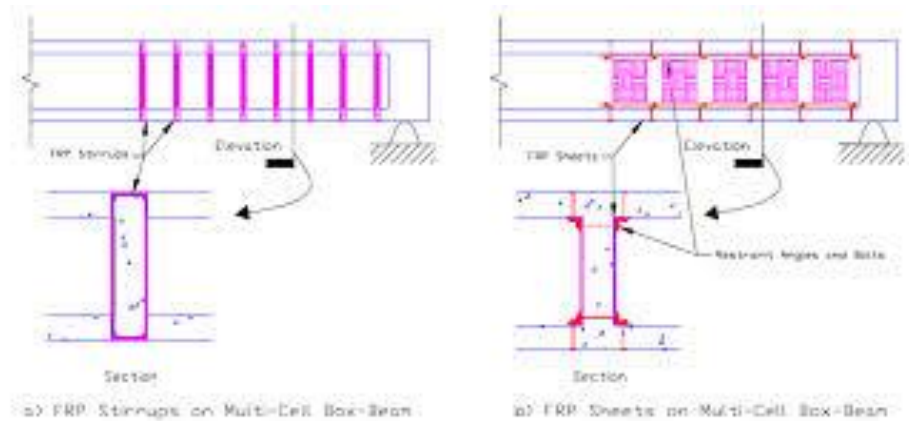




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΑΠΟΣΑΡΘΡΩΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΟ ΤΕΙ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ”**

ΑΔΡΑΣΚΕΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ – ΟΥΑΜΠΙΚ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ - ΣΥΨΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΣΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ

Δρ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΚΑΒΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την επισκευή αποσαθρωποποιημένων δομικών στοιχείων σκυροδέματος και λαμβάνει χώρα στο Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, με τις εφαρμογές της τεχνολογίας των σύνθετων υλικών ή αλλιώς Ινοπλισμένων Πολυμερών (Ι.Ο.Π) ή στα αγγλικά Fiber Reinforced Polymers (F.R.Ps). Το Κεφάλαιο 1 περιγράφει γενικά για τα σύνθετα υλικά, την φύση, τις ιδιότητες, την ταξινόμηση και κριτήρια αξιολόγησης, τις εφαρμογές σε δομικά έργα (αεροναυπηγία, ναυπηγική, κλπ.). Επίσης περιγράφει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των σύνθετων υλικών. Το Κεφάλαιο 2 περιγράφει την χρήση των εποξειδικών ρητίνων για την ενίσχυση των δομικών υλικών. Το Κεφάλαιο 3 αναφέρεται στα υφάσματα από ινώδη πολυμερή, τα είδη τους (άνθρακα, υαλού, αραμιδίου), τις μορφές τους, την διάταξη των ινών στις ιδιότητες των σύνθετων υλικών, την εφαρμογή τους και τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα τους. Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει την αποκατάσταση δομικών ατελειών με ελάσματα από ανθρακονήματα. Το Κεφάλαιο 5 αναφέρεται στην ενίσχυση σε κάμψη. Στο Κεφάλαιο 6 αναφερόμαστε στην περίσφιγξη με ινοελάσματα και στην συμπεριφορά και το καταστατικό νόμο σκυροδέματος περισφιγμένου μέσω σύνθετων υλικών. Αναφορά γίνεται επίσης στον τρόπο επισκευής αλλά και στην αντοχή του επισκευασμένου σκυροδέματος. Κατά την διάρκεια της παρουσίας της εργασίας αυτής, παρατίθεται φωτογραφικό υλικό για την παραστατική απεικόνιση των θεμάτων που διαπραγματευόμαστε.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι Σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

Αδρασκέλα Παναγιώτα

(Υπογραφή)

(Ονοματεπώνυμο)

Ουάμπικ Δημήτριος

(Υπογραφή)

(Ονοματεπώνυμο)

Σύψας Χαράλαμπος

(Υπογραφή)

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ	6
1.1 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	6
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	7
1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	7
1.3.1.Πλεονεκτήματα των σύνθετων υλικών	7
1.3.2. Κριτήριο αξιολόγησης των υλικών	8
1.3.3 Μηχανικές ιδιότητες σύνθετων υλικών	9
1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	9
1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΡΗΤΙΝΕΣ (μήτρα, πολυμερική)	14
2.1 ΧΡΗΣΕΙΣ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΗΣ ΡΗΤΙΝΗΣ.....	14
2.1.1 Πεδία εφαρμογής της εποξειδικής ρητίνης	14
2.1.2 Τύποι και αιτίες ρηγματώσεων.	15
2.1.3 Προϋποθέσεις καταλληλότητας μίας εποξειδικής ρητίνης	17
2.1.4 Απαιτούμενος εξοπλισμός για την ρητινένεση.....	18
2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΩΝ	19
2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	21
2.4 Η τεχνική των ρητινενέσεων έναντι άλλων τεχνικών επισκευής ρωγμών.	22
2.4.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης της εποξειδικής ρητίνης.....	22
2.4.2 Μειονεκτήματα της χρήσης της εποξειδικής ρητίνης	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΙΝΩΔΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	24
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΙΝΩΔΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ	24
3.2 ΕΙΔΗ ΙΝΩΝ	25
3.2.1 Ίνες άνθρακα.....	25
3.2.2 Ίνες υαλού.....	25
3.2.3 Ίνες αραμιδίου.....	26
3.3 ΜΟΡΦΕΣ ΙΝΩΝ.....	26
3.3.1 Επίδραση της γεωμετρίας της δομής και της διάταξης των ινών στις ιδιότητες των σύνθετων υλικών	30
3.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΘΡΑΚΟΥΦΑΣΜΑΤΩΝ.....	32
3.4.1 Ενίσχυση κόμβου με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος	33
3.4.2 Πολυμερές ενισχυμένο με ίνες άνθρακα.....	36
3.4.3 Χαρακτηριστικά του σύνθετου υλικού από ίνες άνθρακα.....	39

3.4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	41
3.4.5 Ενίσχυση έναντι κάμψης, διάτμησης κι αξονικού φορτίου	43
Ανθρακονήματα (FRP) - Χαλυβδοελάσματα	44
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΣΤΟΝ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΟ ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΜΕ ΕΛΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΙΜΑΤΑ	56
4.1Εξιλασμένα ελάσματα ινών άνθρακα για δομητικές ενισχύσεις	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο Ενίσχυση σε κάμψη	94
5.1 Γενικά	94
5.2. Αρχική κατάσταση	95
5.3 Οριακή κατάσταση αντοχής – μηχανισμοί αστοχίας	96
5.4 Υπολογισμοί για την οριακή κατάσταση αντοχής	97
5.4.1 Μηχανισμοί πλήρους συνεργασίας	97
5.5 Απαιτήσεις πλαστιμότητας	99
5.6 Σύνοψη διαδικασίας υπολογισμών-οριακή κατάσταση αντοχής	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ	104
6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	104
6.2 Συμπεριφορά και καταστατικός νόμος σκυροδέματος περισφιγμένου μέσο σύνθετων υλικών	104
6.2.1 Συμπεριφορά	104
6.2.2 Αναλυτικό προσομοίωμα σχεδιασμού	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FRP's	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ	116
8.1 Πειραματική διαδικασία για τον υπολογισμό αντοχής οπλισμένου σκυροδέματος με την μέθοδο των υπερήχων	116
8.1.1 Πειραματικός υπολογισμός της ταχύτητας ήχου σε διαγώνια κατεύθυνση της τοιχοποιίας:	118
8.2 Υπολογισμός ταχύτητας του ήχου στο ξύλο	120
8.3 Υπολογισμός της ταχύτητας του ήχου στο σκυρόδεμα	121
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	124
Βιβλιογραφία.....	126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

1.1 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι συνεχόμενα αυξανόμενες απαιτήσεις για κατασκευές ανθεκτικότερες και ελαφρύτερες, οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων υλικών¹. Η αύξηση της αντοχής και η ταυτόχρονη μείωση του βάρους έχουν ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, το χαρακτηριστικό μέγεθος των νέων υλικών είναι οι υψηλές τιμές του λόγου αντοχή / βάρος, σε σχέση με τα παραδοσιακά υλικά. Τα νέα υλικά βρίσκουν εφαρμογή σε ένα πλήθος κατασκευαστικών κλάδων, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροδιαστημική, τα τεχνικά έργα, καθώς επίσης και οι βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων καθημερινής χρήσης. Στην κατηγορία των νέων υλικών συγκαταλέγονται και τα σύνθετα υλικά (composite materials), που ήδη παρουσιάζουν ευρύτατη εφαρμογή σε πολλούς κατασκευαστικούς τομείς. Η ιδέα της κατασκευής και της χρήσης σύνθετων υλικών προέρχεται από την αρχαιότητα. Επίσης η ανάπτυξη νέων τεχνικών, η χρησιμοποίηση νέων πρώτων υλών και η ποικιλία των διάφορων υλικών οδήγησε στην παραγωγή όλο και πιο βελτιωμένων υλικών. Η βασική ιδέα της ανάπτυξης ενός σύνθετου υλικού είναι η φυσική ανάμειξη δύο ή περισσότερων υλικών με σκοπό την δημιουργία ενός νέου υλικού το οποίο θα έχει τελικές ιδιότητες διαφορετικές από τις αντίστοιχες των αρχικών υλικών. Έτσι, κάνοντας μια κατάλληλη επιλογή των αρχικών υλικών, μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα σύνθετο υλικό με τις επιθυμητές ιδιότητες. Από το γεγονός αυτό συμπεραίνουμε ότι ο μεγάλος αριθμός των συνδυασμών των υλικών δημιουργεί πολλούς τύπους σύνθετων υλικών. Ένας από τους πιο γνωστούς και πλέον διαδεδομένους τύπους είναι τα ινώδη σύνθετα υλικά (Fiber Reinforced Composites) όπου μία συνεχής φάση που ονομάζεται μήτρα (matrix) ενισχύεται με ίνες (fibers). Οι πιο γνωστές μήτρες είναι οι πολυμερικές και οι τύποι ινών που συνήθως χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικά είναι οι ίνες άνθρακα (carbon fibers), οι ίνες γυαλιού (glass fibers), οι ίνες aramid (Kevlar), οι κεραμικές ίνες (ceramic fibers) και τέλος οι πολυμερικές ίνες (polymeric fibers). Η επανάσταση στον τομέα των κατασκευών, όπου σημαντικό ρόλο παίζουν τα προηγμένα σύνθετα υλικά, οφείλεται στην βελτίωση

¹ Ι.Γκοτσοπούλου και Αικ. Κρεμασιώτη, σύνθετα υλικά σε νέες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, από τει Πειραιά τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δομικών Έργων 2008

των υλικών και την καλύτερη κατανόηση των ιδιοτήτων τους και των συνδυασμών τους και εξαρτάται από τον τρόπο που σχεδιάζουμε και κατασκευάζουμε. Κάνοντας μία προεπισκόπηση των παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι διανύουμε την εποχή των σύνθετων υλικών, γεγονός που σηματοδοτεί την ραγδαία ανάπτυξη των εφαρμογών των υλικών αυτών στον κατασκευαστικό τομέα.

1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα σύνθετα υλικά αποτελούνται από ίνες υψηλής αντοχής (άνθρακα, υαλού ή σπανιότερα αραμιδίου) πλεγμένες μέσα σε μία μήτρα εποξειδικής ρητίνης σχηματίζοντας έτσι ένα είδος υφάσματος ή ελάσματος. Οι ίνες προσφέρουν αυξημένη δυσκαμψία και εφελκυστική αντοχή ενώ η ρητίνη δίνει την θλιπτική αντοχή στο υλικό και αποτελεί το μέσο σύνδεσης των ινών. Τα υφάσματα αυτά (ή ελάσματα) με την χρήση επιπλέον εποξειδικής ρητίνης για την εφαρμογή τους στις κατασκευές, σχηματίζουν ένα σύνολο υψηλών αντοχών, το οποίο επικολλάται μέσω της ρητίνης στο δομικό στοιχείο που ενδιαφέρει προσφέροντας ανάλογα με την περίπτωση σημαντική αύξηση αντοχής. Η ρητίνη δηλαδή χρησιμοποιείται τόσο σαν την μήτρα του σύνθετου υλικού, όσο και σαν το συγκολλητικό μέσο που θα προσφέρει τον απαραίτητο δεσμό μεταξύ του σύνθετου υλικού και του υπό ενίσχυση στοιχείου.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του μίγματος είναι ότι μπορεί να μορφωθεί επιτόπου στο έργο γύρω από οποιοδήποτε σχήμα επιφάνειας (μετά την κατάλληλη προετοιμασία αυτής). Ο προσανατολισμός των ινών γίνεται με τέτοιον τρόπο ώστε να αξιοποιούνται οι καλές ιδιότητές τους και να παραλαμβάνονται οι εφελκυστικές δυνάμεις. Σύνθετα υλικά που έχουν εφαρμογή στις νέες κατασκευές μπορούμε να πούμε ότι είναι τα αφρώδη υλικά και τα επιχρίσματα στα οποία θα αναφερθούμε, που κι αυτά εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου και μελετάτε η σύστασή τους, έτσι ώστε να έχουν τις καλύτερες ιδιότητες και τη μέγιστη αποτελεσματικότητα στις κατασκευές. Τα υλικά αυτά αν και δεν αφορούν τόσο την ενίσχυση και την επισκευή των κτιρίων, όπως οι εποξειδικές ρητίνες και τα υφάσματα, ανήκουν στα σύνθετα υλικά.

1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1.3.1. Πλεονεκτήματα των σύνθετων υλικών

Οι ιδιότητες κάθε υλικού, είτε αυτό είναι απλό ή σύνθετο, μπορούν να διακριθούν σε μηχανικές και μη μηχανικές. Οι μηχανικές ιδιότητες ενός υλικού είναι η αντοχή, η ακαμψία, η ολκιμότητα, η σκληρότητα και η συμπεριφορά του σε κόπωση, ερπυσμό, χαλάρωση και άλλα. Οι μη μηχανικές ιδιότητες ενός υλικού είναι η πυκνότητα, η θερμική συμπεριφορά, η αντίσταση σε διάβρωση και άλλα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των σύνθετων υλικών είναι ότι διαθέτουν τις περισσότερες φορές τις βέλτιστες ιδιότητες των υλικών που τα αποτελούν και επιπλέον ιδιότητες που κανένα από τα πρώτα υλικά δεν είχε. Με αυτόν τον τρόπο οι ιδιότητες που κάνουν τα σύνθετα υλικά ανώτερα από τα κοινά είναι:

1. Αντοχή
2. Ακαμψία
3. Αντίσταση στη διάβρωση
4. Αντίσταση στη φθορά
5. Χαμηλό κόστος
6. Μείωση του βάρους της κατασκευής
7. Συμπεριφορά σε κόπωση
8. Θερμική μόνωση
9. Θερμική αγωγιμότητα
10. Ακουστική μόνωση

Κάθε σύνθετο υλικό κατασκευάζεται έτσι ώστε να διαθέτει κάποιες από αυτές τις ιδιότητες σύμφωνα πάντα με τις απαιτήσεις της χρήσης του. Ούτως ή άλλως ένα σύνθετο υλικό δεν μπορεί να διαθέτει όλες τις παραπάνω ιδιότητες αφού ο συνδυασμός μερικών από αυτών είναι αδύνατος.

Τα ινώδη σύνθετα υλικά με τα οποία και θα ασχοληθούμε διαθέτουν τέσσερα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα τα οποία είναι η ακαμψία, η μεγάλη αντοχή, το μικρό βάρος και το χαμηλό κόστος.

1.3.2. Κριτήριο αξιολόγησης των υλικών

Ένα από τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης των υλικών είναι οι «ειδικές ιδιότητες» (specific properties). Ειδική ιδιότητα ενός υλικού ονομάζουμε τον λόγο της τιμής της ιδιότητας προς την πυκνότητα του υλικού. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει η ειδική ιδιότητα τόσο ελαφρύτερο είναι το υλικό ενώ συγχρόνως διαθέτει υψηλότερη τιμή της συγκεκριμένης ιδιότητας. Για τα σύνθετα υλικά η ειδική δυσκαμψία, η ειδική αντοχή και το κόστος αποτελούν σημαντικά κριτήρια για την αποτελεσματικότητά

τους. Άλλο ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης εκτός από τον λόγο αυτό είναι και οι ποσότητες των αποβλήτων που παράγει η χρήση του κάθε υλικού και πως αυτά μπορούν να ανακυκλωθούν. Παρ'όλο που τα απόβλητα των σύνθετων υλικών δεν μπορούν να ανακυκλωθούν δεν επηρεάζει την χρήση τους διότι οι ποσότητες αυτών των αποβλήτων είναι μικρές γιατί αυτά μπορούν να διαμορφωθούν όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την τελική τους μορφή.

1.3.3 Μηχανικές ιδιότητες σύνθετων υλικών

Οι άριστες μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους και ο λόγος της ευρείας χρήσης του στις κατασκευές. Οι ιδιότητες ενός σύνθετου υλικού καθορίζονται από τις ιδιότητες των επιμέρους υλικών που το αποτελούν συγκεκριμένα στην περίπτωση που μελετάμε των ινών και της εποξειδικής ρητίνης.

1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα σύνθετα υλικά με τα οποία θα ασχοληθούμε είναι τα πολυμερή η χρήση των οποίων προέρχεται από πολλές έρευνες της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών η οποία τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί. Για να καταλάβουμε όμως από πού ακριβώς προέρχονται και πως αυτά ταξινομούνται πρέπει να δούμε ποια είναι η οικογένειά τους. Ξεκινώντας την ταξινόμησή τους, έχουμε:

ΜΗΤΡΕΣ: Οι μήτρες είναι η αρχή των υλικών αυτών και διαχωρίζονται σε:

- 1) ΠΟΛΥΜΕΡΗ
- 2) ΚΕΡΑΜΙΚΑ
- 3) ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα πολυμερή διακρίνονται σε:

- 1) ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ
ΡΑ, ΡΡ, ABS, HIPS, ΡΕΕΚ
- 2) ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ
Εποξειδικά, Πολυεστέρες

Τα μέσα ενίσχυσης των υλικών αυτών είναι τα εξής:

- 1) ΙΝΕΣ
- 2) ΚΟΚΚΟΙ
- 3) ΥΦΑΣΜΑΤΑ

4) ΝΙΦΑΔΕΣ

Οι ίνες χωρίζονται σε:

1) ΣΥΝΕΧΕΙΣ

2) ΑΣΥΝΕΧΕΙΣ

1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα σύνθετα υλικά και ιδιαίτερα τα ινώδη σύνθετα υλικά με πολυμερική μήτρα, βρίσκουν συνεχώς όλο και περισσότερες εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Το μεγαλύτερο μέρος της ασφάλειας μας εξαρτάται πλέον από τα σύνθετα υλικά αφού το πεδίο των εφαρμογών τους είναι ευρύτατο, από τα μέσα μαζικής μεταφοράς μέχρι και στον οικιακό εξοπλισμό.

Όπως έχουμε είδη αναφέρει τα σύνθετα υλικά χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της σημερινής βιομηχανίας οι οποίοι φαίνονται παρακάτω.

A. Ναυπηγική: Ο τομέας της ναυπηγικής αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τομέα όπου τα σύνθετα υλικά έχουν αντικαταστήσει σχεδόν πλήρως τα παραδοσιακά υλικά και ιδιαίτερα το ξύλο. Η χαμηλή πυκνότητα, η μεγάλη αντίσταση σε διάβρωση και η ευκολία παραγωγής ολόσωμων τμημάτων του σκάφους με χύτευση σε καλούπια, είναι οι λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη μικρών βιομηχανιών κατασκευής σκαφών αναψυχής ενώ η μείωση του κόστους των επισκευών οδήγησε στην χρήση των υλικών αυτών στο τομέα της ναυπηγικής. Επίσης, αλλά σε μικρότερη κλίμακα τα σύνθετα υλικά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ναρκαλιευτικών.

B. Μεταφορές: Ένας άλλος τομέας είναι οι μεταφορές όπου λόγο της μείωσης του κόστους της κατασκευής και της μείωσης του βάρους που συνεπάγεται και η εξοικονόμηση ενέργειας βλέπουμε την ευρεία χρήση των σύνθετων υλικών. Η χρήση των ενισχυμένων πλαστικών πλαισίων περιορίζεται για την κατασκευή αμαξωμάτων αγωνιστικών αυτοκινήτων προς το παρόν τουλάχιστον. Η εφαρμογή των σύνθετων υλικών δεν περιορίζεται μόνο στην αυτοκινητοβιομηχανία αλλά και στους σιδηρόδρομους.

Γ. Ηλεκτρικά είδη: Ο τύπος E-glass, είναι ένας από τους διάφορους τύπους ινών υαλού που παράγονται και χρησιμοποιείται στις ηλεκτρικές εφαρμογές και ιδιαίτερα

εκεί που απαιτείται ηλεκτρική μόνωση. Τα είδη που το απαιτούν είναι οι ηλεκτρική διακόπτες, οι υποδοχείς ηλεκτρικών λαμπτήρων, οι ηλεκτρικοί διανομείς

Δ. Παραγωγή αντιδιαβρωτικών: Η εύκολη παραγωγή μεγάλων και πολύπλοκων σχημάτων κατασκευών με απλή χύτευση βοηθάει την εφαρμογή των υλικών αυτών στη κατασκευή δεξαμενών και αναρροφητήρων για την αποθήκευση τοξικών χημικών ουσιών, σωλήνων για την μεταφορά νερού και αποχετευτικών λυμάτων, δεξαμενών αποθήκευσης νερού και κρασιού όπως επίσης και στην κατασκευή εγκαταστάσεων για την παραγωγή χημικών ουσιών. Πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει το χαμηλό ειδικό βάρος και η ευκολία μεταφοράς που ελαχιστοποιούν το κόστος και κάνουν την μεταφορά των σωλήνων πιο εύκολη σε μεγάλες αποστάσεις και δύσβατες περιοχές.

Σημαντική επίσης είναι και η χρήση των σύνθετων υλικών υψηλής απόδοσης των οποίων το κόστος της παραγωγής είναι ιδιαίτερο υψηλό αλλά αντισταθμίζεται από την υψηλή τους απόδοση. Τα υλικά αυτά είναι ενισχυμένα με ίνες άνθρακα και Kevlar. Τα σύνθετα υλικά υψηλής απόδοσης εφαρμόζονται στους παρακάτω τομείς:

A. Αεροδιαστημική: Η χρήση των ελαφρών σύνθετων υλικών στην κατασκευή ενός διαστημοπλοίου επιφέρει μείωση του κόστους. Έτσι, πολυμερή ενισχυμένα με ίνες άνθρακα και Kevlar συχνά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κύριων τμημάτων διαστημοπλοίων όπως είναι οι κεραιές σχήματος δίσκου, τα αυτόκλειστα για τα αέρια καύσης καθώς και την κατασκευή κώνων. Σημαντικό ρόλο παίζει ο χαμηλός συντελεστής θερμικής διαστολής κατά μήκος των ινών αυτών, ο οποίος εξασφαλίζει μεγάλη σταθερότητα σχήματος σε μέρη του διαστημοπλοίου ή του δορυφόρου που κατά την διάρκεια της πτήσης τους είναι εκτεθειμένα σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές.

Σήμερα γίνεται προσπάθεια έτσι ώστε η χρήση των σύνθετων υλικών να γίνεται σε αεροσκάφη και ανεμόπτερα. Η κατασκευή κάποιων τμημάτων ενός ελικοπτέρου από σύνθετα υλικά αυξάνει σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο ζωής και την ταχύτητα του ελικοπτέρου αφού η αντοχή του σε κόπωση μεγαλώνει.

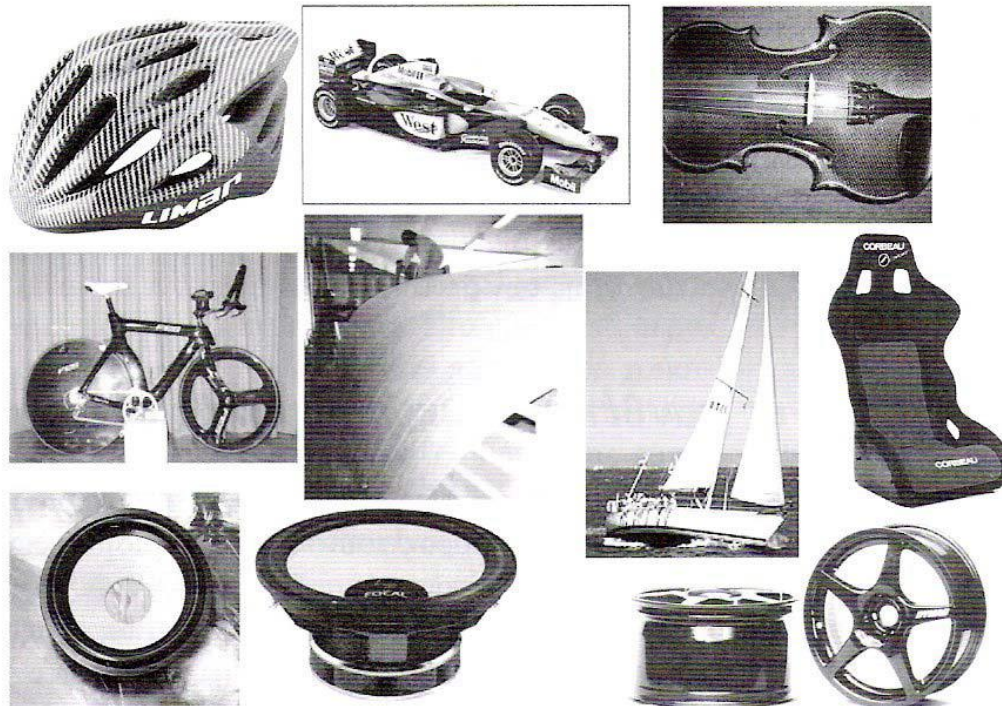
B. Βιομηχανία αθλητικών ειδών: Οι εφαρμογές των σύνθετων υλικών στην αεροδιαστημική οδήγησαν και στην χρήση τους από τις βιομηχανίες αθλητικών ειδών καθώς η χρήση τους επιφέρει μείωση βάρους και ταυτόχρονη βελτίωση της συμπεριφοράς τους και την αύξηση της ταχύτητάς τους. Έτσι σήμερα κάποια από τα αθλητικά είδη όπως τα μπαστούνια του γκολφ, ταπέδιλα του σκι, τα καλάμια ψαρέματος και πολλά άλλα είναι φτιαγμένα εν μέρει από σύνθετα υλικά.

Γ. Ιατρική: Στην προσπάθεια του ιατρικού κλάδου να επιλύσει το πρόβλημα της εξεύρεσης φυσικών μοσχευμάτων, ασχολήθηκαν με την κατασκευή τεχνητών μοσχευμάτων. Έτσι αναπτύχθηκε μία νέα επιστήμη, η επιστήμη των βιοϋλικών, που έκανε τα πρώτα της βήματα την δεκαετία του 1950. Η επιστήμη αυτή έχει σαν σκοπό την ανάπτυξη νέων μη τοξικών υλικών κατάλληλων για την αντικατάσταση ιστών και φυσικών οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Πολλά υλικά όπως τα νέα πολυμερή, κεραμικά και σύνθετα υλικά συγκαταλέγονται σε αυτά που επιτρέπουν στους μηχανικούς

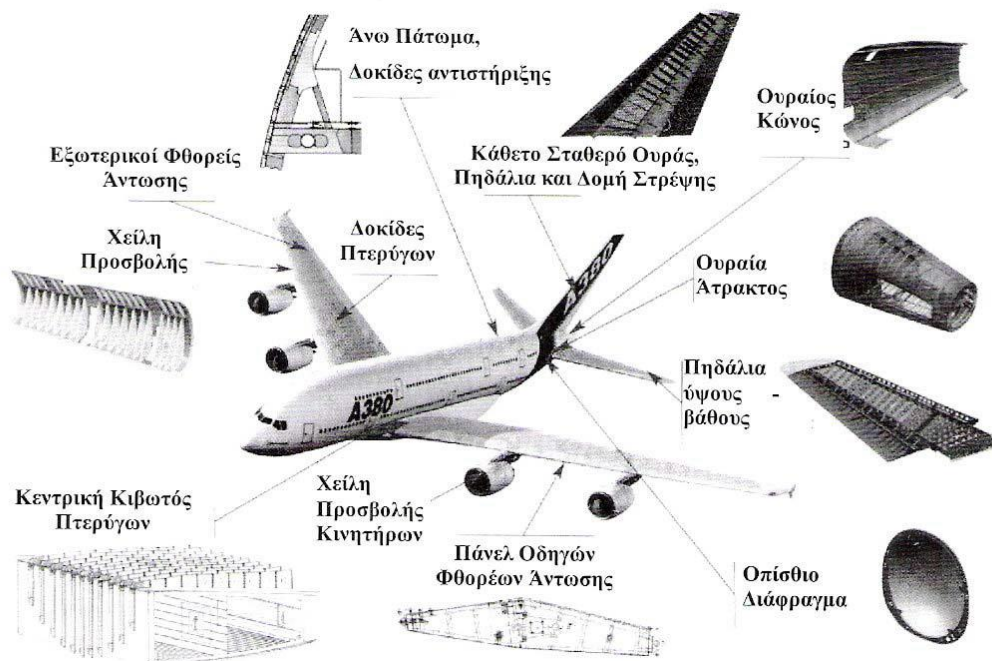
να ασχολούνται με θέματα ιατρικής και να σχεδιάζουν τεχνητά βιοσυμβατά μοσχεύματα. Στην επιστήμη της οδοντιατρικής, νέα υλικά όπως οι κονίες δεν είναι τίποτε άλλο παρά μόνο κοκκώδη σύνθετα υλικά.

Δ. Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές: Μεγάλες προσπάθειες γίνονται για την εισαγωγή των σύνθετων υλικών στους τομείς αυτούς. Αξίζει να επισημάνουμε ότι γίνεται μία προσπάθεια να αντικατασταθεί το πυρίτιο από το φουλερένιο στην κατασκευή των ημιαγωγών. Όπως επίσης με την βοήθεια του χαλκού και του χρωμίου αντί των πολύτιμων μετάλλων λευκόχρυσου, παλλαδίου και ραδίου κατασκευάστηκαν καταλυτικοί μετατροπείς.

Τα παραπάνω είναι κάποιοι τομείς που εφαρμόζονται τα σύνθετα υλικά σήμερα και η προσπάθεια επέκτασής τους. Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε μόνο με την εφαρμογή τους στην οικοδομική, στις νέες κατασκευές που απαιτούν πολλά από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως είναι η εύκολη μεταφορά τους, το χαμηλό βάρος τους και οι υψηλές αντοχές που αυτά δίνουν.



Εικόνα: Διάφορα πεδία εφαρμογών των σύνθετων υλικών.



Εικόνα: Η χρήση των σύνθετων υλικών με ανθρακονήματα στη δομή των αεροσκαφών AIRBUS A380.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΡΗΤΙΝΕΣ (μήτρα, πολυμερική)

Οι εποξειδικές ρητίνες είναι υλικά τα οποία έρχονται στο εργοτάξιο σε συσκευασίες δύο συστατικών, το Α (ρητίνη) και το Β (σκληρυντής). Τα υλικά αυτά αναμειγνύονται πριν από την τελική τους χρήση και μετά την εφαρμογή τους δημιουργούν μια ισχυρή σύνδεση των παρειών της ρωγμής. Χρησιμοποιούνται επίσης όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε οπλισμούς σε παλαιό σκυρόδεμα π.χ. βλήτρα σε μανδύες ή αναμονές, ή να συνδεθεί παλαιό σκυρόδεμα με νέο νωπό σκυρόδεμα, ώστε η επιφάνεια τους να συγκολληθεί. Η χρήση τους στις παραπάνω εφαρμογές είναι μεγάλη. Απαιτείται όμως προσοχή στον τρόπο εφαρμογής τους, ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Η χρήση των εποξειδικών ρητίνων είναι ιδιαίτερα αυξημένη στις επεμβάσεις κυρίως για την αποκατάσταση ρωγμών αλλά και για άλλες εφαρμογές. Η τεχνική της ρητινέσεως απαντάται κυρίως στον φέροντα οργανισμό κατασκευών από σκυρόδεμα και στις τοιχοποιίες. Στοχεύει στην επανάκτηση της αρχικής φέρουσας ικανότητας ρηγματωμένων φορέων καθώς και της αστοχίας τους.

2.1 ΧΡΗΣΕΙΣ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΗΣ ΡΗΤΙΝΗΣ

2.1.1 Πεδία εφαρμογής της εποξειδικής ρητίνης

A. Υποστυλώματα.

Οι ρητινέσεις χρησιμοποιούνται για την επισκευή των υποστυλωμάτων, χωρίς να έχει υποστεί βλάβη το σκυρόδεμα ή ο οπλισμός παρά μόνο ελαφρές ρωγμές από 0,1 μέχρι 5 mm.

B. Πλάκες.

Οι ρητινέσεις εφαρμόζονται έτσι ώστε να ενωθούν δύο κομμάτια από σκυρόδεμα που έχουν διαχωριστεί, όταν δεν είναι αποδιοργανωμένο και ο οπλισμός δεν έχει λυγίσει ή σπάσει.

Γ. Κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων

Οι ρητινέσεις εφαρμόζονται για την επισκευή των κόμβων με ελαφριές – μέτριες ρωγμές χωρίς αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα ή οπλισμό που έχει υποστεί λυγισμό.

Δ. Τοιχώματα.

Σε περίπτωση που ο λογιστικός έλεγχος αποδείξει ότι δεν λείπει σίδηρο και το άνοιγμα των ρηγματώσεων που υπέστη δεν ξεπερνάει τα 1 έως 2 mm. Τότε είναι δυνατή η επισκευή του τοιχώματος με συστηματικές ενέσεις ρητινών κάτω από υψηλή πίεση.

Ε. Τοιχοποιίες.

Στην τοιχοποιία χρησιμοποιούνται ρητινενέματα που εισάγονται υπό πίεση ή υπό κενό αέρος σε πολύ μικρές ρωγμές.

2.1.2 Τύποι και αιτίες ρηγματώσεων.

Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης είναι οι εξής:

1. Απλή Ρηγμάτωση (πάχος ρωγμής: για δοκούς 2-5 mm, για υποστυλώματα 0.5-3 mm). Οι βλάβες σε αυτό το βαθμό αποκαθίστανται με χρήση εποξειδικών ρητινών και επικόλληση ελασμάτων ή σύνθετων υλικών στο σκυρόδεμα.
2. Μερική Αποδιοργάνωση. Οι βλάβες αυτού του βαθμού αποκαθίστανται με μερική καθαίρεση του βλαμμένου σκυροδέματος και αντικατάσταση αυτού με νέο σκυρόδεμα, ενίσχυση με νέους οπλισμούς ή επικόλληση χαλύβδινων ελασμάτων ή σύνθετων υλικών ή προσθήκη εξωτερικού μανδύα σκυροδέματος.
3. Διακοπή Συνέχειας, Πλήρης Αποδιοργάνωση Σκυροδέματος, Βλάβη Οπλισμών (ολίσθηση, λυγισμός οπλισμού). Οι βλάβες αυτού του βαθμού αποκαθίστανται με πλήρη επισκευή ή αντικατάσταση ολόκληρου του στοιχείου. Η χρήση των εποξειδικών ρητινών γίνεται μόνο στην πρώτη περίπτωση, την της απλής ρηγμάτωσης, σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος για την αποκατάστασή του.

Οι αιτίες ρηγματώσεων είναι οι εξής:

1. Από σεισμική καταπόνηση.
2. Λανθασμένη επιλογή υλικών του σκυροδέματος.
3. Αλλαγή χρήσης με αύξηση του μόνιμου ή και του ωφέλιμου φορτίου.
4. Εσφαλμένη στατική μελέτη (όχι σωστή εκτίμηση φορτίων, μοντέλων) ή κακή εφαρμογή της στο στάδιο της κατασκευής.
5. Παρεμπόδιση της συστολής ξήρανσης.
6. Παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού.
7. Περιβάλλον με έντονες θερμοκρασιακές ή υγροσκοπικές εναλλαγές.
8. Διάβρωση οπλισμού λόγω οξειδωσης ή μικρής επικάλυψης.

9. Ογκομετρικές μεταβολές σκυροδέματος (Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες η πήξη του νερού των πόρων οδηγεί σε αύξηση του όγκου του και σε ανάπτυξη πιέσεων στον τσιμεντοπολτό.)
10. Κατασκευαστικά σφάλματα όπως λανθασμένη σκυροδέτηση (πρόσθεση νερού, ελλιπής συμπύκνωση, ανεπαρκής στήριξη των ξυλοτύπων, πρόωρη αφαίρεση των ξυλοτύπων)
11. Κακή πρόσφυση σκυροδέματος – χάλυβα.
12. Καθίζηση θεμελίων λόγω υπερεκτίμησης της αντοχής του εδάφους, κατολισθήσεις, επίδραση νερού κ.τ.λ.
13. Ενανθράκωση του σκυροδέματος.

