

ΑΙΤΙΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ .

**ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΖΗΣΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ**

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί μια γενική παρουσίαση του προβλήματος των κόμβων. Πρόκειται για ένα από τα πιο ευπαθή σημεία των κτιριακών κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα κατά τη σεισμική καταπόνηση. Παρουσιάζονται συνοπτικά οι βλάβες και οι αιτίες δημιουργίας αυτών στους κόμβους, ενώ εκτεταμένη αναφορά γίνεται στις τεχνικές επισκευών και ενισχύσεων τους καθώς επίσης και στην αποτελεσματικότητά τους.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα πιο κρίσιμα προβλήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος έναντι ακραίων σεισμικών καταπονήσεων είναι η ψαθυροί αστοχία των κοινών περιοχών δοκών και υποστυλωμάτων. Στη χώρα μας ο κόμβος εθεωρείτο ότι αποτελούσε μια απλή προέκταση των υποστυλωμάτων και επομένως στην καλύτερη περίπτωση διαστασιολογούνται με τις ίδιες απαιτήσεις τέμνουσας. Στην πραγματικότητα όμως είναι μικρές περιοχές από τις οποίες ζητούνται παρά πολλά και πολύ εύστοχα χαρακτηρίστηκαν "πυριτιδαποθήκες" που μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και σε καταρρεύσεις οικοδομικών έργων όπως παρατηρήθηκε κατά τους τελευταίους σεισμούς. Το σύνολο σχεδόν των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με δεσπόζουσα την πλαισιακή λειτουργία παρουσιάζουν έντονες βλάβες ή και τοπικές κατάρρευσης και έχουν προβλήματα στους κόμβους από ελαφρά διαγώνια ρηγματώδη έως αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Σήμερα και καθώς οι διατάξεις των σύγχρονων κανονισμών προσπαθούν όλο και περισσότερο να εξασφαλίσουν ικανή αντοχή, πλαστικότητα και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας τόσο στις δοκούς όσο και στα υποστυλώματα, η περιοχή του κόμβου χρειάζεται ακόμη περισσότερη προσοχή' έτσι ώστε να μη γίνεται ο αδύναμος κρίκος του συστήματος.

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΚΟΜΒΩΝ [1,3,4,6,7,9]

Αναφερθήκαμε παραπάνω στην περιοχή του κόμβου η οποία είναι η διασταύρωση δοκών και υποστυλωμάτων. Όταν το εμβαδόν των περιοχών αυτών είναι περιορισμένο τότε είναι απαραίτητος ο έλεγχος διατμητικής αντοχής τους αλλά και των συνθηκών αγκύρωσης των οπλισμών των διασταυρούμενων στοιχείων μέσα στις περιοχές αυτές.

Έτσι λοιπόν για να μπορέσουν τα στοιχεία μιας ολόσωμης κατασκευής να αναπτύξουν τις αντοχές τους πρέπει να αποκλειστεί η πρόωρη αστοχία κόμβων σύνδεσης τους. Υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές και κανόνες διαστασιολόγησης των κόμβων που διέπουν τον αντισεισμικό κανονισμό και διατυπώνονται ως ακολούθως:

- Βασική απαίτηση είναι ότι η αντοχή του κόμβου δεν πρέπει να είναι η μικρότερη από τα προς σύνδεση μέλη. Αυτό απορρέει από την ανάγκη να αποφευχθεί η απόσβεση της σεισμικής ενέργειας μέσα από μηχανισμούς που χαρακτηρίζονται από μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση.
- Η μείωση της αντοχής του κόμβου δεν θα πρέπει να θέτει σε κίνδυνο τη φέρουσα ικανότητα του υποστυλώματος.
- Επιθυμητή παραμονή του κόμβου στην ελαστική περιοχή κατά τη διάρκεια σεισμικής διέγερσης μέτριας έντασης.
- Ο απαιτούμενος οπλισμός για ικανοποιητική συμπεριφορά του κόμβου δεν πρέπει να είναι τόσος ώστε να δημιουργεί σοβαρά κατασκευαστικά προβλήματα.
- Ο λόγος οριακών καμπτικών αντοχών υποστυλωμάτων -δοκού M_R , θα πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη ή το πολύ ίση με 1.40
- Ο οπλισμός συνδετήρων στον κόμβο θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες

$$A = 0.3 * \frac{sh * h'' * fc' * (Ag / Ac - 1)}{fyh}$$

$$A \geq 0.09 * \frac{sh * h'' * fc'}{fyh}$$

Όπου

sh = απόσταση συνδετήρων

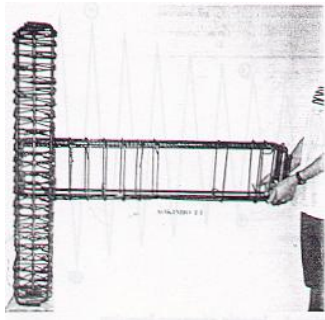
H'' = διάσταση της μιας πλευράς πυρήνα ορθογωνίου υποστυλώματος

Ag = επιφάνεια διατομής υποστυλώματος

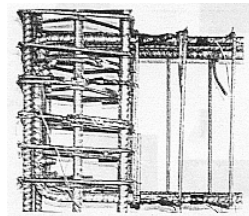
Ac = επιφάνεια διατομής πυρήνα υποστυλώματος

FYI = όριο διαρροής οπλισμού συνδετήρων

Στα σχήματα 1 και 2 φαίνεται η όπλιση περιοχής κόμβου.

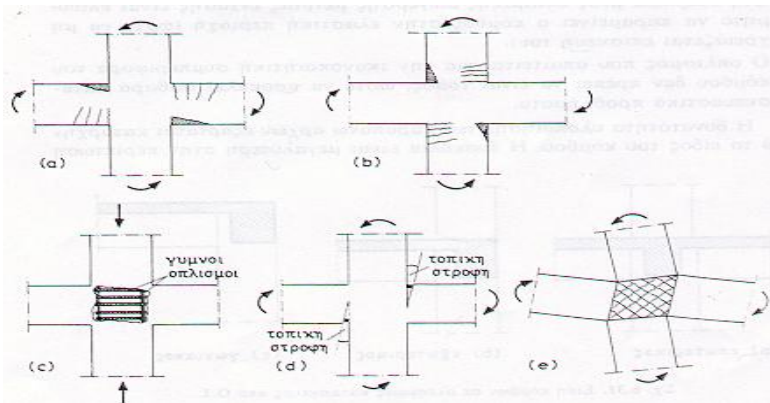


Σχ.1



Σχ. 2

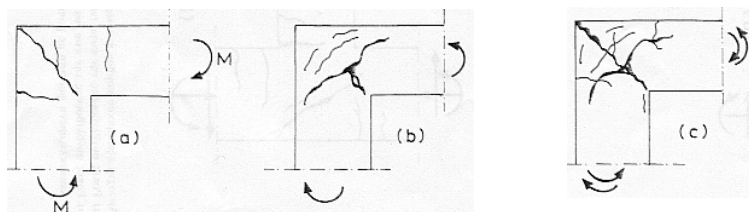
Στο Σχ. 3 που θα ακολουθήσει παρουσιάζονται σχηματικά οι διάφοροι τύποι αστοχίας στη περιοχή ενός εσωτερικού κόμβου. Στόχος του σχεδιασμού είναι να διασφαλιστεί ο τύπος αστοχίας του Σχ. 3 (α) που χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς που συντρέχουν στον κόμβο. Μη επιθυμητός είναι ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα Σχ. 3(β). Ενώ στα Σχ. 3 (γ), 3(δ), 3 (ε) είναι μορφές αστοχίας που αναφέρονται σε βλάβες στο εσωτερικό του κόμβου.



