

## «ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΡΩΓΜΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΩΝ»

ΤΣΑΛΕΣΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ – ΧΟΝΔΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την μέθοδο επισκευής ρωγμών σε κατασκευές από σκυρόδεμα με την χρήση ρητινενέσεων. Αρχικά παρατίθενται κάποια ιστορικά στοιχεία σε σχέση με τις εποξειδικές ρητίνες, καθώς και οι ιδιότητες τους που κάνουν τις ρητίνες τόσο ιδανικές για αυτή την μέθοδο επισκευής. Στη συνέχεια αναλύονται τα είδη των ρωγμών που μπορούν να εμφανιστούν σε μία κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως και οι συνηθέστερες αιτίες που προκαλούν αυτές τις ρωγμές. Στο κύριο μέρος της εργασίας περιγράφεται η μέθοδος της ρητινένεσης και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση. Ακολούθως αναφέρονται οι μέσες τιμές των ιδιοτήτων των ρητινών και οι μεταβολές που αυτές υφίστανται σε ακραίες θερμοκρασίες. Η εργασία κλείνει με την περιγραφή δοκιμών που έχουν γίνει για τον προσδιορισμό του μέτρου που ένα κατασκευαστικό μέλος ανακτά τις αρχικές του ιδιότητες μετά την επισκευή του με ρητινένεση.*

### ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Εποξύ ή πολυεποξειδίο είναι ένα θερμοσκληρινόμενο πολυμερικό εποξειδίο, το οποίο πήζει όταν αναμειγνύεται με ένα καταλυτικό παράγοντα, τον «σκληρυντή». Οι πρώτες προσπάθειες για την παρασκευή ρητινών για εμπορική χρήση έγιναν το 1927 στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τελικά την επιτυχία για την παρασκευή εποξειδικής ρητίνης μοιράστηκαν οι Pierre Castan (Ελβετία) και S.O. Greenlee (Ηνωμένες Πολιτείες) το 1936. Σήμερα η βιομηχανία παραγωγής εποξειδικών ρητινών έχει τζίρο πάνω από 5 δις. Δολάρια στην βόρεια Αμερική μόνο, και πάνω από 15 δις, παγκοσμίως. Η παραγωγή αυτή, που γίνεται από 50-100 περίπου εταιρίες, αφορά την ανεπεξέργαστη ρητίνη, η οποία δεν χρησιμοποιείται από τους τελικούς καταναλωτές, αλλά από μία άλλη κατηγορία βιομηχανικών εταιριών που αναλαμβάνουν την επεξεργασία της. Η επεξεργασία αυτή αφορά την προσθήκη αδρανών, την πρόσδοση ελαστικότητας, χρώματος, συγκολλησιμότητας, αντοχής, μεγαλύτερου χρόνου εργασιμότητας κτλ. Έτσι φτάνουν στον τελικό καταναλωτή τα διάφορα είδη εποξειδικών ρητινών (αρκετές εκατοντάδες), που έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες για κάθε εργασία.

### ΓΙΑΤΙ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΗ ΡΗΤΙΝΗ;

Ο λόγος που χρησιμοποιούμε εποξειδική ρητίνη έναντι άλλων πιθανών υλικών (όπως απλό τσιμεντοκονίαμα, διάφορα είδη σιλικόνης, μαστίχας κτλ.), για ρωγμές μικρού πλάτους (0.1-3mm) έχει να κάνει κυρίως με τις εξής ιδιότητες της ρητίνης: το χαμηλό ιξώδες και την αντοχή σε γήρανση. Το χαμηλό ιξώδες επιτρέπει στην ρητίνη να εισχωρήσει σε όλο το βάθος της ρωγμής και όχι να την γεφυρώσει μόνο επιφανειακά. Έτσι, όχι μόνο η κατασκευή ανακτά αποτελεσματικότερα τις αρχικές της αντοχές, αλλά και προστατεύεται η ίδια η ρητίνη από περιβαλλοντικούς παράγοντες, αφού το μεγαλύτερο μέρος της βρίσκεται στο βάθος της ρωγμής. Με την μεγάλη της αντοχή σε γήρανση η ρητίνη διατηρεί την αρχική της αντοχή, μετά από πολλούς κύκλους φόρτισης – αποφόρτισης λόγω της αυξομείωσης του πλάτους των ρωγμών από διάφορα δυναμικά φορτία (κυρίως σεισμό) και ιδιαίτερα από κλιματολογικές αλλαγές, διατηρώντας την μονολιθικότητα του μέλους. Άλλα πλεονεκτήματα της χρήσης ρητίνης είναι η μικρή συστολή ξήρανσης που παρουσιάζει, οι μεγάλες μηχανικές αντοχές, η μεγάλη συγκολλητική ικανότητα, το καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται κα.

Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα υπερκαλύπτουν τα όποια μειονεκτήματα της χρήσης του υλικού, όπως η απαίτηση έμπειρου προσωπικού ή το σχετικά μικρό μέτρο ελαστικότητας που εμφανίζει.

