

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
Ηρώων Πολυτεχνείου 5, Ζωγράφου 157 73



NATIONAL TECHNICAL
UNIVERSITY OF ATHENS
LABORATORY OF
REINFORCED CONCRETE
5, Iroon Polytechniou, Zografou, Greece 157 73

☎: (+30) 210 772 1334, FAX: (+30) 210 772 1275, e-mail: zeris@central.ntua.gr

Αθήνα, 18 Μαρτίου 2011

ΠΡΟΣ: Καθ. Δ. Κουτσογιάννη, Διευθυντή Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος,
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

ΘΕΜΑ: Δομητική αποτίμηση των κτηρίων που στεγάζεται το Εργαστήριο Υδραυλικής του Ε.Μ.Π. στην
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

ΣΥΝ: Τεχνική Έκθεση

1. Αντικείμενο

Μετά από εντολή του Πρύτανη του Ε.Μ.Π., ζητήθηκε από τον Καθ. κ. Δ. Κουτσογιάννη, Διευθυντή του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. η διενέργεια των απαραίτητων δοκιμών για τη δομητική αποτίμηση των κτηρίων που στεγάζεται το Εργαστήριο Υδραυλικής, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, με σκοπό να γίνει έλεγχος στατικής επάρκειας του εν λόγω κτηρίου. Σύμφωνα με την εντολή, ο έλεγχος στατικής επάρκειας εκπονείται από τον Καθ. Χ. Γαντέ του Τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Για την εν λόγω μελέτη επάρκειας, απαιτήθηκε να γίνουν επιτόπιες και εργαστηριακές μετρήσεις για την αποτίμηση των χαρακτηριστικών του σκυροδέματος και της κατάστασης του οπλισμού (διάταξη, βαθμός διάβρωσης) στα δομικά μέλη του κτηρίου. Οι μετρήσεις, που διενεργήθηκαν από προσωπικό του Εργαστηρίου Σκυροδέματος Ε.Μ.Π., αποτελούν το αντικείμενο της παρούσης. Ο έλεγχος στατικής επάρκειας δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσης.

Την ευθύνη και την εποπτεία των δοκιμών και μετρήσεων είχε ο υπογράφων την Έκθεση Χ. Ζέρης, Επ. Καθ. του Τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. Στη διεξαγωγή των μετρήσεων και την αποτίμηση των αποτελεσμάτων συμμετείχαν οι: Ι. Σφήκας, Πολιτικός Μηχανικός, Υ.Δ. της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., και Π. Παπανδρέου, τέως ΕΤΕΠ του Εργαστηρίου Ωπλισμένου Σκυροδέματος Ε.Μ.Π. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν στο διάστημα από 25 Ιανουαρίου έως 5 Μαρτίου 2011.

Μετά από την αρχική επιτόπια επίσκεψη που οργανώθηκε από τον Τομέα, με συμμετοχή των προαναφερθέντων μελών του Τομέα Δομοστατικής, καθώς επίσης και μελών της Τεχνικής Υπηρεσίας Ε.Μ.Π. και του προσωπικού του Εργαστηρίου Υδραυλικής, διαπιστώθηκε ότι το υπό διερεύνηση κτήριο αποτελείται από δύο στατικά ανεξάρτητα δομήματα που συμπεριλαμβάνουν το κτήριο των Γραφείων και το κτήριο του Εργαστηρίου του Τομέα. Σύμφωνα με τα διατεθέντα κατασκευαστικά σχέδια, τα δύο κτήρια έχουν μελετηθεί και κατασκευασθεί το 1955. Επί πλέον, όπως

μας ενημέρωσε η Τεχνική Υπηρεσία και προκύπτει από σχέδια που διατέθηκαν, τα υποστυλώματα του κτηρίου του Εργαστηρίου ενισχύθηκαν μετά το σεισμό της Πάρνηθας του 1999 με νέους οπλισμούς και μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Δεν υπήρξε αντίστοιχη ενίσχυση του κτηρίου Γραφείων.

Για τις απαιτήσεις της Μελέτης το Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος Ε.Μ.Π. εκπόνησε ένα πρόγραμμα επιτόπιων και εργαστηριακών ελέγχων, που περιέλαβαν: i) προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος σε διάφορα δομικά μέλη των δύο κτηρίων, ii) πληροφορίες για τους οπλισμούς των φερόντων στοιχείων αναφορικά με τους ξυλοτύπους που δόθηκαν στην ομάδα από την Τεχνική Υπηρεσία (θέση και διάμετρος) και iii) προσδιορισμό του βάθους ενανθράκωσης του ωπλισμένου σκυροδέματος. Για την αποτίμηση των απαιτούμενων πληροφοριών έγινε συνδυασμός μη καταστροφικών και καταστροφικών μεθόδων και στα δύο κτήρια, οι οποίες περιελάμβαναν: i) δύο πυρηνοληψίες (μία σε κάθε κτήριο) και έλεγχος των πυρήνων στο Εργαστήριο Σκυροδέματος και ii) εφαρμογή σειράς εμμέσων, μη καταστροφικών ή ημι-καταστροφικών, μεθόδων, στις θέσεις πυρηνοληψίας και σε μεγαλύτερο αριθμό θέσεων μέσα στα δύο κτήρια, συγκεκριμένα: αποτίμηση οπλισμών με μαγνητόμετρο, κρουσίμετρο, υπέρηχοι, έλεγχος ενανθράκωσης, έλεγχος διείδυσης χλωριόντων, έλεγχος διάβρωσης οπλισμού με αποκάλυψη των οπλισμών και εξόλκευση ήλου. Για τον προσδιορισμό του βάθους ενανθράκωσης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα φαινολοφθαλείνης, ενώ για τον προσδιορισμό της διάχυσης χλωριόντων διάλυμα νιτρικού αργύρου.

Στο κείμενο που ακολουθεί γίνεται περιγραφή των δοκιμών που διενεργήθηκαν (Παράγραφος 2), σύνοψη των αποτελεσμάτων (Παράγραφος 3) και δίνονται τα συμπεράσματα (Παράγραφος 4). Όλες οι μετρήσεις και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους παρουσιάζονται αναλυτικά στο συνημμένο Παράρτημα Α-Τεχνική Έκθεση.

2. Περιγραφή των δοκιμών που διενεργήθηκαν

Εξετάσθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία:

Κτήριο Εργαστηρίου, Ισόγειο: (α) Υποστύλωμα Κ22, (β) Υποστύλωμα Κ17, (γ) Περιμετρική Δοκός Δ1, (δ) Υποστύλωμα Σ50, (ε) Υποστύλωμα Κ25

Κτήριο Εργαστηρίου, Υπόγειο: (στ) Πλάκα Π1, (ζ) Δοκός Κλιμακοστασίου Δ2, (η) Υποστύλωμα Κ714, (θ) Υποστύλωμα Κ715, (ι) Υποστύλωμα Κ716

Κτήριο Γραφείων (Ισόγειο και 1ος όροφος): (ια) Υποστύλωμα Σ46, (ιβ) Υποστύλωμα Σ47, (ιγ) Υποστύλωμα Σ53, (ιδ) Πλάκα Π2, (ιε) Υποστύλωμα Σ41, (ιστ) Υποστύλωμα Σ49, (ιζ) Υποστύλωμα Σ19

Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν:

- i) Δύο πυρηνοληψίες και έλεγχοι αντοχής σε θλίψη,
- ii) Δύο μετρήσεις εις βάθος του στοιχείου του βάθους ενανθράκωσης (Β.Ε.) με χρήση φαινολοφθαλείνης,
- iii) Δύο μετρήσεις του βάθους διάχυσης χλωριόντων με χρήση νιτρικού αργύρου,
- iv) Δώδεκα σαρώσεις με μαγνητόμετρο (γραμμικές και σε πρότυπο κάναβο 60x60cm),
- v) Εκατόν ογδόντα εννέα κρουσιμετρήσεις (σε εννέα δομικά στοιχεία),

vi) Τριάντα τρεις επιτόπου μετρήσεις της ταχύτητας των υπερήχων (έμμεση μέτρηση) και

vii) Πενήντα πέντε εξολκεύσεις ήλου (συμπεριλαμβανομένων οκτώ αποτυχημένων, λόγω αδυναμίας έμπηξης ήλου ή αποφλοώσης σκυροδέματος).

3. Σύνοψη των αποτελεσμάτων

3.1. Πυρηνοληψία

Όπως προαναφέρθηκε, έγινε πυρηνοληψία (ASTM C42/C42M-03, EN13791-07) σε δύο σημεία του έργου, στο δάπεδο ισογείου του χώρου του Εργαστηρίου, μία από το κάθε στατικά ανεξάρτητο κτήριο. Σημειώνεται ότι το δάπεδο του κτηρίου του Εργαστηρίου (πυρήνας Π1) είναι υπερυψωμένο με μη δομικό γέμισμα από σκυρόδεμα περίπου 15 cm. Στη θέση του πυρήνα Π2 το δάπεδο είναι καλυμμένο με μωσαϊκό. Για τη διάτρηση χρησιμοποιήθηκε το διατρητικό όργανο πυρηνοληψίας Hilti του Εργαστηρίου Ω.Σ. Ε.Μ.Π. Η ονομαστική διάμετρος των πυρήνων που ελήφθησαν ήταν 10cm (η πραγματική όπως μετρήθηκε ήταν 9,9cm). Αμέσως μετά την εξαγωγή των πυρήνων και αφού αποχωρίστηκε άμεσα το τμήμα που προήλθε από το γέμισμα δαπέδου και το μωσαϊκό (πυρήνας Π1), έγινε ψεκασμός τους με φαινολοφθαλεΐνη, ώστε να εκτιμηθεί το βάθος ενανθράκωσης (B.E.).

Στην συνέχεια έγινε η ακόλουθη επεξεργασία των πυρήνων στο χώρο του Εργαστηρίου Ω.Σ.: κοπή των δύο ακραίων τμημάτων του κάθε πυρήνα με υγρή κοπή σε ηλεκτρικό τροχό για να επιτευχθεί λεία επιφάνεια και ξήρανσή τους στο περιβάλλον του εργαστηρίου για δύο ημέρες. Ακολούθησε η θραύση σε μηχανή θλίψης. Η αναγωγή της αντοχής των πυρήνων σε συμβατική αντοχή έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 344. Στη συνέχεια, με εφαρμογή έμμεσου εφελκυσμού (Brazilian test) τα δοκίμια χωρίζονταν σε δύο τεμάχια, στο εσωτερικό των οποίων γινόταν ψεκασμός με νιτρικό άργυρο ώστε να εκτιμηθεί το βάθος διάχυσης χλωριόντων.

