

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΝΕΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ-ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

Περίληψη

Η μελέτη για επισκευή-ενίσχυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα οδήγησε σε πειραματισμούς με νέα υλικά, προηγμένης τεχνολογίας των οποίων η συμπεριφορά αποδείχθηκε κατά ένα μεγάλο ποσοστό αρκετά ικανοποιητική έτσι ώστε τα τελευταία χρόνια η χρήση τους να γίνεται σε ένα ευρύ πεδίο κατασκευών. Η παρακάτω εργασία περιλαμβάνει αποτελέσματα και συμπεράσματα από την χρήση υλικών όπως οι ρητίνες, τα επικολλητά ελάσματα (χαλύβδινα, FRP), επίδραση πυριτικής άχνης (silica fume) σε ανασυλώσεις κ.λ.π.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια ανάγκη επισκευής, ενίσχυσης ή και ακόμα μετασχηματισμού των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν και η χημική ή η ηλεκτρολυτική (γαλβανική) διάβρωση είναι η πιο βλαβερή διαδικασία που επηρεάζει την διάρκεια ζωής του οπλισμένου σκυροδέματος, οι ζημιές από μηχανικούς παράγοντες είναι πιο συχνές, όπως για παράδειγμα ο σεισμός, η πυρκαϊά, οι εκρήξεις κ.λ.π. Επίσης οι λαθεμένοι υπολογισμοί ή οι κακοτεχνίες συχνά οδηγούν σε σοβαρές ζημιές ή ρηγματώσεις των στοιχείων του φορέα. Η ανασύλωση ή η αύξηση της φέρουσας ικανότητας μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα ήταν πάντα πολύ δύσκολη και οι επαρκείς λύσεις συχνά συνεπάγονται εκτεταμένες εργασίες. Η χρήση των παρακάτω υλικών σε εξωτερική ενίσχυση αποτελεί μεγάλη πρόοδο στον τομέα αυτό.

2. ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ –ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

2.1 ΜΑΝΔΥΕΣ

Μεταλλικοί Μανδύες:

Η παραπάνω τεχνική αναπτύχθηκε αρχικά για κυκλικά υποστηλώματα. Δύο κελύφη σε σχήμα ημικυκλίου τοποθετούνται στο υποστήλωμα και συγκολλούνται μεταξύ τους σε όλο το ύψος. Η ακτίνα τους είναι 1.25-2.5cm μεγαλύτερη από την ακτίνα του υποστηλώματος. Το κενό μεταξύ του υποστηλώματος και του μεταλλικού μανδύα πληρώνεται με ένεμα τσίμεντου. Η περίσφηση που προσφέρει ο μεταλλικός μανδύας είναι συνάρτηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του. Σε ορθογωνικά υποστηλώματα προτείνεται η χρήση μανδύων ελλειπτικού σχήματος προσφέροντας έτσι ομοιόμορφη περίσφηση. Το κενό μεταξύ υποστηλώματος και μανδύα πληρώνεται με έγχυτο σκυρόδεμα. Η χρήση μανδύα ορθογωνικού σχήματος αποφεύγεται.

Μανδύες από σκυρόδεμα:

Η προσθήκη ενός μανδύα από σκυρόδεμα αρκετού πάχους προσδίδει επιπλέον αντοχή σε κάμψη, σε διάτμηση όπως επίσης και σε περίσφηση. Η τεχνική αυτή αν και είναι περισσότερο συνηθισμένη για ενισχύσεις υποστηλωμάτων κτιρίων εφαρμόζεται και σε άλλου είδους υποστηλώματα. Ο διαμήκης οπλισμός του μανδύα πρέπει να αγκυρώνεται μέσα στο θεμέλιο του υποστηλώματος ή στην παρούσα πλάκα. Προτιμούνται μανδύες με κυκλικό ή ελλειπτικό σχήμα οι οποίοι προσδίδουν ομοιόμορφη περίσφηση στο υποστήλωμα. Στην περίπτωση του ορθογωνικού μανδύα απαιτούνται πρόσθετες κατασκευαστικές διατάξεις, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη περίσφηση, όπως η τοποθέτηση σιγομειδούς οπλισμού στο μέσο των παρειών ο οποίος διέρχεται μέσα από οπές που ανοίγονται στο υπάρχον υποστήλωμα.

