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

الخرسانة الطرية Fresh Concrete

خواص واختبارات الخرسانة الطرية **Properties and Test of Fresh Concrete**

عند إضافة الماء إلى الخرسانة فإنها تمر بمراحل ثلاثة خلال العمر الافتراضي لها:-

1- الخرسانة الطرية Fresh Concrete

وهي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حصول زمن التجمد الابتدائي وهذه المرحلة تمتاز بالقدرة على الخلط والنقل والصب للخرسانة.

2- الخرسانة الخضراء Green Concrete

وهي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية التجمد الابتدائي للإسمنت وحتى بداية تصلب الخرسانة أي في حدود 24ساعة. وفي هذه المرحلة لا نتمكن من خلط ونقل وصب الخرسانة لأنها تكون قد تجمدت كما وأنها لا تقوى على حمل أي نوع من الاجهادات.

3- الخرسانة الصلبة Hardened Concrete

وهي الخرسانة التي تبدأ من مرحلة التصلب (أي بعد 24 ساعة) وحتى نهاية العمر الافتراضي للخرسانة وتمتاز هذه المرحلة بزيادة مقاومة الضغط وقدرة الخرسانة على مقاومة الأحمال بمرور الزمن.

كيفية تحضير عينة من الخرسانة الطرية للاختبار:-

*- يجب أن تكون العينة المأخوذة من الخرسانة تمثل تماما" الخلطة الخرسانية وتؤخذ من أماكن متفرقة من الخلطة.
*- تنقل العينة إلى مكان الاختبار وتخلط خلطا" تاما" على سطح غير منفذ للماء .
*- يجب الحفاظ على العينة من التأثيرات الجوية كالشمس والرياح والأمطار والأتربة .
*- تسجل البيانات التالية :-
*- وقت وتاريخ اخذ العينة.
*- الطريقة المستخدمة في خلط الخرسانة.
*- نسب مكونات المواد المكونة لخلطة الخرسانة.
*- درجة الحرارة والظروف الجوية.

الخواص الرئيسية للخرسانة الطرية

للخرسانة الطرية أربعة خواص رئيسية هي :-
1- قوام الخلطة الخرسانية Consistency
2- قابلية التشغيل Workability
3- الانفصال الحبيبي Segregation
4- النضح Bleeding

أ- اختبار الهبوط Slump Test

الغرض من الاختبار Purpose of Test

لتحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص في المختبر أو في موقع العمل للتأكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية. وهو من ابسط وأفضل الوسائل لضبط الجودة للخرسانة.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- قالب الاختبار :-
عبارة عن مخروط ناقص ومصنوع من معدن سميك (1.5 mm) ومفتوح من الأعلى والأسفل , قطر فتحته العليا (10cm) والسفلى (20cm) وارتفاعه (30cm). كما في الشكل رقم (1).
2- قضيب الرص وهو قضيب من الحديد بقطر (15mm) وطول (60cm).
3- وعاء خلط معدني.

شكل رقم (1) قالب اختبار الهبوط وقضيب الرص

طريقة الاختبار:- Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة البريطانية B.S. 1881. Part 2:1970

1- ينظف السطح الداخلي للقالب بصورة جيدة.
2- يوضع القالب على سطح أملس وغير مسامي .
3- يملا القالب على ثلاث طبقات ارتفاع كل طبقة ثلث ارتفاع القالب تقريبا" وتدك كل طبقة بواسطة قضيب الرص (25) مرة وموزعة على السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقة التي تحتها.
4- بعد انتهاء عملية الرص للطبقات الثلاثة يسوى سطح القالب .
5- يرفع القالب بعد ملئه مباشرة وفي اتجاه راسي وببطء وعناية وكما في الشكل رقم (2).
6- يقاس مقدار الهبوط (Slump) بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين ارتفاع القالب وارتفاع مركز عينة الخرسانة الطرية وكما في الشكل رقم (3).
يتم وصف القوام إما جاف أو صلب أو لدن أو مبتل أو رخو وذلك حسب قيمة الهبوط وكما في الجدول رقم (1).

الهبوط (mm)	20-0	40-10	120-30	200-100	220-180
قوام الخلطة الخرسانية (Consistency)	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

جدول رقم (1) قيم الهبوط المناظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة.

