

ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΑΠΟ Ο.Σ. ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΗΤΙΝΩΝ, ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΜΑΝΔΥΑ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο.Σ.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται πειραματικά δεδομένα και εξάγονται συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της επισκευής κόμβων στοιχείων Ο.Σ. με χρήση ρητινών και μανδύων Ο.Σ., όταν αυτοί έχουν υποστεί βλάβες υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνικών επισκευής, η επιρροή του αρχικού οπλισμού και της φόρτισης που προκάλεσε την αρχική βλάβη και, τέλος, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επισκευής σε ότι αφορά την αποκατάσταση της αντοχής, της δυσκαμψίας, της πλαστιμότητας και της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας.

Γενικά, για όλες τις τεχνικές επισκευής, ο βαθμός αποτελεσματικότητας όσον αφορά στην αποκατάσταση της ικανότητας του στοιχείου είναι βασικό πρόβλημα. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πλήρης κατανόηση της μηχανικής συμπεριφοράς ιδιαίτερα των κόμβων από οπλισμένο σκυροδεμα, σχεδιασμένων για σεισμικές δρασεις, είναι περιπλοκή. Αυτό οφείλεται στο ότι η εξέτασή τους περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση πολλών φαινομένων όπως διάτμηση, συνάφεια οπλισμών-σκυροδέματος, περίσφιξη, κόπωση τα οποία ακόμα κι αν θεωρηθούν ανεξάρτητα μεταξύ τους, δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Παρ'όλ'αυτά τα προβλήματα όμως, ένα στοιχείο είναι δυνατόν να επισκευαστεί επιτυχώς χωρίς να είναι πλήρως γνωστοί οι μηχανισμοί απόκρισής του.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Επί τόπου παρατηρήσεις κατά τους τελευταίους σεισμούς (Καλαμάτα 1985, Αίγιο 1995, Αθήνα 1999) έδειξαν ότι σε πολλές παισιωτές κατασκευές από οπλισμένο σκυροδεμα οι βλάβες εντοπίστηκαν σε περιοχές συνδέσεως υποστυλωμάτων-δοκών (κόμβοι). Επί πλέον παρατηρήθηκε ότι ο βαθμός βλάβης διέφερε, κατά περίπτωση, από λίγες ρωγμές έως αποδιοργάνωση ή και ολική καταστροφή της περιοχής του κομβού, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις ήταν και αίτιο γενικότερης αστοχίας. Προέκυψε έτσι το πρόβλημα της αποτελεσματικής επισκευής κόμβων που έχουν υποστεί βλάβες από ανακυκλιζόμενη (σεισμική) φόρτιση. Η διερεύνηση των διαφόρων μεθόδων επισκευής στοιχείων από σκυροδεμα εντάσσεται μέσα στο γενικότερο πρόβλημα της επισκευής ζημιών και παρουσιάζει τεράστιο κοινωνικό και οικονομικό ενδιαφέρον. Αποτελεί σημαντικότατο τομέα ερευνάς, ο οποίος όμως παρουσιάζει δυσανάλογα μικρή ανάπτυξη σε σχέση με τη σπουδαιότητά του. Επί πλέον, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η έρευνα σε αυτόν τον τομέα της σεισμικής μηχανικής των κατασκευών είναι ουσιώδης και για έναν ακόμη λόγο. 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.

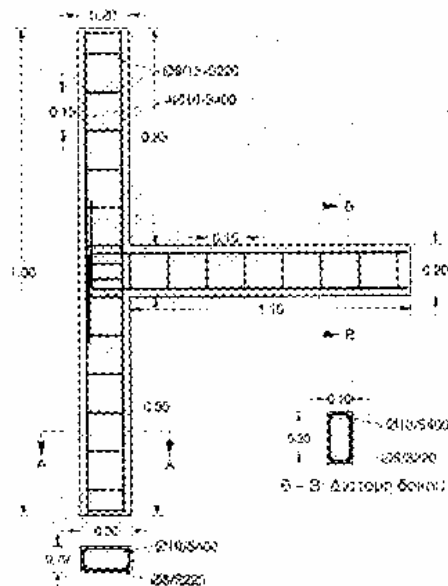
1.ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΗΤΙΝΩΝ

1.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Παρουσιάζονται συγκριτικά αποτελέσματα της συμπεριφοράς υπο ανακυκλιζόμενη καταπόνηση, προ και μετά την επισκευή 9 δοκιμών ακραίου κόμβου υποστυλώματος-δοκού. Τα δοκίμια είναι χωρισμένα σε 2 ομάδες αναλογα με το είδος του οπλισμου που έχουν στην περιοχή του κομβου. Η 1^η ομάδα αποτελείται από 4 κόμβους (J2, J2b, J1, J1b) που έχουν ως κύριο οπλισμό της περιοχής του κόμβου συνδετήρες, η 2^η ομάδα αποτελείται επίσης από 4 κόμβους (JX1, JX1b, JX0, JX0b) που έχουν ως κύριο οπλισμό της περιοχής του κόμβου οπλισμούς διατμησης μορφής X, ενώ εξετάζεται και ένας κόμβος ο οποίος δεν έχει καθολου οπλισμο διατμησης στην περιοχή του κομβου (J0) (Πίνακας 1). Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικάτων κόμβων είναι ίδια σε όλα τα δοκίμια και δίνονται στο Σχήμα 1, ενώ οι οπλισμοί και η θλιπτ. αντοχή του σκυροδέματος του κάθε κόμβου φαίνονται στον Πίνακα 1. Το κάθε δοκίμιο υποβλήθηκε κατ'αρχήν σε αυξανόμενη ανακυκλιζόμενη καταπόνηση. Ο ρυθμός αύξησης της παραμόρφωσης ήταν 2.5mm/κύκλο και η ακολουθία φόρτισης συνεχίστηκε έως ότου παρατηρηθεί ουσιαστική μείωση του μεγιστου φορτιου του κυκλου. Το εξωτερικο αξονικο φορτιο του υποστυλωματος των δοκιμων ήταν σταθερο καθ'όλη τη διάρκεια των φορτισεων και ίσο με $0.1 \cdot A_c \cdot f_c$. Μετά την αρχική καταπόνηση, ο κάθε κομβος επισκευάστηκε με την τεχνικη των ρητινεδέσεων και καταπονηθηκε εκ νεου με τον ίδιο τρόπο.

