

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ

ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Περίληψη-Εισαγωγή [1]

Οι κατασκευές συχνά υφίσταται βλάβες από διάφορες αιτίες, η κυριότερη των οποίων είναι οι σεισμικές δράσεις. Η επέμβαση σε μια οικοδομή που έχει υποστεί βλάβες από σεισμό είναι δυνατόν να έχει ως στόχο είτε να προσδώσει στην κατασκευή την ικανότητα που αυτή θα είχε αν σχεδιαζόταν από την αρχή με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς, είτε να επαναφέρει το κτήριο στην κατάσταση που ήταν προ του σεισμού. Στη πρώτη περίπτωση ο στόχος της επέμβασης διασφαλίζεται με επισκευή και ενίσχυση εφόσον κρίνεται αναγκαίο, ενώ στην δεύτερη με επισκευή μόνο αυτών που έχουν βλάβες.

Κατά τους τελευταίους καταστροφικούς σεισμούς στον ελληνικό χώρο (Θεσσαλονίκη '78, Αλκωνίδες '81, Καλαμάτα '85 και Αίγιο το '95) εφαρμόστηκαν σε μεγάλη έκταση διάφορες μέθοδοι επισκευής ή ενίσχυσης των κατασκευών. Παρά το γεγονός ότι το πρόβλημα του βαθμού αποτελεσματικότητας σε κάθε μία από αυτές είναι πολύ σημαντικό για την εφαρμογή τους, δεν υπάρχει στην βιβλιογραφία επαρκής πειραματική τεκμηρίωση. Διαπιστώνεται έτσι, ότι παρ' όλων ότων η διερεύνηση των μεθόδων επισκευής βλαβών αποτελεί σημαντικότατο τομέα έρευνας με τεράστιο κοινωνικό και οικονομικό ενδιαφέρον, παρουσιάζει εν τούτοις, δυσανάλογα μικρή ανάπτυξη σε σχέση με την σπουδαιότητα της. Έτσι οι μηχανικοί των σεισμογενών περιοχών πολύ συχνά αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της επισκευής στοιχείων ή της γενικότερης επέμβασης και ενίσχυσης μιας κατασκευής, χωρίς να έχουν ποσοτικά κριτήρια και ειδικούς κανονισμούς.

Επί πλέον, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η έρευνα στον τομέα των επισκευών και ενισχύσεων των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος που έχουν βλάβες από σεισμό, έχει καταστεί ουσιώδης και για έναν ακόμη λόγο.

Η φιλοσοφία όλων των σύγχρονων κανονισμών (NEAK, Ευρωκώδικας 8), βασίζεται στην αποδοχή ενός προκαθορισμένου βαθμού δομικών βλαβών ακόμη και στην περίπτωση πραγματοποίησης του σεισμού σχεδιασμού. Αυτό, ότι ο σχεδιασμός και η δυνατότητα ασφαλούς υλοποίησης της επισκευής ή ενίσχυσης κατασκευών που έχουν σχεδιαστεί με βάση τους νέους κανονισμούς και έχουν επομένως υποστεί βλάβες κατά την πραγματοποίηση του σεισμού σχεδιασμού, αποτελούν απαραίτητη απαίτηση και στόχο για να υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής των κανονισμών αυτών σε όλη την προβλεπόμενη διαδικασία.

Για όλες τις τεχνικές επισκευής το βασικό πρόβλημα είναι ο βαθμός αποτελεσματικότητας σε ότι αφορά την αποκατάσταση της ικανότητας των στοιχείων ή του κόμβου. Θα πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι η διερεύνηση και πλήρης κατανόηση της μηχανικής συμπεριφοράς στοιχείων και ιδιαίτερα κόμβων από οπλισμένο σκυρόδεμα, σχεδιασμένων για σεισμικές δράσεις, ακόμη και κατά την αρχική φόρτιση είναι περίπλοκη και με πολλές δυσκολίες. Αυτό συμβαίνει διότι η εξέτασή τους περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση πολλών φαινομένων όπως διάτμηση, συνάφεια οπλισμού –σκυροδέματος, περίσφιξη, κόπωση τα οποία ακόμη και να θεωρηθούν ανεξάρτητα μεταξύ τους, δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Παρ' όλα αυτά τα προβλήματα, και δεδομένο ότι ένα στοιχείο είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ή και να επισκευαστεί με επιτυχία, χωρίς να είναι απόλυτα γνωστοί οι μηχανισμοί απόκρισής τους.

Στην εργασία αυτή γίνεται παρουσίαση τεσσάρων τεχνικών αποκατάστασης κόμβων υποστυλώματος- δοκών.

Η παρουσίαση έχει την παρακάτω δομή: γίνεται αρχικά μια περιγραφή της τεχνικής αποκατάστασης και ακολουθεί μια απόπειρα προσέγγισης της μηχανικής συμπεριφοράς των κόμβων και τέλος παρουσιάζεται η αποτελεσματικότητα κάθε τεχνικής καθώς και τα μειονεκτήματά της. Οι τέσσερις τεχνικές που περιγράφονται παρακάτω είναι οι ακόλουθες: Α) επισκευή με χρήση ρητινών Β) χρήση κυματοειδούς μεταλλικού μανδύα, Γ) κατασκευή με επικάλυψη οπλισμένου σκυροδέματος Δ) και τέλος επισκευή με φύλλα από ανθρακονήματα. (παρακάτω τα φύλλα αυτά θα αναφέρονται για λόγους συντομίας ως CFRP από Carbon Fiber Reinforced Composite)

1. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΗΤΙΝΩΝ [1]

1.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ.

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συμπεριφοράς υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση, προ και μετά την επισκευή δοκιμίων ακραίου κόμβου υποστυλώματος-δοκού.

Όλα τα στοιχεία, δοκοί και κόμβοι, μετά την αρχική καταπόνηση επισκευάστηκαν με ρητινενέσεις. Η τεχνική της επισκευής που εφαρμόστηκε περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες.

A) Επιφανειακή στήριξη των αρμών των ρωγμών με θιξοτροπικό εποξειδικό υλικό (πάστα), ώστε να εμποδίζεται η διαρροή προς τα έξω του λεπτόρρευστου ενέματος που θα απορροφηθεί. Πρακτικά, τίθεται μια στρώση εποξειδικής ρητίνης γύρω από όλη την περιοχή του συστήματος ρωγμών. Σε αυτή τη φάση τοποθετούνται και ειδικά ακροφύσια σε διαφορές θέσεις επί των αρμών των ρωγμών για να είναι δυνατή η εισαγωγή του ενέματος και η εξαγωγή του εγκλωβισμένου αέρα κατά τις ρητινενέσεις (σχήμα 1).

B) Ρητινενέσεις υπό πίεση με λεπτόρρευστες εποξειδικές ρητίνες ειδικού τύπου. Οι ρητίνες εισάγονται με τη χρήση των ακροφυσίων που τοποθετήθηκαν κατά τη φάση της επιφανειακής σφράγισης των ρωγμών. Οι ρητίνες είναι λεπτόρρευστες για να είναι δυνατή η εισαγωγή τους σε πολύ μικρού εύρους ρωγμές (μέχρι 0,1 mm). Η εισαγωγή γίνεται με ισχυρή πίεση ώστε η ρητίνη να γεμίσει όλο τον κενό χώρο των εσωτερικών ρωγμών της μάζας του σκυροδέματος, εκδιώκοντας ταυτόχρονα τον υπάρχοντα εγκλωβισμένο αέρα. Το ένεμα που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές που αναφέρονται στην εργασία αυτή ήταν διγλυκιδολοιθεράς διφαινόλης Α με εποξύ (ρητίνη) και τροποποιημένη αλειφατική αμίνη (σκληρυντής) σε αναλογία 3/1.

Γ) Τα επισκευασμένα στοιχεία παρέμειναν αφόρτιστα τουλάχιστον έξι ημέρες, ώστε οι ρητίνες να αποκτήσουν το σύνολο της αντοχής τους.

Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε για την επισκευή όλων των δοκιμίων, δοκών και κόμβων. Ειδικά για τον κόμβο J0, ο οποίος δεν είχε οπλισμό διάτμησης, σημειώνεται ότι κατά την αρχική φόρτιση η περιοχή του κόμβου θρυμματίστηκε και κατά μεγάλο μέρος πρακτικά εξαφανίστηκε. Σε αυτή την περίπτωση, αφού καθαρίστηκε καλά η περιοχή από όλα τα χαλαρά κομμάτια σκυροδέματος, αυτά αντικαταστάθηκαν από υψηλής αντοχής πάστα τσιμέντου ταχείας πήξης (EMACO). Μετά την πήξη της προσθετής πάστας τσιμέντου και με σκοπό την πλήρη αποκατάσταση του συστήματος ρωγμών της περιοχής του κόμβου, ακολούθησε σφράγιση των ρωγμών της περιοχής του κόμβου και έγχυση ρητίνης, σύμφωνα με την τεχνική που περιγράφεται παραπάνω.

Fig1

1.2ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΠΡΟ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ.