Τα στοιχεία της πυρηνοληψίας συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 1**), ενώ αναλυτικότερα στοιχεία μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα Α (Παράγραφος 1, **Πίνακας 4**, **Πίνακας 5**)

Πίνακας 1 Συνοπτική παρουσίαση πυρηνοληψίας

Χώρος	Στοιχείο	Συμβολισμός	Πυρήνας			Παρατηρήσεις		Βάθος Ενανθράκωσης	Βάθος Χλωριόντων	Αντοχή κατά ΕΛΟΤ344
			Διάμετρος D cm	Αρχ.Υψος H cm	Τελ.Υψος L cm	Στρώσεις	Οπλισμός			
Εργαστήριο	Πλάκα	Π1	9,9	9,2+16,0	9,75	Το πρώτο ύψος αφορά το γέμισμα επί του δαπέδου (ενδιάμεσος αρμός διακοπής). Στο δεύτερο περιλαμβάνεται στρώση μωσαϊκού 3,1cm	Ράβδος Φ5 στα 7,4cm από άνω παρειά Ράβδος Φ9 στα 1,7cm από κάτω παρειά	0,7 από άνω παρειά 1,5 από αρμό μωσαϊκού 6,5 από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μωσαϊκού 6,5 από κάτω παρειά	27,1
Κτήριο Γραφείων	Πλάκα	Π2	9,9	16,2	10,80	Περιλαμβάνεται στρώση μωσαϊκού 3,3cm (άνω παρειά) και στρώση μόνωσης 1,3cm (κάτω παρειά).	Ράβδος Φ6 στα 3,3cm από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μωσαϊκού 3,7 από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μωσαϊκού 3,8 από κάτω παρειά	40,2

Από τις δοκιμές παρατηρείται ότι το βάθος ενανθράκωσης και διάχυσης χλωριόντων (CI) στους πυρήνες είναι ίδιο. Η διεύδυση της ενανθράκωσης είναι περίπου τριπλάσια στην πλάκα οροφής του Υπογείου του Κτηρίου Εργαστηρίου

από αυτήν στην οροφή Υπογείου των δεξαμενών, καθότι στον πυρήνα Π1 μετρήθηκε βάθος ενανθράκωσης περίπου 6,5 cm - συν το εναπομείναν τμήμα της πλάκας στο κάτω μέρος της πυρηνοληψίας, άρα περίπου 9 cm, σε σύγκριση με τα 3,7 cm που μετρήθηκαν στο Κτήριο Γραφείων, αντίστοιχα, γεγονός που δεν οφείλεται τόσο στην ύπαρξη κάτωθεν της τσιμεντοκονίας στον Π2, όσο στην σαφώς καλύτερη ποιότητα του σκυροδέματος του δαπέδου στο Κτήριο Γραφείων (μεγαλύτερη έλλειψη πορώδους στο υλικό), το οποίο απέδωσε σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη κύβου (40,2 MPa και 27,1 MPa, αντίστοιχα), πιθανώς λόγω βελτιωμένης σύνθεσης. Πάντως, και στις δύο περιπτώσεις, η διείδυση της ενανθράκωσης έχει κατά πολύ ξεπεράσει το ύψος του οπλισμού κάτω. Γεγονός πάντως είναι ότι η αυξημένη αντοχή στον πυρήνα Π2 δεν είναι αντιπροσωπευτική του υπόλοιπου κτηρίου και αφορά το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.

3.2. Μαγνητόμετρο και αποτύπωση οπλισμών

Η δοκιμή αυτή αφορά την αποτύπωση των οπλισμών μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα (θέση, επικάλυψη και διάμετρος). Χρησιμοποιήθηκε μαγνητόμετρο τύπου Ferrosan RV-10 της εταιρείας HILTI, το οποίο έχει δυνατότητα ανίχνευσης οπλισμών μέχρι βάθος περίπου 10cm. Πραγματοποιήθηκαν δύο τύποι σάρωσης: i) σαρώσεις σε πρότυπο κάναβο 60×60cm και ii) ταχείες γραμμικές σαρώσεις σε μήκη έως και 4,0m (βλ. Παράγραφο 4 του Παραρτήματος Α). Οι πρώτες αφορούν κυρίως τα υποστυλώματα με μανδύες, όπου οι οπλισμοί είναι σε πυκνή διάταξη, ενώ οι δεύτερες έγιναν κυρίως στα υφιστάμενα υποστυλώματα των οποίων οι οπλισμοί κατέστησαν εμφανείς από την αποκάλυψη τους με καθαίρεση του σκυροδέματος επικάλυψης, οπότε απεικονίστηκε ουσιαστικά ο εγκάρσιος οπλισμός συνδετήρων (περίσφιγξης) με το μαγνητόμετρο σε ταχεία σάρωση. Στη συνέχεια, παρατίθεται συνοπτικός πίνακας των οπλισμών που ανιχνεύθηκαν (Πίνακας 2).

Πίνακας 2 Συνοπτικός πίνακας οπλισμών

Χώρος	Στοιχείο Κωδικός	Τύπος	Οπλισμοί από σαρώσεις μαγνητόμετρου					
			Διαμήκεις οπλισμοί			Οπλισμοί περισφιγξης		
			Διάμετρος mm	Αποστάσεις mm	Επικάλυψη mm	Διάμετρος mm	Αποστάσεις mm	Επικάλυψη mm
Κτήριο Εργαστηρίου	K22	Υποστώλωμα	20	105	45-50	12	100	30-35
			20	100	60-65	12	100	45-50
Ισόγειο	K17	Υποστώλωμα	20	100	40-45	12	100	25-30
			20	165	65-70	12	95	50-55
	K719	Περιμετρικό Υποστώλωμα	20	115	60-65	8	105	40-45
	Δ1	Περιμετρική Δοκός	-	-	-	8	250-270	10-12
Κτήριο	K714	Υποστώλωμα	-	-	-	8	260	38-40
Εργαστηρίου	K715	Υποστώλωμα	-	-	-	8	260	38-42
Υπόγειο	K716	Υποστώλωμα	-	-	-	8	260	35-38
			Δ2	Δοκός στο Κλιμακοστάσιο	-	-	-	8
Κτήριο	Σ53	Υποστώλωμα	18	335	45-50	8	195	40-45
Γραφείων	Σ51	Υποστώλωμα	18	190	45-50	8	400-410	40-45

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρείται ότι η διάταξη και διάμετρος των οπλισμών είναι αφενός σε συμφωνία με τα Σχέδια Ευλοτύπων, αφετέρου δε είναι αντιπροσωπευτική των αντίστοιχων διατάξεων σχεδιασμού και του τύπου του δομικού στοιχείου. Έτσι, οι διαμήκεις οπλισμοί και συνδετήρες των υποστυλωμάτων με μανδύα

(ενίσχυση του 1999) στο Κτήριο Εργαστηρίου είναι Φ20 με συνδετήρες Φ12/100 σε τακτές αποστάσεις, ενώ στα υφιστάμενα υποστυλώματα (τα οποία δεν έχουν ενισχυθεί με μανδύα) εμφανίζονται οπλισμοί στο μέσον και στις γωνίες (πλην του Σ51 στη μεγάλη πλευρά) και συνδετήρες Φ8 ανά 200 έως 400 mm απόσταση, που απέχει κατά πολύ από τις ισχύουσες απαιτούμενες διατάξεις αντισεισμικής όπλισης. Σημειώνεται ότι οι οπλισμοί των υφισταμένων στοιχείων είναι λείοι χάλυβες κατηγορίας DIN St I.

3.3. Κρουσίμετρο

Η πρότυπη δοκιμή κρουσιμέτρου μετρά έμμεσα την αντοχή του σκυροδέματος μέσω ελέγχου της επιφανειακής σκληρότητας (ASTM C805-02, EN13791-07). Πρόκειται για μη καταστροφική μέθοδο ευρείας αποδοχής. Χρησιμοποιήθηκε κρουσίμετρο τύπου Schmidt της εταιρείας Proceq. Τονίζεται ότι η χρήση του κρουσιμέτρου ενδείκνυται για νεαρής ηλικίας σκυροδέματα (μέχρι δύο μηνών), διότι η ένδειξη επηρεάζεται από την ενανθράκωση. Με χρήση εμπειρικών σχέσεων (Σπανός κ.ά., 2002), δεδομένου του βάθους ενανθράκωσης, εκτιμήθηκε η αντοχή του σκυροδέματος. Πιο αναλυτική περιγραφή της μεθόδου μπορεί να αναζητηθεί στο Παράρτημα Α (Παράγραφος 5), ενώ οι πλήρεις Τεχνικές Αναφορές παρατίθενται στο Παράρτημα Β. Γενικά, η μέθοδος – σε συνδυασμό με άλλες μη καταστροφικές μεθόδους (όπως η εξόλκευση ήλου) είναι σε θέση να δώσει μια εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος του δομικού στοιχείου.

Από τα πειραματικά αποτελέσματα που παρέχονται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος 5) συμπεραίνεται ότι:

- i) Τα αποτελέσματα είναι συστηματικά ανά δομικό στοιχείο που εξετάστηκε, με μεγαλύτερο ποσοστό απορρίψεων λόγω διασποράς στα υποστυλώματα με μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όπου η ποιότητα του επιφανειακού σκυροδέματος είναι πλέον διεσπαρμένη και οι ενδείξεις αντοχής είναι υψηλές.
- ii) Η ποιότητα του σκυροδέματος στα υφιστάμενα στοιχεία υπερτερεί στο Κτήριο γραφείων από αυτή του Κτηρίου Εργαστηρίου, ίσως λόγω και προχωρημένης ενανθράκωσης. Με βάση τα στοιχεία κρουσιμέτρου (**Πίνακας 7**), τα υποστυλώματα και η δοκός του Κτηρίου Εργαστηρίου απέδωσαν αντοχές περί τα 11,5 MPa (μετά από διόρθωση για ενανθράκωση), ενώ τα στοιχεία του Κτηρίου Γραφείων απέδωσαν αντοχές περίπου 21 MPa. Ειδικότερα σε ότι αφορά το Κτήριο Γραφείων, παρατηρείται μεταβλητότητα των αποτιμώμενων αντοχών μέσα στο ίδιο κτήριο. Έτσι, η μέση αντοχή των δομικών στοιχείων στο Ισόγειο είναι περί τα 21 MPa ενώ στα υποστυλώματα του 1ου Ορόφου, η αντίστοιχη τιμή είναι 28,3 MPa.
- iii) Αυτή η παρατηρούμενη διασπορά (πλην μανδυών) αποδίδεται στη διαφορετική περιβαλλοντική έκθεση που υφίστανται τα υποστυλώματα. Διακρίνουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις: α) τα υποστυλώματα του Υπογείου του Εργαστηρίου (μέγιστη εναλλαγή υγρασίας σε όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, ιδιαίτερα στη βάση), β) Τα υποστυλώματα Ισογείου που διερευνήθηκαν, και στα δύο κτήρια, τα οποία ανήκουν στον ίδιο περιβαλλοντικά εκτεθειμένο Εργαστηριακό χώρο και γ) τα υποστυλώματα στον όροφο του Κτηρίου Γραφείων, που είναι ο πλέον προστατευμένος εσωτερικός χώρος.
- iv) Οι τελικές αντοχές συσχετίζονται και με τις δοκιμές εξόλκευσης, όπως αυτές περιγράφονται στην Παράγραφο 3.5.

3.4. Υπέρηχοι

Η πρότυπη δοκιμή υπερήχων μετρά έμμεσα τη συνοχή της μάζας του σκυροδέματος (ύπαρξη ρωγμών και /ή κοιλοτήτων) και δι' αναγωγής του μέσου μέτρου ελαστικότητας της μάζας (περιλαμβανομένου και του οπλισμού), την αντοχή του σκυροδέματος, μέσω μετρήσεων της ταχύτητας κύματος υπερήχων μέσα από το ανομοιογενές υλικό (ASTM C597-02, EN13791-07). Πρόκειται επίσης για μη καταστροφική μέθοδο. Χρησιμοποιήθηκε όργανο τύπου Pundit Plus της εταιρείας CNS Farnell. Εφαρμόστηκε η έμμεση μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων, κατά την οποία αμφοτέροι οι κρύσταλλοι τοποθετούνται στην ίδια πλευρά της επιφάνειας. Σημειώνεται ότι η έμμεση μέτρηση είναι μειωμένης ακρίβειας σε σχέση με την άμεση μέθοδο (κατά την οποία οι δύο κρύσταλλοι τοποθετούνται σε αντικριστές πλευρές του στοιχείου). Αναλυτικότερη περιγραφή της μεθόδου παρατίθεται στο Παράρτημα Α (Παράγραφος 6).

Η μέθοδος έμμεσης εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής μέσω της ταχύτητας των υπερήχων δεν οδήγησε σε ικανοποιητικά αποτελέσματα και, για τον λόγο αυτό, δεν ελήφθη υπόψη στην τελική αποτίμηση της αντοχής των στοιχείων. Γενικά, η ακρίβεια της μεθόδου σε αποτίμηση κατά παράθεση (ειδικά – στην περίπτωση των μανδύων) όπου οι οπλισμοί είναι πυκνοί στη μάζα του στοιχείου) είναι προβληματική.

