

Πειραματική μελέτη απόκρισης εγκάρσιου οπλισμού υποστυλώματος-δοκού υπό δυναμική φόρτιση.

Experimental study of transverse column-beam reinforcement
under dynamic loading.

Βασιλική Γ. Βαδαλούκα¹, Ελένη Γ Παπαδοπούλου², Νικόλαος Γ. Βαδαλούκας³

Λέξεις κλειδιά: Συνδετήρες, απόκριση, δυναμικό φορτίο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται πειραματικά αποτελέσματα απόκρισης συνδετήρων οπλισμού, στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος μορφής υποστυλώματος-προβόλου δοκού. Το στοιχείο πραγματικών διαστάσεων, υποβλήθηκε σε δυναμική φόρτιση και τα φορτία ασκήθηκαν στο άκρο της δοκού, μεταβαλλόμενα κατά εύρος και συχνότητα, μέχρι την θραύση. Τα παρουσιαζόμενα αποτελέσματα αφορούν καταπονήσεις στην ελαστική περιοχή. Ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης επικολημένοι στον οπλισμό πριν την σκυροδέτηση του στοιχείου, παρείχαν τα δεδομένα της παραμόρφωσης του οπλισμού, που λαμβάνονταν από σύστημα ταχείας λήψης-αποθήκευσης. Τα πρώτα αποτελέσματα της εργασίας αυτής αφορούν την μέγιστη παραμόρφωση σε επιλεγμένα σημεία του οπλισμού, καθώς και την συχνότητα στην οποία αυτή παρουσιάζεται.

ABSTRACT : In this work experimental results of transverse column-beam reinforcement behavior are presented. A real scale reinforced concrete member was loaded at one end using different loading patterns of varying amplitude and frequency. Strain gauges welded on reinforcement give the data of stain. For the recording a data acquisition system was used. The preliminary results of this work regard values of elastic maximum strains, as well the frequency of the presented maximum strain.

¹ Επίκουρος Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, email: vvada@central.ntua.gr

² ΥΔ ΣΜΜΜ ΕΜΠ

³ Επί πτυχίω Μ&ΑΜ ΠΣ ΠΠ, Εταιρεία ΝΚ, email: info@mnk.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

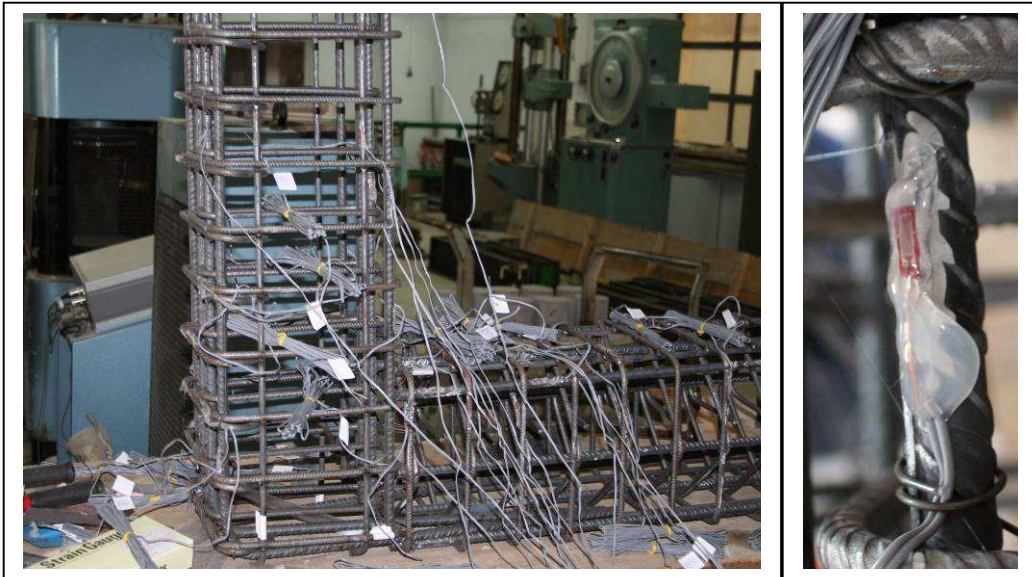
Υπάρχει γενικά περιορισμένος αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών σε πειραματικές μελέτες που αφορούν τη διάδοση κύματος στον εγκάρσιο οπλισμό στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος, καθώς και την απόκριση του σε υψηλές συχνότητες. Μεγάλης κλίμακας πειράματα έχουν γίνει στο Πανεπιστήμιο της California [Natalie Gibson, Andre Filiatrault, Scott A. Ashford, (2002), Greg L. Orozco and Scott A. Ashford (2002)], που μελετήθηκε η απόκριση σπειροειδούς εγκάρσιου οπλισμού. Αναφέρονται επίσης αντίστοιχες πειραματικές διαδικασίες για την συμπεριφορά του οπλισμού σε ειδικές περιπτώσεις όπως για παράδειγμα τον βαθμό περίσφιξης [Wilson Y.M Chung and Eddie S.S Lam (2004)] ή την κατανομή των τάσεων σε υπερκάλυψη [R.H. Scott, P.A.T. Gill and R.C.B. Judge, (1990)].

