

**Πειραματική Διερεύνηση  
της Επιρροής των Αγκυρίων στη Φέρουσα Ικανότητα  
Υποστυλωμάτων Ενισχυμένων με Μανδύες Ο/Σ**  
Experimental Investigation of the Influence of Bolts to the  
Capacity of Strengthened Columns with R/C Jackets

Μιχάλης ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΥ<sup>1</sup>, Παναγιώτης ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ<sup>2</sup>,  
Μίλων ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ<sup>3</sup>

*Λέξεις κλειδιά: Υποστυλώματα Ο/Σ, Μανδύες, Αγκύρια, Αντοχή, Απορρόφηση Ενέργειας, R/C Columns, Jacket, Bolts, Strength, Absorption of Energy*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η εργασία αυτή αναφέρεται στην πειραματική διερεύνηση της επιρροής των αγκυρίων στη φέρουσα ικανότητα υποστυλωμάτων ενισχυμένων με μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος (Ο/Σ) όταν υποβάλλονται σε πλευρική μονότονη φόρτιση. Εξετάζονται συνολικά έξι υποστυλώματα, δύο εκ των οποίων χωρίς μανδύες για σκοπούς σύγκρισης και αξιολόγησης των πειραματικών αποτελεσμάτων. Η διερεύνηση γίνεται μέσα από τα διαγράμματα οριζόντιας φόρτισης – οριζόντιας μετακίνησης με έμφαση στη μέγιστη αντοχή και τη συνολικά απορροφημένη ενέργεια από τα πειραματικά δοκίμια καθώς και στην εξέταση των βλαβών που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

**ABSTRACT:** This paper deals with the experimental investigation of the influence of the bolts to the capacity of strengthened columns with R/C jackets when they are subjected to lateral monotonic loading. This study examined the experimental behavior of six specimens, two of them without jacket, as reference columns for correlation and evaluation of experimental results. The influence of bolts examined through the lateral force – lateral displacements diagrams with emphasis on the influence of the bolts to the strength and the absorption of energy from the experimental specimens, including also the study of the observed damages during the tests.

---

<sup>1</sup> Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστημίου Frederick,

<sup>2</sup> Πολιτικός Μηχανικός, Μεταπτυχιακός φοιτητής Πανεπιστημίου Frederick

<sup>3</sup> Καθηγητής, Τμήμα Πολ. Μηχανικών Πανεπιστημίου Frederick, email: eng.dm@frederick.ac.cy

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια από τις πλέον κλασσικές τεχνικές ενίσχυσης των υποστυλωμάτων Ο/Σ είναι η κατασκευή μανδύων επίσης από Ο/Σ. Πρόκειται για τεχνική η οποία, αν εφαρμοστεί σωστά, προσδίδει αναβάθμιση της φέρουσας ικανότητας του υποστυλώματος η οποία συνίσταται στην επαύξηση της αντοχής, της ακαμψίας και της πλαστιμότητάς του. Ως γνωστό, το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

1. Τη φέρουσα ικανότητα του υφιστάμενου υποστυλώματος (πυρήνας), η οποία καθορίζεται από πολλές παραμέτρους (γεωμετρία υποστυλώματος, μηχανικά χαρακτηριστικά χάλυβα και σκυροδέματος, ποσοστό διαμήκους χάλυβα και τρόπος διάταξης, πυκνωση συνδετήρων και τρόπος διάταξης).
2. Τη φέρουσα ικανότητα του μανδύα η οποία επίσης εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, ίδιες με αυτές που προαναφέρθηκαν για το υφιστάμενο υποστυλώμα. Επιπλέον, εδώ έχει πολύ μεγάλη σημασία η αγκύρωση των διαμήκων οπλισμών του μανδύα στο σύστημα θεμελίωσης αλλά και σε άλλα σημεία της ανωδομής καθώς και αν ο μανδύας καλύπτει περιμετρικά όλο το υφιστάμενο υποστυλώμα ή όχι.
3. Το βαθμό καλής σύνδεσης μεταξύ των δύο προαναφερθέντων τμημάτων του ενισχυμένου υποστυλώματος (πυρήνας και μανδύας) έτσι ώστε να διασφαλίζεται ομαλός τρόπος διαβίβασης της έντασης σε όλο το ενισχυμένο υποστυλώμα και ενιαίος τρόπος συμπεριφοράς. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζεται από τρεις παραμέτρους: τη σύνδεση των διαμήκων οπλισμών του υφιστάμενου υποστυλώματος με αυτούς του μανδύα, το συντελεστής τριβής στη διεπιφάνεια σκυροδέματος μεταξύ πυρήνα και μανδύα και το βαθμό παρουσίας μεταλλικών αγκυρίων τα οποία να συνενώνουν το σκυρόδεμα του πυρήνα με αυτό του μανδύα..