Δοκίμιο	Οπλισμός περιοχής κόμβου	Οπλισμός δοκού	Αντοχή σκυροδέματος, f_c (MPa)
J0		άνω 2C10 κάτω 2C10	20.70
J2		άνω 2C10 κάτω 2C10	22.08
J2b		άνω 2C10 κάτω 2C10	25.21
J1		άνω 2C10 κάτω 2C10	15.22
J1b		άνω 2C10 κάτω 2C10	26.42
JX1		άνω 2C10 κάτω 2C10	15.30
JX1b		άνω 2C10 κάτω 2C10	21.00
JX0		άνω 2C10 κάτω 2C10	22.94
JX0b		άνω 2C10 κάτω 2C10	27.20

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Οπλισμοί κόμβων



ΣΧΗΜΑ 1 Γεωμετρία και οπλισμοί κόμβων

Η τεχνική της επισκευής που εφαρμόστηκε περιλαμβάνει τις παρακατω εργασίες :

Α) Επιφανειακή σφράγιση των αρμών των ρωγμών με θιξοτροπικό εποξειδικό υλικό (πάστα) ώστε να εμποδίζεται η διαρροή προς τα έξω του λεπτορευστού ενεματός που θα ακολουθήσει.

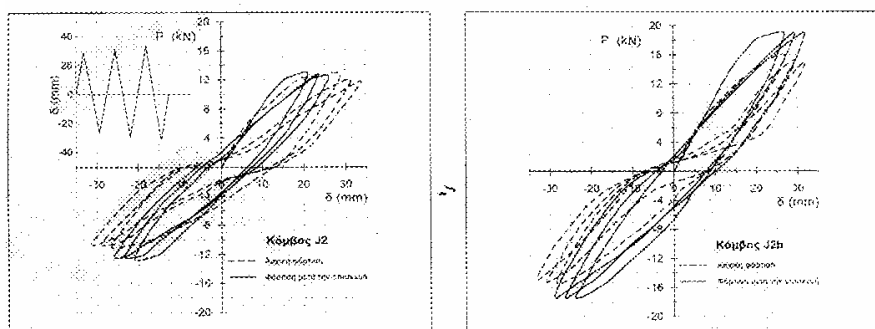
Β) Ρητινενεσεις υπο πιεση με λεπτορευστες εποξειδικες ρητινες ειδικου τυπου.Οι ρητινες εισαγονται με χρηση ακροφυσιων που τοποθετήθηκαν κατά τη φάση της επιφαν. σφράγισης των ρωγμών.(Σχήμα

Γ) Τα επισκευασμένα στοιχεία παρεμειναν αφορτιστα τουλάχιστον 6 ημερες, ώστε οι ρητινες να αποκτησουν το συνολο της αντοχης τους.

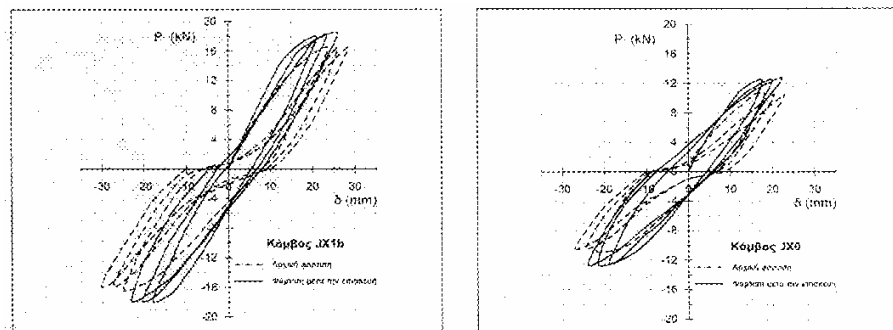
Η παραπάνω διαδικασία εφαρμοσθηκε για την επισκευη όλων των δοκιμιων.Ειδικα για τον κομβο J0, ο οποιος δεν ειχε οπλισμο διατμησης, σημειωνεται ότι,κατά την αρχικη φορτιση,η περιοχη του κομβου θρυμματιστηκε και κατά μεγαλο μερος πρακτικα εξαφανιστηκε.Σε αυτην την περιπτωση, αφου καθαριστηκε καλα η περιοχη από τα χαλαρα κομματια σκυροδεματος, αυτά αντικατασταθηκαν από υψηλης αντοχης παστα τσιμεντου ταχειας πηξης (EMACO).