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της τεχνικής που εφαρμόστηκε για την επισκευή των δοκιμίων, συγκρίνεται η υστερητική απόκριση του κάθε δοκιμίου κατά την αρχική φόρτιση με την αντίστοιχη απόκριση του ίδιου δοκιμίου κατά τη φόρτιση μετά την επισκευή. Οι υστερητικές αποκρίσεις κατά την αρχική καταπόνηση καθώς και κατά τη φόρτιση μετά την επισκευή τυπικών δοκιμίων από κάθε σειρά, σχεδιασμένες στο ίδιο σχήμα για άμεση σύγκριση, παρουσιάζονται στα σχήματα 2 ως 5. Συγκεκριμένα, στα σχήματα 2 και 3 παρουσιάζονται οι υστερητικές αποκρίσεις των κόμβων J2 και J2b, αντίστοιχα, που έχουν ως διατημητικό οπλισμό κόμβου συνδετήρες και τέλος στα σχήματα 4 και 5 οι αποκρίσεις των κόμβων J1b και JX0 αντίστοιχα, που έχουν ως οπλισμό κόμβου ράβδους μορφής X.

Καταγράφηκαν στοιχεία για τις αποκρίσεις προ και μετά την επισκευή των εξεταζόμενων κόμβων. Συγκεκριμένα, στον πίνακα αυτό δίνονται ανοιγμένες τιμές (φόρτιση μετά την επισκευή προς αρχική φόρτιση) των μεγίστων φορτίων, των δυσκαμψιών, καθώς και της υστερητικής ενέργειας.

Μέγιστες τιμές φορτίων απόκρισης. Από τις συγκρίσεις των μεγίστων φορτίων των κύκλων φόρτισης των δοκιμίων, κατά την αρχική τους φόρτιση, με τις αντίστοιχες τιμές κατά την φόρτιση μετά την επισκευή, φαίνεται ότι τα επισκευασμένα δοκίμια παρουσίασαν ίσες ή μεγαλύτερες τιμές μεγίστου φορτίου. Φαίνεται ότι τα επισκευασμένα δοκίμια σε σύγκριση με τα αρχικά άντεξαν περισσότερους κύκλους φόρτισης χωρίς σημαντική πτώση της αντοχής.

Fig 2-5

Δυσκαμψία. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών συμπεραίνεται ότι η εφαπτομενική

δυσκαμψία των δοκιμίων μετά την επισκευή αποκαταστάθηκε σε όλες τις περιπτώσεις σε ικανοποιητικό βαθμό. Συγκεκριμένα φαίνεται ότι η δυσκαμψία μετά την επισκευή αποκαταστάθηκε σε βαθμό 73-100% σε σύγκριση με την αρχική . σημειώνεται ότι η αποκατάσταση της δυσκαμψίας των στοιχείων εξαρτάται κυρίως από τον βαθμό πλήρωσης με ρητίνη των μικρορωγμών της μάζας του σκυροδέματος στη περιοχή της βλάβης. Η ικανοποιητική αποκατάσταση της δυσκαμψίας που παρατηρήθηκε στα δοκίμια που εξετάστηκαν οφείλεται στην προσεκτική πλήρωση με ρητίνη του συστήματος των ρωγμών κατά την διάρκεια της επισκευής.

Υστερητική απορρόφηση ενέργειας. Για τους κόμβους προκύπτει ότι η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας των επισκευασμένων δοκιμίων σε σχέση με την ικανότητα κατά την αρχική τους φόρτιση , ήταν σχετικά χαμηλή μόνο κατά τον 1^ο κύκλο φόρτισης 58-86% (σε τρία δοκίμια ήταν μεγαλύτερη του 100%). Κατά τους επόμενους κύκλους φόρτισης παρατηρήθηκε ιδιαίτερα αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας , αρκετά μεγαλύτερη της αντίστοιχης ικανότητας των δοκιμίων κατά την αρχική φόρτιση.

2. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΜΑΝΔΥΑ.[2] **2.1Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.**

Η προτεινόμενη τεχνική της ανακατασκευής φαίνεται στο σχήμα 6 και έγκειται στον εγκιβωτισμό του κόμβου με τον κυματοειδή μεταλλικό μανδύα . Ο μανδύας αναμένεται να εξασφαλίσει εγκάρσια περίσφιξη και διατμητική αντοχή στην περιοχή του κόμβου, ως εκ τούτου προσθέτει αντοχή και πλαστιμότητα. Οι κυματοειδείς μεταλλικοί μανδύες είναι κατασκευασμένοι σε δύο μέρη προκειμένου να τοποθετούνται εύκολα. Οι κάθετες ραφές συγκολλούνται επί τόπου . Το κενό ανάμεσα στο σκυρόδεμα και τον μανδύα γεμίζεται με τσιμεντένεμα για να εξασφαλιστεί η συνοχή μεταξύ του μανδύα και του σκυροδέματος

Fig6

Αν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής στην δοκό , ο μανδύας απαιτείται

να έχει μήκος τουλάχιστον το ύψος της δοκού. Ένα κενό προβλέπεται μεταξύ του μανδύα της δοκού και του υποστρώματος για να ελαχιστοποιηθεί η αύξηση της καμπτικής αντοχής, η οποία μπορεί να αναπτύξει υπερβολικές δυνάμεις στον κόμβο και το υποστρώμα. Μεταλλικές γωνίες προσκολλήθηκαν μεταξύ της δοκού και της όψης του υποστρώματος για να αναλάβουν την εξωτερικά επιβαλλόμενη τάση από το σκυρόδεμα στην περιοχή του κόμβου.

Ο κυματοειδής μεταλλικός μανδύας. Η διατομή του μεταλλικού μανδύα δείχνεται στο σχ. 7. Ο λόγος του μήκους κύματος προς το μέγιστο πλάτος του υποστρώματος επιλέχθηκε να είναι περίπου 0.1. Ο μανδύας κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας χάλυβα πάχους 2.8mm με αντοχή θραύσης 363 MPa. Οι ιδιότητες του μανδύα δείχνονται στο σχ. 7. Το πάχος του μη συρρικνούμενου εγχύματος μεταξύ του μανδύα και του υποστρώματος είναι τουλάχιστον 25mm. Προτείνεται ο μανδύας να φτιάχνεται από προκατασκευασμένο χάλυβα διατομής σχήματος U και να συγκολλάτε στην θέση που δείχνεται στο σχ. 8. Αυτό είναι κατάλληλο για το υποστρώμα και για την δοκό όχι όμως και για τον κόμβο όπου δύο μεταλλικές γωνίες προτείνεται να αναλάβουν τη εγκάρσια τάση. Αυτές οι δύο γωνίες βιδώνονται στο σκυρόδεμα. Τα μπουλόνια σχεδιάστηκαν να αντέχουν σε εφελκυσμό και διάτμηση και η αντοχή αυτή σε κάθε μπουλόνι είναι ίση με $A_{njj} \cdot f_{y_j} / \eta$, όπου A_{njj} είναι η συνολική επιφάνεια του μανδύα που βρίσκεται σε διάτμηση στην περιοχή του κόμβου, η οποία είναι ίση με το διπλάσιο του πάχους του μανδύα επί το πλάτος της δοκού, f_{y_j} είναι η αντοχή θραύσης του μανδύα και η είναι ο αριθμός των μπουλονιών και στις δύο γωνίες.

2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΜΑΝΔΥΑ.

Αύξηση της διατμητικής αντοχής. Στην παρούσα μελέτη, ο κυματοειδής μανδύας χρησιμοποιήθηκε για να εξασφαλίσει τη απαραίτητη θλιπτική αντοχή στα υποστρώματα, στις δοκούς και τους κόμβους. Η αύξηση της διατμητικής αντοχής που εξασφαλίζεται από τον μανδύα μπορεί συντηρητικά να υπολογισθεί θεωρώντας ότι ο μανδύας λειτουργεί ως μια σειρά ανεξάρτητων στεφανιών με πάχος και διάστημα t_j , όπου το t_j είναι το πάχος του μανδύα. Η διατμητική αντοχή V_{sj} που εξασφαλίζεται από τον μανδύα μπορεί να εκφραστεί ως $V_{sj} = 2f_{y_j} \cdot h \cdot t_j$. Όπου h είναι το συνολικό πλάτος της διατομής και f_{y_j} είναι η εφελκυστική αντοχή του μανδύα.

Η αύξηση της μέγιστης θλιπτικής τάσης. Η μέγιστη θλιπτική τάση του σκυροδέματος μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας:

$$e_{cu} = 0.004 + (1.4 \rho_s \cdot f_{y_j} \cdot e_{sm}) / f'c$$

Όπου ρ_s είναι ο ογκομετρικός λόγος συστολής, f_{y_j} είναι η ανώτερη εφελκυστική τάση του μανδύα. Η θλιπτική αντοχή του περισφιγμένου σκυροδέματος μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση

$$f'c = f'c [-1.254 + 2.254 \cdot \sqrt{1 + (7.94 \cdot f'c) / f'c} - 2f'c / f'c]$$

Όπου $f'c$ είναι η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, και $f'I$ είναι η εγκάρσια θλιπτική πίεση από τον μανδύα, θεωρώντας την ομοιόμορφα κατανεμημένη στην επιφάνεια του πυρήνα του σκυροδέματος και υπολογίζεται από την ακόλουθη έκφραση $f'i = 2 \cdot f_{y_j} \cdot t_j / b \cdot h$ όπου b και h οι διαστάσεις της ορθογωνικής διατομής του σκυροδέματος με το h να είναι μεγαλύτερο του b . Η έκταση του μανδύα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η θραύση του οπλισμού δεν θα συμβεί έξω από την περιοχή του μανδύα. Ο μεταλλικός μανδύας πρέπει να συνεχίζεται στο υποστρώμα πάνω και κάτω από την δοκό για απόσταση ίση με τον πυρήνα του κόμβου, για να αποφύγουμε γρήγορη αστοχία ακριβώς έξω από τον πυρήνα του κόμβου. Η έκταση του μανδύα πέρα από τον κόμβο συνίσταται να μην είναι μικρότερη από το 1/6 του καθαρού ύψους του υποστρώματος και όχι μικρότερη από 450mm.

