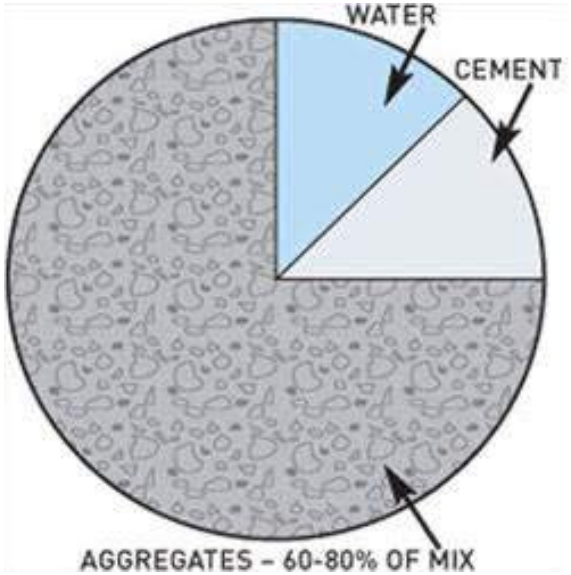
(Aggregates) الركام

- مقدمه

تتكون الخرسانة من ركام متدرج من حبيبات صغيرة وحبيبات كبيرة متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هى عجينة الأسمنت. أى أن الخرسانة عبارة عن ركام وأسمنت وماء، ومع أن الأسمنت متفاعلا مع الماء مكونا عجينة الأسمنت المتصلدة والمسؤلة بشكل كاف عن المقاومة إلا أنه يصعب عمل وتصنيع الخرسانة من الأسمنت والماء فقط لسببين أساسين هما:

١- التكلفة العالية
٢- والتغير الحجمى العالى لعجينة الأسمنت (الانكماش والزحف)

ولذلك يمكن التغلب على هذه المشاكل باستخدام الركام كعنصر أساسى متحدا مع عجينة الأسمنت ومكونًا الخرسانة. ويستخدم ركام الخرسانة كمادة مالئة نسبيًا لا يدخل فى تفاعلات كيميائية معقدة مع الماء، إلا أن هذه النظرة المبسطة لدور الركام فى الخرسانة نظرًا للدور الفعال الذى يقوم به الركام فى تحديد كثير من الخواص الهامة للخرسانة. ويمثل الركام من (٦٠-٨٠%) من حجم الخلطة الخرسانية والذى ينظر إلى محتواه كموالئ رخيصة التكلفة نسبيًا، إلا أنه له تأثير كبير على مقاومة الخرسانة للأحمال التى تتعرض لها وعوامل البرى وفعل لعوامل الجوية المختلفة (حرارة – برودة – جفاف – بلل) وتحمل الخرسانة مع الزمن ، وكذلك تأثيره المفيد جدًا فى إنقاص التغيرات الحجمية الناتجة من عجينة الأسمنت ورطوبة الخرسانة.



- **الركام** : هو الحبيبات الصخريه في صورة رمل وزلط

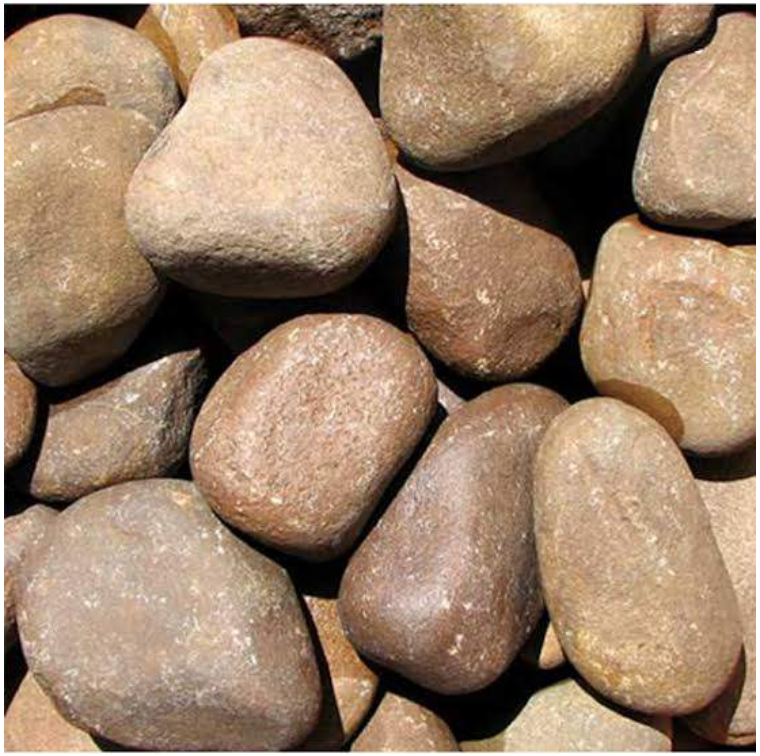
- **دور الركام في الخرسانه:**

١- ماده مالئه رخيصه (٦٠-٨٠% من الكتله الخرسانيه).
٢- يساعد على تقليل التغيرات الحجميه داخل الخرسانه.
٣- يساعد الخرسانه على مقاومة الأحمال والبري والاحتكاك والحراره والجفاف والبلل.

- تصنيف الركام Classification of agg

١- ركام من مصادر طبيعيه (ركام طبيعي) Natural aggregates

- وهو الركام المستخرج من المصادر الطبيعية (دون اجراء اي صناعه عليه) على أن يكون على حالته الطبيعية بدون تغيير أثناء خطوات الانتاج، إلا فى بعض الحالات التى يتم فيها تغيير مقاس الركام المستخدم أو غسيله أو تكسيره ولكن بدون أى تدخل فى طبيعة تكوينه. ويتكون ركام الخرسانة غالبًا من الرمل والزلط والصخر المكسر مثل الحجر الجيرى والدلوميت والجرانيت وأحيانًا حبيبات خام الحديد والحجر الخفاف وكلها جميعا من الركام الطبيعى.



١- ركام صناعي Artificial aggregates

١- الركام الناتج كمنتج ثانوي by product

وهو ركام ناتج بجوار انتاج لشئ آخر مثل خبث الفرن العالي (Air cooled slag).

١- ركام صناعي Artificial aggregates

٢- ركام خفيف Light weight aggregates

يصنع خصيصا لعمل الخرسانات الخفيفه مثل الحجر الخفاف.

١- ركام صناعي Artificial aggregates

٣- الركام المعماري Architecture aggregates

هو الذي يستخدم لأغراض الزينه مثل الركام الملون او حبيبات الزجاج أو السيراميك والرخام.

- خواص الركام Properties of aggregates

١- المقاس Size

١- الركام الصغير (Fine agg): وهو الركام الذى تقل مقاسات حبيباته عن ٤,٧٥ مم، وعليه يحتوى الركام الصغير على حبيبات يتراوح مقاساتها بين ٠,٠٧٥ مم و ٤,٧٥ مم. والركام الصغير أيضا هو مجموعة الحبيبات التى يمر معظمها بنسبة (٩٥ الى ١٠٠%) من المنخل القياسي ٤,٧٥مم مثل الرمل.

٢- الركام الكبير(Coarse agg): وهو الركام الذى له حبيبات تزيد عن ٤,٧٥ مم في مقاساتها، وتتراوح مقاسات حبيبات الركام الكبير بين ٤,٧٥مم حتى ١٥٠مم. وهو أيضا مجموعة الحبيبات التى يحتجز معظمها بنسبة (٩٥ إلى ١٠٠%) على المنخل القياسي ٤،٧٥مم، ولا تزيد ما يمر منها من هذا المنخل عن النسب المسموح بها فى حدود التدرج المذكورة فى الموصفات القياسية مثل الزلط والسن.

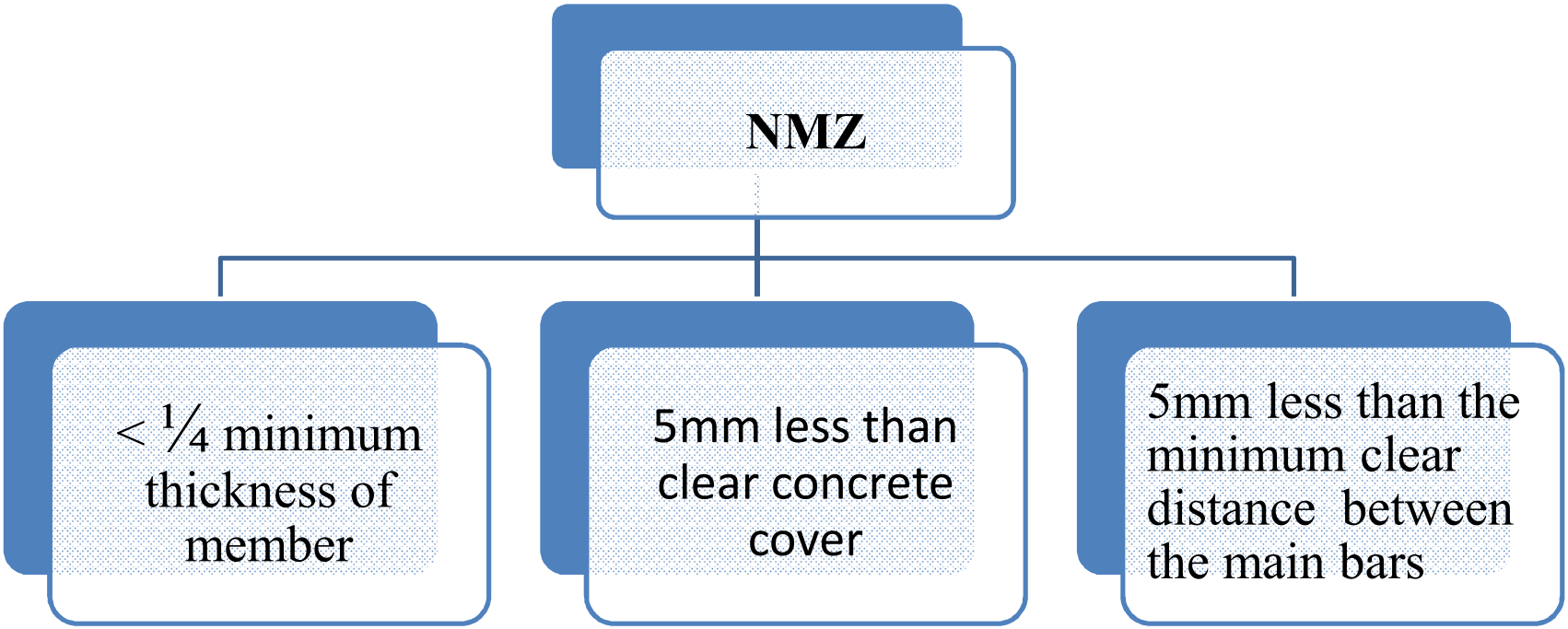
٣- الركام الشامل(Combined agg): وهو الخليط المطلوب من الركام الصغير والركام الكبير بالنسب المطلوبة فى الخلطة الخرسانية.

- **المقاس الاعتباري الأكبر للركام (NMZ) Nominal Maximum Size**

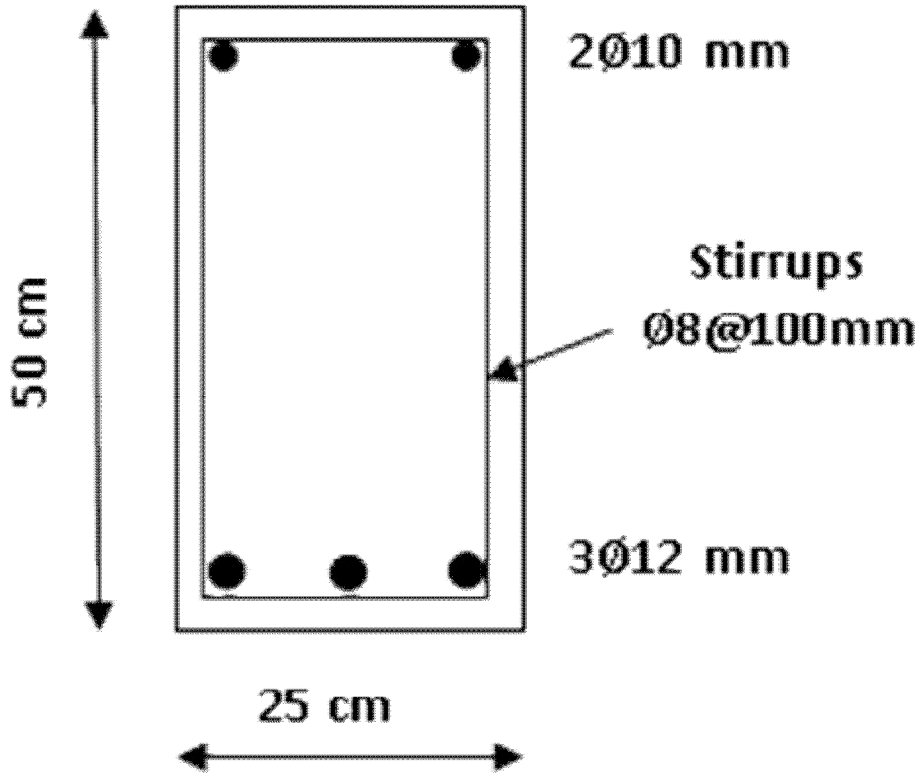
- **للخرسانه العاديه (بدون حديد) Plain Concrete**

NMZ ≈ 80mm

- **للخرسانه المسلحه Reinforced Concrete**



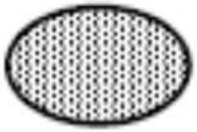
- Suggest the NMZ of coarse aggregate that can be used for RC beam shown in figure if the **concrete cover is 25mm**.



- تأثير مقاس الركام على الخرسانه:

كلما كان المقاس متدرج كانت الخرسانه اقوى

Properties of aggregates خواص الركام -



مستدير

٢- الشكل Shape

١- الركام المستدير Rounded agg

مثل الزلط والرمل يعتبر الأكثر استعمالا وافضلهم للأسباب التاليه:

١- لان له قابليه عاليه للتشغيل (High Workability)

٢- قابيلة الانضغاط (High Compressibility)

٣- يحتاج كميه قليله من الأسمنت (Low quantity of cement)

زاوي

٢- الركام الزاوي Angular agg

جميع انواع الحجاره المكسره (السن)

عصوي

٣- الركام العصوي Elongated agg

مثل الصخور الطبقيه

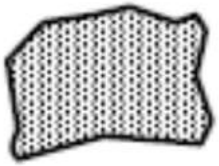
٤- الركام المبطط او المفلطح Flat agg

مثل الصخور الطبقيه

مستطيل ومفلطح

٥- الركام غير منتظم Irregular agg

زلط الحفر وحجر الصوان



غير منتظم

- **تأثير شكل الركام على الخرسانه:**

١ ← افضلهم

٢&٥ ← لها تماسك قوي مع الخرسانه ولكن كمية اسمنت اكثر

٣&٤ ← اسوء الأنواع

Properties of aggregates خواص الركام -

٣- سطح الركام (الملمس) Texture

١- سطح زجاجي Glassy agg

مثل الحجر الصوان الأسود

٢- سطح ناعم Smooth agg

الزلط والرمل

٣- سطح حبيبي Granular agg

الحجر الرملي

٤- سطح خشن Rough agg

مثل البازلت

٥- سطح بللوري Crystalline agg

الجرانيت

٦- سطح معشش ومسامس Porous agg

الحجر الخفاف

- خواص الركام Properties of aggregates

٤- مقاومة الركام Strength

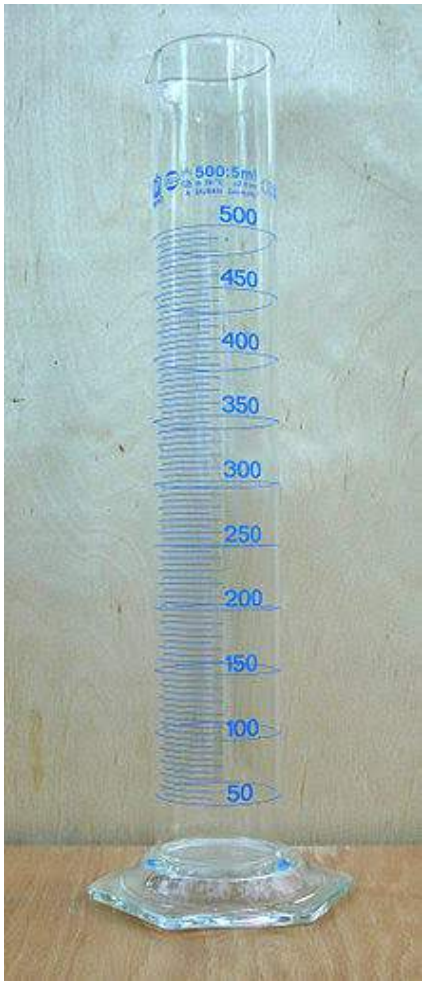
مقاومة الركام تتراوح من ٧٠٠ الى ٢٠٠٠ كجم/سم^{٢}

ولذلك مقاومة الركام ليس لها اهميه في مقاومة الخرسانه ٢٥٠كجم/سم^{٢}.
مقاومة الركام تكون مهمه في الأماكن التي تحتاج لمقاومه عايه مثل الرصف في المطارات أو الخرسانات عالية المقاومه.

Properties of aggregates خواص الركام -

٥- الوزن النوعي الظاهري للركام Specific gravity (Gs)

هو ناتج قسمة وزن الركام الجاف على وزن الماء المساوي له في الحجم (وزن الماء المزاح)



- خواص الركام Properties of aggregates

٦- الكثافه الحجميه (الوزن الحجمي) للركام (٢) Bulk density

هو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله بما فيه من فراغات

١- الوزن الحجمي بدمك

٢- الوزن الحجمي بدون دمك

العوامل التي تؤثر على الكثافه الحجميه:

١- شكل الركام

٢- تدرج الركام

لحساب حجم الفراغات معمليا: يتم حساب حجم الفراغات معمليا بملئ مخبار بالماء وسكبه في الاسطوانه حتى يظهر الماء على السطح، يتم طرح الحجم المتبقي في المخبار من الحجم الكلي للماء قبل السكب يكون هو حجم الفراغات.

$$\% \text{ Voids} = (\text{vol of voids})/(\text{total vol of voids}) \times 100$$

لحساب حجم الفراغات حسابيا:

$$\% \text{ of Voids} = (Gs - \gamma)/(Gs) \times 100$$

Properties of aggregates خواص الركام -

Absorption and Moisture content ٧- الإمتصاص ومحتوى الرطوبه للركام

تعبر عن امتصاص الركام للماء وكمية الماء داخل الركام

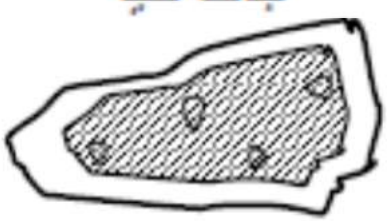
١- ركام مجفف بالفرن Oven Dry

الركام الذي يجفف في الفرن للتخلص من كل الرطوبه سواء داخليه او على السطح.

جاف كلياً

٢- ركام مجفف بالهواء Air Dry

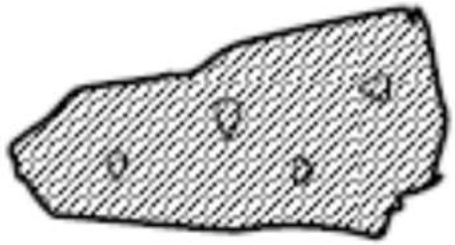
يخلص الركام من الرطوبه على السطح وجزء من الرطوبه داخله



جاف فى الهواء

٣- ركام مشبع بالماء والسطح جاف Saturated and Surface Dry

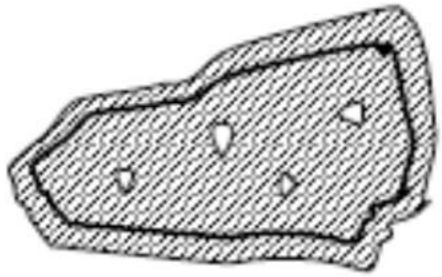
السطح جاف ومشبع تماما من الداخل



مشبع والسطح جاف

٤- ركام رطب او مبتل Wet

مشبع بالماء على السطح ومن الداخل



رطب

افضل الأنواع للإستخدام في الخرسانه: النوع الثالث حيث يكون مشبعا من الداخل بالماء فلا يمتص الماء من العجينه الأسمنتيه.

- خواص الركام Properties of aggregates

٨- الزياده الحجميه للرمل Bulking of Sand

نتيجة لتواجد الرطوبة فى الركام فإنه يلزم ضبط مكونات الخلطة الخرسانية، وعليه يتم خفض كمية الماء فى الخليط بمقدار وزن الماء الحر فى الركام وبالتالي يتم زيادة محتوى الركام بنفس المقدار. أما الركام الناعم متمثلا فى الرمل فله ظاهرة طبيعية وهى زيادة حجمه عند إضافة الماء إليه أو كونه رطبًا فى الأصل وذلك ينتج من تكون غشاء من الماء على سطحه رافعًا حبيبات الرمل بعيدا عن بعضها البعض نتيجة لتأثير ظاهرة الشد السطحي. والزيادة الحجمية للرمل تؤثر على نسب مكونات الخلطة الخرسانية بالحجم، لأنه ينتج من الزيادة الحجمية للرمل إنقاص لأوزان الرمل الحقيقي التى تشغل حيزًا ثابتا فى صندوق المعايرة. وهنا يصبح الخليط ناقصًا فى محتوى الرمل المطلوب والذي يسبب تأثيرًا ضارًا على الخرسانة المنتجة من انفصال حبيبي أى يحدث بها تعشيش ومسام داخلية وكذلك تتغير نسب الخلط لمكونات المواد المطلوبة فى الخلطة الخرسانية.

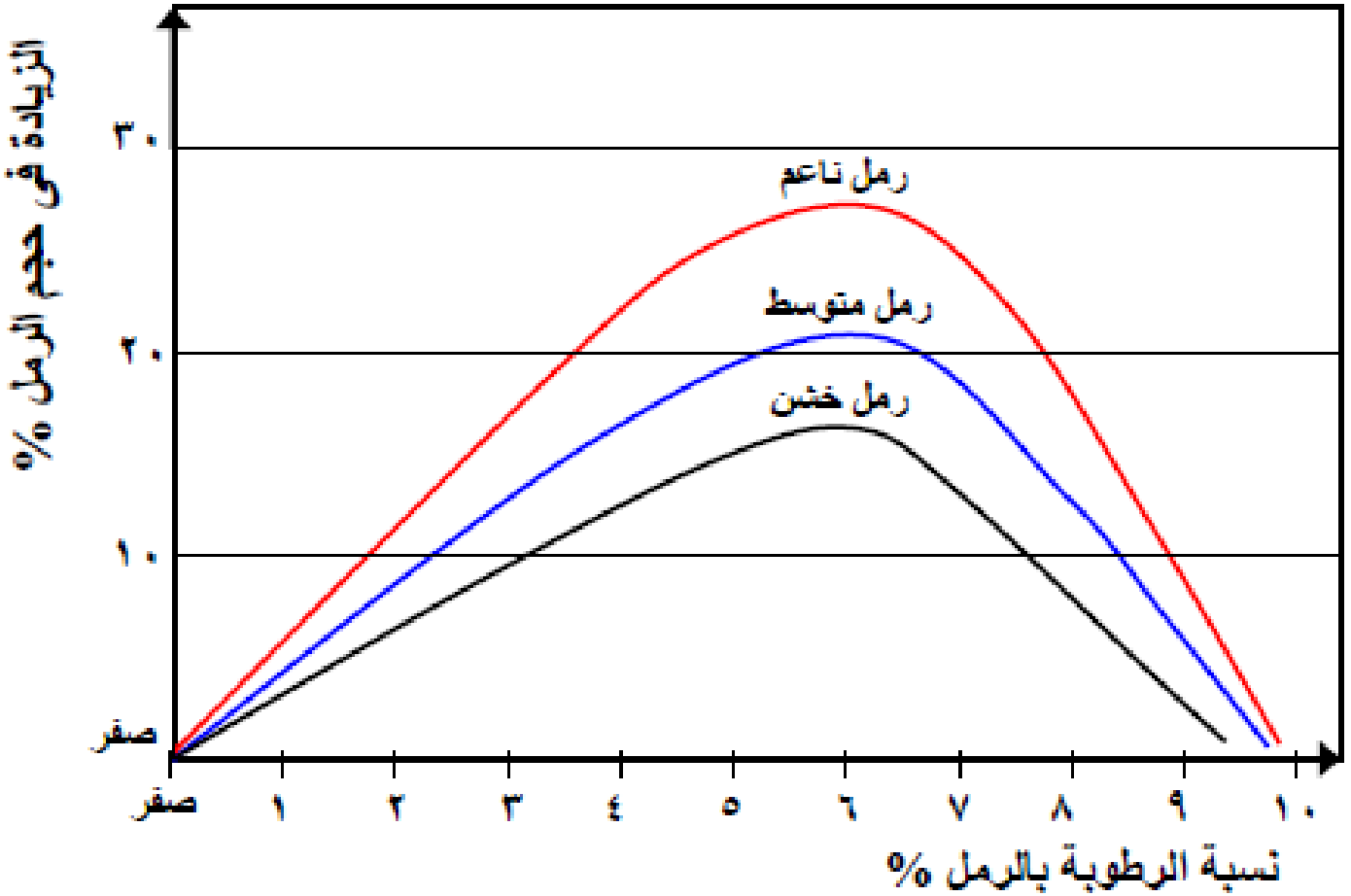
و الزيادة الحجمية للرمل تتأثر بالعوامل الآتية:

١- النسب المئويه للرطوبه الموجوده في الرمل
٢- درجة نعومة الرمل

يوضح الشكل أن الزيادة الحجمية تحدث بمقدار يتراوح ما بين ٢٠% إلى ٣٠% عندما تزداد درجة الرطوبة ما بين ٥% إلى ٨% أما إذا أضيف الماء بأكثر من ذلك ، فإن الغشاء الرطب يندمج مع الركام، ويتحرك الماء إلى الفراغات بين الحبيبات، وبالتالي ينخفض ا لحجم الكلى للرمل، حتى الوصول إلى التشبع ا لكامل للرمل وهنا يصبح حجم الرمل المشبع كاملا مساويا لحجم الرمل الجاف عندما تستخدم نفس طريقة قياس الحجم. ويظهر أيضا فى الشكل السابق أنه كلما زادت نعومة الرمل زادت الزيادة الحجمية للرمل. إلا أن الرمل الناعم لا يصلح لإنتاج خرسانة جيدة.

تأثيرها على الخرسانه:

١- يكون بها كمية مياه كبيره وتشغل حيز في الخرسانه وعند تعرضها للهواء يجف الماء ويترك مكانه فراغات تؤدي لضعف الخرسانه
٢- عدم اتخاذ النسبه الصحيحه (معايرة الرمل بالحجم غير صحيحه)

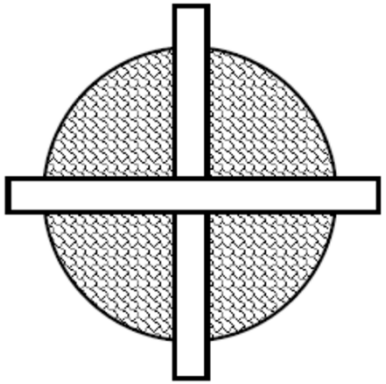


الزياده الظاهريه (الوهميه) في حجم الرمل

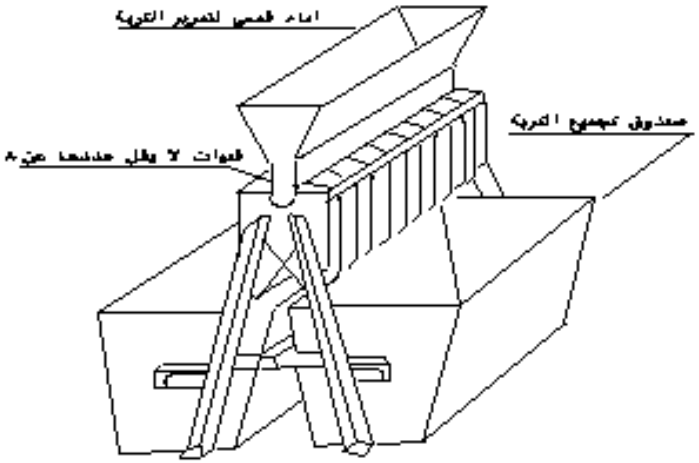
طرق اخذ العينات Aggregate Sampling

تهدف هذه الطرق لتحديد الوسائل القياسية لأخذ وتحضير عينات الاختبار للركام الكبير أو الصغير أو لخليط وتشمل:

١- طريقة التقسيم الربعي



٢- صندوق تقسيم العينات



٩- اختبار التحليل بالمناخل للركام Sieve Analysis of Aggregate

هذا الاختبار هو أحد الاختبارات الهامة لتحديد صلاحية الركام لاستخدامه فى الخلطات الخرسانية. وهو يختص بتحديد التدرج الحبيبي أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام المستخرج من المصادر الطبيعية.

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد:

١- التدرج الحبيبي أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام وذلك لاستخدامه فى الخلطات الخرسانيه.

٢- معاير النعومة للركام.

٢- المقاس الاعتبارى الأكبر للركام.

وقبل تحديد أهداف هذا الاختبار يجب معرفة التعريفات الآتية:

- **التدرج الحبيبى:** هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض فى أى كمية من الركام ويكون ذلك بالتحليل بالمناخل للركام المستخرج من المصادر الطبيعية والركام المصنع والمستخدم فى الخرسانة.
- **الركام الصغير:** هو الركام الذي يمر معظمة (٩٠-١٠٠%) من منخل ٥مم وبه بعض حبيبات قليلة كبيرة.
- **الركام الكبير:** هو الركام الذي يحجز معظمة (٩٠-١٠٠%) على منخل ٥مم ويحتوي على بعض حبيبات صغيره.
- **الركام الشامل:** هو خليط من الركام الصغير والكبير.

- **معاير النعومه للركام الصغير:** هو مجموع النسب المئوية المحجوزة على مناخل الركام القياسية التسعة مقسوما على ١٠٠، ويصف هذا المعامل مقاس حبيبات الركام فكلما صغر المعامل كلما دل ذلك على صغر مقاس الركام.

- **المقاس الاعتباري الأكبر للركام:** هو مقاس أصغر فتحة منخل تسمح بمرور ٩٥% على الأقل من الركام الكبير أو الركام الشامل.

اختبار تحليل المناخل

- **Types of aggregate with respect to grading**

انواع الركام من حيث التدرج

1- Graded Aggregate

ركام متدرج وهو الركام الذي يحتوي على معظم المقاسات (مقاسات المناخل)

2- Well Graded Aggregate

ركام جيد التدرج وهو الركام الذي يحتوي على الكميات المناسبه من المقاسات المختلفه

3- Gap Graded Aggregate

ركام ناقص التدرج وهو الركام الذي لايوجد به مقاس او اكثر من مقاسات الركام المختلفه

- الخواص الكيميائيه للركام Chemical Properties of aggregates

ولأن الاستخدام التقليدي للركام فى الخرسانة هو انه مادة مالئة خاملة للحصول على الغرض المطلوب من استخدامه ولكن هذا التعبير غير مطلق حيث لا تكون كل حبيبات الركام خاملة بعد تغليفها بعجينة الاسمنت، حيث أنه قد يحدث أى تفاعل كيميائى مسببا مشاكل كثيرة خطيرة فى الخرسانة. وقد يظهر بصفة عامة التفاعل الكيميائى فى العناصر الخرسانية الانشائية على صور مختلفة كما يلى:

١- إذا كان بالركام مواد ضارة مثل الشوائب والاملاح والتى تسبب تبقيع فى السطح الخارجى للخرسانة المنتجة.
٢- إذا كان بالركام مواد كيميائية تتفاعل مع الاسمنت مؤثرة على مقاومة الخرسانة ومتانتها مع الزمن، ومسببة تشرخ وتفتت فى الخرسانة.
٣- إذا كان الركام يتفاعل مع الاسمنت العالى القلوية (ظاهرة التفاعل القلوى للركام) مسببا تشرخ ونقص فى مرونة ومقاومة الخرسانة.

وهنا يمكن تلخيص الخواص الكيميائية للركام فى تأثيرات مختلفة عليها وهى:

١- المواد الضارة فى الركام (الشوائب العضوية - الطين والمواد الناعمة - الأملاح- الحبيبات غير الثابتة)

٢- ثبات حجم الركام.

٣- التفاعل القلوى للركام.

١٠- نظافة الركام Cleanliness

وهو خلوه من المواد الضارة (الشوائب العضوية- الطفله- الطين والمواد الناعمة) ويؤدي وجودها في الخرسانه الى:

١- ضعف الخرسانه.

٢- تأخير تفاعل الأسمنت مع الماء.

٣- زيادة الإنكماش (مما يؤدي الى حدوث شروخ بالخرسانه)

ويجب الا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمه بالركام عن:

منخل ٧٥ ميكرون

٣% بالوزن للرمل.
٥% بالوزن للرمل الناتج من الأحجار المكسرة.
١% بالوزن للركام الكبير من الزلط أو كسر الزلط.
٣% بالوزن للركام الكبير من كسر الحجارة.

١١- ثبات حجم الركام Soundness of Aggregate

- ثبات حجم الركامه و قدرة الركام على مقاومة التغيرات الحجمية الزائدة كنتيجة للتغيرات فى الظروف الطبيعية.

١- تؤخذ عينه وتوضع في محلول كبريتات الصوديوم او كبريتات الكالسيوم (١٦-١٨ساعه).
٢- ثم توضع في الفرن ١٠٥-١١٠م (٦-٤ ساعات).
٣- تبرد العينه لمدة (ساعتان)
٤- تكرر الخطوات السابقه ٥ دورات وبعدها نلاحظ سطح الركام:

- تكون المقاومه للتغيرات الحجميه صغيره عندما يحدث شقوق او تفتيت بعد العمليه والعكس.

محلول	فرن	تبريد
١٦	٦	٢
١٨	٤	٢

١٢- التفاعل القلوي للركام Alkali- Aggregate Reaction

بعض أنواع الركام يحتوي على أنواع مختلفة من السليكا النشطة التى قد تتفاعل كيميائيًا مع القلويات الموجودة أصلا فى الأسمنت وغيره مثل أكسيد الصوديوم (Na_2O) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O) وقد ينتج عن هذه التفاعلات مواد جيلاتنية تنتفش عند إمتصاصها للماء (وهى اصلا لها شراهه عاليه لإمتصاص الماء). مما يؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية فى الخرسانة قد تسبب تشققها أو تفتتها.

- الخواص الميكانيكيه للركام Mechanical Properties of aggregates

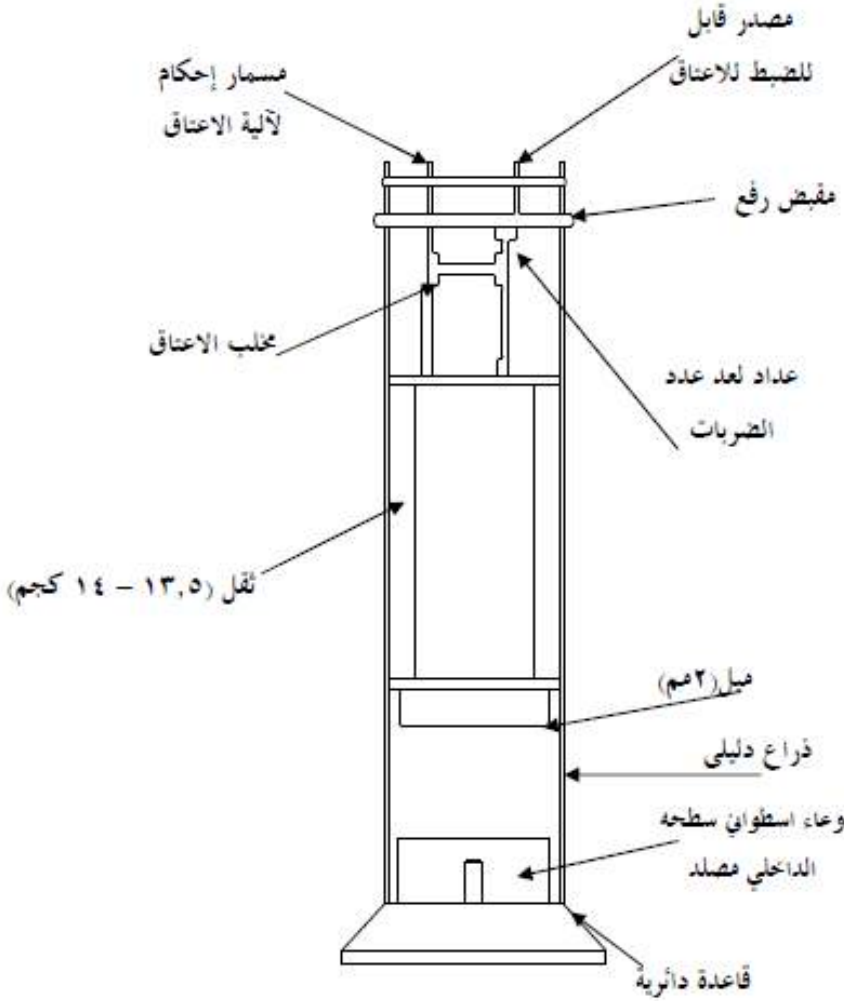
من الضروري معرفة مجموعة من الخواص الميكانيكية للركام بجانب مقاومته للضغط، وبالأخص عندما تكون الخرسانة معرضة إلى تآكل عالي بالاحتكاك أو عند استخدامها فى المطارات أو الطرق العامة. ومن أهم الخواص الميكانيكية المطلوب دراستها هي:

١- معامل التهشيم للركام الكبير Crushing Value of Coarse Agg
٢- معامل الصدم للركام الكبير Impact Value of Coarse Agg
٣- مقاومة الركام الكبير للبري Abrasion Resistance of Coarse Agg

١٣- معامل التهشيم للركام الكبير Crushing Value of Coarse Aggregates

الاسطوانه المعدنيه والقاعده والمكبس

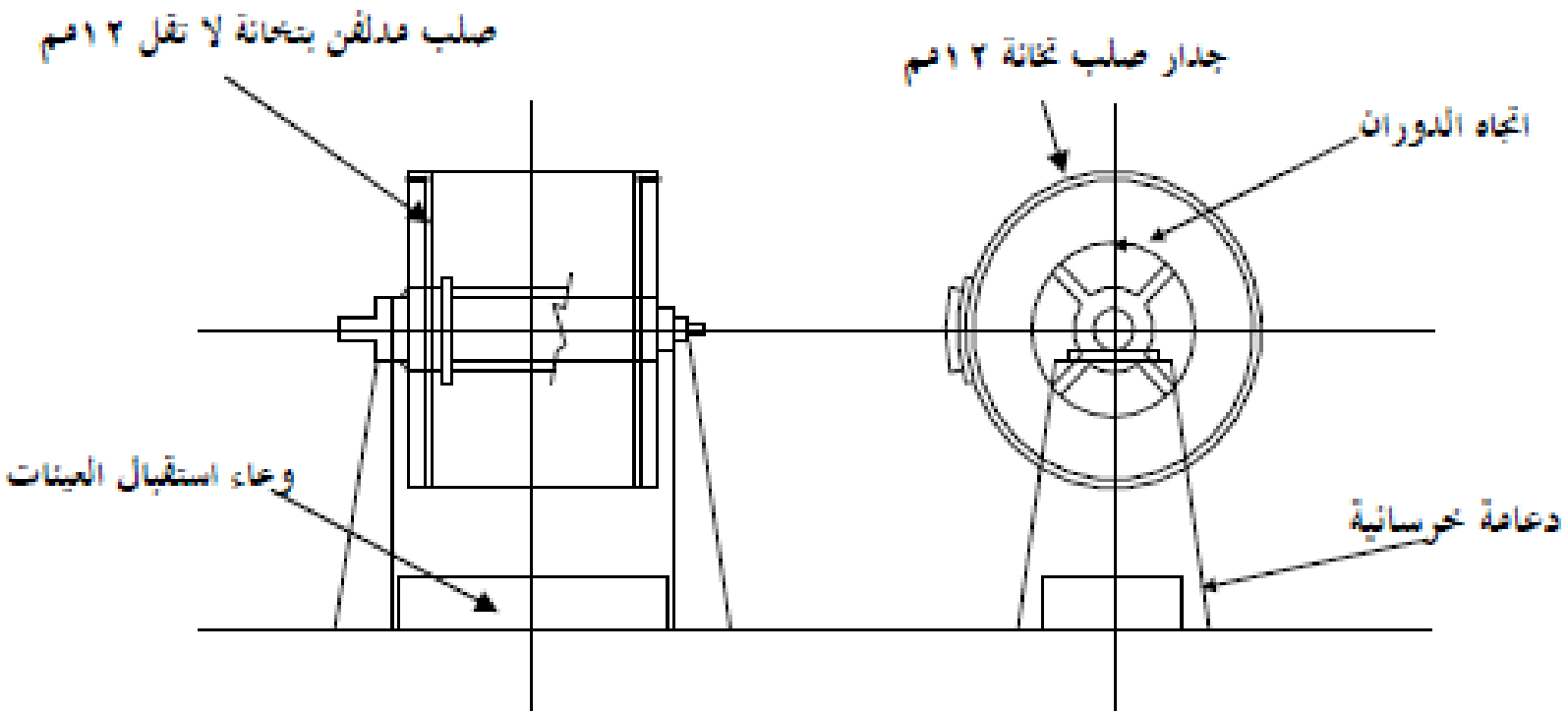
١٤- معامل الصدم للركام الكبير
Impact Value of Coarse Aggregates



ماكينة اختبار الصدم

١٥- مقاومة الركام الكبير للبري Abrasion Resistance of Coarse Aggregates

صورة جهاز لوس انجلوس
والكرات الحديديه



ماكينة لوس انجلوس للبري

ثانيا الاختبارات الكيميائية والأدائية:

- اختبار تعيين الشوائب العضوية للركام
- تعيين محتوى الأملاح (الكلوريدات – الكبريتات)

٤-٨-١ طرق أخذ العينات Aggregate Sampling

أ- الهدف من الاختبار

تهدف هذه الطرق لتحديد الوسائل القياسية لأخذ وتحضير عينات الاختبار للركام الكبير أو الصغير أو لخليط.

ب- العينات المختبرة

١–أخذ وتحضير العينات

تجهيز عينات الركام الصغير أو الكبير أو الخليط اللازمة لإجراء الاختبارات المبينة فيما بعد بأخذها من المحجر وعند التوريد، وتؤخذ عينة واحدة لكل ١٠٠ متر مكعب من الركام إلا فى الحالات التى يكون فيها الركام مأخوذ من محاجر معروفة الخواص فيجوز الاكتفاء بعينة واحدة بشرط ألا يكون هناك اختلاف واضح فى الركام المورد.

٢– أخذ العينة الكلية للركام

تحضر العينة بأخذ كميات متساوية من الركام على وجه التقريب من مواضع مختلفة، ثم تخلط هذه الكميات مع بعضها البعض خلطاً تاماً لتكون العينة الممثلة للركام، على ألا يقل عدد النقط التى تؤخذ منها كميات الركام عن عشر نقاط.

جـ- خطوات الاختبار

١– تحضير عينة الاختبار الجزئية

تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينة الكلية، وتكون هذه التجزئة بالأوزان المبينة بالجدول (٤–١٧) باستخدام التقسيم الربعي كما يلي:

طريقة التقسيم الربعى

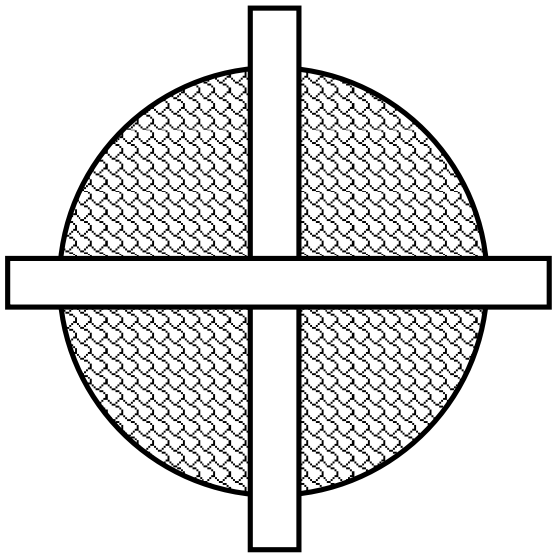
تعمل التجزئة بالخلط التام لكميات الركام المأخوذة من النقاط المختلفة والمكونة للعينة الكلية وذلك بعمل كوم مخروطي منها ثم يقلب، ويعاد عمل الكوم المخروطي مرة ثانية وتجرى هذه العملية ثلاث مرات ثم تسطح الكومة المخروطية الثالثة بحرف لوح من الخشب. ثم تقسم الكومة الدائرية المسطحة إلى أربعة أقسام وذلك بوضع لوحين من الخشب أو المعدن على سطحها على شكل قطرين متعامدين ثم ضغطها كما هو مبين بالشكل (٤-١٤) ثم يستبعد جزأن متعامدان قطرياً ويؤخذ الجزان ويخلطان مع بعضهما خلطاً تاماً، وتكرر عملية التقسيم الربعي على خليط هذين الجزأين مرة أو أكثر حتى يحصل على الكمية اللازمة لعملية الاختبار.

٢- تعبئة عينات الاختبار

تكون الأوعية التى ترسل فيها عينات لمعامل الاختبار متينة تتحمل أية ظروف سيئة أثناء الشحن على ألا يفقد أى جزء من الركام لا سيما المواد الناعمة، ويتوقف نوع وعاء التعبئة على طريقة شحن عينة الاختبار، وتستعمل الأكياس ذات النسيج القوى المضموم أو الصناديق الخشبية المحكمة أو الأسطونات المعدنية.