Από την πιο πάνω αναφορά γίνεται απόλυτα σαφές ότι αφενός το όλο πρόβλημα εξαρτάται από πολλές παραμέτρους αφετέρου δε κρίνεται απόλυτα αναγκαίος ο ακριβής προσδιορισμός της επιρροής και κυρίως του βαθμού συνεισφοράς κάθε παραμέτρου ξεχωριστά στη τελική φέρουσα ικανότητα του ενισχυμένου υποστυλώματος. Για το λόγο αυτό έγιναν και εξακολουθούν να γίνονται σε διεθνές επίπεδο αρκετές έρευνες πειραματικού και υπολογιστικού χαρακτήρα.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς υποστυλωμάτων Ο/Σ ενισχυμένων με περιμετρικό μανδύα, όταν αυτά υποβάλλονται σε πλευρική μονότονη φόρτιση.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η αποτίμηση του βαθμού συνεισφοράς των αγκυρίων στη φέρουσα ικανότητα των ενισχυμένων υποστυλωμάτων, και κυρίως στην επαύξηση της αντοχής και της συνολικά απορροφημένης ενέργειας, καθώς και η παραγωγή πρωτογενούς πειραματικού υλικού για τη βαθμονόμηση υπολογιστικών προσομοιωμάτων. Γι' αυτό, στα πλαίσια αυτής της ερευνητικής προσπάθειας, όλες οι υπόλοιπες παράμετροι που επηρεάζουν τη φέρουσα ικανότητα των υποστυλωμάτων διατηρήθηκαν σταθερές και ίδιες σε όλα τα πειραματικά δοκίμια που εξετάστηκαν.

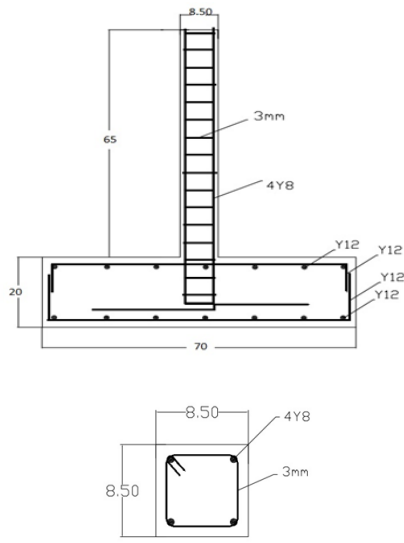
## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**

### **Υποστυλώματα Ο/Σ**

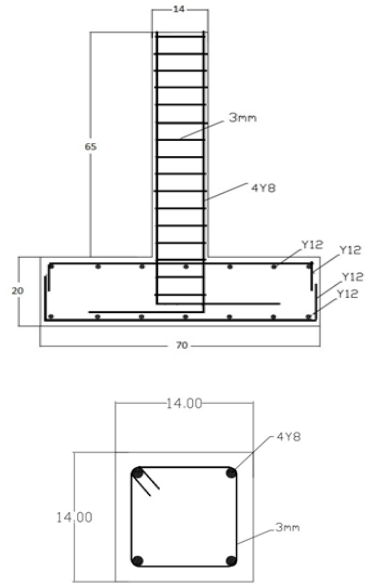
Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, έχουν εξεταστεί πειραματικά έξι (6) υποστυλώματα Ο/Σ, με πάκτωση στο πόδα και ελεύθερο το άνω άκρο (πρόβολοι). Όλα τα υποστυλώματα έχουν ύψος περίπου 60cm, τα οποία σε κλίμακα 1:5 προσομοιώνουν υποστυλώματα πρωτότυπης κατασκευής. Ένα υποστυλώμα έχει διατομή 8.5cmX8.5cm (υποστυλώμα αναφοράς). Φέρει τέσσερις διαμήκεις οπλισμούς διαμέτρου 8mm και συνδετήρες διαμέτρου 3mm, ομοιόμορφα διατεταγμένους καθ' ύψος ανά 35mm (C1NJ8.5X8.5) (Εικ. 1). Ένα δεύτερο υποστυλώμα έχει ενιαία διατομή 14cmX14cm (υποστυλώμα στόχος) και φέρει τους ίδιους οπλισμούς όπως και το υποστυλώμα αναφοράς (C1NJ14X14) (ΕΙΚ. 2). Τέσσερα υποστυλώματα κατασκευάστηκαν αρχικά με διατομή 8.5cmX8.5cm και ίδιους οπλισμούς όπως και το υποστυλώμα αναφοράς. Στη συνέχεια ενισχύθηκαν με περιμετρικό μανδύα Ο/Σ πάχους 3cm. Μετά την κατασκευή του μανδύα απέκτησαν συνολική διατομή 14cmX14cm (όσο και το υποστυλώμα στόχος). Όλα τα υποστυλώματα ήταν πλήρως πακτωμένα σε ισχυρή δοκό θεμελίωσης ύψους 20cm και μήκους 70cm και σκυροδετήθηκαν την ίδια μέρα και με την ίδια κατηγορία σκυροδέματος. Ο έλεγχος του σκυροδέματος έγινε σε κύβους ακμής 15cm, στις 7, 14 και 28 μέρες όπου διαπιστώθηκε ομαλή πήξη του σκυροδέματος. Η μέση θλιπτική αντοχή των 28 ημερών από τα δοκίμια κύβου βρέθηκε ίση με 24Μρα.

