

4ο ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΜΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ
Θεσσαλονίκη, 19-20 Απριλίου 2007

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΡΑΣΠΕΔΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**

Ν. Οικονόμου *

Αναπληρωτής Καθηγητής, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, 54124, Τηλ. 2310-995655, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ, ikonomou@civil.auth.gr

Π. Εσκίογλου

Αναπληρωτής Καθηγητής, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος

Σ. Μαυρίδου

Πτυχιούχος Γεωλόγος Α.Π.Θ., MSc Α.Π.Θ, Υποψήφια. Διδάκτορας Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανακύκλωση των φθαρμένων ελαστικών των αυτοκινήτων αποτελεί μια διέξοδο προκειμένου να επιλυθεί μερικώς το πρόβλημα της ανεξέλεγκτα συχνά απόθεσης των στερεών αυτών αποβλήτων. Πρόσφατα, στη χώρα μας θεσπίστηκε το υπ' αριθμόν 109/75/2004 Προεδρικό Διάταγμα, σχετικά με τα μέτρα και τους όρους για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η συμπεριφορά κρασπέδων, τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων. Παρασκευάστηκαν μίγματα κρασπέδων με χρήση πούδρας φθαρμένου ελαστικού ως αντικατάστατο μέρους των αδρανών των μιγμάτων σε ποσοστά 2.5 και 5% κ.β.των αδρανών. Μελετήθηκαν διάφορα φυσικά, μηχανικά χαρακτηριστικά καθώς και η μικροδομή- με χρήση στερεοσκοπίου και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου-των τροποποιημένων κρασπέδων και έγινε σύγκριση αυτών με συμβατικά

Από τα αποτελέσματα προκύπτει πως η προσθήκη φθαρμένου ελαστικού είναι δυνατή στην παρασκευή σκυροδεμάτων για κράσπεδα με ικανοποιητικές ιδιότητες, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη μείωση του τεράστιου όγκου αποθέσεων τους με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : φθαρμένα ελαστικά, κράσπεδα σκυροδέματος, μικροδομή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απόθεση των φθαρμένων ελαστικών των οχημάτων αποτελεί περιβαλλοντικό ζήτημα παγκοσμίως. Στην Ελλάδα επίσημα η ετήσια συσσώρευση ελαστικών ανέρχεται στις 58500t ενώ ανεπίσημα μπορεί και να ξεπερνάει τις 70000t. Ήδη με την Οδηγία 99/31/Ε.Ε. απαγορεύεται η απόθεση φθαρμένων ελαστικών σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων επομένως γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για άμεση ανακύκλωση αυτών. Σε αυτό το πλαίσιο πρόσφατα θεσπίστηκε το υπ' αριθμόν 109/75/2004 Προεδρικό Διάταγμα σχετικά με τα μέτρα και τους όρους για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων[1], το οποίο διέπεται από τις γενικές αρχές εναλλακτικής διαχείρισης του άρθρου 4 του Ν2939/2001. Επίσης σύμφωνα με το άρθρο 6 της 29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» μετά την 16^η Ιουλίου 2003, δεν γίνονται αποδεκτά σε ΧΥΤΑ , ολόκληρα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων, εκτός από τα υλικά που προορίζονται για χρήση σε κατασκευαστικά έργα εντός του ΧΥΤΑ ενώ μετά την 16^η Ιουλίου 2006 απαγορεύθηκε η απόθεση σε αυτούς και τεμαχισμένων μεταχειρισμένων ελαστικών. Ταυτόχρονα από την 31^η Ιουλίου 2006, η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων αποβλήτων ελαστικών οχημάτων έπρεπε να καλύπτει τουλάχιστον το 65% των αποσυρόμενων ελαστικών με το ποσοστό ανακύκλωσης αυτών να ανέρχεται στο 10%.

