



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

Εργαστηριακά Θέματα Οδοποιίας - Οδοστρωμάτων

Αδρανή Υλικά [γ]



Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Κάθε τύπος πετρώματος ή χαλικιών μπορεί να μετατραπεί σε μέγεθος αδρανούς.

Πολλά από αυτά τα υλικά έχουν τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται για τις κατασκευές οδικών έργων.

Ωστόσο υπάρχουν αδρανή που παράγονται από πετρώματα ή χαλίκια που δεν παρουσιάζουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Αδρανή που έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για τις κατασκευές λέγεται ότι έχουν «καλή ποιότητα».

Αδρανή που δεν έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για τις κατασκευές λέγεται ότι έχουν «φτωχή ποιότητα».





Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

Υγεία 1/2

Αδρανή που αντέχουν την έκθεση στις καιρικές συνθήκες αναφέρονται ως υγιή.

Οι κύριοι καιρικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα αδρανή είναι η υγρασία και οι συνθήκες ψύξης-απόψυξης.

Με την επανάληψη ψύξης και απόψυξης με την παρουσία νερού αναπτύσσονται εσωτερικές τάσεις.

Ο ρυθμός επιδείνωσης εξαρτάται από τον βαθμό στον οποίο οι χώροι των πόρων έχουν γεμίσει με νερό, την ποσότητα του νερού, το μέγεθος των πόρων, τις αποστάσεις και τα τριχοειδή που συνδέουν τους πόρους.

Τα αδρανή με υψηλή τιμή προσρόφησης τείνουν να είναι λιγότερο υγιή.





Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

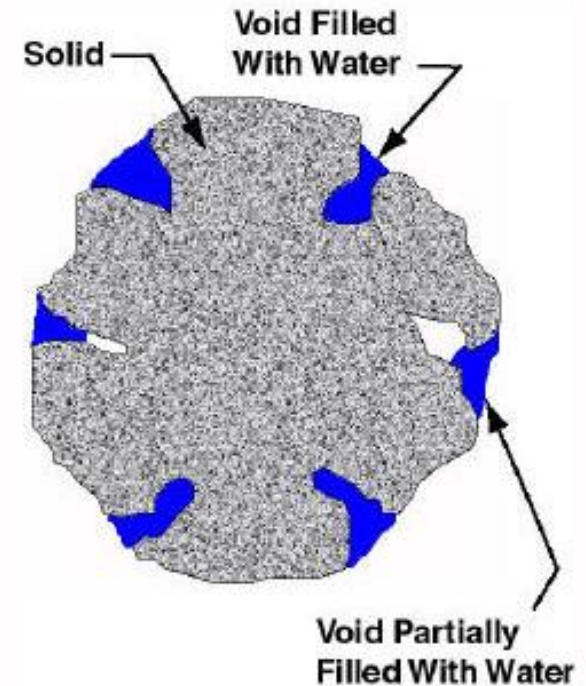
Υγεία 2/2

Η ρηγμάτωση στα οδοστρώματα είναι μια σοβαρή απόδειξη προβλήματος υγείας στα αδρανή.

Προβλήματα ρηγμάτωσης εμφανίζονται σε χαλίκια που δεν μπορούν να αναλάβουν τις τάσεις διαστολής που παράγονται από την ψύξη του νερού στους πόρους.

Μέρος της υγρασίας περνά στο αδρανές μέσω ρωγμών του οδοστρώματος. Ποσότητες νερού εισέρχονται σε φτωχά σφραγισμένους αρμούς και μένουν κάτω από την πλάκα, όταν το υλικό της βάσης δεν στραγγίζει επαρκώς.

Επειτα από επαναλήψεις ψύξης-απόψυξης με την ύπαρξη υγρασίας, η υδραυλική πίεση ξεπερνά την εφελκυστική αντοχή με αποτέλεσμα να ρηγματώνεται το οδόστρωμα.



Πόροι αδρανούς γεμάτοι με νερό



Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

Χημική δραστικότητα

Ορυκτά αδρανή περιέχουν χημικές ενώσεις που αντιδρούν δυσμενώς με άλλες ενώσεις και το νερό προκαλώντας προβλήματα.

- Αλκαλική δραστηριότητα: Ανεπιθύμητη διόγκωση αδρανών όταν αντιδράσουν με αλκαλικά υλικά στον τσιμεντοπολτό. Ελεγχος με χρήση τσιμεντών χαμηλής αλκαλικότητας.
- Αποσπάσεις αδρανών και κηλίδες: Ορυκτά αδρανή που όταν εκτεθούν στην ατμόσφαιρα είναι δεκτικά σε οξειδωση, ενυδάτωση και ανθράκωση. Η αντίδραση παράγει τεράστια διαστολή όγκου στα αδρανή, τα οποία τείνουν να εκτινάσσονται από τη θέση τους αφήνοντας κηλίδες.





Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

Αντίσταση στη λείανση και σκληρότητα

Στην επιφάνεια των οδοστρωμάτων τα αδρανή υπόκεινται σε λείανση από τις δυνάμεις των περιστρεφόμενων τροχών. Επίσης τα αδρανή τείνουν να τρίβονται μεταξύ τους και να λειαινούνται. Η αντίσταση πεδήσεως μειώνεται και το οδόστρωμα καθίσταται ολισθηρό.

