Archetype

Λήψη Απόφασης Ενίσχυσης Κτιρίων με Σύνθετα Υλικά από Πολυμερικές Ίνες (FRPs) / ΙΟΠ ή με Μανδύα από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Χριστίνα Ιωακειμίδου - 21/04/2026

Η λήψη αποφάσεων για τη στρατηγική ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα και πιο σύνθετα στάδια της σύγχρονης δομοστατικής μελέτης, καθώς οι μηχανικοί καλούνται να ισορροπήσουν ανάμεσα σε αυστηρούς κανονιστικούς περιορισμούς, οικονομικούς παράγοντες και λειτουργικές απαιτήσεις. Η παρούσα αναλυτική αναφορά βασίζεται σε εκτενή έρευνα και δεδομένα που παρουσίασε ο Πολιτικός Μηχανικός κ. Κωνσταντίνος Βαδαλούκας της *3DR Engineering Software*, στο Building Strengthening Show 2025, εστιάζοντας στη σύγκριση μεταξύ των **ινοπλισμένων πολυμερών**

(FRPs) και των **μανδυών οπλισμένου σκυροδέματος** για την ενίσχυση οριζόντιων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος, όπως οι πλάκες και οι δοκοί. Η μελέτη άντλησε στοιχεία από έξι υφιστάμενα κτίρια (Ν. Ψυχικό, Ίλιον, Μαρούσι, Αθήνα, Χαλάνδρι, Κερατσίνι) που κατασκευάστηκαν μεταξύ των ετών 1959 και 1983, μια περίοδο κατά την οποία οι τότε ισχύοντες κανονισμοί υπολείπονταν σημαντικά των σύγχρονων απαιτήσεων αντισεισμικής προστασίας και φέρουσας ικανότητας. Τα υπό εξέταση κτίρια κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα αναγκών, όπως υπογραμμίζει ο κ. Βαδαλούκας, από απλές προσθήκες ορόφων και νομιμοποιήσεις αυθαιρέτων έως ριζικές αλλαγές χρήσης σε κτίρια, τα οποία χρήζουν υψηλής αντισεισμικής προστασίας, όπως μουσεία και βρεφονηπιακοί σταθμοί, με στάθμες επιτελεστικότητας που κυμαίνονταν από την αποφυγή κατάρρευσης έως τον περιορισμό βλαβών.

Στην ομιλία του ο κ. Βαδαλούκας αναφέρει ότι, κατά την έναρξη της μελέτης, η χρήση εξειδικευμένου λογισμικού, όπως το 3DR.STRAD, θεωρήθηκε απαραίτητη για την αυτοματοποίηση των πολυάριθμων ελέγχων που επιβάλλει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. και ο Ευρωκώδικας 8-3. Ένα από τα πρώτα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν η αυστηρότητα του κανονιστικού πλαισίου σχετικά με τα σύνθετα υλικά. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. ορίζει ότι η ενίσχυση της εφελκυόμενης ζώνης με FRPs γενικώς δεν εφαρμόζεται σε περιοχές οι οποίες ενδέχεται να βρεθούν υπό θλιπτική καταπόνηση λόγω ανακυκλιζόμενης ροπής ή τυχηματικής δράσης. Αυτός ο περιορισμός είναι καθοριστικός, μιας και οι δοκοί, στα σημεία στηρίξεών τους, συχνά υφίστανται αντιστροφή των εντάσεών τους. Επιπλέον, υπάρχει η θεμελιώδης απαίτηση, αναφερόμενη στο αρχικό δομικό στοιχείο, το οποίο πρέπει να είναι σε θέση να αναλάβει μόνο του (χωρίς την ενίσχυση) τουλάχιστον τα μόνιμα φορτία του τελικού σχεδιασμού. Σε αντίθετη περίπτωση η χρήση FRPs αποκλείεται εξ ορισμού. Στην ανάλυση των έξι κτιρίων, διαπιστώθηκε ότι σε ένα σημαντικό ποσοστό που άγγιζε το 25-30% των πλακών που χρίζανε ενίσχυσης, η ενίσχυση με FRPs ήταν κανονιστικά ανέφικτη ακριβώς λόγω αυτής της αδυναμίας των υφιστάμενων στοιχείων να φέρουν τα μόνιμα φορτία των νέων συνθηκών.

Πέρα από τις υποχρεωτικές διατάξεις, οι κανονιστικές συστάσεις περιορίζουν περαιτέρω την ευελιξία των