Αποδεκτά εύρη ρωγμών – όρια

Το American Concrete Institute(ACI Com.224, 1990 αποδεκτά εύρη ρωγμών ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος και αυτά είναι : υγρό περιβάλλον ή έδαφος, 0.18 mm για χημικές προσβολές, 0.15 mm για θαλάσσιο περιβάλλον και 0.10 mm για δεξαμενές. Γενικά ρωγμές ως 0.3mm δεν αποτελούν απειλή για τους οπλισμούς. Οι εποξειδικές ρητίνες δεν εμφανίζονται αυτούσιες (χωρίς προσμίξεις) σε τμήματα οπλισμένου σκυροδέματος που έχουν σημαντικές βλάβες ή σε ρωγμές που έχουν πλάτη μικρότερα από 0.1mm και μεγαλύτερα από 3 mm. Η τεχνική μπορεί να εμφανιστεί σε εύρη μεγαλύτερο από 3 mm (με εποξειδικό κονίαμα). Μεγάλη σημασία για πρακτικούς λόγους έχει η κατεύθυνση της ρωγμής σε σχέση με την κατεύθυνση των οπλισμών. Για παράδειγμα ρωγμές που τέμνουν τους οπλισμούς, προκαλούν πολύ μικρότερες βλάβες, από αυτές που βρίσκονται κατά μήκος τους. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε συνοπτικά αυτά που αναφέραμε παραπάνω, όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα αποδεκτά όρια εύρους ρωγμών, για διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος, έτσι όπως προτείνονται από το American Concrete Institute(ACI Com.224,1990)

Συνθήκες Περιβάλλοντος	Μέγιστο επιτρεπόμενο εύρος ρωγμής
Ξηρό Περιβάλλον	0,41mm
Υγρό Περιβάλλον ή Έδαφος	0,30mm
Χημικές Προσβολές	0,18mm
Θαλάσσιες Κατασκευές	0,15mm
Δεξαμενές	0,10mm

2.1.3 Προϋποθέσεις καταλληλότητας μίας εποξειδικής ρητίνης

Για να είναι κατάλληλη να χρησιμοποιηθεί μία εποξειδική ρητίνη με την διαδικασία των ενέσεων θα πρέπει να έχει ροή συμβατή με τον απαιτούμενο εξοπλισμό ενέσεων. Οι πληροφορίες για τα μηχανικά και τα φυσικά χαρακτηριστικά της τα οποία είναι το χρώμα, το ιξώδες, ο χρόνος εργασιμότητας, ο χρόνος σκλήρυνσης, η ημερομηνία λήξης, η υδατοπερατότητα, η θλιπτική και εφελκυστική αντοχή, είναι απαραίτητες και πρέπει να είναι επαρκής, ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση με τα χαρακτηριστικά των άλλων υλικών της κατασκευής. Πρέπει επίσης να έχει σχετικά μεγάλο μέτρο ελαστικότητας (όχι $E < 20.000 \text{ kg/cm}^2$), έτσι ώστε να αποφεύγεται η τοπική μείωση της ακαμψίας των στοιχείων και συμβατό με το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος και το ιξώδες να είναι ανάλογο προς την συγκεκριμένη χρήση (συνήθως χαμηλή τιμή του ιξώδους). Είναι απαραίτητο να έχει τέτοιο χρόνο πήξης ώστε να μπορεί να γίνει η εφαρμογή μίας δόσης πριν αυτή πήξει και ρευστότητα πρέπει να είναι κατάλληλη για το όποιο βάθος της ρωγμής. Η εποξειδική ρητίνη πρέπει να παρουσιάζει συνάφεια και συγκολλητικότητα με το σκυρόδεμα και το χάλυβα και ελάχιστη συστολή ξήρανσης. Επίσης πρέπει να αντέχει στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του έργου. Επιπλέον, θα πρέπει πάνω στην συσκευασία να αναφέρεται ότι δεν περιέχονται διαλύτες. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να λαμβάνεται στην αποθήκευση του υλικού, όπου τα συσκευασμένα συστατικά Α και Β πρέπει να βρίσκονται σε θέση με θερμοκρασία μεταξύ 10° και 20°C και κατά τις οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής. Σε περίπτωση που η διάρκεια αποθήκευσης του συστατικού Α διαρκέσει πάνω από τρεις μήνες τότε θα πρέπει να ελέγχεται για τυχόν κρυστάλλωση με την οπτική μέθοδο. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση των δοχείων στον ήλιο. Σε περίπτωση μεταβολής του ιξώδους των συστατικών κατά την αποθήκευση θα πρέπει να επιχειρείται η επαναφορά του με θέρμανση σε υδρόλουτρο και να ελέγχονται στην συνέχεια οι ιδιότητές τους πριν χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα: Εφαρμογή ρητινένεσης για την ενίσχυση και αποκατάσταση των ρωγμών.

2.1.4 Απαιτούμενος εξοπλισμός για την ρητινένεση

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε ρητινένεση εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της επισκευής. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

Απλές επισκευές: Οι απλές επισκευές που δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις (όπως π.χ. ρητινένεσεις για την αποφυγή του κινδύνου διάβρωσης σε μη ενεργές ρωγμές που δεν έχουν τον κίνδυνο απώλειας των αντοχών του σκυροδέματος), γίνεται ρητινένεση χαμηλής πίεσης (20-40 psi). Η ρητίνη αφού αναμειχθεί με τον σκληρυντή εισάγεται στον κύλινδρο του πιστολιού και εκτοξεύεται με πίεση από το ακροφύσιο πατώντας την σκανδάλη. Υπάρχει επιπλέον εξοπλισμός με υποδοχή για δύο κυλίνδρους (ένας για τη ρητίνη και ένας για τον σκληρυντή), οπότε η ανάμειξη των δύο υλικών γίνεται κατά την ρητινένεση στο ακροφύσιο. Η τεχνική αυτή μειονεκτεί αλλά εφαρμόζεται λόγω της απλότητάς της.

Απαιτητικές επισκευές: Οι απαιτητικές κατασκευές είναι αυτές με ενεργές ρωγμές και παρουσιάζουν τον κίνδυνο απωλειών των αντοχών του σκυροδέματος. Σε αυτές τις επισκευές γίνεται ρητινένεση υψηλής πίεσης (1000-10000psi). Ο εξοπλισμός αποτελείται από το δοχείο ανάμιξης την αντλία και το μανόμετρο. Και σε αυτήν την περίπτωση η ανάμειξη της ρητίνης με τον σκληρυντή μπορεί να γίνεται πριν την ρητινένεση ή κατά την διάρκεια της, οπότε όπως και στις απλές επισκευές υπάρχουν δύο δοχεία και η ανάμειξη γίνεται ταυτόχρονα με την ρητινένεση. Τα πλεονεκτήματα αυτής της ταυτόχρονης ανάμιξης είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερος χρόνος της εργασιμότητας της ρητίνης και δεν δημιουργείται η ανάγκη διακοπής της διαδικασίας

της ρητινένεσης, όταν καταναλωθεί η εποξειδική κόλλα με δυσμενή αποτελέσματα για την επιτυχία της επισκευής.

2.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΩΝ

Η εφαρμογή της μεθόδου των ρητινένεσεων για την αποκατάσταση της διατομής φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό ή άλλες καταπονήσεις απαιτεί τα εξής (για ρωγμές πάχους 0.5-3mm):

Υλικά:

1. Ακροφύσια.
2. Πάστα εποξειδικής ρητίνης δύο συστατικών.
3. Εποξειδική ρητίνη ρευστή δύο συστατικών:
 - λεπτόρρευστη για ρωγμές 0.5 – 1 mm και
 - παχύρρευστη για ρωγμές από 1 – 3 mm.
4. Διαλυτικό υγρό για καθαρισμό των εργαλείων.

Εργαλεία :

- 1) Σπάτουλες διαφόρων μεγεθών
- 2) Συρματόβουρτσες.
- 3) Πλαστικά δοχεία για την ανάμειξη των υλικών.
- 4) Αεροσυμπιεστής για την διάθεση πεπιεσμένου αέρα.
- 5) Πιεστικό δοχείο με ρύθμιση πίεσης.
- 6) Μανόμετρα.
- 7) Διαφανείς σωλήνες για την έκχυση της ρητίνης.

Τρόπος εργασίας:

A. Καθαρισμός επιμελημένος της επιφάνειας του σκυροδέματος στην περιοχή της ρωγμής και εκατέρωθεν αυτής πλάτους περίπου 10cm για να απομακρυνθούν τυχόν ξένα σώματα, σοβάδες κ.τ.λ.

B. Φύσημα με πεπιεσμένο αέρα για να φύγουν οι σκόνες και πλύσιμο της περιοχής με νερό υπό πίεση.

Γ. Αφού στεγνώσει η περιοχή της ρωγμής, ανακατεύουμε μικρή ποσότητα πάστας εποξειδικής ρητίνης δύο συστατικών και με αυτή κολλάμε τα ακροφύσια πάνω και κατά μήκος της ρωγμής, βάζοντας στα άκρα των ακροφυσίων μικρή ποσότητα εποξειδικής πάστας και σε απόσταση μεταξύ τους 10-20mm, ανάλογα με το μέγεθος

της ρωγμής. Στη συνέχεια και αφού έχουν περάσει 24 ώρες για να συγκολληθούν τα ακροφύσια πάνω στο σκυρόδεμα στοκάρουμε με πάστα και την ρωγμή και να ακροφύσια έτσι ώστε να κλείσει η ρωγμή από παντού αεροστεγώς.

Δ. Μετά την εφαρμογή της πάστας (στοκάρισμα) γίνεται η έκχυση μέσα στη ρωγμή, της ρευστής εποξειδικής ρητίνης (24 ώρες μετά την εφαρμογή της πάστας).

Η έκχυση της πάστας γίνεται ως εξής:

1. Ανακατεύουμε τη ρευστή εποξειδική ρητίνη σε ένα δοχείο (A+B συστατικό)
2. Τοποθετούμε την ρητίνη σε πιεστικό δοχείο και το κλείνουμε, συνδέοντας το με τον αεροσυμπιεστή.
3. Διοχετεύουμε αέρα υπό πίεση στο πιεστικό δοχείο με τον αεροσυμπιεστή και μέσω σωληνών του πιεστικού, οι οποίοι εφαρμόζουν στα ακροφύσια, γεμίζουμε με υγρή ρητίνη την ρωγμή, βάζοντας ρητίνη από το χαμηλότερο προς το υψηλότερο ακροφύσιο και ταπώνοντάς τα, αφού δούμε ότι χύνεται η ρητίνη μέχρι να γίνει πλήρως πλήρωση της ρωγμής.

Η όλη εργασία ελέγχεται κατά την έκχυση της υγρής ρητίνης και πλήρωση της ρωγμής, έτσι ώστε να είμαστε σίγουροι ότι η ρητίνη δεν χύνεται από κάποιο άλλο σημείο που δεν έχουμε κλείσει καλά με την πάστα της εποξειδικής ρητίνης. Η εργασία έχει ολοκληρωθεί όταν περάσουν 24 ώρες από την εφαρμογή της υγρής ρητίνης και έχουν συγκολληθεί οι εκατέρωθεν επιφάνειες της ρωγμής. Η αντοχή σε θλίψη της εποξειδικής πάστας είναι περίπου ίση με 750 Kg/cm^2 και η αντοχή σε θλίψη της ρευστής εποξειδικής ρητίνης είναι μεγαλύτερη από 1000 Kg/cm^2 . Και οι δύο δεν έχουν μεγάλη ικανότητα πρόσφυσης στο σκυρόδεμα και ικανότητα συγκόλλησης επιφανειών σκυροδέματος. Παρακάτω βλέπουμε τον τρόπο εργασίας για την εφαρμογή των ρητινένεσων σε πλάκα που έχει υποστεί ρηγματώσεις.

- (1) Σφραγίζεται η ρωγμή με εποξειδική πάστα σε όλο το ανάπτυγμα της
- (2) Σε επιλεγμένες θέσεις τοποθετούνται ακροφύσια (ανοιχτοί πόροι) μέσω των οποίων γίνεται η ρητινένεση.
- (3) Με πεπιεσμένο αέρα που διοχετεύεται μέσω των ακροφυσίων γίνεται καθαρισμός της ρωγμής σε βάθος.
- (4) Με ειδικό πιεστικό δοχείο εποξειδική ρητίνη ρευστής συνθέσεως η οποία είναι αναμειγμένη με σκληρυντή διοχετεύεται από τα κατώτερα ακροφύσια στα ανώτερα (για να μην αφήσει κενά) γεμίζοντας την ρωγμή. Μετά από ορισμένο χρόνο – από 6 έως 48 ώρες – ανάλογα την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η εποξειδική ρητίνη

σκληρύνεται αποκτώντας αντοχές πολύ ψηλότερες από αυτές του σκυροδέματος ενώ συγχρόνως επανασυγκοιεί το ρηγματωμένο τμήμα.

2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Διακρίνουμε τρία είδη ρητίνης:

- Εποξική
- Πολυεστερική
- Βινυλεστερική

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τα μηχανικά χαρακτηριστικά της κάθε μίας.

Είδος ρητίνης	Εφελκυστική αντοχή(MPa)	Μέτρο ελαστικότητας (GPa)	Πυκνότητα (gr/cm ³)	Επιμήκυνση θραύσης(%)
Βινυλεστερική	73-81	3-3,6	1,12-1,32	3,5-5,5
Εποξική	55-130	2-4,5	1,2-1,3	4-14
Πολυεστερική	35-104	2,1-4,1	1,1-1,46	<5

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της χρήσης της εποξειδικής ρητίνης και τα όρια που πρέπει να καλύπτουν.

Ιδιότητες- Χαρακτηριστικά	Μέθοδος Δοκιμής	Όρια
<i>Θλιπτική αντοχή (Mpa)</i>	ASTM D695	55-110
<i>Ιξώδες (PS)</i>	ASTM D1824-mod	1,5-40
<i>Επιμήκυνση θραύσης (%)</i>		1,5-2,5
<i>Μέτρο ελαστικότητας (Mpa)</i>	ASTM D695	2100-5500
<i>Αντοχή σε εφελκυσμό (Mpa)</i>	ASTM D638	40-65
<i>Χρόνος απόκτησης αντοχής (ημέρες)</i>		2-20(συνήθως 7)
<i>Χρόνος εργασιμότητας (min)</i>		20-80 min (για 200 gr υλικού στους 25°C)

2.4 Η τεχνική των ρητινενέσεων έναντι άλλων τεχνικών επισκευής ρωγμών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη διάφορες μέθοδοι για την επισκευή ρωγμών από οπλισμένο σκυρόδεμα όπως:

- το σφράγισμα των ρωγμών με ειδικά κονιάματα που έχουν ως βάση το τσιμέντο.
- η τεχνική της υγρής μεμβράνης.
- η εφαρμογή της μεμβράνης από ίνες υαλού, ανάμεσα από επάλληλες στρώσεις επιφανειακού σφραγίσματος της ρωγμής με ειδικά κονιάματα τσιμέντου.
- η εφαρμογή διάφορων ειδών σιλικόνης σε όλη την επιφάνεια του δομικού στοιχείου ή σε αυλάκια διεύρυνσης του ίχνους της ρωγμής, σε όλο το μήκος της.
- η χρήση διάφορων ειδών μαστίχας ή εποξειδικής παχύρρευστης κόλλας, για την γεφύρωση του ανοίγματος της ρωγμής.

Το πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την χρήση αυτών των μεθόδων με εξαίρεση την εφαρμογή των ρητινενέσεων είχε να κάνει με την γήρανση των υλικών επισκευής. Έτσι αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται πλέον μόνο για την προσωρινή αποκατάσταση των ρωγμών, σε αντίθεση με την τεχνική των ενέσεων με ρητίνες η οποία όπως φαίνεται μπορεί να δημιουργήσει μόνιμη αποκατάσταση , που δεν χάνει την αντοχή της με τον χρόνο.

2.4.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης της εποξειδικής ρητίνης

Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης των ρητινενέσεων είναι τα εξής:

A. Οι ρητίνες γεμίζουν το κενό της ρωγμής και δεν ενώνουν απλά το άνοιγμα. Έτσι επιτυγχάνεται η πλήρης συνέχεια του υλικού. Ακόμα οι οπλισμοί στην περιοχή της ρωγμής καλύπτονται πλήρως και έτσι προστατεύονται από κάθε διαδικασία οξειδωσης ή άλλης περιβαλλοντικής προσβολής. Επίσης, αποκαθίσταται πλήρως η συνάφεια του οπλισμού και του περιβάλλοντος του σκυροδέματος.

B. Οι ρητίνες παρουσιάζουν υψηλές αντοχές εφελκυσμού και συνάφειας με το σκυρόδεμα και με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η αύξηση του εύρους και του μήκους των ρωγμών.

Γ. Το υλικό της ρητίνης δεν είναι ευάλωτα από παράγοντες που συχνά επιδρούν δυσμενώς στην κατασκευή όπως οι περιβαλλοντικές δράσεις, η αλκαλικότητα και τα ιόντα. Εξάλλου το υλικό που βρίσκεται στο βάθος της ρωγμής, δέχεται πολύ μικρότερες επιδράσεις από το υλικό που βρίσκεται στην επιφάνεια.

Δ. Ένα βασικό ακόμα πλεονέκτημα της χρήσης της ρητίνης σε σχέση με την

διαδικασία γήρανσης της, είναι ότι υπερτερεί σε σχέση με άλλες μεθόδους επειδή η μεγαλύτερη ποσότητα της ρητίνης, βρίσκεται στο εσωτερικό της ρωγμής και το άνοιγμα των παρειών, λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, είναι πολύ μικρότερο από ότι στην επιφάνεια του στοιχείου. Το εύρος της ρωγμής μεταβάλλεται σε σχέση με την θερμοκρασία και οι κινήσεις των παρειών είναι ουσιαστικά μικρές αλλά όχι αμελητέες αφού το υλικό που βρίσκεται στην επιφάνεια του στοιχείου γηράσκει, λόγω της επαναλαμβανόμενης έντασης κάτι που δεν συμβαίνει με το υλικό που βρίσκεται στο βάθος της ρωγμής.

Ε) Επίσης αρκετά σημαντικό είναι το γεγονός ότι η χρήση της εποξειδικής ρητίνης επιφέρει ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με την χρήση άλλων μεθόδων αφού είναι ίσως η μόνη επέμβαση που έχει τόσο υψηλό βαθμό διακριτικότητας.

2.4.2 Μειονεκτήματα της χρήσης της εποξειδικής ρητίνης

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που παρουσιάζονται είναι ότι η εφαρμογή της μεθόδου αυτής πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό όπως επίσης και τα αποτελέσματα της μη σωστής εφαρμογής της. Επίσης πολύ σημαντικό είναι η επιλογή υλικών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας λόγω της επίδρασης στις στροφές της επισκευασμένης διατομής. Μια κατώτερη τιμή του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη που ημπορεί να χρησιμοποιείται προσωρινά λόγω της έλλειψης κανονισμών είναι τα 2000 MPa. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας είναι η χρήση ρητινοκονιαμάτων, κονιάματα δηλ. με την προσθήκη αδρανών αν και τέτοια υλικά έχουν πολύ μεγάλο ιξώδες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε μεγάλο εύρος ρωγμών, όπως επίσης η χρήση τους μειώνει σημαντικά την αντοχή όπως φαίνεται στο διάγραμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΙΝΩΔΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΙΝΩΔΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (Fiber Reinforced Polymers), αποτελεί σήμερα την πιο σύγχρονη τεχνική στον τομέα της ενίσχυσης των κατασκευών. Είναι η εξέλιξη της τεχνικής των χαλύβδινων ελασμάτων αντιμετωπίζοντας με επιτυχία τα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής. Αυτά τα πολυμερή έχουν πολύ μικρό βάρος και πολύ μεγάλη αντοχή, διατίθενται σε μεγάλα μήκη και είναι ευαίσθητα στην διάβρωση. Η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλή και δεν απαιτεί χρόνο για την εκτέλεση της εργασίας. Επίσης πολύ σημαντικό είναι το ότι εφαρμόζονται και σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή των επικολλητών ελασμάτων είναι περιορισμένη. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η ευρεία αποδοχή τους παρόλο το υψηλό κόστος τους και την επιφύλαξη που υπάρχει για το νέο αυτό υλικό. Τα ινώδη σύνθετα υλικά (Fiber-reinforced composites), αποτελούνται από έγκλεισμα υπό μορφή ινών μέσα σε μία συνεχή μήτρα. Η μήτρα αυτή μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε υλικό από μία μεγάλη ποικιλία φυσικών ή τεχνητών υλικών. Χαρακτηριστικό μίας ίνας είναι ο μεγάλος λόγος μήκος / διάμετρος. Έχει παρατηρηθεί ότι τα διάφορα υλικά που βρίσκονται σε συνήθη μορφή είναι λιγότερα άκαμπτα και ανθεκτικά από τις αντίστοιχες ίνες τους που οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών είναι πολύ μεγαλύτερες. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η γεωμετρία μίας ίνας είναι σημαντικός παράγοντας για τον υπολογισμό της αντοχής της. Χρήσεις και προοπτικές των ινωδών σύνθετων υλικών: Τα πλεονεκτήματα των ινωδών σύνθετων υλικών με πολυμερική μήτρα με τα οποία και θα ασχοληθούμε είναι πολλά και για αυτόν τον λόγο υπάρχει μια ευρεία χρήση αυτών στις οικοδομικές κατασκευές. Τα σύνθετα υλικά αρχικά εφαρμόστηκαν για την ενίσχυση γεφυρών στις Η.Π.Α. και έπειτα για την ενίσχυση κτιριακών κατασκευών. Σήμερα, τα σύνθετα υλικά έχουν εκτενώς εφαρμοστεί στις ενισχύσεις πάσης φύσεως τεχνικών έργων τόσο σε κράτη της Αμερικής, της Ασίας και της Ευρώπης συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας. Η χρήση των σύνθετων υλικών για την ενίσχυση κατασκευών μπορεί να θεωρηθεί ως η φυσική εξέλιξη των ενισχύσεων με μεταλλικά ελάσματα. Ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούσαν ίνες χάλυβα, σήμερα χρησιμοποιούν ίνες πολυμερών.

3.2 ΕΙΔΗ ΙΝΩΝ

3.2.1 Ίνες άνθρακα

Οι ίνες άνθρακα κατασκευάζονται από δύο προγονικά υλικά, που αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τις πρώτες ύλες. Είναι πιθανόν, να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτες ύλες μία μεγάλη ποικιλία υλικών, όπως ρητίνη φαινικού οξέος, διάφορα πολυμερή, συνθετικό μετάξι και υδρογονάνθρακες. Αυτά όλα έχουν χρησιμοποιηθεί, αλλά τώρα χρησιμοποιούνται μόνο το P.A.N (πολυ-ακριλο-νιτρίλιο) και η πίσσα από πετρέλαιο ή κάρβουνο. Σε εξέλιξη βρίσκεται η παραγωγή κοντών ινών από αέριους υδρογονάνθρακες και μπορούν να παραχθούν άλλα εμπορικά προϊόντα, που θα είναι διαθέσιμα σε μερικά χρόνια. Οι ίνες άνθρακα χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή και μέτρο, έχουν διάμετρο 7 με 8 mm και αποτελούνται από κρυσταλλίτες γραφίτη του τύπου 'turbo static' που είναι μία αλλοτροπική μορφή του άνθρακα.

Για να παρουσιάζουν οι ίνες άνθρακα υψηλό μέτρο και αντοχή, πρέπει οι επίπεδες στρώσεις του γραφίτη να είναι διατεταγμένες κατά την διεύθυνση του άξονα της ίνας. Στην πράξη όμως, οι κρυσταλλικές μονάδες είναι πολύ μικρές, άτακτα διατεταγμένες και παρουσιάζουν ασυνέχειες δομής.

Διακρίνονται σύμφωνα με τις χαρακτηρίστηκες τους ιδιότητες σε ίνες : υψηλής αντοχής (high strength HS), μέσου μέτρου ελαστικότητας (intermediate modulus IM), υψηλού μέτρου ελαστικότητας (high modulus HM) και πολύ υψηλού μέτρου ελαστικότητας (ultra high modulus UHM). Οι ίνες άνθρακα έχουν την υψηλότερη ειδική δυσκαμψία (δυσκαμψία / πυκνότητα) σε σχέση με τις άλλες ίνες και πολύ υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και θλίψη καθώς επίσης είναι ανθεκτικές σε διάβρωση, ερπυσμό και κόπωση.

3.2.2 Ίνες υαλού

Πάνω από το 90% των ινών που χρησιμοποιούνται στην ενίσχυση είναι ίνες υαλού, αφού είναι υλικό φθηνό, εύκολο στην παραγωγή και έχει υψηλή αντοχή και δυσκαμψία. Η μικρή πυκνότητα του, η ανθεκτικότητά του σε χημικά και η άριστη μονωτική του ικανότητα είναι μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά του.

3.2.3 Ίνες αραμιδίου

Οι ίνες αραμιδίου παρασκευάζονται από αρωματικά πολυαμίδια (μακριές πολυμερικές αλυσίδες με αρωματικούς δακτυλίους). Προσφέρουν καλές μηχανικές ιδιότητες σε μια χαμηλή πυκνότητα. Χαρακτηρίζονται από υψηλή εφελκυστική αντοχή, υψηλό μέτρο ελαστικότητας και χαμηλό βάρος. Η πυκνότητα των ινών αραμιδίου είναι μικρότερη από αυτή των ινών γυαλιού και άνθρακα. Έχουν υψηλή ανθεκτικότητα τόσο σε πυρκαγιά όσο και υψηλές θερμοκρασίες, καθώς επίσης είναι απρόσβλητες από οργανικούς διαλύτες η συμπίεστική δύναμη. Η πιο επιτυχής οργανική ίνα που παρασκευάστηκε βιομηχανικά είναι εκείνη που αναπτύχθηκε από την εταιρία Du Pont με την επωνυμία Kevlar. Υπάρχουν δύο τύποι ινών Kevlar : Kevlar 29 και Kevlar 49. Το Kevlar 29 έχει υψηλή αντοχή και μέτριο μέτρο ελαστικότητας. Το Kevlar 49 έχει υψηλότερο μέτρο ελαστικότητας, αλλά την ίδια αντοχή με το Kevlar 29 και είναι το πλέον κατάλληλο υλικό για ενίσχυση

3.3 ΜΟΡΦΕΣ ΙΝΩΝ

Θύσανοι και «στουπιά» ινών

Οι θύσανοι λεπτών νημάτων φέρουν διαφορετικές, ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαδικασία. Όσον αφορά, τις ίνες άνθρακα και αρωματικού πολυαμιδίου το υλικό κατασκευάζεται ως ένα ελεύθερο δέμα από εκατοντάδες χιλιάδες νήματα, χωρίς στρέψη, το οποίο ονομάζεται «tow» και μοιάζει με «στουπί». Η ίνα γυαλιού κατασκευάζεται ως «πλεξούδα» από 102 ή 204 νήματα, τα οποία δένονται μεταξύ τους, χωρίς στρέψη σε κυλινδρικά τύμπανα ή αν στριφτούν κατά την κατασκευή ονομάζονται «yarn». Κάποιες πλεξούδες μπορεί να στριφτούν μαζί και να σχηματίσουν ένα φύλλο «yarn».

Ταινίες μίας διεύθυνσης

Οι μη υφαντές ταινίες αποτελούνται, συνήθως, από «tows» ή «rovings», τα οποία ψεκάζονται σε καλούπια, χωρίς να δημιουργούνται κενά. Για να παραμείνουν οι ίνες στην θέση τους προ εμποτίζονται με ρητίνη, η οποία είναι μερικώς πολυμερισμένη έτσι ώστε να είναι παχύρρευστη με σχετικά υψηλό ιξώδες ή με ένα θερμοπλαστικό πολυμερές. Για να μην κολλήσει η ρητίνη σε άλλα επίπεδα της ταινίας, επικαλύπτεται με ένα αποκολλητικό χαρτί «release paper», το οποίο είναι επικαλυμμένο με σιλικόνη. Πλεκτές ταινίες, μίας διεύθυνσης έχουν τα «tows» ή «rovings» στη διεύθυνση του στημονιού, δηλαδή κατά μήκος, συγκρατούμενα μεταξύ

τους με αραιά τοποθετημένα υφάδια, από ίνες πολυεστέρα ή γυαλιού υπό μορφή πολύ λεπτού νήματος «yarn».



Εικόνα: Ενίσχυση δομικού μέλους με ελάσματα από σύνθετα υλικά από ινοπλισμένα πολυμερή.

Υπάρχουν πολλά είδη ενισχυτικών υφασμάτων από ίνες αλλά στην πράξη χρησιμοποιούνται μόνο πέντε βασικοί τύποι με χαρακτηριστικές πλέξεις οι οποίες αναγράφονται παρακάτω:

A. Απλή πλέξη (Plain Weave)

Αυτός ο τύπος πλέξης είναι και ο πιο συνήθης λόγω της μεγάλης σταθερότητάς του. Οι διαμήκεις και οι εγκάρσιοι θύσανοι ινών διασταυρώνονται κάθετα μεταξύ τους και βρίσκονται εναλλάξ η μία ομάδα πάνω από την άλλη.

B. Διαγώνια πλέξη (Twill)

Αυτός ο τύπος πλέξης έχει μεγαλύτερη πυκνότητα ινών ανά μονάδα επιφάνειας από την απλή πλέξη. Επίσης έχει διαφορετική μορφή αν κοιτάξεις το ύφασμα από τις δύο όψεις του. Χαρακτηρίζεται από μία διαγώνιο γραμμή από την οποία φέρει και την ονομασία της.

Γ. Πλέξη Satin

Η μπροστινή επιφάνεια αυτού του τύπου πλέξης κυριαρχείται από τις διαμήκεις θυσάνους ινών, ενώ έχει διαφορετική μορφή αν κοιτάξουμε το ύφασμα από τις δύο όψεις του. Η συγκεκριμένη πλέξη χρησιμοποιείται ευρύτατα στην βιομηχανία παραγωγής σύνθετων υλικών.

Δ. Καλαθωτή πλέξη (Basket Weave)

Η καλαθωτή πλέξη είναι μία παραλλαγή της απλής πλέξης στην οποία δύο ή περισσότερες διαμήκεις θύσανοι διασταυρώνονται με δύο ή περισσότερους εγκάρσιους θυσάνους ινών. Η πλέξη αυτή είναι πιο δυνατή από την απλή πλέξη αλλά λιγότερο σταθερή γιατί παρουσιάζει μία σχετική χαλαρότητα. Ε. Πλέξη Leno: Αυτός ο τύπος πλέξης χαρακτηρίζεται ως μία «κλειδωμένη» πλέξη η οποία περιορίζει στο ελάχιστο την μετατόπιση των θυσάνων.

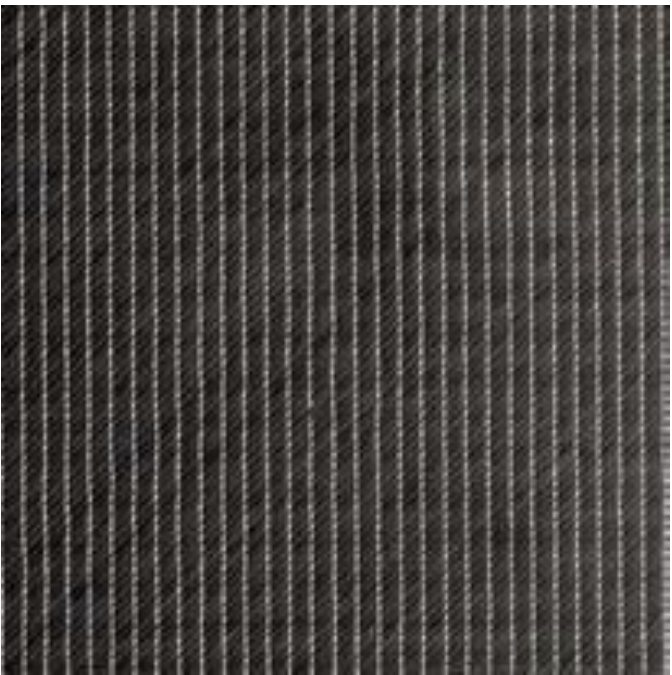


Εικόνα: Ύφασμα από ίνες υαλού

Στην απλή πλέξη κάθε «στημόνι» και «υφάδι», περνάει πάνω από ένα «τέλος» ή «κορυφή» και κάτω από το επόμενο. Το «τέλος» είναι το «στημόνι» και η «κορυφή» το «υφάδι». Στην πλέξη με διαγώνιες γραμμές κάθε «τέλος» και «κορυφή» περνάει πάνω από δύο και καμιά φορά από τέσσερις διασταυρούμενες «κλωστές». Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα σχέδιο από διαγώνιες γραμμές στην επιφάνεια του «πλεκτού». Σε όλες τις παραπάνω πλέξεις το κοινό σημείο είναι ότι οι διασταυρώσεις γίνονται στις 90°. Είναι όμως πιθανόν να κατασκευάσουμε «διαγώνια πλεκτά» με κλίση 45° ή 60°. Παρ' όλα αυτά πρέπει να αναφέρουμε ότι σε ένα σύνθετο υλικό η ενισχυτική ίνα καταλαμβάνει λιγότερο από 70% του όγκου του υλικού, συνήθως είναι το 60% και για υφαντούς σκελετούς, το παραπάνω μοιράζεται σε δύο διευθύνσεις, στα «στημόνια» και στα «υφάδια». Οι ιδιότητες ενός σύνθετου υλικού με υφαντή ενίσχυση είναι πολύ χαμηλότερες από τις τιμές των αντίστοιχων ιδιοτήτων των ινών αφού η αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας είναι ανάλογα με την κατ' όγκο περιεκτικότητα των ινών στο σύνθετο



Woven Carbon



Multiaxial Carbon

3.3.1 Επίδραση της γεωμετρίας της δομής και της διάταξης των ινών στις ιδιότητες των σύνθετων υλικών

Πολλές από τις ιδιότητες των ινωδών σύνθετων υλικών εξαρτώνται άμεσα από παραμέτρους της μικροδομής, όπως:

1. Διάμετρος της ίνας
2. Μήκος της ίνας
3. Κατανομή του μήκους των ινών
4. Κ.ο περιεκτικότητα των ινών
5. Τον προσανατολισμό των ινών
6. Την διάταξη των ινών

Η επίδραση καθεμιάς από τις τελικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών, είναι διαφορετική. Είναι απαραίτητο να χαρακτηρίσουμε αυτές τις παραμέτρους αν θέλουμε να προβούμε στον σωστό σχεδιασμό των σύνθετων υλικών.

Τα σύνθετα υλικά υψηλής τεχνολογίας αποτελούνται από πολλές στρώσεις που η διεύθυνση των ινών σε κάθε μία από αυτές είναι αυστηρά προσδιορισμένη. Για την πρόβλεψη των ελαστικών ιδιοτήτων των σύνθετων υλικών, κάθε στρώση θεωρείται ομογενής με την προϋπόθεση ότι η διάταξη και η κατ' όγκο περιεκτικότητα των ινών είναι ομοιόμορφη. Οι ίνες στις στρώσεις μπορεί να είναι συνεχείς ή μικρού μήκους και μπορεί να είναι προσανατολισμένες προς μία ή περισσότερες διευθύνσεις ή να έχουν τυχαίο προσανατολισμό σε δύο ή τρεις διατάξεις. Το σύνολο των στρώσεων (laminie) ονομάζεται πολύστρωτο σύνθετο υλικό (laminate). Γενικά, η διάταξη των στρώσεων είναι περίπλοκη διότι θα πρέπει να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις. Ακόμη πιο περίπλοκη είναι η γεωμετρία της δομής όταν θεωρήσουμε την διάταξη των ινών μικρού μήκους σε σύνθετα υλικά που κατασκευάζονται με συμπίεση (compression) ή με την μέθοδο injection moulding.

Υλικό	Πυκνότητα <i>gr/cm³</i>	Αντοχή σε Εφελκυσμό (GPa)	Μέτρο Ελαστικότητας E (GPa)
<i>Kevlar 29</i>	70	2.9	1.45
<i>Kevlar 49</i>	135	2.9	1.45
<i>Άνθρακας HS</i>	235	3.5	1.76
>> <i>IM</i>	295	5.6	1.74
>> <i>HM</i>	400		1.86
>> <i>UHM</i>	690	3.3	2.17
<i>Γυαλί EGlass</i>	72 – 75	3.5	2.54
<i>Χάλυβας</i>	200	0.7 – 2.0	7.8

Στο παραπάνω πίνακα αναγράφεται το κάθε υλικό και οι τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών: μέτρου ελαστικότητας, αντοχή σε εφελκυσμό και πυκνότητας



Εικόνα α: Εργάτες τοποθετούν δύο τμήματα περικαλύμματος ινοπλισμένου πολυμερούς από υαλονήματα σε ένα υποστύλωμα



Εικόνα β: Στο ίδιο υποστήλωμα τοποθετείται γκρι χρωματισμός για να ταιριάζει με το σκυρόδεμα του υποστυλώματος.

3.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΘΡΑΚΟΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

Φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών (fpr) και μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος για την ενίσχυση κόμβου δοκού – υποστυλώματος.

Οι κόμβοι, οι περιοχές όπου ενώνονται οι δοκοί και τα υποστυλώματα αποτελούν ένα από τα πιο κρίσιμα τμήματα του φέροντος οργανισμού κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Η διαμόρφωση των κόμβων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- 1) Να προλαμβάνεται η ψαθυρή διατμητική αστοχία τους.
- 2) Να διατηρείται η ακεραιότητά τους, ώστε τα μέλη που συνδέουν να μπορούν να αναπτύσσουν τις αντοχές τους.
- 3) Να συγκρατείται η μείωση της δυσκαμψίας τους, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι ρηγματώσεις στο σκυρόδεμα.

Οι βλάβες στους κόμβους των δοκών και των υποστηλωμάτων, θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ανησυχητικές για την κατασκευή και να αντιμετωπίζονται ανάλογα. Οι εξωτερικοί κόμβοι, αποτελούν ένα από τα πιο ευπαθή στοιχεία των υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό συμβαίνει συνήθως γιατί η διατμητική ένταση στους κόμβους είναι ιδιαίτερα υψηλή, οι κόμβοι είναι συχνά περιοχές σκυροδέτησης λόγω μεγάλης πυκνότητας οπλισμών και τέλος επειδή οι βλάβες στους κόμβους είναι από τις πιο κρίσιμες για την ασφάλεια της ακεραιότητας του φορέα. Κάθε ρηγματώση κόμβου, έστω και πολύ μικρού ανοίγματος ρωγμών, εξετάζεται ως επικίνδυνη και αντιμετωπίζεται ως σοβαρότερη βλάβη σε σύγκριση με

άλλα δομικά στοιχεία που έχουν την ίδια εικόνα ρηγμάτωσης. Αιτία εκδήλωσης βλαβών οι πρόσφατοι καταστροφικοί σεισμοί στην Ελλάδα έδειξαν ότι σε κατασκευές σχεδιασμένες με παλαιότερες αντιλήψεις και κανονισμούς από ότι οι σημερινοί, οι κόμβοι πάσχουν κυρίως από έλλειψη εγκάρσιων οπλισμών, από έλλειψη περίσφιξης σκυροδέματος και από μειωμένη διατμητική αντοχή. Τρόποι ενίσχυσης – επισκευής κόμβων. Οι επισκευές και οι ενισχύσεις στην περιοχή του κόμβου, αποτελούν την δυσκολότερη κατασκευαστική διαδικασία λόγω του ότι συντρέχουν πολλά στοιχεία φορέα. Μερικές από τις πιο σημαντικές τεχνικές ενίσχυσης ή επισκευής κόμβων είναι οι εξής:

1. Επισκευή με ρητινενέσεις.
2. Τοπική ενίσχυση με μερική καθαίρεση και αποκατάσταση.
3. Τοπική ενίσχυση κόμβου με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.
4. Περίσφιξη του κόμβου.
5. Επικόλληση χαλύβδινων ελασμάτων.
6. Ενίσχυση με σύνθετα υλικά (FRP).