### **Κατασκευή μανδύα Ο/Σ**

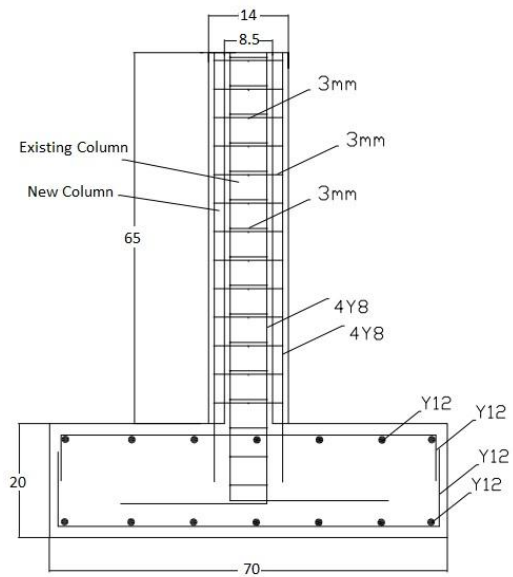
Όπως προαναφέρθηκε, σε τέσσερα υποστυλώματα με αρχική διατομή 8.5cmX8.5cm κατασκευάστηκε περιμετρικός μανδύας Ο/Σ πάχους 3cm, προσδίδοντας τελική διατομή σε κάθε υποστυλώμα 14cmX14cm. Για την



