العمل المخبري الأول: كثافة الخرسانة الطرية Density of fresh concrete

وفقاً للمواصفة ASTM C138 أو المواصفة BS EN 12350-6

1-الغاية من التجربة:

تحديد كثافة الخلطة الخرسانية الطرية.

2-المبدأ

يقوم مبدأ التجربة على صب ورص كتلة محددة من الخرسانة ضمن حاوية (أسطوانة) ذات سعة محددة ومحكمة ضد تسرب الماء. بمعرفة وزن الأسطوانة فارغة ووزنها وهي ممتلئة بالخرسانة، يمكن حساب وزن الخرسانة الطرية ومن ثم تقسيمها على حجمها (حجم الأسطوانة) فنحصل على الكثافة.

3-الأجهزة:

- **حاوية القياس:** هي عبارة عن أسطوانة (الشكل 1) مصنوعة من معدن متين لتحافظ على شكلها، لا يتفاعل مع العجينة الاسمنتية، الأسطوانة محكمة ضد تسرب الماء، سطحها الداخلي ناعم، حوافها مستوية، سعتها متغيرة وفقاً للقطر الأعظمي الاسمي للحصويات

الشكل (1): أسطوانات القياس

- **أجهزة الرج:** تشمل إحدى الأدوات التالية:
  - **قضيب الرج اليدوي:** قضيب معدني طوله 600mm وقطره 16mm
  - **رجاج داخلي:** عبارة عن قضيب اهتزازه ميكانيكي عن طريق محرك كهربائي، هذا القضيب يمكن أن يكون مرن أو صلب، لا يقل تردده عن 7000 هزة / دقيقة، يتراوح قطره الخارجي بينmm (38-19)، لا يقل طوله عن 600mm.
  - **طاولة اهتزاز:** لا يقل ترددها عن 2400 هزة / دقيقة
- **ميزان:** دقته 0.01kg .
- **صفيحة مستوية:** للتأكد من استوائية سطح العينة، مصنوعة من الزجاج (سماكتها 12mm) أو من المعدن (سماكتها 6mm)، أبعادها أكبر بما لا يقل عن 50mm عن قطر الأسطوانة.
- **مسطرين، مغرفة.**
- **مطرقة مطاطية:** تُستخدم للطرق على السطح الخارجي للاسطوانة.

4-إجراء التجربة:

- نزن الأسطوانة فارغة وليكن M_m.
- نحدد طريقة رج عينة الخرسانة وفقاً لقيمة الهبوط المسجلة:
  - الهبوط أكبر من75mm نستخدم قضيب الرج اليدوي.
  - الهبوط بين mm (25-75) نستخدم الرجاج الداخلي، أو قضيب الرج اليدوي.
  - الهبوط أقل من 25mm نستخدم طاولة الرج الآلية.
    - عندما نستخدم قضيب الرج: نملأ الأسطوانة بثلاث طبقات وترج كل طبقة بـ 25 طرقة إذا كانت سعة الأسطوانة 14l أو أقل، و 50 طرقة عندما تكون سعة الأسطوانة 28l، و طرقة لكل $20Cm^2$ عندما تكون السعة أكبر من ذلك. عند رج الطبقة السفلى من الخرسانة يجب تجنب اصطدام القضيب بأسفل الأسطوانة. في حالة الطبقتين المتتاليتين يجب أن يدخل القضيب في الطبقة السفلى بحدود 25mm. بعد الانتهاء من رص كل طبقة، نستخدم المطرقة المطاطية ونطرق على السطح الخارجي للأسطوانة ما بين(15-10) طرقة للمساعدة في خروج الفقاعات الهوائية المحجوزة ضمن الخلطة الخرسانية.
    - في حالة استخدام الرجاج الداخلي: يتم ملء الأسطوانة على طبقتين متساويتين ويتم إدخال الرجاج في ثلاث نقاط مختلفة، يجب تجنب ملامسة الرجاج لقاع وللجوانب الداخلية للأسطوانة. ترتبط مدة الرج بمقدار سيولة العينة وتتوقف عند توقف خروج الفقاعات الهوائية من سطح الخلطة الخرسانية.
    - في حالة استخدام الطاولة الرجاجة: تُرج العينة المدة الأقصر اللازمة لرص العينة بشكل كامل. يجب الانتباه على أنه يجب تثبيت الاسطوانة بشكل محكم على سطح الطاولة.

- نقوم بتسوية سطح العينة بعد الانتهاء من عملية الرص حيث نزيل الخرسانة الزائدة عن سطح الأسطوانة وكذلك الخرسانة العالقة على السطح الجانبي الخارجي للاسطوانة.
- نزن الأسطوانة مملوءة بالعينة و ليكن وزنها M_c.

