

## **ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΕΣ ΡΗΤΙΝΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

**ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ**  
**ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ**

### **Περίληψη**

*Στη παρούσα εργασία επιχειρείται μια παρουσίαση των εφαρμογών που έχουν οι εποξειδικές ρητίνες στις επισκευές και τις ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Γίνεται αναφορά στις ρητινένεσεις για την αποκατάσταση ρωγμών και στις ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε να στεφθούν από επιτυχία . Παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα που αποφέρει μια επιτυχής επέμβαση . Τέλος γίνεται μια σύντομη αναφορά σε άλλες χρήσεις των ρητινών στις επισκευές και ενισχύσεις .*

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι σεισμοί των τελευταίων ετών σε όλο τον κόσμο , καθώς και οι πρόσφατοι σεισμοί στη χώρα μας έχουν θέσει με μεγάλη ένταση το μείζον κοινωνικό και οικονομικό θέμα των επεμβάσεων σε κτίρια , τα οποία υπέστησαν βλάβες , αλλά και της βελτιώσεως της σεισμικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων έναντι μελλοντικών σεισμών [6] . Βλάβες σε φέροντες οργανισμούς των κατασκευών οφείλονται είτε στη μη αντισεισμική σχεδίαση τους είτε σε κακοτεχνίες και λάθη λόγω άγνοιας ή σπανιότερα από αμέλεια [2]. Η χρήση των εποξειδικών κολλών είναι ιδιαίτερα αυξημένη στις επεμβάσεις σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος κυρίως για την αποκατάσταση ρωγμών αλλά και σε άλλες διαδικασίες.

### **ΟΙ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΕΣ ΚΟΛΛΕΣ**

Οι εποξειδικές κόλλες οι πλέον διαδεδομένες και ενδεδειγμένες πολυμερικές κόλλες που χρησιμοποιούνται στις επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος . Προκύπτουν από την-επί τόπου-ανάμειξη δύο συστατικών , ενός συστατικού Α που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και είναι η εποξειδική ρητίνη και ενός συστατικού Β που είναι ο σκληρυντής . Στην πράξη έχει επικρατήσει η ονομασία ρητίνη υπονοώντας την ρητινοειδή κόλλα [1] . Οι εποξειδικές ρητίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε αυτούσιες σε ρευστή κατάσταση , είτε σαν εποξειδικό κονίαμα με αναλογία βάρους άμμου 1 : 1 ως 1 : 7 [7] (σ' αυτή τη περίπτωση έχουν αυξημένο μέτρο ελαστικότητας , μεγαλύτερο ιξώδες , μικρότερη αντοχή) .

### **ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΩΝ-ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

Για τον έλεγχο των χαρακτηριστικών ποιότητας των εποξειδικών ρητινών (π.χ . άντοχη , ιξώδες , μέτρο ελαστικότητας κ.λ.π.) ισχύουν διάφορες ξένες προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί από την A.S.T.M ή την A.A.S.H.T.O (Αμερικάνικες προδιαγραφές) ή από άλλους εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης [2] . Πρέπει να ελέγχεται ότι οι μηχανικές αντοχές του τελικού σκληρυμένου εποξειδικού υλικού είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες αντοχές του στοιχείου πάνω στο οποίο θα εφαρμοστεί . Ο

προμηθευτής πρέπει να παρέχει χαρακτηριστικά στοιχεία ιδιοτήτων του διατιθεμένου υλικού του και κατά προτίμηση σε ότι αφορά τα κατωτέρω τα οποία αναφέρονται στην προδιαγραφή A.A.S.H.T.O.T 237-73 . Η προδιαγραφή A.A.S.H.T.O.T 237-73 περιλαμβάνει της εξής δοκιμές [7] :

- Μέγιστος χρόνος για χρησιμοποίηση μετά την ανάμιξη (pot- life) κατά A.A.S.H.T.O. T237.
- Ειδικό βάρος (πυκνότητα) κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Ιξώδες κατά Saybolt-Fyrol
- Δοκιμή ροής κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή προσφύσεως στο σκυρόδεμα κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή αντοχής σε λοξή διάτμηση κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή θιξοτροπίας κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή υδατοαπορροφήσεως κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή συγκολλήσεως νωπού σκυροδέματος επάνω σε σκληρυμένο σκυρόδεμα κατά A.A.S.H.T.O. T 237.
- Δοκιμή αντοχής μετά από διύγρανση κατά A.A.S.H.T.O. T 237. Η καταλληλότητα του εποξειδικού υλικού θα κρίνεται βάσει των προσδιοριζόμενων ιδιοτήτων του από το Εργαστήριο, ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται.