Η παρούσα εργασία είναι τμήμα μεγαλύτερου προγράμματος που αφορά την πειραματική μελέτη απόκρισης οπλισμού σκυροδέματος σε δυναμική φόρτιση μεταβλητής εξωτερικής συχνότητας και με αυξανόμενο εύρος ταλάντωσης μέχρι την αστοχία του στοιχείου, που έχει μορφή στύλου-δοκού. Τα παρουσιαζόμενα αποτελέσματα προέρχονται από μικρά εύρη ταλάντωσης και αντιστοιχούν σε ελαστικές παραμορφώσεις.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για τα δοκίμια του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν βιομηχανοποιημένοι κλωβοί οπλισμού της ATLAS STAHL. Οι βιομηχανοποιημένοι αυτοί κλωβοί είχαν μορφή μονόστηλου με μια δοκό εν προβόλω, συνδεδεμένη με αγκύρωση από τη έξω πλευρά του κόμβου, (Σχήμα 1). Ο κάθε κλωβός έφερε ως διαμήκη οπλισμό 8 ράβδους Φ12 και εγκάρσιο οπλισμό Φ8 διατεταγμένο ανά 8cm περίπου και συγκολλημένο με 4 διαμήκεις ράβδους Φ8. Οι διαστάσεις του στύλου ήταν 146cm x 25cm x 25cm και της δοκού 148cm x 25cm x 25cm. Οι κλωβοί αυτοί χρησιμοποιήθηκαν ως οπλισμός στα δοκίμια σκυροδέματος που υποβλήθηκαν σε δυναμική φόρτιση.

Επί του κλωβού επιλέχθηκαν τα σημεία που τοποθετήθηκαν οι ηλεκτρικοί μετρητές της παραμόρφωσης (strain gauges). Τα σημεία αυτά καλύπτουν την περιοχή του στύλου και της δοκού, με πύκνωση στη περιοχή του κόμβου. Αφού επιλέχθηκαν τα σημεία, ακολούθησε η επιφανειακή λείανση τους ώστε να εξαλειφθούν από τα σημεία αυτά οι νευρώσεις, χωρίς επίπτωση στην αντοχή του οπλισμού και κατόπιν έγινε η συγκόλληση των μετρητών παραμόρφωσης. Στη συνέχεια οι ηλεκτρικοί μετρητές μονώθηκαν και στεγανοποιήθηκαν με σιλικόνη (όπως φαίνεται στην μικρή φωτογραφία του Σχήματος 1), για να προστατευτούν κατά την διαδικασία της σκυροδέτησης και τέλος αριθμήθηκαν. Τοποθετήθηκαν συνολικά 40 μετρητές της παραμόρφωσης εκ των οποίων 21 στους συνδετήρες, (13 στην δοκό και 8 στον στύλο), 15 στον διαμήκη οπλισμό (9 στην δοκό και 6 στον στύλο), 2 επί των γάντζων των οπλισμών και 2 επί των οπλισμών της συγκόλλησης. Οι ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης που επικολλήθηκαν ήταν τύπου FLA – 5-11-5L της TML. Επί της εξωτερικής επιφάνειας του δοκιμίου τοποθετήθηκαν επίσης 8 ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης, κατάλληλοι για σκυρόδεμα, τύπου FLA-30-11-5L της TML.



Σχήμα 1 Ο κλωβός οπλισμού με τους μετρητές παραμόρφωσης.

