

Συμπεριφορά σε Κάμψη Δοκών Ο/Σ με ή χωρίς Βλάβη Ενισχυμένων με Ινοπλισμένο Μανδύα

Μπουρτούβαλης Ευάγγελος

Πολιτικός Μηχανικός, vaggelisbourtou@hotmail.com

Παπαθεοχάρης Θεοχάρης

Υπ. Διδάκτωρ Π.Θ., th_papath@yahoo.gr

Περδικάρης Κ. Φίλιππος

Καθηγητής Π.Θ., filperd@uth.gr

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Σκοπός της εργασίας είναι η πειραματική διερεύνηση της καμπτικής συμπεριφοράς σε στατική μονοτονική και ανακυκλιζόμενη φόρτιση κάμψης 3 ή 4 σημείων δοκών οπλισμένου σκυροδέματος (Ο/Σ) με ή χωρίς αρχική βλάβη ενισχυμένων με μανδύα ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος πάχους 3,5 cm. Για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου ενίσχυσης μελετήθηκε και η συμπεριφορά δοκών ενισχυμένων με μανδύα συμβατικού σκυροδέματος ίδιων διαστάσεων. Οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο “Τεχνολογίας και Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος” του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (βλέπε Πίνακα 1).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Συνολικά επτά (7) δοκοί Ο/Σ με ή χωρίς αρχική βλάβη ενισχύθηκαν με μανδύες ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος. Οι διαστάσεις των προς ενίσχυση συμβατικών δοκών Ο/Σ ήταν 150x200x1800 mm και των ενισχυμένων δοκών 220x270x1800 mm. Ο οπλισμός όλων των συμβατικών δοκών Ο/Σ περιλάμβανε διαμήκεις ράβδους χάλυβα με νευρώσεις 3Ø10 στην πάνω και κάτω παρειά και συνδετήρες ΣØ8/10, εκτός από δύο δοκούς που δεν περιείχαν οπλισμό διάτμησης (δοκίμια CFRT-4S και CFRT-5C). Δύο συμβατικά οπλισμένες δοκοί Ο/Σ (δοκίμια RC-7C και RC-8C) υποβλήθηκαν σε κάμψη πέραν του ορίου διαρροής για τη δημιουργία αρχικής βλάβης, ενώ στη συνέχεια ενισχύθηκαν με μανδύα πάχους 3,5 cm από ινοπλισμένο τσιμεντοκονίαμα (δοκίμια CFRT-12C και CFRT-11C, αντίστοιχα). Δύο (2) επιπλέον συμβατικές δοκοί Ο/Σ χωρίς αρχική βλάβη ενισχύθηκαν με μανδύα συμβατικού σκυροδέματος, για την μία σχετικά χαμηλής αντοχής (CRLT-13C) και για την άλλη υψηλής αντοχής (CRHT-14C).

Το ινοπλισμένο τσιμεντοκονίαμα περιείχε ίνες χάλυβα σε ποσοστό 0,8% κ.ό. και με λόγο μήκους/διάμετρο $l/d=71$. Αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την ενίσχυση των δοκών χωρίς αρχική βλάβη είχε μέση θλιπτική και εφελκυστική αντοχή διάρρηξης 82,5 MPa και 8,1 MPa, αντίστοιχα. Το ινοπλισμένο τσιμεντοκονίαμα που χρησιμοποιήθηκε για την ενίσχυση των δοκών με αρχική βλάβη παρουσίασε αντίστοιχες αντοχές 74,5 MPa και 6,9 MPa. Ο διαμήκης (2Ø10 πάνω/κάτω) και ο εγκάρσιος οπλισμός (ΣØ8/10) καθώς και το πάχος των μανδύων των ενισχυμένων δοκών διατηρήθηκαν πανομοιότυπα ανεξάρτητα από το είδος του μανδύα ενίσχυσης (ινοπλισμένο τσιμεντοκονίαμα ή συμβατικό σκυρόδεμα). Η χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή του χάλυβα όλων