## **ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ**

Οι εποξειδικές κόλλες που θα χρησιμοποιηθούν για επισκευές πρέπει να συσκευάζονται από τον προμηθευτή σε δύο διαφορετικά και διακεκριμένου τύπου δοχεία όπως φαίνεται στην εικόνα 1 . Ένα για την εποξειδική ρητίνη (συστατικό Α) και ένα για τον σκληρυντή (συστατικό Β) .Τα συστατικά Α και Β πρέπει να έχουν τέτοια αναλογία ώστε να σχηματίζουν μίγμα καθορισμένου βάρους συγκολλητικού υλικού . Επιπλέον , τα συστατικά Α και Β πρέπει να είναι εμφανώς αντίθετου χρώματος και όταν αναμειγνύονται να δίνουν υλικό που να προσαρμόζεται με το χρώμα του σκυροδέματος [4]. Τα υλικά θα πρέπει να συνοδεύονται από εγχειρίδιο του κατασκευαστή το οποίο θα πρέπει να περιέχει τις εξής πληροφορίες : όνομα και περιγραφή προϊόντος , παρασκευάστρια εταιρία , μηχανικά και φυσικά χαρακτηριστικά ( χρώμα , ιξώδες , χρόνος εργασιμότητας , χρόνος σκλήρυνσης , ημερομηνία λήξης , μέτρο ελαστικότητας , υδατοπερατότητα , θλιπτική και εφελκυστική αντοχή ) , μέτρα ασφαλείας για τους εργαζόμενους και το περιβάλλον . Στην περίπτωση χρησιμοποίησης εποξειδικών ρητινών για αποκατάσταση βλαβών στοιχείων του κτιρίου με τη μέθοδο των ενέσεων πρέπει επάνω στη συσκευασία του δοχείου της εποξειδικής ρητίνης να αναγράφεται ότι δεν περιέχονται διαλύτες [7].



ΕΙΚΟΝΑ 1 [15] :Συστατικά A και B

## ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Τα συσκευασμένα συστατικά A και B πρέπει να αποθηκεύονται σε θέση με θερμοκρασία μεταξύ 10° και 20°C και κατά τις οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής . Μετά από αποθήκευση τριών μηνών το συστατικό A (η εποξειδική ρητίνη) πρέπει να ελέγχεται έναντι κρυσταλλώσεως . Ο έλεγχος της εποξειδικής ρητίνης πρέπει να γίνεται οπτικά τρεις μέρες πριν την χρησιμοποίηση της και αν υπάρχουν δείγματα κρυσταλλώσεως τότε δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση της [4] . Επίσης , επειδή οι εποξειδικές ρητίνες επηρεάζονται από τον ήλιο θα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση των δοχείων στον ήλιο [2]. Σε περίπτωση μεταβολής του ιξώδους των κατά την αποθήκευση πρέπει να επιχειρείται η επαναφορά του με θέρμανση σε υδρόλουτρο και να ελέγχονται στη συνέχεια οι ιδιότητες του υλικού πριν χρησιμοποιηθεί [7] . Τέλος , πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι δυνατή η μακροχρόνια αποθήκευση τους[2] .

## ΡΩΓΜΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Λόγω της μικρής εφελκυστικής του αντοχής , η ρηγμάτωση είναι σύμφυτη με το σκυρόδεμα [5] . Είναι ένα ορατό αποτέλεσμα των παραμορφώσεων ενός φορέα [1] και μάλιστα στην αναλύση για την οριακή κατάσταση αστοχίας το σκυρόδεμα θεωρείται ως ρηγματωμένο σε κάποιες θέσεις [13] . Το ερώτημα δεν είναι αν πρέπει να επιτρέπεται η ρηγμάτωση του σκυροδέματος σ'αυτές τις θέσεις αλλά αν το εύρος της είναι αποδεκτά μικρό ώστε να αποφεύγονται συνέπειες όπως π.χ. η διάβρωση του οπλισμού ή η δημιουργία αισθήματος ανασφάλειας στους ενοίκους [13]. Από την άλλη μεριά , οι εμφανιζόμενες ρωγμές μπορεί να αποτελούν ένδειξη στατικής ανεπάρκειας στην κατασκευή . Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι καθοριστικός παράγοντας πριν την ανάληψη της απόφασης για επισκευή ή ενίσχυση ενός φορέα είναι η κατανόηση του αιτίου που τις προκάλεσε .