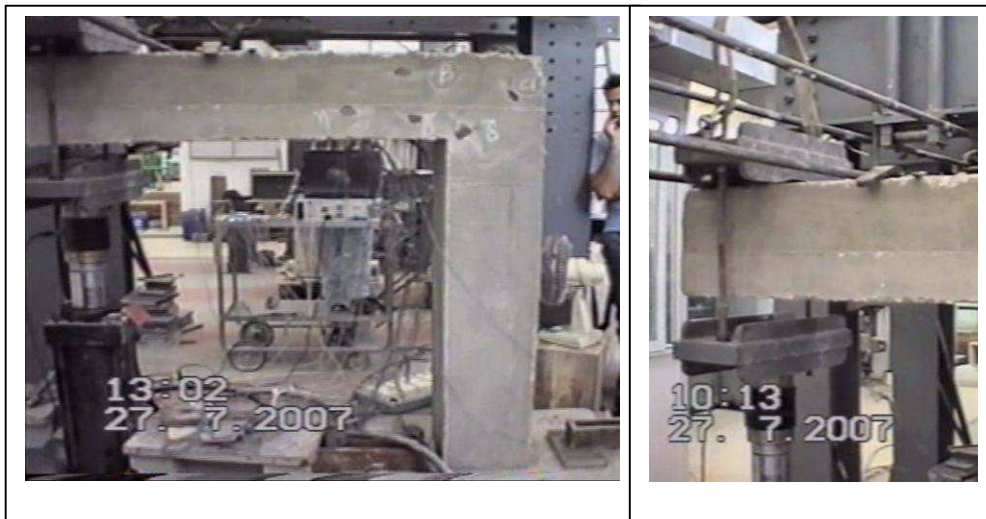
Ο κλωβός με τους συγκολλημένους μετρητές παραμόρφωσης τοποθετήθηκε σε ανάλογο καλούπι και σκυροδετήθηκε προσεκτικά. Κάποιες από τις φάσεις της σκυροδέτησης φαίνονται στο Σχήμα 2. Μετά 7 ημέρες το δοκίμιο σκυροδέματος με τη βοήθεια γερανού μεταφέρθηκε στον χώρο που έγινε το πείραμα και τοποθετήθηκε σε νέο καλούπι-βάση στήριξης που σκυροδετήθηκε επίσης. Η βάση του στύλου πακτώθηκε σε βάση από σκυρόδεμα διαστάσεων περίπου 100cm x 100cm x 20cm, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Ο στύλος αγκυρώθηκε με την βάση, από τις πλευρές του που θα καταπονούνταν σε εφελκυσμό-θλίψη. Τέλος, η βάση πακτώθηκε με βύσματα επί του δαπέδου, ώστε να επιτύχουμε την ταλάντωση μόνο του προβόλου και όχι ολόκληρου του συστήματος.



Σχήμα 2 Σκυροδέτηση δοκιμίου και βάσης

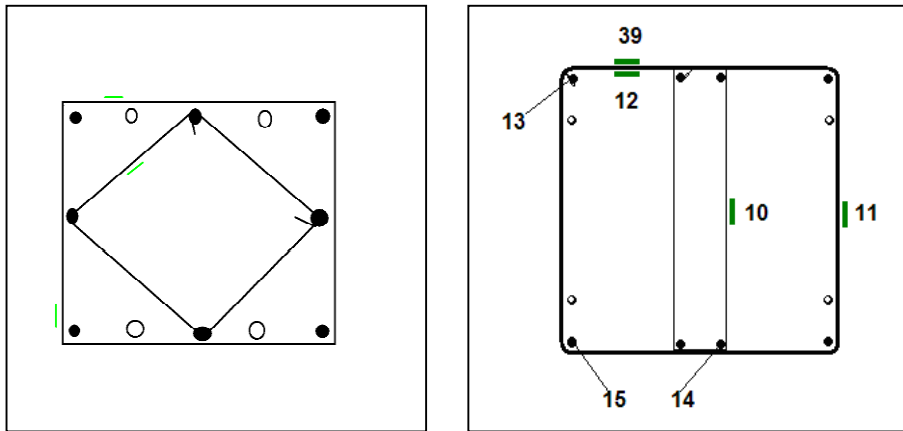
Οι ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης συνδέθηκαν με το μετρητικό σύστημα. Το μετρητικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα πολυκαναλικό σύστημα ταχείας λήψης, καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων, (Data Acquisition System Model 6035 της Pacific Instruments). Το σύστημα αυτό αποτελείται από την Κεντρική μονάδα βυσματούμενων καρτών συλλογής δεδομένων, δυνατότητας 4 υποδοχών των 8 καναλιών, με θύρα USB, δύο 8 – καναλικές βυσματούμενες μονάδες –ψηφιοποιητές, λογισμικό αποθήκευσης, επεξεργασίας και παρουσίασης δεδομένων μέσω Η/Υ και φορητό Η/Υ. Το σύστημα έχει για κάθε κανάλι δυνατότητα 10.000 λήψεων ανά sec.

