



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓ. ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ
ΜΕΤΑΚΑΘΛΙΝΗ ΣΤΙΣ
ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΤΟΥ ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

ΜΑΚΡΗΣ Ε. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ Ν. ΔΙΑΜΑΝΤΩ

Επιβλέποντες:

Κωνσταντίνος Γ. Τρέζος
Επικουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Ευστράτιος Γ. Μπαδογιάννης
Λέκτορας ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ , ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα της συμβολής πολλών ανθρώπων με διαφορετικό τρόπο ο κάθε ένας, και θα ήταν παράλειψη μας να μην εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες.

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον **κ. Τρέζο Κωνσταντίνο**, Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για τον χρόνο που αφιέρωσε, την καθοδήγηση του, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις του οι οποίες ήταν καίριες και καθοριστικές για την ολοκλήρωση της.

Στην συνέχεια θα θέλαμε να απονείμουμε ιδιαίτερες και εγκάρδιες ευχαριστίες στον **κ. Σφήκα Ιωάννη**, Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ και Διδάκτορα στον Τομέα Δομοστατικής, καθώς και τον **κ. Μπαδογιάννη Ευστράτιο**, Λέκτορα στον Τομέα Δομοστατικής και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής, χωρίς την ανεκτίμητη και καθοριστική βοήθεια και την συμβολή των οποίων η εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Θερμά ευχαριστούμε την **κ. Νόνη (Ερμιόνη) Πάσιου**, Υποψήφια Διδάκτορας του Τομέα Μηχανικής της ΣΕΜΦΕ για την βοήθεια της στην διεξαγωγή των πειραμάτων κάμψης στο εργαστήριο Αντοχής των Υλικών.

Τέλος νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε την οικογένεια μας για την συμπαράσταση και το κουράγιο που μας έδιναν καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Οι συνάδελφοι φοιτητές που ενδεχομένως αναζητήσουν πληροφορίες στο κείμενο και αντιμετωπίσουν οποιαδήποτε δυσκολία είναι ευπρόσδεκτοι να επικοινωνήσουν μαζί μας.

Μακρης, Ε. Κωνσταντίνος
Κινητο: 6975946434
e-mail: kotsosm@hotmail.com

Σμαργιανάκη, Ν. Διαμάντω
Κινητό: 6984066176
e-mail: mantosma@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεργασία διαφορετικών συμπληρωματικών τσιμεντοειδών υλικών σε μίγματα αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (ΑΣΣ) μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση τόσο στις ιδιότητες του νωπού όσο και του σκληρυμένου σκυροδέματος. Ανάμεσα στα ποικίλα και διαφορετικά τσιμεντοειδή υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ΑΣΣ, όπως η πυριτική παιπάλη, η ιπτάμενη τέφρα ή σκωρία υψικαμίνων, ο μετακαολίνης είναι ένα καινούριο υλικό το οποίο έχει πλέον αρχίσει με επιτυχία να χρησιμοποιείται.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι μία μελέτη των ρεολογικών και μηχανικών ιδιοτήτων καθώς και της ανθεκτικότητας μιγμάτων ΑΣΣ τα οποία περιέχουν μετακαολίνη. Συνολικά στο εργαστήριο παρασκευάστηκαν εννέα μίγματα ΑΣΣ με ελεγχόμενη σύσταση και δύο μίγματα συμβατικού σκυροδέματος. Συγκεκριμένα παρασκευάστηκαν ένα μίγμα ΑΣΣ με προσθήκη και συνεργασία τσιμέντου, φίλλερ, αδρανών και νερού, τέσσερα στα οποία έγινε αντικατάσταση τσιμέντου με μετακαολίνη σε διάφορα ποσοστά και άλλα τέσσερα στα οποία έγινε αντικατάσταση φίλλερ με μετακαολίνη.

Για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του νωπού ΑΣΣ διεξήχθησαν τρία πειράματα Slump-Flow test, V-Funnel test και L-Box test. Τα παρασκευασθέντα δοκίμια συντηρήθηκαν για 28 ημέρες και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι μηχανικές τους ιδιότητες (θλιπτική, εφελκυστική και καμπτική αντοχή). Επίσης σε μια προσπάθεια προσδιορισμού της έννοιας της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος πραγματοποιήθηκαν δοκιμές υδατοπερατότητας και τριχοειδούς απορρόφησης νερού καθώς και έλεγχος έναντι διάχυσης χλωριόντων και προσδιορίστηκε το πορώδες. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν με αυτά του συμβατικού σκυροδέματος.

Η χρήση μετακαολίνης στο ΑΣΣ βελτίωσε σημαντικά το πορώδες και τις μηχανικές ιδιότητες. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση της αντίστασης του σκυροδέματος έναντι διάχυσης χλωριόντων και μειώθηκε σημαντικά η τριχοειδής απορρόφηση νερού.

Λέξεις – φράσεις κλειδιά:

Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα, μετακαολίνης, ιδιότητες νωπού, μηχανικές ιδιότητες, ανθεκτικότητα, πορώδες, υδατοπερατότητα, τριχοειδής απορρόφηση νερού, διάχυση χλωριόντων

ABSTRACT

The incorporation of different supplementary cementing materials (SCM) in Self-Compacting Concrete (SCC) mixtures can have considerable effect on both fresh and hardened concrete properties. Among various different SCM's used for the production of SCC, like silica fume, fly ash or granulate blast furnace slag (GBFS), metakaolin is a rather new one, which been successfully used in SCC.

This thesis aims to investigate the effect of the addition of metakaolin at different levels on the properties of fresh and hardened SCC and also in durability issues. In total, nine SCC mixtures with a control composition and two typical Normally Vibrated Concrete (NVC) mixtures have been produced in the laboratory. Specifically, one control SCC mixture was produced with the incorporation of cement, limestone powder (filler), aggregates and water. In four SCC mixtures, metakaolin has been used as a substitute of cement in various percentages, while in the other four SCC mixtures limestone has been substituted with metakaolin.

Three different tests have been conducted for the evaluation of the fresh SCC properties, i.e. Slump-Flow test, V-Funnel test and L-Box test. The produced specimens for the estimation of the mechanical properties were cure for 28 days before testing. Specifically, the mechanical properties have been evaluated by measuring the compressive, the tensile and the flexural strength. Also tests of water permability, capillary absorption of water, chloride diffusion and porosity have been conducted in order to evaluate durability of the produced SCC mixtures. The results have been evaluated and compared to those of the NVC mixtures.


The use of metakaolin in SCC mixtures significantly improved porosity and mechanical properties. Simultaneously there was a large increase in the resistance of concrete against chloride diffusion and significantly decreased the capillary water absorption.

Keywords:

Self – Compacting Concrete, metakaolin, fresh properties, mechanical properties, durability, porosity, water permeation, capillary absorption of water, chloride diffusion

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	20
1.1 Γενικά Στοιχεία - Ορισμός	20
1.2 Ιστορικά στοιχεία ΑΣΣ	20
1.3 Πλεονεκτήματα – Ιδιαιτερότητες – Απαιτήσεις ΑΣΣ	21
1.4 Ιδιότητες νωπού σκυροδέματος – Μέθοδοι ελέγχου – Ρεολογικές δοκιμές ΑΣΣ	23
1.4.1 Ρεολογία και σκυρόδεμα	23
1.4.2 Πυκνότητα στοίβαξης των αδρανών	24
1.4.3 Εργασιμότητα σκυροδέματος	24
1.4.3.1 Δοκιμή εξάπλωσης (slump flow test)	25
1.4.3.2 Δείκτης οπτικής σταθερότητας (visual stability index)	26
1.4.3.3 Δοκιμή δακτυλίου J (J - Ring test)	27
1.4.3.4 Δοκιμή Χοάνης σχήματος V (V-funnel test)	28
1.4.3.5 Δοκιμή δοχείου L (L-box test)	28
1.4.3.6 Δοκιμή δοχείου U (U-box test)	29
1.5 Ιδιότητες σκληρυμένου σκυροδέματος	29
1.5.1 Θλιπτική αντοχή (compressive strength)	30
1.5.2 Εφελκυστική αντοχή (tensile strength)	30
1.5.3 Καμπτική αντοχή (flexural strength)	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΜΕΤΑΚΑΟΛΙΝΗΣ	32
2.1 Ο Μετακαολίνης και η χρήση του στο σκυροδεμα	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	34
3.1 Γενικά	34
3.2 Παράγοντες Ανθεκτικότητας	34
3.2.1 Το νερό ως παράγοντας φθοράς	35
3.2.2 Συνδεδεμένοι πόροι στο σκυρόδεμα	36
3.2.3 Έκθεση σε διαβρωτικό περιβάλλον	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	38
4.1. Γενικά	38
4.2 Υπάρχουσα Έρευνα – μελέτη και αποτελέσματα	38
 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	42
5.1 Συνοπτική Περιγραφή - Σκοπός Πειραμάτων	42
5.2 Περιγραφή διαδικασίας σκυροδέτησης και προετοιμασία δοκιμίων	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	49
6.1 Εισαγωγή.....	49
6.2 Σκοπός των πειραμάτων.....	49
6.3 Προετοιμασία των πειραμάτων.....	49
6.4 Δοκιμή εξάπλωσης (Slump flow test).....	49
6.4.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης.....	49
6.4.2 Περιγραφή δοκιμής.....	50
6.5 Δείκτης οπτικής σταθερότητας (Visual Stability Index).....	52
6.5.1 Περιγραφή ελέγχου.....	52
6.6 Δοκιμή χοάνης V (V-funnel test).....	53
6.6.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης.....	53
6.6.2 Περιγραφή δοκιμής.....	54
6.7 Δοκιμή δοχείου L (L-box test).....	55
6.7.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης.....	55
6.7.2 Περιγραφή δοκιμής.....	55
6.8 Αποτελέσματα ρεολογικών ελέγχων.....	56
6.8.1 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων.....	56
6.8.3 Συσχέτιση παραμέτρων ρεολογικών ελέγχων.....	58
6.8.4 Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	67
7.1 Εισαγωγή.....	67
7.2 Σκοπός των πειραμάτων.....	67
7.3 Προετοιμασία των δοκιμίων.....	67
7.4 Προσδιορισμός Θλιπτικής Αντοχής.....	68
7.4.1 Περιγραφή συσκευής.....	68
7.4.2 Περιγραφή δοκιμής θλίψης- θλιπτική αντοχή.....	68
7.4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής θλίψης.....	68
7.4.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση θλιπτικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ.....	68
7.4.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β).....	69
7.4.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φίλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.).....	70
7.5 Προσδιορισμός εφελκυστικής αντοχής.....	71
7.5.1 Περιγραφή συσκευής.....	71
7.5.2 Περιγραφή δοκιμής εφελκυσμού-εφελκυστική αντοχή.....	71
7.5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής εφελκυσμού.....	71
7.5.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση εφελκυστικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ.....	71

7.5.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)	73
7.5.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.).....	73
7.6 Προσδιορισμός Καμπτικής Αντοχής.....	74
7.6.1 Περιγραφή συσκευής.....	74
7.6.2 Περιγραφή δοκιμής κάμψης – καμπτική αντοχή.....	74
7.6.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής κάμψης.....	75
7.6.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση καμπτικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ.....	75
7.6.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)	77
7.6.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.).....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ & ΠΟΡΩΔΕΣ	78
8.1 Εισαγωγή.....	78
8.2 Σκοπός του πειράματος.....	78
8.3 Προετοιμασία των δοκιμίων	78
8.4 Περιγραφή πειράματος τριχοειδούς απορρόφησης νερού & υπολογισμός πορώδους..	78
8.4.1 Περιγραφή διάταξης πειράματος	78
8.4.2 Περιγραφή δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης νερού	79
8.4.3 Υπολογισμός Πορώδους.....	80
8.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων τριχοειδούς απορρόφησης νερού & πορώδους.....	80
8.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων δοκιμίου SSC – 01(Σ170).....	80
8.5.2 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων.....	82
8.5.2.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση ΑΣΣ-ΣΣ	83
8.5.2.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης – % mk/cem – στην απορροφητικότητα	84
8.5.2.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης – % mk/lp20 – στην απορροφητικότητα	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ	87
9.1 Εισαγωγή.....	87
9.2 Σκοπός του πειράματος.....	87
9.3 Προετοιμασία των δοκιμίων	87
9.4 Περιγραφή πειράματος υδατοπερατότητας.....	87
9.4.1 Περιγραφή συσκευής υδατοπερατότητας GWT - 4000.....	87
9.4.2 Περιγραφή δοκιμής υδατοπερατότητας.....	89
9.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής υδατοπερατότητας.....	91

9.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων δοκιμίου SSC – 01(Σ170)	91
9.5.2 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων.....	93
9.5.2.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση υδατοπερατότητας ΑΣΣ-ΣΣ	94
9.5.2.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)	95
9.5.2.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φίλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, %κ.β.)	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΔΙΑΧΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ	100
10.1 Εισαγωγή.....	100
10.2 Σκοπός του πειράματος.....	100
10.3 Προετοιμασία των δοκιμίων	100
10.4 Περιγραφή πειράματος διάχυσης χλωριόντων.....	101
10.4.1 Περιγραφή συσκευής.....	101
10.4.2 Περιγραφή δοκιμής.....	104
10.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής.....	107
10.5.1 Υπολογισμός Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων	107
10.5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων δοκιμίου SSC – 01(Σ170)	108
10.5.3 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων.....	110
10.5.3.1 Γενικά Σχόλια – Σύγκριση αντίστασης έναντι της διάχυσης χλωριόντων ΑΣΣ -ΣΣ.....	112
10.5.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)	114
10.5.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φίλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.).....	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο: ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΝΑ ΔΥΟ	117
11.1 Διαγράμματα Συσχέτισης μεταβλητών	117
11.2 Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	133
12.1 Γενικά Συμπεράσματα	133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	136
Π1: Πίνακες και Διαγράμματα που αφορούν στη δοκιμή της Τριχοειδούς Απορρόφησης	136
Π2: Πίνακες και Διαγράμματα που αφορούν στη δοκιμή της Υδατοπερατότητας.....	146
Π.3 Πίνακες που αφορούν στη δοκιμή της Αντίστασης έναντι Διάχυσης Χλωριόντων...	166

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2: Εξοπλισμός δοκιμής εξάπλωσης (Slump Flow Test)	26
Εικόνα 3: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=0.0	26
Εικόνα 4: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=1.0	26
Εικόνα 5: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=2.0	27
Εικόνα 6: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=3.0	27
Εικόνα 7: Εξοπλισμός δοκιμής δακτυλίου J (J-Ring Test)	27
Εικόνα 8: Εξοπλισμός δοκιμής χοάνης V (V-Funnel Test).....	28
Εικόνα 9: Εξοπλισμός δοκιμής δοχείου L (L-Box Test).....	29
Εικόνα 10: Εξοπλισμός δοκιμής δοχείου U (U-Box Test).....	29
Εικόνα 12: Συλλογή υλικών σε σακούλες.....	46
Εικόνα 13: Ομογενοποίηση αδρανών.....	47
Εικόνα 14: Ανάμιξη ομογενοποιημένων γαρμπιλιού αδρανών με φύλλερ.....	47
Εικόνα 15: Προσθήκη τσιμέντου και ανάμιξη.....	47
Εικόνα 16: Προσθήκη νερού και υπερρευστοποιητή και ανάμιξη.....	47
Εικόνα 17: Μήτρες.....	48
Εικόνα 18: Δεξαμενή Συντήρησης Δοκιμίων.....	48
Εικόνα 19: Κώνος καθίσεως-Διαστάσεις.....	50
Εικόνα 20: Πλάκα βάσης- Διαστάσεις.....	50
Εικόνα 21: Πειραματική διαδικασία.....	51
Εικόνα 22: Μέτρηση κάθισης σε συμβατικό σκυρόδεμα.....	52
Εικόνα 23: Μέτρηση εξάπλωσης.....	52
Εικόνα 24: Πειραματική διάταξη.....	53
Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση δοκιμής χοάνης V.....	54
Εικόνα 26: Δοχείο L.....	55
Εικόνα 27: Σχηματική απεικόνιση δοκιμής δοχείου L.....	56
Εικόνα 28: Μηχανή Θλίψης Avery.....	71
Εικόνα 29: Δοκιμή Κάμψης τριών σημείων.....	74
Εικόνα 30: Διάταξη Φόρτισης δοκιμίου για κάμψη τριών σημείων.....	75
Εικόνα 31: Ανοξειδωτή μεταλλική βάση.....	79
Εικόνα 32: Πλαστική Δεξαμενή νερού.....	79
Εικόνα 33: Διεξαγωγή πειράματος Τριχοειδούς Απορρόφησης.....	80
Εικόνα 35: Ξύλινη βάση με σφιγκτήρες.....	89
Εικόνα 36: Διεξαγωγή πειράματος Υδατοπερατότητας.....	89
Εικόνα 37: Ηλεκτρική διάταξη.....	101
Εικόνα 38: Κύκλωμα μετασχηματιστή απομόνωσης.....	102

Εικόνα 39: Γέφυρα ανόρθωσης.....	102
Εικόνα 40: Περιγραφή διάταξης NT Build 492	103
Εικόνα 41: Φωτογραφία πειραματικής διάταξης	104
Εικόνα 42: Υπόδειγμα μέτρησης βάθους διάχυσης χλωριόντων	106
Εικόνα 43 : Φωτογραφία δοκιμίου-υπόδειγμα μέτρησης βάθους διαχύσεως χλωριόντων ...	107

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Κοκκομετρική Διαβάθμιση cem, Ip20, mk.....	42
Πίνακας 2: Δεδομένα δοκιμαστικών Συνθέσεων (Συστατικά (kg/m ³)) και χαρακτηριστικοί λόγοι	43
Πίνακας 3: Περιεκτικότητες Συστατικών Συνθέσεων (kg/m ³) και χαρακτηριστικοί λόγοι	44
Πίνακας 4: Τιμές Μονάδας Πρώτων Υλών.....	45
Πίνακας 5: Κατηγορίες κάθισης και εύρη τιμών.....	52
Πίνακας 6: Κατηγορίες Εξάπλωσης και εύρη τιμών.....	52
Πίνακας 7: Κατηγορίες Χρόνου ροής	52
Πίνακας 8: Βαθμονόμηση δείκτη οπτικής σταθερότητας ναπού ΑΣΣ	53
Πίνακας 9: Κατηγορίες χρόνου εκροής.....	54
Πίνακας 10 : Αποτελέσματα ρεολογικών ελέγχων	56
Πίνακας 11: Κατηγοριοποίηση των συνθέσεων ανάλογα με την εξάπλωση, τη κάθιση, τον χρόνο ροής t ₅₀₀ και τον χρόνο εκροής t _v	57
Πίνακας 12: Συντελεστής Συσχέτισης R ² μεταξύ των μεγεθών SF, t ₅₀₀ , t _f , t _v , t _v (5min), H ₁ /H ₂	65
Πίνακας 13: Αποτελέσματα δοκιμής θλίψης.....	68
Πίνακας 14: Αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού	72
Πίνακας 15: Αποτελέσματα δοκιμής κάμψης	76
Πίνακας 16: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 01	81
Πίνακας 17: Αποτελέσματα δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης.....	83
Πίνακας 18: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 01	91
Πίνακας 19: Αποτελέσματα δοκιμής Υδατοπερατότητας.....	94
Πίνακας 20: Αντιστοίχιση αρχικής έντασης ρεύματος με την τελική εφαρμοζόμενη τάση και διάρκεια του πειράματος	105
Πίνακας 21: Κατηγοριοποίηση συντελεστή διάχυσης	108
Πίνακας 22: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-01	109
Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής χλωριόντων	111

Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά των συνθέσεων-αποτελέσματα	111
Πίνακας 25: Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των μεγεθών f_c , p , i , $\ln T$, c , D_{nssm}	131
Πίνακας 26: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 02	136
Πίνακας 27: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 03	137
Πίνακας 28: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 04	138
Πίνακας 29: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 05	139
Πίνακας 30: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 06	140
Πίνακας 31: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 07	141
Πίνακας 32: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 08	142
Πίνακας 33: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 09	143
Πίνακας 34: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση NVC – 01	144
Πίνακας 35: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση NVC – 02	145
Πίνακας 36: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 02	146
Πίνακας 37: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 03	148
Πίνακας 38: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 04	150
Πίνακας 39: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 05	152
Πίνακας 40: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 06	154
Πίνακας 41: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 07	156
Πίνακας 42: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 08	158

Πίνακας 43: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 09.....	160
Πίνακας 44: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση NVC – 01.....	162
Πίνακας 45: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση NVC - 02.....	164
Πίνακας 46: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-02.....	166
Πίνακας 47: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-03.....	167
Πίνακας 48: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-04.....	168
Πίνακας 49: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-05.....	169
Πίνακας 50: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-06.....	170
Πίνακας 51: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-07.....	171
Πίνακας 52: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-08.....	172
Πίνακας 53: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-09.....	173
Πίνακας 54: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση NVC-01.....	174
Πίνακας 55: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση NVC-02.....	175

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνος Ροής t_{500}	58
Διάγραμμα 2: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνος Ροής t_f	59
Διάγραμμα 3: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνο Εκροής t_v	59
Διάγραμμα 4: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνο Εκροής t_v (5min).....	60
Διάγραμμα 5: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με το Λόγο Ύψων H_1/H_2	60
Διάγραμμα 6: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t_f	61
Διάγραμμα 7: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t_v	61
Διάγραμμα 8: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t_v (5min).....	62
Διάγραμμα 9: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Λόγο Ύψων H_1/H_2	62

Διάγραμμα 10: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Χρόνο Εκροής t_v	63
Διάγραμμα 11: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Χρόνο Εκροής t_v (5 min).....	63
Διάγραμμα 12: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Λόγο Υψών H_1/H_2	64
Διάγραμμα 13: Συσχέτιση του Χρόνου Εκροής t_v με τον Λόγο Υψών H_1/H_2	64
Διάγραμμα 14: Συσχέτιση του Χρόνου Εκροής t_v (5min) με τον Λόγο Υψών H_1/H_2	65
Διάγραμμα 15: Θλιπτική αντοχή ανά σύνθεση	69
Διάγραμμα 16: Θλιπτική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/cem.....	70
Διάγραμμα 17: Θλιπτική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20	70
Διάγραμμα 18: Εφελκυστική αντοχή ανά σύνθεση.....	72
Διάγραμμα 19: Εφελκυστική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/cem	73
Διάγραμμα 20: Εφελκυστική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20.....	74
Διάγραμμα 21: Φορτίο θραύσης συναρτήσει της βύθισης (πειραματική καμπύλη όπως προκύπτει από τη διάταξη μηχ. δοκιμής)	75
Διάγραμμα 22: Καμπτική Αντοχή (MPa) ανά σύνθεση.....	76
Διάγραμμα 23: Καμπτική αντοχή συναρτήσει του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem.....	77
Διάγραμμα 24: Καμπτική Αντοχή συναρτήσει του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20.....	77
Διάγραμμα 25: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 01.....	82
Διάγραμμα 26: Απορροφητικότητα, i , ανά σύνθεση.....	83
Διάγραμμα 27: Πορώδες, %, ανά σύνθεση	84
Διάγραμμα 28: Απορροφητικότητα, i , ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem....	84
Διάγραμμα 29: Πορώδες, %, ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem	85
Διάγραμμα 30: Απορροφητικότητα, i , ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20	85
Διάγραμμα 31: Πορώδες, %, ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20.....	86
Διάγραμμα 32: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 01	92
Διάγραμμα 33: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 01	92
Διάγραμμα 34: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 01	93
Διάγραμμα 35: Χρόνος εξίσωσης πίεσης, $\ln T$, ανά σύνθεση.....	94
Διάγραμμα 36: Συντελεστής Διαπερατότητας, $c \times 10^{-3}$, ανά σύνθεση.....	95
Διάγραμμα 37: Πτώση της πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο - 1η Ομάδα Συνθέσεων	96
Διάγραμμα 38: Χρόνος εξίσωσης πίεσης ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem	96
Διάγραμμα 39: Συντελεστής Διαπερατότητας ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem	97
Διάγραμμα 40: Πτώση της πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο – 2 ^η ομάδα Συνθέσεων.....	98

Διάγραμμα 41: Χρόνος εξίσωσης πίεσης ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20.	98
Διάγραμμα 42: Συντελεστής Διαπερατότητας ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20.....	99
Διάγραμμα 43: Μέσο βάθος διάχυσης, $x_{d,m}$, ανά σύνθεση.....	112
Διάγραμμα 44: Συντελεστής διάχυσης, D_{nssm} , ανά σύνθεση.....	112
Διάγραμμα 45: Τομή δοκιμίου, 1η ομάδα συνθέσεων ΑΣΣ.....	113
Διάγραμμα 46: Τομή δοκιμίου, 2η ομάδα συνθέσεων ΑΣΣ.....	114
Διάγραμμα 47: Συσχέτιση συντελεστή διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem.	114
Διάγραμμα 48: Συσχέτιση βάθους διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem.....	115
Διάγραμμα 49: Συσχέτιση συντελεστή διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20	115
Διάγραμμα 50: Συσχέτιση βάθους διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20	116
Διάγραμμα 51: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Εφελκυστική Αντοχή (MPa)	117
Διάγραμμα 52: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Καμπτική Αντοχή (MPa).....	117
Διάγραμμα 53: Συσχέτιση Θλιπτικής αντοχής (MPa) με το Πορώδες (%).....	118
Διάγραμμα 54: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Τριχοειδή Απορρόφηση i (mm/min ^{1/2}).....	118
Διάγραμμα 55: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT	119
Διάγραμμα 56: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	119
Διάγραμμα 57: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m ² /s).....	120
Διάγραμμα 58: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με την Καμπτική Αντοχή (MPa)	120
Διάγραμμα 59: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με το Πορώδες (%)	121
Διάγραμμα 60: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με την Τριχοειδή Απορρόφηση i (mm/min ^{1/2}).....	121
Διάγραμμα 61: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT	122
Διάγραμμα 62: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	122
Διάγραμμα 63: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m ² /s)	123
Διάγραμμα 64: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με το Πορώδες (%).....	123
Διάγραμμα 65: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με την Τριχοειδή Απορρόφηση i (mm/min ^{1/2}).....	124
Διάγραμμα 66: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT	124

Διάγραμμα 67: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	125
Διάγραμμα 68: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m^2/s).....	125
Διάγραμμα 69: Συσχέτιση Πορώδους (%) με την Τριχοειδή Απορόφηση i ($mm/min^{1/2}$).....	126
Διάγραμμα 70: Συσχέτιση Πορώδους (%) με το Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$	126
Διάγραμμα 71: Συσχέτιση Πορώδους (%) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	127
Διάγραμμα 72: Συσχέτιση Πορώδους με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m^2/s).....	127
Διάγραμμα 73: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($mm/min^{1/2}$) με το Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$	128
Διάγραμμα 74: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($mm/min^{1/2}$) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	128
Διάγραμμα 75: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($mm/min^{1/2}$) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m^2/s).....	129
Διάγραμμα 76: Συσχέτιση του Χρόνου Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$ με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$	129
Διάγραμμα 77: Συσχέτιση του Χρόνου Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$ με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m^2/s).....	130
Διάγραμμα 78: Συσχέτιση του Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$ με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12}$ (m^2/s).....	130
Διάγραμμα 79: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 02.....	136
Διάγραμμα 80: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 03.....	137
Διάγραμμα 81: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 04.....	138
Διάγραμμα 82: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 05.....	139
Διάγραμμα 83: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 06.....	140
Διάγραμμα 84: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 07.....	141
Διάγραμμα 85: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 08.....	142
Διάγραμμα 86: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 09.....	143

Διάγραμμα 87: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση NVC – 01	144
Διάγραμμα 88: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση NVC – 02	145
Διάγραμμα 89: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 02	146
Διάγραμμα 90: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 02.....	147
Διάγραμμα 91: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 02	147
Διάγραμμα 92: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 03	148
Διάγραμμα 93: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 03.....	149
Διάγραμμα 94: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 03	149
Διάγραμμα 95: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 04	150
Διάγραμμα 96: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 04.....	151
Διάγραμμα 97: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 04	151
Διάγραμμα 98: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 05	152
Διάγραμμα 99: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 05.....	153
Διάγραμμα 100: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 05	153
Διάγραμμα 101: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 06	154
Διάγραμμα 102: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120kPa$ για την σύνθεση SCC – 06.....	155
Διάγραμμα 103: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120kPa$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 06	155
Διάγραμμα 104: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120kPa$, για την σύνθεση SCC - 07	156

Διάγραμμα 105: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 07.....	157
Διάγραμμα 106: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 07.....	157
Διάγραμμα 107: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120\text{kPa}$, για την σύνθεση SCC - 08.....	158
Διάγραμμα 108: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 08.....	159
Διάγραμμα 109: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 08.....	159
Διάγραμμα 110: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120\text{kPa}$, για την σύνθεση SCC - 09.....	160
Διάγραμμα 111: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 09.....	161
Διάγραμμα 112: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 09.....	161
Διάγραμμα 113: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120\text{kPa}$, για την σύνθεση NVC - 01.....	162
Διάγραμμα 114: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση NVC – 01.....	163
Διάγραμμα 115: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση NVC - 01.....	163
Διάγραμμα 116: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120\text{kPa}$, για την σύνθεση NVC - 02.....	164
Διάγραμμα 117: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση NVC – 02.....	165
Διάγραμμα 118: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση NVC – 02.....	165

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

AΣΣ, SCC-XX	Αυτοσυμπυκνούμενο Σκυρόδεμα
ΣΣ, NVC-XX	Συμβατικό Σκυρόδεμα
ΔΝ	Συντήρηση σε δεξαμενή νερού
c, cem	Τσιμέντο
lp20	Φίλλερ
mk	Μετακαολίνης
b	Συνδετικό υλικό (binder)
agg	Αδρανή
gi	Γαρμπίλι (κοκκομετρία $i=1, 2$)
s	Άμμος
SP	Υπερρευστοποιητής
mk/cem	Λόγος μετακαολίνη προς τσιμέντο
mk/lp20	Λόγος μετακαολίνη προς φίλλερ
w_{eff}/c	Λόγος ενεργού νερού προς τσιμέντο
w_{eff}/b	Λόγος ενεργού νερού προς συνδετικό υλικό - τσιμεντοειδή (binder)
s/agg	Λόγος άμμου προς τα συνολικά αδρανή
t_{500}	Χρόνος εξάπλωσης σκυροδέματος έως την διάμετρο των 500 mm
t_f	Ολικός χρόνος εξάπλωσης έως κατάσταση ηρεμίας
S	Κάθιση
SF	Εξάπλωση
ΔΟΣ	Δείκτης Οπτικής Σταθερότητας
t_v	Χρόνος εκροής χοάνης V
t_v (5min)	Χρόνος απορροής μίγματος μέσα από την χοάνη V μετά από χρόνο 5 min
H_1	Ύψος σκυροδέματος στη θύρα του δοχείου L
H_2	Ύψος σκυροδέματος στο άκρο του οριζόντιου τομέα του δοχείου L
$\lambda = H_2/H_1$	Λόγος υψών σκυροδέματος του δοχείου L
t_{200}	Χρόνος εκροής σκυροδέματος σε απόσταση 20 cm από την θυρίδα του δοχείου L
t_{400}	Χρόνος εκροής σκυροδέματος σε απόσταση 40 cm από την θυρίδα του δοχείου L
f_c	Θλιπτική αντοχή (KN)
f_t	Εφελκυστική αντοχή (KN)
f_{cf}	Καμπτική αντοχή (KN)
p	Ανοικτό πορώδες

ΔW	Αθροιστική διαφορά δύο διαδοχικών καταγραφών βάρους
ρ_w	Ειδικό βάρος νερού
A	Εμβαδόν επιφανείας
i	Απορροφητικότητα ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$)
T	Χρόνος (s)
P	Πίεση (KPa)
$\ln T$	Λογάριθμος του χρόνου
P_0	Αρχική επιβαλλόμενη πίεση ίση με 1,2 bar, 120 KPa
P/P_0	Λόγος πίεσης προς την αρχικά επιβαλλόμενη πίεση
c	Συντελεστής διαπερατότητας
D_{nssm}	Συντελεστής διάχυσης χλωριόντων (m^2/s)
$x_{d,m}$	Μέσο βάθος διάχυσης χλωριόντων
h	Ώρα (μονάδα μέτρησης του χρόνου)
min	Λεπτά (μονάδα μέτρησης του χρόνου)
s	Δευτερόλεπτα (μονάδα μέτρησης του χρόνου)
m	Μέτρα (μονάδα μέτρησης μήκους)
cm	Εκατοστά (μονάδα μέτρησης μήκους)
mm	Χιλιοστά (μονάδα μέτρησης μήκους)
gr	Γραμμάρια (μονάδα μέτρησης βάρους)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.1 Γενικά Στοιχεία - Ορισμός

Το σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό το οποίο, στην πιο διαδεδομένη μορφή του, αποτελείται από τσιμέντο Portland, χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή και νερό. Ανάλογα με την περίπτωση, ενσωματώνονται και υλικά που καλούνται πρόσθετα και βελτιωτικά. Το μίγμα των υλικών αυτών και οι αλληλεπιδράσεις τους καθορίζουν τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος.

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (ΑΣΣ) είναι ένα αυξημένης ρευστότητας σκυρόδεμα που διατηρεί την συνεκτικότητα του και σε νωπή κατάσταση έχει τη δυνατότητα να διαστρώνεται και να επιπεδώνεται με το ίδιο βάρος του χωρίς τη χρήση δονητών μάζας ή άλλης ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα πληροί τους ξυλότυπους ακόμη και στις περιπτώσεις πυκνής όπλισης, διατηρώντας την ομοιογένεια του.

Σε όρους περιεχόμενων υλικών το ΑΣΣ και το συμβατικό σκυρόδεμα (ΣΣ) ουσιαστικά δε διαφέρουν. Η γεωμετρία και το μέγεθος των αδρανών σε συνδυασμό με κατάλληλα χημικά πρόσθετα μπορούν να βελτιώσουν τις ρεολογικές ιδιότητες του σκυροδέματος.

Τα μίγματα του ΑΣΣ, συγκριτικά με το συμβατικό σκυρόδεμα (ΣΣ), έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Χαμηλότερο περιεχόμενο χονδρόκοκκων αδρανών
2. Μικρότερο μέγιστο κόκκο αδρανών (συνήθως έως 16-19mm)
3. Αυξημένο περιεχόμενο πάστας
4. Υψηλά επίπεδα κονιάς (υλικό $< 0.0125mm$)
5. Χρήση προσμίκτων (ως 4^ο συστατικό)
6. Χαμηλή αναλογία νερού/τσιμέντου (w/c)
7. Υψηλή δόση υπερρευστοποιητή
8. Ρυθμιστή ιξώδους (σπανιότερα)

1.2 Ιστορικά στοιχεία ΑΣΣ

Η ιδέα για την παραγωγή ενός υλικού που θα μπορεί να αυτοσυμπυκνώνεται διατηρώντας ωστόσο τις ιδιότητες του συμβατικού σκυροδέματος άρχισε να αναπτύσσεται στις αρχές της δεκαετίας του '80.



Εικόνα 1: Καθηγητής Hajime Okamura

Πρώτος ο καθηγητής Hajime Okamura του Tokyo University, το 1986, πρότεινε μια

σύνθεση σκυροδέματος που δεν απαιτούσε μηχανική δόνηση. Το πρώτο πρωτότυπο μίγμα ολοκληρώθηκε το 1988 από τους Ozawa και Maekawa, με υλικά της Ιαπωνικής αγοράς, και ονομάστηκε αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα. Η χρήση ΑΣΣ κέρδισε την ευρεία αποδοχή των Ιαπώνων κατασκευαστών από τα τέλη της δεκαετίας του 80. Αρχικά η τεχνολογία του νέου υλικού αναπτύχθηκε για την διασφάλιση της ικανοποιητικής συμπίκνωσης σε εφαρμογές, για τις

οποίες η ανθεκτικότητα και η λειτουργικότητα αποτελούσαν κρίσιμους παράγοντες. Αργότερα το ΑΣΣ χρησιμοποιήθηκε για την διευκόλυνση των κατασκευαστικών διεργασιών και την μείωση του χρόνου και του κόστους κατασκευής. Στις αρχές της δεκαετίας του 90, η τεχνολογία του ΑΣΣ εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ευρώπη, στις σκανδιναβικές χώρες και χρησιμοποιήθηκε σε περιπτώσεις προκατασκευασμένων στοιχείων. Μερικές εφαρμογές ΑΣΣ στον Καναδά και την Ελβετία είναι επισκευές βάθρων και βάσεων γεφυρών, διατομές σηράγγων, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων και τοίχων αντιστήριξης, όπου η χρήση της τεχνολογίας του ΑΣΣ διασφάλισε την επαρκή πλήρωση δύσκολων διατομών και την υψηλής ποιότητας τελική επιφάνεια.

1.3 Πλεονεκτήματα – Ιδιαιτερότητες – Απαιτήσεις ΑΣΣ

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων σε σχέση με το συμβατικό σκυρόδεμα τόσο σε κατασκευαστικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Πολύ σημαντική προϋπόθεση ώστε να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα του ΑΣΣ είναι να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες και οι νέες απαιτήσεις του υλικού.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του ΑΣΣ είναι:

- Είναι δυνατή η διάστρωση και η συμπίκνωσή του χωρίς τη βοήθεια μηχανικής δόνησης με άριστο εμφανισιακά τελικό αποτέλεσμα.
- Έχει τη δυνατότητα πλήρωσης μελών περίπλοκης γεωμετρίας, μελών με ιδιαίτερα πυκνό οπλισμό και επίπεδων στοιχείων μεγάλης επιφάνειας.
- Υπάρχει δυνατότητα σχεδίασης και σκυροδέτησης κλειστής μορφής στοιχείων όπου είναι αδύνατος ο έλεγχος.
- Έχει αυξημένη ανθεκτικότητα σε δυσμενείς εξωτερικούς παράγοντες και μειωμένη υδατοπερατότητα.
- Δεδομένης της απουσίας μηχανικής δόνησης, ο χρόνος σκυροδέτησης μειώνεται δραστικά.

- Περιορίζει το εργατικό δυναμικό, τον απαιτούμενο εξοπλισμό, τα καύσιμα και την ενέργεια ανά σκυροδετούμενο στοιχείο.
- Μειώνει δραστικά τη παραγωγή θορύβου στο εργοτάξιο έως τα επιτρεπτά όρια που ορίζει η ντιρεκτίβα του Ευρωπαϊκού συμβολίου 86/188/ECC των 85db (A), παράγοντας που μας επιτρέπει να πραγματοποιούμε σκυροδετήσεις σε αστικές περιοχές οποιαδήποτε ώρα της ημέρας χωρίς όχληση.
- Μειώνει τη διασπορά των τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων.
- Δημιουργεί ένα ασφαλέστερο εργασιακό περιβάλλον, κάτι που συνεπάγεται μείωση των εργατικών ατυχημάτων.
- Μειώνει τα βαρέα και ανθυγιεινά ασφάλιστρα και πρόστιμα που σε ορισμένες περιπτώσεις οι κατασκευαστικές εταιρίες πρέπει να πληρώσουν για την παραγόμενη ηχορύπανση ή για την θεραπευτική αγωγή εργατών που παρουσιάζουν καρδιαγγειακά προβλήματα, αναπνευστικά προβλήματα ή «λευκά δάκτυλα».
- Παρουσιάζει βελτιωμένη συνάφεια με το χαλύβδινο οπλισμό.
- Δίνει μεγαλύτερο χρόνο ζωής στους ξυλοτύπους καθώς απουσιάζει η δόνηση η οποία θα έφθειρε το υλικό.
- Μπορεί να ανταποκριθεί σε περίπλοκες αρχιτεκτονικές απαιτήσεις όπως η απόδοση του αρχιτεκτονικού ανάγλυφου εμφανών σκυροδεμάτων.
- Δημιουργεί εξάλειψη της ανάγκης για υλικά που χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση και την προετοιμασία του υποστρώματος για την επίστρωση των τελικών υλικών δαπέδων.
- Υπάρχει σημαντική μείωση του συνολικού κόστους εφαρμογής της κατασκευής συνήθως 5 έως 15%. Επίσης, υπάρχει ανάγκη για ισχυρότερα καλούπια, καθώς η ρευστότητα του σκυροδέματος επιβάλλει μεγαλύτερη πίεση και σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση χημικών προσθέτων, τα οποία σε υψηλές δοσολογίες μπορούν να αποτελέσουν υψηλή οικονομική επιβάρυνση, αυξάνουν το κόστος του πρώτου. Όμως η αυξημένη ταχύτητα σκυροδέτησης, η απαίτηση για λιγότερο εργατικό δυναμικό, η ελαχιστοποίηση επιδιόρθωσης ατελειών και η έλλειψη δόνησης μειώνουν δραστικά το κόστος. Γενικά το ΑΣΣ σαν υλικό είναι κατά 10 έως 20% ακριβότερο από το κοινό σκυρόδεμα αλλά είναι πολύ οικονομικότερο σε κόστος εργατικών για άντληση και διάστρωση και σε δαπάνες επισκευών κατά 15 έως 35%.

Τα προαναφερθέντα θετικά χαρακτηριστικά του ΑΣΣ επιτρέπουν την ικανοποίηση απαιτήσεων για αυξημένη παραγωγικότητα και ανθεκτικότητα, αναβαθμισμένο περιβάλλον εργασίας και υψηλή αισθητική. Όμως απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συμμόρφωση με αυστηρά κριτήρια ποιοτικού ελέγχου σε όλα τα στάδια από την παραγωγή μέχρι και την συντήρηση. Έτσι λοιπόν για την εξασφάλιση της επιτυχίας της εφαρμογής του ΑΣΣ και της

πλήρους αξιοποίησης των πλεονεκτημάτων του πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω ιδιαιτερότητες και νέες απαιτήσεις για:

- Μεγαλύτερη ευαισθησία των συνθέσεων στις διακυμάνσεις των ιδιοτήτων των διαφόρων συστατικών.
- Ενδελεχή γνώση της κοκκομετρίας των συστατικών υλικών.
- Έλεγχο του νερού που αναμιγνύεται μέσω ενός συστήματος ελέγχου υγρασίας
- Πιθανότητα ύπαρξης διαφορών μεταξύ της ρεολογικής συμπεριφοράς του στο εργαστήριο και στο εργοτάξιο.
- Μεγαλύτερη εξειδίκευση του προσωπικού το οποίο είναι υπεύθυνο για την μελέτη της σύνθεσης, την παραγωγή, τη μεταφορά, την άντληση, την διάστρωση και τον ποιοτικό έλεγχο των σταδίων αυτών.
- Εξοικείωση με τη χρήση υπερρυστοποιητών, μειωτών νερού ευρέως φάσματος (HRWA: high-range water-reducing admixtures) και τροποποιητικών ιξώδους (VMA: Viscosity-Modifying Admixtures).

1.4 Ιδιότητες νωπού σκυροδέματος – Μέθοδοι ελέγχου – Ρεολογικές δοκιμές ΑΣΣ

[1][2][3][4]

Οι βασικές απαιτήσεις του ΑΣΣ περιλαμβάνουν διασφάλιση υψηλού επιπέδου παραμορφωσιμότητας παράλληλα με τη διατήρηση υψηλής σταθερότητας του μίγματος. Καθοριστικοί παράγοντες για την ποιότητα του υλικού είναι η ρεολογία της τσιμεντόπαστας (βλ. παρ. 1.4.1), η πυκνότητα στοίβαξης των αδρανών (βλ. παρ. 1.4.2) και η εργασιμότητα του μίγματος (βλ. παρ. 1.4.3).

1.4.1 Ρεολογία και σκυρόδεμα

Η συμπεριφορά του νωπού ΑΣΣ δεν μπορεί να κατανοηθεί πλήρως αν δεν αφομοιωθεί ο όρος «ρεολογία» (rheology). Ρεολογία με την ευρεία έννοια ονομάζουμε την επιστήμη της ροής και παραμόρφωσης του υλικού. Η έγχυση, η εξάπλωση, η άντληση και η συμπύκνωση κάθε είδους σκυροδέματος εξαρτάται από τη ρεολογία του. Βασικές παράμετροι της ρεολογίας είναι η τάση διαρροής και το πλαστικό ιξώδες.

Η τάση διαρροής αντιστοιχεί στην ελάχιστη απαιτούμενη διατμητική τάση για την εκκίνηση της ροής. Για τιμές μικρότερες της ελάχιστης διατμητικής τάσης το μίγμα δεν υφίσταται παραμόρφωση και για το λόγο αυτό δεν ρέει. Η σταθερή αναλογία μεταξύ διατμητικής τάσης και ρυθμού διάτμησης εκφράζεται ως πλαστικό ιξώδες και αναφέρεται στην αντίσταση του πλαστικού υλικού να υποστεί μια δεδομένη ροή.

Η ρεολογία του σκυροδέματος αξιολογείται με χρήση ειδικών ρεόμετρων, που επιτρέπουν την συσχέτιση της μεταβολής της διατμητικής τάσης συναρτήσει του ρυθμού

διάτμησης γ . Το ΑΣΣ συχνά αναφέρεται σαν υγρό που ακολουθεί το μοντέλο Bingham, όπου η τάση συνάφειας ορίζεται ως $\tau = \tau_0 + \mu_p \cdot \gamma$, όπου τ : η διατμητική τάση (Pa), τ_0 : η τάση διαρροής (Pa), μ_p : το πλαστικό ιξώδες (Pa·s) και γ : ο ρυθμός διάτμησης (s^{-1}).

Το νωπό σκυρόδεμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ρευστό, δεδομένου ότι μπορεί να επιτευχθεί ένας συγκεκριμένος βαθμός ρευστότητας και ότι το υλικό είναι ομογενές. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να καθοριστεί στα 100mm για την εξάπλωση, χωρίς να παρατηρηθεί απόμιξη, δηλαδή εμφάνιση νερού στα άκρα της εξάπλωμένης πάστας.

Η ιδιότητα της ‘‘ροής’’ δίνεται στο σκυρόδεμα από την πάστα του τσιμέντου. Η ρεολογική συμπεριφορά της τσιμεντόπαστας, με την σειρά της, καθορίζεται από την λειτουργία των λεπτομερών μέσα στο μίγμα. Τα πρόσμικτα είναι λοιπόν αυτά που κατά κύριο λόγο επηρεάζουν την ρεολογική συμπεριφορά της τσιμεντόπαστας, χωρίς να μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά της σύνθεσης σε ό,τι αφορά στη συμπεριφορά των χονδρόκοκκων αδρανών. Συνεπώς φαίνεται λογικό το να γίνεται μια προσπάθεια επιλογής προσμίκτων, μέσω πειραμάτων που περιλαμβάνουν μόνο την τσιμεντόπαστα.

1.4.2 Πυκνότητα στοίβαξης των αδρανών

Ο τρόπος με τον οποίο διατάσσονται τα αδρανή εντός του σκυροδέματος είναι καθοριστικός για την καλή συμπεριφορά του υλικού. Σκοπός είναι να καλυφθούν αποτελεσματικά τα κενά μεταξύ των αδρανών και να καλυφθούν οι ανομοιογένειες στο μίγμα της πάστας και των αδρανών, μειώνοντας έτσι την ανισοτροπία του τελικού προϊόντος. Για δεδομένο όγκο υλικού κυβικού σχήματος, αυτό επιτυγχάνεται μεγιστοποιώντας το πηλίκο του όγκου των αδρανών προς το συνολικό όγκο του κυβικού δοχείου, δηλαδή μεγιστοποιώντας τη τιμή της πυκνότητας στοίβαξης (packing density).

1.4.3 Εργασιμότητα σκυροδέματος

Ο όρος εργασιμότητα (workability) περιγράφει την ευκολία με την οποία το σκυρόδεμα μπορεί να αναμιχθεί, να εγχυθεί, να συμπυκνωθεί και να περατωθεί. Η εργασιμότητα του ΑΣΣ η οποία είναι υψηλότερη από την μεγαλύτερη κατηγορία εργασιμότητας του ΣΣ, περιγράφεται μέσω της ικανότητας πλήρωσης, της ικανότητας διέλευσης και της αντίστασης σε απόμιξη και εκτιμάται με ειδικές μεθόδους ελέγχου, που θα περιγραφούν στη συνέχεια (βλ. παραγράφους 1.4.3.1 έως 1.4.3.6).

- ✓ Η ικανότητα πλήρωσης (ανεμπόδιστη ροή) (filling ability). Η ικανότητα του ΑΣΣ να ρέει ελεύθερα μόνο με την επίδραση του ίδιου βάρους του, οριζόντια ή κατακόρυφα προς τα κάτω, αλλά και κατακόρυφα προς τα επάνω, και να πληροί ταχύτατα όλων

των ειδών τους τύπους χωρίς να αφήνει κενά και χωρίς να απαιτεί μηχανική συμπύκνωση.

- ✓ Η ικανότητα διέλευσης (εμποδιζόμενη ροή) (passing ability). Η ικανότητα του ΑΣΣ να διέρχεται με ευκολία διαμέσου και περιμετρικά ιδιαίτερα πυκνού οπλισμού. Επίσης έχει την ικανότητα να διέρχεται από διάφορα εμπόδια και στενά ανοίγματα χωρίς να παρουσιάζεται εμπλοκή αδρανών. Η εμπλοκή αναφέρεται στην κατάσταση που είναι πιθανό να δημιουργηθεί από τοπική απόμιξη αδρανών κοντά στα εμπόδια που υποβοηθούν την έκφραξη της ροής δεδομένης της απουσίας μηχανικής δόνησης.
- ✓ Η αντίσταση σε απόμιξη (segregation resistance) ή σταθερότητα (stability). Είναι η ικανότητα ενός υλικού να διατηρεί ομοιογενή κατανομή των επιμέρους συστατικών του κατά τη διάρκεια της ροής και της τοποθέτησής του.

Αξίζει να αναφερθεί πως καμία από τις δοκιμές ελέγχου των νωπών ιδιοτήτων του ΑΣΣ δεν μπορεί να μετρήσει και τις τρεις προαναφερθείσες βασικές ιδιότητες, ενώ ταυτόχρονα κάθε σύνθεση ΑΣΣ θα πρέπει να ελέγχεται και για τις τρεις ιδιότητες.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο ποιοτικός έλεγχος του ΑΣΣ να εξαρτάται από τη διεξαγωγή δοκιμών, οι οποίες πλέον περιγράφονται από το επίσημο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 206-9 και στην επόμενη ανανέωση θα περιλαμβάνονται στο EN 206-1, που η αξιοπιστία και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους επαφίενται στην εμπειρία του διεξάγοντος τις δοκιμές.

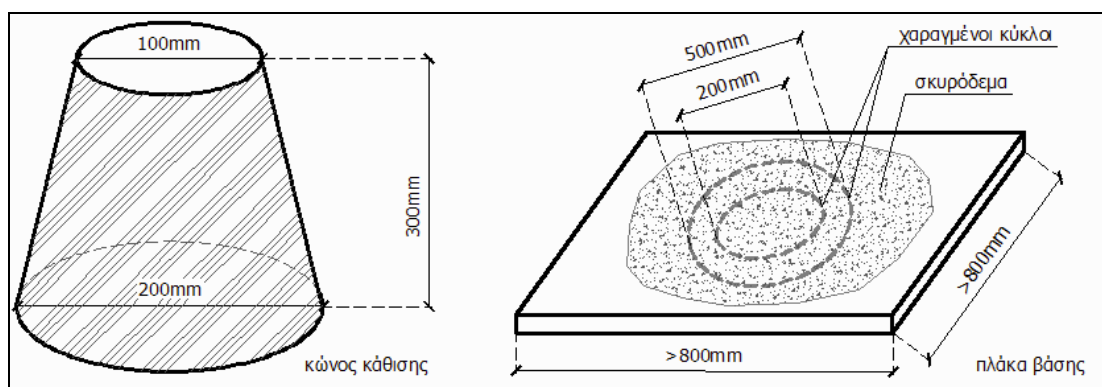
Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι που βοηθούν στη δημιουργία μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας για τη ρεολογική συμπεριφορά του ΑΣΣ κατά τη νωπή φάση είναι:

- ✓ Δοκιμή εξάλωσης (slump flow test)
- ✓ Δείκτης οπτικής σταθερότητας (visual stability index)
- ✓ Δοκιμή δακτυλίου J (J-Ring test)
- ✓ Δοκιμή χοάνης V (V-funnel test)
- ✓ Δοκιμή δοχείου L (L-box test)
- ✓ Δοκιμή δοχείου U (U-box test)

1.4.3.1 Δοκιμή εξάπλωσης (slump flow test)

Η δοκιμή εξάπλωσης αποτελεί μια κοινή διαδικασία που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της ελεύθερης και ανεμπόδιστης οριζόντιας ροής του ΑΣΣ. Κατά τη δοκιμή μετράται η τελική αβίαστη εξάπλωση του σκυροδέματος από κώνο κάθισης που έχει ανασυρθεί. Η μέθοδος της εξάπλωσης συνιστάται στη μέτρηση της μέσης διαμέτρου (SF), της μάζας σκυροδέματος, όπως διαμορφώνεται μετά την απομάκρυνση του κώνου του Abrams, όταν το σκυρόδεμα σταματά να ρέει πάνω στην τράπεζα σε συνάρτηση με τον απαιτούμενο χρόνο (t_f) για να φθάσει σε μία τέτοια τελική κατάσταση.

Μαζί με την δοκιμή εξάπλωσης πραγματοποιείται και η δοκιμή t_{500} που αντιστοιχεί στον απαιτούμενο χρόνο για την εξάπλωση του ΑΣΣ σε διάμετρο 50cm. Ο έλεγχος αυτός αποτελεί μια δευτερεύουσα ένδειξη για την ευκολία ροής του ΑΣΣ (μικρότεροι χρόνοι αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ρευστότητα) και επομένως δίνει μία εκτίμηση του ιξώδους του μίγματος του ΑΣΣ. Ο έλεγχος μπορεί να πραγματοποιηθεί στο εργοστάσιο παραγωγής ή στο εργοτάξιο. Αναλυτικότερη περιγραφή του ελέγχου μπορεί να αναζητηθεί στην παράγραφο 6.4.



Εικόνα 2: Εξοπλισμός δοκιμής εξάπλωσης (Slump Flow Test) (πηγή: [5])

1.4.3.2 Δείκτης οπτικής σταθερότητας (visual stability index)

Ο έλεγχος του δείκτη οπτικής σταθερότητας (ΔΟΣ) περιλαμβάνει τον οπτικό έλεγχο της εξάπλωσης του ΑΣΣ που προκύπτει από την μέθοδο ελέγχου της εξάπλωσης και στοχεύει στον προσδιορισμό της σταθερότητας των μιγμάτων ΑΣΣ (αντίσταση στη δυναμική απόμιξη λόγω ροής). Η εικόνα του εξαπλωμένου ΑΣΣ χρησιμεύει στην αξιολόγηση της σχετικής σταθερότητας των διαφορετικών μιγμάτων της ίδιας παρτίδας και στην εκτίμηση της πιθανότητας απόμιξης τους, η οποία όμως αξίζει να σημειωθεί ότι είναι χρονικά εξαρτώμενη (ομοιογενής εικόνα του μίγματος δεν εξασφαλίζει και την διατήρηση της συνοχής του). Ένας δεύτερος τρόπος εκτίμησης της σταθερότητας του μίγματος και της αντίστασης του σε απόμιξη (στατική απόμιξη λόγω βαρύτητας) είναι ο οπτικός έλεγχος των θραυσμένων κυλινδρικών δοκιμίων σε έμμεσο εφελκυσμό (brazilian test) Αναλυτικότερη περιγραφή του ελέγχου μπορεί να αναζητηθεί στην παράγραφο 6.5.



