

Ενίσχυση πλακοδοκών σε ανακυκλιζόμενη τέμνουσα με μανδύες τύπου Ινοπλέγματος

Ευφροσύνη Τζουρά

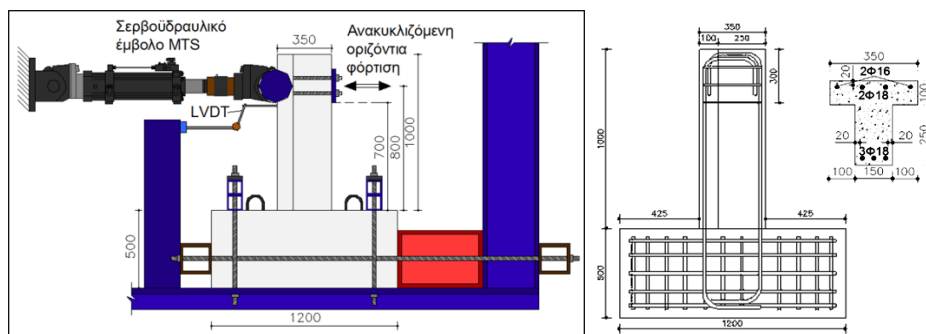
Postdoctoral Research Fellow, University of Leeds, e.tzoura@leeds.ac.uk

Αθανάσιος Τριανταφύλλου

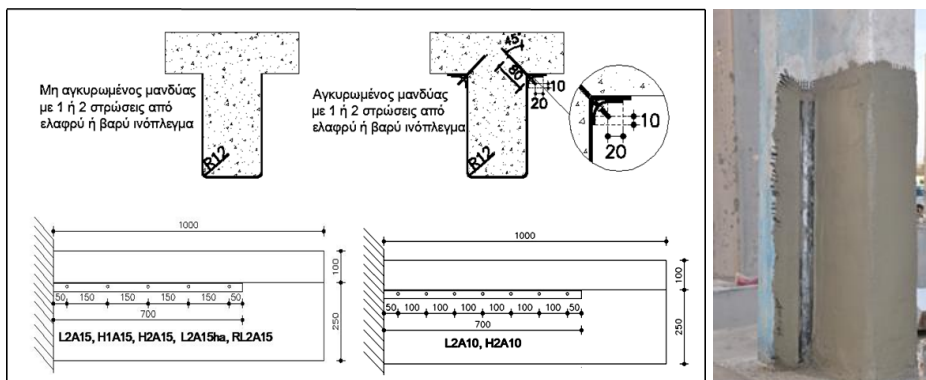
Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, ttriant@upatras.gr

Εκτενής περίληψη

Στην παρούσα ερευνητική εργασία παρουσιάζεται η πειραματική και αναλυτική μελέτη της ενίσχυσης πλακοδοκών οπλισμένου σκυροδέματος σε ανακυκλιζόμενη τέμνουσα μέσω μανδύων τύπου ινοπλέγματος σε ανόργανη μήτρα (IAM). Παρουσιάζεται επίσης σύγκριση της συνεισφοράς μανδύων IAM με ισοδύναμους μανδύες από Ινοπλισμένα Πολυμερή (ΙΟΠ). Το πειραματικό σκέλος περιλαμβάνει μία σειρά δοκιμών τύπου κατακόρυφου προβόλου, σχεδιασμένων ώστε να αστοχήσουν σε διάτμηση, υπό ανακυκλιζόμενη τέμνουσα (Σχ.1). Παράμετροι υπό διερεύνηση ήταν ο τύπος πλέγματος, ο αριθμός στρώσεων, η ύπαρξη αγκυρίων (Σχ. 2), ο τύπος αγκύρωσης και το υλικό του μανδύα (τσιμεντοειδές κονίαμα ή τύπου εποξειδικής ρητίνης).