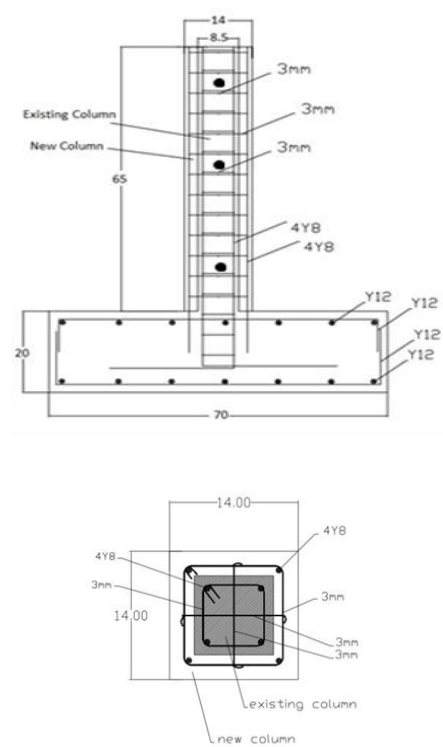
Εικ. 1. Δοκίμιο C1NJ8.5X8.5



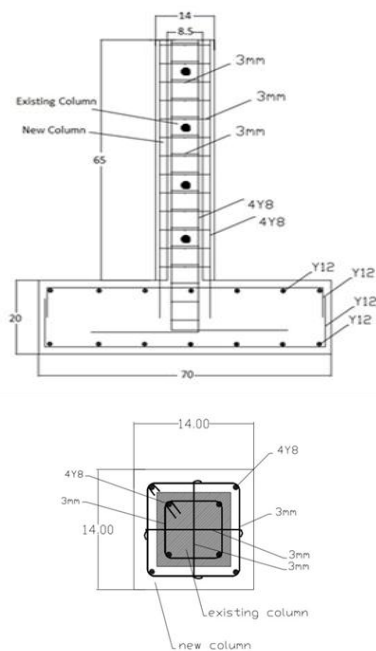
Εικ. 2. Δοκίμιο C1NJ14X14



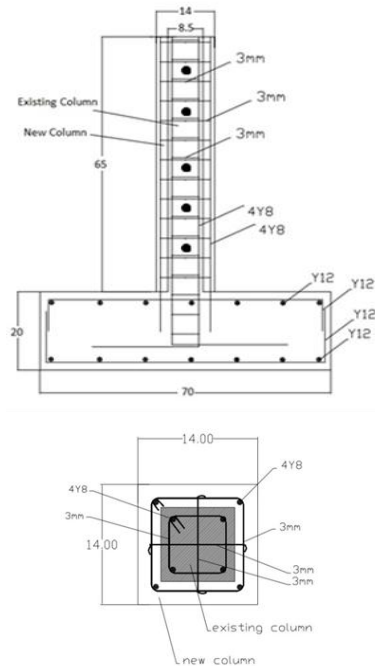
Εικ. 3. Δοκίμιο C1J0B14X14



Εικ. 4. Δοκίμιο C23B14X14



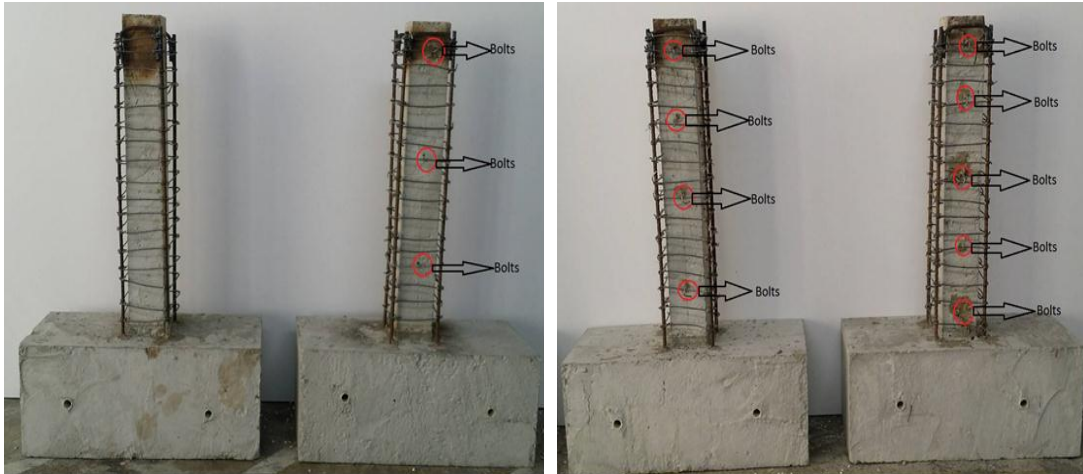
Εικ. 5. Δοκίμιο C3J4B14X14



Εικ. 6. Δοκίμιο C4J5B14X14

κατασκευή του κάθε μανδύα τοποθετήθηκαν αρχικά τέσσερις διαμήκεις οπλισμοί (μία σε κάθε γωνία), διαμέτρου 8mm, αφήνοντας περιθώριο επικάλυψης 1.0cm. Για την τοποθέτηση αυτών των οπλισμών έγινε διάνοιξη κατακόρυφων οπών στη δοκό θεμελίωσης, μήκους 10-12 φορές τη διάμετρο του οπλισμού, ήτοι περίπου 8-10cm. Οι διαμήκεις ράβδοι αγκυρώθηκαν μέσα σε αυτές τις οπές με τη χρήση εποξικού υλικού. Ακολούθησε τοποθέτηση νέων συνδετήρων διαμέτρου 3mm και με πύκνωση ίδια με αυτή του αρχικού υποστύλωματος, δηλ. ανά 35mm. Σε ένα υποστύλωμα με μανδύα δεν έγινε τοποθέτηση αγκυρίων (C1J0B14X14) (Εικ. 3). Σε τρία από αυτά τα υποστύλωματα έγινε διάνοιξη διαμπερών οπών σε συγκεκριμένες στάθμες καθ' ύψος του υποστύλωματος για την τοποθέτηση αγκυρίων. Σε κάθε στάθμη η διάνοιξη αυτών των οπών έγινε σε δύο κάθετες διευθύνσεις και σε κάθε οπή τοποθετήθηκε ένα αγκύριο διαμέτρου 3mm. Η αγκύρωση των άκρων τους έγινε επί των εγκάρσιων οπλισμών του μανδύα. Στο πρώτο υποστύλωμα έγινε διάνοιξη οπών σε τρεις (3) στάθμες καθ' ύψος του υποστύλωματος και τοποθέτηση αντίστοιχου αριθμού αγκυρίων (C2J3B14X14), στο δεύτερο σε τέσσερις (4) στάθμες (C3J4B14X14) και στο τρίτο σε πέντε (5) (C4J5B14X14) (Εικ. 4, 5 & 6). Μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων έγινε εισαγωγή εποξικού υλικού σε όλες τις οπές για σύνδεση τους με το σκυρόδεμα

του πυρήνα. Οι μανδύες κατασκευάστηκαν με σκυρόδεμα ίδιας κατηγορίας με αυτό του πυρήνα, δηλ. με θλιπτική αντοχή κύβου 24Μρα ενώ η διεπιφάνεια μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος (πυρήνα και μανδύα) διατηρήθηκε λεία και χωρίς καμιά επεξεργασία για εκτράχυνση (Εικ. 7).



