

# ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διδάσκων Καθηγητής  
Γιάννακας Νικόλαος  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

# Κεφάλαιο 4

Ενίσχυση Δομικών Στοιχείων με σύνθετα υλικά

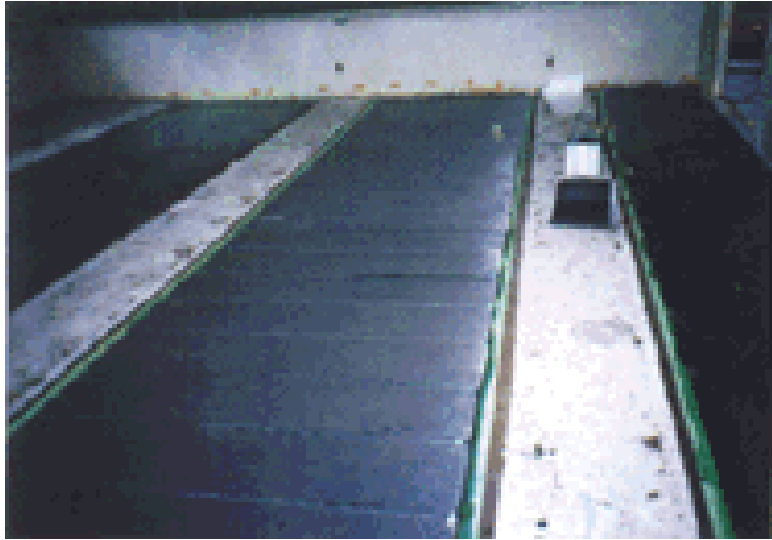
Σύνθετα υλικά από ινοπλισμένα πολυμερή  
**Fiber Reinforced Polymer** composites







