



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων και Μεταφορών

Εργαστηριακά Θέματα Οδοποιίας - Οδοστρωμάτων

Ασφαλτικά Υλικά [α]

Φυσικές άσφαλτοι – Πετρελαϊκή άσφαλτος – Ελεγχτοι / ιδιότητες ασφαλτικών υλικών



Εισαγωγικά

Η άσφαλτος είναι γνωστή και χρησιμοποιείται από τα αρχαία χρόνια. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε έως και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα ήταν φυσικό προϊόν.

Σήμερα εκτός της φυσικής ασφάλτου υπάρχει και η τεχνητή, η οποία είναι κατάλοιπο κλασματικής απόσταξης πρωτογενούς πίσσας ή αργού πετρελαίου.

Τα δυο προϊόντα είναι όμοια, έχουν παρόμοιες τεχνολογικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχες εφαρμογές. Διαφέρουν στη χημική σύσταση και στην οσμή.

Η άσφαλτος πέρα από την κατασκευή οδοστρωμάτων χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως: κτιριακές κατασκευές, μόνωση δεξαμενών και φραγμάτων, προστασία πρανών και οχθών από διάβρωση κ.α.





Φυσικές άσφαλτοι

Η φυσική άσφαλτος προέρχεται από φυσική μεταλλαγή του αργού πετρελαίου, στο πέρασμα των χρόνων υπό την επίδραση βακτηριδίων.

Η μείωση της περιεκτικότητας του αργού πετρελαίου σε κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες έχει ως αποτέλεσμα να γίνει περισσότερο βαρύ και παχύρευστο σχηματίζοντας την άσφαλτο.

- Άσφαλτος νήσου Τριάδος
Επιφανειακά αποθέματα που σχηματίζουν λίμνες.
Εκταση 500 στρέμ. – Βάθος 90m – Περιεκτικότητα 54%
- Άσφαλτος Βενεζουέλας
Επιφανειακά αποθέματα που σχηματίζουν λίμνες.
Εκταση 4000 στρέμ. – Βάθος 3m – Περιεκτικότητα 64%
- Άσφαλτος Γιούτα
Το μεγαλύτερο σε έκταση επιφανειακό ασφαλτικό κοίτασμα.
Εκταση 76.000 στρέμ. – Βάθος 300m – Περιεκτικότητα 10%





Φυσικές άσφαλτοι

Η φυσική άσφαλτος προέρχεται από φυσική μεταλλαγή του αργού πετρελαίου, στο πέρασμα των χρόνων υπό την επίδραση βακτηριδίων.

Η μείωση της περιεκτικότητας του αργού πετρελαίου σε κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες έχει ως αποτέλεσμα να γίνει περισσότερο βαρύ και παχύρρευστο σχηματίζοντας την άσφαλτο.

- Άσφαλτος υπό μορφή πετρώματος
Δεν είναι επιφανειακά κοιτάσματα. Βρίσκονται σε βάθος από 3m έως 1000m. Η τυπική περιεκτικότητα των κοιτασμάτων κυμαίνεται από 5% έως 20%.
- Ασφαλτόλιθος Ινδονησίας
Τα κοιτάσματα σχηματίζουν βουνά. Σκληρό υλικό περιεκτικότητας 15% έως 30% σε άσφαλτο και εύθρυπτο ασβεστόλιθο.
Ο ασβεστόλιθος τρίβεται σε λεπτούς κόκκους 2mm αναμιγνύεται με αδρανή και διαλύτες για παραγωγή ψυχρών ασφαλτομιγμάτων.





Πετρελαϊκή άσφαλτος

Η πετρελαϊκή άσφαλτος είναι παράγωγο κλασματικής απόσταξης αργού πετρελαίου.

Η μορφή του αργού πετρελαίου διαφέρει από μαύρο παχύρευστο έως καστανόξανθο λεπτόρρευστο υγρό, ανάλογα την περιοχή εξόρυξης / προέλευσης.

Η άσφαλτος παράγεται από το υπόλειμμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου κατόπιν περεταίρω απόσταξης με υποπίεση.

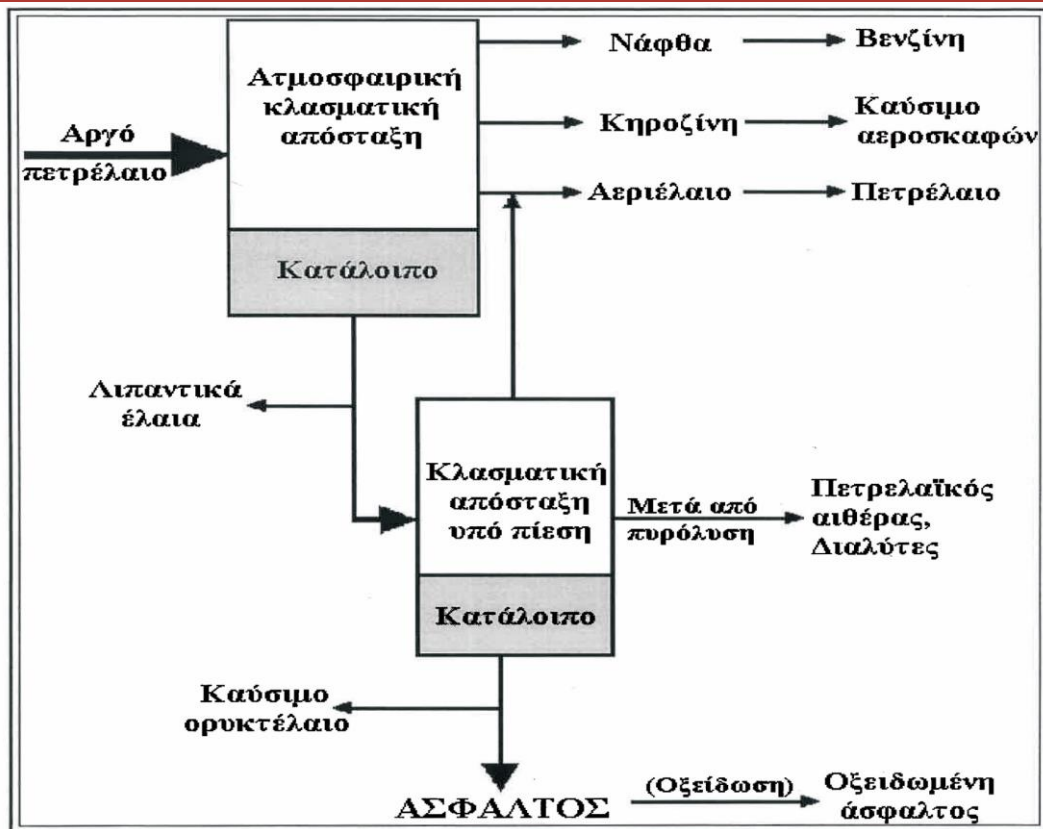
Ο τύπος ασφάλτου που θα παραχθεί εξαρτάται από την προέλευση του αργού πετρελαίου, καθώς και τις συνθήκες υποπίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στη στήλη απόσταξης.

Η άσφαλτος μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία όπως να οξειδωθεί, να γαλακτωματοποιηθεί ή να διαλυθεί με διαλύτες. Τέλος, με προσθήκη διάφορων χημικών πρόσθετων μπορεί να παραχθεί η τροποποιημένη άσφαλτος.





Πετρελαϊκή άσφαλτος



Διάγραμμα παραγωγής ασφάλτου



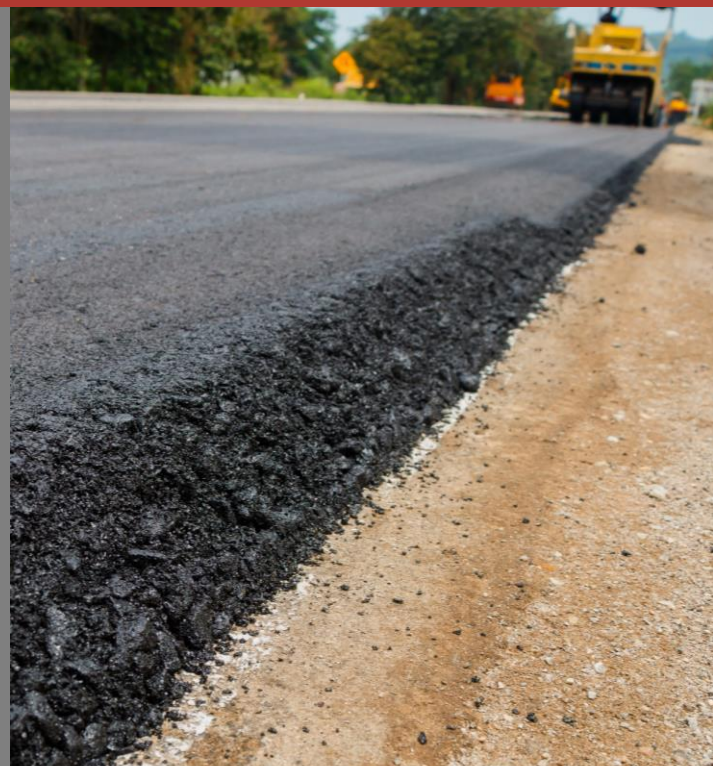
Πετρελαϊκή άσφαλτος

Τύποι ασφάλτων

Οι διάφοροι τύποι ασφάλτου που υπάρχουν στο εμπόριο μπορούν να χωρισθούν σε δυο γενικότερες κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση αυτών:

- Άσφαλτοι οδοστρωσίας
- Άσφαλτοι για βιομηχανική χρήση

Οι άσφαλτοι οδοστρωσίας παράγονται από την απόσταξη του υπολείμματος του αργού πετρελαίου, ενώ οι άσφαλτοι για βιομηχανική χρήση υφίστανται περεταίρω οξειδωση.



Άσφαλτος οδοστρωσίας



Πετρελαϊκή ασφάλτος

Χημική σύσταση και δομή της ασφάλτου

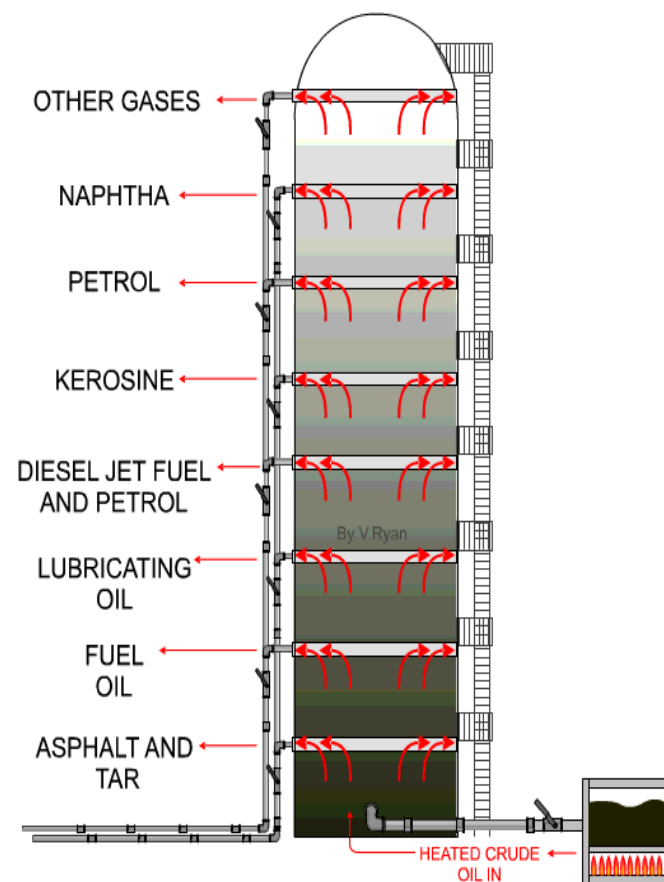
Η ασφάλτος είναι ένα πολύπλοκο χημικό μίγμα οργανικών ενώσεων που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες με ένα μικρό ποσοστό ετεροκυκλικών ενώσεων που περιέχουν θείο, άζωτο, οξυγόνο και ίχνη μετάλλων.

