

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ FRP ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΝΕΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΚΟΡΦΙΑΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να γίνουν πιο κατανοητές στον πολιτικό μηχανικό δύο νέες μέθοδοι ενίσχυσης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, αυτή με την χρήση χαλύβδινων στοιχείων και αυτή με την χρήση σύνθετων υλικών. Παρατίθενται τα κριτήρια για την επιλογή ενίσχυσης, σύντομη περιγραφή των δυο μεθόδων για την ενίσχυση δοκών και υποστυλωμάτων και τι αυτές επιτυγχάνουν. Με αυτά τα στοιχεία γίνεται σύγκριση των δύο μεθόδων ώστε να δούμε ποια από τις δύο είναι προτιμότερη για τις ανάγκες μας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά από έναν ισχυρό σεισμό εξαιτίας του οποίου προκλήθηκαν μικρές ή μεγάλες ζημιές σε κάποιο κτίριο, τίθεται το ερώτημα της επέμβασης ή όχι σ' αυτό, προκειμένου να αποκατασταθεί η αντοχή και η δυσκαμψία των επιμέρους στοιχείων αλλά και ολόκληρης της κατασκευής ώστε να μπορεί να αντέξει σε έναν καινούριο σεισμό ίσης ή μεγαλύτερης έντασης.

Η απόφαση της ενίσχυσης της κατασκευής προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή της, σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς ή την κατασκευή μιας νέας, βασίζεται σε μια σειρά από παράγοντες. Κρισιμότεροι από αυτούς είναι οι χρονικές απαιτήσεις, η ηλικία του κτιρίου, το κόστος των επισκευών(σε φέρουσα και μη στοιχεία) σε σχέση με αυτό της ανέγερσης μιας νέας, το είδος της κατασκευής, την αισθητική της, την δυνατότητα εξεύρεσης εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού κλπ.

Στην περίπτωση που η τελική απόφαση είναι υπέρ μιας επέμβασης, τότε έχει μεγάλη αξία να γίνεται η διαπίστωση της βλάβης, η πιθανή αιτιολόγηση της και η ορθή αποκατάσταση, με τρόπο ώστε οι επιβαλλόμενες δράσεις να μεταφέρονται τελικώς με ασφάλεια μέχρι την θεμελίωση.

Τέλος αξίζει να τονίσουμε ότι στο στάδιο της μελέτης επισκευών και ενισχύσεων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων, αφού κάθε επέμβαση και αλλαγή στο φορέα (προσθήκη ή αφαίρεση μελών, αύξηση διατομής μέλους κλπ.)προκαλεί ανακατανομή των μεγεθών αυτών και επομένως εκ νέου υπολογισμό.

2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΥ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό των κατασκευών έχει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εκτός από τον παράγοντα «οικονομία» κατά την αναζήτηση της βέλτιστης λύσης για την αποκατάσταση βλαβών ή την ενίσχυση υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες οι οποίοι κατά περίπτωση παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή του τρόπου και του υλικού επισκευής.

Τα βασικότερα κριτήρια επιλογής, εκτός από το κόστος για το οποίο απαιτείται τεχνικοοικονομική μελέτη, είναι τα παρακάτω :

- ταχύτητα επέμβασης
- εμπειρία μηχανικού
- ελαχιστοποίηση πρόσθετου βάρους από τα υλικά επέμβασης

- ελαχιστοποίηση όχλησης της λειτουργίας του κτιρίου
- ευκολία μεταφοράς υλικών

3. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ

3.1 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΑΛΥΒΑΙΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Αποκατάσταση της βλάβης με έντονη ρηγματώδη μπορεί να γίνει μέσω κατακόρυφων ή υπό γωνία 45° εξωτερικών συνδετήρων (κολάρα). Συνίσταται η χρήση εποξειδικής ρητίνης στις ρωγμές.

Ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητα της υπερκείμενης πλάκας υπάρχουν δύο μέθοδοι ενίσχυσης δοκών με χαλύβδινα στοιχεία.