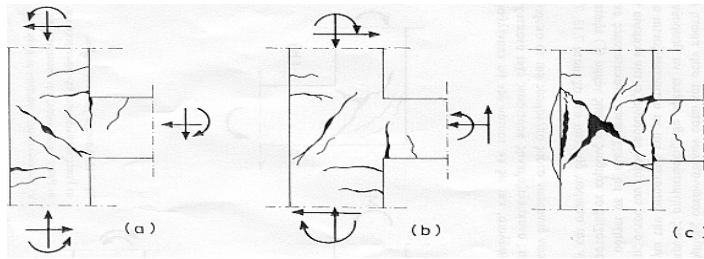
Σχ. 3 Τύποι αστοχίας συνδέσεων δοκών υποστυλωμάτων :
 (α) Εξάντληση πλαστικότητας δοκού
 (β) Εξάντληση πλαστικότητας υποστηλώματος
 (γ) Αποφλοίωση κόμβου
 (δ) Αστοχία αγκύρωσης ράβδων δοκού
 (ε) Αστοχία από διάτμηση

ΒΛΑΒΕΣ-ΑΙΤΙΑ [5]

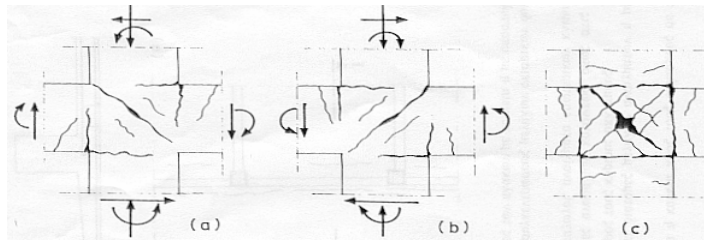
Οι βλάβες στους κόμβους δοκών -υποστυλωμάτων έστω και στην πρώτη φάση εκδήλωσης τους (πρώτες ρηγματώσεις) θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ανησυχητικές για την κατασκευή και να αντιμετωπίζονται ανάλογα. Η εκδήλωση βλάβης αυτού του τύπου υποβαθμίζει την ακαμψία του φέροντος οργανισμού και οδηγεί σε μη ελεγχόμενες ανακατανομές της έντασης.



Σχ. 4. Αστοχία γωνιακού κόμβου
 (α) Ροπές συνθλιβουσες την εσωτερική ίνα
 (β) Ροπές εφελκυσουσες την εσωτερική ίνα
 (γ) Ανακυκλιζόμενη φόρτιση με ροπές

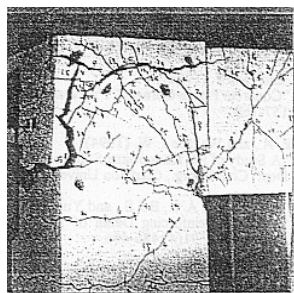


Σχ. 5. Αστοχία εξωτερικού κόμβου
 (α) Ροπές συνθλίβουσες την εσωτερική ίνα
 (β) Ροπές εφελκύουσες την εσωτερική ίνα
 (c) Ανακυκλιζόμενη φόρτιση με ροπές

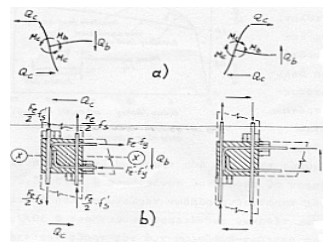


Σχ. 6. Αστοχία κόμβου σχήματος σταυρού.
 (α) Ροπές συνθλίβουσες την εσωτερική ίνα
 (β) Ροπές εφελκύουσες την εσωτερική ίνα
 (c) Ανακυκλιζόμενη φόρτιση με ροπές

