

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ: ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ F.R.P.

**ΘΕΟΔΩΡΑΤΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΘΑΝΑΣΗΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία κατ' αρχήν ερευνοούμε τις βλάβες αλλά και τις πιθανές αιτίες πρόκλησης αυτών που επί των πλείστων παρουσιάζονται σε ιστορικά κτίρια – μνημεία. Εν συνεχεία παρουσιάζουμε τη διαδικασία που προηγείται, προκειμένου ο μηχανικός να έχει μια ολοκληρωμένη και σωστή εικόνα του προβλήματος που καλείται να αντιμετωπίσει. Απ' όλες τις μεθόδους ενίσχυσης, με κριτήριο τη διατήρηση της ιστορικότητας και αισθητικής ανάδειξης του κτιρίου, εξετάζουμε ως λύση τη χρήση ινοπλισμένων πολυμερών (F.R..P.). Συγκεκριμένα παραθέτουμε βασικά στοιχεία γι' αυτά (ιδιότητες, πλεονεκτήματα κ.α) καθώς κι εξειδικευμένα παραδείγματα χρήσης αυτών σε θόλους, τρούλους κτλ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

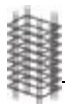
Η Ελλάδα είναι μια χώρα αμιγώς ιστορική κύριο χαρακτηριστικό της οποίας είναι ο πλούτος της σε ιστορικά μνημεία, τα οποία χρήζουν προστασίας και διατήρησης. Με τον όρο όμως ιστορικά μνημεία εννοούμε κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, κοινωνικού προφίλ της. Κάθε κτίριο, δηλαδή, που έχει συνδεθεί μ' ένα ιστορικό πρόσωπο ή γεγονός, ή αποτελεί χαρακτηριστικό δείγμα λαϊκής αρχιτεκτονικής καθώς επίσης και κτίρια που δίδουν πληροφορίες για τον τρόπο ζωής κι εργασίας του παρελθόντος (βιομηχανικά κτίρια, βαμβακουργία, ελαιοτριβεία). Η ανάγκη διατήρησης των παραπάνω κρίνεται επιτακτική αν θέλουμε να προστατεύσουμε την πολιτιστική μας κληρονομιά αλλά και να την κληροδοτήσουμε ως παρακαταθήκη στις επόμενες γενεές. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τη χρήση FRP στον τρόπο ενίσχυσης κι επισκευής των ιστορικών μνημείων, αλλά πριν φθάσουμε εκεί πρέπει να εξετάσουμε το θέμα των επισκευών διεξοδικά.

1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Οι βλάβες εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τα υλικά τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κτιρίου. Ειδικότερα, εφόσον ο λόγος γίνεται για ιστορικά κτίρια–μνημεία, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την δόμηση αυτών ήταν συνήθως η πέτρα, το ξύλο, το τούβλο-πλίνθος κι επίσης το σκυρόδεμα και ο χάλυβας στα μεταγενέστερα μνημεία του 20^{ου} αιώνα.

Τα εν λόγω υλικά (πέτρα, ξύλο, πλίνθος) είναι πολύ αδύνατα σε εφελκυσμό. Παράλληλα η πλειονότητα των ιστορικών κτιρίων είναι φέροντες οργανισμοί οι οποίοι αποτελούνται από φέροντες τοίχους. Αναλυτικότερα από:

- § Πεσσούς (κατακόρυφα τμήματα μεταξύ των ανοιγμάτων όταν η απόσταση είναι μικρή)
 - § Τοίχους (κατακόρυφα τμήματα χωρίς ανοίγματα)
 - § Συνδετικές δοκοί (οριζόντια τμήματα μεταξύ των ανοιγμάτων)
- Εν συνεχεία οι βλάβες μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο κατηγορίες:
- § Έμμεσες: βλάβες δευτερευόντων κατασκευαστικών στοιχείων όπως εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι, σκαλοπάτια και οι οποίες δεν επηρεάζουν τη γενικότερη στατική λειτουργία του κτιρίου.



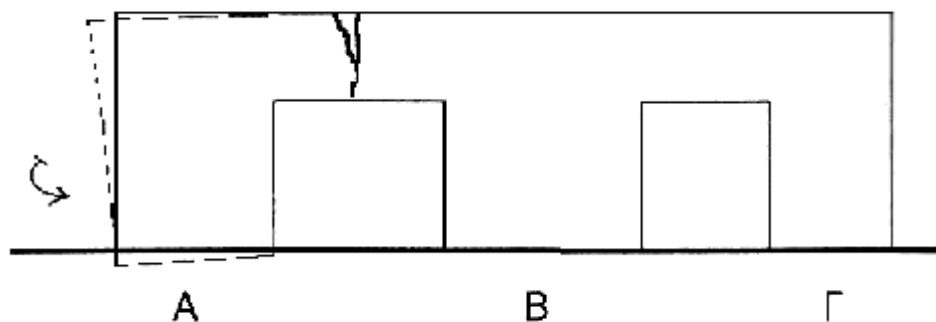
§ Άμεσες: βλάβες της φέρουσας τοιχοποιίας οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη στατική συμπεριφορά του κτιρίου και δημιουργούνται από μετακινήσεις, παραμορφώσεις ή ρηγματώσεις του κτιρίου.