Ο πρώτος τρόπος επέμβασης επιτυγχάνεται τοποθετώντας νέα στοιχεία μεταξύ υφιστάμενων δοκών. Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μείωση του ανοίγματος της πλάκας, οπότε αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα της πλάκας αλλά και αυτή των δοκών οπλισμένου σκυροδέματος (λόγω μείωσης των φορτίων από τις πλάκες).[3]

Ο άλλος τρόπος επέμβασης είναι μέσω επικόλλησης λεπτών ελασμάτων, πάχους 1~1.5mm, τα οποία παραλαμβάνουν τάσεις από κάμψη (οριζόντια ελάσματα) ή από διάτμηση (κατακόρυφα ελάσματα).

Χρήση ελασμάτων με μεγάλο πάχος ($t > 6\text{mm}$) μπορεί να γίνει, εφ' όσον η στερέωση στο σκυρόδεμα γίνεται μέσω πακτωμένων αγκυρίων (τυφλών ή διαμπερών), προκειμένου να εξασφαλισθεί η συνεργασία των δύο υλικών (Σχήμα 1). Στην περίπτωση αυτή είναι σκόπιμο να λαμβάνεται υπόψη η αλλαγή της δυσκαμψίας λόγω των ελασμάτων, ιδιαίτερα όταν η ενίσχυση αυτή εκτείνεται και σε παρακείμενους κόμβους.[1]

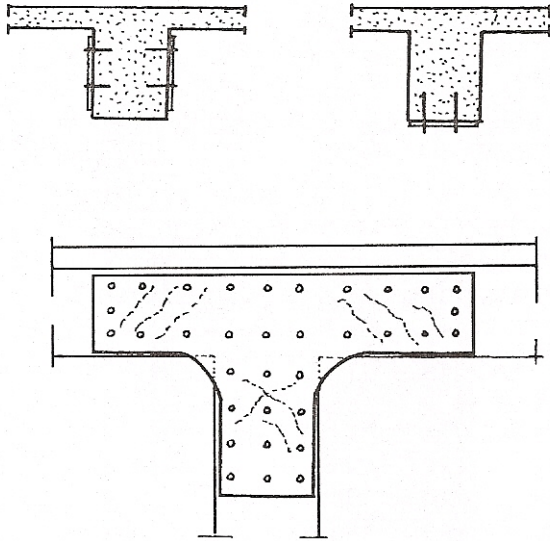
Τέλος θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η προσθήκη νέων χαλύβδινων δοκών δεν αποτελεί αποδεκτή λύση σε όλες τις περιπτώσεις, όπως π.χ. όταν υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις πυροπροστασίας, όταν λόγοι αισθητικής επιβάλλουν την παρουσία αποκλειστικά σκυροδέματος, όταν το κόστος χρήσης δομικού χάλυβα είναι υψηλό ή όταν η σύνδεση χαλύβδινων στοιχείων στα άκρα τους με τα υφιστάμενα παρουσιάζει δυσκολίες.

3.2 ΜΕ ΧΡΗΣΗ FRP

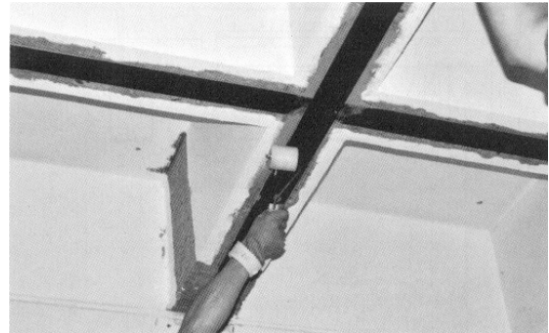
Η εφαρμογή σύνθετων υλικών για την ενίσχυση στοιχείων τύπου δοκού έναντι κάμψης, γίνεται μέσω ελασμάτων (Σχήμα 2) ή υφασμάτων (ή ακόμα και ράβδων σε εγκοπές), τα οποία επικολλούνται στο εφελκόμενο πέλμα με διεύθυνση των ινών τέτοια ώστε να παραλαμβάνουν τις λόγω κάμψης εφελκυστικές δυνάμεις.

Στην περίπτωση ενίσχυσης δοκού έναντι διάτμησης επιτυγχάνεται μέσω της επικόλλησης υφασμάτων ή σπανιότερα ελασμάτων, τα οποία επικολλούνται στις εξωτερικές επιφάνειες με τις ίνες κατά το δυνατό παράλληλες στις τροχιές των κύριων τάσεων, δηλαδή περίπου κάθετα στις ρωγμές.