## **ΤΥΠΟΙ ΡΩΓΜΩΝ**

Οι τύποι και η σοβαρότητα των ρωγμών στο σκυρόδεμα ποικίλουν. Γενικά οι ρωγμές διακρίνονται, ανάλογα με το αν αυξάνεται συνεχώς το πλάτος τους ή όχι, σε **ενεργές** και **μη ενεργές**, αντίστοιχα. Οι **μη ενεργές** ρωγμές κυρίως προκαλούνται από την συρρίκνωση του σκυροδέματος κατά την διάρκεια της πήξης και δεν αποτελούν παράγοντα ιδιαίτερης ανησυχίας εκτός από τον πιθανό κίνδυνο διείσδυσης της υγρασίας και διάβρωσης του οπλισμού. Οι **ενεργές ρωγμές** είναι οι πιο επικίνδυνες και αποτελούν ένδειξη σοβαρών προβλημάτων της κατασκευής. Υποδεικνύουν μετακίνηση κάποιου τμήματος της κατασκευής και σχετίζονται με υπέρβαση των φορτίων αστοχίας, καθίζηση θεμελίων, εγγενή σχεδιαστικά λάθη ή με άλλους σοβαρούς φθοροποιούς παράγοντες. Η κίνηση των ενεργών ρωγμών μπορεί να είναι παροδική ή συνεχής και έτσι απαιτούν συνεχή έλεγχο και οπωσδήποτε κάποια διορθωτική επέμβαση. Οι μη ενεργές ρωγμές επίσης απαιτούν παρακολούθηση και περιορισμένου εύρους παρεμβάσεις ώστε να εμποδιστεί η διάβρωση.

## **ΛΟΓΟΙ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΡΩΓΜΩΝ**

Οι ρωγμές στο σκυρόδεμα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να οφείλονται στη παρεμπόδιση της συστολής ξήρανσης ή της συστολής του σκυροδέματος κατά την πήξη, θερμοκρασιακές μεταβολές κτλ. (συνήθως αυτές οι αιτίες δημιουργούν μη ενεργές ρωγμές) ή σε αστοχία κάποιου μέλους της κατασκευής (εμφάνιση ενεργών ρωγμών). Οι αστοχίες αυτού του τελευταίου τύπου μπορεί να είναι:

1. Καμπτικές αστοχίες, οπότε εμφανίζονται μεγάλος αριθμός συνεχών ρωγμών, μικρού πλάτους στο πέλμα του μέλους που καταπονείται σε εφελκυσμό (συνήθως στα σημεία μέγιστων ροπών, όπως στο μέσο του ανοίγματος ή στις παρειές).
2. Διατμητικές αστοχίες, οπότε εμφανίζονται διαγώνιες ρωγμές
3. Αστοχίες λόγω μη επαρκούς συνάφειας μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος, οπότε εμφανίζονται συνήθως μικρός αριθμός ρωγμών μεγάλου πλάτους, στο σημείο απώλειας της συνάφειας (συνήθως στις παρειές).
4. Αστοχίες λόγω διάβρωσης του οπλισμού, οπότε αυτός διογκώνεται και ασκεί θλιπτικές δυνάμεις στο σκυρόδεμα. Αυτή η αστοχία γίνεται αντιληπτή με την εμφάνιση ρωγμών κατά μήκος των διαβρωμένων οπλισμών.
5. Αστοχίες λόγω ερπυσμού, γήρανσης του σκυροδέματος, πυρκαγιάς κτλ.

## **Η ΜΕΘΟΔΟΣ**

Οι επισκευές με την μέθοδο των ενέσεων εποξειδικής κόλλας (το αποτέλεσμα της ανάμειξης κάποιου είδους εποξειδικής ρητίνης με τον ανάλογο σκληρυντή) αποτελούν πολλές φορές την μόνη εναλλακτική μέθοδο, με την οποία μπορούμε να αποφύγουμε την επισκευή ή ενίσχυση του προβληματικού μέλους με απαιτητικότερες και ακριβότερες μεθόδους, όπως μανδύες, επικολλήσεις μεταλλικών ελασμάτων, ινοπλισμένων πολυμερών κτλ.. Έτσι, όταν εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που είναι αποτελεσματική (κυρίως για ρωγμές πλάτους από 0.1 έως 3 χιλιοστών), μας βοηθά να εξοικονομήσουμε σημαντικά χρηματικά ποσά

Γενικά, κύριος σκοπός των ρητινενέσεων είναι να επανακτηθούν οι αρχικές αντοχές του μέλους. Επίσης προστατεύει τον οπλισμό από το να χάσει τις αρχικές αντοχές του, εμποδίζοντας την διείσδυση του νερού, του αέρα, χημικών και άλλων διαβρωτικών υλικών στο εσωτερικό του μέλους που έχει εμφανίσει ρωγμές.

