

- Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
- ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
- ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΑΜΠΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ»
ΦΘΟΡΕΣ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΥΝ
ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΒΑΣΙΛΙΚΙΩΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΔΗΜΠΑΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΨΑΡΡΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΡΕΒΕΝΙΩΤΗ ΕΛΕΝΗ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται γενικά στα είδη οδοστρωμάτων και δίνει ιδιαίτερο βάρος στις δοκιμές ελέγχου ποιότητας των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, σε πιθανές φθορές που θα παρουσιαστούν καθώς επίσης και σε μεθόδους συντήρησης αυτών. Το υλικό για την δημιουργία της πτυχιακής εργασίας αντλήθηκε μετά από μελέτη σε εκτενή βιβλιογραφία καθώς και από έρευνα στον παγκόσμιο ιστό.

Αρχικά αναφερόμαστε στο διαχωρισμό των οδοστρωμάτων ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους σε εύκαμπτα και δύσκαμπτα, συγκρίνοντας τα μεταξύ τους και αναλύοντας τις μεθόδους υπολογισμού πάχους αυτών.

Ακολουθεί ένα σημαντικό κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται οι δοκιμές ελέγχου ποιότητας των ασφαλικών και αδρανών υλικών που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο καθώς και επί τόπου του έργου.

Τέλος σε ένα εξίσου σημαντικό κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση στο τύπο των φθορών που παρουσιάζουν τα οδοστρώματα και στους τρόπους συντήρησης τους.

Η αναφορά μας σε αυτό το πολύ σημαντικό κομμάτι των έργων υποδομής, την οδοποιία, γίνεται με τον δέοντα σεβασμό στους προγενέστερους συγγραφείς, την προσοχή στην συλλογή των πληροφοριών και την υπευθυνότητα που πρέπει να διέπει κάθε μηχανικό.

Στο σημείο αυτό νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε την Κ. Γρεβενιώτη Ελένη για την πολύτιμη βοήθεια της στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά	6
1.2 Εύκαμπτα και Δύσκαμπτα οδοστρώματα	8
1.3 Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την κατασκευή του οδοστρώματος	11
1.3.1 Παράγοντες κακοτεχνιών	14
1.4 Εθνικές τεχνικές προδιαγραφές οδοστρωμάτων	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΕΙΔΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1 Εύκαμπτα οδοστρώματα	20
2.1.1 Υπόβαση	20
2.1.2 Βάση	29
2.1.3 Ασφάλτος	30
2.1.3.1 Το ασφαλτικό σκυρόδεμα	36
2.1.4 Κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα	42
2.1.5 Υδατόπηκτα οδοστρώματα	45
2.2 Δύσκαμπτα οδοστρώματα	48
2.2.1 Τα οδοστρώματα σκυροδέματος	48
2.2.2 Λιθόστρωτα οδοστρώματα	51
2.2.3 Συνεχή οπλισμένα οδοστρώματα	53
2.3 Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων σε σχέση με τα εύκαμπτα	56
2.4 Μέθοδοι υπολογισμού πάχους οδοστρωμάτων	57
2.4.1 Μέθοδος CBR	57
2.4.2 Μέθοδος Kentucky	58
2.4.3 Μέθοδος Wyoming	60
2.4.4 Μέθοδος Pickett	62
2.4.5 Μέθοδος AASHO	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

3.1 Δοκιμές ελέγχου ποιότητας ασφάλτου	67
3.1.1 Δοκιμή διείδυσης	67

3.1.2 Δοκιμή μάλθωσης	68
3.1.3 Δοκιμή ανάφλεξης και καύσης της ασφάλτου	70
3.1.4 Δοκιμή ολκιμότητας της ασφάλτου	72
3.1.5 Δοκιμή προσδιορισμού ύδατος σε ασφαλτικά υλικά	73
3.2 Δοκιμές ελέγχου ποιότητας αδρανών υλικών	75
3.2.1 Δοκιμή αντοχής αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση με τη μέθοδο Los Angeles	75
3.2.2 Δοκιμή ανθεκτικότητας αδρανών υλικών σε αποσάθρωση (υγεία) με χρησιμοποίηση θεικού νατρίου ή θεικού μαγνησίου	76
3.2.3 Δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων υλικών	77
3.2.4 Δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης εκχυλισθέντος αδρανούς υλικών	78
3.2.5 Αντοχή σε θλίψη	80
3.2.6 Αντοχή σε παγετό	80
3.2.7 Η φαινόμενη πυκνότητα των κόκκων	81
3.2.8 Συστολή και διαστολή	81
3.2.9 Υγρασία	81
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4-ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ</u>	
4.1 Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων	83
4.1.1 Ρηγματώσεις	83
4.1.2 Ρωγμές τύπου αλιγάτορα	84
4.1.3 Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος	86
4.1.4 Ρωγμές μεταξύ λωρίδων	87
4.1.5 Ρωγμές από ανάκλαση	88
4.1.6 Ρωγμές ολίσθηση ταπήτων	90
4.1.7 Ρωγμές συρρίκνωσης	91
4.1.8 Ρωγμές στη τροχιά των τροχών	92
4.1.9 Ελικοειδείς ρωγμές	93
4.1.10 Τοπικές καθιζήσεις	93
4.1.11 Τοπικές διογκώσεις	95
4.1.12 Λακκούβες	95

4.1.13 Λεία επιφάνεια οδοστρώματος	97
4.2 Φθορές Δύσκαμπτων οδοστρωμάτων	98
4.2.1 Ρηγματώσεις – αρμοί	98
4.2.2 Φθορές στους αρμούς	99
4.2.3 Γωνιώδεις ρωγμές	99
4.2.4 Διαμήκεις ρωγμές	100
4.2.5 Εγκάρσιες ρωγμές	100
4.2.6 Διαγώνιες ρωγμές	101
4.2.7 Επιφανειακές παραμορφώσεις δύσκαμπτων οδοστρωμάτων	101
4.2.8 Ολισθηρότητα επιφάνειας	102
4.3 Μέθοδοι συντήρησης	102
4.3.1 Ασφαλτικές επαλείψεις	102
4.3.1.1 Τύποι ασφαλτικών επαλείψεων	103
4.3.2 Ενίσχυση οδοστρωμάτων	106
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	111

Κεφάλαιο 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η μορφολογία του εδάφους, η μεγαλύτερη κυκλοφορία οχημάτων, τα μεγαλύτερα φορτία τροχού, οι κλιματολογικές εναλλαγές έχουν οδηγήσει σε αλλαγές στον σχεδιασμό και την κατασκευή στο μέρος της οδού το οποίο προορίζεται για την κυκλοφορία των τροχοφόρων, που δεν είναι άλλο από το οδόστρωμα.

Οδόστρωμα χαρακτηρίζεται η κατασκευή, η οποία έχει σκοπό να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ποιότητα κύλισης των οχημάτων για όλο το χρονικό διάστημα λειτουργίας του. Ορίζεται ως το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων πάνω από τη στρώση έδρασης (σκάφη). Στην περίπτωση ορύγματος η στρώση έδρασης είναι η διαμορφωμένη επιφάνεια του εδάφους, ενώ στη περίπτωση επιχώματος είναι η διαμορφωμένη επιφάνεια της στέψης του επιχώματος.

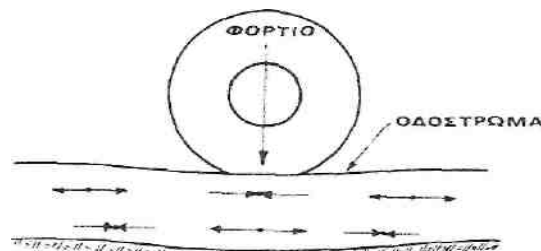
Αναλυτικότερα, η δημιουργία οδοστρωμάτων έχει σαν κύριο λόγο:

α) Την μετάδοση στο έδαφος των φορτίων των κυκλοφορούντων οχημάτων ελαττωμένων σε τέτοιο βαθμό, που να αποτρέπονται ανεπίτρεπτες σε μέγεθος μόνιμες παραμορφώσεις (σχήμα 1).

β) Την δομική επάρκειας του ίδιου του οδοστρώματος στις επαναλαμβανόμενες εκπονήσεις της κυκλοφορίας και του περιβάλλοντος δηλαδή, την αποφυγή ρηγματώσεων, παραμορφώσεων και αποφλοιώσεων.

γ) Την προστασία του εδάφους θεμελίωσης του οδοστρώματος από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (παγετός, νερό), οι οποίες θα προκαλέσουν απώλεια φέρουσας ικανότητας και μόνιμες παραμορφώσεις.

δ) Την διατήρηση ενός ελάχιστου επιτρεπόμενου επίπεδου αντισθητικών χαρακτηριστικών της στρώσεως κύλισης.



Σχ.1 «Θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις στο οδόστρωμα κατά τη διέλευση οχήματος»

Τα οδοστρώματα διαχωρίζονται ,ανάλογα με τη δομή τους και την ελαστικότητα τους σε δυο βασικές κατηγορίες, στα **εύκαμπτα** και στα **δύσκαμπτα** (άκαμπτα) οδοστρώματα. Ωστόσο στη χώρα μας δεν έχουμε αρκετή εμπειρία από τη συμπεριφορά δύσκαμπτων οδοστρωμάτων λόγω της μη συχνής εφαρμογής τους.

Τα τελευταία χρόνια είναι σημαντική η αλλαγή που έχει παρατηρηθεί στο σχεδιασμό και στην κατασκευή των ασφαλικών οδοστρωμάτων.

Παλιότερα, τα περισσότερα οδοστρώματα μπορούσαν εύκολα να καταταχθούν σε μία από τις δύο κατηγορίες: «εύκαμπτα» ή «δύσκαμπτα». Ο σχεδιασμός των δύσκαμπτων ή PCC οδοστρωμάτων βασιζόταν για πολλά χρόνια σε μία θεωρητική ανάλυση που περιείχε μερικές εμπειρικές τροποποιήσεις της κλασικής μεθόδου WESTERGAARD. Η θεωρία στηρίζεται στην μαθηματική ανάλυση ,πού εφαρμοζόμενη σε φυσικά υλικά,αναγκάζεται να παραδεχτεί ορισμένες υποθέσεις, πού χωρίς αυτές θα ήταν αδύνατη ή επίλυση τού προβλήματος. Οι υποθέσεις αυτές είναι:

Για την πλάκα από σκυρόδεμα

α) Η πλάκα είναι στερεό ισότροπο, ομογενές και ελαστικό.

β) Το σκυρόδεμα έχει σταθερό μέτρο ελαστικότητας E και σταθερό λόγο POISSON.

γ) Το πάχος της πλάκας παραμένει σταθερό κατά την καταπόνηση .

Για το έδαφος θεμελιώσεως.

α) Το έδαφος είναι ομογενές και ισότροπο και ακολουθεί τους νόμους της ελαστικότητας,

β) Η αντίδραση τού εδάφους σε κάποιο σημείο αυτού M είναι μόνο κατακόρυφη και είναι ανάλογη προς την κατακόρυφη παραμόρφωση της πλάκας.

Τροποποιήσεις της μεθόδου τού WESTERGAARD έγιναν από τον PICKETT

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα χαρακτηρίζονταν (και ακόμη χαρακτηρίζονται) από μία σχετικά λεπτή ασφαλική επιφανειακή στρώση και με στρώσεις βάσης και υπόβασης από κοκκώδη υλικά που προστατεύουν το υπέδαφος από υπερφόρτιση. Αυτός ο τύπος σχεδιασμού του οδοστρώματος βασιζόταν κυρίως σε εμπειρικούς κανόνες ή στην πείρα, ενώ η θεωρία έπαιζε δευτερεύοντα ρόλο στην όλη διαδικασία.

Οι πρόσφατες όμως αλλαγές στο σχεδιασμό και την κατασκευή που προκάλεσαν κυρίως τα μεγαλύτερα φορτία τροχού, η μεγαλύτερη κυκλοφορία οχημάτων και η αναγνώριση των διαφόρων ανεξάρτητων τρόπων καταπόνησης που συντελούν στη «βλάβη» του οδοστρώματος (όπως λακκούβες, ρήγματα και πτυχώσεις), έχουν οδηγήσει στην εισαγωγή και χρησιμοποίηση

σταθεροποιημένων υλικών βάσης και υπόβασης. Σταθεροποιητές όπως η άσφαλτος, η άσβεστος, η ιπτάμενη τέφρα και το τσιμέντο χρησιμοποιούνται συχνά για να αυξήσουν την αντοχή του οδοστρώματος αυξάνοντας τη δυσκαμψία του.

Για τους λόγους αυτούς τα τελευταία χρόνια έγινε μία εξαιρετικά εντατική προσπάθεια για τη θεμελίωση του σχεδιασμού οδοστρωμάτων από ασφαλτικό μπετόν, με μη σταθεροποιημένες (εύκαμπτες) ή σταθεροποιημένες ημιάκαμπτες) στρώσεις βάσης.

Προς το παρόν δεν υπάρχει μία αυστηρά θεμελιακή ή ορθολογιστική διαδικασία σχεδιασμού που να έχει γίνει πλατειά αποδεκτή από τη βιομηχανία οδοστρωμάτων. Μεγάλη όμως εμπιστοσύνη έχει δοθεί από τους μηχανικούς στη χρήση της γραμμικής θεωρίας ελαστικότητας πολλαπλών στρώσεων. Αυτό φαίνεται και από την εφαρμογή διαφόρων τέτοιων μεθόδων σχεδιασμού που βασίζονται στη θεωρία αυτή.

Ο αναγνώστης πρέπει να κατανοήσει ότι για να είναι μία μέθοδος σχεδιασμού οδοστρωμάτων απόλυτα ορθολογική από τη φύση της, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τρία στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- α) η θεωρία πρόβλεψης της παραμέτρου βλάβης ή καταπόνησης
- β) η αξιολόγηση των καταλλήλων ιδιοτήτων των υλικών, που είναι απαραίτητες για την θεωρία που έχει εκλεγεί και
- γ) ο προσδιορισμός της σχέσης ανάμεσα στο μέγεθος της παραμέτρου προς το επιθυμητό επίπεδο αντοχής.

Αν και οι αντιδράσεις των περισσότερων υλικών οδοστρώσεως διαφέρουν από τις παραδοχές της θεωρίας και τις «αληθινές» τιμές τάσης, παραμόρφωσης ή κάμψης, η κατανόηση της θεωρίας είναι απαραίτητη στο μηχανικό λόγω της σπουδαιότητας της αναγνώρισης των θεμελιωδών παραγόντων πάνω στους οποίους βασίζονται όλοι οι σχεδιασμοί οδοστρωμάτων.

1.2 Εύκαμπτα και δύσκαμπτα οδοστρώματα

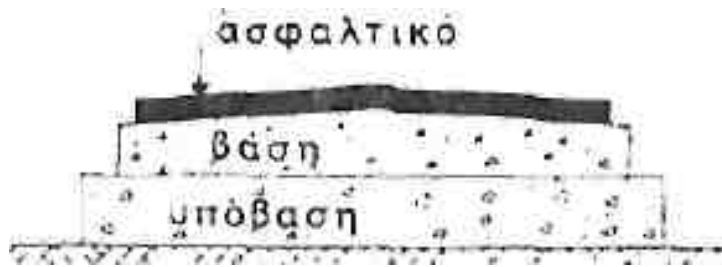
Γενικά οι δύο μεγάλες κατηγορίες οδοστρωμάτων χωρίζονται, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, σε υποκατηγορίες οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

Σαν εύκαμπτα θεωρούνται:

- 1) Τα ασφαλτικά.
- 2) Τα κυκλοφοριόπηκτα.
- 3) Τα σταθεροποιημένα.
- 4) Τα σκυρωτά.

Κατά κανόνα τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από (σχ. 2):

- 1)Υπόβαση.
- 2)Βάση.
- 3)Επιφανειακή στρώση.



σχ. 2 «Διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος»

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις υπόβασης και βάσης κατασκευάζονται, επειδή:

- α) Αποτρέπουν την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδούς ανύψωσης.
- β) Δίνουν μια πρόσθετη προστασία από τον παγετό.
- γ) Συντελούν στην αποστράγγιση.
- δ) Αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα.
- ε) Βοηθούν την κατανομή των φορτίων με το σύστημα των στρώσεων.

Στο εύκαμπτο οδοστρώμα η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται δια μέσου των στρώσεων του. Το ολικό πάχος του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνονται ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος

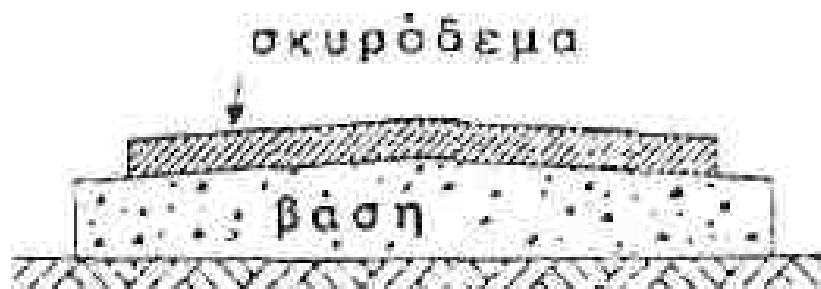
Στα εύκαμπτα οδοστρώματα, η αντοχή του εδάφους έδρασης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας. Συνεπώς οι κυριότεροι παράγοντες, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του πάχους εύκαμπτου οδοστρώματος, είναι:

- α) Η φύση του εδάφους έδρασης του οδοστρώματος.
- β) Οι κλιματολογικές συνθήκες.
- γ) Τα επί τόπου διαθέσιμα υλικά.
- δ) Ο κυκλοφοριακός φόρτος

Σαν δύσκαμπτα θεωρούνται:

- 1) Τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα.
- 2) Τα λιθόστρωτα.

Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο ή προτεταμένο) και εδράζονται σε κατάλληλη βάση (σχ. 3).



σχ. 3 «Διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος»

Ο σκοπός και η λειτουργία των στρώσεων ποικίλει, ανάλογα με την ελαστικότητα του οδοστρώματος.

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η στρώση βάσης κατασκευάζεται, επειδή:

- α) Αποτρέπει την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδούς ανύψωσης.
- β) Προστατεύει από τον παγετό.
- γ) Συντελεί στην αποστράγγιση.
- δ) Αποτρέπει τις καθιζήσεις του εδάφους.
- ε) Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος.
- στ) Διευκολύνει την κατασκευή.

Στο δύσκαμπτο οδοστρώμα, όπου το υλικό του είναι μεγάλης αντοχής, το κύριο μέρος των τάσεων μεταβιβάζεται στο φορέα, ενώ το έδαφος θεμελίωσης απλώς αντιδρά στην παραμόρφωση του οδοστρώματος. Έτσι, το πρόβλημα του υπολογισμού των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η στατική επίλυση πλάκας σκυροδέματος, που εδράζεται σε άπειρα ελαστικά σημεία.

1.3 Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την κατασκευή του οδοστρώματος

Αρχικά η φύση του εδάφους έδρασης επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Επομένως, η εκτέλεση εδαφοτεχνικής μελέτης στη ζώνη έδρασης του οδοστρώματος είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του πάχους του.

Εκτός από τις σταθερές του εδάφους, που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό, χρειάζεται και η γνώση άλλων στοιχείων, που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη, όπως είναι η στάθμη των υπογείων υδάτων, οι κατολισθήσεις του εδάφους, το βάθος των μαλακών εναποθέσεων κ.λπ.

Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για τον υπολογισμό όχι μόνο του πάχους αλλά και της σύνθεσης του οδοστρώματος.

Οι κυριότερες είναι:

- Το ύψος των βροχοπτώσεων.
- Η δράση του παγετού. - Η συρρίκνωση και η διόγκωση του εδάφους.
- Οι εναλλαγές παγετού - τήξης και υγρασίας - ξηρασίας.
- Οι εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας.

Η μελέτη του πάχους και της σύνθεσης του οδοστρώματος πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε να χρησιμοποιούνται τα επιτόπια υλικά κατά τον καλύτερο τρόπο. Αυτό είναι δυνατό, διότι κάθε στρώση του οδοστρώματος μπορεί να κατασκευασθεί με διαφορετικούς τρόπους (π.χ., η υπόβαση μπορεί να κατασκευασθεί με φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο ή ακόμα και με θραυστό πέτρωμα).

Είναι φανερό ότι, η φέρουσα ικανότητα της υπόβασης εξαρτάται από το **είδος του υλικού**. Δηλαδή η χρήση θραυστού πετρώματος, θα έχει μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα από ίσο πάχος φυσικού αμμοχάλικου. Άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το επιτόπιο υλικό, με αυξομείωση του πάχους της στρώσης της υπόβασης, μετά από συγκριτική οικονομική μελέτη.

Επί πλέον, μπορεί να προστεθεί ότι η υπόβαση και η βάση ενός οδοστρώματος δεν αποτελούν χωριστές κατασκευές, αλλά είναι δυνατόν κατά τη μελέτη της διατομής του οδοστρώματος να συνδυάζονται, ανάλογα με τα υλικά που συναντώνται, με ενιαίο τρόπο, αρκεί η αντοχή του οδοστρώματος, σαν σύνολο, να είναι η απαιτούμενη. Π.χ. αν μια περιοχή στερείται φυσικών υλικών υπόβασης, δεν είναι απαραίτητο να μεταφερθούν αυτά από απομακρυσμένες

περιοχές ή να θραυσθούν σκληρά πετρώματα για την παραγωγή υλικών υπόβασης, αλλά είναι δυνατόν να αυξηθεί κατά ισοδύναμο πάχος η βάση με ανάλογη ελάττωση του πάχους της υπόβασης ή ακόμα και να καταργηθεί.

Ουσιαστική σημασία για τη σύνθεση ενός οδοστρώματος, που αποτελείται από στρώσεις με διαφορετική ικανότητα, έχει η διάταξη τους κατ' αύξουσα φέρουσα ικανότητα, από κάτω προς τα πάνω και με κάποια σχέση, ώστε όλες οι στρώσεις να φορτίζονται στο επιτρεπτό φορτίο αντοχής τους, επιτυγχάνοντας έτσι το οικονομικότερο οδόστρωμα για συγκεκριμένη αντοχή.

Επομένως, η κατασκευή μιας ισχυρότερης στρώσης κάτω από ασθενέστερη στρώση είναι αντιοικονομική, διότι αυτή ουδέποτε θα φορτισθεί στο σύνολο της αντοχής της.

Αν συμβεί αυτό, θα έχει ως συνέπεια τη θραύση της ανώτερης στρώσης.

• Σε ένα δύσκαμπτο οδόστρωμα οι βασικοί παράγοντες, που υπεισέρχονται στη μεθοδολογία υπολογισμού, είναι:

- α) Η ποιότητα του σκυροδέματος.
- β) Η αντοχή της υποδομής.
- γ) Τα φορτία και η συχνότητα τους.

Οι διάφορες περιπτώσεις φόρτισης του σκυροδέματος προκαλούν αξιωματώστες καμπτικές τάσεις. Η καμπτική αντοχή του σκυροδέματος καθορίζεται από ειδικά δοκίμια θραύσης σε αντίστοιχη ημέρα (συνήθως τα αποτελέσματα της 90ης ημέρας καθορίζουν την αντοχή).

Το σκυρόδεμα πρέπει να παρουσιάζει στερεότητα, ικανή καμπτική αντοχή και στερεή αντιολισθηρή επιφάνεια. Έρευνες σε πειραματικά δύσκαμπτα οδοστρώματα αλλά και σε χρησιμοποιούμενα ήδη οδοστρώματα, έδειξαν ότι ασκείται πολύ λίγη πίεση στην υποδομή.

Έτσι, δεν θεωρείται αναγκαίο ούτε οικονομικά συμφέρον η κατασκευή μιας προστατευτικής και μεγάλου πάχους στρώσεως βάσης.

Όσον αφορά την αντοχή της υποδομής στα δύσκαμπτα οδοστρώματα, γίνονται ειδικές παραδοχές στον υπολογισμό της. Η πιο συνηθισμένη βασίζεται στην παράμετρο K , που ονομάζεται "**μέτρο αντίδρασης του εδάφους**".

Η κατασκευή οικονομοτεχνικής σύνθεσης οδοστρώματος πρέπει να είναι πολύ έντεχνη, διότι σε αντίθετη περίπτωση θα έχει ως αποτέλεσμα την άμεση ή τη γρήγορη καταστροφή του οδοστρώματος και οπωσδήποτε την ελάττωση της ζωής του.

Ο υπολογισμός των οδοστρωμάτων γίνεται με δύο κυρίως μεθόδους:

α) Τις εμπειρικές ή ημιεμπειρικές.

β) Τις θεωρητικές.

Με τις εμπειρικές μεθόδους ο καθορισμός του πάχους του οδοστρώματος γίνεται με διαγράμματα ή με πίνακες, που έχουν κατασκευασθεί με τη βοήθεια της πείρας από τη συμπεριφορά των διαφόρων τύπων οδοστρωμάτων στις συνθήκες (κλίμα, κυκλοφορία, υλικά) κάθε χώρας.

Σε αυτές τις μεθόδους προδιαγράφονται και ορισμένες εργαστηριακές ή "εν θέσει" δοκιμές του εδάφους και των υλικών οδοστρωσίας.

Με τις παλιές μεθόδους υπολογισμού, οι δοκιμές έχουν σκοπό την κατάταξη των υλικών απλώς σε κάποια κατηγορία, όπου με τη βάση της γίνεται ο καθορισμός του πάχους.

Στις νεότερες, τα αποτελέσματα των δοκιμών δίνουν ορισμένες πληροφορίες για τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών, που έχουν εμπειρικά συνδεθεί με τα απαιτούμενα πάχη των στρώσεων.

Οι εμπειρικές ή ημιεμπειρικές μέθοδοι έχουν το μειονέκτημα ότι η χρήση τους περιορίζεται στις περιπτώσεις, που η κυκλοφορία, οι συνθήκες περιβάλλοντος και ο τύπος των υλικών είναι ο ίδιος με τις περιπτώσεις, που λήφθηκαν υπόψη στην ανάπτυξη της μεθόδου. Αν δεν υπάρχουν τρόποι αξιολόγησης των τοπικών διαφορών και των συνεπειών που έχουν στη διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων, η χρησιμοποίηση εμπειρικής μεθόδου που προδιαγράφεται σε μία χώρα από άλλη χώρα, είναι παρακινδυνευμένη.

Αλλά και στην ίδια χώρα οι συνθήκες μεταβάλλονται συχνά αρκετά γρήγορα έτσι, ώστε τα αποτελέσματα των πειραματικών οδοστρωμάτων, που είναι απαραίτητα για τον σκοπό αυτό, να μην είναι έγκαιρα διαθέσιμα.

Στις αναλυτικές μεθόδους ακολουθείται η ίδια αρχή υπολογισμού που διέπει τον υπολογισμό των οικοδομικών και τεχνικών έργων. Δηλαδή εκλέγεται ένα στατικό μοντέλο, που αντιπροσωπεύει για την ανάλυση το οδόστρωμα και το έδαφος. Στη συνέχεια εκλέγεται το είδος των υλικών των στρώσεων και γίνεται μια πρώτη εκτίμηση του πάχους τους. Υπολογίζονται οι τάσεις και οι παραμορφώσεις, που αναπτύσσονται σε ορισμένα κρίσιμα σημεία.

Συγκρίνονται οι τιμές των τάσεων και των παραμορφώσεων, που υπολογίσθηκαν, με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες τιμές για κάθε στρώση και υλικό. Αν οι τιμές που υπολογίσθηκαν, είναι λίγο μικρότερες ή ίσες με τις επιτρεπόμενες, η κατασκευή είναι αποδεκτή, διαφορετικά επαναλαμβάνεται ο υπολογισμός με διαφορετικά υλικά ή διαφορετικό πάχος.

1.3.1 Παράγοντες κακοτεχνιών

Οι σοβαρότεροι παράγοντες, που προκαλούν κακοτεχνίες, είναι:

- α) Η κακή συμπύκνωση της υποδομής.
- β) Η κακότεχνη κατασκευή των επιχωμάτων, δηλαδή:
 - Κακή κατανομή των υλικών.
 - Ακατάλληλα υλικά.
 - Μη κατασκευή του επιχώματος σε στρώσεις ή κατασκευή σε στρώσεις μεγαλύτερου πάχους.
 - Μη συμπύκνωση των υλικών με τη βέλτιστη υγρασία.
 - Χρήση ακατάλληλων μηχανημάτων
- γ) Η κακή ποιότητα υπόβασης και βάσης.
- δ) Η ανεπιτυχής κατασκευή σταθεροποιημένων στρώσεων
- ε) Η μη έντεχνη κατασκευή των σκυρωτών.

Για την έντεχνη εκτέλεση ενός οδοστρώματος, που μελετήθηκε σωστά και για αποφυγή κακοτεχνιών και αστοχιών, όπως και για την επαύξηση της ζωής του, χρειάζεται συνεχής και συστηματική εργαστηριακή παρακολούθηση τόσο των υλικών, όσο και της κατασκευής του έργου σε όλα τα στάδια του.

Τελικά προκύπτουν τα παρακάτω:

- α) Για κάθε περίπτωση, θα πρέπει να γίνεται ειδική οικονομοτεχνική μελέτη του οδοστρώματος, έχοντας υπόψη τις επιτόπιες συνθήκες και τα διαθέσιμα υλικά.
- β) Η μελέτη αυτή θα πρέπει να εκτελείται έντεχνα, με επιμέλεια και ακρίβεια.
- γ) Η έντεχνη κατασκευή επιβάλλει τη συστηματική εργαστηριακή παρακολούθηση του έργου.

δ) Οι τυχόν, κατά τη διάρκεια της κατασκευής, ανάγκες μεταβολής του πάχους ή του είδους κάποιας στρώσης, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με πνεύμα αναθεώρησης ολόκληρης της διατομής και όχι της στρώσης μεμονωμένα.

1.4 Εθνικές προδιαγραφές οδοστρωμάτων

Αδρανή υλικά

Για την εκτέλεση της εργασίας απαιτούνται αδρανή υλικά. Αδρανή υλικά θεωρούνται: το θραυστό υλικό από λίθους λατομείων, το αμμοχάλικο θραυστό ή μη, από ποταμούς, χείμαρρους και ορυχεία, τα τεχνητά υλικά ορυκτής προέλευσης που έχουν προκύψει μετά από θερμική ή άλλη βιομηχανική επεξεργασία (σκωρίες κλπ.).

Αποδεκτά υλικά

Τα αδρανή υλικά θα πρέπει να είναι καθαρά, σκληρά, υγιή και ανθεκτικά. Να είναι απαλλαγμένα από φυτικές ή άλλες πάσης φύσεως ξένες προσμίξεις, όπως χώματα, σβώλους αργίλου κλπ., καθώς και από επικαλύψεις οιασδήποτε φύσεως (ιδιαίτερα αργιλούχα). Επίσης τα αδρανή υλικά δεν πρέπει να περιέχουν πλακοειδή, αποσαθρωμένα, εύθρυπτα ή σχιστολιθικά τεμάχια.

α) Χονδρόκοκκο αδρανές υλικό

Το χονδρόκοκκο αδρανές υλικό, δηλαδή το συγκρατούμενο υλικό στο κόσκινο 2.0mm και καλούμενο στο εξής χονδρόκοκκο υλικό, πρέπει να είναι, για την κατασκευή της βάσης, θραυστό υλικό από λίθους λατομείου ή θραυστό αμμοχάλικο ή θραυστό υλικό άλλων πηγών .

Για την κατασκευή της υπόβασης, το χονδρόκοκκο υλικό μπορεί να είναι θραυστό υλικό, αλλά και μη θραυστό υλικό .

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί θραυστό αμμοχάλικο ποταμού ή ορυχείων ως χονδρόκοκκο υλικό για την κατασκευή της βάσης ή της υπόβασης, ποσοστό τουλάχιστον 50% των τεμαχίων κατά βάρος πρέπει να είναι σπασμένα προερχόμενα από σύνθλιψη και/ή θραύση, όπως ορίζεται και ελέγχεται από το πρότυπο EN 933-5:1998, και το ποσοστό των 'τελείως' σφαιρικών κόκκων δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% κατά βάρος.

Η φθορά κατά τη δοκιμή θρυμματισμού από τριβή και κρούση (κατά Los Angeles) σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN-1097-2: άρθρο 5, του χονδρόκοκκου υλικού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40% για τη βάση και την

υπόβαση. Κατ' εξαίρεση, η φθορά σε θρυμματισμό από τριβή και κρούση (κατά Los Angeles) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% για την κατασκευή της υπόβασης σε υπεραστικούς ή αστικούς δρόμους μικρής ή μέσης κυκλοφορίας στο Επαρχιακό ή Νομαρχιακό ή Εθνικό δίκτυο, με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, ή γενικότερα σε οδούς δευτερευούσης σημασίας και μετά από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.