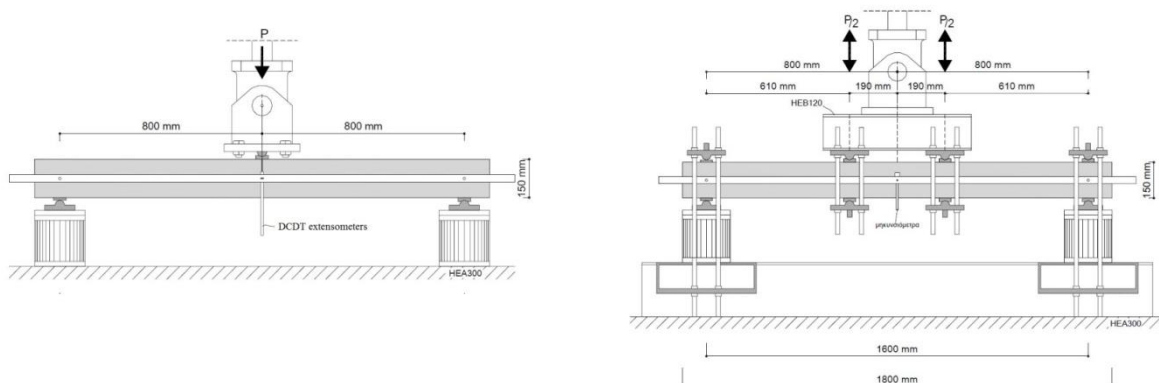
των οπλισμών των δοκών ήταν 500 MPa (B500), ενώ η εφελκυστική αντοχή των ινών χάλυβα ήταν μεγαλύτερη από 1400 MPa.

Πίνακας 1. Σύνοψη πειραματικού προγράμματος

Δοκός	Περιγραφή	Είδος φόρτισης	Οπλισμός	
			Διαμήκης (πάνω/κάτω)	Εγκάρσιος
RC-1S-3B	συμβατικές δοκοί Ο/Σ αναφοράς	μονοτονική (3-σημείων)	3Ø10/3Ø10	ΣØ8/10
RC-2S-3B				
RC-3S-3B				
RC-5C	συμβατικές δοκοί Ο/Σ αναφοράς	ανακυκλιζόμενη (4-σημείων)	3Ø10/3Ø10	ΣØ8/10
RC-6C				
RC-7C	αρχική βλάβη στη δοκό ($\delta_{max} = \pm 12 \text{ mm}$)	ανακυκλιζόμενη (4-σημείων)	3Ø10/3Ø10	ΣØ8/10
RC-8C	αρχική βλάβη στη δοκό ($\delta_{max} = \pm 30 \text{ mm}$)			
CFRT-1S	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος	μονοτονική (4-σημείων)	2Ø10/2Ø10	ΣØ8/10
CFRT-4S	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος (δοκός χωρίς συνδετήρες)			
CFRT-5C	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος (δοκός χωρίς συνδετήρες)	ανακυκλιζόμενη (4-σημείων)	2Ø10/2Ø10	ΣØ8/10
CFRT-6C	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος			
CFRT-7C	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος			
CFRT-11C	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος (δοκός RC-8C)			
CFRT-12C	μανδύας ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος (δοκός RC-7C)			
CRLT-13C	μανδύας σκυροδέματος κανονικής αντοχής			
CRHT-14C	μανδύας σκυροδέματος υψηλής αντοχής			

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

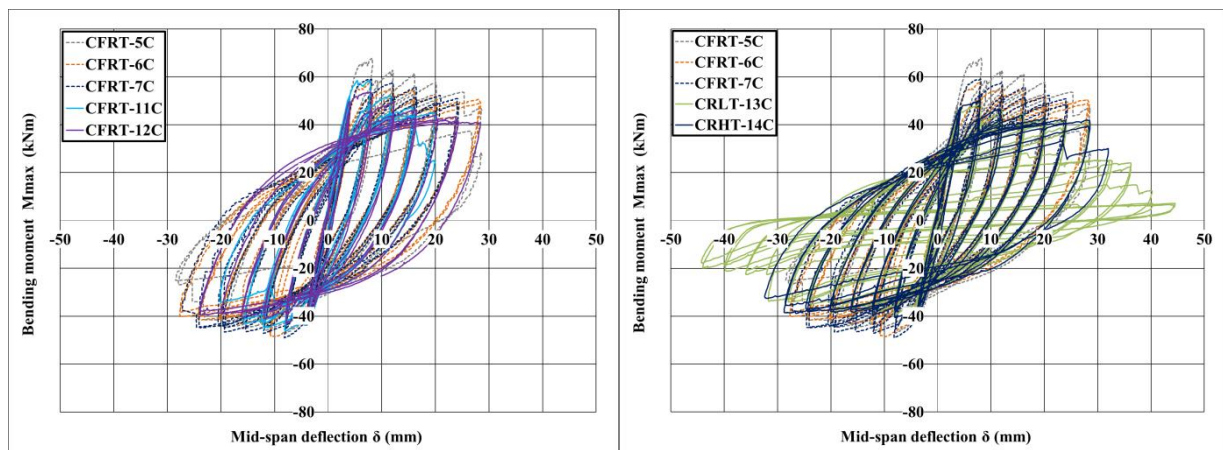
Οι δοκοί εξετάστηκαν σε μονοτονική και ανακυκλιζόμενη κάμψη τριών και τεσσάρων σημείων. Η ανακυκλιζόμενη φόρτιση περιελάμβανε δύο πλήρεις κύκλους για κάθε τιμή επιβεβλημένης μετατόπισης. Η πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



