Archetype



Δομική αποκατάσταση κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας με τα συστήματα της Kerakoll

Χριστίνα Ιωακειμίδου - 07/10/2026

Εικόνα Εξωφύλλου: gr.kerakoll.com

Στην ομιλία του στο *Building Strengthening Show 2025*, ο κ. *Απόστολος Φουρλής*, Product Manager της **Kerakoll**, εύλογα αναφέρει πως το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα της χώρας είναι γηρασμένο, ενώ οι δομικές επεμβάσεις, η αποτίμηση και η πρόταση ενισχύσεων σε υφιστάμενα κτίρια συνιστούν διαδικασίες πολύ πιο σύνθετες και πολύπλοκες σε σύγκριση με τη στατική μελέτη ενός νεόδμητου κτιρίου. Οι κανονισμοί, όπως ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. και ο ΚΑΔΕΤ, υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα χρήσης πιστοποιημένων υλικών, τα οποία δεν λειτουργούν μεμονωμένα, αλλά ως ολοκληρωμένα συστήματα ικανά να συνεργαστούν αρμονικά με το υφιστάμενο δόμημα, διασφαλίζοντας παράλληλα τη μονολιθικότητα.

Όπως τονίζει ο ομιλητής, σύμφωνα με την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία, τα υλικά δομικών επεμβάσεων απαιτείται να φέρουν σήμανση από τον *Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τεχνικών Αξιολογήσεων (ΕΟΤΑ)*, ο οποίος εκδίδει τις *Ευρωπαϊκές Τεχνικές Αξιολογήσεις (ΕΤΑ)*, κατά αντιστοιχία με τα πρότυπα θερμοπρόσοψης και

τοποθέτησης πλακιδίων. Η προάσπιση και η προστασία των παλαιών κτιρίων αποτελεί από μόνη της μια υψηλά βιώσιμη ενέργεια. Συνεπώς, οι πολιτικοί μηχανικοί διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην προστασία της ανθρώπινης ζωής και της περιουσίας από τις συνέπειες των σεισμών, οι οποίοι προκαλούν ζημιές πολλών δισεκατομμυρίων. Στο πλαίσιο αυτό, όπως αναφέρει ο κ. Φουρλής, ο πολυεθνικός όμιλος Kerakoll, με πολυετή παρουσία και μονάδα παραγωγής στην Ελλάδα (Σχηματάρι Βοιωτίας), αναπτύσσει τεχνολογίες που είναι σε θέση να επιλύουν προβλήματα φέρουσας ικανότητας και παράλληλα διασφαλίζουν ότι το περιβάλλον παραδίδεται στις επόμενες γενιές βιώσιμο.

Τεχνολογία Σύνθετων Υλικών και Βιώσιμες Δομικές Επεμβάσεις

Για την αναβάθμιση της φέρουσας ικανότητας και της ικανότητας παραμόρφωσης των κατασκευών, αξιοποιούνται προηγμένα σύνθετα υλικά. Όπως αναλύει ο κ. Φουρλής, ο οπλισμός διακρίνεται στα *ινοπλέγματα* (συνθετικά, διαξονικά και ισότροπα υλικά υψηλής εφελκυστικής αντοχής) και στα *υφάσματα* (μονοαξονικά υλικά πολύ υψηλής εφελκυστικής αντοχής και δυστένειας). Τα περισσότερα ινοπλέγματα αξιοποιούν ίνες βασάλτη, ενός ηφαιστειογενούς πετρώματος από το οποίο παράγονται κλώνοι ινών με χαμηλότερο οικολογικό αποτύπωμα και μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Η εμπορική τους ονομασία είναι *Geosteel Grid*, της εταιρίας Kerakoll, ενώ το αμελητέο πάχος των συστημάτων δεν μεταβάλλει τη μάζα και τη γεωμετρία του φορέα του κτιρίου, άρα δε μεταβάλλεται η δυσκαμψία του σε όρους δυνάμεων.