Βασική αιτία των παραπάνω ρηγματώσεων είναι το αξονικό φορτίο των υποστυλωμάτων το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην εκκίνηση της ρηγματώδης στη γειτονία κόμβων διότι επιδρά πάνω στην εντατική κατάσταση που αναπτύσσεται γύρω από τους κόμβους από τα φορτία των δοκών. Πειραματικές άλλωστε έρευνες έδειξαν ότι η ρηγματώδη δεν ξεκινά από την πάνω (εφελκόμενη) ίνα της δοκού αλλά από κάποιο χαμηλότερο σημείο που βρίσκεται μεταξύ αυτής της ίνας και της ουδέτερης γραμμής της δοκού. Ακολούθως η ρωγμή επεκτείνεται ταυτόχρονα προς τη θλιβόμενη ζώνη της. Επίσης οι κομβοί καταστρέφονται από κακή ακύρωση των ράβδων των δοκών μέσα τους. (σχήμα 6.) ενώ η ένταση που προκαλεί ο σεισμός είναι εναλλασσόμενου πρόσημου οπότε η τέμνουσα προκαλεί διαγώνια ρηγματώδη και θλιβόμενες διαγώνιους εναλλασσόμενου πρόσημου. Αν θεωρήσουμε τομή χ-χ στο παρακάτω σχήμα 7 διαπιστώνουμε ότι στον κόμβο υπάρχει τέμνουσα $V = F_e * F_Y - Q_c$. Αποτέλεσμα είναι η δυσμενής επίδραση στην ακύρωση των ράβδων στο εσωτερικό του κόμβου και μείωση της πλαστικότητας του λόγω λοξού εφελκυσμού ενώ ο συνωστισμός ανώφελου οπλισμού δημιουργεί προσθετές κατασκευαστικές δυσκολίες.



Σχ. 6.



Σχ. 7.

Ένα άλλο αίτιο θα μπορούσε να είναι και το γεγονός ότι οι διεθνείς κανονισμοί διαφέρουν μεταξύ τους στις διατάξεις που αναφέρονται στο σχεδιασμό των κόμβων με αποτέλεσμα η σεισμική συμπεριφορά τους να χαρακτηρίζεται από έντονη μείωση της αντοχής ακαμψίας και ικανότητας απορρόφησης ενέργειας από την άλλη οι θεσπιζόμενοι και συνεχώς αυξανόμενοι συντελεστές ικανοτικού σχεδιασμού δεν φαίνεται να αποτρέπουν τον κίνδυνο ψαθυρής αστοχίας και τη συγκέντρωση σοβαρής βλάβης στην ευρύτερη περιοχή του κόμβου. Τέλος μια σημαντική παράμετρος είναι η πολύπλοκη αρχιτεκτονική σύνθεση η οποία δεν βοηθάει στη βέλτιστη στατική επίλυση του κτιρίου με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε πολλές φορές σε κακό σχεδιασμό με όλες τις συνέπειες που αυτός έχει.

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

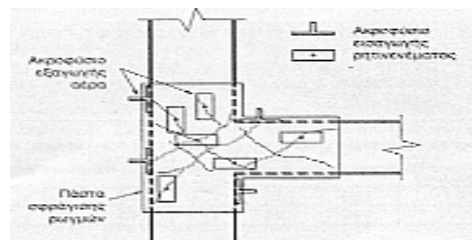
Ομολογείται ότι όλες σχεδόν οι τεχνικές επεμβάσεων σε κόμβους παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες εφαρμογής σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος παρουσία πλακών και δοκών που συντρέχουν στον κόμβο από κάθε κατεύθυνση. Από τις τεχνικές επισκευής στοιχείων που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τους τελευταίους σεισμούς οι κυριότερες είναι:

- Οι επεμβάσεις με χρήση ρητινενέσεων και ρητινοκονιαμάτων για στοιχεία με μικρές ή μέτριας έντασης βλάβες
- Η τοποθέτηση μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα στις κρίσιμες περιοχές των στοιχείων που ενώνονται στον κόμβο.
- Επικόλληση και τοποθέτηση χαλύβδινων ελασμάτων
- Περίσφιξη του κόμβου
- Τοπική ενίσχυση με μερική καθαίρεση και αποκατάσταση

ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΙΣ [3,6]

Η τεχνική της επισκευής με τη χρήση ρητινών περιγράφεται παρακάτω.

- Επιφανειακή σφράγιση των αρμών των ρωγμών με θιξοτροπικό εποξειδικό υλικό (παστά) ώστε να εμποδίζεται η διαρροή προς τα έξω του λεπτόρρευστου ενέματος που θα ακολουθήσει. Πρακτικά, τίθεται μια στρώση από παχύρρευστη εποξειδική ρητίνη γύρω από όλη την περιοχή του συστήματος ρωγμών. Σε αυτή τη φάση τοποθετούνται και ειδικά ακροφύσια σε διάφορες θέσεις επί των αρμών των ρωγμών για να είναι δυνατή η εισαγωγή του ενέματος και η εξαγωγή του εγκλωβισμένου αέρα κατά τις ρητινενέσεις.