Η ασφάλτος διαχωρίζεται σε δυο ευρύτερες χημικές ομάδες:

- Ασφαλτένια
- Μαλτένια
- Υδρογονάνθρακες - Αρωματικοί υδρογονάνθρακες - Ρητίνες

Ο διαχωρισμός της ασφάλτου σε κλάσματα γίνεται με τέσσερις μεθόδους:

- Εκχύλιση με διαλύτες
- Χρωματογραφία
- Κλασματική απόσταξη
- Προσρόφηση πάνω σε λεπτόκοκκες στερεές ουσίες και απομάκρυνση των μη προσροφηθέντων με διήθηση





Πετρελαϊκή άσφαλτος



Σχηματική παρουσίαση διαχωρισμού ασφάλτου



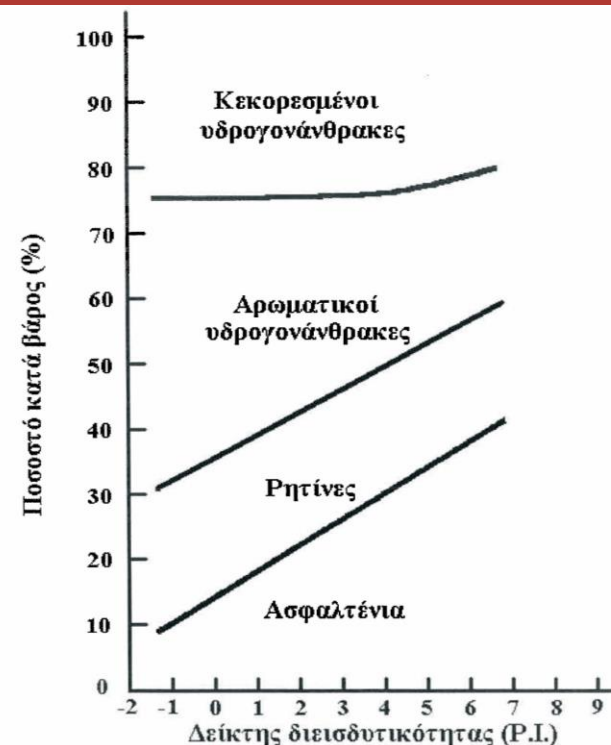
Πετρελαϊκή ασφάλτος

Σχέση μεταξύ χημικής σύστασης και φυσικών ιδιοτήτων ασφάλτου

Κατά τη διαδικασία των κλασματικών αποστάξεων επέρχεται απομάκρυνση με εξάτμιση των ελαφρότερων πτητικών συστατικών της ασφάλτου, με αποτέλεσμα την αύξηση των ασφαλτενίων.

Αύξηση της περιεκτικότητας σε ασφαλτένια παρατηρείται και κατά την οξειδωση αυτής για την παραγωγή οξειδωμένης ασφάλτου.

Το γεγονός αυτό κάνει την ασφαλτο πιο σκληρή και λιγότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές αλλαγές, που συνεπάγεται την αύξηση του δείκτη διεισδυτικότητας.



Σχέση χημικής σύνθεσης ασφάλτου και δείκτη διεισδυτικότητας



Ασφαλτικές επιστρώσεις

Οι ασφαλτικές επιστρώσεις προσδίδουν θετικά στοιχεία στα οδοστρώματα:

- Διαμόρφωση λείας και ασφαλής επιφάνειας
- Αντίσταση στην ολίσθηση
- Αντοχή σε θραύσεις
- Αντίσταση σε μόνιμες παραμορφώσεις, αυλακώσεις κτλ.

Οι διαφορετικοί τύποι ασφαλτικών επιστρώσεων οφείλονται:

- Μεγάλος αριθμός ασφαλτικών υλικών
- Ελαστικότητα στις τεχνικές κατασκευής

Ο τύπος των ασφαλτικών επιστρώσεων εξαρτάται από:

- Το φορτίο του οδοστρώματος
- Οικονομικούς παράγοντες
- Υπαρξη υλικών κοντά στην περιοχή του έργου
- Το είδος της οδού



Ασφαλτική επίστρωση



Ασφαλτικές επιστρώσεις

Η ασφαλτική επίστρωση αποτελείται από:

- Στρώση κυκλοφορίας
- Συνδετική στρώση
- Ισοπεδωτική στρώση

Πολλά εύκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από μια μόνο στρώση.

Για παράδειγμα αν το προβλεπόμενο πάχος επίστρωσης είναι μέχρι 5cm, κατασκευάζεται σε μια στρώση χωρίς διάκριση μεταξύ στρώσης κυκλοφορίας και συνδετικών, δηλαδή μόνο η στρώση κυκλοφορίας.



Ασφαλτική επίστρωση



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλτικών συνδετικών υλικών

Εργαστηριακές δοκιμές στην άσφαλτο

Οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελούνται στην άσφαλτο έχουν σκοπό να καθορίσουν τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα της και να προβλεφθεί η συμπεριφορά της, καθώς και του ασφαλτομίγματος κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.

- ❖ Δοκιμή διεισδυτικότητας
- ❖ Δοκιμή μάλθωσης
- ❖ Δοκιμή ολκιμότητας
- ❖ Δοκιμή ιξώδους
- ❖ Δοκιμή σημείου Fraass
- ❖ Δοκιμή απώλειας βάρους μετά από θέρμανση (TFOT)
- ❖ Δοκιμή κυλιόμενου υμένα ασφάλτου (RTFOT)
- ❖ Δοκιμή ανάφλεξης με ανοιχτό δοχείο Cleveland
- ❖ Δοκιμή διαλυτότητας
- ❖ Δοκιμή τέφρας
- ❖ Δοκιμή καθορισμού περιεκτικότητας ύδατος (υγρασίας)





Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή διεισδυτικότητας

Καθορισμός του βάθους διείσδυσης πρότυπης βελόνης μέσα σε δοκίμιο ασφάλτου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας, φορτίου και χρόνου διείσδυσης.

- Η τυπική βελόνη έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια κυλινδρικού δοκιμίου ασφάλτου ($\delta=55\text{mm}$ / $\nu=53\text{mm}$) και υπό την επίδραση του ιδίου βάρους της και συμπληρωματικού φορτίου αφήνεται ελεύθερη να διεισδύσει για 5sec στην άσφαλτο.
- Η δοκιμή εκτελείται σε σταθερή θερμοκρασία 25oC τρεις φορές.
- Το βάθος διείσδυσης μετράται σε μονάδες pen ($1\text{pen}=0,1\text{mm}$).
- Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος διείσδυσης τόσο μαλακότερη είναι η άσφαλτος.



Συσκευή διεισδυτικότητας



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή μάλθωσης 1/2

Καθορισμός συνοχής της ασφάλτου και ταξινόμηση οξειδωμένων ασφάλτων.

$$\text{Σημείο μάλθωσης (}^{\circ}\text{C)} = 87,3 - 22,5 \times \log(\text{pen})$$

Η θερμοκρασία στην οποία συγκεκριμένη ποσότητα ασφάλτου κάτω από ειδικές συνθήκες φόρτισης διανύει απόσταση 25,4mm.

Καθορίζεται η θερμοκρασία σταδιακής μεταβολής της ασφάλτου από στερεή σε ρευστή κατάσταση. Η άσφαλτος ως ιξωδοελαστικό υλικό δεν έχει συγκεκριμένο σημείο τήξης.



Συσκευή μάλθωσης



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή μάλθωσης 2/2

- Η άσφαλτος περικλείεται από τυπικό δακτύλιο και το φορτίο εξασκείται από τυπική μεταλλική σφαίρα διαμέτρου 9,5mm και βάρους 3,5gr.
- Ο δακτύλιος με την άσφαλτο τοποθετείται σε ειδική πλατφόρμα που βρίσκεται σε υδρόλουτρο με πάγο.
- Ο δακτύλιος αφήνεται μέσα στο υδρόλουτρο για περίπου 15min έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλη τη μάζα της ασφάλτου.
- Τοποθετείται μεταλλική σφαίρα στο κέντρο του δακτυλίου και αμέσως θερμαίνεται το υδρόλουτρο με σταθερό ρυθμό.
- Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία η άσφαλτος μαλακώνει και υποβοηθούμενη από το βάρος της μεταλλικής σφαίρας σχηματίζει μνήσκο.
- Τη στιγμή που ο μνήσκος της ασφάλτου διανύσει την απόσταση των 25,4mm μετριέται η θερμοκρασία.



