

29
ΠΟΛ

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ : ΟΔΟΠΟΪΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Ι.Δ.ΚΟΦΙΤΣΑΣ

**Μέτρηση ολισθηρότητας
ασφαλτικού οδοστρώματος**



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΡΑΦΩΤΗ Δ. ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΑΣΛΑΝΗ Α. ΜΑΡΙΑ

Αθήνα 1994

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ : ΟΔΟΠΟΪΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Ι.Δ.ΚΟΦΙΤΣΑΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την πομπή της πτυχικής μας εργασίας, ολοκληρώνεται ο σταθμός μας στην οδό των Πολιτικών Μηχανικών Δομικών Έργων του ΤΕΙ Πειραιά ή ακριβέστερα της εργασίας μας όσον αφορά το χρονικό διάστημα μεταξύ των μηνών Νοεμβρίου και Σεπτεμβρίου 1993-1994. Στην πορεία της βουλίας μας προσυπόγραψα την βοήθεια και την συμπαράσταση αρκετών ανθρώπων, της επίσημης καθώς και της ανάγει δ' από το σπίτι, να επισημαστούμε.

Μέτρηση ολισθηρότητας ασφαλτικού οδοστρώματος



Δεσποίνα Δ. Καραφώτη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΡΑΦΩΤΗ Δ. ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΑΣΛΑΝΗ Α. ΜΑΡΙΑ

Αθήνα 1994

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Εισαγωγή

Έννοιες-Όριοι

Με την παρουσίαση της πτυχιακής μας εργασίας, ολοκληρώνονται οι σπουδές μας στην σχολή των Πολιτικών Μηχανικών Δομικών Έργων του Τ.Ε.Ι Πειραιά. Η εκπόνηση της εργασίας μας έγινε κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ των μηνών Νοεμβρίου και Σεπτεμβρίου 1993-1994. Στην πορεία της δουλειάς μας χρειαστήκαμε την βοήθεια και την συμπαράσταση αρκετών ανθρώπων, τους οποίους νιώθουμε την ανάγκη, σ' αυτό το σημείο, να ευχαριστήσουμε.

Ευχαριστούμε λοιπόν τον κύριο Ν. Μίχα, Χημικό Μηχανικό του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., για τη σημαντική του συμβολή στην ανεύρεση πηγών για την εκτέλεση της εργασίας μας, τους κυρίους Φατσέα και Μαυραγάνη καθώς και το προσωπικό του Εργαστηρίου δοκιμών του Κ.Ε.Δ.Ε.

Επίσης ευχαριστούμε την ΕΛΠΑ για τις πληροφορίες που μας προμήθευσε.

Σ' αυτό το σημείο αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τον συνάδελφο και φίλο Θρασύβουλο Θεοδωρόπουλο ο οποίος μας βοήθησε στην εγγραφή και εκτύπωση αυτής της εργασίας.

Τελευταίον, ώστε να τονισθεί περισσότερο η συμβολή του, αναφέρουμε τον καθηγητή μας Δρ. Ι. Δ. Κοφίτσα που με την επιστημονική του βοήθεια και συμπαράσταση βοήθησε στην περάτωση της εργασίας μας.

Δέσποινα Δ. Καραφώτη

Μαρία Α. Ασλάνη

Αθήνα, 1994

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	3
Περιεχόμενα	26
Εισαγωγή	6
Έννοιες-Ορισμοί	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	69
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΡΙΒΗΣ	17
1.1 ΤΑ ΧΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	18
1.1.1 Τύπος, ηλικία, ιπποδύναμη, σύστημα διεύθυνσης & ανάρτησης του οχήματος	18
1.1.2 Το ελαστικό επίσωτρο του οχήματος	19
1.1.3 Το φορτίο τροχού & η εσωτερική πίεση ελαστικού του οχήματος	21
1.1.4 Η ταχύτητα του οχήματος	22
1.1.5 Το ποσοστό ολίσθησης των τροχών του οχήματος.	22
1.2 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	25
1.2.1 Εποχιακές μεταβολές του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση	25
1.2.2 Βροχόπτωση και θερμοκρασία	25
1.2.3 Το πάχος του στρώματος νερού στην επιφάνεια του οδοστρώματος	27
1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ	27
1.3.1 Η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος	27
1.3.2 Η μείωση του επιπέδου διαθέσιμης αντίστασης ολίσθησης λόγω φθοράς του οδοστρώματος	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	76
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ	35

2.1	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ	35
2.1.1	Γενικά	35
2.1.2	Φορητά όργανα δοκιμών	36
2.1.3	Αυτοκινούμενα οχήματα	50
2.1.3.1	Θεμελιώδης αρχές των μετρήσεων με αυτοκινούμενα οχήματα	50
2.1.3.2	Ελαστικά επίσωτρα που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές αντιολισθηρότητας με αυτοκινούμενα οχήματα	69
2.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ	71
2.2.1	Η μέτρηση της μακροϋφής	71
2.2.1.1	Μέθοδος της κηλίδος της άμμου	71
2.2.1.2	Μέθοδος της ροής νερού	80
2.2.2	Μετρήσεις μακροϋφής	81
2.3	ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	82
2.3.1	Σχέση μεταξύ της μεθόδου ASTM E274 και του ΒΡΕΤΤΑΝΙΚΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ (BPT)	87
2.3.2	Πρόβλεψη SN από τα χαρακτηριστικά της επιφανειακής υφής.	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	90
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

3.1	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	90
3.2	ΣΧΕΣΗ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

	ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	95
--	---------------------------------	-----------

4.1	ΤΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΑΔΡΑΝΕΣ-ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	96
4.1.1	Η αντίσταση στη στίλβωση και την απότριψη	96
4.1.2	Η μηχανική αντοχή	97

4.1.3 Το μέγεθος μέγιστου κόκκου, το σχήμα κόκκων και η κοκκομετρική διαβάθμιση	97
4.2 ΤΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ	98
4.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	100
4.3.1 Γενικά	100
4.3.2 Ασφαλικό σκυρόδεμα	101
4.3.3 Πορώδεις τάπητες	102
4.3.4 Μέθοδος έμπηξης ψηφίδων	103
4.3.5 Λεπτοτάπητες από θερμό ασφαλτόμιγμα	104
4.3.6 Ο σφραγιστικός ασφαλτοπολτός (SLURRY SEAL)	105
4.3.7 Επιφανειακές επαλήψεις	107
4.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	110

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **111**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ **141**

Οι απαιτήσεις αυτές των χαλαρών της οδού μεταφέρονται στους κατασκευαστές οδοστρώσεων και είναι κρίσιμες αλλά κυρίως στους μηχανικούς οδοστρώσεων οι οποίοι πρέπει να επιλέξουν υλικό και μέθοδο κατασκευής και να μελετήσουν τη στρώση κυκλοφορίας έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι πολλαπλές απαιτήσεις για θέματα που πολλές φορές είναι ασυμβατά μεταξύ τους και συχνά είναι θα πρέπει να διατηρηθούν κοινό το γνήσιο σκελετού για την ανεκτίμητη αξιολογούμενη κυκλοφορία.

Η διατήρηση του εδάφους του σιγήματος από τον οδηγό κατά τη διάρκεια της πέδησης ή της απόβασης κύκλου ελασμού εξαρτάται άμεσα από την πρόσφυση των τροχών στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Όταν η τελειότητα είναι στήλη και καθαρή από ακαθαρσίες και χαλαρές σπασίματα, η τριβή μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος είναι υψηλή κέρσον οδοστρώμα και οδοστρώμα διακρίνεται σε καλή κατάσταση. Όταν το οδοστρώμα είναι υγρό, η τριβή μειώνεται σημαντικά και η κατάσταση αυτή -υγρό οδοστρώμα- οδηγεί στα υψηλά σφάλματα γύρω από την ακεραιότητα της επιφάνειας κυρίως των οδοστρώσεων.

Εάν απαιτηθεί να αρχίσει η θρόνη της επιφάνειας ενός οδοστρώματος κατά την οροία λόγω της φύσης των επιφανειακών υλικών και της λόγω κυκλοφορίας λείανσης αυτήν παρουσιάζουν μικρό οριζόντιο τριβή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστή η τάση, που υπάρχει από χρόνια σε πολλές χώρες, να έχει μετατεθεί το βάρος από την κατασκευή νέων μεγάλων οδικών αρτηριών προς τη συστηματική συντήρηση του υπάρχοντος δικτύου και να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην αποκατάσταση των επιφανειακών χαρακτηριστικών των οδοστρωμάτων για ασφαλή και άνετη κυκλοφορία.

Συγχρόνως, οι απαιτήσεις για την επιφάνεια των οδοστρωμάτων δεν περιορίζονται μόνο στην ασφάλεια και άνεση στην κυκλοφορία αλλά περιλαμβάνουν και άλλες αποχρώσεις που αφορούν το περιβάλλον και το κόστος λειτουργίας των οχημάτων.

Οι απαιτήσεις αυτές των χρηστών της οδού μεταφέρονται στους κατασκευαστές αυτοκινήτων και ελαστικών αλλά κυρίως στους μηχανικούς οδοστρωμάτων οι οποίοι πρέπει να επιλέξουν υλικά και μέθοδο κατασκευής και να μελετήσουν τη στρώση κυκλοφορίας έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι πολλαπλές απαιτήσεις για ιδιότητες που πολλές φορές είναι ασυμβίβαστες μεταξύ τους και συγχρόνως θα πρέπει να διατηρηθούν καθόλο το χρόνο σχεδιασμού για την συνεχώς αυξανόμενη κυκλοφορία.

Η διατήρηση του ελέγχου του οχήματος από τον οδηγό κατά τη διάρκεια της πέδησης ή της εκτέλεσης κάποιου ελιγμού, εξαρτάται βασικά από την πρόσφυση των τροχών στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Όταν η τελευταία είναι στεγνή και καθαρή από σκόνη και χαλαρές αποθέσεις, η τριβή μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος είναι υψηλή εφόσον οδόστρωμα και ελαστικό βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Όταν το οδόστρωμα είναι υγρό, η τριβή μειώνεται σημαντικά και η κατάσταση αυτή -υγρό οδόστρωμα- λαμβάνεται υπόψη στις έρευνες γύρω από την ολισθηρότητα της επιφάνειας κυλίσεως των οδοστρωμάτων.

Σαν **ολισθηρότητα** ορίζεται "η ιδιότητα της επιφάνειας ενός οδοστρώματος κατά την οποία λόγω της φύσεως των επιφανειακών υλικών και της λόγω κυκλοφορίας λειάνσεως αυτών, παρουσιάζουν μικρό συντελεστή τριβής".

Η ολισθηρότητα των οδοστρωμάτων προκαλείται από την παρουσία νερού στην επιφάνεια επαφής επισώτρου και οδοστρώματος, από τις αυξημένες ταχύτητες κινήσεως, οι οποίες αφ' ενός μειώνουν το διαθέσιμο συντελεστή τριβής και αφ' ετέρου αυξάνουν την απαίτηση τριβής για την διατήρηση του ελέγχου του οχήματος. Επίσης ολισθηρότητα παρουσιάζεται από τις διαρκώς αυξανόμενες πυκνότητες κυκλοφορίας, οι οποίες προκαλούν τη φθορά του οδοστρώματος λειαινώντας τους επιφανειακούς κόκκους του αδρανούς υλικού, μειώνοντας έτσι το συντελεστή τριβής ακόμη και σε περιπτώσεις νέων επιφανειών κυλίσεως.

Τα κυριώτερα προβλήματα, στα οποία η μελέτη του φαινομένου της ολισθηρότητας, καλείται να δώσει απαντήσεις είναι τα ακόλουθα :

1. Μέτρηση της διαθέσιμης τριβής του οδοστρώματος.
2. Ανάπτυξη "ρεαλιστικών" απαιτήσεων αντίστασης ολίσθησης.
3. Ανάπτυξη μεθόδων, που θα επιτρέπουν τον σχεδιασμό προδιαγεγραμμένων επιπέδων τριβής στα νέα οδοστρώματα.
4. Διόρθωση των ολισθηρών επιφανειών.
5. Κατανόηση του μηχανισμού μεταφοράς δυνάμεων από τους τροχούς στο υγρό οδόστρωμα.
6. Γνώση των μηχανισμών φθοράς των οδοστρωμάτων και λειάνσεως των αδρανών.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, ένας από τους στόχους της μελέτης του φαινομένου της ολισθηρότητας των οδών, είναι η ανάπτυξη μεθόδων μέτρησης του συντελεστή τριβής επισώτρου-οδοστρώματος.

Πράγματι έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων, οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετικά όργανα και προδιαγράφουν με διαφορετικό τρόπο τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες γίνονται οι δοκιμές αντιολισθηρότητας. Τα αποτελέσματα των διαφόρων, αυτών μεθόδων, δεν συμφωνούν μεταξύ τους, αριθμητικά, με αποτέλεσμα να ανακύψει πρόβλημα επικοινωνίας. Έγινε λοιπόν απαραίτητη η μόρφωση σχέσεων, μεταξύ των αποτελεσμάτων των διαφόρων μεθόδων, ώστε να διευκολυνθεί η επιστημονική επικοινωνία.

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η μόρφωση μιας σχέσης, η οποία να συνδέει τον συντελεστή τριβής -όπως αυτός μετράται με την μέθοδο του "μπλοκαρισμένου" τροχού, ASTM E274- με την μικροϋφή και την μακροϋφή της επιφάνειας του οδοστρώματος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Στο τέλος της εργασίας υπάρχει παράρτημα με ενδεικτικές μετρήσεις με τα διάφορα όργανα μέτρησης ολισθηρότητας καθώς και οι πρότυπες προδιαγραφές των οργάνων στην Αγγλική γλώσσα.

- - -

ΕΝΗΜΕΣ - ΟΡΙΣΜΟΙ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Αντίσταση ολίσθησης είναι η δύναμη που αναπτύσσεται όταν ένα ελαστικό σώμα στο οποίο ασκείται η περιστροφή ολισθαίνει κατά μήκος της ελαστικής επιφάνειας του εδαφικού υλικού. Παλλές φορές η αντίσταση ολίσθησης θεωρείται ως μια δύναμη που εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας που ολισθαίνει με την οποία αυτό ολισθαίνει, την παρουσία και την πρόσημο των εδαφικών υλικών κλπ. Ο όρος λοιπόν δεν έχει ακριβή σημασία αλλά κερδίζει να γίνει η περιγραφή των εδαφολογικών ιδιοτήτων της επιφάνειας ενός εδαφικού υλικού με τον πιο γενικό τρόπο.

ΣΥΝΤΑΞΙΣΤΗΣ ΤΡΕΦΗΣ "α"

Ο συνταξιστής τρέφης είναι ένα τριώντιμο σύστημα το οποίο ορίζεται στην μηχανική από την παρακάτω σχέση:

ΕΝΝΟΙΕΣ - ΟΡΙΣΜΟΙ

$$K = \frac{F}{W}$$

όπου:

- F: δύναμη παράλληλη στην διαχωριστική επιφάνεια των δύο σωμάτων με φορά αντίθετη από την κίνηση
- W: φορτίο κάθετο στην διαχωριστική επιφάνεια

Ο συνταξιστής τρέφης είναι ένας γνήσιος όρος όταν είναι δυνατή όλες οι σχέσεις τα οποία ορίζονται με σημασία στην όμοια ενός τροχού κλάσης η ολισθαίνει σε ένα εδαφικό υλικό η τρέφα που αναπτύσσεται περιβάλλεται από εδαφικές συνθήκες. Ακόμη περισσότερο αυτό σημαίνει όταν υπάρχει νερό στην διαχωριστική επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει του όρου "συνταξιστής τρέφης" προσημάνση ο όρος τρέφης τρέφης, ο οποίος δείχνει την κίνηση των εδαφικών σωμάτων στο μέγεθος της αναπτυσσόμενης τρέφης.

Δεν είναι ακριβές να λέγεται ότι ένα εδαφικό υλικό ολισθαίνει στην οριζόντιο συνταξιστή τρέφης γιατί το φορτίο της τρέφης σημαίνει πάντα ένα σώμα. Είναι επίσης ακριβές να λέγεται ότι ένα συγκεκριμένο εδαφικό υλικό σε ένα δεδομένο εδαφικό υλικό μπορεί να είναι οριζόντιο συνταξιστή τρέφης χωρίς να έχουν προδιαγραφές η τρέφης κίνησης ή ολίσθησης, η εδαφική βάση του εδαφικού, το φορτίο τρέφης, η βαρυσφαιρική, το πάχος των στρώσεων νερού

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Αντίσταση ολίσθησης είναι η δύναμη, που αναπτύσσεται όταν ένα ελαστικό επίσωτρο, του οποίου εμποδίζεται η περιστροφή, ολισθαίνει κατά μήκος της επιφάνειας κυλίσεως του οδοστρώματος. Πολλές φορές, η αντίσταση ολίσθησης θεωρείται ως μια ιδιότητα του οδοστρώματος, αν και εξαρτάται και από τον τύπο και την ποιότητα του ελαστικού, την ταχύτητα, με την οποία αυτό ολισθαίνει, την παρουσία και την ποσότητα νερού στο οδόστρωμα κ.λπ. Ο όρος λοιπόν δεν έχει ακριβή σημασία αλλά επιτρέπει να γίνει η περιγραφή των αντιολισθηρών ιδιοτήτων της επιφάνειας ενός οδοστρώματος με τον πιο γενικό τρόπο.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ "μ"

Ο συντελεστής τριβής μεταξύ δύο σωμάτων, ορίζεται στην μηχανική από την παρακάτω σχέση :

$$\mu = \frac{F}{W}$$

όπου :

F : δύναμη παράλληλη στην διαχωριστική επιφάνεια των δύο σωμάτων με φορά αντίθετη από την κίνηση.

W : φορτίο κάθετο στην διαχωριστική επιφάνεια

Ο συντελεστής τριβής είναι ένας χρήσιμος όρος όταν είναι δυνατόν όλες οι συνθήκες να ορισθούν με ακρίβεια. Όταν, όμως, ένας τροχός κυλιέται ή ολισθαίνει σε ένα οδόστρωμα, η τριβή, που αναπτύσσεται, επηρεάζεται από διάφορες συνθήκες. Ακόμη περισσότερο αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει νερό στην διαχωριστική επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση στη θέση του όρου "συντελεστής τριβής" προτιμάται ο όρος παράγων τριβής, ο οποίος δείχνει την επιρροή των διαφόρων συνθηκών στο μέγεθος της αναπτυσσόμενης τριβής.

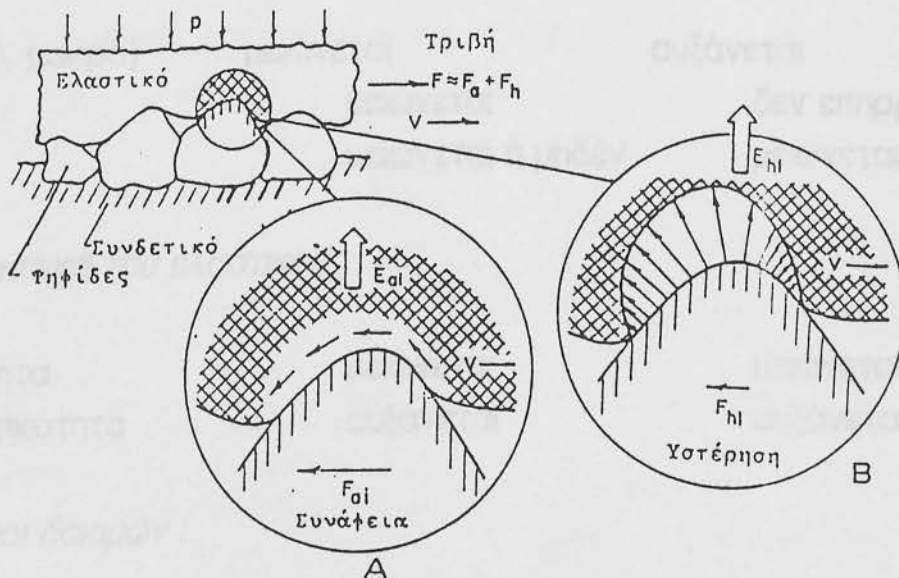
Δεν είναι ακριβές να λέγεται ότι ένα οδόστρωμα παρέχει έναν ορισμένο συντελεστή τριβής γιατί το φαινόμενο της τριβής εμπλέκει πάντα δύο σώματα. Είναι επίσης ανακριβές να λέγεται ότι ένα συγκεκριμένο ελαστικό, σε ένα δεδομένο οδόστρωμα, παρέχει έναν ορισμένο συντελεστή τριβής χωρίς να έχουν προδιαγραφεί η ταχύτητα κίνησης ή ολίσθησης, η εσωτερική πίεση του ελαστικού, το φορτίο τροχού, η θερμοκρασία, το πάχος του στρώματος νερού

στο οδόστρωμα και άλλοι παράγοντες. Για να ξεπερασθεί το πρόβλημα επικοινωνίας, που ανακύπτει έχουν αναπτυχθεί πρότυπα, τα οποία προδιαγράφουν όλες τις μεταβλητές, που επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής.

Κατά την επαφή μεταξύ ελαστικού επισώτρου και οδοστρώματος, το τελευταίο συμπεριφέρεται σαν ένα απόλυτα δύσκαμπτο σώμα. Το υλικό του πέλματος του ελαστικού επισώτρου υφίσταται όλες τις παραμορφώσεις, που επιβάλλει η διαδικασία της επαφής, εν αντιθέσει με τα συνήθη φαινόμενα τριβής, όπου οι παραμορφώσεις μοιράζονται μεταξύ των δύο σωμάτων. Γί αυτό τον λόγο, ο μηχανισμός της τριβής μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας του οδοστρώματος, πρέπει να κατανοηθεί με βάση την συμπεριφορά του ελαστικού, αν και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας ελέγχουν το μέγεθος της διαθέσιμης τριβής και την διακύμανσή της με τις διάφορες μεταβλητές της μέτρησής της.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ “ μ_a ”

Ο συντελεστής συνάφειας, μ_a - μεγένθυση A του Σχήματος 1 - γενικά θεωρείται προϊόν των διατμητικών δυνάμεων στην διαχωριστική επιφάνεια ελαστικού οδοστρώματος και αναφέρεται στην πραγματική επιφάνεια επαφής του ελαστικού και κάθε μεμονωμένου κόκκου του επιφανειακού αδρανούς του οδοστρώματος.



Σχήμα 1: Βασικές συνιστώσες της τριβής του ελαστικού.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ “ μ_h ”

Ο συντελεστής υστέρησης, μ_h - μεγένθυση B - οφείλεται σε απώλειες απόσβεσης μέσα στη μάζα του ελαστικού όταν αυτό “ρέει” επάνω και γύρω από μια ψηφίδα του αδρανούς υλικού του οδοστρώματος. Οι απώλειες αυτές αντανακλούν τις απώλειες ενέργειας, που συμβαίνουν καθώς το ελαστικό υλικό συμπιέζεται και διαστέλλεται διαδοχικά. Στον Πίνακα -1- φαίνεται η μεταβολή των συντελεστών συνάφειας και υστέρησης ανάλογα με τις συνθήκες, που επικρατούν.

Πίνακας -1-
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ
ΑΥΞΗΣΗ ΜΙΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ
(ΟΙ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΘΕΩΡΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑΘΕΡΕΣ)

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	Συντελεστής συνάφειας μ_a	Συντελεστής υστέρησης μ_h
------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Χαρακτηριστικά της επιφάνειας :

Υφή (μικρό, μακρό)	μειώνεται	αυξάνεται
Ρύπανση	μειώνεται	δεν επηρεάζεται
Λίπανση	μειώνεται ή μηδέν	μειώνεται ελαφρά

Χαρακτηριστικά του ελαστικού :

Ελαστικότητα	μειώνεται	μειώνεται
Επανατακτικότητα	αυξάνεται	αυξάνεται

*Παράμετροι δοκιμών :**Ταχύτητα ολίσθησης :*

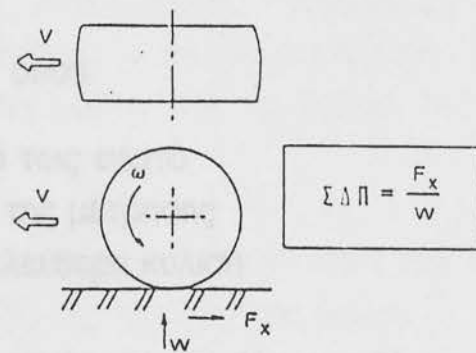
0-10 mph	αυξάνεται ή μειώνεται	δεν επηρεάζεται
10-50 mph	μειώνεται	μειώνεται ελαφρά
50-100 mph	μειώνεται	αυξάνεται
θερμοκρασία	αυξάνεται ή μειώνεται	μειώνεται

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ ΠΕΔΗΣΕΩΣ (ΣΠΔ)

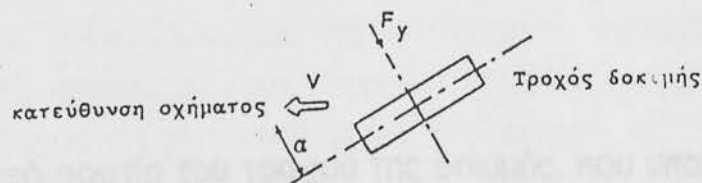
Ο συντελεστής δυνάμεως πεδήσεως μετράται με την μέθοδο του "μπλοκαρισμένου τροχού" ή με την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου ποσοστού ολίσθησης (ορίζεται πιο κάτω). Είναι ο λόγος της οριζόντιας δύναμης F_x , μεταξύ του ελαστικού και του δρόμου, προς το κατακόρυφο φορτίο τροχού W .

ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (αφ)

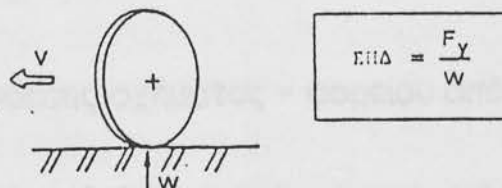
- v = Ταχύτητα (σταθερή)
- ω = Γωνιακή ταχύτητα (σταθερή)
- F_x = Οριζόντια δύναμη
- W = Κατακόρυφο φορτίο τροχού



Σχήμα 2 : Συντελεστής δυνάμεως πεδήσεως (ΣΔΠ).



- v = Ταχύτητα (σταθερή)
- α = Γωνία του τροχού της δοκιμής με την διεύθυνση του οχήματος
- F_y = Εγκάρσια δύναμη
- W = Φορτίο τροχού.



Σχήμα 3 : Συντελεστής πλευρικής δυνάμεως (ΣΠΔ).

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ (ΣΠΑ)

Ο συντελεστής πλευρικής δυνάμεως μετράται με μια ορισμένη γωνία στροφής του τροχού, προσομοιάζοντας την εκτέλεση στροφής ή ελιγμού του οχήματος. Είναι ο λόγος της δυνάμεως F_y , κάθετης στο επίπεδο περιστροφής του τροχού προς το κατακόρυφο φορτίο τροχού W .

ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (slip)

Το ποσοστό ολίσθησης ορίζεται από τη σχέση :

$$S = 100 \times \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad \text{όπου}$$

S : Ποσοστό ολίσθησης, ποσοστό επί τοις εκατό

ω : Η γωνιακή ταχύτητα την στιγμή της μέτρησης

ω_0 : Η γωνιακή ταχύτητα κατά την ελεύθερη κύλιση

□ **SN, (Skid Number)**, είναι ο συντελεστής τριβής μεταξύ επισώτρου και οδοστρώματος όπως αυτός προσδιορίζεται με την πρότυπη μέθοδο ASTM E 274 . Ο τροχός της δοκιμής, ο οποίος ανήκει σε ρυμουλκούμενο - από αυτοκινούμενο όχημα - φορείο, μπλοκάρεται και σύρρεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος με ταυτόχρονη διαβροχή της. Μετράται η δύναμη τριβής F , που αναπτύσσεται και ο SN προκύπτει από τη σχέση :

$$SN = 100 \times \frac{F}{W}$$

όπου :

W : το δυναμικό φορτίο του τροχού της δοκιμής, που υπολογίζεται από τη

σχέση :

$$W = W_0 - \frac{H}{L} \times F$$

όπου :

W_0 : στατικό φορτίο τροχού

H : ύψος του σημείου της σύνδεσης οχήματος - φορείου από το οδόστρωμα.

L : απόσταση του σημείου της σύνδεσης οχήματος φορείου από τον άξονα του φορείου.

- **SN₀** είναι μια θεωρητική τιμή του SN που αντιστοιχεί σε μηδενική ταχύτητα δοκιμής. Θεωρείται συνάρτηση αποκλειστικά της μικροϋφής του οδοστρώματος.
- **BPN (British Pendulum Number)**, προκύπτει ως το αποτέλεσμα δοκιμών με τη μέθοδο του Βρετανικού εκκρεμούς. (βλέπε Κεφ. 2).

ΜΑΚΡΟΥΦΗ (Μακροτραχύτητα)

Η μακροϋφή αναφέρεται στο ανάγλυφο της επιφάνειας του οδοστρώματος. Εξαρτάται από την σύνθεση του ασφαλτομίγματος και ιδιαίτερα από το σχήμα, το μέγεθος και την διανομή των κόκκων του αδρανούς υλικού της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η μακροϋφή, παρέχοντας τα "κανάλια" διαφυγής του νερού από την επιφάνεια του οδοστρώματος, εκφράζει την αποχετευτική ικανότητα του οδοστρώματος και το βαθμό της μείωσης του πάχους του στρώματος νερού.

- **MD, (Βάθος μακροϋφής)**, αναφέρεται ως το αποτέλεσμα των δοκιμών επιφανειακής μακροϋφής με τη μέθοδο της κηλίδος της άμμου

ΜΙΚΡΟΥΦΗ (Μικροτραχύτητα)

Η μικροϋφή είναι οι μικροανωμαλίες της επιφάνειας των κόκκων των αδρανών υλικών, που βρίσκονται στην επιφάνεια του οδοστρώματος και οφείλεται στην ορυκτολογική τους σύνθεση και στις ιδιότητές τους. Η μέτρηση της μικροϋφής δίνει μια ένδειξη του βαθμού λειάνσεως του αδρανούς υλικού και της επιφάνειας του οδοστρώματος γενικότερα. Η συνεισφορά της στην αντίσταση ολίσθησης συνίσταται στο "σπάσιμο" του λεπτού στρώματος νερού και την δημιουργία ξηρών σημείων επαφής με το ελαστικό.

ΥΔΡΟΛΙΣΘΗΣΗ

Επιδίωξη της σύγχρονης τεχνικής στην κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειών είναι αυτές να συνδυάζουν τραχύτητα των κόκκων και αδρότητα επιφάνειας. Η τραχύτητα των κόκκων έχει ως αποτέλεσμα υψηλή αντίσταση σε ολίσθηση, αυτή όμως πρέπει να διατηρείται και σε υψηλές ταχύτητες και αυτό επιτυγχάνεται μόνο όταν η επιφάνεια έχει μικροπροεξοχές οι οποίες θραύουν σε μεγάλο χρονικό διάστημα τον μεταξύ αυτών και της επιφάνειας του ελαστικού επισώτρου λεπτό υμένα νερού. Εάν ο υμένας αυτός δεν θραυστεί, θα

έχουμε ολίσθηση του τροχού σε επιφάνεια νερού, οπότε ο συντελεστής αντίστασης σε ολίσθηση είναι εξαιρετικά μικρός. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι έχουμε υδρολίση (Hydroplaning ή Aquaplaning).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΡΙΞΗΣ

Η αντιμετώπιση του φαινομένου της ολίσθησης των οδών απαιτεί την κατά τα δυνατόν πληρέστερη κατανόηση του. Όταν ένας τροχός κυλάει ή ολισθαίνει σε ένα οδόστρωμα τότε η τριβή που αναπτύσσεται επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Ακόμη περισσότερο αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει νερό στην επιφάνεια οδού ή επιφάνεια-οδόστρωματος. Πρέπει, επιπλέον, να σημειωθεί ότι ο συντελεστής τριβής ενός οδόστρωματος δεν είναι σταθερός σε όλα του την επιφάνεια ενώ εμφανίζει ανομοιογένειες και άλλες διακυμάνσεις. Οι παράγοντες, που επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής, που διατίθενται για την ασφαλή αλλά και την άνεση της κίνησης των οχημάτων, είναι δυνατόν να ενταχθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

1. Χαρακτηριστικά του οχήματος
2. Χαρακτ. συνθήκες και οδοί του έτους
3. Χαρακτηριστικά της οδού

Ένας ένας σημαντικό παράγοντας που αφορά στο φαινόμενο της ολίσθησης ενός οχήματος είναι ο οδικός συντελεστής τριβής. Αυτό οφείλεται γιατί ο τρόπος με τον οποίο επιτελείται η κίνηση ενός οχήματος έχει σχέση με την επιφάνεια και την υφή του οδοστρώματος. Πρέπει να ληφθούν υπ όψη και οι συγκεκριμένες κινήσεις που κάνει ο οδηγός οδικού και κυκλοφορίας.

Οι τρεις κύριες κατηγορίες παραγόντων που αναφέραμε παραπάνω διευκολύνουν μόνο την απεικόνιση της μεταβολής του συντελεστή τριβής. Εάν πραγματικότητα ελέγχονται και οι όροι συμμετοχής της κάθε μιας στατιστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΡΙΒΗΣ

Η αντιμετώπιση του φαινομένου της ολισθηρότητας των οδών απαιτεί την κατά το δυνατόν πληρέστερη κατανόησή του. Όταν ένας τροχός κυλιέται ή ολισθαίνει σε ένα οδόστρωμα τότε η τριβή, που αναπτύσσεται, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Ακόμη περισσότερο αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει νερό στην επιφάνεια επαφής επισώτρου-οδοστρώματος. Πρέπει, επιπρόσθετα, να σημειωθεί ότι ο συντελεστής τριβής ενός οδοστρώματος δεν είναι σταθερός σε όλη του την επιφάνεια, ενώ εμφανίζει εποχιακές και άλλες διακυμάνσεις. Οι παράγοντες, που επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής, που διατίθεται για την ασφάλεια αλλά και την άνεση της κίνησης των οχημάτων, είναι δυνατόν να ενταχθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες :

1. *Χαρακτηριστικά του οχήματος*
2. *Καιρικές συνθήκες και εποχή του έτους*
3. *Χαρακτηριστικά της οδού*

Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που επιδρά στο φαινόμενο της ολίσθησης ενός οχήματος είναι αυτός που αφορά στη *συμπεριφορά του οδηγού*. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τρόπος με τον οποίο επιχειρείται η εκτέλεση ενός χειρισμού έχει σχέση με την επιδεξιότητα και την πείρα του οδηγού, ο οποίος πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη του τις επικρατούμενες κατά τη στιγμή εκείνη συνθήκες οδού και κυκλοφορίας.

Οι τρεις κύριες κατηγορίες παραγόντων που αναφέραμε παραπάνω διευκολύνουν μόνο την εποπτική ανάλυση της μεταβολής του συντελεστή τριβής. Στην πραγματικότητα αλληλεμπλέκονται και τα όρια συμμετοχής της κάθε μιας είναι ασαφή.

1.1 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Σε αυτή την κατηγορία εξετάζονται ο τύπος του οχήματος, η ηλικία και η ιπποδύναμή του, το σύστημα διεύθυνσεως και αναρτήσεως του καθώς και το ποσοστό ολίσθησης των τροχών.

1.1.1. Τύπος, ηλικία, ιπποδύναμη, σύστημα διεύθυνσης και ανάρτησης του οχήματος

α. Τύπος. Τα μοτοποδήλατα έχουν δεκαπλάσια πιθανότητα να ολισθήσουν απ' ότι τα αυτοκίνητα και αυτό συμβαίνει, αφ' ενός γιατί η ευστάθειά τους είναι μικρή, αφ' ετέρου γιατί πολλοί οδηγοί τους τροχοπεδούν τον ένα μόνο τροχό, ο οποίος ακινητοποιείται και ολισθαίνει ακόμη και με χαμηλές τιμές επιβράδυνσης.

β. Ηλικία και ιπποδύναμη του οχήματος. Τα νεώτερα οχήματα και οχήματα μεγάλης ιπποδύναμης, έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσουν ατύχημα από ολίσθηση λόγω των υψηλών ταχυτήτων που επιτυγχάνουν και των ισχυρών επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στις οποίες υπόκεινται κατά την εκκίνηση, την τροχοπέδηση και την αλλαγή της πορείας τους.

γ. Σύστημα διεύθυνσης και ανάρτησης. Το σύστημα διεύθυνσης και το είδος της ανάρτησης είναι χαρακτηριστικά της κατασκευής ενός οχήματος, τα οποία επηρεάζουν την συμπεριφορά του κατά την κίνησή του στη επιφάνεια του οδοστρώματος.

Το σύστημα διεύθυνσης επιδρά στα φαινόμενα της «υποστροφής» και «υπερστροφής» δηλαδή απ' την ανάρτηση εξαρτάται όχι μόνο η ά-νεση των επιβατών, αλλά και οι συνθήκες της καλής ισορροπίας του οχήματος, κατά την πορεία του και ιδιαίτερα κατά τις αλλαγές κατεύθυνσης.

« Υποστροφή » (understeering) είναι η ιδιότητα ορισμένων τύπων αυτοκινήτων, που έχουν την κίνηση και τη μηχανή στο μπροστινό τμήμα τους, κατά την οποία στην εκτέλεση μιας στροφής αυτά «στρέφουν» λιγότερο από το αναμενόμενο.

« Υπερστροφή » (oversteering) είναι η αντίθετη ιδιότητα, την οποία έχουν αυτοκίνητα με μηχανή και κίνηση στο πίσω τμήμα τους, κατά την οποία αυτά «στρέφουν» περισσότερο από το αναμενόμενο.

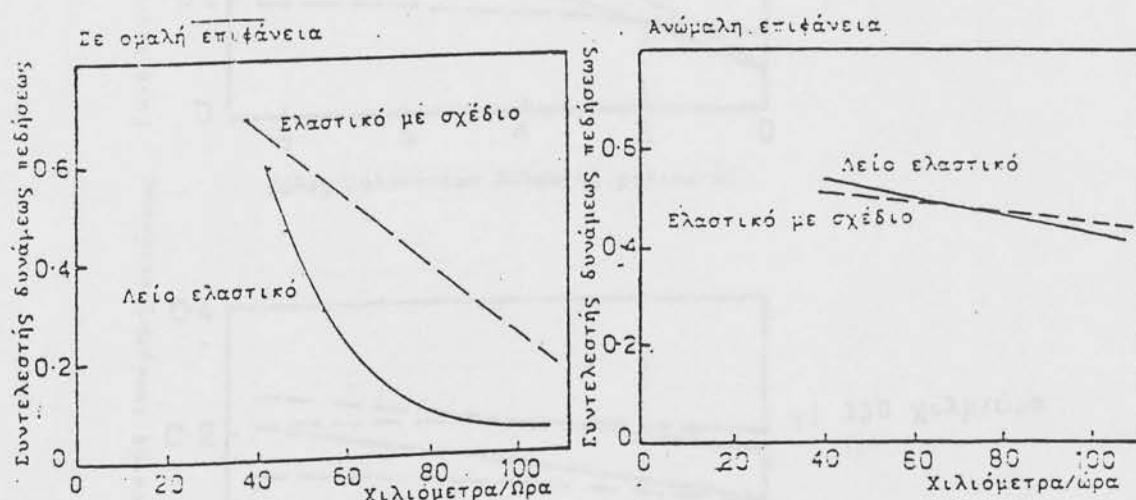
1.1.2. Το ελαστικό επισώτρω του οχήματος

Τα στοιχεία του ελαστικού επισώτρω, που επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής είναι :

- Η μορφή του πέλματος
- Οι διαστάσεις του επισώτρω
- Η ποιότητα του ελαστικού υλικού .

Η γρήγορη απομάκρυνση του νερού από την επιφάνεια κυλήσεως επιτυγχάνεται εκτός από την παρουσία της μακροϋφής και από την μορφή του πέλματος του ελαστικού. Έτσι το σχέδιο του πέλματος επηρεάζει περισσότερο τον συντελεστή τριβής όταν οι επιφάνειες είναι ομαλές όπως φαίνεται και στο Σχήμα "1-1". Το βάθος των αυλακώσεων, όπως φαίνεται από τα Σχήματα "1-2", πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 χιλιοστά. Το βάθος μετράται εύκολα με απλούστατη συσκευή. Βάθος ραβδώσεων μικρότερο του ανωτέρου ορίου αποτελεί παράβαση. Είναι λοιπόν κακώς εννοουμένη οικονομία η εξάντληση των ραβδώσεων των πελμάτων του ελαστικού, πράγμα το οποίο συνηθίζεται στην Ελλάδα.

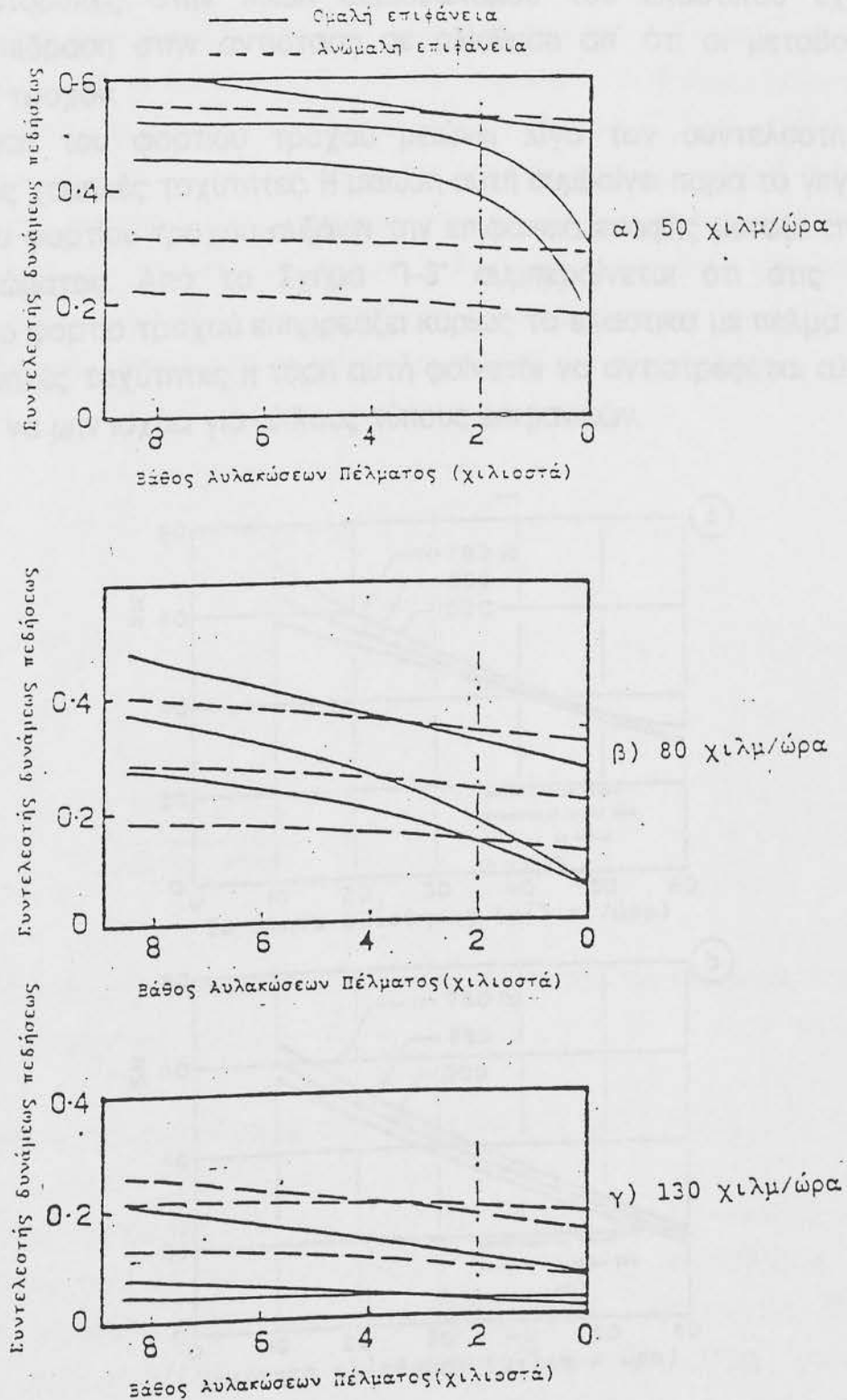
Η επίδραση των διαστάσεων του ελαστικού πρέπει να αναφερθεί . Η επιρροή τους είναι σημαντική στο φαινόμενο της υδρολίθωσης. Η συμπεριφορά των ελαστικών βελτιώνεται εάν αυξηθεί η διάμετρός τους και μειωθεί το πλάτος τους.



Σχήμα '1-1' : Επίδραση του πέλματος του ελαστικού στον συντελεστή τριβής

Το υλικό των ελαστικών και ειδικότερα η επανατακτικότητα (ή υστέρηση) του ελαστικού επηρεάζει τον συντελεστή τριβής. Ελαστικά με χαμηλή επανατακτικότητα παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά σε τραχιές

επιφάνειες. Στις ομαλές επιφάνειες η επανατακτικότητα δεν επηρεάζει τον συντελεστή τριβής. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συντελεστής υστέρησης (μ_h) στις ομαλές επιφάνειες είναι πολύ μικρός και την συμπεριφορά του ελαστικού ελέγχει ο συντελεστής συνάφειας (μ_a).

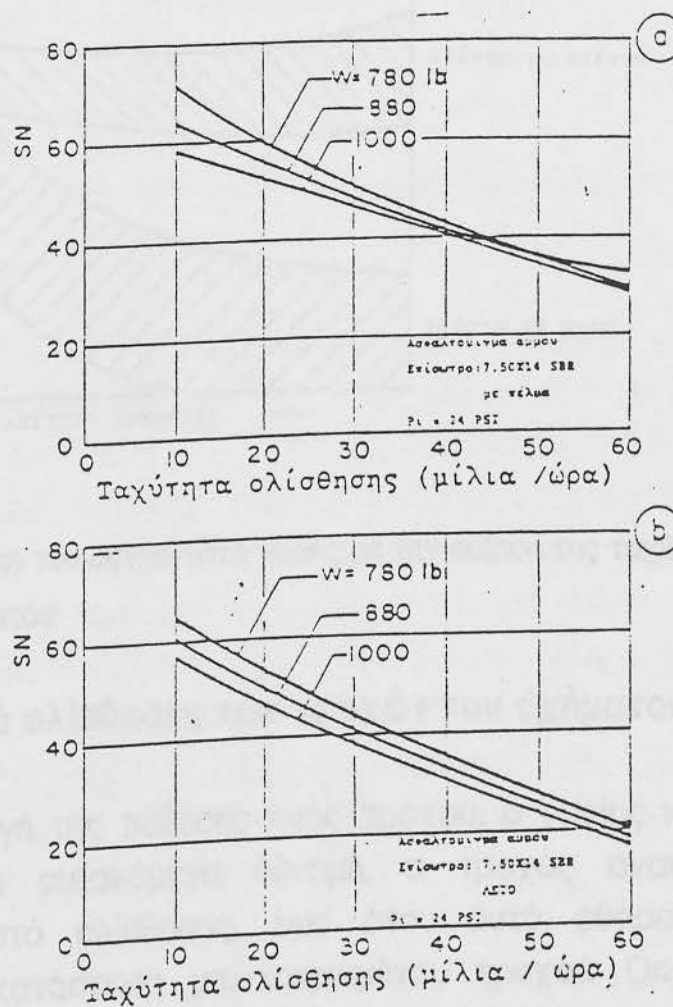


Σχήμα "1-2" : Επίδραση του πέλματος του ελαστικού στον συντελεστή τριβής.

1.1.3. Το φορτίο τροχού και η εσωτερική πίεση ελαστικού του οχήματος.

Η αύξηση της εσωτερικής πίεσης του ελαστικού αυξάνει τη μέση πίεση στην επιφάνεια επαφής, περισσότερο από μια αύξηση του φορτίου του τροχού, συνεπώς μεταβολές στην πίεση αεριοθαλάμου του ελαστικού έχουν πιο σημαντική επίδραση στην αντίσταση σε ολίσθηση απ' ό,τι οι μεταβολές του φορτίου του τροχού.

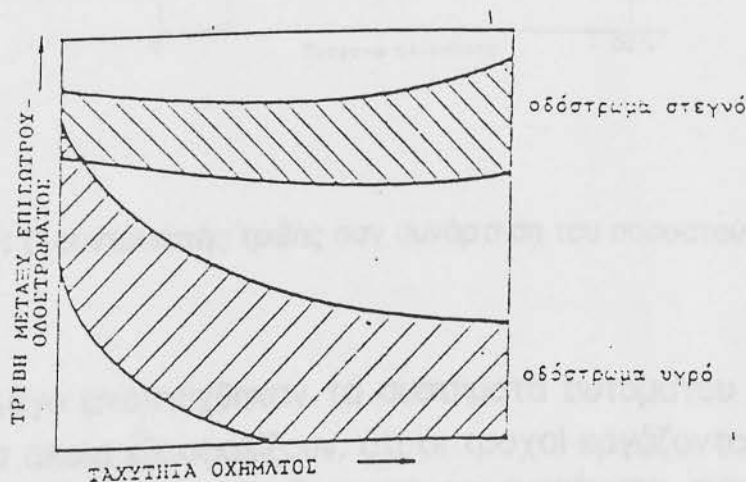
Η αύξηση του φορτίου τροχού μειώνει λίγο τον συντελεστή τριβής, ιδιαίτερα στις χαμηλές ταχύτητες. Η μείωση αυτή συμβαίνει παρά το γεγονός ότι η αύξηση του φορτίου τροχού αυξάνει την επιφάνεια επαφής μεταξύ επισώτρου και οδοστρώματος. Από το Σχήμα "1-3" συμπεραίνεται ότι στις χαμηλές ταχύτητες το φορτίο τροχού επηρεάζει κυρίως τα ελαστικά με πέλμα παρά τα λεία. Στις υψηλές ταχύτητες η τάση αυτή φαίνεται να αντιστρέφεται αλλά αυτό είναι πιθανό να μην ισχύει για άλλους τύπους επιφανειών.



Σχήμα "1-3" : Επρροή του φορτίου τροχού στην αντίσταση ολίσθησης σε μια ομαλή και λεία επιφάνεια

1.1.4. Η ταχύτητα του οχήματος

Η απομάκρυνση του όγκου και η μείωση του πάχους του στρώματος νερού από την επιφάνεια του οδοστρώματος είναι συναρτήσεις του χρόνου. Όταν η ταχύτητα του οχήματος αυξάνει, οι παράγοντες, που ελέγχουν την απομάκρυνση του νερού, μακροϋφή και εγκάρσια κλίση του οδοστρώματος, δεν προλαβαίνουν να ολοκληρώσουν την αποστολή τους. Ο χρόνος, κατά τη διάρκεια του οποίου ένα στοιχειώδες τμήμα ελαστικού επιβατικού αυτοκινήτου βρίσκεται σε επαφή με το οδόστρωμα είναι περίπου 0.005 δευτερόλεπτα όταν το όχημα κινείται με ταχύτητα 96 χιλιόμετρα ανά ώρα (60 μίλλια/ώρα). Αν το ελαστικό πρόκειται να μεταφέρει δυνάμεις στο οδόστρωμα, σε ένα τμήμα αυτής της επιφάνειας επαφής τότε η απομάκρυνση του νερού πρέπει να γίνει σε ένα κλάσμα αυτού του χρόνου. Το Σχήμα "1-4" δείχνει ποιοτικά την μείωση της διαθέσιμης τριβής μεταξύ επισώτρου και οδοστρώματος σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος όταν το οδόστρωμα είναι στεγνό και υγρό.

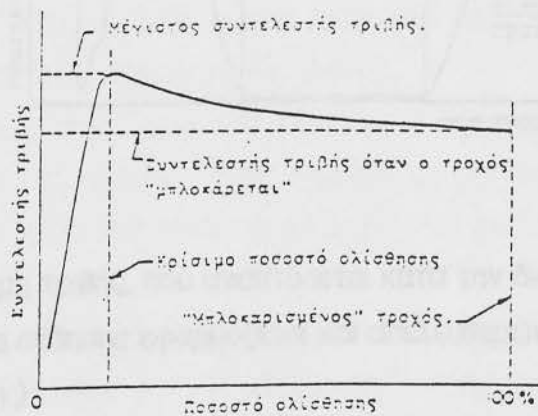


Σχήμα "1-4" : Μείωση του συντελεστή τριβής με την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος

1.1.5. Το ποσοστό ολίσθησης των τροχών του οχήματος

Εάν η εφαρμογή της πέδησης ενός τροχού, ο οποίος κινείται σε ευθεία, γίνει με σταδιακά αυξανόμενη δύναμη, ο τροχός αναπτύσσει συνεχώς αυξανόμενο ποσοστό ολίσθησης, έως ότου αυτό φθάσει το 100%, που αντιστοιχεί στην κατάσταση μπλοκαρισμένου τροχού. Όπως φαίνεται στο Σχήμα "1-5" στην αρχή ο συντελεστής τριβής αυξάνει σταθερά έως ότου λαμβάνει μια μέγιστη τιμή, που αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό ολίσθησης, το οποίο ονομάζεται "κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης". Είναι αξιοσημείωτο ότι η τιμή του συντελεστού τριβής που αντιστοιχεί στο "κρίσιμο ποσοστό ολίσθησης", είναι

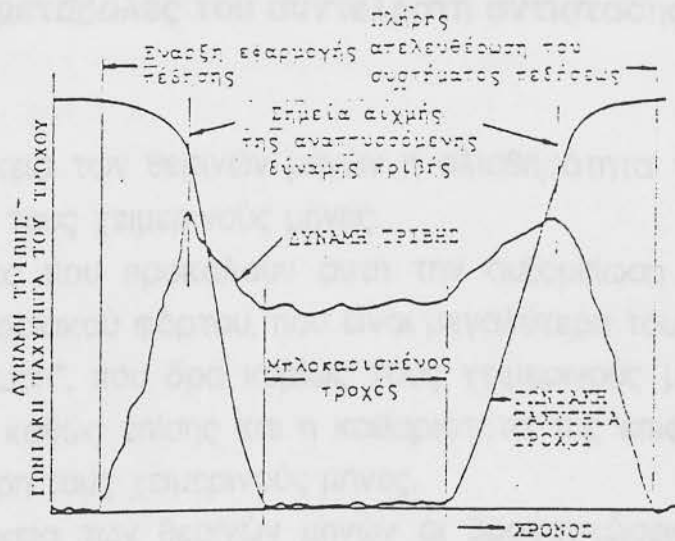
μεγαλύτερη αυτής που αντιστοιχεί όταν το ποσοστό ολίσθησης είναι 100% (μπλοκαρισμένος τροχός) . Αυτό σημαίνει ότι το όχημα δεν προσφέρει την υψηλότερη δυνατή επιβράδυνσή του όταν οι τροχοί του είναι μπλοκαρισμένοι .



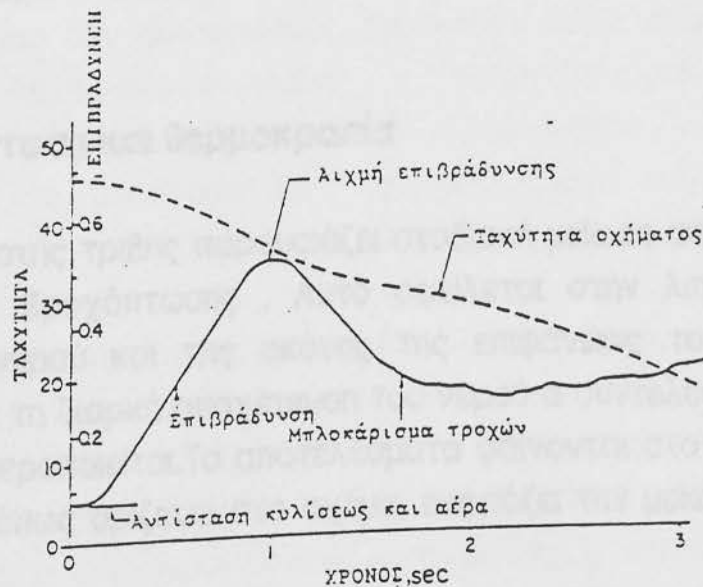
Σχήμα "1-5" : Ο συντελεστής τριβής σαν συνάρτηση του ποσοστού ολίσθησης.

Γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου πεδήσεως (anti-lock), τα οποία εξασφαλίζουν, ότι οι τροχοί εργάζονται στην περιοχή του κρίσιμου ποσοστού ολίσθησης. Ένα από τα συστήματα αυτά είναι και το **ABS** (αρχικά του αγγλικού Anti-lock Braking System) σύστημα που «αισθάνεται» τότε μπλοκάρουν ή είναι έτοιμοι να μπλοκάρουν οι τροχοί και αυτόματα μειώνει τη δύναμη των φρένων, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο ότι οι τροχοί συνεχίζουν να κινούνται . Το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τροχούς του αυτοκινήτου ή μόνο στους δύο.

Στα Σχήματα "1-6" και "1-7" δείχνεται η μεταβολή της δύναμης τριβής, της επιβράδυνσης και της ταχύτητας για ένα όχημα, του οποίου το σύστημα πέδησης εφαρμόζεται με αργό ρυθμό.



Σχήμα "Γ-6" : Η δύναμη τριβής, που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια μιας δοκιμής όπου το σύστημα πέδησης εφαρμόζεται και απελευθερώνεται αργά (ταχύτητα σταθερή).



Σχήμα "Γ-7" : Ταχύτητα και επιβράδυνση ενός οχήματος κατά την διάρκεια αργής εφαρμογής της πέδησης.

12 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

1.2.1. Εποχιακές μεταβολές του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση

Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών η ολίσθηρότητα των δρόμων είναι μεγαλύτερη από ότι τους χειμερινούς μήνες.

Οι παράγοντες που προκαλούν αυτή την αυξομείωση είναι η λιπαντική δράση του κυκλοφοριακού φόρτου, που είναι μεγαλύτερη τους θερινούς μήνες, η "εποχιακή παλαιώση", που δρα κυρίως τους χειμερινούς μήνες, οι αλλαγές της θερμοκρασίας καθώς επίσης και η καθαριότητα της επιφάνειας κυλήσεως που είναι μεγαλύτερη τους χειμερινούς μήνες.

Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών οι βροχοπτώσεις μειώνονται ενώ αυξάνεται ο βαθμός εξάτμισης του νερού με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόπλυση του οδοστρώματος από τις σκόνες, τις χαλαρές αποθέσεις, τα λάδια κ.λπ.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα οι διαφορές μεταξύ των χειμερινών και θερινών συντελεστών μ να είναι της τάξεως των 10-20%. Συνεπώς συντελεστής μ ο οποίος κατά το χειμώνα έχει τιμή 0,50 είναι δυνατό το καλοκαίρι να βρεθεί 0,40. Οι εποχιακές αυτές διακυμάνσεις του συντελεστή τριβής επιβάλλουν οι διάφορες δοκιμές να γίνονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή στις αρχές του φθινοπώρου και τα τέλη της άνοιξης, ώστε να εκτιμάται το ελάχιστο επίπεδο αντίστασης σε ολίσθηση.

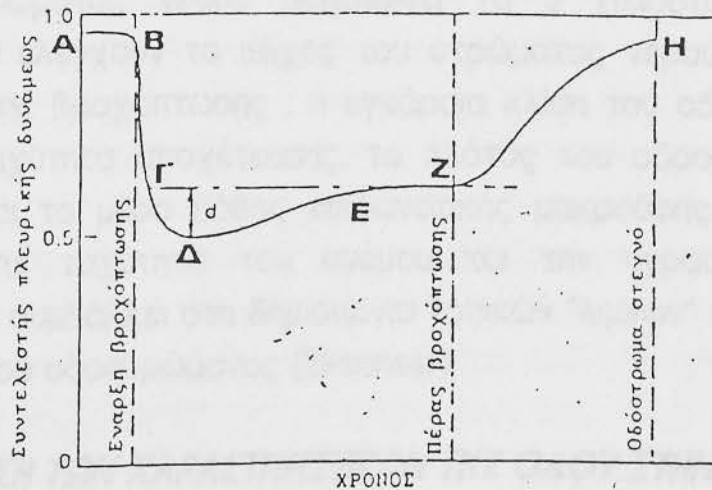
1.2.2. Βροχόπτωση και θερμοκρασία

Ο συντελεστής τριβής παρουσιάζει σταδιακή μείωση από την έναρξη μέχρι το πέρας μιας βροχόπτωσης. Αυτό οφείλεται στην λιπαντική δράση του μίγματος του νερού και της σκόνης της επιφάνειας του οδοστρώματος. Προοδευτικά με τη διαρκή αποχέτευση του νερού ο συντελεστής τριβής αυξάνει και τελικά σταθεροποιείται. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα "1-8" όπου η απόσταση d , όπως ορίζεται στο σχήμα, εκφράζει την μείωση του συντελεστή τριβής.

Οι πρότυπες μέθοδοι μέτρησης των διαφόρων συντελεστών τριβής γίνονται με πρότυπα συστήματα τεχνητής διαβροχής του οδοστρώματος.

Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων δίνουν χαμηλότερους συντελεστές τριβής, από αυτούς που δίνουν οι μετρήσεις μετά από φυσική βροχή, γιατί οι μετρήσεις παίρνονται αμέσως μετά τη διαβροχή του οδοστρώματος και αντιπροσωπεύουν την πιο επικίνδυνη κατάστασή του.

Η απόπλυση της επιφάνειας του οδοστρώματος εξηγεί την υψηλή αντίσταση σε ολίσθηση που παρουσιάζουν οι δρόμοι κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα.



Σχήμα "7-8" : Διακυμάνσεις του ΣΠΑ κατά τη διάρκεια μιας βροχής

Επίσης η ρύπανση των οδών με χαλαρά υλικά, χαλίκια, άμμο, σκόνη, λάδια, φύλλα από δέντρα καθώς και αιθάλη από γειτονικούς βιομηχανικούς χώρους ή από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, αποτελούν αίτια μειωμένων τοπικώς και συμπτωματικώς συντελεστών τριβής, η μείωση δε αυτή είναι περισσότερο αισθητή όταν συνδιάζεται με διαβροχή των υλικών αυτών.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η οξύτερη μορφή του προβλήματος της ολίσθηροτητας των οδοστρωμάτων εμφανίζεται όταν στην επιφάνειά τους υπάρχει χιόνι ή πάγος.

Η θερμοκρασία της υγρής επιφάνειας του οδοστρώματος, που σχετίζεται με την θερμοκρασία περιβάλλοντος, είναι ένας ακόμη παράγοντας, που επηρεάζει το διαθέσιμο συντελεστή τριβής. Τόσο ο συντελεστής συνάφειας όσο και ο συντελεστής υστέρησης εξαρτώνται από την θερμοκρασία της επιφάνειας επαφής επισώτρου και οδοστρώματος. Ο συντελεστής υστέρησης είναι περισσότερο ευαίσθητος στις μεταβολές της θερμοκρασίας και ελέγχει την μείωση του συντελεστού τριβής με την αύξησή της. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τόσο μειώνεται το επίπεδο της αντίστασης σε ολίσθηση του οδοστρώματος.

1.2.3. Το πάχος του στρώματος νερού στην επιφάνεια του οδοστρώματος

Το πάχος του στρώματος νερού στην επιφάνεια του οδοστρώματος μετράται από την κορυφή των προεξοχών των κόκκων του επιφανειακού αδρανούς υλικού. Μεταβάλλεται από την κατάσταση κατά την οποία η επιφάνεια απλά φαίνεται υγρή μέχρι την κατάσταση κατά την οποία το μέσο πάχος του στρώματος νερού υπερβαίνει τα 3 χιλιοστά. Οι κυριώτεροι παράγοντες που ελέγχουν το πάχος του στρώματος νερού στο οδόστρωμα είναι η ένταση της βροχόπτωσης, η εγκάρσια κλίση του οδοστρώματος, που καθορίζει την ταχύτητα αποχέτευσης, το πλάτος του οδοστρώματος (μήκος αποχέτευσης) και το μέσο βάθος επιφανειακής μακροϋφής. Υπάρχει, ακόμη, επιρροή από την ταχύτητα του ανέμου και την υγρασία. Ένας επίσης παράγοντας που συμβάλλει στη δημιουργία τοπικών "λιμνών" είναι η ομαλότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος (Evenness).

1.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

Τα χαρακτηριστικά της οδού τα οποία καθορίζουν το επίπεδο της τριβής, που διατίθεται στον χρήστη, είναι κυρίως η υφή και η ομαλότητα της επιφάνειας κυλήσεως. Οι διακυμάνσεις της αντίστασης σε ολίσθηση στον χώρο και στον χρόνο, οφείλονται σε διακυμάνσεις, κυρίως, των χαρακτηριστικών της επιφάνειας υφής, κάτω από την επίδραση διαφόρων παραγόντων. Στην πορεία αναλύεται η επιρροή της υφής και της ομαλότητας του οδοστρώματος και οι μηχανισμοί οι οποίοι αυξομειώνοντας την επιφανειακή υφή, επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής επισώτρου-οδοστρώματος.

1.3.1. Η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος

Ο κυριότερος παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει ολίσθηση σε ένα όχημα είναι τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του οδοστρώματος. Με αυτά μπορεί να επιτευχθεί κατασκευή οδοστρώματος με ικανοποιητική αντίσταση σε ολίσθηση ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.

Αντίσταση ολίσθησης είναι η δύναμη που αναπτύσσεται όταν ένα ελαστικό επίσωτρο, του οποίου εμποδίζεται η περιστροφή, ολισθαίνει κατά μήκος της επιφάνειας κύλισης του οδοστρώματος. Η αντίσταση σε ολίσθηση ενός οδοστρώματος ορίζεται με τον συντελεστή μ ο οποίος είναι γνωστός σαν συντελεστής τριβής.

Η επαρκής αντίσταση στην ολίσθηση στο υγρό οδόστρωμα εξασφαλίζεται από την παρουσία δύο περιοχών επιφανειακών ανωμαλιών της μικροϋφής και της μακροϋφής.

Μικροϋφή είναι οι προεξοχές της επιφάνειας μη ορατές εύκολα με γυμνό μάτι (μέχρι 0,50 mm περίπου), που οφείλονται κυρίως στη μικροτραχύτητα της θραυσιγενούς επιφάνειας των κόκκων των αδρανών υλικών και σε μικρότερο ποσοστό στο λεπτόκοκκο αδρανές (< 500 μ) που παραμένει στην επιφάνεια.

Μακροϋφή είναι η μακροτραχύτητα της επιφάνειας (πάνω από 0,50 mm) που δημιουργείται από την κατάλληλη διαβάθμιση, το μέγιστο μέγεθος κόκκου των αδρανών του ασφαλτομίγματος και την μέθοδο κατασκευής.

Η ανάπτυξη επαρκούς συντελεστή τριβής μεταξύ του ελαστικού και της βρεγμένης επιφάνειας του δρόμου καθορίζεται από την μικροϋφή, η οποία επιτρέπει ώστε οι μικροπροεξοχές να διατρήσουν τον λεπτό υμένα του νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ του τροχού και του οδοστρώματος.

Στις μεγάλες ταχύτητες όμως δεν είναι επαρκής μόνο η μικροϋφή για ικανοποιητική αντίσταση στην ολίσθηση. Έχει διαπιστωθεί ότι σε επιφάνειες που παρουσιάζουν ικανοποιητική αντίσταση σε ολίσθηση χάρις σε κατάλληλη μικροϋφή, η αντίσταση αυτή μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της ταχύτητας και το πάχος στρώματος του νερού.

Είναι απαραίτητη συνεπώς και η κατάλληλη μακροϋφή η οποία να επιτρέπει τη διαφυγή του νερού που εγκλωβίζεται μεταξύ ελαστικού και επιφάνειας οδοστρώματος (μερική υδρολίσηση) και επί πλέον συμβάλλει στο να απορροφηθεί μέρος της κινητικής ενέργειας στο πέλμα του τροχού λόγω της παραμόρφωσής του από τις επιφανειακές προεξοχές (παράγων υστέρησης). Έτσι γίνεται δυνατόν, η επαρκής αντίσταση στην ολίσθηση των χαμηλών ταχυτήτων, που οφείλεται στην καλή μικροϋφή, να διατηρηθεί χωρίς σημαντική μείωση και στις μεγάλες ταχύτητες.

Το μέσο βάθος υφής (μακροϋφής) που είναι αναγκαίο για να μην υπάρξει μείωση της αντίστασης σε ολίσθηση με την αύξηση της ταχύτητας από τα 50 km/h μέχρι τα 130 km/h στην περίπτωση των ασφαλικών οδοστρωμάτων είναι 2,0 mm.

Το ελάχιστο απαιτούμενο μέσο βάθος υφής για τα νέα οδοστρώματα από τις βρετανικές προδιαγραφές είναι 1,5 mm (10% πτώση της αντίστασης σε ολίσθηση από τα 50 km/h στα 130 km/h).

Συμπερασματικά, και οι δύο παραπάνω ιδιότητες, μικροϋφή και μακροϋφή, είναι απαραίτητες για επαρκή αντίσταση στην ολίσθηση σε όλο το φάσμα των ταχυτήτων.

Επί πλέον η μακροϋφή βοηθά, παράλληλα με την επαρκή αποστράγγιση, στην καλύτερη ορατότητα τη νύχτα στο βρεγμένο δρόμο, γιατί διασπά την κατοπτρική επιφάνεια που σχηματίζει ο λεπτός υμένας του νερού.

Πρόσφατη έρευνα στις σχέσεις μεταξύ συμπεριφοράς οχήματος και χαρακτηριστικών οδοστρώματος έχει αποκαλύψει το ρόλο που παίζει μία περιοχή ανωμαλιών που μέχρι τώρα δεν έχει διερευνηθεί : η **Μεγαϋφή** . Τα όρια της μεγαϋφής είναι από 50 έως 500 ΜΜ δηλ. έξω από τα όρια μετρήσεως των συμβατικών μεθόδων ελέγχου και συσκευών.

Μπορεί όμως να μετρηθεί με τα νέου τύπου Προφιλόμετρα χωρίς άμεση επαφή με το οδόστρωμα, όπως αυτά που λειτουργούν με ακτίνες LASER κλπ.

Ο Πίνακας 1-1 περιλαμβάνει την γεωμετρική κατάταξη των επιφανειακών ανωμαλιών των οδοστρωμάτων, το τρόπο ελέγχου των, τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται και την επίδρασή τους στη συμπεριφορά του συστήματος δρόμου οχήματος.

Είναι προφανές ότι οι δύο πρώτες περιοχές ανωμαλιών (Μικροϋφή και Μακροϋφή) είναι επιθυμητές και πρέπει να συνυπάρχουν στην επιφάνεια του οδοστρώματος ενώ η Μεγαϋφή είναι ανεπιθύμητη.

Στο Σχήμα "1-9" φαίνεται η παραμόρφωση (d) που υφίσταται το λάστιχο όταν διασχίζει ανωμαλίες του ίδιου ύψους (a) αλλά διαφορετικού "μήκους κύματος" (λ).

Η συνολική αυτή παραμόρφωση αποτελείται από δύο συνιστώσες : μία "στάσιμη" (διακεκομμένη γραμμή) η οποία δεν εξαρτάται από το σχήμα του προφίλ και αντιστοιχεί στην παραμόρφωση που θα είχε υποστεί το λάστιχο σε ένα ευθύγραμμο προφίλ, δηλ. σε μία επίπεδη επιφάνεια και σε μία "εναλλασσόμενη" συνιστώσα η οποία ποικίλει ανάλογα με το σχήμα του προφίλ.

Είναι φανερό ότι η δεύτερη συνιστώσα μεγιστοποιείται επί ενός προφίλ του οποίου το μήκος κύματος (λ) πλησιάζει το μήκος (a) του αποτυπώματος του ελαστικού. Για την ακρίβεια, έχει αποδειχθεί ότι το κρίσιμο μήκος κύματος ισοδυναμεί με $a/2$ και είναι γενικά της τάξεως των 50 έως 100 ΜΜ και για τα επιβατικά και για τα φορτηγά αυτοκίνητα.

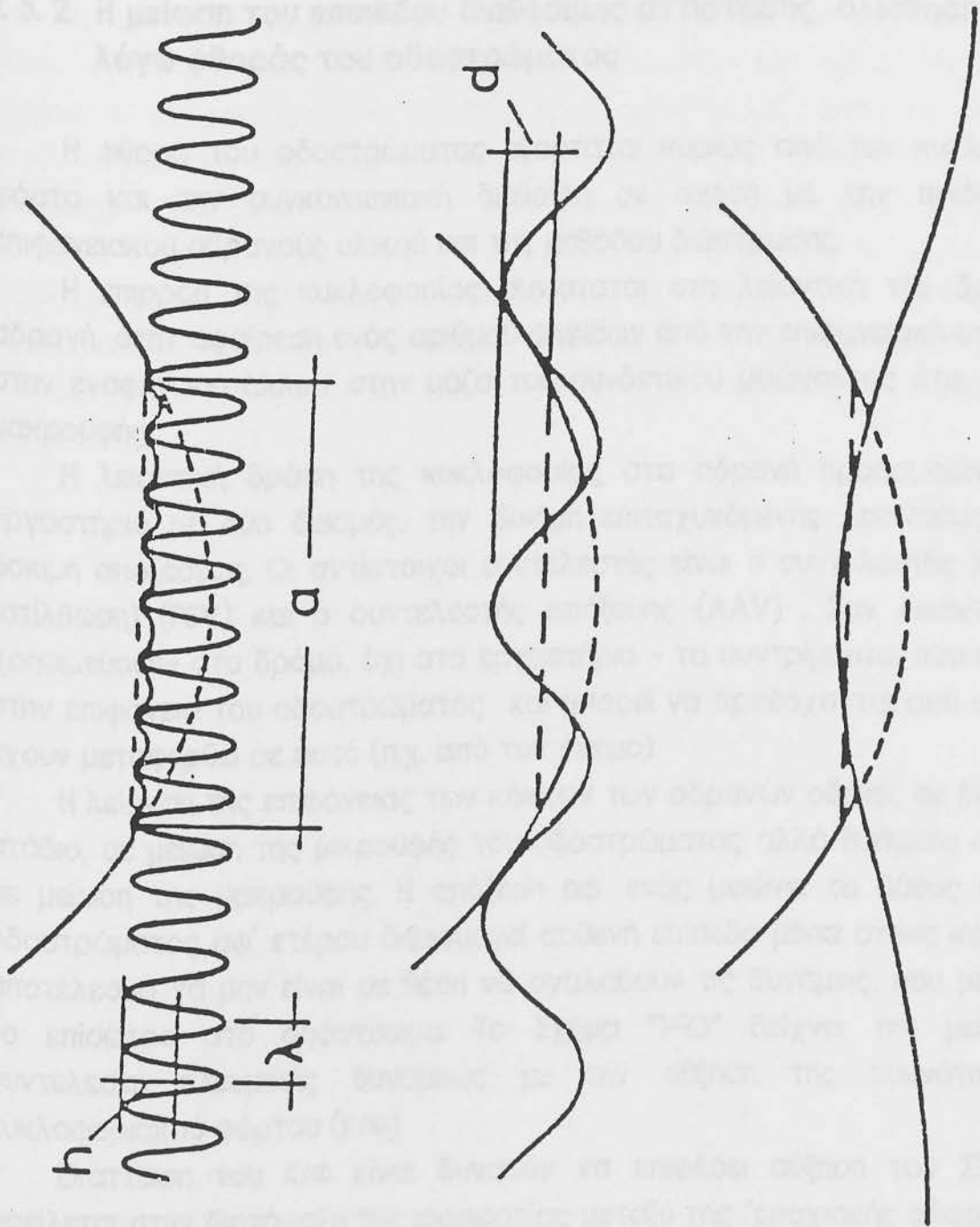
Ανωμαλίες τέτοιου μεγέθους είναι βέβαιο ότι έχουν δυναμικές επιπτώσεις που στο μεγαλύτερο μέρος δημιουργούν δονήσεις μέσα στο όχημα, θόρυβο από την επαφή λάστιχου/δρόμου μέσα και έξω από το όχημα και αυξημένη κατανάλωση καυσίμου από την αντίσταση σε κύλιση. Οι δυσμενείς αυτές επιδράσεις συνήθως αποδίδονται στη μακροϋφή.

Η μεγαϋφή δεν μπορεί να μετρηθεί με συμβατικά μέσα όπως τη μέθοδο της άμμου, ούτε τα συνήθη ομαλόμετρα, τύπου απόκρισης (π.χ. BUMP INTEGRATOR).

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΟΡΙΘ. ΔΙΔΕΤΑΙΕΩΝ		ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ		ΕΥΣΚΕΤΙΣΗ ΜΕ:	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΕ:
	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ	ΑΜΕΣΗ	ΕΡΜΕΣΗ		
ΜΙΚΡΟΥΨΗ	0-0,5 MM	0-0,2 MM	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο	-Βρετανικό Εγκρεμές -Ολίσθητρό- μετρο τύπου TRAILER SCRIM κλπ. -Μετρήσεις επιβρά- δυνσης	-Επιφανειακή υψή αδρανών ελατωμένη απότοχμα κόκκου και γωνιώδες, υψή ασφαλτικού συνθετικού και τσιμεντοκονία, επιφανειακή υψή πλακών,κυ- βολίδων κλπ., αμμές ή αυλα- κώσεις σε πλάκες σκυροδέμα- τος (με κοπή ή βούρτσισμα)	-Αντίσταση στην ολίσθηση (σε δλες τις ταχύτητες) στο υγρό οδόστρωμα -Αντίσταση στην ολίσθηση (σε δλες τις ταχύτητες) στο στεγνό ή ελαφρώ βρεγμένο οδόστρωμα -Υψηλής συχνότητας θόρυβος ελαστι- κού/οδοστρώματος (εντός κ' εκτός του οχήματος)
ΜΑΚΡΟΥΨΗ	0,5-50 MM (0,5-25 MM)	0,2-10 MM	-Μέθοδος άμμου (ή γράσου) -Λιωτήτ- ηρια LASER	-Μειρητής διαπερα- τότητας -DIAMOROUTE -Ολίσθητρό- μετρο τύ- που TRAI- LER ή SCRIM -Μετρήσεις επιβρά- δυνσης	-Μελέτη συνθέσεως: μέγεθος κόκ- κου, σχήμα, θέση και τακτοποίη- ση -Επιφανειακές επεξεργασίες:φι- φίδες, μηχανική επεξεργασία έκθεση αδρανούς αυλακώσεις (πλάτος, βάθος, συχνότητα κ' προσανατολισμός) -Φθορές: απώλεια ψηφίδων, ρηγ- ματώσεις κ' άνοιγμα αρμών -Επιφανειακή ή εσωτερική αποστράγγιση του υλικού	-Αντίσταση στην ολίσθηση στις με- σαίες έως υψηλές ταχύτητες στο υγρό οδόστρωμα -Πιπίλισμα και διασπορά νερού -Υψηλής κ' χαμηλής συχνότητας θόρυ- βος ελαστικού/οδοστρώματος (εντός κ' εκτός του οχήματος) -Αντίσταση στη κύλιση -Οπτικές ιδιότητες οδοστρώματος
ΜΕΓΑΛΥΨΗ	50-500 MM (25-200 MM)*	1-50 MM	-Ομαλόμετρα τύπου PROFIL LOMETER -Λιωτήτ- ηρια LASER	-Ομαλόμετρα τύπου απόκρισης	-Τύπος υλικών (ένδειτοι φυσικοί λίθοι ή κυβόλιθοι από μπετόν) -Κανονικότητα μεθόδων διάστρω- σης κ' συμπύκνωσης -Φθορές: κυματισμοί, αυλακώσεις, απώλεια επιφανειακού υλικού, λακούβες, διεύρυνση αρμών κ' ρηγματώσεις, ανισοσταθμία πλα- κών σκυροδέματος, φθορές από παγετό -Τοπικές επεμβάσεις: φρεζάρισμα, επισκευές τοπικές.	-Έλεγχος σχήματος, ευσιάζεια -Άνεση: μηχανικές δονήσεις υψη- λής συχνότητας στα συστήματα διεύθυνσης και μετάδοσης κινήσεως -Αποθήκευση νερού και απώλεια επα- φής λάστιχου/οδοστρώματος, μειωμέ- νο κράτημα -Αντίσταση στη κύλιση -Φθορά οχήματος κ' ελαστικών -Υπόκωφοι θόρυβοι χαμηλής συχνό- τητας (μέσα κ' έξω από το όχημα) -Δονήσεις των κτιρίων κατά μήκος του δρόμου
ΟΜΑΛΟΤΗΤΗ						
ΜΙΚΡΑ ΜΗ- ΚΗ ΚΥΜΑ- ΤΟΣ	0,5-5M (0,15)*	1-20 MM	-Ομαλόμετρα τύπου "PRO- FILOMETER"	Ομαλόμετρα τύπου απόκρισης (π.χ. BUMP INTEGRATOR)	-Ποιότητα διάστρωσης των υλικών (διανομή και συμπύκνωση) -Χειροτέρευση κατάσταση οδο- στρώματος από την κυκλοφορία: Καθιζήσεις, υποκαρρήσεις με ή χωρίς απώλεια υλικού. -Φθορές από παγετό	-Απώλεια επαφής λάστιχου/δρόμου, μειωμένη δυνατότητα οδήγησης κ' κράτηματος (ακόμη κ' στο στεγνό οδόστρωμα) -Άνεση: δονήσεις υψηλής συχνότητας (συντονισμός του συστήματος ανάρτησης) -Υπόκωφοι θόρυβοι χαμηλής συχνότη- τας (έξω από το όχημα) -Κατανάλωση καυσίμου -Δονήσεις των κτιρίων κατά μήκος του δρόμου
ΜΕΣΑΙΑ ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	5-15M	0,5-5CM	Στατικές τοπογραφι- κές μέθοδοι			
ΜΕΓΑΛΑ ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	15-50M (100M)*	1-20CM			-Ρύθμιση μηχανημάτων διάστρω- σης κ' συστημάτων καθοδήγησης -Ισοπέδωση -Παραμορφώσεις στο έδαφος θεμελίωσης	-Σταθερότητα οχήματος -Άνεση: δονήσεις χαμηλής συχνότητας (συντονισμός συστήματος ανάρτησης) -Κατανάλωση καυσίμου -Δημιουργία υποήχων

(*) Νεώτερη κατάταξη από PIARC



$\lambda < a$
 $d < h$

$\lambda \approx a$
 $d \approx h$

$\lambda > a$
 $d > h$

Σχήμα "7-9" : Η παραμόρφωση (d) που υφίσταται το λάστιχο όταν διασχίζει ανωμαλίες του ίδιου ύψους (a) αλλά διαφορετικού "μήκους κύματος" (λ).

1.3.2. Η μείωση του επιπέδου διαθέσιμης αντίστασης ολίσθησης λόγω φθοράς του οδοστρώματος

Η φθορά του οδοστρώματος εξαρτάται κυρίως από τον κυκλοφοριακό φόρτο και την συγκοινωνιακή διοίκηση σε σχέση με την ποιότητα του επιφανειακού αδρανούς υλικού και της μεθόδου διάστρωσης.

Η επιρροή της κυκλοφορίας συνίσταται στη λειαντική της δράση στα αδρανή, στην αφαίρεση ενός αριθμού ψηφίδων από την επιφανειακή στρώση και στην ενσφήνωση άλλων στην μάζα του συνδετικού μειώνοντας έτσι το βάθος μακροϋφής.

Η λειαντική δράση της κυκλοφορίας στα αδρανή προσομοιώνεται στο εργαστήριο με δύο δοκιμές, την δοκιμή επιταχυνόμενης λειάνσεως και την δοκιμή αποξέσεως. Οι αντίστοιχοι συντελεστές είναι ο συντελεστής λειάνσεως (στίλβωση) (PSV) και ο συντελεστής απόξεσης (AAV). Σαν λειαντικό μέσο χρησιμεύουν- στο δρόμο, όχι στο εργαστήριο - τα συντρίμματα, που υπάρχουν στην επιφάνεια του οδοστρώματος και μπορεί να προέρχονται από αυτό ή να έχουν μεταφερθεί σε αυτό (π.χ. από τον άνεμο).

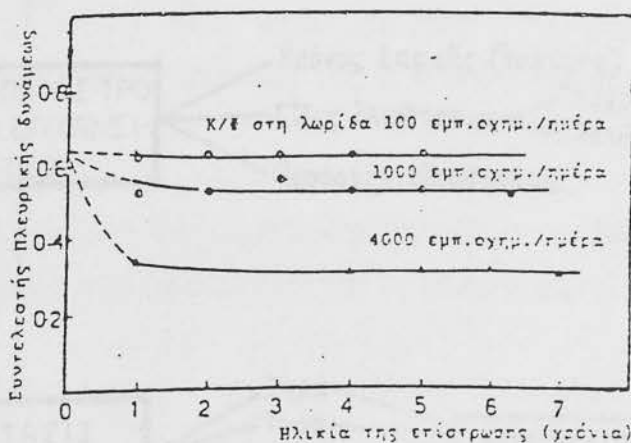
Η λείανση της επιφάνειας των κόκκων των αδρανών οδηγεί, σε ένα αρχικό στάδιο, σε μείωση της μικροϋφής του οδοστρώματος αλλά βαθμιαία οδηγεί και σε μείωση της μακροϋφής. Η απόξεση αφ' ενός μειώνει το βάθος υφής του οδοστρώματος αφ' ετέρου δημιουργεί ασθενή επίπεδα μέσα στους κόκκους με αποτέλεσμα να μην είναι σε θέση να αναλάβουν τις δυνάμεις, που μεταβιβάζει το επίσωτρο στο οδόστρωμα. Το Σχήμα "1-10" δείχνει την μείωση του συντελεστή πλευρικής δυνάμεως με την αύξηση της πυκνότητας του κυκλοφοριακού φόρτου (Κ/Φ).

Ελάττωση του Κ/Φ είναι δυνατόν να επιφέρει αύξηση του ΣΠΔ. Αυτό οφείλεται στην διατάραξη της ισορροπίας μεταξύ της "εποχιακής φθοράς" - που δημιουργεί αντίσταση σε ολίσθηση - και της λειαντικής δράσης του Κ/Φ.

Αδρανή με συντελεστή λειάνσεως (PSV) μεγαλύτερο του 60 και συντελεστή απόξεσης (AAV) μικρότερο του 12 είναι τα μόνα κατάλληλα για την κατασκευή αντιολισθηρών στρώσεων. Μια ακόμη σημαντική συνιστώσα είναι η πυκνότητα διανομής των αδρανών στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Αν και εξαρτάται από το μέγεθος του κόκκου η βέλτιστη απόσταση μεταξύ των κόκκων εμφανίζεται να είναι 0,5 έως 0,75 cm.

Η πιο υψηλή και μόνιμη αντίσταση σε ολίσθηση παρέχεται από αδρανή, των οποίων η εκτεθειμένη επιφάνεια ανανεώνεται από την κυκλοφορία. Όταν η γεωλογική σύσταση ενός αδρανούς είναι ομοιόμορφη τότε η αντίσταση σε ολίσθηση, που παρέχει θα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο γωνιώδης και μεγαλύτερος είναι ο κόκκος.

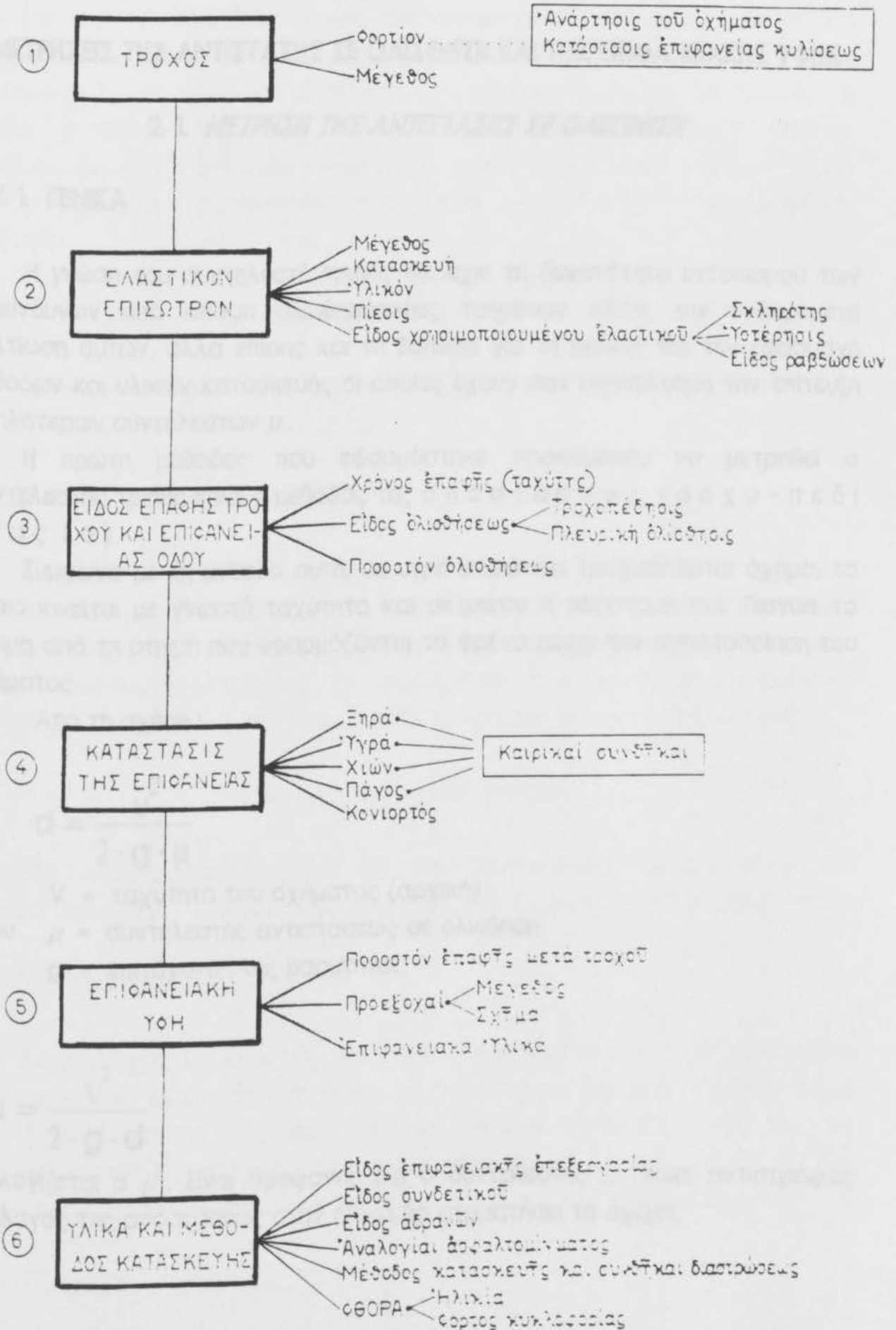
Άλλοι παράγοντες, που συντελούν στην φθορά του οδοστρώματος και κατά συνέπεια στην μείωση του επιπέδου αντίστασης σε ολίσθηση είναι η παρουσία εξιδρώσεων της ασφάλτου, η συμπύκνωση, από την διερχόμενη κυκλοφορία, η οποία ωθεί το συνδετικό υλικό στην επιφάνεια ή δημιουργεί "αυλάκια"- που "μαζεύουν" νερό- στα ίχνη των τροχών, η χρήση ελαστικών με τακάκια - τρακτεροειδής μορφή πέλματος - η ρύπανση της επιφάνειας του οδοστρώματος από λάδια, υπολείματα ελαστικού κλπ. Ειδικά για τα τρακτεροειδή ελαστικά αναφέρεται ότι προκαλούν εκτεταμένες φθορές στο οδόστρωμα και στις ΗΠΑ πολλές πολιτείες έχουν απαγορεύσει ή περιορίσει τη χρήση τους.



Σχήμα "Γ-10" : Η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου στον ΣΠΔ (ασφαλτώδες μείγμα με επενδυμένα χαλίκια, PSV 58 - 60).

Πίνακας 1-2

(Παράγοντες που επηρεάζουν τον συντελεστή τριβής)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ

2.1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

2.1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η γνώση του συντελεστή τριβής παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού των επικίνδυνων από άποψη ολισθηρότητας τμημάτων οδών, την ενδεχόμενη βελτίωση αυτών, αλλά επίσης και τη βοήθεια για τη μελέτη και την εφαρμογή μεθόδων και υλικών κατασκευής οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερων συντελεστών μ .

Η πρώτη μέθοδος που εφαρμόστηκε προκειμένου να μετρηθεί ο συντελεστής τριβής είναι η μέθοδος της αποστάσεως τροχο - πεδίου σε ως (d).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, σε υγρή επιφάνεια τροχοπεδείται όχημα, το οποίο κινείται με γνωστή ταχύτητα και μετρίεται η απόσταση που διανύει το όχημα από τη στιγμή που εφαρμόζονται τα φρένα μέχρι την ακινητοποίηση του οχήματος.

Από τη σχέση :

$$d = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$$

V = ταχύτητα του οχήματος (αρχική)

όπου μ = συντελεστής αντιστάσεως σε ολίσθηση

g = επιτάχυνση της βαρύτητας

$$\text{ή } \mu = \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

υπολογίζεται ο μ . Είναι προφανές ότι ο συντελεστής μ είναι αντιστρόφως ανάλογος της αποστάσεως στην οποία θα σταματήσει το όχημα.

Με τη μέθοδο όμως αυτή δεν μπορούμε να εκτελέσουμε μετρήσεις σε μεγάλη κλίμακα και σε μεγάλες ταχύτητες γιατί είναι επικίνδυνη για τον οδηγό του οχήματος.

Για το λόγο αυτό επινοήθηκαν νέες ασφαλέστερες πρότυπες μέθοδοι, που εφαρμόζονται στα εργαστήρια οδικών ερευνών σε όλο τον κόσμο, οι οποίες διαφέρουν και ως προς τον εξοπλισμό, που χρησιμοποιούν, την διαδικασία, την οποία θεσπίζουν και τους ελιγμούς του οχήματος, τους οποίους προσομοιώνουν. Οι διαφορές αυτές είναι κυρίως η πηγή των ασυμφωνιών και του γενικά κακού συσχετισμού μεταξύ των αποτελεσμάτων των διαφόρων προτύπων.

Τα πρότυπα, που βρίσκονται σε εφαρμογή σήμερα, διακρίνονται σε :

1. Πρότυπα, που προβλέπουν την χρησιμοποίηση φορητών συσκευών ελέγχου.
2. Πρότυπα, που προβλέπουν την χρησιμοποίηση αυτοκινούμενων οχημάτων.

2.1.2. Φορητά όργανα δοκιμών

Τα φορητά όργανα δοκιμών πλεονεκτούν έναντι των αυτοκινούμενων οχημάτων σε δύο σημεία. Είναι πολύ φθηνά και άρα είναι εφικτός ο εξοπλισμός πολλών συνεργείων και έχουν μεγαλύτερες επιχειρησιακές ιδιότητες γιατί είναι δυνατή η εκτέλεση μετρήσεων, σε σημεία όπου τα οχήματα δεν μπορούν να εργαστούν. Τα όργανα αυτά διακρίνονται σε εργαστηριακά και "επί τόπου".

□ Όργανα "επί τόπου" δοκιμών

Στις παραγράφους (α) και (β), που ακολουθούν, περιγράφονται δύο όργανα "επί τόπου" δοκιμών, που χρησιμοποιούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες.

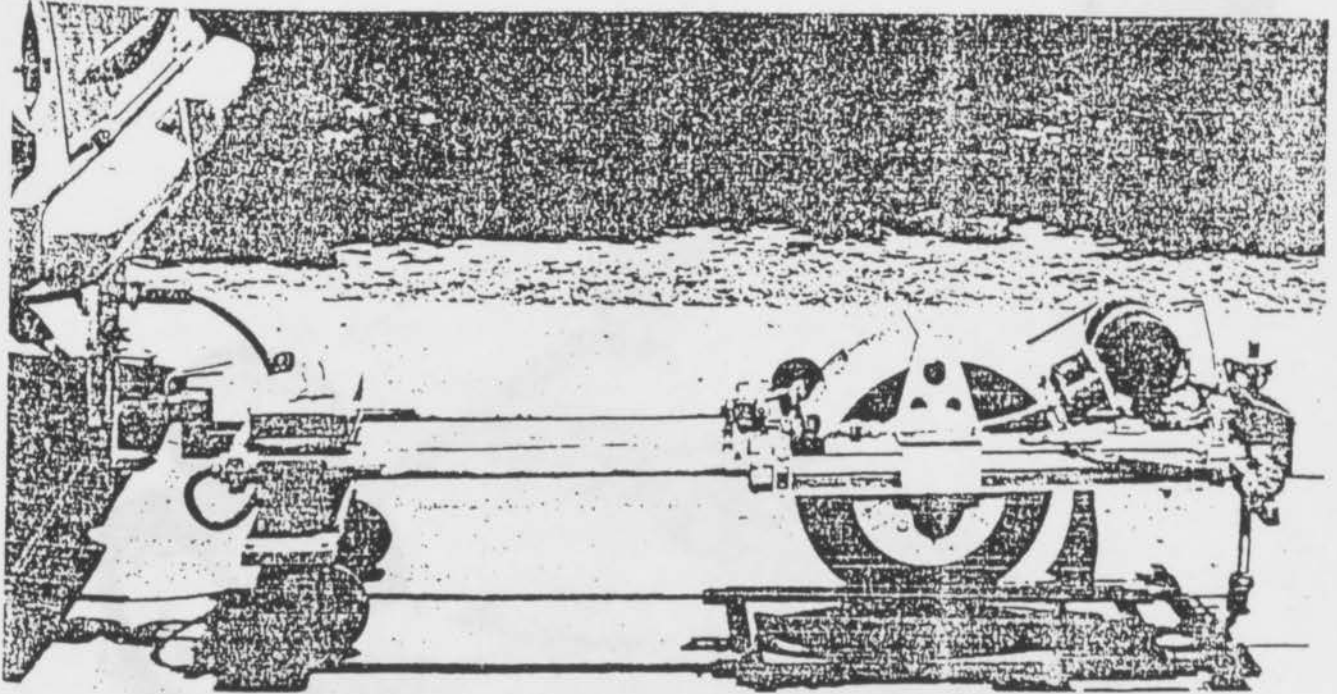
(α) California Skid Tester (εικ. 2.1)

Ένας τροχός με ελαστικό επίσωτρο, προσαρμοσμένος στο πίσω μέρος ενός οχήματος, περιστρέφεται, χωρίς να βρίσκεται σε επαφή με το οδόστρωμα και καταγράφεται η απόσταση, που θα διανύσει από τη στιγμή που θα ακουμπήσει την επιφάνεια του οδοστρώματος μέχρι να σταματήσει. Για την ύγραση του οδοστρώματος δεν χρησιμοποιείται νερό αλλά γλυκερίνη.

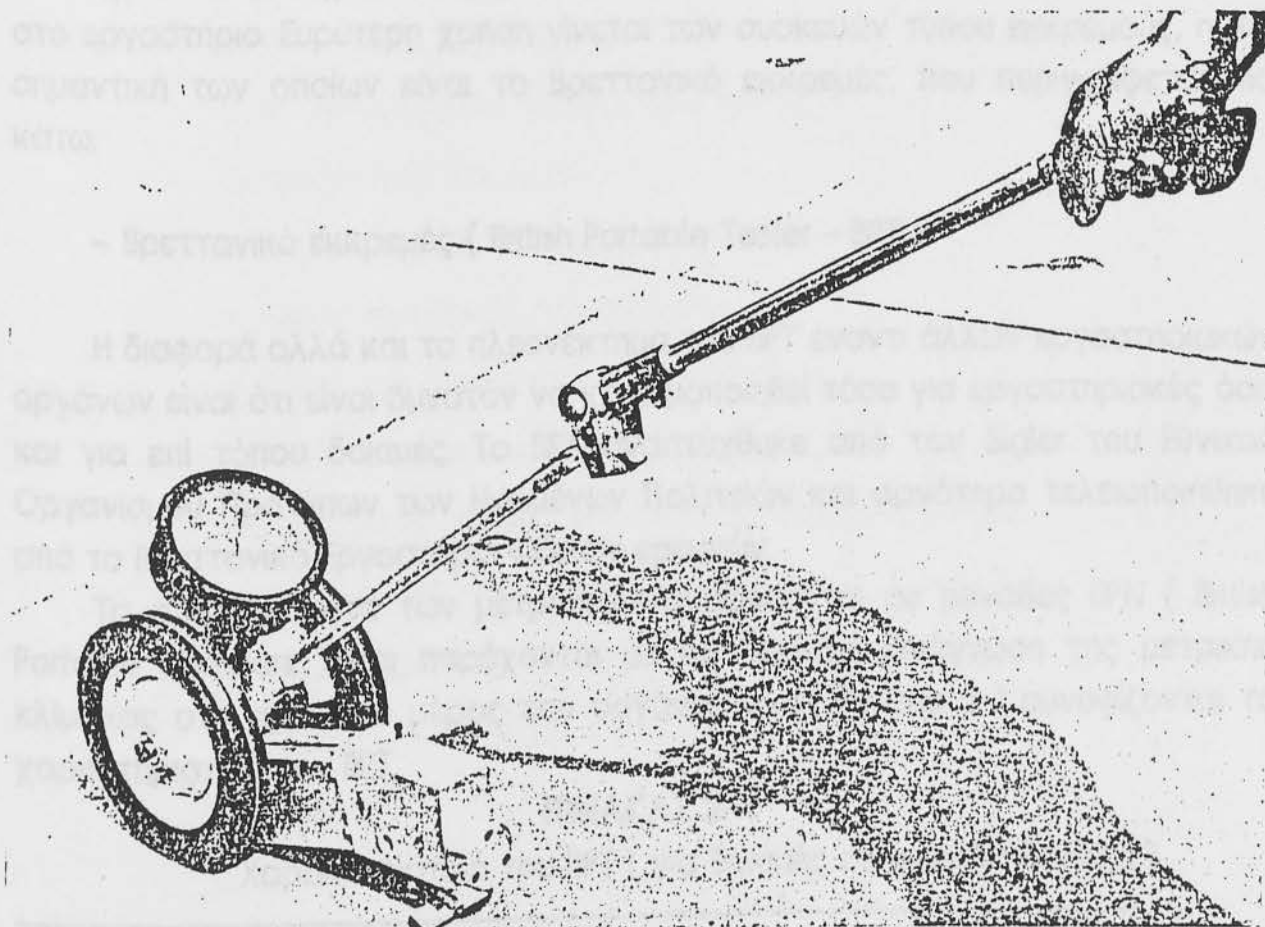
(β) Kyeestone Tester (εικ. 2.2)

καθώς ο χειριστής οδηγεί το όργανο. Η αντίσταση τριβής, που συναντά το πέλμα μετατρέπεται σε υδραυλική πίεση και εμφανίζεται σαν ένδειξη ενός μετρητού.

Τα δύο παραδείγματα, που προαναφέρθηκαν, δείχνουν πόσο διαφορετική μπορεί να είναι η βασική αρχή κάθε οργάνου.



EIKONA 2-1 : California Skid Tester.



ΕΙΚΟΝΑ 2-2 : Keystone Mark IV.

□ Εργαστηριακά όργανα δοκιμών

Έχουν αναπτυχθεί πολλές συσκευές ελέγχου της αντίστασης ολίσθησης στο εργαστήριο. Ευρύτερη χρήση γίνεται των συσκευών τύπου εκκρεμούς, η πιο σημαντική των οποίων είναι το Βρετανικό εκκρεμές, που περιγράφεται πιο κάτω.

- Βρετανικό εκκρεμές (British Portable Tester - BPT)

Η διαφορά αλλά και το πλεονέκτημα του BPT έναντι άλλων εργαστηριακών οργάνων είναι ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί τόσο για εργαστηριακές όσο και για επί τόπου δοκιμές. Το BPT αναπτύχθηκε από τον Sigler του Εθνικού Οργανισμού Προτύπων των Ηνωμένων Πολιτειών και αργότερα τελειοποιήθηκε από το Βρετανικό Εργαστήριο Οδικών ερευνών.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αναφέρονται σε μονάδες BPN (British Portable Numbers) και παρέχονται με απ' ευθείας ανάγνωση της μετρικής κλίμακας στο αριστερό μέρος του οργάνου. Στον Πίνακα 2-1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά του BPT.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1

Χαρακτηριστικά του BPT (για δοκιμές σε επίπεδα δοκίμια)

Θεμελιώδης αρχή :	Ενεργειακή ισορροπία
Μηχανισμός :	Μηχανικός
Μορφή ολίσθητήρα :	Κεκλιμένο πέλημα
Ελαστικό υλικό :	Φυσικό καουτσούκ ή συμφ. ASTM E501
Διαστάσεις ολίσθητήρα (in) :	1/4 × 1 × 3
Εύρος επιφάνειας επαφής (in) :	3
Μήκος (in) :	4 15/16 ± 1/16
Πίεση επαφής (psi) :	16
Φορτίο ολίσθητήρα (g) :	2.500 ± 100 (πρότυπη μέ- θοδος μέτρ. ASTM E303)
Βάρος (lb) :	27
Ταχύτητα ολίσθησης (mph) :	6-7
Μονάδα αναφοράς :	BPN
Διαστάσεις (in) :	26 × 18 × 26
Τιμή (\$, 1967) :	795

Στο Σχήμα "2-1" φαίνεται το Δελτίο ελέγχου αντίστασης σε ολίσθηση στο οποίο περιέχονται οι εξής πληροφορίες :

- Αναγνώριση και αριθμός της θέσης.
- Ημερομηνία και ώρα .
- Ατμοσφαιρική κατάσταση .
- Τύπος ελαστικού ολισθητήρα .
- Τύπος και ηλικία του οδοστρώματος .
- Τύπος επιφανειακού αδρανούς υλικού .
- Σκαρίφημα της θέσης εκτέλεσης των μετρήσεων .
- Μέσο βάθος υφής (Μέθοδος κηλίδος της άμμου) .
- Χαρακτηρισμός της μικροϋφής της επιφάνειας .
- Θερμοκρασία νερού στο οδόστρωμα .
- Μετρήσεις .

σημείωση

Παρακάτω παρατίθεται η μετάφραση στα ελληνικά των προδιαγραφών των προτύπων του ASTM. Η μετάφραση αυτή είναι αποσπασματική και δεν φιλοδοξεί να αποτελέσει απόδοση στα Ελληνικά των συγκεκριμένων προτύπων. Το ίδιο ισχύει και για τις προδιαγραφές που ακολουθούν στην πορεία της εργασίας. Τα πρότυπα παρατίθενται αυτούσια στο παράρτημα της εργασίας.

Ε. Μ. Π.
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΤΑ Σ

ASTM 2303

BPN

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

ΟΔΟΣ :

ΤΜΗΜΑ :

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ :

Χ.Θ. :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ :

ΑΡ. ΘΕΣΗΣ :

Α/Α	απόσταση από κέντρο οδού (m)	επίπεδο βάσης (mm)	αντίσταση σε ολίσθηση				μέσος όρος (BPN)	παράτηρες
			μέσος όρος (20°C)					
			1n	2n	3n	4n		
1								
2								
3								

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ :

ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ :

ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ :

ΑΔΡΑΝΕΙ ΥΛΙΚΟ :

ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ :

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ :

Σχήμα "2-1": Δελτίο ελέγχου αντίστασης σε ολίσθηση με την μέθοδο του Βρετανικού εκκρεμούς.

106C

ASTM Ονομασία : E 303-83

Πρότυπη μέθοδος για:

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΑΝ ΟΡΓΑΝΟ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΟ
ΒΡΕΤΤΑΝΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

1.1. Η παρούσα μέθοδος καλύπτει την διαδικασία για τη μέτρηση των ιδιοτήτων της τριβής επιφανειών, χρησιμοποιώντας σαν όργανο δοκιμών αντίστασης σε ολίσθηση το Βρεττανικό εκκρεμές. Στο παράρτημα περιέχεται μία μέθοδος για τη βαθμολόγηση (καλωπράρισμα) του οργάνου.

1.2 Το Βρεττανικό εκκρεμές είναι ένα δυναμικό όργανο δοκιμών, τύπου-πρόσκρουσης, που μετρά τις απώλειες ενέργειας, όταν η ακμή ενός ολισθητήρα από καουτσούκ, κινείται πάνω στην επιφάνεια της δοκιμής. Το όργανο είναι κατάλληλο τόσο για εργαστηριακές όσο και για επί τόπου δοκιμές σε επίπεδες επιφάνειες και για μετρήσεις της τιμής της λειάνσεως σε καμπύλα εργαστηριακά δοκίμια που προέρχονται από δοκιμές επιταχυνόμενης λειάνσεως με τροχό.

1.3 Οι τιμές, που μετρούνται, BPN = BRITISH BENDULUM NUMBER (Αριθμός Βρεττανικού Εκκρεμούς) για επίπεδες επιφάνειες και οι τιμές της λειάνσεως για καμπύλα δοκίμια, αντιπροσωπεύουν της ιδιότητες της τριβής, που πρόκύπτουν με την συσκευή και την διαδικασία, που καθορίζεται εδώ, και δεν συμφωνούν ούτε σχετίζονται αναγκαστικά με μετρήσεις της ολισθηρότητας με άλλο εξοπλισμό.

2. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ

2.1. ΠΡΟΤΥΠΑ ASTM

E 501: Προδιαγραφή του πρότυπου ελαστικού επισώτρου για δοκιμές αντίστασης ολίσθησης οδοστρωμάτων.

(Ακολουθούν οι παράγραφοι 3 και 4 οι οποίες παρέχουν μία περίληψη (3) και την σημασία της μεθόδου (4)).

5. ΣΥΣΚΕΥΗ

5.1 ΒΡΕΤΤΑΝΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ (Εικ.1) - Το εκκρεμές, μαζί με τον ολισθητήρα και τη βάση του θα ζυγίζει 1500 ± 30 γρ. Η απόσταση μεταξύ του κέντρου βάρους του εκκρεμούς και του κέντρου της ταλάντωσης θα είναι $16,2 \pm 0,2$ ίντσες (411 ± 5 χιλιοστά). Το όργανο είναι ικανό ώστε με κατακόρυφη ρύθμιση να μπορεί να παρέχει ένα ίχνος επαφής του ολισθητήρα $4 \frac{15}{16} \pm \frac{1}{16}$ ίντσες ($125 \pm 1,6$ χιλιοστά) για δοκιμές σε επίπεδες επιφάνειες και $3 \pm \frac{1}{16}$ ίντσες (75 ως 78 χιλιοστά) για δοκιμές σε δοκίμια τροχού λειάνσεως. Η διάταξη ελατηρίου και μοχλού, που δείχνεται στην εικόνα 2, θα παρέχει ένα μέσο κανονικό φορτίο μεταξύ του ολισθητήρα, με πλάτος 3 ίντσες (76,2 χιλιοστά), και της επιφάνειας δοκιμής, 2500 ± 100 γραμμαρίων, όπως μετράται με την μέθοδο που ορίζεται στο παράρτημα.

5.2. ΟΛΙΣΘΗΤΗΡΑΣ - Το συγκρότημα του ολισθητήρα θα αποτελείται από μία πλάκα αλουμινίου πάνω στην οποία είναι τοποθετημένη μία λωρίδα από καουτσούκ με διαστάσεις $1/4 \times 1 \times 3$ ίντσες (6 X 25 X 75 χιλιοστά) για δοκιμές επιπέδων επιφανειών ή $1/4 \times 1 \times 1 \frac{1}{4}$ ίντσες (6,35 X 25,4 X 31,8 χιλιοστά) για δοκιμές σε καμπύλα δοκίμια τροχού λείανσης.

Η σύνθεση του καουτσούκ θα είναι: φυσικό καουτσούκ, που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Εργαστηρίου Οδικών Ερευνών ή συνθετικό καουτσούκ όπως προδιαγράφεται στην προδιαγραφή ASTM E501, για ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ.

5.2.1. Οι νέοι ολισθητήρες θα προετοιμάζονται πριν από τη χρήση, κάνοντας δέκα ταλαντώσεις πάνω σε ένα φύλλο πυριτιοκαρβιδίου Νο 60 βαθμών ή ισοδύναμο, κάτω από ξηρές συνθήκες. Οι ταλαντώσεις θα γίνουν με ένα όργανο, που θα έχει ρυθμιστεί όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.

5.2.2. Η φθορά της ακμής πρόσκρουσης του ολισθητήρα δεν θα είναι μεγαλύτερη από $1/8$ της ίντσας (3,2 χιλιοστά) στο επίπεδο του ολισθητήρα ή $1/16$ της ίντσας (1,6 χιλιοστά), κάθετα σε αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.

5.3. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

5.3.1. Ο οδηγός του ίχνους επαφής θα είναι ένας λεπτός χάρακας ο οποίος θα έχει κατάλληλα σημανθεί ώστε να μετρά μήκος ίχνους επαφής μεταξύ 4

7/8 και 5,0 ίντσες (124 και 127 χιλ.) ή μεταξύ 2 15/16 και 3 1/16 ίντσες (75 και 78 χιλ.) όπως απαιτείται από την συγκεκριμένη δοκιμή.

5.3.2. Διάφορα εργαλεία και όργανα, όπως δοχείο νερού, θερμόμετρο επιφανείας και βούρτσα, συνίστανται.

6. ΔΟΚΙΜΙΑ

6.1. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ -Οι επιφάνειες δοκιμής θα είναι ελεύθερες από χαλαρά αντικείμενα και θα καθαρίζονται με άφθονο καθαρό νερό. Οι επιφάνειες δοκιμής δεν είναι απαραίτητο να είναι οριζόντιες δεδομένου ότι το όργανο έχει την δυνατότητα να οριζοντιώνεται στη θέση εργασίας, με κοχλίες οριζοντίωσης, και η κεφαλή του εκκρεμούς θα καθαρίσει την επιφάνεια.

6.2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ -Τα εργαστηριακά δοκίμια θα είναι καθαρά και ελεύθερα από χαλαρά αντικείμενα και θα είναι στέρεα τοποθετημένα ώστε να μην μετακινούνται από την δύναμη του εκκρεμούς.

6.2.1. Τα επίπεδα εργαστηριακά δοκίμια θα έχουν μιά επιφάνεια δοκιμής τουλάχιστον 3 1/2 X 6 ίντσες (89 X 152 χιλιοστά).

6.2.2. Τα εργαστηριακά δοκίμια της επιτυαχυνόμενης δοκιμής τροχού-λειάνσεως θα έχουν μιά επιφάνεια δοκιμής τουλάχιστον 1 3/4 X 3 1/2 ίντσες (45 X 90 χιλιοστά) και θα είναι καμπυλωμένα σε τόξο κύκλου διαμέτρου 16 ιντσών (406 χιλιοστά).

7. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

7.1. ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΣΗ - Οριζοντιώστε το όργανο με ακρίβεια, περιστρέφοντας τους κοχλίες οριζοντίωσης έως ότου η φυσαλίδα βρεθεί στο κέντρο του αλφαδιού.

7.2. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΜΗΔΕΝ - Ανασηκώστε τον μηχανισμό του εκκρεμούς, χαλαρώνοντας την λαβή ασφαλείας (ακριβώς πίσω από τον άξονα περιστροφής του εκκρεμούς) και περιστρέψατε το ζεύγος των λαβών που ρυθμίζουν την κατακόρυφη κίνηση και βρίσκονται στο κέντρο του οργάνου, ώστε να επιτραπεί στον ολισθητήρα να ταλαντώνεται ελεύθερα χωρίς να αγγίζει την επιφάνεια δοκιμής. Ασφαλίστε απόλυτα την λαβή ασφαλείας. Τοποθετήστε το εκκρεμές στη θέση αποδέσμευσης και περιστρέψατε

αριστερόστροφα, τον δείκτη, μέχρις ότου συναντήσει τον κοχλία ρύθμισης, στον βραχιόνα του εκκρεμούς. Αποδεσμεύστε το εκκρεμές και σημειώστε την ένδειξη του δείκτη. Εάν η ένδειξη δεν είναι μηδέν, χαλαρώστε τον δακτύλιο ασφαλείας και περιστρέψατε λίγο τον δακτύλιο τριβών, που βρίσκεται στον άξονα του εδράνου και ασφαλίστε ξανά. Επαναλάβετε ξανά την δοκιμή και ρυθμίστε το δακτύλιο τριβών έως ότου η ταλάντωση εκκρεμούς μεταφέρει τον δείκτη στο μηδέν.

7.3. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΟΛΙΣΘΗΡΗΣ

7.3.1. Με το εκκρεμές να κρέμεται ελεύθερα, τοποθετήστε το SPACER κάτω από τον ρυθμιστικό κοχλία της χειρολαβής ανύψωσης. Χαμηλώστε το εκκρεμές έτσι ώστε η άκρη του ολισθητήρα μόλις να αγγίζει την επιφάνεια. Ασφαλίστε καλά την κεφαλή του εκκρεμούς, ανασηκώστε την χειρολαβή ανύψωσης και απομακρύνετε.

7.3.2. Ανασηκώστε τον ολισθητήρα, χρησιμοποιώντας την χειρολαβή ανύψωσης, μετακινήστε το εκκρεμές προς τα δεξιά, χαμηλώστε τον ολισθητήρα και μετά αργά προς τα αριστερά έως ότου η άκρη του ολισθητήρα αγγίξει την επιφάνεια. Τοποθετείστε τον οδηγό δίπλα από τον ολισθητήρα και παράλληλα στην διεύθυνση της ταλάντωσης για να επαληθεύσετε το μήκος του ίχνους επαφής. Ανασηκώστε τον ολισθητήρα, χρησιμοποιώντας την χειρολαβή ανύψωσης, και μετακινήστε το εκκρεμές προς τα αριστερά, έπειτα χαμηλώστε αργά έως ότου η άκρη του ολισθητήρα αγγίξει ξανά την επιφάνεια. Αν το μήκος του ίχνους επαφής δεν είναι $4 \frac{7}{8}$ έως $5,0$ ίντσες (124 έως 127 χιλ.) για επίπεδα δοκίμια, ή $2 \frac{15}{16}$ έως $3 \frac{1}{16}$ ίντσες (75 έως 78 χιλ.), για καμπυλωμένα δοκίμια τροχού λείανσης, μετρούμενο από συρόμενη άκρη σε συρόμενη άκρη του ελαστικού ολισθητήρα, τότε ρυθμίστε το ανυψώνοντας ή χαμηλώνοντας το όργανο με τους κοχλίες οριζοντίωσης. Επαναρρυθμίστε το επίπεδο του οργάνου εάν είναι αναγκαίο. Τοποθετείστε το εκκρεμές στη θέση αποδέσμευσης και περιστρέψατε τον δείκτη αριστερόστροφα έως ότου συναντήσει τον ρυθμιστικό κοχλία στον βραχιόνα του εκκρεμούς.

8. ΔΙΑΔΙΚΛΙΑ

8.1. Ρίξατε επαρκή ποσότητα νερού, ώστε να καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια της δοκιμής. Εκτελέσατε μία ταλάντωση αλλά μην καταγράψετε την ένδειξη.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2- Πάντα να πιάνετε το εκκρεμές κατά τη διάρκεια του πρώτου

τμήματος της ταλάντωσης επιστροφής. Καθώς επιστρέφεται το εκκρεμές στην αρχική του θέση, ανασηκώστε τον ολισθητήρα με την χειρολαβή ανύψωσης ώστε να εμποδίσετε την επαφή του με την επιφάνεια της δοκιμής. Πρίν από κάθε ταλάντωση ο δείκτης πρέπει να επιστρέφεται έως ότου συναντήσει τον ρυθμιστικό κοχλία.

8.2. Χωρίς καθυστέρηση, εκτελέστε τέσσερις ταλαντώσεις επαναδιαβρέχοντας την περιοχή της δοκιμής κάθε φορά και καταγράψτε τα αποτελέσματα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 3- Πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε ο ολισθητήρας να παραμένει παράλληλος στην επιφάνεια δοκιμής κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων και δεν περιστρέφεται έτσι ώστε ένα άκρο της ακμής και όχι ολόκληρη η ακμή πρόσκρουσης, να κάνει την αρχική επαφή. Διαθέσιμα στοιχεία καταδειχνουν ότι η κλίση του ολισθητήρα είναι δυνατόν να προκαλέσει εσφαλμένες ενδείξεις BPN.

Η τοποθέτηση ενός μικρού επίπεδου ελάσματος θα λύσει το πρόβλημα. Το έλασμα μπορεί να τοποθετηθεί σε μιά οπή στο άγγιστρο του ελατηρίου και να ασφαλιστεί όλο το συγκρότημα με μία περόνη, όπως φαίνεται στην εικόνα 4. Τα ελεύθερα άκρα του ελάσματος, μπορούν να ακουμπάνε στην πλάκα αλουμινίου του ολισθητήρα, ώστε να εμποδίζουν την κλίση του.

8.3. Ελέγξατε πάλι το μήκος του ίχνους επαφής σύμφωνα με την παράγραφο 4.3.

9. ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

9.1. Το δελτίο αναφοράς θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

9.1.1. Μεμονωμένες τιμές του BPN ή τιμές λειάνσεως

9.1.2. Θερμοκρασία της επιφάνειας δοκιμής

9.1.3. Τύπος, ηλικία, κατάσταση, υφή και τοποθεσία της επιφάνειας δοκιμής.

9.1.4. Για τις δοκιμές λειάνσεως θα αναφέρεται ο τύπος και η προέλευση των αδρανών

9.1.5. Τύπος και ηλικία του ελαστικού ολισθητήρα.

10. ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΟΡΘΟΤΗΤΑ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 4 - Τα ακόλουθα αναφέρονται μόνο για τον αριθμό βρετανικού εκκρεμούς (BPN).

10.1. Επανειλημμένες δοκιμές έδειξαν τυπικές αποκλίσεις.

Βρετανικοί ελαστικοί ολισθητήρες	1,0 BPN
Ελαστικοί ολισθητήρες (συμφ. ASTM προδιαγραφή E501)	1,2 BPN.

Καθώς δεν έχει σημειωθεί κανείς συσχετισμός ανάμεσα στην τυπική απόκλιση και του αριθμητικού μέσου ομάδων τιμών της δοκιμής φαίνεται ότι η τυπική απόκλιση ισχύει, για αυτή την δοκιμή ανεξάρτητα από τη μέση αντίσταση σε ολίσθηση, που εξετάζεται.

10.2. Η σχέση, εάν υπάρχει κάποια, των μονάδων BPN που μετρήθηκαν, με κάποια "πραγματική" τιμή της αντίστασης σε ολίσθηση, δεν έχει και πιθανόν δεν είναι δυνατόν να μελετηθεί. Σαν αποτέλεσμα η ακρίβεια και η ορθότητα αυτής της δοκιμής σε σχέση με τη μέτρηση της "πραγματικής" αντίστασης σε ολίσθηση δεν μπορεί να εκτιμηθεί και μόνο η επαναληπτικότητα "μετράει" για τη μέθοδο.

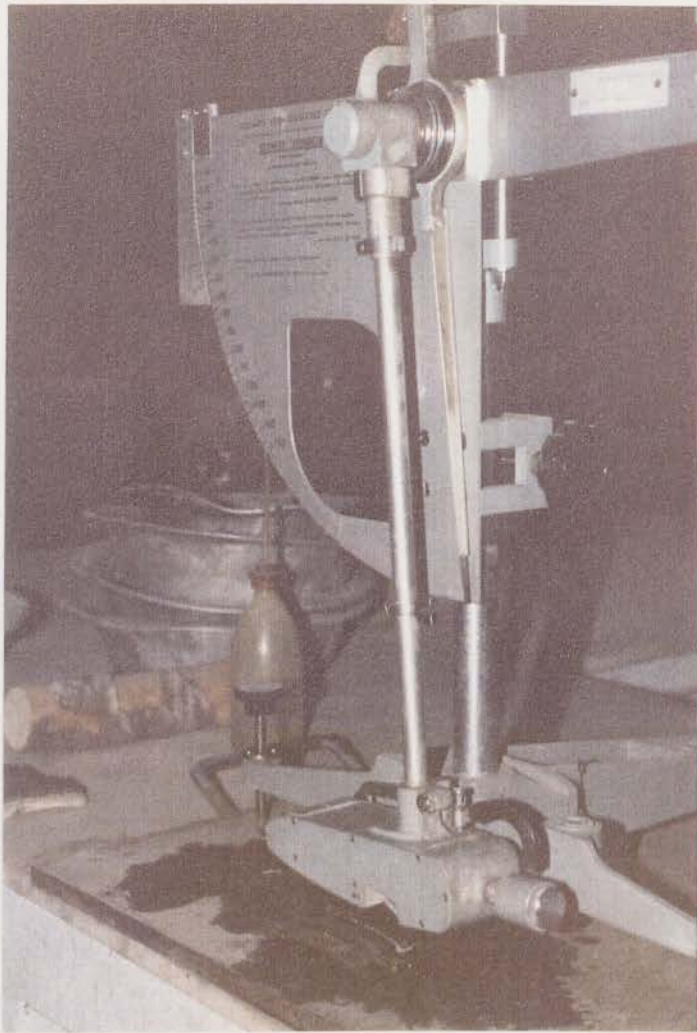
(Ακολουθούν οι παράγραφοι 10.3 και 10.4 οι οποίες περιέχουν εκτιμήσεις του σφάλματος των δοκιμών).



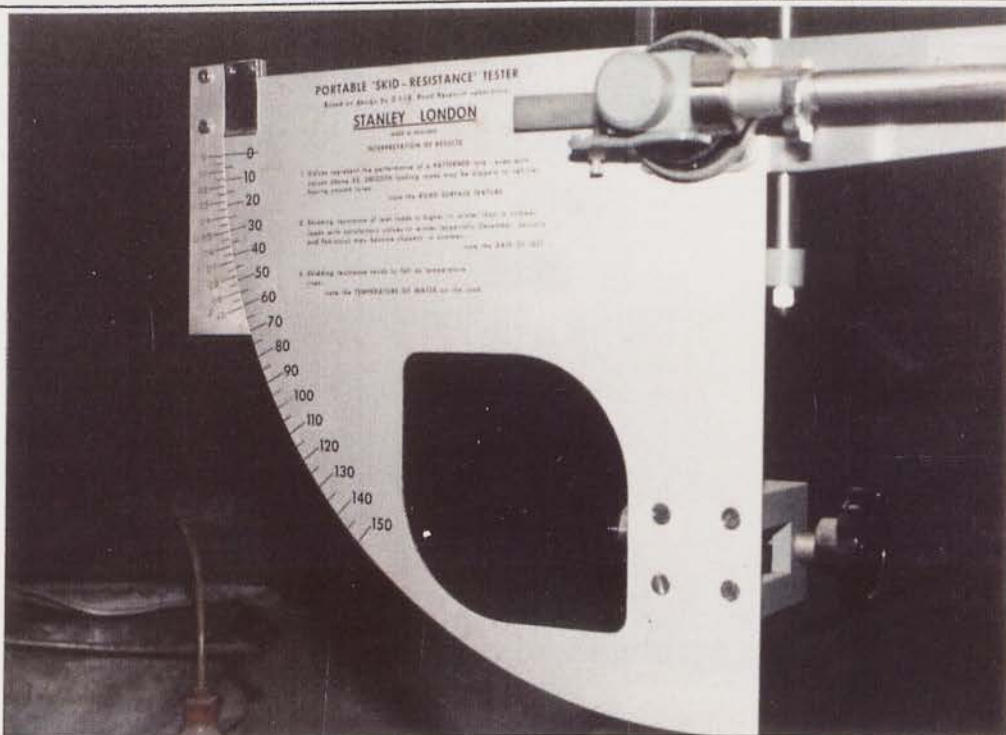
Φώτο 1: Εργαστηριακά δοκίμια.



Φώτο 2: διαβροχή εργαστηριακού δοκιμίου.



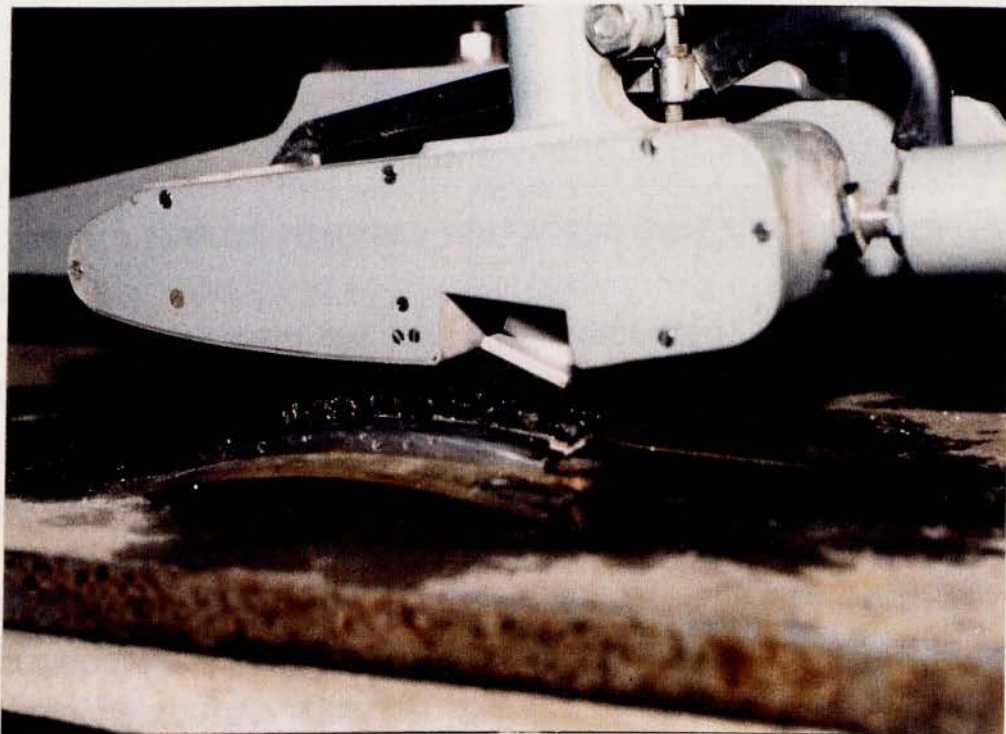
Φώτο 3 : Βρετανικό εκκρεμές.



Φώτο 4 : Μετρική κλίμακα Βρετανικού εκκρεμούς.



Φώτο 5 : Συνεχής διαβροχή κατά την διάρκεια της δοκιμής.



Φώτο 6 : Επαφή ολισθητήρα - δοκιμή.

2. 1. 3. Αυτοκινούμενα οχήματα

Οι μέθοδοι, που χρησιμοποιούν αυτοκινούμενα οχήματα διαφέρουν στο σημείο, στο οποίο είναι προσαρμοσμένος ο τροχός της δοκιμής, στη γωνία του κατακόρυφου επιπέδου του τροχού και της διεύθυνσης της κίνησης του οχήματος τη στιγμή της μέτρησης και τέλος στο ποσοστό ολίσθησης, που επιβάλλουν στον τροχό. Δευτερεύουσες, αλλά σημαντικές, διαφορές παρουσιάζονται στο χρησιμοποιούμενο σύστημα διαβροχής και το προκύπτον στρώμα νερού στο οδόστρωμα, στον τύπο του ελαστικού κλπ.

Ο τροχός της δοκιμής μπορεί να είναι ο ένας από τους τέσσερις τροχούς του οχήματος, να ανήκει σε ένα τρίτο άξονα του οχήματος ή να βρίσκεται τοποθετημένος σε ελκόμενο φορείο (trailer).

2. 1. 3. 1. Θεμελιώδης αρχές των μετρήσεων με αυτοκινούμενα οχήματα

-- Η μέθοδος του ποσοστού ολίσθησης
($S < 100\%$)

Το ποσοστό ολίσθησης ορίζεται, όπως αναφέρεται στους ορισμούς, από τη σχέση

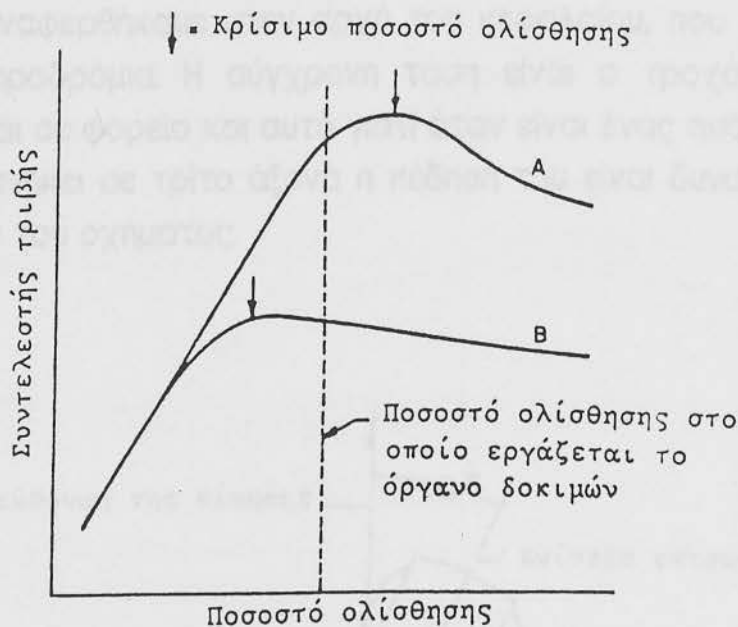
$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \times 100$$

όπου :

ω_0 : αρχική γωνιακή ταχύτητα του τροχού (πριν την εφαρμογή πέδησης).

ω : γωνιακή ταχύτητα την στιγμή της μέτρησης.

Όπως έχει αναφερθεί, ο συντελεστής τριβής λαμβάνει μια μέγιστη τιμή, που αντιστοιχεί σε ένα κρίσιμο ποσοστό. Λογικό είναι λοιπόν οι μετρήσεις να πρέπει να διεξάγονται στην περιοχή του κρίσιμου ποσοστού ολίσθησης, που όμως διαφέρει ανάλογα με τον τύπο και την γενική εικόνα της επιφάνειας του οδοστρώματος. Στο Σχήμα "2-2" φαίνεται η μεταβολή του συντελεστή τριβής για δύο διαφορετικούς τύπους επιφανειών. Για να ελαχιστοποιηθεί το πιθανό λάθος της μέτρησης του συντελεστού τριβής, που αντιστοιχεί στο κρίσιμο ποσοστό, επιλέγεται για την διεξαγωγή μια αρκετά μεγάλη τιμή του S . Συνήθως αυτή η τιμή είναι 15%. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αναφέρονται σε μονάδες BSN (Brake Slip Number).



Σχήμα "2-2": Διάγραμμα συντελεστού τριβής και σταθερού ποσοστού ολίσθησης.

-- Η μέθοδος της γωνίας ολίσθησης

Στο Σχήμα "2-3" φαίνονται τα χαρακτηριστικά της μεθόδου, κατά την οποία ο τροχός σχηματίζει γωνία με την κατεύθυνση της κίνησης του οχήματος. Η μέθοδος προσομοιάζει τον ελιγμό αλλαγής πορείας του οχήματος. Με το ίδιο σκεπτικό επιλογής του ποσοστού ολίσθησης της μέτρησης, της μεθόδου της προηγούμενης παραγράφου, η γωνία ολίσθησης του τροχού (yaw angle) επιλέγεται σε 15° ή 20° . Στο Σχήμα "2-4" φαίνεται η μεταβολή του συντελεστή τριβής με την γωνία ολίσθησης του τροχού.

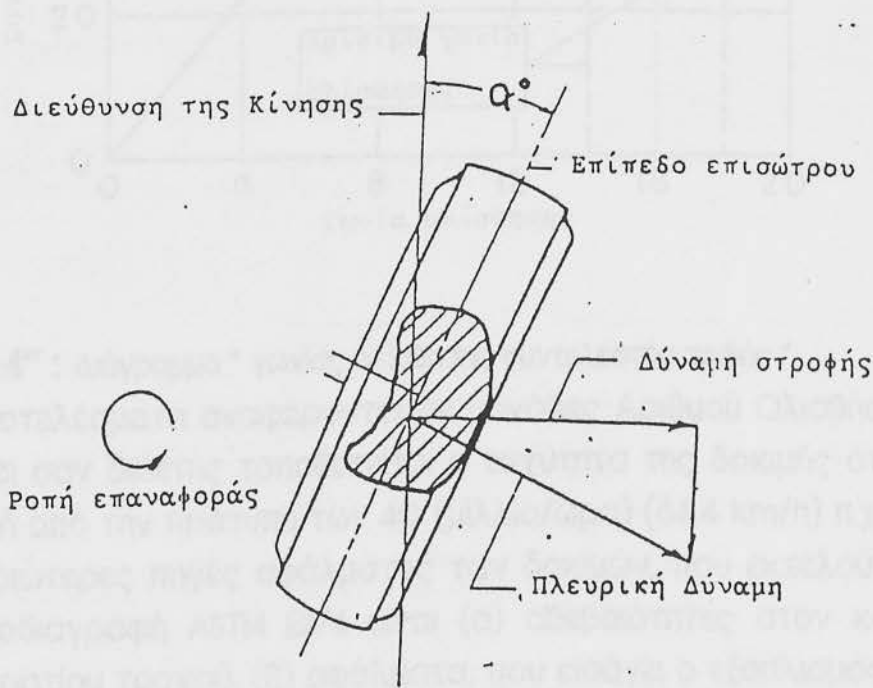
Η μέθοδος μετράει τους εγκάρσιους συντελεστές τριβής (**συντελεστές πλευρικής τριβής**) και τα αποτελέσματά της αναφέρονται σε μονάδες CSN (Cornering Slip Number).

-- Η μέθοδος της αντίστασης σε ολίσθηση

Κατά την εκτέλεση δοκιμών με την μέθοδο της αντίστασης ολίσθησης ο τροχός " σύρεται " μπλοκαρισμένος στην διεύθυνση της κίνησης του οχήματος και καταγράφεται με κατάλληλο εξοπλισμό η δύναμη αντίστασης του οδοστρώματος στην ολίσθηση του επισώτρου. Ο τροχός της δοκιμής είναι

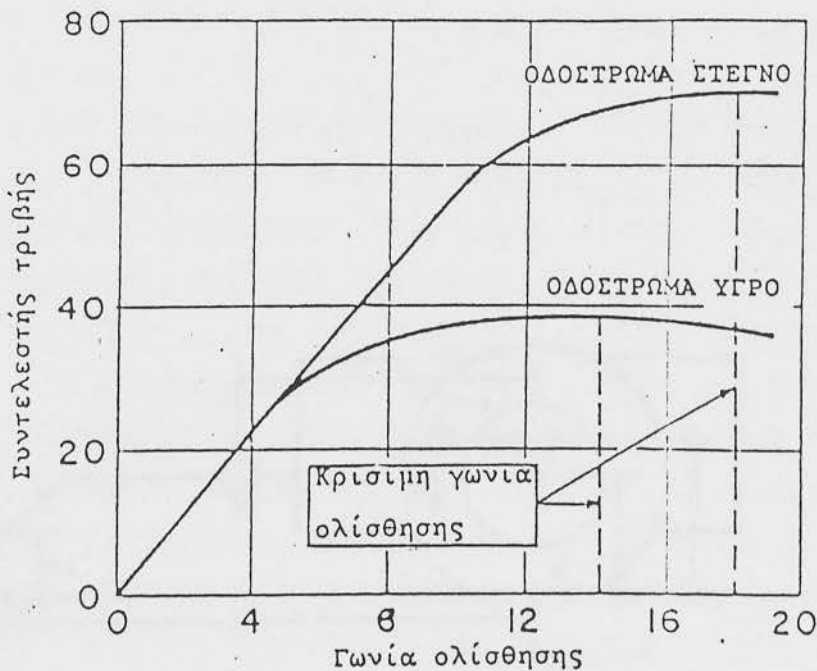
δυνατόν να είναι ένας από τους τέσσερις τροχούς του οχήματος, να ανήκει σε ένα τρίτο άξονα ή να είναι προσαρμοσμένος σε ελκόμενο φορείο (trailer).

Μια παραλλαγή της μεθόδου είναι αυτή της αποστάσεως τροχοπέδισεως, στην οποία αναφερθήκαμε στην αρχή του κεφαλαίου, που πλέον εφαρμόζεται μόνο στα αεροδρόμια. Η σύγχρονη τάση είναι ο τροχός της δοκιμής να προσαρμόζεται σε φορείο και αυτό γιατί όταν είναι ένας από τους τροχούς του οχήματος ή ανήκει σε τρίτο άξονα η πέδησή του είναι δυνατόν να επηρεάσει την ευστάθεια του οχήματος.



Σχήμα "2-3" : Χαρακτηριστικά της μεθόδου της γωνίας ολίσθησης.

Η προδιαγραφή ASTM E274 προδιαγράφει τα χαρακτηριστικά του οχήματος και την διαδικασία της δοκιμής. Στο Σχήμα "2-5" φαίνονται οι βασικοί τύποι ελκομένων φορείων. Πιο εξελιγμένος είναι ο τύπος των παραλληλόγραμμων φορείων, τα οποία παρέχουν αναλογική σχέση μεταξύ του συντελεστού τριβής και του μετρούμενου μεγέθους. Ο τύπος (α) έχει εγκαταληφθεί ενώ ο τύπος (β) δεν παρέχει γραμμική σχέση μεταξύ του συντελεστού τριβής και της μετρούμενης δύναμης τριβής εξαιτίας αδρανειακών επιρροών, που εξαρτώνται από τον λόγο H/L . Η σχέση θα ήταν γραμμική αν $H/L = 0$. Γι' αυτό το λόγο οι κατασκευαστές προσπαθούν να μειώσουν το ύψος σύνδεσης φορείου - οχήματος και να αυξήσουν την απόσταση σημείου σύνδεσης - άξονα φορείου.



Σχήμα "2-4" : Διάγραμμα " γωνίας ολίσθησης συντελεστής τριβής ".

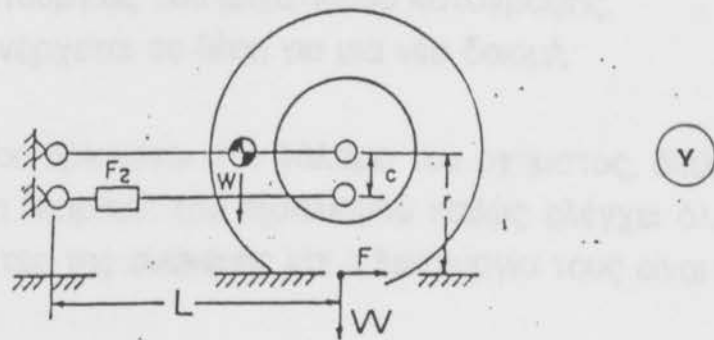
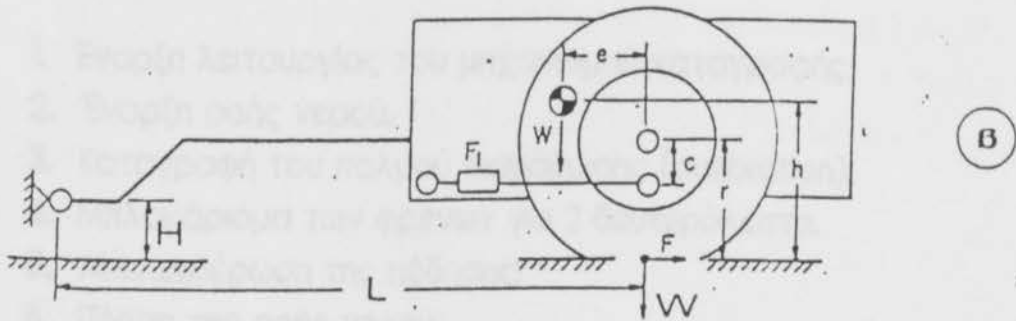
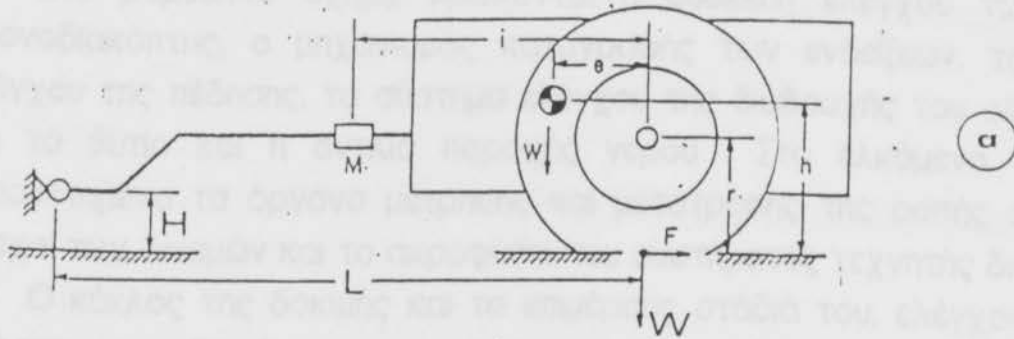
Τα αποτελέσματα αναφέρονται σε μονάδες Αριθμού Ολίσθησεως, SN (Skid Number) και σαν δείκτης τοποθετείται η ταχύτητα της δοκιμής όταν αυτή είναι διαφορετική από την πρότυπη των 40 (μίλλια/ώρα) (64,4 km/h) π.χ SN50 .

Οι κυριώτερες πηγές σφάλματος των δοκιμών, που εκτελούνται σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM E274 είναι (α) αβεβαιότητες στον καθορισμό του στατικού φορτίου τροχού, (β) σφάλματα, που εισάγει ο εξοπλισμός καταγραφής των ενδείξεων και έχουν σχέση με την αντιστοιχία μεταξύ της πραγματικής μετρούμενης δύναμης τριβής και της ένδειξης, που παρέχει το όργανο (γ) υπερβάσεις των προδιαγεγραμμένων ορίων διακύμανσης της ταχύτητας της δοκιμής (± 1 mph) και (δ) σφάλματα που εισάγει ο τρόπος υπολογισμού της δύναμης τριβής από την αντίστοιχη ένδειξη.

Παράδειγμα

Παράδειγμα την παραγωγή ενός κύματος με ελαστικό φέρμα του Sillitell M-100. Θα γίνει με τον άξονα του Κεντρικού Ελαστικού Δυναμικού Έργου.

Η σκελετική μετρήσιμη στροφή που εφαρμόζεται στον άξονα του φορέα όταν ο τροχός είναι μηλοκυκλωμένος. Η διαμόρφωση της ροής μετατρέπεται σε διαμόρφωση ηλεκτρικής τάσης και καταγράφεται με πολλαπλή κλίμακα ως δύναμη αντίστασης σε άλλους.



Σχήμα "2-5": Βασικοί τύποι φορέων

περιγραφή

Παραθέτουμε την περιγραφή ενός οχήματος με ελκόμενο φορείο του Soiltest ML-350 Skid Tester που είναι ιδιοκτησία του Κεντρικού Εργαστηρίου Δημοσίων Έργων.

Η συσκευή μετράει την ροπή στρέψης, που εξασκείται στον άξονα του φορείου όταν ο τροχός είναι μπλοκαρισμένος. Η διακύμανση της ροπής μετατρέπεται σε διακύμανση ηλεκτρικής τάσης και καταγράφεται, με κατάλληλη κλίμακα, ως δύναμη αντίστασης σε ολίσθηση.

Στο ρυμουλκό όχημα βρίσκονται η συσκευή ελέγχου των δοκιμών, ο χρονοδιακόπτης, ο μηχανισμός καταγραφής των ενδείξεων, τα συστήματα ελέγχου της πέδησης, το σύστημα ελέγχου της διαβροχής του οδοστρώματος και το βυτίο και η αντλία παροχής νερού. Στο ελκόμενο φορείο είναι τοποθετημένα τα όργανα μέτρησης και μετατροπής της ροπής στρέψεως, οι τροχοί των δοκιμών και το ακροφύσιο του συστήματος τεχνητής διαβροχής.

Ο κύκλος της δοκιμής και τα επιμέρους στάδιά του, ελέγχονται χρονικά από τον χρονοδιακόπτη και είναι με χρονική σειρά :

1. Έναρξη λειτουργίας του μηχανισμού καταγραφής.
2. Έναρξη ροής νερού.
3. Καταγραφή του παλμού διαβάθμισης (calibration).
4. Μπλοκάρισμα των φρένων για 2 δευτερόλεπτα.
5. Απελευθέρωση της πέδησης.
6. Πέρασ της ροής νερού.
7. Πέρασ της λειτουργίας του μηχανισμού καταγραφής.
8. Η μονάδα επανέρχεται σε θέση για μια νέα δοκιμή.

Η συσκευή ελέγχου βρίσκεται στο θάλαμο του οχήματος, δίπλα στην θέση του οδηγού και είναι η "καρδιά" του εξοπλισμού καθώς ελέγχει όλα τα στάδια της δοκιμής. Οι διακόπτες της συσκευής και η λειτουργία τους είναι :

START: Έναρξη ενός κύκλου μιας δοκιμής. Κάθε στάδιο αυτού του κύκλου ελέγχεται αυτόματα.

DEFEAT : Διακόπτει τον κύκλο της δοκιμής σε οποιοδήποτε στάδιο.

WHEEL

SELECT: Καθορίζει τον τροχό της δοκιμής και εξασφαλίζει την διαβροχή του οδοστρώματος εμπρός από τον αντίστοιχο τροχό.

ADVANCE

CHART : Επιτρέπει στον χειριστή να "προχωρήσει" την ταινία καταγραφής χωρίς να προκαλέσει την έναρξη ενός κύκλου δοκιμής.

CHECK

CALIBRATE : Παρέχει ένα παλμό αναφοράς της διαβάθμισης.

ZERO

RECORDER : Διακόπτει την μετάδοση κάθε σήματος στον μηχανισμό καταγραφής και παρέχει έτσι την καταγραφής και παρέχει έτσι την δυνατότητα να ρυθμιστεί, ο καταγραφέας, στο μηδέν.

LEFT AND

RIGHT

BALANCE : Αυτοί οι διακόπτες επιτρέπουν τον μηδενισμό των αντίστοιχων βολτομέτρων.

LEFT AND

RIGHT F.S.

(FULL SCALE) : Ρυθμίζει το ύψος του παλμού διαβάθμισης και χρησιμοποιείται για να επιβεβαιωθεί η σωστή διαβάθμιση(καλιμπράρισμα).

Στο κέντρο της συσκευής ελέγχου βρίσκεται η ταινία καταγραφής των ενδείξεων. Κατά την διάρκεια των δοκιμών η ταχύτητα της ταινίας είναι 25 mm/sec και οι διακόπτες ευαισθησίας ρυθμίζονται στο 1 mv.

Οι βασικές ενέργειες και τα στάδια της δοκιμής είναι :

- Το όχημα φέρεται στην επιθυμητή ταχύτητα.
- Η αντλία παροχής νερού αρχίζει να λειτουργεί.
- Οι βαλβίδες νερού ανοίγουν παρέχοντας ένα στρώμα

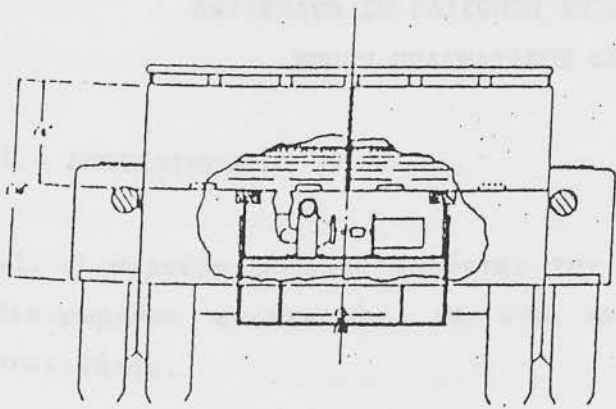
νερού στο οδόστρωμα, μπροστά από τον τροχό της δοκιμής.

- Ενεργοποιείται ο μηχανισμός καταγραφής της δύναμης τριβής.
- Σε ένα προκαθορισμένο χρόνο το σύστημα πέδησης ενεργοποιείται και ο τροχός "μπλοκάρει" και ολισθαίνει για δύο δευτερόλεπτα.
- Καταγράφεται η δύναμη τριβής και ο παλμός διαβάθμισης.

Από τον κατασκευαστή ο μηχανισμός έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε κάθε οριζόντια υποδιαίρεση του διαγράμματος της ένδειξης να αντιστοιχεί σε 20 lb και ο παλμός διαβάθμισης να αντιστοιχεί σε δύναμη 600 lb .

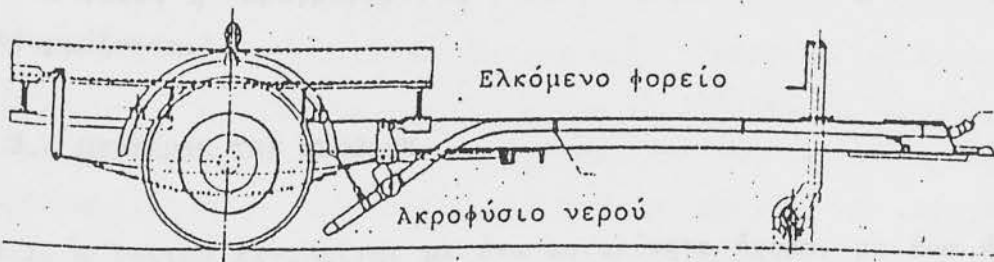
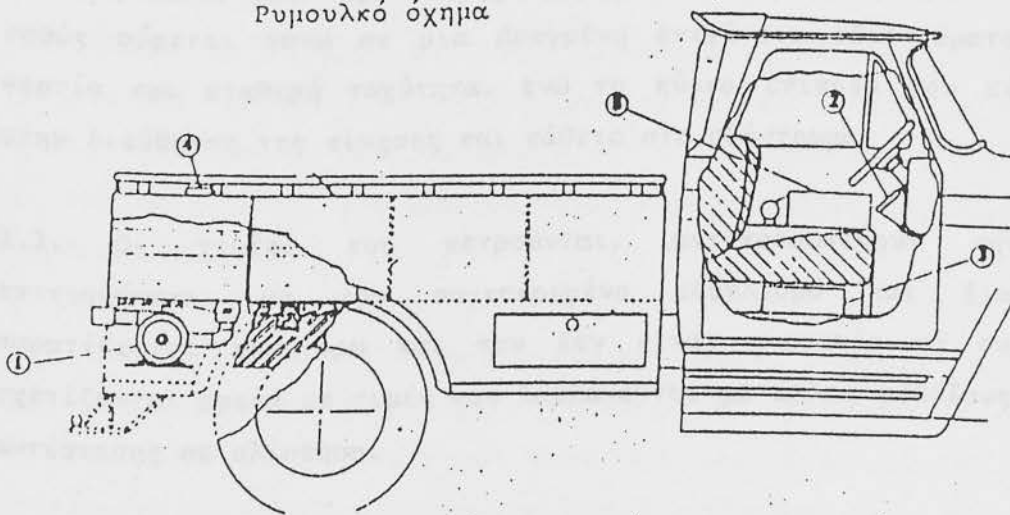


ΦΩΤΟ 7 : Ένα από τα τελευταία μοντέλα αυτοκινούμενων οχημάτων (trailer :
COMPUTER CONTROLLED PAVEMENT FRICTION TESTER - MODEL 1290)



1. Αντλία νερού
2. Ευσκευή (κονσόλα) ελέγχου
3. Μονάδα ελέγχου
4. Τροφοδοσία νερού
5. Σύστημα καταγραφής

Ρυμουλκικό όχημα



Σχήμα 2-6: Soiltest ML-350 Skid Tester, σχηματική παρουσίαση.

ASTM E274-85

Πρότυπη Μέθοδος Δοκιμών:

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΕΠΙΣΤΡΩΜΕΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ
ΧΡΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΤΟΥ

1.- ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

1.1. Η παρούσα μέθοδος καλύπτει την μέτρηση της αντίστασης σε ολίσθηση επιστρωμένων επιφανειών, με ένα προδιαγεγραμμένο πραγματικό ελαστικό αυτοκινήτου.

1.2. Η παρούσα μέθοδος χρησιμοποιεί μια μέτρηση που αντιπροσωπεύει την σταθερή κατάσταση της δύναμης τριβής σε ένα μπλοκαρισμένο τροχό-δοκιμής, καθώς σύρεται πάνω σε μια βρεγμένη επιφάνεια οδοστρώματος, με σταθερό φορτίο και σταθερή ταχύτητα, ενώ το κύριο επίπεδό του είναι παράλληλο στην διεύθυνση της κίνησης και κάθετο στο οδόστρωμα.

1.3. Οι τιμές, που μετρούνται, αντιπροσωπεύουν την τριβή που επιτυγχάνεται με τον συγκεκριμένο εξοπλισμό και διαδικασία, που παρατίθενται κατωτέρω και που δεν είναι αναγκαίο να συμφωνούν ή να σχετίζονται άμεσα με τιμές που λαμβάνονται με άλλες μεθόδους μέτρησης της αντίστασης σε ολίσθηση.

(Ακολουθεί η παράγραφος 2 η οποία αναφέρεται στα σχετικά πρότυπα ASTM που εφαρμόζονται)

3.- ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

3.1. Η δοκιμή εκτελείται με ένα αυτοκίνητο όχημα, με ένα ή περισσότερους τροχούς δοκιμής, που είναι ενσωματωμένοι σε αυτό ή σχηματίζουν ένα τμήμα ενός κατάλληλου φορείου, που ρυμουλκείται από το όχημα. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει ακόμα ένα μεταφορέα, όργανα, σύστημα παροχής ύδατος και ένα κατάλληλο σύστημα διανομής του ύδατος και συστήματα ελέγχου για την πέδηση του τροχού της δοκιμής. Ο τροχός δοκιμής είναι εξοπλισμένος με ένα πρότυπο ελαστικό για δοκιμές οδοστρώματος (βλέπε παραγρ.4.4. που αναφέρεται στο ελαστικό).

3.2. Το όχημα της δοκιμής οδηγείται στην επιθυμητή ταχύτητα δοκιμής. Νερό χύνεται εμπρός, από το ελαστικό δοκιμής και το σύστημα πέδησης ενεργοποιείται ώστε να μπλοκάρει το ελαστικό δοκιμής. Η προκύπτουσα δύναμη τριβής μεταξύ του ελαστικού δοκιμής και της επιφάνειας του οδοστρώματος (ή κάποια άλλη ποσότητα, που συνδέεται άμεσα με τη δύναμη τριβής) και η ταχύτητα του οχήματος της δοκιμής καταγράφονται με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων.

3.3. Η αντίσταση ολίσθησης του οδοστρώματος, προσδιορίζεται από την προκύπτουσα ένδειξη δύναμης ή ροπής στρέψης και αναφέρεται σαν αριθμός ολίσθησης (SN) ο οποίος προσδιορίζεται από την δύναμη, που απαιτείται για να ολισθήσει το μπλοκαρισμένο ελαστικό δοκιμής στην καθωρισμένη ταχύτητα, διαιρούμενη με το ενεργό φορτίο τροχού και πολλαπλασιαζόμενη επί το 100.

4.- ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

4.1. ΟΧΗΜΑ - Το όχημα έχει την ικανότητα να διατηρεί, με το ελαστικό δοκιμής μπλοκαρισμένο, ταχύτητες από 40 έως 60 μίλλια ανά ώρα (δηλαδή από 65 έως 100 χλμ/ώρα) μέσα σε όρια ± 1.0 μίλλι/ώρα (δηλαδή 1.6 χλμ/ώρα) κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής σε ένα επίπεδο οδόστρωμα που έχει αριθμό ολίσθησης SN=50.

4.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ - Ο τροχός δοκιμής είναι εξοπλισμένος με κατάλληλα φρένα. Το σύστημα πέδησης έχει την ικανότητα να μπλοκάρει τον τροχό στις συνθήκες που περιγράφονται στην παραγ.4.1. και διατηρεί την κατάσταση του μπλοκαρισμένου τροχού καθ'όλη την διάρκεια της δοκιμής.

4.3. ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ - Ο εξοπλισμός έχει σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε παρέχει ένα ισοστατικό φορτίο 1085 ± 15 LBF (4800 ± 65 N) σε κάθε τροχό δοκιμής και για την περίπτωση φορείου που έχει την δυνατότητα να αποσπάται, ένα στατικό κατακόρυφο φορτίο 100 έως 200 LBF (450 έως 900 N) στο σημείο σύνδεσης με το όχημα, που το ρυμουλκεί.

4.4. ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΕΦΑΝΗ - Το ελαστικό της δοκιμής είναι το πρότυπο ελαστικό όπως προδιαγράφεται στην προδιαγραφή E501, προσαρμοσμένο σε μια κατάλληλη στεφάνη 15X6 (IN).

4.5. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΑ

4.5.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ - Το σύστημα οργάνων

ικανοποιεί τις ακόλουθες γενικές απαιτήσεις σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 40° και 100°F (4° και 40°C):

Τα εκτεθειμένα μέρη του συστήματος ανέχονται 100% σχετική υγρασία (βροχή ή ψεκασμός) και όλες τις άλλες δυσμενείς συνθήκες, όπως σκόνη, δονήσεις και κραδασμούς, που είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν σε εργασίες αυτοκινητόδρομου.

4.5.2. ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ - Το όργανο μέτρησης δύναμης του ελαστικού έχει σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μετρά τη δύναμη στη διαχωριστική επιφάνεια δρόμου - ελαστικού, με τις ελάχιστες αδρανειακές επιδράσεις. Τα όργανα παρέχουν μια έξοδο ευθέως αναλογική της δύναμης με υστέρηση μικρότερη από το 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου, μη γραμμικότητα μικρότερη από το 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου έως τη μέγιστη αναμενόμενη φόρτιση και ευαισθησία για κάθε αναμενόμενο εγκάρσιο φορτίο ή ροπή στρέψης μικρότερη από 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου. Το όργανο μέτρησης δύναμης τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε να δέχεται γωνιακές περιστροφές μικρότερες από 1° σε σχέση με το επίπεδο μέτρησης στο μέγιστο αναμενόμενο φορτίο.

4.5.3. ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΟΠΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ - Τα όργανα ροπής στρέψης παρέχουν μια έξοδο ευθέως αναλογική της ροπής στρέψης με υστέρηση μικρότερη του 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου και μη γραμμικότητα, έως τη μέγιστη αναμενόμενη φόρτιση, μικρότερη του 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου. Έχει ευαισθησία σε κάθε φόρτιση σε εγκάρσιο άξονα μικρότερη του 1% του εφαρμοζόμενου φορτίου.

4.5.4. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ - Δυναμικά όργανα μέτρησης, για τη μέτρηση ποσοτήτων, όπως το κατακόρυφο φορτίο κλπ, συμφωνούν με τις συστάσεις, που εξετάθησαν στην παράγραφο 4.5.2.

4.5.5. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ - Όργανα όπως τα συζευγμένα ταχύμετρα, του "πέμπτου τροχού", ή ελεύθερα κυλιόμενου τροχού, παρέχουν διαχωρισμό της ταχύτητας και ακρίβεια $\pm 1,5\%$ της ένδειξης της ταχύτητας ή $\pm 0,5$ MPH (± 8 KM/H), όποιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο. Η έξοδος είναι άμεσα ορατή από τον οδηγό και καταγράφεται ταυτόχρονα. Συστήματα πέμπτου τροχού συμμορφώνονται με την Μέθοδο F457.

4.6. ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

4.6.1. Τα όργανα που μετρούν παραμέτρους, ευαίσθητες σε αδρανειακές

φορτίσεις έχουν σχεδιασθεί ή τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούν αυτή την επιρροή. Εάν τα προηγούμενα δεν είναι πρακτικά, πρέπει να γίνει διόρθωση των στοιχείων, εξαιτίας αυτών των επιρροών εάν αυτές υπερβαίνουν το 2% των πραγματικών στοιχείων κατά την διάρκεια αναμενόμενων εργασιών. Ολος ο εξοπλισμός ρύθμισης των σημάτων και καταγραφής παρέχει γραμμική έξοδο και επιτρέπει αναγνώσεις με διαχωριστική ικανότητα, που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγρ.4.5.1. Όλα τα συστήματα έχουν ένα εύρος συχνοτήτων τουλάχιστον 0 έως 20HZ(με ανοχή $\pm 1\%$).

4.6.3. Όλα τα όργανα εντάσεως είναι εξοπλισμένα με αντίσταση διαβάθμισης, της αντίστασης ή κάτι ισοδύναμο, το οποίο μπορεί να συνδεθεί πριν ή μετά από τους κύκλους των δοκιμών. Το σήμα διαβάθμισης είναι τουλάχιστον 50% του κανονικού κατακόρυφου φορτίου και καταγράφεται.

4.6.4. Η δύναμη τριβής ή η ροπή στρέψης και κάθε πρόσθετο επιθυμητό στοιχείο εισόδου όπως κατακόρυφο φορτίο, ταχύτητα τροχού κ.λ.π. καταγράφονται κατά την εισαγωγή ($\pm 5^\circ$ σε ένα εύρος 0-20 HZ). Η ταχύτητα του οχήματος επίσης καταγράφεται. Όλα τα σήματα αναφέρονται σε κοινή χρονική βάση.

4.7. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

4.7.1. Το νερό, που διοχετεύεται στο οδόστρωμα, εμπρός από το ελαστικό της δοκιμής παρέχεται από ένα ακροφύσιο, που έχει τις διαστάσεις, που φαίνονται στην εικόνα 1. Η ποσότητα του νερού, που διοχετεύεται στα 40 μίλλια/ώρα(65 χλμ/ώρα) είναι 4.0 GAL $\pm 10\%$ /MIN.IN(0,60 λίτρα $\pm 10\%$ /MIN.MM) του υγρού πλάτους. Το στρώμα νερού είναι τουλάχιστον 1 IN(25MM) πλατύτερο από το πέλμα του ελαστικού της δοκιμής και διοχετεύεται έτσι ώστε το ελαστικό να είναι τοποθετημένο στο κέντρο των ορίων του. Ο όγκος του νερού ανά ίντσα(ή χιλιοστό) υγρού πλάτους είναι ευθέως ανάλογος της ταχύτητας της δοκιμής.

4.7.2. Η διαμόρφωση και η θέση του ακροφυσίου διασφαλίζουν ότι οι πίδακες του νερού διευθύνονται προς το ελαστικό της δοκιμής και κτυπούν στο οδόστρωμα με μια γωνία 20 έως 30 μοιρών. Το νερό κτυπά το οδόστρωμα 10 έως 18 IN (250 έως 450 MM) εμπρός από τον κατακόρυφο άξονα που διέρχεται από το κέντρο του τροχού της δοκιμής. Το ακροφύσιο είναι 1 IN (25 MM) πάνω από το οδόστρωμα ή στο ελάχιστο ύψος, που απαιτείται ώστε να

καθαρίζει τα εμπόδια που αναμένεται να συναντήσει ο τροχός της δοκιμής, αλλά σε καμιά περίπτωση δεν είναι περισσότερο από 4 IN (100 MM) πάνω από το οδόστρωμα.

4.7.3. Το νερό, που χρησιμοποιείται για την δοκιμή είναι εύλογα καθαρό και δεν έχει χημικά πρόσθετα όπως αντιψυκτικά ή απορρυπαντικά.

5.- ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ ΛΕΪΛΛΕΙΑΣ

5.1. Το όχημα της δοκιμής, καθώς και όλα όσα συνδέονται με αυτό, συμμορφώνονται με όλους τους εφαρμόσιμους πολιτειακούς και ομοσπονδιακούς νόμους. Λαμβάνονται όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις, πέρα από αυτές, που επιβάλλονται από τους νόμους και τους κανονισμούς ώστε να διασφαλισθεί η μέγιστη ασφάλεια για το προσωπικό, που διεξάγει την δοκιμή καθώς και για την υπόλοιπη κυκλοφορία. Δεν γίνονται δοκιμές όταν υπάρχει κίνδυνος το διασκορπιζόμενο νερό να παγώσει στο οδόστρωμα.

(Ακολουθεί η παράγραφος 6, που αναφέρεται στην διαβάθμιση(καλιμπράρισμα) των οργάνων).

7.- ΓΕΝΙΚΑ

7.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ - Ψέρνουμε τα νέα ελαστικά σε κατάσταση λειτουργίας, για την δοκιμή, τρέχοντάς τα ακριβώς ή κοντά στο φορτίο και στην πίεση αέρα που τους αναλογεί, πάνω στο όχημα της δοκιμής(ή άλλο κατάλληλο όχημα) σε κανονικές ταχύτητες κυκλοφορίας και για τουλάχιστον 200 μίλλια (300 χλμ) ή ισοδύναμα, πριν χρησιμοποιηθούν για τους σκοπούς της δοκιμής. Το συγκρότημα τροχού-ελαστικού ζυγостаθμίζεται μετά την προαναφερθείσα προετοιμασία του ελαστικού. Πριν από κάθε σειρά δοκιμών τα ελαστικά προθερμαίνονται τρέχοντάς τα τουλάχιστον 5 μίλλια(8 χλμ) σε κανονικές ταχύτητες κυκλοφορίας. Το ελαστικό επιθεωρείται για επίπεδα σημεία, βλάβεις ή άλλες αντικανονικότητες που μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της δοκιμής, και αντικαθίσταται στη περίπτωση που έχει υποστεί βλάβεις ή έχει φθαρεί πέρα από το όριο φθοράς. Ελέγχεται το φορτίο του τροχού της δοκιμής(εάν είναι ρυθμιζόμενο) και ρυθμίζεται εάν είναι αναγκαίο πριν από κάθε σειρά δοκιμών μέσα στα όρια τιμών που προδιαγράφονται στην παραγρ.4.3. Επιβάλλεται πίεση αέρα στο ελαστικό $24 \pm 0,5$ PSI (165 ± 3 ΚΡα) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν από την προθέρμανση των 5 μιλίων (8 χλμ).

7.2. ΤΟΜΕΙΣ ΔΟΚΙΜΩΝ - Οι τομείς δοκιμών ορίζονται σαν τομείς οδοστρώματος με όμοια ηλικία και σύνθεση και οι οποίοι έχουν υποβληθεί σε ουσιαστικά όμοια φθορά. Για παράδειγμα απότομες καμπύλες και κλίσεις δεν περιλαμβάνονται στους ίδιους τομείς δοκιμών με οριζόντια τμήματα ούτε λωρίδες προσπέρασης με λωρίδες κυκλοφορίας. Οι μετρήσεις αντίστασης σε ολίσθηση εκτελούνται μόνο σε οδοστρώματα που δεν εμφανίζουν ορατές ρυπάνσεις.

7.3. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΕΝΟΣ ΤΟΜΕΑ ΔΟΚΙΜΩΝ - Εκτελούνται τουλάχιστον πέντε προσδιορισμοί της αντίστασης σε ολίσθηση σε διαστήματα όχι μεγαλύτερα από 0,5 του μιλλίου (0,8 χλμ) σε κάθε τομέα δοκιμών με το όχημα δοκιμών και στην ίδια εγκάρσια θέση σε οποιαδήποτε λωρίδα και σε κάθε προδιαγεγραμμένη ταχύτητα δοκιμής. Θεωρείται ο αριθμητικός μέσος όλων των προσδιορισμών σαν η αντίσταση σε ολίσθηση του τομέα δοκιμών. Εάν στατιστικά ή άλλα κριτήρια, που εφαρμόζονται στον αριθμό ολίσθησης για ένα μεγάλο τομέα δοκιμών υποδηλώνουν ότι δεν μπορεί να θεωρηθεί ενιαίος, τότε ο τομέας θεωρείται σαν δύο ή περισσότεροι τομείς. Για την αντιμετώπιση των αποτελεσμάτων από λανθασμένες δοκιμές βλέπε στην παραγρ.10.

7.4. ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΤΟΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ - Κανονικά η δοκιμή γίνεται στο κέντρο της τροχιάς του αριστερού τροχού μιάς λωρίδας κυκλοφορίας ενός αυτοκινητόδρομου. Είναι δυνατόν να εκτιμηθεί ένας αριθμός ολίσθησης χωρίς επιφυλάξεις, για την επιφάνεια του αυτοκινητόδρομου, μόνον εάν το όχημα της δοκιμής είναι κατ'αυτό το τρόπο τοποθετημένο κατά τη διάρκεια των δοκιμών.

7.5. ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ - Η τυπική ταχύτητα δοκιμών είναι 40 μίλλια/ώρα (65 χλμ/ώρα). Οπου το νόμιμο όριο ταχύτητας είναι μικρότερο από 40 μίλλια/ώρα οι δοκιμές είναι πιθανόν να διεξαχθούν σε χαμηλότερη ταχύτητα. Οπου το όριο ταχύτητας είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τα 40 μίλλια /ώρα, οι δοκιμές δυνατόν να γίνονται στην επικρατούσα ταχύτητα κυκλοφορίας, αλλά συνίσταται στις ίδιες θέσεις να γίνονται πρόσθετες δοκιμές στα 40 μίλλια/ώρα (65 χλμ/ώρα). Οι ταχύτητες των δοκιμών πρέπει να διατηρούνται εντός του ορίου ± 1 μίλλι/ώρα (1,6 χλμ/ώρα).

7.5.1. Είναι επιθυμητό αλλά όχι αναγκαίο όταν η ταχύτητα της δοκιμής είναι 40 μίλλια/ώρα να παρατίθεται η ταχύτητα όταν υπολογίζεται ο

λαμβάνόμενος αριθμός ολίσθησης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η ταχύτητα δίδεται όταν δίδεται τιμή στον αριθμό ολίσθησης. Αυτό γίνεται προσθέτοντας σαν δείκτη στο σύμβολο την ταχύτητα σε μίλλια ανά ώρα π.χ. SN_{50} υποδηλώνει τον αριθμό ολίσθησης που λαμβάνεται με ταχύτητα δοκιμής 50 μίλλια/ώρα.

7.6. ΠΡΟΕΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΗ- Η αλλαγή του αριθμού ολίσθησης με την ταχύτητα αναφέρεται σαν η κλίση της καμπύλης αριθμού ολίσθησης και ταχύτητας, που κατασκευάζεται από τουλάχιστον τρεις ταχύτητες με προσαυξήσεις προσεγγιστικά 10 μίλλια/ώρα (16χλμ/ώρα). Η τυπική κλίση της ταχύτητας ορίζεται σαν η κλίση της καμπύλης στα 40 μίλλια/ώρα και έτσι υποδηλώνεται.

8.- ΔΙΑΔΙΚΛΙΑ

8.1. Η συσκευή φέρεται στην επιθυμητή ταχύτητα και διοχετεύεται νερό στο οδόστρωμα, εμπρός από το ελαστικό της δοκιμής. Περίπου 0,5 δευτερόλεπτα μετά την έναρξη διοχέτευσης νερού, εφαρμόζεται το φρένο του τροχού της δοκιμής έτσι ώστε ο τροχός να μπλοκάρει τελείως. Ο τροχός παραμένει μπλοκαρισμένος για όλο το διάστημα που απαιτείται για τη λήψη των στοιχείων(8.4.1.).

8.2. Η παροχή νερού τερματίζεται όταν απελευθερωθεί το φρένο.

8.3. Οι ηλεκτρικές ενδείξεις της διαβάθμισης καταγράφονται πριν και μετά τις δοκιμές σε κάθε τομέα ή όσο χρειάζεται για να διασφαλισθούν αξιόπιστα δεδομένα.

8.4. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - Η προκύπτουσα καταγραφή της αντίστασης σε ολίσθηση αξιοποιείται σύμφωνα με τα ακόλουθα:

8.4.1. Σημειώνεται το σημείο στο οποίο μπλοκαρίστηκε ο τροχός και μετριοούνται τα δεδομένα από ένα σημείο όχι λιγότερο από 0,2 δευτερόλεπτα από το προηγούμενο για ένα διάστημα όχι μικρότερο από 1,0 δευτερόλεπτο και όχι μεγαλύτερο από 3,0 δευτερόλεπτα. Υπολογίζεται ο μέσος όρος των δεδομένων μεταξύ αυτών των σημείων και χρησιμοποιείται η μέση τιμή για να διαβασθεί ή να υπολογισθεί ο αριθμός ολίσθησης.

9.- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

9.1. Υπολογίζεται ο αριθμός ολίσθησης, ως εξής:

$$SN = \frac{F}{W} \times 100$$

όπου:

F: ελκτική δύναμη (οριζόντια δύναμη που εφαρμόζεται στο ελαστικό δοκιμής στην κηλίδα επαφής ελαστικού - οδοστρώματος) σε LBF (ή N).

W: δυναμικό κατακόρυφο φορτίο στον τροχό της δοκιμής σε LBF (ή N).

9.2. Για φορεία που δεν έχουν σχέδιο παραλληλόγραμμου ή όπου το κατακόρυφο φορτίο τροχού δεν μετριέται απ'ευθείας, το φορτίο τροχού W, εξαρτάται από το διάγραμμα κίνησης του φορείου και από τη δύναμη τριβής. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μείωση του φορτίου τροχού που οφείλεται στην ανακούφιση που προκαλεί η δύναμη τριβής. Χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$SN = \frac{F}{W} \times 100$$

F: ελκτική δύναμη (οριζόντια δύναμη που εφαρμόζεται στο ελαστικό δοκιμής στην κηλίδα επαφής ελαστικού - οδοστρώματος) σε LBF (ή N).

$$W = W_0 - (H/L)F$$

H: το ύψος του σημείου σύνδεσης φορείου-οχήματος σε ιη (ή MM)

L: μήκος μεταξονίου του φορείου (από κέντρο του άξονα έως κέντρο του σημείου σύνδεσης) σε ιη (ή MM).

W₀: στατικό κατακόρυφο φορτίο στο ελαστικό δοκιμής σε LBF (ή N).

9.3. Για ένα όχημα που δεν είναι τύπου "φορείου" το δυναμικό κατακόρυφο φορτίο μετριέται (ή υπολογίζεται) με ανάλυση της στατικής και κινηματικής συμπεριφοράς του οχήματος δοκιμών.

9.4. Στα συστήματα οργάνων, που έχουν ενσωματωμένο εξοπλισμό αυτόματου υπολογισμού του δυναμικού αριθμού ολίσθησης, η οριζόντια ελκτική δύναμη διαιρείται αυτόματα με το δυναμικό κατακόρυφο φορτίο σε πραγματικό χρόνο (βλ. 9.1.). Ο αριθμός ολίσθησης που προκύπτει S_n(τ) καταγράφεται σε πραγματικούς χρόνους στην ταινία καταγραφής και είναι διαθέσιμος για αυτόματη ολοκλήρωση για ένα εκλεγμένο διάστημα ολοκλήρωσης για τον αριθμό ολίσθησης (δείχνεται στην παραγρ. 8.4.1.). Εφαρμόζονται οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$sn(t) = \frac{f_h(t)}{f_v(t)}$$

$$SN = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} sn(t) dt$$

όπου:

$SN(t)$: δυναμικός αριθμός ολίσθησης σε πραγματικό χρόνο.

$f_h(t)$: δυναμική ελκτική δύναμη σε πραγματικό χρόνο(σε**lb** ή **N**)

$f_v(t)$: δυναμικό κατακόρυφο φορτίο σε πραγματικό χρόνο(σε**lb** ή **N**).

t_1 : χρονική στιγμή έναρξης της περιόδου ολοκλήρωσης

t_2 : " " " " " " " " " " " "

SN : μέσος αριθμός ολίσθησης.

εάν χρησιμοποιείται χρονική περίοδος ολοκλήρωσης 1 δευτερόλεπτο ($t_1=0$, $t_2=1$) τότε η (2) απλοποιείται ως εξής:

$$SN = \int_0^1 sn(t) dt$$

Ο αριθμητικός μέσος αριθμός ολίσθησης είναι δυνατόν να καταγράφεται στην ταινία διαγραμμάτων σαν ένα εύρος ίχνους στην ίδια κλίμακα με τον δυναμικό αριθμό ολίσθησης και να υπολογίζεται απ'ευθείας από το διάγραμμα ή είναι δυνατόν να μεταφράζεται σε ψηφιακό σύστημα και να καταγράφεται σε μαγνητική ταινία ή σε ταινία διάτρησης ή με ένα εκτυπωτή σε χαρτί εκτύπωσης. Όταν χρησιμοποιείται λείο, ελαστικό(ASTM E 524) γίνονται οι ίδιοι υπολογισμοί αλλά ο συμβολισμός είναι SN^B .

10.- ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

10.1. Αποτελέσματα δοκιμών που είναι αποδεδειγμένα λανθασμένες ή που διαφέρουν πάνω από 55 N από τον μέσο όρο όλων των δοκιμών στον ίδιο τομέα δοκιμών αντιμετωπίζονται σύμφωνα με την Συνιστωμενη Πρακτική E178.

11.- ΔΕΛΤΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

11.1. ΔΕΛΤΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ - Το δελτίο αναφοράς, για κάθε τομέα, περιέχει στοιχεία για τους ακόλουθους παράγοντες:

- 11.1.1. Τοποθεσία και σημεία αναγνώρισης του τομέα των δοκιμών.
 - 11.1.2. Ημερομηνία και ώρα.
 - 11.1.3. Καιρικές συνθήκες: κυρίως θερμοκρασία, ατμοσφαιρική κατάσταση και άνεμος.
 - 11.1.4. Λωρίδα και τροχιά τροχού, που έγιναν οι δοκιμές.
 - 11.1.5. Ταχύτητα του οχήματος δοκιμής (για κάθε δοκιμή).
 - 11.1.6. Αριθμό ολίσθησης (για κάθε δοκιμή).
- 11.2. ΕΥΝΟΠΤΙΚΑ ΔΕΛΤΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ-Τα συνοπτικά δελτία περιέχουν, για κάθε τομέα δοκιμών, στοιχεία για τα ακόλουθα σημεία, εφόσον αυτά σχετίζονται με τις μεταβλητές ή τους συνδυασμούς μεταβλητών, που ερευνώνται.
- 11.2.1. Τοποθεσία και σημεία αναγνώρισης για τον τομέα δοκιμών.
 - 11.2.2. Αριθμός λωρίδων και παρουσία διαχωρισμού τους.
 - 11.2.3. Κλίσεις και στοιχεία οριζοντιογραφίας.
 - 11.2.4. Τύπος του οδοστρώματος, σχεδιασμός του μίγματος της επιφανειακής στρώσης, κατάσταση και τύπος αδρανών (συγκεκριμένη πηγή προέλευσης, αν είναι διαθέσιμη).
 - 11.2.5. Ηλικία του οδοστρώματος.
 - 11.2.6. Μέση ημερήσια κυκλοφορία.
 - 11.2.7. Οριο ταχύτητας.
 - 11.2.8. Ημερομηνία και ώρα.
 - 11.2.9. Καιρικές συνθήκες.
 - 11.2.10. Λωρίδα και τροχιά τροχού, που έγιναν οι δοκιμές.
 - 11.2.11. Μέσος υψηλότερος και χαμηλότερος αριθμός ολίσθησης για τον τομέα δοκιμών και ταχύτητα στην οποία έγιναν οι δοκιμές (εάν αναφέρονται τιμές, οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του μέσου όρου, το γεγονός αυτό καταγράφεται).
 - 11.2.12. Διάγραμμα της διανυσματικής κλίσης της ταχύτητας (εάν λαμβάνεται).

2. 1. 3. 2. Ελαστικά επίσωτρα που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές αντιολισθηρότητας με αυτοκινούμενα οχήματα

Διεθνώς χρησιμοποιούνται για τις δοκιμές αντιολισθηρότητας οι ακόλουθοι τύποι ελαστικών

G 78-15	Ελαστικό ASTM. (προδιαγραφές ASTM)
165-15	PIARC -Ευρωπαϊκό ελαστικό. (προδιαγραφές PIARC)
300-20	Ελαστικό SCRIM. (προδιαγραφές TRRL)
400-8	Ελαστικό VTI. (προδιαγραφές VTI)

<u>Σημείωση</u>	ASTM	: American Society for Testing Materias, USA.
	PIARC	: Committee of Road Surface Characteristics,France.
	TRRL	: Transport and Road Research Laboratory, England.
	VTI	: National Road and traffic Research Institute, Sweden.

Τα πρότυπα ελαστικά ASTM είναι λεία ή και με ραβδώσεις όπως και τα PIARC. Τα ελαστικά SCRIM είναι λεία και τα VTI μόνο με ραβδώσεις.

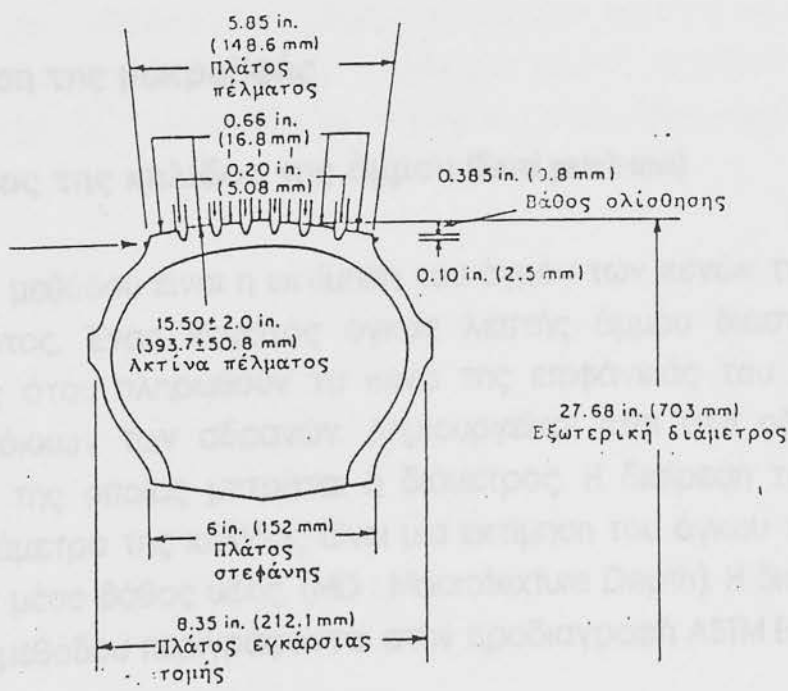
Η προτυποποίηση του χρησιμοποιούμενου ελαστικού έγινε αναγκαία γιατί δεν ήταν δυνατόν να ελεγχθεί η συμπεριφορά όλων των τύπων επισώτρου, που διατίθενται στο εμπόριο. Ιδεατά το ελαστικό της δοκιμής πρέπει να έχει υψηλή ευαισθησία στα χαρακτηριστικά του οδοστρώματος αλλά χαμηλή σε επιχειρησιακούς παράγοντες . Αυτή η θεώρηση έχει οδηγήσει στην διαμόρφωση, σε πολλές χώρες, της τάσης για χρήση ελαστικών άνευ πέλματος και λείων, για την εκτέλεση δοκιμών, σαν πιο ευαίσθητων στην αποχετευτική ικανότητα-μακροϋφή - της επιφάνειας του οδοστρώματος (ASTM E 524).

2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ

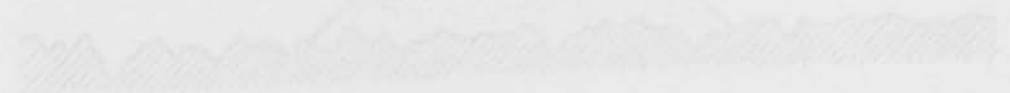
2.2.1 Η μέτρηση της

2.2.1.1 Μέθοδος της

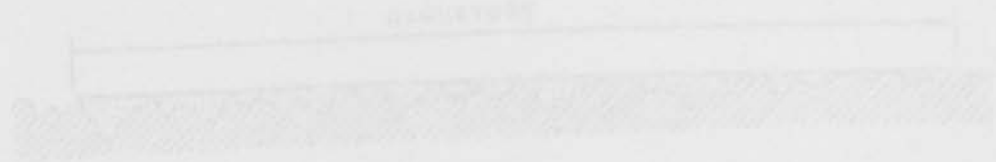
Γραμμή οπτικής
αναγνώρισης ορίου
†θώρας



Σχήμα 2-7: Πέλμα πρότυπου ελαστικού επισώτρου με ραβδώσεις.



Σ. Η όψη του επισώτρου είναι η εξής: Η επιφάνεια του επισώτρου είναι η εξής: Η επιφάνεια του επισώτρου είναι η εξής:



Σχήμα 2-8: Η μέθοδος της κλίσης της όψης του επισώτρου.

Η μέθοδος της κλίσης της όψης του επισώτρου έχει οργανωθεί με τον ακόλουθο τρόπο: Η μέθοδος της κλίσης της όψης του επισώτρου είναι υποκειμενική, δηλαδή εξαρτάται από το πρόσωπο, που επιλέγει την δοκιμή - ο οποίος είναι ο λόγος, που η προδιαγραφή ASTM E 706 ορίζει ότι το ίδιο πρόσωπο θα εκτελεί τις δοκιμές για ένα τύπο ολισθηρότητας - είναι επιθυμητή στις κλιμακωτές συνθήκες και η καλύτερή της είναι δυνατή μόνο όταν το οδόστρωμα είναι στεγνό και δεν είναι άσφαλτος με μεγάλα

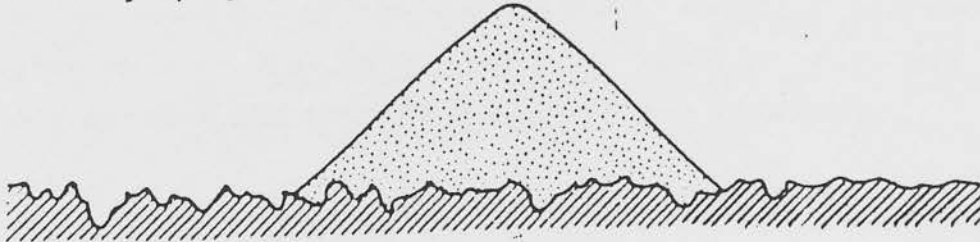
2. 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΥΦΗΣ

2. 2. 1. Η μέτρηση της μακροϋφής

2. 2. 1. 1. Μέθοδος της κηλίδας της άμμου (Sand patch test)

Η αρχή της μεθόδου είναι η εκτίμηση του όγκου των κενών της επιφάνειας του οδοστρώματος. Ένας γνωστός όγκος λεπτής άμμου διαστρώνεται στο οδόστρωμα έως ότου πληρωθούν τα κενά της επιφάνειάς του και μέχρι τις κορυφές των κόκκων των αδρανών. Δημιουργείται έτσι στο οδόστρωμα μια κυκλική κηλίδα, της οποίας μετράται η διάμετρος. Η διαίρεση του όγκου της άμμου με την διάμετρο της κηλίδας δίνει μια εκτίμηση του όγκου των κενών και αναφέρεται σαν μέσο βάθος υφής. (MD : Macrotexture Depth). Η διαδικασία και ο εξοπλισμός της μεθόδου περιγράφονται στην προδιαγραφή ASTM E 965.

I. Γνωστός όγκος λεπτής μονκόκκου άμμου χύνεται στο οδόστρωμα.



II. Η άμμος διαστρώνεται κυκλικά ώστε να πληρωθούν οι κοιλότητες



Σχήμα 2-8 : Η μέθοδος της κηλίδας της άμμου.

Η μέθοδος της κηλίδας της άμμου έχει ορισμένα μειονεκτήματα : είναι υποκειμενική, δηλαδή εξαρτάται από το πρόσωπο, που εκτελεί την δοκιμή - αυτός είναι ο λόγος, που η προδιαγραφή ASTM E 965 ορίζει ότι το ίδιο πρόσωπο θα εκτελεί τις δοκιμές για ένα τομέα οδοστρώματος - είναι ευαίσθητη στις καιρικές συνθήκες και η εκτέλεσή της είναι δυνατή μόνο όταν το οδόστρωμα είναι στεγνό και δεν πνέει άνεμος με μεγάλη

ένταση. Ακόμη η μέθοδος δεν "μετράει" αναγκαστικά τα χαρακτηριστικά, που θεωρούνται πιο σημαντικά (π.χ. το γωνιώδες των κόκκων του επιφανειακού αδρανούς υλικού).

Η ακρίβεια της μεθόδου είναι χαμηλή αλλά έχει χαμηλό κόστος και είναι γρήγορη με καλή επαναληπτικότητα . Άλλωστε άλλες ακριβέστερες μέθοδοι, που αναπτύχθηκαν δεν προσφέρουν σημαντικά αυξημένη ακρίβεια, που να δικαιολογεί την διαφορά κόστους.

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

1.1. Η παρούσα μελέτη σκοπός της είναι να διερευνηθεί η επίδραση των παραμέτρων της δομής του σκελετού των σφαιρικών, σε την παραγωγή κλάσσης των σφαιρικών. Η μελέτη αυτή έγινε με την βοήθεια της μεθόδου της ανάλυσης των σφαιρικών, που περιγράφεται στην παρούσα μελέτη.

1.2. Τα αποτελέσματα, που προκύπτουν, χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή των παραμέτρων της δομής των σφαιρικών, στα αποτελέσματα της ανάλυσης των σφαιρικών.

1.3. Ανά την παρούσα μελέτη, είναι δυνατόν να γίνει η ανάλυση των σφαιρικών, που προκύπτουν από την ανάλυση των σφαιρικών, με την βοήθεια της μεθόδου της ανάλυσης των σφαιρικών, που περιγράφεται στην παρούσα μελέτη.

2. ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

2.1. ΟΡΘΟΓΩΝΙΑΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ

2.1.1. Προσαρμογή για δομή τύπου "α" με 175 σφαιρικών ανά κυβικό εκατοστό για την διερεύνηση της επίδρασης της δομής των σφαιρικών, στην παραγωγή κλάσσης των σφαιρικών.

3. ΠΑΡΑΛΟΛΗΛΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

3.1. Τα αποτελέσματα, που προκύπτουν, από την ανάλυση των σφαιρικών, που προκύπτουν από την ανάλυση των σφαιρικών, με την βοήθεια της μεθόδου της ανάλυσης των σφαιρικών, που περιγράφεται στην παρούσα μελέτη.

ASTM Ονομασία : E965-83

Πρότυπη μέθοδος δοκιμής για:

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΥΦΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΜΜΟΥ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

1.1. Η παρούσα μέθοδος δοκιμής περιγράφει μια διαδικασία, για τον προσδιορισμό του μέσου βάθους επιφανειακής μακροϋφής των οδοστρωμάτων, με την προσεκτική διάστρωση ενός γνωστού όγκου άμμου στην επιφάνεια και την μέτρηση, αμέσως μετά, της ολικής κεκαλυμμένης επιφάνειας. Η τεχνική έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει μια τιμή μέσου βάθους μόνο για την μακροϋφή του οδοστρώματος και δεν θεωρείται ευαίσθητη στα χαρακτηριστικά της μικροϋφής του οδοστρώματος.

1.2. Τα αποτελέσματα, που προκύπτουν, χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία, για τον προσδιορισμό του μέσου βάθους μακροϋφής των οδοστρωμάτων, δεν συμφωνούν ούτε σχετίζονται αναγκαία, άμεσα με αυτά, που προκύπτουν από άλλες μεθόδους μέτρησης της μακροϋφής των οδοστρωμάτων.

1.3. Αυτή η πρότυπη μέθοδος, είναι πιθανόν, να εμπλέκει τη χρήση επικίνδυνων υλικών και εξοπλισμού ή την εκτέλεση επικίνδυνων εργασιών. Αυτή η προδιαγραφή δεν έχει την έννοια να σημειώσει όλα τα προβλήματα ασφαλείας, που συνδέονται με τη χρήση της. Ανήκει στην ευθύνη αυτού, που χρησιμοποιεί αυτή την προδιαγραφή, να λάβει υπ' όψη και να καθιερώσει κατάλληλες πρακτικές ασφάλειας και υγείας και να προσδιορίσει την εφαρμογή κανονιστικών περιορισμών πριν από την χρήση.

2. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ

2.1. Προδιαγραφές ASTM:

C 778 Προδιαγραφή για Πρότυπη Άμμο

E 178 Συνιστώμενη Πρακτική για την διεξαγωγή Εξωτερικών Παρατηρήσεων.

3. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ

3.1. Τα πρότυπα υλικά και η συσκευή της δοκιμής αποτελούνται από μία

ποσότητα ομοιόμορφης άμμου, ένα δοχείο γνωστού όγκου, μία κατάλληλη προστατευτική κατασκευή για τον άνεμο, βούρτσες για τον καθαρισμό της επιφάνειας, ένα επίπεδο δίσκο για την διάστρωση της άμμου πάνω στην επιφάνεια και ένα κανόνα ή άλλη συσκευή μέτρησης της επιφάνειας που καλύπτεται από την κηλίδα της άμμου. Συνιστάται ακόμη μία πρότυπη εργαστηριακή ζυγαριά για περαιτέρω διασφάλιση της χρήσεως ίσων ποσοτήτων άμμου για κάθε μέτρηση.

3.2. Η διαδικασία της δοκιμής περιλαμβάνει: Ένας γνωστός όγκος άμμου απλώνεται σε μιά καθαρή και ξηρή επιφάνεια οδοστρώματος, μετράται η επιφάνεια που καλύπτεται και ακολούθως υπολογίζεται το μέσο βάθος μεταξύ του βυθού των κενών της επιφάνειας του οδοστρώματος και των κορυφών των κόκκων των αδρανών της επιφάνειας. Αυτή η μέτρηση του βάθους της επιφανειακής υψής του οδοστρώματος αντανακλά κυρίως τα χαρακτηριστικά της επιφανειακής μακροϋψής.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 -

Κατά την διάστρωση της άμμου, που αναφέρεται σ' αυτή τη μέθοδο δοκιμής, τα κενά της επιφανείας γεμίζουν μέχρι τις κορυφές των κόκκων των αδρανών, που τα περιβάλλουν. Η παρούσα μέθοδος δοκιμής δεν θεωρείται κατάλληλη για χρήση σε επιφάνειες με ραβδώσεις ή σε οδοστρώματα με μεγάλα επιφανειακά κενά ($\geq 1,0$ ίντσα (25MM)).

4. ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ

4.1. Η παρούσα μέθοδος δοκιμών εφαρμόζεται για δοκιμές, για τον προσδιορισμό του μέσου βάθους μακροϋψής της επιφάνειας ενός οδοστρώματος. Η γνώση του βάθους μακροϋψής ενός οδοστρώματος χρησιμεύει σαν ένα πρόσθετο στοιχείο για τον χαρακτηρισμό της επιφανειακής υψής του οδοστρώματος. Όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες φυσικές δοκιμές, οι τιμές του βάθους μακροϋψής, που προκύπτουν από αυτή την μέθοδο δοκιμής, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αντιολισθητικής ικανότητας του οδοστρώματος και της καταλληλότητας των υλικών επίστρωσης ή των τεχνικών διάστρωσης. Βελτιώσεις στις πρακτικές διάστρωσης των οδοστρωμάτων και στα προγράμματα συντήρησης, είναι δυνατόν να προκύψουν σαν αποτελέσματα από την εφαρμογή αυτής της μεθόδου δοκιμής.

4.2. Οι μετρήσεις βάθους υψής, που γίνονται, χρησιμοποιώντας αυτή τη

μέθοδο δοκιμής, επηρεάζονται κυριώς από τα χαρακτηριστικά της επιφανειακής μακροϋφής και δεν επηρεάζονται σημαντικά από την μικροϋφή της επιφάνειας. Η μορφή, το μέγεθος και η διαβάθμιση των κόκκων των αδρανών του οδοστρώματος είναι χαρακτηριστικά της επιφανειακής υφής, που δεν αναφέρονται στην παρούσα διαδικασία. Αυτή η μέθοδος δοκιμής δεν έχει σχεδιασθεί να παρέχει μία πλήρη εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υφής της επιφάνειας του οδοστρώματος.

4.3. Οι τιμές του βάθους επιφανειακής μακροϋφής των οδοστρωμάτων που μετρούνται με την παρούσα μέθοδο δοκιμών με τον εξοπλισμό και την διαδικασία, που αναφέρονται εδώ, δεν συμφωνούν αναγκαία ούτε σχετίζονται άμεσα, με άλλες τεχνικές μετρήσεων της υφής επιφανειών. Αυτή η μέθοδος δοκιμών είναι επίσης κατάλληλη για ερευνητικούς και αναπτυξιακούς σκοπούς, μέσα στα πλαίσια του ίδιου προγράμματος δοκιμών όπου άμεσες συγκρίσεις μεταξύ επιφανειών οδοστρωμάτων πρόκειται να γίνουν.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 - Η επιφάνεια του οδοστρώματος, που πρόκειται να μετρηθεί, εφαρμόζοντας την παρούσα μέθοδο δοκιμής, πρέπει να είναι ξηρή και ελεύθερη από κάθε κατασκευαστικό υπόλειμμα, από συντρίμματα στην επιφάνεια του οδοστρώματος και από χαλαρούς κόκκους αδρανών, τα οποία κάτω από κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και κυκλοφορίας, θα εκτοπισθούν ή θα απομακρυνθούν.

5. ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ Η ΣΥΣΚΕΥΗ

5.1. Τα ουσιώδη στοιχεία της συσκευής, που δείχνεται στην εικ. 1 αποτελούνται από τα ακόλουθα υλικά και εξοπλισμό.

5.1.1 ΑΜΜΟΣ - Θα χρησιμοποιηθεί φυσική πυριτική άμμος, που θα συμμορφώνεται με την Προδιαγραφή C 778.

Η καθαρή και ξηρή αυτή άμμος θα πρέπει να διέρχεται το κόσκινο No 50 και να συγκρατείται από το κόσκινο No 100.

5.1.2. ΔΟΧΕΙΟ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΜΜΟΥ - Θα χρησιμοποιηθεί ένας μεταλλικός ή πλαστικός κύλινδρος, κλειστός στο ένα του άκρο, με ένα προκαθορισμένο εσωτερικό όγκο τουλάχιστον 1,5 κυβικές ίντσες (25.000MM³), για να προσδιορισθεί ο όγκος της άμμου, που θα διαστρωθεί στο οδόστρωμα.

5.1.3. ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗΣ ΑΜΜΟΥ - Για την διάστρωση της άμμου, θα

χρησιμοποιηθεί, ένας επίπεδος, σκληρός δίσκος, με πάχος κατά προσέγγιση 1 ίντσας(25MM) και με διάμετρο 2,5 έως 3,0 ίντσες(60 έως 75 MM). Η κάτω επιφάνεια του δίσκου θα καλυφθεί με ένα σκληρό υλικό από καουτσούκ και μια κατάλληλη χειρολαβή θα προσαρμοσθεί στην επάνω επιφάνεια του δίσκου.

5.1.4. ΒΟΥΡΤΣΕΣ - Πριν από την διάστρωση του δείγματος της άμμου, θα χρησιμοποιηθούν, μια σκληρή συρμάτινη βούρτσα και μια μαλακή από γουρουνότριχα, για τον καθαρισμό της επιφάνειας του οδοστρώματος.

5.1.5. ΑΝΕΜΟΠΕΤΑΣΜΑ - Για την προστασία από τον αέρα του δείγματος της άμμου κατά την διάρκεια της διαστρώσεως και της λήψης των μετρήσεων, θα τοποθετηθεί στο οδόστρωμα μια μικρή φορητή κατασκευή εν είδει πετάσματος.

5.1.6. ΚΛΙΜΑΚΑ - Θα χρησιμοποιηθεί μια πρότυπη κλίμακα των 12 ιντσών (305MM) ή μεγαλύτερη σε μήκος, που θα έχει υποδιαιρέσεις 0.1 ιντσών (2,5MM) ή 1 MM(0,04 ίντσες).

5.2. Συνιστάται η χρήση μιας πρότυπης εργαστηριακής ζυγαριάς, με ευαισθησία 0,1 γρ., για να παρέχει ένα πρόσθετο έλεγχο και να διασφαλίσει ότι η ποσότητα της άμμου, που χρησιμοποιείται για κάθε μέτρηση βάθους μακροϋφής επιφάνειας είναι η ίδια και σε μάζα και σε όγκο.

6. ΔΙΑΔΙΚΛΕΙΑ

6.1. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ - Επιθεωρήστε την επιφάνεια του οδοστρώματος, που πρόκειται να μετρηθεί και επιλέξτε μια ξηρή, ομοιογενή περιοχή, που να μην εμφανίζει μεμονωμένα ή τοπικά χαρακτηριστικά όπως ρωγμές και αρμούς. Καθαρίστε τελείως την επιφάνεια, χρησιμοποιώντας πρώτα την σκληρή συρμάτινη βούρτσα και μετά την μαλακή για να απομακρυνθεί κάθε υπόλλειμμα, σύντριμμα ή χαλαρά συνδεδεμένος κόκκος αδρανούς από την επιφάνεια. Τοποθετείστε το φορητό ανεμοπέτασμα γύρω από την περιοχή της δοκιμής.

6.2. ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ - Γεμίστε τον κύλινδρο γνωστού όγκου με ξηρή άμμο και κτυπήστε απαλά τη βάση του κυλίνδρου αρκετές φορές πάνω σε μια άκαμπτη επιφάνεια. Προσθέσατε περισσότερη άμμο ώστε να γεμίσει ο κύλινδρος μέχρι την κορυφή και ισοπεδώστε την άμμο με ένα ίσιο οδηγό. Εάν είναι διαθέσιμη εργαστηριακή ζυγαριά, προσδιορίστε τη μάζα της άμμου στον κύλινδρο και χρησιμοποιείτε αυτήν την μάζα δείγματος άμμου για κάθε μέτρηση.

6.3. ΜΕΤΡΗΣΗ - Ρίξτε την άμμο, της οποίας ο όγκος ή το βάρος έχει μετρηθεί, στην καθορισμένη επιφάνεια της δοκιμής, μέσα στην περιοχή που προστατεύεται από το ανεμοπέτασμα. Προσεκτικά απλώστε την άμμο σε μια κυκλική κηλίδα με το δίσκο διάστρωσης, γεμίζοντας τα κενά της επιφάνειας μέχρι το επίπεδο των κορυφών των κόκκων των αδρανών. Μετρήστε και καταγράψτε τη διάμετρο της κηλίδας της άμμου σε τουλάχιστον τέσσερις ισαπέχουσες θέσεις στην περιφέρεια του δείγματος. Υπολογίστε και καταγράψτε τη μέση διάμετρο της κηλίδας της άμμου.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 3 - Για πολύ λείες επιφάνειες οδοστρωμάτων όπου οι διαμέτροι της κηλίδας είναι μεγαλύτερες των 12 ιντσών(30.5CM) συνίσταται να χρησιμοποιείται ο μισός του κανονικού όγκου της άμμου.

6.4. ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ - Σε μια δεδομένου τύπου επιφάνεια οδοστρώματος, το ίδιο πρόσωπο, πρέπει να εκτελέσει τουλάχιστον τέσσερις μετρήσεις του μέσου βάθους μακροϋφής, σε τυχαίες αποστάσεις. Ο αριθμητικός μέσος των μεμονωμένων τιμών βάθους μακροϋφής θα θεωρείται σαν το μέσο βάθος μακροϋφής της επιφάνειας του οδοστρώματος.

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

7.1. ΟΓΚΟΣ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ- Υπολογίστε τον εσωτερικό όγκο του κυλίνδρου, του δείγματος της άμμου, ως ακολούθως:

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

όπου

V=εσωτερικός όγκος κυλίνδρου, ιη³ (MM³)

D=εσωτερική διάμετρος κυλίνδρου, ιη (MM) και

H=ύψος κυλίνδρου, ιη(MM)

7.2. ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΥΦΗΣ - Υπολογίστε το μέσο βάθος επιφανειακής μακροϋφής χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$MATX_D = \frac{4V}{\pi D^2}$$

όπου:

MATX_D=μέσο βάθος επιφανειακής μακροϋφής, ιη(MM)

V =όγκος δείγματος άμμου, ιη³ (MM³) και

D =μέση διάμετρος της κηλίδας της άμμου, ιη(MM)

8. ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

8.1. Δοκιμές που είναι αποδεδειγμένα λανθασμένες, ή δίνουν τιμές μέσου βάθους επιφανειακής μακροϋφής, που διαφέρουν περισσότερο από 0,005ιη(0,13MM) από το μέσο όρο όλων των δοκιμών στην ίδια επιφάνεια οδοστρώματος θα αντιμετωπίζονται σύμφωνα με την ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ Ε 178.

9. ΔΕΛΤΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

9.1. Το δελτίο αναφοράς για κάθε δοκιμή επιφάνειας οδοστρώματος θα περιέχει στοιχεία για τα ακόλουθα σημεία:

9.1.1 Θέση και αναγνώριση της επιφάνειας δοκιμής οδοστρώματος.

9.1.2. Ημερομηνία

9.1.3. Ογκος της άμμου, που χρησιμοποιήθηκε, για κάθε μέτρηση της δοκιμής ιη³(MM³)

9.1.4. Αριθμός μετρήσεων της δοκιμής.

9.1.5. Μέση διάμετρος της κηλίδος της άμμου για κάθε δοκιμή, ιη(MM).

9.1.6. Μέσο βάθος επιφανειακής μακροϋφής, ιη(MM) για κάθε δοκιμή.

9.1.7. Μέσο βάθος μακροϋφής, ιη(MM), για την ολική επιφάνεια του οδοστρώματος της δοκιμής.

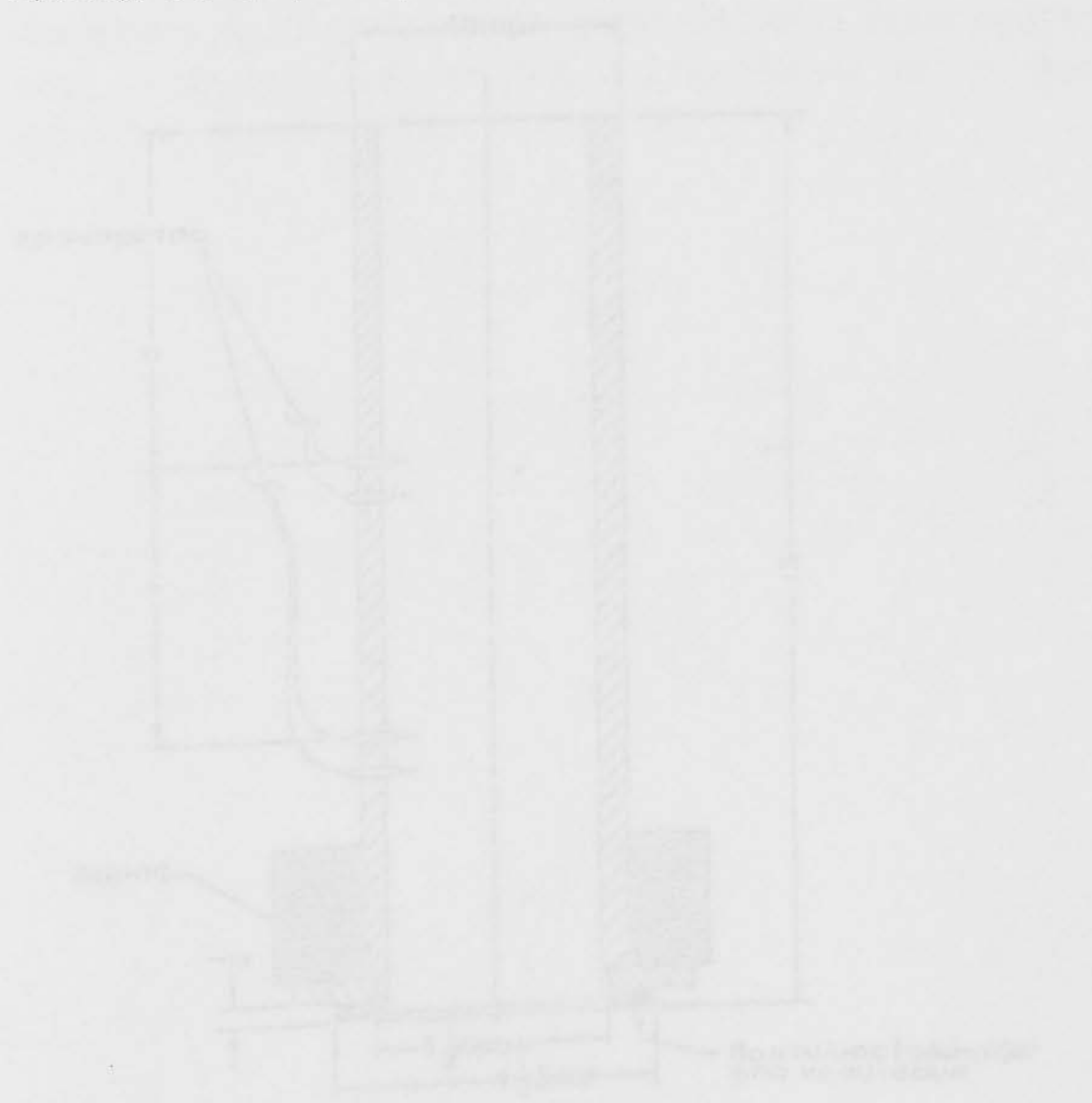
10 ΑΚΡΙΒΕΙΑ

10.1. Η ανάλυση στοιχείων της μεθόδου της κηλίδος της άμμου, που συνελέγησαν κατά την διάρκεια αυστηρά ελεγμένων δοκιμών, δημιούργησε εκτιμήσεις της επαναληπτικότητας(ακρίβεια μεθόδου) και της αναπαραγωγικότητας (εφαρμοσμένη ακρίβεια) της μεθόδου της κηλίδος της άμμου, καθώς και των σφαλμάτων δείγματος, που είναι δυνατόν να αναμένονται, κατά την μέτρηση των μέσων βαθών υφής ενός τομέα του οδοστρώματος, από την μέθοδο. Οι εκτιμήσεις της ακρίβειας της μεθόδου της κηλίδος της άμμου, εκφράζονται σαν ένα ποσοστό, όπως ο λόγος της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων υφής προς το μέσο βάθος υφής επί εκατό.

10.2. Η ελάχιστη τυπική απόκλιση επαναληπτικών μετρήσεων, που έγιναν από το ίδιο πρόσωπο, στην ίδια επιφάνεια μπορεί να είναι 3,3% του μέσου βάθους υφής.

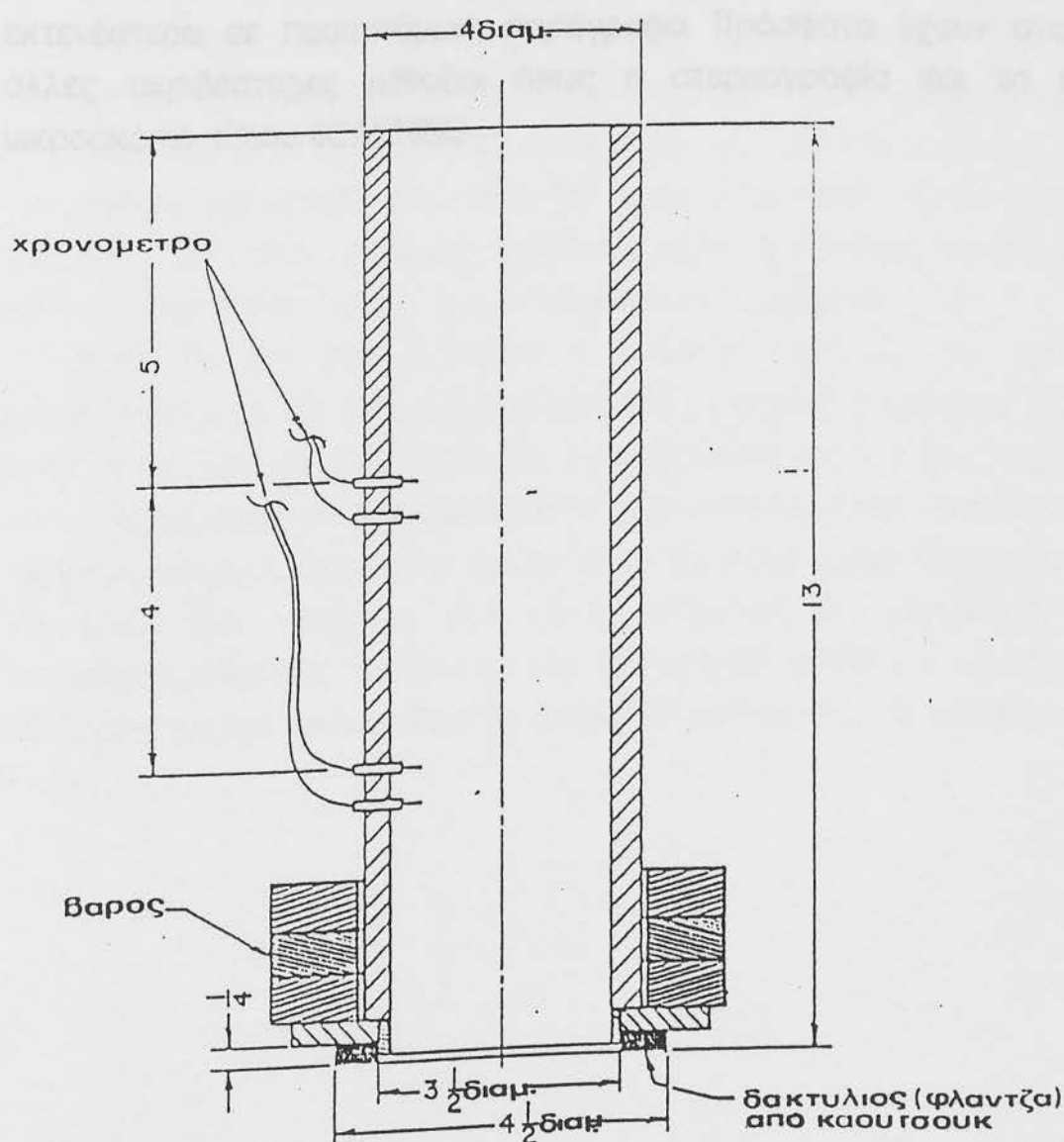
10.3. Η ελάχιστη τυπική απόκλιση επαναληπτικών μετρήσεων, που έγιναν από διάφορα πρόσωπα στην ίδια επιφάνεια μπορεί να είναι 4,7% του μέσου βάθους υφής.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 4 - Η μέγιστη απόκλιση μετρήσεων από θέση σε θέση είναι πιθανόν να φτάσει το 27% του μέσου βάθους υφής. Η έννοια "θέση", εδώ, ορίζει μια τοποθεσία, που επιλέχθηκε τυχαία, στα όρια ενός τυπικά ομοιογενούς τομέα οδοστρώματος. Αυτό σημαίνει, ότι είναι αναγκαίος ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων για να εκτιμηθεί αξιόπιστα το μέσο βάθος υφής, ενός δεδομένου τύπου οδοστρώματος, παρά το γεγονός ότι η μέθοδος είναι σε μεγάλο βαθμό επαναληπτική και δεν υπόκειται σε μεγάλες επιδράσεις, ανάλογα με τα πρόσωπα που την εκτελούν.



2. 2. 1. 2. Μέθοδος της ροής νερού

Η μέθοδος αυτή εκτιμά την αποχετευτική ικανότητα του οδοστρώματος προσομοιώνοντας την αποβολή του νερού κάτω από το ελαστικό επίσωτρο. Η συσκευή αποτελείται από έναν κυλινδρικό σωλήνα, που φέρει ένα πέλμα (φλάντζα) στον πυθμένα του. Το πέλμα ακουμπάει στην επιφάνεια του οδοστρώματος και μεταξύ τους εφαρμόζεται ένας δακτύλιος από ελαστικό υλικό, ενώ συγχρόνως τοποθετείται βάρος ώστε στην επιφάνεια επαφής ελαστικού δακτυλίου-οδοστρώματος να εφαρμόζεται πίεση ίση με αυτήν της επιφάνειας επαφής επισώτρου-οδοστρώματος.



Σχήμα 2-9: Μέθοδος εκροής νερού.

Το νερό του σωλήνα αρχίζει να ρέει μέσα από τα κανάλια της μακροϋφής, που παρέχει η επιφάνεια κάτω από τον ελαστικό δακτύλιο. Ο χρόνος στον οποίο η ελεύθερη επιφάνεια νερού διανύει μια προδιαγεγραμμένη κατακόρυφη απόσταση θεωρείται σαν ένα μέτρο της μακροϋφής της εξεταζομένης επιφάνειας.

2.2.2. Μετρήσεις μικροϋφής

Για την μέτρηση της μικροϋφής θεωρούνται κατάλληλες συσκευές μέτρησης της αντίστασης σε ολίσθηση σε χαμηλές ταχύτητες. Μια τέτοια συσκευή είναι και το Βρετανικό εκκρεμές στο οποίο αναφερθήκαμε εκτενέστερα σε προηγούμενη παράγραφο. Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί και άλλες ακριβέστερες μέθοδοι όπως η στερεογραφία και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τύπου SCANNING.

Ορακτών μεθόδων με σύγχρονα αυτό είναι η στερεογραφία και η ηλεκτρονική μικροσκοπία. Αυτές οι μέθοδοι προσφέρουν ένα πολύ ακριβές μέτρο της ολίσθησης και τα αποτελέσματά τους ελαττώνονται καλά με άλλες μεθόδους αλλά η ακριβείας τους εξαρτάται από τη σχέση της συσχέτισης με τον δείκτη ανατριχίλας.

Στον Πίνακα 2-2 φαίνεται η ακρίβεια ορισμένων μεθόδων που χρησιμοποιούνται σε διάφορες γαίες και οι οποίες παρέχουν αξιόπιστα μετρήματα με ελαττώματα αποτελέσματα. Με ελαττώματα λοιπόν σχέση μεταξύ αυτών των μετρημάτων θα δεικνύουν την αποτελεσματική επίστρωση. Αυτές οι μέθοδοι έχουν την δυνατότητα να μετρήσουν μετρητικά σε σημεία που άλλα δεν μπορούν. Με κατάλληλη επιλογή μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την έγκριση των αποτελεσμάτων γαίες και να διακρίνουν τη κατάσταση διάφορων αποδότην επιπέδων αντί της σε ολίσθηση με άλλες μεθόδους.

2. 3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Η μελέτη του εξοπλισμού και της διαδικασίας των διαφόρων προτύπων μεθόδων μέτρησης του συντελεστού τριβής, καταδειχνει με σαφήνεια ότι η κάθε μέθοδος και το κάθε όργανο δοκιμών, "μετράει" μια διαφορετική "πλευρά" της τριβής, που αναπτύσσεται στο οδόστρωμα. Ακόμη και όταν χρησιμοποιούνται όμοια ελαστικά επίσωτρα ή ολισθητήρες, τα αποτελέσματα δεν είναι όμοια γιατί υπάρχουν διαφορές στις ταχύτητες δοκιμών, στην διαδικασία εκτέλεσής τους, στο σύστημα ελέγχου του στρώματος νερού κ.λ.π. Δεν πρέπει λοιπόν να αναμένεται αντιστοιχία 1 : 1 μεταξύ των αποτελεσμάτων μετρήσεων, που διεξήχθησαν με διαφορετικές μεθόδους. Η απουσία καλού συσχετισμού, οδήγησε στο παρελθόν στην εγκατάλειψη ορισμένων μεθόδων και οργάνων. Αυτό, όμως, που καθιστά μια μέθοδο αξιόπιστη δεν είναι κατά πόσον τα αποτελέσματά της συσχετίζονται καλά με άλλες μεθόδους αλλά η επαναληπτικότητά της και η καλή της συσχέτιση με τον δείκτη ατυχημάτων ολίσθησης.

Στον Πίνακα 2-2, φαίνεται η ποικιλία οργάνων και μεθόδων, που χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες και οι οποίες παρέχουν αξιόπιστα μεν αλλά μη συγκρίσιμα αποτελέσματα. Μια αξιόπιστη, λοιπόν, σχέση μεταξύ αυτών των αποτελεσμάτων θα διευκόλυνε την επιστημονική επικοινωνία. Ακόμη ορισμένα όργανα, έχουν την δυνατότητα να εκτελέσουν μετρήσεις σε σημεία, που άλλα δεν μπορούν. Μια καλή συσχέτιση θα μπορούσε λοιπόν να "αντικειμενικοποιήσει" την έννοια του συντελεστή τριβής και να διευκολύνει την καθιέρωση ελάχιστων αποδεκτών επιπέδων αντίστασης σε ολίσθηση με διεθνές κύρος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΦΕΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Χ Ω Ρ Α	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΑΠΩΝΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΤΑΝΙΑ	Η.Π.Α.
Όνομασία εξοπλισμού δοκιμών	SCRIM	Skid Resistance measuring machine.	SCRIM	Skid Tester ASTM E 274
Αριθμός συσκευών σε χρήση	1	14	12	81
Αντικείμενο δοκιμών - ανά έτος - ανά ημέρα Ποσοπικικό (συνολικά) Κόστος μετρήσεων FF/χιλ. ή θέση	6.000 Km 150-200Km 2 95 FF	270 Km 1 Km 3 2.500 FF	3.000 λαοίδα-Km έως 3.000/Οχ. 30 80 FF	3
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - Θεμελιώδης αρχή - Ελαστικό επίσωτρο .. Πέλμα επίσωτρου .. Ελάχιστο πάχος πέλματος .. Ωφέλιμη ζωή .. φορτίο/εσωτερική πίεση - Σύστημα διαβροχής .. Πάχος στρώματος νερού .. Μετρήσεις υπό βροχή (ΝΑΙ/ΟΧΙ) .. Κατανάλωση νερού .. Χωρητικότητα βυτίου .. Αυτονομία - Ταχύτητες [Km/h] .. Κύρια .. Άλλες	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00 - 20 λείο 600 Km 200Kg/350 KPa 0,5 mm OXI 40 l/Km 2700 l 70 Km 60 40, 80	Ποσοστό ολίσθ. 0-100% Γωνία ολίσθ. 0-45° 5,60 - 13 - 4PR λείο, με ραβδώσεις 5,6mm 50 Km 395 Kg/17 Kg/cm ² 0,6 mm NAI 180 l/Km 600 ή 5.500l 3 Km 20, 40, 60 60, 80,100	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00-20 λείο 500-800 Km 200Kg/3,4 bar 0,5-1 mm NAI 50-60 l/Km 3000 l 50-70 Km 50	Μπλοκαρισμένος τροχός ASTM E 501 με ραβδώσεις 2,5 mm 0,5mm 65 40-80
ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΝ (Τιμές οδηγιών και/ή ποσοστό αποτελεσμάτων κάτω από τις τιμές οδηγιών). ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ αν τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι χαμηλότερα. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ .. Αβεβαιότητες των δοκιμών .. Εποχιακές διακυμάνσεις	Εργασίες συντήρησης αν $SFC_{50} < 0,28$ σε ευδυσχραιμίες $SFC_{50} < 0,31 - 0,40$ σε στραφές. Επιτήρηση αν $SFC_{50} < 0,40 - 0,50$ $\pm 0,05$ 0,03-0,10	Ευνήθης γωνία ολίσθ. 15° Ορία $\mu_{90} = 0,25$ αυτοκινητόδρ. $\mu_{50} = 0,25$ άλλοι οδοί (Χαρακτήρας οδηγιών). $\pm 0,06$	Δεν υπάρχουν κυβερνητικά όρια. Οι απαιτήσεις για νέες κατασκευές αφορούν το PSV του ασφραγούς. βλ. LR 739 SR 642	Ποικίλλει από πολιτεία σε πολιτεία.
Παρατηρήσεις για την επιλογή του εξοπλισμού του επισώτρου της δοκιμής κ.λπ. και απόψεις για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων άλλων μεθόδων.	Καλός συσχετισμός με αντίσταση ολίσθησης, λείο επίσωτρο μικρή διασπορά στοιχείων. Μεγαλύτερα επίπεδα ασφαλείας (εκτίμηση πιο επικίνδυνης κατάστασης).	Ερευνάται το πιο επικίνδυνο ποσοστό ολίσθησης. Για να προσομοιωθούν οι πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες μετράται ταυτόχρονα και η γωνία ολίσθησης.	Το SCRIM αναπτύχθηκε στη Βρετανία στην δεκαετία του '30. Δεν ήταν λοιπόν εφικτή η επιλογή άλλο εξοπλισμού.	Εαφής προσδιορισμός της κατάστασης. Ευνόητο, δεν είναι μειονέκτημα οι μικρότερες διαστάσεις επισώτρου. Άλλες μέθοδοι δοκιμών θεωρούνται μάλλον ισόδυναμες.

Χ Ω Ρ Α	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΕΛΒΕΤΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
Όνομασία εξοπλισμού δοκιμών	Skiddometer BV-11	Skiddometer BV-8	SCRIM	RED - Trailer
Αριθμός συσκευών σε χρήση	5	2 (1, Πανεπιστήμιο 1, ιδιωτική εταιρεία)	1 +1 (ιδιωτ.επιχείρ.)	3
Αντικείμενο δοκιμών - ανά έτος - ανά ημέρα Προσωπικό (συνολικά) Κόστος μετρήσεων FF/χιλ. ή θέση	500 Km 1 Km	200 ... 400 Km 50 ... 100 Km 2 350 FF	10.000-15.000Km 200Km	900-1000Km/συσκευή 10Km 3 900 FF
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - Θεμελιώδης αρχή - Ελαστικό επίσωτρο .. Πέλμα επίσωτρου .. Ελάχιστο πάχος πέλματος .. Ωφέλιμη ζωή .. φορτίο/εσωτερική πίεση - Σύστημα διαβροχής .. Πάχος στρώματος νερού .. Μετρήσεις υπό βροχή (ΝΑΙ/ΟΧΙ) .. Κατανάλωση νερού .. Χωρητικότητα βυτίου .. Αυτονομία - Ταχύτητες [Km/h] .. Κύρια .. Άλλες	Ποσοστό ολίσθ. 15% VTI 4,00-8 2mm 1000 N/140 KPa 0,5mm ΝΑΙ 125 l/Km 500 l 5 Km < 70,90,100 20-40-60-80	Μπλοκ.τροχός (+ποσοστό ολίσθησης 14%). 165 R 15 με ραβδώσεις 5mm 20 - 80 Km 0,5mm 70 l/Km 700 l 10 Km 40,60,80 40-120	Γυνία ολίσθηρ. 20° 3,00-20 λείο 200-600 Km 200Kg/3,5 bar 1mm ΟΧΙ 70 l/Km 4000l 50 Km 50 υπεραστ.οδοί 60 αστικές οδοί	Ποσοστό ολίσθησης 86% 165 R 15 λείο 400Km 2000N/200 KPa 0,5mm ΝΑΙ 80 l/Km 1000 l 10 Km 30,50,70 60,80,100 αυτ/μοι
ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΝ (Τιμές οδηγίων και/ή ποσοστό αποτελεσμάτων κάτω από τις τιμές οδηγίων). ΣΥΝΕΠΕΙΔΕΣ αν τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι χαμηλότερα. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ .. Αβεβαιότητες των δοκιμών .. Εποχιακές διακυμάνσεις	- Δεν υπάρχουν όρια παρά μόνον στατιστική σύγκριση με προηγ. δοκιμές. - Συντήρηση με σύγκριση με τις ιδιότητες υπαρχόντων δρόμων. ±0,05	$\mu_{50} = 0,52 \dots 0,48$ $\mu_{60} = 0,43 \dots 0,39$ $\mu_{80} = 0,36 \dots 0,32$ 10-6% των δοκιμών πιο κάτω από τις οδηγίες. ±0,02	SFC>0,50, "καλά" 0,40<SFC<0,50 "προειδοποίηση" SFC<0,40 "όριο επέμβασης".	μ_{50} ≥ 0,52 απαίτηση για τον εργολάβο. ≥ 0,44 "αποδεκτό" < 0,38 απαραιτήτη βελτίωση. ±0,02 ±0,04
Παρατηρήσεις για την επιλογή του εξοπλισμού του επίσωτρου της δοκιμής κ.λπ. και απόψεις για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων άλλων μεθόδων.	- μέγιστο ποσοστό ολίσθ.-τριβής καλός προσδιορισμός τριβής. - Ομοιομορφία και αργή φθορά χωρίς υπερθέρμανση. - Συνεχείς μετρήσ.	- Καλός προσδιορισμός της κατάστ.της τριβής - Μπλοκ.τροχός ευαίσθητος στην μακρούρη. Ελαστικό με ραβδώσεις ευαίσθητο στην μικρούρη, έτσι χαρακτηριζόμενος και των δύο.	Απλή τεχνολογία, μικρή πιθανότητα αποτυχίας, όχι προβλήματα κυκλαρορίας, γενικευμένη χρήση.	Το ποσοστό ολίσθησης 86% κάνει δυνατές συνεχείς μετρήσεις. Καλός συσχετισμός με ατυχήματα. Άλλοι μέθοδοι μέτρησης, είναι γενικά αποδεκτές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2 (συνέχεια)

ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Χ Ω Ρ Α	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	ΒΕΛΓΙΟ	ΙΡΛΑΝΔΙΑ	ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΚΗ ΓΕΡΜΑΝΙΑ
Όνομασία εξοπλισμού δοκιμών	SCRIM	SCRIM	SCRIM	Stuttgarter Reibungsmesser-SRM
Αριθμός συσκευών σε χρήση	1	1	1	(1 - Βαυαρία 4 - ερευνητικά κέντρα)
Αντικείμενο δοκιμών - ανά έτος - ανά ημέρα Προσωπικό (συνολικά) Κόστος μετρήσεων FF/χιλ. ή θέση	8.000Km 100Km 2 20FF	5.000 - 7.000Km 70Km 2 120FF	4.600Km 300Km 3 60 FF	1200x0,25 Km 15x0,25 Km 2
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - Θεμελιώδης αρχή - Ελαστικό επίσωτρο .. Πέλμα επίσωτρο .. Ελάχιστο πάχος πέλματος .. Ωφέλιμη ζωή .. φορτίο/εσωτερική πίεση - Σύστημα διαβροχής .. Πάχος στρώματος νερού .. Μετρήσεις υπό βροχή (NAI/OXI) .. Κατανάλωση νερού .. Χωρητικότητα βυτίου .. Αυτονομία - Ταχύτητες [Km/h] .. Κύρια .. Άλλες	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00 - 20 λείο 100 - 600Km 200Kg/3,5 bar 0,5 ... 1,0mm NAI 110 l/Km 3300 l 30Km 80, υπεραστ. οδοί 50, αστικοί οδοί	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00 - 20 λείο 500 - 1000Km 2.000N/3,5 bar 0,5mm NAI 70 l/Km 2700 l 60Km	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00 - 20 λείο 300 Km 2.700l 50 Km 50	Μηλοκαρισμένος τροχός Phoenix P3 με σχέδιο. 5mm 10-100 Km 3,5KN/1,5 bar 1mm NAI 200 l/Km 1.500l 20 x 0,25 Km 60 40,80
ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΝ (Τιμές οδηγίων και/ή ποσοστό αποτελεσμάτων κάτω από τις τιμές οδηγίων). ΣΥΝΕΠΕΙΔΕΣ αν τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι χαμηλότερα. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ .. Αβεβαιότητες των δοκιμών .. Εποχιακές διακυμάνσεις	SFC ₅₀ = 0,45 ... 0,55 SFC ₈₀ = 0,35 ... 0,45 25%	SFC ₅₀ = 0,40 ±2% - αστικές οδοί ±5% - αυτοκινητόδρομοι Ευστάσεις για όλους τους δρόμους.	SFC ₅₀ 0,50 "όριο ερτάσης" 0,40 "φτωχό" 0,30 "επικίνδυνο"	μ ₅₀ = 0,33 , μ ₈₀ = 0,42 μ ₃₀ = 0,26 10% των μετρήσεων μπορεί να είναι μικρότερες αυτών των τιμών. Ευστάσεις για βελτιώσεις ή προειδοποίηση.
Παρατηρήσεις για την επιλογή του εξοπλισμού του επίσωτρο της δοκιμής κ.λπ. και απόψεις για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων άλλων μεθόδων.	καλός συστηματικός με ατυχήματα, πρό-τυπος εξοπλισμός, η χρήση κανονικού ελαστικού χαρακτη-ρίζεται όχι σημα-ντική.	Ευλόγιο σύστημα, αποθή-κευση στοιχείων, το λείο ελαστικό αντιπρο-σωπεύει πιο επικίνδυνη κατάσταση.	Υψηλή ετήσια από-δοση, καλός συστη-ματικός με ατυχήμα-τα. Λείο επίσωτρο, αργή φθορά και ο-μοιόμορφη.	Εαρκής προσδιορισμός της κατάστασης της τριβής. Γερμανική συ-σκευή από το 1954. Ευσχέτιση με ατυχήμα-τα. Ίδια χρησιμοποι-είται επίσωτρο 165R15.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2 (συνέχεια)

ΟΔΙΣΗΡΟΤΗΤΑ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Χ Ω Ρ Α	ΚΑΝΑΔΑΣ	ΔΑΝΙΑ	Γ Α Λ Λ Ι Α	
Όνομασία εξοπλισμού δοκιμών	Skid-tester ASTME 274	Stradograph	SCRIM	Remorque de glissance LPC
Αριθμός συσκευών σε χρήση	1	1	1	3
Αντικείμενο δοκιμών - ανά έτος - ανά ημέρα Προσωπικό (συνολικά) Κόστος μετρήσεων FF/χιλ. ή θέση	50-2.000Km 200Km, 2 δοκιμές ανά Km, 75m/Km 8FF	6.500Km 80Km 2 175FF	9.000Km 100-150Km 2 120-150 FF	100-300 θέσεις σε τρεις ταχύτητες 3-5 θέσεις. 1.600 - 2.000 FF
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - Θεμελιώδης αρχή - Ελαστικό επίσωτρο .. Πέλμα επίσωτρο .. Ελάχιστο πάχος πέλματος .. Ωφέλιμη ζωή .. φορτίο/εσωτερική πίεση - Σύστημα διαβροχής .. Πάχος στρώματος νερού .. Μετρήσεις υπό βροχή (ΝΑΙ/ΟΧΙ) .. Κατανάλωση νερού .. Χωρητικότητα βυτίου .. Αυτονομία - Ταχύτητες [Km/h] .. Κύρια .. Άλλες	Μπλοκαρ. τροχός ASTME 501 με ραβδώσεις 4mm 100 - 150 Km 4.826N/165 K Pa 0,5mm ΟΧΙ 90 l/Km 1.140 l 13.15 Km 65 45-100	Γωνία ολίσθησης, 12°, συνεχείς μετρήσεις. PIARC 165 R 15 λείο 2.000 Km Ευνήθως 2.500N/1,5 bar (μέγιστο 5000N/3,0 bar) 0,2mm ΝΑΙ (ελαφρά βροχή) 92 l/Km 4.400 l 45 Km μ 60 10-140	Γωνία ολίσθ. 20° 3,00-20 λείο 500Km 200Kg/350 KPa 0,5mm ΟΧΙ 40 l/Km 5.000l 120 Km 60 40-100	Μπλοκαρισμένος τροχός 165 R 15 λείο 50 θέσεις 320Kg/180 KPa 1mm ΝΑΙ 300l (δύο γεμίσματα/ θέση και 3 ταχύτη- τες). 40-60-90 40-80-120
ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΝ (Τιμές οδηγίων και/ή ποσοστό αποτελεσμάτων κάτω από τις τιμές οδηγίων). ΣΥΝΕΠΕΙΣΕΣ αν τα αποτελέσματα των δοκιμών είναι χαμηλότερα. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ .. Αβεβαιότητες των δοκιμών .. Εποχιακές διακυμάνσεις	SN ₆₅ 40, όριο προειδοποίησης 30, όριο επέμβασης ±5SN	μ ₆₀ = 0,40 μ _x -μ _x +20 ≤ 0,1 Συστάσεις για βελτιώσεις ή προειδοποίηση. Περίπου 0,05 Περίπου 0,2	SFC ₆₀ <0,25 , <0,45 Εργασίες συντήρησης με διακριτικές προτεραιότητες <0,55 παρακολούθηση. ± 0,04 0,03 ... 0,08	Εκτιμάται η αθροιστική καμπύλη (10% και 90%).
Παρατηρήσεις για την επιλογή του εξοπλισμού του επισώτρου της δοκιμής κ.λπ. και απόψεις για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων άλλων μεθόδων.	Απλός χειρισμός ικανοποιητικός για απογραφή, πρότυπο επίσωτρο, συγκρίσιμα αποτελέσματα.	Χρησιμοποιείται από το 1951. Τα περισσότερα ατυχήματα οφείλονται σε πλευρικές δυνάμεις και φθαρμένα ελαστικά. Κατάλληλο για συνεχείς μετρήσεις. Ένα μικρό επίσωτρο δίνει άλλη μέτρηση από ένα κανονικό.	Υπάρχουν και αποδεδειγμένα κατάλληλος εξοπλισμός για συνεχείς μετρήσεις στο οδικό δίκτυο.	Καλή ευαισθησία, παρόμοιο με το φρενάρισμα σε έκτακτη ανάγκη. Προσομοιάζει τα ελαστικά κοντά στο οριακό πάχος πέλματος (1mm).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2 (συνέχεια)

2.3.1. Σχέση μεταξύ της μεθόδου ASTM E 274 και του ΒΡΕΤΤΑΝΙΚΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ (BPT)

Η συσχέτιση μεταξύ της μεθόδου ASTM E 274 και του Βρεττανικού εκκρεμούς χαρακτηρίζεται γενικά φτωχή. Οι δύο μέθοδοι παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές στις διάφορες μεταβλητές των δοκιμών, όπως είναι η ταχύτητα, το φορτίο, η έκταση της επιφάνειας του οδοστρώματος, που εξετάζεται, το σύστημα ελέγχου του στρώματος νερού κ.ά. Επί πλέον η ASTM E 274 χρησιμοποιεί ελαστικό επίσωτρο ενώ το Βρεττανικό εκκρεμές ένα μικρό ελαστικό πέλμα. Σημαντική είναι και η διαφορά στην θεμελιώδη αρχή κάθε μεθόδου. Σύμφωνα με την ASTM E 274 μετράται απ' ευθείας η δύναμη τριβής μεταξύ επισώτρου-οδοστρώματος, ενώ το BPT στηρίζεται στην εκτίμηση της αντίστασης ολίσθησης από τη διαφορά κινητικής και δυναμικής ενέργειας.

Υπάρχει μια σχέση μεταξύ του αριθμού ολίσθησης, SN, και των αποτελεσμάτων των δοκιμών του Βρεττανικού εκκρεμούς, BPN, η οποία χαρακτηρίζεται "όχι πολύ ικανοποιητική".

Από συσχέτιση των αποτελεσμάτων δοκιμών, που έγιναν σύμφωνα με τις μεθόδους ASTM E 274 και του Βρεττανικού εκκρεμούς, στην εθνική οδό Αθηνών-Κορίνθου προέκυψε η σχέση παλινδρόμησης.

$$(SN) = - 5,257 + 0,704 (BPN)$$

και

$$(BPN) = 26,961 + 0,844 (SN)$$

με συντελεστή συσχέτισης $R = 0,77$

2.3.2. Πρόβλεψη SN από τα χαρακτηριστικά της επιφανειακής υφής

Οι μετρήσεις SN, σύμφωνα με τη μέθοδο ASTM E 274, διεξάγονται συνήθως με την πρότυπη ταχύτητα των 40 mph και ορισμένες φορές στην "επικρατούσα ταχύτητα κυκλοφορίας".

Η μεταβολή της αντίστασης ολίσθησης είναι συνάρτηση της επιφανειακής υφής. Η μικροϋφή (Microtexture) καθορίζει την αντίσταση ολίσθησης στις μικρές ταχύτητες, καθορίζοντας το συντελεστή συνάφειας, και η μακροϋφή (Macrotexture) στις μεγαλύτερες ταχύτητες, καθορίζοντας το συντελεστή υστέρησης και το χρόνο αποστράγγισης του νερού από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Στην παράγραφο αυτή, αναφέρεται το πρότυπο LEU-HENRY, το οποίο μορφώνει μια μη γραμμική σχέση μεταξύ SN και βάθους μακροϋφής. Στο πλαίσιο αυτής της τεκμηριωμένης μεθόδου δίνονται οι πιο κάτω σχέσεις

πρόβλεψης που υπήρξαν αποτελέσματα προγράμματος δοκιμών στο πανεπιστήμιο της Πενσυλβανίας (PSU).

$$SN_v = SN_{40} \exp[-0,041 \times (V-40) \times (MD)^{-0,47}] \quad (1)$$

όπου, V = η ταχύτητα των δοκιμών, (μίλια/ώρα)

MD = το βάθος μακροϋφής σύμφωνα, με τη μέθοδο κηλίδος της άμμου, (ίντσες $\times 10^{-3}$)

SN_{40} = Αριθμός ολίσθησης για μέτρηση σε ταχύτητα δοκιμής
 $V = 40$ μίλια/ώρα

SN_v = Προβλεπόμενος αριθμός ολίσθησης ως συνάρτηση της ταχύτητας V

Αξιζει να σημειωθεί εδώ, ότι σε σχέση με την οδική ασφάλεια αξιόλογο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η με επιφύλαξη άποψη ότι η θεώρηση της παραγωγού (dSN/dV) σαν συνάρτηση της ταχύτητας δοκιμής θα μπορούσε να συμβάλει στην παραπέρα βελτίωση του χαρακτηρισμού της ολίσθηρότητας επιφανειών οδοστρωμάτων.

Από τη σχέση (1) υπολογίσθηκε το SN_0 , το οποίο είναι ένα θεωρητικό μέγεθος που αντιστοιχεί σε μηδενική ταχύτητα ($V=0$) δοκιμής και είναι συνάρτηση της μικροϋφής του οδοστρώματος. Οι τιμές του SN_0 συσχετίστηκαν γραμμικά με αποτελέσματα δοκιμών με τη μέθοδο εκκρεμούς, το οποίο θεωρήθηκε λόγω της χαμηλής του ταχύτητας ευαίσθητο στην μικροϋφή του οδοστρώματος.

Η σχέση που βρέθηκε ήταν :

$$(SN_0) = -31 + 1,38 (BPN) \quad (2)$$

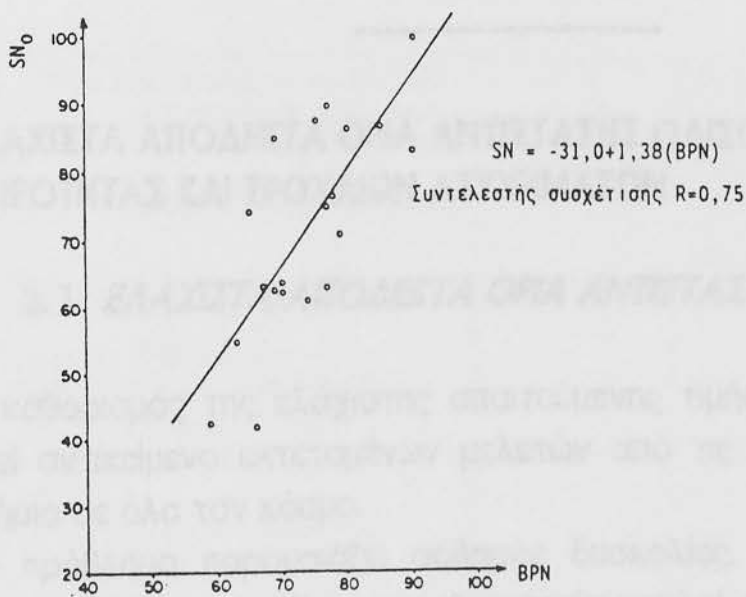
και ο συντελεστής συσχέτισης $R = 0,75$

Στο Σχήμα "2-10" απεικονίζεται γραφικά η σχέση μεταξύ SN_0 και BPN, από αποτελέσματα δοκιμών των Leu και Henry.

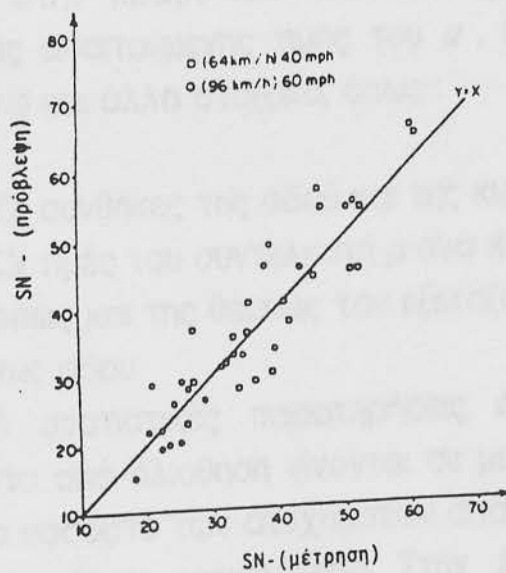
Συνδυάζοντας τις σχέσεις (1) και (2), προκύπτει η σχέση :

$$SN = (-31 + 1,38 BPN) \exp[-0,041 \times V \times (MD)^{-0,47}] \quad (3)$$

Στο Σχήμα "2-11" απεικονίζεται η σχέση των μετρήσεων με τις προβλέψεις της σχέσης (3).



Σχήμα "2-10" : Συσχέτιση SN_0 και BPN κατά Leu και Henry



Σχήμα "2-11" : Σχέση SN - (μέτρησης) και SN - (πρόβλεψης) από μετρήσεις BPN και MD.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

3.1. ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Ο καθορισμός της ελάχιστης απαιτούμενης τιμής του μ , αποτέλεσε και αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένων μελετών από τις διάφορες Υπηρεσίες και εργαστήρια σε όλο τον κόσμο.

Το πρόβλημα παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες. Ενώ εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι θα ήταν ιδεώδες να καθοριστούν υψηλοί συντελεστές, οι οποίοι θα μείωναν την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα στο ελάχιστο, αυτό δεν είναι οικονομικά και πρακτικά εφικτό. Οι εξεταζόμενοι παράγοντες είναι πολλοί, όπως η δαπάνη, οι τεχνικές δυσχέρειες κατασκευής κλπ. Πράγματι, αφ' ενός μεν η δαπάνη για την κατασκευή επιφανειών με εξαιρετικά υψηλό συντελεστή μ , ώστε να αποκλείονται τα ατυχήματα από ολίσθηση, αφ' ετέρου δε οι τεχνικές δυσχέρειες που παρουσιάζονται στις κατασκευές αυτές, περιορίζουν την επίτευξη στην πράξη των δυνατών τιμών του μ . Για τον καθορισμό της ελάχιστης απαιτούμενης τιμής του μ , πρέπει να ληφθούν υπόψη εκτός των παραπάνω και άλλα στοιχεία, όπως :

- α. Οι συνθήκες της οδού και της κυκλοφορίας .
- β. Οι τιμές του συντελεστή μ ανά κατηγορία οδού, όπως και της θέσεως του εξεταζόμενου τμήματος της οδού.

Από στατιστικές παρατηρήσεις έχει διαπιστωθεί ότι τα περισσότερα ατυχήματα από ολίσθηση γίνονται σε μεγάλες οδούς Α' κατηγορίας και ότι σε αυτές το ποσοστό των ατυχημάτων από ολίσθηση είναι, σε σχέση με το σύνολο των ατυχημάτων, μεγαλύτερο. Στην Αγγλία τα ποσοστά ατυχημάτων από ολίσθηση, σε σχέση με το σύνολο των ατυχημάτων ήταν :

Σε οδούς Α' κατηγορίας το 26% του συνόλου.

Σε οδούς Β' κατηγορίας το 23% του συνόλου.

Σε οδούς Γ' κατηγορίας το 18% του συνόλου.

Οπωσδήποτε, σήμερα σε πολλές χώρες έχουν θεσπισθεί όρια ελαχίστων απαιτούμενων τιμών, για τον συντελεστή μ , τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 3-

Πίνακας 3-1

ΧΩΡΑ	Αγγλία : μετρήσεις με το φορητό εκκρεμές RRL (pendulum)	Γαλλία : μετρήσεις με το εκκρεμές Leroux		
Κατηγορία οδού	Χαρακτηρισμός θέσης στην οδό	Ελάχιστη τιμή μ	Ελάχιστη τιμή του μ	Χαρακτηρισμός επιφάνειας
A	«Δύσκολες» θέσεις σαν : I Κυκλικοί κόμβοι II Καμπύλες με ακτίνα $R < 150 \mu$ σε υπεραστικές οδούς. III Τμήματα με κλίση μεγαλύτερη του 5%. Προσεγγίσεις σε φωτεινούς σηματοδότες σε υπεραστικές οδούς.	> 65	> 75	Αρκετά ικανοποιητική
B	IV. Αυτοκινητόδρομοι γενικά και αστικές οδοί με βαρεία κυκλοφορία (πάνω από τα 2000 οχήματα την ημέρα.)	> 55	> 65	Ικανοποιητική
Γ	Υπόλοιπες θέσεις	> 45	> 55	Ικανοποιητική μόνο απο ωρισμένες ευνοϊκές προϋποθέσεις
Δ		≤ 45	≤ 55	Κακή Σοβαρός κίνδυνος ολίσθησης.
Σημείωση : Για τις κατηγορίες A και B όπου οι αναπτυσσόμενες ταχύτητες υπερβαίνουν τα 95 χλμ / ώρα απαιτείται επιπλέον η «επιφανειακή υφή» να είναι > 0,65 χιλ				

3. 2. ΣΧΕΣΗ ΟΛΙΣΘΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Είναι γνωστό πλέον ότι τα ατυχήματα που οφείλονται σε ολισθηρό οδόστρωμα προκαλούν κάθε χρόνο υψηλό αριθμό θυμάτων. Το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων των Ελληνικών οδών οφείλεται κυρίως :

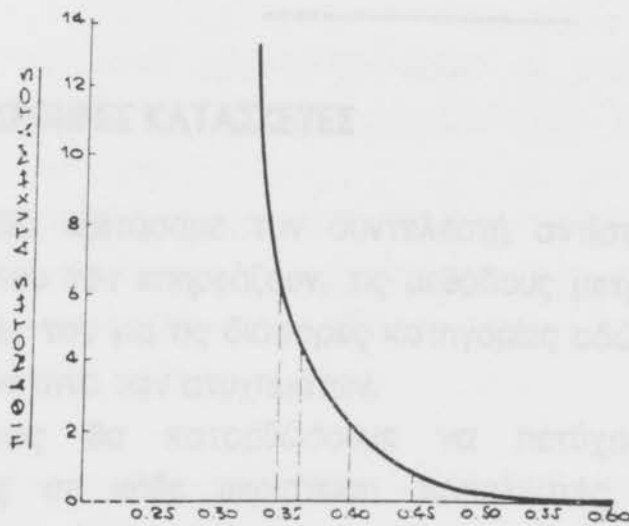
- 1 - Στην ευρεία χρήση αδρανών υλικών ασβεστολιθικής προέλευσης τα οποία λειαινούνται εύκολα .
- 2 - Στην χρήση μαλακής ασφάλτου ως συνδετικού υλικού .
- 3 - Στην ύπαρξη στην επιφάνεια κυλίσεως πολύ λεπτής σκόνης (πούδρας) η οποία δρα ως λιπαντική ουσία μετά από ελαφρά διαβροχή του οδοστρώματος
- 4 - Στην ελλιπή γνώση του προβλήματος από πολλούς, νέους κυρίως, οδηγούς και στη χαμηλή στάθμη ικανότητας των Ελλήνων οδηγών σε σχέση με τους συναδέλφους τους άλλων χωρών της κοινότητας .
- 5 - Στην αμέλεια της πλειοψηφίας των Ελλήνων οδηγών όσον αφορά την αντικατάσταση των ελαστικών επισώτρων πριν αυτά καταστούν επικίνδυνα .
- 6 - Στην αμελή συντήρηση των αυτοκινήτων στην Ελλάδα, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή ρύπανση των επιφανειών κυλίσεως με λιπαντικά λάδια .
- 7- Μια άλλη διαπίστωση είναι ότι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα ατυχήματα από ολίσθηση είναι και τα στοιχεία χα - ρά ξ ε ω ς της οδού, τα οποία παίζουν αποφασιστικό ρόλο και εντοπίζουν ορισμένες επικίνδυνες θέσεις. Έτσι, αν χαρακτηριστεί με 1 ο βαθμός του κινδύνου για ατύχημα από ολίσθηση σε ευθύγραμμο και οριζόντιο τμήμα μιας οδού, όπως απέδειξαν σχετικές έρευνες, ο βαθμός του κινδύνου σε δυσχερείς θέσεις της οδού εμφανίζεται ως εξής :

1 Σε τμήματα με μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας	1,8
2 Σε τμήματα με ελαφριά κλίση	3,8
3 Στις διασταυρώσεις	7,3
4 Σε τμήματα με μεγάλη κλίση (άνω του 5%)	13,0
5 Σε τμήματα με μικρή ακτίνα καμπυλότητας (< 150 μ .)	48,0
6 Στους κόμβους	80,0

Όπως είναι γνωστό, για κάθε ατύχημα συντάσσεται από το αρμόδιο τμήμα Τροχαίας το "Δελτίο Ατυχήματος" στο οποίο αναγράφεται το πιθανό αίτιο του συμβάντος. Οι αστυνομικές αρχές όμως ενημερώνονται συνήθως για τα ατυχήματα σωματικών βλαβών, ενώ ατυχήματα όπου προκαλούνται μόνο υλικές ζημιές δεν αναφέρονται στην αστυνομία. Οι ασφαλιστικές εταιρείες είναι εκείνες που μπορούν να δώσουν περισσότερα στοιχεία. Για να εκτιμηθεί με ακρίβεια η συμβολή της ολισθηρότητας της επιφάνειας στην αύξηση των ατυχημάτων απαιτείται αντικειμενική καταγραφή των συνθηκών κάθε ατυχήματος από εξειδικευμένα όργανα και συσχετισμός των στοιχείων με τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του οδοστρώματος. Επειδή όμως η καταγραφή αυτή είναι δύσκολη, τουλάχιστον για το σύνολο των ατυχημάτων, η εκτίμηση του αριθμού ατυχημάτων λόγω ολίσθησης γίνεται είτε από δειγματοληπτικές έρευνες είτε από το σύνολο των ατυχημάτων που συνέβησαν σε βρεγμένο οδόστρωμα.

Από τις δειγματοληπτικές έρευνες που έγιναν σε διάφορες χώρες, παρά το ότι τα αποτελέσματα διαφέρουν ελαφρώς, προκύπτει το ίδιο σημαντικό συμπέρασμα : " η συχνότητα και σφοδρότητα των ατυχημάτων σε βρεγμένο δρόμο είναι πολλαπλάσια της συχνότητας σε στεγνό δρόμο και η σχέση είναι μεγαλύτερη όσο τα επίπεδα της αντίστασης σε ολίσθηση είναι χαμηλότερα " .

Έχει αποδειχθεί ότι η τιμή του συντελεστή μ έχει άμεση σχέση με τον κίνδυνο να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση . Στο Σχήμα "3-1" παρατηρούμε ότι ο κίνδυνος να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση, σε ένα τμήμα οδού, είναι τουλάχιστον 2, 4, 6 και πλέον φορές μεγαλύτερος σε τμήματα όπου ο συντελεστής είναι αντιστοίχως 0,40 , 0,37 και 0,35 , από τον κίνδυνο να συμβεί αυτό σε τμήμα οδού με συντελεστή 0,45 .



Σχήμα "3-1" : Σχέση μεταξύ του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση και της πιθανότητας να συμβεί ένα ατύχημα από ολίσθηση.

Η στατιστική επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων δείχνει ότι :

- Η συχνότητα ατυχημάτων από ολίσθηρότητα της οδού σε αστικές περιοχές είναι περίπου 3 φορές μικρότερη από αυτή σε υπεραστικές λεωφόρους.
- Ο αριθμός ατυχημάτων από ολίσθηρότητα αντιπροσωπεύει περίπου το 14-15 % του συνολικού αριθμού ατυχημάτων.
- Τα ατυχήματα τείνουν να μειωθούν όσο αυξάνει η ηλικία του οδηγού
- Οι οδηγοί βαρέων οχημάτων αντιμετωπίζουν με μικρότερη συχνότητα ατυχήματα λόγω ολίσθηρότητας.
- 40% των οχημάτων σε ατυχήματα ολίσθηρότητας είναι ιδιωτικής χρήσης και πάνω από 30% μοτοποδήλατα.
- Τα ατυχήματα την νύχτα παρουσιάζουν συνεχή αύξηση από το 1950 παρ' όλη την βελτίωση του φωτισμού των οδών.

- - -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Μέχρι εδώ εξετάσαμε τον συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση, τους παράγοντες που τον επηρεάζουν, τις μεθόδους μετρήσεως και τις ελάχιστες απαιτητές τιμές του για τις διάφορες κατηγορίες οδών και τέλος την επίδρασή του στην συχνότητα των ατυχημάτων.

Πώς όμως θα κατορθώσουμε να πετύχουμε στην πράξη τους απαιτούμενους σε κάθε περίπτωση συντελεστές και μάλιστα κατά τον οικονομικότερο τρόπο ;

Για μία πρώτη προσέγγιση του προβλήματος αυτού, το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον Μηχανικό- οδοποιό, θα εξετάσουμε την συμβολή των στοιχείων εκείνων, τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδοστρώματος από άποψη ολισθηρότητας.

Η εκλογή των κατάλληλων υλικών μιας αντιολισθηρής κατασκευής διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο για την επίτευξη της επιφανειακής τραχύτητας από την οποία εξαρτάται η ασφάλεια του χρήστη. Παράλληλα πρέπει να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική συμπεριφορά ενός αντιολισθηρού οδοστρώματος για επαρκές χρονικό διάστημα.

Όπως αναφέρθηκε, η τραχύτητα διακρίνεται σε μικροϋφή και μακροϋφή. Η μικροϋφή εξαρτάται από την φύση του πετρώματος από το οποίο προέρχονται τα αδρανή, ενώ η μακροϋφή από τον τύπο και τη σύνθεση της στρώσης κυκλοφορίας. Η ανάγκη κάλυψης των απαιτήσεων για την τραχύτητα είναι απαραίτητη για επαρκή αντίσταση στην ολίσθηση σε όλο το φάσμα των ταχυτήτων.

Ας θεωρήσουμε μία επιφάνεια ενός οδοστρώματος. Αυτή χαρακτηρίζεται από τα χρησιμοποιούμενα αδρανή υλικά, από το συνδετικό και από τη μέθοδο κατασκευής που εφαρμόζεται . Η αντίσταση συνεπώς σε ολίσθηση της επιφάνειας αυτής, θα εξαρτάται από τους τρεις αυτούς παράγοντες τους οποίους θα εξετάσουμε στην συνέχεια.

4.1. ΤΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΑΔΡΑΝΕΣ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Το αδρανές υλικό χρησιμοποιούμενο σε ποσοστό 95% περίπου στην σύνθεση των επιφανειών κύλισης, αποτελεί τον κυριότερο συντελεστή της αντίστασης σε ολίσθηση.

Η ικανοποιητική συμπεριφορά ενός αντιολισθηρού οδοστρώματος για επαρκές χρονικό διάστημα, εξαρτάται κυρίως από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών.

Οι ιδιότητες αυτές είναι :

4.1.1. Η αντίσταση στη στίλβωση και την απότριψη

Σαν στίλβωση εδώ εννοούμε την απώλεια μικροϋφής, ενώ απότριψη είναι η απώλεια μακροϋφής.

Η στίλβωση της επιφάνειας των αδρανών υλικών είναι σύνθετο φαινόμενο και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Το αρχικό επίπεδο μικροϋφής των θραυσιγενών επιφανειών των αδρανών εξαρτάται κυρίως από την ορυκτολογική σύσταση και τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, όπως το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων του, η συνεκτικότητα μεταξύ των ορυκτολογικών συστατικών κ.α.

Η διατήρηση αυτής της μικροϋφής σε σχέση με την λειαντική και στίλβωτική δράση της κυκλοφορίας, εξαρτάται από τη σκληρότητα και την σύνθεση των ορυκτολογικών συστατικών του πετρώματος καθώς και από το μηχανισμό ανανέωσης της επιφανειακής υφής.

Ο ρυθμός αυτής της ανανέωσης καθορίζει και την αντίσταση σε απότριψη των αδρανών υλικών, δηλαδή την διατήρηση της αρχικής μακροϋφής.

Η εκτίμηση της αντίστασης σε στίλβωση γίνεται με την πρότυπη μέθοδο AGGRAGATE POLISHED STONE VALUE (PSV) της δε αντοχής σε απότριψη με τη δοκιμή AGGRAGATE ABRASION VALUE (AAV) που περιλαμβάνονται στο BS 812 : 1975.

Παραλλαγή της μεθόδου PSV περιλαμβάνεται στα ASTM (D 3319).

ΣΗΜΒΩΣΗ : Μια πολύ γνωστή μέθοδος ελέγχου που γενικά εφαρμόζεται για την εκτίμηση της ποιότητας των αδρανών υλικών και που περιλαμβάνεται στις περισσότερες προδιαγραφές, είναι η δοκιμή LOS ANGELES (ASTM C-131) .

Η δοκιμή αυτή αποτελεί ένα κριτήριο για τη μηχανική αντοχή και τη συνεκτικότητα του πετρώματος , δεν δίνει όμως άμεσα την αντίσταση του πετρώματος στη στίλβωση και την απότριψη.

4. 1. 2. Η μηχανική αντοχή

Πέρα από τις δύο προηγούμενες χαρακτηριστικές ιδιότητες (αντίσταση σε στίλβωση και απότριψη), πρέπει το πέτρωμα να έχει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή για τις σύνθετες καταπονήσεις που θα υποστεί κατά την παραγωγή των αδρανών και του ασφαλτομίγματος, τη διάστρωση και την κυλίνδρωση, καθώς και από την κυκλοφορία.

Οι καταπονήσεις αυτές είναι κυρίως: κρούση, θλίψη και συντριβή.

Η εκτίμηση της συμπεριφοράς του πετρώματος γίνεται συνήθως με τις εξής δοκιμές:

- α) Αντοχή σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES (ASTM C-131 και C-535)
- β) Αντοχή σε θλίψη κατά ASTM C 170-50.
- γ) Αντοχή σε κρούση (IMPACT TEST) κατά το BS 812 : 1975.
- δ) Αντοχή σε συντριβή (CRUSHING TEST) κατά το BS 812 : 1975.

4. 1. 3. Το μέγεθος μέγιστου κόκκου, το σχήμα κόκκων και η κοκκομετρική διαβάθμιση

Η μακροϋφή επηρεάζεται κυρίως από το μέγιστο μέγεθος κόκκου και τη κοκκομετρική διαβάθμιση, κυρίως του χονδρόκοκκου αδρανούς.

Για τα συνήθη ασφαλτικά σκυροδέματα της στρώσης κυκλοφορίας το χονδρόκοκκο υλικό κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 19,0 mm (3/4 in) και 4 mm ή 2,36 mm (No 8). Ποικιλία διαβαθμίσεων και αναλογιών συνθέσεως έχουν χρησιμοποιηθεί και περιλαμβάνονται στις διεθνείς προδιαγραφές.

Στόχος όλων είναι, πέραν από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας (μακροϋφή, συντελεστής τριβής), να επιτύχουν υψηλή ευστάθεια και αδιαπερατότητα. Για δρόμους με μικρότερες σχετικά ταχύτητες εφαρμόζονται τα "κλειστού τύπου" μίγματα, ενώ για υψηλότερες ταχύτητες τα "ανοιχτού τύπου" ή άλλες επεξεργασίες (έμπηξη ψηφίδων κλπ.).

Γενικά υπάρχει η τάση για χρησιμοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού χονδρόκοκκου στο συνολικό μίγμα αδρανών και μέγιστο κόκκο 12-19 mm (1/2 - 3/4 in).

Είναι επίσης δυνατόν, για λόγους οικονομίας και κυρίως σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν κατάλληλα σκληρά αδρανή υλικά, να χρησιμοποιηθεί σκληρό πέτρωμα μόνο για το χονδρόκοκκο κλάσμα (π. χ. πάνω από 2 mm) και το υπόλοιπο, δηλαδή άμμος και φίλλερ, από επιτόπια προσφερόμενο υλικό (συνήθως ασβεστόλιθο). Το αποτέλεσμα, ελάχιστα θα επηρεαστεί αφού στα

ασφαλτικά μίγματα το χονδρόκοκκο αδρανές είναι εκείνο που προεξέχει στην επιφάνεια και έρχεται σε επαφή με τον τροχό και επομένως κατά σημαντικό ποσοστό συμβάλλει στην αντίσταση στην ολίσθηση.

Η ρύθμιση της επιφανειακής υφής γίνεται κατά τη μελέτη συνθέσεως με τη μεταβολή της αναλογίας του λεπτόκοκκου υλικού (κάτω από 2 mm) στο συνολικό μίγμα. Επίσης το σχήμα των κόκκων έχει σημαντική επίδραση στη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Στις ασφαλτικές επιφανειακές στρώσεις οι γωνιώδεις και κυβικού σχήματος κόκκοι προτιμώνται από τους στρογγυλευμένους και πλακοειδείς κόκκους, γιατί βελτιώνουν τη διατμητική αντοχή του ασφαλτομίγματος, λόγω καλύτερης αλληλεμπλοκής των κόκκων και συγχρόνως συμβάλλουν στην επίτευξη μεγαλύτερης αντίστασης στην ολίσθηση.

4.2. ΤΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ

Γενική απαίτηση για την κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειών είναι ότι δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να υπάρχει περίσσεια ασφαλτικού συνδετικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος, ούτε να παρουσιάζεται πλεόνασμα ασφάλτου (εξιδρωση) λόγω συμπυκνώσεως από την κυκλοφορία ή από άλλες αιτίες. Η κάλυψη των επιφανειακών κόκκων των αδρανών από την ασφαλτο έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ολισθηρής επιφάνειας.

Εξ άλλου, όμως, δεν θα πρέπει ο ασφαλτοτάπητας, να είναι φτωχός σε συνδετικό, γιατί τότε αποσπώνται εύκολα από αυτόν κόκκοι αδρανών με αποτέλεσμα τη φθορά του οδοστρώματος αλλά και την λείανση των κόκκων που απομένουν. Απαιτείται συνεπώς, εκτέλεση ειδικής μελέτης συνθέσεως του ασφαλτομίγματος ώστε να αποφευχθούν τα παραπάνω μειονεκτήματα αφ' ενός και αφ' ετέρου να διασφαλισθεί μέσω του κατάλληλου μηχανισμού η πιστή εφαρμογή της μελέτης.

Το κυρίως χρησιμοποιούμενο συνδετικό για τις κανονικού πάχους ασφαλτικές στρώσεις κυκλοφορίας, στις περισσότερες χώρες, εξακολουθεί να είναι η καθαρή ασφαλτος, λόγω του χαμηλού κόστους της. Παραλλαγές υπάρχουν ως προς τον χρησιμοποιούμενο τύπο της ασφάλτου (40/50, 60/70 ή 80/100) και τη χρήση ή όχι μιγμάτων πίσσας και ασφάλτου.

Στη χώρα μας η αποκλειστική σχεδόν μέχρι τώρα χρήση της ασφάλτου τύπου 80/100 έχει δημιουργήσει προβλήματα, λόγω του θερμού κλίματος, τα οποία επιτείνουν το πρόβλημα της ολισθηρότητας των οδοστρωμάτων που υπάρχει γενικά λόγω της χρήσης ασβεστολιθικών αδρανών υλικών. Τα

προβλήματα παρουσιάζονται κυρίως με τις εκτεταμένες εξιδρώσεις στους παλιούς ασφαλτοτάπητες και τις πλαστικές παραμορφώσεις που παρατηρούνται κυρίως μέσα στις πόλεις.

Χώρες με ανάλογο κλίμα (Γαλλία) έχουν μετακινηθεί σε σκληρότερους τύπους ασφάλτου, αρχικά 40/50 και αφού δοκιμασαν άλλου είδους προβλήματα (από φθορές λόγω κόπωσης) κατέληξαν στη χρήση καθαρής ασφάλτου τύπου 60/70 ως του βασικού τύπου για το μεγαλύτερο ποσοστό των κατασκευών επιφανειακών και λοιπόν στρώσεων.

Στη προσπάθεια βελτίωσης της συμπεριφοράς των οδοστρωμάτων στους συνεχώς αυξανόμενους κυκλοφοριακούς φόρτους έχει δοκιμαστεί η χρήση διαφόρων προσθέτων βελτιωτικών της ασφάλτου στις εξής κυρίως περιπτώσεις :

Στις επιστρώσεις γεφυρών, στις ειδικές επιφανειακές επαλήψεις, στους λεπτούς και πολύ λεπτούς ασφαλτοτάπητες και γενικά στις αντιολισθηρές στρώσεις. Τα κυριώτερα πρόσθετα που έχουν χρησιμοποιηθεί και έχουν δώσει τη πιο ικανοποιητική συμπεριφορά είναι τα εξής :

- Τα θερμοπλαστικά πολυμερή (πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, EVA και PVC)
- Τα ελαστομερή πολυμερή (πολυβουταδιένιο, πολυισοπροπένιο, στυρένιο, βουταδιένιο)
- Τα θερμοπλαστικά ελαστομερή (θερμοπλαστικό καουτσούκ, όπως τα συμπολυμερή Στυρένιο-Βουταδιένιο-Στυρένιο).

Οι στόχοι της ανάπτυξης των βελτιωμένων συνδετικών είναι οι εξής :

- Μία επαρκής αύξηση στο ιξώδες (σημείο μάλθωσης) στις υψηλότερες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα οδοστρώματα για την αποφυγή πλαστικών παραμορφώσεων.

- Μία αύξηση στην ευκαμψία και ελαστικότητα των συνδετικών στις χαμηλές θερμοκρασίες για την αποφυγή δημιουργίας ρηγματώσεων και απώλειας ψηφίδων.

- Μία βελτίωση στα χαρακτηριστικά αντοχής σε κόπωση των συνδετικών αυτών και των σχετικών ασφαλτομιγμάτων.

- Η ομογένεια, σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες και αντίσταση στη γήρανση μπορεί να βελτιωθούν, βοηθώντας έτσι στη μείωση της σκλήρυνσης των συνδετικών κατά την ανάμιξη και τη διάστρωση.

Εκτός από τα παραπάνω πολυμερή πρόσθετα, για τα οποία παρουσιάζεται τελευταία μεγάλο ενδιαφέρον και βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στις λεπτές επιφανειακές στρώσεις (Γαλλία, Γερμανία κλπ.), έχουν δοκιμαστεί κατά καιρούς ποικιλίες προσθέτων ουσιών με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς του ασφαλικού σκυροδέματος. Οι κυριότερες από αυτές είναι :

1. Ορυκτά φίλλερ : (παιπάλη, υδράσβεστος, τσιμέντο πόρτλαντ,

- αιθάλη, θειάφι).
2. Ίνες (αμιάντου, συνθετικές κλπ.).
3. Οξειδωτικά (άλατα μαγγανίου κλπ.).
4. Αντιοξειδωτικά (ενώσεις μολύβδου, άνθρακας, άλατα ασβεστίου).
5. Υδρογονάνθρακες (έλαια ανακύκλωσης, αναγεννητικά κλπ.).
6. Αντιϋδρόφιλα (αμίνες, υδράσβεστος).

4. 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

4. 3. 1. Γενικά

Η διάκριση μεταξύ των επιφανειακών στρώσεων των οδοστρωμάτων σε "κοινές" και "αντιολισθηρές" έχει σχέση με τη χρήση ή όχι σ' αυτές σκληρών μη ασβεστολιθικών αδρανών υλικών.

Στην ουσία, βέβαια, ο όρος "αντιολισθηρή" στρώση θα έπρεπε να αναφέρεται στην επίτευξη και τη διατήρηση ή όχι, σε σχέση με το συσσωρευμένο κυκλοφοριακό φόρτο, των αντιολισθηρών ιδιοτήτων της επιφάνειας, δηλαδή επαρκούς αντίστασης στην ολίσθηση σε όλες τις αναπτυσσόμενες ταχύτητες.

Το βασικό κριτήριο στην επιλογή "κοινής" ή "αντιολισθηρής" στρώσης στις νέες κατασκευές πρέπει να είναι ο προβλεπόμενος κυκλοφοριακός φόρτος και οι προβλεπόμενες ταχύτητες.

Οι κυριότερες γνωστές μέθοδοι κατασκευής που εφαρμόζονται διεθνώς στην κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας στους σημαντικούς δρόμους είναι οι εξής :

- Το ασφαλτικό σκυρόδεμα
- Οι πορώδεις τάπητες
- Η μέθοδος έμπηξης ψηφίδων
- Οι λεπτοτάπητες από θερμό ασφαλτόμιγμα
- Ο σφραγιστικός ασφαλτοπολτός (SLURRY SEAL)
- Οι επιφανειακές επαλήψεις (SURFACE DRESSINGS)

Στη χώρα μας έχουν δοκιμαστεί σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα όλες σχεδόν οι μέθοδοι, εκτός των "θερμών λεπτοταπήτων", έχει όμως επικρατήσει τα τελευταία χρόνια να γίνεται αποκλειστική σχεδόν χρήση της μεθόδου έμπηξης ψηφίδων με εξαίρεση την εφαρμογή, σε περιορισμένη κλίμακα, του SLURRY SEAL .

Ο λόγος γι' αυτό είναι οι περιορισμένες ποσότητες σκληρού αδρανούς (ψηφίδων) που απαιτούνται (περίπου 7-10 ΚΓ/Μ²) σε σύγκριση με τις ποσότητες που απαιτεί η κατασκευή αντιολισθηρού τάπητα από ασφαλτικό σκυρόδεμα με το σύνολο ή μέρος των αδρανών από σκληρό υλικό.

Τα μειονεκτήματα που έχουν διαπιστωθεί από τη χρήση της μεθόδου έμπηξης ψηφίδων, συνοπτικά, είναι τα εξής :

- ανομοιόμορφη επιφάνεια κυλίσεως
- γρήγορη πτώση του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση
- ανώμαλη επιφάνεια
- ανεπαρκής συνήθως συμπύκνωση (λόγω μη τήρησης θερμοκρασιών) της επιφανειακής στρώσης
- δημιουργία θορύβου

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν γίνει έρευνες, από το Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων, με σκοπό την εξεύρεση πηγών σκληρών πετρωμάτων που είναι κατάλληλα για την παραγωγή αδρανών για αντιολισθηρές κατασκευές.

Ένα σκληρό αδρανές πέτρωμα είναι και η **σ μ ύ ρ ι δ α**, πλούσια κοιτάσματα της οποίας υπάρχουν στην Νάξο, που είναι γνωστή, από τα αρχαία χρόνια, σαν υλικό λείανσης και στίλβωσης. Το κύριο συστατικό της σμύριδας είναι το κορουνδίο, δηλ. οξειδίο του αργιλίου (Al_2O_3). Η σκληρότητα του κορουνδίου είναι 9 στην κλίμακα του MOHS, δηλ. το σκληρότερο υλικό μετά το διαμάντι. Από τις έρευνες που έγιναν φαίνεται ότι η κατασκευή αντιολισθηρής επάληψης με τη χρησιμοποίηση σμύριδας έδωσε εξαιρετα αποτελέσματα και κρίνεται σκόπιμο να εφαρμόζεται σε επικίνδυνες θέσεις των οδοστρωμάτων, δεδομένου ότι για οικονομικούς λόγους δεν είναι δυνατή η εκτεταμένη εφαρμογή της κατασκευής αυτής.

4. 3. 2. Ασφαλτικό σκυρόδεμα

Ο όρος "ασφαλτικό σκυρόδεμα" εφαρμόζεται σε όλα τα "εν θερμώ" παραγόμενα και "εν θερμώ" διαστρωνόμενα και κυλινδρούμενα ασφαλτικά μίγματα και διακρίνεται σύμφωνα με τη διαβάθμισή τους ή τα περιεχόμενα κενά αέρος ως :

κλειστού τύπου, ανοικτού τύπου ή πορώδη :

- κλειστού τύπου, με κενά αέρος < 5%
- ανοικτού τύπου με κενά αέρος μεταξύ 5 και 15%
- πορώδη με κενά αέρος > 15%

Οι στρώσεις κυκλοφορίας από ασφαλτικό σκυρόδεμα διακρίνονται επίσης ανάλογα με το πάχος τους ως :

- κανονικές στρώσεις > 40 mm
- λεπτές στρώσεις 20 έως 40 mm
- πολύ λεπτές στρώσεις ≤ 20 mm

Από τους παραπάνω τύπους οι πορώδεις τάπητες και οι λεπτές και πολύ λεπτές στρώσεις εξετάζονται χωριστά επειδή παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες στη σύνθεση και την κατασκευή τους.

Το ασφαλικό σκυρόδεμα κλειστού ή ανοικτού τύπου αποτελεί, διεθνώς, τον ευρύτερα χρησιμοποιούμενο τύπο ασφαλτομίγματος λόγω της ανθεκτικότητάς του ως προς το χρόνο και των υψηλών μηχανικών ιδιοτήτων που παρουσιάζει, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους ασφαλτομιγμάτων.

Οι μικρές παραλλαγές που παρατηρούνται αφορούν κυρίως την κοκκομετρική διαβάθμιση (συνεχής ή ασυνεχής) τον μέγιστο κόκκο, τα εφαρμοζόμενα πάχη και τη μελέτη συνθέσεως. Τα χρησιμοποιούμενα συνδετικά είναι καθαρή άσφαλτος, τύπων 40/50, 60/70, ή 80/100 ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, πίσσα ή μίγματα πίσσας/ασφάλτου καθώς και βελτιωμένη άσφαλτος.

Ως προς τα επιτυγχανόμενα επιφανειακά χαρακτηριστικά (μικροϋφή και μακροϋφή) αυτά εξαρτώνται από το χρησιμοποιούμενο αδρανές και την κοκκομετρική του σύνθεση. Χρησιμοποιείται συνήθως μίγμα αδρανών, όπως στη χώρα μας, για λόγους οικονομίας, με το χονδρόκοκκο κλάσμα (π.χ. πάνω από 2 ή 5 mm) από σκληρό αδρανές υλικό και το λεπτόκοκκο κλάσμα από ασβεστολιθική ή φυσική άμμο. Ο λόγος γι' αυτό είναι διότι αφ' ενός το λεπτόκοκκο κλάσμα έχει πολύ μικρή επίπτωση στις επιτυγχανόμενες αντιολισθηρές ιδιότητες, αφ' ετέρου διότι διευκολύνεται η συμπύκνωση του μίγματος.

Το μόνο, ίσως, μειονέκτημα του κλειστού τύπου ασφαλικού σκυροδέματος είναι το ότι δεν επιτυγχάνεται επαρκής μακροϋφή καθώς επίσης και το ότι υπάρχει η τάση, μετά από βαρεία κυκλοφορία, να παρουσιάζονται εξιδρώσεις.

Και τα δύο μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται με τη χρήση ανοικτότερων τύπων ασφαλικού σκυροδέματος (κενά > 5%).

Μία ενδιαφέρουσα παραλλαγή, με στόχο τη βελτίωση της μακροϋφής του κλειστού τύπου ασφαλικού σκυροδέματος, αποτελεί η εφαρμοζόμενη στο Βέλγιο μέθοδος της διανομής στην επιφάνεια, πριν από τη συμπύκνωση, προεπηλλειμένων ψηφίδων μεγέθους 4/7 mm σε ποσότητα 1,5 έως 2 kg/m².

4. 3. 3. Πορώδεις τάπητες

Σε σύγκριση με το "κλασσικό" ασφαλικό σκυρόδεμα τα πορώδη ασφαλτομίγματα διαφέρουν στα εξής :

- στο ποσοστό κενών > 20%
- στο πάχος υμένα του συνδετικού
- στο πάχος της στρώσεως (2 έως 4 cm)

Ο ρόλος των αυξημένων κενών είναι να αποστραγγίζουν το νερό της βροχής και να αποχετεύουν μέσω της αδιαπέρατης υποκείμενης στρώσης στα άκρα του οδοστρώματος. Ο λόγος για παχύτερο υμένα είναι για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας και της συνοχής των κόκκων επειδή ο ρυθμός οξειδωσης του συνδετικού, λόγω των κενών του μίγματος είναι αυξημένος.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι πορώδεις τάπητες είναι συνοπτικά τα εξής :

- μείωση του κινδύνου υδρολίσησης
- διατήρηση της αντίστασης στην ολίσθηση χωρίς πτώση στις υψηλές ταχύτητες
- καλύτερη ορατότητα λόγω μείωσης του πιτσιλίσματος και της διασποράς του νερού της βροχής
- βελτίωση της ορατότητας των διαγραμμίσεων
- μείωση του θαμπώματος και της ανάκλασης τη νύχτα
- μείωση του θορύβου επαφής λάστιχου/οδοστρώματος
- σημαντική μείωση της αντίστασης στη κύλιση λόγω του είδους της επιτυγχανόμενης μακροϋφής.

Τα κυριώτερα αφ' ετέρου μειονεκτήματα είναι τα εξής :

- μειωμένος χρόνος ζωής σε σύγκριση με τα ασφαλτοσκυροδέματα κλειστού τύπου (π.χ. περίπου 10 χρόνια)
- μείωση με το χρόνο των κενών με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας αποστράγγισης του νερού
- μειωμένη φέρουσα ικανότητα
- απαίτηση για ικανοποιητική ομαλότητα, εγκάρσια κλίση και στεγανότητα

της υποκείμενης στρώσης.

Λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων τους οι πορώδεις τάπητες βρίσκουν όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή σε πολλές χώρες και γίνεται προσπάθεια για τη βελτίωση της συμπεριφοράς τους και την αύξηση του χρόνου ζωής με τη χρήση βελτιωμένων συνδετικών και την έρευνα επί των εφαρμοζόμενων μεθόδων μελέτης σύνθεσής τους.

4. 3. 4. Μέθοδος έμπηξης ψηφίδων

Η μέθοδος της έμπηξης προεπαλειμμένων με άσφαλτο και σχεδόν ισόκοκκων ψηφίδων στην επιφάνεια του οδοστρώματος για τη βελτίωση των αντιολισθηρών του ιδιοτήτων αναπτύχθηκε αρχικά στη Μ. Βρετανία (από το 1930) και αργότερα σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Βέλγιο) επειδή τα ασφαλομίγματα που χρησιμοποιούσαν εκεί για τις επιφανειακές στρώσεις.(π.χ. HOT ROLLED ASPHALT στην Αγγλία), λόγω της σύνθεσής τους, (μεγάλο ποσοστό

λεπτόκοκκου αδρανούς και πλούσια σε ασφαλτικό συνδετικό) έδιναν λείες επιφάνειες. Αρχικά, δηλαδή, στις χώρες αυτές έδιναν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την εξασφάλιση της στεγνότητας του οδοστρώματος παρά για την επίτευξη επιφανειακής μακροϋφής. Σταδιακά η μέθοδος εφαρμόστηκε και για τη βελτίωση των επιφανειών του κλειστού τύπου ασφαλτικού σκυροδέματος.

Το σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζει είναι ότι σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ή κοστίζουν ακριβά τα σκληρά αδρανή υλικά, συνήθως δηλαδή σε περιοχές όπου επικρατούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα, οι απαιτούμενες ποσότητες για αδρανή ανωτέρας ποιότητας είναι μειωμένες.

Για παράδειγμα, για ψηφίδες μεγέθους 10/14 mm η απαιτούμενη ποσότητα είναι 6 έως 8 kg/m². Με την επιλογή του μεγέθους των ψηφίδων (π.χ. 6/10, 10/14 ή 14/20 mm) είναι δυνατή η ρύθμιση της επιθυμητής μακροϋφής ανάλογα με τις προβλεπόμενες ταχύτητες.

Τα κυριώτερα μειονεκτήματα της μεθόδου, από τη χρήση της στη χώρα μας, αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο(4.3.1). Σε σύγκριση με το ασφαλτικό σκυρόδεμα η πρόσθετη διαδικασία διανομής και έμπηξης των ψηφίδων καταλήγει σε αποκλίσεις από τις απαιτήσεις των ΠΠΠ (θερμοκρασία συμύκνωσης, ομαλότητα κλπ.). Επί πλέον λόγω μη επιμελημένης προεργασίας βαψίματος των ψηφίδων και επαρκούς πυκνότητας κατανομής η επιφάνεια που συνήθως προκύπτει παρουσιάζει ανομοιομορφία.

Τα παραπάνω μπορεί να βελτιωθούν εάν τηρούνται σχολαστικά οι απαιτήσεις των ΠΠΠ και γίνεται συστηματικός ποιοτικός έλεγχος.

4. 3. 5. Λεπτοτάπητες από θερμό ασφαλτόμιγμα

Ανάλογη διάδοση και ενδιαφέρον με τους πορώδεις τάπητες βρίσκουν τα τελευταία χρόνια σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία) και οι λεπτές (< 2 cm) επιστρώσεις από θερμό ασφαλτόμιγμα.

Οι επιστρώσεις αυτές γίνονται σε αστικούς αλλά και υπεραστικούς δρόμους με βαρεία κυκλοφορία για την αποκατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος κυρίως παρά για την ενίσχυσή του, επειδή οι υπάρχουσες κατασκευές έχουν ήδη υπερεπάρκεια φέρουσας ικανότητας από τις υποκείμενες στρώσεις.

Εκτός από κάποια οικονομία σε υλικά με τις λεπτές στρώσεις αποφεύγοντας έκτακτες δαπάνες για τις προσαρμογές με τις παράπλευρες κατασκευές του δρόμου ενώ εξασφαλίζονται ικανοποιητικά επιφανειακά χαρακτηριστικά ιδιαίτερα με τους τύπους ασυνεχούς διαβάθμισης οι οποίοι δίνουν επιφάνεια με επαρκή μακροϋφή και προσομοιάζουσα με την επιφάνεια των πορωδών ταπήτων.

Επιπλέον, με τα βελτιωμένα με πολυμερή συνδετικά που χρησιμο-ποιούν και άλλα πρόσθετα όπως ίνες (αμιάντου ή συνθετικές), επι-τυγχάνονται αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά (αποχή σε κόπωση κλπ.), ανθεκτικότητα ως προς το χρόνο και ικανοποιητικό εργάσιμο λόγω του αυξημένου ποσοστού συνδετικού (π.χ. 6 έως 7%) που επιτρέπει η παρουσία των ινών.

Οι εφαρμοζόμενοι τύποι διαφέρουν ως προς τα εξής :

- το μέγεθος των αδρανών (0/6, 0/8, 0/10 ή 0/11)
- τη κοκκομετρική διαβάθμιση (συνεχή ή ασυνεχή)
- τον τύπο και το ποσοστό του συνδετικού
- τα χρησιμοποιούμενα πρόσθετα (ίνες κλπ.)
- το εφαρμοζόμενο πάχος

Σημαντικός παράγοντας επιτυχίας στη συμπεριφορά και ανθεκτικό-τητα των λεπτών επιστρώσεων είναι η εξασφάλιση επαρκούς πρόσφυσης με την υποκείμενη στρώση. Αυτό γίνεται με την επιλογή του κατάλληλου τύπου συνδετικού και της ποσότητας για την συγκολλητική επάλειψη και την προεργασία της επιφάνειας (φρεζάρισμα, καθάρισμα) αν απαιτείται.

4. 3. 6. Ο σφραγιστικός ασφαλτοπολτός (SLURRY SEAL)

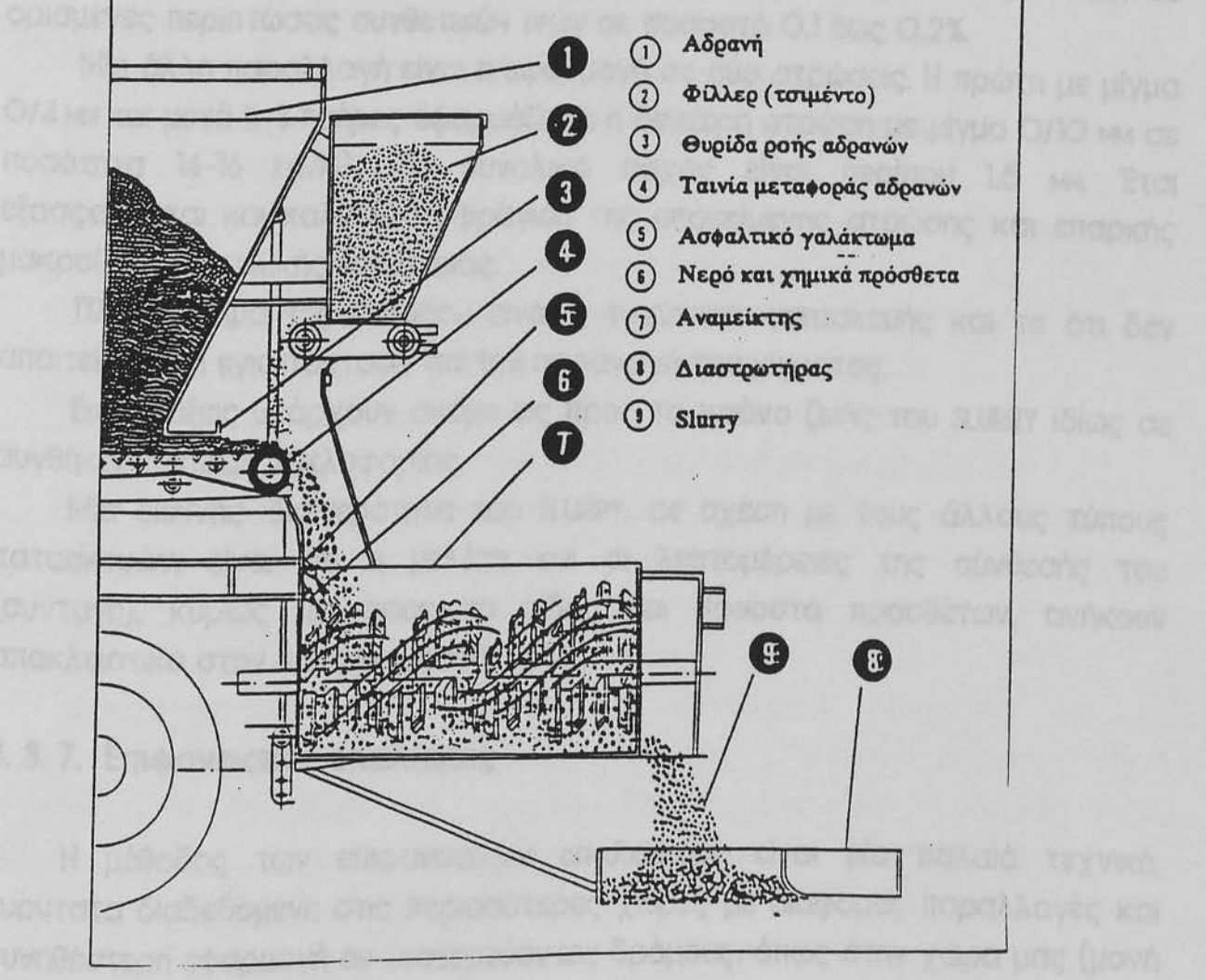
Ο χρησιμοποιούμενος για αντιολισθηρές στρώσεις σφραγιστικός ασφαλτοπολτός (SLURRY SEAL) είναι μίγμα σκληρού λεπτόκοκκου αδρανούς (0/6, 0/8 ή 0/10) βελτιωμένου με ελαστομερή πρόσθετα κατιονικού γαλακτώματος και διαφόρων σταθεροποιητικών προσθέτων για τη ρύθμιση του χρόνου διάσπασης του γαλακτώματος.

Αποτελεί την εξέλιξη του σφραγιστικού ασφαλτοπολτού που χρησιμοποιείται από 30 και πλέον ετών (στις ΗΠΑ και αλλού) για την συντήρηση (σφράγιση ρωγμών) κυρίως των δρόμων με ελαφρά κυκλοφορία. Η βελτίωση των γαλακτωμάτων και των μηχανημάτων ανάμιξης - διάστρωσης επέτρεψε τη χρήση του SLURRY σε δρόμους με βαρύτερη κυκλοφορία.

Σχήμα 2-7 Διάγραμμα παραγωγής με Σφραγιστικό SLURRY SEAL

Η χρησιμοποίηση υψάλτου σιδήρακα αδρανών με μεγαλύτερο μέγιστο κόκκο (0/10 έως και 0/16 mm) και με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες (αντίσταση στη σπλάωση και σπύρωση) είναι κανονιστικά απαιτούμενα ως προς τις αντοχολογικές ιδιότητες (υψηλές τιμές αντίστασης σε ολισθήση, κανονιστική μακρορύθμ).

Συνήθως το μίγμα εφαρμόζεται σε μια στρώση σε ποσότητα περίπου 15 kg/m².



Σχήμα "4-1" : Διάγραμμα παραγωγής και διαστρώσης SLURRY SEAL

Το κυριότερο πλεονεκτήματός της είναι ότι έχει χαμηλό κόστος επειδή είναι απλή στην εφαρμογή και γίνεται επί τόπου χωρίς την χρήση μονιμών εγκαταστάσεων παραγωγής ασφαλτομίγματος.

Η ανάγκη για επιδόσεις σε όρους με βελτιωμένη κυκλοφορία για την αποκατάσταση κηλίδας σε αντιστάσεις στην ολισθήση έχει συντελέσει στη βελτίωση της μεθόδου με τη χρήση βελτιωμένων συνδυασμών και ειδικών μικροσφαιρικών από τη θέση του οδολογίου του συστήματος διανομής ανάλογα

Η χρησιμοποίηση εξάλλου, σταδιακά, αδρανών με μεγαλύτερο μέγιστο κόκκο (0/10 έως και 0/14 mm) και με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες (αντίσταση στη στίλβωση και απότριψη) έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς τις αντιολισθηρές ιδιότητες (υψηλές τιμές αντίστασης σε ολίσθηση, ικανοποιητική μακροϋφή).

Συνήθως το SLURRY εφαρμόζεται σε μία στρώση σε ποσότητα περίπου 15 KG/M² με διαβάθμιση αδρανών συνεχή ή ασυνεχή και με τη προσθήκη σε ορισμένες περιπτώσεις συνθετικών ινών σε ποσοστό 0,1 έως 0,2%.

Μία άλλη παραλλαγή είναι η εφαρμογή σε δύο στρώσεις. Η πρώτη με μίγμα 0/4 mm και μετά 2-3 ημέρες εφαρμόζεται η δεύτερη στρώση με μίγμα 0/10 mm σε ποσότητα 14-16 KG/M². Το συνολικό πάχος είναι περίπου 1,5 mm. Έτσι εξασφαλίζεται και καλύτερη σφράγιση της υποκείμενης στρώσης και επαρκής μακροϋφή της τελικής επιφάνειας.

Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ταχύτητα κατασκευής και το ότι δεν απαιτεί μόνιμη εγκατάσταση για την παραγωγή του μίγματος.

Επιφυλάξεις υπάρχουν ακόμη ως προς το χρόνο ζωής του SLURRY ιδίως σε συνθήκες βαρειάς κυκλοφορίας.

Μία διεθνής ιδιαιτερότητα του SLURRY, σε σχέση με τους άλλους τύπους κατασκευών, είναι ότι η μελέτη και οι λεπτομέρειες της σύνθεσής του (συνταγή), κυρίως ως προς το είδος και ποσοστά προσθέτων, ανήκουν αποκλειστικά στον κατασκευαστή.

4. 3. 7. Επιφανειακές επαλήψεις

Η μέθοδος των επιφανειακών επαλείψεων είναι μία παλαιά τεχνική, ευρύτατα διαδεδομένη στις περισσότερες χώρες με διάφορες παραλλαγές και συνηθέστερη εφαρμογή σε δευτερεύοντες δρόμους, όπως στην χώρα μας (μονή ή διπλή σφραγιστική επάλειψη).

Το κυριώτερο πλεονέκτημά της είναι ότι έχει χαμηλό κόστος επειδή είναι απλή στην εφαρμογή και γίνεται επί τόπου χωρίς την χρήση μόνιμης εγκατάστασης παραγωγής ασφαλτομίγματος.

Η ανάγκη για επεμβάσεις σε δρόμους με βαρύτερη κυκλοφορία για την αποκατάσταση κυρίως της αντίστασης στην ολίσθηση έχει συντείνει στη βελτίωση της μεθόδου με τη χρήση βελτιωμένων συνδετικών και ειδικών μηχανημάτων κατασκευής (διασποράς ψηφιδων και συνδετικού). Η επιτυχία σ' αυτές τις περιπτώσεις εξαρτάται από τη δυνατότητα ελέγχου και την ακρίβεια σε όλες τις διαδικασίες κατασκευής :

- Διανομείς συνδετικού με δυνατότητα ρύθμισης με ακρίβεια (π.χ. με μικροϋπολογιστική από τη θέση του οδηγού) του συστήματος διανομής ανάλογα

με τις εκάστοτε συνθήκες : πλάτος διανομής, ιξώδες συνδετικού, ταχύτητα οχήματος.

- Διανομείς ψηφίδων αυτοκινούμενοι παρά διανομείς προσαρμοσμένοι στο πίσω μέρος ενός φορτηγού.

- Συμπύκνωση με ελαστικοφόρο οδοστρωτήρα ή συνδυασμό χαλύβδινων κυλίνδρων και ελαστικών τροχών.

- Απομάκρυνση της περίσσειας των ψηφίδων με συνδυασμό σκουπίσματος και αναρρόφηση με κενό.

Οι κυριότερες παραλλαγές της μεθόδου είναι οι εξής :

α) Απλή επάλειψη : Μονή διανομή συνδετικού ακολουθούμενη από μονή διασπορά ψηφίδων.

β) Διπλή επάλειψη : Η προηγούμενη διαδικασία δύο φορές. Δηλαδή καθεμία από τις δύο διανομές συνδετικού ακολουθείται από μία

ξεχωριστή διασπορά ψηφίδων διαφορετικού ονομαστικού μεγέθους.

γ) Επιφανειακή επάλειψη με μία εφαρμογή συνδετικού και δύο εφαρμογές ψηφίδων διαφορετικού ονομαστικού μεγέθους.

δ) Μονή επάλειψη "Σάντουιτς" : μία εφαρμογή συνδετικού μεταξύ δύο

διασπορών ψηφίδων. Προηγείται η διασπορά των ψηφίδων μεγαλύτερου μεγέθους (π.χ. 10/14), ακολουθεί διανομή συνδετικού (π.χ. θερμής βελτιωμένης με πολυμερή ασφάλτου σε ποσότητα 1 έως 1,45 KG/M²) και δευτέρα διασπορά λεπτότερων (π.χ. 4/7) ψηφίδων.

Χαρακτηριστικό των επιφανειακών επαλείψεων είναι ότι με τη χρησιμοποίηση αδρανών υλικών με επαρκή μηχανικά χαρακτηριστικά (αντίσταση στη στίλβωση και απότριψη) δίνουν επιφάνειες με υψηλές τιμές αντίστασης στην ολίσθηση και μακροϋφή αλλά με το μειονέκτημα της δημιουργίας θορύβου και υψηλής φθοράς στα ελαστικά και κατανάλωσης καυσίμου. Σημαντικό επίσης είναι το μειονέκτημα του μειωνένου σχετικά χρόνου ζωής.

Μία άλλη παραλλαγή της μεθόδου αυτής, που έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία για την βελτίωση της αντίστασης στην ολίσθηση σε "δύσκολες" θέσεις με υψηλή κυκλοφορία χωρίς την ανάγκη μακροχρόνιας διακοπής της κυκλοφορίας, είναι η χρησιμοποίηση ως συνδετικού βελτιωμένης με ρητίνες ασφάλτου και ψηφίδων από "πεφρυγμένο" βωξίτη ή άλλο αδρανές με αντίστοιχες ιδιότητες. Η μέθοδος γνωστή σαν SHELLGRIP ή SPRAYGRIP, είναι αρκετά δαπανηρή και έχει εφαρμοστεί σε διάφορες χώρες κυρίως σε κόμβους, διασταυρώσεις, γέφυρες, προσεγγίσεις διοδίων και άλλες επικίνδυνες θέσεις.

4. 4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Λόγω της σοβαρότητας του θέματος της ολισθηρότητας προκειμένου να διερευνηθεί σωστά και πολύπλευρα κρίνουμε ότι θα πρέπει να ληφθούν σημαντικά υπό όψη τα παρακάτω :

- Να γίνονται μετρήσεις ολισθηρότητας στο σύνολο των Ελληνικών Οδών ενώ θα τηρείται σειρά προτεραιότητας από άποψη σημασίας οδού.
- Να γίνονται μετρήσεις ολισθηρότητας στις οδούς με διαφορετικές συνθήκες κατασκευής και κυκλοφορίας.
- Στις δύο Εθνικές Οδούς, και συγκεκριμένα της Αθηνών-Λαμίας και της Αθηνών-Κορίνθου, να γίνονται μετρήσεις του συντελεστή ολισθηρότητας σε αντιπροσωπευτικές επιφάνειες οδοστρωμάτων.
- Οι συντελεστές ολισθηρότητας να μετρώνται σε δοκιμαστικές αντιολισθηρές κατασκευές που βρίσκονται σε κυκλοφορία.
- Να γίνεται έρευνα για τις πηγές των αδρανών τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε αντιολισθηρές κατασκευές (Έντοπισμός λατομείων, Έρευνα εκτάσεως μέσω γεωτρήσεων ή και γεωφυσικών ερευνών, Εργαστηριακές δοκιμές προσδιορισμού των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των αδρανών).
- Να γίνεται οικονομική συσχέτιση της δαπάνης κατασκευής αντιολισθηρών οδοστρωμάτων ως προς τις ζημιές τις Εθνικής Οικονομίας λόγω των ατυχημάτων.

- - -

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Δ Ε Λ Τ Ι Α
ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΗΣ ΜΑΓΡΟΤΟΧΗΣ
ΟΜΟΣ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ε. Μ. Π.

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΧΩΝ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΧΕΙΡΙΔΙΟ ΔΕΦΟΒΕΥΤΩΝ

MD

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΨΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΛΙΔΑΣ ΑΡΙΘΜΟΥ)

ΦΑΣΕ: ... ΒΕΘΩΝ ... ΔΕ ΔΕΛΤΙΟΝ ...
 ΤΑΞΗ: ... ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ ...
 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ...
 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ: ... ΑΡ. ΟΕΣΗΣ ...
 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: ...
 ΟΔΟΣ: ...

Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας			Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας
			Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας	Αριθμ. Κλάδας				
1	6.50	10 ⁰	20	20	20	20	20	20	20
2	7.50	10 ⁰	20	20	20	20	20	20	20
3	7.50	10 ⁰	20	20	20	20	20	20	20

ΔΕΛΤΙΑ
 ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΨΗΣ
 (MD)



ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΨΗΣ (μέθοδος κηλίδας άμμου)

ΟΔΟΣ : Βεΐκου ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : 2

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 25-6-1988

ΤΜΗΜΑ : προς Ηράκλειο ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : 2

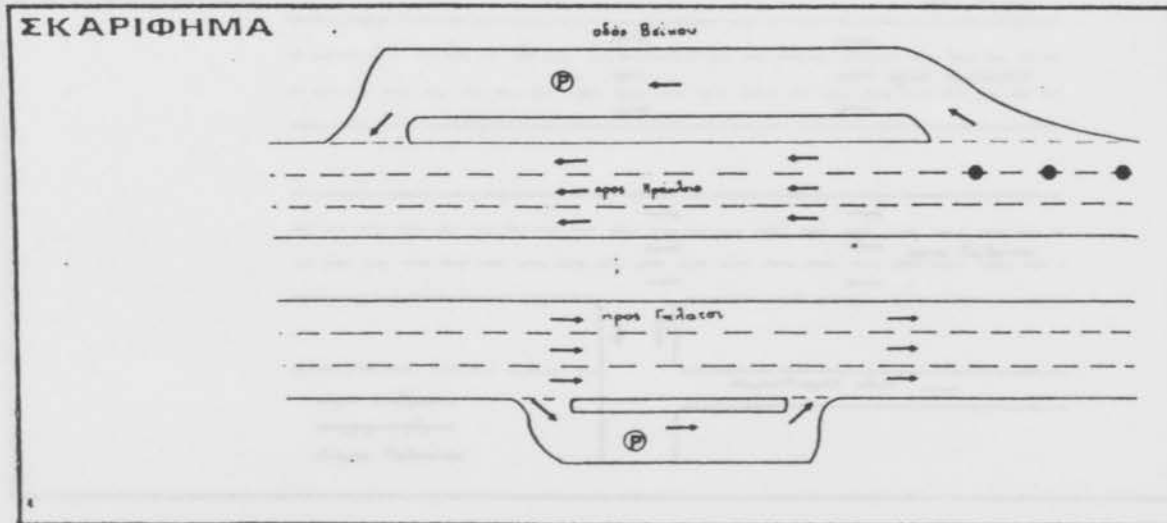
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : 28°C

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : αρχή κύρου σταθμους Χ.Θ. : 0+800

(0+000: φανάρια στην δια-
σταύρωση των οδών Τραλλέων & Βεΐκου)

Α(Α)	απόσταση από κράσπεδο (m)	ώρα	χαρακτηρισμός μικροΐφής	(V)	μετρήσεις διαμέτρων κηλίδας (cm)					(d)	($\frac{4V}{\pi d^2}$)	μέσος όρος (mm)	παρατηρήσεις
				όγκος άμμου (cm ³)	1n	2n	3n	4n	5n	μέση διάμετρος (cm)	μέσο βάθος μακροΐφής (mm)		
					1n	2n	3n	4n	5n				
1	4,50	10 ²⁰ π.κ	λεία	20	17,4	17,5	19,5	23,2	19,0	19,32	0,68	0,64	
2	7,20	10 ³⁵ π.κ	λεία	20	21,3	20,8	18,4	17,2	19,8	19,50	0,67		
3	7,80	10 ⁵⁵ π.κ	λεία	20	19,4	22,7	23,2	21,5	19,9	21,34	0,56		

E. M. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
 ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ



MD
 ASTM E 965-83

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΜΑΚΡΟΥΦΗΣ
(μέθοδος κηλίδας άμμου)

ΟΔΟΣ : Βεϊκου..... ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : ... 1 ...

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 23-6-1988

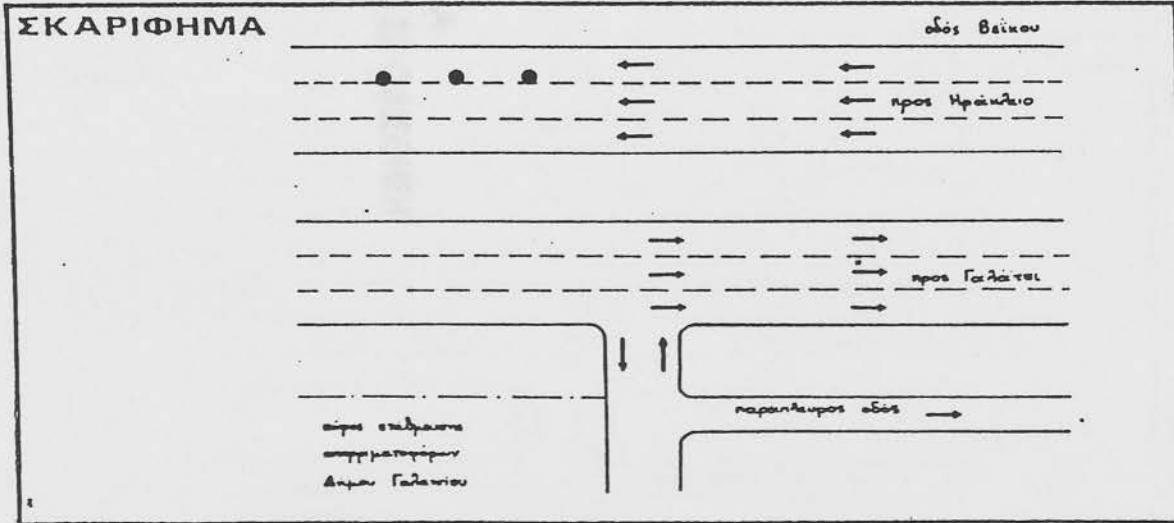
ΤΜΗΜΑ : προς... Ηράκλεια..... ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : ... 1 ...

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ : .. 28.°C

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : εναντι... δημ. χώρου... σταθμους Χ.Θ. : Ω+600

(0+000: φανάρια στην δια-
-σταύρωση των οδών Τραλλέων & Βεϊκου)

Α/Α	απόσταση από κράσπεδο (m)	ώρα	χαρακτηρισμός μικροϋφής	(V)		μετρήσεις διαμέτρων κηλίδας (cm)					(d)	($\frac{4V}{\pi d^2}$)	μέσος όρος (mm)	παρατηρήσεις
				όγκος άμμου (cm ³)	μέση διάμετρος (cm)	1n	2n	3n	4n	5n	μέση μέσο βάθος μακροϋφής (mm)			
												μέση διάμετρος (cm)		
1	3,20	3 ²⁰ μ.μ	λεία	20	22,32	20,5	22,1	24,1	22,9	22,0	22,32	0,51	0,53	
2	3,25	3 ³⁰ μ.μ	λεία	20	23,28	25,0	24,5	21,8	20,5	24,6	23,28	0,47		
3	3,20	3 ⁵⁰ μ.μ	λεία	20	20,22	20,7	21,4	20,5	19,5	19,0	20,22	0,62		



E. M. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
 ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

MD
 ASTM E 965-83

Ε. Μ. ΙΙ.

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΜΒΟΛΩΝ
ΥΠΟΥΡΧΕΙΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΟΒΟΛΩΝ

45 ΕΣΧΕΣΤ.

ΒΡΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ : 2376-1988

ΑΠ ΔΕΛΤΙΟΥ

ΑΠ ΣΕΙΡΗΣ

ΔΕΛΤΙΑ
ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ
(ΒΡΝ)

Σειρά	Ποσότητα (kg)	Ποσοστό (%)	Συμπεριφορά (BPN)			Συνολική Αντίσταση (kg)	Σημειώσεις
			Συμπεριφορά (BPN)				
			1η	2η	3η		
1	2.00	0.50	20	47	49	41.5	100%
2	3.00	0.47	20	44	46	40	100%
3	3.70	0.40	20	44	46	40	100%

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

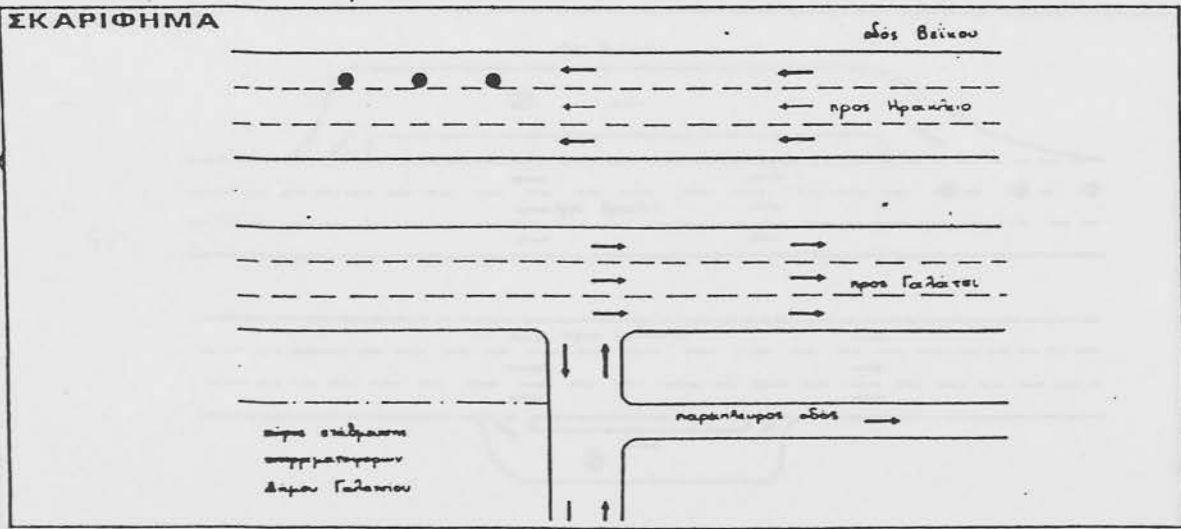
ΟΔΟΣ : Βεΐκου
 ΤΜΗΜΑ : προς Ηράκλειο
 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Έναντι Δημοτικού χώρου
 σταθμεύσης
 Χ.Θ. : 0+600 (0+000: φανάρια στην δια-
 -σταύρωση των οδών Τραλλέων & Βεΐκου)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 23-6-1988
 ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : 1
 ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : 1

Ε. Μ. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
 ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΤΑΣ

Α/Α	ομοιομορφία από παραγωγή κρημνισμών (ε)	παρά	Σύψη Σοβέρβ (mm)	Χαρακτηριστική Σφαιραφύα μικροϋφής Σφαιραφύα	Θερμοκρασία νερού στο δοχείο (°C)	Σφαιραφύα βελών (BPN)	αντίσταση σε ολίσθηση						μέσος όρος (BPN)	παρατηρήσεις	
							μετρήσεις (BPN)				μέση συνολική δύναμη (N)	μέση συνολική δύναμη (20°C)			μέσος όρος (BPN)
							1n	2n	3n	4n					
1	3,20	2 ³⁰ _{κτ}	0,51	λεία	30	+2,00	45,5	47	49	49	47,5	49,5	48		
2	3,25	2 ⁴⁵ _{κτ}	0,47	λεία	29,5	+1,90	44	44	46	47	45,0	47,0			
3	3,20	3 ⁰⁵ _{κτ}	0,62	λεία	29	+1,85	44	45	46	46	45,0	47,0			

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : αέριος, 27°C
 ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ : φυσικό καουτσούκ
 ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ : ασφαλτικό
 συρματικό
 ΑΔΡΑΝΕΣ ΥΛΙΚΟ : ασβεστολιθικό
 ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ : 30-4-1978
 (ημερομηνία παράδοσης στην κυκλοφορία)



BPN
 ASTM E303

ΔΕΛΤΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

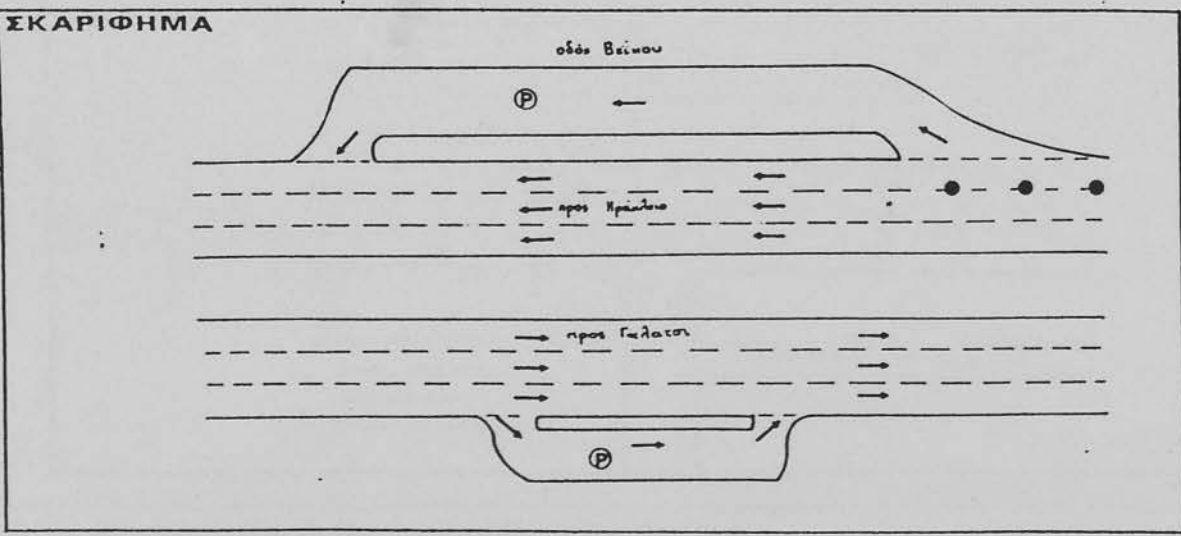
ΟΔΟΣ : Βεΐκου
 ΤΜΗΜΑ : προς Ηράκλειο
 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : αρχή χώρου στάθμευσης
 Χ.Θ. : 0+200 (0-000: φανάρια στην δια-
 -σταύρωση των οδών Τραλλέων & Βεΐκου)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 25-6-1988
 ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : 2
 ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : 2

E. M. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
 ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΤΑΣ

Α/Α	απόσταση από κρέσσο (m)	ώρα	Σύψη Σοβάς (mm)	Χαρακτηρισμός μικροϕής Σοβάνιας	Θερμοκρασία νερού στο οδόστρωμα (°C)	Σοβαρότητα λόγω θερμότητας (BPN)	αντίσταση σε ολίσθηση						μέσος όρος (BPN)	παρατηρήσεις	
							μετρήσεις (BPN)				μέση σοβάνια-σπίς (T ₂)	μέση σοβάνια-σπίς (20°C)			
							1n	2n	3n	4n					
1	4,20	9 ⁴⁰ _{πμ}	0,68	λεία	30	+2,00	36	35	37	37	36,5	38,0	38		
2	7,00	10 ⁰⁰ _{πμ}	0,67	λεία	30	+2,00	35	36	36	35	35,5	37,5			
3	7,50	10 ¹⁵ _{πμ}	0,56	λεία	30	+2,00	37	37	36	36	36,5	38,5			

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : αέριος, 27°C
 ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ : φυσικό καουτσούκ
 ΤΥΠΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ : ασφαλτικό συμβατικό
 ΑΔΡΑΝΕΣ ΥΛΙΚΟ : ασβεστολιδικό
 ΗΛΙΚΙΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ : 30-4-78
 (ημερομηνία παράδοσης στην κυκλοφορία)



BPN
 ASTM E303

ΟΔΟΣ : Βεΐκου
 ΤΜΗΜΑ : προς Ηράκλειο
 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Έναντι Δημ. χώρου βεΐκου
 ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : 1
 ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : 1
 Χ.Θ. : 01600 (0+000: φανάρια στην διασταύρωση των οδών Τραλλών & Βεΐκου)
 ημερομηνία : 6-6-1988
 ταχύτα δοκιμής : 40 mph
 αρ. λωρίδων : 3 ανά κατεύθυνση
 λωρίδα δοκιμής : δεξιά
 κυκλ. φόρτος :
 όριο ταχύτητας :
 τύπος & ηλικία οδοστρώματος : ασφαλτικό, βυμβατικό - 30-4-1978 (ημερομηνία παράδοσης στην κυκλοφορία)
 αδρανή : ασβεστολιθικά
 τύπος ελαστικού : πέλα με 7 ραβδώσεις (ASTM E 501)
 πάχος στρώματος νερού : 0,020 ± 0,005 in
 θερμοκρασία νερού : 30°C

η χρονική διάρκεια μπλοκαρισματος των τροχών είναι 2 seconds

ΕΝΔΕΙΞΗ

Α-B : περιοχή εξαγωγής μέσου όρου

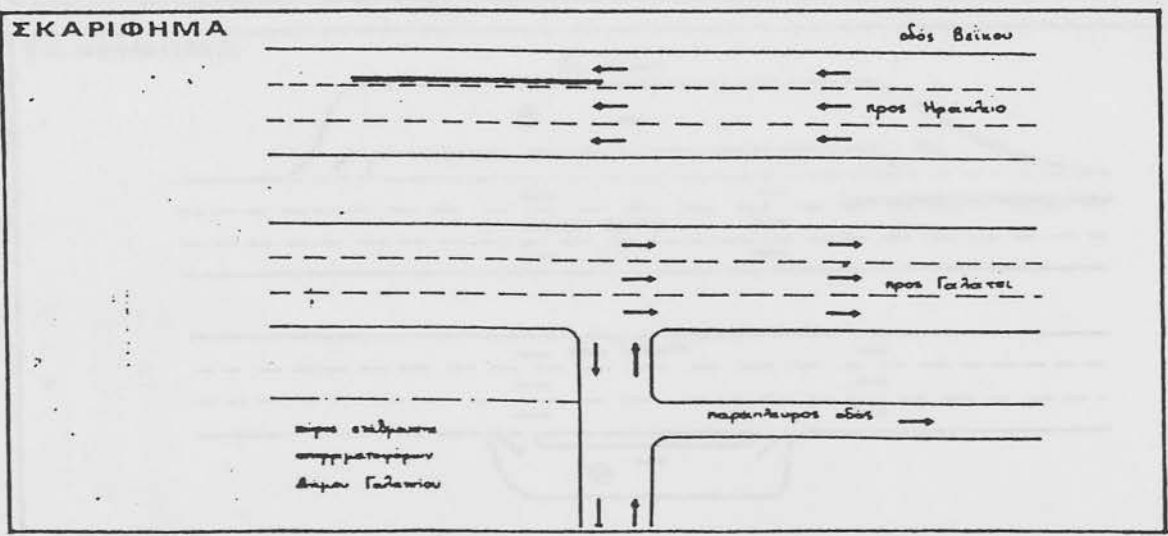
$$F = 260 \text{ (lb)}$$

$$SN = \frac{F}{W} \times 100$$

$$W = W_0 - \left(\frac{H}{L}\right) \times F$$

$W_0 = 1116,6 \text{ (lb)}$ $H = 43 \text{ (cm)}$ $L = 298 \text{ (cm)}$ $F = 260 \text{ (lb)}$	\rightarrow	$W = 1079,1 \text{ (lb)}$ $F = 260 \text{ (lb)}$	\rightarrow	$SN = 24,10$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	-----------------------------------------------------	---------------	--------------

παρατηρήσεις :



Ε. Μ. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΕΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ
 ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΛΙΔΑΣ

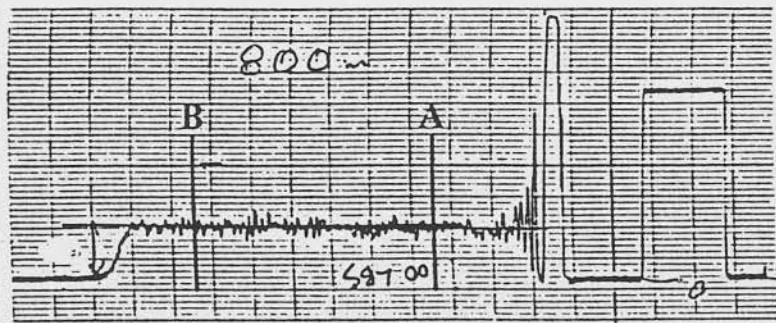
SN
 ASTM E 274

ΔΕΛΤΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ SN

ΟΔΟΣ : Βεΐκου
 ΤΜΗΜΑ : προς Ηράκλειο
 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : αρχή χώρου σταθμευσης
 ΑΡ. ΔΕΛΤΙΟΥ : 2
 ΑΡ. ΘΕΣΗΣ : 2
 Χ.Ο. : 04800 (0+000: φανάρια στην διασταύρωση των οδών Τραλλέων & Βεΐκου)
 ημερομηνία : 6-6-1988
 ταχύτητα δοκιμής : 40 mph
 αρ. λωρίδων : 3 ανά κατεύθυνση
 λωρίδα δοκιμής : δεξιά
 κυκλ. φόρτος :
 όριο ταχύτητας :
 τύπος & ηλικία οδοστρώματος : ασφαλτικό, συμβατικό - κώ. 30-4-1978 (ημερομηνία παράδοσης στην κυκλοφορία)
 αδρανή : ασβεστολιθικά
 τύπος ελαστικού : πέλιμα με 7 ραβδώσεις (ASTM E501)
 πάχος στρώματος νερού : 0,020 ± 0,005 in
 θερμοκρασία νερού : 30°C

η χρονική διάρκεια μπλοκαρισματος των τροχών είναι 2 seconds

ΕΝΔΕΙΞΗ



A-B : περιοχή εξαγωγής μέσου όρου

$$F = 160 \text{ (lb)}$$

$$SN = \frac{F}{W} \times 100$$

$$W = W_0 - \left(\frac{H}{L}\right) \times F$$

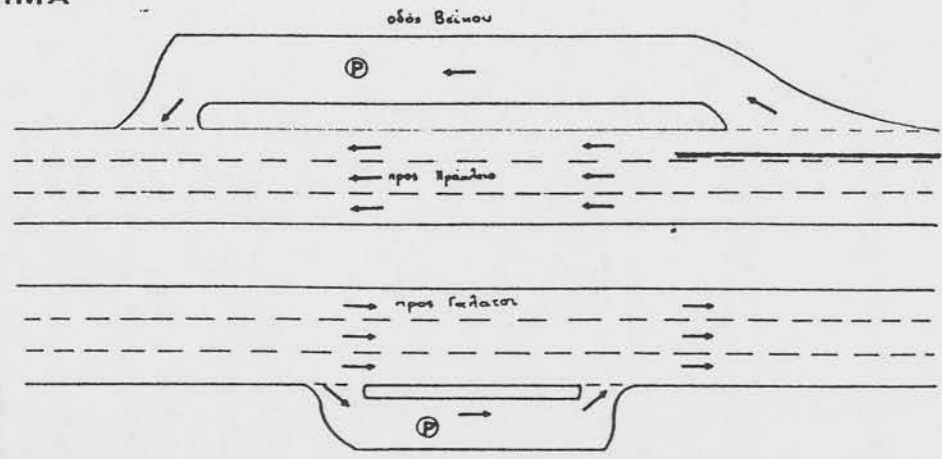
$W_0 = 1116,6 \text{ (lb)}$
 $H = 43 \text{ (cm)}$
 $L = 298 \text{ (cm)}$
 $F = 160 \text{ (lb)}$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} W = 1093,5 \text{ (lb)} \\ F = 160 \text{ (lb)} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow SN = 14,60$$

παρατηρήσεις :

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



Ε. Μ. Π.
 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝ/ΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΛΙΙΑΣ

SN

ASTM E274



Standard Method for MEASURING FRICTIONAL PROPERTIES USING THE BRITISH PENDULUM TESTER

This standard is issued under the provisions of the British Standards Act 1980 and is the responsibility of the British Standards Institution. It is the responsibility of the user of the standard to ensure that it is applied in a manner consistent with its intended purpose. It does not constitute an authority on its behalf and is not liable for any loss or damage caused by its use.

1. Scope

1.1 This method applies to the measurement of frictional surface between two surfaces in contact. It is a method for calibration of the test apparatus in the Annex.

1.2 The British Standard Tester measures pendulum impulses over and over the range 100 to 1000. The test is performed over a test surface. The test is used for laboratory as well as field use. It is used for initial value measurements on some laboratory specimens from routine of pendulum test.

1.3 The British Standard Tester is used to measure (Tester) Number for the surface and polish values for specimens. Specimens are trained with the apparatus with the standard steel balls and the test specimens are compared with other specimens relative to weight.

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standard
E 301 Specification for Standard Test for Dynamic Slid Friction Test

3. Summary of Method

3.1 This method consists of using a pendulum tester with a standard rubber plate to determine the frictional properties of a test surface.

3.2 The test surface is of a flat and thoroughly washed prior to testing.

3.3 The pendulum test is performed in bursts come in contact with the test surface prior

to measuring the test. The pendulum is raised to a certain position, then released, thus allowing the pendulum to swing with the test surface.

3.4 A test surface specimen, the British Standard Tester, is used. The specimen is placed on the test surface and the test surface is moved to a certain position, and the larger the BPN value, the larger the pendulum test value through application.

4. Apparatus and Test

4.1 The test is performed in a matter of a few minutes. The apparatus, of uniform, will be used for the test.

4.2 The method can be used to determine the frictional properties of various materials.

4.3 The test is performed in accordance with the standard test procedure. The test is performed with the standard test surface and the test surface is moved to a certain position.

4.4 The test is performed in accordance with the standard test procedure. The test is performed with the standard test surface and the test surface is moved to a certain position.

5. Apparatus

5.1 British Standard Tester (Type J)—The apparatus is a pendulum tester of the type known as the British Standard Tester, and is the type of apparatus used in the test. The apparatus is used to measure the frictional properties of a test surface. The apparatus is used to measure the frictional properties of a test surface. The apparatus is used to measure the frictional properties of a test surface.

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ASTM E 303
ASTM E 274
ASTM E 965**



Standard Method for MEASURING SURFACE FRICTIONAL PROPERTIES USING THE BRITISH PENDULUM TESTER¹

This standard is issued under the fixed designation E 303; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This method covers the procedure for measuring surface frictional properties using the British Pendulum Skid Resistance Tester.² A method for calibration of the tester is included in the Annex.

1.2 The British Pendulum Tester is a dynamic pendulum impact-type tester used to measure the energy loss when a rubber slider edge is propelled over a test surface. The tester is suited for laboratory as well as field tests on flat surfaces, and for polish value measurements on curved laboratory specimens from accelerated polishing-wheel tests.

1.3 The values measured, BPN = British Pendulum (Tester) Number for flat surfaces and polish values for accelerated polishing-wheel specimens, represent the frictional properties obtained with the apparatus and the procedures stated herein and do not necessarily agree or correlate with other slipperiness measuring equipment.

2. Applicable Document

2.1 ASTM Standard:

E 501 Specification for Standard Tire for Pavement Skid Resistance Tests²

3. Summary of Method

3.1 This method consists of using a pendulum-type tester with a standard rubber slider to determine the frictional properties of a test surface.

3.2 The test surface is cleaned and thoroughly wetted prior to testing.

3.3 The pendulum slider is positioned to barely come in contact with the test surface prior

to conducting the test. The pendulum is raised to a locked position, then released, thus allowing the slider to make contact with the test surface.

3.4 A drag pointer indicates the British Pendulum (Tester) Number. The greater the friction between the slider and the test surface, the more the swing is retarded, and the larger the BPN reading. Four swings of the pendulum are made for each test surface.

4. Significance and Use

4.1 This method provides a measure of a frictional property, microtexture, of surfaces, either in the field or in the laboratory.

4.2 This method may be used to determine the relative effects of various polishing techniques on materials or material combinations.

4.3 The values measured in accordance with this method do not necessarily agree or directly correlate with those obtained utilizing other methods of determining friction properties or skid resistance.

NOTE 1—BPN and polish values from similar types of surfaces will not be numerically equal, primarily because of the differences in slide length and surface shape. Theoretical correction of the polish values to obtain numerical equality, either by mathematical manipulation or by use of special measuring scales is not recommended.

5. Apparatus

5.1 British Pendulum Tester (Fig. 1)—The

¹ This method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-17 on Traveled Surface Characteristics and is the direct responsibility of Subcommittee E17.23 on Surface Characteristics Related to Tire-Pavement Friction.

Current edition approved May 27, 1983. Published October 1983. Originally published as E 303 - 61 T. Last previous edition E 303 - 74 (1978).

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

pendulum with slider and slider mount shall weigh 1500 ± 30 g. The distance of the center of gravity of the pendulum from the center of oscillation shall be 16.2 ± 0.2 in. (411 ± 5 mm). The tester shall be capable of vertical adjustment to provide a slider contact path of $4\frac{1}{16} + \frac{1}{16}$ in. (125 ± 1.6 mm) for tests on flat surfaces, and $3 \pm \frac{1}{16}$ in. (75 to 78 mm) for tests on polishing-wheel specimens. The spring and lever arrangement shown in Fig. 2 shall give an average normal slider load between the 3-in. (76.2-mm) wide slider and test surface of 2500 ± 100 g as measured by the method prescribed in the Annex.

5.2 *Slider*—The slider assembly shall consist of an aluminum backing plate to which is bonded a $\frac{1}{4}$ by 1 by 3-in. (6 by 25 by 75-mm) rubber strip for testing flat surfaces or a $\frac{1}{4}$ by 1 by $1\frac{1}{4}$ -in. (6.35 by 25.4 by 31.8-mm) rubber strip for testing curved polishing-wheel specimens. The rubber compound shall be natural rubber meeting the requirements of the Road Research Laboratory³ or synthetic rubber as specified in Specification E 501.

5.2.1 New sliders shall be conditioned prior to use by making ten swings on No. 60 grade silicon carbide cloth⁴ or equivalent under dry conditions. The swings shall be made with a tester adjusted as in Section 7.

5.2.2 Wear on the striking edge of the slider shall not exceed $\frac{1}{8}$ in. (3.2 mm) in the plane of the slider or $\frac{1}{16}$ in. (1.6 mm) vertical to it, as illustrated in Fig. 3.

5.3 Accessories:

5.3.1 Contact path gage shall consist of a thin ruler suitably marked for measuring contact path length between $4\frac{7}{8}$ and 5.0 in. (124 and 127 mm) or between $2\frac{1}{16}$ and $3\frac{1}{16}$ in. (75 and 78 mm) as required for the particular test.

5.3.2 Miscellaneous equipment, such as water container, surface thermometer, and brush is recommended.

6. Test Specimen

6.1 *Field*—Field test surfaces shall be free of loose particles and flushed with clean water. The test surface does not have to be horizontal provided the instrument can be leveled in working position using only the leveling screws and the pendulum head will clear the surface.

6.2 *Laboratory*—Laboratory test panels shall be clean and free of loose particles and shall be held rigidly so as not to be moved by the force

of the pendulum.

6.2.1 Flat laboratory test panels shall have a test surface of at least $3\frac{1}{2}$ by 6 in. (89 by 152 mm).

6.2.2 Accelerated laboratory polishing-wheel specimens shall have a test surface of at least $1\frac{1}{4}$ by $3\frac{1}{2}$ in. (44 by 89 mm) and shall be curved in the arc of a circle 16 in. (406 mm) in diameter.

7. Preparation of Apparatus

7.1 *Leveling*—Level the instrument accurately by turning leveling screws until the bubble is centered in the spirit level.

7.2 *Zero Adjustment*—Raise pendulum mechanism by loosening locking knob (directly behind pendulum pivot) and turn either of pair of head movement knobs at center of tester to allow slider to swing free of test surface. Tighten locking knob firmly. Place pendulum in release position and rotate the drag pointer counter clockwise until it comes to rest against adjustment screw on pendulum arm. Release pendulum and note pointer reading. If reading is not zero, loosen locking ring and rotate friction ring on bearing spindle slightly and lock again. Repeat test and adjust friction ring until the pendulum swing carries pointer to zero.

7.3 Slide Length Adjustment:

7.3.1 With pendulum hanging free, place spacer under adjusting screw of lifting handle. Lower pendulum so edge of slider just touches surface. Lock pendulum head firmly, raise lifting handle, and remove spacer.

7.3.2 Raise slider by lifting handle, move pendulum to right lower slider, and allow pendulum to move slowly to left until edge of slider touches surface. Place gage beside slider and parallel to direction of swing to verify length of contact path. Raise slider, using lifting handle, and move pendulum to left, then slowly lower until slider edge again comes to rest on surface. If the length of the contact path is not between $4\frac{7}{8}$ and 5.0 in.

³Giles, C. G. Sabey, Barbara E., and Carden, K. W. F., "Development and Performance of Portable Skid-Resistance Tester," *Road Research Technical Paper No. 66*, Road Research Laboratory, Dept. of Scientific and Industrial Research, England, 1964.

Kummer, H. W. and Moore, D. F., "Concept and Use of the British Portable Skid-Resistance Tester," *Report No. 6*, PDH-PSV Joint Road Friction Program, Dept. of Mechanical Engineering, The Pennsylvania State University, State College, PA 16802, June 1963.

⁴Material known to be suitable for this purpose is available from J M Co., St. Paul, MN, under the trade name of Type B Safety-Walk.

(124 and 127 mm) on flat test specimens or between 2¹/₁₆ and 3¹/₁₆ in. (75 and 78 mm) on curved polishing-wheel specimens, measured from trailing edge to trailing edge of the rubber slide, adjust by raising or lowering instrument with the front leveling screws. Readjust level of instrument if necessary. Place pendulum in release position and rotate the drag pointer counter-clockwise until it comes to rest against adjustment screw on pendulum arm.

8. Procedure

8.1 Apply sufficient water to cover the test area thoroughly. Execute one swing, but do not record reading.

NOTE 2—Always catch the pendulum during the early portion of its return swing. While returning the pendulum to its starting position, raise the slider with its lifting handle to prevent contact between the slider and the test surface. Prior to each swing, the pointer should be returned until it rests against the adjustment screw.

8.2 Without delay, make four more swings, rewetting the test area each time and record the results.

NOTE 3—Care should be taken that the slider remains parallel to the test surface during the swings, and does not rotate so that one end rather than the entire striking edge makes the initial contact. Available data indicate that tilting of the slider may cause erroneous BPN readings.

Installation of a small flat spring will relieve the problem. The spring can be inserted into a slot in the spring clip and the assembly secured by the cotter pin as shown in Fig. 4. The free ends of the spring can rest on the slider backing plate to restrain the slider from tilting.

8.3 Recheck the slide contact length in accordance with 4.3.

9. Report

9.1 The report shall include the following:

9.1.1 Individual values in BPN or polish value units,

9.1.2 Temperature of the test surface,

9.1.3 Type, age, condition, texture and loca-

tion of test surface,

9.1.4 Type and source of aggregate for polish value tests, and

9.1.5 Type and age of the rubber slider.

10. Precision and Bias

NOTE 4—The following material pertains only to the precision and bias of BPN units.

10.1 Repeated tests show standard deviations as follows:

British rubber sliders	1.0 BPN unit
Rubber sliders (conforming to Specification E 501)	1.2 BPN units

In both cases the upper quartile of variability is represented in prevailing test instruments. As there is no marked correlation between standard deviation and arithmetic mean of sets of test values, it appears that standard deviations are pertinent to this test regardless of the average skid resistance being tested.

10.2 The relationship, if any exists, of observed BPN units to some "true" value of skid resistance has not and probably cannot be studied. As a result, precision and bias of this test in relation to a true skid resistance measure cannot be evaluated, and only repeatability is given for the method.

10.3 Determine the testing error as follows:

$$E = t\sigma n^{-1/2}$$

where:

E = testing error,

t = normal curve of 1.96 or 2.0 rounded,

σ = standard deviation of individual test results (BPN units), and

n = number of tests.

10.4 In order to assure that the testing error stays within 1.0 BPN unit at a 95 % confidence level (corresponding to a normal curve of 1.96 or 2.0 rounded), the following sample sizes are needed:

British natural rubber sliders	4
Synthetic rubber sliders (conforming to Specification E 501)	5

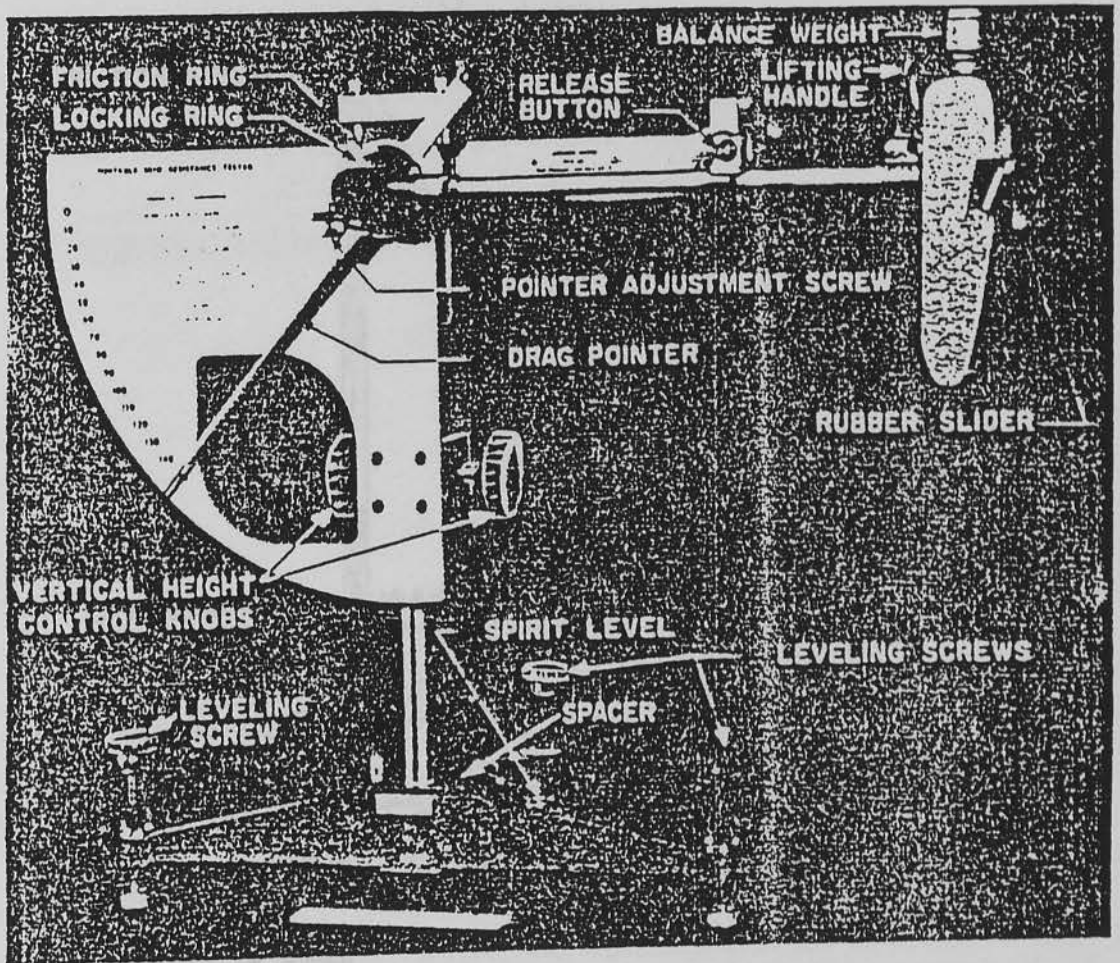
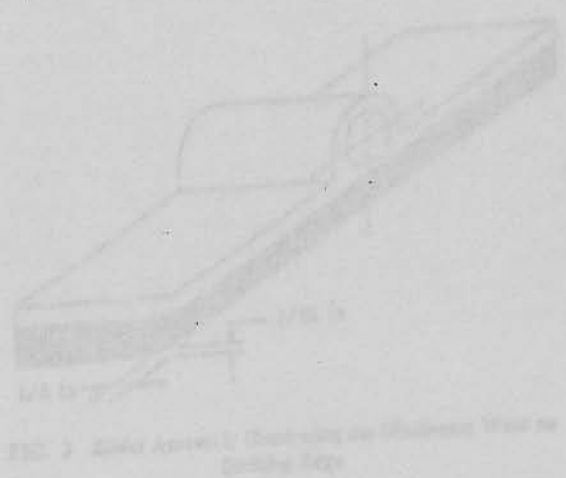


FIG. 1 British Pendulum Tester



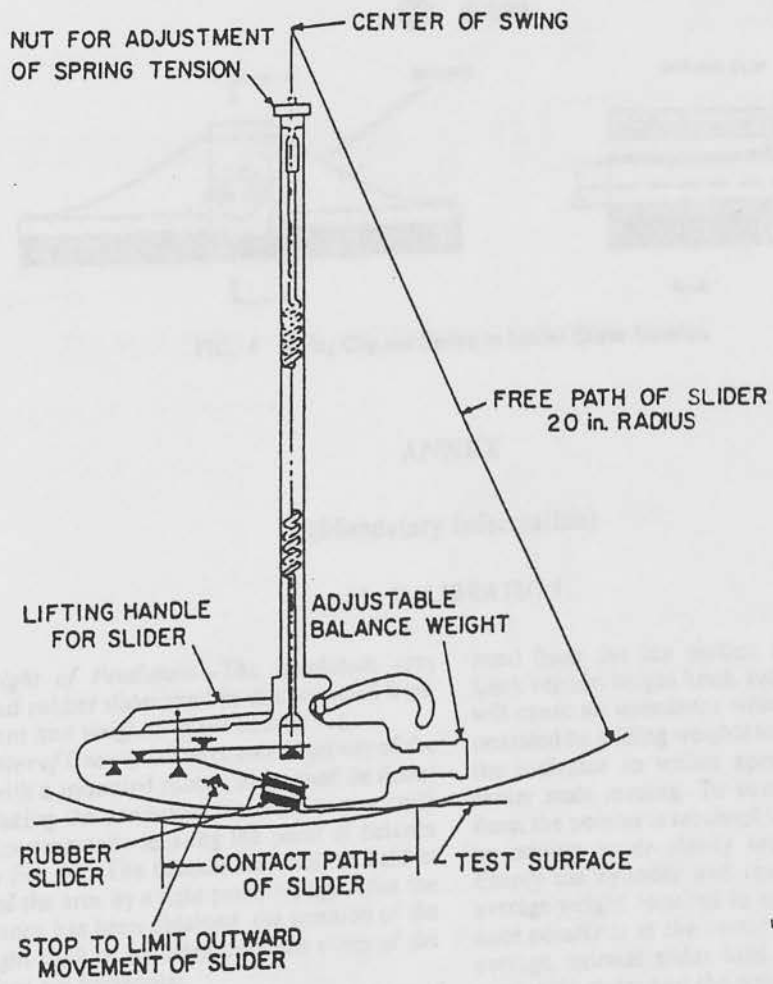


FIG. 2 Schematic Drawing of Pendulum Showing Spring and Lever Arrangement

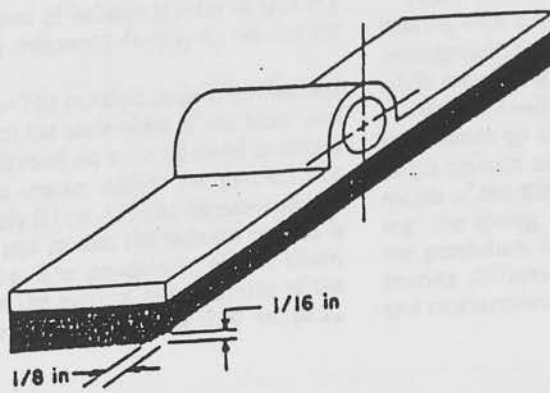


FIG. 3 Slider Assembly Illustrating the Maximum Wear on Striking Edge

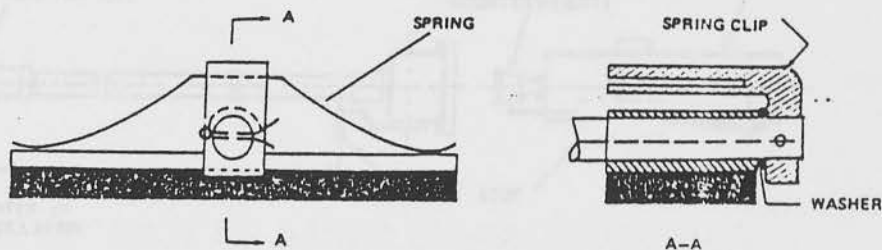


FIG. 4 Spring Clip and Spring to Inhibit Slider Rotation

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. CALIBRATION

A1.1 *Weight of Pendulum*—The pendulum arm with mounted rubber slider shall be disconnected from the instrument and weighed to the nearest 1 g.

A1.2 *Center of Gravity*—The center of gravity of the pendulum with a mounted rubber slider shall be determined by placing the pendulum assembly over a knife edge and experimentally locating the point of balance as shown in Fig. A1. The adapter nut shall be held at the far end of the arm by a light paper wedge. After the point of balance has been obtained, the position of the balance weight shall be adjusted until the slides of the pendulum foot are horizontal.

A1.3 *Distance of Center of Gravity from Center of Oscillation*—With the pendulum reconnected to the tester and knurled bearing cap removed, distance shall be measured from the center of oscillation (center of bearing nut) to the point of balance (center of gravity). This distance shall be measured directly to the nearest 0.04 in. (1 mm).

A1.4 *Slider Load*—The pendulum shall be clamped to a holder attached to the scale plate of the tester and the tester placed and leveled on a tripod stand as shown in Fig. A2. Insert the spacer. Adjust the pan balance with a bearing assembly (Note A1) on one pan and tare weights on the other pan so that the balance pointer is at center scale reading. The pendulum, with a slider, shall be lowered with the vertical height knobs of the tester until the slider is approximately 0.01 in. (0.25

mm) from the top surface of the bearing assembly. Lock vertical height knob and remove the spacer. This will cause an unbalance which shall be partially compensated by adding weights to the opposite pan to bring the indicator to within approximately 200 g of the center scale reading. To complete the balance procedure, the pointer is returned to the center scale reading, by adding water slowly into a graduated cylinder. Empty the cylinder and repeat pouring. Record the average weight required to raise slider so that the balance pointer is at the center of scale (Note A2). If the average, normal slider load between the 3-in. (76.2-mm) wide slider and the pan balance is not within the requirements stated in 2.1.1 adjust the spring tension nut illustrated in Fig. 2 and redetermine the slider load.

NOTE A1—The bearing assembly may be a "ladder" bearing with a rigid, free-moving top plate or a similar arrangement so that no horizontal loads are introduced while measuring the vertical slider load.

NOTE A2—It may be necessary to move the pans of the balance up and down to "work" the spring in order to get smooth and consistent readings. If the measurements of the slider load are still irregular after "working" the spring, remove the side and bottom panels of the pendulum foot and inspect for cleanliness of the bearing surfaces and knife edges illustrated in Fig. 2 and redetermine the slider load.

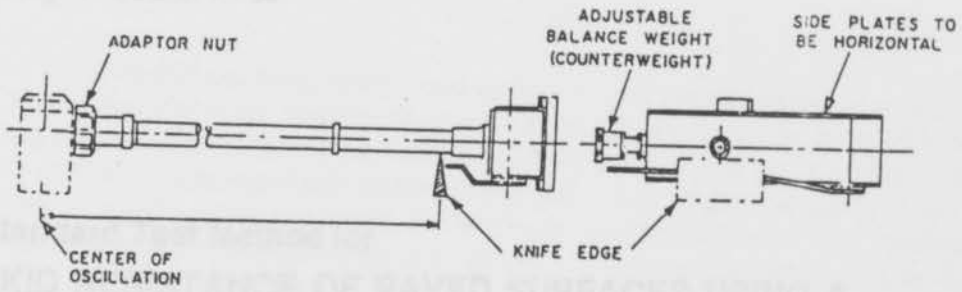


FIG. A1 Pendulum Assembly Showing Location of the Point of Balance

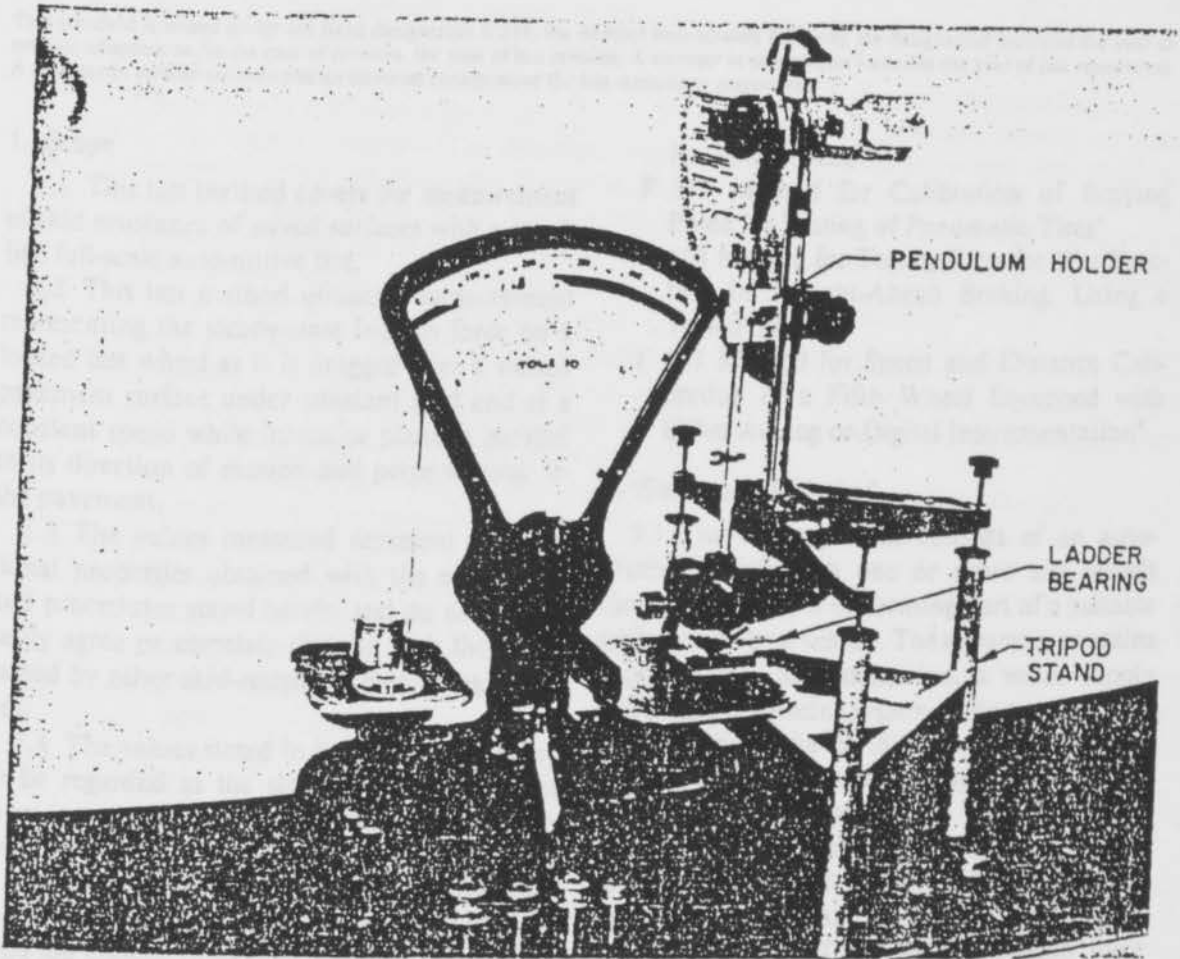


FIG. A2 Arrangement of the British Pendulum Tester, Showing Pendulum Assembly and Pan Balance Used to Measure Slider Load

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for SKID RESISTANCE OF PAVED SURFACES USING A FULL-SCALE TIRE¹

This standard is issued under the fixed designation E 274; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of skid resistance of paved surfaces with a specified full-scale automotive tire.

1.2 This test method utilizes a measurement representing the steady-state friction force on a locked test wheel as it is dragged over a wetted pavement surface under constant load and at a constant speed while its major plane is parallel to its direction of motion and perpendicular to the pavement.

1.3 The values measured represent the frictional properties obtained with the equipment and procedures stated herein and do not necessarily agree or correlate directly with those obtained by other skid-resistance measuring methods.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI values given in parentheses are provided for information only.

1.5 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standards:

- E 178 Practice for Dealing with Outlying Observations²
- E 501 Specification for Standard Tire for Pavement Skid Resistance Tests³
- E 524 Specification for Smooth Tread Standard Tire for Special-Purpose Pavement Skid

Resistance Tests³

- F 377 Method for Calibration of Braking Force for Testing of Pneumatic Tires⁴
- F 408 Method for Testing Tires for Wet Traction in Straight-Ahead Braking, Using a Towed Trailer⁴
- F 457 Method for Speed and Distance Calibration of a Fifth Wheel Equipped with Either Analog or Digital Instrumentation⁴

3. Summary of Method

3.1 The test apparatus consists of an automotive vehicle with one or more test wheels incorporated into it or forming part of a suitable trailer towed by a vehicle. The apparatus contains a transducer, instrumentation, a water supply and proper dispensing system, and actuation controls for the brake of the test wheel. The test wheel is equipped with a standard pavement test tire. See 4.4 for tire reference.

3.2 The test apparatus is brought to the desired test speed. Water is delivered ahead of the test tire and the braking system is actuated to lock the test tire. The resulting friction force acting between the test tire and the pavement surface (or some other quantity that is directly related to this force) and the speed of the test vehicle are recorded with the aid of suitable instrumentation.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-17 on Traveled Surface Characteristics and is the direct responsibility of Subcommittee E17.21 on Field Methods for Measuring Vehicular Friction.

Current edition approved May 31, 1985. Published September 1985. Originally published as E 274 - 65T. Last previous edition E 274 - 79.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.02.

3.3 The skid resistance of the paved surface is determined from the resulting force or torque record and reported as skid number (SN), which is determined from the force required to slide the locked test tire at a stated speed, divided by the effective wheel load and multiplied by 100.

4. Apparatus

4.1 *Vehicle*—The vehicle with one test tire locked shall be capable of maintaining test speeds of 40 to 60 mph (65 to 100 km/h) within ± 1.0 mph (± 1.5 km/h) during a test on a level pavement having a skid number of 50.

4.2 *Braking System*—The test wheel shall be equipped with a suitable brake. The brake system shall be capable of locking the wheel at the conditions specified in 4.1 and maintaining the locked-wheel condition throughout the test.

4.3 *Wheel Load*—The apparatus shall be of such a design as to provide an equal static load of 1085 ± 15 lbf (4800 ± 65 N) to each test wheel and on detachable trailers a static download of 100 to 200 lbf (450 to 900 N) at the hitch point.

4.4 *Tire and Rim*—The test tire shall be the standard tire for pavement tests, as specified in Specification E 501, mounted on a suitable 15×6-in. rim. Since all rims do not have the same offset from the nub, replacement rims must be of the same offset to ensure consistent alignment of the tire with the water path. Alternative testing for special purposes may be performed with smooth tread standard tire of Specification E 524.

4.5 Instrumentation:

4.5.1 *General Requirements for Measuring System*—The instrumentation system shall conform to the following overall requirements at ambient temperatures between 40 and 100°F (4 and 40°C):

Overall system accuracy— $\pm 1\frac{1}{2}$ % of applied load from 200 lbf (900 N) to full scale; for example, at 200 lbf, applied calibration force of the system output shall be determinable within ± 3 lbf (± 14 N).

Time stability of calibration—10 h, min.

The exposed portions of the system shall tolerate 100 % relative humidity (rain or spray) and all other adverse conditions, such as dust, shock, and vibrations which may be encountered in highway operations.

4.5.2 *Force-Measuring Transducer*—The tire force-measuring transducer shall be of such design as to measure the tire-road interface force with minimum inertial effects (1).⁵ Transducers

are recommended to provide an output directly proportional to force with hysteresis less than 1 % of the applied load, nonlinearity less than 1 % of the applied load up to the maximum expected loading, and sensitivity to any expected cross-axis loading or torque loading less than 1 % of the applied load. The force transducer shall be mounted in such a manner as to experience less than 1 deg angular rotation with respect to its measuring plane at the maximum expected loading.

4.5.3 *Torque-Measuring Transducer*—Torque transducers provide an output directly proportional to torque with hysteresis less than 1 % of the applied load and nonlinearity up to the maximum expected loading less than 1 % of the applied load. It should have sensitivity to any cross-axis loading less than 1 % of the applied load.

4.5.4 *Additional Transducers*—Force transducers for measuring quantities such as vertical load, etc., shall meet the recommendations stated in 4.5.2.

4.5.5 *Vehicle Speed-Measuring Transducers*—Transducers such as "fifth wheel" or free-rolling wheel coupled tachometers shall provide speed resolution and accuracy of ± 1.5 % of the indicated speed or ± 0.5 mph (± 0.8 km/h), whichever is greater. Output shall be directly viewable by the driver and shall be simultaneously recorded. Fifth wheel systems shall conform to Method F 457.

4.6 Signal Conditioning and Recorder System:

4.6.1 Transducers that measure parameters sensitive to inertial loading shall be designed or located in such a manner as to minimize this effect (2). If the foregoing is not practical, data correction must be made for these effects if they exceed 2 % of actual data during expected operation. All signal conditioning and recording equipment shall provide linear output and shall allow data reading resolution to meet the requirements of 4.5.1. All systems, except the smoothing filter recommended in 4.6.2, shall provide a minimum bandwidth of at least 0 to 20 Hz (flat within ± 1 %).

4.6.2 It is recommended that an electronic filter, typically between 4.8 Hz/-3db/4 pole Bessel-type and a 10 Hz/-3db/8 pole Butterworth

⁵ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this method.



filter, selected from the types described in Ref (3) be installed in the signal conditioning circuit preceding the electronic divider and integration calculation of SN as described in 9.4.

4.6.3 All strain-gage transducers shall be equipped with resistance shunt calibration resistors or equivalent that can be connected before or after test sequences. The calibration signal shall be at least 50 % of the normal vertical load and shall be recorded.

4.6.4 Tire friction force or torque and any additional desired inputs, such as vertical load, wheel speed, etc., shall be recorded in phase ($\pm 5^\circ$ over a bandwidth of 0 to 20 Hz). Vehicle speed shall also be recorded. All signals shall be referenced to a common time base.

4.6.5 A signal to electrical noise ratio of at least 20 to 1 is desirable on all recorded channels.

4.7 Pavement Wetting System:

4.7.1 The water being applied to the pavement ahead of the test tire shall be supplied by a nozzle conforming to the dimensions in Fig. 1. The quantity of water applied at 40 mph (65 km/h) shall be 4.0 gal ± 10 %/min·in. (600 mL/min·mm ± 10 %) of wetted width. The water layer shall be at least 1 in. (25 mm) wider than the test tire tread and applied so the tire is centrally located between the edges. The volume of water per inch (or millimetre) of wetted width shall be directly proportional to the test speed (4).

4.7.2 The nozzle configuration and position shall ensure that the water jets shall be directed toward the test tire and pointed toward the pavement at an angle of 20 to 30°. The water shall strike the pavement 10 to 18 in. (250 to 450 mm) ahead of the vertical axes through the centerline of the test wheel. The nozzle shall be 1 in. (25 mm) above the pavement or the minimum height required to clear obstacles that the tester is expected to encounter, but in no case more than 4 in. (100 mm) above the pavement.

4.7.3 Water used for testing shall be reasonably clean and have no chemicals such as wetting agents or detergents added.

5. Safety Precautions

5.1 The test vehicle, as well as all attachments to it, shall comply with all applicable state and federal laws. All necessary precautions shall be taken beyond those imposed by laws and regulations to ensure maximum safety of operating personnel and other traffic. No test shall be made

when there is danger that the dispersed water may freeze on the pavement.

6. Calibration

6.1 *Speed*—Calibrate the test vehicle speed indicator at the test speed by determining the time for traversing at constant speed a reasonably level and straight, accurately measured pavement of a length appropriate for the method of timing. Load the test vehicle to its normal operating weight for this calibration. Record speed variations during a traverse with the skid-test system. Make a minimum of three runs at each test speed to complete the calibration. Other methods of equivalent accuracy may be used. Calibration of a fifth wheel shall be performed in accordance with Method F 457.

6.2 *Skid Resistance Force*—Place the test wheel of the assembled unit, with its own instrumentation, on a suitable calibration platform, which has been calibrated in accordance with Method F 377, and load vertically to the test load. Measure the test wheel load within ± 0.5 % accuracy whenever the transducer is calibrated. Level the transducers both longitudinally and laterally, such that the tractive force sensitive axis is horizontal. This can be accomplished by minimizing the tractive force output for large variations in vertical load. The system (vehicle or trailer) should be approximately level during this procedure. The calibration platform shall utilize minimum friction bearings and have an accuracy of ± 0.5 % of the applied load and a hysteresis of ± 0.25 % of the applied load up to the maximum expected loading. Take care to ensure that the applied load and the transducer sensitive axis are in the same vertical line. Perform the tractive force calibration incrementally to not less than 800 lbf (3600 N).

7. General

7.1 *Test Preparation*—Condition new tires by running them at or near their rated load and inflation pressure on the test vehicle (or on another suitable vehicle) at normal traffic speeds for at least 200 miles (300 km) or equivalent before they are used for test purposes. Balance the tire and wheel assembly after conditioning. Prior to each series of tests, warm up the tire by traveling for at least 5 miles (10 km) at normal traffic speeds. Inspect the tire for flat spots, damage, or other irregularities that may affect test



results, and replace if it has been damaged or is worn beyond the wear line. Check the test-wheel load (if adjustable) and adjust, if necessary, prior to each test series to within the value specified in 4.3. Set the test tire inflation pressure at 24 ± 0.5 psi (165 ± 3 kPa) at ambient temperature just before the 5-mile (10-km) warmup.

7.2 Test Sections—Test sections shall be defined as sections of pavement of uniform age and uniform composition that have been subjected to essentially uniform wear. For instance, sharp curves and steep grades shall not be included in the same test section with level tangent sections, nor shall passing lanes be included with traffic lanes. Take skid-resistance measurements only on pavements that are free of obvious contamination.

7.3 Skid Resistance of a Test Section—Make at least five determinations of the skid resistance, at intervals not greater than 0.5 mile (1 km), in each test section with the test vehicle at the same lateral position in any one lane and at each specified test speed. Consider the arithmetic average of all determinations to be the skid resistance of the test section. If statistical or other criteria applied to the skid number for a long test section indicate that it cannot be considered to be uniform, treat the section as two or more sections. For treatment of the results of faulty tests, see Section 10.

7.4 Lateral Positioning of Test Vehicle on Highway—Normally, testing shall be done in the center of the left wheel track of a traffic lane of a highway. A skid number for a highway surface may be quoted without qualification, only if the test vehicle was so positioned during the test.

7.5 Test Speeds—The standard test speed shall be 40 mph (65 km/h), and tests shall normally be conducted at that speed. Where the legal maximum speed is less than 40 mph, the tests may have to be conducted at a lower speed. Where the legal speed is considerably in excess of 40 mph, tests may be made at the prevailing traffic speed, but it is recommended that at the same locations, additional tests be made at 40 mph. Maintain test speeds within ± 1 mph (1.5 km/h).

7.5.1 When the test speed is 40 mph, it is desirable, but not necessary, to cite the speed when quoting the obtained skid number. In all other cases, the speed must be given when the skid number is quoted. This may be done by adding to the symbol as subscript the numerals

of the test speed in miles per hour, for example, SN_{50} indicates the skid number obtained at a test speed of 50 mph. When the SI system (values in parentheses) is used the data shall be reported as $SN_{(65)}$ with the actual test speed in parentheses. When the smooth-tread tire of Specification E 524 is used, the data shall be reported as SN^B with the test speed noted as above.

7.6 Skid-Resistance Speed Gradient Determination—Report the change of the skid number with speed as the slope of the SN versus speed curve which is plotted from at least three speeds in increments of approximately 10 mph (15 km/h). The standard speed gradient shall be defined as the slope of the SN-speed curve at 40 mph (65 km/h) and shall be so indicated.

8. Procedure

8.1 Bring the apparatus to the desired speed and deliver water to the pavement ahead of the test tire. Approximately 0.5 s after beginning of the water delivery, apply the test wheel brake so as to lock the wheel completely. The wheel shall remain locked for the duration of the data averaging interval (8.4.1).

8.2 Water delivery may be terminated as soon as the brake is released.

8.3 Record electrical calibration signals prior to and after testing each section, or as needed to ensure valid data.

8.4 Data Evaluation—Evaluate the resulting skid-resistance records as follows:

8.4.1 Mark the point of wheel lock-up and measure the data from a point not less than 0.2 s after this mark for an interval not less than 1.0 s nor more than 3.0 s. Average the data between these points and use the mean value to read or to calculate the skid number.

9. Calculation

9.1 Calculate the skid number as follows:

$$SN = (F/W) \times 100$$

where:

F = tractive force (horizontal force applied to the test tire at the tire-pavement contact patch), lbf (or N), and

W = dynamic vertical load on test wheel, lbf (or N).

9.2 For trailers not of the parallelogram design (2) or where the vertical wheel load is not measured directly, the wheel load, W , depends on the kinematic layout of the trailer and on the friction force. Wheel load reduction due to unloading

produced by the friction force must be taken into account and the following formula used:

$$SN = (F/W) \times 100$$

where:

$$W = W_0 - (H/L)F,$$

H = hitch height, in. (or mm),

L = trailer wheelbase length (center of axle to center of hitch), in. (or mm), and

W_0 = static vertical load on the test tire, lbf (or N).

9.3 For a vehicle not of a trailer design, the dynamic vertical load must be either measured or computed by analysis of the statics and kinematics of the test vehicle.

9.4 For instrumentation systems that incorporate automatic dynamic skid number computation equipment, the horizontal tractive force is automatically divided by the dynamic vertical load in real time (see 9.1). The resultant skid number $sn(t)$ is recorded in real time on the strip chart and is available for automatic averaging over the designated averaging period for SN (shown in 8.4.1). The following equations apply:

$$sn(t) = \frac{f_h(t)}{f_v(t)} \times 100$$

$$SN = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} sn(t) dt$$

where:

$sn(t)$ = dynamic skid number in real time,

$f_h(t)$ = dynamic tractive force in real time, lbf (or N),

$f_v(t)$ = dynamic vertical load in real time, lbf (or N),

t_1 = time of start of averaging period, s,

t_2 = time of end of averaging period, s, and

SN = mean skid number.

If a 1-s averaging interval is used, then $t_1 = 0$, $t_2 = 1$, and the equation reduces to:

$$SN = \int_0^1 sn(t) dt$$

The arithmetic mean skid number can be recorded on the strip chart as an amplitude trace to the same scale as the dynamic skid number trace and be scaled directly from the chart, or it may be digitized and recorded on magnetic tape, on punched tape, or by printer on paper tape. When the smooth-tread tire of Specification E 524 is used the same calculations apply but the designation is SN^B.

10. Faulty Tests

10.1 Test results that are manifestly faulty, or that differ by more than 5 SN from the average of all tests in the same test section, shall be treated in accordance with Recommended Practice E 178.

11. Reports

11.1 *Field Report*—The field report for each section shall contain data on the following items:

11.1.1 Location and identification of test section,

11.1.2 Date and time of day,

11.1.3 Weather conditions: principally temperature, cloud cover, and wind,

11.1.4 Lane and wheel-path tested,

11.1.5 Speed of test vehicle (for each test), and

11.1.6 Skid number (for each test).

11.2 *Summary Report*—The summary report shall include, for each test section, data on the following items insofar as they are pertinent to the variables or combinations of variables under investigation:

11.2.1 Location and identification of test section,

11.2.2 Number of lanes and presence of lane separators,

11.2.3 Grade and alignment,

11.2.4 Pavement type, mix design of surface course, condition, and aggregate type (specific source, if available),

11.2.5 Age of pavement,

11.2.6 Average daily traffic,

11.2.7 Posted speed limit,

11.2.8 Date and time of day,

11.2.9 Weather conditions,

11.2.10 Lane and wheel-path tested,

11.2.11 Average, high, and low skid number for the test section and speed at which the tests were made. (If values are reported that were not used in computing the average, this fact shall be recorded.), and

11.2.12 Plot of speed gradient data (if obtained).

12. Precision and Bias

12.1 The relationship of observed SN units to some "true" value of locked-wheel sliding friction has not been established at this time. As a result, only repeatability is given for this test method.

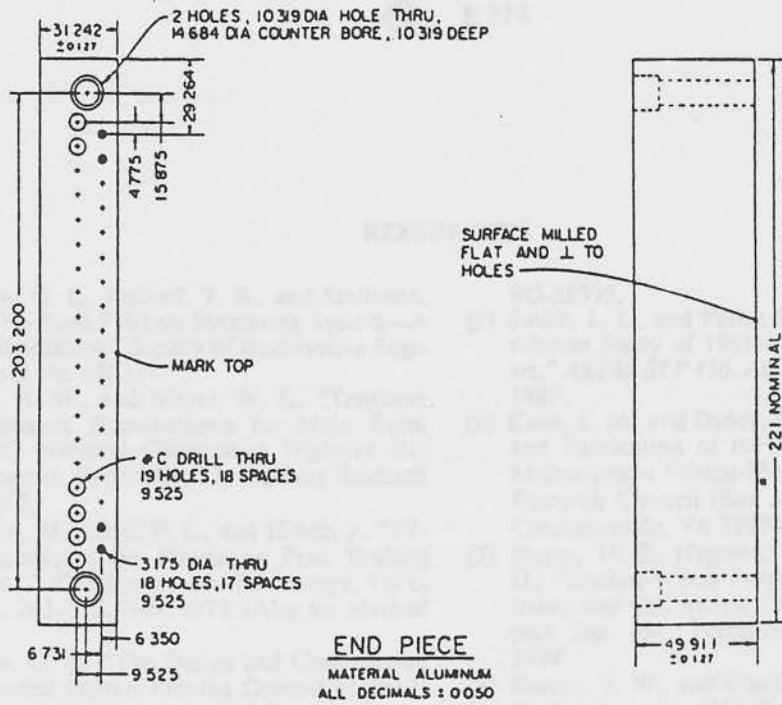
12.2 The acceptable precision of SN units can



be stated in the form of repeatability. As there is no significant correlation between standard deviation and arithmetic mean of sets of test values, it appears that standard deviations are applicable to this test method regardless of the average locked wheel sliding friction of the surface. An acceptable standard deviation of 2 SN units was obtained from numerous tests conducted on a variety of systems at the Field Test and Evaluation Centers.⁶

12.3 This value is based on evaluations of many skid trailers. The standard deviation of each was determined at each of three speeds on the basis of 36 individual skids, 12 each on each of three pads. It was also determined for each trailer on an over-all speed basis of 108 individual skids, 12 at each of three speeds on each of three pads.

⁶ Supporting data are available at ASTM Headquarters. Request RR:E17-1000.



NOTE:

- DIMENSIONS SHOWN ARE FOR E501 & E524 STANDARD TIRES
- ALL DIMENSIONS IN MM
- SURFACE MOUNTED

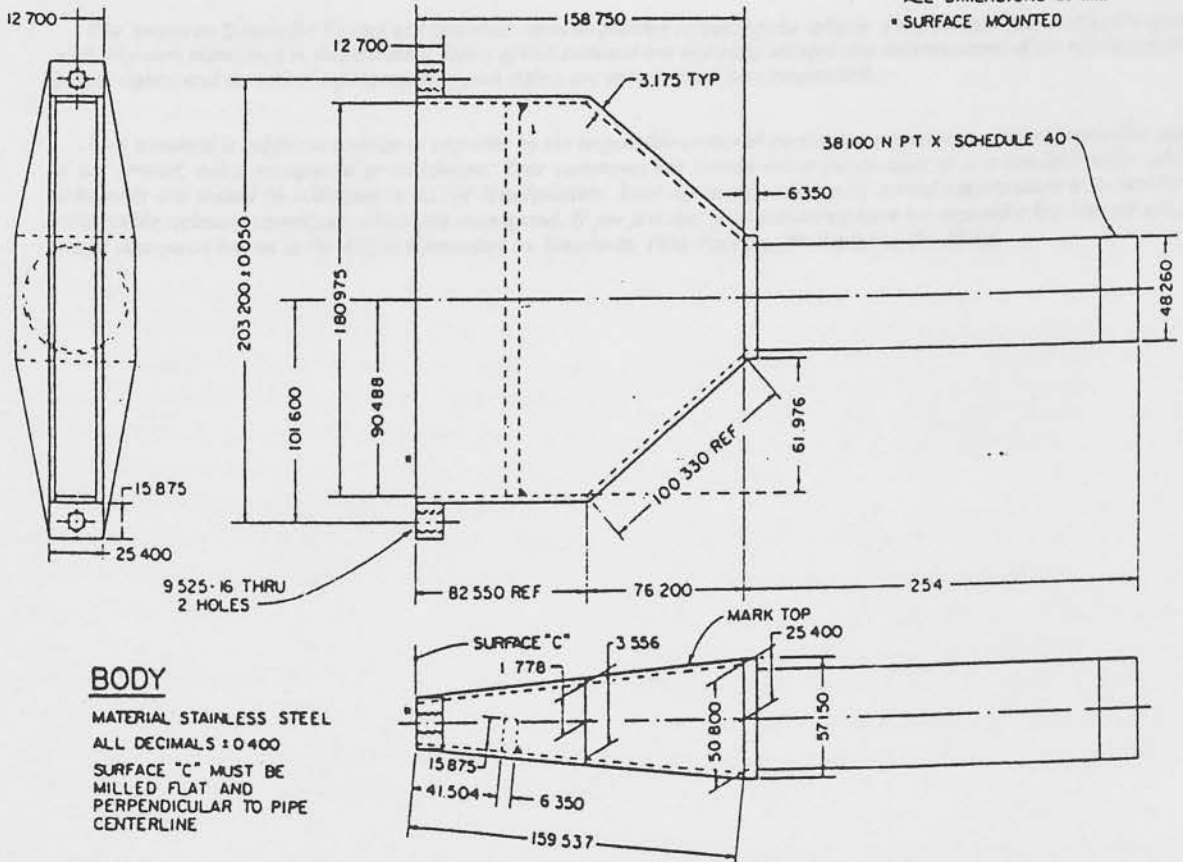


FIG. 1 Pavement Wetting System

REFERENCES

- (1) Goodenow, G. L., Kolhoff, T. R., and Smithson, F. D., "Tire-Road Friction Measuring System—A Second Generation," Society of Automotive Engineers, Paper No. 680137.
- (2) Kummer, H. W., and Meyer, W. E., "Tentative Skid Resistance Requirements for Main Rural Highways," National Cooperative Highway Research Program, Report No. 37, Highway Research Board, 1967.
- (3) Neill, Jr., A. H., Boyd, P. L., and Hinch, J., "Filtering Techniques for Measuring Peak Braking Coefficients," *Tire Science and Technology*, Vol 6, No. 4, pp. 263-275, Nov. 1978. (Also see Method F 408)
- (4) Goodenow, G. L., "The Design and Construction of the General Motors Proving Ground Model II Coefficient of Friction Vehicle," Presentation to ASTM Committee E-17, March 22, 1967. Available as General Motors Proving Ground Report PG-26395.
- (5) Smith, L. L., and Fuller, S. L., "Florida Skid Correlation Study of 1967—Skid Testing with Trailers," *ASTM STP 456*, Am. Soc. Testing and Mats., 1969.
- (6) Cook, L. M., and Dancy, W. H., Jr., "Development and Fabrication of the Virginia Skid-Resistance Measurement Vehicle-Model 2," Virginia Highway Research Council (Box 3817, University Station, Charlottesville, VA 22903).
- (7) Meyer, W. E., Hegmon, R. R., and Gillespie, T. D., "Locked-Wheel Pavement Skid Tester Correlation and Calibration Techniques," NCHRP Report No. 151, Transportation Research Board, 1974.
- (8) Kearns, R. W., and Ward, J. F., "The Static Force Calibration of a Skid Resistance Measuring System," Institute for Basic Standards, National Bureau of Standards, Washington, DC, May 1973.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for MEASURING SURFACE MACROTEXTURE DEPTH USING A SAND VOLUMETRIC TECHNIQUE¹

This standard is issued under the fixed designation E 965; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method describes a procedure for determining the average depth of pavement surface macrotexture (1)² by careful application of a known volume of sand on the surface and subsequent measurement of the total area covered. The technique is designed to provide an average depth value of only the pavement macrotexture and is considered insensitive to pavement microtexture characteristics.

1.2 The results obtained using this procedure to determine average pavement macrotexture depths do not necessarily agree or correlate directly with those obtained by other pavement macrotexture measuring methods (1 through 6).

1.3 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Applicable Documents

2.1 *ASTM Standards:*

C 778 Specification for Standard Sand³

E 178 Practice for Dealing with Outlying Observations⁴

3. Summary of Test Method

3.1 The standard materials and test apparatus consist of a quantity of uniform sand, a container of known volume, a suitable wind screen or shield, brushes for cleaning the surface, a flat disk for spreading the sand on the surface, and a ruler

or other measuring device for determining the area covered by the sand patch. A standard laboratory balance is also recommended for further ensuring consistently equal sand amounts for each measurement sample.

3.2 The test procedure involves spreading a known volume of sand on a clean and dry pavement surface, measuring the area covered, and subsequently calculating the average depth between the bottom of the pavement surface voids and the tops of surface aggregate particles. This measurement of pavement surface texture depth reflects primarily the surface macrotexture characteristics (1, 5).

NOTE 1—In spreading the sand specified in this test method, the surface voids are completely filled flush to the tips of the surrounding aggregate particles. This test method is not considered suitable for use on grooved surfaces or pavements with large (≥ 1.0 in. (25 mm)) surface voids.

4. Significance and Use

4.1 This test method is suitable for field tests to determine the average macrotexture depth of a pavement surface. The knowledge of pavement macrotexture depth serves as an additional tool in characterizing the pavement surface texture. When used in conjunction with other physical

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-17 on Traveled Surface Characteristics and is the direct responsibility of Subcommittee E17.23 on Surface Characteristics Related to Tire-Pavement Friction.

Current edition approved Sept. 30, 1983. Published December 1983.

² The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

tests, the macrotexture depth values derived from this test method may be used to determine the pavement skid resistance capability and the suitability of paving materials or finishing techniques. Improvements in pavement finishing practices and maintenance schedules may result from use of this test method.

4.2 The texture depth measurements produced using this test method are influenced primarily by surface macrotexture characteristics and not significantly affected by surface microtexture. Pavement aggregate particle shape, size, and distribution are surface texture features not addressed in this procedure. This test method is not meant to provide a complete assessment of pavement surface texture characteristics.

4.3 The pavement surface macrotexture depth values measured by this test method, with the equipment and procedures stated herein, do not necessarily agree or correlate directly with other techniques of surface texture measurements. This test method is also suitable for research and development purposes, where direct comparisons between pavement surfaces are to be made within the same test program.

NOTE 2—The pavement surface to be measured using this test method must be dry and free of any construction residue, surface debris, and loose aggregate particles which would be displaced or removed during normal environmental and traffic conditions.

5. Materials and Apparatus

5.1 The essential elements of the apparatus, shown in Fig. 1, consist of the following material and equipment:

5.1.1 *Sand*—A natural silica sand from Ottawa, IL conforming to Specification C 778 shall be used. The clean, dry sand shall be graded to pass a No. 50 sieve and retained on a No. 100 sieve.

5.1.2 *Sand Sample Container*—A metal or plastic cylinder closed at one end and containing a predetermined internal volume of at least 1.5 cubic in. (25 000 mm³) shall be used to determine the volume of sand spread.

5.1.3 *Sand Spreader Tool*—A flat, hard disk approximately 1 in. (25 mm) thick and 2.5 to 3.0 in. (60 to 75 mm) in diameter shall be used to spread the sand. The bottom surface or face of the disc shall be covered with a hard rubber material and a suitable handle may be attached to the top surface of the disc.

NOTE 3—An ice hockey puck is considered suitable for use as the hard rubber material in this test method.

5.1.4 *Brushes*—A stiff wire brush and a soft bristle brush shall be used to clean thoroughly the pavement surface prior to application of the sand sample.

5.1.5 *Wind Screen*—A small, portable screen or shield shall be mounted on the pavement surface for protection of the sand sample from the wind during spreading and obtaining measurements.

5.1.6 *Scale*—A standard scale 12 in. (305 mm) or greater in length and having 0.1-in. (2.5 mm) or 1-mm (0.04-in.) divisions should be used.

5.2 Use of a standard laboratory-type balance, sensitive to 0.1 g, is recommended with this test method to provide additional control and to ensure that the amount of sand used for each surface macrotexture depth measurement is equal in both mass and volume.

6. Procedure

6.1 *Test Surface*—Inspect the pavement surface to be measured and select a dry, homogeneous area that contains no unique, localized features such as cracks and joints. Thoroughly clean the surface using the stiff wire brush first and subsequently the soft bristle brush to remove any residue, debris, or loosely bonded aggregate particles from the surface. Position the portable wind screen around the surface test area.

6.2 *Sand Sample*—Fill the cylinder of known volume with dry sand and gently tap the base of the cylinder several times on a rigid surface. Add more sand to fill the cylinder to the top, and level with a straightedge. If a laboratory balance is available, determine the mass of sand in the cylinder and use this mass of sand sample for each measurement.

6.3 *Test Measurement*—Pour the measured volume or weight of sand onto the cleaned test surface within the area protected by the wind screen. Carefully spread the sand into a circular patch with the disk tool, rubber-covered side down, filling the surface voids flush with the aggregate particle tips. Measure and record the diameter of the sand patch at a minimum of four equally spaced locations around the sample circumference. Compute and record the average diameter of the sand patch.

NOTE 4—For very smooth pavement surfaces where the patch diameters are greater than 12 in. (305 mm), it is recommended that half the normal volume of sand be used.

6.4 *Number of Test Measurements*—The same operator should perform at least four, randomly-spaced measurements of average macrotexture depth on a given test pavement surface type. The arithmetic average of the individual macrotexture depth values shall be considered to be the average macrotexture depth of the test pavement surface.

7. Calculations

7.1 *Cylinder Volume*—Calculate the internal volume of the sand sample cylinder as follows:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

where:

V = internal cylinder volume, in.³ (mm³),
 d = internal cylinder diameter, in. (mm), and
 h = cylinder height, in. (mm).

7.2 *Average Surface Macrotexture Depth*—Calculate the average surface macrotexture depth using the following equation:

$$MATX_d = \frac{4V}{\pi D^2}$$

where:

$MATX_d$ = average surface macrotexture depth, inches (mm),
 V = sand sample volume, in.³ (mm³), and
 D = average sand patch diameter, in. (mm).

8. Faulty Tests

8.1 Tests that are manifestly faulty or that give average surface macrotexture depth values differing by more than 0.005 in. (0.13 mm) from the average of all tests on the same pavement surface shall be treated in accordance with Recommended Practice E 178.

9. Report

9.1 The report for each pavement test surface

shall contain data on the following items:

- 9.1.1 Location and identification of test pavement surface,
- 9.1.2 Date,
- 9.1.3 Volume of sand used for each test measurement, in.³ (mm³),
- 9.1.4 Number of test measurements,
- 9.1.5 Average sand patch diameter, in. (mm), for each test,
- 9.1.6 Average surface macrotexture depth, in. (mm), for each test, and
- 9.1.7 Average macrotexture depth, in. (mm), for total pavement test surface.

10. Precision and Bias

10.1 Analysis of sand patch data collected during extensively controlled tests (6) produced estimates of the repeatability (method precision) and reproducibility (applied precision) of the sand patch method, as well as sampling errors that can be expected in measuring the average texture depths of a pavement section by the method. The sand patch precision estimates are expressed as a percentage, such as the ratio of the standard deviation of the texture measurements to the mean texture depth times 100.

10.2 The standard deviation of the repeated measurements by the same operator on the same surface can be as low as 3.3 % of the average texture depth.

10.3 The standard deviation of the repeated measurements by different operators on the surface can be as low as 4.7 % of the average texture depth.

NOTE 5—The standard deviation of the site-to-site measurements may be as large as 27 % of the average texture depth. Here site defines a randomly selected location within a nominally homogeneous pavement section. This means that a sizeable number of measurement observations would be necessary to estimate the average texture depth reliably for a given pavement type, despite the fact that the method is highly repeatable and not subject to large operational influences.

REFERENCES

- (1) Yager, T. J. and Buhlmann, F., "Macrotexture and Drainage Measurements on a Variety of Concrete and Asphalt Surfaces," *Pavement Surface Characteristics and Materials*, ASTM STP 763, ASTM, 1982.
- (2) American Concrete Paving Association, "Guideline for Texturing of Portland Cement Concrete Highway Pavements," *Technical Bulletin No. 19*, March 1975.
- (3) Hegmon, R. R. and Mizoguchi, M., "Pavement Texture Measurement by the Sand Patch and Outflow Meter Methods," *Automotive Safety Research Program, Report No. S40, Study No. 67-11*, Pennsylvania State University, January 1970.
- (4) Dahir, S. H. and Lentz, H. J., "Laboratory Evaluation of Pavement Surface Texture Characteristics in Relation to Skid Resistance," *Federal Highway Administration Report No. FHWA-RD-75-*

- 60, June 1972.
- (5) Rose, J. G. et al., "Summary and Analysis of the Attributes of Methods of Surface Texture Measurements." ASTM STP 53, ASTM, June 1972.
- (6) Chamberlin, W. P. and Amsler, D. E., "Measuring

Surface Texture of Concrete Pavements by the Sand-Patch Method," *Federal Highway Administration Report No. FHWA-NY-78-RR62*, July 1978.

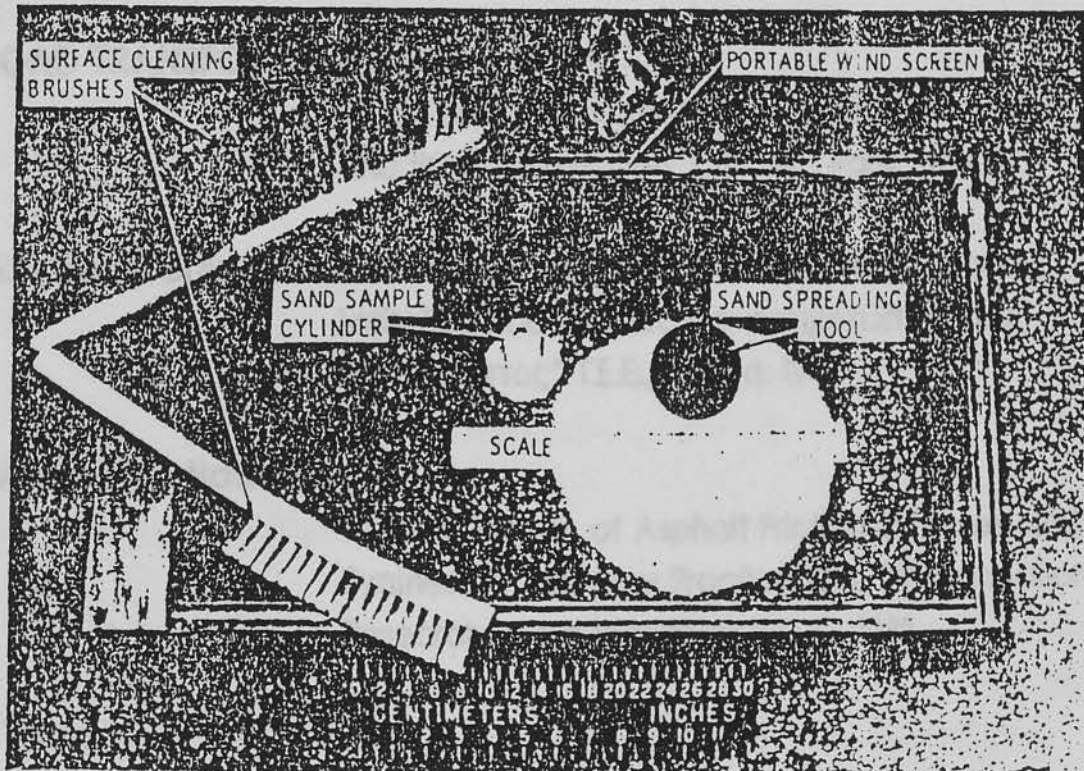


FIG. 1 Apparatus for Measuring Surface Macrotexture Depth

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

Trans. The City University, Department of Civil Engineering, Highways and Transport Section, London, 1987

J. Νίκος Ν., Τεχνολόγος Η. Τεχνολογία Ε.

Έρευνα αλληλεπίδρασης οδοστρώματος με ασφάλτου
Τ.Ε.Ε. 872 και 874

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Kummer H.W and Meyer W.E.**
 "Tentative Skid-Resistance Requirements for Main Rural Highways" N.C.H.R.P. Report 37, Highway Research Board, USA, 1967.
2. **ROAD TRANSPORT RESEARCH.**
 "Road Surface Characteristics : their interaction and their optimisation" O.E.C.D. , Paris, 1984.
3. **Α.Φ. Νικολαΐδης .** "Η ολισθηρότητα και τα τροχαία ατυχήματα : Μέθοδοι, παράγοντες και αντιμετώπιση του προβλήματος" Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1980.
4. **Woodrow J. Halstead .**
 "Criteria for Use of Asphalt Friction Surfaces", N.C.H.R.P., Synthesis of Highway Practice 104, Transportation Research Board Washington D. C. 1983
5. **Τζινιέρη Β.**
 "Οδοστρώματα από σκυρόδεμα, υπολογισμός, κατασκευή, ολισθηρότητα. Επίδραση του λεπτόκοκκου υλικού στην αντίσταση σε ολίσθηση", Εργαστηριακή Έρευνα, ΕΜ.Π. , Αθήνα, 1987.
6. **Galatas K.S.**
 "Skid Resistance Properties of roads in Athens" MS Thesis, The City University, Department of Civil Engineering, Highways and Transport Section, London, 1987
7. **Μίχας Ν. , Σωτηρόπουλος Η. , Τσιτσεκλής Ε.**
 "Έρευνα ολισθηρότητας οδοστρωμάτων".Μελέτη του Τ.Ε.Ε. ,1972 και 1974.

8. Μίχας Ν.

"Η ολισθηρότης των οδοστρωμάτων", Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων, Ανάτυπον εκ του "Δελτίου Κεντρικού Εργαστηρίου Δ.Ε.", Αθήναι, Τεύχος 2, 1978.

9. Μίχας Ν.

"Ολισθηρότητα των οδών και ατυχήματα", Οδική Ομοσπονδία της Ελλάδος, Ομιλία στις 10 Οκτωβρίου 1983.

10. Φατσέας Ι.

"Η ολισθηρότητα των οδοστρωμάτων" Περιοδικό "Ελληνικοί Αυτοκινητόδρομοι", Τεύχος 6-7, Αθήνα, Ιούλιος-Δεκέμβριος 1986, Σελ. 5-10.

11. Burchett J.L. and Rizenbergs R.L.

"Frictional Performance of Pavements and Estimates of Accident Probability" Pavements Surface Characteristics and Materials, ASTM STP 763, C.M. Hayden, Ed., American Society for Testing and Materials, pp. 73-97, 1982.

12. ASTM E 274-86

"Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire.

13. ASTM E 303-83

"Standard Method for Measuring Surface Frictional Properties Using The British Pendulum Tester".

14. ASTM E 965-83

"Standard Method for Measuring Surface Macrotexture Depth Using A Sand Volumetric Technique".

15. Περιοδικό 4 Τροχοί,

Μαΐος 1994, τεύχος 284

16. Γ. Κανελλαΐδης, Χ. Διονέλης

"Μετρήσεις και Συσχέτιση Παραμέτρων
Ολισθηρότητας Εύκαμπτων Οδοστρωμάτων"
Τεχνικά Χρονικά. Α, 1990, Τομ. 10, Τεύχος 1

17. Νιόβη Αγορογιάννη-Ρούσσου

"ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ"
Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημο-
σίων Έργων-Γεν.Γραμματεία Δημ. Έργων, ΚΕΔΕ(Λ14)
Ανάτυπο από το "ΔΕΛΤΙΟ Κ.Ε.Δ.Ε." (Τεύχη 103-
104/1989)

18. Φατσέας Ι.

Σεμινάριο "ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ"
Θέμα : "ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ"
28, 29, 30, ΜΑΪΟΥ 1990

19. Λαγγιώτης Χ.

"ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗΝ
ΝΑΞΙΑΣ ΣΜΥΡΙΔΟΣ"
Ανάτυπον από τεύχος 4/1977 του Δελτίου Κ.Ε.Δ.Ε.
ΑΘΗΝΑΙ 1978

**20. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ασφαλτοσκυροδέματος
& Ευκάμπτων Οδοστρωμάτων, ΘΕΣ/ΚΗ, ΙΑΝ. 1992**

σελ. 288-289, 354

**21. Ομάδα Εργασίας : Γ. ΚΑΛΟΣ-Μ. ΚΑΛΟΣ-Ν. ΜΙΧΑΣ
Ι. ΦΑΤΣΕΑΣ-Χ.ΛΑΓΠΙΩΤΗΣ**

"ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΑΙΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩ-
ΜΑΤΩΝ", ΤΕΕ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