Οι υπολογισμοί για τους ελέγχους αντοχής και λειτουργικότητας σε εφαρμογές καμπτικών ενισχύσεων γίνονται κατά αναλογία με αυτούς για συμβατικά οπλισμένα μέλη, λαμβάνοντας υπόψη: (1) τις ιδιαιτερότητες της μηχανικής συμπεριφοράς των σύνθετων υλικών (π.χ. γραμμική ελαστικότητα μέχρι την θραύση) και (2) το ενδεχόμενο της πρόωρης αποκόλλησης τους από το σκυρόδεμα.[2]



Σχήμα 1. Ενίσχυση δοκού μέσω ελασμάτων[1]



Σχήμα 2. Ενίσχυση δοκού με ελάσματα σύνθετων υλικών [3]

4. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΕ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΑ

4.1 ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στο Σχήμα 3 φαίνονται διάφορες μορφές ενίσχυσης στύλων μέσω μέσων πρότυπων ή συγκολλητών χαλύβδινων ελασμάτων. Επειδή οι ενισχύσεις αυτές συνεπάγονται σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας του υποστηλώματος, θα πρέπει αυτό να λαμβάνεται υπόψη στην ανακατανομή των εντάσεων στο υλικό.

Στο Σχήμα 3α τοποθετούνται δύο διατομές μορφής πι εκατέρωθεν του υπάρχοντος στύλου (διαγραμμισμένη επιφάνεια) και σφηνώνονται στο δάπεδο και την οροφή ή επεκτείνονται και στους γειτονικούς ορόφους. Πριν την τοποθέτηση, αφαιρούνται οι σοβάδες και οι επικαλύψεις του σκυροδέματος. Τα ζεύγη των μπουλονιών τοποθετούνται ανά 30cm το πολύ και σφίγγονται ώστε να υπάρχει ισχυρή τριβή μεταξύ ελασμάτων και σκυροδέματος. Ο κορμός των πι πρέπει να είναι αρκετά παχύς ώστε να εξασφαλίζεται η επιπεδότητα του και μετά το σφίξιμο. Πλευρικά συγκολλούνται στα πέλατα των πι χαλύβδινες λάμες, τμηματικά ή συνεχώς. Οι τμηματικές λάμες παίζουν το ρόλο των συνδετήρων, ενώ οι συνεχείς, μορφώνουν μαζί με το υπόλοιπο σύστημα ένα καλούπι στο οποίο εγχύεται σκυρόδεμα και προκύπτει τελικώς ένα σύμμικτο υποστύλωμα.

Στο Σχήμα 3β γίνεται κάτι ανάλογο με την προηγούμενη περίπτωση, μέσω όμως συγκολλητών επίπεδων ελασμάτων.

Στο Σχήμα 3γ γίνεται ενίσχυση μέσω γωνιακών στις τέσσερις γωνίες του στύλου, με οριζόντιες ή διαγώνιες συνδέσεις μεταξύ τους.

Στο Σχήμα 3δ φαίνεται η ενίσχυση μέσω διπλών ταυ εγκιβωτισμένων σε νέο σκυρόδεμα.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται η σύμμικτη λειτουργία μέσω διατμητικών συνδέσεων (σύμφωνα με τον EC4), ώστε να επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής του μέλους στο μέγιστο βαθμό.[1]

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε ότι: (α) Αν στόχος της ενίσχυσης είναι η αύξηση της περισφιγξης στο υφιστάμενο σκυρόδεμα, η αποτελεσματικότητα του χαλύβδινου μανδύα αυξάνεται σημαντικά όταν η διατομή του είναι κυκλική ή ελλειπτική (β) Αν στόχος της ενίσχυσης είναι η αύξηση της διατμητικής αντοχής, η συνεισφορά του μανδύα στην ανάληψη τέμνουσας προέρχεται κυρίως από τα χαλύβδινα στοιχεία παράλληλα στην διεύθυνση της τέμνουσας (κατ' αναλογία με τους συνδετήρες στο οπλισμένο σκυρόδεμα) (γ) Ενώ η συμβολή