5- الحسابات:

تُحسب الكثافة من العلاقة: $D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$

حيث: *D:* كثافة الخرسانة الطرية (الكثافة العملية) (kg/m^3)

M_c: وزن الأسطوانة مملوءة بالخرسانة الطرية (kg).

M_m: وزن الأسطوانة فارغة (kg).

6- تقييم النتائج:

تتراوح كثافة الخرسانة العادية بين: kg/m^3 (2300-2400).

ملاحظة:

1. إن معرفة الكثافة العملية للخرسانة، يسمح لنا بمعرفة الحجم الحقيقي للخلطة المكونة من مجموعة مواد معلومة الوزن باستخدام العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{Y = \frac{M}{D}}$$

Y: حجم الخلطة m^3 .

M: وزن الخرسانة وتعادل مجموع أوزان (الاسمنت، الإضافات الاسمنتية، الحصويات الخشنة برطوبتها، الحصويات الناعمة برطوبتها، الماء المضاف) Kg

D: كثافة الخرسانة العملية kg/m^3 .

ملاحظة: يمكن حساب نسبة الفراغات الهوائية ضمن الخلطة الخرسانية من العلاقة التالية:

$$A = \frac{T - D}{T} \times 100$$

حيث:

A: نسبة الفراغات الهوائية ضمن الخلطة %.

D: الكثافة العملية للخلطة Kg/m^3.

T: الكثافة النظرية للخلطة الخالية من الفقاعات الهوائية kg/m^3 وتعطى بالعلاقة التالية:

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

حيث:

M:وزن الخرسانة و تساوي مجموع أوزان مكوناتها kg

V: حجم الخرسانة الخالية من الهواء m^3 وهو يساوي مجموع الحجوم المطلقة لمكونات الخلطة.

العمل المخبري الثاني: اختبار الهبوط Slump test

وفقاً للمواصفة BS EN 12350-2 والمواصفة ASTM C143

1-الغاية من التجربة:

تحديد قوام الخرسانة الطرية.

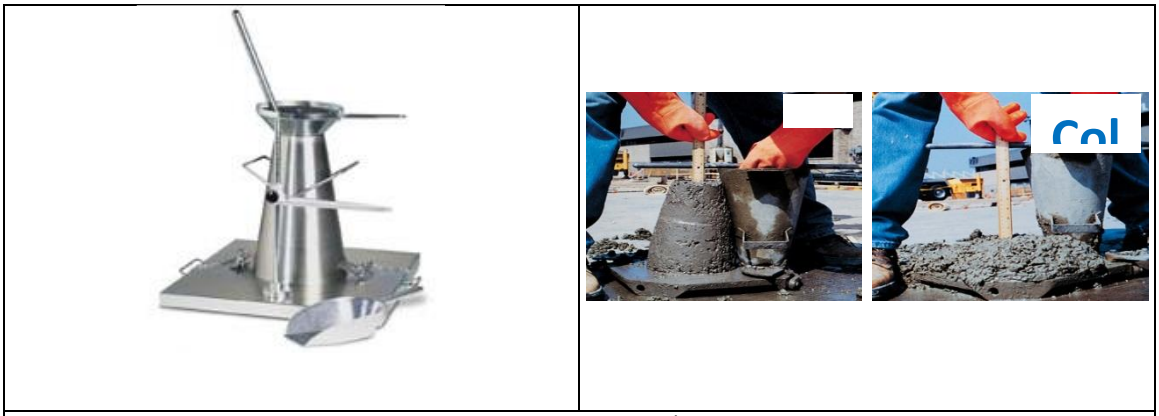
2-المبدأ

نقوم برص الخرسانة الطرية ضمن قالب على شكل جذع مخروط، ثم نرفع القالب ونقيس مسافة هبوط الخرسانة، الذي يُعبر عن قوامها

3-الأجهزة:

يبين الشكل (1) الأجهزة المستخدمة في الاختبار وتتألف من:

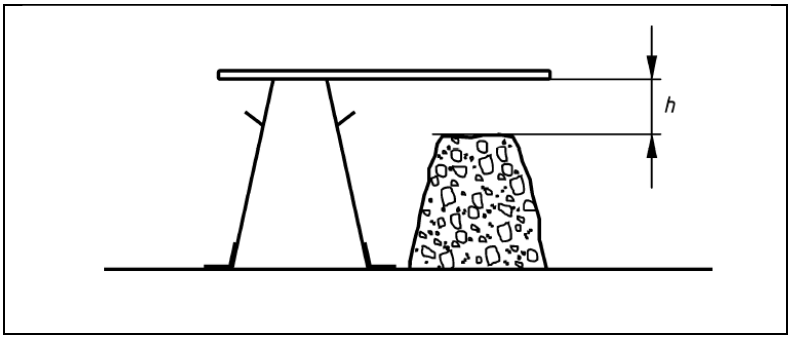
- **القالب:** مصنوع من جذع مخروط معدني، لا يتفاعل مع العجينة الاسمنتية، سماكته لا تقل عن 1.5mm، قطر قاعدته السفلى 200±2mm، قطر قاعدته العليا 100±2mm، ارتفاعه 300±2mm. يُثبت على السطح الخارجي لجذع المخروط ممسكين لتسهيل تثبيت ورفع القالب.
- **قضيب الرص:** قضيب معدني مستقيم دائري، قطره 16±1mm، وطوله 600±5mm.
- **قمع، مسطرة، مجرفة.**
- **قاعدة مستوية:** صلبة لا تمتص الماء.



