

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Ο/Σ

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται να γίνει μια περιγραφή της μεθόδου ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος με την χρήση μεταλλικών δικτυωτών συνδέσμων. Αρχικά αναφέρονται οι διάφοροι τρόποι δικτύωσης και γίνεται μια αξιολόγηση αυτών. Στην συνέχεια παρατίθενται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η σύνδεση των δικτυωμάτων στο αρχικό πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος. Τέλος μετά από μια αναφορά στους πιθανούς τρόπους αστοχίας αυτής της μεθόδου ενίσχυσης, εξάγονται κάποια συμπεράσματα και αναφέρονται κάποιοι βασικοί προβληματισμοί σχετικά με τον σχεδιασμό και την κατασκευαστική διαμόρφωση των μεταλλικών δικτυωτών συνδέσμων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί με ανεπαρκείς αντισεισμικούς κανονισμούς. Επομένως είναι επιτακτική η ανάγκη ενίσχυσης και επισκευής τους έναντι του σεισμού. Μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος ενίσχυσης πλαισιωτών φορέων οπλισμένου σκυροδέματος είναι η χρήση μεταλλικών δικτυωτών συνδέσμων. Παραδοσιακά η χρήση των μεταλλικών συνδέσμων γίνεται σε μεταλλικές πλαισιωτές κατασκευές για την ανάληψη των σεισμικών φορτίσεων. Η χρήση, όμως, των συνδέσμων για την ενίσχυση πλαισιωτών φορέων οπλισμένου σκυροδέματος ξεκίνησε στην Ιαπωνία και στις ΗΠΑ, μέσα από πληθώρα θεωρητικών και πειραματικών διερευνήσεων, με σκοπό την αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής τους.

Με την προσθήκη των μεταλλικών δικτυωμάτων οι πλευρικές σεισμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στον πλαισιακό φορέα παραλαμβάνονται από τους συνδέσμους, κυρίως μέσω αξονικών δυνάμεων. Έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της δυσκαμψίας και απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας λόγω της ανελαστικής καταπόνησης των χαλύβδινων μελών, όπου η σεισμική δράση προκαλεί αξονικό εφελκυσμό.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΦΟΡΕΑ

Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες ανάλογα με την θέση τους πάνω στον υφιστάμενο φορέα. Έτσι μπορούμε να τους κατηγοριοποιήσουμε ως εξής:

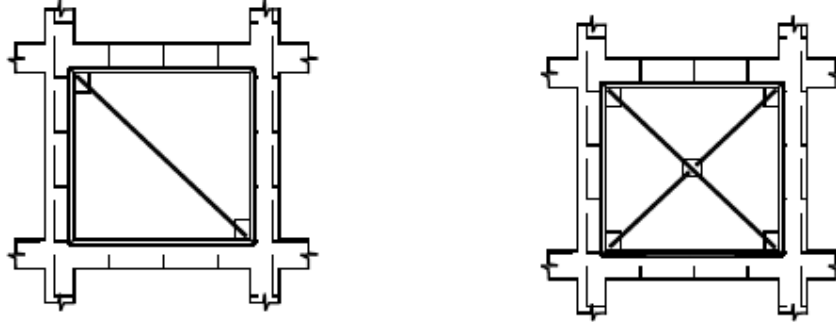
- στους εσωτερικούς, όπου τοποθετούνται ανάμεσα στα υποστυλώματα και τις δοκούς των πλαισίων
- στους εξωτερικούς, όπου τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά των φανωμάτων είτε ως ένα γενικό σύστημα είτε τοπικά σε συγκεκριμένα φανώματα.

3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΡΑΒΔΟΙ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ

Ανάλογα με το αν η σύνδεση ενός τουλάχιστον άκρου μιας ράβδου δικτύωσης με τη δοκό γίνεται με εκκεντρότητα ή χωρίς, ως προς τον γειτονικό κόμβο υποστυλώματος-δοκού ή άλλης ράβδου δικτύωσης-δοκού διακρίνουμε τους μεταλλικούς δικτυωτούς συνδέσμους σε: α) κεντρικούς και β) έκκεντρους [2].

