

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΑ ΦΥΛΛΑ ΙΟΠ : ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΙΟΠ

ΣΤΑΜΟΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ

Περίληψη

Τα σύνθετα υλικά εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στην ενίσχυση κατασκευών από σκυρόδεμα. Στην προκειμένη περίπτωση προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ (ινοπλισμένων πολυμερών) χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση του κάτω πέλματος δοκών. Παρουσιάζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι προέντασης και αγκύρωσης των φύλλων στη δοκό. Για κάθε μέθοδο γίνονται πειράματα που συγκρίνουν τη συμπεριφορά δοκών μη ενισχυμένων, ενισχυμένων με φύλλα ΙΟΠ και ενισχυμένων με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ. Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων συμπεραίνουμε ότι η ενίσχυση των δοκών με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ βελτίωσε την λειτουργικότητα κατά κύριο λόγο, αλλά και την αντοχή των δοκών. Πρέπει επομένως η εφαρμογή τους να μας απασχολήσει σοβαρά, παρά την δυσκολία που παρουσιάζει.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή των σύνθετων υλικών στην ενίσχυση κατασκευών σκυροδέματος αποτελεί εξέλιξη της τεχνικής της εξωτερικής επικόλλησης ελασμάτων χάλυβα. Η τεχνική αυτή είναι αξιόπιστη και σχετικά εύκολη στην εφαρμογή για ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Παρολ' αυτά παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα όπως η διάβρωση του χάλυβα, η δυσκολία να έρθει σε πλήρη επαφή το έλασμα του χάλυβα με την επιφάνεια του σκυροδέματος και η δυσκολία εφαρμογής λόγω του μεγάλου βάρους του χάλυβα. Έτσι έρχονται τα φύλλα από σύνθετα υλικά (ΙΟΠ), τα οποία δεν διαβρώνονται εύκολα, έχουν μικρό βάρος, μεγάλη εφελκυστική αντοχή και διατίθενται σε μεγάλα μήκη, να αντικαταστήσουν το χάλυβα.

Μια σημαντική εφαρμογή των φύλλων από σύνθετα υλικά είναι στην ενίσχυση δοκών. Οι δοκοί συχνά χρειάζονται ενίσχυση στο κάτω πέλμα τους εξαιτίας διαβρωμένου, βλαμμένου ή ελλειπή οπλισμού. Η ενίσχυση μπορεί να γίνει με επικόλληση με ρητίνη φύλλων ΙΟΠ στο κάτω πέλμα των δοκών. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η δύναμη αστοχίας της δοκού όχι όμως και η δύναμη ρηγμάτωσης, ούτε αλλάζει η συμπεριφορά της δοκού στα φορτία λειτουργίας. Αν τώρα προεντείνουμε τα φύλλα ΙΟΠ αυτά χρησιμοποιούνται πλέον πιο αποδοτικά μιας και συμμετέχουν στην ανάληψη των φορτίων. Επίσης, κλείνουν υπάρχουσες ρωγμές και εμποδίζουν την δημιουργία νέων βελτιώνοντας έτσι την λειτουργικότητα και μειώνοντας την πιθανότητα αστοχίας της δοκού λόγω αποκόλλησης των φύλλων. Επιπλέον, τα προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ αυξάνουν το φορτίο αστοχίας της δοκού σε σχέση με τα μη προεντεταμένα αφού ο τρόπος αστοχίας μπορεί να είναι πλέον διαφορετικός.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει δύο μεθόδους προέντασης και αγκύρωσης φύλλων ΙΟΠ για την ενίσχυση δοκών, να εξετάσει την συμπεριφορά των δοκών με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ, καθώς και να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα των

προεντεταμένων φύλλων σε σχέση με τα μη προεντεταμένα , με βάση τα πειραματικά δεδομένα , για κάθε μία μέθοδο χωριστά. Η μία μέθοδος , η οποία έχει προταθεί από Triantafillou *et al.* 1992 , προτείνει την προένταση των φύλλων ΙΟΠ χρησιμοποιώντας μια εξωτερική δοκό αντίδρασης και την αγκύρωση των φύλλων στα άκρα με ισχυρή ρητίνη. Ενώ η άλλη μέθοδος , η οποία έχει προταθεί από Wight *et al.* 2001 , προτείνει την προένταση των φύλλων αντιδρώντας στην προς ενίσχυση δοκό και την αγκύρωση των φύλλων στα άκρα με μηχανικό σύστημα.

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΙΟΠ ΑΝΤΙΔΡΩΝΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΟ ΚΑΙ ΑΓΚΥΡΩΝΟΝΤΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΣΤΑ ΑΚΡΑ. (Wight *et al.* 2001)

2.1 Τρόπος εφαρμογής

Το μηχανικό σύστημα προέντασης και αγκύρωσης των φύλλων ΙΟΠ πάνω στη δοκό φαίνεται στο σχ.1. Το μηχανικό σύστημα αγκύρωσης αποτελείται από τους μεταλλικούς κυλίνδρους που ενώνονται με τα φύλλα και από τα μεταλλικά συναρμολογούμενα αγκύρια που συνδέονται με τη δοκό. Τα φύλλα ΙΟΠ τυλίγονται στις άκρες 2.5 φορές γύρω απ' τους κυλίνδρους και ενώνονται με αυτούς με ρητίνη. Για την προένταση ο κύλινδρος στο ένα άκρο του φύλλου αγκυρώνεται στη δοκό (νεκρή αγκύρωση) ενώ στο άλλο άκρο παραμένει κινητός (ενεργή αγκύρωση). Ο ελεύθερος κύλινδρος είναι αυτός που συνδέεται με το γρύλο , ο οποίος θα προεντείνει το φύλλο αντιδρώντας πάνω στη δοκό. Στη συνέχεια ο κινητός κύλινδρος αγκυρώνεται και αυτός στα μεταλλικά αγκύρια της δοκού με τη βοήθεια μπουλονιών. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όσα στρώματα φύλλων ΙΟΠ απαιτούνται. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι κάθε επόμενο φύλλο που προεντείνεται πρέπει αναγκαστικά να είναι κοντότερο απ' το προηγούμενο έτσι ώστε να είναι εφικτή η αγκύρωση.

Ανάμεσα στα φύλλα ΙΟΠ αλλά και στην επιφάνεια της δοκού , που έχει προηγουμένως λειανθεί και καθαριστεί , απλώνεται ειδική ρητίνη για να τα κρατήσει σε επαφή με τη δοκό. Αυτό όμως δεν είναι εύκολο γιατί κατά τη διάρκεια της προέντασης τα φύλλα τείνουν να αποκολληθούν από τη δοκό. Γιαυτό το λόγο ασκείται στα φύλλα δύναμη κάθετη στην επιφάνεια της δοκού , με τη βοήθεια βαρών , για αρκετό διάστημα έτσι ώστε η ρητίνη να αποκτήσει την αντοχή της .

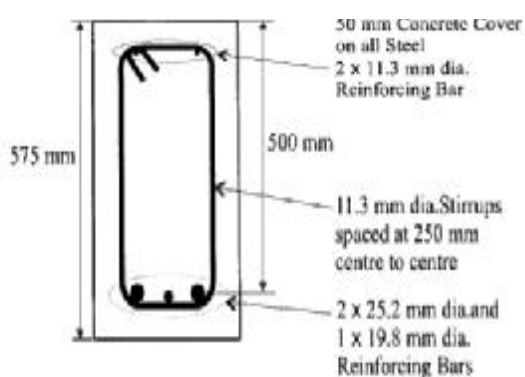


FIG. 1. Beam Cross Section (25.4 mm = 1.0 in.)

σχήμα 2

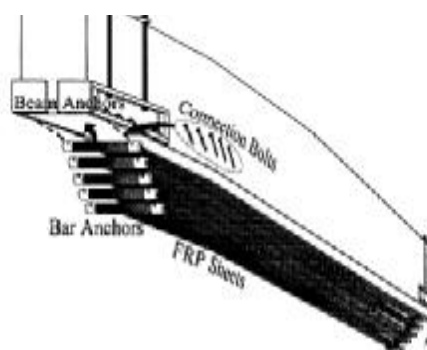


FIG. 2. FRP Prestressing System

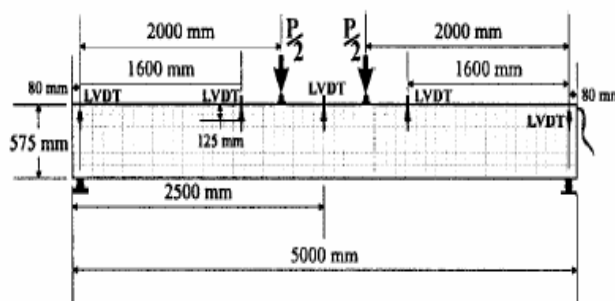
σχήμα1

2.2 Πειραματικά δεδομένα

Χρησιμοποιήθηκαν 4 δοκοί ορθογωνικής διατομής $0.3\text{m} \times 0.575\text{m}$ μήκους 5m σχ.2. Ο εφελκόμενος οπλισμός αποτελείται από 2 ράβδους διαμέτρου 25.2mm και 1 ράβδο διαμέτρου 11.3mm και είχε συνολική διατομή 1300mm^2 , ενώ ο θλιβόμενος οπλισμός αποτελείται από 2 ράβδους διαμέτρου 11.3mm συνολικής διατομής 200mm^2 . Είχαμε επίσης συνδετήρες κλειστούς με διάμετρο 11.3mm ανά 250mm . Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος ήταν 35MPa και η εφελκυστική 2.9MPa ενώ είχαμε επικάλυψη 50mm .

Μία από τις δοκούς δεν ενισχύθηκε καθόλου και αποτέλεσε τη δοκό αναφοράς. Από τις υπόλοιπες τρεις, η μία ενισχύθηκε με απλά φύλλα ΙΟΠ ενώ οι άλλες δύο με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ. Χρησιμοποιήθηκαν 5 στρώσεις φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα (CFRP) με ποσοστό ινών 65% κατά βάρος. Τα φύλλα είχαν πάχος 0.2mm και πλάτος 300mm ενώ το μέτρο ελαστικότητας ήταν 125GPa . Η απόσταση του άκρου του επόμενου φύλλου απ' το άκρο του προηγούμενου ήταν 100mm για να διευκολυνθεί η αγκύρωση, ενώ η συνολική διατομή φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα ήταν 300mm^2 . Η συνολική προένταση στα φύλλα ήταν 200MPa .

Οι δοκοί, οι οποίες ήταν ανεστραμμένες κατά την διάρκεια της ενίσχυσης, υποβλήθηκαν σε δοκιμή 4 σημείων (σχ.3). Για τις δύο πρώτες δοκούς η δύναμη εφαρμόστηκε σε απόσταση 1.6m από τα άκρα ενώ για τις άλλες δύο σε απόσταση 2.0m . Η παραμόρφωση της δοκού μετρήθηκε με ειδικούς αισθητήρες που ήταν τοποθετημένοι πάνω της.



σχήμα 3

2.3 Πειραματικά αποτελέσματα –Σχόλια

Αποτελέσματα του πειράματος φαίνονται στον πίνακα 1. Με μια ματιά παρατηρούμε ότι η προσθήκη μη προεντεταμένων φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα στη δοκό Β αύξησε σημαντικά το φορτίο αστοχίας, ενώ η χρησιμοποίηση προεντεταμένων φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα στις δοκούς Γ και Δ βελτίωσε σημαντικά τη λειτουργικότητα αυξάνοντας το φορτίο ρηγμάτωσης.

Διαγράμματα ροπών-μετατοπίσεων και ροπών-καμπυλοτήτων στο μέσο των δοκών φαίνονται στα σχήματα 4 και 5 αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι αρχικά οι δοκοί παρουσιάζουν γραμμική-ελαστική συμπεριφορά και η δοκός Α ρηγματώνεται για μικρό σχετικά φορτίο (περίπου 10% του φορτίου αστοχίας). Στη συνέχεια ο εφελκόμενος οπλισμός διαρρέει και τελικά η δοκός Α αστοχεί με την θραύση του σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη για παραμόρφωση 70mm .

Δοκός	Εξωτερική ενίσχυση	Ρηγμάτωση		Διαρροή χάλυβα		Αστοχία	
		Ροπή KNm	Μετατόπιση mm	Ροπή KNm	Μετατόπιση mm	Ροπή KNm	Μετατόπιση mm
A	Καμία	30	1	260	17	300	70
B	φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα	40	1	320	22	405	48
Γ	προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα	75	2	370	22	435	43

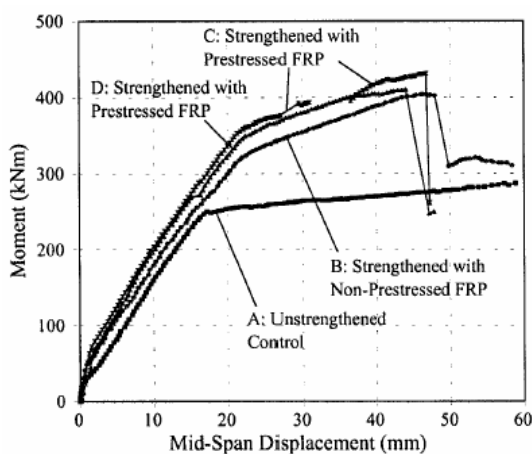
Δ	προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα	75	2	350	22	410	44
---	---------------------------------	----	---	-----	----	-----	----

Πίνακας 1

Πρέπει να σημειώσουμε ότι η προσθήκη φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα δεν άλλαξε την συμπεριφορά των δοκών πριν τη ρηγμάτωση καθώς η δυσκαμψία των δοκών δεν αυξάνεται με την προσθήκη προεντεταμένων ή μη φύλλων . Αυτό είναι λογικό αφού η διατομή των φύλλων είναι πολύ μικρή σε σχέση με αυτήν της δοκού.

Όσον αφορά τώρα το φορτίο ρηγμάτωσης ,η προσθήκη μη προεντεταμένων φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα αυξάνει ελάχιστα τη τιμή του , όμως για προεντεταμένα φύλλα η τιμή του φορτίου παρουσιάζει σημαντική αύξηση. Παρατηρούμε ότι τι φορτίο ρηγμάτωσης για τις δοκούς Γ και Δ είναι κατά 45 και 55KNm μεγαλύτερο από αυτό της δοκού Α. Μια αύξηση της ταξης του 150%.

Από τα διαγράμματα ροπών-παραμορφώσεων και ροπών-καμπυλοτήτων παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά των ενισχυμένων με φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα δοκών έχει αλλάξει. Τα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα συμμετέχουν στην ανάληψη εφελκυστικών τάσεων μαζί με τον εφελκυσμένο οπλισμό. Έτσι , στη δοκό Β το φορτίο διαρροής είναι κατά 20% μεγαλύτερο σε σχέση με τη δοκό Α. Στις δοκούς Γ και Δ τώρα, που είναι ενισχυμένες με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα ,έχουμε ανακούφιση του εφελκυσμένου οπλισμού με αποτέλεσμα το φορτίο διαρροής σε αυτές να είναι κατά 35% και 40% αντίστοιχα μεγαλύτερο απ' ότι στην δοκό Α.