Οι ρωγμές μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες , τις ενεργές και τις μη ενεργές . Οι ενεργές ρωγμές , όπως μαρτυρά το όνομα τους , μεταβάλλονται σε εύρος ή μήκος . Οφείλονται σε συνεχιζόμενη μετατόπιση ή σε παρούσα υπερφόρτιση και ανοίγουν ή κλείνουν ως αποτέλεσμα των εξωτερικών δράσεων . Η επισκευή τους είναι δύσκολη [13] .

Αντίθετα , οι μη ενεργές ρωγμές είναι σταθερού εύρους και μήκους . Ανάπτυξη μη ενεργών ρωγμών μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες όπως : συστολή ξήρανσης , μετατόπιση στηρίξων , καθιζήσεις , υπερφόρτιση η οποία παρήλθε , φόρτιση του σκυροδέματος σε πολύ πρώιμο στάδιο πριν αυτό αποκτήσει την πλήρη αντοχή του , πρόωρη αφαίρεση ξυλοτύπων .

Αποκαταστάσεις ρωγμών με κόλλες (ή επισκευαστικά κονιάματα) εφαρμόζονται όταν οι βλάβες είναι ελαφρές δηλαδή σε περιπτώσεις που το σκυροδέμα δεν έχει αποδιοργανωθεί και ο οπλισμός δεν έχει λυγίσει [6] . Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι ρωγμές ίσως αποτελούν ένδειξη στατικής ανεπάρκειας . Σ'αυτή την περίπτωση ο μηχανικός πρέπει να επέμβει απομακρύνοντας την αιτία ή ενισχύοντας κατάλληλα τον φορέα . Όμως,τότε η διαδικασία που ούτως ή άλλως πρέπει να γίνει για λόγους ακαμψίας, ερπυστικών φαινομένων κ.λ.π.,είναι πλέον συμπληρωματική και δευτερεύουσας σημασίας [1] . Επίσης , δεν έχει νόημα επισκευή ρωγμών που προκλήθηκαν από διάβρωση οπλισμού . Πρέπει πρώτα να γίνει αποκατάσταση του οπλισμού [8] . Οι ρωγμες όμως μπορεί να αποτελούν ένδειξη παραμένουσας παραμόρφωσης,επειδή η κατασκευή υπεισήλθε σε ανελαστική φάση , μετά από την απομάκρυνση του προκαλούντος αιτίου,π.χ.ένος σεισμού . Τότε αν η συμπεριφορά βρίσκεται στα όρια των κανονισμών μπορεί να γίνει η επισκευή των ρωγμών για αισθητικούς λόγους ή για λόγους προστασίας του οπλισμού από την διάβρωση [1] . Οι εγκάρσιες ρωγμές σε δοκούς και υποστηλώματα μειώνουν την αντοχή και τη δυσκαμψία τους και πρέπει στην πλειοψηφία των περιπτώσεων να επισκευαστούν [13] .

Το American Concrete Institute προτείνει τα μέγιστα αποδεκτά εύρη ρωγμών ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος και αυτά είναι : 0.41mm για ξηρό περιβάλλον , 0.30 mm για υγρό περιβάλλον ή έδαφος , 0.18mm για χημικές προσβολές , 0.15mm για θαλάσσιο περιβάλλον και 0.10mm για δεξαμενές.Γενικά ρωγμές ως 0.3mm δεν αποτελούν απειλή για τους οπλισμούς . Οι εποξειδικές ρητίνες δεν εφαρμόζονται αυτούσιες (χωρίς προσμίξεις) σε τμήματα οπλισμένου σκυροδέματος που έχουν σημαντικές βλάβες ή σε ρωγμές που έχουν πλάτη μικρότερα από 0,1 mm και μεγαλύτερα από 3 mm . Η τεχνική μπορεί να εφαρμοσθεί σε εύρη μεγαλύτερα από 3 mm (με εποξειδικό κονίαμα ) .

## **ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΙΣ**

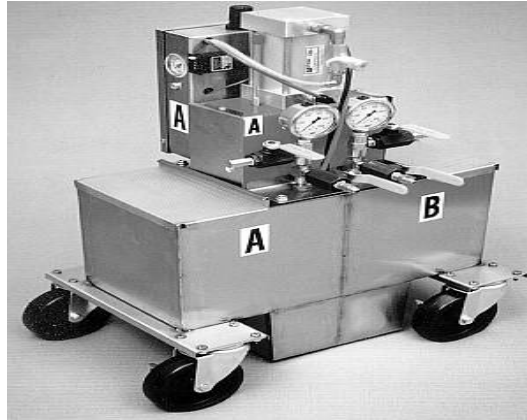
Με τον όρο «ρητινένεση» προσδιορίζεται η διαδικασία έγχυσης μιας ρητινοειδούς κόλλας στις ρωγμές του στοιχείου με ενέσιμο τρόπο [1] .