1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την εκτιμηση της αποτελεσματικοτητας της τεχνικης που εφαρμοσθηκε για την επισκευη των δοκιμιων, συγκρινεται η υστερητικη αποκριση του κάθε δοκιμιου κατά την αρχικη φορτιση με την αντιστοιχη του ιδιου δοκιμιου κατά τη φορτιση μετα την επισκευη. Συγκεκριμενα, στο σχημα 2 παρουσιαζονται οι υστερητικες αποκρισεις των κομβων J2 και J2b αντιστοιχα, που εχουν ως διατμητικο οπλισμο κομβου συνδετηρες και στο σχημα 3 οι αποκρισεις των κομβων JX1b και JX0 αντιστοιχα, που εχουν ως οπλισμο κομβου ραβδους μορφης Χ.Σημειωνεται οτι στα παραπάνω σχηματα παρουσιαζονται οι υστερητικες αποκρισεις μονο των 3 πρωτων κυκλων φορτισης των κομβων.



ΣΧΗΜΑ 2 Υστερητικοί βρόχοι των κόμβων J2 και J2b



ΣΧΗΜΑ 3 Υστερητικοί βρόχοι των κόμβων JX1b και JX0

Ειδικότερα, από τις συγκρίσεις των μεγίστων φορτίων των κυκλών φορτίσης των δοκιμιών κατά την αρχική τους φορτίση με τις αντιστοιχικές τιμές κατά τη φορτίση μετά την επισκευή, φαίνεται ότι τα επισκευασμένα δοκίμια αντέξαν περισσότερους κυκλούς φορτίσης χωρίς σημαντική πτώση της αντοχής τους. Επίσης, προέκυψε ότι η δυσκαμψία των δοκιμιών αποκαταστάθηκε σε βαθμό 73-100% σε σύγκριση με την αρχική. Η αποκατάσταση της δυσκαμψίας των στοιχείων εξαρτάται κυρίως από το βαθμό πληρώσης των μικρορωγμών της μάζας του σκυροδέματος στην περιοχή της βλάβης με ρητίνη. Τέλος, η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας των επισκευασμένων δοκιμιών σε σχέση με αυτήν κατά την αρχική φορτίση ήταν σχετικά χαμηλή μόνο κατά τον 1^ο κύκλο φορτίσης (56-86%). Κατά τους επόμενους κυκλούς φορτίσης παρατηρήθηκε ιδιαίτερα αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας, αρκετά μεγαλύτερη αυτής των δοκιμιών κατά την αρχική φορτίση.

1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοπτικά, από τη σύγκριση της συμπεριφοράς των δοκιμιών 9 ακραίων κομβών κατά την αρχική καταπόνηση με αυτήν μετά την επισκευή με χρήση ρητινών, προκύπτει ότι τα επισκευασμένα δοκίμια παρουσίασαν

-Μεγαλύτερη ικανότητα μεγίστου φορτίου

-Ίδια περίπου δυσκαμψία φορτίσης (73-100%)

-Ικανότητα απορρόφησης ενέργειας ιδιαίτερα αυξημένη

Σημειώνεται κι εδώ η συμβολή της καλοτεχνής εφαρμογής της μεθόδου στο εργοτάξιο στο αποτέλεσμα. Προκύπτει, λοιπόν, από τα παραπάνω ότι η τεχνική της επισκευής στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

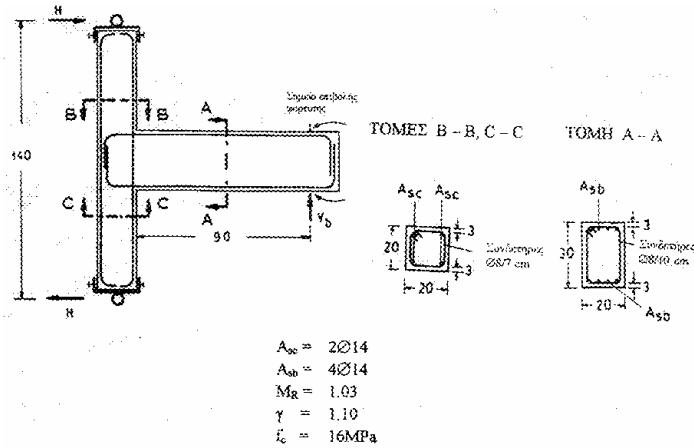
2.ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Για τις ανάγκες κάθε πειράματος κατασκευάστηκαν δύο δοκίμια κομβών υπο κλίμακα 1:3. Οι παραμετροί σχεδιασμού M_R και γ είχαν δυσμενείς τιμές, συγκριτικά με αυτές που θεσπίζουν οι συστάσεις της μικτής επιτροπής ACI-ASCE 352(1995). Τα δοκίμια υποβλήθηκαν σε σεισμικού τύπου καταπόνηση και παρουσίασαν βλάβες στην περιοχή του κομβού-όπως αναμενόταν-και στις κρίσιμες περιοχές των στύλων. Στη συνέχεια, τα δοκίμια ενισχύθηκαν και υποβλήθηκαν στην ίδιου τύπου σεισμική καταπόνηση. Σημειώνεται ότι με την ενίσχυση, δόθηκε σημασία ώστε οι χαμηλές τιμές M_R των αρχικών δοκιμιών να αυξηθούν στα ενισχυμένα δοκίμια ενώ οι τιμές του γ των τελευταίων να μειωθούν. Η φορτίση όλων των δοκιμιών έγινε με επιβολή κυκλών μετατόπισης αυξανόμενου εύρους 5mm ανα κύκλο.

