

ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΜΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΑΣΚΟΥΝΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

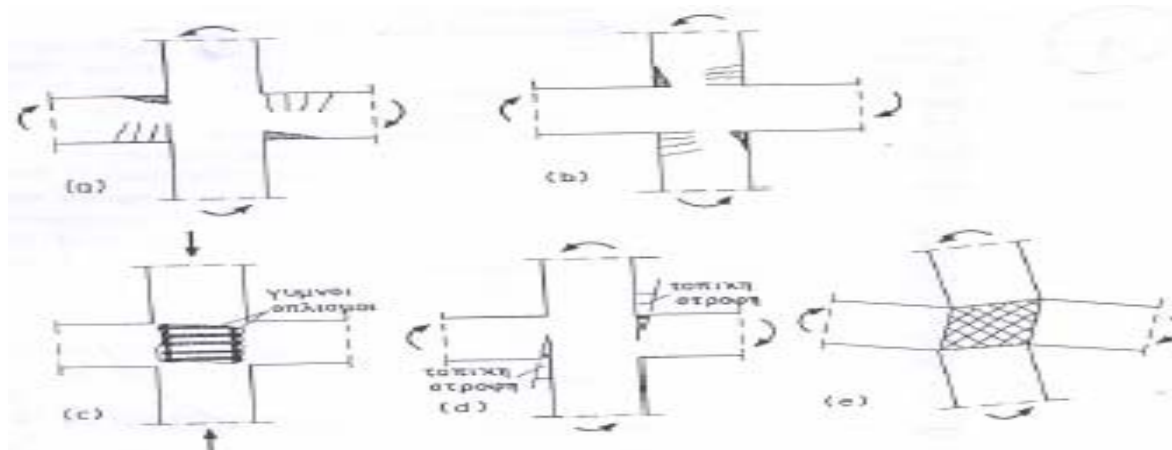
Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι τύποι αστοχίας των κόμβων, τα αίτια που προξενούν βλάβες σε αυτούς καθώς και μία εργασία διερεύνησης των παραμέτρων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τρόποι επεμβάσεων σε κόμβους βάση του ΚΑΝΕΠΕ οι οποίοι συνοδεύονται και από την παρουσίαση αποτελεσμάτων εργασιών από την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία και στηρίζονται σε πειραματικές έρευνες. Τέλος γίνεται η παρουσίαση μίας εργασίας που περιλαμβάνει την μελέτη ενίσχυσης κόμβων με ιδιικού τύπου ινοπλισμένο σκυρόδεμα.

1.Εισαγωγή

Σε μία σεισμογενή χώρα όπως η Ελλάδα η εμπειρία έχει δείξει πως οι κόμβοι αποτελούν από τις πιο κρίσιμες περιοχές μίας κατασκευής. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εντάσεις που προκαλούνται σε μία κατασκευή εξαιτίας ενός δυνατού σεισμού συγκεντρώνονται στους κόμβους. Επομένως βλάβες στους κόμβους οδηγούν στην υποβάθμιση της ακαμψίας του εκάστοτε φέροντος στοιχείου γεγονός που με τη σειρά του οδηγεί σε ανεξέλεγκτες ανακατανομές εντάσεων στην κατασκευή έως του βαθμού κατάρρευσής της.

2.ΒΛΑΒΕΣ



Σχήμα 1: Τύποι αστοχίας κόμβων

(α): Η δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στις δοκούς είναι επιθυμητός τρόπος αστοχίας βάση του ικανοτικού σχεδιασμού.

(β): Η δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στα υποστυλώματα είναι ανεπιθύμητος τρόπος αστοχίας βάση του ικανοτικού σχεδιασμού.

(γ): Η αποφλοίωση της επικάλυψης του κόμβου οδηγεί σε σημαντική μείωση της φέρουσας ικανότητας του υποστυλώματος.

(δ): Η αστοχία της αγκύρωσης των διαμήκων ράβδων της δοκού οδηγεί σε σημαντικές τοπικές στροφές στη διεπιφάνεια δοκού-υποστυλώματος.

(ε): Η αστοχία από διάτμηση πρέπει να αποφεύγεται γιατί είναι ένας ψαθυρός τρόπος αστοχίας (το σκυρόδεμα του κόμβου αστοχεί σε εφελκυσμό).

2.1 ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΩΝ

- Απουσία σχεδιασμού των κόμβων λόγω ανεπάρκειας ή και έλλειψης παλαιών κανονισμών. Κακή σκυροδέτηση ή/και κακή συμπύκνωση του σκυροδέματος εξαιτίας του ότι οι κόμβοι είναι μία περιοχή συνωστισμού πολλών οπλισμών.
- Έλλειψη συνδετήρων με αποτελέσματα : τον λυγισμό των διαμήκων ράβδων των υποστυλωμάτων, την αποφλοίωση του σκυροδέματος, την διατμητική αστοχία του κόμβου.
- Ανεπαρκές μήκος αγκύρωσης διαμήκων ράβδων δοκών με αποτέλεσμα της απώλεια πρόσφυσης αυτών γεγονός που επιδρά δυσμενώς στην αντοχή, την δυσκαμψία και την απορρόφηση ενέργειας κατά την ανακυκλιζόμενη φόρτηση.
- Ανεπαρκές μήκος αγκύρωσης και μήκος μάτισης διαμήκων ράβδων υποστυλωμάτων με αποτέλεσμα την ολίσθηση αυτών και την εμφάνιση πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των υποστυλωμάτων.
- Η τοιχοποιία μέσω : δυσμενών τοπικών δράσεων στον κόμβο, επέκτασης ρωγμών από αυτή στον κόμβο (υποβοηθούμενες βέβαια και από κάποιον ή κάποιους από τους παραπάνω παράγοντες).