## **ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Γενικά ο απαιτούμενος εξοπλισμός που απαιτείται για την εκτέλεση των ρητινένεσεων είναι ο εξής ( [4] , [12] ) :

- Αντλία παραγωγής κενού .
- Αντλία με δοχεία αποθήκευσης της εποξειδικής κόλλας .
- Πιεσόμετρο για τον έλεγχο της πίεσης του ενέματος .
- Συσκευή με ελαστικό στο ακροφύσιο (για να εμποδίζεται η διαρροή όταν η συσκευή εργάζεται υπό πίεση) .

- Κατάλληλο τρυπάνι .
- Κατάλληλα μέσα για τον καθαρισμό της ρωγμής .



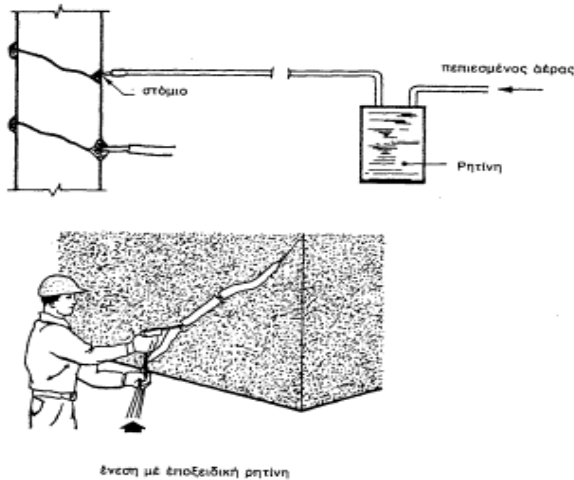
ΕΙΚΟΝΑ 2 [16] : ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΗΣ-ΑΝΑΤΙΑ

## ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗ

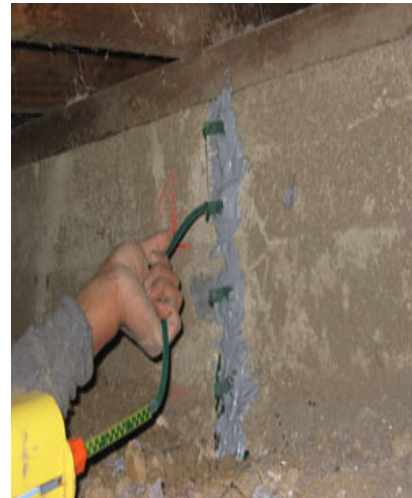
Τα προτεινόμενα βήματα για την προετοιμασία και την εκτέλεση των ρητινενέσεων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ( [1] , [4] , [7] , [12] ) είναι τα παρακάτω :

- Καθαρισμός της ρωγμής . Το πρώτο βήμα είναι να καθαριστούν οι ρωγμές από έλαια , λίπη , ακαθαρσίες και σωματίδια σκυροδέματος που εμποδίζουν την εποξειδική κόλλα να διεισδύσει και να δέσει με το σκυρόδεμα . Αυτός ο καθαρισμός είναι προτιμότερο να γίνεται με νερό ή με κάποιο ιδιαίτερα αποτελεσματικό διαλυτικό μέσο το οποίο απομακρύνεται χρησιμοποιώντας πεπιεσμένο αέρα ή αφήνοντας το τον απαραίτητο χρόνο για να εξατμιστεί . Επίσης η απομάκρυνση σκόνης και τεμαχιδίων από τις ρωγμές μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας κενό ή πεπιεσμένο αέρα.
- Τοποθέτηση μικρών κομματιών ταινίας (masking tape) στη ρηγματωμένη επιφάνεια, διασταυρώνοντας τις ρωγμές .
- Τοποθέτηση καρφιών σε ορισμένες θέσεις μέσα στις ρωγμές που θα χρησιμοποιηθούν σαν κύρια σημεία ενέσεως της εποξειδικής κόλλας . Τα σημεία ενέσεως πρέπει να έχουν διάμετρο περίπου  $\frac{3}{4}$  in (=20mm) . Η επιλογή των κατά μήκος αποστάσεων μεταξύ των σημείων δεν μπορεί να είναι σταθερή και εξαρτάται από τη γεωμετρία του φορέα και της ρωγμής . Ενδεικτικά , οι αποστάσεις που συνήθως εφαρμόζονται κυμαίνονται από 15 ως 100 cm , ενώ συχνά χρησιμοποιείται ως μέτρο το πάχος του στοιχείου . Είναι σκόπιμο να προτιμούνται τα σημεία όπου υπάρχουν τοπικές διευρύνσεις της ρωγμής . Η υποτιθέμενη συντηρητική άποψη για επιλογή μικρών αποστάσεων δεν είναι πραγματικά συντηρητική , επειδή υπάρχει κίνδυνος να πληρωθεί η ρωγμή μόνο προς την πλευρά του στοιχείου που γίνεται η ένεση.
- Κάλυψη (σφράγισμα) των ρωγμών από όλες τις πλευρές προσωρινά με εποξειδική κόλλα ταχείας σκληρύνσεως ή σφραγιστική μαστίχη . Οι επιφανειακές ρωγμές πρέπει να σφραγίζονται ώστε να αποφεύγεται η διαφυγή της ρητίνης πριν αυτή πήξει .

