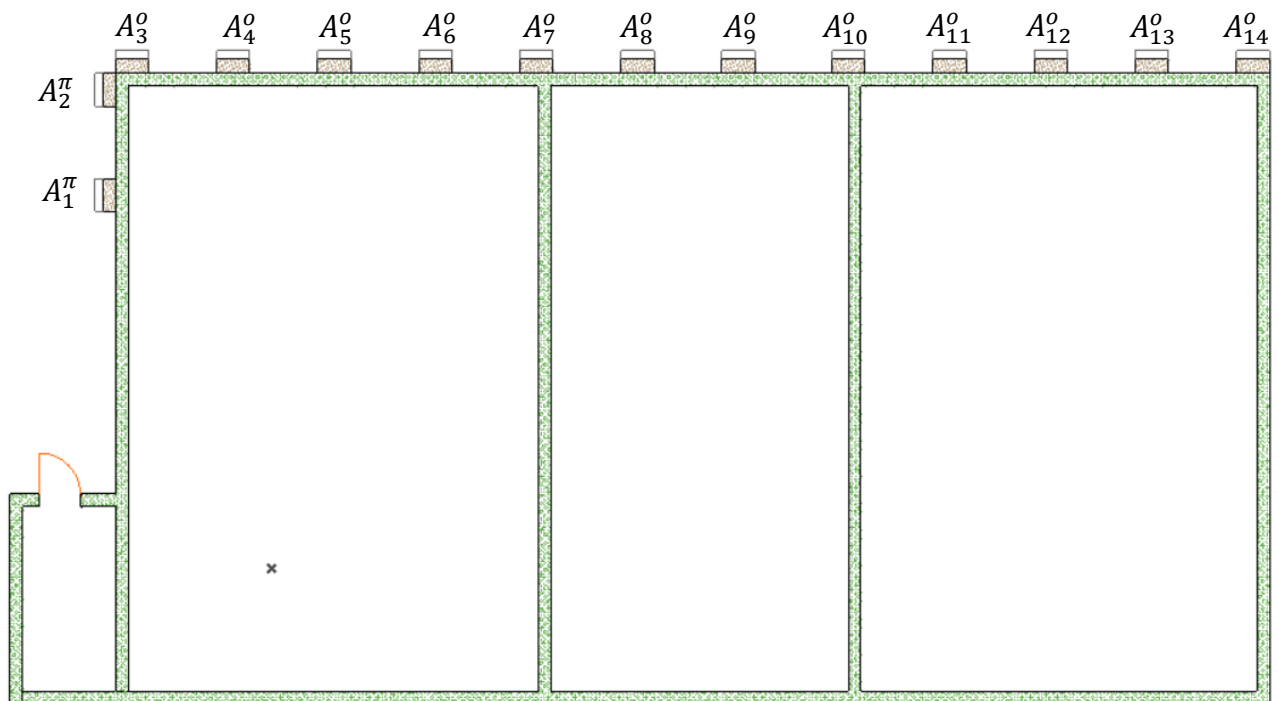
Εικόνα 1: Πανοραμική όψη-περίβλημα αστυνομικού τμήματος (Πηγή: google earth)



Εικόνα 2: Πανοραμική φωτογραφία αστυνομικού τμήματος Βασιλικών (Πηγή: google earth)



Εικόνα 3: Αναπαράσταση της μορφής των αντηρίδων με την βοήθεια σχεδιαστικού προγράμματος



Εικόνα 4: Κάτοψη των αντηρίδων με την βοήθεια σχεδιαστικού προγράμματος

(A = αντηρίδα, π = πλάγια, ο = οπίσθια, 1,2...14 = αριθμός αντηρίδας)

3.1.2 Επιτόπιοι Έλεγχοι

3.1.2.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι

Ο χαρακτηρισμός των ιδιοτήτων των υλικών είναι σημαντικός για την κατανόηση της συμπεριφοράς τους σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας και αποτελεί τη βάση για τον σχεδιασμό. Η ανάγκη για αξιόπιστο χαρακτηρισμό υλικών και δομών που χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων τεχνικών και σύγχρονων οργάνων. Μια μέθοδος χαρακτηρισμού θα πρέπει να παρέχει στοιχεία σχετικά με τις ιδιότητες του υλικού που σχετίζονται με τη μικροδομή και τη μακροδομή του χωρίς την ανάγκη τεμαχισμού ή καταστροφής της δομής. Τέτοιου είδους δεδομένα μπορούν να ληφθούν μόνο χρησιμοποιώντας τις μεθόδους Μη Καταστροφικού Ελέγχου (ΜΚΕ). Οι όροι μη καταστροφικός έλεγχος (nondestructive inspection – NDI), μη καταστροφική δοκιμή (nondestructive testing – NDT) ή μη καταστροφική αξιολόγηση (nondestructive evaluation – NDE) αναφέρονται στη χρήση ελέγχων, μιας κατηγορίας δηλαδή φυσικών δοκιμών που επιτρέπουν την ανίχνευση ή/και μέτρηση ιδιοτήτων του υλικού ή ατελειών χωρίς όμως να εμποδίζεται η λειτουργική χρήση της δομής. Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι είναι απαραίτητοι για σχεδόν οποιαδήποτε υπάρχουσα κατασκευή η οποία βρίσκεται σε χρήση και δεν επιτρέπεται να αλλοιωθεί κανένα βασικό στοιχείο του φέροντα οργανισμού. Ο μη καταστροφικός έλεγχος έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος της μελέτης των υλικών διότι επιτρέπει τον προσδιορισμό των παραμέτρων του υλικού (η μηχανική τάση, οι φυσικές ιδιότητες, και τα ελαττώματα/βλάβες) σε σχεδόν οποιοδήποτε σημείο, γραμμή, επιφάνεια, ή όγκο ενδιαφέροντος και σε σχεδόν οποιαδήποτε κατάσταση κατά τη διάρκεια ζωής του υλικού. Επίσης αναφέρεται σε πολλές διαφορετικές μεθόδους που βασίζονται σε ελαστικά κύματα, διεισδύουσες ακτινοβολίες, φως, ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, χημικά αισθητήρια, κλπ. Η κάθε μέθοδος μπορεί να χωρίζεται σε διαφορετικές τεχνικές, οι οποίες έχουν κοινή φυσική βάση (π.χ. ακουστική, οπτική, μαγνητισμός, κλπ.), όμως διαφοροποιούνται ως προς την εφαρμογή τους σε εργαστηριακό επίπεδο ή στο πεδίο σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή κατά τη λειτουργία του εξαρτήματος ή της κατασκευής. Λόγω του μεγάλου αριθμού πιθανών μεθόδων και τεχνικών μη καταστροφικού χαρακτηρισμού και αξιολόγησης υλικών και δομών, οι ΜΚΕ δεν είναι ένα μεμονωμένο πεδίο, αλλά μια συνέργεια πολλών επιστημονικών και τεχνικών ειδικοτήτων. [1]

