

## **ΧΡΗΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΕΝΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ**

**ΜΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΡΟΔΙΤΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

### **Περίληψη**

*Κατά την επισκευή και ενίσχυση μιας κατασκευής μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα μέθοδος που συναντάμε και είναι καλό να γνωρίζει ο μηχανικός είναι η μέθοδος των τσιμεντοενέσεων. Στις σελίδες που ακολουθούν θα αναφερθούν οι λόγοι για τους οποίους επιλέγεται η μέθοδος αυτή και θα δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στα υλικά, τον εξοπλισμό και την τρόπο εφαρμογής της μεθόδου. Ο τομέας εφαρμογής ο οποίος μας ενδιαφέρει είναι η τοιχοποιία*

### **1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΗΣ**

Τσιμεντοένωση λέγεται η διαδικασία εισαγωγής στη μάζα μίας κατασκευής(σε ρωγμές, κενά ή κοιλότητες) ενός υλικού υπό υγρή μορφή το οποίο έχει σαν βάση το τσιμέντο συνδυασμένο με αρκετό νερό, το οποίο στη συνέχεια σταθεροποιείται και προσδίδει νέες μηχανικές ιδιότητες στο υλικό της κατασκευής. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται για την ενίσχυση τοιχοποιιών σχεδόν ένα αιώνα, αλλά ακόμα παραμένει μία εμπειρική τεχνική παρά τη θεωρητική γνώση που υπάρχει.

### **2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ**

Η μέθοδος των τσιμεντοενέσεων έχει διάφορες εφαρμογές, αναφορικά την συναντάμε σε πηγάδια, σε ορυχεία, σε φράγματα, σε μεγάλο βαθμό σε παλιά κτίρια(φέρουσα τοιχοποιία),σε ιστορικά μνημεία αλλά και σε σύγχρονες κατασκευές. Το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε είναι η χρήση των τσιμεντοενέσεων στη τοιχοποιία.

Υπάρχει μία πληθώρα καταστάσεων που ωθούν το μηχανικό στην επιλογή τις συγκεκριμένης μεθόδου.

Καταρχήν σε επιδιορθώσεις. Τα κτήρια συχνά αντιδρούν σε αλλαγές των φορτίων τους, των περιβαλλοντικών συνθηκών, των εξωτερικών ανέμων, των θερμικών ή σεισμικών δυνάμεων και σε καθιζήσεις. Ζημιές με μορφή ρωγμών ή μερικής κατάρρευσης είναι σύνθετες φαινόμενο και άσχετα με την στατική τους επικινδυνότητα προκαλούν αίσθημα φόβου στους ιδιοκτήτες. Η διαδικασία των τσιμεντοενέσεων μπορεί να εμποδίσει την εξάπλωση των ρωγμών και να αυξήσει τη ζωή του κτηρίου επαναφέροντας την δομική του ακεραιότητα. Οι ρωγμές παρέχουν εύκολους δρόμους στην υγρασία να περάσει μέσα στους τοίχους. Αν δεν προσέξουμε η υγρασία διαπερνώντας μέσα στην τοιχοποιία προκαλεί “λεκέδες” και ίσως μεγαλύτερες ζημιές και φθορά. Το τσιμεντένεμα εισχωρώντας σε ανενεργές ρωγμές όχι μόνο μπλοκάρει την υγρασία αλλά επαναφέρει τη συνοχή των υλικών κατά μήκος της ρωγμής. Η σοβαρά πληγωμένη τοιχοποιία μπορεί να σταθεροποιηθεί με χρήση ειδικής σύνθεσης τσιμεντένεματος που εισχωρεί σε λεπτές ρωγμές ή σχισμές. Η σταθερότητα επανακτάται και οι κρίσιμες περιοχές δυναμώνουν εσωτερικά με προσεκτική χρήση τεχνικών τσιμεντένεσης.

Όταν έχουμε αλλαγή της χρήσης της κατασκευής τότε συνήθως έχουμε ενίσχυση, ενδυνάμωση της παλαιότερης τοιχοποιίας που είναι φθαρμένη ή δεν ανταποκρίνεται στις προβλέψεις των νέων κρατικών κανόνων κτισίματος. Νέοι σεισμικοί κανονισμοί απαιτούν ανάλυση και πολλές φορές ενδυνάμωση των μη ενισχυμένης τοιχοποιίας κτηρίων.

Οι τσιμεντοενέσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την αναπαλαίωση ή την σταθεροποίηση ιστορικών κτηρίων επειδή η μέθοδος δεν αλλάζει την εξωτερική εμφάνιση του κτηρίου, χρησιμοποιώντας ειδικής σύνθεσης τσιμεντοενέσεις που είναι συμβατές με τα αρχαϊκά υλικά κτισίματος.

### **3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥΣ**

#### **ΥΛΙΚΑ**

Το τσιμέντο μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου αν και προτιμάται το Portland Ελληνικού τύπου που πληρεί τον ισχύοντα Ελληνικό κανονισμό για τα τσιμέντα αυτού του τύπου. Καθαρό τσιμέντο χρησιμοποιείται όπου απαιτείται υψηλή αντοχή ή όταν η απαιτούμενη ποσότητα είναι πολύ μικρή, στις άλλες περιπτώσεις για μείωση του κόστους ή για μεταβολή των ιδιοτήτων του καθαρού τσιμεντέματος χρησιμοποιείται και λεπτή άμμος ή ποζολάνη.

Η άμμος, αν χρησιμοποιηθεί, πρέπει να είναι πολύ λεπτή (προέλευσης λατομείου) με μέγιστο κόκκο που δεν θα ξεπερνά τα 0,5 mm και αναμειγνύεται με λόγο άμμου:τσιμέντου μέχρι 3:1. Ένεμα με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμμο είναι δύσκολο να αντληθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τσιμεντέματα που περιέχουν άμμο μπορούν να εισχωρήσουν ασφαλώς μόνο στις ρωγμές οι οποίες έχουν ελάχιστο εύρος τρεις φορές το μέγεθος του μεγαλύτερου κόκκου. Η οριστική κοκκομετρική σύνθεσή της προσδιορίζεται από δοκιμές. Καλό θα ήταν να μην περιέχονται πρόσμικτα.

Οι ποζολάνες παρουσία ύδατος αντιδρούν με την ελεύθερη άσβεστο και σχηματίζουν είδος τσιμέντου, έτσι όταν χρησιμοποιηθούν με τσιμεντέμα λειτουργούν και ως filler που αυξάνει τη ροή και το εργάσιμο του ενέματος αλλά αυξάνει και την αντοχή του μείγματος.

Άργιλοι όπως ο μπετονίτης απορροφούν νερό και αποκτούν παχύρρευστη δομή έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σταθεροποιητικά του τσιμεντέματος καθώς απορροφούν το νερό στην άνω επιφάνεια του ενέματος. Συνιστάται η προσθήκη μπετονίτη σε ποσοστό 5% κατά βάρος του νερού του ενέματος.

Πρόσμικτα σε μεγάλη ποικιλία μπορούν να προστεθούν στο τσιμεντέμα ώστε να ελέγξουν το βαθμό σκληρύνσεις, να διευκολύνουν την εργασιμότητα, να μειώσουν τα συστολή ξήρανσης (διογκωτικά), ή την κάθιση του ενέματος, κ.α. η χρήση τους πρέπει πάντα να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή τους καθώς ποσότητες πάνω ή κάτω από τη συνιστώμενη μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα το αντίθετο του επιδιωκόμενου.

Το νερό πρέπει να είναι καθαρό και αν είναι δυνατό πόσιμο, χωρίς οργανικά ή χλωριούχα συστατικά που μπορούν να διαβρώσουν το χάλυβα. Θαλασσινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το ένεμα δεν έλθει σε επαφή με μεταλλικά στοιχεία διότι σε αντίθετη περίπτωση δημιουργείται κίνδυνος διάβρωσής τους.

Γενικά ,ένα τσιμεντένεμα αποτελείται από 90% τσιμέντο Portland και 10% ποζολάνες. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από το μέγεθος των ρωγμών , δηλαδή από το επιθυμητό ιξώδες αλλά συνήθως η αναλογία κατ'όγκον στερεού : νερού είναι 1,0:1,2.

Γενικά ένα βελτιωτικό πρόσθετο που είναι ειδικό για τσιμεντενέσεις πρέπει:

- 1) Να ελαττώνει την απαιτούμενη ποσότητα νερού
- 2) Να έχει ελαφρά διογκωτική δράση για τον περιορισμό της συστολής ξηράνσεως.
- 3) Να επιβραδύνει την αρχική πήξη.
- 4) Να αυξάνει την ικανότητα ροής του ενέματος
- 5) Δεν πρέπει να περιέχει χλωριούχα.