Διατμητική αντοχή υποστρώματος και δοκών. Η παραγόμενη διατμητική ικανότητα της

αποκαταστημένης δοκού ή του υποστυλώματος, V_r , πρέπει να υπερέρχει από την διατμητική ένταση στη δοκό ή το υποστυλώμα, V_f , αντιστοίχως με την μέγιστη πιθανή καμπτική αντοχή που αναπτύσσεται στις πλαστικές αρθρώσεις. Για μέλος μήκους L σε διπλή κάμψη, η διατμητική απαιτούμενη δύναμη μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση $V_f = 2M_o/L$ όπου M_o είναι η καμπτική υπεραντοχή η οποία βασίζεται στις ανώτερες αντοχές των υλικών και πρέπει να ενσωματωθεί στην υπάρχουσα αύξηση της τάσης και στην περίσφιξη του σκυροδέματος.

Η παραγόμενη διατμητική ικανότητα μπορεί να εκτιμηθεί ως

$$V_r = \phi_c V_c + \phi_s V_{sj} + \phi_s V_s$$

Βασιζόμενοι στις ACI/ASCE Committee 426, η συμβολή του σκυροδέματος, V_c , και του διαμήκους χάλυβα V_s , μπορεί να υπολογιστεί ότι είναι :

$$V_c = v_c b_w (1 + 3P_u / f' c A_s) \quad V_s = A_v f_y d / s$$

Όπου ϕ_s είναι ο συντελεστής αντίστασης για τον οπλισμό (ίσο με 0.85), ϕ_c ο συντελεστής αντίστασης του σκυροδέματος (ίσος με 0.6) b_w είναι το πλάτος του πλέγματος του μέλους, d είναι το στατικό ύψος του μέλους, P_u είναι η αξονική δύναμη (θετική σε θλίψη), A_v είναι το συνολικό εμβαδόν της διατομής των συνδετήρων της δοκού ή των ράβδων του υποστυλώματος οι οποίες ήδη υπάρχουν, $f' c$ είναι η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, f_y είναι η αντοχή θραύσης του εγκάρσιου οπλισμού του υποστυλώματος και s είναι το διάστημα του υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού του μέλους. Για συντηρητική σχεδίαση της δοκού, η

Fig7-8

συμβολή του σκυροδέματος στην διατμητική αντίσταση μπορεί να αγνοηθεί ($V_c = 0$). Για τα υποστυλώματα, $V_c = 0.1 \sqrt{f' c} \text{MPa}$. Είναι μια καλή εκτίμηση σύμφωνα με τα τελευταία πειράματα σε ορθογώνια υποστυλώματα.

Διατμητική αντοχή του κόμβου. Η παραγόμενη διατμητική ικανότητα V_{tj} , των αποκατεστημένων κόμβων πρέπει να υπερέρχει της διατμητικής δύναμης, V_{fj} , που απαιτείται στο κόμβο, αντίστοιχα με την μέγιστη καμπτική αντοχή που αναπτύσσεται στις πλαστικές αρθρώσεις της δοκού. Η παραγόμενη διατμητική αντοχή μπορεί συντηρητικά να εκτιμηθεί ως:

$$V_{tj} = \phi_c V_{cj} A_j + \phi_s V_{sjj} + \phi_s V_{sj} \geq V_{fj}$$

$$V_{sjj} = A_{vj} f_y$$

$$V_{sj} = A_{vj} f_y t$$

$$V_{fj} = 1.25 A_s f_y l - V_{col}$$

Όπου V_{sjj} είναι η διατμητική δύναμη που αναλαμβάνεται από τον μανδύα, V_{sj} είναι η διατμητική δύναμη του κόμβου που αναλαμβάνεται από τον υπάρχον εγκάρσιο οπλισμό (εάν υπάρχει), A_j είναι το εμβαδόν της διατομής του κόμβου, V_{cj} είναι η διατμητική ένταση του

σκυροδέματος, A_s είναι ο διαμήκης οπλισμός της δοκού, f_{yl} είναι η εφελκυστική αντοχή του διαμήκους οπλισμού, f_{yl} είναι η εφελκυστική αντοχή του διαμήκους οπλισμού, f_{yt} είναι η εφελκυστική αντοχή του μανδύα, f_{yt} είναι η εφελκυστική αντοχή του υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού του κόμβου, A_{vj} είναι το συνολικό εμβαδόν του μανδύα που αναλαμβάνει την διάτμηση στον κόμβο και A_{vj} είναι το συνολικό εμβαδόν του υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού που είναι παράλληλος στην διατμητική δύναμη που προέρχεται από τις εφελκυστικές και θλιπτικές δυνάμεις. Η διατμητική δύναμη του υποστυλώματος, V_{cal} μπορεί να βρεθεί από τον υπολογισμό της καμπτικής υπεραντοχής της δοκού στις όψεις των υποστυλωμάτων. Η διάτμηση του σκυροδέματος στην περίπτωση του μανδύα, V_{cj} , μπορεί να εκτιμηθεί σε $0.15q_r(f'c) MPa$.

Η θλίψη στα υποστυλώματα και τους κόμβους. Για τις ορθογώνιες διατομές που θλίβονται από εξωτερικά στεφάνια μόνο η εγκάρσια θλιπτική καταπόνηση διαφέρει δια μέσου της διατομής. Εν' τούτοις η θλίψη από τον μανδύα με το έγχυμα μπορεί να δώσει μια πιο ομοιόμορφη θλιπτική καταπόνηση στη διατομή. Αυτό εξαρτάται από την εγκάρσια δυσκαμψία του μανδύα και την δράση του εγχύματος ως μικτής διατομής. Για να συνεργάζεται το έγχυμα και ο μανδύας, η οριζόντια διάτμηση στη σύνδεση πρέπει να μεταφερθεί. Η ολίσθηση μεταξύ του εγχύματος και του μανδύα μετρήθηκε στα πειράματα και βρέθηκε από πρακτικά μηδέν για γωνιακή παραμόρφωση μέχρι 0.05grad . πιστεύεται ότι ο κατακόρυφος μανδύας και το έγχυμα στην γωνία αποτρέπουν την οριζόντια ολίσθηση μεταξύ του εγχύματος και του μανδύα. Μια έκφραση για το απαιτούμενο πάχος του θλιβόμενου μανδύα δίνεται, για ορθογώνιες διατομές, από την παρακάτω σχέση:

$$2t_j \geq k \cdot f'c \cdot h / f_{yj} \cdot (P_u / f'c \cdot A_g - 0.08)$$

Όπου $k=0.33$ για απαιτούμενη καμπτική πλαστιμότητα $M_u=20$ και $k=0.25$ για $M_u=10$. Άλλες τιμές μπορούν να βρεθούν με παρεμβολή. Σύμφωνα με το νόμο προσέγγισης, συνίσταται επίσης ότι: $2t_j \geq 0.09 \cdot (f'c \cdot h / f_{yj})$.

Η ακαμψία μπορεί να εκλεχθεί για να μην είναι μικρότερη από την ακαμψία της ράβδου με ελάχιστη διάμετρο, d_m , με μέγιστο διάστημα s_m , με διαγώνιους ράβδους ή δεσμίδες μικρότερες από μια απόσταση X . Η απόσταση X είναι μεγαλύτερη από 200mm ή του $1/3$ της διάστασης του μέλους σ' αυτή την κατεύθυνση, αλλά όχι μεγαλύτερο από 300mm σύμφωνα με CSA. Το μέγιστο διάστημα, s_m , δεν θα πρέπει να υπερέχει του $1/4$ της μικρότερης διάστασης του υποστυλώματος, τα 100mm και 6 φορές την διάμετρο της μικρότερης διαμήκους ράβδου.

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν ότι η ενίσχυση των υπαρχόντων συνδέσμων που έχουν διατμητικό τρόπο αστοχίας, με την τοποθέτηση του μανδύα αλλάζουν την συμπεριφορά τους σε πλαστική κάμψη. Βρέθηκε ότι τα αποκατεστημένα δοκίμια με πλαστικό τρόπο με οριακή αντοχή για γωνιακή παραμόρφωση μέχρι 0.05grad σε σύγκριση με τα δοκίμια τα οποία αντικατοπτρίζουν την υπάρχουσα κατασκευή. Ο μανδύας λειτούργησε ως απολύτως ικανή μορφή πλάγιας περίσφιξης και αύξησε την μέγιστη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Πιστεύεται ότι ο μανδύας μπορεί να αποτρέψει τον λυγισμό του διαμήκους οπλισμού και να εμποδίσει την αστοχία των συνδέσμων στα σημεία που ματίζονται, από την στιγμή που τέτοιες αστοχίες πάντα συνοδεύονται από εγκάρσια διάγκωση. Συμπεραίνεται ότι ο προτεινόμενος τρόπος αποκατάστασης είναι αποτελεσματικός στην αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας της δοκού του υποστυλώματος και του κόμβου. Μια μέθοδος σχεδιασμού για τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους του μανδύα και του εγχύματος είναι απαραίτητη για την αύξηση της διατμητικής αντοχής και πλαστιμότητας των ορθογώνιων

υποστυλωμάτων και των συνδέσμων δοκών υποστυλωμάτων.

3. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.[3]

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια από τις πιο κοινές λύσεις για αποκατάσταση των πλαισιωτών κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, στην πόλη του Μεξικού μετά τον σεισμό, ήταν η επικάλυψη των μελών με σκυρόδεμα. Η επικάλυψη είναι η πρόσθεση ενός τσιμεντένιου κελύφους γύρο από το μέλος, το οποίο είναι οπλισμένο ώστε να βελτιώσει την αντοχή και την πλαστιμότητα του στοιχείου. Μπορεί να γίνει επικάλυψη των υποστυλωμάτων μόνο ή και υποστυλωμάτων και δοκών. Ο οπλισμός συνεχίζεται κατά μήκος της περιοχής του κόμβου για να αυξηθεί η αντοχή, η ακαμψία και η σκέδαση της ενέργειας. Για να μειωθεί ο αριθμός των διατρήσεων στην πλάκα και να διευκολυνθεί η κατασκευή, χρησιμοποιήθηκαν δεσμίδες ράβδων. Εν' τούτοις, υπάρχει ο φόβος ότι η συνάφεια των δεσμίδων θα ελαττώνονταν κατά την διάρκεια επιβολής του ανακυκλιζόμενου φορτίου. Επομένως, πολλές φορές χρησιμοποιήθηκε διανεμημένος οπλισμός στα υποστυλώματα.

Αυτό το άρθρο περιγράφει τα αποτελέσματα ενός πειραματικού προγράμματος με στόχο την μελέτη της συμπεριφοράς των κόμβων μετά την αποκατάστασή τους με επικάλυψη. Τα αποτελέσματα εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας τους ισχύοντες κανονισμούς που περιέχονται στις οδηγίες του ACI Committee 352.

Περισσότερα στοιχεία για την τεχνική της επισκευής και τις κατασκευάσιμες διατάξεις αναφέρονται παρακάτω στην έκθεση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου.

Το ACI Committee 352. Οι κανόνες σχεδιασμού για τους κόμβους δίνονται στο ACI Committee 352 recommendation και στο Building Code requirements. Οι κανόνες είναι για νέες κατασκευές. Δεν υπάρχουν κατασκευαστικοί κανόνες για την αποκατάσταση συνδέσμων πλαισιωτών φορέων. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας τους κανόνες του ACI Committee 352 σε σχέση με τον προσδιορισμό του χάλυβα, την διατμητική αντοχή του κόμβου και την ανάπτυξη του οπλισμού. Η συμβολή του οπλισμού της πλάκας στην κάμψη της δοκού θα συζητηθεί. Είναι προσδόκιμο ότι 2% παραμόρφωση είναι η μέγιστη θεωρούμενη παραμόρφωση οι οποία προκαλείται όταν το πλαίσιο υποβάλλεται σε σεισμικό φορτίο κατά την οποία η κατασκευή δεν μπαίνει σε κίνδυνο κατάρρευσης.

Το πειραματικό πρόγραμμα (περιγραφή). Το πρώτο δοκίμιο δοκιμάστηκε για να υποστεί ζημιά στο υποστυλώμα – λυγισμός, θραύση και αποσάθρωση του υποστυλώματος (test «O»), επισκευάστηκε με επικάλυψη του υποστυλώματος με δέσμες διαμήκους οπλισμού και ξαναδοκιμάστηκε (test RB). Το δεύτερο δοκίμιο ήταν «ανέπαφο» πριν από την επικάλυψη για να επιτρέψει μια σύγκριση του αποτελέσματος του βλαμμένου πυρήνα στην απόκριση (test SB). Για να συγκρίνουμε την επίδραση των δεσμίδων, τα υποστυλώματα του τρίτου μοντέλου επικαλύφθηκαν με διαμήκη οπλισμό διανεμημένο στην περίμετρο (test SD). Στο τέταρτο δοκίμιο, το υποστυλώμα επικαλύφθηκε χρησιμοποιώντας διανεμημένες ράβδους, και οι δοκοί επικαλύφθηκαν και διαμήκης χάλυβας προστέθηκε για να αυξηθεί την ικανότητα ευκαμψίας (test SD-B).

3.2 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Είναι καθαρό ότι η επικάλυψη των στοιχείων του πλαισίου βελτίωσαν την συμπεριφορά της υπάρχουσας κατασκευής και αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματική για την ανακατασκευή και την ενίσχυση των υπαρχόντων κατασκευών. Περισσότερη ανάλυση των

ρηγματωμένων δοκιμίων και των αποτελεσμάτων των δοκιμών έδειξαν ότι τα αποκατεστημένα δοκίμια , ανέπτυξαν μια «ισχυρό υποστύλωμα – αδύνατη δοκό » απόκριση σε αντίθεση με την «δυνατή δοκό –αδύνατο υποστύλωμα» συμπεριφορά της υπάρχουσας κατασκευής.

Περίσφιξη του χάλυβα. Στα αποκατεστημένα δοκίμια , ο οπλισμός περίσφιξης του κόμβου εξασφαλίζεται με τις δεσμίδες που τοποθετούνται στις τρύπες που διαπερνούν τις δοκούς . για τις δεσμίδες σε καθαρή κάμψη μπορεί να χρειαστούν συνδετήρες. Το τρύπημα των δοκών είναι δύσκολο και η εργασία εντατική αφού η ακριβής θέση του οπλισμού είναι άγνωστη. Ακόμα παραπέρα τα τσέρκια στη καθαρή κάμψη είναι αναξιόπιστα. Για να μειώσουμε τον αριθμό των δεσμίδων αλλά και την απαίτηση διάτρησης των δοκών , ένα δομικό πλέγμα συγκολλήθηκε γύρω από τον κόμβο για όλα τα αποκατεστημένα δοκίμια ,όπως φαίνεται στο σχ 9 . Η τοποθέτηση των ράβδων (διανεμημένες και δεσμικές) φαίνονται στο σχήμα. Για απλότητα στο διάγραμμα , οι ράβδοι στο επικαλυμμένο υποστύλωμα που είναι έξω από την περιοχή του κόμβου δεν σχεδιάστηκαν. Το πλέγμα αποτελείται από δομικές χαλύβδινες γωνίες και λείες ράβδους που συγκολλήθηκαν επί τόπου. Ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ASTM 36 .Για σχεδιαστικούς σκοπούς η εγκάρσια διαστολή του κόμβου ,θεωρήθηκε ότι ελαττώνεται από την κάμψη των μεταλλικών γωνιών. Οι μεταλλικές γωνίες διαστασιολογήθηκαν ώστε να εξασφαλίσουν την περίσφιξη του πυρήνα ισοδύναμα με αυτή του σπειροειδή οπλισμού. καθώς τα μέλη περισφίγγονται με ορθογώνια στεφάνια , στα οποία χρησιμοποιείται ένας συντελεστής αποδόσεως 1.3 θεωρήθηκε για το πλέγμα περίσφιξης. Αυτή η τιμή αντανακλά το γεγονός ότι οι μεταλλικές γωνίες που τοποθετήθηκαν στις γωνίες του κόμβου μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματικές από τα τσέρκια για την περίσφιξη του πυρήνα του κόμβου.

Η συμπεριφορά του πλέγματος. Οι μεταλλικές γωνίες αποδείχτηκαν πολύ αποτελεσματικές στην περίσφιξη των ράβδων και του σκυροδέματος και προφύλαξαν το τελευταίο από αποσάθρωση.

Οι συνδετήρες του κόμβου παρέμειναν ελαστικοί κατά την διάρκεια των δοκιμών . Η ικανοποιητική συμπεριφορά δείχνει ότι ένα πλέγμα όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να περίσφιξει τον κόμβο αποτελεσματικά.

Fig-9

Πρόσθετος θλιβόμενος οπλισμός περίσφιξης για τα δοκίμια με διανεμημένες ράβδους. Στον κόμβο αυτών των δοκιμίων τοποθετούνται επιπλέον γωνιακές δεσμίδες με τσέρκια 180ο ανάμεσα στις ράβδους ,μακριά από τις γωνίες. Αυτές οι δεσμίδες παραμένουν ελαστικές και ο πυρήνας του κόμβου περισφίγγεται αποτελεσματικά. Η επικάλυψη των δοκών επίσης αυξάνει την θλίψη στον κόμβο από την στιγμή που οι δοκοί είναι πλατύτεροι.

