University Of Anbar
College of Engineering
Civil Engineering Department

Properties of Concrete Lab

2nd Stage

مدرس المادة :
م.م. محمد وجيه يونس
م.د. سعدون مشرف عبدالله
م.د. إبراهيم حكيم موسى
م.م. بيداء حمدي صالح

Prepared By:
أ.م. محمد حمود مهنا

ركام الخرسانة Concrete Aggregate

إن خواص ونوعية الركام المعدني (Mineral aggregate) له تأثير كبير على الخرسانة وخواصها 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 للخرسانة استقرارها 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.

إن من أهم المتطلبات الواجب الانتباه إليها عند اختيار الركام هي :-
1- اقتصادية الخليط.
2- المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة.
3- تدرج حبيبات الركام يجب أن يكون مناسبا" للحصول على هيكل حرساني كثيف والسيطرة على قابلية التشغيل للخرسانة الطرية.

اختبارات الركام Aggregates Tests

1- تحديد عينات الركام (النمذجة) Sampling of aggregates

عند اخذ عينة من الركام للاختبار يجب أن تمثل هذه العينة بصورة صحيحة المجموعة المأخوذة منها وهذه تدعى بالعينة النموذجية, فلا يجوز اخذ العينة من القمة أو القاعدة لأكوام الركام لان قمة الأكوام تحتوي على نسبة عالية من الحبيبات الصغيرة بينما تحوي القاعدة الحبيبات الكبيرة.
يجب ان يطابق وزن العينة للركام الحد الادنى المبين في الجدول ادناه :-

الحد الادنى لوزن عينة النخل للركام (كغم)	الحد الاعلى لمقاس حبيبات عينة الركام	
	(انچ)	(مم)
15	1.5	38.1
2	3/4	19.05
0.5	3/8	9.52
0.2	3/16	4.75
0.1	رقم 7	2.36

وهنالك طريقتان لأخذ العينة للركام هما:-

أ- التقسيم الربعي (اليدوي) Quartering

الغرض من الاختبار Purpose of Test

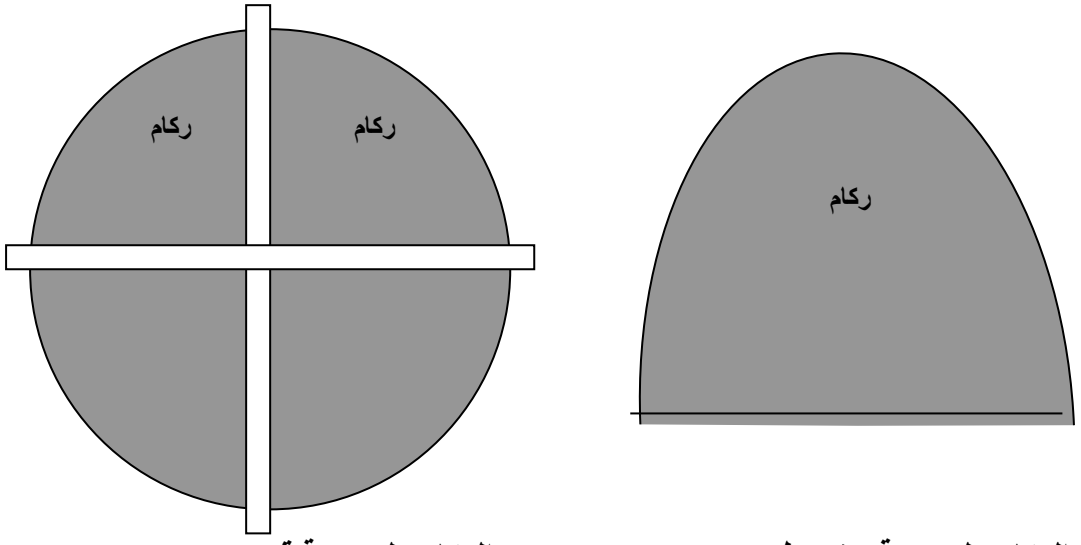
الحصول على عينة تمثل المجموعة المأخوذة منها بصورة صحيحة.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

*- مجرفة.

طريقة الاختبار:- Test Method

بموجب هذه الطريقة تخلط العينة الرئيسية بصورة جيدة وفي حالة الركام الناعم يتم ترطيبه وذلك لتجنب الانعزال . تجمع المادة على هيئة مخروط(شكل 1- أ) ثم تقلب لتكوين مخروط جديد حيث تكرر هذه العملية لمرتين وتترك لتنساب على سطح المخروط وبذلك سيتم سقوط الحبيبات (ذات المقاسات المماثلة) وتوزيعها بصورة متساوية حول محيط المخروط. بعد ذلك يسوى المخروط النهائي على هيئة قرص مستدير(شكل 1- ب) بصورة تدريجية الى ان يتم نشر المادة بسمك واحد ثم يقسم الى اربعة اقسام متساوية ويبعد ربعان متقابلان من الاقسام الاربعة ويجمع الجزءان الاخران الى مخروط بطريقة مماثلة ويتم تسويته و ابعاد الربعين المتقابلين وتكرر هذه العملية الى ان يتم الحصول على الكمية المطلوبة من العينة .



أ- الركام على هيئة مخروط **ب- الركام على هيئة قرص مستدير**

شكل (1) التقسيم الربعي

ب- التقسيم النصفي (الآلي) Riffing

الغرض من الاختبار Purpose of Test

الحصول على عينة تمثل المجموعة الماخوذة منها بصورة صحيحة.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

*- جهاز قاسم العينات شكل (1).
*- مجرفة.

شكل (2) جهاز قاسم العينات

طريقة الاختبار Test Method

بموجب هذه الطريقة تقسم العينة الى نصفين باستعمال الجهاز المخصص لهذا الغرض والمعروف بقاسم العينات اذ يتكون من صندوق يحوي عددا من التقسيمات العمودية المتوازية مع صندوقين اخرين يوضعان على جانبيه وذلك لغرض تجميع العينة المقسمة . يتم تفريغ العينة الرئيسية على العرض الكلي لصندوق قاسم العينات وبذلك ستنقسم الى جزئيين ويتم تجميعها في الصندوقين الكائنين على جهتي صندوق قاسم العينات وبعد ذلك يهمل احد الجزئين ويقسم الجزء الاخر بطريقة مماثلة وتكرر عملية تقسيم العينة الى 1/4 ثم الى 1/8 وذلك الى ان يتم الحصول على الوزن المطلوب من العينة.

2- اختبار الكثافة الكلية للركام Aggregates Bulk Density Test

هي وزن وحدة حجم الركام بالهواء وفي درجة حرارة معينة (ويشمل ذلك المسامات الغير منفذة والمنفذة الموجودة في الركام) وتقاس بالكيلو غرام للمتر المكعب.
عند تحديد كميات المواد على أساس حجمي فيجب معرفة الحالة التي يقاس عندها حجم الركام . فالركام إما أن يكون سائبا" (Loose) أو مرصوصا" (Compacted) أو قد يكون جافا" أو رطبا" أو مبتلا".
والظروف القياسية لقياس حجم الركام هو أن يكون جافا" ومرصوصا".

تعتمد الكثافة الكلية للركام على :-

1- حالة الرطوبة للركام.
2- درجة الرص للركام.
2- تدرج الركام.
4- شكل الحبيبات وملمسها السطحي.

أ- اختبار الكثافة الكلية الغير مرصوصة Loose Bulk Density Test

الغرض من الاختبار Purpose of Test

تعيين الكثافة الكلية للركام الغير مرصوص في الهواء(ويشمل المسامات الكتيمة والمنفذة) لغرض مقارنة خواص انواع مختلفة من الركام. ومن خلالها يمكن معرفة وزن الركام لأي حجم يشغله .

