

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ

ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ – ΜΑΚΡΙΔΟΥ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρει τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Καθορίζει διαδικασίες (υγρής και ξηρής μορφής), και τον τύπο εξοπλισμού του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Μια σύγκριση της υγρής και ξηρής διαδικασίας ανάμιξης παρουσιάζεται στην ενότητα 3.3. Επιπλέον, η εργασία παρουσιάζει τέσσερις περιπτώσεις εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Τέλος παρουσιάζονται γενικά συμπεράσματα και προτάσεις στον τομέα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας αμερικάνος εξερευνητής και φυσιολάτρης που συσχετιζόταν με το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Σικάγου, ο Carl Akley (1864 – 19260), είναι αυτός που ανακάλυψε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Αυτός ανακάλυψε τη συσκευή εκτόξευσης τσιμέντου πριν το 1900, για να εκτοξεύει κονία σε μοντέλα ζώων από σύρμα (W. B. Long, 1987).

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι ένα σκυρόδεμα το οποίο εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα σε μια επιφάνεια.

Υπάρχουν δύο διακεκριμένες μορφές διαδικασίας εκτοξευόμενου σκυροδέματος, η ξηρή και η υγρή διαδικασία. Στην ξηρή διαδικασία, τα ξηρά συστατικά αναμιγνύονται μεταξύ τους, έπειτα εκχύνονται με ένα σωλήνα πεπιεσμένου αέρα και στη συνέχεια προστίθεται το νερό.

Αντίθετα στην υγρή διαδικασία, όλα τα συστατικά συμπεριλαμβανομένου και του νερού, αναμιγνύονται στον αναδευτήρα. Στη συνέχεια το μείγμα προωθείται στο σωλήνα και με πεπιεσμένο αέρα στρώνεται στην επιφάνεια.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει πολλές εφαρμογές σαν υλικό κατασκευής ή επισκευής. Είναι μια προσιτή λύση εξαιτίας της ελαστικότητας της μεθόδου εφαρμογής του.

Μεταξύ των εφαρμογών του είναι η επισκευή στεγών, τοίχων, καναλιών και σιράγγων, κολυμβητικών πισινών, δεξαμενών κτλ...Επίσης χρησιμοποιείται για την κατασκευή βλαμμένου σκυροδέματος από σεισμό ή φωτιά.

2. ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Ως γνωστόν το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι μία μέθοδος τοποθέτησης κονιάς ή σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται στις συνήθεις κατασκευές.

2.1 ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Γενικά συνιστάται η χρήση τύπου I τσιμέντου Portland. Όπου απαιτείται υψηλή αντοχή, χρησιμοποιείται το τσιμέντο τύπου III. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου το σκυρόδεμα έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή το νερό, προτιμάται το τσιμέντο τύπου V.

Σκυροδέματα υψηλής αντοχής ή ταχείας πήξεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εναλλακτική λύση αντί του συνηθισμένου σκυροδέματος μαζί με επιταχυντικό που χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις.

2.2 ΝΕΡΟ

Το νερό που χρησιμοποιείται στην μίξη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος τόσο στην υγρή όσο και στην ξηρή διαδικασία πρέπει να είναι καθαρό και απαλλαγμένο από σωματίδια που μπορούν να επιδράσουν στο εκτοξευόμενο σκυροδέμα ή στο χάλυβα.

Προτείνεται η χρήση πόσιμου νερού. Στις περιπτώσεις όπου πόσιμο νερό δεν είναι διαθέσιμο, το νερό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ελέγχεται.

2.3 ΑΔΡΑΝΗ

Η διαβάθμιση των αδρανών είναι πολύ σημαντική για το εκτοξευόμενο σκυροδέμα, εξαιτίας της έλλειψης εξωτερικής δόνησης και της αλλαγής, που προκαλεί στην αναλογία των υλικών, η αναπήδηση αλλά και εξαιτίας της ξηρής διαδικασίας.

Τα βαρύτερα αδρανή, έχουν μια τάση αναπήδησης σε αντίθεση με τα ελαφρύτερα στοιχεία της άμμου και του τσιμέντου. Για το λόγο αυτό τα αδρανή πρέπει να είναι ακατέργαστα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ισορροπία στο μίγμα (S. A. Austin, 1995).

2.4 ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ

Προσμίξεις χρησιμοποιούνται στο εκτοξευόμενο σκυροδέμα ειδικότερα στην υγρή διαδικασία. Σκοπός τους είναι να ενισχύσουν κάποιες ιδιότητες του σκυροδέματος όπως αντοχή, συνοχή, ανθεκτικότητα στο πάγο.

3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1 ΞΗΡΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η ξηρή διαδικασία εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι μία διαδικασία , όπου προκαθορισμένες ποσότητες τσιμέντου, αδρανών, αναμιγνύονται και στη συνέχεια τροφοδοτούνται στο μηχάνημα, γνωστό ως "όπλο", χωρίς όμως να χορηγείται νερό σ' αυτό το στάδιο.

Το "όπλο" τότε μετρά τα ξηρά υλικά και πεπιεσμένος αέρας καλύπτει το μίγμα και μεταβιβάζεται στο ακροφύσιο. Στο ακροφύσιο μια ποσότητα νερού με σπρέι προστίθεται στη ποσότητα του υλικού. Η ποσότητα αυτού του υλικού είναι ανεπαρκής για να ενυδατωθεί το μίγμα και παρέχει συνοχή σ' αυτό, έτσι ώστε να μπορεί το μίγμα να εκτοξευτεί με μεγάλη ταχύτητα στη ζητούμενη επιφάνεια. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να σχηματίζεται στη διαστρωμένη επιφάνεια το απαιτούμενο σκυροδέμα.

Υπάρχει ένας και μοναδικός τύπος εξοπλισμού για την ξηρή διαδικασία και ονομάζεται αεραγωγός, γιατί το ξηρό μίγμα εκτοξεύεται με πεπιεσμένο αέρα από το ακροφύσιο στην επιφάνεια διάστρωσης (S. A. Austin, 1995).

3.2 ΥΓΡΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην υγρή διαδικασία, προκαθορισμένη ποσότητα τσιμέντου, αδρανών και νερού, αναμιγνύεται και φορτώνεται στο μηχανισμό εξοπλισμού π.χ. αντλία ή "όπλο", (W. B. Long, 1987).

Υπάρχουν δύο τύποι εξοπλισμού για την υγρή διαδικασία. Ο ένας από αυτούς είναι γνωστός ως αεραγωγός , γιατί το μίγμα υπό πεπιεσμένου αέρα, εκτοξεύεται από το ακροφύσιο και διαστρώνεται στη ζητούμενη επιφάνεια. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία

συνδυάζει τη ξηρή και τη υγρή διαδικασία. Ο άλλος τύπος ονομάζεται υδραυλικός γιατί το ενυδατωμένο σκυρόδεμα τοποθετείται σε αντλία σκυροδέματος και αντλούμενο πηγαίνει στο ακροφύσιο, (S. A. Austin, 1995).

3.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΞΗΡΗΣ ΚΑΙ ΥΓΡΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ (ACI,1990)