Η αντίσταση των αδρανών σε λείανση διέπεται από τη σκληρότητα των ορυκτών συστατικών τους, τη στερεότητα της τοιμέντωσης των επί μέρους κόκκων και τη συχνότητα εμφάνισης θραύσεων.

Ο συχνότερος έλεγχος είναι η δοκιμή σε τριβή και κρούση μέσω της συσκευής Los Angeles.





Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

Επιβλαβείς προσμίξεις

Ξένα προς το αδρανές υλικά που έχουν αναμιχθεί ή υπάρχουν στην επιφάνεια του.

Οι επιβλαβείς ουσίες μπορούν να εξασθενήσουν στρώσεις του αδρανούς και να προξενήσουν φθορά.

- Ασθενή και εύθρυπτα σωματίδια: Ανεπιθύμητα σωματίδια αναμεμιγμένα σε κατεργασμένο αδρανές. Εξασθενούν το μίγμα αδρανούς και του συνδετικού υλικού. Προκαλούν τοπική αύξηση των τάσεων που διαδίδονται μέσω ρωγμών.
- Μολυσματικές ουσίες: Αποτρέπουν την επαρκή συνάφεια ανάμεσα στο αδρανές και το συνδετικό υλικό. Κύρια πηγή μολυσματικών ουσιών είναι η στερεά σωματιδιακή ύλη που κολλάει στα αδρανή, καθώς και οργανικές ύλες.





Ποιότητες αδρανών για οδικά έργα

Χαρακτηριστικά αδρανών καλής ποιότητας

Έλξη προς την άσφαλτο

Τα ασφαλτικά συνδετικά πρέπει να προσκολλώνται με ασφάλεια στην επιφάνεια των αδρανών.

Αν η συγκόλληση δεν είναι επαρκής, τότε το νερό εισέρχεται ανάμεσα στην άσφαλτο και το αδρανές με αποτέλεσμα να την ξεκολλά από την επιφάνεια του.

Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αποφλοίωση.

Η αποφλοίωση επηρεάζεται από τον τύπο του φορτίου στην επιφάνεια του αδρανούς και την ορυκτολογική του σύσταση.

Η έλξη προς την άσφαλτο μπορεί να βελτιωθεί με αλλαγή συνδετικού με μια περισσότερο συμβατή άσφαλτο ή προσθήκη αντι-υδρόφιλου υλικού.





Έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Οι έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας των αδρανών είναι καταστροφικοί ποιοτικοί έλεγχοι.

Εμμεσος καθορισμός μηχανικής συμπεριφοράς των αδρανών κάτω από την καταστροφική επίδραση της κυκλοφορίας και της φθοράς που υφίστανται κατά την παραγωγή, τη διάστρωση και τη συμπύκνωση των ασφαλτομιγμάτων.

- Δοκιμή Los Angeles
- Δοκιμή Micro-Deval
- Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV)
- Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AAV)
- Δοκιμή αντίστασης σε θλίψη
- Δοκιμή καθορισμού δυνάμεως για 10% λεπτόκοκκα
- Δοκιμή αντίστασης σε κρούση
- Δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση (Έλεγχος υγείας)





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή Los Angeles 1/3

Η δοκιμή εκτελείται σύμφωνα με τους αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO.

Ανάλογα με την ονομαστική διάσταση των αδρανών διαφέρει η ποσότητα του δείγματος.

Κατά τη δοκιμή καθορίζεται η φθορά που επέρχεται σε διαβαθμισμένα αδρανά από την επίδραση δυνάμεων τριβής και κρούσης.

Οι δυνάμεις αναπτύσσονται κατά την περιστροφή του μεταλλικού κάδου της συσκευής μέσα στον οποίο έχουν τοποθετηθεί τα αδρανά και έως 12 μεταλλικές σφαίρες.



Συσκευή Los Angeles



Ελεγκοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Κόσκιο (mm)		Ποσότητα αδρανών ανά διαβάθμιση (gr)			
		Διαβαθμίσεις			
Διερχόμενο %	Συγκρο/νο %	A	B	Γ	Δ
37.5	25.0	1250±25gr	-	-	-
25.0	19.0	1250±25gr	-	-	-
19.0	12.5	1250±10gr	2500±10gr	-	-
12.5	9.5	1250±10gr	2500±10gr	-	-
9.5	6.3	-	-	2500±10gr	-
6.3	4.75	-	-	2500±10gr	-
4.75	2.36	-	-	-	5000±10gr
Συνολικό βάρος αδρανών		5000±10gr	5000±10gr	5000±10gr	5000±10gr
Αριθμός σφαιρών		12	11	8	6

Διαβάθμιση αδρανών για έλεγχο κατά Los Angeles κατά AASHTO



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή Los Angeles 2/3

Η ποσότητα των αδρανών που τοποθετείται στη συσκευή είναι $5.000 \pm 10\text{gr}$ από μονόκκοκα υλικά.

Ο αριθμός των μεταλλικών σφαιρών που τοποθετείται στον κάδο εξαρτάται από τη διαβάθμιση του υλικού.

- Ο κάδος με τα αδρανή και τις σφαίρες περιστρέφεται 30-33 στροφές/λεπτό για 500 περιστροφές.
- Τα αδρανή κοσκινίζονται στο κόσκινο 1,70mm.
- Η διαφορά βάρους μεταξύ της αρχικής ποσότητας και αυτής που συγκρατείται στο κόσκινο 1,70mm (No12) εκφραζόμενη ως ποσοστό της αρχικής ποσότητας δίνει το ποσοστό απώλειας κατά Los Angeles – αντοχή σε τριβή και κρούση.

Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό απώλειας τόσο σκληρότερα και ανθεκτικότερα είναι τα αδρανή.





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Κυκλοφορία	Ελαφρά	Μέση	Βαριά	Πολύ βαριά
Ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα ^(α)	μέχρι 500	501-3000	3001-8.000	> 8000
Μέγιστο ποσοστό φθοράς κατά Los Angeles	30%	28%	26%	24%
Ελάχιστη τιμή (PSV)				
-Επικίνδ. θέσεις, Κατ. Α ^(β)	50	55	60	65
-Συνήθεις θέσεις, Κατ. Β ^(γ)	45	50	55	60
-Εύκολες θέσεις, Κατ. Γ ^(δ)	-	45	-	-
Μέγιστη τιμή (AAV)	14	12	10	8

^(α) Συνήθης σύνθεση κυκλοφορίας, ποσοστό φορηγών με ωφέλιμο φόρτιο πλέον των 5 τόννων το πολύ 15%

^(β) Κατηγορία Α: προσεγγίσεις σε σηματοδότες, διαβάσεις πεζών και διασταυρώσεις, κυκλικοί κόμβοι και προσεγγίσεις σε κόμβους, καμπύλες σε οριζοντιογραφία με ακτίνα μικρότερη από 150m ή ακτίνα μεγαλύτερη από 150m και μέχρι 300m, αν συνδυάζεται με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη με ακτίνα μέχρι 800m, σε δρόμους με όριο ταχύτητας πάνω από 65 km/h, τμήματα με κλίση πάνω από 5% και μήκος πάνω από 100m

^(γ) Κατηγορία Β: αυτοκινητόδρομοι, κεντρικές αστικές αρτηρίες και κύριοι υπεραστικοί δρόμοι, άλλοι δρόμοι με βαριά ή πολύ βαριά κυκλοφορία

^(δ) Κατηγορία Γ: τμήματα γενικά ευθύγραμμα σε δρόμους με ελαφρά ή μέση κυκλοφορία, με ελαφρές κλίσεις και καμπύλες μεγάλης ακτίνας, χωρίς επικίνδυνες διασταυρώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν επικίνδυνες συνθήκες

Οριακές τιμές Los Angeles PSV και AAV για σκληρά αδρανή επιφανειακών στρώσεων (Ελληνικές Προδιαγραφές)

Δοκιμή Los Angeles 3/3

Κατά τις ελληνικές προδιαγραφές όταν τα αδρανή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε στρώσεις βάσεων και υποβάσεων το ποσοστό απώλειας μπορεί να φτάνει έως 40%.

Όταν τα αδρανή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε στρώσεις κυκλοφορίας οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές δίνονται από τον πίνακα.



Ελεγκοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή Micro-Deval 1/2

Παρόμοιος έλεγχος με τη δοκιμή ανθεκτικότητας Los Angeles.
Η δοκιμή εκτελείται σε μονόκκοκα αδρανή συγκεκριμένου μεγέθους.

Η ποσότητα των αδρανών που χρησιμοποιείται είναι 5.000gr πλιν όμως ο κάδος που χρησιμοποιείται είναι μικρότερος της συσκευής Los Angeles.

Ο κάδος περιστρέφεται για 5 ώρες έναντι 16 λεπτών κατά τη δοκιμή Los Angeles.

Στον κάδο εκτός των μεταλλικών σφαιρών προστίθενται συγκεκριμένη ποσότητα ύδατος.

Η ταχύτητα περιστροφής είναι η ίδια 30 στροφές/λεπτό.

Τα αδρανή υποβάλλονται σε μεγαλύτερη καταπόνηση από αυτή που επέρχεται κατά τη δοκιμή Los Angeles.



Συσκευή Micro-Deval



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Χρήση αδρανών	Μέγιστες επιτρεπτές τιμές Micro -Deval (MDE) (%)					
	Κατηγορία οδού					
	< T3 < 50 ^(α)	T3 50- 150 ^(α)	T2 150- 300 ^(α)	T1 300- 750 ^(α)	T0 750- 2000 ^(α)	> T0 >2000 ^(α)
Υποβάσεις	35 (40) ^(β)	25 (30)	20 (25)	(γ)	(γ)	(γ)
Βάσεις	25 (30)	20 (25)	(1) (γ)	(γ)	(γ)	(γ)
Ασφαλτικές υποβάσεις ^(β)	35 (40)	35 (40)	35 (40)	(γ)	25 (30)	(γ)
Ασφαλτικές βάσεις ^(β)	35 (40)	25 (30)	25 (30)	25 (30)	20 (25)	25 (30)
Ψυχρά μίγματα ασφαλτικών βάσεων ^(γ)	35 (40)	25 (30)	(γ)	(γ)	(γ)	20 (25)
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	25 (30)	20 (25)	20 (25)	20 (25)	20 (25)	(γ)
Τάπητες κυκλοφορίας από ασφ. σκυρ.	20 (25)	20 (25)	15 (20)	15 (20)	15 (20)	15 (20)
Ασφαλτικές επαλείψεις	20 (25)	15 (20)	15 (20)	15 (20)	10 (15)	10 (15)

Μέγιστες επιτρεπτές τιμές Micro-Deval (MDE)

Δοκιμή Micro-Deval 2/2

Μετά το πέρας 5 ωρών τα αδρανή ξηραίνονται και κοσκινίζονται στο κόσκινο 1,6mm.