Σχ.1 Πειραματική διάταξη και γεωμετρία δοκιμίου



Σχ. 2 Διατομή ενισχυμένων πλακοδοκών και διάταξη αγκυρίων καθ' ύψος της δοκού

Τα δοκίμια περιγράφονται ως εξής:

- Δοκίμιο Ελέγχου (C) χωρίς ενίσχυση
- Δοκίμια L1 και L2, ενισχύθηκαν με μία και δύο στρώσεις μανδύα IAM αντίστοιχα, από «ελαφρύ» ινόπλεγμα, χωρίς αγκύρια
- Δοκίμια H1 και H2, ενισχύθηκαν με μία και δύο στρώσεις μανδύα IAM αντίστοιχα, από «βαρύ» ινόπλεγμα, χωρίς αγκύρια
- Δοκίμιο L2A15, ενισχύθηκε με δύο στρώσεις μανδύα IAM από «ελαφρύ» ινόπλεγμα, με αγκύρια ανά 150 mm
- Δοκίμιο L2A10, ενισχύθηκε με δύο στρώσεις μανδύα IAM από «ελαφρύ» ινόπλεγμα, με αγκύρια ανά 100 mm
- Δοκίμια H1A15 και H2A15, ενισχύθηκαν με μία και δύο στρώσεις μανδύα IAM αντίστοιχα, από «βαρύ» ινόπλεγμα, με αγκύρια ανά 150 mm
- Δοκίμιο H2A10, ενισχύθηκε με δύο στρώσεις μανδύα IAM από «βαρύ» ινόπλεγμα, με αγκύρια ανά 100 mm
- Δοκίμιο RL2, ενισχύθηκε με δύο στρώσεις μανδύα ΙΟΠ από «ελαφρύ» ινόπλεγμα, χωρίς αγκύρια
- Δοκίμιο RL2A15, ενισχύθηκε με δύο στρώσεις μανδύα ΙΟΠ από «ελαφρύ» ινόπλεγμα, με αγκύρια ανά 150 mm.
- Δοκίμιο L2A15ha, ακριβώς ίδιο με το δοκίμιο L2A15. Η μόνη διαφοροποίηση έγκειται στο αυξημένο βήμα μετατόπισης ανά κύκλο φόρτισης που ήταν ίσο με 5 mm αντί των 2 mm που εφαρμόστηκε σε όλα τα υπόλοιπα δοκίμια

Όσον αφορά τα υλικά, χρησιμοποιήθηκε έτοιμο εργοταξιακό σκυρόδεμα αντοχής C12/15 το οποίο παραδόθηκε σε δύο παρτίδες. Η δεύτερη παρτίδα σκυροδέματος είχε αισθητά χαμηλότερη θλιπτική αντοχή (13.3 MPa) σε σχέση με την πρώτη (22.7 MPa) και αφορά τα δοκίμια L2A10, H1A15 και H2A15. Οι δύο τύποι ινοπλέγματος, «βαρύ» και «ελαφρύ», αποτελούνταν από ίνες άνθρακα και διέφεραν μόνο ως προς την ποσότητα ινών (διπλάσια στο «βαρύ» σε σχέση με το «ελαφρύ»). Περισσότερες πληροφορίες παρέχονται από τους Tzoura and Triantafyllou (2016).

Τα πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Δίδεται η διατμητική αντοχή V_{max} που καταγράφη τόσο για την διεύθυνση της «ώθησης» (εφελκυσμός στην πλάκα), όσο και για τη διεύθυνση της «έλξης» (εφελκυσμός στον κορμό), η συμβολή του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή V_{Rc} (όπως προέκυψε από το δοκίμιο C) και η συμβολή του μανδύα V_{Rj} στη διατμητική αντοχή (προέκυψε με αφαίρεση της διατμητικής αντοχής του σκυροδέματος από τη συνολική διατμητική αντοχή, $V_{Rj} = V_{max} - V_{Rc}$). Να σημειωθεί ότι για τα δοκίμια με τη χαμηλότερη αντοχή σκυροδέματος, η αντοχή σε τέμνουσα του δοκιμίου ελέγχου πολλαπλασιάστηκε με τον λόγο των υπορίζων ποσοτήτων των θλιπτικών αντοχών των δύο παρτίδων σκυροδέματος $\sqrt{13.3}/\sqrt{22.7} = 0.765$. Στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1 παρουσιάζεται και ο τύπος αστοχίας του μανδύα.

