

159.
ΠΟΛ.

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Θ Ε Μ Α :

*Επιρροή των χαλύβδινων και συνθετικών
ινών στην παρασκευή και διάστρωση του
εκτοξευόμενου σκυροδέματος*

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Κος Γ. ΜΕΤΑΞΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

-ΒΙΡΒΙΛΗ ΑΛΚΜΗΝΗ

-ΣΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1998

“ Επιρροή των χαλύβδινων και συνθετικών ινών στην παρασκευή και διάστρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ”

(θέμα αποτελούμενο από εργαστηριακό έργο καθώς και συγκέντρωση υλικών από έργα ΜΕΤΡΟ που έχει χρησιμοποιηθεί τεχνολογία ινών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Θα δοθούν παραδείγματα - εφαρμογές. Η εργασία θα συνοδεύεται από φωτογραφικό υλικό και video tapes των εφαρμογών).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ

ΣΥΜΜΕΜΕΧΕΝΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΑΝΤΙΣΤΑΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΤΩΝ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΣΥΜΜΕΜΕΧΕΝΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΑΝΤΙΣΤΑΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΤΩΝ

2.1. " Ευχαριστούμε πολύ τον Εισηγητή Καθηγητή, Κύριο ΜΕΤΑΞΑ

ΓΕΩΡΓΙΟ, για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που μας παρείχε.

Χάρη στην βοήθειά του, ήταν δυνατή η εκπόνηση, αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστούμε την ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ, για την βοήθεια και το υλικό που μας διέθεσε, καθώς και όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας. "

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I

1.1. Ορισμοί - Στόχοι - Περιεχόμενα της εργασίας ή της μελέτης

2.1. Ορισμοί - Στόχοι - Περιεχόμενα της εργασίας ή της μελέτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

2.1. Ορισμοί - Στόχοι - Περιεχόμενα της εργασίας ή της μελέτης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I	ΣΕΛ.
1.Τι είναι το εκτοξευμένο σκυρόδεμα Που χρησιμοποιείται	1
2.Εφαρμογές εκτοξευμένου σκυροδέματος σήμερα.....	2
3.Ποιοι εφαρμόζουν σήμερα τη μέθοδο του εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	5
4. Δύο μέθοδοι εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	7
5.Ξηρή μέθοδο μίγματος	9
6.Συμπεράσματα ξηρής μεθόδου μίγματος.....	13
7.Υγρή μέθοδος μίγματος.....	14
8. Λόγοι εφαρμογής Υγρής μεθόδου μίγματος	15
9.Χαρακτηριστικά υγρής μεθόδου.....	18
10.Συμπεράσματα υγρής μεθόδου.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ II	
1. Θλιπτική αντοχή - Χειρονακτική εφαρμογή ή χρήση ρομπότ	22
2.Τελικά συμπεράσματα	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III	
1.Τεχνολογία των υλικών - Ορισμοί	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

1.Βασικά υλικά εκτοξευμένου σκυροδέματος	27
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

1. Ίνες - Γενικά	33
2.Τύποι ινών	35
3.Γενικές ιδιότητες ινών	41
4. Ειδικές πληροφορίες για τις ίνες.....	49
5.Οδηγός προδιαγραφών του πλέγματος των ινών	60
6. Οδηγίες εφαρμογών	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

1.Επιρροή των χαλύβδινων στο εκτοξευμένο σκυρόδεμα (αναλυτικά).....	63
2. THE SHOTCRETE GUN	67
3.ROBOT.....	68
4.Εφαρμογές	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

1.Μηχανικές ιδιότητες σύνθετων δοκών από πλαστικές ίνες ενίσχυσης.....	72
2.Χαλύβδινες ίνες σκυροδέματος	75
3.Συμπεριφορά παραμόρφωσης ινοπλισμένου σκυροδέματος	77
4. Αντοχή χαλύβδινων ινών σκυροδέματος.....	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII- ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

1. Εφαρμογή του εκτοξευμένου σκυροδέματος στην κατασκευή πισίνας.....81
2. Άλλες εφαρμογές.....83
3. Εφαρμογές εκτοξευμένου ινοπλισμένου σκυροδέματος παγκοσμίως.....90
4. Εργαστηριακές φωτογραφίες.....100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IX

1. ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ (στοιχεία και φωτογραφίες).....114

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I

ΤΕΛΕΣΤΑΙ ΤΟ ΕΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΝΟΝ ΕΙΡΩΝΑΜΑ

ΕΙΝΥΣΤΗΣΜΟΙΟΠΙΣΤΑΙ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ι

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ -

ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν είναι μία καινούρια ανακάλυψη. Είναι γνωστό για παραπάνω από 18 χρόνια.

Πιο πριν, περίπου το 1911, οι πρώτες εργασίες με σκυρόδεμα που λάμβαναν μέρος στις Ηνωμένες Πολιτίες Αμερικής ήταν από την εταιρεία Τσιμέντο Gun Co. Η εταιρεία αυτή είχε σαν εμπορικό σήμα την ονομασία "Gunite", για το εκτοξευόμενό τους ασβεστοκονίαμα. Αυτό το ασβεστοκονίαμα περιείχε λεπτόκοκκα αδρανή και μεγάλη ποσότητα τσιμέντου.

Το όνομα "Gunite" διατηρείται ακόμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για το εκτοξευόμενο ασβεστοκονίαμα. Αλλά το μέγεθος των αδρανών δεν είναι καθορισμένο. Ανάλογα με την χώρα κυμαίνεται από 4 mm έως 8 mm.

Έτσι για να μην δημιουργείται σύγχυση, χρησιμοποιείται ο όρος "Shotcrete" "για κάθε εκτοξευόμενο μίγμα τσιμέντου και αδρανών."

Σήμερα υπάρχουν δύο μέθοδοι εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Η **υγρή** και η **ξηρή** μέθοδος ανάμιξης. Αρχικά υπήρχε μόνο η υγρή μέθοδος εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Σύμφωνα με αυτή την διαδικασία ανάμιξης, το τσιμέντο και τα αδρανή τοποθετούνται μέσα στην μηχανή και μεταφέρονται μαζί με συμπιεσμένο αέρα μέσα στον ελαστικό σωλήνα. Το νερό, απαραίτητο για το μίγμα, προστίθεται στο ακροφύσιο του σωλήνα.

Η εφαρμογή της υγρής μεθόδου εφαρμόστηκε μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Παρόμοια με το συνηθισμένο σκυρόδεμα, τα μίγματα παρασκευάζονται με την απαραίτητη ποσότητα νερού για την χημική αντίδραση. Τα μίγματα τοποθετούνται

- με την βοήθεια ειδικών μηχανημάτων - μέσα στους ελαστικούς σωλήνες (αντλίες). Στο ακροφύσιο προστίθεται συμπιεσμένος αέρας, για την εκτόξευση.

Από τότε μέχρι σήμερα ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και για τις δύο μεθόδους (υγρή και ξηρή) έχει βελτιωθεί σημαντικά.

Κάποιοι υποστηρίζουν ότι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι ένα "ειδικό" σκυρόδεμα. Ωστόσο το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν είναι ένα "ειδικό" σκυρόδεμα αλλά ουσιαστικά είναι ένας διαφορετικός τρόπος εφαρμογής. Σχετικά όμως με τους παραδοσιακούς τρόπους εφαρμογής, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει μερικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που το ξεχωρίζουν από το απλό σκυρόδεμα.

Ταυτόχρονα όμως, όλες οι συνηθισμένες προδιαγραφές που υπάρχουν για τα σκυροδέματα - όπως ο λόγος νερού τσιμέντου (v/t), η ποσότητα του τσιμέντου - πρέπει να τηρούνται.

Τι είναι τότε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ;

Είναι ένα σκυρόδεμα που έχει εφαρμοστεί σε μία επιφάνεια, π.χ. εργασίας, επιφάνεια σκυροδέματος ή βραχώδη επιφάνεια, **υπό την επίδραση μεγάλης ταχύτητας και δύναμης**. Στο σκυρόδεμα έχει προστεθεί μεγάλη ποσότητα αέρα, κάτω από μεγάλη πίεση, και αυτό έχει την ίδια επίδραση με ένα δονητή με κανονική ροή. Είναι πολύ σημαντικό η ποσότητα του αέρα που θα προστεθεί να είναι επαρκής, όπως επίσης και η πίεση που θα του ασκηθεί, έτσι ώστε το σκυρόδεμα να προσκολλήσει καλά στην επιφάνεια και η συμπίεση να είναι η αναμενόμενη. Είναι γνωστό από συνηθισμένες εφαρμογές ότι η σωστή ταχύτητα συμπίεσης είναι πολύ σημαντική προκειμένου να έχουμε σώστα τελικά αποτελέσματα για το σκυρόδεμα. Το ίδιο ισχύει και για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Ένα χαρακτηριστικό του εκτοξευόμενου, είναι ότι το σκυρόδεμα αποκτά μία πλούσια στρώση ασβεστοκονιάματος πολύ κοντά στην επιφάνεια. Αυτό κάνει το σκυρόδεμα να προσκολλείται καλά στις επιφάνειες και καθιστά δυνατή την σταδιακή ανάπτυξη ενός λεπτότερου στρώματος σκυροδέματος χωρίς καμία προεργασία. Επίσης

τα λεπτόκοκκα υλικά θα διαπεράσουν τις ρωγμές και τις σχισμές οι οποίες στην συνέχεια βελτιώνουν την προσκόλληση. Αυτό το αποτέλεσμα αποδεικνύεται πολύ χρήσιμο όταν το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εφαρμόζεται στις περιπτώσεις αντιστήριξης βράχων.

Οι εφαρμογές του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σήμερα.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ως μία διαδικασία κατασκευής και η βελτίωση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, καθώς επίσης και των υλικών αλλά και του τρόπου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, το έχουν καταστήσει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για πολλές διαφορετικές εργασίες.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων σταθερότητας στις περιπτώσεις κατασκευής σπηρράγγων και άλλων υπόγειων κατασκευών. Σήμερα, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι παράγοντας κλειδί στην αντιστήριξη των βράχων στις παρακάτω περιπτώσεις :

- **Άνοιγμα σπηρράγγων - Σταθερότητα**
- **Εργασίες ορυχείων - Εκτόξευση / Θρυμματισμός βράχων**
- **Υδροδυναμικά έργα - Εσωτερική επένδυση**
- **Σταθεροποίηση Πλαγιάς - Φούσκωμα χωμάτων / Βαριές θραύσεις βράχων**

Σχεδόν το 90% όλων των περιπτώσεων εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι για αντιστήριξη βράχων

Σήμερα, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε σχετικά μικρότερο βαθμό, αλλά στις περιπτώσεις εκείνες που χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος, εφαρμόζεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ακολουθούν μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα:

- **Κτίσιμο Θεμελίων**
- **Επένδυση Καναλιών**

- Ανακατασκευή και Επισκευή - γέφυρες, τούνελ, κτίρια, φράγματα, προκυμαίες, παραθαλάσσιες κατασκευές.

Επίσης χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω :

- Προστασία από την φωτιά και την διάβρωση
- Σκουριάζει δύσκολα
- Επικάλυψη και Σταθεροποίηση στους πλίνθινους τοίχους
- Στην γεωργία - ασφάλεια στην καλλιέργεια

Κάποια χαρακτηριστικά του εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που του προσδίδουν το τίτλο της 'οικοδομικής μεθόδου του μέλλοντος' είναι τα παρακάτω :

- Η ευκαμψία
- Η ταχύτητα
- Η ποσότητα
- Η οικονομία

Ποιοί εφαρμόζουν σήμερα την μέθοδο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ;

Υπάρχουν μερικοί σημαντικοί “καταναλωτές” εκτοξευόμενου σκυροδέματος, οι οποίοι από την εμπειρία που έχουν αποκτήσει μέσα από την πράξη και την αναζήτηση, εφαρμόζουν την μέθοδο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Επιπλέον ο εξοπλισμός και ο έλεγχος, έχουν αναπτυχθεί και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τόσο μία ορθολογιστική παραγωγή όσο και μία ομοιόμορφη ποιότητα του έτοιμου προϊόντος. Από μία “διεθνή” άποψη μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει επέλθει μεγάλη πρόοδος από τότε που το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έβρισκε εφαρμογή στην αντιστήριξη των βράχων, αλλά είναι επίσης σωστό να υποθεί ότι υπάρχει κάποιος δισταγμός όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για κατασκευές ή επισκευές. Δεν είναι εύκολο να βρει κανείς κάποιο λόγο γι’ αυτό αλλά παρόλα αυτά, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν έχει ευρύτερη εφαρμογή.

Ισχύοντες κανονισμοί, δημιούργησαν ειδικές τεχνολογικές απαιτήσεις για το σκυρόδεμα που πρέπει να τους εφαρμόζουν εκείνοι που εφαρμόζουν την μέθοδο του εκτοξευόμενου. Ως αποτέλεσμα έρχεται η βελτίωση της ποιότητας της εργασίας. Ο αριθμός των ειδικών συμβαλλόμενων που ασχολούνται με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, κάτι που είναι πολύ σημαντικό δεδομένου των εφαρμογών της μεθόδου. Παρόλα αυτά υπάρχει δυστυχώς το ενδεχόμενο να μην τηρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές, όταν εφαρμόζεται η μέθοδος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, από άτομα που δεν έχουν την σωστή εκπαίδευση. Αυτό συμβαίνει κυρίως στις μικρότερες εργασίες, όπου ο εργοδότης ή τεχνίτης δεν κατέχει την τεχνική του εκτοξευόμενου. Υπάρχουν, ωστόσο, κάποια πράγματα που μπορούν να εξαλειφθούν, αν ο εργολάβος παρουσιάσει πιο σκληρές απαιτήσεις για την ικανότητά του, την προηγούμενή του εμπειρία, την εκπαίδευση του προσωπικού, την κατοχή γνώσεων για το σκυρόδεμα, γενικότερα.

Οι εργολάβοι πρέπει να απαιτούν να υπάρχει εξουσιοδότηση για την εφαρμογή του εκτοξευόμενου όπως π.χ. υπάρχει για το χύσιμο μετάλλου σε καλούπι ή για την επίστρωση επικάλυψης.

Τα άτομα που εφαρμόζουν την τέχνη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πρέπει να γνωρίζουν πολύ καλά τι πρέπει να κάνουν. Η ικανότητα του "τεχνίτη" καθορίζει τα αποτελέσματα της εργασίας.

Πόσο χρησιμοποιείται το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα στην Ευρώπη σήμερα ;

Στην Ευρώπη το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ήταν 89/90 σε σύνολο 3.5 m³ και ανήκει σε μία αυξανόμενη αγορά.

Στα επόμενα 5 χρόνια η αγορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι πιθανό να αυξηθεί κατά 30 - 40 % .

Δύο Μέθοδοι Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος.

Ποιά είναι η διαφορά ;

Σήμερα, δύο μέθοδοι εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι γνωστές : η υγρή και η ξηρή μέθοδος.

Με την διαδικασία της ξηρή μεθόδου, το νερό που απαιτείται για την αντίδραση, προστίθεται στο ακροφύσιο του σωλήνα, ενώ στην υγρή μέθοδο τα μίγματα που δημιουργούνται περιέχουν ήδη την απαιτούμενη ποσότητα νερού που χρειάζεται για την αντίδραση.

Και οι δύο μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου και την εμπειρία του συνεργείου, επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος. Ωστόσο, στο μέλλον, χρήσιμες θα είναι και οι δύο μέθοδοι.

Η ξηρή μέθοδος, μέχρι σήμερα, είναι η επικρατούσα μέθοδος, αλλά έχουν γίνει κάποιες αλλαγές στην διαδικασία, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της αντιστήριξης των βράχων.

Στο μέλλον όμως, πιθανότατα, η υγρή μέθοδος θα γίνεται όλο και πιο δημοφιλής αφού αυτή η μέθοδος παράχει καλύτερο περιβάλλον εργασίας, υψηλότερη ποιότητα και πολύ μεγαλύτερη παραγωγή.

Μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, θα σχετίζονται άμεσα με την υγρή μέθοδο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πρόσφατων εξελίξεων, στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, σε συνδυασμό με την εξέλιξη στον τομέα των πρόσθετων είναι ο συνδυασμός **χαλύβδινων και συνθετικών ινών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.**

Η υγρή μέθοδος έλαβε στο παραλθόν κακές “κριτικές” εξαιτίας εξοπλισμού κακής ποιότητας, λανθασμένων συνθέσεων παραγωγής σκυροδέματος και έλλειψη γνώσης. Αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή σκυροδέματος κακής ποιότητας.

Σήμερα, στην Ευρώπη, χρησιμοποιείται 30% η υγρή μέθοδος και 70% η ξηρή μέθοδος, αλλά ήδη σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης κυριαρχεί η υγρή μέθοδος έναντι της ξηρής (για παράδειγμα στην Σκανδιναβία και στην Ιταλία με ποσοστό περίπου 100%). Στα επόμενα 50 χρόνια, στην Ευρώπη, η υγρή μέθοδος θα χρησιμοποιείται κατά 50 - 60 % περισσότερο από όλους τους τύπους εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Αυτό θα συμβεί επειδή το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως στην αντιστήριξη των βράχων.

ΞΗΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Με την μέθοδο του ξηρού μίγματος, χόμα και υγρή άμμος (περιεκτικότητα νερού 3 - 4 %), αρχικά ανακατεύονται με τσιμέντο σε έναν αναμκτήρα σκυροδέματος.

Τα ξηρά υλικά τοποθετούνται στην συσκευή εκτόξευσης, μέσα στην οποία πραγματοποιείται η ανάμιξη, μέσα σε ένα ρεύμα συμπιεσμένου αέρα. Η ξηρή μάζα μεταφέρεται μέσα σε ένα ασθενή ρεύμα, π.χ. εξαγωγή συμπιεσμένου αέρα. Ανάλογα με τον εξοπλισμό και τους τοπικούς κανονισμούς, νερό προστίθεται διά μέσου ενός ή περισσοτέρων σημείων εισαγωγής νερού από τα οποία εκτοξεύεται νερό στα υλικά λίγο πριν εκτοξευτεί από το ακροφύσιο και κατευθυνθεί πάνω στην επιφάνεια.

Προστίθονται επιταχυντές, είτε για να ενισχύσουν την υγρή μάζα, πριν την είσοδο του μίγματος στην συσκευή, είτε το υλικό αναμιγνύεται με το νερό και στην συνέχεια τοποθετείται στο ακροφύσιο όπου υπάρχει το σκυρόδεμα.

Στην τεχνολογία του σκυροδέματος, η ξηρή μέθοδος είναι πολύ απλή και πολύ εύκαμπτη, παρόλα αυτά μειονεκτεί από κάποιους πρακτικούς περιορισμούς και αδυναμίες, κυρίως σε σχέση με την μεγάλη περιεκτικότητα αέρα στα υλικά. Ωστόσο η ανάκτηση των απωλειών είναι αξιοσημείωτη. Ένα ποσοστό 20 % δεν είναι ασυνήθιστο και μπορεί να ανέλθει στο 50 % με ιδιαίτερα δύσκολη εκτόξευση.

Συγκρινόμενη με την μέθοδο υγρού μίγματος, η οποία έχει μόνο 5 - 10 % αναπήδηση απωλειών, παρουσιάζεται μία μεγάλη αντίθεση. Η μέθοδος αυτή συνεπάγεται προβλήματα περιβαλλοντογικά, όπως επίσης και μεγάλες ποσότητες αναπήδησης, παράγοντες που πρέπει να εξαιρεθούν.

Όταν χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ίνες, η αναπήδηση απωλειών προκαλεί ακόμα μεγαλύτερα προβλήματα, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και οικονομικές συνέπειες.

Οι ίνες θα ανακτηθούν ή θα φύγουν με τον περίσσιο αέρα απο ότι με τα χονδρόκοκκα αδρανή. Για μία ίνα, αναπήδηση απωλειών της τάξεως 50 - 70 % δεν είναι ασυνήθιστη. Αυτό σημαίνει ότι αυτή η μέθοδος δεν ενδείκνυται για την

εφαρμογή της μέθοδου εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ίνες. Ανάλογες δοκιμές που έγιναν χρησιμοποιώντας ίνες δεν έφτασαν τις προσδοκίες αναλογικά με την τεχνολογία και την παραγωγή.

Επίσης με την ξηρή μέθοδο δεν υπάρχουν μέσα για να ελεγχθεί ο λόγος νερού/τσιμέντου και κατ' επέκταση η ποιότητα.

Η επιπλέον ποσότητα νερού καθορίζεται από τον χειριστή του εκτοξευτή. Αν το μίγμα που εκτοξεύεται είναι πολύ ξηρό, μεγάλη ποσότητα σκόνης θα ανυψωθεί η προσκόλληση των υλικών στην επιφάνεια δεν θα είναι η σωστή και η επιθυμητή ετσι ώστε η μεγαλύτερη ποσότητα να χαθεί ανάλογα με το είδος αναπήδησης. Αν ο χειρίστης ανοίξει την βαλβίδα νερού παραπάνω από το κανονικό, τότε τα υλικά, εξαιτίας της μεγαλύτερης ποσότητας νερού σε σχέση με την επιτρεπτή, δεν θα προσκολληθούν επιτυχώς και το μίγμα θα είναι ακατάλληλο. Με βάση τα παραπάνω, είναι στην ευθύνη του χειριστή να ρυθμιστεί σωστά η ροή του νερού ώστε το σκυρόδεμα να συμπυκνωθεί και να προσκολληθεί σωστά και η αναπήδηση να είναι η ελάχιστη αποδεκτή και επιτρεπτή. Επίσης δεν πρέπει μόνο αρχικά να ρυθμιστεί σωστά η ροή του νερού, αλλά ο χειριστής να προσέχει συνέχεια τις διακυμάνσεις που λαμβάνουν χώρα στο ακροφύσιο και να καθορίζει την εξερχόμενη ποσότητα του σκυροδέματος. Δεδομένης και της υγρασίας που περιέχεται στην άμμο, ένας καλός χειριστής θα παράγει μία σχετικά καλή ποιότητα σκυροδέματος.

Όμως ο ανθρώπινος παράγοντας δημιουργεί περιθώρια αμφιβολίας όσον αφορά τον λόγο νερού/τσιμέντου και την ποιότητα. Το πρόβλημα είναι ακόμα μεγαλύτερο εξαιτίας της περιεχόμενης υγρασίας στην άμμο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο για τον χειριστή να αντισταθμίσει όλους τους παράγοντες. Οι πολύ ξηρές περιοχές θα παρέχουν "φτωχή" προσκόλληση και κακή συμπίεση ενώ οι υδαρές περιοχές δίνουν ένα "ασθενή" σκυρόδεμα, και κίνδυνο δημιουργίας κοιλότητων. Οι μεταβολές και οι διακυμάνσεις στην ποιότητα μπορούν να προκαλέσουν "ένταση" στην επιφάνεια.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι το γεγονός ότι μετά την ανάμιξη των ξηρών υλικών, το τσιμέντο θα αρχίσει να αντιδρά με το νερό που περιέχεται στην άμμο. Επιπλέον, τα υλικά που αναμιγνύονται δεν μπορούν να αποθηκευτούν αόριστα πριν υποστούν

εκτόξευση. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί με την χρησιμοποίηση ειδικών “προαποθηκευτικών κονιαμάτων”. Χρησιμοποιούνται συχνά σε εργασίες επιδιορθώσεων προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή ποιότητα και επαρκή ευκαμψία παραγωγής εξαιτίας της μικρής ποσότητας σκυροδέματος που “εκτοξεύεται” ανά ώρα. Το μειονέκτημα είναι ότι τέτοια υλικά είναι σχετικά ακριβά σε σχέση με το συνηθισμένο σκυρόδεμα (10 - 20 φορές μεγαλύτερη αξία από εκείνη του συνηθισμένου σκυροδέματος).

Αυτό, επίσης είναι ένα καλό επιχείρημα για τη χρησιμοποίηση του Delvocrete στην ξηρή μέθοδο εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Το Delvocrete μπορεί να αντικαταστήσει ακριβά συσκευασμένα υλικά και προσφέρει ευκαμψία στην παραγωγή και καθόλου περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο.

Ο μέγιστος χρόνος, που καθορίζεται από τους κανονισμούς, για το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην ανάμιξη και στο τέλος της διαδικασίας της εκτόξευσης είναι 1 ½ - 2 ώρες. Από την μεριά της τεχνολογίας του σκυροδέματος, η ξηρή μέθοδος έχει κάποια πλεονεκτήματα και κυρίως στις περιπτώσεις ολικής αποτίμησης ποιότητας και οικονομίας. Αλλά από την εμπειρία και τις απαιτήσεις που έχουν δημιουργηθεί στον τομέα της ποιότητας, ασφάλειας και περιβάλλοντος εργασίας, είναι γεγονός ότι αυτή η μέθοδος ξεφεύγει από την αντιστήριξη των βράχων. Όλο και πιο πολύ, στο μέλλον, θα είναι απαραίτητο να αυξηθεί η ικανότητα εκτόξευσης γιατί με την εισαγωγή των υδραυλικών τρυπανιών, η ικανότητα του “τρυπήματος” έχει μεγαλώσει κατά 100%. Με αυτή την υψηλή επένδυση, λιγότερα χρήματα θα ξοδεύονται για την διείσδυση και εκτόξευση. Έτσι, αφού το κόστος του χρόνου συνεχώς αυξάνεται, ο χρόνος που χρειάζεται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος.

Ένας άλλος παράγοντας κλειδί, είναι η απαίτηση για την υψηλότερη δυνατή ποιότητα στο τελικό προϊόν. Από ειδικούς υποστηρίζεται η άποψη ότι, μελλοντικά, οι θλιπτικές δυνάμεις θα αυξηθούν από 25 - 30 MPa, που είναι σήμερα, σε 40 45 MPa , σε συμφωνία με την εισαγωγή της χρήσης του εκτοξευόμενου, ως μία τελική επένδυση. Μπορεί, αρχικά, να παρουσιαστούν κάποια προβλήματα στην εφαρμογή όλων των παραπάνω με την ξηρή μέθοδο ανάμιξης.

Επιπλέον οι ειδικοί υποστηρίζουν ότι, η ξηρή μέθοδο ανάμιξης, θα είναι η επικρατέστερη και καλύτερη μέθοδος ανάμιξης για τον εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, στις περιπτώσεις των εργασιών επιδιόρθωσης αλλά και ειδικών κατασκευών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

ΞΗΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Πλεονεκτήματα :

- Μικρό κόστος εξοπλισμού
- Ευκολότερη εγκατάσταση, επιδιόρθωση και διατήρηση
- Μεταφορά αποστάσεων οριζοντίων και καθέτων
- Ευκαμψία

Μειονεκτήματα :

- Όχι σταθερός λόγος νερού/τσιμέντου (ν/τ)
- Υψηλή αναπήδηση
- Σκόνη / Περιβαντολλογικά προβλήματα
- Κόστος λόγω φθοράς
- Πρόβλημα με την χρήση των χαλύβδινων ινών, σύγχρονη τεχνολογία μίξης
- Μικρή ικανότητα παραγωγής

ΥΓΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

Οπώς αναφέρθηκε και πιο πάνω, αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε ποσοστό 100 % στην Σκανδιναβία και σε ποσοστό περίπου 70 % στην Ιταλία. Η μεγάλη αύξηση στην εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αντιστήριξη των βράχων, τα τελευταία 10 - 15 χρόνια, δημιούργησε μεγαλύτερες απαιτήσεις από την συγκεκριμένη μέθοδο με αποτέλεσμα η τεχνολογία του εκτοξευόμενου σκυροδέματος να παρουσιάσει μία συνεχή και αυξανόμενη εξέλιξη.

Η εξέλιξη στην υγρή μέθοδο μίγματος ανάμεσα στο 1971 - 1980, έφερε τα πάνω κάτω στην αγορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Κατά την διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου η αγορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, από εκεί που είχε εφαρμογή της ξηρής μεθόδου κατά 100 % έφτασε να έχει εφαρμογή της υγρής μεθόδου κατά 100 %. Επίσης κατά την διάρκεια της ίδιας περιόδου μία παρόμοια αλλαγή πραγματοποιήθηκε. Ήταν αυτή της ουσιαστικής αντικατάστασης της χειρονακτικής εργασίας από τα ρομπότ. Αυτή η δραματική εξέλιξη είναι μοναδική, κυρίως για την Νορβηγία. Περίπου από το 1976 έως το 1978, προστέθηκαν στην υγρή μέθοδο μίγματος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, οι χαλύβδινες ίνες, με ταχεία αυξανόμενη ισχύ.

Δεν είναι άστοχο να λεχθεί ότι “οι Νορβηγοί δείχνουν το δρόμο”, για την ξηρή μέθοδο μίγματος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Άλλωστε, εκείνοι είναι οι οποίοι έχουν την μεγαλύτερη εμπειρία και γνωρίζουν τα περισσότερα για αυτή την μέθοδο.

Η υγρή μέθοδος μίγματος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, δεν είχε και τόσο καλές κριτικές εξαιτίας του “φτωχού” εξοπλισμού και της μικρής γνώσης πάνω στο αντικείμενο της μεθόδου. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο παραγόταν σκυρόδεμα πολύ κακής ποιότητας (μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις το προϊόν που παραγόταν δεν μπορούσε καν να ονομαστεί σκυρόδεμα). Αυτό συνέβαινε επειδή υπήρχε πολύ μεγάλη ποσότητα νερού ώστε ο λόγος νερού/τσιμέντου = 1, προκειμένου να το καταστήσει ικανό να περάσει από το μηχάνημα. Ευτυχώς σήμερα, εξαιτίας της εξέλιξης στην βιομηχανία του σκυροδέματος, συμπεριλαμβανομένης και εκείνης των αδρανών, δεν

παρουσιάζεται κανένα πρόβλημα στην παραγωγή εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την υγρή μέθοδο μίγματος, που παρουσιάζει μάλιστα θλιπτική αντοχή μεγαλύτερη και από 60 MPa (μετά από 28 ημέρες).

Σήμερα, η υγρή μέθοδος μίγματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος χρησιμοποιείται για την κατασκευή νέων κτιρίων (αντί για τον παραδοσιακό τρόπο δόμησης) και για τις εργασίες επισκευής αποβάθρων πετρελαίου στην Βόρεια Ακτή.

Τα προαναφερθέντα αποτελούν σημαντική απόδειξη, αφού είναι γνωστές οι αυστηρές απαιτήσεις που υπάρχουν για τις μεθόδους και τα υλικά που χρησιμοποιούνται με τις παραθαλάσσιες κατασκευές. Πρέπει να αποτελέσει μία πολύ καλή απόδειξη ακόμα και για όλους τους δύσπιστους και να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι η υγρή μέθοδος μίγματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος μπορεί να δώσει προϊόν υψηλής ποιότητας.