Οπλισμός περίσφιξης στα επικαλυμμένα υποστυλώματα. Οι υποδείξεις του ACI Committee 352 απαιτούν ο εγκάρσιος οπλισμός του κόμβου να επεκτείνεται και στο πάνω και στο κάτω υποστύλωμα. Για τα αποκατεστημένα δοκίμια , το στρώμα του εγκάρσιου οπλισμού αποτελείται από δύο δεσμίδες σχήματος L οι οποίες τοποθετούνται διαγώνια , στις απέναντι γωνίες. Μεταξύ των 90⁰ και 135⁰ τσερκιών τοποθετήθηκε ένα μικρό ευθύγραμμο τμήμα που εξασφαλίζει την προσαρμογή των δύο ράβδων του υποστυλώματος . Στα δοκίμια SD και SD-B μια στάνταρ γωνία χρησιμοποιήθηκε στον κυρίως εγκάρσιο οπλισμό , αλλά χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον γωνιακές δεσμίδες . Η δόμηση και η συμπεριφορά του εγκάρσιου οπλισμού ήταν ικανοποιητική. Ο κύριος εγκάρσιος οπλισμός έμεινε ελαστικός σε όλα τα δοκίμια.

Η διατμητική αντοχή του κόμβου. Η μέγιστη τιμή της διάτμησης του κόμβου, V_n , υπολογίστηκε από τα διαγράμματα διατμήσεως και για τις δύο διευθύνσεις της φόρτισης. Οι διατμητικές τάσεις του κόμβου διαιρέθηκαν με $\sqrt{f'c_j}$.(σχ7), έτσι ώστε οι άξονες στο διάγραμμα να παριστάνουν τον συντελεστή διατμητικής αντοχής γ . Οι καμπύλες αντανακλούν τις συνθήκες περίσφιξης του κόμβου σύμφωνα με τον αριθμό και την γεωμετρία των εγκάρσιων μελών . Τα δοκίμια O, RB, SB και SD έχουν καταταχθεί ως εξωτερικοί κόμβοι διότι το πλάτος της δοκού είναι μικρότερο από τα $\frac{3}{4}$ του υποστυλώματος. Η περιοχή του κόμβου των αποκατεστημένων δοκιμίων αποτελούνταν από δύο διαφορετικής ποιότητας σκυρόδεμα έτσι ώστε να λογαριάζεται η διατμητική αντοχή. Η μέση αντοχή δίνεται από την σχέση:

$$A_j \sqrt{f'c_j} = A_1 \sqrt{f'c_1} + A_2 \sqrt{f'c_2}$$

όπου

$A_j = b_j \cdot h_j$: Το εμβαδόν της διατομής του κόμβου

$f'c_j$: η μέση αντοχή του σκυροδέματος για τον επικαλυμμένο κόμβο

A_1 :το συνολικό εμβαδόν του υπάρχοντος υποστυλώματος

$f'c_1$: η αντοχή του σκυροδέματος στο υπάρχον υποστύλωμα

$A_2 = A_j - A_1$: εμβαδόν του επικαλυμμένου υποστυλώματος συμπεριλαμβανομένου και της περιοχής διάτμησης του κόμβου

$f'c_2$: η αντοχή του σκυροδέματος στον κόμβο στο επικαλυμμένο υποστύλωμα

Ο σχεδιασμός διάτμησης στο επικαλυμμένο κόμβο. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι καθαρό ότι οι υποδείξεις του ACI εξασφαλίζουν μια ασφαλή εκτίμηση για την αντοχή των επικαλυμμένων κόμβων με καλή περίσφιξη. Ελέγχοντας την διατμητική αντοχή του

κόμβου σε κάθε διεύθυνση, θα προβλέπαμε ικανοποιητική διατμητική αντοχή του κόμβου και στις δύο διευθύνσεις. Για μιας διεύθυνση φόρτιση, η τάση του κόμβου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα $1.246\text{sq}(f'c_j)\text{MPa}$ και $1.66\text{sq}(f'c_j)\text{MPa}$ στους εξωτερικούς και εσωτερικούς κόμβους αντίστοιχα. Η τιμή $\text{sq}(f'c_j)$ μπορεί να ληφθεί από την σχέση 1. Η μονοαξονική διάτμηση του κόμβου πρέπει να υπολογιστεί από τον μηχανισμό άρθρωσης της δοκού. Για όλα τα αποκατεστημένα δοκίμια η κρίσιμη διατομή της δοκού μπορεί να θεωρηθεί στην όψη του επικαλυμμένου υποστυλώματος.

Περίσφιξη του κόμβου. Όπως συζητήσαμε προηγούμενα δεν τοποθετήθηκε εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή του κόμβου του υπάρχοντος υποστυλώματος. Για λόγους δόμησης και πληρότητας των μελετών, ένα δομικό πλέγμα μονταρίστηκε γύρω από τον κόμβο. Έτσι, οι διατμητικές δυνάμεις στον κόμβο πρέπει να αντισταθούν κύρια κατά την διαγώνιο του κόμβου, οι οποίες ήταν αποτελεσματικές στους κύκλους φόρτισης που αντιστοιχούν σε μεγάλες παραμορφώσεις.

3.3 Ο ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ.

Το ACI Committee 352. Έχει αποδειχθεί ότι το μέγεθος της ράβδου σε σχέση με τις διαστάσεις του κόμβου επηρεάζει καθοριστικά την ακαμψία και την ικανότητα σκέδασης της ενέργειας. επιπλέον, η μείωση της συνάφειας επηρεάζει τον μηχανισμό μεταφοράς διάτμησης. Για να αποφύγουμε την ολίσθηση του συνδετήρα, οι ράβδοι των δοκών και των υποστυλωμάτων πρέπει να επιλεγούν έτσι ώστε

$$h(\text{υποστυλώμα})/db(\text{ράβδοι δοκού}) \geq 20$$

$$h(\text{δοκός})/db(\text{ράβδοι υποστυλώματος}) \geq 20$$

Σε νέα κατασκευή, αυτό το κριτήριο ελέγχει το μέγεθος των στοιχείων, ιδιαίτερα των υποστυλωμάτων. Στα αποκατεστημένα κτήρια με επικαλύψεις, οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων μπορεί να είναι ορισμένες σύμφωνα με οικονομικές μελέτες (για να αποφύγουμε ενίσχυση της θεμελίωσης) ή ακόμα με αρχιτεκτονικούς και οικοδομικούς λόγους.

Η συνάφεια κατά μήκος των ράβδων των υποστυλωμάτων. Ένα από τα αντικείμενα αυτού του προγράμματος ήταν και η μελέτη της επίδρασης του διαμήκους οπλισμού του υποστυλώματος, ιδιαίτερα σε σχέση με την συνάφεια κατά μήκος των δεσμικών ράβδων. Δύο αποκατεστημένα δοκίμια είχαν δεσμίδες ράβδων και δύο διανεμημένες. Η ανάλυση των δεδομένων από τους μετρητές παραμορφώσεων έδειξαν ότι η συνάφεια ήταν καλή κατά μήκος των δεσμίδων και των διανεμημένων ράβδων. Οι καμπύλες φόρτισης παραμόρφωσης επέδειξαν συμπεριφορά εφελκυσμού θλίψης και καλή συνάφεια. Η ίδια απόκριση παρατηρήθηκε στα δοκίμια SD και SD-B τα οποία είχαν διανεμημένο οπλισμό. Ίδια συμπεριφορά επέδειξαν επίσης οι εγκάρσιες ράβδοι των δεσμών για το δοκίμιο SB. Η αγκύρωση της ράβδου έγινε στην θέση «s» στο πέλμα της δοκού, στο οποίο το περιβάλλον σκυρόδεμα σε θλίψη και η μεταλλική γωνία και οι συνδετήρες ορίζουν τον οπλισμό. Το ύψος της δοκού προς την διάμετρο της ράβδου ήταν 18 και βασίζεται σε μια ράβδο. Για το δοκίμιο SD-B, οι διαμήκεις ράβδοι στην επικάλυψη επέδειξαν καλή συνάφεια ($h/db=18$).

Η φέρουσα ικανότητα των υποστυλωμάτων υπολογίστηκε για μηδενικό αξονικό φορτίο, από την στιγμή που δεν ασκείται αξονικό φορτίο στο υποστυλώμα. Για το ενεργό πλάτος της δοκού για θετική κάμψη, το πλάτος του πέλματος προτείνεται από το ACI Committee 318 για διατομές σχήματος T. Για αρνητική ροπή, ο χάλυβας της πλάκας που συνεισφέρει στην φέρουσα ικανότητα θεωρήθηκε να είναι ράβδοι με ισοδύναμο πλάτος. Οι φέρουσες ικανότητες των επικαλυμμένων μελών υπολογίστηκαν στην βάση της μονολιθικής συμπεριφοράς. Για χαμηλούς ικανοτικούς λόγους κάμψης οι δέσμες είναι πιθανόν να επιδεικνύουν καλλίτερη συνάφεια από τις διανεμημένες ράβδους. Εν' τούτοις ο διανεμημένος

οπλισμός στα υποστυλώματα πρέπει να θεωρηθεί πάνω από τις δεσμίδες , αν αυτό είναι πρακτικό. Το επικαλυμμένο υποστύλωμα πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο ACI Committee 352 για τις ράβδους .Αν και δεν υπάρχουν πληροφορίες για την απόκριση των δεσμίδων στους κόμβους που υπόκειται σε μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις, η αποτελεσματικότητα του λόγου h/db για τις δεσμίδες θα είναι μικρότερη αυτή για την μονή ράβδο.

