

ΧΡΗΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Νικόλαος Οικονόμου

Αναπλ. Καθηγητής, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

Σοφία Μαυρίδου

MSc Γεωλόγος, Διπλ. Πολ. Μηχανικός, Υπ. Διδ. Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

Λέξεις κλειδιά: Φθαρμένα ελαστικά, προϊόντα τσιμέντου, ασφαλτόμιγμα, εδαφικό υλικό

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρατίθενται βασικά στοιχεία του προβλήματος των φθαρμένων ελαστικών οχημάτων και τα αποτελέσματα από μελέτες για την αξιοποίηση αυτών σε έργα Πολιτικού Μηχανικού. Παρουσιάζονται αποτελέσματα όσον αφορά σε μηχανικά και άλλα χαρακτηριστικά διαφόρων κατηγοριών τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά μιγμάτων (με βάση το τσιμέντο, την άσφαλτο και εδαφικό υλικό). Παρατίθενται νέα στοιχεία από πειραματικά αποτελέσματα της υπό εξέλιξης έρευνας που αφορούν στον προσδιορισμό αντίστασης σε ολίσθηση μιγμάτων σκυροδέματος καθώς και στη στερεοσκοπική παρατήρηση ασφαλτομιγμάτων, τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά. Επίσης, για πρώτη φορά, παρατίθενται στοιχεία από τη μελέτη ιδιοτήτων σε μίγματα εδαφικού υλικού - φθαρμένων ελαστικών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση παραπροϊόντων και αποβλήτων στην κατασκευή στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι μηχανικοί προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικά υλικά που θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των διαφόρων έργων τόσο από άποψη οικονομίας, όσο και από άποψη μηχανικών και φυσικών

χαρακτηριστικών, τα οποία να είναι συγκρίσιμα με τα αντίστοιχα άλλων πρωτογενών υλικών. Μια κατηγορία τέτοιων εναλλακτικών υλικών αποτελούν τα φθαρμένα ελαστικά οχημάτων.

Οι υφιστάμενοι σωροί φθαρμένων ελαστικών εκτιμώνται σε τρία δις περίπου εντός της Ε.Ε. ενώ στη χώρα μας η ετήσια απόσυρση φθαρμένων ελαστικών ανέρχεται σε περισσότερους από 58500 τόνους [Ε.Τ.Ρ.Α.].

Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση οχημάτων έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγάλων όγκων αποθέσεων φθαρμένων ελαστικών, οι οποίες συχνά απορρίπτονται ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού γίνονται προσπάθειες ώστε τα φθαρμένα ελαστικά, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία να αξιοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Από την ποσότητα των φθαρμένων ελαστικών που συλλέγεται σήμερα στη χώρα μας ένα μικρό μόνο ποσοστό αξιοποιείται, κυρίως θερμικά ενώ το υπόλοιπο και μεγαλύτερο ποσοστό αποθηκεύεται και παραμένει πρακτικά ανεκμετάλλευτο.

Στην παρούσα εργασία παρατίθενται στοιχεία της ελληνικής νομοθεσίας σχετικά με την εναλλακτική διαχείριση των φθαρμένων ελαστικών οχημάτων και γίνεται αναφορά σε διάφορους τομείς έργων Πολιτικού Μηχανικού, όπου είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση φθαρμένων ελαστικών οχημάτων κυριότεροι εκ των οποίων είναι προϊόντα με βάση το τσιμέντο, την άσφαλτο και εδαφικό υλικό. Παράλληλα παρατίθενται νέα στοιχεία ως προς τον προσδιορισμό αντίστασης σε ολίσθηση μιγμάτων σκυροδέματος καθώς και στη στερεοσκοπική παρατήρηση ασφαλτομιγμάτων, τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά. Επίσης, για πρώτη φορά, παρατίθενται στοιχεία από τη μελέτη ιδιοτήτων σε μίγματα εδαφικού υλικού - φθαρμένων ελαστικών.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα, σχετικά με τα φθαρμένα ελαστικά οχημάτων, αποτελείται από τα παρακάτω:

- ❖ Πλήρης απαγόρευση εισόδου παλαιών ελαστικών σε Χ.Υ.Τ.Α. από το 2006 (Οδηγία 31/99 Ε.Ε.)
- ❖ Οδηγία 53/2000/ΕΕ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους

- ❖ Οδηγία 76/2000/ΕΕ για την αποτέφρωση αποβλήτων
- ❖ Νόμος 2939/01 για την εναλλακτική διαχείριση των υλικών συσκευασίας και άλλων προϊόντων
- ❖ **Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ 109, ΦΕΚ Α75-5/3/2004) που θέτει προδιαγραφές και στόχους για την διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών στην Ελλάδα**
- ❖ ΚΥΑ 112145/16-12-2004 για την ξεχωριστή αναγραφή των χρηματικών εισφορών του συστήματος της Ecoelastika επί των τιμολογίων πώλησης νέων ελαστικών.

Όσον αφορά στους ποσοτικούς στόχους που θέτει το Π.Δ., μετά τον Ιούλιο του 2006 (τελευταίος μήνας απόθεσης ελαστικών σε Χ.Υ.Τ.Α.) η αξιοποίηση των αποσυρόμενων ελαστικών έπρεπε να ανέρχεται στο 65% και ποσότητα ίση με 10% αυτών έπρεπε να ανακυκλώνεται.

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

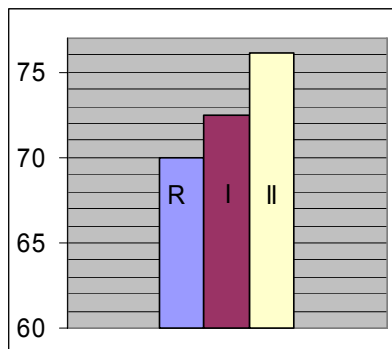
Πρόσφατο αντικείμενο μελέτης με σκοπό την αξιοποίηση των φθαρμένων ελαστικών αποτελεί η προσθήκη τους σε προϊόντα με βάση το τσιμέντο όπως κονιάματα και σκυροδέματα διαφόρων εφαρμογών (μίγματα σκυροδέματος για κράσπεδα - κυβόλιθους οδοστρωσίας και πλάκες πεζοδρομίου). Αρκετές σχετικές μελέτες έχουν διεξαχθεί σε διεθνές επίπεδο [Torcu, I.B, (1995); Huang (2004); Sukontasukkul & Chalermphol (2006)].

Στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. εξετάζεται η δυνατότητα προσθήκης κοκκοποιημένων φθαρμένων ελαστικών, ελληνικής προέλευσης [ΚΑΡΑΜΠΑΣ, ΗΕΛΕΣΙ] σε κονιάματα και σκυροδέματα. Για τα μίγματα αυτά καθορίζονται διάφορες φυσικομηχανικές ιδιότητές τους με παράλληλη παρατήρηση της μικροδομής τους ώστε να γίνεται περισσότερο κατανοητή η συμπεριφορά των κόκκων ελαστικού στα μίγματα.

Παρά την αναμενόμενη σχετική μείωση που επιφέρει η προσθήκη των φθαρμένων ελαστικών στις μηχανικές αντοχές των τροποποιημένων με ελαστικά μιγμάτων, αυτά παρουσιάζουν βελτιωμένες ιδιότητες όπως ενεργό πορώδες, τριχοειδής ανύψωση και αντίσταση σε ολίσθηση. Ιδιαίτερα θετική κρίνεται η επίδραση του ελαστικού στη διείδυση χλωριοϊόντων στα μίγματα αυτά [Οικονομου & Μανριδου, (2007)]

Παράλληλα προϊόντα τσιμέντου όπως κυβόλιθοι οδοστρωσίας και κράσπεδα, τα οποία παρασκευάστηκαν σε βιομηχανική μονάδα του ευρύτερου Πολεοδομικού Συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης εμφάνισαν ικανοποιητικές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες [Οικονόμου κ.α. (2007α); Οικονόμου (2008)].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα νεώτερα αποτελέσματα μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση σε μίγματα σκυροδέματος. Πρόσφατα, μίγματα σκυροδέματος που παρασκευάστηκαν εργαστηριακά με προσθήκη φθαρμένων ελαστικών σε ποσοστά 2.5 και 5% κ.β. των αδρανών, κωδικοί σύνθεσης I και II, αντίστοιχα, ελέγχθηκαν ως προς την αντίστασή τους σε ολίσθηση στους 20°C, η οποία μετρήθηκε στο Εργαστήριο της Δ.Δ.Ε. της Περιφέρειας της Κεντρικής Μακεδονίας με ικανοποιητικά αποτελέσματα όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1. Αποτελέσματα και διάταξη μέτρησης της αντίστασης σε ολίσθηση σκυροδέματος με φθαρμένα ελαστικά.