#Λόγοι εφαρμογής της υγρής μεθόδου μίγματος#

Δεν είναι γνωστό γιατί η ραγδαία εξέλιξη που πραγματοποιήθηκε στην Νορβηγία δεν ακολουθήθηκε και από άλλες χώρες. Η περιγραφή των αιτιών που οδήγησαν την Νορβηγία σ' αυτήν την ενέργεια μπορεί να δώσει κάποιες εξηγήσεις.

1. Οικονομία

Η ικανότητα εκτόξευσης αυξήθηκε σημαντικά, από την ξηρή ανάμιξη των μηχανών/ρομπότ έως τα τελευταία στάδια της υγρής ανάμιξης των ρομπότ.

Ο πρακτικός μέσος όρος της μακροπρόθεσμης ικανότητας ανά 8 ώρες βάρδιας ήταν κανονικά 4 - 5 φορές μεγαλύτερος από αυτόν της ξηρής μεθόδου μίγματος.

Το επενδυτικό κόστος για την νέα υγρή μέθοδο μίγματος με την χρήση ρομπότ αυξήθηκε δραματικά, αλλά το κόστος ανά μονάδα της εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μειώθηκε σημαντικά.

Ένας από τους βασικούς λόγους της μείωσης του κόστους ήταν και το γεγονός ότι ο σωστός χρόνος για εγκατάσταση συνεχώς μειωνόταν. Εξαιτίας της σταδιακής εξέλιξης των συστημάτων των ρομπότ, η εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

ήταν δυνατό να ξεκινήσει σε ελάχιστα λεπτά, δεδομένης της εγκατάστασης του αναγκαίου εξοπλισμού στην εκάστοτε τοποθεσία δημιουργίας του έργου.

Η μείωση της αναπήδησης $1 / 4 \text{ m}^3$ ανά m^3 εκτοξευόμενου ήταν επίσης σημαντικά οικονομική.

Με την εισαγωγή των υδραυλικών τρυπανιών, η ικανότητα διείσδυσης αυξήθηκε περίπου 100 %.

Με την υψηλότερη επένδυση, λιγότερος χρόνος ξοδευόταν για την διαδικασία διείσδυσης και εκτόξευσης. Ως συνέπεια αυτού αυξήθηκε το κόστος του χρόνου. Ο χρόνος της διαδικασίας παραγωγής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν μικρός. Έτσι, λοιπόν, η αύξηση της ικανότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ήταν ο παράγοντας κλειδί.

2. Περιβάλλον Εργασίας

Όταν ο χειριστής, εφάρμοζε την μέθοδο του ξηρού μίγματος, ήταν συνηθισμένος στην σκόνη. Η εκπομπή σκόνης προσδιοριζόταν όχι μόνο στο ακροφύσιο αλλά και στην μηχανή εκτόξευσης. Μετρήσεις σκόνης στην ατμόσφαιρα εργασίας συνήθως δίνουν αποτελέσματα περισσότερο από τρεις φορές από το επιτρεπόμενο ποσοστό.

Με την υγρή μέθοδο μίγματος, η ορατή αλλαγή στην ατμόσφαιρά της εργασίας ήταν εμφανής και το συνεργείο, συνήθως εξέφραζε την ικανοποίησή του με αυτή την βελτίωση.

Η εφαρμογή της μεθόδου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κάτω από δύσκολες συνθήκες αντιστήριξης βράχων, ήταν ένας από τους παράγοντες που οδήγησε στην εξέλιξη της μεθόδου του υγρού μίγματος. Ασφάλεια παρέχεται με την ύπαρξη ρομπότ και την ενίσχυση με χαλύβδινες ίνες.

3. Τυποποιημένη χρήση

Οι Νορβηγοί, έχουν ένα σύνολο από κανονισμούς στην βιομηχανία της δόμησης, παρόμοια με το ASTM και το DIN. Οι κανονισμοί και οι κατευθυντήριες γραμμές (οδηγίες) για το σκυρόδεμα, στην Νορβηγία, αρχικά δημιουργήθηκαν για την εφαρμογή της ξηρής μεθόδου μίγματος. Όμως αυτοί οι κανόνες δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν και στην περίπτωση της εφαρμογής της υγρής μεθόδου μίγματος, αποτελώντας έτσι εμπόδιο για την ανάπτυξη της μεθόδου.

Γι' αυτό και ήταν επιτακτική η ανάγκη για δημιουργία κανόνων και περιορισμών ώστε να καταστεί δυνατή τόσο η εφαρμογή της υγρής μεθόδου όσο και η εξέλιξή της.

4. Ποιότητα

Η ποιότητα, συνήθως, δεν θεωρείται σαν η συγκατάβαση, στην υγρή μέθοδο μίγματος ή σαν λόγος αλλαγής από την ξηρή στην υγρή μέθοδο. Οι ειδικοί δεν συμφωνούν ότι η μέθοδος που φέρει ανεπιτυχεί αποτελέσματα στον τομέα της ποιότητας, δεν πρέπει να αποφεύγεται.

Με την χρησιμοποίηση νερού, μειώνονται τα πρόσθετα, (μικρός λόγος νερού/τσιμέντου), η θλιπτική τάση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μπορεί να ανέλθει στα 100 MPa.

Όταν επιλεγεί η δύναμη, η ποιότητα που θα παραχθεί κατά την εφαρμογή της υγρής μεθόδου θα σταθεροποιηθεί με μία μικρή εξάπλωση αποτελεσμάτων.

Με την εφαρμογή της ξηρής μεθόδου, αυτό θα ήταν πιο προβληματικό.

Χαρακτηριστικά της Υγρής μεθόδου

εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Με την υγρή μέθοδο, είτε χρησιμοποιείται έτοιμο εργοστασιακό σκυρόδεμα, είτε αναμιγνύεται ένα προκατασκευασμένο ασβεστοκονίαμα.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αρχικά παρασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο που παρασκευάζεται και το απλό σκυρόδεμα. είναι πιθανό, να ελεγχθεί ο λόγος νερού/τσιμέντου οποιαδήποτε στιγμή, όπως επίσης και η ποιότητα. Είναι πιθανό να καθοριστεί και να ελεγχθεί η περιεκτικότητα με μέσα, όπως π.χ. ειδικά μίγματα.

Με την υγρή μέθοδο μίγματος είναι εύκολο να παραχθεί μία εννιαία ποιότητα, καθ' όλη την διαδικασία. Το έτοιμο μίγμα τοποθετείται μέσα σε μία αντλία, αντλείται η ποσότητα του μίγματος, διαμέσου του σωλήνα. Η μεταφορά του σκυροδέματος λαμβάνει χώρα μέσα από ένα σύστημα μεταφοράς που ασκεί πίεση. Το πιο συνηθισμένο σύστημα άντλησης είναι εκείνο της μονής αντλίας, αλλά επίσης και το σύστημα με το πιστόλι άντλησης είναι πολύ διαδεδομένο και χρησιμοποιείται όλο και πιο πολύ. Αυτή άλλωστε είναι και η εξέλιξη που οδηγεί στο μέλλον. Έτσι ενώ στην αρχή χρησιμοποιούσαν μόνο το σύστημα της μονής αντλίας, σήμερα έχει καθιερωθεί, πλέον, το σύστημα με το πιστόλι.

Το σκυρόδεμα μεταφέρεται από το σωλήνα στο ακροφύσιο το οποίο είναι συνδεδεμένο στην άκρη του σωλήνα. Εδώ προστίθονται μεγάλες ποσότητες αέρα σε αναλογία 7 - 15 m³ / λεπτό, σε πίεση 7 bar, εξαρτώμενη από το αν η εκτόξευση γίνεται χειρονακτικά ή από ρομπότ. Ο αέρας προστίθεται προκειμένου να αυξηθεί η ταχύτητα του σκυροδέματος, έτσι ώστε να επιτευχθεί καλή συμπίεση όπως επίσης και καλή προσκόλληση στην επιφάνεια.

Το λάθος που συνήθως γίνεται όταν χρησιμοποιείται η υγρή μέθοδος εκτοξευόμενου σκυροδέματος, είναι ότι δεν χρησιμοποιείται επαρκή ποσότητα αέρα αλλά μικρότερη. Κυρίως, μόνο 4 - 8 m³ / λεπτό προστίθονται, με αποτέλεσμα να δίνονται άσχημα αποτελέσματα όσον αφορά την θλίψη, προσκόλληση και ανάκτηση. Όταν χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ρομπότ, απαιτείται προσθήκη αέρα της τάξεως των 15 m³ / λεπτό.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα της υγρής μεθόδου συγκρινόμενα με εκείνα της ξηρής μπορούν να συνοψιστούν όπως ακολούθως :

⇒ Πολύ μικρότερη ανάκτηση. Μία απώλεια της τάξεως του 5 - 10 % είναι φυσιολογική με την χρησιμοποίηση του σωστού και κατάλληλου εξοπλισμού καθώς επίσης και του σωστά εκπαιδευμένου προσωπικού. Τα προαναφερθέντα ισχύουν και πρέπει να εφαρμόζονται και στην περίπτωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος όπου περιέχονται και ίνες ενίσχυσης.

⇒ Καλύτερο περιβάλλον εργασίας. Μειώνονται σημαντικά τα προβλήματα σκόνης.

⇒ Λεπτότερα στρώματα, εξαιτίας της αποτελεσματικής χρήσης των υλικών του μίγματος.

⇒ Ελεγχόμενη ποσότητα νερού (σταθερότητα, σταθερός λόγος νερού/τσιμέντου).

⇒ Βελτιωμένη προσκόλληση.

⇒ Μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή και πολύ μικρή ποικιλία / διαφοροποίηση στα αποτελέσματα.

⇒ Πολύ μεγαλύτερη παραγωγή και συνεχής βελτίωση της συνολικής οικονομίας.

⇒ Ικανή η χρησιμοποίηση χαλύβδινων ινών και άλλων υλικών ανάμιξης υψηλής τεχνολογίας.

Μειονεκτήματα :

- ⇒ Περιορισμένη απόσταση μεταφοράς.
- ⇒ Αυξανόμενες απαιτήσεις για υψηλή ποιότητα αδρανών υλικών.
- ⇒ Μόνο μικρές και περιορισμένες διακοπές.
- ⇒ Κόστος καθαρισμού.

Για την περίπτωση της εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στις περιπτώσεις κατασκευής σιράγγων, μία παραγωγή της τάξεως των 60 - 80 m³, μπορεί να επιτευχθεί (με λιγότερη από 10 % απώλεια ανάκτησης) χρησιμοποιώντας την υγρή μέθοδο και με μέσο όρο παραγωγής χρόνου 8 ωρών με έναν χειριστή (κατά μέσο όρο).

Ενά συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η ξηρή μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιείται για περιπτώσεις εφαρμογής μικρότερης σημασίας, όπως π.χ. εργασίες επισκευής, και σε πολύ ειδικές περιπτώσεις (μεγάλες μεταφορές, πολλές διακοπές, κ.λ.π.) και η υγρή μέθοδος σε όλες τις περιπτώσεις αντιστήριξης βράχων.

Συμπεράσματα :

Στο πολύ κοντινό μέλλον, θα υπάρξει αλλαγή στην εφαρμογή της μεθόδου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και από ξηρή θα χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, η υγρή μέθοδος, για την αντιστήριξη των βράχων.

ΕΠΙΛΟΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Η πρώτη μέρα της ζωής μου ήταν μια μέρα που δεν ήξερα τίποτα. Ήταν μια μέρα που ο κόσμος ήταν άγνωστος και ο ήλιος ήταν απύκνιστος. Ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου. Ήταν μια μέρα που ο κόσμος ήταν ο δικός μου και ο ήλιος ήταν ο δικός μου. Ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου.

Η δεύτερη μέρα της ζωής μου ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου. Ήταν μια μέρα που ο κόσμος ήταν ο δικός μου και ο ήλιος ήταν ο δικός μου. Ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ι Ι

Η τρίτη μέρα της ζωής μου ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου. Ήταν μια μέρα που ο κόσμος ήταν ο δικός μου και ο ήλιος ήταν ο δικός μου. Ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου.

Η τέταρτη μέρα της ζωής μου ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου. Ήταν μια μέρα που ο κόσμος ήταν ο δικός μου και ο ήλιος ήταν ο δικός μου. Ήταν μια μέρα που ο πατέρας μου με πήρε στα χέρια του και με κράτησε κοντά του. Ήταν μια μέρα που η μητέρα μου με κοιλούσε με αγάπη και με φώναζε με το όνομά μου.

ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Χειρονακτική Εφαρμογή ή χρήση ρομπότ :

Η ξηρή αλλά και η υγρή μέθοδος μπορούν να εφαρμοστούν και χειρονακτικά αλλά και με τη χρήση 'ρομπότ'.

Η εκτόξευση με 'ρομπότ', ουσιαστικά γίνεται, με την ύπαρξη ενός μηχανικού 'χεριού', όπου το ακροφύσιο τοποθετείται στο τέλος. Το ακροφύσιο και το μηχανικό 'χέρι', έχουν πολλές δυνατότητες μετακίνησης προς όλες τις κατευθύνσεις, έτσι ώστε ο χειριστής να μπορεί να βρίσκεται μακριά και να ελέγχει την σωστή έκχυση του σκυροδέματος στην επιφάνεια. Σήμερα, υπάρχουν πολλά προηγμένα συστήματα ρομπότ εκτόξευσης τα οποία καθιστούν δυνατή την εφαρμογή των μεθόδων του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, με πολύ μεγάλη ακρίβεια ποιότητας. Σ' αυτό τον τομέα τα σκίπτρα κρατά η Σκανδιναβία.

Η μέθοδος εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την χρήση ρομπότ, χρησιμοποιείται και πρέπει να χρησιμοποιείται για την αντιστήριξη των βράχων, στις περιπτώσεις κατασκευής συράγγων και σπηλαίων ή ακόμα και άλλων σημαντικών και μεγάλων κατασκευών.

Επιπλέον η μέθοδος των ρομπότ, καθιστά δυνατή την χρησιμοποίηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και για την ισορροπία και αντιστήριξη των βράχων χαμηλής ποιότητας έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί κάποια άλλη εργασία, αφού έχει εξασφαλιστεί ικανοποιητικά. Χωρίς την ύπαρξη της υγρής μεθόδου και της χρήσης των 'ρομπότ', δεν θα ήταν δυνατή η κατασκευή μεγάλων θαλάσσιων σιράγγων στην Νορβηγία, κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων. Επίσης η χρήση των 'ρομπότ', συνέβαλε στην βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας, αφού ο χειριστής είναι πολύ λιγότερο εκτεθειμένος στην σκόνη από ότι ήταν παλαιότερα. Ακόμα, πολύ μεγαλύτερη παραγωγή, επιτεύχθηκε, συγκρινόμενη με εκείνη που προερχόταν από την χειρονακτική εργασία, όπου είναι αρκετά δύσκολο να κρατηθεί ο σωλήνας εκτόξευσης, λόγω του βάρους.

Παρόλα αυτά, η χειρονακτική μέθοδος, είναι χρήσιμη σε ορισμένες περιπτώσεις και είναι ίσως η μόνη σωστή μέθοδος που πρέπει να χρησιμοποιείται στην περίπτωση των εργασιών επισκευής. Σε αυτή την περίπτωση, απαιτείται μεγάλη ακρίβεια και ικανότητα. Ένα σωστό και ωραίο τελείωμα απαιτείται συχνά και πετυχαίνεται καλύτερα με την χειρονακτική μέθοδο παρά με την χρήση 'ρομπότ'. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει συνήθως αρκετός χώρος για την τοποθέτηση 'ρομπότ', στις εργασίες επισκευής.

ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Εκτοξευόμενο Σκυροδέμα, χρησιμοποιείται σήμερα για την αντιστήριξη των βράχων, όπου έχει λύσει πολλά σημαντικά και δύσκολα προβλήματα και έχει μετατραπεί σε έναν απαραίτητο σκοπό. Η εφαρμογή της μεθόδου είναι πολύ μεγάλη, αλλά ο βαθμός χρησιμοποίησης είναι μάλλον μικρός και 'φτωχός', τουλάχιστον προς το παρόν. Ένα από τα πλεονεκτήματα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, είναι η ελαστικότητα και η ταχύτητά του. Το σκυροδέμα το οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί μόνο με ένα σωλήνα, σε μία επιφάνεια βράχου, ή σε μία επιφάνεια σκυροδέματος, μπορεί αρχιτεκτονικά αλλά και κατασκευαστικά να ποικίλλει απείρως πολύ.

Ο περιορισμός βρίσκεται μόνο στην φαντασία του καθενός και στην επιθυμία για πειραματισμό.

Η τεχνολογία του σκυροδέματος, ο εξοπλισμός και τα υλικά, υπάρχουν και μπορούν να κινητοποιηθούν ώστε να αυξηθεί η αναλογία της κατασκευαστικής δραστηριότητας, αν υπάρξει κάποιος που να καταφέρει να περάσει το μήνυμα ότι η κατασκευαστική μέθοδος του μέλλοντος είναι εκείνη του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΟΡΓΑΝΟΙ

• Καρδιά: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της κυκλοφορίας του αίματος.

• Πνεύμονες: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της αναπνοής.

• Κεφάλι: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της σκέψης και της συνείδησης.

• Ήπαρ: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της πέψης και της αποβολής των τοξινών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

• Υπόμνημα: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της μνήμης.

• Προ-μήτρα: Υπόμνημα, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι το κέντρο της ζωής.

• Ήπαρ: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της πέψης και της αποβολής των τοξινών.

• Κεφάλι: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της σκέψης και της συνείδησης.

• Ήπαρ: Συμπίπτει με το στήθος και αποτελεί το κέντρο της πέψης και της αποβολής των τοξινών.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΙ :

- * **Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα :** Σκυρόδεμα που παράγεται κάτω από συνθήκες μεγάλης ταχύτητας και συμπυκνώνεται από την ίδια του την ταχύτητα.
- * **‘Νέο’ Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα :** Σκυρόδεμα ηλικίας μέχρι 24 ωρών.
- * **Καθορισμένα μίγματα για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα :** Σκυρόδεμα χωρίς ειδικές ιδιότητες (μέγιστη αντοχή εκτοξευόμενου 16) προκαθορισμένης σύνθεσης, χωρίς να είναι απαραίτητες κάποιες προκαταρκτικές δοκιμές.
- * **Ξηρό μίγμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος :** Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που βασίζεται στην μέθοδο ξηρού μίγματος. Το μίγμα ξηρού σκυροδέματος, μεταβιβάζεται με την βοήθεια συμπιεσμένου αέρα, σε ένα ακροφύσιο, όπου εκεί προστίθεται και το νερό.
- * **Υγρό μίγμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος :** Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που βασίζεται στην μέθοδο του υγρού μίγματος. Το μίγμα ξηρού σκυροδέματος, αντλείται από το ακροφύσιο του σωλήνα όπου ποσότητα αέρα με μεγάλη ταχύτητα χρησιμοποιείται προκειμένου να τοποθετηθεί το μίγμα στην κατάλληλη θέση.
- * **Προ - μίγμα :** Υλικά σκυροδέματος, σε προκαθορισμένη αναλογία τόσο για την ξηρή όσο και για την υγρή διαδικασία.
- * **Ξηρό μίγμα :** Γενικά, συνοχή συγκολλητικού και είτε φυσικού υγρού είτε ξηρών αδρανών.
- * **Έτοιμο - μίγμα ασβεστοκονιάματος :** Γενικά, συνοχή ενός ‘έτοιμου για χρήση’, εργοστασιακό προκατασκευασμένο μίγμα συγκολλητικού, ξηρών αδρανών, μιγμάτων με παιπάλη και -αν απαιτείται- επιταχυντών.
- * **Υγρό μίγμα :** Συνοχή από συγκολλητικά, αδρανή, νερό και -αν απαιτείται- μίγματα.

- * **Συγκολλητικά :** Τσιμέντο και υδραυλικά πρόσθετα.
- * **Επιταχυντής :** Λεπτό σαν σκόνη ή υγρό μίγμα που επιταχύνει την αντίδραση του τσιμέντου στο σκυρόδεμα.
- * **Βασικό Σκυρόδεμα :** Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα χωρίς επιταχυντή που καθορίζει τις αλλαγές στις τεχνολογικές ιδιότητες (μείωση αντοχής).
- * **Υπόστρωμα :** Επιφάνεια που έχει καλυφθεί με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
- * **Ανάκτηση :** Υλικό που έχει περάσει μέσα από το ακροφύσιο και δεν έχει προσκολληθεί στην επιφάνεια που εφαρμόστηκε το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η ανάκτηση, κυρίως, αποτελείται από αδρανή και -σε μικρότερη έκταση- από νερό και συγκολλητικά.
- * **Αραιό σκυρόδεμα ροής :** Αερακτικό σκυροδέματος που μεταφέρεται από το προ - σκυρόδεμα στο σημείο εφαρμογής. Το χωρίς συνοχή ξηρό ή υγρό μίγμα μεταφέρεται δια μέσου της μεταφορικής γραμμής από ροή συμπιεσμένου αέρα.
- * **Πυκνό Σκυρόδεμα ροής :** Το υγρό μίγμα αντλείται από το ακροφύσιο του σωλήνα χωρίς να έχει χάσει την συνοχή του.
- * **Ακροφύσιο :** Δια μέσου του οποίου το μίγμα 'απελευθερώνεται' από την μεταφορική γραμμή. Αποτελείται από ένα σωλήνα με μία μονάδα ανάμιξης μέσα στην οποία ένα υγρό ή αέρας εκχύεται. Με την ξηρή διαδικασία, νερό και -αν απαιτείται- κάποιο υγρό μίγμα, προστίθεται. Με την υγρή διαδικασία, υγρά μίγματα καθώς και ο λεγόμενος 'υπό πίεση' αέρας, προστίθονται.
- * **Βαθμός χρησιμοποίησης :** Ο λόγος των τάσεων και εντάσεων του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με την αντοχή του σε μία συγκεκριμένη ηλικία.

ΒΑΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΤΟΣΕΥΟΜΕΝΟΥ
ΕΚΥΡΩΜΑΤΟΣ

1. ΤΣΙΜΕΝΤΟ :

Γιαυτό, η χρήση του απαιτείται να ακολουθείται από τους εργολάβους αυτές τις οδηγίες. Το σιμέντο πρέπει να είναι από την κατηγορία Portland Cement 42,5 σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12518.

Για το σιμέντο πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σιμέντο να είναι από την κατηγορία Portland Cement 42,5 σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12518.

Οι απαιτήσεις αυτές είναι οι ακόλουθες :

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ι V

1. ΠΡΟΣΒΕΤΑ :

Τα κομμάτια είναι καθαρισμένα σύμφωνα με τις οδηγίες της προμήθεως και είναι από 3% του βάρους του τσιμεντοκονιάματος.

ΕΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΟ ΥΛΙΚΑ :

- Άμμο με φράκτα σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12620
- Σιμέντο από την κατηγορία Portland Cement 42,5 σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12518
- Άμμο με φράκτα σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12620
- Σιμέντο
- Σιμέντο από την κατηγορία Portland Cement 42,5 σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12518
- Άμμο με φράκτα σύμφωνα με τον κανονισμό EN 12620

ΒΑΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1. ΤΣΙΜΕΝΤΟ :

Γενικά, η χρήση του τσιμέντου ακολουθείται από συγκεκριμένους κανόνες και όρους. Τα είδη τσιμέντου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι κανονικό Portland, Portland, ή τσιμέντο μέγιστης περιεκτικότητας 30% ιπτάμενης τέφρας.

Για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με επιταχυντή είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιείται επιταχυντής σταθερής ποιότητας, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη την χημική σύστασή του και την λεπτότητα αλέσματος.

Οι παρακάτω προδιαγραφές πρέπει να τηρούνται :

Ωρες 1.5 - 4 (πραγματοποιήσιμος χρόνος). Η θερμοκρασία του τσιμέντου, μέση καθορισμένη επιφάνεια : 3.500 - 4.000 cm² / g, αρχικός χρόνος μεταξύ στα σιλό δεν πρέπει να ξεπερνά τους 70 C.

2. ΠΡΟΣΘΕΤΑ :

Τα πρόσθετα είναι καθορισμένα ανόργανα μίγματα με μία αναλογία δόσεως περισσότερο από 5% του βάρους του τσιμέντου.

3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΥΛΙΚΑ :

- Υλικά χωρίς υδραυλικά αποτελέσματα :

⇒ Σκόνη από βράχια (ειδικά σκόνη από ασβεστόλιθους)

- Υλικά με υδραυλικά αποτελέσματα :

⇒ Σκουπίδια

⇒ Κλίβανος αερίων

⇒ Ιπτάμενη Τέφρα

⇒ microsilica (Παιπάλη αυξανόμενης ή μη πυκνότητας, Διάλυμα γύψου, Τροποποιημένα προϊόντα (παράγωγα)

- Υλικά με ειδικά αποτελέσματα :

⇒ Συνθετικό SiO₂

• Ευκαίρια Παιπάλη

Παιπάλη είναι η παραγωγή από επεξεργασία ασβεδίων, που προέρχουν από την επεξεργασία μάρμαρων, καλύτερη ποιότητα και άνεση, από οποιαδήποτε άλλη ποιότητα.

Μικροσιλικά : Αξίζουν να είναι προτιμώμενα.

• Συνθετικό Σιλικόνιο Αξίζει

Καλό υλικό για συγκολλητικό, είναι προτιμώμενο των κρυστάλλων, συνήθως μεταφέρεται από ένα υλικό στο άλλο.

• Παιπάλη Γύψου

Καλό υλικό για συγκολλητικό, το ποσοστό και η ποιότητα είναι κρίσιμα για την ποιότητα του προϊόντος. Είναι κατά την εφαρμογή της μάζας να προκληθεί ένα ομοιόμορφο και αποδοτικό μίγμα.

Παιπάλη : Αποδοτικότητα στην αύξηση της αντοχής και στην αντοχή στην υγρασία μετά την αποξήρανση. Αξίζουν να είναι προτιμώμενα μετά από 36 ή 96 ώρες στην περίπτωση που πρόκειται να 15-20% του βάρους του προϊόντος. Ομοιόμορφο μίγμα.

• Διάλυμα Δοξαμίνης και Παιπάλης

Το διάλυμα που αποτελείται από δοξαμίνη και παιπάλη είναι κατάλληλο για την εφαρμογή της παιπάλης και την αντοχή στην υγρασία. Η αναλογία του SiO₂ είναι κατά προτίμηση από 80%. Η αναλογία του παιπάλης είναι μεταξύ 15 - 20% της δοξαμίνης. Ομοιόμορφο μίγμα.

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΡΟΑΝΑΦΕΡΘΕΝΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΩΠΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

* Σκόνη από Βράχους :

Πλεονεκτήματα : Παρέχει στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, που προέρχεται από την υγρή μέθοδο μίγματος, καλύτερη εργασιμότητα και άντληση, ενώ εμποδίζει τυχόν διαρροή.

Μειονεκτήματα : Αυξάνει το λόγο νερού/τσιμέντου.

* Σκουπίδια, Κλίβανος Αερίων :

Κρυφό υδραυλικό συγκολλητικό, σπάνια χρησιμοποιείται σαν πρόσθετο, συνήθως μεταφέρεται σαν ένα κομμάτι του τσιμέντου.

* Ιπτάμενη Τέφρα :

Κρυφό υδραυλικό συγκολλητικό, το τσιμέντο και η ιπτάμενη τέφρα πρέπει να αναμιχθούν προσεκτικά ώστε κατά την εφαρμογή της ξηρής μεθόδου να προκύψει ένα ομογενές και ομοιόμορφο μίγμα.

Πλεονεκτήματα : Αποτελεσματικό στην αύξηση της προσκόλλησης και στην δύναμη που παρέχει αυτή την προσκόλληση. Αυξάνει την τελική αντοχή που μετριέται μετά από 56 ή 90 ημέρες στην περίπτωση ποσοτήτων μεγαλύτερων των 15 % του βάρους του τσιμέντου. Οικονομία στο τσιμέντο.

* Άλατα Διοξειδίου του Πυριτίου :

Τα άλατα του διοξειδίου του πυριτίου είναι άμορφο διοξείδιο του πυριτίου. Είναι ένα συνδυασμός και υποπροϊόν της παραγωγής του πυριτίου και ενισχυμένου πυριτίου. Η αναλογία του SiO₂ πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 85%. Η συγκεκριμένη επιφάνεια είναι μεταξύ 15 - 20 m²/g. Αντιδρά όπως ένα κρυφό υδραυλικό συγκολλητικό.

Επιπλέον πλεονεκτήματα για την περιοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος :

- Αισθητά, μικρότερη ανάκτηση.
- Μείωση της δομής της σκόνης.
- Καλύτερη προσκόλληση.

Το διοξείδιο του πυριτίου επιτυγχάνει την καλύτερη συνοχή του σκυροδέματος (αντλησιμότητα, διαρροή, διαχωρισμός), καλύτερη προσκόλληση στην επιφάνεια, ενίσχυση και μεταξύ των αδρανών.

Τα πλεονεκτήματα στο 'σκληρό' εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι :

- Ενισχύει το 'δέσιμο' και την τελική αντοχή.
- Καθιστά στεγανό το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
- Αυξάνει την πυκνότητα της δομής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και γι' αυτόν το λόγο αποκτά ισχυρότερη αντίσταση στις χημικές και μηχανικές επιθέσεις.
- Μειώνει την ύπαρξη πόρων.
- Μειώνει ή εμποδίζει την αλκαλική αντίδραση των αδρανών.

* Αδρανή :

Όταν επιλέγονται τα αδρανή υλικά, πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα ώστε τα χαρακτηριστικά τους (τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά, η συνοχή των κόκκων, η σύνθεση της μάζας των κόκκων), να επιτρέπουν να επιτευχθεί η συγκεκριμένη και καθορισμένη αντοχή. Η σύνθεση της μάζας των κόκκων πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις και πιο συγκεκριμένα, να περικλείεται από τα όρια κάποιας κάμπυλης. Για την περίπτωση κατασκευών με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, το μέγιστο συνιστώμενο μέγεθος των κόκκων είναι 11 με 12 mm.

* Νερό :

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο νερό που χρησιμοποιείται και στην περίπτωση του κανονικού σκυροδέματος.

* **Μίγματα :**

(Αναλογία μικρότερη από 5%)

Σε γενικές γραμμές, όλα τα μίγματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το απλό σκυρόδεμα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Υπάρχει όμως, κάποιος διαχώρισμός κατά την διάρκεια της εφαρμογής της ξηρής ή της υγρής μεθόδου. Υπάρχει η περίπτωση, η χρήση κάποιων μιγμάτων να μην υφίσταται ή να μην συνηθίζεται κατά την διάρκεια της ξηρής μεθόδου.

Αντιθέτως, κατά την διάρκεια της εφαρμογής της υγρής μεθόδου, όλα τα μίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, σε κάποιους τομείς εφαρμογής καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την χρήση αυτών των μιγμάτων. Για παράδειγμα, αντί για επιβραδυντικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Μέθοδος Delvocrete, ή αντί για σταθεροποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν Διοξειδία του Πυριτίου ή παραγωγά τους. Για πολλούς, τα πιο σημαντικά, μίγματα για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι εκείνα με τους επιταχυντές.