Ειδικότερα μετακίνηση της φέρουσας τοιχοποιίας έχουμε όταν μετακινηθεί από την αρχική της θέση χωρίς να αλλάξει μορφή.

Παραμόρφωση έχουμε όταν κάτω από την δράση ισχυρών τάσεων (διατμητικές, εφελκυστικές) παρατηρούνται αλλαγές στην μορφή της τοιχοποιίας π.χ από καθιζήσεις θεμελίων.

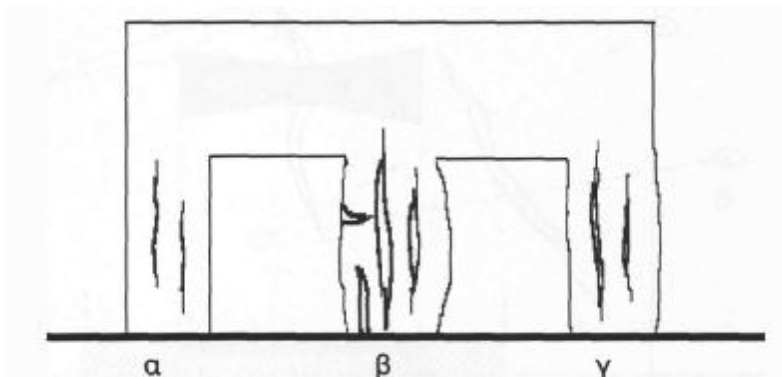
Ρηγματώσεις των τοίχων παρουσιάζονται όταν σημειωθεί μετατόπιση διαφόρων σημείων του υλικού. Τις ρηγματώσεις μπορούμε να τις διακρίνουμε σε:

§ Ρηγματώσεις εφελκυσμού οι οποίες προκαλούνται είτε από μια σχετική μετατόπιση μεταξύ δυο τοίχων είτε από καθίζηση του θεμελίου και στρέψη του κτιρίου (Σχήμα 1, Ορφανουδάκης 1992).

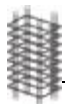


Σχήμα 1

§ Ρηγματώσεις θλίψης οι οποίες παρουσιάζονται όπου υπάρχει υπέρβαση της αντοχής σε θλίψη από κάμψη και συνοδεύονται από φουσκώματα και σε πιο προχωρημένο στάδιο σε συνδυασμό με οριζόντιες ρωγμές (Σχήμα 2, Ορφανουδάκης 1992). Όταν διαπιστώνουμε ρωγμές θλίψης υπάρχει σοβαρός κίνδυνος κατάρρευσης.



Σχήμα 2



2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΙΤΙΕΣ ΠΡΟΞΕΝΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Οι παράγοντες που συντελούν στην φθορά ενός κτιρίου μπορούν να διακριθούν σε:

§ Κλιματολογικούς παράγοντες. Τέτοιοι είναι:

A) Θερμοκρασία: Τα υλικά δόμησης (πέτρα, ξύλο, τούβλο) των ιστορικών κτιρίων όπως και όλα τα σώματα, όταν θερμαίνονται διαστέλλονται και όταν ψύχονται συστέλλονται. Αυτές οι κινήσεις και ειδικά όταν έχουμε απότομες μεταβολές θερμοκρασίας-αυξομειώσεις και λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία των κτιρίων, έχουν σαν αποτέλεσμα την χαλάρωση της σύνδεσης των υλικών και την δημιουργία ρηγματώσεων.

B) Νερό: προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις, πολλές φορές εισέρχεται λόγω της παλαιότητας ή της έλλειψης σωστού σχεδιασμού στεγών, στους πόρους των υλικών. Αν σκεφτούμε ότι το βρόχινο νερό παρασύρει άλατα τα οποία στην πάροδο του χρόνου κρυσταλλώνονται ή όταν παγώσει διαστέλλεται καταλαβαίνουμε ότι η εμφάνιση των ρηγματώσεων έρχεται σα φυσικό επακόλουθο. Πρέπει επίσης να αναφέρουμε και τον παράγοντα ατμοσφαιρική ρύπανση ο οποίος, εκτός ότι από μόνος του συντελεί στην φθορά των κτιρίων άμεσα, έμμεσα εμπλουτίζει το βρόχινο νερό σε οργανικές βαριές ενώσεις όπου σύμφωνα με τον παραπάνω μηχανισμό βοηθά στην διάβρωση των υλικών εκ των έσω αλλά και στο επιφανειακό ξέφτισμά τους.