	Ξηρή διαδικασία	Υγρή διαδικασία
Εργοτάξιο και εξοπλισμός	Χαμηλό συνολικό κόστος Απλή σχετικά διατήρηση	Μειωμένη τριβή στην αντλία & το ακροφύσιο Χαμηλά κατανάλωση αέρα Πιθανή χρήση ρομπότ για τον ψεκασμό του σκυροδέματος
Ανάμιξη	Μικρές ποσότητες αναμειγνύονται επί τόπου Προαναμεμιγμένα συστατικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν που όμως δεν είναι συμβατά με την υγρασία & δεν περιέχουν ειδικές προσμίξεις	Μπορεί να χρησιμοποιηθούν προαναμεμιγμένα συστατικά Ενυδατωμένα συστατικά είναι αποδεκτά
Αποτέλεσμα	Μέχρι 5 m ³ /hr	Μέχρι 10 m ³ /hr με χειρονακτική χρήση Μέχρι 20 m ³ /hr με ρομποτική χρήση
Ταχύτητα πρόσκρουσης	Υψηλή- καλή προσκολλησει και εύκολη χρήση σε αιωρούμενες επιφάνειες	
Αναπήδηση (προσεγγιστικ ές ίνες)	15-50 % για τοίχους και οροφές Η απώλεια τραχειών αδρανών προκαλεί μείωση της συνοχής	Μπορεί να είναι 10% μικρότερη
Πρόσθετα	Επιταχυντές σε σκόνη προστίθενται στο μίγμα ή σε υγρή μορφή στο ακροφύσιο Έλεγχος ενυδάτωσης μπορεί να γίνεται σε προαναμεμιγμένα ξηρά συστατικά με τρόπο παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στην υγρή διαδικασία	Συνήθως υγρός επιταχυντής προστίθεται στο ακροφύσιο Ο έλεγχος ενυδάτωσης παρατείνει τη χρήση του υλικού μέχρι τη στιγμή που ο ενεργοποιητής εισάγεται στο ακροφύσιο
Σκόνη	Τα πιθανά προβλήματα ξεπερνιούνται με τη χρήση υγρών επιταχυντών και με τη διαβροχή των συστατικών	Γενικά δεν δημιουργείται σκόνη Καλύτερη ορατότητα Αποφεύγονται τα επίπεδα σκόνης που μπορούν να δημιουργηθούν
Ποιότητα	Υψηλή αντοχή πετυχαίνεται με χαμηλή αναλογία νερού / τσιμέντο	Χαμηλότερες αντοχές επιτυγχάνονται Καλύτερη ανάμιξη και πιο συνεκτικό μίγμα
Ποσότητα	Ενδεδειγμένη για μικρές ποσότητες	Θεωρείται αντιοικονομική για ποσότητες μικρότερες των 10m ³ γιατί ο εξοπλισμός χρειάζεται καθαρισμό μετά από κάθε χρήση. Ο έλεγχος ενυδάτωσης αναπτύχθηκε για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα
Ελαστικότητα του εξοπλισμού	Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ψεκασμό σκόνης και για εκτόξευση υλικού σε υγρή επιφάνεια	Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την άντληση συμβατικού σκυροδέματος

4. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι ένα από τα πλέον σημαντικά κατασκευαστικά υλικά. Οι τέσσερις περιπτώσεις που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο δείχνουν τη χρησιμότητα του εκτοξευομένου σκυροδέματος.

Οι τέσσερις περιπτώσεις μελέτης είναι οι ακόλουθες:

Το ξενοδοχείο και συνεδριακό κέντρο Hilton, στο San Jose, της Καλιφόρνιας: Τα τοιχεία του υπογείου είχαν αρχικά κατασκευαστεί από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα. Η χρήση του εκτοξευομένου σκυροδέματος ήταν η οικονομικότερη λύση. Επίσης αυτό το έργο συμπεριλαμβάνει την δεξαμενή αποθήκευσης νερού για το σύστημα προστασίας από πυρκαγιά.

Η πλατεία Capitol στο Sacramento της Καλιφόρνιας: Αφορούσε την τοποθέτηση μεγάλων προκατασκευασμένων πλαισίων.

Το κτίριο της Hewlett Packard στο Palo Alto της Καλιφόρνιας: Τα τοιχεία του υπογείου είχαν δημιουργηθεί από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε και μείωσε κατά πολύ το κόστος και το χρόνο του έργου.

Το Πανεπιστήμιο Stanford στο Palo Alto της Καλιφόρνιας: Αυτό το έργο είχε ένα σημαντικό σεισμικό κίνδυνο, ήταν επίσης ένα δύσκολο έργο γιατί έπρεπε να ενσωματωθούν μεγάλες ποσότητες οπλισμού.

Πολλά στοιχεία είναι κοινά και στα τέσσερα έργα, στοιχεία όπως:

- * Χρησιμοποιήθηκε η υγρή διαδικασία, με εξαίρεση την περίπτωση του Πανεπιστημίου Stanford όπου ελάχιστα χρησιμοποιήθηκε η ξηρή διαδικασία
- * Η αντοχή σχεδιασμού ήταν 28 MPa
- * Η παράδοση του υλικού γινόταν με φορτηγά έτοιμης ανάμιξης
- * Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο ήταν 390 Kgr/m³

4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 1: ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ HILTON

Αυτό το έργο αφορούσε την ενίσχυση των θεμελίων και του υπογείου ενός 17- όροφου κτιρίου. Έγινε εγκιβωτισμός πάχους 235 έως 305 mm και ύψους 4,2 m δύο στρώσεων οπλισμού.