Οι **Επιταχυντές** μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες :

1. Σ' αυτούς που τους χαρακτηρίζει η φυσική τους απλότητα : 'πούδρα'-υγρό,
2. Σ' αυτούς που τους χαρακτηρίζει η χημική τους αντίδραση με : αλουμίνιο, διοξείδιο του πυριτίου και οργανικά μίγματα

Αύξηση της ανάκτησης εξαιτίας της αντίδρασης που προκαλείται σε κλάσματα δευτερολέπτου, όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες δόσεις. Από τη μία άποψη, το ίδιο το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δείχνει να 'σκληραίνει', κατά την πορεία από το ακρορφύσιο στην επιφάνεια. Από την άλλη άποψη όμως, η ίδια η επιφάνεια δείχνει να είναι πάντα σκληρή, όπως ένας καθαρός βράχος.

Εάν, τα δοχεία που περιέχουν νερό, δεν χρησιμοποιηθούν σαν επιταχυντές, αλλά σαν μέσα για όσο το δυνατό καλύτερη προσκόλληση, τότε η ανάκτηση θα μειωθεί αισθητά, όπως και στην περίπτωση των προϊόντων του διοξειδίου του πυριτίου. Σε αυτή την περίπτωση, η μείωση της θλιπτικής αντοχής είναι ακόμα μικρότερη.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα - ειδικά όταν χρησιμοποιούνται 'καυτά' δοχεία νερού - είναι η πιθανότητα της αλκαλικής αντίδρασης των αδρανών.

INDEX

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ
7. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε
8. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ
9. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ
10. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η
11. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ
12. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι
13. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΑ
14. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΒ
15. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΓ
16. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΔ
17. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΕ
18. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΣ
19. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΤ
20. ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΣΤ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν έργο αποτελεί μια προσπάθεια να παρουσιαστεί ορισμένα από τα σημαντικότερα έργα της ελληνικής λογοτεχνίας, με την ελπίδα ότι θα συμβάλει στην καλύτερη γνώση και κατανόηση της ιστορίας και της πορείας της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην εξέλιξη της ελληνικής λογοτεχνίας κατά τον 19ο αιώνα, με έμφαση στην ανάπτυξη του ρεαλισμού και του κοινωνικού κριτισμού. Αναλύονται οι επιπτώσεις της Ευρωπαϊκής Αναγέννησης και της Επανάστασης του 1821 στην ελληνική λογοτεχνία, καθώς και ο ρόλος των σημαντικών λογοτεχνών της εποχής, όπως ο Κωνσταντίνος Χρυσόστομος, ο Γεώργιος Χρυσόστομος και ο Νικόλαος Σκουφάς.

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην εξέλιξη της ελληνικής λογοτεχνίας κατά τον 20ο αιώνα, με έμφαση στην ανάπτυξη του μοντερνισμού και του αβαντγκαρντ. Αναλύονται οι επιπτώσεις της Ευρωπαϊκής Μοντερνιστικής Κίνησης στην ελληνική λογοτεχνία, καθώς και ο ρόλος των σημαντικών λογοτεχνών της εποχής, όπως ο Γεώργιος Στεφάνου, ο Νικόλαος Σκουφάς και ο Κωνσταντίνος Χρυσόστομος.

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην εξέλιξη της ελληνικής λογοτεχνίας κατά τον 21ο αιώνα, με έμφαση στην ανάπτυξη του νεορεαλισμού και του κοινωνικού κριτισμού. Αναλύονται οι επιπτώσεις της Γлобализασης και της Τεχνολογικής Επανάστασης στην ελληνική λογοτεχνία, καθώς και ο ρόλος των σημαντικών λογοτεχνών της εποχής, όπως ο Νικόλαος Σκουφάς και ο Κωνσταντίνος Χρυσόστομος.

Ι Ν Ε Σ

“Η Ενίσχυση των υλικών - τα οποία χρησιμοποιούνται για κατασκευαστικούς λόγους - μας γυρνάει πίσω, στα βιβλικά χρόνια, όπου οι Αιγύπτιοι, ανακάλυψαν ‘άχυρο’ με τα τούβλα που χρησιμοποιούσαν για τις οικοδομές τους.”

ΓΕΝΙΚΑ

Το σκυρόδεμα είναι ένα ασταθό και εύθραυστο υλικό, γι' αυτό και πρέπει να γίνει όσο το δυνατό πιο παχύρευστο. Μία λύση, είναι να προστεθούν ίνες, οι οποίες θα λειτουργίσουν σαν ενίσχυση διαμέσου των μικρών ρωγμών που υπάρχουν στο σκυρόδεμα. Η βελτιωμένη διανομή των ρωγμών και τάσεων, συνεπώς πετυχαίνει την μετατροπή του σκυροδέματος με χαλύβδινες ίνες, σε ένα πιο παχύρευστο υλικό. Διεθνώς, χρησιμοποιούνται πολλοί, διαφορετικοί τύποι ινών. Η μεγαλύτερη εμπειρία όμως έχει αποκτηθεί για τις χαλύβδινες ίνες, αφού είναι εκείνος ο τύπος των ινών που χρησιμοποιείται περισσότερο.

Το σκυρόδεμα με ίνες, είναι ένα νέο υλικό, το οποίο υφίσταται μία συνεχή και γρήγορη βελτίωση και εξέλιξη. Συνεχώς δημιουργούνται ίνες καλύτερης και πιο εξελιγμένης ποιότητας. Αντικαθιστώντας, συγκολλητικά καλώδια, με χαλύβδινες ίνες ενίσχυσης, μία χρονοβόρα καταναλωτική εργασία εφαρμογής, μπορεί να αποφευχθεί. Αυτό καθιστά ικανό το σκυρόδεμα με ίνες να ανταγωνιστεί την παραδοσιακή ενίσχυση με συρμάτινα μέσα ενίσχυσης. Ο κύριος λόγος χρησιμοποίησης των χαλύβδινων ινών, είναι η αύξηση της ευπλαστότητας του υλικού.

Το κόστος για την ενίσχυση με συγκολλητικά καλώδια συνεχώς αυξάνεται διότι η ικανότητα παραγωγής παραμένει πάγια, σταθερή. Το αυξανόμενο αυτό κόστος δεν περιλαμβάνει και το κόστος του χρόνου καθυστέρησης στις περιπτώσεις κατασκευής σιηρράγγων. Η πρακτική και η πείρα, έχουν δείξει ότι στην περίπτωση του

εκτοξευόμενου σκυροδέματος, απαιτείται τουλάχιστον 25% περισσότερο σκυρόδεμα εάν χρησιμοποιηθούν για ενίσχυση μίγματα με συγκολλητικά καλώδια από ότι αν χρησιμοποιηθούν χαλύβδινες ίνες.

Αν επιλεγεί για σύγκριση, 100 mm στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος με προσθήκη 50 - 75 Kgr χαλύβδινες ίνες ανά m³, το άμεσο κόστος ενίσχυσης ανά m² θα είναι : 12 - 15 Fr ανά m². Το πραγματικό κόστος, εξαρτάται από την ποσότητα των ινών που θα προστεθεί. Το άμεσο κόστος της ενίσχυσης με χαλύβδινες ίνες, είναι της τάξεως του 50 - 70 %, συγκρινόμενο με εκείνο των συγκολλητικών καλωδίων.

Το έμμεσο κόστος χρόνου καθυστέρησης στις εργασίες κατασκευής σπράγγων, είναι μεγάλο. Επίσης για να εφαρμοστεί η μέθοδος των συγκολλητικών καλωδίων στην περίπτωση της δημιουργίας στρώσεων εκτοξευόμενου σκυροδέματος, απαιτούνται δύο στάδια, γεγονός που αυξάνει το κόστος. Η χρήση όμως των χαλύβδινων ινών έχει πολύ περισσότερα πλεονεκτήματα, από εκείνα που έχουν μόλις αναφερθεί. Αυτό εξηγεί και το γεγονός ότι σήμερα σχεδόν στο 80% των εργασιών που γίνονται κυρίως για την αντιστήριξη των βράχων με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ίνες.

Επιπλέον, οι οικονομικοί παράγοντες και η οικονομική πλευρά της χρήσης των ινών, είναι κάποιιοι ακόμα από τους λόγους που οδηγούν στην συνεχή εξέλιξη της υγρής μέθοδου των χαλύβδινων ινών εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

ΤΡΕΙΣ ΤΥΠΟΙ ΙΝΩΝ :

⇒ Χαλύβδινες

⇒ Πολυπροπυλαινίου

⇒ Γυάλινες

Από την πρακτική πλευρά, οι ίνες που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο είναι οι χαλύβδινες. Αντιθέτως, οι γυάλινες ίνες δεν έχουν εφαρμοστεί πολύ γιατί σε συνδυασμό με το σκυρόδεμα, δεν επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα, αφού το τελευταίο γίνεται όλο και πιο εύθραυστο με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται από το βασικό μέρος της μήτρας με τσιμέντο. Οι πλαστικές ίνες είναι ανθεκτικές στο σκυρόδεμα και υπάρχει κάποιο πρόβλημα με το όριο ανάμιξης και το μήκος των ινών, με αποτέλεσμα η βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων και της ανθεκτικότητας, με την προσθήκη των ινών είναι μικρή, ή παρόμοια με εκείνη που θα υπήρχε ακόμα και αν δεν είχαν προστεθεί ίνες.

Για να αποφευχθεί η πλαστική απώλεια και η διανομή των μικρορωγμών, οι πλαστικές ίνες είναι αποτελεσματικές.

Είναι λανθασμένη η αντίληψη που υποστηρίζεται από κάποιους, ότι στην περίπτωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, οι χαλύβδινες ίνες μπορούν να αντικατασταθούν από τις πλαστικές. Οι τελευταίες δεν παρέχουν αύξηση της ανθεκτικότητας των υλικών.

Εντούτοις, οι πλαστικές ίνες φέρουν πολύ καλά αποτελέσματα στην περίπτωση των εργασιών επισκευής, εφόσον πρόκειται για ενίσχυση ενάντια στις ζημιές.

Χαλύβδινες Ίνες :

Υπάρχουν, όμως, διάφοροι τύποι και ποιότητες στην κατηγορία των χαλύβδινων ινών. Κυρίως, τα βασικά χαρακτηριστικά που τις διαχωρίζουν, είναι τα παρακάτω :

⇒ Μακρυές και λεπτές ίνες

⇒ Μικρές και πυκνές ίνες

⇒ Εύκολες ίνες στην ανάμιξη

Οι παρακάτω ιδιότητες επιτυγχάνονται με την καλύτερη ποιότητα των ινών :

⇒ Αύξηση της ενέργειας διάσπασης κατά 30 φορές περισσότερο από εκείνη στο σκυρόδεμα χωρίς ίνες.

⇒ Αύξηση της ενέργειας εναντίων της δυνείσθησης.

⇒ Ικανοποιητική ενίσχυση στην περίπτωση των ζημιών.

⇒ Αύξηση της αντοχής στην περίπτωση της φθοράς.

⇒ Διαπερατότητα, εξαιτίας της βελτίωσης της διανομής των ρωγμών σε μικρές μικρορωγμές.

⇒ Βελτίωση της προσκόλλησης.

Στην παραγωγή, οι ίνες συναντούν τα παρακάτω εμπόδια :

⇒ Στην ανάμιξη, π.χ. ομοιόμορφης διασποράς στη μάζα, είναι πολύ σημαντικό να αποφεύγονται οι ' μπάλλες ινών '. Το παραπάνω επιτυγχάνεται με πολύ απλά μηχανήματα.

⇒ Το πέρασμα στα κόσκινα όπου αδρανή μικρότερων ή ίδιων διαστάσεων, θα απορριφθούν. (Υπερμεγέθους κόκκοι οι οποίοι σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσαν να φράξουν την δίοδο στο ακροφύσιο.)

⇒ Η άντληση.

⇒ Η θλίψη (πολύ σημαντική, τόσο για την αντοχή, όσο και για τις μηχανικές ιδιότητες).

Για να αντληθεί η ίνα, δεν πρέπει το μήκος της να ξεπερνά τα 0.5 ή τα 0.6 της διαμέτρου του σωλήνα. Για λόγους βαρύτητας, η διάμετρος του σωλήνα στην περίπτωση της χειρονακτικής εκτόξευσης 1.5, η οποία επιτρέπει το μήκος της ίνας να είναι 18 - 25 mm. Η μέθοδος εκτόξευσης με την χρήση 'ρομπότ', με διάμετρο σωλήνα 2 - 2.5', δίνει 'διακοσμητικό' περιθώριο και έτσι είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί εκτόξευση με ίνες μήκους μέχρι 50 mm.

Επιπλέον, οι ίνες, πρέπει να είναι διπλάσιες από των κόκκο των αδρανών, π.χ. για λεπτόκοκα ελάχιστο 10 mm. Καλή συμπίεση του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, προϋποθέτει υψηλή περιεκτικότητα αδρανών υλικών, ελάχιστη ποσότητα 400 Kg, απ'ότι, σε αντιστοιχία, στην περίπτωση του άοπλου σκυροδέματος. Η αναλογία αυξάνεται με την αύξηση της ποιότητας και του μήκους των ινών. Για τις χαλύβδινες ίνες η περιεκτικότητά τους δεν πρέπει να ξεπερνά 0.8 - 2 % εκείνης του σκυροδέματος. Για πρακτικούς λόγους, η παραπάνω αναλογία είναι ικανοποιητική.

Στις ίνες ισχύει η προϋπόθεση ότι το διοξείδιο του πυριτίου και τα πρόσθετα μίγματα, χρησιμοποιούνται προκειμένου να ακυρωθούν τα αρνητικά αποτελέσματα από τις ίνες, σε σχέση με την άντληση και την ικανότητα διείσδυσης. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό ότι η προσκόλληση μεταξύ των χαλύβδινων ινών και του σκυροδέματος είναι η μέγιστη δυνατή και αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη μιγμάτων διοξειδίου του πυριτίου. Η κάθιση πρέπει να αυξηθεί στη περίπτωση του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος και πρέπει να έχει ελάχιστη τιμή της τάξεως των 15 - 16 cm. Οι ίνες καθιστούν δυνατή την δημιουργία λέπτων στρώσεων στην περίπτωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Εν κατακλείδη, το ινοπλισμένο σκυρόδεμα δίνει την δυνατότητα καλύτερης προσκόλλησης, αφού συμβάλλει στην διανομή των τάσεων και δίνει ένα πιο πυκνό σκυρόδεμα.

Ίνες Πολυπροπυλαινίου :

Το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αποτελείται από εκατομμύρια ίνες πολυπροπυλαινίου που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες παντού και σκοπός τους είναι να δημιουργήσουν ένα ενισχυμένο σύστημα. Οι ίνες εμποδίζουν την δημιουργία μικρορωγμών οι οποίες θα μπορούσαν να δημιουργηθούν εξαιτίας της απώλειας νερού και της συρρίκνωσης. Το μήκος αυτών των ρωγμών, μπλοκάρεται από τις ίνες με αποτέλεσμα, το μήκος της ρωγμής να είναι μικρό και να παρέχεται, με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη ικανότητα ελαστικής αντοχής.

Η απόδοση και η αντοχή του σκυροδέματος, παγκοσμίως, σε όλες τις κλιματολογικές και περιβαλλοντολογικές συνθήκες, αυξάνονται, σε όλες τις κατηγορίες των κατασκευών, χάρη στην χρήση των ινών.

Επιπλέον, η χρήση των ινών προστατεύει από τον κρύο καιρό και κυρίως από τις επιδράσεις του χειμώνα.

Επίσης, η χρησιμοποίηση των ινών παρέχει :

- Υψηλή ελαστική αντοχή, μείωση της συρρίκνωσης και της δημιουργίας ινών με την πάροδο του χρόνου.
- Καμπτική δύναμη, η οποία καθιστά το σκυρόδεμα ικανό να αντέξει μεγαλύτερα φορτία.
- Μειώνει το κόστος με το να εξαλείφει την ανάγκη για αγορά πλέγματος, τοποθέτηση και αποθήκευση.
- Μειώνει τις ζημιές που μπορούν να προκληθούν από το αλέτρι ή το φτυάρι που χρησιμοποιούνται για το χόνι, εξαιτίας της αύξησής της αντίστασης τριβής που έχει αποκτήσει το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο ή μη σκυρόδεμα.
- Αυξάνει την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

- Την ικανότητα να αντιστέκεται στο σύστημα αυτοπαγοποίησης εξαιτίας της αλκαλικής και χημικής σύστασης.
- Υψηλή αντοχή του σκυροδέματος, διπλασιασμός της αντίστασης πρόσκρουσης και τριπλασιασμός της αντίστασης κόπωσης.
- Μειώνει την διαπερατότητα του σκυροδέματος, προστατεύει από τον άσχημο καιρό, το νερό, το σύστημα αυτοπαγοποίησης και τους κύκλους πήξης - τήξης, που μπορούν να μειώσουν την προσδοκόμενη ζωή του σκυροδέματος.
- Συμβατότητα με όλους τους τύπους επιφανειών.
- Δεν υπάρχει ανάγκη για δευτερέων εξοπλισμό-απόθεμα συρμάτινου πλέγματος.
- Εξοικονόμηση χρόνου, χρήματος και πολλών ενδεχόμενων 'πονοκεφάλων', από τους ιδιοκτήτες και τους εργολάβους.

Οι ίνες, ουσιαστικά, κατασκευάστηκαν για να μειώσουν τον σχηματισμό των πλαστικών καθιζήσεων και την συρρίκνωση των ρωγμών, με την αύξηση της ελαστικής ικανότητας τάσης του πλαστικού σκυροδέματος. Αυτή η μείωση ή η εξάλειψη των πλαστικών ρωγμών καθιστά το σκυρόδεμα ικανό να αναπτύξει την βέλτιστη, μακροπρόθεσμη 'ακεραιότητά του.'

Επιπροσθέτως, οι ίνες έχουν κατασκευαστεί αποκλειστικά για να χρησιμοποιούνται με το σκυρόδεμα και δημιουργήθηκαν έχοντας την δομή των λεπτών ινών - δέσμη παράλληλων αλληλοσυνδεόμενων ινών.

Όταν αυτές οι δέσμες παράλληλων ινών προστεθούν στο μίγμα σκυροδέματος σε αναλογία 1.5 lb/yd³ (0.3 Kg/m³), τότε η διαδικασία της ανάμιξης έχει σαν αποτέλεσμα να τις διαχωρίσει σε εκατομμύρια μεμονωμένες ίνες.

Αυτές οι ίνες, διανέμονται ομοιόμορφα μέσα στο σκυρόδεμα, προς όλες τις κατευθύνσεις, παρέχοντας έτσι επιπλέον άλλη μία μορφή ενίσχυσης για τον έλεγχο της συρρίκνωσης των ρωγμών. Όσο το σκυρόδεμα σκληραίνει και συρρικνώνεται, δημιουργούνται μικροσκοπικές ρωγμές. Όταν αυτές οι μικρορωγμές διασταυρώνονται

με το πλέγμα των ιών, τότε μπλοκάρονται και εμποδίζεται η ανάπτυξή τους σε μεγάλες ρωγμές, που θα οδηγούσε και σε άλλα προβλήματα.

Η ύπαρξη των ιών μέσα στο σκυρόδεμα, επίσης, έχει την ιδιότητα να ελαχιστοποιεί, όσο είναι δυνατό, το πλάτος και μήκος αυτών των ρωγμών, που μπορούν να δημιουργηθούν κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης του σκυροδέματος.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΝΩΝ

1. Οι Ίνες αποδείχτηκαν ως εναλλακτική λύση των συρμάτινων δομών συγκόλλησης στα σύνθετα συστήματα κάλυψης.

Δοκιμές Φορτίων και μηχανική έρευνα :

Μηχανικές έρευνες, βασιζόμενες σε δοκιμές εφαρμογής φορτίων που πραγματοποιήθηκαν από αρμόδιες αρχές, σύγκριναν την ενίσχυση που παρέχουν στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οι ίνες, σε σχέση με την δομή των συρμάτινων μέσων συγκόλλησης στα σύνθετα μεταλλικά συστήματα κάλυψης. Κατέληξαν στο παρακάτω συμπέρασμα :

“ Εφόσον σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, η ενίσχυση στο σκυρόδεμα με ίνες, αποδείχτηκε ίση ή καλύτερη από εκείνη των συρμάτινων μέσων συγκόλλησης, μία ισοδυναμία για κατασκευαστική συμπεριφορά στην σύνθετη πλακόστρωση , επιλέκτηκε, με χρήση των ινών, στον τόπο που μέχρι σήμερα κυριαρχούσε η δομή των συγκολλητικών συρμάτινων μέσων. Επίσης, αποδείχτηκε ισοδυναμία, στην συμπεριφορά των διαγραμάτων, με την χρήση των ινών.”

(Clarkson W. Pinkham, S. E. , Πρόεδρος, S. B. Συναιτερισμού Barnes, Σύμβουλοι Μηχανικών Κατασκευών).

Δοκιμή εφαρμογής δύναμης συνάφειας στην κεφαλή μικρής δοκού.

Ως επακόλουθο των δοκιμών εφαρμογής φορτίων, ένα πρόγραμμα δοκιμών διεξείχθηκε με την εφαρμογή δυνάμεων συνάφειας στην κεφαλή μικρών δοκών έχοντας χρησιμοποιήσει αρχικά ως ενίσχυση του σκυροδέματος ίνες και μετά πλέγμα μεταλλικών συρμάτινων συγκολλητικών μέσων. Έγινε σύγκριση στα αποτελέσματα. Διαπιστώθηκε ότι η χρήση πλέγματος συρμάτινων μεταλλικών συγκολλητικών, παρουσίασε προβλήματα. Διότι είναι δύσκολο να διατηρηθεί η σωστή θέση των συρμάτων στην πλάκα που είναι μόλις 2 - 3 ίντσες (51 mm - 75 μμ) πιο παχιά πάνω από την ράβδο.

Η χρήση των ινών ενίσχυσης στο σκυρόδεμα, στη θέση των συρμάτινων συγκολλητικών μέσων, εξαλείφει τα κατασκευαστικά προβλήματα και παρέχει μία συνεπή λύση στο πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα και την θέση της ενίσχυσης.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών, δείχνουν ότι η αντοχή και η ελαστικότητα των δυνάμεων συνάφειας στις συνδέσεις των μεταλλικών πλεγμάτων και στο εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα, είναι συγκρίσιμες και ισοδύναμες.

Συμπέρασμα :

“ Οι ίνες μπορούν να αντικαταστήσουν τα συγκολλητικά συρμάτινα μέσα, στις σύνθετες δοκούς, χωρίς καμία αλλαγή στο σχεδιασμό των διατμητικών συνδέσεων. Οι τιμές των δυνάμεων συνάφειας που δίνονται στο AISC Εγχειρίδιο Προδιαγραφών Μεταλλικών Κατασκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην περίπτωση του εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος.”

2. Αποδείχτηκε από Εγγυητικά Εργαστήρια (Underwriters Laboratories) και Εργαστήρια Omega Point, η χρήση των ινών, ως αποδεκτή εναλλακτική της Δομής των Συρμάτινων Συνδέσεων στην Συναρμολόγηση Μεταλλικών Επικαλύψεων.

Μία σειρά από δοκιμές με την χρήση φωτιάς, πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις των παραπάνω εργαστηρίων, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες προδιαγραφές κατά ASTM E84, E119 (UL263), σε διάφορες συναρμολογήσεις μεταλλικών επικαλύψεων.

Συμπέρασμα Εργαστηρίων Underwriters :

“ Βασιζόμενοι πάνω στις δοκιμές, που πραγματοποιήθηκαν με συγκεκριμένα δεδομένα, πάνω στο δοκίμιο σκυροδέματος που περιείχε πολυμερικές ίνες, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι είναι κατάλληλες να αντικαταστήσουν τα διάφορα μεταλλικά συρμάτινα μέσα συναρμολόγησης και επικάλυψης, σε παρόμοιες κατασκευές.”

Συμπέρασμα των Εργαστηρίων Omega Point :

“Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν εδώ, έπεισαν τα εργαστήρια Omega Point να εκδώσουν μία επίσημη αναγνώριση για τις ίνες. Γεγονός που σημαίνει ότι μπορούν να εφαρμοστούν ως υποκατάστατα των μεταλλικών συρμάτινων μέσων επικάλυψης και σύνδεσης, στις τοίχους σκυροδέματος, πατώματα και οροφές και στην συναρμολόγηση σκεπών/οροφών.”

3. Αποδείχτηκε ότι οι ίνες αυξάνουν την αντίσταση τριβής του σκυροδέματος.

Ένα πρόγραμμα δοκιμών σχεδιάστηκε για να εκτιμήσει την αντίσταση τριβής που αναπτύσσεται και να μετρήσει τα αποτελέσματα της επίδρασης των ιών στο σκυρόδεμα, όταν εκτίθεται σε υπερβολική καταπόνηση.

Το κύριο σώμα του στρατού και "Οι μέθοδοι των δοκιμών της αντίστασης στην τριβή, σκυροδέματος ή επιφάνειας ασβεστοκονιάματος", χρησιμοποιήθηκαν.

Συμπέρασμα :

“ Βασιζόμενοι στα δεδομένα που κατατέθηκαν από την μέθοδο δοκιμής με την χρήση μηχανήματος περιστροφής, η προσθήκη ιών, αύξησε την αντίσταση τριβής κατά 105%. Έτσι, αυτή η επιπλέον ανθεκτικότητα που παρουσιάζεται με την χρήση των ιών, διπλασιάζει το χρόνο ζωής του σκυροδέματος, που εκτίθεται σε παρόμοιες συνθήκες τριβής.”

Paul p. Kraai, P. E. Καλιφόρνια

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με την βοήθεια των Εργαστηρίων των Νορβηγικών Δημοσίων Οδών. Στα 42 MPH χρησιμοποιώντας σιδερένια υλικά για τους τροχούς και 10 τόννοι για φορτίο στον αξονά του τροχού, ο εξοπλισμός μπορεί με ακρίβεια να παρουσιάσει τα αποτελέσματα της τριβής, μετά από 10 χρόνια, στους αυτοκινητόδρομους, σε αναλογία 15.000 οχήματα ημερησίως.

Συμπέρασμα :

“Κατηγορία ιών C-75 με αντιπροσωπευτικό δείγμα, παρουσίασε 52 % αύξηση στην αντίσταση τριβής και διατήρηση 34.4 %, λιγότερη μείωση απώλειας υλικών από την αντίστοιχη απώλεια σε αντιπροσωπευτικό δείγμα, χωρίς ίνες. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι, το αντιπροσωπευτικό δείγμα ιών C-50, περιέχει μικρότερη ποσότητα τσιμέντου, εξακολουθεί να υπάρχει 20 % αύξηση στην αντίσταση τριβής σε σχέση με το αντιπροσωπευτικό δείγμα C-75 με 17.2 %

μικρότερη απώλεια υλικών. Το C-50 σκυροδέματος, έχει μία βάση σχεδίου δύναμης της τάξεως των 7,252 psi, ενώ το C-75 σκυροδέματος έχει μία βάση σχεδίου δύναμης ίση με 10,878 psi.”

4. Αποδείχτηκαν, οι ίνες, σε δοκιμές στατικών φορτίσεων, ότι είναι εναλλακτικές της δομής συρμάτινης ενίσχυσης.

Μία περιεκτική μελέτη πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια Wiss, Janney, Elstner & Associates, Inc. Σύμβουλοι Μηχανικοί Έρευνας υπό την αιγίδα Επαγγελματιών Μηχανικών. Τα αποτελέσματα των ερευνών και δοκιμών βρίσκουν εφαρμογή στην περίπτωση της ενίσχυσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ίνες.

Σκοπός της Δοκιμής : Αυτή η δοκιμή σύγκρινε την ικανότητα κάμψης και παρεκτροπή της πλάκας, ανάμεσα σε δοκίμιο πλάκας σκυροδέματος που περιείχε την συνιστώμενη ποσότητα ινών πολυπροπυλαινίου, δοκίμιου απλής πλάκας σκυροδέματος χωρίς ενίσχυση και δοκίμιο πλάκας σκυροδέματος που περιείχε την καθορισμένη/συνηθισμένη ποσότητα συρμάτινης ενίσχυσης για το σκοπό ελέγχου της ξηρής συρρίκνωσης ρωγμών.

Συμπέρασμα :

“ Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, έδειξαν, ότι η αντικατάσταση της συρμάτινης ενίσχυσης με ίνες σε αναλογία 1.5 lbs. ανά κυβική γυάρδα (0.9 Kgr/m³) καθιστούν την απόδοσης σκυροδέματος :

- **Ισοδύναμη ικανότητα αντοχής κάμψης στην πλάκα.**
- **Ισοδύναμη σχέση φορτίου - παρεκτροπής.**

Η ικανότητα κάμψης της πλάκας που περιείχε ίνες ήταν 2 % μεγαλύτερη από την πλάκα που περιείχε συρμάτινη ενίσχυση και 8 % μεγαλύτερη από την απλή πλάκα σκυροδέματος, χωρίς καμία ενίσχυση.

Τα στοιχεία φορτίο-παρεκτροπή δείχνουν ότι, στα χαρακτηριστικά αντίδρασης της κάμψης, οι ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μία πρακτική εναλλακτική μέθοδος σε σχέση με εκείνη της συρμάτινης ενίσχυσης, η οποία , όπως είναι γνωστό, χρησιμοποιείται για τις περιπτώσεις ελέγχου της συρρίκνωσης των ρωγμών σε ουσιαδώς, άοπλο σκυρόδεμα.

5. Οι ίνες, αποδείχτηκε ότι αυξάνουν την αντίσταση στη θραύση, του σκυροδέματος.

Ένα πρόγραμμα δοκιμών, εκτίμησε την αντίσταση θραύσης του εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος και του απλού σκυροδέματος, χωρίς ενίσχυση, όταν εκτέθηκαν και τα δύο δοκίμια σε θλιπτικά φορτία. Τα δοκίμια (αντιπροσωπευτικά δείγματα), ήταν διαστάσεων 21'' x 6'' x 6'' (525 mm x 150 mm x 150 mm), δίνοντας αναλογία ύψους / πάχους (Y / Π) 3 ½ - 1, προκειμένου να δημιουργηθεί μία κολώνα, για ένα ψηλό κτίριο. Όλες οι κολώνες, δοκιμάστηκαν με μια σταθερή μηχανή, θλίψης. Η αναλογία εφαρμογής της θλιπτικής δύναμης, ήταν, 0.25'' (0.635 mm), ανά λεπτό και καταγραφόταν, αυτομάτως σε μία μηχανή διαγραμμάτων, αξόνων X - Y .

Συμπέρασμα :

“ Τα αποτελέσματα, έδειξαν, την ικανότητα του εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος, να παραμένει στην θέση του και να μην θρυμματίζεται μετά από την επιβολή θλιπτικού φορτίου περισσότερο από 10 τόννους σε σύγκριση με το απλό σκυρόδεμα το οποίο θρυμματίστηκε αμέσως μετά την παρουσία της πρώτης ρωγμής. Τα χαρακτηριστικά του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι πολύ σημαντικό να εφαρμόζονται εκεί όπου υπάρχουν επιρροές ή σεισμικές ανησυχίες για την ασφάλεια της ζωής αλλά και της ιδιοκτησίας.”