§ Γεωλογικούς παράγοντες. Τέτοιοι είναι:

A) Σεισμός: αποτελεί ίσως την πιο καταστροφική αιτία προξένησης βλαβών ικανών να οδηγήσουν έως και την κατάρρευση του ιστορικού κτιρίου. Η Ελλάδα σαν χώρα σεισμογενής δοκιμάζεται συνεχώς από σεισμούς και μαζί της δοκιμάζονται και οι αντοχές των ιστορικών κτιρίων όπου λόγω των υλικών τους που είναι αδύνατα σε εφελκυστικές τάσεις, πλήττονται σημαντικά.

B) Καθιζήσεις: είναι σημαντικές αιτίες προξένησης ρηγματώσεων στα κτίρια. Λόγω των καθιζήσεων του εδάφους και άρα των θεμελίων, έχουμε ως αποτέλεσμα την σχετική μετατόπιση δυο τοίχων η πεσσών. Επίσης το γκρέμισμα παράπλευρων κτιρίων ή το κτίσιμο νέων επηρεάζουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους με άμεσο αντίκτυπο στην στατική λειτουργία του γειτονικού ιστορικού μνημείου.

Γ) Δονήσεις του εδάφους: οι δονήσεις λόγω της κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων μεταφέρονται μέσω του εδάφους στα θεμέλια των κτιρίων με αποτέλεσμα την απώλεια της αντοχής θεμελίωσης.

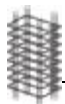
Άλλοι παράγοντες φθοράς είναι επίσης η κακή ποιότητα των υλικών αλλά και του τρόπου κτισίματος καθώς και οι προσθήκες καθ ύψος η κατ επέκταση, αυθαίρετα η νόμιμα, στην πάροδο των χρόνων.

3. ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πριν πάμε στην αποκατάσταση των βλαβών απαιτείται προηγουμένως ένα σύνολο ερευνητικών εργασιών που θα μας καθιστήσουν βέβαιους και ικανούς στον τρόπο δράσης και επέμβασης.

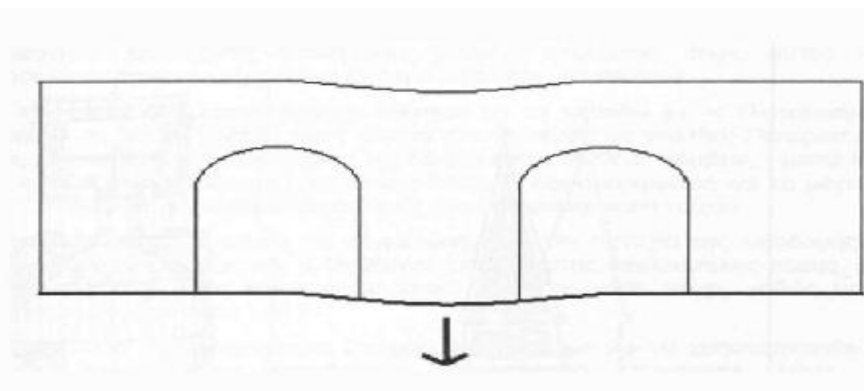
Καταρχήν πρέπει να γίνει γεωμετρική και μορφολογική αποτύπωση του κτιρίου. Με αλλά λόγια να καταγράφουν τα υλικά, ο τρόπος δόμησης καθώς επίσης το ιστορικό του κτιρίου. Δηλαδή την παρακολούθηση της εξέλιξης του κτιρίου (φάσεις κατασκευής, μεταγενέστερες επεμβάσεις).

Ακολουθεί η ανάλυση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των υλικών (ειδικό βάρος, φυσική υγρασία, πυκνότητα, περιεκτικότητα σε χημικά συστατικά) κι ο



προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών τους (θλιπτική αντοχή, αντοχή σ' εφελκυσμό, κάμψη, συνάφεια, μέτρο ελαστικότητας).