Όπως με όλες τις μεθόδους επισκευών, έτσι και με τις ρητινενέσεις, θα πρέπει αρχικά να προσδιορίσουμε την αιτία που προκάλεσε την αστοχία, στην συγκεκριμένη περίπτωση τις ρωγμές. Η εποξειδική κόλλα μπορεί να διορθώσει τις ρωγμές, όχι όμως και την αιτία που τις δημιούργησε. Η εξάλειψη αυτής της αιτίας μπορεί να είναι πολύ απλή, μπορεί όμως να είναι και εξαιρετικά δύσκολη, όπως το να απαιτεί σχεδιαστικές αλλαγές στην κατασκευή. Μόνο μετά την αντιμετώπιση αυτών των παραγόντων, και αφού θα είμαστε εξασφαλισμένοι ότι δεν θα εμφανιστούν ξανά ρωγμές στο μέλλον από τον ίδιο λόγο, θα προχωρήσουμε στην εφαρμογή της μεθόδου των ρητινενέσεων και της επισκευής των ρωγμών.

Η προετοιμασία πριν την ρητινένεση είναι εξαιρετικά σημαντική, αφού από την στιγμή που η εποξειδική κόλλα θα βρίσκεται στις ρωγμές, καμία διορθωτική ενέργεια δεν θα είναι δυνατή. Έτσι αρχικά οι ρωγμές καθαρίζονται προσεκτικά με την χρήση κενού ή πεπιεσμένου αέρα. Η εργασία αυτή, για να είναι αποτελεσματική θα πρέπει να γίνεται χωρίς διακοπή εργασίας. Αν παραμείνει σκόνη στις ρωγμές, αυτή θα δημιουργήσει συσσωματώματα, οπότε η εποξειδική κόλλα δεν θα φτάσει στο μέγιστο βάθος της ρωγμής.

Στη συνέχεια ανοίγονται με τρυπάνι τρύπες σε ορισμένα σημεία, κατά μήκος των ρωγμών και τοποθετούνται εκεί σωληνίσκοι μικρής διαμέτρου, που θα χρησιμοποιηθούν σαν σημεία ενέσεως της εποξειδικής κόλλας. Τα σημεία αυτά θα πρέπει να επιλέγονται με μεγάλη προσοχή, από έμπειρο συνεργείο. Η απόσταση τους εξαρτάται, γενικά, από το πλάτος και το βάθος της ρωγμής. Συνήθως, αυτή η απόσταση λαμβάνεται μεταξύ 10 και 20 εκατοστών. Ακολούθως, σφραγίζεται επιφανειακά το σύνολο των ρωγμών με ρητίνη ταχείας σκληρύνσεως.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε προαιρετικά να ελέγξουμε αν έχει γίνει σωστά η προετοιμασία, εισάγοντας νερό υπό πίεση στις ρωγμές από τους σωληνίσκους. Το νερό που θα απομείνει στις ρωγμές δεν θα επηρεάσει την διαδικασία της ρητινένεσης που θα εφαρμοστεί αργότερα, αφού οι δυνάμεις που θα αναπτυχθούν θα είναι τέτοιες που θα ωθήσουν το νερό έξω από τις ρωγμές. Επίσης το νερό βοηθά ακόμα περισσότερο τον καθαρισμό των ρωγμών. Το στάδιο αυτό συνήθως δεν εφαρμόζεται από πεπειραμένα συνεργεία, τα οποία είναι ικανά να διαπιστώσουν αν θα υπάρξει διαρροή της εποξειδικής κόλλας, κατά την ρητινένεση, χωρίς να εισαγάγουν πρώτα νερό. Σε περιπτώσεις αμφιβολίας, πάντως, ο έλεγχος αυτός αποδεικνύεται πολύ χρήσιμος και μας επιτρέπει να γνωρίζουμε που μπορεί να δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα κατά το απαιτητικό στάδιο της ρητινένεσης.

Αφού ολοκληρωθεί η προετοιμασία, εισάγεται η εποξειδική κόλλα υπό πίεση, μέσα από τους σωληνίσκους, αρχίζοντας από τους χαμηλότερους προς τους ψηλότερους αν η επιφάνεια στην οποία βρίσκονται είναι κάθετη (τοιχος) ή αρχίζοντας από μία οποιαδήποτε άκρη αν η επιφάνεια είναι οριζόντια (οροφή, πάτωμα). Και αυτή η εργασία απαιτεί εμπειρία, αφού η πίεση της εποξειδικής κόλλας θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης κάλυψη των ρωγμών, σε όλο τους το βάθος, αλλά ταυτόχρονα να αποφεύγεται η περαιτέρω αύξηση των ρωγμών λόγω υψηλής πίεσης της εποξ. κόλλας. Η πίεση που εφαρμόζεται για τις απλούστερες επισκευές είναι γύρω στα 40 psi (ρητινένεση χαμηλής πίεσης), ενώ για δυσκολότερες επισκευές μπορεί να φτάσει και ως 2000-3000 psi (ρητινένεση υψηλής πίεσης). Κατά την πρόοδο της ρητινένεσης, οι σωληνίσκοι που

υπερχειλίζουν σφραγίζονται με κατάλληλα υλικά (ανάλογα με την τεχνική που ακολουθήθηκε). Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το σφράγισμα όλων των σωληνίσκων.