Η διαφορά βάρους μεταξύ της αρχικής ποσότητας και αυτής που συγκρατείται στο κόσκινο 1,6mm εκφραζόμενη ως ποσοστό της αρχικής ποσότητας δίνει το ποσοστό απώλειας κατά Micro-Deval – αντοχή σε τριβή και κρούση



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 1/6

Καθορίζεται η συμπεριφορά των αδρανών στη λειαντική δράση των ελαστικών οχημάτων.

Η δοκιμή αποτελείται από δυο μέρη:

- Οι κόκκοι των αδρανών υφίστανται μια επιταχυνόμενη στίλβωση.
- Το μέγεθος της στίλβωσης μετράται με κατάλληλη συσκευή μέτρησης ολισθηρότητας (βρετανικό εκκρεμές).

Η δοκιμή εκτελείται σύμφωνα με τις Βρετανικές ή Αμερικανικές προδιαγραφές.

- ❖ Οι διαφορές μεταξύ των δυο προδιαγραφών είναι το ονομαστικό μέγεθος αδρανών, το λειαντικό μέσο που χρησιμοποιείται, ο αριθμός και ο τύπος των τροχών, η υποβολή των αδρανών σε λείανση και ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη PSV.





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 2/6

- ❖ Κατά τη Βρετανική προδιαγραφή τα αδρανή πρέπει να διέρχονται από το κόσκινο των 10mm και να συγκρατούνται στο ειδικό κόσκινο 14/10mm (δοκιμή δείκτη πλακοειδούς). Το λειαντικό μέσο είναι σμύριδα δυο διαβαθμίσεων, ο αριθμός των τροχών είναι δυο και ο χρόνος λείανσης 6 ώρες.
- ❖ Κατά την Αμερικανική προδιαγραφή τα αδρανή πρέπει να διέρχονται από το κόσκινο των 12,5mm και να συγκρατούνται στο ειδικό κόσκινο των 9,5mm. Το λειαντικό μέσο είναι άμμος, χρησιμοποιείται ένας τροχός και ο χρόνος λείανσης μπορεί να φτάσει τις 10 ώρες.





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 3/6

- Ικανοποιητικός αριθμός αδρανών τοποθετείται σε μια στρώση επάνω σε ειδική κυρτή μεταλλική μήτρα.
- Τα διάκενα μεταξύ των αδρανών γεμίζουν με άμμο τόσο ώστε να προεξέχει περίπου το 1/3 της διαμέτρου των αδρανών.
- Το υπόλοιπο της μήτρας σκεπάζεται με εποξειδική ρητίνη, το πλεόνασμα της οποίας απομακρύνεται με σπάτουλα.
- Επειτα από τη σκλήρυνση της ρητίνης το δοκίμιο εξάγεται από τη μήτρα, καθαρίζεται από την περιττή άμμο και τοποθετείται στη συσκευή λείανσης.



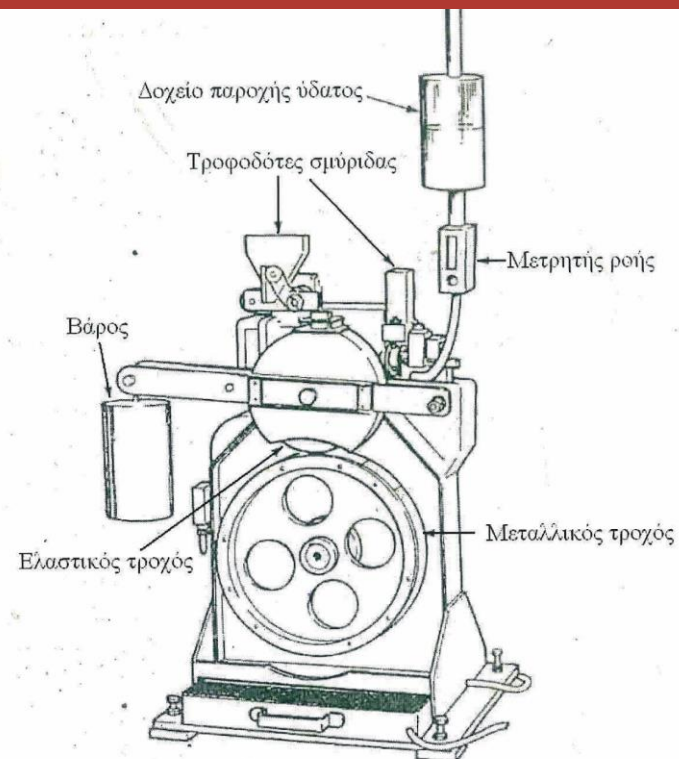
Δοκίμια αδρανών από κυρτή μεταλλική μήτρα



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 4/6

- Η συσκευή στίλβωσης φέρει μεταλλικό τροχό στην περιφέρεια του οποίου προσαρμίζονται 14 δοκίμια με τα προς εξέταση αδρανή.
- Ο τροχός περιστρέφεται κατά την εκτέλεση της δοκιμής με ταχύτητα 320 στροφές/λεπτό.
- Πριν την έναρξη της δοκιμής ελαστικός τροχός έρχεται σε επαφή και πιέζει τις μήτρες με δύναμη 725N.
- Μεταξύ του ελαστικού τροχού και των μητρών τροφοδοτείται κατά τη διάρκεια της δοκιμής (3 πρώτες ώρες) σμύριδα και μικρή ποσότητα νερού.
- Μετά το πέρας των 3 ωρών τοποθετείται δεύτερος τροχός και η δοκιμή συνεχίζεται για 3 επιπλέον ώρες τροφοδοτώντας το σύστημα με πολύ λεπτότερη σμύριδα (παιπάλη)



Συσκευή στίλβωσης αδρανών



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 5/6

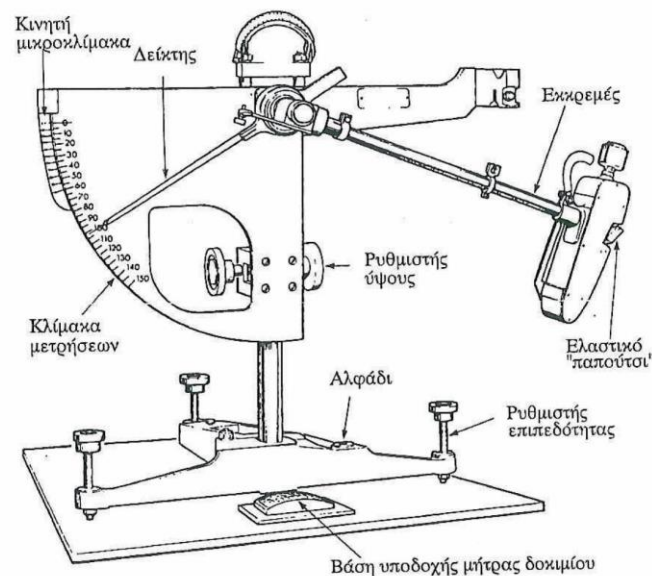
Μετά το πέρας 6 ωρών οι μήτρες με τα λειασμένα αδρανή τοποθετούνται μία μία στη συσκευή του Βρετανικού εκκρεμούς, όπου καθορίζεται η τιμή αντίστασης σε ολίσθηση.

$$PSV = S + 52,4 - C$$

όπου:

S = μέσος όρος τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων αδρανών από 4 δοκίμια.

C = μέσος όρος τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων προτύπων αδρανών από 4 δοκίμια ($49,5 < C < 55,5$).



Συσκευή μέτρησης αντίστασης σε ολίσθηση



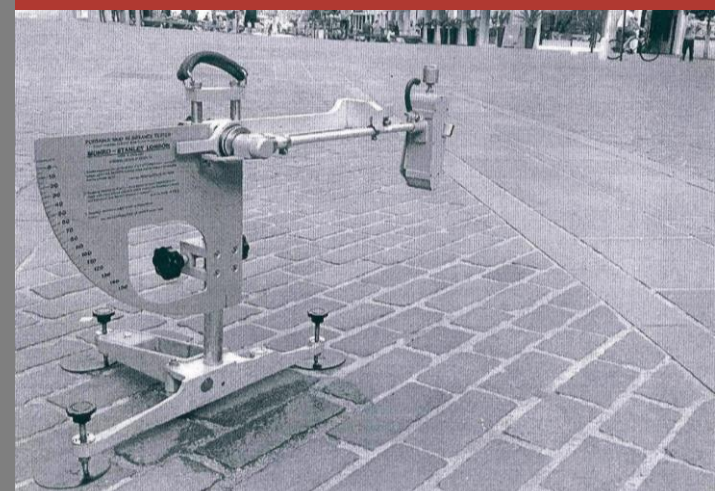
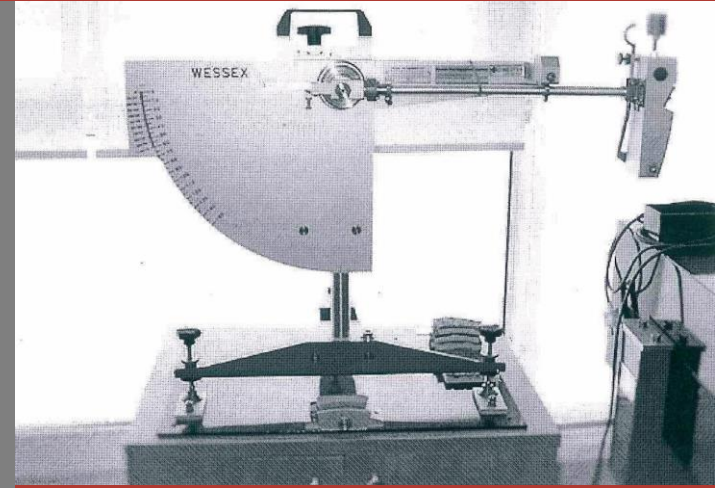
Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV) 6/6

Ο δείκτης PSV κρίνεται αναγκαίος για την εξακρίβωση της καταλληλότητας των αδρανών για επιφανειακές στρώσεις ή ασφατικές επαλείψεις.

Ο δείκτης στίλβωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος των τιμών που ορίζονται στις προδιαγραφές.

Οι τιμές σχετίζονται με τον κυκλοφοριακό φόρτο και την επικινδυνότητα της οδού.





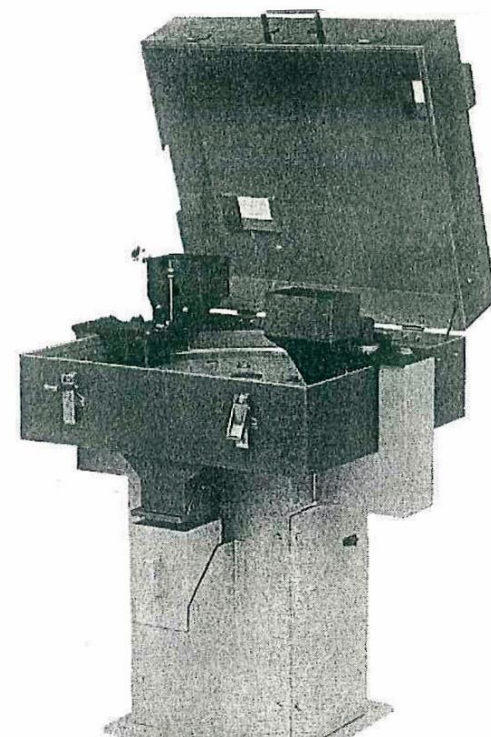
Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AVV) 1/3

Καθορίζεται η συμπεριφορά των αδρανών σε απότριψη κάτω από την επίδραση ελαστικών οχημάτων.

Η δοκιμή σύμφωνα με τις Βρετανικές προδιαγραφές εκτελείται με χονδρόκοκκα αδρανή διερχόμενα από το κόσκινο 14mm και συγκρατούμενα στο ειδικό κόσκινο 20/14mm (δοκιμή δείκτη πλακοειδούς).

- Ικανοποιητικός αριθμός αδρανών τοποθετείται σε μια στρώση επάνω σε ειδική κυρτή μεταλλική μήτρα.
- Τα διάκενα μεταξύ των αδρανών γεμίζουν με άμμο τόσο ώστε να προεξέχει περίπου το 1/3 της διαμέτρου των αδρανών.
- Το υπόλοιπο της μήτρας σκεπάζεται με εποξειδική ρητίνη και επ' αυτής τοποθετείται μεταλλική πλάκα επαλειμμένη με γράσο.
- Επειτα από τη σκλήρυνση της ρητίνης το δοκίμιο εξάγεται από τη μήτρα, καθαρίζεται από την περιττή άμμο και τοποθετείται στη συσκευή απότριψης.



Συσκευή απότριψης



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AVV) 2/3

- Η συσκευή αποτελείται από ένα δίσκο στον οποίο τοποθετούνται αντιδιαμετρικά δυο δοκίμια.
- Επί των δοκιμίων εφαρμόζεται η κεφαλή απότριψης και ένα βάρος $2.000 \pm 10\text{gr}$.
- Ο δίσκος περιστρέφεται σε οριζόντιο επίπεδο για 500 πλήρεις περιστροφές με ταχύτητα 28-30 στροφές/λεπτό.
- Καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής στη διεπιφάνεια των αδρανών και της κεφαλής απότριψης τροφοδοτείται ειδική λειαντική άμμος.
- Μετά το πέρας της απότριψης τα δοκίμια ζυγίζονται.

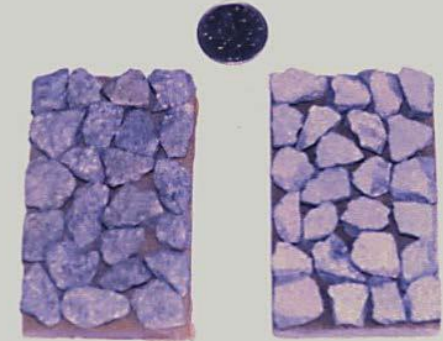
$$AVV = 3 (A - B) / d$$

όπου:

A = βάρος του δοκιμίου πριν την απότριψη (gr)

B = βάρος του δοκιμίου μετά την απότριψη (gr)

d = σχετική πυκνότητα των αδρανών πριν την απότριψη





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Εμπορικά οχήματα ανά λωρίδα, ανά ημέρα	<250	έως 1000	έως 1750	έως 2500	έως 3250	> 3250
Μέγιστη τιμή AAV για ασφαλιστικές επαλείψεις	14	12	12	10	10	10
Μέγιστη τιμή AAV για επιφανειακές στρώσεις	16	16	14	14	12	12

Δοκιμή αντίστασης σε απότριψη (AVV) 3/3

Ο δείκτης απότριψης (AVV) και ο δείκτης στίλβωσης (PSV) χαρακτηρίζουν τη σκληρότητα των αδρανών και την καταλληλότητά τους για χρήση σε επιφανειακές στρώσεις οδοστρωμάτων ή ασφαλιστικές επαλείψεις.

Οι οριακές τιμές ανάλογα με τις Βρετανικές προδιαγραφές παρουσιάζονται στον πίνακα.