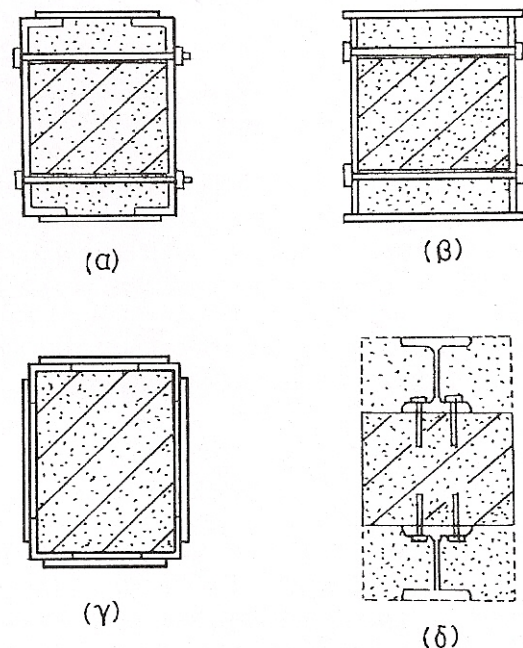
του ολόσωμου μανδύα μπορεί να είναι σημαντική στην αύξηση της δυσκαμψίας, είναι εξαιρετικά μικρή στην αύξηση της καμπτικής αντοχής του υποστυλώματος, λόγω διακοπής του μανδύα στα άκρα του.

4.2 ΜΕ ΧΡΗΣΗ FRP

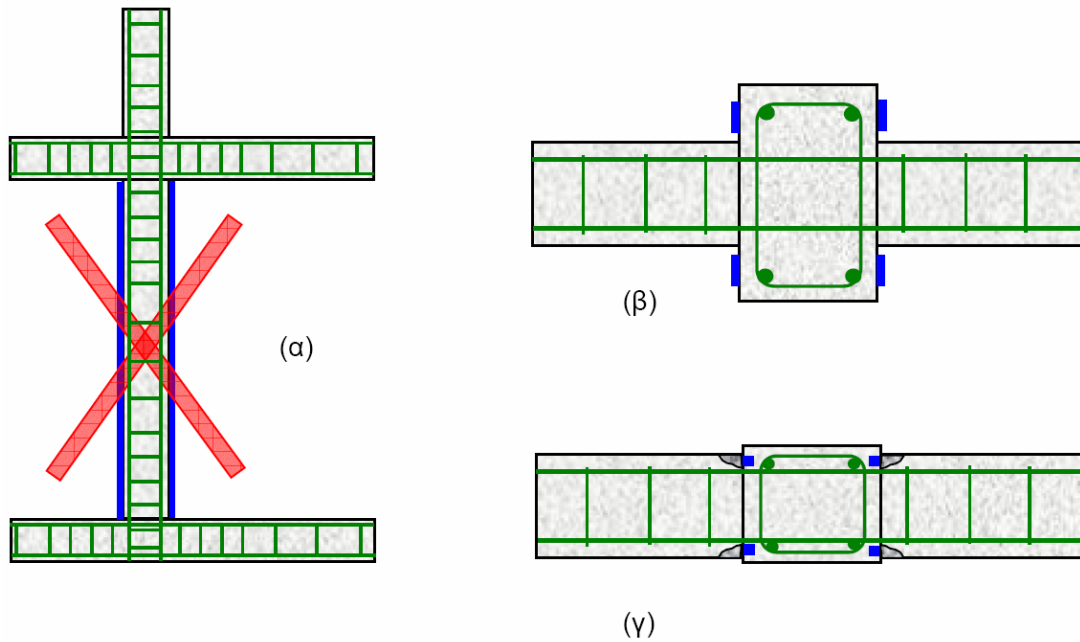
Η ενίσχυση υποστυλωμάτων με κρίσιμες σε κάμψη τις ακραίες διατομές, η εφαρμογή των σύνθετων υλικών σε μορφή ελασμάτων ή υφασμάτων είναι γενικά δύσκολη, δεδομένου ότι στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να εξασφαλισθεί η συνέχεια (αγκύρωση) των οπλισμών εντός των κόμβων. Αυτό γίνεται εφικτό όταν οι δοκοί έχουν μικρότερο πλάτος από τα υποστυλώματα ή όταν χρησιμοποιούνται οπλισμοί συνθετών υλικών μικρού πλάτους (π.χ. μορφής ράβδου) σε εγκοπές όπως δείχνει το Σχήμα 4.

Παράλληλα η ενίσχυση αυτών σε διάτμηση ισχύουν τα ίδια με αυτά που προαναφέρθηκαν για τις δοκούς.