3.5. Εξόλκευση Ήλου

Η πρότυπη δοκιμή εξολκεία μετρά τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος δι' αναγωγής, μέσω μέτρησης της αντίστασης σε εξόλκευση χαλύβδινων ήλων που εμπηγνύονται στην επιφάνεια του υλικού με κρουστικό πιστόλι (EN13791-07). Πρόκειται για έμμεση ελάχιστα καταστροφική μέθοδο (ημι-καταστροφική μέθοδο) ευρείας αποδοχής, κατά την οποία μετράται η δύναμη που απαιτείται για την εξόλκευση ήλου ο οποίος έχει εμπηχθεί στο σκυρόδεμα με κατάλληλο πυροδοτικό εκτοξευτή. Η δύναμη αυτή συσχετίζεται με την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος μέσω κατάλληλων εμπειρικών διαγραμμάτων (Λογοθέτης, 1979). Περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο διεξαγωγής των ελέγχων μπορούν να αναζητηθούν στο Παράρτημα Α (Παράγραφος 7). Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων δίδεται στο Παράρτημα Β.

Κατά τη διενέργεια των εξολκεύσεων εμφανίστηκε κάποια διασπορά στις μέσες μετρούμενες αντοχές των μεμονωμένων στοιχείων του ιδίου κτηρίου, γεγονός όπου οφείλεται και στον τρόπο παρασκευής του σκυροδέματος την εποχή κατασκευής (επιτόπου παραγόμενο, όχι έτοιμο σκυρόδεμα μαζικής παραγωγής σε βιομηχανικό περιβάλλον). Πλην του Υπογείου του Κτηρίου Εργαστηρίου που απέδωσε χαμηλές αντοχές συστηματικά σε κάθε διερεύνηση - και εμφανίζει και τα μεγαλύτερα φαινόμενα διάβρωσης, παρατηρήθηκε ότι δύο από τα υποστυλώματα που διερευνήθηκαν στον όροφο απέδωσαν πολύ καλύτερη αντοχή (και, για τον ίδιο λόγο, περισσότερες «αρνήσεις», δηλαδή αδυναμία έμπηξης ή αστοχία εξόλκευσης), εν τούτοις αυτό δεν παρατηρήθηκε σε άλλα υποστυλώματα του ιδίου κτηρίου - και του ιδίου ορόφου, τα οποία απέδωσαν συστηματικά χαμηλότερη αντοχή (βλ. και 3.6 παρακάτω).

3.6. Θλιπτική Αντοχή

Από τη συνεκτίμηση των αποτελεσμάτων των ελέγχων που διενεργήθηκαν που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3), προκύπτουν οι εκτιμώμενες τιμές για τη θλιπτική αντοχή του υπό έλεγχο σκυροδέματος. Το εξεταζόμενο σκυρόδεμα χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες: (i) μανδύες υποστυλωμάτων εργαστηρίου (K22, K17), (ii) σκυρόδεμα στοιχείων Υπογείου Κτηρίου Εργαστηρίου (Δ2, Π1, K714, K715, K716) και (iii) σκυρόδεμα στοιχείων Κτηρίου Γραφείων (Ισόγειο και ανωδομή) (Σ46, Σ47, Σ53, Π2, Σ41, Σ49, Σ19).

Από τα συνολικά αποτελέσματα των δοκιμών παρατηρείται ότι η αντοχή του σκυροδέματος στις θέσεις εξόλκευσης - κρουσιμέτρησης είναι σε γενικές γραμμές συγκρίσιμες, επαναλαμβανόμενες και επαληθεύουν η μία την άλλη, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία των εναλλακτικών μεθόδων μέτρησης. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, η εκτιμώμενη μέση θλιπτική αντοχή του υφιστάμενου σκυροδέματος στο έργο είναι συντηρητικά περί τα 16 MPa, με διασπορά τιμής της αντοχής από τις μετρήσεις, που έφτασε έως και τα 21 MPa (τιμή προς τα άνω, υπέρ της ασφαλείας) αλλά και τα 10 MPa (τιμή προς τα κάτω). Ένα περιμετρικό υποστύλωμα στον όροφο του Κτηρίου Γραφείων απέδωσε υψηλότερη ποιότητα σκυροδέματος, το γεγονός αυτό αξιολογείται σαν μεμονωμένο.

Εξαιρεση αποτελούν τα στοιχεία του Υπογείου του Κτηρίου Εργαστηρίου (δοκός και υποστυλώματα) όπου συστηματικά οι αντοχές που μετρήθηκαν με διάφορες μεθόδους είναι περί τα 11 MPa και όπου εμφανίζονται και τα μεγαλύτερα φαινόμενα διάβρωσης λόγω σχετικά επιθετικότερης περιβαλλοντικής έκθεσης.

Στο Ισόγειο του εν λόγω Κτηρίου έχουν ήδη εφαρμοσθεί μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οι οποίοι έδωσαν αντοχή περί τα 22 MPa (με κάποιες διασπορές αναμενόμενες για το εκτοξευόμενο). Πρέπει να θεωρείται πάντως (αν και δεν τεκμηριώνεται πειραματικά) ότι η αντοχή των υποστυλωμάτων κάτω από το μανδύα θα είναι παραπλήσια με αυτή των στοιχείων του Υπογείου.

Πίνακας 3 Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων θλιπτικής αντοχής

Είδος Εξεταζόμενου Σκυροδέματος	Συνεκτι- μώμενα Στοιχεία	Πυρηνοληψία Αντοχή Πυρήνα ΕΛΟΤ344 MPa	Κρουσιμέτρηση			Εξόλκ. Ήλων Εκτιμώμενη Αντοχή MPa	Τελικός Εκτιμώμενη Αντοχή Μέση Τιμή MPa	Τυπ.Απ. MPa			
			Εκτιμώμενη Ποιότητα Σκυροδέματος	Βάθος Ενανθρ. mm	Εκτιμώ- μενη Αντοχή MPa						
Μανδύας Εργαστηρίου	K22	27,1	Μέτρια	5	29,3	13,6	22,5	6,6			
	K17		Μέτρια	5	22,2	24,9					
Σκυρόδεμα Εργαστηρίου (Υπόγειο)	Δ2		Μέτρια	20	10,4	14,5					
	Π1		Μέτρια	15	11,9	11,3					
	K714		Μέτρια	20	10,9	11,5					
	K715		Μέτρια	20	11,8	10,9					
	K716		Κακή	20	9,5	8,5			11,1	1,6	
Σκυρόδεμα Κτηρίου Γραφείων	Σ46		40,2	Καλή	20	21,9			9,8	20,9	9,3
	Σ47			Καλή	20	20,8			25,7		
	Σ53			Μέτρια	20	15,3			16,1		
	Π2	Καλή		18	22,5	11,1					
	Σ41	Εξαιρετική		20	30,4	7,8					
	Σ49	Καλή		20	28,4	41,8					
Σ19	Καλή	20	26,0	15,1	15,1						

4. Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας ήταν η δομητική αποτίμηση του συγκροτήματος δύο ανεξάρτητων κτηρίων του Εργαστηρίου Υδραυλικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Συγκεκριμένα ζητήθηκαν πληροφορίες για τις αντοχές του σκυροδέματος και την επαλήθευση των οπλισμών, σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια και στα δύο κτήρια του συγκροτήματος. Από τις δειγματοληπτικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν προέκυψαν τα εξής:

1. Από τη διερεύνηση με μαγνητόμετρο διαπιστώθηκε ταύτιση των οπλισμών με τα Σχέδια στα μέλη που διερευνήθηκαν, τόσο στους μανδύες όσο και στα υφιστάμενα δομικά μέλη των δύο κτηρίων. Γενικά, η διάταξη οπλισμών που παρατηρήθηκε είναι συνεπής με τους ισχύοντες εκάστοτε Κανονισμούς δόμησης, που περιλαμβάνουν αραιούς και μικρής διαμέτρου συνδετήρες στα υφιστάμενα μέλη και πυκνής και μεγαλύτερης σχετικά διαμέτρου στους μανδύες των υποστυλωμάτων του Κτηρίου Εργαστηρίου.

2. Στα υποστυλώματα που δεν έχουν μανδύες, στο υπόγειο του Κτηρίου Εργαστηρίου υπάρχει εκτεταμένη διάβρωση των οπλισμών στη βάση των υποστυλωμάτων επάνω από την πλάκα δαπέδου, που έχει σαν αποτέλεσμα την εκτεταμένη αποφλοίωση του σκυροδέματος και του οπλισμού αυτού καθαυτού, ο οποίος είναι σε κάποιες περιπτώσεις πλήρως ανενεργός και πρέπει να αποκατασταθεί.

3. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος στον πυρήνα της πλάκας του Κτηρίου Γραφείων ήταν υψηλή και ενδέχεται να αφορά το συγκεκριμένο τύπο δομικού μέλους και τη βαριά χρήση της (βιομηχανικά φορτία), κάτι που δεν διαπιστώθηκε πουθενά αλλού στο έργο. Ομοίως και η θλιπτική αντοχή του πυρήνα της πλάκας του Κτηρίου Εργαστηρίου (27 MPa), που επίσης θεωρείται πάλι σχετικά υψηλότερη από τα άλλα δομικά στοιχεία, αλλά πάλι αναμενόμενη για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Πρέπει να σημειωθεί ότι πυρήνας από υφιστάμενο υποστύλωμα δεν παρελήφθη λόγω των μικρών διαστάσεων τους και της εύθρυπτης κατάστασης του σκυροδέματος. Ομοίως, δεν παρελήφθη πυρήνας από τους μανδύες του 1999 στο ισόγειο του Κτηρίου Εργαστηρίου, λόγω της πολύ πυκνής διάταξης των (νεότερων) οπλισμών σε αυτά.

4. Από τα συνολικά αποτελέσματα των δοκιμών παρατηρείται ότι αντοχή του σκυροδέματος στις θέσεις εξόλκευσης - κρουσιμέτρησης είναι σε γενικές γραμμές συγκρίσιμες, επαναλαμβανόμενες και επαληθεύουν η μία την άλλη, γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία των εναλλακτικών μεθόδων μέτρησης.

5. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, η εκτιμώμενη μέση θλιπτική αντοχή του υφιστάμενου σκυροδέματος σε όλο το έργο είναι συντηρητικά 16 MPa, με διασπορά αποτιμώμενων αντοχών μεταξύ δομικών μελών, που έφτασε έως και τα 21 MPa προς τα άνω αλλά και τα 10 MPa προς τα κάτω (κατά της ασφαλείας). Ένα περιμετρικό υποστύλωμα στον όροφο του Κτηρίου Γραφείων απέδωσε υψηλότερη ποιότητα σκυροδέματος, το γεγονός αυτό αξιολογείται όμως σαν μεμονωμένο.

6. Εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία του Υπογείου του Κτηρίου Εργαστηρίου (δοκός και υποστυλώματα) όπου συστηματικά οι αντοχές που μετρήθηκαν με διάφορες μεθόδους είναι περί τα 11 MPa και όπου εμφανίζονται και τα μεγαλύτερα φαινόμενα διάβρωσης, λόγω σχετικά επιθετικότερης περιβαλλοντικής έκθεσης.

7. Στο Ισόγειο του εν λόγω Κτηρίου έχουν ήδη εφαρμοσθεί μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οι οποίοι έδωσαν αντοχή περί τα 22 MPa (με κάποιες διασπορές μεταξύ μετρήσεων στο ίδιο στοιχείο που θεωρούνται αναμενόμενες για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα). Πρέπει να θεωρείται πάντως (αν και δεν τεκμηριώθηκε πειραματικά) ότι η αντοχή των υποστυλωμάτων κάτω από το μανδύα θα είναι παραπλήσια με αυτή των στοιχείων του Υπογείου.

