



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Μεταπτυχιακή διατριβή

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Λεμεσός, Ιανουάριος 2021

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές,
τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Σχολή Μηχανικής και Τεχνολογίας

Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής

Διπλωματική εργασία

Υψηλής απόδοσης σκυρόδεμα με χαμηλή θερμότητα ενυδάτωσης

της/του

Λάζος Κουκλής

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ευάγγελος Ακύλας

Λεμεσός, Ιανουάριος 2021

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές,
τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Λάζος Κουκλής , έτος ολοκλήρωσης πτυχιακής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών
Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει
απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα όπως ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας Δρ. Ευάγγελος Ακύλας για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή του και τη βοήθεια του σε κάθε φάση της δημιουργίας της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο.

Επίσης ευχαριστώ τον κ.Χριστοφή Ανδρέα, η συνεισφορά του οποία ήταν ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχή ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής με τις παρατηρήσεις και τις υποδείξεις του που συνείσφεραν στη βελτίωση της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την εταιρία σκυροδέματος Athinodorou & Poulas και ιδιαίτερα τον επιβλέπων μηχανικό της εταιρίας κ.Χρίστο Νικολάου όπως καθώς και την εταιρία πρόσμικτων BASF με επιβλέπων μηχανικό Γαρατζιώτη Γεώργιο. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το μελετητικό γραφείο του κ.Μιχάλη Σουρμελή για την παροχή όλων των διαθέσιμων πόρων για την εκπόνηση της εν λόγω πτυχιακής μελέτης.

Θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στη οικογένεια μου για τη διαρκή τους υποστήριξη, που επέτρεψε την επιτυχή διεκπεραίωση των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην μελέτη που ακολουθεί παρουσιάζονται πειράματα για την παρασκευή σκυροδέματος υψηλής αντοχής, με υψηλό δείκτη εργασιμότητας και χαμηλής θερμοκρασίας.

Τα πειράματα που ακολουθούν πραγματοποιήθηκαν στην εταιρία Athinodorou & Poulas στις περιοχές Παρεκκλήσια-Λεμεσού και στην Πάφο με την βοήθεια του Γεώργιου Γαρατζιώτη που εργάζεται στην εταιρεία πρόσμικτων BASAF και του μηχανικού της εταιρείας Χρίστου Νικολάου.

Τα ακόλουθα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την υλοποίηση ενός σκυροδέματος C40/50 με εργασιμότητα 20-25 slump και αρχική θερμοκρασία σκυροδέματος μικρότερη από 32°C .

Μετά την υλοποίηση των εργαστηριακών δοκιμών δημιουργήθηκε πρόγραμμα υπολογισμού της θερμοκρασίας του σκυροδέματος και επαληθεύεται με τα εργαστηριακά δεδομένα

Λέξεις κλειδιά: σκυρόδεμα, πρόσμικτα, θερμοκρασία, ιπτάμενη τέφρα, micro-silica .

ABSTRACT

The main scope of this experimental study is to achieve high performance concrete class of C40/50, with high flow rate about 20-25 slump and low heat of hydration.

The experiments took place at the facilities of the company Athinodorou & Poulas which is placed to PAREKLISIA and PAPHOS with the assistance of Giorkatzis George (technical support of BASAF) and the civil engineer of Athinodorou & Poulas, Mr. Xristos Nicolaou.

The purpose of the experiment was to achieve concrete class of C40/50 with slump 20-25 and maximum initial temperature of concrete less than 32°C .

After collecting the data from the experimental part, we create a program to calculate the initial concrete temperature to verify the program with the experimental data .

Keywords: concrete, admixtures, temperature, fly ash, micro-silica, cement.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xiii
Standards.....	xiii
Retarder.....	xiii
Environment.....	xiii
Thermocouple	xiii
1 Εισαγωγή.....	2
1.1 Γενικά.....	2
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	3
1.3 Σκοπός του πειράματος.....	3
2 Standards.....	4
• CYS EN 197: Part 1 Cement Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cement (EN197-1 2000).....	4
• CYS EN 197: Part 4 Cement. Composition, specifications and conformity criteria for low early strength blastfurnace cements	4
• BS 812 Testing aggregates.....	4
• CYS EN 12620 Aggregates for concrete.	4
3 Μεθοδολογία.....	5

3.1	Εργαστηριακές Δοκιμές:	5
3.2	Πρόγραμμα θερμοκρασίας Σκυροδέματος.....	5
4	Υλικά.....	6
4.1	Τσιμέντο	6
4.1.1	Γενικά.....	6
4.1.2	Ιδιότητες.....	6
	• Το σύνολο του τσιμέντου Portland που χρησιμοποιείται στα Έργα θα ληφθεί από μια Εγγεγραμμένη Εταιρεία αξιολογούμενης ικανότητας.....	7
	• Τα τσιμέντα υπερθειώσεως και υψηλής αλουμίνας δεν χρησιμοποιούνται.	7
4.2	Microsilica- Silica fume	7
4.3	Νερό	9
4.2.1	Γενικά.....	9
4.4	Πρόσμικτα	10
5	Υλικά(Αδρανή)	12
5.1	Γενικά	12
5.2	Κοκκομετρία	13
6	Mix design :	15
7	Ανάλυση προγράμματος θερμοκρασίας σκυροδέματος:	17
8	Σειρά Πειραμάτων.	18
8.1	Πείραμα 1:.....	18
8.2	Πείραμα 2	20
8.3	Πείραμα 3	22
8.4	Πείραμα 4:	24
8.5	Πείραμα 5	26
8.6	Πείραμα 6	28

8.7	Πείραμα 7	30
8.8	Πείραμα 8	32
8.9	Πείραμα 9	34
8.10	Πείραμα 10	36
9	Συμπεράσματα πειραματικού:	41
10	Τρόποι μείωσης της θερμοκρασίας του σκυροδέματος.....	41
10.1	Νερό:.....	41
10.2	Αδρανή:	41
10.3	Τσιμέντο:	41
10.4	Ψύξη σκυροδέματος :	42
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....		43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Κοκκομετρία.....	14
Πίνακας 2: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 1.	18
Πίνακας 3:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 1.	18
Πίνακας 4:Θερμοκρασία Υλικών:Πείραμα 2.	20
Πίνακας 5:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 2.	20
Πίνακας 6:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 3.	22
Πίνακας 7:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 3.	22
Πίνακας 8:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 4.	24
Πίνακας 9:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 4.	24
Πίνακας 10:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 5.	26
Πίνακας 11:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 5.	26
Πίνακας 12: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 6.	28
Πίνακας 13:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 6.	28
Πίνακας 14:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 7.	30
Πίνακας 15:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 7.	30
Πίνακας 16:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 8.	32
Πίνακας 17:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 8.	32
Πίνακας 18:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 9.	34
Πίνακας 19:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 9.	34
Πίνακας 20:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 10.	36
Πίνακας 21: Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 10.	36
Πίνακας 22: Σύνοψη Αποτελεσμάτων	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Κοκκομετρία	14
--------------------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Mix design	15
Εικόνα 2: Αποτελέσματα Πειράματος 1	19
Εικόνα 3:: Αποτελέσματα Πειράματος 2	21
Εικόνα 4: Αποτελέσματα Πειράματος 3	23
Εικόνα 5:Αποτελέσματα Πειράματος 4	25
Εικόνα 6: Αποτελέσματα Πειράματος 5	27
Εικόνα 7:: Αποτελέσματα Πειράματος 6	29
Εικόνα 8: Αποτελέσματα Πειράματος 7	31
Εικόνα 9: Αποτελέσματα Πειράματος 8	33
Εικόνα 10: Αποτελέσματα Πειράματος 9	35
Εικόνα 11:Αποτελέσματα Πειράματος 10	37

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές,
τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕΠΑΚ.: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΒΤΠ: Βιβλιοθήκη Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου

ΦΠΑ: Φόρος Προστιθέμενης Αξίας

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Στην περίπτωση χρήσης ορολογίας από ξενόγλωσση βιβλιογραφία, αναφέρεται η απόδοση στην ελληνική η οποία θεωρείται περισσότερο δόκιμη. Για παράδειγμα:

Data	Δεδομένα
Metadata	Μεταδεδομένα
Fly ash	Ιπτάμενη τέφρα
Micro silica	Ινες πολυμερών
Batching plan	Εργοστάσιο
10 cm from the surface	10 cm από την επιφάνεια
Core	Πυρήνας
Standards	Πρότυπα
Retarder	Επιβραδυντής
Environment	Περιβάλλον
Thermocouple	Θερμόμετρα

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Το σκυρόδεμα πλέον είναι ένα από το πιο διαδεδομένα δομικά υλικά παγκοσμίως. Λόγω της ευρύτατης εφαρμογής του σχεδόν σε κάθε μορφή δόμησης, η κατανάλωση σε σκυρόδεμα μίας χώρας υποδεικνύει τον δείκτη ανάπτυξης της χώρας αυτής (Triantafyllou 2009).

Το σκυρόδεμα είναι ένα τεχνητό υλικό, κυρίως βασίζεται σε τεχνητούς λίθους με πολλαπλές και συνεχώς βελτιούμενες και διερευνώμενες ιδιότητες.