Εικόνα 3: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=0.0



Εικόνα 4: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=1.0



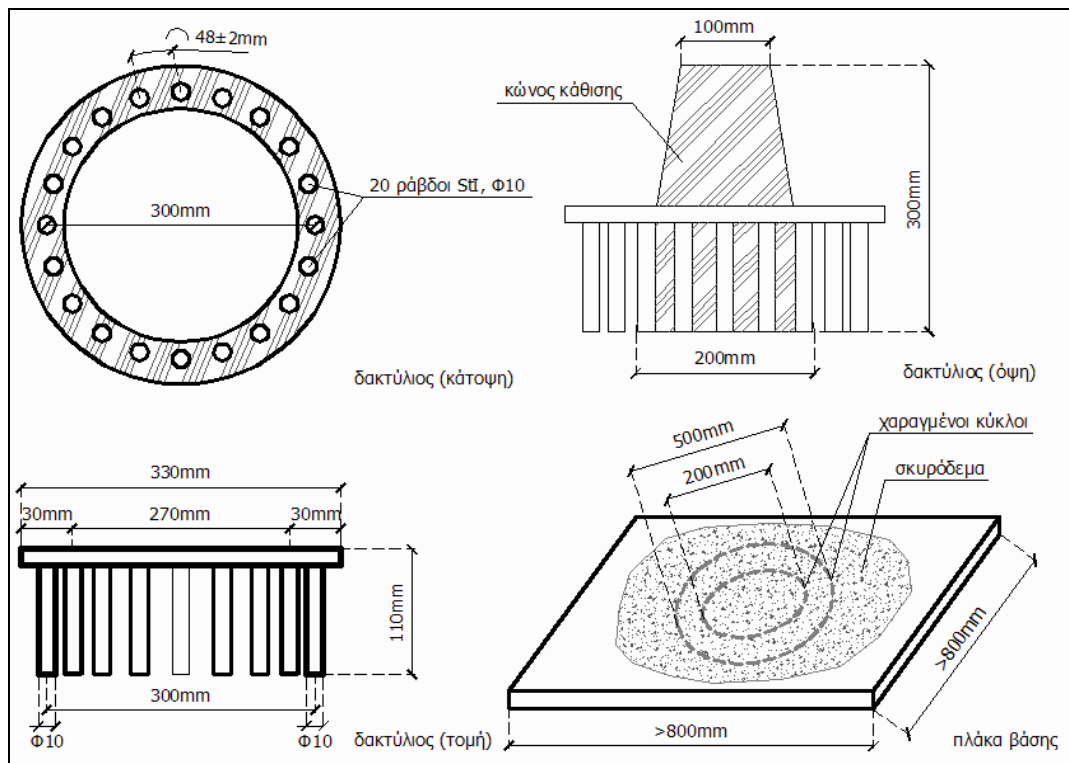
Εικόνα 5: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=2.0



Εικόνα 6: Παράδειγμα με δείκτη οπτικής σταθερότητας VSI=3.0

1.4.3.3 Δοκιμή δακτυλίου J (J - Ring test)

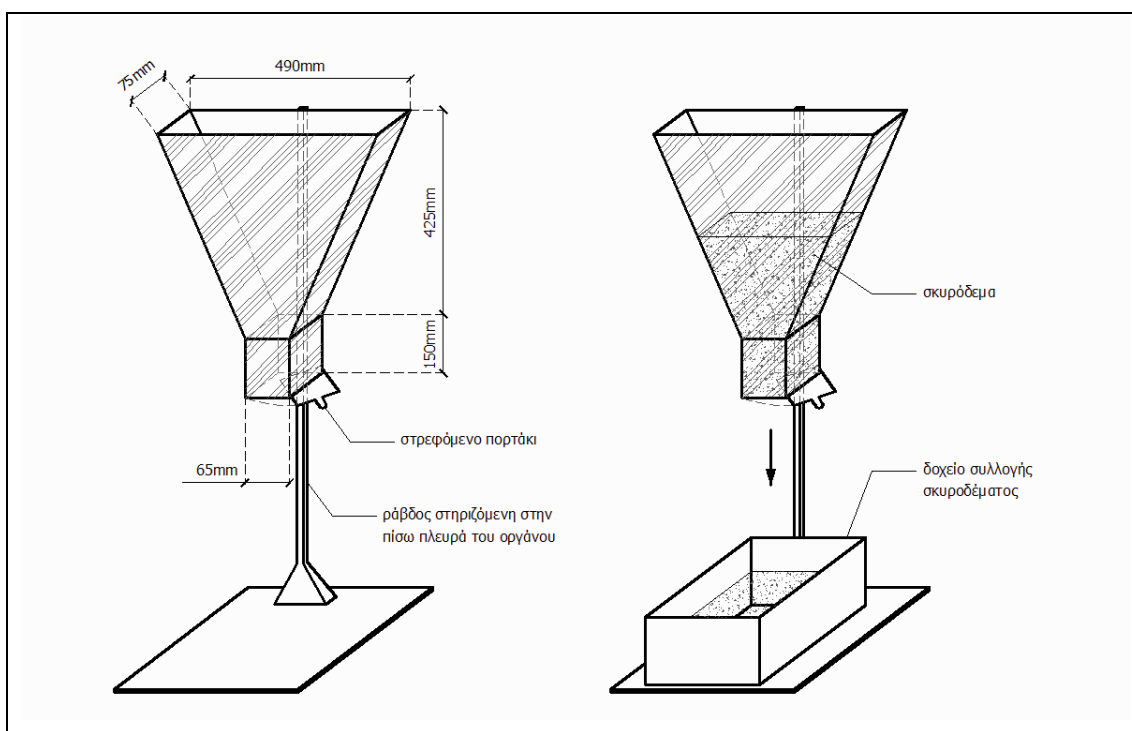
Όταν το ΑΣΣ τοποθετείται σε ξυλότυπους που περιέχουν χαλύβδινο οπλισμό, το μίγμα πρέπει να παραμένει συνεκτικό και τα αδρανή δε πρέπει να απομινγνούνται από την πάστα του μίγματος όταν αυτό διέρχεται από εμπόδια. Το παραπάνω αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό του μίγματος όταν αυτό χρησιμοποιείται σε κατασκευές με πυκνό οπλισμό. Η δοκιμή του δακτυλίου J χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η ικανότητα του ΑΣΣ να διέρχεται από χαλύβδινο οπλισμό. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί στο εργοστάσιο παραγωγής ή στο εργοτάξιο, ωστόσο δεν πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.



Εικόνα 7: Εξοπλισμός δοκιμής δακτυλίου J (J-Ring Test) (πηγή: [5])

1.4.3.4 Δοκιμή Χοάνης σχήματος V (V-funnel test)

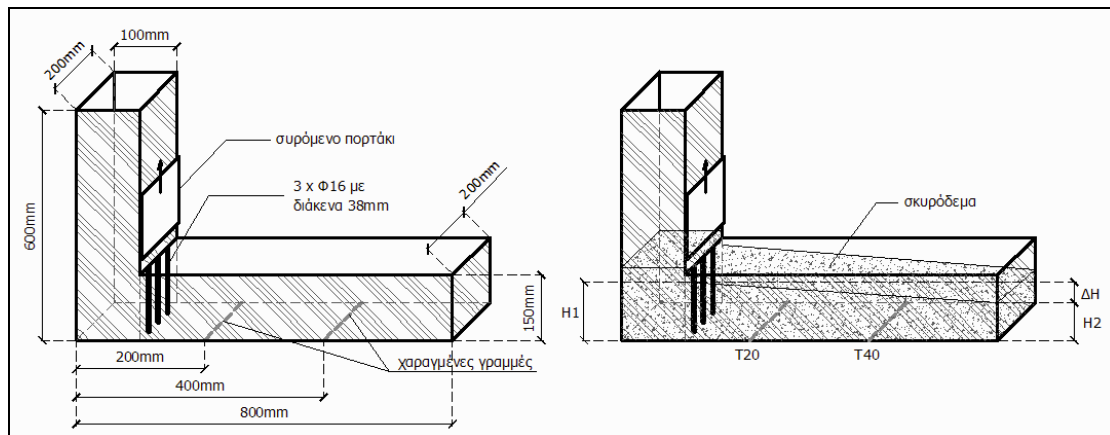
Με την δοκιμή αυτή εκτιμάται η ρευστότητα (ικανότητα πλήρωσης) του ΑΣΣ. Αν και η δοκιμή σχεδιάστηκε για την μέτρηση της ρευστότητας, τα αποτελέσματα επηρεάζονται και από ιδιότητες του ΑΣΣ διαφορετικές από την ρευστότητα. Το σχήμα χοάνης δημιουργεί συνθήκες έμφραξης οι οποίες θα επιδράσουν στο αποτέλεσμα, εάν π.χ. υπάρχουν πολλά χονδρόκοκκα αδρανή. Αν και η συσκευή είναι απλή, η επίδραση της γωνίας της χοάνης και των τοιχωμάτων στην ροή του ΑΣΣ δεν είναι σαφής. Αναλυτικότερη περιγραφή του ελέγχου μπορεί να αναζητηθεί στην παράγραφο 6.6.



Εικόνα 8: Εξοπλισμός δοκιμής χοάνης V (V-Funnel Test) (πηγή: [5])

1.4.3.5 Δοκιμή δοχείου L (L-box test)

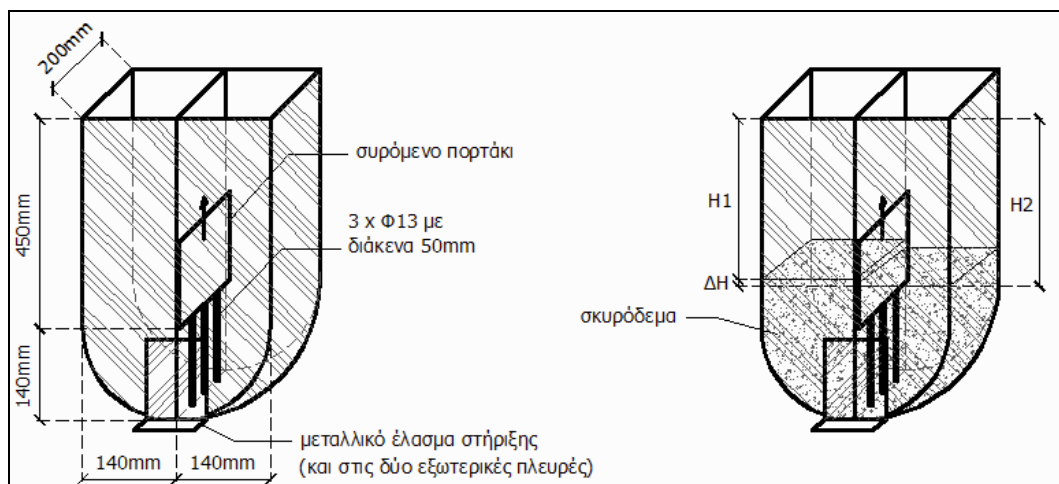
Η ανάπτυξη της δοκιμής του δοχείου L στο ΑΣΣ σε συνήθεις εφαρμογές βασίζεται στον Ιαπωνικό σχεδιασμό να αξιολογηθεί το ΑΣΣ που τοποθετείται μέσα σε νερό. Μέσω της δοκιμής αυτής εκτιμάται η εμποδιζόμενη ροή του ΑΣΣ και η πιθανή έκταση της πιθανότητας έμφραξης στα σημεία σπλισμού. Η μέθοδος εφαρμόζεται στο εργαστήριο. Αναλυτικότερη περιγραφή του ελέγχου μπορεί να αναζητηθεί στην παράγραφο 6.7.



Εικόνα 9: Εξοπλισμός δοκιμής δοχείου L (L-Box Test) (πηγή: [5])

1.4.3.6 Δοκιμή δοχείου U (U-box test)

Μια χαρακτηριστική εικόνα των ρεολογικών ιδιοτήτων του ΑΣΣ δίνεται με την μέθοδο U-Box, η οποία, όπως και η δοκιμή L-Box, βασίζεται στη μέτρηση των υψών του σκυροδέματος στα δύο τμήματα των κιβωτίων μετά την ολοκλήρωση της ροής του μίγματος. Ο έλεγχος αυτός δεν πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.



Εικόνα 10: Εξοπλισμός δοκιμής δοχείου U (U-Box Test) (πηγή: [5])

1.5 Ιδιότητες σκληρυμένου σκυροδέματος [4]

Αντίθετα με το τι συμβαίνει στη νωπή κατάσταση, στην σκληρυμένη μορφή του το ΑΣΣ και το ΣΣ δεν έχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Γενικά έχει αποδειχθεί ότι το ΑΣΣ παρουσιάζει, κατά περίπτωση, όμοιες ή βελτιωμένες ιδιότητες εν σχέσει με το ΣΣ. Ακολουθεί μια απλή αναφορά του συνόλου των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος:

- Θλιπτική αντοχή (compressive strength)
- Εφελκυστική αντοχή (tensile strength)
- Καμπτική αντοχή (flexural strength)
- Μέτρο ελαστικότητας (modulus of elasticity)

- Αυτογενής συστολή – συστολή ξήρανσης – πλαστική συστολή (autogenous – drying and plastic shrinkage)
- Ερπυσμός (creep)
- Συνάφεια με το χάλυβα οπλισμού και τα προεντεταμένα καλώδια (Bond to reinforcing steel and prestressed strand)
- Συντελεστής θερμικής διαστολής (coefficient of thermal expansion)

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται οι μηχανικές ιδιότητες που θα μας απασχολήσουν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η αναμενόμενη συμπεριφορά του ΑΣΣ ως προς τη θλιπτική (βλ. παράγραφο 1.5.1 και 7.4) , την εφελκυστική (βλ. παράγραφο 1.5.2 και 7.5) και την καμπτική του αντοχή (βλ. παράγραφο 1.5.3 και 7.6).

1.5.1 Θλιπτική αντοχή (compressive strength)

Το ποιοτικό ΑΣΣ απαιτείται να παρουσιάζει υψηλή ρευστότητα, αλλά και ικανοποιητική συνεκτικότητα, ώστε να αντιστέκεται σε φαινόμενα απόμειξης. Αυτό συχνά οδηγεί στην ανάγκη μικρότερων λόγων νερού προς τσιμέντο (w/c) σε σύγκριση με το ΣΣ, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγαλύτερες τιμές θλιπτικής αντοχής. Δεδομένου ότι για να επιτευχθεί ικανοποιητική σταθερότητα του μίγματος απαιτείται ρύθμιση των επιμέρους συστατικών του μίγματος, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι όταν αυτά επηρεάζουν το λόγο w/c (π.χ. λόγω περιεχόμενης υγρασίας) επηρεάζεται ταυτόχρονα και η τελική αντοχή. Επιπλέον, όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικά ή επιπλέον υλικά σε σχέση με το συμβατικό σκυρόδεμα, αναμένουμε διαφοροποίηση των τελικών τιμών αντοχής. Μερικοί παράγοντες που παίζουν ρόλο στην τελική αντοχή είναι ο λόγος άμμου προς συνολικά αδρανή (s/agg), ο τύπος και η ποσότητα των πρόσθετων τσιμεντοειδών υλικών ή φίλλερ και η προσθήκη χημικών πρόσθετων. Ο χαμηλότερος λόγος w/c, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τελικής θλιπτικής αντοχής 28 ημερών. Η μετρούμενη θλιπτική αντοχή σε σύγκριση με την επιθυμητή από τον σχεδιασμό, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την εκτίμηση άλλων μηχανικών ιδιοτήτων που υπολογίζονται με βάση την τιμή της θλιπτικής αντοχής. Ακόμη και για τον ίδιο λόγο w/c το σωστά σχεδιασμένο ΑΣΣ μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή.

1.5.2 Εφελκυστική αντοχή (tensile strength)

Το ΑΣΣ μπορεί να παραχθεί για οποιαδήποτε κατηγορία θλιπτικής αντοχής. Για δεδομένη τάξη αντοχής και ωριμότητας του σκυροδέματος η εφελκυστική αντοχή μπορεί να υποτεθεί ότι είναι παρόμοια της αντίστοιχης εφελκυστικής αντοχής του συμβατικού σκυροδέματος καθώς ο όγκος της πάστας (τσιμέντο και λεπτόκκοκα (σκόνη) και νερό) δεν έχει σημαντική επιρροή σε αυτή.

1.5.3 Καμπτική αντοχή (flexural strength)

Όπως και στο συμβατικό σκυρόδεμα η καμπτική αντοχή του ΑΣΣ επηρεάζεται από το λόγο w_{eff}/c , τον περιεχόμενο όγκο αδρανών και την ποιότητα της ζώνης αλληλεπίδρασης μεταξύ των αδρανών και της τσιμεντόπαστας. Η καμπτική αντοχή του ΑΣΣ μπορεί να είναι μεγαλύτερη της αντίστοιχης ενός συμβατικού σκυροδέματος με ίδιες αναλογίες συστατικών υλικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΜΕΤΑΚΑΟΛΙΝΗΣ [6]

2.1 Ο Μετακαολίνης και η χρήση του στο σκυροδεμα

Ο μετακαολίνης (mk) (βλ. **Εικόνα 11**), υλικό με αξιόλογη ποζολανική δραστηριότητα, είναι το προϊόν της θερμικής αποσύνθεσης του καολινίτη, της κύριας ορυκτολογικής φάσης του καολίνης. Ο καολινίτης έχει θεωρητική χημική



Εικόνα 11: Μετακαολίνης

σύσταση 46.54% SiO_2 , 39.5% Al_2O_3 και 13.96% H_2O κ.β.

Ο καολίνης είναι ένα αργιλικό πέτρωμα λευκού χρώματος με ειδικό βάρος 2.2-2.6 g/cm^3 . Σε ένα πέτρωμα καολίνης, μαζί με τον καολινίτη συνυπάρχουν συνήθως και προσμίξεις άλλων ορυκτών όπως χαλαζίας ή χριστοβαλίτης, ανάτασης ή ρουτίλιο, αλουνίτης, σιδηροπυρίτης, λειμωνίτης, μοντμοριλλονίτης, άστριοι, μαρμαρυγίες, μοσχοβίτης ή βιοτίτης, λεπιδόλιθος και οξειδία του σιδήρου. Το πυρίτιο και το αργίλιο με τη μορφή υδροξειδίου μπορεί να απαντηθούν και ως επιφανειακά στον καολινίτη.

Ως ποζολανικά χαρακτηρίζονται πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, τα οποία, ενώ δεν είναι υδραυλικά, σε μεγάλη λεπτότητα και παρουσία νερού αντιδρούν με το υδροξείδιο του ασβεστίου, $Ca(OH)_2$, και σχηματίζουν ενώσεις αντίστοιχες με αυτές που σχηματίζονται κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου. Το $Ca(OH)_2$ είναι το κύριο προϊόν της αντίδρασης του τσιμέντου, το οποίο είναι επιθυμητό να καταναλώνεται μέσω της ποζολανικής αντίδρασης, καθώς βελτιώνονται οι ιδιότητες του σκυροδέματος.

Ο μετακαολίνης, όντας ένα υλικό με πολύ μεγάλη λεπτότητα (κατόπιν της άλεσης του) και ισχυρά ποζολανικό, μπορεί να θεωρηθεί τσιμεντοειδές υλικό, αφού η συμπεριφορά του και τα χαρακτηριστικά του προσομοιάζουν το τσιμέντο. Η χρήση του μετακαολίνης στο σκυροδεμα έχει σημαντική επίδραση στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, επηρεάζοντας τόσο τη μηχανική αντοχή όσο και την ανθεκτικότητα. Ουσιαστικά η θετική επίδραση του μετακαολίνης οδηγεί σε μείωση της διαπερατότητας και στην αύξηση της μηχανικής αντοχής του σκυροδέματος.

Είναι αξιόλογο να ερμηνευτεί ο τρόπος με τον οποίο ο μετακαολίνης επιδρά στην διαπερατότητα του σκυροδέματος. Η ερμηνεία εστιάζεται στην επίδραση του μετακαολίνης στην δομή του σκυροδέματος και, ειδικότερα, στη δράση του στις διεπιφάνειες μεταξύ του ενυδατωμένου τσιμέντου και των συστατικών του, καθώς αυτές αποτελούν τα αδύναμα σημεία του σκυροδέματος. Στις διεπιφάνειες αυτές (δηλαδή ανάμεσα στο τσιμέντο και στα

αδρανή) υπάρχει χώρος για μεγάλη συσσώρευση προσανατολισμένων κρυστάλλων CH και νερού που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κενών και μικρορωγμών.

Η προσθήκη του μετακαολίνης οδηγεί σε πιο συμπαγές και συνεκτικό σκυροδέμα. Η βασική αιτία που συμβαίνει αυτό είναι η ποζολανική αντίδρασή του με το CH , που έχει ως συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσής του στις διεπιφάνειες αφενός, αλλά και την παραγωγή σημαντικής ποσότητας ένυδρου πυριτικού ασβεστίου (CSH) αφετέρου, η σημασία του οποίου για τη δημιουργία συμπαγούς δομής και μικρού πορώδους σκυροδέματος είναι γνωστή. Στην επίτευξη συμπαγούς δομής χαμηλού πορώδους συντελεί σημαντικά η παρουσία και των υπόλοιπων κρυσταλλικών ενώσεων που παράγονται κατά τη ποζολανική αντίδραση, οι οποίες έχουν το κύριο χαρακτηριστικό του πολύ μικρού όγκου. Λόγω του όγκου τους, οι κρυσταλλικές αυτές ενώσεις μπορούν να εισχωρήσουν αποτελεσματικά στους πόρους και στα κενά της δομής του σκυροδέματος τόσο στη διεπιφάνεια αδρανών-ενυδατωμένου τσιμέντου όσο και στο ίδιο το ενυδατωμένο τσιμέντο. Επίσης οι κρυσταλλικές αυτές ενώσεις μειώνουν το ποσοστό των μεγάλων τριχοειδών πόρων αμβλύνοντας το εύρος τους ($< 20nm$), συντελώντας έτσι στη μείωση της διαπερατότητας.

Η μείωση της διαπερατότητας, μαζί με την κατανάλωση του CH , συντελούν στην αύξηση της ανθεκτικότητας σε περιβάλλον θεικών, αλλά κυρίως στη μείωση του συντελεστή διάχυσης των χλωριόντων (Cl^-) στο εσωτερικό του σκυροδέματος. Αντίστοιχα, η υδατοαπορροφητικότητα (water absorption) του σκυροδέματος, όπως και ο ρυθμός απορρόφησης νερού (rate of water absorption) μειώνονται σημαντικά. Επίσης η μείωση της αλκαλικότητας της πάστας λόγω της παρουσίας του μετακαολίνης μειώνει τον κίνδυνο της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης.

Η βελτιωμένη δομή του σκυροδέματος δεν οφείλεται μόνο στη δράση των προϊόντων ενυδάτωσης του μετακαολίνης, αλλά και στην σημαντική συμβολή των μικρών σωματιδίων του, που δρουν ως πληρωτικά μέσα. Έτσι δημιουργείται μια συμπαγής δομή σκυροδέματος χαμηλού πορώδους, ειδικά στη διεπιφάνεια αδρανών-τσιμέντου, με συνέπεια την αποτελεσματικότερη συμμετοχή των αδρανών στη μηχανική αντοχή, που συνεπάγεται αύξηση της μηχανικής αντοχής του σκυροδέματος.

Επομένως είναι φανερό πως η παρουσία μετακαολίνης στο σκυροδέμα βελτιώνει το πορώδες και την αντίστοιχη κατανομή πόρων του, μειώνει την διαπερατότητα του σε νερό, δυσχεραίνει την διάχυση των χλωριόντων και τελικά βελτιώνει σημαντικά την ανθεκτικότητά του, με ταυτόχρονη βελτίωση της μηχανικής αντοχής του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ [1][6]

3.1 Γενικά

Η ανθεκτικότητα (durability) αποτελεί γενική έννοια η οποία εκφράζει τη δυνατότητα του σκυροδέματος να διατηρεί την αντοχή και τη λειτουργικότητα του στην κατασκευή, στη μέγιστη δυνατή διάρκεια. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται στην ικανότητα του υλικού να ανθίσταται σε περιβαλλοντικές επιδράσεις (φυσικές ή χημικές) κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η ανθεκτικότητα, αν και δεν αποτελεί “άμεση” ιδιότητα του σκυροδέματος, αποτελεί μεγάλης αξίας ποιοτική έννοια, πλήρως εξαρτώμενη με τη βασική ιδιότητα του σκυροδέματος, δηλαδή την αντοχή του σε μηχανική καταπόνηση.

Ο μεγάλος χρόνος ζωής μιας κατασκευής θεωρείται συνώνυμο της ανθεκτικότητας. Καθώς η ανθεκτικότητα μιας κατασκευής είναι πλήρως εξαρτώμενη από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μονομερώς ως έννοια. Οπότε είναι σύνηθες να γίνεται μια γενική αναφορά στο περιβάλλον όταν την ορίζουμε. Η φθορά είναι το αποτέλεσμα των φυσικών και χημικών δράσεων που συμβαίνουν μεταξύ των συστατικών του σκυροδέματος και των συστατικών (διαβρωτικών μέσων) που συνιστούν το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται. Εκδηλώνεται με ρωγμές και διογκώσεις στην επιφάνεια του σκυροδέματος αλλά και με μείωση της μηχανικής του αντοχής και απώλεια μάζας.

Οι σχεδιαστές των κατασκευών από σκυρόδεμα ενδιαφέρονται ως επί το πλείστον για τα χαρακτηριστικά της αντοχής του υλικού. Όμως, ενώ το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται, διαστρώνεται και συντηρείται κατάλληλα μπορεί να είναι ανθεκτικό κάτω από τις περισσότερες συνθήκες φυσικού και βιομηχανικού περιβάλλοντος, εμφανίζονται συχνά και περιπτώσεις πρόωμης φθοράς των κατασκευών, γεγονός το οποίο ενισχύει την αναγκαιότητα για τον έλεγχο και προσδιορισμό των παραγόντων που είναι υπεύθυνοι για την έλλειψη ανθεκτικότητας.

3.2 Παράγοντες Ανθεκτικότητας

Οι τρεις βασικοί παράγοντες που φαίνεται να ρυθμίζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος είναι:

1. Η παρουσία νερού (βλ. παράγραφο 3.2.1)
2. Η παρουσία συνδεδεμένων πόρων (βλ. παράγραφο 3.2.2)
3. Η έκθεση σε διαβρωτικό περιβάλλον (βλ. παράγραφο 3.2.3)

Οι τρεις αυτοί παράγοντες είναι πλήρως αλληλοεξαρτώμενοι. Όταν ένας παράγοντας υπάρχει μόνος του, χωρίς την παρουσία των υπολοίπων, τότε δεν υπάρχει κίνδυνος φθοράς. Όταν δυο παράγοντες συνυπάρχουν η πιθανότητα φθοράς αυξάνεται. Όταν και οι τρεις παράγοντες συνυπάρχουν ο κίνδυνος φθοράς μεγιστοποιείται. Επίσης η απουσία ενός από τους τρεις παράγοντες απαλείφει τον κίνδυνο φθοράς του σκυροδέματος, αφού π.χ. ανεξάρτητα πόσο

πορώδες είναι το σκυρόδεμα, χωρίς νερό δεν φθείρεται σε περιβάλλον διαβρωτικών μέσων όπως SO_4^{-2} , Cl^- , γιατί απλούστατα, απουσία νερού, τα ιόντα αυτά δεν μπορούν να εισέλθουν στους πόρους του σκυροδέματος για να προκαλέσουν τη φθορά του.

Εξετάζοντας πιο αναλυτικά τους παραπάνω παράγοντες πρέπει να αναφερθεί ότι γενικά με την ανθεκτικότητα σχετίζονται τρία ρευστά τα οποία εισέρχονται στο σκυρόδεμα και προκαλούν τη φθορά του. Αυτά είναι τόσο το νερό με τα διαβρωτικά μέσα που περιέχει, όσο και ο ατμοσφαιρικός αέρας (CO_2, O_2), καθώς και το όποιο ειδικό περιβάλλον όπου μπορεί να βρίσκεται το σκυρόδεμα (SO_4^{-2} , Cl^- και αλκάλια).

3.2.1 Το νερό ως παράγοντας φθοράς

Το σκυρόδεμα, μεταξύ άλλων υλικών στη φύση, είναι ευαίσθητο στις φυσικές και χημικές διαδικασίες φθοράς που σχετίζονται με το νερό. Τα μόρια του νερού είναι πολύ μικρά και επομένως είναι σε θέση να διεισδύουν μέσα σε εξαιρετικά λεπτούς πόρους ή κοιλότητες.

Το νερό παρουσιάζει την αξιοσημείωτη ικανότητα να διαλύει τις περισσότερες ουσίες από οποιοδήποτε άλλο γνωστό υγρό, ιδιότητα η οποία οφείλεται στην παρουσία πολλών ιόντων και αερίων σε μερικές περιπτώσεις, τα οποία με την σειρά τους συντελούν στην πρόκληση χημικής αποσύνθεσης των στερεών υλικών.

Επίσης το νερό έχει την υψηλότερη θερμότητα εξάτμισης ανάμεσα στα κοινά υγρά επομένως, σε συνήθεις θερμοκρασίες έχει την τάση να υφίσταται σε υγρή μορφή μέσα σε ένα πορώδες υλικό, παρά να εξατμίζεται και να αφήνει το υλικό ξερό. Επιπλέον, στα πορώδη στερεά, οι εσωτερικές μετακινήσεις της υγρασίας και οι δομικοί μετασχηματισμοί του νερού, είναι γνωστό ότι προκαλούν πολλών τύπων αλλαγές που οδηγούν σε διάσπαση της μάζας του σκυροδέματος. Για παράδειγμα, η πήξη του νερού σε πάγο, ο σχηματισμός μιας διατεταγμένης δομής του νερού μέσα σε λεπτούς πόρους, η ανάπτυξη οσμωτικής πίεσης λόγω διαφορών στη συγκέντρωση ιόντων, και η σταδιακή ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων λόγω διαφορικών πιέσεων εξατίσεως, μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλές εσωτερικές τάσεις. Οι τάσεις αυτές με τη σειρά τους οδηγούν στη δημιουργία εσωτερικών ρωγμών και γενικότερα κενών με αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής του υλικού.

Είναι σαφές πως το νερό αποτελεί στοιχείο του μηχανισμού φθοράς του σκυροδέματος και ο ρόλος του ως παράγοντας που επηρεάζει την ανθεκτικότητα είναι δεδομένος. Το γεγονός ότι το νερό αποτελεί “κοινό σημείο τομής” των μηχανισμών φθοράς, βρίσκεται σε συμφωνία με την θεώρηση ότι όλοι οι παράγοντες της ανθεκτικότητας είναι στενά εξαρτημένοι μεταξύ τους, και το νερό αποτελεί τον συνδετικό τους κρίκο.

Οι τρόποι, με τους οποίους το νερό επηρεάζει την ανθεκτικότητα, συνοψίζονται ως εξής:

- Επηρεάζει το πορώδες, αφού ο υψηλός λόγος w/c αυξάνει την παρουσία τριχοειδών πόρων
- Αποτελεί την αιτία διάχυσης των διαβρωτικών μέσων στους πόρους του σκυροδέματος
- Αποτελεί τον διαλύτη των διαβρωτικών μέσων
- Συμμετέχει στην αντίδραση της διάβρωσης του οπλισμού και στην καταστροφή της παθητικής του προστασίας
- Συμμετέχει στην αλκαλοπυριτική αντίδραση και στην ενανθράκωση

Εκτός των παραπάνω περιπτώσεων, το νερό είναι ο βασικός παράγοντας που διαμορφώνει την αντοχή του σκυροδέματος στη δοκιμή ψύξης-απόψυξης και γενικότερα την ανθεκτικότητα σε έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Μια απλή θεώρηση του μηχανισμού φθοράς του σκυροδέματος από τους κύκλους ψύξης-απόψυξης αναφέρεται στη διόγκωση του νερού που υπάρχει στους πόρους του σκυροδέματος, καθώς αυτό μετατρέπεται σε πάγο. Η αύξηση του όγκου του νερού προκαλεί τάσεις στο εσωτερικό του σκυροδέματος που οδηγούν στη δημιουργία εσωτερικών ρωγμών και γενικότερα κενών τα οποία μειώνουν την αντοχή του υλικού.

3.2.2 Συνδεδεμένοι πόροι στο σκυρόδεμα

Η μεταφορά και η κίνηση των ρευστών μέσα στο σκυρόδεμα σχετίζεται με το πορώδες. Η ροή ξεκινά από την επιφάνεια του υλικού και, συνεπώς, οι πόροι της επιφάνειας του τσιμέντου και της πάστας στη διεπιφάνεια τσιμέντου και αδρανών, καθορίζουν το ρυθμό μεταφοράς μάζας και διαβρωτικών μέσων.

Ο όρος διαπερατότητα αποδίδει την ευκολία με την οποία εισέρχονται τα ρευστά μέσα στο σκυρόδεμα και περιγράφει τη ροή διαμέσου των πόρων του σκυροδέματος, η οποία μπορεί να οφείλεται λ.χ. στη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο συστημάτων (π.χ. αέρα εγκλωβισμένο στους πόρους – ατμοσφαιρικού αέρα).

Το πορώδες εκφράζει το συνολικό ποσοστό των πόρων στο συνολικό όγκο και όχι το είδος τους, επομένως δεν μπορεί να υπάρξει οποιαδήποτε αναλογική σχέση μεταξύ συνολικού πορώδους και διαπερατότητας. Η σχέση τους χαρακτηρίζεται ως ποιοτική αφού οι πόροι δεν συντελούν στην αύξηση της διαπερατότητας όταν είναι ασυνεχείς και καλύπτονται από προσροφημένο νερό, ή έχουν μικρό άνοιγμα. Βέβαια το αυξημένο πορώδες στο σκυρόδεμα αυξάνει την πιθανότητα με την πάροδο του χρόνου να αποκτήσουν οι πόροι συνέχεια και να δημιουργηθούν “κανάλια ροής” των ρευστών. Αυτό συμβαίνει γιατί τόσο η καταπόνηση της κατασκευής όσο και οι θερμοκρασιακές μεταβολές ευνοούν την ανάπτυξη τοπικών τάσεων, οι οποίες μπορεί να διευρύνουν τους πόρους και να προκαλέσουν την σύνδεση τους. Γενικά η σύνδεση των πόρων ευνοείται όταν:

- Υπάρχουν μικρορωγμές στη δομή του τσιμέντου, που προέρχονται είτε από μηχανική καταπόνηση είτε από θερμοκρασιακές μεταβολές
- Λόγω κακής συντήρησης μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος ευνοείται το φαινόμενο της εξίδρωσης και η ταυτόχρονη δημιουργία πόρων κατά την άνοδο του νερού στην επιφάνεια.
- Παρατηρείται περιορισμένη ομοιογένεια του σκυροδέματος λόγω χαμηλής εργασιμότητας σε συνδυασμό με κακή ή ανεπαρκή μηχανική συμπύκνωση.

3.2.3 Έκθεση σε διαβρωτικό περιβάλλον

Το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το σκυρόδεμα είναι ένας από τους προφανείς παράγοντες που επηρεάζει την ανθεκτικότητα του. Ένα βεβαρημένο περιβάλλον αναμένεται να μειώσει το χρόνο ζωής μιας κατασκευής επιταχύνοντας την φθορά της. Η αλληλεξάρτηση του με τους άλλους παράγοντες φθοράς έχει ήδη αναλυθεί στη παράγραφο 3.2. Όλα αυτά λοιπόν πρέπει να συνεκτιμούνται έτσι ώστε κατά τη μελέτη μιας κατασκευής να πραγματοποιούνται οι κατάλληλες ενέργειες με σκοπό την αποφυγή πρόωρης φθοράς ανάλογα πάντα με τις εκάστοτε ανάγκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

4.1. Γενικά

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει αρκετές ερευνητικές εργασίες, με σκοπό τη διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών διαφόρων συνθέσεων συμβατικού ή αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος, τόσο στη νωπή όσο και στη σκληρυμένη κατάσταση, που περιέχουν μετακαολίνη ή κάποιο άλλο πρόσμικτο. Επίσης, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται αναφορά στην έννοια της ανθεκτικότητας και παρατηρείται μια προσπάθεια ευρύτερης διερεύνησης γύρω από αυτό το θέμα.

4.2 Υπάρχουσα Έρευνα – μελέτη και αποτελέσματα

Ακολουθούν ενδεικτικά μερικές από τις πρόσφατες μελέτες, αλλά και τα αποτελέσματά τους πάνω σε διάφορα θέματα που είναι παρεμφερή με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1) Στο πανεπιστήμιο της Τουρκίας ερευνήθηκε από τους **Güneyisi et. al (2012)** [7] η αντοχή, η διαπερατότητα και η συστολή ξήρανσης σκυροδεμάτων με μετακαολίνη και πυριτική παιπάλη σε σχέση με εκείνα που δεν περιέχουν καθόλου ορυκτά πρόσμικτα. Διεξήχθησαν πειράματα υδατοπερατότητας, αεροπερατότητας, θλίψης, εφελκυσμού και έγινε μέτρηση των τάσεων και της απώλειας βάρους λόγω ξήρανσης. Παρατηρήθηκε αυξημένη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή στα μίγματα που περιείχαν πρόσμικτα, ενώ τα μίγματα αυτά παρουσίασαν επιπλέον μείωση στην συστολή ξήρανσης και μικρότερη απώλεια βάρους, καθώς και μικρότερα πλάτη ρωγμών.

2) Στο πανεπιστήμιο του Τορόντο στον Καναδά οι **Hassan et. al (2010)** [8] μελέτησαν την επίδραση της αντικατάστασης του τσιμέντου με μετακαολίνη ή πυριτική παιπάλη στην ρεολογία του ΑΣΣ. Μετρήθηκαν το πλαστικό ιξώδες, η τάση διαρροής, ο συνολικός χρόνος εξάπλωσης, ο χρόνος t_{500} και η τελική διάμετρος στην δοκιμή εξάπλωσης και επίσης μελετήθηκε το πώς αυτά επηρεάζονται από την δοσολογία του υπερρρευστοποιητή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει αύξηση της θλιπτικής αντοχής των 28 ημερών, του πλαστικού ιξώδους και της τάσης διαρροής, καθώς αυξάνεται το ποσοστό μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ, το οποίο απαιτεί και μεγαλύτερη ποσότητα υπερρρευστοποιητή. Τέλος, παρατηρήθηκε μία άμεση σχέση μεταξύ του ιξώδους των μιγμάτων του ΑΣΣ και του χρόνου που απαιτείται τόσο για την πλήρη εξάπλωση όσο και για την εξάπλωση μέχρι διάμετρο 500mm (t_{500}) στη δοκιμή εξάπλωσης.

3) Στο πανεπιστήμιο της Σκωτίας σύμφωνα με μελέτη των **Zhu και Bartos (2003)** [9], σχετικά με τις ιδιότητες διαπερατότητας (διαπερατότητα, απορρόφηση, διάχυση κ.α.) δύο ομάδων μιγμάτων ΑΣΣ διαφορετικών αντοχών (40 και 60 MPa), που είτε περιείχαν κάποιο πρόσθετο λεπτόκοκκο ως φύλλερ είτε κάποιο τροποποιητικό ιξώδους, σε σύγκριση με

μίγματα από παραδοσιακά δονούμενα σκυροδέματα (συμβατικά σκυροδέματα) της ίδιας κατηγορίας αντοχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλότερες τιμές του συντελεστή διαπερατότητας και απορροφητικότητας του νερού στα μίγματα ΑΣΣ, σε σχέση με τα δεύτερα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μία εξάρτηση του τύπου του πρόσθετου συστατικού στο ΑΣΣ με την διάχυση χλωριόντων. Ωστόσο, τόσο εκείνα που περιείχαν κάποιο συστατικό όσο και εκείνα που δεν περιείχαν παρουσίασαν χαμηλές τιμές του συντελεστή διάχυσης των χλωριόντων. Επιπλέον το ΑΣΣ της ίδιας κατηγορίας αντοχής ή του ίδιου λόγου νερού προς τσιμέντο (w/c) με τα ΣΣ, δεν μπορούν να διασφαλίσουν από μόνα τους ότι θα έχουμε την ίδια ή χαμηλότερη διάχυση χλωριόντων. Τέλος, στα μίγματα με τροποποιητικό ιξώδους παρουσιάστηκε υψηλότερη διαπερατότητα, απορροφητικότητα και διάχυση χλωριόντων.

4) Οι **Madandoust και Mousavi (2012)** [10], από το πανεπιστήμιο του Ιραν διερεύνησαν τις ιδιότητες του νωπού και σκληρυμένου ΑΣΣ με 15 διαφορετικά ποσοστά μετακαολίνη (από 0-20 % του βάρους του τσιμέντου) και 3 διαφορετικούς λόγους νερού προς τσιμέντο (0,32, 0,38, 0,45). Τα πειράματα που έγιναν στο νωπό σκυρόδεμα ήταν: η δοκιμή εξάπλωσης (διάμετρος εξάπλωσης, SF, και χρόνος εξάπλωσης, t_{500}), η εκτίμηση του δείκτη οπτικής σταθερότητας, η δοκιμή της χοάνης V και η δοκιμή του δοχείου L, ενώ στο σκληρυμένο σκυρόδεμα πραγματοποιήθηκαν πειράματα θλίψης και εφελκυσμού, μετρήθηκαν η αρχική και τελική απορρόφηση και η ηλεκτρική αντίσταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν δείκτη οπτικής σταθερότητας 0-1 σε όλα τα μίγματα, καλή εργασιμότητα που διατηρείται μέχρι και 60 min στα μίγματα με 15% μετακαολίνη και τιμές ανάμεσα στα 660-715mm στην δοκιμή εξάπλωσης με την κατάλληλη δοσολογία ευρέως φάσματος υδατικού μειωτήρα. Ωστόσο, παρά την μείωση της ικανότητας διέλευσης, δεν υπήρξαν εμπλοκές στη δοκιμή του δοχείου L. Επιπλέον, επιτεύχθηκε μεγαλύτερη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή σε σχέση με το ΣΣ, ενώ μειώθηκε η απορροφητικότητα τους και αυξήθηκε η ηλεκτρική τους αντίσταση. Τέλος προτάθηκε ένα ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου με μετακαολίνη κοντά στο 10%, ως το πιο αποδοτικό.

5) Στο πανεπιστήμιο της Τσεχίας οι **Vejmelkova et. al (2010)** [11], μελέτησαν τις ρεολογικές και μηχανικές ιδιότητες αλλά και την ανθεκτικότητα μιγμάτων ΑΣΣ τα οποία περιέχουν μετακαολίνη ή σκωρία υψικαμίνου. Τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης έδειξαν σημαντικά υψηλή τάση διαρροής, σχετικά μικρό ιξώδες, αυξημένη θλιπτική αντοχή από την περίοδο της αρχικής σκλήρυνσης μέχρι και τις πρώτες 90 ημέρες στα πρώτα μίγματα (με χρήση μετακαολίνη) σε αντίθεση με τα δεύτερα (με χρήση σκωρίας υψικαμίνου), καθώς και άριστες ιδιότητες ανθεκτικότητας. Επιπλέον, παρατηρήθηκε χαμηλός συντελεστής απορροφητικότητας και μικρό βάθος διάχυσης του νερού στις πρώτες 28 ημέρες, ενώ στις 90 συνέβαινε το αντίθετο, γεγονός που υποδεικνύει μία πιθανή καθυστέρηση στην ποζολανική αντίδραση. Επίσης στα μίγματα με μετακαολίνη χρειάζονται μεγαλύτερα ποσοστά νερού και

υπερρευστοποιητή από τα δεύτερα και οι δοκιμές για την αντίσταση σε ψύξη έδειξαν μηδενική απώλεια μάζας μετά από 56 κύκλους σε διάλυμα άλατος για την απόψυξη τους.

6) Οι **Uysal και Sumer (2011)** [12], από τον τομέα δομοστατικής του πανεπιστημίου Sakarya της Τουρκίας επικεντρώθηκαν στις ιδιότητες μιγμάτων ΑΣΣ στο οποίο έγινε αντικατάσταση του τσιμέντου τύπου Portland με ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικαμίνων, σκόνη ασβεστόλιθου, σκόνη βασάλτη ή σκόνη μαρμάρου και μελέτησαν την επιρροή τους στην εργασιμότητα, στην θλιπτική αντοχή, στην πυκνότητα και στην αντίσταση των μιγμάτων στα θειικά άλατα. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν βελτίωση στην εργασιμότητα, κυρίως σε εκείνα τα μίγματα που περιείχαν ιπτάμενη τέφρα. Επιπλέον παρατηρήθηκαν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες καθώς και βελτίωση στην αντίσταση στα θειικά άλατα σε όλα τα μίγματα, με καλύτερη συμπεριφορά να εμφανίζουν τα μίγματα που περιείχαν σκωρία υψικαμίνων.

7) Οι **Hassan et. al (2012)** [13], από το πανεπιστήμιο του Καναδά μελέτησαν την επίδραση στην ανθεκτικότητα της αντικατάστασης τσιμέντου με μετακαολίνη (σε ποσοστά 3,5,8,11,15,20,25 % του βάρους του τσιμέντου) σε σχέση με την αντικατάστασή του με πυριτική παιπάλη (σε ποσοστά 3,5,8,11 % του βάρους του τσιμέντου). Η ανθεκτικότητα εκτιμήθηκε με πειράματα για την συστολή ξήρανσης, την ψύξη – απόψυξη και τη διάχυση χλωριόντων. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν αύξηση του ιξώδους στα μίγματα με μετακαολίνη καθώς αυξάνονταν τα ποσοστά του, ενώ αντίθετα τα μίγματα με πυριτική παιπάλη δεν υπήρχε κάποια διαφοροποίηση. Σε όλα τα μίγματα παρατηρήθηκε αύξηση της θλιπτικής αντοχής, μείωση της συστολής ξήρανσης, βελτίωση της αντίστασης σε ψύξη και απόψυξη και μείωση της διάχυσης των χλωριόντων όπου τα μίγματα με μετακαολίνη είχαν σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη μετακαολίνη ή πυριτικής παιπάλης δεν επηρεάζει την συνολική περιεκτικότητα αέρα του σκληρυμένου ΑΣΣ, μειώνει όμως το μέγεθος των κενών της ενυδατωμένης πάστας του τσιμέντου το οποίο ήταν εντονότερα στα μίγματα που περιείχαν μετακαολίνη από εκείνα που περιείχαν πυριτική παιπάλη. Ως τελικό συμπέρασμα, κατέληξαν ότι, προκειμένου να παρασκευαστούν υψηλά ανθεκτικά μίγματα, το βέλτιστο ποσοστό αντικατάστασης τσιμέντου με μετακαολίνη είναι 20%. Το αντίστοιχο ποσοστό αντικατάστασης τσιμέντου με πυριτική παιπάλη είναι 8 %.

8) Στο πανεπιστήμιο Gasianteper της Τουρκίας οι **Güneyisi et. al (2008)** [14], ασχολήθηκαν με την επιρροή της αντικατάστασης του τσιμέντου με μετακαολίνη (ποσοστά 10%-20%) στη βελτίωση των χαρακτηριστικών του σκυροδέματος. Παρατηρήθηκε πως η χρήση μετακαολίνη συμβάλλει στην αύξηση της θλιπτικής και εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος. Επιπλέον, φάνηκε πως ο λόγος νερού προς τσιμεντοειδή (w/b) ήταν ο κύριος παράγοντας επιρροής της συστολής ξήρανσης, τόσο στο σκυρόδεμα που περιείχε μετακαολίνη όσο και σε εκείνο που δεν περιείχε, και όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος αυτός,

τόσο μικρότερη είναι η συστολή ξήρανσης. Τέλος κατέληξαν ότι υπήρξε βελτίωση στο πορώδες και μείωση της μέσης διαμέτρου των πόρων, το οποίο εξαρτάται από τον λόγο νερού προς τσιμεντοειδή (w/b) και το ποσοστό του μετακαολίνης που αντικαθιστά το τσιμέντο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1 Συνοπτική Περιγραφή - Σκοπός Πειραμάτων

Για τις ανάγκες των πειραμάτων στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν συνολικά 14 σκυροδετήσεις ΑΣΣ (5 δοκιμαστικές των 15 lt έκαστη και 9 των 40 lt έκαστη) και 2 σκυροδετήσεις ΣΣ (40 lt έκαστη). Συνολικά παρασκευάστηκαν 435 lt ΑΣΣ και 80 lt ΣΣ. Σκοπός των πειραμάτων είναι ο προσδιορισμός της επιρροής της χρήσης του μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ σε ότι αφορά τόσο στις μηχανικές ιδιότητες όσο και στην ανθεκτικότητα του παραγόμενου σκυροδέματος.

Η παραγωγή των μιγμάτων ΑΣΣ βασίστηκε σε προγενέστερα δοκιμασμένα από το Εργαστήριο Ω.Σ. σύνθεση ΑΣΣ (βλ. Πίνακας 3, SCC – 01). Οι υπόλοιπες συνθέσεις (βλ. Πίνακας 3) παρασκευάστηκαν, (α) με αντικατάσταση ποσοστού – από περίπου 7% έως 20% κ.β. – τσιμέντου με μετακαολίνη και (β) με αντικατάσταση ποσοστού – από περίπου 14% έως 40% κ.β. – φίλλερ (lp20) με μετακαολίνη. Το κόστος στον πίνακα των συνθέσεων έχει προκύψει από τις τιμές μονάδων του πίνακα τιμών μονάδος πρώτων υλών (βλ. Πίνακας 4)

Καθώς, γενικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της προσθήκης μετακαολίνη στις μηχανικές ιδιότητες και στην ανθεκτικότητα του ΑΣΣ, η ποσότητα του ενεργού νερού (w_{eff}) διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή, προκειμένου να μην μεταβάλλεται σημαντικά το πορώδες και να αναδειχθεί αποκλειστικά η δράση του μετακαολίνη.

Στην 1^η ομάδα συνθέσεων έγινε αντικατάσταση ενός υδραυλικού υλικού (τσιμέντο, cem) με ένα ποζολανικό (μετακαολίνη, mk) μικρότερης κοκκομετρίας (βλ. Πίνακας 1). Ο σκοπός ήταν να αναδειχθεί η ποζολανική δραστηριότητα του μετακαολίνη (κατανάλωση $Ca(OH)_2$, παραγωγή νέων ποζολανικών προϊόντων, αλλά κυρίως ο ρόλος του ως μέσο βελτίωσης της δομής του σκληρυμένου σκυροδέματος (packing density).

Στην 2^η ομάδα συνθέσεων έγινε αντικατάσταση φίλλερ (lp20) με ένα ποζολανικό (μετακαολίνη, mk) παρόμοιας κοκκομετρίας (βλ. Πίνακας 1). Ο σκοπός ήταν να αναδειχθεί ο ρόλος του μετακαολίνη μόνο ως ποζολανικό υλικό.

Πίνακας 1: Κοκκομετρική Διαβάθμιση cem, lp20, mk

	Θεωρητική Διάμετρος κόσκινου (μm)		
	d80	d50	d20
cem	29,60	14,57	4,67
lp20	10,05	4,63	1,46
mk	10,55	4,91	1,76

Επειδή η επίδραση της προσθήκης του μετακαολίνη στις ρεολογικές ιδιότητες του ΑΣΣ δεν είχε ήδη μελετηθεί στο Εργαστήριο Ω.Σ πραγματοποιήθηκαν 5 δοκιμαστικές

συνθέσεις (βλ. Πίνακας 2) με σκοπό τον προσδιορισμό της ποσότητας του υπερρυστοποιητή που απαιτείται έτσι ώστε να επιτευχθεί μια εξάπλωση της τάξης των 650 mm και λόγοι w_{eff}/b για την 1^η ομάδα συνθέσεων, w_{eff}/c για την 2^η ομάδα συνθέσεων κοντά στο 0,60.

Επιπλέον σκυροδετήθηκαν δύο μίγματα ΣΣ, ένα χαμηλής εργασιμότητας, που δεν περιείχε υπερρυστοποιητή και ένα υψηλής εργασιμότητας που περιείχε. Ο λόγος w_{eff}/c διατηρήθηκε σταθερός και ίσος με 0,481.

Πίνακας 2: Δεδομένα δοκιμαστικών Συνθέσεων (Συστατικά (kg/m³)) και χαρακτηριστικοί λόγοι

α/α Σύνοψης			Σ151	Σ154	Σ155	Σ157	Σ159
τσιμέντο	c 42.5	kg	280,00	350,00	326,00	280,00	350,00
Μετακαολίνης	mk	kg	70	70	24	70	24
φύλλερ	τύπος F		lp20	lp20	lp20	lp20	lp20
	F	kg	175	105	175	175	151
Άδρανή	s 0/4	kg	1050	1050	1050	1050	1050
	g ₁ 4/8	kg	150	150	150	150	150
	g ₂ 8/16	kg	350	350	350	350	350
Χημικά πρόσθετα	τύπος SP		C347	C347	C347	C347	C347
	SP	kg	5,000	6,000	5,000	6,500	4,500
νερό	w _{tot}	kg	225,31	225,30	225,30	225,30	225,30
	w _{eff}	kg	208,26	208,25	208,25	208,25	208,25
ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	mk/cem (κ.β.)	%	20,00	-	6,86	20,00	-
	mk/lp20 (κ.β.)	%	-	40,00	-	-	13,71
ΒΑΡΟΣ	W _{tot}	kg	2301,61	2338,01	2305,94	2302,51	2300,91
BINDER	b	kg	350	420	350	350	374
Χαρακτηριστικοί λόγοι	w _{eff} /c		0,731	0,688	0,641	0,728	0,585
	w _{eff} /b		0,584	0,573	0,597	0,583	0,547

ε: τσιμέντο CEM II A/L 42.5N, mk: μετακαολίνης, lp: ανθρακικό ασβέστιο (lp20: καθαρότητα 97,6% CaCO₃, λεπτότητα 97% < 18μm, 15% < 2μm), s: άμμος 0/4, g₁: ριζάκι 4/8, g₂: γαρμπίλι 8/16, g₃: σκύρα 16/32, w_{tot}: ολικό νερό, w_{eff}: ενεργό νερό, SP: υπερρυστοποιητής πολυκαρβοξυλικού αιθέρα (V4000: Sika Viscocrete 4000, DSR1: Marei Dynamon SR1, C347: BASF Glenium C347, W_{tot}: συνολικό βάρος μίγματος (ανά m³), c: τσιμέντο, b: συνδετικό υλικό (c+mk)

Πίνακας 3: Περιεκτικότητες Συστατικών Συνθέσεων (kg/m³) και χαρακτηριστικοί λόγοι

			Μαρτυρας	1η Ομάδα Συνθέσεων					2η Ομάδα Συνθέσεων					
Κωδικός σύνθεσης			SCC-01	SCC-02	SCC-03	SCC-04	SCC-05	SCC-06	SCC-07	SCC-08	SCC-09	NVC-01	NVC-02	
α/α Σύνθεσης			Σ170	Σ161	Σ164	Σ163	Σ165	Σ166	Σ168	Σ167	Σ169	Σ171	Σ172	
τσιμέντο	c 42.5	kg	350	326	313	301	280	350	350	350	350	400	400	
Μετακαολίνη	mk	kg	0,00	24,00	37,00	49,00	70,00	24,00	37,00	49,00	70,00	0,00	0,00	
φύλλερ	τύπος F		lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	lp20	
	F	kg	175	175	175	175	175	151	138	126	105	0	0	
Αδρανή	s 0/4	kg	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	
	g ₁ 4/8	kg	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	
	g ₂ 8/16	kg	350	350	350	350	350	350	350	350	350	375	375	
χημικά πρόσθετα	τύπος SP		C347	C347	C347	C347	C347	C347	C347	C347	C347	C347	C347	
	SP	kg	4,500	6,010	5,000	4,850	6,000	4,500	5,500	5,500	6,250	0,000	2,500	
νερό	w _{tot}	kg	225,31	225,30	225,30	225,30	225,30	222,90	222,90	222,90	222,90	208,58	208,58	
	w _{eff}	kg	208,26	208,25	208,25	208,25	208,25	206,09	206,22	206,34	206,55	192,50	192,50	
ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	mk/cem (κ.β.)	%	0,00	6,86	10,57	14,00	20,00	-	-	-	-	0,00	0,00	
	mk/lp20 (κ.β.)	%	0,00	-	-	-	-	13,71	21,14	28,00	40,00	0,00	0,00	
BAPOΣ	W _{tot}	kg	2304,81	2306,31	2305,30	2305,15	2306,30	2302,40	2303,40	2303,40	2304,15	2233,58	2236,08	
BINDER	b	kg	350	350	350	350	350	374	387	399	420	400	400	
Χαρακτηριστικοί λόγοι	w _{eff} /c		0,595	0,639	0,665	0,692	0,744	0,589	0,589	0,590	0,590	0,481	0,481	
	w _{eff} /b		0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,551	0,533	0,517	0,492	0,481	0,481	
Κόστος	K	€/m ³	95	105	108	111	120	105	112	117	128	84	88	

c: τσιμέντο CEM II A/L 42.5N, mk: μετακαολίνη, lp: ανθρακικό ασβέστιο (lp20: καθαρότητα 97,6% CaCO₃, λεπτότητα 97% < 18μm, 15% < 2μm), s: άμμος 0/4, g₁: ριζάκι 4/8, g₂: γαρμπίλι 8/16, g₃: σκύρα 16/32, w_{tot}: ολικό νερό, w_{eff}: ενεργό νερό, SP: υπερρυστοποιητής πολυκαρβοξυλικού αιθέρα (V4000: Sika Viscocrete 4000, DSR1: Mapei Dynamon SR1, C347: BASF Glenium C347, W_{tot}: συνολικό βάρος μίγματος (ανά m³), c: τσιμέντο, b: συνδετικό υλικό (c+mk), K: Κόστος Πρώτων Υλών (€/m³)

Πίνακας 4: Τιμές Μονάδας Πρώτων Υλών

ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΠΡΟΪΟΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΦΠΑ 23%	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ
Τσιμέντο	Lafarge ΑΓΕΤ Ηρακλής	CEM II A/L 42,5R	147.06	33.82	180,88€/t	
Filler	Μάρμαρα Διονύσου	Φυσικό Ανθρακικό Ασβέστιο Ip20	62.00	14.26	76,26€/t	
Αδρανή	Titan INTERBETON	Άμμος	6.20	1.43	7,63€/t	
Αδρανή	Titan INTERBETON	Ριζάκι	5.04	1.16	6,2€/t	
Αδρανή	Titan INTERBETON	Γαρμπύλι	5.78	1.33	7,11€/t	
Χημικά SP	Basf	Glenium C347	1.25	0.29	1,54€/kg	
Νερό	Παροχή Δικτύου	Νερό	0.67	0.15	0,82€/t	
		Metakaolin			500€/t	

Για κάθε σύνθεση, τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν αφορούν :

- i. Τις ρεολογικές ιδιότητες: δοκιμές εξάπλωσης (slump-flow), οπτικής σταθερότητας (VSI), Χοάνης V (V-funnel), Δοχείο L (L-Box) για το ΑΣΣ, δοκιμή κάθισης για το ΣΣ (βλ. κεφάλαιο 6)
- ii. Τις μηχανικές ιδιότητες: θλιπτική, εφελκυστική και καμπτική αντοχή (βλ. κεφάλαιο 7)
- iii. Την ανθεκτικότητα του υλικού: υδατοπερατότητα (βλ. κεφάλαιο 9), διάχυση χλωριόντων (βλ. κεφάλαιο 10), τριχοειδής απορρόφηση και πορώδες (βλ. κεφάλαιο 8)

Για κάθε σύνθεση, και με σκοπό την εκτέλεση των ελέγχων που αφορούν στις μηχανικές ιδιότητες και τις ιδιότητες ανθεκτικότητας, παρασκευάστηκαν: (α) 10 κυβικές μήτρες (100 x 100 x 100mm), (β) 2 κυβικές μήτρες (150 x 150 x 150mm), (γ) 4 κυλινδρικές μήτρες (ύψους H=200mm και διαμέτρου D=100mm) και (δ) 1 πρισματική μήτρα (διατομής 100 x 100mm και μήκους L=500mm).

Από τα 10 μικρά κυβικά δοκίμια (100 x 100 x 100mm) που παρασκευάστηκαν, τρία χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής και ένα για τον προσδιορισμό της τριχοειδούς απορρόφησης και του πορώδους στις 28 μέρες, ενώ τα υπόλοιπα φυλάσσονται στην δεξαμενή νερού για να γίνει ο έλεγχος της θλιπτικής τους αντοχής στις 180 ημέρες ή/ και σε κάποια μεγαλύτερη ηλικία, στα πλαίσια επόμενης διπλωματικής εργασίας.

Από τα 2 κυβικά δοκίμια (150 x 150 x 150mm), ένα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της υδατοπερατότητας στις 28 ημέρες ενώ το άλλο φυλάσσεται στην δεξαμενή νερού για την επανάληψη της δοκιμής υδατοπερατότητας στις 180 ημέρες σε επόμενη διπλωματική εργασία.

Από τα 4 κυλινδρικά δοκίμια (ύψους $H=200\text{mm}$ και διαμέτρου $D=100\text{mm}$), δύο χρησιμοποιήθηκαν στο Brazilian test για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής τους αντοχής, ένα κόπηκε σε τρία τμήματα, ένα εκ των οποίων χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της διάχυσης των χλωριόντων στις 28 ημέρες, ενώ τα υπόλοιπα δύο, όπως και το τελευταίο κυλινδρικό δοκίμιο, προορίζονται για πειράματα που αφορούν διάχυση χλωριόντων σε μεταγενέστερη ηλικία, αεροπερατότητα και ενανθράκωση αντίστοιχα, στα πλαίσια επόμενης διπλωματικής εργασίας.

Τέλος το πρισματικό δοκίμιο (διατομής $100 \times 100\text{mm}$ και μήκους $L=500\text{mm}$) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της καμπτικής αντοχής του σκυροδέματος.