Το σχήμα του χονδρόκοκκου αδρανούς που καθορίζεται από το Δείκτη πλακοειδούς σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-3:1997 δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 35%.

β) Λεπτόκοκκο αδρανές υλικό

Το λεπτόκοκκο αδρανές υλικό, υλικό ονομαστικού μεγέθους(1)1-2 mm καλούμενο στο εξής λεπτόκοκκο υλικό, θα πρέπει να προέρχεται από τη θραύση του πετρώματος για την παραγωγή των χονδρόκοκκων αδρανών. Σε περίπτωση που υπάρχει διαθέσιμη και κατάλληλη φυσική άμμος ή άλλο κατάλληλο λεπτόκοκκο υλικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μίγμα των αδρανών για την επίτευξη της επιθυμητής κοκκομετρικής διαβάθμισης. Στην περίπτωση αυτή το προστιθέμενο ποσοστό φυσικής άμμου δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% της συνολικής ποσότητας των αδρανών υλικών στο μίγμα.

Το διερχόμενο από το κόσκινο 0,5 mm (ή 0,42 mm-No.40) υλικό πρέπει να έχει όριο υδαρότητας μικρότερο ή ίσο του 25 και δείκτη πλαστικότητας PI μικρότερο ή ίσο του 3, για την κατασκευή της βάσης, και μικρότερο ή ίσο του 4, για την κατασκευή της υπόβασης, όπως αυτά προσδιορίζονται από την προδιαγραφή E 105-86/5 και E 105-86/6, αντίστοιχα με προσέγγιση ακέραιας μονάδας. Κατ' εξαίρεση, ο δείκτης πλαστικότητας του υλικού μπορεί να είναι μικρότερος ή ίσος του 6 και το όριο υδαρότητας μικρότερο ή ίσο του 30 για την κατασκευή της υπόβασης σε υπεραστικούς ή αστικούς δρόμους μικρής ή μέσης κυκλοφορίας στο Επαρχιακό ή Νομαρχιακό ή Εθνικό δίκτυο, με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, ή γενικότερα σε οδούς δευτερεύουσας σημασίας σε περιπτώσεις όπου η υπόβαση εκτείνεται σε βάθος μεγαλύτερο των 400 mm από την τελική επιφάνεια του οδοστρώματος.

Το διερχόμενο από το κόσκινο 4 mm υλικό πρέπει να έχει ισοδύναμο άμμου μεγαλύτερο ή ίσο του 40, όπως προσδιορίζεται από το πρότυπο EN 933-8:1999.

Η δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας) για τα χονδρόκοκκα, τα λεπτόκοκκα αδρανή και για το μίγμα των αδρανών θα εκτελείται σύμφωνα με το πρότυπο EN 1367-2:1998, με θεϊκό μαγνήσιο και η απώλεια βάρους πρέπει να είναι μικρότερη του 18%.

Ο Ανάδοχος οφείλει να εκτελέσει τη δοκιμή για τον προσδιορισμό της πυκνότητας κόκκων και απορρόφησης ύδατος, σύμφωνα με το πρότυπο EN

1097-6:2000, καθώς επίσης και δοκιμή προσδιορισμού της σχέσης υγρασίας – πυκνότητας.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται τεχνητά υλικά για την κατασκευή της βάσης ή/και της υπόβασης θα πρέπει να υπάρχει εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη για τη χρήση του συγκεκριμένου υλικού στο συγκεκριμένο έργο και στρώση. Η περιβαλλοντική μελέτη θα αναφέρεται τουλάχιστον στα παρακάτω: α) τη βιομηχανική διαδικασία παραγωγής από την οποία προέκυψε η σκωρία, β) τα αποτελέσματα ελέγχου της στη δοκιμή έκπλυσης σε σχέση με τα επιτρεπτά όρια και γ) την απουσία άλλων επικίνδυνων ουσιών για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Επιπροσθέτως θα εκτελούνται και οι παρακάτω έλεγχοι: α) ευστάθεια όγκου, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1744- 1:1998, παράγραφος 19.3, όταν χρησιμοποιούνται σιδηροσκωρίες και β) αποσύνθεση διττανθρακικού πυριτίου ή/και αποσύνθεση σιδήρου, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1744-1:1998, παράγραφος 19.1 και 19.2, αντίστοιχα, όταν χρησιμοποιούνται 'αερόψυκτες' σκωρίες υψικαμίνου 2.

Η ευστάθεια όγκου, εκφραζόμενη σε ποσοστό διαστολής του όγκου των αδρανών από σιδηροσκωρίες, πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση του 5%. Σχετικά με την αποσύνθεση των 'αερόψυκτων' σκωριών υψικαμίνου, και στις δύο περιπτώσεις, θα πρέπει να είναι μηδενική.

γ) Κοκκομετρική διαβάθμιση μίγματος αδρανών υλικών

Ο έλεγχος της κοκκομετρικής διαβάθμισης θα γίνεται μετά από πλύσιμο, σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1:1997.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού θα πρέπει πάντοτε να βρίσκεται εντός των ορίων που αναγράφονται στον Πίνακα 1. Ο Τύπος I χρησιμοποιείται για την κατασκευή της βάσης ή/και της υπόβασης, ενώ ο Τύπος II αποκλειστικά για την κατασκευή της υπόβασης.

Η διαβάθμιση του υλικού πρέπει να είναι ομαλή, έτσι ώστε το σχετικό διάγραμμα να μην παρουσιάζει απότομες διακυμάνσεις. Επιπροσθέτως, το διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο 4mm (Π4), από το κόσκινο 2 mm (Π2) και από το κόσκινο 1 mm (Π¹ θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις) του Πίνακα 2.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών που συγκεντρώνονται ή αποθηκεύονται σε σωρούς προς χρήση, ή του μίγματος των αδρανών υλικών που ενσωματώνονται στο έργο, και γενικότερα της κάθε ποσότητας υλικών που παραδίδεται, δεν θα πρέπει να αποκλίνει από την κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών υλικών που προκύπτει εφαρμόζοντας τις επιτρεπτές αποκλίσεις που δίνονται στον Πίνακα 3.

Επιπροσθέτως θα πρέπει να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Πίνακα 4, υποβάλλεται από τον Ανάδοχο πριν την έναρξη των εργασιών, διάστρωσης .

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου	Διερχόμενο ποσοστό κατά βάρος	
	Τύπος I	Τύπος II
Κατά EN 933-2:1995		
63 mm		100
40 mm	100mm	85-99 ⁽¹⁾
31,5mm	85-99 ⁽¹⁾	
20mm		55-85
16mm	55-85	
10mm		35-65
8mm	35-65	
4mm	25-50	25-50
2mm	19-40,5	19-44
1mm	13,5-31	13,5-38
0,5mm	8-24	8-32
0.063mm	0-11	0-11

(1)Γίνεται αποδεκτό και το ποσοστό 100%

Πίνακας 1 «Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών»

Διερχόμενο ποσοστό κατά βάρος		
Κόσκινο 4 mm	Κόσκινο 2 mm	Κόσκινο 1 mm
$\Pi_4 \geq \Pi_2 + 6$	$\Pi_2 \geq \Pi_1 + 6$	$\Pi_1 \geq 1,8 \times \Pi_{0,063}$

Πίνακας 2 «Ελάχιστο διερχόμενο ποσοστό αδρανών υλικών»

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου	Διερχόμενο ποσοστό κατά βάρος	
	Τύπος Ι	Τύπος ΙΙ
Κατά EN 933-2		
63mm	0%	0%
40mm	0%	±5%
	±5%	±5%
31,5mm	±5%	±5%
20mm	+8%	±8%
	±8%	±8%
16mm	+8%	±8%
10mm	±8%	±8%
	±8%	±8%
8mm	±8%	±8%
	±8%	±8%
4mm	±8%	±8%
	±5%	±5%
0,5mm	±5%	±5%
	±3%	±3%
0,063	±3%	±3%

Πίνακας 3 «Μέγιστες επιτρεπόμενες αποκλίσεις»

Τύπος μίγματος	Διερχόμενο ποσοστό από συγκεκριμένα κόσκινα
I	10≤Π16-Π8≤25 10≤Π8-Π4≤25
II	10≤Π20-Π10≤25 10≤Π -Π ≤25

*Πίνακας 4 «Απαιτήσεις διερχόμενου ποσοστού αδρανών υλικών από
συγκεκριμένα κόσκινα.»*

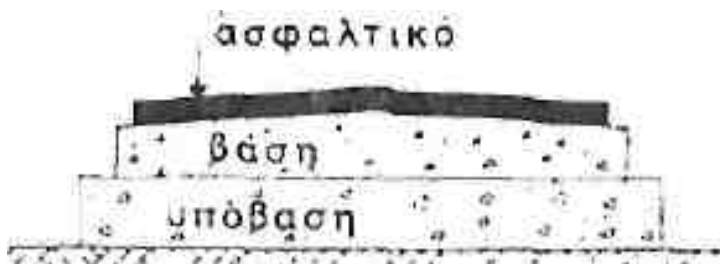
Κεφάλαιο 2^ο

ΕΙΔΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η συνεχής αύξηση των μετακινήσεων με αυτοκίνητο επιβάλλει τη συνεχή επέκταση, αλλά και βελτίωση του ήδη υπάρχοντος οδικού δικτύου με σκοπό την εξασφάλιση άνετης, ταχείας και ασφαλούς κυκλοφορίας με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Τα οδοστρώματα διαχωρίζονται ανάλογα με τη δομή τους σε δυο βασικές κατηγορίες, στα εύκαμπτα και στα δύσκαμπτα οδοστρώματα.

2.1 Εύκαμπτα οδοστρώματα

Η φύση του εδάφους έδρασης επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του οδοστρώματος. Επομένως, η εκτέλεση εδαφοτεχνικής μελέτης στη ζώνη έδρασης του οδοστρώματος είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του πάχους του. Στο εύκαμπτο οδοστρώμα η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται δια μέσου των στρώσεων του, όπου είναι η υπόβαση, βάση και το ασφαλτικό (σχήμα 4). Το ολικό πάχος του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο ,ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνονται ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος.



σχ. 4 «Διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος»

2.1.1 Υπόβαση

Αδρανή υλικά

Για την κατασκευή της υπόβασης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αμμοχάλικο, θραυσμένο ή όχι, από ποτάμια, χείμαρρους, αμμουδιές θάλασσας ή θραυστό υλικό. Το θραυστό ή φυσικό υλικό πρέπει να αποτελείται από σκληρά και ανθεκτικά κομμάτια της κοκκομετρικής διαβάθμισης όπως φαίνεται στον πίνακα 5.

Το αργό υλικό πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο σε ποιότητα, συμπαγές και να μην έχει φυτικές, αργλικές ή ξένες άλλες προσμίξεις. Οι κόκκοι του πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κυβικής μορφής.

ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΟΣΚΙΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΟΠΗΣ		ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ				
		ΑΝΟΙΓΜΑ ΒΡΟΧΙΔΑΣ		ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ
in	mm	A	B	Γ	Δ	E
3	76,2	100	-	-	-	-
2	50,8	65-100	100	-	-	-
1,5	38,1	-	70-100	100	-	-
1 1/4	31,7	-	-	-	100	-
1	25,4	45-75	55-85	70-100	83-100	100
3/4	19,1	-	50-80	60-90	65-95	70-100
3/8	9,52	30-60	40-70	45-75	47-77	50-80
No4	4,76	25-50	30-60	30-60	33-63	35-65
No10	2,00	20-40	20-50	20-50	23-50	25-50
No40	0,42	10-25	10-30	10-30	13-30	15-30
No200	0,074	3-10	5-15	5-15	5-15	5-15

Πίνακας 5 «Διαβάθμιση αδρανών υλικών»

Σε περίπτωση, που θα χρησιμοποιήσουμε θραυστό αμμοχάλικο, ποσοστό τουλάχιστον 50 % των κομματιών, που συγκρατούνται από το κόσκινο No 4, πρέπει να έχουν μια επιφάνεια που να προέρχεται από θραύση.

Στην περίπτωση, που το υλικό για θραύση ή οι κόκκοι του φυσικού υλικού, περιβάλλονται από άργιλο ισχυρά κολλημένη, θα πρέπει να υποβάλλεται σε πλύσιμο σε ειδική εγκατάσταση ή να μη χρησιμοποιείται καθόλου.

Προπαρασκευή της επιφάνειας έδρασης

Πριν τοποθετήσουμε το υλικό της υπόβασης στην επιφάνεια έδρασης, πρέπει να γίνει αναπασσάλωση του άξονα της οδού, χωροστάθμηση και λήψη διατομών, για να έχουμε έλεγχο αν γίνεται σωστά ή εφαρμογή της μελέτης ή όχι.

Οι εργασίες γίνονται ως εξής:

Πασσαλώνουμε με μεταλλική μετροταινία και σιδερένια καρφιά τον άξονα της οδού και εξασφαλίζουμε τα σημεία, που αντιστοιχούν στις εκατομετρικές

θέσεις της μελέτης. Στη συνέχεια, χωροσταθμούμε τις διατομές με διπλή χωροστάθμιση και με εξάρτηση από Reper. Υποχρεωτικά παίρνουμε διατομές στα κύρια σημεία κάθε καμπύλης.

Αν έχουμε βραχώδες όρυγμα ή επίχωμα, που έχει κατασκευασθεί από αμμοχάλικο και από την εδαφοτεχνική μελέτη προκύπτει ότι δεν χρειάζεται υπόβαση, τότε προ της κατασκευής της βάσης, κατασκευάζουμε μια ισοπεδωτική στρώση από θραυστό υλικό με συμπυκνωμένο πάχος 10 cm.

Διάστρωση των αδρανών υλικών

Το υλικό της υπόβασης πρέπει να τοποθετηθεί και να συμπυκνωθεί σε στρώσεις με πάχος, που έχει οριστεί από τη μελέτη. Το πάχος κάθε στρώσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 12 cm. Όταν χρειάζονται περισσότερες από μια στρώσεις, πριν κατασκευάσουμε την επόμενη, μορφώνουμε και συμπυκνώνουμε την προηγούμενη προσεκτικά.

Αφού τοποθετήσουμε το υλικό της υπόβασης για κάθε στρώση, το αναμιγνύουμε πολύ καλά με διαμορφωτήρα (Grader). Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης θα προσθέτουμε και ποσότητα ύδατος μέχρι το υλικό να έχει τη βέλτιστη υγρασία.

Ο κατασκευαστής πρέπει να προγραμματίζει κατά τέτοιο τρόπο τις εργασίες, ώστε μέσα σε 48 ώρες να εξασφαλίζεται η διάστρωση του υλικού.

Συμπύκνωση

Αμέσως μετά από τη διάστρωση και μόρφωση του υλικού, κάθε στρώση θα πρέπει να συμπυκνώνεται σε ολόκληρο το πλάτος της με οδοστρωτήρα με λείους κυλίνδρους, βάρους τουλάχιστον 12 tn ή με οδοστρωτήρα με ελαστικά ή με δονητικούς. Η κυλίνδρωση γίνεται από την άκρη της οδού προς τον άξονα στις ευθυγραμμίες ενώ στις καμπύλες από το χαμηλότερο σημείο προς το υψηλότερο.

Η κυλίνδρωση θα γίνεται μέχρι η πυκνότητα να γίνει ίση με το 95% της πυκνότητας που παίρνουμε εργαστηριακά με τη μέθοδο D (AASHO T - 180: τροποποιημένη PROCTOR).

Πάχος στρώσης - επιφάνεια

Το πάχος της στρώσης της υπόβασης θα πρέπει να έχει ανοχή μόνο 1 cm από το συμβατικό πάχος.

Μετά την τελική συμπύκνωση το πάχος θα μετριέται σε ένα ή περισσότερα σημεία ανά 100 m.

Οι επιφάνειες, που θα προκύπτουν, θα πρέπει να έχουν υψομετρική ανοχή από τα υψόμετρα της μελέτης το πολύ ± 1 cm.

Δοκιμές αδρανών υλικών

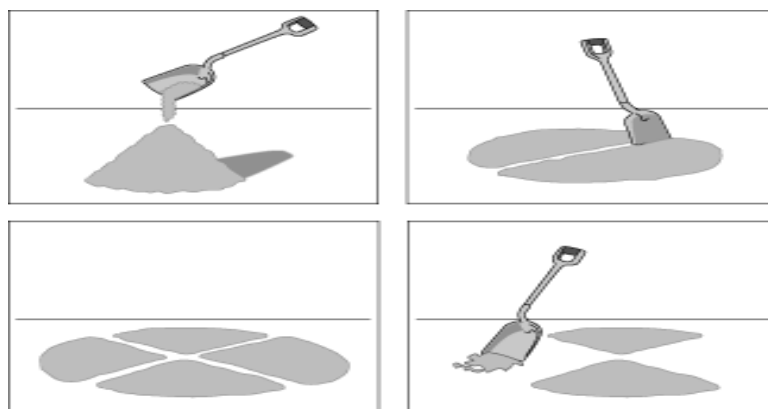
- Δειγματοληψία.

Η επιλογή του δείγματος αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα ενός ελέγχου ή δοκιμής. Η δειγματοληψία πρέπει να γίνει κατά τέτοιο τρόπο ώστε το δείγμα που θα ληφθεί να εκφράζει πιστά τις ιδιότητες όλης της ποσότητας του υλικού. Η δειγματοληψία των αδρανών στην συνήθη περίπτωση που αυτά μεταφέρονται με αυτοκίνητα γίνεται στους σωρούς. Το δείγμα σχηματίζεται από μικρές ποσότητες που παίρνονται με φτυάρι από δέκα (10) τουλάχιστον σημεία της ελεύθερης επιφάνειας του σωρού. Τα σημεία αυτά δεν πρέπει να είναι από το κάτω πέμπτο μέρος του σωρού.

- Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών υλικών.

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι η ανάλυση που γίνεται στα αδρανή υλικά και η οποία μας παρέχει το ποσοστό επί τοις εκατό της σύνθεσης του αδρανούς σε κόκκους διαφόρων μεγεθών. Επειδή στο εργαστήριο η εξέταση μιας μεγάλης ποσότητας δείγματος είναι πρακτικά δύσκολη, από το δείγμα των αδρανών που προσκομίστηκε στο εργαστήριο, επιλέγεται μια μικρότερη ποσότητα αντιπροσωπευτική όμως του όλου δείγματος. Η επιλογή του αντιπροσωπευτικού αυτού δείγματος γίνεται με δύο τρόπους: α) συσκευές διαχωρισμού δειγμάτων (sample splitter), β) τετραμερισμός.

Η διαδικασία του τετραμερισμού εκτελείται ως εξής: Το προς εξέταση δείγμα αδειάζεται προσεκτικά σε μια επίπεδη επιφάνεια ώστε να σχηματιστεί ένας κώνος. Στη συνέχεια με ένα φτυάρι ή μία σπάτουλα ανακατεύουμε το δείγμα παίρνοντας υλικό από τη βάση του κώνου και ρίχνοντάς το στην κορυφή του. Με το φτυάρι ή την σπάτουλα επιπεδώνουμε την κορυφή του κώνου και χωρίζουμε το υλικό σε τέσσερα τεταρτημόρια. Απομακρύνουμε τα δύο κατά κορυφή τεταρτημόρια και κρατούμε το υλικό των δύο άλλων (σχήμα 5). Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία άλλη μία φορά έτσι που το τελικό δείγμα να είναι το ένα τέταρτο περίπου του αρχικού δείγματος.



Σχήμα 5«διαδικασία τετραμερισμου»

Πρακτικά η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα δείγματος για την κοκκομετρική ανάλυση είναι 500 gr για την άμμο και 5 kg για τα σκύρα μεγίστου κόκκου 30 mm. Στη συνέχεια ακολουθεί ξήρανση του δείγματος. Η ξήρανση μπορεί να γίνει είτε σε φούρνο είτε σε ρεύμα θερμού αέρα.

Απαιτούμενα όργανα

α) δοχεία (πλαστικά ή μεταλλικά).

β) ζυγός ακριβείας 1/1000 (0,1%) του βάρους του προς εξέταση δείγματος.

γ) εργαστηριακά κόσκινα. Τα κόσκινα αυτά είναι κατασκευασμένα από κυλινδρικό μεταλλικό (ατσάλινο ή ορειχάλκινο) πλαίσιο διαμέτρου 200, 203 mm (8 in) ή 300 mm(σχήμα 6). Η επιφάνεια κοσκινίσματος είναι κατασκευασμένη από συρμάτινο πλέγμα με οπές τετραγωνικής μορφής. Ο αριθμός και ο τύπος που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από τους ισχύοντες κανονισμούς σε κάθε κράτος.



Εικ. 1 «κόσκινα και συσκευή»

Η ποσότητα του υλικού που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο καλείται συγκρατούμενη και αυτή που πέρασε διερχόμενη. Τα συγκρατούμενα σε κάθε κόσκινο ζυγίζονται με ακρίβεια και το βάρος τους καταγράφεται στο δελτίο κοκκομετρικής ανάλυσης του δείγματος. Στη συνέχεια με υπολογισμούς βρίσκουμε το διερχόμενο βάρος και το % ποσοστό του διερχόμενου.

Ο υπολογισμός του % διερχόμενου στο κόσκινο i δίνεται από τη σχέση :

$$\text{διερχόμενο \% στο κόσκινο } i = \frac{\text{διερχόμενο κόσκινο } i}{\text{αρχικό βάρος δείγματος}} * 100$$

- Ισοδύναμο άμμου.

Η δοκιμή του ισοδύναμου άμμου (sand equivalent) εκτελείται στο εργαστήριο ή το εργοτάξιο επί όλων των αδρανών υλικών που προορίζονται για κατασκευή υποβάσεων, βάσεων και ασφαλικών επιστρώσεων οδών όπως και για την παρασκευή σκυροδεμάτων. Η δοκιμή αυτή γίνεται για να διαπιστωθεί η παρουσία επιβλαβών ποσοτήτων αργίλου στα αδρανή υλικά. Η παρουσία αργίλου στα αδρανή είναι ανεπιθύμητη γιατί :

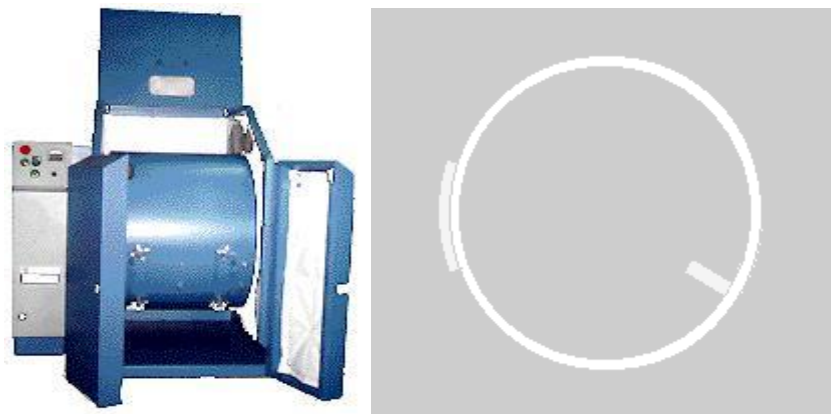
- προκαλεί διόγκωση μετά από κορεσμό του αδρανούς με νερό
- περιβάλλει τους κόκκους του αδρανούς με αποτέλεσμα να λειτουργεί ως λιπαντικό.

Η δοκιμή γίνεται σε δείγμα υλικού διερχόμενο από το κόσκινο Νο 4 (άμμος) και υπολογίζεται η κατ' όγκων σχέση της ποσότητας της αργίλου προς την ποσότητα των κόκκων της άμμου.

- Δοκιμή αντοχής σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES

Η δοκιμή αυτή, που επινοήθηκε και σχεδιάστηκε στο Εργαστήριο Δομικών της πόλης Los Angeles, θεωρείται η πιο κατάλληλη για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, δυσθραυστότητας και ποσοστού μαλακών τεμαχίων των αδρανών υλικών από οποιαδήποτε άλλη δοκιμή για τους παρακάτω λόγους:

- Ø Η δράση επί των αδρανών είναι πολύ ισχυρή, ώστε να αποκαλύπτεται οποιαδήποτε αδυναμία του υλικού
- Ø Είναι κατάλληλη τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.
- Ø Η δοκιμή είναι αρκετά σύντομη.
- Ø Δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών, εξ αιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής.
- Ø Περιορίζεται σημαντικά η επίδραση αυτού που εκτελεί τη δοκιμή. Η δοκιμή είναι σύμφωνη με το πρότυπο A.S.T.M C 131, πρότυπο στο οποίο παραπέμπουν οι ισχύοντες ελληνικοί κανονισμοί.



Εικ. 2 « Συσκευή Los Angeles»

- Δοκιμή ανθεκτικότητας και αποσάθρωση

Σκοπός της δοκιμής υγείας είναι να εκτιμήσει την ανθεκτικότητα των αδρανών όταν αυτά υπόκεινται στις καιρικές διαβρώσεις (weathering) στις οποίες εκτίθεται το σκυρόδεμα και άλλες κατασκευές (ουσιαστικά δηλ. να επιταχύνει στο εργαστήριο την δράση των καιρικών συνθηκών). Αυτό επιτυγχάνεται με εμβάπτιση σε κορεσμένα διαλύματα θειικού νατρίου (συνήθως), που ακολουθείται από ξήρανση σε φούρνο με σκοπό την μερική ή ολική αφυδάτωση των αλάτων που έχουν εισχωρήσει στους διαπερατούς πόρους του υλικού. Η εσωτερική δύναμη διαστολής που προκύπτει στη συνέχεια από την ενυδάτωση των αλάτων με επανεμβάπτιση, προσομοιώνει την διαστολή του νερού σε συνθήκες παγετού.

- Δοκιμή καθορισμού ποσότητας παιπάλης

Παιπάλη ή φίλλερ χαρακτηρίζεται το λεπτόκοκκο υλικό που διέρχεται από το κόσκινο τετραγωνικής οπής Νο 200 (0,074 mm). Η παιπάλη μπορεί να είναι άργιλος ή σκόνη από το ίδιο υλικό. Βρίσκεται είτε προσκολλημένη στους κόκκους του υλικού εμποδίζοντας την πρόσφυση των αδρανών με το κονίαμα, είτε σχηματίζοντας συσσωματώματα δημιουργώντας αδύνατα σημεία στην μάζα του σκυροδέματος, ή ακόμη διασκορπισμένη ομοιόμορφα μέσα στην μάζα του αδρανούς. Η παιπάλη έχει γενικά την ιδιότητα να αυξάνει την αναγκαία ποσότητα του νερού στο σκυρόδεμα και να ελαττώνει αντίστοιχα την αντοχή του. Παράλληλα συντελεί στην αύξηση της πλαστιμότητας του μείγματος αδρανών - κονιάματος. Το ποσοστό της παιπάλης στο δείγμα δίνεται από τη σχέση:

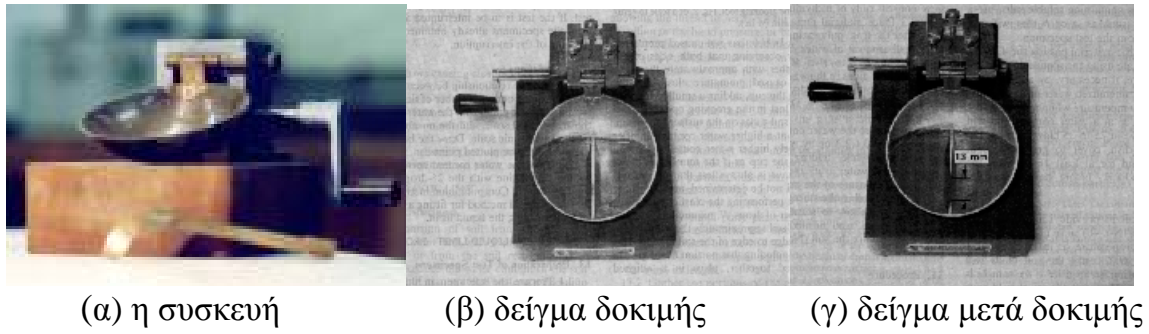
$$\text{παιπάλη \%} = (B^1 - B^2) / B^1 * 100$$

όπου , B1 : βάρος ξηρού δείγματος πριν το πλύσιμο και B2 : βάρος ξηρού δείγματος μετά τη δοκιμή.

Όρια Atterberg

- Όριο υδαρότητας(LL).

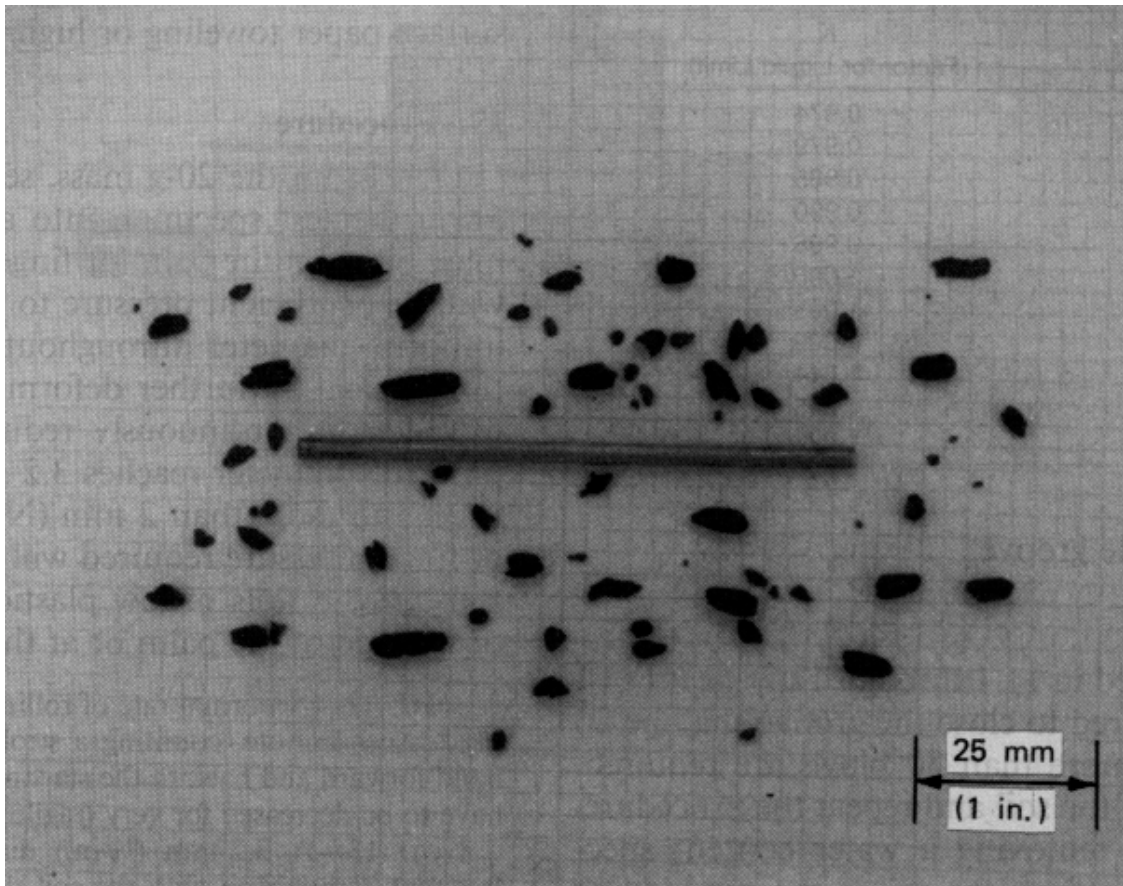
Όριο υδαρότητας είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας, εξαιτίας της οποίας τα τοιχώματα διαμορφωμένης εγκοπής ενός δείγματος εδάφους, που τοποθετείται στη συσκευή Casagrande, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους μετά από 25 κρούσεις (εικ.3).



Εικ. 3 «συσκευή υδαρότητας»

- Όριο πλαστικότητας(PL).

Είναι η περιεχόμενη υγρασία, εξαιτίας της οποίας ένα δείγμα εδάφους αρχίζει να θρυμματίζεται σε μικρά τεμάχια όταν πλάθεται σε λεπτές ίνες, μόλις φθάσει σε διάμετρο 3mm.(Εικ .4)



Εικ. 4 «προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας»

- Δείκτης πλαστικότητας(PI).
Ονομάζεται η διαφορά μεταξύ των ορίων υδαρότητας και πλαστικότητας
 $PI=LL-PL$.