Οι μηχανικοί - ερευνητές, αφαίρεσαν από την συσκευή θλίψης το δοκίμιο με το ινοπλισμένο σκυρόδεμα. Η δοκός (δοκίμιο) συνθλίπτηκε 10 % και παρόλα αυτά παρέμεινε ανέπαφη.

Κατά την διάρκεια της θραύσης, οι ίνες εκτίθονται. Η επιφάνεια των ινών μεγαλώνει κατά μήκος, κατά την διάρκεια της απόσυρσης, η οποία ουσιαστικά υποδηλώνει το δέσιμο ανάμεσα στις ίνες και στο 'πολλά' τσιμέντου.

6. Οι ίνες αυξάνουν την Αντίσταση πρόσκρουσης.

Μία σύνθετη μελέτη της αντίστασης πρόσκρουσης του σκυροδέματος που περιλαμβάνει πλέγμα χαλύβδινων ινών, πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Columbia της Αγγλίας, με την βοήθεια μίας ειδικής μηχανής πρόσκρουσης του Καθηγητή Sidney Mindess.

Συμπέρασμα :

“Η προσθήκη πλέγματος ινών, έδειξε μία αξιοσημείωτη αύξηση της ενέργειας πρόσκρουσης και προσρόφησης, ομοίως και στο άοπλο και στο οπλισμένο σκυρόδεμα. Το πλέγμα των ινών ενεργεί με δύο τρόπους : Οι ίνες ‘γεφυρώνουν’ τις ρωγμές που αναπτύσσονται, αποτρέπουν την επιπλέον εξάπλωση των ρωγμών και ενισχύουν το δεσμό ανάμεσα στο σκυρόδεμα και στην ενίσχυση των ράβδων, με το να εμποδίζουν την δημιουργία ρωγμών στο σκυρόδεμα όταν υποβληθεί σε δυνάμεις εφελκυστικές και θλιπτικές, στην γειτνιάζουσα περιοχή των ράβδων παραμόρφωσης.”

Αξίζει να δοθεί έμφαση στο σημείο όπου παρουσιάζεται ένα αποτέλεσμα συνεργασίας, όταν οι ίνες συνδυάζονται με την τυπική και συνηθισμένη ενίσχυση. Ο συνδυασμός τους έχει σαφώς, πολύ καλύτερα αποτελέσματα από ότι αν λειτουργούσαν ο καθένας ξεχωριστά.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΙΝΕΣ

1. Πότε οι ίνες διανέμονται ομοιόμορφα στο σκυρόδεμα :

Η ομοιόμορφη διανομή των ινών είναι μία λειτουργία του σχεδιασμού των ινών, της εφαρμογής αναλογίας, διαδικασίας ανάμιξης, ιδιότητες των ινών που χρησιμοποιούνται και ώρα ανάμιξης. Το έτοιμο αναμιγμένο σκυρόδεμα διαφέρει από το προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, το οποίο διαφέρει από την χειρονακτική ανάμιξη. Η φυσική μηχανική διαμόρφωση/μορφή, είναι οι αποφασιστικοί παράγοντες της ομοιόμορφης κατανομής. Οι ίνες είναι 'μηχανικά' και σχεδιάζονται για ειδικές εφαρμογές, όπως εφαρμογές με χειρονακτική ανάμιξη και προκατασκευασμένο σκυρόδεμα.

2. Οι ίνες επιπλέουν ή βυθίζονται στο σκυρόδεμα ;

Όχι, αυτό είναι μία λάθος αντίληψη με απολύτως καμία ισχύ. Το σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται από πέτρα, άμμο, τσιμέντο, νερό και κατάλληλα πρόσθετα. Το να επιπλέει ή βυθίζεται οφείλεται στα διαφορετικά Ε.Β. του σκυροδέματος, τα οποία είναι μεγαλύτερα από 2.0. Το ιξώδες του σκυροδέματος κάνει δυσκολότερο το να επιπλεύσει ή να βυθιστεί. Παρόλα αυτά το Ε.Β. παίζει σημαντικό ρόλο, στην εφαρμογή της αναλογίας των ινών του οπλισμένου σκυροδέματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το Ε.Β. των ινών, τόσο μικρότερη είναι η ισχύς της συνεισφοράς ανά μονάδα χρησιμοποιούμενης ίνας. Για παράδειγμα, οι ίνες πολύπροπυλαινίου (Ε.Β. 0.91), παρέχουν/διανέμουν 25% περισσότερη ισχύ υλικών ανά μονάδα σε χέση με ίνες από νάυλον (Ε.Β. 1.14).

3. Οι ίνες απορροφούν νερό από το ανάμιγμα ;

Ναι και όχι.

Ο τύπος του υλικού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των ινών καθορίζει αν οι ίνες απορροφούν νερό. Μερικά υλικά ινών απορροφούν νερό και μερικά όχι. Υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των ινών δεν απορροφούν νερό και είναι χημικά αδρανή.

4. Πότε οι ίνες εισάγονται στο σκυρόδεμα ;

Οι ίνες οπλισμού/ενίσχυσης προστίθενται στο σκυρόδεμα πριν, κατά την διάρκεια ή μετά την λειτουργία φόρτισης και ανάμιξης σε αντίθεση με τις κατασκευαστικής υποδείξης ανάμιξης κατά ASTM C - 94.

5. Μπορούν οι ίνες να αναμιχθούν στον αναμικτήρα ;

Ναι,

Πρέπει να παίρνονται μέτρα ώστε να διασφαλίζεται το απαιτούμενο μήκος χρόνου και να κατανέμονται οι ίνες για καλή-πλήρη ανάμιξη, σε αντίθεση με το μίγμα που προκύπτει από τις κατασκευαστικές υποδείξεις ανάμιξης κατά ASTM C - 94. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στην πρόσθεση των ινών στα έτοιμα μίγματα συμπεριλαμβανομένης οικονομίας και ασφάλειας.

6. Μπορούν οι ίνες να επηρεάζουν την χρήση των προσθέτων ;

Όχι,

Οι ίνες δουλεύουν χωρίς να επηρεάζουν την χημική περιεκτικότητα σε νερό, του τσιμέντου. Η δράση τους είναι απλά μηχανική και είναι συμβατή σε όλα τα μίγματα τσιμέντου και των προσθέτων. Παρόλα αυτά οι ίνες κατασκευάζονται από άλλα υλικά, τα οποία είναι ή όχι απορροφητικά χημικά αδρανή, πρέπει αρχικά να υποβληθούν σε τέστ για την περιεκτικότητά τους σε χημικά πρόσθετα. Οι ίνες δεν απαιτούν την χρήση προσθέτων για σωστή χρήση.

7. Οι ίνες επηρεάζουν τον λόγο νερού/τσιμέντου (ν/τ) στο σκυρόδεμα ;

Όχι,

Δεν υπάρχει λόγος για αλλαγή του mix - design, όπως ο λόγος νερού/τσιμέντου, όταν χρησιμοποιούνται ίνες. Τυπική εφαρμογή αναλογίας είναι στο 0.1% από ισχύ, γι' αυτό καμία επίδραση στο λόγο νερού/τσιμέντου δεν παράγεται.

8. Οι ίνες επηρεάζονται από τους διάφορους αναμικτήρες ;

Ναι,

Ο χρόνος και η επικάλυψη επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητα και εργασιμότητα του σκυροδέματος με ή χωρίς ίνες. 'Φτωχά' αποτελέσματα ανάμιξης με 'φτωχό' σκυρόδεμα και 'φτωχή' διανομή ινών. Οι ίνες κάνουν το καλό σκυρόδεμα καλύτερο, αλλά η κατάλληλη ανάμιξη, είναι ζωτική και για το σκυρόδεμα και για τις ίνες.

9. Οι ίνες επηρεάζονται από την ακρίβεια της επεξεργασίας ;

Η ακρίβεια της επεξεργασίας είναι σημαντική με ή χωρίς ίνες. Το μοντέρνο/καινούργιο έτοιμο τεχνικό μέσο ανάμιξης θα μεταφέρει μία ποικιλία κατασκευής ινών. Φροντίδα πρέπει να παίρνεται κατά την επεξεργασία. Το κατάλληλο υλικό στην σωστή ισχύ.

10. Οι ίνες επηρεάζουν την κάθιση του σκυροδέματος ;

Είναι πιθανό,

Το ACI καθορίζει την κάθιση ως Ένα μέτρο σύστασης νέου αναμίγματος σκυροδέματος κονίαμα ή stucco ίση με την καθίζηση που μετριέται στο πλησιέστερο 1/4" (6 mm) από το καλούπι-δείγμα αμέσως μετά την αφαίρεση του κώνου (slump). Η κάθιση είναι ένας δείκτης σύστασης από την μία ανάμιξη στην άλλη στο ίδιο μίγμα.

Οι ίνες που δεν έχουν πλήρως διανεμηθεί στο μίγμα μπορούν να αλλάξουν τα αποτελέσματα στο τεστ κάθισης. Αυτή η αλλαγή/μεταποίηση συχνά ονομάζεται 'Φαινομενική Απώλεια Κάθισης'.

Η 'Φαινομενική Απώλεια Κάθισης', είναι μία λειτουργία μήκους, κλίμακας εφαρμογής και τύπου ινών που χρησιμοποιούνται. Η κάθιση δεν είναι το ίδιο, όπως και η εργασιμότητα. Κατάλληλες μηχανικές ίνες σκυροδέματος αυξάνουν την ομοιογένεια του σκυροδέματος, η οποία παράγει μία πιο επιθυμητή σύσταση στο ίδιο slump.

11. οι ίνες επηρεάζουν την εργασιμότητα του σκυροδέματος ;

Όχι,

Το ACI καθορίζει την εργασιμότητα ως 'Εκείνη η ιδιότητα του νεοαναμιχθέντος σκυροδέματος ή κονίαμα τα οποία καθορίζουν την ευκολία και ομοιογένεια με την οποία μπορεί να αναμιχθεί, να τοποθετηθεί και να μετατραπεί σε πυκνό, συμπαγές και έτοιμο κονίαμα. Η δυναμική του νέου σκυροδέματος ενώ ακόμα παραμένει, η κάθιση δεν είναι απαραίτητα η ίδια όπως η πραγματική δύναμική του σκυροδέματος ενώ είναι σε κίνηση (εργασιμότητα). Μία λανθασμένη εντύπωση/ιδέα υφίσταται σχετικά με την κάθιση/εργασιμότητα. Στο εργοτάξιο υπάρχει συνήθως η λανθασμένη εντύπωση ότι το slump test, είναι ένα τεστ εργασιμότητας όταν στην πραγματικότητα το slump test συσχετίζει το μίγμα με την βαρύτητα.

12. Οι ίνες επηρεάζουν τα αερακτικά ;

Όχι,

Η προσθήκη αερακτικών επιτυγχάνεται με την σκόπιμη δημιουργία ειδικών μεγεθών μικρών αεροφουσαλιδών κολλημένες από ένα χημικό αερακτικό μέσο.

Οι ίνες είναι χημικά αδρανή και ούτε επηρεάζουν ούτε επηρεάζονται από τα αερακτικά.

13. Το πλέγμα των ινών περιέχει αέρα ;

Όχι,

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως οι ίνες είναι χημικά αδρανή και δεν επηρεάζουν τα αερακτικά ούτε δημιουργούν αερακτικά.

14. Το πλέγμα των ινών επηρεάζει την υποχώρηση του σκυροδέματος ;

Όχι,

Η σταθερή ελάχιστη κλίμακα εφαρμογής του πλέγματος των ινών οπλισμού είναι το 1/10 % από την ισχύ η οποία δεν έχει καμία ισχύ στην υποχώρηση.

15. Το πλέγμα των ινών έχει επίδραση στην μονάδα βάρους ;

Όχι,

Η μονάδα βάρους του σκυροδέματος βασίζεται στον ακριβή αναλογία του μίγματος και του περιεχόμενου αέρα. Η ενίσχυση του οπλισμού με ίνες δεν έχει καμία επίδραση στην μονάδα βάρους.

16. Το πλέγμα των ινών επηρεάζει την διαβάθμιση των χονδρόκοκκων υλικών ;

Η διαβάθμιση των χονδρόκοκκων υλικών επιτυγχάνεται με τα κατάλληλο υλικό διαχωρισμού από κόσκινα και του αποθέματος. Το πλέγμα των ινών υποστηρίζει την αξία στο φρέσκο σκυρόδεμα, βοηθούν στην διατήρηση της διαβάθμισης στο πραγματικό σκυρόδεμα, διαμέσου της μείωσης της πλαστικήςκαθίζησης.

17. Το πλέγμα των ινών επηρεάζει την διαβάθμιση των λεπτόκοκκων υλικών ;

Όχι,

Όπως και στην διαβάθμιση των χονδρόκοκκων υλικών η διαβάθμιση των λεπτόκοκκων αδρανών υλικών δεν επηρεάζεται από την προσθήκη των ινών, εκτός από την ωφέλιμη πλαστική καθίζηση.

18. Το πλέγμα των ινών επηρεάζει τη χρήση ιπτάμενης τέφρας ;

Το πλέγμα των ινών είναι χημικά αδρανή και μηχανικά, το σημείο πρόσδεσης επικολλάται στο κλάσμα του σκυροδέματος. Η χρήση τους με οποιαδήποτε τσιμέντινη ή ποζολανική χρήση, όπως της ιπτάμενης τέφρας δεν επηρεάζει ούτε το πλέγμα των ινών, ούτε την σύνθεση της ιπτάμενης τέφρας.

19. Το πλέγμα των ινών 'δουλεύει' με πρόσθετα σκυροδέματος ;

Ναι,

Τα πρόσθετα χρησιμοποιούνται, για να παράγουν υψηλή αντοχή στο σκυρόδεμα. Η συνισταμένη, προκύπτουσα πυκνότητα, υψηλής δύναμης σκυροδέματος, είναι πιο εύθραυστη και υπόκεινται σε πλαστική θραύση. Οι ίνες, αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό τα πλεονεκτήματα των προσθέτων, εξαιτίας της ικανότητάς τους να μειώνουν την πλαστική θραύση και να μετασηματίζουν ένα πολύ εύθραυστο υλικό σε ένα πιο όλκιμο.

20. Το πλέγμα 'δουλεύει' με όλους τους τύπους τσιμέντου (I,II,III,IV,V) ;

Ναι,

Οι ίνες μηχανικά ενισχύουν (οπλίζουν) τις επικολλούμενες περιοχές του σκυροδέματος και δουλεύουν με όλους τους τύπους τσιμέντου.

21. Το πλέγμα των ινών 'δουλεύει' με όλα τα λεπτόκοκκα αδρανή;

Το πλέγμα των ινών έχει δοκιμαστεί για χρήση με αδρανή λεπτόκοκκα υλικά. Μία σειρά από συγκρίσεις δοκιμών δείχνουν ότι οι ίνες έχουν ένα ακόμα πλεονέκτημα στα λεπτόκοκκα αδρανή υλικά. Με την παρουσία των λεπτόκοκκων αδρανών υλικών επιτυγχάνεται η πλαστικότητα του πλέγματος των ινών και η σκλήρυνση του σκυροδέματος.

22. Το πλέγμα των ινών επηρεάζει το χρόνο έναρξης του σκυροδέματος ;

Ναι και Όχι,

Ο αρχικός χρόνος έναρξης μπορεί να επηρεαστεί. Το πλέγμα των ινών μειώνει την πλαστική καθίζηση, η οποία αποτελεί την φυσιολογική κάθοδο των βαρύτερων υλικών και την αναγκαστική άνοδο των ελαφρύτερων υλικών, η διαδικασία διαρροής ελέγχεται. Το νερό δεν συσσωρεύεται στην επιφάνεια. Και οι τελικές διεργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν, στην ίδια περίπου χρονική διάρκεια, με εκείνη του ινοπλισμένου σκυροδέματος.

23. Το πλέγμα των ιών επηρεάζει την τοποθέτηση ή το τελείωμα του σκυροδέματος ;

Ναι,

Η τοποθέτηση του σκυροδέματος και το τελείωμά του, επηρεάζονται θετικά από την προσθήκη των ιών. Οι ομοιογενείς και συνεκτικές ιδιότητες του ινοπλισμένου σκυροδέματος, ομοιόμορφα διαρρέουν, ως αποτέλεσμα του ελέγχου της πλαστικής καθίζησης. Η εύκολη άντληση και εκβολή, είναι πλεονεκτήματα της τοποθέτησης και του τελειώματος που αποδίδονται στην προσθήκη των ιών στο οπλισμένο σκυρόδεμα.

24. Το πλέγμα των ιών του οπλισμένου σκυροδέματος απαιτεί προσθήκη νερού για την τοποθέτηση του σκυροδέματος ;

Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα έχει το πλεονέκτημα της μείωσης της καθίζησης και της ομοιόμορφης διαρροής. Για κάποιον που δεν έχει τις απαραίτητες γνώσεις, αυτό μπορεί να κάνει το σκυρόδεμα να φανεί 'ξηρό', με αποτέλεσμα επιπλέον νερό να προστεθεί, χωρίς ουσιαστικά να χρειάζεται. Μία τυπική εμφάνιση κορεσμού του μίγματος νερού στην περίπτωση της μη-προσθήκης ιών, είναι απύσχα στην περίπτωση που προστίθονται ίνες στο οπλισμένο σκυρόδεμα. Η εργασιμότητα δεν επηρεάζεται με τις σταθερές εφαρμογές αναλογιών της ενίσχυσης των ιών και της μη-προσθήκης νερού, όταν δεν χρειάζεται. Οι επιβλέποντες πρέπει να αποτρέπουν να παρευβρίσκονται άπειροι χειρίστες στην φάση του τελειώματος του σκυροδέματος.

25. Το πλέγμα των ινών, παρουσιάζει 'απαράδεκτες' ίνες στην επιφάνεια του σκυροδέματος ;

Όχι,

Όταν 'υπερβολικές' ίνες είναι φαινομενικές στην επιφάνεια του σκυροδέματος, αυτό συνήθως υποδηλώνει ότι το σκυρόδεμα έχει 'δουλευτεί' πολύ, ή ότι οι διαδικασίες τελειώματος άρχισαν πολύ νωρίς. Τα παραπάνω έχουν τα αντίθετα αποτελέσματα και πιο συγκεκριμένα μεγαλύτερη παραγωγή στην επιφάνεια, ή οποία φυσικά, περιλαμβάνει και ίνες. Μερικές ίνες, έχουν σχεδιαστεί να ενισχύουν την φάση του τελειώματος και της αισθητικής των ινών, εις βάρος όλων των άλλων χαρακτηριστικών επιδόσεων. Στην επιλογή του κατάλληλου για ενίσχυση πλέγματος των ινών, για την αντικατάσταση των συρμάτινων ενισχύσεων, οι απαιτήσεις για δυνάμεις ενίσχυσης ρωγμών, πρέπει να ζυγίζονται ενάντια στην φάση του τελειώματος.

Για να προσαρμοστούν τα χαρακτηρισήστηκα της φάσης του τελειώματος, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η απόδοση, ο χειριστής της φάσης του τελειώματος μπορεί, από λάθος, να επιλέξει μικρότερες διαστάσεις, μικρότερο μήκος και μείωση της ισχύς των ινών. Τυπικά, η υποβάθμιση του πλέγματος των ινών παράγει ισχνές δυνάμεις ενίσχυσης των ρωγμών, και ισχνά αποτελέσματα.

Όπως υπώθηκε και προηγουμένως, πολλές από τις ίνες που κυκλοφορούν στην αγορά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντας μείωσης της πλαστικής δομής των ρωγμών, σε συγκεκριμένες αναλογίες εφαρμογής. Ωστόσο αυτές οι ίδιες οι ίνες μπορεί να αποδειχθούν μικρές, σαν αντικατάστατα των χαλύβδινων θερμοκρασιών εξαιτίας των ισχνών αποτελεσμάτων που δίνουν οι δυνάμεις ενίσχυσης των ρωγμών.

26. Το πλέγμα των ινών απαιτεί διαφορετικά πρόσθετα σε σχέση με το οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς ίνες ;

ACI, PCA και η περιοχή των γνώσεων των εργολάβων, καθορίζουν τις συστάσεις και υποδείξεις που ισχύουν για τα πρόσθετα του σκυροδέματος. Η 'θεωρία της διαβάθμισης', υποστηρίζεται από την 'συρμάτινη' μέθοδο ενίσχυσης, μπορεί να παρέχει την ικανότητα της ευρύτερης χρήσης των προσθέτων. Η τελευταία δεν εμποδίζει τον σχηματισμό ορατών ρωγμών. Παρέχει μόνο την δυνατότητα στο σκυρόδεμα να 'διαλέξει' την τοποθέσία και τον τύπο του σχηματισμού της ρωγμής.

Η χρήση, οποιασδήποτε δευτερεύουσας ενίσχυσης, είτε αυτή είναι ίνες είτε είναι συρμάτινη ενίσχυση, δεν εξαλείφει τις τυχαίες ρωγμές, γι' αυτό και πρέπει να αξιοποιείται η προσθήκη των πρόσθετων.

Μερικά υποκατάστατα των συρμάτινων μορφών ενίσχυσης, στην πραγματικότητα εξισώνουν και καθορίζουν και αναγνωρίζουν ότι ακόμα και ο σχηματισμός τυχαίων μεσσαίου μεγέθους ρωγμών, μπορεί να υπάρξει με την χρήση παραπάνω από το κανονικό, προσθέτων.

27. Μπορεί το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα να είναι δύσκολο να ανακατευτεί ;

Ναι,

Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να παρουσιάσει δυσκολίες στην ανάμιξη, όπως συμβαίνει με όλα τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ανάμιξη. Η υπερβολική ανάμιξη μπορεί να προκαλέσει στο σκυρόδεμα την δημιουργία φυσαλίδων, είτε περιέχονται ίνες είτε όχι.

28. Μπορεί το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα να σκουπιστεί ή να επεξεργαστεί με κασσίτερο ;

Ναι,

Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να σκουπιστεί και να επεξεργαστεί με κασσίτερο. Μερικές ίνες μπορεί να εκτοπιστούν κατά την διάρκεια της επικασσιτέρωσης ή της οποιασδήποτε επεξεργασίας στο σκυρόδεμα. Παρόλα αυτά, οι ίνες που κατασκευάζονται για το εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα δεν σταθεροποιούνται γι' αυτό το λόγο. Όταν οι μη σταθεροποιημένες ίνες εκτίθενται στα διάφορα στοιχεία, γίνονται ασταθής και μετακινούνται από το εσωτερικό στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Εκεί καλύπτονται από πολύ τσιμέντου και έτσι παραμένουν ανεπηρέαστες από τα διάφορα στοιχεία.

29. Μπορεί το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα να επιτρέψει την ανάπτυξη του διαχωρισμού σχετικά νωρίς ;

Ναι,

Το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αναπτύσει μία ισοτροπική ποιότητα, έχοντας μία ομοιόμορφη ποιότητα διασταυρομένων κατανομών, η οποία επιτρέπει στο σκυρόδεμα να σκληραίνει και να εφαρμόζει τα μέσα έξω.

ΟΔΗΓΟΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΙΝΩΝ

Προδιαγραφές μικρών διαστάσεων :

Χρηση μόνο 100% καθαρές ίνες πολυπροπυλαινίου που περιέχουν μη επεξεργασμένα υλικά ολεφίνης και ειδικά κατασκευασμένα για μία βέλτιστη διαβάθμιση χρήσης σκυροδέματος βέλτιστης ενίσχυσης. Ελάχιστη αναλογία εφαρμογής θα είναι ίση με 0.1% ισχύς, 1.5 lb/yd³ (0.9 Kg/m³). Οι ίνες είναι κατάλληλες για τον έλεγχο των ρωγμών, εξαιτίας της ξηρής συρρίκνωσης και της θερμικής διαστολής/συστολής, μείωση της διαπερατότητας, αύξηση της ικανότητας πρόσκρουσης, αντίσταση θραύσεως, αντίσταση τριβής και επιπλέον σκληρότητα/ανθεκτικότητα. Ο κατασκευαστής των ινών πρέπει να παρουσιάσει αποδείξεις και τεκμήρια 5 ετών ικανοποιητικών ιστορικών επιτευγμάτων, συμμορφωμένα με την εφαρμογή των κτιριακών κωδικών και ASTM C-1116, τύπος III και ASTM C-1116.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

• Το πλέγμα των ινών προδιαγράφεται για :

1. Την μείωση των ρωγμών του σκυροδέματος ως αποτέλεσμα εσωτερικών εντάσεων.
2. Μία ανώτερη μέθοδος και αποτελεσματική οικονομικά σε σχέση με την μέθοδο των συρμάτινων συγκολλητικών για δευτερεύουσα και/ή θερμοκρασιακή ενίσχυση.
3. Μείωση στην διαπερατότητα του σκυροδέματος.
4. Μεγαλύτερη πρόσκρουση, τριβή, αντίσταση θραύσεως και κόπωσης στο σκυρόδεμα.
5. Υποστήριξη και συνεκτικότητα στο σκυρόδεμα σε απότομες κλίσεις και/ή τοποθέτηση ολισθαίνων κάλουπιού σκυροδέματος.
6. Παραμένουσα δύναμη.
7. Τοποθέτηση εκεί όπου όλα τα υλικά πρέπει να είναι μη-μεταλλικά.
8. Περιοχές που απαιτούν υλικά τα οποία να έχουν αντοχή στα χημικά και αλκαλική προστασία.
9. Βελτιωμένη Αντοχή.
10. Λέπτες ίνες ανθεκτικότητας.

• Το πλέγμα των ινών δεν προδιαγράφεται για :

1. Των έλεγχω των ρωγμών ως αποτέλεσμα των εξωτερικών τάσεων.
2. Αύξηση του κατασκευαστικού αριθμού του σκυροδέματος στα πεζοδρόμια ή στην πλακόστρωση στους επικληνής δρόμους.
3. Υψηλότερη κατασκευαστική δύναμη ανάπτυξης.
4. Η εξάλειψη ή η μείωση της παραμόρφωσης λόγω πολυκαιρίας.
5. Την δικαιολογία για μία μείωση στο μέγεθος των στύλων υποστήριξης.
6. Την αντικατάσταση όλων των κατασκευαστικών χαλύβδινων ενισχύσεων.
7. Μείωση του πάχους των πλακών στους δρόμους με κλίση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ

(ΑΣΥΛΛΟΓΙΣΤΑ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΕΠΙΠΡΟΗ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΙΝΩΝ ΣΤΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

(ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ)

Οι σκοποί της συμμετοχής του Stabilator στο σχέδιο του Nordforsk ήταν να δοκιμάσει και να αναπτύξει επιπρόσθετες μεθόδους και μηχανήματα για την παραγωγή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ενίσχυση χαλύβδινων ινών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μια πρακτική κλίμακα.

Μια σημαντική φάση στη δουλειά ήταν να καθορίσει τις ιδιότητες του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και, επομένως, μια ολόκληρη σειρά δοκιμών πραγματοποιήθηκαν στο Ινστιτούτο Έρευνας Τσιμέντου και Σκυροδέματος. Έγιναν μελέτες για τους διαφορετικούς τύπους ινών, για τις διάφορες προσμίξεις με σκοπό τη μείωση της φθοράς και την επίδραση του περιεχομένου σε σκυρόδεμα.

Οι υπό εξέταση ιδιότητες ήταν η θλιπτική δύναμη, η αντοχή εφελκυσμού, η αντοχή εφελκυσμού στη κάμψη, η ελαστικότητα, η πυκνότητα και ο προσανατολισμός της ίνας.

Τα παρακάτω παρουσιάζουν μια περιγραφή της τεχνικής όπου πιστεύεται ότι είναι και η πιο πρακτική από άποψη οικονομικής, ποιοτικής και πρακτικής.

Η μέθοδος της εκτόξευσης στην οποία βασίζεται το σχέδιο είναι η ξηρή μέθοδος όπου μια σημαντική ποσότητα νερού προστίθεται στο ακροφύσιο. Θεωρούμαι ότι αυτή η μέθοδος είναι ανώτερη από την αντίστοιχη της υγρής εκτόξευσης στη περίπτωση της ενδυνάμωσης των βραχωδών όψεων.

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στο συμβατικό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ένα 0-19 mm αδρανές υλικό και σκυρόδεμα σε συνολική αναλογία 1:4 και 1:5 χρησιμοποιείται συνήθως. Αυτό όμως δεν συστήνεται στην περίπτωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με ενίσχυση ινών.

Από την άλλη πλευρά, επιθυμητά αποτελέσματα έχουν επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση 0-8 mm χαλικιού. Η κατάλληλη βαθμοποίηση είναι πολύ σημαντική εδώ παρά στην συμβατική εκτόξευση σκυροδέματος. Η αναλογία σκυροδέματος προς το χαλίκι πρέπει να είναι μεταξύ 1:3 και 1:3,5.

Εάν χρησιμοποιηθεί ένα συνολικά καλύτερο και δυνατότερο μείγμα σκυροδέματος, προβλήματα υπερβολικής υδαρότητας εμφανίζονται στη περιοχή του ακροφύσιου. Η "φτωχή" υγροποίηση οδηγεί στην αυξημένη αναπήδηση και στον εκτεταμένο σχηματισμό σκόνης καθώς και στο στρωματισμό στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Στη υγρή εκτόξευση θα ήταν πιθανόν κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ένα ακόμα καλύτερο συνολικά και υψηλότερο περιεχόμενο σε σκυρόδεμα.

ΙΝΑ

Δοκιμάστηκαν διαφορετικά είδη χαλύβδινων ινών. Τα καλύτερα αποτελέσματα αποκτήθηκαν από μια ίνα με αγκυστρωμένο τελείωμα (1-30mm ; $d=0.35$ mm). Πάντως, και άλλες, λιγότερο ακριβές ίνες μπορεί εξίσου να θεωρηθούν ως μη πρακτικές εφαρμογές.

Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η εκτεταμένη αναπήδηση των ινών που συμβαίνει κατά τη διαδικασία της εκτόξευσης πάνω σε μια σκληρή επιφάνεια. Σαν ένα μελλοντικό κανόνα, θα δημιουργήσουμε μια κλίνη για τις ίνες ξεκινώντας να ψεκάσουμε πρώτα σε μια λεπτή μη-ενισχυμένη επιφάνεια. Αυτό δεν θα δημιουργήσει κανένα πρόβλημα όταν χρησιμοποιηθεί ο εύκαμπτος εξοπλισμός.

ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ

Για να παραχθεί ένα πιο κολλώδες σκυρόδεμα και επομένως για να μειωθεί η αναπήδηση, δοκιμάστηκαν ποικίλες προσμίξεις. Όπως συμβαίνει συνήθως με τις μετρήσεις που γίνονται για την αναπήδηση, υπάρχουν ευρείες παρεκτροπές στα αποτελέσματα, και για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν καθαρές ενδείξεις πρακτικών λύσεων. Μόνο ο νεοπρενικός γαλακτώδης χυμός μείωσε την αναπήδηση αισθητά αλλά η δύναμη του σκυροδέματος που αποκτήθηκε ήταν "φτωχότερη" από αυτή των άλλων μειγμάτων. Αυτό που έφταιγε ήταν πιθανόν η μεγάλη ποσότητα του γαλακτικού χυμού που προστέθηκε κατά την διαδικασία των δοκιμασιών.

