

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ (ΧΑΛΥΒΑΣ – ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ)

ΔΗΜΗΤΡΑ ΚΡΟΝΤΗΡΗ – ΓΕΩΡΓΙΑ ΧΑΣΚΑ

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη της εφαρμογής των επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα και ινοπλισμένα πολυμερή. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται οι ιδιότητές τους, τα πλεονεκτήματά και μειονεκτήματά τους καθώς και οι τυπικές διαδικασίες εφαρμογής τους. Στα υποστυλώματα η μελέτη εστιάζεται στο μηχανισμό της περίσφιγξης, στις δοκούς και πλάκες στους μηχανισμούς κάμψης και διάτμησης, στους κόμβους δοκού-υποστυλώματος στη βελτίωση της πλαστιμότητας και στην αύξηση της διατμητικής αντοχής, στα τοιχώματα στην ανάληψη διατμητικής και καμπτικής έντασης με την τεχνική των μανδυνών με ινοπλισμένα πολυμερή και την τεχνική του μεταλλικού κλωβού και τέλος στις φέρουσες τοιχοποιίες στην αύξηση της αντοχής και πλαστιμότητας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος μελετούνται στατικά και κατασκευάζονται ανάλογα, πάντοτε για μια προκαθορισμένη καταπόνηση. Η αλλαγή χρήσης του κτιρίου, η γήρανση και κόπωση των υλικών κατασκευής, η διάβρωση του οπλισμού, η ελλιπής συντήρηση, ο σεισμός, η πυρκαγιά και οι αλλαγές των κανονισμών σχετικά με την ασφάλεια του φέροντα οργανισμού είναι κάποιες από τις συνθήκες και καταστάσεις που είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε μια αναίρεση των στατικών παραδοχών.

Γίνεται, λοιπόν, άμεσα κατανοητό ότι οι ανάγκες επισκευής και ενίσχυσης δομικών στοιχείων αυξάνονται ολοένα. Η επιτυχία μιας επισκευής ή μιας ενίσχυσης δεν εξαρτάται μόνο από την σωστή επιλογή της μεθόδου. Σημαντικό ρόλο σε αυτές τις εργασίες παίζουν η ποιότητα και η εμπειρία του εργατικού προσωπικού σε συνδυασμό με τη σωστή επίβλεψη και τον συνεχή έλεγχο στο εργοτάξιο.

Η χρήση των επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή είναι μια από τις πολλές μεθόδους ενίσχυσης που έχει αναπτυχθεί διεθνώς και εφαρμόζεται στη χώρα μας ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια με επιτυχία.

2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η χρήση **επικολλητών φύλλων από χάλυβα** ως εξωτερικός οπλισμός στο εφελκόμενο πέλμα δοκών ή πλακών και στις παρειές δοκών, είναι μια πρακτική τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της καμπτικής και διατμητικής αντοχής αντίστοιχα, των στοιχείων αυτών. Επιπλέον, επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της καμπτικής ακαμψίας και μείωση των παραμορφώσεων και της αναμενόμενης ρηγμάτωσης.

Βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η ευκολία εφαρμογής της τεχνικής σε συνδυασμό με την ελάχιστη όχληση που προκαλείται στην χρήση του δομήματος καθώς και το χαμηλό κόστος.

Το κυριότερο μειονέκτημα της τεχνικής βρίσκεται στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των φύλλων. Η πρόωρη αστοχία των άκρων με απόσχιση στη γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος, στην περίπτωση χρήσης χάλυβα, οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση τάσεων στην περιοχή. Επομένως, κρίνεται αναγκαίο να γίνονται δύο βασικοί έλεγχοι που αφορούν την περιοχή αγκύρωσης στα άκρα των επικολλητών φύλλων. Ο πρώτος στοχεύει στην εξασφάλιση επαρκούς μήκους αγκύρωσης πέραν της περιοχής που απαιτείται καμπτική ενίσχυση. Ο δεύτερος αφορά τον έλεγχο της συγκέντρωσης καμπτικών και διατμητικών τάσεων στην περιοχή των άκρων, λόγω της ύπαρξης πέρατος, δηλαδή λόγω της ασυνέχειας του επικολλητού φύλλου. Συνήθως ελέγχονται οι διατμητικές τάσεις της περιοχής. Όμως επειδή στην πραγματικότητα υπάρχουν συγχρόνως καμπτικές και διατμητικές τάσεις φαίνεται πιο λογικό να πρέπει να ελεγχθεί η αλληλεπίδραση των δύο εντάσεων.

Επιπλέον, κύρια αδυναμία της τεχνικής είναι και η ευκολία διάβρωσης του χάλυβα που συχνά διαπιστώνεται εντονότερη στην εσωτερική επιφάνεια των ελασμάτων. Απαιτείται ως εκ τούτου συνεχής συντήρηση που πολλές φορές οδηγεί σε αύξηση του κόστους. Τέλος, στα αρνητικά της τεχνικής θα πρέπει να προστεθούν η δυσκολία εφαρμογής λόγω του μεγάλου βάρους του χάλυβα και η ανάγκη κατασκευής ενώσεων των ελασμάτων στις περιπτώσεις που απαιτούνται μεγάλα μήκη.

Η χρήση **φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (σύνθετα υλικά)** αποτελεί σήμερα την πλέον σύγχρονη τεχνική στον τομέα της ενίσχυσης των κατασκευών και ουσιαστικά είναι η εξέλιξη των χαλύβδινων ελασμάτων.

Αναλυτικότερα, τα ινοπλισμένα πολυμερή αποτελούνται από ίνες σε πολυμερική μήτρα και χαρακτηρίζονται από εξαιρετικές ιδιότητες που κάνουν την εφαρμογή τους στα τεχνικά έργα και ιδιαίτερα στο πεδίο των ενισχύσεων αρκετά ελκυστική. Η εφαρμογή τους ως οπλισμός ενίσχυσης στοιχείων Ο/Σ συνίσταται στην μέσω εποξειδικών ρητινών επικόλλησή τους σε εξωτερικές επιφάνειες με προσανατολισμό ινών τέτοιο ώστε να παραλαμβάνουν σημαντικές εφελκυστικές δυνάμεις.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν με μορφή ελασμάτων πάχους 1.2mm και 1.5mm, πλάτους 5 έως 10 cm και μήκους σύμφωνα με την παραγγελία και με μορφή υφάσματος από ίνες άνθρακα υψηλής εφελκυστικής αντοχής.

Οι ίνες στα σύνθετα υλικά (συνήθως άνθρακα ή γυαλιού και σπανιότερα αραμιδίου) έχουν εξαιρετικά μεγάλη εφελκυστική αντοχή και μέτρο ελαστικότητας που μπορεί να είναι 30 – 300MPa. Το βάρος τους είναι ιδιαίτερα χαμηλό, περίπου ¼ του χάλυβα και χαρακτηρίζονται από την ανθεκτικότητά τους σε διάρκεια. Τα υφάσματα διατίθενται στα επιθυμητά μήκη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και υπό τάνυση.

Τα δομικά σύνθετα υλικά εμφανίζουν σε ορισμένες περιπτώσεις πλεονεκτήματα σε σχέση με τον συμβατικό οπλισμό, ειδικά σε περιοχές υψηλής σεισμικότητας, έντονων κλιματολογικών συνθηκών, ή ύπαρξης χημικών ουσιών. Τα υλικά αυτά με μορφή υφασμάτων (μανδύες)

εξωτερικού οπλισμού χρησιμοποιούνται ευρέως ως οπλισμός περίσφιγξης. Διαθέτοντας υψηλή εφελκυστική αντοχή καθώς και γραμμικά ελαστική συμπεριφορά μέχρι την αστοχία τους, προσδίδουν στο σκυρόδεμα βελτιωμένη αντοχή και πλαστιμότητα. Σημαντική πειραματική διερεύνηση (14^ο Συνέδριο Σκυροδέματος, Κως 2003) έχει διεξαχθεί σχετικά με την ενίσχυση υφιστάμενων δομικών στοιχείων κυκλικής διατομής σε σχέση με στοιχεία ορθογωνικής ή τετραγωνικής διατομής περισφιγμένων εξωτερικά με σύνθετα υλικά σε μορφή υφασμάτων άνθρακα ή υφασμάτων με άλλα υλικά όπως γυαλί ή αραμίδιο, όπου παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας.

Η χρήση των σύνθετων υλικών FRP στον τομέα των ενισχύσεων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα και λιθοδομών εμφανίζει ορισμένα μειονεκτήματα (Ι.ΕΚ.Ε.Μ. Τ.Ε.Ε. Α.Ε., Αθήνα 2000) και αυτό γιατί :

- Δεν καλύπτεται αυτή τη στιγμή από κανονισμούς, αλλά μόνο από οδηγίες διαφόρων οργανισμών του εξωτερικού και δημοσιευμένων εργασιών.
- Δεν υπάρχουν αξιόπιστα εργαλεία για τον υπολογισμό των υλικών αυτών, στις περισσότερες περιπτώσεις η εφαρμογή τους γίνεται εμπειρικά, άρα όχι τεκμηριωμένα.
- Η εφαρμογή τους θέλει προσοχή και πρέπει να γίνεται από ειδικευμένα συνεργεία..

Στα μειονεκτήματα των σύνθετων υλικών περιλαμβάνονται επιπλέον το σχετικά υψηλό κόστος, η έλλειψη πλαστιμότητας και η έλλειψη «παιδείας» που διακρίνει τον τεχνικό κόσμο της χώρας.

Η τεχνική ενίσχυσης με ινοπλισμένα πολυμερή είναι εύκολη στην εφαρμογή και αποτελεσματική εφόσον βέβαια η εφαρμογή γίνεται άρτια από πλευράς “μηχανικής” και επιμελημένα από πλευράς εργατικού προσωπικού. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα ενίσχυσης βασίζονται στην χρήση εύκαμπτων ανθρακοϋφασμάτων ή υαλοϋφασμάτων, ενώ υπάρχουν και υφάσματα με ίνες αραμιδίου ή ακόμα και υβριδικά με διάφορους τύπους ινών και σχετικά δύσκαμπτων λωρίδων συνθέτων υλικών με ίνες άνθρακα.

Ένα ερώτημα που τίθεται συνήθως από τους μηχανικούς – μελετητές είναι η επιλογή του πλέον κατάλληλου για κάθε περίπτωση τύπου ινών. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η παράμετρος που καθορίζει το σχεδιασμό μιας επέμβασης είναι η “δυστένεια” του υλικού, δηλαδή το γινόμενο E_{ft} (μέτρο ελαστικότητας επί πάχους). Έτσι, ένα πρώτο κριτήριο επιλογής υλικού ινών θα μπορούσε να αποτελέσει το κόστος για δεδομένη δυστένεια. Βεβαίως θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι, όπως το κόστος εργατικών που αυξάνεται με τον αριθμό των στρώσεων, η ενδεχόμενη δυσκολία εμποτισμού στρώσεων μεγάλου πάχους και η ανθεκτικότητα του συστήματος σε διάρκεια.

Στην περίπτωση που στόχος της ενίσχυσης είναι η αύξηση της παραμορφωσιμότητας του σκυροδέματος μέσω περίσφιγξης (π.χ. σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων με στόχο την αύξηση του δείκτη πλαστιμότητας) κριτήριο επιλογής τύπου ινών αποτελεί η προηγούμενη παράμετρος (δυστένεια) πολλαπλασιασμένη επί τη μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση (τιμή σχεδιασμού) των ινών, δηλαδή το γινόμενο $\epsilon_{fd}E_{ft}$ ($=f_{dt}$, όπου f_{dt} = εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού). Βασική προϋπόθεση όμως για την εφαρμογή του κριτηρίου αυτού, επιλογή δηλαδή του υλικού με το χαμηλότερο κόστος για δεδομένο γινόμενο αντοχής επί πάχους, είναι να εξασφαλιστεί πράγματι η θραύση του συνθέτου υλικού πριν από την εμφάνιση άλλων μηχανισμών αστοχίας (π.χ. αποκολλήσεις).

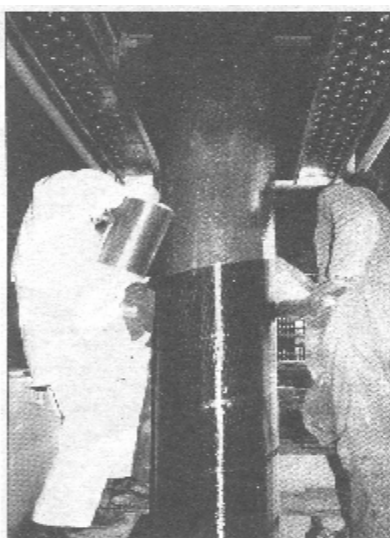
Η τεχνική εφαρμογής τους δίνει λύσεις σε αρκετές περιπτώσεις, δεν θα πρέπει όμως να θεωρείται ότι θα αντικαταστήσει ολοκληρωτικά άλλες τεχνικές, αλλά ότι θα τις συμπληρώσει.

Αναμφισβήτητα, η χρήση των σύνθετων υλικών έτυχε εξαιρετικά ευρείας εφαρμογής στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, κυρίως μετά το σεισμό των Αθηνών το 1999. Η τεχνική τους σίγουρα δίνει ενδιαφέρουσες λύσεις σε πληθώρα περιπτώσεων αλλά σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστά αδιακρίτως τις υφιστάμενες.

3. ΕΠΙΣΚΕΥΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Οι επεμβάσεις στα υποστυλώματα είναι η πλέον συχνή πρακτική στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό μιας υφιστάμενης κατασκευής. Όταν έχουν εμφανιστεί βλάβες, η λύση μπορεί να προβλέπει είτε την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών του υποστυλώματος (**επισκευή**) είτε την βελτίωσή τους (**ενίσχυση**). Προφανώς η δεύτερη επιλογή μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την ύπαρξη βλαβών, ενώ όταν υπάρχουν βλάβες σχεδόν πάντοτε προηγείται η επισκευή.

Η ενίσχυση ενός υποστυλώματος αφορά την διαδικασία επέμβασης με την οποία αυξάνεται η φέρουσα ικανότητά του ή γενικότερα βελτιώνεται η συμπεριφορά του. Οι τεχνικές ενίσχυσης των υποστυλωμάτων μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την αύξηση ή όχι της διατομής του υποστυλώματος. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι τεχνικές στις οποίες δεν αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέες στρώσεις σκυροδέματος και νέους οπλισμούς, κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο.



Τεχνική Περίσφιξης Υποστυλωμάτων

Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη

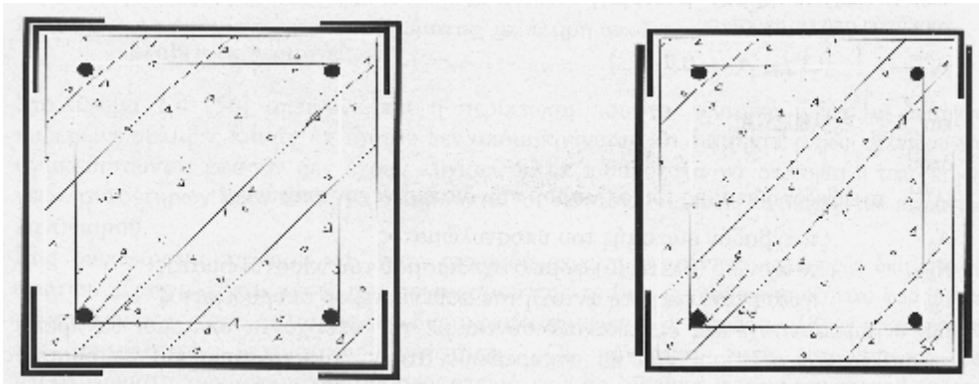
Η ενίσχυση των υποστυλωμάτων με εξωτερική περίσφιγξη προσφέρεται στις εξής περιπτώσεις:

- α) όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος.
- β) όταν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος.
- γ) όταν μια αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος μέχρι 30% το πολύ είναι επαρκής.
- δ) όταν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών του υποστυλώματος στην περιοχή υπερέκτασής τους.

Διαδικασίες επιβολής της περίσφιγξης

Η επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης σε υποστυλώματα (ΟΑΣΠ 2001) μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- α) Με χρήση επικολλητών κολάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα συνήθους πάχους 1-2mm ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs).



Περίσφιξη με μεταλλικά επικολλητά ελάσματα

- β) Με χρήση προεντεταμένων κολάρων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs) που μπορεί να έχουν την μορφή ταινιών "πακεταρίσματος".

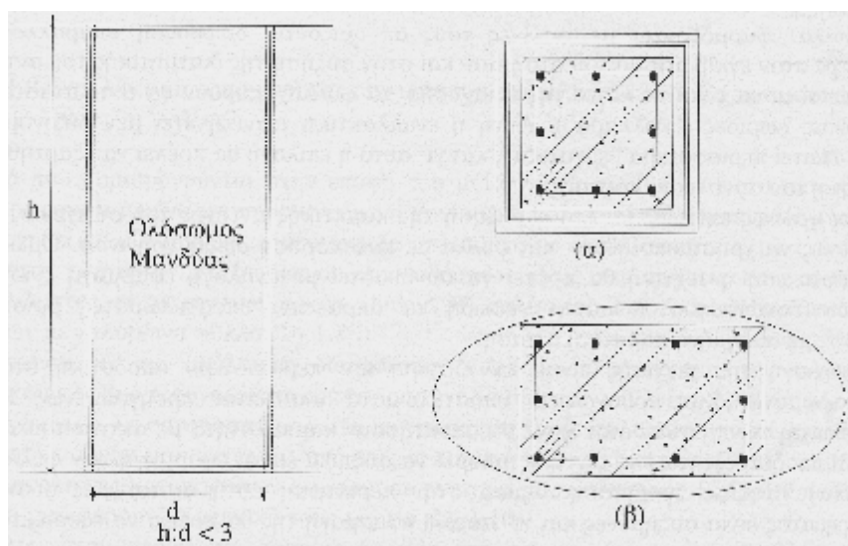
- γ) Με χρήση σπειροειδούς οπλισμού που μπορεί να είναι από μεταλλικό έλασμα ή από ινοπλισμένα πολυμερή.



Περίσφιξη με σπειροειδή οπλισμό

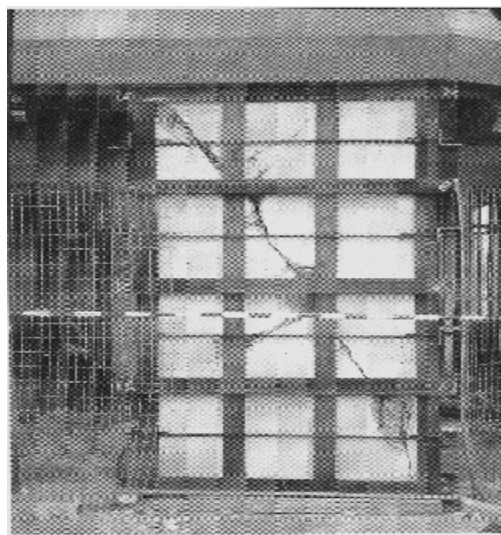
δ) Με χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή ινοπλισμένο πολυμερές (FRPs), επικολλητών επί των πλευρών του υποστυλώματος. Σήμερα, στην πράξη έχει αρχίσει να επεκτείνεται η εφαρμογή της τεχνικής με χρήση φύλλων FRPs.

Στην περίπτωση των μεταλλικών μανδυνών 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. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν ο μεταλλικός μανδύας έχει ελλειπτική ή κυκλική μορφή.



Περίσφιξη με γενικό μεταλλικό μανδύα : α) ορθογωνική , β) ελλειπτική

Με χρήση μεταλλικού κλωβού που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και είτε οριζόντια μεταλλικά κολάρα είτε πλήρη χαλύβδινα φύλλα



Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων

4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Επισκευές τοιχωμάτων

Για τις επισκευές τοιχωμάτων ισχύουν οι ίδιες τεχνικές που εφαρμόζονται για τα υποστρώματα, χωρίς καμία διαφοροποίηση, είτε αναφερόμαστε σε περιπτώσεις τοιχωμάτων με ελαφριές βλάβες, οπότε χρησιμοποιούνται κόλλες ή επισκευαστικά κονιάματα είτε σε περιπτώσεις με βαριές βλάβες όπου χρησιμοποιείται η τεχνική της τοπικής αποκατάστασης ίσης διατομής.

Ενισχύσεις τοιχωμάτων

Η τεχνική της περίσφιγξης και η τεχνική των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος που περιγράψαμε για την ενίσχυση των υποστρωμάτων, μπορούν να εφαρμοστούν και σε τοιχώματα μετά από κατάλληλες αναπροσαρμογές.

Ενίσχυση τοιχωμάτων με περίσφιγξη

Η τεχνική της περίσφιγξης (ΟΑΣΠ, 2001) μπορεί τεχνικά να εφαρμοστεί και σε τοιχώματα με τις ίδιες διαδικασίες που γίνονται και στα υποστρώματα. Όμως ο μεγάλος λόγος πλευρών των τοιχωμάτων, δεν επιτρέπει αξιόλογη απόδοση της περίσφιγξης και για αυτό το λόγο η τεχνική αυτή εν γένει δεν συνιστάται. Απ' όλες τις εφικτές διαδικασίες της τεχνικής περίσφιγξης θα μπορούσαμε πάντως να ξεχωρίσουμε την τεχνική των μανδύων με ινοπλισμένα πολυμερή και την τεχνική του μεταλλικού κλωβού. Η τεχνική των μανδύων από ινοπλισμένα πολυμερή έχει το πλεονέκτημα της ευκολίας εφαρμογής και της δυνατότητας ανάληψης διατμητικής και καμπτικής έντασης. Εξάλλου η τεχνική του μεταλλικού κλωβού μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη επειδή:

- Η μικρή απόδοση της περίσφιγξης μπορεί να αυξηθεί με την παρεμβολή διαμπερών μεταλλικών συνδέσμων (ράβδων) σχήματος Z ή Π που ηλεκτροσυγκολλούνται στα απέναντι μεταλλικά ελάσματα των κλωβών. Η απόσταση των μεταλλικών συνδέσμων είναι της τάξης των 300mm, και το κενό μεταξύ των συνδέσμων και των τοιχωμάτων των οπών συμπληρώνεται με κόλλα.
- Η τεχνική προσφέρει στην ανάληψη τεμνουσών δυνάμεων.
- Η τεχνική εξακολουθεί να αποτελεί αποτελεσματική λύση προσωρινής άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε τοιχώματα που λόγω σοβαρής βλάβης τους αδυνατούν να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία.

5. ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΚΩΝ

Επισκευή δοκών και πλακών

Για τις επισκευές δοκών και πλακών, χρησιμοποιούνται ανάλογα με το βαθμό βλάβης είτε η τεχνική των ενέσεων κόλλας και των επισκευαστικών κονιαμάτων (για ελαφριές βλάβες) είτε η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής (για βαριές βλάβες). Η δυσκαμψία και η αντοχή της επισκευασμένης δοκού αποκαθίσταται σχεδόν πλήρως.

Ενίσχυση δοκών και πλακών

Οι τεχνικές ενίσχυσης των δοκών (ΟΑΣΠ, 2001) διακρίνονται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο, σε αυτές που στοχεύουν είτε στην αύξηση της καμπτικής αντοχής (που χρησιμοποιούνται και στις περιπτώσεις πλακών) είτε στην αύξηση της διατμητικής αντοχής είτε και στα δύο.

Ενίσχυση με επικολλητά φύλλα από χάλυβα

Η διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων ενισχυμένων με επικολλητά ελάσματα γίνεται όπως και στα συμβατικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή συνυπολογίζονται οι ‘παλαιοί’ υπάρχοντες οπλισμοί και οι ‘νέοι’ (υπό μορφή ελασμάτων) πρόσθετοι, χρησιμοποιώντας ένα μέσο στατικό ύψος.

Η διαδικασία προσδιορισμού του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης, όπως και ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων απόσχισης και της αλληλεπίδρασης διατμητικής και καμπτικής έντασης στις περιοχές πέρατος του ελάσματος κρίνεται άκρως απαραίτητη και σε αυτή την περίπτωση.

Ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή

Η διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης δομικών στοιχείων ενισχυμένων με επικολλητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή βασίζεται στις αρχές για τη μελέτη στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω δύο βασικά σημεία

- α Στην κατάσταση οριακής φέρουσας ικανότητας ο οπλισμός ενίσχυσης (σύνθετων υλικών) δεν “διαρρέει” όπως ο χάλυβας, αλλά παραμορφώνεται ελαστικά, φθάνοντας σε μεγάλη παραμόρφωση. Η παραμόρφωση αυτή εξαρτάται βασικά από την ικανότητα του σκυροδέματος (δηλαδή υποστρώματος) να μεταφέρει μέσω διάτμησης τις εφελκυστικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα σύνθετα υλικά, κατά κανόνα, μικρότερη από τη μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση (θραύσης) των σύνθετων υλικών.
- α Ο “δεσμός” σύνθετων υλικών- σκυροδέματος μπορεί να αστοχήσει πρόωρα, δηλαδή πριν εξαντληθεί η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου στοιχείου. Η διαδικασία για τον έλεγχο κάμψης είναι ο ίδιος που χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό συμβατικών διατομών. Όμως θα πρέπει να θεωρηθεί ότι τα σύνθετα υλικά δεν μπορούν να ξεπεράσουν μια οριακή παραμόρφωση $\varepsilon_{f,lim}$ της τάξεως του 50% της παραμόρφωσης θραύσης τους. Συχνά λαμβάνεται $\varepsilon_{f,lim} = 6\%$. Η παραπάνω διαδικασία προϋποθέτει ότι τα άκρα των εξωτερικών οπλισμών εξασφαλίζονται έναντι πρόωρης αποκόλλησης. Προς τον σκοπό αυτό απαιτείται επαρκές μήκος αγκύρωσης (l_b) των εξωτερικών οπλισμών.

6. ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Επισκευή κόμβων

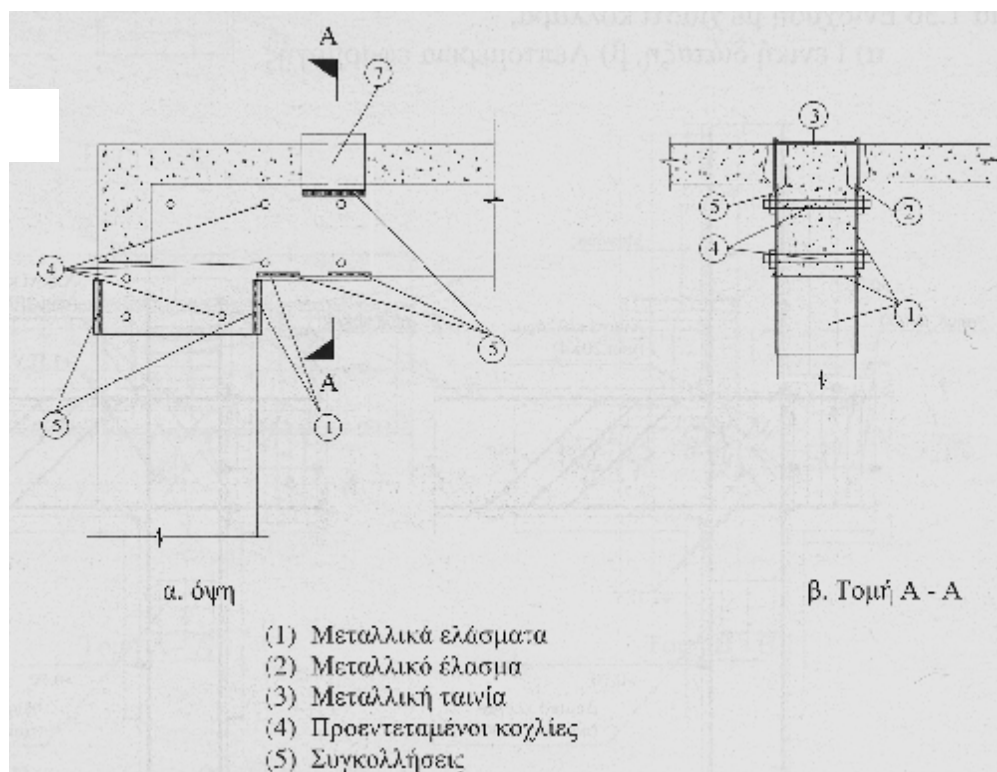
Οι τεχνικές επισκευής των κόμβων, είναι οι ίδιες με αυτές που εφαρμόζονται και για άλλα δομικά στοιχεία. Δηλαδή για ελαφρές ρηγματώσεις εφαρμόζεται η τεχνική των ενέσεων κόλλας, και των επισκευαστικών κονιαμάτων ενώ για βαριές βλάβες εφαρμόζεται η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής. Οι παραπάνω όμως τεχνικές δεν ενδιαφέρουν την παρούσα εργασία.

Ενίσχυση κόμβων

Τρεις είναι οι βασικές μορφές ενίσχυσης κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων. Η πρώτη είναι με μανδύα σκυροδέματος που κατασκευάζεται με την διαδικασία που έχει αναφερθεί για υποστυλώματα και δοκούς. Η δεύτερη είναι με χρήση χιαστί κολάρων και η τρίτη με χρήση επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή.

Ενίσχυση με επικολλητά φύλλα

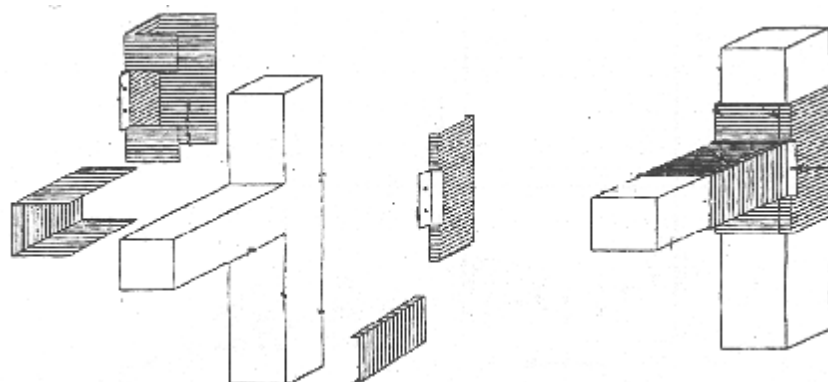
Η χρήση των επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) είναι μια τεχνική που προσφέρει σημαντική βοήθεια στην ενίσχυση του κόμβου. Στο σχήμα παρουσιάζεται η εφαρμογή της τεχνικής με χαλύβδινα ελάσματα (ΟΑΣΠ, 2001). Τα ελάσματα προεκτείνονται εκατέρωθεν του κόμβου, στις συντρέχουσες δοκούς και τα υποστυλώματα, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο πλάτος του κόμβου.



Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα

Εξάλλου όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα, η σύνδεση των ελασμάτων με τον υπάρχοντα φορέα, δεν επαφίεται μόνο στην κόλληση μέσω κόλλας αλλά χρησιμοποιούνται και βίδες ή ντίζες που συσφίγγουν τα ελάσματα των απέναντι παρειών.

Σε μια πρόσφατη πειραματική έρευνα, που χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα, η βελτίωση της συμπεριφοράς των κόμβων ήταν αξιοσημείωτη. Όχι μόνο αυξήθηκε η διατμητική αντοχή των κόμβων αλλά και βελτιώθηκε δραστικά η πλαστιμότητά τους. Στο σχήμα παρουσιάζονται λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής έτσι όπως εφαρμόστηκε στην πειραματική διαδικασία. Είναι προφανές ότι τα κυματοειδή ελάσματα προσφέρουν καλύτερη περίσφιγξη από τα επίπεδα λόγω της μεγαλύτερης δυσκαμψίας τους στην εγκάρσια διεύθυνση.



Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα

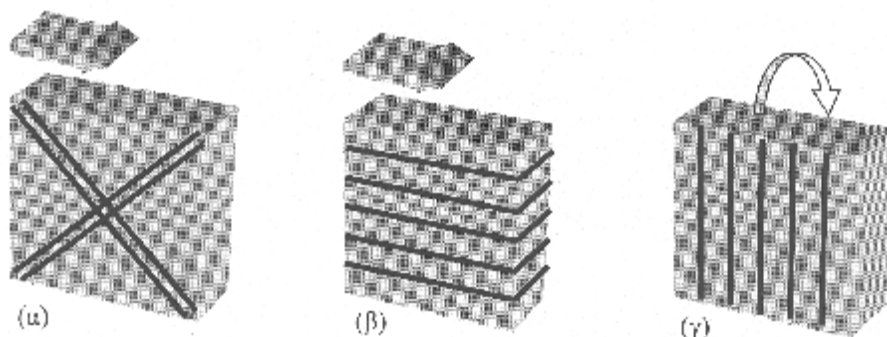
Η εφαρμογή επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) , έχει και πλεονέκτημα της μεγάλης ευκολίας τοποθέτησης των φύλλων στην δύσκολη περιοχή του κόμβου. Τα φύλλα επικολλώνται με κόλλα όχι μόνο στον κόμβο αλλά και στα συντρέχοντα υποστυλώματα και δοκούς, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής με χαλύβδινα ελάσματα.

Αν και η πειραματική έρευνα βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Παρ' όλα αυτά οι τεχνικές δυσκολίες εφαρμογής της τεχνικής στην πράξη λόγω της παρουσίας πλακών και εγκαρσίων δοκών, σε συνδυασμό με την έλλειψη επαρκούς επιστημονικής τεκμηρίωσης, ιδίως για ένταση από σεισμικές δράσεις, δεν ενθαρρύνουν προς το παρόν την εφαρμογή της τεχνικής.

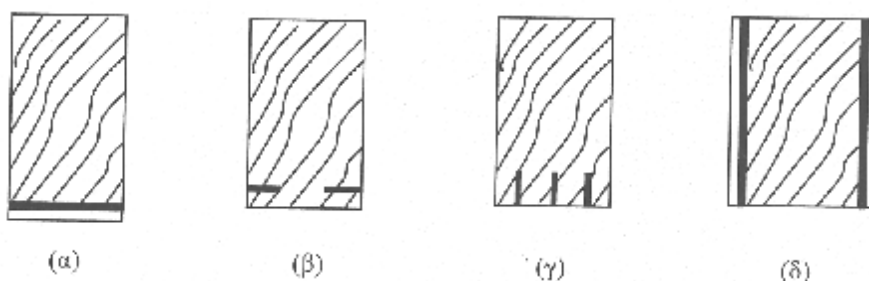
7. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ Η' ΞΥΛΟ

Η εφαρμογή των σύνθετων υλικών στο πεδίο των ενισχύσεων δεν περιορίζεται μόνο σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Τα τελευταία χρόνια τα σύνθετα υλικά βρίσκουν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες εφαρμογές και στην ενίσχυση κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία ή ακόμα και από ξύλο. Ενδεικτικές διατάξεις για την ενίσχυση φέρουσας τοιχοποιίας και για δοκούς από ξύλο δίνονται στα επόμενα σχήματα που ακολουθούν (Α. Τριανταφύλλου).

Βασικό χαρακτηριστικό της τεχνικής ενίσχυσης τοιχοποιίας με λωρίδες σύνθετων υλικών είναι η αποφυγή εφαρμογής καθολικού μανδύα, με όλα τα πλεονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται (αύξηση αντοχής και πλαστιμότητας χωρίς να αυξάνεται το βάρος, χωρίς να μεταβάλλονται οι διαστάσεις των τοίχων χωρίς να απαιτείται πλήρης καθαίρεση του επιχρίσματος κ.λ.π). Οι αρχές που διέπουν το σχεδιασμό τοιχοποιίας ενισχυμένης με σύνθετα υλικά δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τις αντίστοιχες για σκυρόδεμα. Κρίσιμη παράμετρος στον σχεδιασμό της ενίσχυσης είναι η επαρκής αγκύρωση στα άκρα των οπλισμών, έτσι ώστε να αποφεύγεται τυχόν πρόωρη αποκόλληση.



Σχηματική διάταξη ενίσχυσης φέρουσας τοιχοποιίας: (α)-(β) διάταξη λωρίδων για την ανάληψη τέμνουσας εντός επιπέδου, (γ) διάταξη λωρίδων για την ανάληψη κάμψης εκτός επιπέδου



Σχηματική διάταξη ενίσχυσης ξύλινων δοκών: (α)-(γ) διάταξη σύνθετων υλικών για ενίσχυση σε κάμψη, (δ) διάταξη σύνθετων υλικών για ενίσχυση σε τέμνουσα

8. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Χαλύβδινα επικολλητά ελάσματα

Η μέθοδος της επικόλλησης χαλύβδινων ελασμάτων χρησιμοποιείται κυρίως για την αύξηση της καμπτικής αντοχής δοκών και πλακών ή της διατμητικής αντοχής δοκών. Τα χαλύβδινα ελάσματα επικολλώνται στην εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων από Ο/Σ χρησιμοποιώντας κάποια κατάλληλη κόλλα, σε επίπεδο παράλληλο προς αυτό του προϋπάρχοντος ανεπαρκούς οπλισμού. Επομένως, η τοποθέτηση τους γίνεται είτε στο εφελκόμενο πέλμα των στοιχείων είτε στις παρειές των δοκών. Επίσης, μεταλλικά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τη μορφή κλειστών μανδύων για την ενίσχυση υποστυλωμάτων με την τεχνική της περισφυξης.

Συνήθως, χρησιμοποιούνται λεπτά χαλύβδινα ελάσματα πάχους 1-1.5mm με όριο διαρροής που κυμαίνεται από 240 έως 400 MPa. Τα ελάσματα επικολλούνται σε μια ή περισσότερες στρώσεις σε συνεχή σύνδεση χρησιμοποιώντας κυρίως εποξειδική κόλλα. Πρόσθετα στοιχεία αγκύρωσης μέσω βλήτρων ή μικροσυνδέσμων (καρφιών) χρησιμοποιούνται συχνά για μεγαλύτερη εξασφάλισης της σύνδεσης.

Το πάχος των ελασμάτων ενίσχυσης πρέπει να είναι μικρό για να αποφεύγεται η πρόωρη αστοχία στην διεπιφάνεια επικόλλησης του ελάσματος. Προτείνεται να μην ξεπερνά τα 4mm και επίσης να είναι μικρότερο από 2% του πλάτους του ελάσματος.

Μια τυπική διαδικασία εφαρμογής της τεχνικής (ΟΑΣΠ 2001) είναι η εξής:

- Η επιφάνεια του σκυροδέματος που θα έρθει σε επαφή με το συγκολλητικό μέσο λειαίνεται με επιμέλεια και καθαρίζεται καλά από τυχόν σκόνες.
- Η επιφάνεια του σκυροδέματος διαβρέχεται με νερό υπό πίεση και μετά στεγνώνεται καλά.
- Γίνεται αμμοβολή στην εσωτερική επιφάνεια των ελασμάτων έτσι ώστε να παρεμποδιστεί η οξείδωση του χάλυβα και ακολουθεί καθαρισμός με απολυμαντικό μέσο.
- Η επιφάνεια του σκυροδέματος εμποτίζεται με αραιό διάλυμα εποξειδικής κόλλας εάν κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα πορώδης ή υπάρχουν μικρορηγματώσεις.
- Η επιφάνεια αναμονής επαλείφεται με εποξειδική κόλλα πάχους 1-2mm με κατάλληλο ιξώδες που διευκολύνει την τοποθέτηση του ελάσματος. Η κόλλα τοποθετείται με μεγαλύτερο πάχος, που είναι της τάξης των 10mm, στην κεντρική περιοχή επαφής, έτσι ώστε κατά την τοποθέτηση του ελάσματος η κόλλα να προχωράει προς τα έξω όταν συμπιεστεί.
- Το έλασμα τοποθετείται στην επιφάνεια αναμονής με προσοχή για την αποφυγή του εγκλωβισμού του αέρα και συμπιέζεται για χρονικό διάστημα περίπου 24 ωρών με κατάλληλη διάταξη.
- Αν προβλέπεται η τοποθέτηση περισσότερων του ενός μεταλλικών ελασμάτων, η διαδικασία επαναλαμβάνεται, προετοιμάζοντας με ανάλογο τρόπο την εξωτερική επιφάνεια του προηγούμενου ελάσματος.
- Ολοκληρώνοντας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα «πεταχτό» τσιμεντοκονίαμα για προστασία των ελασμάτων από διάβρωση και αντίσταση σε προσβολή από υψηλές θερμοκρασίες.

Φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλούστατη και ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση της εργασίας ελάχιστος, υπερέχοντας ακόμα και στα αντίστοιχα θετικά χαρακτηριστικά της τεχνικής των χαλύβδινων επικολλητών ελασμάτων.

Η *βασική τεχνική*, η οποία είναι και η πλέον συνηθισμένη περιλαμβάνει την δια χειρός επικόλληση είτε υφασμάτων είτε προκατασκευασμένων στοιχείων σε στοιχεία Ο/Σ μέσω εποξειδικών ρητινών.

Μια τυπική διαδικασία εφαρμογής της τεχνικής (ΟΑΣΠ 2001) είναι η εξής:

- Απομακρύνεται η επιδερμική στρώση σκυροδέματος στην επιφάνεια που θα γίνει η επικόλληση έτσι ώστε να αποκαλυφθούν τα αδρανή σε βάθος περίπου 5mm χρησιμοποιώντας ειδικό μηχανικό εξοπλισμό ή υδροβολή.

- Εφόσον το σύνθετο υλικό καλύπτει και γωνίες του στοιχείου σκυροδέματος, αυτές εξομαλύνονται και λειαίνονται για να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα 30mm.
- Η επιφάνεια σκυροδέματος καθαρίζεται καλά, διαβρέχεται με νερό υπό πίεση και μετά στεγνώνεται. Η υγρασία της τελικής επιφάνειας του σκυροδέματος δεν επιτρέπεται να είναι περισσότερο από 4%.
- Η επιφάνεια του σκυροδέματος εμποτίζεται με αραιό διάλυμα εποξειδικής κόλλας εάν κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα πορώδης ή υπάρχουν μικρορηγματώσεις. Στη συνέχεια η επιφάνεια επαλείφεται με παχύρρευστο συγκολλητικό υλικό που συνήθως είναι εποξειδικός στόκος. Σημειώνεται ότι συχνά επιλέγεται η διαδικασία λείανσης της επιφάνειας χωρίς να προηγηθεί η εξομαλυντική στρώση του εποξειδικού στόκου.
- Μετά την σκλήρυνση το συγκολλητικού υλικού, η επιφάνεια λειαίνεται με επιμέλεια έτσι ώστε να μην υπάρχει ανωμαλία σε ύψος μεγαλύτερο από 1mm
- Η επιφάνεια αναμονής επαλείφεται με εποξειδική κόλλα 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, με αποτέλεσμα κατά την τοποθέτηση του φύλλου η κόλλα να προχωράει προς τα έξω όταν συμπιεστεί. Συχνά, τα χαρακτηριστικά της κόλλας, προδιαγράφονται από τον προμηθευτή του σύνθετου υλικού.
- Το φύλλο του σύνθετου υλικού τοποθετείται στην επιφάνεια αναμονής, εφαρμόζοντας ομοιόμορφη πίεση, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην εγκλωβιστεί αέρας. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα σκληρό ρολό.
- Μετά την πάροδο χρόνου μισής έως μιας ώρας, αφαιρείται το προστατευτικό κάλυμμα του φύλλου και οι ίνες επαλείφονται με μια δεύτερη στρώση της ίδιας κόλλας.
- Αν προβλέπεται η τοποθέτηση περισσότερων του ενός φύλλου, η διαδικασία επαναλαμβάνεται, προετοιμάζοντας με ανάλογο τρόπο την εξωτερική επιφάνεια του προηγούμενου ελάσματος.
- Στο τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα «πεταχτό» τσιμεντοκονίαμα για προστασία των φύλλων του σύνθετου υλικού από υψηλές θερμοκρασίες και άλλες περιβαλλοντικές προσβολές.

Μερικές επιπρόσθετες τεχνικές (Α. Τριανταφύλλου «Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών & και Κατασκευών», Πάτρα 2003) που όμως δεν έχουν τύχει ακόμα ευρείας εφαρμογής στη χώρα μας αναφέρονται παρακάτω:

Αυτοματοποιημένη περιτύλιξη:

Περιλαμβάνει την χωρίς διακοπή περιτύλιξη προεμποτισμένων με ρητίνη νημάτων υπό μικρή γωνία γύρω από υποστυλώματα γεφυρών ή άλλα στοιχεία, μέσω ειδικής συσκευής ρομπότ.

Εφαρμογή με προένταση

Περιλαμβάνει την επικόλληση ελασμάτων ενώ αυτά βρίσκονται υπό τάνυση με αποτέλεσμα την πλήρη εκμετάλλευση των βασικών πλεονεκτημάτων της προέντασης.

Επιταχυνόμενη σκλήρυνση με θέρμανση

Η σκλήρυνση της εποξειδικής ρητίνης στη διεπιφάνεια ελασμάτων-σκυροδέματος μπορεί να επιταχυνθεί μέσω ειδικών συσκευών θέρμανσης με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας εφαρμογής της ενίσχυσης και την αύξηση της θερμοκρασίας υαλώδους μετάπτωσης της ρητίνης.

Προκατασκευασμένα στοιχεία

Συνήθως είναι της μορφής ελάσματος, γωνιών και μανδύα-κελύφους.

Εφαρμογή στις εγκοπές

Η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει βελτιωμένη συνάφεια των σύνθετων υλικών με το σκυρόδεμα και εν γένει την καλύτερη προστασία τους.

9. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Η ανθεκτικότητα και η γενικότερη συμπεριφορά των σύνθετων υλικών (Α. Τριανταφύλλου «Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών & και Κατασκευών», Πάτρα 2003) περιγράφονται παρακάτω:

Θερμοκρασία

Οι θερμοκρασίες της τάξης των 60-80 C° και πάνω μειώνουν σημαντικά την ικανότητα της ρητίνης να μεταφέρει φορτία. Επιπλέον, όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή T_g (θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης), τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ρητινών υφίστανται ραγδαία υποβάθμιση και άρα και η αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης.

Η συγκεκριμένη λοιπόν συμπεριφορά των σύνθετων υλικών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό επεμβάσεων, έτσι ώστε, όπου χρειάζεται, να εφαρμόζονται μέτρα προστασίας έναντι υψηλών θερμοκρασιών (π.χ. ειδικά επιχρίσματα, γυψοσανίδες κ.λ.π.).

Υγρασία

Τα σύνθετα υλικά έχουν, γενικά, εξαιρετική ανθεκτικότητα έναντι της υγρασίας. Σε ακραίες περιπτώσεις (π.χ. διαρκής διαβροχή για μακρό χρονικό διάστημα) εμφανίζεται απομείωση της αντοχής των ρητινών αλλά και κάποιων τύπων ινών. Από τις τελευταίες οι ίνες αραμιδίου είναι εξαιρετικά ευπαθείς, οι ίνες γυαλιού υφίστανται μείωση της εφελκυστικής αντοχής, ενώ οι ίνες άνθρακα είναι πρακτικά απρόσβλητες.

Υπεριώδης ακτινοβολία

Η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (έκθεση σε ηλιακό φως) περιορίζεται συνήθως στην επιφανειακή στρώση ρητίνης (στην οποία συχνά προκαλεί χρωματική αλλοίωση και ενδεχομένως μικρορηγμάτωση), και γενικώς δεν είναι δυσμενής. Οι ίνες άνθρακα και γυαλιού είναι πρακτικά απρόσβλητες, ενώ στις ίνες αραμιδίου μπορεί να εμφανιστεί μικρή υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών.

Αλκαλικό ή όξινο περιβάλλον

Οι ίνες γυαλιού είναι ευπαθείς τόσο σε αλκαλικό περιβάλλον (όπως αυτό του σκυροδέματος) όσο και σε όξινο, γι' αυτό και χρειάζονται ιδιαίτερη προστασία (π.χ. επιμελημένη εφαρμογή στρώματος ρητίνης ώστε να απομονώνονται). Πάντως σε τέτοιες συνθήκες συνιστάται η χρήση ινών άνθρακα.

Γαλβανική διάβρωση

Η επαφή των ινών άνθρακα με χάλυβα θα πρέπει να αποφεύγεται, διότι ο τελευταίος υφίσταται γαλβανική διάβρωση. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται όταν χρησιμοποιούνται ίνες γυαλιού ή αραμιδίου.

Διάβρωση υπό τάση

Η διάβρωση υπό τάση είναι ένα φαινόμενο το οποίο προσβάλλει κυρίως τις ίνες γυαλιού. Η αντοχή τους μειώνεται δραματικά (μέχρι και στο 20-30% της αρχικής αντοχής) όταν βρίσκονται συνεχώς υπό εφελκυστικές τάσεις σε συνδυασμό με διαβρωτικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περιπτώσεις ενισχύσεων για αλλαγή χρήσης, όχι όμως σε ενισχύσεις έναντι σεισμού (οπότε τα σύνθετα υλικά ενεργοποιούνται μόνο κατά τη διάρκεια της σεισμικής καταπόνησης), εκτός αν οι ίνες εφαρμοστούν με προένταση. Ωστόσο, οι ίνες άνθρακα δεν έχουν πρόβλημα διάβρωσης υπό τάση ακόμα και αν η τάση φτάσει στο 80% της εφελκυστικής αντοχής. Οι ίνες αραμιδίου παρουσιάζουν μια ενδιάμεση συμπεριφορά.

Κόπωση

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι γενικά η συμπεριφορά των σύνθετων υλικών και ιδιαίτερα αυτών με ίνες άνθρακα είναι πολύ καλή. Η αντοχή σε κόπωση είναι μεγαλύτερη από αυτή του χάλυβα οπλισμού: σε περιπτώσεις καμπτικής ενίσχυσης δοκών με υλικά ινών άνθρακα από επαναλαμβανόμενη φόρτιση πρώτα παρατηρήθηκαν αστοχίες λόγω κόπωσης στον εφελκυσμένο χάλυβα και σε καμία περίπτωση στους εξωτερικούς οπλισμούς ενίσχυσης.

Κρούση

Σε ότι αφορά στην επίδραση της κρούσης στην εναπομένουσα αντοχή των σύνθετων υλικών, καλύτερη συμπεριφορά δίνουν τα υλικά με ίνες αραμιδίου, ακολουθούν αυτά με ίνες γυαλιού και τέλος αυτά με ίνες άνθρακα.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

- **ΟΑΣΠ, (2001)**
Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, «Συστάσεις για Προσεισμικές και Μετασεισμικές επεμβάσεις σε Κτίρια», Αθήνα.
- **Αθ. Χ.Τριανταφύλλου, (2003)**
Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, «Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών & Κατασκευών», Πάτρα
- **Ε. Βιντζηλαίου – Ε. Σιγάλας, (2003)**
«Περίσφιξη Στοιχείων Σκυροδέματος διατομής Γ ή ορθογωνικής διατομής μέσω Ινοπλισμένων Πολυμερών»
Α.Ι. Καραμπίνης – Θ.Χ. Ρουσάκης, (2003)
« Στοιχεία Σκυροδέματος τετραγωνικής διατομής Περισφιγμένα με Σύνθετα Υφάσματα», Εισηγήσεις στο 14^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Κως
- **Ι.ΕΚ.Ε.Μ. Τ.Ε.Ε. Α.Ε., (2000)**
Ινστιτούτο Εκπαίδευσης & Επιμόρφωσης Μελών Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Σεμινάριο «Επισκευές των κτηρίων από βλάβες των σεισμών», Αθήνα
- **Σ. Η. Δρίτσος, (2003)**
«Ενισχύσεις και Επισκευές Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», 9^ο Φοιτητικό Συνέδριο, Πάτρα