Γενικά ο οικονομικότερος, ευκολότερος και ευρέως χρησιμοποιούμενος τρόπος εναλλακτικής διαχείρισης και ανακύκλωσης των φθαρμένων ελαστικών οχημάτων είναι η αποτέφρωσή τους. Ωστόσο, η μεθοδολογία αυτή αποτελεί μια σημαντική πηγή ρύπανσης της ατμόσφαιρας δεδομένου του καπνού που προκύπτει από τη διαδικασία της καύσης. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στην ανάγκη εύρεσης νέων τρόπων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των αποτιθέμενων ελαστικών.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20-30 ετών πραγματοποιούνται διαρκείς μελέτες με αντικείμενο την επαναχρησιμοποίηση φθαρμένων ελαστικών οχημάτων, με τεμαχισμό ή και κοκκοποίησή τους σε διάφορες εφαρμογές Πολιτικού Μηχανικού όπως είναι η οδοποιία, η παραγωγή προϊόντων τσιμέντου κ.α.. Τεμάχια ελαστικού διαφόρων κοκκομετριών μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως τροποποιητές ιδιοτήτων της ασφάλτου, «υγρή μέθοδος», είτε ως αδρανή, «ξηρή μέθοδος»[2, 3] καθώς και σε προϊόντα τσιμέντου ως αντικατάστατο μέρος των αδρανών[4,5,6]. Και οι 2 παραπάνω εφαρμογές αποτελούν οικονομικά συμφέρουσες και με ικανοποιητικά αποτελέσματα λύσεις στην εναλλακτική διαχείριση και αξιοποίηση μεγάλων ποσοτήτων ελαστικών αποβλήτων.

Τροποποιημένα με ελαστικά προϊόντα τσιμέντου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές, όπου δεν απαιτείται η ανάπτυξη υψηλών μηχανικών αντοχών, όπως σε στηθαία αναχαίτισης αυτοκινήτων [7], τα οποία

υπόκεινται σε άμεσες επιπτώσεις κρούσης, σε ηχοπετάσματα, στην παραγωγή κυβολίθων, πλακών πεζοδρομίου, κ.τ.λ.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη της συμπεριφορά τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων κρασπέδων από σκυρόδεμα ως προς ορισμένες φυσικές και μηχανικές ιδιότητές τους με ταυτόχρονη παρατήρηση της μικροδομής τους.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1.Υλικά

Η παρασκευή των τροποποιημένων κρασπέδων από σκυρόδεμα έγινε σε εργοστασιακή μονάδα του ευρύτερου Πολεοδομικού Συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν τσιμέντο CEM IV/B, αδρανή- άμμος ποταμού και άμμος ασβεστολιθική-, νερό, πούδρα κονιοποιημένου φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων και πρόσμικτο σκυροδέματος. Η πούδρα του ελαστικού προέρχεται από μηχανικό τεμαχισμό φθαρμένων ελαστικών παραγωγής εργοστασίου στη Φθιώτιδα[8].

2.2.Παρασκευή κρασπέδων

Παρασκευάστηκαν τρεις συνθέσεις κρασπέδων. Για την πρότυπη σύνθεση αναφοράς R χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο, άμμος και νερό χωρίς φθαρμένο ελαστικό αυτοκινήτων. Για την παρασκευή των υπολοίπων συνθέσεων(A και B) μεταβλήθηκαν οι ποσότητες των αδρανών και του ελαστικού καθώς έγινε αντικατάσταση μέρους των πρώτων – σε ποσοστό 2.5%(κωδικός σύνθεσης A) και 5%(κωδικός σύνθεσης B)- από πούδρα φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων. Για όλες τις συνθέσεις ο λόγος νερού προς τσιμέντο διατηρήθηκε σε χαμηλό ποσοστό(0,38).

Τα δοκίμια των συμβατικών και τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων κρασπέδων παρασκευάστηκαν και συντηρήθηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές.. Στα δοκίμια έγιναν έλεγχοι προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών τους, όπως η θλιπτική αντοχή, το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας, η εφελκυστική αντοχή από κάμψη και διάρρηξη καθώς και η υδατοαπορρόφηση, η τριχοειδής ανύψωση και η αντοχή σε ολίσθηση με ταυτόχρονη μελέτη της μικροδομής τους με χρήση στερεοσκοπίου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΚΡΑΣΠΕΔΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μελετούμενων ιδιοτήτων των συμβατικών και τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά κρασπέδων από σκυρόδεμα. Οι έλεγχοι των χαρακτηριστικών των δοκιμίων έγιναν σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά συμβατικών και τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά κρασπέδων			
Table 1. Characteristics of conventional and modified with tire rubber precast concrete kerb units			
	Συνθέσεις		
Χαρακτηριστικά	R	A	B
Θλιπτική αντοχή (MPa)	16,3	14,72	12,01
Εφελκυστική αντοχή σε κάμψη(MPa)	2,6	2,4	2,1
Δυναμικό Μέτρο Ελαστικότητας (GPa)	30,49	25,76	21,25
Εφελκυστική αντοχή σε διάρρηξη (MPa)	1,8	1,6	1,3
Υδατοαπορρόφηση (%)	9.6	8,1	6,3
Αντίσταση σε ολίσθηση στους 20°C	67	68.8	74.4

3.1.Μηχανικές αντοχές

Προσθήκη φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων, σε διάφορα ποσοστά και κοκκομετρίες, επιφέρει μείωση των μηχανικών αντοχών των προϊόντων τσιμέντου στα οποία προστίθενται, σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία [4-6, 9-14]. Όσον αφορά στις συνθέσεις της παρούσας εργασίας και για προσθήκη κονιοποιημένου φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων σε ποσοστό 2.5 % κ.β. των αδρανών παρατηρήθηκε μείωση της θλιπτικής αντοχής κατά 9,7 % ενώ για ποσοστό 5% η αντίστοιχη μείωση ανήλθε στο 26,3%.

Παρόμοια συμπεριφορά σημειώθηκε στην εφελκυστική αντοχή από κάμψη καθώς και στο δυναμικό μέτρο ελαστικότητας των υπό μελέτη τροποποιημένων με φθαρμένο ελαστικό κρασπέδων από σκυρόδεμα. Για τις συνθέσεις A και B, στις οποίες μέρος των αδρανών αντικαταστάθηκε από ελαστικό σε ποσοστό 2.5% και 5% κ.β. αντίστοιχα, η μείωση της εφελκυστικής αντοχής ανήλθε στο 7,7 και 19,2% σε σχέση με το συμβατικό μίγμα, ενώ η μείωση του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας ανήλθε στο 15,5% και 30,3 %. Παρατηρούμε πως η μείωση του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας πλησιάζει την αντίστοιχη της θλιπτικής αντοχής ενώ η μείωση της εφελκυστικής αντοχής είναι μικρότερη.

Ωστόσο με βάση τα αποτελέσματα προέκυψε μικρότερη μείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε σχέση με τη βιβλιογραφία και με προηγούμενη έρευνα των συγγραφέων της παρούσης εργασίας σε τσιμεντοκονιάματα, τροποποιημένα με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων, τα οποία παρασκευάστηκαν

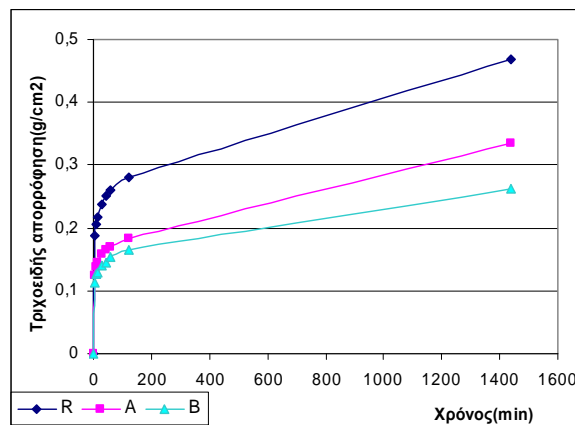
στο εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ.[4-6]. Επομένως κρίθηκε σκόπιμη η παραγωγή των κρασπέδων σε εργοστασιακή κλίμακα προκειμένου να ελεγχθούν δοκίμια από την παραγωγική διαδικασία δίνοντας περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.

3.2. Υδατοαπορρόφηση

Ο έλεγχος της υδατοαπορρόφησης των δοκιμίων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές[15,16]. Παρατηρήθηκε μείωση της υδατοαπορρόφησης στα δείγματα με καλύτερη συμπεριφορά αυτή της σύνθεσης Β, της οποίας η υδατοαπορρόφηση ήταν μικρότερη της αντίστοιχης της πρότυπης σύνθεσης R κατά 34,4 %.