Σχ. 2. Πειραματική διάταξη για τη μονοτονική κάμψη 3-σημείων και τη μονοτονική και ανακυκλιζόμενη κάμψη 4-σημείων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ενίσχυση των δοκών Ο/Σ χωρίς αρχική βλάβη με μανδύα ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος είχε ως αποτέλεσμα τη μέση αύξηση της καμπτικής αντοχής σε 2,6 φορές αυτής των δοκών Ο/Σ που ενισχύθηκαν. Οι δοκοί με αρχική βλάβη ενισχυμένες με μανδύα ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος παρουσίασαν οριακά χαμηλότερη μέγιστη αντοχή σε κάμψη σε σχέση με τις αντίστοιχες χωρίς βλάβη, αλλά με μεγαλύτερη πτώση απόκρισης σε αυξανόμενο βέλος κάμψης. Η μέγιστη αντοχή σε κάμψη των ενισχυμένων δοκών με μανδύα συμβατικού σκυροδέματος ήταν μειωμένη κατά 20% σε σύγκριση με αυτήν στην περίπτωση ενίσχυσης με μανδύα ινοπλισμένου τσιμεντοκονιάματος.



Σχ. 3. Διαγράμματα μέγιστης ροπής - βέλους κάμψης δοκών σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παπαθεοχάρης Θ., Περδικάρης Φ., (2009), "Πειραματική Μελέτη Συμπεριφοράς Συμβατικά Οπλισμένων Δοκών Σκυροδέματος Ενισχυμένων με Μανδύες Ινοπλισμένου Τσιμεντοκονιάματος", 16^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Σκυροδέματος, Κύπρος, αρ. 11200.
- Παπαθεοχάρης Θ., Περδικάρης Φ., Τζάρος Κ. (2008), "Πειραματική Μελέτη Συμπεριφοράς Δοκών Ινοπλισμένου Σκυροδέματος υπό Στατική και Ανακυκλιζόμενη Φόρτιση Κάμψης", 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, αρ. 1969.
- Altun F. (2004), "An Experimental Study of the Jacketed Reinforced-Concrete Beams under Bending", *Construction and Building Materials*, Vol. 18, pp. 611–618.
- Chalioris C.E., Pourzitidis C.N., Papadopoulos C.P., Fotis D. (2012), "Flexural Rehabilitation of RC Beams using Self-Compacting Concrete Jacketing", Proceedings of the 2nd International Conference on Civil Engineering and Building Materials, Advances in Civil Engineering and Building Materials, CRC Press, Hong Kong, Republic of China, pp. 783-786.
- Chunxiang Q., Patnaikuni I. (1999), "Properties of High-Strength Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams in Bending", *Cement and Concrete Composites*, 21, pp. 73-81.
- Karayannis C.G., Chalioris C.E., Sirkelis G.M. (2008), "Local Retrofit of Exterior RC Beam-Column Joints using Thin RC Jackets – An Experimental Study", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 37, No. 5, pp. 727-746.

- Martinola G., Meda A., Plizzari G. A., and Rinaldi Z. (2010), "Strengthening and Repair of RC Beams with Fiber Reinforced Concrete", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 32, pp. 731–739.
- Moretti, M.L., Papatheoharris T., Perdikaris, P.C. (2014), "Design of Reinforced Concrete Infilled Frames", *ASCE J. Struct. Eng.*, 140: 04014062-04014062.DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001042.
- Song P.S., Hwang S. (2004), "Mechanical Properties of High-Strength Steel Fiber-Reinforced Concrete", *Construction and Building Materials*, 18, pp. 669–673.
- Tsonos A. G (2009). "Ultra-High-Performance Fiber Reinforced Concrete: An Innovative Solution for Strengthening Old R/C Structures and for Improving the FRP Strengthening Method", 4th International Conference on Computational Methods and Experiments in Materials Characterization, Materials Characterization, New Forest, UK, pp. 273-284.
- Wafa F. F., and Ashour S. A. (1992), "Mechanical Properties of High-Strength Fiber Reinforced Concrete", *ACI Materials Journal*, Vol. 89, No. 5, September-October.