Σχ. 8. Επιφανειακή σφράγιση της περιοχής των ρωγμών και τοποθέτηση ακροφυσίων εισαγωγής ρητινενέματος.

- 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 ρωγμών (μέχρι 0.1mm).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.

Η επισκευή με τη χρήση ρητινών έχει σε σχέση με τις άλλες τεχνικές το βασικό πλεονέκτημα ότι με αυτή διατηρούνται οι παλαιές διαστάσεις των στοιχείων και έτσι η εφαρμογή της είναι πιο εύκολη σε πραγματικές κατασκευές.

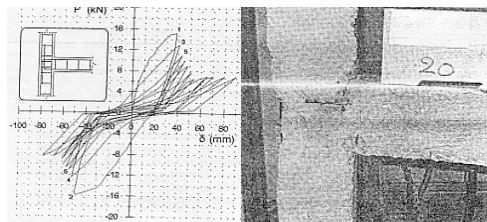
Ενισχύοντας την παραπάνω άποψη παραθέτουμε συμπεράσματα από πειραματικές διατάξεις που πραγματοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της ικανότητας ακραίων κόμβων Ο/Σ επισκευασμένων με ρητίνες όπου οκτώ δοκίμια ακραίων κόμβων δοκού - υποστυλώματος υπεβλήθησαν σε αυξανόμενη ανακυκλιζόμενη καταπόνηση επισκευάστηκαν με χρήση ρητινών και καταπονήθηκαν εκ νέου με τον ίδιο τρόπο. Επίσης παραθέτουμε και τον πίνακα με τα χαρακτηριστικά των υλικών επισκευής που χρησιμοποιήθηκαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χαρακτηριστικά υλικών επισκευής (σε Μpa)

Λεπτόρρευση ρητίνη ενέματος		Πάστα ρητίνης		Υψηλής αντοχής πάστα τσιμέντου		
Εφελκυστική αντοχή f_{te}	Θλιπτική αντοχή f_{te}	Εφελκυστική αντοχή f_{pe}	Θλιπτική αντοχή f_{pe}	Αντοχή σε καμπικό εφελκυσμό $f_{p,cbm}$ (10 άξον)	Θλιπτική αντοχή f_{pc} (7 άξον) (16 άξον)	
60.8	92.2	31.7	73.3	26.3	63.8	83.4

Από τη σύγκριση της συμπεριφοράς των δοκιμίων κατά την αρχική φόρτιση με τη συμπεριφορά κατά τη φόρτιση μετά την επισκευή παρατηρήθηκε ότι:

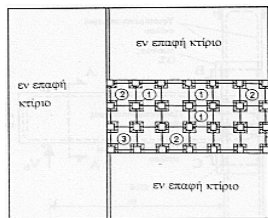
- Η τεχνική που εφαρμόστηκε για την επισκευή των δοκιμίων δεν μεταβάλλει σημαντικά τον χαρακτήρα του τύπου αστοχίας του δοκιμίου ο οποίος εξαρτάται κυρίως από το διατμητικό οπλισμό της περιοχής του κόμβου.
- Τα επισκευασμένα δοκίμια παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές μέγιστου φορτίου και υψηλότερες τιμές δυσκαμψίας κατά τους κύκλους φόρτισης .Ακόμη τα επισκευασμένα δοκίμια φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις αντέχουν περισσότερους πλήρεις κύκλους φόρτισης χωρίς σημαντική πτώση του μέγιστου φορτίου.(σχήμα 9)