Το δοκίμιο καταπονήθηκε με μηχανή τύπου MTS και με θλιπτικά εναλλασσόμενα φορτία, που επιβλήθηκαν στο άκρο της δοκού. Το δοκίμιο και η πειραματική διάταξη φαίνονται στο Σχήμα 3. Στο αριστερό τμήμα της μεγάλης φωτογραφίας καθώς και στην μικρή, φαίνεται το έμβολο της μηχανής, που επιβάλλει τα θλιπτικά εναλλασσόμενα φορτία. Κάτω δεξιά φαίνεται η πακτωμένη στο δάπεδο βάση. Στο βάθος φαίνεται το μετρητικό σύστημα με τα καλώδια των μετρητών παραμόρφωσης. Το δοκίμιο προσαρμόστηκε στην μηχανή έτσι ώστε το φορτίο να επιβάλλεται στο άκρο του προβόλου και τα εναλλασσόμενα φορτία να είναι μόνιμα θλιπτικά, ώστε να μην δημιουργηθούν εφελκυστικές τάσεις στην έσω γωνία του κόμβου όπου δεν υπήρχε αγκύρωση.



Σχήμα 3. Η πειραματική διάταξη

Στο Σχήμα 4 φαίνονται οι συνδετήρες του υποστυλώματος και της δοκού αντίστοιχα καθώς και κάποιες από τις θέσεις που έχουν τοποθετηθεί οι μετρητές παραμόρφωσης επ' αυτών.

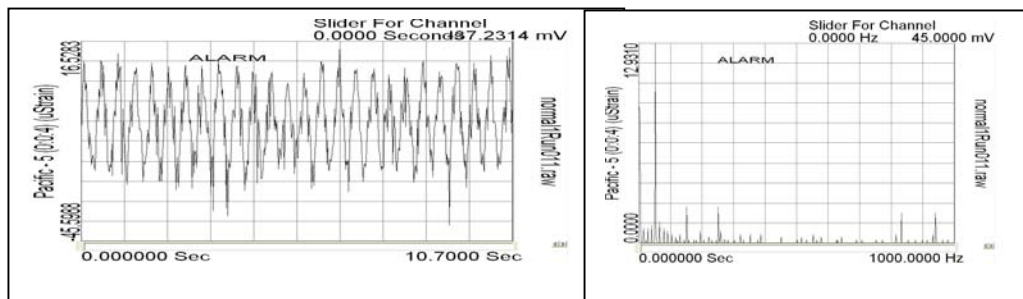


Σχήμα 4 : Μορφή συνδετήρα στύλου και δοκού αντίστοιχα με κάποιες θέσεις των ηλεκτρικών μετρητών παραμόρφωσης.

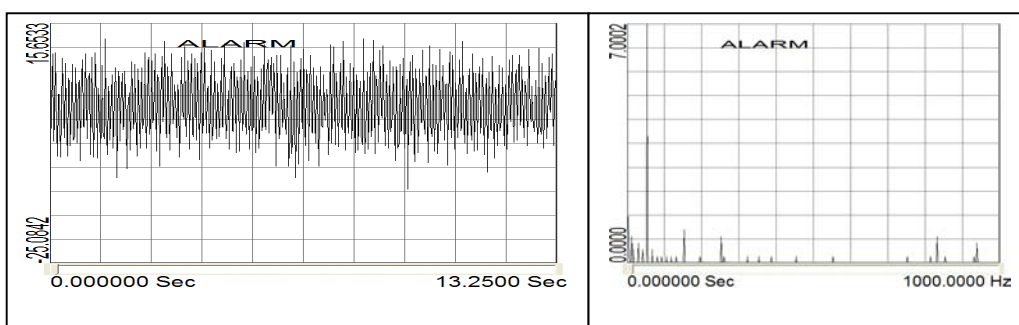
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο δοκίμιο επιβλήθηκε δυναμική φόρτιση που αντιστοιχούσε σε ταλάντωση του προβόλου με συχνότητα 8Hz και αυξανόμενο εύρος ταλάντωσης από 1mm ελάχιστο σε 5.2mm μέγιστο εύρος ταλάντωσης. Καθώς τα φορτία ήταν μόνιμα θλιπτικά, το εύρος της ταλάντωσης αποτελεί ταυτόχρονα και την μέγιστη βύθιση του προβόλου στην θέση επιβολής του φορτίου. Με το μετρητικό σύστημα ταχείας λήψης και αποθήκευσης δεδομένων, καταγράφηκαν οι 48 κυματομορφές, που αντιστοιχούν στις 40 θέσεις επί του οπλισμού και 8 επί της εξωτερικής επιφάνειας του δοκιμίου, που είχαν τοποθετηθεί οι ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης.