Συσκευή μάλθωσης



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή ολκιμότητας

Ο καθορισμός αντοχής της ασφάλτου σε εφελκυσμό. Εξετάζεται κατά πόσο μια άσφαλτος δύναται να επιμηκυνθεί.

Δοκίμιο ασφάλτου επιμηκύνεται σε ειδική συσκευή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ταχύτητας και θερμοκρασίας μέχρι να σπάσει (Η δοκιμή εκτελείται σε τρία δοκίμια).

Το μήκος της επιμήκυνσης μόλις επέλθει η θραύση ορίζεται ως ολκιμότητα της ασφάλτου.

Η παρασκευή των δοκιμίων γίνεται δια εγχύσεως της θερμής ασφάλτου μέσα σε ορειχάλκινες μήτρες, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα στο μεσαίο τμήμα αυτών να αποσπάται αφήνοντας την άσφαλτο ελεύθερη να επιμηκυνθεί.



Συσκευή ολκιμότητας



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή σημείου Fraass

Ο καθορισμός της θερμοκρασίας υπό το μηδέν στην οποία η άσφαλτος αποκτά μια κρίσιμη τιμή δυσκαμψίας και ρηγματώνεται υπό την επίδραση εφελκυστικής δύναμης. Συμπεριφορά της ασφάλτου σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Η συσκευή Fraass αποτελείται από έναν ειδικό βραχίονα που έχει τη δυνατότητα να επιβάλλει επαναλαμβανόμενες εφελκυστικές τάσεις επί της ασφάλτου δια μέσου μεταλλικής λάμας, από ένα γυάλινο δοχείο με διπλά τοιχώματα, από ειδικό θερμόμετρο και συσκευή παραγωγής δοκιμίων.

Κατά τη δοκιμή συνίστανται δημιουργία υμένα ασφάλτου σε μεταλλικές λάμες. Οι λάμες τοποθετούνται στη συσκευή Fraass και επιβάλλονται σε επαναλαμβανόμενη κάμψη με παράλληλη μείωση της θερμοκρασίας μέχρι η άσφαλτος να αποκτήσει την κρίσιμη τιμή και να ρηγματωθεί. Η θερμοκρασία κατά τη ρηγμάτωση ορίζεται ως σημείο θραύσης.



Συσκευή Fraass



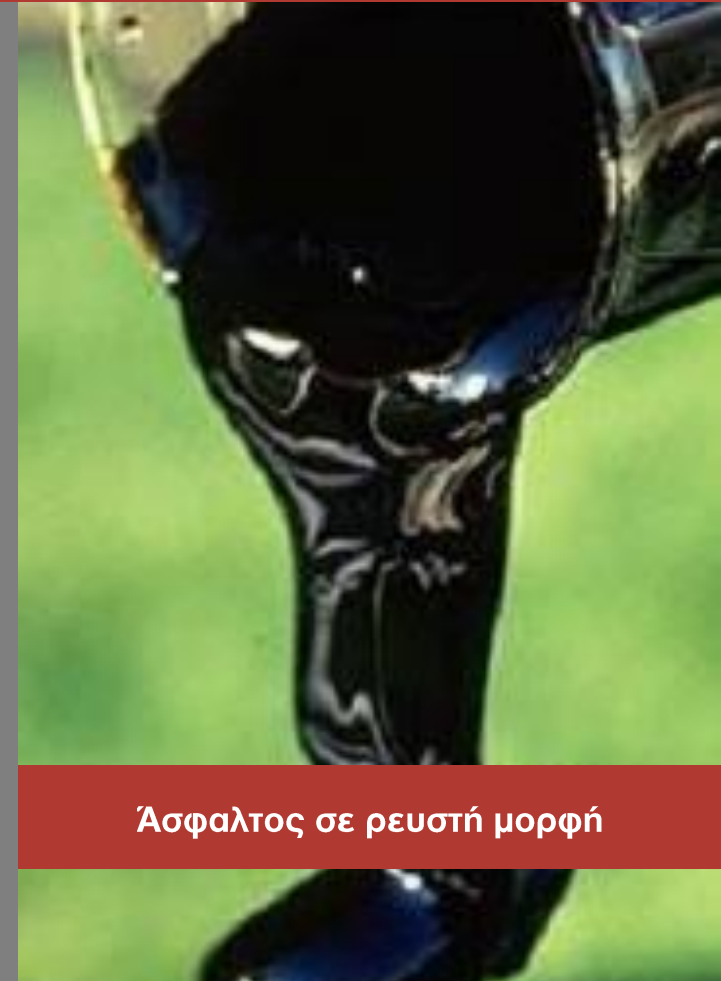
Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή ιξώδους

Η αντίσταση που προβάλλει ένα υγρό στη σχετική κινητικότητα των μορίων του. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες τόσο λιγότερο κινητικό είναι (ανάλογο της σκληρότητας).

Το μικροϊξωδόμετρο μετράει τη δύναμη που απαιτείται για να μετακινηθούν δυο γυάλινα πλακίδια κολλημένα παράλληλα μεταξύ τους με έναν ασφαλικό υμένα.

Το ιξώδες συνδέεται με την ταχύτητα εκροής και έτσι χρησιμοποιούνται στην πράξη απλούστερα όργανα που ορίζουν το ιξώδες από το χρόνο εκροής στους 25oC ορισμένης ποσότητας ασφάλτου από οπή συγκεκριμένων διαστάσεων.



Άσφαλτος σε ρευστή μορφή



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή απώλειας βάρους μετά από θέρμανση (TFOT)

Καθορισμός θερμοκρασίας και αέρα επί της ασφάλτου.

Η επίδραση εκτιμάται με την απώλεια βάρους λόγω εξάτμισης των πτητικών συστατικών και την επανεξέταση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της ασφάλτου, έπειτα από θέρμανση.

Η δοκιμή προσομοιάζει με τη σκλήρυνση που επέρχεται στην ασφαλτο κατά το στάδιο ανάμειξης, διάστρωσης και συμπύκνωσης.

- Τοποθέτηση δοκιμίων ασφάλτου σε ειδικό φούρνο 163oC με περιστρεφόμενο δίσκο στον κατακόρυφο άξονα για πέντε ώρες.
- Τα δοκίμια είναι ποσότητα θερμής ασφάλτου επί μεταλλικού δίσκου, τα οποία σχηματίζουν υμένα.
- Μετά από πέντε ώρες περιστροφής μετράται η απώλεια βάρους καθώς και οι νέες τιμές διεισδυτικότητας, μάλθωσης και ιξώδους. Οι τιμές πρέπει να είναι εντός των ορίων.



Φούρνος για τη δοκιμή απώλειας βάρους μετά από θέρμανση



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή κυλιόμενου υμένα ασφάλτου (RTFOT)

Καθορισμός θερμοκρασίας και αέρα επί της ασφάλτου.

Η επίδραση εκτιμάται με την απώλεια βάρους λόγω εξάτμισης των πτητικών συστατικών και την επανεξέταση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της ασφάλτου, έπειτα από θέρμανση.

Διαφορετικός φούρνος – δοκίμια – χρόνος θέρμανσης.

- Τοποθέτηση δοκιμίων ασφάλτου σε ειδικό φούρνο 163oC με περιστρεφόμενο δίσκο στον οριζόντιο άξονα για 75min.
- Η άσφαλτος τοποθετείται σε ειδικούς γυάλινους σωλήνες στις οπές του κατακόρυφου δίσκου.
- Μετά από 75min περιστροφής και εμφύσησης αέρα στην επιφάνεια της ασφάλτου μετράται η απώλεια βάρους καθώς και οι νέες τιμές δεισδυτικότητας, μάλθωσης και ιξώδους. Οι τιμές πρέπει να είναι εντός των ορίων.