Εικ. 7. Δοκίμια με μανδύες

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ

### Πειραματική διάταξη, ενοργάνωση και φόρτιση πειραματικών δοκιμίων

Όλα τα πειραματικά δοκίμια προσαρμόστηκαν κατάλληλα στο πλαίσιο αντίδρασης του Εργαστηρίου Μηχανικής του Πανεπιστημίου Frederick, και ενοργανώθηκαν με τον ίδιο τρόπο (Εικ. 8). Στην κορυφή και το μέσο της αριστερής πλευράς κάθε υποστυλώματος προσαρμόστηκαν δύο μηχανοσυστοιχίες (LVDTs) για τη μέτρηση των οριζόντιων μετακινήσεων ενώ ένα τρίτο μηχανοσυστοιχία προσαρμόστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μετρά το ανασήκωμα της δεξιάς πλευράς του κάθε υποστυλώματος (εφελκόμενη πλευρά). Με τη χρήση ενός υδραυλικού εμβόλου επιβαλλόταν το εξωτερικό οριζόντιο φορτίο στην κορυφή της δεξιάς πλευράς του πειραματικού δοκιμίου. Μεταξύ του εμβόλου και της κορυφής του πειραματικού δοκιμίου παρεμβλήθηκε ειδική αρθρωτή κατασκευή για την ομαλή επιβολή του φορτίου. Επίσης για την αποφυγή της εκδήλωσης τοπικών αστοχιών στη θέση αυτή έγινε επιπλέον πύκνωση των συνδετήρων κάθε υποστυλώματος. Όλα τα πειραματικά δοκίμια υποβλήθηκαν σε μονότονη πλευρική οριζόντια φόρτιση. Μόνο για την περίπτωση του υποστυλώματος αναφοράς (διαστάσεων 8.5cmX8.5cm – χωρίς μανδύα) έγιναν

δύο κύκλοι φόρτισης. Η φόρτιση των δοκιμίων σταματούσε όταν η οριζόντια μετακίνηση τους έφτανε στα 90-110mm. Οι μετρήσεις της επιβαλλόμενης φόρτισης και των μετακινήσεων του κάθε πειραματικού δοκιμίου καταγράφονταν σε πραγματικό χρόνο σε ειδική καταγραφική μονάδα. Τέλος, κατά την εξέλιξη της πειραματικής φόρτισης, σημειώνονταν επί του κάθε δοκιμίου οι αναπτυχθείσες βλάβες. Πλήρης και λεπτομερής καταγραφή και φωτογράφιση αυτών των βλαβών γινόταν με την ολοκλήρωση της πειραματικής φόρτισης.

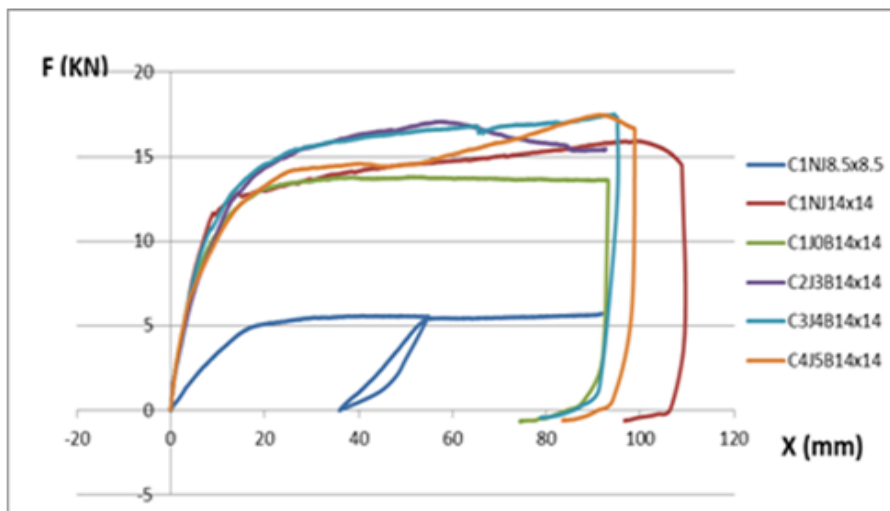


Εικ. 8. Πειραματική διάταξη

### **Πειραματικές μετρήσεις**

Με βάση τις πειραματικές μετρήσεις σχεδιάστηκαν για κάθε δοκίμιο τα διαγράμματα Οριζόντιας Φόρτισης – Οριζόντιας Μετακίνησης στην κορυφή του δοκιμίου (F Vs X). Στην Εικ. 9 φαίνονται συγκριτικά τα διαγράμματα αυτά για όλα τα πειραματικά δοκίμια. Παρατηρούμε ότι όλα τα δοκίμια διαστάσεων 14cmX14cm, με ή χωρίς μανδύα, ανέπτυξαν σημαντικά μεγαλύτερη ακαμψία και αντοχή από αυτή που ανέπτυξε το υποστύλωμα αναφοράς – χωρίς μανδύα, με διατομή 8.5cmX8.5cm. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι όλα τα υποστύλωματα ανέπτυξαν μεγάλη πλαστική συμπεριφορά, φτάνοντας μέχρι το τελικό επίπεδο της επιβαλλόμενης οριζόντιας μετακίνησης η οποία όπως αναφέρθηκε κυμαίνεται μεταξύ 90-110mm. Η πλαστική αυτή συμπεριφορά αναπτύχθηκε κυρίως λόγω της