Η βασική του μορφή, στην οποία και χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα, αποτελείται από ένα ομοιογενοποιημένο μείγμα ελεγχόμενων αναλογιών:

- Τσιμέντο
- νερό
- άμμο και σκύρα

Αρχικά έχει ρευστή σύσταση και με την πάροδο του χρόνου, μέσα από εξωθερμικές χημικές διεργασίες, στερεοποιείται με αποτέλεσμα να αποκτά φέρουσα ικανότητα. Οι ιδιότητες του σκυροδέματος στο χρόνο ελέγχονται ανάλογα με την εφαρμογή μέσω προσθήκης στο μείγμα χημικών προσθέτων που αποδίδουν στο τελικό προϊόν συγκεκριμένες ιδιότητες.

Το σκυρόδεμα έχει ευρύτατη αποδοχή στη δόμηση παγκοσμίως, και σε όλο το εύρος των κλιματολογικών και οικονομικών συνθηκών. Αυτό οφείλεται στις βασικές του ιδιότητες: Καταρχάς έχει αντοχή στη δράση του νερού που δεν παρέχεται από άλλα δομικά υλικά όπως το ξύλο και ο σίδηρος, (δεν είναι τυχαίο άλλωστε το ότι οι πρώτες εφαρμογές του ήταν για την κατασκευή έργων διαχείρισης του νερού, όπως δεξαμενές και κανάλια).

Επιπλέον λόγω των θιξοτροπικών του ιδιοτήτων σε νεαρή ηλικία παρέχει τεράστια ευελιξία στην εφαρμογή (μεταφορά, διακίνηση και διάστρωση), ενώ έχει τη δυνατότητα να μορφώνεται σε οποιοδήποτε επιθυμητό σχήμα. Έτσι, αντίθετα με άλλα δομικά υλικά, έχει ένα ευρύτατο φάσμα κατασκευαστικών εφαρμογών όπως κάθε είδους κτιριακά και έργα υποδομής, καθώς και έργα προστασίας του κοινωνικού συνόλου.

Τέλος είναι ένα ιδιαίτερα φθηνό και ευέλικτο δομικό υλικό που εύκολα μπορεί να παραχθεί και να διαμορφωθεί επί τόπου, κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες και περιβάλλον δόμησης, όπως για παράδειγμα μέσα στη θάλασσα είτε σε συνθήκες ελεγχόμενης η μη βιομηχανικής παραγωγής

Γενικά το ιδανικό σκυρόδεμα είναι το σκυρόδεμα που θα μας παρέχει τις προδιαγραφές, που χρειαζόμαστε, αλλάζοντας την σύσταση του σκυροδέματος (λόγος νερού τσιμέντου, πρόσμικτά ίνες κλπ.) αυξομειώνουμε την αντοχή του σκυροδέματος (Α. Μοροπούλου ΕΔΠΠ 2007).

1.2 Ιστορική αναδρομή

Ο μέσος καταναλωτής όταν αναφέρεται στο τσιμέντο ή το σκυρόδεμα δεν κατανοεί την διαφορά που υπάρχει μεταξύ τους και γνωρίζει μόνο το τελικό προϊόν που είναι το σκυρόδεμα. Για αυτόν τον λόγο η ιστορική τους εξέλιξη είναι αλληλεξαρτώμενη. Με την ανάμιξη φυσικών υλικών(αδρανή) και συνδετικές κονίες και νερό επιτυγχάνουμε ένα στερεό σώμα. Τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί στο σημερινό σκυρόδεμα και έχει ιστορία 9000 ετών. Το αρχαιότερο γνωστό σήμερα σκυρόδεμα χρονολογούμενο από το 7000 π.Χ. βρίσκεται στη νότια Γαλιλαία, Fifth El, Ισραήλ. Ανακαλύφθηκε το 1985 κατά τη διάνοιξη ενός δρόμου και σχηματίζει κάποιο δάπεδο. Αποτελείται από μίγμα ασβέστη με πέτρες. Ο ασβέστης όταν αναμιχθεί με νερό και άμμο δημιουργεί μία “λάσπη” - κονίαμα το οποίο ερχόμενο σε επαφή με το διοξείδιο του άνθρακα του ατμοσφαιρικού αέρα σκληραίνει και δημιουργεί ένα στερεό σώμα. Αν το κονίαμα αυτό ανακατευτεί με πέτρες, συνδέει - συγκολλάει τις πέτρες και δημιουργεί ένα είδος σκυροδέματος. Παλαιό εύρημα σκυροδέματος επίσης υπάρχει στις όχθες του Δούναβη στο Lepenski Vir στη Γιουγκοσλαβία και χρονολογείται από το 5600 π.Χ. Αποτελεί το δάπεδο μιας προϊστορικής καλύβας.

Στη μεγάλη πυραμίδα στην Γκίζα της Αιγύπτου (2500 π.Χ.) οι λίθοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με κάποιο κονίαμα από ασβέστη ή γύψο. Στην ίδια χώρα, στις αρχαίες Θήβες, υπάρχει τοιχογραφία με αναπαράσταση των εργασιών παρασκευής ασβεστοκονιάματος και χτισίματος με το υλικό αυτό. Την ίδια εποχή αναφέρεται ότι στην Κίνα χρησιμοποιήθηκαν τσιμεντοειδή υλικά για την κατασκευή του Σινικού Τείχους.

Η τέχνη αυτή του χτισίματος φαίνεται ότι μεταφέρθηκε και στην αρχαία Ελλάδα όπου χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μίγματα ασβέστη για χτίσιμο και για επικάλυψη πλίνθων φτιαγμένων από πηλό και ξεραμένων στον ήλιο (Μανώλης Χανιωτάκης 2015).

1.3 Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του ακόλουθου πειράματος δεν είναι τόσο ο σχεδιασμός του σκυροδέματος C40/50 αλλά η συγγραφή ενός προγράμματος το οποίο να μπορεί να υπολογίσει την θερμοκρασία του σκυροδέματος με της θερμοκρασίες των υλικών που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα και πιθανούς τρόπους πτώσης της θερμοκρασίας του σκυροδέματος .

2 Standards

Όλα τα ακόλουθα, η δειγματοληψία, η δοκιμή και η συμμόρφωση πρέπει να ακολουθούν ευρωπαϊκά πρότυπα. Κάθε φορά που γίνεται αναφορά στο ευρωπαϊκό πρότυπο, αυτό σημαίνει το αντίστοιχο πρότυπο CYS EN και σε περίπτωση που δεν υπάρχει, το αντίστοιχο πρότυπο BS EN.

Συγκεκριμένα, οι εργασίες σκυροδέματος έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις των EN1992 και EN1998, όπου ενδείκνυται, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στην παρούσα προδιαγραφή ή στα Σχέδια Σχεδίασης. Όλες οι εργασίες σκυροδέματος πρέπει να είναι σύμφωνες με τα πρότυπα EN1992 και EN1998. Η δειγματοληψία και η δοκιμή πρέπει επίσης να συμμορφώνονται με το πρότυπο EN206-1 προδιαγραφή σκυροδέματος, απόδοση, παραγωγή και συμμόρφωση », εκτός εάν οι απαιτήσεις που ορίζονται στο παρόν είναι αυστηρότερες από εκείνες του EN206-1.

- CYS EN 197: Part 1 Cement Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cement (EN197-1 2000)
- CYS EN 197: Part 4 Cement. Composition, specifications and conformity criteria for low early strength blastfurnace cements
- BS 812 Testing aggregates
- CYS EN 12620 Aggregates for concrete.

3 Μεθοδολογία

3.1 Εργαστηριακές Δοκιμές:

Η εργαστηριακοί έλεγχοι γίνανε στο Batching plant της Athinodorou & Poulas, ο τρόπος συλλογής των δεδομένων είναι με θερμομέτρο. Για ένα χρονικό διάστημα ελέγχαμε την θερμοκρασία όλων των υλικών που χρειάζονταν για να επιτύχουμε ένα σκυρόδεμα της τάξης C50/60. Τα υλικά είναι τα ακόλουθα.

- Σκύρα 8/20
- Σκύρα 4/10
- Μαύρη Άμμος
- Λούρος
- Νερό
- Τσιμέντο*
- Microsilica

Τσιμέντο* Το τσιμέντο είναι ένα πολύ δύσκολο υλικό για να ελεούμε την θερμοκρασία του, Υπάρχουν κάποιες καταγραφές στο τσιμέντο αλλά όχι για κάθε εργαστηριακό πείραμα.

3.2 Πρόγραμμα θερμοκρασίας Σκυροδέματος

Μετά την συλλογή όλων των στοιχείων δημιουργήσαμε ένα πρόγραμμα, βάζοντας τα στοιχεία των υλικών το πρόγραμμα αυτό εμφανίζει την πιθανή θερμοκρασία του σκυροδέματος. Υπάρχουν κάποιες παραδοχές για να εκλέξουμε την θερμοκρασία του σκυροδέματος οι οποίες θα αναφερθούν στα υλικά.

4 Υλικά

4.1 Τσιμέντο

4.1.1 Γενικά

Ο όρος τσιμέντο αναφέρεται στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμιξη της με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμος και χαλίκι. Ενώ το σκυρόδεμα αναφέρεται στο μείγμα τσιμέντου με ποσότητα από άλλα αδρανή υλικά.

