الركام **Aggregate**

ان لنوعية و خواص الركام تأثيراً كبيراً على خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (70-75%) من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية. يتكون الركام من حبيبات صخرية متدرجة بالحجم منها حبيبات كبيرة كالحصى (Gravel)والأخرى صغيرة كالرمل (Sand) ويشمل على المادة المالئة الخاملة نسبيا" والمنتشرة خلال عجينة الاسمنت في الخرسانة إذ يعطي للخرسانةاستقراريتها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية كالحرارة والرطوبة والانجماد, كما ويقلل الركام التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت أو تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف, لذلك فان الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها.

فحوصات الركام

1-حساب الكثافة الكلية

أ-الكثافة الكلية الغير مرصوصة

يثبت حجم اسطوانة القياس وذلك بتعيين وزن الماء الى اقرب ± 0.1 % اللازم لمليء الاسطوانة وحساب الحجم الفعلي لهذه الاسطوانة من قسمة وزن الماء (كغم) اللازم لملأها على 1000 .
يتم وزن الاسطوانة فارغة ثم ملأها بالحصى تدريجيا وبدون رص ويزال الزائد بواسطة القضيب وبعد ذلك يتم وزنها وهي مملوءة وتكرر هذه العملية ثلاث مرات وكما في المثال الافتراضي في الجدول رقم (1) الآتي :

رقم النموذج	وزن الاسطوانة(كغم)	وزن الاسطوانة مملوءة (كغم)	وزن الحصى(كغم)	حجم الاسطوانة($م^3$)	الكثافةالظاهرية الكلية(كغم/$م^3$)
1	5,85	20,20	14,35	0,01	1435
2	5,85	20,03	14,18	0,01	1418
3	5,85	20,21	14.36	0,01	1436
				المعدل	1429,67

جدول رقم (1)

وبعد ذلك يتم حساب الكثافة الذي يمثل الفرق بين الوزنين للأسطوانة مقسوما على حجم الاسطوانة ويحسب المعدل للنماذج الثلاثة (1429.67 كغم/$م^3$) وهذا يمثل حجم الركام سائبا" (Loose).

ب- الكثافة الكلية المرصوصة

يثبت حجم اسطوانة القياس وذلك بتعيين وزن الماء الى اقرب ± 0.1 % اللازم لمليء الاسطوانة وحساب الحجم الفعلي لهذه الاسطوانة من قسمة وزن الماء (كغم) اللازم لملأها على 1000 .

يتم وزن اسطوانة القياس وهي فارغة ثم تملأ الاسطوانة الى ثلثها بالركام وذلك بصب العينة من ارتفاع لا يزيد عن 50 ملم فوق حافة الاسطوانة .
بعد ذلك يرص الركام بواسطة قضيب الرص المعدني(قضيب ذو مقطع دائري قطره 16 ملم وطوله 600 ملم مدورمن إحدى نهايتيه) وذلك بدك الركام من النهاية المدورة للقضيب بعدد من الضربات المطلوبة وحسب ما

مبين في الجدول رقم (3) موزعة بالتساوي على السطح . ويتم الرص بواسطة السماح للقضيب بالسقوط بحرية من ارتفاع 50 ملم من فوق سطح الركام.
تضاف كمية اخرى من الركام الى حد ثلثي الاسطوانة ويدك بنفس العدد من الضربات. ثم تملا الاسطوانة الى فوق حافتها بالركام ويدك مرة اخرى بنفس العدد من الضربات ويزال الركام الزائد بواسطة دحرجة قضيب الرص على طول وبملامسة حافة الاسطوانة.وتكرر هذه العملية ثلاث مرات وكما في المثال الافتراضي في الجدول رقم (2) .

رقم النموذج	وزن الاسطوانة(كغم)	وزن الاسطوانة مملوءة (كغم)	وزن الرمل (كغم)	حجم الاسطوانة($م^3$)	الكثافة الظاهرية الكلية(كغم/$م^3$)
1	5,85	21,59	15,74	0,01	1574
2	5,85	21,40	15,55	0,01	1555
3	5,85	21,31	15,46	0,01	1546
			المعدل		1558,33

جدول رقم (2)

وبعد ذلك يتم حساب الكثافة الذي يمثل الفرق بين الوزنين للأسطوانة مقسوما على حجم الاسطوانة ويحسب المعدل للنماذج الثلاثة (1558,33 كغم/$م^3$) وهذا يمثل حجم الركام مرصوصا" (Compacted).