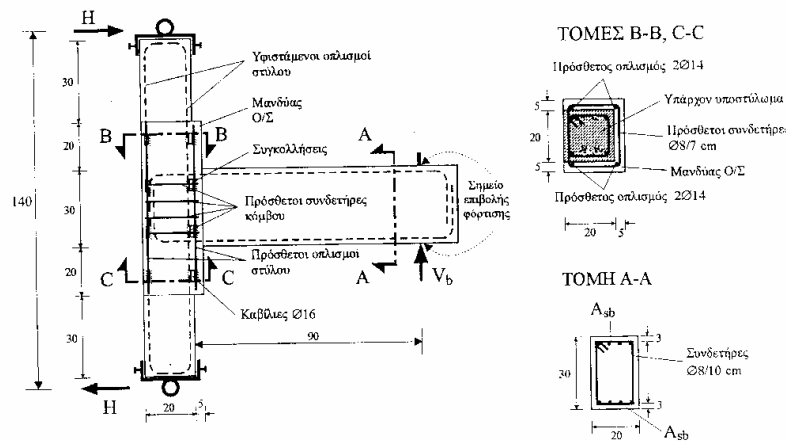
2.1 ΤΟΠΙΚΟΣ ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ-ΤΡΙΠΛΕΥΡΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ Ο.Σ.

2.1.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε αναφέρθηκε παραπάνω και είναι κοινή και για τα δύο πειράματα. Οι διαστάσεις, οι οπλισμοί και τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού των αρχικών δοκιμιών O_1 και O_2 φαίνονται στο Σχήμα 1, ενώ ενός των ενισχυμένων δοκιμιών, του RO_1 , στο Σχήμα 2. Η ενίσχυση έγινε με κατασκευή τριπλευρού μανδύα στο RO_1 και διπλευρού στο RO_2 από ειδικό τσιμεντοκονίαμα υψηλής αντοχής EMACO και με χρήση προσθετού οπλισμού μανδύα (συνδετήρες). Οι συνδετήρες αυτοί αποτελούνταν από δύο τμήματα μορφής Π, τα οποία ηλεκτροκολληθήκαν στις ακρές τους, ώστε να δημιουργήσουν τον κλειστό συνδετήρα. Τέλος, εκτός από οσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την επιβαλλόμενη φορτίση, η αξονική φορτίση που επιβαλλόταν στα υποστύλωματα των δοκιμιών ήταν σταθερή, της τάξεως του $0.40P_b$ (P_b =αξονικό φορτίο ισορροπής αστοχίας).



ΣΧΗΜΑ 1 Διαστάσεις και λεπτομέρειες οπλισμού δοκμίων O1 και O2



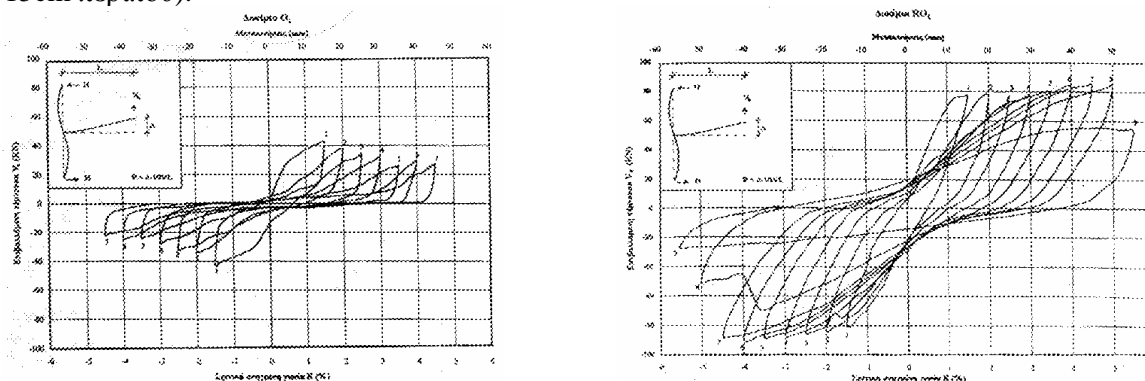
ΣΧΗΜΑ 2 Διαστάσεις και λεπτομέρειες οπλισμού μανδύα δοκμίου RO1

2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως ήδη αναφερθηκε, η αστοχία των δοκμίων O1 και O2 συγκεντρώθηκε στην περιοχή του κομβίου και στις κρίσιμες περιοχές του στύλου, ενώ οι δοκοί τους παρέμειναν σχεδόν αθικτές. Το σκυροδεμα στις περιοχές αυτές είχε αποδιοργανωθεί εντονα, ενώ χαρακτηριστική ήταν η εντονη διαμητική παραμορφωση των διαμηκών ραβδών οπλισμού του στύλου στην περιοχή του κόμβου. Στα ενισχυμένα δοκμια η βλαβη επικεντρωνεται κυριως στη δοκο,στη

θεση ενωσης με τον κομβο.Πρεπει να σημειωθεί ότι η περιοχή του κομβου παραμενει σχεδον αθικτη στο τελος του πειραματος.