Πολύ σημαντική είναι η γεωτεχνική έρευνα καθώς η συμπεριφορά του εδάφους αποτελεί ίσως τον κύριο παράγοντα της συνολικής ευστάθειας του μνημείου. Ειδικότερα εξετάζεται η φέρουσα ικανότητα του εδάφους, αν και το πρόβλημα συνήθως δεν είναι εκεί διότι το μνημείο με την ύπαρξη του αποδεικνύει ότι η φέρουσα ικανότητα του εδάφους είναι ικανοποιητική. Κυρίως ελέγχουμε αν μεταγενέστερες επεμβάσεις έχουν δημιουργήσει νέα δεδομένα. Επεμβάσεις όπως επιχωματώσεις ή εκσκαφές, νεότερα κτίσματα πολύ κοντά στο μνημείο καθώς επίσης και μεταγενέστερες προσθήκες σε αυτό οι οποίες οδηγούν σε αύξηση του φορτίου και προκαλούν μεταβολές στην ακαμψία του αλλά και πρόσθετες καθιζήσεις με ταυτόχρονη μετατόπιση τμημάτων της τοιχοποιίας (Σχήμα 3, Ορφανουδάκης 1992).

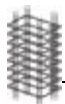


Σχήμα 3

Το ίδιο σημαντικό είναι κι ο έλεγχος της αντισεισμικής επάρκειας του κτιρίου. Η στατική μελέτη υπάρχοντος κτίσματος έχει γενικώς διαφορετικό χαρακτήρα από ότι για μια νέα κατασκευή. Στη νέα κατασκευή ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών γίνεται με σκοπό την κατάλληλη επιλογή των υλικών και διαστασιολόγηση των φορέων ώστε οι αναπτυσσόμενες τάσεις να μην υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες και οι συντελεστές ασφάλειας να έχουν τις επιθυμητές τιμές. Στο υπάρχον κτίσμα οι διαστάσεις και τα υλικά είναι δεδομένα οπότε ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών οδηγεί μόνο σε διαπιστώσεις.

Η εκπόνηση μιας στατικής μελέτης προϋποθέτει τη μελέτη της συμπεριφοράς του φέροντος οργανισμού υπό φορτικές καταστάσεις που υπήρξαν ή μπορούν να υπάρξουν. Για το σκοπό αυτό μορφοποιούνται μοντέλα στατικής λειτουργίας διαφορετικά για κάθε είδος καταπόνησης λαμβάνοντας υπόψη όσο είναι εφικτό και το ιστορικό, δηλαδή τις φορτικές καταστάσεις που έχει βρεθεί στο παρελθόν το κτίριο. Η απουσία πολλές φορές πληροφοριών για την ιστορία της φόρτισης αλλά και η αβεβαιότητα των πραγματικών τιμών αντοχής υλικών και δομικών στοιχείων μειώνει σημαντικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Γι' αυτό το λόγο κατά τη μελέτη λαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες πιθανές τιμές αντοχών προκειμένου να περιοριστούν οι αβεβαιότητες των αποτελεσμάτων (Νομικός 1997).

Τέλος, ο τρόπος δράσης κι επέμβασης είναι στο χέρι του μηχανικού, πρέπει όμως πάντα να γίνεται με σεβασμό στην ιστορία του κτιρίου με σκοπό την προστασία και αισθητική του ανάδειξη. Στη συνέχεια της εργασίας εξετάζουμε ως λύση τη χρήση FRP.



4. ΓΕΝΙΚΩΣ ΠΕΡΙ FRP

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε κυρίως με τα F.R.P. (Fiber Reinforced Polymers, φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή) και ειδικότερα με τα C.F.R.P – Carbon FRP. Τα CFRP αποτελούνται από ανθρακονήματα κι εποξειδική ρητίνη η οποία έχει ως σκοπό την ανακατανομή των τάσεων που οφείλονται σε εξωτερικά φορτία. Τ' ανθρακονήματα παράγονται από ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας πετρελαίου (πολυακρυλονιτρώλιο, PAN).

Τα CFRP μπορούν να παραχθούν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση, ανθρακονήματα κι εποξειδική ρητίνη αναμιγνύονται στο εργοστάσιο υπό υψηλή πίεση και με εν θερμώ εξέλαση παράγονται ελάσματα οπλισμένα κατά μία διεύθυνση πάχους 1 χιλιοστού. Κατά την δεύτερη περίπτωση, χρησιμοποιούνται ξηρά ανθρακούφασματα και το σύνθετο υλικό (ανθρακούφασμα + ρητίνη) κατασκευάζεται στο εργοτάξιο.

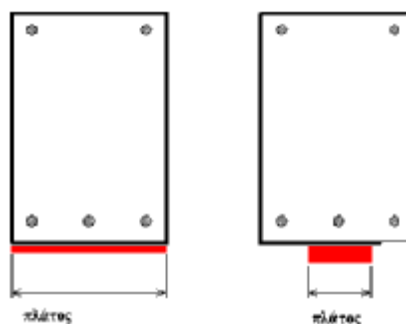
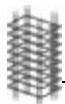
Τα σύνθετα αυτά υλικά έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται στην αεροδυναμική βιομηχανία πάνω από 40 χρόνια, ενώ σε έργα πολιτικού μηχανικού τα τελευταία 10-15 χρόνια.