حجم الاسطوانة (م)	القطر الداخلي (ملم)	الارتفاع الداخلي (ملم)	الحد الادنى لسمك المعدن (ملم)	الكثافة الكلية المرصوصة		الكثافة الكلية الغير مرصوصة
				المقاس الاقصى للركام (ملم)	عدد الضربات للطبقة الواحدة	المقاس الاقصى للركام (ملم)
0.03	350	300	5.0	50	100	50
0.015	250	300	4.0	28	50	14
0.007	200	225	3.0	14	30	6
0.003	150	150	3.0	6	20	--

جدول رقم (3) عدد الضربات المطلوبة وحسب مقاس الركام

2- اختبار مقاومة الصدم للركام: Aggregate Impact Value Test

يجرى هذا الاختبار للتعرف على مدى مقاومة الركام لقوة الصدم والتي تعبر عن الأحمال الديناميكية التي قد يتعرض لها الرصف بسبب مرور عجلات المركبات أو بسبب التوقف المفاجئ على سطح الطريق. ويتمثل الاختبار في تعريض عينة مختارة من الركام لعدد من الصدمات المتتالية بواسطة مطرقة قياسية تسقط بشكل حر من ارتفاع محدد ثم تحسب نسبة المادة المفقودة من حبيبات الركام إلى الكمية الأصلية للحصول على قيمة الصدم.
وتتكون الادوات المستخدمة من اسطوانة معدنية قطرها الداخلي 102مم و عمقها 50مم مثبتة فوق قاعدة معدنية توضع داخل إطار التحميل و الذي تنزلق عليه مطرقة معدنية يتراوح وزنها بين 1350غم و 1400غم يمكن إن

تسقط بشكل حر من ارتفاع يبلغ 380مم من فوق سطح العينة كما تتضمن المعدات وعاء قياس أسطواني و قضيب دمك معدني (قطره 10 ملم وطوله 230 ملم مدور من احد نهايتيه) وبعض المناخل القياسية (14 , 10 , 2.36) ملم.

عينة الركام المستخدمة في هذا الاختبار يجب أن تكون محصورة بين حجم 14 ملم و 10 ملم. يتم إعداد العينة برصها داخل اسطوانة القياس(قطرها الداخلي75 ملم وارتفاعها 50ملم) على ثلاث طبقات و ذلك بدق كل طبقة 25 مرة بقضيب الدمك و يحدد وزن العينة و ليكن(A).

تنقل بعدها العينة إلى اسطوانة الاختبار(قطرها الداخلي102 ملم وارتفاعها 50ملم) و توضع على ثلاث طبقات أيضا حيث تدمك كل طبقة بنفس الكيفية السابقة. يبدأ بعد ذلك الاختبار بتثبيت المطرقة القياسية على الارتفاع المحدد (380)ملم وتركها تسقط على سطح العينة بشكل حرّ . و يتم تكرار ذلك (15) مرة بمعدل سريع وثابت. بانتهاء عملية الصدم يتم إفراغ محتويات اسطوانة الاختبار و إمرار المادة من المنخل 2.36ملم و يحدد الوزن المار (B) والوزن المتبقي (C).

ملاحظة:- واذا كانت الكتلة الكلية (B + C) اقل من الكتلة الاولية (A) بأكثر من (1) غم تهمل النتائج ويعاد الفحص.