X. Ζέρης,

Επ. Καθηγητής,

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

ΠΑΠΑΡΤΗΜΑ Α
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Περιεχόμενα

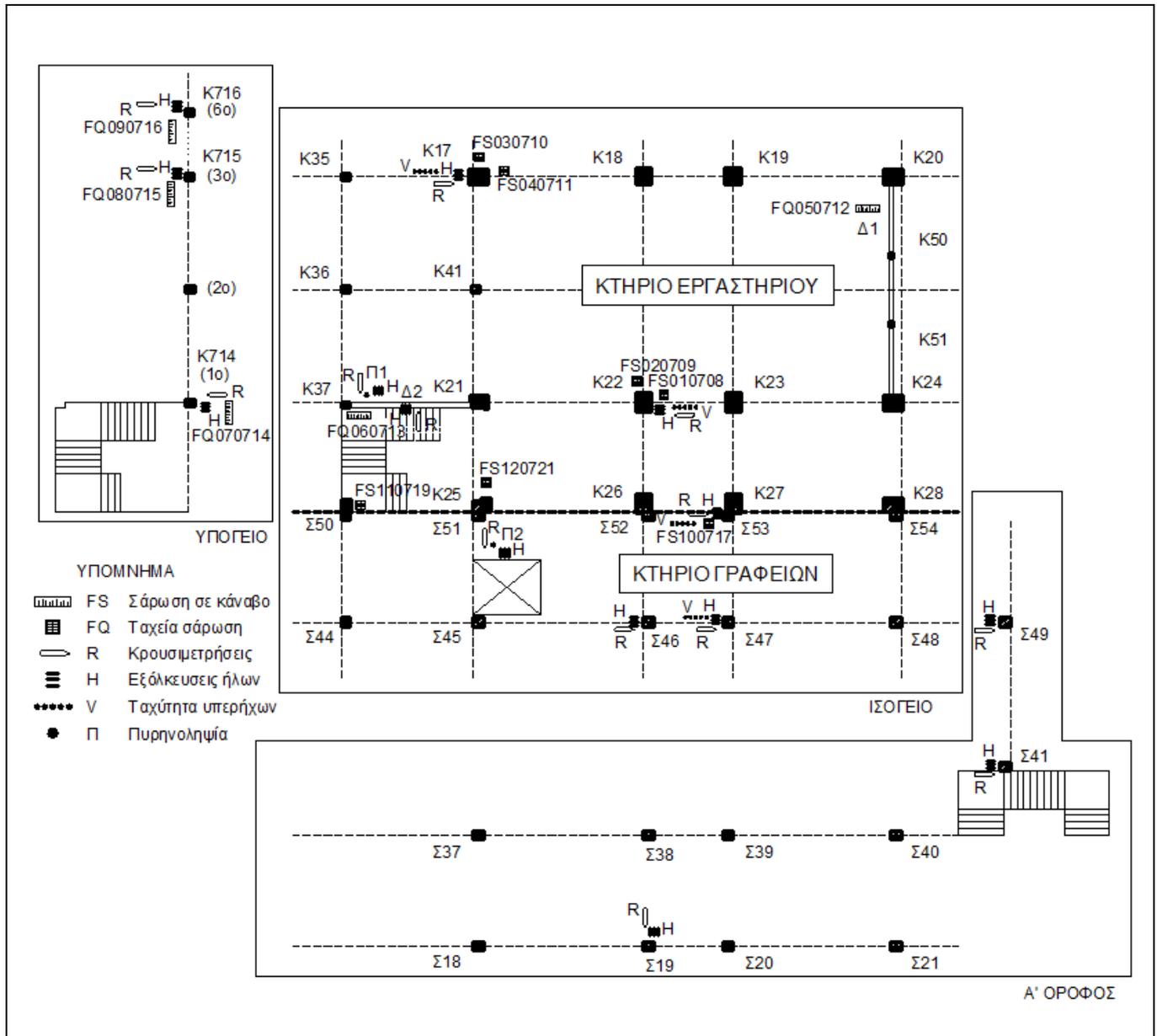
1. Περιγραφή χώρων.....	11
2. Οπτικές παρατηρήσεις επί των στοιχείων των κτηρίων.....	12
2.1 Ισόγειο Κτηρίου Εργαστηρίου.....	12
2.2 Υπόγειο Κτηρίου Εργαστηρίου.....	12
2.3 Ισόγειο Κτηρίου Γραφείων.....	13
2.4 Δώμα Κτηρίου Γραφείων.....	13
3. Πυρηνοληψία, Βάθος Ενανθράκωσης & Βάθος Διάχυσης Χλωριόντων.....	14
4. Μαγνητόμετρο.....	16
5. Κρουσίμετρο.....	20
6. Υπέρηχοι.....	21
7. Εξόλκευση Ήλου.....	23
8. Βιβλιογραφία.....	25

1. Περιγραφή χώρων

Περιγραφή: (α) Ισόγειο, (β) Υπόγειο και (γ) Α΄ Όροφος

Παρατηρήσεις: Σεισμικός αρμός μεταξύ Σ50-Σ54 και Κ25-Κ28

Σκαρίφημα:



Εικόνα 1 Σκαρίφημα Περιοχής Ελέγχου και Θέσεων Μετρήσεων

2. Οπτικές παρατηρήσεις επί των στοιχείων των κτηρίων

Από την αυτοψία του κτιρίου, παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

2.1 Ισόγειο Κτηρίου Εργαστηρίου

Εντοπίστηκαν τοπικά προβλήματα υγρασίας στην οροφή σε τρία σημεία (**Εικόνα 2**).



Εικόνα 2 Τοπικά προβλήματα υγρασίας στην οροφή του Κτηρίου Εργαστηρίου (ισόγειο)

2.2 Υπόγειο Κτηρίου Εργαστηρίου

Εντοπίστηκαν προβλήματα υγρασίας στις βάσεις των υποστυλωμάτων. Τονίζεται ότι τα εν λόγω υποστυλώματα δεν συνεχίζονται στο ισόγειο (σταματούν στην πλάκα ισογείου). Ο οπλισμός στη βάση του υποστυλώματος δίπλα στο κλιμακοστάσιο (K714) ήταν ήδη αποκαλυμμένος από την αυτοψία του κτηρίου. Με χρήση σφυριού και καλεμιού απομακρύνθηκε το επίχρισμα και μέρος της επικάλυψης του σκυροδέματος της K714 και διενεργήθηκε αντίστοιχη αποκάλυψη και σε ένα ακόμη υποστυλώμα στο βάθος του διαδρόμου (K715). Πρέπει να σημειωθεί ότι το σκυρόδεμα απομακρύνθηκε χωρίς καμία δυσκολία. Όπως φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν (**Εικόνα 3**, **Εικόνα 4**), τόσο ο διαμήκης οπλισμός όσο και ο οπλισμός περισφιγξης ήταν διαβρωμένοι και στα δύο στοιχεία, με μεγαλύτερη διάβρωση έως και μερική αποφλοιώσή του οπλισμού στο στοιχείο K714.



Εικόνα 3 Διάβρωση οπλισμού και αποσάθρωση της επικάλυψης στο υποστυλώμα K714 (αρχική κατάσταση και μετά από την περαιτέρω αποκάλυψη με μηχανικά μέσα)



Εικόνα 4 Διάβρωση οπλισμού στο υποστύλωμα K715

2.3 Ισόγειο Κτηρίου Γραφείων

Εντοπίστηκαν τοπικά προβλήματα υγρασίας στην οροφή σε τρία σημεία, στο γωνιακό υποστύλωμα και σε δύο δοκούς (Εικόνα 5).



Εικόνα 5 Τοπικά προβλήματα υγρασίας στην οροφή του Κτηρίου Γραφείων (ισόγειο)

2.4 Δώμα Κτηρίου Γραφείων

Εντοπίστηκαν τοπικά προβλήματα στα στοιχεία του δώματος: (i) τοπικά προβλήματα υγρασίας, (ii) αποκαλύψεις οπλισμών και έντονη ρηγματώση, (ii) αστοχίες επικαλύψεων οπλισμών και έντονα προβλήματα ανθεκτικότητας (ενανθράκωση, γλωριόντα) (Εικόνα 6, Εικόνα 7).



Εικόνα 6 Τοπικά προβλήματα υγρασίας, αποκαλύψεις οπλισμών και αστοχίες επικάλυψης αρχιτεκτονικών δοκών δώματος



Εικόνα 7 Ρηγματώση τοιχοποιίας και προβλήματα ανθεκτικότητας σκυροδέματος στα περιμετρικά στηθαία και τη στέγη

3. Πυρηνοληψία, Βάθος Ενανθράκωσης & Βάθος Διάχυσης Χλωριόντων

Σύντομη Περιγραφή: Πραγματοποιήθηκε λήψη δύο πυρήνων (ASTM C42/C42M-03, EN13791-07) με ονομαστική διάμετρο 10cm (η πραγματική όπως μετρήθηκε ήταν 9,9 cm) από οριζόντια επιφανειακά στοιχεία (πλάκες) του Κτηρίου Εργαστηρίου και του Κτηρίου Γραφείων (**Εικόνα 8**, **Εικόνα 9**). Και στις δύο περιπτώσεις η πυρηνοληψία έγινε από τη στάθμη του δαπέδου Ισογείου με φορά προς τα κάτω, οπότε και στις δύο περιπτώσεις αποκόπηκε μαζί με τον πυρήνα και το γέμισμα του δαπέδου, το οποίο στην περίπτωση του Κτηρίου Εργαστηρίου ήταν σχετικά μεγάλου πάχους (περίπου 11 cm). Το τμήμα αυτό του πυρήνα αποχωρίστηκε άμεσα από το δοκίμιο από σκυροδέμα. Ο πυρήνας στο Κτήριο Εργαστηρίου ήταν μερικής διάτρησης, δηλαδή δεν διατρήθηκε σε όλο το βάθος η πλάκα δαπέδου, αφήνοντας ένα τμήμα στην οροφή Υπογείου (περίπου 3 cm). Στην περίπτωση του Κτηρίου Γραφείων, όπου το γέμισμα του δαπέδου (μωσαϊκό) είναι μικρότερου πάχους, έγινε πλήρης διάτρηση της πλάκας στο σημείο εμπρός από το αντλιοστάσιο του Εργαστηρίου, επάνω από τις δεξαμενές. Το δοκίμιο σε αυτή την περίπτωση περισυλλέχθηκε από την καταπακτή πρόσβασης χωρίς να πέσει στην υποκείμενη δεξαμενή, που ήταν πλήρης νερού.

Οι πυρήνες μελετήθηκαν (α) οπτικά ως προς την ποιότητα του σκυροδέματος, την ύπαρξη ή μη ρηγματώσεων και την παρουσία ράβδων οπλισμού (**Εικόνα 10β, ε**), (β) οπτικά για την εκτίμηση του βάθους ενανθράκωσης (B.E.) μετά από ψεκασμό με φαινολοφθαλεΐνη (**Εικόνα 10α, γ, δ, στ**), ο οποίος πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την εξαγωγή των πυρήνων, (γ) εργαστηριακά, στη μηχανή θλίψεως δοκιμίων του Εργαστηρίου Ω.Σ., για την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος (**Εικόνα 11**) και (δ) οπτικά για την εκτίμηση του βάθους διάχυσης χλωριόντων μετά από εφαρμογή έμμεσου εφελκυσμού (Brazilian test) και ψεκασμό των διαχωρισμένων τεμαχίων με νιτρικό άργυρο (**Εικόνα 12**).

Σχολιασμός αποτελεσμάτων: Στους Πίνακες που ακολουθούν (**Πίνακας 4**, **Πίνακας 5**) αναγράφονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ελέγχων που αφορούν τους πυρήνες. Σύμφωνα με το Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 344 πραγματοποιήθηκε αναγωγή της υπολογισθείσας αντοχής πυρήνα σε συμβατική αντοχή (δοκίμιο 28 ημερών).

Από την οπτική παρατήρηση φαίνεται ότι ο πυρήνας Π1 καλύπτεται με συγκολλημένο μωσαϊκό πάχους 3 cm και υπερκείμενο μη συγκολλημένο γέμισμα δαπέδου από σκυροδέμα πάχους περί τα 16 cm, οπλισμένο με δομικό πλέγμα κάτω. Κατ' αντιστοιχία, και ο πυρήνας Π2 καλύπτεται με συγκολλημένο μωσαϊκό πάχους 3 cm, η δε κάτω παρεία του πυρήνα είναι επενδεδυμένη με τσιμεντοκονία υγρομόνωσης (ανήκει στην οροφή υπογείου επάνω από τη δεξαμενή) πάχους 2 cm (**Εικόνα 7**), η οποία και αποκόπηκε από το δοκίμιο, πριν την διενέργεια δοκιμής θλίψης. Όπως φαίνεται

από τις φωτογραφίες, και στις δύο πυρηνοληψίες η αποκοπή του πυρήνα έκοψε και ράβδο κάτω (μόνο) οπλισμού της πλάκας, με ανάλογη διάμετρο οπλισμού σε κάθε περίπτωση, ενώ σε καμία θέση πυρηνοληψίας δεν αποκόπηκε άνω οπλισμός είτε οπλισμός ενισχυμένης ζώνης. Και στους δύο πυρήνες ο αποκοπείς οπλισμός δεν είχε διαβρωθεί σημαντικά. Εν τούτοις, τμήματα οπλισμού της πλάκας του Κτηρίου Γραφείων κοντά στο σημείο πυρηνοληψίας, τα οποία εξέχουν κάτω από την πλάκα όπως καθίστανται εμφανή από την καταπακτή πρόσβασης στη δεξαμενή, είναι πλήρως διαβρωμένα.