5.2 Περιγραφή διαδικασίας σκυροδέτησης και προετοιμασία δοκιμών

Αρχικά γίνεται η συλλογή των υλικών (τσιμέντο, ριζάκι, γαρμπίλι, άμμος, φύλλερ, μετακαολίνη, νερό, υπερρυστοποιητής). Πιο συγκεκριμένα, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ΑΣΣ είναι: σύνθετο τσιμέντο Πόρτλαντ της εταιρίας Lafarge, αντοχής $42,5 \text{ N/mm}^2$ (CEM II-A/L 42,5), μετακαολίνης (mk) (βλ. παράγραφο 2.1), λεπτόκοκκο αδρανές (φύλλερ) Novocarb 20 (Ip20) της εταιρίας Μάρμαρα Διονύσου, άμμος (s 0/4), ριζάκι (g_1 4/8), γαρμπίλι (g_2 8/16), Τα παραπάνω υλικά ζυγίζονται σε ζυγό μέγιστης ικανότητας 60 Kg, ακρίβειας 2gr, και συλλέγονται σε πλαστικούς σάκους χωρητικότητας 30-35 Kg. (Εικόνα 12). Για την παρασκευή των μιγμάτων χρησιμοποιήθηκε νερό δικτύου και υπερρυστοποιητής 3^{ης} γενιάς, πολυκαρβοξυλικού αιθέρα, τύπου C347 της εταιρίας BASF.



Εικόνα 12: Συλλογή υλικών σε σακούλες

Η σειρά με την οποία τοποθετούμε τα υλικά στον αναμκτήρα είναι, αρχικά τα αδρανή (ώστε να ομογενοποιηθούν), στη συνέχεια το φύλλερ μαζί με μέρος νερού, μετά το τσιμέντο με τον μετακαολίνη (προομογενοποίηση) και τελικά το υπόλοιπο νερό, ακολουθούμενο από τον υπερρυστοποιητή. (Εικόνα 13, Εικόνα 14, Εικόνα 15, Εικόνα 16).



Εικόνα 13: Ομογενοποίηση αδρανών



Εικόνα 15: Προσθήκη τσιμέντου και ανάμιξη



Εικόνα 14: Ανάμιξη ομογενοποιημένων γαρμπιλιού αδρανών με φύλλερ



Εικόνα 16: Προσθήκη νερού και υπερρευστοποιητή και ανάμιξη

Στην συνέχεια αφού η σύνθεση ήταν έτοιμη ακολουθούσαν τα πειράματα για ρεολογικές ιδιότητες (έλεγχοι slump-flow, V-funnel, L-Box) όπως αυτά αναλύθηκαν προωτέρω (βλ. κεφ.6) και η καταγραφή των αποτελεσμάτων.

Επόμενο στάδιο την ημέρα της σκυροδέτησης είναι η πλήρωση των μητρών (**Εικόνα 17**) (βλ. παράγραφο 5.1) οι οποίες πρέπει να σημειωθεί ότι επαλείφονται με ειδικό λεπτόρρευστο λάδι προκειμένου να είναι πιο εύκολη η αποσυναρμολόγησή τους. Αξίζει να τονισθεί ότι μετά το πέρας της κάθε σκυροδέτησης όλα τα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν πλένονταν και καθαρίζονταν προσεκτικά με νερό και φυλάσσονταν προκειμένου να μην μείνουν υπολείμματα τα οποία θα δυσχεράνουν την επόμενη σκυροδέτηση. Έπειτα την επόμενη ημέρα ακολουθούσε το άνοιγμα των μητρών, 'ξεκαλούπωμα', και ο καθαρισμός τους με συρμάτινη βούρτσα και σπάτουλα προκειμένου να μην μείνουν υπολείμματα. Τα δοκίμια στην συνέχεια φυλάσσονταν σε δεξαμενή νερού για 28 ημέρες (βλ. **Εικόνα 18**), οπότε ξεκινούσαν οι έλεγχοι των μηχανικών ιδιοτήτων και των ιδιοτήτων ανθεκτικότητας. Η ίδια διαδικασία σκυροδέτησης ακολουθήθηκε και κατά την παρασκευή του συμβατικού σκυροδέματος. Για την επίτευξη της επιθυμητής συμπίκνωσης έγινε αρχικά πλήρωση των μητρών με το υλικό κατά το 1/2 και ακολούθησε δόνηση σε

δονητική τράπεζα για 30 δευτερόλεπτα περίπου. Έπειτα, οι μήτρες πληρώνονταν με το υπόλοιπο 1/2 και ακολουθούσε νέα δόνηση.



Εικόνα 17: Μήτρες



Εικόνα 18: Δεξαμενή Συntήρησης Δοκιμίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

6.1 Εισαγωγή

Κατά την παρασκευή των μιγμάτων πραγματοποιούνταν μία σειρά από ελέγχους στο νωπό αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα. Συγκεκριμένα τα πειράματα που διεξήχθησαν ήταν :

- ✓ Δοκιμή εξάπλωσης (Slump flow test)
- ✓ Δείκτης οπτικής σταθερότητας (Visual stability index)
- ✓ Δοκιμή χοάνης V (V-funnel test)
- ✓ Δοκιμή δοχείου L (L-box test)

6.2 Σκοπός των πειραμάτων

Ο στόχος των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν ήταν η μελέτη της εξάπλωσης, της οπτικής σταθερότητας, της ταχύτητας ροής και της ροής διαμέσου οπλισμού του σκυροδέματος. Στην συνέχεια, μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης του μετακαολίνη στις ρεολογικές ιδιότητες του νωπού σκυροδέματος και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση τους με το ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) με μετακαολίνη.

6.3 Προετοιμασία των πειραμάτων

Για καθένα από τα 12 μίγματα (SCC – 01-SCC – 09 και NVC – 01-NVC – 02, βλ. και Πίνακας 3) τα πειράματα πραγματοποιούνταν την ημέρα της σκυροδέτησης στο Εργαστήριο Ω.Σ. ακολουθώντας κάθε φορά τις διαδικασίες που θα περιγραφούν αναλυτικά στην συνέχεια.

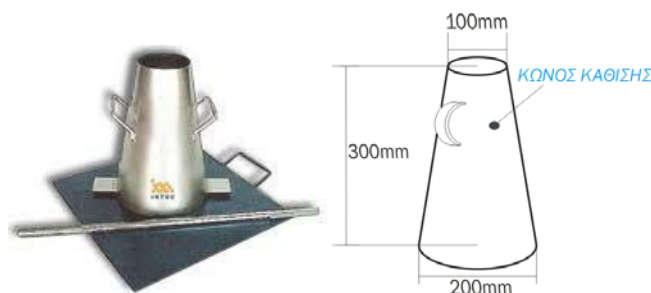
6.4 Δοκιμή εξάπλωσης (Slump flow test)

6.4.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης

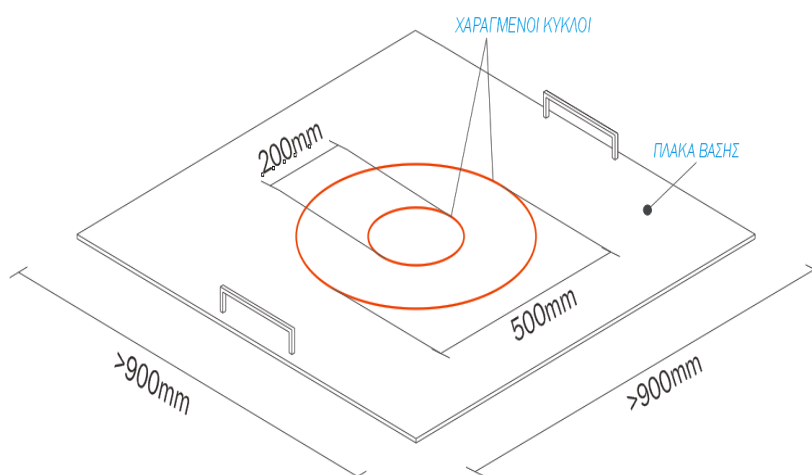
Η πειραματική μας διάταξη αποτελείται από τις ακόλουθες συσκευές:

α) Κώνος καθίσεως (Εικόνα 19): πρόκειται για ένα κολουροκωνικό μεταλλικό χωνί πάχους τουλάχιστον 1.5 mm, του οποίου το μέταλλο κατασκευής δεν πρέπει να προσβάλλεται από το σκυρόδεμα. Οι δύο βάσεις του κώνου είναι ανοικτές, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες στον άξονα του. Η κολουροκωνική μήτρα έχει στο άνω μέρος της δύο χειρολαβές προσαρμοσμένες στα 2/3 του ύψους της, ενώ κοντά στην βάση της διαθέτει δύο αντιδιαμετρικά πτερύγια για την ακινητοποίηση της. Οι διαστάσεις του κώνου πρέπει να είναι οι ακόλουθες : διάμετρος κάτω βάσεως 200±2 mm , διάμετρος άνω βάσεως : 100±2 mm και ύψος: 300±2 mm

β) Πλάκα βάσης (Εικόνα 20): άκαμπτη, επίπεδη και οριζόντια μεταλλική πλάκα διαστάσεων τουλάχιστον 900 x 900 mm από μη απορροφητικό υλικό, πάχους 1mm . Στην πλάκα βάσης έχουν χαραχθεί δύο ομόκεντροι κύκλοι 200mm και 500mm για τη σωστή τοποθέτηση του κώνου βάσης, και την απαίτηση της μέτρησης του χρόνου εξάπλωσης του σκυροδέματος έως τη διάμετρο των 500mm, t_{500} , αντίστοιχα.



Εικόνα 19: Κώνος καθίσεως-Διαστάσεις

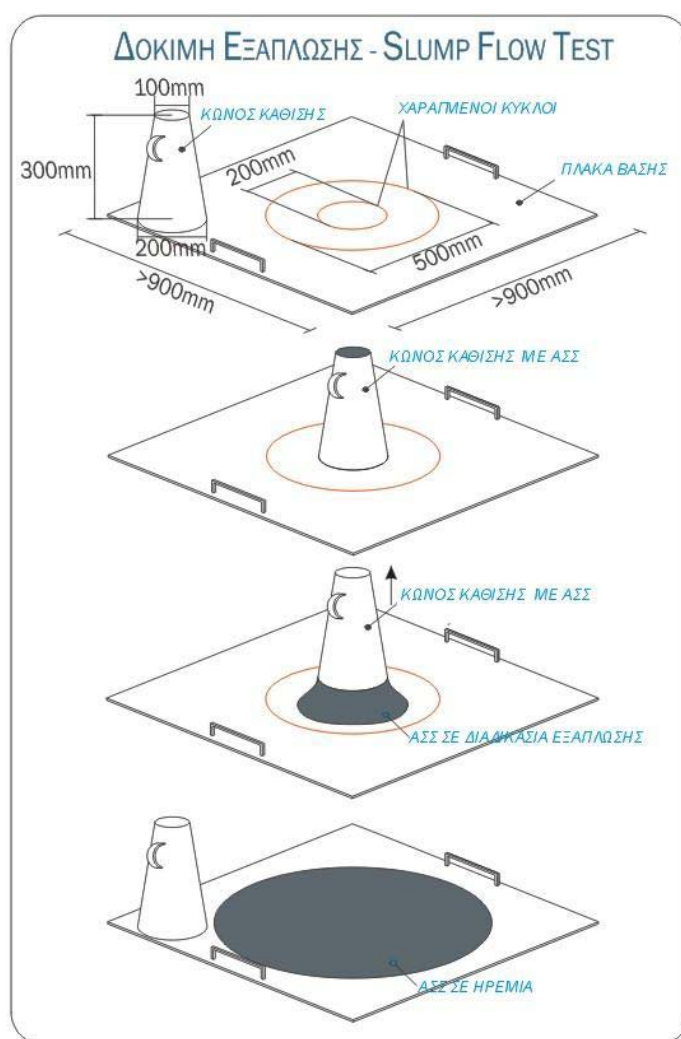


Εικόνα 20: Πλάκα βάσης- Διαστάσεις

6.4.2 Περιγραφή δοκιμής

Η εσωτερική πλευρά του κώνου διαβρέχεται και η μεγάλη περιφέρεια του κώνου εφαρμόζει καλά σε λεία επιφάνεια. Κατόπιν από την μικρή περιφέρεια, που βρίσκεται στο πάνω μέρος, ο κώνος πληρώνεται με το προς τη μέτρηση σκυρόδεμα, σε χρόνο μικρότερο των 2,5 min από την στιγμή της δειγματοληψίας. Η πλήρωση γίνεται χωρίς να επιβάλλεται συμπύκνωση. Συνολικά χρησιμοποιούνται περί τα 6lt σκυροδέματος. Όταν το σκυρόδεμα φτάσει το πάνω χείλος αποξύνεται ώστε να αποκτήσει επίπεδη επιφάνεια. Ακολούθως ο κώνος απομακρύνεται κατακόρυφα προς τα πάνω μέσα σε 5-10 sec με ομαλή κίνηση, προς αποφυγή οριζόντιας και στρεπτικής παραμόρφωσης του δείγματος, και το σκυρόδεμα, μένοντας ελεύθερο, αρχίζει να εξαπλώνεται. Μετά την αφαίρεση του κώνου μετράται ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το σκυρόδεμα τον κύκλο με διάμετρο 50 cm (t_{500}) καθώς

και ο χρόνος στον οποίο έχουμε σταθεροποίηση του μίγματος (t_f). Στη συνέχεια λαμβάνουμε την τιμή κάθισης (S) του μίγματος, τιμή που υπολογίζεται από την υψομετρική διαφορά του κώνου και του μίγματος στην κατάσταση ηρεμίας (Εικόνα 21, Εικόνα 22). Τέλος μετράται η διάμετρος του εξαπλωμένου σκυροδέματος, σε τέσσερις διευθύνσεις κάθετες ανά δύο μεταξύ τους (SFa,SFb) και λαμβάνεται ο μέσος όρος, ο οποίος αποτελεί την τιμή εξάπλωσης του μίγματος (SF) (Εικόνα 23). Το σκυροδέμα κατηγοριοποιείται ανάλογα με τις τιμές εξάπλωσης, κάθισης και χρόνου ροής t_{500} (βλ. Πίνακας 5, Πίνακας 6 και Πίνακας 7). Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι η ύπαρξη κονιάματος ή τσιμεντόπαστας χωρίς χονδρόκοκκα αδρανή στα όρια του εξαπλωμένου μίγματος, γνωστό ως δάκρυσμα (έλεγχος οπτικής σταθερότητας, βλ. παράγραφο 6.5).



Εικόνα 21: Πειραματική διαδικασία

Πίνακας 5: Κατηγορίες κάθισης και εύρη τιμών (πηγή:[15])

Τύπος Σκυροδέματος	Κατηγορία	Κάθιση (mm)
Συμβατικό Σκυρόδεμα	S1	10 - 40
	S2	50 - 90
	S3	100 - 150
	S4	160 - 200
	S5	200 +
Αυτοσυμπκνούμενο σκυρόδεμα	SCC	≥ 260



Εικόνα 22: Μέτρηση κάθισης σε συμβατικό σκυρόδεμα

Πίνακας 6: Κατηγορίες Εξάπλωσης και εύρη τιμών (πηγή:[16])

Κατηγορία	Εξάπλωση
SF1	≥ 550mm, ≤ 650mm
SF2	≥ 660mm, ≤ 750mm
SF3	≥ 760mm, ≤ 850mm

Πίνακας 7: Κατηγορίες Χρόνου ροής (πηγή:[16])

Κατηγορία	t ₅₀₀
VS1	≤ 2s
VS2	> 2s



Εικόνα 23: Μέτρηση εξάπλωσης

6.5 Δείκτης οπτικής σταθερότητας (Visual Stability Index)

6.5.1 Περιγραφή ελέγχου

Κατά την διάρκεια ελέγχου της εξάπλωσης πραγματοποιείται ένας ακόμα έλεγχος, εκείνος του δείκτη οπτικής σταθερότητας (ΔΟΣ) (βλ. και παράγραφο 1.4.3.2) Ο παραπάνω έλεγχος περιλαμβάνει τον οπτικό έλεγχο της εξάπλωσης του ΑΣΣ, που προκύπτει από τη μέθοδο ελέγχου της εξάπλωσης και στοχεύει στον προσδιορισμό της σταθερότητας των μιγμάτων ΑΣΣ (αντίσταση δυναμική απόμειξη ροής) (Daczko & Kurtz 2001).

Μέσω οπτικού ελέγχου της εξαπλωμένης πύλας του σκυροδέματος αποδίδεται ένας ΔΟΣ (0,1,2,3) που χαρακτηρίζει τη σταθερότητα του μίγματος, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα (**Πίνακας 8**).

Πίνακας 8: Βαθμονόμηση δείκτη οπτικής σταθερότητας νοπού ΑΣΣ (πηγή:[17])

Τιμή δείκτη	Επεξήγηση	Κριτήριο
0	υψηλή σταθερότητα	Απουσία ενδείξεων απόμιξης στην εξάπλωση
1	σταθερότητα	Απουσία στεφάνης κονιάματος ή σωρού αδρανών στην εξάπλωση
2	αστάθεια	Μικρή στεφάνη κονιάματος (<10mm) ή/ και σωρού αδρανών στην εξάπλωση
3	υψηλή αστάθεια	Προφανής απόμιξη από εκτεταμένη στεφάνη κονιάματος (>10mm) ή/ και μεγάλης συσσώρευσης αδρανών στο κέντρο της εξάπλωσης

Η αποτίμηση του ΔΟΣ 0 ή 1 αποτελεί μια ένδειξη ότι το ΑΣΣ είναι σταθερό και αναμένεται να είναι κατάλληλο για την επιθυμητή χρήση. Τιμές του ΔΟΣ 2 ή 3 υποδηλώνουν πιθανή απόμιξη και απαιτούν τη μεταβολή των επιμέρους συστατικών του μίγματος ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη σταθερότητα. Λόγω του γεγονότος ότι ο ΔΟΣ προσδιορίζεται οπτικά, θεωρείται υποκειμενικός και, ενώ αποτελεί πολύ καλό εργαλείο εκτίμησης της ποιότητας κατά την παραγωγή ΑΣΣ, δεν πρέπει να αποτελεί κριτήριο αποδοχής ή απόρριψης ενός δεδομένου μίγματος. Ο έλεγχος του ΔΟΣ εφαρμόζεται κυρίως σε μίγματα ΑΣΣ με τάση δακρύσματος, καθώς στα υπόλοιπα μίγματα δε βοηθά στην αναγνώριση της τάσης τους για απόμιξη.

6.6 Δοκιμή χοάνης V (V-funnel test)

6.6.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης

Η πειραματική μας διάταξη (**Εικόνα 24, Εικόνα 25**) αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

α) Χοάνη V: πρόκειται για χοάνη σχήματος V και διαστάσεων στο πάνω μέρος 0,49 x 0,075 m² και στο κάτω μέρος της 0,065 x 0,075 m². Το ύψος της είναι 0,425 m και καταλήγει σε ένα στόμιο- απόληξη σταθερής διατομής και ύψους 0,15 m

β) Δοχείο συλλογής ΑΣΣ: πρόκειται για ένα δοχείο τυχαίου σχήματος και χωρητικότητας, το οποίο συγκεντρώνει το ΑΣΣ που απορρέει από τη χοάνη V κατά τη διάρκεια του πειράματος.

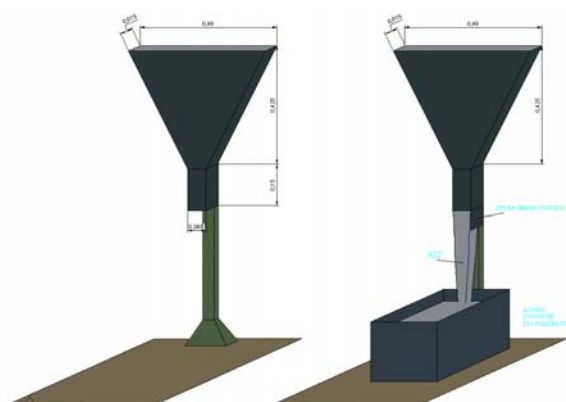


Εικόνα 24: Πειραματική διάταξη

6.6.2 Περιγραφή δοκιμής

Η χοάνη γεμίζεται με περίπου 12 lt ΑΣΣ και μετράται ο χρόνος εκροής t_v όλου του υλικού (χρόνος για την πλήρη απορροή του μίγματος) από τη χοάνη. Απαιτούνται περίπου 12 lt σκυροδέματος με συνήθη δειγματοληψία. Τοποθετείται η συσκευή σε σταθερό έδαφος. Υγραίνονται τα εσωτερικά της τοιχώματα. Η θυρίδα αφήνεται ανοικτή για να αποστραγγιστεί όλη η περίσσεια νερού και στη συνέχεια κλείνεται και τοποθετείται το δοχείο από κάτω. Η χοάνη γεμίζεται πλήρως με ΑΣΣ χωρίς συμπύκνωση. Η τυχόν περίσσεια ΑΣΣ απομακρύνεται από την ελεύθερη επιφάνεια με ένα μυστρί. Ανοίγεται η θυρίδα εκροής 10s μετά από το γέμισμα και αφήνεται να εκρεύσει το ΑΣΣ με τη βαρύτητα. Η χρονομέτρηση ξεκινάει με το άνοιγμα της θυρίδας εκροής και σταματά όταν φανεί φως μέσα από τη χοάνη κοιτάζοντας την από επάνω. Αυτός είναι ο χρόνος εκροής t_v . Η όλη δοκιμή πρέπει να εκτελεσθεί μέσα σε 5 min. Στην περίπτωση του ΑΣΣ ο χρόνος αυτός δεν ξεπερνάει τα 10s και συνήθως είναι μόνο μερικά δευτερόλεπτα.

Μετά το τέλος της δοκιμής, τα εσωτερικά τοιχώματα της χοάνης V δεν καθαρίζονται ούτε υγραίνονται. Αμέσως μετά τη μέτρηση του χρόνου εκροής t_v η θυρίδα εκροής κλείνεται και ξαναγεμίζεται η χοάνη V και παραμένει για 5 min σε ηρεμία. Τοποθετείται το δοχείο από κάτω, Η χοάνη γεμίζεται με ΑΣΣ χωρίς συμπύκνωση και απομακρύνεται από την επιφάνεια η περίσσεια υλικού με μυστρί. Μετά από χρόνο $T = 5$ min από το γέμισμα ανοίγεται η θυρίδα εκροής και αφήνεται το ΑΣΣ να εκρεύσει με τη βαρύτητα. Η χρονομέτρηση πάλι αρχίζει με το άνοιγμα της θυρίδας εκροής και σταματά όταν φανεί φως μέσα από τη χοάνη κοιτάζοντας την από επάνω. Αυτός είναι ο χρόνος εκροής στα 5 min. Εάν το ΑΣΣ παρουσιάζει απόμειξη, τότε ο χρόνος εκροής αυξάνεται σημαντικά. Ο χρόνος απορροής του μίγματος για δεύτερη διαδοχικά φορά μέσα από τη χοάνη, μετά από το χρονικό διάστημα 5 min συνιστά τη δοκιμή V-funnel σε $T = 5$ min (t_v 5min). Το σκυρόδεμα κατηγοριοποιείται ανάλογα με τις τιμές του χρόνου εκροής t_v (βλ. Πίνακας 9).



Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση δοκιμής χοάνης V

Πίνακας 9: Κατηγορίες χρόνου εκροής (πηγή:[16])

Κατηγορία	t_v
VF1	$\leq 8s$
VF2	$> 9s, < 25s$

6.7 Δοκιμή δοχείου L (L-box test)

6.7.1 Περιγραφή πειραματικής διάταξης

Η πειραματική μας διάταξη (**Εικόνα 26**) αποτελείται από το δοχείο L, το οποίο διαθέτει ένα κάθετο και ένα οριζόντιο διαμέρισμα, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους με συρόμενη θύρα, μπροστά από την οποία τοποθετούνται κατακόρυφες ράβδοι οπλισμού. Τα διάκενα μεταξύ των ράβδων προτείνεται να είναι τρεις φορές όσο η μέγιστη διάμετρος αδρανούς στο μίγμα.

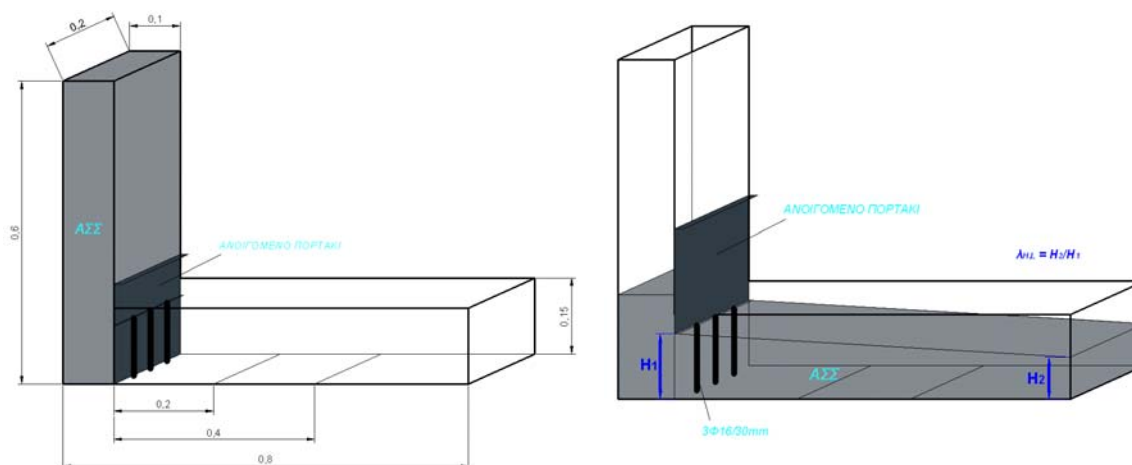


Εικόνα 26: Δοχείο L

6.7.2 Περιγραφή δοκιμής

Η διαδικασία ξεκινάει με την πλήρωση του κατακόρυφου θαλάμου με το προς μέτρηση σκυρόδεμα. Ακολούθως ανασπώνεται η θυρίδα, αφήνοντας το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα να εκρεύσει προς το οριζόντιο διαμέρισμα, περνώντας από τα διάκενα του οπλισμού. Όταν σταματήσει η ροή, λαμβάνονται μετρήσεις για το λόγο του ύψους στον κατακόρυφο θάλαμο προς το ύψος στον οριζόντιο θάλαμο (H_2/H_1) (βλ. **Εικόνα 27**). Ο λόγος αυτός αποτελεί ένδειξη της διειλευσιμότητας του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος και ονομάζεται λόγος έμφραξης. Επίσης μπορούν στον οριζόντιο θάλαμο να σημειωθούν οι θέσεις των 20 και 40 cm από τη θυρίδα και να μετρηθούν οι χρόνοι που απαιτούνται ώστε να φτάσει σε αυτές τις θέσεις το σκυρόδεμα. Οι χρόνοι αυτοί συμβολίζονται t_{200} και t_{400} αντίστοιχα και αποτελούν μέτρο της ικανότητας πλήρωσης. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων βασίζεται στη σύγκριση της μελετώμενης κατάστασης με την ιδανική, που θα ήταν αν το σκυρόδεμα έρρεε σα νερό, οπότε και η υψομετρική διαφορά θα ήταν μηδενική και ο λόγος H_2/H_1 ίσος με τη μονάδα. Ο ελάχιστος αποδεκτός λόγος των υψών $\lambda = H_2/H_1$ μεταξύ του οριζόντιου και του κάθετου τμήματος ισούται με 0.8. Συνεπώς όσο πιο πολύ προσεγγίζει τη μονάδα αυτός ο λόγος, τόσο καλύτερη είναι η ικανότητα ροής του σκυροδέματος. Ανάλογες συσχετίσεις ισχύουν και για τους χρόνους t_{200} και t_{400} . Όσο

μικρότεροι είναι αυτοί οι χρόνοι, τόσο πιο εύκολα ρέει το σκυρόδεμα. Οι εμφράξεις στην περιοχή του οπλισμού μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά. Μίγματα ΑΣΣ με οποιοδήποτε από τα προηγούμενα χαρακτηριστικά οφείλουν να αναπροσαρμόζονται ως προς την αναλογία τους, ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα τους.



Εικόνα 27: Σχηματική απεικόνιση δοκιμής δοχείου L

6.8 Αποτελέσματα ρεολογικών ελέγχων

6.8.1 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων

Στον Πίνακα 10 παρατίθενται τα αποτελέσματα όλων των ρεολογικών ελέγχων για όλες τις συνθέσεις.

Πίνακας 10 : Αποτελέσματα ρεολογικών ελέγχων

ΣΥΝΘΕΣΗ	Slump Flow Test										V Funnel Test		L Box test			
	κάθιση	Εξάπλωση						Χρόνος Ροής		Απόμιξη	ΔΟΣ	Χρόνος Εκροής		Ύψος άκρου 1	Ύψος άκρου 2	Λόγος Ύψων
		SF (mm)						t_{500} (s)	t_F (s)			t_v (s)	$t_v(5min)$ (s)			
		S (mm)	1	2	3	4	M.O.									
SCC - 01	275	700	730	715	720	716	2,05	7,13	ΌΧΙ	0	4,81	5,73	90	90	1,000	
1η Ομάδα	SCC - 02	260	630	635	555	560	595	1,46	8,94	ΌΧΙ	0	6,10	6,57	100	75	0,750
	SCC - 03	270	660	650	650	650	653	1,50	10,26	ΌΧΙ	0	5,19	7,36	95	90	0,947
	SCC - 04	290	750	790	745	-	762	1,07	16,22	ΝΑΙ	1	3,95	4,48	95	90	0,947
	SCC - 05	275	645	665	620	665	649	1,76	6,86	ΌΧΙ	0	6,03	7,41	95	85	0,895
	SCC - 06	275	615	630	635	615	624	3,05	10,81	ΌΧΙ	0	7,35	11,45	95	80	0,842
2η Ομάδα	SCC - 07	270	655	700	675	660	673	1,48	8,15	ΌΧΙ	0	5,30	7,11	100	90	0,900
	SCC - 08	285	675	700	665	670	678	1,69	8,21	ΌΧΙ	0	6,58	8,59	90	80	0,889
	SCC - 09	270	600	615	600	625	610	2,81	10,50	ΌΧΙ	0	6,99	9,00	100	80	0,800
NVC - 01	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NVC - 02	215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Στον Πίνακα 11 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των συνθέσεων ανάλογα με την εξάπλωση, την κάθιση, το χρόνο ροής t_{500} και τον χρόνο εκροής t_v .

Πίνακας 11: Κατηγοριοποίηση των συνθέσεων ανάλογα με την εξάπλωση, τη κάθιση, τον χρόνο ροής t_{500} και τον χρόνο εκροής t_v

	Σύνθεση	Κατηγορία εξάπλωσης	Κατηγορία Κάθισης	Κατηγορία Χρόνου Ροής t_{500}	Κατηγορία Χρόνου Εκροής t_v
1η Ομάδα	SCC - 01	SF2	SCC	VS2	VF1
	SCC - 02	SF1	SCC	VS1	VF1
	SCC - 03	SF3	SCC	VS1	VF1
	SCC - 04	SF3	SCC	VS1	VF1
	SCC - 05	SF1	SCC	VS1	VF1
2η Ομάδα	SCC - 06	SF1	SCC	VS2	VF1
	SCC - 07	SF2	SCC	VS1	VF1
	SCC - 08	SF2	SCC	VS1	VF1
	SCC - 09	SF1	SCC	VS2	VF1
	NVC - 01	-	S1	-	-
	NVC - 02	-	S5	-	-

Η τιμή της εξάπλωσης επιτρέπει την σύγκριση της πλευρικής ροής και της δυναμικότητας πλήρωσης διαφορετικών μιγμάτων ΑΣΣ. Η διάμετρος του κύκλου εξάπλωσης του σκυροδέματος αποτελεί ένα μέτρο της ικανότητας πλήρωσης του νωπού ΑΣΣ. Συνήθεις τιμές της εξάπλωσης του ΑΣΣ βρίσκονται εντός του εύρους 550 έως 850 mm. Όσο υψηλότερη η τιμή της εξάπλωσης, τόσο μεγαλύτερη διαδρομή μπορεί να διασχίσει το ΑΣΣ μέσω του ίδιου βάρους του από ένα δεδομένο σημείο έγχυσης και τόσο γρηγορότερα μπορεί να πληρώσει τον ξυλότυπο, ή το καλούπι. Η τιμή της εξάπλωσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της συνοχής του ΑΣΣ και δεν πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 50 mm μεταξύ διαδοχικών μιγμάτων ίδιων αναλογιών. Όσον αφορά τον έλεγχο t_{500} μπορούμε να πούμε ότι μεγαλύτεροι χρόνοι t_{500} υποδηλώνουν μίγματα μεγαλύτερου ιξώδους και αντίστροφα. Χρόνοι μικρότεροι των 2s τυπικά χαρακτηρίζουν ΑΣΣ χαμηλού ιξώδους, ενώ χρόνοι μεγαλύτεροι των 5s συναντώνται σε μίγματα ΑΣΣ υψηλού ιξώδους.

Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι :

- Η μέση τιμή της εξάπλωσης για όλες τις συνθέσεις είναι SF=662 mm
- Η μέση τιμή της εξάπλωσης για την 1^η ομάδα συνθέσεων είναι SF=681mm
- Η μέση τιμή της εξάπλωσης για την 2^η ομάδα συνθέσεων είναι SF=646mm
- Ο χρόνος t_{500} είναι μικρότερος των 2s σε όλες τις συνθέσεις εκτός στην SCC-01, SCC-06, SCC-09 όπου είναι μεγαλύτερος των 2s.

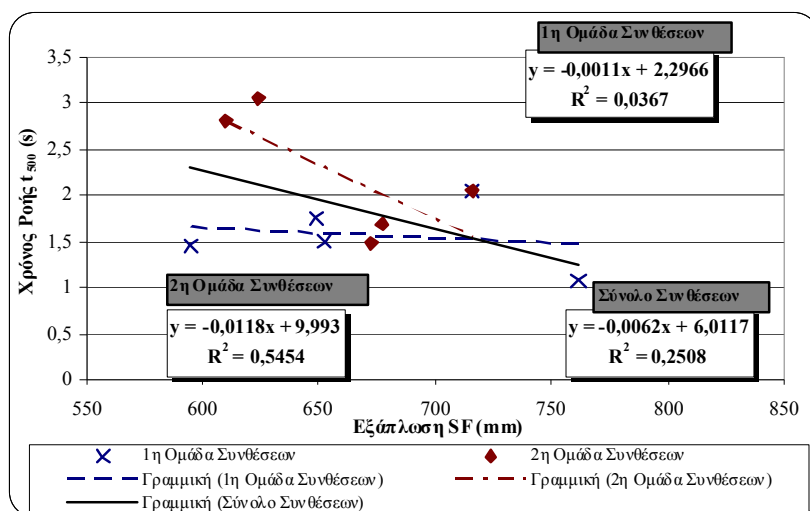
Όσον αφορά την δοκιμή V-funnel test, μικροί χρόνοι υποδεικνύουν μεγάλη ικανότητα ροής. Για το ΑΣΣ χρόνος ροής t_v των 10s θεωρείται ικανοποιητικός ενώ αυξημένοι χρόνοι εκροής υποδεικνύουν τάση του μίγματος να δημιουργήσει εμφράξεις (μειωμένη διεισσιμότητα). Συγκεκριμένα εδώ έχουμε:

- Όλοι οι χρόνοι σχεδόν είναι μικρότεροι των 10s, με εξαίρεση την σύνθεση SCC- 06 η οποία παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερο χρόνο εκροής (11s).

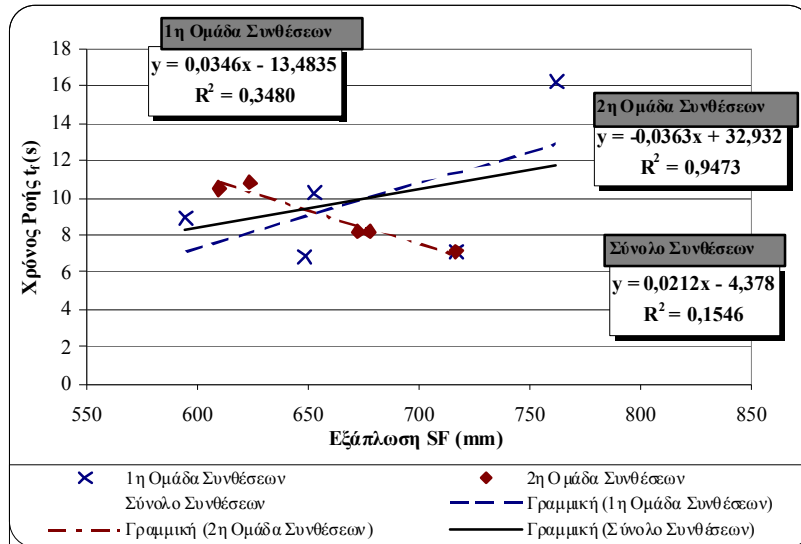
Όσον αφορά την δοκιμή L-box test, ο ελάχιστος αποδεκτός λόγος των υψών $\lambda=H_2/H_1$ μεταξύ του οριζόντιου και του κάθετου τμήματος ισούται με 0.8. Συνεπώς όσο πιο πολύ προσεγγίζει τη μονάδα αυτός ο λόγος, τόσο καλύτερη είναι η ικανότητα ροής του σκυροδέματος. Οι εμφράξεις στην περιοχή του οπλισμού μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά. Συγκεκριμένα εδώ έχουμε :

- Όλοι οι λόγοι σχεδόν προσεγγίζουν την μονάδα
- Η σύνθεση SCC – 02 έχει λόγο 0,75
- Η σύνθεση SCC – 09 έχει λόγο 0,80

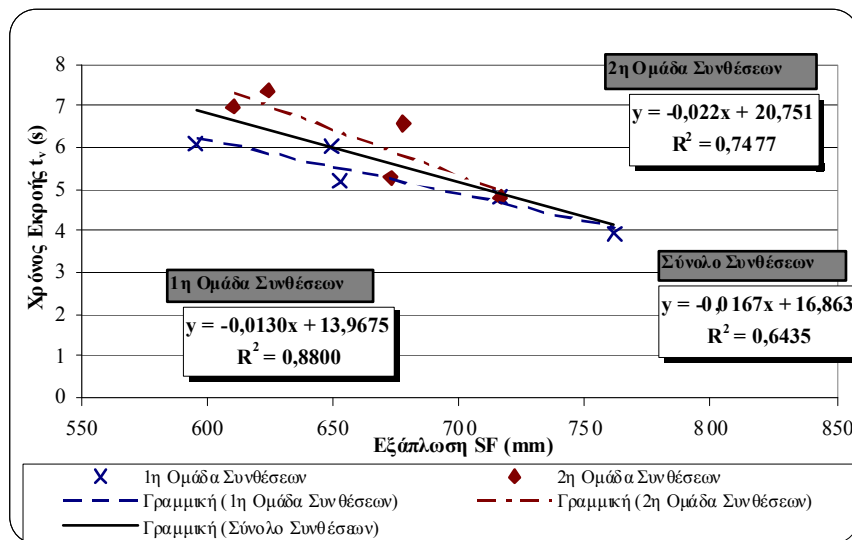
6.8.3 Συσχέτιση παραμέτρων ρεολογικών ελέγχων



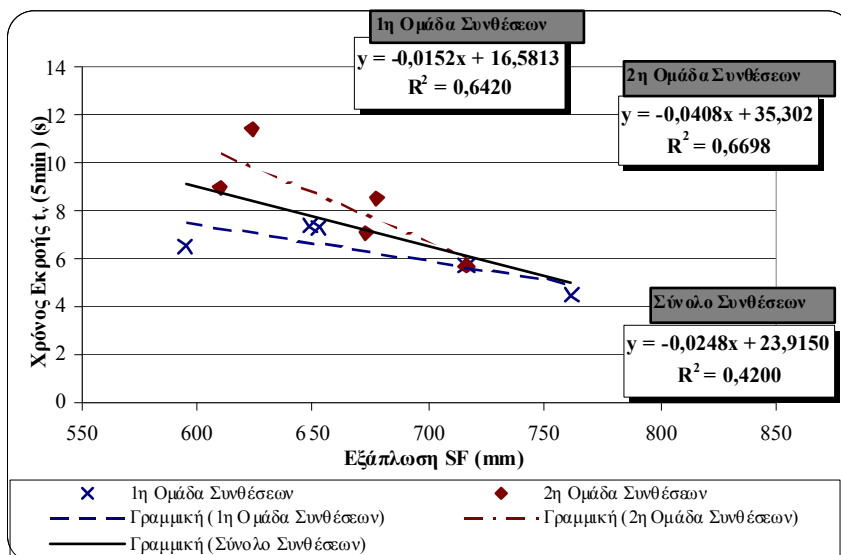
Διάγραμμα 1: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνος Ροής t₅₀₀



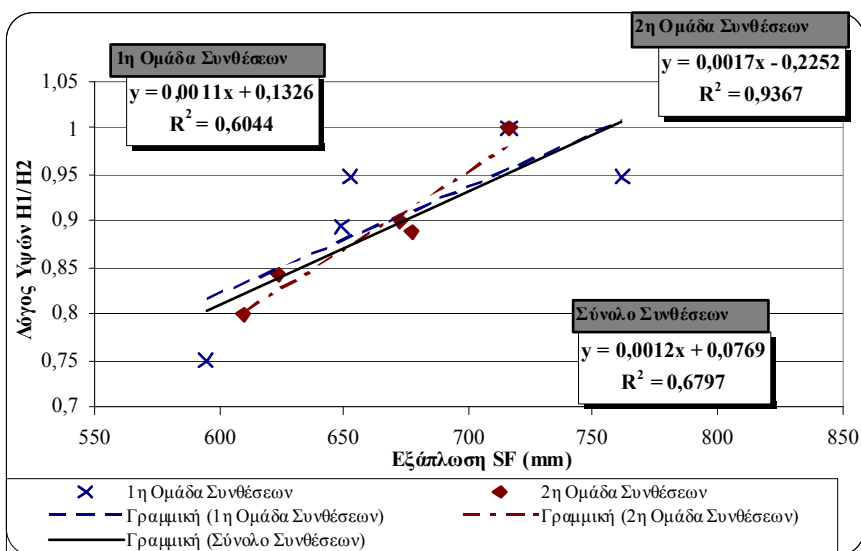
Διάγραμμα 2: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνος Ροής t_f



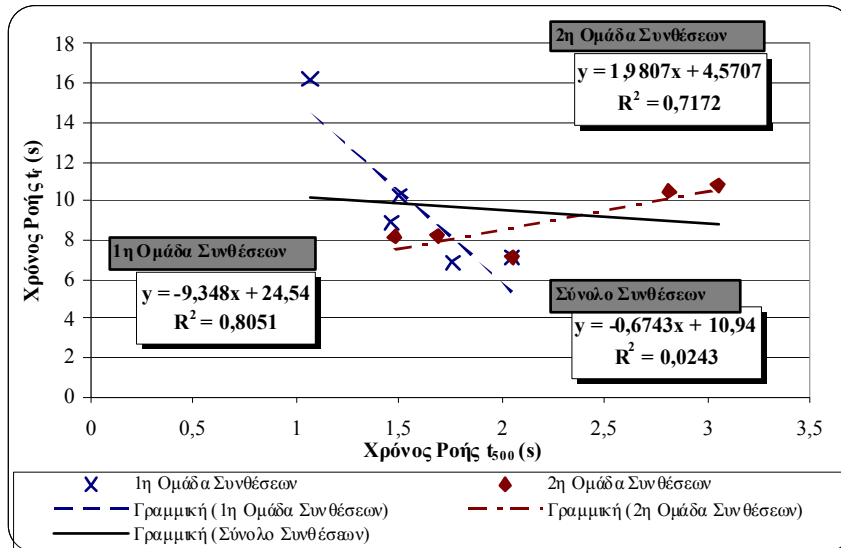
Διάγραμμα 3: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνο Εκροής t_v



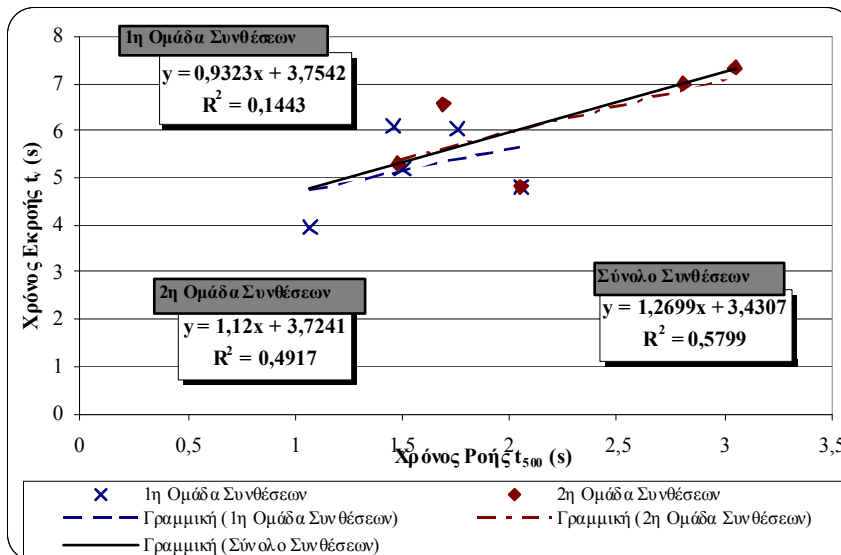
Διάγραμμα 4: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με τον Χρόνο Εκροής t_v (5min)



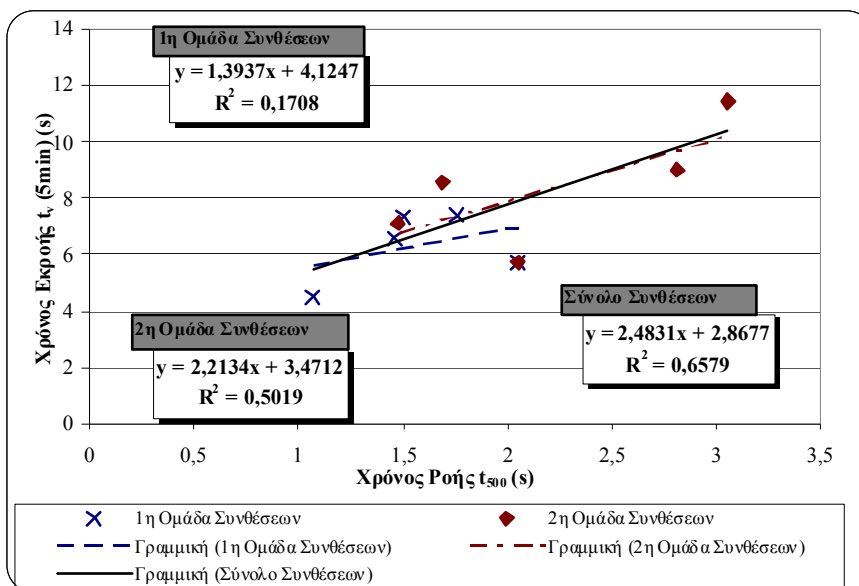
Διάγραμμα 5: Συσχέτιση Εξάπλωσης SF με το Λόγο Υψών H_1/H_2



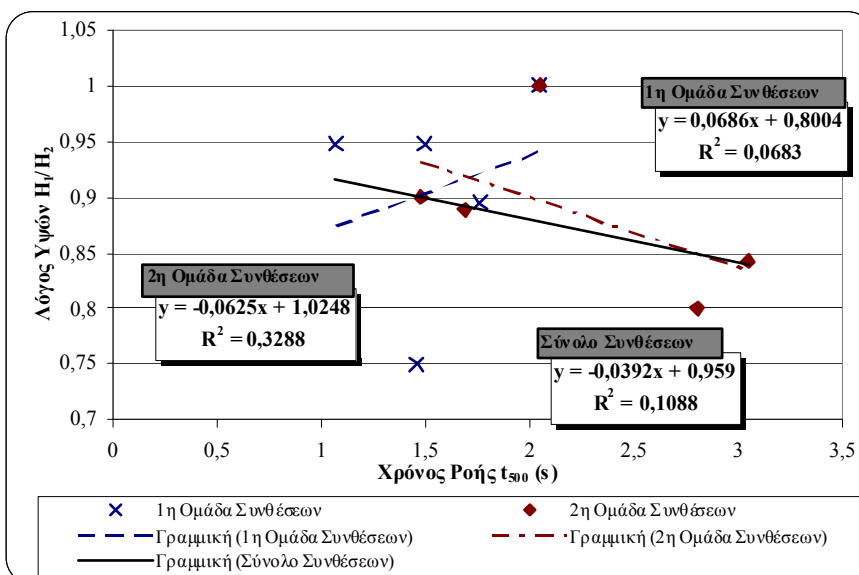
Διάγραμμα 6: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t



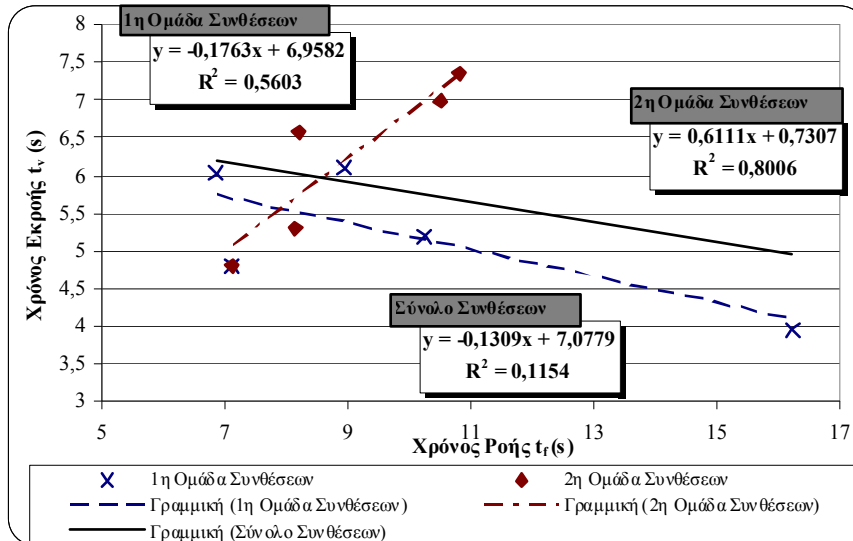
Διάγραμμα 7: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t_v



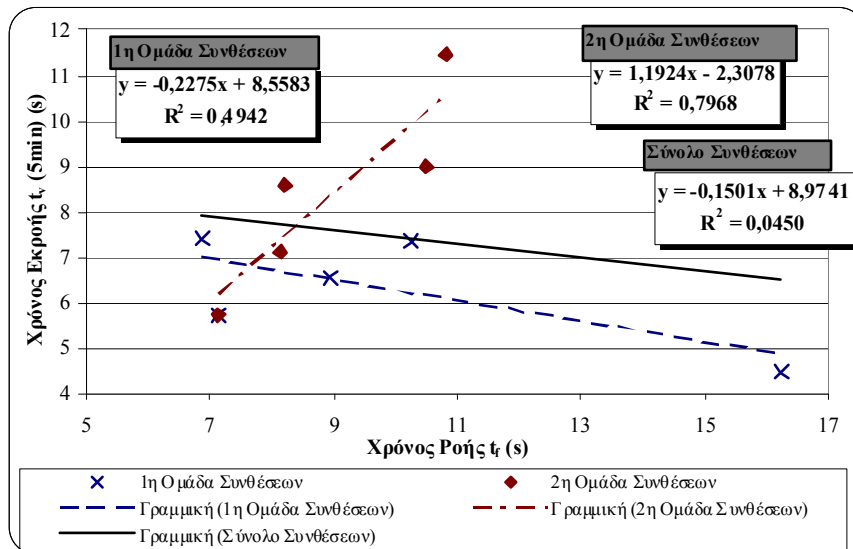
Διάγραμμα 8: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Χρόνο Ροής t_v (5min)



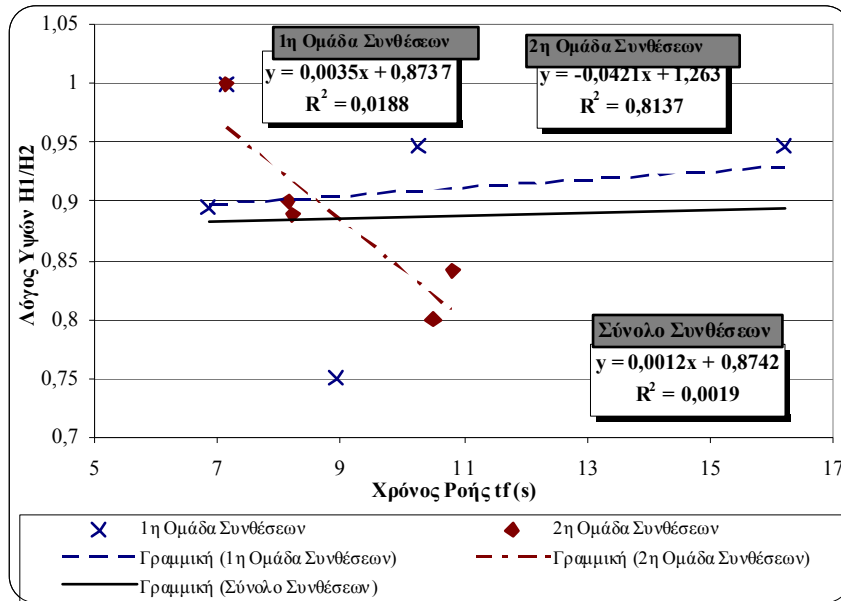
Διάγραμμα 9: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_{500} με τον Λόγο Υψών H_1/H_2



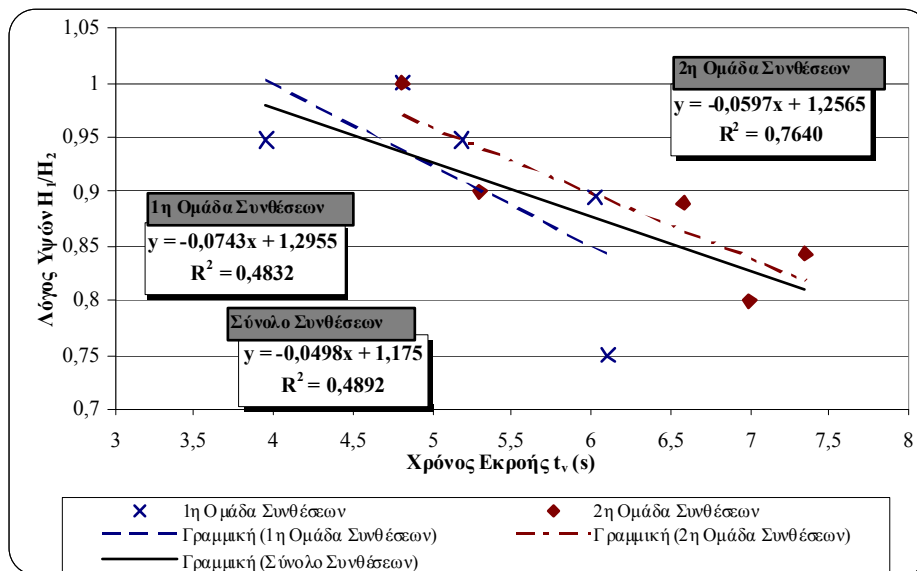
Διάγραμμα 10: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Χρόνο Εκροής t_e



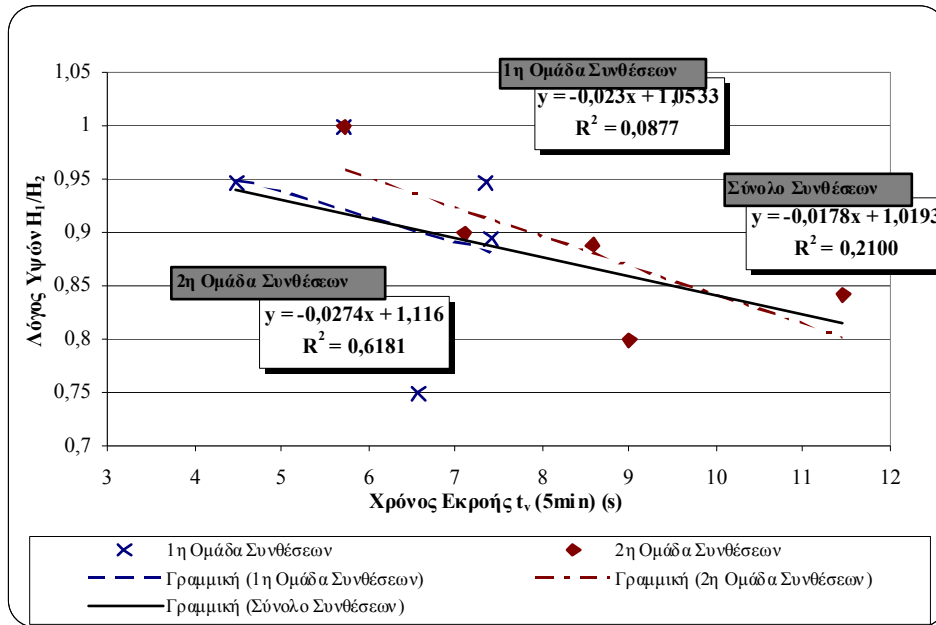
Διάγραμμα 11: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Χρόνο Εκροής t_e (5 min)



Διάγραμμα 12: Συσχέτιση του Χρόνου Ροής t_f με τον Λόγο Ύψων H_1/H_2



Διάγραμμα 13: Συσχέτιση του Χρόνου Εκροής t_e με τον Λόγο Ύψων H_1/H_2



Διάγραμμα 14: Συσχέτιση του Χρόνου Εκροής t_v (5min) με τον Λόγο Υψών H_1/H_2

6.8.4 Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών

Στο Πίνακα 12 αναγράφεται ο συντελεστής συσχέτισης R^2 όπως αυτός προκύπτει έπειτα από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών, τόσο ανά ομάδα όσο και στο σύνολο των συνθέσεων ΑΣΣ.

Πίνακας 12: Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των μεγεθών SF, t_{500} , t_f , t_v , t_v (5min), H_1/H_2

		ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ													
		R ²	SF		t ₅₀₀		t _f		t _v		t _v (5 min)		H ₁ /H ₂		
ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	SF	1,00	0,04	0,55	0,35	0,95	0,88	0,75	0,64	0,67	0,60	0,94			
			0,25		0,15		0,64		0,42		0,68				
	t ₅₀₀		1,00		0,81	0,72	0,14	0,49	0,17	0,50	0,07	0,33			
						0,02		0,58		0,66		0,11			
	t _f				1,00		0,56	0,80	0,49	0,80	0,02	0,81			
								0,12		0,04		0,00			
	t _v						1,00		0,68	0,89	0,48	0,76			
								0,83		0,49					
t _v (5 min)									1,00		0,09	0,62			
											0,21				
H ₁ /H ₂			ΥΠΟΜΝΗΜΑ								1,00				
			R ² 1ης Ομάδας ΑΣΣ				R ² 2ης Ομάδας ΑΣΣ								
			R ² Συνόλου Συνθέσεων ΑΣΣ												

Παρατηρώντας τον Πίνακα 12 διακρίνουμε μια σχετικά καλή συσχέτιση μεταξύ:

α) της Εξάπλωσης SF με τα μεγέθη t_v , t_v (5min) και H_1/H_2 τόσο ανά ομάδα σύνθεσης όσο και στο σύνολο των συνθέσεων¹

¹ βλ και Διάγραμμα 3, Διάγραμμα 4, Διάγραμμα 5

β) του χρόνου t_{500} με τον χρόνο t_f μόνο ανά ομάδα σύνθεσης και όχι στο σύνολο των συνθέσεων²

γ) του χρόνου t_{500} με τους χρόνους t_v και t_v (5min) στο σύνολο των συνθέσεων και στην 2^η ομάδα σύνθεσης, αλλά όχι στην 1^η.³

δ) του χρόνου t_f με τους χρόνους t_v και t_v (5min) μόνο ανά ομάδα σύνθεσης και όχι στο σύνολο των συνθέσεων.⁴

ε) του χρόνου t_v με τον λόγο υψών H_1/H_2 τόσο ανά ομάδα σύνθεσης όσο και στο σύνολο των συνθέσεων, με την 2^η ομάδα να παρουσιάζει αισθητά υψηλότερο συντελεστή ($R^2=0.76$)⁵

² βλ και Διάγραμμα 6

³ βλ και Διάγραμμα 7, Διάγραμμα 8

⁴ βλ και Διάγραμμα 10, Διάγραμμα 11

⁵ βλ και Διάγραμμα 13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

7.1 Εισαγωγή

Η μέτρηση της αντοχής σε θλίψη, εφελκυσμό και κάμψη του σκυροδέματος αποτελεί κρίσιμη διαδικασία καθώς χαρακτηρίζει “μηχανικά” το σκυρόδεμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικασία μέτρησης τους δεν παρουσιάζει δυσκολίες, ωστόσο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να πραγματοποιείται ορθά και επαναλήψιμα προκειμένου η διασπορά που καταγράφεται στις μετρήσεις, να μην οφείλεται σε κακή πειραματική πρακτική.

7.2 Σκοπός των πειραμάτων

Ο στόχος των πειραμάτων που πραγματοποιήσαμε ήταν καταρχήν η μελέτη των φαινομένων της θλίψης, εφελκυσμού και κάμψης του σκυροδέματος. Στην συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα ερμηνεύτηκε η επίδραση της χρήσης του μετακαολίνη στην θλιπτική, εφελκυστική και καμπτική αντοχή του σκυροδέματος και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση της με το ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων).

7.3 Προετοιμασία των δοκιμίων

Για καθένα από τα 12 μίγματα (SCC – 01-SCC – 09 και NVC – 01-NVC – 02, βλ. και **Πίνακας 3**)⁶ πραγματοποιήθηκε πλήρωση, μεταξύ των άλλων, τριών κυβικών δοκιμίων (ακμής 100mm), δύο κυλινδρικών (ύψους H=200 και διαμέτρου D=100) και ενός πρισματικού (διατομής 100 x 100mm και μήκους L=500mm), ανά σύνθεση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα για τον προσδιορισμό της θλιπτικής, εφελκυστικής και καμπτικής αντοχής αντίστοιχα. Μετά την αφαίρεση των μητρών τους (ξεκαλούπωμα) σε ηλικία μιας ημέρας, τα δοκίμια συντηρούνταν σε δεξαμενή νερού (ΔN) για 28 μέρες. Στη συνέχεια, μετά την ξήρανσή τους μέχρι την σταθεροποίηση του βάρους τους, μια διαδικασία που διαρκούσε από 7 έως 10 μέρες, πραγματοποιούνταν οι δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών αντοχών, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

⁶ Επισημαίνουμε ότι είχε γίνει λάθος στην ονομασία των δοκιμίων κατά την αφαίρεση των μητρών. Έτσι όπου Σ163 αναφερόμαστε σε δοκίμια που γράφουν πάνω τους Σ161 και αντίστροφα. Αυτή η παρατήρηση γίνεται με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν αναντιστοιχίες σε ενδεχόμενη περαιτέρω έρευνα στα δοκίμια που έχουν διατηρηθεί για τη διεξαγωγή δοκιμών σε μεταγενέστερη φάση.

7.4 Προσδιορισμός Θλιπτικής Αντοχής

7.4.1 Περιγραφή συσκευής

Οι δοκιμές θλίψης διεξήχθησαν στο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας σκυροδέματος της εταιρίας TITAN A.E.

7.4.2 Περιγραφή δοκιμής θλίψης- θλιπτική αντοχή

Τα τρία κυβικά δοκίμια τοποθετήθηκαν στην συσκευή και υποβλήθηκαν σε θλιπτικό φορτίο μέχρι την αστοχία. Το φορτίο εκείνο ήταν και το μέγιστο θλιπτικό φορτίο που αντέχει το δοκίμιο. Η αντοχή σε θλίψη υπολογίζεται από τον τύπο:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \text{ σε MPa (N/mm}^2\text{)}$$

όπου:

F : το μέσο μέγιστο καταγεγραμμένο φορτίο (N) κατά τη θραύση (φορτίο θραύσης) τριών δοκιμίων

A_c : το εμβαδόν της επιφάνειας επί της οποίας δρα η δύναμη θλίψεως σε mm² (για τα δοκίμια ακμής 100 mm είναι $A_c=10000 \text{ mm}^2$)

7.4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής θλίψης

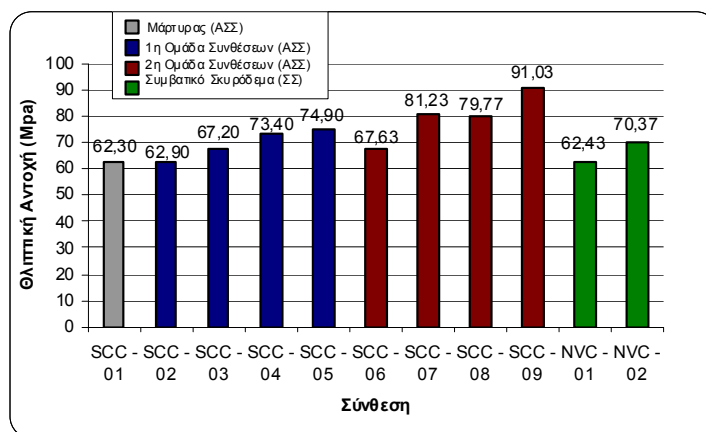
7.4.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση θλιπτικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ

Στον Πίνακα 13 φαίνονται οι τιμές του θλιπτικού φορτίου για κάθε σύνθεση στα τρία δοκίμια που θραύστηκαν.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα δοκιμής θλίψης

Χαρακτηριστικά Σύνθεσης				ΔΟΚΙΜΗ ΘΛΙΨΗΣ			
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ						
	% mk/cem (κ.β.)	% mk/lp20 (κ.β.)	Θλιπτική Αντοχή (MPa)				
			1	2	3	M.O.	
1η Ομάδα	SCC - 01	0,00	0,00	64,8	65,7	56,4	62,30
	SCC - 02	6,86	-	64,4	61,4	62,9	62,90
	SCC - 03	10,57	-	66,8	68,0	66,8	67,20
	SCC - 04	14,00	-	71,7	74,6	73,9	73,40
	SCC - 05	20,00	-	75,0	75,0	74,7	74,90
2η Ομάδα	SCC - 06	-	13,71	67,5	67,8	67,6	67,63
	SCC - 07	-	21,10	78,7	81,8	83,2	81,23
	SCC - 08	-	28,00	76,4	81,7	81,2	79,77
	SCC - 09	-	40,00	91,2	91,6	90,3	91,03
NVC	NVC - 01	0,00	0,00	63,7	60,2	63,4	62,43
	NVC - 02	0,00	0,00	70,6	69,6	70,9	70,37

Ο Πίνακας 13 περιλαμβάνει πρωτογενή δεδομένα (θλιπτικό φορτίο των τριών δοκιμίων που θραύστηκαν) καθώς και επεξεργασμένες τιμές (Μ.Ο. θλιπτικών φορτίων). Οι τιμές αυτές αναλύονται και συσχετίζονται στη συνέχεια.



Διάγραμμα 15: Θλιπτική αντοχή ανά σύνθεση

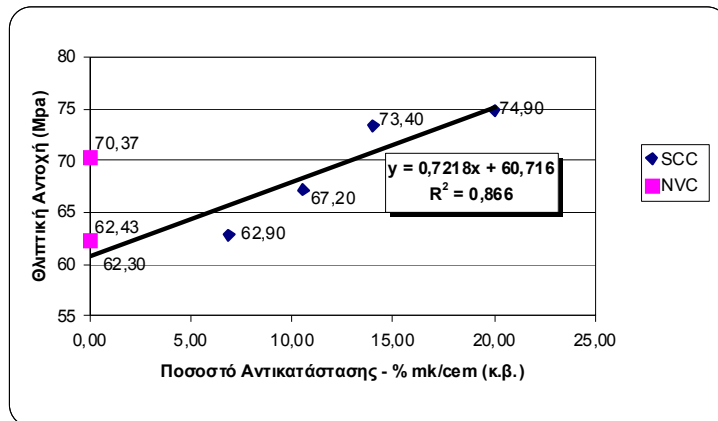
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 15 η προσθήκη μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ αυξάνει την θλιπτική αντοχή. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται αύξηση της θλιπτικής αντοχής έως και 46,12%, για την σύνθεση SCC – 09, σε σχέση με το μάρτυρα.

Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ παρατηρείται τιμή της θλιπτικής αντοχής 62,43 ΜΡα για τη σύνθεση NVC – 01 , η οποία είναι πολύ κοντά στην τιμή της σύνθεσης SCC – 01. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί πως η σύνθεση NVC – 01 δεν περιέχει ρευστοποιητή και έχει λόγο w/c ίσο με 0,481 ο οποίος είναι αρκετά μικρότερος από τον αντίστοιχο λόγο w/c 0,595 της σύνθεσης SCC – 01. Η προσθήκη ρευστοποιητή στο μίγμα του ΣΣ (βλ. NVC – 02) αυξάνει την θλιπτική αντοχή στα 70,37 ΜΡα, που είναι στο ενδιάμεσο της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής από τα μίγματα ΑΣΣ.

Τέλος βλέπουμε ότι οι συνθέσεις SCC – 04 (14 % mk/cem κ.β.), SCC – 05 (20 % mk/cem κ.β.), SCC – 07 (21,1 % mk/lp20 κ.β.), SCC – 08 (28 % mk/lp20 κ.β.), SCC – 09 (40 % mk/ lp20 κ.β.) υπερβαίνουν την αντοχή της σύνθεσης του συμβατικού NVC – 02.

7.4.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)

Στο Διάγραμμα 16 παρουσιάζεται η θλιπτική αντοχή της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC-01 και τις συνθέσεις NVC – 01 και NVC – 02.

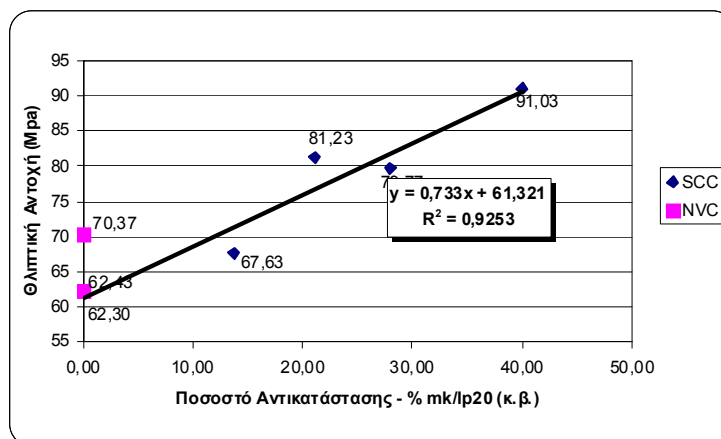


Διάγραμμα 16: Θλιπτική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/cem

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 16**, διακρίνουμε μια αυξητική τάση της θλιπτικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem, σχεδόν γραμμική ($R^2=0,866$).

7.4.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.)

Στο **Διάγραμμα 17** παρουσιάζεται η θλιπτική αντοχή της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC-01 και τις συνθέσεις NVC – 01 και NVC – 02.



Διάγραμμα 17: Θλιπτική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 17**, διακρίνουμε μια αυξητική τάση της θλιπτικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20, σχεδόν γραμμική ($R^2=0,9253$).

7.5 Προσδιορισμός εφελκυστικής αντοχής

7.5.1 Περιγραφή συσκευής

Οι δοκιμές εφελκυσμού διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος στη μηχανή θλίψης Avery, δυναμικότητας 600 kN (βλ. **Εικόνα 28**)



Εικόνα 28: Μηχανή Θλίψης Avery

7.5.2 Περιγραφή δοκιμής εφελκυσμού-εφελκυστική αντοχή

Τα δύο κυλινδρικά δοκίμια τοποθετήθηκαν οριζόντια στην μηχανή θλίψης και υποβλήθηκαν σε θλιπτικό φορτίο, εφαρμοζόμενο στις γενέτειρες του δοκιμίου. Η εφελκυστική αντοχή προσδιορίζεται έμμεσα, υποβάλλοντας τα δοκίμια σε θλιπτικό φορτίο, μέσω του παρακάτω τύπου. Με τη διάταξη συνδέεται ηλεκτρονικός υπολογιστής, στον οποίο καταγράφονται οι τιμές του φορτίου (N).

Η αντοχή σε εφελκυσμό υπολογίζεται από τον τύπο $f_t = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot l}$ σε MPa (N/mm²)

όπου :

F : το μέγιστο καταγραφέν φορτίο κατά τη θράυση σε N (φορτίο θραύσης), το οποίο προκύπτει από τον μέσο όρο των τιμών που καταγράφηκαν από τα δύο κυλινδρικά δοκίμια.

d : η διάμετρος του δοκιμίου ($d=100$ mm)

l : το ύψος του δοκιμίου ($l=200$ mm)

7.5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής εφελκυσμού

7.5.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση εφελκυστικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ

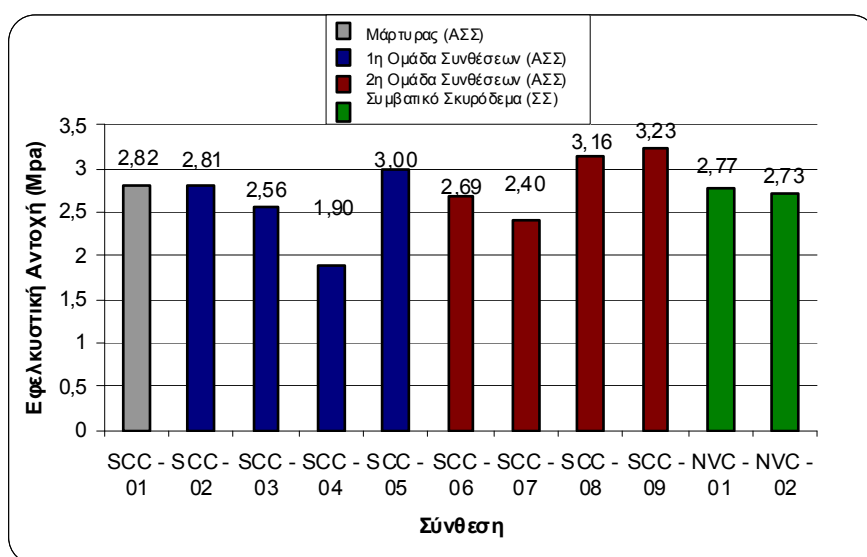
Στον **Πίνακας 14** φαίνονται οι τιμές του θλιπτικού φορτίου για κάθε σύνθεση στα δύο δοκίμια που υποβλήθηκαν στην έμμεση δοκιμή εφελκυσμού (Brazilian test), καθώς και

οι διαστάσεις τους, ενώ στην τελευταία στήλη δίνεται η εφελκυστική αντοχή τους η οποία

$$\text{υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο } f_t = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot l} \text{ (βλ. παράγραφο 7.5.2)}$$

Πίνακας 14: Αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού

Χαρακτηριστικά Σύνθεσης		ΔΟΚΙΜΗ ΕΜΜΕΣΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ							
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	% mk/cem (κ.β.)	% mk/ρ20 (κ.β.)	Θλιπτικό φορτίο θράυσης(kN)			L	d	f _t
				1	2	M.O.	(m)	(m)	(Μpa)
1η Ομάδα	SCC - 01	0,00	0,00	89,0	88,1	88,55	0,2	0,1	2,82
	SCC - 02	6,86	-	88,4	-	88,40	0,2	0,1	2,81
	SCC - 03	10,57	-	88,5	72,5	80,50	0,2	0,1	2,56
	SCC - 04	14,00	-	59,3	59,8	59,55	0,2	0,1	1,90
	SCC - 05	20,00	-	107,4	81,1	94,25	0,2	0,1	3,00
2η Ομάδα	SCC - 06	-	13,71	77,9	91,0	84,45	0,2	0,1	2,69
	SCC - 07	-	21,10	83,2	67,6	75,40	0,2	0,1	2,40
	SCC - 08	-	28,00	89,5	109,2	99,35	0,2	0,1	3,16
	SCC - 09	-	40,00	122,2	80,6	101,40	0,2	0,1	3,23
Συμβατικό Σκυρόδεμα (ΣΣ)	NVC - 01	0,00	0,00	96,2	78,0	87,10	0,2	0,1	2,77
	NVC - 02	0,00	0,00	98,8	72,8	85,80	0,2	0,1	2,73



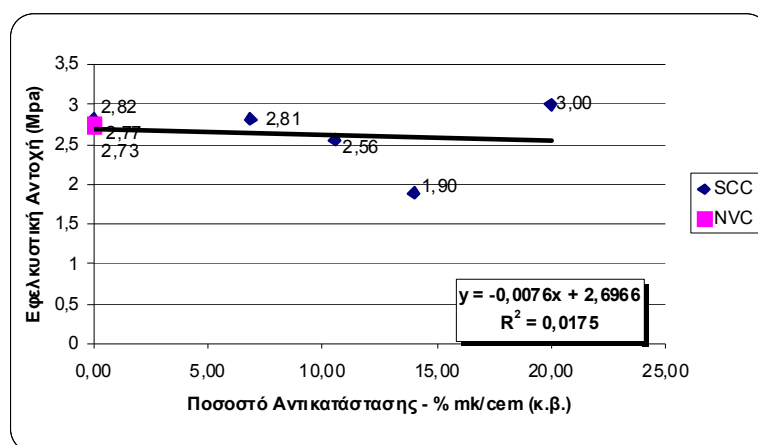
Διάγραμμα 18: Εφελκυστική αντοχή ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 18** η προσθήκη μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ διαφοροποιεί την εφελκυστική αντοχή. Παρατηρείται ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή 1,90 MPa και 3,23 MPa στα μίγματα SCC – 04 και SCC – 09 αντίστοιχα (η ίδια σύνθεση παρουσίασε και μέγιστη θλιπτική αντοχή) ενώ η τιμή της εφελκυστικής αντοχής για το ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) είναι 2,82 MPa. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ παρατηρείται τιμή της εφελκυστικής αντοχής 2,77 MPa για τη σύνθεση NVC – 01 , η οποία είναι

ενδιάμεσα στην ελάχιστη και στην μέγιστη τιμή των μιγμάτων του ΑΣΣ και στην τιμή της σύνθεσης SCC – 01. Επίσης η τιμή της εφελκυστικής αντοχής για τη σύνθεση NVC – 02 είναι 2,73 MPa που είναι στο ενδιάμεσο της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής από τα μίγματα ΑΣΣ. Επιπλέον παρατηρούμε ότι στο συμβατικό σκυρόδεμα η προσθήκη ρευστοποιητή κατά 0,63 % κ.β. τσιμέντου δεν οδήγησε σε ιδιαίτερα αισθητή αλλαγή της εφελκυστικής αντοχής. Τέλος βλέπουμε ότι όλες οι συνθέσεις εκτός από τις, SCC – 03 (10,57 % mk/cem κ.β.), SCC – 04 (14 % mk/cem κ.β.), SCC – 06 (13,71 % mk/lp20 κ.β.), SCC – 07 (21,1 % mk/lp20 κ.β.) υπερβαίνουν την αντοχή της σύνθεσης του συμβατικού NVC – 01.

7.5.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)

Στο **Διάγραμμα 19** παρουσιάζεται η εφελκυστική αντοχή της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC-01 και τις συνθέσεις NVC – 01 και NVC – 02.

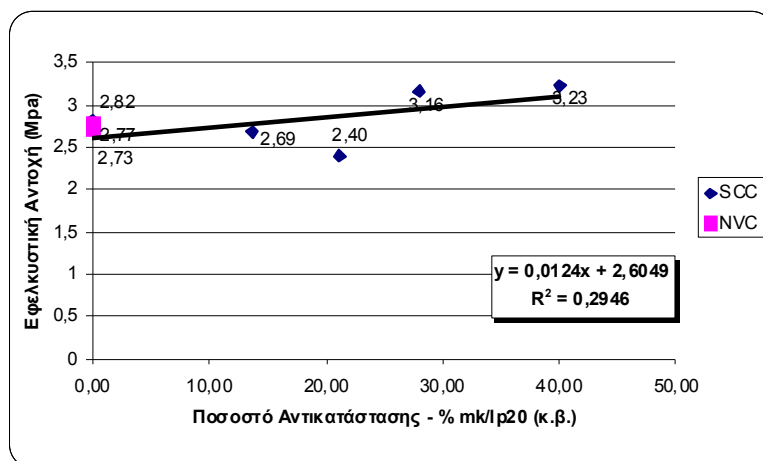


Διάγραμμα 19: Εφελκυστική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/cem

Σύμφωνα με το **Διάγραμμα 19**, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια ουσιώδη συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem με την εφελκυστική αντοχή. ($R^2 = 0.0175$).

7.5.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.)

Στο **Διάγραμμα 20** παρουσιάζεται η εφελκυστική αντοχή της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC-01 και τις συνθέσεις NVC – 01 και NVC – 02.



Διάγραμμα 20: Εφελκυστική αντοχή συναρτήσει ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 20**, διακρίνεται μια ελαφρώς αυξητική τάση της εφελκυστικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20.

7.6 Προσδιορισμός Καμπτικής Αντοχής

7.6.1 Περιγραφή συσκευής

Οι δοκιμές κάμψης διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Αντοχής Υλικών.



Εικόνα 29: Δοκιμή Κάμψης τριών σημείων

7.6.2 Περιγραφή δοκιμής κάμψης – καμπτική αντοχή

Το ένα πρισματικό δοκίμιο τοποθετούνταν στη διάταξη και υποβαλλόταν σε κάμψη τριών σημείων. Σε υπολογιστή συνδεδεμένο με τη διάταξη καταγράφονταν οι τιμές οι οποίες παρουσιάζονταν σε διάγραμμα φορτίου συναρτήσει της βύθισης (βλ. **Διάγραμμα 21**) Στο σημείο εκείνο όπου παρατηρείται κατακόρυφη πτώση του φορτίου, η μέγιστη τιμή εκείνη είναι το φορτίο θραύσης. Η καμπτική αντοχή υπολογίζεται από τον τύπο :

$$f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

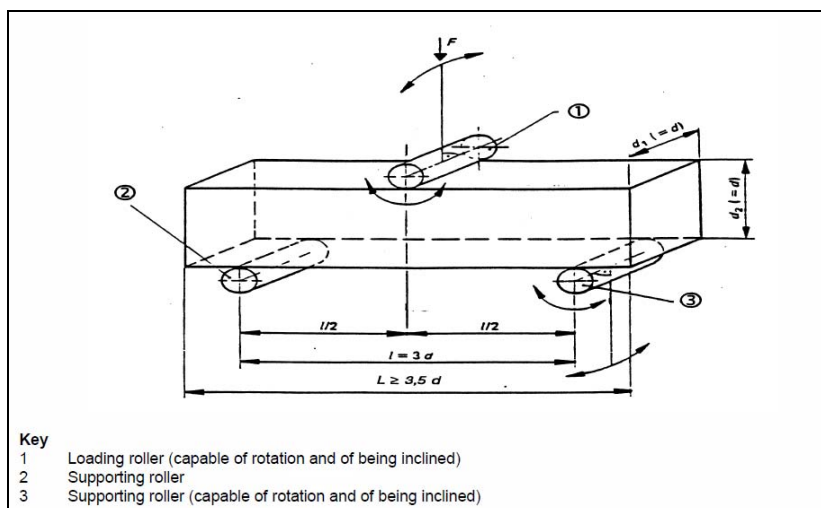
Όπου

F : Το φορτίο θραύσης σε (N)

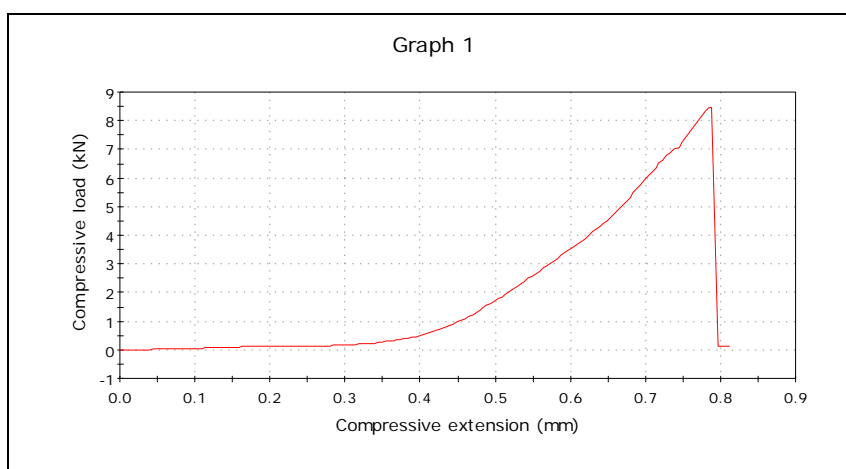
l : Η απόσταση μεταξύ των 2 σημείων έδρασης (mm) ($l=300\text{mm}$)

d_1, d_2 : Οι διαστάσεις της εγκάρσιας τομής του δοκιμίου (mm) ($d_1=d_2=100\text{mm}$) (βλ. και

Εικόνα 30)



Εικόνα 30: Διάταξη Φόρτισης δοκιμίου για κάμψη τριών σημείων (πηγή:[18])



Διάγραμμα 21: Φορτίο θραύσης συναρτήσει της βύθισης (πειραματική καμπύλη όπως προκύπτει από τη διάταξη μηχ. δοκιμής)

7.6.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής κάμψης

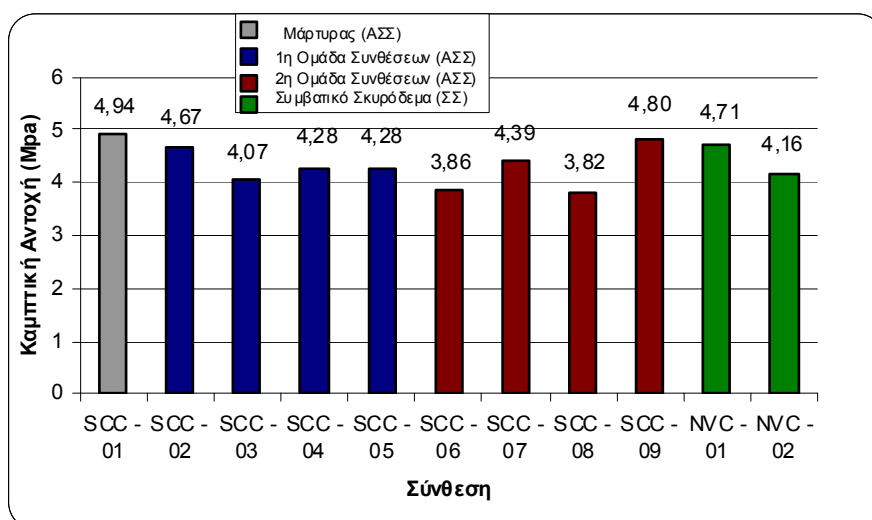
7.6.3.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση καμπτικής αντοχής ΑΣΣ-ΣΣ

Στον **Πίνακα 15** φαίνονται οι τιμές του θλιπτικού φορτίου για κάθε σύνθεση που υποβλήθηκε στην δοκιμή κάμψης, ενώ στην τελευταία στήλη δίνεται η καμπτική αντοχή τους

η οποία υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο $f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$ (βλ.παράγραφο 7.6.2)

Πίνακας 15: Αποτελέσματα δοκιμής κάμψης

Χαρακτηριστικά Σύνθεσης				ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ	
ΣΥΝΘΕΣΗ		ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ			
		% mk/cem (κ.β.)	% mk/lp20 (κ.β.)	Φορτίο θράυσης(kN)	Καμπτική Αντοχή (MPa)
	SCC - 01	0,00	0,00	10,98	4,94
1η Ομάδα	SCC - 02	6,86	-	10,39	4,67
	SCC - 03	10,57	-	9,04	4,07
	SCC - 04	14,00	-	9,52	4,28
	SCC - 05	20,00	-	9,51	4,28
2η Ομάδα	SCC - 06	-	13,71	8,59	3,86
	SCC - 07	-	21,10	9,77	4,39
	SCC - 08	-	28,00	8,48	3,82
	SCC - 09	-	40,00	10,67	4,80
	NVC - 01	0,00	0,00	10,46	4,71
	NVC - 02	0,00	0,00	9,24	4,16



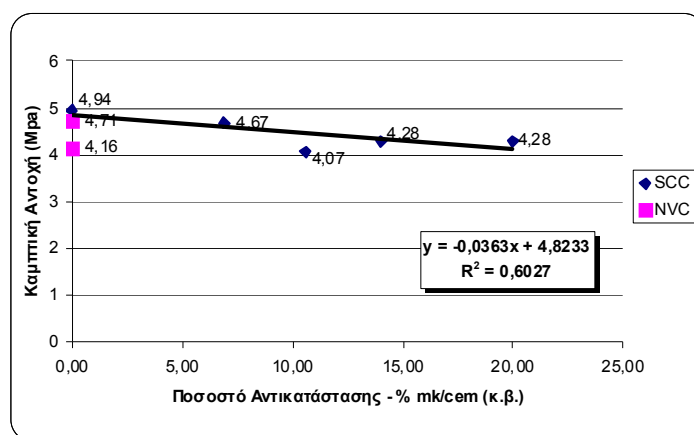
Διάγραμμα 22: Καμπτική Αντοχή (MPa) ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 22** η πρόσθεση μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ γενικώς μειώνει την καμπτική αντοχή. Παρατηρείται ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή 3,82 MPa (-22,78%) και 4,80 MPa (-2,88%) στα μίγματα SCC – 08 και SCC – 09 (η ίδια σύνθεση παρουσίασε και μέγιστη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή) αντίστοιχα ενώ η τιμή της καμπτικής αντοχής για το ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) είναι 4,94 MPa. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ παρατηρείται τιμή της καμπτικής αντοχής 4,71 MPa για τη σύνθεση NVC – 01 , η οποία είναι πολύ κοντά στην μέγιστη τιμή των μιγμάτων του ΑΣΣ και στην τιμή της σύνθεσης SCC – 01. Επίσης η τιμή της καμπτικής αντοχής για τη σύνθεση NVC – 02 είναι 4,16 MPa πού είναι στο ενδιάμεσο της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής από τα μίγματα

ΑΣΣ. Επιπλέον παρατηρούμε ότι στο συμβατικό σκυρόδεμα η προσθήκη ρευστοποιητή κατά 0,63 % κ.β. τσιμέντου, μειώνει αλλά όχι αισθητά την καμπτική τους αντοχή. Τέλος βλέπουμε ότι όλες οι συνθέσεις εκτός από τις, SCC – 03 (10,57 % mk/cem κ.β.), SCC – 06 (13,71 % mk/lp20 κ.β.), SCC – 08 (28 % mk/lp20 κ.β.) υπερβαίνουν την αντοχή της σύνθεσης του συμβατικού NVC – 02.

7.6.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)

Στο **Διάγραμμα 23** παρουσιάζεται η καμπτική αντοχή της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC – 01 και τις συνθέσεις NVC – 01 και NVC – 02.

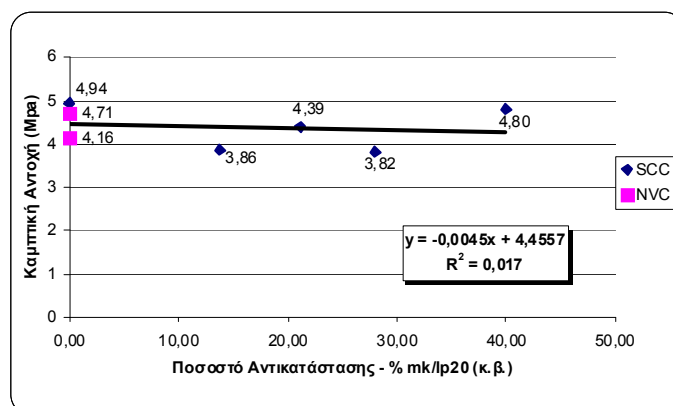


Διάγραμμα 23: Καμπτική αντοχή συναρτήσει του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 23**, διακρίνουμε μια πτωτική τάση της καμπτικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem.

7.6.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.)

Στο **Διάγραμμα 24** παρουσιάζεται η καμπτική αντοχή της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC-01



Διάγραμμα 24: Καμπτική Αντοχή συναρτήσει του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 24**, τα μεγέθη φαίνονται να είναι ασυσχέτιστα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ & ΠΟΡΩΔΕΣ

8.1 Εισαγωγή

Οι τριχοειδείς πόροι παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαπερατότητα του σκυροδέματος αφού ουσιαστικά είναι τα “κανάλια ροής” των ρευστών στο εσωτερικό του. Η μεταφορά νερού μέσω των τριχοειδών πόρων είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός μεταφοράς νερού στο σκυρόδεμα και αποτελεί ένδειξη της διαπερατότητάς του, που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ανθεκτικότητα. Η δοκιμή της τριχοειδούς απορρόφησης νερού από το σκυρόδεμα αποσκοπεί στην ποιοτική περιγραφή του τριχοειδούς πορώδους του υλικού, εκφρασμένο σε μονάδες απορροφητικότητας.

8.2 Σκοπός του πειράματος

Ο στόχος των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν ήταν αρχικά η μελέτη του φαινομένου της τριχοειδούς απορρόφησης νερού από το σκυρόδεμα. Στη συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης του μετακαολίνης στο φαινόμενο της απορρόφησης και ειδικότερα συσχετίστηκε με το ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) από μετακαολίνη.

8.3 Προετοιμασία των δοκιμίων

Για καθένα από τα 12 μίγματα (SCC – 01-SCC – 09 και NVC – 01-NVC – 02, βλ. **Πίνακας 3**)⁷ πραγματοποιήθηκε πλήρωση, μεταξύ των άλλων, μιας κυβικής μήτρας (10^3 cm^3) για έλεγχο τριχοειδούς απορρόφησης νερού. Μετά την αφαίρεση της μήτρας τους (ξεκαλούπωμα) σε ηλικία μιας ημέρας, τα δοκίμια συντηρούνται μέσα σε δεξαμενή νερού (ΔΝ) για 28 μέρες. Στην συνέχεια, μετά την ξήρανσή τους μέχρι σταθερού βάρους (μεταβολή βάρους σε σχέση με την προηγούμενη μέρα <0,1%) μια διαδικασία που διαρκούσε από 7 έως 10 μέρες πραγματοποιούνταν η δοκιμή.

8.4 Περιγραφή πειράματος τριχοειδούς απορρόφησης νερού & υπολογισμός πορώδους

8.4.1 Περιγραφή διάταξης πειράματος

Η διεξαγωγή του πειράματος βασίζεται σε οδηγία της RILEM που αναφέρεται στην προσρόφηση νερού μέσω τριχοειδούς απορρόφησης. Ο τρόπος με τον οποίο έγινε η δοκιμή περιγράφεται παρακάτω (βλ. παράγραφο 8.4.2).

⁷ Επισημαίνουμε ξανά ότι είχε γίνει λάθος στην ονομασία των δοκιμίων κατά την αφαίρεση των μητρών. Έτσι όπου Σ163 αναφερόμαστε σε δοκίμια που γράφουν πάνω τους Σ161 και αντίστροφα. Αυτή η παρατήρηση γίνεται με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν αναντιστοιχίες σε ενδεχόμενη περαιτέρω έρευνα στα δοκίμια που έχουν διατηρηθεί για τη διεξαγωγή δοκιμών σε μεταγενέστερη φάση.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν απλός και αποτελούνταν από:

- Πλαστική δεξαμενή νερού μέσα στην οποία πραγματοποιούνταν η δοκιμή (βλ. **Εικόνα 32**)
- Ειδικά διαμορφωμένη ανοξείδωτη μεταλλική βάση η οποία τοποθετούνταν μέσα στην δεξαμενή και πάνω της εδράζονταν τα δοκίμια (βλ. **Εικόνα 31**)

Επίσης για τις ανάγκες του πειράματος έγινε χρήση ζυγαριάς με ακρίβεια 0.1gr και χρονομέτρου.



Εικόνα 31: Ανοξείδωτη μεταλλική βάση



Εικόνα 32: Πλαστική Δεξαμενή νερού

8.4.2 Περιγραφή δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης νερού

Η δοκιμή της τριχοειδούς απορρόφησης πραγματοποιήθηκε με την καταγραφή της αύξησης του βάρους του δοκιμίου, σε συνάρτηση με το χρόνο από την αρχική επαφή του δοκιμίου με το νερό.

Πριν την έναρξη της δοκιμής πραγματοποιείται καταγραφή του βάρους του δοκιμίου με ακρίβεια 0.1gr. Στην συνέχεια τοποθετείται η ειδικά διαμορφωμένη βάση μέσα στη δεξαμενή και γίνεται συμπλήρωση της δεξαμενής με νερό (δικτύου) σε στάθμη τέτοια, ώστε η μέγιστη βύθιση του δοκιμίου να είναι 3mm μετά την τοποθέτηση του πάνω στη βάση.

Ακολουθεί η τοποθέτηση του δοκιμίου μέσα στην δεξαμενή με την ταυτόχρονη έναρξη της μέτρησης του χρόνου (βλ. **Εικόνα 33**). Η καταγραφή του βάρους του δοκιμίου πραγματοποιείται σε χρόνους τέτοιους, ώστε η τετραγωνική ρίζα του χρόνου (σε min) να είναι φυσικός αριθμός. Δηλαδή έγινε καταγραφή του βάρους στο 1 min, στα 4 min, στα 9 min κ.ο.κ. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 16 καταγραφές με την τελευταία να γίνεται σε χρόνο 4:16 h μετά την έναρξη της δοκιμής.

Πριν τη ζύγιση, η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το νερό, σκουπίζεται ελαφρά με ένα σφουγγάρι ή ένα μη απορροφητικό πανί ώστε να αφαιρεθούν τυχόν συγκεντρώσεις νερού στην επιφάνεια, αλλά η επιφάνεια πρέπει να παραμείνει υγρή.



Εικόνα 33: Διεξαγωγή πειράματος Τριχοειδούς Απορρόφησης

8.4.3 Υπολογισμός Πορώδους

Παράλληλα με την δοκιμή της τριχοειδούς απορρόφησης νερού, στα ίδια δοκίμια πραγματοποιήθηκε και υπολογισμός του ανοικτού πορώδους. Για τον υπολογισμό αυτό καταγράφηκε το βάρος κάθε δοκιμίου, με ακρίβεια $0.1gr$, σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Αρχικά πραγματοποιήθηκε ζύγιση του δοκιμίου στην κορεσμένη του κατάσταση, αμέσως μετά την έξοδο του από την δεξαμενή συντήρησης, (α) σε περιβάλλον αέρα και (β) σε περιβάλλον νερού. Η τελευταία καταγραφή βάρους του δοκιμίου (γ) πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την ξήρανσή τους, μέχρι την σταθεροποίηση του βάρους τους, σε περιβάλλον αέρα.

Το ανοικτό πορώδες (p) προκύπτει από τον λόγο της διαφοράς του βάρους του κορεσμένου δοκιμίου από το βάρος του δοκιμίου μετά την ξήρανση του, προς την διαφορά του βάρους του κορεσμένου δοκιμίου από το βάρος του κορεσμένου δοκιμίου υπό άνωση.

Δηλαδή
$$p = \frac{\alpha - \gamma}{\alpha - \beta}$$
, όπου α, β, γ οι καταγραφές του βάρους στις τρεις διαφορετικές καταστάσεις όπως αυτές αναφέρεται παραπάνω.

8.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων τριχοειδούς απορρόφησης νερού & πορώδους

8.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μετρήσεων δοκιμίου SSC – 01(Σ170)

Ο Πίνακας 16 αποτελεί τεχνική αναφορά – παράδειγμα, που αφορά τη μέτρηση τριχοειδούς απορρόφησης ενός δοκιμίου της σύνθεσης Σ170 (SCC – 01). Η στήλη $\Sigma(\Delta W / A) / \rho_w$ αποτελεί την αθροιστική διαφορά δύο διαδοχικών καταγραφών $\Delta W = (W_i - W_{i-1})$ προς την επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το νερό (A), διαιρεμένη με το ειδικό βάρος του νερού ($\rho_w = 0,998gr / mm^3$). Σε κάθε νέα γραμμή της στήλης προστίθεται και η προηγούμενη τιμή. Ουσιαστικά με αυτό τον τρόπο προκύπτει η

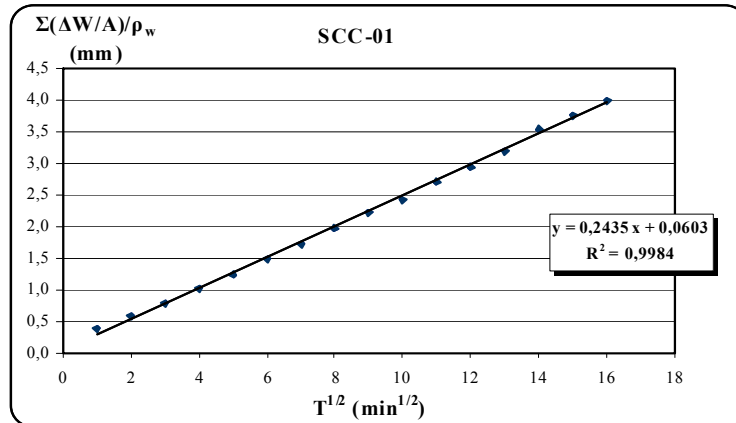
συνολική απορρόφηση του νερού από το δοκίμιο στον αντίστοιχο χρόνο, εκφρασμένη σε μονάδες μήκους.

Πίνακας 16: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 01

ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-01				
	ΑΤΗ				
	Σ170				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2145,3	
1	0:01	1	1	2149,2	0,39
2	0:04	4	2	2151,2	0,59
3	0:09	9	3	2153,3	0,80
4	0:16	16	4	2155,6	1,03
5	0:25	25	5	2157,7	1,24
6	0:36	36	6	2160,2	1,49
7	0:49	49	7	2162,5	1,72
8	1:04	64	8	2165,1	1,98
9	1:21	81	9	2167,5	2,22
10	1:40	100	10	2169,6	2,43
11	2:01	121	11	2172,4	2,71
12	2:24	144	12	2174,8	2,95
13	2:49	169	13	2177,2	3,19
14	3:16	196	14	2180,7	3,54
15	3:45	225	15	2182,9	3,77
16	4:16	256	16	2185,3	4,01

Ο Πίνακας 16 περιλαμβάνει τα πρωτογενή δεδομένα, αλλά και την υπολογισθείσα απορρόφηση νερού, ενδεικτικά για μια σύνθεση. Οι αντίστοιχοι πίνακες για τις υπόλοιπες συνθέσεις βρίσκονται στο παράρτημα και παρακάτω (βλ. παράγραφο 8.5.2.1, 8.5.2.2, 8.5.2.3) θα παρουσιαστούν αναλυτικά αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις.

Όπως αναφέρθηκε σκοπός είναι ο προσδιορισμός της απορροφητικότητας του σκυροδέματος. Έτσι έγινε μια προσπάθεια συσχέτισης της απορρόφησης νερού με το χρόνο στον οποίο αυτή πραγματοποιείται. Προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 25: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκίμιου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 01

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 25**, τα δεδομένα μας μπορούν να θεωρηθούν με πολύ καλή ακρίβεια ως τμήμα γραμμικής καμπύλης της μορφής $y = a \cdot x + b$, όπου $y = \Sigma(\Delta W / A) / \rho_w$ και $x = T^{1/2}$. Η απορροφητικότητα i (mm/min^{1/2}) προκύπτει από την κλίση, a , αυτής της καμπύλης. Έτσι έχουμε: $i = 0,2435 \text{ mm} / \text{min}^{1/2}$

Επίσης για αυτό το δοκίμιο έγινε υπολογισμός του πορώδους. Μετρήθηκαν τα βάρη στις 3 καταστάσεις (α, β, γ – βλ. και κεφάλαιο 8.4.3) και βρέθηκαν:

$$\alpha = 2337,4 \text{ gr}, \beta = 1358,4 \text{ gr}, \gamma = 2145,3 \text{ gr}$$

Οπότε: $p = 14,81\%$

8.5.2 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων

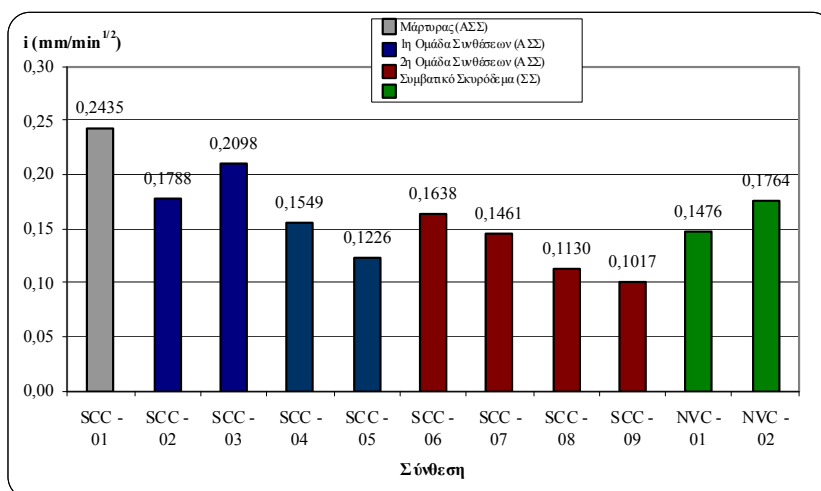
Με τον ίδιο τρόπο προσδιορίστηκε η απορροφητικότητα i για όλες τις συνθέσεις. Τα διαγράμματα για κάθε σύνθεση που εξετάστηκε παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

Ο σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της επίδρασης της προσθήκης μετακαολίνη προς αντικατάσταση του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) στην τριχοειδή απορρόφηση του νερού από το σκυρόδεμα. Στον **Πίνακας 17** δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης

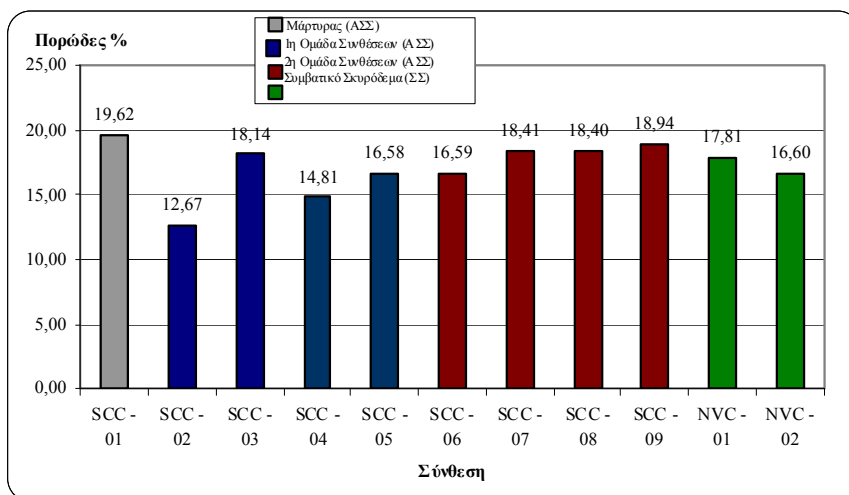
Χαρακτηριστικά Σύνθεσης				Τριχοειδής απορρόφηση		Πορώδες
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		Απορροφητικότητα i (mm/min ^{1/2})	Ποσοστό μεταβολής i προς SCC -01 %	Ανοικτό πορώδες (%)	
	% mk/cem (κ.β.)	% mk/lp20 (κ.β.)				
SCC - 01	0,00	0,00	0,2435	0,00	19,62	
1η Ομάδα	SCC - 02	6,86	-	0,1788	-26,58	12,67
	SCC - 03	10,57	-	0,2098	-13,87	18,14
	SCC - 04	14,00	-	0,1549	-36,39	14,81
	SCC - 05	20,00	-	0,1226	-49,64	16,58
	SCC - 06	-	13,71	0,1638	-32,74	16,59
2η Ομάδα	SCC - 07	-	21,10	0,1461	-40,02	18,41
	SCC - 08	-	28,00	0,1130	-53,60	18,40
	SCC - 09	-	40,00	0,1017	-58,23	18,94
NVC - 01	0,00	0,00	0,1476	-	17,81	
NVC - 02	0,00	0,00	0,1764	-	16,60	

8.5.2.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση ΑΣΣ-ΣΣ



Διάγραμμα 26: Απορροφητικότητα, i, ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 26** η προσθήκη μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ βελτιώνει αισθητά την απορροφητικότητα τους. Παρατηρείται ελάχιστη τιμή απορροφητικότητας ίση με 0,1017 mm/min^{1/2} για το μίγμα SCC – 09 (βελτίωση κατά 58,23% σε σχέση με το μάρτυρα) ενώ την μέγιστη τιμή κατέχει το μίγμα ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) και είναι ίση με 0,2435 mm/min^{1/2}. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ (NVC – 01 και NVC – 02) παρατηρείται μικρότερη απορροφητικότητα απ’ ότι στο μίγμα ΑΣΣ που δεν περιέχει μετακαολίνη (SCC – 01) και μεγαλύτερη ή περίπου στα ίδια επίπεδα με τα μίγματα ΑΣΣ που περιέχουν μετακαολίνη.

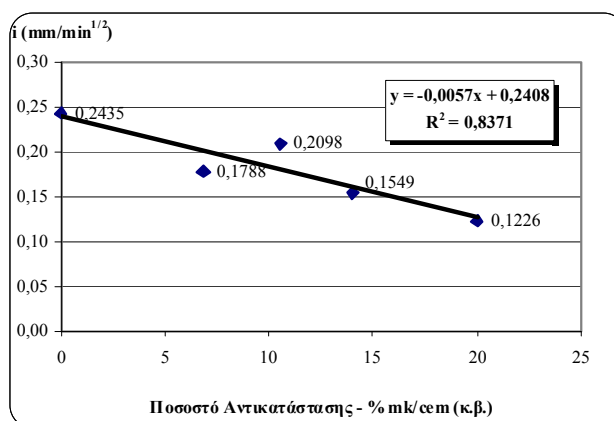


Διάγραμμα 27: Πορώδες, %, ανά σύνθεση

Στο **Διάγραμμα 27** παρουσιάζεται το πορώδες κάθε μίγματος. Είναι φανερό πως η προσθήκη μετακαολίνη στα μίγματα ΑΣΣ μειώνει το πορώδες. Μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζουν τα μίγματα στα οποία έγινε αντικατάσταση του τσιμέντου με μετακαολίνη με χαρακτηριστικό παράδειγμα το πορώδες του μίγματος SCC – 02 του οποίου η τιμή είναι 12,67% έναντι 19,62% που αντιστοιχεί στο μίγμα ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01). Τα μίγματα του ΣΣ παρουσιάζουν χαμηλότερο πορώδες από το μίγμα ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη

8.5.2.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης – % mk/cem – στην απορροφητικότητα

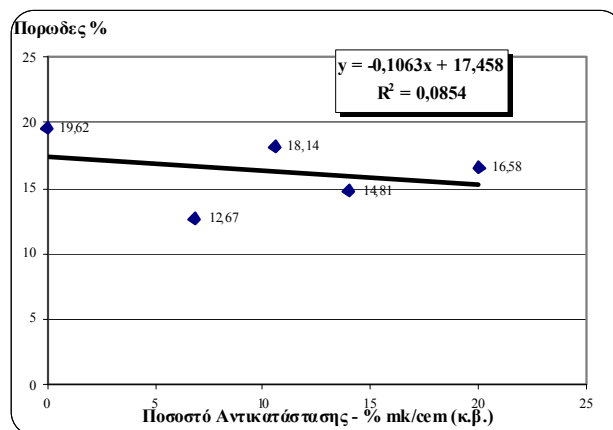
Στο **Διάγραμμα 28** παρουσιάζεται η σχέση της απορροφητικότητας με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem και γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης των μεγεθών μεταξύ τους.



Διάγραμμα 28: Απορροφητικότητα, i, ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 28** διακρίνουμε μια πτωτική τάση της απορροφητικότητας με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem, σχεδόν γραμμική ($R^2=0.8371$).

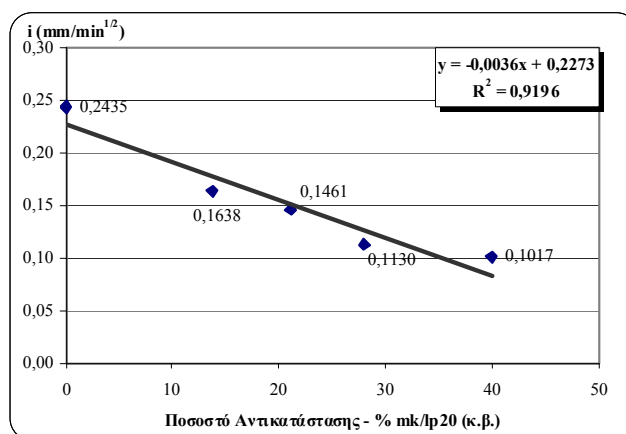
Έγινε προσπάθεια συσχετισμού του πορώδους με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem, όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 29**. Τα αποτελέσματα δεν συσχετίζονται ικανοποιητικά, ωστόσο όπως αναφέρθηκε καταγράφεται μείωση περίπου 10% κατά μέσο όρο του πορώδους των συνθέσεων που περιέχουν μετακαολίνη σε σχέση με το μάρτυρα.



Διάγραμμα 29: Πορώδες, %, ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

8.5.2.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης – % mk/lp20 – στην απορροφητικότητα

Ακολουθεί μια προσπάθεια συσχέτισης της απορροφητικότητας, i , με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20.

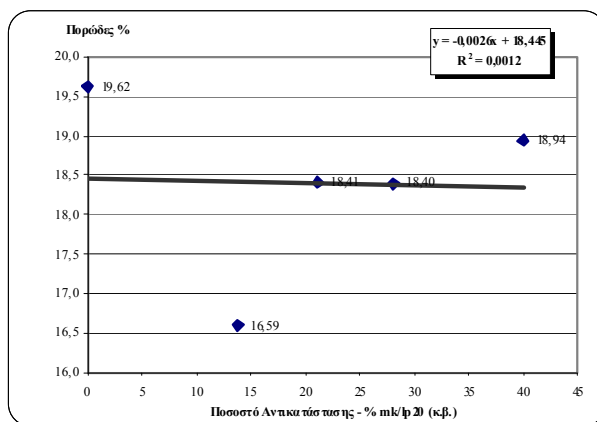


Διάγραμμα 30: Απορροφητικότητα, i , ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20

Σύμφωνα με το **Διάγραμμα 30**, η αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 συνεπάγεται σχεδόν γραμμική ($R^2=0.9196$) μείωση της απορροφητικότητας.

Έγινε μια προσπάθεια συσχετισμού του πορώδους με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem, όπως φαίνεται και στο **Διάγραμμα 31**. Τα αποτελέσματα δεν συσχετίζονται ικανοποιητικά,

ωστόσο όπως αναφέρθηκε καταγράφεται μείωση περίπου 10% κατά μέσο όρο του πορώδους των συνθέσεων που περιέχουν μετακαολίνη σε σχέση με το μάρτυρα



Διάγραμμα 31: Πορώδες, %, ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης ml/h₂O

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

9.1 Εισαγωγή

Η υδατοπερατότητα του σκυροδέματος χρησιμοποιείται ως ένδειξη της διαπερατότητας του, έννοια άμεσα συνδεδεμένη με την ανθεκτικότητα. Η μέτρηση της υδατοπερατότητας ενέχει αρκετές αβεβαιότητες καθώς υπάρχουν παράγοντες όπως η δομή της εξωτερικής στοιβάδας του σκυροδέματος (επιφανειακό πορώδες, ανωμαλίες στην επιφάνεια κ.ο.κ) ή η πιθανή φθορά λόγω χρήσης των στεγανών δακτυλίων της συσκευής (βλ. παράγραφο 9.4.1) που επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της δοκιμής και αυξάνουν την αβεβαιότητα ως προς την ακρίβεια της μέτρησης και είναι δύσκολο να συνεκτιμηθούν ποσοτικά.

9.2 Σκοπός του πειράματος

Ο στόχος των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν ήταν αρχικά η μελέτη της υδατοπερατότητας του σκυροδέματος. Στην συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης του μετακαολίνης στην υδατοπερατότητα του σκυροδέματος και πιο συγκεκριμένα συσχετίστηκε με το ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) από μετακαολίνη.

9.3 Προετοιμασία των δοκιμίων

Για καθένα από τα 12 μίγματα (SCC – 01-SCC – 09 και NVC – 01-NVC – 02, βλ. και Πίνακας 3)⁸ πραγματοποιήθηκε πλήρωση, μεταξύ των άλλων, μιας κυβικής μήτρας (15^3 cm^3) για τον έλεγχο της υδατοπερατότητας. Μετά την αφαίρεση της μήτρας τους (ξεκαλούπωμα) σε ηλικία μιας ημέρας, τα δοκίμια συντηρούνταν μέσα σε δεξαμενή νερού (ΔΝ) για 28 μέρες. Στην συνέχεια, μετά την ξήρανσή τους μέχρι σταθερού βάρους, πραγματοποιούνταν η δοκιμή υδατοπερατότητας.

9.4 Περιγραφή πειράματος υδατοπερατότητας

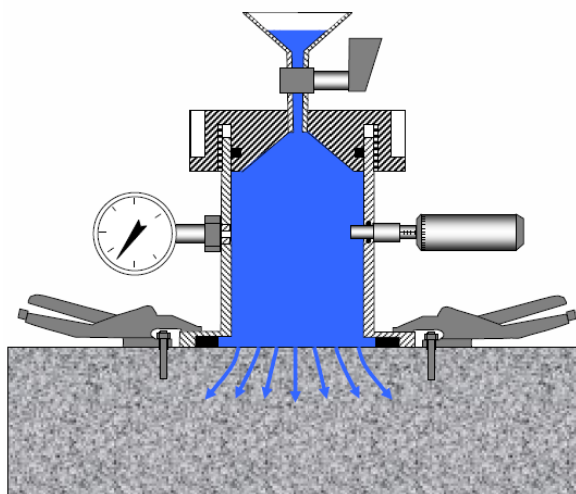
9.4.1 Περιγραφή συσκευής υδατοπερατότητας GWT - 4000

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Germann Water-permeation Test (GWT-4000) της Germann Instruments, η οποία εφαρμόζεται επιτόπου σε επιφάνειες σκυροδέματος. Η συσκευή ασκεί υδατική πίεση στην επιφάνεια και καταγράφεται είτε (α) η πτώση πίεσης συναρτήσει του χρόνου ή (β) η επιπρόσθετη πίεση, μεταφρασμένη σε mm, που

⁸ Επισημαίνουμε ξανά ότι είχε γίνει λάθος στην ονομασία των δοκιμίων κατά την αφαίρεση των μητρών. Έτσι όπου Σ163 αναφερόμαστε σε δοκίμια που γράφουν πάνω τους Σ161 και αντίστροφα. Αυτή η παρατήρηση γίνεται με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν αναντιστοιχίες σε ενδεχόμενη περαιτέρω έρευνα στα δοκίμια που έχουν διατηρηθεί για τη διεξαγωγή δοκιμών σε μεταγενέστερη φάση.

ασκούμε μέσω του μικρομέτρητη, προκειμένου η πίεση στην επιφάνεια του σκυροδέματος να είναι σταθερή συναρτήσει του χρόνου. Με βάση τα αποτελέσματα μπορεί να εκτιμηθεί ποιοτικά η διαπερατότητα του σκυροδέματος.

Η συσκευή, όπως φαίνεται και **Εικόνα 34**, αποτελείται από:



Εικόνα 34: Συσκευή GWT-4000 (πηγή:[19])

- Ένα σφραγισμένο θάλαμο πίεσης που γεμίζει με απιονισμένο νερό και είναι το κεντρικό της στοιχείο.
- Ο σφραγισμένος θάλαμος συνδέεται με ένα κατακόρυφο αγωγό ο οποίος καταλήγει σε ένα χωνί για την διευκόλυνση του γεμίσματος.
- Στο άνω μέρος του σφραγισμένου θαλάμου υπάρχει αλουμινένιο καπάκι το οποίο στρεφόμενο

ωρολογιακά προσδίδει πίεση. Για μικρές πιέσεις της τάξης του 1.5 bar (150 kPa) η στροφή επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα με το χέρι. Για μεγαλύτερες πιέσεις της τάξεως των 6 bar (600 kPa) ενδείκνυται η στροφή του να γίνεται με την χρήση ειδικού κλειδιού. Το βοηθητικό κλειδί ανήκει στα παρελκόμενα της συσκευής.

- Στη μία πλευρά του σφραγισμένου θαλάμου είναι ενσωματωμένος ο Βερνιέρος-μικρομετρητής ο οποίος επιτρέπει την μέτρηση μηκών (ευθύγραμμος βερνιέρος) με μεγάλη ακρίβεια και συγκεκριμένα με ακρίβεια κλάσματος υποδιαίρεσης της κύριας κλίμακας. Η μεταβολή ένδειξης του βερνιέρου σε χιλιοστόμετρα μας δίνει την απορρόφηση νερού μέσα στην υπό μελέτη επιφάνεια που είναι και η βασική παράμετρος υπολογισμού της ταχύτητας ροής, το οποίο βέβαια στα δικά μας πειράματα δεν χρησιμοποιήθηκε.
- Η πίεση καταγράφεται από πιεσόμετρο που και αυτό είναι ενσωματωμένο με το θάλαμο. Υπάρχουν δύο πιεσόμετρα. Το ένα έχει ενδείξεις πίεσης 0-1.6 bar με υποδιαίρεση το 0.1 bar και χρησιμεύει για ακριβέστερες μετρήσεις και το άλλο έχει ενδείξεις πίεσης 0-6 bar και χρησιμεύει όταν η επιθυμητή πίεση είναι μεγαλύτερη από 1.5 bar.
- Δύο βαλβίδες που ανοίγουν και κλείνουν. Όταν τροφοδοτούμε την συσκευή με νερό, οι δύο βαλβίδες (μία στον αγωγό και μία στο πιεσόμετρο) μένουν ανοικτές. Ακολούθως κλείνουν για να ξεκινήσει η διαδικασία της δοκιμής.

- Στεγανοί δακτύλιοι από μαλακό συμπιεστό υλικό, που τοποθετούνται σε δακτυλιοειδή εσοχή στο κάτω μέρος του σφραγισμένου θαλάμου. Εμποδίζουν τις διαφυγές νερού στην επιφάνεια επαφής σκυροδέματος-συσκευής. Οι δακτύλιοι έχουν δύο διαφορετικά πάχη, 10 mm και 15 mm. Για μεγάλες πιέσεις της τάξης των 5 bar ενδείκνυται η χρήση δακτυλίου πάχους 15 mm. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που η υπό μελέτη επιφάνεια είναι έντονα ρηγματωμένη, δηλαδή κακής ποιότητας σκυρόδεμα. Σημειώνεται ότι η συνεχής χρήση των στεγανών δακτυλίων προκαλεί φθορά και παραμορφώσεις γεγονός που επιβάλλει την αντικατάστασή τους. Όταν η υπό μελέτη επιφάνεια είναι αρκετά τραχεία συνιστάται η κόλληση του δακτυλίου πάνω στην επιφάνεια με σιλικόνη ή με ειδική κόλλα.
- Τέσσερις πλαστικές φιάλες που χρησιμεύουν για την τροφοδοσία της συσκευής με νερό.
- Χρήσιμα εργαλεία όπως τρυπάνι, σφυρί, κλειδιά (10mm, 14mm, 17mm), χαλύβδινες άγκυρες, παξιμάδια και ροδέλες.
- Αδιάβροχη κολλητική ταινία για την επικάλυψη όλων των προσαρμογών της συσκευής.

9.4.2 Περιγραφή δοκιμής υδατοπερατότητας

Η δοκιμή υδατοπερατότητας πραγματοποιήθηκε με την καταγραφή της πτώσης της πίεσης που ασκεί το νερό στο σκυρόδεμα, σε συνάρτηση με το χρόνο από την εφαρμογή της αρχικής πίεσης. Το δοκίμιο τοποθετείται πάνω στην ξύλινη βάση με τους σφιγκτήρες (είχε κατασκευαστεί παλιότερα στο εργαστήριο για τις ανάγκες αυτού του πειράματος – βλ. **Εικόνα 35**). Επάνω στην συσκευή τοποθετείται το ένα από τα δυο πιεσόμετρα, ανάλογα με την επιθυμητή πίεση που θα εξασκηθεί.



Εικόνα 35: Ξύλινη βάση με σφιγκτήρες



Εικόνα 36: Διεξαγωγή πειράματος Υδατοπερατότητας

Στην συνέχεια ακολουθούν τα απαιτούμενα βήματα για την διεξαγωγή των δοκιμών:

Αρχικά, τοποθετείται στη βαλβίδα που βρίσκεται πάνω στη συσκευή η κούπα μέσα από την οποία θα διοχετευτεί το νερό στο θάλαμο της συσκευής. Στην βάση της συσκευής τοποθετείται ο δακτύλιος που προσφέρει υδατοστεγανότητα (για την αποφυγή πλευρικών διαρροών).

Η συσκευή τοποθετείται πάνω στο δοκίμιο στην θέση που θα γίνει η δοκιμή (προσπαθούμε να είναι όσο πιο κεντρικά γίνεται). Στη συνέχεια με τους σφιγκτήρες πιέζεται η συσκευή πάνω στο δοκίμιο ώστε να υπάρξει πλήρης επαφή της συσκευής με την επιφάνεια του δοκιμίου (αυτό είναι απαραίτητη προϋπόθεση όταν χρησιμοποιούνται δακτύλιοι από αφρώδες υλικό – όπως στην περίπτωση μας – ενώ αν ο δακτύλιος είναι από σκληρό υλικό επιδιώκεται η πλήρης επαφή του δακτυλίου με το δοκίμιο).

Στη συνέχεια ανοίγουν οι δύο βαλβίδες της συσκευής και γεμίζει με νερό ο θάλαμός της με νερό που πέφτει από την κούπα. Η πλήρωση του θαλάμου με νερό δεν γίνεται απότομα, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο εγκλωβισμός αέρα μέσα στον θάλαμο. Το νερό αναδύεται από την άλλη βαλβίδα. Ύστερα, οι δυο βαλβίδες κλείνουν και δίνεται η επιθυμητή αρχική πίεση $P_0 = 1.2 \text{ bar}$ στην περίπτωση μας – γυρίζοντας το αλουμινένιο καπάκι δεξιόστροφα.

Για τα πρώτα 2.5 min γίνεται καταγραφή της πίεσης ανά 15s ενώ για το υπόλοιπο του πειράματος η καταγραφή πραγματοποιείται σε αραιότερα διαστήματα (ανά 30s, 60s, 120s, 180s) με την τελευταία μέτρηση να είναι στα 15 min. Τέλος, αφαιρείται η συσκευή από το δοκίμιο αφού πρώτα έχουν ανοιχθεί οι βαλβίδες για να αφαιρεθεί το νερό.

9.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής υδατοπερατότητας

9.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων δοκιμίου SSC – 01(Σ170)

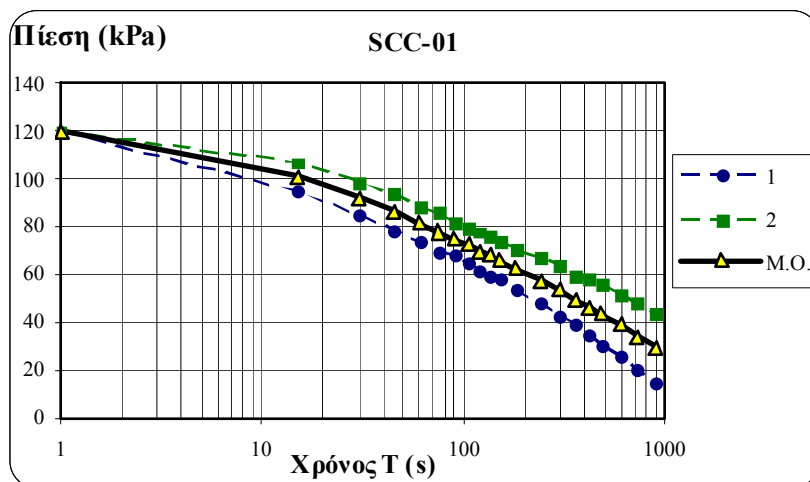
Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε σε δύο τουλάχιστον πλευρές κάθε δοκιμίου και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των καταγραφών της πίεσης.

Ο Πίνακας 18 αποτελεί τεχνική αναφορά – παράδειγμα, που αφορά τη μέτρηση υδατοπερατότητας ενός δοκιμίου της σύνθεσης Σ170 (SCC – 01). Προστέθηκαν οι στήλες $\ln T$, $T^{2/3}$ και P/P_0 ως παράμετροι υπολογισμού και αναλύσεως.

Πίνακας 18: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 01

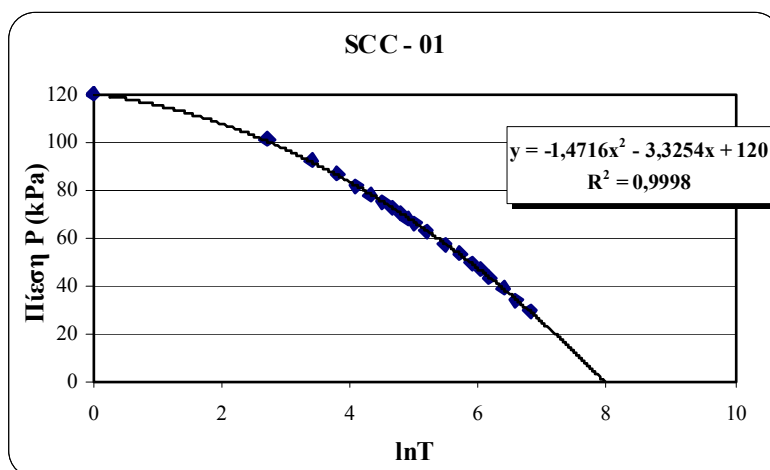
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-01 (Σ170)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	4/7/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
A/A ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			$\ln T$	$T^{2/3}$	P/P_0
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	95	107	101,0	2,71	6,08	0,84
3	30	85	99	92,0	3,40	9,65	0,77
4	45	79	94	86,5	3,81	12,65	0,72
5	60	74	89	81,5	4,09	15,33	0,68
6	75	70	86	78,0	4,32	17,78	0,65
7	90	68	82	75,0	4,50	20,08	0,63
8	105	65	80	72,5	4,65	22,26	0,60
9	120	62	78	70,0	4,79	24,33	0,58
10	135	60	76	68,0	4,91	26,32	0,57
11	150	58	74	66,0	5,01	28,23	0,55
12	180	54	71	62,5	5,19	31,88	0,52
13	240	48	67	57,5	5,48	38,62	0,48
14	300	43	64	53,5	5,70	44,81	0,45
15	360	39	60	49,5	5,89	50,61	0,41
16	420	35	58	46,5	6,04	56,08	0,39
17	480	31	56	43,5	6,17	61,30	0,36
18	600	26	52	39,0	6,40	71,14	0,33
19	720	20	48	34,0	6,58	80,33	0,28
20	900	15	44	29,5	6,80	93,22	0,25

Ο Πίνακας 18 περιλαμβάνει πρωτογενή δεδομένα (χρόνος, πίεση $1^{η}$ και $2^{η}$ δοκιμής) καθώς και επεξεργασμένες τιμές (M.O. Πιέσεων, $\ln T$, $T^{2/3}$, P/P_0) ενδεικτικά για μία σύνθεση. Οι αντίστοιχοι πίνακες για τις υπόλοιπες συνθέσεις βρίσκονται στο παράρτημα και παρακάτω (βλ. παράγραφο 9.5.2.1, 9.5.2.2, 9.5.2.3) θα παρουσιαστούν αναλυτικά αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις. Διαγραμματικά ο Πίνακας 18 έχει ως εξής:



Διάγραμμα 32: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης $P_0=120\text{kPa}$, για την σύνθεση SCC - 01

Στην συνέχεια επιδιώκεται μία συσχέτιση της πίεσης με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου. Διαγραμματικά προκύπτει:



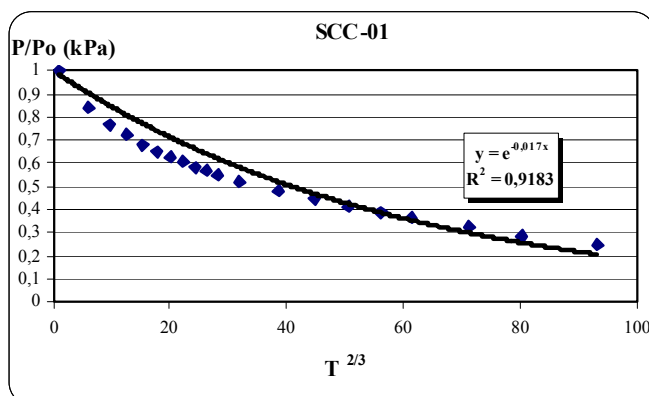
Διάγραμμα 33: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC - 01

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 33**, τα δεδομένα μας μπορούν να θεωρηθούν με πολύ καλή προσέγγιση ως τμήμα δευτεροβάθμιας πολυωνμικής καμπύλης της μορφής $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + 120$ με $x = \ln T$ και $y = P$. Αυτή η καμπύλη τέμνει τον οριζόντιο άξονα σε κάποιο σημείο το οποίο ονομάζουμε “Χρόνο εξομοίωσης ή εξίσωσης πίεσης” που ουσιαστικά είναι ο νεπέριος λογάριθμος του χρόνου που θα απαιτούνταν ώστε η πίεση να γίνει ίση με την ατμοσφαιρική.

Ποσοτικά είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί εφόσον η εξίσωση της καμπύλης είναι γνωστή. Έτσι σε αυτό το παράδειγμα έχουμε:

Χρόνος Εξίσωσης Πίεσης: $\ln T = 7,97$

Επιπλέον πραγματοποιήθηκε συσχέτιση του μεγέθους P/P_0 (πίεση ανηγμένη ως προς την αρχική τιμή της, η οποία στην περίπτωση της παρούσης εργασίας ήταν ίση με $P_0=120\text{kPa}$) με το $T^{2/3}$ (χρόνος υψωμένος στα δυο τρίτα). Διαγραμματικά προκύπτει:



Διάγραμμα 34: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 01

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 34**, τα δεδομένα μας μπορούν να θεωρηθούν με πολύ καλή ακρίβεια ως τμήμα εκθετικής καμπύλης της μορφής $y = e^{-c \cdot x}$, όπου $x = T^{2/3}$ και $y = P / P_0$. Τον συντελεστή c τον ονομάζουμε “συντελεστή διαπερατότητας” και για το συγκεκριμένο παράδειγμα έχουμε:

Συντελεστής Διαπερατότητας: $c = 0,017$

9.5.2 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων

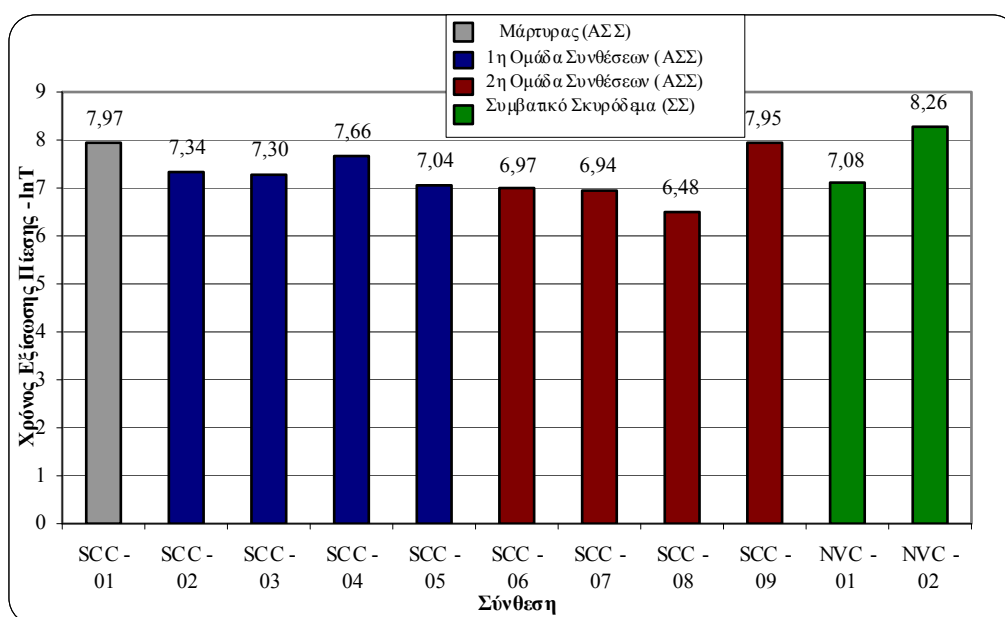
Ομοίως προσδιορίστηκαν: (α) η πτώση πίεσης, (β) ο χρόνος εξίσωσης πίεσης και (γ) ο συντελεστής διαπερατότητας για όλες τις συνθέσεις. Όλοι οι επιμέρους πίνακες και τα διαγράμματα ανά σύνθεση παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα και όχι εδώ λόγω του όγκου τους.

Ο σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της επίδρασης της προσθήκης μετακαολίνη προς αντικατάσταση του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) στην υδατοπερατότητα του σκυροδέματος. Στον **Πίνακας 19** δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα δοκιμής Υδατοπερατότητας

Χαρακτηριστικά Σύνθεσης				Υδατοπερατότητα			
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		Χρόνος Εξίσωσης Πίεσης lnT	Συντ. Διαπερατότητας c x10 ⁻³	ποσοστό μεταβολής lnT προς SCC - 01 %	ποσοστό μεταβολής προς SCC - 01 %	
	%mk/cem (κ.β.)	%mk/lp20 (κ.β.)					
SCC - 01	0,00	0,00	7,97	16,96	0,00	0,00	
1η Ομάδα	SCC - 02	6,86	7,34	21,03	-7,94	23,99	
	SCC - 03	10,57	7,30	22,00	-8,41	29,70	
	SCC - 04	14,00	7,66	18,46	-3,88	8,83	
	SCC - 05	20,00	7,04	27,43	-11,73	61,75	
2η Ομάδα	SCC - 06	-	13,71	6,97	27,74	-12,50	
	SCC - 07	-	21,10	6,94	29,88	-12,89	
	SCC - 08	-	28,00	6,48	47,97	-18,66	
	SCC - 09	-	40,00	7,95	16,51	-0,29	
NVC - 01	0,00	0,00	7,08	26,42	-	-	
NVC - 02	0,00	0,00	8,26	14,77	-	-	

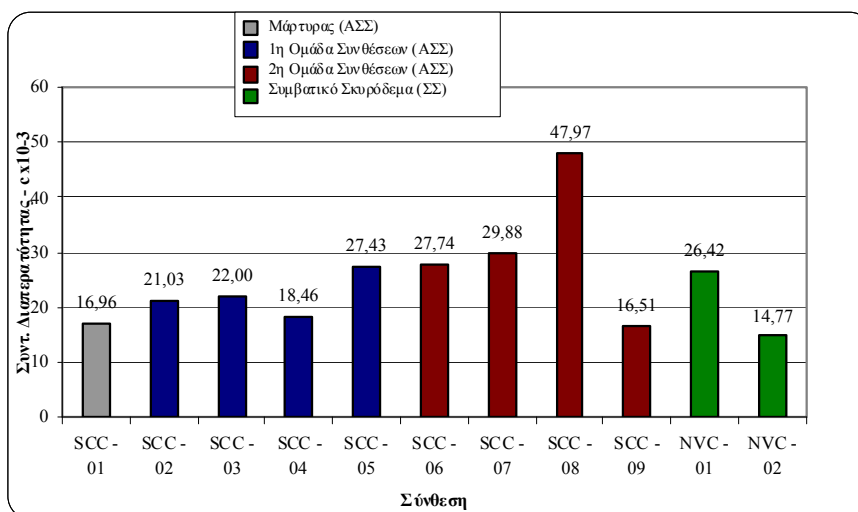
9.5.2.1 Γενικά σχόλια – Σύγκριση υδατοπερατότητας ΑΣΣ-ΣΣ



Διάγραμμα 35: Χρόνος εξίσωσης πίεσης, lnT, ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 35** η προσθήκη μετακολίνη στα μίγματα ΑΣΣ μειώνει τον χρόνο εξίσωσης πίεσης (lnT). Παρατηρείται ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή 6,48 (-18,66% σε σχέση με το μάρτυρα) και 7,95 (-0,29% σε σχέση με το μάρτυρα) στα μίγματα SCC – 08 και SCC – 09 αντίστοιχα ενώ η τιμή του χρόνου εξίσωσης πίεσης για το ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) είναι 7,97. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ παρατηρείται τιμή του

χρόνου εξίσωσης πίεσης ίση με 7,08 για τη σύνθεση NVC – 01, η οποία είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη τιμή του χρόνου εξίσωσης πίεσης των μιγμάτων ΑΣΣ. Επίσης η τιμή του χρόνου εξίσωσης πίεσης για την σύνθεση NVC – 02 είναι 8,26 που και πάλι είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή του χρόνου εξίσωσης πίεσης των μιγμάτων ΑΣΣ.

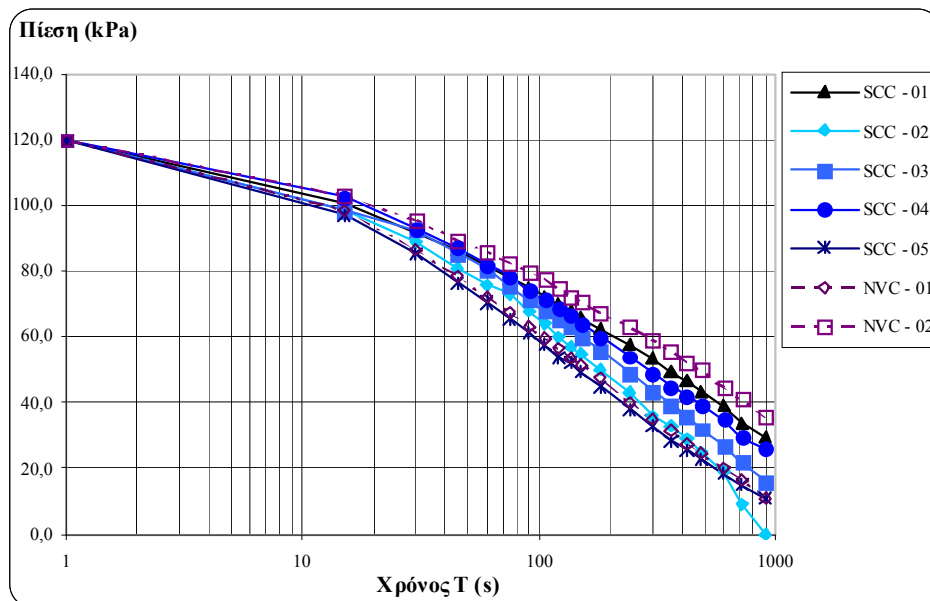


Διάγραμμα 36: Συντελεστής Διαπερατότητας, $c \times 10^{-3}$, ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα 36** η προσθήκη μετακαολίνη στα μίγματα αυξάνει τον συντελεστή διαπερατότητας ($c \times 10^{-3}$). Παρατηρείται ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή 16,51 και 47,97 στα μίγματα SCC – 09 και SCC – 08 αντίστοιχα ενώ η τιμή του συντελεστή διαπερατότητας για το ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) είναι 16,96. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ ο συντελεστή διαπερατότητας είναι 26,42 για τη σύνθεση NVC – 01, τιμή που κυμαίνεται σχεδόν στα ίδια επίπεδα με αρκετά μίγματα ΑΣΣ με μετακαολίνη. Η τιμή του συντελεστή διαπερατότητας για την σύνθεση NVC – 02 είναι 14,77 που είναι μικρότερη από την ελάχιστη τιμή του συντελεστή διαπερατότητας των μιγμάτων ΑΣΣ.

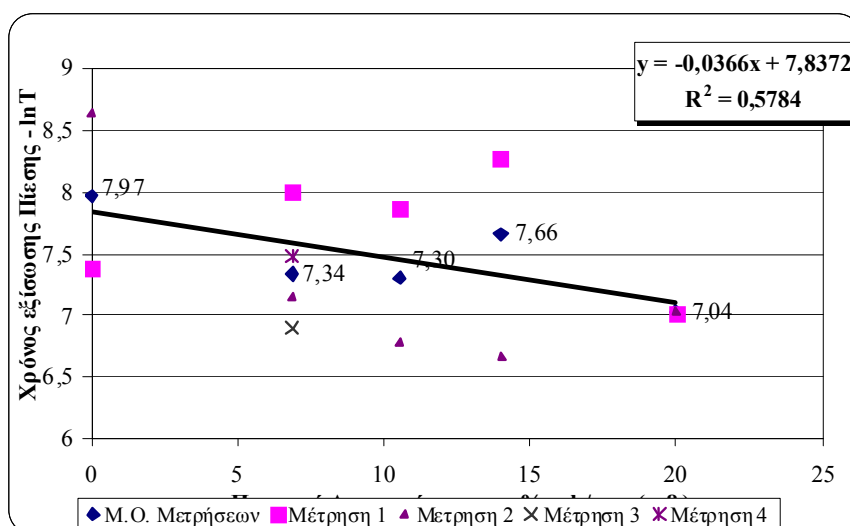
9.5.2.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)

Στο **Διάγραμμα 37** παρουσιάζεται η πτώση πίεσης της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με τις συνθέσεις SCC -01, NVC -01 και NVC - 02



Διάγραμμα 37: Πτώση της πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο - 1η Ομάδα Συνθέσεων

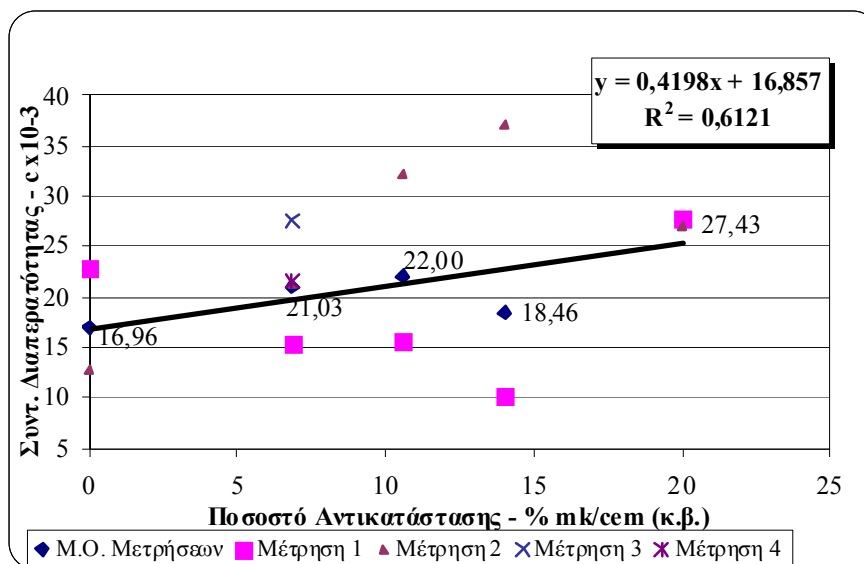
Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης του χρόνου εξίσωσης πίεσης και του συντελεστή διαπερατότητας με το ποσοστό αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β.). Στα διαγράμματα που ακολουθούν εκτός από τις τιμές $\ln T$ και $c \times 10^{-3}$ που προκύπτουν από τον μέσο όρο των καταγραφών της πτώσης πίεσης σημειώνονται και οι τιμές $\ln T_i$ και $c_i \times 10^{-3}$ που προκύπτουν από τις καταγραφές της πτώσης πίεσης σε κάθε πλευρά i στην οποία πραγματοποιήθηκε η δοκιμή.



Διάγραμμα 38: Χρόνος εξίσωσης πίεσης ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 38**, διακρίνεται μια πτωτική τάση του χρόνου εξίσωσης πίεσης με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem, σχεδόν γραμμική

($R^2=0.5784$) Επίσης υπάρχει το ενδεχόμενο η τιμή του χρόνου εξίσωσης πίεσης της σύνθεσης SCC – 03, όπου το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem είναι 14%, να είναι υπερεκτιμημένη, λόγω του μεγάλου εύρους των επιμέρους τιμών του χρόνου εξίσωσης πίεσης που προκύπτουν ανά ελεγχόμενη πλευρά.

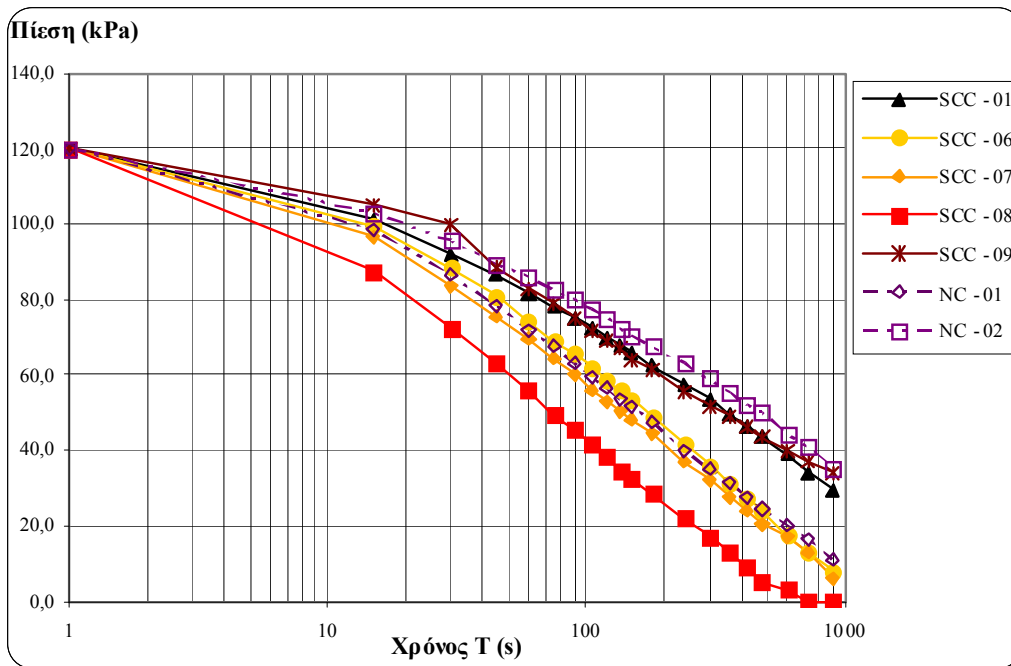


Διάγραμμα 39: Συντελεστής Διαπερατότητας ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

Όμοια συμπεριφορά με τον χρόνο εξίσωσης πίεσης παρατηρείται και στον συντελεστή διαπερατότητας, σύμφωνα με το **Διάγραμμα 39**. Δηλαδή παρατηρείται μια αυξητική τάση του συντελεστή διαπερατότητας με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem, σχεδόν γραμμική ($R^2=0.6121$). Επίσης υπάρχει το ενδεχόμενο η τιμή του συντελεστή διαπερατότητας της σύνθεσης SCC – 03, όπου το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem είναι 14%, να είναι υποεκτιμημένη, λόγω του μεγάλου εύρους των επιμέρους τιμών του συντελεστή διαπερατότητας που προκύπτουν ανά ελεγχόμενη πλευρά.

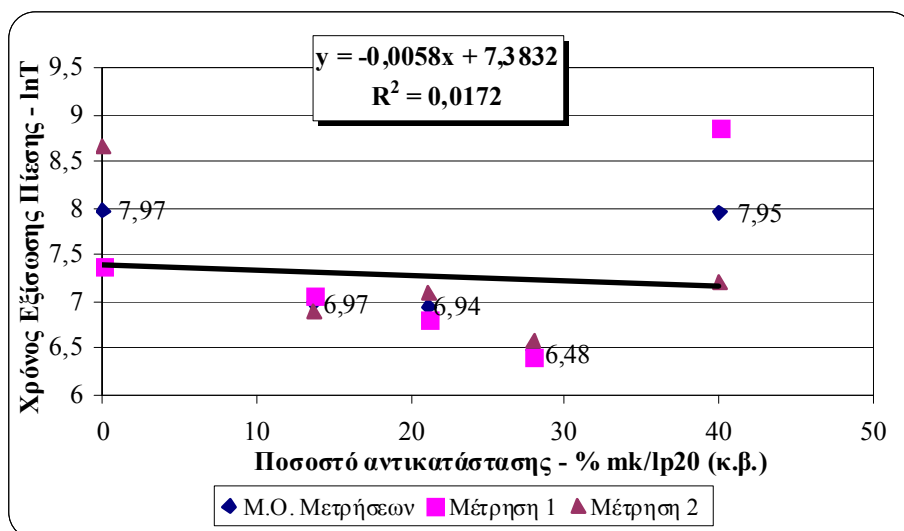
9.5.2.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φύλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, %κ.β.)

Στο **Διάγραμμα 40** παρουσιάζεται η πτώση πίεσης της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με τις συνθέσεις SCC -01, NVC - 01 και NVC - 02



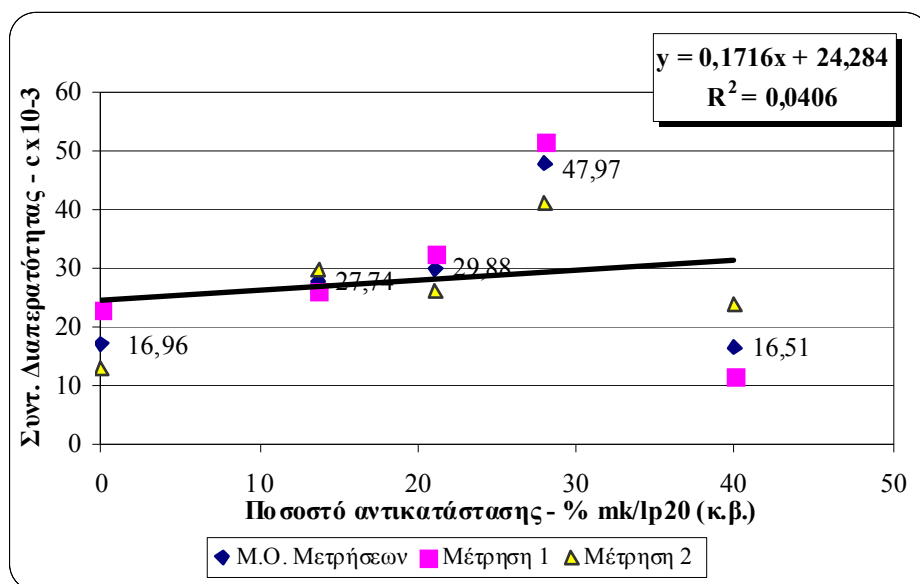
Διάγραμμα 40: Πτώση της πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο – 2^η ομάδα Συνθέσεων

Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης του χρόνου εξίσωσης πίεσης και του συντελεστή διαπερατότητας με το ποσοστό αντικατάστασης φίλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.). Στα διαγράμματα που ακολουθούν εκτός από τις τιμές $\ln T$ και $c \times 10^{-3}$ που προκύπτουν από τον μέσο όρο των καταγραφών της πτώσης πίεσης σημειώνονται και οι τιμές $\ln T_i$ και $c_i \times 10^{-3}$ που προκύπτουν από τις καταγραφές της πτώσης πίεσης σε κάθε πλευρά i στην οποία πραγματοποιήθηκε η δοκιμή.



Διάγραμμα 41: Χρόνος εξίσωσης πίεσης ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20

Όπως φαίνεται και στο **Διάγραμμα 41**, δε υπάρχει κάποια ουσιαστική συσχέτιση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 με τον χρόνο εξίσωσης πίεσης $\ln T$.



Διάγραμμα 42: Συντελεστής Διαπερατότητας ανάλογα με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20

Σύμφωνα με το **Διάγραμμα 42**, δεν υπάρχει κάποια συσχέτιση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 με τον συντελεστή διαπερατότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΔΙΑΧΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ

10.1 Εισαγωγή

Η έννοια της διάχυσης των χλωριόντων στο σκυρόδεμα από άλατα η θαλασσινό νερό είναι αρκετά σημαντική, γιατί είναι ο κύριος παράγοντας φθοράς του σιδηροπλισμού που βρίσκεται μέσα στις κατασκευές, άρα συνεπάγεται τη μείωση της αντοχής του και της διάρκειας ζωής του. Η μέτρηση (ποιοτικά) του βάθους διάχυσης των χλωριόντων είναι μία εύκολη διαδικασία και γίνεται με την χρήση χρωματογραφικής μεθόδου. Η ακρίβεια της μέτρησης, βέβαια, εξαρτάται από τον μελετητή. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε χαρακτηρίζεται ως επιταχυνόμενη, διότι εξαναγκάζεται η κίνηση των ιόντων χλωρίου στο εσωτερικό των δοκιμίων με την εφαρμογή διαφοράς δυναμικού. Η μέθοδος στηρίζεται στο πρότυπο NordTest Build 492. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικασία που ακολουθείται στο εργαστήριο δεν συμμορφώνεται ως προς το πρότυπο στο σημείο της συντήρησης των δοκιμίων μία ημέρα πριν την δοκιμή σε διάλυμα υδροξυλίου του ασβεστίου (Ca(OH)₂) για 18 ώρες, λόγω ελλείψεως κατάλληλων διατάξεων και αντιδραστηρίων.

10.2 Σκοπός του πειράματος

Ο στόχος των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν ήταν αρχικά η μελέτη του φαινομένου της διαόχυσης των χλωριόντων. Στην συνέχεια, μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης μετακαολίνη στην αντίσταση έναντι διάχυσης χλωριόντων στο σκυρόδεμα και πιο συγκεκριμένα συσχετίστηκε με το ποσοστό αντικατάστασης του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) από μετακαολίνη.

10.3 Προετοιμασία των δοκιμίων

Για καθένα από τα 12 μίγματα (SCC – 01-SCC – 09 και NVC – 01-NVC – 02, βλ. κ **Πίνακας 3**)⁹ πραγματοποιήθηκε πλήρωση, μεταξύ άλλων, μιας κυλινδρικής μήτρας (H=200 mm, D=100mm) ανά σύνθεση για έλεγχο διάχυσης χλωριόντων. Μετά την αφαίρεση της μήτρας τους (ξεκαλούπωμα) σε ηλικία μιας ημέρας, τα δοκίμια συντηρούνται μέσα σε δεξαμενή νερού (ΔΝ) για 28 μέρες. Την 28^η ημέρα το δοκίμιο ανασύρονταν από την δεξαμενή του νερού και ακολουθούσε η κοπή του σε τρία ίσα μέρη με (H=50mm, D=100mm) με την βοήθεια μηχανήματος κοπής το οποίο περιέβρεχε το δοκίμιο με νερό. Από τα τρία αυτά κομμάτια το μεσαίο χρησιμοποιούνταν για την δοκιμή προσδιορισμού των χλωριόντων και τα άλλα δύο κομμάτια επανατοποθετούνταν στην δεξαμενή για την χρήση τους σε άλλα πειράματα.

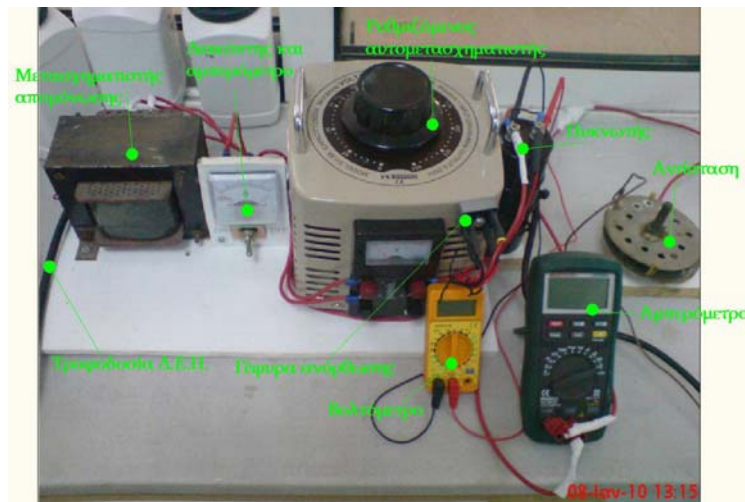
⁹ Επισημαίνουμε ξανά ότι είχε γίνει λάθος στην ονομασία των δοκιμίων κατά την αφαίρεση των μητρών. Έτσι όπου Σ163 αναφερόμαστε σε δοκίμια που γράφουν πάνω τους Σ161 και αντίστροφα. Αυτή η παρατήρηση γίνεται με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν αναντιστοιχίες σε ενδεχόμενη περαιτέρω έρευνα στα δοκίμια που έχουν διατηρηθεί για τη διεξαγωγή δοκιμών σε μεταγενέστερη φάση.

10.4 Περιγραφή πειράματος διάγνωσης γλωριόντων

10.4.1 Περιγραφή συσκευής

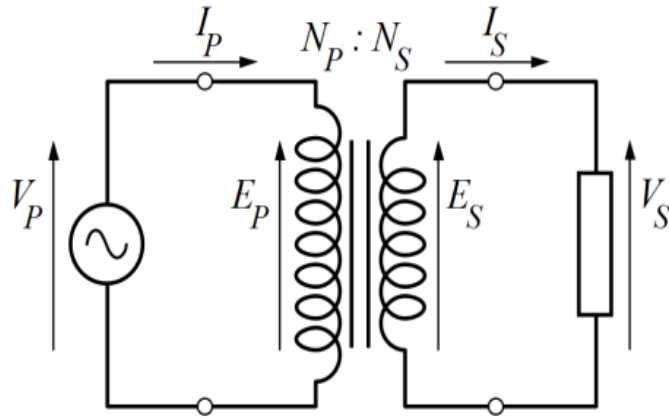
Η περιγραφή της πειραματικής διάταξης που υπάρχει στο εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος θα γίνει με βάση τη μεταπτυχιακή εργασία του Δημοσθένη Παύλου [1]

Η διάταξη μας απαιτεί ένα ηλεκτρικό κύκλωμα-διάταξη το οποίο ξεκινάει από την τροφοδοσία της Δ.Ε.Η. και καταλήγει σε δύο ηλεκτρόδια (άνοδος-κάθοδος), μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται το δοκίμιο του σκυροδέματος. Τα ηλεκτρόδια δημιουργούν μία διαφορά δυναμικού με αποτέλεσμα να εξαναγκάζει τα ιόντα χλωρίου σε κίνηση μέσα στην μάζα του σκυροδέματος. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των διαφόρων συσκευών του κυκλώματος.



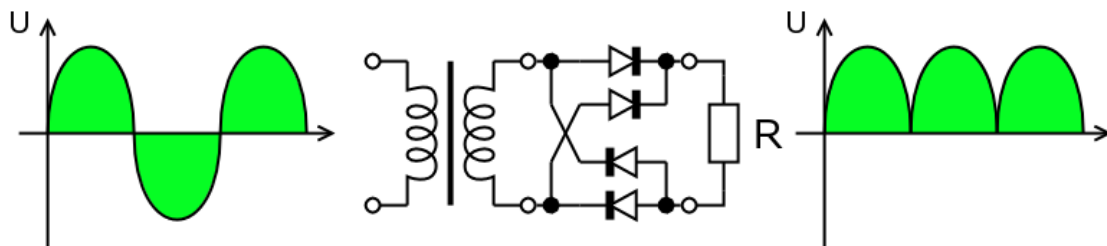
Εικόνα 37: Ηλεκτρική διάταξη

- Τροφοδοσία δικτύου.
- Μετασχηματισμός απομόνωσης: Πρόκειται για ένα μονοφασικό μετασχηματιστή με μοναδιαίο λόγο μετασχηματισμού, ο οποίος χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει γαλβανική απομόνωση του κυκλώματος από το δίκτυο. (Εικόνα 38)



Εικόνα 38: Κύκλωμα μετασχηματιστή απομόνωσης

- Ασφάλεια : Στοιχείο παθητικής προστασίας από υπερρεύμα. Σε περίπτωση διέλευσης ρεύματος μεγαλύτερου από το προδιαγεγραμμένο τήκεται με αποτέλεσμα να διακόπτεται (ανοίγει) το κύκλωμα.
- Αμπερόμετρο : Όργανο μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Διακόπτης : 2 θέσεις (ON/OFF) για ανοιχτό ή κλειστό κύκλωμα αντίστοιχα
- Ρυθμιζόμενος Αυτομετασχηματιστής : Μονοφασικός μετασχηματιστής με μεταβαλλόμενο λόγο μετασχηματισμού μέσω της ρύθμισης ενός δρομέα. Στην είσοδο του έχουμε την εναλλασσόμενη τάση με το πλάτος του δικτύου, ενώ στην έξοδό του λαμβάνουμε εναλλασσόμενη τάση επιθυμητού πλάτους. Δεν προσφέρει γαλβανική απομόνωση.
- Γέφυρα ανόρθωσης : Αποτελείται από 4 διόδους σε συνδεσμολογία γέφυρας και μετατρέπει την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή(ανόρθωση), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η μέση τιμή της τάσης εξόδου είναι η DC συνιστώσα η οποία έχει όμως και κάποια κυμάτωση. Για να εξαλείψουμε αυτήν την κυμάτωση και να εξομαλύνουμε την τάση εξόδου (DC) γύρω από τη μέση τιμή της, χρησιμοποιούμε έναν πυκνωτή παράλληλα στο φορτίο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Εφόσον έχουμε μεταβλητή τάση εισόδου από το ρυθμιζόμενο αυτομετασχηματιστή μπορούμε να λάβουμε συνεχή εξομαλυσμένη τάση επιθυμητής τιμής (**Εικόνα 39**)

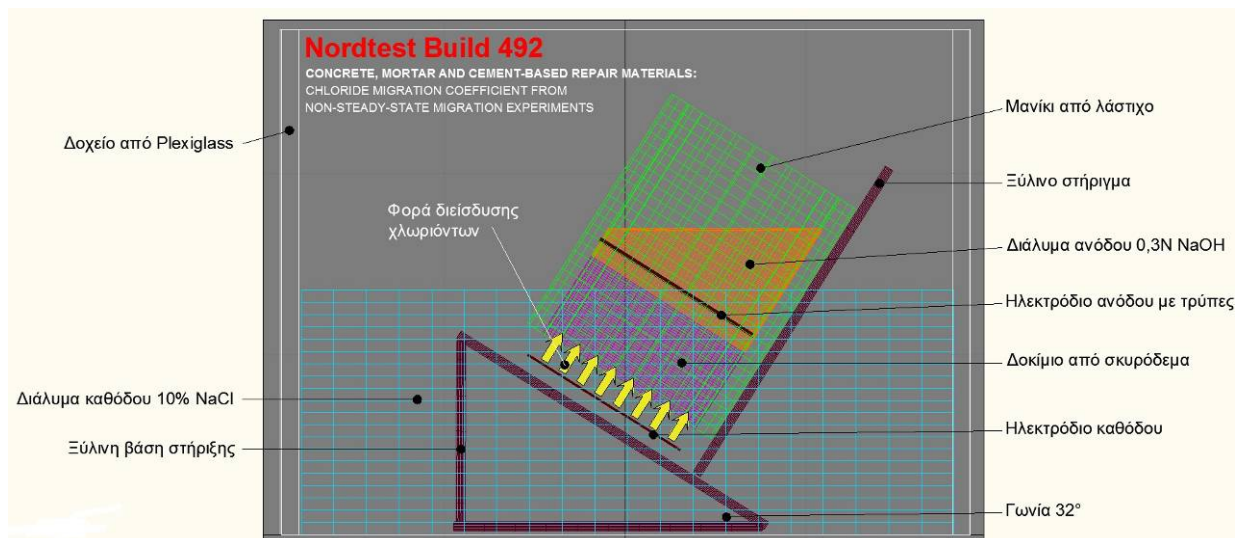


Εικόνα 39: Γέφυρα ανόρθωσης

- Πυκνωτής : Είναι μια αποθήκη ενέργειας, η οποία διατηρεί την τάση εξόδου σταθερή.

- Ηλεκτρόδια :2 κυκλικά μεταλλικά φύλλα εκ των οποίων το ένα (άνοδος)έχει τρύπες, ενώ το άλλο (κάθοδος) δεν έχει.
- Πολύμετρο : όργανο μέτρησης το οποίο μας δίνει οπτικά τα στοιχεία του κυκλώματος (ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, διαφορά δυναμικού, αντίσταση κ.ά.)
- Κύκλωμα αποφόρτισης : Τα δύο ηλεκτρόδια στο τέλος του πειράματος αποφορτίζονται μέσω μιας διάταξης με ωμική αντίσταση μεγάλης τιμής για την αποφυγή τόξων (arcs)

Το κύκλωμα κλείνει όταν μεταξύ 2 ηλεκτροδίων παρεμβληθεί το δοκίμιο του σκυροδέματος, που αποτελεί και την αντίσταση. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο υγρών προκαλεί την κίνηση των φορτισμένων ιόντων που είναι διαλυμένα εντός του προς το ηλεκτρόδιο αντίθετης πολικότητας, με αποτέλεσμα να έχουμε εξαναγκασμένη διάχυση τους εντός του σκυροδέματος.



Εικόνα 40: Περιγραφή διάταξης NT Build 492 (πηγή: [20])

- Μανίκι από λάστιχο : Εσωτερική/ εξωτερική διάμετρος 100/115 mm , περίπου 150 mm μακρύ
- Σφιγκτήρες : 2 μεταλλικοί σφιγκτήρες με εύρος διαμέτρου 105-115,20 mm πλάτος.
- Ταμιευτήρας- δοχείο καθόδου: πλαστικό δοχείο από Plexiglass, 370x270x280 mm (μήκος x πλάτος x ύψος)
- Βάση στήριξης
- Ηλεκτρόδιο καθόδου: μεταλλικός δίσκος διαμέτρου περίπου 90 mm και περίπου 0,5 mm πάχους.
- Ηλεκτρόδιο ανόδου: μεταλλικός δίσκος με τρύπες διαμέτρου περίπου 90 mm και περίπου 0,5 mm παχύς.
- Θερμόμετρο: ικανό να μετράει θερμοκρασία με ακρίβεια 1°C



Εικόνα 41: Φωτογραφία πειραματικής διάταξης

10.4.2 Περιγραφή δοκιμής

Αρχικά γίνεται η ετοιμασία των δύο διαλυμάτων, της ανόδου και της καθόδου. Συγκεκριμένα όσον αφορά το διάλυμα ανόδου (0,3 NaOH) χρησιμοποιούμε 4,84 gr NaOH σε 365 ml απιονισμένου νερού ενώ για το διάλυμα καθόδου (10% κατά βάρος NaCl), το οποίο επιτυγχάνεται διαλύοντας 1333,33 gr σε 12lt νερό βρύσης μέσα στην τετράγωνη δεξαμενή μας.

1. Γεμίζουμε το δοχείο καθόδου με περίπου 12lt διαλύματος 10% NaCl
2. Τοποθετούμε το δοκίμιο μέσα στο λαστιχένιο μανίκι και το ασφαλίζουμε με 2 σφιγκτήρες προκειμένου να μην υπάρξουν διαρροές του διαλύματος ανόδου και ανάμιξης του με το διάλυμα καθόδου.
3. Τοποθετούμε το ηλεκτρόδιο καθόδου στο κάτω μέρος της ξύλινης βάσης
4. Τοποθετούμε το δοκίμιο μαζί με το μανίκι πάνω στην ξύλινη βάση στήριξης και στην συνέχεια πάνω κ μέσα σε αυτό το ηλεκτρόδιο ανόδου.
5. Βυθίζουμε την ξύλινη βάση μέσα στο Plexiglas όπου είναι τοποθετημένο το διάλυμα καθόδου.
6. Βάζουμε το διάλυμα ανόδου στα πάνω μέρος από το μανίκι.
7. Βεβαιωνόμαστε ότι το ηλεκτρόδιο ανόδου είναι συνδεδεμένο στον θετικό πόλο και το ηλεκτρόδιο καθόδου στον αρνητικό πόλο του πυκνωτή.
8. Βάζουμε την πρίζα τροφοδοσίας στο ρεύμα.
9. Γυρίζουμε τον διακόπτη του κυκλώματος έναρξης στην ένδειξη ON
10. Ανοίγουμε τα πολύμετρα και γυρίζουμε το δρομέα του έτσι ώστε να δείξει Volt το πρώτο και Amber το δεύτερο.

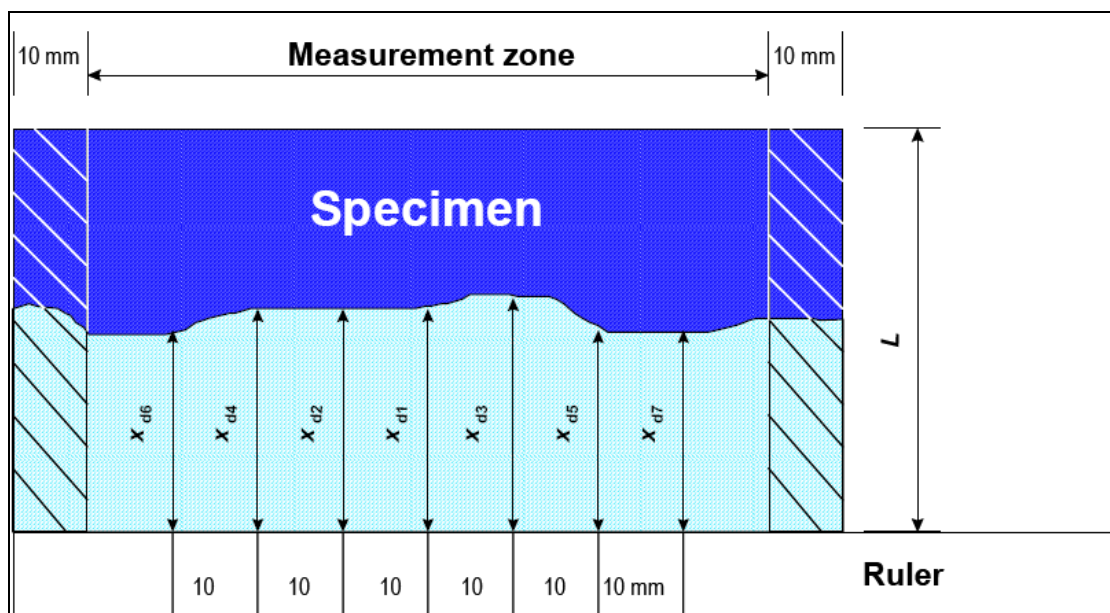
11. Με πολύ μικρή ταχύτητα και με πολλή προσοχή γυρίζουμε τον δρομέα του ρυθμιζόμενου μετασχηματιστή έτσι ώστε το πολύμετρο να δείχνει ηλεκτρική τάση 30 V
12. Καταγράφουμε την αρχική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.
13. Σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα (**Πίνακας 20**) που δίνεται από το πρότυπο [20], αντιστοιχούμε την αρχική ένταση του ρεύματος με την τάση που δείχνει η δεύτερη στήλη

Πίνακας 20: Αντιστοίχιση αρχικής έντασης ρεύματος με την τελική εφαρμοζόμενη τάση και διάρκεια του πειράματος (πηγή:[20])

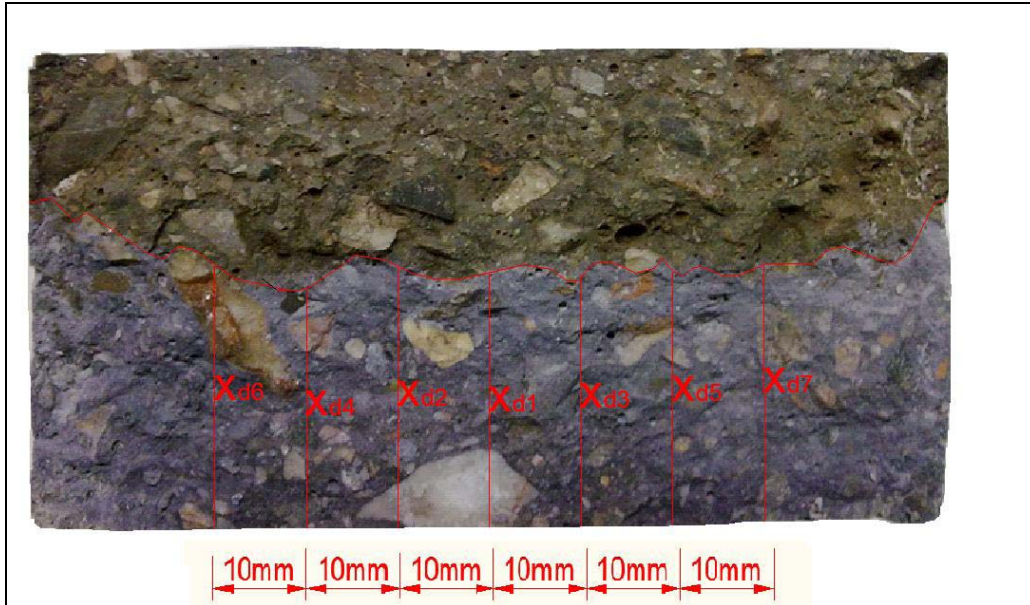
Αρχική ένταση I_{30V} (με 30V) (mA)	Επιλεγόμενη τάση V (V)	Πιθανή νέα αρχική ένταση I_0 (mA)	Διάρκεια πειράματος (hour)
$I_0 < 5$	60	$I_0 < 10$	96
$5 \leq I_0 < 10$	60	$10 \leq I_0 < 20$	48
$10 \leq I_0 < 15$	60	$20 \leq I_0 < 30$	24
$15 \leq I_0 < 20$	50	$25 \leq I_0 < 35$	24
$20 \leq I_0 < 30$	40	$25 \leq I_0 < 40$	24
$30 \leq I_0 < 40$	35	$35 \leq I_0 < 50$	24
$40 \leq I_0 < 60$	30	$40 \leq I_0 < 60$	24
$60 \leq I_0 < 90$	25	$50 \leq I_0 < 75$	24
$90 \leq I_0 < 120$	20	$60 \leq I_0 < 80$	24
$120 \leq I_0 < 180$	15	$60 \leq I_0 < 90$	24
$180 \leq I_0 < 360$	10	$60 \leq I_0 < 120$	24
$I_0 \geq 360$	10	$I_0 \geq 120$	6

14. Γυρίζουμε τον δρομέα του ρυθμιζόμενου αυτομετασχηματιστή ξανά έτσι ώστε να πετύχουμε την τάση που δείχνει η δεύτερη στήλη του πίνακα για την αρχική ένταση που είχαμε καταγράψει.
15. Μετράμε την αρχική θερμοκρασία στο διάλυμα ανόδου και όλες οι τιμές καταγράφονται
16. Για το διάστημα των 24h που ορίζεται ως το διάστημα διεξαγωγής του πειράματος δεν το αφήνουμε σε κοινή θέα για να μην υπάρξουν ατυχήματα.
17. Αφού παρέλθει η απαραίτητη χρονική διάρκεια του πειράματος βγάζουμε το καλώδιο τροφοδοσίας από την πρίζα.
18. Γυρίζουμε τον διακόπτη του κυκλώματος στην ένδειξη OFF.
19. Καταγράφουμε την τελική θερμοκρασία του διαλύματος ανόδου.