وتحسب قيمة الصدم Impact Valueللركام كما يلي:

$$\text{قيمة الصدم (\%)} = \frac{B}{A} * 100$$

A = وزن العينة ذات السطح الجاف (غم)
B = وزن العينة المارة من منخل مقاس 2.36 ملم بوحدات (غم)

يتم تصنيف الركام وفق الجدول الآتي:-

نوعية الركام	قيمة الصدم %
عالي القوة	اقل او تساوي 10%
قوي	20 – 10
جيد	30 – 20
ضعيف	45 - 30

جدول رقم (4) تصنيف الركام حسب قيمة الصدم

ملاحظة:-يسمح باستخدام الركام الذي لا تزيد قيمة الصدم له عن 30% في الطبقات السطحية للرصف أما الركام الضعيف فيمكن استخدامه في الطبقات التحتية فقط و بشرط ألا تزيد قيمة الصدم عن 45%.

3- اختبار مقاومة السحق للركام Aggregate Crushing Value Test

يجرى هذا الاختبار للتعرف على مدى مقاومة الركام لقوة السحق تحت تأثير حمل الانضغاط مسلط عليه بصورة تدريجية.
يمكن تعيين قيمة السحق للركام حسب الطريقة المذكورة في المواصفات القياسية البريطانية B.S.812:1975 وذلك باستعمال ركام يمر من منخل مقاس (14) ملم ويبقى على منخل مقاس (10) ملم , اذ ينخل النموذج على هذه المناخل قبل الفحص وعند عدم توفر هذه المقاسات في الركام يمكن استعمال مقاسات اخرى غير قياسية ولكن المقاسات التي تكون اكبر من المقاسات القياسية تعطي بصورة عامة قيمة سحق اعلى والمقاسات الاصغر تعطي قيمة سحق اقل من القيمة الناتجة من استعمال المقاسات القياسية . ويشترط ان يكون النموذج المراد فحصه في حالة جافة السطح والا يجفف في فرن بدرجة (110-100) م لمدة لاتزيد عن (4) ساعات ويبرد بدرجة حرارة الغرفة قبل الفحص . يجري الفحص بملئ اسطوانة قياس معدنية صلدة قطرها الداخلي (115) ملم وارتفاعها الداخلي (180) ملم بالنموذج بثلاث طبقات متساوية الارتفاع تقريبا حيث ترص كل طبقة بواسطة قضيب رص ذو مقطع دائري قطره (16) ملم وطوله بين450 –600ملم مدور من احدى نهايتيه وذلك بالضرب(25) مرة عند نهايته المدورة من ارتفاع (50) ملم تقريبا فوق سطح الركام بحيث تكون الضربات موزعة بالتساوي على سطح النموذج ثم يزال الزائد عن الحافة بواسطة قضيب الرص ويعين وزن النموذج في اسطوانة القياس (A)بعدئذ توضع اسطوانة الفحص المفتوحة الطرفين(قطرها الداخلي 150 ملم) على صفيحة القاعدة وتملا بالنموذج بثلاث طبقات ايضا حيث ترص كل طبقة بالضرب (25) مرة كما ذكر اعلاه ثم يسوى سطح النموذج ويدخل الكابس بحيث يرقد بشكل افقي على سطح النموذج ثم يوضع الجهاز بين لوحي ماكنة الانضغاط . ويسلط الحمل بمعدل منتظم بحيث يصل حمل الانضغاط (400)كيلونيوتن خلال (10) دقائق وبعدها يرفع الحمل عن الاسطوانة ثم ينخل النموذج على منخل مقاس (2.36) ملم (رقم 7) للمواصفات القياسية البريطانية في حالة الفحص ويوزن الجزء المار منها B وبذلك يمكن حساب قيمة مقاومة السحق للركام من العلاقة التالية :

$$\text{قيمة السحق}(\%) = \frac{B}{A} * 100$$

A = وزن العينة ذات السطح الجاف (غم)
B = وزن العينة المارة من منخل مقاس 2.36 ملم بوحدات (غم)

ملاحظة:- اذا كانت قيمة السحق اكبر من 30% فان الركام يعتبرضعيف.

4- تجربة التآكل(لوس انجلس)(Abrasion Test)

- **الغرض من التجربة :-**

حساب نسبة التآكل للمواد الحصوية باستخدام جهاز لوس انجلس للتآكل.