Δύο από τις πιο συνηθισμένες διατάξεις κεντρικών ράβδων δικτύωσης είναι λοξά στοιχεία από χάλυβα κατά τη μία (απλή διαγώνιος /) ή κατά τις δύο διαγώνιες (Χ-ιαστί) ενός φανώματος. Οι διαγώνιοι αντίθετης δράσης στους Χ-ιαστί συνδέσμους βρίσκονται στο ίδιο φάνωμα, ενώ για την περίπτωση των απλών σε διαφορετικό. Επειδή η σεισμική φόρτιση έχει τυχαία κατεύθυνση και λόγω του τρόπου λειτουργίας των συνδέσμων, οι διαγώνιοι

δέχονται εναλλάξ εφελκυστικές και θλιπτικές δυνάμεις. Από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί κατά το παρελθόν έχει αποδειχθεί ότι το μεγαλύτερο μέρος της πλευρικής δύναμης, σε ένα πλαίσιο ενισχυμένο με X-ιαστί συνδέσμους, το παραλαμβάνει το



Σχήμα 1: Διαγώνιοι ράβδοι δικτύωσης κατά την μία και κατά τις δύο διαγώνιες αντίστοιχα [3]

εφελκυσμένο μέλος. Επιπλέον μόλις το μέλος αυτό αστοχήσει όλη την επιπλέον δύναμη καλείται να την παραλάβει το θλιβόμενο μέλος. Αποτέλεσμα αυτού είναι, στην συνέχεια, το θλιβόμενο μέλος να αστοχεί σε λυγισμό [1]. Γι' αυτόν τον λόγο και οι κανονισμοί θεωρούν ότι η κατανάλωση ενέργειας γίνεται σ' εκείνα τα μέλη όπου η σεισμική δράση προκαλεί (σχεδόν αποκλειστικά) αξονικό εφελκυσμό [2]. Μια σύγκριση των δύο παραπάνω διατάξεων έδειξε ότι πλαίσια με απλή διαγώνιο αύξησαν την διατμητική αντοχή των αρχικών πλαισίων κατά 2.5 φορές, ενώ πλαίσια με X-ιαστί δικτύωμα αύξησαν την διατμητική αντοχή των αρχικών πλαισίων κατά 4 φορές.[1]

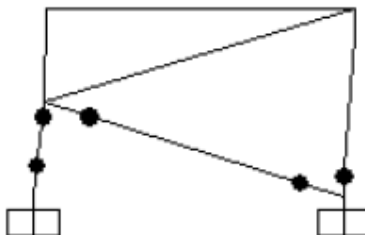
Μια άλλη διάταξη δικτυωτών συνδέσμων, χωρίς εκκεντρότητα, είναι αυτή της μορφής Λ ή ανεστραμμένου Λ, όπου δύο άκρα τους συντρέχουν σε ένα κοινό σημείο των οριζόντιων μελών του πλαισίου. Αυτή η σύνδεση με τα οριζόντια μέλη του πλαισίου, δεν θεωρείται ότι αποτελεί ενδιάμεση στήριξη και επομένως, τα διαγώνια μέλη, δεν συμμετέχουν στην ανάληψη κατακόρυφων δράσεων [2]. Επιπλέον σε σχέση με τις δύο προηγούμενες διατάξεις, εδώ οι σεισμικές δυνάμεις παραλαμβάνονται τόσο από τις εφελκυσόμενες όσο και από τις θλιβόμενες διαγώνιους.