2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

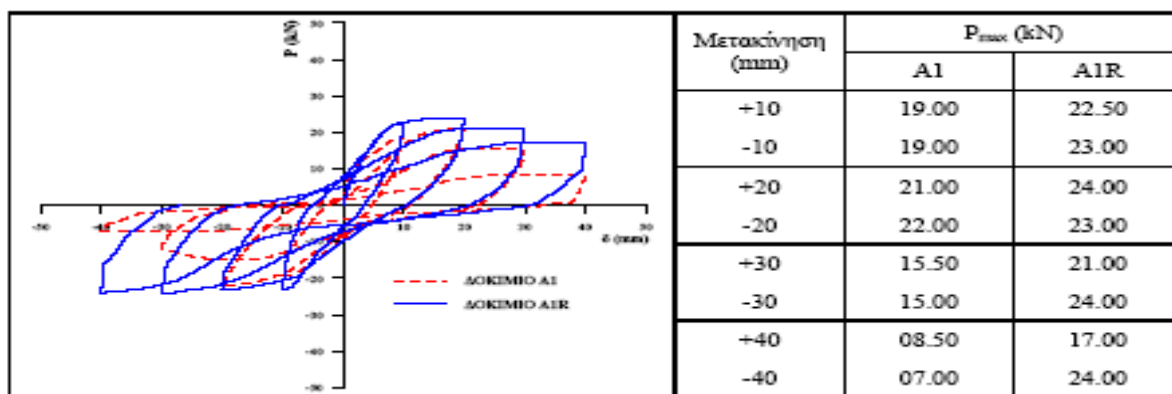
Από μελέτη μίας βάσης 314 πειραματικών δεδομένων για κόμβους υποβαλλόμενους σε πλευρική φόρτιση έγινε προσπάθεια προσομοίωσης της διατμητικής συμπεριφοράς τους με διάφορα μαθηματικά μοντέλα. Στην εργασία αυτή εξετάστηκε στη συνέχεια με την χρήση αυτών των μοντέλων η επίδραση των παραγόντων τρόπος αστοχίας, κλίμακα, παραμόρφωση οπλισμού και τύπος αγκύρωσης. Τα αποτελέσματα είχαν ως εξής :

- Η θλιπτική δύναμη σκυροδέματος, ο οπλισμός της δοκού, οι συνδετήρες του κόμβου, η επίπεδη γεωμετρία του κόμβου, η μη επίπεδη γεωμετρία του κόμβου και η εκκεντρότητα στον κόμβο είναι πιο σημαντικές παράμετροι από άλλες για τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής του κόμβου.
- Το αξονικό φορτίο είναι η πιο σημαντική παράμετρος προσδιορισμού της διατμητικής δύναμης που αναπτύσσεται στον κόμβο.
- Αύξηση των τιμών των παραμέτρων θλιπτική δύναμη σκυροδέματος, ο οπλισμός της δοκού, η επίπεδη γεωμετρία του κόμβου και η μη επίπεδη γεωμετρία του κόμβου οδηγεί σε αύξηση της διατμητικής τάσης και διατμητικής παραμόρφωσης του κόμβου. Επίσης αύξηση των συνδετήρων στον κόμβο βελτιώνει τη διατμητική ακαμψία του ενώ αύξηση της εκκεντρότητας στον κόμβο μειώνει τη διατμητική ακαμψία [6].

3. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΟΜΒΟΥ ΜΕ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΗ

Σύμφωνα με πειραματική έρευνα σε ακραίο κόμβο χωρίς αρχικό εγκάρσιο οπλισμό που υποβλήθηκε σε εναλλασσόμενη καταπόνηση και στη συνέχεια επισκευάστηκε με πλήρωση όλων των ρωγμών που προκλήθηκαν με ενέσιμη εποξειδική ρητίνη και επανυποβλήθηκε στην ίδια με την προηγούμενη καταπόνηση, τα αποτελέσματα ήταν :

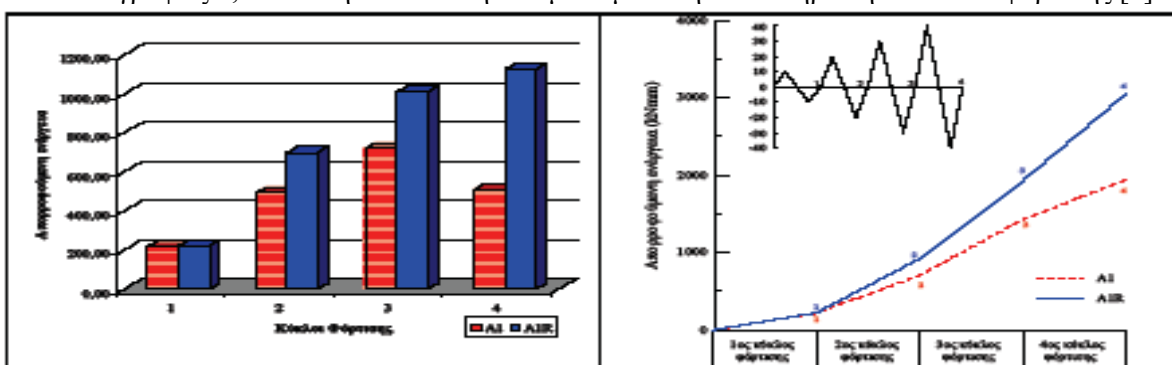
(A1 δοκίμιο ελέγχου, A1R επισκευασμένο δοκίμιο)



Σχήμα 2: Συγκριτική υστερική απόκριση δοκιμίων A1-A1R, μέγιστες τιμές φορτίων ανά κύκλο φόρτισης [1]



Φωτογραφίες 1,2: Τελική κατάσταση δοκιμίων μετά την ολοκλήρωση 4 κύκλων φόρτισης [1]



Σχήμα 3: Συγκριτικά διαγράμματα απορροφούμενης και συνολικής απορροφούμενης ενέργειας δοκιμίων [1]