Τελικά, κυρίως για λόγους αισθητικής, η μέθοδος ολοκληρώνεται με την απομάκρυνση της ρητίνης ταχείας σκληρύνσεως από την επιφάνεια των ρωγμών μετά από 24 ώρες περίπου (η ρητίνη αυτή έχει το γκρι χρώμα του τσιμέντου και συνήθως δεν ταιριάζει με το χρώμα του τοίχου) και την αποκοπή των τμημάτων των σωληνίσκων που προεξέχουν.

#### Γενικά στοιχεία για την μέθοδο.

Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της ρητινέωσης, πέρα από την αυστηρή τήρηση της παραπάνω διαδικασίας, είναι και η επιλογή της ρητίνης με το σωστό ιξώδες για την κάθε περίπτωση. Ρητίνη με υψηλότερο ιξώδες από το ενδεικνυόμενο δεν θα καλύψει όλο το μήκος και το βάθος των ρωγμών, ενώ επιλογή ρητίνης με χαμηλότερο ιξώδες αυξάνει τον κίνδυνο διαρροών. Σημαντικό επίσης είναι η ανάμιξη της ρητίνης και του σκληρυντή να γίνεται στη σωστή αναλογία, η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή. Οι αποκλίσεις από τις σωστές αναλογίες, οι οποίες επιτρέπονται, είναι της τάξεως του 2%.

Κατά την χρήση της εποξειδικής ρητίνης θα πρέπει να λαμβάνονται κάποια μέτρα προστασίας (όπως χρήση μάσκας, γαντιών, προστατευτικών γυαλιών κτλ..) Επίσης, λόγω της τοξικότητας του υλικού, θα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες απόθεσης των χημικών υπολειμμάτων της διαδικασίας της ρητινέωσης, οι οποίες από τον κατασκευαστή.

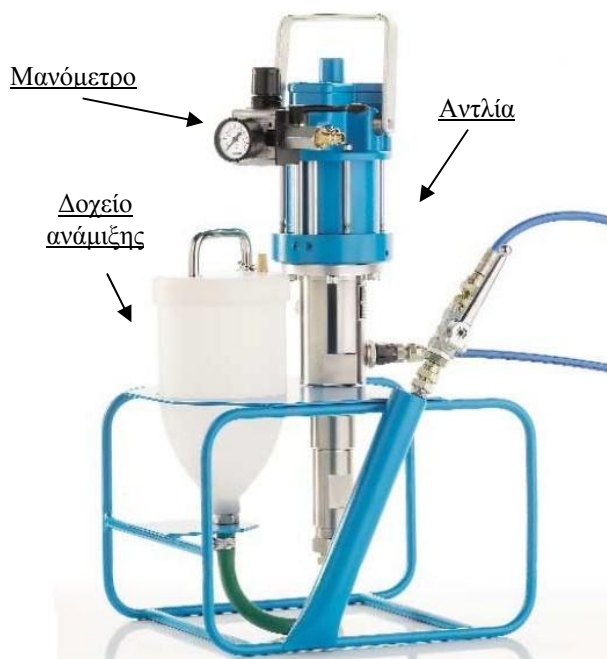
Η αποθήκευση της ρητίνης και του σκληρυντή πρέπει να γίνεται σε περιβάλλον δροσερό και σκιερό, σε θερμοκρασία 10-20° C. Γενικά η αποθήκευση δεν πρέπει να είναι μακροχρόνια. Σε περίπτωση μεταβολής του ιξώδους της ρητίνης, κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, πρέπει να επιχειρείται επαναφορά της, με θέρμανση σε υδρόλουτρο και να ελέγχονται στην συνέχεια οι ιδιότητες της ρητίνης πριν χρησιμοποιηθεί.

Για ρωγμές πλάτους μεγαλύτερου από 3mm χρησιμοποιούνται εποξειδικά κονιάματα (εποξειδική κόλλα με προσθήκη αδρανών), τα οποία, όμως, έχουν μικρότερες αντοχές, αλλά μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας.

### **ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

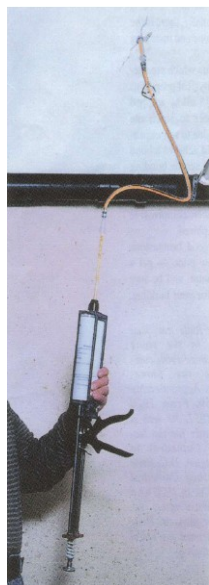
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε ρητινέωση εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της επισκευής. Διακρίνουμε 2 περιπτώσεις:

Σε απλές επισκευές, που δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις (όταν πχ. χρειάζονται σφράγισμα μη ενεργές ρωγμές, για την αποφυγή κινδύνου διάβρωσης, και όχι τόσο για τον κίνδυνο απώλειας των αντοχών του σκυροδέματος), γίνεται ρητινέωση χαμηλής πίεσης (20-40psi). Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται απλούστερος εξοπλισμός, όπως αυτός της εικόνας 1. Η ρητίνη αφού αναμιχθεί με τον σκληρυντή εισάγεται στον



**Εικόνα 2**

κύλινδρο του πιστολιού και εκτοξεύεται με πίεση από το ακροφύσιο, πατώντας την σκανδάλη. Υπάρχει, επιπλέον, εξοπλισμός με υποδοχή για



Εικόνα 1

δύο κυλίνδρους (ένας για τη ρητίνη και ένας για τον σκληρυντή), οπότε η ανάμιξη των δύο υλικών γίνεται κατά την ρητινένεση στο ακροφύσιο. Η τεχνική αυτή έχει εμφανή μειονεκτήματα και εφαρμόζεται, κυρίως, λόγω της απλότητας της.