Ως προς τις μήτρες επικόλλησης των ινοπλεγμάτων και των υφασμάτων, χρησιμοποιούνται κονιάματα ανόργανης μήτρας βασισμένα στη φυσική υδραυλική άσβεστο, τα οποία όπως αναφέρεται στην εισήγηση, διαθέτουν υψηλή πρόσφυση, συμβατό πορώδες, επαρκή διαπνοή για την αποφυγή εγκλωβισμού υγρασίας, η οποία μπορεί να βλάψει τα επιχρίσματα και τον δομικό ιστό. Επιπλέον, τα εν λόγω κονιάματα έχουν χαμηλό μέτρο ελαστικότητας και συνεπώς παραμορφωσιμότητα συμβατή με την τοιχοποιία. Επιπλέον έχουν την κατάλληλη κοκκομετρική διαβάθμιση για να πετυχαίνουν την πλήρη αλληλοεμπλοκή με τα ινοπλέγματα, ενώ εναλλακτικά επιλέγονται ρητίνες ή ειδικά κονιάματα για άλλες κατασκευές, για παράδειγμα από σκυρόδεμα.

Όπως αναλύει στην ομιλία του ο κ. Φουρλής, στα χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής περιλαμβάνονται τα διατηρητέα κτίρια φέρουσας τοιχοποιίας με υστέρημα εφελκυστικής αντοχής, ελλειμματικές συνδέσεις μεταξύ τοίχων και εύκαμπτα διαφράγματα. Πριν την εφαρμογή των ινοπλεγμάτων ανόργανης μήτρας, τα οποία βελτιώνουν τη συμπεριφορά σε φαινόμενα κάμψης και διάτμησης, προηγούνται τοπικές συρραφές με ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα (όπως τα *STEEL DRYFAST*), ενώ έπεται η εύκολη εφαρμογή κονιαμάτων (όπως το *GEOCALCE F ANTISISMICO*) με μυστρί ή μηχανή επιχρισμάτων. Τα υλικά των εν λόγω συστημάτων δεν απαιτούν ιδιαίτερο χώρο για την αποθήκευσή τους και έχουν χαμηλό βάρος, επομένως προσφέρουν πλεονεκτήματα στον υλικοτεχνικό εφοδιασμό (logistics). Συνεπώς αποτελούν ελκυστική επιλογή για εργασίες σε κέντρα πόλεων, νησιά, ορεινούς οικισμούς ή δύσκολα προσβάσιμους χώρους.



Πηγή εικόνας: gr.kerakoll.com

Ενέματα και Ομογενοποίηση Μάζας Τοιχοποιίας

Για την ομογενοποίηση της μάζας της τοιχοποιίας εφαρμόζονται πολύ ρευστά ενέματα, όπως το *GEOCALCE FL ANTISISMICO* της Kerakoll, συνήθως με χρήση ειδικών μηχανημάτων όπως αντλιών χαμηλής πίεσης. Στην ομιλία αναφέρεται ότι, στις τρίστρωτες λιθοδομές, όπου παρατηρείται ενδιάμεσος πυρήνας με αδρανή ή ασύνδετα υλικά φτωχών μηχανικών χαρακτηριστικών και κενά, επιδιώκεται η αποκατάσταση της σύνδεσης των λιθοσωμάτων και η ενεργοποίηση του πυρήνα στην ανάληψη φορτίων, περιορίζοντας παράλληλα και ενδεχόμενη εγκάρσια διόγκωση. Σύμφωνα με τον κ. Φουρλή, το ένεμα απαιτείται να διαθέτει υψηλή ικανότητα πλήρωσης, σταθερό όγκο προς αποφυγή μη ανιχνεύσιμων συρρικνώσεων, υψηλή ρεολογία και διεισδυτικότητα. Κατά την εφαρμογή, πρέπει να έχει επαρκή ενεσιμότητα, χωρίς διαχωρισμό των αδρανών (εξίδρωση).


37

Πηγή εικονας: upload.wikimedia.org

Υφάσματα Ανόργανης Μήτρας, Πιστοποιημένες Αγκυρώσεις και συμβατές επεμβάσεις

Τα πιστοποιημένα μονοαξονικά υφάσματα χάλυβα για φέρουσες τοιχοποιίες αποτελούνται από νήματα χάλυβα υψηλής εφελκυστικής αντοχής και μεγάλης δυστένειας, με μεγάλη ειδική επιφάνεια ανά ίνα για αυξημένη αλληλοεμπλοκή με το κονίαμα και πρόσφυση. Όπως επισημαίνεται στην εισήγηση, σε τριώροφο κτίριο εκπαιδευτικής χρήσης από πωρόλιθο χαμηλής αντοχής απορρίφθηκαν εσωτερικοί μεταλλικοί σκελετοί και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ως μέθοδοι ενίσχυσης, αλλά τοποθετήθηκαν υφάσματα στις όψεις για την ενίσχυση του κτιρίου αλλά και για τη διατήρηση του χαρακτήρα του υφιστάμενου στατικού συστήματος.