Εικόνα 8 Θέση πυρηνοληψίας πυρήνα Π1 στα όρια της πλάκας ισογείου στο κλιμακοστάσιο προς το Υπόγειο. Διακρίνεται η μερική διάτρηση της οπής της πλάκας.



Εικόνα 9 Θέση πυρηνοληψίας πυρήνα Π2, εμπρός από το Αντλιοστάσιο και δίπλα από την καταπακτή πρόσβασης στην υπόγεια δεξαμενή



Εικόνα 10 (α) Ψεκάσμος με φαινολοφθαλείνη, (β) πυρήνας Π1 πριν τον ψεκάσμο, (γ), (δ) Πυρήνας Π1 μετά τον ψεκάσμο (όπου και διακρίνεται ο κάτω οπλισμός της πλάκας καθώς και οπλισμός πλέγματος στο υπερκείμενο γέμισμα), (ε) Πυρήνας Π2 πριν τον ψεκάσμο, (στ) μετά τον ψεκάσμο



Εικόνα 11 Δοκίμιο ελέγχου, δοκιμή θραύσης και ρηγματωμένο δοκίμιο από τους πυρήνες Π1 (α), (β), (γ) και Π2 (δ), (ε), (στ) – Διακρίνεται και ο κάτω οπλισμός στον πυρήνα Π2.



Εικόνα 12 (α) Θραύση δοκιμίου σε έμμεσο εφελκυσμό, (β) βάθος διείσδυσης χλωριόντων μετά τον ψεκασμό για τον πυρήνα Π1 και (γ) για τον πυρήνα Π2

Πίνακας 4 Περιγραφή και παρατηρήσεις επί των πυρήνων

Χώρος	Στοιχείο	Συμβολισμός	Πυρήνας		Παρατηρήσεις		Οπλισμός	Βάθος Ενανθρ/σης cm	Βάθος Διαχ. Cl cm
			Διάμετρος D cm	Αρχ.Ύψος H cm	Στρώσεις	Στρώσεις			
Κτήριο Εργαστηρίου	Πλάκα δαπέδου Ισογείου	Π1	9,9	9,2+16,0	Το πρώτο ύψος αφορά το γέμισμα επί του δαπέδου (ενδιάμεσος αρμός διακοπής). Στο δεύτερο περιλαμβάνεται στρώση μοσαϊκού 3,1cm	Ράβδος Φ5 στα 7,4cm από άνω παρειά Ράβδος Φ9 στα 1,7cm από κάτω παρειά	0,7 από άνω παρειά 1,5 από αρμό μοσαϊκού 6,5 από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μοσαϊκού 6,5 από κάτω παρειά	
Κτήριο Γραφείων	Πλάκα δαπέδου Ισογείου	Π2	9,9	16,2	Περιλαμβάνεται στρώση μοσαϊκού 3,3cm (άνω παρειά) και στρώση μόνωσης 1,3cm (κάτω παρειά).	Ράβδος Φ6 στα 3,3cm από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μοσαϊκού 3,7 από κάτω παρειά	1,8 από αρμό μοσαϊκού 3,8 από κάτω παρειά	

Πίνακας 5 Αποτελέσματα ελέγχου πυρήνων (αντοχές, βάθος ενανθράκωσης, διάχυση χλωριόντων, οπτικός έλεγχος)

Χώρος	Στοιχείο	Συμβολισμός	Πυρήνας		Φορτίο Αντοχή					Παρατηρήσεις		
			Διάμετρος D cm	Αρχ.Ύψος H cm	Τελ.Ύψος L cm	Λόγος L/D	Βάρος B gr	Φ.Β. P gr/cm ³ kN	Πυρήνα MPa	ΕΛΟΤ344 MPa		
Κτήριο Εργαστηρίου	Πλάκα	Π1	9,9	9,2+16,0	9,75	0,985	1746,6	2,327	180,0	23,4	27,1	μερική διάτρηση πλάκας
Κτήριο Γραφείων	Πλάκα	Π2	9,9	16,2	10,80	1,091	1976,6	2,378	269,3	35,0	40,2	πλήρης διάτρηση πλάκας

4. Μαγνητόμετρο

Σύντομη Περιγραφή: Η δοκιμή αυτή αφορά την αποτύπωση των οπλισμών μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα (θέση, επικάλυψη και διάμετρος). Πραγματοποιήθηκε σάρωση σε χαρακτηριστικές θέσεις επιλεγμένων στοιχείων (**Εικόνα 15** έως **Εικόνα 25**) με χρήση μαγνητόμετρου τύπου Ferrosan RV-10 της εταιρείας HILTI, το οποίο διαθέτει δυνατότητα ανίχνευσης οπλισμών μέχρι βάθος περίπου 10cm. Πραγματοποιήθηκαν δύο τύποι σαρώσεων: (i) σάρωση επί πρότυπου κανάβου 600x600mm (συμβολισμός: FS, **Εικόνα 14**) και (ii) ταχείες γραμμικές σαρώσεις, όπου δεν ήταν δυνατή η χρήση του πρότυπου κανάβου (ταχεία γραμμική σάρωση, συμβολισμός: FQ, **Εικόνα 13**). Οι πρώτες αφορούν κυρίως τα υποστυλώματα με μανδύες, όπου οι οπλισμοί είναι σε πυκνή διάταξη, ενώ οι δεύτερες έγιναν κυρίως στα υφιστάμενα υποστυλώματα των οποίων οι οπλισμοί κατέστησαν εμφανείς από την αποκάλυψη τους με καθαίρεση του σκυροδέματος επικάλυψης, οπότε απεικονίστηκε ουσιαστικά ο εγκάρσιος οπλισμός συνδετήρων

(περίσφιγξης) με το μαγνητόμετρο σε ταχεία σάρωση. Οι λεπτομέρειες και οι παρατηρήσεις σχετικά με όλες τις μετρήσεις αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 6).



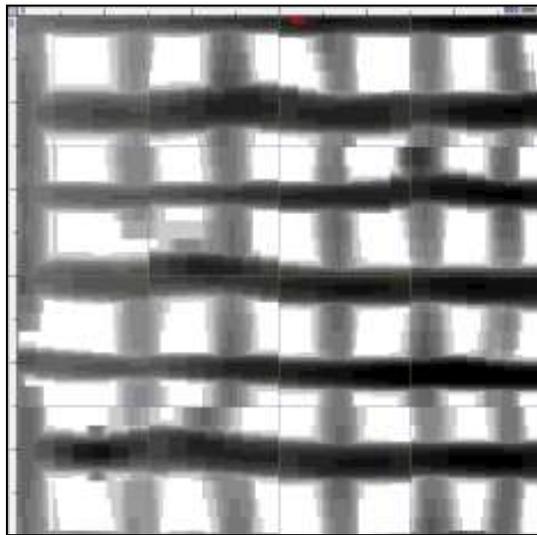
Εικόνα 13 Ταχείες Γραμμικές Σαρώσεις (α) Δοκός Δ1, (β) Δοκός Δ2, (γ) Αποτύπωση επί της Δοκού Δ2



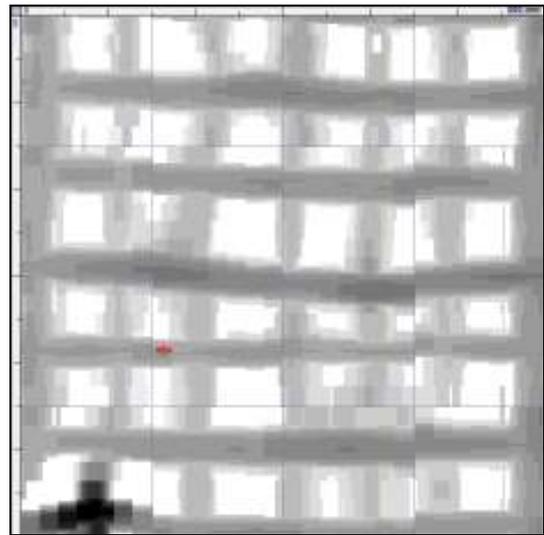
Εικόνα 14 Σαρώσεις σε πρότυπο κάναβο 60x60cm (α) Υποστύλωμα K22 (μεγάλη πλευρά), (β) Υποστύλωμα K17 (μικρή πλευρά), (γ) Υποστύλωμα K719, (δ) Υποστύλωμα Σ51, (ε) Υποστύλωμα Σ53 (Σ53)

Πίνακας 6 Περιγραφή και σχολιασμός σαρώσεων με μαγνητόμετρο

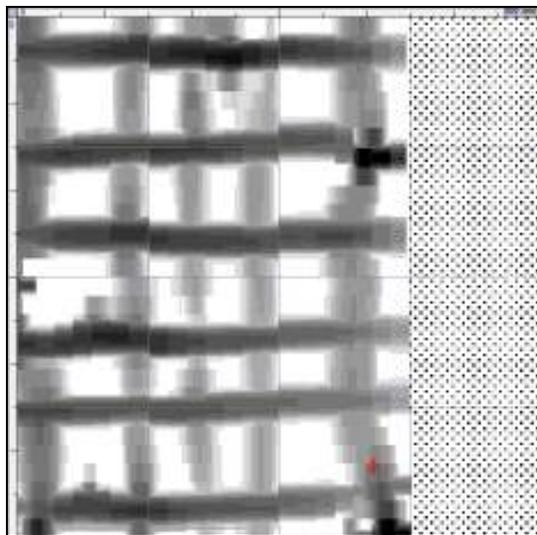
Χώρος	Στοιχείο Κωδικός Τύπος		Συμβολισμός	Οπλισμοί από σαρώσεις μαγνητόμετρο						Παρατηρήσεις
				Διαμήκεις οπλισμοί			Οπλισμοί περίσφιγξης			
				Διάμετρος	Αποστάσεις	Επικάλυψη	Διάμετρος	Αποστάσεις	Επικάλυψη	
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Κτήριο Εργαστηρίου	K22	Υποστύλωμα	FS010708	20	105	45-50	12	100	30-35	
			FS020709	20	100	60-65	12	100	45-50	
	K17	Υποστύλωμα	FS030710	20	100	40-45	12	100	25-30	
Ισόγειο	K719	Περμετρικό Υποστύλωμα	FS040711	20	165	65-70	12	95	50-55	
			FS110719	20	115	60-65	8	105	40-45	
	Δ1	Περμετρική Δοκός	FQ050712	-	-	-	8	250-270	10-12	
Κτήριο	K714	Υποστύλωμα	FQ070714	-	-	-	8	260	38-40	
Εργαστηρίου	K715	Υποστύλωμα	FQ080715	-	-	-	8	260	38-42	
Υπόγειο	K716	Υποστύλωμα	FQ090716	-	-	-	8	260	35-38	
			Δ2	Δοκός σε Κλιμακοστάσιο	-	-	-	8	260	-
Κτήριο	Σ53	Υποστύλωμα	FS100717	18	335	45-50	8	195	40-45	
Γραφείων	Σ51	Υποστύλωμα	FS120721	18	190	45-50	8	400-410	40-45	