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ.

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε βασίζεται στην εμπειρία της εκτόξευσης του σκυροδέματος που αποκτήθηκε κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας.

ΑΝΑΜΕΙΚΤΗΣ

Η ανάμειξη πραγματοποιείται προσεκτικά με τη βοήθεια ενός Trixer βιδωτού αναμεικτήρα, με ξεχωριστούς σωλήνες καθόδου υδροροής για το σκυρόδεμα και το χαλίκι. Κάθε σωλήνας καθόδου υδροροής έχει μία βιδωτή τροφοδοσία, που μεταφέρει το υλικό στο βιδωτό αναμείκτη. Αυτό επιτρέπει την ακριβή ανάμειξη και αναλογία ποσοτήτων. Επιπρόσθετα, αυτό κάνει πιθανό τη συνεχή παροχή σκυροδέματος για την εκτόξευση -ένας σημαντικός παράγοντας-. Οι ίνες προστίθενται κοντά στο τέλος του βιδωτού αναμείκτη.

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΙΝΑΣ

Αυτό είναι ένα σημαντικό μέρος του εξοπλισμού μιας και ένα σημαντικό προαπαιτούμενο στοιχείο για καλύτερη ποιότητα, είναι μια επιπρόσθετη προμήθεια από ίνες.

Μετά από τις δοκιμασίες που είχαν πραγματοποιηθεί στις διάφορες τροφοδοσίες ινών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά, αποφασίσαμε ότι μια τροφοδοσία από ένα πιο αξιόπιστο σχέδιο απαιτείται. Η τροφοδοσία που χρησιμοποιείται τώρα συσσωματώνει τεχνικές κραδασμών και αυτόματης κλίσης.

THE SHOTCRETE GUN

(ΤΟ "ΟΠΛΟ" ΤΟΥ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ)

Με τον ίδιο τρόπο όπως και για την τροφοδοσία, πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες με ένα μηχάνημα που δημιουργήθηκε για την εκτόξευση ίνας. Πάντως, το σχέδιο εμφανίστηκε να είναι ανεπαρκώς εύρωστο.

Μετά από ένα διάστημα, για αυτό το λόγο, έγιναν οι δοκιμές με ένα περιστροφικό πιστόλι εκτόξευσης το οποίο, μετά από μερική τροποποίηση, λειτούργησε ικανοποιητικά.

ΕΛΑΣΤΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ ΚΑΙ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ.

Τα καλύτερα αποτελέσματα αποκτήθηκαν με τη βοήθεια ενός ελαστικού σωλήνα με διάμετρο 50 mm, το οποίο παρέχει μια επιπρόσθετη ροή υλικού από ότι παρείχε ένας ελαστικός σωλήνας 42 mm.

Στις δοκιμασίες του Nordforsk χρησιμοποιήθηκε ένα συμβατικό ακροφύσιο εκτόξευσης, αλλά κατά την διαδικασία της δουλειάς σε ένα άλλο σχέδιο ανάπτυξης που αφορά το συμβατικό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όπου προσπάθειες πραγματοποιήθηκαν για τη μείωση της σκόνης και της αναπήδησης, βρέθηκε ότι σημαντικές βελτιώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν από μια τροποποίηση του σχεδίου ακροφύσιου εκτόξευσης και αλλαγή της τοποθεσίας του δακτυλίου νερού. Στο μέλλον, θα χρησιμοποιηθεί, επίσης, το βελτιωμένο ακροφύσιο για την εκτόξευση ίνας.

ROBOT

(ΡΟΜΠΟΤ)

Ένα σημαντικό αντικείμενο στη δουλειά για την ενδυνάμωση των βραχίωδων στρωμάτων σε όρους του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, είναι το ρομπότ, που καθιστά ικανό το ακροφύσιο να λειτουργήσει από μια απόσταση. Επιπλέον ο χειριστής μπορεί να δουλέψει σε μια ασφαλής θέση κάτω από το βράχο που ήδη έχει ενισχυθεί και έξω από το δρόμο της εναλλαγής της αναπήδησης του υλικού. Αυτά τα πλεονεκτήματα μπορεί να είναι ακόμα πιο σημαντικά, σε σχέση με την εκτόξευση του σκυροδέματος χαλύβδινης ίνας.

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ.

Μια σειρά από δοκιμασίες με μια κυματοειδής ίνα (1-20 mm και $d=0.35$) που μπορούν να παρατεθούν για να εξηγήσουν μέσω ενός παραδείγματος τα αποτελέσματα της δοκιμασίας που πραγματοποιούνται.

Η αναλογία του σκυροδέματος ως προς το συνολικό ήταν 1:4 και το ποσοστό του περιεχόμενου σε ίνα στο ξηρό μείγμα ήταν 2.3, επιτρέποντας την μη ύπαρξη προβλημάτων στο χειρισμό με το βελτιωμένο εξοπλισμό. Η δύναμη του εφελκυσμού του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ενισχυμένου με ίνα, αυξήθηκε κατά 50% και η δύναμη εκφελκυσμού στην κάμψη κατά 185 σε σύγκριση με τις δοκιμασίες που χρησιμοποίησαν μη ενισχυμένο σκυρόδεμα. Παρατηρήθηκε επίσης και μια βελτίωση στην θλιπτική δύναμη, όπου δεν είναι και ένα τόσο σύνηθες φαινόμενο.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα καλύτερα αποτελέσματα των δοκιμασιών πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας μια ίνα με αγκυστρωμένο τελείωμα (1-30mm ; $d=0.35$ mm). Το ποσοστό του όγκου της ίνας ήταν 2.55. Η δύναμη εφελκυσμού στην κάμψη ήταν μεγαλύτερη κατά τρεις φορές από εκείνο των δοκών στους σχετικούς ελέγχους. Η απόλυτη αξία ανερχόταν σε 9.2MPa παρά τις ενάντιες συνθήκες αποθήκευσης.

Αλλά η πιο σημαντική βελτίωση από άποψη της ενδυνάμωσης του βράχου είναι εκείνη της αυξανόμενης σκληρότητας του σκυροδέματος. Στους ελέγχους κάμψης στους μη ενισχυμένους δοκούς πραγματοποιήθηκε αιφνιδίως συνολική θραύση, ενώ στην περίπτωση των δοκών με ενισχυμένη ίνα η κάμψη ήταν ικανοποιητικά σκληρή για να επιτρέψουν τους δοκούς να μετακινηθούν συνολικά, παρά το γεγονός ότι ήταν υποκείμενα σε παραμόρφωση ενός μεγέθους κατά τρεις φορές μεγαλύτερο.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Περιγραφή Εφαρμογής.

Brofjorden

Στις δοκιμασίες του κλάδου στο δουλυστήριο του Scan-Rraff στο Brofjorden, ένας έλεγχος σε επιφάνεια 4500 m² με εξαιρετικά σκληρή βραχώδη επίστρωση, έγινε εκτόξευση με σκυρόδεμα σε ίνες κάτω από επιφανής συνθήκες. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε το 1974 χρησιμοποιώντας παλαιότερα μηχανήματα που μπορούν να χειριστούν ένα σχετικά ασήμαντο ποσοστό ιών (0.7% κατ'όγκο). Η βραχώδης επιφάνεια ψεκάστηκε πρώτα με ένα παχύ μη ενισχυμένο στρώμα έτσι ώστε να φτιάξει μία κλίση για τις ίνες υποκείμενο σε ένα στρώμα, πάχους 3cm, ενισχυμένο με ίνες. Τελικά ένα λεπτό μη ενισχυμένο στρώμα ψεκάστηκε στη κορυφή αυτού δημιουργώντας μία τελική - συνολική πυκνότητα 4 cm.

Η ελεγχόμενη επιφάνεια ήταν ένα ακέραιο τμήμα ενός συστήματος αναχώματος γύρω από τις δεξαμενές. Ένα άλλο κομμάτι του αναχώματος αποτελούμενο από πρανές καλυμένο με ένα ακόμα θεμέλιο, ένα 7cm στρώμα συμβατικού ενισχυμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος με μία κέντρο-με-κέντρο απόσταση μεταξύ συνδέσμων 5m στα ανώτερα πρανοί (περίπου 20m) και μιας απόστασης 10m στα κατώτερα πρανοί. (1-4m).

Είχε υπολογιστεί στην περίπτωση της τελευταίας κατασκευής, η οποία θα μπορούσε να ραγίσει με ρωγμές, με μέσο πλάτος που κυμαίνεται ανάμεσα σε 0.2 και 0.3mm/m και 2mm/m ανάλογα με την αλληλεπίδραση με τη βάση.

Με ένα έλεγχο που έγινε δυο χρόνια αργότερα, βρέθηκε ότι οι ρωγμές σε τμήματα του αναχώματος όπου η κέντρο-με-κέντρο απόσταση μεταξύ των συνδέσμων ήταν 10mm, ήταν μέσου πλάτους 0.20mm/m, με αντίστοιχη αξία για την ενισχυμένη με ίνα επιφάνεια να είναι 0.02-0.05.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι βασικές συνθήκες που επικρατούσαν στο ινώδες σκυρόδεμα ήταν ανεπιθύμητες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπήρχε πλήρης αλληλεπίδραση με τη βάση.

Τα αποτελέσματα προτείνουν ότι η χρήση του ινώδες σκυροδέματος θα ήταν απόλυτα επιθυμητή στην ενίσχυση των βραχίωδων στρωμάτων, ειδικά αφού οι παρούσες τεχνικές το έκαναν δυνατό να επιτευχθεί ένα τελικό προϊόν με ιδιότητες πολύ ανώτερες από εκείνες που επιτυγχάνονται με το Scann-Raff.

Το 1975 και 1976 η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε επίσης και σε άλλες εφαρμογές. Αυτό συμπεριλάμβανε την ενίσχυση των σηράγγων, την επισκευή των καμινάδων του εργοστασίου και την υπό κατασκευή της δεξαμενής νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΔΟΚΩΝ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προστασία από την διαβρωση είναι ένα από τα βασικά αντικείμενα συζήτησης για τις θαλασσινές κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Στέρεα δομικά στοιχεία μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας πλαστικές ίνες ενίσχυσης, οι οποίες είναι πολύ πιο ανθεκτικές στη διάβρωση απ'ότι ο χάλυβας. Από τότε που οι θαλάσσιες κατασκευές χαρακτηρίζονται από ασταθής θαλάσσιο καιρό, γρήγορες και απλές κατασκευές από μέσα προκατασκευασμένων μελών είναι ευεργετικά. Για να βρει κανείς αυτές τις απαιτήσεις, μία συνθετη δοκό η οποία αποτελείται από ενισχυμένο σκυρόδεμα τοποθετημένο μέσα σε ένα καναλοειδές μόνιμο καλούπι το οποίο είναι κατασκευασμένο από ενισχυμένο σκυρόδεμα με πλέγμα από πλαστικές ίνες ενίσχυσης. Η αντοχή αυτής της σύνθετης δοκού είναι εξασφαλισμένη με τον καθορισμό των πλαστικών ινών ενίσχυσης στο προκατασκευασμένο καλούπι του οποίου το κάλυμα είναι μικρό και με τον καθορισμό του χάλυβα στο εσωτερικό του σκυροδέματος πάνω στο οποίο το κάλυμα είναι επαρκές για την προστασία του χάλυβα από την διάβρωση. Το καλούπι και το εσωτερικό σκυρόδεμα δένονται μηχανικά για να αντέξουν σε εξωτερική δύναμη.

Έγιναν τεστ κάμψης και θραύσης προκειμένου να μελετηθούν οι βασικές μηχανικές ιδιότητες και να εκτιμηθούν οι μέθοδοι κατασκευής αυτού του τύπου της δοκού. Παρακάτω περιγράφονται αποτελέσματα από αυτά τα τεστ και η εφαρμοσιμότητα αυτών των κατασκευαστικών μεθόδων στην σύνθετη δοκό.

• ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΣΤ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ

Αντιπροσωπευτικό δείγμα

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα αποτελείται από καναλοειδές καλούπια τα οποία είναι κατασκευασμένο από ενισχυμένο σκυρόδεμα με πλέγμα από πλαστικές ίνες και εσωτερικό ενισχυμένο σκυρόδεμα. Η καθορισμένη κατασκευαστική δύναμη του καλουπιού, f28 είναι 240 kg/cm^2 . Η εγκάρσια τομή στο αντιπροσωπευτικό δείγμα είναι ορθογωνική. Προκειμένου να μελετηθεί ο δεσμός μεταξύ του καλουπιού και του εσωτερικού του σκυροδέματος, στις γενικές μηχανικές ιδιότητες, δύο τύποι σύνθετων δοκών κατασκευάστηκαν. Στα Νο.3 και Νο.6 αντιπροσωπευτικά δείγματα, χαλύβδινοι ράβδους στηρίξεως (διαστάσεων $16\text{mm} \times 150\text{mm}$ τοποθετούνται σε διάστημα 20 cm διαμέσου της κοινής επιφάνειας του καλουπιού και του εσωτερικού του σκυροδέματος σαν συνδετήρες. (shear connectors) . Τα άλλα αντιπροσωπευτικά δείγματα δεν έχουν ράβδους στηρίξεως. Οι εσωτερικές επιφάνειες των καλουπιών είναι βουρτσισμένες για να ξεσκεπάζουν τα αδρανή. Οι πλαστικές ίνες ενίσχυσης μέσα στα καλούπια είναι μία κόλλα εποξική ενίσχυσης με ίνες από άνθρακα. Οι πλαστικές ίνες ενίσχυσης από ανθρακά έχουν ένα ψηλότερο συντελεστή ελαστικότητας και καλύτερη αντίσταση στα χημικά απ'ότι οι πλαστικά ίνες ενίσχυσης. Οι ιδιότητες των πλαστικών ίνων ενίσχυσης φαίνονται στον πίνακα 2. Στο πίνακα 3 φαίνονται οι δυνάμεις (αντοχές του σκυροδέματος).

Μέθοδοι Φορτίου

Τρίτο σημείο φόρτισης (αναλογία δύναμη συνάφειας/span 3.15) και κεντρικό σημείο φόρτισης (δύναμη συνάφειας/span 1.30) υπόκεινται σε κάμψη και διάτμηση, αντιστοίχως. Μετά την εκφόρτιση στην αρχική διάρροιξη και περίπου

50% από το σημείο θραύσης, η στατική φόρτιση συνεχιζόταν μονοτονικά χρησιμοποιώντας ένα υδραυλικό ανυψωτικό εργαλείο με ικανότητα 200 τόννων για την κατάπτωση των δοκών. Το εκτόπισμα των δοκών, οι οποίες περιέχουν πλαστικές ίνες ενίσχυσης και σκυρόδεμα, το εύρος θραύσης και η εξάρθρωση ανάμεσα στο καλούπι και στο εσωτερικό σκυρόδεμα μετρήθηκαν όπως φαίνεται στην εικόνα 2. Οι μετρήσεις της εξάρθρωσης ελήφθησαν χρησιμοποιώντας ένα σετ διπλής κατεύθυνσης διάταξης μετατροπής πάνω στην κοινή επιφάνεια της πάνω πλευράς των δοκών.

Χαλύβδινες ίνες σκυροδέματος

Το ενισχυμένο σκυρόδεμα με ίνες είναι ένα σύνθετο υλικό του οποίου η δύναμη αντοχής καθορίζεται από το συνδιασμό των δύο υλικών που το αποτελούν :

το σκυρόδεμα και τις ίνες

$$P_c = P_m + P_f \text{ όπου}$$

Concrete = Σκυρόδεμα

Materials = Υλικά

Fiber = Ίνες

Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη μιας στενής αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα δύο υλικά. Εκεί όπου εφαρμόζεται ένα φορτίο, εκεί παρουσιάζεται μία παραμόρφωση της σύνθεσης. Ανάλογα με την μορφή της παραμόρφωσης, αυτή η αλληλεπίδραση καθορίζεται από :

- την αναλογία μεταξύ της ελαστικότητας των υλικών και των ινών
($n = E_f / E_m$)
- την μεταφορά από το σκυρόδεμα στις ίνες
- την ομοιομορφία κατανομής των ινών

Οι χαλύβδινες ίνες και πιο συγκεκριμένα αυτές με αγκυστροειδή άκρα αυξάνουν αυτούς τους παράγοντες αλληλεπίδρασης εξαιτίας :

- της χρήσης υψηλού ελαστικού χαλύβδινου καλωδίου

- τα αγκυστροειδή άκρα της ίνας, τα οποία καταφέρνουν να χρησιμοποιούν όλο το μήκος της ίνας προκειμένου να μεταφέρουν την μεγαλύτερη ποσότητα της δύναμης και εμποδίζουν οποιαδήποτε άλλη δύναμη να ασκηθεί στο σκυρόδεμα

Η συμπεριφορά παραμόρφωσης του ινοπλισμένου σκυροδέματος

Μέχρι τώρα, όσο η σύνθεση (σκυρόδεμα και ίνες) μόνο υπόκειται μία ελαστική παραμόρφωση, και δεν παρουσιάζονται μικρορωγμές, η τάση στην σύνθεση υπολογίζεται ως ακολούθως :

$$\sigma_c = \sigma_m(1-\nu_f) + k\alpha_s f_x \nu_f = \sigma_m[1 + (k E_f / E_m - 1)\nu_f]$$

Εξαιτίας των περιορισμών της ανάμιξης, η ποσότητα των ινών που χρησιμοποιούνται (ν_f) δεν πρέπει να ξεπερνά το 2% της της ποσότητας, ή 160 κιλά ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος.

Δίνοντας μία τρισδιάστατη προσαρμογή των ινών, ο παράγοντας k δεν πρέπει να ξεπερνά το 1/3.

Η αναλογία της ελαστικότητας στις ίνες σε σχέση με εκείνη των υλικών E_f / E_m είναι βαθμολογημένη με βάση το δέκα, έτσι ώστε σε σκυρόδεμα χωρίς ρωγμές:

$$(\sigma_c)_{\max} = 1.05 \sigma_m$$

Παρόλα αυτά η ύπαρξη ή όχι των ινών προκαλεί μόνο μία μικρή αύξηση στην αντοχή σε μικρορωγμές σε αντίθεση με το άοπλο σκυρόδεμα σ_m .

Η ενίσχυση με χαλύβδινες ίνες δείχνει την ολική αξία στην φάση ελαστικής παραμόρφωσης. Η ξαφνική ασταθής αποτυχία του άοπλου σκυροδέματος μετατρέπεται σε μία αργή ελεγχόμενη διάσπαση κάτω από την επίδραση δυνάμεων όπως είναι η θλίψη, η κάμψη, η διάτμηση, η συστολή.

Η ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

• ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η αντοχή του σκυροδέματος κάτω από κανονικές συνθήκες χρήσης, εξαρτάται κατά ένα πολύ μεγάλο μέρος από την πυκνότητά του. Διαδικασίες όπως η διοχέτευση διοξειδίου του άνθρακα, η διοχέτευση χλωριούχων ιόντων έχουν άμεση σχέση με την διαπερατότητα που έχει το καλούπι του τσιμέντου.

Η αντίθεση των χαλύβδινων ιών Dramix σε σχέση με τις συνιθισμένες μεθόδους, δεν μειώνει την πυκνότητα του σκυροδέματος και δεν αυξάνει την διαπερατότητα των αδρανών υλικών.

• ΟΙ ΧΑΛΥΒΑΙΝΕΣ ΙΝΕΣ

Αλκαλική Προστασία

Πολύ ελεύθερο ασβέστιο (υδροξίδιο του ασβεστίου) αποκτιέται κατά την διάρκεια της υγροποίησης των κόκκων του τσιμέντου και το σκυρόδεμα αποκτά $\text{pH} \geq 12$. Με αυτή την τιμή του pH , ένα μικροσκοπικό λεπτό κάλυμα οξειδίου δημιουργείται στην επιφάνεια του χάλυβα (χαλύβδινος ίνας). Αυτό το λεπτό κάλυμμα έχει την ιδιότητα να προστατεύει από την σκουριά. Όταν η τιμή του pH πέσει στο 8 ή το 9, αυτό το προστατευτικό περιβάλλον χάνεται με αποτέλεσμα εάν το νερό και το οξείδιο συνυπάρχουν, τότε ο χάλυβας διαβρώνεται.

Η τοπική χαμηλότερη συμπίεση των κόκκων τσιμέντου γύρω από τα υλικά που προστίθενται στο τσιμέντο κολλούν όπως τα αδρανή, οι χαλύβδινες ίνες και η συνηθισμένη ενίσχυση, προκαλώντας μία ζώνη μετάδοσης προκειμένου να διαμορφωθούν γύρω από αυτά τα υλικά, όσο το τσιμέντο απορροφά νερό. Αυτή η στρώση, η οποία έχει πάχος 50 mm, έχει μικρότερη αντοχή από το τσιμέντο της μήτρας και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υδροξείδιο του ασβεστίου.

• ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Διοχέτευση διοξειδίου του Άνθρακα

Η διοχέτευση διοξειδίου του άνθρακα στο σκυρόδεμα είναι μία φυσιολογική διαδικασία η οποία σταδιακά προκαλεί την βαθμιαία μείωση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος. Το ελεύθερο ασβέστιο μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και η τιμή του pH πέφτει. Η διοχέτευση διοξειδίου του άνθρακα αρχίζει στην επιφάνεια του σκυροδέματος και συνεχίζει στο εσωτερικό όσο υπάρχει διαθέσιμο διοξείδιο του

άνθρακα. Ο βαθμός διείσδυσης της διοχέτευσης του διοξειδίου του άνθρακα καθορίζεται από την διαπερατότητα του σκυροδέματος και μειώνεται με τον χρόνο.

Για τιμή του pH περίπου ίση με 8 ή 9, το προστατευτικό στρώμα στον χάλυβα μπορεί να σπάσει και υγρασία αναμένεται να διαβρώσει τις χαλύβδινες ίνες

Πειραμάτικά, έχει βρεθεί ότι η αντιμετώπιση της διοχέτευσης διοξειδίου του άνθρακα σταματάει όταν φτάνει την χαλύβδινη ίνα από το μεγάλο απόθεμα του ασβέστη γύρω από την ίνα. Αυτή η ίνα μπορεί να χάσει το προστατευτικό στρώμα επικάλυψης στο μεγαλύτερο μέρος, αλλά οι ίνες που είναι τοποθετημένες πιο βαθιά παραμένουν ασφαλής. Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι μακροπρόθεσμα, η διάβρωση των χαλύβδινων ινών περιορίζεται σε ένα βάθος περίπου 5 mm στην περίπτωση υψηλής ποιότητας σκυροδέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΔΑΓΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

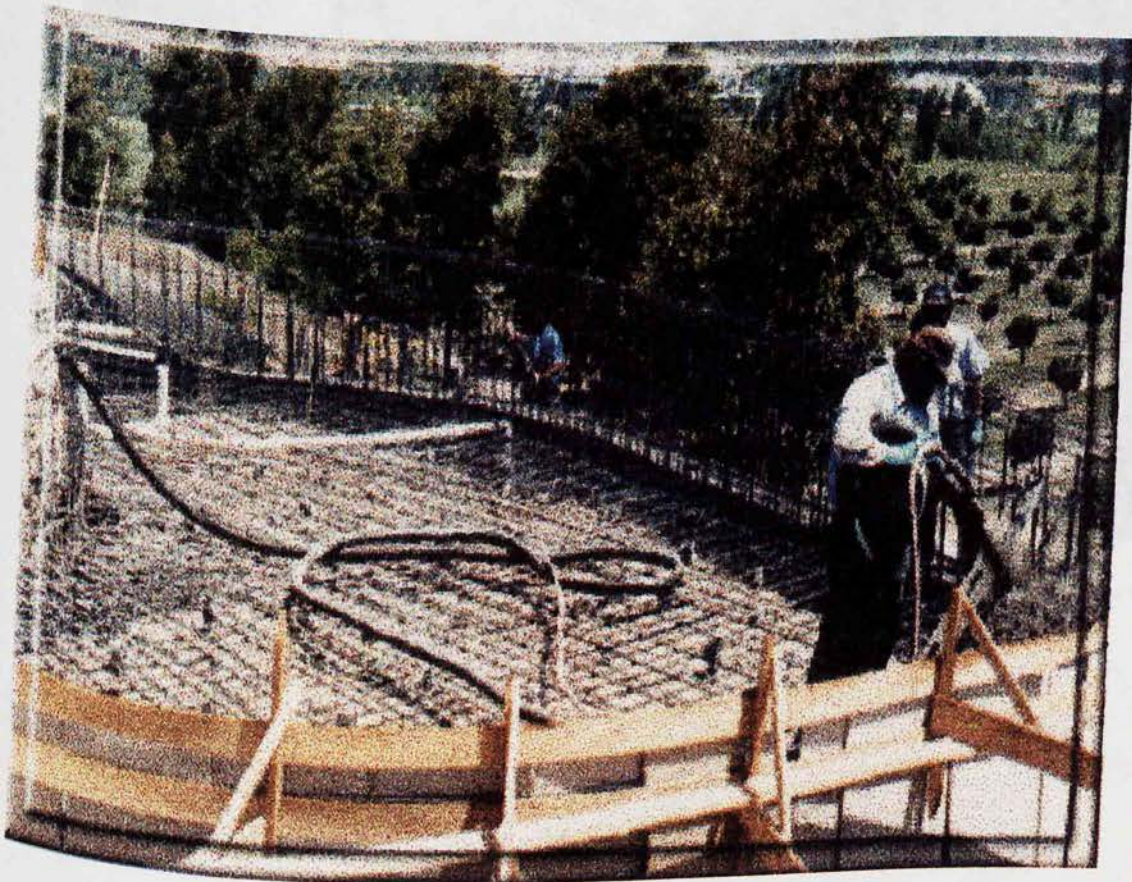
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII

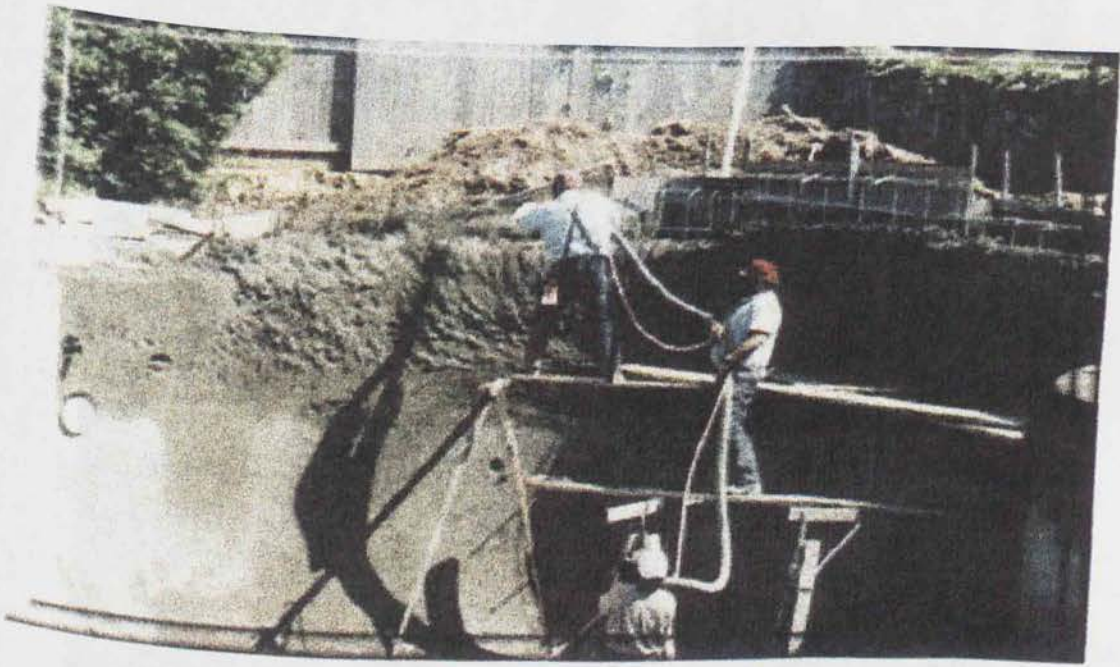
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο V I I I

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΙΣΙΝΑΣ

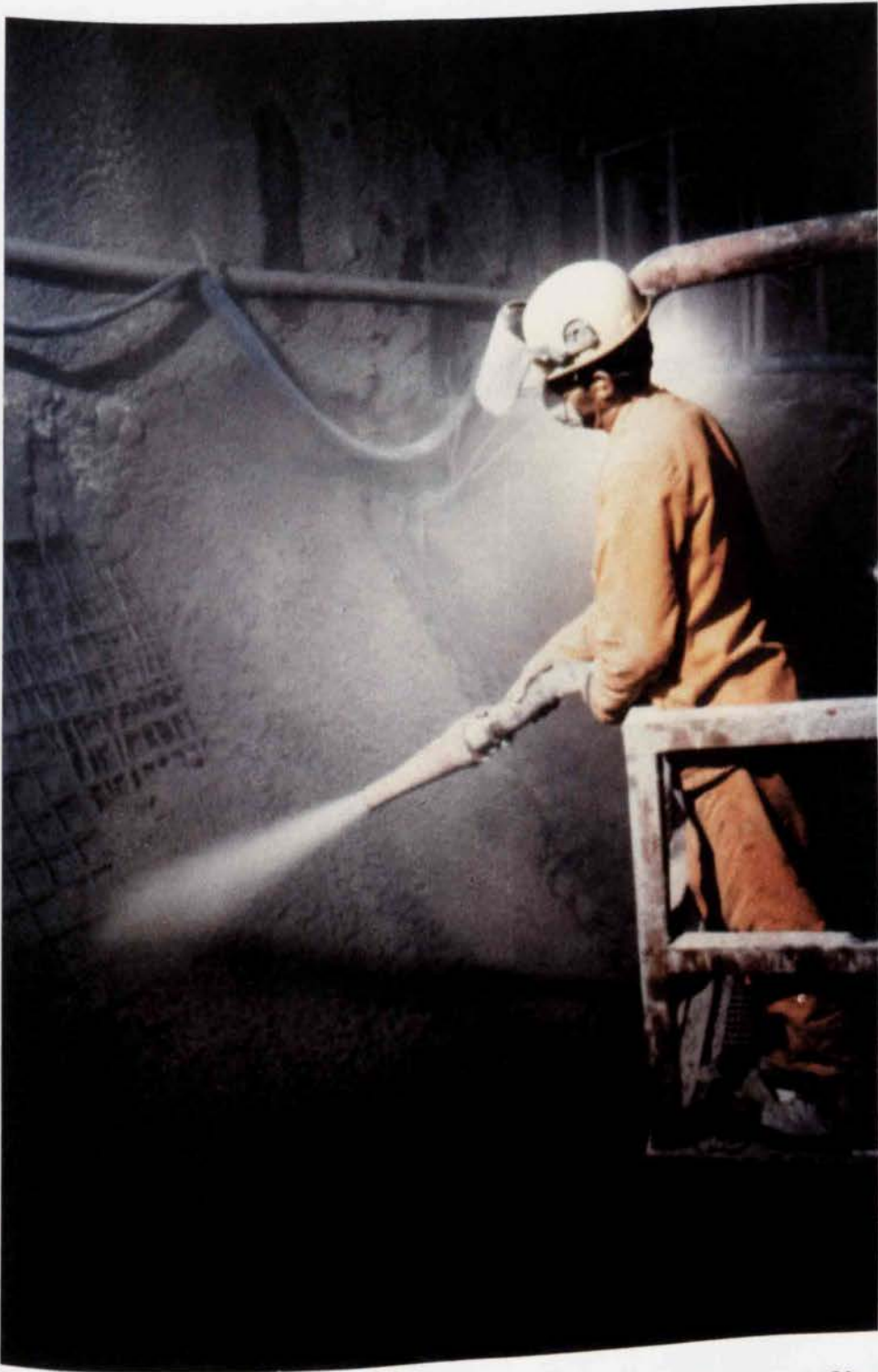
Η εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος καθορίζει την κατασκευαστική αντοχή σε όλες τις πισίνες. Ενισχύει την πισίνα και παρατηρείται μεγάλη αύξηση στα τεστ αντοχής. Η εφαρμογή του βρίσκει τέλεια εφαρμογή, στην συγκεκριμένη περίπτωση.