شكل رقم (2) رفع القالب بعد ملئه مباشرة

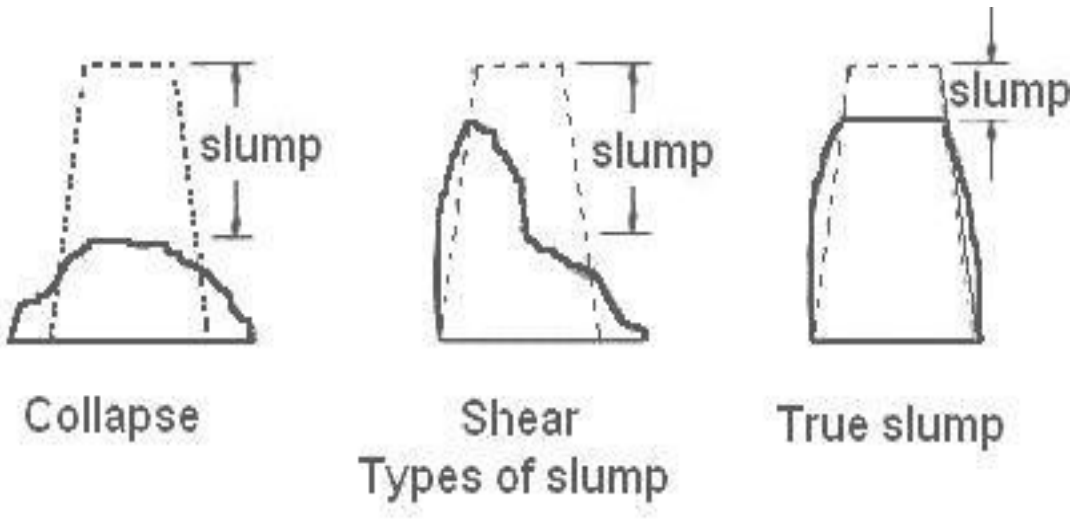
شكل رقم (3) قياس الهبوط لتحديد قوام الخرسانة الطرية

ملاحظات:-

*- يجب أن لا يزيد المقاس الأعلى للركام المستخدم عن 40 ملم.

*- يجب أن لا تزيد الفترة بين انتهاء الخلط وبداية إجراء الاختبار عن دقيقتين.

*- تحدث ثلاثة أشكال مختلفة لحالة الهبوط فقد يكون هبوطا" حقيقيا" (True Slump) أو هبوط قص (Shear Slump) أو انهيار(Collapse) كما في الشكل رقم (4).



انهيار **هطول قص** **هطول حقيقي**

شكل رقم (4) يوضح أنواع الهطول

مثال:-
في المختبر تم اجراء اختبار الهبوط لخلطة خرسانية بنسب 1:2:4 ونسبة ماء الى اسمنت تساوي 0.5 . المطلوب ايجاد كميات المواد اللازمة لإجراء هذا الفحص .
الحل:

$$\text{حجم المخروط} = 3\backslash \pi\ h\ (R^2 + Rr + r^2)$$
$$= 3 \backslash \pi\ 30\ (10^2 + 10*5 + 5^2) = 5495 \text{ سم}^3$$
$$= 5495 * 10^6 = 0.005495 \text{ م}^3$$

الكثافة = الكتلة \ الحجم
كثافة الكونكريت = 2400 كغم/م^3
اذن الكتلة = 2400 * 0.005495 = 13.188 كغم وزن الخلطة الكونكريتية للمخروط
تضاف ضائعات بمقدار 10 % للخلطة
13.188 * 10 \ 100 = 1.3188 كغم
اذن وزن الخلطة اللازمة = 13.188 + 1.3188 = 14.5 ≈ 15 كغم
مجموع نسب الخلط = 1+ 2 + 4 = 7
وزن الاسمنت = 1 \ 7 * 15 = 2.14 كغم
وزن الرمل = 2 \ 7 * 15 = 4.28 كغم
وزن الحصى = 4 \ 7 * 15 = 8.56 كغم
w/c = 0.5
وزن الماء = 0.5 * 2.14 = 1.07 كغم

