

ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Αδρανή υλικά καλούνται τα υλικά που αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς οπότε ονομάζονται " **φυσικά ή συλλεκτά** " αδρανή, είτε από κόκκους που προκύπτουν από την θραύση όγκων πετρώματος ή την θραύση φυσικών αδρανών οπότε ονομάζονται " **Θραυστά** " αδρανή.

Η ονομασία "**αδρανή**" δόθηκε στα υλικά αυτά με την έννοια ότι κατά την ανάμιξη των υλικών αυτών με συγκολλητικά υλικά (κονίες), όπως τσιμέντο, ασβέστης, ασφαλτος κλπ, ή το νερό, τα υλικά αυτά δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης. Βέβαια αυτό δεν ανταποκρίνεται εντελώς στην πραγματικότητα διότι η χημική αδράνεια των υλικών αυτών εξαρτάται από την ορυκτολογική τους σύσταση και τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή.

Τα συνηθέστερα πετρώματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αδρανών υλικών στη χώρα μας είναι τα ασβεστολιθικά για τους παρακάτω λόγους:

- ικανοποιούν τις μηχανικές αντοχές των συνήθων κατασκευών.
- έχουν μικρό κόστος θραύσης.
- συναντώνται στα περισσότερα μέρη του Ελλαδικού χώρου.

Ως αδρανή χρησιμοποιούνται επίσης ορισμένα τεχνητά προϊόντα ή ειδικά πετρώματα όπως, σκουριές υψικαμίνων, σμύριδα, αμίαντος, κίσηρη (ελαφρόπετρα), διογκωμένος περλίτης, μπεντονίτης κ.ά.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος των πετρωμάτων των συνήθων αδρανών, δηλαδή όσων δεν προέρχονται από ελαφρά αδρανή (π.χ. ελαφρόπετρα) ή από βαριά ορυκτά (π.χ. βαρίτης), είναι της τάξης των $2,6 \text{ tn/m}^3$. Η αντοχή τους αντίστοιχα ξεπερνά τα 800 kg/cm^2 , σαφώς ανώτερη από τα $400 - 500 \text{ kg/cm}^2$ που είναι η αντοχή του τσιμεντοκονιάματος.

Τα αδρανή υλικά ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, τα διακρίνουμε στις παρακάτω βασικές κατηγορίες :

- **παιπάλη ή άλευρο.** Μέγεθος κόκκων μικρότερο 0,1 mm.
- **άμμος.** // // μέχρι 7 mm.
- **σκύρα.** // // από 7 - 70 mm.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN12620 τα αδρανή ανάλογα με το μέγεθος τους κατατάσσονται σε 4 βασικές κατηγορίες: α) άμμος (0/4), β) ρυζάκι (4/8), γαρμπίλι (8/16) και χαλίκι (16/31,5).

Ακριβέστερα ως παιπάλη ορίζεται το διερχόμενο από το κόσκινο Νο 200 (75μm) και ως άμμος το διερχόμενο σε ποσοστό τουλάχιστον 95% από το κόσκινο Νο 4 ή □ 4.

Πέρα από τις πιο πάνω κατηγορίες, τα αδρανή κατατάσσονται και σε ειδικότερες, ανάλογα με την προέλευση και το μέγεθος των κόκκων τους, όπως: άμμος λεπτόκοκκος, άμμος χονδροκόκκος, άμμος ποταμίσις, ρυζάκι, γαρμπίλι, ψηφίδα, λεπτόκοκκα σκύρα, χονδροκόκκα σκύρα, σκύρα οδοστρωσίας κλπ.

Οι κύριες χρήσεις των αδρανών υλικών αφορούν στον τομέα της κατασκευής δομικών και συγκοινωνιακών έργων όπως: σκυροδέματα, κονιάματα, ασφαλτομείγματα, υλικά βάσης και υπόβασης οδοποιίας.

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 και 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.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN12620 καθορίζει και την αναλογία που πρέπει να λαμβάνεται το δείγμα από το σωρό με τη βοήθεια σέσουλας. Συγκεκριμένα προβλέπει 19 μέρη (σεσουλιές) από το κάτω τρίτο, 7 μέρη από το μεσαίο και 1 μέρος από το πάνω τρίτο μέρος του σωρού.

Η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα δείγματος αδρανούς υλικού για παρασκευή σκυροδέματος, που απαιτείται για τους συνήθεις εργαστηριακούς ελέγχους, αναφέρεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1. Απαιτούμενες ποσότητες για εξέταση αδρανών σκυροδέματος.

Δοκιμή	Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αδρανών σε kg		
	άμμος	γαρμπίλι	σκύρα
Κοκκομετρική ανάλυση Φαινόμενο βάρος Ισοδύναμο άμμου	20	30	30
Δοκιμή Los Angeles	-	30	30
Δοκιμή υγείας	10	20	30

Για την παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος η αντίστοιχη προδιαγραφή (Π.Τ.Π. Α265) ορίζει τις ακόλουθες ποσότητες δείγματος.

- λεπτόκοκκο υλικό	10 kg
- χονδροκόκκο	30 - 40 kg
- παιπάλη	10 kg

Ποιοτικός έλεγχος αδρανών

Ο ποιοτικός έλεγχος των αδρανών περιλαμβάνει τόσο τον έλεγχο του μητρικού πετρώματος από το οποίο προέρχονται τα αδρανή, όσο και τον έλεγχο των ίδιων των αδρανών.

Στην πρώτη κατηγορία ελέγχων περιλαμβάνονται:

- ✓ η μηχανική αντοχή του μητρικού πετρώματος.
- ✓ η δοκιμή υγείας ή αντοχή σε αποσάθρωση του πετρώματος.
- ✓ η αντοχή σε τριβή και κρούση (δοκιμή Los Angeles).
- ✓ η ορυκτολογική σύσταση, κ.ά.

Στην δεύτερη κατηγορία ελέγχων περιλαμβάνονται:

- ✓ η κοκκομετρική ανάλυση.
- ✓ ο προσδιορισμός των ειδικών βαρών, του φαινομένου βάρους και της υδροαπορροφητικότητας.
- ✓ ο προσδιορισμός της παιπάλης.
- ✓ η παρουσία επιβλαβών οργανικών προσμίξεων.
- ✓ ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε άργιλο, κ.ά.

ΑΣΚΗΣΗ 1

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ορισμός.

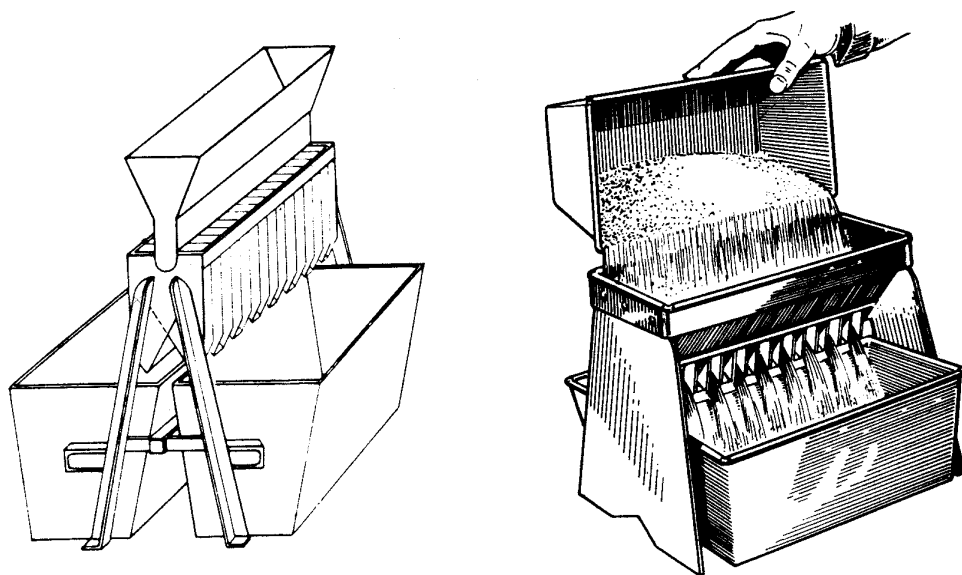
Η κοκκομετρική ανάλυση είναι η ανάλυση που γίνεται στα αδρανή υλικά και η οποία μας παρέχει το ποσοστό επί τοις εκατό της σύνθεσης του αδρανούς σε κόκκους διαφόρων μεγεθών.

Επιλογή δείγματος.

Επειδή στο εργαστήριο η εξέταση μιας μεγάλης ποσότητας δείγματος είναι πρακτικά δύσκολη, από το δείγμα των αδρανών που προσκομίστηκε στο εργαστήριο, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο δειγματοληψία, 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) **τετραμερισμό.**

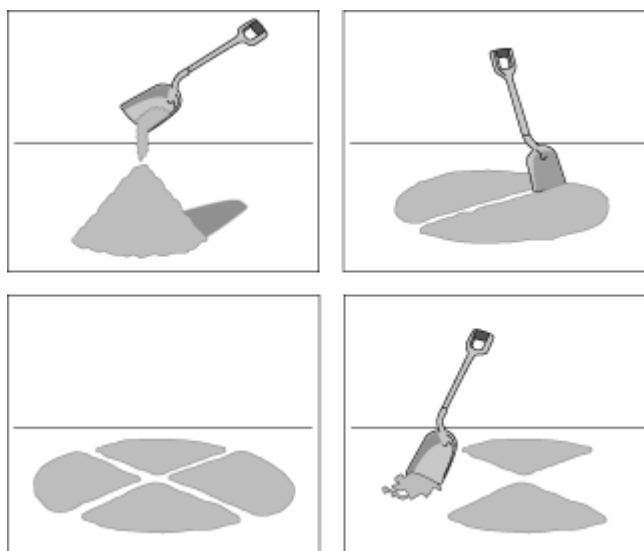


σχήμα 1.1 Συσκευές διαχωρισμού δειγμάτων αδρανών.