Κατασκευή πισίνας με εφαρμογή εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος



Κατασκευή πισίνας με εφαρμογή εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος



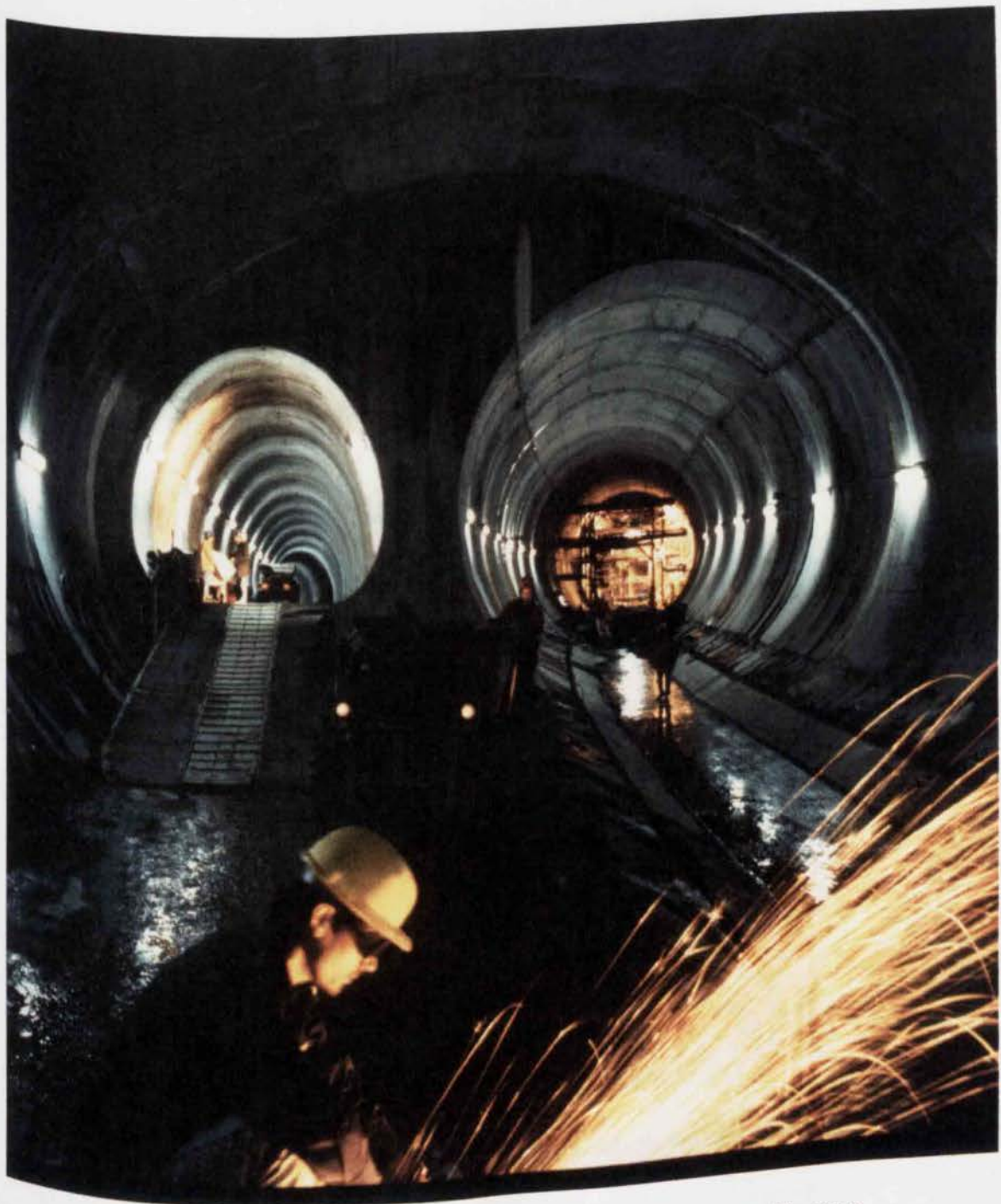
Χειρονακτική μέθοδος ε εφαρμογής εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος



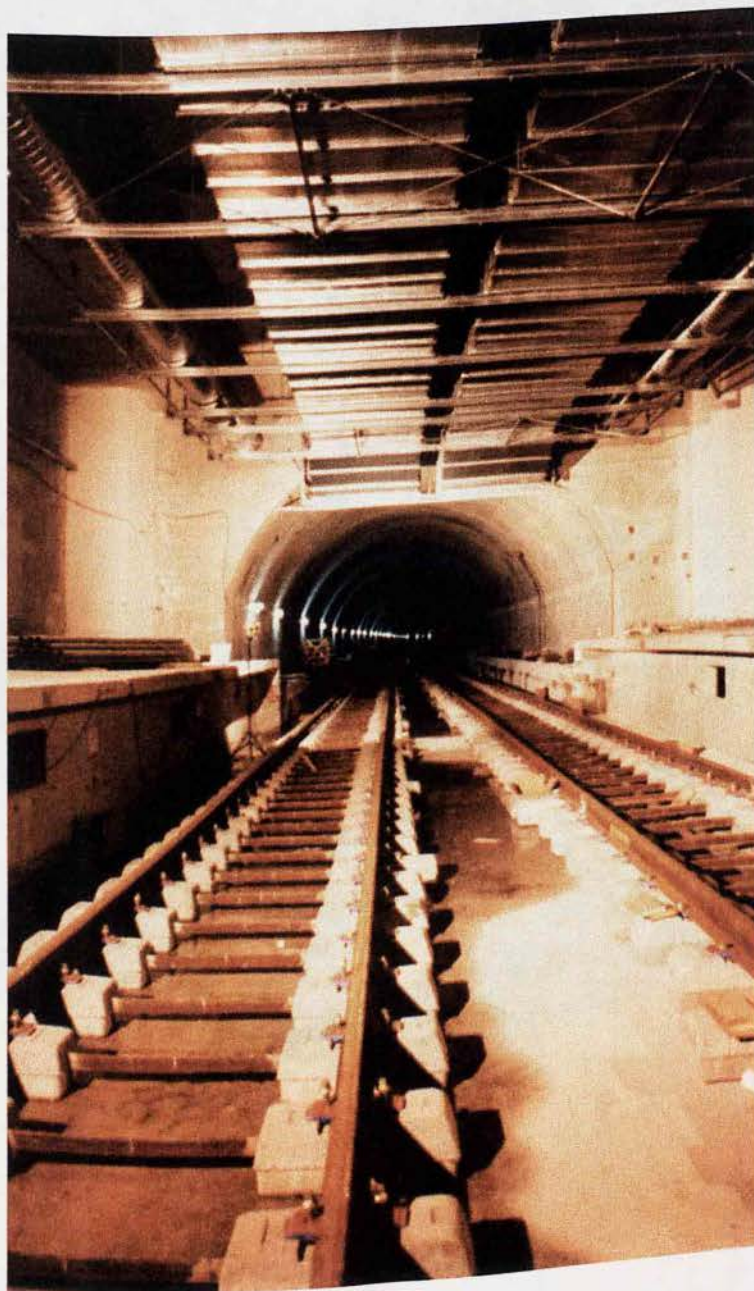
Εσωτερικό σήραγγας όπου εφαρμόζεται το εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα



Κατασκευή σιδηροδρομικού σταθμού με εφαρμογή εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος



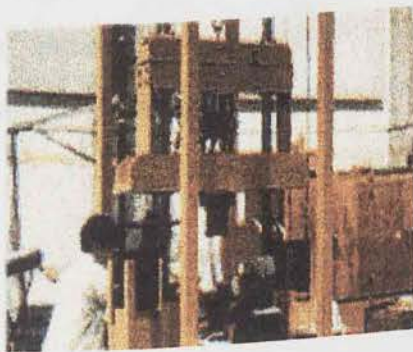
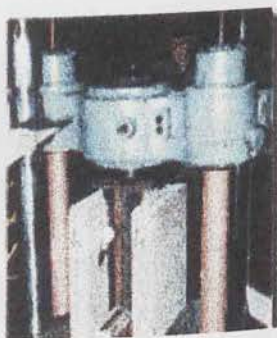
Έργα εφαρμογής εκτοξευόμενου ινοπλισμένου κυροδέματος



Έργο εφαρμογής εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος



Έργο εφαρμογής εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος (ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ)



*Δοκίμια εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος
που υποβάλλονται σε δοκιμές*

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ

1. ΜΕΞΙΚΟ



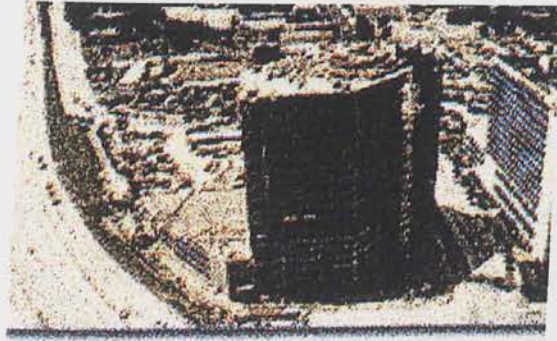
Αυτό το τεράστιο πολύροφο εμπορικό κέντρο στο Μεξικό, χρησιμοποίησε στην κατασκευή των ορόφων, στις κολώνες και στην περιοχή του πάρκινγκ, ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα προκειμένου να αποκτήσει, αντοχή και ανθεκτικότητα (με την πάροδο των χρόνων) καθώς και θλιπτική αντοχή.

2. ΑΡΙΖΟΝΑ



Παρά πολλά μίλλια καναλιών, κατασκευάζονται με ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση. Οι εργασίες ολοκληρώνονται σε πολύ λιγότερο χρόνο και μικρότερη αναπήδηση και ρωγμές δημιουργούνται (με την χρήση του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος).

3. ΦΛΟΡΙΔΑ



Το ψηλό αυτό κτίριο που στεγάζονται επιχειρήσεις, στο Ορλάντο, κατασκευάστηκε με εκτοξευόμενο ενισχυμένο σκυρόδεμα. Επιτεύχθηκε η εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος, με την χρησιμοποίηση μικρού βάρους σκυροδέματος για το τελικό φινίρισμα, με ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

4. ΚΑΝΑΛΑΣ



Η συνεισφορά του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην μείωση της διαπερατότητας του σκυροδέματος, είναι ένα πραγματικό και ουσιαστικό πλεονέκτημα στην κατασκευή δεξαμενών νερού, κοντά στο Τορόντο.

5. ΠΕΝΣΥΛΒΑΝΙΑ



Σ' αυτόν τον αυτοκινητόδρομο, κοντά στο Hershey, η διερχόμενη λωρίδα έλαβε ένα λεπτό στρώμα ινοπλισμένου σκυροδέματος (2 in ή 51 mm) επικάλυψης. Μετά από αρκετά χρόνια η λωρίδα με το ινοπλισμένο σκυρόδεμα συνέχισε να αναπτύσσει ανώτατη ικανότητα πάνω από το απλό σκυρόδεμα.

6. ΜΙΣΣΟΥΡΙ



Ο ψηλός πύργος όπου στεργάζονται γραφεία στο Μισσούρι. Η ενίσχυση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε, έγινε με ίνες. Οι τελευταίες αντικατέστησαν τα συρμάτινα μέσα ενίσχυσης και έτσι βοήθησαν στην ταχύτερη κατασκευή του έργου.

7. ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ



Ο διάδρομος του αεροδρομίου των Βρετανικών Αερογραμμών, στο αεροδρόμιο Heathrow, κατασκευάστηκε με την χρήση ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Έτσι έγινε πιο ανθεκτικό απέναντι στην επίδραση των καυσίμων που χύνονται, με σαφώς μικρότερη διαπερατότητα και μεγαλύτερη θλιπτική αντίσταση.

8. ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑ



Οι αποθήκες με ιοπλισμένο σκυρόδεμα αντικαθιστούν τα συρμάτινα πλέγματα στις πλάκες σκυροδέματος. Η χρησιμοποίηση ιοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, μειώνει την πλαστική συρρίκνωση και δημιουργία ρωγμών και αυξάνει την αντίσταση τριβής και κρούσης.

9. XABAI



Στα νησιά χρησιμοποιείται το εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα, στην κατασκευή ορόφων, επικαλύψεων, αυτοκινητόδρομων και τοίχων προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση της συρρίκνωσης και τα προβλήματα των ρωγμών.

10. ΤΕΞΑΣ



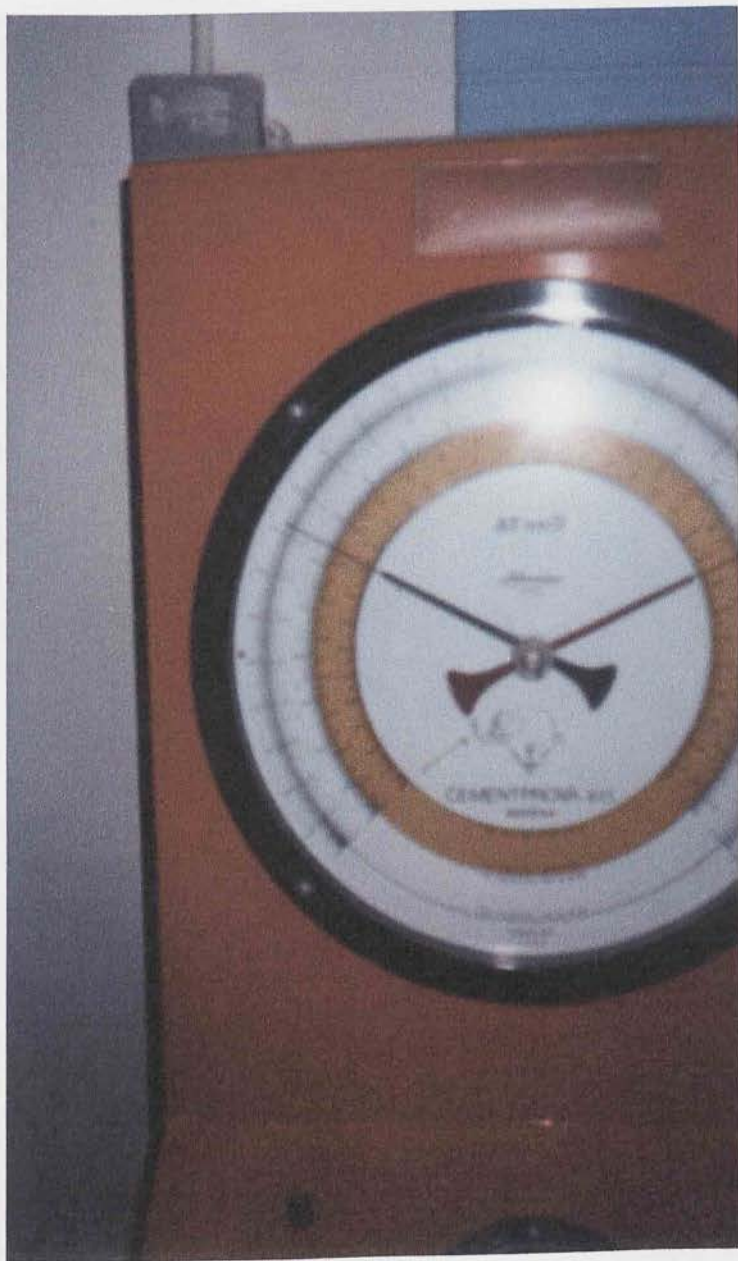
Στην κατασκευή αυτού του πύργου, στο Ντάλλας, με τους εξήντα ορόφους, χρησιμοποιήθηκε ινοπλισμένο σκυρόδεμα, σε αντικατάσταση των συρμάτινων πλεγμάτων ενίσχυσης, στα πατώματα.

Η άντληση βοήθησε στην μείωση του κατασκευαστικού χρόνου και κόστους.

Η συνεκτικότητα του εκτοξευόμενου ινοπλισμένου σκυροδέματος, είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα όταν πραγματοποιείται η άντληση.





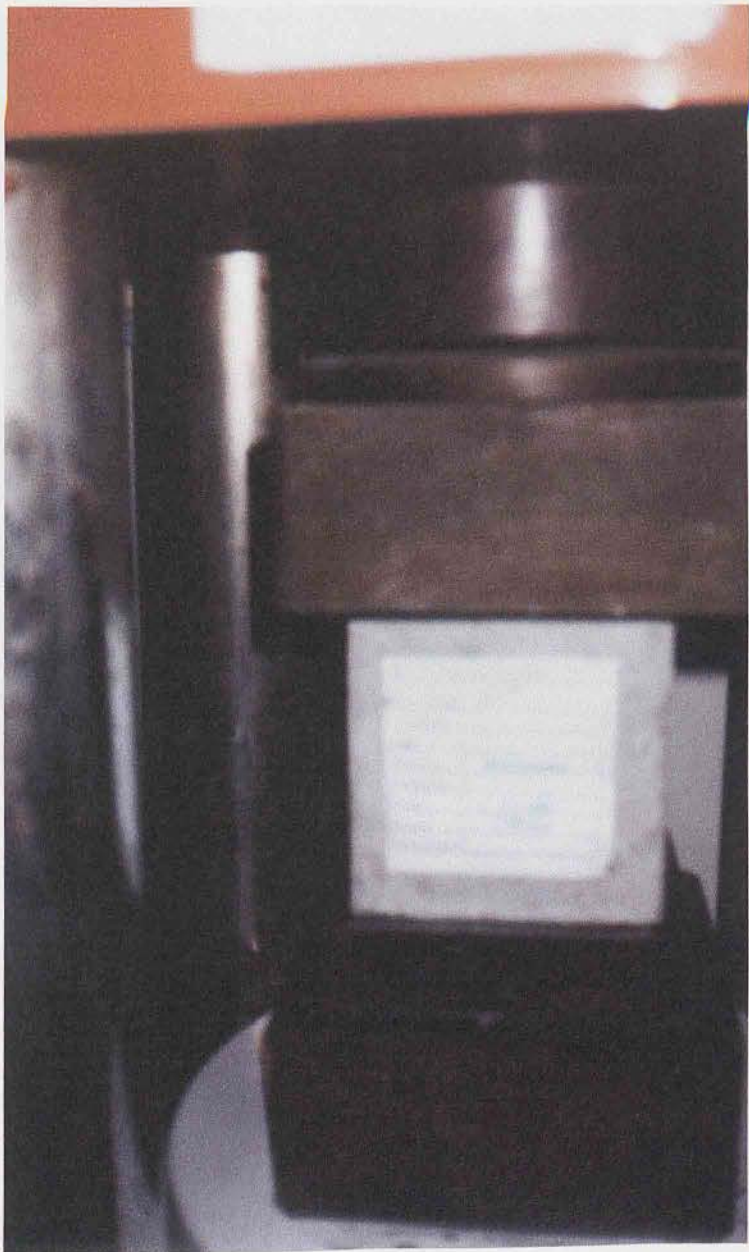




















ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΟΥ ΕΚΤΟΥ ΣΕΚΤΟΡΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΣΤΟ ΟΧΙΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ

Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. Εξοπλισμός

2. Αποθέματα

3. Χρηματοδοτήσεις

Β. ΠΡΟΒΛΗΤΕΣ

1. Προβλεπόμενα έσοδα

2. Προβλεπόμενα έξοδα

3. Προβλεπόμενα καθαρά έσοδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΧ

Γ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Ανάλυση των οικονομικών στοιχείων

2. Συμπέρασμα

Δ. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. Στοιχεία σχετικά με την κατάσταση της οικονομίας

2. Στοιχεία σχετικά με την κατάσταση της αγοράς

3. Στοιχεία σχετικά με την κατάσταση της χρηματοοικονομικής αγοράς

Ε. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΤΕΣ

1. Συμπέρασμα

2. Προβλεπόμενα έσοδα

3. Προβλεπόμενα έξοδα

4. Προβλεπόμενα καθαρά έσοδα

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΜΕΤΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Αντώνης Παπαμακάριος, Πολιτικός Μηχανικός, Ε.Μ.Π., Msc, DIC.
ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε.

Κατερίνα Βαφειίδου, Πολιτικός Μηχανικός, Α.Π.Θ., MSc.
ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Μετρό της Αθήνας είναι το μεγαλύτερο και πιο πολυσύνθετο συγκοινωνιακό έργο που κατασκευάζεται αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα. Αποτελείται από δύο νέες γραμμές συνολικού μήκους 18 km, 21 σταθμούς, 29 φρέατα αερισμού, καθώς και διάφορες άλλες κατασκευές. Η κατασκευή του άρχισε τον Νοέμβριο του 1991, και όταν το σύστημα τεθεί σε λειτουργία θα παρέχει στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας ένα δίκτυο Μετρό τριών γραμμών, συνολικού μήκους 44 km (συμπεριλαμβανομένης και της υπάρχουσας γραμμής του ΗΣΑΠ.)

Το έργο βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη και ένα 40% περίπου των εργασιών πολιτικού μηχανικού έχει ολοκληρωθεί (στοιχεία τέλους 1995).

Στο έργο ακολουθούνται οι εξής μέθοδοι κατασκευής :

- Δύο μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (TBM) διανοίγουν 11.5 km. σήραγγας διπλής τροχιάς σε βάθος 15 - 20 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.
- Εξη υπόγειοι σταθμοί και διάφορες βοηθητικές σήραγγες διανοίγονται με τη Νέα Αυστριακή Μέθοδο Διάνοιξης Σηράγγων (NATM).
- Δεκαπέντε σταθμοί, 6.5 km σήραγγας καθώκας ή όλα τα φρέατα κατασκευάζονται με τη μέθοδο του ανοικτού ορύγματος με τη χρήση αντηριδων ή αγκυρίων για την αντιστήριξη των κατακόρυφων παρειών των εκσκαφών.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται ευρύτατα στην προσωρινή αντιστήριξη των σηράγγων NATM και των παρειών των ανοικτών ορυγμάτων. Η παρούσα εργασία περιγράφει τις εφαρμογές του υλικού στο έργο του Μετρό, παρουσιάζει τα κύρια σημεία που αφορούν στις προδιαγραφές και στην μελέτη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τέλος δε αναφέρεται στα προβλήματα που έχουν παρουσιασθεί στην φάση της κατασκευής.

2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

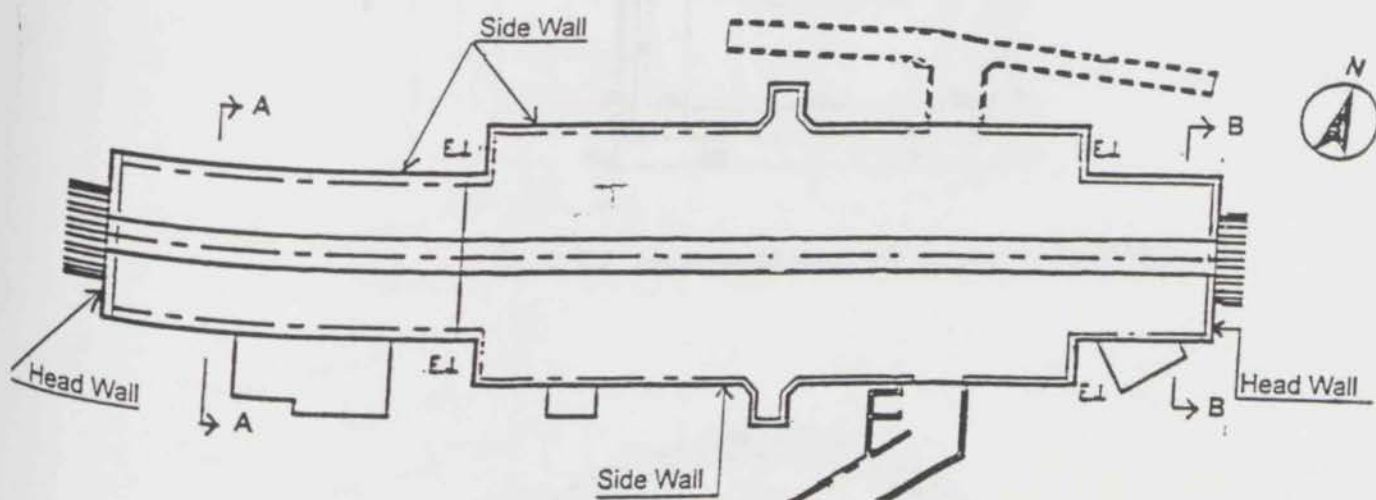
2.1. Υπόγειες Κατασκευές

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (Ε.Σ.) αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο της προσωρινής αντιστήριξης όλων των υπόγειων κατασκευών που διανοίγονται με NATM. Η αντίσταση που προσφέρεται από το Ε.Σ. μπορεί να προσαρμοσθεί στις απαιτήσεις της σήραγγας μέσω κατάλληλης εκλογής του πάχους, του αριθμού των στρώσεων και του χρόνου εφαρμογής του. Θα πρέπει να τονισθεί ότι εκτός από ένα ευέλικτο μέσο αντιστήριξης της εκσκαφής, είναι

και εκτοξεύονται μαζί με το σκυρόδεμα.

2.2 Κατασκευές Ανοικτού Ορύγματος

Στις εκσκαφές ανοικτού ορύγματος (cut and cover), το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται είτε σαν στοιχείο του συστήματος αντιστήριξης γνωστού ως "Βερολίνειος τοίχος" (Berliner Wall), είτε εφαρμοζόμενο απευθείας πάνω στο έδαφος σε συνδυασμό με αγκύρια (nailed shotcrete).



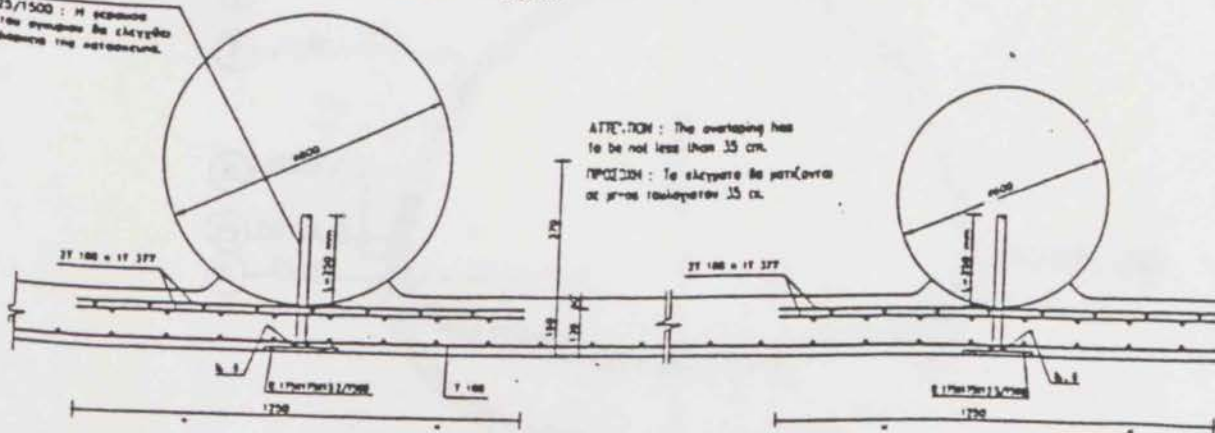
Σχήμα 2.2.1 Τυπική κάτοψη σταθμού ανοικτού ορύγματος

Στα σχήματα 2.2.3 και 2.2.4 σε μια τυπική τομή ανοικτού ορύγματος, φαίνεται ο Βερολίνειος τοίχος αποτελούμενος από πάσσλους από οπλισμένο σκυρόδεμα, αγκύρια και οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η πιο συνήθης διατομή πάσσλων στο έργο του Μετρό είναι η κυκλική με διάμετρο από 600 έως 800 mm. Οι πάσσαλοι αυτοί τοποθετούνται σε αξονική απόσταση μεταξύ τους 1.50 έως 2.00 μέτρα, τα δε αγκύρια τοποθετούμενα σε διάφορα ύψη, χρησιμεύουν για την στήριξη του τοίχου. Σε περιοχές μάλιστα όπου η εκσκαφή γίνεται ακριβώς δίπλα σε κτίρια και το έδαφος είναι κακής ποιότητας, η αντιστήριξη ενισχύεται από σιδερένιες αντηρίδες στην πλειοψηφία τους διατομής κυκλικής ή I. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, το οποίο στην περίπτωση αυτή δεν είναι απαραίτητο για την ευστάθεια του τοίχου, αφ' ενός μεν συγκρατεί τυχόν καταπτώσεις χώματος ανάμεσα στους πάσσλους, αφ' ετέρου δε διευκολύνει την τοποθέτηση της στεγανωτικής μεμβράνης στους περιμετρικούς τοίχους των σταθμών. Το πάχος του, το οποίο πρέπει να είναι αρκετό ώστε να καλύπτει τις πλάκες αγκύρωσης, κυμαίνεται από 100 έως 150 mm (Σχήμα 2.2.2).