ب- اختبار الانسياب Flow Test

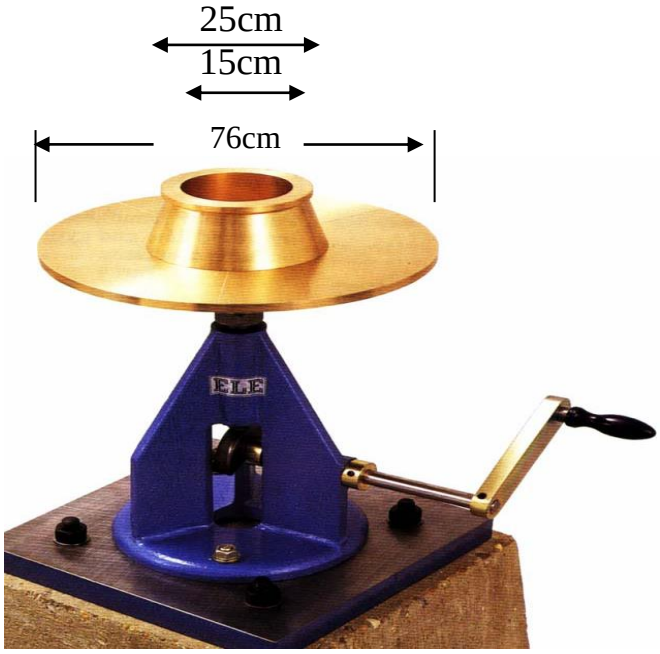
الغرض من الاختبار Purpose of Test

التعرف على قوام الخرسانة ومدى ميلها للانعزال وذلك بتعيين النسبة المئوية لانسياب الخرسانة والتي تُعبر عن حالة القوام وذلك بإجراء إهتزاز ترددي لمخروط ناقص من الخرسانة موضوع على لوح معدني وتسجيل مدى إنتشار أو انسياب الخرسانة كنسبة مئوية من القطر الأصلي لقاعدة المخروط.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- جهاز فحص الانسياب والذي يتكون من قرص الإنسياب Flow Table قطره (76cm) ويثبت القرص على قاعدة جاسئة بإرتفاع من(40-50) سم بوزن (15) كغم على الاقل.

2- قالب اختبار الانسياب وهو عبارة عن قالب معدني على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحاً من أعلى(15cm) ومن أسفل(25cm) بمستويين عموديين على محور المخروط كما في الشكل رقم (5).
3- قضيب رص معدني ذو نهايه مدورة قطره (1.6) سم وطوله (60) سم.
4- وعاء خلط معدني.



شكل رقم (5) جهاز الانسياب لتحديد القوام

طريقة الاختبار:- Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة الامريكية (ASTM – C124-77)

1- نقوم بعمل خلطة خرسانية وبنسب معينة مثل 4:2:1 ونسبة ماء الى الاسمنت معينة مثل (0.5) .

2- ينظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعناية حيث لا يبقى به أثر لماء التنظيف.
3- يوضع القالب مثبتاً في وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضيه باليد.
4- يملا القالب على طبقتين ارتفاع كل منهما يساوي نصف الارتفاع تقريبا" على أن ترص كل طبقة بواسطة قضيب الرص القياسي 25 مرة موزعة تقريبا" بالتساوي على سطح المقطع للقالب بحيث ينفذ القضيب إلى الطبقة التي تليها.
5- بعد الانتهاء من رص الخرسانة للطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب مع مراعاة ملء القالب تماما.
6- تُزال الخرسانة الزائدة التي سقطت على قرص الإختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الإختبار.
7- يُرفع القالب المعدني بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بإنتظام في إتجاه رأسي.
8- يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة ١٢,٥ مم وذلك ١٥ مرة في مدى حوالي 15 ثانية.
تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة نتيجة الرفع والخفض المذكورة ويكون القياس لقطر القاعدة في ٦ إتجاهات مختلفة ثم يؤخذ متوسط هذه القراءات ليمثل قطر الإنسياب لقاعدة المخروط الخرساني بعد إنسياب الخرسانة.
تحسب النسبة المئوية لإنسياب الخرسانة (لأقرب ٥ مم) بإعتبارها النسبة المئوية لزيادة قطر الإنسياب عن قطر القاعدة الأصلي كما يلي:

$$\text{النسبة المئوية للإنسياب} = \frac{\text{قطر الإنسياب (سم)} - 25}{25} * 100$$

(حيث قطر القاعدة الأصلي للمخروط الخرساني يساوي 25 سم)

ويعتبر اختيار الإنسياب اختبارا معملياً في معظم الحالات نظراً لعدم سهولة تواجد الجهاز في موقع العمل .ويمثل الجدول الآتي النسب المئوية للإنسياب عند درجات القوام المختلفة.