Για τη διασφάλιση της μεταφοράς δυνάμεων από την ανωδομή στη θεμελίωση και μεταξύ των δομικών στοιχείων, κρίσιμες είναι οι αγκυρώσεις. Ο ΕΟΤΑ επιβάλλει έλεγχο αγκυρώσεων σε υποστρώματα χαμηλών αντοχών (όπως οπτόπλινθοι, πωρόλιθοι και φυσικοί λίθοι) για τη μελέτη του μηχανισμού αστοχίας (για παράδειγμα, θραύση ινών ή αστοχία του υποστρώματος). Στις βάσεις τοιχοποιιών, τα χαλύβδινα νήματα μετατρέπονται σε αγκυρώσεις μέσω σχηματισμού δεσμίδων. Αυτές βλητρώνονται σε οπές με το αντίστοιχο πιστοποιημένο υλικό. Παράλληλα, κατά τον κ. Φουρλή, για την ενίσχυση του κτιρίου χωρίς να επηρεαστούν εμφανή αρχιτεκτονικά στοιχεία (*για παράδειγμα εμφανείς λαξευτοί γωνιόλιθοι*), χρησιμοποιούνται ανοξείδωτα ελικοειδή αγκύρια υψηλής συνάφειας (*STEEL DRYFAST*). Τα αγκύρια παράγονται σε δύο ποιότητες ανοξείδωτου χάλυβα. Τα αγκύρια αυτά τοποθετούνται εν ξηρώ σε μικρότερες οπές (π.χ. 6 mm για αγκύριο 10 mm) χωρίς χημικό ένεμα ή άλλο υλικό βλήτρωσης, βασίζοντας την πρόσφυσή τους στο υπόστρωμα στην τριβή. Διαθέτουν πιστοποιημένη διατμητική αντοχή και είναι ικανά για δράση βλήτρου. Η εφαρμογή τους στο εν λόγω έργο έγινε με λοξή έμπηξη στις θέσεις ακμών του κτιρίου, ώστε να διατηρηθούν ανέπαφοι οι γωνιόλιθοι. Χρησιμοποιούνται επίσης για τη συρραφή εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων σε θέσεις ρωγμών ή για τη σύνδεση δίστρωτων τοιχοποιιών, ώστε αυτές να λειτουργούν ως σύνθετη διατομή. Σε άλλη περίπτωση έργου, σε ενίσχυση νεοτέρου μνημείου φέρουσας τοιχοποιίας, όπως επισημαίνεται στην ομιλία, εφαρμόστηκαν εγκάρσιοι σύνδεσμοι μήκους ενός μέτρου και διαμέτρου 12 mm, ενέματα και τελικό αρμολόγημα με συμβατό κονίαμα. Η επέμβαση δεν επηρέασε τη φυσιογνωμία και την αισθητική του κτιρίου.



Ινστιτούτο Γκαίτε Λευκωσία | Μελέτη αποτίμησης και δομικών επεμβάσεων: Cubus Hellas | Πηγή εικόνας: openhousenicosia.com

Μηχανισμοί αστοχίας, πιστοποίηση συστήματος και λογισμικά διαστασιολόγησης

Το κρίσιμο σημείο για την αποδοτικότητα των σύνθετων υλικών, όπως τονίζει ο κ. Φουρλής, έγκειται στη συνεργασία με το υπόστρωμα. Η υψηλή εφελκυστική δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτά τα υλικά πρέπει να παραληφθεί ως διάτμηση από τη διεπιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας και του συστήματος ενίσχυσης. Ο ΚΑΔΕΤ τονίζει ότι η εφελκυστική αντοχή των υλικών πολλές φορές δεν αξιοποιείται πλήρως. Συνεπώς, απαιτείται συνδυαστικός και συνολικός έλεγχος όλων των μερών που απαρτίζουν το σύστημα, δηλαδή του κονιάματος, του υφάσματος και του υποστρώματος. Κρίσιμοι μηχανισμοί αστοχίας κρύβονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η αποκόλληση από το υπόστρωμα αποτελεί τη συχνότερη μορφή αστοχίας και μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση πιστοποιημένων μηχανικών αγκυρώσεων. Όπως επισημαίνεται στην ομιλία, υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της αντοχής των ξηρών ινών του πλέγματος / υφάσματος και της πραγματικής μηχανικής επίδοσης του σύνθετου υλικού.

Η Ευρωπαϊκή Τεχνική Οδηγία απαιτεί υποχρεωτικό έλεγχο ανθεκτικότητας σε δυσμενείς συνθήκες, λ.χ. ανακυκλιζόμενες φορτίσεις, περιβάλλοντα χλωριόντων, ενανθράκωσης, αλκαλικά περιβάλλοντα, συνθήκες ψύξης-απόψυξης, καθώς και περιοχές αλληλοεπικαλύψεων ή πολλαπλών στρώσεων πλεγμάτων / υφασμάτων. Τα φύλλα τεχνικών προδιαγραφών και οι δηλώσεις επιδόσεων (DOP) παρέχουν δεδομένα μέγιστων τάσεων αποκόλλησης και παραμορφώσεων αστοχίας για ολόκληρο το σύστημα, δηλαδή το υπόστρωμα, τη μήτρα, και τον οπλισμό.

Για τον ακριβή σχεδιασμό, οι μελετητές πολιτικοί μηχανικοί αξιοποιούν εξειδικευμένο λογισμικό

διαστασιολόγησης, όπως το *3Muri* το οποίο ενσωματώνει και τα συστήματα της *Kerakoll*. Με τον τρόπο αυτό εισάγονται τα υφιστάμενα μηχανικά χαρακτηριστικά και τα εντατικά μεγέθη, ενώ τα διαγράμματα ροπών επιβεβαιώνουν τη μέγιστη ροπή κάμψης στη βάση της τοιχοποιίας, παράγοντας αποτελέσματα που ενσωματώνονται στα παραρτήματα των στατικών υπολογισμών. Επιπρόσθετα, στην ιστοσελίδα της Kerakoll διατίθεται ολοκληρωμένος τεχνικός οδηγός με κατασκευαστικές λεπτομέρειες σε επεξεργάσιμη μορφή DWG, σημειώσεις, κανονιστικό πλαίσιο, τεχνικές προδιαγραφές και οδηγίες εφαρμογής, οι οποίες επεκτείνονται και σε επεμβάσεις οπλισμένου σκυροδέματος, καλύπτοντας την ενίσχυση δοκών σε κρίσιμες περιοχές, υποστυλωμάτων, πλακών και τοιχίων με τη χρήση υφασμάτων χάλυβα υψηλής αντοχής.

Περισσότερες πληροφορίες και υλικό στον ακόλουθο σύνδεσμο: area-download.kerakoll.com.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με την ομιλία του κ. Απόστολου Φουρλή, η δομική αναβάθμιση του γηρασμένου κτιριακού αποθέματος απαιτεί από τον πολιτικό μηχανικό και αρχιτέκτονα μια αυστηρά επιστημονική προσέγγιση. Η επιτυχία μιας δομικής επέμβασης δεν εξαρτάται από τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά αντοχής των σύγχρονων σύνθετων υλικών, αλλά κυρίως από τη συνεργασία τους με το υφιστάμενο υπόστρωμα και από την ικανότητά τους για μονολιθική σύνδεση. Επιπρόσθετα, πολύ σημαντική είναι η πιστή τήρηση των κανονιστικών πλαισίων (ΚΑΝ.ΕΠΕ., ΚΑΔΕΤ, EC8 Μέρος 3). Αξιοποιώντας πιστοποιημένες λύσεις συστήματος για τις δομικές επεμβάσεις καθώς και προηγμένα λογισμικά σχεδιασμού, οι μηχανικοί μπορούν να επιτύχουν την αύξηση της φέρουσας ικανότητας των κατασκευών μας και να μειώσουν τη δομική τους τρωτότητα. Παράλληλα, διασφαλίζεται η προστασία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς, της περιουσίας και, πάνω από όλα, της ανθρώπινης ζωής.

Δείτε ολόκληρη την παρουσίαση του κυρίου **Απόστολου Φουρλή** στο **Building Strengthening Show 2025**: