

Διερεύνηση της επίδρασης των αναλογιών ανάμιξης φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και θραυστού αμμοχαλίκου στα χαρακτηριστικά ανακυκλωμένων μιγμάτων με ασφαλτικό γαλάκτωμα ή και τσιμέντο

Σ. Κόλιας

Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ

R. Jouni

Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστήμιο Δαμασκού

Υποψήφια Διδάκτορας ΕΜΠ

Λέξεις κλειδιά: ψυχρή ανακύκλωση, γαλάκτωμα, τσιμέντο, μέτρο δυσκαμψίας, αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό (διάρρηξη).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Διερευνάται η επίδραση του ποσοστού του ασφαλτικού γαλακτώματος ή και του τσιμέντου στο μέτρο δυσκαμψίας, την αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό και την ευαισθησία των μιγμάτων στην δράση του νερού (υδρεμποτισμός). Εξετάζονται τρία μίγματα με διαφορετικές αναλογίες κ.β. φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος ΦΑ και θραυστού αμμοχαλίκου ΘΑ: 100% ΦΑ, 50% ΦΑ + 50% ΘΑ και 100% ΘΑ. Η έρευνα επεκτείνεται σε δύο μεγέθη μέγιστου κόκκου αδρανούς 12.5mm και 19mm και σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες.

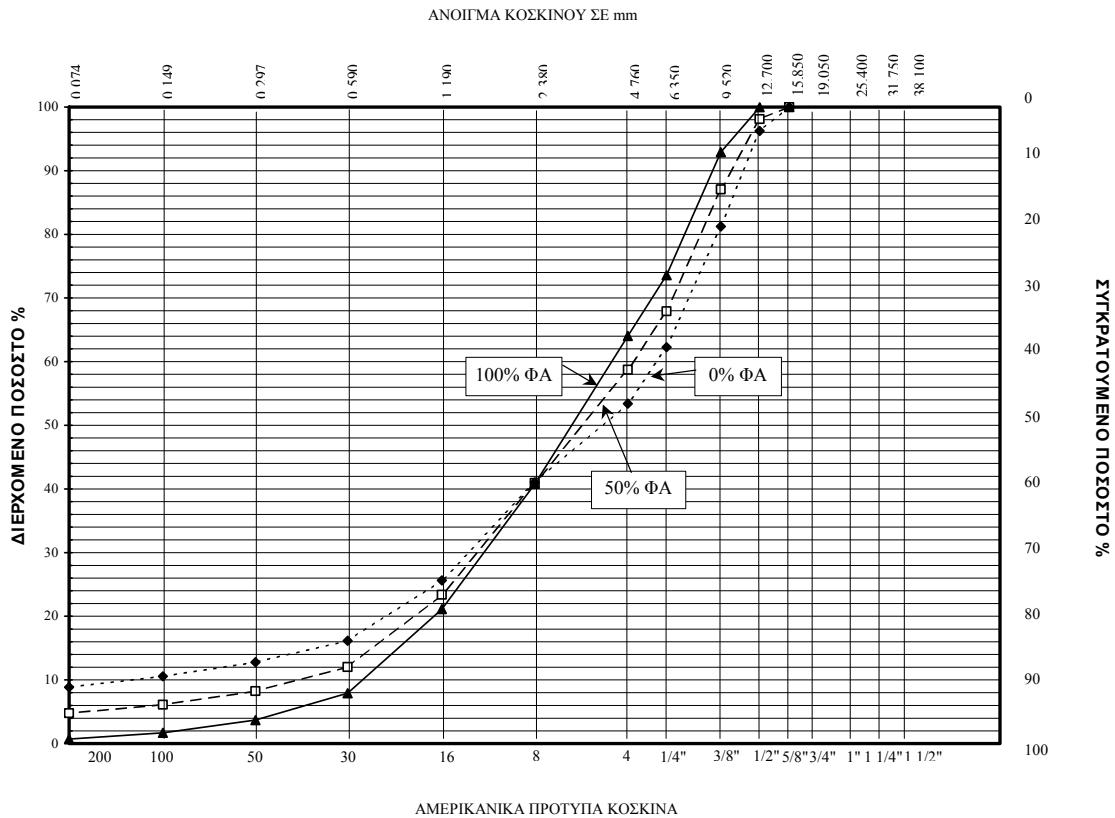
1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ανακύκλωση των εύκαμπτων οδοστρωμάτων είναι μία τεχνική αποκατάστασης φθαρμένων οδοστρωμάτων κατά την οποία όλο ή μέρος του οδοστρώματος επαναχρησιμοποιείται, (Austroads Inc. 2000). Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν Προδιαγραφές ή Οδηγίες ευρείας αποδοχής για την μελέτη σύνθεσης των υλικών σε περιπτώσεις ψυχρής επιτόπου ανακύκλωσης με γαλακτώματα ή γαλακτώματα και τσιμέντο. Στην εργασία αυτή γίνεται μία προσπάθεια διερεύνησης των χαρακτηριστικών μιγμάτων ανακύκλωσης, τα οποία αποτελούνται από μίγματα φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και θραυστού ασβεστολιθικού υλικού - που προέρχεται από την υποκείμενη βάση ασύνδετων υλικών (ΠΤΠ Ο 155) - με γαλάκτωμα ή με γαλάκτωμα και τσιμέντο. Η διερεύνηση αυτή πιστεύεται ότι θα προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες τόσο για τη μελέτη σύνθεσης όσο και για τον αναλυτικό υπολογισμό των οδοστρωμάτων που προέρχονται από ανακύκλωση.