- Δείκτης υδαρότητας(LI).
Ονομάζεται το πηλίκιο $LI=(w-PL)/(LL-PL)$,

Δοκιμές επί τόπου

- Έλεγχος συμπίκνωσης: Γίνεται με την μέθοδο κώνου και άμμου ως εξής. Δημιουργούμε μια οπή στο έδαφος $\Phi 150$ mm και βάθους 14-14 cm στη συμπυκνωμένη στρώση. Τοποθετούμε την τετράγωνη πλάκα πάνω στην οπή και από πάνω τον κώνο με ζυγισμένη ισόκκοκη άμμο. Ανοίγουμε την στρόφιγγα για την πλήρωση της οπής με άμμο. Στην συνέχεια με υπολογισμούς βρίσκουμε την επί τόπου πυκνότητα η οποία και συγκρίνεται με την εργαστηριακή.
- Δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας: Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται για την μέτρηση της αντοχής κάθε στρώσης σε ένα οδόστρωμα και μπορεί να εφαρμοστεί στο υπέδαφος στην υπόβαση ή βάση και στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Η δοκιμαστική φόρτιση είναι εργοταξιακή δοκιμή, που μετράει τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους σε εφαρμογή, πάνω σε αυτό, πίεσης δια μέσου άκαμπτης φέρουσας επιφάνειας και στην συνέχεια μέτρηση της υποχώρησης.

Τα φορτία που εφαρμόζονται, προκαλούν ελαστικές και μόνιμες υποχωρήσεις, λόγω του συμπιεστού του εδάφους.

Η δοκιμαστική φόρτιση διαφέρει από την δοκιμή CBR, διότι η δοκιμή CBR γίνεται στο εργοστάσιο ή στο εργοτάξιο σε μικρή επιφάνεια. Η δοκιμαστική φόρτιση μετράει κυρίως ελαστική και μόνιμη παραμόρφωση, ενώ η δοκιμή CBR μετράει την αντίσταση του εδάφους στην παραμόρφωση, λόγω διάτμησης.

2.1.2 Βάση

Αδρανή υλικά

Για την κατασκευή της βάσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα παρακάτω υλικά:

Θραυστό αμμοχάλικο από ποτάμια, χείμαρρους, αμμουδιές θαλασσών, ορυχείων ή θραυστό υλικό. Το θραυστό υλικό πρέπει να είναι καθαρό, ομοιόμορφο, συμπαγές και απαλλαγμένο από φυτικές και αργιλικές προσμίξεις.

Σε περίπτωση, που θα χρησιμοποιήσουμε θραυστό αμμοχάλικο, ποσοστό τουλάχιστον 50% των κομματιών, που συγκρατούνται από το κόσκινο τετραγωνικής οπής πλευράς 4,76 mm (No 4), πρέπει να έχει κόκκους τουλάχιστον με μια επιφάνεια προερχόμενη από θραύση.

Η τροφοδότηση στο θραυστό συγκρότημα (σπαστήρα), πρέπει να γίνεται με καθαρό υλικό, απαλλαγμένο από άργιλο. Σε περίπτωση, που το υλικό περιβάλλεται από άργιλο ισχυρά κολλημένη, πρέπει να υποβάλλεται σε πλύσιμο σε ειδική εγκατάσταση ή να μη χρησιμοποιείται καθόλου.

Προπαρασκευή της επιφάνειας έδρασης

Είναι οι ίδιες εργασίες, που κάναμε και για την κατασκευή της υπόβασης.

Διάστρωση των αδρανών υλικών

Είναι οι ίδιες εργασίες που κάναμε και για την κατασκευή υπόβασης.

Συμπύκνωση

Είναι οι ίδιες απαιτήσεις, που συναντήσαμε και στην κατασκευή υπόβασης.

Δοκιμές αδρανών υλικών

Είναι οι ίδιες δοκιμές, που αναφέρονται για τα υλικά της υπόβασης.

Απαιτούμενη κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών

Είναι η ίδια με τη διαβάθμιση της υπόβασης.

2.1.3 Η άσφαλτος

Τα ασφαλτικά υλικά, που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία είναι υδραγονανθρακούχα υλικά φυσικής ή πυρογενούς προέλευσης, με συγκολλητικό χαρακτήρα. Στα υδραγονανθρακούχα αυτά υλικά περιλαμβάνονται οι άσφαλτοι και οι πίσσες. Οι άσφαλτοι βρίσκονται στη φύση σε καθαρή κατάσταση ή με ανάμιξη με διάφορες ανόργανες ουσίες ή προέρχονται από τη διύλιση πετρελαίου.

Οι πίσσες είναι υδρογονανθρακούχα αποστάγματα του λιθάνθρακα και του ξύλου και διακρίνονται σε υγρόπισσες ή αργές πίσσες και σε ξηρόπισσες ή οδόπισσες.

Η άσφαλτος, που εκτός της οδοποιίας έχει και άλλες πολλές εφαρμογές, δεν είναι νέο προϊόν. Από τους αρχαίους χρόνους, ακόμα, χρησιμοποιήθηκε σε κατασκευές ενώ μέχρι και σήμερα σώζονται στη Βαβυλώνα κατασκευές, όπου έχει χρησιμοποιηθεί ασφαλτική μαστίχα για τη συγκόλληση δομικών στοιχείων. Στην Αμερική υπάρχουν μεγάλα αποθέματα φυσικής ασφάλτου.

Για να διατηρεί τις συνδετικές ιδιότητες της, η άσφαλτος πρέπει να παραμένει πλαστική.

Η άσφαλτος λέμε ότι έχει "γεράσει", όταν εκτίθεται με μορφή λεπτού υμένα στις καιρικές επιδράσεις με αποτέλεσμα να χάσει μέρος της πλαστικότητας της και έτσι, να γίνεται εύθραυστη. Το "γέρασμα" της ασφάλτου προκαλείται κυρίως από την οξείδωση και από την απώλεια των πτητικών συστατικών της. Η ταχύτητα οξείδωσης και απώλειας των πτητικών συστατικών της αυξάνεται με μικρή άνοδο της θερμοκρασίας, γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των ασφαλτικών υλικών. Επίδραση στην οξείδωση και στην απώλεια των πτητικών συστατικών της ασφάλτου έχει και το μέγεθος της επιφάνειας, όπου εκτίθεται.

Επίσης, η άσφαλτος στις κατασκευές δέχεται και την επίδραση του φωτός επιφανειακά, πράγμα που προκαλεί επιτάχυνση της οξείδωσης. Η επιφανειακή αυτή οξείδωση επιδρά σημαντικά στο "γέρασμα" των ελαφρών επαλείψεων.

Μορφές ασφάλτου για κατασκευές οδοστρωμάτων

Σε όλα τα μεγάλα έργα πρέπει να χρησιμοποιείται θερμή (καθαρή) άσφαλτος, που εξασφαλίζει κατασκευή καλύτερης ποιότητας, μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Στις περιοχές, που έχουν ψυχρό κλίμα, χρησιμοποιείται συνήθως μαλακή άσφαλτος, ενώ σε θερμότερα κλίματα χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή άσφαλτος.

Η άσφαλτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με μορφή ασφαλτικών διαλυμάτων ή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.

Εφαρμογές ασφάλτου

Τύπος 20/30 : Για την κατασκευή χυτής ασφάλτου.

Τύπος 50/60 : Για την κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μικρή αναλογία αδρανούς σκελετού (διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 2mm). Χρησιμοποιείται επίσης και στις περιπτώσεις, που χρειάζεται μεγάλη ευστάθεια ασφαλτομίγματος.

Τύπος 60/70 : Ίδια χρήση με την άσφαλτο τύπου 50/60.

Τύπος 80/100 : Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα και για την παρασκευή ασφαλτικών διαλυμάτων επί τόπου των έργων.

Τύπος 120/150 : Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μεγάλη αναλογία αδρανούς σκελετού. Διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 2 mm.

Τύπος 180/220 : Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων με ασφαλτόμιγμα ανοικτής σύνθεσης, που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση και για την παρασκευή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.

Τύπος 220/230 : Για επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμούς σκυρωτών και για την παρασκευή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.

Τα ασφαλτικά διαλύματα

Τα ασφαλτικά διαλύματα είναι προϊόντα ανάμιξης συνηθισμένων ασφάλτων οδοστρωσίας με ορισμένους διαλύτες και ανήκουν στην κατηγορία των ρευστών ασφαλτικών υλικών. Ως διαλύτες χρησιμοποιούμε βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο ή ακάθαρτο πετρέλαιο. Ο διαλύτης χρησιμεύει για να καταστήσει το ασφαλτικό υλικό εργάσιμο σε χαμηλή θερμοκρασία, αλλά εξατμίζεται όταν

εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα ή σε θερμοκρασία, αφήνοντας έτσι το ασφαλτικό υλικό σαν συνδετικό με τα αδρανή.

Τα ασφαλτικά διαλύματα ανάλογα με την πτητικότητα του διαλύτη, που έχουμε χρησιμοποιήσει, διακρίνονται σε:

α) Ταχείας εξάτμισης (T.E.)

β) Μέσης εξάτμισης (M.E.)

γ) Βραδείας εξάτμισης (B.E.)

Η παρασκευή των διαλυμάτων πρέπει να πραγματοποιείται με αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και ανάμιξης της ασφάλτου και διαλύτη για την πραγματοποίηση ομοιογενούς μίγματος και για να αποφύγουμε τον κίνδυνο ανάφλεξης.

Η χρήση ακάθαρτου πετρελαίου (Ντήζελ) ως διαλύτη, πολλές φορές αποτελεί αιτία κακοτεχνιών στην κατασκευή, διότι η παραμονή των βαρέων κλασμάτων στο ασφαλτικό συνδετικό διατηρεί την πλαστικότητα των ασφαλτομιγμάτων για πολύ διάστημα, με δυσμενή επίδραση στην ευστάθεια της κατασκευής και στη μείωση της πρόσφυσης, του συνδετικού στα αδρανή.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα αποτελούνται από άσφαλτο και ύδωρ και παρασκευάζονται με τον παρακάτω τρόπο:

Θερμαίνουμε το ασφαλτικό υλικό μέχρι υγροποίησης (130°C έως 140°C) και στη συνέχεια αναμιγνύουμε το θερμό ύδωρ (60°C-70°C) αναταράσσοντας δυνατά το μίγμα. Το ασφαλτικό υλικό διαίρειται σε λεπτά σταγονίδια και έτσι επιτυγχάνεται ομοιογένεια στο μίγμα. Τα σταγονίδια αυτά έχουν την τάση να ενωθούν μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή έχουμε διάσπαση του γαλακτώματος. Για να γίνει το γαλάκτωμα σταθερό και να μη διασπάται χρησιμοποιούμε διάφορες ουσίες, που ονομάζονται παράγοντες γαλάκτωσης. Ο παράγοντας γαλάκτωσης σχηματίζει γύρω από τα σταγονίδια έναν προστατευτικό υμένα. Έτσι, αποφεύγεται η ένωση των σταγονιδίων μεταξύ τους και η επακόλουθη διάσπαση του γαλακτώματος.

Παράγοντες γαλάκτωσης είναι συνήθως η καυστική σόδα, το νιτρικό οξύ και το υδροχλωρικό οξύ.

Σε ένα γαλάκτωμα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι:

- α) Να διατηρούνται τα σταγονίδια της ασφάλτου σε αιώρηση, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και μεταφοράς.
- β) Να συντελείται η διάσπαση εύκολα στην εφαρμογή.

Τα ασφατικά γαλακτώματα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- α) Δεν αναφλέγονται.
- β) Δεν χρειάζονται θέρμανση για τη χρήση.
- γ) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με υγρά αδρανή υλικά.

Ανάλογα με τον παράγοντα γαλάκτωσης, τα ασφατικά γαλακτώματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) Τα αλκαλικά (ανιονικά):

Σε αυτά, η ηλεκτρική φόρτιση των σταγονιδίων είναι αρνητική.

β) Τα όξινα (κατιονικά):

Σε αυτά, η ηλεκτρική φόρτιση των σταγονιδίων είναι θετική.

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ όξινων και αλκαλικών γαλακτωμάτων είναι η διαφορετική πρόσφυση στα διάφορα αδρανή.

Τα αλκαλικά, λόγω της αρνητικής φόρτισης, παρουσιάζουν μεγάλη πρόσφυση με ασβεστολιθικά αδρανή, διότι αυτά τα αδρανή με την παρουσία υγρασίας φορτίζονται θετικά (ετερώνυμα έλκονται). Αντίθετα, δεν παρουσιάζουν καλή πρόσφυση με τα πυριτικά ή χαλαζιακά πετρώματα, που με παρουσία υγρασίας έχουν αρνητική φόρτιση.

Για τον ίδιο λόγο τα όξινα γαλακτώματα, λόγω της θετικής φόρτισης, έχουν καλύτερη πρόσφυση στα πυριτικά ή χαλαζιακά αδρανή. Τα όξινα γαλακτώματα παρουσιάζουν επί πλέον τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- 1) Προσφύονται και σε ασβεστολιθικά πετρώματα.
- 2) Παρουσιάζουν πρόσφυση και όταν υπάρχει πολύ υγρασία.
- 3) Αντέχουν στο ψύχος και στην αποθήκευση.
- 4) Μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και για σταθεροποίηση εδάφους.

Τα αντιυδρόφιλα υλικά

Η επιτυχημένη ασφαλική κατασκευή εξαρτάται και από το βαθμό πρόσφυσης του ασφαλικού στα αδρανή. Γι' αυτό δοκιμάζουμε το ασφαλικό υλικό με τα αδρανή για να διαπιστώσουμε το βαθμό πρόσφυσης. Η δοκιμασία γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

Επικαλύπτουμε το αδρανές με το ασφαλικό υλικό, που θα χρησιμοποιήσουμε και στη συνέχεια το τοποθετούμε μέσα σε ύδωρ. Μετά από έναν ορισμένο χρόνο, εκτιμούμε με το μάτι πόση επιφάνεια του αδρανούς έχει παραμείνει καλυμμένη με ασφαλικό.

Αν η επιφάνεια είναι μεγαλύτερη του 95% της ολόκληρης επιφάνειας, τότε λέμε ότι το υλικό δεν παρουσιάζει υδροφιλία και δεν χρειάζεται βελτίωση της πρόσφυσης. Σε αντίθετη περίπτωση η πρόσφυση δεν είναι καλή.

Για να αυξήσουμε το βαθμό πρόσφυσης χρησιμοποιούμε διάφορα χημικά μέσα τα οποία ονομάζονται αντιυδρόφιλα υλικά ή βελτιωτικά πρόσφυσης.

Συνήθως η αναλογία τους προς το ασφαλικό υλικό, κατά βάρος, είναι 0,50% - 1,50%. Το απαιτούμενο ποσοστό καθορίζεται με δοκιμές. Βελτίωση της πρόσφυσης με αντιυδρόφιλα υλικά γίνεται στα εξής ασφαλικά συνδετικά:

α) Σε καθαρή άσφαλτο.

β) Σε ασφαλικά διαλύματα (εκτός από τις περιπτώσεις ασφαλικών διαλυμάτων, που προορίζονται για ασφαλικές επαλείψεις, διότι οι τύποι αυτοί περιέχουν μεγάλο ποσοστό διαλύτη).

Στα ασφαλικά γαλακτώματα αντιμετωπίζεται όχι με αντιυδρόφιλα υλικά, αλλά με αλλαγή τύπου του γαλακτώματος.

Στην περίπτωση ασφαλικού σκυροδέματος πυκνής σύνθεσης η δοκιμή πρόσφυσης προσδιορίζεται με τη μέθοδο υδρεμποτισμού - θλίψης.

Ασφαλτικό συνδετικό

Ως συνδετικό υλικό του ασφαλικού σκυροδέματος, χρησιμοποιείται αποκλειστικά καθαρή άσφαλτος του τύπου: 50/60, 60/70, 80/100, 120/150, 180/220.

Ο τύπος της ασφάλτου, που θα χρησιμοποιηθεί, καθορίζεται κάθε φορά ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, που επικρατούν συνήθως στο έργο,

τη σύνθεση του ασφαλικού σκυροδέματος, το είδος του υποστρώματος της οδού και των φορτίων ή άλλων χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας.

Το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο ασφαλτόμιγμα, προσδιορίζεται με τη μέθοδο MARSHALL.

2.1.3.1 Το ασφαλικό σκυρόδεμα

Τα ασφατικά σκυροδέματα είναι ασφαλτομίγματα, που το συνδετικό υλικό είναι καθαρή άσφαλτος και που έχουν σκελετό από υλικό χονδρόκοκκο, λεπτόκοκκο και παιπάλη με αναλογίες σύμφωνα με την μελέτη.

Γενικά ως ασφατικό σκυρόδεμα ορίζεται ένα ομοιογενές μίγμα, που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση με ανάμιξη θερμών και ξηρών αδρανών χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων και παιπάλης, μαζί με θερμή καθαρή άσφαλτο ως συνδετικό και που έχει ανοχές και όρια πολύ αυστηρά. Τα ασφατικά σκυροδέματα χρησιμοποιούνται για έργα οδοποιίας, για έργα αεροδρομίων και για έργα στεγανοποίησης.

Για κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις το ασφατικό σκυρόδεμα έχει διαφορετική περιεκτικότητα σε άσφαλτο και διαφορετική κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών.

Οι επιστρώσεις του ασφαλικού σκυροδέματος δεν έχουν ανάγκη να προστατευθούν με σφραγιστικές επαλείψεις, διότι αμέσως μετά από την κατασκευή τους παρουσιάζουν μεγάλη υδατοστεγανότητα. Η συνεκτικότητα του ασφαλικού συνδετικού αυξάνεται με την αντίστοιχη μείωση του πάχους επικάλυψης στα αδρανή.

Η υπερβολική όμως μείωση της λεπτότητας του υμένα του συνδετικού, που περιβάλλει τα αδρανή, καθιστά το σκυρόδεμα εύθραυστο. Θεωρητικά, αν χρησιμοποιήσουμε ένα συνδετικό υλικό με διπλάσιο ιξώδες μπορούμε να διπλασιάσουμε το πάχος του υμένα χωρίς κίνδυνο παραμόρφωσης του σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα, που παίρνουμε κατά αυτόν τον τρόπο, είναι συνήθως εύθραυστο το χειμώνα, διότι σε χαμηλές θερμοκρασίες το συνδετικό θρυμματίζεται εύκολα.

Άρα, το ασφατικό συνδετικό θα πρέπει να επικαλύψει τους κόκκους των αδρανών με ένα συνεχή και αυστηρά καθορισμένο μικρού πάχους, υμένα.

Το ποσοστό του ασφαλτικού συνδετικού, που θα προστεθεί στο μίγμα των αδρανών για την παρασκευή του ασφαλτικού σκυροδέματος, πρέπει να υπολογισθεί με μεγάλη ακρίβεια.

- Αν υπάρχει **λίγο ασφαλτικό συνδετικό** το ασφαλτικό σκυρόδεμα γίνεται εύθραυστο και όχι ανθεκτικό.
- Αν υπάρχει **μικρή περίσσεια ασφαλτικού συνδετικού υλικού** υπάρχει περίπτωση η επιφάνεια του ασφαλτικού σκυροδέματος να γίνει στο μέλλον ολισθηρή.
- Αν υπάρχει **μεγάλη περίσσεια ασφαλτικού συνδετικού** τότε υπάρχει κίνδυνος το σκυρόδεμα κατά την περίοδο του καλοκαιριού να παραμορφωθεί.

Σε κάθε μίγμα αδρανών υπάρχει ένα ποσοστό συνδετικού υλικού, που είναι το βέλτιστο και που εξαρτάται από την ειδική επιφάνεια του μίγματος των αδρανών.

Για να έχει το ασφαλτικό σκυρόδεμα μεγάλη αντοχή και να είναι συγχρόνως εύκαμπτο, θα πρέπει το μίγμα των αδρανών να έχει μεγάλη ειδική επιφάνεια (πλούσιο σε λεπτά στοιχεία), ώστε οι επιφάνειες επαφής μεταξύ των κόκκων να αυξηθούν στο μέγιστο ποσοστό και ο υμένας του συνδετικού υλικού, που θα επικαλύψει τα αδρανή, να είναι λεπτός. Επίσης, μια συνεχής κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς μίγματος μας δίνει ασφαλτικό σκυρόδεμα αρκετά εργάσιμο, εύκαμπτο και όχι πολύ εύθραυστο.

Από την πείρα διαπιστώθηκαν τα εξής:

- 1) Το ποσοστό των κενών ενός αδρανούς μίγματος, χωρίς συνδετικό υλικό, που προορίζεται για την κατασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος για επιστρώσεις οδών και αεροδρομίων, πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 16% και 20% και κατά προτίμηση μεταξύ 17% και 18%.
 - 2) Το ποσοστό των κενών ενός ασφαλτικού σκυροδέματος για επίστρωση οδών πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 3% - 5%
 - 3) Το ποσοστό των κενών ενός ασφαλτικού σκυροδέματος για την επίστρωση διαδρόμων και τροχοδρόμων αεροδρομίων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 3% - 5%.
- Για τη μελέτη ενός ασφαλτικού σκυροδέματος πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω στάδια:

α) Ποιοτική εξέταση των αδρανών και της ασφάλτου.

- β) Μελέτη σύνθεσης των αδρανών υλικών κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να έχουμε την καλύτερη διαβάθμιση του μίγματος.
- γ) Προσδιορισμός του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου ώστε ο ασφαλτικός τάπητας να έχει τα χαρακτηριστικά που απαιτούν οι προδιαγραφές.
- δ) Έλεγχος της επίδρασης του ύδατος στη συνοχή του ασφαλτομίγματος μετά από τη συμπίκνωση.

Αδρανή υλικά

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα απαιτεί για τα αδρανή υλικά μια συνεχή κοκκομετρική διαβάθμιση που επιτυγχάνεται με τα παρακάτω υλικά:

- α) Χονδρόκοκκο αδρανές υλικό
- β) Άμμος
- γ) Παιπάλη

Τα αδρανή υλικά πρέπει να πληρούν, από άποψη ποιότητας τις προδιαγραφές. Το μίγμα που προκύπτει από τη σύνθεση των αδρανών υλικών πρέπει:

- 1) Να έχει ισοδύναμο άμμου μεγαλύτερο του 55 (υλικό, που διέρχεται από το κόσκινο Νο4).
- 2) Να έχει φθορά σε τριβή και κρούση κατά LOS ANGELES όχι μεγαλύτερη από 40%.
- 3) Να έχει απώλεια βάρους, σε πέντε κύκλους, όχι μεγαλύτερη του 9% (δοκιμή υγείας με θεϊκό νάτριο).

Σύνθεση αδρανών

Η μελέτη της σύνθεσης των επί μέρους αδρανών έχει σαν σκοπό την παραγωγή αδρανούς με κοκκομετρική διαβάθμιση τέτοια ώστε αυτή να βρίσκεται μέσα στα όρια των προδιαγραφών και να είναι ομαλή από άποψη μεγέθους κόκκων.

Στη σύνθεση των επί μέρους αδρανών πρέπει να έχουμε υπόψη και τους παρακάτω παράγοντες, που επηρεάζουν θετικά την ευστάθεια του ασφαλτομίγματος και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις μεγάλης κυκλοφορίας και μεγάλων φορτίων:

- α) Χρησιμοποίηση αδρανών με τη μέγιστη δυνατή διάσταση κόκκων.
- β) Χρησιμοποίηση της μέγιστης δυνατής αναλογίας χονδρόκοκκου αδρανούς.
- γ) Έλεγχος του ποσοστού της παιπάλης, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, για να αποφύγουμε μεγάλη πλαστικότητα στο ασφαλτόμιγμα.

Μελέτη σύνθεσης ασφαλτικού σκυροδέματος

Η μελέτη σύνθεσης ασφαλτικού σκυροδέματος έχει ως σκοπό να υπολογίσει τα πιο κατάλληλα ποσοστά των επί μέρους αδρανών για τη σύνθεση τους, ώστε το μίγμα να έχει κοκκομετρική διαβάθμιση ομαλή και μέσα στα όρια των προδιαγραφών (κοκκομετρική καμπύλη ισαπέχουσα των ορίων) και να υπολογίσει το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο ασφαλτικό σκυρόδεμα.

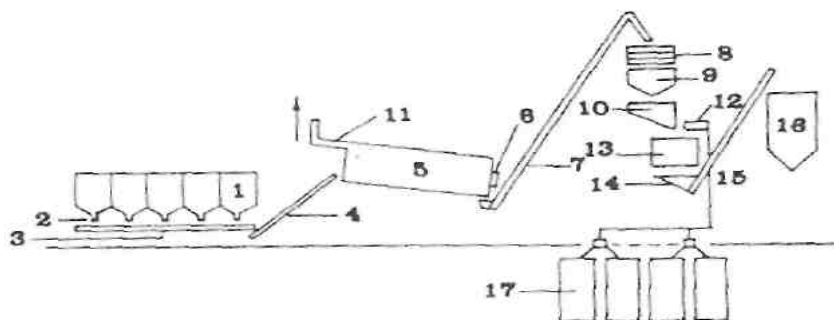
Ο υπολογισμός του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, γίνεται βάσει διαγραμμάτων, που προκύπτουν από τη δοκιμή MARSHALL. Η δοκιμή MARSHALL γίνεται με φόρτιση πρότυπων δοκιμίων ασφαλτομίγματος με ειδική πρέσα.

Παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος

Η παρασκευή του ασφαλτικού σκυροδέματος γίνεται πάντα σε μόνιμη εγκατάσταση. Τα κυριότερα στοιχεία μιας μόνιμης εγκατάστασης είναι:

- 1) Η αποθήκευση του ψυχρού αδρανούς.
- 2) Η τροφοδότηση με ψυχρό αδρανές του ξηραντήρα.
- 3) Το σύστημα για το κοσκίνισμα, για την αποθήκευση και για το ζύγισμα του θερμού υλικού (μετά την έξοδο από το ξηραντήρα, το αδρανές με τη βοήθεια κοσκίνων διαχωρίζεται από άποψη μεγέθους κόκκων και αποθηκεύεται σε διάφορα σιλό. Από τα σιλό, με κατάλληλες διατάξεις, φέρεται τελικά στον αναμκτήρα με ταυτόχρονη ζύγιση των διάφορων ποσοστών, ώστε να επιτευχθεί η κοκκομετρική σύνθεση, που θέλουμε).
- 4) Η τροφοδότηση με το απαιτούμενο ποσοστό θερμής ασφάλτου.
- 5) Η ανάμιξη της θερμής ασφάλτου με τα αδρανή.
- 6) Η μεταφορά του έτοιμου ασφαλτικού σκυροδέματος, στο σιλό φόρτωσης.

Η σειρά των επί μέρους διατάξεων φαίνεται στο σχήμα 10.



- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Σιλό αδρανών. | 10. Ζυγιστήριο. |
| 2. Ροή αδρανών. | 11. Ατταγωγός φίλλερ. |
| 3. Μεταφορική ταινία. | 12. Ψεκάσμος ασφάλτου. |
| 4. Μεταφορική ταινία. | 13. Αναμικτήρας. |
| 5. Ξηραντήρας. | 14. Αναβατόριο ασφαλτομίγματος. |
| 6. Καυστήρας. | 15. Αναβατόριο ασφαλτομίγματος |
| 7. Αναβατόριο θερμού υλικού. | 16. Σιλό ασφαλτομίγματος. |
| 8. Κόσκινα. | 17. Δεξαμενές ασφάλτου. |
| 9. Σιλό θερμού υλικού. | |

Σχήμα 6 «εγκατάσταση ασφαλτικού σκυροδέματος»

Κυλίνδρωση ασφαλτικών μιγμάτων

Η συμπύκνωση ενός καλά μελετημένου και παρασκευασμένου ασφαλτομίγματος, είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας για την επιτυχία του.

Η ευστάθεια του μίγματος, η διαπερατότητα και η αντοχή στον εφελκυσμό, που είναι και το κυριότερο στοιχείο για τον υπολογισμό του πάχους των οδοστρωμάτων, η ομαλή επιφάνεια και η αντοχή σε κόπωση, βρίσκονται σε άμεση σχέση με τη συμπύκνωση του, δηλαδή με τα περιεχόμενα κενά αέρα.

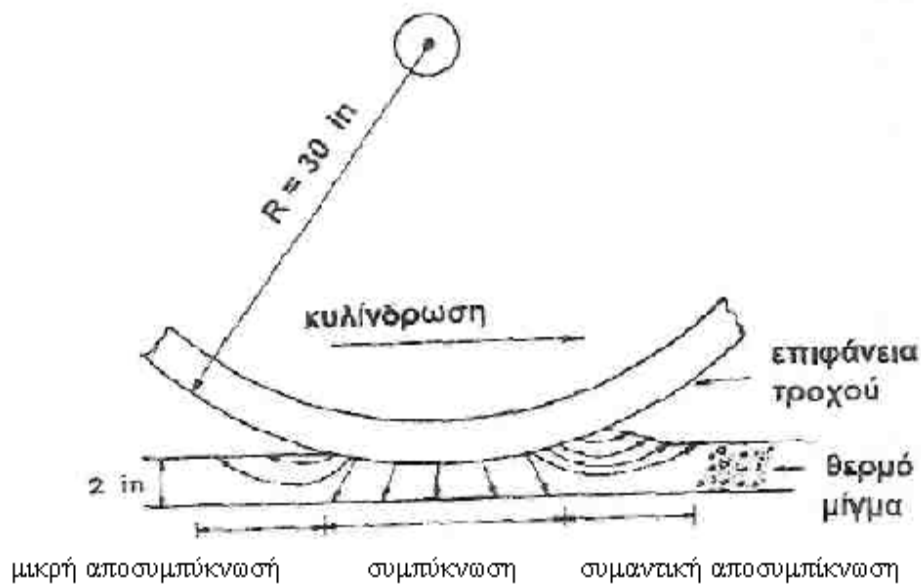
Ο έλεγχος της συμπύκνωσης σε ένα ασφαλτόμιγμα, που κυλινδρώθηκε, γίνεται συνήθως με σύγκριση της πυκνότητας που επιτεύχθηκε προς την εργαστηριακή πυκνότητα (95%).

Είναι γνωστό ότι η συμπύκνωση ενός ασφαλτομίγματος πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη θερμοκρασία.

Όταν το μίγμα εγκαταλείπει το διαστρωτή η θερμοκρασία του είναι συνήθως 135°C. Έτσι, αν θεωρήσουμε σαν 100 τα κενά στους 135°C, τότε τα κενά αυτού του μίγματος με τις ίδιες συνθήκες συμύκνωσης αλλά στη θερμοκρασία των 80°C θα είναι 3πλάσια, στους 60°C 4πλάσια και στους 52°C περισσότερο από 6,5 φορές.

Άλλοι παράγοντες σημαντικοί για τη συμύκνωση, είναι η σύνθεση του μίγματος και το μηχάνημα συμύκνωσης. Όταν ένας οδοστρωτήρας εξασκεί μεγάλες πιέσεις σε ένα ασφαλτόμιγμα, τότε μπροστά και πίσω από τον οδοστρωτήρα προκαλούνται παραμορφώσεις από διάτμηση, που προκαλούν διαστολή του μίγματος, με αποτέλεσμα την αποσυμπύκνωσή του. Η αποκατάσταση της συμύκνωσης γίνεται μόνο όταν στην αποσυμπυκνούμενη στρώση εφαρμοσθεί ξανά θλίψη.

Το σχήμα 11 δίνει τις δυναμικές συνθήκες, που παρουσιάζονται κατά τη διέλευση οδοστρωτήρα. Από το σχήμα 11 επίσης φαίνεται ότι η μεγαλύτερη αποσυμπύκνωση γίνεται μπροστά από τον οδοστρωτήρα και η αποσυμπυκνούμενη ζώνη κινείται σαν ένα κύμα μπροστά από τον οδοστρωτήρα. Μετά από μερικές διελεύσεις του οδοστρωτήρα, επιτυγχάνεται μία εξισορρόπηση μεταξύ της συμύκνωσης και της αποσυμπύκνωσης.



Σχήμα 7 «Δυναμικές συνθέσεις διέλευσης οδοστρωτήρα»

Αυτή η κατάσταση για την ισορροπία, εξαρτάται από την ικανότητα ανάληψης φορτίου του μίγματος και από τα χαρακτηριστικά του οδοστρωτήρα (βάρος και διάμετρος τροχού).

Εκτός από τους συμβατικούς στατικούς οδοστρωτήρες με χαλύβδινους τροχούς, χρησιμοποιούνται στη συμπύκνωση και οι ελαστικοφόροι οδοστρωτήρες που διακρίνονται σε δύο τύπους.

Στο συνηθέστερο τύπο η πίεση του ελαστικού για να αλλάξει πρέπει να σταματήσει το μηχάνημα και η αλλαγή πίεσης να γίνει διαδοχικά και σε κάθε ελαστικό ξεχωριστά.