Οπλισμός στην δοκό. Ένας ίδιος υπολογισμός πρέπει να γίνει για τον οπλισμό στην δοκό. Για τις επικαλυμμένες δοκούς , οι νέες ράβδοι θα πρέπει να πληρούν το κριτήριο του ACI Committee 352 , για τον οπλισμό. Ιδανικά , ο λόγος h/db για την υπάρχουσα δοκό πρέπει να ελεγχθεί , και αν είναι κάτω από το μικρότερο που συνίσταται , μια μεγαλύτερη επικάλυψη στην δοκό ή στο υποστύλωμα μπορεί να μελετηθεί. Ο ελάχιστος διαμήκης οπλισμός στις επικάλυψεις πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο. Για τον υπολογισμό του λόγου h/db ,η θέση της κρίσιμης διατομής στην δοκό θα πρέπει να λαμβάνεται υπό όψιν. Κατά την διάρκεια των δοκιμών , παρατηρήθηκε ότι για τα δοκίμια με την επικάλυψη μόνο στα υποστυλώματα , η κρίσιμη διατομή της δοκού ήταν μέσα στην επικάλυψη.

Αν και η πραγματική τιμή του λόγου h/db είναι 23 για χρήση ράβδων , ήταν λίγο μικρότερη από τον λόγο που λαμβάνεται από την σχέση 3, η άρθρωση της δοκού σε όλα τα αποκατεστημένα δοκίμια συνέβη πριν την εισαγωγή της καταπόνησης του συνδετήρα .Οι λόγοι h/db της δοκού με τον οπλισμό της επικάλυψης της δοκού του SD-B ήταν αρκετά πάνω από εκείνους που υπολογίστηκαν με την σχέση 3. Όπως αναμένεται ,παραπέρα ανάλυση των δεδομένων παραμόρφωσης έδειξαν μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις και δεν υπήρχε μείωση της συνάφειας κατά μήκος του οπλισμού της επικάλυψης.

Προσδιορισμός της συμμετοχής της πλάκας: πρώτη μέθοδος –Η συμβολή της πλάκας εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους . Πρώτον , το ενεργό πλάτος της πλάκας υπολογίστηκε από την κατανομή της τάσης των ράβδων κατά μήκος της πλάκας , έτσι όπως δείχνεται στο σχήμα . Ο λόγος του ενεργού πλάτους της πλάκας (ενεργό πλάτος b_e στο συνολικό πλάτος της πλάκας B σε κάθε πλευρά της πλάκας βλ σχ10) υπολογίστηκε ως ο λόγος της εφελκυστικής δύναμης του οπλισμού της πλάκας προς την μέγιστη εφελκυστική δύναμη , όταν όλες οι ράβδοι έφτασαν στην θραύση .Η συνεισφορά του πάνω και κάτω οπλισμού φαίνεται σχ 10. Στα 2% παραμόρφωση , η συμβολή της πλάκας του δοκιμίου O ήταν μισή από αυτή του αποκατεστημένου RB Τα δοκίμια SD και SD-B έδειξαν την μεγαλύτερη συμβολή της πλάκας του αποκατεστημένου δοκιμίου (βλαμμένο πριν από την αποκατάσταση) ήταν μικρότερη από του μη βλαμμένου δοκιμίου.

Fig-10

Δεύτερη μέθοδος. Η συμμετοχή της πλάκας καθορίστηκε επίσης με την σύγκριση της μέγιστης μετρίσιμης ροπής και υπολογίζοντας την φέρουσα ικανότητα της δοκού. Η καμπτική αντοχή της δοκού υπολογίστηκε με τις πραγματικές διαστάσεις και ιδιότητες των υλικών. Οι καμπτικές ικανότητες είναι ανεξάρτητες από το επίπεδο παραμόρφωσης. Οι καμπτικές ικανότητες της δοκού υπολογίστηκαν με και χωρίς την συμβολή της πλάκας. Οι φέρουσες ικανότητες υπολογίστηκαν για τις ορθογώνιες διατομές της δοκού R_{calc} και για δύο ενεργά πλάτη του πέλματος για διατομές T . Οι πάνω και κάτω ράβδοι της πλάκας θεωρήθηκαν ενεργές στο τμήμα του πέλματος για διατομές T . (Tcal). Ο οπλισμός της πλάκας έξω από το ενεργό πλάτος αγνοήθηκε. Η φέρουσα ικανότητα της δοκού για τα δοκίμια O και RB υπολογίστηκε καλλίτερα από την ορθογώνια διατομή της δοκού. Για τα άλλα δοκίμια χρησιμοποιήθηκε $b_e=0.3B$.

Κανόνες σχεδιασμού για την συμβολή της πλάκας .- Ο μέσος όρος του ενεργού πλάτους λαμβάνεται από τις δύο μεθόδους που περιγράφηκαν, ένα ενεργό πλάτος ίσο με το 20% του εγκάρσιου ανοίγματος μπορεί να θεωρηθεί για μία προσβλημένη κατασκευή προκειμένου να εκτιμήσουμε την αρνητική ικανότητα της δοκού για ροπή. Σε μη βλαμμένες κατασκευές που πρόκειται να αποκατασταθούν, ένα ενεργό πλάτος ίσο με το μισό του εγκάρσιου διαστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Και οι πάνω και οι κάτω ράβδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς εφ' όσον οι κάτω ράβδοι έχουν καλές αγκυρώσεις στις εγκάρσιες δοκούς.

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα των δοκιμών, τα παρακάτω αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν:

1. Ο οπλισμός περίσφιξης εκπληρείται ικανοποιητικά και αποφεύγεται η αποσάθρωση του πυρήνα του σκυροδέματος. Το μεταλλικό πλέγμα μπορεί να εξασφαλίσει περίσφιξη ισοδύναμη με αυτή του ACI Committee 352.
2. Το ACI Committee 352 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό των αποκατεστημένων κόμβων χρησιμοποιώντας την επικάλυψη. Εξετάζοντας την διατμητική αντοχή του κόμβου σε κάθε διεύθυνση μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την διπλής κατεύθυνσης διατμητική αντοχή. Για τον υπολογισμό της διατμητικής τάσης του κόμβου, μια μέση τιμή της αντοχής του σκυροδέματος που βασίζεται στην ενεργή επιφάνεια που αναλαμβάνει την διάτμηση στο υπάρχον υποστύλωμα και στην επικάλυψη του σε σχέση με την επιφάνεια διάτμησης του κόμβου πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Ο μειωτικός συντελεστής αντοχής για την διάτμηση του κόμβου πρέπει να περιλαμβάνει το επίπεδο της ζημιάς στο υπάρχον υποστύλωμα και την ποιότητα της δουλειάς.
3. Αν και δεσμικές και διανεμημένες ράβδοι έδειξαν καλή συνάφεια, οι λόγοι της καμπτικής αντοχής του υποστυλώματος προς αυτή της δοκού ήταν μεγαλύτερη από 2.3.

Με μικρότερους λόγους τα αποτελέσματα μπορεί να μην ήταν τα επιθυμητά .Εν' τούτοις πρακτικά ,οι διανεμημένες ράβδοι μπορεί να είναι προτιμότεροι , αλλά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δεσμίδες μπορούν να εκπληρώσουν ικανοποιητικά κάτω από ορισμένες συνθήκες.

4. Ιδανικά, οι ράβδοι των δοκών και των υποστυλωμάτων στα υπάρχοντα στοιχεία και στις επικαλύψεις μπορούν να ικανοποιούν το κριτήριο του ACI Committee 352 για την τοποθέτηση των ράβδων . Ο ελάχιστος διαμήκης οπλισμός στις επικαλύψεις θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε αυτό το κριτήριο. Εάν χρησιμοποιούνται δεσμίδες είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι ο ενεργός λόγος h/dD για τις δέσμες μπορεί να είναι μικρότερος από αυτόν που βασίζεται σε μια μόνο ράβδο. Για τις ράβδους της δοκού , η θέση της κρίσιμης διατομής είναι επίσης σημαντική για διάτμηση και κάμψη όταν σχεδιάζεται η δοκός.
5. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών το ενεργό πλάτος της δοκού για βλαμμένα και ανακατασκευασμένα δοκίμια ήταν περίπου 20% του εγκάρσιου διαστήματος για τον υπολογισμό της ικανότητας αρνητικής ροπής για την διατομή της πλακοδοκού στην όψη του υποστυλώματος. Για τα μη βλαμμένα , ενισχυμένα δοκίμια , το ενεργό πλάτος της πλάκας είναι περίπου 1 προς 0.5 του εγκάρσιου διαστήματος.

4. Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΜΒΟΥ Ο.Σ. ΜΕ ΦΥΛΛΑ CFRP.[4]

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Στο παρακάτω άρθρο αναφέρεται η ερευνητική προσπάθεια που έγινε με σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων για την χρησιμοποίηση των πλεονεκτημάτων μικτών υλικών για την βελτίωση των ανεπαρκών κόμβων στα κτήρια Ο.Σ.. Εξ αιτίας της μεγάλης του αντοχής , την μεγάλη ανθεκτικότητα στο περιβάλλον και την καλή συνάφεια με το σκυρόδεμα σε σύγκριση με αλλά πεπεσμένα μικτά υλικά γι' αυτήν την μελέτη επιλέχθηκε η ενίσχυση με φύλλα CFRP.Ο ειδικός σκοπός αυτής της μελέτης είναι να ερευνηθεί πόσο πλεονεκτικός είναι ο CFRP στην βελτίωση της πλαστιμότητας των κόμβων και πόσο τα μικτά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της φέρουσας ικανότητας των υπαρχόντων κόμβων , η οποία είναι περιορισμένη από τις ανεπαρκείς αγκυρώσεις.