διαρροής των εφελκόμενων διαμήκων οπλισμών και δευτερευόντως λόγω της αστοχίας του σκυροδέματος, ενώ διατηρήθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα λόγω του βαθμού πύκνωσης των συνδετήρων (Ανδρονίκου Μ, 2017)



Εικ. 9. Διαγράμματα Οριζόντιου Φορτίου – Οριζόντιας Μετακίνησης

### Μορφές αστοχίας των πειραματικών δοκιμίων

Σε πρώτο στάδιο, όλα τα δοκίμια ανέπτυσαν στην εφελκόμενη πλευρά του υποστυλώματος ρωγμές στο σκυροδέμα καμπτικού τύπου. Οι ρωγμές αυτές πύκνωναν προς τη βάση του υποστυλώματος (Εικ. 10). Σε πιο υψηλά επίπεδα φόρτισης προέκυπτε διαρροή του διαμήκους οπλισμού (όπως διαπιστώνεται και από τα διαγράμματα φορτίου – μετακίνησης και έχει επιβεβαιωθεί και υπολογιστικά). Μάλιστα σε μία περίπτωση, σε επίπεδο οριακής μετακίνησης, επήλθε θραύση ενός από τους διαμήκους οπλισμούς. Μετά τη διαρροή των οπλισμών και τη σχεδόν σταθεροποίηση του επιπέδου του οριζόντιου φορτίου (πλάστιμη συμπεριφορά), με την προοδευτική αύξηση της μετακίνησης παρατηρείται εξίσου προοδευτικά αστοχία του σκυροδέματος στην εφελκόμενη περιοχή στη βάση του υποστυλώματος. Σε κάποιες περιπτώσεις και σε οριακά επίπεδα μετακίνησης παρατηρήθηκε συντριβή του σκυροδέματος στη θλιβόμενη περιοχή της βάσης του υποστυλώματος και μικρο-ολίσθηση ολόκληρης της διαρρηχθείσας διατομής στη βάση. Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις οριακής μετακίνησης, παρατηρήθηκε μικρή εξόλκευση των εφελκόμενων διαμήκων οπλισμών του μανδύα από τις οπές στις οποίες είχαν στερεωθεί με εποξικό υλικό.



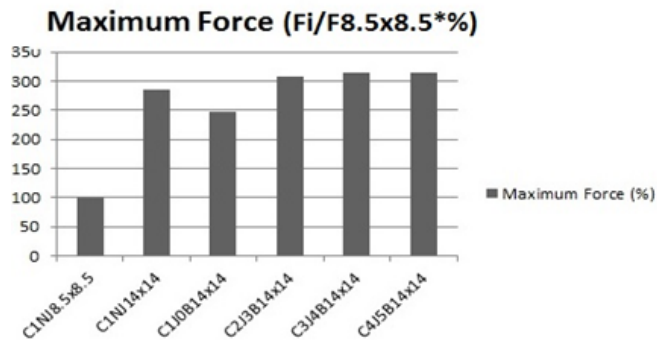


Εικ. 10. Μορφές αστοχίας πειραματικών δοκιμίων

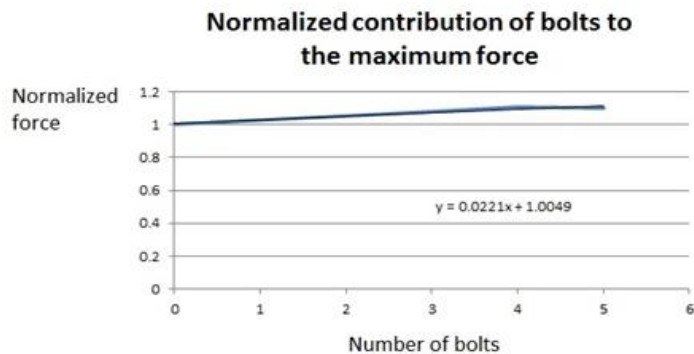
## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### Συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των αγκυρίων στην αντοχή των πειραματικών δοκιμίων