Τα FRP έχουν μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Τα χρησιμοποιούμε για:

- α) αύξηση φορτίου (ωφέλιμο φορτίο αποθηκών, κυκλοφορία γεφυρών, δονούμενες κατασκευές κ.τ.λ.),
 - β) αποκατάσταση καταστροφών των φορέων (γήρανση δομικών στοιχείων, διάβρωση οπλισμού φωτιά),
 - γ) αλλαγή στατικού συστήματος (αφαίρεση τοιχίων ή υποστυλωμάτων ή τμήματα πλακών),
 - δ) βελτίωση χρήσης (μείωση παραμόρφωσης, μείωση πλάτους ρωγμών κτλ),
 - ε) διόρθωση κατασκευαστικών ελλομαμάτων (ανεπαρκείς οπλισμοί, ακαμψίες) (Sika Hellas)
- Τα πλεονεκτήματα που έχουν τα FRP όχι μόνο υπερέχουν σε σχέση με τα ελάχιστα μειονεκτήματα που έχουν αλλά και σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στο χώρο των ενισχύσεων και επισκευών.

Τα σημαντικότερα από τα πλεονεκτήματα που έχουν είναι τα παρακάτω:

- § Ελάχιστο προστιθέμενο βάρος
- § Εξαιρετικά μικρό πάχος (1-1.5 mm)
- § Διαθέσιμα σε οποιοδήποτε μήκος χωρίς ενώσεις
- § Δεν επηρεάζονται από την υγρασία αφού τ' ανθρακόνημα απορροφά αμελητέες ποσότητες υγρασίας και πάντα τέτοιες που δεν επηρεάζουν την ποιότητα πρόσφυσης.
- § Μικρός χρόνος εφαρμογής και γρήγορη επαναχρησιμοποίηση των κτιρίων.
- § Οικονομικό στην εφαρμογή. Δεν απαιτούνται βαριά μηχανήματα για την εφαρμογή.
- § Πολύ καλές ιδιότητες (αντοχή σε εφελκυσμό, Μέτρο ελαστικότητας, επιμήκυνση στην θραύση, πυκνότητα κ.τ.λ.) τιμές των οποίων αναφέρονται στο βιβλίο. (Δρίτσος, 2001)
- § Καλύπτεται και βάφεται χωρίς πρόβλημα
- § Εκμετάλλευση ολόκληρης της επιφάνειας του ενισχυόμενου στοιχείου με φυσική συνέπεια την μείωση του πάχους του ενισχυόμενου υλικού (διατηρώντας την ίδια διατομή ενίσχυσης) σε τρόπο ώστε να μειώνονται δραστικά οι επικίνδυνες τάσεις επαφής στην διεπιφάνεια (Σχήμα 4).



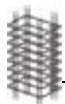
Σχήμα 4

Όσον αφορά το κόστος του υλικού αυτό πράγματι συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματα του υλικού αφού κοστίζει πολύ, πράγμα το οποίο όμως δεν επηρεάζει το συνολικό προϋπολογισμό του έργου μιας και γλιτώνουμε περίπου 50% σε εργατικά και κόστος εξοπλισμού. Ένα επιπλέον μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι δεν είναι ακριβώς καθορισμένος ο τρόπος της αγκύρωσης και η δημιουργία των θέσεων της αγκύρωσης στις εκατέρωθεν πλάκες. Η παρέμβαση αυτή στις πλάκες και ιδιαίτερα σε μια παλιά κατασκευή, πιθανόν να έχει αρνητικές συνέπειες όσον αφορά τη φέρουσα ικανότητα και τη στατική λειτουργία τους.

5. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ FRP

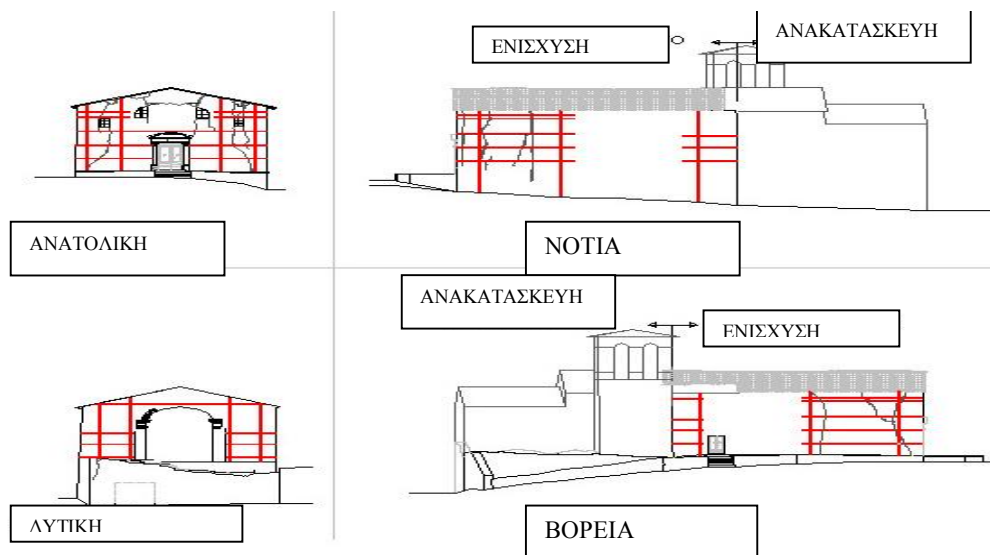
Μέχρι στιγμής πιστεύουμε ότι έχουμε κάνει κατανοητή την ανάγκη που μας επιβάλλει την όσο το δυνατόν προσεκτικότερη και καλύτερη αντιμετώπιση των ιστορικών κτιρίων. Τα FRP είναι κατά την άποψη της επιστημονικής κοινότητας (EMPA και αλλού) τα ιδανικότερα υλικά για την ενίσχυση κι επισκευή των ιστορικών κτιρίων-μνημείων. Τα τελευταία χρόνια πάρα πολλά ιστορικά κτίρια και μνημεία έχουν ενισχυθεί με τη χρήση συνθετικών υλικών. Ως μηχανικοί κατά την ενίσχυση των ιστορικών κατά βάση κτιρίων επιζητούμε την ανάληψη των φορτίων που επιφέρουν εφελκυστικές τάσεις και επιπλέον την εξασφάλιση επαρκούς διαπνοής έτσι ώστε να αποφεύγονται βλάβες σε επιζωγραφήσεις και τοιχογραφίες. Άρα χρειαζόμαστε χρήση υλικών που να εκπληρώνουν αυτές τις προϋποθέσεις όπως είναι τα CFRP. Τα εφελκυστικά φορτία μπορούν να επιφέρουν διάφορες συνέπειες όπως απόκλιση από την κατακόρυφη λόγω καθίζηση των θεμελίων, έλλειψη αντίδρασης στις ωθήσεις της στέγης, εφελκυστικά φορτία σε θόλους, τρούλους, κτλ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ανθρακονήματα θα πρέπει να είναι σε θέση να παραλαμβάνουν όλες τις τάσεις που δεν παραλαμβάνουν τα παραδοσιακά υλικά (κυρίως εφελκυστικές). Έχει διαπιστωθεί από εργαστηριακές αναλύσεις ότι ένα δομικό στοιχείο από παραδοσιακά υλικά που ενισχύεται από ινοπλισμένα πολυμερή ή από κάποιο άλλο συνθετικό υλικό, ο ουδέτερος άξονας τείνει να μετατοπισθεί προς το μέρος του ενισχύοντος συστήματος. Η μετατόπιση αυτή είναι ανάλογη με το λόγο του μέτρου ελαστικότητας του ενισχύοντος προς το μέτρο ελαστικότητας του ενισχυόμενου. Έτσι αυξάνεται η αντοχή του στοιχείου δεδομένου ότι το μέτρο ελαστικότητας των ανθρακονημάτων είναι πάρα πολύ υψηλό.



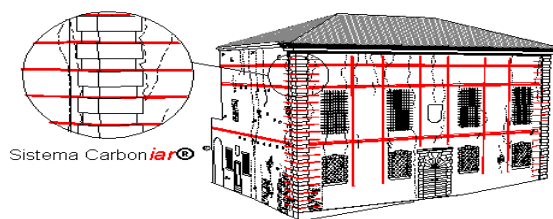
7. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ FRP

Μια τυπική διαδικασία εφαρμογής CFRP στο ιστορικό κτίριο αναφέρεται στο βιβλίο (Δρίτσος 2001). Τα φύλλα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν είτε στη μία πλευρά είτε και στις δύο του ενισχύοντος τοίχου. Όλα τα φύλλα συνδέονται στη τοιχοποιία και αγκυρώνονται στα άκρα τους. Στα σχήματα (Σχήμα 5) που ακολουθούν παρουσιάζεται η εφαρμογή των



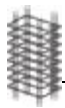
Σχήμα 5

ανθρακονημάτων σε μια παλιά μικρή εκκλησία, όπου τα ανθρακονήματα απορροφούν όλες τις οριζόντιες τάσεις. Επιπλέον για την περίδεση πεσσών, για ν' αποφευχθεί το τρύπημα των ιστορικών κτιρίων-μνημείων και την τοποθέτηση χαλύβδινων συνδετήρων εταιρίες παραγωγής ινοπλισμένων πολυμερών (IAR, 1999) παράγουν ταινίες πολύ λεπτού πλάτους που τοποθετούνται κατά μήκος των αρμών. Παρακάτω παρατηρούμε ένα τέτοιο παράδειγμα σε κάποιο ιστορικό κτίριο (Σχήμα 6).