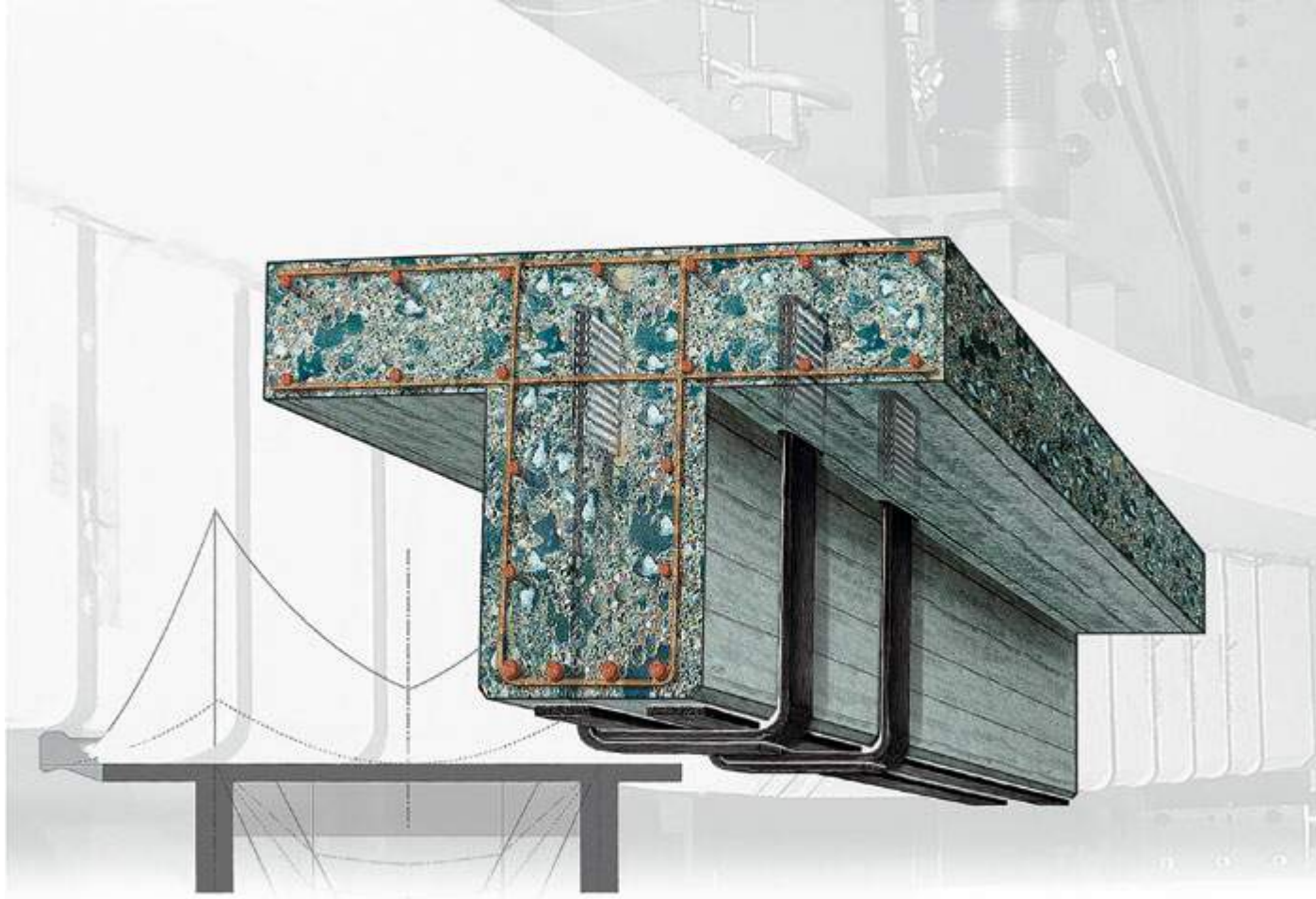


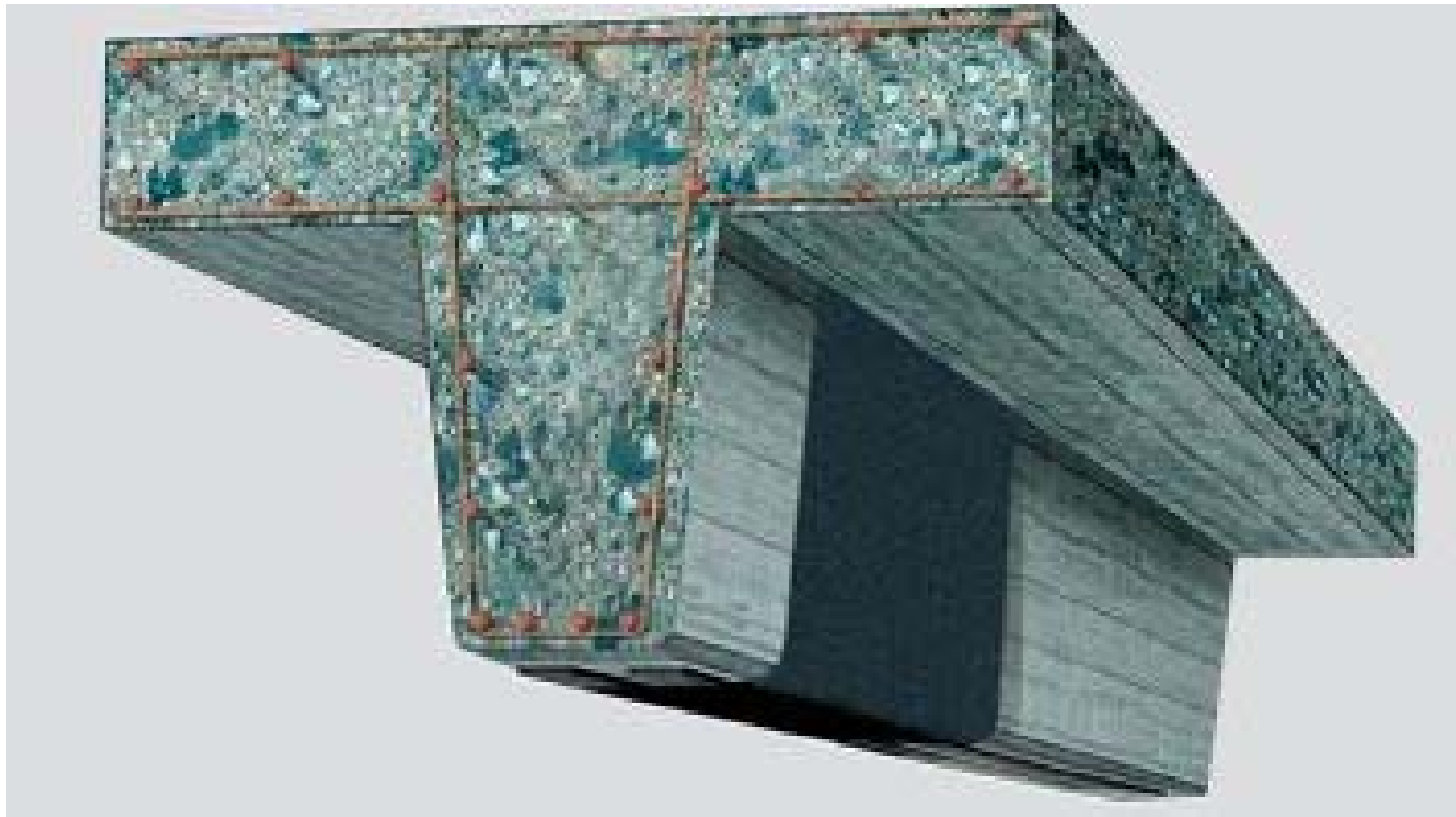




















## Χαρακτηριστικές ιδιότητες σύνθετων υλικών

Material	Elastic Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strain (%)
Carbon	165-700	2100-4800	0.2-2.0
Aramid	70-130	3500-4100	2.5-5.0
Glass	70-90	1900-4800	3.0-5.5

**Table 4.1 Typical properties of fibres**

Corrosive Factors	E-glass	AR-glass	Aramid	Carbon
Water Absorption (% , 24 hrs)	-	-	0,05	-
Weak Oxides	LR	HR	HR	HR
Strong Oxides	NR	LR	LR	HR
Weak Alkalines	NR	HR	HR	HR
Strong Alkalines	NR	LR	LR	HR
Temperature	HR	HR	NR	HR
UV Radiation	HR	HR	NR	HR
NR=No Resistance    LR=Low Resistance    HR=High Resistance				

**Table 4.2 Resistance of FRP's to corrosive factors (Pantazopoulou, 1999)**

## Περιβαλλοντικές Συνθήκες

Γενικά, τα σύνθετα υλικά ινοπλισμένων πολυμερών σχεδιάζονται και παρασκευάζονται έτσι ώστε να είναι **ανθεκτικά** υπό φυσιολογικές συνθήκες περιβάλλοντος για μακρές χρονικές περιόδους.