α) χονδρόκοκκων β) λεπτόκοκκων

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. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία άλλη μία φορά έτσι που το τελικό προς εξέταση δείγμα να είναι το ένα τέταρτο περίπου του αρχικού δείγματος.



σχ. 1.2 Διαδικασία τετραμερισμού.

Πρακτικά η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα δείγματος για την κοκκομετρική ανάλυση είναι 500 gr για την άμμο και 5 kg για τα σκύρα μεγίστου κόκκου 31.5 mm. Στη συνέχεια ακολουθεί ξήρανση του δείγματος. Η ξήρανση μπορεί να γίνει είτε σε φούρνο είτε σε ρεύμα θερμού αέρα. Πρακτικά η έκθεση του δείγματος στον ήλιο είναι αρκετή για την ξήρανση.

Απαιτούμενα όργανα

- δοχεία (πλαστικά ή μεταλλικά).
- ζυγός ακριβείας 1/1000 (0,1%) του βάρους του προς εξέταση δείγματος.
- εργαστηριακά κόσκινα (σχ.1.4).

Τα κόσκινα αυτά είναι κατασκευασμένα από κυλινδρικό μεταλλικό (ατσάλινο ή ορειχάλκινο) πλαίσιο διαμέτρου 200, 203 mm (8 in) ή 300 mm.

Η επιφάνεια κοσκίνισματος, ανάλογα με τον τύπο του, αποτελείται από μεταλλικό έλασμα που φέρει οπές κυκλικής ή τετραγωνικής μορφής ή από συρμάτινο πλέγμα με οπές τετραγωνικής μορφής. Ο αριθμός και ο τύπος που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από τους ισχύοντες κανονισμούς σε κάθε κράτος.

Στη χώρα μας τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα κόσκινα, αυτά που υιοθετούν και οι σχετικοί κανονισμοί είναι :

α) Η σειρά των αμερικανικών κόσκινων ή **αμερικάνικα κόσκινα**, όπως αυτά περιγράφονται στο πρότυπο ASTM E11.

Τα κόσκινα αυτά φέρουν οπές τετραγωνικής μορφής από πλέγμα και συμβολίζονται είτε με τον αριθμό των οπών που φέρουν ανά γραμμική ίντσα για τα πιο λεπτά (μέχρι το Νο 4), είτε με βάση το άνοιγμα της οπής σε ίντσες για τα μεγαλύτερου ανοίγματος. Έτσι το κόσκινο 3/4 in ή 3/4" δηλώνει αμερικάνικο κόσκινο οπής 3/4 της ίντσας (19 mm περίπου). Αντίστοιχα η ονομασία Νο 12 δηλώνει αμερικάνικο κόσκινο που φέρει 12 οπές ανά γραμμική ίντσα. (1 in=2,54 cm).

β) Η σειρά των γερμανικών κόσκινων ή **γερμανικά κόσκινα** όπως αυτά περιγράφονται στα DIN 4187 και 4188. Φέρουν οπές τετραγωνικής μορφής και συμβολίζονται με το σύμβολο \square που ακολουθείται από ένα αριθμό, που δηλώνει το άνοιγμα της οπής σε mm.

Τα γερμανικά κόσκινα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- πλέγματος: 0.25 , 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 mm

Διαδικασία εκτέλεσης

Το προς εξέταση δείγμα τοποθετείται στο κόσκινο με τη μεγαλύτερη οπή, από το οποίο, ανάλογα με το είδος του δείγματος, να διέρχεται όλη η ποσότητα. Στη συνέχεια με οριζόντιες και κάθετες κινήσεις, που περιοδικά συνοδεύονται με προσεκτικές ανατινάξεις του δείγματος, γίνεται το κοσκίνισμα του υλικού. Το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο συλλέγεται σε κατάλληλες πλατύστομες λεκάνες. Το κοσκίνισμα θεωρείται ότι έληξε όταν τοποθετώντας ένα άσπρο χαρτί κάτω από το κόσκινο διαπιστώνουμε ότι δεν διέρχεται άλλο υλικό.

Η διαδικασία του κοσκινίσματος, όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω, μπορεί να γίνει και με ειδικές μηχανές κοσκινίσματος (**sieve shaker**). Στις συσκευές αυτές τα κόσκινα τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο με το κόσκινο μεγαλύτερης οπής στην κορυφή και υποδοχέα συλλογής του λεπτότερου υλικού στο τέλος. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η χρήση των μηχανών αυτών για την διαπίστωση της λήξης του κοσκινίσματος.



σχήμα 1.3 Συσκευή κοσκινίσματος

Η ποσότητα του υλικού που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο καλείται **συγκρατούμενο** και αυτή που πέρασε **διερχόμενο**.

Τα συγκρατούμενα σε κάθε κόσκινο ζυγίζονται με ακρίβεια και το βάρος τους καταγράφεται στο δελτίο κοκκομετρικής ανάλυσης του δείγματος, όπως αυτό της σελίδας 12.

Στη συνέχεια με υπολογισμούς βρίσκουμε το διερχόμενο βάρος και το % ποσοστό του διερχόμενου. Ο υπολογισμός του % διερχόμενου στο κόσκινο i δίδεται από τη σχέση :

$$\% \text{ διερχόμενο } i = \frac{\text{διερχόμενο βάρος } i}{\text{ολικό βάρος δείγματος}} * 100$$



Σχ. 1.4 Εργαστηριακό κόσκινο

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Όνοματεπώνυμο : _____

Ημερ/νία : _____

Είδος δείγματος: _____

Βάρος δείγματος: _____

κόσκινο γερμανικό	συγκρατούμενο βάρος σε gr	διερχόμενο gr	βάρος %
<input type="checkbox"/> 31.5			
<input type="checkbox"/> 16			
<input type="checkbox"/> 8			
<input type="checkbox"/> 4			
<input type="checkbox"/> 2			
<input type="checkbox"/> 1			
<input type="checkbox"/> 0.25			
παιπάλη			

Παρατηρήσεις:.....
.....
.....
.....
.....

Αριθμητικό παράδειγμα :

Έστω ότι το ολικό βάρος δείγματος σκύρων ήταν 5.000 gr.

Μετά από κοσκίνισμα στο κόσκινο \square 31.5 το δείγμα πέρασε όλο. Συνεπώς στο κόσκινο \square 31.5 το συγκρατούμενο βάρος είναι 0, το διερχόμενο βάρος 5.000 gr και το % διερχόμενο 100%.

Συνεχίζουμε το κοσκίνισμα στο κόσκινο \square 16 και έστω ότι συγκρατήθηκαν στο κόσκινο αυτό 3.000 gr. Έχουμε λοιπόν στο κόσκινο \square 16 τα εξής :

- συγκρατούμενο βάρος : 3.000 gr
- διερχόμενο βάρος : 2.000 gr

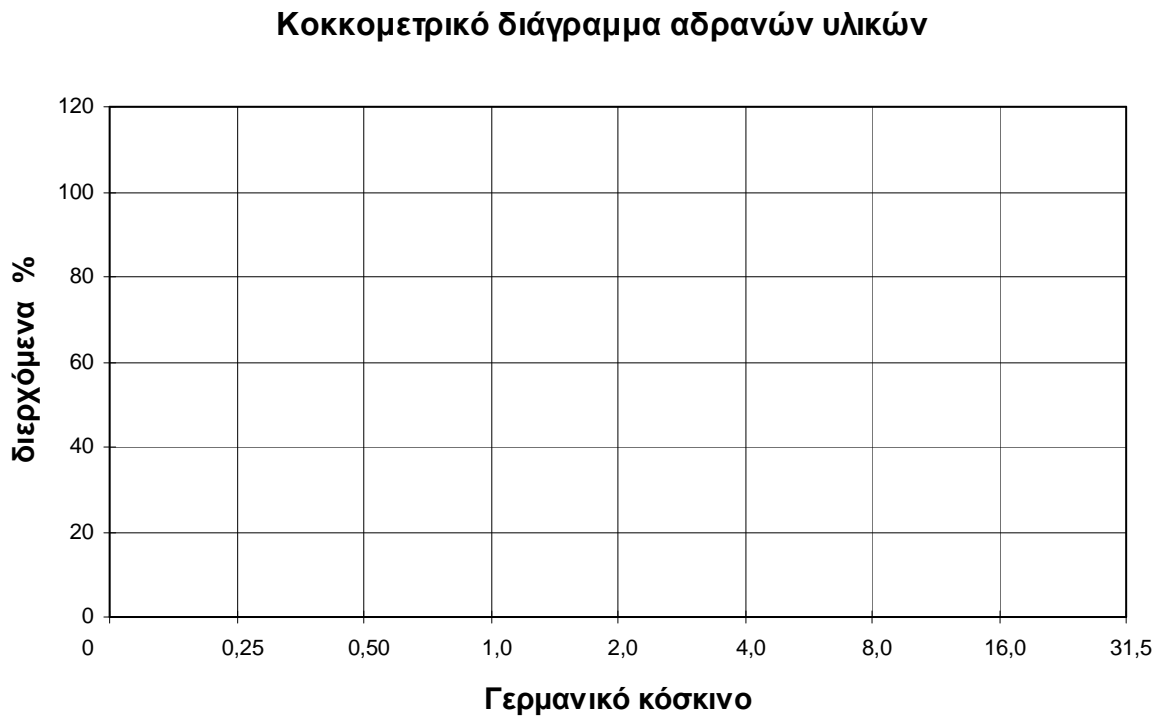
$$\% \text{ διερχόμενο} : \frac{2.000}{5.000} \times 100 = 40\%$$

Η διαδικασία αυτή ακολουθείται και στα επόμενα κόσκινα.

