

ΧΡΗΣΗ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΤΑΓΜΑΤΑΡΧΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Περίληψη

Στην συγκεκριμένη εργασία περιγράφονται δύο τεχνικές ενίσχυσης και επισκευής, των ινοπλισμένων πολυμερών και των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος. Παρουσιάζεται η κάθε μέθοδος ξεχωριστά, αναφέρεται η δυνατότητα χρήσης της καθεμίας στα διάφορα δομικά στοιχεία (όπως υποστυλώματα – πλάκες - δοκοί) και γίνεται αναφορά σε κάποιες καινούργιες τεχνικές εφαρμογής για τα ινοπλισμένα πολυμερή (FRP). Τέλος αναφέρονται συγκριτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου.

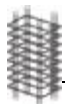
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα πιο ανεπιθύμητα φαινόμενα, που παρατηρείται στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η βλάβες των δομικών τους στοιχείων. Αυτές μπορεί να προέρχονται είτε από κατασκευαστικά λάθη, είτε από διάφορους αστάθμητους παράγοντες, όπως για παράδειγμα πυρκαγιές ή σεισμοί. Έτσι το σύνολο της κατασκευής τίθεται σε δοκιμασία, με αποτέλεσμα να αποκαλύπτονται όλες οι αδυναμίες της και να κρίνεται αναγκαία η άμεση ενίσχυση και επισκευή. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων αντιμετώπισης, με παλιότερη και πιο διαδεδομένη αυτή των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος. Τα τελευταία χρόνια όμως έχει γίνει ευρέως γνωστή και εφαρμοστεί η μέθοδος των φύλλων ινοπλισμένων πολυμερών (FRP). Οι δύο αυτές τεχνικές θεωρούνται από τις πιο αξιόπιστες στο χώρο των επισκευών.

Παρακάτω επιχειρείται μια προσέγγιση της κάθε μεθόδου ξεχωριστά και ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων αυτών.

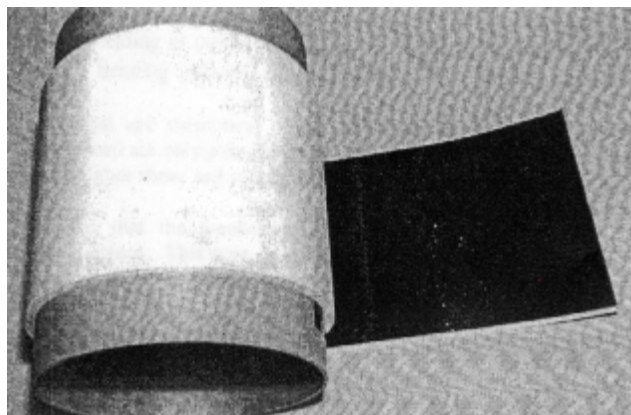
2 ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (FRP)

Η χρήση των ινοπλισμένων πολυμερών (FRP) αποτελεί τα τελευταία χρόνια μια σημαντική λύση στην επιστήμη του πολιτικού μηχανικού για την ενίσχυση και επισκευή μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα ινοπλισμένα πολυμερή κατασκευάζονται συνήθως από υψηλής απόδοσης και εφελκυστικής αντοχής ίνες άνθρακα, γυαλιού και αραμίδης εμπλουτισμένες με θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη.



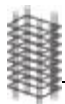
Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η τεχνική των ινοπλισμένων πολυμερών (FRP), αποτελεί την εξέλιξη αυτής των χαλύβδινων ελασμάτων και αντιμετωπίζει επαρκώς τα μειονεκτήματα αυτής. Για παράδειγμα μερικές από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο πολιτικός μηχανικός χρησιμοποιώντας χαλύβδινα ελάσματα είναι αυτές που αναφέρονται στην μεταφορά τους, στην τοποθέτησή τους (λόγω του μεγάλου τους βάρους), στο περιορισμένο εργοστασιακό μήκος τους, στην αυξημένη διάβρωση και οξείδωση που υφίστανται, με αποτέλεσμα το σκούριασμά τους και κατ' επέκταση την μείωση της αντοχής, και την πολλές φορές επίπονη εργασία που απαιτείται για την τοποθέτηση και προετοιμασία τους.

Η χρήση των ινοπλισμένων πολυμερών αντιμετωπίζει όλα τα παραπάνω προβλήματα καθώς προσφέρει μεγάλο συντελεστή αντοχής προς ίδιο βάρος και μεγάλη διαβρωτική αντοχή, κάτι που συνιστάται στην χαμηλή τιμή του κόστους συντήρησης. Είναι αρκετά πιο ελαφριά από τα χαλύβδινα ελάσματα και αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του περιορισμένου μήκους αυτών, καθώς παραδίδονται συνήθως σε ρολά των 300 και παραπάνω μέτρων όπως φαίνετε και στην εικόνα 1[4],[5]. Το κύριο μειονέκτημα των FRP είναι το αρκετά υψηλό κόστος τους, που είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερο από αυτό του χάλυβα, αλλά αποτελεί περίπου το 20% του συνολικού κόστους της εργασίας ενίσχυσης και επισκευής, ενώ η εύκολη μεταφορά τους μειώνει σημαντικά το συνολικό αυτό κόστος.[4]. Ένα ακόμα επίσης σημαντικό μειονέκτημα είναι η ευαισθησία τους σε περιβαλλοντικές δράσεις όπως οι υπεριώδης ακτίνες, οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και η δράση χημικών, αλλά σε γενικές γραμμές η παραπάνω ευαισθησία εξαρτάται από τον τύπο των ινών του υλικού [2].



Εικόνα 1. Ρολό FRP [5]

Στις μέρες γίνονται όλο και περισσότερες μελέτες και πειράματα πάνω στις εφαρμογές των ινοπλισμένων πολυμερών και αποδεικνύονται ως η πλέον αποδοτικότερη και εύχρηστη λύση, ιδιαίτερα για την ενίσχυση μεγάλων δομικών έργων, όπως για παράδειγμα γέφυρες, αλλά και δομικών στοιχείων κτιρίων. Εκεί δηλαδή που οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος και τα χαλύβδινα ελάσματα αποτελούν δύσκολη και ασύμφορη εφαρμογή, τα ινοπλισμένα πολυμερή προσφέρουν την άμεση και αποτελεσματική επέμβαση λόγω της απλούστερης τεχνικής της εφαρμογής τους, του ελαχίστου χρόνου εργασίας και της μεγάλης εφελκυστικής αντοχής τους. Πολλές λοιπόν κατασκευαστικές ανάγκες βρίσκουν λύση μέσα από την εφαρμογή των ινοπλισμένων πολυμερών και μερικές από αυτές δίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (αναφέρεται ειδικότερα σε επικολητά φύλλα πολυμερών)[8].



Κατασκευαστική ανάγκη	Λύση με τη χρήση FRP
Διάβρωση του οπλισμού σκυροδέματος	Αντικατάσταση του ελλιπού οπλισμού από φύλλα ισότιμη επίδρασης
Ανεπαρκής καμπτική ικανότητα του οπλισμένου σκυροδέματος	Σχεδιασμός φύλλων FRP για την προσθήκη εφελκυστικής αντοχής
Απώλεια προέντασης στο προεντεταμένο σκυρόδεμα	Αντικατάσταση προέντασης από προεντεταμένα φύλλα FRP
Αβέβαιη διάρκεια αντοχής του οπλισμένου σκυροδέματος	Προσθήκη φύλλων προεντεταμένων ή απλών για πλήρη εξασφάλιση
Ανεπαρκής δυσκαμψία ή λειτουργικότητα των ρηγματωμένων κατασκευών από σκυρόδεμα	Προσθήκη εξωτερικής προέντασης με την βοήθεια προεντεταμένων φύλλων
Πιθανή προσθήκη έντασης λόγω αναγκαίας κατασκευαστικής αλλαγής	Ανάλυση των εντάσεων λόγω της αλλαγής και σχεδιασμός ενίσχυσης με φύλλα πριν την απομάκρυνση των φερόντων στοιχείων
Βελτίωση της διατμητικής ικανότητας	Ενίσχυση με μανδύα FRP ή με φύλλα FRP στις παριές του στοιχείου

2.1 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Πριν προχωρήσουμε σε ξεχωριστή περιγραφή της χρήσης των FRP για κάθε δομικό στοιχείο, θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά των ινοπλισμένων πολυμερών και στην τυπική διαδικασία εφαρμογής της τεχνικής επικόλλησης των ινοπλισμένων φύλλων. Τα χαρακτηριστικά των ινοπλισμένων πολυμερών εξαρτώνται κυρίως από κατ' όγκο περιεκτικότητα τους σε ίνες και ειδικότερα για το μέτρο ελαστικότητας, η σχέση που ισχύει για σύνθετα υλικά με συνεχείς ίνες μιας διεύθυνσης είναι:

$$E_{FRP} = E_R \times V_R + E_F \times V_F \text{ όπου:}$$

E_{FRP} , E_R , E_F είναι τα μέτρα ελαστικότητας του σύνθετου υλικού, της ρητίνης και των ινών αντίστοιχα. Τα V_R , V_F είναι τα κ.ο. ποσοστά ρητίνης και ινών και προφανώς ισχύει:

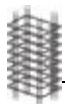
$$V_R + V_F = 1.$$

Επειδή $E_F \gg E_R$ μπορεί να θεωρηθεί προσεγγιστικά ότι $E_{FRP} \cong V_F \times E_F$.

Αν στις παραπάνω σχέσεις αντικαταστήσουμε τα μέτρα ελαστικότητας με τις εφελκυστικές αντοχές, τότε αυτές ισχύουν προσεγγιστικά για την εφελκυστική αντοχή [2].

Η τυπική διαδικασία εφαρμογής των σύνθετων υλικών συνήθως συνιστάται από τους προμηθευτές και μπορεί να είναι η εξής [2]:

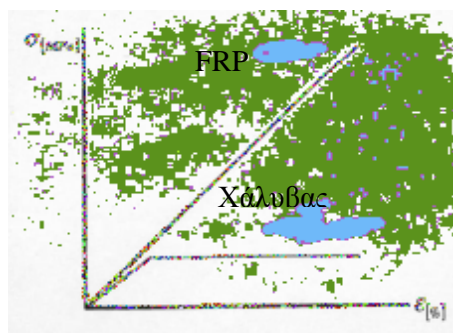
1. Απομακρύνεται η επιδερμική στρώση σκυροδέματος στην επιφάνεια που θα γίνει η επικόλληση έτσι ώστε να αποκαλυφθούν τα αδρανή σε βάθος περίπου 5mm, με ειδικό εξοπλισμό.
2. Εφόσον το συνθετικό υλικό καλύπτει και γωνίες του στοιχείου σκυροδέματος, αυτές εξομαλύνονται και λειαίνονται για να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα 30mm.
3. Η επιφάνεια σκυροδέματος καθαρίζεται καλά, διαβρέχεται με νερό υπό πίεση και μετά στεγνώνετε. Η τελική υγρασία της επιφάνειας του σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 4%.



4. Η επιφάνεια του σκυροδέματος εμποτίζεται με αραιό διάλυμα εποξειδικής ρητίνης εάν κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα πορώδης ή υπάρχουν μικρορηγματώσεις. Στη συνέχεια η επιφάνεια επαλείφεται με παχύρρευστο συγκολλητικό υλικό που συνήθως είναι εποξειδικός στόκος.
5. Μετά την σκλήρυνση του συγκολλητικού υλικού, η επιφάνεια λειαίνεται με επιμέλεια έτσι ώστε να μην υπάρχει ανωμαλία σε ύψος μεγαλύτερο από 1mm.
6. Η επιφάνεια αναμονής επαλείφεται με εποξειδική ρητίνη πάχους 1-2mm με κατάλληλο ιξώδες που διευκολύνει την τοποθέτηση του φύλλου. Η κόλλα τοποθετείται με μεγαλύτερο πάχος που είναι της τάξης των 10mm, στην κεντρική περιοχή επαφής, έτσι ώστε κατά την τοποθέτηση του φύλλου η κόλλα να προχωράει προς τα έξω όταν συμπιεστεί.
7. Το φύλλο του σύνθετου υλικού τοποθετείται στην επιφάνεια αναμονής εφαρμόζοντας ομοιόμορφη πίεση, με τρόπο τέτοιο ώστε να μην εγκλωβιστεί αέρας.
8. Μετά από το πέρασμα μισής έως μιας ώρας αφαιρείται το προστατευτικό κάλυμμα του φύλλου και οι ίνες απαλείφονται με μια δεύτερη στρώση της ίδιας ρητίνης.
9. Αν προβλέπεται η τοποθέτηση περισσότερων φύλλων, η διαδικασία επαναλαμβάνεται.
10. Τελικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα πεταχτό τσιμεντοκονίαμα για προστασία των φύλλων από υψηλές θερμοκρασίες και περιβαλλοντικές προσβολές.