4.2Η ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Τα δοκίμια σκυροδέματος. Ένα σύνολο από 19 κόμβους Ο.Σ. φτιαχτήκανε. Τέσσερα από τα δοκίμια ήταν πλήρους κλίμακας(φυσικό μέγεθος) και δεκαπέντε ήταν το $\frac{1}{4}$ της πραγματικής. Από τα τέσσερα μεγάλα δοκίμια ,δύο χρησιμοποιήθηκαν για την πλαστιμότητα του κόμβου και δύο για την επάρκεια του οπλισμού. Από τα δεκαπέντε μικρά δοκίμια , επτά χρησιμοποιήθηκαν για την πλαστιμότητα και οχτώ για τη επάρκεια του οπλισμού.

Αποκατάσταση με CFRP. Τα μιας διεύθυνσης CFRP φύλλα χρησιμοποιήθηκαν εξωτερικά για την ενίσχυση των κόμβων σ' αυτή την μελέτη. Η ιδέα ήταν να τυλίξουμε και να συνδέσουμε τα CFRP φύλλα εγκάρσια γύρω από το μέλος κοντά στην περιοχή του κόμβου για την βελτίωση της πλαστιμότητας και να συνδέσουμε τα διαμήκη φύλλα στις εφελκούμενες πλευρές του υποστυλώματος σε κάθε πλευρά του κόμβου για την βελτίωση της αντοχής. Τα φύλλα CFRP έχουν πάχος 0.11mm , ανώτατη αντοχή εφελκυσμού 385N/mm πλάτος φύλλου , συντελεστή εφελκυσμού 227.37GPa, και παραμόρφωση αστοχίας στα 0.015mm/mm .Πριν την σύνδεση των φύλλων ,οι ανωμαλίες στην επιφάνεια του σκυροδέματος πρέπει να λειανθούν και μια δύο μερών γόμωση πρέπει να επιβληθεί στο σκυρόδεμα και να περάσουν 24 ώρες. Στην διαδικασία σύνδεσης , μια δύο μερών εποξειδική ρητίνη επιτίθεται στο υποστύλωμα και τα φύλλα μπαίνουν στην θέση τους και ένα στρώμα ρητίνης εναποτίθεται.

Τα φύλλα είναι έτοιμα σε 24 ώρες και δοκιμάζονται δύο μέρες αργότερα.

Τα μικρά δοκίμια. Τα μικρά δοκίμια αποτελούνταν από επτά δοκίμια πλαστιμότητας και οχτώ οπλισμού. Για τα μικρά δοκίμια πλαστιμότητας δυο αφέθηκαν χωρίς να αποκατασταθούν και δύο δοκίμια είχαν τέσσερα στρώματα CFRP φύλλων τυλιγμένα εγκάρσια γύρω από το υποστύλωμα στην περιοχή του κόμβου, και τρία δοκίμια είχαν δύο στρώματα φύλλων CFRP. Τυλιγμένα εγκάρσια γύρω από το υποστύλωμα στην περιοχή του κόμβου. Η διάταξη αποκατάστασης της πλαστιμότητας φαίνεται στο σχ.12

Για τα μικρά δοκίμια οπλισμού, δυο δοκίμια ελέγχου δεν αποκατασταθήκανε με μικτό υλικό. Εν τούτοις από την στιγμή που οι μεταλλικές γωνίες και οι ραβδωτοί ράβδοι χρησιμοποιήθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα δοκίμιο ελέγχου δεν είχε CFRP, μεταλλικές γωνίες και κοχλιωτές ράβδους (έλεγχος 1) και ένα δοκίμιο δεν είχε CFRP αλλά είχε γωνίες και κοχλιωμένες ράβδους (έλεγχος 2). Ο σκοπός των μεταλλικών γωνιών ήταν να αποτρέψει την μη συνάφεια του CFRP και ο σκοπός των κοχλιωτών ράβδων (οι οποίες τοποθετήθηκαν κατά μήκος του κόμβου) ήταν να επιτρέψει στην εφελκυστική δύναμη να πηγαιίνει από τα CFRP φύλλα στην μια πλευρά του κόμβου, στην άλλη πλευρά του κόμβου.

Μεγάλα δοκίμια. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα των μικρών δοκιμίων, οι διατάξεις αποκατάστασης για τα μεγάλα δοκίμια αναπτύχθηκαν. Για τα δοκίμια πλαστιμότητας, ένα δοκίμιο ελέγχου έμεινε όπως ήταν και ένα δοκίμιο τυλίχθηκε με τέσσερα στρώματα από CFRP φύλλα. Τα τέσσερα στρώματα επιλέχθηκαν διότι βρέθηκε ότι τα δύο στρώματα ήταν ικανοποιητικά για τα μικρά δοκίμια, τα οποία είχαν το μισό μέγεθος.

Για τα δοκίμια οπλισμού, ένα δοκίμιο ελέγχου αφέθηκε χωρίς αποκατάσταση, και ένα δοκίμιο είχε τέσσερα διαμήκη στρώματα..., τα οποία τυλίχθηκαν με τέσσερα εγκάρσια στρώματα... και εφαρμόστηκαν μεταλλικές γωνίες και ράβδοι.

4.2 ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

4.2.1 ΤΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ.

Κατά την φόρτιση και τα μικρά δοκίμια πλαστιμότητας ανέπτυξαν καμπτικές ρωγμές στο υποστύλωμα κοντά στον κόμβο. Καθώς το φορτίο αυξάνονταν, οι καμπτικές ρωγμές επεκτείνονταν και άρχισαν να σχηματίζονται διατμητικές. Καθώς εφαρμόζονταν επιπλέον φόρτιση, το σκυρόδεμα κάτω από την θλίψη άρχισε να συνθλίβεται. Αυτό άρχισε την τελική αστοχία η οποία περιλάμβανε διατμητικές ρωγμές εκτεινόμενες κατά το πλάτος του της διατομής. Το μέσο φορτίο στην αστοχία για τα δυο δοκίμια ελέγχου ήταν 23.7KN και η απόκλιση που αντιστοιχεί στο φορτίο των άκρων ήταν 24.4mm. ένα τυπικό διάγραμμα φόρτισης /απόκλισης για το δοκίμιο ελέγχου φαίνεται στο σχ 13

Όταν δοκιμάζονταν, όλα τα αποκατεστημένα μικρά δοκίμια πλαστιμότητας ανέπτυξαν καμπτικές ρωγμές. Παρ' όλα αυτά σε αντίθεση με τα δοκίμια ελέγχου, το θλιβόμενο σκυρόδεμα περισφίγγονταν από το CFRP και δεν συνθλιβονταν και για δυο και για τέσσερα στρώματα επικάλυψης. Επιπλέον η CFRP επικάλυψη απέτρεψε την διατμητική αστοχία. Οι καμπτικές ρωγμές συγκεντρώθηκαν στο σημείο σύνδεσης του κόμβου.

Η αστοχία του δοκιμίου δεν έγινε κατά την διάρκεια του τεστ, δεν ξεκολλήθηκαν τα φύλλα CFRP. Τοπικά διαγράμματα φόρτισης απόκλισης φαίνονται στο σχήμα 13.

Είναι καθαρό ότι η ικανότητα του αποκατεστημένου δοκιμίου είναι μεγαλύτερη από αυτή του δοκιμίου ελέγχου. Αυτή είναι μεγαλύτερη εξαιτίας της αποφυγής σύνθλιψης του σκυροδέματος και της διατμητικής ρηγμάτωσης. Εν' τούτοις, το πραγματικό αντικείμενο αυτής της μελέτης ήταν η αύξηση της πλαστιμότητας των μελών. Κοιτώντας τα συγκριτικά διαγράμματα φόρτισης- παραμόρφωσης στο σχ. 13 είναι εύκολο να δούμε ότι η αποκατάσταση είναι άκρως επιτυχής στην πρόσθεση μεγάλης πλαστιμότητας σε ένα αρχικά

ψαθυρό μέλος. Η φόρτιση και η αποφόρτιση αρχικά μας επιτρέπει να δούμε πόσο προσωρινή είναι η παραμόρφωση (θραύση του εφελκόμενου οπλισμού).

Τα δοκίμια οπλισμού. Μια περίληψη που περιέχει τα τυπικά διαγράμματα φόρτισης – απόκλισης για όλους τους τύπους των δοκιμών οπλισμών (έλεγχος 1,2 και τύπος Α,Β,С και D) φαίνεται στο σχήμα 14. Όλα τα δοκίμια, και του ελέγχου και τα αποκατεστημένα, αστόχησαν όταν η 102 mm αγκυρωμένος εφελκυστικός οπλισμός ολίσθησε και άρχισε να εφελκύεται στην περιοχή του κόμβου.