Η χημική αντίδραση του τσιμέντου με το νερό (ενυδάτωση τσιμέντου) παράγει προϊόντα που έχουν χαρακτηριστικά πήξης και σκλήρυνσης. Η κύρια χρήση του τσιμέντου είναι στην αντίδραση μεταξύ αυτού και του νερού. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι όσο περισσότερο τσιμέντο (μέχρις ενός ορισμένου ορίου βέβαια) περιέχεται στην μονάδα όγκου του σκυροδέματος, εφόσον και οι λοιποί παράγοντες (ποιότητα και κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, ποσότητα νερού, μέθοδος διάστρωσης και συμπίκνωσης, κλπ.) παραμένουν σταθεροί, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει το σκυρόδεμα. Φυσικά η αύξηση αυτής της αντοχής δεν είναι απεριόριστη, αλλά σταματά στην αντοχή του λιγότερο ανθεκτικού υλικού του σκυροδέματος (ASTM 2001).

4.1.2 Ιδιότητες

Αρχικά η ιδιότητα του τσιμεντοπολτού που βρίσκεται σε πλαστική μορφή, η μείωση της ρευστότητας, σχετίζεται με το φαινόμενο μείωσης της κάθισης. Σημειώνεται ότι η πλαστικότητα του τσιμεντοπολτού οφείλεται σε ελεύθερο νερό, η σταδιακή απώλεια του οποίου, λόγω των αρχικών αντιδράσεων ενυδάτωσης, της προσρόφησης του στις επιφάνειες των ελάχιστα κρυσταλλικών προϊόντων ενυδάτωσης και της εξάτμισης, προκαλεί μείωση της ρευστότητας, και, τελικά πήξη και σκλήρυνση. Επιπρόσθετα μια ιδιότητα είναι η πήξη, που σημαίνει στερεοποίηση του πλαστικού τσιμεντοπολτού. Η αρχική στερεοποίηση ονομάζεται αρχική πήξη και συμπίπτει χρονικά με το σημείο που ο τσιμεντοπολτός σταματά να είναι πλάστιμος. Το τελευταίο στάδιο της στερεοποίησης ονομάζεται τελική πήξη. Οι χρόνοι αρχικής και τελικής πήξης είναι περίπου 2-4 ώρες και 5-8 ώρες, αντίστοιχα. Η αρχική πήξη θεωρείται ότι έχει επέλθει όταν η διείσδυση σε στρώση τσιμεντοπολτού πάχους 40 mm φθάσει τα 35 mm. Η τελική πήξη ταυτίζεται με τη χρονική στιγμή κατά την οποία η βελόνα σημαδεύει την άνω επιφάνεια της στρώσης χωρίς όμως να διεισδύει. Τέλος είναι η σκλήρυνση, που σχετίζεται με το φαινόμενο της αύξησης της αντοχής με το χρόνο λόγω της σταδιακής πλήρωσης των πόρων του τσιμεντοπολτού με προϊόντα ενυδάτωσης (Triantafillou 2009).

- Το σύνολο του τσιμέντου Portland που χρησιμοποιείται στα Έργα θα ληφθεί από μια Εγγεγραμμένη Εταιρεία αξιολογούμενης ικανότητας
- Τα τσιμέντα υπερθειώσεως και υψηλής αλουμίνας δεν χρησιμοποιούνται.

Παραδοχή: Το τσιμέντο λόγω της διαδικασίας μεταφοράς του και της φύλαξης του είναι πολύ δύσκολο να μετρήσουμε την θερμοκρασία του. Το τσιμέντο από μόνο του έχει μια πολύ υψηλή θερμοκρασίας παραγωγής και κατά την μεταφορά του στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος δεν μεταβάλλεται και πολύ η θερμοκρασία του. Η θερμοκρασία παραλαβής του τσιμέντου είναι γύρω στους 60-75°C. Η παραδοχή που χρησιμοποιήσαμε για να γράψουμε το πρόγραμμα είναι ότι το τσιμέντο κατά την παραγωγή του σκυροδέματος βρίσκεται στους 50 °C..

Όλα τα υλικά που φυλάσσονται σε σιλό και δεξαμενές προσμίκτων εκτός του τσιμέντου θεωρείτε η θερμοκρασία των υλικών η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

4.2 Microsilica- Silica fume

Γενικά:

Η εισαγωγή της πυριτικής παιπάλης στη βιομηχανία σκυροδέματος έγινε στα μέσα της δεκαετίας του '70. Η χρήση της διεθνώς αυξήθηκε κατακόρυφα κατά τη διάρκεια των δεκαετιών '80 και '90, με το σκυρόδεμα που την περιείχε να χαρακτηρίζεται ως «υψηλής αντοχής» και «χαμηλής διαπερατότητας». Η πυριτική παιπάλη είναι παραπροϊόν της βιομηχανίας πυριτικών μετάλλων και σιδηρο πυριτικών κραμάτων και είναι διαθέσιμη σε διάφορους τύπους ανάλογα με το ποσοστό πυριτικών οξειδίων που περιέχει. Είναι αρκετά λεπτόκοκκη με τους κόκκους της να είναι περίπου 100 φορές μικρότεροι από τους κόκκους του τσιμέντου. Όπως γίνεται αντιληπτό ένα τόσο λεπτό υλικό δημιουργεί καλύτερο εγκιβωτισμό του τσιμεντοπολτού γύρω από τα αδρανή βελτιώνοντας αισθητά την ποιότητα της μεταβατικής ζώνης (Neville, 1995). Επιπλέον, σε αντίθεση με τους γωνιώδεις κόκκους του τσιμέντου, οικόκκοιτης πυριτικής παιπάλης έχουν σφαιρικό σχήμα πράγμα που ενισχύει περισσότερο την πληρωτική τους ικανότητα (Bache, 1981). Η πυριτική παιπάλη δεν αντιδρά με το νερό, χαρακτηρίζεται όμως από την ιδιαίτερα αυξημένη ποζολανικότητα της. Όπως είναι γνωστό η εξώθερμη χημική αντίδραση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης του τσιμέντου δίνει ως βασικό παράγωγο το ένυδρο πυριτικό ασβέστιο (CSH gel) και ως δευτερεύον προϊόν το υδροξείδιο του ασβεστίου. Όταν μέσα

στο ανάμιγμα υπάρχει πρόσμικτο το οποίο περιέχει πυριτικά οξείδια, τα οξείδια αυτά δεσμεύουν την ποσότητα του υδροξειδίου του ασβεστίου οδηγώντας σε μια δευτερεύουσα χημική αντίδραση που έχει ως αποκλειστικό παράγωγο το ένυδροπυριτικό ασβέστιο. Με άλλα λόγια η πυριτική παιπάλη δεν βοηθά στη βελτιστοποίησή της μικροδομής του σκυροδέματος απλά δρώντας ως πληρωτικό άλλα δημιουργώντας παράλληλα και επιπλέον ποσότητα CSH. Σύμφωνα με την έκθεση της τεχνικής επιτροπής 234R-06 του Αμερικανικού Ινστιτούτου Σκυροδέματος, δεν υπάρχουν αναφορές που να συνδέουν τη πυριτική παιπάλη με σοβαρές ασθένειες όπως ο καρκίνος ή η πυριτίαση (ACI 234R-06, 2006). Εντούτοις μιας και πρόκειται για ένα εξαιρετικά λεπτόκοκκο υλικό το οποίο σε περίπτωση εισπνοής μπορεί να φτάσει ως τους πνεύμονες συνιστάται να εφαρμόζονται πάντοτε οι οδηγίες ασφαλούς χρήσης όπως αυτές ορίζονται από τον κατασκευαστή.

Τα τελευταία χρόνια η κατασκευαστική βιομηχανία, και πιο συγκεκριμένα η βιομηχανία σκυροδέματος, αντιμετωπίζει μεγάλη πρόκληση της διασφάλισης της ανθεκτικότητας των κατασκευών. Για την ώρα, η αξιοπιστία των κατασκευών κρίνεται από το κατά πόσο αυτές ικανοποιούν τις απαιτήσεις των κανονισμών, των οποίων οι θεμελιώδεις αρχές είναι βασισμένες πάνω σε κριτήρια αντοχής. Ο μηχανικός είναι υποχρεωμένος να προδιαγράψει την απαιτούμενη χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί ενώ παράλληλα οφείλει να διασφαλίσει και τη ζωστή διάταξη οπλισμών που θα πρέπει να τοποθετηθούν σε κάθε περίπτωση. Ανάλογα με τις απαιτήσεις και το είδος του έργου, καθώς και ανάλογα με το πόσο σεισμογενής είναι η περιοχή, ο μηχανικός αλλάζει τις “μεταβλητές” του οπλισμένου σκυροδέματος έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι δικλίδες ασφαλείας που θέτει ο εκάστοτε κανονισμός. Οι υφιστάμενοι κανονισμοί όμως δεν έχουν καμία πρόνοια για τη διασφάλιση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος. Οι λόγοι που συμβαίνει αυτό θα πρέπει να αναζητηθούν αφενός μεν στη γενικότερη, εσφαλμένη, άποψη ότι ένα σκυρόδεμα με μεγάλη αντοχή (ή μεγάλη περιεκτικότητα σε τσιμέντο) είναι και ανθεκτικό και αφετέρου στην ελλιπή κατανομή των φαινομένων που συνθέτουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα και σήμερα, μετά από σχεδόν 30 χρόνια επισταμένης έρευνας στο αντικείμενο της ανθεκτικότητας, υπάρχει διχογνωμία στην επιστημονική κοινότητα για το ποιοι ακριβώς είναι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα καθώς και για το ποιοι ακριβώς είναι οι μηχανισμοί τους. Η διεθνής έρευνα στο πεδίο της τεχνολογίας σκυροδέματος έχει δείξει ότι η ανθεκτικότητα είναι μια πολύ επίπεδη και εξαιρετικά πολύπλοκη «ιδιότητα» η οποία δεν θα πρέπει να ερμηνεύεται μέσω “εμπειρικών” κανόνων και υπεραπλουστευμένων θεωριών. Τόσο στην Κύπρο όσο και στην Ελλάδα η χρήση ορυκτών προσθέτων και ειδικά πυριτικής παιπάλης στο σκυρόδεμα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη και γίνεται κυρίως για την παράγωγή σύνθετων τύπων τσιμέντου που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές ειδικών απαιτήσεων. Η