Μια εσωτερική δεξαμενή νερού, διαστάσεων : 6 m πλάτος × 24 m μήκος × 4 m ύψους και πάχους 254 mm χρησιμοποιείται σαν δεξαμενή αποθήκευσης νερού για το σύστημα προστασίας από πυρκαγιά. Αρχικά όλες οι μελέτες αφορούσαν στοιχεία από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.

Ο νότιος τοίχος είχε σχεδιαστεί να απέχει μόλις απόσταση από 305 mm έως 457 mm από το υπάρχον κέντρο συνεδριάσεων. Επειδή αυτός ο τοίχος δεν μπορούσε να διαστρωθεί από το εσωτερικό κατασκευάστηκε ένα εξωτερικό σύστημα από γύψο με μεταλλική υποστήριξη

που προσκολλήθηκε στους τοίχους του συνεδριακού κέντρου και είχε συνδέσεις που μπορούσαν να αφαιρεθούν.

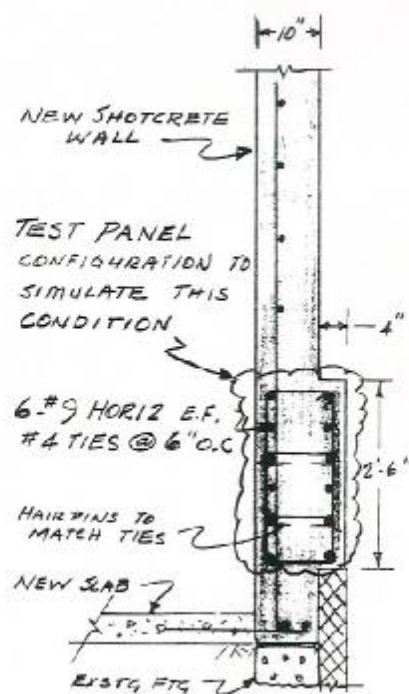
Όταν αφαιρέθηκαν οι συνδέσεις ο τοίχος παρέμεινε στη θέση του. Η νέα αυτή επιφάνεια δεν χρειαζόταν περαιτέρω μορφοποίηση και το μόνο που έπρεπε να γίνει ήταν να βαφτεί.

Οι δυτικοί και βόρειοι τοίχοι μπόρεσαν να διαστρωθούν με εκσκαφή. Οι τοίχοι αυτοί και πάλι μορφοποιήθηκαν με μεταλλικά στηρίγματα που όμως στηρίζονταν με ξύλινες συνδέσεις.

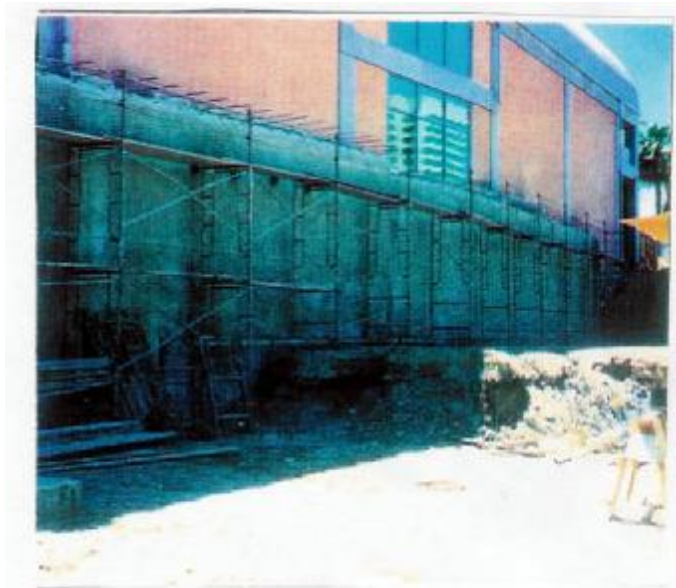
Όταν σκλήρυνε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα τότε τα προσωρινά στηρίγματα αφαιρέθηκαν. Για τον ανατολικό τοίχο και το τοίχο της ράμπας χρησιμοποιήθηκαν κόντρα πλακέ για την μορφοποίησή τους.

Η τοποθέτηση δεξαμενής νερού μας ανάγκασε να τα εγκιβωτίσουμε κάποιες από τις χαλύβδινες κολώνες. Ο οπλισμός που υπήρχε για την ενίσχυση του κτιρίου, ήταν ένα πρόβλημα. Για να προστατευτεί χρησιμοποιήθηκε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χωρίς όμως κενά ή περιοχές άμμου.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται σε σκαρίφημα ο τρόπος εργασίας στο ξενοδοχείο Hilton (Concrete International, May 1992).



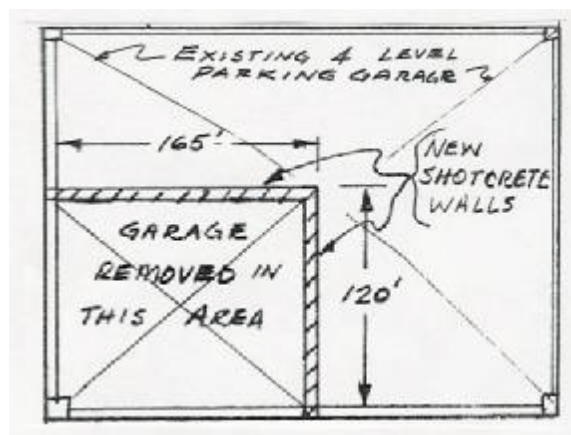
Σχήμα 1: σκαρίφημα των εργασιών στο ξενοδοχείο Hilton (Concrete International, 1992)



Φότο 1: Ένας από τους τοίχους του ξενοδοχείου Hilton όπου οι μεταλλικές υποστηρίξεις που χρησιμοποιήθηκαν παρέμειναν και δεν απομακρύνθηκαν . Ο ελάχιστος χώρος που υπήρχε από τον ήδη υπάρχοντα τοίχο έκανε τις εργασίες ιδιαίτερα δύσκολες (Concrete International, 1992).

4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 2 : ΠΛΑΤΕΙΑ CAPITOL

Αυτή η αποκατάσταση αφορούσε την καταστροφή ενός υπάρχοντος 4- όροφου κτιρίου στάθμευσης, έτσι ώστε να δημιουργηθεί χώρος για την κατασκευή ενός κτιρίου γραφείων, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2 .



Σχήμα 2 : Σκαρίφημα, όχι υπό κλίμακα, της πλατείας Capitol (M. Isaak & C. Zynda, 1992)

Λόγω του ελαχίστου χώρου που υπήρχε και τον περιορισμένο χρόνο κατασκευής, οι νέοι τοίχοι κατασκευάστηκαν από σκυρόδεμα και είχαν διαστάσεις: 3,5 m πλάτος \times 12 m \times 235 mm πάχος.

Υπήρχαν πολλές συνδέσεις στο έδαφος μεταξύ των νέων τοίχων αλλά και των νέων τοίχων με τους προϋπάρχοντες.

Το κόστος κατασκευής ήταν μεγάλο και οδήγησε τον μηχανικό στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων . Για το λόγο αυτό επικράτησε σαν λύση το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Η χρήση του εκτοξευομένου είναι η πλέον οικονομικότερη λύση. Για ενίσχυση χρησιμοποιήθηκαν πλέγματα 4 ράβδων σε απόσταση 254 mm οριζόντια και πλέγματα 4 ράβδων σε απόσταση 406 mm κατακόρυφα σε κάθε επιφάνεια (M. Isaak & C. Zynda, 1992).



Φότο 2: Το έργο στην πλατεία Capitol όπου κατασκευάστηκαν δύο λεπτοί τοίχοι (M. Isaak & C. Zynda, 1992)



Φότο 3: Το έργο στην πλατεία Capitol, η χρωματική διαφορά είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής τεχνικής αποπεράτωσης που χρησιμοποιήθηκε, για αρχιτεκτονικούς λόγους. Η κορυφή είχε πρασινωπό χρώμα , ενώ ο υπόλοιπος τοίχος έχει χρώμα ξύλου (M. Isaak & C. Zynda, 1992)

4.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 3 : ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΗΣ HEWLETT PACKARD

Το κτίριο έχει συνολικό εμβαδόν 2320m^2 και το υπόγειό του είναι εξ' ολοκλήρου κάτω από την επιφάνεια της γης. Οι τοίχοι του υπογείου ήταν διαστάσεων : πάχους από 457 έως 610mm και ύψος από 7,3m έως 7,9m, συνολικού εμβαδού 1672m^2 και αρχικά είχαν σχεδιαστεί από σκυρόδεμα κατασκευασμένο επί τόπου.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε γιατί η τελική διαμόρφωση τοίχων απαιτήσε μόνο τη μισή εργασία και ο χρόνος διάστρωσής του μειώθηκε στο μισό. Και μόνο ο χρόνος εργασίας που γλίτωσε ο εργολάβος ήταν ένα ενθαρρυντικό στοιχείο.

Η εκσκαφή επέτρεψε τη διάστρωση του εκτοξευομένου σκυροδέματος πάνω σε κόντρα – πλακέ. Εξαιτίας των διαστάσεων και της απόστασης (δύο επίπεδα, ένα με πλέγμα 9 ράβδων και πλάτους 152mm και το δεύτερο με πλέγμα 4 ράβδων και πλάτους 305mm) των οπλισμών, κύριο μέλημά μας ήταν πως αυτός ο οπλισμός θα εγκιβωτιστεί σωστά. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά πλέγματα για τη σωστή διάστρωση του εκτοξευομένου σκυροδέματος. Τα μεταλλικά αυτά πλέγματα ήταν ιδιαίτερα πλεονεκτικά γιατί είναι εύκολα να κατασκευαστούν και να τοποθετηθούν κυρίως κοντά στον οπλισμό και γύρω από τα υποστυλώματα.

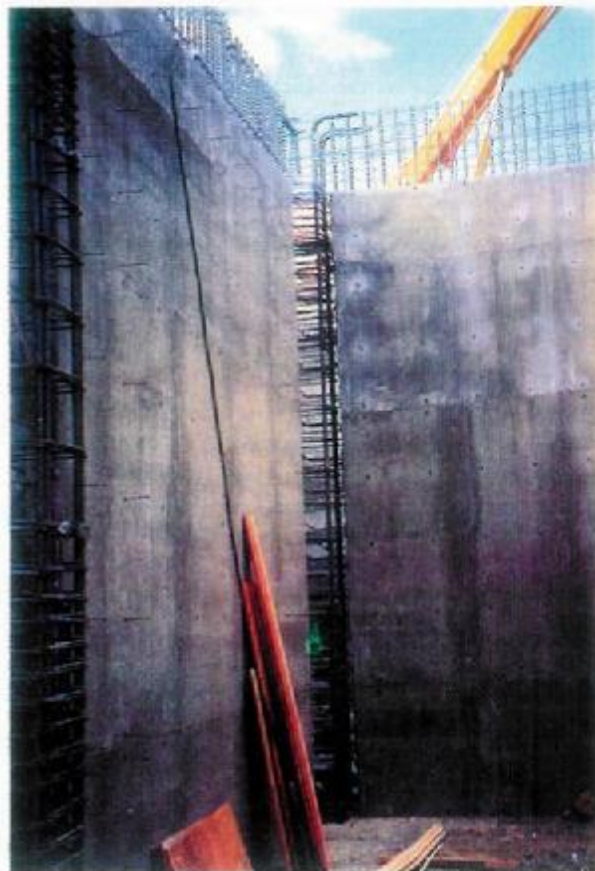
Επίσης ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι ότι τα πλέγματα αυτά μπορούμε να τα αφήσουμε στο τόπο του έργου και να μην τα απομακρύνουμε.

Η μέση παραγωγή είναι της τάξεως των 54 έως 61m^3 ανά ημέρα και η διάστρωση γίνεται σε σειρές πλάτους 1,2m.

Πρέπει να αποφεύγουμε τον υπερψεκασμό και να καθαρίζονται οι κόμβοι μετά από κάθε διάστρωση. Για να είναι κάποιος κόμβος εύκολο να επαχρησιμοποιηθεί στο μέλλον, προτείνουμε τη χρήση ενός προστατευτικού χαρτιού που με κλίση 45° θα προστατεύει τον κόμβο από τον υπερψεκασμό. Στο τέλος της διάστρωσης το χαρτί απομακρύνεται (Concrete International, May 1992).



Φώτο 4: Διάστρωση εκτοξευομένου σκυροδέματος στο κτίριο της Hewlett Packard (Concrete International, May 1992)



Φώτο 5: Διαστρωμένη επιφάνεια εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε τοίχους, αφήνοντας εκτός τις κολώνες. Φαίνονται και τα μεταλλικά ελάσματα που βοηθούν τη διάστρωση (Concrete International, May 1992).