- **الاجهزة المستخدمة :-**

1. جهاز لوس انجلس الذى يتكون من :

اسطوانة مصنوعة من الحديد الصلب مغلقة من الجهتين ذات قطر داخلي (70) سم وطولها الداخلي (50) سم لها فتحة لإدخال العينة المراد اختبارها ومن ثم اخراجها. وبداخل الاسطوانة رف من الصلب بطول الاسطوانة ومثبت عليها. وترتكز هذه الاسطوانة على قائمين مثبتين في نهاية الاسطوانة بحيث تدور بينهما الاسطوانة.

2. كرات من الصلب وزن الواحدة يتراوح بين (390 – 445) جم. وقطر الكرة (4.8) سم.
3. مجموعة من الغرابيل (2/3 , 4/3 ,8/3, 16/3) بوصة. وغربال (1.7) ملم.
4. ميزان حساس.

- **النظرية :-**

نسبة التآكل هي(الوزن المار من الغربال(1.7) ملم مقسوما" على الوزن الكلى) مضروبا"في 100

- **طريقة اجراء التجربة :-**

1. خذ عينة من الركام ونظفها جيدا. وسخن العينة حتى الوصول الى وزن ثابت (خذ 5 كغم).
2. ضع العينة والكرات الحديدية داخل الاسطوانة ثم شغل الجهاز ليدور بين (500 – 1000) دورة او لمدة 20 دقيقة.
3. اخرج العينة من الاسطوانة بحرص بحيث لايفقداى جزء من الركام.
4. غربل العينة فيغربال(1.7) ملم . ثم احسب الوزن المار.

- **الحسابات والنتائج :-**

النسبة المئوية للتآكل = وزن الركام المار/ الوزن الكلي للركام * 100

- **الخلاصة :-**

تحسب النسبة المئوية للتآكل ومن ثم يحدد ملائمة الركام لأي نوع من العمليات الانشائية وكلما كانت النسبة قليلة كلما كان الركام جيد والعكس صحيح.

5- اختبار الثبات Soundness Test

اختبار الثبات هو مقياس لخاصية المتانة والديمومة للركام، وذلك لمعرفة مدى تأثره بتغير الظروف المناخية. ويجرى هذا الاختبار وفق الخطوات التالية:-

1- إعداد عينة الركام و تنظيفها و تجفيفها و تحديد التدرج الحبيبي لها.
2- غمر العينة في محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المنغنيز لمدة تتراوح بين 16 و 18 ساعة.
3- تجفيف العينة في فرن درجة حرارته 105 –110م.
4- تكرار عمليات الغمر و التجفيف (الخطوتين 2 ، 3) عدة مرات وذلك اعتماداً على طبيعة الظروف المناخية بالمنطقة و أيضا على نوع المحلول المستخدم في عملية الغمر. و في العادة يتراوح عدد هذه الدورات ما بين 5 و 10 دورات.
5- يتم فحص عينة الركام بالنظر و باستخدام المجهر و ذلك للتعرف على أية شقوق أو تفتت يكون قد حدث لجزيئات الركام.
6. إجراء عملية التحليل المنخلي لعينة الركام بعد الاختبار و تحديد التدرج الحبيبي لها و مقارنته بالتدرج الأصلي.

7. وزن العينة بعد الاختبار و تحديد الفقدان في الوزن . و يعبر عن نتيجة اختبار المتانة بتحديد نسبة الفقدان في الوزن.
وتنص مواصفات العراقية أن لا تزيد هذه النسبة بعد (5) دورات من الغمر والتجفيف عن 10% عند استخدام محلول كبريتات الصوديوم و 15% في حالة استخدام محلول كبريتات المنغنيز

6- التحليل المنخلي Sieve Analysis

الغاية من إجراء التحليل المنخلي:-

1-التأكد من مدي مطابقة تدرج الركام لحدود المواصفات.
2- تستخدم نتائج التدرج الحبيبي في تحديد أفضل نسب لخلط الركام الصغيروالكبير للحصول علي تدرج مناسب للركام الخليط بحيث يعطي خرسانة سهلةالتشغيل وذات مقاومة عالية للأحمال والعوامل الجوية.