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

εκμετάλλευση της πυριτικής παιπάλης σε αναμίγματα σκυροδέματος για συμβατικές κατασκευές είναι σχεδόν ανύπαρκτη και αυτό οφείλεται στην αύξηση του κόστους το οποίο αντιμετωπίζεται στις πλείστες των περιπτώσεων ως ένας βραχυπρόθεσμος παράγοντας που επηρεάζει ένα έργο. Ένας επιπλέον ανασταλτικός παράγοντας στη χρήση ορυκτών προσμίκτων είναι η έλλειψη εξειδικευμένων τεχνικών γνώσεων για το πώς λειτουργούν τα συγκεκριμένα υλικά μέσα στο σκυρόδεμα και πως μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τόσο την ωπή του όσο και τη σκληρυμένη του κατάσταση. Αυτή η απουσία της τεχνογνωσίας κάνει πολλές φορές τους μηχανικούς επιφυλακτικούς απέναντι στη χρήση των συγκεκριμένων προσθέτων. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται η χρήση ορυκτών προσθέτων να γίνει επιτακτική ανάγκη μιας και το Ευρωπαϊκό πρότυπο σκυροδέματος (EN 206-1) υιοθετεί κατηγορίες έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον καθορίζοντας απαιτήσεις και περιορισμούς σχετιζόμενους με τη μελέτη σύνθεσης των σκυροδεμάτων. (Αντώνης ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ 1, Μιχάλης ΠΕΤΡΟΥ2 , Ιωάννης ΙΩΑΝΝΟΥ3, Μάριος ΜΥΡΙΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ 4, Αντώνης ΘΕΟΦΑΝΙΔΗΣ)

4.3 Νερό

4.2.1 Γενικά

Ο ρόλος του νερού είναι πολύ σημαντικός για την δημιουργία του σκυροδέματος. Η ανάμειξη πρέπει να περιέχει τέτοια ποσότητα ώστε να εξασφαλίζεται η εργασιμότητα του σκυροδέματος αλλά όχι να επηρεάζει την αντοχή του σκυροδέματος . Για αυτό είναι πολύ σημαντικό να κρατήσουμε τον λόγο Νερού / Τσιμέντου μέχρι το 0.5%.

Το νερό πρέπει να είναι καθαρό νερό και όχι ανακυκλωμένο νερό που χρησιμοποιήθηκε σε άλλες σκυροδετήσεις, Η θερμοκρασία του νερού είναι παρά πολύ σημαντική για να πετύχουμε ένα σκυρόδεμα με μειωμένη αρχική θερμοκρασία. Ο τρόπος που χρησιμοποιήσαμε για να μειώσουμε την θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι με chiller. Η εταιρεία Athinodorou&Poulas super beton ltd στις εγκατάστασης της στην Παρεκκλίσια έχει εγκαταστημένο chiller το οποίο έχει την δυνατότητα να ψύχει το νερό μέχρι και τους 8 °C. Το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενή χωρητικότητας 200τ.

4.4 Πρόσμικτα

Όπου επιτρέπεται από την παρούσα προδιαγραφή, τα πρόσμικτα σκυροδέματος πρέπει να συμμορφώνονται με το πρότυπο EN934. Η αποδοχή προσμίξεων στα Έργα θα γίνεται μόνο με την παροχή ικανοποιητικών πληροφοριών σχετικά με το όνομα, την πηγή, τον τύπο, τη δοσολογία και την αιτιολόγηση της χρήσης. Τα πρόσμικτα στο σκυρόδεμα είναι πάρα πολύ σημαντικά όχι μόνο για την αντοχή του σκυροδέματος αλλά και τόσο για την ρευστότητα του σκυροδέματος και το ποσοστό νερού που επιτρέπουν στο μίγμα να εισχώρηση με αρκετή ρευστότητα και χωρίς διαχωρισμό. Για να καταλήξουμε στα ακόλουθα πρόσμικτα βασικό κριτήριο για την επιλογή τους είναι το ποσοστό νερού που επιτρέπουν να εισχώρηση στο μείγμα για ένα σκυρόδεμα ομοιογενές χωρίς διαχωρισμό. Ο λόγος ο οποίος είναι σημαντικό αυτό είναι γιατί ο βασικός παράγοντας για πτώση στην θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι το ποσοστό του νερού που εισχωρεί στο μείγμα μας. Όσο περισσότερο νερό εισχώρηση στο μείγμα μας τόσο πιο χαμηλή θερμοκρασία θα έχει το σκυρόδεμα, για τον λόγο ότι το νερό σε σχέση με τα υλικά μας είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Τα πρόσμικτα που θα χρησιμοποιηθούν στο πείραμα είναι τα ακόλουθα

- Retarder BASF MasterSet R105XR

Το MasterSet R 105XR (πρώην POZZOLITH 132) είναι υγρό καστανού χρώματος με βάση συνθετικά προϊόντα και τροποποιημένα λιγνοσουλφονικά. Το MasterSet R 105XR δεν περιέχει χλωριούχα. Όταν προστίθεται στο σκυρόδεμα, το πρόσμικτο απορροφάται πάνω στους κόκκους του τσιμέντου διευκολύνοντας τη διασπορά του. Κατά συνέπεια, διευκολύνεται η ροή των κόκκων του τσιμέντου και επομένως επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ρευστότητα του μίγματος. Το MasterSet R 105XR επιβραδύνει την αρχική ενυδάτωση του τσιμέντου κατά τις πρώτες ώρες και αυτό προκαλεί καθυστέρηση της αρχικής πήξης και παράταση της εργασιμότητας. Πάντως η σκλήρυνση που ακολουθεί δεν τροποποιείται ουσιαστικά και έτσι παρατηρείται μια αύξηση των μηχανικών αντοχών ανάλογη με τη μείωση του νερού του μίγματος. Το MasterSet R 105XR δεν περιέχει χλώριο και ικανοποιεί τις απαιτήσεις των προτύπων UNI EN 934-2 UNI EN 480 (1-2), UNI 10765, ASTM C 494-92 Τύπος D και είναι συμβατό με όλα τα τσιμέντα που ανταποκρίνονται στα πρότυπα UNI EN 197-1 και ASTM.

Πλεονεκτήματα :

- ♣ Μεγαλύτερη εργασιμότητα και ευκολία στη σκυροδέτηση ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες.
- ♣ Μεγαλύτερη διατήρηση της εργασιμότητας
- ♣ Καθυστέρηση στους χρόνους πήξης χωρίς απώλεια των μηχανικών αντοχών
- ♣ Ευκολία και ταχύτητα στην άντληση
- ♣ Μεγαλύτερες τελικές μηχανικές αντοχές
- ♣ Μεγαλύτερη στεγανότητα και διάρκεια ζωής του σκυροδέματος
- ♣ Καλύτερα εμφανή σκυροδέματα
- ♣ Καλύτερη δυνατότητα επιφανειακού φινιρίσματος

- Superplasticizer Sky 695

Το MasterGlenium SKY 695 είναι ένας επαναστατικός υπερρευστοποιητής νέας γενιάς, βασισμένος σε πολυμερή πολυκαρβοξυλικού αιθέρα (PCE) και αποτελεί άμεση απόρροια του συστήματος Ολοκληρωτικού Ελέγχου Απόδοσης (Total Performance Control). Το MasterGlenium SKY 695 είναι ειδικά σχεδιασμένο για χρήση σε έτοιμο σκυρόδεμα. Η ειδική του σύσταση επιτρέπει την καθυστέρηση της απορρόφησης του από τους κόκκους του τσιμέντου, επιτυγχάνοντας έτσι την αποτελεσματική διασπορά τους. Σε σχέση με άλλους υπερρευστοποιητές PCE, επιτρέπει την επίτευξη ενός μίγματος σκυροδέματος υψηλής ποιότητας, με γρήγορη ανάπτυξη αντοχών και παρατεταμένη εργασιμότητα, χωρίς να καθυστερεί τα χαρακτηριστικά της πήξης. Το σύστημα Total Performance Control™ διασφαλίζει ότι οι παραγωγοί έτοιμου σκυροδέματος, οι εργολάβοι αλλά και οι μηχανικοί, παραλαμβάνουν σκυρόδεμα της ίδιας υψηλής ποιότητας με αυτήν που έχει προδιαγραφεί αρχικά, ξεκινώντας από τη παραγωγή στο παρασκευαστήριο, μέχρι την παράδοση και την επιτόπου εφαρμογή, καθώς και κατά τη διαδικασία της σκλήρυνσης. Χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία του Ρεοδυναμικού (Rheodynamic™) σκυροδέματος, παρέχει ένα μίγμα σκυροδέματος με εξαιρετικά χαρακτηριστικά χειρισμού και ταχεία ενυδάτωση του τσιμέντου, για την ανάπτυξη της αρχικής αντοχής και την επίτευξη σκυροδέματος υψηλής ποιότητας.