Σχ. 9

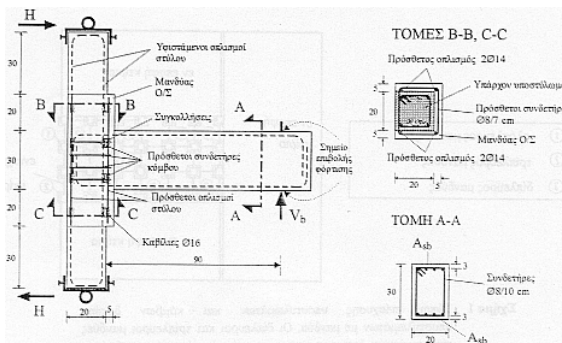
ΜΑΝΔΥΕΣ [3,4,5]

Στο διεθνή χώρο δυστυχώς δεν υπάρχει εργασία που να ασχολείται με τη σεισμική συμπεριφορά κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων τοπικά ενισχυμένων με δίπλευρο ή τρίπλευρο μανδύα. Ωστόσο όμως θα πρέπει οι ενισχύσεις που συνιστώνται τουλάχιστον για εξωτερικούς κόμβους να γίνονται και με την προϋπόθεση της ύπαρξης αλλού κτιρίου που βρίσκεται σε επαφή με το υπό ενίσχυση. Στην περίπτωση αυτή οι μανδύες, από οπλισμένο σκυρόδεμα, δεν είναι δυνατό να είναι ολόπλευροι αλλά θα είναι τρίπλευροι ή αντίστοιχα στους γωνιακούς κόμβους διπλευροι. Στο σχήμα 10 φαίνονται οι διάφοροι τύποι μανδύα που συναντάμε.



Σχ.10 Τύποι μανδύα

Πρόκειται για τεχνική δύσκολη δοθέντος ότι προϋποθέτει τις πιο πολλές φορές μανδύες σε όλα τα δομικά στοιχεία που συντρέχουν στον κόμβο. Είναι αυτονόητο ότι απαιτούνται εκτράχυνση επιφανειών, διατήρησης στις πλάκες προς διέλευση των συνδετήρων καθώς και προηγούμενη συγκόλληση με ρητίνες ή με μη συρρικνούμενα κονιάματα της βλαβείσας περιοχής του κόμβου. νδεικτικά φαίνεται στο παρακάτω σχήμα οι διαστάσεις και οι λεπτομέρειες οπλισμού μανδύα στη διατομή ενός εξωτερικού γωνιακού κόμβου.



Σχ.11. Λεπτομέρεια οπλισμού μανδύα

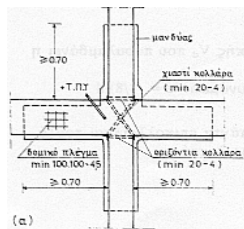
Όλα τα ανωτέρω δείχνουν ότι ο τρόπος ενίσχυσης που συνίσταται για κόμβους που έχουν υποστεί σημαντικές βλάβες σε σεισμό είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός διότι έχουμε βελτιωμένη σεισμική συμπεριφορά και μετάθεση της βλάβης από μετάθεση της βλάβης από την περιοχή του κόμβου στη δοκό. Το παραπάνω συμπέρασμα δικαιολογείται από πειραματική διάταξη που έγινε και αφορούσε την " αποδοτικότητα τοπικού δίπλευρου - τρίπλευρου μανδύα για την ενίσχυση εξωτερικών κόμβων πλαισίων από Ο/Σ" όπου

δοκίμια εξωτερικών κόμβων μετά την αρχική υποβολή σε σεισμική φόρτιση επισκευάστηκαν δια κατασκευής τοπικού διπλεύρου ή τρίπλευρου μανδύα και ενυποβλήθηκαν στην ίδια σεισμική καταπόνηση.

ΧΙΑΣΤΙ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΑ ΚΟΛΛΑΡΑ [4]

Βασική προϋπόθεση της τεχνικής αυτής είναι η πλήρωση των ρωγμών με ρητινένσεις ή αφού αφαιρεθεί το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και συμπληρωθεί με εποξειδικό κονίαμα ή με μη συρικνούμενο ο κόμβος ενισχύεται με εξωτερικούς χιαστί συνδετήρες (κόλλαρα) οι οποίοι προεντείνονται με αρμοκλείδες (σχήμα 12). Ακολουθεί επένδυση του κόμβου με πλέγμα 100X100X4.5 και μανδύας από εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Όταν στον κόμβο συντρέχουν τέσσερις .

δοκοί τότε είναι προφανές ότι η παραπάνω διαδικασία δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω αδυναμίας διελεύσεως των χιαστί κολάρων.

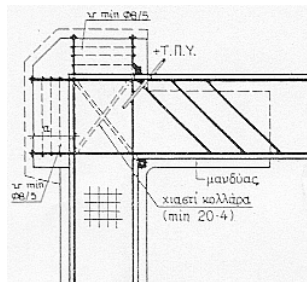


Σχ.12. Λεπτομέρεια τοποθέτησης των κολάρων

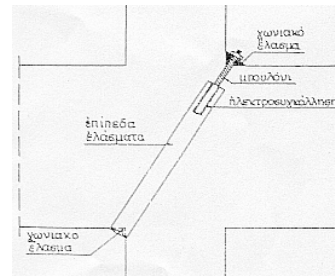
ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ "ΚΑΜΠΟΥΡΑΣ" [8]

Στην περίπτωση ακραίων κόμβων ,επειδή δεν είναι εύκολη και σίγουρη η διαπίστωση της ακριβούς αιτίας βλάβης συνίσταται η χρήση τεχνικής της "καμπούρας", δηλ. επεκτάσεως της δοκού ή του υποστυλώματος ή και των δυο. Ακολουθεί η κατασκευή από έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τα προηγούμενα στον οποίο μπορεί να ενσωματωθεί η "καμπούρα" Σ'αυτή την περίπτωση απαιτείται :

- Έγχυτο σκυρόδεμα ποιότητας τουλάχιστον B300 και πάχους $a=20$ cm περίπου
- Αποκάλυψη αγκυρώσεων παλαιών ράβδων οπλισμού και ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων που συσφίγγονται στην εξωτερική παρειά της "καμπούρας"
- Διάταξη πυκνών συνδετήρων (min Φ8/5)



Σχ. 13. Λεπτομέρεια της τεχνικής της καμπούρας .

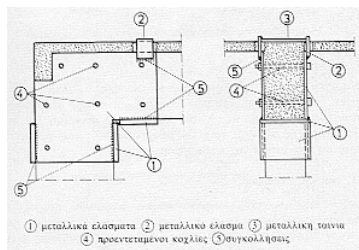


Σχ.14 .Λεπτομέρεια εξωτερικού κολάρου.

Οι συσφίξεις των νέων ράβδων ακυρώσεως μένουν ακάλυπτες ,εάν ελαιοβαφούν ή καλύπτονται με τον μανδύα του κόμβου.

ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ [5]

Όπως και με τα χιαστί κόλλαρα ,τα επικολλούμενα ελάσματα μπορούν να εφαρμοσθούν μόνο σε επίπεδους κόμβους .Πρόκειται για τεχνική που επιτρέπει ενίσχυση χωρίς αλλοίωση στις διαστάσεις του. Προηγείται τοπική ενίσχυση και ακολουθεί η επικόλληση των ελασμάτων και στη συνέχεια και στη συνέχεια η σύσφιξη τους με προεντεταμένους κοχλίες (σχήμα 15).Το πάχος των ελασμάτων στην περίπτωση αυτή προβλέπεται τουλάχιστον 4.0mm,κάτι που δεν δημιουργεί πρόβλημα στην επικόλληση με τους προεντεταμένους κοχλίες. Η επιτυχία στη χρήση των μεταλλικών ελασμάτων οφείλεται στο χαμηλό κόστος των υλικών και μηχανημάτων καθώς και του εργατικού κόστους.



Σχ.15. Λεπτομέρεια μεταλλικών ελασμάτων.

ΤΟΠΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ [7]

Εφαρμόζεται σε κόμβους με υψηλό βαθμό βλάβης ,δηλαδή συντριβή του σκυροδέματος ,διάρρηξη των συνδετήρων και λυρισμό των διαμηκών ράβδων. Στην περίπτωση αυτή καθαιρείται τοπικά το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα στον κόμβο και σε τμήματα των κρίσιμων περιοχών των στύλων των δοκών, τοποθετούνται με συγκόλληση νέοι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού σε οποίους οπλισμούς έχει διαπιστωθεί λυγισμός ,τοποθετούνται προσθετοί συνδετήρες και τελικώς αποκαθίσταται το καθαιρούμενο σκυρόδεμα με νέο. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παραμένουν σταθερές και μετά την ενίσχυση οι διατομές που είχαν αρχικά τα δομικά στοιχεία.