Κατά τη μεταφορά των αποτελεσμάτων του κοσκινίσματος στο δελτίο κοκκομετρικής ανάλυσης ελέγχουμε αν το άθροισμα των συγκρατούμενων ποσοστών στα κόσκινα συν αυτού που έμεινε στο δοχείο συλλογής δίνουν το αρχικό βάρος του δείγματος. Στη περίπτωση που η διαφορά είναι μέχρι 1% αφήνουμε ως έχει, διαφορετικά επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία του κοσκινίσματος όταν υπάρχουν διαφορές μεγαλύτερες του 2%.

Τέλος τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης αποτυπώνονται στο **κοκκομετρικό διάγραμμα**, όπως αυτό της σελίδας 14. Στο διάγραμμα αυτό στον οριζόντιο άξονα τοποθετούμε την διάμετρο της σπής των κόσκινων και στον κατακόρυφο το ποσοστό του διερχόμενου υλικού. Ο οριζόντιος άξονας είναι σε κλίμακα \sqrt{d} ή σε λογαριθμική κλίμακα για τον λόγο ότι είναι επιθυμητή η ανάπτυξη της περιοχής των μικρών διαμέτρων. Η συνένωση των σημείων του διαγράμματος δίνει μια πολυγωνική γραμμή που καλείται **κοκκομετρική καμπύλη**.

Επειδή στην πράξη μας ενδιαφέρει η κατ'όγκον ποσοστιαία κατανομή των κόκκων ενός υλικού, στην περίπτωση που έχουμε υλικά διαφορετικού φαινομένου ειδικού βάρους απαιτείται η μετατροπή των κατά βάρους αναλογιών σε κατ' όγκον. Στην πράξη αυτό συμβαίνει όταν έχουμε μείγμα αδρανών προερχόμενο από διαφορετικά πετρώματα.



σχήμα 1.5 Κοκκομετρικό διάγραμμα αδρανών υλικών μεγίστου κόκκου 31.5

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι συνηθέστερες εφαρμογές των αδρανών υλικών απαιτούν την ανάμειξη υλικών διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης. Για παράδειγμα ο Κ.Τ.Σ. προβλέπει την ανάμειξη 3 τουλάχιστον κλασμάτων αδρανών για παρασκευή σκυροδέματος κατηγορίας C20/25 ή μεγαλύτερης.(βλ. σελ.98).

Γνωρίζοντας την κοκκομετρική διαβάθμιση των επί μέρους κλασμάτων μπορούμε να υπολογίσουμε αυτήν του μείγματος, που θα προκύψει αν τα αναμείξουμε σε μία γνωστή αναλογία.

Έτσι για να υπολογίσουμε το ποσοστό διερχομένου του μείγματος σε κάποιο κόσκινο αθροίζουμε τα γινόμενα του ποσοστού διερχομένου κάθε κλάσματος στο συγκεκριμένο κόσκινο επί το ποσοστό συμμετοχής του στο δείγμα.

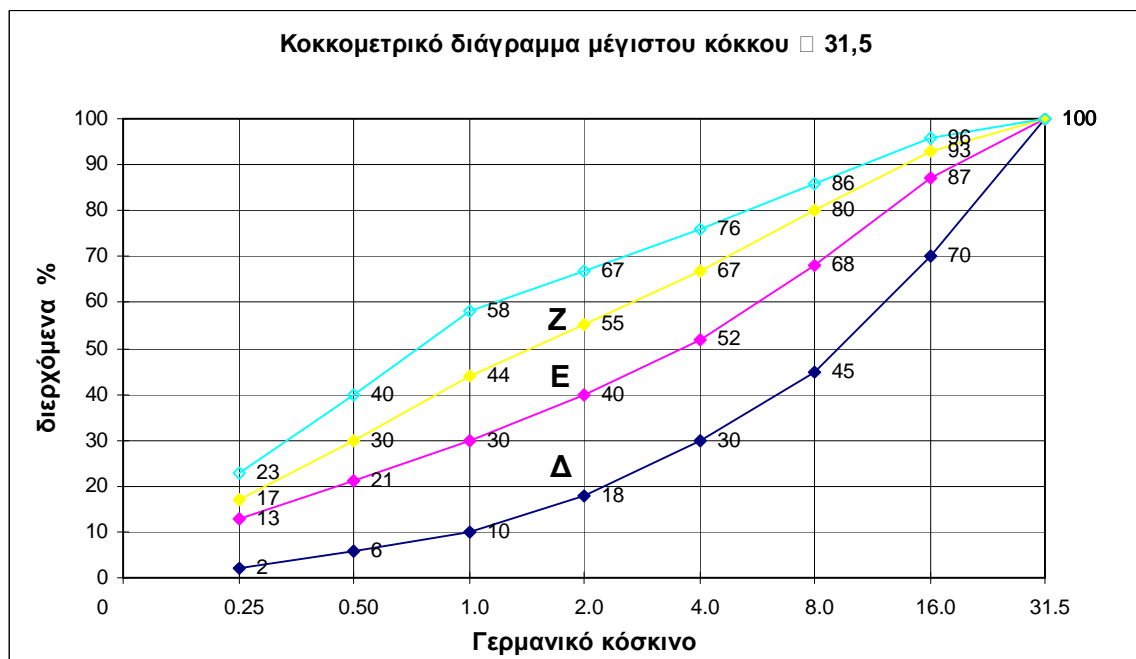
Παράδειγμα: Η κοκκομετρική διαβάθμιση του μείγματος που θα προκύψει από την ανάμειξη άμμου και σκύρων σε ποσοστό 40% και 60% αντίστοιχα έχει ως ακολούθως.

κ ό σ κ ι ν ο	% δ ι ε ρ χ ό μ ε ν ο		
	άμμος	σκύρα	μείγμα
□ 31.5	100	100	$0,4 * 100 + 0,6 * 100 = 100$
□ 16	100	80	$0,4 * 100 + 0,6 * 80 = 88$
□ 8	100	30	$0,4 * 100 + 0,6 * 30 = 58$
□ 4	100	5	$0,4 * 100 + 0,6 * 5 = 43$
□ 2	92	2	$0,4 * 92 + 0,6 * 2 = 38$
□ 1	70	-	$0,4 * 70$
□ 0.25	10	-	$0,4 * 10$

Στην πλειοψηφία των εφαρμογών η διάταξη των κόκκων των αδρανών υλικών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο που το μείγμα να διαθέτει τα λιγότερα κενά, να παρουσιάζει δηλαδή μεγάλη συνεκτικότητα. Παράλληλα

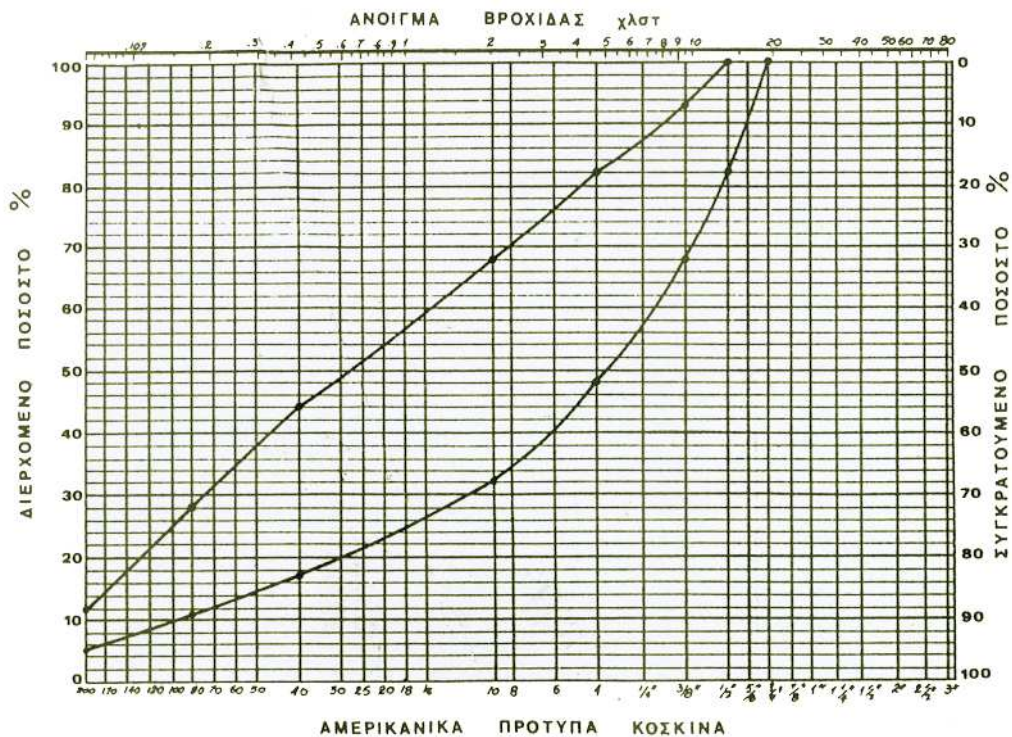
όμως υψηλή τιμή της συνεκτικότητας μεταβάλλει δυσμενώς άλλες ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Για τους παραπάνω λόγους, με βάση τα πειραματικά δεδομένα και την εμπειρία, οι κανονισμοί καθορίζουν περιοχές μέσα στις οποίες πρέπει να βρίσκονται οι καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισης των υλικών, ανάλογα με τις ζητούμενες ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Στο σχήμα 2.1 παρατίθεται το κοκκομετρικό διάγραμμα αδρανών υλικών μεγίστου κόκκου \square 31.5 του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος.