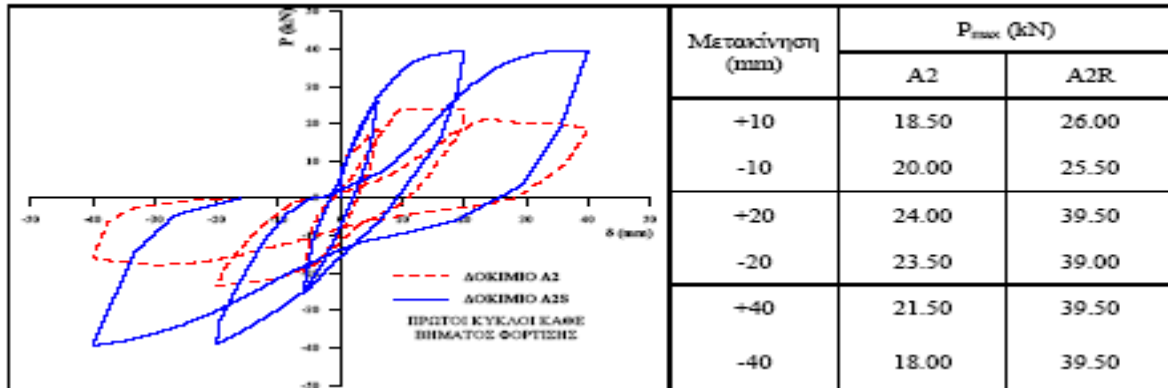
Η μέθοδος της εφαρμογής ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης αποκατέστησε πλήρως τις βλάβες. Το επιδιορθωμένο δοκίμιο παρουσίασε διαφορετική μορφή βλάβης, καθώς οι βλάβες επικεντρώθηκαν στην περιοχή της δοκού με τη μορφή πλαστικής άρθρωσης. Η περιοχή του κόμβου παρέμεινε ανέπαφη σε αντίθεση με το αρχικό δοκίμιο στο οποίο είχε υποστεί εκτεταμένες βλάβες. Το επιδιορθωμένο δοκίμιο παρουσίασε καλύτερη συμπεριφορά τόσο στην παραλαβή του μέγιστων φορτίων όσο και στην δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας, ενώ χρειάστηκε η επιβολή επιπλέον βήματος φόρτισης, ώστε να σημειωθεί πτώση κατά 50% του μέγιστου φορτίου [1].

4.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΑΝΔΥΑ Ο.Σ.

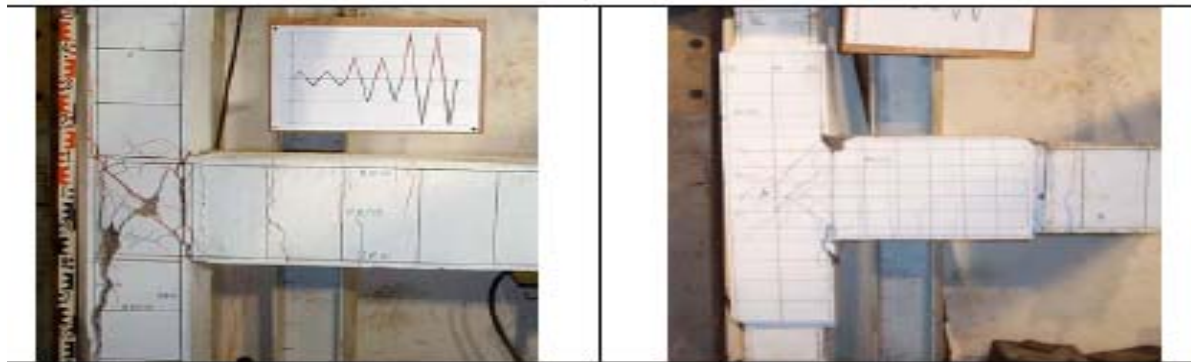
Βάση ΚΑΝΕΠΕ η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται όταν υφίσταται ανεπάρκεια του κόμβου λόγω διαγώνιας θλίψης οπότε απαιτείται αύξηση των διατομών, ανεπάρκεια μήκους αγκύρωσης των διαμήκων ράβδων των δομικών στοιχείων που συντρέχουν στον κόμβο

οπότε απαιτείται βελτίωση των συνθηκών αγκύρωσης με πρόσθετη περίσφυξη. Σύμφωνα με πειραματική έρευνα σε ακραίο κόμβο χωρίς αρχικό εγκάρσιο οπλισμό που υποβλήθηκε σε εναλλασσόμενη καταπόνηση και στη συνέχεια ενισχύθηκε με ένα τύπο λεπτού μανδύα και επανυποβλήθηκε στην ίδια με την προηγούμενη καταπόνηση, τα αποτελέσματα ήταν :

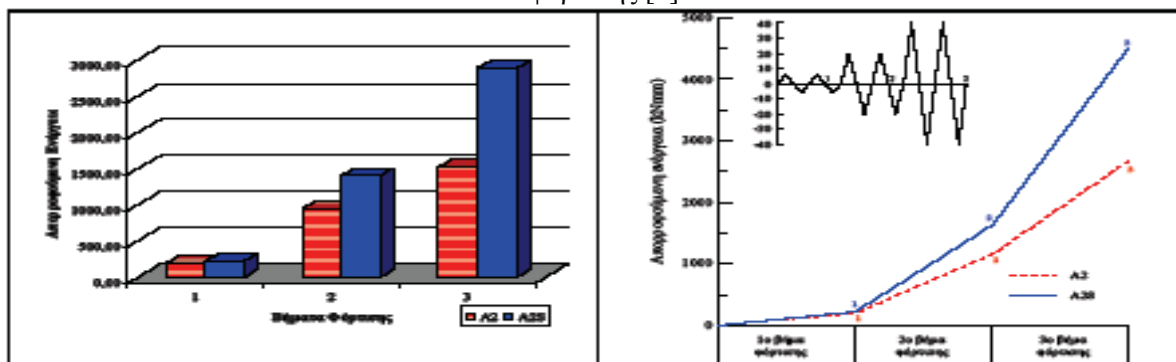
(A2 δοκίμιο ελέγχου, A2R επισκευασμένο δοκίμιο)



Σχήμα 4: Συγκριτική υστερική απόκριση δοκιμίων A2-A2R, μέγιστες τιμές φορτίων για κάθε πρώτο κύκλο φόρτισης ανά βήμα φόρτισης [1]



Φωτογραφίες 3,4: Τελική κατάσταση δοκιμίων μετά την ολοκλήρωση 3 βημάτων (6 κύκλων) φόρτισης [1]



Σχήμα 5: Συγκριτικά διαγράμματα απορροφούμενης και συνολικής απορροφούμενης ενέργειας δοκιμίων [1]

Η προτεινόμενη μέθοδος ενίσχυσης με λεπτό περιμετρικό μανδύα ενίσχυσε και βελτίωσε σημαντικά τη συμπεριφορά του δοκιμίου. Οι βλάβες και στα δύο δοκίμια επικεντρώθηκαν στην περιοχή του κόμβου. Στο ενισχυμένο δοκίμιο όμως, η αποδιοργάνωση της περιοχής του κόμβου έγινε με πιο αργούς ρυθμούς, ενώ χρειάστηκε η επιβολή επιπλέον βήματος φόρτισης για να σημειωθεί πτώση του φορτίου στο 50% του μεγίστου. Το ενισχυμένο δοκίμιο, κατάφερε επίσης, να αναλάβει σημαντικά μεγαλύτερα φορτία, ενώ είχε καλύτερη συμπεριφορά και στη δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας. Η προτεινόμενη μεθοδολογία έχει