Μανδύες από σύνθετα υλικά:

Έχει εκτελεστεί μεγάλη σειρά πειραμάτων με τα οποία έχει αποδειχθεί η αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας υποστηλωμάτων τα οποία είναι περισιφισμένα με μανδύες σύνθετων υλικών με ίνες υάλου, γραφίτη ή κέβλαρ. Επίσης έχει αποσιφισθεί πειραματικά ότι τα σύνθετα υλικά είναι πιο αποδοτικά όσον αφορά στην περίσιφισξη από ότι ο μεταλλικός μανδύας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο χάλυβας του μανδύα εισέρχεται από τις πρώτες ανακυκλίσεις στη διαρροή, έτσι στις επόμενες ανακυκλίσεις, λόγω παραμενουσών παραμορφώσεων του χάλυβα, απαιτείται συνεχώς μεγαλύτερη παραμόρφωση για να αναπτυχθεί η απαιτούμενη τάση περίσιφισξης από το μεταλλικό μανδύα προς το σκυρόδεμα του υποστυλώματος. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με τους μανδύες σύνθετων υλικών μιας και τα υλικά αυτά λόγω γραμμικής σχέσης τάσης-παραμόρφωσης μέχρι την αστοχία τους συμπεριφέρονται ελαστικά και η τάση περίσιφισξης είναι σταθερή σε όλες τις ανακυκλίσεις. Ειδικότερα όσον αφορά τους μανδύες από CFRP και GFRP (carbon fiber reinforced plastic and glass fiber reinforced plastic respectively) από πειραματικά αποτελέσματα σε περίσιφισξη προέκυψε ότι η τεχνολογία των περισιφισξιών μελών μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα με την χρήση φύλλων CFRP-GFRP είναι εύκολη στην κατασκευή και στην μελέτη και έχει σαν αποτέλεσμα στο ολικό φορτίο που μπορεί να μεταφέρει το ενισχυμένο μέλος της κατασκευής να είναι μεγαλύτερο και σε μικρότερο ποσοστό να καλυτερεύει την ελαστικότητα του. Συγχρόνως πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η προετοιμασία της συγκεκριμένης περιοχής του σκυροδέματος η οποία θα ενισχυθεί. Πρέπει να αποφευχθεί όσο είναι δυνατό η αποδιοργάνωση των ινών του υλικού στην περιοχή η οποία ενισχύεται έτσι ώστε να μπορέσει το υλικό να τηρήσει τις προδιαγραφές για τις οποίες έχει κατασκευασθεί.

2.2 ΠΥΡΙΤΙΚΗ ΑΧΝΗ

Η αστοχία των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να ξεκινήσει όταν η προστατευτική ικανότητα του σκυροδέματος καταστρέφεται λόγω ενανθράκωσης ή εκτεταμένης διάβρωσης από ιόντα, όπως για παράδειγμα τα χλωριόντα. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την έναρξη της προσβολής των οπλισμών εξαρτάται από την χημεία του τσιμέντου, τα πρόσθετα, το ποσοστό του νερού, το χρόνο συντήρησης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία κονιαμάτων αποκατάστασης με βάση το τσιμέντο και υλικά παρόμοια με αυτά του σκυροδέματος. Η χρήση μιγμάτων SF-Ca(OH)₂ οδηγεί σε σχηματισμό ικανοποιητικού ποσού πυριτικών ενώσεων του ασβεστίου οι οποίες παρέχουν ικανοποιητική πρόσφυση μεταξύ των μιγμάτων αποκατάστασης και του αρχικού κονιάματος. Επίσης αποδεικνύεται ότι η προσθήκη τσιμέντου στα μίγματα αποκατάστασης δεν βελτιώνει άλλες ιδιότητές τους εκτός από αυτή του χρόνου πήξης. Ταπηγματώμενα και αποκατασταθέντα μέλη της κατασκευής μετά την έκθεσή τους στην ατμόσφαιρα εμφανίζουν μικρό βάθος ενανθράκωσης.