Στην συνέχεια στο δοκίμιο επιβλήθηκε δυναμική φόρτιση που αντιστοιχούσε σε ταλάντωση του προβόλου με συχνότητα 4Hz και αυξανόμενο εύρος ταλάντωσης από 2mm ελάχιστο σε 6.5mm μέγιστο εύρος ταλάντωσης και καταγράφηκαν επίσης οι 48 κυματομορφές. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για ταλάντωση συχνότητας 2Hz και αυξανόμενο εύρος ταλάντωσης από 3mm ελάχιστο σε 9.8mm μέγιστο εύρος ταλάντωσης. Ελήφθησαν οι κυματομορφές και τα φάσματα για κάθε περίπτωση από τις ανωτέρω για τους συνδετήρες του υποστρώματος και της δοκού. Στο Σχήμα 5 φαίνονται κάποιες κυματομορφές και τα αντίστοιχα φάσματα.



(α)



(β)

Σχήμα 5 : Κυματομορφή (αριστερά) και Φάσμα (δεξιά) για (α) τον 5^ο συνδετήρα του στύλου από τον κόμβο και για εξωτερική συχνότητα 2Hz, και (β) για τον 1^ο συνδετήρα της δοκού και για εξωτερική συχνότητα 8Hz.

Ακολουθούν οι Πίνακες 1 έως 4 που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα, δηλαδή την συχνότητα που παρατηρείται η μέγιστη παραμόρφωση και η τιμή της μέγιστης αυτής παραμόρφωσης σε σχετική κλίμακα και για κάθε παράμετρο του πειράματος.

Στην πρώτη στήλη αναγράφεται ο αύξων αριθμός του συνδετήρα καθώς απομακρυνόμαστε από τον κόμβο. Στην δεύτερη στήλη είναι η σχετική τιμή του εύρους της ταλάντωσης, στην τρίτη είναι η συχνότητα της εξωτερικής ταλάντωσης. Στην τέταρτη και πέμπτη στήλη τα αποτελέσματα και στην έκτη αναφέρονται οι σχετικές θέσεις επί του οπλισμού που έχουν τοποθετηθεί οι ηλεκτρικοί μετρητές παραμόρφωσης.

Ο Πίνακας 1 αναφέρεται στις τιμές των μετρητών παραμόρφωσης, που έχουν τοποθετηθεί περιμετρικά (στην εξωτερική διαδρομή) των συνδετήρων του υποστρώματος.

Ο Πίνακας 2 αναφέρεται στις τιμές των μετρητών παραμόρφωσης, που έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό (στην εσωτερική διαδρομή) των συνδετήρων του υποστρώματος.

Πίνακας 1: Περιμετρικά του συνδετήρα (εξωτερικά) για το υποστύλωμα

| Από κόμβο | Εύρος | Συχνότ. (Hz) | Συχνότ.μέγιστης παραμόρφ.(Hz) | Μέγ.παραμόρ σχετ. κλίμ.mV | Παρατηρήσεις | |
|----------------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.4075 | 50 | Θλιβ. όψη | |
| | | 4 | 0.3288 | 52 | | |
| | | 8 | 0.3225 | 55 | | |
| | 0.5 | 8 | 0.4621 | 65 | | |
| | 0.6 | 8 | 0.3897 | 54 | | |
| 3 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0209 | 12 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | 4 | 0.0146 | 8 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | 8 | 0.0159 | 3 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | 0.5 | 8 | 0.3364 | 19 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | | 0.0194 | 15 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | 0.6 | 8 | 0.4329 | 18 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | | 0.0156 | 9 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | 5 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.2717 | 66 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη |
| | | | 4 | 0.0132 | 12 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη |
| 8 | | | 0.3796 | 54 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| 0.5 | | 8 | 0.0137 | 8 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | | 0.4139 | 56 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| 0.6 | | 8 | 0.0647 | 4 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | | 0.5040 | 58 | Θλιβ. όψη Πλαϊνή όψη | |
| 7 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0167 | 16 | Θλιβ. Όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | 4 | 0.3897 | 49 | Θλιβ. Όψη Πλαϊνή όψη | |
| | | 8 | 0.0725 | 6 | Θλιβ. Όψη Πλαϊνή όψη | |
| | 0.5 | 8 | 0.0209 | 6 | Πλαϊνή όψη | |
| | | | 0.0146 | 3 | | |
| 0.6 | 8 | 0.0796 | 1 | | | |
| | | 0.0194 | 5 | | | |
| | | 0.03897 | 2 | | | |