Σε αρχικό στάδιο βρίσκεται η μελέτη διαφόρων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων σκυροδέματος για δάπεδα αθλοπαιδιών, με προσθήκη ελαστικού υλικού σε διάφορα ποσοστά και κοκκομετρικές διαβαθμίσεις [Μπάτσιος κ.α. (2008)].

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΑ

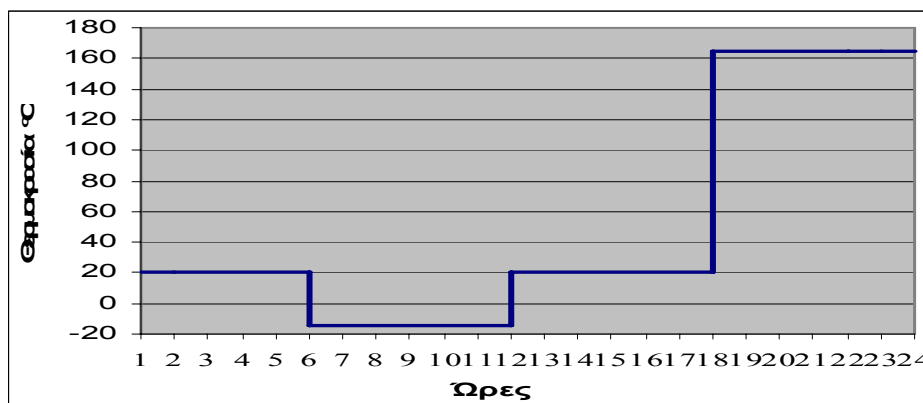
Την κυριότερη εφαρμογή των φθαρμένων ελαστικών σε έργα Πολιτικού Μηχανικού, παγκοσμίως, αποτελεί η προσθήκη τους σε ασφαλτομίγματα, η οποία πραγματοποιείται τα τελευταία 30-40 χρόνια με σκοπό τη βελτίωση ιδιοτήτων των παραγόμενων ασφαλτομιγμάτων [Erps (1994)]. Τεμάχια ελαστικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως τροποποιητές ιδιοτήτων της ασφάλτου (υγρή μέθοδος) είτε ως αδρανή (ξηρή μέθοδος).

Στην περίπτωση της ‘*υγρής μεθόδου*’-*wet process*- γίνεται διασπορά του ελαστικού στην άσφαλτο και εν συνεχεία προστίθενται και τα αδρανή. Η μέθοδος αυτή είναι η περισσότερο διαδεδομένη μέθοδος παραγωγής ασφαλτομιγμάτων ενώ έχουν πραγματοποιηθεί σχετικές μελέτες παγκοσμίως με ικανοποιητικά αποτελέσματα [Goulias (1998); Khalid (2002); RAC; Rubberpavements.org].

Όσον αφορά στη ‘*ξηρή μέθοδο*’-*dry process*- το ελαστικό αναμιγνύεται με τα αδρανή και το προκύπτον μίγμα αφού θερμανθεί αναμιγνύεται με την άσφαλτο. Συγκριτικά με την υγρή μέθοδο, η ξηρή μέθοδος έχει ερευνηθεί λιγότερο. Ωστόσο με τη μέθοδο αυτή υπάρχει η δυνατότητα απορρόφησης μεγαλύτερων ποσοτήτων φθαρμένων ελαστικών συγκριτικά με την υγρή μέθοδο, με περισσότερα περιβαλλοντικά οφέλη. Τα αποτελέσματα μελετών σχετικά με αυτή την προσθήκη αναμένεται να είναι θετικά σύμφωνα και με τη σχετική βιβλιογραφία[Khalid & Artamendi (2002)].

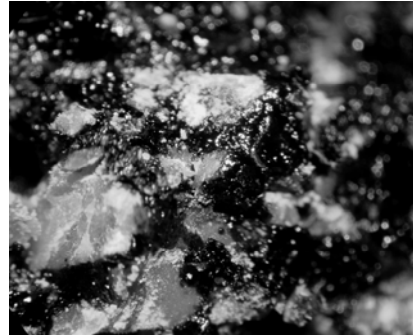
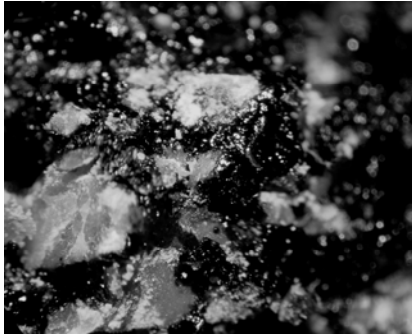
Στο Εργαστήριο Δημοσίων Έργων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας σε συνεργασία με το Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ. έχουν παρασκευασθεί ασφαλτομίγματα με χρήση της ξηρής μεθόδου και έχει ελεγχθεί η συμμόρφωσή τους με τις Ελληνικές Προδιαγραφές, με ταυτόχρονη παρατήρηση της μικροδομής τους. Φθαρμένο ελαστικό σε ποσοστό <1% είναι δυνατόν να δώσει μίγματα εντός Ελληνικών Προδιαγραφών, στο σύνολο των χαρακτηριστικών της μεθόδου Marshall [Οικονόμου κ.α., (2007β)].

Νέα στερεοσκοπική παρατήρηση που αναφέρεται εδώ για πρώτη φορά αφορά στην εξέταση ασφαλτομιγμάτων με φθαρμένα ελαστικά (με χρήση της ξηρής μεθόδου) σε κύκλους ψύξης- θέρμανσης. Δοκίμια με 1% κ.β. των αδρανών φθαρμένο ελαστικό υποβλήθηκαν σε δοκιμασία 10 κύκλων ψύξης στους -15°C και θέρμανσης στους 165°C όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2. Ένας κύκλος θέρμανσης- ψύξης

Περαιτέρω εξέταση της μικροδομής των ασφαλτομιγμάτων αυτών (με χρήση στερεοσκοπίου) με φθαρμένα ελαστικά σε αντικατάσταση μέρους των αδρανών τους (1%), έδειξε παρόμοια εικόνα (εικόνες 3, 4) έπειτα από τη διενέργεια της δοκιμής θέρμανσης- ψύξης. Δεν παρατηρήθηκαν αποκολλήσεις ή ρηγματώσεις.



Εικόνες 3,4. Ασφαλτομίγματα με φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων (στερεοσκόπιο x16), πριν και μετά τη δοκιμή θέρμανσης- ψύξης, αντίστοιχα

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΙΚΑ ΜΙΓΜΑΤΑ

Σημαντικός αριθμός μελετών έχει πραγματοποιηθεί με αντικείμενο τα μηχανικά χαρακτηριστικά τροποποιημένων με ελαστικά εδαφών τόσο σε εργαστηριακό όσο και σε εργοταξιακό επίπεδο [Edil & Bosscher (1994); Aydilek and Wartman (2004); Yoon et al, (2006)]. Τα χαρακτηριστικά αυτά κρίνουν την καταλληλότητα του ελαστικού ως υλικό για γεωτεχνικά έργα, από άποψη οικονομική, τεχνολογική και περιβαλλοντική, σε συνδυασμό με τις Αμερικανικές Προδιαγραφές ASTM D 6270.

Φθαρμένα ελαστικά, διαφόρων μεγεθών κόκκου, δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε γεωτεχνικά έργα. Αυτά λόγω του χαμηλού ειδικού βάρους, της ευκολίας διασποράς τους καθώς και των επιθυμητών ιδιοτήτων αποστράγγισης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως επιχώματα, ως δευτερογενές υλικό πλήρωσης σε τοίχους αντιστήριξης, ως ενισχυτικό εδαφών, για το περιορισμό του φαινομένου της διάβρωσης και της διαφορικής καθίζησης εδαφών, για σταθεροποίηση πρανών και ως μέσο αποστράγγισης [Lee, (2007); Humphrey & Sandford (1993); Aydilek & Wartman (2004); Yoon et al, (2006)].

Ειδικότερα, όσον αφορά στους τοίχους αντιστήριξης, το ελαστικό μπορεί να δράσει ως μειωτής των εδαφικών ωθήσεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια συμπύκνωσης του εδαφικού υλικού πλήρωσης πίσω από

αυτόν με συνέπεια τη μείωση του πάχους του τοίχους με οικονομικά οφέλη [Lee, (2007)].

Παράλληλα υλικά όπως είναι τα φθαρμένα ελαστικά οχημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή χαμηλού βάρους και οικονομικών επιχωμάτων (οι τεράστιες ποσότητες απαιτούμενων υλικών θέτουν οικονομικά κριτήρια και επομένως τα ελαστικά αποτελούν ιδανικό υλικό, λόγω του χαμηλού τους κόστους σε σχέση με άλλα πρωτογενή υλικά) [Humphrey & Sandford (1993); Aydilek & Wartman (2004)].

Η προσθήκη φθαρμένων ελαστικών σε εδάφη και η επιρροή τους στο υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα εξακολουθεί να αποτελεί θέμα συνεχών ελέγχων. Ωστόσο σύμφωνα με αρκετά αποτελέσματα στο πεδίο αυτό προέκυψε μηδαμινή, εντός των επιτρεπτών ορίων, μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα [Bosscher et al, (1992); Tatlisoz et al, (1996)]. Επιπρόσθετα, τα τεμάχια ελαστικού έχουν σχετικά υψηλή ικανότητα απορρόφησης οργανικών χημικών ενώσεων με βάση ανάλογες μετρήσεις [Park et al., (1996)].

Στο Εργαστήριο Δημοσίων Έργων, της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας σε συνδυασμό με το Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ. βρίσκεται υπό εξέλιξη η μελέτη εδαφικού υλικού στο οποίο προστίθεται φθαρμένο ελαστικό υλικό, ελληνικής προέλευσης [HELESI], σε διάφορα ποσοστά και κοκκομετρικές διαβαθμίσεις. Τα πρώτα αποτελέσματα παρατίθενται στη συνέχεια.

Μέχρι στιγμής παρασκευάστηκαν μίγματα εδαφικού υλικού με προσθήκη ελαστικού σε ποσοστά 0-3% κ.β. Ελαστικό δυο μεγεθών χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη. Το μεν λεπτόκοκκο είχε 100% διερχόμενο από το κόσκινο Νο10 (το μεγαλύτερο ποσοστό του -82.7%- συγκρατήθηκε στο κόσκινο Νο40, ενώ το χονδρόκοκκο από το Νο4 (το μεγαλύτερο ποσοστό του-73.5%- συγκρατήθηκε στο κόσκινο Νο10).

Όσον αφορά στο εδαφικό υλικό, αυτό ήταν σερπεντινίτης, από την περιοχή της Έδεσσας, μη πλαστικό, με μηδενική περιεκτικότητα σε οργανικά και ειδικό βάρος χονδρόκοκκου υλικού 2.21 g/cm^3 . Το εδαφικό υλικό ανήκει στην κατηγορία αμμωδών εδαφών (SM) και κατατάσσεται στην κατηγορία A1β, το οποίο κρίνεται καλό ως υλικό υπόβασης.

Στην προσπάθεια μελέτης της επίδρασης του ελαστικού στο εδαφικό αυτό υλικό, προστέθηκε ελαστικό σε ποσοστά ως 3% κ.β. και στα τροποποιημένα μίγματα προσδιορίστηκαν ιδιότητες όπως η τροποποιημένη εργαστηριακή πυκνότητα κατά Proctor καθώς και ο Καλιφορνιακός λόγος φέρουσας ικανότητας (CBR), τα αποτελέσματα των οποίων συγκρίθηκαν με

τα αντίστοιχα του μητρικού εδαφικού υλικού, δηλαδή χωρίς ελαστικό. Όλοι οι έλεγχοι έγιναν με βάση τις Ελληνικές Προδιαγραφές.

Οι τιμές της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας κατά Proctor, η βέλτιστη υγρασία για τα διάφορα μίγματα καθώς και οι τιμές του Καλιφορνιακού Δείκτη φέρουσας ικανότητας δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά μιγμάτων εδαφικού υλικού - ελαστικού

Σύνθεση	Μέγιστη ξηρή πυκνότητα κατά Proctor (kgf/m ³)	Βέλτιστη υγρασία (%)	CBR (%)
R (Μητρικό)	1740	17,60	16,00
F (3.0% λεπτόκοκκο ελαστικό)	1700	18,90	16,00
C (3.0% χονδρόκοκκο ελαστικό)	1690	17,10	16,50

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται μείωση της μέγιστης ξηρής πυκνότητας κατά Proctor και μη μεταβλητότητα της φέρουσας ικανότητας των εδαφικών μιγμάτων με ελαστικό. Είναι εμφανές πως η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη για τη σύνθεση όπου χρησιμοποιήθηκε το χονδρόκοκκο υλικό, σε σύγκριση με την αντίστοιχη με λεπτόκοκκο ελαστικό υλικό.

Παράλληλα μελετήθηκε η επίδραση των φθαρμένων ελαστικών στα όρια Atterberg σε αργιλικό εδαφικό υλικό. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ελαστικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο40. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε μείωση των ορίων υδαρότητας και πλαστικότητας. Αντιθέτως ο δείκτης πλαστικότητας αυξήθηκε ελαφρά για προσθήκη ελαστικού σε ποσοστό έως 10% κ.β. του αργιλικού υλικού.

Επόμενο στάδιο της μελέτης θα αποτελέσει η προσθήκη μεγαλύτερου ποσοστού και διαφορετικής κοκκομετρικής διαβάθμισης (μεγαλύτερου μεγέθους μέγιστου κόκκου) φθαρμένου ελαστικού σε εδαφικό υλικό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών του Α.Π.Θ. για την αξιοποίηση των φθαρμένων ελαστικών οχημάτων, που αποτελούν ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, σε έργα Πολιτικού Μηχανικού σε τρεις κατηγορίες μιγμάτων (με βάση το τσιμέντο, την άσφαλτο και εδαφικό υλικό). Τα μίγματα που προκύπτουν έχουν εξετασθεί ως προς διάφορα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά τους

προκειμένου να πιστοποιηθεί η καταλληλότητα της χρήσης των φθαρμένων ελαστικών για τέτοιες εφαρμογές.

Όσον αφορά **σε μίγματα σκυροδέματος** παρά την αναμενόμενη σχετική μείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών τους, αυτά παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση σε ολίσθηση όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

Παράλληλα φθαρμένα ελαστικά οχημάτων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή **ασφαλτομιγμάτων** με ικανοποιητικές ιδιότητες. Μελέτη της μικροδομής τέτοιων μιγμάτων, τα οποία παρασκευάστηκαν με χρήση της ξηρής μεθόδου έδειξε παρόμοια εικόνα έπειτα από υποβολή τους σε κύκλους ψύξης – θέρμανσης χωρίς να έχουν παρατηρηθεί αποκολλήσεις ή ρηγματώσεις.

Τέλος, η χρήση τεμαχισμένων φθαρμένων ελαστικών σε **γεωτεχνικά έργα** προσφέρει εδαφικά μίγματα για τα οποία τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν πως προσθήκη φθαρμένου ελαστικού σε ποσοστά έως 3% δίνουν μίγματα με φέρουσα ικανότητα εφάμιλλη της αντίστοιχης μητρικών, χωρίς ελαστικό, μιγμάτων.

Με βάση τα παραπάνω είναι εφικτή η απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων φθαρμένων ελαστικών με τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη υπό κατάλληλες προϋποθέσεις.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ASTM D 6270-1998, Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications

Aydilek Ahmet H. and Wartman J., «Recycled materials in geotechnics», Geotechnical Special Publication, No 127, ASCE (2004)

Bossher P.J, Edil T.B, Eldin N.N, “Construction and performance of a shredded waste tire test embankment”, Transportation Research Record 1345, TRB, National Research Council, Washington DC (1992) 44-52

Edil T.B. and Bosscher, P.J., "Engineering properties of tire chips and soil mixtures, Geotech. Testing J., ASTM, 17 (4) (1994) 453-464

Epps, Jon A. Uses of Recycled Rubber Tires in Highways, NCHRP Synthesis of Highway Practice No. 198, Transportation Research Board, Washington, DC (1994)

E.T.R.A., <http://www.etra.eu.com>

Goulias D.G and A.H Ali, "Asphalt Rubber Mixture Behavior and Design-Wet Process", Journal of Testing and Evaluation, Vol. 26, No 4, ASTM, West Conshohocken, PA (1998) 306-314

<http://www.rubberpavements.org>

HELESI S.A, Ελληνική Βιομηχανία Περιβαλλοντικών Συστημάτων AEBE, <http://www.helesi.com>

Huang B, Li G, Pang Su-Seng, Eggers J, "Investigation into Waste Tire Rubber-Filled Concrete", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 16, No 3 (2004) 187-194

Humphrey D.N and Sandford T., "Tire chips as lightweight sub grade fill and retaining wall backfill", Proc. Symp on Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and By-products for Construction of Highway Facilities, Federal Highway Administration, 5.55-5.68 (1993)

ΚΑΡΑΜΠΙΑΣ Ελληνική Αντιρρυπαντική Ανακύκλωσης Α.Ε.Β.Ε., 35007 Λιβανάτες Φθιώτιδος, e-mail: kkarabas@otenet.gr

Khalid H.A., and Artamendi I., "Exploratory study to evaluate the properties of rubberized asphalt modified using the wet and dry processes", in Proceedings of the 3rd International Conference Bituminous Mixtures and Pavements, J&A Publishers, Thessaloniki, Greece, 21-22 November (2002) 15-25

Lee H.J and Roh H.S, "The use of recycled tire chips to minimize earth pressure during compaction of backfill", Construction and Building Materials 21 (2007) 1016-1026

Μπάτσιος Α., Παπαγιάννη Ι., Μαυρίδου Σ., Κόλλιας Η., "Σκυρόδεμα με προσθήκη ανακυκλωμένων ελαστικών αυτοκινήτων για χρήση σε δάπεδα αθλοπαιδιών", προς παρουσίαση στο 1^ο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων 21-23 Μαΐου 2008, Αθήνα (2008)

Οικονόμου Ν., Εσκίογλου Π., Μαυρίδου Σ., "Μελέτη κρασπέδων σκυροδέματος τροποποιημένων με φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων", 4^ο Διεθνές Συνέδριο Ασφαλτικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, Θεσσαλονίκη, 19-20 Απριλίου (2007) 689-700

Οικονόμου Ν., Μαυρίδου Σ., Καζακόπουλος Α., “Μελέτη τροποποιημένων ασφαλτομιγμάτων σκυροδέματος με φθαρμένα ελαστικά αυτοκινήτων”, 4^ο Διεθνές Συνέδριο Ασφαλτικών Μιγμάτων και Οδοστρωμάτων, Θεσσαλονίκη, 19-20 Απριλίου (2007) 465-474

Oikonomou N., Mavridou S, “Improvement of chloride ion penetration resistance in cement mortars modified with rubber from worn automobile tires”, under publication, (2007)

Oikonomou N., “Use of bitumen emulsion and worn mobile tires in the production of concrete paving blocks”, Proceedings 7th International Conference on: Sustainable Aggregates, Pavement Engineering and Asphalt Technology Design, Construction, Management, Performance, Rehabilitations, 20-21 February, 2008, Liverpool, UK.

Προεδρικό Διάταγμα υπ’ αριθμ.109, “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.

Park J.K, Kim J. Y, Edil T.B., “Mitigation of organic compound movement in landfills by shredded tires”, *Water Environment Research*, 68 (1), (1996) 4-10

RAC, <http://www.rubberizedasphalt.org>

Sukontasukkul Piti, Chalermphol Chaikaew “Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber”, *Construction and Building Materials* 20, (2006) 450-457

Tatlisoz N., Edil T.B., Benson C.H., Park J.K. and Kim J.Y., “Review of environmental suitability of scrap tires”, Environmental Geotechnics Report No 96-7, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison (1996)

Topçu, I.B, “The properties of rubberized concrete”, *Cement and Concrete Research* 25 (2), (1995) 304–310

Yoon S., Prezzi M., Siddiki N.Z and Kim B., “Construction of a test embankment using a sand-tire shred mixture as fill material”, *Waste Management* 26 (2006) 1033-1044