Η διογκωτική δράση πρέπει να επιτυγχάνεται μετά την περάτωση της ενέσεως και όχι κατά την διάρκεια της ανάμειξης και να αντισταθμίζει την συστολή του ενέματος λόγω ερπυσμού ,πήξης ή άλλων αιτίων.

### **ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Ο εξοπλισμός για τη εξεταζόμενη διαδικασία είναι :

- Αντλία παραγωγής κενού.
- Αναμκτήρας
- Πιεσόμετρο για τον έλεγχο της πίεσεως κατά την ένεση.
- Συσκευή ενέσεως με ελαστικό στο ακροφύσιο

Τα συνεργεία πρέπει καθημερινά πριν και μετά την εργασία να κάνουν έλεγχο εξασφαλίσεως σταθερής πίεσεως εγχύσεως και σταθερής αναλογίας αναμίξεως των συστατικών .

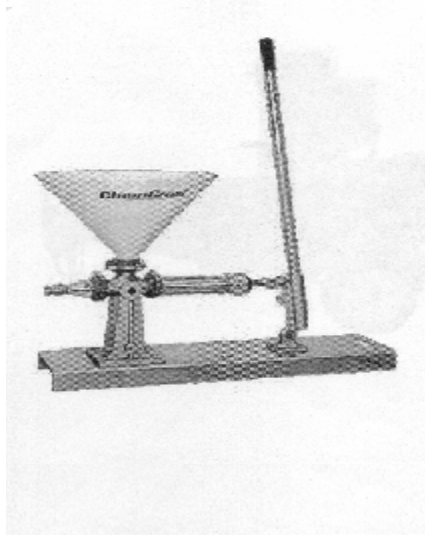
Η αντλία ενέματος μπορεί να είναι αντλία διαφράγματος είτε εμβολοφόρος. Η πίεση που αναπτύσσεται πρέπει να είναι κατ'ελάχιστον 0-8 ατμόσφαιρες. Πρέπει επίσης να έχει την δυνατότητα να αντλεί ένεμα με κόκκο μεγέθους 1mm. Σε όλες τις περιπτώσεις η αντλία πρέπει να είναι εφοδιασμένη με μανόμετρο ώστε να ελέγχεται η πίεση κατά την διάρκεια εκτέλεσης των ενέσεων.

Οι σωλήνες παροχής ενέματος πρέπει να είναι σωλήνες εύκαμπτοι υψηλής πίεσης, με διατομή ανάλογη προς την χρησιμοποιούμενη αντλία.

Τα ακροφύσια που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι ανάλογα με το εύρος της ρωγμής και την διαμόρφωση της προσαγωγής. Το ελαστικό στο ακροφύσιο εμποδίζει την διαρροή όταν εργαζόμαστε υπό πίεση.

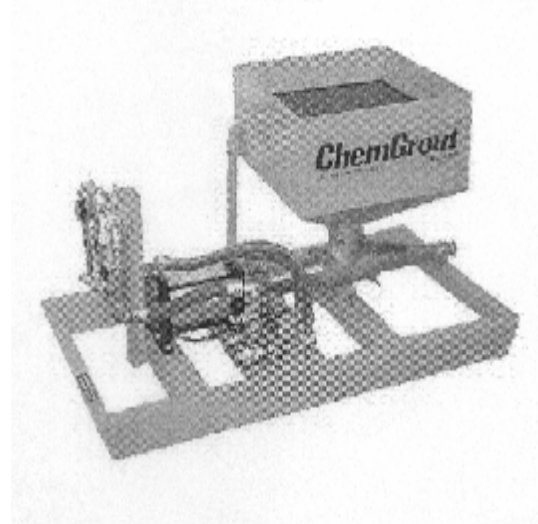
**Παρακάτω φαίνονται τρεις ενδεικτικοί τύποι αντλιών:**

Αντλία χειροκίνητη  
Ικανότητα τροφοδοσίας  
5gal/min



ΣΧ.1

Αντλία πεπιεσμένου αέρα.  
Ικανότητα Τροφοδοσίας  
12-18gal/min



ΣΧ.2



Υδραυλική αντλία  
Ικανότητα τροφοδοσίας  
5gal/min

ΣΧ.3

#### **4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ.**

Για την αποτελεσματικότερη εκτέλεση της μεθόδου των τσιμεντοενεσεων ακολουθείται μια καθορισμένη σειρά βημάτων.