- Απομάκρυνση των μικρών κομματιών ταινίας , όταν αρχίσει η σκλήρυνση της σφραγιστικής εποξειδικής κόλλας ή μαστίχης έτσι ώστε να μείνει ορατό μικρό τμήμα της ρωγμής , το οποίο χρησιμοποιείται σαν σημείο εξιδρώσεως .
- Ανάμειξη των συστατικών Α και Β , τοποθέτηση μείγματος στο δοχείο της αντλίας και πλήρωση των ρωγμών με τη συσκευή ενέσεως . Κατά την ανάμειξη των δύο συστατικών δεν επιτρέπεται απόκλιση αναλογιών εκάστου συστατικού πλέον του 2% . Η ένεση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την ανάμειξη των δύο συστατικών .
- 1) Αν η ρωγμή είναι κατακόρυφη η διαδικασία πρέπει να αρχίσει εισάγοντας το ένεμα στο χαμηλότερο σημείο εισόδου μέχρι αυτό να φτάσει στο αμέσως υψηλότερο σημείο . Τότε το χαμηλότερο σημείο σφραγίζεται και επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρις ότου γεμίσει η ρωγμή και σφραγιστούν όλα τα σημεία εισόδου .
- 2) Αν η ρωγμή είναι οριζόντια ακολουθείται η πααπάνω διαδικασία από την μία άκρη της ρωγμής ως την άλλη . Αν η πίεση δεν μπορεί να διατηρηθεί σε μια σταθερή τιμή σημαίνει ότι η ρητίνη ρέει προς μη πληρωμένες θέσεις ή ότι υπάρχει διαφυγή από κάποιο σημείο .
- Τρίψιμο της επιφάνειας που σφραγίστηκε με την εποξειδική κόλλα ταχείας σκλήρυνσεως (μετά 24 ώρες) και επαναπόκτηση της αρχικής λείας επιφάνειας .



ΕΙΚΟΝΑ 3 α [7] : ΕΝΕΣΗ ΜΕ ΡΗΤΙΝΗ



ΕΙΚΟΝΑ 3 β [14] : ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΗ

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Μία επέμβαση θεωρείται επιτυχής όταν εξασφαλιστεί τέλεια ή τουλάχιστον κατά 90% πλήρωση της ρωγμής [1] . Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την επιτυχία της τεχνικής είναι οι εξής ( [1] , [7] , [12] ) :

- **Η γεωμετρία της ρωγμής** σε συνάρτηση με τη γεωμετρία του φορέα είναι σημαντική για την επιλογή των σημείων έγχυσης της ρητίνης .