4.4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 4: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ STANFORD

Το έργο είχε ένα σεισμικό κίνδυνο. Οι τοίχοι κυμαίνονται σε πάχος από 457 έως 559 mm με βαρύ οπλισμό ενίσχυσης.

Για να διαστρωθεί σωστά το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έπρεπε να τραχυνθούν οι υπάρχουσες επιφάνειες. Για το σκοπό αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και προκατασκευασμένα πλαίσια. Το κενό μεταξύ της αρχικής επιφάνειας και της νέας στρώσης είναι της τάξεως των 1,6 mm. Όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα πλαίσια καλό είναι να έχουμε τρεις χειριστές που θα διαστρώνουν ταυτόχρονα το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.. Αυτό γίνεται για να αποφύγουμε τα κενά και τις περιοχές άμμου. Η λύση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι η πλέον οικονομική.

Η συχνότητα της διάστρωσης είναι πολύ σημαντική. Για να μειωθεί το κενό στη κορυφή των τοίχων η διάστρωση σ' αυτό το σημείο πρέπει να έχει πάχος 152 mm. Για παρόμοιους λόγους η διάστρωση πρέπει να γίνει υπό γωνία 45°.

Η τράχυνση της επιφάνειας γίνεται με τη χρήση σφυριών έτσι ώστε να έχουμε αυλάκια βάθους ± 6 mm.

Πήραμε δοκίμια από πολλές περιοχές του έργου. Τα τυχόν κενά που δημιουργήθηκαν καλύφθηκαν με τη χρήση εποξειδικής ρητίνης.

Λόγο του μεγάλου οπλισμού και της ελάχιστης απόστασης που υπήρχε, η ικανότητα του χειριστή είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο.

Καθημερινά γίνονται έλεγχοι ποιότητας. Επίσης γίνονται έλεγχοι και στα δοκίμια που παίρνουμε από το έργο (C. Zynda & M. Isaak, 1992).



Φότο 6: Η "χειρότερη περίπτωση" στο έργο του πανεπιστημίου Stanford (C. Zynda & M. Isaak, 1992)



Φότο 7: Ολοκληρωμένοι τοίχοι στο έργο του Πανεπιστημίου Stanford (C. Zynda & M. Isaak, 1992)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος του εκτοξευομένου σκυροδέματος είναι ίσως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος διάστρωσης σκυροδέματος από οποιαδήποτε επιφάνεια : πέτρες, χάλυβα, μάρμαρο ή άλλο σκυρόδεμα. Επίσης μπορούμε να του δώσουμε όποια μορφή επιθυμούμε.

Για αυτούς τους λόγους το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει πολλές εφαρμογές όπως : υποστήριξη πετρωμάτων , κατασκευή δεξαμενών, τούνελ, κολυμβητικών δεξαμενών κτλ..., αλλά και για την επισκευή κατασκευών βλαμμένων από σεισμό ή φωτιά. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι μια καλή λύση λόγω της ευκολίας που μας παρέχει.

Η διαβάθμιση των αδρανών είναι επίσης ένα πολύ σημαντικό στοιχείο στην ξηρή κυρίως διαδικασία γιατί δεν υπάρχει δυνατότητα για περαιτέρω ανάμιξη των υλικών, και υπάρχει αλλοίωση των αναλογιών των υλικών λόγω της αναπήδησης.

Λόγω του ότι τα βαρύτερα αδρανή έχουν μια τάση αναπήδησης , πρέπει να γίνεται σωστή διαβάθμιση των αδρανών. Για την υγρή διαδικασία είναι σημαντική η απόσταση άντλησης και ο εξοπλισμός.

Η περιεκτικότητα των μεγάλων αδρανών πρέπει να είναι μικρή και η περιεκτικότητα άμμου μεγάλη , για να μειωθεί η αναπήδηση. Το νερό της ανάμιξης πρέπει να είναι καθαρό, απαλλαγμένο από προσμίξεις που μπορούν να βλάψουν το σκυρόδεμα ή το χάλυβα. Εάν η περιεκτικότητα σε νερό είναι μεγάλη τότε το εκτοξευόμενο έχει μεγάλη κάθιση.

Υπάρχουν δύο τρόποι ανάμιξης : η ξηρή και η υγρή διαδικασία. Η υγρή διαδικασία έχει πολλά πλεονεκτήματα όταν έχουμε περίπτωση βαρίου οπλισμού. Η ξηρή διαδικασία βασίζεται κυρίως στην ικανότητα του χειριστή του ακροφυσίου. Στην υγρή διαδικασία η ικανότητα του χειριστή δεν είναι τόσο σημαντική.