Οπτικός Έλεγχος

Ο οπτικός έλεγχος (ΟΕ), ορίζεται ως η εξέταση ενός υλικού, αντικειμένου ή προϊόντος για εύρεση δομικών ή άλλων σφαλμάτων χρησιμοποιώντας τα μάτια αποκλειστικά ή σε συνδυασμό με βοηθήματα. Πολλές φορές ο έλεγχος περιλαμβάνει τη δόνηση, την ακοή και την αφή ή ακόμα και την όσφρηση του τεμαχίου που ελέγχεται. Αποτελείται από δύο βασικές διαδικασίες. Η πρώτη είναι η έρευνα (κυρίως έλεγχος) και η δεύτερη είναι ο συνδυασμός γνώσεων και εμπειρίας του ελεγκτή ως προς τις κατεργασίες και γενικές συνθήκες του υλικού ώστε να αναγνωριστούν οι πραγματικές ασυνέχειες που αποτελούν κίνδυνο για τη δομική ακεραιότητα από τις μη σχετικές ενδείξεις. Ο οπτικός έλεγχος υποστηρίζει όλες τις άλλες μεθόδους και είναι ο πιο βασικός καθώς προηγείται οποιουδήποτε άλλου ελέγχου. Ψηφιακοί ανιχνευτές και ηλεκτρονική τεχνολογία καθιστούν δυνατή και την αυτοματοποίηση του ελέγχου (μηχανική όραση). Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται είναι διάφορα. Αυτά περιλαμβάνουν την παρουσία ασυνεχειών (π.χ. φθοράς, ρωγμών), την καταλληλότητα διαστάσεων, συναρμολόγησης ή απλά συμμόρφωση με άλλους κανόνες (π.χ. χρώμα, ύπαρξη ετικέτας προϊόντος κλπ.).

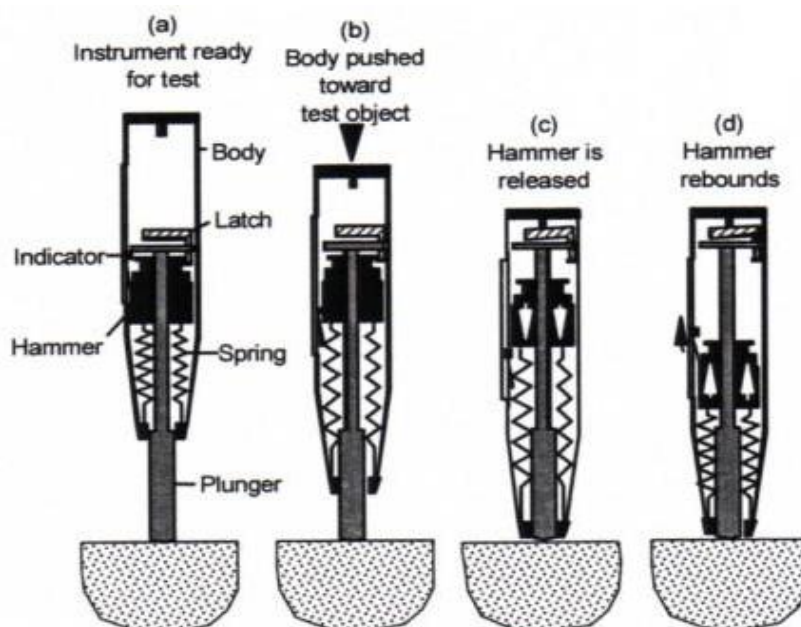
Ανίχνευση οπλισμών

Κατά τον έλεγχο υφιστάμενων κατασκευών προκύπτει έμμεσα η ανάγκη για την αναζήτηση της θέσης των εγκάρσιων και διαμηκών οπλισμών. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από αυτή την αναζήτηση είναι ένας κανάβος οπλισμού που χρησιμοποιείται τόσο σε άλλες μη καταστροφικές αλλά και καταστροφικές μεθόδους για την αποφυγή λήψης λανθασμένων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Κατά την σάρωση των στοιχείων για τον εντοπισμό του οπλισμού το όργανο μετακινείται σε όλο το μήκος και πλάτος. Όταν η ένδειξη στο όργανο αλλάξει από κόκκινη σε πράσινη αυτό συνεπάγεται ότι στο σημείο που υποδεικνύουν τα βελάκια υπάρχει οπλισμός. Για να εξακριβωθεί εάν αυτός ο οπλισμός είναι εγκάρσιος θα πρέπει όταν το μηχάνημα μετακινηθεί δεξιά και αριστερά από το σημείο η ένδειξη να παραμείνει πράσινη. Σε περίπτωση που η ένδειξη αλλάξει και γίνει κόκκινη ο οπλισμός είναι διαμήκης και για επαλήθευση πραγματοποιείται έλεγχος πάνω και κάτω από το αρχικό σημείο.