3.4.1 Ενίσχυση κόμβου με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος

Μία από τις παλαιότερες αλλά και πλέον κοινές τεχνικές για την ενίσχυση και την αποκατάσταση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η τοποθέτηση περιμετρικών μανδύων από έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα στα υποστυλώματα και στις περιοχές των κόμβων. Η επιτόπου πρόσθεση νέων πυκνών συνδετήρων καθιστά την μέθοδο περισσότερο αποτελεσματική και ταυτόχρονα ιδιαίτερα επίπονη στην εφαρμογή, χρονοβόρα και με απαραίτητη τη διακοπή της λειτουργίας χρήσης του κτιρίου. Η τεχνική

αυτή, εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μεγάλης κλίμακας βλάβης στον κόμβο και στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία. Διάφοροι ερευνητές όπως οι Corazao & Durrani 1989, Lowes & Moehle 1999, Tsonos 2001, έχουν παρουσιάσει σχετικές πειραματικές εργασίες για την αναμφίβολη και προφανή αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα : Η τεχνική ενίσχυσης κόμβων με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα, αλλά και κάποια μειονεκτήματα.

Στα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

1. Αύξηση καμπτικής αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστικότητας του κόμβου.
2. Βελτίωση διατμητικής αντοχής και ικανότητας παραμόρφωσης.
3. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάτρηση αντοχής, ακαμψίας και ιδιαίτερα μεγάλη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας.
4. Πολύ καλή συμπεριφορά και αντοχή στο σεισμό.
5. Αποτελεί μία από τις πιο παλαιές και δοκιμασμένες μεθόδους ενίσχυσης με αποτέλεσμα την ύπαρξη αρκετών έμπειρων και καταρτισμένων τεχνιτών.
6. Αύξηση του βαθμού πυροπροστασίας.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου ενίσχυσης κόμβων με μανδύα Ο/Σ συγκαταλέγονται τα εξής:

1. Αναποτελεσματικότητα της μεθόδου σε περίπτωση υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας του κόμβου λόγω των υφιστάμενων φορτίων.
2. Σημαντική δυσκολία εφαρμογής των επιτόπου τοποθετήσεων οπλισμών και επίπονες διαδικασίες σκυροδέτησης με έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα.
3. Αύξηση των διαστάσεων του υπό ενίσχυση στοιχείου λόγω της τοποθέτησης του οπλισμού ενίσχυσης εξωτερικά και της προσθήκης επικάλυψης. Η αύξηση αυτή προκαλεί πολλές φορές αρχιτεκτονικούς περιορισμούς ή περιορισμούς ιδιοκτησίας.
4. Δημιουργία σκόνης και όχλησης στους ενοίκους.
5. Αύξηση του κόστους λόγω διακοπής λειτουργίας του κτιρίου κατά τη διάρκεια των εργασιών.

ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ – ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
(ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟ ΜΕΛΗ ΤΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ)



Πιλοτική Διάταξη Συνεχούς Έργου Παραγωγής Ινών Άνθρακα : Γενική Άποψη

Πιλοτική διάταξη-ιδιοκατασκευή

Πηγή από ημερίδα του ΤΕΕ για την Ενίσχυση κτιρίων με σύγχρονα υλικά

Τον τρόπο παραγωγής των ινών άνθρακα μπορούμε να την δούμε σε αυτές τις τρεις φωτογραφίες όπου απεικονίζεται η πιλοτική διάταξη παραγωγής άνθρακα σε εργαστηριακό χώρο. Μπορούμε να δούμε που γίνεται η επιφανειακή επεξεργασία, διαβροχή και περιτύλιξη των ινών, όπως επίσης την διάταξη ανθρακοποίησης και ενεργοποίησης προσροφητικών υλικών.

ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ – ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
(ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟ ΜΕΛΗ ΤΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ)



Πιλοτική Διάταξη Ανθρακοποίησης και Ενεργοποίησης Ανθρακούχων Προσροφητικών Υλικών : Γενική Άποψη

Πιλοτική διάταξη-ιδιοκατασκευή Πηγή από ημερίδα του ΤΕΕ για την Ενίσχυση κτιρίων με σύγχρονα υλικά

3.4.2 Πολυμερές ενισχυμένο με ίνες άνθρακα

Τα πολυμερή ενισχυμένα με ίνες είναι νέα σύνθετα υλικά με σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικώς εφαρμόστηκαν στην αεροναυπηγική και την ναυπηγική. Εκεί εκτιμήθηκαν οι ιδιότητές τους και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν και σε άλλους τομείς. Τα βασικά θετικά χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα: η εφελκυστική αντοχή στην διεύθυνση των ινών είναι πολύ υψηλή, το βάρος και το πάχος τους πολύ χαμηλό, προσδίδουν ικανοποιητική – όχι υπερβολική – ακαμψία στα μέλη, είναι ανθεκτικά στην

διάβρωση και την κόπωση, εφαρμόζονται πολύ γρήγορα, με ελάχιστο εξοπλισμό και χωρίς να παρεμποδίζουν την χρήση της κατασκευής.

Τα σύνθετα υλικά αποτελούνται από την μήτρα (υποξειδική ρητίνη, πολυεστέρας ή βυνίλιο) και τις ίνες (άνθρακα, γυαλιού ή αραμίτη) που είναι εμβαπτισμένες στη μήτρα. Είναι διαθέσιμα σε δύο μορφές: έλασμα (άνθρακας, γυαλί, αραμίτης) και ύφασμα (άνθρακας). Για την σύνδεση των σύνθετων υλικών με το ενισχυόμενο μέλος χρησιμοποιούνται υποξειδικές κόλλες. Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του πολυμερούς ενισχυμένου με ίνες άνθρακα. Χαρακτηριστικά ινών άνθρακα

Ο άνθρακας ως άτομο συνάπτει με άλλα στοιχεία ισχυρούς και σταθερούς δεσμούς. Τα υλικά των οποίων τα στοιχεία συνδέονται με τέτοιους δεσμούς είναι άκαμπτα και ανθεκτικά σε πολλούς δυσμενείς παράγοντες όπως τα χημικώς επιβλαβή

περιβάλλοντα καθώς και οι σχετικώς υψηλές θερμοκρασίες. Επιπροσθέτως, η πυκνότητα τους είναι χαμηλή και οι πρώτες τους ύλες άφθονες. Οι ίνες άνθρακα είναι γνωστές από τον περασμένο αιώνα. Ο Thomas Edison χρησιμοποίησε νήματα από άνθρακα προερχόμενα από ίνες μπαμπού στον πρώτο του ηλεκτρικό λαμπτήρα. Οι ίνες άνθρακα προκύπτουν από εξέλαση πολυμερούς. Προκύπτει συνεχές νήμα το οποίο υποβάλλεται σε σταθεροποίηση υπό αέρα στους 200 °C έως 350 °C. Στη συνέχεια θερμαίνεται (απανθράκωση) σε θερμοκρασίες από 350 °C έως 1600 °C σε περιβάλλον αδρανών αερίων για να απομακρυνθούν το υδρογόνο (H), το οξυγόνο (O), το 60 άζωτο (N) και άλλα πρόσθετα στοιχεία. Οι μηχανικές ιδιότητες των τελικών ινών μπορούν να τροποποιηθούν από μία μετέπειτα θερμική κατεργασία σε θερμοκρασίες από 1300°C έως 3000°C. Η ανάγκη εμβάπτισης των ινών σε πολυμερές υλικό είναι οι ίνες άνθρακα που έχουν εμποτισθεί σε μία μήτρα και επίσης είναι το υλικό με το οποίο θα ασχοληθούμε. Οι συνηθέστεροι τύποι μήτρας είναι η υποξειδική ρητίνη, ο πολυεστέρας και το βινύλιο. Η διαδικασία παραγωγής του τελικού προϊόντος είναι σύνθετη και έτσι τίθεται το ερώτημα εάν η ειδική επεξεργασία του άνθρακα είναι απαραίτητη ή εάν θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε απλές ράβδους άνθρακα για να ενισχύσουμε τις κατασκευές. Ο άνθρακας ως πρώτη ύλη είναι πολύ σκληρό υλικό με όλα βέβαια τα πλεονεκτήματα που αποφέρει η σκληρότητα αυτή. Ωστόσο δεν έχει χρησιμοποιηθεί ουσιαστικώς σαν δομικό υλικό λόγω της ψαθυρότητάς του. Μία μικρή εγκοπή στην επιφάνεια ή οποιαδήποτε ατέλεια στο εσωτερικό ομοιογενούς μάζας μπορεί να οδηγήσει σε ξαφνική, πρόωρη και καταστροφική αστοχία ενός δομικού στοιχείου κατασκευασμένου από τέτοιο υλικό. Επίσης, η παρουσία τέτοιου είδους ατελειών είναι συνήθης και δεν μπορεί να αποφευχθεί. Πειράματα που έγιναν σε γραφίτη (υλικό παρόμοιο του άνθρακα) έδειξαν ότι η αντοχή του αυξήθηκε σημαντικά όταν περιχύθηκε στην μορφή ινών. Η πιθανότητα αστοχίας ενός δοκιμίου, στο οποίο υπάρχει ατέλεια ικανή να οδηγήσει σε ψαθυρή θραύση, μειώνεται όσο μικρότερο είναι το ποσοστό του υλικού στο δοκίμιο. Επιπροσθέτως η ρωγμή σε μία σύνθετη ράβδο δεν διαδίδεται τόσο ακαριαία όσο σε ένα αμιγώς συμπαγές δοκίμιο. Μια ατέλεια σε μία ίνα δεν οδηγεί υποχρεωτικά σε αστοχία δομικού στοιχείου. Όταν η ίνα είναι εμβαπτισμένη σε μήτρα με πλαστικό μπορεί σε μικρή απόσταση από τη ρωγμή να αναλάβει πλήρες φορτίο. Οι κόλλες μας επιτρέπουν να συνδέουμε δομικά τμήματα με στοιχεία οικονομικά και χωρίς να αλλάζει η εξωτερική εμφάνιση της κατασκευής. Η σύνδεση με κόλλες εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων σε όλη την επιφάνεια επαφής. Με την χρήση

κόλλας αποφεύγεται το φαινόμενο της συγκέντρωσης των τάσεων που παρατηρείται στις κοχλιωτές συνδέσεις. Φυσικές ελκτικές δυνάμεις προκαλούνται από την μοριακή έλξη της κόλλας με τα υλικά που πρόκειται να ενωθεί. Η δύναμη της έλξης εξαρτάται από τον τύπο των μορίων και την μεταξύ τους απόσταση. Οι ακαθαρσίες και η λιπαρότητα εξασθενούν σημαντικά την αμοιβαία έλξη των μορίων. Συνεπώς είναι ιδιαίτερα σημαντική η προσεκτική προετοιμασία των επιφανειών των τμημάτων που πρόκειται να ενωθούν. Η εκτράχυνση της επιφάνειας του σκυροδέματος βελτιώνει τον μηχανικό δεσμό ανάμεσα στην κόλλα και τα τμήματα που πρόκειται να ενωθούν και αυξάνει την ειδική επιφάνεια. Οι κόλλες που χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν ελάσματα άνθρακα με σκυρόδεμα, μέταλλο, ξύλο και τοιχοποιία είναι εποξειδικές με δύο συστατικά μέρη. Αυτός ο τύπος κόλλας έχει υψηλή μηχανική αντοχή και καλή χημική συμπεριφορά σε διαβρωτικό περιβάλλον. Οι καλές ιδιότητες ύγρανσης εξασφαλίζουν εξαιρετική συνάφεια. Ο στόχος της κόλλας είναι η μεταφορά των δρώντων φορτίων στα συνδεδεμένα μέλη. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η λείανση και η μείωση των ανωμαλιών. Όσο περισσότερο το στρώμα της κόλλας εξομαλύνει τέτοιες ανωμαλίες τόσο περισσότερο η σύνδεση συμμετέχει στην μεταφορά του φορτίου. Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά είναι πολύ σημαντικά για κόλλες υψηλών δομικών απαιτήσεων:

- Ισχυρή συνδετική ικανότητα για τα στοιχεία που πρόκειται να ενωθούν.
- Ισχυρή συνεκτικότητα.
- Μικρή τάση προς ερπυσμό κάτω από μόνιμα φορτία.
- Ανθεκτικότητα στην υγρασία και το αλκαλικό περιβάλλον.

Οι κόλλες εποξειδικής ρητίνης, χάρη στην πυκνή σύστασή τους διαθέτουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Για την σύνδεση ελασμάτων ή υφασμάτων ενισχυμένων με ίνες άνθρακα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο υψηλής ποιότητας εποξειδικές ρητίνες. Ενδεικτικές τιμές των χαρακτηριστικών τους παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

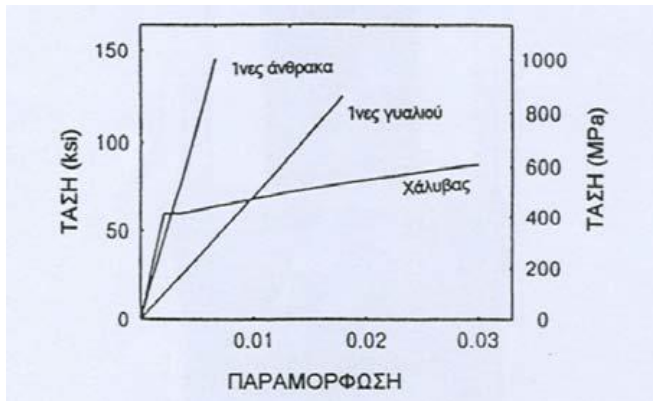
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
Χρόνος εργασιμότητας	40 – 80 min στους 20 °C
Θλιπτική αντοχή	75 – 100 MPa
Εφελκυστική αντοχή	20 – 30 MPa
Διατμητική αντοχή	15 – 20 MPa
E (μέτρο ελαστικότητας)	8000 – 16000 MPa
Συστολή ξήρανσης	0,04 – 0,08%
Αντοχή κόλλας (υγρή)	4 MPa (αστοχία σκυροδέματος)

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά κόλλας

3.4.3 Χαρακτηριστικά του σύνθετου υλικού από ίνες άνθρακα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το σύνθετο υλικό αποτελείται από ίνες άνθρακα εμβαπτισμένες σε μήτρα ρητίνης. Η μήτρα μαζί με τις ίνες εισάγεται σε φούρνο για να σκληρυνθεί. Οι ίνες είναι μακριές και συνεχείς. Το μήκος τους μπορεί να φτάσει τα 500m. Η ρητίνη είναι το μέσο που προστατεύει τις ίνες και διανέμει το φορτίο κατά μήκος τους. Το σύνθετο υλικό είναι ανισότροπο. Ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής, οι ίνες μπορούν να τοποθετηθούν σε πολλές διευθύνσεις με στόχο τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού στην επιθυμητή διεύθυνση. Το σχήμα 1 δείχνει μία τυπική διάταξη σύνθετου ελάσματος με τις ίνες προσανατολισμένες σε διεύθυνση 0° – 90°. Τα ελάσματα περιλαμβάνουν συνήθως αρκετά στρώματα ινών. Το τελικό προϊόν έχει πάχος από 1,5 mm έως 25mm, με αποτέλεσμα να είναι σχετικά δύσκαμπτο. Η συμπεριφορά του σύνθετου υλικού είναι γραμμικώς ελαστική μέχρι την αστοχία. Η θεωρητική εφελκυστική αντοχή (3000 MPa) στη διεύθυνση των ινών) και το μέτρο ελαστικότητας (200000 MPa) έχουν σημαντικά υψηλές τιμές. Στην πράξη όμως λόγω της προοδευτικής θραύσης των ινών οι τιμές αυτές μειώνονται.

Το σχήμα 2 δείχνει τις τυπικές καμπύλες τάσεων – παραμορφώσεων για 3 υλικά: μέταλλο, πολυμερές με ίνες γυαλιού και πολυμερές με ίνες άνθρακα.



Σχήμα 2. Καμπύλες τάσεων – παραμορφώσεων μετάλλων και σύνθετων υλικών.

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι μολονότι η συμπεριφορά των σύνθετων υλικών είναι γραμμική και ελαστική, η αστοχία πραγματοποιείται σε σχετικά μεγάλες παραμορφώσεις. Συνεπώς, η αστοχία δομικών μελών ενισχυμένα με τέτοια υλικά πραγματοποιείται όταν τα βέλη είναι μεγάλα. Οι δύο μορφές του σύνθετου υλικού από ίνες άνθρακα.

Το πολυμερές ενισχυμένο με ίνες άνθρακα είναι σήμερα διαθέσιμο σε δύο τύπους: α) έλασμα και β) ύφασμα. Το έλασμα έχει πάχος 0,5 – 1,5 mm και πλάτος 50 – 300 mm. Το ποσοστό των μονοδιάστατων ινών στην υποξειδική ρητίνη είναι 55 – 65%. Το ύφασμα προέρχεται από μονοδιάστατες ή δισδιάστατες ίνες οι οποίες μπορεί να είναι εμβαπτισμένες σε μήτρα ρητίνης ή όχι. Τόσο το έλασμα όσο και το ύφασμα κατασκευάζονται κάτω από αυστηρό ποιοτικό έλεγχο και έτσι οι ιδιότητες τους είναι γνωστές με ακρίβεια. Ιδιαιτερότητα υπάρχει όταν χρησιμοποιούμε ύφασμα διότι εκατέρωθεν του τοποθετείται ρητίνη η οποία συμπιέζεται και το κατ' όγκο ποσοστό των ινών στο σύνθετο υλικό δεν είναι σταθερό. Συνεπώς, εάν δεν γνωρίζουμε με ακρίβεια το κατ' όγκο ποσοστό των ινών, δεν μπορούμε να είμαστε και ακριβείς σε μεγέθη όπως η εφελκυστική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας.

Δυνατότητες εξέλιξης: Η σπουδαιότητα των νέων σύνθετων υλικών από ίνες στη μηχανική είναι πολύ μεγάλη. Το συμπέρασμα αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι με κατάλληλη επιλογή μεμονωμένων στοιχείων (ίνες και πλαστικό) με «καλές» ιδιότητες το καθένα, προκύπτει σύνθετο υλικό το οποίο έχει νέες εντυπωσιακές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές δύσκολα επιτυγχάνονται ή απαιτούν υψηλό κόστος εάν χρησιμοποιηθούν συμβατικά υλικά. Οι δυνατότητες εξέλιξης και βελτιστοποίησης αυτής της τεχνολογίας είναι μεγάλες. Αυτό οφείλεται στο ευρύ φάσμα δυνατών

συνδυασμών ινών και υλικού εμφάπτισης. Θα μπορούσαμε συνεπώς να μιλήσουμε για «υλικό κατά παραγγελία» το οποίο έχει την δυνατότητα να ανταποκρίνεται σε κάθε είδους απαίτηση.

3.4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του πολυμερούς ενισχυμένου με ίνες άνθρακα προκύπτουν κατά πρώτο λόγο από την σύγκρισή του με τον βασικό «ανταγωνιστή» του δηλαδή το μέταλλο και κατά δεύτερο λόγο από την σύγκρισή του με τα πολυμερή που έχουν ενισχυθεί με άλλες ίνες – εκτός του άνθρακα. Η εφελκυστική αντοχή των σύνθετων υλικών είναι πολύ υψηλή (1000 – 3000 MPa) υπερβαίνουν κατά πολύ αυτή του χάλυβα που χρησιμοποιείται ως οπλισμός. Η πυκνότητα των σύνθετων υλικών με ίνες άνθρακα είναι χαμηλή – περίπου $\frac{1}{4}$ της πυκνότητας του χάλυβα. Έτσι, συγκρίνοντας τα δύο υλικά, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα σύνθετα προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή με μικρότερο βάρος. Το μέτρο ελαστικότητας των πολυμερών ενισχυμένων με ίνες άνθρακα κυμαίνεται από 165 έως 300 GPa. Τα σύνθετα υλικά με ίνες άνθρακα έχουν μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας από τα σύνθετα υλικά με ίνες αραμίτη (120 GPa) και πολύ μεγαλύτερο από τα υλικά με ίνες γυαλιού (50 GPa). Τα πολυμερή με ίνες άνθρακα προσδίδουν ικανοποιητική ακαμψία στα ενισχυόμενα μέλη, χωρίς να είναι υπερβολική η αύξηση (μεταλλική ενίσχυση). Το υψηλό μέτρο ελαστικότητας σε συνδυασμό με την δυνατότητα παραγωγής λεπτών ελασμάτων ή υφασμάτων έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των διατομών χωρίς ουσιαστική αύξηση των διαστάσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό διότι η προσδιδόμενη ακαμψία στα ενισχυόμενα μέλη δεν πρέπει να θέτει σε κίνδυνο τα μη ενισχυμένα τα οποία κινδυνεύουν να υποστούν βλάβες κατά το σεισμό. Σημαντικό πλεονέκτημα των σύνθετων υλικών με ίνες άνθρακα είναι η πολύ καλή συμπεριφορά τους σε διαβρωτικό περιβάλλον. Δεν χρειάζονται προστασία από την υγρασία και την θερμοκρασία. Η επιλογή μεταλλικών ελασμάτων για την ενίσχυση γεφυρών συνοδεύεται από την μόνιμη φροντίδα για την προστασία τους. Τα σύνθετα υλικά με ίνες άνθρακα πλεονεκτούν σε αυτόν τον τομέα όχι μόνο σε σχέση με τα μεταλλικά ελάσματα αλλά και συγκρινόμενα με οποιοδήποτε σύνθετο υλικό. Παρόμοια είναι η υπεροχή των σύνθετων υλικών με ίνες άνθρακα όταν υποβάλλονται σε κόπωση. Η συμπεριφορά τους χαρακτηρίζεται ως άριστη. Ακόμη εξαιρετική είναι η συμπεριφορά τους στον ερπυσμό και την χαλάρωση. Η

συμπεριφορά των σύνθετων υλικών με ίνες άνθρακα στη φωτιά είναι πολύ καλύτερη από αυτή των μετάλλων. Αυτό οφείλεται στην μικρή θερμική αγωγιμότητα στην πλευρική διεύθυνση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η φωτιά είναι εχθρός των σύνθετων υλικών. Βασικό πλεονέκτημα των πολυμερών ενισχυμένων με ίνες είναι το χαμηλό ίδιο βάρος. Τα πολυμερή όντας ελαφρά, πολύ λεπτά και διαθέσιμα σε οποιοδήποτε μήκος είναι ιδιαίτερα εύχρηστα και εγκαθίστανται ταχύτατα. Οι μεταξύ τους συνδέσεις είναι εύκολες καθώς και οι διασταυρώσεις τους. Δεν απαιτούν την μετακίνηση πιθανών αγωγών και καλωδίων και δεν αλλοιώνουν αισθητικά την κατασκευή. Η μεταφορά, η τοποθέτηση και η εγκατάσταση είναι εύκολες. Δεν απαιτούνται ικριώματα ή οποιοσδήποτε άλλος ειδικός εξοπλισμός για την εφαρμογή τους.

Μειονεκτήματα:

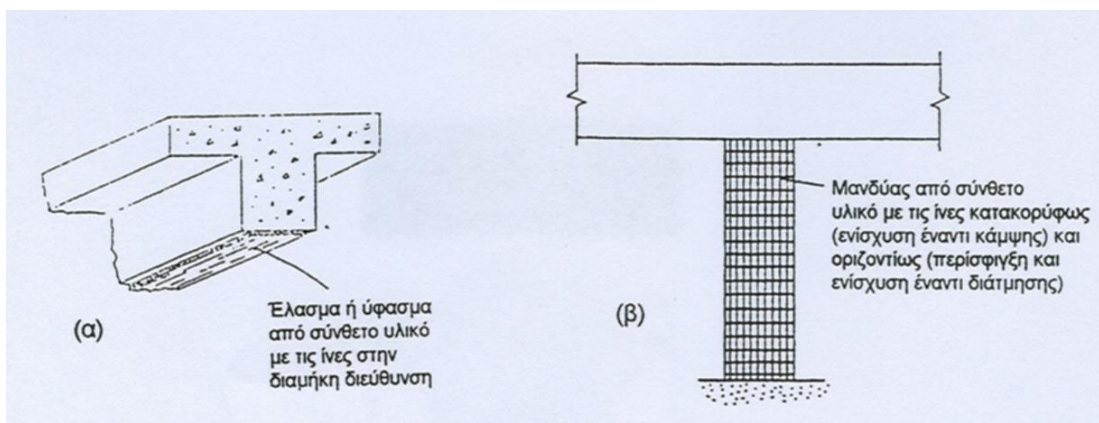
Τα πολυμερή ενισχυμένα με ίνες είναι ψαθυρά υλικά και γραμμικώς ελαστικά. Το ενθαρρυντικό είναι ότι η ψαθυρή αστοχία λαβαίνει χώρα σε σχετικά μεγάλες παραμορφώσεις (1 – 2 % για τις ίνες άνθρακα και 2,5 – 3,5% για τις άλλες ίνες). Τα σύνθετα υλικά μπορούν να αναλάβουν φορτία μόνο κατά την διεύθυνση των ινών τους σε αντίθεση με τα μεταλλικά ελάσματα που μπορούν σε οποιαδήποτε διεύθυνση. Σημαντικό μειονέκτημα του σύνθετου υλικού με ίνες άνθρακα είναι το υψηλό κόστος (9 φορές μεγαλύτερο από το κόστος του Fe 360). Ωστόσο, το κόστος του υλικού δεν θα πρέπει να εξετάζεται μεμονωμένα. Ο μικρότερος χρόνος και απλούστερος εξοπλισμός επιδρούν σημαντικά στη μείωση του εργατικού κόστους. Εάν μάλιστα λάβουμε υπόψη μας ότι γενικά στις επισκευές το κόστος του υλικού ανέρχεται περίπου στο 20% του συνολικού κόστους και το υπόλοιπο 80% είναι το κόστος των εργατικών συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μικραίνει. Ακόμη υπάρχει εξοικονόμηση χρημάτων γιατί δεν απαιτείται να μετακινηθεί ο υπάρχων μηχανολογικός εξοπλισμός και οι άλλες εγκαταστάσεις τέτοιου είδους και δεν αναστέλλεται η λειτουργία της κατασκευής λόγω των έργων επισκευής. Επιπροσθέτως, το υλικό είναι νέο στην αγορά και αναμένεται στο μέλλον η σταδιακή μείωση της τιμής του. Στα παραπάνω θα μπορούσαμε να προσθέσουμε την περιορισμένη γνώση που έχουμε σε σχέση με την συμβατότητα των σύνθετων υλικών με το σκυρόδεμα και το χάλυβα.

3.4.5 Ενίσχυση έναντι κάμψης, διάτμησης κι αξονικού φορτίου

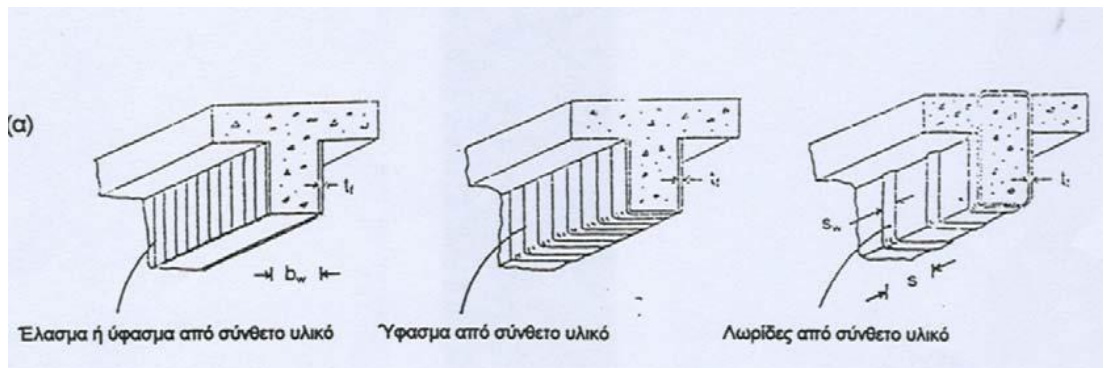
Η τεχνική ενίσχυσης που χρησιμοποιεί πολυμερή με ίνες εφαρμόστηκε αρχικά στην Γερμανία και την Ελβετία. Η ενίσχυση έναντι κάμψης μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα με ελάσματα εξωτερικώς επικολλούμενα με εποξειδική ρητίνη έχει μελετηθεί λεπτομερώς από ερευνητές σε διάφορα ιδρύματα, μεταξύ των οποίων EMPA (Ελβετία), IBMB (Γερμανία), MIT (ΗΠΑ), Πανεπιστήμιο της Arizona, (ΗΠΑ). Ακολούθησαν μελέτες που ερευνούσαν την ενίσχυση έναντι διάτμησης δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι δοκοί είχαν ενισχυθεί με ύφασμα ή με ελάσματα από ίνες άνθρακα και παρουσίασαν σημαντική βελτίωση. Ένα άλλο πεδίο έρευνας σχετικό με την χρήση σύνθετων υλικών για την ενίσχυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η περιτύλιξη υποστυλώματος με μανδύες από ίνες με στόχο την ενίσχυση έναντι κάμψης διάτμησης και αξονικού φορτίου κάτω από σεισμικά φορτία.

Ενίσχυση έναντι κάμψης: Οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος ενισχύονται έναντι κάμψης με σύνθετα υλικά όταν αυτά τοποθετούνται με υποξειδική κόλλα στην εφελκυσόμενη ζώνη των μελών, με τις ίνες παράλληλα στην διεύθυνση των υψηλών εφελκυστικών τάσεων (άξονας μέλους). Η γενική ιδέα φαίνεται στο σχήμα 1, όπου μονοδιάστατα ελάσματα ή υφάσματα χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση δοκών ή υποστυλωμάτων υπό κάμψη.

Ενίσχυση έναντι διάτμησης: Οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος ενισχύονται έναντι διάτμησης με σύνθετα υλικά όταν αυτά τοποθετούνται με υποξειδική κόλλα στα μέλη και με την διεύθυνση των ινών τους όσο το δυνατόν παράλληλη στην διεύθυνση των κύριων εφελκυστικών τάσεων. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται μέλη που έχουν ενισχυθεί έναντι διάτμησης με μερική ή ολική περιτύλιξη – ανάλογα με την δυνατότητα πρόσβασης σε αυτά.



Σχήμα 1. Ενίσχυση έναντι κάμψης μελών οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά: (α) δοκός και (β) υποστύλωμα. Έλασμα από σύνθετο υλικό Ύφασμα από σύνθετο υλικό Λωρίδες από σύνθετο υλικό



Σχήμα 2. Ενίσχυση έναντι διάτμησης μελών οπλισμένου σκυροδέματος: (α) δοκοί και (β) υποστυλώματα.

Ανθρακονήματα (FRP) - Χαλυβδοελάσματα

Τα ανθρακονήματα είναι σύνθετα υλικά που κατασκευάζονται από ίνες άνθρακα πολύ υψηλής αντοχής. Έχουν εφαρμογή στο χώρο των στατικών ενισχύσεων των κτιρίων γιατί αυξάνουν την καμπτική και διατμητική αντοχή των φερόντων στοιχείων. Εμφανίζονται σε 2 μορφές: τα ανθρακοϋφάσματα και τα ανθρακοελάσματα.

Τα ανθρακοϋφάσματα είναι υφάσματα από ίνες άνθρακα τοποθετημένες στην μία ή και στις 2 διευθύνσεις ενώ τα ανθρακοελάσματα είναι ελάσματα «λωρίδες» από συμπυκνωμένες ίνες άνθρακα πολύ μικρού πάχους (1,2-1,4mm) σε διάφορα πλάτη.

Εφαρμόζονται για την ενίσχυση υποστυλωμάτων, πλακών, δοκών κλπ. και επικολλώνται με την βοήθεια ειδικών εποξειδικών ρητινών σε μία, δύο ή περισσότερες στρώσεις.

Τα πλεονεκτήματα των ανθρακονημάτων είναι:

- Εφαρμόζονται εύκολα και γρήγορα.
- Προσδίδουν υψηλές αντοχές στα ενισχυόμενα στοιχεία.
- Δεν επηρεάζουν την στατική ακαμψία του φέροντος οργανισμού.

Αντίστοιχα με τα ανθρακοϋφάσματα είναι και τα υαλοϋφάσματα (GFRP) από ίνες υαλού και με χαμηλότερες αντοχές.

Τα χαλυβδοελάσματα είναι ελάσματα από χάλυβα σε διάφορες διαστάσεις και πάχη και έχουν εφαρμογή στο χώρο των στατικών ενισχύσεων των κτιρίων γιατί αυξάνουν την καμπτική αντοχή πλακών, δοκών, κόμβων και υποστυλωμάτων.

Επικολλώνται με την βοήθεια ειδικών εποξειδικών ρητινών και εκτονούμενων βυσμάτων.

Η Επιδόμος ΕΠΕ διαθέτει μόνιμο συνεχώς εκπαιδευμένο προσωπικό και εγγυάται την άρτια εκτέλεση ενισχύσεων με ανθρακονήματα και χαλυβδοελάσματα σε φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος.













**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΣΤΟΝ ΦΕΡΟΝΤΑ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΟ ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**



Εικόνα 1 ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΟΚΑΡΙ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....



Εικόνα 2 ΤΩΡΑ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΥΧΩΝ ΡΩΓΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΕΝΔΕΙΚΝΕΙΤΕ ΚΑΘΟΣΟΝ Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΥΤΗ ΜΠΟΡΕΙ ΕΥΚΟΛΑ ΝΑ ΕΠΟΥΛΩΣΕΙ ΖΗΜΙΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΚΛΗΘΟΥΝ ΣΤΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .



Εικόνα 3



Εικόνα 4



Εικόνα 5 Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΟΝΙΜΑΤΑ ΑΠΑΙΤΕΙ ΤΗΝ ΔΙΕΞΟΔΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΠΥΡΗΝΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΟΚΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ.



Εικόνα 6

Είναι φανερό ότι η απόκλιση του σκυροδέματος δημιουργεί απογύμνωση στο χάλυβα του φέροντος οργανισμού με αποτέλεσμα την μελλοντική διάβρωση του. Η εφαρμογή ανθρακο-υφασμάτων θα επουλώσει τις ζημιές στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου. Η μελέτη αποκατάστασης των ζημιών θα μας δώσει τα απαραίτητα στοιχεία για τα υλικά που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την επισκευή των ζημιών. Εφόσον οι κύριες ζημιές είναι στα οριζόντια δοκάρια η επισκευή με λάμες ανθρακονιμάτων ενδείκνυται στην παρούσα μελέτη. Πολλά κτίρια με τέτοιου είδους ζημιές έχουν αποκατασταθεί με την παρούσα τεχνική. Το

κόστος επισκευής δεν υπερβαίνει τις συμβατικές μεθόδους με gunite. Οι ιδιωτικές και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τέτοιων λαμών ανθρακονιμάτων έχουν μελετηθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Η αποκατάσταση των δοκών με λάμες ανθρακονιμάτων ενδείκνυται καθόσον το υλικό μπορεί να σπατουλαριστεί και να βαφεί με ειδικά χρώματα ώστε το συνεργείο επισκευής δρα έγκυρα για την αποκατάσταση των ζημιών από σεισμό ή από άλλου τύπου καταστροφές. Ειδικό συνεργείο από τη ΔΕΚΕ μπορεί να κάνει την δειγματοληψία πυρήνων από το οπλισμένο σκυρόδεμα. Στα εργαστήρια της ΔΕΚΕ μπορεί να γίνει η ανάλυση των αποτελεσμάτων και να βρεθεί η αντοχή και να γίνει ο υπολογισμός του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος. Τα αποτελέσματα θα μας υποδείξουν τον αριθμό των στρώσεων των ανθρακονιμάτων περί των δοκών και των υποστυλωμάτων.

Ιδιότητα	M.M.	HR 2000	HR 2500	THR 3000	HM 200	HM 250	THM 300	THM 450
Εφελκυστική αντοχή (f_k)	MPa	1800	2200	2800	2900	2000	1200	1200
Μέτρο ελαστικότητας (E_k)	GPa	150	158	163	190	245	280	420
Παραμόρφωση θραύσης	%	1,50	1,30	1,60	1,40	0,77	0,38	0,27
Διαστρωματική διατμητική αντοχή	MPa	81	77	77	79	79	65	65
Πυκνότητα	g/cm ³	1,54	1,61	1,61	1,56	1,61	1,80	1,82
Συν/σπής θερμικής διαστολής	10 ⁻⁶ m/m/°C	0,6	0,6	0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4



Τα ινολιμένα ελάσματα MEGAPLATE, λόγω της σχετικής δυσκαμψίας τους, είναι κατάλληλα για επικόλληση σε επίπεδους ή ελαφρώς καμπύλους φορείς. Τα ανθρακονιμάτα είναι παράλληλα στη διεύθυνση του ελάσματος, διεύθυνση κατά την οποία μπορούν να παραλάβουν εφελκυστικές τάσεις. Ενδείκνυται για την ενίσχυση δομικών στοιχείων σε κάμψη, όπως δοκοί, πλακοδοκοί, πλάκες, τοιχία, πεσοοί φέρουσας τοιχοποιίας, αλλά και την ικανοποίηση απαιτήσεων σε λειτουργικότητα, μειώνοντας τα βέλη κάμψης και τις αναμενόμενες ρηγματώσεις. Η επικόλληση των ελασμάτων στα στοιχεία πραγματοποιείται στο εφελκυσμένο πέλμα τους με διεύθυνση τέτοια, ώστε να παραλαμβάνουν τις, λόγω κάμψης, αναπτυσσόμενες εφελκυστικές δυνάμεις.