Ο Πίνακας 3 αναφέρεται στις τιμές των μετρητών παραμόρφωσης, που έχουν τοποθετηθεί περιμετρικά (στην εξωτερική διαδρομή) των συνδετήρων της δοκού.
Ο Πίνακας 4 αναφέρεται στις τιμές των μετρητών παραμόρφωσης, που έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό (στην εσωτερική διαδρομή) των συνδετήρων του υποστύλωματος.

Πίνακας 2: Εσωτερικά του συνδετήρα για το υποστύλωμα

| Από κόμβο | Εύρος | Συχνότ. (Hz) | Συχνότ. μέγιστ. παραμόρφ.(Hz) | Μέγ. παραμόρ σχετ. κλίμ. mV | Παρατηρήσεις |
|----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.3440 | 64 | Εσωτερικά του συνδετήρα |
| | | 4 | 0.3567 | 61 | |
| | | 8 | 0.03364 | 66 | |
| | 0.5 | 8 | 0.0167 | 76 | |
| | 0.6 | 8 | 0.3771 | 52 | |
| 3 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0132 | 6 | |
| | | 4 | 0.0137 | 5 | |
| | | 8 | 0.0129 | 2 | |
| | 0.5 | 8 | 0.0167 | 15 | |
| | 0.6 | 8 | 0.0725 | 2 | |

Πίνακας 3: Περιμετρικά του συνδετήρα (εξωτερικά) για την δοκό.

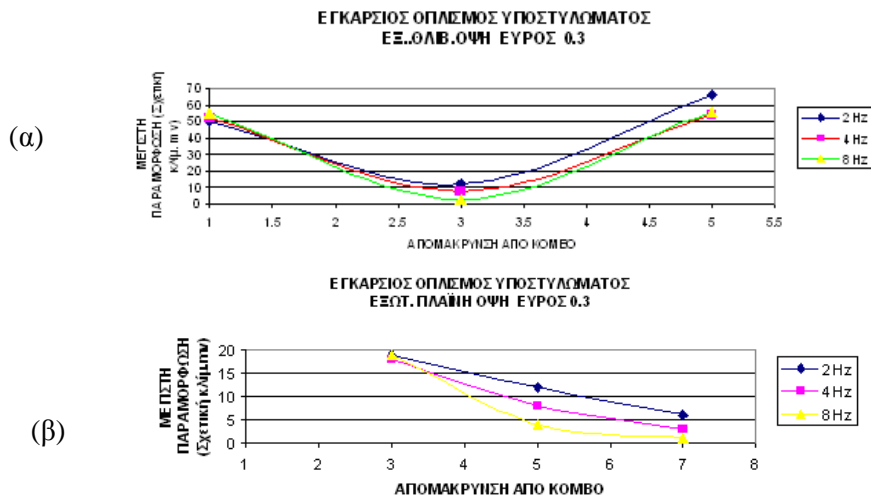
| Από κόμβο | Εύρος | Συχνότ. (Hz) | Συχνότ. μέγιστ. παραμόρφ.(Hz) | Μεγ. παραμόρ σχ. κλίμ. (mV) | Παρατηρήσεις |
|----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0132 0.344 | 7 35 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 4 | 0.0137 0.3567 | 4 34 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 8 | 0.0129 0.3364 | 7 36 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | 0.6 | 8 | 0.0145 0.3771 | 4 28 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| 3 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0132, 0.0265 0.344 | 4,5 111 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 4 | 0.0137, 0.0137 0.3567 | 4,3 106 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 8 | 0.0129, 0.0129 0.3364 | 4,6 113 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | 0.6 | 8 | 0.0145, 0.0145 0.3771 | 5,6 87 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| 5 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.344 0.0157 | 106 1 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 4 | 0.3567 0.0126 | 100 4 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | | 8 | 0.3364 0.0124 | 107 2 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| | 0.6 | 8 | 0.3771 0.015 | 82 1 | Άνω όψη Πλαϊνή όψη |
| 7 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.4075 | 5 | Πλαϊνή όψη |
| | | 4 | 0.0126 | 9 | |
| | | 8 | 0.0124 | 9 | |

Πίνακας 4: Εσωτερικά του συνδετήρα για την δοκό.