Βάσει των αποτελεσμάτων του Πίνακα 1, μπορούν να διατυπωθούν τα εξής κύρια συμπεράσματα:

- Για τους μανδύες χωρίς σύστημα αγκύρωσης η αύξηση του αριθμού των στρώσεων οδηγεί σε αύξηση της διατμητικής αντοχής αλλά όχι αναλογικά. Επιπλέον μία στρώση ινοπλέγματος είναι πιο αποδοτική από τις δύο στρώσεις αντίστοιχου ινοπλέγματος με ισοδύναμο ποσοστό ινών
- Η τοποθέτηση του προτεινόμενου συστήματος αγκύρωσης αυξάνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των μανδύων, ανεξαρτήτως του είδους ινοπλέγματος, τόσο για τους μανδύες IAM όσο και για τους μανδύες ΙΟΠ.

- Η μείωση της απόστασης των αγκυρίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τέμνουσας δύναμης που παραλαμβάνει ο μανδύας ΙΑΜ, αλλά η διαπίστωση αυτή μπορεί να γίνει μόνο για το «ελαφρύ» νόπλεγμα.
- Απουσία αγκύρωσης, οι μανδύες ΙΟΠ είναι περίπου διπλάσιας αποτελεσματικότητας.

Πίνακας 1. Πειραματικά αποτελέσματα

Δοκίμιο	Αντοχή σε τέμνουσα (kN)		Συμβολή σκυροδέματος V_{Rc} (kN)		Συμβολή μανδύα V_{Rj} (kN)		Τύπος αστοχίας του μανδύα
	Ωθηση	Έλξη	Ωθηση	Έλξη	Ωθηση	Έλξη	
C	66.41	47.85	66.41	47.85	--	--	--
L1	69.82	65.55	66.41	47.85	3.41	17.70	Αποκόλληση (τοπική)
L2	77.76	63.35	66.41	47.85	11.35	15.50	Αποκόλληση (τοπική)
H1	90.70	71.90	66.41	47.85	24.29	24.05	Ολίσθηση ινών
H2	109.74	78.61	66.41	47.85	43.33	30.76	Αποκόλληση (τοπική)
L2A15	109.50	119.26	66.41	47.85	43.09	71.41	Ολίσθηση ινών
L2A15ha	120.00	113.65	66.41	47.85	53.59	65.80	Ολίσθηση ινών
L2A10	130.62	128.17	50.83	36.63	79.79	91.54	Ολίσθηση ινών
H1A15	113.28	83.50	50.83	36.63	62.45	46.87	Ολίσθηση ινών
H2A15	99.98	90.70	50.83	36.63	49.15	54.07	Ολίσθηση ινών
H2A10	121.95	96.56	66.41	47.85	55.54	48.71	Αστοχία ινών (πρόωρη)
RL2	92.65	73.24	66.41	47.85	26.24	25.39	Αποκόλληση (πλήρης)
RL2A15	120.97	124.02	66.41	47.85	54.56	76.17	Εξόλκευση αγκυρίων και αποκόλληση

Στα πλαίσια της αναλυτικής μελέτης αναπτύχθηκε απλό προσομοίωμα, το οποίο δίνει τη συμβολή του μανδύα στην παραλαβή τέμνουσας, λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη (ή μη) αγκυρίων.

Βιβλιογραφία

Tzoura, E., and T. C. Triantafillou. "Shear strengthening of reinforced concrete T-beams under cyclic loading with TRM or FRP jackets." *Materials and Structures* 49.1-2 (2016): 17-28.