* يستعمل في هذا الفحص ركام مجفف بالهواء لتجنب تكتل الحبيبات ولمنع انسداد فتحات مناخل الفحص الناعمة وخاصة عند استعمال الركام الناعم .
*تتألف المناخل المستعملة لركام الخرسانة من متسلسلة يكون مقاس الفتحة الصافي لأي منخل فيها مساوي تقريبا" إلى نصف مقاس الفتحة للمنخل التالي الأكبر(جدول رقم 5).

طريقة النخل:-

تؤخذ عينة من النموذج بطريقة التقسيم ألربعي أو النصفي وتوزن هذه العينة (جدول رقم 5 يبينمثال توضيحي) بعدها توضع على المنخل الأكبر ثم تجري عملية النخل باليد ويرج كل منخل على انفراد فوق قاعدته ويحرك إلى الأمام والخلف ومن اليسار إلى اليمين ودائريا" باتجاه وعكس عقرب الساعة مع الضرب باليد على الجانب ويستمر في عملية النخل إلى أن يصبح الجزء المار من المنخل خلال فترة دقيقتين ضئيلا" جدا". وبعد ذلك تسجل الأوزان المتبقية على كل منخل(عمود رقم 2) ويعبر عنه كنسبة مئوية من الوزن الكلي للنموذج (عمود رقم 3) وتستخرج النسبة المئوية المارة (مقربة إلى اقرب 1% لكل منخل (عمود رقم 4) وقيم هذا العمود تستعمل في رسم منحنيات التدرج.

يحسب معامل النعومة من مجموع النسب المئوية المجمعة المحجوزة على تسلسل المناخل5.00مم , 2.36مم , 1.18مم , 600 مايكرون , 300 مايكرون , 150 مايكرون. (عمود رقم 5). مقسوما "على100
ويدل معامل النعومة على متوسط مقاس الركام ويحسب ابتداء" من المنخل الأنعم وعلى سبيل المثال إذا كان معامل النعومة = 4 فهذا يعني أن مقاس المنخل الرابع 1.18مم يمثل المقاس المتوسط للركام ويزداد بزيادة خشونة الركام.
لا يمكن استعمال معامل النعومة لوصف تدرج الركام لان القيمة المتوسطة لا يمكن أن تمثل توزيع مقاسات الركام , وكذلك فان عدد غير محدود من منحنيات التدرج المختلفة لها نفس معامل النعومة.

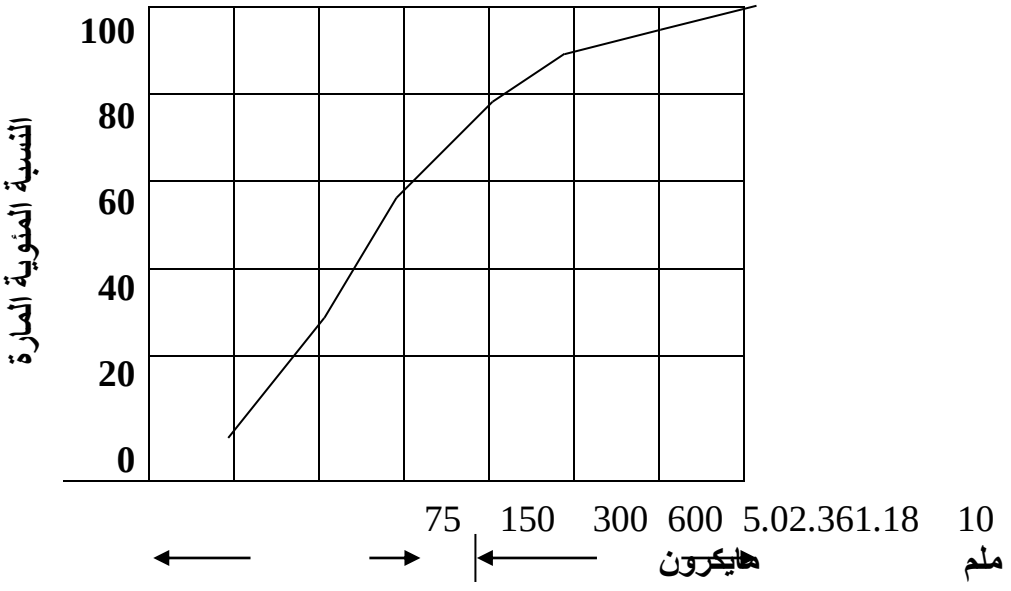
مقاس المنخل		الوزن المحجوز (غم)	النسبة المئوية المحجوزة	النسبة المئوية المجمعة المارة	النسبة المئوية المجمعة المحجوزة
بريطاني	أمريكي				
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)
10.0مم	3/8 انج	0	0	100	0
5.00مم	4	6	2.0	98	2
2.36مم	8	31	10.1	88	12
1.18مم	16	30	9.8	78	22
600مايكرون	30	59	19.2	59	41
300مايكرون	50	107	34.9	24	76
150مايكرون	100	53	17.3	7	93
<150مايكرون	100>	21	6.8	-	-