FRPs. Η σύσταση για μη υπέρβαση του διπλασιασμού της αρχικής καμπτικής αντοχής βρήκε εφαρμογή σε αρκετά κτίρια όπου οι απαιτήσεις λόγω αλλαγής χρήσης και φορτίων απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερες αυξήσεις αντοχών, καθιστώντας τα σύνθετα υλικά μη προτεινόμενη επιλογή. Επιπλέον, η ανάγκη για αγκύρωση των ελασμάτων σε απόσταση περίπου ενός μέτρου, πέρα από το σημείο μηδενισμού των ροπών, δημιουργεί σοβαρά χωρικά προβλήματα, ειδικά σε δοκούς όπου η παρουσία «εμποδίων», όπως πχ τα υποστυλώματα, καθιστά αυτή την επέκταση αρκετές φορές αδύνατη. Στον αντίποδα, ο **μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος**, αν και πιο παρεμβατικός, προσφέρει μια σαφή και απόλυτη λύση σε αυτές τις περιπτώσεις, καθώς δεν υπόκειται στους άνω περιορισμούς.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε και στην ενίσχυση έναντι διάτμησης, όπου οι δοκοί των παλαιότερων κατασκευών παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες ανεπάρκειες. Η χρήση χάλυβα St I και η αραίωση των συνδετήρων ανά 30 εκατοστά, σε συνδυασμό με τη σύγχρονη απαγόρευση προσμέτρησης των «σπαστών» ράβδων στην τέμνουσα αντοχή (εναλλασσόμενη φόρτιση), καθιστούν τη διατμητική ενίσχυση επιβεβλημένη σχεδόν στο σύνολο των δοκών. Εδώ, όπως αναφέρει ο ομιλητής, υπάρχει απαίτηση για κάλυψη και των τεσσάρων πλευρών της δοκού για πλήρη αποτελεσματικότητα. Η ανοιχτή ενίσχυση τύπου U (3 πλευρές), αν και επιτρέπεται, απαιτεί ή ειδικές μηχανικές αγκυρώσεις ή εποξειδική κόλλα, υπό τον όρο όμως της επάρκειας του αρχικού στοιχείου για τον συνδυασμό μόνιμων και κινητών φορτίων (G + ψ2Q), κάτι που σε αρκετές περιπτώσεις δεν καλύπτεται σε κτίρια προ του 1983. Το πρόβλημα οξύνεται σε περιμετρικές δοκούς κτιρίων που βρίσκονται σε επαφή με όμορα κτίσματα, όπου η πρόσβαση στις εξωτερικές πλευρές είναι πρακτικά αδύνατη, καθιστώντας τη συμμόρφωση με τον ΚΑΝ.Ε.ΠΕ. μια εξαιρετικά δύσκολη εξίσωση για τον εκάστοτε μελετητή.

Όπως παρουσίασε στην ομιλία του ο κ. Βαδαλούκας, η οικονομική διάσταση της σύγκρισης αναδεικνύει μια ενδιαφέρουσα τάση που εξαρτάται άμεσα από τη σπουδαιότητα του έργου. Σε κτίρια κατοικιών (κατηγορία σπουδαιότητας Σ2) με σχετικά περιορισμένες ανάγκες ενίσχυσης, το κόστος των FRPs είναι παραπλήσιο με αυτό των μανδυών, καθιστώντας τά σύνθετα υλικά ελκυστικότερα λόγω της ταχύτητας εφαρμογής τους. Ωστόσο, σε έργα υψηλής σπουδαιότητας (Σ3 ή Σ4) ή σε περιπτώσεις αλλαγής χρήσης με σημαντική αύξηση φορτίων, ο **μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος** αποδεικνύεται οικονομικά αποδοτικότερος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για να επιτευχθεί η απαιτούμενη αντοχή με FRPs, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες υλικών σε πυκνή διάταξη, κάτι που εκτοξεύει το κόστος σε επίπεδα πολύ υψηλότερα από αυτά του σκυροδέματος και του χάλυβα. Παρόλα αυτά, στη συνολική οικονομική ανάλυση του μανδύα πρέπει να συνυπολογίζονται και οι εκτεταμένες εργασίες αποκατάστασης των ηλεκτρομηχανολογικών δικτύων και των αρχιτεκτονικών τελειωμάτων, οι οποίες συχνά υποτιμώνται στην αρχική εκτίμηση.

Από λειτουργικής και αρχιτεκτονικής άποψης, κατά τον ίδιο, τα FRPs διατηρούν ένα αδιαμφισβήτητο πλεονέκτημα. Η εφαρμογή τους δεν αλλοιώνει τις διαστάσεις των δομικών στοιχείων, διασφαλίζοντας ότι το ελεύθερο ύψος των χώρων παραμένει ανεπηρέαστο. Αντιθέτως, η προσθήκη μανδυών οπλισμένου σκυροδέματος οδηγεί σε απώλεια ωφέλιμου όγκου που κυμαίνεται από 5% έως 10% και σε μείωση του ύψους, κάτι που μπορεί να καταστήσει έναν χώρο μη λειτουργικό ή να παραβιάσει τον οικοδομικό κανονισμό. Επιπλέον, ο μανδύας αυξάνει σημαντικά τις μάζες του κτιρίου, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση των σεισμικών δυνάμεων και συχνά μεταφέρει το πρόβλημα της ενίσχυσης στα κατακόρυφα στοιχεία και τη θεμελίωση.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με την αναλυτική ομιλία του κυρίου Κωνσταντίνου Βαδαλούκα, η επιλογή μεταξύ των δύο μεθόδων δεν μπορεί να βασίζεται σε έναν γενικό κανόνα, αλλά απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση. Τα **ινοπλισμένα πολυμερή** (FRP) αποτελούν την ιδανική λύση για έργα όπου η ταχύτητα, η διατήρηση του αρχιτεκτονικού όγκου, καθώς και η αποφυγή πρόσθετων φορτίων είναι οι πρωταρχικοί στόχοι, εφόσον βέβαια καλύπτονται οι αυστηροί κανονιστικοί έλεγχοι. Από την άλλη πλευρά, ο **μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος** παραμένει η πιο εύλογη επιλογή για ριζικές ενισχύσεις με μεγάλες αυξήσεις φορτίων. Η ικανότητα του μελετητή να χρησιμοποιεί σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία για τη σύγκριση αυτών των σεναρίων, είναι ο μόνος δρόμος για την επίτευξη μιας λύσης που θα είναι ταυτόχρονα ασφαλής, οικονομικά βιώσιμη και λειτουργικά αποδεκτή. Κλείνοντας, ο ομιλητής υπογραμμίζει, ότι το μέλλον των ενισχύσεων φαίνεται να βρίσκεται στον συνδυασμό των δύο μεθόδων, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της κάθε μιας ανάλογα με τις ανάγκες του έργου.

Δείτε ολόκληρη την παρουσίαση του κυρίου **Κωνσταντίνου Βαδαλούκα** στο **Building Strengthening Show 2025**: