

## ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΡΩΓΜΩΝ ΣΤΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

**ΚΑΛΛΙΑΝΙΩΤΗΣ ΦΩΤΗΣ  
ΣΤΑΘΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

### **Περίληψη**

*Η ύπαρξη των ρωγμών είναι αναπόσπαστο κομμάτι των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, αφού ουσιαστικά αποτελούν τα ορατά αποτελέσματα της παραμορφωσιμότητας ενός φορέα. Η καταρχήν διερεύνηση και εξακρίβωση των αιτιών των ρηγματώσεων και η μετέπειτα ορθή επιλογή της μεθόδου επέμβασης είναι βαρύνουσας σημασίας για το μηχανικό διότι από τη δική του απόφαση θα εξαρτηθεί η εξέλιξη της συμπεριφοράς και το μέλλον της κατασκευής. Η εργασία αυτή αποτελεί μία προσπάθεια επισκόπησης των βαθύτερων αιτιών των ρωγμών και παρατίθενται οι πιο "δημοφιλείς" τεχνικές επεμβάσεων αξιολογώντας την αποδοτικότητα τους στα διάφορα δομικά μέλη. Συγκρίνοντας τις μεθόδους αυτές καταλήγουμε στην καταλληλότερη, επιτρέποντας πάντα την τελική επιλογή στην κρίση του πολιτικού μηχανικού.*

### **1.ΡΩΓΜΕΣ – ΓΕΝΙΚΑ**

Η ρηγματώση είναι σύμφυτη με τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω της μικρής του εφελκυστικής αντοχής. Η εμφάνιση όμως των ρωγμών δεν συνεπάγεται αυτόματα και έλλειψη λειτουργικότητας ή ανθεκτικότητας της κατασκευής, γι' αυτό και η φύση τους χρήζει ιδιαίτερης προσοχής για διεξοδική διερεύνηση από τον ιθύνοντα μηχανικό. Δεν είναι λίγες οι φορές που οι ρωγμές λόγω υπέρβασης αντοχής αποτελούν ένδειξη στατικής ανεπάρκειας του φορέα και πιθανόν η όποια επισκευή, να επεκταθεί και σε περιοχές πέρα των ρωγμών. Αν κριθεί απαραίτητη η επισκευή της ρηγματωμένης περιοχής, εκτός από αισθητικής άποψης, ο μηχανικός θα επέμβει είτε απομακρύνοντας την αιτία είτε ενισχύοντας το δομικό φορέα.[1]

Οι ρωγμές διακρίνονται σε **ενεργές** και **μη-ενεργές**. Στις ενεργές, οι οποίες έχουν και μεγαλύτερο βαθμό επικινδυνότητας, εξακολουθούν να υπάρχουν μετακινήσεις με άμεσο επακόλουθο την αύξηση του εύρους ή του μήκους τους. Η συνεχής εποπτεία αλλά και παρέμβαση κρίνονται απαραίτητες. Στις μη-ενεργές ρωγμές δεν παρουσιάζονται περαιτέρω μετακινήσεις και δεν προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία παρά μόνο σε περιπτώσεις διεύθυνσης της υγρασίας με συνέπεια διάβρωσης των ράβδων οπλισμού. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι ρωγμές καθ' εαυτές δεν αποτελούν πρόβλημα για την ασφάλεια της κατασκευής, εφόσον το άνοιγμά τους περιορίζεται κάτω από ορισμένα όρια, τα οποία καθορίζονται από τις απαιτήσεις για την εμφάνιση της κατασκευής, την προστασία των οπλισμών από διάβρωση και τη στεγανότητα. Το εύρος της ρωγμής που θεωρείται ανεκτό από άποψη εμφάνισης εξαρτάται από τη φύση του επιχρίσματος, αλλά και από το είδος χρήσης της κατασκευής.[3] Στον πίνακα παρατίθενται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα μέγιστα αποδεκτά όρια εύρους ρωγμών για διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος, όπου θα καθορίσουν και τη διαδικασία επισκευής τόσο για αισθητικούς όσο και για λειτουργικούς λόγους.

Συνθήκες Περιβάλλοντος	Μέγιστο επιτρεπόμενο εύρος ρωγμής
Ξηρό περιβάλλον	0,41 mm
Υγρό περιβάλλον ή έδαφος	0,30 mm
Χημικές προσβολές	0,18 mm
Θαλάσσιες κατασκευές	0,15 mm
Δεξαμενές	0,10 mm

**Πίνακας 1:** Μέγιστο Επιτρεπόμενο Εύρος Ρωγμών [1]



**Εικόνα 1 :** Όργανο μέτρησης εύρους ρωγμής [12]

## 2.ΑΙΤΙΑ ΡΩΓΜΩΝ

Η μεγάλη ποικιλία των αιτιών που συνοδεύουν τις ρωγμές δυσχεραίνουν το έργο διερεύνησης τους, γι' αυτό και η στατική ανάλυση του εκάστοτε φορέα αποτελεί βασικό μέλημα του μηχανικού ώστε να αποκρυπτογραφήσει τον κίνδυνο μικρών ή μεγάλων προβλημάτων που "κρύβουν" τα αίτια τους.[1],[13],[2],[3]

Οι βασικότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη ρωγμών είναι οι ακόλουθες:

✚ **Συστολή ξύρασης του σκυροδέματος.**

Ως γνωστόν, ο κορεσμένος με νερό τσιμεντοπολτός σε συνθήκες υγρασίας υφίσταται απώλεια νερού και συστέλλεται με συνέπεια την πρόκληση ρηγματώσεων, οι οποίες αποτελούν μέσο για να περάσουν τόσο το διοξείδιο του άνθρακα όσο και τα χλωριόντα στον οπλισμό επιταχύνοντας τη διαδικασία της διάβρωσης.[5]

✚ **Διάβρωση των ράβδων οπλισμού του σκυροδέματος.**

Οφείλεται κυρίως στη μικρή επικάλυψη με σκυρόδεμα, στην κακή ποιότητα του σκυροδέματος, στο πορώδες της μάζας του σκυροδέματος ,δηλαδή από την καλή συμπύκνωση για την αποφυγή κενών, την τιμή του λόγου νερού προς τσιμέντο, η οποία καθορίζει το αν ή όχι ο στερεός ιστός του σκληρυμένου τσιμεντοπολτού έχει πολλούς πόρους κλπ.[3]

✚ **Ελλiptής οπλισμός.**

Δημιουργούνται ρωγμές λόγω υπέρβασης της αντοχής και η επισκευή τους είναι πιθανό να προκαλέσει προβλήματα στη δομική συμπεριφορά του μέλους ,διότι περαιτέρω αύξηση της ροπής αντοχής της διατομής είναι πρακτικά αδύνατη.

✚ **Θερμοκρασιακές μεταβολές.**

Συνήθως πρόκειται για ακίνδυνες ρωγμές οι οποίες επισκευάζονται για αισθητικούς λόγους. Κυρίως σε κατασκευές μεγάλου μεγέθους, αύξηση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος κατά την ενυδάτωση του τσιμεντοπολτού (λίγες ημέρες μετά τη σκυροδέτηση) προκαλεί ανάπτυξη εφελκυστικών παραμορφώσεων και ρηγμάτωση λόγω διαφοράς θερμοκρασίας των εξωτερικών επιφανειών (ψυχρότερες ) με το εσωτερικό (θερμότερο ) των στοιχείων. Το μέγεθος των εφελκυστικών παραμορφώσεων και τάσεων που πιθανόν να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση εξαρτάται από το βαθμό περιορισμού των παραμορφώσεων της κατασκευής, το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος, το συντελεστή θερμικής διαστολής, την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω ενυδάτωσης και τη χαλάρωση των τάσεων λόγω ερπυσμού. Συνηθισμένη μέθοδος περιορισμού τάσεων είναι ο περιορισμός της θερμοκρασιακής μεταβολής που επιτυγχάνεται με πρόψυξη του σκυροδέματος με κρύα αδρανή κατά τη σκυροδέτηση, καθώς επίσης και με μερική αποκατάσταση του τσιμέντου με ποζολάνες.[2]

✚ **Αυξημένα εξωτερικά φορτία.**

Περαιτέρω αύξηση της εξωτερικής φόρτισης από τα προβλεπόμενα οδηγεί σε ρηγμάτωση της κατασκευής.

✚ **Μη επαρκής συνάφεια χάλυβα-σκυροδέματος.**

Εμφανίζεται μικρός αριθμός ρωγμών μεγάλου πλάτους στην περιοχή απώλειας της συνάφειας, συνήθως στις παρειές.

✚ **Ανεπαρκής συντήρηση και τελείωμα.**

Ως αποτέλεσμα ,η εξωτερική επιφάνεια είναι πλουσιότερη σε νερό από το εσωτερικό ,παρουσιάζεται αρκετές εβδομάδες μετά τη σκυροδέτηση και γίνεται εμφανέστερη όταν η επιφάνεια έχει διαβραχεί. Πρόκειται για τριχοειδείς ρωγμές μικρού μήκους και πολύ μικρού βάθους-1 mm- στην επιφανειακή στρώση του σκυροδέματος. (“σκάσιμο”).[2]

✚ **Πλαστική συστολή και πλαστική κάθιση.**

Το φαινόμενο της πλαστικής κάθισης παρουσιάζεται επί το πλείστον στο άνω άκρο υποστηλώματος λόγω μεγάλης εξίδρωσης και συνθηκών απότομης αρχικής ξήρανσης. Η πλαστική συστολή εμφανίζεται συνήθως σε πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος λόγω μικρής εξίδρωσης, απότομης αρχικής ξήρανσης και ύπαρξης οπλισμού κοντά στην επιφάνεια.[2]



**Εικόνα 2** : Ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής

### 3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΡΩΓΜΩΝ

Με το πέρασμα του χρόνου έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι επισκευής των ρωγμών στο οπλισμένο σκυρόδεμα, λίγες όμως είναι αποδοτικές και είναι ικανές να επιτύχουν την επαναφορά της μονολιθικότητας και στατικής ακεραιότητας του στοιχείου ή της κατασκευής. Βασικό όμως μειονόκτημα, κοινό σχεδόν σε όλες τις μεθόδους, είναι η γήρανση του υλικού επισκευής που αναστέλλει την προσπάθεια μόνιμης αποκατάστασης.[1] Οι πιο εύχρηστες και ευρέως διαδεδομένες τεχνικές, είναι η τεχνική των ρητινενέσεων, των ραφών, της πρόσθετης ενίσχυσης, της διάτρησης και πλήρωσης και ακολουθεί μία πιο αδρομερής αναφορά σε αυτές.

#### 3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΡΗΤΙΝΕΝΕΣΕΩΝ

Με τον όρο “ρητινένεση” προσδιορίζεται η διαδικασία έγχυσης μιας ρητινοειδούς κόλλας ( ρητίνη ) στις ρωγμές του στοιχείου με ενέσιμο τρόπο, καλύπτοντας εύρος ρωγμών ( 0,1 - 3,0 )mm σε άοπλο και οπλισμένο σκυρόδεμα. Για την παρασκευή της ρητίνης έχουν επικρατήσει δύο διαδικασίες ανάμιξης της με το σκληρυντή. Κατά την πρώτη ανάμιξη των δύο συστατικών, γίνεται ξεχωριστά και στη συνέχεια το υλικό τοποθετείται στο δοχείο της αντλίας, το οποίο φέρει ακροφύσιο για την εκτέλεση της επέμβασης και μανόμετρο για τη μέτρηση της πίεσης έγχυσης του μίγματος. Σύμφωνα με τη δεύτερη διαδικασία, χρησιμοποιούνται μηχανές αυτόματης συνεχούς ανάμιξης με ελεγχόμενη τροφοδοσία. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται πλήρης εκμετάλλευση του χρόνου εργασιμότητας. [1]

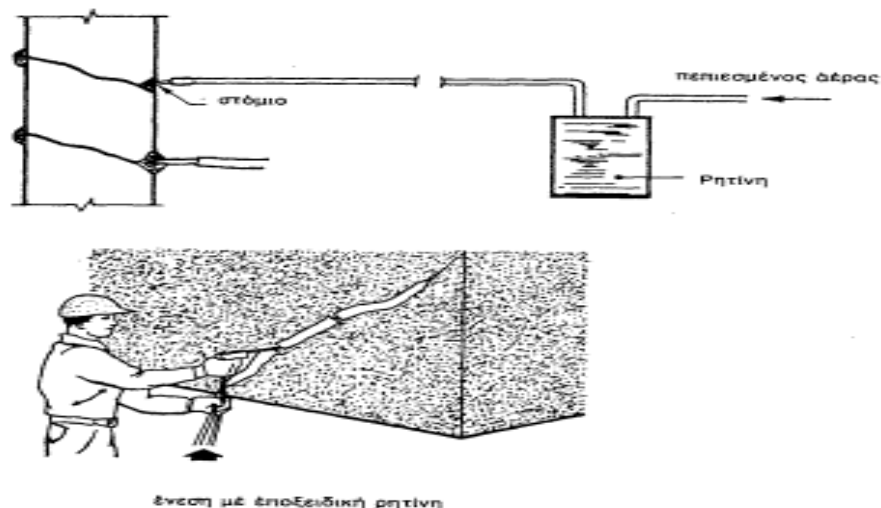
Οι ρητίνες αποτελούν ένα υλικό που μπορεί να γεμίσει το κενό μιας ρωγμής κατορθώνοντας τελικά την πλήρη συνέχεια του υλικού. Επίσης, λόγω της σύστασής, παρεμποδίζουν την ελεύθερη διείσδυση οξυγόνου και υγρασίας, των κύριων δηλαδή συστατικών της οξειδωτικής διαδικασίας. Με τη διαδικασία αυτή οι οπλισμοί εγκιβωτίζονται, με αποτέλεσμα την προστασία τους από τη διάβρωση. Ακόμη, οι υψηλές αντοχές εφελκυσμού και συνάφειας των ρητινών εμποδίζουν τη διεύρυνση των ρωγμών.[8]

√ Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης: [1],[6]

- a) Καθαρισμός των ρωγμών καθώς και των γειτονικών περιοχών με χρήση κενού ή πεπιεσμένου αέρα.
- b) Σφράγισμα των ρωγμών με μικρά κομμάτια ταινίας εμποδίζοντας τη διαρροή της ρητίνης από τη σχισμή.
- c) Διάνοιξη οπών διαμέτρου ( 5,0 – 10,0 )mm με τρυπάνι σε ορισμένες θέσεις κατά μήκος της ρωγμής. Η επιλογή των θέσεων των οπών αποτελεί ένα από τα κρισιμότερα σημεία της τεχνικής των ρητινενέσεων.
- d) Καθαρισμός της περιοχής της ρωγμής για αποφυγή τυχούσας απόφραξης της διόδου του ενέματος.
- e) Τοποθέτηση καρφιών, σωληνίσκων μικρής διαμέτρου ή κοχλιωτών ακροφυσίων στις θέσεις των οπών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σαν σημεία ενέσεως της ρητίνης.
- f) Επιφανειακή κάλυψη του συνόλου της ρωγμής με ρητινόστοκο ταχείας σκλήρυνσης ή άλλο αντίστοιχο υλικό.

- g) Αναμιγνύονται η ρητίνη και ο σκληρυντής για περίπου 3 min, σε κατάλληλο αναμικτήρα, έτσι ώστε να μην συγκρατείται αέρας στο μίγμα και να μην υψώνεται η θερμοκρασία περισσότερο από 40°C για μίγματα ταχείας ή μέσης αντίδρασης, ή περισσότερο από 60°C για μίγματα βραδείας αντίδρασης. Συνιστάται, όπως η ανάμιξη εκτελείται όσο το δυνατό πιο κοντά στη θέση που θα γίνει η επέμβαση, για να υπάρχει διαθέσιμος μεγαλύτερος χρόνος εργασιμότητας του υλικού.
- h) Εκτέλεση ένεσης με εποξειδική ρητίνη. Η ένεση ξεκινά από το κατώτερο σημείο και συνεχίζεται μέχρις ότου υπερχειλίσει η ρητίνη από το ανώτερο σημείο.
- i) Τα σημεία ενέσεων και υπερχειλίσεων της ρητίνης σφραγίζονται με κατάλληλο τρόπο.
- j) Το υλικό ταχείας σκλήρυνσης που χρησιμοποιήθηκε για την επιφανειακή σφράγιση των ρωγμών απομακρύνεται μετά από 24 ώρες με τρίψιμο της επιφάνειας.

Για την εκτέλεση της εργασίας αυτής χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό, καθώς και οι απαραίτητες και κατάλληλες συσκευές τόσο για τον καθαρισμό των ρωγμών όσο και για την εκτέλεση των ενέσεων. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού επισκευής προϋποθέτει συγκριτική μελέτη των τεχνικών χαρακτηριστικών των διαθέσιμων υλικών σε συνδυασμό με την εμπειρία και γνώση του μηχανικού για την επιτυχή εξέλιξη της μεθόδου. Ακόμη, για την επιτυχία της επέμβασης δε θα πρέπει να αγνοηθούν παράγοντες όπως η γεωμετρία της ρωγμής που είναι καθοριστική για την επιλογή των σημείων έγχυσης της ρητίνης, οι αποστάσεις των σημείων έγχυσης ( 15 – 100 cm ) που επιλέγονται περίπου ίσες με το πάχος του στοιχείου, η πίεση του ενέματος η οποία πρέπει να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της επέμβασης ώστε να επιτυγχάνεται συνεχής ροή του ενέσιμου υλικού με περίπου σταθερή πρόοδο γεμίζοντας τη ρωγή σε ικανοποιητικό βαθμό.[1]



**Εικόνα 3** : Μέθοδος των ρητινενέσεων [14]



**Εικόνα 4 :** Διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου των ρητινενέσεων [10]

### 3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΡΑΦΩΝ

Η μέθοδος των ραφών βρίσκει εφαρμογή τόσο σε ενεργές όσο και μη-ενεργές ρωγμές. Περιλαμβάνει ειδικά μεταλλικά στοιχεία σχήματος U που με κατάλληλη τοποθέτησή τους επιχειρείται η αποκατάσταση της εφελκυστικής αντοχής της ρωγμής.[7]

√ Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης: [7]

- Διάνοιξη οπών στο μήκος της ρωγμής αριστερά και δεξιά και επιμελής καθαρισμός με πεπιεσμένο αέρα ή νερό ώστε να γίνει η αγκύρωση των μεταλλικών στοιχείων . Οι οπές είναι βάθους 3-5 cm και πλάτους 3-4 φορές τη διάμετρο της ράβδου.
- Πλήρωση των οπών με ρητίνη ή άλλο μη συρρικνόμενο υλικό ώστε τα μεταλλικά στοιχεία να αγκυρωθούν καλά.
- Τοποθέτηση των μεταλλικών στοιχείων και επάλειψη με ρητίνη στη διεπιφάνεια σκυροδέματος-μεταλλικών στοιχείων για την καλύτερη δυνατή συνάφεια.

Τα μεταλλικά στοιχεία διαφέρουν σε μήκος , διεύθυνση και στη μεταξύ τους απόσταση λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης δυνάμεων στις ραφές. Στις άκρες της ρωγμής όπου έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση τάσεων , τοποθετούμε πυκνότερα τις ραφές. Τέλος επειδή τα U είναι επιμήκη και μικρής διατομής δεν μπορούν να αναλάβουν να αναλάβουν θλιπτική αξονική δύναμη, γι' αυτό το λόγο όταν η ρωγμή τείνει να κλείσει ενισχύουμε την περιοχή με μια επίστρωση σκυροδέματος που θα καλύψει τις ραφές.[7]



**Εικόνα 5 :** Εφαρμογή της μεθόδου των ραφών [11],[13]

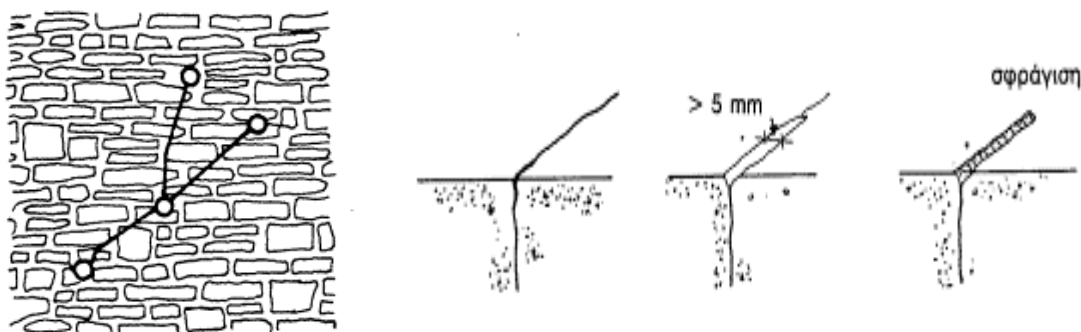
### 3.3 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ Ή ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Οι τσιμεντένες εφαρμόζονται για την επισκευή ρωγμών ανοίγματος λίγων χιλιοστών, ενώ τα τσιμεντοκονιάματα βρίσκουν εφαρμογή σε μεγαλύτερου εύρους ρωγμές μέχρι πάχους 10 mm. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στο σκυρόδεμα αλλά επί το πλείστον στην φέρουσα τοιχοποιία από λιθοδομές.[4]

Τα κονιάματα με βάση το τσιμέντο προκύπτουν από ειδικές κονίες με προσθήκη μικρής ποσότητας νερού, της τάξεως 10-20 % του βάρους του κονιάματος. Οι κονίες είναι μίγματα τσιμέντου με λεπτόκοκκα αδρανή που η διάμετρός τους δε ξεπερνά συνήθως τα 2,5 mm, σε συνδυασμό με υπερευστοποιητικά υλικά και πρόσμικτα που παρεμποδίζουν τη συστολή ξήρανσης. Σε μερικές περιπτώσεις τα αδρανή μπορεί να έχουν διάμετρο μέχρι και 10 mm. Συνήθως τα αδρανή περιέχονται στο μίγμα, που προσφέρεται στην αγορά σε συσκευασμένους σάκους έτοιμο προς χρήση απαιτώντας μόνο την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας νερού.[1]

√ *Στάδια εκτέλεσης της επέμβασης:* [4]

- Καθαίρεση των επιχρισμάτων, αφαίρεση των σαθρών τμημάτων της ρωγμής και καθαρισμός της περιοχής με νερό υπό πίεση.
- Διάνοιξη οπών με τρυπάνι μέσα στο επίπεδο της ρωγμής και σε αποστάσεις μικρότερες όσο στενότερη είναι η ρωγμή. Ακόμη στις οπές αυτές τοποθετούνται σωληνάκια.
- Διεύρυνση των χειλών της ρωγμής και σφράγιση με τσιμεντοκονίαμα ώστε να εμποδίσει τη διαρροή του τσιμεντένεματος από τη ρωγμή.
- Εισαγωγή τσιμεντένεματος υπό μορφή τσιμεντοπολτού ή τσιμεντοκονιάματος και βελτιωτικά πρόσθετα (π.χ. μπετονίτη) μέσα από το κατώτερο σωληνάκι. Στην αρχή το τσιμεντένεμα είναι λεπτόρευστο με μικρή πίεση και τελικά παχύρευστο με μεγάλη πίεση. Μόλις το υλικό της τσιμεντένεσης υπερχειλίσει από το αμέσως πιο πάνω σωληνάκι, συνεχίζουμε από εκείνο το σημείο, σφραγίζοντας το προηγούμενο, οπότε και συνεχίζεται η τσιμεντένεση από κάτω προς τα άνω.



**Εικόνα 6 :** Εφαρμογή της μεθόδου των τσιμεντένεσεων - τσιμεντοκονιαμάτων [4]

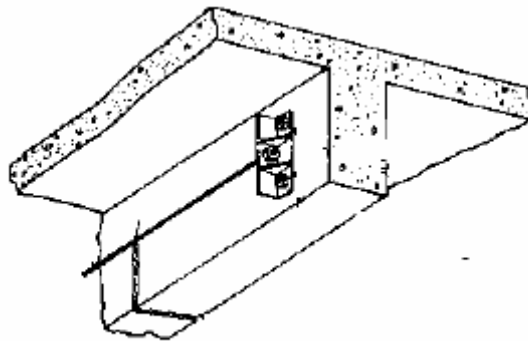




**Εικόνα 7 :** Μέθοδος των τσιμεντοκονιαμάτων [9]

### 3.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη για την επισκευή ρωγμών μεγάλου εύρους που συνήθως εμφανίζονται στο κάτω πέλμα των δοκών λόγω εφελκυστικών τάσεων. Ο επιπλέον οπλισμός αποτελείται από μεταλλικές ράβδους ή καλώδια, τα οποία υπερκαλύπτουν τις εφελκυστικές τάσεις με τη δημιουργία άλλων θλιπτικών. Η αγκύρωση των ράβδων – καλωδίων στο μέλος γίνεται με την τοποθέτηση μεταλλικών στοιχείων σχήματος Γ στην επιφάνεια του μέλους που επιθυμούμε να ενισχύσουμε, βιδώνοντάς τα γερά σε αυτή και στη συνέχεια αγκυρώνεται εκεί ο προστιθέμενος οπλισμός. Η όλη διαδικασία της αγκύρωσης χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, ώστε να μη διαταραχθεί καθόλου ο εσωτερικός οπλισμός του στοιχείου. Κλείνοντας, δεν πρέπει να παραλειφθεί από τους υπολογισμούς η εκκεντρότητα καθώς και η επιπλέον ένταση που προκαλείται από την επιβολή της νέας θλιπτικής δύναμης στο μέλος από τον εξωτερικό οπλισμό.[13]



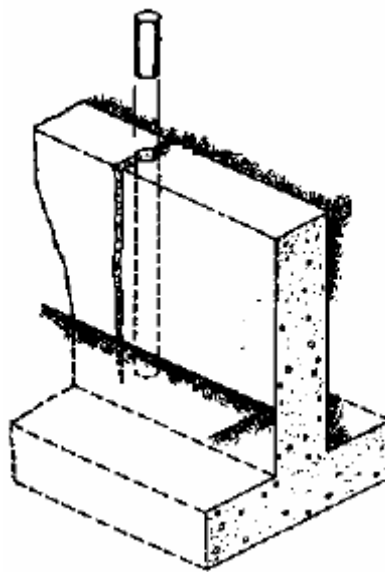
**Εικόνα 8 :** Μέθοδος της εξωτερικής φόρτισης [13]

### 3.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Ιδιαίτερη εφαρμογή γνωρίζει η τεχνική αυτή στην επισκευή ρωγμών, σχεδόν κατακόρυφων και ευθύγραμμων, σε τοίχους αντιστήριξης οι οποίοι είναι δυνατόν να προσεγγιστούν από τη μία τους πλευρά και μόνο. Εποπτικά η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής :

- a) Επιμελής καθαρισμός του σκυροδέματος γύρω και επάνω στη ρωγμή
- b) Διάνοιξη οπής διαμέτρου 5 - 7,5 cm και βάθους όσο το μήκος της ρωγμής και εφαρμογή σε αυτή προκατασκευασμένου κυλινδρικού στοιχείου από σκυρόδεμα. Απομάκρυνση των κομματιών σκυροδέματος που προκάλεσε η διάνοιξη των οπών.
- c) Πλήρωση της οπής με έγχυση κατάλληλου κονιάματος , συνήθως με βάση το τσιμέντο.

Επειδή με τη χρήση τσιμεντοκονιαμάτων δεν παρέχεται ικανοποιητικός βαθμός στεγανότητας αρκετές φορές χρησιμοποιούνται διάφορα ασφαλτικά - ελαστικά υλικά.[13]



**Εικόνα 9 :** Μέθοδος διάτρησης και πλήρωσης [13]

### 3.6 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ [1]

Υπάρχει μία πληθώρα άλλων μεθόδων επέμβασης που όμως δεν είναι ιδιαίτερα χρηστικές και αποδοτικές. Για λόγους πληρότητας αυτής της έκθεσης τις αναφέρουμε επιγραμματικά:

- ◆ Εφαρμογή υγρής μεμβράνης
- ◆ Εφαρμογή μεμβράνης από ίνες γυαλιού σε συνδυασμό με ειδικά κονιάματα τσιμέντου
- ◆ Εφαρμογή ειδών σιλικόνης
- ◆ Εφαρμογή ειδών μαστίχας ή εποξειδικής παχύρευστης κόλλας
- ◆ Επιφανειακή επίστρωση με τσιμέντο, ακριλικό ή άλλο μονομερές υλικό
- ◆ Μέθοδος «αυλάκωμα και σφράγισμα»

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΡΩΓΜΩΝ ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Παρακάτω γίνεται αναφορά στον τρόπο επισκευής των ρηγματώσεων ειδικά σε δομικά μέλη.

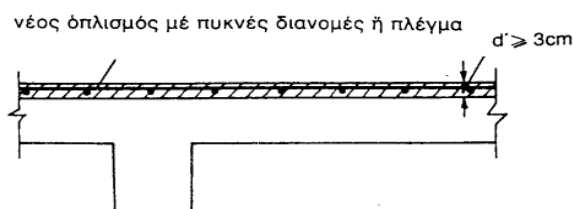
##### 4.1 Επισκευή Ρηγματώσης Πλακών Οπλισμ. Σκυροδέματος [4]

###### ❖ Ρωγμές μικρού πλάτους

Οι ρωγμές συγκολλούνται με χρήση εποξειδικών ρητινών, αλλά περαιτέρω ενίσχυση επιτυγχάνεται με χρήση σύνθετων υλικών.

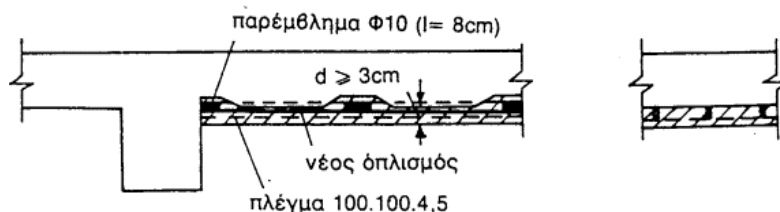
###### ❖ Πολλαπλά ρήγματα στην επιφάνεια της πλάκας

Προκειμένου να ενισχυθεί η άνω επιφάνεια της πλάκας, πραγματοποιείται επάλειψη με εποξειδική ρητίνη, στη συνέχεια τοποθετείται οπλισμός από δομικό πλέγμα ή με πυκνές διανομές και τέλος ακολουθεί διάστρωση σκυροδέματος σε πάχος τουλάχιστον 3 cm. Σε περίπτωση που οι ρωγμές είναι εντονότερες και μεγαλύτερης έκτασης, κατασκευάζουμε μία πλάκα με ελάχιστο πάχος 5 cm. Για να επιτύχουμε συνεργασία μεταξύ της παλαιάς και της νέας πλάκας, εκτός από τη σύνδεση με εποξειδική ρητίνη, θα συνδέσουμε τον παλαιό με το νέο οπλισμό με συνδετήριες ράβδους κάθετα προς τις επιφάνειες των πλακών σε κατάλληλες θέσεις.



**Εικόνα 10 :** Ενίσχυση άνω επιφάνειας πλάκας [4]

Για ενίσχυση στην κάτω επιφάνεια της πλάκας, γίνεται αποκάλυψη του παλαιού οπλισμού σε ορισμένες θέσεις και συγκόλληση νέου οπλισμού και δομικού πλέγματος μέσω παρεμβλημάτων. Ακολούθως, διαστρώνεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε πάχος τουλάχιστον 3 cm ή χρήση εποξειδικού ή κατασκευαστικού κονιάματος για την κάλυψη των νέων οπλισμών και την εξομάλυνση των επιφανειών της πλάκας. Ολοκληρώνοντας, ενισχύεται με σύνθετο υλικό από ίνες γυαλιού ή άνθρακα.



**Εικόνα 11 :** Ενίσχυση κάτω επιφάνειας πλάκας [4]

##### 4.2 Επισκευή Δοκού Οπλισμ. Σκυροδέματος [4]

❖ *Απλή ρηγμάτωση*

Στην περίπτωση αυτή η επισκευή πραγματοποιείται κατά δύο τρόπους. Καταρχήν, συγκολλούνται οι ρωγμές με χρήση εποξειδικής ρητίνης, ενώ κατά δεύτερον, τοποθετούνται εξωτερικοί συνδετήρες στην περιοχή ρηγμάτωσης της δοκού και συσφίγγονται μέχρι αρνήσεως. Μία εναλλακτική λύση είναι η εφαρμογή μανδύα σύνθετου υλικού.



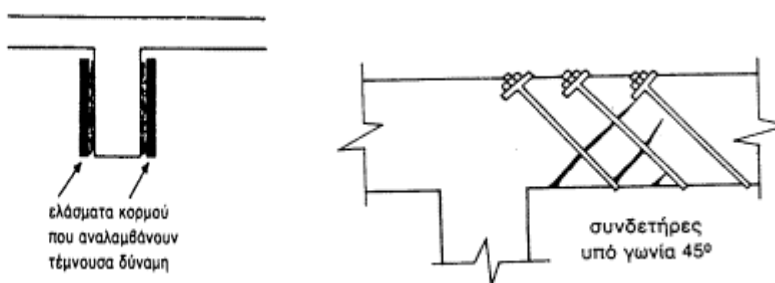
**Εικόνα 12 :** Συγκόλληση ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης [4]

❖ *Έντονη ρηγμάτωση δοκού χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος*

Δύο είναι και σε αυτή την περίπτωση οι τεχνικές που εφαρμόζονται

Σύμφωνα με την πρώτη, επιτυγχάνεται η υποστήλωση της δοκού, η συγκόλληση των ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης, η τοποθέτηση σύνθετου υλικού που αναλαμβάνει τέμνουσα δύναμη, κάμψη, αλλά και βλήτρα από σύνθετο υλικό. Ακολουθείται επικόλληση με εποξειδική ρητίνη στην περιοχή της ρηγμάτωσης λεπτών χαλύβδινων ελασμάτων στις παρειές της δοκού ή στρώσεων σύνθετου υλικού στις παρειές και στο κάτω πέλμα της δόκου.

Κατά τη δεύτερη μέθοδο, γίνεται όμοια με την προηγούμενη, υποστήλωση της δοκού, συγκόλληση των ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης και τοποθέτηση στην περιοχή της ρηγμάτωσης της δοκού εξωτερικών συνδετήρων κατακόρυφων ή υπό γωνία 45 μοιρών και σύσφιγξη μέχρι αρνήσεως. (Εικόνα 13).

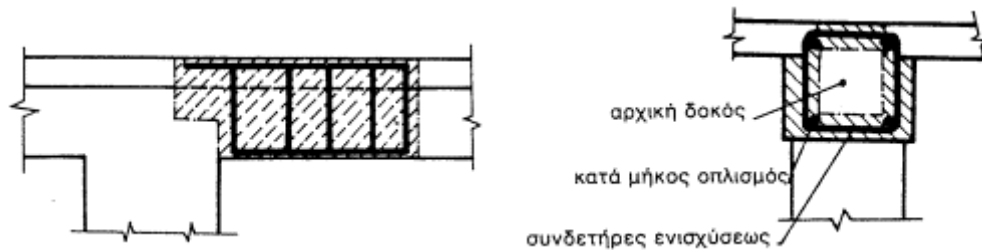


**Εικόνα 13** [4]

❖ *Έντονη ρηγμάτωση δοκού με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος*

Ο πρώτος τρόπος επέμβασης, αποτελείται από υποστήλωση της δοκού, καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος, διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος και τοποθέτηση στην περιοχή της ρηγμάτωσης της δοκού εξωτερικών λεπτών χαλύβδινων ελασμάτων ή στρώσεων σύνθετου υλικού.

Ο δεύτερος τρόπος, συνίσταται στην υποστήλωση της δοκού, θραύση της πλάκας στην περιοχή όπου θα τοποθετηθεί ο μανδύας, εκτράχυνση της εξωτερικής επιφάνειας της δοκού που θα συνδεθεί με το μανδύα, τοποθέτηση κατά μήκος οπλισμού και συνδετήρων, τοποθέτηση ξυλοτύπων ή δομικού πλέγματος και κατασκευή μανδύα με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. (Εικόνα 14)



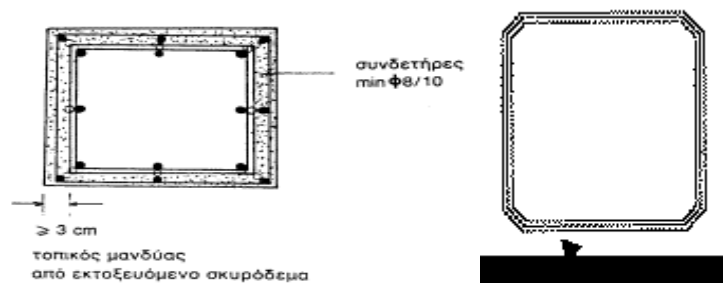
**Εικόνα 14** [4]

#### 4.3 Επισκευή Τοιχωμάτων Οπλισμ. Σκυροδέματος [4]

Σε περίπτωση απλής ρηγμάτωσης σε τοιχώματα, συγκολλούνται οι ρωγμές με χρήση εποξειδικής ρητίνης. Σε κτήρια που μελετήθηκαν με παλαιότερους κανονισμούς, τα τοιχεία φέρουν μειωμένους οπλισμούς λόγω των παραδοχών ανάλυσης που εφαρμόζονταν παλιότερα. Ως εκ τούτου, η σφράγιση των ρωγμών με ρητίνες τις περισσότερες φορές δεν είναι αρκετή και για αυτό συνίσταται η ενίσχυση των τοιχωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος ή με χρήση σύνθετων υλικών.

#### 4.4 Επισκευή Υποστηλωμάτων Οπλισμ. Σκυροδέματος [4]

Για εμφάνιση απλής ρηγμάτωσης, επισκευάζουμε με συγκόλληση των ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης και για τη διασφάλιση της αποκατάστασης της βλάβης τοποθετούνται στρώσεις σύνθετου υλικού περιμετρικά του υποστηλώματος. Αν επιθυμούμε να αυξήσουμε τη φέρουσα ικανότητα και πλαστιμότητα του υποστηλώματος, κατασκευάζεται μανδύας σκυροδέματος με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Ως εναλλακτικό μέσο προτείνεται η τοποθέτηση στρώσεων σύνθετου υλικού περιμετρικά του υποστηλώματος. (Εικόνα 15)



**Εικόνα 15** [4]

## 5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΗΣ

Με βάση την παραπάνω περιγραφή των μεθόδων επισκευής των ρωγμών , φανερά υπερτερεί αυτή των ρητινενέσεων, και αυτό διότι η εφαρμογή της είναι ευρεία σχεδόν σε όλα τα είδη ρωγμών σε αντίθεση με τις υπόλοιπες οι οποίες χρησιμοποιούνται επί το πλείστον ειδικές – μεμονωμένες περιπτώσεις ρηγμάτωσης ενός μέλους ή κατασκευής. Επιπλέον , η τεχνική των ενέσεων με ρητίνες φαίνεται να μπορεί να δημιουργήσει μόνιμη αποκατάσταση , που δύσκολα χάνει την αντοχή της με τη πάροδο του χρόνου.

Ακολουθούν πιο αναλυτικά τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου των ρητινενέσεων έναντι των προαναφερθέντων τεχνικών επισκευής:[1]

- Οι ρητίνες καλύπτουν όλο το εύρος της ρωγμής , λόγω του χαμηλού ιξώδους , χωρίς να γεφυρώνουν απλά το άνοιγμα. Κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται πλήρης συνέχεια του υλικού, καθώς ακόμη εγκιβωτίζονται οι οπλισμοί στην περιοχή της ρωγμής προστατεύοντας από περιπτώσεις οξείδωσης και περιβαλλοντικής προσβολής και αποκαθίσταται η συνάφεια οπλισμού – σκυροδέματος.
- Αναστέλλεται η περαιτέρω αύξηση του εύρους και του μήκους των ρωγμών λόγω των υψηλών αντοχών εφελκυσμού και συνάφειας των ρητινών με το σκυρόδεμα.
- Οι ρητίνες ως υλικά , δεν επηρεάζονται από παράγοντες που επιδρούν δυσμενώς στην κατασκευή – μέλος (αλκαλικότητα , ιόντα , περιβαλλοντικές δράσεις ). Άλλωστε οι επιδράσεις μεταξύ του υλικού στο βάθος της ρωγμής και την επιφάνεια είναι πολύ μικρές.
- Η εφαρμογή των ρητινών στο εσωτερικό της ρωγμής , όπου το άνοιγμα – κλείσιμο των παρειών λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος είναι μικρότερο απ’ ότι στην επιφάνεια του στοιχείου , καθιστά τη ρητίνη ανθεκτική απέναντι στο χρόνο.
- Η διακριτικότητα της τεχνικής των ρητινενέσεων σε αισθητικό επίπεδο τη καθιστά ίσως μοναδική.
- Οι ρητίνες διαθέτουν μεγάλη συγκολλητική ικανότητα.

Η μέθοδος των ρητινενέσεων , παρά το γεγονός ότι απαιτεί εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό και δεν εφαρμόζεται σε ρωγμές όπου υπάρχει έστω και ελάχιστη διαρροή νερού ή υγρασία ( η ρητίνη δεν προσκολλάται αποτελεσματικά στο σκυρόδεμα ) , πλεονεκτεί σύμφωνα και με τα παραπάνω , τόσο της μεθόδου των τσιμεντενέσεων – τσιμεντοκονιαμάτων που εμφανίζει υψηλό κόστος όσο και της μεθόδου των ραφών η οποία αποτελεί προσωρινή επίλυση του προβλήματος και προκαλεί μεγάλη τοπική ακαμψία ευνοώντας τη ρηγμάτωση του σκυροδέματος σε γειτονική περιοχή.

## 6. ΣΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ . . .

Όσες τεχνικές επέμβασης και αν έχουν αναπτυχθεί ή θα αναπτυχθούν στο μέλλον τον τελευταίο συνδυαστικό κρίκο στην αλυσίδα της επισκευής των ρωγμών στο οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί ο ίδιος ο μηχανικός . Επειδή η συνήθης εμπειρία των μηχανικών είναι μικρή ή σχεδόν ανύπαρκτη , αφού η επισκευή των ρωγμών δεν αποτελεί καθημερινή πρακτική , πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με υπευθυνότητα , συγκροτημένη σκέψη , καλή γνώση και συνεχής ενημέρωση για τις υπάρχουσες - νέες μεθόδους και τα διαθέσιμα υλικά , αλλά και με δυνατότητα σωστής και άμεσης προσαρμογής στις εκάστοτε συνθήκες.

Επομένως , ο μηχανικός οφείλει να μελετήσει προσεκτικά τη φύση των ρωγμών της κατασκευής καταλήγοντας στα βασικότερα αίτια εμφάνισής τους , στο είδος τους ( ενεργές – μη ενεργές ) και στις πραγματικές ανάγκες επισκευής τους. Αξιολογώντας τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με την υφιστάμενη κατάσταση , το κόστος της επισκευής και τη λειτουργικότητα καλείται να επιλέξει την βέλτιστη μέθοδο.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Ενισχύσεις/ Επισκευές Κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, Διαδικασίες – Τεχνικές και Διαστασιολόγηση, Σ. Η. Δρίτσος , Πάτρα 2007.

[2] Δομικά Υλικά , Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου, Πάτρα 2005, 7<sup>η</sup> Έκδοση.

[3] Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος, μέρος III , Μιχαήλ Ν. Φαρδής , Πάτρα 2008.

[4] [www.domiki.gr/seismoi/episkeyes\\_41-48.htm](http://www.domiki.gr/seismoi/episkeyes_41-48.htm), ”Μέθοδοι επισκευής ρωγμών σε πλάκες ,δοκούς ,υποστηλώματα και τοιχώματα”. ”Εικόνες 6, 10- 15 “.

[5] [www.houseservice.gr/library.php?cmd=art&id=201](http://www.houseservice.gr/library.php?cmd=art&id=201), “Γενικά για τις ρωγμές “.

[6] [www.isomat.gr/component/option,com\\_virtuemart/page,shop.product\\_details/flypage,shop.flypage14/category\\_id,49/product\\_id,79/Itemid,68/index.php?option=com\\_virtuemart&page=shop.product\\_details&flypage=shop.flypage14&category\\_id=49&product\\_id=79&Itemid=68&lang=el&vmcchk=1](http://www.isomat.gr/component/option,com_virtuemart/page,shop.product_details/flypage,shop.flypage14/category_id,49/product_id,79/Itemid,68/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.product_details&flypage=shop.flypage14&category_id=49&product_id=79&Itemid=68&lang=el&vmcchk=1), “Διαδικασία εφαρμογής των ρητινένεσεων”.

[7] [www.episkeves.civil.upatras.gr](http://www.episkeves.civil.upatras.gr), “Πρακτικά 13<sup>οο</sup> και 12<sup>οο</sup> Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα” .

[8] [www.houseservice.gr/library.php?cmd=art&id=208](http://www.houseservice.gr/library.php?cmd=art&id=208), “Γενικά για τις ρητίνες .”

[9] [www.abio.gr/index.asp?action=show&cid=15&id=72&mid=15,15](http://www.abio.gr/index.asp?action=show&cid=15&id=72&mid=15,15), “Εικόνα 7”.

[10] [www.nakos.com.gr/ritieneseis.html](http://www.nakos.com.gr/ritieneseis.html), “Εικόνα 4”.

[11] ] [www.episkeves.civil.upatras.gr](http://www.episkeves.civil.upatras.gr), “Πρακτικά 13<sup>οο</sup> Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα” , “ ΕΝΙΣΧΥΣΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ (ριζοοπλισμοί και crack stitching) “, “Εικόνα 5”.

[12] [www.texnikanea.gr/details.php?NEWS\\_ID=608](http://www.texnikanea.gr/details.php?NEWS_ID=608), “Εικόνα 1”

[13] [www.episkeves.civil.upatras.gr](http://www.episkeves.civil.upatras.gr), “Πρακτικά 13<sup>οο</sup> και Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα” , ” ΡΩΓΜΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ” , “Εικόνες 5,8,9”.

[14] [www.domiki.gr/seismoi/methodoi5.htm](http://www.domiki.gr/seismoi/methodoi5.htm), “Εικόνα 3”.