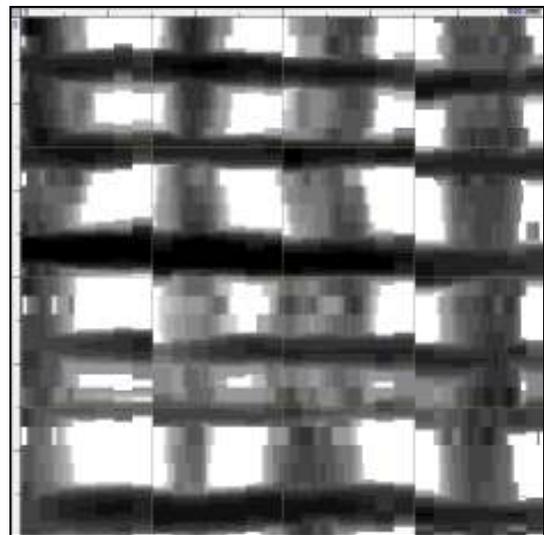
Εικόνα 15 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα K22 (μεγάλη πλευρά), αρχείο FS010708



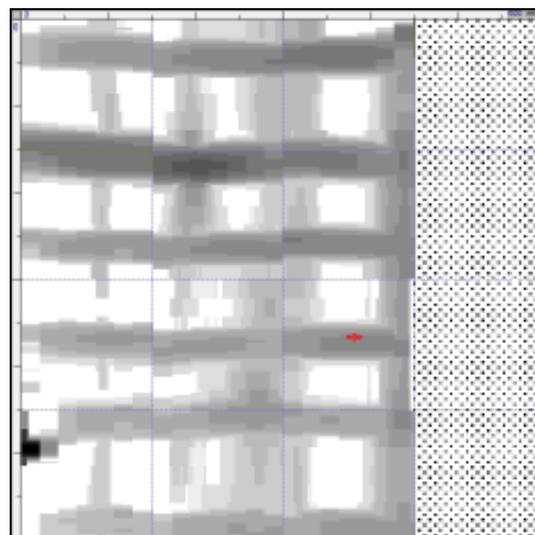
Εικόνα 16 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα K22 (μικρή πλευρά), αρχείο FS020709



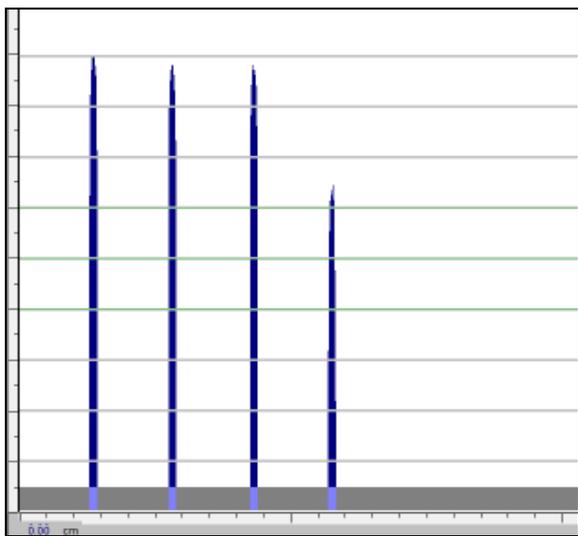
Εικόνα 17 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα K17 (μικρή πλευρά), αρχείο FS030710



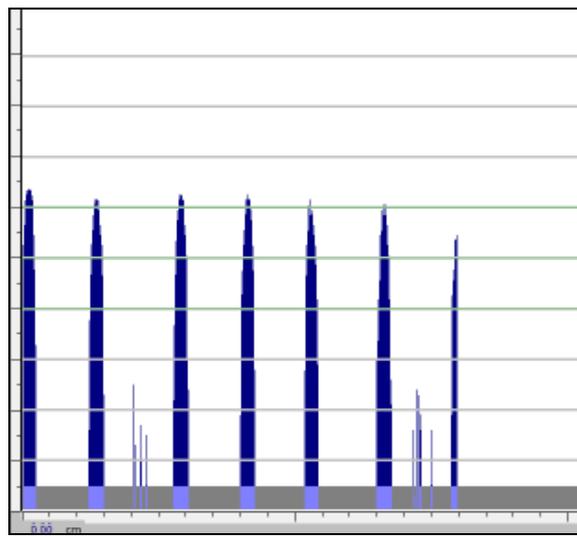
Εικόνα 18 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα K17 (μεγάλη πλευρά), αρχείο FS040711



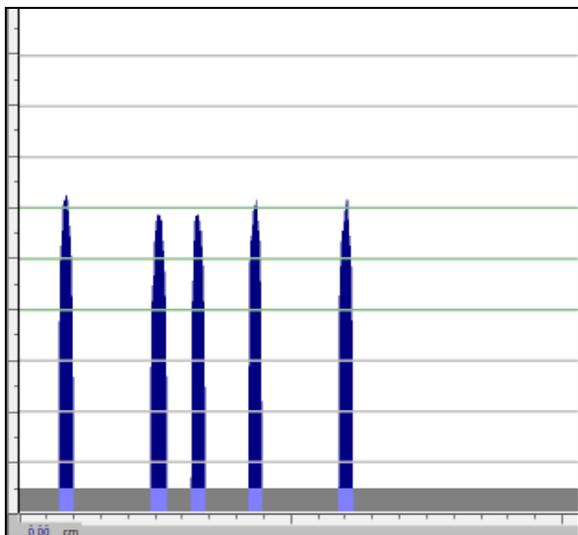
Εικόνα 19 Σάρωση σε κάναβο, Περιμετρικό Υποστύλωμα K719, αρχείο FS110719



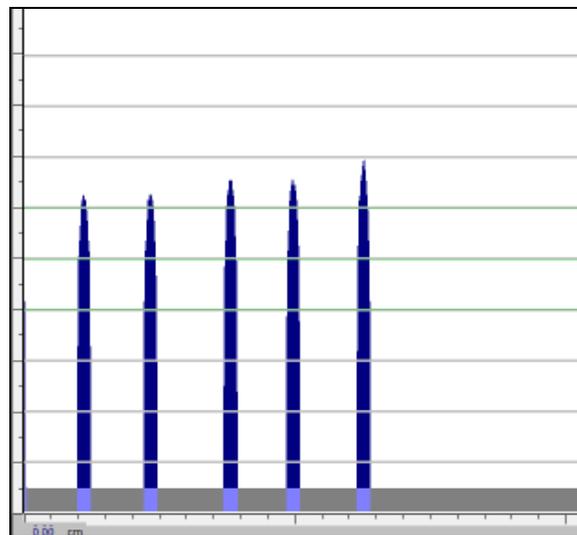
Εικόνα 20 Ταχεία Γραμμική Σάρωση οριζοντίως, Δοκός Δ1, αρχείο FQ050712



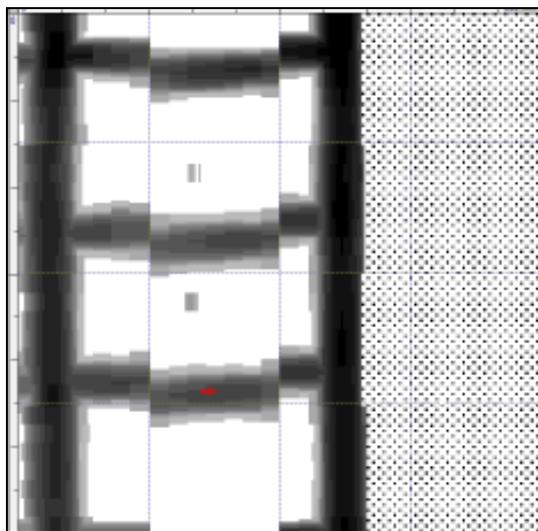
Εικόνα 21 Ταχεία Γραμμική Σάρωση, Υποστύλωμα K714, αρχείο FQ070714



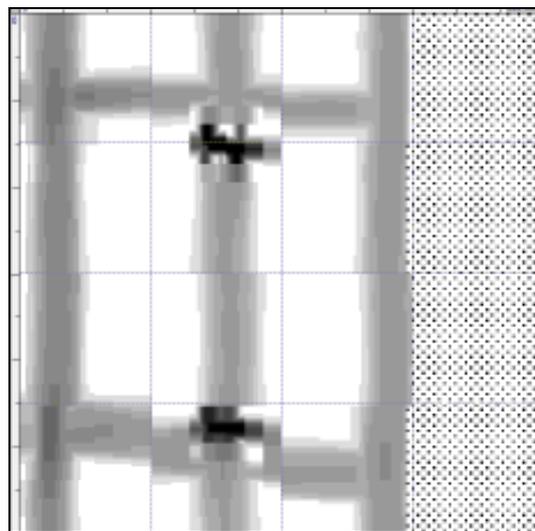
Εικόνα 22 Ταχεία Γραμμική Σάρωση, Υποστύλωμα K715, αρχείο FQ080715



Εικόνα 23 Ταχεία Γραμμική Σάρωση, Υποστύλωμα K716, αρχείο FQ090716



Εικόνα 24 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα Σ53 (μικρή πλευρά), αρχείο FS100717



Εικόνα 25 Σάρωση σε κάναβο, Υποστύλωμα Σ51 (μεγάλη πλευρά), αρχείο FS120721

5. Κρουσίμετρο

Σύντομη Περιγραφή: Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας των εξεταζόμενων στοιχείων με χρήση κρουσίμετρου τύπου Schmidt της Proceq (ASTM C805-02, EN13791-07), με σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας του σκυροδέματος. Τα στοιχεία ελέγχθηκαν μετά την απομάκρυνση του επιχρίσματος, χωρίς να υπάρξει τραυματισμός του στοιχείου, με ηλεκτρικό κομπρεσέρ ή με σφυρί και καλέμι. Κάθε στοιχείο ελέγχθηκε σε μία θέση με οριζόντια διεύθυνση ελέγχου, εκτός από τις περιοχές όπου έγινε η αποκοπή των πυρήνων όπου η διεύθυνση ελέγχου ήταν κατακόρυφη με φορά κρούσης προς τα κάτω.

Σχολιασμός αποτελεσμάτων: Πραγματοποιήθηκαν δέκα έως δεκαεπτά μετρήσεις ανά θέση ελέγχου, οι οποίες αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 7**). Σύμφωνα με την πρότυπη διαδικασία ελέγχου, οι μετρήσεις που απείχαν περισσότερες από πέντε μονάδες από τη μέση τιμή του συνόλου των μετρήσεων απορρίφθηκαν και υπολογίστηκε η νέα μέση τιμή (πρόκειται για τις τιμές του πίνακα με αστερίσκο (*)) και εκτός των διακεκομμένων γραμμών στα διαγράμματα που δείχνονται στο Παράρτημα Β). Από την μέση τιμή των μετρήσεων και το πρότυπο διάγραμμα συσχέτισης της ένδειξης κρουσιμέτρου τύπου Schmidt με την θλιπτική αντοχή ανάλογα με τη διεύθυνση ελέγχου (κατακόρυφη προς τα άνω, κατακόρυφη προς τα κάτω και οριζόντια, βλ. **Διάγραμμα 1**) εκτιμήθηκε η θλιπτική αντοχή των εξεταζόμενων στοιχείων. Η αναγραφόμενη ποιότητα του σκυροδέματος έχει προκύψει από πίνακα κατάταξης που προτείνεται στη βιβλιογραφία (Σπανός κ.ά., 2002).



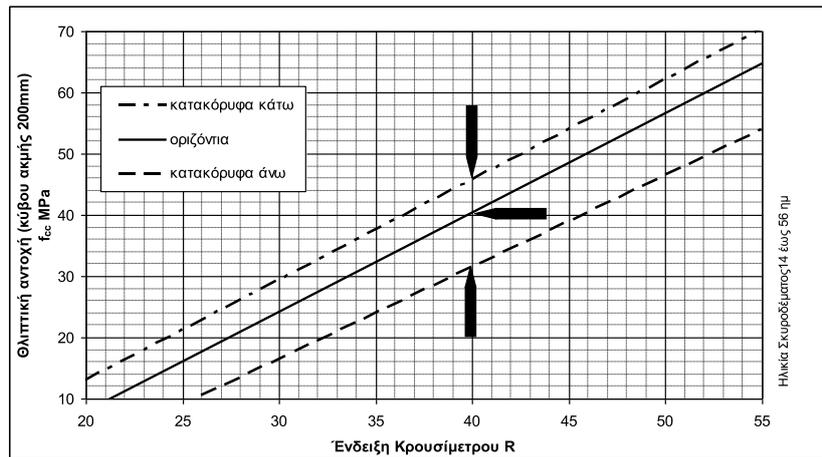
Εικόνα 26 Διεξαγωγή κρουσιμετρήσεων

Πίνακας 7 Ενδείξεις κρουσίμετρου στις θέσεις ελέγχου των στοιχείων (πρωτογενή στοιχεία και εκτίμηση αντοχών)

Χώρος	Στοιχείο Κωδικός	Μετρήσεις με κρουσίμετρο Τύπ. 1	Μετρήσεις με κρουσίμετρο														Μ.Ο.** Ποιότητα***		Αντοχή	B.E. Μειωμ.				
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Rm	Σκυρ/τος	MPa	mm	MPa	
Εργαστήριο (ισόγειο)	K22	Υ	32	26*	38*	42*	40*	26*	30	24*	37	23*	37	46*	22*	34,0	Μέτρια	35,1	5	29,3				
	K17	Υ	32	32	24*	22*	36*	27	22*	32	25	22*	28	32	44*	29,7	Μέτρια	26,6	5	22,2				
Εργαστήριο (υπόγειο)	Δ2	Δ	26	22	26	23	24	26	26	28	21	30	26	25	25,3	Μέτρια	18,8	20	10,4					
	Π1	Π	42*	24	32*	18*	26	24	22	18*	20*	24	26	26	38*	31	25,4	Μέτρια	19,0	15	11,9			
	K714	Υ	24	30	24	32*	26	26	26	24	22	25	27	29	25,7	Μέτρια	19,6	20	10,9					
	K715	Υ	25	26	21*	36*	31	24	24	29	25	25	27	31	26,7	Μέτρια	21,3	20	11,8					
	K716	Υ	25	23	24	25	23	29	24	26	27	22	20	32*	22	24,2	Κακή	17,0	20	9,5				
Κτήριο (ισόγειο)	Σ46	Υ	32	32	38	32	38	38	38	36	29*	29*	34	38	38	38	36,0	Καλή	39,3	20	21,9			
	Σ47	Υ	34	40	34	39	31	34	36	29*	36	38	33	44*	37	35,1	Καλή	37,4	20	20,8				
	Σ53	Υ	30	30	28	28	29	30	35	35	30	30	28	42*	38*	38*	30	30	24*	30,2	Μέτρια	27,6	20	15,3
	Π2	Π	38	33	36	41*	37	34	27*	36	36	35	31	29*	38	39	35,7	Καλή	38,8	18	22,5			
Κτήριο (α'όροφος)	Σ41	Υ	50	48	44	48	42	47	45	53*	49	44	40*	48	52*	43	46,2	Εξαιρετική	54,7	20	30,4			
	Σ49	Υ	39*	44	46	44	42	50*	50*	44	39*	36*	42	48	42	44	43,1	Καλή	51,1	20	28,4			
	Σ19	Υ	40	42	34*	36	38	40	42	37	37	41	41	47*	40	40	39,5	Καλή	46,8	20	26,0			

Τύποι Στοιχείων: Υ: Υποστύλωμα, Δ: Δοκός, Π: Πυρήνας

*Απορριφθείσες τιμές, **Μέσος όρος υπολογισμένος μετά την απόρριψη των τιμών, ***Ποιότητα από πίνακα κατάταξης Σπανός κ.ά. 2002



Διάγραμμα 1 Συσχέτιση θλιπτικής αντοχής με ένδειξη κρουσιμέτρου για τις τρεις διευθύνσεις διενέργειας της δοκιμής, από τον κατασκευαστή του οργάνου (δεν λαμβάνεται υπόψη το βάθος ενανθράκωσης)

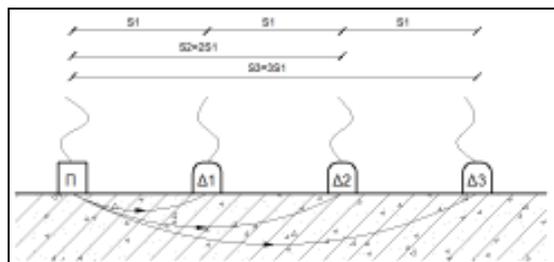
6. Υπέρηχοι

Σύντομη Περιγραφή: Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ταχύτητας μετάδοσης των υπερήχων (ASTM C597-02, EN13791-07), με σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας, της αντοχής και της ομοιογένειας του σκυροδέματος. Η εν λόγω μέθοδος αποτελεί μια μη καταστροφική μέθοδο έμμεσης εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, με βάση στατιστικά προσομοιώματα συσχέτισης της ταχύτητας των υπερήχων και της επιτόπου αντοχής του σκυροδέματος. Επί μιας ευθείας τοποθετείται ο ένας κρύσταλλος-πομπός (Π) σε σταθερό σημείο, ενώ ο άλλος κρύσταλλος-δέκτης (Δ) μετακινείται διαδοχικά σε ισαπέχοντα σημεία (ή σε σημεία σε γνωστή απόσταση) και καταγράφονται οι αντίστοιχοι χρόνοι μετάδοσης των υπερήχων (**Εικόνα 28**). Στο διάγραμμα, με άξονες τον χρόνο μετάδοσης συναρτήσει της απόστασης των κρυστάλλων (**Διάγραμμα 3**), τα αντίστοιχα σημεία θα πρέπει να βρίσκονται σε ευθεία αν η ταχύτητα των υπερήχων είναι σταθερή στην εξεταζόμενη περιοχή (η κλίση της ευθείας είναι η αντίστοιχη ταχύτητα). Για τον σκοπό αυτό σχεδιάζεται η ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων.

Τα στοιχεία ελέγχθηκαν επί του επιχρίσματος και μετά την απομάκρυνση του επιχρίσματος με ηλεκτρικό κομπρεσέρ ή με σφυρί και καλέμι, στις ίδιες θέσεις που πραγματοποιήθηκαν οι κρουσιμετρήσεις. Για την καλύτερη επαφή των κρυστάλλων με την επιφάνεια του σκυροδέματος (λόγω της τραχύτητας της τελικής επιφάνειας) χρησιμοποιήθηκε γράσο στη διεπιφάνεια μεταξύ κρυστάλλων και τελικής επιφάνειας στοιχείου.



Εικόνα 27 Διεξαγωγή μετρήσεων χρόνου μετάδοσης υπερήχων



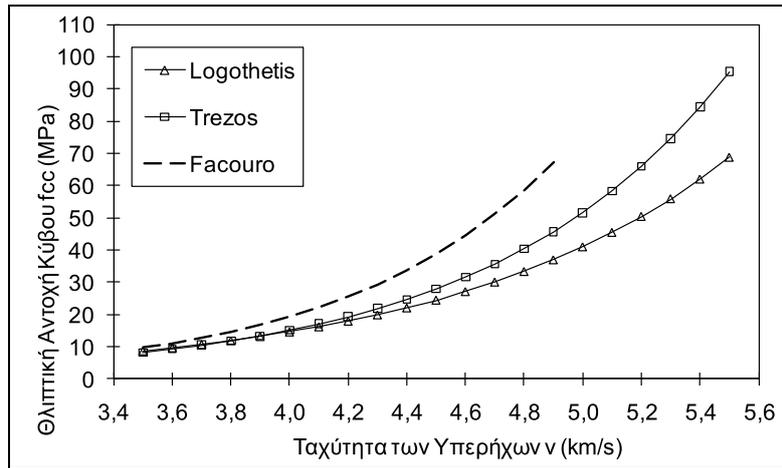
Εικόνα 28 Ενδεικτικό σκαρίφημα έμμεσης μέτρησης της ταχύτητας των υπερήχων: ο κρύσταλλο-δέκτης (Δ) τοποθετείται σε διάφορες θέσεις 1, 2, 3 σε αποστάσεις S1, S2, S3 αντίστοιχα από τον κρύσταλλο-πομπό (Π)

Σχολιασμός αποτελεσμάτων: Από τα πρωτογενή δεδομένα (απόσταση κρυστάλλων και αντίστοιχος χρόνος μετάδοσης υπερήχων) και με την εφαρμογή της μεθόδου των ελάχιστων τετραγώνων υπολογίστηκε η ταχύτητα των υπερήχων για κάθε εξεταζόμενο στοιχείο (**Πίνακας 8** και **Διάγραμμα 2**). Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μέτρια έως άριστη συσχέτιση (ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης, R^2 , κυμαίνεται από 0,52 έως 0,97). Οι ταχύτητες που προκύπτουν κυμαίνονται από 0,90km/s έως 3,74km/s για τα διάφορα στοιχεία. Γενικά φαίνεται το σκυρόδεμα του εργαστηρίου (υποστυλώματα Σ53, Σ47) να είναι σημαντικά καλύτερο ως προς τις αντοχές και την ποιότητά του. Αντίθετα, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα των μανδύων ενισχύσεως του εργαστηρίου (υποστυλώματα K17, K22) φαίνεται να είναι αρκετά χαμηλότερης αντοχής από την αναμενόμενη. Από την μέση τιμή των μετρήσεων και διάφορα διαγράμματα της βιβλιογραφίας που συσχετίζουν την ταχύτητα των υπερήχων με την θλιπτική αντοχή (**Διάγραμμα 3**) εκτιμήθηκε η θλιπτική αντοχή των εξεταζόμενων στοιχείων. Η αναγραφόμενη ποιότητα του σκυροδέματος έχει προκύψει από πίνακα κατάταξης που προτείνεται στη βιβλιογραφία (Σπανός κ.ά., 2002).

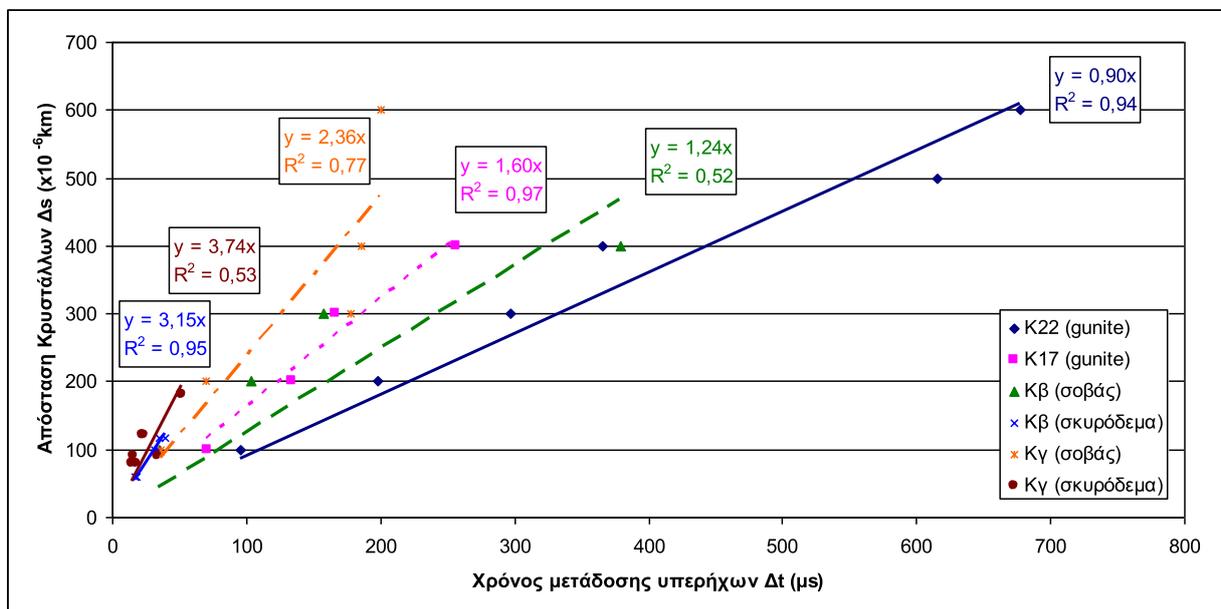
Πίνακας 8 Αποστάσεις κρυστάλλων και αντίστοιχοι χρόνοι μετάδοσης υπερήχων (πρωτογενή δεδομένα) και ταχύτητες των υπερήχων στις θέσεις ελέγχου των εξεταζόμενων στοιχείων

Χώρος	Στοιχείο		Αποστάσεις Κρυστάλλων και αντίστοιχες Ταχύτητες Υπερήχων				Ταχύτητα Υπερήχων* km/s	Ποιότητα Σκυροδέματος	Logothetis** MPa	Trezos** MPa	Facouro** MPa	Αντοχή MPa
			Δs x10 ⁻⁶ km	Δt μs	Δs x10 ⁻⁶ km	Δt μs						
Κτήριο Εργαστηρίου	K22	Υποστώλωμα gunite	100	95,7	200	198,2						
			300	296,7	400	366						
			500	615	600	677	0,90	Απόμειξη-Ρωγμές	(0,3)	(0,6)	(0,3)	0,4
	K17	Υποστώλωμα gunite	100	71,2	200	134						
			300	166	400	256	1,60	Απόμειξη-Ρωγμές	(0,8)	(1,2)	(0,7)	0,9
Κτήριο Γραφείων	Σ53	Υποστώλωμα σοβάς	100	34,9	200	103						
			300	158	400	379	1,24	Απόμειξη-Ρωγμές	(0,5)	(0,8)	(0,4)	6,0
	Σ53	Υποστώλωμα beton	100	31	60	17,6						
			116,6	39	60	17,4						
			100	34	116,6	35	3,15	Μέτρια	(5,3)	(6,0)	(5,9)	5,7
	Σ47	Υποστώλωμα σοβάς	100	36,2	200	70						
			300	177,7	400	186						
Σ47	Υποστώλωμα beton	600	200			2,36	Κακή	(2,0)	(2,7)	(2,0)	2,2	
		90	15,6	80	14,4							
		120,4	22,6	180,0	51,7							
		80	18,2	90	33,4							
			120,4	23,7	180,0	52,1	3,74	Καλή	10,9	11,1	13,4	11,8

*Όπως προέκυψε από τη γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των τιμών (συνθήκη Δs=0→Δt=0), **Οι εκτιμήτριες σχέσεις ισχύουν για ταχύτητες >3,5km/s



Διάγραμμα 2 Καμπύλες συσχέτισης θλιπτικής αντοχής κύβου f_{cc} (MPa) με την ταχύτητα των υπερήχων (km/s): (Σπανός κ.ά., 2002)

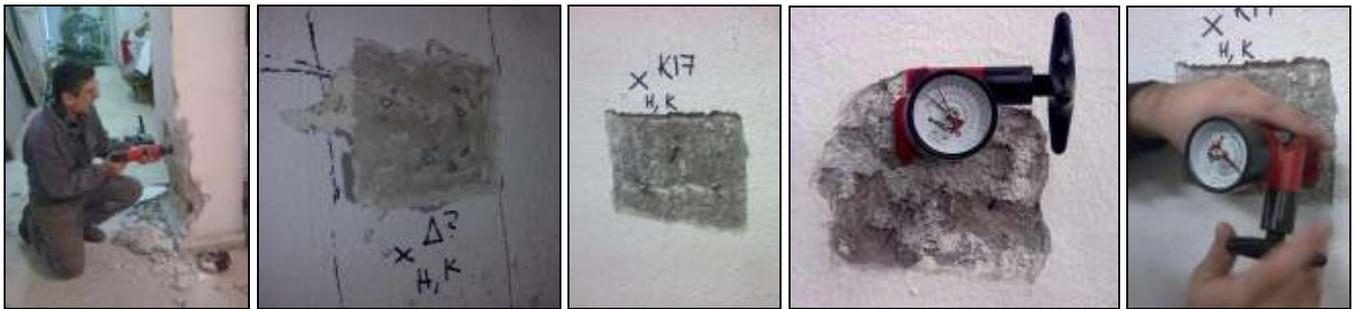


Διάγραμμα 3 Αποτύπωση μετρήσεων ταχύτητας των υπερήχων στα εξεταζόμενα στοιχεία

7. Εξόλκευση Ήλου

Σύντομη Περιγραφή: Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της δύναμης εξόλκευσης ήλου (EN13791-07), με σκοπό την έμμεση εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος. Οι ήλοι εμπηγνύονται στο σκυρόδεμα με χρήση κατάλληλου πυροδοτικού εκτοξευτή και η δύναμη εξόλκευσης μετράται με χρήση κατάλληλου οργάνου (εξολκέας) κατασκευής Hilti, του Εργαστηρίου Ω.Σ. Σε κάθε θέση ελέγχθηκαν δύο έως οκτώ ήλοι, όπως φαίνεται στις ενδεικτικές εικόνες που ακολουθούν (**Εικόνα 29**, **Εικόνα 30**), λόγω του ότι η μέθοδος εμπεριέχει μια ευαισθησία στη θέση έμπηξης του ήλου: συγκεκριμένα, η έμπηξη του ήλου ενδέχεται να μην επιτευχθεί (οπότε χαρακτηρίζεται σαν Α – «άρνηση»), εφόσον ο ήλος καρφωθεί επάνω ή στα άκρα σκληρού επιφανειακού αδρανούς - το οποίο δεν είναι άμεσα εμφανές, με αποτέλεσμα να υπάρξει είτε εξοστρακισμός του είτε μερική έμπειξη και στράβωμα του ήλου, είτε εκρηκτική αποφλοίωση της επιφάνειας. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι εφικτή η αντικειμενική μέτρηση εξόλκευσης και η δοκιμή επαναλαμβάνεται σε διπλανή θέση.

Σχολιασμός αποτελεσμάτων: Από τα πρωτογενή δεδομένα (μέση τιμή δύναμης εξόλκευσης ήλου ανά θέση) (Πίνακας 9) και από την καμπύλη συσχέτισης της δύναμης εξόλκευσης ήλου με τη θλιπτική αντοχή (Διάγραμμα 4) μπορεί να εκτιμηθεί η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος του εξεταζόμενου στοιχείου, με βάση κατάλληλα διαγράμματα βαθμονόμησης που προέρχονται από τη βιβλιογραφία (Λογοθέτης, 1979). Τα στοιχεία ελέγχθηκαν μετά την απομάκρυνση του επιχρίσματος με ηλεκτρικό κομπρεσέρ ή με σφυρί και καλέμι, στις ίδιες θέσεις που πραγματοποιήθηκαν οι κρουσιμετρήσεις και οι μετρήσεις ταχύτητας των υπερήχων. Η φορά έμπτυξης των ήλων είναι όπως και η φορά κρουσιμέτρησης.



Εικόνα 29 (α) Έμπτυξη ήλων με πυροδοτικό εκτοξευτή (πιστόλι), (β), (γ) Θέσεις ήλων επί της Δ2 και του K17, (δ), (ε) Εξόλκευση ήλου με χρήση εξολκέα Hilti

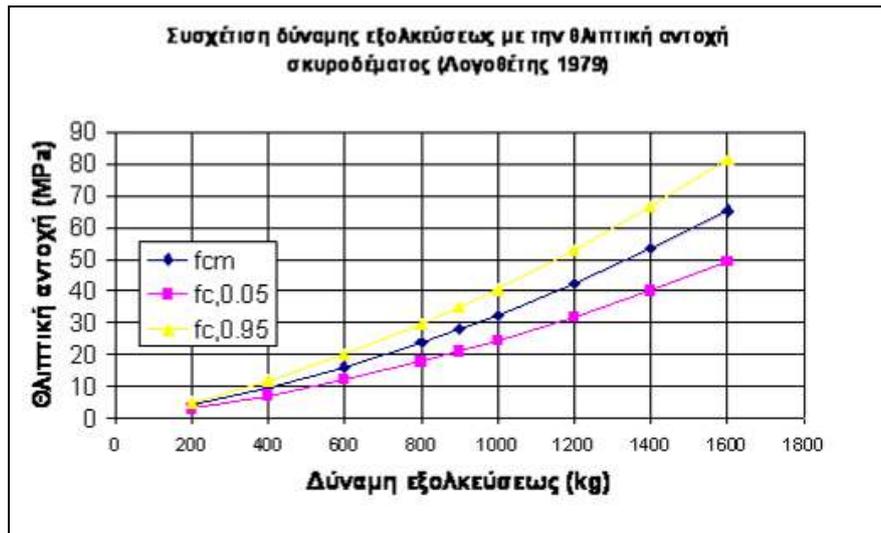


Εικόνα 30 (α) Αποκάλυψη σκυροδέματος γύρω από πυρήνα Π2, (β) Θέσεις ήλων γύρω από πυρήνα Π2, (γ), (δ), (ε), (στ) Θέσεις ήλων επί της Δ2 και των υποστρωμάτων Σ19, Σ49 και Σ41

Πίνακας 9 Δύναμη εξόλκευσης ήλου και αντίστοιχη αντοχή (κατά Λογοθέτη 1979, Διάγραμμα 4)

Χώρος	Στοιχείο	Κωδικός Τύπος	Δύναμη εξόλκευσης (kg)								Μέση Τιμή kg	Αντοχή MPa	Παρατηρήσεις
			1	2	3	4	5	6	7	8			
Εργαστήριο (ισόγειο)	K22	Υ	350	840	370						520,0	13,6	
	K17	Υ	870	310	310	870	660	1300	1070	1180	821,3	24,9	
Εργαστήριο (υπόγειο)	Δ2	Δ	660	730	250						546,7	14,5	
	Π1	Π	600	380	375	A					451,7	11,3	
	K714	Υ	540	430	410	450					457,5	11,5	
	K715	Υ	460	350	510						440,0	10,9	
	K716	Υ	390	370	320						360,0	8,5	
Κτήριο (ισόγειο)	Σ46	Υ	260	620	A	340					406,7	9,8	
	Σ47	Υ	690	850	975						838,3	25,7	
	Σ53	Υ	A	550	640						595,0	16,1	
	Π2	Π	340	440	710	290					445,0	11,1	
Κτήριο (α΄ όροφος)	Σ41	Υ	310	A	A	A	210	490			336,7	7,8	
	Σ49	Υ	1040	1320	A						1180,0	41,8	
	Σ19	Υ	710	A	330	660					566,7	15,1	

A: «Άρνηση», αποτυχημένη μέτρηση (αποτυχία έμπτυξης ήλου ή αποφλοίωση σκυροδέματος)



Διάγραμμα 4 Συσχέτιση θλιπτικής αντοχής με την δύναμη εξόλκευσης ήλου (Λογοθέτης, 1979)

Σχολιασμός αποτελεσμάτων: Από τα πρωτογενή δεδομένα καθίσταται φανερό ότι οι ανηγμένες αντοχές των υλικών στις θέσεις εξόλκευσης - κρουσιμέτρησης είναι συγκρίσιμες και επαληθεύουν η μία την άλλη σε ότι αφορά την αντοχή του σκυροδέματος. Η μέση αντοχή (με αρκετή διασπορά μεταξύ μεμονωμένων στοιχείων) είναι περί τα 16 MPa, με εξαίρεση τα στοιχεία του Υπογείου του Κτηρίου Εργαστηρίου όπου οι αντοχές είναι περί τα 10 MPa και κάποια περιμετρικά υποστυλώματα στον όροφο του Κτηρίου Γραφείων, τα οποία απέδωσαν υψηλότερη ποιότητα σκυροδέματος, γεγονός που κρίνεται σαν μεμονωμένο.

8. Βιβλιογραφία

- ASTM C1583, Standard Test Method for Tensile Strength of Concrete Surfaces and the Bond Strength or Tensile Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Direct Tension (Pull-off Method), vol. 04.02, 2000.
- ASTM C42/C42M, Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete, 2003
- ASTM C496, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, vol. 04.02, 2000.
- ASTM C597, Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete, 2002
- ASTM C805, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, 2002.
- ΕΛΟΤ 344 (Σχέδιο). Συσχέτισις της αντοχής αποκοπτομένου πυρήνος σκυροδέματος εκ θραυστών ασβεστολιθικών αδρανών προς την συμβατικής αντοχήν.
- EN 13791, Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components. CEN, 2007
- Λογοθέτης Α. Συμβολή εις την επί τόπου εκτίμησιν της αντοχής του σκυροδέματος δαι συνδυασμού τριών εμμέσων μεθόδων, Διδακτορική διατριβή, 1979
- Σπανός Χ., Σπιθάκης Μ. και Τρέζος Κ. Μέθοδοι για την επί τόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών. ΤΕΕ, 2006.