

ΑΣΤΟΧΙΑ ΚΟΝΤΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

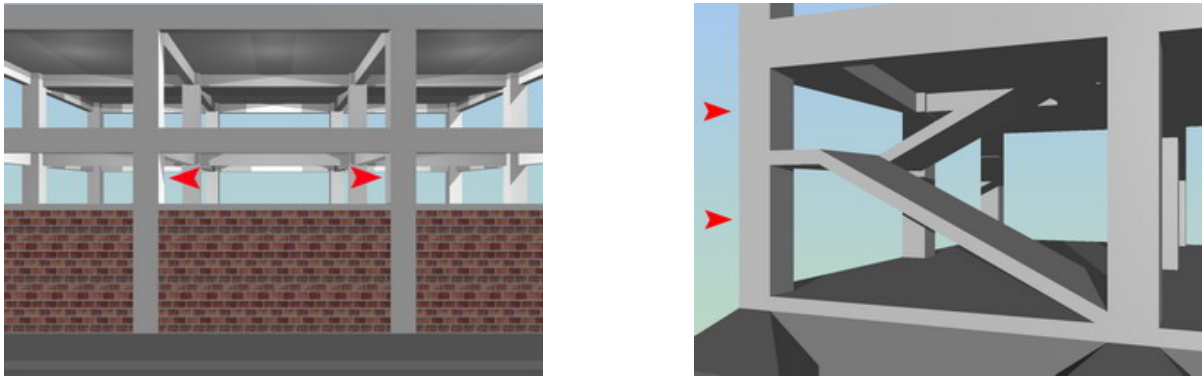
ΣΠΑΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η αστοχία των κοντών υποστυλωμάτων όπως προκύπτει από την σεισμική διέγερση και ο διαφορετικός τρόπος που λειτουργούν σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστυλώματα. Η εξέταση της αστοχίας γίνεται μέσω πειραματικής διαδικασίας. Στην συνέχεια γίνεται μια σύγκριση διάφορων μεθόδων ενίσχυσης με κυρίαρχο υλικό τα ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) όπως περιγράφεται από πειραματική διαδικασία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλά κτήρια παρατηρείται το φαινόμενο των κοντών υποστυλωμάτων τα οποία διαμορφώνονται σε ημιυπόγειους χώρους, πατάρια, σε επιφάνειες τοίχων με ανοίγματα παραθύρων, σε κλιμακοστάσια (σχήμα 1). Στα υποστυλώματα αυτά εξαιτίας του μικρού ελεύθερου ύψους, αναπτύσσεται μεγάλη τέμνουσα δύναμη πολλαπλάσια αυτής που υπολογίστηκε για το συνολικό μήκος του υποστυλώματος ανάμεσα σε δύο στάθμες [1].



Σχήμα 1 : Διαμόρφωση κοντών υποστυλωμάτων [8].

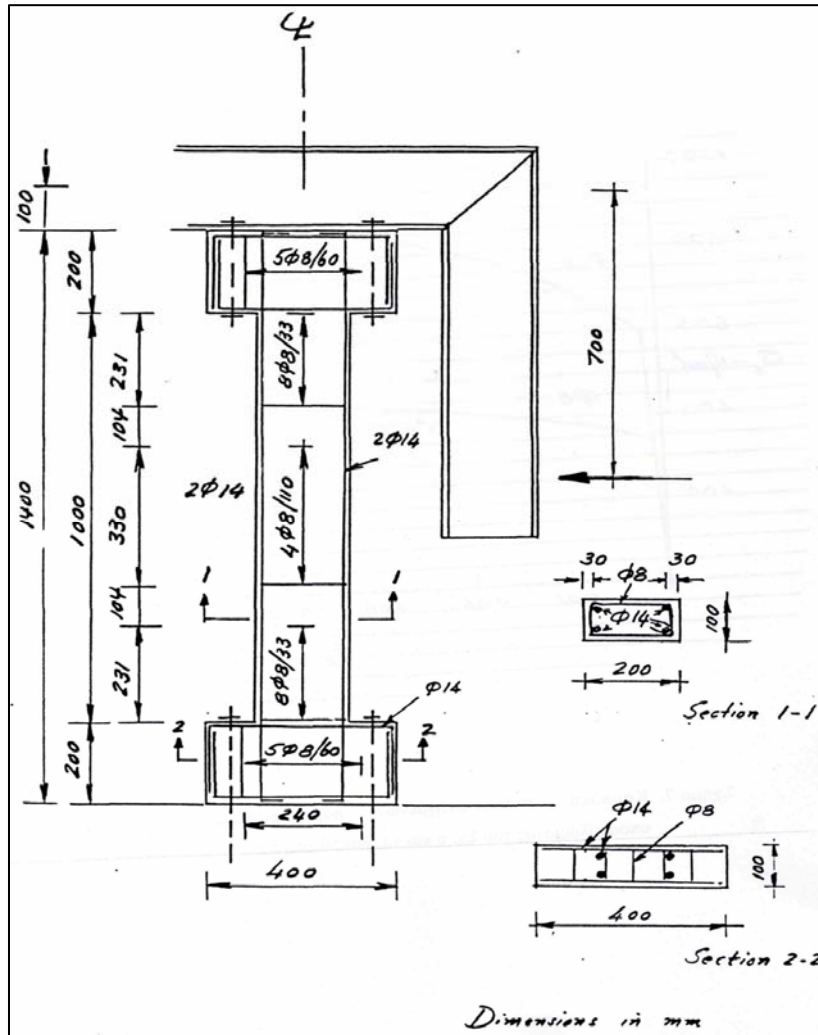
Υποστυλώματα με λόγο διάτμησης $a_s \leq 2,5$ χαρακτηρίζονται κοντά τα οποία είναι ιδιαίτερα τρωτά σε τέμνουσες. Σύμφωνα με τον κανονισμό το κρίσιμο ύψος στα κοντά υποστυλώματα που προκύπτουν από την διακοπή της τοιχοποιίας είναι ίσο με το συνολικό ύψος του υποστυλώματος [2]. Οπότε όλο το υποστυλώμα είναι οπλισμένο με πυκνούς συνδετήρες οι οποίοι βελτιώνουν την περίσφιξη και την αντοχή σε διάτμηση. Παρόλη όμως την αύξηση της διατμητικής αντοχής πειράματα δείχνουν ότι τα κοντά υποστυλώματα ανεξάρτητα από το ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού αστοχούν διατμητικά. Στην πειραματική διαδικασία που ακολουθεί αποδεικνύεται η ανεπάρκεια του εγκάρσιου οπλισμού για την αποφυγή της πρόωρης διατμητικής αστοχίας [4].

2. ΑΣΤΟΧΙΑ ΚΟΝΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

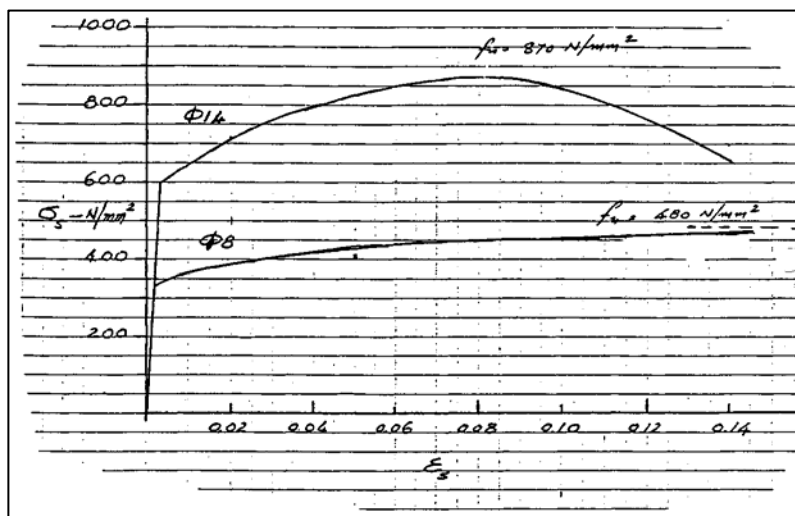
Σε πείραμα που έγινε, κοντό υποστυλώμα υποβλήθηκε σε φόρτιση που ήταν τέτοια, ώστε να δημιουργεί ένα σημείο καμψής περί το μέσο του υποστυλώματος [4]. Αυτός ο τρόπος φόρτισης θεωρήθηκε ότι δημιουργεί συνθήκες έντασης που προσομοιάζουν καλύτερα τις συνθήκες που επικρατούν σε πραγματικές κατασκευές.

Οι διαστάσεις του υποστυλώματος και οι η διάταξη των οπλισμών φαίνεται στο σχήμα 2. Τα άκρα του είναι εγκλιβωτισμένα σε δύο πρίσματα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το κάτω πρίσμα χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία πάκτωσης ενώ στο άνω πρίσμα προσαρμόσθηκε ένα δύσκαμπτο μεταλλικό στοιχείο σχήματος Γ για την

άσκηση του φορτίου, το οποίο προκάλεσε στο πάνω άκρο μία οριζόντια δύναμη και μία καμπτική ροπή, τα οποία δημιούργησαν ένα σημείο καμψής σε απόσταση 600mm από το κάτω άκρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα άκρα του υποστυλώματος γίνεται πύκνωση στον εγκάρσιο οπλισμό σε απόσταση 230mm από τις ακραίες διατομές.



Σχήμα 2 : Διαστάσεις, οπλισμός και διάταξη φόρτισης υποστυλώματος [4].

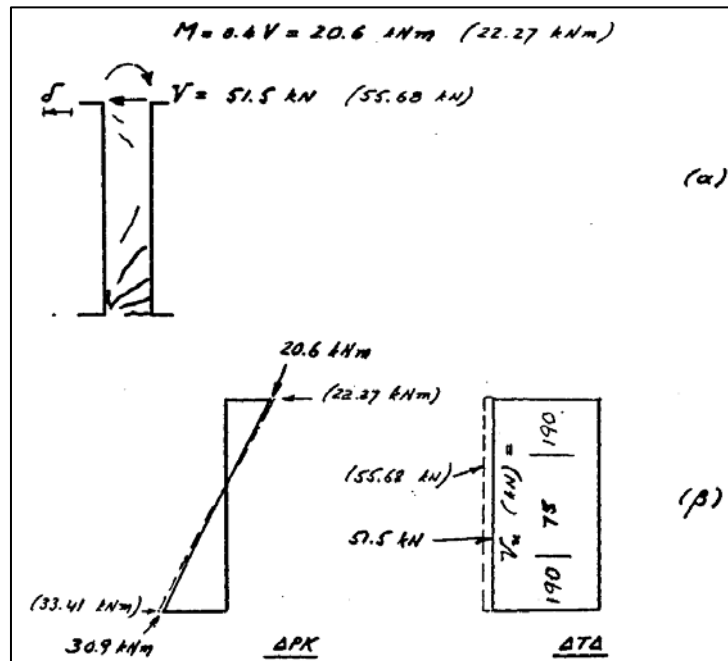


Σχήμα 3 : Καμπύλη τάσεων-ανηγμένων παραμορφώσεων οπλισμού του υποστυλώματος [4].

Οι διαμήκεις οπλισμοί αποτελούν χάλυβα υψηλής συνάφειας ενώ οι εγκάρσιοι λείους συνδετήρες. Οι καμπύλες τάσεων-ανηγμένων παραμορφώσεων φαίνονται στο σχήμα 3. Η μονοαξονική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος προσδιορίστηκε από πειράματα σε κυλινδρικά δοκίμια και βρέθηκε να είναι ίση με 30 MPa.

Η καμπτική αντοχή, σύμφωνα με την ισχύουσα μέθοδο υπολογισμού, μπορεί εύκολα να βρεθεί ότι είναι ίση με 33.41 KNm. Από την ισοδυναμία των εσωτερικών και εξωτερικών δράσεων, η τιμή του ασκούμενου φορτίου που προκαλεί καμπτική αστοχία προκύπτει ίση με 55.68 KN. Το φορτίο αυτό είναι ισοδύναμο με μια οριζόντια δύναμη ίση με 55.68 KN που ασκείται στο άνω άκρο του υποστυλώματος μαζί με μια ροπή ίση με 22.27 KNm (σχήμα 4 (α)).

Τα διαγράμματα ροπών κάμψης και τεμνουσών δυνάμεων, στην οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη, απεικονίζονται στο σχήμα 4β. Το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων περιλαμβάνει και τις τιμές διατμητικής αντοχής στα τμήματα του υποστυλώματος με την διαφορετική πυκνότητα συνδετήρων. Από τις τιμές αυτές γίνεται φανερό ότι το εξωτερικό φορτίο που απαιτείται για να προκληθεί αστοχία από τέμνουσα δύναμη, είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που προκαλεί αστοχία σε κάμψη. Συνεπώς, σύμφωνα με τις ισχύουσες μεθόδους υπολογισμού, η φέρουσα ικανότητα του υποστυλώματος είναι αυτή που αντιστοιχεί στην καμπτική αντοχή και έχει τιμή ίση με 55.68 KN.



Σχήμα 4 : (α) Σχηματική απεικόνιση ρηγμάτωσης κατά την αστοχία. (β) Διαγράμματα καμπτικών ροπών και τεμνουσών δυνάμεων που αντιστοιχούν στην πειραματικά προσδιορισμένη φέρουσα ικανότητα (συνεχείς γραμμές) και στην καμπτική αντοχή (διακεκομμένες γραμμές). Το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων περιλαμβάνει και τις τιμές της αντοχής έναντι τέμνουσας δύναμης (σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς) των διαφόρων τμημάτων του υποστυλώματος [4].

Το σχήμα 4β περιλαμβάνει επίσης τα διαγράμματα ροπών κάμψης και τεμνουσών δυνάμεων που αντιστοιχούν στην πειραματική τιμή της φέρουσας ικανότητας. Η τιμή αυτή είναι 51.5 KN, έναντι της προβλεπόμενης τιμής των 55.68 KN. Δηλαδή, η πρόβλεψη υπερεκτιμά την φέρουσα ικανότητα του υποστυλώματος κατά 7 ποσοστιαίες μονάδες.

Θα πρέπει, όμως να σημειωθεί ότι, ενώ η πρόβλεψη αναφέρεται σε καμπτική αστοχία, στο υποστυλώμα αναπτύχθηκαν λοξές ρωγμές, δηλαδή αστόχησε "διατμητικά", παρόλο που η προβλεπόμενη τιμή της φέρουσας ικανότητας υπό τέμνουσα δύναμη ήταν σημαντικά

μεγαλύτερη από το φορτίο αστοχίας. Θα πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι η "διατμητική" αστοχία συνέβη στο κρίσιμο μήκος που είχε πολύ μεγαλύτερη αντοχή έναντι τέμνουσας δύναμης από το υπόλοιπο τμήμα του υποστυλώματος. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4(β), η απόκλιση της τιμής των 190 KN (που είναι η προβλεπόμενη τιμή της διατμητικής αντοχής του κρίσιμου μήκους) από την τιμή των 51.5 KN (που προέκυψε πειραματικά) είναι της τάξης των 280 ποσοστιαίων μονάδων [4]. Σε περίπτωση σεισμού η φορά του οριζόντιου φορτίου εναλλάσσεται με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται λοξές ρωγμές και στην άλλη διεύθυνση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι στο στοιχείο να έχουν αναπτυχθεί ρωγμές σχήματος X όπου εκτείνονται σε όλο το ύψος του υποστυλώματος (σχήμα 5) που οφείλονται στην διατμητική αστοχία και πιο συγκεκριμένα στην υπέρβαση της αντοχής του σκυροδέματος σε θλίψη.

Το αυξημένο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού δεν οδήγησε στην αποφυγή της πρόωρης διατμητικής αστοχίας πράγμα που δείχνει ότι η θεώρηση όλου του ύψους του υποστυλώματος ως κρίσιμου [2], με αποτέλεσμα την πύκνωση των συνδετήρων σε όλο το ύψος δεν προστατεύουν το υποστυλώμα από την διατμητική αστοχία.

Αυτή η ιδιαιτερότητα του κοντού υποστυλώματος έχει να κάνει με τον τρόπο μεταφοράς των δυνάμεων στην μετελαστική περιοχή όπου δεν ισχύει ο συνηθής μηχανισμός μεταφοράς διατμητικών δυνάμεων αλλά το σύνολο των δυνάμεων μεταφέρεται μέσω διαγώνιου θυσάνου θλιπτήρων και αντίστοιχων εγκάρσιων οπλισμών [2]. Παράλληλα η αμελητέα φέρουσα ικανότητα του ρηγματωμένου σκυροδέματος έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την παραδοχή του γενικευμένου δικτύωματος Morsch όπου ισχύει για γραμμικά μέλη [4]. Ακόμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ουσιαστική μείωση της διαθέσιμης πλαστιμότητας που οφείλεται στην σημαντική αλληλεπίδραση κάμψης διάτμησης [2]. Τέλος το κοντό υποστυλώμα δεν αποτελεί γραμμικό μέλος και αυτό είναι ένας βασικός λόγος όπου δεν συμπεριφέρεται όπως τα κοινά υποστυλώματα όπου είναι γραμμικά στοιχεία. Ο κανονισμός για την αποφυγή της διατμητικής αστοχίας στα κοντά υποστυλώματα με ιδιαίτερα μικρό λόγο διάτμησης επιβάλλει την χρησιμοποίηση δισδιαγώνιου οπλισμού με σκοπό την διατήρηση της φέρουσας ικανότητας λοξού θλιπτήρα μετά την εξάντληση της αντοχής του σκυροδέματος [2].



Σχήμα 5 :Αστοχία κοντού υποστυλώματος σε κατασκευές [10] , [9].

3. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΝΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

Η ενίσχυση των κοντών υποστυλωμάτων δεν διαφέρει από αυτήν των υποστυλωμάτων [1]. Σκοπός της ενίσχυσης των κοντών υποστυλωμάτων είναι η αύξηση της διατμητικής αντοχής και της πλαστιμότητας χωρίς ιδιαίτερη αύξηση της καμπτικής αντοχής [7]. Όπως είναι γνωστό υπάρχουν δύο μέθοδοι για την ενίσχυση των υποστυλωμάτων [5]. Στην πρώτη

μέθοδο δεν αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με την ενεργή περίσφιγξη του στοιχείου. Στην δεύτερη μέθοδο γίνεται αύξηση της διατομής με νέες στρώσεις σκυροδέματος και νέους οπλισμούς, κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο. Στα κοντά υποστυλώματα καλό είναι να αποφεύγεται η μέθοδος όπου αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος, διότι η αύξηση της διατομής και ο πρόσθετος διαμήκης οπλισμός έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τέμνουσας [3] λόγω σεισμικής δράσης, η οποία οδηγεί σε μικρότερο λόγο διάτμησης και το φαινόμενο του κοντού υποστυλώματος αυξάνεται. Βέβαια σε περιπτώσεις επισκευής αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι αναπόφευκτη εξαιτίας της αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος.

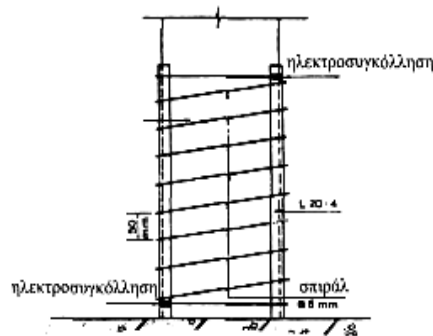
Η ενίσχυση των κοντών υποστυλωμάτων με εξωτερική περίσφιγξη είναι πολύ δραστική διότι αυτή η μέθοδος αυξάνει την πλαστιμότητα, την διατμητική αντοχή και την θλιπτική αντοχή του στοιχείου [5]. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την επιβολή της εξωτερικής περίσφιγξης οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω :

- Με χρήση επικολητών κολάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα συνήθους πάχους 1-2 mm (Σχήμα 6) ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).



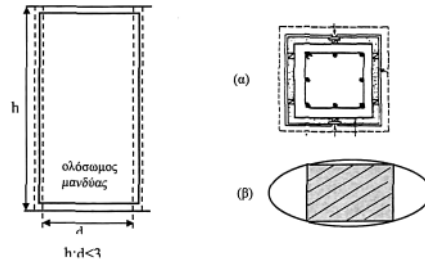
Σχήμα 6 : Περίσφιγξη με μεταλλικά επικολητά ελάσματα [5].

- Με χρήση προεντεταμένων κολάρων από χάλυβα ή FRP που μπορεί να έχουν την μορφή ταινιών “πακεταρίσματος”.
- Με χρήση σπειροειδούς οπλισμού (Σχήμα 7) που μπορεί να είναι από μεταλλικό έλασμα ή από FRP.



Σχήμα 7 : Περίσφιγξη με σπειροειδή οπλισμό [5].

- Με χρήση μεταλλικού κλωβού που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και είτε οριζόντια μεταλλικά κολάρια είτε πλήρη χαλύβδινα φύλλα.
- Με χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή FRP, επικολητών επί των πλευρών του υποστυλώματος. Στην περίπτωση των μεταλλικών μανδύων η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί τοποθετώντας τα χαλύβδινα φύλλα σε μικρή απόσταση από τις παρειές του υποστυλώματος και στην συνέχεια το κενό γεμίζεται με μη-συρρικνούμενο κονίαμα (Σχήμα8). Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν ο μεταλλικός μανδύας έχει ελλειπτική ή κυκλική μορφή (Σχήμα 8(β)).



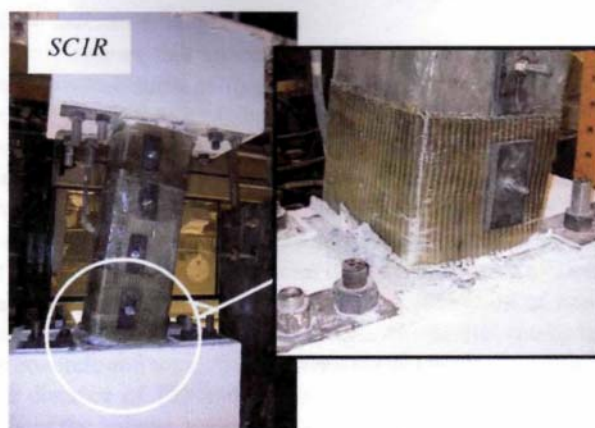
Σχήμα 8 :Περίσφιγξη με μεταλλικό μανδύα [5]
(α) Ορθογωνική
(β) Ελλειπτική

Οι προηγούμενες τεχνικές είναι ιδιαίτερα γνωστές και έχουν επισημανθεί σε πλήθος εργασιών που σχετίζονται με την ενίσχυση των υποστυλωμάτων. Οι μανδύες με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) αποτελούν ίσως τον πλέον εύρηστο τρόπο επιβολής της περίσφιγξης. Αυτός είναι στην πραγματικότητα ο κύριος λόγος για τον οποίο η εφαρμογή αυτής της τεχνικής εξαπλώνεται ραγδαία [5].

Τα φύλλα εφαρμόζονται με τις ίνες τους σε οριζόντια διεύθυνση συμβάλλοντας έτσι, ιδιαίτερα στον εγκιβωτισμό του στοιχείου και στην αύξηση της διατμητικής του αντοχής. Σε αυτήν την εργασία γίνεται μία αναφορά στις επιδράσεις των διάφορων χαρακτηριστικών που αφορούν την περιτύλιξη του στοιχείου με FRP. Αυτές οι επιδράσεις στην ενίσχυση έχουν να κάνουν με το υλικό του FRP, με την αγκύρωση του, με το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού και με τον αριθμό των στρώσεων όπως έχει προκύψει από πειραματική διαδικασία [6] τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

- Επίδραση αγκύρωσης του FRP

Ένα από τα βασικά προβλήματα στην περίσφιγξη των τετραγωνικών υποστυλωμάτων είναι η αποκόλληση μεταξύ σκυροδέματος και FRP. Στις γωνίες του υποστυλώματος η περίσφιγξη είναι δραστική σε αντίθεση με τα μέσα των πλευρών όπου εκεί παρατηρείται θραύση του σκυροδέματος εξαιτίας πλευρικής φόρτισης με αποτέλεσμα την αποκόλληση του FRP από το σκυρόδεμα.



Σχήμα 9 : Αγκύρωση φύλλων FRP [6].

Η χρήση αγκυρίων συμβάλει στη περίσφιγξη της συνολικής διατομής. Η αγκύρωση των FRP γίνεται με μεταλλικά ελάσματα που βρίσκονται στις απέναντι πλευρές όπου σε αυτά καταλήγουν ράβδοι που διαπερνούν την διατομή (σχήμα 9) και με αγκύρια τύπου ιών. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η κατανομή των τάσεων λόγω περίσφιγξης με αποτέλεσμα την αποφυγή του λυγισμού στις πλευρές της διατομής. Ακόμα παρατηρείται πιο πλάστικη συμπεριφορά χωρίς ιδιαίτερη μείωση της πλευρικής δύναμης αντίστασης. Η ενέργεια που

απορροφάται μπορεί να είναι και 25 % μεγαλύτερη σε σχέση με ένα δείγμα που δεν έχει αγκυρομένο FRP. Αγκυρώνοντας το FRP πάνω στο υποστύλωμα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των τάσεων στον εγκάρσιο οπλισμό και την αύξηση των τάσεων στο FRP. Τέλος με την αγκύρωση των φύλλων FRP στο σκυρόδεμα αυξάνεται το κόστος περίπου 20 % αλλά τα πλεονεκτήματα της ενίσχυσης αξίζουν του επιπλέον κόστους.

- Επίδραση του εγκάρσιου οπλισμού

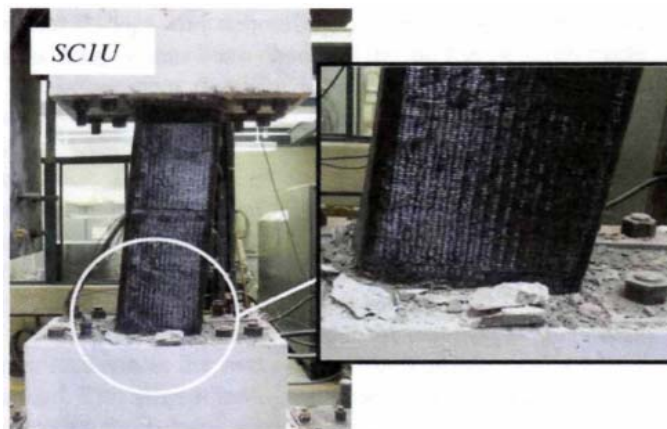
Αυξάνοντας τον εγκάρσιο οπλισμό αυξάνεται η ικανότητα ενεργειακής απορρόφησης με αποτέλεσμα την πλάστιμη συμπεριφορά του ενισχυμένου στοιχείου. Ακόμα μειώνονται οι τάσεις στους συνδετήρες στο μέσο του υποστυλώματος ενώ έχει αμελητέα επίδραση στις τάσεις των συνδετήρων των άκρων. Από την άλλη όμως αυτή η αύξηση των συνδετήρων έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των τάσεων στα φύλλα FRP σε όλο το ύψος. Οι συνδετήρες στα άκρα του υποστυλώματος είναι δραστικοί στην περίσφιγξη των θέσεων ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων ενώ οι συνδετήρες στο μέσο συμβάλουν στην διατμητική αντοχή. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τα συμπεράσματα στα οποία κατάληξε το προηγούμενο πείραμα σχετικά με την αστοχία του υποστυλώματος. Στο αρχικό πείραμα έγινε δοκιμή σε ένα υποστύλωμα οπλισμένου σκυροδέματος ενώ αυτά τα αποτελέσματα αναφέρονται σε ενισχυμένο με FRP και αγκύρια υποστύλωμα τα οποία επηρεάζουν διαφορετικά την συμβολή του ποσοστού του εγκάρσιου οπλισμού.

- Επίδραση των στρώσεων FRP

Αυξάνοντας τον αριθμό στρώσεων των φύλλων FRP αυξάνεται η διατμητική αντοχή του υποστυλώματος που έχει ως αποτέλεσμα μια πιο πλάστιμη συμπεριφορά. Η αθροιστική ενέργεια απορρόφησης με την χρησιμοποίηση περισσότερων στρώσεων FRP αυξάνεται. Τέλος αυξάνοντας τον αριθμό των στρώσεων μειώνονται οι τάσεις στους συνδετήρες και στο FRP στην μεγαλύτερη πλευρική μετατόπιση.

- Επίδραση του υλικού του FRP

Η ενίσχυση με FRP από άνθρακα (σχήμα 10) έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα παραλαβής μεγαλύτερου πλευρικού φορτίου σε σχέση με φύλλα από γυαλί. Ακόμα τα φύλλα άνθρακα απορροφούν μεγαλύτερη ενέργεια. Οι τάσεις στους συνδετήρες και στο FRP μειώνονται στην μέγιστη μετατόπιση με την χρησιμοποίηση του άνθρακα ως υλικού. Αυτό οφείλεται στο υψηλό μέτρο ελαστικότητας του άνθρακα σε αντίθεση με αυτό του γυαλιού. Η ελλιπής περίσφιγξη που παρέχει το FRP γυαλιού έχει ως αποτέλεσμα την θραύση του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την αποκόλληση των δύο υλικών που οδηγεί στην έλλειψη διατμητικής αντοχής.



Σχήμα 10 : Ενίσχυση με FRP από Άνθρακα [6].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κοντά υποστυλώματα είναι ιδιαίτερα τρωτά σε σεισμική ένταση και καλό είναι να αποφεύγεται η χρήση τους στις κατασκευές. Η σημαντικότερη επέμβαση είναι η απομάκρυνση των δεσμεύσεων που δημιουργούν το κοντό υποστύλωμα ή η επέκταση των δεσμεύσεων ώστε να εξαφανιστεί το μικρό ελεύθερο ύψος που το καθιστά κοντό [1]. Σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει, η παρουσία του εγκάρσιου οπλισμού δεν μικραίνει το πρόβλημα. Η ύπαρξη μεγάλου ποσοστού διαμήκους οπλισμού δημιουργεί μεγαλύτερα προβλήματα. Η μόνη λύση είναι η τοποθέτηση δισδιαγώνιου οπλισμού για την αποφυγή της πρόωρης ψαθυρής διατμητικής αστοχίας [2]. Όσο αφορά την ενίσχυση του κοντού υποστυλώματος το σκεπτικό ενίσχυσης είναι το ίδιο με αυτόν των υποστυλωμάτων [1]. Η ενίσχυση με ενεργή περίσφιγξη του στοιχείου χωρίς αύξηση της διατομής είναι ο καλύτερος τρόπος ενίσχυσης. Σε επίπεδο ενίσχυσης περιτύλιξης με φύλλα FRP ο καλύτερος τρόπος είναι η χρησιμοποίηση αγκυρωμένων φύλλων FRP από άνθρακα σε όλο το ύψος του κοντού υποστυλώματος και η επιπλέον ενίσχυση των άκρων (θέση πλαστικών αρθρώσεων) με φύλλα FRP από γυαλί [6].

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μανώλης Βουγιούκας, Αθήνα σεισμός 5,9 R , “Σύνοψη οδηγιών για Επισκευές βλαβών από Σεισμό”
- [2] Ελληνικός Κανονισμός οπλισμένου Σκυροδέματος 2000
- [3] Μιχαήλ Ν. Φαρδής , “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος Μέρος 3 ”, Πάτρα 2006
- [4] Οργανισμός Αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας , “Αντισεισμικός Σχεδιασμός / Αποτίμηση Αντοχής Τοιχωμάτων και Κοντών Υποστυλωμάτων από Σκυρόδεμα με Βάση τη Διερεύνηση των Αιτιών Αστοχία τους” , Δεκέμβριος 1996
- [5] Σ. Η. Δρίτσος , “Ενισχύσεις / Επισκευές κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα ”, Πάτρα 2006 .
- [6] K.Galal, A.Arafa, A.Ghobarah, Article in Press, “Retrofit of Square Short Columns”, January 2005
- [7] Seminar Course Manual , “Seismic Design For existing Structures”
- [8] <http://www.lhlogismiki.gr/presentations/kontoypost2nd.htm>
- [9] <http://www.disaster.archi.tohoku.ac.jp/eng/topicse/030726htm/5-34.jpg>
- [10] <http://www.kuleuven.be/bwk/materials/Teaching/media/wg17/s0100016.jpg>