↑الوزن الكلي للنموذج = 307 غم المجموع = 246

جدول رقم (5) نموذج للتحليل المنخلي

منحنيات التدرج Grading Curves

إن النتائج المستحصلة من إجراء التحليل المنخلي يمكن أن تمثل بشكل بياني يوضح العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية المجمعة المارة. والشكل(رقم 1) يمثل نتائج التحليل في الجدول رقم (1) السابق.



شكل (رقم 1) مقاس المنخل حسب النظام البريطاني

المقياس الاقصى للركام (Maximum aggregate size)

وهو مقاس اصغر فتحة منخل يمر منها 95٪ علي الأقل من وزن الركام سواء أكانالركام كبيرا أو شاملا وكلما كبر المقاس الاعتباري الأكبر للركام كلما زادالوزن الحجمي وتحسنت مقاومة الخرسانة للأحمال نسبياً مع وفر في كميةالإسمنت المستخدم وذلك نظراً لقلة المساحة السطحية للركام.
ويجب أن يكون المقاس الاعتباري اقل من سمك الغطاء الخرساني حتى تحيط الخرسانة بجميع الأسياخ.

تدرج الركام الناعم والخشن

حددت المواصفات القياسية البريطانية متطلبات تدرج الركام الناعم إذ تصنفه إلى أربع مناطق(- 2 -3 - 4)1 كما مبين في الجدول رقم (6) أدناه وان أي ركام ناعم يقع تدرجه كليا" ضمن حدود أي من هذه المناطق الأربع يعتبر مناسبا". ويسمح بتجاوز قيمة 5 % بالوزن من مقدار النسبة المئوية المارة من كل من المناخل ما عدا المنخل 600مايكرون ولكن لا يجوز أن يكون الركام المستعمل انعم من القيم الدنيا لأنعم تدرج (منطقة رقم 4) أو اخشن من القيم القصوى لأخشن تدرج (منطقة رقم 1) .