Φούρνος για τη δοκιμή
κυλιόμενου υμένα ασφάλτου



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή ανάφλεξης (ανοιχτό δοχείο Cleveland)

Καθορισμός θερμοκρασίας κατά την οποία οι ατμοί που παράγονται κατά τη θέρμανση αναφλέγονται για σύντομο χρονικό διάστημα δίνοντας μια μπλε φλόγα.

Η δοκιμή ανάφλεξης γίνεται για την αποφυγή ατυχημάτων από την υπερθέρμανση της ασφάλτου – Δοκιμή ασφαλείας.

- Κατά τη δοκιμή ποσότητα ασφάλτου που έχει τοποθετηθεί σε ειδικό δοχείο θερμαίνεται με σταθερό ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας (5oC/min).
- Κατά τη διάρκεια θέρμανσης διέρχεται περιοδικά (ανά 2oC) από το κέντρο του δοχείου γυμνή φλόγα.
- Η θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται ανάφλεξη των ατμών ορίζεται ως σημείο ανάφλεξης.

Το σημείο ανάφλεξης των περισσότερων ασφάλτων είναι 210oC με 235oC, ενώ των ασφαλικών διαλυμάτων 27oC έως 100oC.



Συσκευή καθορισμού σημείου ανάφλεξης



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή διαλυτότητας

Καθορισμός καθαρότητας της ασφάλτου.

Τα συστατικά που είναι διαλυτά στο διαλύτη προσδίδουν στην ασφαλτο τις συγκολλητικές της ιδιότητες.

Αδιάλυτα συστατικά είναι όλες οι μη οργανικές προσμίξεις, άλατα κτλ.

Κατά τη δοκιμή 2gr ασφάλτου διαλύονται σε 100ml διαλύτη τριχλωροαιθάνιου και στη συνέχεια το διάλυμα φιλτράρεται.

Το ποσό των ουσιών που παρακρατώνται από το φίλτρο ζυγίζεται και εκφράζεται επί τοις εκατό συναρτήσει του αρχικού βάρους της ασφάλτου.

Το ποσοστό αυτό αφαιρούμενο από το 100 καθορίζει τη διαλυτότητα της ασφάλτου.



Διάλυμα ασφάλτου



Ελεγχος και ιδιότητες ασφαλτικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή τέφρας

Καθορισμός του ποσοστού ανόργανων υπολειμμάτων που προκύπτουν μετά την καύση της ασφάλτου.

Κατά τη δοκιμή μικρή ποσότητα ασφάλτου καίγεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες μέχρι η στάχτη να είναι ελεύθερη από άνθρακα.

Η εναπομένουσα ποσότητα ανόργανων προσμίξεων ζυγίζεται και η ποσότητα εκφράζεται επί τοις εκατό συναρτήσει του αρχικού βάρους του δείγματος.

Η παρουσία ανόργανων προσμίξεων δεν είναι αναγκαστικά επιβλαβής στην άσφαλτο.



Υπολείμματα από καύση ασφάλτου



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλικών συνδετικών υλικών

Δοκιμή καθορισμού περιεκτικότητας ύδατος

Ο καθορισμός του ποσοστού υγρασίας στην άσφαλο γίνεται με απόσταξη.

Ποσότητα ασφάλτου διαλύεται με κατάλληλο διαλύτη και κατόπιν το διάλυμα αποστάζεται. Κατά την απόσταξη η ποσότητα της υγρασίας συλλέγεται σε γυάλινο διαβαθμισμένο σωλήνα.

Ο όγκος του νερού προς το αρχικό βάρος του μίγματος της ασφάλτου επί τοις εκατό εκφράζει το ποσοστό ύδατος στην άσφαλο.



Απόσταξη ασφάλτου



Ελεγχοι και ιδιότητες ασφαλτικών συνδετικών υλικών

Εργαστηριακές δοκιμές στην άσφαλτο

Σκοπός των ελέγχων στα ασφαλτικά συνδετικά υλικά:

- Καθορισμός χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της ασφάλτου.
- Διαπίστωση καταλληλότητας της ασφάλτου.
- Πρόβλεψη συμπεριφοράς της ασφάλτου και του ασφαλτομίγματος, κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.





Τέλος ενότητας
Ευχαριστώ για την προσοχή σας!