Γενικα,τα ενισχυμενα δοκιμια RO1 και RO2 εμφανιζουν βελτιωμενες ολες τις μηχανικες αντισεισμικες ιδιοτητες σε σχεση με αυτές των αρχικων.Οι υστερητικοι βροχοι επιβαλλομενων τεμνουσων δοκου V_b - μετατοπισεων φορτιζομενου ακρου Δ για τα δοκιμια O1 και RO1 φαινονται στο Σχημα 2.Οπως προκυπτει,τα ενισχυμενα δοκιμια διακρινονται από ατρακτοειδεις βροχους με πολύ μικροτερη στενωση γυρω από την αρχη των αξωνων σε αντιθεση με τους υστερητικους βροχους των αρχικων δοκιμιων,που παροσαζουν εντονη στένωση.Αυτό οφειλεται στο ότι με την ενισχυση μειωθηκαν αισθητα οι ολισθησεις των διαμηκων ραβδων οπλισμου των δοκων και των στυλων που περνουν από τον κόμβο.Επιπλέον,η συγκεκριμενη ενισχυση βελτιωσε τις παραμετρους σχεδιασμου των αρχικων κομβων,δηλαδη το λογο ικανοτικου σχεδιασμου και τις επικρατουσες στον κομβο διατμητικες τασεις.Για τη βελτιωση των συνθηκων αγκυρωσης των διαμηκων οπλισμων των δοκων στα ενισχυμενα δοκιμια στην περιοχή των αγκυριων των οπλισμων αυτων και καθετα προς αυτους τοποθετηθηκαν και ηλεκτροκολληθηκαν μικροι ραβδοι διαμετρου 8mm (μηκους 15cm περιπου).

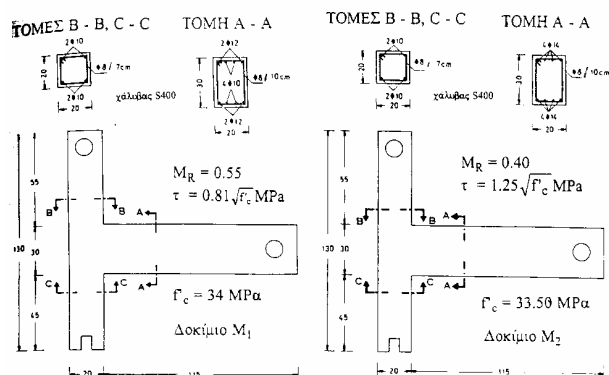


ΣΧΗΜΑ 3 Υστερητικοί βρόχοι δοκιμίων O1 και RO1

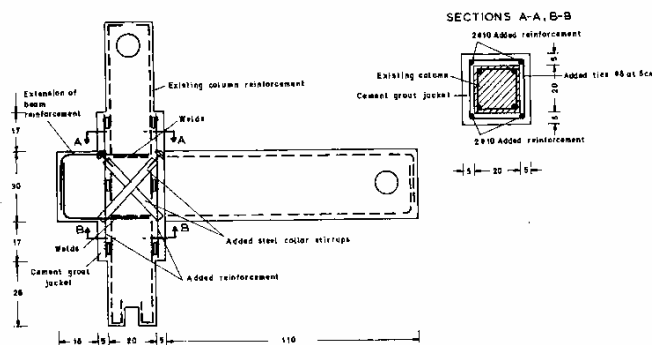
2.2 ΜΑΝΔΥΑΣ Ο.Σ. ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΚΟΛΛΑΡΩΝ

2.2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Για τις αναγκες του πειραματος, κατασκευαστηκαν δυο δοκιμια κομβων M1 και M2, των οποιων οι διαστασεις,οι οπλισμοι και τα χαρακτηριστικα σχεδιασμου φαινονται στο Σχημα 1. Τα δοκιμια αυτά ενισχυθηκαν τοπικα, με τη μεθοδο των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος και με χρήση προεντεταμένων κολλάρων.Για το μανδύα χρησιμοποιήθηκε ειδικό τσιμεντοκονίαμα EMACO ενώ για την επαρκεστερη αγκυρωση των διαμήκων οπλισμων της δοκού αποφασίστηκε η κατασκευή καμπούρας (προβόλου).Στο Σχήμα φαινονται οι διαστάσεις, οι οπλισμοί και τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού των επισκευασμένων δοκιμίνη.Στο Σχήμα 2 φαινεται το πρόγραμμα φόρτισης των δοκιμίων.



ΣΧΗΜΑ 1 Διαστάσεις και λεπτομέρειες οπλισμού δοκιμίων M1, M2



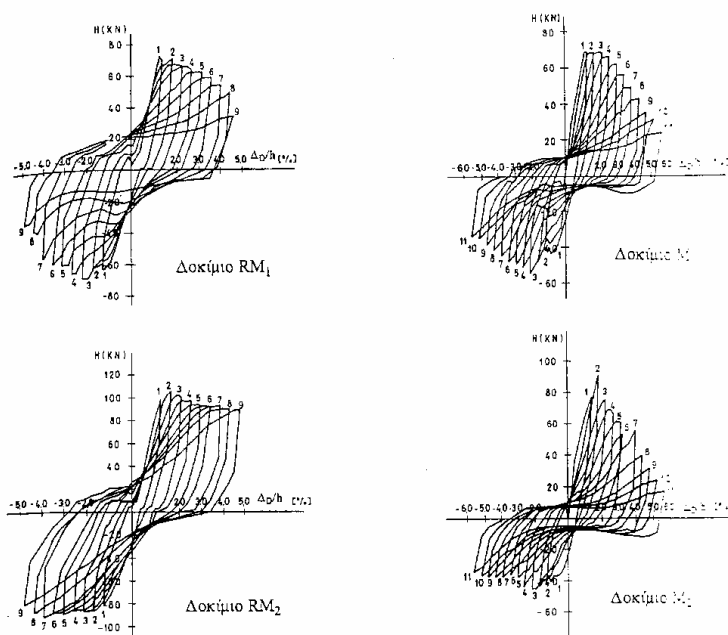
ΣΧΗΜΑ 2 Διαστάσεις και λεπτομέρειες οπλισμού δοκιμίων RM1, RM2