2.3 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα πρόσμικτα όπως μηλαϊκή γή, κεραμάλευρο, αερακτικά, έτσι ώστε τα κονιάματα να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των μηχανικών αντοχών. Οι προσπάθειες για μείωση της ασυμβατότητας των κονιαμάτων τσιμέντου-ασβέστη με αύξηση της αναλογίας ασβέστη προς τσιμέντο για να πετύχουμε μικροδομές αντίστοιχες ασβεστιτικών, δίνουν μη επιθυμητά αποτελέσματα. Κονιάματα με αναλογία ασβέστη-τσιμέντου 1:1 δίνουν τις επιθυμητές μηχανικές αντοχές, αλλά όχι και συμβατές μικροδομές. Αποτελέσματα εργαστηριακών αλλά και επί τόπου δοκιμών δείχνουν ότι οι ασύμβατες μικροδομές δημιουργούν εντάσεις συγκέντρωσης των διαλυτών

αλάτων στα πορώδη μέσα, όπου με τους κύκλους εξάτμισης-κρυστάλλωσης επιταχύνεται η φθορά. Τα χαμηλά ποσοστά του τσιμέντου ως προς τον ασβέστη είναι απαγορευτικά λόγω του διαχωρισμού των φάσεων που επέρχονται. Ο διαχωρισμός αυτός δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μηχανικών αντοχών στα κονιάματα αυτά. Εκτός από την άποψη συμβατότητας με κριτήριο την μικροδομή πρέπει τα κονιάματα να έχουν την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας σε σεισμική καταπόνηση. Έχει αποδειχθεί ότι σε κονιάματα νε σπασμένο κεραμίδι υπάρχει ανάπτυξη ένυδρων άμορφων αργιλοπυριτικών φάσεων οι οποίες έχουν την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας. Τα κονιάματα της κατηγορίας αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν κονιάματα αποκατάστασης και να προσφέρουν προστασία σε σεισμικές καταπονήσεις.

2.4 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ ΜΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Τα σκυροδέματα με πολυμερή χρησιμοποιούνται ευρύτατα λόγω της μεγάλης τους αντοχής καθώς και της μεγάλης διάρκειας αντοχής στο χρόνο. Υπάρχουν 3 είδη στοιχείων PC (polymer- Concrete): α) PC σκυροδέματα τα οποία σχηματίζονται από ένα μονομερές και κάποιο μίγμα, β) τροποποιημένα PC (PMC) όπου ένα μονομερές ή πολυμερές προστίθεται σε φρέσκο απλό τσιμέντο και τέλος τα PIC (Polymer impregnated concretes) όπου μείγμα τσιμέντου τύπου Portland και νερού αναμειγνύεται με μονομερές και πολυμερίζεται in situ. Ο τύπος αυτός τσιμέντου έχει μεγάλες αντοχές και μακρά διάρκεια.

2.5 ΡΗΤΙΝΕΣ

Οι ρητίνες αποτελούν ως επί το πλείστον αναμίξεις δύο ουσιών με αποτέλεσμα ένα υλικό καλαίσθητο το οποίο μπορεί να γεμίσει το κενό μιας ρωγμής επιτυγχάνοντας τελικά την πλήρη συνέχεια του υλικού. Κατά τη διαδικασία αυτή οι οπλισμοί εγκιβωτίζονται έχοντας ως αποτέλεσμα την προστασία του υλικού από τυχόν διαδικασία διάβρωσης ή άλλης περιβαλλοντικής προσβολής. Επίσης οι υψηλές αντοχές εφελκυσμού και συνάφειας των ρητινών εμποδίζουν τη διεύρυνση των ρωγμών. Μεγάλο πλεονέκτημα στις ρητίνες δίνει το γεγονός ότι δεν είναι υλικά ευάλωτα σε εξωτερικούς παράγοντες, και στη διαδικασία γήρανσης υπερτερεί των άλλων υλικών. Το βασικό μειονέκτημα των ρητινών είναι η χαμηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (κίνδυνος σε πυρκαϊά).

3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η επιλογή των κατάλληλων υλικών για μια επισκευή είναι ένα καθοριστικό βήμα κατά τη διάρκεια της επισκευής και αποκατάστασης μιας κατασκευής. Οι παλιές μέθοδοι αποκατάστασης φαντάζουν οικονομικά φθηνότερες όμως τα νέα υλικά έχοντας εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό μειώνουν το χρόνο και το κόστος εργασίας προσφέροντας συγχρόνως μια πιο ποιοτική λύση. Ο Πολιτικός Μηχανικός θα πρέπει να μελετήσει τις προσφορές που κυκλοφορούν στην αγορά και εκθειάζουν τα προτερήματα του κάθε υλικού, και τέλος να αποφασίσει την πιο συμφέρουσα στατικά, οικονομικά και αισθητικά λύση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Condensed Silica fumes for protection of new reinforced concrete structures subject to carbon dioxide aggression

By Giuseppe Zambeti

A repair effect of reinforced concrete joint assemblies subjected to seismic loads

By Shinsuke, Toshikazu, Hideharu

Durability of Fiber reinforced plastic (FRP) rebars and tendons in Aggressive environments

By Hamid Saadatmanesh and Fares Tannous

New approach for tensile testing of FRP composites

By Houssam A. Toutanji and Tahar El-Korchi

Strengthening of RC Flexural members with FRP composites

By Antonio Nanni and William Gold

Use of inorganic Polymer-Fiber Composites for repair and rehabilitation of Infrastructures

By P. Balaguru and Stephen Kurtz

Polymer infilled concrete-A remedy to airfield runaway repairs

By D.B. Raijiwala

New materials for protection, repair and rehabilitation of concrete structures- An Overview

By V.S. Parameswaran, M. Neelamegam, J.K. Dattatreya

Repair of columns using collars with circular reinforcement

By Gary J. Klein and Albert J. Gouwens

Repair and strengthening of reinforced concrete beams using composite materials

Emmanuelle David, Chafica Djelal, Francois Buyle-Bodin

CFRP Plate strengthening of RC beams

By Jin Hong He, Dr Kypros Pilakoutas, Peter Waldron

Development of Polymer-modified Preplaced Aggregate Concrete for repair works of reinforced concrete structures

By Katsunori Demura, Yoshihito Ohama, Wan-ki Kim

Structural polyester concrete. Some properties related to repair

By Dr J.T. San Jose, Professor J.L. Ramirez, Dr J.I.Urreta, Dr I Rz-Maribona

Polymers for repair of concrete

By Professor David W. Fowler

A retrofitting system for concrete structures with CFRP-sheet and CFRP-strand-it's basic mechanism and applications

By Masajirou Koga, Prof. Dr Masayasu Ohtsu

Analysis of externally strengthened RC beams with steel and CFRP plates

By Jin Hong He, Dr Kypros Pilakoutas, Prof. Peter Waldron

Epoxy repaired beams

By M.A. Mansur, K.C.G. Ong

Epoxy injects new life into bridge pier

By John F. Trout and Silvio Santangelo

Repairs of concrete columns, spandrels, and balconies on a high-rise housing complex in Chicago

By Stella L. Marusin

Use of Silica-Fume Concrete to repair abrasion-erosion damage in the Kinzua Dam Stilling Basin

By Terence C. Holland, Anton Krysa, Marc D. Luther, Tony C. Liu

Dry-mix silica fume shotcrete in western Canada

By D. R. Morgan

Fiber composite plates can strengthen beams

By H. Saadatmanesh, M. R. Ehsani

Materials for the repair and protection of concrete

By Dr Peter Robery, John Shaw

Performance of Gunitite repaired reinforced concrete beams

By A.K. Mirasa, Prof. J.H. Bungey, Prof. Z.M. Ghazali, Dr M. Hassan

Repair and strengthening of reinforced concrete framed buildings damaged by earthquakes

By M.N. Ezzeldin, A.Y. Elghazouli

Seismic Strengthening of reinforced concrete structures by concrete jacketing

By Dr S.E. Dritsos, Dr C.A. Taylor, K.G. Vadoros

Sprayed repairs- Properties and testing of cementitious mortars

By A. Deykin, K. Gordon, M. Humphrey & M. Decter

The repair of a concrete sprayed steel support structure by resin injection

By P.J. Martel, R. Mansell, P. Pullar-Strecker

Resin injection in structural preservation

By J.F. Trout

Crack injection the most appropriate repair technique

S.C. Edwards

Structural repair by epoxy bonded plates

By Ir. Dereymaeker

A composite technique for repair/strengthening masonry structures

By P. Koumoulos, Dr S. Dritsos, D. Koumoulou

Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα

Σ.Η. Δρίτσος Πάτρα 1998 σελ.36-37

Νέα τεχνική ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά:

Διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης

Θ.Χ. Τριανταφύλλου

Παραδοσιακές και σύγχρονες μέθοδοι σεισμικής ενίσχυσης γεφυρών

Μ.Ι. Καραντζίκης, Κ.Χ. Σπυράκος

Συμβατά κονιάματα αποκατάστασης ιστορικών μνημείων. Οι δυνατότητες και οι περιορισμοί του σκυροδέματος

Α. Μοροπούλου, Α. Μπακόλας, Π. Μούνδουλας

Η συμβολή της πυριτικής άχνης ως υλικού αποκατάστασης

Β. Κασελορη, Ν. Κουλουμπή, Γ. Τσίχλης, Θ. Τάσιος