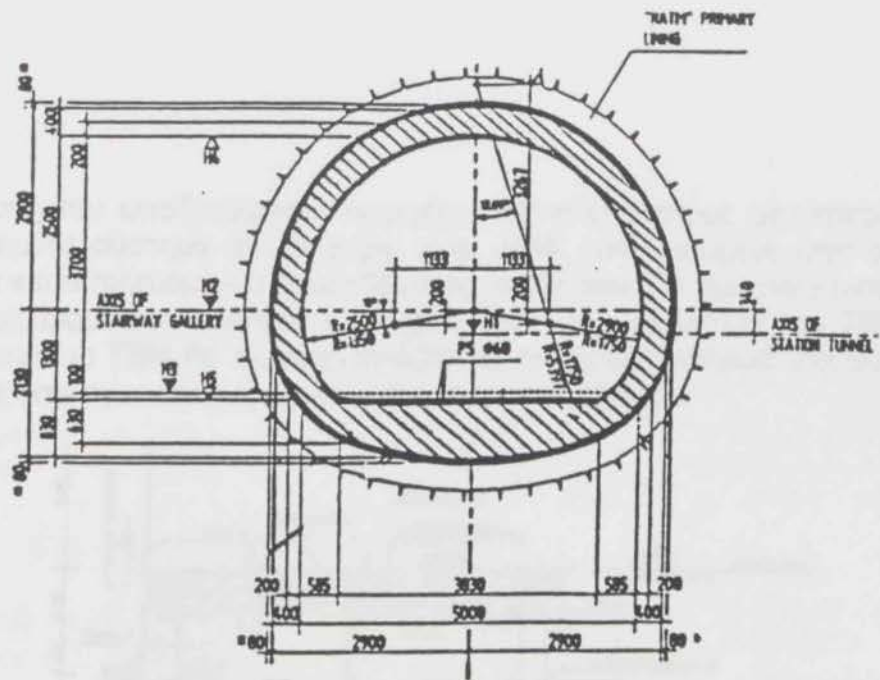
Αγκύρια $\phi 25/1500$: The anchor bearing capacity has to be checked during the construction.
Αγκύρια $\phi 25/1500$: Η φέρουσα ικανότητα του αγκύριου θα ελεγχθεί κατά την διάρκεια της κατασκευής.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ - ΟΠΛΑΣΜΟΙ ΕΠΙΧΑΛΩΣΗΣ
LINKING - DETAIL - REINFORCEMENT
Α.Α./Σ.Σ. 1/8

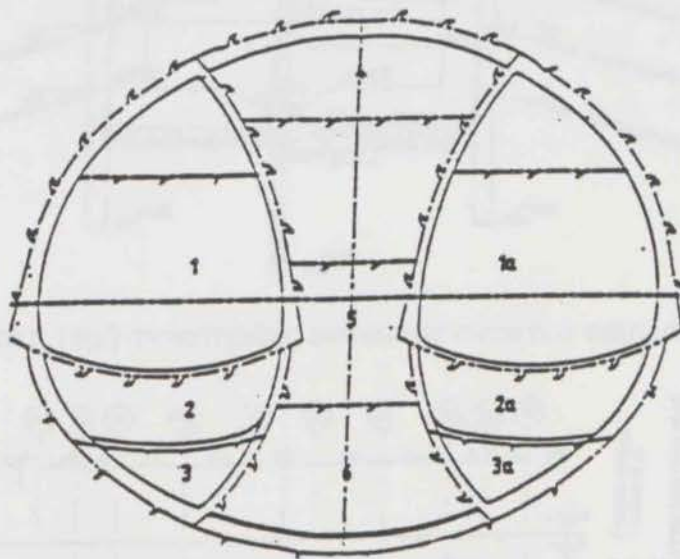
ATTENTION: The overlapping has to be not less than 35 cm.
ΠΡΟΣΟΧΗ: Το επικάλυψη θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 35 cm.



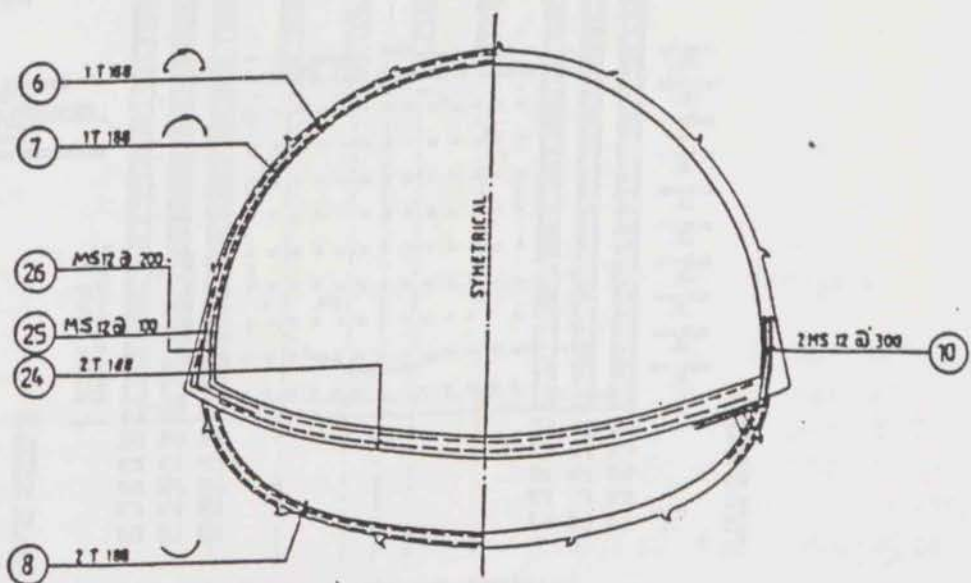
Σχήμα 2.2.2 Λεπτομέρεια οπλισμού εκτοξευόμενου σκυροδέματος



Σχ. 2.1.2. Διατομή τυπικής σήραγγας πρόσβασης.

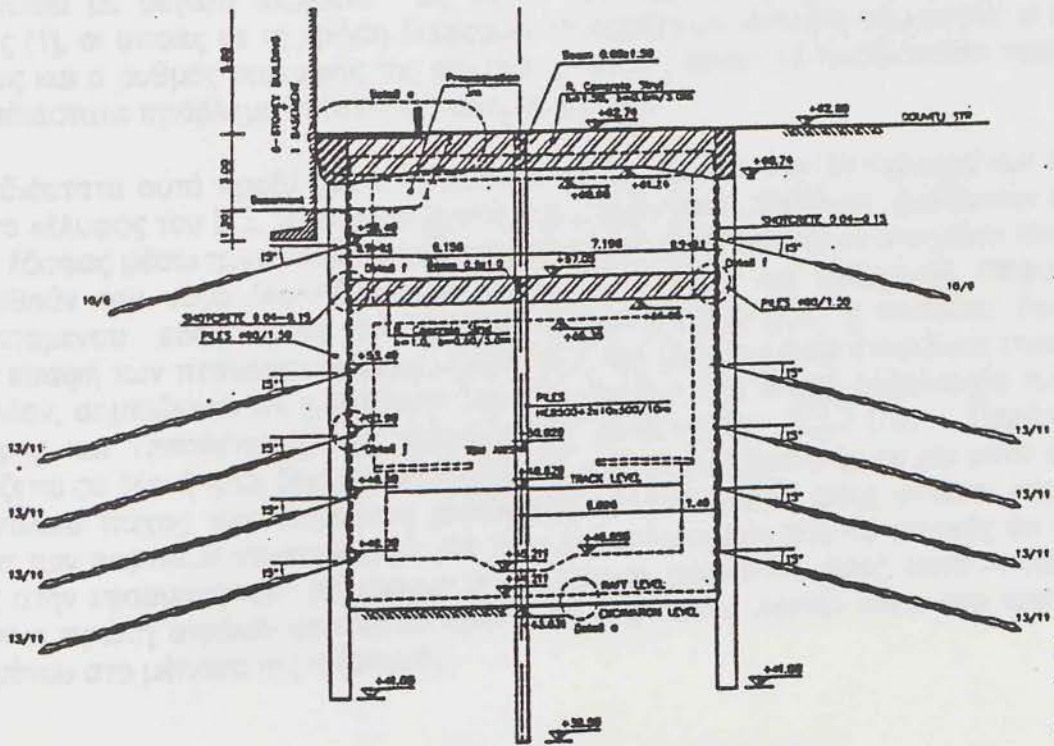


Σχ. 2.1.3. Ενδιάμεσες φάσεις εκσκαφής υπόγειου σταθμού.

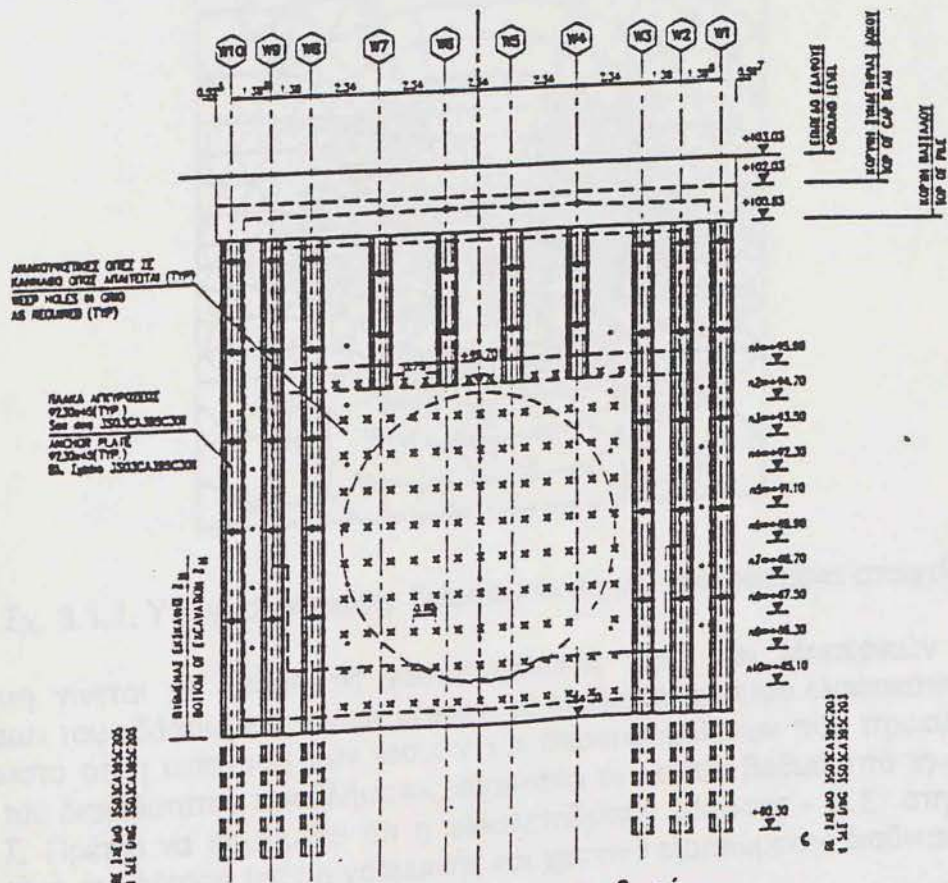


Σχ. 2.1.4. Οπλισμός υπόγειας σήραγγας.

Η δεύτερη εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος γίνεται στους μετωπικούς τοίχους των σταθμών, όπου το σύστημα αντιστήριξης είναι μικτό, αποτελούμενο από συνδυασμό Βερολίνειου τοίχου και εκτοξευόμενου σκυροδέματος με αγκύρια. Το τελευταίο αντιστηρίζει μια περιοχή κυκλική, διαμέτρου περίπου 10 μέτρων (όση και η διάμετρος του TBM) (Σχήμα 2.2.5), από την οποία το TBM θα περάσει σπάζοντάς το για να διασχίσει στη συνέχεια τον σταθμό και να συνεχίσει την εκσκαφή και κατασκευή των σηράγγων.



Σχήμα 2.2.3 Τυπική τομή αντιστήριξης εκσκαφής ανοικτού ορύγματος



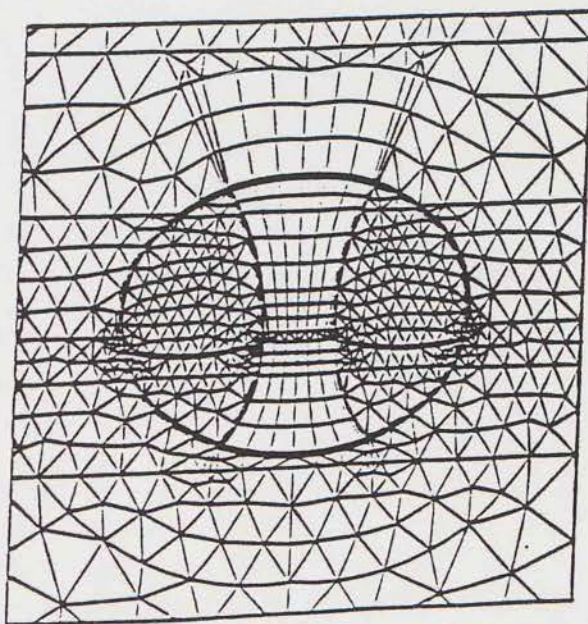
Σχήμα 2.2.4 Οψη αντιστήριξης στο μέτωπο σταθμού

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1. Υπόγειες Κατασκευές

Η συμπεριφορά του κελύφους που σχηματίζει η επένδυση από Ε.Σ. σε μια σήραγγα, η οποία περιβάλλεται από το έδαφος και υποβάλλεται στα φορτία από το έδαφος και τις υπερκείμενες κατασκευές, είναι ένα πολύπλοκο τρισδιάστατο πρόβλημα, πρακτικά αδύνατον να επιλυθεί με μεγάλη ακρίβεια. Εξ αυτού του γεγονότος έχουν αναπτυχθεί διάφορες θεωρίες [1], οι οποίες με τη χρήση διαφόρων παραμέτρων, όπως η γεωμετρία, ο τύπος του εδάφους και ο ρυθμός εκσκαφής της σήραγγας, μετατρέπουν το τρισδιάστατο πρόβλημα σε ένα δισδιάστατο πρόβλημα επίπεδης παραμόρφωσης.

Τα δισδιάστατα αυτά προβλήματα επιλύονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, όπου το κέλυφος του Ε.Σ. προσομοιώνεται μέσω γραμμικά ελαστικών ραβδωτών στοιχείων, ενώ το έδαφος μέσω τριγωνικών ή τετραπλευρικών ελαστοπλαστικών στοιχείων που ακολουθούν τον νόμο Mohr-Coulomb (Σχ.3.1.1). Λόγω της ανώμαλης επιφάνειας του εκσκαπόμενου εδάφους και του τρόπου εφαρμογής του Ε.Σ., η ανάλυση βασίζεται σε πλήρη επαφή των πεπερασμένων στοιχείων Ε.Σ. και εδάφους στην επιφάνεια επαφής τους. Επί πλέον, σημειώνεται ότι η ανάλυση λαμβάνει υπόψη την πλήρη αλληλουχία των φάσεων εκσκαφής και τοποθέτησης της προσωρινής αντιστήριξης (Σχ.3.1.2). Παρότι το Ε.Σ. εφαμόζεται σε δύο ή τρεις ξεχωριστές στρώσεις, η ανάλυση βασίζεται σε μία μόνο στρώση με το συνολικό πάχος των επιμέρους στρώσεων. Η παραδοχή αυτή μειώνει σημαντικά το πλήθος των φορτικών περιπτώσεων, και είναι δικαιολογημένη από το γεγονός ότι η διαφορά φάσης στην εφαρμογή των στρώσεων είναι λιγότερη από πέντε ώρες, κατά τη διάρκεια των οποίων η πρώτη στρώση φορτίζεται πρακτικά με μηδενικό φορτίο λόγω του τρισδιάστατου φαινομένου στο μέτωπο της σήραγγας.



Σχ. 3.1.1. Υπόγεια εκσκαφή. Προσομοίωση με πεπερασμένα στοιχεία.

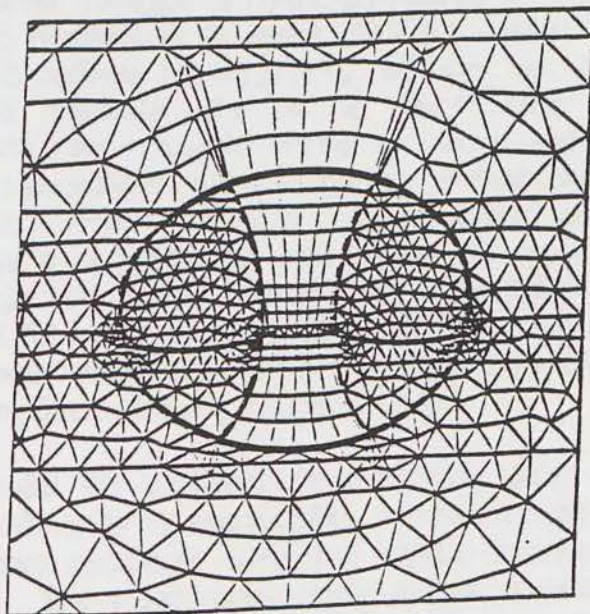
Η ανάλυση γίνεται με βάση τις χαρακτηριστικές τιμές των εξωτερικών φορτίων, των παραμέτρων του εδάφους και άλλων υλικών, με εξαίρεση το μέτρο ελαστικότητας E του Ε.Σ. Είναι γνωστό ότι η κατανομή των τάσεων και παραμορφώσεων που προκύπτει από την ανάλυση του δισδιάστατου προβλήματος, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του E για το Ε.Σ. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αλληλεπίδραση εδάφους - Ε.Σ. στην περιοχή του μετώπου είναι συνάρτηση της μη γραμμικής και χρονικά εξαρτώμενης διαδικασίας εκσκαφής.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1. Υπόγειες Κατασκευές

Η συμπεριφορά του κελύφους που σχηματίζει η επένδυση από Ε.Σ. σε μια σήραγγα, η οποία περιβάλλεται από το έδαφος και υποβάλλεται στα φορτία από το έδαφος και τις υπερκείμενες κατασκευές, είναι ένα πολύπλοκο τρισδιάστατο πρόβλημα, πρακτικά αδύνατον να επιλυθεί με μεγάλη ακρίβεια. Εξ αυτού του γεγονότος έχουν αναπτυχθεί διάφορες θεωρίες [1], οι οποίες με τη χρήση διαφόρων παραμέτρων, όπως η γεωμετρία, ο τύπος του εδάφους και ο ρυθμός εκσκαφής της σήραγγας, μετατρέπουν το τρισδιάστατο πρόβλημα σε ένα δισδιάστατο πρόβλημα επίπεδης παραμόρφωσης.

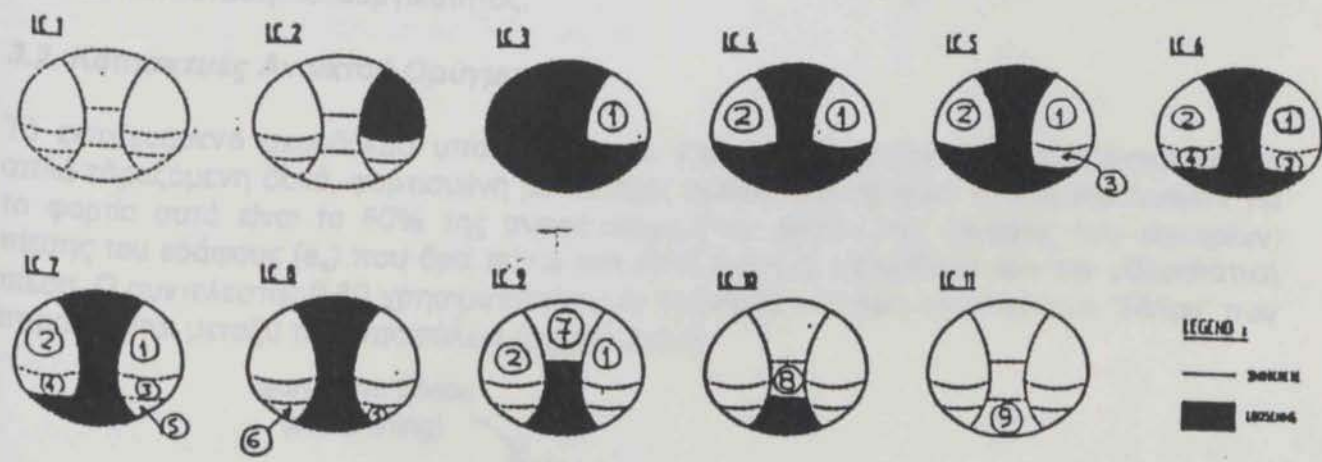
Τα δισδιάστατα αυτά προβλήματα επιλύονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, όπου το κέλυφος του Ε.Σ. προσομοιώνεται μέσω γραμμικά ελαστικών ραβδωτών στοιχείων, ενώ το έδαφος μέσω τριγωνικών ή τετράπλευρικών ελαστοπλαστικών στοιχείων που ακολουθούν τον νόμο Mohr-Coulomb (Σχ.3.1.1). Λόγω της ανώμαλης επιφάνειας του εκσκαπόμενου εδάφους και του τρόπου εφαρμογής του Ε.Σ., η ανάλυση βασίζεται σε πλήρη επαφή των πεπερασμένων στοιχείων Ε.Σ. και εδάφους στην επιφάνεια επαφής τους. Επί πλέον, σημειώνεται ότι η ανάλυση λαμβάνει υπόψη την πλήρη αλληλουχία των φάσεων εκσκαφής και τοποθέτησης της προσωρινής αντιστήριξης (Σχ.3.1.2). Παρότι το Ε.Σ. εφαμόζεται σε δύο ή τρεις ξεχωριστές στρώσεις, η ανάλυση βασίζεται σε μία μόνο στρώση με το συνολικό πάχος των επιμέρους στρώσεων. Η παραδοχή αυτή μειώνει σημαντικά το πλήθος των φορτικών περιπτώσεων, και είναι δικαιολογημένη από το γεγονός ότι η διαφορά φάσης στην εφαρμογή των στρώσεων είναι λιγότερη από πέντε ώρες, κατά τη διάρκεια των οποίων η πρώτη στρώση φορτίζεται πρακτικά με μηδενικό φορτίο λόγω του τρισδιάστατου φαινομένου στο μέτωπο της σήραγγας.



Σχ. 3.1.1. Υπόγεια εκσκαφή. Προσομοίωση με πεπερασμένα στοιχεία.

Η ανάλυση γίνεται με βάση τις χαρακτηριστικές τιμές των εξωτερικών φορτίων, των παραμέτρων του εδάφους και άλλων υλικών, με εξαίρεση το μέτρο ελαστικότητας E του Ε.Σ. Είναι γνωστό ότι η κατανομή των τάσεων και παραμορφώσεων που προκύπτει από την ανάλυση του δισδιάστατου προβλήματος, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του E για το Ε.Σ. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αλληλεπίδραση εδάφους - Ε.Σ. στην περιοχή του μετώπου είναι συνάρτηση της μη γραμμικής και χρονικά εξαρτώμενης διαδικασίας εκσκαφής.

Η προσομοίωση αυτού του φαινομένου θα απαιτούσε πολύπλοκους καταστατικούς νόμους, σε συνδυασμό με ολοκλήρωση στο χρόνο, που προφανώς είναι μια χρονοβόρα και αντιοικονομική διαδικασία. Από την διεθνή βιβλιογραφία [2] προκύπτει ότι η χρήση ενός μειωμένου μέτρου ελαστικότητας $E=7,000 \text{ Mpa}$ οδηγεί σε ρεαλιστικά αποτελέσματα. Η τιμή αυτή, συγκρινόμενη με το $E_{28}=30,000 \text{ Mpa}$, εμπεριέχει την επιρροή της ανάπτυξης αντοχής και ερπυσμού για το Ε.Σ. καθώς και της χρονικής εξέλιξης των φορτίων πάνω σε αυτό.



Σχ. 3.1.2. Περιπτώσεις φορτίσεων για την ανάλυση εκσκαφής με πεπερασμένα στοιχεία.

Η ανωτέρω ανάλυση δίνει μια εκτίμηση των αναμενόμενων συγκλίσεων μέσα στη σήραγγα καθώς και των καθιζήσεων στην επιφάνεια. Η ίδια ανάλυση δίνει τις δυνάμεις και ροπές μέσα στο Ε.Σ., οι οποίες στην συνέχεια πολλαπλασιάζονται επί τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (Ο.Κ.Α.), ώστε να προκύψουν οι δράσεις σχεδιασμού και να ακολουθήσει ο έλεγχος της διατομής και η εύρεση του απαιτούμενου οπλισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι για τις περιπτώσεις υπόγειων κατασκευών, ο Ευροκώδικας 7 προβλέπει ότι τα φορτία πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί τους επιμέρους συντελεστές πριν από την ανάλυση, ώστε οι δράσεις σχεδιασμού να λαμβάνονται κατευθείαν από τα αποτελέσματα. Αυτή η απαίτηση θα οδηγούσε σε διπλασιασμό του όγκου υπολογισμών, καθόσον η εκτίμηση των καθιζήσεων και συγκλίσεων θα απαιτούσε μια πρόσθετη ανάλυση με επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ.) ίσους με τη μονάδα. Κάτι τέτοιο δεν κρίθηκε απαραίτητο, διότι μετά από εξέταση τυπικών παραδειγμάτων διαπιστώθηκε ότι η διαφορά στα εντατικά μεγέθη που λαμβάνονται από τις δυο μεθόδους είναι πολύ μικρή.

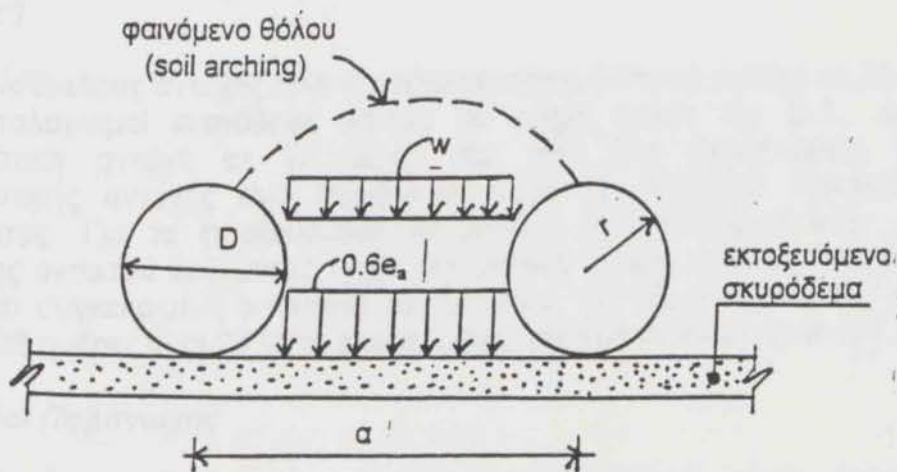
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις όπου η ανωτέρω δισδιάστατη προσομοίωση δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί. Η αλληλοτομία της σήραγγας του κυρίως σταθμού με την σήραγγα κλιμάκων είναι ένα τυπικό παράδειγμα όπου απαιτείται μια τρισδιάστατη ανάλυση. Στις περιπτώσεις αυτές γίνεται προσομοίωση με πεπερασμένα στοιχεία μόνον του κελύφους, ενώ το περιβάλλον έδαφος αντικαθίσταται από ελατήρια κατάλληλης ελαστικής σταθεράς. Η μελέτη τέτοιων αλληλοτομιών οδηγεί συνήθως σε αύξηση του πάχους του κυρίως κελύφους στην περιοχή αυτή και σε τοποθέτηση πρόσθετου οπλισμού γύρω από το άνοιγμα.

Ο σχεδιασμός των διατομών και η εύρεση του οπλισμού γίνεται με βάση τον Νέο Ελληνικό Κανονισμό Σκυροδέματος (ΦΕΚ 227/27.03.95) ή το Γαλλικό Κανονισμό BAEL 83. Η συνήθης περίπτωση είναι αυτή κατά την οποία η αξονική θλίψη είναι αρκετά μεγάλη ώστε σε συνδυασμό με τη σχετικά μικρή καμπτική ροπή να οδηγεί σε απαίτηση μηδενικού οπλισμού, οπότε κατασκευαστικά τίθεται σαν ελάχιστο ένα πλέγμα T188 ανά παρεία. Στις περιπτώσεις

βέβαια γωνιών, σημαντικών αλλαγών καμπυλότητας της διατομής ή επίπεδων πλευρών, η καμπτική ένταση είναι σημαντική και έτσι προκύπτει η ανάγκη πρόσθετου οπλισμού με τη μορφή ράβδων. Σύμφωνα με τα Κριτήρια Μελέτης η επικάλυψη του οπλισμού για το Ε.Σ. είναι 15mm. Σημειώνεται επίσης ότι γίνεται πάντοτε ο έλεγχος σε διάτμηση, αλλά ποτέ δεν οδηγεί σε ανάγκη τοποθέτησης οπλισμού διάτμησης. Τέλος σημειώνεται ότι επειδή το Ε.Σ. είναι μόνον ένα στοιχείο προσωρινής αντιστήριξης, η ύπαρξη του οποίου αγνοείται στατικά μετά την τοποθέτηση της μόνιμης κατασκευής, δεν γίνεται κανένας έλεγχος των διατομών σε Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας.

3.2. Κατασκευές Ανοικτού Ορύγματος

Τό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υποβάλλεται σε κάμψη και στατικά προσομοιώνεται με μία απλά εδραζόμενη δοκό, φορτισμένη με συνεχές ομοιόμορφο φορτίο. Η τιμή σχεδιασμού για το φορτίο αυτό είναι το 60% της ανακατανεμημένης (λόγω της ύπαρξης των αγκυρίων) πίεσης του εδάφους (e_a) που δρά πάνω στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα συν την υδροστατική πίεση. Ο συντελεστής 0.60 χρησιμοποιείται για να ληφθεί υπ' όψη το φαινόμενο "θόλου" που παρατηρείται μεταξύ των πασσάλων (σχήμα 3.2.1).



Σχήμα 3.2.1 Φορτία εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Η προκύπτουσα μέγιστη ροπή στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα τότε δίδεται από τον τύπο:

$$\max M = (0.60e_a + w) (a - d)^2 / 8$$

ενώ οι αντιδράσεις από τον τύπο:

$$F = (0.60e_a + w) (a - D) f$$

Η αντίδραση αυτή παραλαμβάνεται από μία μεταλλική πλάκα πάνω στην οποία είναι συγκολλημένη σιδερένια ράβδος διαμέτρου 25 mm (χάλυβας S500) στερεωμένη μέσα στον πάσσαλο με εποξική ρητίνη. Η κατακόρυφη απόσταση δύο τέτοιων πλακών συμβολίζεται με το γράμμα f .

Επι πλέον στο έργο του Μετρό των Αθηνών επιτράπηκε η μείωση του συντελεστή ασφαλείας κατά 20% σε όλη την χρονική διάρκεια εκσκαφής με την προϋπόθεση ότι θα προτείνεται μια αποτελεσματική μέθοδος αποκατάστασης και θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα άμεσης εφαρμογής της όπου εμφανισθεί παραμόρφωση μεγαλύτερη του κανονικού ή άλλες ενδείξεις υπερβολικής καταπόνησης. Έτσι τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού γίνονται:

$$M_d = \gamma (0.80 \max M) \text{ και } F_d = \gamma (0.80 F)$$

Η ροπή σχεδιασμού χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του απαιτούμενου οπλισμού του

εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Η απαιτούμενη απόσταση f υπολογίζεται έτσι ώστε η προκύπτουσα τιμή της F_d να είναι μικρότερη από:

- α) την αντοχή της εποξικής ρητίνης
- β) το φορτίο που μπορεί να αναλάβει η ράβδος $\Phi 25$ και
- γ) το μέγιστο φορτίο (DIN 18800) που μπορεί να μεταφέρει η συγκόλληση της ράβδου επάνω στην σιδερένια πλάκα.

Τέλος, υπολογίζεται η αντοχή σε διάτρηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος γυρω από την σιδερένια πλάκα.