ουσιαστικά πλεονεκτήματα έναντι των συνήθων μεθόδων επισκευή-ενίσχυσης, διότι αφ' ενός προσθέτει νέο οπλισμό και άρα δε βασίζεται στον υφιστάμενο, που έχει συνήθως υποστεί σημαντική κόπωση και εφ' ετέρου δε μεταβάλλει τις εξωτερικές διαστάσεις ώστε να παρουσιάζει τα προβλήματα των συνήθων μανδύων [1]. Σε με μία άλλη πειραματική έρευνα μελετήθηκε η αποδοτικότητα μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Εξετάστηκαν τρία όμοια δομικά υποσύνολα στύλου-κόμβου-δοκού-εγκάρσιας δοκού σε κλίμακα 1:2 που υποβλήθηκαν σε εναλλασσόμενη φόρτιση. Το O1 ήταν σχεδιασμένο βάση κανονισμών του '60 και του '70. Το GSL1 ήταν ενισχυμένο στην περιοχή των κόμβων και των στύλων με ολόπλευρο μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενώ το GSL2 με δίπλευρο μανδύα αντιπροσωπεύοντας τις ενισχύσεις στύλων και κόμβων που βρίσκονται στις γωνίες κτιρίων και είναι σε επαφή με αυτά άλλα γειτονικά κτίρια.



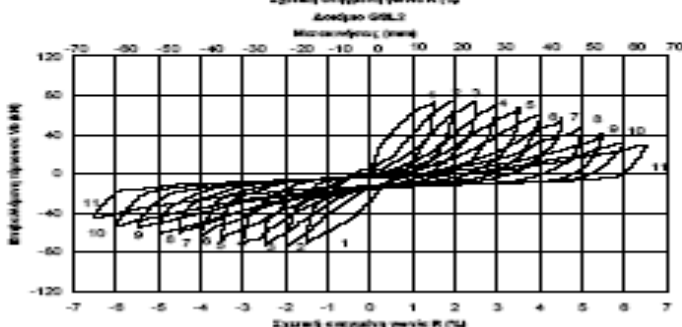
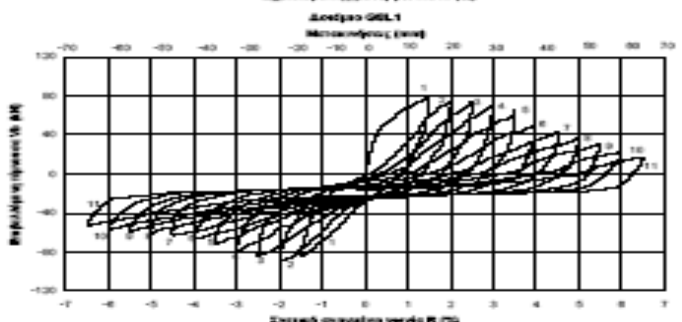
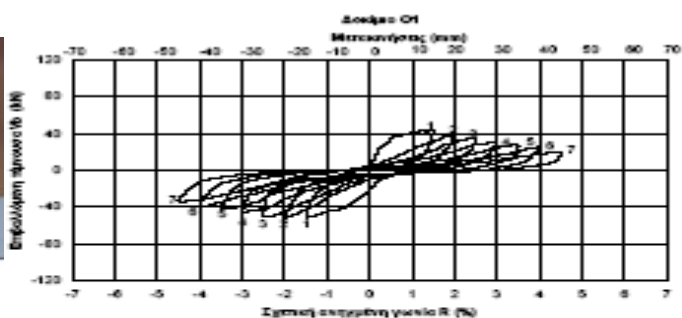
Δοκίμιο O₁



Δοκίμιο GSL₁



Δοκίμιο GSL₂



Φωτογραφίες 5,6,7: Εικόνα αστοχίας Δοκιμίων [3]

Σχήμα 6: Υστερητικοί βρόχοι φορτίου-μετατόπισης [3]

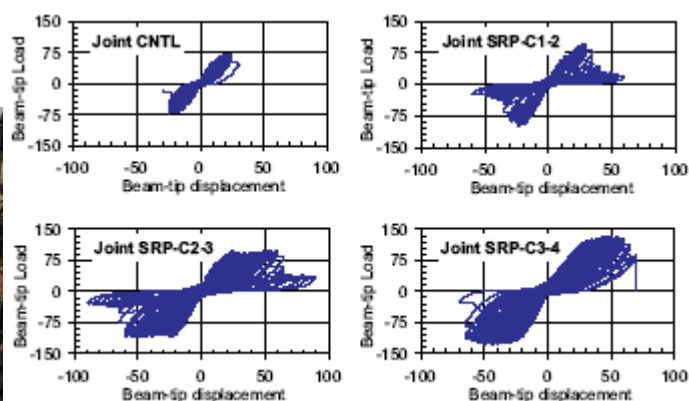
Το δοκίμιο O1 αστόχησε στον κόμβο εφόσον η ένταση στο δομικό αυτό στοιχείο είναι ισχυρότερη αυτής που καταπονεί τα υποστυλώματα. Στο του πειράματος παρατηρήθηκε στο δοκίμιο O1 έλλειψη ικανότητας παραλαβής αξονικού φορτίου. Η συμπεριφορά σε εναλλασσόμενη φόρτιση και των δύο ενισχυμένων δοκιμίων εμφανίστηκε εν γένει ιδιαίτερα βελτιωμένη συγκριτικά με εκείνη του αρχικού δοκιμίου. Τα δοκίμια GSL1, GSL2 εμφάνισαν το μεγαλύτερο τμήμα της βλάβης στη δοκό, ενώ ο κόμβος τους είχε πολύ μικρότερη βλάβη σε σύγκριση με αυτή της δοκού. Τα υποστυλώματα των δοκιμίων αυτών παρουσίασαν σχεδόν ασήμαντες αστοχίες. Αποδείχθηκε για μία ακόμη φορά ότι το ασθενέστερο δομικό στοιχείο μεταξύ υποστυλωμάτων και κόμβων, τόσο στο συμβατικό, όσο και στα ενισχυμένα

6.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ Ή ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Βάση ΚΑΝΕΠΕ η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται όταν υφίσταται ανεπάρκεια συνδετήρων στον κόμβο. Η τεχνική εφαρμόζεται μόνον με τη μορφή «οιονεί κλειστών» ενισχύσεων που περιβάλλουν το σώμα του κόμβου, ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης αγκύρωση των άκρων τους στα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος τα οποία συντρέχουν στον κόμβο. Τα φύλλα χάλυβα προτιμώνται να είναι κυματοειδούς μορφής λόγω της μεγαλύτερης τους εγκάρσιας δυσκαμψίας. Συνίσταται η χρήση υφασμάτων με ίνες προς δύο κύριες διευθύνσεις που να καλύπτουν τις απαιτήσεις του πάχους ανά διεύθυνση. Σε πειραματική έρευνα που έγινε τρία δοκίμια εξωτερικού επίπεδου κόμβου, κλίμακας 2:3, ενισχύθηκαν με φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών (SRP) (με διαφορετική διάταξη αυτών των φύλλων στο κάθε δοκίμιο), υποβλήθηκαν σε κυκλική φόρτιση και συγκρίθηκαν με ένα όμοιο δοκίμιο χωρίς όμως ενίσχυση αλλά υποβεβλημένο στην ίδια κυκλική φόρτιση (CNTL δοκίμιο χωρίς ενίσχυση, SPR-C1-2 δοκίμιο με δύο στρώσεις φύλλων SRP, SRP-C2-3 με τρεις στρώσεις φύλλων SRP, SRP-C3-4 με τέσσερις στρώσεις φύλλων SRP). Τα δοκίμια SRP-C2-3 και SRP-C3-4 ήταν επιπλέον τυλιγμένα με διαγώνια φύλλα SRP στο σώμα του κόμβου.

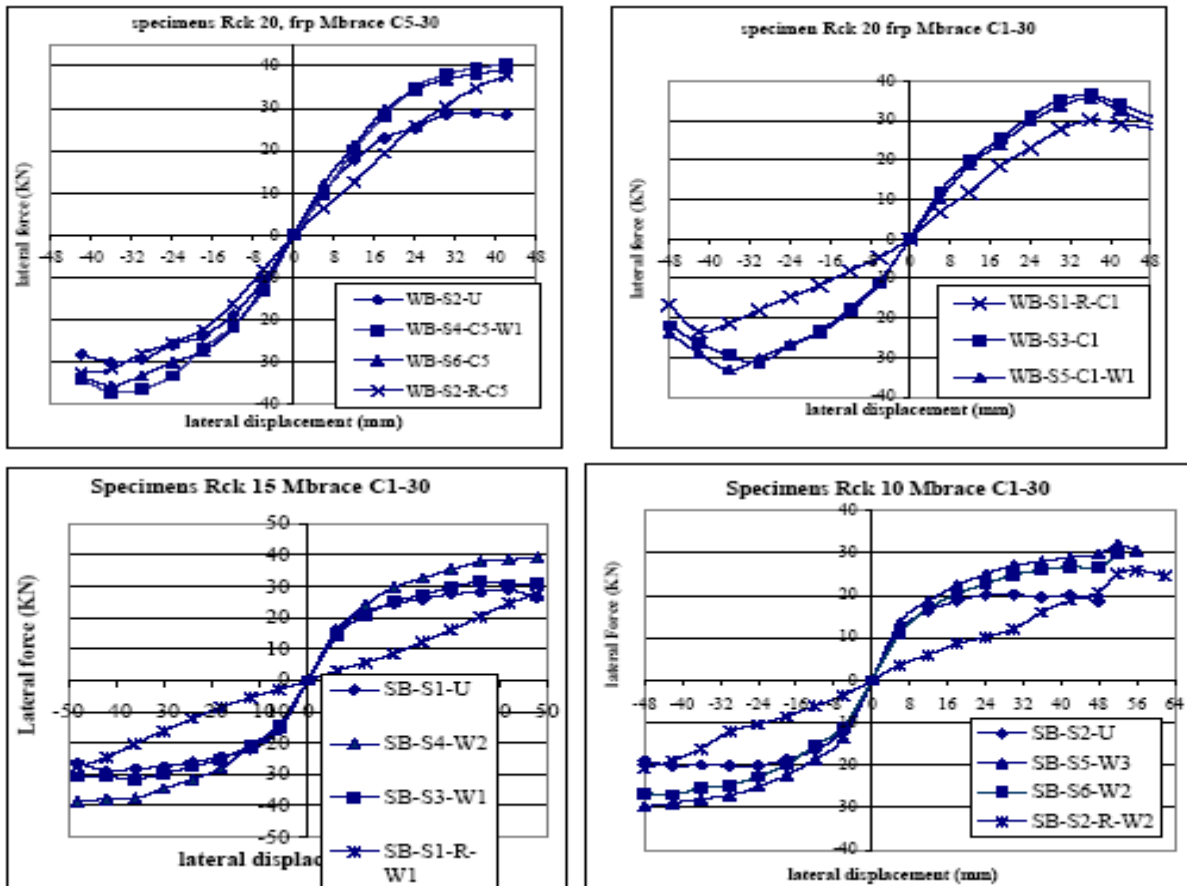


Φωτογραφίες 6,7: Ενισχυμένος κόμβος, αστοχία κόμβου χωρίς την ενίσχυση [7]

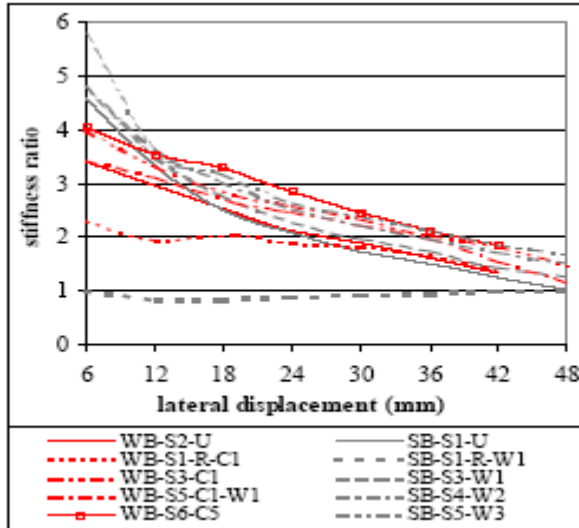


Σχήμα 8: Υστερητικοί βρόχοι φορτίου-μετατόπισης [7]

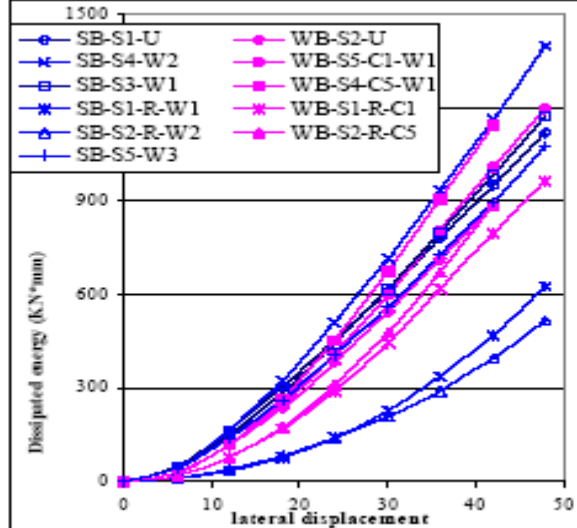
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φορτίο και η απορροφούμενη ενέργεια αυξήθηκαν σημαντικά αλλά όχι αναλογικά με τον αριθμό των φύλλων SRP. Τα φύλλα SRP έδειξαν να είναι λιγότερο αποτελεσματικά όταν ήταν τοποθετημένα με τις ίνες τους παράλληλα στην διεύθυνση της δοκού και του υποστύλωματος και πιο αποτελεσματικά όταν ήταν τοποθετημένα με τις ίνες τους σε διαγώνια διεύθυνση ως προς το σώμα του κόμβου. Γενικά οι ενισχυμένοι κόμβοι έδειξαν έναν πιο επιθυμητό τρόπο αστοχίας [7]. Σε μία άλλη πειραματική έρευνα εξετάστηκε η αποδοτικότητα ενίσχυσης επίπεδων εξωτερικών κόμβων με ύφασμα από CFRP σε τρεις στρώσεις και εξωτερικά αγκυρωμένο υπό την επίδραση φορτίων βαρύτητας μόνο ως προς τους μη ενισχυμένους αντίστοιχους κόμβους. Ακολουθήθηκαν δύο διατάξεις με έξι περιπτώσεις η κάθε μία. Η πρώτη διάταξη χαρακτηριζόταν από αδύναμες δοκούς (WB), ενώ η δεύτερη από ισχυρές δοκούς-αδύνατα υποστύλωματα (SB). Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικής δυσκαμψίας και αντοχής υλικά FRP (C1-30, C5-30). Υπήρξαν τρεις διαφορετικοί τρόποι εφαρμογής των υφασμάτων (W1 λωρίδες υφάσματος στις γωνίες δοκών-υποστυλωμάτων, W2 λεπτές διαγώνιες λωρίδες υφάσματος στο σώμα του κόμβου και στενές λωρίδες στις γωνίες δοκών-υποστυλωμάτων, W3 λεπτές διαγώνιες λωρίδες υφάσματος στο σώμα του κόμβου και πριν από αυτές κατακόρυφες λωρίδες κολλημένες στην εμπρόσθια και την πίσω όψη του υποστύλωματος)



Σχήμα 9: Υστερητικοί βρόχοι φορτίου-μετατόπισης [5]



Σχήμα 10: Διάγραμμα σύγκρισης δυσκαμψίας δοκιμίων [5]



Σχήμα 11: Διάγραμμα σύγκρισης απορροφούμενης ενέργειας δοκιμίων[5]

Η εφαρμογή του CFRP για την διάταξη (SB) μετέτρεψε την αστοχία από ψαθυρή στο σώμα του κόμβου σε πλάσιμη στη διεπιφάνεια δοκού-υποστυλώματος. Η εφαρμογή του CFRP είναι πιο αποδοτική για ενίσχυση από ότι για επισκευή. Παρ'όλα αυτά η επισκευή με αντικατάσταση του απολεσθέντος σκυροδέματος με ρευστοκονίαμα ήταν ανεπαρκής σε σχέση με την επισκευή με CFRP. Το τύλιγμα του CFRP διαγώνια στο σώμα του κόμβου ήταν πιο επιτυχές από την εφαρμογή του με την διεύθυνση των ινών του παράλληλα στη διεύθυνση της δοκού και του υποστυλώματος, γεγονός που οφείλεται στο ότι οι διαμητικές τάσεις αναπτύσσονται πάντα διαγώνια. Τέλος η ενίσχυση δε μετέτρεψε τον τρόπο αστοχίας

στη διάταξη (WB). Η αστοχία μετά την ενίσχυση ήταν και πάλι διαρροή της δοκού και αστοχία του υφάσματος σε εφελκυσμό [5].



Φωτογραφία 8: Διαμητική αστοχία δοκιμίου WB-S1-U [5]

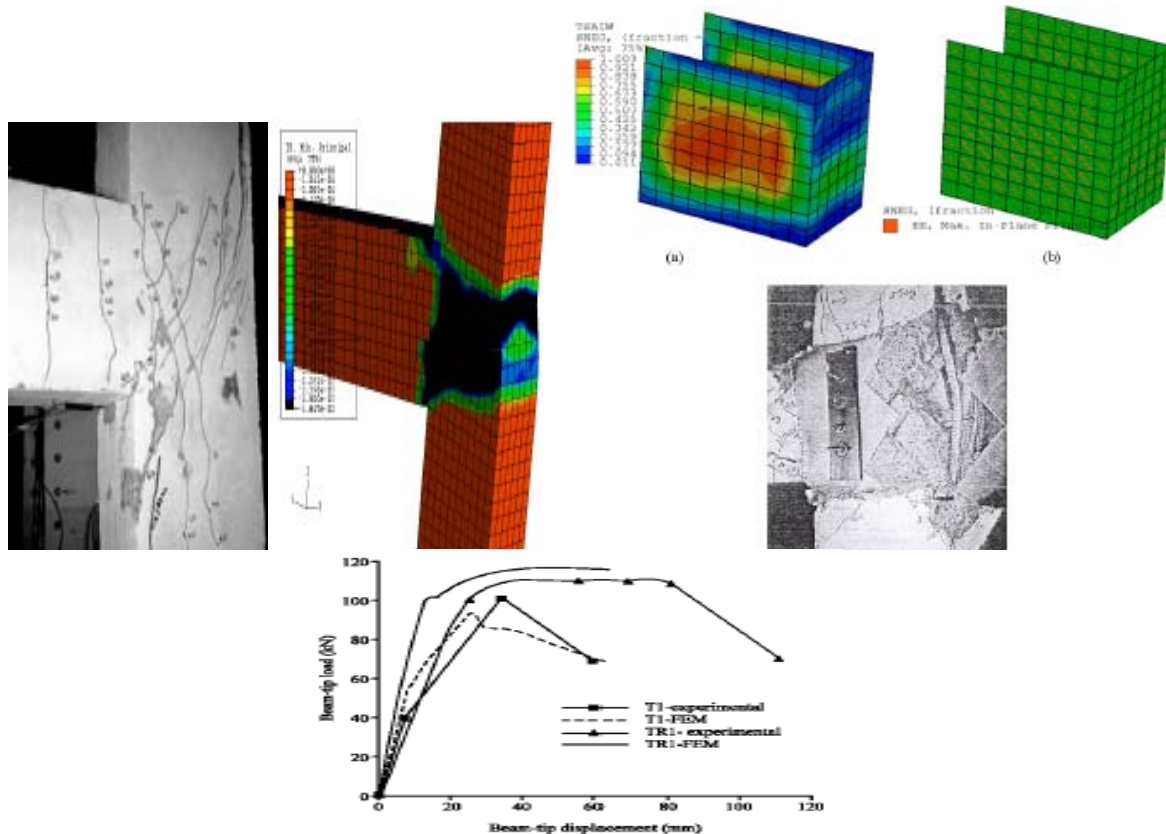


Φωτογραφία 9: Διαμητική αστοχία δοκιμίου SB-S2-U [5]

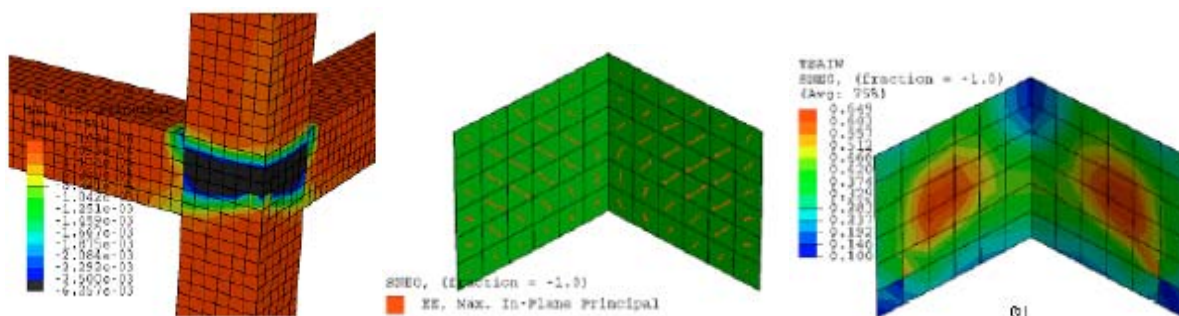
WB-S1-U
WB-S1-R-C1
WB-S3-C1
WB-S5-C1
WB-S1-U
WB-S2-R-CF
WB-S4-CF
WB-S6-CF
SB-S1-U
SB-S1-R-W1
SB-S3-W1
SB-S2-U
SB-S2-R-W1
SB-S4-W2
SB-S5-W3
SB-S6-W2

Σχήμα 14: Τα δοκίμια [5]

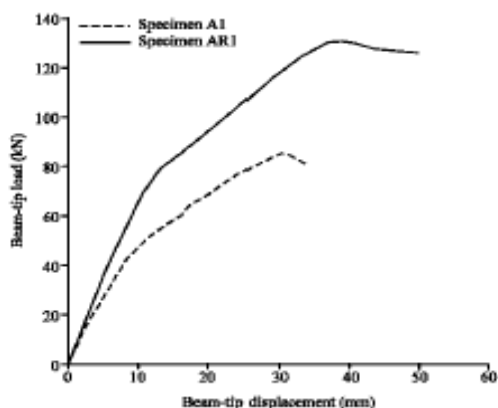
Σε μία ακόμα πειραματική έρευνα έγινε προσπάθεια προσομοίωσης της συμπεριφοράς ενός επίπεδου εξωτερικού κόμβου (με και χωρίς διαμητική ενίσχυση με στρώματα GFRP) με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων FEM. Συγκρίθηκαν τα αριθμητικά αποτελέσματα του μοντέλου από τη FEM με τα πειραματικά αποτελέσματα του δοκιμίου που προέκυψαν για πλευρική φόρτιση του κόμβου με και χωρίς ενίσχυση. Στη συνέχεια συγκρίθηκε η συμπεριφορά του συμβατικού με τον ενισχυμένο κόμβο σε τρισδιάστατη ανάλυση με FEM.



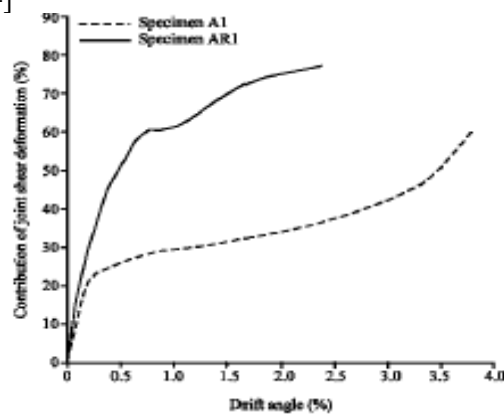
Σχήμα 15: Εικόνες αστοχίας δοκιμίων και τα αντίστοιχα μοντέλα FEM, αριστερά χωρίς ενίσχυση, δεξιά με ενίσχυση και συγκριτικό διάγραμμα φορτίου-μετατόπισης [4]



Σχήμα 16: Σύγκριση μοντέλων FEM 3-D ανάλυσης, αριστερά χωρίς την ενίσχυση, δεξιά με την ενίσχυση [4]



Σχήμα 17: Συγκριτικό διάγραμμα φορτίου-μετατόπισης [4]



Σχήμα 18: Συγκριτικό διάγραμμα διατμητικής παραμόρφωσης-γωνίας στροφής χορδής [4]

Το GFRP συνεργάζεται αποτελεσματικά με το σκυρόδεμα και ενισχύει τη διατμητική αντοχή του. Το GFRP δεν προκαλεί τον επιθυμητό τρόπο αστοχίας με τον σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των δοκών αλλά βελτιώνει τη διατμητική δυσκαμψία του κόμβου καθυστερώντας τη διάρρηξη του σκυροδέματος και ‘ελέγχοντας’ το εύρος των ρωγμών [4].

