

“ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ”

**ΚΟΥΤΡΟΥΒΕΛΗ ΘΕΟΦΑΝΩ
ΠΑΥΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ**

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία για την τεχνολογία του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (Ε.Σ) και την χρήση του στον τομέα των επισκευών. Συγκεκριμένα αναφέρεται η σύνθεση του, οι απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό και εξοπλισμό για την ολοκλήρωση της επισκευής και οι μέθοδοι ανάμιξης του. Επίσης γίνεται αναφορά στην διαμόρφωση του υποστρώματος-βάσης και στις τεχνικές εκτόξευσης και συντήρησης καθώς επίσης και στους διάφορους ελέγχους που λαμβάνουν χώρα μετά το πέρας των εργασιών. Τέλος παρουσιάζονται οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας που πρέπει να διέπουν τις εργασίες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ε.Σ αποτελεί ένα σκυρόδεμα νέας τεχνολογίας που είναι περισσότερο γνωστό με τον αγγλικό όρο GUNITE και πρώτη φορά άρχισε να εφαρμόζεται στην Ελλάδα από τους σεισμούς της Θεσσαλονίκης το 1978. Είναι ένα ευπροσάρμοστο υλικό το οποίο έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών καθώς διαστρώνεται σε επιφάνειες οποιασδήποτε κλίσης ακόμα και σε επιφάνειες ορόφων χωρίς τη χρήση ξυλότυπων. Προσφέρει υψηλή θλιπτική αντοχή (70 MPa), έχει καλή αντίσταση στη διάβρωση και τις χημικές ουσίες, καλή πρόσφυση με το υπάρχον σκυρόδεμα, με τον χάλυβα και τον βράχο. Χρειάζεται όμως το συνεργείο να έχει πλήρη γνώση και εμπειρία της τεχνικής της διάστρωσης του Ε.Σ και τα κατάλληλα υλικά και μηχανήματα.

2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΟΥ-ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το Ε.Σ πλεονεκτεί σε σχέση με το συμβατό σκυρόδεμα σε συνθήκες όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη, όπου απαιτούνται λεπτά στρώματα ή μεταβλητά πάχη. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι τοποθετείται και συμπυκνώνεται την ίδια στιγμή χάρη στη δύναμη με την οποία εκτοξεύεται από τον εγχυτήρα. Επίσης μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε τύπου και μεγέθους επιφάνεια είτε αυτή είναι κάθετη είτε ανάποδη. Είναι ένα ιδιαίτερα ανθεκτικό και ομοιογενές υλικό χάρη στο συνδυασμό των ιδιοτήτων, της μεγάλης πυκνότητας και χαμηλής διαπερατότητας του.

Τέλος η τεχνική εκτόξευσης παρέχει ευκολία πρόσβασης ακόμα και στις πιο δύσκολες και δυσπρόσιτες θέσεις αφού εάν υπάρχει χώρος για έναν άνθρωπο και ένα λάστιχο μπορούμε να σκυροδετήσουμε...[1]



Σχήμα 1: Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

3. ΣΥΝΘΕΣΗ Ε.Σ.

Το Ε.Σ έχει μια θεμελιώδη διαφοροποίηση σε σχέση με το κοινό beton σε ότι αφορά τη σύνθεση. Το αρχικό μίγμα που εκτοξεύεται έχει διαφορετική αναλογία υλικών από το τελικά εγκατεστημένο υλικό. Αυτό οφείλεται στην αναπήδηση των υλικών. Έτσι η μελέτη σύνθεσης για να έχει τα σωστά αποτελέσματα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη και το ποσοστό των ανακλώμενων υλικών. Το Ε.Σ συντίθεται από τσιμέντο, αδρανή, νερό και μπορεί να περιέχει πρόσθετα υλικά, βελτιωτικά όπως και να είναι οπλισμένο με ίνες.

3.1 ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Όπως και στο συμβατό σκυρόδεμα, χρησιμοποιείται τσιμέντο τύπου Portland. Πρέπει να είναι φρέσκο και αποθηκευμένο σε μια ξηρά περιοχή ή σε ένα κατάλληλο σιλό. Η μέγιστη θερμοκρασία του τσιμέντου στο χώρο αποθήκευσης δεν πρέπει να ξεπερνά τους 70 °C. Συνίσταται η χρήση τσιμέντου τύπου 1 εάν έτσι βοηθείται η ανάπτυξη αντοχών των πρώτων ωρών με τη χρήση επιταχυντών πήξης και σκλήρυνσης. Γενικότερα η επιλογή του τύπου του τσιμέντου εξαρτάται συνήθως από την συμβατότητα με τους επιταχυντές που βρίσκονται στη διάθεση μας.

3.2 ΑΔΡΑΝΗ

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως λεπτόκοκκα. Το μίγμα των αδρανών πρέπει να βρίσκεται εντός των υποζωνών Δ και Ε των πινάκων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Συνίσταται η υποζώνη Ε.

3.3 ΝΕΡΟ

Το πόσιμο νερό είναι κατάλληλο ενώ όταν προέρχεται από άλλες πηγές πρέπει να ελεγχθεί έτσι ώστε να είναι καθαρό και απαλλαγμένο από σάκχαρα, έλαια και σωματίδια που μπορεί να επιδράσουν με το Ε.Σ και με το χάλυβα. Ο λόγος Ν/Τ έχει μεγάλη σημασία τόσο στην

επίτευξη ικανοποιητικής θλιπτικής αντοχής όσο και στη μείωση του βαθμού της αναπήδησης και κυμαίνεται μεταξύ 0,4 και 0,55 ανάλογα με τις προδιαγραφές του σκυροδέματος. Πιο συγκεκριμένα:

- Λόγος N/T για υγρό σκυρόδεμα χαμηλών προδιαγραφών: < 0,55
- Λόγος N/T για υγρό σκυρόδεμα μεσαίων προδιαγραφών: < 0,50
- Λόγος N/T για υγρό σκυρόδεμα υψηλών προδιαγραφών: < 0,46

3.4 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

Λόγω της φύσεως των έργων απαιτείται τόσο ταχεία πήξη του υλικού όσο και ταχεία ανάπτυξη των αντοχών. Ως πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικαμίνου, οξείδια του πυριτίου και ως βελτιωτικά επιταχυντικά πήξης και σκλήρυνσης, πρόσμικτα για τη μείωση ή εξουδετέρωση της συστολής ξήρανσης, για την αύξηση της πρόσφυσης και θιξοτροπικά πρόσμικτα που εμποδίζουν το «σακούλιασμα». Περισσότερες λεπτομέρειες στον πίνακα που ακολουθεί...

ΤΥΠΟΣ	ΧΡΗΣΗ/ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
Υψηλής απόδοσης υπερρευστοποιητής	<ol style="list-style-type: none"> 1. Υψηλή μείωση νερού 2. Καλύτερη εργασιμότητα 3. Ελεγχόμενη εργασιμότητα 4. Ταχεία ανάπτυξη αντοχών 5. Βελτιωμένες ιδιότητες συρρίκνωσης και ερπυσμού 6. Υψηλότερη υδατοστεγανότητα 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βέλτιστο αποτέλεσμα όταν προστίθεται μετά το νερό ανάμιξης 2. Η βέλτιστη δοσολογία εξαρτάται από τον τύπο του τσιμέντου 3. Σε περιπτώσεις ειδικών απαιτήσεων πρέπει να διεξάγονται προκαταρκτικές δοκιμές
Σταθεροποιητής ενυδάτωσης	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ρυθμιζόμενη εργασιμότητα 2. Δεν χρειάζεται καθαρισμός της αντλίας και των σωληνώσεων κατά τη φάση επιβράδυνσης 	
Πυριτική παιπάλη	<ol style="list-style-type: none"> 1. Βελτιωμένη συνοχή και ομοιογένεια νωπού σκυροδέματος 2. Πολύ υψηλότερη στεγανότητα σκληρυμένου σκυροδέματος 3. Βελτιωμένη πρόσφυση μεταξύ αδρανών και σκληρυμένης τσιμεντόπαστας 4. Υψηλή αντοχή σε παγετό και κύκλους πήξης/τήξης 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Προσθήκη στο μίξερ 2. Απαιτείται βέλτιστη ωρίμανση καθώς το σκυρόδεμα με πυριτική παιπάλη έχει την τάση να ξηραίνεται πρόωρα επιφανειακά

	5. Χαμηλότερη αναπήδηση	
Βελτιωτικά άντλησης και σταθεροποιητές	1. Βελτιωμένη ομογενοποίηση και εσωτερική συνοχή για δύσκολα μίγματα 2. Αύξηση δυναμικότητας εκτόξευσης με χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση, ακόμη και για μίγματα με δύσκολα αδρανή	1. Η προσθήκη τους αυξάνει την ενεργειακή απόδοση του αναμκτήρα και τη συνεκτικότητα του σκυροδέματος-να μην γίνεται ρύθμιση ρευστότητας μίγματος με προσθήκη νερού

Πίνακας 1: Χρήση προσμίκτων και αποτελέσματα

3.5 ΙΝΕΣ

Στην περίπτωση του ινοπλισμένου Ε.Σ το υλικό των ινών μπορεί να είναι από χάλυβα, πολυμερές ή γυαλί. Οι ίνες αυξάνουν την παραμόρφωση του υλικού κατά την αστοχία, περιορίζουν τη ρηγμάτωση και δίνουν μια μικρή αύξηση στην εφελκυστική του αντοχή. Οι ίνες διαφέρουν εκτός από το υλικό στο μήκος και τη μορφή και το μήκος τους κυμαίνεται από 12 έως 50 mm.

3.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Κυμαίνεται στους 10 με 25 °C αλλιώς πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα όπως θέρμανση ή ψύξη των αδρανών ή του νερού.

4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ Ε.Σ.

Κατηγορία αντοχής	C _s 2 0	C _s 2 5	C _s 3 0	C _s 3 5	C _s 4 0	C _s 4 5	C _s 5 0	C _s 5 5
Χαρακτηριστική αντοχή f_{ck} (MPa) κύβου (15x15x15 cm)	20	25	30	35	40	45	50	55

Πίνακας 2: Κατηγορίες θλιπτικής αντοχής Ε.Σ.

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΜΙΞΗΣ [3]

Οι δύο ευρύτατα χρησιμοποιούμενες τεχνικές παραγωγής Ε.Σ είναι η ξηρή και η υγρή μέθοδος.

5.1 ΞΗΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Το τσιμέντο και τα αδρανή αναμειγνύονται επαρκώς και τροφοδοτούνται σε μια ειδικά για αυτό το σκοπό σχεδιασμένη μηχανή όπου το μίγμα υπόκειται σε πίεση και μεταφέρεται με ρεύμα πεπιεσμένου αέρα και σωληνώσεων σε ένα ακροφύσιο όπου προστίθεται το νερό δια ψεκασμού και κατάλληλο επιταχυντικό πρόσμικτο. Το τελικό μίγμα εκτοξεύεται με συνεχή τρόπο προς τη θέση σκυροδέτησης.

5.2 ΥΓΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Τσιμέντο, αδρανή και νερό αναμειγνύονται σε κατάλληλο αναμεικτήρα και τροφοδοτούνται σε μια ειδικά για αυτό το σκοπό σχεδιασμένη μηχανή, όπου το μίγμα μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων είτε με ρεύμα πεπιεσμένου αέρα είτε συνηθέστερα με άντληση σε ένα ακροφύσιο στο οποίο προστίθεται το επιταχυντικό πρόσμικτο. Το τελικό μίγμα εκτοξεύεται με συνεχή τρόπο προς τη θέση σκυροδέτησης.

Άλλες μέθοδοι που βρίσκονται υπό ανάπτυξη ή χρησιμοποιούνται από όχι ιδιαίτερα ευρύ κύκλο είναι η μέθοδος θαλάμου αεροστροβίλου(βίαιης ανάμιξης), η μέθοδος κυλιόμενου τύπου και η μέθοδος SEC.

5.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΞΗΡΗΣ – ΥΓΡΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

ΞΗΡΗ ΜΙΞΗ	ΥΓΡΗ ΜΙΞΗ
➤ Ελαφρύτερος και οικονομικότερος εξοπλισμός	➤ Τουλάχιστον τριπλάσιο κόστος εξοπλισμού
➤ Δυνατότητα μεταφοράς των ξηρών υλικών σε μεγαλύτερες αποστάσεις	➤ Γρήγορη πρόοδος των εργασιών
➤ Δημιουργία σκόνης	➤ Μικρότερη αναπήδηση
➤ Μικρότερη δυνατότητα παραγωγής	➤ Μειωμένη σκόνη
➤ Δυνατότητα διατήρησης του ξηρού μίγματος για μεγαλύτερες περιόδους	➤ Μικρότερη απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού
➤ Υψηλή πρόσφυση	➤ Λιγότερος επί τόπου εξοπλισμός
➤ Επίτευξη υψηλότερων αντοχών	➤ Ακριβής έλεγχος της ποσότητας του νερού ανάμιξης
➤ Συντήρηση σχετικά απλή και αραιή	➤ Μεγαλύτερη ομοιογένεια
➤ Δυνατότητα άντλησης όλων των κλασμάτων των αδρανών(και χονδρόκοκκα)	➤ Χρήση έτοιμου σκυροδέματος
➤ Δεν απαιτείται αντλήσιμο σκυρόδεμα	➤ Λιγότερη φθορά στην αντλία, στις σωλήνες και ακροφύσιο
	➤ Λιγότερο από 60% κατανάλωση πεπιεσμένου αέρα
	➤ Περίπλοκη εκκίνηση και διαδικασία καθαρισμού μηχανήματος

Πίνακας 3: Σύγκριση ξηρής και υγρής μίξης

6. ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Το σύστημα εκτόξευσης και κυρίως ο χειριστής του συστήματος έχουν μέγιστη σημασία τόσο για τη διαμόρφωση της στρώσης του Ε.Σ σε μια επιφάνεια όσο και για τη αντοχή του. Για αυτό συνίσταται η χρήση του ίδιου τύπου συστήματος εκτόξευσης καθ' όλη τη διάρκεια

του έργου άλλα κυρίως ο χειριστής του συστήματος από το ίδιο έμπειρο ανθρώπινο δυναμικό. Το τεχνικό προσωπικό που θα ασχοληθεί με την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να έχει αποδεδειγμένη εμπειρία (βεβαιώσεις εργοδοτών)σε έργα επισκευών και ενισχύσεων που περιελάμβαναν εργασίες με Ε.Σ. Πριν την έναρξη των εργασιών, το συνεργείο που θα ασχοληθεί με της επεμβάσεις αυτού του είδους, θα εκτελεί δοκιμαστική εκτόξευση Ε.Σ από την οποία θα πιστοποιείται η ικανότητα του προσωπικού και ειδικότερα του χειριστή του ακροφυσίου για την έντεχνη εκτέλεση της εργασίας.

Στη διαδικασία ξηρής ανάμιξης ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Μηχανή ξηρής ανάμιξης
- Σωλήνες προώθησης του υλικού και του νερού
- Ακροφύσιο εκτόξευσης
- Αεροσυμπιεστή με ελάχιστη συμπιεστική ικανότητα $P=200+2,5(l+2h)$ (Κρα, m), όπου l είναι το μήκος σωλήνα προώθησης του υλικού και πρέπει να είναι $l \geq 20$ m και h είναι η μέγιστη διαφορά ύψους της θέσης εκτόξευσης από τη θέση του αεροσυμπιεστή.

Η οριζόντια απόσταση ακροφυσίου και μηχανής ανάμιξης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 500 m ενώ η μέγιστη διαφορά ύψους είναι 100 m. Η ταχύτητα προώθησης του ξηρού υλικού στο σωλήνα πρέπει να είναι της τάξης των 40 με 60 m/sec και η πίεση του νερού στο ακροφύσιο πρέπει να είναι μεταξύ 400 και 4000 Κρα.



Σχήμα 2: Μηχανή ξηρής μίξης [5]

Στην διαδικασία υγρής ανάμιξης ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Μηχανή ανάμιξης αν το μίγμα παρασκευάζεται στο εργοτάξιο
- Αντλία και σωλήνες προώθησης υγρού μίγματος
- Ακροφύσιο εκτόξευσης
- Αεροσυμπιεστής με συμπιεστική ικανότητα της τάξεως των 700 ΚΡα. Η ικανότητα παροχής αέρα να είναι τουλάχιστον $1,5 \text{ m}^3$ αέρα/min για κάθε m^3 Ε.Σ/h.

7. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΒΑΣΗΣ [2]

Η επιφάνεια πάνω στην οποία θα εφαρμοσθεί το Ε.Σ. πρέπει να προετοιμάζεται κατάλληλα και να προστατεύεται ικανοποιητικά κατά την διάρκεια της εκτόξευσης. Γενικά, η επιφάνεια πρέπει να διαμορφώνεται με υλικά που θα είναι στερεά, αρκετά πυκνής δομής και να μην δονούνται κατά την διάρκεια της εκτόξευσης.

Στα έργα επισκευών και ενισχύσεων, η κύρια επιφάνεια εφαρμογής του Ε.Σ. είναι από σκυρόδεμα. Η προετοιμασία της περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Αποκάλυψη των υπαρχόντων οπλισμών τουλάχιστον όσο χρειάζεται για να συγκολληθούν νέοι, με χρήση κατάλληλων παρεμβλημάτων όπου χρειάζεται.

- Αφαίρεση του σαθρού σκυροδέματος καθώς και τμημάτων του που έχουν προσβληθεί με επιβλαβείς χημικές ουσίες, λάδια, γράσα και διαμόρφωση φωλεών και κοιλοτήτων για τον καλύτερο εγκιβωτισμό του Ε.Σ.. Θα πρέπει επίσης να αφαιρεθούν οι τυχόν υπάρχουσες προεξοχές ώστε να αποφεύγονται απότομες διαφοροποιήσεις του πάχους της στρώσης του Ε.Σ..

- Εκτράχυνση του παλαιού σκυροδέματος με αμμοβολή, υδροβολή ή χρήση αερόσφυρας πολλαπλής κεφαλής (αεροματσάκονο). Απαγορεύεται η διαμόρφωση τραχείας επιφάνειας με χρήση «βιαιών» μηχανικών μεθόδων όπως πελέκημα, σκαπιτσάρισμα κλπ., καθώς με αυτές αναπτύσσονται μικρορηγματώσεις που θα προκαλέσουν μείωση της συνάφειας.

- Έκπλυση με άφθονο νερό υπό πίεση μέχρι τον κορεσμό του υπάρχοντος στρώματος σκυροδέματος και στέγνωμα ώστε να μην μείνει νερό στην επιφάνεια. Επιφάνειες πάνω στις οποίες ρέει νερό θα πρέπει να στεγανώνονται ή να στραγγίζονται με στραγγιστήρια και να χρησιμοποιείται Ε.Σ. με επιταχυντικό πρόσθετο. Σε αντίθετη περίπτωση το Ε.Σ. αποκολλάται.

- Σωλήνες ή άλλα εξαρτήματα που δεν βλάπτουν με φυσική ή χημική διαδικασία το Ε.Σ. μπορούν να ενσωματώνονται σε αυτό εκτός από τις περιπτώσεις όπου το υλικό κατασκευής τους είναι το αλουμίνιο. Σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να καλυφθούν με κατάλληλα υλικά που παρεμποδίζουν την αντίδραση αλουμινίου-σκυροδέματος ή την ηλεκτρολυτική αντίδραση χάλυβα-αλουμινίου.

Η επιφάνεια βάσης θα πρέπει να έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη των 2 °C και αν εκτίθεται σε ισχυρούς ανέμους ή βροχή, να προστατεύεται καταλλήλως.

8. ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η εκτόξευση του σκυροδέματος θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε το τελικό προϊόν να έχει συμπαγή και πυκνή δομή, επαρκώς επικολλημένη με την επιφάνεια της βάσης. Η τροφοδοσία του υλικού θα είναι τέτοια ώστε να τηρούνται οι αναλογίες των υλικών του τελικού μίγματος, να μην υπάρχουν εμφράξεις του εξοπλισμού και να διατηρείται μια σταθερή ροή στο ακροφύσιο.

Η θερμοκρασία του μίγματος πριν την εκτόξευση πρέπει να κυμαίνεται από 5-35 °C, με συνιστώμενο εύρος θερμοκρασίας μεταξύ 10 και 25 °C.

Η απόσταση του ακροφυσίου από την προσβαλλόμενη επιφάνεια συνιστάται να είναι μεταξύ 0,5-1 m. Η μέγιστη και η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση είναι 1,5 και 0,5 m αντίστοιχα.

Η κατεύθυνση του ακροφυσίου και της εκτόξευσης θα είναι κατά το δυνατόν κάθετη προς την επιφάνεια βάσης, με στόχο την ελαχιστοποίηση του ανακλώμενου υλικού. Κάθε στρώση θα δομείται με κατεύθυνση από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τμήματα και ο χειριστής θα συμπληρώνει το συνολικό πάχος της στρώσης με συνεχόμενες κυκλικές ή ελλειπτικές κινήσεις του ακροφυσίου, χωρίς κινήσεις μπρος-πίσω.

Το πάχος κάθε στρώσης Ε.Σ. όταν δεν χρησιμοποιούνται επιταχυντές πήξης συνίσταται να είναι:

- 10 mm σε στρώσεις οροφής και 20 mm σε κατακόρυφες στρώσεις, όταν περιλαμβάνονται οπλισμοί οι οποίοι θα καλύπτονται με πρόσθετα 10 mm.
- max 30 mm σε στρώσεις οροφής και max 50 mm σε κατακόρυφες στρώσεις όταν δεν περιλαμβάνονται οπλισμοί.



Σχήμα 3: Εκτόξευση σκυροδέματος σε οριζόντια επιφάνεια οροφής

Κάθε πρόσθετη στρώση Ε.Σ. εκτοξεύεται όταν η προηγούμενη έχει αποκτήσει ικανοποιητική αντοχή. Ο χρόνος αναμονής για την επόμενη στρώση κυμαίνεται από 3-5 ώρες σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος 20 °C όταν δεν χρησιμοποιούνται επιταχυντές πήξης.

Όταν εφαρμόζεται μονή στρώση μεγάλου πάχους (τουλάχιστον 150 mm), η στρώση δομείται με μια γωνία εκτόξευσης περίπου 45 ° ώστε το υλικό της αναπήδησης να κυλάει προς τα έξω. Όταν έχει διαστρωθεί πλέγμα οπλισμών θα μειώνεται η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια και η γωνία εκτόξευσης θα αποκλίνει ελαφρά από την ορθή ώστε το σκυρόδεμα να περνά και να συγκρατείται πίσω από τις ράβδους του πλέγματος. Το ίδιο συμβαίνει στην περίπτωση ύπαρξης οπλισμών μεγάλης διαμέτρου ή συγκεντρωμένου οπλισμού.

Όταν το σκυρόδεμα εκτοξεύεται προς τον οπλισμό, η μπροστινή πλευρά της ράβδου πρέπει να παραμείνει καθαρή και το εκτοξευόμενο υλικό να ρέει πίσω και γύρω από την ράβδο δημιουργώντας έτσι ένα συμπυκνωμένο σκυρόδεμα πίσω από αυτή.

Κατά την εκτόξευση, ένα ποσοστό του υλικού που έχει εκτοξευθεί προς την επιφάνεια βάσης δεν προσκολλάται σε αυτή και αναπηδά εκτός της θέσης προσβολής. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα αναπήδησης είναι:

- Πάχος στρώσης
- Κοκκομετρική κατανομή
- Κλίση και χειρισμός ακροφυσίου
- Όγκος και πίεση αέρα
- Ιδιότητες πρόσφυσης
- Πρώιμες αντοχές
- Τύπος ινών (αν χρησιμοποιούνται)
- Μέθοδος εκτόξευσης

Το υλικό της αναπήδησης δεν πρέπει ποτέ και για κανένα λόγο να καλυφθεί με Ε.Σ.. Θα πρέπει να απομακρύνεται από το έργο και απαγορεύεται να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή συμβατικού ή Ε.Σ..

Για την διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας θα πρέπει να απομακρύνονται τα σωματίδια που έχουν προσκολληθεί ανεπαρκώς χρησιμοποιώντας μια μαλακή πλαστική βούρτσα, μία έως δύο ώρες μετά την εκτόξευση.



Σχήμα 4: Εκτόξευση σκυροδέματος σε κατακόρυφη επιφάνεια [4]

9. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η συντήρηση είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εκτόξευσης και διαρκεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος και τις ειδικές απαιτήσεις του έργου. Το χρονικό αυτό διάστημα θα καθορίζεται από την μελέτη και δεν θα είναι μικρότερο από 7 ημέρες. Διαφορετικά όταν δεν αναφέρεται στην μελέτη θα λαμβάνεται ίσο με 14 ημέρες.

Η συντήρηση πρέπει να δημιουργεί τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που θα επιτρέψουν την ολοκλήρωση της διαδικασίας ενυδάτωσης με το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος. Η διαδικασία ενυδάτωσης άλλωστε δίνει στο σκυρόδεμα την αντοχή και την ανθεκτικότητά του.

Η απαραίτητη υγρασία εξασφαλίζεται:

α) με μεθόδους που απαγορεύουν ή επιβραδύνουν την εξάτμιση του νερού του μίγματος (επικάλυψη με λινάτσες, χρήση επιφανειακών μεμβρανών και αδιάβροχων φύλλων)

β) με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται (διαβροχή, κατάκλιση της περιοχής).

Για την συντήρηση του Ε.Σ. σε ακραίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος ισχύουν οι ενέργειες που ακολουθούνται στο συμβατικό σκυρόδεμα, μόνο που σ' αυτή την περίπτωση διατηρούνται και πέραν των προβλεπόμενων ορίων μέχρι το σκυρόδεμα να αναπτύξει θλιπτική αντοχή τουλάχιστον 5 Μpa.

Σε εργασίες επισκευών, όπου τοποθετείται μια συνήθως λεπτή στρώση Ε.Σ. πάνω σε υφιστάμενο παλαιό σκυρόδεμα υπάρχει μια σημαντική απώλεια νερού του εκτοξευόμενου προς το παλαιό με τριχοειδή κυρίως δράση παρά τον αρχικό εμποτισμό του. Γι' αυτό απαιτείται αντικατάσταση του νερού που χάνεται από την στρώση του εκτοξευόμενου για τουλάχιστον 7 ημέρες.

10. ΕΛΕΓΧΟΙ

Υπάρχουν 4 τύποι ελέγχων:

➤ Οπτικός έλεγχος: Γίνεται επί τόπου στο έργο και αφορά τον εντοπισμό κακοτεχνιών πριν, μετά και κατά την διάρκεια εκτόξευσης κάθε στρώσης σκυροδέματος.

➤ Γεωμετρικός έλεγχος: Γίνεται επί τόπου στο έργο και αφορά τον εντοπισμό αποκλίσεων από την προβλεπόμενη στη μελέτη γεωμετρία των κατασκευαζόμενων στοιχείων. Χρησιμοποιούνται οι κλασικές μέθοδοι γεωμετρικής αποτύπωσης στοιχείων.

➤ Μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος: Γίνεται επί τόπου στο έργο και αφορά την στερεότητα και συνοχή της επέμβασης. Γίνεται με ελαφρές κρούσεις με σφυρί βάρους 1 kg. Ελέγχεται η δημιουργία ρωγμών στην διεπιφάνεια επεμβάσεως καθώς και ο ήχος των κρούσεων.

➤ Εργαστηριακός έλεγχος: Περιλαμβάνει 2 κατηγορίες δοκιμών

α) Η κατηγορία δοκιμών E1 αφορά τον έλεγχο ικανοποίησης των κριτηρίων συμμόρφωσης για την προβλεπόμενη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του Ε.Σ., τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας, της αντοχής σε κάμψη, της δυσθραυστότητας και ιδιοτήτων όπως η πυκνότητα, η αντίσταση σε παγετό και η διαπερατότητα.

β) Η κατηγορία δοκιμών E2 αποσκοπεί στην εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του Ε.Σ. έτσι όπως διαστρώθηκε και συντηρήθηκε στις πραγματικές συνθήκες του έργου, καθώς και στον έλεγχο εξασφάλισης επαρκούς συνάφειας μεταξύ του Ε.Σ. και της βάσης.

Δεν είναι λίγες οι φορές που μέσω των παραπάνω ελέγχων παρατηρούνται διάφορες κακοτεχνίες . Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Εγκλωβισμός ανακλώμενου υλικού
- Συσσώρευση υπερψεκαζόμενου υλικού
- Δημιουργία κενών
- Ανεπαρκής επικάλυψη των ράβδων οπλισμού

- Δημιουργία αδύναμων περιοχών λόγω απόμιξης του σκυροδέματος

11. ΧΡΗΣΕΙΣ

Το Ε.Σ. εφαρμόζεται κυρίως σε:

- επισκευές κτιρίων στους μανδύες δομικών στοιχείων (υποστυλωμάτων, δοκών, πλακών) και στην ενίσχυση φερουσών τοιχοποιιών και λιθοδομών
- σταθεροποίηση πρανών και εκσκαφών
- επισκευές σε μεγάλα έργα όπως σήραγγες, φράγματα από σκυρόδεμα, λιμενικά έργα, γέφυρες
- αποκατάσταση βλαβών λόγω πυρκαγιάς

Όλα τα παραπάνω ισχύουν για κατασκευές οπλισμένου Ε.Σ. ακόμα και σε περιοχές με σεισμό, αρκεί η έκταση των βλαβών να είναι μεσαία.

12. ΥΓΙΕΙΝΗ-ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Πολλά σοβαρά ατυχήματα στο παρελθόν έχουν αποδείξει ότι οι εργασιακές συνθήκες στα εργοτάξια απαιτούν ειδική φροντίδα. Η παραγωγή σκόνης πρέπει να μειωθεί και τα απόβλητα που παράγονται από διαβρωτικά και τοξικά χημικά πρέπει να ελαχιστοποιηθούν.

Σε ότι αφορά τη μόλυνση από την δημιουργία σκόνης, η μέθοδος υγρής εκτόξευσης παράγει πολύ λιγότερη σκόνη απ' ότι η υγρή εκτόξευση. Η σκόνη όμως που παράγεται κατά την υγρή ανάμιξη είναι πιο επιβλαβής και τοξική, γι' αυτό σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο ο χώρος εργασίας να αερίζεται επαρκώς, οι εργαζόμενοι να φορούν φόρμα πλήρους προστασίας του σώματος και να έχουν πλήρη κάλυψη της κεφαλής.

Σε ότι αφορά την μόλυνση εξαιτίας των χημικών, επιδιώκεται η χρήση πρόσμικτων με ελάχιστη περιεκτικότητα σε αλκάλια, με τιμή pH γύρω στο 3 ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον κατά τον χειρισμό, την αποθήκευση και την χρήση τους.



Σχήμα 5: Εξοπλισμός προστασίας προσωπικού [5]

Τέλος απαιτείται καθημερινή επιθεώρηση της κατασκευής των σωληνώσεων της εγκατάστασης και της αρτιότητας προσαρμογής των συνδέσμων.

13. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η εργασία θεωρείται τελειωμένη όταν έχει γίνει η εκτόξευση και η διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας του σκυροδέματος στις προβλεπόμενες από την μελέτη θέσεις, έχει γίνει η συντήρηση σύμφωνα με τα αναφερόμενα, έχουν ληφθεί τα δοκίμια που απαιτούνται για τους εργαστηριακούς ελέγχους, έχουν αποτεθεί στις περιοχές φόρτωσης το ανακλώμενο ή υπερψεκαζόμενο υλικό και άλλα άχρηστα υλικά και έχουν αποκατασταθεί τυχόν κακοτεχνίες....

14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Δρίτσος Σ., (2007), “Ενισχύσεις/Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα”, Πάτρα

[2] Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, (2004), “Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές”

[3] Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, (1999), “Σχέδιο Προδιαγραφής για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα”

[4] http://www.epidomos.gr/pages_gr/episkeyes_gr.htm

[5] <http://www.reedpumps.com/gunite.htm?gclid=COSMsvbAgZgCFQsh3godjQW4DA>