Θα πρέπει να γίνει σαφές ότι η χρήση μανδύα σύνθετων υλικών σε υποστυλώματα προσδίδει : (α) Για την περίπτωση κατακόρυφων φορτίων (π.χ. αναβάθμιση υποστυλωμάτων γεφυρών ή προσθήκη μόνιμων φορτίων σε υφιστάμενα κτίρια) αυξημένη αντοχή. (β) για την περίπτωση σεισμικών φορτίων μεγάλη παραμορφωσιμότητα (σημαντική αύξηση των γωνιών στροφής χορδής) και/ή αυξημένη διατμητική αντίσταση χωρίς να αυξάνει την δυσκαμψία των ενισχυμένων στοιχείων (όπως συμβαίνει στην περίπτωση συμβατικού μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος). Σε ιδιαίτερα εύκαμπτες κατασκευές (π.χ. κτίρια με πιλοτή) αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, διότι αν η οριζόντια μετάθεση ορόφου αποτελεί παράμετρο ελέγχου στο σχεδιασμό της ενίσχυσης των επιμέρους κατακόρυφων στοιχείων, τότε μόνον η βελτίωση της ικανότητας για παραμόρφωση μέσω μανδύα σύνθετων υλικών μπορεί να αποδειχθεί ανεπαρκής λύση σε σχέση με τις σύγχρονες απαιτήσεις αντισεισμικότητας (οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν αύξηση της δυσκαμψίας). [2]



Σχήμα 3. Ενίσχυση στύλων μέσω ελασμάτων[1]



Σχήμα 4. Ενδεικτικές διατάξεις καμπτικής ενίσχυσης υποστυλωμάτων για μέγιστη ροπή στα άκρα. (α)Εσφαλμένη εφαρμογή,(β)συνέχεια οπλισμού τύπου ελάσματος μέσω της πλάκας,(γ)συνέχεια οπλισμού τύπου ράβδου σε εγκοπές μέσω του κόμβου.[2]

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Σ' αυτήν την ενότητα γίνεται προσπάθεια σύγκρισης των δύο μεθόδων ενίσχυσης με βάση τις φυσικές, τις χημικές και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται σε κάθε μέθοδο και τέλος με βάση τον σκοπό που εξυπηρετούν και την ευκολία χρησιμοποίησης. Οι διαφορές αυτές δίνονται με την μορφή πίνακα παρακάτω.

ΜΕ FRP	ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
Πολύ μικρό βάρος(περίπου 1/4-1/5 του χάλυβα)	Μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με FRP, αλλά γενικά μικρό βάρος σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ενίσχυσης
Είναι διαθέσιμα σε πολύ μεγάλα μήκη Διάθεση τους σε σχετικά δύσκαμπτες λωρίδες (πάχους της τάξης 1mm),υπάρχουν και εύκαμπτα υφάσματα(πάχους 0.1-0.4mm)τα οποία μπορούν να έρθουν σε πλήρη επαφή με το υπό ενίσχυση μέλος και να πάρουν όχι μόνο τα υπάρχοντα βέλη κάμψης τους αλλά και να αποκτήσουν και μια καλή συνάφεια κάτι πολύ σημαντικό για την επιτυχία της ενίσχυσης	Διατίθενται σε περιορισμένα μήκη Πολύ καλή συνεργασιμότητα με το σκυρόδεμα ,αν και απαιτείται χρήση μη συρρικνούμενου κονιάματος ,για την πλήρωση των κενών, όταν πρόκειται για ολόσωμους χαλύβδινους μανδύες. Στην περίπτωση χαλύβδινων ελασμάτων η συνάφεια είναι εξίσου καλή μ' αυτή των FRP