- **Η πίεση του ενέματος** είναι καθοριστική για την συνεχή ροή του υλικού μέσα στη ρωγμή και κατά τη διάρκεια της επέμβασης πρέπει να μεταβάλλεται . Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της πίεσης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σταθερή πρόοδος του ενέματος και να αποφεύγεται ο κίνδυνος αποσφράγισης του ρητινόστοκου και η περαιτέρω διεύρυνση της ρωγμής . Γι' αυτό είναι προτιμότερο σε όλες τις περιπτώσεις να χρησιμοποιείται η χαμηλότερη δυνατή πίεση.
- **Το ιξώδες της ρητίνης** (viscosity) είναι μια ιδιότητα που παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της τεχνικής . Είναι προφανές ότι αν το ιξώδες είναι μικρό τότε είναι μεγάλη η διείσδυση της ρητίνης και αντίστροφα . Επίσης το ιξώδες της ρητίνης αλληλοεξαρτάται με την πίεση του ενέματος . Μια ρητίνη μικρού ιξώδους απαιτεί και μικρότερη πίεση για να διεισδύσει στη ρωγμή .
- **Ο χρόνος εργασιμότητας** (pot life) . Κατά την εφαρμογή των εποξειδικών κονιαμάτων και εποξειδικών σκυροδεμάτων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο μέγιστος χρόνος για τη χρησιμοποίηση μετά την ανάμειξη . Μπορεί να αυξηθεί αν επιμεριστεί το μείγμα σε μικρότερες ποσότητες ή αναμειγνύοντας μικρότερες ποσότητες ρητίνης και σκληρυντή .
- **Το συνεργείο** που εκτελεί θα πρέπει να διαθέτει υψηλό βαθμό ικανοτήτων για μια επιτυχή εκτέλεση της εργασίας . Αν και πολλές φορές είναι δυνατή η εκτέλεση της εργασίας από ένα άτομο , ένα συνεργείο δύο ή τριών ατόμων είναι πιο αποτελεσματικό .
- **Η θερμοκρασία** επηρεάζει τόσο τον χρόνο εργασιμότητας όσο και το ιξώδες της ρητίνης και συνεπώς πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν κατά την εκτέλεση της εργασίας . Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει μείωση του ιξώδους αλλά και μείωση του χρόνου εργασιμότητας . Επίσης η θερμοκρασία επηρεάζει τον χρόνο απόκτησης της πλήρους αντοχής της ρητίνης αλλά και το μέτρο ελαστικότητας . Μετά την εφαρμογή των ρητινών στο κτίριο οι τεχνολογικές ιδιότητές τους είναι σταθερές μέχρι την θερμοκρασία των 65°C, πάνω δε από τους 65°C, αρχίζει η μεταβολή τους . Στην τελευταία περίπτωση καλό είναι να λαμβάνονται μέτρα επιφανειακής προστασίας των έναντι της θερμοκρασίας . Πρέπει να τονισθεί ότι οι ρητίνες καίγονται σε θερμοκρασία 250°C . Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό χρειάζονται ειδικά μέτρα προστασίας των επισκευασμένων στοιχείων έναντι πυρκαγιάς .

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ**

Μία επίτυχης επισκευή ενός ρηγματωμένου στοιχείου αποφέρει τα παρακάτω αποτελέσματα :

- Πλήρης αποκατάσταση της αντοχής του στοιχείου . Ο δεσμός μεταξύ της εποξειδικής ρητίνης και του σκυροδέματος είναι ισχυρότερος από το δεσμό του σκυροδέματος με το ίδιο το σκυρόδεμα συνεπώς το επισκευασμένο στοιχείο είναι σαν καινούργιο [13] .
- Πλήρης αποκατάσταση της συνάφειας του οπλισμού και του περιβάλλοντος σκυροδέματος [1] .

- Λόγω της υψηλής εφελκυστικής αντοχής και συνάφειας των ρητινών παρεμποδίζεται η αύξηση του εύρους και του μήκους των ρωγμών [1] .
- Ικανοποιητική αποκατάσταση της δυσκαμψίας [3] . Το-μικρό-μέτρο ελαστικότητας της ρητίνης έχει ασήμαντη επίδραση στις γραμμικές παραμορφώσεις του στοιχείου επειδή το πάχος της είναι πολύ μικρό σε σχέση με το αντίστοιχο μήκος του στοιχείου. Όμως η επίδραση του είναι σημαντική στις στροφές της επισκευασμένης διατομής γι' αυτό είναι σημαντικό να προτιμούνται υλικά με όσο είναι δυνατόν μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας [1] .
- Προστάσια του οπλισμού από τη διάβρωση και από άλλες περιβαλλοντικές επιδράσεις . Η πλήρωση της ρωγμής με ρητίνη εμποδίζει την είσοδο του ατμοσφαιρικού αέρα και παρέχει επικάλυψη στον εκτεθειμένο οπλισμό ώστε να αντισταθεί στη διαδικασία της διάβρωσης [9] .
- Αποκατάσταση της πλαστιμότητας [3] .
- Το σφράγισμα των ρωγμών αποτρέπει την είσοδο υγρασίας χλωριόντων , διοξειδίου του άνθρακα, αλάτων και άλλων εχθρικών συστατικών [11] .
- Προστασία σκυροδέματος από τη δυσμενή επίδραση του παγετού [11] .
- Το αισθητικό αποτέλεσμα είναι διακριτικότερο σε σχέση με κάθε άλλη διαδικασία επισκευής ρωγμών [9] .