Στο σημείο αυτό, και πριν προχωρήσουμε στην αναφορά για την χρήση των FRP στα δομικά στοιχεία, πρέπει να επισημάνουμε ότι η διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης αυτών (και ειδικότερα των δοκών και πλακών), ενισχυμένων με επικολλητά φύλλα από FRP, βασίζεται στις αρχές για την μελέτη στοιχείων από οπλισμένο, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω δύο βασικά σημεία[1]:

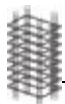
- Στην κατάσταση οριακής φέρουσας ικανότητας ο οπλισμός ενίσχυσης (σύνθετων υλικών) δεν “διαρρέει” όπως ο χάλυβας, αλλά παραμορφώνεται ελαστικά, φθάνοντας σε μεγάλη παραμόρφωση (Γράφημα 1).[5].



Γράφημα 1. Τάσεων-παραμορφώσεων [5]

Η παραμόρφωση αυτή εξαρτάται βασικά από την ικανότητα του σκυροδέματος (δηλαδή υποστρώματος) να μεταφέρει μέσω διάτμησης τις εφελκυστικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα σύνθετα, και είναι, κατά κανόνα, μικρότερη από τη μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση (θραύσης) των σύνθετων υλικών.

- Ο “δεσμός” σύνθετων υλικών-σκυροδέματος μπορεί να αστοχήσει πρόωρα, δηλαδή πριν εξαντληθεί η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου στοιχείου.



2.1.1 ΜΑΝΔΥΕΣ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε η ευκολίες στην εργασία και μεταφορά των ινοπλισμένων πολυμερών, καθιστούν αυτά ως τα πλέον εύχρηστα και αποτελεσματικά. Το ίδιο ισχύει και για την περίπτωση που αυτά χρησιμοποιούνται για την περίσφιξη των υποστυλωμάτων, δηλαδή την δημιουργία μανδύων για την αύξηση της διατμητικής τους αντοχής. Τα φύλλα FRP εφαρμόζονται με τις ίνες τους σε οριζόντια διεύθυνση συμβάλλοντας έτσι στον εγκιβωτισμό του στοιχείου. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που οι παραπάνω είναι και οι μόνοι λόγοι της ενίσχυσης, τα φύλλα μπορούν να αντικατασταθούν από οριζόντιες λωρίδες (κολάρα). Η εναλλακτική αυτή τεχνική έχει μεν οικονομία υλικού αλλά απαιτεί περισσότερα “εργατικά” και γι’ αυτό η επιλογή της εξαρτάται από την εκτίμηση του συνολικού κόστους.

Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή και ενίσχυση της καμπτικής αντοχής του στοιχείου, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και φύλλα με τις ίνες τους σε κατακόρυφη διεύθυνση. Όμως σ’ αυτή την περίπτωση η τεχνική θα πρέπει να συνδυαστεί με ανάλογη εφαρμογή ενίσχυσης του κόμβου (δοκών-υποστυλωμάτων) επειδή τα άκρα του υποστυλώματος βρίσκονται σε περιοχές αυξημένης καμπτικής έντασης [2].

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλούστερη για τα κυκλικά υποστυλώματα, καθώς στα τετράγωνα υποστυλώματα απαιτείται εξομάλυνση των γωνιών όπως προαναφέρθηκε. Η διαστασιολόγηση των στοιχείων μπορεί να αναζητηθεί αλλού (Δρίτσος, 2001).

2.1.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ-ΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

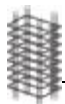
Η διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο κάμψης δοκών ή πλακών που έχουν ενισχυθεί με φύλλα FRP στο εφελκόμενο πέλμα, είναι η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό διατομών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Όμως τώρα, επιπλέον θα πρέπει να θεωρηθεί ότι τα σύνθετα υλικά δεν μπορούν να ξεπεράσουν μια οριακή παραμόρφωση $\epsilon_{f, lim}$ της τάξεως του 50% της παραμόρφωσης θραύσης τους. Συχνά λαμβάνεται $\epsilon_{f, lim} = 6\%$. Επομένως οι δύο οριακές καταστάσεις αστοχίας για διατομές σκυροδέματος $\epsilon_{c2} = 3,5\%$ και $\epsilon_{sl} = 20\%$ που προβλέπονται από τον κανονισμό σκυροδέματος αντικαθίστανται από τις $\epsilon_{c2} = 3,5\%$ και $\epsilon_f = 6\%$.

Η παραπάνω διαδικασία προϋποθέτει ότι τα άκρα των εξωτερικών οπλισμών εξασφαλίζονται έναντι πρόωρης αποκόλλησης. Για τον σκοπό αυτό απαιτείται επαρκές μήκος αγκύρωσης (l_b) των εξωτερικών οπλισμών. Ειδικά μέτρα εξασφάλισης της αγκύρωσης, ανάλογα με αυτά που χρησιμοποιούνται στα επικολλητά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση ανεπάρκειας του μήκους αγκύρωσης [1].

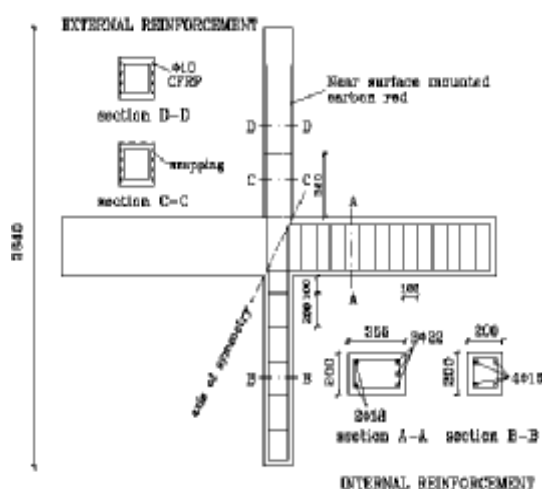
Τέλος να αναφέρουμε ότι η διαδικασία προσδιορισμού του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης, ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων απόσχισης στα άκρα και ο έλεγχος σε κάμψη των στοιχείων αναφέρονται αναλυτικά αλλού, (Δρίτσος, 2001).

2.1.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕ ΦΥΛΛΑ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ.

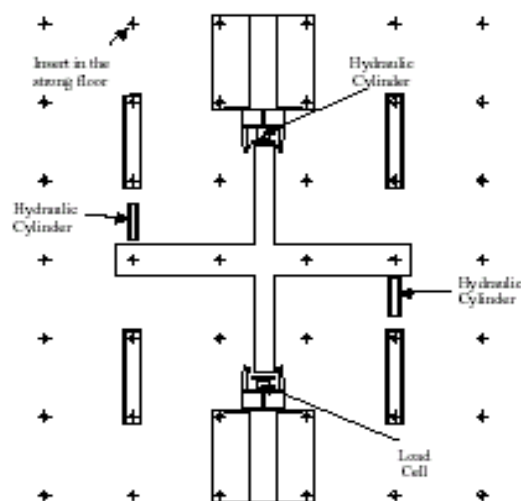
Η εφαρμογή της τεχνικής της ενίσχυσης στους κόμβους με φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών FRP λόγω των πλεονεκτημάτων αυτών, που προαναφέρθηκαν, αλλά και την μεγάλη ευκολία τοποθέτησης των φύλλων FRP στη δύσκολη περιοχή του κόμβου, αποτελεί μια από τις πιο υποσχόμενες λύσεις και αυτό γιατί βρίσκεται ακόμα στον τομέα τις πειραματικής έρευνας, τα αποτελέσματα τις οποίας είναι πολύ ενθαρρυντικά. Παρόλα αυτά όμως υπάρχει δυσκολία στην εφαρμογή της τεχνικής στην πράξη και λόγω της ελλιπούς επιστημονικής τεκμηρίωσης, αλλά και λόγω της ύπαρξης πλακών και εγκάρσιων δοκών.



Μια καλή πειραματική προσέγγιση και ανάλυση πάνω στην τεχνική ενίσχυσης των κόμβων με την βοήθεια των ινοπλισμένων πολυμερών, δίνεται στην μελέτη του Α. Prota, Α. Nanni, G. Manfredi και Ε. Cosenza.[7]. Το πειραματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε (μαζί με τους εξωτερικούς και εσωτερικούς οπλισμούς αυτού) δίνεται στην σχήμα 1, και στο σχήμα 2 απεικονίζεται η διάταξη με την οποία επιβλήθηκε η φόρτιση σε αυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός από φύλλα FRP για εξωτερικό οπλισμό χρησιμοποιήθηκαν και ράβδοι FRP διαμέτρου 10mm.



Σχήμα 1. Πειραματικό μοντέλο [7]



Σχήμα 2. Διάταξη φόρτισης [7]

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής είναι αρκετά ενθαρρυντικά, όχι όμως και πλήρως τεκμηριωμένα, αλλά αν αυτό συμβεί θα αποτελέσει ένα πολύ καλό βήμα για την περαιτέρω εξέλιξη της εφαρμογής των ινοπλισμένων πολυμερών στην ενίσχυση των κόμβων και την περιοχή γύρω από αυτούς.

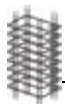
2.1.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Η ενίσχυση και επισκευή των τοιχωμάτων με την βοήθεια των ινοπλισμένων πολυμερών, πραγματοποιείται συνήθως με την τεχνική της περίσφιξης μανδύων από αυτά και, έχει το πλεονέκτημα της ευκολία της εφαρμογής και της δυνατότητα ανάληψης διατμητικής και καμπτικής έντασης.

Σε περίπτωση που είναι επιθυμητή η ενίσχυση τοιχοποιίας οι μέθοδοι που προτιμούνται είναι οι εξής:

1. Σύνθετα ινοπλισμένα υλικά από φύλλα ανθρακονημάτων (CFRP), συνδέονται στους διατμητικούς τοίχους και αγκυρώνονται στις εφαπτόμενες οροφές και πλάκες από σκυρόδεμα.
2. Ο διατμητικός τοίχος ενισχύεται συμβατικά σύνθετα υφάσματα. Τα πολυεστερικά υφάσματα εφαρμόζονται σε ολόκληρη την επιφάνεια αλλά, σε αντίθεση με τα φύλλα CFRP, δεν αγκυρώνονται στις γειτονικές πλάκες από σκυρόδεμα.

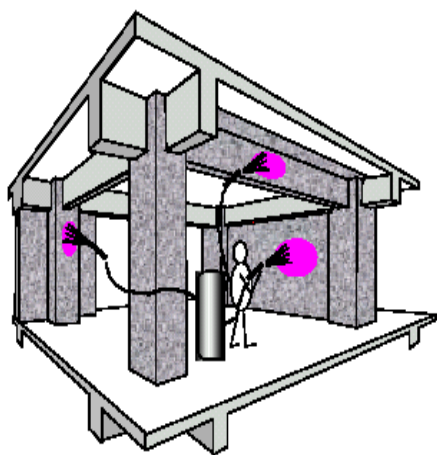
Γενικά όμως πρέπει να σημειωθεί ότι οι περιπτώσεις ενίσχυσης τοιχωμάτων και τοιχοποιίας παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα λόγω του μεγάλου λόγου πλευρών αυτών.



2.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Από την παραπάνω αναφορά στα ινοπλισμένα πολυμερή, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χρησιμότητα και η ευκολία στην εφαρμογή τους τα καθιστά απαραίτητα για την ενίσχυση και επισκευή μιας κατασκευής, και ωθεί τον πολιτικό μηχανικό στην περαιτέρω μελέτη αυτόν, έτσι ώστε να σχηματίσει μια πλήρη και απολύτως τεκμηριωμένη επιστημονική εικόνα της χρησιμότητας και των ιδιοτήτων τους, με σκοπό την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευσή τους. Για τον σκοπό αυτό μελετώνται νέες τεχνικές και εφαρμογές. Μια από αυτές είναι και η χρήση προεντεταμένων ή απλών φύλλων FRP για την εξωτερική ενίσχυση ξύλινων δοκών και στοιχείων, και η καταγραφή της καμπτικής αλλά και ερπυστικής συμπεριφοράς αυτών (Πλέβρης, Τριανταφύλλου 1995, Τριανταφύλλου, Deskovic 1992).

Μια επίσης εναλλακτική πρόταση είναι και το εκτοξευμένο ή ψεκαζόμενο FRP [6] (sprayed-up FRP), κατά την οποία το δομικό στοιχείο ψεκάζεται με μικρές ίνες άνθρακα και γυαλιού αναμιγμένες με βυνιλοεστερική ρητίνη (εικόνες 2 και 3)[6], και στην συνέχεια αν χρειαστεί ενισχύεται με επιπλέον φύλλα FRP. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η βυνιλοεστερική ρητίνη απαιτεί λιγότερο χρόνο για την σκλήρυνση της σε σύγκριση με την εποξειδική ρητίνη, ενώ παράλληλα έχουν τις ίδιες μηχανικές ιδιότητες. Με την μέθοδο αυτή γίνεται εφικτή η ενίσχυση πολλών δομικών στοιχείων με FRP όπως υποστρωμάτων, δοκών ακόμα και τοιχωμάτων.



Εικόνα 2. Εφαρμογή του Sprayed-up FRP [6]

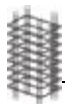


Εικόνα 3. Sprayed-up FRP [6]

3 ΜΑΝΔΥΕΣ

Η τεχνική της κατασκευής μανδύων από Ο. Σ. είναι από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους αύξησης της αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας των διάφορων δομικών στοιχείων. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για επισκευή και ενίσχυση υποστρωμάτων και δοκών αλλά χρησιμοποιείται επίσης για κόμβους και πλάκες καθώς και σε ευρεία χρήση στις τοιχοποιίες.

Υπάρχουν 4 τύποι μανδύων από Ο. Σ. ανάλογα με το υλικό. Η κατασκευή των μανδύων συνηθίζεται στην πράξη να γίνεται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή από σκυροτσιμεντόπηγμα ή τέλος από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.



3.1 ΕΙΔΗ ΜΑΝΔΥΩΝ

A) Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα

Χρησιμοποιείται για μανδύες μεγάλου πάχους($d > 80\text{mm}$) και απαιτείται ξυλότυπος. Η χύτευση πρέπει να γίνεται με χαμηλή πίεση. Το μέγεθος των αδρανών δεν πρέπει να είναι μεγάλο. Συνίσταται ιδιαίτερα η χρήση ρευστοποιητών και πρόσμικτων που παρεμποδίζουν την συστολή ξήρανσης. Μειονέκτημα της τεχνικής είναι η δυσκολία σκυροδέτησης ιδιαίτερα στην κορυφή του υποστυλώματος .

B) Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ,ξηράς ανάμιξης ,είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική για την κατασκευή μανδύων μικρού πάχους($d < 100\text{mm}$) και δεν απαιτείται ξυλότυπος .στην κατασκευή απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα και φροντίδα για τον έλεγχο κατακόρυφων επιφανειών.

Γ) Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα

Η χρήση του σκυροτσιμεντοπήγματος για την κατασκευή μανδύων Ο. Σ. έχει το βασικό πλεονέκτημα της απρόσκοπτης σκυροδέτησης παρουσία πυκνών οπλισμών ,θα μπορούσε ως εκ τούτου να θεωρηθεί πολύ κατάλληλη τεχνική ,όμως η εφαρμογή της στην πράξη είναι περιορισμένη λόγω έλλειψης εμπειρίας .

Δ) Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα

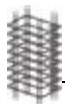
Διάφορα σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα ειδικής σύνθεσης έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς σε επισκευές δομικών στοιχείων .Λόγου αυξημένου κόστους χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις .Τα ειδικά τσιμεντοκονιάματα χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει απαίτηση για μικρό πάχος μανδύα [1].

3.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ

- Καθαίρεση βλαμμένου σκυροδέματος και διαμόρφωση κοιλοτήτων για καλύτερο εγκιβωτισμό του νέου υλικού
- Μηχανική εκτράχυνση παλιού σκυροδέματος (επιφάνεια αναμονής με εργαλεία λιθοξόου ή με αμμοβολή).
- Αποκάλυψη των παλιών οπλισμών όπου χρειάζεται και καθάρισμα από την σκουριά με μεταλλική βούρτσα .
- Έκπλυση με άφθονο νερό υπό πίεση .
- Τοποθέτηση νέου οπλισμού αγκυρώσεως .
- Συγκόλληση νέων οπλισμών και διάταξη δομικού πλέγματος
- Συμπληρωματική εκτράχυνση επιφανείας αναμονής παλιού σκυροδέματος καθώς και παλιών και νέων οπλισμών με αμμοβολή [3].

3.3 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο. Σ. ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου και μπορεί να εκτείνεται είτε σε όλο το μήκος του υποστυλώματος(ολικός μανδύας) , όταν έχουμε βλάβη σε μεγάλη έκταση ύψους του υποστυλώματος , είτε σε ένα μόνο τμήμα του(τοπικός μανδύας) .Σε αυτή την περίπτωση το μήκος του μανδύα θα είναι τουλάχιστον κατά $1.5b$ (b =μεγαλύτερη διάσταση υποστυλώματος)μεγαλύτερο (πάνω και κάτω)από το μήκος στο οποίο το υποστυλώμα είναι βλαμμένο .



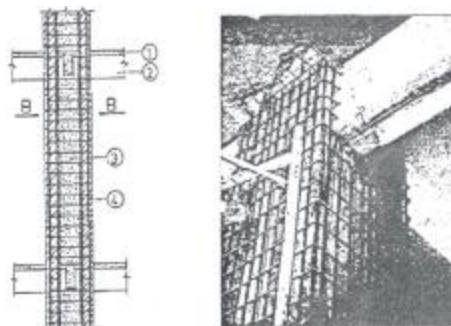
Στις περιπτώσεις που η ενίσχυση του υποστυλώματος στοχεύει στην αύξηση της πλαστιμότητας του ,χωρίς αύξηση της καμπτικής αντοχής του (όπως π. χ. στην περίπτωση που επιδιώκεται επέμβαση με σκοπό να προηγηθεί η όλκιμη καμπτική αστοχία από την διατμητική) ,είναι σκόπιμο να εξετάζεται η περίπτωση κατασκευής μανδύα χωρίς σύνδεση με τις δοκούς των ορόφων .Τότε ο μανδύας τερματίζεται 30-50 mm χαμηλότερα από την στάθμη του πυθμένα των δοκών .

-Ενίσχυση με συγκόλληση νέων οπλισμών και χρησιμοποίηση μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Η τεχνική αυτή συνιστάται σε περιπτώσεις μικρών βλαβών υποστυλωμάτων .Δεν συνιστάται όμως σε περιπτώσεις που το σκυρόδεμα έχει τελείως αποδιοργανωθεί .Το νέο σκυρόδεμα που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει αντοχή κατά 50 kg/cm² τουλάχιστον μεγαλύτερη από το παλιό σκυρόδεμα και πάχος >3cm [3].

-Ενίσχυση με συγκόλληση νέων οπλισμών και χρησιμοποίηση μανδύα έγχυτου σκυροδέματος

Η τεχνική αυτή συνιστάται σε περιπτώσεις που το σκυρόδεμα έχει τελείως αποδιοργανωθεί ή όταν έχουμε σοβαρές βλάβες και γενικότερα όταν διαπιστώνεται ιδιαίτερη ανεπάρκεια της αντοχής ή άλλων χαρακτηριστικών του υποστυλώματος .Το νέο σκυρόδεμα που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει αντοχή 100 kg/cm² τουλάχιστον μεγαλύτερη από το παλιό σκυρόδεμα και πάχος>10cm [3].



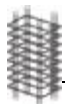
Εικόνα 1 : Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος σε υποστυλώματα [1].

Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου ο μανδύας δεν μπορεί να ‘κλείσει’ γύρω από το υποστυλώμα (όπως π. χ. σε υποστυλώματα που βρίσκονται στα όρια με άλλη οικοδομή)σε αυτές τις περιπτώσεις μιλάμε για τους ανοικτούς μανδύες .Έτσι μανδύες που περιβάλλουν τρεις ,δύο ή και μία ακόμα πλευρά του υποστυλώματος απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα για την προετοιμασία της διεπιφάνειας και την συγκόλληση παλαιών και νέων οπλισμών .Επίσης απαιτούνται ξεχωριστά μέτρα για την διασφάλιση της λειτουργίας των συνδετήρων και της ανθεκτικότητας τους στο χρόνο ,ειδικότερα στην περίπτωση που δεν εγκιβωτίζονται σε σκυρόδεμα .

Όταν ο μανδύας περιβάλλει μόνο μία ή δύο πλευρές του υποστυλώματος ,στην πραγματικότητα πρόκειται πλέον για επέκταση του υποστυλώματος .

3.4 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο. Σ. ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ

Η μέθοδος αυτή έχει απολύτως ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αύξηση της διατμητικής και καμπτικής αντοχής των δοκών .Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της δοκού με νέο σκυρόδεμα ,νέους διαμήκεις οπλισμούς και νέους συνδετήρες περιμετρικά του



αρχικού στοιχείου .Προς επίτευξη συνεργασίας παλαιού και νέου σκυροδέματος απαιτείται τόσο εκτράχυνση της επιφάνειας του παλαιού σκυροδέματος και συγκόλληση παρεμβλημάτων ανάμεσα στους παλιούς και νέους οπλισμούς .Έτσι έχουμε αναλυτικότερα

- Για την ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος σε κάμψη

Προστίθεται καινούργιος οπλισμός (ως επί τω πλείστον S400) ,συνδέεται κατά διαστήματα με τους παλιούς οπλισμούς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σαν ελαφρής μανδύας με πάχος συνήθως 5-10 εκ. σε όλο το πάχος της δοκού ,είτε μόνο στην κάτω πλευρά είτε στις τρεις περιμετρικές πλευρές της δοκού .Μανδύες στην κάτω παρειά της δοκού(πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος) χρησιμεύουν μόνο για την αύξηση της καμπτικής ικανότητας στο μέσον της δοκού .Αντίθετα μανδύες στις τρεις πλευρές της δοκού χρησιμεύουν για την αύξηση της καμπτικής και διατμητικής ικανότητας της σε κατακόρυφα φορτία ,όχι όμως και για σεισμική δράση καθότι δεν είναι δυνατή η ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας των διατομών στις στηρίξεις .

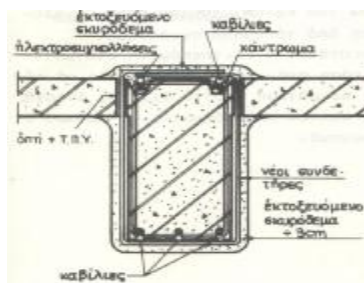
- Για την ενίσχυση του θλιβόμενου πέλματος

Πολλές φορές όταν υπάρχει έλλειψη θλιβόμενου οπλισμού ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο παρατηρείται βλάβη στο πάνω πέλμα της δοκού ,με μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίσεως κοντά στις παρειές . Η λύση του προβλήματος δίνεται με την χρήση έγχυτου σκυροδέματος ,με την προϋπόθεση ότι η πυκνότητα του οπλισμού επιτρέπει την διέλευση των χονδρών αδρανών και την σωστή συμπίκνωση του σκυροδέματος .Γι' αυτό προτιμούνται πλαστικά σκυροδέματα ,ενώ η χρήση υπερρευστοποιητικών μπορεί να δώσει καλές κατασκευαστικές λύσεις όταν απαιτείται πρόσθετος θλιβόμενος οπλισμός .Το έγχυτο σκυρόδεμα μπορεί να διαστρώνεται στο πάνω πέλμα ,δεν μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό επισκευής κάτω πέλματος .Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μανδύας και στις 4 πλευρές ,άλλα αν δεν υπάρχουν βλάβες και στο εφελκόμενο πέλμα θα είχαμε περιττή αύξηση διαστάσεων .

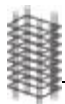
- Για την ενίσχυση έναντι διάτμησης

Η προστασία των δοκών από την διάτμηση γίνεται με την προσθήκη συνδετήρων στον οπλισμό της διατομής .Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε εξωτερικώς συσφιγγόμενοι συνδετήρες (κολλάρα) είτε απλώς συνδετήρες οι οποίοι ηλεκτροσυγκολλούνται πάνω στον κύριο οπλισμό της δοκού (νέο οπλισμό).Στην περίπτωση λοιπόν που χρησιμοποιηθούν εξωτερικά συσφιγγόμενοι συνδετήρες τότε γίνεται πρώτα η ενίσχυση της δοκού έναντι κάμψης και κατόπιν η ενίσχυση έναντι διάτμησης .

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν νέοι συνδετήρες που ηλεκτροσυγκολλούνται πάνω στο νέο οπλισμό κάμψης τότε τοποθετείται πρώτα ο νέος οπλισμός κάμψης στο εφελκόμενο πέλμα και στη συνέχεια τοποθετούνται οι νέοι συνδετήρες οι οποίοι είτε περικλείουν ολόκληρη τη διατομή είτε μόνο τις τρεις πλευρές της δοκού και αγκυρώνονται στο κάτω πέλμα της πλακάς .Στη συνέχεια ο νέος οπλισμός περικλείεται από μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος .Κλειδί της όλης επέμβασης είναι η διασφάλιση της αγκύρωσης των συνδετήρων με βύσματα .



Εικόνα 2 : Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκούς [3]



Η πλέον αποτελεσματική λύση είναι οι μανδύες και στις 4 πλευρές της δοκού .Η επάνω όμως στρώση σκυροδέματος κατασκευάζεται με πάχος τόσο ώστε να μπορεί να ενσωματωθεί μέσα στο δάπεδο (περίπου 5-7 εκ) .η διέλευση συνδετήρων γίνεται από οπές που διανοίγονται στην πλάκα ανά πυκνές αποστάσεις .Αυτό όμως είναι και το βασικό πρόβλημα της τεχνικής ,η δημιουργία του κλειστού μανδύα στο πάνω μέρος της δοκού λόγω της ύπαρξης των πλακών .Γι' αυτό πολλές φορές επιλέγεται και η λιγότερο αποτελεσματική τεχνική της κατασκευής ανοικτού μανδύα [1] ,[3] .

3.5 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο. Σ. ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί κυρίως προσθετές στρώσεις σκυροδέματος κυρίως για καμπτική ενίσχυση στο εφελκόμενο πέλμα .Έτσι ηλεκτροσυγκολλούνται νέοι οπλισμοί και δομικό πλέγμα μέσο παρεμβλημάτων (καβίλιες)και καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ,με πάχος συνήθως 50-100mm ,σε όλο το πλάτος της δοκού .

Η επισκευή και ενίσχυση του πάνω πέλματος γίνεται με δομικό πλέγμα (δεν είναι πάντα απαραίτητο) και έγχυτο σκυρόδεμα ,το οποίο πρέπει να ξεπερνά τα 30mm.

Η επισκευή σε όλο το πάχος της πλάκας θα γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση νέων οπλισμών (κυρίως δομικού πλέγματος πάνω και κάτω)και έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα [3].

3.6 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο. Σ. ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ

Κάθε ρηγμάτωση κόμβου ,έστω και πολύ μικρού ανοίγματος ρωγμών ,θεωρείται επικίνδυνη και αντιμετωπίζεται σαν σοβαρή βλάβη , η οποία απαιτεί ενίσχυση της διατομής.

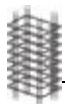
Οι μανδύες Ο. Σ. είναι αποτελεσματικοί και για την ενίσχυση κόμβων .Συνήθως ο μανδύας αυτός αποτελεί συνέχεια του μανδύα που έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του υποστυλώματος .Όμως η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και τοπικά μόνο στην περιοχή των κόμβων .

Όταν ο σχεδιασμός της περιοχής στοχεύει σε ικανοποίηση ικανοτικών κριτηρίων ,ο μανδύας μπορεί να μην επεκταθεί στην περιοχή της δοκού ή να επεκταθεί σε τόσο μήκος όσο είναι απαραίτητο ,στην περίπτωση αυτή ,η τεχνική προσφέρει το πλεονέκτημα να μπορεί να τροποποιήσει τον μηχανισμό αστοχίας του φορέα μεταθέτοντας τις βλάβες από τις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων σε αυτές των δοκών [1].

3.7 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ Ο. Σ. ΣΕ ΠΕΔΙΛΑ

Η χρησιμοποίηση μανδύων Ο. Σ. βρίσκει εφαρμογή και στα πέδιλα ,μάλιστα στην περίπτωση βλάβης του υποστυλώματος του κατωτάτου ορόφου και περιβολής του με μανδύα ,πρέπει τα πέδιλα να περιβάλλονται με τον ίδιο μανδύα . Ο μανδύας πέδινων πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό ύψος του πεδிலου και να περιλαμβάνει κλειστούς οριζόντιους συνδετήρες που λόγω του μεγάλου μήκους τους κατασκευάζονται με τμήματα υπερκαλυπτόμενα στα άκρα τους ,και έχει την μορφή ενός περιμετρικού δακτυλίου γύρω από το πέδιλο .Με τον τρόπο αυτό παραλαμβάνονται οι δυνάμεις εκτροπής που δημιουργούνται για την μεταφορά των αξονικών δυνάμεων του μανδύα στο έδαφος ή αντιστρόφως των εδαφικών πιέσεων προς τον μανδύα [1] .

Εφόσον όμως εξασφαλιστούν επαρκή μέτρα διατμητικής σύνδεσης (π.χ. βλήτρα)στις διεπιφάνειες παλιού και νέου πεδிலου ,η ανάγκη για παραλαβή των δυνάμεων εκτροπής είναι μειωμένη. Υπάρχει βέβαια και μία άλλη διάταξη όπου ο μανδύας επεκτείνεται κάτω από το



παλιό πέδιλο ,έτσι οι εδαφικές δυνάμεις να μεταφέρονται απ' ευθείας σε αυτό. Αυτή η δεύτερη διάταξη προτείνεται όταν δεν ενισχύονται με μανδύες και τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, όμως οι κατασκευαστικές δυσκολίες με την περιμετρική εκσκαφή κάτω από το παλιό πέδιλο και η προσωρινή στήριξη σε αυτή την περιοχή την κάνουν λιγότερο ελκυστική .

3.8 ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ ΣΕ ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ

Τέλος η χρήση μανδύων από Ο. Σ. βρίσκει ευρεία εφαρμογή και στις τοιχοποιίες καθώς προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα .Διακρίνονται σε μονόπλευρους και αμφίπλευρους, γενικώς οι αμφίπλευροι κρίνονται ως καλύτεροι λόγω της συμμετρίας της διατομής τους, ενώ οι μονόπλευροι συνήθως εφαρμόζονται όταν υπάρχουν περιορισμοί ή πρακτικές δυσκολίες κατασκευής μανδύων και στις δύο πλευρές ,όπως π. χ. έλλειψη δυνατότητας εκτέλεσης εργασιών στους εσωτερικούς χώρους ή διατήρηση των εξωτερικών όψεων της τοιχοποιίας για αισθητικούς ή αρχιτεκτονικούς λόγους .

Διακρίνονται 3 τύποι μανδύα:

- ελαφρά οπλισμένοι μανδύα(όπλιση με ελαφρό πλέγμα , συνολικό πάχος μανδύα 3-5 cm)
- μονόπλευροι μανδύες (ελάχιστος οπλισμός σχάρας Φ8/25,κατασκευή πεδύλου στη βάση του μανδύα ,ελάχιστο πάχος μανδύα 10 cm)
- αμφίπλευροι μανδύες (ελάχιστος οπλισμός σχάρας Φ8/25 ,ελάχιστο πάχος μανδύα 5 cm, σύνδεση δύο πλευρών μανδύα ανά 4 m τοίχου με δοκαράκια 20Χ20 cm που φέρουν οπλισμούς 4Φ8 και συνδετήρες Φ6/10) [1].

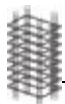
Γενικώς με τους μανδύες αυξάνονται σημαντικά η θλιπτική ,εφελκυστική και διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας .Όταν οι μανδύες εκτείνονται σε όλη την κατασκευή, προσδίδεται σε μεγάλο βαθμό μονολιθικότητα στην κατασκευή, γεγονός που βελτιώνει τη σεισμική της συμπεριφορά και συμβάλλει στην καλύτερη κατανομή της έντασης. Όμως έχουμε εκτεταμένες εργασίες υψηλού κόστους, καθώς και ενδεχόμενη αλλοίωση όψεων τοιχοποιίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Συμπερασματικά από τα παραπάνω βλέπουμε πως και οι δύο μέθοδοι (χρήση μανδύων Ο.Σ. και χρήση FRP) προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα αλλά ταυτόχρονα και μερικά μειονεκτήματα. Η πρώτη μέθοδος, δηλαδή χρήση ινοπλισμένων πολυμερών, αποτελεί σήμερα την πλέον σύγχρονη τεχνική στον τομέα της ενίσχυσης και επισκευής των κατασκευών. Η ευκολία στην μεταφορά και εγκατάσταση προσφέρουν κέρδος από άποψη χρόνου ενώ ταυτόχρονα το μικρό τους βάρος και η εξαιρετικά υψηλή αντοχής τους, τα κάνουν ελκυστικότερα στην χρήση τους. Επίσης έχουν θετική αντίδραση στην κόπωση, την διάβρωση και είναι ηλεκτρομαγνητικά ουδέτερα. Όλα τα παραπάνω στοιχεία, μαζί με την ελάχιστη παραγωγή σκόνης και θορύβου κατά την τοποθέτηση τους, έχουν κάνει την τεχνική της εφαρμογής των ινοπλισμένων πολυμερών να θεωρείται η πλέον καταλληλότερη για επισκευή και ενίσχυση. Παράλληλα ωθούν στην περαιτέρω πειραματική μελέτη με σκοπό την πληρέστερη γνώση και επιστημονική τεκμηρίωση των ιδιοτήτων τους.

Το κύριο μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι το μεγάλο της κόστος, το οποίο όμως σιγά-σιγά μειώνεται καθώς η χρήση και η ζήτηση αυξάνεται συνεχώς.

Η δεύτερη μέθοδος, δηλαδή η χρήση μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος, είναι από τις παλαιότερες και πιο διαδεδομένες, προσφέρει σίγουρα αποτελέσματα και ενδείκνυται για ισχυρές επεμβάσεις.



Βέβαια είναι αρκετά πιο περίπλοκη με αποτέλεσμα να είναι χρονοβόρα. Επίσης χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στις συγκολλήσεις των οπλισμών, καθόσον γίνεται φανερό ότι τυχόν μειονεκτική συγκόλληση ή αγκύρωση μειώνει την αντοχή του οπλισμού και κατά συνέπεια την αξιοπιστία της επισκευής. Τέλος η χρήση μανδύων Ο. Σ. μπορεί να αυξήσει ανεπιθύμητα τις διαστάσεις και το βάρος της παλιάς διατομής στα διάφορα δομικά στοιχεία, με αποτέλεσμα την εμφάνιση προβλημάτων.

Συμπερασματικά, προτείνεται η χρήση FRP όταν δεν έχουμε πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος και οι οικονομικές συνθήκες το επιτρέπουν. Η τεχνική του μανδύα Ο. Σ. προτείνεται όταν θέλουμε ενισχύσεις με λιγότερα έξοδα, σε δομικά στοιχεία που έχει πλήρως αποδιοργανωθεί το σκυρόδεμα και ταυτόχρονα δεν έχουμε πρόβλημα χώρου. Βέβαια η τελική επιλογή της τεχνικής που θα προτιμηθεί είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων και παραμένει πάντα στον υπεύθυνο πολιτικό μηχανικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Βιντζηλαίου Ε., Δημοσθένους Μ., Δρίτσος Σ., Θεοδωράκης Σ., Κρεμεζής Π., Λεκίδης Β., Σπανός Χ., Στυλιανίδης Κ., Χρονόπουλος Μ., “Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια”, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο. Α. Σ. Π), Αθήνα 2000.
- 2) Δρίτσος Σ. Η., “Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 2001.
- 3) Τάσιος Θ. Π., Συρμακέζης Κ. Α., Χρονόπουλος Μ. Π., “Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό”, 7^η έκδοση, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1988.
- 4) Garden H. N., Quantrill R. J., Hollaway L. C., Thorne A. M., Parke G. A. R., “An experimental study of the anchorage length of carbon fibre composite plates used to strengthen reinforced concrete beams”, Construction and Building Materials 12, pp204, 1998.
- 5) Beber A. J., Campos Filho A., Campagnolo J. L., Silva Filho L. C. P. “Analysis of R/C beams externally strengthened with carbon fibre sheets”, Bridge Management 4, London, 2000.
- 6) Furuta T., Kanakubo T., Nemoto T., Takahashi K., Fukuyama H., “Sprayed – up FRP strengthening for concrete structures”, www.kz.tsukuba.ac.jp/~kanakubo/spray/cice2001.pdf
- 7) Prota A., Nanni A., Manfredi G., Cosenza E., “Seismic upgrade of Beam-Column Joints with FRP reinforcement” FRPRC5, Cambridge, 2001, www.rb2c.umn.edu/Papers/Proceedings/2001/Upgrade_with_FRP.pdf
- 8) Tsinos I. “Strengthening concrete structures using externally bonded plates”, MSc Thesis, University of Leeds, Leeds, 2001.