Σχήμα 2: Δικτυωτός σύνδεσμος μορφής ανεστραμμένου Λ [6]

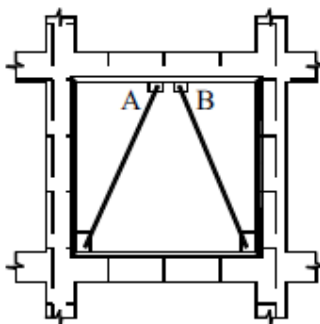
Η χρήση δικτύωσης της μορφής Κ, όπου δύο άκρα των διαγωνίων συντρέχουν σε υποστυλώμα, γενικώς απαγορεύεται για τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια [2]. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι κατά την διάρκεια του σεισμού, η διάταξη αυτή, επιφέρει επιπλέον φορτία στο μέσον του υποστυλώματος και το αναγκάζει να συμμετέχει στην

ανάληψη σεισμικών δράσεων με αποτελέσματα που δεν έχουν προβλεφθεί από τον ικανοτικό σχεδιασμό του κτιρίου. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε τον μηχανισμό αστοχίας αυτής της διάταξης. Μια σημαντική παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε είναι ότι στον μηχανισμό κατανάλωσης ενέργειας δεν συμμετέχει καθόλου η δοκός του πλαισίου ή εφελκόμενη ράβδος, όπως θα έπρεπε με βάση τον ικανοτικό σχεδιασμό. Αντίθετα στο σημείο σύνδεσης των διαγωνίων με το υποστύλωμα προκαλείται πλαστική άρθρωση[5].



Σχήμα 3: Μηχανισμός αστοχίας πλαισίου με διάταξη δικτύωσης K [5]

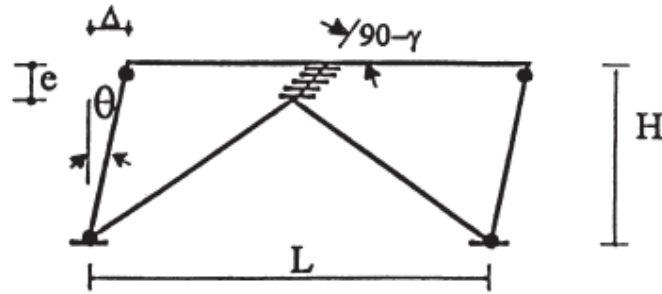
Οι έκκεντροι δικτυωτοί σύνδεσμοι απαντώνται με διάφορες διατάξεις όπως: έκκεντροι απλής διαγωνίου, έκκεντροι τύπου Λ ή ανεστραμμένου Λ και έκκεντροι τύπου Υ ή ανεστραμμένου Υ.



Σχήμα 4: Έκκεντρος δικτυωτός σύνδεσμος τύπου Λ [3]

Το τμήμα της δοκού μεταξύ των κόμβων Α και Β (Σχήμα 4) ονομάζεται δοκός σύζευξης. Κατά την διάρκεια μίας σεισμικής διέγερσης οι δυνάμεις μεταφέρονται στα μέλη του δικτυωτού συνδέσμου μέσω διατμητικών και καμπτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στην δοκό σύζευξης. Λόγω αυτών των δράσεων η δοκός σύζευξης καταπονείται έντονα σε διάτμηση και σε κάμψη, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του συνδέσμου, και καταναλίσκει σημαντική ποσότητα ενέργειας, γι' αυτό ο σχεδιασμός της γίνεται με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Η λειτουργία αυτή της δοκού σύζευξης βοηθάει και στην αποτροπή του λυγισμού των ράβδων του δικτυωτού συνδέσμου.[4,7]

Στον έκκεντρο δικτυωτό σύνδεσμο της μορφής Υ ή ανεστραμμένου Υ τα λοξά μέλη συνδέονται με κατακόρυφο σκέλος το οποίο καταλήγει σε ενδιάμεσο στοιχείο της δοκού. Στην περίπτωση αυτή η ανάληψη των σεισμικών δράσεων και η αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας γίνεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από το κατακόρυφο μεταλλικό σκέλος, και για τον λόγο αυτό ονομάζεται σεισμικός σύνδεσμος[4]. Ο τρόπος λειτουργίας του σεισμικού συνδέσμου κατά την διαρροή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5: Μηχανισμός αστοχίας: ο σεισμικός σύνδεσμος βρίσκεται σε διαρροή [7]