Τα σύνθετα υλικά ινοπλισμένων πολυμερών παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια ζωής για ένα λογικό εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών, οι οποίες περιλαμβάνουν

- Θερμοκρασία: από  $-30^{\circ}\text{C}$  έως  $60^{\circ}\text{C}$  για μακρά έκθεση και  $650^{\circ}\text{C}$  έως  $1100^{\circ}\text{C}$  για βραχεία έκθεση (μικρότερη από 2 ώρες) σε φωτιά.
- Υγρασία: πλήρης βύθιση σε γλυκό ή αλμυρό νερό για έκθεση μακράς διάρκειας από  $0^{\circ}\text{C}$  έως  $40^{\circ}\text{C}$ .
- $\text{pH}$ : από 3.0 έως 10.0 για μακρά χρήση.
- Υπεριώδης ακτινοβολία: δείκτης υπεριώδους ακτινοβολίας ίσος με 10.0 για μακρά έκθεση.
- Υδρογονάνθρακες: απορρόφηση συγκεκριμένης ποσότητας για μακρές χρονικές περιόδους.



## Επίδραση της Θερμοκρασίας του Περιβάλλοντος

Για το φυσιολογικό εύρος των θερμοκρασιών δεν αναμένονται σημαντικές αλλαγές στη συμπεριφορά τους

αύξηση της θερμοκρασίας  $>T_g \rightarrow$  εύκαμπτες χημικές αλυσίδες ρητίνης

μειώνεται

↓  
1. η συμμετοχή της ρητίνης στην ανάληψη φορτίου

2. ικανότητά της να μεταφέρει τα φορτία ισομερώς στις ίνες

↓  
περαιτέρω φόρτιση μεμονωμένων ινών(κοντύτερων)

↓  
υπέρβαση της αντοχής και ενδεχόμενη αστοχία.

↓  
Απομείωση της φέρουσας ικανότητας του ινοπλισμένου πολυμερούς κατά **30 με 40%** σε ακραίες περιπτώσεις.

Κατά το σχεδιασμό συστημάτων ινοπλισμένων πολυμερών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή επιβλαβής επίδραση θερμοκρασιών μεγαλύτερων από 80°C.

Σκούρες επιφάνειες με άμεση έκθεση στο ηλιακό φως: θερμοκρασίες ~70°C.

Σε ακραίες – θερμοκρασίες ~ -40°C δεν έχουν διαπιστωθεί δυσμενείς επιπτώσεις

Σε θερμοκρασίες μεταξύ -10 και -30°C αυξάνεται σημαντικά η δυσκαμψία του υλικού με συνέπεια μία εξαιρετικά ψαθυρή μορφή αστοχίας, αλλά και μείωση της αντοχής σε κρούση.

Σε περίπτωση πυρκαγιάς τα σύνθετα υλικά που έρχονται σε άμεση επαφή με τη φωτιά αναφλέγονται

Λύση: να επιχριστούν ή επαλειφθούν με ειδική ρητίνη.

Τα σύνθετα υλικά που δε διαθέτουν πυροπροστασία και θεωρούνται ανενεργά σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Πυροπροστασία επιτυγχάνεται με

- ειδικά επιχρίσματα ή κοινά επιχρίσματα μεγάλου πάχους (40 – 50 mm).
- ειδικά προστατευτικά όπως γυψοσανίδες.

Το επίχρισμα προστατεύει τα υλικά και ιδιαίτερα τη ρητίνη όχι μόνο από τη φωτιά και γενικά τις υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και από τη γήρανση λόγω της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Επίσης, η τοποθέτηση επιχρίσματος αποτελεί οικονομικότερη λύση και επιπλέον δίνει τη δυνατότητα βαφής και διακοσμητικής επέμβασης στο δομικό στοιχείο που ενισχύεται.

## Συμπεριφορά στο Νερό

Οι ρητίνες μπορούν να αποσχιστούν λόγω σκλήρυνσης της αλυσίδας του πολυμερούς και ο ύαλος μπορεί να χάσει την εφελκυστική του αντοχή.

Κατά συνέπεια, η κύρια μέριμνα όσον αφορά στα σύνθετα υλικά ινοπλισμένων πολυμερών είναι η αντοχή της μήτρας από ρητίνη σε παρατεταμένη έκθεση σε νερό.

Η επίδραση είναι μικρή και χρειάζεται εξαιρετικά μακρά χρονική περίοδο για να εκδηλωθεί.

Μετά το πέρας του χρόνου αυτού, οι χημικές αλυσίδες του πολυμερούς είναι πλήρως υδατοδιαλυτές, μεταλλικά ιόντα διηθούνται από τα υαλονήματα και το σύνθετο υλικό γίνεται εξαιρετικά εύθραυστο.

Η υγρασία αποκτά πρόσβαση στο ινοπλισμένο πολυμερές μέσω τριών διαφορετικών οδών

- Μέσω της τριχοειδούς δράσης κατά μήκος του διαμήκους άξονα της ίνας στη διεπιφάνεια ρητίνης και ίνας.
- Μέσω ρωγμών και κενών στη δομή του σύνθετου υλικού.
- Μέσω διάχυσης διαμέσου της μήτρας.

## Άλλες Καταπονήσεις συνθετικών υλικών

### 1. Υπεριώδης Ακτινοβολία

Μείωση της αντοχής/ μικρορηγματώση και η χρωματικά αλλοίωση.  
Για την προστασία προτείνεται η εφαρμογή επιχρισμάτων ή ειδικών βαφών.

### 2. Γαλβανική Διάβρωση

Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή ινών άνθρακα με χάλυβα. Η επαφή των δύο υλικών προκαλεί γαλβανική διάβρωση του χάλυβα. Το πρόβλημα δεν υφίσταται όταν χρησιμοποιούνται σύνθετα υλικά με ίνες υάλου ή πολυαραμίδης.

### 3. Ερπυσμός

Μεταξύ όλων των συστατικών στοιχείων ινοπλισμένων πολυμερών που έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες, μόνο τα ανθρακονήματα και τα υαλονήματα δεν υπόκεινται σε ερπυσμό. Τόσο οι ίνες πολυαραμίδης όσο και οι μήτρες των ρητινών

### 4. Θραύση και Διάβρωση λόγω Έντασης

### 5. Κόπωση (ανακυκλιζόμενη φόρτιση)

### 6. Κρούση

Καλύτερη συμπεριφορά παρουσιάζουν κατά σειρά τα σύνθετα υλικά με ίνες πολυαραμίδης (είναι χαρακτηριστικό ότι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αλεξίσφαιρων γιλέκων), ακολουθούν αυτά με ίνες υάλου και τέλος αυτά με ίνες άνθρακα.



## Στάδια Εφαρμογής Σύνθετων Υλικών

Συνοπτικά, η διαδικασία εφαρμογής σύνθετων υλικών περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Καθαίρεση του επιχρίσματος.
- Αποκατάσταση των ενδεχόμενων βλαβών με χρήση κατάλληλης μεθόδου.
- Προετοιμασία της επιφάνειας του δομικού στοιχείου (εξομάλυνση της επιφάνειας, λάξευση γωνιών, κτλ.).
- Επάλειψη της επιφάνειας του δομικού στοιχείου με εποξική ρητίνη ή άλλη κατάλληλη συγκολλητική ουσία.
- Τοποθέτηση της πρώτης στρώσης του ινοπλισμένου πολυμερούς στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Συνιστάται η πλήρης επαφή του σύνθετου υλικού με την επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Στην περίπτωση χρήσης υλικών τύπου ελάσματος χρησιμοποιείται μόνο μία στρώση.
- Τοποθέτηση ειδικών αγκυρίων όπου απαιτείται (τοιχεία, άνω παρειές δοκών)
- Τοποθέτηση επιπλέον στρώσεων σύνθετου υλικού σύμφωνα με τη μελέτη επισκευής / ενίσχυσης.
- Μετά τη σκλήρυνση του συστήματος (περίπου μετά από 24 ώρες), εφαρμογή επιχρίσματος και βαφή της επιφάνειας του δομικού στοιχείου με βάση αρχιτεκτονικές και αισθητικές απαιτήσεις.

## Αρχές σχεδιασμού συστημάτων επισκευής και ενίσχυσης με σύνθετα υλικά

Με την εφαρμογή των σύνθετων υλικών μπορεί να επιτευχθεί σημαντική αύξηση της καμπτικής και

διατμητικής αντοχής

επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης (γραμμικά στοιχεία)

αύξηση θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος

αύξηση πλαστιμότητας στοιχείου

πρακτικά μηδενική επιβάρυνση του βάρους τους

**Απαραίτητη προϋπόθεση του σχεδιασμού ενίσχυσης με χρήση σύνθετων υλικών είναι ο αποκλεισμός της αποκόλλησης του ινοπλισμένου πολυμερούς από την επιφάνεια του στοιχείου που ενισχύεται κατά την επιβολή των φορτίων**

## Επιβολή Εξωτερικής Περίσφιγξης με Μανδύα Σύνθετων Υλικών

Η τεχνική εφαρμόζεται κυρίως σε υποστυλώματα κτιρίων και βάθρα γεφυρών.

Αποδοτικότερη για στοιχεία κυκλικής και τετραγωνικής διατομής.

Ορθογωνική διατομή: απαιτείται λάξευση των γωνιών ή τοποθέτηση πρόσθετου σκυροδέματος, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μία συνεχής καμπύλη επιφάνεια

Τα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της περίσφιγξης μπορεί να έχουν μία από τις ακόλουθες μορφές:

- Ολόσωμοι μανδύες που αποτελούνται από στρώσεις ινοπλισμένων πολυμερών, οι οποίοι επικολλούνται εξωτερικά σε όλο το ύψος του προς ενίσχυση στοιχείου.
- Μανδύες περιορισμένου ύψους ('κολάρα') που αποτελούνται από μεμονωμένες λωρίδες ινοπλισμένων πολυμερών.
- Προεντεταμένοι μανδύες περιορισμένου ύψους από ινοπλισμένα πολυμερή με μορφή ταινιών 'πακεταρίσματος'.
- Ινοπλισμένα πολυμερή με μορφή σπειροειδούς οπλισμού, ο οποίος περιελίσσεται στην εξωτερική επιφάνεια του



### **A) Προετοιμασία υποστρώματος.**

1. Η επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή από λάδια, σκόνες, βαφές, τσιμεντόνερα κτλ. Προετοιμάστε το υπόστρωμα με αμμοβολή ή τρίψιμο.
2. Καθαρίστε το σχολαστικά και αφαιρέστε πολύ καλά τη σκόνη και τυχόν ψαθυρά ή χαλαρά τμήματα.
3. Η επιφάνεια να είναι επίπεδη , χωρίς βαθμίδες και υπολείμματα τσιμέντου από τις τάβλες. Σε περίπτωση που απαιτούνται επισκευές αυτές πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί και τα κονιάματα επισκευών να έχουν αναπτύξει την αντοχή τους. Τοπικές ανωμαλίες επισκευάζονται με μίγμα Sikadur 30 και χαλαζιακής (1:1) ή Sikadur 30, ανάλογα με το πάχος στρώσης.
4. Όλες οι γωνίες των δοκών ή υποστυλωμάτων να αποτμηθούν τουλάχιστον 15 mm.
5. Ελάχιστη αντοχή υποστρώματος  $1.5 \text{ N/mm}^2$  .
6. Η υγρασία του υποστρώματος πρέπει να είναι μικρότερη από 4%.
7. Να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, να τηρούνται οι min/max θερμοκρασίες περιβάλλοντος, υποστρώματος και υλικών καθώς και το σημείο υγροποίησης (θερμοκρασία εφαρμογής > Dew Point + 3°C)



Εικόνα 1: Έλεγχος εφελκυστικής αντοχής υποστρώματος



Εικόνα 2: Προετοιμασία υποστρώματος



Εικόνα 3: Εξομάλυνση υποστρώματος



Εικόνα 4: Εξομάλυνση ακμών



Εικόνα 5: Ανάμιξη εποξειδικής ρητίνης



Εικόνα 6: Προεπάλειψη με Sikadur 330



Εικόνα 7: Εμποτισμός με Sikadur 300



Εικόνα 8: Εμποτισμός με Sikadur 330



## B) Εφαρμογή υφάσματος

1. Προεπάλειψη (priming) υποστρώματος με Sikadur 330. Αναμίξτε τα δύο συστατικά πρώτα ξεχωριστά και στη συνέχεια μαζί σε καθαρό δοχείο μέχρι ομογενοποίησης σε χαμηλή ταχύτητα (max 500 rpm) για 3 min, περίπου. Αναλογία ανάμιξης A:B=4:1 κατά βάρος. Αδειάστε σε άλλο δοχείο και αναμίξτε ξανά σε χαμηλές στροφές για να φύγει ο εγκλωβισμένος αέρας.

Εφαρμογή του μίγματος στην ως άνω προετοιμασμένη επιφάνεια με πλαστικό ρολό και κατανάλωση 0,7 έως 1,2 kg/m<sup>2</sup>

Μεγάλες ποσότητες ανάμιξης ή/και υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν τον διαθέσιμο χρόνο εφαρμογής (open time). Για να αυξηθούν οι χρόνοι μειώστε την θερμοκρασία των συστατικών A, B, ή και την αναμειγνύομενη ποσότητα.

2. Τοποθέτηση του υφάσματος.

Το ύφασμα έχει ήδη κοπεί στις επιθυμητές διαστάσεις με κοφτερό ψαλίδι.

Η τοποθέτηση του υφάσματος γίνεται με τα χέρια (φορώντας κατάλληλα γάντια) και με την απαιτούμενη προσοχή ώστε να αποφευχθούν πτυχώσεις.

Στη συνέχεια το ύφασμα εμποτίζεται στην ρητίνη με την βοήθεια πλαστικού ρολού. Το ρολό θα πρέπει να δουλεύει στη διεύθυνση των ινών και προς μία μόνο κατεύθυνση μέχρις ότου η ρητίνη διαποτίσει το ύφασμα.

Χρήση του ρολού μπρος - πίσω θα πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται, καθώς μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία πτυχώσεων.

Σε περίπτωση που γίνει λάθος στην τοποθέτηση του υφάσματος (πτυχώσεις, λάθος κατεύθυνση των ινών κλπ.) και εφόσον δεν έχει παρέλθει ο ενεργός χρόνος της ρητίνης, το ύφασμα αφαιρείται με τα χέρια και η εφαρμογή επαναλαμβάνεται. Εάν ο ενεργός χρόνος έχει παρέλθει ύφασμα και ρητίνη θα πρέπει να απομακρυνθούν, να απορριφθούν και η εφαρμογή να επαναληφθεί εκ νέου.

Στη διεύθυνση των ινών απαιτείται επικάλυψη τουλάχιστον 10 cm.

3. Επαναλάβετε, αν απαιτείται νέα στρώση, με εφαρμογή ρητίνης Sikadur 330 περίπου 0,5 kg/m<sup>2</sup> μέσα σε 60 min (20<sup>0</sup>C) από την προηγούμενη ή αν αυτό δεν είναι δυνατό μετά από 12 ώρες. Επαναλάβετε το βήμα 2).
4. Σφραγιστική στρώση με εφαρμογή ρητίνης Sikadur 330 περίπου 0,5 kg/m<sup>2</sup> και επίταση χαλαζιακής άμμου με στόχο την αύξηση της αδρότητας, ούτως ώστε να ακολουθήσει επίχρισμα.



## Αύξηση Αντοχής σε Κάμψη με συνθετικά ελάσματα

Όταν η καμπτική αντοχή ενός δομικού στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι μειωμένη λόγω ανεπαρκούς εφελκυσμένου οπλισμού, μπορεί να αυξηθεί με επικόλληση στην κάτω παρειά του 'υφασμάτων' από σύνθετο υλικό ινοπλισμένου πολυμερούς.

Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως για την ενίσχυση πλακών και δοκών.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι σε περίπτωση αστοχίας του σύνθετου υλικού λόγω μίας τυχηματικής δράσης, όπως π.χ. πυρκαγιάς, το προς ενίσχυση στοιχείο να αναλαμβάνει ασφαλώς τουλάχιστον τα μόνιμα φορτία του.

Για το λόγο αυτό συνιστάται να μην αυξάνεται η καμπτική αντοχή του στοιχείου **περισσότερο από 50%** σε σχέση με την αρχική αντοχή του.



#### A) Προετοιμασία υποστρώματος.

1. Η επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή από λάδια, σκόνες, βαφές, τσιμεντόνερα κτλ. Προετοιμάστε το υπόστρωμα με αμμοβολή ή τρίψιμο.
2. Καθαρίστε το σχολαστικά και αφαιρέστε πολύ καλά τη σκόνη και τυχόν ψαθυρά ή χαλαρά τμήματα.
3. Η επιφάνεια να είναι επίπεδη, χωρίς βαθμίδες και υπολείμματα τσιμέντου από τις τάβλες. Σε περίπτωση που απαιτούνται επισκευές αυτές πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί και τα κονιάματα επισκευών να έχουν αναπτύξει την αντοχή τους. Τοπικές ανωμαλίες επισκευάζονται με μίγμα Sikadur 30 και χαλαζιακής (1:1) ή Sikadur 30, ανάλογα με το πάχος στρώσης.
4. Ελέγξτε την επιπεδότητα με μεταλλικό οδηγό. Οι ανομοιομορφίες του υποστρώματος δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερες από :  
10 mm για ελάσματα μήκους 2,5 m  
2,5 mm για ελάσματα μήκους 0,5 m.
5. Ελάχιστη αντοχή υποστρώματος  $1.5 \text{ N/mm}^2$ .
6. Η υγρασία του υποστρώματος πρέπει να είναι μικρότερη από 4%.
7. Να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, να τηρούνται οι min/max θερμοκρασίες περιβάλλοντος, υποστρώματος και υλικών καθώς και το σημείο υγροποίησης (η θερμοκρασία εφαρμογής πρέπει να είναι μεγαλύτερη του σημείου υγροποίησης (Dew Point) κατά  $3^\circ\text{C}$ )



**Εικόνα 2:** Έλεγχος εφελκυστικής αντοχής υποστρώματος



**Εικόνα 3:** Προετοιμασία υποστρώματος

Θερμοκρασία περιβάλλοντος [°C]	Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας (% ρ.Φ.):										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	-	-27.9	-20.2	-15.4	-12.0	-9.2	-6.8	-4.8	-2.8	-1.4	0.0
1	-	-27.2	-19.3	-14.5	-11.1	-8.2	-5.8	-3.8	-1.9	-0.4	+1.0
2	-	-26.4	-18.5	-13.7	-10.2	-7.3	-5.0	-2.8	-1.0	+0.6	+2.0
3	-	-25.6	-17.7	-12.9	-9.4	-6.4	-4.1	-1.9	-0.1	+1.5	+3.0
4	-	-24.8	-16.8	-12.0	-8.5	-5.5	-3.1	-1.0	+0.8	+2.5	+4.0
5	-	-24.0	-15.9	-11.2	-7.6	-4.6	-2.2	-0.1	+1.8	+3.5	+5.0
6	-	-23.1	-15.0	-10.3	-6.6	-3.7	-1.3	+0.8	+2.8	+4.5	+6.0
7	-	-22.3	-14.2	-9.4	-5.7	-2.8	-0.4	+1.8	+3.8	+5.5	+7.0
8	-	-21.6	-13.5	-8.5	-4.8	-1.8	+0.6	+2.8	+4.8	+6.5	+8.0
9	-	-21.0	-12.8	-7.6	-3.8	-0.8	+1.6	+3.8	+5.8	+7.4	+9.0
10	-	-20.2	-12.0	-6.7	-2.9	+0.1	+2.5	+4.8	+6.8	+8.4	+10.0
11	-	-19.5	-11.1	-5.9	-2.0	+0.9	+3.5	+5.7	+7.8	+9.4	+11.0
12	-	-18.7	-10.2	-5.0	-1.2	+1.7	+4.4	+6.6	+8.7	+10.4	+12.0
13	-	-17.9	-9.4	-4.2	-0.3	+2.6	+5.3	+7.5	+9.7	+11.4	+13.0
14	-	-17.2	-8.6	-3.3	+0.6	+3.5	+6.2	+8.5	+10.6	+12.3	+14.0
15	-	-16.4	-7.8	-2.4	+1.5	+4.5	+7.2	+9.5	+11.6	+13.3	+15.0

**Εικόνα 1:** Παράδειγμα υπολογισμού σημείου υγροποίησης.





Εικόνα 9: Εφαρμογή ρητίνης στο υπόστρωμα



Εικόνα 10: Εφαρμογή ρητίνης στο έλασμα



Εικόνα 11: Τοποθέτηση ελάσματος



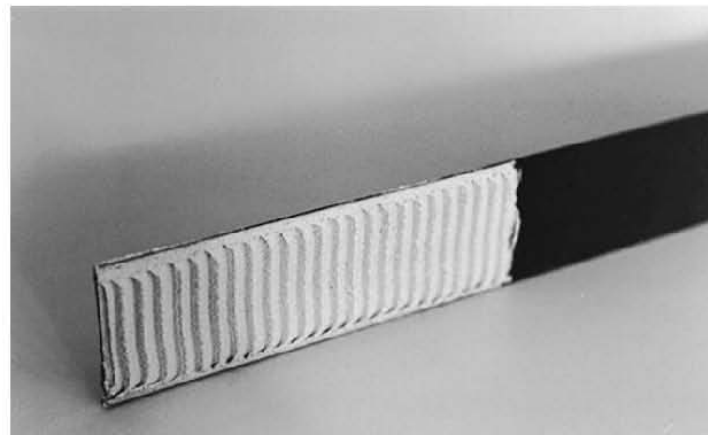
Εικόνα 12: “Ρολάρισμα” ελάσματος



Εικόνα 13: Απομάκρυνση πλεονάζουσας ρητίνης

### **B) Προετοιμασία προδιαμορφωμένων γωνιών (24h πριν την εφαρμογή).**

1. Εάν απαιτείτε, κόβουμε τις προδιαμορφωμένες γωνίες στις επιθυμητές διαστάσεις του ενισχυόμενου στοιχείου με γωνιακό τροχό ή πριόνι. Πριν από την κοπή θα πρέπει να αφαιρεθούν από τις πλευρές της γωνίας οι προστατευτικές ζελατίνες.
2. Εφαρμογή ρητίνης Sikadur 30 με οδοντοτή σπάτουλα (5mm) και στις δύο πλευρές του άκρου της γωνίας που θα χρησιμοποιηθεί για την αγκύρωση. Αναμίξετε τα δύο συστατικά της ρητίνης πρώτα ξεχωριστά και στη συνέχεια μαζί σε καθαρό δοχείο μέχρι ομογενοποίησης σε χαμηλή ταχύτητα (max 500 rpm) για 3 min, περίπου. Αναλογία ανάμιξης A:B=3:1 κατά βάρος. Αδειάστε σε άλλο δοχείο και αναμίξετε ξανά σε χαμηλές στροφές για να φύγει ο εγκλωβισμένος αέρας.
3. Η διεύθυνση των ραβδώσεων της ρητίνης να είναι κάθετη στη διεύθυνση των ινών του άνθρακα. Το μήκος εφαρμογής της ρητίνης θα πρέπει να είναι 10mm μεγαλύτερο από το μήκος αγκύρωσης. Πριν την εφαρμογή να αφαιρεθούν από τις πλευρές της γωνίας οι προστατευτικές ζελατίνες.



**Εικόνα 4 & 5: Γωνία έτοιμη προς εφαρμογή.**

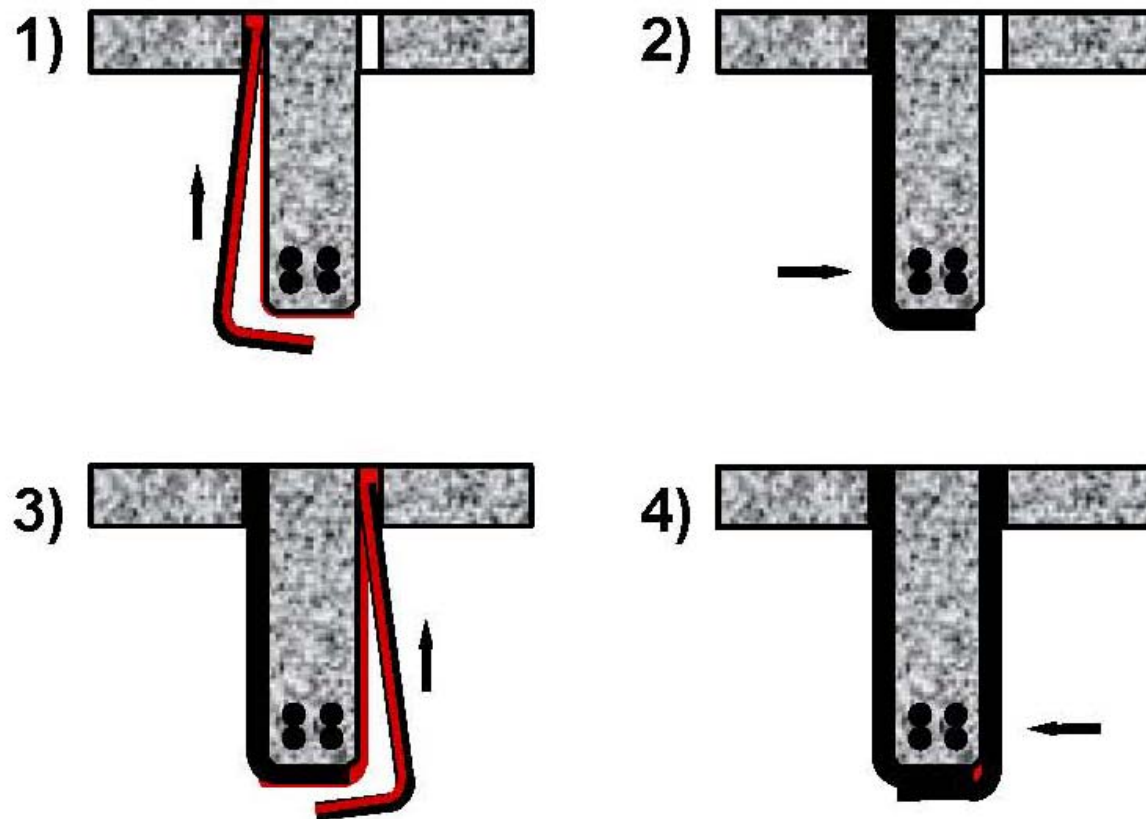
### **Γ) Προετοιμασία ζώνης αγκύρωσης.**

1. Η κατασκευή οπών για την αγκύρωση των προδιαμορφωμένων γωνιών γίνεται με ειδικά σχεδιασμένο αλυσοπρίονο ή με τρυπάνι.
2. Ανοίγουμε 3 παράλληλες διαδοχικές οπές των  $\text{Ø}26\text{mm}$  σε διαστήματα 10-15mm, ούτως ώστε να δημιουργηθεί μια συνεχόμενη όπη πλάτους 50mm περίπου.
3. Καθαρίστε την όπη με ηλεκτρική σκούπα και αφαιρέστε πολύ καλά την σκόνη και τυχόν ψαθυρά ή χαλαρά τμήματα.
4. Σε περιπτώσεις αγκυρωσης των γωνιών σε πλακοδοκό, οι οπές θα πρέπει να ανοιχτούν όσο το δυνατόν πλησίον της επιφανείας μεταξύ της πλάκας και της δοκού ετσι ώστε το πάχος της Sikadur 30 να είναι μικρό.

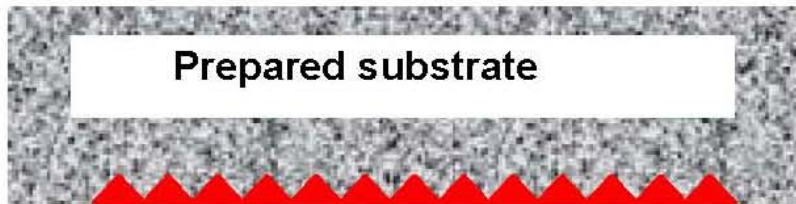


**Εικόνα 6:** Προετοιμασία ζώνης αγκύρωσης





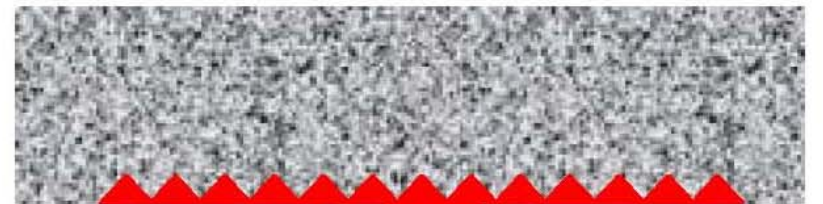
Εικόνα 7: Σχηματική απεικόνιση της τοποθέτησης των CarboShear L επί του στοιχείου.



Sikadur<sup>®</sup>-30



Sika<sup>®</sup> CarboShear<sup>®</sup> L plate  
Sikadur<sup>®</sup>-30 with domed  
profile



Air

Rubber roller



Εικόνα 8 & 9: Κοπή των γωνιών



Εικόνα 10: Καθαρισμός ελάσματός



Εικόνα 11: Ανάμιξη εποξειδικής ρητίνης



Εικόνα 12: Πλήρωση ζώνης αγκύρωσης με ρητίνη



Εικόνα 13: Εφαρμογή ρητίνης στην γωνία.



Εικόνα 14: Εφαρμογή ρητίνης στο υπόστρωμα.



Εικόνα 15: Εφαρμογή της γωνίας



Εικόνα 16: “Ρολάρισμα” πλευρών γωνίας.



Εικόνα 16: Απομάκρυνση πλεονάζουσας ρητίνης.





Εικόνα 2: Έλεγχος εφελκυστικής αντοχής υποστρώματος



Εικόνα 3: Προετοιμασία υποστρώματος

#### B) Εφαρμογή ελάσματος

1. Κόβουμε τα ελάσματα στα επιθυμητά μήκη. Το κόψιμο γίνεται με γωνιακό τροχό ή πριόνι.
2. Καθαρισμός του ελάσματος από σκόνη και λιπαρές ουσίες με καθαρό ύφασμα εμποτισμένο σε Colma Cleaner.
3. Έλεγχος συνθηκών υγροποίησης.
4. Προ-επάλειψη (priming) υποστρώματος με Sikadur 30. Αναμίξετε τα δύο συστατικά πρώτα ξεχωριστά και στη συνέχεια μαζί σε καθαρό δοχείο μέχρι ομογενοποίησης σε χαμηλή ταχύτητα (max 500 rpm) για 3 min, περίπου. Αναλογία ανάμιξης A:B=3:1 κατά βάρος. Αδειάστε σε άλλο δοχείο και αναμίξετε ξανά σε χαμηλές στροφές για να φύγει ο εγκλωβισμένος αέρας. Εφαρμογή του μίγματος στην ως άνω προετοιμασμένη επιφάνεια με σπάτουλα σε πάχος στρώσης maximum 1mm. Η εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται ασκώντας σχετική πίεση. Μεγάλες ποσότητες ανάμιξης ή/και υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν τον διαθέσιμο χρόνο εφαρμογής (open time). Για να αυξηθούν οι χρόνοι μειώστε την θερμοκρασία των συστατικών A, B, ή και την αναμειγνυόμενη ποσότητα.











