Πριν από την έναρξη του έργου γίνονται διάφορες δοκιμαστικές συνθέσεις κονιαμάτων . Σαν βάση για την δοκιμή σύνθεσης προτείνονται διάφορες αναλογίες που εξαρτώνται από τη φύση του έργου.

Κατά την ανάμιξη του τσιμεντενέματος πρέπει να προστίθεται πρώτα το νερό, μετά τα 2/3 του τσιμέντου, τα τυχόν πρόσθετα και τέλος το υπόλοιπο τσιμέντο. Η ανάμιξη χρειάζεται τέσσερα λεπτά περίπου, σε αναμικτήρα με συχνότητα 1000 στροφές ανά λεπτό τουλάχιστον. Μετά την ανάμιξη συνίσταται να περάσει το τσιμεντένεμα από κόσκινο Νο 16 για να σπάσουν τυχόν σβόλοι.

Στη συνέχεια καθαρίζονται τα χείλη της ρωγμής από χαλαρά υλικά και σκόνες.

Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εισαγωγή του ενέματος υπό πίεση. Το ένεμα διέρχεται μέσω των κενών και όταν δεν μπορεί πλέον να διέλθει γεμίζει τα κενά συμπιέζοντας ή εξωθώντας των αέρα των κενών της τοιχοποιίας. Η γνώση της εσωτερικής δομής της τοιχοποιίας και του ποσοστού των κενών είναι στοιχείο που συνεκτιμάται για την παρασκευή του καταλληλότερου για την κάθε περίπτωση ιξώδους του ενέματος.

Η είσοδος του μείγματος γίνεται από ελαστικούς σωλήνες διαμέτρου ανάλογης με την ποσότητα του ενέματος που θα εισαχθεί. Οι σωλήνες εισάγονται είτε σε οπές που δημιουργούνται για το σκοπό αυτό, είτε σε υπάρχουσες ρωγμές ή χάσματα της τοιχοποιίας. Οι συνήθεις αποστάσεις των οπών κυμαίνονται μεταξύ 0,3-0,6m. Επειδή το ένεμα λαμβάνει τη θέση του αέρα ή του τυχόντος ύδατος των κενών, πρέπει να υπάρχει πρόνοια για την έξοδό τους από την τοιχοποιία, δηλαδή πρέπει σε κάθε περίπτωση να υπάρχουν τουλάχιστον δυο οπές σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η εφαρμογή των ενέματος χρειάζεται προσωπικό με εμπειρία που λαμβάνοντας υπόψη τη δομή και την κατάσταση της τοιχοποιίας θα αποφασίσει για τον καλύτερο συνδυασμό των αποστάσεων των οπών, τη σύνθεση του ενέματος και την πίεση που απαιτείται για την ένεση σε κάθε περιοχή της κατασκευής. Οι αποστάσεις μεταξύ των σωλήνων και η ποσότητα του ενέματος εξαρτώνται από:

1. τη φύση και το ιξώδες του ενέματος
2. τη διάμετρο των σωλήνων
3. τη διαπερατότητα της τοιχοποιίας και
4. την πίεση εισαγωγής του ενέματος.

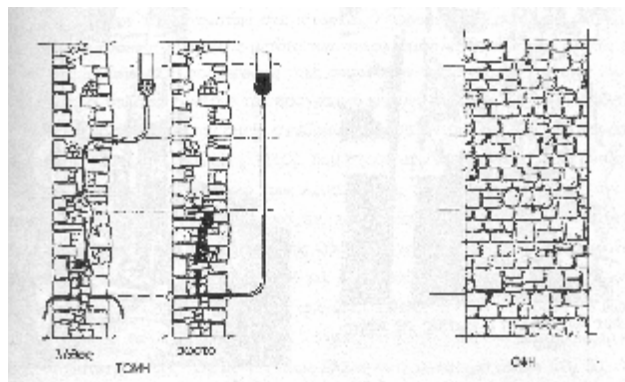
Στην αρχή του εμποτισμού η πίεση είναι μέχρι 30Μρα και κρατιέται σταθερή μέχρι να απορροφηθεί το ένεμα από τον τοίχο, στη συνέχεια αυξάνεται μέχρι 40 Μρα και κρατιέται σταθερή για 5-10 λεπτά έτσι ώστε να σταθεροποιηθεί το μείγμα και να στραγγίσει το επιπλέον νερό. Πάντως μεγάλη πίεση μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα σε τοιχοποιίες μικρής αντοχής, για το λόγο αυτό πρέπει να συνεκτιμάται η πίεση με την αντοχή της τοιχοποιίας.

Η εισαγωγή του ενέματος αρχίζει από τα χαμηλότερα σημεία και συνεχίζει προς τα άνω με συστηματικό τρόπο.(ΣΧ. 5.5.2) Η εισαγωγή από ένα σημείο συνεχίζεται μέχρι να υπερχειλίσει ένεμα από κάποιο υψηλότερο σημείο, που επικοινωνεί με το υπόψη σημείο. Τότε σφραγίζεται ο χαμηλότερος σωλήνας από όπου γινόταν η εισαγωγή και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από τα σημεία από όπου είχε υπερχειλίσει το ένεμα. Εάν παρά το παρατεταμένο διάστημα εισαγωγής δεν παρατηρηθεί έξοδος υλικού από ανώτερη οπή, τότε για τον έλεγχο της πορείας του ενέματος δημιουργείται νέα οπή χαμηλότερα εκείνης που αναμένετο να τρέξει το υλικό. Αν παρατηρηθεί ότι το υλικό χάνεται μακριά από την επιθυμητή περιοχή, τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Ένα είναι προσθήκη πηκτικού, αλλά αυτή η λύση εγκυμονεί κινδύνους για τη συσκευή εισαγωγής. Αποτελεσματικότερη αποδεικνύεται η Παρασκευή περισσότερο παχύρρευστου ενέματος που θα εισέρχεται από τις οπές σε μικρότερες αποστάσεις.



Μετά το σφράγισμα των οπών με ειδικούς στόκους που κυκλοφορούν στο εμπόριο, πρέπει να ακολουθήσει καθάρισμα του ενέματος που εκρέει στην τοιχοποιία πριν αυτό στερεοποιηθεί. Μετά το τέλος των εργασιών πρέπει να αφαιρούνται οι σωλήνες και να αποκαθίστανται οι αρμοί στις περιοχές των οπών. Αν πρόκειται στην τοιχοποιία να γίνει και αρμολόγηση ή κατασκευή μανδύα τότε είναι καλύτερα αυτές οι εργασίες να προηγούνται των ενέσεων.

Κατά την εισαγωγή ενεμάτων υπό πίεση απαιτείται προσοχή διότι σε περιπτώσεις μικρών ρωγμών που απαιτούν μεγάλη πίεση, μπορεί να καταστεί επικίνδυνη για την κατασκευή. Επίσης η πλήρωση των κενών μπορεί να μην επιτευχθεί στον επιθυμητό βαθμό. Για να αντιμετωπιστούν τα ανωτέρω προβλήματα από τη δεκαετία του 1970 άρχισε να εφαρμόζεται η μέθοδος εισαγωγής ενέματος υπό κενό αέρος. Η διαδικασία είναι η εξής: Σε συγκεκριμένο τμήμα της κατασκευής δημιουργείται κενό αέρος, που έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση του αέρα και του ύδατος των πόρων. Η εισαγωγή του ενέματος γίνεται στους κενούς πλέον πόρους και τα κενά, λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν πληρωθούν τα κενά η διαδικασία συνεχίζεται σε άλλο σημείο της κατασκευής. με τη μέθοδο αυτή δε συμβαίνει υπερχειλίση υλικού. Υπό κατάλληλες συνθήκες επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό το γέμισμα ακόμα και των πιο μικρών κενών.