σχήμα 4

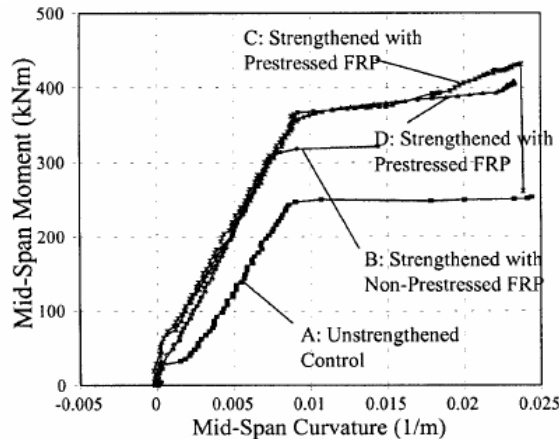


FIG. 5. Moment-Curvature Curves

σχήμα 5

Το φορτίο αστοχίας παρουσιάζει και αυτό αύξηση , που φτάνει στη δοκό Β το 35% και στις δοκούς Γ και Δ το 45%. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην αλλαγή του τρόπου αστοχίας. Δηλαδή , ενώ η δοκός Α αστοχεί λόγω θραύσης του σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη , η δοκός Β αστοχεί λόγω αποκόλλησης των φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα και οι δοκοί Γ και Δ αστοχούν λόγω θραύσης των φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα στο μέσο της δοκού.

Η μετατόπιση και η καμπυλότητα σε κάθε σημείο των δοκών που είχαν ενισχυθεί με φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα (Β,Γ,Δ) παρουσιάζουν μείωση σε σχέση με τη δοκό αναφοράς Α. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ικανότητα των φύλλων ΙΟΠ-άνθρακα να ελέγχουν τη ρηγμάτωση των δοκών. Η ενίσχυση με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα μειώνει ακόμα περισσότερο τις μετατοπίσεις και τις καμπυλότητες γιατί δίνει μια αρνητική καμπυλότητα αρχικά στη δοκό.

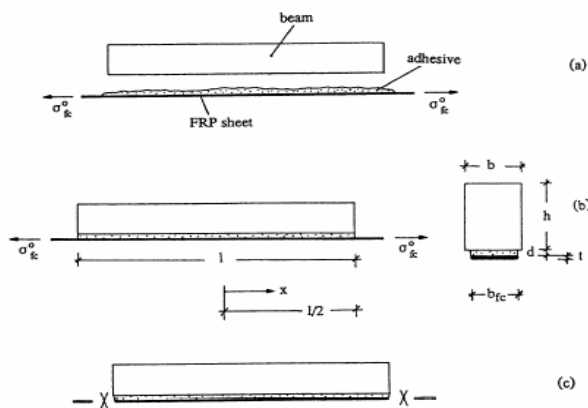
Τέλος , πρέπει να τονίσουμε ότι η σημασία της καθυστέρησης εμφάνισης ρωγμών είναι αρκετά σημαντική γιατί όχι μόνο η δοκός διατηρεί την αρχική της δυσκαμψία για μεγαλύτερο φορτίο αλλά γιατί καθυστερείται η εμφάνιση των ρωγμών που οδηγούν στην αστοχία.

3.ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΙΟΠ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΔΟΚΟΥ ΚΑΙ ΑΓΚΥΡΩΝΟΝΤΑΣ ΜΕ ΡΗΤΙΝΗ ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΣΤΑ ΑΚΡΑ. (Triantafillou et al. 1992)

3.1 Τρόπος εφαρμογής

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο το φύλλο ΙΟΠ αρχικά προεντίνεται ξεχωριστά και εφαρμόζεται σ' αυτό ειδική ρητίνη σχ. 6(a). Στη συνέχεια τοποθετείται στο εφελκόμενο πέλμα της δοκού και αφήνεται εκεί μέχρι να σκληρυνθεί πλήρως η ρητίνη σχ. 6(b). Τελικά κόβουμε τα δύο άκρα του φύλλου και η προένταση έχει πλέον μεταφερθεί στη δοκό σχ.6(c).

Πιο αναλυτικά , η επιφάνεια της δοκού χρειάζεται να ατριευτεί μέχρι να εμφανιστούν τα αδρανή και στη συνέχεια να καθαριστεί. Επίσης , και η επιφάνεια του φύλλου ΙΟΠ πρέπει να ατριευτεί και να καθαριστεί με ακετόνη λίγο πριν την επάλειψη της ειδικής ρητίνης. Στη συνέχεια γίνεται η προένταση του φύλλου ΙΟΠ με την βοήθεια δύο ζευγαριών μεταλλικών πλακών οι οποίες συγκολλούνται με ισχυρή ρητίνη στα άκρα του φύλλου έτσι ώστε να αποτελέσουν σημεία στήριξης για την προένταση. Το ένα άκρο αγκυρώνεται σε μια δοκό και το άλλο συνδέεται με το γρύλο που θα προεντίνει το φύλλο αντιδρώντας στη δοκό. Πρέπει να σημειώσουμε ότι έχουν προσδιοριστεί αναλυτικοί τύποι από *Triantafillou and Deskovic 1991* που υπολογίζουν τη μέγιστη δύναμη προέντασης που μπορεί να εφαρμοστεί έτσι ώστε να μην έχουμε άμεση αποκόλληση σκυροδέματος στα άκρα με την εφαρμογή της προέντασης. Ακολούθως γίνεται η επάλειψη της ρητίνης τόσο στο φύλλο ΙΟΠ όσο και στη δοκό και τα δύο έρχονται σε επαφή. Κάτω απ' το φύλλο ΙΟΠ τοποθετείται μαλακό επίπεδο ξύλο για στήριξη και πάνω στη δοκό τοποθετούνται βάρη για μεγαλύτερη πίεση. Μετά από 2 περίπου εβδομάδες έχει σκληρυνθεί η ρητίνη και ελευθερώνονται τα άκρα μεταφέροντας την προένταση στην δοκό.



σχήμα 6(a),(b),(c)

3.2 Πειραματικά δεδομένα

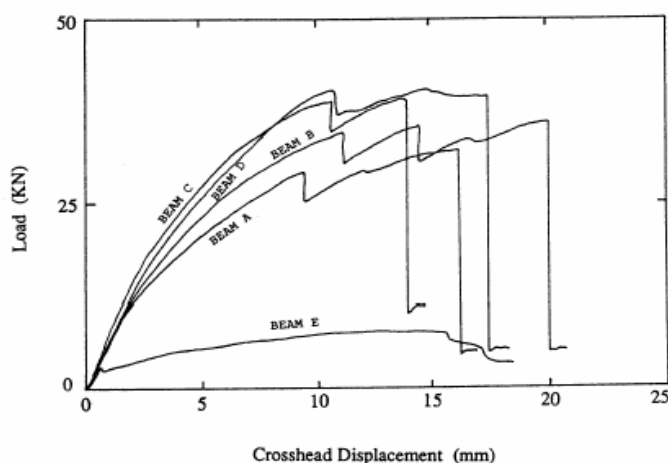
Χρησιμοποιήθηκαν 5 δοκοί μήκους 1.20m, πλάτους 0.07m και ύψους 0.12m, οι οποίες και υποβλήθηκαν σε δοκιμή κάμψης 3 σημείων με άνοιγμα 0.96m. Τα χαρακτηριστικά κάθε δοκού φαίνονται στον πίνακα 2, ενώ εκτός από το διαμήκη σπλισμό είχαμε και εγκάρσιο με συνδετήρες Φ4/40. Το όριο διαρροής του χάλυβα ήταν 414MPa ενώ για το σκυρόδεμα είχαμε όριο θραύσης 28.8 MPa, μέτρο ελαστικότητας 31.6GPa και όριο εφελκυστικής αντοχής 4.2 MPa. Τα φύλλα ΙΟΠ είχαν ίνες άνθρακα (CFRP) σε ποσοστό 60% κατά βάρος ενώ είχαν μέτρο ελαστικότητας 115GPa. Η ρητίνη είχε μέτρο διάτμησης 2.7GPa.

Δοκός	Πάχος φύλλου ΙΟΠ mm	Πλάτος φύλλου ΙΟΠ mm	Διάμετρος διαμήκη σπλισμού mm	Αρχική δύναμη προέντασης MPa
A	0.75	50	4	280
B	1.00	50	4	180
Γ	1.00	50	6	230
Δ	1.00	70	4	190
E	0.00	0	4	0

Πίνακας 2

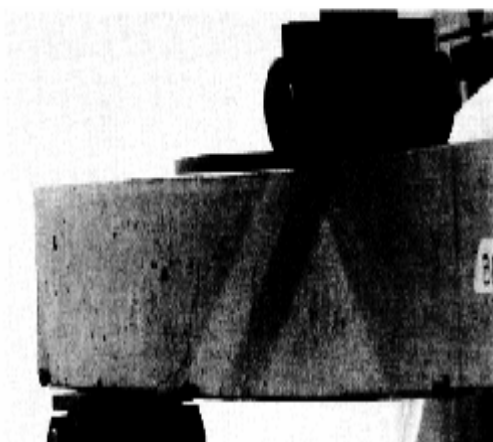
3.3 Πειραματικά αποτελέσματα – Σχόλια

Τα διαγράμματα φορτίων-παραμορφώσεων φαίνονται στο σχ.7. Η δοκός αναφοράς (E) αστόχησε λόγω διάρρηξης του σκυροδέματος στην εφελκυσόμενη ζώνη. Όλες οι άλλες αστόχησαν με περίπου παρόμοιο τρόπο. Διαγώνιες ρωγμές είχαν σαν αποτέλεσμα την αποκόλληση του προεντεταμένου φύλλου ΙΟΠ-άνθρακα στα άκρα (σχ.8(α)) γεγονός που συνοδεύεται από μικρή πτώση του φορτίου (σχ.7). Η αποκόλληση όμως του προεντεταμένου φύλλου ΙΟΠ-άνθρακα εμποδίζεται στη συνέχεια από τις στηρίξεις λόγω των δυνάμεων αντίδρασης που ασκούν στη δοκό. Έτσι, το φορτίο αυξάνεται επιπλέον μέχρι την αστοχία του σκυροδέματος στην θλιβόμενη ζώνη που ακολουθείται από πλήρη αποκόλληση του προεντεταμένου φύλλου (σχ.8(β)). Σε σχέση με τις δοκούς A και B, η ρηγμάτωση στις Γ και Δ είναι πιο ελεγχόμενη εξαιτίας του μεγαλύτερου ποσοστού ενίσχυσης.

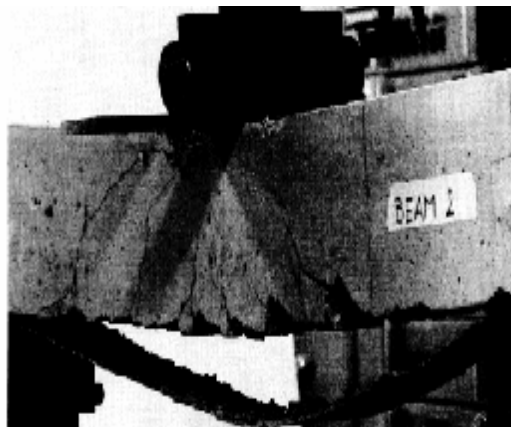


σχήμα 7

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι και οι τέσσερις ενισχυμένες δοκοί με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ-άνθρακα παρουσίασαν πολύ μεγαλύτερη αντοχή (3-4 φορές μεγαλύτερη) σε σχέση με αυτήν της δοκού αναφοράς (E). Επίσης, οι ενισχυμένες δοκοί διατήρησαν τη δυσκαμψία τους σταθερή για μεγαλύτερες τιμές φορτίου με αποτέλεσμα να παραμορφώνονται γραμμικά-ελαστικά για μεγαλύτερα φορτία.