Επειδή όλα αυτά είναι ενοχλητικά, τελικά ο ελαστικοφόρος εργάζεται με σταθερή πίεση ελαστικού 50-60 psi ή περισσότερο όσο θεωρείται σαν κατάλληλος μέσος όρος για το συμπυκνούμενο υλικό.

Ο άλλος τύπος, είναι εφοδιασμένος με ένα μικρό αεροσυμπιεστή και ο χειριστής έχει την δυνατότητα να αλλάξει την πίεση των ελαστικών ταχύτατα, με την κίνηση ενός μοχλού, από 25 έως 125 psi και να την παρακολουθεί με ένα μανόμετρο.

Η ευχέρεια αυτής της αλλαγής πίεσης έχει μεγάλη σημασία για τη συμπύκνωση των ασφαλτικών οδοστρωμάτων, διότι είναι δυνατό να ρυθμίζουμε την πίεση συμπύκνωσης κατά τέτοιο τρόπο ώστε το κύμα αποσυμπύκνωσης να μειωθεί στο ελάχιστο.

Σαν εύκαμπτα οδοστρώματα θεωρούνται και κάποια άλλα, όπως:

2.1.4 Κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα

Από άποψη εξυπηρέτησης των συγκοινωνιών, τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα κατατάσσονται αμέσως μετά τα οδοστρώματα με ασφαλική επάλειψη, είναι δε πιο οικονομικά.

Αδρανή υλικά

Πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην εξεύρεση των αδρανών υλικών για την κατασκευή του κυκλοφοριόπηκτου οδοστρώματος, διότι είναι ο κυριότερος παράγοντας για την επιτυχία του.

Το αργό υλικό πρέπει να πληρεί τους παρακάτω όρους:

1) Να έχει ορισμένη κοκκομετρική σύνθεση. Ο έλεγχος οπωσδήποτε πρέπει να γίνεται στο εργαστήριο. Η διαβάθμιση του υλικού πρέπει να είναι ομαλή έτσι ώστε το σχετικό διάγραμμα να μην έχει απότομες διακυμάνσεις. Το χρησιμοποιούμενο αμμοχάλικο πρέπει να έχει κόκκους όλων των διαστάσεων με μέγιστο τον 3cm μέχρι λεπτής άμμου και παιπάλης.

2) Να έχει ορισμένη αντοχή στην τριβή και κρούση.

Η αναζήτηση των αδρανών, που θα χρησιμοποιήσουμε γίνεται κατά κανόνα σε κοίτες ποταμών και χειμάρρων, σε ακτές θαλασσών και λιμνών ή στα λιθосυντρίμματα λατομείων.

Περισσότερο χρησιμοποιήσιμα αδρανή είναι τα αμμοχάλικα των ποταμών και χειμάρρων. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι στερούνται πλαστικότητας. Αυτό ξεπερνιέται με ανάμιξη αργιλώδους λεπτόκοκκου υλικού.

Συνδετική ύλη

Ως συνδετική ύλη θεωρείται η άργιλος που υπάρχει στο αργό υλικό.

Ύδωρ

Το ύδωρ, που θα χρησιμοποιήσουμε, πρέπει να είναι καθαρό και η ποσότητα του να καθορίζεται από το Εργαστήριο ανάλογα με την υγρασία του υλικού.

Κατασκευή

Διακρίνουμε τρία στάδια κατασκευής:

- α) Τη διαμόρφωση της υποδομής
- β) Τη διάστρωση
- γ) Τη συντήρηση.

Διαμόρφωση υποδομής

Αποτελείται από δυο εργασίες. Την αναμόχλευση και την ισοπέδωση. Εφ' όσον η οδός έχει κατασκευασθεί πρόσφατα, η αναμόχλευση παραλείπεται.

Σε παλιό οδόστρωμα κάνουμε αναμόχλευση μέχρι βάθους 10 cm. Αν είναι λιθόστρωτο, τότε δεν κάνουμε αναμόχλευση, αλλά βγάζουμε τους λίθους, που προεξέχουν.

Η ισοπέδωση γίνεται με μηχανήματα ισοπέδωσης για να δώσουμε την τελική εγκάρσια και κατά μήκος κλίση. Οι τιμές των κλίσεων είναι λίγο μικρότερες από τις κανονικές (με την κυκλοφορία οι τιμές θα έλθουν στο κανονικό).

Εφ' όσον είναι νεοδιανοιγμένη οδός, δεν κατασκευάζουμε σκάφη, διότι είναι περιττή (το αμμοχάλικο δεν έχει ανάγκη εγκιβωτισμού σε αυτή την περίπτωση).

Σε περίπτωση, που έχουμε ασταθή υποδομή (ασυμπίεστα επιχώματα, αργιλώδες έδαφος, κατασκευή με άσχημες καιρικές συνθήκες κ.λπ.), πρέπει πρώτα να διαστρώνεται χονδρό αμμοχάλικο.

Το κατάβρεγμα πρέπει να γίνεται με απλό ράντισμα και όχι με πίεση.

Οι εργασίες πρέπει να προγραμματίζονται έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η συμπλήρωση της διάστρωσης μέσα σε 48 ώρες από την έναρξη της ανάμιξης. Επιτρέπεται και το επιδιώκουμε να διέρχονται οχήματα στο τμήμα που διαστρώνουμε όχι όμως να διέρχονται στην ίδια τροχιά συνέχεια.

Κάνοντας τη διάστρωση σε μήκος 1.000 m και αφού συμπυκνώσουμε την πρώτη στρώση με την κυκλοφορία, ισοπεδώνουμε ξανά και αρχίζουμε την κατασκευή της δεύτερης στρώσης σε πάχος ίσο ή μικρότερο της πρώτης.

Ο αριθμός των διαδοχικών στρώσεων εξαρτάται από:

- α) Την αντίσταση του οδοστρώματος στην κυκλοφορία
- β) Τη φύση της υποδομής
- γ) Από τα οικονομικά μέσα που διαθέτουμε.

Συντήρηση

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των κυκλοφοριόπηκτων οδοστρωμάτων είναι ότι πρέπει να τα συντηρούμε συνέχεια, επειδή οι μεταβολές των καιρικών συνθηκών και της κυκλοφορίας των οχημάτων επιδρούν στη συνεκτικότητα, στην αντοχή και στην ομαλή επιφάνεια του καταστρώματος.

Οι εργασίες για τη συντήρηση, σε ένα φθαρμένο τμήμα της οδού, έχουν την εξής σειρά:

- α) Αναμοχλεύουμε το φθαρμένο τμήμα ελαφρά και στη συνέχεια το ισοπεδώνουμε.
- β) Μεταφέρουμε αργό υλικό και το διαστρώνουμε.
- γ) Αν πρέπει να αυξήσουμε την υγρασία καταβρέχουμε.

Σε περίπτωση, που θα παρατηρηθεί έλλειψη λεπτόκοκκου υλικού, τότε αναμοχλεύουμε, ρίχνουμε στην καθορισμένη αναλογία το λεπτόκοκκο υλικό, το αναμιγνύουμε και τέλος διαστρώνουμε. Ως συντήρηση μπορεί να θεωρηθεί και μία νέα συνεχής στρώση.

2.1.5 Υδατόπηκτα σκυρωτά οδοστρώματα

Το οδόστρωμα από Υδατόπηκτα σκυρωτά χρησιμοποιείται ως βάση και αποτελείται από σκύρα και θραυστά συντρίμματα. Επίσης κι' αυτό ανήκει στη κατηγορία των εύκαμπτων οδοστρωμάτων.

Μπορεί να εδράζεται σε υπέδαφος ή υπόβαση ή σε σταθεροποιημένη βάση. Η έδραση του σκυρωτού στο υπέδαφος αφορά τις περιπτώσεις που δεν χρειάζεται υπόβαση (καθαρό βραχώδες ή αμμοχαλικώδες υπέδαφος).

Το σκυρωτό δεν αποτελεί στρώση κυκλοφορίας και έτσι η επιφάνεια του πρέπει να προστατεύεται με ασφαλική στρώση κυκλοφορίας.

Αδρανή υλικά

Το αργό υλικό παράγεται από λίθους ή μεγάλες κροκάλες μετά από πολλαπλή θραύση σε μόνιμη εγκατάσταση. Τα σκύρα και τα συντρίμματα πρέπει να αποτελούνται από σκληρά και ανθεκτικά κομμάτια να είναι γωνιώδη και να μην περιέχουν ξένες προσμίξεις.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού πρέπει να ανταποκρίνεται στα όρια του πίν.6 και πρέπει να είναι ομαλή, ώστε το σχετικό διάγραμμα να μην παρουσιάζει απότομες διακυμάνσεις.

Αριθμός κοσκινού		Διερχόμενο ποσοστό % κατά βάρος	
in	mm	Σκύρα	Συντρίμματα
3	76,2	100	-
2 1/2	63.5	90 - 100	-
1 1/2	38,1	25-60	-
3/4	19.1	0- 10	-
3/8	9,52	-	100
N#4	4,76	-	85 - 100
NO100	0,149	-	5-25

Πίνακας 6 «Κοκκομετρική διαβάθμιση υλικού»

Διάστρωση σκύρων

Η επιφάνεια έδρασης του σκυρωτού πρέπει να καθαρίζεται από κάθε ξένη ουσία.

Τα σκύρα διαστρώνονται ομοιόμορφα και ομαλά στην επιφάνεια έδρασης με αυτοκινούμενο διανομέα.

Ο μηχανικός διανομέας σκύρων είναι το κυριότερο μηχάνημα διάστρωσης αδρανών υλικών διότι με αυτόν αποτρέπεται η αποσύνθεση του υλικού και επιτυγχάνεται προσυμπύκνωση στη φάση της διάστρωσης με δονητές που έχουν συχνότητα 910 κρούσεων/λεπτό.

Τα σύγχρονα μηχανήματα διάστρωσης ασφαλτομιγμάτων (FINISHER) μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μικρές αλλαγές και για τη διάστρωση των αδρανών.

Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση διαμορφωτήρα (GRADER) στη διάστρωση των σκύρων, επειδή δημιουργεί ανισοπαχή στρώση και διαχωρίζει τα σκύρα σε χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα.

Το σκυρωτό κατασκευάζεται σε στρώσεις, που το συμπυκνωμένο πάχος τους δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 6,5cm και μεγαλύτερο των 10cm.

Η διάστρωση των σκύρων πρέπει να μην προηγείται της διάστρωσης και κυλίνδρωσης των συντριμμάτων περισσότερο των 150m, ούτε περισσότερο των 300m του καταβρέγματος και της τελικής κυλίνδρωσης

Συμπύκνωση

Μετά τη διάστρωση γίνεται ελαφρό ράντισμα των σκύρων με ύδωρ ώστε οι επιφάνειες τους να γίνουν ολισθηρές και να διευκολυνθεί έτσι η μετακίνηση τους κατά τη συμπύκνωση χωρίς να θραυσθούν.

Αμέσως μετά τη διάστρωση των σκύρων και διόρθωση των ανωμαλιών της επιφάνειας, ακολουθεί εντατική κυλίνδρωση τους "εν ξηρώ", για την πλήρη συμπύκνωση των σκύρων σε όλο το πάχος και πλάτος της στρώσης με κατάλληλο οδοστρωτήρα.

Η αρχική κυλίνδρωση γίνεται με οδοστρωτήρα βάρους 8-10 tn. Αμέσως μετά την αρχική κυλίνδρωση, ακολουθεί εντατική κυλίνδρωση που γίνεται βαθμιαία με αργή κίνηση από τα άκρα προς το κέντρο στις ευθυγραμμίες και από το χαμηλότερο στο υψηλότερο άκρο στις καμπύλες.

Διάστρωση συντριμμάτων

Μετά την τέλεια εμπλοκή των σκύρων διαστρώνονται τελείως ξηρά συντρίμματα σε πάχος τέτοιο ώστε με την κυλίνδρωση να απορροφούνται τελείως από τα κενά των σκύρων.

Η διάστρωση και η κυλίνδρωση θα γίνεται σε τμήμα μήκους όχι μεγαλύτερο των 150m και θα συνεχίζεται μέχρις ότου το λεπτό υλικό να μην μπορεί να εισαχθεί "εν ξηρώ" στα κενά των σκύρων.

Κατάβρεγμα και πολτοποίηση

Αμέσως μετά το γέμισμα των κενών ενός τμήματος με σύντριμμα καταβρέχεται το σκυρωτό μέχρι κορεσμού και έπειτα ακολουθεί κυλίνδρωση.

Αν χρειάζεται σύντριμμα θα προστίθεται νέα ποσότητα. Το κατάβρεγμα και η κυλίνδρωση συνεχίζονται μέχρις ότου σχηματισθεί είδος πολτού από σύντριμμα και ύδωρ που να γεμίζει όλα τα κενά και που να σχηματίζει κύμα προ των τροχών του οδοστρωτήρα. Για την ώθηση του πολτού μέσα στα κενά, που δεν γεμίσθηκαν, χρησιμοποιούνται σάρωθρα.

Η παραπάνω εργασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές όσες χρειάζονται για την επίτευξη της πρέουσας συμπίκνωσης.

Κάθε τμήμα, που γεμίζεται με τον πολτό, πρέπει να παραμείνει για ένα διάστημα χωρίς κυκλοφορία για να στεγνώσει (4-7 ημέρες).

Έλεγχος συμπίκνωσης

Ο έλεγχος μπορεί να γίνει:

α) Με φορτιζόμενη πλάκα.

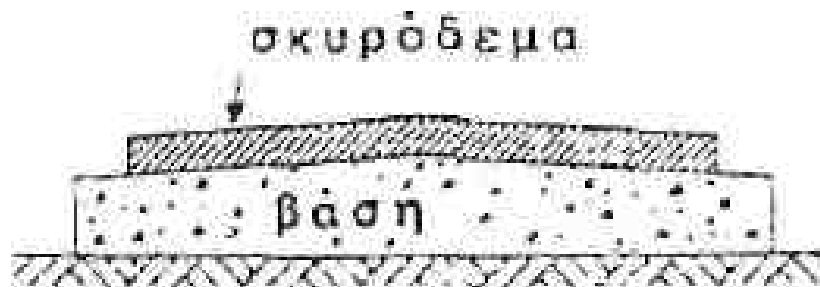
β) Με εύρεση του CBR, που πρέπει να έχει μία τιμή, τουλάχιστον 95%.

Η συμπίκνωση μπορεί να ελεγχθεί εμπειρικά, αν αφήσουμε ένα σκύρο στην επιφάνεια του σκυρωτού και περάσει από πάνω του ο οδοστρωτήρας. Αν το σκύρο σπάσει, χωρίς να εισχωρήσει στο σκυρωτό, τότε η συμπίκνωση είναι ικανοποιητική.

2.2 Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Τα οδοστρώματα που έχουν μελετηθεί για να αντέχουν σε μεγάλα φορτία για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι τα δύσκαμπτα. Στην Ελλάδα δε χρησιμοποιούνται τόσο όσο στην υπόλοιπη Ευρώπη. Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα χρησιμοποιούνται πιο πολύ στους αεροδιαδρόμους όπου τα φορτία των αεροσκαφών είναι μεγαλύτερα από τα αξονικά των αυτοκίνητων – φορτηγών. Στη κατηγορία των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων ανήκουν αυτά από σκυρόδεμα και τα λιθόστρωτα.

Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο ή προτεταμένο) και εδράζονται σε κατάλληλη βάση. Ο σκοπός και η λειτουργία των στρώσεων ποικίλει, ανάλογα με την ελαστικότητα του οδοστρώματος.



Σχήμα 8 «Διατομή δύσκαμπτου οδοστρώματος»

2.2.1 Τα οδοστρώματα σκυροδέματος

Τα οδοστρώματα αυτά ανήκουν στην κατηγορία των δύσκαμπτων και από στατικής συμπεριφοράς διαφέρουν από τα εύκαμπτα οδοστρώματα στο ότι συμπεριφέρονται, υπό το βάρος του φορτίου, σαν ένα στατικό δύσκαμπτο στοιχείο που εδράζεται σε ελαστικό υπόστρωμα, ενώ τα εύκαμπτα διανέμουν το φορτίο με το μηχανισμό των στρώσεων.

Θεμελίωση

Σε οδοστρώματα, που αναμένεται να δεχθούν βαριά κυκλοφορία, μια στρώση βάσης είναι απαραίτητη, εκτός αν το υπέδαφος είναι καλής ποιότητας.

Η κατασκευή της βάσης μπορεί να γίνει με άμμο καλής διαβάθμισης ή χαλίκια, με ισχύο σκυρόδεμα ή με σταθεροποίηση και πρέπει να παρουσιάζει ανθεκτικότητα στον παγετό. Η βάση κυλινδρώνεται ώστε να είναι συνεχής και ομαλή με ανοχή στα υψόμετρα το πολύ ± 1 cm .

Διάστρωση του σκυροδέματος

Με τον όρο "διάστρωση" εννοούμε όλες τις εργασίες που γίνονται στη θέση κατασκευής του τάπητα, δηλαδή την απόρριψη του σκυροδέματος από τα οχήματα μεταφοράς στα μηχανήματα επεξεργασίας, τη διανομή, τη συμπίκνωση και την τελική επεξεργασία. Στη διάστρωση περιλαμβάνεται και η ανάμιξη στην περίπτωση που το σκυρόδεμα παρασκευάζεται στη θέση διάστρωσης.

1) Διανομέας με κάδο

Ο κάδος κινείται εγκάρσια και κατά μήκος της οδού και διανέμει το σκυρόδεμα ομοιόμορφα και χωρίς αποσύνθεση σε όλη την επιφάνεια. Αυτό το μηχανήμα έχει τη δυνατότητα αλλαγής της θέσης του κάδου, ώστε να είναι δυνατή η τροφοδότηση του με κοινά φορτηγά οχήματα και από τις τρεις πλευρές του διανομέα.

2) Διανομέας με μηχανικό πτύο

Εδώ, το μεταφορικό όχημα αποθέτει το σκυρόδεμα σε σωρούς στην επιφάνεια διάστρωσης, οπότε η διανομή γίνεται σε όλο το πλάτος με μηχανικό πτύο, που εκτελεί ταχεία τρισδιάστατη κίνηση κατά μήκος του τροφοδότη (εγκάρσια της οδού), καθ' ύψος για τη ρύθμιση του πάχους του τάπητα και γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του.

Συμπύκνωση και επεξεργασία σκυροδέματος

Μετά τη διανομή του σκυροδέματος, ακολουθεί η δονητική συμπίκνωση με το μηχανήμα επεξεργασίας (FINISHER). Με αυτό το μηχανήμα επιτυγχάνεται:

- Ακριβής εξίσωση της επιφάνειας του σκυροδέματος, στο πάχος της μελέτης.
- Δονητική συμπίκνωση.
- Σφράγιση και λείανση του τάπητα.

Η ακριβής εξίσωση της επιφάνειας του σκυροδέματος γίνεται ή με αποξεστικό κανόνα ή με αποξεστικό κύλινδρο. Και τα δύο αυτά εξαρτήματα βρίσκονται στο εμπρός τμήμα του μηχανήματος επεξεργασίας.

Εκτός από την εξίσωση της επιφάνειας, οι παραπάνω δύο διατάξεις προκαλούν και μία προσυμπύκνωση του σκυροδέματος, ώστε ο δονητής να λειτουργεί

γεί καλύτερα. Η συμπύκνωση του σκυροδέματος γίνεται με την επιφανειακή δονητική συμπύκνωση.

Εργοταξιακές διατάξεις για την κατασκευή του τάπητα

- Εργοταξιακή διάταξη με κεντρική παρασκευή του σκυροδέματος

Η παρασκευή του σκυροδέματος γίνεται σε κεντρικό συγκρότημα, που βρίσκεται στο "κέντρο βάρους" του εργοταξίου. Με τη δυνατότητα εύκολης αναμετάθεσης, εκλέγονται αυτοφερόμενα συγκροτήματα ταχείας συναρμολόγησης.

Η μέγιστη απόσταση μεταφοράς καθορίζεται από οικονομικούς και τεχνικούς λόγους, από τη φύση του σκυροδέματος και από την οργάνωση της εργασίας, εφ' όσον ο χρόνος, που επιτρέπεται να παραμείνει το σκυρόδεμα στο όχημα, είναι περιορισμένος.

Αυτό είναι ένα μειονέκτημα της μεθόδου, διότι μεταβολή στο χρόνο κύκλου, από αναπόφευκτες καθυστερήσεις, αλλοιώνει τη φύση του σκυροδέματος και προκαλεί αναστάτωση στις εργασίες διάστρωσης.

- Εργοταξιακή διάταξη με επιτόπια παρασκευή του σκυροδέματος. Αναμικτήρας σε γέφυρα.

Αυτή η διάταξη διαφέρει από την προηγούμενη, στη μέθοδο προετοιμασίας και μεταφοράς του σκυροδέματος.

Η ζυγιστική τροφοδότηση των αδρανών υλικών και του τσιμέντου γίνεται σε κεντρικό σταθμό ζύγισης χωρίς ανάμιξη. Τα υλικά, που έχουν ζυγισθεί, συγκεντρώνονται σε κάδους που έχουν χωρητικότητα ίση με τη χωρητικότητα του αναμικτήρα και με φορτηγά οχήματα μεταφέρονται κοντά στον τροφοδοτικό κάδο του αναμικτήρα.

Ο αναμικτήρας είναι τοποθετημένος σε γέφυρα, που κινείται στις σιδηροτροχιές των πλευρικών λωρίδων εγκιβωτισμού, κατά μήκος της οδού. Το μεταφορικό όχημα έχει ανυψωτικό μηχανισμό, που με αυτόν τα δοχεία μεταφέρονται πάνω από τον κάδο και απορρίπτουν το υλικό από τον πυθμένα. Μετά την ανάμιξη το σκυρόδεμα απορρίπτεται ή στον κάδο του διανομέα ή στην επιφάνεια της βάσης, αν χρησιμοποιείται διανομέας με μηχανικό πτύο. Με την επιτόπια παρασκευή του σκυροδέματος αποφεύγεται η αποσύνθεση του μίγματος κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Επίσης η προσαρμογή της σύνθεσης του σκυροδέματος, κυρίως ως προς την περιεκτικότητα ύδατος, ανάλογα με τις συνθήκες διάστρωσης, είναι άμεση και ευχερής.

- Εργοταξιακή διάταξη με επιτόπια παρασκευή του σκυροδέματος. Αναμικτήρας σε ερπύστριες

Στις ΗΠΑ εφαρμόζεται η δεύτερη από τις προηγούμενες μεθόδους, με ελαφρά παραλλαγή ως προς τη θέση παρασκευής του σκυροδέματος.

Αντί να χρησιμοποιείται το συγκρότημα της γέφυρας με τον αναμικτήρα, χρησιμοποιείται αναμικτήρας πάνω σε ερπύστριες με επίπεδο τροφοδοτικό κάδο και με επιμήκη πρόβολο και κινητό κάδο - διανομέα για τη διάστρωση του σκυροδέματος σε όλο το πλάτος της οδού.

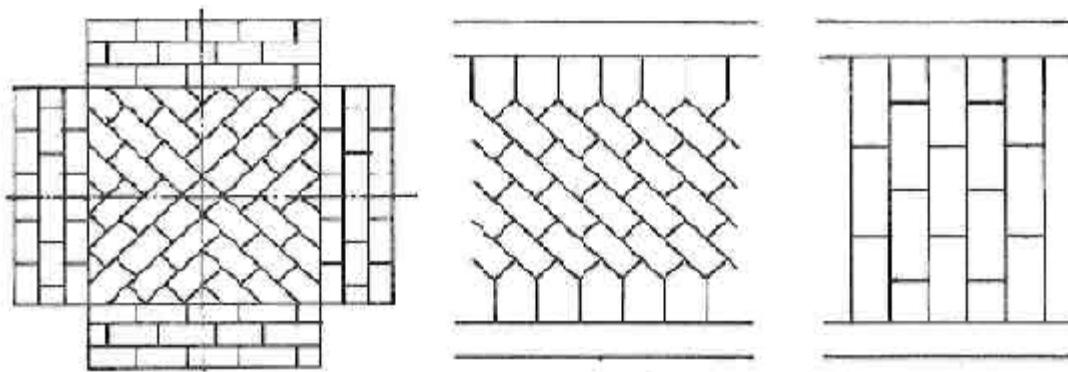
Ο αναμικτήρας παραλαμβάνει σε ορισμένο όγκο τα υλικά, που έχουν προζυγισθεί, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

Ο αναμικτήρας του μηχανήματος είναι ελεύθερης ανάμιξης και έχει την ικανότητα $1,1 \text{ m}^3$ νωπού σκυροδέματος ανά ανάμιξη. Ο κάδος των αδρανών υλικών έχει επίπεδη μορφή, για να παραλαμβάνει εύκολα τα υλικά από τα ανατρεπόμενα μεταφορικά οχήματα.

Η εφαρμογή, του παραπάνω μηχανήματος, περιορίζεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω του μεγάλου κόστους λειτουργίας και της μικρής ευελιξίας, που παρουσιάζει.

2.2.2 Λιθόστρωτα οδοστρώματα

Λιθόστρωτα οδοστρώματα καλούνται όλες οι στρώσεις κυκλοφορίας της οδού από φυσικούς λίθους, που τοποθετούνται με το χέρι και που εφαρμόζονται ο ένας δίπλα στον άλλο (σχ. 9).



Σχ.9 «Είδη λιθόστρωτων οδοστρώματων»

Έντεχνα λιθόστρωτα μπορούν να κατασκευασθούν μόνο με τα χέρια και από έμπειρο προσωπικό. Απαγορεύεται στην κατασκευή των λιθόστρωτων

οδοστρωμάτων να χρησιμοποιείται πέτρωμα ή υλικό, που μπορεί να γίνει λείο από την κυκλοφορία.

Βάση λιθόστρωτων οδοστρωμάτων

Τα λιθόστρωτα οδοστρώματα ως στρώσεις κυκλοφορίας της οδού και με το βάρος και την πυκνότητα της κυκλοφορίας, πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μια βάση με αρκετή αντοχή. Το είδος και το πάχος της βάσης ρυθμίζονται από το βάρος της κυκλοφορίας και από τις τοπικές συνθήκες.

Πάντως, σε οποιαδήποτε περίπτωση, το πάχος της βάσης έδρασης του λιθόστρωτου δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 10cm.

Αδρανή υλικά

Τα υλικά, που θα χρησιμοποιήσουμε, πρέπει να είναι καθαρά, πολύ σκληρά, ομοιογενή και ανθεκτικά. Οι λίθοι πρέπει να κόβονται καλά και σε επίπεδες επιφάνειες και πρέπει να αντέχουν στη λείανση. Η άμμος, που θα χρησιμοποιηθεί για την έδραση του λιθόστρωτου, πρέπει να είναι καθαρή.

Κατασκευή του οδοστρώματος

Πριν κατασκευάσουμε το λιθόστρωτο, παρασκευάζουμε και ελέγχουμε την επιφάνεια έδρασής του, επίσης δε κατασκευάζουμε τα πλευρικά κράσπεδα, που παραλαμβάνουν τις πλευρικές πιέσεις και καθορίζουν το γεωμετρικό σχήμα του οδοστρώματος.

Κατόπιν, αρχίζει η κατασκευή του λιθόστρωτου με διάστρωση στην επιφάνεια έδρασης άμμου, που πάνω της θα εδραστούν οι κυβόλιθοι.

Πριν τοποθετήσουμε τους κυβόλιθους, τοποθετείται σειρά ραμμάτων παράλληλα προς τον άξονα του οδοστρώματος και σε τέτοιο ύψος όπου προβλέπεται να φθάσει η επιφάνεια του οδοστρώματος. Επίσης, τοποθετούνται ράμματα εγκάρσια ανά 10 έως 20 σειρές, περίπου, που ρυθμίζουν τη διεύθυνση των σειρών των κυβόλιθων. Μετά από όλα αυτά αρχίζει η λιθόστρωση.

Η τοποθέτηση των κυβόλιθων γίνεται από δυο λιθόστρωτες ταυτόχρονα, που προχωρούν ο ένας προς τον άλλον συμπληρώνοντας την ίδια σειρά από τα έξω προς τα μέσα.

Στο σημείο συνάντησης τοποθετείται κυβόλιθος, που ονομάζεται σφηνόλιθος (κλειδί) και που έχει σαν προορισμό να γεμίζει ακριβώς την κενή θέση. Για να στερεωθούν καλύτερα οι κυβόλιθοι, τους χτυπούμε με κόπανο στην πάνω επιφάνεια τους. Αν ένας κυβόλιθος προεξέχει ή βυθίζεται περισσότερο απ' ότι πρέπει, τον αντικαθιστούμε με άλλον.

Το λιθόστρωτο παραδίνεται στην κυκλοφορία μετά από 24 ώρες, τουλάχιστον, από την κατασκευή του και στο διάστημα αυτό πρέπει να διατηρείται υγρό.

Πλήρωση αρμών

Καταλληλότερο υλικό για την πλήρωση των αρμών του λιθόστρωτου είναι το ασφαλτικό υλικό με ή χωρίς συντρίμμια. Η πλήρωση των αρμών με άμμο δεν συνιστάται, διότι με την επίδραση της κυκλοφορίας η άμμος απομακρύνεται από τους αρμούς, με αποτέλεσμα τη διείσδυση ύδατος που έχει σαν συνέπεια τη μείωση της ζωής του οδοστρώματος.

2.2.3 Συνεχή οπλισμένα οδοστρώματα

Το διάγραμμα του σχ. 10-11, αναπτύχθηκε μετά από παρατηρήσεις και μετρήσεις σε οδοστρώματα, συσχετίζοντας την αντοχή του σκυροδέματος, το μέτρο αντίδρασης του υπεδάφους και την κυκλοφορία των W_{18} , με το πάχος της πλάκας του οδοστρώματος.

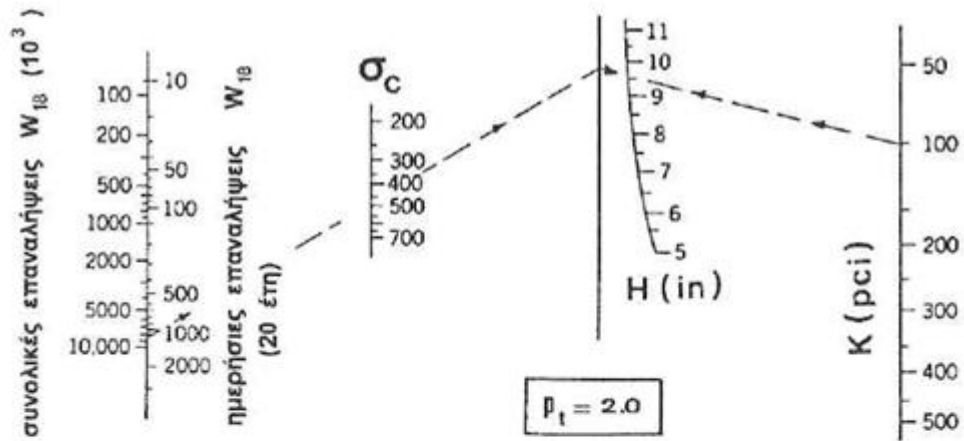
Στο διάγραμμα του σχ. 12 συγκαταλέγεται και ένας συντελεστής "μεταφοράς φορτίου" J

Ο συντελεστής J κυμαίνεται μεταξύ μιας πολύ καλής τιμής = 1,0 μέχρι μιας πτωχής = 5,0.

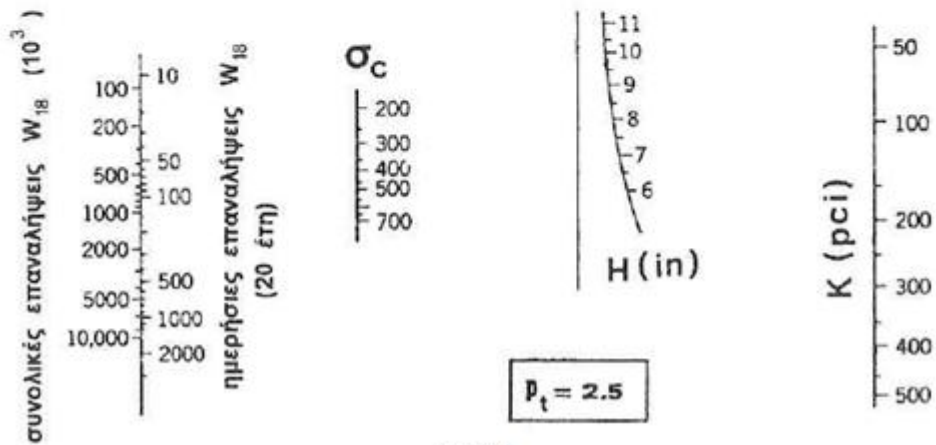
Καλά κατασκευασμένοι αρμοί, με ράβδους ενίσχυσης, απαιτούν μία τιμή $J = 3,0 - 4,0$.

Μία τιμή $J = 2,2 - 3,0$, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα συνεχές οπλισμένο οδόστρωμα.

Το διάγραμμα του σχ. 16 έχει συνταχθεί για μία τελική τιμή λειτουργικότητας $P_t = 2,5$.

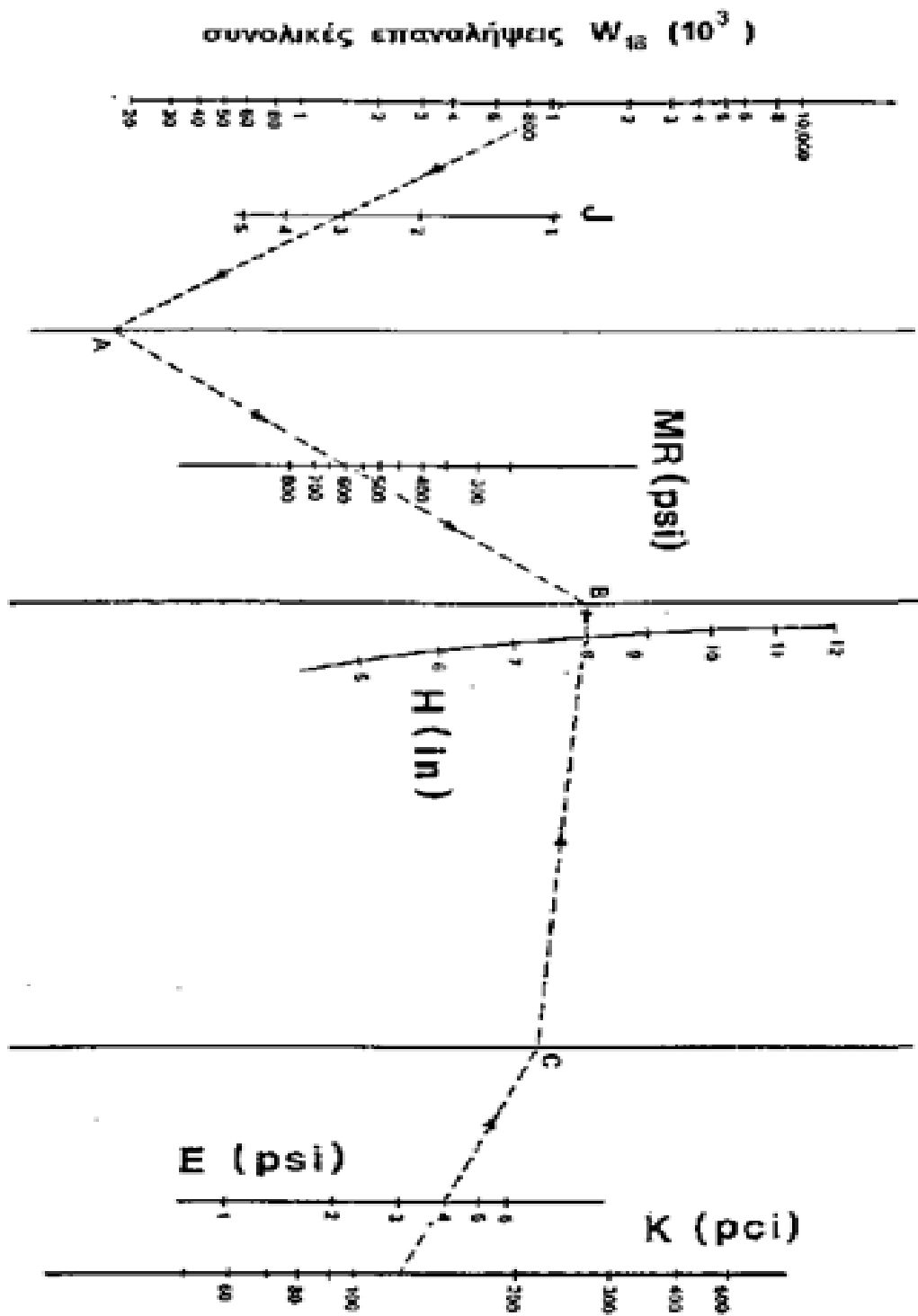


σχ. 10



σχ. 11

Σχ.10 κ 11 «διάγραμμα επαναλήψεων»



Σχήμα 12 «διάγραμμα επαναλήψεων»

2.3 Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων σε σχέση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα.

Πλεονεκτήματα

- α) Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας τους στα μεγάλα και μικρά φορτία παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα.
- β) Με την ολοκλήρωση των εργασιών στα δύσκαμπτα οδοστρώματα επιτυγχάνεται μια πιο ομαλή επιφάνεια σε σχέση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα, επίσης όχι τόσο ολισθηρή και το πιο σημαντικό με μεγάλο βαθμό συνάφειας.
- γ) Καλύτερη ορατότητα τη νύκτα. Τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα έχουν μεγαλύτερη ανακλαστικότητα του φωτός και απαιτείται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας φωτισμού στις σκοτεινές ώρες του 24ώρου, ενώ στις ώρες ηλιοφάνειας ανακλάται το φως πίσω στην ατμόσφαιρα.
- δ) Κατασκευή με υλικά εσωτερικής προέλευσης.

Μειονεκτήματα

- α) Οι μεγάλες μεταβολές θερμοκρασίας σε συνδυασμό, μερικές φορές, με την κακή ποιότητα του εδάφους έδρασης και την μη ορθή προετοιμασία μπορούν να προκαλέσουν ρήγματα που με τον καιρό θα είναι η αιτία σοβαρών φθορών του οδοστρώματος.
- β) Ύπαρξη αρμών, αποτελούν ένα σοβαρό πρόβλημα. Οι αρμοί θα κατασκευάζονται με επίπεδες και κατακόρυφες παρειές, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος θραύσης ή και ανύψωσης στα σημεία αυτά.
- γ) Κατά τη διάρκεια επισκευής των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων απαιτείται μια ακόλουθη σειρά από διεργασίες (αρκετά χρονοβόρες) με τη βοήθεια πολλών μηχανημάτων, με αποτέλεσμα την διακοπή της κυκλοφορίας για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- δ) Κατασκευή πλευρικών εγκιβωτισμού με μεγάλο κόστος.
- ε) Σε σχέση με τα εύκαμπτα οδοστρώματα, τα δύσκαμπτα παρουσιάζουν μεγαλύτερο θόρυβο κύλισης των τροχών. Σχετικά με το θέμα αυτό έχουν

αναπτυχθεί εναλλακτικές τεχνολογίας φινιρίσματος του οδοστρώματος (Γερμανία, Αυστρία, Μ. Βρετανία) που βελτιώνουν το κράτημα των τροχών και την ελάττωση του θορύβου.

στ) Δυσχέρειες στην κατασκευή, κατά τη διάβαση από όρυγμα σε επίχωμα.

2.4 Μέθοδοι υπολογισμού πάχους οδοστρώματος

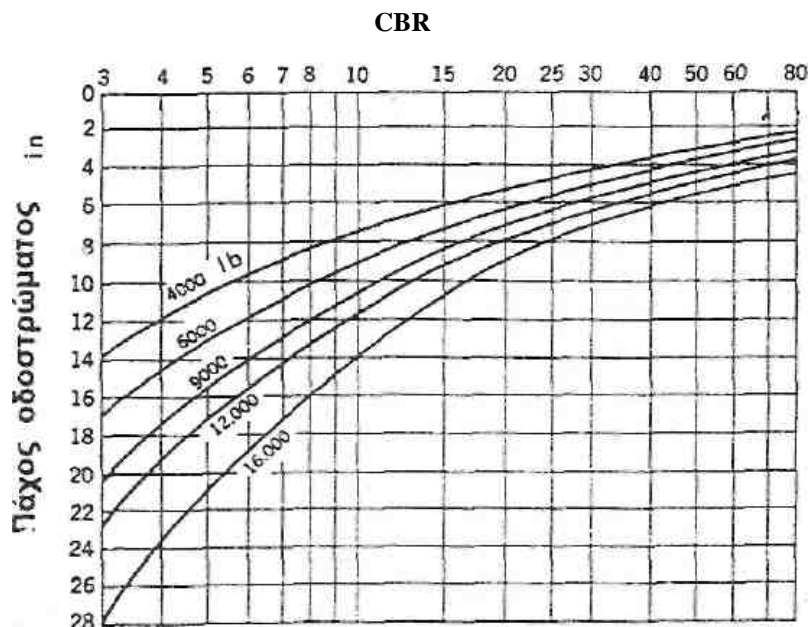
Στη συνέχεια, αναφέρονται ενδεικτικά μερικές μέθοδοι υπολογισμού του πάχους όπου προαναφέραμε παραπάνω, ευκάμπτου και δύσκαμπτου οδοστρώματος.

2.4.1. Μέθοδος CBR (Εύκαμπτα οδοστρώματα)

Με τη μέθοδο αυτή λαμβάνεται υπόψη ο δείκτης της φέρουσας ικανότητας ενός υλικού με κατάλληλη υγρασία και πυκνότητα και το συγκεντρωμένο φορτίο (φορτίο τροχού), που ενεργεί στο υλικό.

Η μέθοδος CBR έχει το μειονέκτημα ότι δεν λαμβάνει υπόψη τη συχνότητα επιβολής του φορτίου.

Από το σχ.13α βρίσκουμε για διάφορες τιμές του CBR το πάχος του οδοστρώματος, που πρέπει να υπάρχει **πάνω από το στρώμα** με το δοθέντα δείκτη CBR.



Σχ.13α «καμπύλες υπολογισμού πάχους οδοστρώματος οδών κατά CBR»

Στις περιοχές, όπου το ύψος της βροχόπτωσης είναι μικρότερο των 15in (38cm) και η φρεατική στάθμη βρίσκεται τουλάχιστον 15ft (4,5m) κάτω από την επιφάνεια, το ολικό πάχος του οδοστρώματος μπορεί να ελαττωθεί κατά 20%. Η μείωση αυτή γίνεται στις στρώσεις των υλικών που έχουν τη μικρότερη τιμή CBR.

Η μέθοδος CBR χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ευκάμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων, ενώ για τις οδούς χρησιμοποιείται λιγότερο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εργασίες για την κατασκευή των οδοστρωμάτων αεροδρομίων είναι συγκεντρωμένες, πράγμα που εξαλείφει τη μεγάλη διασπορά των αποτελεσμάτων.

Αντίθετα στις οδούς, λόγω του μεγάλου μήκους τους, τα εδάφη παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στη σύσταση, με αποτέλεσμα μεγάλο αριθμό δοκιμών, πράγμα ασύμφορο και από άποψη χρόνου και από άποψη οικονομίας.

Εκτός από τη χρησιμοποίηση του διαγράμματος του (σχ. 13α), μπορούμε να βρούμε το πάχος του οδοστρώματος, με ικανοποιητική προσέγγιση, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$H = \frac{100 + 150 \times \sqrt{P}}{(CBR) + 5}$$

όπου:

H = Το πάχος του οδοστρώματος (cm).

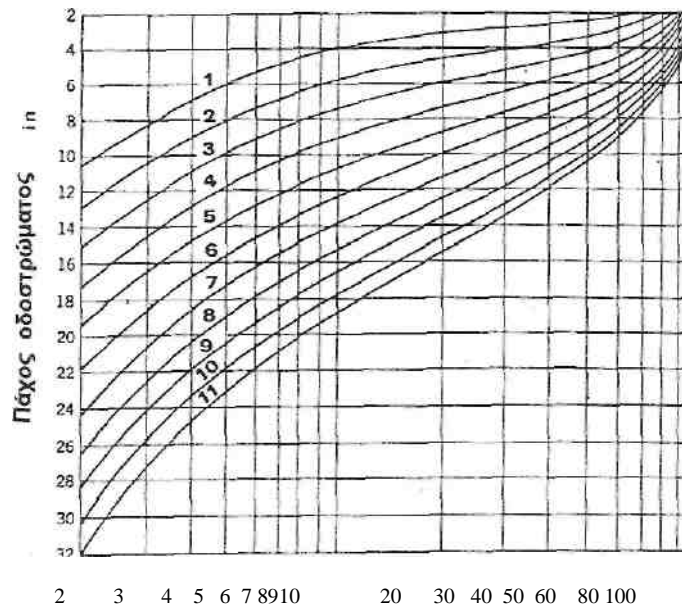
P = το μέγιστο φορτίο ανά τροχό (tn).

CBR = Δείκτης φέρουσας ικανότητας (%).

2.4.2 Μέθοδος Kentucky (Εύκαμπτα οδοστρώματα)

Οι καμπύλες, που έχουν χρησιμοποιηθεί στην πολιτεία Kentucky των ΗΠΑ για τον υπολογισμό του πάχους εύκαμπτου οδοστρώματος, φαίνονται στο σχ.13β. Οι καμπύλες είναι βασισμένες στο ισοδύναμο φορτίο τροχού των 5.000lb (EQUIVALENT WHEEL LOAD).

Ο ισοδύναμος αριθμός των φορτίων 5.000lb ανά τροχό, μπορεί να υπολογισθεί για κάθε φορτίο τροχού χρησιμοποιώντας τους συντελεστές του πίν.7.



Σχήμα 13β «καμπύλες υπολογισμού πάχους οδοστρώματος οδών κατά Kentucky»

Φορτίο τροχού lb	Συντελεστής
5.000	1
6.000	2
7.000	4
8.000	8
9.000	16
10.000	32
11.000	64
12.000	128
13.000	256

Πίνακας 7 «Ισοδύναμος αριθμός φορτίου ανά τροχό»

Για παράδειγμα, αν η κύρια ομάδα φορτίου τροχού είναι μεταξύ των ορίων 6.500 lb και 7.500lb, ο μέσος όρος του φορτίου ανά τροχό είναι 7.000lb.

Υποθέτοντας ότι η μέτρηση της κυκλοφορίας έδειξε 10.000 επαναλήψεις φορτίων τροχού 7.000lb, οι ισοδύναμες επαναλήψεις του φορτίου 5.000lb ανά τροχό, θα είναι: $4 * (10.000) = 40.000$ επαναλήψεις (EWL)

Μετά από τις ισοδύναμες επαναλήψεις όλων των ομάδων φορτίων, η κατάλληλη καμπύλη, για τον προσδιορισμό του πάχους του οδοστρώματος, προσδιορίζεται από το σχ. 13. Οι καμπύλες φαίνονται στο σχ.13.

2.4.3 Μέθοδος Wyoming (Εύκαμπτα οδοστρώματα)

Οι μηχανικοί της Πολιτείας Wyoming των ΗΠΑ, υιοθέτησαν μία τροποποίηση της μεθόδου CBR.

Αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη τη μέση ετήσια βροχόπτωση, το βάθος του υπόγειου υδάτινου ορίζοντα, τη δράση του παγετού, τις υπάρχουσες συνθήκες στην περιοχή της οδού και την κυκλοφορία.

Κάθε συντελεστής είναι ταξινομημένος στον πίνακα 8.

Στοιχεία	Όρια	Τιμή συντελεστή
Ετήσια βροχόπτωση (in)	5-10	0
	10- 15	1
	15-20	3
	20-25	6
	25-50	10
Υδάτινος ορίζοντας (ft)	10-6	1
	6-4	3
	4-2	5
Δράση παγετού	Ελαφρή	1
	Μέση	3
	Βαριά	8
Υπάρχουσες συνθήκες	Πολύ καλές	0
	Καλές	2
	Κακές	6
Επαναλήψεις ισοδύναμου φορτίου τροχού 5.000 lb σε μία κατεύθυνση (10^6)	0,0- 1,0	0
	1,0-2,0	2
	2,0 - 3,0	4
	3,0-5,0	6
	5,0 - 7,0	9
	7,0 - 9,0	12
	9,0- 11,0	15
	11,0- 13,0	18
	13,0- 15,0	21

Πίνακας 8

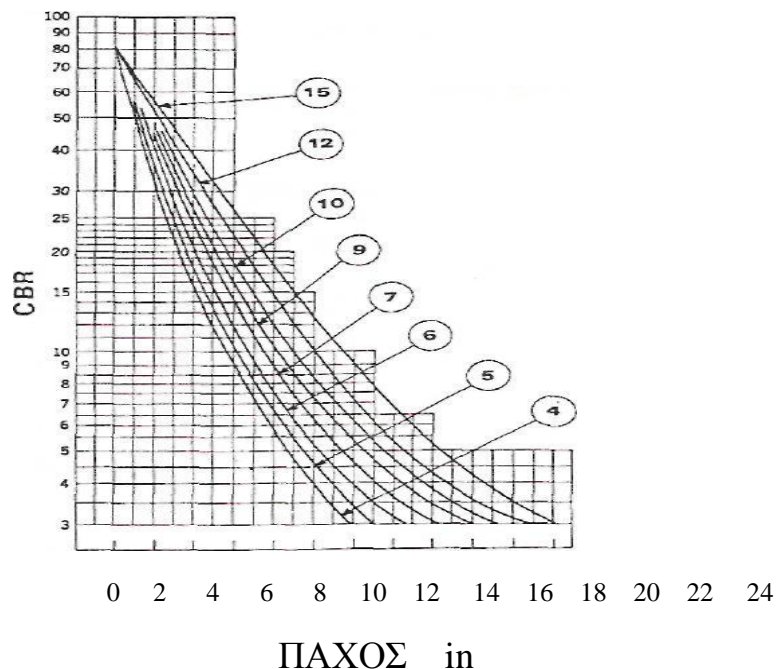
Τα στοιχεία για την ετήσια βροχόπτωση μπορούν να ληφθούν από μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι συντελεστές της δράσης του παγετού

υπολογίζονται από τις ενδείξεις της γύρω περιοχής (μέχρι 2in ανύψωση: ελαφρά δράση, πάνω από 2in ανύψωση: βαριά δράση).

Οι υπάρχουσες συνθήκες περιλαμβάνουν συντελεστές, όπως η αποχέτευση, η αποστράγγιση, οι περιπτώσεις χιονιού και άλλους πιθανούς παράγοντες, που πρόκειται να επιδράσουν στη μελέτη.

Η κυκλοφορία υπολογίζεται με τη χρήση της τεχνικής του ισοδύναμου φορτίου τροχού (EWL). Στη μελέτη χρησιμοποιούνται φορτία τροχών 4.500lb και πάνω.

Ο υπολογισμός των στρώσεων του οδοστρώματος γίνεται όπως και στη μέθοδο CBR, χρησιμοποιώντας μία ορισμένη καμπύλη, σχ. 14.



Σχήμα 14«διάγραμμα CBR»

Η εκλογή της καμπύλης, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του πάχους, γίνεται βάσει του αθροίσματος των απαιτούμενων συντελεστών, όπως φαίνεται στον πίνακα πίν. 9.

Καμπύλη υπολογισμού	Άθροισμα συντελεστών
4	0-2
5	3-6
6	7-11
7	12-17
9	18-24
10	25-32
12	33-41
15	42-53

Πίνακας 9 «Πίνακας επιλογής καμπύλης»

Η μελέτη έχει βασισθεί στην υπόθεση ότι το έδαφος έδρασης θα έχει πυκνότητα, τουλάχιστον, το 95% της εργαστηριακής.

2.4.4 Μέθοδος PICKETT (Δύσκαμπτα οδοστρώματα)

Το φορτίο τροχού P πρέπει να πολλαπλασιασθεί με τον αντίστοιχο συντελεστή ασφαλείας LSF, για να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη.

Αν ο άξονας έχει δίδυμα ελαστικά σε κάθε πλευρά, τότε σαν P λαμβάνεται το φορτίο των δίδυμων ελαστικών, πολλαπλασιασμένο επί τον LSF.

- Μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι και οδοί με πολλαπλές λωρίδες: LSF= 1,2.
- Αυτοκινητόδρομοι και αρτηρίες: LSF = 1,1.
- Αστικές οδοί: LSF = 1,0.

Τα σχ. 15 και 16 δίνουν το απαιτούμενο πάχος της πλάκας, για συνδεδεμένα ή ελεύθερα άκρα, αντίστοιχα και για σκυρόδεμα με μέτρο ελαστικότητας E ίσο με $5 \cdot 10^6$ (psi).

Η μέγιστη επιτρεπόμενη εφελκυστική τάση σ_y λαμβάνεται ίση με 350psi. Ο λόγος POISSON λαμβάνεται ίσος με 0,15.

- Για διαφορετικές τάσεις, έχουν σχεδιασθεί διαγράμματα με βάση τις σχέσεις του PICKETT, για πλάκες με ελεύθερα ή συνδεδεμένα άκρα. Το διάγραμμα του σχ.15 αντιστοιχεί στην περίπτωση συνδεδεμένων άκρων, ενώ το διάγραμμα του σχ.16 αντιστοιχεί στην περίπτωση ελεύθερων άκρων.

Πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος στη σχέση:

$$\sigma_{\gamma} + \sigma_{\Delta t} < MR$$

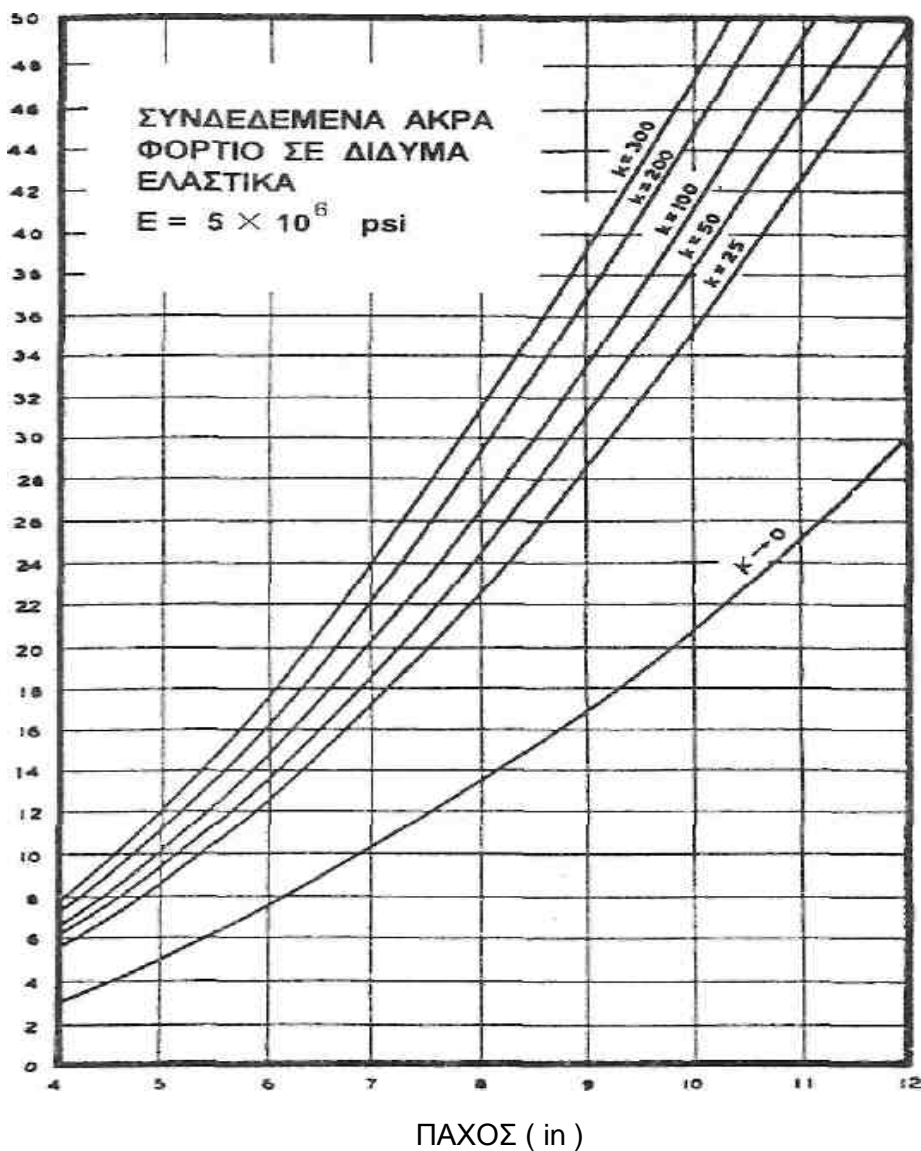
όπου:

σ_{γ} = εφελκυστική τάση λόγω φορτίου (psi).

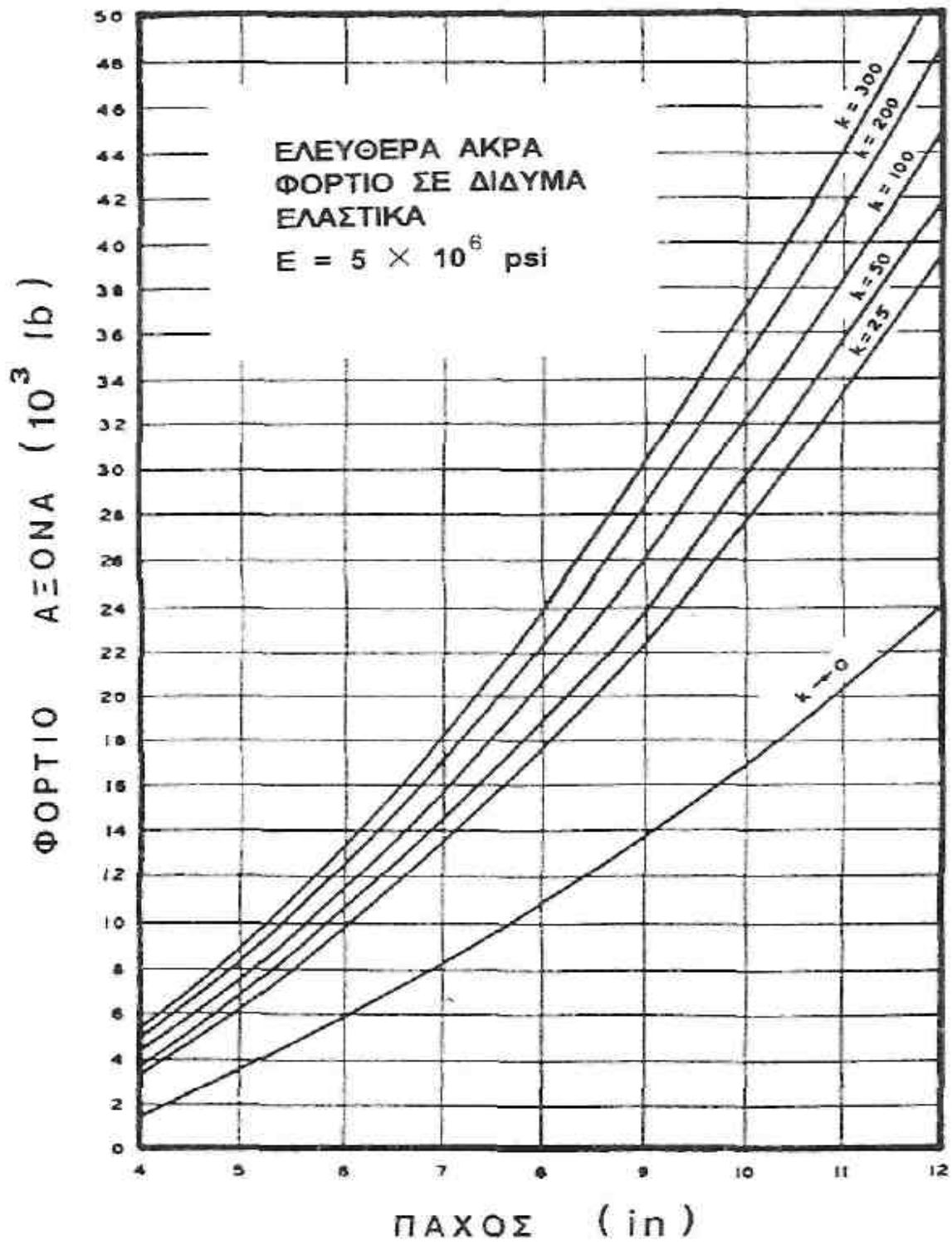
$\sigma_{\Delta t}$ = εφελκυστική τάση λόγω θερμοκρασιακών διαφορών (psi).

MR = μέτρο θραύσης σκυροδέματος (psi).

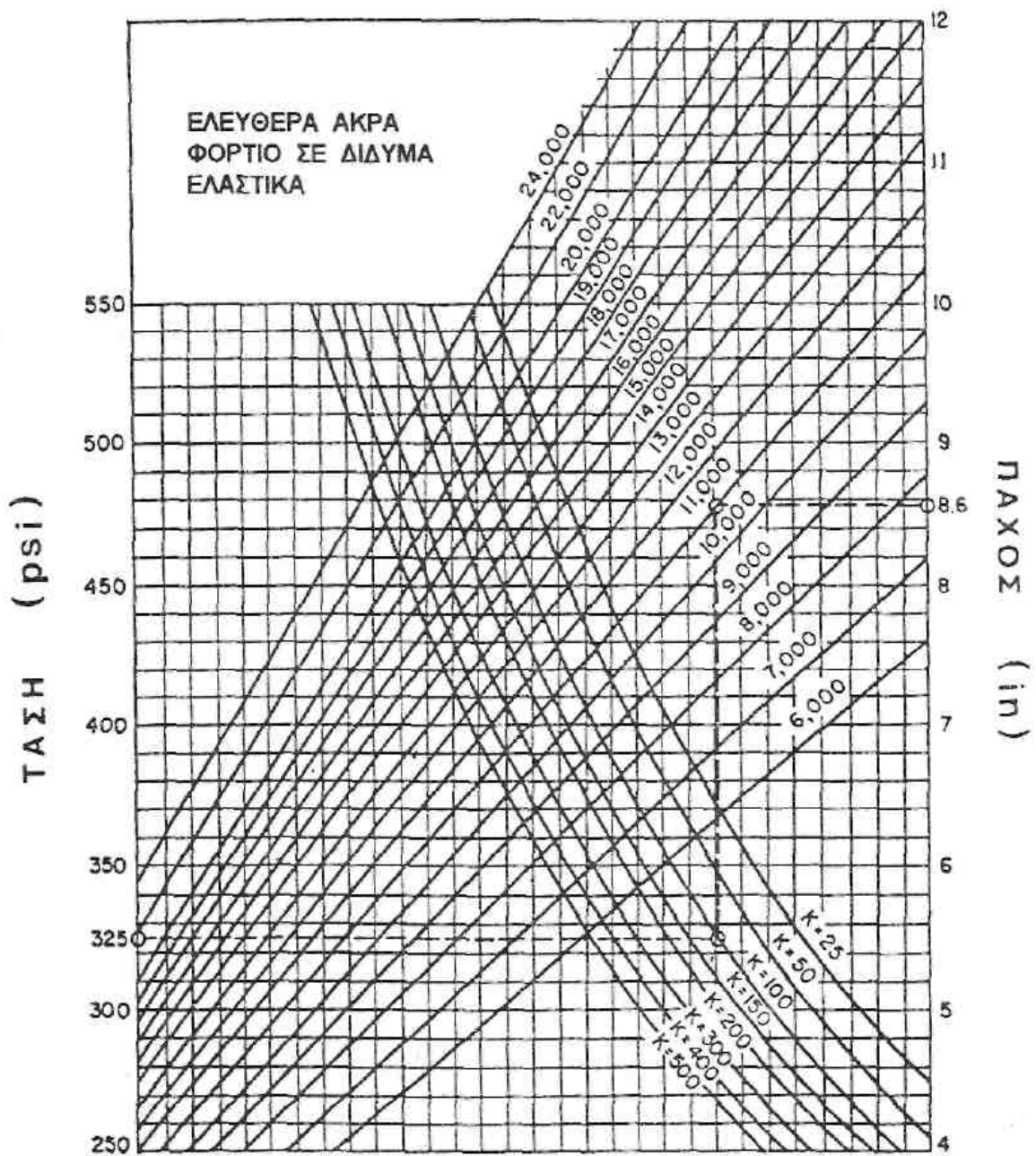
Ο έλεγχος είναι χρήσιμος στα άπλα σκυροδέματα, για την αποφυγή εμφάνισης ρωγμών στα σημεία των μέγιστων τάσεων.



Σχήμα 15 «διάγραμμα φορτίων»



Σχήμα 16 «Φορτίο άξονα»



Σχήμα 17 «Τάση»

2.4.5 Μέθοδος AASSHO (Δύσκαμπτα οδοστρώματα)

Ο υπολογισμός του πάχους της πλάκας του οδοστρώματος βασίζεται στην εξίσωση του WESTERGAARD για φόρτιση στη γωνία, με τις παρακάτω παραδοχές:

- 1) Απόσταση του κέντρου της φόρτισης από τη γωνία της πλάκας ίση με 10in.
- 2) Ο λόγος POISSON είναι ίσος με 0,2.
- 3) Η τάση λειτουργίας είναι ίση με 0,75 (MR).