ΣΧ.4

## 5. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

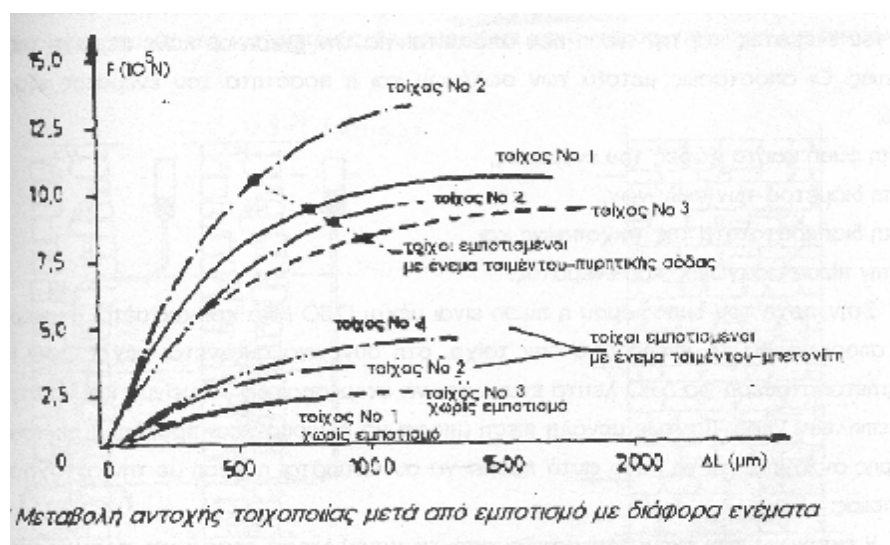
Για τον έλεγχο της τελικής αντοχής θα γίνουν τρία πρισματικά δοκίμια 4x4x16. Σε ηλικία 7 και 28 ημερών τα πρίσματα θα υποβάλλονται σε καταπόνηση κάμψης και θλίψης και θα κρατάμε το τρίτο δοκίμιο. Τα δοκίμια θα εξεταστούν σύμφωνα με τα οριζόμενα στο DIN 1045. Η σύνθεση του τσιμεντοετέματος πρέπει να εξασφαλίζει θλιπτική αντοχή κύβου σε 28 ημέρες τουλάχιστον 30Μρα και εξίδρωση (στους 20 C) το πολύ 2% 3 ώρες μετά την ανάμιξη και το πολύ 4% συνολικά (δηλαδή μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα). Έλεγχος της αντοχής των τσιμεντοενεσεων γίνεται και με χρήση κυλινδρικών δοκιμίων, αλλά η χρήση των πρισματικών θεωρείται πιο αξιόπιστη και προτιμάται.

Ο έλεγχος του χρόνου πήξεως θα γίνεται με την συσκευή Vicat των τσιμεντοκονιών. Η ρευστότητα θα προσδιορίζεται με μετρητή του χρόνου εκροής από συμβατικό χωνί Marsh.

## ΔΡΑΣΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ

Η δράση των ενεμάτων στην τοιχοποιία είναι διπλή, αφ' ενός πληρούν τα υπάρχοντα κενά στο σώμα της τοιχοδομής αυξάνοντας έτσι την αντοχή της και αφ' εταίρου συγκολλούν τα χαλαρά τμήματα της τοιχοποιίας εξασφαλίζοντας έτσι την ανάληψη δυνάμεων λόγω τριβής. Στο σχήμα παρουσιάζεται η αύξηση αντοχής δοκιμών τοίχων μετά την εισαγωγή ενεμάτων από διάφορα υλικά. Οι καμπύλες 1 και 3 παρουσιάζουν τη σχέση της βράχυνσης τοίχων – θλιπτικής δύναμης σε δοκίμια δυο τοίχων αργολιθοδομής με πυρήνα από χαλαρό υλικό οι οποίοι δεν έχουν υποστεί κανενός είδους επέμβαση. Οι καμπύλες 2 κι 4 στην ανωτέρω σχέση σε δυο ίδιους τοίχους στους οποίους όμως έχουν γίνει ενέσεις τσιμέντου – μπετονίτη και δείχνει αύξηση της αντοχής κατά 20% περίπου, ενώ οι καμπύλες στα άνω του σχήματος αναφέρονται στους ίδιους τοίχους στους οποίους μετά τρεις μήνες έγιναν ενέσεις με ένεμα πυριτικού ανθρακικού νατρίου οπότε παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της αντοχής φθάνει στα 350%.

ΣΧ.5



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Σχεδιασμός και ανασχεδιασμός κατασκευών από φέρουσα τοχοποιία.** ΤΡ.Καραντώνη, Πάτρα 2003
2. **Ενισχύσεις / επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.** Σ.Η. Δρίτσος , Πάτρα 2003.
3. **Προεντεταμένο σκυρόδεμα.** Μιχαήλ Φαρδής , Πάτρα 2003.
4. **Αδημοσίευτο κείμενο,** Αντώνης Αντωνιάδης, Αθήνα 20003.

Από το διαδύκτιο χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω ιστοσελίδες

1. [www.judycompany.com](http://www.judycompany.com)
2. [www.ixquick.com](http://www.ixquick.com)
3. [www.bia.org](http://www.bia.org)
4. [www.masonryinstitute.com](http://www.masonryinstitute.com)
5. [www.constructioncomplete.com](http://www.constructioncomplete.com)
6. [www.revobiz.dyndns.org](http://www.revobiz.dyndns.org)