Μέγιστες τιμές δείκτη απότριψης AVV αδρανών υλικών για επιφανειακές στρώσεις και ασφαλιστικές επαλείψεις



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε θλίψη 1/2

Καθορίζει την ικανότητα των αδρανών να αντιστέκονται στο θρυμματισμό από εφαρμοζόμενο φορτίο κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης ή της φόρτισης από την κυκλοφορία.

Η δοκιμή εκτελείται σε μονόκκοκα αδρανή διερχόμενα από το κόσκινο 14mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο 10mm.

Τα αδρανή τοποθετούνται σε ειδικές μεταλλικές μήτρες διαμέτρου 150mm ή 75mm και επί των αδρανών εφαρμόζεται φορτίο μέγιστης τιμής 400kN.

Η συσκευή επιβολής του φορτίου είναι μια κοινή πρέσα.



Συσκευή δοκιμής αντίστασης σε θλίψη



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε θλίψη 2/2

Μετά το πέρας της φόρτισης (10 λεπτά) η συσκευή αποφορτίζεται και τα αδρανή αφαιρούνται από τη μήτρα και κοσκινίζονται στο κόσκινο 2,36mm.

Η ποσότητα που διέρχεται από το κόσκινο εκφραζόμενη επί τοις εκατό του συνολικού αρχικού βάρους των αδρανών ονομάζεται τιμή αντίστασης αδρανών σε θλίψη (ACV).

Ως μέγιστη επιτρεπτή τιμή ACV για αδρανή οδοστρωσίας θεωρείται το 25%. Σε περιπτώσεις υποβάσεων γίνονται αποδεκτές και τιμές πλέον του 25%.



Συσκευή δοκιμής αντίστασης σε θλίψη



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή καθορισμού δυνάμεως για 10% λεπτόκοκκα 1/2

Παρόμοια με τη δοκιμή αντίστασης αδρανών σε θλίψη με διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή καθορίζεται η δύναμη που επιφέρει θραύση των αδρανών ώστε να δημιουργηθούν 10% λεπτόκοκκα (διερχόμενα από κόσκινο 2,36mm).

Η δύναμη επιβάλλεται με σταθερό ρυθμό (10 λεπτά) κατά τα οποία το έμβολο φόρτισης εισχωρεί στα αδρανή της μήτρας:

- 15mm για κοκκώδη αδρανή φυσικών αποθέσεων
- 20mm για κανονικά θραυστά αδρανή
- 24mm για σκωρίες και άλλα πορώδη αδρανή

Η δύναμη που προκαλεί διείσδυση του εμβόλου μπορεί να εκτιμηθεί εφόσον είναι γνωστή η τιμή αντίστασης των αδρανών σε κρούση.



Αδρανή σε μήτρα



Ελεγχος σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή καθορισμού δυνάμεως για 10% λεπτόκοκκα 2/2

Επιβαλλόμενη δύναμη $kN = 4.000 / \text{τιμή αντίστασης σε κρούση}$

Τα αδρανή απομακρύνονται από τη μίτρα και κοσκινίζονται στο κόσκινο 2,36mm. Το διερχόμενο ποσοστό κατά βάρος της αρχικής ποσότητας των αδρανών πρέπει να είναι μεταξύ 7,5% και 12,5%. Αν δεν είναι η δοκιμή επαναλαμβάνεται αυξομειώνοντας την επιβαλλόμενη δύναμη.

$$\text{Δύναμη για 10\% λεπτόκοκκα} = 14 x / (\psi + 4)$$

όπου:

x = μέγιστη δύναμη που χρησιμοποιήθηκε

ψ = μέσος όρος ποσοστού λεπτόκοκκων από δυο ελέγχους με δύναμη x





Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή αντίστασης σε κρούση

Μέτρηση αντίστασης των αδρανών σε κρουστικά φορτία. Ο έλεγχος εκτελείται σε μονόκκοκα αδρανή διερχόμενα από το κόσκινο 14mm και συγκρατούμενα από το κόσκινο 10mm.

- Τα μονόκκοκα αδρανή τοποθετούνται σε μεταλλικές μήτρες διαμέτρου 100mm και πάνω σε αυτά εφαρμόζεται φορτίο 13,5kg – 14kg που πέφτει από ύψος 38cm 15 φορές.
- Μετά τη φόρτιση τα αδρανή απομακρύνονται από τη μήτρα και κοσκινίζονται.

Το βάρος των αδρανών που διέρχονται από το κόσκινο 2,35mm διαιρούμενο με το αρχικό βάρος των αδρανών επί τοις εκατό δίνει την τιμή αντίστασης των αδρανών σε κρούση.

Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό αυτό τόσο πιο ανθεκτικά στην κρούση είναι τα αδρανή.

Μέγιστες επιτρεπτές τιμές μεταξύ 25% - 30%.