Το μικρό δοκίμιο ελέγχου οπλισμού χωρίς μεταλλικές γωνίες ή κοχλιωμένες ράβδους (έλεγχος 1) αστόχησε στο φορτίο 9.5 KN. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών πλαστιμότητας, ξέρουμε ότι τα δοκίμια οπλισμού θα πρέπει να είναι ικανά να φέρουν φορτίο μεταξύ 23 και 32 KN εάν οι επιπλέον ράβδοι είναι πλήρης αναπτυγμένες. Ως τέτοιο, το δοκίμιο ελέγχου 1 επέτυχε μικρότερη από το μισό της φέρουσας ικανότητας. σε σύγκριση με τον έλεγχο 1, το δοκίμιο ελέγχου 2 φτάνει το μέγιστο φορτίο των 14.9KN. Η πρόσθεση των γωνιών και των κοχλιωτών ράβδων έχει αποτέλεσμα την αύξηση κατά 37% της φέρουσας ικανότητας. Αυτό το δοκίμιο κατορθώνει περίπου το 1.5 της φέρουσας ικανότητας. Συγκριτικά, το αποκατεστημένο τύπου Β (τέσσερα διαμήκη και τέσσερα εγκάρσια στρώματα CFRP, χωρίς μεταλλικές γωνίες και ράβδους) κατορθώνει ένα ίδιο φορτίο με αυτό του ελέγχου 2 (47% αυξημένη ικανότητα). Ο αποκατεστημένος τύπος Δ (τέσσερα διαμήκη στρώματα CFRP τοποθετημένα συνεχόμενα δια μέσου του κόμβου με γωνίες αλλά όχι διαμήκης ράβδους) είναι τελευταίο σε επιτυχία από όλες τις διατάξεις, με μόνο 24% αύξηση της ικανότητας.

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι ιδιαίτερα, (αποκατάσταση με CFRP μόνο (τύπος Β) και οι κοχλιωμένες ράβδοι μόνο (έλεγχος 2), το καθένα έχει περίπου 50% αύξηση της ικανότητας. Θα συζητήσουμε τώρα τα αποτελέσματα των αποκαταστάσεων τα οποία χρησιμοποιούν και CFRP και κοχλιωμένους ράβδους (τύπος Α και C).

Όπως πιθανόν αναμένεται από τα παραπάνω αποτελέσματα οι διατάξεις των αποκαταστάσεων, τύπος Α και τύπος C ήταν με διαφορά οι πιο επιτυχείς. Και οι δύο διατάξεις είχαν αποτέλεσμα τα μέσα μέγιστα φορτία να είναι στα 23.7 που αντιστοιχούν σε 150% αύξηση ικανότητας. Το μέσο μέγιστο φορτίο των 23.7 KN είναι πολύ κοντά στο αναμενόμενο φορτίο αν οι ράβδοι είχαν τοποθετηθεί πλήρως. Ως τέτοιες, αυτές οι διατάξεις πολλά υποσχόμενες. Τα διαμήκη συνδεδεμένα CFRP φύλλα βελτίωσαν αποτελεσματικά την καμπτική ικανότητα των δοκιμών την στιγμή που οι μεταλλικές γωνίες και οι κοχλιωμένες ράβδοι εξασφαλίζουν επιπλέον διαμήκη οπλισμό στην περιοχή του κόμβου επιτρέποντας την μεταφορά της εφελκυστικής τάσης μεταξύ των ανατολικών διαμήκων CFRP φύλλων τα οποία χωρίζονται από τον κόμβο. Οι αποκαταστάσεις επίσης βελτίωσαν την πλαστιμότητα του κόμβου όπως φαίνεται από την απόκριση φόρτισης- απόκλισης. Αντί να έχουμε μια απότομη πτώση στο φορτίο μετά την ολίσθηση των ράβδων, μια σταθερή περιοχή κατορθώνεται. Αυτό θα αναμένεται από την στιγμή που η επικάλυψη έχει ωφέλιμο αποτέλεσμα περίσφιξης.

Τα μεγάλα δοκίμια. Το δοκίμιο ελέγχου έφτασε το ανώτερο φορτίο των 134.4 KN κατά την στιγμή που αστόχησε ψαθυρά σε διάτμηση. Η απόκριση φορτίου – απόκλισης δείχνει ότι ο εφελκόμενος χάλυβας θραύστηκε πριν την αστοχία καθώς η φόρτιση και η αποφόρτιση έδειξαν μόνιμη παραμόρφωση. Παρ' όλα αυτά πριν την θλίψη του σκυροδέματος φτάσει στο μέγιστο, μια διατημητική αστοχία συμβαίνει.

Τα αποκατεστημένα δοκίμια φτάσανε στο μέγιστο φορτίο των 166.3KN 24% μεγαλύτερο από το δοκίμιο ελέγχου . Αντίθετα από το δοκίμιο ελέγχου , το αποκατεστημένο πριν την αστοχία παρουσίασε μόνιμη παραμόρφωση. Στην πραγματικότητα , η σύνθεση ήταν τόσο αποτελεσματική που η διατμητική αστοχία αποφεύχθηκε και η τελική αστοχία προκλήθηκε από εφελκυστική θραύση των δύο εφελκυσόμενων ράβδων οπλισμού. Έχοντας την ικανότητα να αναπτύξει την μέγιστη εφελκυστική τάση του χάλυβα , σημαίνει ότι η πλαστιμότητα είναι μεγάλη. Με όρους του λόγου του μεγίστου προς την μετακίνηση θραύσης, το αποκατεστημένο δοκίμιο δείχνει μια πλαστιμότητα 12.3, 3.7 φορές της πλαστιμότητας του δοκιμίου ελέγχου (3.33). Αυτό το αποτέλεσμα είναι ίδιο με την αύξηση στην πλαστιμότητα που παρατηρείται για τα μικρά δοκίμια (μια αύξηση της πλαστιμότητας 3.3 φορές από αυτή των δοκιμίων ελέγχου.)

4.2.2ΤΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Το αποκατεστημένο δοκίμιο έφτασε σε ένα μέγιστο φορτίο των 72.5 KN όπως συγκρίνεται στα 61.9 KN για το δοκίμιο ελέγχου (17% αύξηση της ικανότητας.) Και τα δύο δοκίμια αστόχησαν εξαιτίας της ολίσθησης και της εφέλκυσης του οπλισμού. Μαζί με τη μέτρια αύξηση της ικανότητας, το αποκατεστημένο δοκίμιο επέδειξε πολύ περισσότερη πλαστιμότητα και σταθερότερη απόκριση αστοχίας.

4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν ότι τα εξωτερικά συνδεδεμένα CFRP φύλλα, μπορούν αποτελεσματικά να βελτιώσουν τόσο την πλαστιμότητα του συστήματος όσο και την φέρουσα ικανότητα του συνδέσμου με ανεπαρκή αγκύρωση των ράβδων. 19 δοκιμές πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας δοκίμια πλήρους κλίμακας και κλίμακας 1:4.

Με όρους πλαστιμότητας, η επικάλυψη της περιοχής γειτονικά του κόμβου CFRP φύλλα οδήγησε σε εντυπωσιακή αύξηση της πλαστιμότητας. Η πλαστιμότητα των αποκατεστημένων δοκιμίων είναι 3 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του μη αποκατεστημένου δείγματος. Σε όρους συνολικής μετακίνησης, τα μικρά αποκατεστημένα δοκίμια έφτασαν σε λόγο απόκλισης των L/9. Η αποκατάσταση επίσης οδήγησε στο να μετριάσει την αύξηση της ικανότητας ροπής (από 24% στο 35%).

Σε σχέση με τον οπλισμό, η αύξηση της ικανότητας στο 150% επιτεύχθηκε στα μικρά

δοκίμια. Στην πραγματικότητα, η καμπτική ικανότητα των διατομών (ροπή που αντιστοιχεί στην θραύση της ράβδου) επιτεύχθηκε για τα αποκατεστημένα δοκίμια τη στιγμή που τα δοκίμια ελέγχου είχαν μικρότερη από τη μισή τους φέρουσα ικανότητα (για πλήρη ανάπτυξη οπλισμού). Επιτεύχθηκε επιπλέον πλαστιμότητα. Στις δοκιμές των μεγάλων δοκιμών επιτεύχθηκε μόνο μια μέτρια αύξηση στην ικανότητα (της τάξης του 17%), μαζί με μια μεγάλη αύξηση στην πλαστιμότητα. Η χαμηλότερη αύξηση σε πλήρους κλίμακας δοκίμια μπορεί να είναι αποτέλεσμα ελάχιστων εξωτερικών CFRP φύλλων και / ή μικρής συνεισφοράς από τις κοχλιωμένες ράβδους. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα μεγάλα ορθογώνια δοκίμια είναι στερεότερα στην περίσφιξη από τα μικρότερα. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν υπάρχουνε παραδείγματα αστοχίας δεσμών των CFRP.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΧΡ.-ΧΑΛΙΟΡΗΣ Κ. «Επισκευή με χρήση ρητινών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με βλάβες από σεισμό» . (από την επιστημονική έκδοση «ΚΤΗΡΙΟ» τεύχος Γ 1998 σελ 31)
2. A.GHOBARAH, TAREK S. AZIZ, ASHRAF BIDDAR « Rehabilitation of reinforced concrete frame connections using corrugated steel jacketing» (από το ACI structural journal Μάιος Ιούνιος 1997 σελ 283)
3. SERGIO M.ALCOCER, JAMES O.JIRSA «Strength of reinforced concrete frame connections rehabilitated by jacketing» (από το ACI structural journal Μάιος Ιούνιος 1997 σελ. 249)
4. ZE-JUN GENG, MICHAEL J.CHAJES, TSU-WEI CHOU, DAVID YEN-CHENG PAN «The retrofitting of reinforced concrete column-to-beam connections» (από το Composites Science and technology 1998 σελ 1297)