20. Γυρίζουμε τον δρομέα του αυτομετασηματιστή στο «μηδέν».
21. Με πολλή προσοχή πιάνουμε το ηλεκτρόδιο ανόδου, φορώντας γάντι, από το πλαστικό μέρος και το επανατοποθετούμε πάνω στην διαμορφωμένη αντίσταση έτσι ώστε να γίνει η αποφόρτιση. Η ένδειξη του πολυμέτρου όσον αφορά την τάση του ρεύματος θα αρχίσει να μειώνεται έως ότου φτάσει πολύ κοντά στο <<μηδέν>>, οπότε θα έχουμε και πλήρη αποφόρτιση. Τότε και μόνο τότε θα είμαστε απόλυτα ασφαλείς να αγγίζουμε τα ηλεκτρόδια με γυμνά χέρια.
22. Απομακρύνουμε το δοκίμιο ακολουθώντας την αντίστροφη πορεία από τα βήματα 2-6.
23. Χωρίζουμε το δοκίμιο κάθετα σε 2 μέρη.
24. Ψεκάζουμε το τμήμα που μόλις κόψαμε με διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,1M (10 ψεκασμοί).
25. Μετά από περίπου 15 min θα είναι οπτικά φανερό το βάθος που τα χλωριόντα έχουν εισχωρήσει καθώς πραγματοποιείται χημική αντίδραση μεταξύ νιτρικού αργύρου και ελεύθερων χλωριόντων η οποία έχει ως αποτέλεσμα το χρωματισμό της επιφάνειας όπου υπάρχουν χλωριόντα. Έτσι λαμβάνουμε μετρήσεις για το βάθος διάχυσης όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω .(Εικόνα 42, Εικόνα 43)



Εικόνα 42: Υπόδειγμα μέτρησης βάθους διάχυσης χλωριόντων (πηγή: [20])



Εικόνα 43 : Φωτογραφία δοκιμίου-υπόδειγμα μέτρησης βάθους διαχύσεως χλωριόντων

10.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων δοκιμής

10.5.1 Υπολογισμός Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων

Υπολογίζουμε τον συντελεστή διάχυσης των χλωριόντων λόγω εξαναγκασμένης διαχυσης τους μέσα στο σκυρόδεμα από τον ακόλουθο τύπο:

$$D_{nssm} = \frac{RT}{zFE} \cdot \frac{x_d - a\sqrt{x_d}}{t}$$

όπου:

$$E = \frac{U - 2}{L}$$

$$a = 2\sqrt{\frac{RT}{zFE}} \cdot \text{erf}^{-1}\left(1 - \frac{2c_d}{c_0}\right)$$

D_{nssm} : συντελεστής διάχυσης χλωριόντων, m^2 / s ,

z : απόλυτη τιμή του σθένους ιόντων, για χλωριόντα, $z = 1$,

F : σταθερά του Faraday, $F = 9.648 \cdot 10^4 J / (V \cdot mol)$,

U : απόλυτη τιμή της εφαρμοσμένης τάσης, V ,

R : σταθερά αερίου, $R = 8.314 J / (V \cdot mol)$,

T : μέση τιμή της αρχική και τελικής θερμοκρασίας του διαλύματος ανόδου, $^{\circ}C$,

L : πάχος δοκιμίου, mm ,

x_d : μέση τιμή των βαθών διάχυσης των χλωριόντων, mm ,

t : διάρκεια του πειράματος, h ,

c_d : συγκέντρωση χλωριόντων στην οποία το χρώμα αλλάζει, $c_d = 0.07N$

c_0 : συγκέντρωση χλωριόντων στο διάλυμα καθόδου, $c_0 = 2N$

Γνωρίζοντας ότι $\boxed{\operatorname{erf}^{-1}\left(1 - \frac{2 \cdot 0.07}{2}\right) = 1.28}$, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη

απλουστευμένη σχέση:

$$\boxed{D_{nssm} = \frac{0.0239 \cdot (273 + T) \cdot L}{(U - 2) \cdot t} \left(x_d - 0.0283 \sqrt{\frac{(273 + T) \cdot L \cdot x_d}{U - 2}} \right)}$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι ανάλογα με την τιμή του συντελεστή διάχυσης μπορεί να γίνει η κατηγοριοποίηση των δοκιμών ως προς την ευαισθησία τους στην διάχυση των χλωριόντων. (Πίνακας 21)

Πίνακας 21: Κατηγοριοποίηση συντελεστή διάχυσης (πηγή: [20])

Συντελεστής διάχυσης $D_{nssm} \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$	Αντίσταση διάχυσης χλωριόντων
>15	χαμηλή(low)
10,0-15,0	μέτρια (moderate)
5,0-10,0	υψηλή(high)
2,5-5	πολύ υψηλή(very high)
<2,5	εξαιρετικά υψηλή(extremely high)

10.5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων δοκιμίου SSC – 01(Σ170)

Ο Πίνακας 22 αποτελεί τεχνική αναφορά – παράδειγμα, που αφορά τη μέτρηση της διάχυσης χλωριόντων ενός δοκιμίου της σύνθεσης Σ170 (SCC – 01).

Πίνακας 22: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-01

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ170	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ17.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	14/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩΣ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	11963,41	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1329,27	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,226		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	14/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	15/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:47	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:47
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	10,20	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	10,20
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,059	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	*
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	26,7	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	24,8
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	100,00		
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	51,35 51,10 51,15		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,20		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΣΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	16,85		
Xd2 (mm)	15,70		
Xd3 (mm)	15,75		
Xd4 (mm)	17,40		
Xd5 (mm)	12,45		
Xd6 (mm)	17,15		
Xd7 (mm)	15,25		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	25,75
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	15,79
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	21,75E-12
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			
* Δεν γυρίσαμε τον μετρητή της έντασης του ρεύματος στην ένδειξη του στατικού ρεύματος γι'αυτό κ διαβάσαμε μηδενική τιμή...Λάθος του μελετητή			

Ο Πίνακας 22 περιλαμβάνει πρωτογενή δεδομένα (δοκιμαστική τάση και ένταση, αρχική και τελική θερμοκρασία, μήκος και πάχος δοκιμίου) καθώς και επεξεργασμένες τιμές (συντελεστής διάχυσης χλωριόντων), ενδεικτικά για μια σύνθεση. Οι αντίστοιχοι πίνακες για τις υπόλοιπες συνθέσεις βρίσκονται στο παράρτημα και παρακάτω (βλ. παράγραφο 10.5.3) θα παρουσιαστούν αναλυτικά αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην συγκεκριμένη μέτρηση έγινε λάθος από τον μελετητή και δεν γυρίστηκε ο διακόπτης του αμπερόμετρου στην ένδειξη του συνεχούς ρεύματος, με αποτέλεσμα να έχουμε μηδενική τιμή στην τελική ένταση του ρεύματος (A). Ο συντελεστής διάχυσης χλωριόντων στην συγκεκριμένη σύνθεση υπολογίστηκε από τον τύπο (βλ. παράγραφο 10.5.1) και βρέθηκε ίσος με $D_{nssm} = 21,75 \times 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{s}$. Στον Πίνακας 22, στο κάτω δεξί του τμήμα, αναπαρίσταται διαγραμματικά το βάθος διάχυσης συναρτήσει της απόστασης από το μέσο του δοκιμίου στο οποίο γίνονταν η μέτρηση κάθε φορά. Τέλος γίνεται η κατηγοριοποίηση του δοκιμίου όσον αφορά την αντίσταση στην διάχυση χλωριόντων με βάση τα όρια που δίνονται στον Πίνακα 21, που για το συγκεκριμένο δοκίμιο χαρακτηρίζεται ως **χαμηλή (low)**.

10.5.3 Συγκέντρωση αποτελεσμάτων όλων των μετρήσεων

Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκαν ο συντελεστής διάχυσης των χλωριόντων και έγινε και η κατηγοριοποίηση όσον αφορά την αντίσταση, για όλες μας τις συνθέσεις. Προηγουμένως παρατέθηκε ο πίνακας πρωτογενών δεδομένων και τα διαγράμματα που αφορούσαν το SCC – 01 (Σ170). Αυτής της μορφής είναι τα διαγράμματα για κάθε σύνθεση που εξετάστηκε. Όλοι οι πίνακες και τα διαγράμματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα και όχι εδώ λόγω του όγκου τους.

Ο σκοπός του πειράματος ήταν όπως αναφέρθηκε και προτύτερα για να προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε πως η αντικατάσταση του τσιμέντου (1^η ομάδα συνθέσεων) ή του φίλλερ (2^η ομάδα συνθέσεων) με μετακαολίνη επηρεάζει την αντίσταση στην διάχυση των χλωριόντων του σκυροδέματος. Ακολουθεί πίνακας με τα χαρακτηριστικά των συνθέσεων και τα αποτελέσματα των δοκιμών μαζί με τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής χλωριόντων

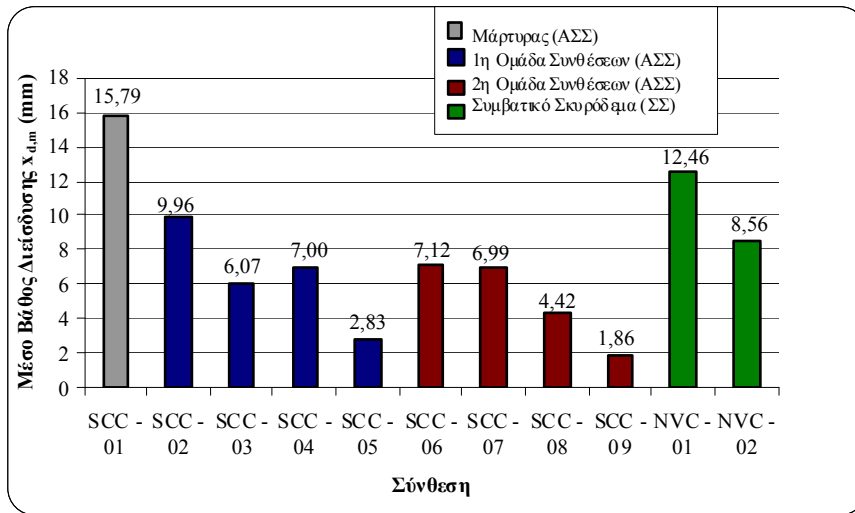
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΔΟΚΙΜ	ΔΟΚΙΜ	ΑΡΧΙΚΗ	ΑΡΧΙΚΗ	ΤΕΛΙΚΗ	ΤΕΛΙΚΗ	ΜΕΣΟ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ		ΕVAL
	ΤΑΣΗ	ΕΝΤΑΣΗ	ΤΑΣΗ	ΕΝΤΑΣΗ	ΤΑΣΗ	ΕΝΤΑΣΗ	ΠΑΧΟΣ	ΔΟΚΙΜΗΣ	ΘΕΡΜ/ΣΙ Α	ΔΙΑΧΥΣΗ	Dnssm	Dnssm	Dchlor
	V	A	V	A	V	A	mm	ώρες	°C	mm	$\times 10^{-12}$ m ² /s	mm ² /y r	Resistance
SCC-01	30,00	0,226	10,20	0,059	10,20	-	51,20	24,00	25,75	15,79	21,75	686	Low
SCC-02	30,00	0,115	19,90	0,072	20,60	0,044	50,93	23,75	22,00	9,96	6,58	207	High
SCC-03	30,00	0,148	14,90	0,056	15,10	0,056	51,00	23,83	24,50	6,07	4,79	151	Very High
SCC-04	30,00	0,036	35,00	0,043	34,50	0,062	51,70	24,00	23,30	7,00	2,61	82	Very High
SCC-05	30,00	0,100	20,00	0,054	20,00	0,062	52,15	24,00	24,60	2,83	1,42	45	Extremely High
SCC-06	30,00	0,133	15,10	0,051	15,00	0,051	52,58	24,00	24,30	7,12	5,86	185	High
SCC-07	30,00	0,076	25,00	0,062	25,60	0,081	52,07	24,00	27,15	6,99	3,62	114	Very High
SCC-08	30,00	0,107	20,30	0,060	20,70	0,055	51,05	24,00	25,45	4,42	2,47	78	Extremely High
SCC-09	30,00	0,098	20,00	0,052	19,60	0,061	50,77	24,00	26,45	1,86	0,77	24	Extremely High
NVC-01	30,00	0,074	25,00	0,060	24,70	0,051	51,98	24,00	27,95	12,46	6,96	219	High
NVC-02	30,00	0,120	20,00	0,055	20,50	0,068	51,38	24,00	28,10	8,56	5,58	176	High

Πίνακας 24: Χαρακτηριστικά των συνθέσεων-αποτελέσματα

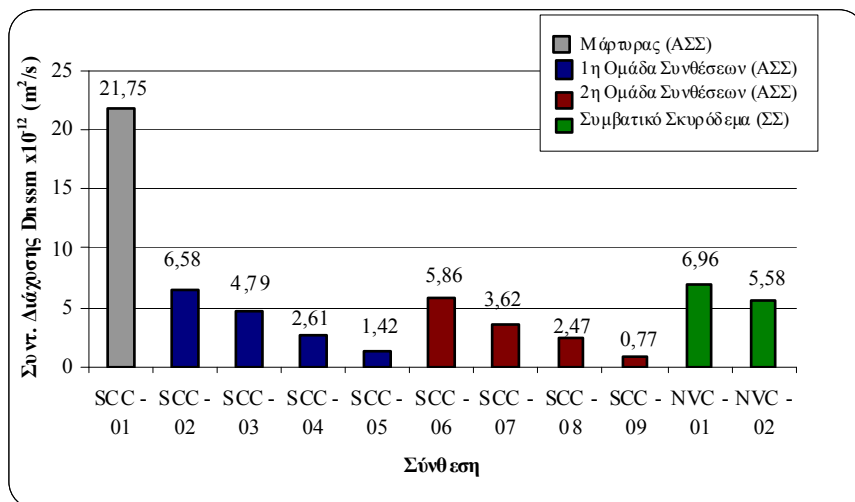
Χαρακτηριστικά Σύθεσης				Διάχυση Χλωριόντων	
ΣΥΝΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		Συντ. Διαχυσης	Μεσο βάθος Διάχυσης	
	% mk/cem (κ.β.)	% mk/lp20 (κ.β.)		Dnssm x10 ⁻¹² (m ² /s)	x _{d,m} (mm)
	SCC - 01	0,00	0,00	21,75	15,79
1η Ομάδα	SCC - 02	6,86	-	6,58	9,96
	SCC - 03	10,57	-	4,79	6,07
	SCC - 04	14,00	-	2,61	7,00
	SCC - 05	20,00	-	1,42	2,83
	2η Ομάδα	SCC - 06	-	13,71	5,86
SCC - 07		-	21,10	3,62	6,99
SCC - 08		-	28,00	2,47	4,42
SCC - 09		-	40,00	0,77	1,86
	NVC - 01	0,00	0,00	6,96	12,46
	NVC - 02	0,00	0,00	5,58	8,56

10.5.3.1 Γενικά Σχόλια – Συγκριση αντίστασης έναντι της διάχυσης χλωριόντων ΑΣΣ -ΣΣ

Διαγραμματικά ο Πίνακας 24 έχει ως εξής



Διάγραμμα 43: Μέσο βάθος διάχυσης, $x_{d,m}$, ανά σύνθεση



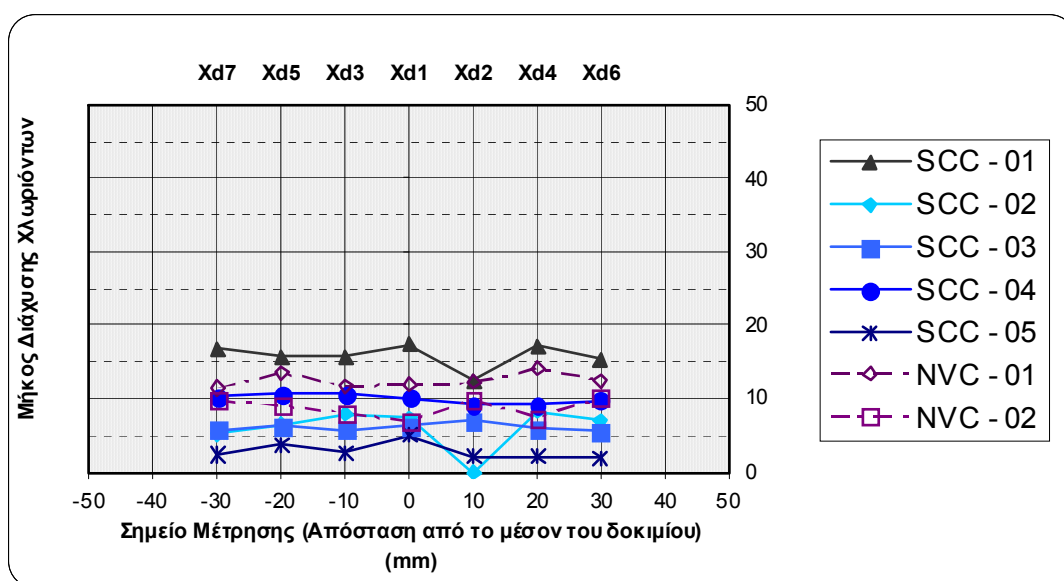
Διάγραμμα 44: Συντελεστής διάχυσης, D_{nssm} , ανά σύνθεση

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 43 η προσθήκη μετακολίνη στα μίγματα ΑΣΣ μειώνει αισθητά τον συντελεστή διάχυσης του δοκιμίου στην δοκιμή έναντι διάχυσης χλωριόντων. Παρατηρείται ελάχιστη τιμή και μέγιστη τιμή $0,77 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ (-96,44% σε σχέση με το μάρτυρα) και $6,58 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ (-69,75% σε σχέση με το μάρτυρα) στα μίγματα SCC – 09 και SCC – 02 αντίστοιχα ενώ η τιμή του συντελεστή για το ΑΣΣ χωρίς μετακαολίνη (SCC – 01) είναι $21,75 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$. Όσον αφορά στα μίγματα ΣΣ παρατηρείται τιμή του συντελεστή ίση με $6,96 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ για τη σύνθεση NVC – 01, η οποία είναι μεγαλύτερη και από την μέγιστη τιμή του συντελεστή των μιγμάτων ΑΣΣ. Επίσης η τιμή του συντελεστή

για την σύνθεση NVC – 02 είναι $5,58 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ που και πάλι είναι κοντά στην μέγιστη τιμή των μιγμάτων ΑΣΣ.

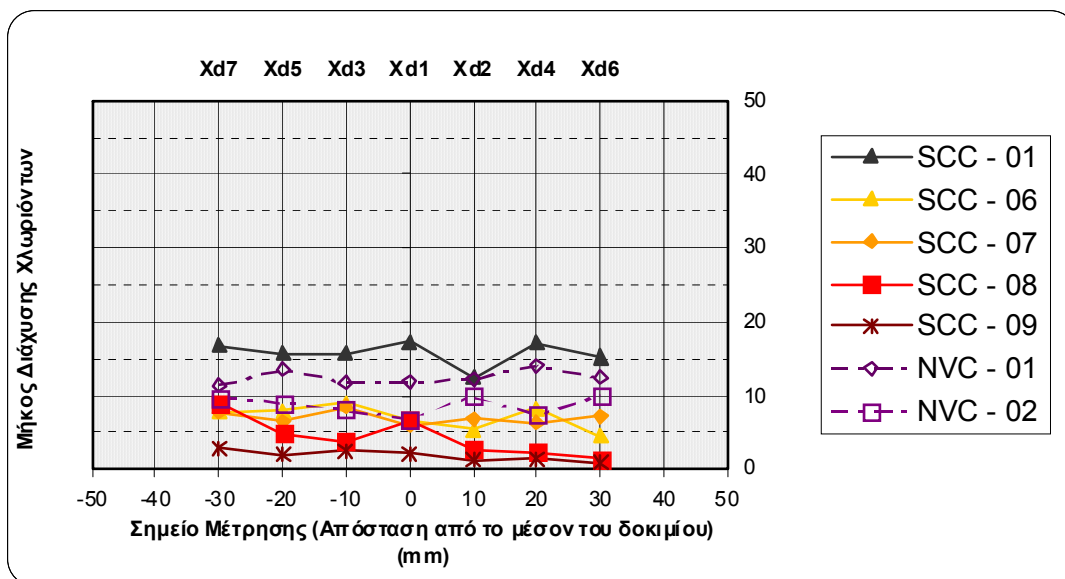
Αν κ η ανάλυση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση τον συντελεστή διάχυσης χλωριόντων, στην συνέχεια παραθέτουμε κάποιους πίνακες με τα βάθη διάχυσης των χλωριόντων συγκεντρωτικά και κατηγοριοποιημένα, τα οποία αποτελούν μία ένδειξη της αντίστασης του σκυροδέματος έναντι της διάχυσης χλωριόντων. Ένας άλλος λόγος που παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τα βάθη, είναι γιατί γίνεται οπτικά πιο εμφανής η διαφορά μεταξύ των δοκιμίων και μπορούν να βγουν κάποια πρώτα συμπεράσματα. Παρόλα αυτά ο συντελεστής διάχυσης ο οποίος δεν εξαρτάται μόνο από το μέσο βάθος διεισδύσεως αλλά και από άλλους παράγοντες όπως είδαμε και από τον τύπο του (βλ.παράγραφο 10.5.1.) είναι η χαρακτηριστική τιμή που περιγράφει την αντίσταση ενός σκυροδέματος σε διάχυση χλωριόντων και είναι αυτό που χρησιμοποιείται σε συσχετίσεις και συγκρίσεις.

Στο **Διάγραμμα 45** παρουσιάζεται το βάθος διάχυσης συναρτήσει της απόστασης από το μέσο του δοκιμίου στο οποίο γίνονταν η μέτρηση κάθε φορά, της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με τις συνθέσεις SCC -01, NVC -01 και NVC - 02



Διάγραμμα 45: Τομή δοκιμίου, 1η ομάδα συνθέσεων ΑΣΣ

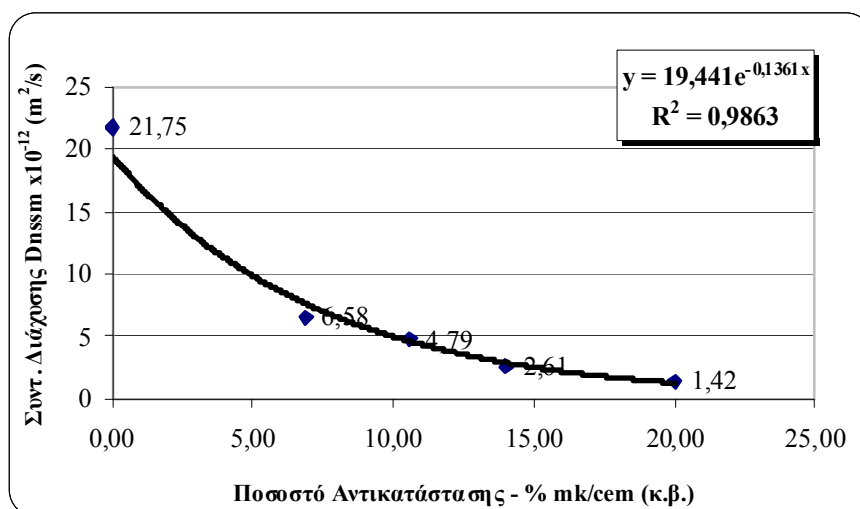
Στο **Διάγραμμα 46** παρουσιάζεται το βάθος διάχυσης συναρτήσει της απόστασης από το μέσο του δοκιμίου στο οποίο γίνονταν η μέτρηση κάθε φορά, της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με τις συνθέσεις SCC -01, NVC -01 και NVC - 02



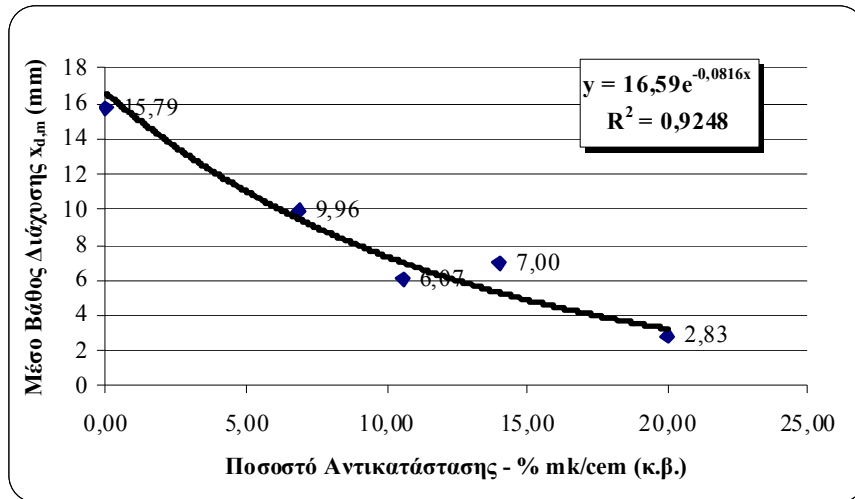
Διάγραμμα 46: Τομή δοκιμίου, 2η ομάδα συνθέσεων ΑΣΣ

10.5.3.2 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης τσιμέντου από μετακαολίνη (mk/cem, % κ.β)

Στο **Διάγραμμα 47** παρουσιάζεται η τιμή του συντελεστή διάχυσης της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC – 01 και στο **Διάγραμμα 48** παρουσιάζεται η τιμή του μέσου βάθους διάχυσης της 1^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC – 01.



Διάγραμμα 47: Συσχέτιση συντελεστή διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

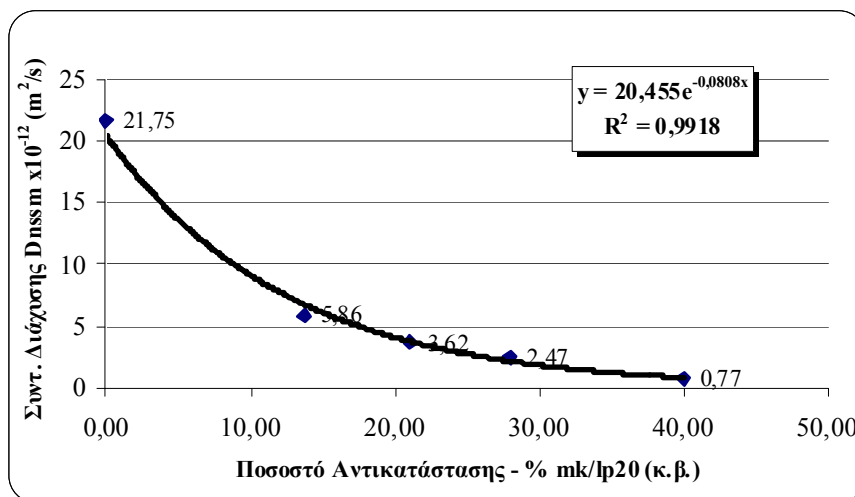


Διάγραμμα 48: Συσχέτιση βάθους διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/cem

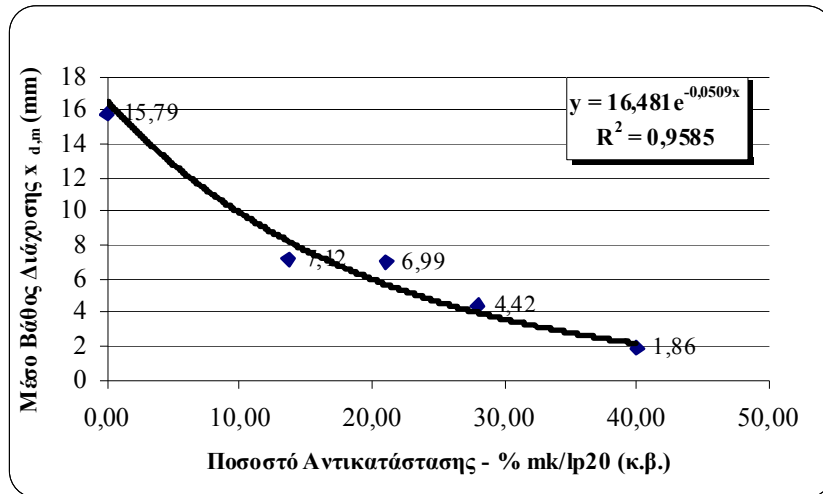
Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 47**, διακρίνεται μια πτωτική τάση του συντελεστή διάχυσης των χλωριόντων με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem. Ομοίως και για το μέσο βάθος διάχυσης στο **Διάγραμμα 48**.

10.5.3.3 Επιρροή ποσοστού αντικατάστασης φίλλερ από μετακαολίνη (mk/lp20, % κ.β.)

Στο **Διάγραμμα 49** παρουσιάζεται η τιμή του συντελεστή διάχυσης της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC -01 και στο **Διάγραμμα 50** παρουσιάζεται η τιμή του βάθους διάχυσης της 2^{ης} ομάδας συνθέσεων μαζί με την σύνθεση SCC - 01.



Διάγραμμα 49: Συσχέτιση συντελεστή διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20



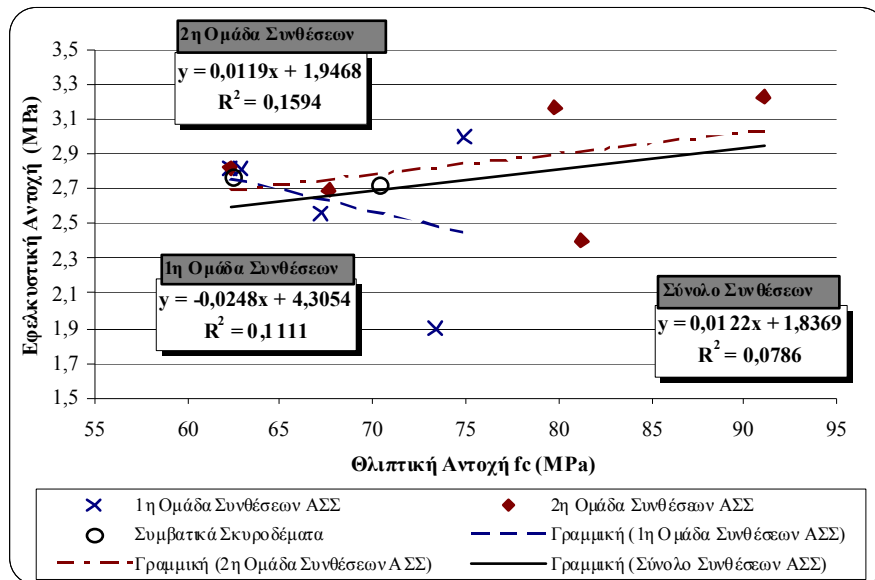
Διάγραμμα 50: Συσχέτιση βάθους διάχυσης με το ποσοστό αντικατάστασης mk/lp20

Παρατηρώντας το **Διάγραμμα 49**, διακρίνεται μια πτωτική τάση του συντελεστή διάχυσης των χλωριόντων με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20. Ομοίως και για το μέσο βάθος διάχυσης στο **Διάγραμμα 50**.

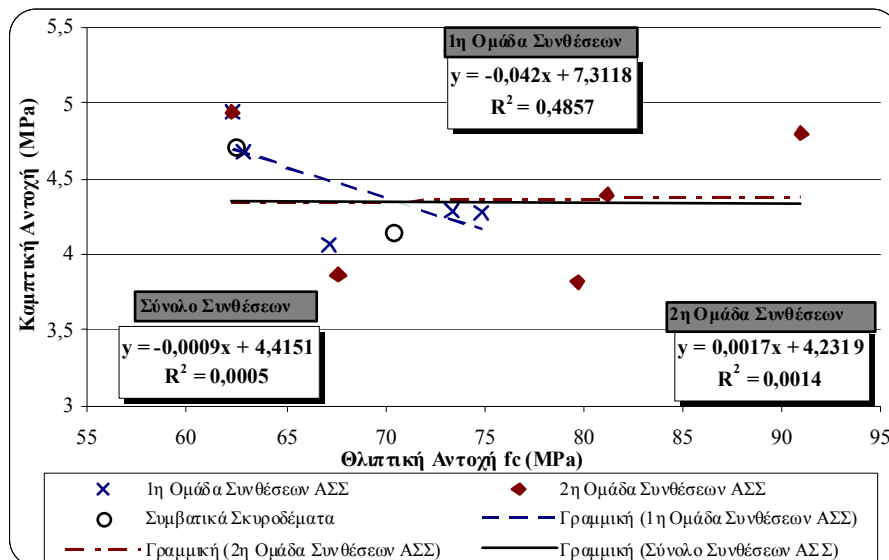
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο : ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΝΑ ΔΥΟ

11.1 Διαγράμματα Συσχέτισης μεταβλητών

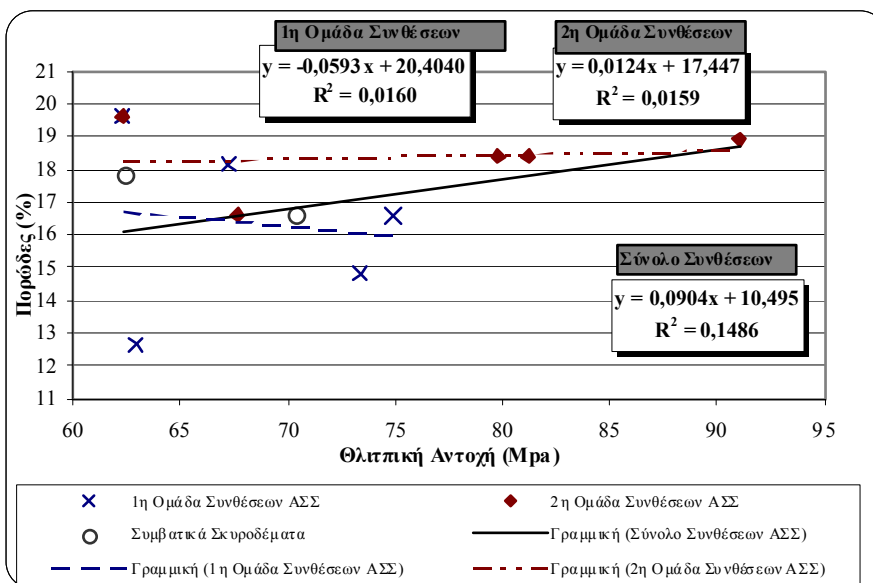
Στα διαγράμματα που ακολουθούν γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης των παραμέτρων f_c , f_t , f_{cf} , ρ , i , $\ln T$, c , D_{nssm} μεταξύ τους.



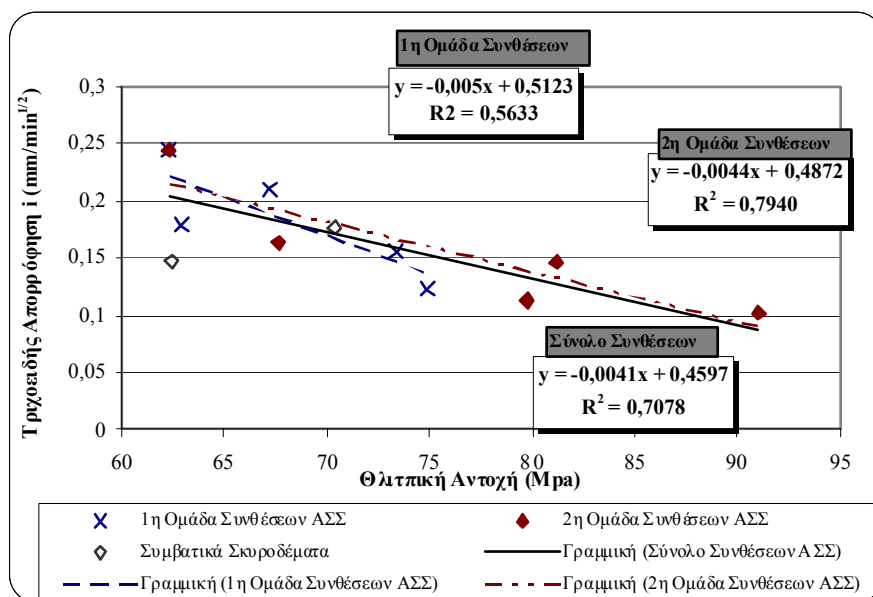
Διάγραμμα 51: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Εφελκυστική Αντοχή (MPa)



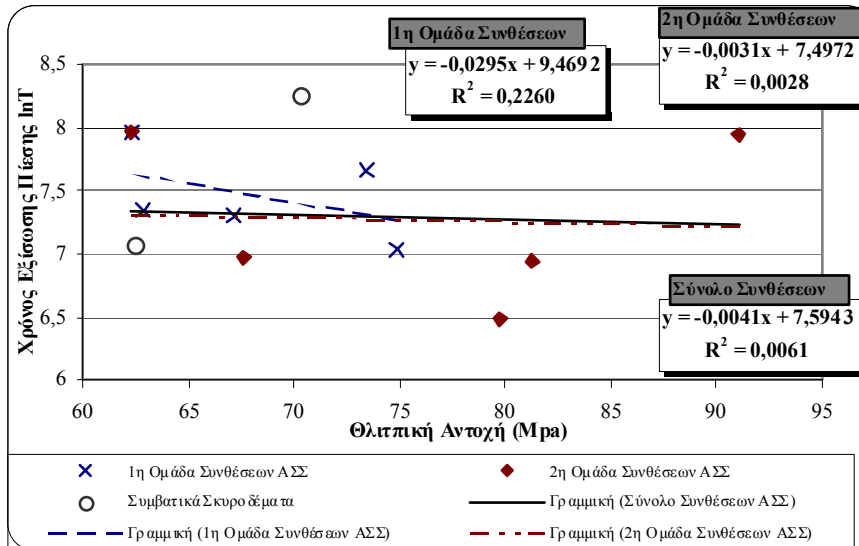
Διάγραμμα 52: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Καμπτική Αντοχή (MPa)



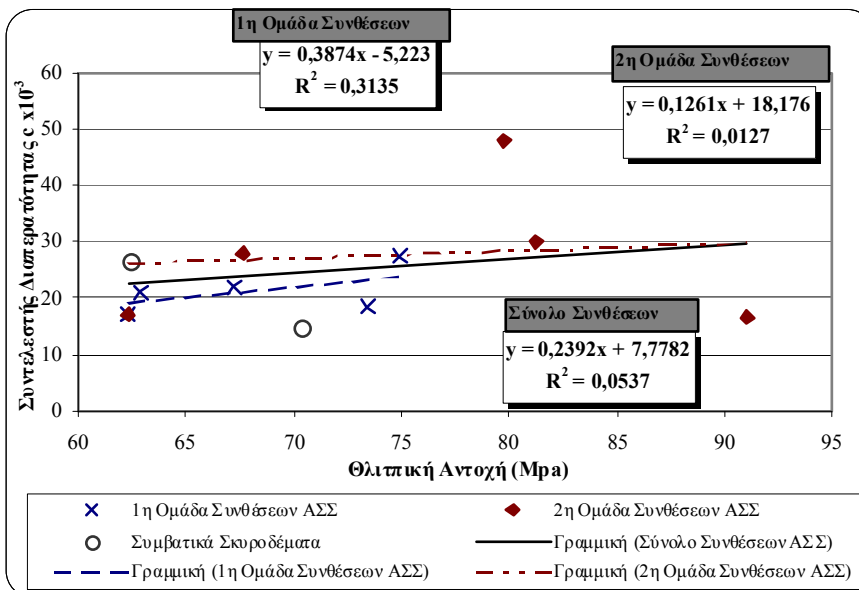
Διάγραμμα 53: Συσχέτιση Θλιπτικής αντοχής (MPa) με το Πορώδες (%)



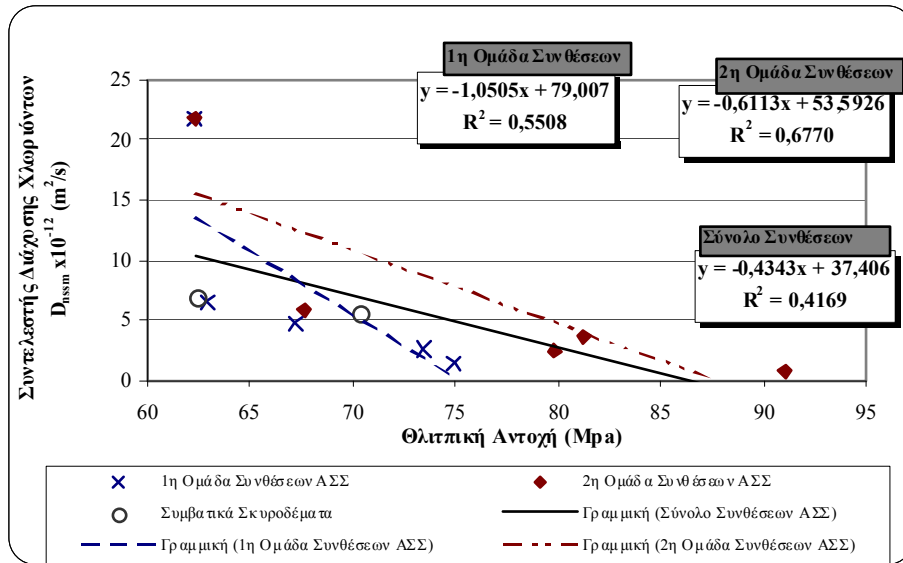
Διάγραμμα 54: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με την Τριχοειδή Απορρόφηση i (mm/min^{1/2})



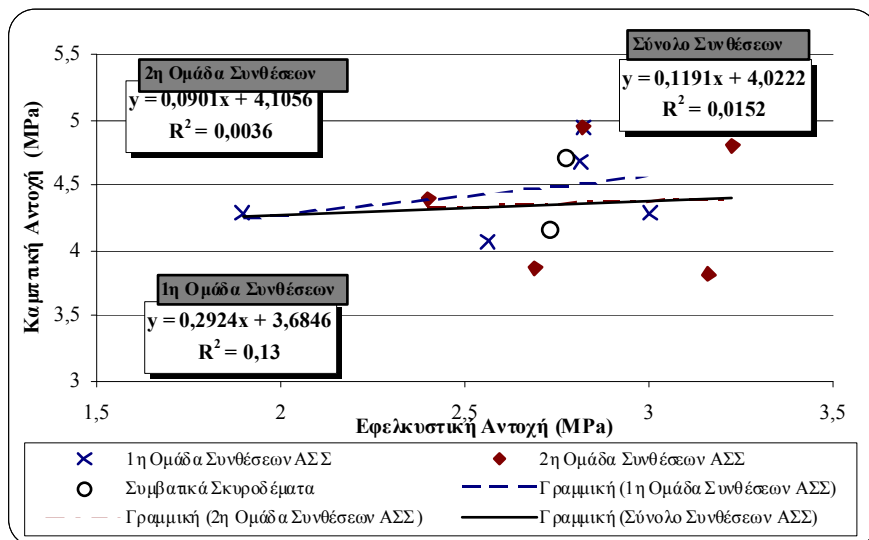
Διάγραμμα 55: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης ln T



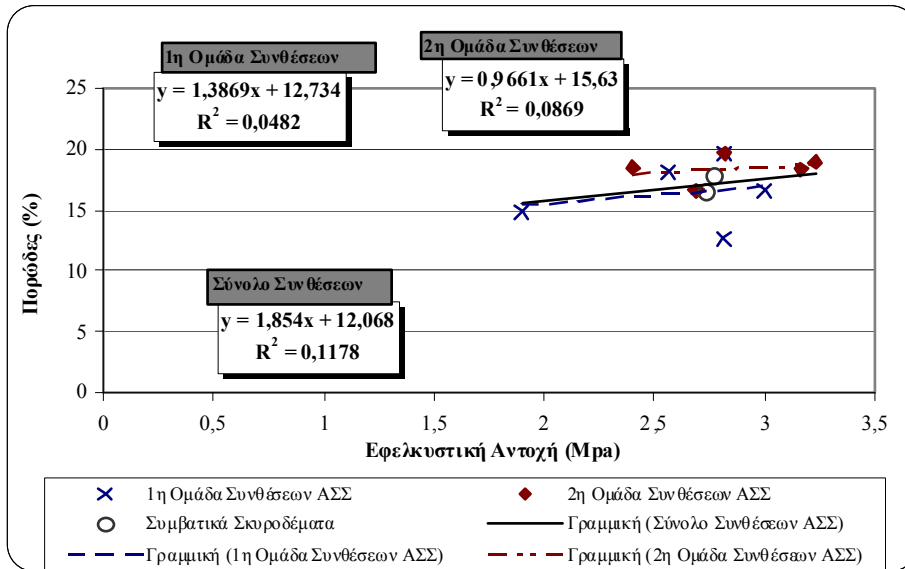
Διάγραμμα 56: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$



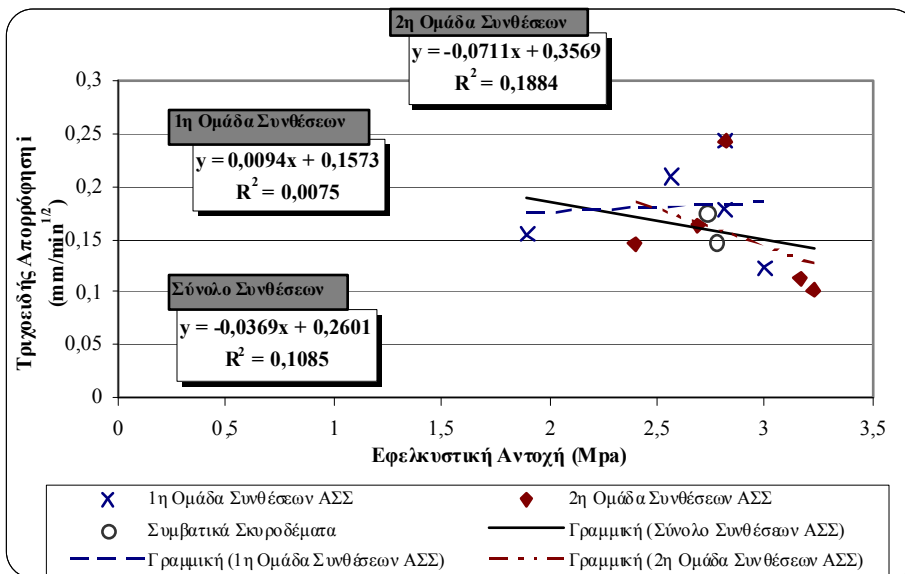
Διάγραμμα 57: Συσχέτιση Θλιπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} \text{ (m}^2/\text{s)}$



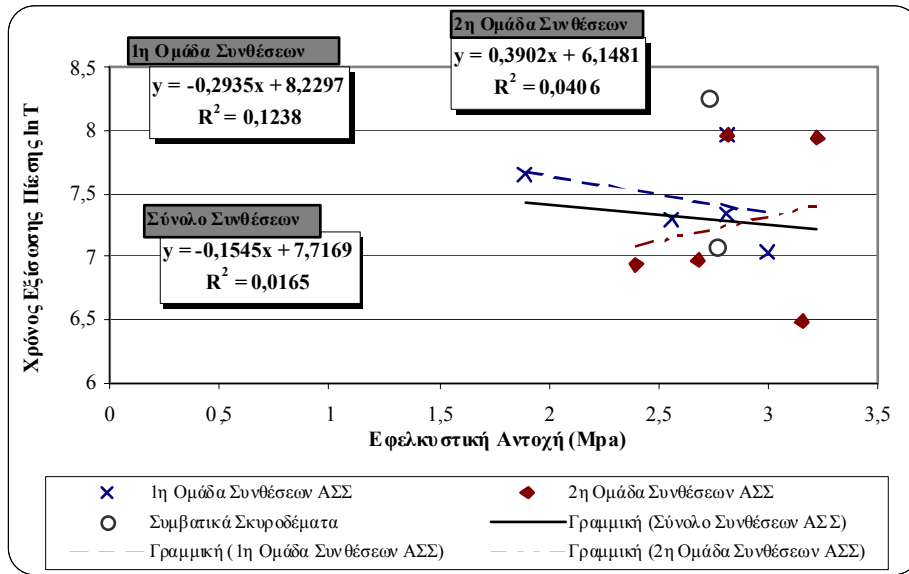
Διάγραμμα 58: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με την Καμπτική Αντοχή (MPa)



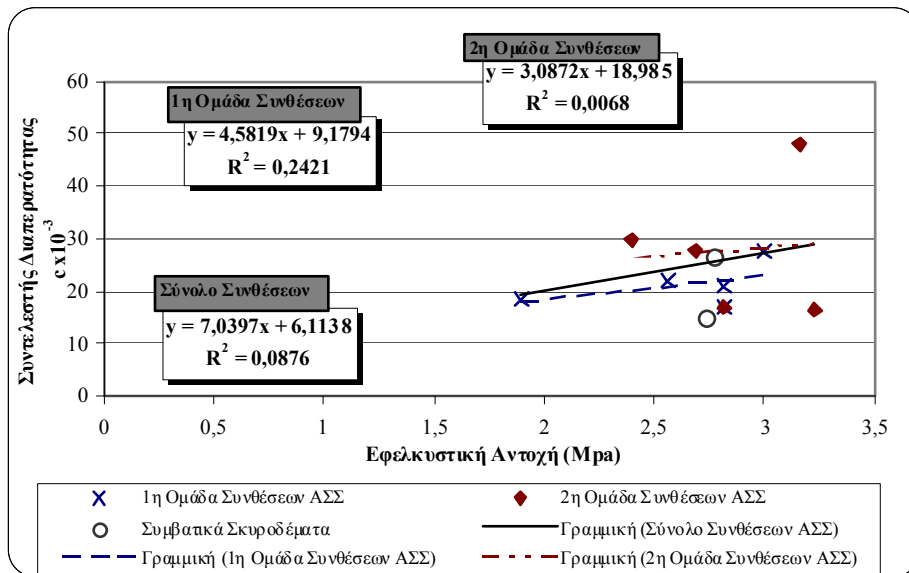
Διάγραμμα 59: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (ΜΡα) με το Πορόδες (%)



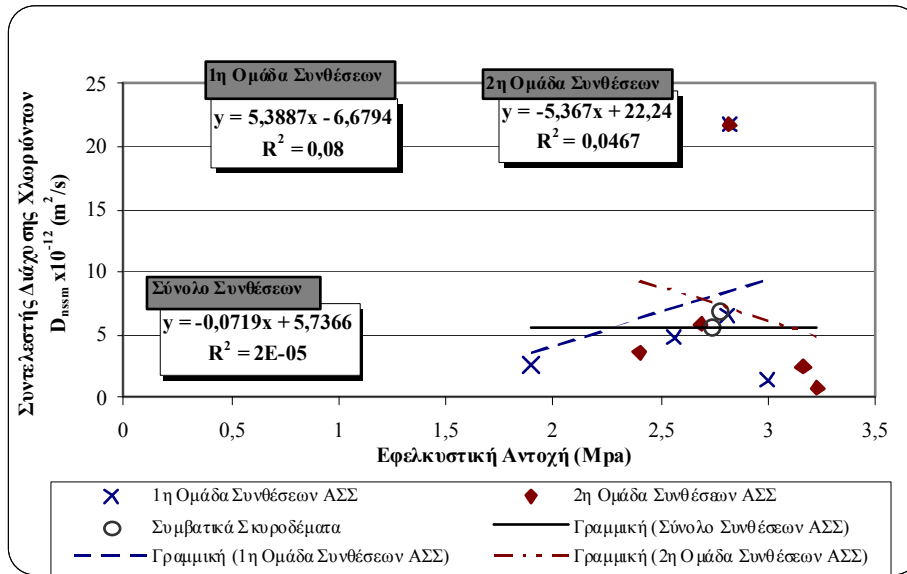
Διάγραμμα 60: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (ΜΡα) με την Τριχοειδή Απορρόφηση i (mm/min^{1/2})



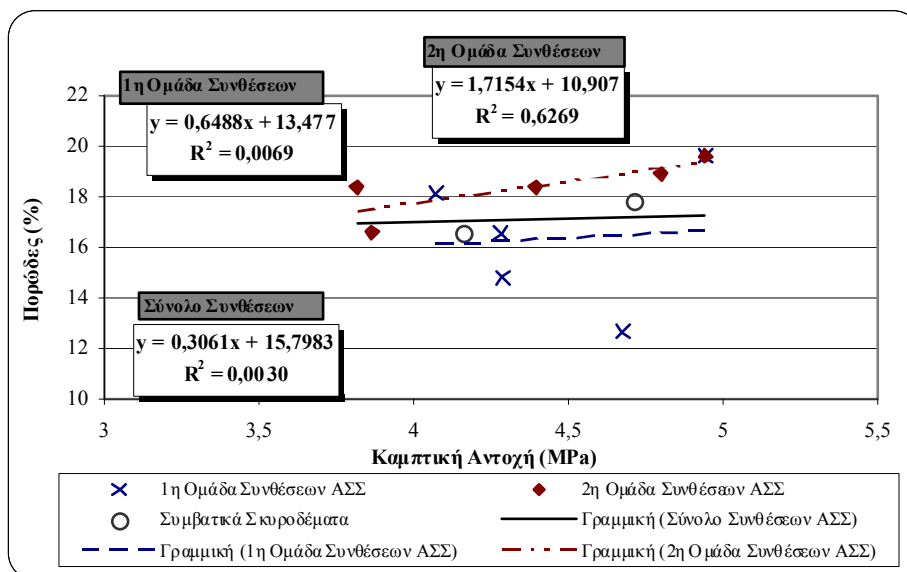
Διάγραμμα 61: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT



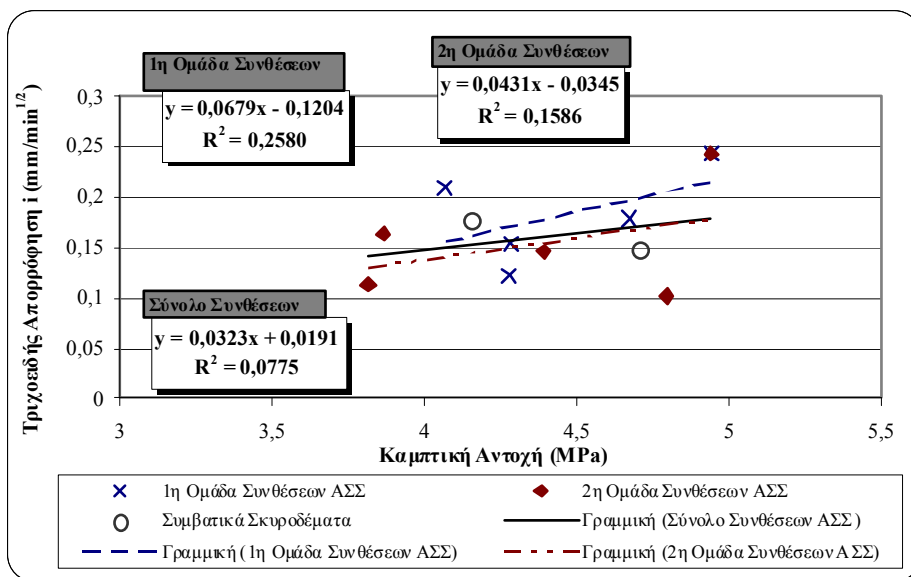
Διάγραμμα 62: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $cx10^{-3}$