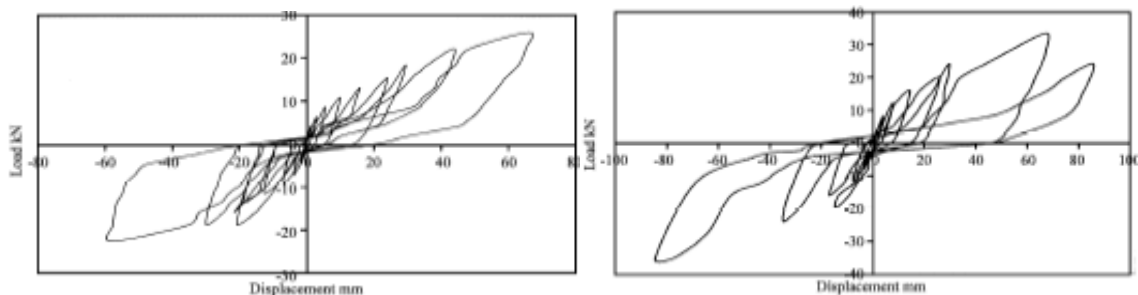
7. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Βάση ΚΑΝΕΠΕ η τεχνική αυτή επιλέγεται σε περίπτωση κόμβου οπότε γίνεται προσθήκη οριζόντιων και κατακόρυφων ράβδων.

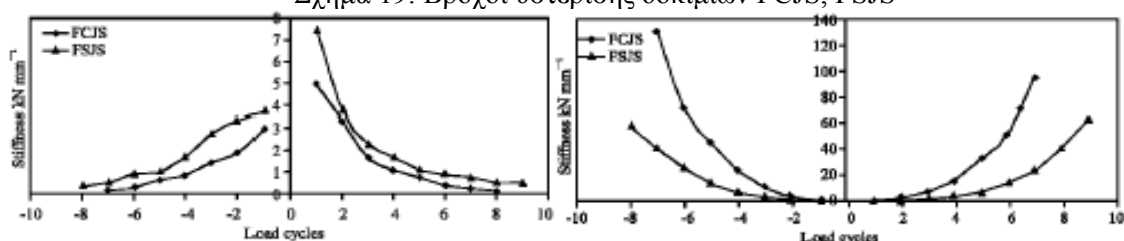
8. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ SIFCON

Σε πειραματική έρευνα που έγινε μελετήθηκε η συμπεριφορά των κόμβων ενός δύοροφου πλαισίου δύο φατωμάτων στη μεγάλη διεύθυνση και ενός στη μικρή υπό κλίμακα 1:8 όταν αυτό υποβλήθηκε σε δύο διαφορετικές σεισμικού τύπου φορτίσεις και στη συνέχεια συγκρίθηκε με την συμπεριφορά των κόμβων του ίδιου πλαισίου υπό τις ίδιες φορτίσεις αλλά ενισχυμένων αυτή τη φορά με σκυρόδεμα SIFCON. Πρόκειται για slurry infiltrate fibre concrete που διαφέρει με το steel fibre reinforced concrete ως προς την περιεκτικότητα και το % όγκου των ινών μέσα σε αυτό.

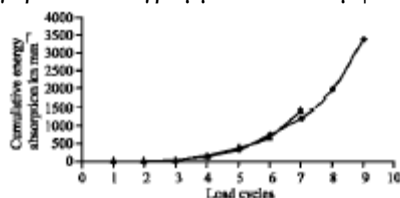
(FCJS πριν την ενίσχυση, FSJS μετά την ενίσχυση)



Σχήμα 19: Βρόχοι υστέρησης δοκιμίων FCJS, FSJS



Σχήμα 20: Συγκριτικά διαγράμματα δυσκαμψίας-κύκλων φόρτισης [8]



Σχήμα 21: Συγκριτικό διάγραμμα απορροφούμενης ενέργειας δοκιμίων [8]

Το ολικό φορτίο στο επισκευασμένο δοκίμιο παρατηρήθηκε 40% αυξημένο σε σχέση με του αρχικού δοκιμίου. Καμία παραμόρφωση ή διαγώνια ρωγμή δεν εμφανίστηκε στο επισκευασμένο δοκίμιο λόγω της επίδρασης των χαλύβδινων ινών. Η δυσκαμψία αυξήθηκε κοντά στο 50%. Η πλαστιμότητα αυξήθηκε 35% γιατί το συμβατικό δοκίμιο ήταν πιο δύσκαμπτο. Παρουσιάστηκε 132% περισσότερη απορροφούμενη ενέργεια. Οι παραμορφώσεις του ενισχυμένου δοκιμίου πολύ λίγο συγκρίσιμες ήταν με του συμβατικού δοκιμίου και αυτό αντέδρασε σαν άκαμπτο σώμα [8].

9.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καραγιάννης Χ., Σιρκέλης Γ.,
“Επισκευή και ενίσχυση ακραίων κόμβων ωπλισμένου σκυροδέματος με χρήση ενεσιμης ρητίνης και λεπτού μανδύα”, Τεχνικά χρονικά, 2004.
- [2] Τσώνος Α., “Σεισμική συμπεριφορά επισκευασμένων και ενισχυμένων δοκιμών από Ο/Σ”.
- [3] Τσώνος Α., Ρεντζεπέρης Ι.,
“Εξέταση αποδοτικότητας μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την ενίσχυση υποστυλωμάτων και κόμβων από Ο/Σ”, Τεχνικά χρονικά Νο 1-2, 103-114, 2006.
- [4] Danesh F., Esmaeeli E. and Farid Alam,
“Shear strengthening of 3D RC column-beam connection using GFRP: FEM study”, Asian Journal of Applied Sciences 1 (3): 217-227, 2008.
- [5] D’Ayala D., Penford A., Valentini S.,
“Use of FRP fabric strengthening of reinforced concrete beam-column joints”.
- [6] Kim J. and La Fave J.,
“Joint shear behavior prediction in RC beam-column connections subjected to seismic lateral loading”. Proc. of the 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China, 2008.
- [7] Ridvan I.,
“Strengthening of beam-column joints with steel reinforced polymer (SRP) sheets for earthquake loads”.
- [8] Thamilsevli P. and Devadas Manoharan P.,
“Study of the behavior of reinforced concrete frames with slab using SIFCON in beam column joints”, Journal of Engineering and Applied Sciences 3 (1): 104-108, 2008.