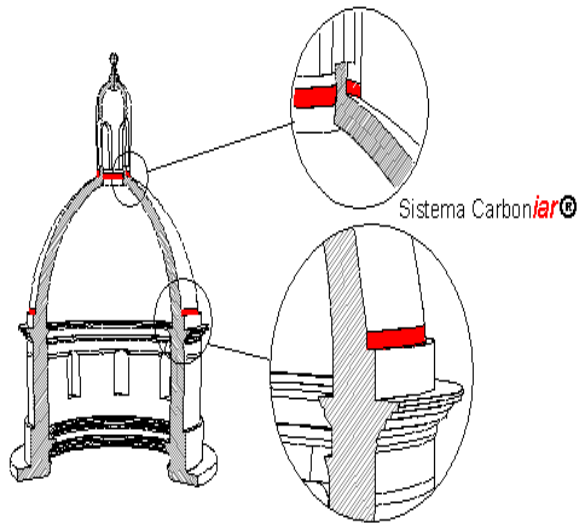


Σχήμα 6

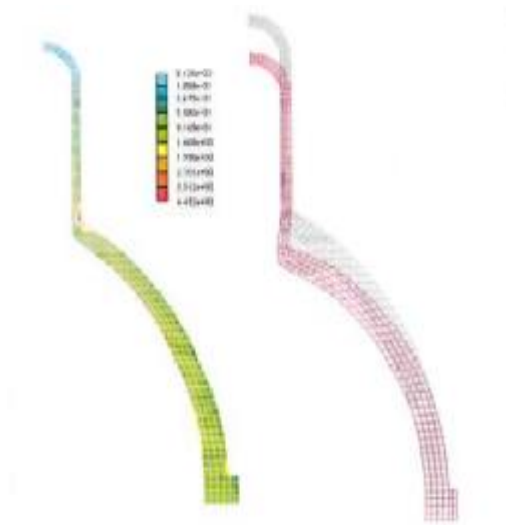
Στα ιστορικά κτίρια συναντάμε πολύ συχνά τρούλους, θόλους ξύλινες δοκούς στοιχεία τα οποία επιζητούν ειδική μεταχείριση. Για την ενίσχυση τρούλων συχνά χρησιμοποιούμε την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων για τον όσο το δυνατόν ακριβέστερο υπολογισμό της εντατικής τους κατάστασης. Όπως παρατηρούμε και στα κατωτέρω σχήματα (μέθοδο



Carboniar) (Σχήματα 7 & 8) τοποθετούμε CFRP στην βάση του τρούλου ή και στην κορυφή εφόσον υπάρχει φεγγίτης.

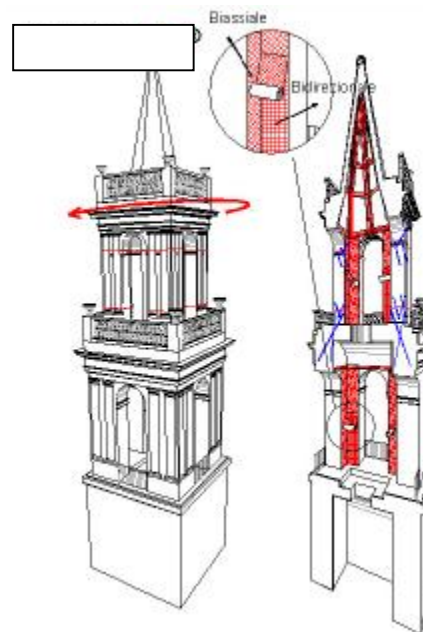


Σχήμα 7



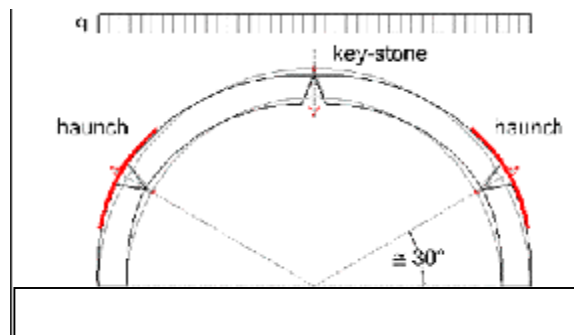
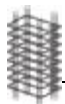
Σχήμα 8