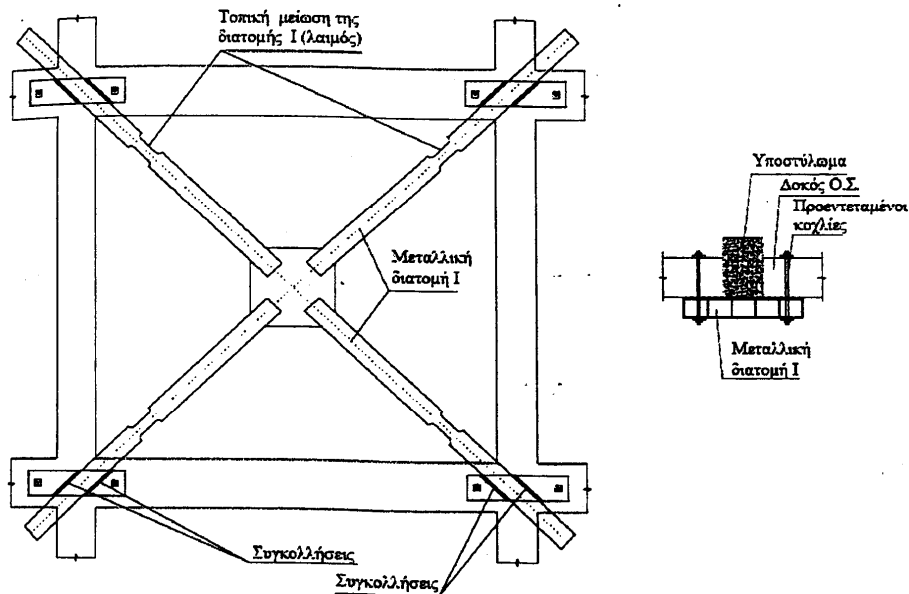
Από τους συγκεκριμένους δικτυωτούς συνδέσμους αυτός που χρησιμοποιείται στην ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών είναι κυρίως ο τελευταίος. Η χρήση του έχει κυριαρχήσει γιατί δεν είναι πάντα επαρκής η πλαστιμότητα των δοκών του πλαισίου ώστε να λειτουργήσει ικανοποιητικά σαν δοκός σύζευξης.[7]

Συμπερασματικά οι κεντρικοί μεταλλικοί δικτυωτοί σύνδεσμοι προσφέρουν μεγάλη δυσκαμψία και αντοχή στο πλαίσιο, αλλά η απορρόφηση ενέργειας είναι μικρότερη σε σχέση με τους έκκεντρους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην πρώτη περίπτωση ο λυγισμός του διαγώνιου μέλους δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων παραμορφώσεων, ενώ στην δεύτερη περίπτωση αυτό επιτυγχάνεται χάρη στη λειτουργία του σεισμικού συνδέσμου [10].

4. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΡΑΒΔΟΙ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ - ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Όταν δεν επιθυμούμε να γίνει ενίσχυση με επέμβαση στο κτίριο ή δεν είναι εφικτή, είναι δυνατή η σύνδεση των δικτυωτών συνδέσμων στον φέροντα οργανισμό εξωτερικά του τοίχου πλήρωσης. Οι σύνδεσμοι στηρίζονται πάνω στους κόμβους του πλαισίου, από την εξωτερική όψη, με συγκόλληση της κάθε ράβδου, του μεταλλικού δικτυώματος, πάνω σε ένα μεταλλικό έλασμα. Στη συνέχεια το έλασμα συνδέεται πάνω στον κόμβο με την χρήση βλήτρων και ρητίνης.

Επειδή η σεισμική δράση μεταφέρεται στους συνδέσμους με εκκεντρότητα υπάρχουν προβλήματα λυγισμού. Έτσι για να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα δημιουργούμε μία τοπική στένωση της διατομής κοντά στα σημεία της σύνδεσης[8].



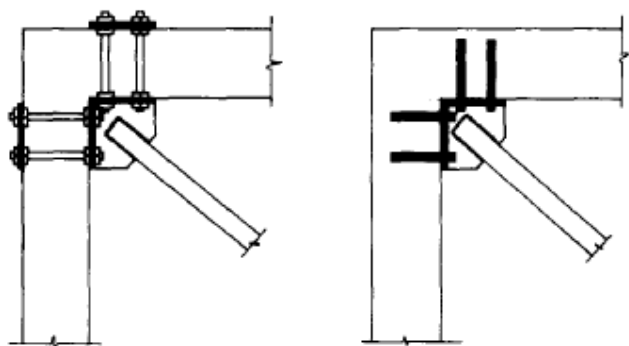
Σχήμα 6: Εξωτερική σύνδεση μεταλλικών δικτυωμάτων και λεπτομέρεια σύνδεσης [8]

5. ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ

Ένα σημαντικό τμήμα των μεταλλικών ράβδων δικτύωσης, για να μπορούν, τα διαγώνια μέλη, να παραλαμβάνουν επαρκώς τις δράσεις από τον σεισμό, είναι η ποιότητα των συνδέσεων με τον αρχικό πλαίσιακό φορέα. Έχει παρατηρηθεί ότι η αντοχή του συστήματος πλαίσιακός φορέας - μεταλλικός σύνδεσμος είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των αντοχών καθενός ξεχωριστά. Η αντοχή αυτή προέρχεται από την δυσκαμψία που δίνουν οι συνδέσεις στο σύνολο, λόγω της μείωσης του ενεργού μήκους των δοκών και των υποστλωμάτων. Στις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες συνδέσεις η επιπλέον αυτή αντοχή έχει παρατηρηθεί ότι είναι της τάξης του 10%[3,9].

Η σύνδεση των εσωτερικών δικτυωμάτων με τον πλαίσιακό φορέα μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα.

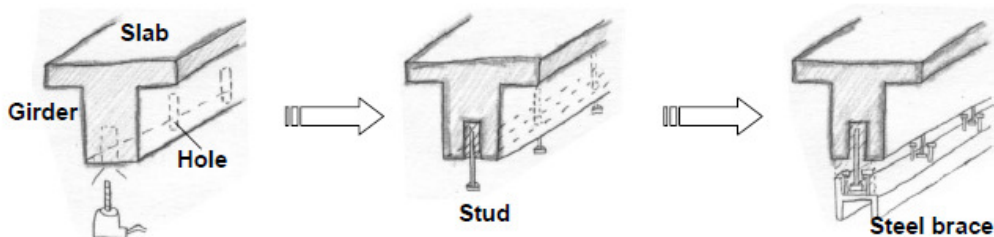
Ο άμεσος τρόπος σύνδεσης είναι γρηγορότερος στην κατασκευή και πιο φθηνός σε σχέση με τον έμμεσο, αλλά πιθανόν να χρειάζεται τοπική ενίσχυση των υποστλωμάτων και των δοκών[10]. Για την κατασκευή της σύνδεσης η ράβδος του δικτυώματος συγκολλείται



Σχήμα 7: Τρόποι σύνδεσης σε υφιστάμενες κατασκευές [1]