Κρουσιμέτρηση

Αποτελεί μια μη καταστροφική μέθοδος κατά την οποία με την βοήθεια ενός κρουσιμέτρου Schmidt εκτιμάτε η αντοχή του σκυροδέματος. Η μέθοδος της κρουσιμέτρησης βασίζεται στην μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας του εξεταζόμενου κάθε φορά στοιχείου. Με την μέθοδο αυτή εξετάζεται η ποιότητα του σκυροδέματος της εξωτερικής επιφάνειας σε βάθος έως και 30 mm. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μέθοδο θεωρούνται αξιόπιστα για την συνολική αντοχή ενός δομικού στοιχείου, και ιδίως όταν συνδυάζεται με άλλες μεθόδους. Όταν το κρουσίμετρο προσκρούει στην επιφάνεια μια μεταλλική μάζα στο εσωτερικό του χτυπάει με ταχύτητα στην άκρη του εργαλείου. Το ύψος αναπηδήσεως αυτής της μάζας εξαρτάται από την ελαστικότητα του υλικού και επομένως από την αντοχή του.



Εικόνα 22: Εσωτερική μορφή κρουσιμέτρου

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αναγράφονται πάνω στο μηχάνημα, συλλέγονται και στην συνέχεια μέσω της καμπύλης που υπάρχει στο πίσω μέρος από κάθε όργανο μετατρέπονται στην αντοχή του υλικού της εξεταζόμενης επιφάνειας. Ανάλογα με την ένδειξη στο κρουσίμετρο το σκυρόδεμα κατατάσσεται σε 5 κατηγορίες.

α/α	Δείκτης Κρουσιμετρήσεως R	Ποιότητα
1	>45	<i>Εξαιρετική</i>
2	35 ÷ 45	<i>Καλή</i>
3	25 ÷ 35	<i>Μέτρια</i>
4	20 ÷ 25	<i>Κακή</i>
5	<20	<i>Απομίξεις, ρωγμές</i>

3.1.2.2 Καταστροφικοί Έλεγχοι

Πυρηνοληψία

Η πυρηνοληψία είναι μια ημικαταστροφική και άμεση μέθοδος ποιοτικού ελέγχου η οποία βασίζεται στην διάτρηση και αποκοπή κυλινδρικού δοκιμίου. Μέσω αυτής επιτυγχάνεται:

- Ο προσδιορισμός της θλιπτικής ή εφελκυστικής αντοχής
- Η μέτρηση του βάθους ενανθράκωσης και η μέτρηση Ph
- Η εύρεση μέτρου ελαστικότητας (E) και λόγου Poisson (ν)
- Ο προσδιορισμός μεγέθους αδρανών
- Ο εντοπισμός ρωγμών ή αστοχιών στη μάζα του υλικού
- Η μέτρηση υγρασίας
- Ο προσδιορισμός πορώδους
- Η εύρεση μάζας και του φαινομένου βάρους του σκυροδέματος

Για ορθή εξαγωγή συμπερασμάτων από μια πυρηνοληψία θα πρέπει να αποφασιστούν η διάμετρος και το μήκος των πυρήνων, τα δομικά στοιχεία που θα γίνει η πυρηνοληψία και οι θέσεις των πυρήνων πάνω στα δομικά στοιχεία καθώς και ο αριθμός των πυρήνων.

Φαιλονοφθαλεΐνη

Η φαιλονοφθαλεΐνη αποτελεί μια χημική ένωση με μοριακό τύπο $C_{20}H_{14}O_4$. Χρησιμοποιείται ως δείκτης με σημείο αλλαγής χρώματος σε pH μεγαλύτερο του 9. Ουσιαστικά για τον έλεγχο του pH του σκυροδέματος πραγματοποιείτε ο ψεκασμός στην επιφάνεια του καρότου αμέσως μετά από την λήψη του και ανάλογα με την απόχρωση που αποκτά η επιφάνεια γίνεται μια πρώτη αναγνώριση της κατάστασης του σκυροδέματος. Εάν το χρώμα της επιφάνειας αλλάζει και μετατρέπεται σε έντονο μωβ τότε το pH είναι μεγαλύτερο από 9, παρ' όλα αυτά δεν είναι σίγουρο ότι το σκυρόδεμα δεν έχει υποστεί μια ελάχιστη διάβρωση καθώς η αλκαλικότητα του είναι φυσιολογική σε τιμή pH περίπου 12,5. Εάν το χρώμα της επιφάνειας όμως δεν αλλάξει τότε το σκυρόδεμα έχει υποστεί ενανθράκωση πράγμα που σημαίνει ότι και ο σπλισμός του μπορεί να έχει αρχίσει επίσης να οξειδώνεται καθώς ο χάλυβας του σπλισμού δεν απολαμβάνει πλέον την παθητική προστασία που του προσέφερε η αλκαλικότητα του σκυροδέματος. Η οξείδωση είναι μια

ηλεκτροχημική αντίδραση με ηλεκτρολύτη το νερό των πόρων η οποία μπορεί εύκολα να επιταχυνθεί εάν στην περιοχή στην οποία είναι κατασκευασμένο το κτίριο έχει γύρω του έντονη παρουσία νερού και υγρασίας.