σχήμα 2.1 Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μείγματος αδρανών μεγίστου κόκκου \square 31.5

Αντίστοιχα στο σχήμα 2.2 παρατίθενται τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών για παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος και για στρώση κυκλοφορίας τύπου Β, που είναι και ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος.

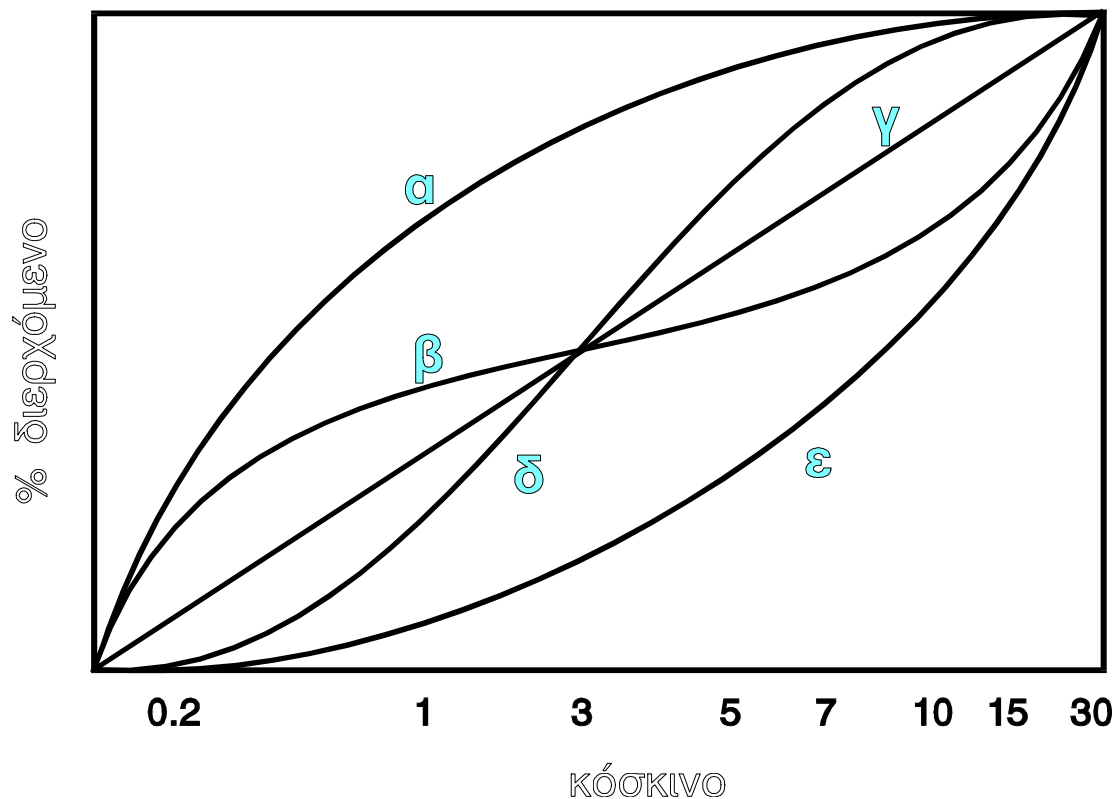


Σχήμα 2.2 Όρια ,Κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών της Π.Τ.Π. 265 για στρώση κυκλοφορίας, τύπου Β.

Η επιλογή της καταλληλότερης καμπύλης, από τις θεωρητικά τουλάχιστον άπειρες σε αριθμό που ικανοποιούν τα κριτήρια των κανονισμών, καθορίζεται από τις επί μέρους επιθυμητές ιδιότητες του τελικού προϊόντος, τα διαθέσιμα υλικά, τις εργοταξιακές συνθήκες, το οικονομικό κόστος.

Αν και η χάραξη της κοκκομετρικής καμπύλης είναι μια σχετικά εύκολη εργασία η αξιολόγηση αυτής παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες και απαιτεί σοβαρή εμπειρία.

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται ορισμένες χαρακτηριστικές καμπύλες αδρανών υλικών για παρασκευή σκυροδέματος. Αν και όλες ικανοποιούν τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου κανονισμού, παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορετικές ιδιότητες.

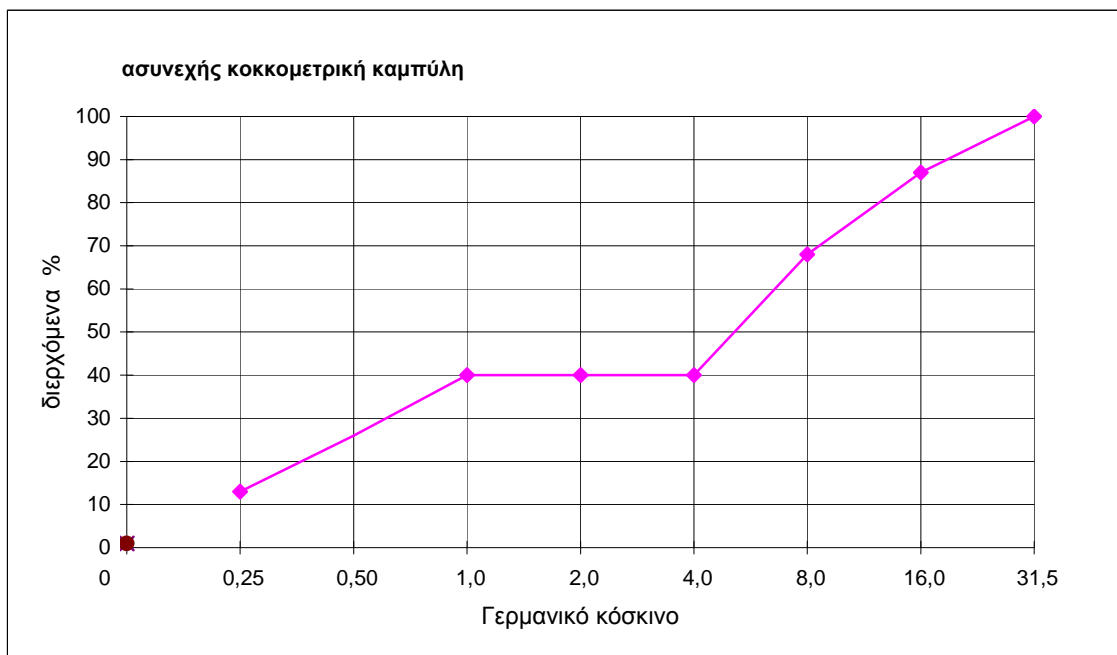


Σχήμα 2.3 Χαρακτηριστικές καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών.

Οι διαφορετικές ιδιότητες που παρουσιάζει το σκυρόδεμα, ανάλογα με τον τύπο της κοκκομετρικής καμπύλης του σχήματος έχουν ως εξής:

- α. Μεγάλη πλαστικότητα και συνοχή. Μεγάλη συστολή ξηράνσεως. Οι ιδιότητες αυτές απορρέουν από τη μεγαλύτερη επιτρεπτή χρήση λεπτότερων υλικών.
- β. Μεγάλη ρευστότητα και αντοχή. Απαιτείται προσοχή στη σκυροδέτηση γιατί παρουσιάζει τάση για απόμειξη.
- γ. Ομοιογένεια και ύπαρξη λίγων κενών. Μικρή ρευστότητα.
- δ. Μικρή πλαστικότητα και ρευστότητα. Απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου επειδή υπάρχει η μικρότερη δυνατή αναλογία λεπτόκοκκου υλικού.
- ε. Μικρή πλαστικότητα με έντονη τάση για απόμειξη.

Στο σχήμα που ακολουθεί εμφανίζεται η κοκκομετρική καμπύλη αδρανούς υλικού που παρουσιάζει έλλειψη ενδιαμέσου μεγέθους κόκκων. Αυτή η διαβάθμιση ονομάζεται ασυνεχής και συνήθως αποφεύγεται.



Σχήμα 2.4 Ασυνεχής κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανούς υλικού.

Υπολογισμός ποσοστών συμμετοχής κλασμάτων αδρανών υλικών στο μείγμα.

Ένα σύνηθες πρόβλημα ανάμειξης αδρανών υλικών είναι εκείνο του υπολογισμού των ποσοστών συμμετοχής των διαφόρων κλασμάτων, ώστε το μείγμα που θα προκύψει να έχει κοκκομετρική διαβάθμιση εντός συγκεκριμένων ορίων.

Η επίλυση του προβλήματος μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους.

1η Μέθοδος. (διαδοχικών προσεγγίσεων). Ορίζουμε αυθαίρετα τα ποσοστά συμμετοχής κάθε κλάσματος και με βάση αυτά υπολογίζουμε την κοκκομετρική καμπύλη του μείγματος. Συγκρίνουμε την καμπύλη αυτή με τα όρια που θεσπίζουν οι κανονισμοί. Εάν η καμπύλη βρίσκεται μέσα στα όρια έχει καλώς, διαφορετικά κάνουμε διόρθωση της αναλογίας αυξάνοντας ή μειώνοντας το ποσοστό κάποιου κλάσματος. Η κατεύθυνση προς την οποία θα γίνει η διόρθωση φαίνεται από την θέση της καμπύλης σε σχέση με τα όρια.

Αν κάποιο ή κάποια σημεία της καμπύλης εξέρχονται προς τα πάνω των ορίων της περιοχής σημαίνει ότι η αναλογία που επιλέξαμε είναι πλούσια σε λεπτόκοκκο υλικό, συνεπώς η διόρθωση πρέπει να γίνει μειώνοντας το λεπτόκοκκο υλικό και αυξάνοντας φυσικά το χονδροκόκκο. Φυσικά αν η κοκκομετρική καμπύλη εξέρχεται των κάτω ορίων εργαζόμαστε αντίστροφα.

Αν με τη νέα αναλογία βρισκόμαστε εντός της επιθυμητής περιοχής έχει καλώς, διαφορετικά επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία.

Στο παρακάτω παράδειγμα περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθείται.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Να βρεθεί η αναλογία που πρέπει να αναμειχθούν τα παρακάτω υλικά (σκύρα, ψηφίδα, άμμος) ώστε η κοκκομετρική διαβάθμιση του μείγματος που θα προκύψει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του **Κ.Τ.Σ. για οπλισμένο σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας.**

Δίδονται: α) Συνοπτική περιγραφή απαιτήσεων για θραυστά αδρανή σκυροδέματος του Κ.Τ.Σ. (Παράρτημα ΙΙΙ).

β) Κοκκομετρικό διάγραμμα μείγματος αδρανών υλικών μεγίστου κόκκου ϕ 31.5. (σελ. 16)

κόσκινο	% διερχόμενα		
	σκύρα	ψηφίδα	άμμος
ϕ 31.5	100	100	100
ϕ 16.0	50	100	100
ϕ 8.0	8	83	100
ϕ 4.0	-	32	96
ϕ 2.0	-	15	72
ϕ 1.0	-	-	49
ϕ 0.25	-	-	18

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος η κοκκομετρική διαβάθμιση του μείγματος πρέπει να είναι τέτοια που η κοκκομετρική καμπύλη του να βρίσκεται εντός της υποζώνης Δ του διαγράμματος και κατά το δυνατόν στο μέσον αυτής.

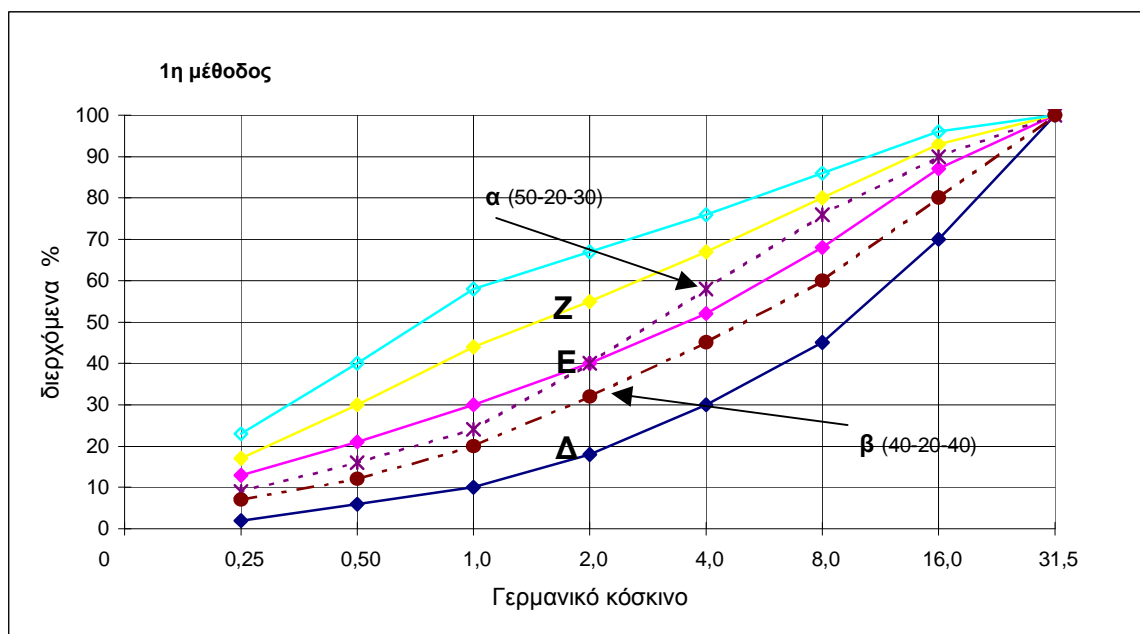
Ορίζοντας αυθαίρετα το ποσοστό συμμετοχής των τριών κλασμάτων ως εξής: σκύρα 20%, ψηφίδα 30% ,άμμος 50%, έχω :

κόσκινο	ϕ 31.5	ϕ 16.0	ϕ 8.0	ϕ 4.0	ϕ 2.0	ϕ 1.0	ϕ 0.25
% διερχόμενο	100	90	76	58	40	24	9

Παρατηρούμε ότι η κοκκομετρική καμπύλη (α) εξέρχεται σε τρία σημεία των άνω ορίων του κανονισμού. Συγκεκριμένα στα κόσκινα \square 16.0, \square 8.0 και \square 4.0 το ποσοστό διερχόμενου έπρεπε να ήταν μικρότερο. Συνεπώς θα πρέπει να αυξήσω ελαφρώς το ποσοστό αναλογίας του χονδροκόκκου υλικού στο μείγμα. Για παράδειγμα αυξάνοντας κατά 20% την αναλογία των σκύρων και μειώνοντας αντίστοιχα αυτή της άμμου και της ψηφίδας κατά 10% έχω : 40% σκύρα, 20% ψηφίδα και 40% άμμο. Στην περίπτωση αυτή τα αντίστοιχα ποσοστά διερχομένων του μείγματος είναι :

κόσκινο	\square 31.5	\square 16.0	\square 8.0	\square 4.0	\square 2.0	\square 1.0	\square 0.25
% διερχόμενο	100	80	60	45	32	20	7

και η κοκκομετρική καμπύλη (β) βρίσκεται εξ ολοκλήρου στην επιθυμητή περιοχή και πλησίον του μέσου αυτής.



2η Μέθοδος. Με βάση τις επιδιωκόμενες ιδιότητες του προϊόντος επιλέγουμε εντός των ορίων των κανονισμών την επιθυμητή κοκκομετρική καμπύλη, δηλαδή την καμπύλη επιλογής.

Στην συνέχεια καταστρώνουμε τόσες εξισώσεις, όσα και τα κόσκινα. Αν για παράδειγμα χ, ψ, z είναι οι ζητούμενες αναλογίες των υλικών και A_i, B_i, Γ_i είναι αντιστοίχως τα διερχόμενα ποσοστά των τριών κλασμάτων από το κόσκινο i , τότε το διερχόμενο ποσοστό του μείγματος στο αντίστοιχο κόσκινο θα είναι:

$$M_i = \chi A_i + \psi B_i + z \Gamma_i$$

Παράλληλα ισχύει ότι το άθροισμα των ποσοστών των τριών κλασμάτων είναι ίσο με 100. Δηλαδή:

$$\chi + \psi + z = 1$$

Επειδή ο αριθμός των εξισώσεων είναι μεγαλύτερος του αριθμού των αγνώστων, η επίλυση του προβλήματος στοχεύει στην εξεύρεση της καμπύλης εκείνης που πλησιάζει περισσότερο την καμπύλη επιλογής. Μαθηματικά αυτό μπορεί να γίνει με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Πρακτικά το σύστημα εξισώσεων που προκύπτει μπορεί να επιλυθεί προσεγγιστικά, όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί. Αν η λύση που προκύπτει δεν μας ικανοποιεί μπορούμε να παρέμβουμε αλλάζοντας τις αναλογίες των υλικών.

Έστω ότι ισχύουν τα δεδομένα του προηγούμενου παραδείγματος και επιθυμούμε η κοκκομετρική καμπύλη του μείγματος να πλησιάζει κατά το δυνατόν περισσότερο την καμπύλη (ϵ) του σχήματος.