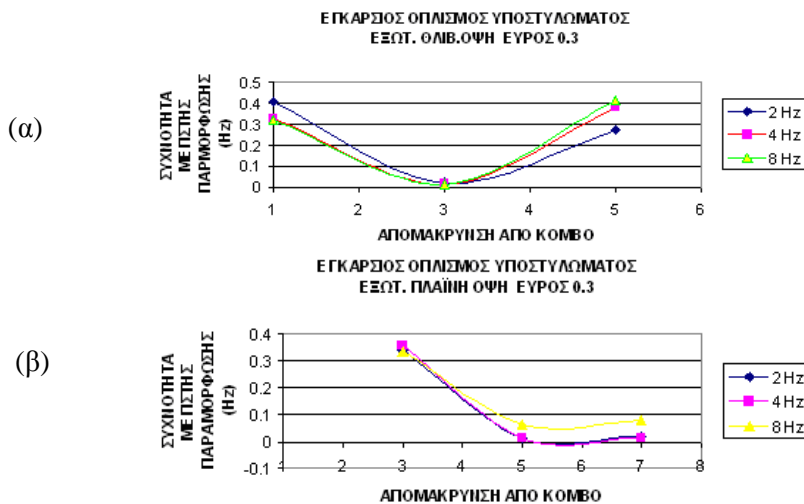
| Από κόμβο | Εύρος | Συχνότ. (Hz) | Συχνότ. μέγιστ. παραμόρφ.(Hz) | Μεγ. παραμόρ σχ. κλίμ.(mV) | Παρατηρήσεις |
|----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|
| 3 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.344 | 23 | Άνω |
| | | 4 | 0.3567 | 22 | |
| | | 8 | 0.3364 | 24 | |
| | 0.6 | 8 | 0.3771 | 19 | |
| 5 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.344 | 37 | Άνω |
| | | | 0.4075 | 52 | Πλαϊνό |
| | | 4 | 0.3567 | 36 | Άνω |
| | 8 | 0.3288 | 55 | Πλαϊνό | |
| | | 0.3364 | 38 | Άνω | |
| | 0.6 | 8 | 0.3225 | 58 | Πλαϊνό |
| 0.3771 | | | 29 | Άνω | |
| 7 ^{ος} συνδετήρας | 0.3 | 2 | 0.0313 | 6 | Πλαϊνό |
| | | 4 | 0.0126 | 3 | |
| | | 8 | 0.0124 | 5 | |
| | 0.6 | 8 | 0.015 | 4 | |

Με βάση τους παραπάνω πίνακες προκύπτουν συγκριτικά διαγράμματα που παρουσιάζουν τις μέγιστες παραμορφώσεις που παρατηρούνται στους συνδετήρες και τις συχνότητες στις οποίες παρουσιάζονται, σαν συνάρτηση της απόστασης τους από τον κόμβο. Αυτό γίνεται για διάφορες τιμές της εξωτερικής συχνότητας και του εύρους ταλάντωσης, τόσο για τους συνδετήρες του υποστυλώματος, όσο και της δοκού.

Παραθέτονται ενδεικτικά συγκριτικά διαγράμματα. Συγκεκριμένα στο Σχήμα 6 φαίνεται η μέγιστη παραμόρφωση συνδετήρων υποστυλώματος σαν συνάρτηση της απόστασης από τον κόμβο για συγκεκριμένο εύρος και για διάφορες συχνότητες εξωτερικής ταλάντωσης. Στο (α) ο μετρητής παραμόρφωσης ήταν επί της εξωτερικής περιμέτρου του συνδετήρα από την μεριά που το υποστυλώμα θλιβόταν. Στο (β) ο μετρητής ήταν πάλι επί της εξωτερικής περιμέτρου, αλλά από την πλαϊνή μεριά του υποστυλώματος. Στο Σχήμα 7 φαίνεται η συχνότητα στην οποία έχουμε μέγιστη παραμόρφωση, με τις αντίστοιχες του Σχήματος 6 παραμέτρους.



Σχήμα 6: Μέγιστη παραμόρφωση θέσεων επί των συνδετήρων υποστυλώματος, (α) από την μεριά της θλίψης του στύλου και (β) από την πλαϊνή μεριά, καθώς απομακρυνόμαστε από τον κόμβο, για διάφορες συχνότητες και ίδιο εύρος ταλάντωσης.