Πάντως σε κάθε περίπτωση απαιτείται καλός χειρισμός για τη σωστή διάστρωση του υλικού πίσω από τον οπλισμό. Επιπλέον η υγρή διαδικασία προκαλεί λιγότερη αναπήδηση και σκόνη και είναι σαφώς οικονομικότερη.

Μεγάλη προσθήκη νερού ανάμιξης προκαλεί κάθιση του μίγματος. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε προσμίξεις μείωσης νερού για να μειώσουμε το νερό ανάμιξης. Πρέπει να προσέξουμε να υπάρχει δέσιμο της αρχικής επιφάνειας με τη νέα επιφάνεια σκυροδέματος. Ένα καλό συνεργείο μπορεί να μας βοηθήσει στο να αποφύγουμε πολλά προβλήματα.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι μία καλή μέθοδος, ευρύτατα διαδεδομένη, που όμως πρέπει να χρησιμοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή. Γι' αυτό τα έργα πρέπει να διεξάγονται, από εξειδικευμένους μηχανικούς εργολάβους, συνεργεία.

Τέσσερα έργα εκτόξευσης σκυροδέματος παρουσιάζονται σ' αυτή την εργασία. Τα έργα αυτά είναι ενδεικτικά της οικονομικότητας της μεθόδου και της οικονομίας του χρόνου που μας παρέχει.

Τρία από τα τέσσερα έργα είχαν αρχικά σχεδιαστεί για προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος, ενώ το τέταρτο είχε μεγάλο σεισμικό κίνδυνο. Σε όλα είχαμε βαρύ οπλισμό και απαίτηση ειδικά λεπτών στρώσεων σκυροδέματος.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η μέθοδος του εκτοξευομένου σκυροδέματος είναι γενικά κοινή για όλες τις χώρες . Εκείνο που τη μεταβάλλει κάθε φορά είναι οι επιμέρους συνθήκες του κάθε έργου και όχι η χώρα εφαρμογής του.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για τα έργα του εκτοξευομένου σκυροδέματος πρέπει να χρησιμοποιούμε εξειδικευμένο προσωπικό. Δυστυχώς όμως πολλές φορές αυτό παραβλέπεται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλά προβλήματα.

Ο χειριστής και ο εργολάβος πρέπει να είναι άτομα με μεγάλη εμπειρία έτσι ώστε το έργο να ολοκληρωθεί μέσα στο χρόνο προγραμματισμού.

Ακολουθεί μια λίστα με τα στοιχεία που πρέπει να συγκεντρώνουμε για κάθε έργο:

- § Το ιστορικό της εταιρίας που θα αναλάβει το έργο, τον εξοπλισμό της, τον τύπο της εργασίας της, η εμπειρία του συνεργείου και ειδικότερα του χειριστή του ακροφυσίου.
- § Μια λίστα προηγούμενων έργων που έχει αναλάβει ο πιθανός εργολάβος του έργου.
- § Οι προτεινόμενες αναλογίες ανάμιξης των υλικών.
- § Οι ιδιότητες των υλικών ανάμιξης του μίγματος.
- § Τα στοιχεία ασφάλειας του έργου.
- § Ιστορική αναφορά των ελέγχων που γίνονται στο εκτοξευμένο σκυρόδεμα.
- § Προτεινόμενες εργασίες αποπεράτωσης.
- § Τα αρχικά σχέδια του έργου.
- § Ένα πλάνο εργασίας για το έργο λαμβάνοντας υπόψη μας το μέγεθος του έργου κτλ...
- § Πρέπει να τονίσουμε ότι οι γρήγορες εργασίες, με πολύ υλικό προκαλούν προβλήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ACI Committee 506 (1990). Guide to Shotcrete. American Concrete Institute, Detroit.
2. Austin, S. A.(1995). Sprayed concrete: properties, design and application. Ed. by Austin and Rodins, UK, Whittles Publishing.
3. Isaak, M. and Zynda, C. Innovating with Shotcrete. Concrete International, May 1992.
4. Long, W. B. (1987) Sprayed Concrete R.T.L. Allen & S. C. Edwards (editors), Blackie, London, pp 72-91.