<p>Σχετικά υψηλές θερμοκρασίες ,της τάξης των 50-80°C,μειώνουν σημαντικά την ικανότητα ανάληψης δυνάμεων στις ρητίνες(χρησιμοποιούνται πάντα).Αν κα η θερμοκρασία αποσύνθεσης των ινών είναι 1000°C για το γυαλί, 650°C για τον άνθρακα 200°C για το αραμίδιο. Πειράματα έδειξαν ότι μανδύες σύνθετων υλικών με ίνες άνθρακα σε εποξειδική μήτρα υφίστανται απώλεια αντοχής για θερμοκρασίες πάνω από περίπου 260°C [2]</p>	<p>Μόνο στην περίπτωση ενίσχυσης δοκών με ελάσματα όπου χρησιμοποιούνται οι ρητίνες σχετικά υψηλές θερμοκρασίες ,της τάξης των 50-80°C,μειώνουν σημαντικά την ικανότητα ανάληψης δυνάμεων στις ρητίνες. Η θερμοκρασία τήξης του χάλυβα είναι περί τους 1500°C [4]</p>
ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
<p>Ανυπαρξία της ταχύτατης ηλεκτροχημικής διάβρωσης των πολυμερικών ελασμάτων</p>	<p>Σημαντικό πρόβλημα διάβρωσης του χάλυβα</p>
<p>Η έκθεση τους στην ατμόσφαιρα μπορεί να μειώσει κάποιες από τις μηχανικές τους ιδιότητες, λόγω του αλκαλικού περιβάλλοντος ή της υπεριώδους ακτινοβολίας</p>	<p>Η αντοχή τους στον χρόνο είναι συναρτήσε της αντιμετώπισης του προβλήματος της διάβρωσης που αντιμετωπίζουν</p>
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
<p>Μεγάλη εφελκυστική αντοχή της τάξης των 2000-6000N/mm²</p>	<p>Μικρότερη εφελκυστική αντοχή της τάξης των 200-600 N/mm²</p>
<p>Πιο εύκαμπτα και έχουν γραμμική ελαστική συμπεριφορά μέχρι την αστοχία ,με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζουν «πλατώ» διαρροής. Η έλλειψη αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μια ψαθυρή αστοχία ,η οποία δεν είναι επιθυμητή ή αποδεκτή σχεδιαστικά [7]</p>	<p>Είναι πιο δύσκαμπτα ,αλλά προσφέρουν ελεγχόμενη αλλαγή της δυσκαμψίας του κτιρίου[1]</p>
<p>Η έλλειψη πλαστιμότητας δεν σημαίνει και έλλειψη παραμορφωσιμότητας, αποτέλεσμα της οποίας είναι σε πολλές περιπτώσεις η σημαντική αύξηση της πλαστιμότητας στοιχείων σκυροδέματος ή τοιχοποιίας. [2]</p>	<p>Η παραμορφωσιμότητα τους είναι ελάχιστη σε σχέση μ' αυτή των σύνθετων υλικών</p>
<p>Έντονες ερπυστικές παραμορφώσεις</p>	<p>Οι ερπυστικές παραμορφώσεις είναι ελάχιστες</p>
ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	
<p>Ενισχύει την περιοχή της βάσης ,έτσι ώστε μη ικανοποιητικό μάτισμα οπλισμών στη σύνδεση του θεμελίου ,να μην επιφέρει αδυναμία στο σύστημα</p>	<p>Η ενίσχυση της περιοχής της βάσης είναι αδύνατη ακόμα κι όταν γίνεται με μικρού ύψους ολόσωμους μανδύες στα άκρα του υποστηλώματος, διότι τότε αυξάνεται σημαντικά η δυσκαμψία στους κόμβους</p>
<p>Μικρή αύξηση της ακαμψίας ,άρα μικρότερη παραλαβή σεισμικής δύναμης</p>	<p>Αυξάνει σημαντικά την ακαμψία της κατασκευής</p>
<p>Βελτιώνουν την πλαστιμότητα της κατασκευής όσο και την φέρουσα ικανότητα του συνδέσμου. Έχει βρεθεί ότι η πλαστιμότητα των αποκατεστημένων δοκιμίων είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερη</p>	<p>Ενίσχυση των υπαρχόντων συνδέσμων που έχουν διατμητικό τρόπο αστοχίας ,με την τοποθέτηση του μανδύα αλλάζουν την συμπεριφορά τους σε πλαστική κάμψη. Έχει βρεθεί σε αποκατεστημένα δοκίμια</p>