النسبة المئوية للانسياب	% 20-0	% 60-15	% 100-50	% 120-90	%150-110
قوام الخلطة الخرسانية (Consistency)	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

جدول رقم (2) يوضح العلاقة بين قوام الخرسانة والانسياب

ج- اختبار كرة الاختراق (كيلي) Kelly Ball Penetration Test

وهذه الطريقة يحدد بها قوام الخرسانة بيسر ودقة كافيين وهو إختبار مشابه وكبديل لفحص الهبوط إلا أنه أسهل وأسرع منه .ويتكون الجهاز أساساً من ثقل على شكل نصف كرة نصف قطرها ١٥ سم ووزنها ١٣,٦ كغم يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار كما في شكل رقم (6). ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانة المراد قياس قوامها كما أن هذا الإطار - يصلح في نفس الوقت لإستخدامه كمستوى ثابت للمقارنة وقت الإختبار ويلاحظ أن جميع أجزاء الجهاز تصنع من الصلب أو أي معدن مشابه.
يمكن وضع الخرسانة في وعاء أو يمكن إجراء الإختبار والخرسانة في مكانها على القالب بعد صبها مباشرة او داخل عربة النقل للخرسانة ، وفى الحالتين يجب ألا يقل سمك الخرسانة عن ١٥ سم وأن يكون لها سطحاً مستوياً بأقل بعد يساوى ٣٠ سم .ويجب جعل سطح الخرسانة مستوياً وناعماً. يوضع الجهاز بعناية فوق سطح الخرسانة مع رفع اليد إلى أعلى وجعل الإطار يرتكز برفق فوق السطح ثم تترك اليد لتنزلق داخل الإطار .تُقرأ مسافة إختراق الثقل داخل الخرسانة مباشرة على اليد المدرجة لأقرب ٥ مم .يؤخذ متوسط عدة قراءات في أماكن متفرقة .وتفيد هذه الطريقة في بيان ومقارنة قوام الخرسانة عند صبها مباشرة.

شكل رقم (6) جهاز كرة كيلي لقياس القوام

2- قابلية للتشغيل Workability

قابلية للتشغيل هي خاصية الخرسانة الطازجة التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للإنفصال الحبيبي.

طرق تعيين قابلية الخرسانة للتشغيل.

أ- اختبار عامل الرص Compacting Factor Test

الغرض من الاختبار Purpose of Test
يجرى هذا الإختبار لتحديد درجة قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة وهذا الإختبار مبنى عل أساس أن الجهد اللازم لرص الخرسانة يعبر عن مدى القابلية للتشغيل .ويبين الشكل رقم (7) الجهاز المستخدم في هذا الإختبار.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device
1- جهاز عامل الرص (شكل رقم 7).

طريقة الاختبار:- Test Method

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة البريطانية B.S. 1881. Part 2:1970

1- توضع الخلطة الخرسانية في المخروط العلوي بواسطة المجرفة ويسوى سطحها مع حافة المخروط.
2- يفتح الباب الموجود في أسفل المخروط العلوي بحيث يسمح بهبوط الخرسانة تحت تأثير وزنها فقط إلى المخروط السفلي.
3- تكرر نفس الخطوات بالنسبة للمخروط السفلى فتمر الخرسانة إلى الإسطوانة.
4- بعد الإنتهاء من ملء الإسطوانة يسوى سطحها وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة المرصوصة جزئياً = و.
5- يعاد ملء الإسطوانة من نفس الخلطة الخرسانية على طبقات على أن ترص كل طبقة يدوياً أو ميكانيكيا حتى تملأ تماما بالخرسانة ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للإسطوانة وهو وزن الخرسانة المرصوصة كلياً = ك.

$$\text{عامل الرص} = \frac{\text{وزن الخرسانة المرصوصة جزئيا"(نتيجة هبوطها)}}{\text{وزن الخرسانة المرصوصة كلياً (نتيجة رصها)}} = \frac{\text{و}}{\text{ك}}$$

وبمعرفة عامل الرص يمكن تحديد درجة القابلية للتشغيل كما في الجدول رقم (3) والجدول رقم (4).

قابلية التشغيل	عامل الرص
منخفضة جدا"	0.78
منخفضة	0.85
متوسطة	0.92
عالية	0.95

جدول رقم (3) القابلية للتشغيل معبراً عنها بعامل الرص.