Στις δύο επιφάνειες των ελασμάτων MEGAPLATE βρίσκεται επικολλημένη ταινία προστασίας, μετά την αφαίρεση της οποίας προκύπτει μία αδρή και απόλυτα καθαρή επιφάνεια για βέλτιστη πρόσφυση. Διατίθενται σε διάφορα πλάτη και πάχη και συσκευάζονται σε ρολά που κόβονται σε οποιοδήποτε μήκος, ώστε να καλύπτουν κάθε απαίτηση σχεδιασμού της ενίσχυσης. Ο τύπος MEGAPLATE THR-3000 είναι άμεσα διαθέσιμος σε διαστάσεις 50x1,2mm, 80x1,2mm, 100x1,2mm, 100x1,4mm και 120x1,4mm, ενώ οι άλλοι τύποι MEGAPLATE διατίθενται κατόπιν παραγγελίας σε εύλογο χρονικό διάστημα.

ΕΡΟΜΑΧ-PL εξοξειδωτική πάστα 2 συστατικών για επικόλληση ελασμάτων
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΠΟΥ MEGAPLATE ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑ ΙΣΟΜΑΤ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

28

ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

μήκος επικόλλησης l_b , μέχρις ότου αυτό λάβει μία οριστική τιμή $l_{b,max}$, πέρα από την οποία η δύναμη αποκόλλησης παραμένει πρακτικά αμετάβλητη, ίση με $N_{b,max}$ (Σχ. 3.5).

3.3.2 Αναλυτικό προσομοίωμα

Η σχέση δύναμης αποκόλλησης - μήκους επικόλλησης του Σχ. 3.6 παρασφραγείται μετρησιακά από τις παρακάτω σχέσεις (Holzenkämpfer 1984, Neubauer and Roetzky 1989)

για $l_b \geq l_{b,max}$: $N_b = N_{b,max} = c_1 c_2 c_3 b_l \sqrt{f_{cm} E_t I_t}$ (N) (3.3a)

για $l_b < l_{b,max}$: $N_b = N_{b,max} \frac{l_b}{l_{b,max}} \left(2 - \frac{l_b}{l_{b,max}} \right)$ (N) (3.3b)

$l_{b,max} = \sqrt{\frac{E_t I_t}{\sigma_2 f_{cm}}}$ (mm) (3.4)

όπου

$k_2 = \frac{1,125 \left(2 - \frac{b_l}{b} \right)}{1 + \frac{b_l}{400}} \geq 1$ (3.5)

με b_l/b όχι μικρότερο από 0,33, k_2 = συντελεστής συμπίεσης του σκυροδέματος, ίσος με 1,0 για κανονική συμπίεση ή ίσος με 0,87 για πτωχή συμπίεση (π.χ. επιφάνειες όχι σε επαφή με ελαστούς κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησής), b_l = πλάτος ελάσματος (mm), b = πλάτος διατομής στοιχείου σκυροδέματος στο οποίο έχει επικολληθεί το έλασμα (mm), f_{cm} = μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος (MPa), E_t = μέτρο ελαστικότητας συνθέτων υλικών (MPa) και I_t = πλάτος ελάσματος συνθέτων υλικών (mm). Επίσης, c_1 = 0,64 (ή 0,50, αν το ζητούμενο είναι η χαρακτηριστική τιμή της $N_{b,max}$) και $c_2 = 2,0$.

Σε όρους τάσεων, από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι η αποκόλληση των συνθέτων υλικών επέρχεται όταν η εφελκυστική τάση σχεδιασμού σε αυτό ($\sigma_{td} = N_{b,max} / b_l I_t$) γίνει ίση με

για $l_b \geq l_{b,max}$: $\sigma_{td} = \frac{0,5 k_2 k_3}{\gamma_b} \sqrt{\frac{f_{cm} E_t}{I_t}}$ (MPa) (3.6a)

27

ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

για $l_b < l_{b,max}$: $\sigma_{td} = \frac{0,5 k_2 k_3}{\gamma_b} \sqrt{\frac{f_{cm} E_t}{I_t}} \left(2 - \frac{l_b}{l_{b,max}} \right)$ (MPa) (3.6b)

Παράδειγμα 3.1

Θεωρήστε ένα έλασμα συνθέτων υλικών με πλάτος $b_l = 50$ mm, πάχος $t_l = 1,2$ mm, μέτρο ελαστικότητας $E_t = 18000$ MPa και εφελκυστική αντοχή $f_t = 3000$ MPa, το οποίο επικολλάται σε στοιχεία σκυροδέματος πλάτους $b = 100$ mm (Σχ. 3.6). Έστω ότι το σκυρόδεμα έχει εφελκυστική αντοχή $f_{cm} = 1,9$ MPa.

Σχ. 3.6

Από την εξ. (3.4) προκύπτει ότι το απαιτούμενο μήκος επικόλλησης ώστε να μεγιστοποιηθεί η δύναμη που μπορεί να παραλάβει το έλασμα πριν αποκολληθεί ($N_{b,max}$) είναι $l_{b,max} = \sqrt{(18000 \times 1,2) / (2 \times 1,9)} = 238$ mm.

Η εξ. (3.5) δίνει $k_2 = \frac{1,125 \left(2 - \frac{50}{100} \right)}{1 + \frac{50}{400}} = 1,22 > 1$.

οπότε από την εξ. (3.3a) υπολογίζεται $N_{b,max} = 0,64 \times 1,0 \times 1,22 \times 50 \sqrt{1,9 \times 18000} \times 1,2 = 2510$ N = 25 kN και η τάση στο έλασμα θα είναι $2510 / (50 \times 1,2) = 417$ MPa (εδώ σίγουρα να παρατηρήσουμε ότι αν το έλασμα εφελκυστικό την αντοχή του θα μπορούσε να παραλάβει συνολική δύναμη $N_b = 3000 \times (50 \times 1,2) / 1000 = 180$ kN, δηλαδή περίπου 7-πλάσιο της δύναμης που προκαλεί αποκόλληση).

Αν το ζητούμενο είναι η μέγιστη εφελκυστική τάση σχεδιασμού (για μήκος επικόλλησης τουλάχιστον ίσο με 238 mm), από την εξ. (3.6) προκύπτει (με συντελεστή ασφαλείας $\gamma_b = 1,5$) $\sigma_{td} = 217$ MPa.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΜΕ ΕΛΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΙΜΑΤΑ

4.1 Εξιλασμένα ελάσματα ινών άνθρακα για δομητικές ενισχύσεις

Περιγραφή Προϊόντος

Τα ελάσματα Sika® CarboDur® παράγονται με τη μέθοδο της εξέλασης ινών άνθρακα σε πολυμερική μήτρα (ΙΩΠ), και αποτελούν μέρος του συστήματος δομητικών ενισχύσεων για επεμβάσεις σε κατασκευές σκυροδέματος, ξύλου, μετάλλων και φέρουσας τοιχοποιίας.

Παραγωγή Ενισχυτικών Ινών Άνθρακα

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για να κάνει ίνες άνθρακα ονομάζεται πρόδρομος. Περίπου το 90% των ινών άνθρακα που παράγεται είναι κατασκευασμένες από πολυακρυλονιτρίλιο (PAN). Το υπόλοιπο 10% είναι κατασκευασμένα από ρεγιόν ή πετρελαϊκό αγωνιστικό χώρο. Όλα αυτά τα υλικά είναι οργανικά πολυμερή, που χαρακτηρίζεται από μακρές σειρές μόρια συνδέονται μαζί με άτομα άνθρακα. Η ακριβής σύνθεση της κάθε πρόδρομη ουσία ποικίλλει από τη μία εταιρεία στην άλλη και γενικά θεωρείται ένα εμπορικό μυστικό.

Κατά την διάρκεια της διαδικασίας παρασκευής, μια ποικιλία από αέρια και υγρά που χρησιμοποιούνται. Μερικά από αυτά τα υλικά έχουν σχεδιαστεί για να αντιδράσει με τις ίνες για να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Τα άλλα υλικά που να μην αντιδρούν ή να εμποδίσουν ορισμένες αντιδράσεις με την ίνα. Όπως και με τους πρόδρομους, οι ακριβείς συνθέσεις πολλών από αυτά τα υλικά διεργασίας θεωρούνται εμπορικά μυστικά.

Η διαδικασία για την κατασκευή ινών άνθρακα είναι ένα μέρος χημικές και ένα μέρος μηχανικές. Ο πρόδρομος τραβιέται μέσα μακράς κλώνων ή ινών και στη συνέχεια θερμαίνεται σε μία πολύ υψηλή θερμοκρασία που επιτρέπει να έρθουν σε επαφή με το οξυγόνο. Χωρίς οξυγόνο, η ίνα δεν μπορεί να καεί. Αντ' αυτού, η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί τα άτομα στην ίνα να δονείται βίαια μέχρι τα περισσότερα από τα άτομα μη-άνθρακα αποβάλλονται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται απανθράκωση και αφήνει μια ίνα που αποτελείται από μακρά, σφιχτά μεταξύ κλειδωμένη αλυσίδες ατόμων άνθρακα με μόνο μερικά άτομα μη-άνθρακα που απομένει.

Εδώ είναι μια τυπική ακολουθία λειτουργιών που χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν ίνες άνθρακα από πολυακρυλονιτρίλιο (PAN):

Κλώση

Ακρυλονιτριλική πλαστική σκόνη αναμιγνύεται με ένα άλλο πλαστικό, όπως το ακρυλικό μεθύλιο ή μεθακρυλικό μεθύλιο, και αντιδρά με έναν καταλύτη σε ένα συμβατικό εναιώρημα ή διάλυμα διεργασίας πολυμερισμού για να σχηματίσει ένα πλαστικό πολυακρυλονιτρίλιο.

Τα πλαστικά ακολούθως περιδινήθηκαν σε ίνες χρησιμοποιώντας μία από τις πολλές διαφορετικές μεθόδους. Σε ορισμένες μεθόδους, το πλαστικό αναμιγνύεται με ορισμένες χημικές ουσίες και αντλείται μέσω μικροσκοπικών πιδάκων μέσα σε ένα χημικό λουτρό ή σβήσιμο σε θάλαμο όπου τα πλαστικά πήζουν και στερεοποιούνται σε ίνες. Αυτό είναι παρόμοιο με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για το σχηματισμό πολυακρυλικού με υφαντικές ίνες. Σε άλλες μεθόδους, το πλαστικό μίγμα θερμαίνεται και αντλείται μέσω μικροσκοπικών πιδάκων μέσα σε ένα θάλαμο όπου η εξάτμιση των διαλυτών αφήνει μία στερεά ίνα. Το στάδιο νηματοποίησης είναι σημαντικό, διότι η εσωτερική ατομική δομή της ίνας διαμορφώνεται κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Οι ίνες στη συνέχεια πλένονται και τεντώνονται προς τη διάμετρο της επιθυμητής ίνας. Το τέντωμα βοηθά στην ευθυγράμμιση των μορίων μέσα στην ίνα και παρέχει τη βάση για το σχηματισμό των σφικτά συνδεδεμένων κρυστάλλων διοξειδίου του άνθρακα μετά την απανθράκωση.

Σταθεροποιητικό

Πριν οι ίνες γίνουν ανθρακούχες, πρέπει να είναι χημικώς τροποποιημένες για να μετατρέψουν την γραμμική ατομική σύνδεσή τους σε μία περισσότερη θερμική σταθερή συγκόλληση. Αυτό επιτυγχάνεται με θέρμανση των ινών σε αέρα σε περίπου 390 έως 590 ° F (200-300 ° C) για 30-120 λεπτά. Αυτό προκαλεί τις ίνες για να πάρει τα μόρια του οξυγόνου από τον αέρα και να αναδιατάξει το πρότυπο της ατομικής συγκόλλησης τους. Τα σταθεροποιητικά χημικών αντιδράσεων είναι πολύπλοκα και εμπλέκουν πολλά βήματα, μερικά από τα οποία συμβαίνουν ταυτόχρονα. Μπορούν επίσης να δημιουργήσουν την δική τους θερμότητα, η οποία πρέπει να ελέγχεται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση των ινών. Εμπορικά, η διαδικασία σταθεροποίησης χρησιμοποιεί μια ποικιλία του εξοπλισμού και των τεχνικών. Σε ορισμένες μεθόδους, οι ίνες περνούν μέσω μιας σειράς θερμαινόμενων θαλάμων. Σε άλλες περιπτώσεις, οι ίνες περνούν πάνω από ζεστούς κυλίνδρους και μέσω κλινών των χαλαρών υλικών τελούν υπό αναστολή από μια ροή του ζεστού αέρα. Ορισμένες μέθοδοι χρησιμοποιούν θερμό αέρα που αναμιγνύεται με ορισμένα αέρια που επιταχύνουν τη σταθεροποίηση χημικά.

Αποτυπωτική

Μόλις σταθεροποιηθούν οι ίνες θερμαίνονται σε μία θερμοκρασία από περίπου 1,830-5,500 ° F (1.000-3.000 ° C) για μερικά λεπτά σε έναν κλίβανο γεμάτο με ένα αέριο μίγμα που δεν περιέχει οξυγόνο. Η έλλειψη οξυγόνου εμποδίζει τις ίνες από την καύση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Η πίεση του αερίου στο εσωτερικό του κλιβάνου διατηρείται υψηλότερη από την εξωτερική πίεση του αέρα και τα σημεία όπου οι ίνες εισέρχονται και εξέρχονται από τον κλίβανο σφραγίζονται για να κρατήσει το οξυγόνο από την είσοδο. Καθώς οι ίνες θερμαίνονται, αρχίζουν να χάνουν τα άτομα μη-άνθρακα, συν μερικά άτομα άνθρακα, με τη μορφή διαφόρων αερίων, συμπεριλαμβανομένων των υδρατμών, αμμωνία, μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου, άζωτο, και άλλα. Καθώς τα άτομα μη-άνθρακα που αποβάλλονται, τα υπόλοιπα άτομα άνθρακα σχηματίζουν σφικτά συνδεδεμένους κρυστάλλους διοξειδίου του άνθρακα που είναι ευθυγραμμισμένοι περισσότερο ή λιγότερο παράλληλα προς τον επιμήκη άξονα της ίνας. Σε ορισμένες μεθόδους, οι δύο φούρνοι λειτουργούν σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται για τον καλύτερο έλεγχο του ρυθμού της θέρμανσης κατά τη διάρκεια της απανθράκωσης.

Κατεργασία της επιφάνειας

Μετά την αποτυπωτική διαδικασία, οι ίνες έχουν μία επιφάνεια που δεν συνδέεται καλά με τα εποξειδικά και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στα σύνθετα υλικά. Για να δώσει στις ίνες καλύτερες ιδιότητες συγκόλλησης, η επιφάνειά τους είναι ελαφρώς οξειδωμένη. Η προσθήκη των ατόμων οξυγόνου προς την επιφάνεια παρέχει καλύτερες ιδιότητες χημικών δεσμών και επίσης χαράζει τραχειά επιφάνεια για καλύτερες μηχανικές ιδιότητες συγκόλλησης. Οξειδωση μπορεί να επιτευχθεί με εμβάπτιση των ινών σε διάφορα αέρια όπως αέρα, διοξείδιο του άνθρακα, όζον ή σε διάφορα υγρά όπως υποχλωριώδες νάτριο ή νιτρικό οξύ. Οι ίνες μπορούν επίσης να επικαλυφθούν ηλεκτρολυτικά κάνοντας τις ίνες το θετικό τερματικό σε ένα λουτρό γεμισμένο με διάφορα ηλεκτρικά αγωγιμα υλικά. Η διαδικασία επεξεργασίας της επιφάνειας πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά για την αποφυγή σχηματισμού μικροσκοπικών ελαττωμάτων επιφάνειας η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη των ινών.

Η ταξινόμηση κατά μέγεθος

Μετά την κατεργασία της επιφάνειας, οι ίνες επικαλύπτονται για να τους προστατεύσει από τυχόν ζημιές κατά την περιέλιξη ή ύφανση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κολλάρισμα. Τα υλικά επικάλυψης επιλέγονται ώστε να είναι συμβατό με το συγκολλητικό που χρησιμοποιείται για να σχηματίσουν σύνθετα υλικά. Τυπικά υλικά επικάλυψης περιλαμβάνουν εποξυ, πολυεστέρα, νάιλον, ουρεθάνη, και άλλα. Ο επικαλυμμένες ίνες τυλίγονται σε κυλίνδρους ονομάζονται μπομπίνες. Οι κουβαρίστρες φορτώνονται σε μία μηχανή περιδίνησης και οι ίνες συστρέφονται σε νήματα διαφόρων μεγεθών.

Μέθοδος Μορφοποίησης Σύνθετων Υλικών με Εξέλαση

Sika CarboDur® S512/ 80

- Περιέχει περίπου 1.2 Εκατομμύρια ίνες
- Συνεχής ίνες, μίας διεύθυνσης
- Συνολικός όγκος ινών > 68%

Τα ελάσματα Sika® CarboDur® επικολλούνται πάνω στην κατασκευή ως εξωτερικός οπλισμός χρησιμοποιώντας την εποξειδική ρητίνη Sikadur®-30 για εφαρμογή σε κανονικές συνθήκες– ή την εποξειδική ρητίνη Sikadur®-30LP για εφαρμογή σε υψηλές θερμοκρασίες.



Εφαρμογές Ενίσχυσης κατασκευών για:

Αύξηση φέρουσας ικανότητας

- Αύξηση φέρουσας ικανότητας σε πλάκες και δοκούς
- Αναβάθμιση της φορτικής επάρκειας των γεφυρών ώστε να διασφαλιστεί αύξηση των αξονικών φορτίων
- Εγκατάσταση βαρέων μηχανημάτων σε βιομηχανικές μονάδες
- Σταθεροποίηση δονούμενων κατασκευών
- Αλλαγή χρήσης κτιρίων

Βλάβες σε δομικά μέλη

- Φθορά της αρχικής δομής των υλικών
- Διάβρωση χαλύβδινου οπλισμού σκυροδέματος
- Κρούση οχημάτων
- Πυρκαγιά
- Σεισμός

Βελτίωση λειτουργικότητας

- Μειωμένη βύθιση
- Μείωση τάσεων του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος
- Μείωση εύρους ρωγμής
- Μείωση του φαινομένου της κόπωσης

Αλλαγή στατικού συστήματος

- Αφαίρεση τοιχοπληρώσεων ή υποστρωμάτων
- Αφαίρεση τμήματος πλάκας για δημιουργία ανοίγματος

Αλλαγή προδιαγραφών

- Σεισμική επιτάχυνση εδάφους
- Τροποποιημένη προσέγγιση σχεδιασμού

Σχεδιαστικές ή κατασκευαστικές ατέλειες

- Ανεπάρκεια χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος
- Ανεπάρκεια ακαμψίας δομικού μέλους

Χαρακτηριστικά / Πλεονεκτήματα

- Δε διαβρώνονται
- Πολύ υψηλή αντοχή
- Εξαιρετική ανθεκτικότητα
- Χαμηλό βάρος
- Διαθέσιμο σε μεγάλα μήκη, δίχως την απαίτηση συνδέσεων
- Χαμηλό συνολικό πάχος
- Μπορεί να βαφτεί
- Εύκολη μεταφορά (ρολά)
- Απλή διασταύρωση ή επάλληλη εφαρμογή ελασμάτων
- Εύκολη διαδικασία τοποθέτησης, ειδικά σε εφαρμογές οροφής
- Αξιοσημείωτη αντοχή σε κόπωση
- Ελάχιστη προεργασία του ελάσματος, εφαρμόσιμα σε διάφορα στρώματα
- Διαθέσιμοι συνδυασμοί με ιδιότητες υψηλής αντοχής ή μέτρου ελαστικότητας
- Ανθεκτικό σε αλκάλια
- Καθαρές άκρες χωρίς εκτεθειμένες ίνες χάρις στη διαδικασία εξέλασης
- Εγκρίσεις από πολλές χώρες παγκοσμίως

Χαρακτηριστικά Προϊόντος Ανθρακοελάσματα (ΙΩΠ) Sika® CarboDur®

Μορφή Εμφάνιση / Χρώμα: Ινωπλισμένα πολυμερή άνθρακα σε εποξειδική μήτρα, μαύρο. Κόβεται σε μεγέθη μικρότερα των 250 μέτρων σύμφωνα με την ζήτηση.

Συσκευασία: Διατίθεται σε ρολά των 250 m σε ανακυκλώσιμα κουτιά συσκευασίας.

Τύποι Sika® CarboDur® S / Sika® CarboDur® XS Μέτρο ελαστικότητας 165'000 N/mm²

Τύπος	Πλάτος	Πάχος	Ενεργή διατομή
Sika® CarboDur® S1.525/60	15 mm	2.5 mm	37.5 mm ²
Sika® CarboDur® S2.025/80	20 mm	2.5 mm	50 mm ²
Sika® CarboDur® S512/80	50 mm	1.2 mm	60 mm ²
Sika® CarboDur® XS514/80	50 mm	1.4 mm	70 mm ²
Sika® CarboDur® S613/100	60 mm	1.3 mm	78 mm ²
Sika® CarboDur® S812/120	80 mm	1.2 mm	96 mm ²
Sika® CarboDur® S912/140	90 mm	1.2 mm	108 mm ²
Sika® CarboDur® S1012/160	100 mm	1.2 mm	120 mm ²
Sika® CarboDur® S1014/180	100 mm	1.4 mm	140 mm ²
Sika® CarboDur® S1213/200	120 mm	1.3 mm	156 mm ²
Sika® CarboDur® S1214/220	120 mm	1.4 mm	168 mm ²
Sika® CarboDur® S1512/240	150 mm	1.2 mm	180 mm ²

Sika® CarboDur® M Μέτρο ελαστικότητας 210'000 N/mm²

Τύπος	Πλάτος	Πάχος	Ενεργή διατομή
Sika® CarboDur® M614/110	60 mm	1.4 mm	84 mm ²
Sika® CarboDur® M914/170	90 mm	1.4 mm	126 mm ²
Sika® CarboDur® M1214/230	120 mm	1.4 mm	168 mm ²

Sika® CarboDur® H Μέτρο ελαστικότητας 300'000 N/mm²

Τύπος	Πλάτος	Πάχος	Ενεργή διατομή
Sika® CarboDur® H514/50	50 mm	1.4 mm	70 mm ²

Αποθήκευση

Συνθήκες Αποθήκευσης - Διάρκεια Ζωής

Απεριόριστη (χωρίς έκθεση σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία, σε ξηρές συνθήκες).

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Πυκνότητα 1.60 g/cm³

Θερμοκρασιακή Αντοχή > 150°C

Περιεχόμενος Όγκος Ινών > 68% (τύπος S)

Μηχανικές / Φυσικές Ιδιότητες

Ιδιότητες Ελάσματος

		Sika Carbodur			
Μονάδες μέτρησης N/mm ² ή MPa		XS	S	M	H
Μέτρο Ελαστικότητας	Μέση τιμή	165'000	165'000	210'000	300'000
	Ελάχιστη τιμή	>160'000	> 160'000	> 200'000	> 290'000
	5% τιμή θραύσης	-	162'000	210'000	-
	95% τιμή θραύσης	-	180'000	230'000	-
Εφελκυστική Αντοχή *	Μέση τιμή	2'400	3'100	3'200	1'500
	Ελάχιστη τιμή	> 2'200	> 2'800	> 2'900	> 1'350
	5% τιμή θραύσης	-	3'000	3'000	-
	95% τιμή θραύσης	-	3'600	3'900	-
Οριακή παραμόρφωση* (ελάχιστη τιμή)		> 1.20%	> 1.70%	> 1.35%	> 0.45%
Παραμόρφωση σχεδιασμού **		< 0.7%	< 0.85%	< 0.65%	< 0.25%

* Μηχανικές τιμές λαμβάνονται από τη διαμήκη διεύθυνση των ινών.

** Οι τιμές αυτές πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό ως οι μέγιστες παραμορφώσεις των ανθρακοελασμάτων (ΙΩΠ) και πρέπει να προσαρμόζονται στους τοπικούς κανονισμούς εάν κρίνεται απαραίτητο. Ανάλογα με το είδος της κατασκευής και τη φορτική κατάσταση, μπορεί επίσης να επιβάλλεται να μειωθούν από τον υπεύθυνο Πολιτικό Μηχανικό σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους κανονισμούς.

Πληροφορίες Συστήματος: Sika® CarboDur® + Sikadur®-30 ή Sikadur®-30LP

Λεπτομέρειες Εφαρμογής Κατανάλωση

Πλάτος ελάσματος	Sikadur®-30
50 mm	0.35 kg/m ²
60 mm	0.40 kg/m ²
80 mm	0.55 kg/m ²
90 mm	0.70 kg/m ²
100 mm	0.80 kg/m ²
120 mm	1.00 kg/m ²
150 mm	1.20 kg/m ²

Εξαρτάται από την επιπεδότητα της επιφάνειας, χρόνο εργασιμότητας και τραχύτητα του υποστρώματος καθώς το προφίλ και την τραχύτητα του υποστρώματος. Επιπλέον, διασταυρώσεις ελασμάτων και απώλειες ή σπατάλες υλικού, έχουν ως αποτέλεσμα η πραγματική κατανάλωση να είναι υψηλότερη.

Ποιότητα Υποστρώματος

Επιπεδότητα / Εξομάλυνση : (σύμφωνα με την οδηγία 14, *fib*)

Η επιφάνεια που ενισχύεται πρέπει να εξομαλυνθεί, με εξάρσεις και ακμές του καλουπιού όχι μεγαλύτερες από 0.5 mm. Η επιπεδότητα και εξομάλυνση του υποστρώματος πρέπει να ελέγχονται με μεταλλικό πήχη. Η ανοχή για μήκος 2m είναι μέγιστη 10mm και για μήκος 3m είναι 4mm. Σε περίπτωση ισχύος περισσότερων περιοριστικών τοπικών κανονισμών, οι τιμές αυτές πρέπει να προσαρμόζονται κατάλληλα. Η αντοχή του υποστρώματος (σκυρόδεμα, τοιχοποιία, φυσική λίθος) πρέπει να επιβεβαιώνεται σε όλες τις περιπτώσεις:

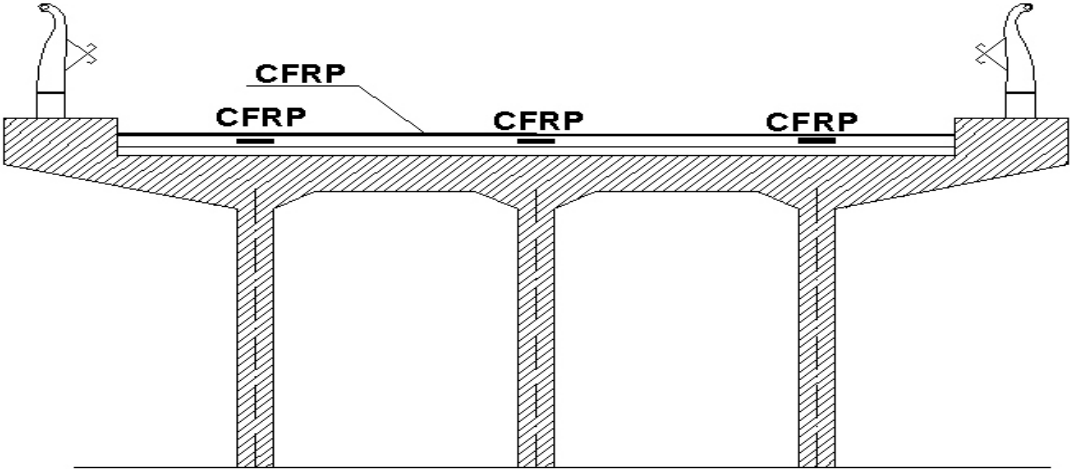
Μέση εφελκυστική αντοχή πρόσφυσης του προετοιμασμένου σκυροδέματος πρέπει να είναι 2.0 N/mm², ελάχιστη 1.5 N/mm². Εάν αυτές οι τιμές δεν μπορούν να επιτευχθούν, σ αυτή την περίπτωση ανατρέξτε στα Φύλλα Ιδιοτήτων των Προϊόντων SikaWrap® για εναλλακτικές λύσεις Sika®.

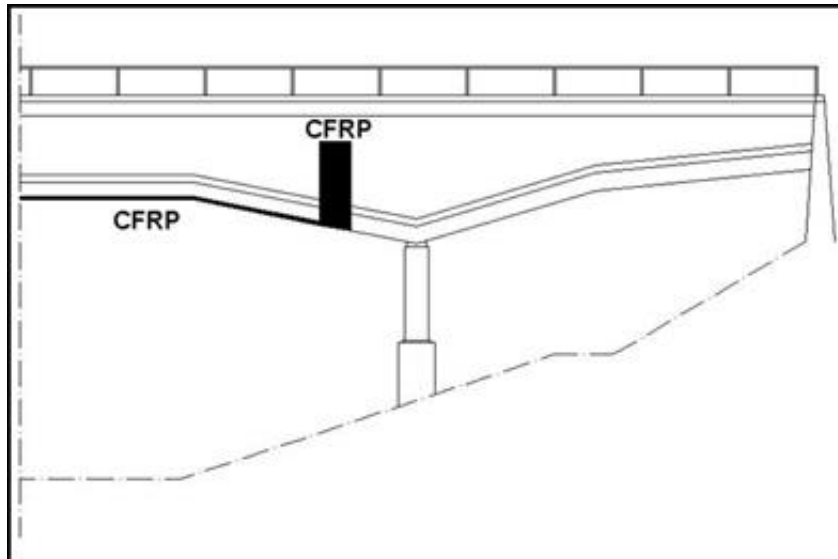
Ο χρόνος ζωής του σκυροδέματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 28 ημερών (ανάλογα με το περιβάλλον και τις αντοχές).

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΟΛΑΜΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΦΥΡΟΠΟΙΟΙΑ

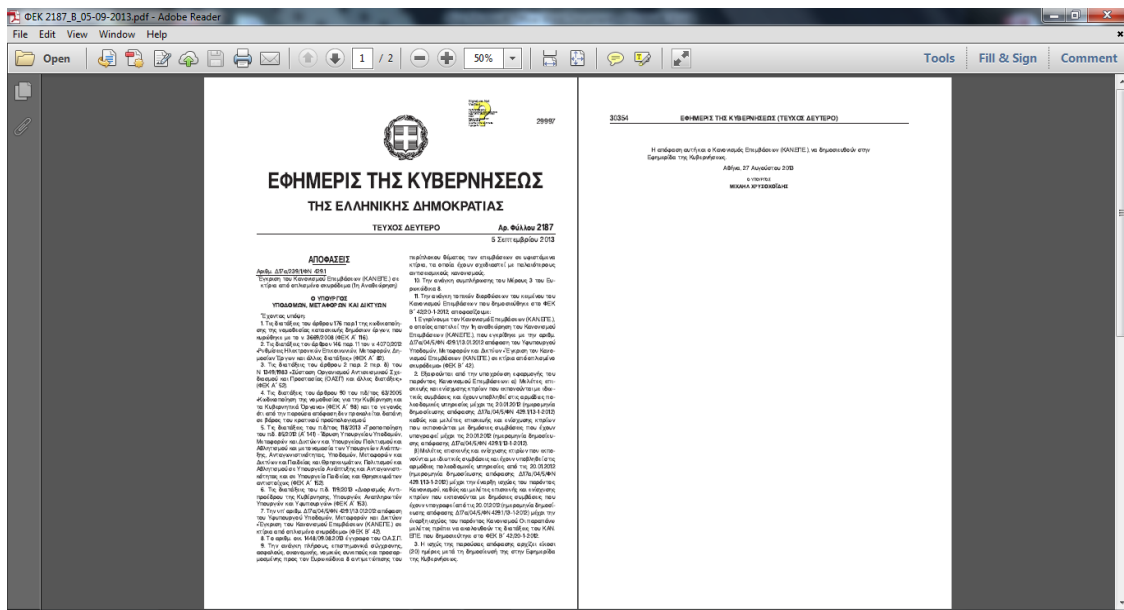


Section A-A'





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



(ΣΚΑΝΑΡΙΣΜΑ)

ΦΕΚ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΑΔΕΙΑ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Αποφ-5172/ΑΖ5β/99

Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων, για τη σύνταξη των μελετών αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό της 7-9-99 και την έκδοση των σχετικών οικοδομικών αδειών επισκευής, ενίσχυσης.

η παρούσα απόφαση αντικατεστάθη με την [Αποφ-330/ΑΖ5β/01](#) ΦΕΚ-66/Β/26-1-01 ισχύει από την ημέρα δημοσίευσής της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και έχει υποχρεωτική εφαρμογή για τις μελέτες που θα υποβληθούν από την ημέρα εκείνη και μετέπειτα. Η εφαρμογή της, για τις μελέτες που έχουν ήδη υποβληθεί μέχρι την ημερομηνία δημοσίευσής της, είναι δυνατή κατόπιν σχετικής υπεύθυνης δήλωσης του ειδικού διαχειριστή ή του ιδιοκτήτη.

Ο Υφυπουργός Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων,
Έχοντας υπόψη:

...

Αποφασίζουμε:

Ορίζουμε το θεσμικό πλαίσιο για την αποκατάσταση των βλαβών που προκάλεσε ο σεισμός της 7-9-99 σε κατοικίες και ιδιωτικά εν γένει κτίρια.

ΑΡΘΡΟΝ-1: Διάκριση βλαβών

Διακρίνουμε τις βλάβες που παρουσιάζονται στα διάφορα δομικά στοιχεία μίας κατασκευής μετά από σεισμό όσον αφορά τον χαρακτήρα και την έκτασή τους όπως παρακάτω:

A. ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Εμφανίζονται σε μεμονωμένα στοιχεία του κτιρίου. Ο χαρακτήρας και η έκτασή τους ΔΕΝ επηρεάζουν τη γενική ευστάθεια του κτιρίου.

Διακρίνονται σε:

α. Βλάβες τοπικού χαρακτήρα στο Φέροντα Οργανισμό (ΦΟ):

Ως βλάβες τοπικού χαρακτήρα στον Φέροντα Οργανισμό θεωρούνται οι παρακάτω:

i. Βλάβες ελαφρές ή σοβαρές σε δοκούς και πλάκες

ii. Τριχοειδείς ρωγμές οιασδήποτε κατεύθυνσης σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (υποστυλώματα, τοιχεία), εφόσον τα βλαβέντα

στοιχεία δεν υπερβαίνουν σε κάθε στάθμη το 30% του συνόλου των κατακόρυφων στοιχείων της στάθμης.

β. Βλάβες στον Οργανισμό πληρώσεως της οικοδομής.

Οι βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως χαρακτηρίζονται:

ελαφρές: όταν εμφανίζονται ρηγματώσεις σε επιχρίσματα και ειδικότερα στις γραμμές επαφής τοιχοποιίας και φέροντα οργανισμού για την αποκατάσταση των οποίων απαιτείται τοπική επισκευή.

σοβαρές: όταν εμφανίζονται έντονες διαμπερείς ρηγματώσεις και αποδιοργάνωση μάζας στις τοιχοποιίες διαγώνιες ή χιαστί, για την αποκατάσταση των οποίων απαιτείται καθαίρεση και ανακατασκευή.

B. ΒΛΑΒΕΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Είναι οι γενικευμένες βλάβες στον Φέροντα Οργανισμό του κτιρίου των οποίων ο χαρακτήρας και η έκτασή τους επηρεάζουν τη γενική ευστάθεια του κτιρίου.

Οι βλάβες πιθανόν να υποδηλώνουν:

ότι υπάρχει πρόβλημα στη σύνθεση και σχεδιασμό του φορέα, ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα εδάφους θεμελίωσης, ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα στον υπολογισμό του φορέα (αρχική μελέτη), ότι υπάρχει κάποιο σοβαρό πρόβλημα λόγω μη τήρησης της αρχικής μελέτης, ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την αντοχή του σκυροδέματος, κα.

Οι βλάβες στον Φέροντα Οργανισμό μπορεί να συνοδεύονται από ελαφρές, σοβαρές ή και βαρείς βλάβες στους τοίχους πλήρωσης. Οι βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως χαρακτηρίζονται βαρείς, όταν εμφανίζεται θλιπτοδιατμητική θραύση, έντονες διαμπερείς ρηγματώσεις, πλήρης αποσύνθεση τοιχοποιίας, σπάσιμο τούβλων, απόκλιση από κατακόρυφο στο σύνολο σχεδόν των τοίχων πλήρωσης της οικοδομής.

ΑΡΘΡΟΝ-2: Σύνταξη μελετών αποκατάστασης & διαδικασία έκδοσης οικοδομικών αδειών επεμβάσεων

I. Βασικές αρχές για τις επεμβάσεις

- α. Αντιμετώπιση του κτιρίου σαν σύνολο και όχι σαν επί μέρους τμήματα.
- β. Αποφυγή δυσμενών αλλοιώσεων του δομικού συστήματος και των δυναμικών χαρακτηριστικών του.
- γ. Αποφυγή απότομων μεταβολών αντοχής/ ακαμψίας ή μάζας (στην κάτοψη ή στο ύψος) ειδικά μεταξύ Pilotis και πρώτου ορόφου.
- δ. Προσπάθεια ταυτόχρονης "θεραπείας" και των ενδογενών αιτιών βλάβης.
- ε. Προσπάθεια εφαρμογής κατά το δυνατόν "ελαφρών" επεμβάσεων.
- στ. Προσπάθεια βελτίωσης της συμπεριφοράς όχι μόνο του Φέροντα Οργανισμού αλλά και των υπολοίπων στοιχείων.
- ζ. Τήρηση των συστάσεων και πρακτικών κανόνων για τους γενικούς και ειδικούς ελέγχους κατά τον ανασχεδιασμό.
- η. Εφαρμογή υλικών/τεχνικών που εύκολα εφαρμόζονται και εύκολα ελέγχονται ποιοτικά.
- θ. Θεμελίωση

Για τον καθορισμό της κατηγορίας του εδάφους κατά τον ανασχεδιασμό, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και προσεκτική αντιμετώπιση προβλημάτων υπεδάφους ή και θεμελίων (όπως καθιζήσεις, ολισθήσεις, βλάβες συνδετηρίων δοκών, ανησυχητική μορφολογία ρηγματώσεων ανωδομής, κλπ) που θεωρούνται σοβαρά επικίνδυνα για την ασφάλεια του συνόλου της κατασκευής.

- ι. Συνιστάται στα προς επισκευή/ενίσχυση κτίρια η άρση της τρωτότητας που προκαλείται από κοντά υποστηλώματα, μέσω απλών κατασκευαστικών επεμβάσεων, χωρίς αλλοίωση του φέροντος οργανισμού.
- κ. Στην περίπτωση που το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί με κανονισμούς προγενέστερους του ισχύοντος κανονισμού, τα τυχόν ενισχυόμενα δομικά στοιχεία καθώς και τα πρόσθετα για την επισκευή/ενίσχυση θα διαστασιολογούνται με τους σύγχρονους κανονισμούς υλικών (NEΚΩΣ, κλπ).

II. Αποκατάσταση βλαβών ΤΟΠΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Οι βλάβες τοπικού χαρακτήρα στο ΦΟ του κτιρίου αποκαθίστανται με τοπική επισκευή του στοιχείου ή των στοιχείων που έχουν υποστεί βλάβες χωρίς επανυπολογισμό του ΦΟ.

Οι βλάβες στους τοίχους πλήρωσης του κτιρίου αποκαθίστανται με τη χορήγηση Στεγαστικής Συνδρομής εφόσον χαρακτηρίζονται ως σοβαρές ή βαρείες, χωρίς να απαιτείται ειδική προς τούτο μελέτη.

1. Περιεχόμενα φακέλλου μελέτης επισκευής

- α. Στοιχεία από το φάκελλο του κτιρίου (άδειες, μελέτες, σχέδια εφόσον υπάρχουν, κλπ).
- β. Αποτύπωση της υπάρχουσας κατασκευής, κυρίως του δομικού συστήματος (γενική διάταξη ΦΟ, διατομές, οργανισμός πλήρωσης, σχηματικές τομές).
- γ. Αποτύπωση βλαβών (φέροντα οργανισμού και σοβαρών βλαβών οργανισμού πλήρωσης) Φωτογραφίες των βλαβέντων στοιχείων.
- δ. Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει κρίση για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τεχνικές παρατηρήσεις, ΠΙΘΑΝΑ αίτια βλαβών - ερμηνεία, συνοπτική περιγραφή τεχνικής

επεμβάσεων με αναφορά στα σχέδια λεπτομερειών.

ε. Προμέτρηση, Προϋπολογισμός

στ. Μελέτη επισκευής.

i. Η μελέτη επισκευής περιλαμβάνει μόνο την επισκευή των στοιχείων του φέροντα οργανισμού που έχουν υποστεί βλάβες.

ii. Για τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές βλάβες δεν συντάσσεται μελέτη επισκευής αλλά αποτυπώνονται στην κάτοψη του κτιρίου και περιγράφονται στην Τεχνική Έκθεση.

iii. Στοιχεία για υλικά - τεχνικές, αναγραφή λεπτομερειών.

2. Άδεια επισκευής

Από τον ΤΑΣ εκδίδεται Άδεια Επισκευής η οποία περιλαμβάνει μόνο την επισκευή των βλαβέντων στοιχείων του φέροντα οργανισμού καθώς και τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές βλάβες και απαιτείται καθαίρεση και επανακατασκευή τους.

3. Δαπάνη επισκευής

Η δαπάνη επισκευής προσδιορίζεται με αναλυτική προμέτρηση των εργασιών επισκευής που περιλαμβάνονται στην άδεια επισκευής με εφαρμογή του Αναλυτικού Τιμολογίου Επισκευών της υπηρεσίας.

III. Αποκατάσταση βλαβών ΓΕΝΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Για την αποκατάσταση βλαβών Γενικού Χαρακτήρα, απαιτείται επανυπολογισμός και ανασχεδιασμός του ΦΟ του κτιρίου με τις διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού που ίσχυε κατά τον χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας και με τις παραδοχές της αρχικής μελέτης. Για κατασκευές προ του 1959, εφαρμόζεται ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959.

1. Περιεχόμενα φακέλλου μελέτης επισκευής/ ενίσχυσης

α. Στοιχεία από το φάκελλο του κτιρίου (άδειες, μελέτες, σχέδια εφόσον υπάρχουν, κλπ).

β. Αποτύπωση της υπάρχουσας κατασκευής, κυρίως του δομικού συστήματος (γενική διάταξη ΦΟ διατομές, σπλισμοί, οργανισμός πλήρωσης, σχηματικές τομές).

γ. Αποτύπωση βλαβών (φέροντα οργανισμού και σοβαρών ή βαρειών βλαβών του οργανισμού πλήρωσης) - Φωτογραφίες των βλαβέντων στοιχείων.

δ. Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει κρίση για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τεχνικές παρατηρήσεις, ΠΙΘΑΝΑ αίτια βλαβών ερμηνεία, συνοπτική περιγραφή τεχνικής επεμβάσεων με αναφορά στα σχέδια λεπτομερειών.

ε. Προμέτρηση - Προϋπολογισμός δαπάνης

στ. Μελέτη επισκευής/ενίσχυσης - Κατασκευαστικά Σχέδια

i. Η μελέτη επισκευής/ενίσχυσης θα περιλαμβάνει επισκευή/ ενίσχυση των βλαβέντων στοιχείων του κτιρίου, τις απόλυτα αναγκαίες ενισχύσεις σε μη βλαβέντα στοιχεία του φέροντα οργανισμού καθώς και τα τυχόν νέα δομικά στοιχεία, που απαιτούνται από την εντατική κατάσταση που δημιουργείται μετά την επισκευή/ ενίσχυση των βλαβέντων στοιχείων, εφόσον τούτο ήθελε προκύψει από τους υπολογισμούς.

ii. Επισκευάζονται/ ενισχύονται βλαβέντα, ενισχύονται μη βλαβέντα στοιχεία και επιτρέπεται να προστεθούν νέα δομικά στοιχεία σύμφωνα με τα παρακάτω:

Στη μελέτη επισκευής θα υπολογίζονται τα λόγω σεισμού εντατικά μεγέθη των δομικών στοιχείων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής όπως ήταν πριν από το σεισμό και όπως διαμορφώνονται μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις.

(Σ.Σ Με την Εγκ-9434/AZ53ζ/12-5-00 Διευκρινίζονται τα εξής:

Επί της παρ.στ(ii) για την επιλογή και διαστασιολόγηση των επισκευών, ενισχύσεων ή της προσθήκης νέων στοιχείων ακολουθούν τα επόμενα βήματα:

α) Επίλυση του κτιρίου ως είχε (πραγματική κατάσταση ξυλοτύπου πριν τις βλάβες). Ο έλεγχος επάρκειας που θα βασισθεί σε αυτή την επίλυση θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τα οποία θα καταγράφονται στην τεχνική έκθεση της παρ.1δ του Κεφ-III.

β) Επιλογή τρόπου ενίσχυσης/επισκευής των βλαβέντων και εκ νέου επίλυση του φορέα. Η επίλυση αυτή θα αποτελεί την αφετηρία προσδιορισμού των απαιτηθησομένων επεμβάσεων (και σε μη βλαβέντα στοιχεία) μετά από έλεγχο επάρκειας των διατομών.

γ) Επιλογή τρόπου αποκαταστάσεως ζημιών και της εν γένει στατικής επάρκειας.

Οι επεμβάσεις μπορεί να είναι: ενισχύσεις βλαβέντων, ενισχύσεις μη βλαβέντων στοιχείων, προσθήκη νέων για την άρση των αδυναμιών του ΦΟ του κτιρίου που εντοπίστηκαν κατά τα πρώτα ως άνω στάδια, αλλά και για την καλύτερη κατά το δυνατόν συμπεριφορά του κτιρίου σε μελλοντικές σεισμικές δράσεις, αντιστοιχούσες στην προδιαγραφόμενη στάθμη αντισεισμικότητας.

δ) Τελικός υπολογισμός του ενισχυθέντος κτιρίου, οριστικοποίηση ενισχύσεων ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις αντοχής όλων των ενισχυθέντων και μη στοιχείων, καθώς και των νέων.

Διευκρινίζεται ότι επιύεται ο υπάρχων φορέας με τα κινητά φορτία της χρήσης της αρχικής άδειας.

Συνοιστάται να ελέγχεται η ποιότητα σκυροδέματος ιδιαίτερα σε σημαντικού μεγέθους έργα σύμφωνα με τον ΚΤΣ, με πυρηνοληψία, ή με δοκιμές με μη καταστρεπτικές μεθόδους από ανεγνωρισμένο από το ΥΠΕΧΩΔΕ εργαστήριο.)

iii. Για τα επισκευαζόμενα και τα τυχόν νέα δομικά στοιχεία εφαρμόζονται οι διατάξεις του ισχύοντα σήμερα Κανονισμού Ωπλισμένου Σκυροδέματος σε συνδυασμό με τις σχετικές οδηγίες επισκευών.

iv. Στην περίπτωση που το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί με κανονισμούς προγενέστερους του ισχύοντος κανονισμού, τα επισκευαζόμενα και τυχόν πρόσθετα δομικά στοιχεία για την επισκευή/ ενίσχυση θα διαστασιολογούνται με τους σύγχρονους κανονισμούς υλικών (ΝΕΚΩΣ, κλπ). Ειδικά για τα επισκευαζόμενα ή ενισχυόμενα δομικά στοιχεία η διαστασιολόγηση θα γίνεται θεωρώντας τη σεισμική φόρτιση πολλαπλασιασμένη επί 1,75 (για να καλυφθεί η διαφορά επιτρεπομένων τάσεων και μεθόδων συνολικής

αντοχής).

(Σ.Σ Με την Εγκ-9434/AZ53ζ/12-5-00 του ΥΑΣ διευκρινίζονται τα εξής:

Επί της παρ.στ(iv) Στην περίπτωση που το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί με κανονισμούς προγενέστερους των ισχυόντων δηλαδή σήμερα κανονισμών ακολουθούνται τα ίδια βήματα όπως στην παρ.στii με τις εξής παραδοχές δράσεων για συνήθη οικοδομικά έργα (κατοικίες κλπ):

α. Δράση σεισμού $E=1,75 \epsilon$ ($G+0,30Q$) το οποίο κατανέμεται ορθογωνικά, εφόσον το κτίριο έχει μελετηθεί με τον αντισεισμικό του 1959 (ή νωρίτερα) ή τριγωνικά, εφόσον είχε μελετηθεί μετά την ισχύ των πρόσθετων διατάξεων του 1984.

Ο σεισμικός συντελεστής ϵ , είναι αυτός της αρχικής μελέτης.

Για ειδικά κτιριακά έργα ισχύουν οι συνδυασμοί δράσεων (με τους ανάλογους συντελεστές συμμετοχής των φορτίων), όπως αυτοί περιγράφονται στο ΝΕΚΟΣ.

Πιθανές προσαυξήσεις των σεισμικών δυνάμεων, καθ' ύψους των κτρίων (πχ pilotis) θα γίνονται σύμφωνα με τις πρόσθετες διατάξεις του 1984, εφόσον το κτίριο μελετήθηκε αρχικά με αυτές.

β. Μη σεισμικός συνδυασμός δράσεων: $1,35G+1,50Q$

γ. Σεισμικός συνδυασμός δράσεων: $G+0,30Q+-E$

Οι προαναφερθείσες παραδοχές φορτίσεων, θα εφαρμόζονται στις επιλύσεις της παρ.στii.

Ο έλεγχος επάρκειας θα γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις του ΝΕΚΟΣ (δηλαδή με τη μέθοδο των μερικών συντελεστών ασφαλείας και ειδικότερα με τις διατάξεις που αναφέρονται στην οριακή κατάσταση αστοχίας, Κεφ.10, 11, 12 και Κεφ.14).

Για ειδικά κτιριακά έργα ισχύουν οι συνδυασμοί δράσεων (με τους ανάλογους συντελεστές συμμετοχής των φορτίων) όπως αυτοί περιγράφονται από τον ΝΕΚΟΣ.

Η χρήση της μεθόδου των επιτρεπομένων τάσεων, μόνο για τον έλεγχο των υφισταμένων στοιχείων, κατ' εξαίρεση γίνεται δεκτή για τις στατικές μελέτες που έχουν υποβληθεί πριν από την έκδοση της παρούσας.

Σ' αυτήν την περίπτωση οι επιλύσεις της παρ.στii γίνονται με τις εξής παραδοχές φορτίσεων:

Κατακόρυφα: $G+Q$ Σεισμός: $\epsilon(G+Q)$

Αφού εντοπιστούν τα στοιχεία που κρίνονται ανεπάρκεια, επιλέγονται οι απόλυτα αναγκαίες ενισχύσεις, επιλύεται ο νέος φορέας (με τις φορτίσεις της παρ.στiv) και διαστασιολογούνται τα ενισχυόμενα, τα επισκευαζόμενα και τα νέα στοιχεία, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΝΕΚΟΣ.

Διευκρινίζεται ότι εφόσον έχει εκπονηθεί και εγκριθεί μελέτη ενίσχυσης με την παραπάνω καθοριζόμενη διαδικασία θα τυγχάνουν Συεγαστικής Συνδρομής ή Δανειοδότησης, οι δαπάνες ενισχύσεως των βλαβέντων στοιχείων, των νέων στοιχείων που προστίθενται καθώς και των ενισχυομένων αλλά μη βλαβέντων στοιχείων τα οποία ενισχύονται είτε διότι τούτο απαιτείται εκ της παρουσίας των νέων στοιχείων είτε διότι παρουσιάζουν στατική ανεπάρκεια κατά την ανάλυση της παρ.στii.

Εφιστάται η προσοχή των μελετητών στην ακριβή διαστασιολόγηση των ενισχυομένων στοιχείων και ειδικά των προστιθεμένων στοιχείων διότι τυχόν εμφανής υπερδιαστασιολόγηση προσκρούει στην παρ.ΙV της ως άνω αποφάσεως (εργασίες ενίσχυσης πέραν αυτών που αναφέρονται στις παρ.ΙΙ & παρ.ΙV), και θα συνεπάγεται επανάλυση της μελέτης.

Η αιτιολόγηση των επιλογών ενίσχυσης πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στην Τεχνική Έκθεση της παρ.1δ και να αποδεικνύεται με σωστή ανάλυση, διαστασιολόγηση. Απαιτείται λεπτομερής επεξήγηση των προγραμμάτων. Θα πρέπει να είναι διαθέσιμα τα αρχεία δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, διότι ενδεχομένως να ζητηθούν.

Η μελέτη πρέπει να συνοδεύεται από όλα τα απαραίτητα κατασκευαστικά σχέδια λεπτομερειών, που θα συντάσσονται σύμφωνα με τις συνοπτικές οδηγίες και τις σχετικές παλαιότερες συστάσεις των ΕΜΠ και ΥΠΕΧΩΔΕ. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σύνδεση νέων στοιχείων με το Φέροντα Οργανισμό και τη δυνατότητα ανάληψης φορτίων.)

v. Για τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές ή βαρείες βλάβες δεν συντάσσεται μελέτη επισκευής αλλά αποτυπώνονται στην κάτοψη του κτιρίου.

vi. Στοιχεία για υλικά/ τεχνικές, αναγραφή λεπτομερειών.

2. Άδεια επισκευής/ ενίσχυσης

Από τον ΤΑΣ εκδίδεται Άδεια Επισκευής/ Ενίσχυσης με βάση τα αναφερόμενα στην παραπάνω παρ.(1) δικαιολογητικά και μελέτες.

3. Δαπάνη επισκευής/ ενίσχυσης

Η δαπάνη επισκευής/ ενίσχυσης προσδιορίζεται με αναλυτική προμέτρηση των εργασιών επισκευής/ ενίσχυσης που περιλαμβάνονται στην άδεια επισκευής με εφαρμογή του Αναλυτικού Τιμολογίου Επισκευών της υπηρεσίας.

IV. Εργασίες ενίσχυσης του κτιρίου πέραν αυτών που αναφέρονται στις παρ.ΙΙ και παρ.ΙΙΙ.

Αν οι ιδιοκτήτες ενός κτιρίου επιθυμούν την επί πλέον ενίσχυσή του με επεμβάσεις μεγαλύτερες από αυτές που προκύπτουν

βάσει των παρ.ΙΙ και παρ.ΙΙΙ πρέπει να υποβάλλουν επιπλέον της αρχικής μελέτης που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τα αναφερόμενα πιο πάνω και νέα μελέτη επισκευής/ ενίσχυσης. Η νέα μελέτη θα συνοδεύεται υποχρεωτικά από τεχνική έκθεση στην οποία θα περιγράφονται αναλυτικά οι παραδοχές του υπολογισμού, ο επιδιωκόμενος βαθμός ενίσχυσης καθώς και το είδος των επεμβάσεων.

Στην περίπτωση αυτή, εκδίδεται απο τους αρμόδιους Τομείς Αποκατάστασης

Σεισμοπλήκτων (ΤΑΣ) άδεια επισκευής για τις εργασίες επισκευής/ ενίσχυσης που αναφέρονται στη νέα μελέτη. Η στεγαστική συνδρομή που αναλογεί στην επισκευή, στην περίπτωση αυτή προκύπτει από την αρχική μελέτη που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τη παρ.ΙΙ ή παρ.ΙΙΙ, και όχι με τη νέα μελέτη.

Άδειες επισκευής/ ενίσχυσης σεισμοπλήκτων κτιρίων χορηγούνται από τους ΤΑΣ και στην περίπτωση που υποβάλεται μελέτη επισκευής που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τα

παραπάνω, χωρίς να ζητείται η χορήγηση Στεγαστικής Συνδρομής από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

V. Εργασίες επισκευής/ ενίσχυσης των κτιρίων μεγάλης σπουδαιότητας.

Για κτίρια που στεγάζουν επιχειρήσεις ή δραστηριότητες μεγάλης κοινωνικής ή οικονομικής σημασίας, ως ιδιωτικά εκπαιδευτήρια, κτίρια συνάθροισης κοινού (κινηματογράφοι, θέατρα, κλπ), μεγάλες βιοτεχνικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εμπορικά κέντρα, πολυκαταστήματα κλπ., και τα οποία παρουσιάζουν βλάβες Γενικού Χαρακτήρα, απαιτείται επανυπολογισμός και ανασχεδιασμός

του ΦΟ με τις διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού που ίσχυε κατά τον χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας, αλλά με παραδοχές της μελέτης που να ανταποκρίνονται στα πραγματικά στοιχεία όσον αφορά την κατηγορία εδάφους και τον συντελεστή σπουδαιότητας του κτιρίου.

Ειδική μέριμνα θα λαμβάνεται για τη μείωση της τρωτότητας που προκαλούν "κοντά" υποστηλώματα μέσω απλών κατασκευαστικών επεμβάσεων.

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-3

1. Οι αναφερόμενες στις παρ.ΙΙ, παρ.ΙΙΙ, και παρ.ΙV του Αρθ-2 τεχνικές εκθέσεις του Μηχανικού θα συνοδεύονται από δήλωση του ιδιοκτήτη ότι έχει λάβει γνώση της τεχνικής έκθεσης όσον αφορά το επιδιωκόμενο βαθμό επισκευής/ ενίσχυσης του κτιρίου και ότι την αποδέχεται.

2. Όσον αφορά τις αμοιβές των Μηχανικών για την εκπόνηση μελετών επισκευής σεισμοπλήκτων κτιρίων και την επίβλεψη των έργων, τροποποιείται η από Αποφ/24-6-91 του Υφυπουργού ΠΕΧΩΔΕ ως εξής:

α. Για βλάβες τοπικού ή γενικού χαρακτήρα στον ΦΟ των κτιρίων, η αμοιβή της μελέτης, επίβλεψης προσδιορίζεται από τη δαπάνη μελέτης επισκευής/ ενίσχυσης που συντάσσεται σύμφωνα με τις παρ.ΙΙ και παρ.ΙΙ του Αρθ-2 του παρόντος. Η ως ανωτέρω προσδιοριζόμενη δαπάνη δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτερο ποσό της χορηγούμενης Στεγαστικής Συνδρομής για την αποκατάσταση του κτιρίου.

Οι κατά τα ανωτέρω προκύπτουσες αμοιβές μελετών μειώνονται κατά 50% σύμφωνα με την παρ.1.α του Αρθ-11 του Ν-867/79, με κατώτατο όριο την ελάχιστη αμοιβή 5000 λ.

β. Για την Τεχνική Έκθεση και την αποτύπωση στην κάτοψη των κτιρίων των σοβαρών ή βαρειών βλαβών των τοίχων πλήρωσης, η αμοιβή καθορίζεται σε 500 δρχ/τμ της αποτυπούμενης δομημένης επιφάνειας του κτιρίου.

γ. Στην περίπτωση που στους ίδιους χώρους του κτιρίου παρουσιάζονται βλάβες τόσο στον ΦΟ όσο και στους τοίχους πλήρωσης, καταβάλλεται μόνον η αμοιβή που καθορίζεται από την παραπάνω παρ.α.

δ. Τα παραστατικά πληρωμής των αμοιβών Μηχανικών για τη μελέτη - επίβλεψη προσκομίζονται στον αρμόδιο ΤΑΣ/ΓΑΣ μαζί με την αίτηση για την έγκριση χορήγησης της

δεύτερης δόσης της Στεγαστικής Συνδρομής. Στην περίπτωση που η Στεγαστική Συνδρομή χορηγείται εφ' άπαξ τα παραστατικά προσκομίζονται πριν από την έκδοση της άδειας επισκευής.

(Σύμφωνα με την παρ.1 και 2 ΑΡΘΡΟΝ-11 του Ν-867/79

1. Διά την αποτελεσματικότεραν προώθησιν του έργου της αποκαταστάσεως των ζημιών, περί των η διά του άρθρου πρώτου του παρόντος νόμου κυρουμένη Πράξις, ο Υπουργός Δημοσίων Έργων, δύναται δι' αποφάσεων του, δημοσιευμένων κατά την παρ.2 του Αρθ-18 της ανωτέρω Πράξεως:

α) να καθορίζη ειδικάς αμοιβάς των ιδιωτών τεχνικών, των αναλαμβάνόντων την εκπόνησιν των μελετών, την επίβλεψιν των εργασιών και πάσαν ετέρα συνναφή προς τον έργο αποκαταστάσεως τεχνικήν εργασίαν, κατ' εξαίρεσιν από των γενικώς περί αμοιβών Μηχανικών κλπ κειμένων διατάξεων, και πάντως ουχί ελάσσοнос του ημίσεος τούτων, β) να εγκρίνη πάσαν ειδικήν προδιαγραφήν των ανωτέρω μελετών και εργασιών.

2. Ο Υπουργός Δημοσίων Έργων δύναται επίσης να εγκρίνη την πρόσκλησιν εκδηλώσεων ενδιαφέροντος υπό οργανωμένων μελετητικών γραφείων της Χώρας, διά την υπ' αυτών ανάληψιν μαζικής εκπονήσεως των προς αποκατάστασιν των ζημιών μελετών, εγκρίνων την αμοιβήν τούτων, κατ' εξαίρεσιν πάσης άλλης ειδικής ή γενικής ρυθμίσεως, τους όρους των μετά των ενδιαφερομένων ιδιοκτητών συναπτομένων υπό τούτων συμβάσεων, τας σχετικές ενεργείας της ΥΑΣΒΕ προς πραγματοποίησιν των προγραμμάτων μαζικής εκπονήσεως των μελετών και πάσαν άλλην σχετικήν λεπτομέρειαν.)

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-4

Από τις διατάξεις της παρούσας δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του κρατικού προϋπολογισμού.

Η παρούσα να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως σύμφωνα με το Αρθ-1, παρ.2 της ΠΝΠ/26-3-81 που κυρώθηκε με το Ν-1190/81.

▲ κορυφή σελίδας

>>>>

Αποφ-330/ΑΖ5β/01 (ΦΕΚ-66/Β/26-1-01)

[ΙΣΧΥΕΙ από 26-1-01] Αποφ-330/01 (ΦΕΚ-66/Β/01)

Τροποποίηση και συμπλήρωση της Αποφ-5172/Αζ5β/99 Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

(Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων, για τη σύνταξη των μελετών αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό της 7-9-99 και την έκδοση των σχετικών οικοδομικών αδειών επισκευής, ενίσχυσης).

ΚΕΙΜΕΝΟ Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του Αρθ-2, παρ.2 της ΠΝΠ/28-7-78 του

Προέδρου της Δημοκρατίας "περί αποκαταστάσεως ζημιών εκ σεισμών 1978 εις περιοχή

Βορείου Ελλάδος κλπ και ρυθμίσεως ετέρων τινών συναφών θεμάτων" που κυρώθηκε με το Ν-867/79 (ΦΕΚ-24/Α/79).

2. Τις διατάξεις του Ν-1190/81 (ΦΕΚ-203/Α/30-7-81) ο οποίος κυρώνει την ΠΝΠ/26-3-81 του Προέδρου της Δημοκρατίας, "περί αποκαταστάσεως ζημιών εκ σεισμών 1981 και ρυθμίσεως ετέρων συναφών θεμάτων" όπως αυτή τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με το

Αρθ-1, παρ.42 και παρ.43 του Ν-2412/96 "Μεταφορά αρμοδιοτήτων από το Υπουργικό Συμβούλιο σε άλλα Κυβερνητικά όργανα και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ-123/Α/17-6-96).

3. Τις Κοινές Αποφ-3751/ΤΠ31/10-9-99, Αποφ-3992/ΤΠ31/17-9-99 και και Αποφ-4194/ΤΠ31/24-9-99 του Υπουργού Εθνικής Οικονομίας και των Υφυπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημ. Έργων με θέμα την αποκατάσταση των ζημιών από το σεισμό της 7-9-99 στο Νομό Αττικής.

4. Το ΠΔ-69/88 "Οργανισμός Γενικής Γραμματείας Δημοσίων Έργων".

5. Την Κοινή Αποφ-Δ16α/04/773/29-11-90 του Υπουργού Προεδρίας και του Αναπληρωτή Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ "περί εξαιρέσεως διοικητικών πράξεων και εγγράφων από τον κανόνα των τριών υπογραφών".

6. Την κοινή Αποφ-Δ17α/10/30/Φ.2.2.1/23-5-00 (ΦΕΚ-664/Β/24-5-00) του Πρωθυπουργού και του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ "Ανάθεση Αρμοδιοτήτων Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ στους Υφυπουργούς ΠΕΧΩΔΕ Η. Ε. και Α. Α."

7. Τις έκτακτες στεγαστικές και λοιπές ανάγκες που έχουν δημιουργηθεί στους κατοίκους του Νομού Αττικής που επλήγησαν από το σεισμό της 7-9-99.

8. Την Αποφ-1356/4/24-6-91 (ΦΕΚ-430/Β/91) περί καθορισμού αμοιβών μηχανικών για εκπόνηση μελετών και επίβλεψη αποκατάστασης κτιρίων που υπέστησαν βλάβες από τον σεισμό. 9. Την από 4-10-99 Εισήγηση της Β' Επιστημονικής Επιτροπής του ΟΑΣΠ σχετικά με το βαθμό ενίσχυσης των κτιρίων.

10. Την Υπουργική Αποφ-5172/ΑΖ5β/18-10-99 με θέμα τον καθορισμό ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων, για τη σύνταξη των μελετών αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό της 7-9-99 και την έκδοση των σχετικών οικοδομικών αδειών επισκευής / ενίσχυσης.

11. Την από 11-10-00 απάντηση της Β Επιστημονικής Επιτροπής του ΟΑΣΠ στο Εγγρ-7163/ΑΖ53ζ/17-7-00 της ΥΑΣ, που αναφέρεται σε θέματα αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό.

Και επειδή:

1. Κατά τον έλεγχο των μελετών παρουσιάστηκαν συχνά διαφωνίες σχετικά με το χαρακτηρισμό των βλαβών, μεταξύ μελετητών και ελεγχόντων μηχανικών και συνεπώς κρίνεται αναγκαίο να διευκρινισθεί ότι η διάκριση των βλαβών σε τοπικού ή γενικού χαρακτήρα αναφέρεται κυρίως στην επιρροή των βλαβών στην ευστάθεια του κτιρίου και όχι αποκλειστικά στην έκτασή τους.

2. Η περιγραφή των βλαβών για την κατάταξη των κτιρίων αφορούσε μόνον τις κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.
3. Το ενδεχόμενο αστοχίας των δοκών είναι εν γένει σημαντικά μειωμένο σε σχέση με αυτό των υποστυλωμάτων.
4. Θεωρήθηκε απαραίτητο να καταγραφούν λεπτομερέστερα οι όροι σύνταξης των μελετών.
5. Κρίθηκε απαραίτητο οι συμπληρώσεις και οι τροποποιήσεις να ενσωματωθούν σε ένα ενιαίο κείμενο με τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις, για τη σύνταξη των μελετών αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό της 7-9-99 και την έκδοση των σχετικών οικοδομικών αδειών επισκευής / ενίσχυσης, Αποφασίζουμε:
 1. Τροποποιούμε και συμπληρώνουμε την Υπουργική Αποφ-5172/AZ5β/18-10-99 με θέμα τον καθορισμό ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη των μελετών αποκατάστασης των κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες από το σεισμό της 7-9-99 και την έκδοση των σχετικών οικοδομικών αδειών επισκευής / ενίσχυσης.
 2. Ορίζουμε το θεσμικό πλαίσιο για την αποκατάσταση των βλαβών που προκάλεσε ο σεισμός της 7-9-99 σε κατοικίες και ιδιωτικά εν γένει κτίρια, ως εξής:

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-1: Διάκριση κτιρίων ανάλογα με την επιρροή των βλαβών που προκλήθηκαν από το σεισμό

Λαμβάνοντας υπόψη τις βλάβες που έχουν προκληθεί από το σεισμό και την επιρροή τους στη γενική ευστάθεια του κτιρίου, τα βλαβέντα κτίρια κατατάσσονται όπως παρακάτω:

A. ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΔΕΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΥΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

A.1 ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στα κτίρια αυτά μπορεί να εμφανίζονται:

- i. ελαφρές ή σοβαρές βλάβες σε δοκούς και πλάκες.
- ii. ελαφρές βλάβες στα κατακόρυφα στοιχεία μιας στάθμης, σύμφωνα με την ταξινόμηση των βλαβών στο συνημμένο παράρτημα, εφόσον τα βλαβέντα στοιχεία δεν ξεπερνούν το 30% του συνόλου των κατακόρυφων στοιχείων της στάθμης.
- iii. βλάβες στους τοίχους πλήρωσης οι οποίες χαρακτηρίζονται:
 - ελαφρές: όταν εμφανίζονται ρηγματώσεις σε επιχρίσματα και ειδικότερα στις γραμμές επαφής τοιχοποιίας και φέροντα οργανισμού για την αποκατάσταση των οποίων απαιτείται τοπική επισκευή.
 - σοβαρές: όταν εμφανίζονται έντονες διαμπερείς ρωγμές, διαγώνιες ή χιαστί.
 - βαριές: όταν εμφανίζεται θλιπποδιαμητική θραύση, έντονες διαμπερείς ρηγματώσεις, πλήρης αποσύνθεση τοιχοποιίας, σπάσιμο τούβλων, απόκλιση από την κατακόρυφο.

A.2 ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Στα κτίρια αυτά μπορεί να εμφανίζονται:

- i. τοπικές ρωγμές σε πεσσούς, σε υπέρθυρα, στις ποδιές ανοιγμάτων ή στην περιοχή στήριξης της στέγης.

ii. ελαφρές βλάβες, σύμφωνα με την ταξινόμηση των βλαβών στο συνημμένο παράρτημα, σε ποσοστό μικρότερο του 30% των φερόντων τοίχων ανά κατεύθυνση.

iii. βλάβες στους τοίχους πλήρωσης, όπως στην παρ.Α1.

Οι βλάβες αυτές πιθανόν να υποδηλώνουν:

ότι οφείλονται στη στέγη ή γενικότερα ότι η στέγη ήταν ασύνδετη στη δομή της ή δεν συνεργάστηκε με τις τοιχοδομές.

ότι οφείλονται σε συγκεκριμένα τοπικά αίτια, όπως μεγάλο άνοιγμα, μικρός πεσσός, ελαττωματικό υπέρθυρο.

Β. ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΥΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

Β.1 ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.

Τα κτίρια αυτά εμφανίζουν βλάβες στον Φέρογτα Οργανισμό, των οποίων ο χαρακτήρας και η έκταση επηρεάζουν τη γενική τους ευστάθεια. Οι βλάβες πιθανόν να υποδηλώνουν:

ότι υπάρχει πρόβλημα στη σύνθεση και σχεδιασμό του φορέα.

ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα του εδάφους θεμελίωσης.

ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα στον υπολογισμό του φορέα (αρχική μελέτη).

ότι υπάρχει κάποιο σοβαρό πρόβλημα λόγω μη τήρησης της αρχικής μελέτης.

ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την αντοχή του σκυροδέματος, κα.

Β.2 ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Στα κτίρια αυτά μπορεί να εμφανίζονται:

i. ελαφρές βλάβες, σύμφωνα με την ταξινόμηση των βλαβών στο συνημμένο παράρτημα, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% των φερόντων τοίχων ανά κατεύθυνση.

ii. Δισδιάγωνιες ανοιχτές ρωγμές σε σημαντικούς τοίχους ή πεσσούς (ή σε μεγάλο ποσοστό τους).

iii. Θλιπτικές θραύσεις στις εδράσεις τοίχων ή σε πεσσούς.

iv. Εκτεταμένη αποκόλληση εγκαρσίων φερόντων τοίχων.

Στις παραπάνω περιπτώσεις παρ.Β1 και Β2 μπορεί να εμφανίζονται επίσης βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης της οικοδομής, όπως αυτές αναφέρονται στην παρ.Α1.

Γ. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η κατάταξη των βλαβέντων κτιρίων στις προαναφερθείσες περιπτώσεις, εκτιμάται και προτείνεται από το μελετητή μηχανικό και εγκρίνεται από την ελέγχουσα Υπηρεσία.

Όταν η κατάταξη των κτιρίων δεν προκύπτει ευχερώς με βάση την περιγραφή των βλαβών στις αντίστοιχες περιπτώσεις, ο ελέγχων μηχανικός θα ζητά από τον μελετητή να εκτιμήσει την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και αντίστοιχα την απώλεια φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, σύμφωνα με το συνημμένο παράρτημα.

Θεωρείται ότι δεν έχει επηρεασθεί η γενική ευστάθεια ενός κτιρίου (παρ.Α) όταν η απώλεια φέρουσας ικανότητάς του είναι μικρότερη ή ίση από:

10% για κτίρια μικρής ηλικίας

15% για κτίρια μεγάλης ηλικίας

Αντίστοιχα θεωρείται ότι έχει επηρεασθεί η γενική ευστάθεια ενός κτιρίου (παρ.Β) όταν η απώλεια φέρουσας ικανότητάς του είναι μεγαλύτερη από:

10% για κτίρια μικρής ηλικίας

15% για κτίρια μεγάλης ηλικίας

Για κτίρια ενδιάμεσης ηλικίας γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Η ηλικία καθορίζεται στο παράρτημα της παρούσας.

Το κριτήριο της απώλειας φέρουσας ικανότητας, μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε περίπτωση, εάν το επιθυμεί ο μελετητής μηχανικός.

Η εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου γίνεται από το μελετητή μηχανικό (είτε προαιρετικά είτε μετά από υπόδειξη του ελέγχοντα μηχανικού) και εγκρίνεται από την ελέγχουσα Υπηρεσία.

Σε περίπτωση διαφωνίας σχετικά με την κατάταξη του κτιρίου, ο ιδιοκτήτης μπορεί να υποβάλλει ένσταση, η οποία εκδικάζεται από την ΥΑΣ.

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-2: Σύνταξη μελετών αποκατάστασης & διαδικασία έκδοσης οικοδομικών αδειών επεμβάσεων

Ι. Βασικές αρχές για τις επεμβάσεις

α. Αντιμετώπιση του κτιρίου σαν σύνολο και όχι σαν επί μέρους τμήματα.

β. Αποφυγή δυσμενών αλλοιώσεων του δομικού συστήματος και των δυναμικών χαρακτηριστικών του.

γ. Αποφυγή απότομων μεταβολών αντοχής / ακαμψίας ή μάζας (στην κάτοψη ή στο ύψος) ειδικά μεταξύ pilotis και πρώτου ορόφου.

δ. Προσπάθεια ταυτόχρονης "θεραπείας" και των ενδογενών αιτιών βλάβης.

ε. Προσπάθεια εφαρμογής κατά το δυνατόν "ελαφρών" επεμβάσεων.

στ. Προσπάθεια βελτίωσης της συμπεριφοράς όχι μόνο του Φέροντα Οργανισμού αλλά και των υπολοίπων στοιχείων.

ζ. Τήρηση των συστάσεων και πρακτικών κανόνων για τους γενικούς και ειδικούς ελέγχους κατά τον ανασχεδιασμό.

η. Εφαρμογή υλικών / τεχνικών που εύκολα εφαρμόζονται και εύκολα ελέγχονται ποιοτικά.

θ. Θεμελίωση.

Για τον καθορισμό της κατηγορίας του εδάφους κατά τον ανασχεδιασμό, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και προσεκτική αντιμετώπιση προβλημάτων υπεδάφους ή και θεμελίων (όπως καθιζήσεις, ολισθήσεις, βλάβες συνδετηρίων δοκών, ανησυχητική μορφολογία ρηγματώσεων ανωδομής, κλπ) που θεωρούνται σοβαρά επικίνδυνα για την ασφάλεια του συνόλου της κατασκευής.

ι. Συνιστάται στα προς επισκευή / ενίσχυση κτίρια η άρση της τρωτότητας που προκαλείται από κοντά υποστυλώματα, μέσω απλών κατασκευαστικών επεμβάσεων, χωρίς αλλοίωση του φέροντος οργανισμού.

ια. Στην περίπτωση που το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί με κανονισμούς

προγενέστερους του ισχύοντος κανονισμού, τα τυχόν ενισχυόμενα δομικά στοιχεία καθώς και τα πρόσθετα για την επισκευή / ενίσχυση θα διαστασιολογούνται με τους σύγχρονους κανονισμούς υλικών (ΝΕΚΟΣ, κλπ).

II. Αποκατάσταση βλαβών στην περίπτωση της παρ.Α του Αρθ-1

Οι βλάβες στο Φέροντα Οργανισμό του κτιρίου αποκαθίστανται με επεμβάσεις μόνο στα στοιχεία που έχουν υποστεί βλάβες, χωρίς επανυπολογισμό του ΦΟ.

1. Περιεχόμενα φακέλου μελέτης επισκευής

α. Στοιχεία από το φάκελο του κτιρίου (άδειες, μελέτες, σχέδια εφόσον υπάρχουν, κλπ).

β. Αποτύπωση της υπάρχουσας κατασκευής, κυρίως του δομικού συστήματος (γενική διάταξη ΦΟ, διατομές, οργανισμός πλήρωσης, σχηματικές τομές).

γ. Αποτύπωση βλαβών (φέροντα οργανισμού καθώς και σοβαρών ή βαριών βλαβών οργανισμού πλήρωσης) - Φωτογραφίες των βλαβέντων στοιχείων.

δ. Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει κρίση για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τεχνικές παρατηρήσεις, ΠΙΘΑΝΑ αίτια βλαβών - ερμηνεία, συνοπτική περιγραφή τεχνικής επεμβάσεων με αναφορά στα σχέδια λεπτομερειών.

ε. Προμέτρηση - Προϋπολογισμός.

στ. Μελέτη επισκευής - Κατασκευαστικά σχέδια

i. Η μελέτη επισκευής περιλαμβάνει μόνο τις επεμβάσεις στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού που έχουν υποστεί βλάβες. Οι επεμβάσεις αυτές σχεδιάζονται και εκτελούνται σύμφωνα με τις συνοπτικές οδηγίες επισκευών. Εφόσον γίνονται επεμβάσεις με χρήση υλικών που προσφέρουν αύξηση της αντοχής απαιτείται, εν γένει, τοπικός υπολογισμός της εντατικής κατάστασης, με απλουστευμένες μεθόδους (εκτός της περιπτ. iv που αναφέρεται παρακάτω) και αποτύπωσή τους σε κατασκευαστικά σχέδια.

ii. Για τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές ή βαριές βλάβες δεν συντάσσεται μελέτη επισκευής αλλά αποτυπώνονται στην κάτοψη του κτιρίου και περιγράφονται στην Τεχνική Έκθεση οι τεχνικές αποκατάστασης που θα χρησιμοποιηθούν.

iii. Στοιχεία για υλικά - τεχνικές, αναγραφή λεπτομερειών.

iv. Εφόσον απαιτείται ανακατασκευή στέγης, θα πρέπει να συντάσσεται μελέτη υπολογισμού της, η οποία θα συνυποβάλλεται στο φάκελο της μελέτης επισκευής, μαζί με τα αντίστοιχα κατασκευαστικά σχέδια.

2. Άδεια Επισκευής

Από τον ΤΑΣ εκδίδεται Άδεια Επισκευής, η οποία περιλαμβάνει την επισκευή των βλαβέντων στοιχείων του φέροντα οργανισμού καθώς και τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές ή βαριές βλάβες. Αντίγραφο του εντύπου της άδειας θα κοινοποιείται στο αρμόδιο Πολεοδομικό γραφείο και στο Δήμο.

Άδεια Επισκευής σεισμοπλήκτου κτιρίου χορηγείται από τους ΤΑΣ και στην περίπτωση που υποβάλλεται μελέτη επισκευής που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τα παραπάνω, χωρίς να ζητείται η χορήγηση Στεγαστικής Συνδρομής από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

3. Δαπάνη επισκευής

Η δαπάνη για τις επεμβάσεις στα βλαβέντα στοιχεία, οι οποίες προσδιορίζονται σύμφωνα με τα παραπάνω, υπολογίζεται με αναλυτική προμέτρηση των εργασιών και με προϋπολογισμό που συντάσσεται με τη χρήση του Αναλυτικού Τιμολογίου Επισκευών της Υπηρεσίας. Η δαπάνη αυτή τυγχάνει Στεγαστικής Συνδρομής σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις περί παροχής πιστωτικών διευκολύνσεων.

III. Αποκατάσταση βλαβών στην περίπτωση της παρ.Β του Αρθ-1

Για την αποκατάσταση βλαβών στα κτίρια που κατατάσσονται στην περίπτωση αυτή απαιτείται επανυπολογισμός και ανασχεδιασμός του ΦΟ του κτιρίου με τις διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού που ίσχυε κατά το χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας και με τις παραδοχές της αρχικής μελέτης. Για κατασκευές προ του 1959, εφαρμόζεται ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959.

1. Περιεχόμενα φακέλου μελέτης επισκευής / ενίσχυσης

α. Στοιχεία από το φάκελο του κτιρίου (άδειες, μελέτες, σχέδια εφόσον υπάρχουν, κλπ).

β. Αποτύπωση της υπάρχουσας κατασκευής, κυρίως του δομικού συστήματος (γενική διάταξη ΦΟ διατομές, οπλισμοί, οργανισμός πλήρωσης, σχηματικές τομές).

γ. Αποτύπωση βλαβών (φέροντα οργανισμού και σοβαρών ή βαριών βλαβών του οργανισμού πλήρωσης) - Φωτογραφίες των βλαβέντων στοιχείων.

δ. Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει κρίση για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τεχνικές παρατηρήσεις, ΠΙΘΑΝΑ αίτια βλαβών, ερμηνεία, συνοπτική περιγραφή τεχνικής επεμβάσεων με αναφορά στα σχέδια λεπτομερειών.

ε. Προμέτρηση - Προϋπολογισμός δαπάνης.

στ. Μελέτη επισκευής / ενίσχυσης - Κατασκευαστικά Σχέδια

ι. Η μελέτη επισκευής / ενίσχυσης περιλαμβάνει επεμβάσεις σε βλαβέντα στοιχεία του κτιρίου, τις απόλυτα αναγκαίες ενισχύσεις σε μη βλαβέντα στοιχεία του φέροντα οργανισμού και τα απολύτως αναγκαία νέα δομικά στοιχεία που απαιτούνται από την εντατική κατάσταση που δημιουργείται μετά την επισκευή / ενίσχυση των βλαβέντων στοιχείων εφόσον τούτο ήθελε προκύψει από τους υπολογισμούς, σύμφωνα με τα παρακάτω:

Επιλύεται ο φορέας στο χώρο (πραγματική κατάσταση ξυλοτύπου πριν τις βλάβες). Ο έλεγχος επάρκειας που θα βασισθεί σε αυτήν την επίλυση θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τα οποία θα καταγράφονται στην τεχνική έκθεση.

- Επιλέγονται οι αναγκαίες επεμβάσεις στα βλαβέντα στοιχεία και επιλύεται ο νέος φορέας. Ακολουθεί έλεγχος επάρκειας σε κάμψη και διάτμηση των διατομών. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις ανεπάρκειες που διαπιστώθηκαν, επιλέγονται οι απαιτούμενες επεμβάσεις σε μη βλαβέντα στοιχεία ή η προσθήκη νέων στοιχείων, στην περίπτωση που εμφανίζονται εκτεταμένες ανεπάρκειες.

Επιλύεται ο τελικός φορέας και ακολουθεί:

'Έλεγχος επάρκειας των μη επισκευαζομένων / ενισχυομένων στοιχείων.

Διαστασιολόγηση των επισκευαζομένων / ενισχυομένων και των νέων στοιχείων.

Οριστικοποιούνται οι ενισχύσεις ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις αντοχής όλων των ενισχυθέντων και μη στοιχείων, καθώς και των νέων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σύνδεση νέων στοιχείων με το Φέροντα Οργανισμό και τη δυνατότητα ανάληψης φορτίων.

ii. Κατασκευαστικά σχέδια σε κλίμακα 1:50 με τα απαιτούμενα στοιχεία για υλικά / τεχνικές και όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες (αποκατάσταση διατομών, αγκυρώσεις νέων οπλισμών, σύνδεση νέων στοιχείων κλπ).

iii. Τα τεύχη στατικών υπολογισμών θα περιέχουν την γεωμετρία του φορέα, το προσομοίωμα του χωρικού μοντέλου, τις φορτίσεις, την κατανομή των σεισμικών δράσεων, τη στατική ανάλυση, τον έλεγχο των διατομών ή τη διαστασιολόγησή τους και πίνακες επάρκειας των μη επισκευαζομένων / ενισχυομένων διατομών.

Θα συνοδεύονται από αναλυτική επεξήγηση των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται και τα αρχεία δεδομένων θα είναι στη διάθεση της Υπηρεσίας, εφόσον ζητηθούν.

iv. Για τους τοίχους πλήρωσης που παρουσιάζουν σοβαρές, ή βαριές βλάβες δεν συντάσσεται μελέτη επισκευής αλλά αποτυπώνονται στην κάτοψη του κτιρίου, και περιγράφονται στην Τεχνική Έκθεση οι τεχνικές αποκατάστασης που θα χρησιμοποιηθούν. Ειδικά, για τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα:

v. Ο έλεγχος επάρκειας των μη επισκευαζομένων / ενισχυομένων διατομών γίνεται με τη μέθοδο των μερικών συντελεστών ασφαλείας για την οριακή κατάσταση αστοχίας (Κεφ. 10, 11, 12 του ΝΕΚΟΣ) χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη οι ελάχιστες απαιτήσεις διαστάσεων ή οπλισμών, που προβλέπονται από το ΝΕΚΟΣ.

Η διαστασιολόγηση των επισκευαζομένων / ενισχυομένων και των νέων στοιχείων, γίνεται με τον ισχύοντα σήμερα κανονισμό οπλισμένου σκυροδέματος (ΝΕΚΟΣ), σε συνδυασμό με τις σχετικές οδηγίες επισκευών.

vi. Στην περίπτωση που το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευασθεί με κανονισμούς προγενέστερους του ισχύοντος κανονισμού, για τις επιλύσεις της παρ.ι λαμβάνονται υπ' όψη οι εξής συνδυασμοί δράσεων:

α. Δράση σεισμού $E=1.75ε (G + ψ2 Q)$ το οποίο κατανέμεται ορθογωνικά, εφόσον το κτίριο είχε μελετηθεί με τον αντισεισμικό του 1959 (ή νωρίτερα) ή τριγωνικά, εφόσον είχε μελετηθεί μετά την ισχύ των πρόσθετων διατάξεων του 1984. Ο σεισμικός συντελεστής $ε$, είναι αυτός της αρχικής μελέτης και η προσαύξηση κατά 75% γίνεται για να καλυφθεί η διαφορά μεθόδων επιτρεπομένων τάσεων και μερικών συντελεστών ασφαλείας.

Για ειδικά κτιριακά έργα ισχύουν οι συνδυασμοί δράσεων (με τους ανάλογους συντελεστές συμμετοχής των φορτίων), όπως αυτοί περιγράφονται στο ΝΕΚΟΣ.

Πιθανές προσαυξήσεις των σεισμικών δυνάμεων, καθ' ύψος των κτιρίων (πχ pilotis) θα γίνονται σύμφωνα με τις πρόσθετες διατάξεις του 1984, εφόσον το κτίριο μελετήθηκε αρχικά με αυτές.

β. Μη σεισμικός συνδυασμός δράσεων: $1.35 G + 1.50 Q$

γ. Σεισμικός συνδυασμός δράσεων: $G + \psi_2 Q \pm E$ (ψ_2 =δείκτης του ψ)

Ο έλεγχος επάρκειας θα γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις του ΝΕΚΟΣ όπως αναφέρεται στην παραπάνω παρ.ν.

vii. Ο έλεγχος επάρκειας των δοκών επιτρέπεται να παραλείπεται, εκτός από τις περιπτώσεις δοκών που θα κριθούν ως ιδιαίτερα κρίσιμες (αυτές από την ευστάθεια των οποίων επηρεάζεται η γενική ευστάθεια του κτιρίου, πχ οι φέρουσες κρίσιμα φυτευτά υποστυλώματα).

viii. Για τον έλεγχο των διαστάσεων των θεμελίων λαμβάνεται:

$\sigma_{\text{εδ}}=2\sigma_{\text{επ}}$ για σεισμικό συνδυασμό δράσεων, ($\sigma_{\text{εδ}}$, $\sigma_{\text{επ}}$ =δείκτες του σ) δηλαδή $G + \psi_2 Q \pm 1.75\epsilon (G + \psi_2 Q)$ (ψ_2 =δείκτης του ψ) $\sigma_{\text{εδ}}=1.4\sigma_{\text{επ}}$ για μη σεισμικό συνδυασμό δράσεων, δηλαδή $1.35 G + 1.5 Q$ ($\sigma_{\text{εδ}}$, $\sigma_{\text{επ}}$ =δείκτες του σ)

ix. Είναι αποδεκτό να προστίθενται συνδετήριες δοκοί όταν:

κατασκευάζονται νέα στοιχεία (κυρίως τοιχώματα) για τη σύνδεσή τους με τα εκατέρωθεν υπάρχοντα.

στις περιπτώσεις που οι παραδοχές της αρχικής μελέτης κατέτασαν το έδαφος στην κατηγορία Β.

το έδαφος παρουσιάζει σημαντική κλίση.

υπάρχουν έκκεντρα πέδιλα που συμμετέχουν σημαντικά στην ανάληψη των σεισμικών δράσεων, ώστε να συνδεθούν με τα εκατέρωθεν πέδιλα.

2. Άδεια Επισκευής / Ενίσχυσης

Από τον ΤΑΣ εκδίδεται Άδεια Επισκευής / Ενίσχυσης με βάση τα αναφερόμενα στην παραπάνω παρ.(1) δικαιολογητικά και μελέτες.

Αντίγραφο του εντύπου της άδειας θα κοινοποιείται στο αρμόδιο Πολεοδομικό γραφείο και το Δήμο. Άδεια Επισκευής / Ενίσχυσης σεισμοπλήκτου κτιρίου χορηγείται από τους ΤΑΣ και στην περίπτωση που υποβάλλεται μελέτη επισκευής που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τα παραπάνω, χωρίς να ζητείται η χορήγηση Στεγαστικής Συνδρομής από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

3. Δαπάνη επισκευής / ενίσχυσης

Η δαπάνη για τις επεμβάσεις που προσδιορίζονται σύμφωνα με τα παραπάνω, υπολογίζεται με αναλυτική προμέτρηση των εργασιών και με προϋπολογισμό που συντάσσεται με τη χρήση του Αναλυτικού Τιμολογίου Επισκευών της Υπηρεσίας. Η δαπάνη αυτή τυγχάνει Στεγαστικής Συνδρομής σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις περί παροχής πιστωτικών διευκολύνσεων.

IV. Εργασίες ενίσχυσης του κτιρίου πέραν αυτών που αναφέρονται στις παρ.II και παρ.III

1. Αν οι ιδιοκτήτες ενός κτιρίου, το οποίο κατατάσσεται σε μια από τις περιπτώσεις της παρ.Β του Αρθ-1, επιθυμούν την επί πλέον ενίσχυσή του με παραδοχές διαφορετικές των προηγούμενων και με σκοπό την αύξηση της επιδιωκόμενης ασφάλειας και στάθμης αντισεισμικότητας, πρέπει να υποβάλλουν επιπλέον της αρχικής μελέτης που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τα αναφερόμενα πιο πάνω και νέα μελέτη επισκευής / ενίσχυσης. Η

νέα μελέτη θα συνοδεύεται υποχρεωτικά από τεχνική έκθεση στην οποία θα περιγράφονται αναλυτικά οι παραδοχές του υπολογισμού, ο επιδιωκόμενος βαθμός ενίσχυσης καθώς και το είδος των επεμβάσεων.

Στην περίπτωση αυτή, εκδίδεται από τους αρμόδιους Τομείς Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων (ΤΑΣ) άδεια επισκευής για τις εργασίες επισκευής / ενίσχυσης που αναφέρονται στη νέα μελέτη. Η στεγαστική συνδρομή, στην περίπτωση αυτή, προκύπτει από την αρχική μελέτη που έχει συνταχθεί σύμφωνα με τη παρ.ΙΙΙ, και όχι από τη νέα μελέτη.

2. Για ενίσχυση των κτιρίων που κατατάσσονται στις περιπτώσεις της παρ.Α του Αρθ-1, θα εκδίδεται κατ' αρχήν από τον ΤΑΣ η άδεια επισκευής σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Κεφ.ΙΙ του παρόντος άρθρου. Κατόπιν ο ιδιοκτήτης, με δική του πρωτοβουλία θα προσφεύγει στα αρμόδια Πολεοδομικά Γραφεία με νέα μελέτη για περαιτέρω ενίσχυση της οικοδομής του, για την έκδοση οικοδομικής άδειας (χωρίς δανειοδότηση), σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

V. Αποκατάσταση βλαβών σε κτίρια μεγάλης σπουδαιότητας

Για κτίρια που στεγάζουν επιχειρήσεις ή δραστηριότητες μεγάλης κοινωνικής ή οικονομικής σημασίας, όπως ιδιωτικά εκπαιδευτήρια, κτίρια συνάθροισης κοινού (κινηματογράφοι, θέατρα, κλπ), μεγάλες βιοτεχνικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εμπορικά κέντρα, πολυκαταστήματα, κλπ, και τα οποία κατατάσσονται στις περιπτώσεις της παρ.Β, απαιτείται επανυπολογισμός και ανασχεδιασμός του ΦΟ με τις διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού που ίσχυε κατά τον χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας, αλλά με παραδοχές της μελέτης που να ανταποκρίνονται στα πραγματικά στοιχεία όσον αφορά την κατηγορία εδάφους και τον συντελεστή σπουδαιότητας του κτιρίου.

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-3

Οι αναφερόμενες στις παρ.ΙΙ, ΙΙΙ, και παρ.ΙV του Αρθ-2 τεχνικές εκθέσεις του Μηχανικού θα συνοδεύονται από δήλωση του ιδιοκτήτη ότι έχει λάβει γνώση της τεχνικής έκθεσης όσον αφορά τον επιδιωκόμενο βαθμό επισκευής / ενίσχυσης του κτιρίου και ότι την αποδέχεται.

Όσον αφορά τις αμοιβές των Μηχανικών για την εκπόνηση μελετών επισκευής σεισμοπλήκτων κτιρίων και την επίβλεψη των έργων, τροποποιείται η Αποφ-1356/4-6-91 (ΦΕΚ-430/Β/24-6-91) του Αν. Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ ως εξής:

α. Η αμοιβή του Μηχανικού για τη σύνταξη μελέτης και την επίβλεψη επισκευής ή επισκευής / ενίσχυσης που γίνεται σύμφωνα με τις παρ.ΙΙ και παρ.ΙΙΙ του Αρθ-2, προσδιορίζεται από τη δαπάνη της μελέτης επισκευής / ενίσχυσης που εγκρίνεται και καθορίζεται σύμφωνα με το ΠΔ-696/74. Η ως ανωτέρω προσδιοριζόμενη δαπάνη δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτερο ποσό της χορηγούμενης Στεγαστικής Συνδρομής για την αποκατάσταση του κτιρίου.

Οι κατά τα ανωτέρω προκύπτουσες αμοιβές μελετών - επιβλέψεων μειώνονται κατά 50% σύμφωνα με την παρ.1.α του Αρθ-11 του Ν-867/79 και την Αποφ-1356/4-6-91, με

κατώτατο όριο την ελάχιστη αμοιβή 5000 λ.

β. Η αμοιβή του Μηχανικού για την σύνταξη Τεχνικής Έκθεσης και την αποτύπωση σε κάτοψη του κτιρίου των βλαβών, καθορίζεται σε 500 δρχ/τμ της αποτυπούμενης δομημένης επιφάνειας του κτιρίου για τις περιπτώσεις που:

Το κτίριο παρουσιάζει βλάβες σοβαρές ή βαριές, μόνο στους τοίχους πλήρωσης.

Το κτίριο παρουσιάζει βλάβες σοβαρές ή βαριές στους τοίχους πλήρωσης και ελαφρές βλάβες στο φέροντα οργανισμό (που για την αποκατάστασή τους απαιτούνται ρητίνες), και ο προϋπολογισμός της επισκευής που αναλογεί σε κάθε ιδιοκτησία δεν υπερβαίνει τα 2000000 δρχ, συμπεριλαμβανομένου και του ποσού για την επισκευή των κοινοχρήστων και των κοινοκλήτων τμημάτων.

γ. Τα παραστατικά πληρωμής των αμοιβών Μηχανικών για τη μελέτη - επίβλεψη, που γίνεται σύμφωνα με τις παρ.ΙΙ και παρ.ΙΙΙ του Αρθ-2, προσκομίζονται στον αρμόδιο ΤΑΣ/ΓΑΣ μαζί με την αίτηση για την έγκριση χορήγησης της Β' δόσης της Στεγαστικής Συνδρομής.

Στην περίπτωση που η Στεγαστική Συνδρομή χορηγείται εφ' άπαξ, καθώς και στην περίπτωση επί πλέον ενίσχυσης του κτιρίου (παρ.ΙV του Αρθ-2) τα παραστατικά προσκομίζονται πριν από την έκδοση της άδειας επισκευής.

>>>>

ΑΡΘΡΟΝ-4

Το συνημμένο παράρτημα με τίτλο Εκτίμηση της Απώλειας Φέρουσας Ικανότητας σε Κτίρια Βλαβέντα από το Σεισμό του 1999, αποτελούμενο από 8 σελίδες, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος αυτής της Απόφασης.

Η παρούσα ισχύει από την ημέρα δημοσίευσής της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και έχει υποχρεωτική εφαρμογή για τις μελέτες που θα υποβληθούν από την ημέρα εκείνη και μετέπειτα. Η εφαρμογή της παρούσας, για τις μελέτες που έχουν ήδη υποβληθεί μέχρι την ημερομηνία δημοσίευσής της, είναι δυνατή κατόπιν σχετικής υπεύθυνης δήλωσης του ειδικού διαχειριστή ή του ιδιοκτήτη.

Από τις διατάξεις της παρούσας δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του κρατικού προϋπολογισμού.

Η παρούσα να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Αθήνα, 16 Ιανουαρίου 2001

>>>>

Εκτίμηση της απώλειας φέρουσας ικανότητας σε κτίρια βλαβέντα από το σεισμό του 1999

ΚΕΙΜΕΝΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ-Α ΟΡΙΣΜΟΙ

Αρχική Φέρουσα Ικανότητα

Η αρχική, πριν από το σεισμό, φέρουσα ικανότητα του κτιρίου (αντοχή, ακαμψία)

Απομένουσα Φέρουσα Ικανότητα (φ)

Η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου μετά το σεισμό, ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας.

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας (α)

Η διαφορά μεταξύ της αρχικής και της απομένουσας φέρουσας ικανότητας.

Αποτίμηση

Η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ-Β ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η απομένουσα φέρουσα ικανότητα ενός κτιρίου, ή στατικά ανεξάρτητου τμήματος, θεωρούμε ότι καθορίζεται από την απομένουσα φέρουσα ικανότητα της στάθμης του κτιρίου που εμφανίζει τη μεγαλύτερη απώλεια φέρουσας ικανότητας.

Για την εκτίμηση (και όχι υπολογισμό) της απομένουσας φέρουσας ικανότητας μιάς στάθμης χρησιμοποιούνται απλουστευμένα κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη:

- 1) Το βαθμό της βλάβης σε κάθε κατακόρυφο στοιχείο
- 2) την ηλικία του κτιρίου
- 3) την ποιότητα κατασκευής του στοιχείου
- 4) την κατάσταση του στοιχείου πριν τη βλάβη
- 5) το πλήθος των βλαβέντων στοιχείων (έκταση της βλάβης)

2. ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ (Σχήμα 1)

Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης συνδέονται άμεσα, με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας των βλαβέντων δομικών στοιχείων και της κατασκευής ως συνόλου.

Υποστυλώματα

Βαθμού "Α", ελαφρές βλάβες:

μεμονωμένες ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 2,0mm) κυρίως λόγω κάμψεως ή δευτερευόντων λόγων (πχ διεύρυνση αρμών διακοπής σκυροδετήσεως, ελαφρές κρούσεις κλπ).

Βαθμού "Β", ελαφρές βλάβες:

πολλές καμπτικές ρωγμές ή μεμονωμένες διαμητικές ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 0,5mm), με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται εμφανείς μετακινήσεις του σκελετού.

Βαθμού "Γ", σοβαρές βλάβες:

έντονη ρηγματώση, τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη και διάτμηση. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές.

Βαθμού "Δ", βαριές βλάβες:

θραύση του σκυροδέματος του στοιχείου, βλάβη των κυρίων οπλισμών, διακοπή της συνέχειας του στοιχείου. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι μικρές.

Επισημαίνεται ότι αν οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στα προηγούμενα για τις μετακινήσεις δεν πληρούνται τότε η βλάβη θεωρείται ενός βαθμού παραπάνω (πχ του βαθμού "Α" θεωρείται "Β", του "Β" "Γ", κλπ).

Τοιχώματα, κόμβοι

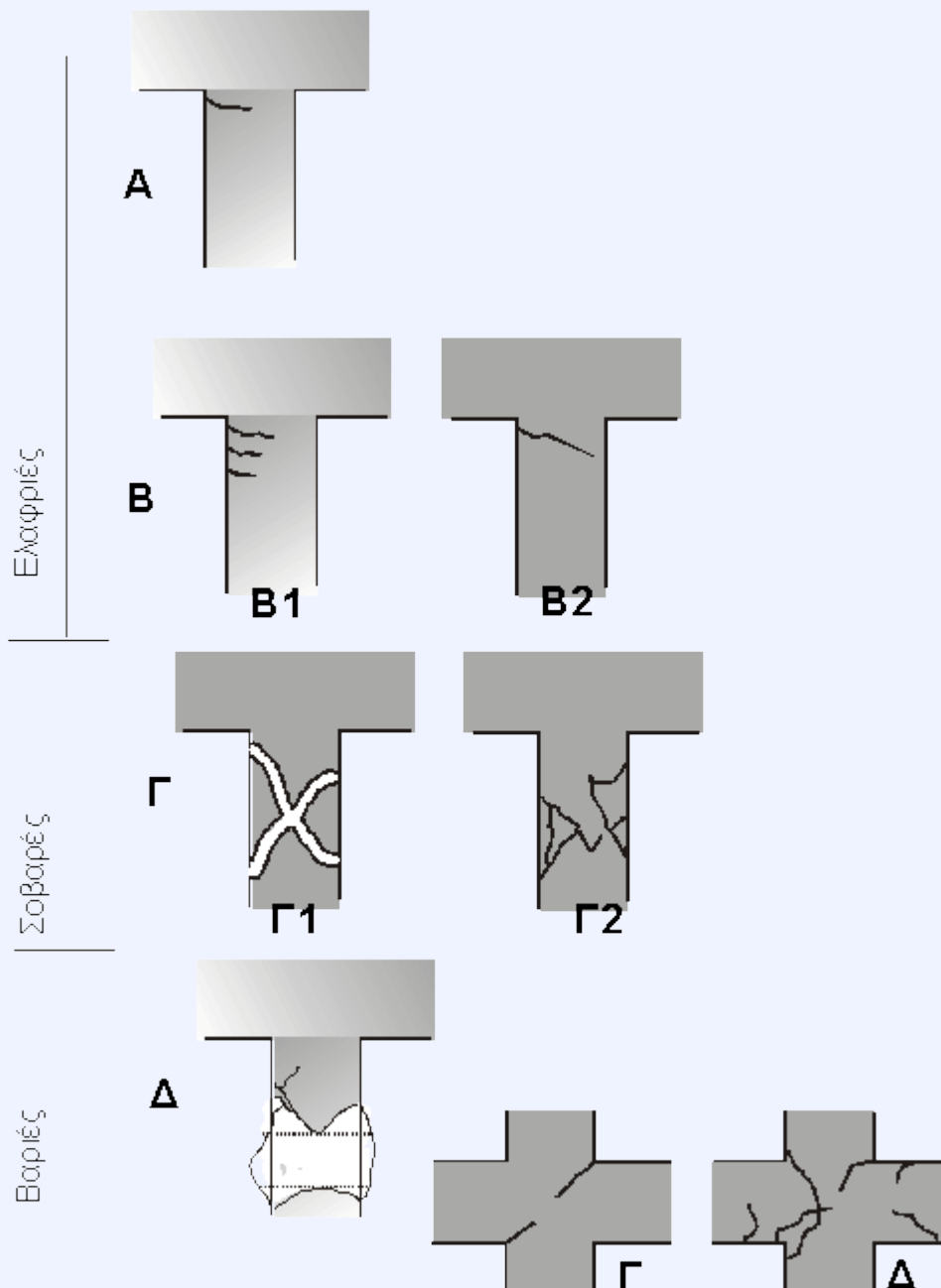
Λόγω της σπουδαιότητας του ρόλου των στοιχείων αυτών του σκελετού μίας κατασκευής στην αντισεισμική συμπεριφορά του συνόλου, κάθε βλάβη και ρηγματώση, έστω και ελαφριά - πολύ μικρού ανοίγματος, θεωρείται σημαντική και αντιμετωπίζεται τουλάχιστον ως σοβαρή βλάβη (βαθμού "1"), ή βαριά (βαθμού "Δ") αν έχει συμβεί και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή και βλάβη των οπλισμών.

Από πλευράς μορφολογίας ισχύουν τα σκίτσα του σχ.1 για τα υποστυλώματα και τους κόμβους, ενώ για τα τοιχώματα ισχύουν τα αντίστοιχα σκίτσα των υποστυλωμάτων, με τη διαφορά ότι οι βαθμοί "Α" και "Β" θεωρούνται "Γ" και οι βαθμοί "Γ" και "Δ" θεωρούνται "Δ".

Ο βαθμός της βλάβης του κόμβου χαρακτηρίζει το υποστύλωμα που συντρέχει σ' αυτόν εκτός εάν το υποστύλωμα έχει μεγαλύτερου βαθμού βλάβη.

(ΣΣ Υπάρχει και τυπικός βαθμός "Ε", για δύσκολα κατασκευάσιμες βλάβες, όταν οι μετακινήσεις του σκελετού είναι μέτριες έως μεγάλες, παρατηρούνται αποκολλήσεις ή μερικές καταρρεύσεις).

ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΩΝ



Σχ.1

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

3.1. ΣΕ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Επιρροή βαθμού βλάβης και ηλικίας Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης (σχ.1) συνδέονται άμεσα με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας των βλαβέντων δομικών στοιχείων και της κατασκευής ως συνόλου.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μία εκτίμηση απομενουσών φερουσών ικανοτήτων (ως

ποσοστών της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μεμονωμένα δομικά στοιχεία, κυρίως για υποστυλώματα, ανάλογα με το τυπικό βαθμό βλάβης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (ϕ)
ΩΣ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

	ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ			
ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	"Α"	"Β"	"Γ"	"Δ"
ΜΙΚΡΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,95	0,75	0,45	0,15
ΜΕΓΑΛΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,80	0,60	0,30	0

Σημείωση:

Μικρή ηλικία ≥ 25 ετών, μεγάλη ηλικία ≥ 30 ετών

Για ενδιάμεση ηλικία γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Επιρροή κακοτεχνιών και φυσικών/ χημικών φθορών

Για κακή κατάσταση ή κακή κατασκευή του στοιχείου η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του στοιχείου (ϕ) μειώνεται κατά 5%

Για κακή κατάσταση και κακή κατασκευή του στοιχείου η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του στοιχείου (ϕ) μειώνεται κατά 15%

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας Στοιχείου

$$a_i = 1 - \phi_i$$

3.2. Σε μία στάθμη

Για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας σε μία στάθμη πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία, ο τυπικός βαθμός βλάβης και η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του καθενός και να εκτιμηθεί η ένταση/ έκταση των βλαβών των κατακορύφων φερόντων στοιχείων της κατασκευής.

Μια απλουστευμένη, συντηρητική εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας (ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μια στάθμη, μπορεί να γίνει με βάση τη σχέση:

$$\varphi_{στ} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}$$

όπου

$\varphi_{στ}$ απομένουσα φέρουσα ικανότητα στάθμης ως ποσοστό της αρχικής

φ_i απομένουσα φέρουσα ικανότητα μεμονωμένου κατακόρυφου στοιχείου της στάθμης ως ποσοστό της αρχικής

n πλήθος όλων των κατακόρυφων στοιχείων της στάθμης

Και αντίστοιχα έχουμε:

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας Στάθμης

$$αστ = 1 - \varphi_{στ}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ-Γ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η απομένουσα φέρουσα ικανότητα ενός κτιρίου, ή στατικά ανεξάρτητου τμήματος, θεωρούμε ότι καθορίζεται από την απομένουσα φέρουσα ικανότητα στη στάθμη του κτιρίου που εμφανίζει τη μεγαλύτερη απώλεια φέρουσας ικανότητας και στη διεύθυνση της στάθμης με τις περισσότερες βλάβες.

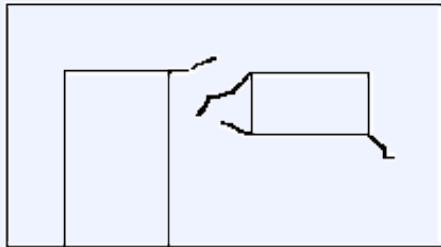
Για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας μιας διεύθυνσης χρησιμοποιούνται απλουστευμένα κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη:

- 1) το βαθμό της βλάβης σε κάθε κατακόρυφο στοιχείο της διεύθυνσης
- 2) την ηλικία του κτιρίου
- 3) το πλήθος των βλαβέντων στοιχείων (έκταση της βλάβης)

Οι βλάβες στις φέρουσες τοιχοποιίες ταξινομούνται σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα:

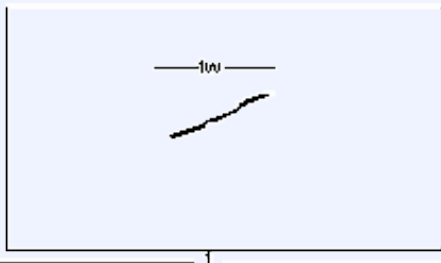
2. ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ

Ελαφριές βλάβες



A

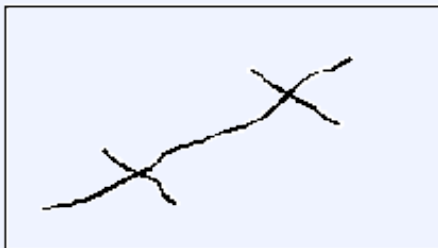
Εύρος ρωγμής < 1mm μήκος \leq 1m



B

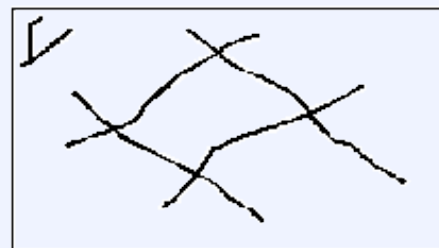
$\frac{1w}{l} < \frac{1}{3}$ Εύρος \leq 5m

Σοβαρές βλάβες



Γ

Βαριές βλάβες



Δ

τοπική αστοχία αποδιοργάνωση

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

3.1. Σε μεμονωμένα στοιχεία

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται μια εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας (ως ποσοστού της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μεμονωμένα δομικά στοιχεία, ανάλογα με τον τυπικό βαθμό βλάβης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (φ_i)
ΩΣ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ			
	A	B	Γ	Δ
ΜΙΚΡΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,85	0,70	0,50	0,25
ΜΕΓΑΛΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,70	0,50	0,25	-

Μικρή ηλικία ≤ 50 ετών.

μεγάλη ηλικία ≥ 75 ετών.

Για ενδιάμεση ηλικία γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας Στοιχείου

$$a_i = 1 - \varphi_i$$

3.2. Σε μια διεύθυνση

Για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας σε μια διεύθυνση πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία, ο τυπικός βαθμός βλάβης και η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του καθενός, να εκτιμηθεί η ένταση / έκταση των βλαβών των κατακορύφων φερόντων στοιχείων της κατασκευής.

Μια απλουστευμένη, συντηρητική εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας (ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μια διεύθυνση, μπορεί να γίνει με βάση τη σχέση:

$$\varphi_x = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

όπου

φ_x = απομένουσα φέρουσα ικανότητα διεύθυνσης ως ποσοστό της αρχικής

φ_i = απομένουσα φέρουσα ικανότητα μεμονωμένου κατακορύφου στοιχείου της διεύθυνσης αυτής

A_i = επιφάνεια οριζόντιας τομής κατακορύφου στοιχείου της εξεταζόμενης διεύθυνσης

n = πλήθος όλων των κατακορύφων στοιχείων της εξεταζόμενης διεύθυνσης

Και αντίστοιχα έχουμε:

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας Διεύθυνσης

$$\alpha\chi = 1 - \varphi\chi$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ-Δ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Θεωρείται ότι δεν έχει επηρεασθεί η γενική ευστάθεια ενός κτιρίου (παρ.Α) όταν η απώλεια φέρουσας ικανότητας του λόγω των ορατών βλαβών είναι μικρότερη ή ίση από:

10% για κτίρια μικρής ηλικίας

15% για κτίρια μεγάλης ηλικίας

Αντίστοιχα θεωρείται ότι έχει επηρεασθεί η γενική ευστάθεια ενός κτιρίου (Β) όταν η απώλεια φέρουσας ικανότητας του λόγω των ορατών βλαβών είναι μεγαλύτερη από:

10% για κτίρια μικρής ηλικίας

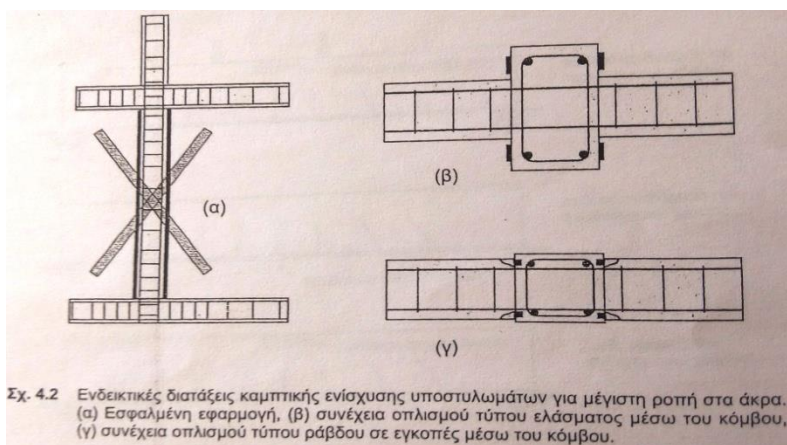
15% για κτίρια μεγάλης ηλικίας

Για κτίρια ενδιάμεσης ηλικίας γίνεται γραμμική παρεμβολή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο Ενίσχυση σε κάμψη

5.1 Γενικά

Η εφαρμογή συνθέτων υλικών για ενισχύσεις έναντι κάμψης γίνεται κυρίως σε στοιχεία τύπου δοκού ή πλάκας, μέσω ελασμάτων ή υφασμάτων τα οποία επικολλούνται στο εφελκυσμένο πέλμα με διεύθυνση των ινών τέτοια ώστε να παραλαμβάνουν τις λόγω κάμψης εφελκυστικές δυνάμεις (π.χ. παράλληλα στον άξονα του μέλους, για την περίπτωση δοκών, σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις για την περίπτωση τετραερείστων πλακών). Στην περίπτωση υποστυλωμάτων με κρίσιμες σε κάμψη τις ακραίες διατομές, η εφαρμογή των συνθέτων υλικών σε μορφή ελασμάτων ή υφασμάτων είναι γενικά δύσκολη, δεδομένου ότι στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να εξασφαλισθεί η συνέχεια (αγκύρωση) των οπλισμών εντός των κόμβων. Αυτό γίνεται εφικτό όταν οι δοκοί έχουν μικρότερο πλάτος από τα υποστυλώματα ή όταν χρησιμοποιούνται οπλισμοί συνθετών υλικών μικρού πλάτους (π.χ. μορφής ράβδων), όπως δείχνει το σχήμα 4.2. Οι υπολογισμοί για τους ελέγχους αντοχής και λειτουργικότητας σε εφαρμογές καμπτικών ενισχύσεων γίνεται κατά αναλογία με αυτούς για συμβατικά οπλισμένα (με χαλύβδινες ράβδους) μέλη, λαμβάνοντας υπόψη όμως (α) τις ιδιαιτερότητες της μηχανικής συμπεριφοράς των συνθετών υλικών (π.χ. γραμμική ελαστικότητα με τη θραύση) και (β) το ενδεχόμενο πρόωρης αποκόλλησης τους από το σκυρόδεμα.