Στην περίπτωση αυτή προκύπτει το παρακάτω σύστημα εξισώσεων:

Κ Ο Σ Κ Ι Ν Ο

$$\square 31.5 \quad 100 z + 100 \psi + 100 \chi = 100 \quad (1)$$

$$\square 16.0 \quad 50 z + 100 \psi + 100 \chi = 78 \quad (2)$$

$$\square 8.0 \quad 8 z + 83 \psi + 100 \chi = 61 \quad (3)$$

$$\square 4.0 \quad 32 \psi + 96 \chi = 43 \quad (4)$$

$$\square 2.0 \quad 15 \psi + 72 \chi = 31 \quad (5)$$

$$\square 1.0 \quad 49 \chi = 18 \quad (6)$$

$$\square 0.25 \quad 18 \chi = 7 \quad (7)$$

$$z + \psi + \chi = 1 \quad (8)$$

Από τις εξισώσεις (6) και (7) προκύπτει $\chi=0.37$ και $\chi=0.39$ αντίστοιχα. Δεχόμαστε προσεγγιστικά την τιμή $\chi=0.38$.

Με βάση την παραπάνω τιμή του χ και τις εξισώσεις (4) και (5) λαμβάνω αντίστοιχα $y=0.20$ και $y=0.24$. Δεχόμαστε προσεγγιστικά την τιμή $y=0.22$.

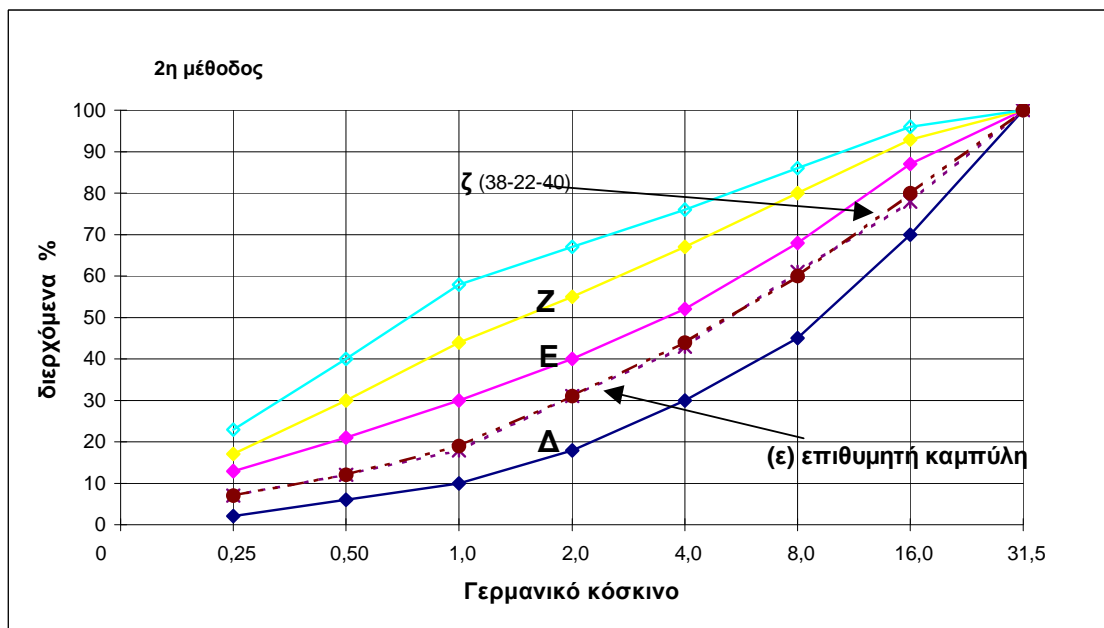
Από τις τιμές των χ και y και την εξίσωση (9) προκύπτει ότι $z=0.40$.

Αντικαθιστώντας τις τιμές των x , y , z στις εξισώσεις 1 - 7 προκύπτουν οι παρακάτω τιμές:

κόσκινο	31.5	16.0	8.0	4.0	2.0	1.0	0.25
% διερχόμενο	100	80	60	44	31	19	7

με βάση τις οποίες λαμβάνω την καμπύλη (ζ).

Παρατηρούμε ότι η καμπύλη επιλογής (ϵ) με την τελική καμπύλη του μείγματος (ζ) πρακτικά ταυτίζονται, ιδιαίτερα στα μικρότερα ανοίγματα κόσκινα. Το γεγονός αυτό τις περισσότερες φορές είναι επιθυμητό γιατί οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος επηρεάζονται περισσότερο από την κοκκομετρία του υλικού στα μικρά κόσκινα.



ΑΣΚΗΣΗ 3

ΔΟΚΙΜΗ LOS ANGELES

Σκοπός : Ο προσδιορισμός της αντοχής των αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση με τη μηχανή 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:

1. Η δράση επί των αδρανών είναι πολύ ισχυρή, ώστε να αποκαλύπτεται οποιαδήποτε αδυναμία του υλικού.
2. Είναι κατάλληλη τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.
3. Η δοκιμή είναι αρκετά σύντομη.
4. Δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών, εξ αιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής.
5. Περιορίζεται σημαντικά η επίδραση αυτού που εκτελεί τη δοκιμή.

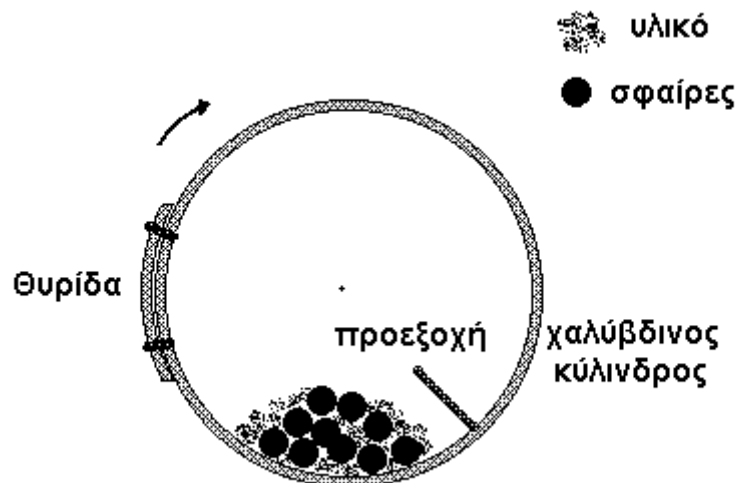
Η δοκιμή που περιγράφεται παρακάτω γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο A.S.T.M C 131, πρότυπο στο οποίο παραπέμπουν οι ισχύοντες ελληνικοί κανονισμοί.

Μηχανή Los Angeles

Η μηχανή Los Angeles αποτελείται από ένα χαλύβδινο κύλινδρο, κλειστό στις βάσεις του, εσωτερικής διαμέτρου 710 mm και μήκους 510 mm. Η μηχανή στηρίζεται κατάλληλα ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια με ρυθμό 30 – 33 στροφές το λεπτό.

Στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει θυρίδα από την οποία εισάγεται το δείγμα και η οποία κλείνει αεροστεγώς. Η θυρίδα είναι σχεδιασμένη έτσι που να διατηρεί την ίδια καμπυλότητα του κυλίνδρου.

Στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει χαλύβδινη προεξοχή μήκους όσο και αυτό του κυλίνδρου, πλάτους 89 mm η οποία έχει την διεύθυνση της ακτίνας του κυλίνδρου.



σχ. 3.1 Μηχανή Los Angeles

Φορτίο σφαιρών

Εντός της μηχανής εισάγονται χαλύβδινες σφαίρες διαμέτρου περίπου 47,5 mm και βάρους 390 - 445 gr η κάθε μία. Ο αριθμός καθώς και το συνολικό βάρος των σφαιρών που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από τη διαβάθμιση του προς δοκιμή υλικού και δίνονται από τον παρακάτω πίνακα.

Διαβάθμιση	Αριθμός σφαιρών	Βάρος φορτίου σφαιρών (gr)
A	12	5.000 ± 25
B	11	4.584 ± 25
Γ	8	3.330 ± 25
Δ	6	2.500 ± 25
E	12	5.000 ± 25
Z	12	5.000 ± 25
H	12	5.000 ± 25

Δ ε ί γ μ α

Το προς δοκιμή δείγμα επιλέγεται από καθαρό αδρανές υλικό, αφού ξηρανθεί αυτό στους 105 - 110 °C μέχρι σταθερού βάρους. Η ποσότητα του δείγματος όπως και η κατάλληλη διαβάθμιση επιλέγεται από τον πίνακα που ακολουθεί. Πρέπει δε η διαβάθμιση αυτή να είναι η πλησιέστερη του προς εξέταση αδρανούς.

Κόσκινο (αμερικάνικο)		Βάρος και διαβάθμιση δείγματος σε gr						
Διερχόμενο	Συγκρατούμενο	A	B	Γ	Δ	E	Z	H
3 "	2 1/2 "					2.500		
2 1/2 "	2 "					2.500		
2 "	1 1/2 "					5.000	5.000	5.000
1 1/2 "	1 "	1.250					5.000	5.000
1 "	3/4 "	1.250						
3/4 "	1/2 "	1.250	2.500					
1/2 "	3/8 "	1.250	2.500					
3/8 "	No 3			2.500				
No 3	No 4			2.500				
No 4	No 8				5.000			

Τρόπος εργασίας

Το δείγμα μαζί με τον αντίστοιχο αριθμό σφαιρών εισάγονται στη μηχανή Los Angeles. Η μηχανή μπαίνει σε κίνηση με ταχύτητα 30 - 33 στροφών ανά λεπτό. Για τις διαβαθμίσεις A, B, Γ και Δ απαιτούνται **500** στροφές συνολικά, ενώ για τις E, Z και H **1000** στροφές.