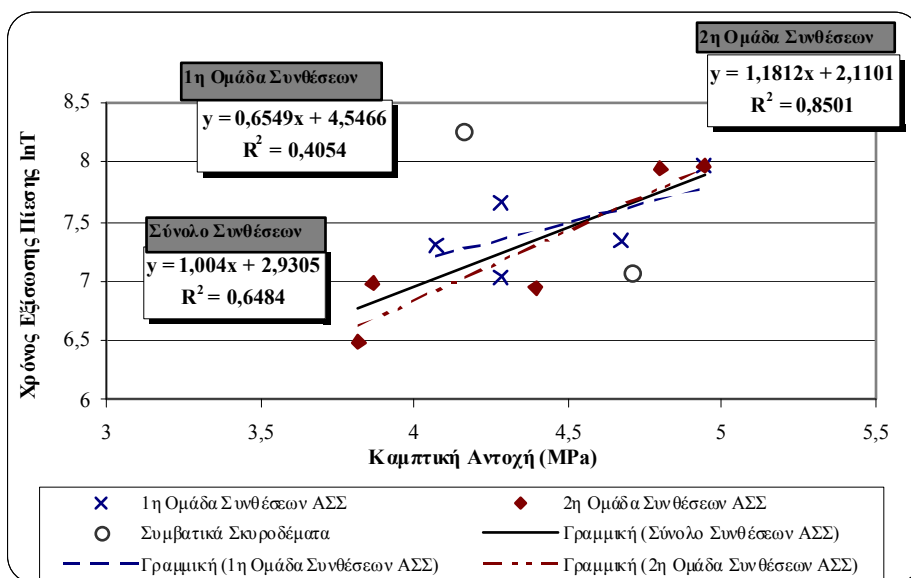
Διάγραμμα 63: Συσχέτιση Εφελκυστικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} \text{ (m}^2/\text{s)}$



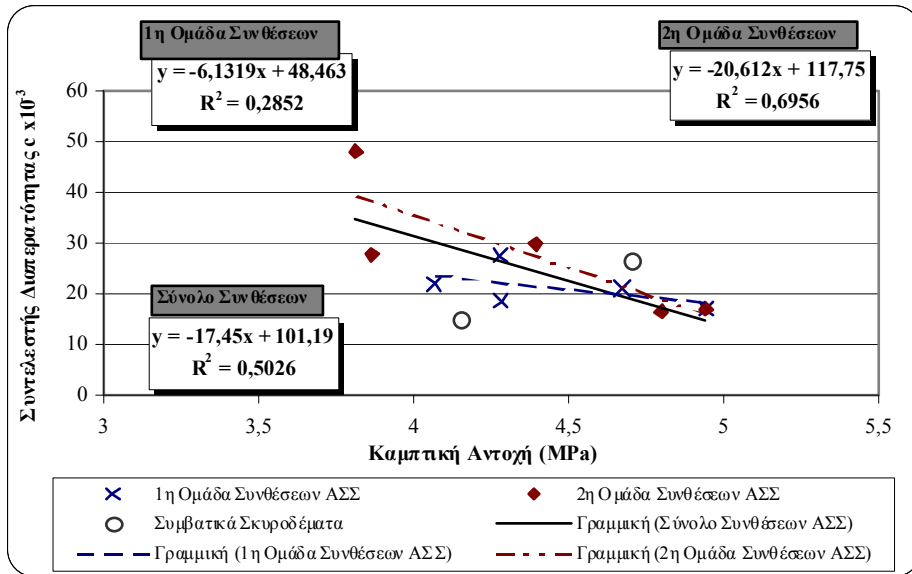
Διάγραμμα 64: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με το Πορώδες (%)



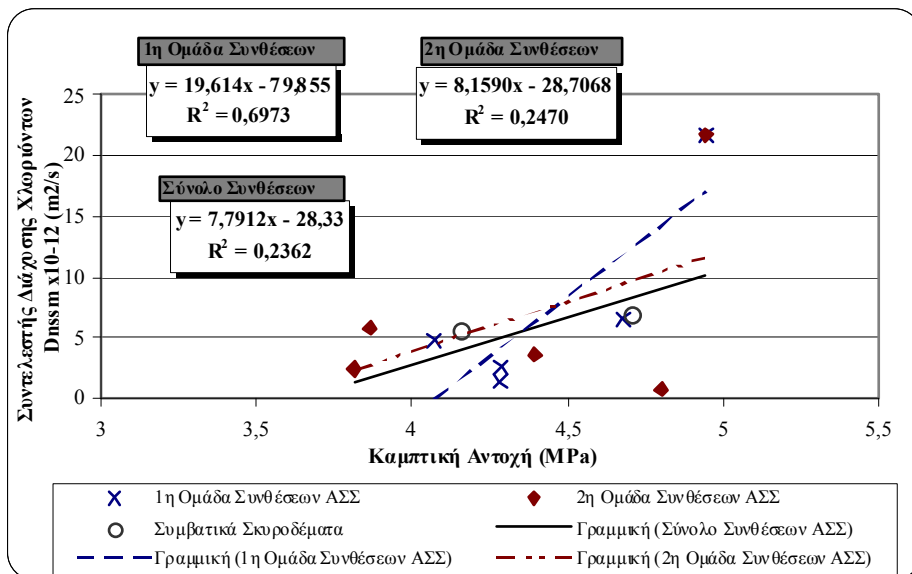
Διάγραμμα 65: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με την Τριγωναίδη Απορρόφηση i (mm/min^{1/2})



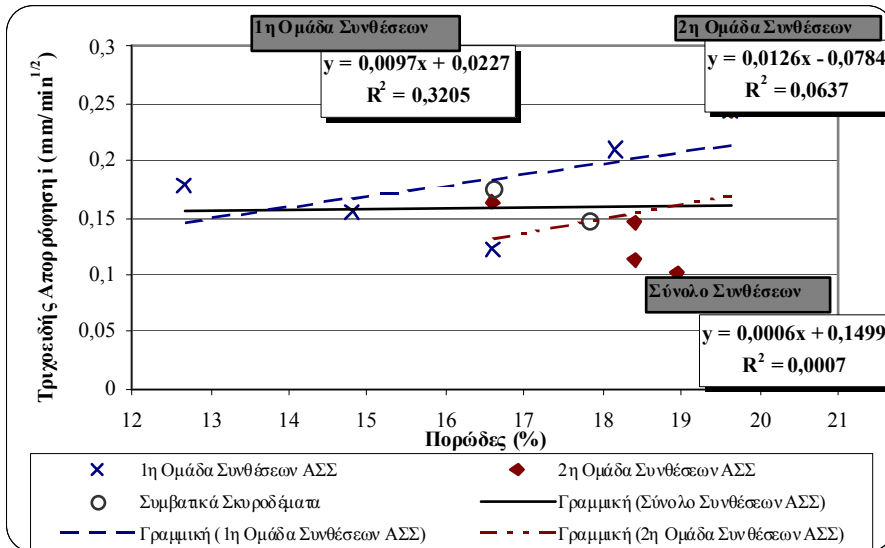
Διάγραμμα 66: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT



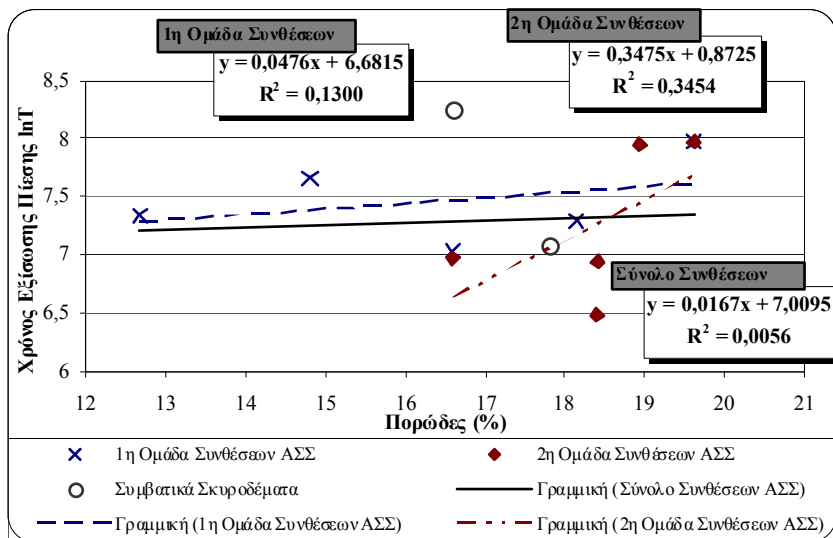
Διάγραμμα 67: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $\epsilon \times 10^{-3}$



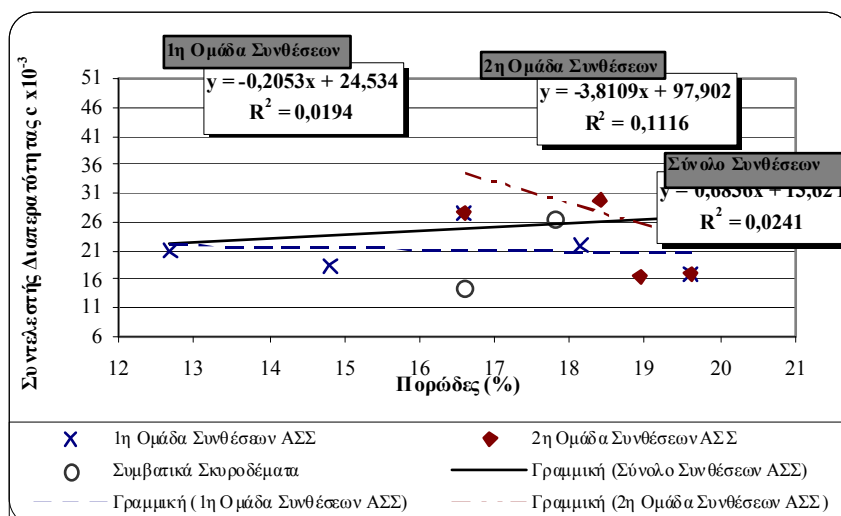
Διάγραμμα 68: Συσχέτιση Καμπτικής Αντοχής (MPa) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} (m^2/s)$



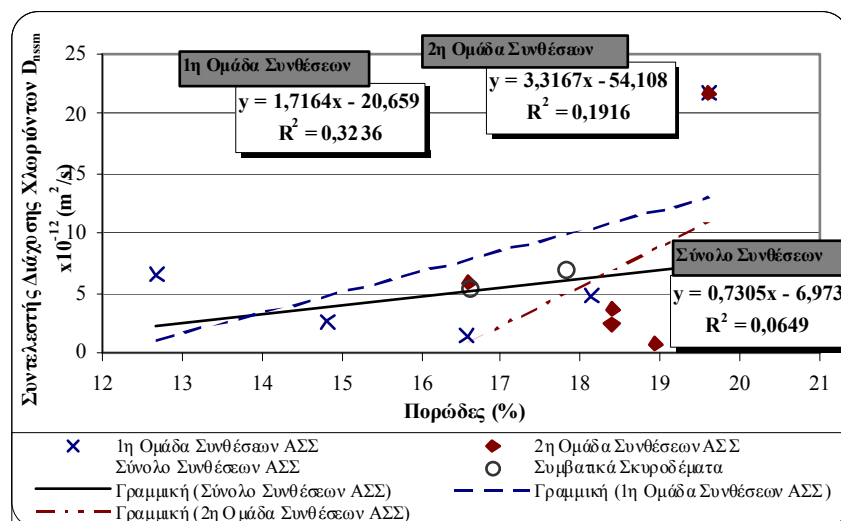
Διάγραμμα 69: Συσχέτιση Πορώδους (%) με την Τριγωνειδή Απορρόφηση i ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$)



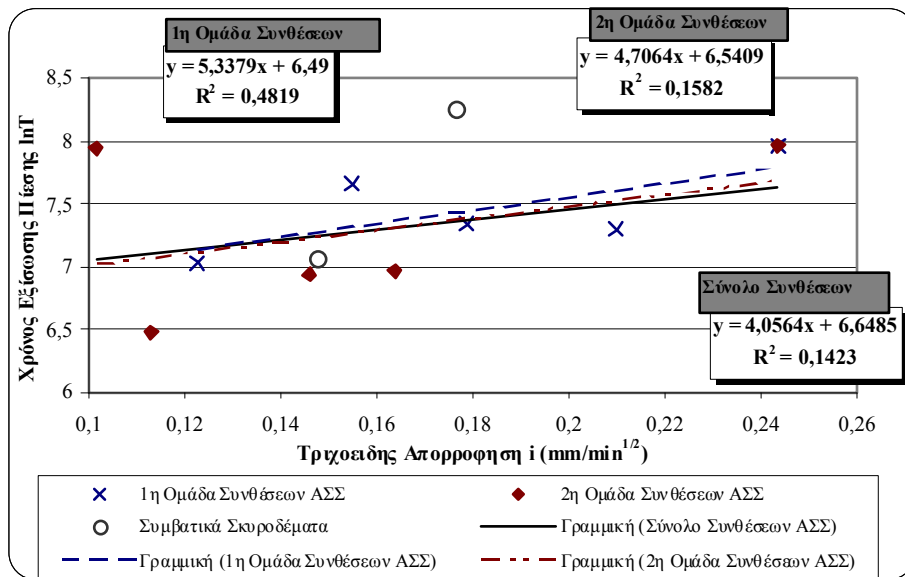
Διάγραμμα 70: Συσχέτιση Πορώδους (%) με το Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$



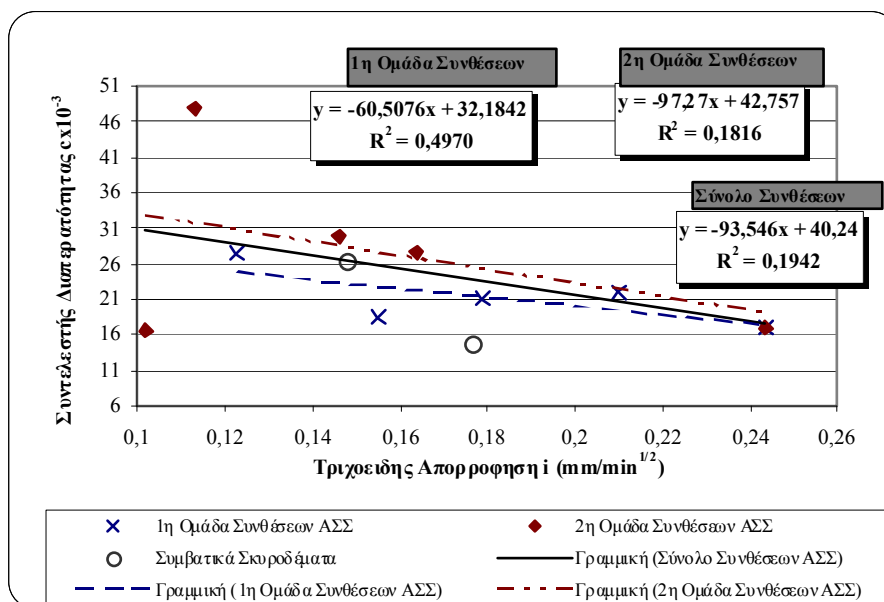
Διάγραμμα 71: Συσχέτιση Πορώδους (%) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$



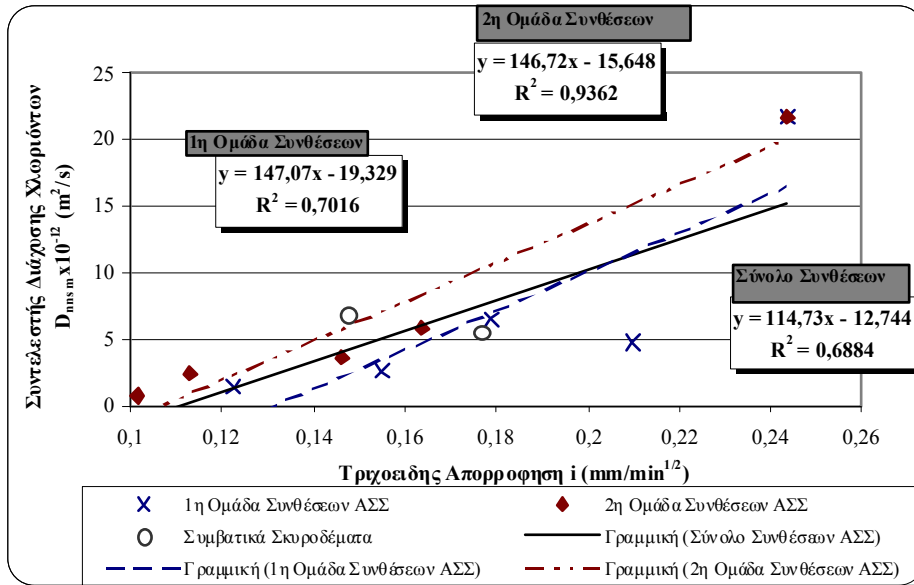
Διάγραμμα 72: Συσχέτιση Πορώδους με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} (m^2/s)$



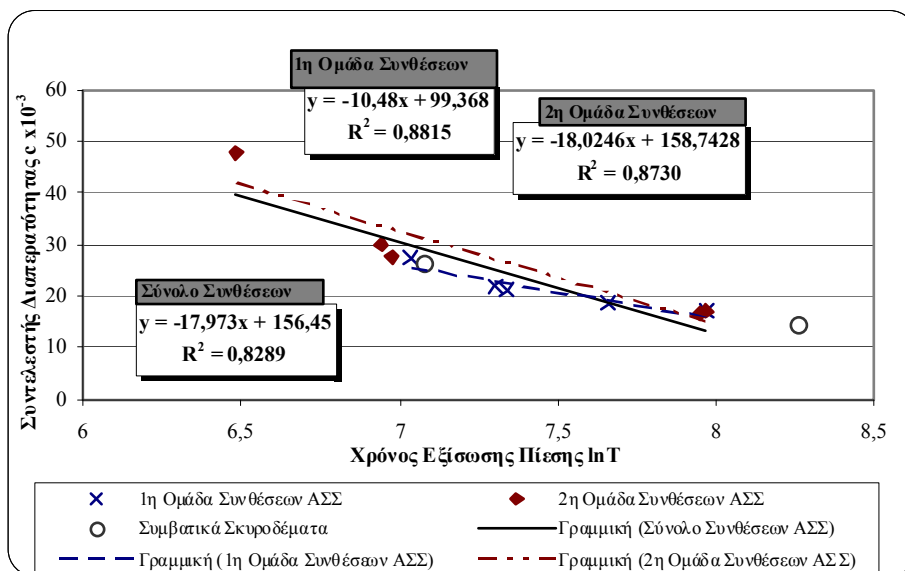
Διάγραμμα 73: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$) με το Χρόνο Εξίσωσης Πίεσης lnT



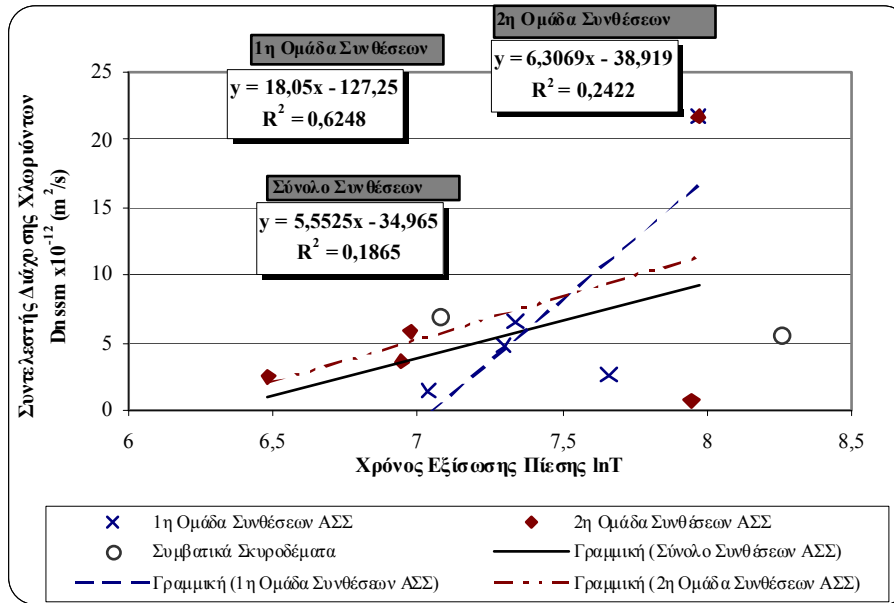
Διάγραμμα 74: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$) με τον Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$



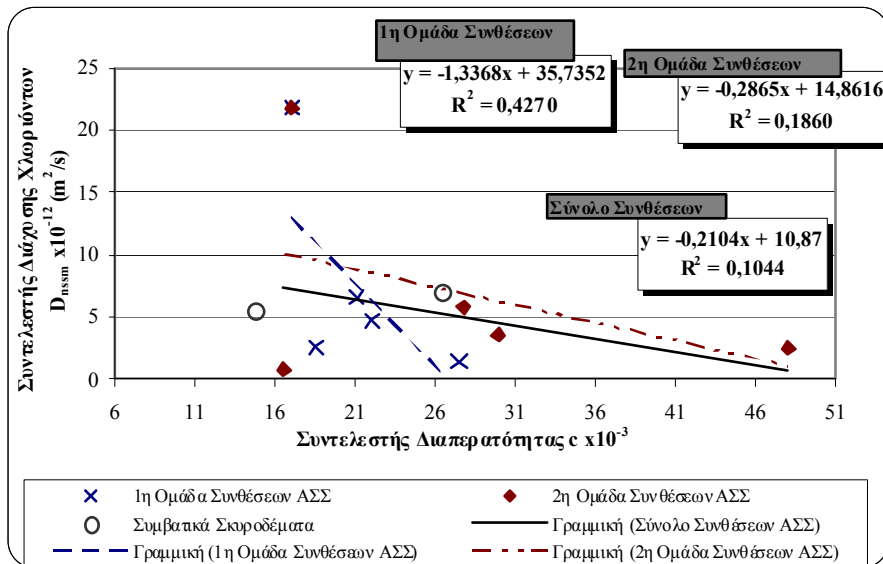
Διάγραμμα 75: Συσχέτιση Τριχοειδούς Απορρόφησης i ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$) με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{\text{nssm}} \times 10^{-12}$ (m^2/s)



Διάγραμμα 76: Συσχέτιση του Χρόνου Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$ με το Συντελεστή Διαπερατότητας $c \times 10^{-3}$



Διάγραμμα 77: Συσχέτιση του Χρόνου Εξίσωσης Πίεσης $\ln T$ με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} (m^2/s)$



Διάγραμμα 78: Συσχέτιση του Συντελεστή Διαπερατότητας $\epsilon \times 10^{-3}$ με τον Συντελεστή Διάχυσης Χλωριόντων $D_{nssm} \times 10^{-12} (m^2/s)$

11.2 Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών

Στο Πίνακα 25 αναγράφεται ο συντελεστής συσχέτισης R^2 όπως αυτός προκύπτει έπειτα από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των συσχετιζόμενων μεγεθών, τόσο ανά ομάδα όσο και στο σύνολο των συνθέσεων ΑΣΣ.

Πίνακας 25: Συντελεστής Συσχέτισης R^2 μεταξύ των μεγεθών f_c , p , i , $\ln T$, c , D_{nssm}

ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΑΗΤΗ													
R^2	% mk/cem	% mk/lp20	f_c	f_t	f_{cf}	p	i	$\ln T$	c	D_{nssm}			
%mk/ cem	1,00		0,87	0,02	0,60	0,09	0,84	0,58	0,61	0,99 ¹⁰			
%mk/ lp20		1,00	0,93	0,29	0,02	0,00	0,92	0,02	0,04	0,99 ¹¹			
f_c			1,00	0,11 0,16 0,08	0,49 0,00 0,00	0,02 0,02 0,15	0,69 0,79 0,71	0,23 0,00 0,01	0,31 0,01 0,05	0,55 0,68 0,42			
f_t				1,00	0,13 0,00 0,02	0,05 0,09 0,12	0,01 0,19 0,11	0,12 0,04 0,02	0,24 0,01 0,09	0,08 0,05 0,00			
f_{cf}					1,00	0,01 0,63 0,00	0,26 0,16 0,08	0,41 0,85 0,65	0,29 0,70 0,50	0,70 0,25 0,24			
p						1,00	0,32 0,06 0,00	0,13 0,35 0,01	0,02 0,11 0,02	0,32 0,19 0,06			
i							1,00	0,48 0,35 0,14	0,50 0,18 0,19	0,70 0,94 0,69			
$\ln T$								1,00	0,88 0,87 0,83	0,62 0,24 0,19			
c									1,00	0,43 0,19 0,10			
D_{nssm}										1,00			

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΑΗΤΗ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

R^2 1ης Ομάδας ΑΣΣ R^2 2ης Ομάδας ΑΣΣ

R^2 Σύνολου Συνθέσεων ΑΣΣ

Παρατηρώντας τον Πίνακα 25 διακρίνουμε μια σχετικά καλή συσχέτιση μεταξύ

- α) του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem με τα μεγέθη f_c , f_{cf} , i , $\ln T$, c και D_{nssm} ¹²
- β) του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 με τα μεγέθη f_c , i και D_{nssm} ¹³
- γ) της θλιπτικής αντοχής f_c με τα μεγέθη i και D_{nssm} τόσο ανά ομάδα σύνθεσης όσο και στο σύνολο των συνθέσεων¹⁴
- δ) της τριχοειδούς απορρόφησης i με τον συντελεστή διάχυσης χλωριόντων D_{nssm} τόσο ανά ομάδα σύνθεσης όσο και στο σύνολο των συνθέσεων με τον συντελεστή. (Ειδικότερα για την 2^η ομάδα συνθέσεων έχουμε $R^2=0.94$)¹⁵

¹⁰ Αυτή η συσχέτιση ακολουθεί εκθετική κατανομή

¹¹ Αυτή η συσχέτιση ακολουθεί εκθετική κατανομή

¹² βλ. και Διάγραμμα 16, Διάγραμμα 23, Διάγραμμα 28, Διάγραμμα 38, Διάγραμμα 39, Διάγραμμα 47

¹³ βλ. και Διάγραμμα 17, Διάγραμμα 30, Διάγραμμα 49

¹⁴ βλ. και Διάγραμμα 54, Διάγραμμα 57

ε) του χρόνου εξίσωσης Πίεσης $\ln T$ με τον συντελεστή διάχυσης χλωριόντων D_{nssm} για τις συνθέσεις της 1^{ης} ομάδας ($R^2=0.62$)¹⁶

ζ) του Συντελεστή Διαπερατότητας c με τον συντελεστή διάχυσης χλωριόντων D_{nssm} για τις συνθέσεις της 1^{ης} ομάδας ($R^2=0.43$)¹⁷

¹⁵ βλ. και Διάγραμμα 75

¹⁶ βλ. και Διάγραμμα 77

¹⁷ βλ. και Διάγραμμα 78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

12.1 Γενικά Συμπεράσματα

Έπειτα από μελέτη των πειραματικών αποτελεσμάτων καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα σε σχέση με την επιρροή του μετακαολίνης στις συνθέσεις ΑΣΣ:

- ✓ Αύξηση της θλιπτικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem (1^η ομάδα) καθώς και με αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 (2^η ομάδα) με την 2^η ομάδα συνθέσεων να επιτυγχάνει μεγαλύτερες τιμές θλιπτικής αντοχής
- ✓ Μεγαλύτερες τιμές της εφελκυστικής αντοχής για αντικατάσταση ποσοστού mk/lp20 από αντικατάσταση ποσοστού mk/cem , χωρίς όμως να έχουμε ιδιαίτερη διαφοροποίηση από το μάρτυρα (τιμές ~ ±10-15%)
- ✓ Μείωση της καμπτικής αντοχής με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem
- ✓ Μείωση της τριχοειδούς απορρόφησης με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem (1^η ομάδα) καθώς και με αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 (2^η ομάδα) με την 2^η ομάδα συνθέσεων να παρουσιάζει μικρότερες τιμές τριχοειδούς απορρόφησης.
- ✓ Μείωση του πορώδους με την προσθήκη μετακαολίνης στα μίγματα
- ✓ Μείωση του χρόνου εξίσωσης πίεσης $\ln T$ με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem.
- ✓ Αύξηση του συντελεστή διαπερατότητας c με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem
- ✓ Μείωση του συντελεστή διάχυσης χλωριόντων D_{nssm} με την αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/cem (1^η ομάδα) καθώς και με αύξηση του ποσοστού αντικατάστασης mk/lp20 (2^η ομάδα) με την 2^η ομάδα συνθέσεων να επιτυγχάνει καλύτερα αποτελέσματα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Παύλου Δ., (2010), «Χαρακτηριστικά ρεολογίας και ανθεκτικότητας αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος », Μεταπτυχιακή εργασία, Σχολή Πολιτικών μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής ΕΜΠ, Αθήνα.
- [2] Παύλου Δ., (2008). «Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα», Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής ΕΜΠ, Αθήνα.
- [3] Διαμαντώνης Ν., (2008), «Ιδιότητες Πάστας Τσιμέντου σε Αυτοσυμπυκνούμενο Σκυρόδεμα», Διπλωματική εργασία, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Χημικών Επιστημών, ΕΜΠ, Αθήνα
- [4] Μπαγλατζή Σ., (2010), «Ανθεκτικότητα Αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος – Διείσδυση χλωριόντων», Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής ΕΜΠ, Αθήνα.
- [5] Σφήκας Ι., (2007), «Τεχνολογία Αυτοσυμπυκνούμενου Σκυροδέματος», Μεταπτυχιακή εργασία, Σχολή Πολιτικών μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, ΕΜΠ, Αθήνα.
- [6] Μπαδογιάννης Ε.,(2002), «Αξιοποίηση καολινών στην τεχνολογία σκυροδέματος», Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα
- [7] Güneyisi E., Gesoglu M., Karaoglu S., Mermerdas K., (2012), «Strength, permeability and shrinkage cracking of silica fume and metakaolin concretes» , Construction and Building Materials, Τουρκία, vol. 34, pp. 120-130
- [8] Hassan A., Lachemi M., Hossain K., (2010), «Effect of Metakaolin on the Rheology of Self-Consolidating Concrete», Design, Production and Placement of Self-Consolidating Concrete, Καναδάς, RILEM Bookseries 1, pp. 103-112.
- [9] Zhu W., Bartos P., (2003), «Permeation properties of self-compacting concrete», Cement and Concrete Research, Σκωτία, vol. 33, pp. 921-926
- [10] Madandoust R., Mousavo Y., (2012), «Fresh and hardened properties of self – compacting concrete containing metakaolin», Construction and Building Materials, Ιράν, vol. 35, pp. 752-760
- [11] Vejmelkova E., Keppert M., Grzeszczyk S., Skalinski B., Cerny R., (2010), «Properties of self-compacting concrete mixtures containing metakaolin and blast furnace slag», Construction and Building Materials, Τσεχία, vol. 25, pp. 1325-1331
- [12] Uysal M., Summer M., (2011), «Performance of self-compacting concrete containing different mineral admixtures», Construction and Building Materials, Τουρκία, vol. 25, pp. 4112-4120
- [13] Hassan A., Lachemi M., Hossain K., (2012), «Effect of metakaolin and silica fume on the durability of self-consolidating concrete», Cement & Concrete Composites, Καναδάς

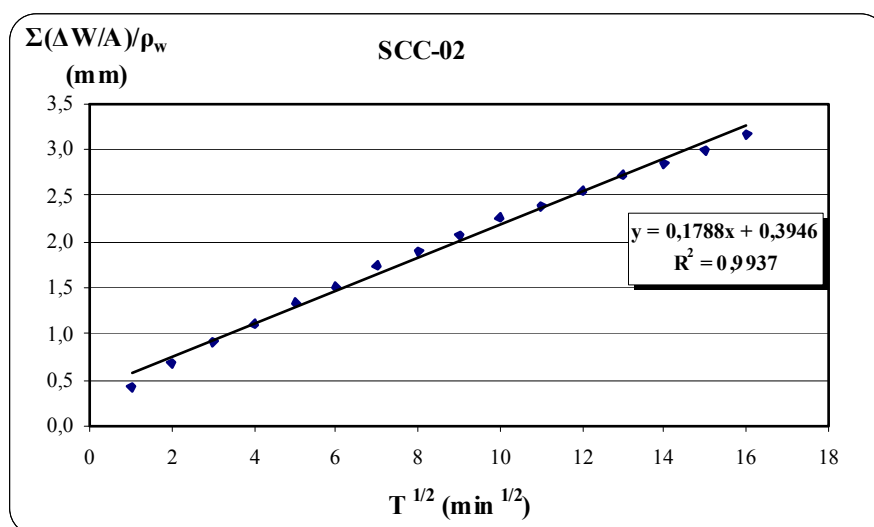
- [14] Güneyisi E., Gesoglu M., Mermerdas K., (2008), «Improving strength, drying shrinkage, and pore structure of concrete using metakaolin», *Materials and Structures*, Τουρκία, vol. 41, pp. 937-949
- [15] «Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος – 1997»
(<http://www.teicrete.gr/chemistry/matlab/kts/arthro12.htm>)
- [16] EFNARC (European Federation of Specialist Construction Chemicals and concrete Systems) (2005) «A.4.2 Classification used in the specification of SCC»
- [17] Daczko, J. A., and Kurtz, M. A., 2001, “Development of High-Volume Coarse Aggregate Self-Compacting Concrete,” *Proceedings of the Second International Symposium on SCC*, Oct. 23-25, Tokyo, Japan
- [18] British Standard BSi (2000), «Testing Hardened concrete – Part 5: Flexural strength of test specimens»
- [19] GWT – 4000 (Germann Water permeation Test) Germann Instruments AS (1999)
- [20] Nordtest Method NT Build 492 (1999) «Concrete, Mortar and Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments»

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1: Πίνακες και Διαγράμματα που αφορούν στη δοκιμή της Τριχοειδούς Απορρόφησης

Πίνακας 26: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 02

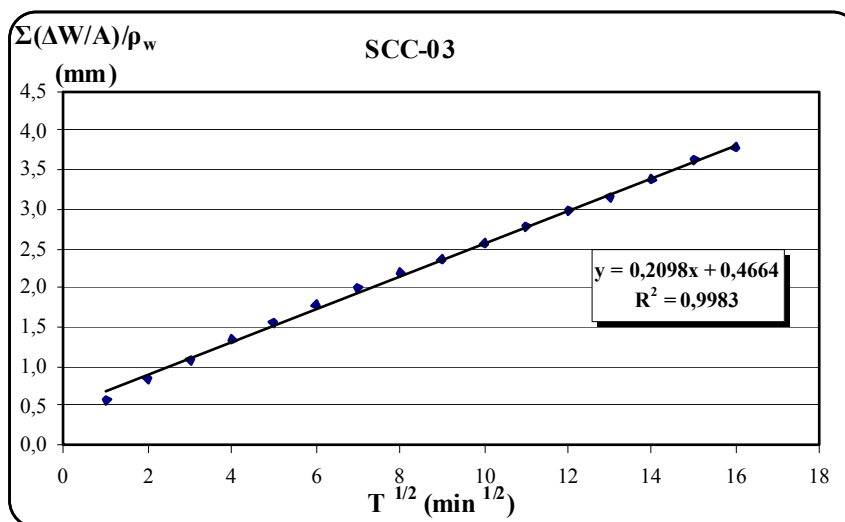
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-02				
	ΑΤΗ				
	Σ161				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	$T^{1/2}$ (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	$\Sigma(\Delta W/A)/\rho_w$ (m)
0	0:00	0	0	2173,6	
1	0:01	1	1	2177,9	0,43
2	0:04	4	2	2180,4	0,68
3	0:09	9	3	2182,8	0,92
4	0:16	16	4	2184,7	1,11
5	0:25	25	5	2187,0	1,34
6	0:36	36	6	2188,6	1,50
7	0:49	49	7	2191,0	1,74
8	1:04	64	8	2192,5	1,89
9	1:21	81	9	2194,3	2,07
10	1:40	100	10	2196,1	2,25
11	2:01	121	11	2197,4	2,38
12	2:24	144	12	2199,1	2,55
13	2:49	169	13	2200,8	2,72
14	3:16	196	14	2202,1	2,85
15	3:45	225	15	2203,5	2,99
16	4:16	256	16	2205,3	3,17



Διάγραμμα 79: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 02

Πίνακας 27: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 03

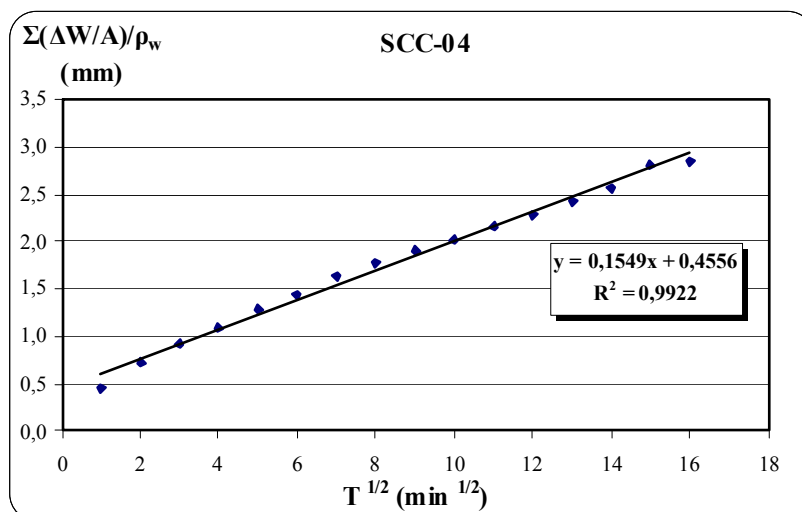
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-03				
	ΑΤΗ				
	Σ164				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (m)
0	0:00	0	0	2160,3	
1	0:01	1	1	2166,1	0,58
2	0:04	4	2	2168,7	0,84
3	0:09	9	3	2171,2	1,09
4	0:16	16	4	2173,7	1,34
5	0:25	25	5	2175,8	1,55
6	0:36	36	6	2178,1	1,78
7	0:49	49	7	2180,2	1,99
8	1:04	64	8	2182,1	2,18
9	1:21	81	9	2183,8	2,35
10	1:40	100	10	2185,9	2,56
11	2:01	121	11	2188,0	2,77
12	2:24	144	12	2190,1	2,98
13	2:49	169	13	2191,9	3,16
14	3:16	196	14	2194,0	3,37
15	3:45	225	15	2196,5	3,63
16	4:16	256	16	2198,1	3,79



Διάγραμμα 80: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 03

Πίνακας 28: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 04

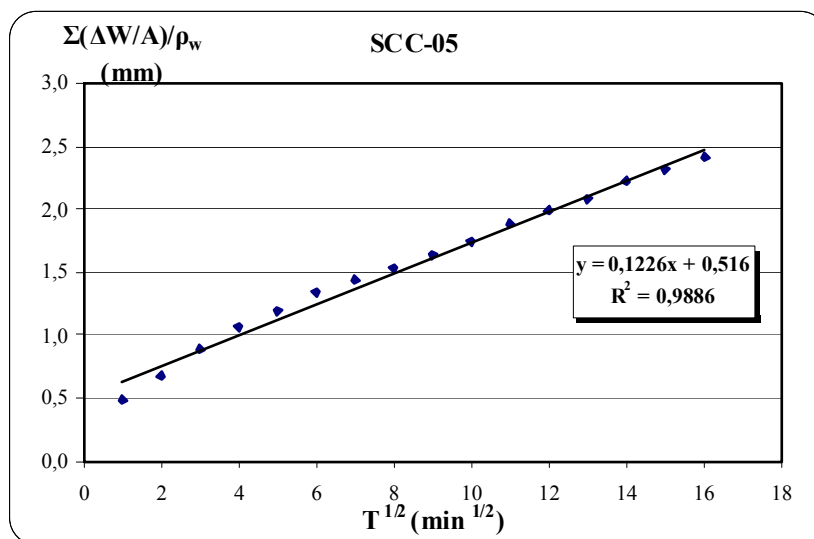
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-04				
	ΑΤΗ				
	Σ163				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (m)
0	0:00	0	0	2200,1	
1	0:01	1	1	2204,6	0,45
2	0:04	4	2	2207,3	0,72
3	0:09	9	3	2209,3	0,92
4	0:16	16	4	2211,0	1,09
5	0:25	25	5	2213,0	1,29
6	0:36	36	6	2214,5	1,44
7	0:49	49	7	2216,4	1,63
8	1:04	64	8	2217,8	1,77
9	1:21	81	9	2219,1	1,90
10	1:40	100	10	2220,2	2,01
11	2:01	121	11	2221,6	2,15
12	2:24	144	12	2223,0	2,29
13	2:49	169	13	2224,4	2,43
14	3:16	196	14	2225,8	2,57
15	3:45	225	15	2228,2	2,81
16	4:16	256	16	2228,6	2,85



Διάγραμμα 81: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, $T^{1/2}$, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 04

Πίνακας 29: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 05

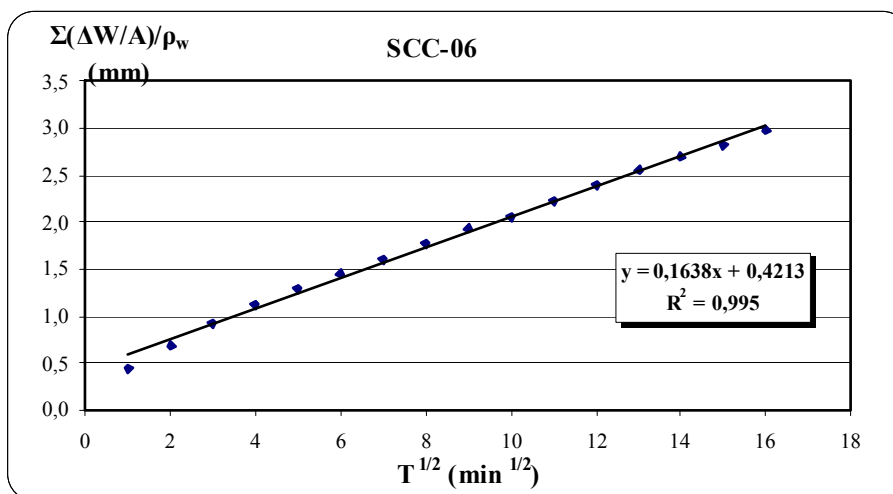
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-05				
	ATH				
	Σ165				
A/A ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (m)
0	0:00	0	0	2172,7	
1	0:01	1	1	2177,6	0,49
2	0:04	4	2	2179,4	0,67
3	0:09	9	3	2181,6	0,89
4	0:16	16	4	2183,4	1,07
5	0:25	25	5	2184,6	1,19
6	0:36	36	6	2186,1	1,34
7	0:49	49	7	2187,1	1,44
8	1:04	64	8	2188,0	1,53
9	1:21	81	9	2189,1	1,64
10	1:40	100	10	2190,1	1,74
11	2:01	121	11	2191,5	1,88
12	2:24	144	12	2192,6	1,99
13	2:49	169	13	2193,5	2,08
14	3:16	196	14	2194,9	2,22
15	3:45	225	15	2195,9	2,32
16	4:16	256	16	2196,8	2,41



Διάγραμμα 82: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 05

Πίνακας 30: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 06

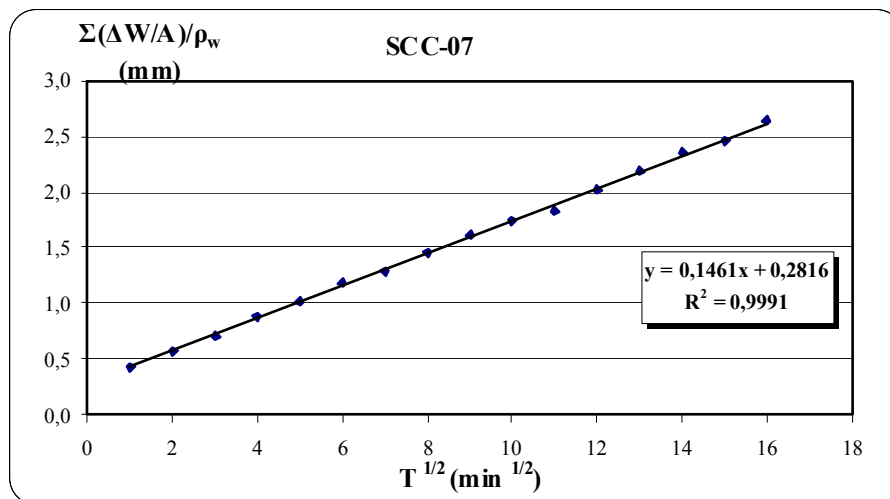
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-06				
	ΑΤΗ				
	Σ166				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2173,8	
1	0:01	1	1	2178,2	0,44
2	0:04	4	2	2180,7	0,69
3	0:09	9	3	2183,0	0,92
4	0:16	16	4	2185,1	1,13
5	0:25	25	5	2186,8	1,30
6	0:36	36	6	2188,3	1,45
7	0:49	49	7	2189,9	1,61
8	1:04	64	8	2191,5	1,77
9	1:21	81	9	2193,1	1,93
10	1:40	100	10	2194,4	2,06
11	2:01	121	11	2196,1	2,23
12	2:24	144	12	2197,8	2,40
13	2:49	169	13	2199,4	2,56
14	3:16	196	14	2200,7	2,69
15	3:45	225	15	2202,0	2,82
16	4:16	256	16	2203,6	2,98



Διάγραμμα 83: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 06

Πίνακας 31: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 07

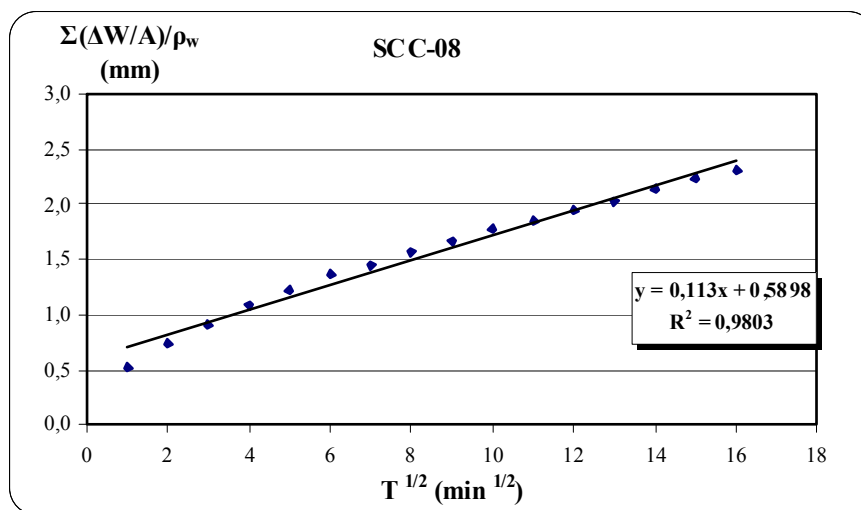
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-07				
	ΑΤΗ				
	Σ168				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2196,0	
1	0:01	1	1	2200,3	0,43
2	0:04	4	2	2201,8	0,58
3	0:09	9	3	2203,0	0,70
4	0:16	16	4	2204,8	0,88
5	0:25	25	5	2206,1	1,01
6	0:36	36	6	2207,8	1,18
7	0:49	49	7	2208,9	1,29
8	1:04	64	8	2210,5	1,45
9	1:21	81	9	2212,1	1,61
10	1:40	100	10	2213,4	1,74
11	2:01	121	11	2214,3	1,83
12	2:24	144	12	2216,1	2,01
13	2:49	169	13	2217,8	2,18
14	3:16	196	14	2219,5	2,35
15	3:45	225	15	2220,6	2,46
16	4:16	256	16	2222,4	2,64



Διάγραμμα 84: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 07

Πίνακας 32: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 08

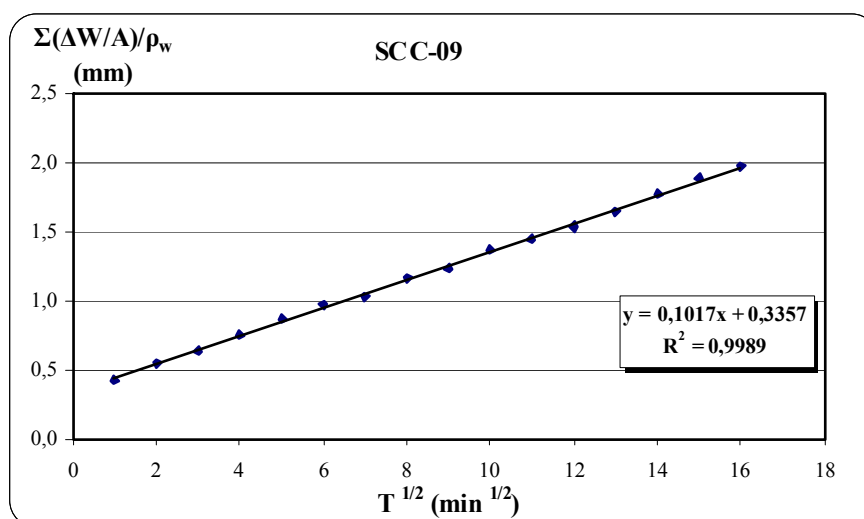
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-08				
	ΑΤΗ				
	Σ167				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2166,80	
1	0:01	1	1	2172,00	0,52
2	0:04	4	2	2174,10	0,73
3	0:09	9	3	2175,90	0,91
4	0:16	16	4	2177,70	1,09
5	0:25	25	5	2179,00	1,22
6	0:36	36	6	2180,40	1,36
7	0:49	49	7	2181,30	1,45
8	1:04	64	8	2182,50	1,57
9	1:21	81	9	2183,40	1,66
10	1:40	100	10	2184,50	1,77
11	2:01	121	11	2185,30	1,85
12	2:24	144	12	2186,20	1,94
13	2:49	169	13	2187,10	2,03
14	3:16	196	14	2188,20	2,14
15	3:45	225	15	2189,10	2,23
16	4:16	256	16	2189,80	2,30



Διάγραμμα 85: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 08

Πίνακας 33: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση SCC - 09

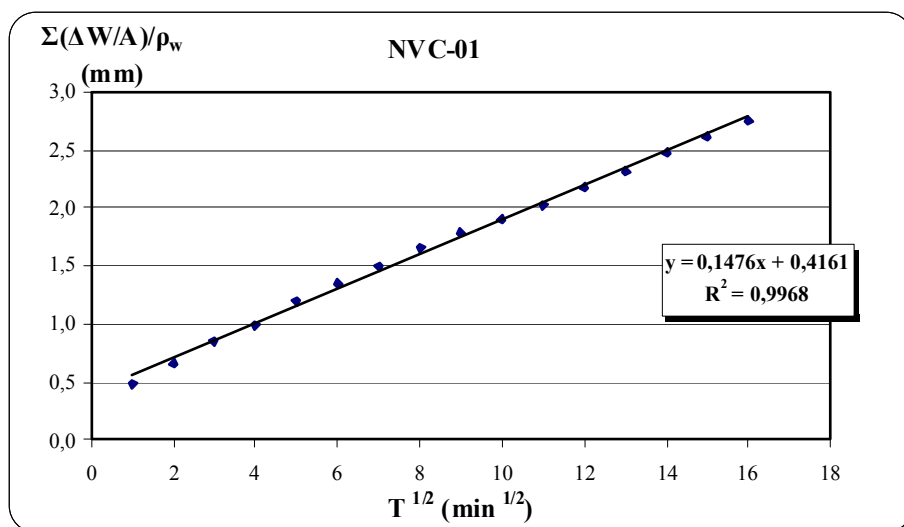
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	SCC-09				
	ΑΤΗ				
	Σ169				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2143,7	
1	0:01	1	1	2147,9	0,42
2	0:04	4	2	2149,2	0,55
3	0:09	9	3	2150,0	0,63
4	0:16	16	4	2151,2	0,75
5	0:25	25	5	2152,3	0,86
6	0:36	36	6	2153,4	0,97
7	0:49	49	7	2154,0	1,03
8	1:04	64	8	2155,3	1,16
9	1:21	81	9	2156,0	1,23
10	1:40	100	10	2157,3	1,36
11	2:01	121	11	2158,1	1,44
12	2:24	144	12	2159,0	1,53
13	2:49	169	13	2160,1	1,64
14	3:16	196	14	2161,3	1,76
15	3:45	225	15	2162,5	1,88
16	4:16	256	16	2163,4	1,97



Διάγραμμα 86: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση SCC - 09

Πίνακας 34: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση NVC – 01

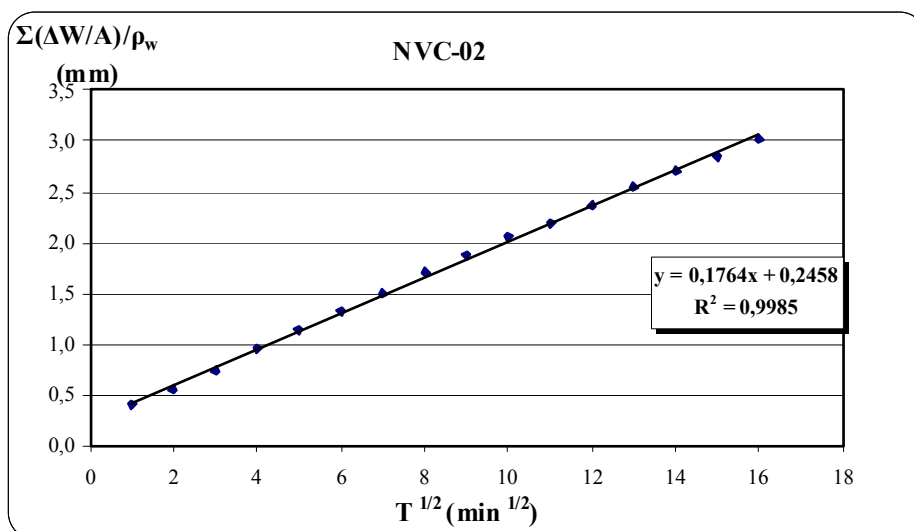
ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	NVC-01				
	ΑΤΗ				
	Σ171				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2206,30	
1	0:01	1	1	2211,2	0,49
2	0:04	4	2	2212,9	0,66
3	0:09	9	3	2214,8	0,85
4	0:16	16	4	2216,2	0,99
5	0:25	25	5	2218,3	1,20
6	0:36	36	6	2219,8	1,35
7	0:49	49	7	2221,3	1,50
8	1:04	64	8	2222,9	1,66
9	1:21	81	9	2224,1	1,78
10	1:40	100	10	2225,3	1,90
11	2:01	121	11	2226,5	2,02
12	2:24	144	12	2228,0	2,17
13	2:49	169	13	2229,4	2,31
14	3:16	196	14	2231,0	2,47
15	3:45	225	15	2232,4	2,61
16	4:16	256	16	2233,7	2,74



Διάγραμμα 87: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση NVC – 01

Πίνακας 35: Ενδεικτική Τεχνική αναφορά δοκιμής τριχοειδούς απορρόφησης, για τη σύνθεση NVC – 02

ΤΡΙΧΟΕΙΔΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	NVC-02				
	ΑΤΗ				
	Σ172				
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (h)	T (min)	T ^{1/2} (min ^{1/2})	ΒΑΡΟΣ W (gr)	Σ(ΔW/A)/ρ _w (mm)
0	0:00	0	0	2180,6	
1	0:01	1	1	2184,6	0,40
2	0:04	4	2	2186,1	0,55
3	0:09	9	3	2187,9	0,73
4	0:16	16	4	2190,2	0,96
5	0:25	25	5	2192,0	1,14
6	0:36	36	6	2193,9	1,33
7	0:49	49	7	2195,5	1,49
8	1:04	64	8	2197,6	1,70
9	1:21	81	9	2199,3	1,87
10	1:40	100	10	2201,2	2,06
11	2:01	121	11	2202,5	2,19
12	2:24	144	12	2204,2	2,36
13	2:49	169	13	2206,0	2,54
14	3:16	196	14	2207,6	2,70
15	3:45	225	15	2209,1	2,85
16	4:16	256	16	2210,8	3,02

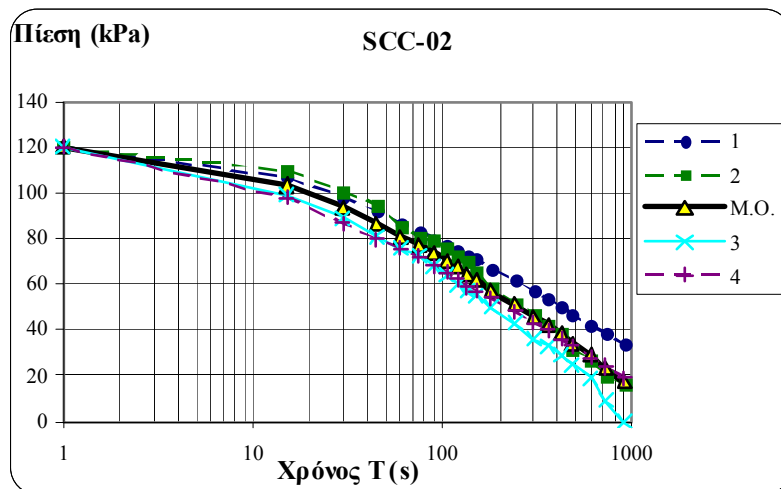


Διάγραμμα 88: Διάγραμμα προσρόφησης νερού σε συνάρτηση τη ρίζα του χρόνου, T^{1/2}, από την επαφή του δοκιμίου με το νερό, για τη σύνθεση NVC – 02

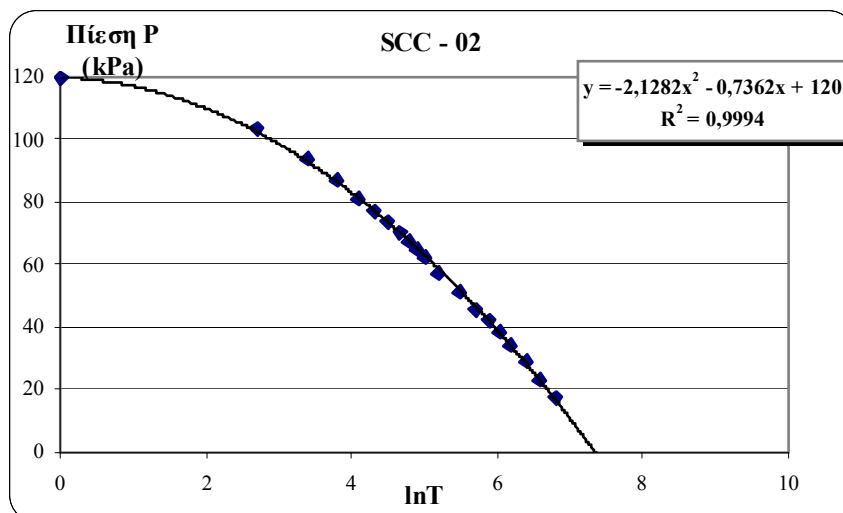
Π2: Πίνακες και Διαγράμματα που αφορούν στη δοκιμή της Υδατοπερατότητας