Στην Εικ. φαίνεται το ποσοστό επαύξησης της αντοχής ( $F_{max}$ ) κάθε πειραματικού δοκιμίου συγκριτικά με τη μέγιστη αντοχή του υποστυλώματος αναφοράς (υποστύλωμα με διατομή 8.5cmX8.5cm). Κατ' αρχάς, όπως ήταν αναμενόμενο, σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται σημαντική επαύξηση της αντοχής λόγω εξίσου σημαντικής επαύξησης της διατομής (σε όλα τα υπόλοιπα δοκίμια η διατομή είναι 14cmX14cm, με ή χωρίς μανδύα). Από τη σύγκριση της αντοχής μεταξύ του υποστυλώματος με ενιαία διατομή (C1NJ14X14) και του υποστυλώματος με μανδύα αλλά χωρίς αγκύρια (C1J0B14X14) παρατηρούμε ότι το δοκίμιο με μανδύα υστερεί έναντι αυτού με ενιαία διατομή, γεγονός το οποίο μπορεί να αποδοθεί σε πιθανή ολίσθηση στη διεπιφάνεια σκυροδέματος μεταξύ πυρήνα και μανδύα. Πλην όμως, στο παρών στάδιο είναι αδύνατο να προσδιοριστεί επακριβώς αυτή η παράμετρος διότι τα δύο δοκίμια διαφέρουν και ως προς την παρουσία των οπλισμών του πυρήνα στο υποστύλωμα με μανδύα. Τέλος, από τη σύγκριση μεταξύ των τριών δοκιμίων με 3, 4 και 5 αγκύρια καθ' ύψος του υποστυλώματος (C2J3B14x14, C3J4B14x14, C4J5B14x14) παρατηρούμε ότι υπάρχει προοδευτικά μικρή επαύξηση της αντοχής όσο αυξάνει ο αριθμός των αγκυρίων. Για περαιτέρω διερεύνηση αυτής της επισήμανσης, διαιρούμε την αντοχή κάθε υποστυλώματος με την αντοχή του υποστυλώματος στόχος (υποστύλωμα με ενιαία διατομή), διαμορφώνουμε το σχετικό διάγραμμα και ακολούθως φέρουμε τη μέση γραμμή σ' αυτό το διάγραμμα. Από την εξίσωση της μέσης γραμμής παρατηρούμε ότι κάθε αγκύριο συνεισφέρει κατά 2.21% στην επαύξηση της αντοχής του υποστυλώματος (Εικ.11 & Εικ. 12).



Εικ. 11. Ποσοστά επαύξησης αντοχή πειραματικών δοκιμίων

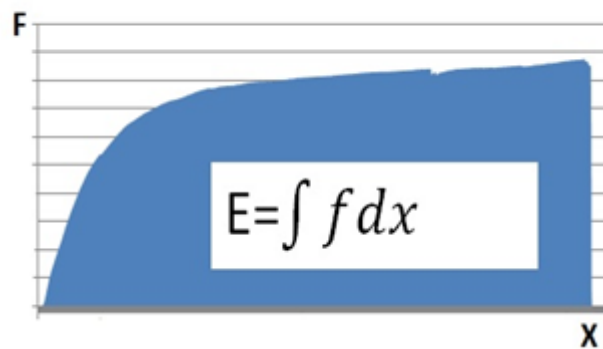


Εικ. 12. Επιρροή των αγκυρίων στην επαύξηση της αντοχής

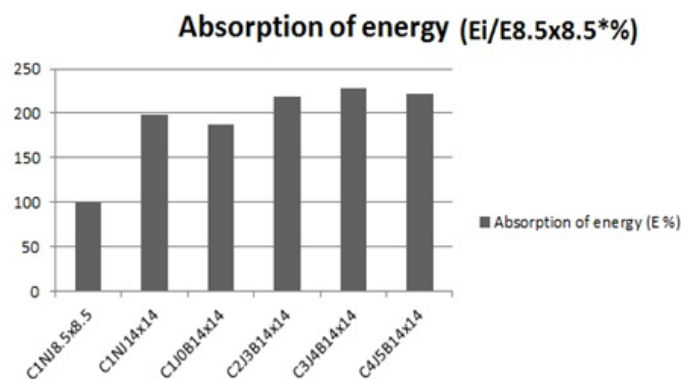
### Συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των αγκυρίων στη συνολική απορροφημένη ενέργεια