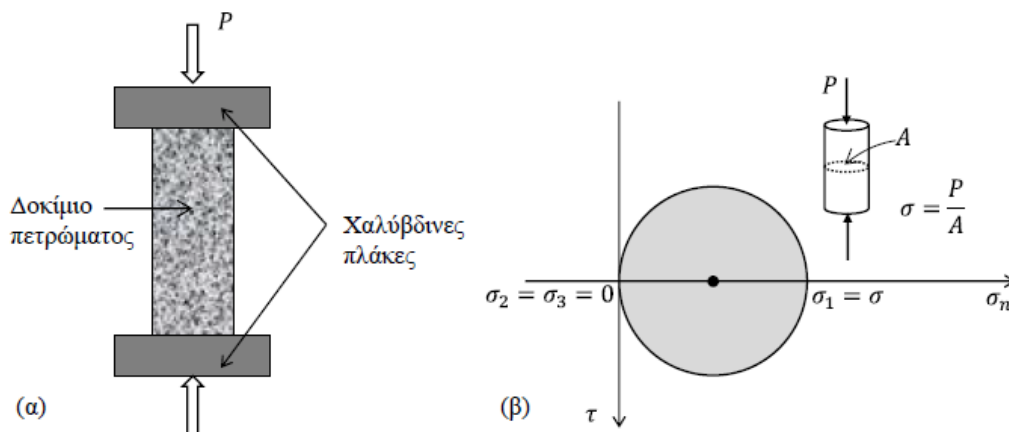
3.1.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι

Υπέρηχοι

Η λειτουργία της μεθόδου βασίζεται στην εκπομπή ενός παλμού υπερήχων μέσα στο υλικό και την καταγραφή των ανακλάσεων που επιστρέφουν. Ο παλμός υπερήχων δημιουργείται με την εφαρμογή ενός παλμού υψηλής τάσης σε ένα πιεζοηλεκτρικό δίσκο. Οι ανακλάσεις δονούν τον άλλο πιεζοηλεκτρικό δίσκο ο οποίος τις μετατρέπει πάλι σε τάσεις. Κάθε επιφάνεια ανακλά μια ηχώ του παλμού, με πρώτη την επάνω επιφάνεια στην οποία εφάπτεται ο δίσκος και τελευταία την απέναντι κάτω επιφάνεια του υλικού. Με αυτό τον τρόπο μετρήθηκε η ταχύτητα μετάδοσης των υπερήχων μέσα στα καρότα σκυροδέματος.

Θραύση δοκιμίων

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης στην οποία ένας ορθός κυκλικός κύλινδρος σπλισμένου σκυροδέματος συμπιέζεται μεταξύ δύο παράλληλων χαλύβδινων πλακών, είναι η παλιότερη και συνηθέστερη εκτελούμενη εργαστηριακή δοκιμή. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μονοαξονικής ή ανεμπόδιστης θλιπτικής αντοχής (uniaxial compressive strength, UCS), του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson του άρρηκτου πετρώματος.



Εικόνα 37: Μονοαξονική θλίψη

Με την δοκιμή επιδιώκεται η επιβολή μονοαξονικής εντατικής κατάστασης στο δοκίμιο (Σχήμα 49β), δηλαδή $\sigma_{xx}=\sigma_{yy}=\tau_{xy}=\tau_{yz}=\tau_{xz}=\tau_{yz}=0$, $\sigma_{zz}=\sigma$, ή αλλιώς $\sigma_2=\sigma_3=0, \sigma_1=\sigma$. Το φορτίο ασκείται συνεχώς στο δοκίμιο, παράλληλα με τον άξονα αυτού, και αυξάνεται βαθμιαία με σταθερό ρυθμό μέχρι την αστοχία του δοκιμίου. Η αξονική τάση στο δοκίμιο θεωρείται ομοιόμορφη και υπολογίζεται από τον λόγο του ασκούμενου φορτίου προς τη διατομή του κυλινδρικού δοκιμίου. Η αξονική τάση στην οποία το δοκίμιο αστοχεί είναι γνωστή ως ανεμπόδιστη ή μονοαξονική θλιπτική αντοχή του υλικού.

3.2. Αποτελέσματα Επιτόπου Έλεγχων

3.2.1. Μη καταστροφικοί Έλεγχοι

Οπτικός Έλεγχος

Κατά την έναρξη του οπτικού ελέγχου στο αστυνομικό τμήμα των Βασιλικών στον πρώτο όροφο του κτιρίου παρατηρήθηκε μια ελάχιστη κλίση στο μπαλκόνι του ορόφου, το οποίο και αποτελεί τον κύριο διάδρομο κυκλοφορίας, καθώς συνδέει το ειρηνοδικείο με το αστυνομικό τμήμα. Μετρήθηκαν 16 διαφορετικές κλίσεις οι οποίες καταγράφηκαν και παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα. Η αρίθμηση και η μέτρηση των πλακών άρχισε από το κτίριο του ειρηνοδικείου με την πλάκα με τον αριθμό 1 και τελείωσε με την πλάκα με τον αριθμό 16 έξω από το αστυνομικό τμήμα.

Πλάκα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Μήκος (m)	3,25	3,25	2,12	3,05	2,85	3,03	2,98	2,81	2,79	2,89	3,06	3,06	3,04	2,05	3,05	2,84
Κλίση (°)	2,9	2,4	1,3	1,7	3,2	2,1	1,4	1,2	1,3	0,5	0,8	0,9	0,3	-0,4	-0,1	0,8



Εικόνα 5: Όψη του μπαλκονιού από την πλευρά του Ειρηνοδικείου (η αρίθμηση των πλακών ορίζεται από την αριστερή προς την δεξιά πλευρά)



Εικόνα 6: Όψη του μπαλκονιού από την πλευρά του Αστυνομικού τμήματος (η αρίθμηση των πλακών ορίζεται από την αριστερή προς την δεξιά πλευρά)

Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι οι κλίσεις δεν είχαν μόνο διαφορά μεταξύ τους αλλά και ότι προς την πλευρά του αστυνομικού τμήματος η κλίση γινόταν αρνητική, ενώ σε όλο το υπόλοιπο μήκος η κλίση είχε θετικό πρόσημο και άρα το μπαλκονί παρουσίαζε μια ελάχιστη ανοδική πορεία. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η διαφορά κλίσεων έχει δημιουργήσει και ρωγμές σε διάφορα σημεία κατά πλάτος του μπαλκονιού. Το συμπέρασμα που δημιουργήθηκε ήταν ότι η αστοχία οφείλεται πιθανόν σε κατασκευαστικό λάθος.