από εκείνη αυτών που προσομοιώνουν την υπάρχουσα κατασκευή [6]	με πλαστικό τρόπο με οριακή αντοχή για γωνιακή παραμόρφωση μέχρι 0.05rad σε σύγκριση με δοκίμια που προσομοιώνουν την υπάρχουσα κατασκευή [5]
Μπορούν να αποτρέψουν την ολίσθηση διαμήκων οπλισμών σε περιοχές με μάτισμα αλλά και να καθυστερήσουν τον λυγισμό ράβδων σε θλιβόμενες περιοχές σκυροδέματος με αραιή διάταξη συνδετήρων	Μπορούν να αποτρέψουν τον λυγισμό διαμήκους οπλισμού και να εμποδίσουν την αστοχία των συνδέσμων στα σημεία που ματίζονται, από την στιγμή που τέτοιες αστοχίες συνοδεύονται από εγκάρσια διόγκωση
Μια επέμβαση με FRP δεν στοχεύει ποτέ στην αύξηση της δυσκαμψίας της κατασκευής	Σημαντική η αύξηση της δυσκαμψίας του φορέα, ειδικά με την τοποθέτηση διαγώνιων χαλύβδινων συνδέσμων(δικτυωτοί σύνδεσμοι)σε μεγάλη ποικιλία μορφών. Με αποτέλεσμα την παραλαβή των σεισμικών δυνάμεων σε σημαντικό βαθμό μέσω ανάπτυξης αξονικών δυνάμεων στους συνδέσμους
Ιδιαίτερη προσοχή όπως έχει προαναφερθεί όταν πρόκειται για ενίσχυση Pilotis ,αφού δεν συνίσταται η χρήση τους	Το πρόβλημα της ασυνέχειας της δυσκαμψίας λόγω της Pilotis ,μπορεί σχετικά εύκολα να αρθεί με την προσθήκη στοιχείων ακαμψίας σε κατάλληλες θέσεις στην Pilotis. Λύση μπορεί να θεωρηθεί η χρήση επίπεδων φορέων δυσκαμψίας από χαλύβδινα στοιχεία με κατάλληλες διαστάσεις για την αύξηση της δυσκαμψίας του ισογείου (σύνδεσμοι χιαστί, λάμδα κλπ.)αλλά και των υπολοίπων ορόφων αν απαιτηθεί
Αύξηση της περίσφιγξης	Αύξηση της περίσφιγξης
Πολύ καλή αποτελεσματικότητα στην ενίσχυση σε διάτμηση, μεγαλύτερη αντοχή από τον χάλυβα	Πολύ καλή αποτελεσματικότητα στην ενίσχυση σε διάτμηση
Πολύ καλή καμπτική ενίσχυση υποστυλωμάτων, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται σύνθετα υλικά μορφής ράβδου	Δεν χρησιμοποιούνται για την καμπτική ενίσχυση υποστυλωμάτων ,αφού κρίσιμοι σε κάμψη είναι οι κόμβοι
ΕΥΚΟΛΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	
Μεγάλη ευκολία και ευελιξία	Μικρότερη ευκολία και ευελιξία, εξαιτίας των τυποποιημένων διατομών
Μεγάλη ταχύτητα εφαρμογής	Αρκετά ικανοποιητική ταχύτητα εφαρμογής, μεγαλύτερη από συνηθισμένες μεθόδους ενίσχυσης
Υψηλό κόστος(4.5 φορές περίπου ακριβότερα από τον κοινό χάλυβα)	Υψηλό κόστος, με μικρές διαφορές από αυτό των σύνθετων υλικών
Μικρή εμπειρία για το υλικό και για τις κατασκευαστικές εφαρμογές της πράξης για μεγάλο χρονικό διάστημα	Αρκετή εμπειρία για το υλικό αυτό, εξαιτίας της μεταλλικής φύσεως του
Δεν αλλοιώνουν εκτός από τις διαστάσεις, την αρχιτεκτονική και την αισθητική του	Η αισθητική τους είναι ελεγχόμενη, όμως δε συνίσταται η χρήση τους για