جدول (٤-١٧) عدد النقط التى تؤخذ منها عينات الركام ووزن العينة

المقاس الاعتباري للركام(مم)	المناخل القياسية		عدد نقاط أخذ الركام	وزن كمية الركام المأخوذة عند كل نقطة (كيلو جرام)	وزن العينة الكلية (كيلو جرام)	وزن عينة الاختبار (كيلو جرام)
	رقم المنخل	العرض الاسمي للفتحة (مم)				
٤٠	٧	٣٧,٥	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
٣٢	٨	٢٨	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
٢٥	١٠	٢٠	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
٢٠	١١	٢٠	٢٠	٥	١٠٠	٢٥
١٦	١٢	١٤	٢٠	٥	١٠٠	٢٥
١٠	١٥	١٠	٢٠	٤	٨٠	٢٠
٥	١٩	٥	١٠	٤	٤٠	١٠



شكل رقم (٤-١٤) التقسيم الربعي للركام

٤-٨-٢ اختبار التحليل بالمناخل للركام

Test Method For The Determination of Sieve Analysis of Aggregates

- هذا الاختبار هو أحد الاختبارات الهامة لتحديد صلاحية الركام لاستخدامه فى الخلطات الخرسانية. وهو يختص بتحديد التدرج الحبيبي أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام المستخرج من المصادر الطبيعية.
- فى حالة الركام الذى يحتوي على مواد طينية أو أي مواد تؤدي إلى تكتل الحبيبات فيتم غسل الحبيبات ثم تعيين التدرج الحبيبي لها بعد جفافها.

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد:

- التدرج الحبيبي أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام وذلك لاستخدامه فى الخلطات الخرسانيه.
- معاير النعومة للركام.
- المقاس الاعتبارى الأكبر للركام.

وقبل تحديد أهذاف هذا الاختبار يجب معرفة التعريفات الآتية:

- **التدرج الحبيبي**: هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض فى أى كمية من الركام ويكون ذلك بالتحليل بالمناخل للركام المستخرج من المصادر الطبيعية والركام المصنع والمستخدم فى الخرسانة.
- **الركام الصغير**: هو الركام الذي يمر معظمة (٩٠-١٠٠%) من منخل ٥ مم وبه بعض حبيبات قليلة كبيرة.
- **الركام الكبير**: هو الركام الذى يُحجز معظمه (٩٠ – ١٠٠%) على منخل ٥ مم ويحتوي على بعض حبيبات صغيرة.
- **الركام الشامل** هو خليط من الركام الصغير والكبير.
- **معاير النعومة للركام الصغير**: هو مجموع النسب المئوية المحجوزة على مناخل الركام القياسية التسعة مقسوما على ١٠٠، ويصف هذا المعامل مقاس حبيبات الركام فكلما صغر المعامل كلما دل ذلك على صغر مقاس الركام.
- **المقاس الاعتبارى الأكبر للركام**: هو مقاس أصغر فتحة منخل تسمح بمرور ٩٥% على الأقل من الركام الكبير أو الركام الشامل.

ب- الأجهزة المستخدمة

- ميزان حساس
- فرن جيد التهوية يمكن التحكم فى درجة حرارته حتى ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية.
- مجموعة المناخل القياسية لكل من الركام الكبير والركام الصغير الخليط كما بالجداول (٤-١٨).
- هزاز مناخل ميكانيكى (اختيارى).
- صينية يمكن إدخالها بدون حدوث أى تغير فى وزنها.
- إناء كبير يسمح باحتواء العينة بالإضافة إلى ٥ مرات حجمها ماء.

جـ- العينات المختبرة

- تحضر عينة الاختبار بتجزأة العينة الكلية كما هو مبين باختبار طرق أخذ عينات الركام لكى تحقق الأوزان المنصوص عليها بالجدول (٤-١٩).
- تجفف عينة الاختبار حتى يثبت وزنها لأقرب ٠,١% من وزن العينة فى فرن درجة حرارته ١٠٥± ٥ درجة مئوية لمدة ٢٤ ± ٤ ساعة.

د- خطوات الاختبار

- يراعى أن تكون المناخل سليمة ونظيفة تماماً قبل استعمالها.
- قد يكون توزيع الحبيبات المحجوزة فى بعض أنواع الركام أكثر على بعض المناخل عن البعض الآخر وخاصة المقاسات الأصغر. فى هذه الحالة يمكن إضافة مناخل ذات مقاسات متوسطة تبعاً للجدول (٤-٢٠).

• اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام بدون غسيل

١- توزن عينة الركام الجافة بدقة لأقرب ٠,١% من وزن العينة وليكن وزنها (و).

٢- ترتب المناخل طبقاً لمقاس فتحة المنخل ترتيباً تصاعدياً ابتداءً من الوعاء ثم تنخل العينة ويبدأ النخل بالمنخل الأكبر وينتهى بالمنخل الأصغر.

٣- تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكا أو يدويا مدة كافية لا تقل عن ٥ دقائق، بحيث لا يمر من أى منخل بعدها إلا ٠,١% من وزن العينة الكلى خلال دقيقة من النخل اليدوى. تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسيا وأفقيا وذلك بهزه أماما وخلفا يمينا وشمالا ودائريا فى اتجاه عقرب الساعة وعكسه كما يحرك المنخل من وقت لآخر بحركة النفافية حتى يتحرك الركام باستمرار فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل.

٤- يراعى أثناء نخل الركام الكبير ألا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد، وفى حالة المناخل التى مقاس فتحتها ٢٠مم وأكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل.

٥- يراعى أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكورات المتجمعة – إن وجدت بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يراعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المنخل مقاس ٠,١٥مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم إحداث أى ضغط على سطح هذا المنخل.

٦- توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس ولتكن أوزانه W_1، W_2، W_3 إلخ ويراعى عند إجراء عملية النخل ألا تحمل أوجه المناخل بوزن كبير بحيث لا تزيد الكمية المحجوزة فوق مناخل الاختبار بعد انتهاء عملية النخل عن الأوزان الموضحة بالجدول (٤-٢٠).

• اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام المغسولة

- توضع عينة الركام المجففة فى الفرن داخل الإناء المذكور فى الأجهزة المستخدمة ويضاف إليها ماء ليصل إلى منتصف الإناء. يقلب الركام جيداً حتى تنفصل الحبيبات الأقل من ٠,٠٧٥مم عن الحبيبات الأكبر مقاساً. وقد يستلزم الأمر غمر الركام فى الماء لفترة أو استعمال فرشاة.
- يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخل ٠,٠٧٥ مم بحيث يكون المنخل ١,١٨ مم واقي فوقه مع مراعاة ما أمكن عدم السماح للحبيبات الكبيرة بالهبوط على المنخل مع ماء الغسيل.
- تكرر الخطوات على هذ النحو إلى أن يصبح ماء الغسيل رائقا. ثم توضع عينة الركام المغسولة فى الإناء مع البقايا المحجوزة على المنخلين ٠,٠٧٥مم و١,١٨مم داخل الصينية المذكورة فى الأجهزة المستخدمة.
- يوضع الركام المغسول فى فرن درجة حرارته ١٠٥ $\pm$ ٥ درجة مئوية حتى يثبت وزنه ثم يبرد ويوزن وليكن وزنه W_m.
- يحدد وزن المواد المارة من منخل الاختبار ٠,٠٧٥ ليكون : $W - W_m$.
- يستكمل الاختبار كما تم فى حالة اختبار عينة الركام بدون غسيل.

هـ- النتائج

- تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز على كل منخل والنسبة المئوية للركام المار منه من واقع الأوزان المحجوزة على كل منخل كما هو مبين بالجدول (٤-٢١).

- فى حالة عينة الركام بعد غسلها يضاف ($W - W_m$) وهو وزن المواد المارة من منخل الاختبار ٠,٠٧٥ إلى وزن المواد المارة من أصغر فتحة منخل.
- يمكن توضيح التدرج الحبيبي للركام الحبيبي للركام بيانياً بواسطة منحني إحداثياته الرأسية تمثل النسبة المئوية المارة من المنخل واحداثياته الأفقية تمثل فتحات المناخل موقعة بمقياس رسم حسابي أو لوغاريتمي.
- يعين من النسبة المئوية للمار المقاس الاعتباري الأكبر للركام.
- يحسب معاير النعومة للركام الصغير.

و- حدود القبول والرفض

- حدود القبول والرفض للتدرج الحبيبي للركام الصغير والركام الكبير والركام الشامل كما هو موضح بالجداول (٤-٢٢) ، (٤-٢٣) ، (٤-٢٤).

جدول (٤-١٨) المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبى

لوح من الصلب الطري مثقب بفتحات مربعة قطر المنخل ٤٥٠ مم أو ٣٠٠ مم (ركام كبير)	نسيج شبكى (أسسلاك مضفرة) بفتحات مربعة قطر المنخل ٣٠٠ مم أو ٢٠٠ مم (ركام صغير)
٧٥	٣,٣٥٠
٦٣	٢,٣٦٠
٥٠	١,٧٠٠
٣٧,٥	١,١٨٠
٢٦,٥	٠,٨٥٠
١٩	٠,٦٠٠
١٣,٢	٠,٤٢٥
٩,٥	٠,٣٠٠
٦,٧	٠,٢١٢
٤,٧٥	٠,١٥٠
	٠,٠٧٥*
* يمكن فى بعض التطبيقات استخدام المنخل ٠,٠٦٣مم	

جدول (٤-١٩) أقل وزن لعينة اختبار التحليل بالمناخل

المقاس الاعتباري (مم)	أقل وزن لعنية الاختبار (كجم)
٦٣	٥٠
٥٠	٣٥
٣٧,٥	١٥
٢٨	٥
٢٠	٢
١٤	١
١٠	٠,٥
٥	٠,٢
٢,٣٦	٠,٢
< ٢,٣٦	٠,١

جدول (٤-٢٠) أكبر وزن لكمية الركام المحجوزة على المناخل فى اختبار التدرج الحبيبي

أكبر وزن مسموح - كج					
فتحة المنخل	قطر المنخل		فتحة المنخل	قطر المنخل	
مم	٤٥٠ مم	٣٠٠ مم	مم	٣٠٠ مم	٢٠٠ مم
٥٠	١٤	٥	٥,٠	٧٥٠	٣٥٠
٣٧,٥	١٠	٤	٣,٣٥	٥٥٠	٢٥٠
٢٨	٨	٣	٢,٣٦	٤٥٠	٢٠٠
٢٠	٦	٢,٥	١,٨	٣٧٥	١٥٠
١٤	٤	٢	١,١٨	٣٠٠	١٢٥
١٠	٣	١,٥	٠,٨٥	٢٦٠	١١٥
٦,٣	٢	١	٠,٦٠	٢٢٥	١٠٠
٥	١,٥	٠,٧٥	٠,٤٢٥	١٨٠	٨٠
٣,٣٥	١	٠,٥٥	٠,٣٠	١٥٠	٦٥
			٠,٢١٢	١٣٠	٦٠
			٠,١٥٠	١١٠	٥٠
			٠,٠٧٥	٧٥	٣٠

جدول (٤-٢١) طريقة حساب النسبة المئوية المحجوزة والنسبة المئوية المارة فى اختبار التحليل بالمناخل

فتحة المنخل (مم)	الوزن المحجوز على كل منخل	الوزن الكلى المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية المحجوز من الركام	النسبة المئوية المارة من الركام
٣٧,٥	W1	W1	$\frac{W_1}{W}$ x100	النسبة المئوية للمحجوز – ١٠٠
٢٠,٠	W2	W1 + W2	$\frac{W_1 + W_2}{W}$ x 100	النسبة المئوية للمحجوز – ١٠٠
١٠,٠	W3	W1+W2+W3	$\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W}$ x100	النسبة المئوية للمحجوز – ١٠٠
٥,٠	W4	W1+W2+W3+W4	$\frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}{W}$ x100	النسبة المئوية للمحجوز – ١٠٠

$$W = W_1+W_2+W_3+W_4$$

جدول (٤-٢٢) حدود القبول والرفض للركام الصغير

مقاس فتحة المنخل	النسبة المئوية للمار من المنخل			
	الحد العام للتدرج	الحدود الإضافية للتدرج		
		خشن	متوسط	ناعم
١٠,٠مم	١٠٠	–	–	–
٥,٠٠مم	١٠٠-٨٩	–	–	–
٢,٣٦مم	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٥	١٠٠-٨٠
١,١٨مم	١٠٠-٣٠	٩٠-٣٠	١٠٠-٤٥	١٠٠-٧٥
٠,٦٠٠مم	١٠٠٠-١٥	٤٥-١٥	٨٠-٢٥	١٠٠-٥٥
٠,٣٠٠مم	٧٠-٥	٤٠-٥	٤٨-٥	٧٠-٥
٠,١٥٠مم	صفر-١٥	–	–	–

جدول (٤-٢٣) حدود القبول والرفض للركام الكبير

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية المارة بالوزن						
	ركام متدرج (مم)			ركام بمقاس مفرد (مم)			
	٤٠-٥	٢٠-٥	١٠-٥	٤٠	٢٠	١٤	١٠
٥٠,٠٠	١٠٠	–	–	١٠٠	–	–	–
٣٧,٥٠	١٠٠-٩٠	١٠٠	–	١٠٠-٨٥	١٠٠	–	–
٢٠,٠٠	٧٠-٣٥	١٠٠-٩٠	١٠٠	صفر-٢٥	١٠٠-٨٥	١٠٠	–
١٤,٠٠	–	–	١٠٠-٩٠	–	–	١٠٠-٨٥	–
١٠,٠٠	٤٠-١٠	٦٠-٣٠	٨٥-٥٠	صفر-٥	صفر-٢٥	صفر-٥٠	١٠٠
٥,٠٠	صفر-٥	صفر-١٠	صفر-١٠	–	صفر-٥	صفر-١٠	١٠٠-٥٠
٢,٣٦	–	–	–	–	–	–	صفر-٣٠

جدول (٤-٢٤) حدود القبول والرفض للركام الشامل

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية للمار من المنخل		
	المقاس الاعتبارى ٤٠مم	المقاس الاعتبارى ٢٠مم	المقاس الاعتبارى ١٠مم
٥٠مم	١٠٠	–	–
٣٧,٥مم	١٠٠-٩٥	١٠٠	–
٢٠,٠مم	٨٠-٤٥	١٠٠-٩٥	–
١٤,٠مم	–	–	١٠٠
١٠,٠مم	–	–	١٠٠-٩٥
٥,٠مم	٥٠-٢٥	٥٥-٣٥	٦٥-٣٠
٢,٣٦مم	–	–	٥٠-٢٠
١,١٨مم	–	–	٤٠-١٥
٠,٦٠٠مم	٣٠-٨	٣٥-١٠	٣٠-١٠
٠,٣٠٠مم	–	–	١٥-٥
٠,١٥٠مم	صفر-٨	صفر-٨	صفر - ٨

٤-٨-٣ اختبار تعيين النسبة المئوية للامتصاص للركام

Determination of the Percentage of Absorpaion for Aggregate

أولاً: الركام الكبير Coarse Aggregate

امتصاص الركام الكبير للماء: هو النسبة المئوية للزيـــادة
فى وزن الركام الجاف بعد غمره فى الماء لمدة ٢٤ ساعة.

أ- الهدف من الاختبار

- يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير (أكبر من ٥ مم) للماء بالوزن.

ب- الأجهزة المستخدمة

- ميزان ذو سعة مناسبة (٣كجم أو أكثر حسب وزن عينة الاختبار)
- سلة من السلك (ذات فتحات من ١-٣مم).
- خزان غير منفذ للماء وممكن لسلة السلك السابق ذكرها الدخول فيه بحرية تامة.
- قطعتان من القماش
- وعاء له نفس سعة السلة السلك.
- منخل مقاس ٥ مم.
- ماء نظيف.

جـ- خطوات الاختبار

١- يتم غسل العينة قبل الاختبار على منخل ٥ مم لإزالة كل المواد الناعمة والطمي والطين.
بالنسبة للركام المعتاد (عدا الخفيف أو الثقيل)، يجـــب ألا يقـــل وزن عينـــة الاختبـــار **بـالجرام** عن١٠٠مرة المقاس الاعتبارى الأكبر للركام **بالمليمتر**.

٢- يتم وضع عينة الاختبار فى السلة السلك، ثم تغمر فى وعاء به كمية مناسبة من الماء عنـــد درجـــة حرارة ثابتة (١٥-٢٥درجة مئوية) بحيث لا تقل المسافة بين أعلى نقطة فى السلك وسطح الماء عن ٥٠ مم

٣- بعد الغمر يزال الهواء المحبوس بالعينة وذلك برفع السلة والعينة ٢٥ مم مع التأكد من أن الـــسلة والعينة مغمورتان غمراً تاماً فى الماء، ثم يسمح لهما بالهبوط ٢٥ مرة بمعدل مرة كل ثانية.

٤- تترك السلة وعينة الركام مغمورتين غمراً تاما بالماء لمدة ٢٤ساعة.

٥- ترج السلة والعينة ثم تخرجان من الماء ويمسح الماء العالق عليهما، ثم يتم بعد ذلك تفريغ الركام من السلة ويوضع على واحدة من قطعتى القماش الجاف ويجفف سطح العينة برفق ويستعان بقطعة القماش الجافة الأخرى إذا تطلب الأمر ذلك.

٦- يتم نشر قطع الركام الكبير على سطح قطعة القماش الثانية على طبقة واحدة وتترك معرضة للهواء الجوى بعيداً عن ضوء الشمس المباشر أو أي مصدر آخر للحرارة حتى يختفي غشاء الماء المغلف لسطح حبيبات الركام بينما يكون الركام ما زال مبتلا. يتم وزن العينة وليكن وزنها (m_1).

٧- توضع العينة فى وعاء مسطح ثم توضع فى فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٥+ 5° م وذلك لمدة ٢٤ ساعة، ويسمح للعينة أن تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة بالجو ثم توزن وليكن وزنها (m_2).

د- النتائج

يتم حساب النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير للماء (α) من المعادلة التالية:

$$\alpha = (m_1-m_2) / m_2 * 100$$

حيث :

m_1 : وزن العينة المبتل

m_2 : وزن العينة الجاف

هـ- حدود القبول أو الرفض

تكون طبقا للجدول التالى:

المادة	النسبة المئوية للامتصاص (بالوزن)
الزلط، الحجر الجيري المكسر	٠,٥ – ١ %
الجرانيت	صفر – ١ %
الحجارة	لا تزيد عن ٢,٥%

ثانياً: الركام الصغير Fine Aggregate

يختص هذا الاختبار بتعيين امتصاص الركام الصغير (أقل من ٥ مم) للماء بالوزن.

وامتصاص الركام الصغير للماء: هو النسبة المئوية للزيادة فى وزن الركام الجاف بعد غمـــره فى الماء لمدة ٢٤ ساعة.

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الصغير للماء بالوزن.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- ميزان ذو سعة مناسبة.
- قالب معدني على شكل مخروط ناقص ذي قطر داخلي علوي ٤٠ ± ٣ مم وقطر داخلى سفلى ٩٠ ± ٣ مم وارتفاع ٧٥ ± ٣ مم ومن معدن لا يقل سمكه عن ٠,٨ مم.
- قضيب دمك معدنى.

جـ- خطوات الاختبار:

١- يؤخذ حوالى ١ كجم من عينة الركام الصغير باستخدام الخطوات والإجراءات الموضحة فى اختبار طرق أخذ العينات.

٢- تجفف العينة فى وعاء أو إناء مناسب حتى تصل إلى وزن ثابت عند درجة حرارة ١١٠ ± ٥ درجة مئوية. تترك العينة لتبرد ثم تغطى بالماء بالغمر ثم تترك لمدة ٢٤ ± ٤ ساعات.

٣- يصب الماء الزائد (من التغطية بالغمر) من وعاء لآخر بحرص لتجنب فقدان جزيئات المواد الناعمة ثم تبسط العينة على سطح مستو غير ماص للماء ومعرض لتيار هواء دافئ ذى سرعة بطيئـــة ثم يمـــزج تكراريا لتأمين تجفيف متجانس. إلى أن تصل العينة لحالة الانسياب الحر.

٤- يحدد ما إذا كان هناك رطوبة سطحية على الركام الصغير أم لا باختبار العينة باستخدام المخـــروط كما يلى:

- يمسك القالب بثبات على سطح غير ماص للماء مع وضع القطر الأكبر لأسفل.
- يوضع جزء من الركام الصغير المجفف جزئيا سائبا فى القالب بملئة حتى يفيض.
- يتم دمك الركام الصغير فى القالب بواسطة ٢٥ دقة خفيفة بقضيب الدمك من أعلى ســـطح الركام ٥ مم ثم يترك ليسقط حراً. ثم يسوى السطح العلوى ويزال الركام الزائد.
- يرفع المخروط رأسياً لأعلى ويلاحظ قوام الركام الصغير إذا كانت الرطوبة السطحية مازالت متواجدة وسيأخذ الركام شكل القالب، ينما إذا هبط الركام قد وصـــل إلى حالـــة جفـــاف السطح.

٥- تؤخذ عينة من الركام الصغير بعد تجهيزها كما سبق وتوضع بوعاء مناسب ويعين وزنها وليكن (m_1).

٦- توضع العينة فى وعاء مسطح ثم توضع بفرن تجفيف درجة حرارته ١٠٥ $\pm$ ٥ درجة مئوية وذلك لمدة ٢٤ ساعة، ويسمح للعينة أن تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة بالجو ثم توزن وليكن وزنها (m_2).

د- النتائج:

يتم حساب النسبة المئوية لامتصاص الركام الصغير للماء (β) من المعادلة التالية:

$$\beta = 100 * (m_1 - m_2) / m_2$$

حيث:

m_1: وزن العينة المبتلة

m_2 : وزن العينة الجافة

هـ- حدود القبول أو الرفض

يعتبر الركام الصغير مقبولا للاستخدام فى الخرسانة إذا لم تزد النسبة المئوية للامتصاص بالوزن عن ٢% وذلك طبقا لمشروع المواصفات القياسية المصرية ١١٠٩ - ١٩٩٢.

٤-٨-٤ اختبار تعيين الوزن النوعي الظاهري للركام

Apparent Specific Gravity of Aggregate

يعين هذا الاختبار الوزن النوعي الظاهري للركام الصغير أو الكبير على أساس وزن الركام المشبع ذى السطح الجاف. و **الوزن النوعي الظاهري** للركام الصغير أو الكبير هو ناتج قسمة وزن الركام الجاف على وزن الماء المساوي له فى الحجم (وزن الماء المزاح).

أ- الهدف من الاختبار

١- الوزن النوعى الظاهرى هو الخاصية التى تستخدم – عامة لحساب الحجم الذى يشغله الركـــام فى الخلطات المختلفة المحتوية على ركام و المصممة أو المحللة على أساس الحجم المطلق.

٢- يتعلق الوزن النوعي الظاهري للركام بالكثافة النسبية للمادة الصلبة (الجامدة) المكونة له وغـــير محتوية بداخلها على الفراغات التى يمكن وصول ماء إليها.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- ميزان حساس
- فرن تجفيف
- مقياس الكثافة النوعية: قارورة أو مخبار مدرج أو وعاء مناسب يمكن وضع عينة الاختبار به.

جـ- خطوات الاختبار

يكون الركام المستخدم فى هذا الاختبار مغسولاً بالماء، خالياً من الأتربة.

- إجراء الاختبار للركام الصغير

١- تجفف العينة (لا تتعدى ١٠٠جرام) فى فرن مهوي درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠-١١٠ درجة مئوية ثم تبرد العينة فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلى أن يثبت الوزن وليكن (W1).

٢- يسكب ماء درجة حرارته بين ١٥-٢٥مئوية فى قنينة ذات رقبة مدرجة تدريجاً قياسياً، مثل زجاجة (لوشاتلييه) إلى علامة مناسبة على الجزء المدرج، وتسجل قراءة التدريج ولكن (V1)، ثم يضاف

الركام الصغير (W1) إلى داخل القنيه، ويترك مغموراً لمدة ساعة مع إزالة فقاقيع الهواء الموجودة وذلك بطرق القنيه طرقاً خفيفا وبعد ساعة من إضافة الركام الصغير تسجل القراءة الثانية ولتكن (V_2) فيكون الفرق بين القراءتين هو حجم الركام وليكن (V).

$$V = V_1 - V_2$$

- إجراء الاختبار للركام الكبير

١- تغمر العينة (٢كليو جرام تقريباً) فى ماء درجة حرارته (١٥-٢٥) مئوية لمدة ٢٤ ساعة ثم ترفع ويجفف سطحها.

٢- تصب كمية معلومة الحجم من الماء فى وعاء معلوم السعة وليكن (V_3) إلى ما يقرب من منتصفه ثم تضاف حبيبات الركام إلى الوعاء لتملأ نصفه تقريباً ثم تضاف كمية أخرى من الماء إلى أن يمتلئ الوعاء تماماً ويعين حجم الماء المستعمل جميعه وليكن (V_4).

٣- ترفع العينة من الماء وتجفف فى فرن مهوى درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠-١١٠ درجة مئوية ثم تبرد فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلى أن يثبت الوزن وليكن (W_2).

د- النتائج:

١- الوزن النوعى الظاهرى للركام الصغير $\rho = \frac{W_1}{V}$

٢- الوزن النوعى الظاهرى للركام الكبير $\rho = \frac{W_2}{V_3 - V_4}$

هـ- حدود القبول والرفض

يرجع إلى جدول (٤-٢٥) للاسترشاد بالحدود المعتادة للوزن النوعي الظاهري.

جدول (٤-٢٥) الوزن النوعى الظاهرى للركام

نوع الركام	حدود الوزن النوعي الظاهري
الرمل والزلط	٢,٥٠ – ٢,٧٥
الحجر الجيرى الصلد	٢,٦٠ – ٢,٧٠
الجرانيت والبازلت	٢,٦٠ – ٢,٨٠

٤-٨-٥ اختبار تعيين الوزن الحجمى والنسبة المئوية للفراغات للركام

Determination of Bulk Density (Volumeteric Weight) And Percentage of Voids for Aggregate

الوزن الحجمى هو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذى يشغله بما فيه من فراغات.

النسبة المئوية للفراغات هى النسبة بين حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الركام وبين الحجم الكلى الذى يشغله الركام.

أ- الهدف من الاختبار

- يفيد تعيين الوزن الحجمي عند تحويل حجم معين من الركام إلى الوزن المكافئ له أو العكس.
- يمكن حساب النسبة المئوية للفرغات بين حبيبات الركام بمعلومية كل من الوزن الحجمي والوزن النوعي الظاهري للركام.

ب- الأجهزة المستخدمة

- وعاء أسطوانى الشكل ذو سعة ٣٠ لتر للركام الكبير الذى مقاسه أكبر من ٤٠ مم، وسعته ١٥ لتر للمقاس من ٥ إلى ٤٠ مم، للركام الصغير أقل من ٥ مم سعته ٣ لتر.
- ميزان حساس.
- قضيب دمك معدنى.

جـ- خطوات الاختبار

١- تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينة الكلية طبقا لطرق أخذ عينات الركام ويجرى الاختبار غالباً على ركام جاف كما يمكن إجراؤه على ركام يحتوى على أى نسبة مئوية من الرطوبة وتحدد حالة الركام وقت إجراء الاختبار.

٢- يتم اختبار الوعاء المناسب حسب المقاس الاعتباري الأكبر للركام وليكن حجمه V_1.

٣- يوزن الوعاء فارغا وجافا ونظيفا وليكن وزنه W_1.

٤- يملأ الوعاء بالركام المدموك أو غير المدموك كما يلى:

أ- **الركام المدموك**: يملأ الوعاء لثلثه بالركام المخلوط خلطا جيداً ويدمك بقضيب الدمك ٢٥ مرة ثم يضاف مقدار آخر مساو له فى الكمية ويدمك ٢٥ مرة أخرى وبعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته ويدمك ٢٥ مرة.

ب- الركام غير المدموك: يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد على ٥ سنتيمترات أعلى الوعاء ويجب اتخاذ العناية الكافية لمنع انفصال الحبيبات ذات المقاسات المختلفة المكونة لعينة الاختبار.

٥- يزال الركام الزائد عن سعة الوعاء باستعمال قضيب الدمك ومسطرة تسوية.

٦- يعين وزن الوعاء بما فيه من ركام وليكن وزنه W_2.

٧- يكرر الاختبار ثلاث مرات على الأقل ثم يؤخذ متوسط النتائج.

د- النتائج

١- يتم حساب الوزن الحجمي للركام كما يلي:

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_1}$$

حيث:

γ = الوزن الحجمى للركام.

W_1 = وزن الوعاء فارغاً.

W_2 = وزن الوعاء بما فيه من ركام.

V_1 = حجم الوعاء.

٢- يمكن حساب النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام كما يلي:

$$V\% = \frac{\rho * \gamma_w - \gamma}{\rho * \gamma_w}$$

حيث:

V% = النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام

ρ = الوزن النوعى الظاهري لحبيبات الركام كما تم تعيينها فى اختبار تعيين الوزن النوعى الظاهرى.

γ_w = كثافة الماء = ١ طن/م^3

γ = الوزن الحجمي للركام

هـ - حدود القبول والرفض

لا توجد حدود قبول أو رفض لهذا الاختبار حيث أنه لا يعتبر اختبار صلاحية ولكن يجرى بهدف تعيين خاصية من خواص الركام.

٤-٨-٦ اختبار تعيين معامل العصوية للركام الكبير

Elongation Index Of Coarse Aggregate

معامل العصوية: هو النسبة الوزنية للركام الذى يزيد طول حبيباته على ١,٨ مرة المقاس المتوسط وذلك منسوباً إلى وزن عينة الركام الكلي.

أ- الهدف من الاختبار:

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين معامل العصوية للركام الكبير.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- مقياس طول معدني كما هو موضح بشكل رقم (٤-١٥)
- مناخل قياسية ذات مقاس (٥٠ ، ٣٧,٥ ، ٢٨ ، ٢٠، ١٤، ١٠ ، ٦,٣ مم)
- ميزان حساس.
- فرن تجفيف.
- مجموعة من الأوعية ذات مقاسات مناسبة يمكن تتحمل الحرارة داخل الفرن بدون خسائر.

جـ- خطوات الاختبار

١- يتم تحضير العينة اللازمة للاختبار باستخدام طريقة التقسيم الربعي حتى تصل إلى عينة اختبار تحقق المتطلبات المبينة بجدول (٤-٢٧) مع استبعاد حبيبات الركام المحجوزة على منخل ٥٠ مم والمارة من منخل ٦,٣ مم.