2 ΥΛΙΚΑ, ΔΟΚΙΜΙΑ, ΔΟΚΙΜΕΣ

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα θραυστό ασβεστολιθικό υλικό (ΘΑ) και ένα φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα (ΦΑ) από εργασίες συντήρησης οδού στην Αθήνα (ασφαλτόμιγμα κλειστού τύπου ΠΤΠ. Α 265).

Με ανάμιξη των δύο αυτών υλικών με αναλογίες % κ.β επί του συνολικού υλικού, 50% ΘΑ και 50% ΦΑ, δημιουργήθηκε ένα τρίτο υλικό (50%ΦΑ), το οποίο θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει ένα ανακυκλωμένο υλικό στο οποίο η συμμετοχή του φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος είναι 50%. Έτσι η έρευνα περιελάμβανε δύο υλικά που θα μπορούσαν να προέλθουν από εργασίες ανακύκλωσης, (100%ΦΑ) και (50%ΦΑ) και επίσης για λόγους πληρότητας ένα τρίτο υλικό (100%ΘΑ) που αποτελεί μία τελείως ακραία περίπτωση ενδιαφέρουσα όμως για ερευνητικούς λόγους. Στην παρούσα φάση της εργασίας όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν μέγιστο κόκκο 12.5mm και η κοκκομετρική τους διαβάθμιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Σημειώνεται ότι η διαβάθμιση του φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος είναι σε μεγάλο βαθμό δεδομένη από τα χαρακτηριστικά του μηχανήματος που εκτελεί το φρεζάρισμα και στις εργασίες ανακύκλωσης δεν υπάρχουν στην πράξη μεγάλες δυνατότητες για μεταβολή των διαβαθμίσεων των ανακυκλούμενων υλικών. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε το θραυστό αμμοχάλικο να μην διαφέρει σημαντικά από το φρεζαρισμένο υλικό για να μην προστεθεί και μία επιπλέον παράμετρος σε ένα ήδη πολυπαραμετρικό πρόβλημα.



Σχήμα 1: Κοκκομετρική διαβάθμιση των υλικών.

Το βασικό συνδετικό υλικό για ανακύκλωση στην εργασία αυτή είναι ανιονικό ασφαλτικό γαλάκτωμα τύπου ΑΕ-5 (βραδείας διάσπασης) με ασφαλτικό υπόλειμμα 60%.

Ως δεύτερο συνδετικό υλικό για ανακύκλωση χρησιμοποιείται τσιμέντο CEM II/B-M 32.5 N

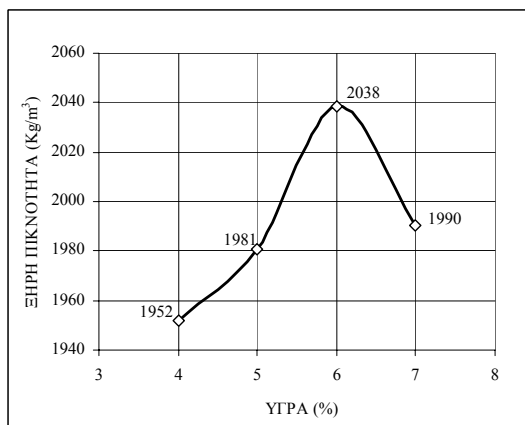
Βασική επιδίωξη της εργασίας αυτής ήταν να διερευνηθεί η επίδραση των αναλογιών ανάμιξης, των αδρανών υλικών και της περιεκτικότητας σε συνδετικό υλικό (γαλάκτωμα και τσιμέντο) και της θερμοκρασίας, στο μέτρο δυσκαμψίας, στην αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό από διάρρηξη (αντιδιαμετρική θλίψη) και στην αντοχή μετά από υδρεμποτισμό.

Με τα παραπάνω μίγματα υλικών παρασκευάστηκαν δοκίμια Marshall με τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρά, τα οποία συντηρήθηκαν με προκαθορισμένη μέθοδο και εξετάστηκαν στη συσκευή NAT, για τη μέτρηση του μέτρου δυσκαμψίας και στη συσκευή Marshall για τον προσδιορισμό της αντοχής μετά ή χωρίς υδρεμποτισμό. Η μέθοδος ανάμιξης, παρασκευής και συντήρησης των δοκιμίων ήταν αποτέλεσμα ιδιαίτερης διερεύνησης που περιγράφεται σε άλλη ανακοίνωση στο Συνέδριο αυτό (Κόλιας & Jouni 2005). Η δοκιμή προσδιορισμού του μέτρου δυσκαμψίας έγινε σύμφωνα με το σχέδιο BSI DD 213. 1993, ο προσδιορισμός της αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό έγινε σύμφωνα με το Πρότυπο EN 12697-23 και η αντοχή μετά από υδρεμποτισμό σύμφωνα με το Πρότυπο prEN 12697 - 12, μετά από 48 ώρες υδρεμποτισμό (αντί του υδρεμποτισμού με υποπίεση).

Σημειώνεται ότι τα ανακυκλωμένα με γαλάκτωμα και τσιμέντο υλικά αντιμετωπίζονται στην εργασία αυτή ως σταθεροποιημένα υλικά και όχι ως ψυχρά ασφαλτομίγματα. Για τον λόγο αυτό η συντήρηση/ωρίμανση των δοκιμίων δεν διέπεται από την ανάγκη απομάκρυνσης του περιεχόμενου νερού μόνο, όπως γίνεται στις περιπτώσεις ασφαλτομιγμάτων με γαλάκτωμα, αλλά από την προσπάθεια να γίνει η μεγαλύτερη πρακτικά δυνατή εκμετάλλευση της ύπαρξης του τσιμέντου μέσα στο μίγμα πριν την απομάκρυνση του νερού. Για τον λόγο αυτό η συντήρηση των δοκιμίων γίνεται τις πρώτες 7 ημέρες σε υγρό θάλαμο σκυροδέματος για να δοθεί η δυνατότητα στο περιεχόμενο τσιμέντο να αναπτύξει ένα σημαντικό βαθμό ενυδάτωσης και επομένως να δημιουργήσει δεσμούς με τους κόκκους των υλικών ΦΑ και ΘΑ. Άλλωστε και στην πράξη η συμπυκνωμένη στρώση περιέχει υγρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα και έτσι παρέχεται η δυνατότητα ενυδάτωσης μέχρις ένα βαθμό στο τσιμέντο.

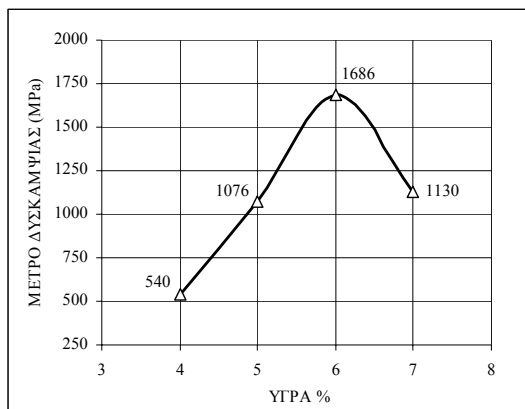
3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΥΓΡΩΝ

Η βέλτιστη υγρασία προσδιορίστηκε με την εκτέλεση δοκιμών συμπύκνωσης σε μίγμα 50% ΦΑ, 50% ΘΑ, χρησιμοποιώντας την μηχανή συμπύκνωσης Marshall με 50 χτυπήματα. Παρασκευάστηκαν δοκίμια με ασφαλτικό γαλάκτωμα 4% και τσιμέντο 0% και 4 διαφορετικά ποσοστά υγρασίας: 0%, 1%, 2% και 3% κ.β. Για κάθε ποσοστό υγρασίας παρασκευάστηκαν 3 δοκίμια. Στο σχήμα 2 δίνεται η ξηρή πυκνότητα των δοκιμίων.

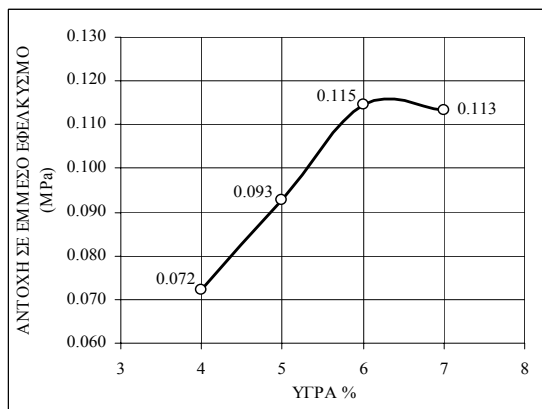


Σχήμα 2: Καμπύλη συμπύκνωση υλικό 50%ΦΑ, 50%ΘΑ, γαλάκτωμα 4%, τσιμέντο 0%.