2.2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα αρχικά δοκίμια M1 και M2 το σκυρόδεμα στην περιοχή του κόμβου και στις κρίσιμες περιοχές των στύλων είχε αποδιοργανωθεί σε μεγάλο βαθμό, ενώ οι δοκοί τους παρέμειναν άθικτες. Στην ίδια περιοχή, χαρακτηριστικός ήταν ο έντονος λυγισμός των διαμήκων ράβδων οπλισμού του στύλου. Στα επισκευασμένα δοκίμια, ο τύπος αστοχίας ήταν εντελώς διαφορετικός. Το δοκίμιο RM1, κατά τους πρώτους κυκλους φόρτισης, εμφάνισε στη δοκό χιαστί διαμητικά ρήγματα και διαμπερές καμπτικό ρήγμα, στη θέση ένωσης της με το στύλο, των οποίων το εύρος ολοένα και αυξανόταν στους επομενους κύκλους. Στους τελευταίους κύκλους παρατηρήθηκε και έντονος λυγισμός των διαμήκων ραβδών της δοκού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιοχή του κόμβου παραμένει άθικτη στο τέλος του πειραματος. Ο τύπος αστοχίας του δοκιμίου RM2 ήταν παρεμφερής αυτού του RM1, με τη διαφορά ότι εμφανίστηκαν τριχοειδή ρήγματα διαμητικού τύπου στην περιοχή του κομβου, τα οποία μέχρι τους τελευταίους κύκλους διευρύνθηκαν ελαφρά.

Από τη σύγκριση της σεισμικής συμπεριφοράς των ενισχυμένων δοκιμίων με αυτήν των αρχικών παρατηρούμε ότι τα πρώτα εμφανίζουν ιδιαίτερα βελτιωμένες όλες τις μηχανικές αντισεισμικές ιδιοτητες συγκριτικά με αυτές των τελευταίων. Πιο αναλυτικά, τα δοκίμια RM1 και RM2 παρουσίασαν αντιστοιχα 30% και 90% περιπου αυξημένη αντοχή και 130% και

160% περίπου αυξημένη ακαμψία, σε σχέση με τα M_1 και M_2 . Εξαιρετική βελτιωμένη όμως φαίνεται και η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας των RM_1 και RM_2 σε σύγκριση με αυτή των αρχικών. Πρέπει να τονισθεί, επίσης, ότι τα επισκευασμένα δοκίμια διακρίνονται από ατρακτοειδείς βρόχους με πολύ μικρότερη στένωση γύρω από την αρχή των αξόνων, σε αντίθεση με τους υστερητικούς βρόχους των αρχικών, που παρουσιάζουν έντονη στενωση (Σχήμα 3). Αυτό οφείλεται στο ότι με την επεμβαση στα δοκίμια RM_1 και RM_2 μειώθηκαν αισθητά οι ολισθησεις των διαμηκών ραβδών οπλισμού των δοκών και του στύλου που περνούν από τον κομβό.



ΣΧΗΜΑ 3 Υστερητικοί βρόχοι δοκιμών M_1, M_2, RM_1, RM_2

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη σύγκριση της σεισμικής συμπεριφοράς των αρχικών δοκιμίων και των ενισχυμένων και με τις δύο προαναφερθείσες μεθόδους, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα, κοινά και για τις δύο τεχνικές :

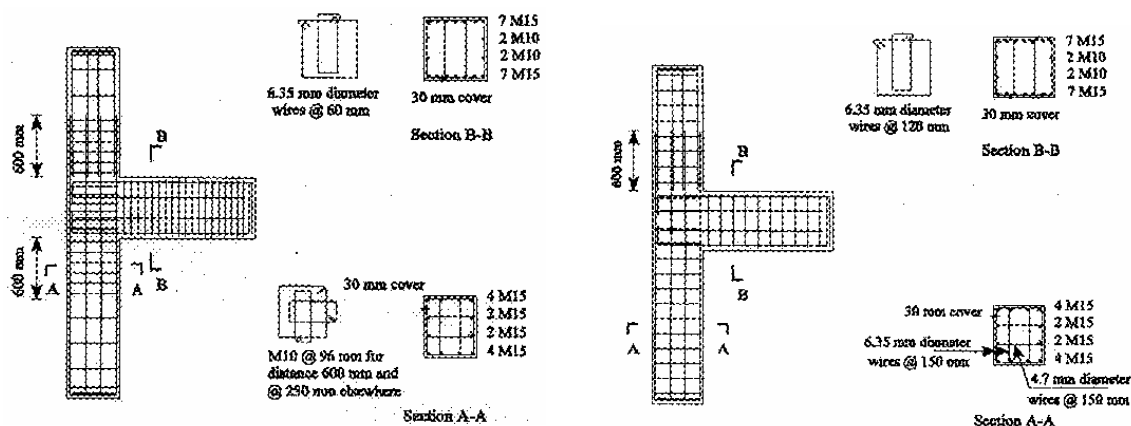
- Η σεισμική συμπεριφορά των ενισχυμένων δοκιμίων εμφανίστηκε εξαιρετικά βελτιωμένη σε σχέση με αυτή των αρχικών.
- Τα ενισχυμένα δοκίμια κατόρθωσαν να μεταθεσουν τη βλάβη από την περιοχή του κομβού και από τις κρίσιμες περιοχές των στύλων στη δοκό, αλλά και στην περίπτωση αυτή μετά το περας του μανδύα.
- Τόσο η τεχνική του διπλευρού και τριπλευρού τοπικού μανδύα όσο και αυτή του μανδύα οπλισμένου σκυροδεματός, με χρήση προεντεταμένων κολλαρών αποδεικνύονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές στην ενίσχυση κόμβων υποστρώματος-δοκού, που έχουν υποστεί βλάβη από σεισμό.

3. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΜΑΝΔΥΑ

3.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

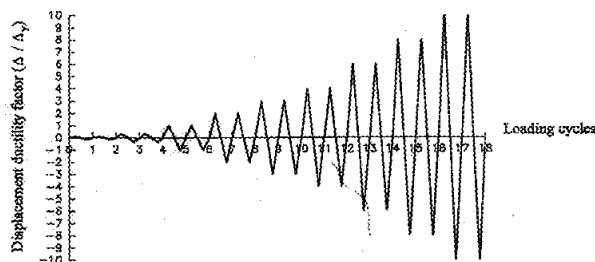
Η συγκεκριμένη τεχνική της επισκευής εγκείται στον εγκιβωτισμο του κομβου οπλισμενου σκυροδεματος με κυματοειδη μεταλλικο μανδουα. Οι μεταλλικοι μανδουες κατασκευαζονται σε δυο μερη για να τοποθετουνται ευκολοτερα ενω οι καθετες ραφες συγκολλουνται επι τοπου. Το κενο αναμεσα στο σκυροδεμα και το μεταλλικο μανδουα γεμιζεται με ενεμα, για να εξασφαλιζεται η συνεχεια μεταξυ αυτων. Επισης, προβλεπεται ένα κενό ανάμεσα στο μανδουά της δοκού και του υποστυλώματος προκειμένου να ελαχιστοποιηθει ηαυξηση της καμπτικής αντοχής, η οποια είναι πιθανο να προκαλεσει αναπτυξη υπερβολικών δυνάμεων στον κόμβο και στο υποστύλωμα. Τελος, μεταλλικες γωνιες προσκολληθηκαν μεταξύ της δοκού και της όψης του υποστυλώματος, για να αναλάβουν την εξωτερικα επιβαλλομενη πιεση από το σκυροδεμα στην περιοχη του κομβου.

Για τις αναγκες του πειραματος, κατασκευαστηκαν 4 δοκιμια κόμβων από οπλισμενο σκυροδεμα με κλιμακα 1 : 3 και ιδιων διαστασεων. Λεπτομέρειες οπλισμών των δοκιμιών (J₁, J₂, J₃ και J₄) φαινονται στο Σχήμα 1. Το δοκιμιο J₁ κατασκευαστηκε ομοιο με υπαρχοντα Κομβο. Το δοκιμιο J₂ εχει οπλισμο διατμησης συμφωνα με τον κανονισμο. Στο δοκιμιο J₃ τοποθετηθηκε μανδουας γυρω από το υποστυλωμα και τη δοκο, ενω αναμεσα στο μεταλλικο μανδουα και το σκυροδεμα τοποθετηθηκε μη συρρικνούμενο κονιαμα παχους 25mm. Επιπλεον, για λόγους που αναφέρθηκαν παραπανω, κριθηκε απαραιτητο ένα κενο παχους 20mm μεταξυ του μανδουα της δοκου και του υποστυλώματος. Στο δοκιμιο J₄, ο μανδουας ήταν ιδιου παχους με αυτόν στο δοκιμιο J₃, αλλα τοποθετήθηκε μόνο στο υποστύλωμα.



ΣΧΗΜΑ 1 Λεπτομέρειες οπλισμού δοκιμιών J₁, J₃, J₄ και J₂

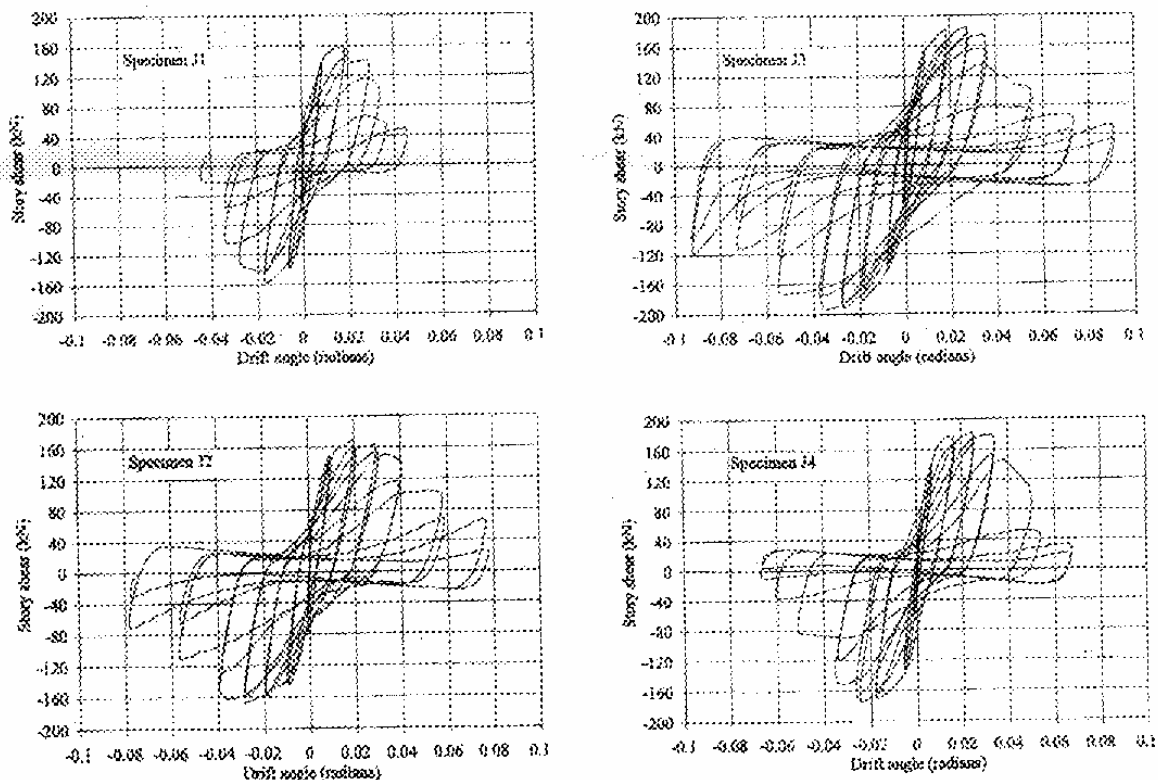
Στη συνέχεια, τα δοκιμια υποβλήθηκαν σε ανακυκλιζομενη φορτιση, το διαγραμμα της οποιας απεικονιζεται στο Σχημα 2.