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- اسطوانة قياس معدنية.
2- قضيب رص معدني ذو مقطع دائري (قطره 16 ملم وطوله 600 ملم) ومدور من احدى نهايتيه.
3- ميزان.

طريقة الاختبار:- Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة البريطانية (B.S.812 part:2).
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 كثافة الماء (1000 كغم/م^3).
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 فارغة (كغم)	وزن الاسطوانة مملوءة (كغم)	وزن الحصى (كغم)	حجم الاسطوانة (م^3)	الكثافة الظاهرية 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- اختبار الكثافة الكلية المرصوصة Compacted Bulk Density Test

الغرض من الاختبار Purpose of Test

تعيين الكثافة الكلية للركام المرصوص في الهواء(ويشمل المسامات الكتيمة والمنفذة) لغرض مقارنة خواص انواع مختلفة من الركام. . ومن خلالها يمكن معرفة وزن الركام لأي حجم يشغله .

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- اسطوانة قياس معدنية.
2- قضيب رص معدني ذو مقطع دائري (قطره 16 ملم وطوله 600 ملم) ومدور من احدى نهايتيه.
3- ميزان.

طريقة الاختبار:- Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة البريطانية (B.S.812 part:2).

يثبت حجم اسطوانة القياس وذلك بتعيين وزن الماء الى اقرب ± 0.1 % اللازم لملىء الاسطوانة وحساب الحجم الفعلي لهذه الاسطوانة من قسمة وزن الماء (كغم) اللازم لملأها على كثافة الماء(1000 كغم/م3)..

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 مدور من 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 فارغة(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 حسب المواصفات القياسية البريطانية1975 : B.S 812 والعراقية رقم 31

يمكن حساب الكثافة الكلية من العلاقة أدناه:-

$$D = \frac{M}{V}$$

حيث D = الكثافة (كغم / م^3)
M = الكتلة (كغم)
V = الحجم (م^3)

ويمكن حساب النسبة المئوية للفجوات من العلاقة التالية:-

$$\text{نسبة الفجوات} = 100 * \left(1 - \frac{b}{1000 * a} \right)$$

حيث a = الوزن النوعي الظاهري للركام المجفف بالفرن (كغم / م^3).
b = الكثافة الكلية للركام المجفف بالفرن (كغم / م^3) مرصوص أو غير مرصوص.

تزداد الكثافة الكلية للركام عندما تقل النسبة المئوية للفجوات أي عندما يكون تدرج الركام أفضل.

3- اختبار الكثافة النسبية وامتصاص الماء Relative Density and Water Absorption Test

الكثافة النسبية هو نسبة وزن حجم معين من الركام (ويشمل ذلك المسامات الغير منفذة والمنفذة الموجودة في المادة) بالهواء وفي درجة حرارة معينة إلى وزن حجم مساو من الماء المقطر الخالي من الغازات في نفس الهواء وفي نفس درجة الحرارة.
الكثافة النسبية أو الكثافة النوعية للركام هي مؤشر على قوة و متانة الركام . فكلما ارتفعت قيمة الكثافة النسبية للركام كلما كان قوياً و اكثر تماسكاً و العكس صحيح فالركام ذو الكثافة النسبية المنخفضة يكون في العادة ركام مسامي و ذو امتصاص كبير للماء .
وهذا الفحص عبارة عن سلسلة من عمليات الوزن لعينة الركام في الهواء و تحت الماء و بعد التجفيف.

الغرض من الاختبار Purpose of Test

تحديد الكثافة النسبية وامتصاص الماء للركام الخشن.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- ميزان يسمح بتعليق سلة لغرض وزنها بالماء مع الركام.
2- وعاء مانع لنفاذ الماء .
3- سلة سلكية مقاس فتحاتها لا تزيد على 3 ملم.
4- قطعتي قماش جافة قابلة لامتصاص الماء.
5- منخل 5ملم.

طريقة الاختبار Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة البريطانية (B.S.812 part:2).

للركام الخشن:-
1. وزن عينة الركام المراد اختبارها لا يقل عن(2 كغم) وتغسل جيدا على منخل 5 ملم.
2. توضع العينة في سلة معدنية على هيئة شبكة و تغمر في الماء لمدة 24 ساعة وبدرجة حرارة 20 ± 5 م على ان لا يقل ارتفاع الماء عن 5 سم فوق سطح الركام في السلة و يتم وزنها و هي مغمورة في الماء (B).
ويزال الهواء المحصور من النموذج برفع وخفض السلة 25 مرة وهي في الماء.
3- توزن السلة وهي فارغة داخل الماء (C).
4- تخرج العينة من الماء و يجفف سطح الركام بقطعة القماش ويفرش لغرض التجفيف بالجو لإزالة قطرات الماء المرئية على سطح الركام ويوزن الركام (A).
5- تجفف العينة في فرن درجة حرارته 100 –110م لمدة 24± 2/1 ساعة تم توزن (D) .

الحسابات:-
من خلال هذه القياسات يمكن حساب الكثافة النسبية للركام . ومن المعروف أن هناك عدة قيم للكثافة النسبية للركام يمكن حسابها بناء على الحالة التي اخذ فيها وزن الركام من حيث هو جاف تماماً أو جاف السطح أو مشبع.

$$\text{الكثافة النسبية على اساس ركام مجفف بالفرن} = \frac{D}{A-(B-C)}$$

$$\text{الكثافة النسبية على اساس ركام مشبع جاف السطح} = \frac{A}{A-(B-C)}$$

$$\text{الكثافة النسبية الظاهرية} = \frac{D}{D-(B-C)}$$

و يتم من خلال هذه التجربة أيضا تحديد نسبة امتصاص الركام للماء و ذلك بمعرفة كتلة الماء الممتص بواسطة حبيبات الركام و هو الفرق بين كتلة العينة و هي مشبعة و كتلتها و هي جافة، و يقسم هذا الفرق على الكتلة الجافة للعينة .

$$\text{امتصاص الماء (\% من الوزن الجاف)} = \frac{(A - D)}{D} \times 100$$

حيث:-

A = الوزن بالهواء للركام المشبع والجاف السطح (غم).
B = الوزن الظاهري في الماء للسلة الحاوية على نموذج من ركام مشبع (غم).
C = الوزن الظاهري في الماء للسلة وهي فارغة (غم).
D = الوزن في الهواء للركام المجفف بالفرن (غم).

ملاحظة: وزن السائل المزاح = وزن الجسم الحقيقي – وزن الجسم في الماء (قاعدة ارخميدس 2)

وفي العادة تتراوح الكثافة النوعية للركام الصخري المستعمل في أعمال الرصف بين 2.60 و 2.90 و توصى المواصفات بان لا تزيد نسبة امتصاص الماء له عن 0.6% .

مثال:- في المختبر تم اجراء فحص الكثافة النسبية للركام الخشن وسجلت النتائج التالية:
وزن العينة الجافة (D) = 3460 غم
وزن العينة مشبعة (A) = 3500 غم
وزن العينة في الماء (B – C) = 2172 غم
جد الكثافة النسبية بأنواعها الثلاثة مع امتصاص الماء.
الحل:-

-1

$$\text{الكثافة النسبية للركام مجفف بالفرن} = \frac{D}{A - (B - C)} = \frac{3460}{3500 - 2172} = 2.605$$

-2

$$\text{الكثافة النسبية للركام مشبع جاف السطح} = \frac{A}{A - (B - C)} = \frac{3500}{3500 - 2172} = 2.634$$

-3

$$\text{الكثافة النسبية الظاهرية} = \frac{D}{D - (B - C)} = \frac{3460}{3460 - 2172} = 2.686$$

-4

$$\text{امتصاص الماء (\% من الوزن الجاف)} = \frac{100 (A - D)}{D} = \frac{100(3500 - 3460)}{3460} = 1.2$$