ت	درجة التشغيل	الهطول(mm)	عامل الرص	استعمالات الخرسانة
-1	منخفضة جدا" Very low	25 – 0	0.78	*- خرسانة للطرق مرصوصة بالاهتزاز (بالأجهزة اليدوية).
-2	منخفضة Low	50 – 25	0.85	*- خرسانة للطرق مرصوصة بالأجهزة اليدوية . *- خرسانة كتلية (Mass Concrete) للأساسات من غير رص. *- خرسانة للمقاطع القليلة التسليح باستعمال الهزازات.
-3	متوسطة Medium	100 – 50	0.92	*- خرسانة مسلحة للأعمال الاعتيادية(السقوف) مرصوصة يدويا" . *- خرسانة للمقاطع الكثيفة التسليح وباستعمال الهزازات.
-4	عالية High	175 – 100	0.95	*- خرسانة للمقاطع الكثيفة التسليح جدا" والغير الملائمة للاهتزاز.

جدول رقم (4) قابليات التشغيل المختلفة معبرا" عنها بقيم الهطول وعامل الرص.

شكل رقم (7) جهاز عامل الرص

ب- طريقة إعادة التشكيل بالاهتزازات الترددية Vebe Test

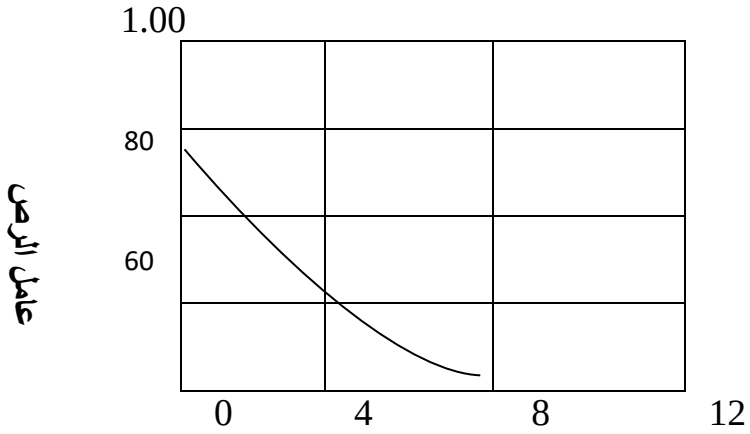
الجهاز المستخدم في هذا الفحص مبين بالشكل رقم (8).
في هذا الفحص يملأ المخروط الناقص بالخرسانة باربع طبقات وكل طبقة تدك بقضيب الرص القياسي 25 مرة موزعة بالتساوي على سطح الخرسانة . ثم يسوى سطحه ويرفع مباشرة" , بعد ذلك تعرض الخرسانة للاهتزازات الترددية باستعمال المنضدة الهزازة والتي تهتز بسرعة قدرها 3000 دورة / دقيقة .
تقاس قابلية التشغيل للخرسانة بالجهد اللازم لإعادة تشكيلها من مخروط ناقص إلى اسطوانة , ويقدر ذلك الجهد بالزمن (T) ثانية اللازم لإتمام إعادة التشكيل والذي يسمى عامل Vebe .
وفي بعض الأحيان يصحح هذا العامل بسبب تغير حجم الخرسانة من V_2 قبل عملية الاهتزاز إلى V_1 بعد عملية الاهتزاز وذلك بضربه بالقيمة V2/V1 أي أن:-

$$Vebe = T * \frac{V_2}{V_1}$$

وقيمة عامل التصحيح V_2/V_1 لتغير الحجم غالبا" ما تكون صغيرة لذلك فان الزمن T يعتبر كمقياس لقابلية تشغيل الخرسانة.
وهذا الجهاز أفضل من جهاز عامل الرص حيث قد تلتصق بعض الخرسانة الجافة بالأواني المخروطية المستخدمة بجهاز عامل الرص وهو مناسبً في حالة إختبار الخرسانة الجافة أو الخرسانة التي بها أليافً .و قد يستخدم أيضا للتعبير عن القوام.

شكل رقم (8) جهاز إعادة التشكيل Vebe

وبعد حساب عامل الزمن T يمكن استخراج قيمة عامل الرص من العلاقة بين T وعامل الرص وكما مبين بالشكل رقم(9) .



شكل (9) زمن Vebe (ثانية)