Από την άλλη μεριά , υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις στις οποίες η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική . Χαρακτηριστικές τέτοιες περιπτώσεις είναι οι εξής :

- Αν η αιτία που προκάλεσε μια ρωγμή δεν αναιρεθεί μια καινούργια ρωγμή θα σχηματισθεί στην ακριβώς διπλανή διατομή της επισκευασμένης . Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιτυχία της επέμβασης είναι και η αναίρεση της εντατικής κατάστασης που προκάλεσε την ρηγμάτωση . Αυτός είναι ο λόγος που η τεχνική των ρητινένεσεων εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά για την επισκευή μη ενεργών ρωγμών [13] .
- Ακόμα και αν η παραμόρφωση θραύσης της ρητίνης είναι μεγάλο (ακόμα και 100%) η τάση που απαιτείται για να επιτευχθεί ένα τέτοιο επίπεδο επιμήκυνσης στις περισσότερες περιπτώσεις ξεπερνά κατά πολύ την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος [8] .

## **ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ**

Για να ελεγχθεί ότι μια ρητινένεση ήταν επιτυχής οι ποιοτικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν λήψη δοκιμαστικών πυρήνων (καταστρεπτική μέθοδος) ή μη καταστρεπτικές μεθόδους [10] .

### **1. Δοκιμαστικοί πυρήνες :**

- Οι θέσεις από τις οποίες λαμβάνονται οι πυρήνες πρέπει να επιλέγονται ωστέ να αποφεύγεται το κόψιμο οπλισμών . Επίσης να λαμβάνονται από περιοχές που η ένταση δεν είναι υψηλή . Πρέπει να λαμβάνονται τρία δοκίμια από κάθε περιοχή επισκευής που να περιέχουν αντιπροσωπευτικά εύρη ρωγμής .



- Να διασφαλίζεται ότι οι πυρήνες περιέχουν εποξειδική κόλλα .
- Λαμβάνονται δοκιμαστικοί πυρήνες [κανονικά διαμέτρου 2 in (50 mm) ] και εξετάζεται οπτικά η διείσδυση της εποξειδικής κόλλας στη ρωγμή . Περαιτέρω έλεγχος θλιπτικής-εφελκυστικής αντοχής μπορεί να γίνει σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM C42.
- «Μπάλωμα» της περιοχής που λήφθηκε ο πυρήνας με μη συρρικνούμενο κονίαμα ή εποξειδική κόλλα .

Για να γίνει αποδεκτή η εργασία θα πρέπει το 90% της ρωγμής να έχει πληρωθεί . Αν δεν τηρήται αυτό το κριτήριο αποδοχής θα πρέπει να ανοιχθούν νέα σημεία εγχυσης και να επαναληφθεί η διαδικασία της ρητινένεσης.

2.Μη καταστρεπτικές μέθοδοι :

- Με υπερηχητικές μεθόδους (Ultrasonic Pulse Velocity)
- Impact Echo
- Μέθοδος φασματικής ανάλυσης επιφανειακών κυμάτων (Spectral Analysis of Surface Waves)

Γενικά , οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι μπορούν μόνο να χρησιμοποιηθούν για ποιοτική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας μιας ρητινένεσης .

## **ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Οι εποξειδικές ρητίνες είναι επικίνδυνα υλικά και ως τέτοια πρέπει να αντιμετωπίζονται [10] . Οι ενέργειες στο χώρο εργασίας για την ασφάλεια πρέπει να περιλαμβάνουν τις παρακάτω ενέργειες (και όχι απαραίτητα να περιορίζονται σ'αυτές) [10] :

- Να υπάρχουν διαθέσιμες οι οδηγίες χρήσεις του υλικού .
- Οι εργάτες να φορούν προστατευτικό ρουχισμό και προστατευτικά γυαλιά όπου απαιτείται .
- Να προστατεύονται τα χέρια με γάντια από καουτσούκ ή με προστατευτικές κρέμες .
- Να είναι διαθέσιμα τα απαραίτητα για καθαρισμό των ματιών,αν χρειαστεί.
- Να γίνεται χρήση μάσκας οξυγόνου όπου απαιτείται .
- Να γίνεται εξαερισμός αν οι εργασίες γίνονται σε κλειστους χώρους .
- Τα επικίνδυνα υλικά να αποθηκεύονται με ασφάλεια .
- Να υπάρχουν τα απαραίτητα καθαριστικά υλικά για τα χέρια .
- Ενημέρωση των κατοίκων κατά την διάρκεια της επισκευής .