Στην περίπτωση των καμπαναριών, λόγω της σύνθετης εφελκυστικής καταστάσεως χρησιμοποιούμε ανθρακοϋφάσματα και εσωτερικά σε δύο επάλληλες στρώσεις, μια κατηγορίας ύφανσης κατά δύο διευθύνσεις 0-90° και μία κατηγορίας ύφανσης 45° (Σχήμα 9)



Σχήμα 9

Όσον αφορά τους θόλους, εκεί παρατηρείται το εξής φαινόμενο: λόγω των ρηγματώσεων δημιουργούνται αυτόματα τρεις αρθρώσεις εκ των οποίων η μία στο κλειδί του θόλου και οι άλλες δύο κοντά στ' αντερίσματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή της κατασκευής από υπερστατικής σε ισοστατική και ο θόλος μπορεί να θεωρηθεί σαν τριαρθωτό τόξο. Χαρακτηριστικό είναι το σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 10) (IAR,1999).



Σχήμα 10

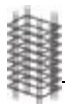
Επιπλέον στα περισσότερα τόξα των ναών στο επίπεδο των γενέσεων υπάρχουν τένοντες οι οποίοι εμφανίζουν απώλειες αγκύρωσης. Εάν χρειαστούν νέοι τένοντες αυτοί αγκυρώνονται εσωτερικά στο σώμα της τοιχοποιίας με κατάλληλα αγκύρια και εποξειδικές ρητίνες, τοποθετούνται στο ύψος των γενέσεων των τόξων πάνω από τους υπάρχοντες και έχουν τις ίδιες διαστάσεις με αυτούς.

Στις ξύλινες κατασκευές (ξύλινες δοκοί, πατώματα, σκεπές κτλ) η βιομηχανία έχει παράγει διάφορα ειδικά συνθετικά υλικά που διασφαλίζουν όλες τις προϋποθέσεις ενίσχυσης των κτιρίων. Συνήθως η εργασία πάνω σε ξύλινη κατασκευή προϋποθέτει την απουσία ενεργού φορτίου κατά την διάρκεια τουλάχιστον της συγκόλλησης .Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με την χρήση ειδικών γρύλλων.Το ξύλο λόγω προβλημάτων που δημιουργούνται εξ' αιτίας της αργής παραμόρφωσης που οφείλεται στην γήρανση παρά σε έλλειψη αντοχής, μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε ειδικές ουσίες (διαλύματα) για την προστασία του από κάθε είδους αίτιο.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ενίσχυση των κτιρίων με FRP εκτός από την αρχιτεκτονική διασφάλιση της ιστορικότητας και της μνημειακής αξίας τους, βελτιώνουμε και τη στατική τους λειτουργία. Συγκεκριμένα έχουν αύξηση της σεισμικής τους αντοχής κατά ένα συντελεστή 4.3 (στοιχεία EMPA) και μεγαλύτερη ενδοτικότητα. Επιπλέον οι εκκεντρότητες που αναπτύσσονται έχουν μικρή επιρροή στην αντοχή του φέροντος τοίχους. Τα φύλλα ξεκολλούν από την τοιχοποιία στις μεγάλες μετακινήσεις όμως μπορούν ακόμα να δεχθούν εφελκυστικές δυνάμεις που τις μεταφέρουν στα άκρα της τοιχοποιίας μέσω των σημείων αγκύρωσης.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι ο ρόλος των FRP θα είναι πρωταγωνιστικός στις ενισχύσεις κι επισκευές και γενικότερα στο χώρο του Πολιτικού Μηχανικού.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Sharon C. Park, AIA (1988)
“The Use of Substitute Materials on historic Building Exteriors”
Ingegneria e Architettura del Restauro (IAR) (2000)
“ The Carboniar system”
Clever Reinforcement Company S%P (1999)
“FRP, πολυμερικές ίνες ενίσχυσης”
Κουτσούκος Π. Κωνσταντίνος (2001)
“ Αντισεισμικές ενισχύσεις με σύνθετα υλικά” , Δελτίο ΣΠΜΕ, Νο 291,
Νοέμβριος 2001, σελ.52-53
Δρίτσος Σ., (2001)
“Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”
Εκδόσεις Παν. Πατρών , Πάτρα.
Ορφανουδάκης Α. Δανιήλ, (2001)
“Μελέτη αποκατάστασης μνημείων και συνόλων” Πειραιάς
Νομικός Ε. Μιχαήλ, (1997)
“Αποκατάσταση Επάναχρηση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων”, Τμήμα
Αρχιτεκτόνων Α.Π.Θ. , Θεσσαλονίκη.
Τ.Ε.Ε. Τμήμα Μαγνησίας (1982)
“Συντήρηση και αναβίωση παραδοσιακών κτιρίων και συνόλων”, University
Studio Press, Θεσσαλονίκη.