3.3. Τριχοειδής απορρόφηση

Σκοπός της συγκεκριμένης δοκιμής αποτέλεσε ο υπολογισμός της ποσότητας του νερού που προσροφάται μέσω των τριχοειδών κενών σε κάθε δοκίμιο μελέτης. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο σχήμα 1. Παρατηρήθηκε μείωση της ιδιότητας αυτής στις συνθέσεις με προσθήκη ελαστικού. Μικρότερη τριχοειδής απορρόφηση εμφανίστηκε στα δοκίμια της σύνθεσης Β σε ποσοστό 44,7% ενώ η αντίστοιχη μείωση για τη σύνθεση Α ανήλθε στο 29,8% σε σχέση με την πρότυπη σύνθεση R



Σχήμα 1. Τριχοειδής απορρόφηση κρασπέδων από σκυρόδεμα
Figure 1. Capillarity of concrete kerb units

3.4. Αντίσταση σε ολίσθηση

Η αντίσταση σε ολίσθηση μετρήθηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές [15,16] στο εργαστήριο της Δ.Δ.Ε. της Περιφέρειας της Κεντρικής Μακεδονίας. Από τα αποτελέσματα προκύπτει πως προσθήκη φθαρμένου ελαστικού σε ποσοστό 2.5% κ.β. των αδρανών σε μίγματα κρασπέδων επηρεάζει ελάχιστα την αντίσταση σε ολίσθηση ενώ για ποσοστό 5% κ.β. των αδρανών μετρήθηκε μεγαλύτερη τιμή αντίστασης σε ολίσθηση, γεγονός που αποδεικνύει ιδιαίτερα θετική την ύπαρξη φθαρμένων ελαστικών σε μίγματα κρασπέδων. Οι αυξημένες ελαστικές ιδιότητες του φθαρμένου ελαστικού επιτρέπουν στην επιφάνεια του δοκιμίου μεγαλύτερη παραμόρφωση με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλύτερης τριβής κατά το πέρασμα του στελέχους από την επιφάνεια αυτή. Η δοκιμή φαίνεται στη φωτογραφία 1.



Φωτογραφία 1. Μέτρηση της αντίστασης σε ολίσθηση κρασπέδων από σκυρόδεμα

Photograph 1. Measurement of Skid resistance of concrete kerb units

3.5. Μελέτη μικροδομής

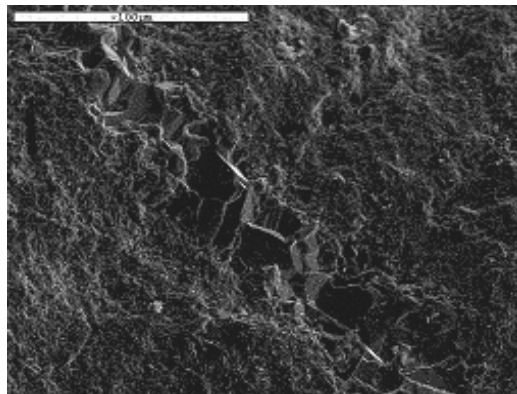
Σημαντικό μέρος της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη των κόκκων κονιοποιημένου φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων στη μικροδομή των κρασπέδων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε ειδικές εφαρμογές τόσο με στερεοσκόπιο όσο και με Σαρωτικό Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο (SEM). Για τη στερεοσκοπική παρατήρηση χρησιμοποιήθηκε στερεοσκόπιο της εταιρείας Leica τύπου Wild M10-κατάλληλο για μελέτη μικροδομών-, και σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο της εταιρείας JEOL τύπου JSM840A.

Οι κόκκοι του φθαρμένου ελαστικού όπως φαίνεται από στερεοσκοπική μελέτη έχουν τυχαίο, ακανόνιστο σχήμα ενώ η επιφάνειά τους δεν είναι τελείως λεία (φωτογραφία 2).

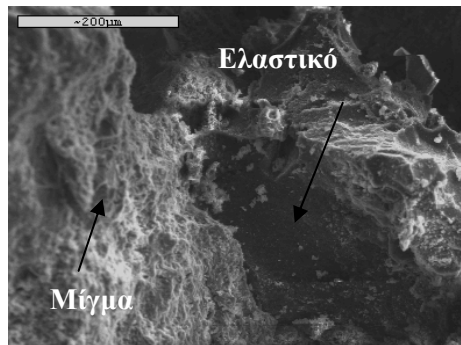


Φωτογραφία 2. Κόκκοι φθαρμένου ελαστικού (στερεοσκόπιο x35)
Photograph 2. Particles of worn mobile (stereoscope x35)

Μελετήθηκε η μικροδομή τόσο μιγμάτων συμβατικών κρασπέδων από σκυρόδεμα, δηλαδή χωρίς προσθήκη ελαστικού(φωτογραφία 3) όσο και μιγμάτων κρασπέδων τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων. Αισθητή είναι η παρουσία ασβεστίτη σε όλα τα παραγόμενα μίγματα κρασπέδων, ο οποίος κατά τύπους διατηρεί την κρυσταλλικότητά του. Όσον αφορά στα τροποποιημένα με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων μίγματα κρασπέδων παρατηρήθηκε ικανοποιητική συνάφεια ανάμεσα στους κόκκους του ελαστικού και το υπόλοιπο μίγμα (φωτογραφία 4).