Για μια πιο καθολική προσέγγιση του προβλήματος της επιρροής των αγκυρίων στη φέρουσα ικανότητα των δοκιμίων, εξετάζεται το θέμα της συνολικής απορροφημένης ενέργειας που εδώ αποδίδεται από το ολοκλήρωμα της  $Fdx$ , το οποίο προσεγγίζεται από το εμβαδό που περικλείεται από το διάγραμμα οριζόντιου φορτίου – οριζόντιας μετακίνησης ( $F$  Vs  $X$ ) (Εικ. 13). Η εν λόγω ενέργεια για κάθε δοκίμιο έχει εκτιμηθεί μέχρι μέγιστη μετακίνηση 90mm την οποία ανέπτυξαν όλα τα πειραματικά δοκίμια. Στην Εικ. φαίνεται το ποσοστό επαύξησης της απορροφημένης ενέργειας κάθε πειραματικού δοκιμίου συγκριτικά με την απορροφημένη ενέργεια του υποστυλώματος αναφοράς (υποστύλωμα με διατομή 8.5cmX8.5cm). Με βάση αυτό το διάγραμμα μπορούν να διατυπωθούν ανάλογες επισημάνσεις και συμπεράσματα όπως και για την περίπτωση της αντοχής των δοκιμίων. Ωστόσο, και εδώ, για περαιτέρω

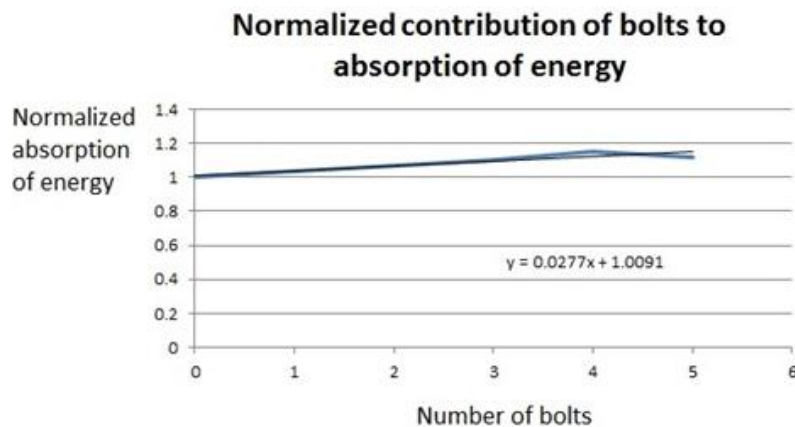
διερεύνηση του θέματος, διαιρούμε την απορροφημένη ενέργεια των υποστυλωμάτων με αγκύρια στο μανδύα με την αντίστοιχη του υποστυλώματος στόχος (υποστύλωμα με ενιαία διατομή), διαμορφώνουμε το σχετικό διάγραμμα και ακολούθως φέρουμε τη μέση γραμμή σ' αυτό το διάγραμμα. Από την εξίσωση της μέσης γραμμής παρατηρούμε ότι κάθε αγκύριο συνεισφέρει κατά 2.77% στην επαύξηση της απορροφημένης ενέργειας από το υποστύλωμα (Εικ. ). Η έστω και σχετικά μικρή διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων της αντοχής και της απορροφημένης ενέργειας μπορεί να αποδοθεί κυρίως στη διαφοροποίηση της συμπεριφοράς των δοκιμίων στη πλαστική περιοχή και δευτερευόντως στη διαφοροποίηση της ακαμψίας, η οποία ήταν σχεδόν ίδια μεταξύ των δοκιμίων με αγκύρια. (βλέπε Εικ. )



Εικ. 13. Τρόπος εκτίμησης απορροφημένης ενέργειας



Εικ. 14. Ποσοστά επαύξησης απορροφημένης ενέργειας πειραματικών δοκιμίων



Εικ. 15. Επιρροή των αγκυρίων στην επαύξηση απορρόφησης ενέργειας

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προκύπτει ότι η κατασκευή του μανδύα σε υποστυλώματα Ο/Σ διαστάσεων 8.5cmX8.cm επιφέρει σημαντική επαύξηση στην ακαμψία, την αντοχή και τη συνολικά απορροφημένη ενέργεια υπό πλευρική φόρτιση.
- Από την παρούσα έρευνα βρέθηκε επαύξηση της αντοχής κατά 2.21% ανά αγκύριο και επαύξηση της συνολικά απορροφημένης ενέργειας 2.77% ανά αγκύριο, συγκριτικά με την αντοχή και την απορροφημένη ενέργεια από υποστυλώμα ίδιων διαστάσεων αλλά με ενιαία διατομή.
- Αντίθετα, η μη ύπαρξη αγκυρίων σε υποστυλώμα με μανδύα Ο/Σ υποβαθμίζει τόσο την αντοχή όσο και τη συνολικά απορροφημένη ενέργεια, συγκριτικά με την αντοχή και την απορροφημένη ενέργεια από υποστυλώμα ίδιων διαστάσεων αλλά με ενιαία διατομή.
- Η γενίκευση των παραπάνω συμπερασμάτων απαιτεί την υλοποίηση ενός πιο εκτεταμένου προγράμματος πειραματικών δοκιμών.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Michalis Andronikou “Experimental Investigation of strengthening of R/C Columns with Jackets”, Final Year Project, Dept. of Civil Engineering, Frederick University (2017)