Πίνακας 36: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 02

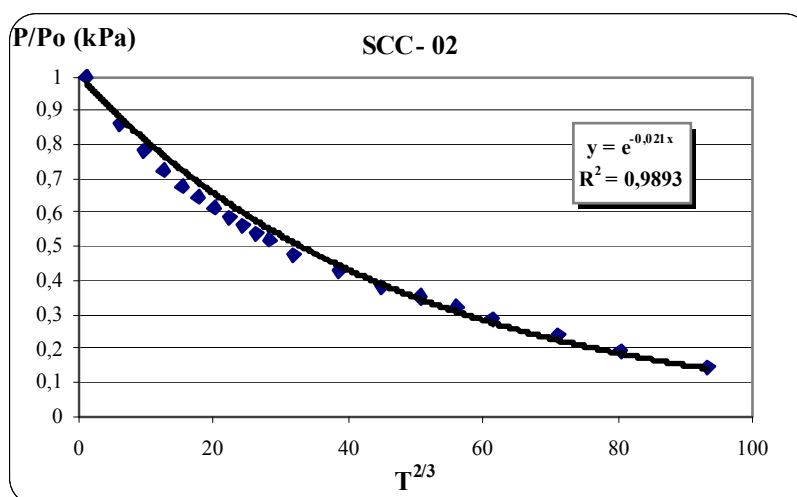
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-02 (Σ163)									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	28/6/2012									
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ									
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)					lnT	T ^{2/3}	P/P ₀	
		1	2	3	4	M.O.				
1	1	120	120	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00	
2	15	107	110	99	98	103,5	2,71	6,08	0,86	
3	30	98	101	89	87	93,8	3,40	9,65	0,78	
4	45	92	95	81	80	87,0	3,81	12,65	0,73	
5	60	87	85	76	76	81,0	4,09	15,33	0,68	
6	75	83	81	73	72	77,3	4,32	17,78	0,64	
7	90	80	79	68	68	73,8	4,50	20,08	0,61	
8	105	77	76	64	65	70,5	4,65	22,26	0,59	
9	120	75	73	60	62	67,5	4,79	24,33	0,56	
10	135	73	70	57	59	64,8	4,91	26,32	0,54	
11	150	71	66	55	57	62,3	5,01	28,23	0,52	
12	180	67	58	50	54	57,3	5,19	31,88	0,48	
13	240	62	52	43	48	51,3	5,48	38,62	0,43	
14	300	57	47	36	43	45,8	5,70	44,81	0,38	
15	360	54	42	33	40	42,3	5,89	50,61	0,35	
16	420	50	39	29	36	38,5	6,04	56,08	0,32	
17	480	47	32	25	33	34,3	6,17	61,30	0,29	
18	600	42	27	19	28	29,0	6,40	71,14	0,24	
19	720	39	20	9	24	23,0	6,58	80,33	0,19	
20	900	34	16	0	19	17,3	6,80	93,22	0,14	



Διάγραμμα 89: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 02



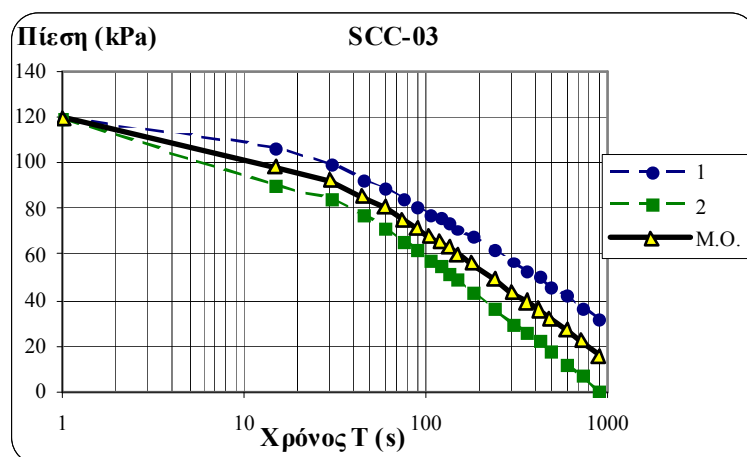
Διάγραμμα 90: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC - 02



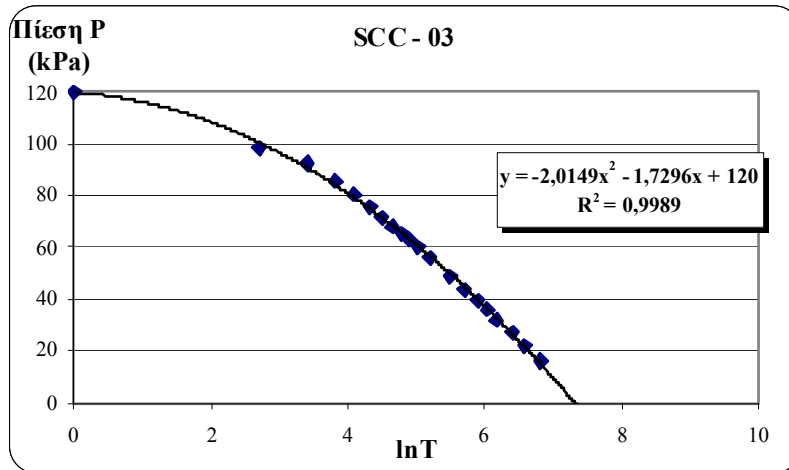
Διάγραμμα 91: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC - 02

Πίνακας 37: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 03

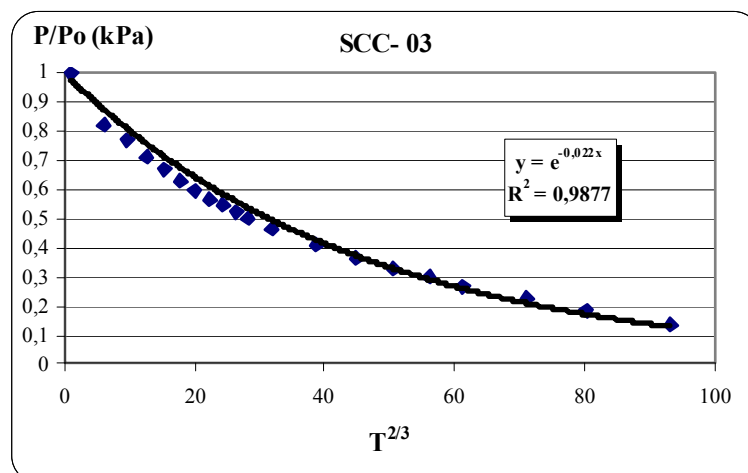
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-03 (Σ164)					lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	28/6/2012							
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ							
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)						
		1	2	M.O.				
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00	
2	15	107	90	98,5	2,71	6,08	0,82	
3	30	100	85	92,5	3,40	9,65	0,77	
4	45	93	78	85,5	3,81	12,65	0,71	
5	60	89	72	80,5	4,09	15,33	0,67	
6	75	85	66	75,5	4,32	17,78	0,63	
7	90	81	62	71,5	4,50	20,08	0,60	
8	105	78	58	68,0	4,65	22,26	0,57	
9	120	76	55	65,5	4,79	24,33	0,55	
10	135	74	52	63,0	4,91	26,32	0,53	
11	150	71	49	60,0	5,01	28,23	0,50	
12	180	68	44	56,0	5,19	31,88	0,47	
13	240	62	36	49,0	5,48	38,62	0,41	
14	300	57	30	43,5	5,70	44,81	0,36	
15	360	53	26	39,5	5,89	50,61	0,33	
16	420	50	22	36,0	6,04	56,08	0,30	
17	480	46	18	32,0	6,17	61,30	0,27	
18	600	42	12	27,0	6,40	71,14	0,23	
19	720	37	7	22,0	6,58	80,33	0,18	
20	900	32	0	16,0	6,80	93,22	0,13	



Διάγραμμα 92: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 03



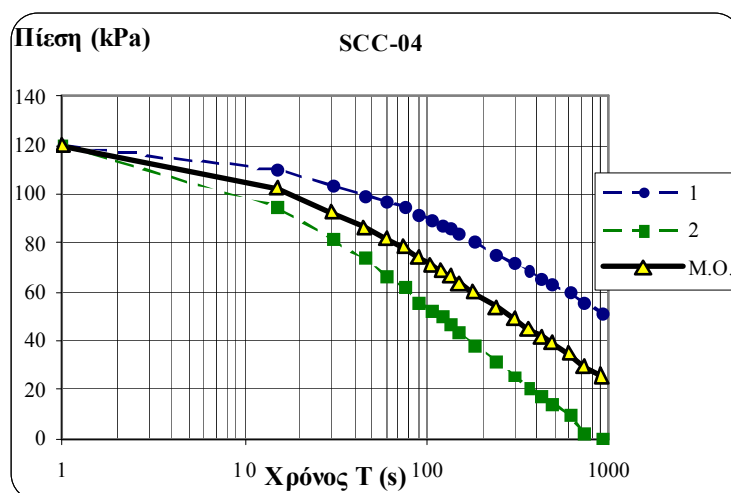
Διάγραμμα 93: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 03



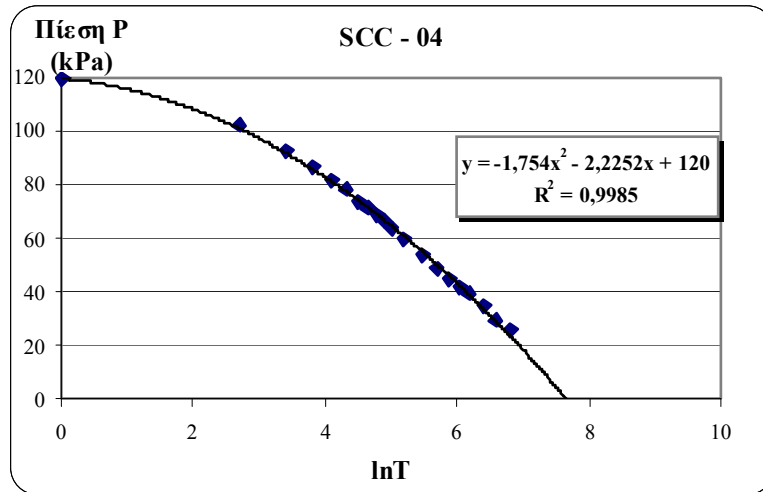
Διάγραμμα 94: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 03

Πίνακας 38: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 04

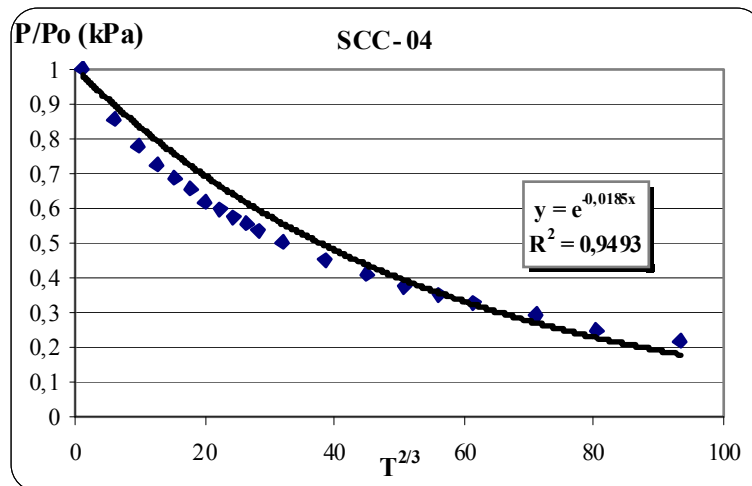
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-04 (Σ161)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	14/6/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	110	95	102,5	2,71	6,08	0,85
3	30	104	82	93,0	3,40	9,65	0,78
4	45	100	74	87,0	3,81	12,65	0,73
5	60	97	67	82,0	4,09	15,33	0,68
6	75	95	62	78,5	4,32	17,78	0,65
7	90	92	56	74,0	4,50	20,08	0,62
8	105	90	53	71,5	4,65	22,26	0,60
9	120	88	50	69,0	4,79	24,33	0,58
10	135	86	47	66,5	4,91	26,32	0,55
11	150	84	44	64,0	5,01	28,23	0,53
12	180	81	39	60,0	5,19	31,88	0,50
13	240	76	32	54,0	5,48	38,62	0,45
14	300	72	26	49,0	5,70	44,81	0,41
15	360	69	21	45,0	5,89	50,61	0,38
16	420	66	18	42,0	6,04	56,08	0,35
17	480	64	15	39,5	6,17	61,30	0,33
18	600	60	10	35,0	6,40	71,14	0,29
19	720	56	3	29,5	6,58	80,33	0,25
20	900	52	0	26,0	6,80	93,22	0,22



Διάγραμμα 95: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 04



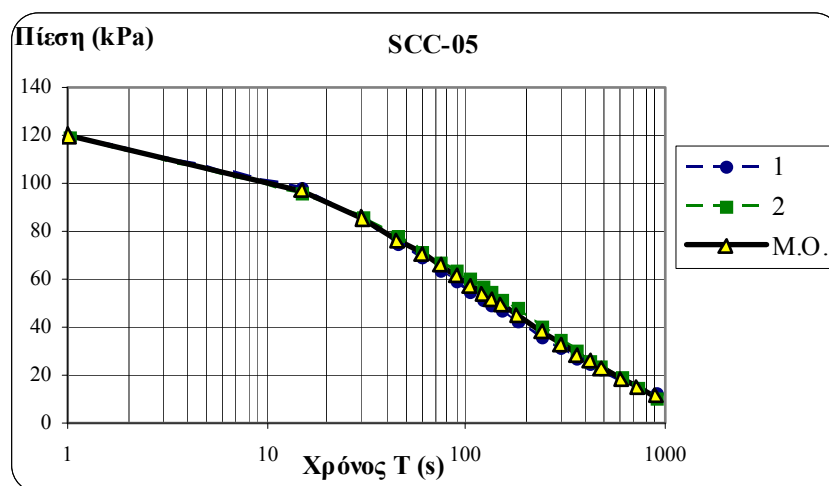
Διάγραμμα 96: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC - 04



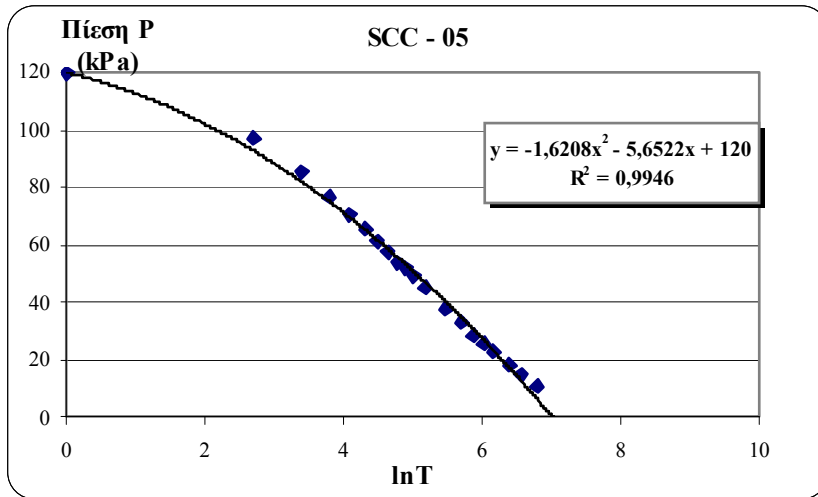
Διάγραμμα 97: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC - 04

Πίνακας 39: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 05

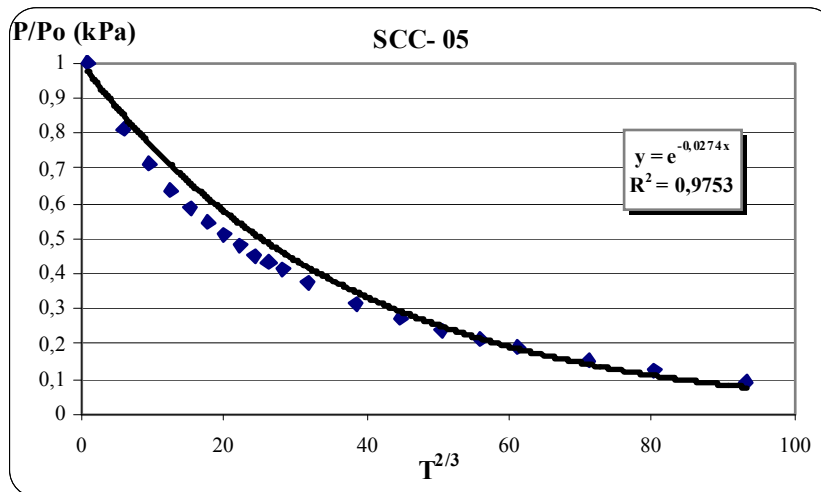
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-05 (Σ165)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	28/6/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	98	96	97,0	2,71	6,08	0,81
3	30	85	86	85,5	3,40	9,65	0,71
4	45	75	78	76,5	3,81	12,65	0,64
5	60	69	72	70,5	4,09	15,33	0,59
6	75	64	67	65,5	4,32	17,78	0,55
7	90	59	64	61,5	4,50	20,08	0,51
8	105	55	60	57,5	4,65	22,26	0,48
9	120	51	57	54,0	4,79	24,33	0,45
10	135	49	55	52,0	4,91	26,32	0,43
11	150	47	52	49,5	5,01	28,23	0,41
12	180	42	48	45,0	5,19	31,88	0,38
13	240	36	40	38,0	5,48	38,62	0,32
14	300	31	35	33,0	5,70	44,81	0,28
15	360	27	30	28,5	5,89	50,61	0,24
16	420	25	26	25,5	6,04	56,08	0,21
17	480	22	24	23,0	6,17	61,30	0,19
18	600	18	19	18,5	6,40	71,14	0,15
19	720	15	15	15,0	6,58	80,33	0,13
20	900	12	10	11,0	6,80	93,22	0,09



Διάγραμμα 98: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 05



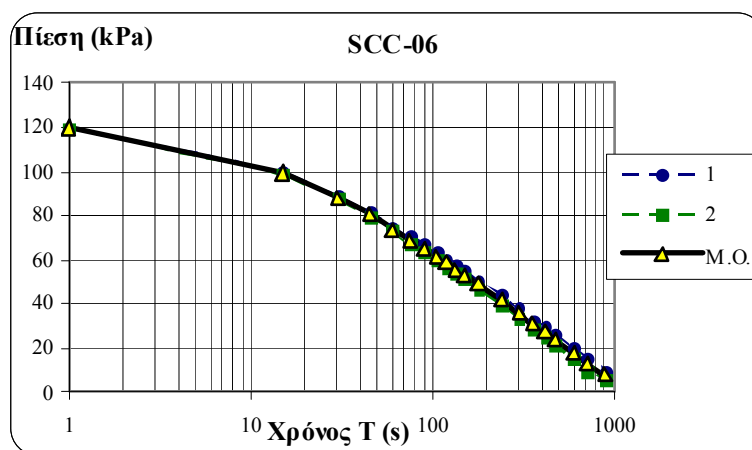
Διάγραμμα 99: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC - 05



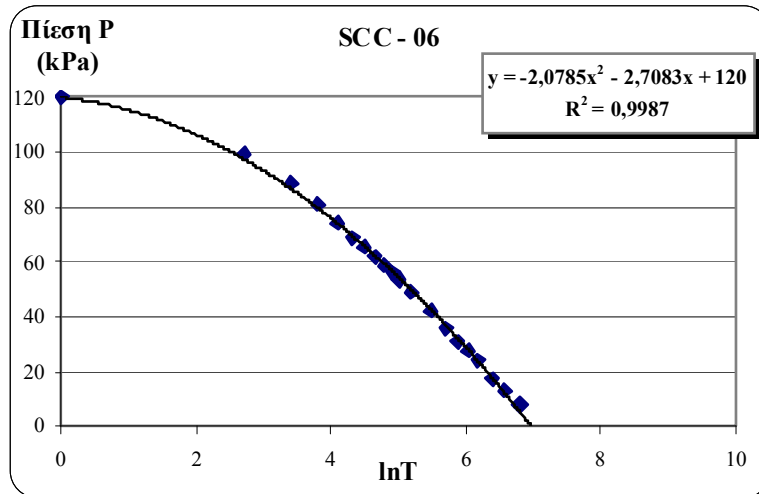
Διάγραμμα 100: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC - 05

Πίνακας 40: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 06

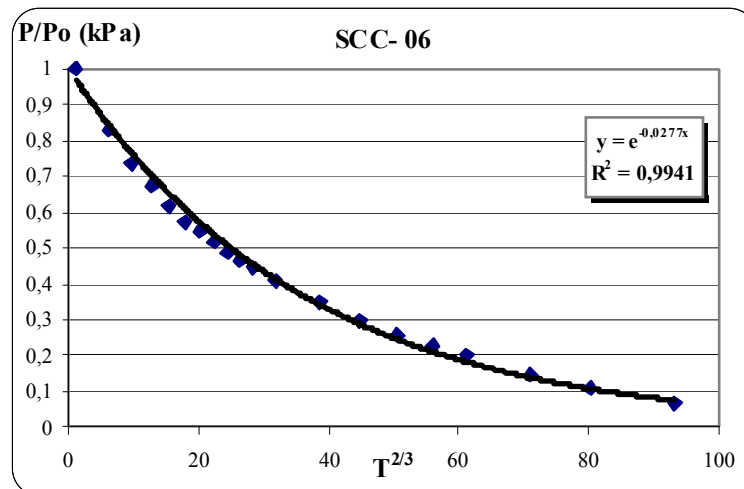
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-06 (Σ166)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	28/6/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	100	99	99,5	2,71	6,08	0,83
3	30	89	88	88,5	3,40	9,65	0,74
4	45	82	80	81,0	3,81	12,65	0,68
5	60	75	73	74,0	4,09	15,33	0,62
6	75	71	67	69,0	4,32	17,78	0,58
7	90	67	64	65,5	4,50	20,08	0,55
8	105	64	60	62,0	4,65	22,26	0,52
9	120	60	57	58,5	4,79	24,33	0,49
10	135	58	54	56,0	4,91	26,32	0,47
11	150	55	52	53,5	5,01	28,23	0,45
12	180	51	47	49,0	5,19	31,88	0,41
13	240	44	40	42,0	5,48	38,62	0,35
14	300	38	34	36,0	5,70	44,81	0,30
15	360	33	29	31,0	5,89	50,61	0,26
16	420	30	25	27,5	6,04	56,08	0,23
17	480	26	22	24,0	6,17	61,30	0,20
18	600	20	15	17,5	6,40	71,14	0,15
19	720	16	10	13,0	6,58	80,33	0,11
20	900	10	6	8,0	6,80	93,22	0,07



Διάγραμμα 101: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 06



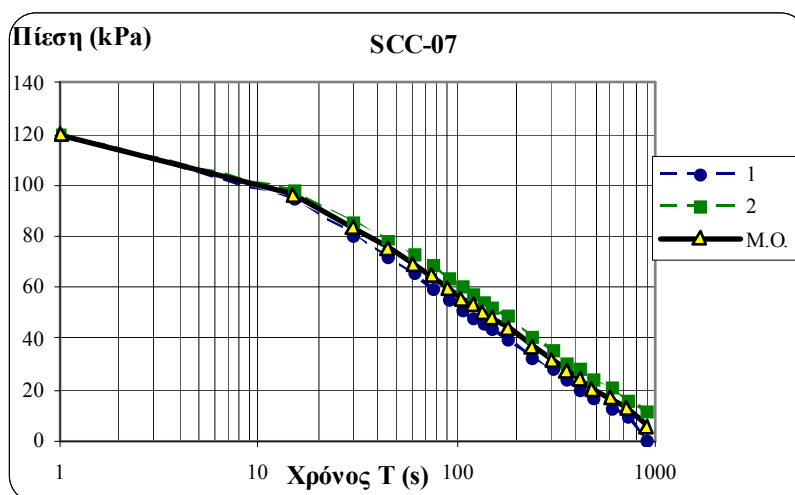
Διάγραμμα 102: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 06



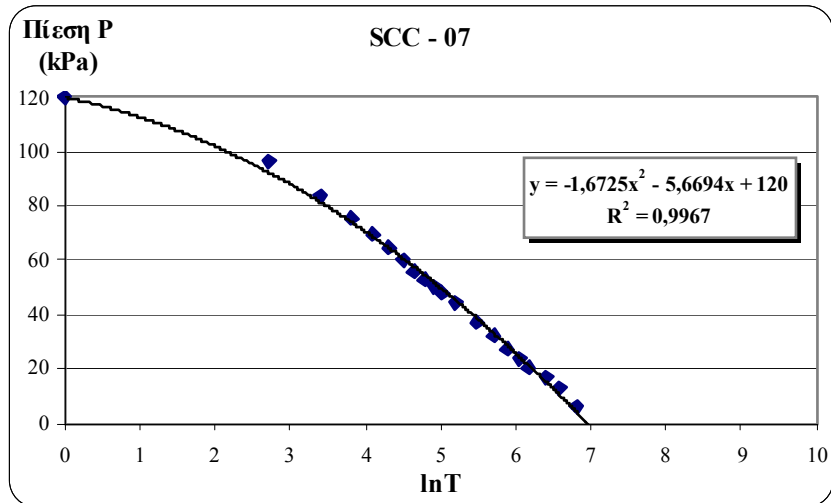
Διάγραμμα 103: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 06

Πίνακας 41: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 07

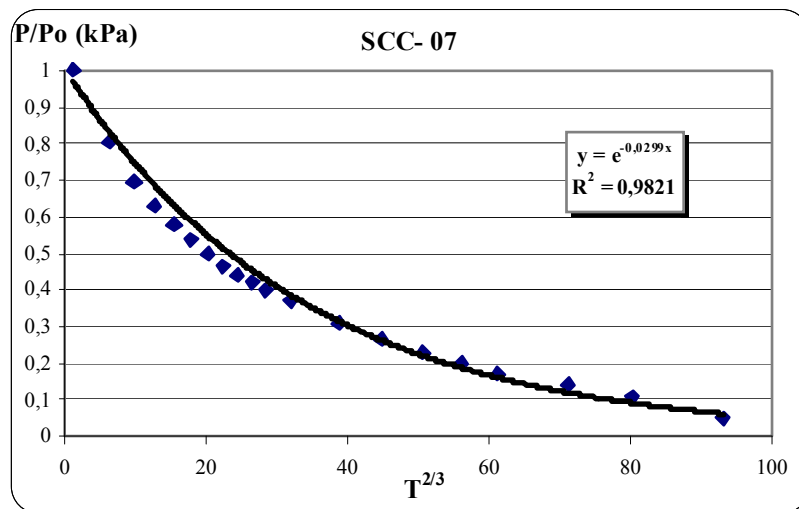
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ		SCC-07 Σ168)					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ		4/7/2012					
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ		ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ					
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	95	98	96,5	2,71	6,08	0,80
3	30	81	86	83,5	3,40	9,65	0,70
4	45	72	79	75,5	3,81	12,65	0,63
5	60	66	73	69,5	4,09	15,33	0,58
6	75	60	69	64,5	4,32	17,78	0,54
7	90	56	64	60,0	4,50	20,08	0,50
8	105	51	61	56,0	4,65	22,26	0,47
9	120	48	58	53,0	4,79	24,33	0,44
10	135	46	55	50,5	4,91	26,32	0,42
11	150	44	52	48,0	5,01	28,23	0,40
12	180	40	49	44,5	5,19	31,88	0,37
13	240	33	41	37,0	5,48	38,62	0,31
14	300	28	36	32,0	5,70	44,81	0,27
15	360	24	31	27,5	5,89	50,61	0,23
16	420	20	28	24,0	6,04	56,08	0,20
17	480	17	24	20,5	6,17	61,30	0,17
18	600	13	21	17,0	6,40	71,14	0,14
19	720	10	16	13,0	6,58	80,33	0,11
20	900	0	12	6,0	6,80	93,22	0,05



Διάγραμμα 104: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 07



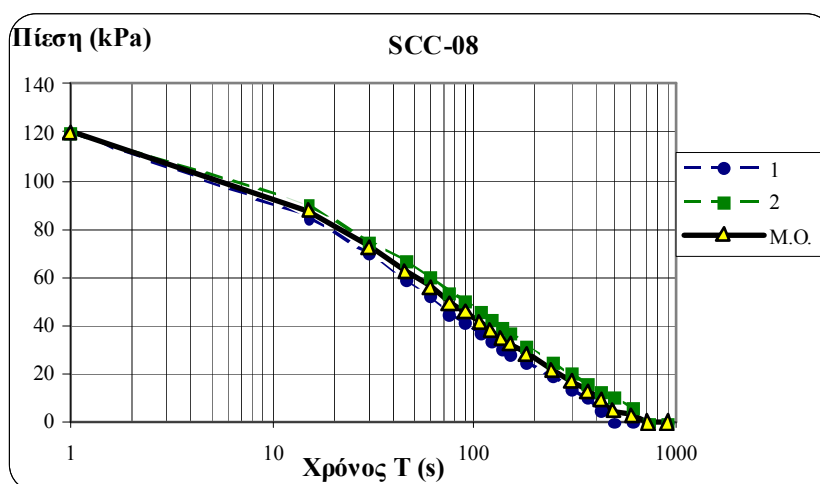
Διάγραμμα 105: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 07



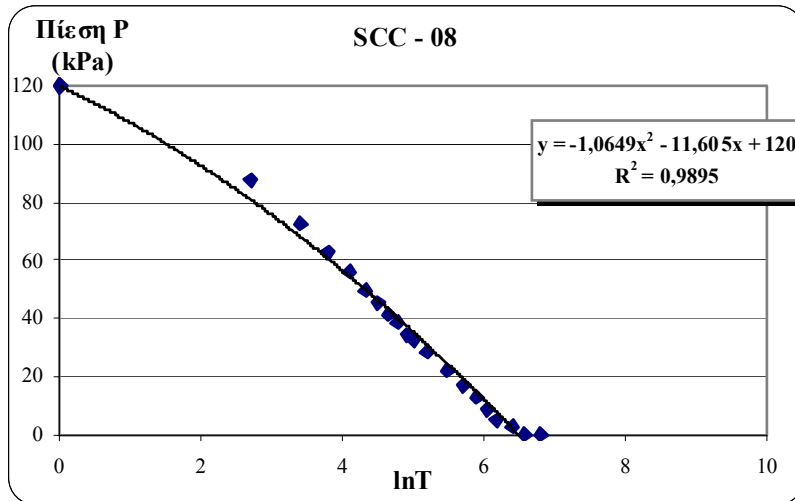
Διάγραμμα 106: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 07

Πίνακας 42: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 08

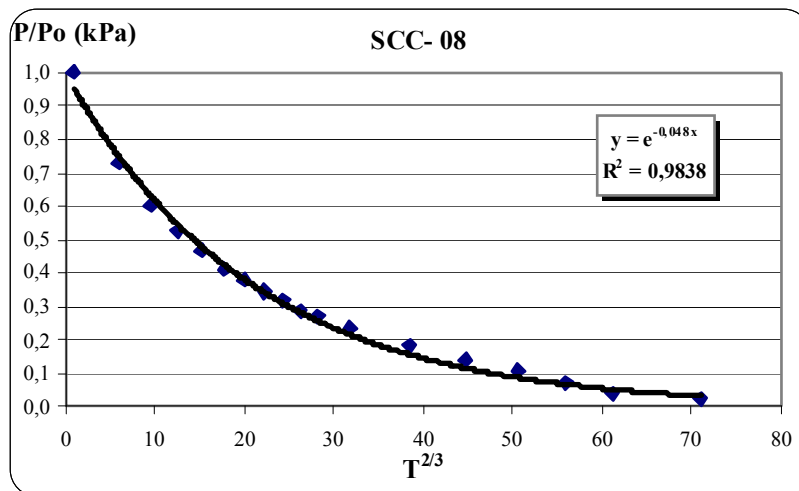
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-08 (Σ167)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	28/6/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Τ (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	85	90	87,5	2,71	6,08	0,73
3	30	70	75	72,5	3,40	9,65	0,60
4	45	59	67	63,0	3,81	12,65	0,53
5	60	52	60	56,0	4,09	15,33	0,47
6	75	45	54	49,5	4,32	17,78	0,41
7	90	41	50	45,5	4,50	20,08	0,38
8	105	37	46	41,5	4,65	22,26	0,35
9	120	34	43	38,5	4,79	24,33	0,32
10	135	30	39	34,5	4,91	26,32	0,29
11	150	28	37	32,5	5,01	28,23	0,27
12	180	25	32	28,5	5,19	31,88	0,24
13	240	19	25	22,0	5,48	38,62	0,18
14	300	14	20	17,0	5,70	44,81	0,14
15	360	10	16	13,0	5,89	50,61	0,11
16	420	5	13	9,0	6,04	56,08	0,08
17	480	0	10	5,0	6,17	61,30	0,04
18	600	0	6	3,0	6,40	71,14	0,03
19	720	0	0	0,0	6,58	80,33	0,00
20	900	0	0	0,0	6,80	93,22	0,00



Διάγραμμα 107: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 08



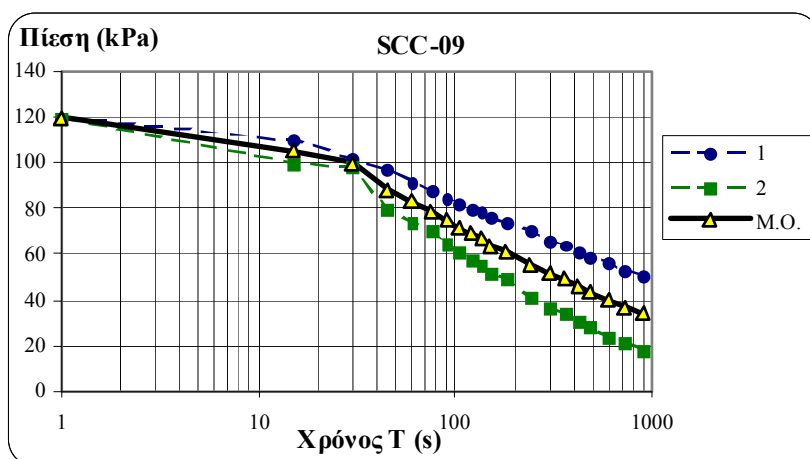
Διάγραμμα 108: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC – 08



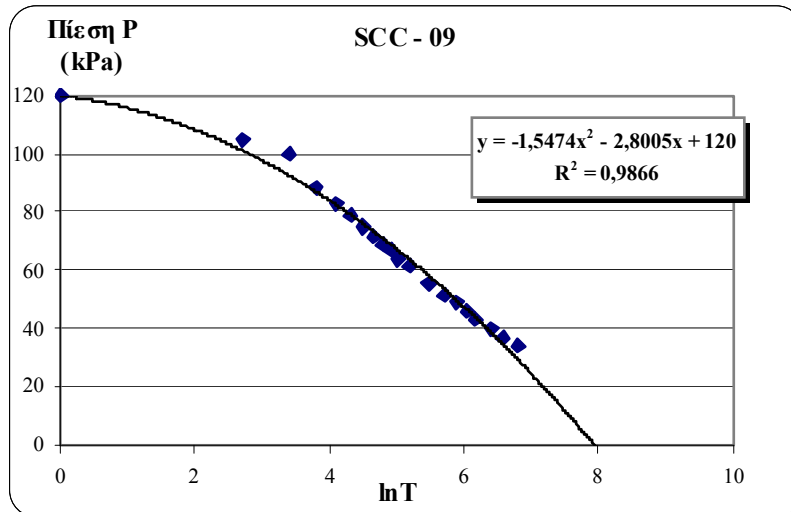
Διάγραμμα 109: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC – 08

Πίνακας 43: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση SCC - 09

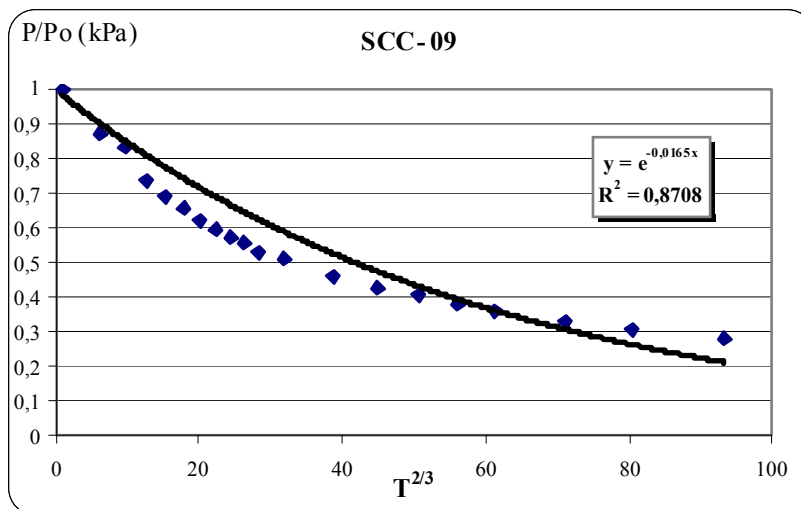
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	SCC-09 Σ169)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	4/7/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	110	100	105,0	2,71	6,08	0,88
3	30	102	98	100,0	3,40	9,65	0,83
4	45	97	80	88,5	3,81	12,65	0,74
5	60	92	74	83,0	4,09	15,33	0,69
6	75	88	70	79,0	4,32	17,78	0,66
7	90	85	65	75,0	4,50	20,08	0,63
8	105	82	61	71,5	4,65	22,26	0,60
9	120	80	58	69,0	4,79	24,33	0,58
10	135	79	55	67,0	4,91	26,32	0,56
11	150	76	52	64,0	5,01	28,23	0,53
12	180	74	49	61,5	5,19	31,88	0,51
13	240	70	41	55,5	5,48	38,62	0,46
14	300	66	37	51,5	5,70	44,81	0,43
15	360	64	34	49,0	5,89	50,61	0,41
16	420	61	31	46,0	6,04	56,08	0,38
17	480	59	28	43,5	6,17	61,30	0,36
18	600	56	24	40,0	6,40	71,14	0,33
19	720	53	21	37,0	6,58	80,33	0,31
20	900	50	18	34,0	6,80	93,22	0,28



Διάγραμμα 110: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση SCC - 09



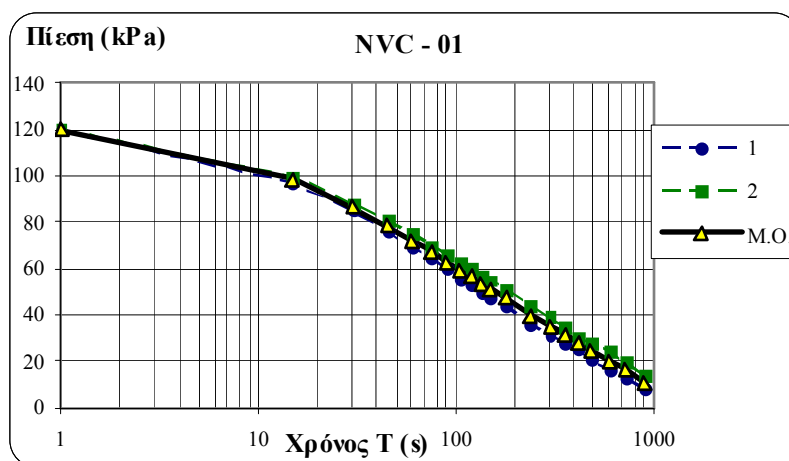
Διάγραμμα 111: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση SCC - 09



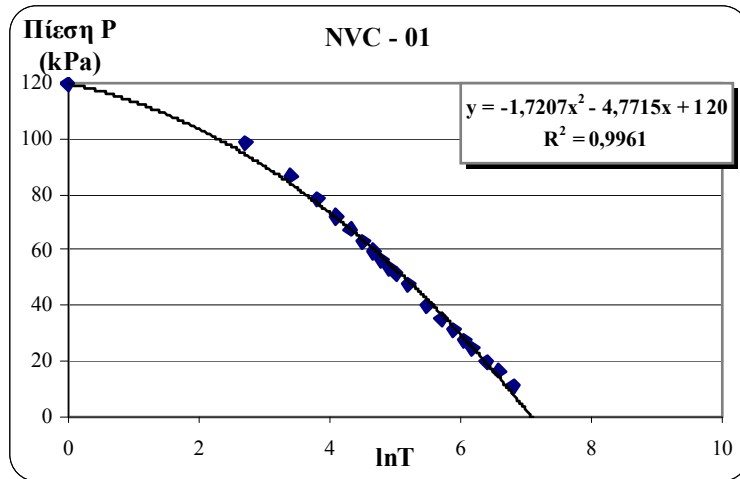
Διάγραμμα 112: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση SCC - 09

Πίνακας 44: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση NVC - 01

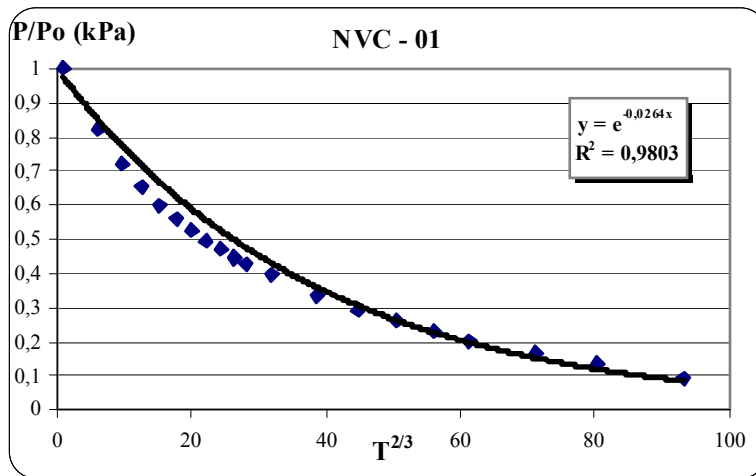
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	NVC-01 (Σ171)						
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	20/7/2012						
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ						
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	T (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀
		1	2	M.O.			
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00
2	15	97	100	98,5	2,71	6,08	0,82
3	30	85	88	86,5	3,40	9,65	0,72
4	45	76	81	78,5	3,81	12,65	0,65
5	60	69	75	72,0	4,09	15,33	0,60
6	75	65	70	67,5	4,32	17,78	0,56
7	90	60	66	63,0	4,50	20,08	0,53
8	105	56	63	59,5	4,65	22,26	0,50
9	120	53	60	56,5	4,79	24,33	0,47
10	135	50	57	53,5	4,91	26,32	0,45
11	150	48	55	51,5	5,01	28,23	0,43
12	180	44	51	47,5	5,19	31,88	0,40
13	240	36	44	40,0	5,48	38,62	0,33
14	300	31	39	35,0	5,70	44,81	0,29
15	360	28	35	31,5	5,89	50,61	0,26
16	420	25	30	27,5	6,04	56,08	0,23
17	480	21	28	24,5	6,17	61,30	0,20
18	600	16	24	20,0	6,40	71,14	0,17
19	720	13	20	16,5	6,58	80,33	0,14
20	900	8	14	11,0	6,80	93,22	0,09



Διάγραμμα 113: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση NVC - 01



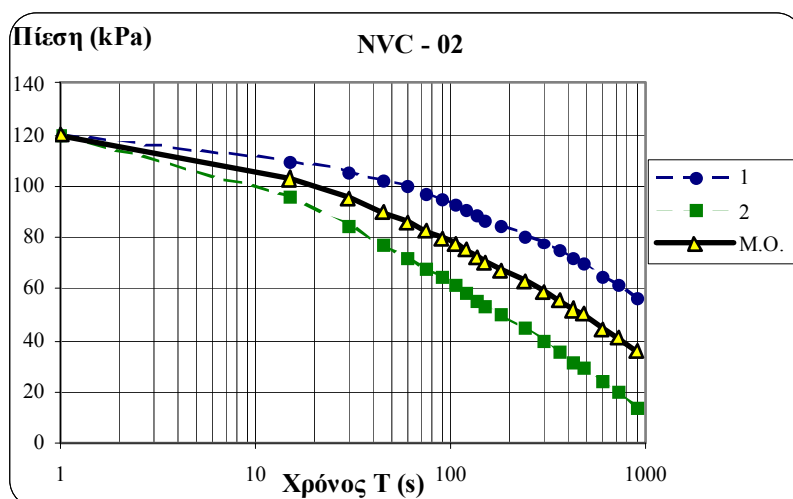
Διάγραμμα 114: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση NVC - 01



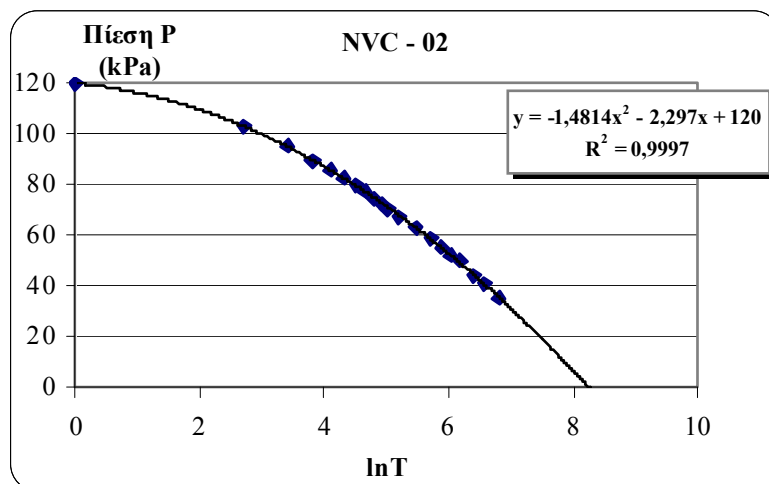
Διάγραμμα 115: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση NVC - 01

Πίνακας 45: Ενδεικτική τεχνική αναφορά δοκιμής υδατοπερατότητας, για τη σύνθεση NVC - 02

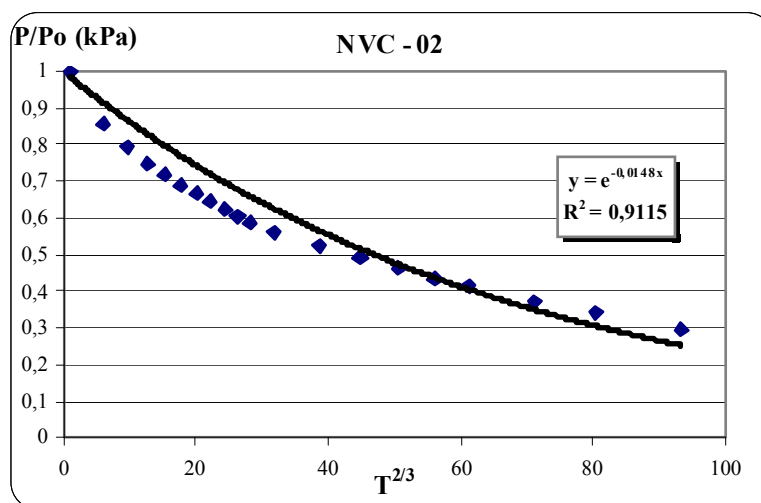
ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	NVC-02 (Σ172)							
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	20/7/2012							
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ							
Α/Α ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Τ (s)	Πίεση P (kPa)			lnT	T ^{2/3}	P/P ₀	
		1	2	M.O.				
1	1	120	120	120,0	0,00	1,00	1,00	
2	15	110	96	103,0	2,71	6,08	0,86	
3	30	106	85	95,5	3,40	9,65	0,80	
4	45	102	77	89,5	3,81	12,65	0,75	
5	60	100	72	86,0	4,09	15,33	0,72	
6	75	97	68	82,5	4,32	17,78	0,69	
7	90	95	65	80,0	4,50	20,08	0,67	
8	105	93	62	77,5	4,65	22,26	0,65	
9	120	91	59	75,0	4,79	24,33	0,63	
10	135	89	56	72,5	4,91	26,32	0,60	
11	150	87	54	70,5	5,01	28,23	0,59	
12	180	85	50	67,5	5,19	31,88	0,56	
13	240	81	45	63,0	5,48	38,62	0,53	
14	300	78	40	59,0	5,70	44,81	0,49	
15	360	75	36	55,5	5,89	50,61	0,46	
16	420	72	32	52,0	6,04	56,08	0,43	
17	480	70	30	50,0	6,17	61,30	0,42	
18	600	65	24	44,5	6,40	71,14	0,37	
19	720	62	20	41,0	6,58	80,33	0,34	
20	900	57	14	35,5	6,80	93,22	0,30	



Διάγραμμα 116: Διάγραμμα μεταβολή πίεσης με το χρόνο από την επιβολή της αρχική πίεσης P₀=120kPa, για την σύνθεση NVC - 02



Διάγραμμα 117: Διάγραμμα πτώσης πίεσης σε συνάρτηση με τον νεπέριο λογάριθμο του χρόνου από την επιβολή της αρχικής πίεσης $P_0=120\text{kPa}$ για την σύνθεση NVC – 02



Διάγραμμα 118: Διάγραμμα ανηγμένης πτώσης πίεσης στην αρχικώς επιβληθείσα πίεση $P_0=120\text{kPa}$ ως προς το χρόνο, $T^{2/3}$, για την σύνθεση NVC – 02

Π.3 Πίνακες που αφορούν στη δοκιμή της Αντίστασης έναντι Διάχυσης Χλωριόντων

Πίνακας 46: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-02

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ													
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ161	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ16.ΔΝ.29										
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ										
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ										
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	29		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΙΝΑ										
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ										
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ											
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12020,97	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00										
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1335,66	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84										
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%										
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ											
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00												
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,115												
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	2/6/2012										
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:23	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:08										
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	19,90	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,60										
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,072	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,044										
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	23,8	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	20,2										
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		<p>Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων</p> <p>Xd7 Xd5 Xd3 Xd1 Xd2 Xd4 Xd6</p> <table border="1"> <caption>Δεδομένα για το γράφημα Διείσδυσης Χλωριόντων</caption> <thead> <tr> <th>Σημείο Μέτρησης (Απόσταση από το μέσον του δοκιμίου) (mm)</th> <th>Μήκος Διείσδυσης Χλωριόντων (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-30</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>-10</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>~10</td> </tr> </tbody> </table>		Σημείο Μέτρησης (Απόσταση από το μέσον του δοκιμίου) (mm)	Μήκος Διείσδυσης Χλωριόντων (mm)	-30	~10	-10	~10	10	~10	30	~10
Σημείο Μέτρησης (Απόσταση από το μέσον του δοκιμίου) (mm)	Μήκος Διείσδυσης Χλωριόντων (mm)												
-30	~10												
-10	~10												
10	~10												
30	~10												
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	99,85	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	23,75										
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	50,60 50,85 51,35	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	22,00										
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	50,93	ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	9,96										
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	6,58E-12										
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00												
Xd1 (mm)	10,30												
Xd2 (mm)	10,65												
Xd3 (mm)	10,60												
Xd4 (mm)	10,00												
Xd5 (mm)	9,20												
Xd6 (mm)	9,25												
Xd7 (mm)	9,75												
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:													
Υπήρχαν απώλειες διαλύματος NaOH κατά τη λήξη													
Πρόκειται για το δοκίμιο που γράφει πάνω του Σ163 - αλλά είναι η σύνθεση Σ161													

Πίνακας 47: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-03

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ164	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ16.ΔΝ.27
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	5/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	27		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	11964,59	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1329,40	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,148		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	5/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	6/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	9:30	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	9:20
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	14,90	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	15,10
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,056	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,056
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	25,7	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	23,3
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	100,00	Xd7 Xd5 Xd3 Xd1 Xd2 Xd4 Xd6	
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	50,90 51,00 51,10		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,00		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	5,80	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	
Xd2 (mm)	6,30	23,83	
Xd3 (mm)	5,80	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	
Xd4 (mm)	6,20	24,50	
Xd5 (mm)	6,90	ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	
Xd6 (mm)	5,90	6,07	
Xd7 (mm)	5,60	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	
		4,79E-12	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Πίνακας 48: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-04

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ163	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΤΑΧ.Σ16.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	31/5/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12027,44	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1336,38	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,036		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	31/5/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	8:02	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	8:03
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	35,00	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	34,50
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,043	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,062
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	23,8	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	22,8
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	100,05		
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	51,55 51,70 51,85		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,70		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΣΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	5,15		
Xd2 (mm)	6,45		
Xd3 (mm)	7,90		
Xd4 (mm)	7,30		
Xd5 (mm)	ΑΚΥΡΟ		
Xd6 (mm)	8,30		
Xd7 (mm)	6,90		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,02
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	23,30
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	7,00
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	2,61E-12
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			
Πρόκειται για το δοκίμιο που γράφει πάνω του Σ161 - αλλά είναι η σύνθεση Σ163			

Πίνακας 49: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-05

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ							
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ		Σ165		ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		ΤΑΧ.Σ16.ΔΝ.28	
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ		ΔΝ		ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ		ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		6/6/2012				ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)		28				ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩΝ	
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)		24				ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ				ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ			
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)		12052,17		ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)		365,00	
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)		1339,13		ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)		4,84	
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)		10,00%		ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)		1,31%	
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ				ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ			
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)		30,00					
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)		0,100					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		6/6/2012		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		7/6/2012	
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		9:40		ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		9:40	
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)		20,00		ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)		20,00	
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)		0,054		ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)		0,062	
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)		25,3		ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)		23,9	
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ				Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων			
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)		100,00					
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)		53,10 52,10 51,25					
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)		52,15					
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)							
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)		0,00					
Xd1 (mm)		2,35					
Xd2 (mm)		3,80					
Xd3 (mm)		2,60					
Xd4 (mm)		4,95					
Xd5 (mm)		2,05					
Xd6 (mm)		2,10					
Xd7 (mm)		1,95		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)		24,00	
				ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)		24,60	
				ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)		2,83	
				ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)		1,42E-12	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:							

Πίνακας 50: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-06

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ											
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ166	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ16.ΔΝ.28								
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ								
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	7/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ								
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩΝ								
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ								
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ									
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12438,95	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00								
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1382,11	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84								
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%								
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ									
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00										
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,133										
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	7/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	8/6/2012								
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	9:54	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	9:54								
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	15,10	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	15,00								
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,051	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,051								
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	24,8	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	23,8								
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων									
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	100,00	Xd7 Xd5 Xd3 Xd1 Xd2 Xd4 Xd6									
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	52,90 52,50 52,35										
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	52,58										
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)		<table border="1"> <tr> <td>ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)</td> <td>24,00</td> </tr> <tr> <td>ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)</td> <td>24,30</td> </tr> <tr> <td>ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)</td> <td>7,12</td> </tr> <tr> <td>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m²/s)</td> <td>5,86E-12</td> </tr> </table>		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	24,30	ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	7,12	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	5,86E-12
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00										
ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	24,30										
ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	7,12										
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	5,86E-12										
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00										
Xd1 (mm)	7,80										
Xd2 (mm)	8,00										
Xd3 (mm)	9,00										
Xd4 (mm)	6,70										
Xd5 (mm)	5,40										
Xd6 (mm)	8,35										
Xd7 (mm)	4,60										
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:											

Πίνακας 51: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-07

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ168	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΤΑΧ.Σ16.ΔΝ.27
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	12/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	27		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12017,88	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1335,32	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,076		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	12/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	13/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:32	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:32
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	25,00	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	25,60
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,062	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,081
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	27,8	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	26,5
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	90,30		
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	52,10 52,20 51,90		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	52,07		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	#ΤΙΜΗ!		
Xd1 (mm)	7,70		
Xd2 (mm)	6,50		
Xd3 (mm)	8,45		
Xd4 (mm)	5,95		
Xd5 (mm)	6,85		
Xd6 (mm)	6,30		
Xd7 (mm)	7,20		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	27,15
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	6,99
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	3,62E-12
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Πίνακας 52: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-08

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ167	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ16.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	8/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12012,28	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1334,70	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,107		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	8/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	9/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:06	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:06
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,30	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,70
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,060	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,055
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	26,6	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	24,3
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	121,00	Xd7 Xd5 Xd3 Xd1 Xd2 Xd4 Xd6	
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	51,20 51,25 50,70		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,05		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	9,00		
Xd2 (mm)	4,85		
Xd3 (mm)	3,75		
Xd4 (mm)	6,75		
Xd5 (mm)	2,80		
Xd6 (mm)	2,35		
Xd7 (mm)	1,45		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	25,45
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	4,42
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	2,47E-12
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Πίνακας 53: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση SCC-09

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ169	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΤΑΧ.Σ16.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	13/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12020,89	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1335,65	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,098		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	13/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	14/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:36	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	10:36
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,00	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	19,60
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,052	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,061
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	27,8	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	25,1
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	100,00	Χd7 Χd5 Χd3 Χd1 Χd2 Χd4 Χd6	
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	51,55 51,25 49,50		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	50,77		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00		
Χd1 (mm)	2,85		
Χd2 (mm)	1,95		
Χd3 (mm)	2,55		
Χd4 (mm)	2,10		
Χd5 (mm)	1,25		
Χd6 (mm)	1,40		
Χd7 (mm)	0,95		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	26,45
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	1,86
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	773,68E-15
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Πίνακας 54: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση NVC-01

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ171	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ17.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	21/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩΝ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	11988,00	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1332,00	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,074		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	21/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	22/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	11:53	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	11:53
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	25,00	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	24,70
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,060	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,051
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	29,3	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	26,1
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	99,75		
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	52,00 51,85 52,10		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,98		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	11,45	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
Xd2 (mm)	13,50	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	27,70
Xd3 (mm)	11,75	ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	12,46
Xd4 (mm)	11,85	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	6,95E-12
Xd5 (mm)	12,20		
Xd6 (mm)	14,05		
Xd7 (mm)	12,45		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			
Χρησιμοποιήσαμε ζυγαριά 60 x 2g για το αλάτι			
400 x 0.1 g για το NaOH (4.8 g)			

Πίνακας 55: Ενδεικτική τεχνική αναφορά πειράματος διάχυσης χλωριόντων για τη σύνθεση NVC-02

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	Σ172	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	TAX.Σ17.ΔΝ.28
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΝ	ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ/ΕΣ	ΜΑΚΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	22/6/2012		ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ημέρες)	28		ΣΜΑΡΓΙΑΝΑΚΗ ΔΙΑΜΑΝΤΩ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (ώρες)	24		ΣΦΗΚΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΔΙΑΛΥΜΑ ΚΑΘΟΔΟΥ		ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΝΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟΥ (g)	12280,12	ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (g)	365,00
ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΝΑΤΡΙΟ NaCl (g)	1364,46	ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ NaOH (g)	4,84
ΠΟΣΟΣΤΟ NaCl ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	10,00%	ΠΟΣΟΣΤΟ NaOH ΣΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (%)	1,31%
ΕΝΑΡΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΛΗΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	30,00		
ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,12 *		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	22/6/2012	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	23/6/2012
ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	0:10	ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	0:10
ΕΠΙΛΕΓΟΜΕΝΗ ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,00	ΤΕΛΙΚΗ ΤΑΣΗ (V)	20,50
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,055	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (A)	0,068
ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	29,0	ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	27,2
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ		Τομή Δοκιμίου: Διείσδυση Χλωριόντων	
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	99,85		
ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗΣ (mm)	51,35 51,40 51,10		
ΜΕΣΟ ΠΑΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	51,28		
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)			
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ (MPa)	0,00		
Xd1 (mm)	9,70		
Xd2 (mm)	9,05		
Xd3 (mm)	8,05		
Xd4 (mm)	6,85		
Xd5 (mm)	9,90		
Xd6 (mm)	7,35		
Xd7 (mm)	10,05		
		ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ (h)	24,00
		ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΝΟΔΟΥ (°C)	28,10
		ΜΕΣΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (mm)	8,71
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ (m ² /s)	5,68E-12
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			
Χρησιμοποιήσαμε ζυγαριά 60 x 2g για το αλάτι			
400 x 0.1 g για το NaOH (4.8 g)			
* Είχε σβηστεί στο χαρτί και δεν φαινόταν καλά αλλά είναι λογικό βάσει του πίνακα του NT Build 492			