Σε απαιτητικές επισκευές, με ενεργές ρωγμές και κίνδυνο απωλειών των αντοχών του σκυροδέματος, γίνεται ρητινένεση υψηλής πίεσης (1000-10000psi).

Ενδεικτικός εξοπλισμός για αυτόν το τύπο ρητινένεσης φαίνεται στην εικόνα 2. Διακρίνεται το δοχείο ανάμιξης, η αντλία και το μανόμετρο. Το πιστόλι αυτού του τύπου εξοπλισμού φαίνεται στην εικόνα 3. Και σε αυτή την περίπτωση η ανάμιξη της ρητίνης με τον σκληρυντή μπορεί να γίνεται πριν την ρητινένεση (όπως στον εξοπλισμό της εικόνας) ή κατά την διάρκεια της οπότε υπάρχουν δύο ξεχωριστά δοχεία και η ανάμιξη γίνεται ταυτόχρονα με την ρητινένεση. Τα πλεονεκτήματα της ταυτόχρονης ανάμιξης των υλικών και ρητινένεσης είναι δύο:

1. μεγαλύτερος χρόνος εργασιμότητας της ρητίνης.
2. μη ανάγκη διακοπής της διαδικασίας της ρητινένεσης, όταν καταναλωθεί η εποξειδική κόλλα με δυσμενή αποτελέσματα για

την επιτυχία της επισκευής.

## ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΗ ΣΕ ΑΚΡΑΙΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Όταν η θερμοκρασία του σκυροδέματος που έχει εμφανίσει ρωγμές, κατά την διάρκεια της ρητινένεσης, είναι πολύ χαμηλή, το ιξώδες της εποξειδικής ρητίνης θα αυξηθεί. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού πραγματοποίησης της ρητινένεσης. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι μεγάλη, η ρητίνη θα πήξει πρόωρα (μικρός χρόνος εργασιμότητας) με επακόλουθο, την μη σωστή διείδυση της στις ρωγμές. Γι' αυτούς τους λόγους θα πρέπει να προστατεύουμε την επιφάνεια των ρωγμών, και όλο τον εξοπλισμό της ρητινένεσης από ακραίες θερμοκρασίες.

Γενικά, όσον αφορά τις ιδιότητες της ρητίνης, με την αύξηση της θερμοκρασίας:

- Μειώνεται το ιξώδες.
- Μειώνεται ο χρόνος εργασιμότητας
- Μειώνεται το μέτρο ελαστικότητας.
- Μειώνονται οι αντοχές, κυρίως σε θερμοκρασίες πάνω από 50°C.

Η ρητίνη καίγεται περίπου στους 250°C.

Με την μείωση της θερμότητας:

- Αυξάνεται το ιξώδες
- Αυξάνεται ο χρόνος εργασιμότητας.

Αν η ρητινένεση πρέπει να γίνει σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός θα πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει παγετός στις ρωγμές. Ο πάγος εμποδίζει την ανάπτυξη συνεκτικότητας μεταξύ σκυροδέματος και εποξειδικής ρητίνης, οπότε η ρητινένεση δεν θα είναι επιτυχημένη. Έτσι, είναι σωστό να θερμαίνουμε την επιφάνεια πριν την διαδικασία. Η θέρμανση θα πρέπει να



Εικόνα 3

γίνεται με προσοχή, αφού τυχόν υπερθέρμανση θα προκαλέσει το κλείσιμο των ρωγμών. Επιπλέον, μετά το τέλος της ρητινένεσης οι ρωγμές θα ξανανοιξουν και η ρητίνη θα δεχτεί μεγάλες εφελκυστικές τάσεις, πριν αποκτήσει τις τελικές της αντοχές, με δυσμενή αποτελέσματα για την επιτυχία της επισκευής. Γενικά, πρέπει να επιλέγεται έμμεση θέρμανση των ρωγμών, θερμαίνοντας τον χώρο όπου βρίσκονται οι ρωγμές, παρά άμεση θέρμανση. Το ιδανικότερο είναι ο χώρος να θερμαίνεται λίγες ώρες πριν και λίγες ώρες μετά την ρητινένεση.