Πλεονεκτήματα :

- ♣ Δυνατότητα παράδοσης υψηλής ποιότητας σκυροδέματος ανά πάσα στιγμή, επί τόπου στο εργοτάξιο
- ♣ Παραγωγή σκυροδέματος με χαμηλό λόγο νερού προς τσιμέντο, χωρίς επιπτώσεις στην εργασιμότητα • Προϊόν με πολλαπλές εφαρμογές
- ♣ Ευκολότερη σκυροδέτηση και ταχύτερη ανάπτυξη αντοχών
- ♣ Βελτιωμένες επιφάνειες από σκυρόδεμα
- ♣ Εγγύηση σκυροδέτησης με το σκυρόδεμα που προδιαγράφηκε και παραγγέλθηκε από τη μονάδα παραγωγής σκυροδέματος
- ♣ Βεβαιότητα ότι το σκυρόδεμα πληροί τις αρχικές προδιαγραφές
- ♣ Υψηλής ποιότητας σκυρόδεμα μεγάλης αντοχής και ανθεκτικότητας

5 Υλικά(Αδρανή)

5.1 Γενικά

Αδρανή υλικά ονομάζονται τα υλικά που δεν προσφέρουν χημικές αντιδράσεις με το νερό ούτε με το τσιμέντο. Τα αδρανή υλικά προέρχονται συνήθως από την εξόρυξη κατάλληλων πετρωμάτων ή την ανάληψη τους από επεξεργασία βιομηχανικών προϊόντων (AGGREGATES n.d.).

Στο πρότυπο ΕΛΟΝ EN22620 περιλαμβάνονται πλην των φυσικών αδρανών επιπλέον τα τεχνητά αδρανή καθώς και τα ανακυκλούμενα για την παραγωγή σκυροδέματος. Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα χρήσης ανάμικτου υλικού 0/8 καθώς και filler με αντίστοιχες ποιοτικές απαιτήσεις.

Εκτός από την χρήση τους στην παρασκευή σκυροδέματος τα αδρανή χρησιμοποιούνται στα επιχρίσματα στην οδοποιία, στους σιδηροδρόμους και σε πολλές βιομηχανίες σαν πρώτη ύλη ή σαν προσθετικά.

Στα σκυροδέματα όπου η συμμετοχή των αδρανών καταλαμβάνει το 75-80% της μάζας τους, ο ρόλος τους είναι καθοριστικός στην δημιουργία ενός ανθεκτικού και συνεκτικού ιστού που θα υποστηρίξει τα φορτία της κατασκευής αλλά και θα αντέξει στις φυσικοχημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος (Ε Τσιάβου, Δ Χρυσοβελίδου, Α Φωτόπουλος 2004).

5.2 Κοκκομετρία

5.2.1 Προετοιμασία Υλικού

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη. Ζυγίζουμε και καταγράφουμε το βάρος του υλικού, τα τοποθετούμε στον φούρνο για 1 μέρα και ζυγίζουμε ξανά τα υλικά μας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την υγρασία των υλικών μας. Η υγρασία των υλικών είναι πολύ σημαντική στο mix design γιατί όταν γνωρίζουμε την υγρασία των αδρανών μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό νερού που χρειαζόμαστε, με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να φτιάξουμε έναν ανθεκτικό σκυρόδεμα

Στην συνέχεια πλένομε και ξαναζυγίζουμε τα αδρανή, τα τοποθετούμε στο φούρνο για ακόμη μια μέρα. Την επόμενη μέρα τα παίρνουμε και τα ζυγίζουμε και ξεκινούμε την διαδικασία κοκκομετρίας.

5.2.2 Διαδικασία κοκκομετρίας (Μεθοδολογία)

Τοποθετούμε τα υλικά μας στα Sieves(δοχεία όπου το κάτω μέρος τους δεν είναι ενιαίο, το κάθε ένα έχει διαφορετικές διαμέτρους) και ανάλογα με τη υλικό εξετάζουμε την λεπτότητα των αδρανών παίρνοντας διαφορετικές διαμέτρους sieves, αλλά η διαδικασία παραμένει η ίδια, ξεκινώντας από τα μεγαλύτερα σε διάμετρο και καταλήγουμε στο pan(0 mm). Τα βάζουμε στο μηχάνημα το οποίο αυτό δονείτε και αφήνει τα υλικά μας να διαπεράσουν τα δισκία αυτά. Το αφήνουμε αυτό για 10 λεπτά περίπου και μετράμε σε κάθε δισκίο πόση μάζα συγκρατήθηκε. Τα βάζουμε τα στοιχεία σε ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή και μας δίνει μια σχετική γραφική παράσταση. Με αυτή την παράσταση μπορούμε να διαπιστώσουμε την λεπτότητα των υλικών μας.

Ολική μάζα δείγματος (g) $M_0 = 1500g$

Συνολικό ξηρό βάρος (g) $M_1 = 1385$

Ξηρό βάρος μετά το πλύσιμο (g) $M_2 = 1317,0$

Ξηρή μάζα παιπάλης (g) $M_1 - M_2 = 68.0$

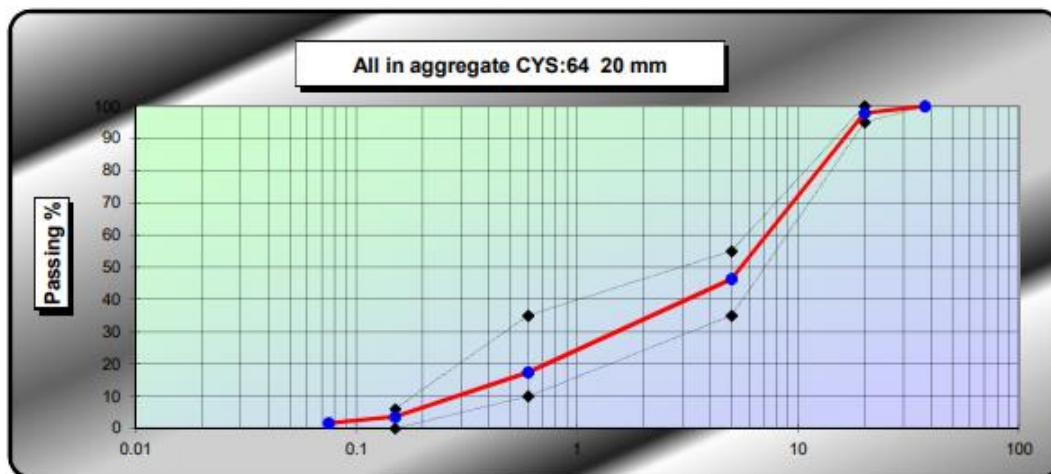
Washing and sieving method:

Ποσοστό υγρασίας (%) $\frac{(M_0 - M_1)}{M_1} = 8,30$

Ποσοστό παιπάλης (%) $100 \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} = 5,42\%$

Πίνακας 1 Κοκκομετρία

Διάμετρος κόσκινου	Βάρος υλικού που παραμένει σε κάθε κόσκινο (Kg)	Ποσοστό που παραμένει σε κάθε κόσκινο(%)	Ποσοστό που διέρχεται σε κάθε κόσκινο(%)	Όρια διερχόμενου ποσοστού (%)	
8	0	0,0	100	100	100
5.6	5	0,4	100	100	95
4	146	10,5	99	99	85
2	379	27,4	75	75	47
1	307	22,2	54	54	14
0.5	202	14,6	45	45	5
0.25	131	9,5	36	36	0
0.125	82	5,9	22	22	0
0.063	55.6	4	10	10	0



Διάγραμμα 1: Κοκκομετρία

5.2.3 Συμπέρασμα κοκκομετρίας

Το υλικό που εξετάσαμε πληρεί της προδιάγραφης και αυτό το συμπεράνουμε από την γραφική απεικόνιση που είναι μέσα στα πλαίσια των ωριών που μας παρέχει ο ευροκώδικας

6 Mix design :

Project: Διπλωματική εργασία		ATHINODOROU&POULLAS SUPER BETON LTD								
MIX DESIGN CATEGORY: C40/50										
S.S.D(KG/m³)	Quarry/ ADDITIVES SUPLIER	RAW MATERIALS	% ALL IN AGGREGATES	RAW MATERIALS DATA						
				% of Raw Materials	Absorpti on of Raw Materials	Moisture of Raw Material s	SPECIFIC GRAVITY	VOLUME [m³]	WEIGHT OF Saturate-d- surface-dry (S.S.D) FOR 1 m³ [Kg]	
(8/20mm)	510	Skyramont	Aggregates 20 mm(8/20)SKR [%]	AGGREGATES	29.65	2.50	2.50	2.65	0.192	510.00
(4/10mm)	350		Aggregates 14 mm [%]		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Z1 skr	470	Skyramont	Aggregates 10 mm(4/10)SKR [%]	50.0	20.35	2.50	2.50	2.65	0.132	350.00
Z2 Pis	0	Skyramont	Fine Aggregates CP(0/4)SKR [%]	SAND	27.33	2.50	2.50	2.60	0.181	470.00
Z3 Iatouros	390				0.00	2.60	2.60	2.45	0.000	0.00
CEMENT II 42.5	440	Iatouros	Fine Aggregates FP(0/4) [%]	50.0	22.67	2.30	2.30	2.50	0.156	390.00
Microsilica	21		Total Aggregates		100.00				0.661	1720.00
SKY 695	5.2	Vasiliko	CEMENT II 42.5[Kg]		440.00			3.20	0.138	440.00
R200	0.8	Elkem	Microsilica(kg)		0.00			0.65	0.000	
			W/C RATIO		0.37					
H2O	172		WATER [Lt]		172.00			1.00	0.172	172.00
W/C ratio	0.37		ADDITIVES							
Density(kg/m³)	2359		Sky 695		2.400			1.01	0.002	5.20
					0.700			1.23	0.001	0.80
					0.000			0.00	0.000	
					0.000			0.00	0.000	
					0.000			0.00	0.000	
			TOTAL AGGREGATES [Kg]					Total Volume	1.00	2338.00
			Draining Air		2.50				0.025	
			SLUMP [mm]							
MAIN MENU										

ΕΙΔΟΣ ΔΑΡΑΝΩΝ	Σ ΚΥΡΑ 8/20 mm	Σ ΚΥΡΑ 4/10 mm	ΑΜΜΟΣ Ζ1	ΑΜΜΟΣ Ζ3	ΟΑΙΚΟ %	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ % CYS 64; 1986
ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	29.65	20.35	27.33	22.67	100	
ΚΟΣΚΙΝΑ CYS 64	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΠΟΣΟΣΤ Ο (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	
37.5	100	100	20.3	100	22.7	100
20	100.0	100	20.3	100	22.7	100.0
14	48.2	100	20.3	100	22.7	84.6
10	6.0	90.0	18.3	100	22.7	70.1
5.00	5.0	6.9	1.4	96.9	26.5	52.0
2.36		1.1	0.2	78.0	21.3	43.1
1.18				48.5	13.3	33.4
0.60				27.7	7.6	22.6
0.3				15.7	4.3	12.3
0.15				10.1	2.8	5.1
0.075	1.4	1.5	7.0	1.9	2.6	2.5

Εικόνα 1: Mix design

Το mix design στο σκυρόδεμα είναι το πιο σημαντικό κομμάτι στο σκυρόδεμα, το υλικό στο σκυρόδεμα δεν πρέπει να ξεπερνούν το 1m^3 . Ο ρόλος που δεν πρέπει να ξεπερνούν το 1m^3 είναι πού απλός, η μηχανική κατά την παραγωγή του σκυροδέματος το παραγγέλλουμε σε κυβικά μέτρα (m^3). Ξεπερνώντας το ένα κυβικό μέτρο πωλούμε περισσότερο υλικό σε χαμηλότερη τιμή και το σκυρόδεμα δεν θα έχει την απαιτούμενη αντοχή ισχύει και το αντίθετο όμως, με λιγότερα υλικά από ένα κυβικό μέτρο θα υπάρχει έλλειμα και χαμηλότερη αντοχή σκυροδέματος.

Εκτός από τα πιο πάνω είναι πολύ σημαντική η επιλογή ρευστοποιητών στο σκυρόδεμα. Είναι ευρέως γνωστό ότι ο υπερ-ρευστοποιήτης στο σκυρόδεμα χαμηλώνει την αναλογία νερού τσιμέντου στο σκυρόδεμα και με αυτόν των τρόπο πετυχαίνουμε υψηλότερες αντοχές στο σκυρόδεμα χωρίς προσθήκη νερού. Στο συγκεκριμένο mix-design δεν είναι το ζήτημα η αντοχή του σκυροδέματος αλλά η θερμοκρασία του νωπού σκυροδέματος. Ο ρευστοποιήτης που χρησιμοποιήθηκε αν και είναι δραστικός άφησε στο σκυρόδεμα να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητική ποσότητα νερού για να μείωση την θερμοκρασία του σκυροδέματος.

7 Ανάλυση προγράμματος θερμοκρασίας σκυροδέματος:

Το πρόγραμμα το οποίο δημιουργήθηκε είναι στην Microsoft Excel. Για να δουλέψει χρειάζεται κάποια στοιχεία όπως το mix-design του σκυροδέματος το οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την θερμοκρασία του σκυροδέματος , την θερμοκρασία των υλικών , την θερμοκρασία του νερού.

Γνωρίζοντας ότι είναι αρκετά δύσκολο να μετρηθεί η θερμοκρασία του τσιμέντου υποθέτουμε ότι η θερμοκρασία του τσιμέντου είναι από 50-60 °C. Ο λόγος που είναι δύσκολο να καθορίσουμε την θερμοκρασία του τσιμέντου είναι επειδή φυλάγεται σε σιλο και η μόνη θερμοκρασία που μπορούμε να έχουμε είναι κατά την παραλαβή του. Η θερμοκρασία παραλαβής του τσιμέντου κυμαίνεται από τους 60-75 °C. Ο λόγος που το τσιμέντο στα πιο κάτω πειράματα είναι στο 50 °C είναι γιατί το τσιμέντο μένει στο σιλό για αρκετές ώρες μέχρι να χρησιμοποιηθεί και ψήχεται.

Οποία υλικά βρίσκονται σε σιλο όπως πχ micro- silica , fly ash εκτός τσιμέντου η θερμοκρασία τους είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ο λόγος που γίνεται αυτός ο διαχωρισμός είναι επειδή αυτά τα υλικά μένουνε στο σιλό για αρκετό χρονικό διάστημα και τείνουν να έχουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα θερμοκρασιών σκυροδέματος μέσω των υλικών και το ποσοστό που χρησιμοποιούμε υπολογίζει την συνεισφορά των υλικών μας στην θερμοκρασία του σκυροδέματος , και την πιθανή θερμοκρασία του σκυροδέματος.

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στην Excel χρησιμοποιεί το ποσοστό του υλικού που κατέχει στο μίγμα , για την εύρεσή της θερμοκρασίας που συμβάλει το κάθε υλικό στο σκυροδέμα.

8 Σειρά Πειραμάτων.

8.1 Πείραμα 1:

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	22
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	28
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	21.1
<i>Άμμος Λατούρος</i>	23.1
<i>Άμμος Μάυρη</i>	24.4
<i>Νερό</i>	14

Πίνακας 2: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 1.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	30,4	6	30,6
2	30,5	7	31
3	30,9	8	30,8
4	30,4	9	30,5
5	30,8	10	30,5
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 30.64			

Πίνακας 3:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 1.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	28	21.67	6.07
Σκύρα 10mm	350	21.1	14.87	3.14
Μαύρη άμμος	470	24.4	19.97	4.87
Λατούρος	390	23.1	16.57	3.83
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	22	0.00	0.00
Micro silica	21	22	0.89	0.20
Νερό	172	14	7.31	1.02
Υπερευστοποιητής	5.2	22	0.22	0.05
Επιβραδυντής	0.8	22	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	22		0.55
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 22

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 30.02

Εικόνα 2: Αποτελέσματα Πειράματος 1

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 30.20°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 1.43%.

8.2 Πείραμα 2

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	22
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	28
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	28.1
<i>Άμμος Λατούρος</i>	22.8
<i>Άμμος Μάυρη</i>	24.4
<i>Νερό</i>	12

Πίνακας 4:Θερμοκρασία Υλικών:Πείραμα 2.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	30.5	6	31.5
2	30.8	7	29.4
3	29.5	8	31.0
4	30.5	9	30.0
5	30.8	10	29.8
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 30.38			

Πίνακας 5:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 2.

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	28	21.67	6.07
Σκύρα 10mm	350	28.1	14.87	4.18
Μαύρη άμμος	470	24.4	19.97	4.87
Λατούρος	390	22.8	16.57	3.78
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	22	0.00	0.00
Micro silica	21	22	0.89	0.20
Νερό	172	12	7.31	0.88
Υπερευστοποιητής	5.2	22	0.22	0.05
Επιβραδυντής	0.8	22	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	22		0.55
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 22

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): **30.87**

Εικόνα 3:: Αποτελέσματα Πειράματος 2

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 30.87°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 1.61%.

8.3 Πείραμα 3

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	24
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	20
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	18.8
<i>Άμμος Λατούρος</i>	20.7
<i>Άμμος Μάυρη</i>	18.7
<i>Νερό</i>	9.6

Πίνακας 6:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 3.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	28.7	6	27.5
2	27.8	7	28.2
3	27.4	8	27.5
4	27.5	9	27.7
5	27.0	10	28.1
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 27.74			

Πίνακας 7:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 3.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	20	21.67	4.33
Σκύρα 10mm	350	18.8	14.87	2.80
Μαύρη άμμος	470	18.7	19.97	3.74
Λατούρος	390	20.7	16.57	3.43
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	24	0.00	0.00
Micro silica	21	24	0.89	0.21
Νερό	172	9.6	7.31	0.70
Υπερευστοποιητής	5.2	24	0.22	0.05
Επιβραδυντής	0.8	24	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	24		0.6
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 24

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 26.16

Εικόνα 4: Αποτελέσματα Πειράματος 3

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 26.16°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 5.69%.

8.4 Πείραμα 4:

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	26
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	24.2
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	26.5
<i>Άμμος Λατούρος</i>	22.5
<i>Άμμος Μάυρη</i>	23.5
<i>Νερό</i>	14.8

Πίνακας 8:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 4.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	30.0	6	31.0
2	31.5	7	30.9
3	30.9	8	30.6
4	29.4	9	28.5
5	28.9	10	28.2
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 29.9			

Πίνακας 9:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 4.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	24.2	21.67	5.25
Σκύρα 10mm	350	26.5	14.87	3.94
Μαύρη άμμος	470	23.5	19.97	4.69
Λατούρος	390	22.5	16.57	3.73
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	26	0.00	0.00
Micro silica	21	26	0.89	0.23
Νερό	172	14.8	7.31	1.08
Υπερευστοποιητής	5.2	26	0.22	0.06
Επιβραδυντής	0.8	26	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	26		0.65
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 26

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 29.93

Εικόνα 5:Αποτελέσματα Πειράματος 4

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 29.93°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 0.01%.

8.5 Πείραμα 5

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	19
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	24.9
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	21.6
<i>Άμμος Λατούρος</i>	21.6
<i>Άμμος Μάυρη</i>	20.7
<i>Νερό</i>	11.4

Πίνακας 10: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 5.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	28.3	6	29.1
2	29.7	7	28.5
3	28.1	8	26.8
4	26.8	9	26.7
5	27.1	10	27.8
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 27.89			

Πίνακας 11: Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 5.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	24.9	21.67	5.40
Σκύρα 10mm	350	21.6	14.87	3.21
Μαύρη άμμος	470	20.7	19.97	4.13
Λατούρος	390	21.6	16.57	3.58
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	19	0.00	0.00
Micro silica	21	19	0.89	0.17
Νερό	172	11.4	7.31	0.83
Υπερευστοποιητής	5.2	19	0.22	0.04
Επιβραδυντής	0.8	19	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	19		0.475
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 19

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 28.14

Εικόνα 6: Αποτελέσματα Πειράματος 5

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 28.14°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 0.89%.

8.6 Πείραμα 6

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	30
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	22.8
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	24.1
<i>Άμμος Λατούρος</i>	23.1
<i>Άμμος Μάυρη</i>	23.4
<i>Νερό</i>	25.3

Πίνακας 12: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 6.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	28.8	6	31.0
2	30.4	7	30.2
3	30.7	8	30.7
4	30.4	9	30.5
5	30.2	10	30.0
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 30.29			

Πίνακας 13:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 6.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	22.8	21.67	4.94
Σκύρα 10mm	350	24.1	14.87	3.58
Μαύρη άμμος	470	23.4	19.97	4.67
Λατούρος	390	23.1	16.57	3.83
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	30	0.00	0.00
Micro silica	21	30	0.89	0.27
Νερό	172	25.3	7.31	1.85
Υπερευστοποιητής	5.2	30	0.22	0.07
Επιβραδυντής	0.8	30	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	30		0.75
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 30

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 30.26

Εικόνα 7:: Αποτελέσματα Πειράματος 6

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 30.26°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 0.099%.

8.7 Πείραμα 7

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	22
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	22.1
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	20.6
<i>Άμμος Λατούρος</i>	20.9
<i>Άμμος Μάυρη</i>	21.2
<i>Νερό</i>	22.8

Πίνακας 14: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 7.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	27.4	6	27.7
2	27.8	7	27.5
3	27.1	8	27.6
4	27.4	9	27.4
5	27.9	10	27.2
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 27.5			

Πίνακας15: Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 7.

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	22.1	21.67	4.79
Σκύρα 10mm	350	20.6	14.87	3.06
Μαύρη άμμος	470	21.2	19.97	4.23
Λατούρος	390	20.9	16.57	3.46
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	22	0.00	0.00
Micro silica	21	22	0.89	0.20
Νερό	172	22.8	7.31	1.67
Υπερευστοποιητής	5.2	22	0.22	0.05
Επιβραδυντής	0.8	22	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	22		0.55
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 22

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): **28.31**

Εικόνα 8: Αποτελέσματα Πειράματος 7

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 28.31°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 2.94%.

8.8 Πείραμα 8

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	20
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	18.3
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	18.8
<i>Άμμος Λατούρος</i>	17.9
<i>Άμμος Μάυρη</i>	17.8
<i>Νερό</i>	23.4

Πίνακας 16: Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 8.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	26.6	6	27
2	27.0	7	26.9
3	27.2	8	25.8
4	26.7	9	25.9
5	26.8	10	26.2
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 26.61			

Πίνακας 17:Θερμοκρασία Σκυροδέματος : Πείραμα 8.

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	18.3	21.67	3.97
Σκύρα 10mm	350	18.8	14.87	2.80
Μαύρη άμμος	470	17.8	19.97	3.56
Λατούρος	390	17.9	16.57	2.97
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	20	0.00	0.00
Micro silica	21	20	0.89	0.18
Νερό	172	23.4	7.31	1.71
Υπερευστοποιητής	5.2	20	0.22	0.04
Επιβραδυντής	0.8	20	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	20		0.5
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 20

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 26.01

Εικόνα 9: Αποτελέσματα Πειράματος 8

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 26.01°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 2.25%.

8.9 Πείραμα 9

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	18
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	18.6
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	19.6
<i>Άμμος Λατούρος</i>	21.7
<i>Άμμος Μάυρη</i>	20.1
<i>Νερό</i>	11.8

Πίνακας 18:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 9.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	26.9	6	25.0
2	27.2	7	25.9
3	27.9	8	25.4
4	25.6	9	25.5
5	25.4	10	25
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 25.98			

Πίνακας 19:Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 9.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	18.6	21.67	4.03
Σκύρα 10mm	350	19.6	14.87	2.92
Μαύρη άμμος	470	20.1	19.97	4.01
Λατούρος	390	21.7	16.57	3.60
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	18	0.00	0.00
Micro silica	21	18	0.89	0.16
Νερό	172	11.8	7.31	0.86
Υπερευστοποιητής	5.2	18	0.22	0.04
Επιβραδυντής	0.8	18	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	18		0.45
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 18

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 26.36

Εικόνα 10: Αποτελέσματα Πειράματος 9

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 26.36°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 1.46%.

8.10 Πείραμα 10

<i>Είδος</i>	<i>Θερμοκρασία °C</i>
<i>Περιβάλλον</i>	21
<i>Σκόρα 8/20mm</i>	20.5
<i>Σκόρα 4/10mm</i>	20.0
<i>Άμμος Λατούρος</i>	18.2
<i>Άμμος Μάυρη</i>	18.4
<i>Νερό</i>	14.2

Πίνακας 20:Θερμοκρασία Υλικών: Πείραμα 10.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος μετά τα ποιο πάνω στοιχεία είναι:

Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C	Μπετονιέρα	Θερμοκρασία °C
1	28.3	6	26.8
2	28.0	7	27.6
3	27.2	8	27.4
4	27.3	9	27.2
5	27.4	10	27.3
Μέση θερμοκρασία Σκυροδέματος : 27.45			

Πίνακας 21: Θερμοκρασία Σκυροδέματος: Πείραμα 10.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Πρόγραμμα θερμοκρασίας σκυροδέματος				
Υλικό	Ποσότητα (Kg)	Θερμοκρασία Υλικών (°C)	Ποσοστό/Υλικά (%)	Θερμοκρασία ανά Υλικό (°C)
Σκύρα 20mm	510	20.5	21.67	4.44
Σκύρα 10mm	350	20	14.87	2.97
Μαύρη άμμος	470	18.4	19.97	3.68
Λατούρος	390	18.2	16.57	3.02
Τσιμέντο	440	55	18.70	10.28
Fly ash	0	21	0.00	0.00
Micro silica	21	21	0.89	0.19
Νερό	172	14.2	7.31	1.04
Υπερευστοποιητής	5.2	21	0.22	0.05
Επιβραδυντής	0.8	21	0.03	0.01
Αέρας	2.50%	21		0.525
Σύνολα	2353		100%	

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): 21

Θερμοκρασία Σκυροδέματος (°C): 26.20

Εικόνα 11:Αποτελέσματα Πειράματος 10

Παρατηρήσεις : Με βάση το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε στην excel η υπολογιζόμενη θερμοκρασία σκυροδέματος είναι 26.20°C. Ο υπολογισμός αυτός σε σχέση με την πειραματική θερμοκρασία του σκυροδέματος έχει απόκλιση της τάξεως των 4.55%.

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Πείραμα	Θερμοκρασία υλικών		Μέση θερμοκρασία	Θερμοκρασία	Τυπική
			Σκυροδέματος (°C)	Προγράμματος (°C)	Απόκλιση (%)
1	Σκύρα 8/20	22	30.64	30.02	1.43
	Σκύρα 4/10mm	28			
	Άμμος Λατούρος	21.1			
	Άμμος Μάυρη	23.1			
	Νερό	24.4			
2	Σκύρα 8/20	28	30.38	30.87	1.61
	Σκύρα 4/10mm	28,1			
	Άμμος Λατούρος	22.8			
	Άμμος Μάυρη	24.4			
	Νερό	14			
3	Σκύρα 8/20	20	27.74	26.16	5.69
	Σκύρα 4/10mm	18.8			
	Άμμος Λατούρος	20.7			
	Άμμος Μάυρη	18.7			
	Νερό	9.6			
4	Σκύρα 8/20	24.2	29.9	29.83	0.1
	Σκύρα 4/10mm	26.5			
	Άμμος Λατούρος	22.5			
	Άμμος Μάυρη	23.5			
	Νερό	14.8			

5	Σκύρα 8/20	24.9	27.89	28.14	0.89
	Σκύρα 4/10mm	21.6			
	Άμμος Λατούρος	21.6			
	Άμμος Μάυρη	20.7			
	Νερό	11.4			
6	Σκύρα 8/20	22.8	30.29	30.26	0.099
	Σκύρα 4/10mm	24.1			
	Άμμος Λατούρος	23.1			
	Άμμος Μάυρη	23.4			
	Νερό	25.3			
7	Σκύρα 8/20	22.1	27.5	28.31	2.94
	Σκύρα 4/10mm	20.6			
	Άμμος Λατούρος	20.9			
	Άμμος Μάυρη	21.2			
	Νερό	22.8			
8	Σκύρα 8/20	18.3	26.6	26.01	2.25
	Σκύρα 4/10mm	18.8			
	Άμμος Λατούρος	17.9			
	Άμμος Μάυρη	17.8			
	Νερό	23.4			
9	Σκύρα 8/20	18.6	25.98	26.36	1.46
	Σκύρα 4/10mm	19.6			
	Άμμος Λατούρος	21.7			
	Άμμος Μάυρη	20.1			

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

	Νερό	11.8			
10	Σκύρα 8/20	20.5	27.45	26.20	4.55
	Σκύρα 4/10mm	20.0			
	Άμμος Λατούρος	18.2			
	Άμμος Μάυρη	18.4			
	Νερό	14.2			
Το σύνολο τής τυπικής Απόκλισης στο πρόγραμμα είναι : 2.0999%					

Πίνακας 22: Σύνοψη Αποτελεσμάτων

9 Συμπεράσματα πειραματικού:

Όπως παρατηρείτε από τη τυπική απόκλιση του προγράμματος είναι πάρα πολύ κοντά στην πραγματικότητα.

Η θερμοκρασία του σκυροδέματος επηρεάζεται αρκετά από την θερμοκρασία του νερού αλλά δεν είναι ο καθοριστικός παράγοντάς. Το νερό στο μείγμα κατέχει μόλις το 9% του μείγματος.

Σημαντικός παράγοντας για την θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι η θερμοκρασία των υλικών μας τα οποία κατέχουν το 66% του μείγματος.

Καθοριστικός παράγοντάς για την θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι η θερμοκρασία του τσιμέντου το οποίο κατέχει το 23% του μείγματος.

10 Τρόποι μείωσης της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

10.1 Νερό:

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να μειώσουμε την θερμοκρασία του σκυροδέματος χωρίς καν να επενδύσουμε στην αγορά και χρήση chiller. Όπως συμπεράνετε από τα ποιο πάνω πειράματα ακόμη και με χαμηλές θερμοκρασίες νερού το σκυρόδεμα συνεχίζει να έχει σχετικά ψηλή θερμοκρασία.(Πείραμα 2, Πείραμα 3 ,Πείραμα 4). Μειώνοντας την θερμοκρασία του νερού μειώνεται και η θερμοκρασία του σκυροδέματος αλλά όχι στα ικανοποιητικά πλαίσια .

10.2 Αδρανή:

Σημαντικός παράγοντάς για την μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος είναι η σκίαση και ψύξη των αδρανών υλικών τα οποία κατέχουν το 66% του ποσοστού του μείγματος μας. Η ψύξη των υλικών μπορεί να επιτευχθεί με νεφελοποιητή ο οποίος να εκτοξεύει κρύο ατμό στα υλικά για να τα ψύχει.

10.3 Τσιμέντο:

Πολύ σημαντικός παράγοντάς για να μειώσουμε την θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι η εύρεση τρόπου για μείωση της θερμοκρασίας του τσιμέντου. Καταλαμβάνοντας την δυσκολία που αντιμετωπίζει αυτό το στοιχείο στο σκυρόδεμα ο ποιο εύκολός τρόπος για μείωση της θερμοκρασίας του τσιμέντου είναι με μονωτική βαφή άσπρη στα σιλό για αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας . Ακόμη ένας τρόπος για να

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

μειώσουμε την θερμοκρασία είναι με το να ψήχεται το τσιμέντο μέσα στο σίλο έτσι ώστε η θερμοκρασία του τσιμέντου να κοντέψει τους 30°C.

10.4 Ψύξη σκυροδέματος :

Ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος για την ψύξη του σκυροδέματος είναι με υγρό άζωτο. Συνήθως χρησιμοποιείτε σε θερμοκρασίας περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 40°C. Ο λόγος που δεν θίγεται αυτό το θέμα στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι λόγω κόστους. Ένας τέτοιος μηχανισμός κοστίζει αρκετά και έχει και μεγάλο ρίσκο. Χρειάζονται εγκατάστασης και εξειδικευμένο προσωπικό.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα ποιο πάνω πειράματα γίνανε με σκοπό την συγγραφή του προγράμματος θερμοκρασίας σκυροδέματος στην Microsoft- Excel και για να επαληθεύσουν τα αποτελέσματα του προγράμματος. Όπως παρατηρείτε το πρόγραμμα στην Microsoft – Excel έχει απόκλιση από την πραγματικότητα 2.099%. Το ποσοστό απόκλισης είναι πολύ καλό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εύρεση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος με τα δεδομένα που αναφέραμε ποιο πάνω με αρκετή ακρίβεια. Ο τρόπος μείωσης της θερμοκρασίας σκυροδέματος δεν είναι μόνο η ψύξη του νερού αλλά και η θερμοκρασία των υλικών μας . Πολύ σημαντικός τρόπος να μειωθεί η θερμοκρασία του σκυροδέματος είναι να μειώσουμε την θερμοκρασία παραλαβής και χρήσης του τσιμέντου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

197-1, EN. 2000. *En 197-1*.

“AGGREGATES.”

ASTM, undefined. 2001. “ASTM C150: Standard Specification for Portland Cement.” 552(d).

Atis, CD. 2002. “Heat Evolution of High-Volume Fly Ash Concrete.” *Cement and Concrete Research* 32(5): 751–56. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884601007554>.

Van Jaarsveld, J. G.S., Jannie S.J. Van Deventer, and G. C. Lukey. 2002. “The Effect of Composition and Temperature on the Properties of Fly Ash- and Kaolinite-Based Geopolymers.” *Chemical Engineering Journal* 89(1–3): 63–73.

Jalal, Mostafa, Esmael Mansouri, Mohammad Sharifipour, and Ali Reza Pouladkhan. 2012. “Mechanical, Rheological, Durability and Microstructural Properties of High Performance Self-Compacting Concrete Containing SiO₂ Micro and Nanoparticles.” *Materials and Design* 34: 389–400. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.08.037>.

k.wesche. 2006. “Fly Ash in Concrete Properties and Performance.” *RILEM* 1(3): 23.

Krause, A P, L Nguyen, C Y Tuan, and J D Blasey. 2013. “Reinforced Concrete and Design.” 31(1): 151–58.

Mondal, Paramita, Surendra P. Shah, Laurence D. Marks, and Juan J. Gaitero. 2010. “Comparative Study of the Effects of Microsilica and Nanosilica in Concrete.” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2141(1): 6–9.

Schneider, Ulrich. 1988. “Concrete at High Temperatures - A General Review.” *Fire Safety Journal* 13(1): 55–68.

Triantafillou, Æ Thanasis C. 2009. “Composite Materials and Concrete.” : 2009.

Wang, Dehui et al. 2015. “A Review on Ultra High Performance Concrete: Part II. Hydration, Microstructure and Properties.” *Construction and Building Materials* 96: 368–77. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061815303147>.

Zhang, Yunsheng, Wei Sun, and Sifeng Liu. 2002. “Study on the Hydration Heat of Binder Paste in High-Performance Concrete.” *Cement and Concrete Research* 32(9): 1483–88.

A. Μοροπούλου ΕΔΙΠ. 2007. “Τσιμέντο & Σκυρόδεμα Άδεια Χρήσης.” *ACADEMIC OPEN COURSES*.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής

Ε Τσιάβου, Δ Χρυσοβελίδου, Α Φωτόπουλος, Ε Μπίλλα... - 2004. 2004. “Οδηγός Δομικών Υλικών, Μέρος Α, Αδρανή Υλικά.”

Μανώλης Χανιωτάκης. 2015. “Η Συμβολή Του Τσιμέντου Στην Ανάπτυξη Του Ανθρώπινου Πολιτισμού.”
1(3): 100.

Πρόγραμμα υπολογισμού θερμοκρασίας σκυροδέματος και εργαστηριακές δοκιμές, τρόποι μείωση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος

Λάζος Κουκλής