## **ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ**

Το κόστος του υλικού προκύπτει ανάλογα με τον όγκο του ενώ το κόστος της εργασίας προκύπτει από το μήκος της ρωγμής που επισκευάστηκε .

## **ΆΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΩΝ ΚΟΛΛΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Εκτός από την επισκευή ρωγμών οι εποξειδικές κόλλες χρησιμοποιούνται στις επισκευές και ενισχύσεις στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Στη τεχνική των επικολλητών ελασμάτων είναι το μέσο το οποίο συνδέει το έλασμα με το υπάρχον σκυρόδεμα .
- Για τη συγκόλληση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs) σε υπάρχον σκυρόδεμα .
- Για την αγκύρωση αγκυριών , βλήτρων και οπλισμών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.
  
- Στις περιπτώσεις αποκαταστάσεως βλαβέντων στοιχείων του σκυροδέματος του κτιρίου στις οποίες θα χρειαστεί να σκυροδετηθεί νωπό σκυρόδεμα επάνω στο παλαιό, θα χρησιμοποιηθεί κατάλληλος τύπος εποξειδικής ρητίνης και θα ακολουθείται η εξής τεχνική [7] :
- Επιμελημένος καθαρισμός της επιφάνειας του παλαιού σκυροδέματος και ξήρανση .
- Επάλειψη της ξηρής επιφάνειας με εποξειδική ρητίνη .
- Διάστρωση του νωπού σκυροδέματος πριν αρχίσει η σκλήρυνση της ρητίνης .
  
- Εφόσον πρόκειται για τη συγκόλληση οπλισμού ή μεταλλικών ενισχύσεων σε οπλισμένο σκυρόδεμα με εποξειδική ρητίνη πρέπει να ακολουθείται η εξής τεχνική [7] :
- Δημιουργία αυλάκων στο σκυρόδεμα βάθους 3 έως 5 cm και πλάτους 3 έως 4 φορές τη διάμετρο της ράβδου .
- Καθαρισμός της επιφάνειας των αυλάκων .
- Επάλειψη των αυλάκων ελαφρά με εποξειδική ρητίνη .
- Επάλειψη των σιδηρών ράβδων με εποξειδική ρητίνη και τοποθέτηση στους αυλάκες .
- Πλήρωση των αυλάκων με εποξειδικό κονίαμα .

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) ” **ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ/ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**” , Σ.Η.Δρίτσος ΠΑΤΡΑ 2005
- 2) ” **ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΘΕΙ ΖΗΜΙΕΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ** ” , “ Κτίριο ” , Τεύχος 61
- 3) ” **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΚΩΝ Ο/Σ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΡΗΤΙΝΕΣ ΥΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ** ”  
Χρ. Οικονόμου , Χρ. Καραγιάννη , Κ. Σιδέρη  
Εργ.Σιδηροπαγούς Σκυροδέματος , Τμ.Πολιτ.Μηχαν. ΠΣ/ΔΠΘ
- 4) ” **ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ** ” , Ε.Μ.Π. 1978
- 5 ) ” **ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ , ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ** ” ,  
Μιχαήλ Ν. Φαρδής
- 6) ” **ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ** ” , Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ , Ο.Α.Σ.Π
- 7) ” **ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ** ” , Υπουργείο Δημοσίων Έργων
- 8 ) ” **CRACK INJECTION , THE MOST APPROPRIATE REPAIR TECHNIQUE** ”  
S C Edwards , Balvac Whitley Moran Limited , Liverpool , England
- 9) ” **RESIN INJECTION IN STRUCTURAL PRESERVATION** ” J F Trout , Lilly Corporation , Aurora , Ill , USA
- 10) ” **STRUCTURAL CRACK REPAIR BY EPOXY INJECTION** ” , Brian F. Keane , ACI Committee E 706
- 11) ” **STRUCTURAL CRACK REPAIR BY GRAVITY FEED WITH RESIN** ” , Richard Montani , ACI Committee E 706
- 12) ” **REMR TECHNICAL NOTE CS-MR-3.9 , CRACK REPAIR METHOD : EPOXY INJECTION** ” , REMR Research Program
- 13) ” **STRUCTURAL RENOVATION OF BUILDINGS** ” , McGraw Hill
- 14) [www.foundationbolting.com/RetrofitPhotoPages](http://www.foundationbolting.com/RetrofitPhotoPages)
- 15) [www.nicodemus.org//Webimgs/Content/mat/adhesives/epoxy/epoxy](http://www.nicodemus.org//Webimgs/Content/mat/adhesives/epoxy/epoxy)

16) [www.webac.com /Pa3000small.jpg](http://www.webac.com/Pa3000small.jpg)