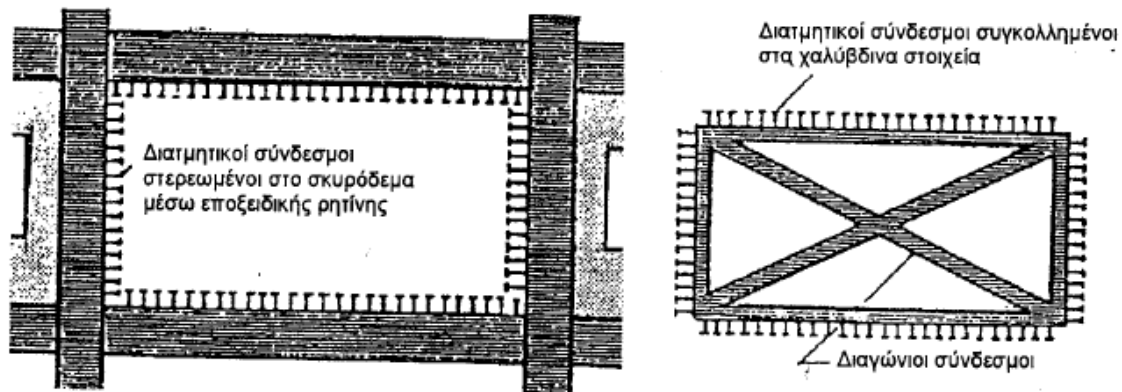
πάνω σε ένα μεταλλικό έλασμα, το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται στην γωνία δοκού-υποστλώματος. Στη συνέχεια αυτό συγκολλείται σε δύο άλλα μεταλλικά ελάσματα, των οποίων η σύνδεση με τη δοκό και το υποστύλωμα γίνεται με δύο τρόπους όπως στο Σχήμα 7. Στον πρώτο τα ελάσματα στερεώνονται με μπουλόνια στη δοκό και στο υποστύλωμα, ενώ στον δεύτερο τρόπο με βλήτρα τα οποία έχουν αγκυρωθεί στο πλαίσιο με τη χρήση ρητίνης.[12]

Ο έμμεσος τρόπος σύνδεσης έχει μεγαλύτερο κόστος, καθώς η σύνδεση του πλαισίου και των δικτυωτών συνδέσμων γίνεται με χαλύβδινα στοιχεία, τα οποία τοποθετούνται στην περίμετρο του πλαισίου, ενώ τα διαγώνια χαλύβδινα στοιχεία συνδέονται πάνω σε αυτά με χρήση μεταλλικών κομβοελασμάτων. Η διαμητική σύνδεση των χαλύβδινων στοιχείων με τις δοκούς και τα υποστύλωμα επιτυγχάνεται με την χρήση χαλύβδινων βλήτρων. Η διαδικασία διάνοιξης των οπών καθώς και η χρήση ρητίνης για την αγκύρωση αυτών στο σκυρόδεμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αρχικά ανοίγονται οπές στα στοιχεία



Σχήμα 8: Βήματα κατασκευή έμμεσης σύνδεσης [6]

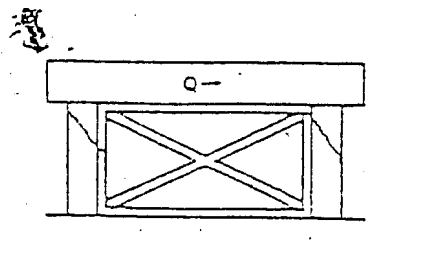
σκυροδέματος και στη συνέχεια με την χρήση εποξειδικής ρητίνης αγκυρώνονται σε αυτά τα βλήτρα. Αντίστοιχα στα χαλύβδινα στοιχεία συγκολλούνται βλήτρα σε όλο τους το μήκος. Τέλος στο κενό μεταξύ των δύο επιφανειών τοποθετείται μη συρρικνούμενο κονίαμα υψηλής αντοχής[4, 6]. Η τελική όψη των δύο πλαισίων μετά την τοποθέτηση των βλήτρων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Γενικά με τον έμμεσο τρόπο σύνδεσης, αν εξασφαλίσουμε πλήρη διατμητική σύνδεση, μπορούμε να μειώσουμε τις πλευρικές μετακινήσεις του πλαισιακού φορέα και να παραλάβουμε ένα ποσοστό των κατακόρυφων φορτίων [2, 4].



Σχήμα 9: Έμμεσος τρόπος σύνδεσης [4]

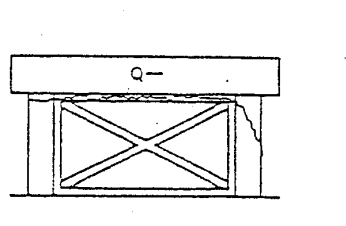
6. ΤΡΟΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Μετά από την επίδραση πλευρικού φορτίου έχουν παρατηρηθεί τρεις βασικοί τύποι αστοχίας: Κατά τον πρώτο τρόπο ένα μεταλλικό μέλος διαρρέει είτε σε εφελκυσμό είτε σε θλίψη ή σε λιγυσμό λόγω θλίψης, μαζί με διατμητική ή καμπτική αστοχία των υποστυλωμάτων του πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός ο τρόπος αστοχίας παρατηρείται όταν η διατμητική σύνδεση έχει μεγάλη αντοχή [11].



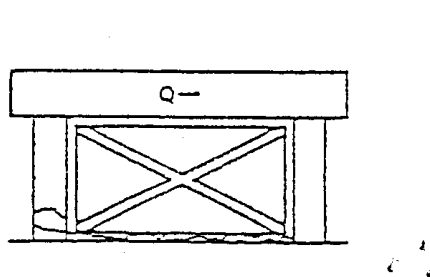
Σχήμα 10: Πρώτος τρόπος αστοχίας

Κατά τον δεύτερο τρόπο αστοχίας: αρχικά έχουμε αστοχία της διατμητικής σύνδεσης είτε λόγω διαρροής των διατμητικών ήλων είτε λόγω αστοχίας του κονιάματος. Στη συνέχεια η διατμητική δύναμη οδηγεί κάποιο υποστύλωμα σε διατμητική ή καμπτική αστοχία [11].



Σχήμα 11: Δεύτερος τρόπος αστοχίας

Τέλος κατά τον τρίτο τρόπο αστοχίας: αρχικά έχουμε ένα αρκετά δύσκαμπτο μεταλλικό δικτύωμα και η διατμητική σύνδεση είναι αρκετά ισχυρή. Έτσι τα υποστυλώματα του αρχικού πλαισίου διαρρέουν είτε σε εφελκυσμό στις ίνες που εφελκύνονται είτε σε θλίψη στις ίνες που θλίβονται, οδηγώντας σε καμπτική αστοχία όλο το πλαίσιο [11].



Σχήμα 12: Τρίτος τρόπος αστοχίας

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρούμε ότι η χρήση των μεταλλικών δικτυωτών συνδέσμων για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα, καθώς επιτυγχάνει να αυξήσει την αντοχή και την δυσκαμψία του φορέα και επιπλέον συμμετέχει σημαντικά στην κατανάλωση της ενέργειας του σεισμού, λόγω των όλκιμων χαρακτηριστικών του χάλυβα των διαγωνίων.

Βασικό κομμάτι του σχεδιασμού για να έχουμε τον επιθυμητό τρόπο αστοχίας είναι η επάρκεια των συνδέσεων. Οι συνδέσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν υπεραντοχή που να εξασφαλίζει ότι η διαρροή περιορίζεται στα διαγώνια μέλη. Επιπλέον σημαντικός παράγοντας είναι και η μεταλυγισμική συμπεριφορά των διαγωνίων μελών. Γι' αυτό η διαστασιολόγηση αλλά και η κατασκευαστική διαμόρφωση των ράβδων δικτύωσης θα πρέπει να στοχεύει στον έλεγχο της μεταλυγισμικής συμπεριφοράς τους και των δυσμενών επιπτώσεων της που ενδέχεται να τις εμποδίσουν να αναπτύξουν την πλήρη εφελκυστική τους αντοχή[2].

Πέρα από την επάρκεια των συνδέσεων και των διαγωνίων μελών, έναντι ψαθυρών τρόπων αστοχίας, ιδιαίτερα σημαντικός είναι και ο έλεγχος των κόμβων του υφιστάμενου φορέα μετά την τοποθέτηση των δικτυωτών συνδέσμων. Η προσθήκη των δικτυωμάτων εισάγει επιπλέον εντατικά μεγέθη στους κόμβους, λόγω ανακατανομής της έντασης στο φορέα. Έτσι αν διαπιστωθεί ανεπάρκεια των κόμβων είναι αναγκαία η αναθεώρηση του σχεδιασμού ενίσχυσης του φέροντος οργανισμού, ώστε να περιλαμβάνει και ενίσχυση των κόμβων[3].

Τέλος δεν θα πρέπει να παραλείψουμε ότι με την χρήση των μεταλλικών δικτυωμάτων επεμβαίνουμε στην κατασκευή χωρίς να προσθέσουμε μεγάλο κατακόρυφο φορτίο σε αυτή. Η εγκατάσταση των δικτυωτών συνδέσμων σε αντίθεση με άλλες μεθόδους ενίσχυσης, όπως τοιχώματα, επιτρέπει τον φυσικό φωτισμό να περνά από τα φατνώματα. Επιπλέον όπως είδαμε μπορούμε να αποφύγουμε τις επεμβάσεις στον αρχικό φορέα δημιουργώντας έναν εξωτερικό δικτυωτό σύνδεσμο, πολλές φορές χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του κτιρίου. Όλοι αυτοί οι λόγοι καθιστούν αυτόν τρόπο ενίσχυσης ιδιαίτερα ανταγωνιστικό σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ενίσχυσης με τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. R. Maheri, A. Sahebi, “Use of steel bracing in reinforced concrete frames”, Engineering Structures, Vol 19, No 12, pp. 1018-1024, 1997
- [2] Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) - Τελικό κείμενο (2010-2011) § 8.5.5
- [3] Κωνσταντίνος Σπυράκος “Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία”, ΤΕΕ 2004
- [4] Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου “Σύμμικτες κατασκευές”, Πάτρα 2011
- [5] Σπύρος Διγενής “Ενίσχυση κατασκευών με χρήση δικτυωτών συνδέσμων”, 16^ο Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών, Πάτρα Φεβρουάριος 2010
- [6] Tetsuya Ohmura, Shizuo Hayashi, Kazuhiro Kanata and Tashiro Fujimura, “Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Frames by Steel Braces Using No Anchors” Proceedings of the 2006 Disaster Resistant California Conference, April 18-22, 2006, San Francisco, California, USA, Paper No 42
- [7] A. Ghobarah, H. Abou Elfath, “Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing”, Engineering Structures 23 (2001) 745-755
- [8] Θυμιανύδου Μαγδαληνή, “Ενίσχυση πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος με μεταλλικές ράβδους δικτύωσης”, Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2009
- [9] Mahmoud R. Maheri, H. Ghaffarzadeh, “Connection overstrength in steel-braced RC frames”, Engineering Structures 30 (2008) 1938-1948
- [10] Ferraioli M., Avossa A.M., Malangone P. “Performance-based Assessment of R.C. buildings strengthened with steel braces”, Federation Internationale du Beton, Proceedings of the 2nd International Congress, June 5-8, 2006-Naples, Italy
- [11] Yasutoshi Yamamoto, “Strength and ductility of frames strengthened with steel bracing”, Department of Architecture, Shibaura Institute of Technology, Tokyo
- [12] M.R. Maheri, A. Hadjibour, “Experimental investigation and design of steel brace connection to RC frame”, Engineering Structures 25 (2003) 1707-1714