σχήμα 8(α)

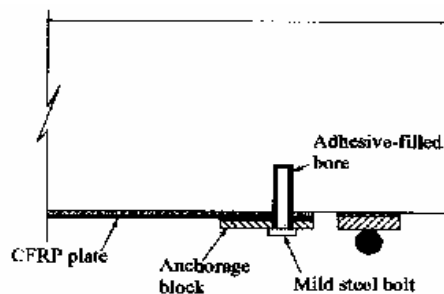


σχήμα 8(β)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ βελτιώνουν σημαντικά την λειτουργικότητα των δοκών. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτά είναι πιο αποτελεσματικά στη μείωση των ρωγμών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι δοκοί με τα προεντεταμένα φύλλα να παρουσιάζουν μικρότερα βέλη και καμπυλότητες στην αστοχία. Επίσης, τα προεντεταμένα φύλλα αυξάνουν το φορτίο διαρροής του εφελκόμενου οπλισμού γιατί τον αποφορτίζουν πριν την εφαρμογή των φορτίων λειτουργίας. Τέλος, η ενίσχυση με προεντεταμένα ή μη φύλλα ΙΟΠ αυξάνει εξίσου το φορτίο αστοχίας αλλά τα προεντεταμένα φύλλα παραμένουν ελάχιστα πιο αποτελεσματικά γιατί εμποδίζουν την πρόωρη αστοχία λόγω εφελκυστικών ρωγμών.

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν δύο μέθοδοι προέντασης και αγκύρωσης φύλλων ΙΟΠ σε δοκούς. Η μέθοδος εκείνη κατά την οποία η αγκύρωση στα άκρα γίνεται με την χρήση ρητίνης παρουσιάζει αβεβαιότητα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της αγκύρωσης. Για το λόγο αυτό έχουν προταθεί δύο τρόποι ενίσχυσης της αγκύρωσης στα άκρα, ο ένας με περίσφιξη των άκρων με σύνθετες λωρίδες και ο άλλος με επικόλληση μεταλλικών πλακών στα άκρα του φύλλου και αγκύρωση με βίδες (σχ.9). Έτσι οι δοκοί δεν αστοχούν πλέον από αποκόλληση στα άκρα αλλά από θραύση του φύλλου.



Όσον αφορά την άλλη μέθοδο αγκύρωσης και προέντασης δεν έχουμε κανένα πρόβλημα αποκόλλησης γιατί τα προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ συνδέονται απ' ευθείας με το μηχανικό σύστημα αγκύρωσης που παραμένει στην δοκό και μετά την προένταση. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η δυνατότητα αγκύρωσης περισσότερων του ενός προεντεταμένων φύλλων ΙΟΠ. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να επιτύχουμε τον επιθυμητό τρόπο προέντασης της δοκού αφού δεν περιοριζόμαστε από την εφελκυστική αντοχή ενός μεμονωμένου φύλλου ΙΟΠ αλλά ούτε και από τη μέγιστη δύναμη αγκύρωσης σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο.

Με βάση όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι παρ' όλο που η ενίσχυση δοκών με προεντεταμένα φύλλα ΙΟΠ παρουσιάζει δυσκολίες στην εφαρμογή εντούτοις προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα που μας ωθούν να την λάβουμε περισσότερο υπόψη στο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Τριανταφύλλου Θ., (2001)
"Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών & Κατασκευών", Πανεπιστήμιο Πατρών
- Wight R., Green M., Erki M-A. (2001)
"Prestressed FRP Sheets for Poststrengthening Reinforced Concrete Beams",
JOURNAL OF COMPOSITES FOR CONSTRUCTION/NOVEMBER 2001
- Triantafillou T., Deskovic N., Deuring M., (1992)
"Strengthening of Concrete Structures with Prestressed Fiber Reinforced Plastic Sheets"
ACI Structural Journal /May-June 1992
- Uomoto T., Mutsuyoshi H., Katsuki F., Misra S. (2002)
"Use of Fiber Reinforced Polymer Composites as Reinforcing Material for Concrete"
JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING/ MAY-JUNE 2002
- Garden H., Hollaway L. (1998)
"An Experimental Study of the Failure Modes of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Prestressed Carbon Composite Plates"
Elsevier Science 1998