Συσκευή δοκιμής αντίστασης σε θλίψη



Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

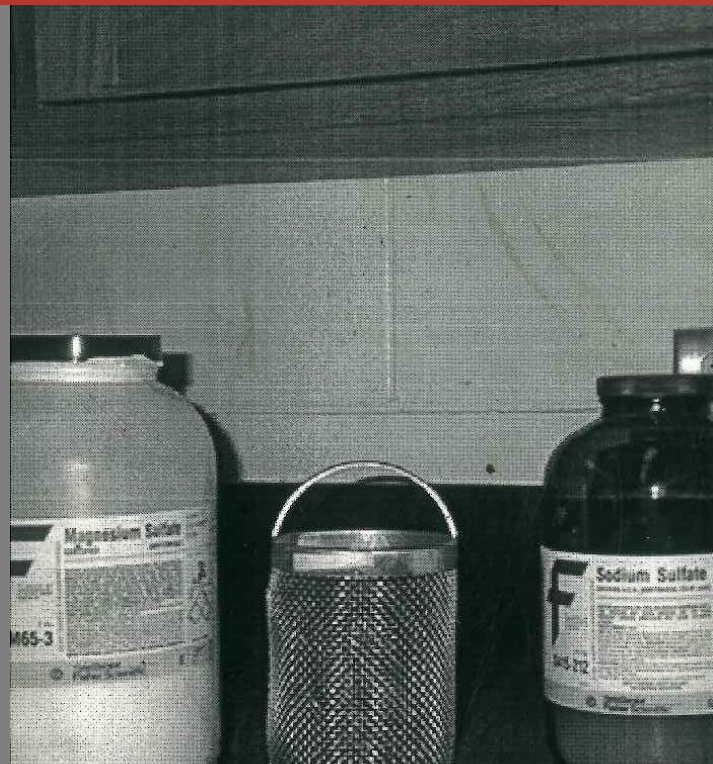
Δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση 1/2

Καθορισμός της ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση λόγω των εναλλασσόμενων καιρικών επιδράσεων (ψύξης – θέρμανσης).

Με την εναλλαγή των εποχιακών θερμοκρασιών επέρχεται μεταβολή του όγκου των αδρανών και στην περίπτωση που αυτά δεν είναι υγιή επέρχεται θρυμματισμός τους με αρνητικές επιπτώσεις για το οδόστρωμα.

Η προσομοίωση της μεταβολής του όγκου των αδρανών γίνεται με την κρυσταλλοποίηση αλάτων θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου κατά τη φάση της ξήρανσης κορεσμένων αδρανών.

- Τα αδρανή εμβαπίζονται για 16-18 ώρες σε διάλυμα θειικού νατρίου ή μαγνησίου και ξηραίνονται σε θερμοκρασία 110 οC.
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 5 φορές.



Άλατα θειικού νατρίου και θειικού μαγνησίου



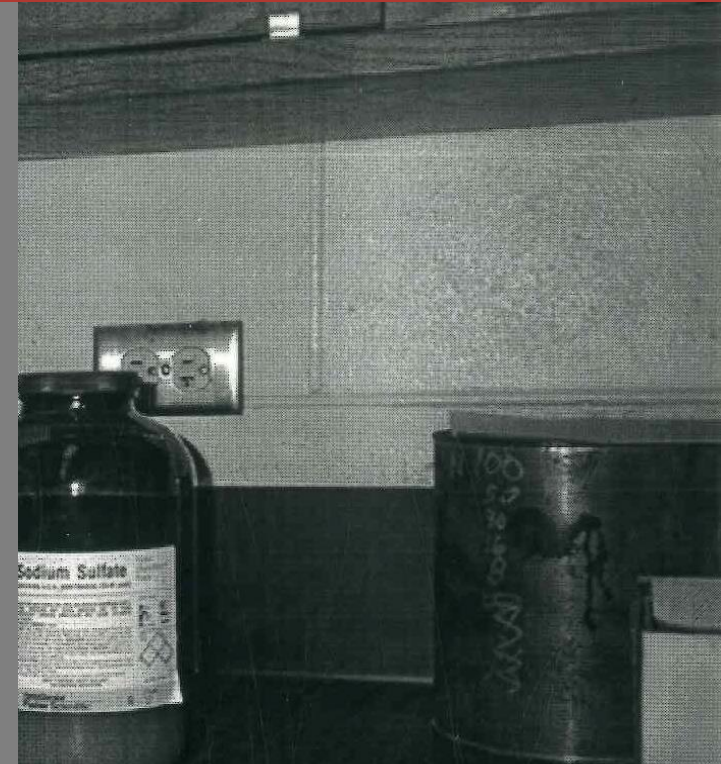
Ελεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας

Δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση 2/2

- Μετά το πέρας των επαναλαμβανόμενων βυθίσεων και στεγνώματος τα αδρανή ξεπλένονται σε νερό 43 οC ώστε να απομακρυνθεί το θειικό νάτριο ή μαγνήσιο.
- Τα ξεπλυμένα αδρανή ξηραίνονται στους 110 οC και κοσκινίζονται με τα ίδια κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν κατά το στάδιο παρασκευής του μίγματος.
- Η απώλεια βάρους καταγράφεται και εκφράζεται επί τοις εκατό.

Η ποσοστιαία φθορά ανά κόσκινο διορθώνεται με βάση την αρχική διαβάθμιση των αδρανών και το αλγεβρικό άθροισμα των διορθωμένων τιμών εκφράζει την ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση.

Το ποσοστό της φθοράς (απώλεια βάρους) εξαρτάται από το είδος του άλατος που θα χρησιμοποιηθεί όσο και από το μέγεθος των κόκκων των αδρανών.



Άλατα θειικού νατρίου και
θειικού μαγνησίου



Τέλος ενότητας
Ευχαριστώ για την προσοχή σας!