κτιρίου (π.χ. σε επεμβάσεις κτιρίων σημαντικής αρχιτεκτονικής και ιστορικής αξίας)	σημαντικής αρχιτεκτονικής και ιστορικής αξίας κτίρια
Εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση ,που οφείλεται στο χαμηλό τους βάρος (πολύ μικρότερο από αυτό του χάλυβα), στη μη τοποθέτηση ικριωμάτων ,στη χρησιμοποίηση ανειδίκευτου, αλλά απλώς εκπαιδευμένου προσωπικού	Ευκολία μεταφοράς και επεμβάσεων, εύκολη εύρεση προσωπικού ,χρήση ικριωμάτων (επιλογή του κατασκευαστή)
Η εγκατάσταση δεν προκαλεί κίνδυνο φθοράς ή αποδυνάμωσης της υφιστάμενης κατασκευής, δεν αυξάνει το βάρος της κατασκευής και δεν επηρεάζει φαινόμενα ερπυσμού	Το μέλος ενισχύεται με αύξηση της διατομής του, η νέα ένταση που προκύπτει που προκύπτει είναι συνήθως μεγαλύτερη από την παλαιά (λόγω αύξησης της δυσκαμψίας του μέλους αυτού)και επομένως πιθανόν να κριθεί σκόπιμο προκειμένου να αποτονωθεί η ένταση του μέλους αυτού να γίνει αύξηση της δυσκαμψίας σε άλλη θέση του φορέα
Δεν μεταβάλλεται η γεωμετρία της διατομής, εξαιτίας του πολύ μικρού πάχους των σύνθετων υλικών	Η προσθήκη χάλυβα έχει σαν αποτέλεσμα την μετατροπή δομικών στοιχείων ή δομικών συστημάτων σε σύμμικτα, τα οποία διαστασιολογούνται βάσει αρχών που διέπουν τον σχεδιασμό σύμμικτων φορέων σε νέες κατασκευές
Μπορεί να εφαρμοστεί σε πάσης φύσεως διατομές	Οι διατομές στις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν είναι περιορισμένες σε σχέση μ' αυτές των σύνθετων υλικών

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση σύνθετων υλικών ως βασικού δομικού στοιχείου για επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα τόσο από στατική όσο και από αρχιτεκτονική άποψη σε σχέση με τη χρήση χαλύβδινων στοιχείων. Επίσης η ταχύτητα εκτέλεσης, η προσαρμοστικότητα και η ευκολία μελέτης είναι καλύτερες στην περίπτωση των FRP. Παράλληλα τα σύνθετα υλικά προσφέρουν καμπτική ενίσχυση στην περίπτωση υποστρωμάτων σε αντίθεση με τα χαλύβδινα στοιχεία, τα οποία ωστόσο με μικρό πρόσθετο βάρος προσφέρουν ελεγχόμενη αλλαγή της αρχικής δυσκαμψίας κάτι το οποίο δεν μπορούν να προσφέρουν τα FRP. Αξίζει να σημειωθεί το πολύ υψηλό κόστος των σύνθετων υλικών, κάτι που δεν ισχύει στον ίδιο βαθμό για τα μεταλλικά στοιχεία. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις μπορούν να επηρεάσουν και τα δύο υλικά με κρίσιμη στην περίπτωση των FRP την θερμοκρασία και σ' αυτή του χάλυβα την διάβρωση. Τέλος αν και οι δύο είναι νέες μέθοδοι ενίσχυσης στην περίπτωση του χάλυβα υπάρχει πολύ περισσότερη εμπειρία. Εν κατακλείδι οι δύο αυτές μέθοδοι είναι οι πλέον ενδεδειγμένες για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ η επιλογή χρήσης κάθε μίας από αυτές επαφίεται στις ειδικές ανάγκες του υπό ενίσχυση κτιρίου.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ Χ. Ι., ΒΑΓΙΑΣ Κ. Ι., ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ Ι. Γ., «**Επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση χαλύβδινων στοιχείων.**», “2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικών Κατασκευών”, Τόμος Β’
2. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Α. Χ.(2006), «**Ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος και φέρουσας τοιχοποιίας με σύνθετα υλικά.**», Βιβλιοπωλεία Παπασωτηρίου
3. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Α. Χ.(2005), «**Σύμμικτες κατασκευές**», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
4. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Α. Χ.(2004), «**Δομικά υλικά**», Βιβλιοπωλεία Παπασωτηρίου
5. A.GHOBARAH, TAREK S. AZIZ, ASHRAF BIDDAH, « **Rehabilitation of reinforced concrete frame connections using corrugated steel jacketing**», ACI structural journal Μάιος Ιούνιος 1997
6. ZE-JUN GENG, MICHAEL J. CHAJES, TSU-WEI CHOU, DAVID YEN-CHENG PAN, «**The retrofitting of reinforced concrete column-to-beam connections**», Composites Science and Technology 1998
7. R.N.SWAMY and P.MUKHOPADHYAYA (1995) “**Role and effectiveness of non-metallic plates in strengthening and upgrading concrete structures**” Non-metallic (FRP) reinforcement for concrete structures
(www.atypon-link.com/TELF/doi/pdf/10.1680/stbu.146.3.327.45432)