4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση των προδιαγραφών προς τις οποίες πρέπει να συμμορφώνεται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στο έργο.

4.1. Αντοχή

Η κύρια παράμετρος αντοχής είναι η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σε 28 ημέρες. Ωστόσο, εάν οι υπολογισμοί ευστάθειας γίνουν σε νεαρή ηλικία του Ε.Σ., ορίζεται επιπλέον χαρακτηριστική αντοχή σε 24 ώρες. Και στις δύο περιπτώσεις, ο ορισμός της χαρακτηριστικής αντοχής είναι σύμφωνος προς τον Ελληνικό Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στις κατασκευές αντιστήριξης ανοικτού ορύγματος, η χαρακτηριστική αντοχή σε 28 ημέρες είναι 20 MPa, ενώ δεν υπάρχει συγκεκριμένη απαίτηση για 24 ώρες. Για σήραγγες NATM, η χαρακτηριστική αντοχή σε 28 ημέρες είναι 25 MPa, ενώ η αντίστοιχη τιμή σε 24 ώρες είναι 7 MPa.

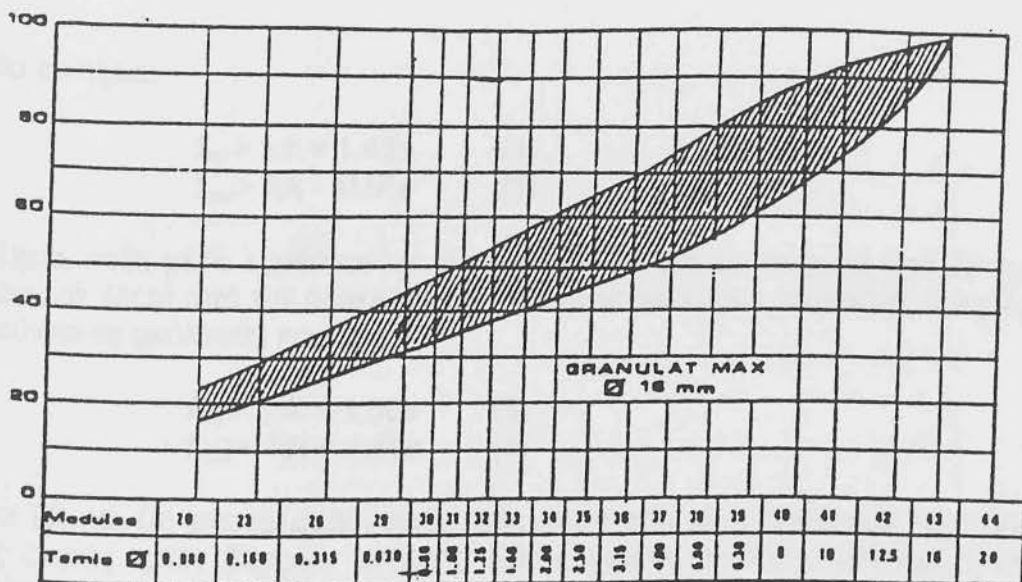
4.2. Μέθοδοι Παραγωγής

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να παραχθεί με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

- Μέθοδος Ξηρής Ανάμιξης
- Μέθοδος Ημίξηρης Ανάμιξης
- Μέθοδος Υγρής Ανάμιξης

4.3. Υλικά που Χρησιμοποιούνται για το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα

- Τσιμέντο. Συμμορφώνεται προς τις απαιτήσεις του Προεδρικού Διατάγματος 244/29.02.80 (ΦΕΚ 69Α/28.03.80). Η ελάχιστη απαιτούμενη αρχική περιεκτικότητα σε τσιμέντο είναι 350 kg/m³.
- Αδρανή. Είναι φυσικά ή θραυστά και συμμορφώνονται προς τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ 408. Η κοκκομετρική διαβάθμιση ($\max d = 16\text{mm}$) είναι σύμφωνη προς τις καμπύλες των Γαλλικών Συστάσεων AFTES (Σχ. 4.3.1.).
- Νερό. Συμμορφώνεται προς το Πρότυπο ΕΛΟΤ 345.



Σχ.4.3.1. Κοκκομετρική καμπύλη αδρανών.

4.4. Πρόσμικτα

Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ενυδάτωσης του τσιμέντου, προσδίδοντας έτσι μεγαλύτερη ευελιξία στη χρήση του Ε.Σ. και μειώνοντας την απώλεια υλικού. Ο σταθεροποιητής χρησιμοποιείται στη μέθοδο υγρής ή ημίξηρης ανάμιξης σε αναλογίες που καθορίζονται από εργαστηριακές δοκιμές σύνθεσης για τους διάφορους χρόνους σταθεροποίησης. Συνήθως, η ποσότητα του σταθεροποιητή κυμαίνεται μεταξύ 1% και 2.5% του βάρους του τσιμέντου για χρόνους σταθεροποίησης μεταξύ 12 και 48 ωρών. Ο επιταχυντής, που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 3% και 8% του βάρους του τσιμέντου, χρησιμοποιείται και στις τρεις μεθόδους παραγωγής και προστίθεται στο ακροφύσιο κατά την εκτόξευση. Η ορθή επιλογή του επιταχυντή για το δεδομένο τσιμέντο αξιολογείται από το εργαστήριο με τη χρήση βελόνης Vicat. Σε γενικές γραμμές, κάθε πρόσμικτο πρέπει να συμμορφώνεται προς το Πρότυπο ASTM C494.

4.5. Συντήρηση

Στα υπόγεια έργα, η φυσική συντήρηση στην υγρή ατμόσφαιρα της σήραγγας θεωρείται επαρκής, και επομένως, δεν λαμβάνεται κανένα πρόσθετο μέτρο συντήρησης. Στην περίπτωση εκσκαφών ανοικτού ορύγματος, η ορθή συντήρηση εξασφαλίζεται με κάλυψη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με πλαστικά φύλλα, υγρές λινάτσες ή με κατάβρεγμα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τουλάχιστον 7 ημέρες μετά από την εκτόξευση.

4.6. Δοκιμές κατά το Στάδιο Κατασκευής

- **Δοκιμές Κάθισης.** Σχετίζονται μόνο με τη μέθοδο υγρού τύπου, όπου η κάθιση μετράται μετά από σύντομη ανασύνθεση, προκειμένου να ελεγχθεί ότι δεν έχει αρχίσει η πήξη στη δεξαμενή εναπόθεσης. Εάν η κάθιση μετρηθεί κάτω από 50mm το μίγμα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος απορρίπτεται.
- **Δοκιμές Αντοχής.** Τα δοκίμια λαμβάνονται από πυρηνοληψίες στην επιφάνεια εκτόξευσης ή σε ξύλινα κιβώτια διαστάσεων 600 * 600 * 150 mm, που έχουν πληρωθεί υπό τις ίδιες συνθήκες με αυτές της κατασκευής. Για κάθε μελέτη σύνθεσης, η αλληλουχία δοκιμών είναι η εξής:

Στην αρχή, τα πρώτα 12 δοκίμια που λαμβάνονται στην παραγωγή πρέπει να πληρούν τα

ακόλουθα κριτήρια:

$$f_m > f_{ck} + 1,43s \quad (1)$$

$$f_{min} > f_{ck} - 4\text{MPa} \quad (2)$$

Στη συνέχεια, κάθε μέρα λαμβάνονται τρία δοκίμια και ελέγχονται μετά από 28 ημέρες από την παραγωγή. Μετά από την ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων σειράς 36 δοκιμών, πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα κριτήρια:

$$f_{m3} > f_{ck} + 1,60s \quad (3)$$

$$f_{m36} > f_{ck} + 1,50s \quad (4)$$

Οι έλεγχοι (3) και (4) επαναλαμβάνονται κάθε φορά που είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα μιας νέας σειράς τριών δοκιμών αντοχής. Εάν η μελέτη σύνθεσης αλλάξει, η παραπάνω αλληλουχία δοκιμών σταματά και μια νέα αλληλουχία ξεκινά από την αρχή. Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω συμβολισμοί:

f_{ck}	χαρακτηριστική αντοχή
s	τυπική απόκλιση
f_m	μέση αντοχή 12 δοκιμών
f_{m3}	μέση αντοχή των τελευταίων 3 δοκιμών
f_{m36}	μέση τιμή του μέσου όρου αντοχών των τελευταίων 3 δοκιμών (f_{m3}) και του μέσου όρου αντοχών των προηγούμενων 33 δοκιμών.

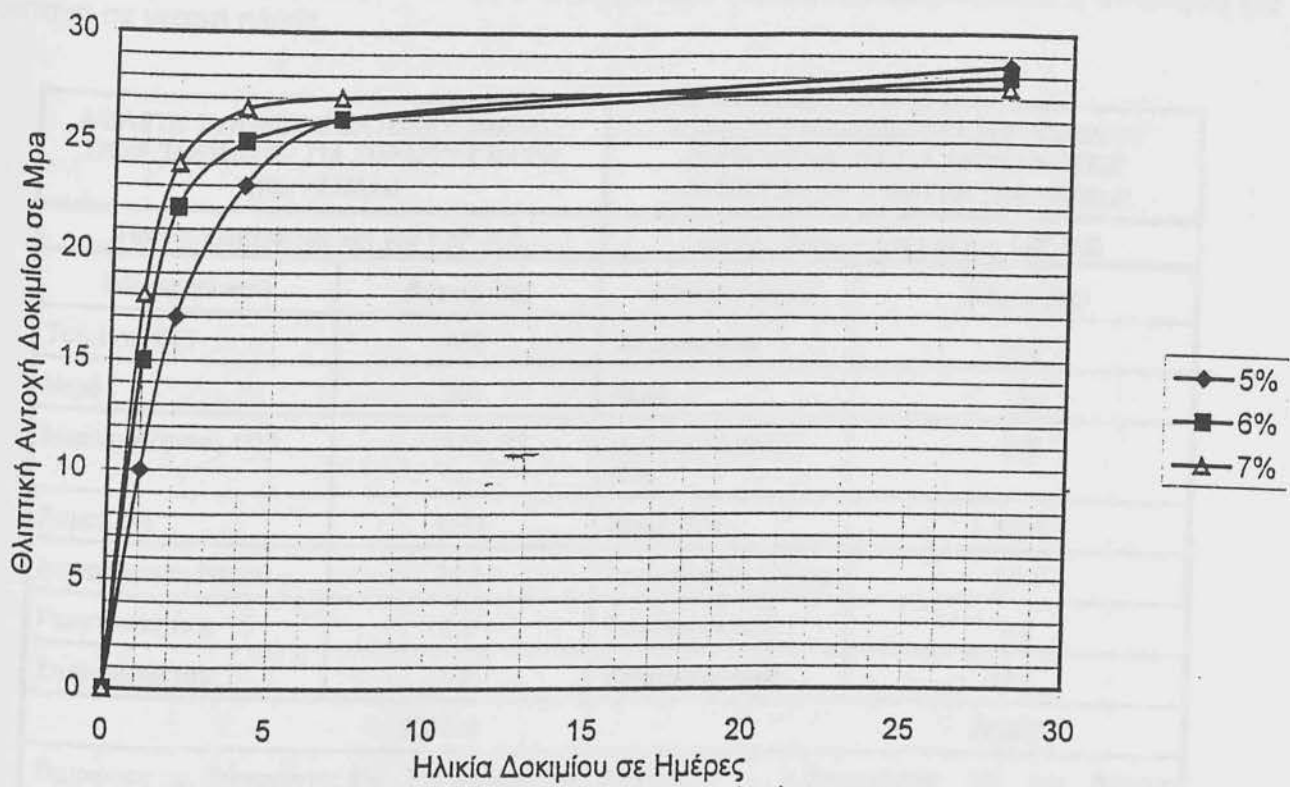
5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

5.1. Δοκιμαστικές Συνθέσεις

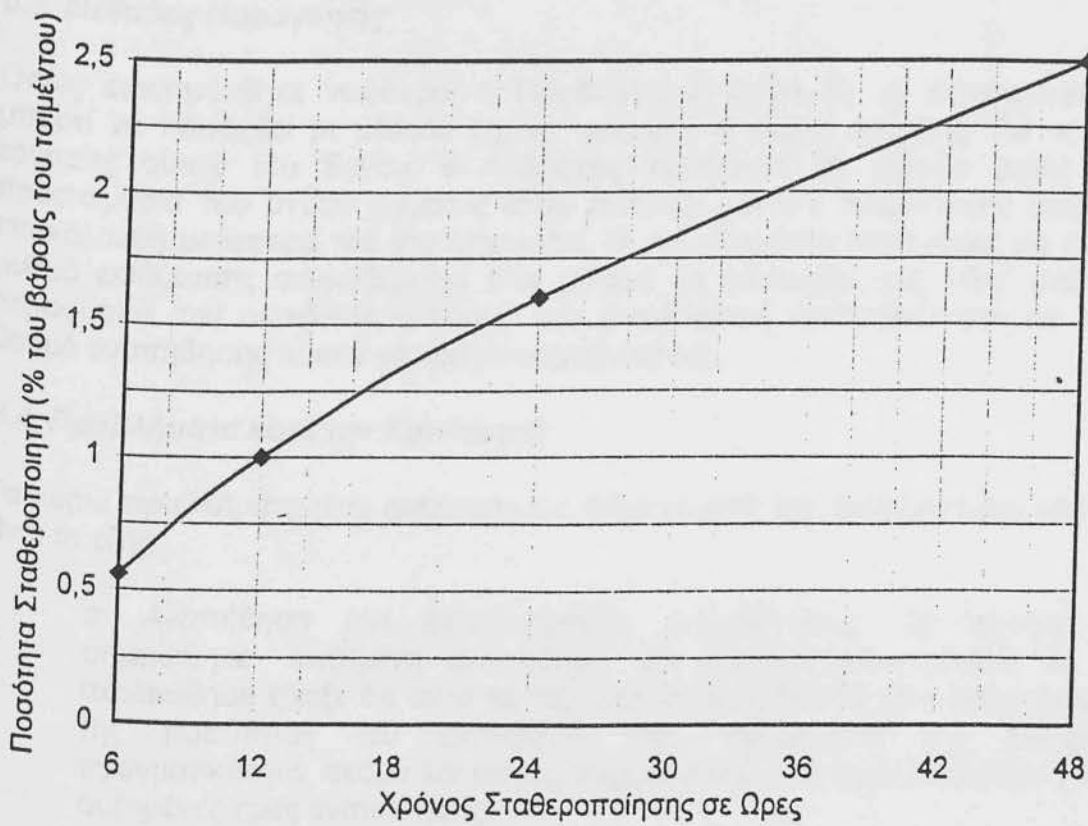
Πριν αρχίσει οποιαδήποτε εφαρμογή Ε.Σ. στο εργοτάξιο ετοιμάσθηκαν μερικές δοκιμαστικές συνθέσεις και στην συνέχεια ελέγχθηκαν, προκειμένου να επιτευχθούν οι συνθέσεις που πληρούν όλες τις απαιτήσεις οι οποίες καθορίζονται από την σχετική Προδιαγραφή (Κεφ. 4). Η θλιπτική αντοχή, η κάθιση, η επίδραση του επιταχυντή στην αύξηση της αντοχής (Σχ. 5.1.1) και η σχέση μεταξύ δόσης σταθεροποιητή και χρόνου σταθεροποίησης (Σχ. 5.1.2) περιλαμβάνονται στα ζητήματα που διερευνήθηκαν με τις δοκιμαστικές συνθέσεις. Αξίζει να επισημανθεί η σημαντική επίδραση της δόσης του επιταχυντή στην αύξηση της αντοχής σε νεαρή ηλικία. Η αντίστοιχη μικρή μείωση που σημειώνεται στην αντοχή των 28 ημερών δεν αποτέλεσε παράγοντα αποφασιστικής σημασίας για την επιλογή των οριστικών συνθέσεων.

5.2. Μελέτη Σύνθεσης

Ο Πίνακας 5.2.1 δείχνει μία τυπική μελέτη σύνθεσης για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές NATM καθώς επίσης και μια τυπική μελέτη σύνθεσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την αντιστήριξη εκσκαφών ανοικτού ορύγματος. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι η σύνθεση που αντιστοιχεί σε εργασίες NATM περιέχει την απαραίτητη ποσότητα σταθεροποιητή ώστε να εξασφαλίζει χρόνο σταθεροποίησης 24 ωρών, επειδή το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να είναι διαθέσιμο επιτόπου καθόλη τη διάρκεια της συνεχούς διάνοιξης της σήραγγας. Από την άλλη πλευρά, σε εκσκαφές ανοικτού ορύγματος ο χρονικός προγραμματισμός των εργασιών και η ποσότητα του απαιτούμενου εκτοξευόμενου σκυροδέματος ελέγχονται πολύ περισσότερο, και συνεπώς η δόση του σταθεροποιητή είναι πολύ μικρότερη προκειμένου να επιτευχθεί χρόνος σταθεροποίησης μεταξύ 6 και 12 ωρών. Όσον αφορά στην ποσότητα του επιταχυντή, στη σύνθεση NATM περιέχεται τουλάχιστον σε ποσοστό 5% του βάρους του τσιμέντου προκειμένου να επιτευχθεί η υψηλή αντοχή σε νεαρή ηλικία που απαιτείται για την ευστάθεια



Σχήμα 5.1.1 : Επιρροή ποσότητας επιταχυντή (% του βάρους του τσιμέντου) στην ανάπτυξη θλιπτικής αντοχής δοκιμίου



Σχήμα 5.1.2 : Επιρροή ποσότητας σταθεροποιητή στην περίοδο σταθεροποίησης του μίγματος

μιας σήραγγας. Η χαμηλή περιεκτικότητα επιταχυντή στη σύνθεση ανοικτού ορύγματος αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι σε αυτό το μίγμα έχει πολύ μικρότερη σημασία η απαίτηση για αντοχή σε νεαρή ηλικία.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΝΑΤΜ (fck =25Μpa)		ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΟΡΥΓΜΑΤΩΝ (fck =20Μpa)	
Βάρος Υλικών (σε kg) για 1 Μ ³ Ε.Σ.		Βάρος Υλικών (σε kg) για 1 Μ ³ Ε.Σ.	
Τύπος Υλικού	Βάρος (kg)	Τύπος Υλικού	Βάρος (kg)
Τσιμέντο Ι/45	450	Τσιμέντο Ι/45	400
Νερό	202	Νερό	192
Μεσαία Αδρανή 4/16	508	Μεσαία Αδρανή 4/16	539
Άμμος 0/4	1173	Άμμος 0/4	1244
Απορρόφηση Νερού	26.2	Απορρόφηση Νερού	24.3
Ρευστοποιητικό	3.6	Ρευστοποιητικό	3.2
Σταθεροποιητής	7.2	Σταθεροποιητής	2.5
2370.0		2405.0	
Σημειώσεις : α. Επιταχυντής 5% - 7% βάρους του τσιμέντου β. Θεωρητικός συντελεστής νερού/τσιμέντου $202/450=0.45$ γ. Συνολικός συντελεστής νερού/τσιμέντου $(202+26.2)/450=0.51$		Σημειώσεις : α.Επιταχυντής 3% του βάρους του τσιμέντου β. Θεωρητικός συντελεστής νερού/ τσιμέντου $192/400=0.48$ γ. Συνολικός συντελεστής νερού/τσιμέντου $(192+24.3)/400=0.54$	

Πιν. 5.2.1. Μελέτες σύνθεσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος

5.3. Μέθοδος Παραγωγής

Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα, η Προδιαγραφή ορίζει ότι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να παραχθεί με μέθοδο ξηρής, ημίξηρης ή υγρής ανάμιξης. Για τις περισσότερες εργασίες αυτού του Έργου, ο Ανάδοχος προτίμησε τη μέθοδο υγρής ανάμιξης, με προετοιμασία του υγρού μίγματος στην κεντρική μονάδα παρασκευής σκυροδέματος και επακόλουθη μεταφορά του στο εργοτάξιο. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε για τον μεγαλύτερο ρυθμό εκτόξευσης σκυροδέματος που μπορεί να επιτευχθεί (ως 10m³ ανα ώρα και ανά ακροφύσιο), τον ακριβέστερο έλεγχο του συντελεστού νερού/τσιμέντου και τον μικρότερο βαθμό αναπήδησης υλικού και σχηματισμού σκόνης.

5.4. Προβλήματα κατά την Κατασκευή

Τα κύρια προβλήματα που ανέκυψαν ως σήμερα από την εφαρμογή του υλικού στο Έργο είναι τα εξής:

α. *Αναπήδηση του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος.* Σε πολλές περιπτώσεις σημειώθηκε αυξημένη αναπήδηση του εκτοξευόμενου υλικού. Η έρευνα που ακολούθησε έδειξε ότι αυτά τα περιστατικά συνδέονταν με τυχαίες διαφοροποιήσεις της ποσότητας του επιταχυντή που προστίθεται στο ακροφύσιο. Στην πραγματικότητα, ακόμα και μικρές παρεκκλίσεις από τη βέλτιστη δόση κατέληξαν σε αυξημένες τιμές αναπήδησης.

β. *Συνέχεια του Οπλισμού.* Η δυσκολία επίτευξης της απαιτούμενης συνέχειας του οπλισμού στις ενώσεις μεταξύ των διαφόρων φάσεων αποτελεί ένα συνηθισμένο πρόβλημα στις εκσκαφές NATM που εκτελούνται σε πολλές φάσεις (Σχ. 2.1.4). Η γωνιακή ράβδος Αρ.10 θα πρέπει να κάμπτεται και να χρησιμοποιείται ως ράβδος υπερκάλυψης (μάτισμα) μεταξύ των οπλισμών των δύο φάσεων, εξασφαλίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη συνέχεια του οπλισμού σε ολόκληρη την πλευρά. Εν τούτοις, στην πράξη αυτό αποδείχθηκε μάλλον δύσκολο εξαιτίας του γεγονότος ότι η καμπτόμενη ράβδος καταστράφηκε από τα μηχανήματα εκσκαφής κατά την δεύτερη φάση της διάνοιξης. Η λύση που εφαρμόστηκε για το πρόβλημα αυτό ήταν να τοποθετηθούν γωνιακές ράβδοι με το δεύτερο σκέλος τους κατά μήκος του άξονα της σήραγγας (δηλαδή κάθετα στο σχήμα). Αυτό μετρίασε το πρόβλημα ως ένα βαθμό, αλλά ορισμένες ράβδοι εξακολουθούσαν να καταστρέφονται.

γ. *Επικάλυψη Οπλισμού.* Η τιμή που ορίζεται στην προδιαγραφή (15 mm) για την επικάλυψη οπλισμού δεν είναι πάντα εύκολο να τηρηθεί σε υπόγειες εκσκαφές. Εν τούτοις, η αρχική στρώση σφράγισης με Ε.Σ. (άοπλο) που εφαρμόζεται αμέσως μετά την αποκάλυψη της επιφάνειας του εδάφους και η στερέωση του δομικού πλέγματος πάνω στη στρώση αυτή εξασφαλίζει επικάλυψη πάχους τουλάχιστον 20 - 30 mm στην εξωτερική πλευρά του σκυροδέματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επικάλυψη δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική όσον αφορά την ανθεκτικότητα στο χρόνο, εφόσον το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί μόνο προσωρινό στοιχείο αντιστήριξης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

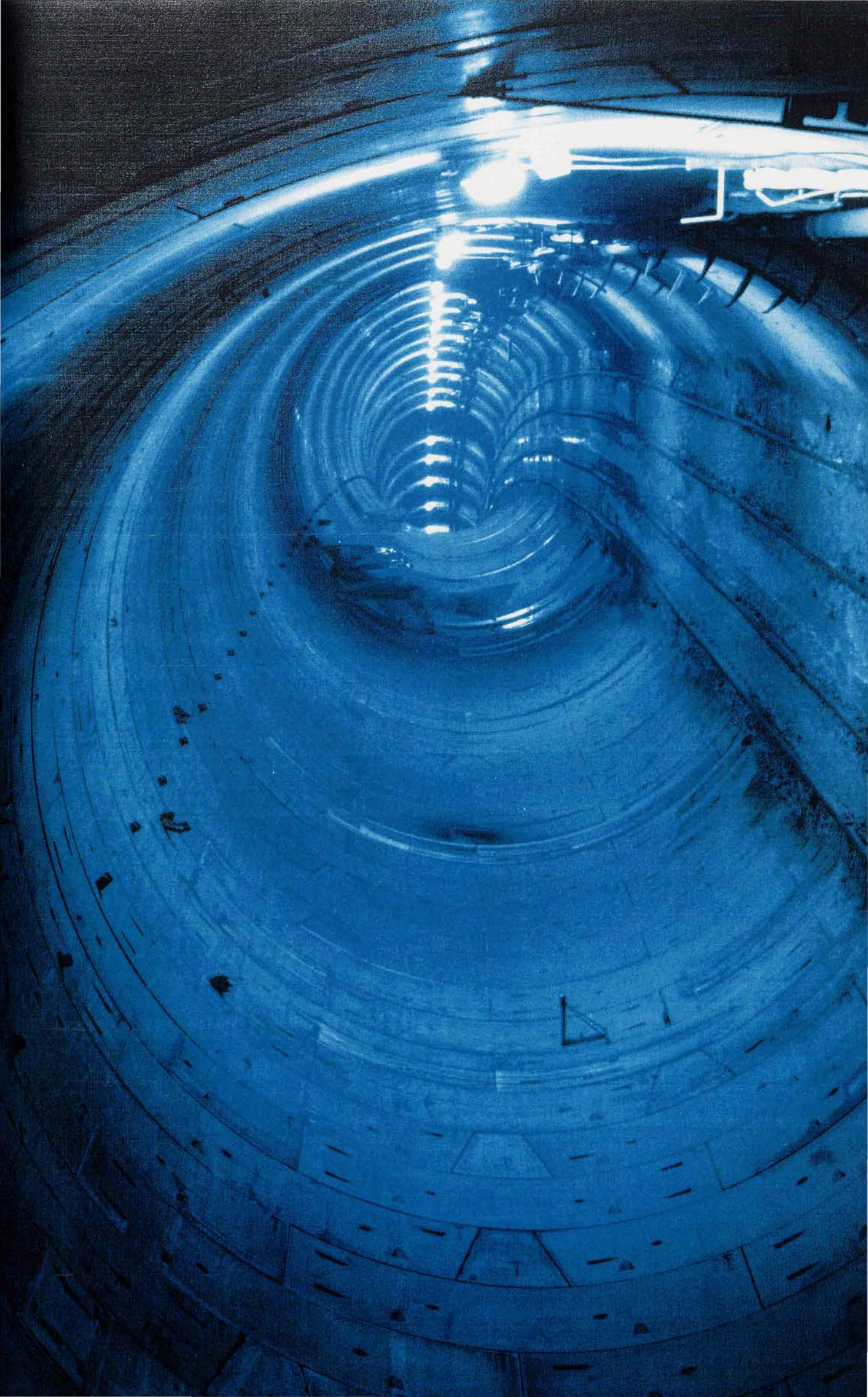
Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε ολόκληρο το έργο του Μετρό της Αθήνας ως τμήμα της προσωρινής αντιστήριξης ανοικτών εκσκαφών και σηράγγων που διανοίγονται με τη μέθοδο NATM. Η μελέτη των διατομών εκτοξευόμενου σκυροδέματος βασίζεται σε διεθνώς αναγνωρισμένες μεθόδους λαμβανομένων υπόψη των κατασκευαστικών φάσεων και της αλληλεπίδρασης εδάφους/ κατασκευής. Πριν από το στάδιο κατασκευής μελετήθηκαν διάφορες δοκιμαστικές συνθέσεις και δοκιμάστηκαν προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι η τελικά επιλεγείσα σύνθεση θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις των σχετικών Προδιαγραφών. Σαν συμπέρασμα, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα επέδειξε ικανοποιητική απόδοση και αποδείχθηκε ένα αποτελεσματικό μέσο προσωρινής αντιστήριξης των εκσκαφών και ελέγχου των καθιζήσεων στην επιφάνεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Recommendations AFTES. Working Group 7 (1985). "Tunnel Support and Lining. Recommendations for use of convergence - confinement method", France.
2. Pottler R. (1990) "Time-dependent rock - shotcrete interaction. A numerical shortcut". Computers and Geotechnics 9: 149-169, England.
3. Διάφορα Τεύχη και Σχέδια του Έργου.







ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ICE CTHE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS.
2. DESIGN AND PRACTICE GUIDES :SPRAYED CONCRETE LININGS (NATM) FOR TUNNELS IN SOFT GROYND (1996).
3. "FIBER-REINFORCED-PLASTIC REINFORCEMENT FOR CONCRETE STRUCTURES", INTERNATIONAL SYMPOSIUM , EDITORS :ANTONIO NANNI , CHARLES DOLAN.
4. NAKARUMA , "THE FRP STRENGTHENING METHOD OF CHIDORI BRIDGE SLABS IN AICHI PREFECTURE".
5. "SPRAYED CONCRETE WITH WIRE FIBRE REINFORCEMENT", SANDELL, BERTILL, BESAB, SWEDEN TUNNELS TUNNELLING.
6. "STRUCTURAL BEHAVIOR OF THIN SHOTCRETE LINERS OBTAINED FROM LARGE SCALE TESTS", FERNANDEZ-DELGADO, GABRIEL, MAHAR, JAMES W., PARKER, HARVEY
7. CONTRACTORS EXPERIENCE WITH "THE NEW AYSTRIAN TUNNELLING METHOD"(ECONOMY AND FLEXIBILITY), BLINDOW, F.K., WAGNER, H. BETON-UND MONIERBAN, INNSBRUCK, AUSTRIA SHOTCRETE FOR GROUND SUPPORT, PROC OF THE ENG. FOUND CONF.
8. "LARGE AGGREGATE SHOTCRETE CHALLENGES STEEL RIBS AS A TUNEL SUPPORT", SUTCLIFFE, MC CLURE, CR., BECHTEL INC., SAN FRANSISCO, CALIF.
9. "STEEL FIBRES IN CUNITE- AN APPRAISAL", RYAN, M.E., SERBOUSEK, M.O., GORIS, J. SPOKANE MIN. RES. CENT, WASH, U.S. BUR MINES REP. INVEST 8001, 1975.
10. "STEEL FIBROUS SHOTCRETE", KADEN, RICHARD A., CORPS OF ENG, WALLA, WASH, WEST CONSTR. VOL.49 , N.4 , APRIL 1974.
11. "SWEDISH SHOTCRETE EQUIPMENT AND DEVELOPMENTS IN FIBROUS SHOTCRETE" , ALBERTS. CLAES. KRAMERS, MAARTEN.
12. "MECHANICAL PROPERTIES OF SPRAYED CONCRETE", SHILK IN , P.I., INST OF STEEL AND ALLOYS, LIPETSK , U.S.S.R.
13. IMPROVING INITIAL COMPRESSIVE STRENGTH OF SHOTCRETE BY ACCELERATING ADMIXTURES.

14."SWEDISH SHOTCRETE EQUIPMENT AND DEVELOPMENTS IN FIBROUS SHOTCRETE",ALBERTS.CLAES.KRAMERS, MAARTEN, STABILATOR , STOCKHOLM, SWEDEN, SHOTCRETE FOR GROUND SUPPORT EASTON.