Σχήμα 7: Συχνότητα στην οποία παρουσιάζεται η μέγιστη παραμόρφωση θέσεων επί των συνδετήρων υποστυλώματος, (α) από την μεριά θλίψης του στύλου και (β) από την πλαϊνή μεριά, καθώς απομακρυνόμαστε από τον κόμβο, για διάφορες συχνότητες και ίδιο εύρος ταλάντωσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε ότι αφορά την απόκριση του εγκάρσιου οπλισμού στην περιοχή του υποστυλώματος παρατηρήθηκαν, [Χαραλάμπους Γεώργιος, (2009)], τα εξής:

1. Για τις θέσεις επί της εξωτερικής περιμέτρου του συνδετήρα από την θλιβόμενη πλευρά του υποστυλώματος, η απόκριση ήταν παρόμοια για κάθε εύρος και εξωτερική συχνότητα ταλάντωσης. Αυτό και για τις μετρήσεις της μέγιστης παραμόρφωσης και για τις συχνότητες που παρουσιάστηκαν, Σχήμα 6 και 7.
2. Ενώ υπήρξε η αναμενόμενη μείωση της μέγιστης παραμόρφωσης και της συχνότητας με την απομάκρυνση από τον κόμβο, παρουσίασαν ελάχιστο στον 3^ο συνδετήρα και κατόπιν υπήρξε αύξηση των τιμών τους προς τον 5^ο συνδετήρα από τον κόμβο, (Σχήμα 6 (α) και 7(α)).
3. Παρατηρήθηκε μικρή αύξηση των τιμών της μέγιστης παραμόρφωσης, για μικρές τιμές της εξωτερικής συχνότητας ταλάντωσης, (2Hz), Σχήμα 6(α), ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε για την συχνότητα που παρουσιάζεται η μέγιστη παραμόρφωση, Σχήμα 7(α).
4. Αντίστοιχες παρατηρήσεις με την 1. και 3. έχουμε και για τις άλλες θέσεις επί του εγκάρσιου οπλισμού, (στην πλαϊνή θέση δεν φαίνεται να μηδενίζεται η παραμόρφωση στο 3^ο συνδετήρα).

Σε ότι αφορά την απόκριση του εγκάρσιου οπλισμού στην περιοχή της δοκού παρατηρήθηκαν, [Ψύλλος Νικόλαος, (2009)], τα εξής:

5. Και εδώ η απόκριση σε κάθε θέση επί του οπλισμού ήταν παρόμοια για κάθε εύρος και εξωτερική συχνότητα ταλάντωσης. Αυτό και για τις μετρήσεις της μέγιστης παραμόρφωσης και για τις συχνότητες που παρουσιάστηκαν.
6. Δεν φαίνεται να συσχετίζεται η θέση επί του εγκάρσιου οπλισμού της δοκού με την εξωτερική συχνότητα.
7. Υπήρξε διαφοροποίηση μεταξύ των θέσεων επί του οπλισμού. Συγκεκριμένα στις θέσεις που ήταν προς την άνω πλευρά της δοκού είχαμε πολύ μικρές τιμές τόσο των παραμορφώσεων όσο και της συχνότητας μεγίστου εντός του κόμβου και αύξηση τους με την απομάκρυνση από αυτόν. Αντίθετα στις θέσεις επί του συνδετήρα στο πλάι της δοκού και στο εσωτερικό του συνδετήρα, υπήρχε αύξηση των παραμορφώσεων εντός του κόμβου και μείωση με την απομάκρυνση από αυτόν.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Greg L. Orozco and Scott A. Ashford (2002), Effects of Large Velocity Pulses on Reinforced Concrete Bridge Columns, PEER Report, Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley.

Natalie Gibson, Andre Filiatrault, Scott A. Ashford, (2002), Performance of beam to column bridge joints subjected to a large velocity pulse, PEER Report, Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley.

R.H. Scott, P.A.T. Gill and R.C.B. Judge, (1990), Strain and bond stress distributions in tension lap joints in reinforced concrete, Magazine of Concrete Research : Vol.42, No. 150.

Wilson Y.M Chung and Eddie S.S Lam (2004), Confinement of columns with non-seismic detailin , ANCER Annual Meeting: Networking of young Engineering Researchers and Professionals, Honolulu, Hawaii.

Χαραλάμπους Γεώργιος, (2009), Πειραματική Μελέτη Απόκρισης Συνδετήρων σε Υποστύλωμα Οπλισμένου Σκυροδέματος υπό Δυναμική Φόρτιση, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ.

Ψύλλος Νικόλαος, (2009), Πειραματική Μελέτη Απόκρισης Συνδετήρων σε Δοκό από Οπλισμένο Σκυρόδεμα υπό Δυναμική Φόρτιση, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ.