

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ (ΧΑΛΥΒΑΣ Ή ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ)**ΜΑΚΡΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ , ΠΟΛΙΤΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ****Περίληψη**

Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε τα επικολλητά ελάσματα χάλυβα και τα ινοπλισμένα υφάσματα.. Αρχικά περιγράφονται και δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά τους απο όπου προκύπτει το συμπέρασμα ότι στα έργα ενισχύσεων–επισκευών τα ινοπλισμένα υφάσματα πλεονεκτούν έναντι των χαλύβδινων ελασμάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται τα είδη ενισχύσεων στις οποίες εφαρμόζονται, οι λόγοι που τις καθιστούν απαραίτητες και οι τύποι συστημάτων ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος. Επίσης αναλύονται τα βασικά συστατικά των σύνθετων υλικών με επιπλέον ποιοτική αξιολόγηση των διαφόρων τύπων αυτών . Ακολουθούν οι τεχνικές επικόλλησης των υφασμάτων και των ελασμάτων. Σχολιάζεται η θέση και ο τρόπος επικόλλησης τους για τα διάφορες μορφές ενισχύσεων (δίνονται και διευκρινιστικά σχήματα) και αναφέρονται όλες οι απαραίτητες εργασίες πριν και μετά την επικόλληση αυτών. Ολοκληρώνοντας, αναφέρονται τα κριτήρια αποδοχής περατωμένης εργασίας, τα μέτρα υγιεινής και ασφάλειας που πρέπει να λαμβάνονται και ο τρόπος επιμέτρησης τους.

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Τα χαλύβδινα επικολλητά ελάσματα είναι λεπτά χαλύβδινα ελάσματα από ανοξείδωτο χάλυβα με συνήθες πάχος 1-1.5mm τα οποία επικολλώνται στην εξωτερική επιφάνεια δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοχεύουν στη συμπλήρωση του ελλείμματος του προϋπάρχοντος οπλισμού. Το πάχος των ελασμάτων αυτών όπως αναφέραμε είναι μικρό, δεν ξεπερνά τα 4mm και είναι μικρότερο από 2% του πλάτους του ελάσματος. Με αυτό λοιπόν το πάχος αποφεύγεται η πρόωρη αστοχία στη διεπιφάνεια επικόλλησης του ελάσματος, ιδιαίτερα στην ακραία περιοχή αγκύρωσής τους. Επιπλέον επιτυγχάνεται καλύτερη σύνδεση με το στοιχείο αφού ακολουθείται κάθε αλλαγή της επιπεδότητας του πέλματος ,χωρίς να εισάγονται πρόσθετες τοπικές τάσεις στο έλασμα. Για αυτό σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερο πάχος χαλυβδινων ελασμάτων είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται ελάσματα σε περισσότερες από μία στρώσεις,αντί για ένα έλασμα μεγάλου πάχους.

Το όριο διαρροής των χαλύβδινων ελασμάτων κυμαίνεται από 240 έως 400 Μpa και επικολλώνται στο σκυρόδεμα (σε μία ή περισσότερες στρώσεις) σε συνεχή σύνδεση χρησιμοποιώντας ειδική κόλλα που συνήθως είναι εποξειδική δυο (2) συστατικών. Για καλύτερη κατανομή των τάσεων στην περιοχή της αγκύρωσης συνίσταται η χρησιμοποίηση κόλλας με πλάσιμη συμπεριφορά. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση της σύνδεσης , χρησιμοποιούνται βλήτρα ή καρφιά ως πρόσθετα στοιχεία αγκύρωσης.

Όταν τα χαλυβδινα ελάσματα επικολλούνται στο εφελκόμενο πέλμα των δοκών αναλαμβάνουν ροπή κάμψεως ενώ τα χαλύβδινα ελάσματα που επικολλούνται στις κατακόρυφες παρειές δοκών αναλαμβάνουν τέμνουσα δύναμη.

Στις μέρες μας τα χαλύβδινα ελάσματα, λόγω κάποιων αδυναμιών-μειονεκτημάτων (που θα παρουσιαστούν παρακάτω) , έχουν ουσιαστικά αντικατασταθεί, στον τομέα των ενισχύσεων των κατασκευών , από φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών (ΙΟΠ) [Fiber Reinforced Polymers(FRPs)].

Τα ινοπλισμένα πολυμερή είναι σύνθετα υλικά που αποτελούνται από ίνες άνθρακα, υάλου ή αραμιδίου, τοποθετημένες επάλληλα σε πολυμερική μήτρα ή πλεγμένες σε ύφασμα, ώστε να σχηματίζουν αντίστοιχα δύσκαμπτα ελάσματα ή εύκαμπτα υφάσματα μίας ή δύο διευθύνσεων. Λειτουργούν ως εξωτερικά επικολλούμενος οπλισμός, μέσω εποξειδικών ρητινών και παραλαμβάνουν εφελκυστικές τάσεις στη διεύθυνση των ινών τους.

Η μέθοδος εφαρμογής ενισχύσεων με σύνθετα υλικά πλεονεκτεί έναντι των άλλων συμβατικών μεθόδων, διότι τα σύνθετα υλικά παρουσιάζουν:

- α Εξαιρετικά μεγάλη εφελκυστική αντοχή, πολλαπλάσια του χάλυβα.
- α Μικρό βάρος (περίπου το 1/4 του βάρους του χάλυβα), ευκαμψία και διαθεσιμότητα σε διάφορα μήκη, που τα καθιστούν κατάλληλα για εύκολη, εύελικτη και ταχύτατη εφαρμογή.
- α Αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας της κατασκευής δίχως μεταβολή της γεωμετρίας ή της δυσκαμψίας της
- α Ανθεκτικότητα σε διαβρωτικά περιβάλλοντα και μεγάλη διάρκεια ζωής
- α Ιδιαίτερα ανταγωνιστικό κόστος επέμβασης (αρχικά πολύ υψηλό αλλά μειώνεται δραματικά χρόνο με το χρόνο)

ενώ μειονεκτεί έναντι αυτών :

- α Στην πτωχή συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες. Ως γνωστό η ρητίνη καίγεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες απο 200°C
- α Στην έλλειψη πλαστιμότητας (όχι όμως και παραμορφωσιμότητας)
- α Στην σημαντική έλλειψη «παιδείας» αλλά και κατάρτησης των τεχνητών στην Ελλάδα
- α Η αμφισβητούμενη ανθεκτικότητα τους σε διάρκεια. Τα ινοπλισμένα πολυμερή είναι ευαίσθητα σε περιβαλλοντικές δράσεις όπως υπερώδης ακτινοβολία , υγρασία , αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και δράση χημικών.

Ακολουθεί πίνακας με τις διάφορες ιδιότητες λωριδών πολυμερών με ίνες άνθρακα και μεταλλικών πλακών σε συγκρίσιμη μορφή .

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΛΩΡΙΔΕΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΜΕ ΙΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ
Ίδιο βάρος	Χαμηλό	Υψηλό
Εφελκυστική αντοχή	Πολύ υψηλή	Υψηλό
Συνολικό πάχος	Πολύ μικρό	Μικρό
Διάβρωση	Καμία	Ναι
Μήκος	Οποιοδήποτε	Περιορισμένο
Ευκολία	Εύκαμπτο, εύκολο	Δύσκαμπτο, δύσκολο
Ανάληψη φορτίου	Μόνο κατα μήκος	Σε οποιαδήποτε διεύθυνση
Επικαλύψεις	Εύκολο	Σύνθετο

Κόπωση	Εξαιρετική	Ικανοποιητική
Δαπάνη υλικού	Υψηλή	Χαμηλή
Δαπάνη τοποθέτησης	Χαμηλή	Υψηλή
Εφαρμογή	Χωρίς εργαλεία	Αναρτήσεις και συσφίξεις

Απο τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι σε έργα ενισχύσεων – επισκευών τα ινοπλισμένα υλικά πλεονεκτούν έναντι των χαλύβδινων ελασμάτων.

2. ΕΙΔΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Τα επικολλητά ελάσματα και υφάσματα (χάλυβα ή ινοπλισμένων πολυμερών) βρίσκουν εφαρμογή σε :

- Ø Ενίσχυση δοκών και πλακών έναντι κάμψης
- Ø Ενίσχυση δοκών , υποστηλωμάτων και κόμβων δοκών – υποστηλωμάτων σε διάτμηση
- Ø Αύξηση της φέρουσας ικανότητας υποστηλωμάτων σε αξονικό φορτίο , μέσω της περίσφυξης αυτών.

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της τεχνικής ενίσχυσης στοιχείων με επικολλητά φύλλα απο ινοπλισμένα πολυμερή είναι η ικανότητα του στοιχείου χωρίς τον οπλισμό ενίσχυσης ,να φέρει ασφαλώς τον συνδυασμό των οιονεί-μονίμων φορτίων ($G+\psi_2 Q$) . Με αυτή την προϋπόθεση εξασφαλίζεται η μη αστοχία του στοιχείου σε περίπτωση απρόβλεπτης έντονης δράσης (π.χ. πυρκαγιά).Αξίζει να διευκρινιστεί ότι η ενίσχυση ενός στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος δεν είναι μονομερής, δηλαδή ένα έλασμα ή ύφασμα μπορεί να προσφέρει σε ένα στοιχείο καμπτική ,διατμητική ή και αξονική ενίσχυση.

Οι κυριότεροι λόγοι οι οποίοι καταστούν απαραίτητες τις παραπάνω ενισχύσεις είναι:

- § Αύξηση φορτίου (μεγαλύτερο ωφέλιμο, αυξημένο φορτίο οχημάτων, εγκατάσταση βαρέων μηχανημάτων , δονήσεις,μικρότερη παραμόρφωση)
- § Βλάβες δομικών στοιχείων (γήρανση οικοδομικών υλικών / βλάβες απο φωτιά, διάβρωση οπλισμού, πρόσκρουση οχημάτων)
- § Βελτιώσεις καταλληλότητας (μείωση βέλους, μείωση καταπονήσεων οπλισμού, μείωση πλάτους ρηγματώσεων)
- § Αλλαγή στατικού συστήματος (αφαίρεση υποστηλωμάτων / τοιχείων, ανοίγματα κενων σε πλάκες, προσαρμογή παλαιών κανονισμών σε νέους κανονισμούς)
- § Λάθη σχεδιασμού (ανεπαρκής διαστασιολόγηση, ανεπαρκείς οπλισμοί,ανεπαρκής αριθμός , κατανομή και τοποθέτηση των συνδετήρων)
- § Αποκατάσταση μετά απο σεισμό.

Κρίνεται σκόπιμο σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε τους τύπους των συστημάτων ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος:

- α) «υγρής εφαρμογής» , δηλαδή με σκλήρυνση της μήτρας
- β) «προκατασκευασμένα» , όπου η σκλήρυνση της μήτρας έχει προηγηθεί της εφαρμογής

Στα συστήματα υγρής εφαρμογής ανήκουν : • φύλλα ή υφάσματα αποτελούμενα απο συνεχείς ίνες μιας διεύθυνσης, χωρίς μήτρα , • υφάσματα αποτελούμενα απο συνεχείς ίνες σε τουλάχιστον δυο διευθύνσεις , χωρίς μήτρα , • φύλλα ή υφάσματα απο συνεχείς ίνες είτε μιας είτε δυο διευθύνσεων , προεμποτισμένα με ρητίνη σε μη σκληρυμένη μορφή. Στα

προκατασκευασμένα υλικά ανήκουν : • προκατασκευασμένα ευθύγραμμα ελάσματα σε μορφή ρολλών τα οποία αν είναι κατασκευασμένα με την μέθοδο της στρωμάτωσης έχουν ίνες σε διαφορετικές διευθύνσεις ενώ αν είναι με την μέθοδο της εξέλασης οι ίνες είναι συνεχείς και παράλληλες στη διεύθυνση των ελασμάτων, • προκατασκευασμένα κελύφη , μανδύες, ή γωνίες .

Τέλος τα προκατασκευασμένα ελάσματα προτιμούνται σε επίπεδες επιφάνειες ενώ σε περιπτώσεις όπως μανδύες υποστηλωμάτων και διατμητική ενίσχυση δοκών προτιμούνται υφάσματα μέσω της υγρής μεθόδου.

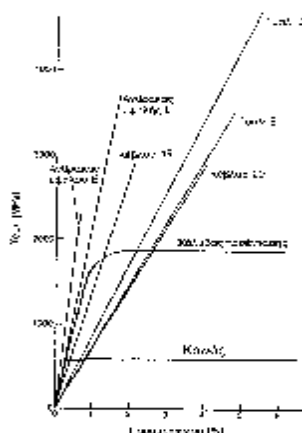
3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥΣ – ΠΙΘΑΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ

Τα βασικά συστατικά ενός συστήματος ενίσχυσης είναι τα σύνθετα υλικά , που αποτελούνται απο ίνες σε πολυμερική μήτρα, και η κόλλα εφαρμογής τους σε επιφάνειες σκυροδέματος.

Οι ίνες έχουν διάμετρο 5-25 μm και μπορούν να παραλάβουν κατα κανόνα εφελκυστικές δυνάμεις παράλληλα στην διεύθυνση τους. Χαρακτηρίζονται απο την εξαιρετικά υψηλή εφελκυστική αντοχή τους και τη γραμμικά ελαστική συμπεριφορά τους μέχρι την θραύση τους. Οι βασικοί τύποι ινών που χρησιμοποιούνται στις ενισχύσεις είναι οι ίνες άνθρακα γνωστοί ως ανθρακονήματα, οι ίνες γυαλιού γνωστοί ως υαλονήματα και τέλος οι ίνες αραμιδίου.

Τα ανθρακονήματα χαρακτηρίζονται απο μεγαλύτερες αντοχές και μέτρα ελαστικότητας σε σύγκριση με τα υαλονήματα. Τα υλικά με ίνες άνθρακα θεωρούνται περισσότερο ανθεκτικά , τα υλικά με ίνες γυαλιού είναι τα λιγότερο ανθεκτικά και τα υλικά με ίνες αραμιδίου βρίσκονται ενδιάμεσα. Οι ίνες υάλου είναι οι πιο οικονομικές ίνες. Για τις ύλες υάλου , η αντοχή τους ή όχι σε αλκαλικό περιβάλλον εξαρτάται απο τον τύπο των ινών (πχ τύποι E ή Z). Οι ίνες αραμιδίου έχουν πολύ καλή συμπεριφορά σε κρουστικά φορτία.

Τέλος , οι ίνες άνθρακα (πυκνότητα $1800\text{-}1900\text{ kg/m}^3$) παρασκευάζονται είτε απο θερμική κατεργασία του πολυακτυλονιτριλίου (PAN) είτε μέσω αποστάξεως κάρβουνου (pitch). Οι ίνες υάλου (πυκνότητα $2300\text{-}2500\text{ kg/m}^3$) παρασκευάζονται απο λειωμένο γυαλι. Οι ίνες αραμιδίου (πυκνότητα 1450 kg/m^3) προέρχονται είτε απο αρωματικό πολυαμίδιο (Κέβλαρ, Twaron) είτε απο αρωματικό πολυαιθεραμίδιο (Technora).



Τυπικές καμπύλες εφελκυστικής τάσης-παραμόρφωσης για διάφορους τύπους ινών και συγκριτική με απευθείας κημιούλες γ.ο. χόλυβα.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει μια ποιοτική αξιολόγηση των σύνθετων υλικών των τριών κυριότερων τύπων ινών . Για λόγους σύγκρισης έχουν βαθμολογηθεί με άριστα το 10!

Χαρακτηριστικό	ΙΟΠ- Άνθρακας	ΙΟΠ- Αραμιδίου	ΙΟΠ- Γυαλιού
Εφελκυστική αντοχή	9	9	9
Μέτρο ελαστικότητας	9	6	3
Παραμόρφωση αστοχίας	6	9	9
Συμπεριφορά σε μακροχρόνιες δράσεις	9	6	3
Συμπεριφορά σε κόπωση	6	4	2
Ανθεκτικότητα σε διάρκεια	6	4	2
Πυκνότητα	4	6	2
Κόστος	6	6	9

Η μήτρα είναι ένα θερμοσκληρυνόμενο πολυμερές το οποίο συνδέει τις ίνες μεταξύ τους , τις προστατεύει και εξασφαλίζει την μεταφορά δυνάμεων σε αυτές. Η μήτρα επιπλέον καθορίζει αρκετές μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών , όπως η θλιπτική, η διατμητική και η κάθετα στην διεύθυνση των ινών αντοχή.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων ο τύπος μήτρας που χρησιμοποιείται είναι οι εποξειδικές ρητίνες. Οι ρητίνες αυτές υπερέχουν έναντι των άλλων τύπων μήτρας εξαιτίας των εξαιρετικών μηχανικών χαρακτηριστικών και της ανθεκτικότητας τους σε δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις.

Η κόλλα είναι το υλικό που εφαρμόζεται μεταξύ του σκυροδέματος και του σύνθετου υλικού , εξασφαλίζει την συνεργασία τους και μεταφέρει τις τάσεις απο το σκυρόδεμα στα σύνθετα υλικά. Κατά κανόνα χρησιμοποιείται εποξειδική ρητίνη δυο συστατικών.

Στην περίπτωση ελασμάτων σύνθετων υλικών οι ίνες καταλαμβάνουν περίπου το 50-70% του συνολικού όγκου υλικού , ενώ για μανδύες που κατασκευάζονται με επι τόπου εφαρμογή της ρητίνης είναι 20-35%.

Στην αγορά τα σύνθετα υλικά διατίθενται είτε ως προκατασκευασμένα ελάσματα είτε ως υφάσματα με ίνες μιας διεύθυνσης. Στην πρώτη περίπτωση επειδή η παραγωγή του σύνθετου υλικού έχει γίνει σε βιομηχανική μονάδα , οι μηχανικές ιδιότητες είναι γνωστές εκ των προτέρων κυρίως βάση εργοστασιακών μετρήσεων. Στην δεύτερη περίπτωση η επικόλληση των ινών με τη μήτρα γίνεται επι τόπου στο έργο οπότε και υπάρχει κάποια σχετική αβεβαιότητα ως προς την ποσότητα της ρητίνης η οποία θα εμποτίσει τις ίνες . Υπάρχει επομένως σχετική αβεβαιότητα όσο αφορά τις μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών. Για την άρση αυτής της αβεβαιότητας υπάρχουν δυο τρόποι :

- 1) Ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες του προμηθευτή ως προς την ποσότητα της ρητίνης , χρησιμοποιούμε τις τιμές των ιδιοτήτων των σύνθετων υλικών που

- 2) έχουν μετρηθεί εργαστηριακά (απο τον προμηθευτή) για την συγκεκριμένη ποσότητα ρητίνης.
- 3) Απο τον προμηθευτή πρέπει να έχει προσδιοριστεί πειραματικά ένας μειωτικός συντολεστής (r_1). Πολλαπλασιάζουμε τις τιμές των ιδιοτήτων των σύνθετων υλικών με αυτό τον συντελεστή και στους υπολογισμούς χρησιμοποιούμε τις μειωμένες τιμές που προκύπτουν.

Σύμφωνα με αυτά που αναφέραμε προηγουμένως απο όλους τους τύπους της μήτρας υπερέχουν οι εποξειδικές ρητίνες για τις οποίες οι τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων είναι γνωστές απο τον προμηθευτή.

Τελικά οι βασικές μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών με ίνες σε μία κυρίως διεύθυνση μπορούν να μετρηθούν με δυο τρόπους . Ο πρώτος και ορθότερος τρόπος είναι ο πειραματικός προσδιορισμός τους. Ο δεύτερος τρόπος είναι να εκτιμηθούν βάσει των αντίστοιχων τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων των ινών και της μήτρας. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται μια σχέση που είναι γνωστή ως κανόνας ανάμιξης. ($E_f \approx E_{fib} * V_{fib} + E_m * V_m$ και $f_f \approx f_{fib} * V_{fib} + f_m * V_m$). Με μια προσεκτική εξέταση της παραπάνω σχέσης προκύπτει οτι τόσο το μέτρο ελαστικότητας όσο και η εφελκυστική αντοχή των σύνθετων υλικών μπορούν να εκτιμηθούν απο το γινόμενο της αντίστοιχης ιδιότητας των ινών επί το ογκομετρικό ποσοστό αυτών.

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται στο χώρο των χαλύβδινων και ινοπλισμένων ελασμάτων τρεις εταιρίες , η sika , η isomat και η macbeton. Μόνο η sika έχει παράρτημα στην Πάτρα ενώ και με τις τρεις εταιρίες μπορείς να έρθεις σε επικοινωνία μέσω των αντίστοιχων σελίδων τους στο internet. (www.sika.com , www.isomat.gr , www.mabeton.gr)

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις τεχνικές επικόλλησης των υφασμάτων και των ελασμάτων:

- Δια χειρός επικόλληση . Είναι η πιο συνηθισμένη τεχνική που εφαρμόζεται στην Ελλάδα. Με την τεχνική αυτή επικολλούνται τόσο υφάσματα (προεμποτισμένων με ρητίνη ή μη προεμποτισμένων) όσο και προκατασκευασμένα στοιχεία όπως ελάσματα . Η επικόλληση γίνεται σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος μεσω εποξειδικών ρητινών
- Αυτοματοποιημένη περιτύλιξη . Για αυτή την τεχνική απαιτείται ειδική συσκευή ρομπότ. Βασικά πλεονέκτηματα αυτής της τεχνικής είναι η μεγάλη ταχύτητα εφαρμογής και ο καλός ποιοτικός έλεγχος.
- Εφαρμογή με προένταση. Τα ελάσματα βρίσκονται υπο τάνυση και έτσι εκμεταλλευόμαστε όλα τα βασικά πλεονεκτήματα της προέντασης. Έχει όμως αυξημένο βαθμό δυσκολίας.
- Επιταχυνόμενη σκλήρυνση με θέρμανση . Για την πραγματοποίηση αυτής της μεθόδου απαιτούνται ειδικές συσκευές θέρμανσης. Βασικά πλεονεκτήματα αυτής είναι η ταχύτητα εφαρμογής της ενίσχυσης ακόμα και σε περιβάλλον χαμηλής θερμοκρασίας.
- Προκατασκευασμένα στοιχεία. Συνιθισμένες μορφές αυτών είναι : ελάσματα, γωνίες, μανδύες-κελυφών

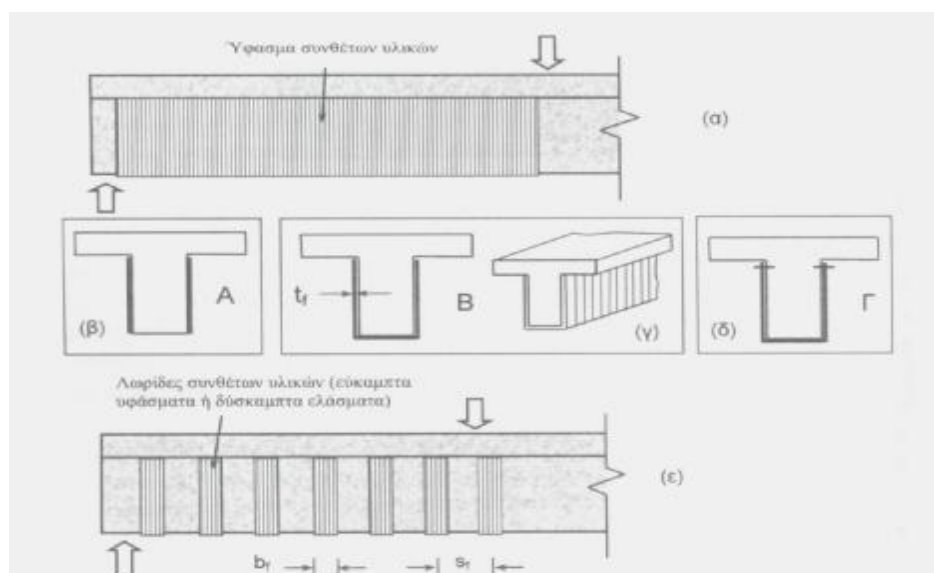
- Εφαρμογή σε εγκοπές . Σε αυτή την τεχνική επικολλούμαι ράβδους ή ελάσματα σε εγκοπές και κερδίζουμε σε καμπτική αντοχή υφισταμένων μελών σκυροδέματος.

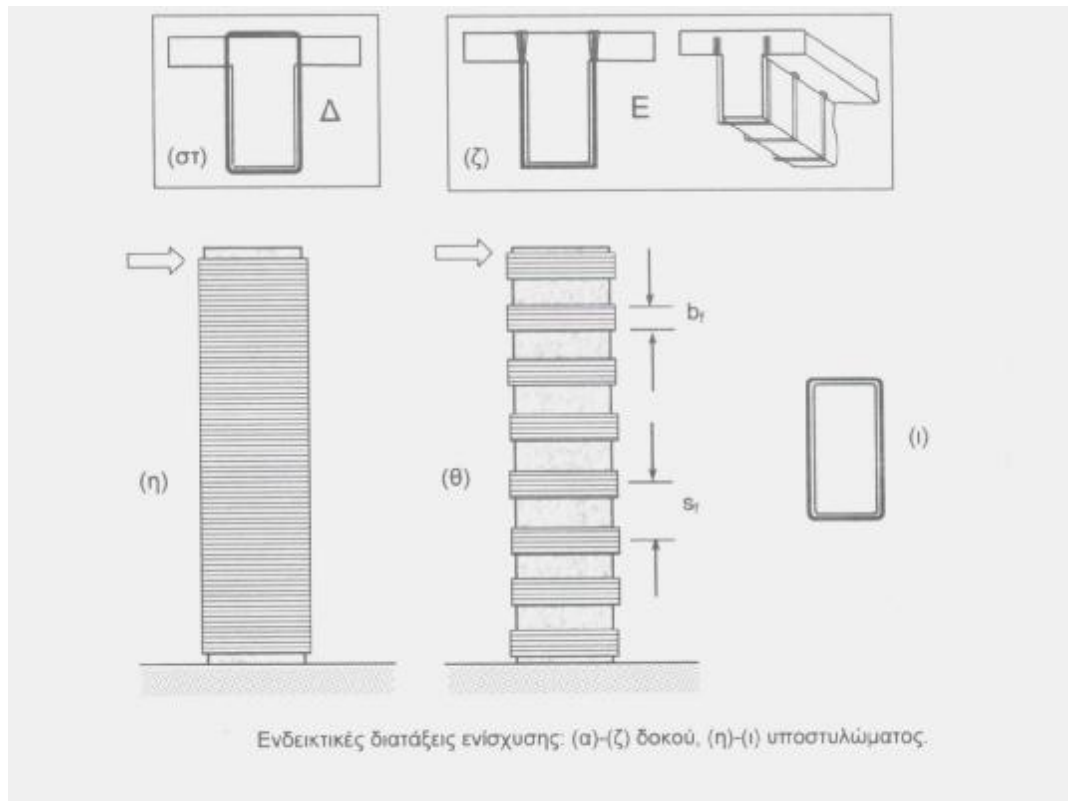
Ακολουθούν τρόποι επικόλλησης ελασμάτων ή υφασμάτων ανάλογα με την επιζητούμενη ενίσχυση:

- ο Για ενίσχυση σε κάμψη , επικολλούνται στο εφελκόμενο πέλμα με διεύθυνση των ινών τέτοια ώστε να παραλαμβάνουν τις εφελκυστικές δυνάμεις που δημιουργούνται λόγω της κάμψης. Δηλαδή παράλληλα στον άξονα του μέλους (διεύθυνση υψηλών εφελκυστικών τάσεων) αν πρόκειται για δοκούς και σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις στην περίπτωση τετραέρρειστων πλακών. Στα υποστηλώματα με κρίσημες σε κάμψη τις ακραίες διατομές επικολλούνται μόνο όταν οι δοκοί έχουν μικρότερο πλάτος απο τα υποστηλώματα ή όταν χρησιμοποιούνται οπλισμοί συνθέτων υλικών μικρού πλάτους.

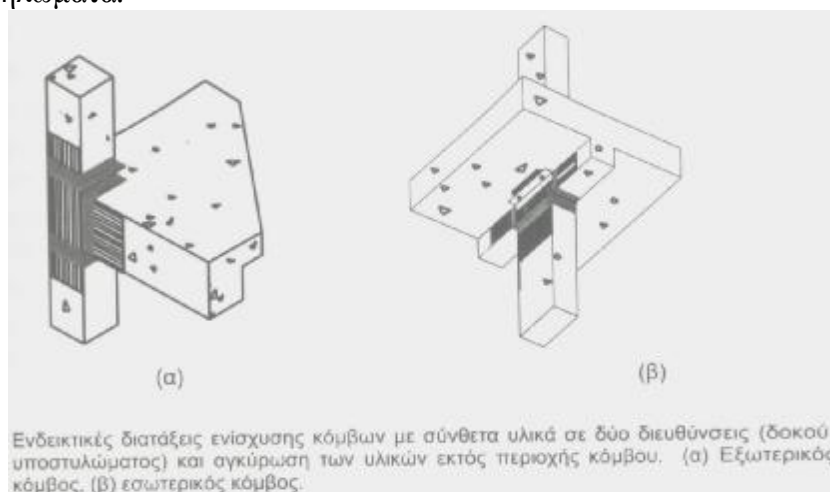


- ο Για ενίσχυση σε διάτμηση , χρησιμοποιούμε κυρίως ελάσματα τα οποία και επικολλούνται στις εξωτερικές επιφάνειες με τις ίνες κατά το δυνατόν παράλληλες στις τροχιές των κυρίων τάσεων , δηλαδή περίπου κάθετα στις πιθανές ρωγμές. Επιβάλλεται δηλαδή η χρήση ινών σε δυο τουλάχιστον διευθύνσεις. Σύμφωνα λοιπόν και με τις τροχιές των κυρίων τάσεων τα φύλλα με σημαντικό ποσοστό ινών (της τάξης του 30-50 %) επικολλούνται σε γωνία περίπου 45° ως προς τον άξονα του μέλους και σε κάποιο μικρότερο ποσοστό (της τάξης του 10-20%) στην εγκάρσια διεύθυνση.





- Ο Στους κόμβους δοκών – υποστηλωμάτων τα υφάσματα τοποθετούνται με τις ίνες παράλληλα κατα προτεραιότητα στις δοκούς, αλλά όπου είναι δυνατόν και στα υποστηλώματα.



- Ο Η περίσφιγξη μπορεί να επιτευχθεί είτε με «περιτύλιξη» των μελών με ταινίες απο σύνθετα υλικά είτε με χρήση μανδυνών (απο τα ίδια υλικά). Οι ταινίες αποτελούνται απο ίνες μιας διεύθυνσης εμποτισμένες σε ρητίνη. Για τις οριζόντιες ταινίες προσφέρεται και η δυνατότητα προέντασης

Ο εμποτισμός των ινών με ρητίνη στα συστήματα υγρής εφαρμογής μπορεί να γίνει : α) με εφαρμογή της ρητίνης στο σκυρόδεμα και τοποθέτηση των ινών απευθείας στη ρητίνη, β) με προεμποτισμό των ινών με ρητίνη επί τόπου στο έργο αλλά όχι πάνω στο υπο ενίσχυση στοιχείο και στη συνέχεια επικόλλησης αυτών στο σκυρόδεμα.

Για την αρτιότερη δυνατή εφαρμογή της τεχνικής ενίσχυσης μέσω σύνθετων υλικών πρέπει να φροντίζουμε ώστε :

- 1) Ο σοβάς καθαρίζεται και αποκολύπτεται το σκυρόδεμα στο προς ενίσχυση δομικό στοιχείο. Αφαιρούνται τα χαλαρά τμήματα και το υπόστρωμα καθαρίζεται και τρίβεται με κατάλληλα μέσα, (όπως φαίνεται στο δίπλα σχήμα) ανάλογα με το βαθμό και την έκταση της αποσάθρωσης (αμμοβολή, υδροβολή, συρματόβουρτσα κ.λ.π). Το υπόστρωμα εφαρμογής των σύνθετων υλικών πρέπει να είναι επίπεδο, στεγνό, απαλλαγμένο από υλικά που εμποδίζουν την πρόσφυση και να διαθέτει ικανοποιητικές αντοχές. Η σκόνη απομακρύνεται με απορροφητική σκούπα. Αν αποκαλυφθεί ο οπλισμός εφαρμόζουμε κάποια αντιδιαβρωτική μέθοδο.
- 2) Εφόσον το σύνθετο υλικό καλύπτει και γωνίες του στοιχείου σκυροδέματος αυτές στρογγυλεύονται με τριβείο σε ακτίνα 2-4cm.
- 3) Η επιφάνεια του σκυροδέματος διαβρέχεται με νερό υπό πίεση και μετά στεγνώνεται καλά. Η υγρασία δεν επιτρέπεται να είναι περισσότερο από 4%.
- 4) Για την αποκατάσταση τυχόν ρηγματώσεων χρησιμοποιούνται εποξειδικές ρητίνες. Στη συνέχεια η επιφάνεια επαλείφεται με παχύρευστο συγκολλητικό υλικό που συνήθως είναι εποξειδικός στόκος. (όπως βλέπουμε στην διπλανή φωτογραφία)
Σημειώνεται ότι συχνά επιλέγεται η διαδικασία λείανσης της επιφάνειας χωρίς να προηγηθεί η εξομαλυντική στρώση του εποξειδικού στόκου.
- 5) Μετά την σκλήρυνση του συγκολλητικού υλικού, η επιφάνεια λειαίνεται 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 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. Τα χαρακτηριστικά της κόλλας προδιαγράφονται από τον προμηθευτή του σύνθετου υλικού (στη διπλανή απο φωτογραφία βλέπουμε τον τρόπο επάλειψης)



- 7) Το φύλλο του σύνθετου υλικού κόβεται με πολύ καλό ψαλίδι στις απαιτούμενες διαστάσεις, τοποθετείται προσεχτικά, καλά τεντωμένο στη νωπή επίστρωση και πατιέται με ρολό, για καλύτερη επαφή με το υπόστρωμα, πλήρη εμποτισμό του και απομάκρυνση των φυσαλίδων αέρα. Το φύλλο δεν πρέπει να διπλώνεται. Μετά την τοποθέτηση του ελάσματος, τυχόν εγκλωβισμένος αέρας μπορεί να εντοπιστεί με ελαφριά χτυπήματα πάνω στο έλασμα (ηχητικός έλεγχος). Η κόλλα που περισσεύει αφαιρείται.



Στην πρώτη φωτογραφία βλέπουμε τον τρόπο κοπής στη δεύτερη τον τρόπο τοποθέτησης περιμετρικά του υποστηλώματος και στην τρίτη τον τρόπο αφαίρεσης της κόλλας που περισσεύει

- 8) Μετά την πάροδο χρόνου μισής έως μιας ώρας, αφαιρείται το προστατευτικό κάλυμα του φύλλου και οι ίνες επαλείφονται με μια δεύτερη στρώση της ίδιας ρητίνης.
- 9) Σε εφαρμογές όπου απαιτούνται παραπάνω της μιας στρώσης υφάσματος, η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται, με τοποθέτηση της ρητίνης στην ελεύθερη επιφάνεια του ελάσματος.