Εικόνα 7: Ρωγμή στο πάτωμα του μπαλκονιού

Στην περιοχή του μπαλκονιού διαπιστώθηκε επίσης καθίζηση περίπου 7 χιλιοστών η οποία γίνεται ορατή στην ένωση του τοίχου με το δάπεδο.



Εικόνα 8: Καθίζηση ορατή στην ένωση μπαλκονιού – τοίχου

Εξετάζοντας περαιτέρω το εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου (τοίχους, υποστυλώματα, παράθυρα) βρέθηκαν ορατά σημάδια ρωγμών που εκτείνονται καθ' όλο το ύψος του τοίχου και προέρχονται από την πλάκα οροφής. Πιθανότατα οι ρωγμές αυτές να προδίδουν την θέση των αρμών συστολής-διαστολής που θα έπρεπε να υπάρχουν κατά μήκος των κτιρίων του ειρηνοδικείου και του αστυνομικού τμήματος.



Εικόνα 9: Ρωγμή στο κτίριο του Αστυνομικού τμήματος



Εικόνα 10: Ρωγμή στο κτίριο του Αστυνομικού τμήματος
Που επεκτείνεται και στην πλάκα της οροφής

Έντονα φαινόμενα καθιζήσεων παρατηρήθηκαν και στην οπίσθια όψη του κτιρίου. Μέρος του κτιρίου φαίνεται να έχει αποκολληθεί και παρουσιάζει ρωγμές. Οι καθιζήσεις αυτές έχουν εν μέρη καλυφθεί από πάνω με σκυρόδεμα όπως διαπιστώθηκε από τον οπτικό έλεγχο.



Εικόνα 11: Ρωγή στην πλάγια όψη του κτίριο του Αστυνομικού τμήματος



Εικόνα 12: Μερικώς επισκευασμένες ρωγμές στην πλάγια και οπίσθια όψη του κτίριο του Αστυνομικού τμήματος

Καθίζηση και ρωγμές διαφορετικού τύπου εντοπίζονται και σε άλλα σημεία κατά μήκος του οπίσθιου τοίχου, ανάμεσα στις αντηρίδες και γύρω από αυτές.



Εικόνα 13: Ρωγμές στην οπίσθια όψη του κτίριο του Αστυνομικού τμήματος



Εικόνα 14: Καθίζηση στην οπίσθια όψη του κτίριο του Αστυνομικού τμήματος



Εικόνα 15: Ρωγμές σε αντηρίδες στην πλαϊνή όψη



Εικόνα 16: Σημαντικές ζημιές σε αντηρίδες

Σε ορισμένες αντηρίδες έντονα φαινόμενα υγρασίας δημιουργούν διάβρωση του σκυροδέματος με αποτέλεσμα ορατά φαινόμενα φθοράς και αποσάθρωσης στο εξωτερικό περίβλημα του τοίχου. Εντονότερα είναι τα φαινόμενα στις αντηρίδες που διαθέτουν σωλήνες εκροής των όμβριων υδάτων (υδρορροές).



Εικόνα 17: Έντονα φαινόμενα διάβρωσης στο σκυρόδεμα αντηρίδας στην οπίσθια όψη



Εικόνα 18: Έντονα φαινόμενα διάβρωσης στο σκυρόδεμα αντηρίδας στην οπίσθια όψη



Εικόνα 19: Έντονα φαινόμενα διάβρωσης στο σκυρόδεμα αντηρίδας στην οπίσθια όψη

Ύστερα από την σάρωση που πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο μέρος των αντηρίδων σχεδιάστηκε στον τοίχο τους βοηθητικός κάναβος ο οποίος χρησιμοποιήθηκε τόσο κατά την διάρκεια των κρουσιμετρήσεων για την αποφυγή λανθασμένης ένδειξης όσο και για την τοποθέτηση στον τοίχο της καρτιέρας για την εξαγωγή πυρήνων σκυροδέματος από τους οποίους δεν διαπερνούν μέσα σπλισμοί.



Εικόνα 20: Κάναβος σπλισμού



Εικόνα 21: Κάναβος σπλισμού

Κρουσιμέτρηση

Σε κάθε αντηρίδα του κτιρίου πραγματοποιήθηκαν 3 κρουσιμετρήσεις για την αποφυγή σφάλματος, καθώς σε περίπτωση που το κρουσίμετρο κατέληγε να χτυπήσει πάνω ή κοντά σε σπλισμό η ένδειξη θα ήταν λανθασμένη. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Αντηρίδες	A_1^π	A_2^π	A_3^o	A_4^o	A_5^o	A_6^o	A_7^o	A_8^o	A_9^o	A_{10}^o	A_{11}^o	A_{12}^o	A_{13}^o	A_{14}^o
1η Μέτρηση	40	36	24	31	26	38	23	24	22	26	23	22	32	25
2η Μέτρηση	37	36	24	27	32	33	22	24	24	26	21	20	30	27
3η Μέτρηση	36	36	24	28	29	35	24	22	22	30	24	20	30	23
Μέσος όρος	37,7	36,0	24,0	28,7	29,0	35,3	23,0	23,3	22,7	27,3	22,7	20,7	30,7	25,0



Εικόνα 23: Κρουσιμέτρηση Αντηρίδας

3.2.2 Καταστροφικοί Έλεγχοι

Πυρηνοληψία

Θεωρήθηκε ότι για να υπάρχει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα της πραγματικής κατάστασης στην οποία βρίσκεται το σκυρόδεμα θα έπρεπε να ακολουθηθεί μια από τις καταστροφικές μεθόδους και αποφασίστηκε η συλλογή κυλινδρικών πυρήνων σκυροδέματος (καρότα). Αρχικά έγινε επιλογή κορώνας διαμέτρου 5 cm και στη συνέχεια με την βοήθεια του κανάβου που είχε προηγουμένως σχηματιστεί, τοποθετήθηκε η καρотиέρα σε σημείο που ήταν δυνατή η λήψη πυρήνα. Για την εκλογή καλύτερων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων πραγματοποιήθηκε σε ορισμένες αντηρίδες εκ νέου λήψη πυρήνων διαμέτρου 10 cm.

Με τους πυρήνες σκυροδέματος καθίσταται εφικτός ο προσδιορισμός πολλών ιδιοτήτων όπως η αντοχή σε θλίψη, η αντοχή σε εφελκυσμό, το μέτρο ελαστικότητας, η υγρασία των δοκιμών καθώς και η ταχύτητα διάδοσης υπερήχων.



Εικόνα 25: Καροτιέρα με κορώνα 5 cm



Εικόνα 26: Καροτιέρα έτοιμη για χρήση



Εικόνα 27: Δομή σκυροδέματος μετά την συγκομιδή πυρήνα



Εικόνα 28: Τοίχος μετά την λήψη πυρήνα διαμέτρου 10 cm



Εικόνα 29: Πυρήνες διαμέτρου 10 cm



Εικόνα 30: Πυρήνας διαμέτρου 5 cm

Φαιλονοφθαλεΐνη

Στα καρότα που ψεκάστηκαν διαπιστώθηκε ότι η ενδιάμεση περιοχή (περίπου 13 από τα συνολικά 28 εκατοστά) ήταν ενανθρακωμένη και οι περιοχές στα άκρα είχαν σίγουρα pH μεγαλύτερο από 9 αλλά και πάλι δεν μπορούσε να παρθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα για την κατάσταση αυτού του μέρους του σκυροδέματος.



Εικόνα 24: Πυρήνας ύστερα από την χρήση φαίλονοφθαλεΐνης

3.3 Αποτελέσματα Εργαστηριακών Έλεγχων

Υπέρηχοι

Τα καρότα σκυροδέματος μετά από την συλλογή τους μεταφέρθηκαν σε εργαστήριο για να πραγματοποιηθεί έλεγχος της αντοχής τους σε μονοαξονική θλίψη. Πριν από τον έλεγχο αυτό τα καρότα διαμέτρου 5 cm πραγματοποιήθηκε έλεγχος των καρότων με σονόμετρο.



Εικόνα 31: Πυρήνες στο εργαστήριο για σονομέτρηση



Εικόνα 32: Ένδειξη σονομέτρησης

	Διάμετρος <i>m</i>	Ύψος <i>m</i>	Χρόνος <i>sec</i>	Ταχύτητα Υπερήχων <i>m/sec</i>
1	$49,62 \cdot 10^{-3}$	$102,25 \cdot 10^{-3}$	$23,9 \cdot 10^{-6}$	$4,28 \cdot 10^3$
2	$49,54 \cdot 10^{-3}$	$51,77 \cdot 10^{-3}$	$11,4 \cdot 10^{-6}$	$4,54 \cdot 10^3$
3	$49,42 \cdot 10^{-3}$	$99,76 \cdot 10^{-3}$	$25,4 \cdot 10^{-6}$	$3,93 \cdot 10^3$
4	$49,45 \cdot 10^{-3}$	$52,28 \cdot 10^{-3}$	$12,9 \cdot 10^{-6}$	$4,05 \cdot 10^3$
5	$49,69 \cdot 10^{-3}$	$53,88 \cdot 10^{-3}$	$14,4 \cdot 10^{-6}$	$3,74 \cdot 10^3$
6	$49,73 \cdot 10^{-3}$	$55,27 \cdot 10^{-3}$	$13,9 \cdot 10^{-6}$	$3,98 \cdot 10^3$
7	$50,52 \cdot 10^{-3}$	$50,94 \cdot 10^{-3}$	$12,4 \cdot 10^{-6}$	$4,11 \cdot 10^3$
8	$49,54 \cdot 10^{-3}$	$53,71 \cdot 10^{-3}$	$12,9 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^3$

Θραύση δοκιμών

Τα καρότα διαμέτρου 10 εκατοστών στην αρχή λειάνθηκαν και στις δύο επιφάνειες τους και ακολούθησε η διαδικασία του καπελώματος για να μπορέσουν τοποθετηθούν στο μηχάνημα για θραύση.



Εικόνα 33: Πυρήνες διαμέτρου 10 cm έτοιμοι για θραύση



Εικόνα 34: Διαδικασία θραύσης



Εικόνα 35: Πυρήνας μετά την θραύση

Τα καρότα διαμέτρου 5 εκατοστών κόπηκαν και λειάνθηκαν, ενώ στην συνέχεια και αυτά τοποθετήθηκαν στο όργανο για την μέτρηση της αντοχής τους σε θλίψη.



Εικόνα 36: Πυρήνες διαμέτρου 5 cm έτοιμοι για θραύση

Κεφάλαιο 4^ο: Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

Η σημαντικότερη καταπόνηση του σκυροδέματος, η θλιπτική, η οποία εξετάζεται από το παραπάνω κεφάλαιο και θεωρείται η κυριότερη καταπόνηση που επηρεάζει σε μέγιστο βαθμό την σταθερότητα των κτιρίων αποτελεί και το μεγαλύτερο εύρος μελέτης και εξαγωγής συμπερασμάτων για την συνολική εικόνα της κατασκευής αλλά και των συνθηκών (του περιβάλλοντος) που επικρατούν στην περιοχή.

Τα αποτελέσματα έναντι της θλιπτικής αντοχής που συλλέχθηκαν από το εργαστήριο για τα καρότα διαμέτρου πέντε και δέκα εκατοστών είχαν διαφοροποιήσεις και ως προς το ύψος-μήκος. Τα εξεταζόμενα δοκίμια δεκατέσσερα στο αριθμό συνολικά έχουν είτε περίπου ίδια αναλογία ύψος προς πάχος δηλαδή ένα προς ένα, είτε αναλογία ύψος προς πάχος δύο προς ένα.

Για την έκδοση των αποτελεσμάτων αρχικά δημιουργήθηκαν δυο στήλες με την πραγματική αντοχή των πυρήνων και την αντοχή που προέκυψε από το κρουσίμετρο. Αυτές οι τιμές διαιρέθηκαν μεταξύ τους και προέκυψαν συντελεστές διόρθωσης, οι οποίοι στην συνέχεια αθροίστηκαν για να προκύψει ο μέσος όρος τους. Με την τιμή του μέσου όρου τέλος προέκυψαν οι διορθωμένες τιμές.

Στους επόμενους πίνακες παραθέτονται τα αποτελέσματα των πυρήνων ύστερα από την θραύση τους και η εκτιμώμενη αντοχή τους που προέκυψε από την κρουσιμέτρηση:

Αποτελέσματα πυρήνων D=10cm				
	Πραγματική αντοχή (MPa)	Εκτίμηση αντοχής από κρουσίμετρο (MPa)	Συντελεστής Διόρθωσης	Διορθωμένες τιμές κρουσιμέτρου (MPa)
A1	12,92	37,70	0,34	18,10
A2	16,60	36,00	0,46	17,28
A3	26,43	24,00	-	11,52
A4	13,07	28,70	0,46	13,78
A5	18,33	29,00	0,63	13,92
A6	17,67	35,30	0,50	16,94
A7	-	23,00	-	11,04
A8	-	23,30	-	11,18
A9	-	22,70	-	10,90
A10	-	27,30	-	13,10
A11	-	22,70	-	10,90
A12	-	20,70	-	09,94
A13	-	30,70	-	14,74
A14	-	25,00	-	12,00
Μ.Ο.	15,72	27,58	0,48	13,24

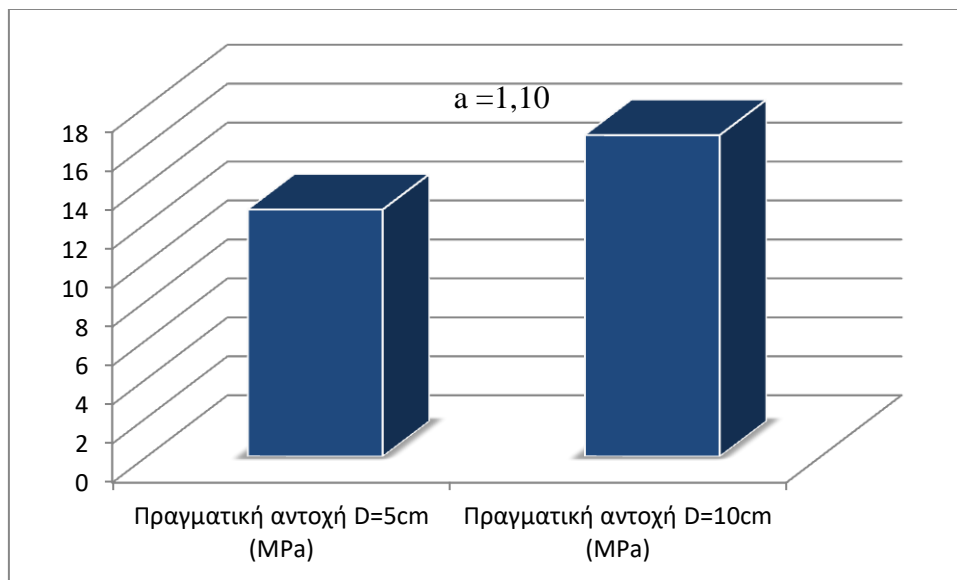
Παρατηρήσεις: Η μέση εκτιμώμενη αντοχή από το κρουσίμετρο είναι 57% μεγαλύτερη από την πραγματική όπως μετρήθηκε με τους πυρήνες D=10cm. Μετά τη διόρθωση, η μέση τιμή αντοχής του κρουσιμέτρου πλησιάζει αρκετά κοντά σε αυτή της πραγματικής (13,24 και 15,72 αντίστοιχα).

Υποσημείωση: Η τιμή της πραγματικής αντοχής για την αντηρίδα A3 δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς θεωρείται ότι ο αριθμός αυτός δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και προέκυψε από σφάλμα κατά την διαδικασία της θραύσης του πυρήνα.

Αποτελέσματα πυρήνων D=5cm				
	Πραγματική αντοχή (MPa)	Εκτίμηση αντοχής από κρουσίμετρο (MPa)	Συντελεστής Διόρθωσης	Διορθωμένες τιμές κρουσιμέτρου (MPa)
A1	10,90	37,70	0,29	17,41
A2	15,47	36,00	0,43	16,62
A3	14,66	24,00	0,61	11,08
A4	15,32	28,70	0,53	13,25
A5	14,20	29,00	0,49	13,39
A6	-	35,30	-	16,30
A7	11,54	23,00	0,50	10,62
A8	11,13	23,30	0,48	10,76
A9	08,20	22,70	0,36	10,48
A10	-	27,30	-	12,61
A11	-	22,70	-	10,48
A12	-	20,70	-	9,56
A13	-	30,70	-	14,17
A14	-	25,00	-	11,54
M.O.	12,68	27,58	0,46	12,73
<p>Παρατηρήσεις: Η μέση εκτιμώμενη αντοχή από το κρουσίμετρο είναι υπερδιπλάσια της πραγματικής όπως μετρήθηκε με τους πυρήνες D=5cm. Μετά τη διόρθωση, η μέση τιμή αντοχής του κρουσιμέτρου πλησιάζει αρκετά κοντά σε αυτή της πραγματικής (12,73 και 12,68 αντίστοιχα).</p>				

Συσχέτιση αποτελεσμάτων πυρήνων D=5cm με D=10cm				
	Πραγματική αντοχή D=10cm (MPa)	Πραγματική αντοχή D=5cm (MPa)	Συντελεστής Διόρθωσης από D=5cm σε D=10cm	Διορθωμένες τιμές αντοχής D=5cm (MPa)
A1	12,92	10,90	1,19	11,99
A2	16,60	15,47	1,07	17,02
A3	26,43	14,66	-	16,13
A4	13,07	15,32	0,85	16,85
A5	18,33	14,20	1,29	15,62
A6	17,67	-	-	-
A7	-	11,54	-	12,69
A8	-	11,13	-	12,24
A9	-	8,2	-	9,02
A10	-	-	-	-
A11	-	-	-	-
A12	-	-	-	-
A13	-	-	-	-
A14	-	-	-	-
Μ.Ο.	15,72	12,68	1,10	13,95

Παρατηρήσεις: Προέκυψε συντελεστής διόρθωσης αντοχής από D=5cm σε D=10cm 1,10 ο οποίος ταυτίζεται με την τιμή του συντελεστή σε ορισμένες από τις βιβλιογραφικές πηγές.



Πίνακας 2: Συσχέτιση αποτελεσμάτων πυρήνων διαμέτρου 5 cm και 10 cm

Αποτελέσματα πυρήνων D=5cm (Διορθωμένες τιμές)				
	Πραγματική αντοχή (MPa)	Εκτίμηση αντοχής από κρουσίμετρο (MPa)	Συντελεστής Διόρθωσης	Διορθωμένες τιμές κρουσιμέτρου (MPa)
A1	11,99	37,70	0,32	20,18
A2	17,02	36,00	0,47	18,36
A3	16,13	24,00	0,67	12,24
A4	16,85	28,70	0,59	14,64
A5	15,62	29,00	0,54	14,79
A6	-	35,30	-	18,00
A7	12,69	23,00	0,55	11,73
A8	12,24	23,30	0,53	11,88
A9	09,02	22,70	0,40	11,58
A10	-	27,30	-	13,92
A11	-	22,70	-	11,58
A12	-	20,70		10,56
A13	-	30,70	--	15,66
A14	-	25,00	-	12,75
M.O.	13,95	27,58	0,51	14,13
Παρατηρήσεις: Μετά τη διόρθωση, η μέση εκτιμώμενη αντοχή από το κρουσίμετρο για D=5cm και D=10cm ήταν 12,73 και 13,95 αντίστοιχα. Χρησιμοποιώντας τις διορθωμένες τιμές των πυρήνων D=5cm (με συντελεστή διόρθωσης 1,10) η μέση αντοχή κρουσιμέτρου γίνεται 14,13, πολύ κοντά δηλαδή στην τιμή των D=10cm.				

Παρατηρείται λοιπόν ότι ο διορθωτικός συντελεστής 1,10 βρίσκεται πολύ κοντά στον αντίστοιχο συντελεστή που προκύπτει από διεθνής βιβλιογραφίες. (Διορθωτικός συντελεστής κατά Neville,1995 και 2011: 1,10 , διορθωτικός συντελεστής κατά Bartlett και Macgregor,1994: 1,06 , διορθωτικός συντελεστής κατά Carroll, 2014: 1,06 , διορθωτικός συντελεστής κατά ACI, 2012: 1,06)

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία :

1. Θεόδωρος Ματίκας, Δημήτριος Αγγέλης, 2015, «Μη καταστροφικοί έλεγχοι» , Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
2. Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), 2^η Αναθεώρηση 2017.
3. Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, 2016, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2 Ιουνίου 2016, τεύχος Δεύτερο, Αριθμός Φύλλου: 1561.
4. Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, 2017, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 25 Μαΐου 2017, τεύχος Δεύτερο, Αριθμός Φύλλου: 1839.
5. P. Kumar Mehta, Paulo J. M. Monteiro, 2006 , «Concrete: Structure, Properties and Materials», μεταφρασμένη έκδοση από τα αγγλικά στα ελληνικά από την Ιωάννα Παπαγιάννη, 2009, με τίτλο: «Σκυρόδεμα: Μικροδομή, ιδιότητες και υλικά», εκδόσεις Κλειδάριθμος, 3^η αμερικάνικη έκδοση.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία :

6. Adam C. Carroll, Aaron R. Grubbs, Anton K. Schindler, Robert W. Barnes, July 2016, «Effect of Core Geometry and Size on Concrete Compressive Strength», Research Report No.1 , Auburn: Samuel Ginn College of Engineering.
7. Adam C. Carroll, Aaron R. Grubbs, Anton K. Schindler, Robert W. Barnes, November 2016, «Evaluation of In-place Concrete Strength by Core Testing », Research Report No.2 , Auburn: Samuel Ginn College of Engineering.
8. A. M. Neville, 1991 edition, «Properties of Concrete».
9. A. M. Neville, 2011 edition, «Properties of Concrete».
10. EN 12504-1 , 2000, European Standard.
11. EN 13791, 2007, European Standard.
12. F. Michael Bartlett, James G. Macgregor, 1994, « Effect of Core Geometry on Concrete Core Strengths», Materials Journal.
13. «Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results», 2003, American Concrete Institute Committee.
14. Marc Johnson, 2019, «Investigation of Parameters Effecting Concrete Core Performance for Quality Control and Assurance», a Thesis presented to the University of Waterloo.

15. Shafik Houry, Ali Abdel-Hakam Aliabdo, Ahmed Ghazy, 2014, «Reliability of Core test – Critical assessment and new approach», Alexandria Engineering Journal, Alexandria University.
16. «Specifications for Structural Concrete ACI 301-05», 2005, American Concrete Institute Committee.