ΣΧΗΜΑ 2 Ιστορία φόρτισης δοκιμίων

3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως προέκυψε, σε όλα τα δοκιμια, η πρώτη ρωγμή εμφανίστηκε στη δοκο, στην όψη του υποστυλώματος. Στο δοκιμιο J1 παρουσιάστηκαν καμπτικές και διατμητικές ρωγμές στη δοκο και, στη συνέχεια, διαγώνιες διατμητικές ρωγμές στην περιοχή του κομβου. Επιλέον, με την αύξηση της φόρτισης υποχώρησαν οι διαμηκείς ραβδοί της δοκου. Στα δοκιμια J2, J3 δημιουργήθηκε πλαστική αρθρωση στη δοκο, ενώ δεν εμφάνισαν σχεδόν καθολου διατμητικές παραμορφώσεις στην περιοχή του κόμβου. Το δοκιμιο J4 εμφάνισε διατμητική αστοχία στην πλαστική αρθρωση της δοκου, ενώ παρουσίασε μηδενική σχεδόν αστοχια στην περιοχή του κομβου. Τα παραπάνω φαινονται στο Σχήμα 3.



ΣΧΗΜΑ 3 Υστερητικοί βρόχοι δοκιμίων

Γενικά, η στενωπή γυρω από την αρχη των αξωνων των υστερητικων βροχων για κυκλους μετα τον αρχικο λυγισμο των διαμηκων ραβδων του οπλισμου της δοκου δειχνει ότι η

ακαμψια είναι χαμηλή κοντα στο σημείο μηδενικής μετατοπίσης (Σχήμα 4). Όπως φαίνεται, στα δοκίμια που ενισχυθηκαν με μεταλλικό μανδύα βελτιώθηκε η σεισμική συμπεριφορά.

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών του πειράματος, προκύπτει ότι η τεχνική ενίσχυσης με κυματοειδή μεταλλικό μανδύα κόμβων που παρουσιάζουν διατμητικό τρόπο αστοχίας, αλλάζει τη συμπεριφορά αυτών σε πλαστική κάμψη. Βρέθηκε ότι τα αποκατεστημένα δοκίμια συμπεριφέρθηκαν με πλαστικό τρόπο, με οριακή μείωση αντοχής για γωνιακή παραμορφωση μέχρι 0.05rad σε σύγκριση με τα δοκίμια τα οποία αντιπροσωπεύουν την υπάρχουσα κατασκευή. Ο μεταλλικός μανδύας λειτουργήσε ως μια απολύτως ικανή μορφή πλευρικής περισφιζής και αύξησε τη μέγιστη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καραγιάννης Χ. , Χαλιορής Κ
“Επισκευή με χρήση ρητινών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με βλάβες από σεισμό”, ΚΤΙΡΙΟ Επιστημονική έκδοση
2. Καραγιάννης Χ. , Χαλιορής κ. , Σίδερης Κ. , Οικονόμου Χ.
“Πειραματική διερεύνηση της ικανότητας ακραίων κόμβων Ο.Σ. επισκευασμένων με ρητίνες”, Πρακτικά 12^ο Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Κύπρος
3. Τσώνος Αλ.
“Σεισμική συμπεριφορά επισκευασμένων και ενισχυμένων δοκιμίων από Ο.Σ.”,
Πρακτικά 13^ο Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Ρέθυμνο
4. Τσώνος Αλ. , Γεωργιάδου Σ.
“Αποδοτικότητα τοπικού δίπλευρου-τρίπλευρου μανδύα για την ενίσχυση εξωτερικών κόμβων πλαισίων από Ο.Σ.” , Πρακτικά 13^ο Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Κύπρος
5. A. Ghobarah , Tarek S. Aziz , Ashraf Biddah
“Rehabilitation of reinforced concrete frame connections using corrugated steel jacketing”, ACI Structural Journal, Vol. 94, May-June 1997
6. A. Tsonos
“Lateral load response of strengthened reinforced concrete beam-to-column joints”
ACI Structural journal, Vol. 96, Jan-Feb 1999