Η μέθοδος AASSHO, όπως και στον υπολογισμό των ευκάμπτων οδοστρωμάτων, λαμβάνει υπόψη τον κυκλοφοριακό φόρτο έχοντας σαν τυπικό φορτίο το ισοδύναμο απλό αξονικό φορτίο των 18.000 (W_{18}).

Με βάση τα παραπάνω, έχουν συνταχθεί τα διαγράμματα των σχ. 10 και σχ. 11, για τον άμεσο υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους της πλάκας.

Το διάγραμμα του σχ. 10 είναι για τελική λειτουργικότητα $P_t = 2,0$ και το διάγραμμα του σχ. 11 είναι για τελική λειτουργικότητα $P_t = 2,5$

Τα οδοστρώματα σκυροδέματος θεωρούνται καταλληλότερα σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις καταπόνησης, όπως, όπου βαριά οχήματα σταθμεύουν ή κινούνται πολύ αργά (σε χώρους στάθμευσης φορτηγών, αεροσκαφών, πριν από διόδους ή σε μεγάλες ανηφόρες, σε χώρους στάσης λεωφορείων, σε προβλήτες λιμανιών, σε τελωνεία κλπ.

Κεφάλαιο 3^ο

ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

3.1 Δοκιμές ελέγχου ποιότητας ασφάλτου

3.1.1 Δοκιμή διείσδυτικότητας

Σκοπός

Η μέθοδος αυτή περιγράφει τον τρόπο εργασίας για τον προσδιορισμό του διεισδυσίμου, σε ημιστερεά και στερεά ασφαλτικά υλικά.

Η διείσδυση είναι η απόσταση, σε δέκατα του χιλιοστού, που μία βελόνα με ορισμένες διαστάσεις και βάρος, διανύει με διείσδυση κάθετα στο δείγμα του υλικού σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας, φορτίου και χρόνου. Η δοκιμή εκτελείται με την συσκευή διείσδυσης (εικ. 5), και τον απαραίτητο εργαστηριακό εξοπλισμό.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Συσκευή διείσδυσης
- Βελόνα διείσδυσης
- Υποδοχέας
- Υδατόλουτρο
- Δοχείο μεταφοράς υποδοχέα
- θερμόμετρα
- Χρονόμετρο

Εκτέλεση δοκιμής

Τοποθετείται το βάρος των 50gr πάνω από τη βελόνα, για να έχουμε έτσι ολικό βάρος διείσδυσης 100gr, εκτός αν ορίζεται άλλο φορτίο.

Ακολούθως ελευθερώνεται η βελόνα, με κατάλληλο χειρισμό της συσκευής, για το χρονικό διάστημα που έχει οριστεί και στη συνέχεια λαμβάνεται η διείσδυση από την ένδειξη του μετρητή διείσδυσης. Εάν σημειωθεί η παραμικρή κίνηση του δοχείου, τα αποτελέσματα απορρίπτονται. Αυτό επαναλαμβάνεται 3 φορές.

Σαν δοκιμή διείσδυσης αναφέρεται ο μέσος όρος (με προσέγγιση μονάδας) τριών διεισδύσεων.



Εικ. 5 «Συσκευή διείσδυσης»

3.1.2 Δοκιμή μάλθωσης

Σκοπός

Η μέθοδος αυτή περιγράφει τον τρόπο εργασίας με τον οποίο προσδιορίζεται το σημείο μάλθωσης ασφάλτου ή πίσσας που έχουν σημείο μάλθωσης μεταξύ 30°C και 200°C, με τη συσκευή δακτυλίου και σφαίρας.

Τα υλικά αυτά δεν έχουν καθορισμένη θερμοκρασία μάλθωσης. Καθώς η θερμοκρασία ανέρχεται, τα υλικά αυτά βαθμιαία και κατά τρόπο ανεπαίσθητο μεταβάλλονται από εύθραυστα ή υπερβολικά παχύρευστα, σε ρευστότερα και λιγότερο ιξώδη υγρά.

Σαν σημείο μάλθωσης ορίζεται η θερμοκρασία όπου το δείγμα με μορφή μικρού πλακούντα, τοποθετούμενο σε οριζόντιο δακτύλιο, υποχρεώνεται να περάσει δια μέσου του δακτυλίου σε μήκος 2,54cm, με την επίδραση του βάρους χαλύβδινης σφαίρας, με ταυτόχρονη θέρμανση του δείγματος σταθερής ταχύτητας, μέσα σε λουτρό νερού ή γλυκερίνης.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Δακτύλιος
- Σφαίρα
- Οδηγός κεντρώσεως σφαίρας
- Λουτρό
- Υποδοχέας δακτυλίων
- Θερμόμετρα

Δοκιμή

Η εκτέλεση της δοκιμής διαφέρει ανάλογα με το σημείο μάλθωσης του υλικού:

- Υλικά με σημείο μάλθωσης μέχρι 80°C

Συναρμολογείται η συσκευή Μάλθωσης (εικ. 6), τοποθετούνται οι δακτύλιοι, το θερμόμετρο και οι οδηγοί κέντρωσης στη θέση τους και γεμίζεται το λουτρό με αποσταγμένο νερό, πρόσφατα βρασμένο με θερμοκρασία 5 °C

Με τη βοήθεια λαβίδας, τοποθετείται σε κάθε οδηγό κέντρωσης μία σφαίρα, η οποία πρέπει να έχει τη θερμοκρασία του λουτρού.

Θερμαίνεται το λουτρό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η θερμοκρασία να ανεβαίνει κατά 5°C/min.

Καταγράφεται η θερμοκρασία, που δείχνει το θερμόμετρο, όταν το δείγμα, που περιβάλλει τη σφαίρα αγγίζει τη πλάκα της βάσης.

Αν η διαφορά μεταξύ των τιμών που παίρνονται με διπλό προσδιορισμό, υπερβαίνει τον 1°C η δοκιμή πρέπει να επαναλαμβάνεται.

- Υλικά με σημείο μάλθωσης μεγαλύτερο των 80°C

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, με τις παρακάτω διαφορές:

α. Θα χρησιμοποιείται γλυκερίνη U.S.P αντί για νερό.

β. Θα χρησιμοποιείται θερμόμετρο ASTM τύπου 16°C ή 16F.

γ. Η θερμοκρασία του λουτρού με γλυκερίνη στην αρχή της δοκιμής πρέπει να είναι 32°C.

Σαν σημείο μάλθωσης, θα αναφέρεται με προσέγγιση 0,5°C η μέση θερμοκρασία κατά τον διπλό προσδιορισμό.



Εικ. 6 «Συσκευή μάλθωσης των ασφαλτικών υλικών»

3.1.3 Δοκιμή ανάφλεξης και καύσης της ασφάλτου

Σκοπός

Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στον προσδιορισμό του σημείου ανάφλεξης και του σημείου καύσης, δια της συσκευής δοκιμής με ανοικτό δοχείο CLEVELAND (εικ.7), των πετρελαϊκών προϊόντων και άλλων ρευστών πλην των υγρών καυσίμων και των υλικών εκείνων, τα οποία έχουν σημείο ανάφλεξης μικρότερο των 79°C όπως τούτο προσδιορίζεται με την συσκευή δοκιμής με το ανοικτό δοχείο CLEVELAND.

Η θερμοκρασία ανάφλεξης προσδιορίζεται για την αποφυγή της ανάφλεξης της ασφάλτου κατά την επεξεργασία της.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Συσκευή ανοιχτού δοχείου CLEVELAND

- Δοχείο δοκιμής

- Πλάκα θέρμανσης
- Διάταξη παροχής δοκιμαστικής φλόγας
- Θερμαντήρας
- Στήριγμα θερμομέτρου
- Στήριγμα πλάκας θέρμανσης

2. Ασπίδα

3. θεرمόμετρο

Δοκιμή

Τοποθετείται το δοχείο με το δείγμα στη θερμαντική συσκευή και ρυθμίζεται αρχικά η θερμοκρασία ώστε να αυξάνει με ταχύτητα $13,9^{\circ}\text{C}/\text{min}$ έως $16,7^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Όταν η θερμοκρασία του δείγματος είναι περίπου 56°C κάτω από το προβλεπόμενο σημείο ανάφλεξης, τότε η θέρμανση μειώνεται με τρόπο ώστε η ταχύτητα ανόδου της θερμοκρασίας στους τελευταίους 28°C , πριν από το σημείο ανάφλεξης να είναι $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ έως $6^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

Ανάβεται η δοκιμαστική φλόγα, ώστε να αποκτήσει διάμετρο $3,2\text{mm}$ έως $4,8\text{mm}$.

Σαν σημείο ανάφλεξης λαμβάνεται η θερμοκρασία εκείνη κατά την οποία θα παρατηρηθεί ανάφλεξη σε οποιοδήποτε σημείο της επιφάνειας του δείγματος. Δεν θα πρέπει να συγχέεται η πραγματική ανάφλεξη με το γαλάζιο φωτοστέφανο που παρατηρείται μερικές φορές γύρω από τη δοκιμαστική φλόγα.

Για τον προσδιορισμό του σημείου καύσης, συνεχίζεται η θέρμανση με τρόπο, ώστε η θερμοκρασία του δείγματος να ανεβαίνει με ταχύτητα $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ έως $6^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Συνεχίζεται η διέλευση της δοκιμαστικής φλόγας ανά 2°C μέχρις ότου η επιφάνεια αναφλεχθεί και συνεχιστεί η καύση τουλάχιστον επί 5sec . Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί στο σημείο τούτο της δοκιμής καταγράφεται ως σημείο καύσης της ασφάλτου.



Εικ.7 «Συσκευή ανοιχτού δοχείου CLEVELAND»

3.1.4 Δοκιμή ολκιμότητας της ασφάλτου

Σκοπός

Η δοκιμή ολκιμότητας είναι η δοκιμή που μετράει την απόσταση, που χρειάζεται για να επιμηκυνθεί ασφαλτικό υλικό μέχρι να θραυσθεί, σε συσκευή που περιγράφεται παρακάτω.

Η δοκιμή πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ και με ταχύτητα έλξης $5\text{cm}/\text{min} \pm 5\%$.

Όταν πρέπει να γίνει η δοκιμή ολκιμότητας σε χαμηλή θερμοκρασία, τότε η δοκιμή εκτελείται σε θερμοκρασία 4°C και με ταχύτητα έλξης $1\text{cm}/\text{min}$.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Καλούπι
- Υδατόλουτρο
- Συσκευή δοκιμής

Δοκιμή

Οι δακτυλιοειδείς σπές που υπάρχουν σε κάθε άκρο των λαβών, συνδέονται με τις σφήνες ή τα άγκιστρα της συσκευής δοκιμής.

Τίθεται σε λειτουργία η συσκευή, η οποία έλκει το δοκίμιο με ταχύτητα 5cm/min, μέχρις ότου το δοκίμιο θραυστεί. (Επιτρέπεται απόκλιση $\pm 5\%$ cm/min).

Η απόσταση κατά την οποία απομακρύνθηκαν οι λαβές μέχρις ότου το δοκίμιο θραυστεί μετράται σε cm.

Κατά τη δοκιμή, το νερό του λουτρού της συσκευής πρέπει να καλύπτει το δοκίμιο τόσο από πάνω όσο και από κάτω κατά 2,5 cm και να διατηρείται στη θερμοκρασία της δοκιμής με επιτρεπόμενη απόκλιση $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Κανονική θεωρείται η δοκιμή, όπου το υλικό, το οποίο βρίσκεται μεταξύ των δύο λαβών, τεντώνεται και σχηματίζει νήμα μέχρις ότου θραυστεί στο σημείο όπου η διατομή του νήματος έχει γίνει πρακτικά ανύπαρκτη.

Σαν ολκιμότητα αναγράφεται ο μέσος όρος τριών κανονικών δοκιμών.

3.1.5 Δοκιμή προσδιορισμού ύδατος σε ασφαλτικά υλικά

Σκοπός

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε νερό ασφαλτικών υλικών, με τη μέθοδο της απόσταξης με πτητικό διαλύτη ο οποίος δεν αναμιγνύεται με το νερό.

Η άσφαλτος πρέπει να είναι απαλλαγμένη από νερό διότι, στην αντίθετη περίπτωση, με την θέρμανση της στο εργοστάσιο υπάρχει κίνδυνος υπερχειλίσσης της ένεκα αφρισμού.

Το υλικό θερμαίνεται με ένα διαλύτη, που δεν αναμιγνύεται με το νερό και που συναποστάζει με το νερό του δείγματος. Συμπυκνωμένος διαλύτης και νερό διαχωρίζονται συνέχεια μέσα σε βαθμολογημένο γυάλινο σωλήνα (παγίδα), το νερό καταλαμβάνει την κάτω στοιβάδα στο βαθμολογημένο τμήμα της παγίδας και ο διαλύτης, με υπερχειλίσση, επανέρχεται στον αποστακτήρα.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

1.Συσκευή απόσταξης

- Αποστακτήρας
- Ψυκτήρας
- Παγίδα

2.Συσκευή θέρμανσης

3. Διαλύτης

Δοκιμή

Μεταφέρεται στον αποστακτήρα η κατάλληλη ποσότητα, που έχει μετρηθεί με ακρίβεια $\pm 1\%$.

Τα στερεά ή ημιστερεά υλικά ή ασφαλικά γαλακτώματα, ζυγίζονται απ' ευθείας μέσα στον αποστακτήρα και στη συνέχεια προσθέτονται 100 cm^3 διαλύτη. (Αν ο προσδιορισμός γίνεται σε μεγάλη ποσότητα δείγματος, τότε πιθανόν να χρειαστούν περισσότερα από 100 cm διαλύτη).

Τίθεται σε κυκλοφορία ψυχρό νερό στον μανδύα του ψυκτήρα.

Σφραγίζεται πολύ καλά ο αποστακτήρας και στη συνέχεια θερμαίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ρυθμίζεται η ταχύτητα βρασμού και το απόσταγμα υπό μορφή σταγονιδίων να ελέγχεται από τον ψυκτήρα με ταχύτητα 2 μέχρι 5 σταγόνες ανά sec.

Συνεχίζεται η απόσταξη μέχρις ότου δεν παρατηρείται σε κανένα τμήμα της συσκευής νερό, εκτός από την παγίδα.

Μετά το τέλος της απόσταξης, η παγίδα και το περιεχόμενο της αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία δωματίου.

Λαμβάνεται, με ακρίβεια μιας υποδιαίρεσης της κλίμακας, ο όγκος του νερού μέσα στην παγίδα.

Το περιεχόμενο νερό του δείγματος εκφράζεται επί τοις εκατό κατά βάρος ή κατ' όγκο, ανάλογα με τον τρόπο που μετρήθηκε το δείγμα και υπολογίζεται όπως παρακάτω:

$$\text{Νερό \%} = \frac{\text{'Όγκος νερού στην παγίδα}}{\text{Βάρος ή όγκος δείγματος}} * 100$$

3.2 Δοκιμές ελέγχου ποιότητας αδρανών υλικών

3.2.1 Δοκιμή αντοχής αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση με την μέθοδο Los Angeles

Σκοπός

Ο σκοπός της εργαστηριακής δοκιμής είναι ο προσδιορισμός της αντοχής σε τριβή και κρούση χονδρόκοκκων αδρανών υλικών, με κόκκο μικρότερο των 1,5in, με τη μηχανή Los Angeles (εικ.8).

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Μηχανή Los Angeles
- Κόσκινα
- Φορτίο τριβής

Δοκιμή

Το προς δοκιμή δείγμα και το φορτίο τριβής τοποθετούνται μέσα στη συσκευή Los Angeles, η οποία πρέπει να περιστρέφεται με ταχύτητα 30 - 33 στροφές ανά λεπτό, μέχρι να συμπληρωθούν 500 στροφές.

Μετά την συμπλήρωση του προδιαγραφόμενου αριθμού στροφών, το υλικό εξάγεται από τη μηχανή και κοσκινίζεται στο κόσκινο Νο 12.

Το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 12 υλικό πλένεται και ξηραίνεται, μέχρι σταθερού βάρους, μέσα σε κλίβανο και σε θερμοκρασία 105-110 °C και στη συνέχεια ζυγίζεται με ακρίβεια 1gr.

Η διαφορά μεταξύ αρχικού και τελικού βάρους του δείγματος δοκιμής, πρέπει να ανάγεται επί τοις % του αρχικού βάρους. Η τιμή αυτή αναφέρεται σαν επί % φθορά.

Σύμφωνα με τη δοκιμή Los Angeles τα υλικά που παρουσιάζουν φθορά μεγαλύτερη του 40% είναι αμφίβολης ποιότητας (μαλακά) και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν π.χ για επιφανειακές στρώσεις, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν όταν αναμιχθούν με ασφαλτικό υλικό, διότι η ασφαλτος καλύπτει τους κόκκους τους και τα προστατεύει από τη φθορά.



Εικ.8 «Μηχανή Los Angeles»

3.2.2 Δοκιμή ανθεκτικότητας αδρανών υλικών σε αποσάρθρωση (υγεία) με χρησιμοποίηση θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου

Σκοπός

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η ανθεκτικότητα των αδρανών υλικών σε αποσάρθρωση με κεκορεσμένα διαλύματα θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου. Η μέθοδος αυτή παρέχει χρήσιμα στοιχεία για την εκτίμηση της υγείας των αδρανών από την επίδραση των καιρικών συνθηκών.

Επιστάται η προσοχή στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα των δοκιμών με τη χρησιμοποίηση του ενός ή του άλλου άλατος, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια για τον καθορισμό των καταλλήλων ορίων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Κόσκινα
- Υποδοχείς
- Ζυγός
- Κλίβανος

Αντιδραστήρια

- Διάλυμα θειικού νατρίου
- Διάλυμα θειικού μαγνησίου

Υλικά

- Λεπτόκοκκο αδρανές
- Χονδρόκοκκο αδρανές

Δοκιμή

Τα δείγματα βαπτίζονται μέσα σε προπαρασκευασμένο διάλυμα θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου για χρονικό διάστημα όχι μικρότερο των 16 ωρών και όχι μεγαλύτερο των 18 ωρών, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το διάλυμα να υπερκαλύπτει αυτά κατά 1,27cm.

Μετά το τέλος της περιόδου βάπτισης, το δείγμα του αδρανούς εξάγεται από το διάλυμα, αφήνεται για να στραγγίσει περίπου 15min και τοποθετείται μέσα στο κλίβανο ξήρανσης. Ο κλίβανος πρέπει να έχει προθερμανθεί σε θερμοκρασία 105°C - 110°C. Το δείγμα ξηραίνεται μέχρις ότου επιτευχθεί σταθερό βάρος. Ακολούθως το δείγμα ψύχεται σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια βαπτίζεται πάλι στο παρασκευασμένο διάλυμα, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Η διαδικασία της εναλλασσόμενης βάπτισης και ξήρανσης επαναλαμβάνεται μέχρι να επιτευχθεί ο απαιτούμενος αριθμός κύκλων.

3.2.3 Δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών

Σκοπός

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στη διαδικασία προσδιορισμού της κατανομής των διαφόρων μεγεθών κόκκων στα λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά, χρησιμοποιώντας κόσκινα τετραγωνικών οπών. Επίσης η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και για εργαστηριακά κόσκινα κυκλικών οπών. Δε χρησιμοποιείται για αδρανή υλικά τα οποία έχουν ανακτηθεί από ασφαλτικά μίγματα ή για την κοκκομετρική ανάλυση ορυκτής παιπάλης.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Ζυγός
- Κόσκινα
- Κλίβανος

Δοκιμή

Το δείγμα πρέπει να διαχωρίζεται κατά σειρά μεγεθών χρησιμοποιώντας εκείνα τα κόσκινα τα οποία είναι αναγκαία για να διαπιστωθεί κατά πόσο το υπό εξέταση υλικό πληροί τις προδιαγραφές.

Το κοσκίνισμα πρέπει να εκτελείται με πλευρικές και κυκλικές κινήσεις του κόσκινου και να συνοδεύονται από τραντάγματα έτσι ώστε το δείγμα να βρίσκεται σε συνεχή κίνηση στην επιφάνεια του κόσκινου. Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται τεμάχια του δείγματος να περιστρέφονται ή να πιέζονται δια μέσου του κόσκινου με τα χέρια.

Το κοσκίνισμα πρέπει να συνεχίζεται μέχρις ότου το διερχόμενο από οποιοδήποτε κόσκινο υλικό κατά τη διάρκεια 1 min, δεν υπερβαίνει κατά βάρος το 1% του υλικού που παραμένει σ' αυτό.

Εάν ζητείται η ολική ποσότητα του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου No 200, αυτή πρέπει να προσδιορίζεται προσθέτοντας το βάρος του υλικού που πέρασε από το κόσκινο No 200, κατά το εν ξηρώ κοσκίνισμα, στο βάρος που συγκρατήθηκε από το No 200 όπως αυτό προσδιορίζεται μετά το πλύσιμο.

3.2.4 Δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης εκχυλισθέντος αδρανούς υλικού Σκοπός

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στη διαδικασία προσδιορισμού της κατανομής των διαφόρων μεγεθών κόκκων, στα λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά που έχουν εκχυλιστεί από ασφαλικά μίγματα, με τη χρήση κόσκινων τετραγωνικών οπών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται και με τη χρήση κόσκινων κυκλικών οπών.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- ζυγός
- κόσκινα
- κλίβανος

Δοκιμή

Το εξεταζόμενο δείγμα, αφού ξεραθεί και ζυγιστεί, τοποθετείται μέσα σε δοχείο, στο οποίο προστίθεται νερό το οποίο να υπερκαλύπτει το δείγμα. Το περιεχόμενο του δοχείου αναδεύεται ζωηρά και το νερό χύνεται αμέσως σε δύο κόσκινα, ήτοι σε ένα κοσκινού Νο4 το οποίο έχει τοποθετηθεί επάνω σε κόσκινο Νο200.

Η ανάδευση πρέπει να γίνεται ζωηρά, για να επιτυγχάνεται ο πλήρης διαχωρισμός, από τους χονδρούς κόκκους, όλων των λεπτών κόκκων που διέρχονται από το κόσκινο Νο200. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το νερό γίνει διαυγές.

Το υλικό το οποίο έχει πλυθεί, το χονδρότερο του κοσκινού Νο200, ξηραίνεται ,στη συνέχεια, σε θερμοκρασία που δεν θα υπερβαίνει τους 110°C και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,2%.

Κατόπιν το αδρανές υλικό κοσκινίζεται με κόσκινα διαφόρων μεγεθών, που απαιτούνται από τις ισχύουσες προδιαγραφές, περιλαμβανομένου και του κοσκινού Νο200.

Καταγράφεται το βάρος του υλικού που διέρχεται από κάθε κόσκινο και συγκρατείται από το επόμενο και η ποσότητα που διέρχεται από το κόσκινο Νο200.

Το άθροισμα των διαφόρων αυτών βαρών πρέπει να συμπίπτει με το ξηρό βάρος το οποίο ελήφθη μετά την πλύση με προσέγγιση 0,1% επί του συνολικού βάρους.

Το βάρος του ξηρού υλικού που πέρασε από το κόσκινο Νο200, με ξηρό κοσκίνισμα, πρέπει να προστίθεται στο βάρος του αδρανούς που εκχυλίστηκε με το ασφαλικό και στο βάρος του υλικού που απομακρύνθηκε με το πλύσιμο, για να ληφθεί έτσι το ολικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο200.

Εάν είναι επιθυμητό να γίνει έλεγχος του βάρους του υλικού που πέρασε δια πλύσεως από το κόσκινο Νο200, τότε είναι δυνατόν να εξατμιστεί το νερό μέχρι το δείγμα να γίνει ξηρό ή να διηθηθεί τούτο σε διηθητικό χαρτί το οποίο έχει αρχικά ζυγιστεί και στη συνέχεια να ξεραθεί και να ζυγιστεί το υλικό που έχει συγκρατηθεί.

Τα βάρη των αδρανών που έχουν συγκρατηθεί στα διάφορα κόσκινα και το

ολικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο200 πρέπει να ανάγονται επί τοις εκατό με διαίρεση κάθε ενός προς το συνολικό βάρος του αδρανούς όπως εξυγίσθη στη προπαρασκευή του δείγματος.

3.2.5 Αντοχή σε θλίψη

Η αντοχή του αδρανούς είναι αποφασιστική για την αντοχή του σκυροδέματος. Το μητρικό πέτρωμα βάσει του κανονισμού πρέπει να έχει θλιπτική αντοχή τουλάχιστον 65Μpa (ΕΛΟΤ 408), αλλά ο ΚΤΣ προβλέπει δυνατότητα χρήσης και χαμηλότερης αντοχής εφόσον από τη μελέτη σύνθεσης αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή και ανθεκτικότητα του σκυροδέματος για το έργο που προορίζονται.

Έλεγχος της αντοχής των λίθινων προϊόντων σε θλίψη δεν γίνεται όταν πρόκειται για συνηθισμένα δομικά στοιχεία (κοινά κονιάματα, σκυροκονιάματα κλπ.). Και αυτό γιατί η αντοχή των αδρανών είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντοχή των διαφόρων συγκολλητικών ουσιών και επομένως δεν έχει καμία πρακτική σημασία ο προσδιορισμός της. Ακατάλληλα από άποψη αντοχής για την παραγωγή αδρανών, θεωρούνται τα αποσαθρωμένα, αποσχιζόμενα, αργιλικά και μαλακά μητρικά πετρώματα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως (σκύρα οδοστρωσίας δρόμων βαριάς κυκλοφορίας, σκυροδέματα υψηλής αντοχής κ.ά) γίνεται έλεγχος της αντοχής των αδρανών σε θραύση. Για τα χονδρά αδρανή (σκύρα, χαλίκια) προσδιορίζονται η εκατοστιαία αναλογία των λεπτών υλικών που προκύπτουν από τη σύνθλιψη μιας ορισμένης ποσότητας χονδρών αδρανών από ένα συγκεκριμένο φορτίο. Ένας άλλος τρόπος ελέγχου της αντοχής σε θραύση είναι, να προσδιορισθεί το φορτίο θλίψεως που χρειάζεται για να προκύψουν λεπτά αδρανή βάρους 10% του βάρους του αρχικού δείγματος των χονδρών αδρανών.

Τα φυσικά αδρανή, τα οποία αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος από χαλαζιακό υλικό, ανταποκρίνονται γενικά στις απαιτήσεις των συνηθών σκυροδεμάτων. Τεχνητά αδρανή, (θραυστά υλικά) για συνηθή σκυροδέματα, πρέπει να προέρχονται από πετρώματα με υψηλή θλιπτική αντοχή σε υγρή κατάσταση (>1000 kp/cm²).

3.2.6 Αντοχή στον παγετό

Η καταλληλότητα ενός αδρανούς για σκυρόδεμα εξωτερικών δομικών στοιχείων, καθορίζεται μεταξύ άλλων και από την αντοχή στον παγετό. Αδρανή που παρουσιάζουν υδατοαπορροφητικότητα υπό ατμοσφαιρική πίεση από 0-0,5% κ.β., θεωρούνται ανθεκτικά στον παγετό και δεν απαιτείται δοκιμή ελέγχου.

Η άμμος και τα χαλίκια φυσικής προελεύσεως, συλλεκτά ή θραυστά αδρανή, σπάνια προσβάλλονται από το ψύχος. Επικίνδυνα είναι τα αδρανή τα οποία απορροφούν σημαντική ποσότητα νερού (ο έλεγχος γίνεται στάζοντας μία σταγόνα νερό πάνω στον ξηρό κόκκο του αδρανούς).

3.2.7 Η φαινόμενη πυκνότητα των κόκκων

Η πυκνότητα ορίζεται ως η ποσότητα της μάζας που περιέχεται στη μονάδα του όγκου και μετριέται σε g/cm^3 ή t/m^3 . Στο ΕΛΟΤ EN12620 δεν υπολογίζονται ειδικά βάρη, αλλά πυκνότητα αδρανών, ενώ δεν δίνονται όρια πυκνότητας για τα αδρανή που ενσωματώνονται στο σκυρόδεμα. Στο EN για τον υπολογισμό της πυκνότητας του χονδρόκοκκου υλικού η προδιαγραφή δίνει την χρήση φλάσκας και εναλλακτικώς το καλάθι. Στο ASTM το ειδικό βάρος του χονδρόκοκκου υλικού υπολογίζεται με τη χρήση καλάθιου.

Η φαινόμενη πυκνότητα των κόκκων των αδρανών είναι η μάζα των κόκκων στη μονάδα του όγκου και αναφέρεται μόνο στους κόκκους των αδρανών και όχι στα κενά του σωρού των αδρανών (φαινόμενη πυκνότητα σωρού).

Για τη σωστή σύνθεση σκυροδεμάτων, απαιτείται η γνώση της φαινόμενης πυκνότητας των κόκκων. Ένας αρκετά ακριβής και πρακτικός τρόπος προσδιορισμού της φαινόμενης πυκνότητας των κόκκων είναι ο εξής: ζυγίζεται με μεγάλη ακρίβεια μια ποσότητα 1000 gr περίπου ξηρών αδρανών G_t και τοποθετείται σε ογκομετρικό δοχείο χωρητικότητας 1000 cm^3 , όπου βρίσκονται ακριβώς 500 cm^3 νερού. Ανακατεύουμε καλά το μείγμα και φροντίζουμε να απομακρύνουμε τις τυχόν σχηματιζόμενες φυσαλίδες αέρος με ελαφρά χτυπήματα πάνω στο τοίχωμα του δοχείου. Αφού διαβάσουμε τον συνολικό όγκο του μίγματος V (σε cm^3), υπολογίζουμε την φαινόμενη πυκνότητα των κόκκων ρ_G από την σχέση:

$$\rho_G = G_t / (v-500) (\text{g/cm}^3)$$

3.2.8 Συστολή και διαστολή

Τα φυσικά αμμοχάλικα και τα πυριγενή πετρώματα δεν παρουσιάζουν γενικά συστολή και διαστολή λόγω υγρασίας, ενώ άλλα πετρώματα, όπως είναι η κίσσηρις, παρουσιάζουν αυξομείωση στον όγκο τους.

3.2.9 Υγρασία

Η υγρασία των αδρανών αποτελείται από την επιφανειακή υγρασία και από την υγρασία των πόρων της μάζας των αδρανών. Μόνο η επιφανειακή υγρασία έχει σημαντική επίδραση στην παρασκευή του σκυροδέματος και στην ενυδάτωση

των πρώτων ωρών. Το νερό των πόρων επηρεάζει κυρίως τη σκλήρυνση. Η κατάσταση της κορεσμένης στεγνής επιφάνειας των αδρανών, είναι εκείνη η οποία, ούτε παίρνει αλλά ούτε και προσθέτει νερό στο νερό μείξεως του μείγματος του σκυροδέματος. Κάθε άλλη κατάσταση υγρασίας των αδρανών, επηρεάζει το νερό μείξεως.

Συνήθως τα αδρανή είναι υγρά (λόγω των βροχών και των καιρικών συνθηκών, συγκρατούν υγρασία). Η ποσότητα του νερού που περιέχεται στα αδρανή με τη μορφή επιφανειακής υγρασίας πρέπει να είναι γνωστή, γιατί προστιθέμενη στο νερό μείξεως μεταβάλλει τον υδατοτσιμεντοσυντελεστή (ο λόγος του νερού προς το τσιμέντο). Ο λόγος αυτός είναι πολύ σημαντικός, γιατί καθορίζει την αντοχή και άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος.

Ο προσδιορισμός της υγρασίας γίνεται στο εργαστήριο με ξήρανση του υλικού. Σε μεγάλα εργοτάξια συνεχούς λειτουργίας παρασκευής σκυροδέματος, η υγρασία προσδιορίζεται με ηλεκτρικές συσκευές, που μετρούν την ηλεκτρική αντίσταση.

Κεφάλαιο 4^ο

ΦΘΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

4.1 Φθορές ευκάμπτων οδοστρωμάτων

Όλες οι φθορές που εμφανίζονται στα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ρηγματώσεις, στη δεύτερη οι παραμορφώσεις παντός είδους, στην τρίτη οι αποσαθρώσεις και στην τέταρτη η λείανση της επιφάνειας κύλισης.

Αναλυτική περιγραφή όλων των αναπτυσσομένων φθορών μαζί με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν καθώς και των προτεινόμενων τρόπων συντήρησης - θεραπείας αυτών δίνεται παρακάτω. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι, για τον καθορισμό της καταλληλότερης συντήρησης - θεραπείας των φθορών θα πρέπει πρώτα να καθορίζεται επακριβώς η κύρια αιτία που προκάλεσε τη φθορά.

4.1.1 Ρηγματώσεις (cracking)

Οι μορφές των επιφανειακών ρηγματώσεων του οδοστρώματος ποικίλουν και οφείλονται σε διάφορες αιτίες. Σε πολλές περιπτώσεις η έγκαιρη απλή σφράγιση της ρωγμής ή των ρωγμών είναι η σωστότερη και αποτελεσματικότερη συντήρηση. Σε άλλες περιπτώσεις όμως, είναι αναγκαία η πλήρης εξυγίανση της περιοχής που προσβλήθηκε.

Σφράγιση/πλήρωση ρωγμών

Η σφράγιση/πλήρωση των ρωγμών σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται με χυτό υλικό που είναι ειδική τροποποιημένη άσφαλτος (ελαστομερής) θα πρέπει να πληρεί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM 1190(2) ή της BS 2499(3). Για την εφαρμογή της τροποποιημένης ασφάλτου προς σφράγιση των ρωγμών απαιτείται η χρήση ειδικού μηχανικού εξοπλισμού, όπως: (α) μηχανήμα θέρμανσης της ελαστομερούς ασφάλτου με δυνατότητα θέρμανσης μέχρι και 200°C και με δυνατότητα παροχής του θερμού ασφαλτικού υλικού επί της ρωγμής και (β) ειδικό φλόγιστρο (προπανίου) που εκτοξεύει υπέρθερμο αέρα

(όχι φλόγα), για τη θέρμανση και τον καθαρισμό της ρωγμής πριν τη διάχυση της τροποποιημένης ασφάλτου. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφορες μορφές ρηγματώσεων.

4.1.2 Ρωγμές τύπου αλιγάτορα (alligator cracks)

Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) όμοια με αυτά του δέρματος του αλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν την εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν. Τυπική μορφή ρηγματώσεων τύπου αλιγάτορα δίνεται στη φωτογραφία 1



Φ.1 «Ρωγμή τύπου αλιγάτορα»

Τα αίτια που προκαλούν τις ρηγματώσεις αυτές, τις περισσότερες φορές, είναι το μεγάλο βέλος κάμψης που αναπτύσσεται στις ασφαλτικές στρώσεις του οδοστρώματος λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους ή/και της υπόβασης/βάσης. Η μείωση προέρχεται από τη μείωση της φέρουσας ικανότητας των στρώσεων αυτών λόγω εποχιακής αύξησης της υγρασίας στις στρώσεις αυτές. Οι ρωγμές στην περίπτωση αυτή συνήθως εμφανίζονται τοπικά και σε περιορισμένη έκταση.

Όταν οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση κατά μήκος του δρόμου, η αιτία εμφάνισης τους είναι διαφορετική. Στην προκειμένη περίπτωση η αιτία(-ες) που προκάλεσε τη φθορά αυτή είναι η πλήρης κόπωση του οδοστρώματος λόγω των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων του οδοστρώματος από τον κυκλοφοριακό φόρτο, σε συνδυασμό πιθανότατα και με

την ύπαρξη ασθενούς υπεδάφους ή μειωμένου πάχους υποκείμενων στρώσεων. Το τελευταίο θα πρέπει πάντοτε να ελέγχεται και να καθορίζεται.

Για τοπικές εμφανίσεις η θεραπεία συνίσταται σε: Η ριζική επισκευή των ρωγμών αλιγάτορα εφ' όσον οφείλονται στη μειωμένη ευστάθεια του εδάφους έδρασης συνίσταται: (i) στην πλήρη απομάκρυνση όλων των ασφαλικών στρώσεων, των στρώσεων με ασύνδετα αδρανή και μέρους του εδάφους έδρασης, (ii) στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την υποβάθμιση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και (iii) στην ανακατασκευή όλων των στρώσεων με νέα κατάλληλα υλικά. Για καλύτερα αποτελέσματα συνιστάται να αντικαθίστανται όλες οι στρώσεις με ασφαλικό σκυρόδεμα.

Η επιφάνεια που θα ανοιχθεί για επισκευή θα πρέπει να επεκτείνεται, κατά πλάτος, περίπου μισό μέτρο μέσα στην υγιή περιοχή. Επίσης, συνιστάται να ψεκάζονται οι κάθετες αλλά και οριζόντιες επιφάνειες της περιοχής που ανοίχθηκε με κατάλληλο κατιονικό γαλάκτωμα. Μετά από τη διάστρωση της κάθε στρώσης, σε πάχος όχι μεγαλύτερο των 100 mm - 150mm, απαιτείται επαρκής συμπύκνωση με κατάλληλο δονητικό κατά προτίμηση μηχανήμα.

Μετά τη διάστρωση και συμπύκνωση της τελευταίας ασφαλικής στρώσης, συνιστάται όπως τοποθετείται ειδικό ελαστομερές ασφαλικό υλικό (χυτό υλικό) σε όλη την περίμετρο της τομής μεταξύ της παλιάς και της νέας επιφάνειας, σε πλάτος περίπου 40mm - 50mm, για να επιτυγχάνεται η άριστη στεγάνωση του ασθενούς αυτού σημείου. Το ελαστομερές ασφαλικό υλικό είναι αυτό που χρησιμοποιείται στη γενική περίπτωση σφράγισης ρωγμών. Το παραπάνω ισχύει για όλες τις περιπτώσεις που γίνονται τομές και αποκατάσταση αυτών στο οδόστρωμα.

Η παραπάνω εργασία, δηλαδή της αποξήλωσης μιας ή περισσότερων στρώσεων και η ανακατασκευή αυτής (-ων) με νέα υλικά, είναι γνωστή ως «μπάλωμα» (patching).

Σε μεγάλης έκτασης ρωγμές δηλαδή όταν οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα οφείλονται σε κόπωση του οδοστρώματος, η θεραπεία γίνεται ως εξής: (α) με αντικατάσταση μέρους ή όλων των ασφαλικών στρώσεων με νέες ασφαλικές στρώσεις, ή (β) με την προσθήκη νέων ασφαλικών στρώσεων δίχως την απομάκρυνση των ρηγματωμένων στρώσεων. Λεπτομέρειες για τον υπολογισμό του πάχους των νέων ασφαλικών στρώσεων δίνονται στο κεφ 2. Στην περίπτωση που δεν απομακρύνονται οι ρηγματωμένες στρώσεις, συνιστάται η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης, πριν τη διάστρωση των ασφαλικών στρώσεων. Η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης είναι απολύτως αναγκαία στην

περίπτωση που ορισμένα κομμάτια έχουν αποκολληθεί ή εμφανίζονται ταυτόχρονα και τοπικές καθιζήσεις.

Στην περίπτωση μερικής αντικατάστασης των ασφαλτικών στρώσεων, το νέο ασφαλτόμιγμα συνιστάται όπως παράγεται με ελαστομερή άσφαλτο (όχι θερμοπλαστική ή πλαστομερή). Επίσης, εναλλακτικά ή επιπροσθέτως (αναλόγως της σοβαρότητας και των συνθηκών του έργου) μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ασφαλτοϋφάσματα ή οι μεμβράνες απορρόφησης τάσεων. Τα ασφαλτοϋφάσματα ή οι μεμβράνες τοποθετούνται επί της ρηγματωμένης επιφάνειας ή επί της ισοπεδωτικής (αν απαιτείται να χρησιμοποιηθεί).

Στην περίπτωση που το άνοιγμα των ρωγμών τύπου αλιγάτορα είναι μικρότερο των 3mm η προσωρινή συντήρηση της επιφάνειας μπορεί να γίνει και με σφραγιστικά ψυχρά ασφαλτομίγματα τύπου Slurry Seal, διαβάθμισης I ή II ή με μεμβράνη απορρόφησης τάσεων (SAM).

4.1.3 Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος (edge cracks)

Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκεις και εμφανίζονται περίπου 30cm - 50cm από τα άκρα του οδοστρώματος, μετά ή άνευ εγκαρσίων ρωγμών (Φ.2).

Οφείλονται κυρίως στην ανεπαρκή υποστήριξη του οδοστρώματος λόγω ενός ή περισσότερων από τους παρακάτω λόγους: κακή συμύκνωση, κακή αποστράγγιση, δράση παγετού, συρρίκνωση λόγω ξηρασίας του εδάφους της περιοχής ή λόγω μειωμένου πάχους των στρώσεων στα σημεία αυτά.

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών συνίσταται στην πλήρωση αυτών με κατάλληλη τροποποιημένη άσφαλτο, μετά από επιμελή καθαρισμό. Εάν στην περιοχή παρουσιάζεται και καθίζηση τότε αυτή θα πρέπει να πληρούται με τη διάστρωση ψυχρού ή θερμού ασφαλτομίγματος. Ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου Slurry, διαβάθμισης III ή IV, διαστρώνεται όταν η καθίζηση είναι μικρότερη των 25mm, αλλιώς χρησιμοποιείται θερμό ασφαλτόμιγμα. Αν υπάρχει πρόβλημα αποστράγγισης του οδοστρώματος αυτό εντοπίζεται και αποκαθίσταται.



Φ.2 «Ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος»

4.1.4 Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης (lane and widening cracks)

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή της διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκεις, πλην της περίπτωσης διακοπής των εργασιών (Φ.3).

Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε κακοτεχνία κατά τη διάρκεια της κατασκευής, όπως: διάστρωση τάπητα με μειωμένη ποσότητα ασφαλτομίγματος στη ραφή, κακή ή ανεπαρκή συγκόλληση της κάθετης επιφάνειας της προηγούμενης λωρίδας διάστρωσης και πτώση της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών. Στην ειδική περίπτωση, που η ρωγμή εμφανίζεται πάνω στο σημείο που έγινε διαπλάτυνση της οδού, το αίτιο πιθανόν να είναι η κακή συμπύκνωση των υποκείμενων νέων στρώσεων. Πλην όμως, στις περιπτώσεις αυτές θα υπάρχει, κατά πάσα πιθανότητα, εμφάνιση και άλλης μορφής αστοχίας του οδοστρώματος (κυρίως καθίζηση). Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται όπως και των ρωγμών από ανάκλαση, που αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο.



Φ.3 «Ρωγμές μεταξύ λωρίδων»

4.1.5 Ρωγμές από ανάκλαση (reflection cracks)

Οι ρωγμές από ανάκλαση εμφανίζονται κατά κανόνα σε πρόσθετες ασφαλτικές στρώσεις, (overlays) που διαστρώθηκαν στο παρελθόν για την αποκατάσταση σοβαρών φθορών του οδοστρώματος. Η μορφή και η κατεύθυνση τους ποικίλλει από διαμήκης, εγκάρσια, διαγώνια ή και μερικώς διακλαδιζόμενη, ανάλογα με τη μορφή που είχαν οι παλαιές ρωγμές της επισκευασθείσας επιφάνειας (Φ.4). Τυπικές ρωγμές από ανάκλαση είναι αυτές που εμφανίζονται σε ασφαλτικές επιστρώσεις πάνω σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, ή οδοστρώματα από βάση με ισχνό σκυρόδεμα ή ακόμη σε επιστρώσεις που έγιναν πάνω από παλαιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλατύνσεις.

Τα αίτια που προκαλούν αυτού του είδους τις ρωγμές είναι οι κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος. Οι μετακινήσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε μετακινήσεις του υπεδάφους ή στη διόγκωση / συρρίκνωση αυτού λόγω ύπαρξης αργιλικών υλικών σε συνδυασμό με αυξομείωση της υγρασίας, ή στην κάθετη μετακίνηση των πλακών του δύσκαμπτου οδοστρώματος ή στην κάθετη μετακίνηση των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας, γενικότερα. Ο τρόπος συντήρησης των ρωγμών από ανάκλαση εξαρτάται από το μέγεθος και την έκταση αυτών, όπως:

(α) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3mm περίπου και είναι σε μικρή έκταση, η συντήρηση γίνεται με τη σφράγιση / πλήρωση αυτών με τροποποιημένη άσφαλτο.

(β) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, η συντήρηση μπορεί να γίνει με απλή ασφαλτική επάλειψη.

(γ) Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα 3mm - 5mm και είναι σε μικρή έκταση, τότε η συντήρηση αυτών γίνεται ως ακολούθως:

(i) οι ρωγμές ανοίγονται με ειδικό κόφτη σε βάθος περίπου 10mm - 15mm και πλάτος όσο το πλάτος που δημιουργείται από τον κόφτη (10mm - 15mm). Ο ειδικός κόφτης έχει τη δυνατότητα να ακολουθεί τη ρωγμή δηλαδή μπορεί να στρίβει εύκολα υπό οξείες γωνίες. Με αυτό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των χαλαρών (σαθρών) μικρών τεμαχίων του ασφαλτομίγματος που έχουν δημιουργηθεί στη ρωγμή,

(ii) η διευρυνθείσα ρωγμή καθαρίζεται με συμπιεσμένο αέρα, κατόπιν στεγνώνεται και θερμαίνεται με ειδικό φλόγιστρο υπέρθερμου αέρα, και

(iii) η καθαρισμένη ρωγμή γεμίζει, αμέσως μετά τη θέρμανση, με ειδική ελαστομερή ασφαλτο. Η πλήρωση της διευρυνμένης ρωγμής μπορεί να γίνει και με ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry - διαβάθμισης I.

Σε ορισμένες χώρες, όπως η Αγγλία, η ελαστομερής ασφαλτος - όταν το πλάτος της λωρίδας που δημιουργείται είναι μεγαλύτερο των 20mm -περιέχει και λεπτόκοκκη σκληρή άμμο έτσι ώστε η επιφάνεια να έχει ικανοποιητικό συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση (>55 με το Βρετανικό εκκρεμές). Η ίδια απαίτηση υπάρχει στην Αγγλία και στην περίπτωση θεραπείας ιδιαίτερα όταν πρόκειται για διαμήκεις ρωγμές.

Σε περιπτώσεις που οι ανακλαστικές ρωγμές είναι αρκετά μεγάλες (>5mm) ή επειδή δημιουργήθηκαν λόγω ύπαρξης παλαιού υποκείμενου δύσκαμπτου οδοστρώματος, από ορισμένους οργανισμούς και υπηρεσίες του εξωτερικού ακολουθείται σήμερα η παρακάτω θεραπεία:

- (i) οι ρωγμές «φρεζάρονται» κατά τη διαμήκη τους διεύθυνση, με ειδικές μικρές φρέζες σε βάθος 10mm - 20mm και πλάτος όσο το δημιουργούμενο μικρό πλάτος της φρέζας,
- (ii) η φρεζαρισθείσα επιφάνεια αφού καθαριστεί πληρούται με ελαστομερή ασφαλτο και
- (iii) επί της ελαστομερούς ασφάλτου διαστρώνονται μονόκοκκα αδρανή (6mm περίπου) για τη δημιουργία αντιολισθηρής επιφάνειας.

Εναλλακτικά, για την παραπάνω περίπτωση, η ρωγμή μπορεί να διανοιχθεί σε πλάτος 50mm - 100mm και βάθος περίπου 40mm, το ασφαλτόμιγμα να αφαιρεθεί και να πληρωθεί με καινούργιο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα.

Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο των 3mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, επειδή η παραπάνω θεραπεία είναι χρονοβόρα, εξετάζεται, βάσει τεchnοοικονομικής ανάλυσης, μια από τις παρακάτω τεχνικές συντήρησης: απλή ή διπλή ασφαλτική επάλειψη, χρήση μεμβράνης απορρόφησης τάσεων (SAM), μεμβράνη με ίνες, ψυχρό ασφαλτικό μίγμα τύπου Slurry με ελαστομερή άσφαλτο και ίνες, ή λεπτοτάπητας με θερμό ασφαλτόμιγμα με τροποποιημένη άσφαλτο ή ακόμη και ασφαλτική επίστρωση πάχους 40mm - 50mm μετά ή άνευ ασφαλτοϋφάσματος. Η ασφαλτική επίστρωση είναι σοβαρός υποψήφιος στην περίπτωση που συντρέχει και άλλος λόγος όπως ενίσχυση του οδοστρώματος, οπότε στην περίπτωση αυτή το πάχος της στρώσης καθορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες και τις απαιτήσεις.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, όταν οι ρωγμές είναι τοπικές και πυκνές σε σχετικά μικρή επιφάνεια ορισμένων τετραγωνικών μέτρων, είναι σύνηθες το φαινόμενο να αποξηλώνεται η τελευταία ασφαλτική στρώση και να αποκαθίσταται με νέο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα. Η εκτέλεση των εργασιών είναι όμοια με αυτήν της αποκατάστασης τοπικών ρωγμών τύπου αλιγάτορα.



Φ.4 «Ρωγμές από ανάκλαση»

4.1.6 Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων (slippage cracks)

Η μορφή των ρωγμών από ολίσθηση των ταπήτων έχει σχήμα «μισοφέγγαρου», (Φ.5). Οι ρωγμές αυτές οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής αυτών. Η κακή συνοχή των ταπήτων οφείλεται στην απουσία

συγκολλητικής επάλειψης ή την ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, ή την ύπαρξη μεταξύ των στρώσεων χωμάτων (κυρίως αργιλικών) ή λαδιών αυτοκινήτων ή ύδατος. Οι ρωγμές αυτής της μορφής μπορεί να οφείλονται επίσης, ελάχιστες όμως φορές, στη μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη και στην κακή συμύκνωση της υπερκείμενης στρώσης.

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται μόνο με την απομάκρυνση του τάπητα κυκλοφορίας γύρω από τη ρωγμή, μέχρι του σημείου όπου υπάρχει καλή συνοχή ταπήτων και κατόπιν πλήρωση της αποξηλωθείσας επιφάνειας με θερμό ασφαλτόμιγμα. Πριν την πλήρωση η επιφάνεια θα πρέπει να καθαριστεί επιμελώς και κατόπιν να ψεκαστεί επ' αυτής και επί των καθέτων τοιχωμάτων της συγκολλητική επάλειψη από κατιονικό γαλάκτωμα. Τέλος, απαιτείται επαρκής συμύκνωση της πληρωθείσας επιφάνειας με δονητικό μηχάνημα ή οδοστρωτήρα.



Φ.5 «Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων»

4.1.7 Ρωγμές συρρίκνωσης (shrinkage cracks)

Οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι συνήθως ακανόνιστης μορφής, διακλαδιζόμενες και ως ένα βαθμό συνδεδεμένες μεταξύ τους, σχηματίζοντας μεγάλα πολυγωνικά μπλοκ με οξείες γωνίες (Φ.6).

Οι ρωγμές αυτές οφείλονται στη συρρίκνωση του ασφαλτομίγματος ή των υλικών της βάσης ή/και της υπόβασης. Πλην όμως, είναι δύσκολο να αποδοθούν μετά βεβαιότητας στο ένα ή στο άλλο υλικό. Συστολή του ασφαλτομίγματος μπορεί να επέλθει όταν αυτό έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα αδρανή και φύλλερ και υψηλό ποσοστό σκληρής ασφάλτου. Η έλλειψη κυκλοφοριακού φόρτου βοηθά στη δημιουργία αυτών των ρωγμών.

Σε οδοστρώματα για μικρό κυκλοφοριακό φόρτο, όπου οι ασφαλτικές στρώσεις είναι μικρού πάχους (περίπου 50mm), οι ρωγμές συρρίκνωσης είναι πιθανόν να οφείλονται στη συρρίκνωση του υπεδάφους. Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται όπως στις ρωγμές από ανάκλαση.



Φ.6 «Ρωγμές συρρίκνωσης»

4.1.8 Ρωγμές στην τροχιά των τροχών (wheel path cracks)

Οι ρωγμές αυτές που εμφανίζονται στην τροχιά των τροχών είναι πάντοτε διαμήκεις (Φ.7). Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην τοπική θραύση του οδοστρώματος. Η θραύση οφείλεται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους (εποχιακή ή μη) σε συνδυασμό με τα μεγάλα αξονικά φορτία που επιβάλλονται και το μειωμένο πάχος των ασφαλτικών στρώσεων και της βάσεως (περίπτωση υποδιαστασιολόγησης του οδοστρώματος). Πλην όμως, η εμφάνιση ρωγμών στην τροχιά των τροχών μπορεί να οφείλεται και στην κόπωση των ασφαλτομιγμάτων (σύνηθες φαινόμενο). Συνεπώς, απαιτείται η συστηματική διερεύνηση των αιτιών και η λήψη των κατάλληλων μέτρων προς αποφυγή περαιτέρω επιδείνωσης.

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών, όταν οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην εποχιακή μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους, γίνεται όπως και στις ρωγμές από ανάκλαση με παράλληλη ρύθμιση του επιπέδου του υδροφόρου ορίζοντα (στραγγιστικά έργα). Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις το οδόστρωμα χρειάζεται ενίσχυση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διάστρωση νέας ασφαλτικής στρώσης (overlay).



Φ.7 «Ρωγμές στην τροχιά των τροχών»

4.1.9 Ελικοειδείς ρωγμές

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται με ελικοειδή μορφή (μη διακλαδιζόμενη) κατά μήκος του οδοστρώματος και όχι σε συγκεκριμένη θέση. Η εμφάνιση των ρωγμών αυτών οφείλεται συνήθως στη δράση του παγετού ή στην κόπωση του οδοστρώματος. Οι ρωγμές αυτές συντηρούνται όπως και οι ρωγμές από ανάκλαση.

4.1.10 Τοπικές καθιζήσεις (local depressions)

Τοπικές καθιζήσεις χαρακτηρίζονται οι καθιζήσεις που είναι σε περιορισμένη έκταση και συνήθως δε συνοδεύονται από μικρορωγμές (Φ.8). Οι καθιζήσεις αυτές κατακρατούν νερό, είναι πηγή επιταχυνόμενης φθοράς του οδοστρώματος και συγχρόνως κίνδυνος για τους χρήστες της οδού (ολισθηρότητα, πάγος κλπ).

Οι τοπικές καθιζήσεις είναι συνήθως περιορισμένης έκτασης και οφείλονται στην τοπική καθίζηση των υποκειμένων στρώσεων κάτω από την επίδραση υψηλών αξονικών φορτίων. Οι καθιζήσεις των υποκειμένων στρώσεων μπορεί να οφείλονται σε κακή κατασκευή αυτών, ή/και σε τοπική μείωση της φέρουσας ικανότητας αυτών.

Η συντήρηση των τοπικών καθιζήσεων γίνεται είτε με τη διάστρωση θερμού ασφαλτομίγματος είτε με τη διάστρωση ψυχρού λεπτοτάπητα τύπου slurry, ανάλογα με το βάθος της βύθισης.

Όταν το βάθος της καθίζησης είναι μεγαλύτερο των 25mm περίπου, η συντήρηση γίνεται με θερμό ασφαλτόμιγμα, αφού προηγουμένως αποξηλωθεί ο τάπητας σε βάθος τουλάχιστον 40mm και ψεκασθεί η περιοχή με συγκολλητική επάλειψη από κατιονικό γαλάκτωμα (0.25-0.51t/m²). Το ασφαλτόμιγμα διαστρώνεται και συμπυκνώνεται κατάλληλα, έτσι ώστε να μη δημιουργηθεί ανισοϋψία με την παλαιά επιφάνεια.

Όταν το μέγιστο βάθος βύθισης είναι μικρότερο των 20-30 mm, η τοπική καθίζηση πληρούται με ψυχρό σφραγιστικό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry, διαβάθμισης III, σε μία, δύο ή και τρεις στρώσεις (όσες χρειασθούν), αφού προηγουμένως η περιοχή καθαρισθεί και ψεκασθεί με συγκολλητική επάλειψη. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το θερμό ασφαλτόμιγμα το οποίο διαστρώνεται κατάλληλα έτσι ώστε να μη δημιουργηθεί «δόντι». Και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται επαρκής συμπύκνωση με οδοστρωτήρα 6-8 ton.



Φ.8 «Τοπικές καθιζήσεις»

4.1.11 Τοπικές διογκώσεις (local upheaval)

Οι τοπικές διογκώσεις οφείλονται σε τοπική διόγκωση του υπεδάφους ή της υπόβασης ή της βάσης και σπανίως των ασφαλτικών στρώσεων (Φ.9). Η συνηθέστερη αιτία που προκαλεί τη διόγκωση είναι η διαστολή του εγκλωβισμένου ύδατος κατά τη διάρκεια του χειμώνα, λόγω παγετού. Βεβαίως, δεν πρέπει να αποκλείεται και η επίδραση της υγρασίας σε διογκούμενα εδαφικά υλικά. Οι διογκώσεις ανύψωσης χαρακτηρίζονται από διακλαδιζόμενες ρηγματώσεις.



Φ.9 «Τοπικές διογκώσεις»

4.1.12 Λακκούβες (potholes)

Οι γνωστές λακκούβες (Φ.10), δημιουργούνται από αδυναμίες του ασφαλτομίγματος ή της δομής του οδοστρώματος όπως:

- (α) έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα,
- (β) μειωμένο πάχος τάπητα κυκλοφορίας,
- (γ) τοπική αστοχία κατά την κατασκευή των στρώσεων, κυρίως της βάσης
- (δ) μη καλή τοπική αποστράγγιση της οδού.

Λακκούβες μπορούν να δημιουργηθούν και από επιδείνωση της αποκόλλησης των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Η συντήρηση των λάκκων μπορεί να είναι πρόσωρήνη ή οριστική. Κατά την προσωρινή συντήρηση γίνεται απλός καθαρισμός της λακκούβας και πλήρωση αυτής με κατάλληλο θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα ή έτοιμο συσκευασμένο ψυχρό ασφαλτόμιγμα (BITUMIX ή παρόμοιου τύπου).

Κατά την οριστική συντήρηση γίνεται κόψιμο και τετραγωνισμός της λακκούβας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει υγιές πλευρικό υλικό στρώσης, επιμελής καθαρισμός, ψεκασμός των τοιχωμάτων και της επιφάνειας με κατιονικό γαλάκτωμα, πλήρωση αυτής με κατάλληλο θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα και τέλος κατάλληλη κυλίνδρωση.

Το ψυχρό ασφαλτόμιγμα μπορεί να παρασκευαστεί επί του έργου ή σε μόνιμες εγκαταστάσεις, με κατάλληλο κατιονικό γαλάκτωμα. Επίσης ψυχρό ασφαλτόμιγμα μπορεί να παρασκευασθεί με τη χρήση ειδικών διαλυτών. Η χρήση διαλυτών παρέχει τη δυνατότητα αποθήκευσης αυτού για μακρό χρονικό διάστημα μέχρι και 8 μήνες, αφού προηγουμένως συσκευασθεί κατάλληλα. Το μίγμα αυτό, επειδή μπορεί να αποθηκευθεί και να χρησιμοποιηθεί όποτε χρειαστεί, λύνει το πρόβλημα της έλλειψης θερμού ασφαλτομίγματος κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Επίσης, λύνει το πρόβλημα των περιοχών που στερούνται συγκροτημάτων παραγωγής ασφαλτομιγμάτων, ή της ανεύρεσης μικρών ποσοτήτων ασφαλτομίγματος για τοπικές επουλώσεις. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του μίγματος αυτού είναι η ευκολία στη χρήση του που συνίσταται στο άνοιγμα του δοχείου, εναπόθεση του μίγματος στη λακκούβα και ελαφρά κυλίνδρωση.



Φ.10 «Λακκούβες»

4.1.13 Λεία επιφάνεια οδοστρώματος

Η λεία επιφάνεια είναι μια φθορά του οδοστρώματος η οποία, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους φθορών, δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος αλλά στο επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης αυτού και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα της επιφάνειας.

Η λεία επιφάνεια του οδοστρώματος οφείλεται κυρίως στη λείανση των επιφανειακών αδρανών. Επίσης, μπορεί να οφείλεται και στην ανάδυση της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος, ή στη βύθιση των χονδρόκοκκων αδρανών ή ακόμη και στη χρήση λείων και σφαιρικών αδρανών (αμμοχάλικο χειμάρρου κλπ.). Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις επέρχεται μείωση ή εκμηδένιση της μικρό-υφής και μακρο-υφής της επιφάνειας του οδοστρώματος και κατά συνέπεια μείωση του συντελεστή τριβής μεταξύ των ελαστικών και της επιφάνειας. Η παρουσία νερού επιδεινώνει την κατάσταση και παράλληλα είναι αιτία ανάπτυξης του φαινομένου της υδρολίστεσης (ιδιαίτερα στα σημεία παρακράτησης ύδατος). Επιδείνωση της ολισθηρότητας μπορεί επίσης να επέλθει με την παρουσία λαδιών ή χώματος (κυρίως αργιλικών υλικών) πάνω στην επιφάνεια, καθώς επίσης και με την εναπόθεση ελαστικών (στις περιοχές που παρατηρείται έντονη πέδηση των οχημάτων).

Η ολισθηρότητα συνδέεται άμεσα με τα τροχαία ατυχήματα. Έτσι λοιπόν, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την άμεση αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας.

Η συντήρηση της επιφάνειας και η αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας αυτής, δηλαδή αύξηση του συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση, γίνεται με μια από τις παρακάτω τεχνικές:

- α) Διάστρωση θερμών ασφαλτομιγμάτων για λεπτές στρώσεις κυκλοφορίας
- β) Διάστρωση ψυχρού λεπτοτάπητα τύπου slurry (Μικρο-επιφανειακή στρώση)
- γ) Διάστρωση ασφαλτομίγματος πορώδους σύνθεσης
- δ) Διάστρωση ασφαλικού σκυροδέματος για αντιολισθηρή στρώση πάχους 40cm από κατάλληλο θερμό ασφαλτόμιγμα.
- ε) Διασπορά προεπαλειμμένων ψηφίδων
- στ) Εφαρμογή ασφαλικής επάλειψης

ζ) Επαναδημιουργία υφής με μηχανικά μέσα

Σε όλες τις παραπάνω μεθόδους, πλην της (ζ), απαραίτητη προϋπόθεση είναι η χρήση κατάλληλων σκληρών αδρανών, μη ασβεστολιθικών.

4.2. Φθορές δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Οι φθορές που παρουσιάζουν τα δύσκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες, όμοιες με αυτές των ευκάμπτων οδοστρωμάτων, δηλαδή: ρηγματώσεις, επιφανειακές παραμορφώσεις, αποσύνθεση επιφάνειας και λείανση επιφάνειας.

Πριν αναπτυχθούν αναλυτικά οι παραπάνω φθορές θα πρέπει να αναφερθεί ότι η επιτυχής συντήρηση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων με τσιμεντοκονίαμα ή γενικότερα με νέο σκυρόδεμα, μετά ή άνευ οπλισμού, είναι πολύ δύσκολη και πολλές φορές αδύνατη. Για το λόγο αυτό οι μέθοδοι συντήρησης που θα αναπτυχθούν παρακάτω βασίζονται κυρίως σε συντήρηση με ασφαλτικά υλικά ή ασφαλτικά μίγματα.

4.2.1 Ρηγματώσεις - Αρμοί

Οι ρωγμές είναι οι περισσότερο κοινές φθορές των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην ογκομετρική συμπεριφορά του σκυροδέματος κάτω από θερμοκρασιακές αυξομειώσεις, αλλά και στην επαναλαμβανόμενη φόρτιση που επέρχεται από την κυκλοφορία. Ρωγμές εμφανίζονται καθ' όλες τις διευθύνσεις, πλην όμως μπορούν να αποφευχθούν ή να περιορισθούν με την κατασκευή αρμών (διαστολής, συστολής και στρέβλωσης - διαμήκεις αρμοί). Παρόλο που οι αρμοί περιορίζουν την ανάπτυξη ρωγμών, δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα συντήρησης τους, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η συντήρηση των αρμών είναι εξίσου σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, από τη συντήρηση των ρωγμών. Και αυτό διότι η έναρξη ενός μεγάλου ποσοστού ρηγματώσεων οφείλεται στη μη καλή και έγκαιρη συντήρηση των κατασκευασθέντων αρμών. Η συντήρηση των αρμών και των ρηγματώσεων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των έργων συντήρησης δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Οι φθορές στους αρμούς και οι συνήθεις ρωγμές αναλύονται παρακάτω.

4.2.2 Φθορές στους αρμούς

Οι φθορές που παρουσιάζονται στους αρμούς είναι συνήθως η αποκόλληση του υλικού πλήρωσης, που τοποθετείται για τη στεγάνωση αυτών, και η ρηγμάτωση πλησίον του αρμού. Πολλές φορές εμφανίζεται και θραύση με αποκόλληση τμήματος των ακμών του αρμού.

Η αποκόλληση του υλικού οφείλεται στη γήρανση και οξείδωση του υλικού πλήρωσης, ενώ η ρηγμάτωση στη χαμηλή αντοχή του σκυροδέματος σε συνδυασμό με τα μεγάλα φορτία των οχημάτων.

Η συντήρηση πρέπει να γίνεται μόλις εμφανισθούν τα πρώτα σημάδια της φθοράς, έτσι ώστε να μην επιδεινωθεί η γενικότερη κατάσταση του οδοστρώματος με την εισροή ύδατος. Η συντήρηση του αρμού γίνεται με την απομάκρυνση του παλαιού υλικού, χρησιμοποιώντας κατάλληλο μηχανικό μέσο, τον καθαρισμό αυτού με συμπιεσμένο υπέρθερμο αέρα, ή/και αμμοβολή (αν χρειαστεί) και την πλήρωση του με νέο ασφαλικό ελαστομερές υλικό, κατάλληλο για αρμούς. Πριν την πλήρωση του καθαρού αρμού τοποθετείται καινούργιο υλικό πωματισμού του αρμού (σήμερα χρησιμοποιείται ειδικό «σφουγγάρι» πολυαιθυλενίου, ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες).

Η ελαστομερές ασφαλτος που χρησιμοποιείται θα πρέπει να εκπληρώνει, όπως και σε όλες τις περιπτώσεις πλήρωσης ρωγμών, τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM D 1190, ή της προδιαγραφής BS 2499.

Στους αρμούς των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων αεροδρομίων, και ιδιαίτερα στην περιοχή στάθμευσης των αεροσκαφών, υπάρχει ορισμένες φορές η απαίτηση για το υλικό πλήρωσης να μπορεί να ανθίσταται στην καταστρεπτική επίδραση των καυσίμων και λαδιών. Στις περιπτώσεις αυτές το ελαστομερές υλικό, που συνήθως παράγεται από πίσσα, θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM D 1854.

Πλήρωση των αρμών μπορεί να γίνει και «εν ψυχρώ». Στην περίπτωση αυτή το χυτό ασφαλικό υλικό θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM D I 850.

4.2.3 Γωνιώδεις (γωνιακές) ρωγμές (edge cracks)

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών. Αν δε συντηρηθεί έγκαιρα η ρωγμή, το ρηγματωμένο γωνιακό κομμάτι θα αποκολληθεί πλήρως από την πλάκα.

Οι ρωγμές αυτές δημιουργούνται λόγω μη καλής υποστήριξης της πλάκας από το έδαφος έδρασης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι γωνίες της πλάκας είναι το πιο ευαίσθητο σημείο της.

Η συντήρηση της ρωγμής, όπως και κάθε άλλης ρωγμής, συνίσταται στον καθαρισμό και στην πλήρωση αυτής με κατάλληλο ελαστομερές υλικό.

Στην περίπτωση που το γωνιακό ρηγματωμένο κομμάτι έχει αποκολληθεί πλήρως, αυτό απομακρύνεται και η δημιουργηθείσα λακκούβα γεμίζει, αναλόγως του μεγέθους της, με ελαστομερές ασφαλικό υλικό (εάν η λακκούβα είναι μικρή), ή με θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα, (εάν η λακκούβα είναι σχετικά μεγάλη). Στη δεύτερη περίπτωση συνιστάται να αφήνεται το κενό του αρμού, το οποίο πληρούται με ελαστομερή άσφαλτο. Το θερμό ασφαλτόμιγμα μπορεί να είναι ασφαλικό σκυρόδεμα τύπου Α 265Β ή Γ. Το ψυχρό ασφαλτόμιγμα είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την πλήρωση λάκκων και το οποίο διατίθεται συσκευασμένο. Και στις δύο περιπτώσεις, μετά τον καθαρισμό απαιτείται ψεκασμός συγκολλητικής επάλειψης και επαρκής συμπίκνωση.

4.2.4 Διαμήκειες ρωγμές (longitudinal cracks)

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται παράλληλα με τον άξονα του οδοστρώματος. Οφείλονται κυρίως στη συστολή της πλάκας και την ανυπαρξία κατάλληλου αριθμού διαμηκών αρμών. Πιθανές αιτίες μπορούν επίσης να είναι και η διαστολή της υποκείμενης στρώσης, οι τάσεις στρέβλωσης που αναπτύσσονται σε συνδυασμό με τα φορτία της κυκλοφορίας, ή η μειωμένη υποστήριξη του εδάφους έδρασης.

Η επισκευή των ρωγμών γίνεται με καθαρισμό αυτών και της εκατέρωθεν περιοχής, τουλάχιστον 25mm εκατέρωθεν, με αμμοβολή ή συμπιεσμένο υπέρθερμο αέρα και κατόπιν πλήρωση με κατάλληλη ελαστομερή άσφαλτο. Σε περίπτωση που το οδόστρωμα αμέσως μετά τη συντήρηση δοθεί στην κυκλοφορία, συνιστάται να διασπέρνεται μικρή ποσότητα άμμου επί του υλικού πλήρωσης.

4.2.5 Εγκάρσιες ρωγμές (transverse cracks)

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται σχεδόν κάθετα στον άξονα του οδοστρώματος και συνήθως στο κέντρο της πλάκας. Οφείλονται στην

υπεφόρτιση και ανάπτυξη μεγάλων ρωτών κάμψης, ή στην ανυπαρξία κατάλληλου αριθμού εγκαρσίων αρμών, ή στην ύπαρξη ασθενούς υπεδάφους. Η συντήρηση αυτών γίνεται όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

4.2.6 Διαγώνιες ρωγμές (diagonal cracks)

Είναι οι ρωγμές που εμφανίζονται στις γωνίες των πλακών σχηματίζοντας μεγαλύτερα τρίγωνα από αυτά που σχηματίζονται από τις γωνιώδεις ρωγμές. Οι αιτίες για την ανάπτυξη αυτών είναι οι ίδιες με αυτές των γωνιωδών ρωγμών και η συντήρηση αυτών γίνεται όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.2.3

4.2.7 Επιφανειακές παραμορφώσεις δύσκαμπτων οδοστρωμάτων

Οι επιφανειακές παραμορφώσεις στα δύσκαμπτα οδοστρώματα περιορίζονται αποκλειστικά και μόνο σε καθιζήσεις. Οι διαφορικές καθιζήσεις των πλακών μπορεί να οφείλονται στο ανεπαρκές σύστημα μεταφοράς του φορτίου από πλάκα σε πλάκα ή στην περαιτέρω συμπύκνωση ή συστολή του εδάφους έδρασης. Διαφορική καθίζηση μπορεί επίσης να αναπτυχθεί αν λόγω ατελούς πλήρωσης του αρμού «αντληθούν» προς τα έξω τα λεπτόκοκκα υλικά του εδάφους έδρασης. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αναμένεται και ρηγματώση και θραύση κατά μήκος της ακμής της πλάκας.

Ορισμένες καθιζήσεις μικρού μεγέθους μπορούν να συντηρηθούν καινά αποκατασταθούν χρησιμοποιώντας κατάλληλο ασφαλικό ελαστομερές υλικό και σφραγιστικό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry. Τις περισσότερες όμως φορές η συντήρηση και η αποκατάσταση των καθιζήσεων γίνεται μόνο με πρόσθετη στρώση ασφαλτοτάπητα, αφού προηγουμένως εξομαλυνθούν οι καθιζήσεις με μια ισοπεδωτική στρώση.

Στις περιπτώσεις όπου εμφανίζεται και άντληση λεπτόκοκκων υλικών, θα πρέπει πρώτα να γίνει σχολαστικά η πλήρωση του κενού που δημιουργήθηκε. Η επαρκής πλήρωση του κενού αυτού, που είναι αρκετά δύσκολη, γίνεται με ειδικό ασφαλικό υλικό υψηλού σημείου μάλθωσης. Το υλικό αυτό εφαρμόζεται με αντλία και θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM D 314106).

4.2.8 Ολισθηρότητα επιφανείας

Η ολισθηρότητα της επιφάνειας των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στη λείανση των αδρανών (χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων). Η αντιμετώπιση και η αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας γίνεται α) με τη δημιουργία αυλακώσεων, χρησιμοποιώντας κατάλληλους αυτοκινούμενους κόφτες, β) με τη χρήση ειδικών χημικών ουσιών οι οποίες μετά τη χημική αντίδραση με τα υλικά της επιφανείας δημιουργούν μια ικανοποιητική υφή και γ) με μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στα εύκαμπτα οδοστρώματα.

Η πρώτη μέθοδος είναι αρκετά δαπανηρή και χρονοβόρα και προϋποθέτει άριστη κατάσταση επιφάνειας, ελεύθερη από κάθε άλλου είδους φθορά. Η δεύτερη είναι αρκετά ακριβή αλλά και μη φιλική προς το περιβάλλον, διότι τα χημικά που χρησιμοποιούνται μολύνουν το υπέδαφος της περιοχής.

Η εφαρμογή μιας από τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν για την αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας δύσκαμπτων οδοστρωμάτων, προϋποθέτει συντήρηση των αρμών (αν χρειασθεί). Η πλέον αποτελεσματική και οικονομική λύση για την αποκατάσταση της αντιολισθηρότητας είναι η διάστρωση ψυχρού λεπτοτάπητα ή ασφαλικών επαλείψεων, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οποιαδήποτε μέθοδος με ασφαλτόμιγμα, γενικότερα, και αν χρησιμοποιηθεί, αργά ή γρήγορα, αναμένεται να εμφανισθούν μικρορωγμές στα σημεία ύπαρξης αρμών.

4.3 Μέθοδοι συντήρησης

4.3.1 Ασφαλικές επαλείψεις (Surface dressing)

Η ασφαλική επάλειψη ή επιφανειακή επάλειψη ή surface dressing. όπως είναι γνωστή διεθνώς, είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους συντήρησης των οδοστρωμάτων. Εφαρμόζεται ευρέως σε πολλές χώρες για την αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας, τη σφράγιση αυτής από την καταστρεπτική επίδραση του ύδατος και την αναχαίτιση της αποσύνθεσης του οδοστρώματος, θα πρέπει να τονισθεί ότι, η ασφαλική επάλειψη δεν μπορεί να αποκαταστήσει την επιπεδότητα της οδού ή να συμβάλλει στη δομική ενίσχυση του οδοστρώματος.

Η τυπική τεχνική της ασφαλικής επάλειψης συνίσταται στον ψεκασμό της υφιστάμενης επιφάνειας με συνδετικό υλικό και στην άμεση επικάλυψη της ψεκασμένης επιφάνειας με θραυστό μονόκοκκο αδρανές. Το ασφαλικό υλικό μπορεί να είναι: κοινή άσφαλτος (σε ορισμένες χώρες

χρησιμοποιείται εναλλακτικά και μίγμα ασφάλτου και πίσσας), ασφαλτικό γαλάκτωμα με κοινή άσφαλτο, τροποποιημένη άσφαλτος, ή ασφαλτικό γαλάκτωμα με τροποποιημένη άσφαλτο.

Αρχικά, τα πεδία εφαρμογής της μεθόδου αυτής ήταν δρόμοι με μικρή και μέση κυκλοφορία. Σήμερα, με τη βελτίωση των συνδετικών υλικών, οι ασφαλτικές επαλείψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις κατηγορίες των οδών που έχουν κατασκευασθεί από εύκαμπτα ή δύσκαμπτα οδοστρώματα. Στην Ελλάδα, παρόλο που σαν τεχνική προδιαγράφηκε από το 1966 με την Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή (ΠΤΠ) Α222(17), δεν έχει τύχει ευρείας εφαρμογής μέχρι σήμερα. Τα όσα θα αναφερθούν παρακάτω για τις ασφαλτικές επαλείψεις δεν αναφέρονται στις προαναφερθείσες προδιαγραφές, λόγω του γεγονότος ότι πολλές αλλαγές έχουν επέλθει από τότε μέχρι σήμερα στην τεχνική αυτή. Ως εκ τούτου η αναφορά στις μη αναθεωρημένες Ελληνικές προδιαγραφές μόνο σύγχυση και αστοχίες κατά την κατασκευή μπορεί να επιφέρει. Η περιγραφή των ασφαλτικών επαλείψεων που ακολουθεί, βασίζεται σε πρόσφατη διεθνή πρακτική και κατά κύριο λόγο στη νεώτερη Βρετανική προδιαγραφή RN 39, που κατά τον συγγραφέα θεωρείται η πληρέστερη.

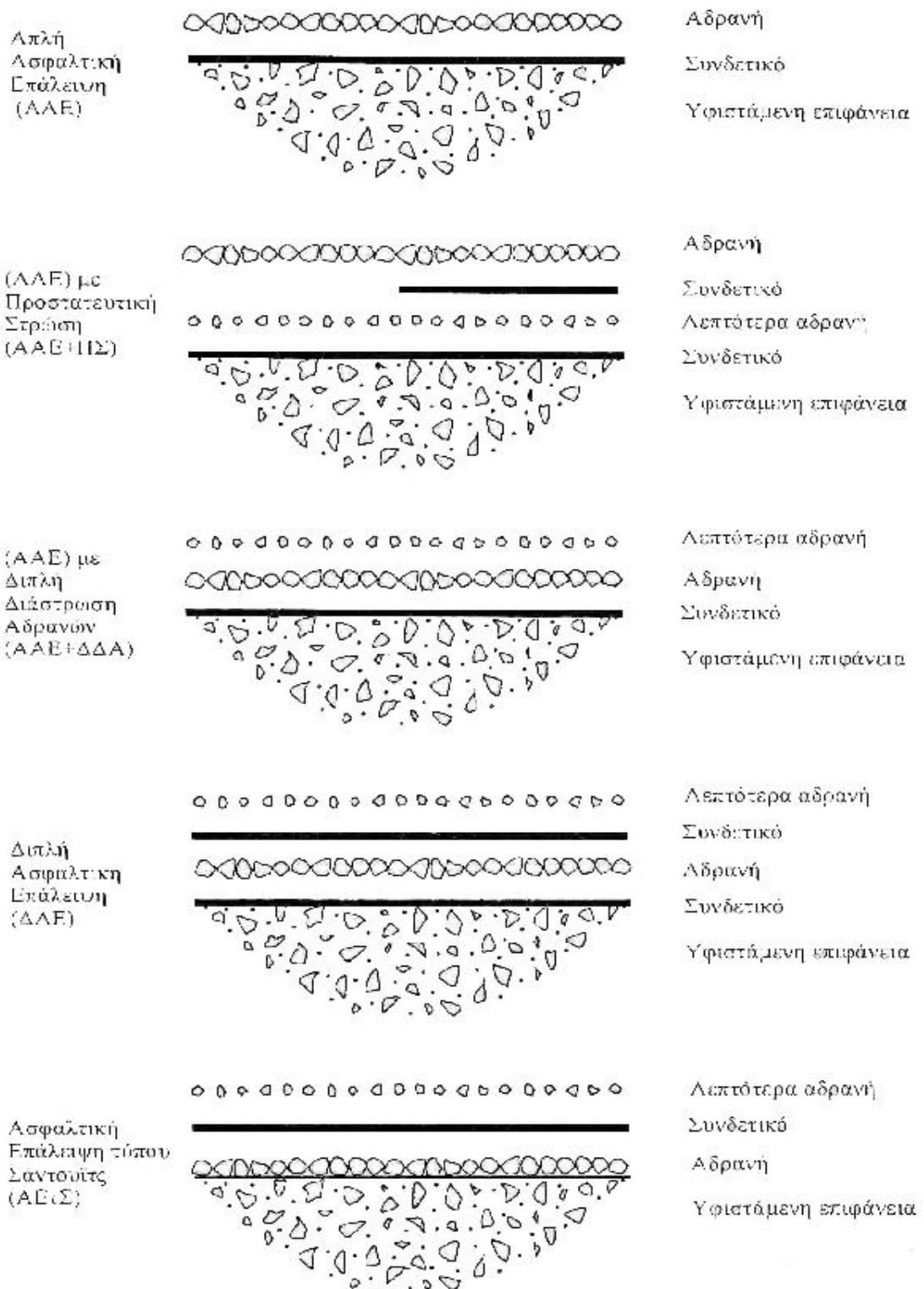
4.3.1.1 Τύποι ασφαλτικών επαλείψεων

Οι τύποι των ασφαλτικών επαλείψεων, όπως διακρίνονται διεθνώς, είναι πέντε και περιγράφονται παρακάτω. Σχηματικά οι 5 διαφορετικοί τύποι επεξηγούνται στο σχ 23.

Απλή ασφαλτική επάλειψη (ΛΑΕ)

Είναι ο θεμελιώδης τύπος, ο απλούστερος στην κατασκευή, χρησιμοποιεί τις μικρότερες ποσότητες συνδετικού υλικού και αδρανών και είναι ο πλέον κατάλληλος τύπος για μη κύριες οδούς, εκτός εάν χρησιμοποιηθεί ασφαλτικό συνδετικό υλικό με εποξειδική ρητίνη και τεχνητά αδρανή (όπως πε-φρυγμένος βωξίτης).

Σε θέσεις με υψηλό κίνδυνο ατυχημάτων, όπου ταυτόχρονα αναπτύσσονται και μεγάλες οριζόντιες δυνάμεις λόγω πέδησης (διασταυρώσεις σε αστικές και υπεραστικές οδούς, κατάστρωμα γεφυρών εντός αστικών περιοχών κλπ.), σε αρκετές χώρες χρησιμοποιείται απλή ασφαλτική επάλειψη με ασφαλτούχο συνδετικό υλικό εποξειδικής ρητίνης και πολύ σκληρά τεχνητά αδρανή, όπως πεφρυγμένος βωξίτης. Το σύστημα αυτό παρέχει πολύ υψηλή και μακράς διάρκειας αντίσταση στην ολίσθηση, πλην όμως είναι κατά πολύ ακριβότερο από όλους τους άλλους τύπους των ασφαλτικών επαλείψεων.



Σχήμα 23. «τύποι ασφαλτικών επαλείψεων»

Απλή ασφαλική επάλειψη με προστατευτική στρώση (ΑΑΕ+ΠΣ)

Στον τύπο αυτό η απλή ασφαλική επάλειψη εφαρμόζεται αφού προηγουμένως διαστρωθεί άλλη ασφαλική επάλειψη με λεπτότερα αδρανή. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σε σκληρές επιφάνειες όπως σκυρόδεμα ή ασφαλτόμιγμα του οποίου ή άσφαλτος έχει οξειδωθεί ή περιέχει μεγάλο ποσοστό χονδρόκοκκων αδρανών. Η πρώτη λεπτή επίστρωση λειτουργεί ως στρώση υποδοχής και προστασίας της ασφαλικής επάλειψης.

Απλή ασφαλική επάλειψη με διπλή διάστρωση αδρανών (ΑΑΕ+ΔΔΑ)

Στον τύπο αυτό το 90% περίπου των αδρανών που χρησιμοποιούνται στην ΑΑΕ διαστρώνεται ως ασφαλική επάλειψη και τα κενά που αφήνονται γεμίζουν με μια δεύτερη διάστρωση λεπτότερων αδρανών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλύτερο μηχανικό «κλείδωμα» των αδρανών και έτσι λαμβάνεται πολύ πιο σταθερή δομή. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σε θέσεις όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι μεγάλος και αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες.

Διπλή ασφαλική επάλειψη (ΑΑΕ)

Η διπλή ασφαλική επάλειψη έχει δύο στρώσεις αδρανών, όπως και ο προηγούμενος τύπος, πλην όμως, πριν τη διάστρωση της δεύτερης στρώσης ψεκάζεται νέα ποσότητα συνδετικού υλικού. Έτσι, τα κενά μεταξύ των αδρανών της πρώτης στρώσης πληρούνται με συνδετικό υλικό. Ο τύπος αυτός είναι κατάλληλος για επιφάνειες που είναι «ισχνές» σε άσφαλτο. Το βάθος υφής που επιτυγχάνεται είναι κατά κανόνα μικρότερο αυτού που επιτυγχάνεται με τον τύπο (ΑΑΕ+ΔΔΑ).

Ασφαλική επάλειψη τύπου σάντουιτς (ΑΕτΣ)

Στην περίπτωση αυτή, επί της επιφάνειας του οδοστρώματος διαστρώνεται πρώτα μια στρώση χονδρόκοκκων αδρανών, επ' αυτών ψεκάζεται το συνδετικό υλικό και επί της ψεκασθείσης επιφάνειας διαστρώνεται νέα στρώση λεπτόκοκκων αδρανών. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σε θέσεις όπου η επιφάνεια είναι πλούσια σε άσφαλτο.

4.3.2 Ενίσχυση οδοστρωμάτων

Βασικές αρχές

Τα φορτία που μεταφέρονται στο έδαφος με την κατασκευή ενός έργου δημιουργούν στη μάζα του πιέσεις, πέρα από αυτές που οφείλονται στα υπερκείμενα εδάφη. Για τη σωστή κατασκευή των οδοστρωμάτων θα πρέπει να υπολογίζονται τόσο οι επιτρεπόμενες τάσεις που προκύπτουν από την εδαφοτεχνική μελέτη, όσο και τα φορτία του έργου σε κάθε του σημείο. Το επιβαλλόμενο φορτίο στο έδαφος δημιουργεί παραμορφώσεις που μεγαλώνουν καθώς αυξάνεται το φορτίο.

Το μέγεθος της παραμόρφωσης που πραγματοποιείται μετά την επιβολή των φορτίων, διαφέρει από την σύσταση του εδάφους. Σε χαλαρά και μη συνεκτικά εδάφη η παραμόρφωση πραγματοποιείται αμέσως μετά την επιβολή των φορτίων. Σε πιο συνεκτικά εδάφη η παραμόρφωση πραγματοποιείται σταδιακά και σε χρόνο αντίστοιχο με τον βαθμό ανεκτικότητας του εδάφους. Τελικά η παραμόρφωση του εδάφους, είναι ίση με το άθροισμα όλων των παραμορφώσεων αντίστοιχα με τη συνεκτικότητα των διαφόρων στρώσεων.

Η μεταβολή των πιέσεων δεν είναι πάντα η ίδια, όπως θα ήταν σε ένα στερεό σώμα με περιορισμένες διαστάσεις, αλλά μικραίνει όσο μεγαλώνουν το βάθος και η οριζόντια απόσταση από το σημείο εφαρμογής του φορτίου.

Θέματα σχεδιασμού

Για τον περιορισμό των παραμορφώσεων και ενίσχυση των οδοστρωμάτων την συνιστάται η χρήση βαρέως τύπου γεωφασμάτων πυκνότητας 250 gr/m² και άνω, τύπου POLYFELT TS 60, TS 65 , TS 70, TS 80. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου γεωφάσματος γίνεται πάντα κατόπιν ειδικών μελετών από εξειδικευμένους μηχανικούς.

Το POLYFELT TS αποτελείται από συνεχείς ίνες πολυπροπυλενίου, συνδεδεμένες με μηχανικό τρόπο (βελονωτού τύπου) και συντελεί αποφασιστικά στη διατήρηση της σταθερότητας των οδοστρωμάτων.

Πλεονεκτήματα

Λόγω της λειτουργικής του απόδοσης, η χρησιμοποίηση του POLYFELT TS προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα που εξασφαλίζουν ασφάλεια και οικονομία στην κατασκευή

- Αυξάνεται το ωφέλιμο φορτίο της βάσης του οδοστρώματος
- Το υπέδαφος αποστραγγίζεται γρήγορα και αποτελεσματικά, γεγονός που επιφέρει την ελάττωση του χρόνου σταθεροποίησης και τη γρηγορότερη κατασκευή
- Ελαττώνεται η ποσότητα του πληρωτικού υλικού, αφού τα χαλαρά εδάφη δεν είναι απαραίτητο να μετακινηθούν.
- Το χαλίκι πλήρωσης δεν αναμιγνύεται με λεπτά σωματίδια, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη αντοχή σε πάγο και τη μεγάλη διάρκεια ζωής της κατασκευής
- Η γρήγορη και αποτελεσματική κατανομή του νερού των πόρων αυξάνει τη σταθερότητα των πρανών
- Πρανή με μεγάλες κλίσεις κατασκευάζονται χωρίς δυσκολία
- Η τρισδιάστατη δομή των ινών στο POLYFELT TS προσφέρει τη βέλτιστη διήθηση για όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών
- Το POLYFELT TS έχει τη βέλτιστη σχέση έντασης/παραμόρφωσης σε δυναμικές καταπονήσεις. Αυτό είναι αποφασιστικής σημασίας για να αποφεύγονται οι μηχανικές καταστροφές από το πληρωτικό υλικό ή την επένδυση κατά την διάρκεια της εγκατάστασης.
- Εξαιτίας της δυνατότητας του να εκτείνεται, το POLYFELT TS προσαρμόζεται σε κάθε ανωμαλία του εδάφους. Με την αλληλεμπλοκή αποφεύγεται η ολίσθηση μεταξύ εδαφους και γεωφάσματος
- Το POLYFELT TS έχει μεγάλη αντοχή στα οξέα, βάσεις και τοξικά προϊόντα
- Η αντοχή του POLYFELT δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες, όπως πάγος, θερμοκρασία, υγρασία
- Το POLYFELT TS έχει βελτιωμένη σταθερότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV)
- Το POLYFELT TS δεν παράγει παραπροϊόντα και είναι απολύτως συμβατό με το πόσιμο νερό και το περιβάλλον

Μέθοδοι τοποθέτησης

Αρχικά το έδαφος συμπιέζεται ελαφρώς και καθαρίζεται από πέτρες, ρίζες κτλ. που θα μπορούσαν να καταστρέψουν το γεωφάσμα. Το ρολλό διαστρώνεται με επικάλυψη των φύλλων 5-10 cm στις οριζόντιες επιφάνειες, χωρίς πτυχώσεις με την κατά μήκος διεύθυνσή του παράλληλη με την διεύθυνση που αναμένονται οι μεγαλύτερες εφελκυστικές τάσεις. Πολλές φορές χρειάζεται να γίνει σημειακή θερμοσυγκόλληση των φύλλων με θερμοσυγκολλητικό μηχάνημα χειρός, θερμού αέρα (hot air), LEISTER TRIAC της LEISTER Ελβετίας, για την αποφυγή υφαρπαγής των φύλλων από τον αέρα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ιδιότητες	Μονάδα	TS 10	TS 20	TS 30	TS 40	TS 50	TS 60	TS 65	TS 70	TS 80	
Τύπος Προϊόντος	-	Μη υφαντό γεωφάσμα μηχανικής πλέξης βελονωτού τύπου από ατέρμονες ίνες									
Πρώτη Ύλη	-	100% Πολυπροπυλένιο με αντιπλιακή προστασία									
Αντίσταση σε κτύπημα CBR (EN ISO 12236)	N	1175	1500	1750	2100	2350	2900	3300	3850	4250	
Αντίσταση εφελκυσμό (EN ISO 10319)	md	7,5	9,5	11,5	13,5	15,0	19,0	21,5	24,0	28,0	
	cd	7,5	9,5	11,5	13,5	15,0	19,0	21,5	24,0	28,0	
Παραμόρφωση σε μέγιστη φόρτιση (EN ISO 10319)	md	75	75	75	75	75	80	80	80	80	
	cd	35	35	35	35	35	35	40	40	40	
Αντίσταση σε εφελκυσμό (μέθοδος αρπάγης) (ASTM D 4632)	md	475	560	690	825	920	1150	1300	1500	1770	
	cd	420	510	600	720	810	1025	1200	1400	1650	
Άνοιγμα οπής από πώση κώνου (EN 918)	mm	34	30	27	26	23	20	17	15	14	
Αποτελεσματικό άνοιγμα πόρων (EN ISO 12956) O90	mm	0,13	0,12	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	
Κατακόρυφη υδατοπερατότητα (E DIN 60500/4)	2kPa	10 ⁻³ m/s	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		l/m ² s	260	217	187	176	168	155	136	117	106
	200kPa	10 ⁻³ m/s	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		l/m ² s	125	100	83	71	63	50	45	38	33
Οριζόντια υδατοπερατότητα (pr EN ISO 12953)	2kPa (i=1)	10 ⁻³ m/s	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		l/m.h	10	12	14	16	17	22	24	27	33
Πάχος (EN 964-1)	2kPa	mm	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2
	200kPa	mm	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5
Πυκνότητα (EN 965)	g/m ³	105	125	155	180	200	250	285	325	385	
Διαστάσεις (πλάτος x μήκος)	m x m	2 x 300 4 x 300	2 x 250 4 x 250	2 x 225 4 x 225	2 x 200 4 x 200	2 x 175 4 x 175	2 x 135 4 x 135	2 x 125 4 x 125	2 x 100 4 x 100	2 x 90 4 x 90	

Πεδίο εφαρμογής	TS 10	TS 20	TS 30	TS 40	TS 50	TS 60	TS 65	TS 70	TS 80
Σταθεροποίηση υπεδάφους									
Κατασκευή σιδηροτροχιών									
Υδραυλικές κατασκευές									
Συστήματα Αποστράγγισης									
Προστασία Γεωμεμβρανών									
"Οπλισμένη γή"									

Χαμηλές Μέσες Υψηλές
Μηχανικές αντοχές

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι να δώσει στον αναγνώστη τις γνώσεις που χρειάζονται για την καλύτερη κατανόηση των κανόνων που διέπουν τα οδοστρώματα και ειδικότερα τους τρόπους κατασκευής, τις μεθόδους συντήρησης καθώς και τις διαδικασίες επισκευής σε πιθανή φθορά.

Η επιλογή του θέματος αυτού δεν έγινε με κριτήριο τον βαθμό δυσκολίας ή την πληθώρα πληροφοριών που μπορούσαμε να αντλήσουμε για αυτή τη πτυχιακή εργασία ούτε επιλέχθηκε τυχαία, αλλά μετά από ενδελεχή έρευνα και με κριτήριο το ενδιαφέρον και την ευαισθησία μας στον συγκεκριμένο τομέα, καθώς και την ενασχόλησή μας μέσω της πρακτικής μας άσκησης σε έργα οδοποιίας, καταλήξαμε στην επιλογή αυτή.

Πιστεύουμε ότι ο τομέας αυτός στη χώρα μας μπορεί και πρέπει να βελτιωθεί για την καλύτερη και ασφαλέστερη μετακίνηση του έλληνα οδηγού στο οδικό δίκτυο. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται αρτηρίες ευρωπαϊκών προδιαγραφών σε όλη τη χώρα με κυριότερες αυτών την Εγνατία οδό που διασχίζει την βόρειο Ελλάδα, την Ιονία οδό που ενώνει την Ήπειρο με την Στερεά Ελλάδα, σε συνδυασμό με την Ολυμπία οδό που ενώνει Στερεά Ελλάδα με Πελοπόννησο και την ζεύξη Ρίου-Αντιρρίου που αποτελεί το ομορφότερο κομμάτι του πάζλ, ολοκληρώνουν το νέο εθνικό οδικό δίκτυο της χώρας.

Κλείνοντας νιώθουμε δικαιωμένοι για το αποτέλεσμα των κόπων μας, αφού οι ώρες που καταναλώσαμε για την δημιουργία αυτής της πτυχιακής, προσθέτουν ακόμα ένα λιθαράκι στις γνώσεις μας γύρω από τα έργα υποδομής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.teiath.gr/stef/civil_works_technology/gr/eksamina/lessons/odostraerodr/docs/odostr_aerodr.pdf
2. http://www.postgrad.structural.civil.ntua.gr/pclab/thesis/thesis06-07/thesis_304.htm
3. <http://www.teicrete.gr/chemistry/matlab/content.html>
4. <http://www.teicrete.gr/chemistry/matlab/ask6.htm>
5. <http://www.ergoanalysis.gr/dokimes.html#>
6. <http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/1346/Makridou%20Panioras%20%5BMain%5D.pdf?sequence=1>
7. <http://www.evipar.org/files/Technoeco.pdf>
8. http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_prousalι.pdf
9. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993
10. Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Έργων Οδοποιίας (ΟΣΜΕΟ)
11. Νικολαΐδης Α., Οικονόμου Ν., η αναγκαία αντικατάσταση των ασφαλικών διαλυμάτων με ασφαλικά γαλακτώματα στα έργα οδοποιίας, Τεχνικά χρονικά Α, Τομ.7, 1987
12. Α. Νικολαΐδης, Εύκαμπτα οδοστρώματα: Μέθοδος διαστασιολόγησης οδοστρωμάτων, Εγνατία οδός Α.Ε., Σεπτ. 1997
13. Highways Agency, The Manual of Contract Documents for Highway Works, Vol. 3: Highway Construction details, TSO, London, May 2000
14. «Στοιχεία οδοποιίας», Ιωάννης Δ. Κοφίτσας, εκδόσεις ΙΩΝ
15. Πρότυπος Τεχνική Προδιαγραφή ΠΤΠ Α 222, Επάλειψη ασφαλικής στρώσεως προς χρήση επί ασφαλικών επιφανειών, Εγκύκλιος Γ-63/1966, ΦΕΚ 113/1967, Υπουργείο Δημοσίων Έργων
16. ASTM D 1190-97, Standard Specification for Concrete joint sealer, Hot-applied elastic type, 1998