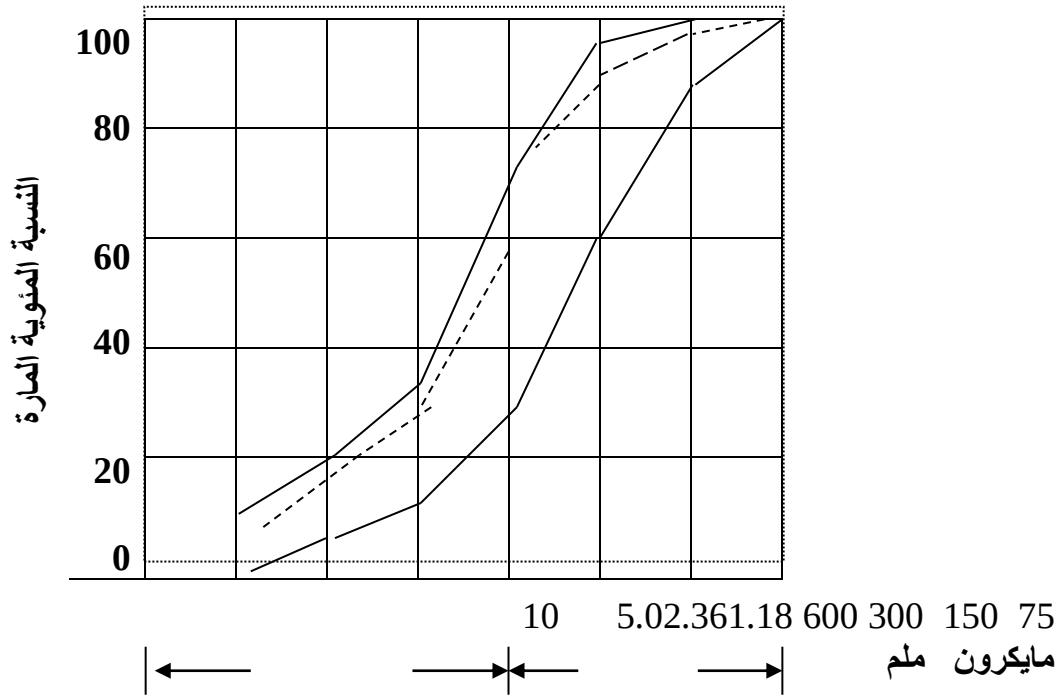
مقاس المناخل	النسبة المئوية المارة(بالوزن) لمناخل المواصفات البريطانية B.S:882:1973				
	منطقة التدرج (1)	منطقة التدرج (2)	منطقة التدرج (3)	منطقة التدرج (4)	المواصفات الأمريكية ASTM: C33-78
10.0مم	100	100	100	100	100
5.00مم	100-90	100-90	100-90	100-95	100-95
2.36مم	95-60	100-75	100-85	100-95	100-80
1.18مم	70-30	90-55	100-75	100-90	85-50
600مايكرون	34-15	59-35	79-60	100-80	60-25
300مايكرون	20-5	30-8	40-12	50-15	30-10
150مايكرون	10-0	10-0	10-0	15-0	10-2

جدول رقم (6) متطلبات تدرج الركام الناعمطبقا" للمواصفات والبريطانية والأمريكية

إن تقسيم تدرج الركام الناعم إلى مناطق أربعة يستند على النسبة المئوية المارة من منخل مقاس 600مايكرون والسبب الرئيسي لهذا هو أن كمية كبيرة من الرمال تقسم نفسها طبيعيا" في هذا المقاس تماما" والتدرج الذي يكون فوق أو تحت هذا المقاس يكون منتظما" تقريبا".

التدرج منقطع التسلسل

هو التدرج الذي يكون فيه واحد أو أكثر من المقاسات المتوسطة مفقود , حيث يمثل بخط أفقي على حدود المقاسات المفقودة. أن فقدان المقاسات المتوسطة يؤدي إلى خطر الانعزال لذا يجب السيطرة على عملية مناولة الخرسانة بصورة تامة لتجنب حصول الانعزال.
إن الركام ذو التدرج المنقطع التسلسل يظهر أكثر ميلا للانعزال لهذا السبب يفضل استعماله في الخلطات ذات قابلية التشغيل الواطئة نسبيا.



مقاس المنخل حسب النظام البريطاني
شكل حدود التدرج للرمل في المنطقة (1) طبقا" للمواصفات القياسية البريطانية

اما متطلبات تدرج الركام الخشن فتحدده المواصفات البريطانية(B.S 882:1973) وكما ومبين في الجدول رقم(5) .

مقاس او رقم المنخل (مم)	النسبة المئوية(بالوزن) لمناخل المواصفات القياسية البريطانية							
	المقاس الاسمي للركام المدرج							
	5-40	5-20	5-14	63	40	20	14	10
75	100	.....	.....	100	.....	.....	.....	.....
63	.....	.....	.....	100-85	100	.....	.....	.....
37.5	100-95	100	.....	30-0	100-85	100	.....	.....
20	70-35	100-95	100	5-0	25-0	100-85	100	.....
14	.....	.....	100-90	.....	.....	.....	100-85	100
10	40-10	60-30	85-50	.....	5-0	25-0	50-0	100-85
5	5-0	10-0	10-0	.....	.....	5-0	10-0	25-0
2.36	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	5-0

جدول رقم (5) متطلبات التدرج للركام الخشن طبقا" للمواصفات البريطانية .