Τα δοκίμια μετά την παρασκευή τους παρέμειναν για τρεις ημέρες σε θερμοκρασία 60°C. Στη συνέχεια εκτελέστηκαν δοκιμές μέτρησης μέτρου δυσκαμψίας και τα αποτελέσματα δίνονται στο σχήμα 3, ενώ τα αποτελέσματα των δοκιμών διάρρηξης για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής δίνονται στο σχήμα 4.



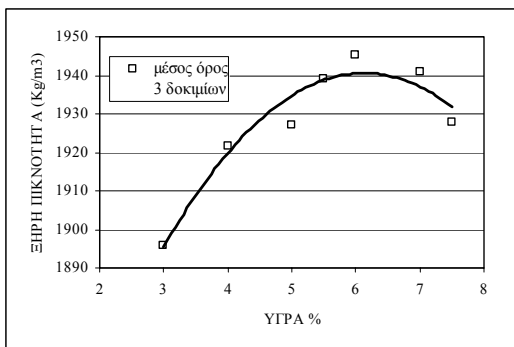
Σχήμα 3: Μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας με την περιεκτικότητα σε συνολικά υλικά.



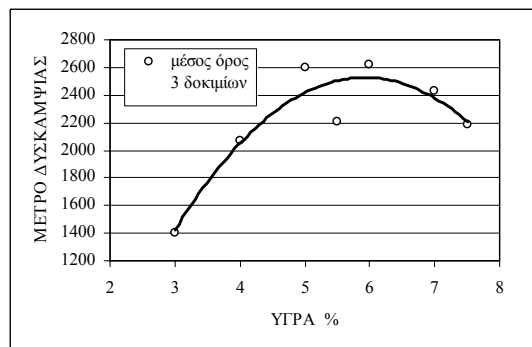
Σχήμα 4: Μεταβολή της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής με την περιεκτικότητα σε συνολικά υγρά

Από τα παραπάνω σχήματα διακρίνεται ότι για το υλικό (50%ΦΑ / 50%ΘΑ) το βέλτιστο ποσοστό υγρασίας είναι το 6% κ.β. Ανάλογες δοκιμές πραγματοποιήθηκαν και για τα δοκίμια του μίγματος 100%ΦΑ τα οποία παρασκευάστηκαν με ασφατικό γαλάκτωμα 3% και τσιμέντο 2%. Τα ποσοστά υγρασίας ήταν 0%, 1%, 2%, 2.5%, 3%, 4%, 4.5% κ.β. Για κάθε ποσοστό υγρασίας παρασκευάστηκαν 3 δοκίμια. Τα δοκίμια αυτή τη φορά παρέμειναν για 7 ημέρες στο θάλαμο συντήρησης και για 2 ημέρες σε θερμοκρασία 60°C. Τα αποτελέσματα μέτρησης της ξηρής πυκνότητας των δοκιμίων, του μέτρου δυσκαμψίας και αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό (διάρρηξη)

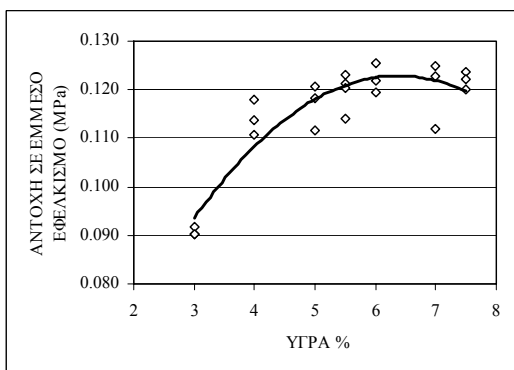
δίνονται στα σχήματα 5, 6 και 7, αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι το βέλτιστο ποσοστό είναι και στην περίπτωση αυτή 6%.



Σχήμα 5: Μεταβολή της ξηρής πυκνότητας με την περιεκτικότητα σε συνολικά υγρά.



Σχήμα 6: Μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας με την περιεκτικότητα σε συνολικά υγρά.



Σχήμα 7: Μεταβολή της έμμεσης Εφελκυστικής αντοχής με την περιεκτικότητα σε συνολικά υγρά.

4 ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ- ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της ποσότητας του συνδετικού υλικού παρασκευάστηκαν δοκίμια και με τα τρία υλικά (50%ΦΑ,50%ΘΑ- 100%ΦΑ και 100%ΘΑ) με διαφορετικά ποσοστά τσιμέντου και ασφαλτικού γαλακτώματος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

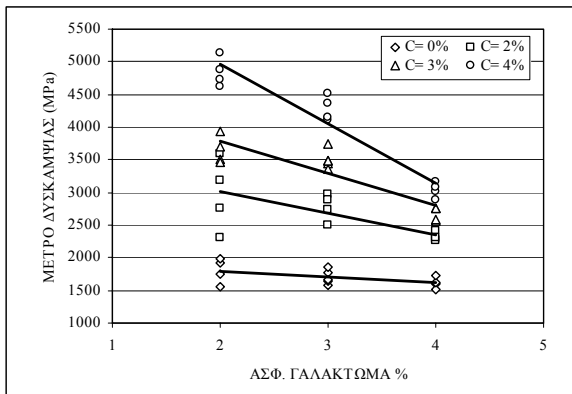
Πίνακας 1: Συνδετικά υλικά % κ.β.