٢- تجفف الأجزاء المختبرة بالتسخين حتى درجة حرارة ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية حتى نصل إلى وزن جاف ثابت. يترك الجزء المختبر حتى يبرد ثم يعين وزنه.

٣- يتم اجراء عملية تحليل بالمناخل لعينة الاختبار مع استخدام المناخل القياسية بالأجهزة المستخدمة.

٤- يتم تعين الوزن الجاف لكل جزء محجوز من العينة على المناخل القياسية عدا المحجوز على منخل ٥٠ مم ثم يوضع كل جزء بوعاء خاص به مع تسجيل المقاس الخاص بكل جزء على الوعاء.

٥- من خلال مجموع الأوزان لكل الأجزاء بالأوعية (M_1) يتم حساب النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل ويتم استبعاد أى جزء لا تزيد النسبة المئوية للمحجوز له على ٥% من الوزن الكلى للعينة. ثم يتم تسجيل الوزن المتبقي بعد تلك المرحلة وليكن (M_2).

٦- يتم اختبار طول حبيبات الركام وذلك باختبار طول القياس المناظر لكل مقاس من أجزاء الركام المختبر (انظر جدول رقم (٤-٢٨). ثم تختبر كل حبة على حدة يدويا. الحبيبات العصوية هى تلك الحبيبات ذات الطول الذى يمنع مرورها من خلال المقاس.

٧- يتم تجميع كل الحبيبات العصوية ويعين وزنها وليكن (M_3).

د- النتائج

يتم حساب قيمة معامل العصوية (E_1) من العلاقة:

$$E_1 = 100 * M_3/M_2$$

حيث:

M_2 : مجموع أوزان أجزاء العينة التى لها أوزان أكبر من ٥% من وزن عينة الاختبار.

M_3 : وزن جميع الحبيبات العصوية.

ويتم التعبير عن معامل العصوية بأقرب رقم صحيح.

هـ- حدود القبول أو الرفض

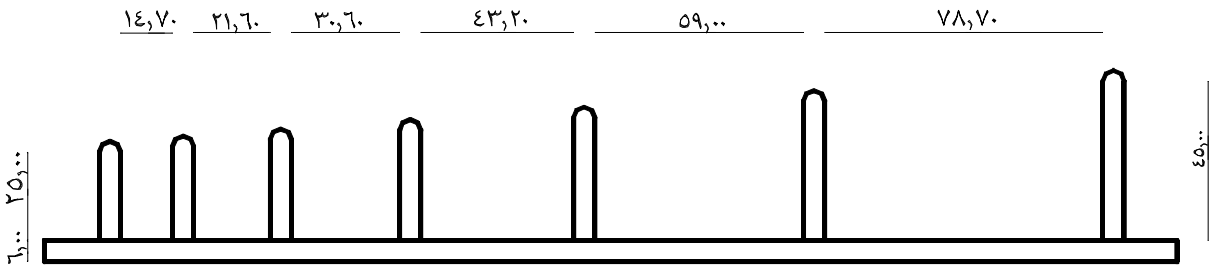
لا يزيد معامل العصوية عن ٢٥%

جدول (٤-٢٧) الحد الأدنى لوزن عينة الاختبار

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	أقل وزن للجزء المختبر بعد استبعاد الحبيبات الأكبر والأقل من المقاس المطلوب (كجم)
٤٠	١٥
٢٨	٥
٢٠	٢
١٤	١
١٠	٠,٥

جدول (٤–٢٨) بيانات تعيين معامل العصوية للركام

مقاس حبيبات الركام		المسافة بين المسامير	أقل وزن للجزء المختبر
مناخل الاختبار (مم)		بمقاس الطول* (مم)	(كجم)
١٠٠% مار	١٠٠% محجوز		
٥٠,٠	٣٧,٥	٠,٣ ± ٧٨,٧	٣٥
٣٧,٥	٢٨,٠	٠,٣ ± ٥٩	١٥
٢٨,٠	٢٠,٠	٠,٣ ± ٤٣,٢	٥
٢٠,٠	١٤,٠	٠,٣ ± ٣٠,٦	٢
١٤,٠	١٠,٠	٠,٢ ± ٢١,٦	١
١٠,٠	٦,٣	٠,٢ ± ١٤,٧	٠,٥
* هذا المقاس يساوى ١,٨ مرة من متوسط مقاس المناخل			



شكل (٤–١٥) مقياس العصوية.

٤-٨-٧ اختبار تعيين معامل التفلطح للركام الكبير

Flakiness Index of Coarse Aggregate

معامل التفلطح يعرف بأنه النسبة الوزنية للركام الذى يقل سمك حبيباته عن ٠,٦ من المقاس المتوسط و ذلك منسوباً إلى وزن عينة الركام الكلي.

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين معامل التفلطح للركام الكبير.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- مقاس سمك معدني كما هو موضح بشكل (٤-١٦)
- مناخل قياسية ذات مقاس (٦٣ - ٥٠ - ٣٧,٥ - ٢٨ - ٢٠ - ١٤- ١٠ - ٦,٣) مم.
- ميزان حساس
- فرن تجفيف
- مجموعة من الأوعية ذات مقاسات مناسبة يمكن أن تتحمل الحرارة داخل الفرن بدون خسائر.

جـ- خطوات الاختبار:

١- يتم تحضير العينة اللازمة باستخدام طريقة التقسيم حتى نصل إلى عينة اختبار تحقق المتطلبات المبينة بجدول (٤-٢٩).

٢- يتم تجفيف الأجزاء المختبرة بالتسخين حتى درجة حرارة ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية حتى نصل وزن جاف ثابت. يترك الجزء المختبر ليبرد ثم يعين وزنه.

٣- يتم إجراء عملية تحليل بالمناخل لعينة الاختبار مع استخدام المناخل القياسية المبينة بالأجهزة المستخدمة.

٤- يتم تعيين الوزن الجاف لكل جزء من العينة محجوز على المناخل القياسية عدا المحجوز على منخل ٦٣مم. ثم يوضع كل جزء بوعاء خاص به مع تسجيل المقاس الخاص بكل جزء على الوعاء.

٥- من خلال مجموع الأوزان لكل الأجزاء بالأوعية (M1) يتم حساب النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل ويتم استبعاد أى جزء لا تزيد النسبة المئوية للمحجوز له عن ٥% من الوزن الكلى للعينة. ثم يتم تسجيل الوزن المتبقى بعد تلك المرحلة وليكن (M2).

٦- يتم اختبار مدى تفلطح حبيبات الركام وذلك باختبار سمك القياس المناظر لكل مقاس من أجـــزاء الركام المختبر (انظر جدول(٤-٣٠). ثم نختبر كل حبة على حدة يدويا. الحبيبات المفلطحة هى تلـــك الحبيبات ذات السمك الذى يسمح بمرورها من خلال الفتحة المناسبة لمقاسها من مقياس التفلطح.
٧- يتم تجميع جميع الحبيبات المفلطحة وعين وزنها وليكن (M_3).

د- النتائج

يتم حساب قيمة دلالة التفلطح (FI) من العلاقة:

$$FI = 100 * M_3/M_2$$

حيث:

M_2: مجموع أوزان أجزاء العينة التى لها أوزان أكبر من ٥ % من وزن عينة الاختبار.

M_3: وزن جميع الحبيبات المفلطحة.

ويتم التعبير عن معامل التفلطح بأقرب رقم صحيح.

هـ- حدود القبول والرفض

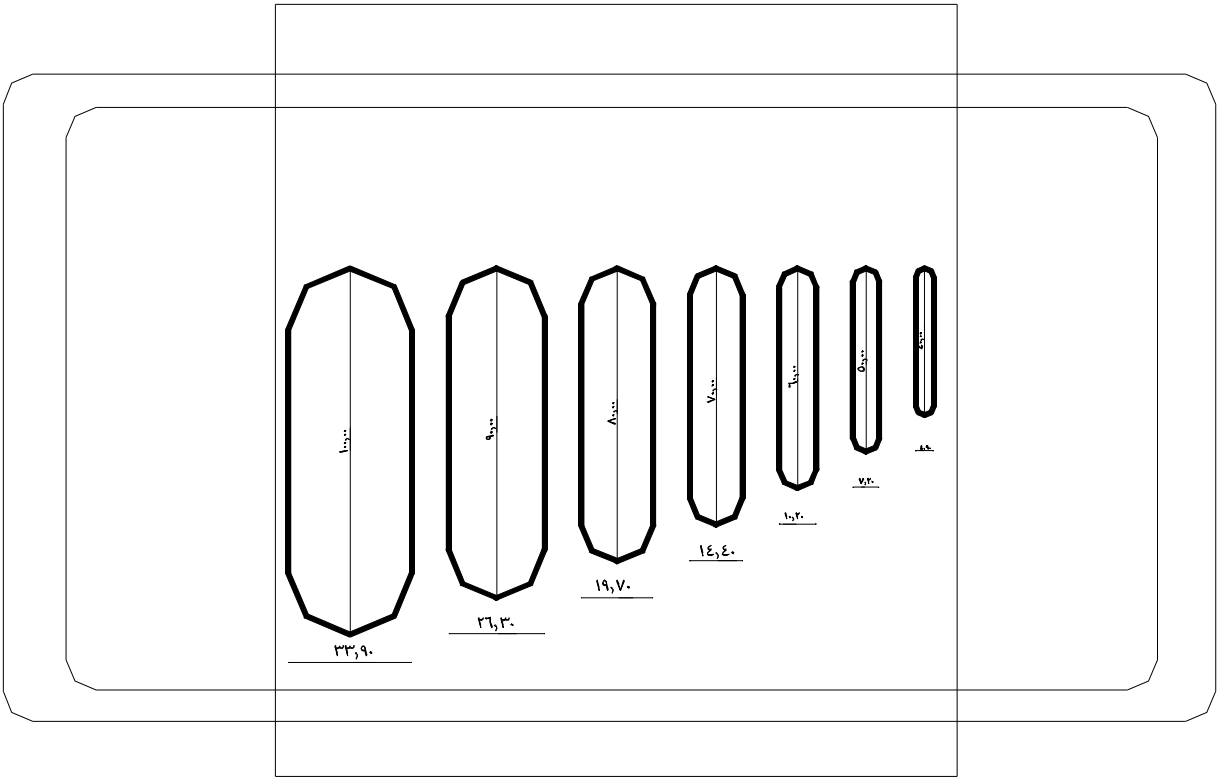
لا يزيد معامل التفلطح عن ٢٥%

جدول (٤-٢٩) الحد الأدنى لوزن عينة الاختبار

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	أقل وزن للجزء المختبر بعد استبعاد الحبيبات الأكبر والأقل من المقاس المطلوب (كجم)
٥٠	٣٥
٤٠	١٥
٢٨	٥
٢٠	٢
١٤	١
١٠	٠,٥

جدول (٤-٣٠) بيانات تعيين معامل التفلطح للركام

مقاس حبيبات الركام		عرض الفتحة بمقياس التفلطح (مم)	أقل وزن للجزء المختبر (كجم)
مناخل الاختبار (مم)			
١٠٠% مار	١٠٠% محجوز		
٦٣,٠	٥٠,٠	٠,٣ ± ٣٣,٩	٥٠
٥٠,٠	٣٧,٥	٠,٣ ± ٢٦,٣	٣٥
٣٧,٥	٢٨,٠	٠,٣ ± ١٩,٧	١٥
٢٨,٠	٢٠,٠	٠,١٥ ± ١٤,٤	٥
٢٠,٠	١٤,٠	٠,١٥ ± ١٠,٢	٢
١٤,٠	١٠,٠	٠,١ ± ٧,٢	١
١٠,٠	٦,٣	٠,١ ± ٤,٩	٠,٥



شكل (٤-١٦) مقياس التفلطح

٤-٨-٨ اختبار تعيين الزيادة الحجمية للركم الصغير

Determination of the Bulking of Fine Aggregates

الزيادة الحجمية للركام الصغيرة: إذا أضيف الماء إلى الركام الصغير أو كان رطباً أساساً فإن طبقة رقيقة من الماء تغلف حبيبات الركام وتدفع الحبيبات بعيداً عن بعضها البعض نتيجة لتأثير ظاهرة الشد السطحى وبذلك يزيد حجم الرمل.

أ- الهدف من الاختبار:

- توضيح أن وجود رطوبة بالرمل الجاف ثم تقليبه تعمل على زيادة حجمه.
- بيان كمية الزيادة العظمى فى الحجم ونسبة الماء المناظرة لهذه الزيادة.
- توقيع منحنى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للماء المضاف والزيادة المقابلة فى حجم الرمل.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- وعاء اسطواني نحاسي سعته ١ لتر.
- عدد ٢ مخبار مدرج زجاجي سعة ١ لتر.
- لوح غير مسامي.
- ميزان حساس.

جـ- خطوات الاختبار:

١- يتم وزن ٢٠٠٠ جرام من الرمل الجاف مجهزة طبقا لطرق أخذ عينات الاختبار.

٢- يملأ الوعاء بالرمل الجاف ويكبس جزئيا ثم يعين وزن الرمل الجاف.

٣- يسكب الرمل من الوعاء على اللوح غير المسامى ويضاف إليه الماء بمقدار ١% من وزن الرمل الجاف.

٤- يقلب الرمل جيدا حتى يصبح متجانسا.

٥- يعاد ملء الوعاء بالرمل الرطب ويكبس جزئيا بنفس الطريقة عندما كان الرمل جافا ويسوى سطح الرمل ويوضع الرمل الزائد فى مخبار مدرج ويعين حجم هذه الزيادة.

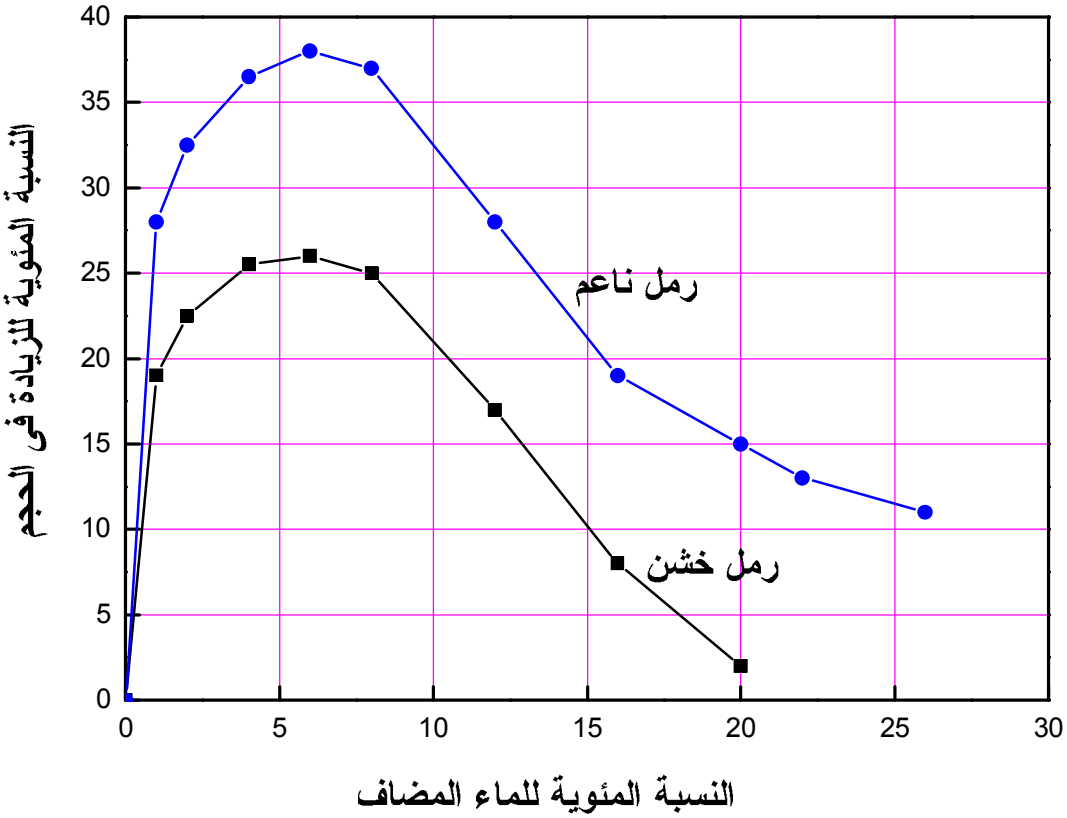
٦- تكرر هذه العملية على أن تكون النسب المئوية للماء المضاف كما يلى: ٢ – ٤ – ٦ – ٨ – ١٠ –١٢ –١٦ –٢٠ – ٢٢ –٢٤ – ٢٦ على التوالي.

٧- يجب مراعاة عدم فقد أى جزء من عينة الاختبار أثناء إضافة الماء والتقليب.

د- النتائج:

أ- تدون نتائج الاختبار فى جدول يبين به النسبة المئوية للماء المضاف والزيادة المناظرة فى حجم الرمل.

ب- يرسم المنحنى البيانى الذى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للزيادة فى الحجم والنسبة المئوية للماء المضاف كما هو مبين بالشكل (٤- ١٧)



شكل (٤-١٧) تأثير الماء على الزيادة الحجمية للرمل

٤-٨-٩ اختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة بالركام بالوزن

Determination of Clay and other Fine Materials in Aggregates by Weight

الطين والمواد الناعمة: هى أي مواد تمر من المنخل القياسي٧٥ ميكرون.

الهدف من الاختبار

يعطى هذا الاختبار قيمة تقريبية لنسبة الطين والمواد الناعمة فى الركام بالوزن.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- وعاء مقاوم للصدأ ذو مقاس وحجم يسمح بتقليب العينة المختبرة دون فقد للركام أو الماء.
- المنخلان القياسيان مقاس ٧٥ ميكرون ومقاس ١٤١ ميكرون.
- فرن تجفيف
- ميزان حساس

جـ- خطوات الاختبار

١- فى حالة الركام الصغير تؤخذ عينة لا يقل وزنها عن ٢٥٠ جم وفى حالة الركام الكبير أو الشامل يكون وزن عينة الاختبار كما هو مبين بالجدول (٤-٣١)

٢- يتم تجفيف عينة الاختبار فى الفرن حتى (١١٠ ± ٥) درجة مئوية حتى يثبت وزنها وليكن A

٣- تغمر العينة بالماء ثم تقلب بشدة.

٤- يتم إزالة المواد الطينية والناعمة عن طريق سكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين مقاس ٧٥ ميكرون، ومقاس ١٤١ ميكرون بحيث يكون المنخل مقاس ١٤١ ميكرون هو الأعلى.

٥- تكرر الخطوات السابقة على نفس العينة حتى يصبح ماء الغسيل رائقا تماما.

٦- تعاد المواد المحجوزة على المنخلين إلى العينة المغسولة بالوعاء.

٧- تجفيف العينة بالمواد المعادة فى الفرن حتى (١١٠± ٥) درجة مئوية حتى يثبت وزنها وليكن B

د- النتائج :

تحسب النسبة المئوية بالوزن للطين والمواد الناعمة بالركام (F%) من العلاقة.

$$F\% = \frac{A - B}{A} * 100$$

هـ- حدود القبول والرفض

يجب ألا تتعدى النسبة المئوية بالوزن للطين والمواد الناعمة القيم المذكورة بالجدول (٤-٣٢).

جدول (٤-٣١) أوزان عينة اختبار نسبة الطين والمواد الناعمة الأخرى بطريقة النخل.

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	أقل وزن لعينة الاختبار
٤,٧٥ – ٩,٥	٥ كجم
٩,٥ – ١٩,٠	١٥ كجم
١٩,٠ – ٣٧,٥	٢٥ كجم
> ٣٧,٥	٥٠ كجم

جدول (٤-٣٢) حدود النسبة المئوية للمواد الناعمة بالركام

نوع الركام	الحد الأقصى لنسبة الطين والمواد الناعمة بالوزن ٪
رمل	٣
رمل ناعم من كسر الحجارة	٥
الركام الكبير من الزلط أو كسر الزلط	١
الركام الكبير من كسر الحجارة	٣

٤-٨-١٠ اختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة بالركام الصغير بالحجم

Determination of Clay and other Fine Materials in Fine Aggregates by Volume

أ- الهدف من الاختبار

يعطى هذا الاختبار قيمة تقريبية لنسبة الطين والمواد الناعمة بالركام الصغير بالحجم.

و يجرى هذا الاختبار عادة بموقع العمل ولا يطبق على ناعم كسر الحجارة.

ب- الأجهزة المستخدمة

مخبار مدرج سعته ٢٥٠ سنتيمترا مكعباً.

جـ- خطوات الاختبار

١- تؤخذ عينة وزنها حوالى ١٠٠ جرام.

٢- يوضع ٥٠ سنتيمترا مكعبا من الماء النقي فى المخبار المدرج.

٣- تضاف كمية من عينة الركام الصغير تدريجياً حتى يصير الحجم الكلى ١٠٠ سنتيمتراً مكعباً.

٤- يضاف ماء نقي حتى يصير الحجم الكلي ١٥٠ سنتيمتراً مكعباً.

٥- يرج المخلوط بشدة لعمل معلق من حبيبات الطين والمواد الناعمة.

٦- يوضع المخبار على سطح أفقى مستو ويطرق طرقاً خفيفاً على جدار المخبار لجعل طبقة الركام الصغير مستوية السطح ويترك لمدة ٣ ساعات.

د- النتائج

تحسب النسبة المئوية بالحجم لكمية المواد الناعمة بالركام الصغير بحساب النسبة بين ارتفاع الطبقة المترسبة فوق سطح الركام الصغير و ارتفاع الركام الصغير أسفل الطبقة المترسبة.

هـ- حدود القبول والرفض

يجب الا تزيد النسبة المئوية بالحجم لكمية الطين والمواد الناعمة بالرمل الطبيعى عن ٣ % ورمل ،كسر الأحجار عن ٥%. وفى حالة تجاوز هذه النسبة يتم إجراء اختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة بالوزن بالمعمل على ألا تتجاوز هذه النسبة الحدود المبينة بهذا الاختبار.

٤-٨-١١ اختبار معامل التهشيم للركام الكبير

Determination of Crushing Value of Coarse Aggregate

معامل التهشيم هو النسبة المئوية المارة بالوزن من المنخل القياسى ٢,٣٦ مم وذلك بعد تعريض عينة الاختبار لحمل ضغط تدريجى قدرة ٤٠٠ كيلو نيوتن (حوالي ٤٠ طن).

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار لتعيين مقاومة الركام الكبير والتى تعطي مقياسا نسبياً لمدى مقاومة الركام الكبير للتهشيم تحت تأثير حمل ضغط تدريجى ، وهى خاصية هامة للركام المستخدم فى الخرسانة المعرضة للتآكل. والاختبار قابل للتطبيق على حبيبات الركام الكبير التى تمر من المنخل القياسى ١٤مم والمحجوزة على لمنخل القياسى ١٠مم.

ب- الأجهزة المستخدمة

- مكيال أسطوانى معدنى قطره الداخلى ١٢٠مم وارتفاعه الداخلى ١٨٠مم ويراعى أن يكون هذا المكيال ذا صلابة كافية تمكنه من الاحتفاظ بشكله تحت ظروف الاستعمال.
- قضيب معدنى مستقيم للدمك قطاعه مستدير بقطر ١٥مم وطوله ٦٠٠ مم بطرف مدبب.
- أسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب كما هو مبين بالشكل (٤-١٨).
- المناخل القياسية ذات فتحات مربعة مقاسات ١٤مم، ١٠مم، ٢,٣٦مم.
- فرن مهوى حرارته ١٠٠ – ١١٠ درجة مئوية.
- ماكينة اختبار للضغط. – مطرقة مطاط.
- صينية معدنية ذات وزن معلوم بحيث تكفى ٣ كجم من الركام.
- فرشاة من السلك. – ميزان حساس.

جـ- عينة الاختبار المختبرة:

تحضر عينة الركام المستخدمة فى الاختبار كما يلي:

١- تنخل كمية من الركام على المنخلين القياسيين ١٤مم و ١٠مم على التعاقب.

٢- يستعمل فى إجراء الاختبار الركام المار من المنخل القياسى ١٤مم والمحجوز على المنخل القياسى ١٠مم، يملأ المكيال إلى ثلثه بالركام المذكور ويدمك بقضيب الدمك ٢٥ مرة ثم توضع كمية

أخرى مماثلة من الركام وتدمك ٢٥ مرة أخرى ثم يملأ المكيال لمستوى أعلى من سطحه ويدمك ٢٥ مرة ثم يزال الركام الزائد عن سعة المكيال بتسوية سطحه بقضيب الدمك وتكون كمية الركام التى يحتويها المكيال حينئذ هى عينة الاختبار.

٣- تجفف عينة الاختبار بوضعها غى الصينية المعدنية داخل الفرن المهوى درجة حرارته ١٠٠-١١٠ درجة مئوية لمدة أربع ساعات ثم يبرد الركام.

٤- تجهيز عينة أخرى من الركام باتباع الخطوات السابقة.

د- خطوات الاختبار

١- توضع الأسطوانة الصلب المفتوحة فى مكانها على القاعدة.

٢- توضع عينة الاختبار فى الأسطوانة الصلب على ثلاث دفعات متساوية تقريباً وتدمك كل دفعة ٢٥ مرة بواسطة قضيب الدمك ثم يسوى سطح الركام فى الأسطوانة ويوضع فوقها المكبس الصلب ويراعى عدم حشر المكبس فى الأسطوانة.

٣- توضع الأسطوانة والقاعدة والمكبس فى مكنة اختبار الضغط ثم يحمل المكبس تدريجياً بمعدل منتظم حتى يصل حمل الضغط إلى ٤٠٠ كيلو نيوتن فى مدة ١٠ دقائق ثم يرفع الحمل بعد ذلك.

٤- يفرغ الركام من الاسطوانة فى الصينية المعدنية باستخدام المطرقة المطاط والفرشاة السلك لتنظيف الأسطح الداخلية للأسطوانة وتوزن العينة لأقرب جرام وليكن وزنها (M1)، ثم تنخل العينة على المنخل القياسى ٢,٣٦ مم ويعين وزن الركام المحجوز على المنخل والركام المار من المنخل لأقرب جرام ولتكن الأوزان (M2) و (M3) على التوالى، إذا كان مجموع الوزنين (M2) و (M3) يختلف عن وزن العينة الكلى (M1) بأكثر من ١٠ جرام ترفض العينة ويعاد الاختبار على عينة أخرى.

٥- يعاد الاختبار على عينة أخرى من الركام باتباع الخطوات السابقة.

هـ- النتائج

١- يحسب لكل اختبار من الاختبارين معامل التهشيم للركام الكبير(ACV) كما يلى:

$$ACV = (M3 \times 100) / M1$$

حيث:

ACV = معامل التهشيم للركام.

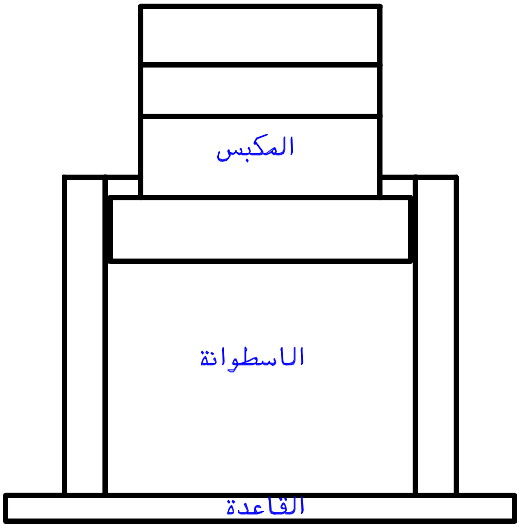
M3 = وزن عينة الركام المارة من منخل ٢,٣٦ مم.

M1 = وزن عينة الركام المستخدمة فى الاختبار.

٢- يجب أن يكون الفرق بين النتيجتين أقل من ٧% من متوسط النتيجتين، أما فى حالة إذا كان الفرق بين النتيجتين أكبر من ٧% من المتوسط يجب أن يعاد الاختبار مرة أخرى على عينتين جديدتين ثم يحسب متوسط الأربع نتائج.

و- حدود القبول والرفض

الاستخدام	معامل التهشيم (٪)
الركام المستعمل فى الخرسانة التى لا تتعرض أسطحها للتآكل	لا يتعدى ٣٠
الركام المستعمل فى الخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل مثل ممرات المطارات والطرق	لا يتعدى ٢٥



شكل (٤-١٨) الأسطوانة المعدنية والقاعدة والمكبس.

٤-٨-١٢ اختبار تعيين مقاومة الركام الكبير للبرى بجهاز لوس أنجلس

Determination of Abrasion Resistance of Coarse Aggregates in Los Angeles Machine

معامل البرى هو النسبة المئوية للفاقد فى الوزن نتيجة البري فى جهاز لوس أنجلس.

أ- الهدف من الاختبار

يعبر عن مقاومة الركام الكبير للبري بالنسبة المئوية بالوزن للفاقد بالبري بعد تعريض الركام للبري باستخدام جهاز لوس أنجلس.

ب- الأجهزة المستخدمة:

- جهاز لوس أنجلس للبرى – موضح بالشكل (٤-١٩)
- المناخل القياسية مقاس ١٦مم ومقاس ١,٧مم.
- كرات البري من الحديد الزهر أو الصلب بقطر حوالى ٤٨مم ووزن الكرة الواحدة حوالي ٤٠٠ جرام.
- ميزان حساس. – فرن تجفيف.

جـ- العينات المختبرة:

- تغسل عينة الركام الكبير (٥-١٠) كجم بالماء ثم تجفف فى فرن درجة حرارته ١٠٥-١١٠ درجة مئوية حتى يثبت الوزن.
- يفصل الركام إلى مقاسات مختلفة عن طريق النخل على المناخل الموضحة بجدول (٤-٣٣).
- يتم إعادة تجميع عينة الاختبار من الركام بخلط الأوزان التى يمكن تجميعها طبقا للقيم الموضحة بجدول(٤-٣٣).

د- خطوات الاختبار

١- توزن عينة الاختبار بعد إعادة خلطها وليكن وزنها (W1) ويحدد نوع تدرج هذه العينة من الجدول(٤-٣٣).

٢- يتم تحديد عدد كرات البري طبقاً لنوع تدرج العينة من الجدول (٤-٣٤).

٣- توضع العينة وكرات البري داخل مكنة لوس أنجلس وتدار المكنة بسرعة ١٠-٣١ دورة فى الدقيقة بحيث يكون عدد الدورات الكلية ٥٠٠ لكل من تدرجات العينات أ، ب، ج ، د وألف دورة لكل من تدرجات العيينات هـ ، و ، ز.

٤- يرفع الركام من المكنة وينخل على منخل مقاس ١٦مم ثم ينخل المار من هذا المنخل على المنخل القياسى مقاس ١,٧ مم.

٥- يؤخذ الركام الكلي المحجوز على المنخلين السابقين ويغسل جيداً بالماء للتخلص من المواد الناعمة الملتصقة بالسطح ثم يجفف فى فرن ١٠٥-١١٠ درجة مئوية حتى ثبوت الوزن وليكن (W2).

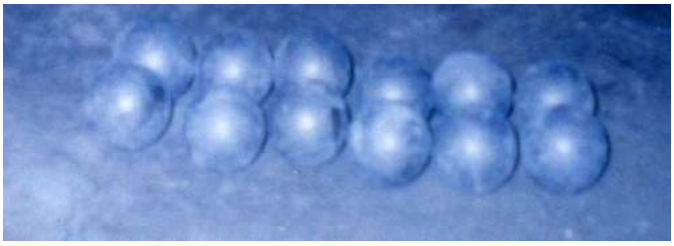
هـ- النتائج

تحسب قيمة النسبة المئوية للبرى (Ab).

$$Ab = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

و- حدود القبول أو الرفض

يجب ألا تتعدى قيمة البري باستخدام مكنة لوس أنجلس ٢٠% للزلط و ٣٠% لكسر الأحجار.



صورة جهاز لوس أنجلس والكرات الحديدية

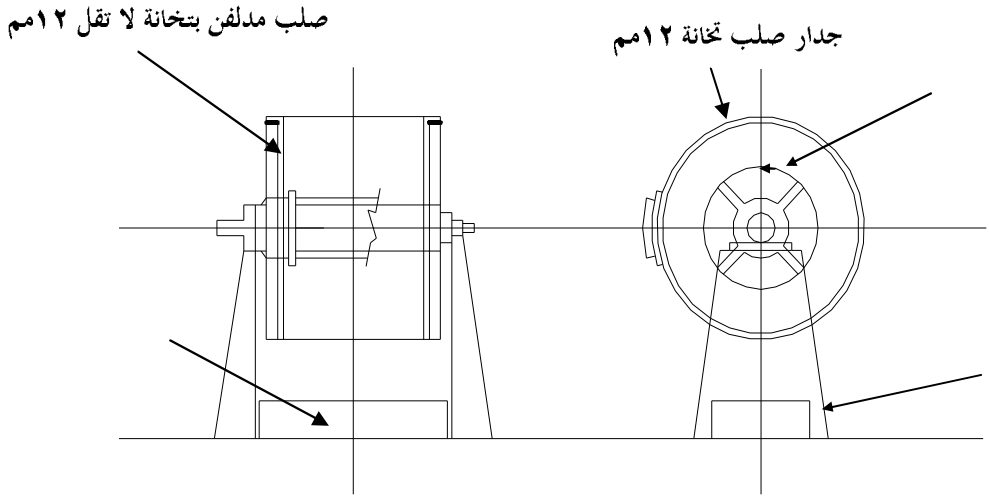
جدول (٤-٣٣) تجميع عينة الاختبار بعد النخل

فتحة المنخل		تجميع وزن عينة الاختبار تبعا لنوع التدرج (جرام)						
المار من	**المحجوز على**	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز
٧٥,٠٠	٦٣,٠٠	--	--	--	--	١٥٠٠	--	--
٦٣,٠٠	٥٠,٠٠	--	--	--	--	١٥٠٠	--	--
٥٠,٠٠	٣٧,٥	--	--	--	--	١٥٠٠	٥٠٠٠	--
٣٧,٥	٢٥,٠٠	١٢٥٠	--	--	--	--	٥٠٠٠	٥٠٠٠
٢٥,٠٠	١٩,٠٠	١٢٥٠	--	--	--	--	--	٥٠٠٠
١٩,٠٠	١٢,٥	١١٥٠	١٥٠٠	--	--	--	--	--
١٢,٥	٩,٥	١١٥٠	١٥٠٠	--	--	--	--	--
٩,٥	٦,٣	--	--	١٥٠٠	--	--	--	--
٦,٣	٤,٧٥	--	--	١٥٠٠	--	--	--	--
٤,٧٥	٢,٣٨	--	--	--	٥٠٠٠	--	--	--

٥٠٠ دورة ← ١٠٠٠ دورة

جدول (٤-٣٤) تحديد عدد كرات البري

نوع التدرج طبقا للجدول السابق	عدد الكرات
أ	١٣
ب	١١
ج	٨
د	٦
هـ	١١
و	١١
ز	١١



شكل (٤-١٩) ماكينة لوس أنجلس للبري

٤-٨-١٣ اختبار تعيين معامل الصدم للركام الكبير (اختبار متانة الركام)

Determinaion of Aggregate Impact Value

- **متانة حبيبات الركام** هى مقاومة الركام للانهيار بتأثير الصدم.
- **عامل الصدم** للركام هو النسبة المئوية بالوزن المارة من المنخل القياسى ٢,٣٦ مم وذلك بعد تعريض الاختبار للصدم من ثقل ساقط رأسيا على سطح العينة.

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين معامل الصدم للركام، الذى يعطي مقياساً نسبياً لمقاومة حبيبات الركام للصدم.

ب- الأجهزة المستخدمة

- جهاز صدم كما هو مبين بالشكل رقم (٢-٢٠).
- المناخل القياسية ذات الفتحات ١٤، ١٠ ، ٢,٣٦ مم.
- مكيال اسطوانى معدنى قطره الداخلى ٧٥ ± ١ مم وارتفاعه الداخلي ٥٠ ± ١مم.
- قضيب معدنى مستقيم للدمك.
- ميزان حساس.
- فرن جيد التهوية يمكن تحديد درجة حرارته عند ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية.
- إناء معدني ذو وزن معلوم وحجم يتسع لكيلو جرام واحد من الركام.

جـ- العينات المختبرة

تحضر عينة الركام طبقاً لإختبار أخذ العينات وذلك حتى تنتج عينة ركام كلية ذات وزن يكفي لثلاث عينات مقاسات تتراوح مقاسات حبيباتها بين ١٤مم و ١٠مم. ويمكن الاسترشاد بالجدول (٤-٣٥).

١- عينات الاختبار فى الحالة الجافة

- ينخل الركام الجاف على المنخلين القياسيين مقاسى ١٤مم و١٠مم للتخلص من مقاسات الركام الأكبر والأصغر من المقاسات المطلوبة. ثم تقسم الكمية الناتجة ثلاثة أقسام للحصول على ثلاث عينات اختبار بأوزان مناسبة لملء المكيال المعدني المذكور فى الأجهزة المستخدمة وبالطريقة المشروحة فى الخطوة التالية.
- تجفف عينات الاختبار بالتسخين حتى درجة حرارة ١٠٥ + ٥ درجة مئوية لا تزيد عن ٤ ساعات، ثم تبرد العينات فى درجة حرارة الغرفة قبل إجراء الاختبار.
- يملأ المكيال المعدنى بركام عينة الاختبار بواسطة مغرفة حتى يفيض. يدمكك الركام ٢٥ دمكة بالطرف المستدير من قضيب الدمك بحيث يسقط قضيب الدمك كل مرة من ارتفاع حوالى ٥٠مم فوق سطح الركام وبحيث تكون الدمكات الموزعة بالتساوى فوق سطح الركام. يزال الركام الزائد ويسوى السطح جيداً. يسجل الوزن الصافي للركام فى المكيال ويستخدم نفس هذا الوزن للعينة الثانية.

٢- عينات الاختبار فى الحالة الرطبة

- تجهز عينة الاختبار الكلية ولكن بحالتها الموردة بها وليست بالحالة الجافة ثم تقسم وتوضع كل عينة فى سلة من السلك وتغمر فى وعاء محكم به ماء. يدمك الركام وهو مغمور فى الماء ٢٥ دمكة بمعدل مرة كل ثانية ويظل مغموراً لمدة ٢٤ ± ٢ ساعة مع الاحتفاظ بدرجة حرارة الماء عند ٢٠ ± ٥ درجة مئوية.
- ترفع السلة من الماء وتزال منها عينة الركام ويجفف سطح حبيبات الركام ثم يجرى الاختبار مباشرة.

د- خطوات الاختبار

١- اختبار العينات فى الحالة الجافة

١- توضع مكنة الصدم على القاعدة و يثبت الوعاء فى مكانه على قاعدة جهاز الاختبار وتوضع به عينة الاختبار وتدمك ٢٥ مرة بقضيب الدمك. يرفع الثقل بحيث تكون المسافة بين سطحه السفلى والسطح العلوى للركام الموجود فى الوعاء ٣٨٠ ± ٥ مم ثم يترك ليسقط حرا تحت تأثير وزنه على الركام وتكرر عملية الصدم المذكور بحيث يكون العدد الكلى للصدمات ١٥ مرة على ألا تقل الفترة بين كل صدمة وأخرى عن ثانية.

٢- يرفع الوعاء ويفرغ الركام بالطرق ويوضع فى إناء معدني. ويوزن الإناء والركام ويحدد وزن الركام وليكن "M_1".

٣- تنخل العينة على المنخل القياسى ٢,٣٦ مم ثم يعين وزن الركام المار من والمحجوز على هذا المنخل. وليكن وزنه " M_2" و " M_3 " على التوالي وإذا كان مجموع الوزن المار والوزن المحجوز "$M_2 + M_3$" يختلف عن الوزن الكلي لعينة الركام "M_1" بأكثر من واحد جرام فتلغى هذه النتيجة ويكرر الاختبار بعينة أخرى.

٢- اختبار العينات فى الحالة الرطبة

١- تتبع نفس الإجراءات المبينة فى اختبار العينات فى الحالة الجافة إلا أن العدد الكلى للصدمات التى تعرض لها عينة الركام يكون هو العدد اللازم لإنتاج ما بين ٥ -٢٠% من المواد الناعمة.

٢- تزال عينة الركام المهشمة من الوعاء وتجفف فى فرن حتى درجة حرارة ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية وحتى يثبت وزنها أو لمدة لا تقل عن ١٢ ساعة. تبرد العينات ثم توزن لأقرب جرام وليكن وزنها " M_1 ". تستكمل الخطوات كما هو مبين فى اختبار العينات فى الحالة الجافة وذلك بداية من نخل العينة على منخل ٢,٣٦مم.

هـ- النتائج

الركام فى حالة الجافة

تحسب قيمة معامل الصدم كنسبة مئوية ولأول رقم عشرى لعينات الاختبار من المعادلة الآتية:

$$AIV = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

حيث:

AIV = معامل الصدم للركام

M_1 = وزن العينة (جم)

M_2 = وزن الركام المار من منخل ٢,٣٦ مم (جم).

الركام فى الحالة الرطبة

يحسب وزن المواد الناعمة m كنسبة مئوية من الوزن الكلى لكل عينة اختبار من المعادلة الآتية:

$$m = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

حيث:

M_1 = وزن العينة الجافة (جم)

M_2 = وزن الركام الجاف المار من منخل ٢,٣٦مم (جم)

تحسب قيمة معامل الصدم كنسبة مئوية ولأول رقم عشري لعينات الاختبار من المعادلة الآتية:

$$AIV = \frac{15\ m}{n}$$

حيث :

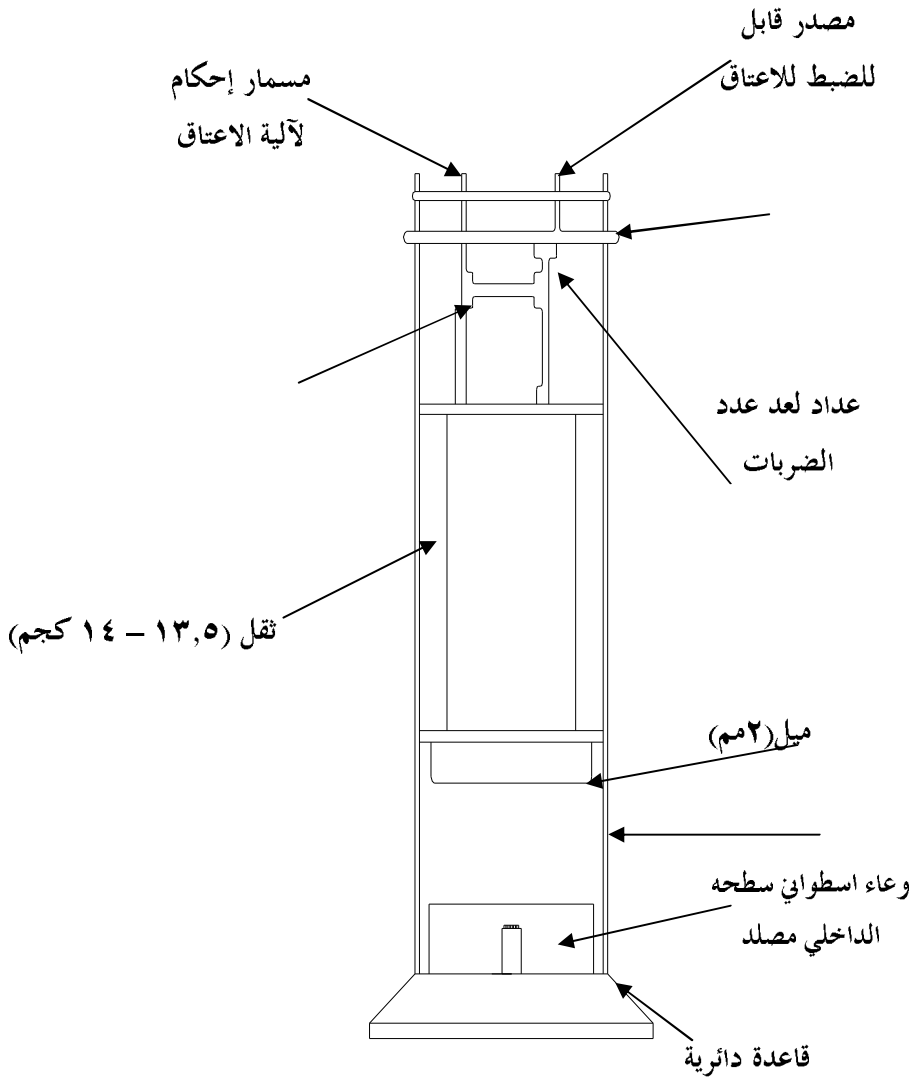
n عدد الصدمات التى تعرضت لها العينة.

و- حدود القبول والرفض

- لا تتعدى قيمة معامل الصدم للركام الكبير ٤٥% بالوزن وذلك كركام مستخدم فى الخرسانة التى لا تتعرض أسطحها للتآكل.
- لا تتعدى قيمة معامل الصدم للركام الكبير ٣٠% وذلك كركام مستخدم فى الخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل مثل ممرات المطارات والطرق.

جدول (٤-٣٥) دليل استرشادي لأقل وزن لعينات الركام لاختبار تحديد عامل الصدم.

مقاس الركام (مم)	أقل وزن لعينة الاختبار الكلية (كجم)
ركام شامل مقاس اعتبارى أكبر ٤٠	٢٠
ركام شامل مقاس اعتبارى أكبر ٢٠	١٥
ركام مدرج من ٤٠ إلى ٥	١٢
ركام مدرج من ٢٠ إلى ٥	٨
ركام مدرج من ١٤ إلى ٥	٥



شكل (٤-٢٢) ماكينة اختبار الصدم للركام