Σαν συμπέρασμα των παραπάνω, οι εποξειδικές ρητίνες χάνουν ευκολότερα τις ιδιότητες τους σε ακραίες θερμοκρασίες σε σχέση με το σκυρόδεμα ή τον χάλυβα. Γι' αυτό τα μέλη που επισκευάστηκαν θα πρέπει να προφυλάσσονται από ακραίες θερμοκρασίες, κυρίως από πυρκαγιά, σε όλη την διάρκεια της ζωής τους.

#### **ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΩΝ.**

<u>Θλιπτική αντοχή (MPa):</u>	60-130
<u>Εφελκυστική αντοχή (MPa):</u>	40-65
<u>Χρόνος εργασιμότητας (min):</u>	Εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού που αναμειγνύουμε και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κυμαίνεται (για 25°C και 200gr υλικού από 20 έως 80 min περίπου.).
<u>Ιξώδες(PS):</u>	1.5-40
<u>Μέτρο ελαστικότητας (MPa):</u>	2100-5500
<u>Χρόνος απόκτησης αντοχής (ημέρες):</u>	2-20 (συνήθως 7)
<u>Επιμήκυνση θραύσης (%):</u>	Συνήθως 1.5-2.5. Υπάρχουν και ειδικές ρητίνες των οποίων η επιμήκυνση θραύσης φτάνει ως και το 70%!

#### **ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ**

Τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της επισκευής με τη μέθοδο των ρητινένεσεων πρέπει να πληρούν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές οι οποίες και πρέπει να αναγράφονται στο πιστοποιητικό του εργοστασίου παραγωγής που θα τα συνοδεύει. Αυτές οι προδιαγραφές είναι:

- Περιγραφή του προϊόντος (συστατικά, προδιαγραφές που πληρεί)
- Χρήση του προϊόντος ( που μπορεί να γίνει εφαρμογή)
- Φυσικά και Χημικά χαρακτηριστικά ( χρώμα, ιξώδες, πυκνότητα, λόγος ανάμιξης κ.α.)
- Μηχανικά χαρακτηριστικά (χρόνος εργασιμότητας, χρόνος σκλήρυνσης, αντοχή σε θλίψη, κάμψη και εφελκυσμό, πρόσφυση στο σκυρόδεμα και μέτρο ελαστικότητας)
- Οδηγίες για την εφαρμογή
- Οδηγίες για τον καθαρισμό του εξοπλισμού
- Οδηγίες για την προστασία του συνεργείου

- Οδηγίες για προστασία του περιβάλλοντος
- Ιδιαίτερα μέτρα που πρέπει να τηρηθούν κατά την εφαρμογή

Υπάρχουν επίσης κάποιες πρόσθετες προϋποθέσεις απαραίτητες για τη σωστή χρήση της ρητίνης. Έτσι πέρα από τα φυσικά, χημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της ρητίνης πρέπει να αναγράφεται πάνω στη συσκευασία το συστατικό που περιέχει (ρητίνη ή σκληρυντή), το καθαρό του βάρος καθώς και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στην οποία πρέπει να χρησιμοποιείται. Επίσης οι ποσότητες των συστατικών του πρέπει να είναι σε τέτοιες αναλογίες έτσι ώστε να σχηματίζεται συγκολλητικό υλικό συγκεκριμένου βάρους αλλά και για να εξασφαλίζεται το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Επίσης πολλή μεγάλη σημασία παίζει το να έχει η ρητίνη κατάλληλη συγκολλησιμότητα και συνάφεια με το σκυρόδεμα αλλά και να μην ελαττώνονται μετά την έκθεση της ρητίνης σε υγρασία.

Η συντήρηση του εξοπλισμού και του υλικού παίζει επίσης μεγάλο ρόλο. Μετά από κάθε χρήση ο εξοπλισμός πρέπει να καθαρίζεται προσεχτικά σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή ενώ τα δοχεία με το υλικό πρέπει να αποθηκεύονται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Αν το υλικό κρυσταλλώσει τότε πρέπει να εργαστούμε όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Πριν από τη χρήση θα πρέπει να προσέξουμε ώστε η ρητίνη να έχει την κατάλληλη ρευστότητα, ανάλογα με το μέγεθος της ρωγμής και το μέτρο ελαστικότητας και η τιμή του ιξώδους να μην είναι πολύ χαμηλά. Τέλος κατά τη διάρκεια της εφαρμογής πρέπει να φροντίζουμε να διατηρούμε ένα σταθερό ρυθμό πίεσης και να έχουμε αρκετό υλικό για να καλυφθεί όλη η ρωγμή.

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΩΝ**

### Εισαγωγή

Ο βασικός προβληματισμός όλων όσων χρησιμοποιούσαν κατά το παρελθόν, αλλά και εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τη μέθοδο των εποξειδικών ρητινών (την πιο διαδεδομένη μέθοδο επισκευής στον κόσμο) για την επισκευή των ρωγμών είναι αν μετά την επέμβαση πάνω στο φορέα μας αυτός εξακολουθεί να έχει ίδιες ή μικρότερες αντοχές σε σχέση με αυτές που στην αρχή των είχαμε σχεδιάσει. Για να φτάσουμε σε ασφαλή συμπεράσματα έγιναν στο παρελθόν και συνεχίζονται να γίνονται μέχρι και σήμερα διάφορα πειράματα. Σε αυτά χρησιμοποιούνται, όχι μόνο διαφορετικοί τύποι ρητινών αλλά και διαφορετικοί τύποι φορέων για να μπορέσουμε να δούμε την αντίδραση των κατασκευών σε διάφορες περιπτώσεις. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα από αυτά τα πειράματα και τα αποτελέσματά τους.

### Δοκιμή 1<sup>η</sup>

Πειραματική διερεύνηση του Εργαστηρίου Σιδηροπαγούς Σκυροδέματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΠΣ/ΔΠΘ,

Χρ. Οικονόμου, Χρ. Καραγιάννη, Κ. Σιδέρη

Στο πρώτο πείραμα που θα περιγράψουμε μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα της επισκευής τριών καμπτικών δοκών οπλισμένου σκυροδέματος με χρήση ρητινών. Κατά τη διάρκεια του πειράματος οι τρεις αυτοί δοκοί καταπονήθηκαν με συγκεκριμένη

ανακυκλιζόμενη καμπτική ένταση και αφού επισκευάστηκαν με τη βοήθεια ρητινενέσεων ξαναυποβλήθηκαν στην ίδια ένταση.

Και οι τρεις δοκοί είχαν τις ίδιες διαστάσεις και ελέχθησαν ως προς την αντοχή του σκυροδέματός τους σε εφελκυσμό και θλίψη. Στη συνέχεια οι δύο από τις τρεις δοκούς φορτίστηκαν με ένα αρκετά μεγάλο φορτίο ενώ η τρίτη με φορτίο που έφτανε κοντά στα όρια αντοχής της. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης γίνονταν μετρήσεις της βύθισής τους στο μέσον. Ύστερα οι δοκοί επισκευάστηκαν με τη μέθοδο των ρητινενέσεων χωρίς να έχουμε παράλληλα αύξηση των αρχικών τους διαστάσεων και παρέμειναν αφόρτιστες για έξι μέρες. Τέλος ξαναφορτίστηκαν και οι τρεις με το ίδιο φορτίο που είχαν φορτιστεί και αρχικά.

Στη συνέχεια άρθησαν οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν τα εξής:

- Η εικόνα ρηγμάτωσης των πριν και μετά την επισκευή ήταν σχεδόν η ίδια
- Η δυσκαμψία των δοκών αποκαστάθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό λόγω της πλήρωσης σε μεγάλο βαθμό των μικρορωγμών.
- Τέλος παρατηρήθηκε μικρή πτώση της ικανότητας για απορρόφηση της ενέργειας της φόρτισης και στις τρεις δοκούς λόγω μάλλον της εσωτερικής αλλοίωσης της δομής των υλικών

### Δοκιμή 2<sup>η</sup>

Πειραματική διερεύνηση των:

Δ. Σαρηγιάννης, Π.Μ., Προϊστάμενος τμήματος μελετών ΥΑΣΒΕ.

Κ. Στυλιανίδης, Π.Μ., Λέκτορας πολυτεχνικής σχολής ΑΠΘ

Στο δεύτερο πείραμα που θα περιγράψουμε έγινε έλεγχος της αποκατάστασης των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος σε πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος. Για τη διαδικασία του πειράματος κατασκευάστηκαν σε κλίμακα δύο πλαίσια ίδιων διαστάσεων ενώ κατά την επισκευή τους χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη εποξειδικών ρητινών .

Και στα δύο πλαίσια εφαρμόστηκε ανακυκλιζόμενη τέμνουσα ενώ στο ένα από τα δύο εφαρμόστηκε και αξονική δύναμη σε κάθε στύλο. Στη συνέχεια επισκευάστηκαν και τα δύο πλαίσια με αντικατάσταση των χαλαρών κομματιών και με πλήρωση των κενών με ρητίνη. Τέλος ξαναφορτίστηκαν τα δύο πλαίσια με τα ίδια φορτία και πήραμε τα εξής αποτελέσματα:

- Η εικόνα ρηγμάτωσης και ο μηχανισμός αστοχίας των αρχικών και των επισκευασμένων πλαισίων ήταν πανομοιότυπος. Παρατηρήθηκε μικρή απομάκρυνση των πλαστικών αρθρώσεων από τους κόμβους στα επισκευασμένα πλαίσια
- Τα διαγράμματα φορτίου - μετατόπισης των αρχικών και των επισκευασμένων πλαισίων είναι πανομοιότυπα.
- Η αντοχή και η δυνατότητα απόσβεσης ενέργειας αποκαταστάθηκε σχεδόν στα προ βλάβης επίπεδα.
- Η αρχική ακαμψία παρουσιάζει μια σημαντική μείωση που οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έγινε δυνατή η πλήρωση όλων των ρωγμών με ρητίνη.

### Δοκιμή 3<sup>η</sup>

Πειραματική διερεύνηση του εργαστηρίου σιδηροπαγούς σκυροδέματος, πολυτεχνική σχολή Α.Π.Θ.