Όταν συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός στροφών παραλαμβάνεται το υλικό, το οποίο στη συνέχεια κοσκινίζεται από το κόσκινο No 12. Το συγκρατούμενο στο No 12 υλικό πλένεται, ξηραίνεται και ζυγίζεται με ακρίβεια 1 gr.

Υπολογισμοί

Η διαφορά μεταξύ του αρχικού και του τελικού βάρους του δείγματος εκφρασμένη σε ποσοστό % του αρχικού βάρους δίνει το ποσοστό φθοράς του υπό εξέταση αδρανούς υλικού.

Η % φθορά υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W = \frac{A - B}{A} * 100$$

όπου:

W = η ζητούμενη φθορά

A = αρχικό βάρος του δείγματος

B = συγκρατούμενο βάρος στο κόσκινο Νο 12.

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ένα αδρανές υλικό ως σκληρό, μαλακό ή ενδιάμεσης σκληρότητας.

Για παρασκευή σκυροδέματος ανθεκτικού σε επιφανειακή φθορά (βιομηχανικά δάπεδα, σκυρόδεμα οδοποιίας) ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζει τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη από 40%.

Για παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος οι προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α 265) ορίζουν την χρήση αδρανών με % φθορά μικρότερη του 40%.

Για τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων στην οδοποιία, οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α155 και 150) ορίζουν τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη του 50.

ΑΣΚΗΣΗ 4

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΜΜΟ

Παιπάλη ή φίλλερ χαρακτηρίζεται το λεπτόκοκκο υλικό που διέρχεται από το κόσκινο τετραγωνικής οπής **No 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 πλαστικότητας του μείγματος αδρανών - κονιάματος. Για τον παραπάνω λόγο, σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ. για τα αδρανή που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό παιπάλης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16% για την άμμο και το 1% για τα χονδρόκοκκα υλικά (σκύρα, γαρμπίλι, ρυζάκι). Ειδικότερα για άοπλα σκυροδέματα το ποσοστό παιπάλης στη άμμο μπορεί να φτάσει το 20%. Η παιπάλη της φυσικής άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%.

Στο ασφαλτικό σκυρόδεμα και για την στρώση κυκλοφορίας το ποσοστό παιπάλης των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 5 - 12 % . Μεγάλο ποσοστό παιπάλης δίδει στο ασφαλτικό σκυρόδεμα μεγάλη πλαστικότητα.

Επειδή η παιπάλη έχει την ιδιότητα να προσκολλάται πάνω στο χονδρόκοκκο υλικό, ο διαχωρισμός της από αυτό με τον συνήθη τρόπο κοσκινίσματος είναι αρκετά δύσκολος και όχι πλήρης. Γι' αυτό και ο προσδιορισμός της γίνεται με πλύσιμο.

Εκτέλεση

Ξηραίνουμε σε φούρνο στους 105 °C περίπου 500 gr άμμου. Στη συνέχεια αφού ζυγίσουμε με ακρίβεια 1 gr το δείγμα το μεταφέρουμε σε δοχείο βρασμού των 800 ml και το γεμίζουμε κατά τα 2/3 με νερό. Το νερό πρέπει οπωσδήποτε να καλύπτει το δείγμα.

Με γυάλινη ράβδο ανακατεύουμε δυνατά και μεταφέρουμε το θολό νερό σε άλλο ποτήρι, αφού εξαναγκάσουμε πρώτα να περάσει το αιώρημα από δύο διαδοχικά κόσκινα. Πρώτα από κόσκινο ανοίγματος περίπου 1 mm και στη συνέχεια από το κόσκινο No 200. Προσθέτουμε στο πρώτο ποτήρι πάλι

νερό και επαναλαμβάνουμε την διαδικασία μέχρι να απαλλαγεί τελείως το υλικό από την παιπάλη. Ένδειξη ότι το δείγμα έχει πλήρως απαλλαγεί από την παιπάλη είναι ότι το υπερκείμενο νερό πρέπει να είναι εντελώς διαυγές.

Στη συνέχεια συλλέγουμε με προσοχή το υλικό που παρέμεινε στο πρώτο ποτήρι και στα δύο κόσκινα και το ξηραίνουμε στο φούρνο. Μετά την ξήρανση ζυγίζουμε με ακρίβεια.

Το ποσοστό της παιπάλης στο δείγμα δίνεται από τη σχέση:

$$\text{παιπάλη \%} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} * 100$$

όπου , B_1 : βάρος ξηρού δείγματος πριν το πλύσιμο

B_2 : βάρος ξηρού δείγματος μετά τη δοκιμή

Για επιβεβαίωση των υπολογισμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση ,αφού διηθήσουμε το περιεχόμενο του δεύτερου δοχείου σε προζυγισμένο ηθμό και ξηράνουμε σε φούρνο.

$$\text{παιπάλη \%} = \frac{B_3}{B_1} * 100$$

όπου B_3 : ξηρό βάρος υπολείμματος (παιπάλη).

ΑΣΚΗΣΗ 5

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Σκοπός της άσκησης είναι ο προσδιορισμός των ειδικών βαρών και της υγρασίας απορρόφησης των χονδρόκοκκων αδρανών.

Ο ρ ι σ μ ο ί

Φαινόμενο ειδικό βάρος (apparent specific gravity): είναι ο λόγος του βάρους του αδρανούς προς τον όγκο συμπαγούς υλικού και των αδιαπέρατων κενών (κλειστών πόρων).

Μεικτό φαινόμενο ειδικό βάρος (bulk specific gravity): είναι ο λόγος του βάρους του αδρανούς προς τον συνολικό φαινόμενο όγκο (όγκο συμπαγούς υλικού, διαπερατών και αδιαπέρατων πόρων, όχι όμως και των κενών μεταξύ των πόρων).

Μεικτό φαινόμενο ειδικό βάρος κορεσμένου υλικού επιφανειακά ξηρού (bulk specific gravity / Saturated - Surface - Dry): είναι ο λόγος του συνολικού βάρους του αδρανούς και του νερού που προσροφήθηκε προς το συνολικό φαινόμενο όγκο .

Υδροαπορροφητικότητα % (absorption) : είναι η ποσότητα του νερού που απορροφάται από 100 gr του υλικού σε ορισμένο χρόνο και θερμοκρασία.

Σ υ σ κ ε υ ή

- Ζυγός ακριβείας 0,05% του βάρους του προς εξέταση δείγματος και ικανότητας 5 kg τουλάχιστον. Ο ζυγός πρέπει να φέρει διάταξη ανάρτησης καλαθιού στο κάτω μέρος του.
- Συρμάτινο καλάθι κυλινδρικού σχήματος κατασκευασμένο από ανοξείδωτο πλέγμα Νο 6 διαμέτρου 20 cm και ύψους 20cm.
- Δοχείο νερού που να επιτρέπει ανεμπόδιστα την βύθιση του καλαθιού σ' αυτό.

Ε κ τ έ λ ε σ η

1. Βάζουμε το δείγμα σε δοχείο με νερό για 24 ώρες και σε θερμοκρασία περίπου 20 °C.

2. Βγάζουμε το δείγμα από το νερό, το σκουπίζουμε προσεκτικά με απορροφητικό χαρτί για να διώξουμε την επιφανειακή υγρασία και το ζυγίζουμε (**B**). Το δείγμα, σ' αυτή την κατάσταση είναι κορεσμένο και επιφανειακά ξηρό.
3. Στην συνέχεια τοποθετούμε το δείγμα σε συρμάτινο καλάθι που είναι συνδεδεμένο με το ζυγό και αφού βυθίσουμε το καλάθι μέσα στον κύλινδρο με το νερό ξαναζυγίζουμε. (**Γ**). Λόγω της άνωσης το δείγμα μέσα στο νερό ζυγίζει λιγότερο, τόσο όσο και η άνωση.
 Η άνωση, $A=V \cdot \rho_u$, όπου $\rho_u = 1 \text{ gr/cm}^3$ - η πυκνότητα του νερού-ισοδυναμεί με την διαφορά **B - Γ**.
4. Ξηραίνουμε το δείγμα στο φούρνο στους 105 °C περίπου και το ζυγίζουμε. (**Δ**)

Υπολογισμοί

$$\text{μεικτό φαινόμενο ειδικό βάρος} = \frac{\Delta}{B - \Gamma}$$

$$\text{μεικτό φαινόμενο ειδικό βάρος (κορεσμένο, επιφ. ξηρό)} = \frac{B}{B - \Gamma}$$

$$\text{φαινόμενο ειδικό βάρος} = \frac{\Delta}{\Delta - \Gamma}$$

$$\text{υδροαπορροφητικότητα \%} = \frac{B - \Delta}{\Delta} * 100$$

Καταγράφουμε τα αποτελέσματα των ειδικών βαρών με δύο δεκαδικά ψηφία και της υδροαπορροφητικότητας στο πλησιέστερο 0,1%.

Ο προσδιορισμός του όγκου ενός υλικού για τον υπολογισμό των ειδικών βαρών μπορεί να γίνει και σε ογκομετρικό κύλινδρο από τον όγκο του νερού που εκτοπίζει.