Εικόνα 6 Ενδεικτικές διατάξεις καμπτική ενίσχυσης υποστυλωμάτων για μέγιστη ροπή στα άκρα

5.2. Αρχική κατάσταση

Όπως θα φανεί παρακάτω, οι υπολογισμοί των απαιτούμενων ποσοτήτων συνθέτων υλικών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι έλεγχοι για τις οριακές καταστάσεις αντοχής και λειτουργικότητας προϋποθέτουν γνώση των παραμορφώσεων (και τάσεων) στα υπό ενίσχυση δομικά στοιχεία και κατά τη χρονική στιγμή που λαμβάνει χώρα η ενίσχυση (αρχική κατάσταση). Σημειώνεται δε ότι τα δομικά στοιχεία δρουν ως ενισχυμένα μόνο για τα πρόσθετα φορτία, αυτά δηλαδή τα οποία ασκούνται μετά την ενίσχυση.

Ας υποθέσουμε ότι κατά τη φάση της ενίσχυσης η κρίσιμη διατομή μιας δοκού (Σχ. 4.3) καταπονείται σε ροπή M_0 , μεγαλύτερη από τη ροπή ρηγμάτωσης M_{cr} (αν είναι μικρότερη, η επίδραση της M_0 είναι αμελητέα). Από ισορροπία δυνάμεων στη διατομή προκύπτει το ύψος της θλιβόμενης ζώνης X_0 :

(εξίσωση) 4.1)

$$\frac{1}{2}bx_0^2 + (a_s - 1)A_{s2}(x_0 - d_2) = a_sA_{s1}(d - x_0)$$

Όπου A_{s1} = εμβαδόν εφελκόμενου χάλυβα, A_{s2} = εμβαδόν θλιβόμενου χάλυβα, d_1 = απόσταση κέντρου βάρους διατομής εφελκόμενου χάλυβα από την ακραία εφελκόμενη ίνα, d_2 = απόσταση κέντρου βάρους διατομής θλιβόμενου χάλυβα από την ακραία θλιβόμενη ίνα, d = στατικό ύψος, h = ύψος διατομής, b =πλάτος διατομής και $a_s = E_s / E_c$ είναι ο λόγος μέτρου ελαστικότητας χάλυβα προς μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος. Η παραμόρφωση ϵ_{co} στην ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος είναι:

(εξίσωση) 4.2)

$$\epsilon_{co} = \frac{M_0 x_0}{E_c I_{o2}}$$

Όπου I_{o2} είναι η ροπή αδράνειας της ρηγματωμένης διατομής, ίση με

(εξίσωση) 4.3)

$$I_{o2} = \frac{bx_0^3}{3} + (a_s - 1)A_{s2}(a_s - d_2)^2 + a_sA_{s1}(d - x_0)^2$$

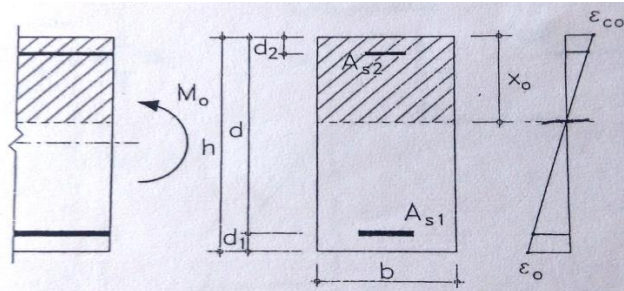
η παραμόρφωση ϵ_0 στην ακραία εφελκόμενη ίνα υπολογίζεται βάσει του συμβιβαστού των παραμορφώσεων ως εξής :

(εξίσωση)

4.4)

$$\epsilon_o = \epsilon_{co} \frac{h - x_o}{x_o}$$

Το ϵ_o που προσδιορίζεται από την εξ.(4.4) αποτελεί την αρχική παραμόρφωση στη θέση επικόλλησης του οπλισμού ενίσχυσης.

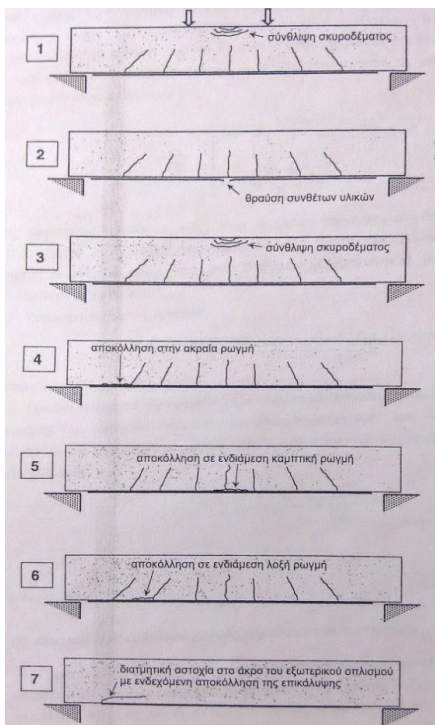


(σχήμα 4.3)

Εικόνα 7 Παραμορφώσεις σε ορθογωνική διατομή δοκού υπό ροπή M_o κατά την φάση ενίσχυσης.

5.3 Οριακή κατάσταση αντοχής – μηχανισμοί αστοχίας

Οι πιο πιθανοί μηχανισμοί αστοχίας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ενισχυμένων σε κάμψη με σύνθετα υλικά περιγράφονται παραστατικά στο Σχ. 4.4 (Triantafillou and Plevris 1992, Matthys 2000, fib 2001, Tend et al. 2001). Η διαδικασία υπολογισμών για τον κάθε μηχανισμό δίνεται στην επόμενη ενότητα.



(Σχήμα 4.4)

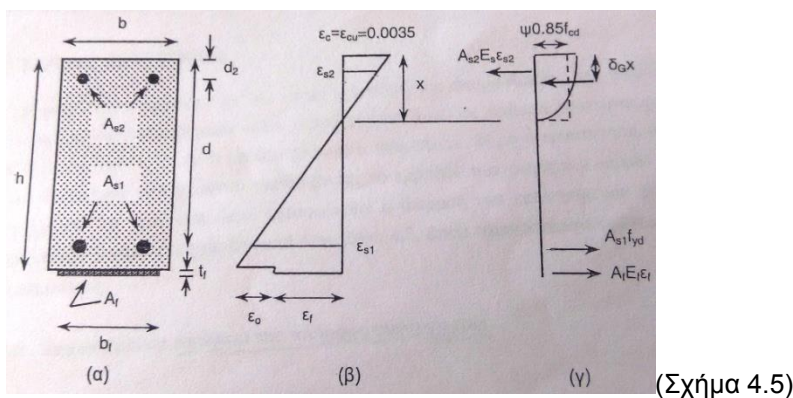
5.4 Υπολογισμοί για την οριακή κατάσταση αντοχής

Οι τρεις πρώτοι από τους παραπάνω μηχανισμούς δεν σχετίζονται με πρόωρες αστοχίες (π.χ. αποκολλήσεις των σύνθετων υλικών). Έτσι το ενισχυμένο στοιχείο μπορεί να μελετηθεί ως ένα σύμμικτο στοιχείο, στο οποίο υπάρχει πλήρης συνεργασία μεταξύ του σκυροδέματος και των εξωτερικών οπλισμών. Όλοι οι υπόλοιποι μηχανισμοί αντιστοιχούν σε απώλεια της πλήρους συνεργασίας και αναλύονται ξεχωριστά.

5.4.1 Μηχανισμοί πλήρους συνεργασίας

(1) Διαρροή εφελκυσμένου χάλυβα, σύνθλιψη σκυροδέματος

Σύμφωνα με το μηχανισμό αυτό, ο οποίος είναι και ο πλέον επιθυμητός, πρώτα διαρρέει ο διαμήκης οπλισμός σε εφελκυσμό και ακολούθως υφίσταται σύνθλιψη στο σκυρόδεμα στη θλιβόμενη ζώνη, χωρίς να υπάρχει αστοχία ή κάποιου είδους αποκόλληση στα σύνθετα υλικά. Ο υπολογισμός της ροπής αντοχής στην κρίσιμη διατομή του μέλους (Σχ. 4.5) γίνεται βάσει ισορροπίας των εσωτερικών δυνάμεων και του συμβιβαστού των παραμορφώσεων:



Εικόνα 8 Ανάλυση διατομής στην οριακή κατάσταση αντοχής.

$$0.85\psi f_{cd} b x + A_{s2} E_s \varepsilon_{s2} = A_{s1} f_{yd} + A_f E_f \varepsilon_f$$

Όπου $\psi = 0.8$, f_{cd} = θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (τιμή σχεδιασμού),

x = ύψος θλιβόμενης ζώνης, f_{yd} = τάση διαρροής χάλυβα (τιμή σχεδιασμού) και A_f = εμβαδόν διατομής σύνθετων υλικών. ε_{s2} και ε_f είναι οι παραμορφώσεις του θλιβόμενου χάλυβα και των σύνθετων υλικών, αντίστοιχα, οι οποίες δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις (συμβιβαστό παραμορφώσεων):

(εξίσωση) 4.6)

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_c \frac{x - d_2}{x}$$

(εξίσωση) 4.7)

$$\varepsilon_f = \varepsilon_c \frac{h - x}{x} - \varepsilon_o$$

Στις παραπάνω σχέσεις $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ είναι η οριακή παραμόρφωση του σκυροδέματος (=0.0035) και ε_o η αρχική παραμόρφωση στην ακραία εφελκόμενη ίνα [εξ.(4.40)]. Επίσης, το γινόμενο E_{s2} (τάση στον θλιβόμενο χάλυβα) στην εξ. (4.5) δεν θα πρέπει να λαμβάνεται πάνω από f_{yd} .

Υπολογισμός ροπής αντοχής:

(εξίσωση) 4.8)

$$M_{Rd} = A_{s1} f_{yd} (d - \delta_G X) + A_f E_f \varepsilon_f (h - \delta_G X) + A_{s2} E_s \varepsilon_{s2} (\delta_G X - d_2)$$

Όπου $\delta_G = 0.4$.

Προϋποθέσεις για την εφαρμογή των παραπάνω εξισώσεων είναι ότι ο εφελκόμενος χάλυβας έχει πράγματι διαρρεύσει και ότι η παραμόρφωση στα σύνθετα υλικά είναι μικρότερη της οριακής $\varepsilon_{f,lim}$ (αυτής δηλαδή που αντιστοιχεί στη θραύση ή αποκόλλησή τους), δηλαδή:

(εξίσωση) 4.9)

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_c \frac{d - x}{x} \geq \frac{f_{yd}}{E_s}$$

(εξίσωση) 4.10)

$$\varepsilon_f = \varepsilon_c \frac{h - x}{x} \leq \varepsilon_{f,lim}$$

Όπου $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$.

(2) Διαρροή εφελκόμενου χάλυβα, θραύση σύνθετων υλικών

Ο μηχανισμός αστοχίας κατά τον οποίο μετά τη διαρροή του εφελκόμενου χάλυβα ακολουθεί θραύση των σύνθετων υλικών είναι γενικά σπάνιος

(ενδέχεται να εμφανιστεί αν το εμβαδόν διατομής των σύνθετων υλικών είναι πάρα πολύ μικρό). Πάντως, για λόγους πληρότητας μπορούμε να αναφέρουμε ότι η

ανάλυση της κρίσιμης διατομής στην περίπτωση αυτή γίνεται όπως παραπάνω, δηλαδή ισχύουν οι εξ. (4.5)-(4.10), με τις εξής τροποποιήσεις:

(α) Η μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση στο σκυροδέμα δεν είναι κατ' ανάγκη ίση με την οριακή. (β) Η παραμόρφωση στα σύνθετα υλικά ισούται με την οριακή, δηλ. $\epsilon_f = \epsilon_{fud}$. (γ) Οι συντελεστές ψ και δ_G δίνονται από τις σχέσεις:

(εξίσωση) 4.11)

$$\psi = \begin{cases} 1000\epsilon_c \left(0.5 - \frac{1000}{12}\epsilon_c \right) & \text{για } \epsilon_c \leq 0.002 \\ 1 - \frac{2}{3000\epsilon_c} & \text{για } 0.002 \leq \epsilon_c \leq 0.0035 \end{cases}$$

(εξίσωση) 4.12)

$$\delta_G = \begin{cases} \frac{8 - 1000\epsilon_c}{4(6 - 1000\epsilon_c)} & \text{για } \epsilon_c \leq 0.002 \\ \frac{1000\epsilon_c(3000\epsilon_c - 4) + 2}{2000\epsilon_c(3000\epsilon_c - 2)} & \text{για } 0.002 \leq \epsilon_c \leq 0.0035 \end{cases}$$

Έτσι, για τον υπολογισμό της ροπής αντοχής απαιτείται η επίλυση των εξ.(4.5)-(4.10) (αφού προηγηθούν οι προαναφερθείσες τροποποιήσεις) με αγνώστους τα x , ϵ_c και M_{Rd} . Αυτό μπορεί να γίνει είτε υπολογιστικά, είτε βάσει διαδοχικών δοκιμών.

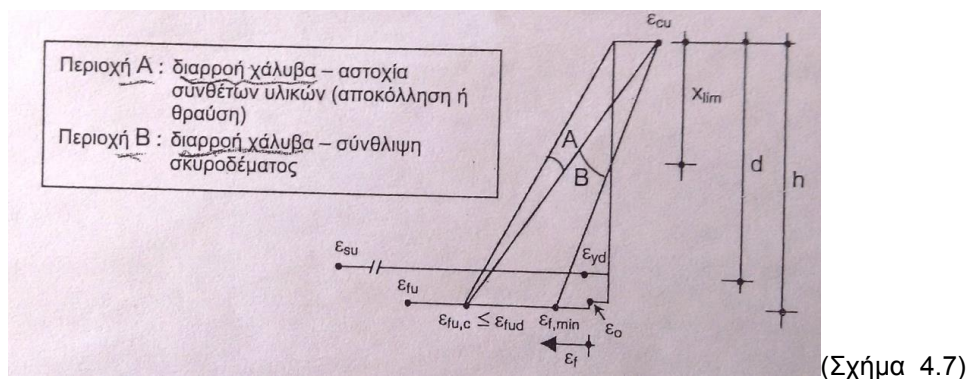
(3) Σύνθλιψη σκυροδέματος

Ο μηχανισμός σύμφωνα με τον οποίο η θραύση του σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη προηγείται οποιαδήποτε άλλης αστοχίας αντιστοιχεί σε ψαθυρή συμπεριφορά και δεν είναι αποδεκτός, γι' αυτό και δεν αναλύεται περαιτέρω. Η μη ενεργοποίηση του εν λόγω μηχανισμού επιτυγχάνεται περιορίζοντας το εμβαδόν των σύνθετων υλικών κάτω από μια κρίσιμη τιμή, έτσι ώστε εξασφαλιστεί η διαρροή του εφελκυσμένου χάλυβα. Περισσότερα σχετικά στοιχεία δίνονται στην Ενοτ. 5.5, όπου περιγράφονται οι απαιτήσεις πλαστιμότητας.

5.5 Απαιτήσεις πλαστιμότητας

Βασική απαίτηση πλαστιμότητας αποτελεί η ενεργοποίηση μηχανισμού αστοχίας κατά τον οποίο η διαρροή του εφελκυσμένου χάλυβα θα προηγείται σαφώς οποιαδήποτε άλλης αστοχίας, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται μια ελάχιστη τιμή πλαστιμότητας καμπυλοτήτων (μ_ϕ). Αυτό σημαίνει ότι η εφελκυστική παραμόρφωση

των σύνθετων υλικών στην κρίσιμη διατομή κατά την οριακή κατάσταση αντοχής, $\epsilon_{f,u,c}$, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μια ελάχιστη τιμή, $\epsilon_{f,min}$, ενώ έχει ως άνω όριο είτε την παραμόρφωση θραύσης, ϵ_{fud} , είτε την παραμόρφωση εκείνη η οποία αντιστοιχεί σε αποκόλληση (όχι όμως κατ' ανάγκη στην κρίσιμη διατομή σε κάμψη). Σχετικό είναι το Σχ. 4.7



Εικόνα 9 Κατανομή παραμορφώσεων καθ' ύψος της κρίσιμης διατομής.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή παραμόρφωσης στα σύνθετα υλικά κατά την οριακή κατάσταση αντοχής, $\epsilon_{f,min}$, για δεδομένη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων, μ_ϕ , υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

(εξίσωση) (4.18)

$$\epsilon_{f,lim} = \epsilon_{yd} \frac{\mu_\phi}{\left(\frac{d}{h} - \frac{x_y}{h}\right)} \frac{h}{d} - \epsilon_{cu} - \epsilon_o$$

Όπου x_y το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την εκκίνηση διαρροής του χάλυβα. Σημειώνεται πάντως ότι η επίτευξη μεγάλης πλαστιμότητας δεν είναι πάντα εφικτή, ιδιαίτερα όταν η απαιτούμενη ποσότητα σύνθετων υλικών καθορίζεται από τις απαιτήσεις της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας, οπότε το μέλος είναι υπερ-διαστασιολογημένο σε όρους αντοχής.

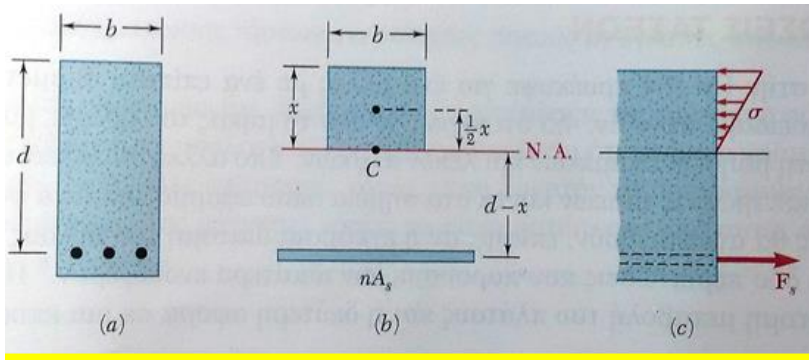
5.6 Σύνοψη διαδικασίας υπολογισμών-οριακή κατάσταση αντοχής

Η προτεινόμενη διαδικασία ελέγχων για την οριακή κατάσταση αντοχής συνοψίζεται στα παρακάτω βήματα:

- 1) Υπολογισμός ροπής αντοχής πριν από την ενίσχυση ($M_{o,Rd}$)

- 2) Υπολογισμός της αρχικής παραμόρφωσης ε_0 στην ακραία εφελκυσόμενη ίνα βάσει της ροπής M_0 που ασκείται στην κρίσιμη διατομή κατά τη φάση της ενίσχυσης.
- 3) Υπολογισμός απαιτούμενης ποσότητας οπλισμού σύνθετων υλικών A_f (για δεδομένη M_{Rd}) για τις περιπτώσεις αστοχίας (1),(2) και (6) [ή (5), αν δεν δρα τέμνουσα δύναμη] στην κρίσιμη διατομή, βάσει των εξ. (4.5)-(4.12). Σημειώνεται ότι οι εξίσωσεις αυτές με $\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{cu}$ και $\varepsilon_f \leq \varepsilon_{f,lim} = \min(\varepsilon_{fud}, \varepsilon_{fbd,fl-sh})$ περιγράφουν ταυτοχρόνως τρεις πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας (διαρροή χάλυβα –σύνθλιψη σκυροδέματος, διαρροή χάλυβα – θραύση σύνθετων υλικών , διαρροή χάλυβα – αποκόλληση σε ενδιάμεση ρωγμή) [προσεγγιστικά η $\varepsilon_{f,lim}$ μπορεί να θεωρηθεί σταθερή και ίση με 0.004-0.005]. Ακολουθεί ο έλεγχος των απαιτήσεων πλαστιμότητας.
- 4) Υπολογισμός μήκους αγκύρωσης και γενικά οριστικοποίηση της διάταξης των σύνθετων υλικών βάσει του ελέγχου αγκύρωσης – [μηχανισμός (4)].
- 5) Έλεγχος μηχανισμού [7] (διατμητική αστοχία στο άκρο). Αν ο έλεγχος δεν ικανοποιείται γίνεται ενίσχυση σε τέμνουσα.
- 6) Έλεγχος της οριακής κατάστασης αστοχίας του μέλους από διάτμηση (δεδομένου ότι έχει αυξηθεί η καπτική αντοχή). Αν ο έλεγχος δεν ικανοποιείται απαιτείται ενίσχυση.

Σημαντικό παράδειγμα δομικών μελών που είναι κατασκευασμένα από δύο διαφορετικά υλικά αποτελούν οι δοκοί οπλισμένου σκυροδέματος (reinforced concrete beams) (Εικ. 4.4). Αυτές οι δοκοί, όταν υπόκεινται σε θετικές ροπές κάμψης, ενισχύονται με χαλύβδινες ράβδους που τοποθετούνται σε μικρή απόσταση πάνω από την κατώτερη επιφάνεια τους (Σχ. 4.26α). Επειδή το σκυρόδεμα έχει μικρή αντοχή σε εφελκυσμό , οι χαλύβδινες ράβδοι θα φέρουν όλο το εφελκυστικό φορτίο στο τμήμα κάτω από την ουδέτερη επιφάνεια (το σκυρόδεμα εκεί παίζει απλά ρόλο συνδετικού υλικού), σε αντίθεση με το άνω τμήμα της δοκού όπου το σκυρόδεμα θα φέρει το θλιπτικό φορτίο.



(Σχ4.26)

Δοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα

Για να βρούμε τη μετασχηματισμένη διατομή μιας δοκού οπλισμένου σκυροδέματος, θα αντικαταστήσουμε το ολικό εμβαδόν A_s της εγκάρσιας διατομής των χαλύβδινων ράβδων με ένα ισοδύναμο εμβαδόν nA_c , όπου n είναι ο λόγος E_s / E_c των μέτρων ελαστικότητας του χάλυβα και του σκυροδέματος (Σχ. 4.26b). Έξαλλου, επειδή όπως είπαμε το σκυρόδεμα στη δοκό δρα αποτελεσματικά μόνο σε θλίψη, μόνο το τμήμα της εγκάρσιας διατομής που βρίσκεται πάνω από τον ουδέτερο άξονα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί στη μετασχηματισμένη διατομή.

Η θέση του ουδέτερου άξονα προκύπτει προσδιορίζοντας την απόσταση x από την άνω πλευρά της δοκού έως το κέντρο C της μετασχηματισμένης διατομής. Συμβολίζοντας με b το πλάτος της δοκού και με d την απόσταση από την άνω πλευρά έως την κεντρική γραμμή των χαλύβδινων ράβδων, γράφουμε ότι η στατική ροπή της μετασχηματισμένης διατομής ως προς τον ουδέτερο άξονα πρέπει να είναι μηδενική. Επειδή στατική ροπή καθενός από τα δύο τμήματα της μετασχηματισμένης διατομής υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το εμβαδόν του με την απόσταση του κέντρου βάρους του από τον ουδέτερο άξονα,

$$(bx) \frac{x}{2} - nA_s (d - x) = 0$$

Ή

$$\frac{1}{2} bx^2 + nA_s - nA_s d = 0$$

Λύνοντας αυτή τη δευτεροβάθμια εξίσωση ως προς x , βρίσκουμε συγχρόνως τη θέση του ουδέτερου άξονα στη δοκό αλλά και το τμήμα της εγκάρσιας διατομής του σκυροδέματος το οποίο φέρει τις θλιπτικές τάσεις.

Ο προσδιορισμός των τάσεων στη μετασχηματισμένη διατομή πραγματοποιείται όπως εξηγήθηκε προηγουμένως σε αυτή την ενότητα. Η κατανομή των θλιπτικών τάσεων στο σκυρόδεμα και η συνισταμένη F_s των εφελκυστικών δυνάμεων στις χαλύβδινες ράβδους φαίνονται στο Σχ.4.26 c.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η δράση των υλικών κατά την περίσφιγξη του σκυροδέματος είναι εξαιρετικά ευνοϊκή και γενικά ευνοϊκότερη σε σχέση με αυτή μεταλλικών μανδύων ίσης δυσκαμψίας. Κατά την αξονική καταπόνηση υποστυλωμάτων το σκυρόδεμα διογκώνεται εγκάρσια με αποτέλεσμα ο μανδύας σύνθετων υλικών που το περιβάλλει να ενεργοποιείται (μέσω της ανάπτυξης εφελκυστικών παραμορφώσεων στις ίνες), επιβάλλοντας έτσι εγκάρσιες θλιπτικές τάσεις κάθετα στον άξονα του μέλους, μέχρι ότου αστοχήσει. Οι τάσεις περίσφιγξης έχουν σαν αποτέλεσμα ως:

1. Αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος και αύξηση της παραμορφωσιμότητας, δηλαδή της μέγιστης παραμόρφωσης που καταγράφεται στο σκυρόδεμα μέχρι τη θλιπτική αστοχία.
2. Αύξηση της πλαστιμότητας, λόγω αύξησης της παραμορφωσιμότητας.
3. Αύξηση της συνάφειας μεταξύ ράβδων οπλισμού και σκυροδέματος σε περιοχές με ματίσεις και άρα παρεμπόδιση της ολίσθησης των διαμήκων ράβδων στις περιοχές αυτές.
4. Παρεμπόδιση του τοπικού λυγισμού των διαμήκων ράβδων σε περιοχές με έλλειψη συνδετήρων.

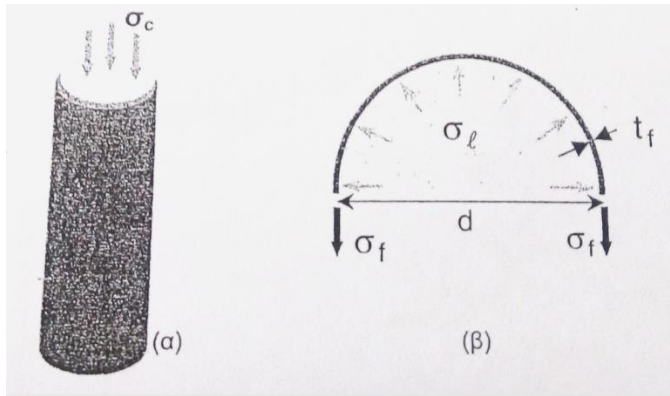
Καθένα από τα παραπάνω εξετάζεται ακολούθως σε ξεχωριστές ενότητες.

6.2 Συμπεριφορά και καταστατικός νόμος σκυροδέματος περισφιγμένου μέσο σύνθετων υλικών²

6.2.1 Συμπεριφορά

Ας θεωρήσουμε ένα κυλινδρικό στοιχείο από σκυρόδεμα με διάμετρο d το οποίο περιβάλλεται από μανδύα σύνθετων υλικών πάχους t_f και μέτρου ελαστικότητας (παράλληλα σε διεύθυνση των ινών, δηλαδή κατά την έννοια της περιμέτρου) E_f .

² ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Χ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



σχημα:6.2

Εικόνα 10 Α: Αξονική καταπόνηση υποστρώματος με μανδύα σύνθετων υλικών. **Β:** Ανάπτυξη εγκάρσιων διατομών λόγω διόγκωσης.

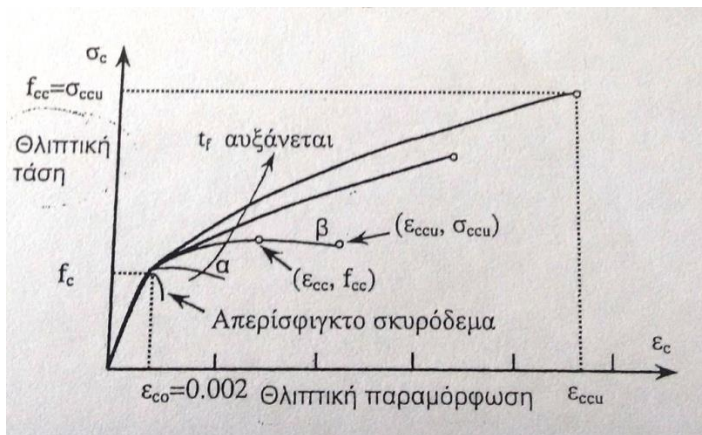
Οι λόγοι διόγκωσης εγκάρσιες (κατά την ακτινική διεύθυνση) τάσεις στο μανδύα (ίσες και αντίθετες ασκούνται στο σκυρόδεμα), σ_l δίνονται από την σχέση:

$$\sigma_l = \frac{2t_f}{d} \sigma_f = \frac{2t_f}{d} E_f \varepsilon_f$$

όπου σ_f και ε_f = εφελκυστική τάση και παραμόρφωση στο μανδύα, αντίστοιχα. Αποτέλεσμα των τάσεων περίσφιγξης σ_l είναι η παρεμπόδιση της ρηγμάτωσης και άρα η αύξηση της αντοχής και της παραμορφωσιμότητας, έως ότου η εφελκυστική τάση σ_f (αντίστοιχη παραμόρφωση ε_f) στο μανδύα φτάσει την αντοχή του, f_{fde} οπότε να προκαλέσει θραύση του μανδύα που σηματοδοτεί και την αντοχή του στοιχείου (υπό την προϋπόθεση φυσικά ότι δεν θα προηγηθεί αποκόλληση των σύνθετων υλικών).

Εδώ σημειώνεται και πάλι ότι η εφελκυστική αντοχή του μανδύα κατά την έννοια της περιμέτρου είναι γενικά μικρότερη από την εφελκυστική αντοχή των σύνθετων υλικών όπως αυτή μετράται μέσω δοκιμών εφελκυσμού. Αυτό οφείλεται στην πολυαξονικότητα της εντατικής καταστάσεις στο μανδύα, σε τυχών συγκεντρώσεις τάσεων κοντά σε γωνίες, στην ενδεχόμενη ύπαρξη αρκετών στρώσεων αλλά και στην ποιότητα εφαρμογής του μανδύα. Η διαφορά αυτή μπορεί να ληφθεί υπόψη μέσω του μειωτικού συντελεστή n_e , που μπορεί να θεωρηθεί προσεγγιστικά περίπου ίσος με 0,7-0,9.

$$f_{fde} = n_e f_{fd}$$



Εικόνα 11 Καμπύλες θλιπτικής τάσης-παραμόρφωσης για σκυρόδεμα περισφιγμένων με σύνθετα υλικά.

Η σχέση θλιπτικής τάσης- παραμόρφωσης για σκυρόδεμα περισφιγμένο με μανδύα σύνθετων υλικών δίνεται παραστατικά

Βάσει πειραματικών αποτελεσμάτων μπορεί να διατυπώσει κανείς τις εξής παρατηρήσεις:

- Γενικά η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης είναι περίπου διγραμμική, με αλλαγή κλίσης στη παραμόρφωση που αντιστοιχεί στην αντοχή του απερίσφιγκτου σκυροδέματος.
- Μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους αυξάνουν μόνο τη μέγιστη παραμόρφωση.
- Για μανδύες σχετικά μικρού πάχους η αντοχή του περισφιγμένου σκυροδέματος αντιστοιχεί σε παραμόρφωση μικρότερη από την μέγιστη.
- Για δεδομένο τύπο συνθέτων υλικών η αντοχή F_{cc} και η μέγιστη παραμόρφωση του περισφιγμένου σκυροδέματος αυξάνονται με το πάχος του μανδύα.
- Για μανδύες ίσου πάχους αλλά διαφορετικού τύπου ινών (π.χ. άνθρακας, γυαλί), η αντοχή αυξάνεται με την αντοχή του μανδύα, ενώ η μέγιστη παραμόρφωση του σκυροδέματος αυξάνεται με την αντοχή του μανδύα αλλά κυρίως με την μέγιστη παραμόρφωσή του.
- Για μανδύες ίσης δυστένειας η αντοχή αυξάνεται με τη μέγιστη παραμόρφωση του μανδύα.

6.2.2 Αναλυτικό προσομοίωμα σχεδιασμού

Σε ότι αφορά στο σχεδιασμό μανδυνών, αυτό που ενδιαφέρει κυρίως είναι ο υπολογισμός του απαιτούμενου πάχους (για το γνωστό τύπο συνθέτου υλικού) ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θλιπτική αντοχή σχεδιασμού (f_{ccd}) και/ή η επιθυμητή μέγιστη παραμόρφωση σχεδιασμού (ϵ_{ccud}).

Για τον υπολογισμό των εν λόγω ποσοτήτων η διεθνής βιβλιογραφία έχει να προσφέρει πληθώρα αναλυτικών προσομοιωμάτων, ένα εκ των οποίων

παρουσιάζεται ακολούθως για την περίσφιξη ορθογωνικών διατομών πλευρών b και d ($b \geq d$) με ακτίνα καμπυλότητας στις γωνίες r_c (fib 2001)

$$f_{ccd} = E_{sec,ud} \varepsilon_{ccud} \geq f_{cd}$$

$$\varepsilon_{ccud} = 0.002[1 + 5(\alpha_{1d}\alpha_{2d} - 1)] \left[\frac{E_{sec,Md}(E_c - E_{sec,ud})}{E_{sec,ud}(E_c - E_{sec,Md})} \right]^{1 - \frac{E_{sec,Md}}{E_c}}$$

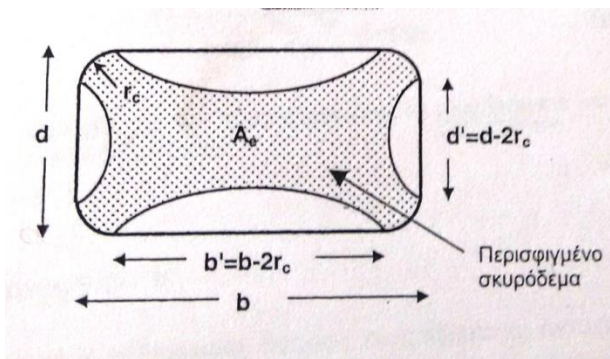
$$E_{sec,ud} = \frac{E_c}{1 + 2\left(\frac{E_c}{f_{cd}} - \frac{1}{0.002}\right) \frac{f_{fde}}{E_f}}$$

$$E_{sec,Md} = \frac{\alpha_{1d}\alpha_{2d}f_{cd}}{0.002[1 + 5(\alpha_{1d}\alpha_{2d} - 1)]}$$

$$\alpha_{1d} = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{\sigma_{lud,b}}{f_{cd}} - 2 \frac{\sigma_{lud,b}}{f_{cd}} - 1.254}$$

$$\alpha_{2d} = 1 - \left[0.6 \left(\frac{d}{b}\right)^2 - 1.4 \frac{d}{b} + 0.8 \right] \sqrt{\frac{\sigma_{lud,b}}{f_{cd}}}$$

$$\sigma_{lud,b} = k_e \frac{2t_f}{d} f_{fde}$$



Εικόνα 12 Η περίσφιξη σκυροδέματος (με σύνθετα υλικά) με ορθογωνικές διατομές επιτυγχάνεται μέσω των γωνιών.

Στις παραπάνω σχέσεις E_c = αρχικό μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος [$E_c = 1.05 \times 9500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3}$] και K_e συντελεστής αποτελεσματικότητας του μανδύα, που εξαρτάται: α) από την γεωμετρία της διατομής (λόγος πλευρών, ακτίνα καμπυλότητας στις γωνίες, β) από το βαθμό περιτύλιξης (κάλυψης) του σκυροδέματος και γ) από την διεύθυνση των ινών σε σχέση με τον άξονά του περισφιγμένου μέλους. Συγκεκριμένα είναι:

$$k_e = k_{e1} \times k_{e2} \times k_{e3} \leq 1$$

Συντελεστής διατομής :

$$K_{e1} = \frac{A_e}{A_g} = 1 - \frac{B'^2 + d^2}{3A_g \left(1 - \frac{A_s}{A_g}\right)}$$

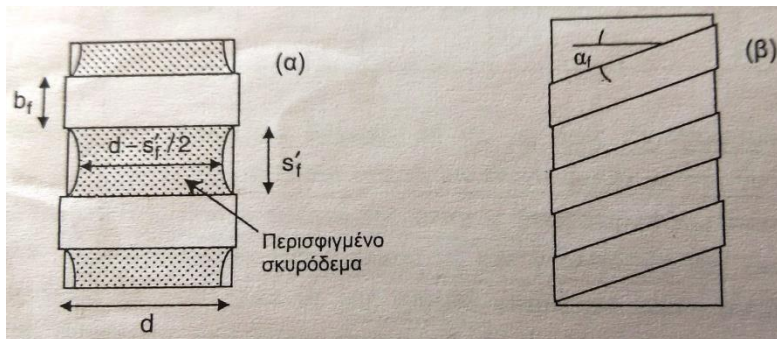
Συντελεστής κάλυψης :

$$K_{e2} = \frac{\left(1 - \frac{s_t}{2d}\right)^2}{1 - \frac{A_t}{A_g}}$$

Συντελεστής διεύθυνσης :

$$K_{e3} = \frac{1}{1 + (\tan \alpha_f)^2}$$

όπου A_g = εμβαδό διατομής, A_s = εμβαδό διατομής διαμήκος οπλισμού, s_f = καθαρή απόσταση λωρίδων σε περίπτωση μερικής περιτύλιξης, d = μήκος μικρότερης πλευράς (ή διάμετρος, στη περίπτωση κυκλικής διατομής), α_f = γωνία ινών ως προς τον άξονα του μέλους. Σημειώνεται ότι για κυκλικές διατομές $k_{e1} = 1$, για πλήρη κάλυψη του στοιχείου $k_{e2} = 1$ και για οριζόντια διάταξη των ινών $k_{e3} = 1$.



σχήμα 6.6

Εικόνα 13 Περίσφιξη (α) με λωρίδες ανά αποστάσεις, (β) με τις ίνες από γωνία (σύνθετα υλικά σε ελικοειδή διάταξη).

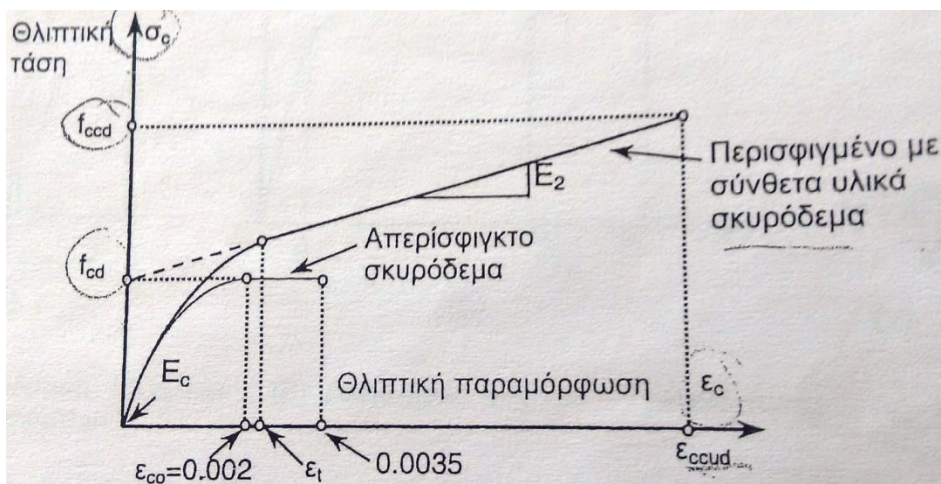
Αν οι υπολογισμοί απαιτούν, πλέον της αντοχής και μέγιστης παραμόρφωσης, των πλήρη καταστατικό νόμου για σκυρόδεμα περισφιγμένο μέσω σύνθετων υλικών (π.χ. ανάλυση διατομής υποστυλώματος για συνδυασμό κάμψης και αξονικού φορτίου τότε μπορεί να γίνει χρήση του παρακάτω απλού προσομοιώματος των Lam and Teng (2003) το οποίο περιγράφεται και στο σχ.6.7:

$$\sigma_c = E_c \varepsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4f_{cd}} \varepsilon_c^2 \quad \text{για } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_t$$

$$\sigma_c = f_{cd} + E_2 \varepsilon_c \quad \text{για } \varepsilon_t \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ccud}$$

$$\varepsilon_t = \frac{2f_{cd}}{E_c - E_2}$$

$$E_2 = \frac{f_{ccd} - f_{cd}}{\varepsilon_{ccud}}$$

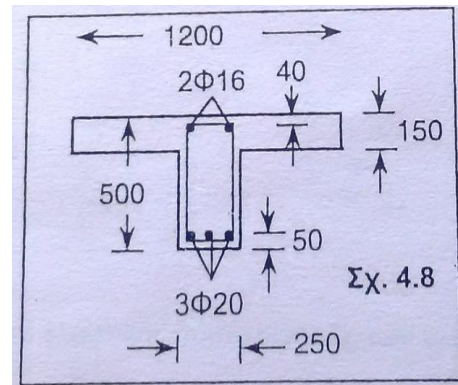


Εικόνα 14 Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης για απερίσφιγκτο και περισφιγμένο μέσω σύνθετων υλικών σκυρόδεμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FRP'S

Εφαρμογή #1: Ενίσχυση σε Κάμψη

Θεωρούμε αμφιέριστη πλακοδόκο ανοίγματος 5 m με γεωμετρία διατομής όπως φαίνεται στο Σχ.4.8. Η δοκός φορτίζεται με ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο $g_d = 15 \text{ kN/m}$ (μόνιμο) και $q_d = 30 \text{ kN/m}$ (κινητό). Υλικά: C20/25, S500s. Να γίνουν οι υπολογισμοί καμπτικής ενίσχυσης με στόχο την αύξηση του κινητού φορτίου σχεδιασμού σε 50 kN/m . Θεωρούμε ελάσματα συνθέτων υλικών πάχους 1.1 mm , πλάτους



80 mm , μέτρου ελαστικότητας $E_f = 150 \text{ GPa}$ και οριακής παραμόρφωσης αστοχίας (τιμή σχεδιασμού) $\epsilon_{fud} = 0.01$.

Δεδομένα

Οπλισμός(Δομικός χάλυβας)	$A_{s1}(\text{mm}^2)$	$A_{s2}(\text{mm}^2)$	$d_1(\text{mm})$	$d_2(\text{mm})$	$E_s(\text{GPa})$
	940	400	50	40	200
FRP	$E_f(\text{GPa})$	ϵ_{fud}	ϵ_o	$t(\text{mm})$	$b(\text{mm})$
	150	0.01	0.00066	1.1	80
Σκυρόδεμα	$E_c(\text{GPa})$				
	29				
$M_o(\text{kNm})$	46.9				
$M_{rd}(\text{kNm})$	203.12				
Φορτία(κN/m)	Μόνιμα	Κινητά			
	15	30			

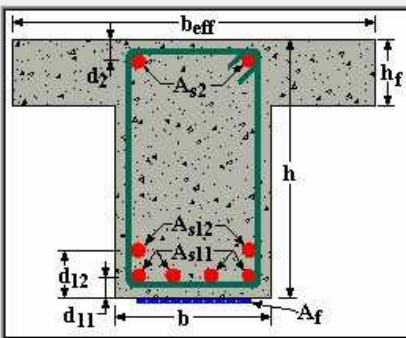
Επίλυση με το πρόγραμμα FRPs³

Εισαγωγή δεδομένων

Αυτοματοποιημένη Διαστασιολόγηση Στοιχείων Ο. Σ. Ενισχυμένων με Σύνθετα Υλικά (FRP)

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ | **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ** | **ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ**

Εισαγωγή Δεδομένων



Σκυρόδεμα
 Κατηγορία ή Αντοχή σχεδιασμού
 C12/15 ή $f_{cd} = 13,5$ [N/mm²]

Σύνθετα Υλικά
 Μέτρο ελαστικότητας $E_f = 150$ [kN/mm²]
 Μέγιστη επιτρεπόμενη παραμόρφωση $\epsilon_{f,lim} = 0,0047$ [-]

Οπλισμοί Διατομής
 Χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα $f_{yk} = 500$ [N/mm²]
 Πάνω $A_{s2} = 400$ [mm²] σε απόσταση $d_2 = 0,040$ [m]
 Κάτω $A_{s12} = 0$ [mm²] σε απόσταση $d_{12} = 0$ [m]
 Κάτω $A_{s11} = 940$ [mm²] σε απόσταση $d_{11} = 0,050$ [m]

Τύπος Διατομής
 Δοκός Υπποσύλωμα

Γεωμετρία Διατομής
 Πλάτος $b = 0,250$ [m]
 Συνεργίνο πλάτος $b_{eff} = 1,2$ [m]
 Ύψος $h = 0,50$ [m]
 Πάχος πλάκας $h_f = 0,150$ [m]

Εντατικά Μεγέθη
 Κατά την φάση ενίσχυσης $N_o = 0$ [kN] $M_o = 46,9$ [kNm] **Επίλυση**
 Μετά την φάση ενίσχυσης $N_{Rd} = 0$ [kN] $M_{Rd} = 203,12$ [kNm] **Νέα Δεδομένα**

Επιλογές | Σχετικά με ... | Έξοδος

Επίλυση

Αποτελέσματα υπολογισμού απαιτούμενης διατομής σύνθετων υλικών

Ενίσχυση σε Κάμψη
 Εμβαδόν διατομής FRP $A_f = 92,8$ [mm²]
 Ροπή αντοχής μετά την ενίσχυση $M_{Rd} = 203,35$ [kNm]
 Ροπή αντοχής πριν την ενίσχυση $M_{Rd,o} = 177,85$ [kNm]
 Βαθμός ενίσχυσης $\frac{M_{Rd}}{M_{Rd,o}} = 1,143$
 Παραμορφωσιακή κατάσταση διατομής

Ενίσχυση σε Τέμνουσα
 Πάχος FRP $t_f = 0$ [mm]
 Πρόσθετη τέμνουσα $V_{fd} = 0$ [kN]

Περίσφιγξη
 Αντοχή πριν την ενίσχυση $f_{cc1d} = 0$ [N/mm²]
 Πάχος FRP $t_f = 0$ [mm]
 Οριακή αξονική παραμ/ση μετά την ενίσχυση $\epsilon_{ccud} = 0$ [-]
 Αντοχή μετά την ενίσχυση $f_{ccd} = 0$ [N/mm²]

Εισαγωγή διαστάσεων FRP
 Εκτύπωση | Επιστροφή | Έξοδος

³ Α. Τριανταφύλλου, Ενισχύσεις Κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά (ινοπλισμένα πολυμερή), Πάτρα 2003

Εισαγωγή διαστάσεων FRP

Ενίσχυση σε Κάμψη

Για ενίσχυση: $M_{Rd} = 203,35$ [kNm] $N_{Rd} = 0,00$ [kN]

Απαιτούμενο εμβαδόν FRP για την ενίσχυση $A_f = 92,8$ [mm²]

Λωρίδες FRP πλάτους [mm] και πάχους [mm]

 Απαιτούμενος αριθμός λωρίδων: **3**

Εφαρμοζόμενο εμβαδόν FRP $A_f = 120,0$ [mm²]

Άρα απαιτούνται δύο στρώσεις για την ενίσχυση της πλακοδοκού (n=3).

Αναλυτική επίλυση

Η μέγιστη επιτρεπόμενη παραμόρφωση στα σύνθετα υλικά για αποκόλληση σε περιοχές καμπτικών ρωγμών είναι:

$$\text{για } l_b \geq l_{b,max} \quad \varepsilon_{fbd,fl} = \alpha_{fl} \frac{0.5K_c K_b}{\gamma_b} \sqrt{f_{ctm} / E_c t_f}$$

$$\varepsilon_{fbd,fl} = 1,30 \frac{0,5 * 1,2}{1,5} \sqrt{\frac{2,2}{150000 * 1,1}} = 0,002$$

Οπότε $\varepsilon_{f,lim} = \min(0.01, 0.002) = 0.002$.

Ακολούθως, από τις εξ. (4.5)-(4.12) υπολογίζεται $\chi = 105\text{mm}$, $\varepsilon_c = 0.00071$, και $A_f = 246.9 \text{ mm}^2$

Το εμβαδόν κάθε ελάσματος είναι 88 mm^2 , οπότε απαιτούνται συνολικά 3 ελάσματα, συνολικού εμβαδού 264 mm^2 , τα οποία αντιστοιχούν σε $M_{Rd} = 205.83 \text{ kNm}$, $\chi = 106 \text{ mm}$ και $\varepsilon_c = 0.00072$. Τα ελάσματα αυτά θα τοποθετηθούν το ένα δίπλα στο άλλο, ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός διπλής στρώσης.

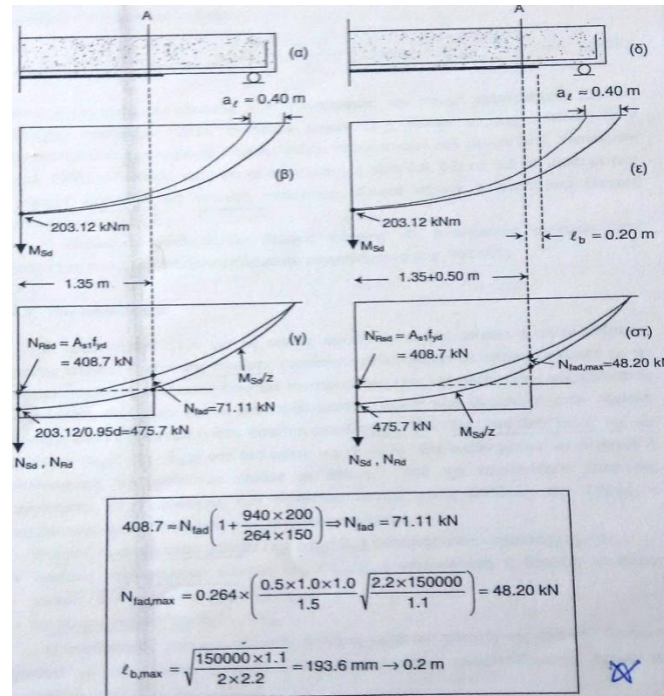
Ακολουθεί ο υπολογισμός της αγκύρωσης στα άκρα (Σχ. 4.9). Βάσει αυτού προκύπτει ότι τα ελάσματα θα πρέπει να επικολληθούν σε μήκος 4.10 m . Τέλος, γίνεται ο έλεγχος διατμητικής αστοχίας στο άκρο :

$$V_{sd,end} = 65 \left(\frac{5}{2} - 0.45 \right) = 133.25 \text{ kN},$$

$$M_{Sd,end} = 65 * 0.45 * \left(\frac{5}{2} - \frac{0.45}{2}\right) = 66.54 kNm$$

$$1.4 * V_{cd} = 1.4 * \tau_{Rd} \max(1, 1.6 - d) \min(2, 1.2 + 1.4 \rho_l) b_w d =$$

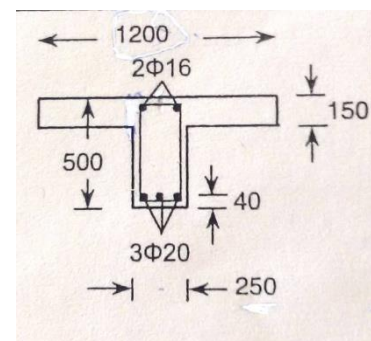
$$1.4 * 0.26 * 1.15 * 1.20 * 0.25 * 0.25 * 0.45 * 10^3 = 56.62 kN$$



Εικόνα 15 Υπολογισμός αγκύρωσης.

Εφαρμογή #2: Ενίσχυση σε Διάτμηση

Θεωρούμε πλακοδοκό, όπως αυτή του σχήματος 5.2 α με πλάτος κορμού 250mm , ύψος 500mm και στατικό ύψος 460 mm. Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος εκτιμάται γύρω στα 2MPa. Ζητείται ο σχεδιασμός μανδύα σύνθετων υλικών έτσι ώστε η πλακοδοκός να παραλάβει 75kN πρόσθετη τέμνουσα (πλέον δηλαδή αυτής που ήδη παραλαμβάνει το υφιστάμενο μέλος ως έχει) στις κρίσιμες περιοχές.

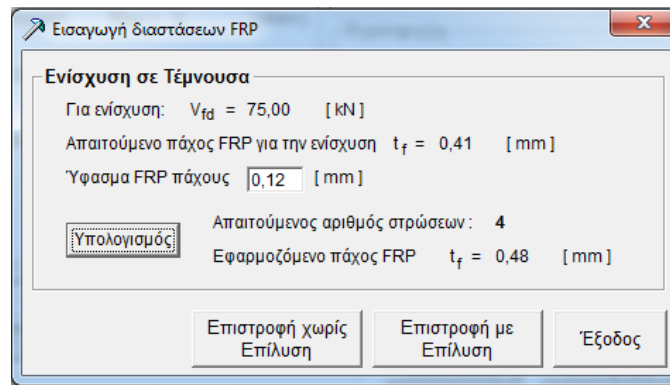


Γεωμετρικά στοιχεία:

FRPs	E_f (GPa)	f_{fd} (MPa)	$0.80 \cdot f_{fd}$ (MPa)	t (mm)
	230	3200	2560	0,12
Σκυρόδεμα	E_{ct} (MPa)			
	2			
Φορτίο (κN)	75			

Επίλυση με το πρόγραμμα FRPs

Εισαγωγή δεδομένων



Απαιτούνται 4 στρώσεις για την ενίσχυση της πλακοδοκού σε τέμνουσα

Αναλυτική μέθοδος

Δοκιμάζουμε με 4 στρώσεις:

$$\text{Εξ(5.8): } l_{b,max} = \sqrt{\frac{230000 \cdot (4 \cdot 0.12)}{2 \cdot 2}} = 166 \text{ mm} < l_b$$

$$\text{Εξ.(5.6 α): } \varepsilon_{fd,max} = 1.25 \cdot \frac{0.5}{1.5} \sqrt{\frac{2}{230000 \cdot (4 \cdot 0.12)}} = 0.0018$$

Τελικά λαμβάνεται $\varepsilon_{fd,max} = \min(0.0111, 0.0018, 0.0060) = 0.0018$

$$\text{Εξ(5.4): } \varepsilon_{fe,d} = D_f \varepsilon_{fd,max} = \left(1 - \frac{0.5 \cdot 310}{0.9 \cdot 460}\right) \cdot 0.0018 = 0.62 \cdot 0.0018 = \mathbf{0.0011}$$

$$\text{Εξ(5.3): } V_{fd} = 2 \cdot (4 \cdot 0.12) \cdot 310(0.0011 \cdot 230) = 75.30 \text{ kN} > 75 \text{ kN } \textit{OK}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

8.1 Πειραματική διαδικασία για τον υπολογισμό αντοχής οπλισμένου σκυροδέματος με την μέθοδο των υπερήχων

Για τον έλεγχο αντοχής οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιήσαμε την μέθοδο των υπερήχων. Αρχικά φτιάξαμε ένα κύβο από μπετόν στο εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος. Στη συνέχεια για την καλύτερη διάδοση του κύματος κόψαμε δυο κομμάτια από ξύλο υπό γωνία 45° μοιρών. Και με την βοήθεια του Δρ. Π. Κακαβά και του κ. Δ.Μπάρου ξεκινήσαμε το πείραμα. Πρώτα έπρεπε να μάθουμε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο ξύλο αυτό το κάναμε με τη βοήθεια της συσκευής υπερήχων χρησιμοποιώντας τους δυο ανιχνευτές της συσκευής ένα στην αριστερή μεριά και ένα στην δεξιά βρήκαμε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος. Γνωρίζοντας αυτό συνεχίσαμε στην μέτρηση της ταχύτητας του κύματος στο μπετόν. Η διαδικασία ήταν απλή τοποθετήσαμε τον ένα ανιχνευτή στο πάνω μέρος του μπετόν και τον άλλον στην δεξιά μεριά μαζί με κομμάτια ξύλου και για αποφυγή απωλειών του κύματος χρησιμοποιήσαμε βαζελίνη για καλύτερη επαφή.

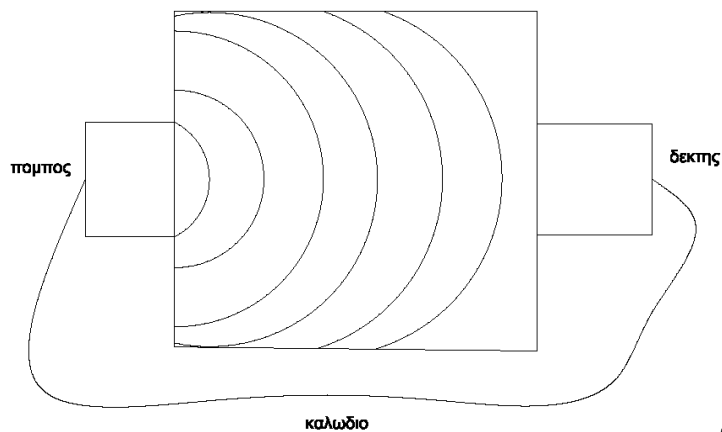




8.1.1 Πειραματικός υπολογισμός της ταχύτητας ήχου σε διαγώνια κατεύθυνση της τοιχοποιίας:

- 1) Αρχικά υπολογίζουμε την ταχύτητα από τον πομπό στο δέκτη μέσα στα δύο υλικά δηλαδή στο ξύλο και στο σκυρόδεμα από το τύπο (σχεδιο 1)

$$u = \frac{l_{(cm)}}{t_{(\mu sec)}} * 10 \text{ (km/sec)}$$



- 2) Υπολογίζουμε την απόσταση από τον πομπό στο δέκτη με την χρήση του Πυθαγορίου θεωρήματος (σχεδιο 2)

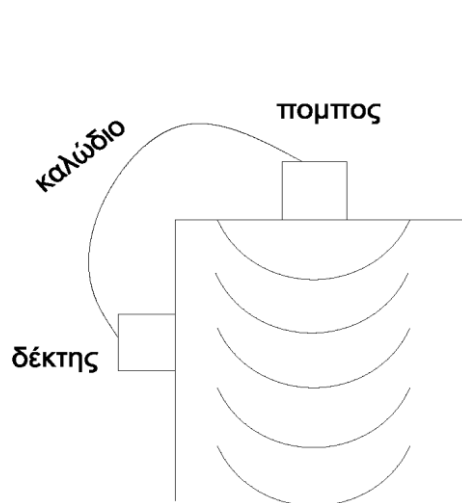
$$AB = \chi, AG = y, \sqrt{\chi^2 + y^2} = l_1, l_{ολ} = l_1 + 2 l_2$$

Η ταχύτητά του ήχου μέσα στο σκυρόδεμα υπολογίζεται με βάση την εξίσωση:

$$u_{\sigma\kappa\upsilon\rho} = \frac{l_1}{t_1} = \frac{(B\Gamma)}{t_{B\Gamma}}$$

Πρέπει όμως να αφαιρέσουμε από τον ολικό χρόνο $t_{ολ}$ το χρόνο από το Β στο Β' και από το Γ στο Γ'

$$\Delta\lambda\delta \quad t_{BB'} + t_{\Gamma\Gamma'} = 2t_{BB'}$$



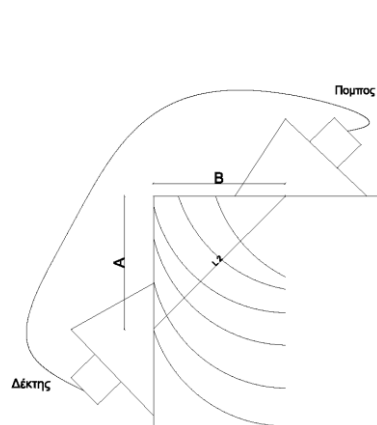
Πρέπει να υπολογίσουμε την ταχύτητα (u) μέσα στο ξύλο (σχέδιο 3)

$$u = \frac{\alpha}{t}$$

$$\text{αρα } t_{BB'} = \frac{BB'}{u_{\xi\upsilon\lambda\omicron}} (\mu\text{sec})$$

$$\text{Αρα } t_{\sigma\kappa\upsilon\rho} = t_{ολ} - 2t_{BB'}$$

$$u_{\sigma\kappa\upsilon\rho} = \frac{l_{\sigma\kappa\upsilon\rho}}{t_{\sigma\kappa\upsilon\rho}}$$



Σχέδιο 3

8.2 Υπολογισμός ταχύτητας του ήχου στο ξύλο

Κυβικό δοκίμιο 8cm x 8cm x 8cm από **σκληρό ξύλο** (μέτρηση παράλληλη στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\deltaοκ1} = \frac{\alpha}{t} = \frac{8}{16,5} = 0,48 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Κυβικό δοκίμιο 8cm x 8cm x 8cm από **σκληρό ξύλο** (μέτρηση κάθετα στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\deltaοκ1} = \frac{\alpha}{t} = \frac{8}{55,2} = 0,1449 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Τριγωνικό δοκίμιο 6cm από **σκληρό ξύλο** (μέτρηση παράλληλη στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\tau\rho.\deltaοκ.1.1} = \frac{\alpha}{t} = \frac{3}{25} = 0,12 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Τριγωνικό δοκίμιο 6cm από **σκληρό ξύλο** (μέτρηση κάθετα στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\tau\rho.\deltaοκ.1.1} = \frac{a}{t} = 0,2460 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Κυβικό δοκίμιο 7.5cm x 7.5cm x 7.5cm από **μαλακό ξύλο** (μέτρηση παράλληλη στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\kappaυβ.\deltaοκ.2.1} = \frac{\alpha}{t} = \frac{7,5}{16,7} = 0,4491 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Κυβικό δοκίμιο 7.5cm x 7.5cm x 7.5cm από **μαλακό ξύλο** (μέτρηση κάθετα στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\kappaυβ.\deltaοκ.2.1} = \frac{\alpha}{t} = \frac{7.5}{39.4} = 0,1903 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Τριγωνικό δοκίμιο 6 cm από **μαλακό ξύλο** (μέτρηση παράλληλη στις ίνες του ξύλου)

$$u_{\tau\rho.\deltaοκ.1.2} = \frac{a}{t} = \frac{3}{13} = 0,2307 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Τριγωνικό δοκίμιο 6cm από **μαλακό ξύλο** (μέτρηση κάθετα στις ίνες του ξύλου)

$$u_{τρ.δοκ.1.2} = \frac{a}{t} = 0,2727 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

Επομένως το συμπέρασμα είναι ότι η ταχύτητα του ήχου στο ξύλο είναι 0,60 $\text{cm}/\mu\text{sec}$ παράλληλα με τις ίνες του ξύλου.

8.3 Υπολογισμός της ταχύτητας του ήχου στο σκυρόδεμα

Έχουμε κυβικό δοκίμιο από σκυρόδεμα 15cm x15cm x15cm

$$u_{σκυρ.} = \frac{a}{t} = \frac{15}{36,8} = 0,4076 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

ή 4,07 km/sec

Ολικός χρόνος 9 μsec αρά :

$$t_R = \frac{3 \text{ (cm)}}{0.12 \text{ (cm)}} = 25 \mu\text{sec}$$

$$2t=50\mu\text{sec}$$

$$t_{ολ}= 9 \mu\text{sec}$$

$$t_1=40 \mu\text{sec}$$

$$u_1 = \frac{l_1}{t_1} = \frac{9}{40} = 0,225 \text{ cm}/\mu\text{sec}$$

ή 2.25 km/sec

$$u_{σκυρ} = 3,78 \text{ km/sec}$$

$$E_d = 0.9 * \rho * u^2 = 0.9 * 2400 * (3.78)^2 = 30862 \text{ MPa} \text{ ή } 30,86 \text{ GPa}$$

$$E_{sf} = 0.83 * E_d = 0.83 * 30.86 = 25.61 \text{ GPa}$$

$$f_c = \left(\frac{E_{sf}}{4.73}\right)^2 = \left(\frac{25.61}{4.73}\right)^2 = 29.31 \text{ MPa}$$

Άρα κατηγορία σκυροδέματος C _{25/30}

$$t_{AB} = 64,5 \mu\text{sec} = 2t_{\Sigma} + t_{\Sigma}$$

$$t_{\varepsilon} = \frac{BB'}{U_{\varepsilon}^{\parallel}} = \frac{2,95}{0,145} = 20,34 \mu\text{sec} * 2 = 40,68 \mu\text{sec}$$

$$t_{\Sigma} = t_{AB} - t_{\varepsilon * 2} = 64,5 - 40,68 = 23,82 \mu\text{sec}$$

$$u_{\Sigma} = \frac{AB}{t_{\Sigma}} * 10 = \frac{9}{23,82} * 10 = 3,77 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$$

$$E_s = 0,9 * \rho * u^2 = 0,9 * 2400 * (3,77^2) = 30699,8 \text{ MPa} \text{ ή } 30,69 \text{ GPa}$$

$$E_{sf} = 0,83 * E_s = 0,83 * 30,69 = 25,47 \text{ GPa}$$

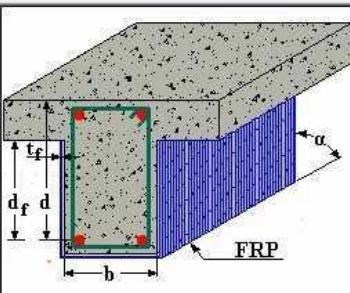
$$f = \left(\frac{E_{sf}}{4,73} \right)^2 = \left(\frac{25,47}{4,73} \right)^2 = 29,32 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = \frac{29,32}{1,5} = 19,54 \text{ MPa}$$

Αυτοματοποιημένη Διαστασιολόγηση Στοιχείων Ο. Σ. Ενισχυμένων με Σύνθετα Υλικά (FRP)

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΤΕΜΝΟΥΣΑ** **ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ**

Εισαγωγή Δεδομένων



Σκυρόδεμα

Κατηγορία ή Αντοχή σχεδιασμού

C12/15 $f_{cd} = 19,55 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Σύνθετα Υλικά

Μέτρο ελαστικότητας $E_f = 230 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$

Αντοχή σχεδιασμού $f_{fd} = 3200 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Ενεργή αντοχή σχεδιασμού $f_{fde} = 0,8 \times f_{fd}$

Τρόπος Τοποθέτησης

Συνεχής μανδύας Πλάτος $b_f = 0 \text{ [m]}$

Λωρίδες ανά διαστήματα Απόσταση $s_f = 0 \text{ [m]}$

Αύξηση Τέμνουσας

Πρόσθετη τέμνουσα $V_{fd} = 75 \text{ [kN]}$

Γεωμετρία Διατομής

Πλάτος $b = 0,25 \text{ [m]}$

Στατικό ύψος $d = 0,460 \text{ [m]}$

Ύψος $d_f = 0,310 \text{ [m]}$

Γωνία ινών ως προς άξονα μέλους $\alpha = 90 \text{ [μοίρες]}$

Τρόπος Αγκύρωσης

Κλειστός μανδύας Ανοικτός μανδύας

Επιλογές Σχετικά με ... Έξοδος

Έργο: Ονομ/μο: Εταιρεία: 14/10/2015 12:59 μμ

Αποτελέσματα υπολογισμού απαιτούμενης διατομής σύνθετων υλικών

Ενίσχυση σε Κάμψη			Ενίσχυση σε Τέμνουσα		
Εμβαδόν διατομής FRP	$A_f = 0$	[mm ²]	Πάχος FRP	$t_f = 0,33$	[mm]
Ροπή αντοχής μετά την ενίσχυση	$M_{Rd} = 0$	[kNm]	Πρόσθετη τέμνουσα	$V_{fd} = 75,00$	[kN]
Αξονική δύναμη μετά την ενίσχυση	$N_{Rd} = 0$	[kNm]	Περίσφιγξη		
Ροπή αντοχής πριν την ενίσχυση	$M_{Rd,o} = 0$	[kNm]	Αντοχή πριν την ενίσχυση	$f_{cc1d} = 0$	[N/mm ²]
Βαθμός ενίσχυσης	$M_{Rd} = 0$ $M_{Rd,o} = 0$		Πάχος FRP	$t_f = 0$	[mm]
			Οριακή αξονική παραμ/ση μετά την ενίσχυση	$\epsilon_{ccud} = 0$	[-]
			Αντοχή μετά την ενίσχυση	$f_{ccd} = 0$	[N/mm ²]

Παραμορφωσιακή κατάσταση διατομής

Εισαγωγή διαστάσεων FRP

Εκτύπωση Επιστροφή Έξοδος

Εισαγωγή διαστάσεων FRP

Ενίσχυση σε Τέμνουσα

Για ενίσχυση: $V_{fd} = 75,00$ [kN]

Απαιτούμενο πάχος FRP για την ενίσχυση $t_f = 0,33$ [mm]

Ύψος FRP πάχους [mm]

Απαιτούμενος αριθμός στρώσεων: 3

Εφαρμοζόμενο πάχος FRP $t_f = 0,36$ [mm]

Επιστροφή χωρίς Επίλυση Επιστροφή με Επίλυση Έξοδος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενίσχυση δομικών κατασκευών με σύνθετων υλικά απαιτεί την γνώση της αντοχής της κατασκευής. Η συμβατική μέθοδος προσδιορισμού της αντοχής δομικών στοιχείων είναι η εξαγωγή βλήτρων (καρότα) διαστάσεων 15x30cm. Επειδή η μέθοδος αυτή είναι επίπονη και ακριβή καθόσον απαιτεί ειδικό μηχάνημα και εξειδικευμένο προσωπικό συνήθως χρησιμοποιούμε για τον σκοπό αυτό την μη καταστροφική μέθοδο των υπερήχων. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή προσδιορίζουμε την ταχύτητα των υπερήχων στα σύνθετα δομικά στοιχεία. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής δεν απαιτεί ειδικό μηχάνημα αλλά μια απλή συσκευή υπερήχων και ο μηχανικός μπορεί να εξάγει πολλές μετρήσεις στα διάφορα δομικά στοιχεία της κατασκευής. Η μέση τιμή όλων αυτών δίδει την τελική τιμή της ταχύτητας των υπερήχων δια μέσω του υλικού. Μέσω απλών μαθηματικών τύπων μπορεί κανείς να υπολογίσει την αντοχή του δομικού στοιχείου. Η προσδιορισθείσα τιμή της αντοχής εισάγεται σε ειδικά προγράμματα ενίσχυσης κατασκευών με fiber reinforcement polymers. Επειδή όμως σε πολλές κατασκευές το πάχος του δομικού στοιχείου είναι μεγάλο η μέτρηση της ταχύτητας έχει μεγάλη αβεβαιότητα.

Στο εργαστήριο δομικών υλικών του ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ σχεδιάσαμε πείραμα προσδιορισμού της ταχύτητας των υπερήχων σε πλάγιες τομές ώστε η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη να είναι μικρή και η μέτρηση να έχει μεγάλη ακρίβεια. Κόψαμε κυβικό τεμάχιο από σκληρό ξύλο διαγώνια ώστε να λάβουμε 2 τεμάχια τριγωνικής διατομής. Αυτά τοποθετήθηκαν στο δομικό στοιχείο, εφόσον έγινε επάλειψη ξύλου με ζελέ για την καλύτερη επαφή των 2 επιφανειών.

Στην ελεύθερη επιφάνεια των ξύλινων δοκιμίων τοποθετήθηκαν ο πομπός και ο δέκτης. Φυσικά προβλέψαμε την επάλειψη των 2 αυτών ηλεκτρικών συσκευών με των 2 ξύλων.

Εκτελέσαμε πειραματικές μετρήσεις προσδιορισμού της δοκιμής κυβικού δοκιμιού από οπλισμένο σκυρόδεμα με την νέα πειραματική διάταξη ξύλου - μπετόν. Βρήκαμε ότι η νέα αυτή διάταξη δίδει την αντοχή για το οπλισμένο σκυρόδεμα με εκείνη που μας παρείχε ο κατασκευαστής ετοιμού σκυροδέματος.

Καθόσον το ξύλο είναι ανομοιογενές υλικό βρήκαμε την σωστή κατεύθυνση των ινών του ξύλου για να έχουμε ακρίβεια στις μετρήσεις αντοχής του σκυροδέματος.

Η πειραματική αυτή διάταξη μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για τον επιτόπου έλεγχο για την αντοχή τοιχοποιίας μεγάλου πάχους. Όπως π.χ. εκκλησίες γέφυρες κλπ. Πολλές εκ των οποίων δεν είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά από λιθοδομή ή πλινθοδομή.

Βιβλιογραφία

1. Τριανταφύλλου Αθανάσιος, «ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ», Πάτρα 2003, 1η έκδοση
2. Δρίτσος Στέφανος, «ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ», Πάτρα 2001, 2η έκδοση
3. Παπανικολάου Γιώργος, Μουζάκης Διονύσης, «ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ», Κλειδάριθμος, 2007
4. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, 4η έκδοση 2001-Θανάσης Τριανταφύλλου κεφ.7.6 Διάβρωση των Μετάλλων και Προστασία
5. Ενίσχυση υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα μέσω υφάσματος με ίνες άνθρακα- Ε.ΛΑΜΠΡΙΝΟΥ,ΑΘΗΝΑ 1998
6. Isomat Building quality «Ολοκληρωμένα συστήματα ενίσχυσης κατασκευών με σύνθετα υλικά», <http://www.tzouganatos.gr/el/products/view/52>
7. Φυλλο Εφημερίδας Κυβερνησεως (Φ.Ε.Κ) «ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΑΔΕΙΑ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ» Αποφ-5172/ΑΖ5β/99
8. ΕΠΙΔΟΜΟΣ Ε.Π.Ε : ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, Ανθρακουφάσματα (FRP) – Χαλυβδοελάσματα, <http://www.epidomos.gr/page.php?id=50>
9. ΕΠΙΔΟΜΟΣ Ε.Π.Ε : ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, Ρητινενέσεις-Τσιμεντενέσεις, <http://www.epidomos.gr/page.php?id=51>
10. «ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ» 6^η έκδοση. Εκδόσεις Τσιόλα
Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr. John T. DeWolf, David F. Mazurek
11. Τεντολούρης Ελευθέριος (2003) «Ενισχύσεις στοιχείων Ο/Σ με ενσωμάτωση ράβδων FRP σε επιφανειακές εγκοπές». [Μεταπτυχιακή Διατριβή]
12. ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ.
Τεύχος 2^ο Αρ. Φύλλου 2187. Ημερομηνία 5/9/2013
13. Sika CarboShear L: «Γωνιακά ελάσματα ινών άνθρακα για δομικές ενισχύσεις»
Έκδοση 22/11/2006, Κωδικός: D.01.03

14. Ι.Γκοτσοπούλου και Αικ. Κρεμασιώτη, «ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΕ ΝΕΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ» , από τει Πειραιά τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δομικών Έργων 2008
15. Σιδέρης Κωνσταντίνος: «Μέθοδοι ενίσχυσης κατασκευών»
www.sideris-konstantinos.blogspot.gr