Αλ. Τσώνος, Δρ. πολιτικός μηχανικός, επίκουρος καθηγητής Α.Π.Θ.

Στο τελευταίο πείραμα που θα παρουσιάσουμε χρησιμοποιήθηκαν δύο δοκίμια πλαισιακού υποσυνόλου. Σκοπός αυτού του πειράματος ήταν να αποδειχθεί αν σε μια



σύγχρονη κατασκευή που σύμφωνα με τον ικανοτικό σχεδιασμό το μεγαλύτερο μέρος των βλαβών πηγαίνει στις δοκούς επαρκεί μια απλή επισκευή της κατασκευής χωρίς περαιτέρω ενίσχυση.

Κατασκευάστηκαν τα δύο δοκίμια σε κλίμακα και το μεν πρώτο σχεδιάστηκε σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς το δε δεύτερο με τους Αμερικάνικους. Και στα δύο δοκίμια εφαρμόστηκε ισχυρό σεισμικό φορτίο. Και στα δύο δοκίμια είχαμε σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς και έπρεπε να χρησιμοποιηθεί εκ νέου σκυρόδεμα σε ορισμένα σημεία για την πλήρη επισκευή τους. Στη συνέχεια και αφού πέρασε ένας μήνας γεμίσαμε τις ρωγμές με ρητίνη και ξαναφορτίσαμε τα δοκίμια.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων βγήκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Πρώτα από όλα η εικόνα αστοχίας των αρχικών και των επισκευασμένων δοκιμίων είναι σχεδόν ίδια.
- Η αποκατάσταση της αντοχής, της ακαμψίας και της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας ήταν σχεδόν καθολική στο δοκίμιο που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό. Στο άλλο δοκίμιο ενώ στην αρχή στα μεγέθη αυτά εμφανίζεται μια μείωση στη συνέχεια αποκαθίστανται και αυτά πλήρως.

### ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά βλέπουμε ότι η επισκευή ενός φορέα με τη βοήθεια των ρητινενέσεων της περισσότερες φορές έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, δηλαδή την πλήρη αποκατάστασή του στην αρχική του κατάσταση και αντοχή. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν ορισμένες μικρές σχετικά αποκλίσεις που οφείλονται στο γεγονός ότι δεν είναι δυνατόν να επισκευαστούν όλες οι ρωγμές με τη βοήθεια της ρητίνης. Παρ' όλα αυτά η χρήση των ρητινών αποτελεί μια καθ' όλα αξιόπιστη λύση για την αποκατάσταση ακόμα και σοβαρών περιπτώσεων.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ/ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**  
Σ.Η. Δρίτσος, Εκδόσεις πανεπιστημίου Πατρών 2005
2. **ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**  
Θανάσης Χ. Τριανταφύλλου, 5<sup>η</sup> έκδοση – 2002
3. **ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ**  
Μιχαήλ Ν. Φαρδής, Εκδόσεις πανεπιστημίου Πατρών 2005
4. **ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ**  
Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Ε.Μ.Π. 1978
5. **ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ**  
Υπουργείο Δημοσίων έργων, Θεσσαλονίκη 1978
6. **Ε.Κ.Ο.Σ. 2000**

7. **11<sup>Ο</sup> ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, Τ.Ε.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ (Δοκιμή 1)**  
Κέρκυρα, 18-20 Μαΐου
8. **9<sup>Ο</sup> ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, Τ.Ε.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (Δοκιμή 2)**  
Καλαμάτα, 14-16 Φεβρουαρίου 1990
9. **ΠΡΑΚΤΙΚΑ 1<sup>ΟΥ</sup> ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (Δοκιμή 3)**  
Εάνθη, 9-10 Νοεμβρίου 2000

ΣΧΕΤΙΚΑ SITES:

1. Ιστορικά στοιχεία για την εποξειδική ρητίνη:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Epoxy\\_resin](http://en.wikipedia.org/wiki/Epoxy_resin)
2. Γενικές πληροφορίες για τις ρητινένεσεις: <http://www.epoxysystems.com/injectn.htm>
3. Πολλές εικόνες από όλα τα στάδια της ρητινένεσης: [http://www.leak-proof.com/crack\\_injection.htm](http://www.leak-proof.com/crack_injection.htm)
4. Οι κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό (Θεσσαλονίκη 1978) στο internet:  
<http://www.domiki.gr/seismoi/methodoi5.htm>
5. Site με πληροφορίες σχετικά με τα είδη των ρωγμών στο σκυρόδεμα:  
<http://www.nps.gov/goga/history/seaforts/chap9&10/concrete.htm>
6. Πληροφορίες για τις ρητινένεσεις χαμηλής πίεσης:  
[http://www.emecole.com/epoxy\\_urethane\\_concrete\\_repair.pdf](http://www.emecole.com/epoxy_urethane_concrete_repair.pdf)
7. Οι εικόνες του εξοπλισμού ρητινένεσης υψηλής πίεσης πάρθηκαν από το site της εταιρίας WIWA: <http://www.wiwa.de/>