Τσιμέντο	0	0	0	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Γαλάκτωμα	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4

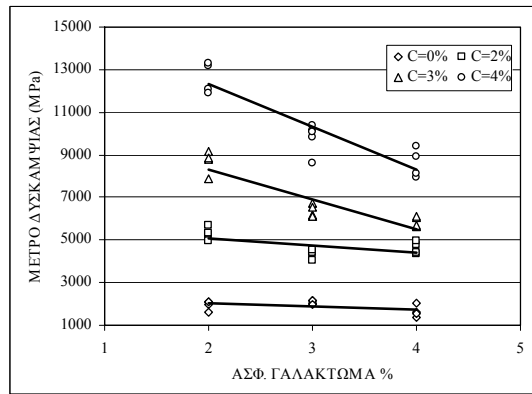
Τα δοκίμια αυτά παρέμειναν στον θάλαμο συντήρησης για 7 ημέρες, στη συνέχεια 2 ημέρες στους 60 °C και μετά μία ημέρα στους 25°C. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν δοκιμές μέτρησης του μέτρου δυσκαμψίας στους 25°C τα αποτελέσματα των οποίων δίνονται στα σχήματα 8, 9 και 10, για τα τρία μίγματα, αντίστοιχα.

Στα σχήματα αυτά φαίνεται ότι η αύξηση του ποσοστού του τσιμέντου οδηγεί σε αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας, ενώ η αύξηση του ποσοστού ασφαλτικού γαλακτώματος έχει το αντίθετο αποτέλεσμα.

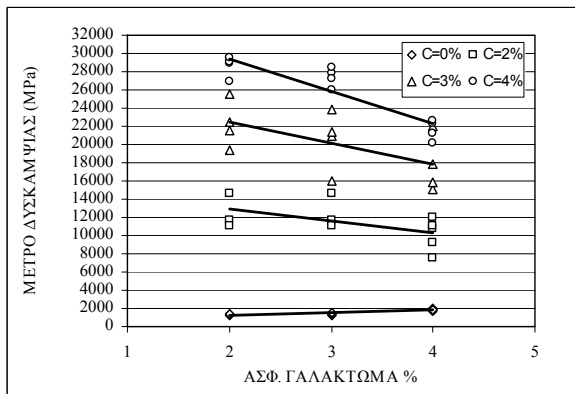
Οι διαφορές μεταξύ των μιγμάτων μικραίνουν όσο αυξάνει το ποσοστό του γαλακτώματος (για γαλάκτωμα 4% τα σημεία δείχνουν να μην διαφέρουν πολύ). Παρατηρείται επίσης ότι η αύξηση του ποσοστού τσιμέντου μειώνει την επιρροή του ποσοστού ασφαλτικού γαλακτώματος.



Σχήμα 8: : Μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 100% ΦΑ).

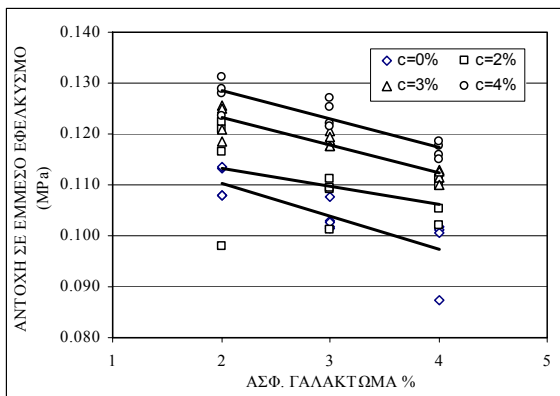


Σχήμα 9: Μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 50% ΦΑ)

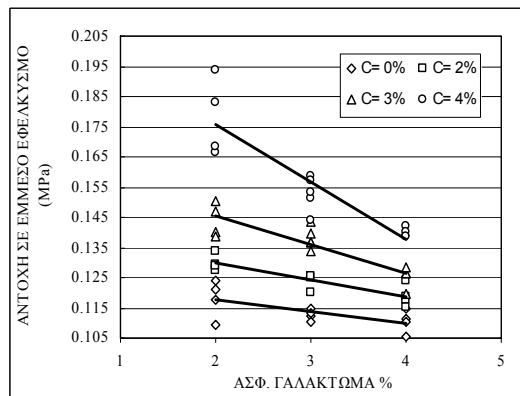


Σχήμα 10: Μεταβολή του μέτρου δυσκαμψίας με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 0% ΦΑ)

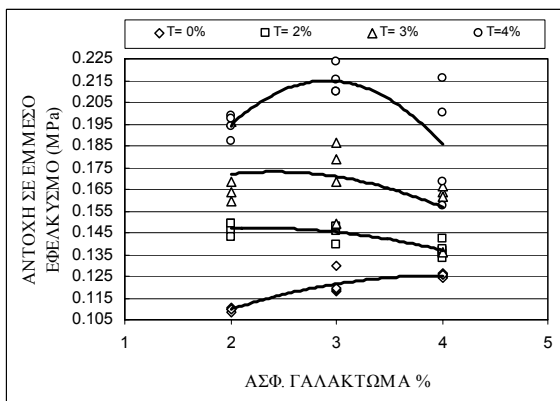
Εκτός από τις δοκιμές μέτρησης μέτρου δυσκαμψίας εκτελέστηκαν και δοκιμές έμμεσου εφελκυσμού (διάρρηξη) σε θερμοκρασία 23 ± 2 °C, τα αποτελέσματα των οποίων δίνονται στα σχήματα 11, 12 και 13.



Σχήμα 11: Μεταβολή της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 100% ΦΑ).



Σχήμα 12: Μεταβολή της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 50% ΦΑ)



Σχήμα 13: Μεταβολή της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής με την περιεκτικότητα σε ασφαλτικό γαλάκτωμα (υλικό 0% ΦΑ)

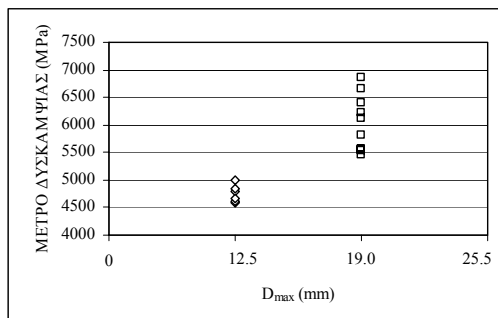
Στα σχήματα αυτά επιβεβαιώνονται οι παρατηρήσεις αναφορικά με τις αντοχές σε έμμεσο εφελκυσμό.

Ειδικότερα για το μίγμα με 0%ΦΑ (100% ΘΑ) όταν το ποσοστό τσιμέντου είναι μεγαλύτερο του 0% το βέλτιστο ποσοστό ασφαλτικού γαλακτώματος είναι 3%, ενώ για ποσοστό τσιμέντου ίσο προς 0% το βέλτιστο ποσοστό ασφαλτικού γαλακτώματος είναι 4%.

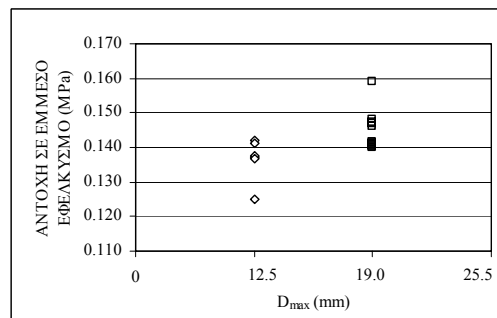
Είναι φανερή η διαφορετική απόκριση στην αύξηση του ποσοστού του γαλακτώματος των μιγμάτων που περιέχουν ΦΑ και του μίγματος που αποτελείται από αμιγές αμμοχάλικο 100% ΘΑ. Στο μίγμα με 100%ΘΑ υπάρχει σαφώς ένα βέλτιστο ποσοστό γαλακτώματος εξαρτώμενο από τα εκάστοτε ποσοστά τσιμέντου ενώ στα μίγματα που περιέχουν ΦΑ (100%ΦΑ ή 50% ΦΑ και 50%ΘΑ) δεν μπορεί να οριστεί βέλτιστο ποσοστό γαλακτώματος με βάση την αντοχή σε εφελκυσμό.

5 ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΚΟΚΚΟΥ ΑΔΡΑΝΩΝ

Για την εξέταση της επίδρασης της διαμέτρου του μέγιστου κόκκου αδρανών παρασκευάστηκαν από το μίγμα 50%ΦΑ,50%ΘΑ με τσιμέντο 3% και γαλάκτωμα 3%, 10 δοκίμια με μέγιστο κόκκο 19mm (3/4") και 6 δοκίμια με μέγιστο κόκκο 12.5mm (1/2"). Τα αποτελέσματα δίνονται στα σχήματα 14, 15 και στον πίνακα 2.



Σχήμα 14: Επίδραση του μέγιστου κόκκου στο μέτρο δυσκαμψίας



Σχήμα 15: επίδραση του μέγιστου κόκκου στην έμμεση εφελκυστική αντοχή

Πίνακας 2: Στατιστική σύγκριση του μέτρου δυσκαμψίας και της εφελκυστικής αντοχής των μιγμάτων

Μέτρο δυσκαμψίας			Αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό		
t- test	Ναι		t- test	Ναι	
Dmax	3/4"	1/2"	Dmax	3/4"	1/2"
N*	10	6	N*	10	6
χ (MPa)	6018	4748	χ(MPa)	0.145	0.137
Sd.	509.88	160.36	Sd.	0.00584	0.00609
cv. %	8.5	3.4	cv. %	4.02	4.46

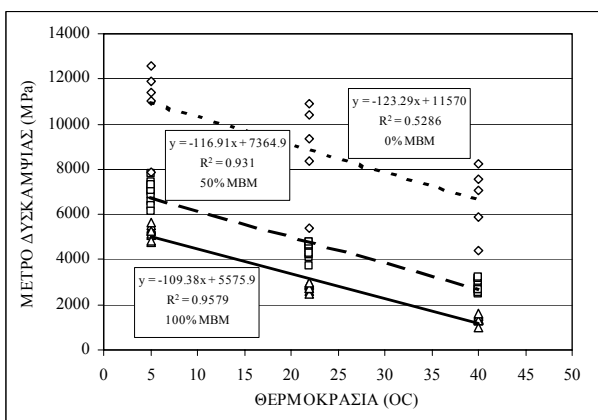
N*: Αριθμός δοκιμίων.

Είναι φανερό όσο μεγαλύτερη είναι η διάσταση του μέγιστου κόκκου τόσο μεγαλύτερο προκύπτει το μέτρο δυσκαμψίας, η αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό και η μεταβλητότητα των μετρήσεων όπως

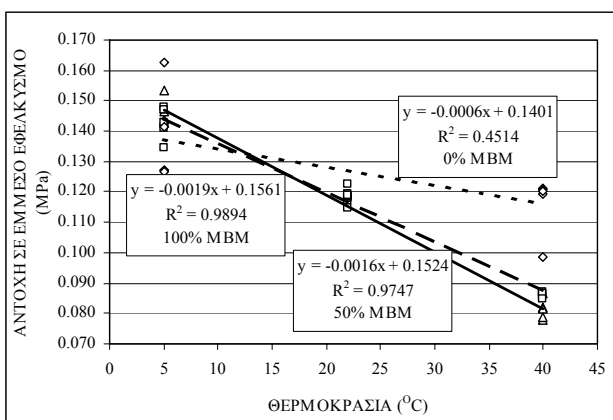
αυτή εκτιμάται από τον συντελεστή μεταβλητότητας. Πιστεύεται ότι η έρευνα θα έπρεπε να επεκταθεί και στα άλλα δύο μίγματα (100%ΦΑ και 100% ΘΑ).

6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.

Η επιρροή της θερμοκρασίας εξετάστηκε με την εκτέλεση δοκιμών μέτρησης μέτρου δυσκαμψίας και αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό σε τρεις θερμοκρασίες 5°C, 22°C και 40°C, και για τα τρία μίγματα. Τα δοκίμια είχαν ποσοστό τσιμέντου 2% και ασφαλικού γαλακτώματος 3% και μετά την παρασκευή τους παρέμειναν για 2 ημέρες στην απαιτούμενη θερμοκρασία ακριβώς πριν την εκτέλεση της κάθε δοκιμής, βλ. σχήμα 16 και 17.



Σχήμα 16: Επίδραση της θερμοκρασίας στο μέτρο δυσκαμψίας.



Σχήμα 17: επίδραση της θερμοκρασίας στην έμμεση εφελκυστική αντοχή

Όπως παρατηρείται στο σχήμα 16 η επιρροή της θερμοκρασίας στο μέτρο δυσκαμψίας του υλικού είναι παρόμοια και για τα τρία μίγματα. Επιπλέον στο σχήμα 17 διακρίνεται ότι η αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό του μίγματος 0%ΦΑ επηρεάζεται από την θερμοκρασία πολύ λιγότερο απότι επηρεάζονται τα άλλα μίγματα, όπως άλλωστε θα έπρεπε να αναμένεται αφού το μίγμα δεν περιέχει ΦΑ ως αδρανές αλλά 3% γαλάκτωμα ως συνδετικό υλικό. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένδειξη ότι η συμμετοχή του γαλακτώματος στην αντοχή του μίγματος είναι μικρή. Αντίθετα στα άλλα δύο μίγματα η αντοχή επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την θερμοκρασία (και μάλιστα η επιρροή αυτή είναι σχεδόν παρόμοια) λόγω της περιεκτικότητας σε αδρανή από ΦΑ και του επηρεασμού της αντοχής τους από τη θερμοκρασία (υψηλή θερμοκρασία μικρή αντοχή κόκκων ΦΑ και αντίθετα).

7 ΥΔΡΕΜΠΟΤΙΣΜΟΣ

Η δοκιμή υδρεμποτισμού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του EN 12697-12 με την διαφορά ότι τα δοκίμια παρέμειναν σε δοχείο με νερό επί 48 ώρες αντί του υδρεμποτισμού με υποπίεση. Από κάθε μίγμα παρασκευάστηκαν 5 δοκίμια με τσιμέντο 2% και γαλάκτωμα 3% και υποβλήθηκαν σε υδρεμποτισμό για 2 ημέρες σε θερμοκρασία 20°C. Μετά από στατιστική ανάλυση των μετρήσεων (βλ. Πίνακες 4, 5) προέκυψε ότι ο υδρεμποτισμός δεν επηρεάζει το μέτρο δυσκαμψίας και των τριών μιγμάτων ούτε την αντοχή τους σε διάρρηξη.

Πίνακας 4: Στατιστική ανάλυση των μετρήσεων του μέτρου δυσκαμψίας (MPa)

	Μίγμα (100% ΦΑ)		Μίγμα (50% ΦΑ)		Μίγμα (0% ΦΑ)	
	στεγνό	βρεγμένο	στεγνό	βρεγμένο	στεγνό	βρεγμένο
X	3044	3066	4561	4519	10522	6994
Sd.	207.83	195.11	367.9	211.6	3560.5	1419.4
cv.%	6.83	6.36	8.1	4.7	33.8	20.3
t-test	Όχι		Όχι		Όχι	

Πίνακας 5: Στατιστική ανάλυση των μετρήσεων της αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό (MPa)

	MIX (100% MBM)		MIX (50% MBM)		MIX (0% MBM)	
	στεγνό	βρεγμένο	στεγνό	βρεγμένο	στεγνό	βρεγμένο
X	0.114	0.117	0.119	0.123	0.122	0.122
Sd.	0.003	0.002	0.12	0.14	0.006	0.002
cv.%	2.69	1.70	1.00	1.14	4.88	1.92
t-test	Όχι		Όχι		Όχι	

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εργασία αυτή συμπεραίνεται κατ'αρχήν ότι:

1. Για τις διαβαθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν το βέλτιστο ποσοστό συνολικών υγρών για συμπύκνωση είναι 6%. Με το ποσοστό αυτό φαίνεται ότι επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη πυκνότητα η μεγαλύτερη τιμή του μέτρου δυσκαμψίας και έμμεσου εφελκυσμού.
2. Όταν τα μίγματα περιέχουν ΦΑ και ΘΑ δεν είναι δυνατόν να βρεθεί βέλτιστος συνδυασμός γαλακτώματος και τσιμέντου με βάση τη μέγιστη τιμή του μέτρου δυσκαμψίας ή της αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό. Όταν το μίγμα αποτελείται από αμιγές θραυστό υλικό, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε τσιμέντο μπορεί να προσδιοριστεί μία βέλτιστη περιεκτικότητα σε γαλάκτωμα για να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό. Θα πρέπει να αναπτυχθούν νέα κριτήρια για την επιλογή των απαιτούμενων ποσοστών γαλακτώματος και τσιμέντου.
3. Για τα μίγματα με 50%ΦΑ και 50% ΘΑ αύξηση της μέγιστης διάστασης αδρανούς από την κατηγορία των ΦΑ έχει ως συνέπεια την αύξηση της αντοχής και του μέτρου ελαστικότητας αλλά και αύξηση της μεταβλητότητας στις δοκιμές μέτρου δυσκαμψίας και έμμεσου εφελκυσμού. Οι δοκιμές πρέπει να επεκταθούν και σε άλλες αναλογίες ΦΑ και ΘΑ συμπεριλαμβανόμενων και των περιπτώσεων μιγμάτων 100% ΘΑ και 100%ΦΑ.
4. Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει μείωση στο μέτρο δυσκαμψίας και στην αντοχή σε έμμεσο εφελκυσμό για όλα τα εξετασθέντα μίγματα. Το μίγμα που δεν περιείχε ΦΑ έδειξε την μικρότερη εξάρτηση.
5. Για τα μίγματα που εξετάστηκαν δεν παρουσιάστηκε ευαισθησία στην επίδραση του υδρεμποτισμού.

9 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Austroads Inc. 2000. *Framework Specifications for Asphalt Recycling*, National Library of Australia.
- BSI DD 213. 1993. *Method for Determination of the Indirect Tensile Stiffness Modulus of Bituminous Materials*.
- ΕΛΟΤ EN 12697 - 23. Ασφαλτικά μίγματα – Μέθοδοι δοκιμής θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 23: Προσδιορισμός της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής δοκιμίων ασφάλτου.
- PrEN 12697 – 12. 1999. *Determination of the water sensitivity of bituminous specimens*.
- Σ. Κόλιας & R. Jouni, 2005. *Διερεύνηση της επίδρασης ορισμένων παραμέτρων στην παρασκευή δοκιμίων από ανακυκλωμένο με ασφαλτικό γαλάκτωμα και τσιμέντο μίγμα φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και θραυστού αμμοχαλίκου*.