- 10) Τελικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα “πεταχτό” τσιμεντοκονίαμα για προστασία των φύλλων του σύνθετου υλικού από υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. πυρκαγιά) και άλλες περιβαλλοντικές προσβολές.



5. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δυστυχώς για τους πολιτικούς μηχανικούς που έχουν περατώσει ένα έργο με επικολλητά ελάσματα δεν υπάρχουν κριτήρια αποδοχής του έργου τους όπως συμβαίνει σε άλλες μεθόδους (π.χ. με δοκίμια, χημικές αναλύσεις κ.τ.λ.). Το μόνο που έχει, είναι πιστοποιητικά τόσο για την εγκυρότητα των τεχνικών χαρακτηριστικών των συστημάτων ενίσχυσης (ελασμάτων, υφασμάτων και ρητινών) όσο και για την ποιότητα της διαδικασίας σχεδιασμού, παραγωγής και διάθεσης τους, τα οποία προέρχονται από ανεξάρτητους φορείς. Η συμπεριφορά των σύνθετων υλικών στα προς ενίσχυση δομικά στοιχεία ενδέχεται να αποδεικνύεται από τα πειραματικά αποτελέσματα ερευνητικών προγραμμάτων. Τέτοια ερευνητικά προγράμματα έχουν πραγματοποιηθεί και στο εργαστήριο μηχανικής υλικών του τμήματος των Πολιτικών μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, με στόχο τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας σύνθετων υλικών της εταιρίας Isomat για την ενίσχυση στοιχείων σκυροδέματος και συγκεκριμένων τύπων ελασμάτων. Πρόκειται για δοκιμές σε θλίψη και δοκιμές σε συνάφεια τα οποία επιβεβαίωσαν την αποτελεσματικότητα μανδύα συγκεκριμένου τύπου ανθρακοελασμάτων και τεκμηρίωσαν την καταλληλότητα του για ενίσχυση δομικών στοιχείων σε κάμψη. Αντίστοιχα ερευνητικά προγράμματα που έχουν επιδείξει την αποτελεσματικότητα των σύνθετων υλικών της έχει πραγματοποιήσει και η εταιρία Sika..

6. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Μετά από το τέλος της εργασίας θα πρέπει τα εργαλεία να καθαρίζονται και να ξεπλένουμε τα χέρια και το δέρμα με ζεστό νερό και σαπούνι. Ο διαλύτης και τα συστατικά απορρίπτονται σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς και όχι στο υπέδαφος ή στην αποχέτευση.

Για την ασφαλή διεξαγωγή των εργασιών, οι εργάτες θα πρέπει να απλώνουν στα χέρια και στο δέρμα τους προστατευτική κρέμα όπως επίσης να φοράνε γάντια και φόρμες.. Αν οι εποξειδικές ρητίνες έρθουν σε επαφή με τα μάτια θα πρέπει να τα ξεπλένουμε αμέσως με ζεστό νερό και να απευθυνόμαστε σε γιατρό.

Μικρές ποσότητες σκληρυμένου υλικού μπορούν να καίονται σε δημοτικές εγκαταστάσεις μετά από σχετική άδεια. Μη σκληρυμένα υλικά δεν πρέπει να απορρίπτονται στο υπέδαφος.

Επιτακτική είναι η τήρηση όλων των κανόνων που επιτάσσει ο προμηθευτής και η διεύθυνση επιθεώρησης εργασίας. Επιπλέον Υπερ της μεριάς της ασφαλείας είναι η σε βάθος κατανόηση βασικών εννοιών των υλικών που χρησιμοποιούνται και των όχι πάντα ακίνδυνων συστατικών τους.

7. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ

Τα σύνθετα υλικά συνήθως συσκευάζονται σε ρολά που κόβονται σε οποιοδήποτε μήκος ώστε να καλύπτουν κάθε απαίτηση σχεδιασμού της ενίσχυσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σ.Η.Δρίτσος : ‘Ενισχύσεις / επισκευές κατασκευών απο οπλισμένο σκυρόδεμα’ Πάτρα 2003
2. ΑΘ. Χ. Τριανταφύλλου: ‘Προηγμένες τεχνολογίες υλικών & κατασκευών’ Πάτρα 2003
3. ΑΘ. Χ. Τριανταφύλλου: ‘Ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος με συνθετα υλικά (ινοπλισμένα πολυμερή)’ Πάτρα 2003 1’ έκδοση
4. ΑΘ. Χ. Τριανταφύλλου: ‘Ενισχύσεις Κατασκευών Σκυροδέματος με Ινο-Οπλισμένα Πλαστικά Υλικά’ 11^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος , Κέρκυρα 18-20 Μαΐου 1994
5. Ενισχύσεις κατασκευών σκυροδέματος με ινο-οπλισμένα πλαστικά υλικά (FRP), 6^ο Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών 2000»
6. www.sika.com
7. www.isomat.gr