Φωτογραφία 3. Συμβατικό μίγμα κρασπέδων από σκυρόδεμα
Photograph 3. Conventional mixture of kerb concrete units



Φωτογραφία 4. Τροποποιημένο με φθαρμένα ελαστικά κράσπεδο
Photograph 4. Modified with tire rubber kerb concrete unit

Επίσης οι κόκκοι ελαστικού φαίνεται να εμποδίζουν την εξέλιξη των ρωγμών που σχηματίζονται μέσα στην κονία, σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία[6,14].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη χώρα μας ετησίως αποτίθενται τεράστιες ποσότητες φθαρμένων ελαστικών οχημάτων. Η εύρεση τρόπων εναλλακτικής διαχείρισης αυτών κρίνεται απαραίτητη δεδομένου του δημοσιευμένου Προεδρικού Διατάγματος Π.Δ.109/2004 σύμφωνα με το οποίο από τις 31 Ιουλίου 2006 η ανακύκλωση των φθαρμένων ελαστικών έπρεπε να ανέρχεται στο 10% της συνολικής τους ποσότητας.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρασκευάστηκαν μίγματα κρασπέδων με χρήση πούδρας φθαρμένων ελαστικών. Το φθαρμένο ελαστικό, μεγίστου κόκκου 2 mm, αντικατέστησε μέρος των αδρανών σε ποσοστά 2,5 και 5% κ.β. αυτών. Εν συνεχεία εξετάστηκαν τα τροποποιημένα μίγματα κρασπέδων ως προς διάφορα μηχανικά χαρακτηριστικά(θλιπτική αντοχή, εφελκυστική αντοχή, δυναμικό μέτρο ελαστικότητας), ως προς την υδατοαπορρόφηση, τη τριχοειδή ανύψωση και την αντίσταση σε ολίσθηση. Σημαντικό εργαλείο αποτέλεσε η μελέτη της μικροδομής των δοκιμίων, η οποία επιβεβαιώνει την πολύ καλή πρόσφυση του ελαστικού στα μίγματα.

Με βάση τα αποτελέσματα των μηχανικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε μείωση αυτών με αύξηση του ποσοστού του ελαστικού. Ωστόσο οι ιδιότητες που σχετίζονται άμεσα με τη στεγανότητα των μιγμάτων, δηλαδή η υδατοαπορρόφηση και η τριχοειδής ανύψωση, εμφανίζονται βελτιωμένες, ιδιαίτερα για τα μίγματα της σειράς Β. Επίσης τα τροποποιημένα με φθαρμένα ελαστικά οχημάτων κράσπεδα από σκυρόδεμα συμπεριφέρθηκαν ικανοποιητικά ως προς την αντίστασή τους σε ολίσθηση.

Επομένως προσθήκη φθαρμένου ελαστικού μειώνει σχετικά τις μηχανικές αντοχές αλλά αυξάνει ιδιαίτερα τη στεγανότητα κρασπέδων τροποποιημένων

με φθαρμένα ελαστικά ενώ δε μειώνεται η αντίστασή τους σε ολίσθηση. Η μεθοδολογία αυτή είναι δυνατό να οδηγήσει σε παραγωγή κρασπέδων ειδικών απαιτήσεων. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η δέσμευση μιας αρκετά μεγάλης ποσότητας φθαρμένων ελαστικών που διαφορετικά θα οδηγείτο σε ανεξέλεγκτη απόθεση στο περιβάλλον, προκαλώντας τις γνωστές και ανεπιθύμητες αρνητικές συνέπειες.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Προεδρικό Διάταγμα ΥΠ' ΑΡΙΘΜ.109,(2004), Μέτρα και όροι για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων. Πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείρισή τους, 5 Μαρτίου 2004, Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Πρώτο.
- [2] Khalid H.A., Artamendi I., Exploratory study to evaluate the properties of rubberized asphalt modified using the wet and dry processes, *3rd International Conference Bituminous mixtures and Pavements*, σελ.15-25, J&A Publishers, Thessaloniki, Greece, 21-22Nov.2002.
- [3] Fernandes Jr.J.L., Bertollo S.A.M, Bernucci L.L.B, E. de Moura, Laboratory evaluation of dense asphalt mixtures modified with addition of rubber, *3rd International Conference Bituminous Mixtures and Pavements*, J&A Publishers, Thessaloniki, Greece, 21-22Nov.2002.
- [4] Οικονόμου Ν., Σικαλίδης Κ., Μαυρίδου Σ., Χρήση φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων στην παραγωγή προϊόντων τσιμέντου, *Πρακτικά 2^ο Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας*, Θεσσαλονίκη, 8-10 Οκτωβρίου 2005
- [5] Οικονόμου Ν., Στεφανίδου Μ., Μαυρίδου Σ., Εσκίογλου Π, Μελέτη μικροδομής τσιμεντοκονιαμάτων τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων, *Πρακτικά 1^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου Για την Αξιοποίηση Βιομηχανικών Παραπροϊόντων στη δόμηση*, σελ.129-140, Θεσσαλονίκη.
- [6] Οικονόμου Ν., Στεφανίδου Μ., Μαυρίδου Σ., Βελτίωση της πρόσφυσης ανακυκλωμένων ελαστικών αυτοκινήτων σε προϊόντα τσιμέντου, *Πρακτικά 15^ο Συνέδριο Συνέδριο ΤΕΕ*, σελ. 234-242, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου 2006.
- [7] Topcu, I.B., The properties of rubberized concrete, *Cement and Concrete Research* 25 (2), p.p 304–310, 1995.
- [8] Καραμπάς Ελληνική Αντιρρυπαντική Ανακύκλωσης Α.Ε.Β.Ε., 35007 Λιβανάτες Φθιώτιδος, e-mail: kkarabas@otenet.gr
- [9] Ali, N.A., Amos, A.D., Roberts, M., Use of ground rubber tires in portland cement concrete. In: Dhir, R.K. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Concrete 2000*, University of Dundee, Scotland, UK, pp. 379–390, 1993.
- [10] Eldin, N.N., Senouci, A.B., Rubber-tire particles as concrete aggregates, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* 5 (4),pp 478–496, 1993.
- [11] Khatib Z.K., Bayomy, F.M., Rubberized Portland cement concrete, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* 11 (3), pp 206-213, 1999

- [12] Rostami, H., Lepore, J., Silverstraim, T., Zundi, I., Use of recycled rubber tires in concrete. In: Dhir, R.K. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Concrete 2000*, University of Dundee, Scotland, UK, pp. 391–399. Rubber Manufacturer’s Association, 2000. Washington, DC, 1993.
- [13] Siddique Rafat, Naik R T., (2004), Properties of concrete containing scrap-tire rubber-an overview, *Waste Management* 24, pp 563-569, 2004.
- [14] Turatsinze A., Bonnet S., Granju J.-L., Mechanical characterization of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tires, *Building and Environment* Vol.40, pp 221-226, 2005
- [15] EN 1340-2003(E) Materials, Properties, Requirements and test method for unreinforced, cement bound precast concrete kerb units
- [16] ASTM E303-83 Standard Method for Measuring Surface Frictional properties using the British Pendulum Tester.

4th INTERNATIONAL CONFERENCE
BITUMINOUS MIXTURES AND PAVEMENTS
Thessaloniki, Greece, 19-20 April 2007

STUDY OF CONCRETE KERB UNITS MODIFIED WITH TIRE RUBBER

N. Oikonomou *

Associate Professor, Laboratory of Building Materials, 54124, Department of Civil Engineering, A.U.Th, ikonomou@civil.auth.gr

P.Escioglou

Associate Professor, Department of Forestry and Natural Environment, A.U.Th

S. Mavridou

Geologist A.U.Th., MSc A.U.Th., Ph.D. Candidate A.U.Th.

EXTENDED SUMMARY

ABSTRACT

Recycling of worn mobile tires is a way out in order the great problem of the often uncontrollable deposit of them to be partially solved. Recently laws no 109/75/2004 is issued concerning the terms and the means for the alternative management of worn mobile tires.

This paper examines the behavior of concrete kerb units, modified with this kind of solid wastes. Mixtures of such units were produced by the use of tires in the form of granules as an aggregate. Sand was substituted by tire rubber at 2.5 and 5% per weight. Physical and mechanical characteristics as well as the microstructure of these mixtures have been studied compared to conventional ones.

Results so far showed that addition of worn mobile tires is possible and has a positive influence on the behavior of mixtures for concrete kerb units with satisfactory properties so that stockpiles of worn tires are getting lesser and environment is protected.

KEY WORDS: worn tires, concrete kerb units, microstructure

1. MANUSCRIPT

The number of worn mobile tires increase every year creating stockpiles which are dangerous not only due to potential environmental threat, but also from fire hazards. In the frame of an effort to protect the environment from the often uncontrollable deposit of such solid wastes local laws no 109/75/2004 was

issued concerning the means and terms for the alternative management of worn mobile tires according to which by 16th of July of 2006 no worn mobile tires are accepted in landfills while by the 31st of the same month, the utilization of worn tires should reach 65% of total tires number and the recycling of these should be at least 10% [1].

Generally the most economic way of reuse of worn mobile tires is by incinerate them. However, this methodology is a great source of environment pollution, given the fact that big amounts of fume are produced by the incineration. So it is urgent to find new ways of recycling and reuse of worn tires.

Worn mobile tires are increasingly being used for a wide spectrum of applications in diverse market sectors. Tires, in the form of powder, granules, shreds, cuts or whole can be used in a variety of civil engineering projects such as road construction and production of concrete and products based on cement [2-6].

This paper presents the results of an investigation on concrete kerb units modified with worn mobile tires. Tire has been used in the form of powder and granules for the production of two series of mixtures for kerb units. Sand was substituted by tire rubber at 2.5 and 5% per weight. Physical and mechanical characteristics (compressive and flexural strength, dynamic modulus of elasticity) as well as water absorption, capillarity and skid resistance have been studied according to specifications [7, 8]. Results indicated that mixtures for concrete kerb units modified with tire rubber showed a loss in mechanical properties. At the same time, such concrete kerb units exhibited lower water absorption and capillarity as well as better skid resistance than the control one.

A part of this paper is covered by the study of the microstructure of the mixtures produced, which has been made by the use of a stereoscope and a scanning electron microscope. Conventional and mixtures modified with tire rubber were examined. This examination showed a satisfactory bonding between tire rubber particles and the rest of the mixture.

So it is possible to manufacture concrete kerb units containing tire rubber at 2.5 and 5% per weight using a conventional plain concrete kerb unit manufacturing process. In this way big quantities of worn mobile tires can be re-used and as a result part of the great volumes of these solids wastes can be eliminated.

2. REFERENCES

- [1] Presidential Decree No.109 Means and terms for alternative management of worn mobile tires, Program for their alternative management', 5th March 2004, Paper of Government of Hellenic Democracy, 1st Part, 5 March 2004.
- [2] Oikonomou N., Stefanidou M., Mavridou S., Escioglou P., Study of the microstructure of mortars modified with rubber from worn *automobiles tires*', *Proceedings of the 1rst Conference for the Utilization of Industrial By products in Building Construction*, pp 129-140, Thessaloniki, Greece, 24-26 Nov. 2005.

- [3] Oikonomou N., Stefanidou M., Mavridou S , Improvement in the bonding between worn mobile tires and cement paste in cement products, Proceedings of the 15th Conference of T.C , p.p. 234-242, Alexandroupoli, 25-27 October 2006.
- [4] Ali, N.A., Amos, A.D., Roberts, M., Use of ground rubber tires in portland cement concrete. In: Dhir, R.K. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Concrete 2000*, University of Dundee, Scotland, UK, pp. 379–390, 1993.
- [5] Eldin, N.N., Senouci, A.B., Rubber-tire particles as concrete aggregates, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* 5 (4),pp 478–496, 1993.
- [6] Khatib Z.K., Bayomy, F.M., Rubberized Portland cement concrete, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* 11 (3), pp 206-213, 1999
- [7] EN 1340-2003(E) Materials, Properties, Requirements and test method for unreinforced, cement bound precast concrete kerb units
- [8] ASTM E303-83 Standard Method for Measuring Surface Frictional properties using the British Pendulum Tester.