Εάν όμως δεν έχουμε επιτύχει την επιθυμητή αντοχή ,πλαστικότητα και απορρόφηση ενέργειας στον κόμβο έτσι ώστε να συμβαδίζει με το εξιδανίκευμα, προσομοίωμα της κατασκευής, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε από τις προαναφερθείσες τεχνικές ενισχύσεις και συνδυασμό αυτών.

ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ [2]

Οι ανωτέρω τρόποι επισκευής ενίσχυσης αποτελούν τις παραδοσιακές μεθόδους επέμβασης. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μια νέα τεχνική ενίσχυσης των κατασκευών η οποία βασίζεται στην επικόλληση λωρίδων από ινοπλισμένα ,σύνθετα υλικά με τη βοήθεια εποξειδικών ρητινών ,σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Τα υλικά αυτά τα ποια αποτελούνται από ίνες άνθρακα ,γυαλιού ή αραμίδης σε πολυμερή

μήτρα ,χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή εφελκυστική αντοχή ,μικρό βάρος και εξαιρετική ανθεκτικότητα σε διάρκεια. Παρόλο που ότι η συμπεριφορά τους είναι ουσιαστικά γραμμικά ελαστική μέχρι τη θραύση ,τα σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται από μεγάλη ικανότητα παραμόρφωσης ,η οποία ανάλογα με τον τύπο των ινών φθάνει τα 1.5-4%.Οι μανδύες από FR παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους παραδοσιακούς μανδύες:

- Εύκολη εφαρμογή
- Σύντομη ανάπτυξη πληρών αντοχών
- Μικρό τελικό πάχος μανδύα το οποίο δεν μειώνει το διαθέσιμο εσωτερικό χώρο της οικοδομής (εσωτερικοί κόμβοι) ούτε δημιουργεί αντιαισθητικές προσθήκες στο εξωτερικό του κτιρίου(εξωτερικοί κόμβοι)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για κάθε τεχνική, βεβαίως, το βασικό πρόβλημα είναι η αποτελεσματικότητά της σε ότι αφορά την αποκατάσταση της ικανότητας του κόμβου. Θα πρέπει όμως εδώ να αναφερθεί ότι η διερεύνηση της μηχανικής της συμπεριφοράς ενός κόμβου σχεδιασμένου για σεισμικές δράσεις ακόμα και κατά την αρχική του φόρτιση, ίναι περίπλοκη και με πολλές δυσκολίες. Αυτό συμβαίνει διότι η εξέτασή του περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση πολλών φαινομένων όπως διάτμηση , συνάφεια οπλισμών - σκυροδέματος, περίσφιγξη, κόπωση , τα οποία ακόμα και αν θεωρηθούν ανεξάρτητα μεταξύ τους δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Παρ' όλα αυτά οι παραπάνω τρόποι μπορούν με σωστή χρήση να δώσουν επιθυμητά αποτελέσματα για την ενίσχυση της κατασκευής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τεχνικά Χρονικά Τ.Ε.Ε. τεύχος 1,2
2. Εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος ΠΣ / ΔΠΘ
3. Α.Γ. Τσώνος και Ι.Α. Τέγος Α.Π.Θ.
4. 13ο ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
5. Αντισεισμικές κατασκευές από σκυρόδεμα Γ.Γ. Πενελής Α.Ι. Κάππος
6. ΚΤΙΡΙΟ επιστημονική έκδοση
7. Τ.Ε.Ε. τεύχος 2072
8. Διπλωματική εργασία Ευσταθίου Ευσταθόπουλου
9. Ημερίδα Ο.Α.Σ.Π. Τ.Ε.Ε. Σ.Π.Μ.Ε. Αθήνα 2/12/1999