Ελέγχουμε αν η μέτρηση του όγκου με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου είναι περίπου ίδια με αυτή που μετρήσαμε μέσω της άνωσης.

Παρατηρήσεις :

α) Κατά τον υπολογισμό της άνωσης των σκύρων πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την άνωση που οφείλεται στο συρμάτινο καλάθι.

β) Όταν το προς δοκιμή δείγμα χωρίζεται σε δύο ή περισσότερα κλάσματα το μέσο ειδικό βάρος του δείγματος δίνεται από τη σχέση:

$$G = \frac{1}{P_1/100G_1 + P_2/100G_2 + \dots + P_n/100G_n}$$

όπου: G = το μέσον ειδικό βάρος

G_1, G_2, \dots, G_n : ειδικά βάρη κλασμάτων.

P_1, P_2, \dots, P_n : το ποσοστό συμμετοχής κάθε κλάσματος.

ΑΣΚΗΣΗ 6

ΔΟΚΙΜΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ

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' όγκο σχέση της ποσότητας της αργίλου προς την ποσότητα των κόκκων της άμμου.

Σ υ σ κ ε υ ή

Αποτελείται από τα παρακάτω όργανα.

1. Διαφανή πλαστικό σωλήνα, εσωτερικής διαμέτρου 1 1/4 in, βαθμολογημένο μέχρι τις 15 in.
2. Ορειχάλκινο λεπτό σωλήνα που καταλήγει σε κωνική απόληξη που φέρει δύο οπές.
3. Πλαστική φιάλη χωρητικότητας 3,785 lt. (1 US gal)
4. Πλαστικό λεπτό σωλήνα που συνδέει την φιάλη με τον ορειχάλκινο σωλήνα.
5. Πιεστικό στέλεχος που αποτελείται από μεταλλική ράβδο που στη μια άκρη καταλήγει σε βάση κωνικού σχήματος και στην άλλη σε κυλινδρικό βαρύδι συνολικού βάρους 1 kg.
6. Μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο χωρητικότητας $85 \pm 5 \text{ cm}^3$.
7. Πλαστικό χωνί.

Αντιδραστήρια.

Το υδατικό διάλυμα που χρησιμοποιείται περιέχει:

- άνυδρο χλωριούχο ασβέστιο.
- γλυκερίνη.
- φορμαλδεΐδη.

Το χλωριούχο ασβέστιο και η γλυκερίνη προστίθενται στο διάλυμα για να επιταχύνουν την καθίζηση των κόκκων της αργίλου, ενώ η φορμαλδεΐδη προστίθεται για αποστείρωση του διαλύματος.

Δείγμα.

Το προς δόκιμη υλικό παίρνεται από το διερχόμενο από το κόσκινο Νο 4, το οποίο έχει προηγουμένα ξηρανθεί στους 105 °C περίπου.

Διαδικασία

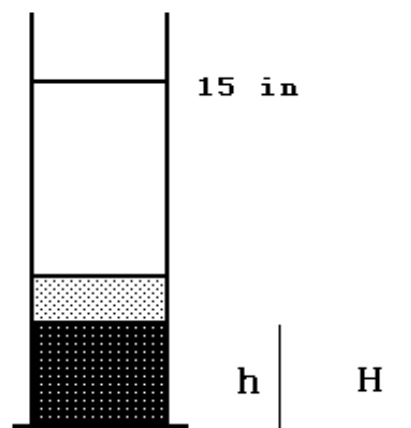
Αφού γεμίσουμε την πλαστική φιάλη με το διάλυμα δοκιμής και την τοποθετήσουμε στη βάση της (σε ύψος 90 cm από το τραπέζι εργασίας) , μεταφέρουμε με σιφωνισμό στον ογκομετρικό σωλήνα υγρό μέχρι την χαραγή των 4 in.

Στη συνέχεια γεμίζουμε με το δείγμα το μεταλλικό δοχείο και το μεταφέρουμε στον σωλήνα με την βοήθεια του χωνιού.

Κατόπιν κτυπούμε με τα χέρια ελαφριά τον πυθμένα του σωλήνα ώστε να φύγουν τυχόν φυσαλίδες που έχουν εγκλωβιστεί και να διαβραχεί πλήρως το δείγμα. Αφήνουμε το σωλήνα με το δείγμα σε ηρεμία για 10 λεπτά.

Αφού κλείσουμε τον σωλήνα με το ελαστικό πώμα τον τοποθετούμε στην ειδική συσκευή η οποία εκτελεί 90 παλινδρομικές κινήσεις σε 30 δευτερόλεπτα.

Στη συνέχεια εισάγουμε στον κύλινδρο τον ορειχάλκινο σωλήνα προσέχοντας αυτός να φτάσει μέχρι τον πυθμένα του κυλίνδρου. Ανοίγοντας τη στρόφιγγα αφήνουμε να τρέξει το διάλυμα δοκιμής το οποίο ξεπλένει την άμμο από το αργιλώδες υλικό, το οποίο ανεβαίνει προς τα πάνω. Συνεχίζουμε την παραπάνω διαδικασία, προσέχοντας να ξεπλυθεί πλήρως η άμμος, μέχρι η στάθμη του υγρού να φτάσει στη χαραγή των 15 in.



σχήμα 6.1 Δοκιμή
ισοδύναμου άμμου

Ακολουθως αφήνουμε το σωλήνα σε ηρεμία για 20 min. Μετά την παρέλευση των 20 λεπτών διαβάζουμε το ύψος της αργίλου **H**.

Εισάγουμε με προσοχή το πιεστικό στέλεχος και διαβάζουμε το ύψος της άμμου **h**.

Υπολογισμοί.

Το Ισοδύναμο άμμου (S.E.) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S.E. = \frac{h}{H} * 100$$

Όταν το πηλίκο της διαίρεσης είναι δεκαδικός αριθμός, στρογγυλοποιείται στον προς τα πάνω ακέραιο αριθμό.

Συνήθως η δοκιμή εκτελείται σε 3 δείγματα και ως τιμή του Ισοδύναμου Άμμου λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών δοκιμών, στρογγυλεμένος στον προς τα πάνω ακέραιο αριθμό.

Υψηλή τιμή του Ισοδύναμου άμμου σημαίνει υλικό με ελάχιστη περιεκτικότητα σε άργιλο. π.χ. άμμος ποταμού ή θαλάσσης.

Εφαρμογές.

Η τιμή του Ισοδύναμου άμμου (S.E.) των αδρανών, ανάλογα με τη χρήση τους, πρέπει να έχει τιμές μέσα στα όρια του παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία αδρανών	Ελάχιστη τιμή S. E.
Υλικά κατασκευής ασφαλικών σκυροδεμάτων σε κλειστές εγκαταστάσεις. (Π.Τ.Π. Α265)	55
Αδρανή σκυροδεμάτων (ΕΛΟΤ 408)	
- εξαιρετικών απαιτήσεων ή σε εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος.	75
- επιμελημένης παραγωγής ή σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος.	70
- συνήθων κατασκευών ή σε συνήθειες	

συνθήκες περιβάλλοντος.	65
-------------------------	----

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιοι είναι οι βασικοί ποιοτικοί έλεγχοι που γίνονται στα αδρανή υλικά;
2. Για ποιους λόγους προτιμώνται τα ασβεστολιθικά πετρώματα στην παραγωγή των αδρανών υλικών για συνήθεις χρήσεις;
3. Ποια αδρανή παρουσιάζουν μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια, τα θραυστά ή τα συλλεκτά;
4. Πώς γίνεται η δειγματοληψία των αδρανών υλικών στο σωρό;
5. Τι είδους κόσκινα υιοθετούν οι Αμερικάνικοι και Γερμανικοί κανονισμοί και πώς συμβολίζονται αυτά;
6. Τι είναι η κοκκομετρική καμπύλη και τι πληροφορίες αντλούμε απ' αυτήν;
7. Γιατί γίνεται χρήση λογαριθμικής κλίμακας στις κοκκομετρικές καμπύλες;
8. Η ύπαρξη ενός οριζοντίου τμήματος μεταξύ δύο ή περισσοτέρων διαδοχικών κόσκινων στην κοκκομετρική καμπύλη τι σημαίνει;
9. Γιατί ο Κ.Τ.Σ. για το σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας ορίζει την επιθυμητή καμπύλη στο μέσον της υποζώνης Δ του διαγράμματος;
10. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της δοκιμής Los Angeles;
11. Γιατί ο προσδιορισμός της παιπάλης γίνεται με υγρό κοσκίνισμα;
12. Με ποιο τρόπο μπορούμε να διαπιστώσουμε εμπειρικά την ύπαρξη παιπάλης σ' ένα υλικό;
13. Γιατί οι κανονισμοί προδιαγράφουν ανώτατο όριο για την παιπάλη;
14. Με ποιους τρόπους μπορεί να υπολογίσει κάποιος τον όγκο ενός συμπαγούς σώματος, που δεν έχει όμως συγκεκριμένο γεωμετρικό σχήμα;
15. Ποιος ο σκοπός της δοκιμής του Ισοδύναμου Άμμου;
16. Ποια η διαφορά μεταξύ της αργίλου και της παιπάλης που περιέχεται σ' ένα λεπτόκοκκο υλικό;