الشكل (1): أدوات اختبار هبوط الخرسانة

4-إجراء التجربة:

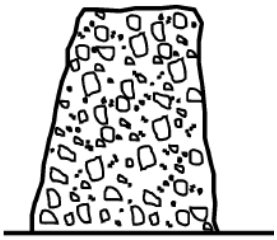
- ترطيب القالب وطاولة الاختبار التي يجب أن تكون أفقية.
- تثبيت القالب على سطح الطاولة
- ملء القالب على ثلاث طبقات، سماكة كل منها ثلث ارتفاع المخروط، ثم نقوم بطرق كل طبقة 25 طرقة باستخدام قضيب الرص بحيث تكون موزعة على كامل سطح العينة.
- عند رص الطبقة الثانية والثالثة، يجب أن يدخل قضيب الرص ضمن الطبقة السابقة لتأمين تجانس الخرسانة.
- في آخر طبقة نضع كمية زائدة من الخرسانة ومن قبل الرص، ثم نقوم بالرص ثم تسوية السطح.
- نرفع المخروط بهدوء وبشكل عمودي خلال فترة زمنية تتراوح بين (2-5) sec.
- في الحال، بعد رفع المخروط نقوم بقياس الهبوط كما في الشكل (2).



الشكل (2): قياس هبوط الخرسانة

5-النتائج:

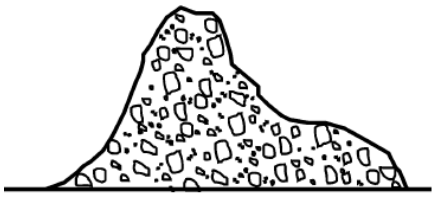
1. تُقرب النتائج إلى أقرب10mm.
2. يُعتبر الاختبار صحيحاً إذا كان الهبوط متماثل من جميع الجوانب كما في الشكل (3)



a) True slump

الشكل (3): هبوط مناسب

3. يُعتبر الهبوط غير مناسب إذا كان الهبوط من جهة أكبر من جهة أخرى وهو ما يُسمى بهبوط القص، كما في الشكل(4). في هذه الحالة نقوم بإعادة التجربة على عينة ثانية من الخرسانة من نفس الخلطة. في حال تكرر الهبوط الغير مناسب فإن الخرسانة ينقصها اللدونة والتماسك للحصول على تجربة هبوط مناسبة



b)Shear slump

الشكل (4): هبوط غير مناسب (هبوط قص)

6-تقييم النتائج:

العلاقة بين هبوط المخروط القياسي وقوام الخرسانة والمجال المفضل لاستعمالها

المجال المفضل لاستعمالها	الخرسانة		هبوط مخروط أبرامز (mm)
	قابلية تشغيلها	قوامها	
تستعمل في الأعمال الخرسانية ذات المقاومات العالية جداً، ويستعمل رج ميكانيكي قوي جداً	منخفضة جداً	جامد جداً	0-25
تستعمل في القطاعات الخرسانية ذات المقاومات العالية ، ويستعمل رج ميكانيكي قوي	منخفضة	جامد	25-50
تستعمل في القطاعات الخرسانية المسلحة العادية، ويستعمل رج عادي	متوسطة	مائع	50-100
تستعمل في القطاعات الخرسانية الصغيرة أو الكثيفة التسليح الغير مناسبة للرج، ويستعمل رج يدوي	عالية	سائل	100-150

ملاحظات:

- تتراوح قيمة الهبوط المقبولة وفقاً لهذا الاختبار بين mm (210-10)، وخارج هاتين القيمتين فإنه يجب استخدام اختبارات أخرى ويصبح اختبار قياس الهبوط غير مناسب.
- إذا استمر تغير الهبوط لمدة تزيد عن دقيقة واحدة بعد رفع المخروط، فيعتبر قياس الهبوط غير مناسب.
- يُعتبر اختبار قياس الهبوط غير مناسب عندما يزيد القطر الأعظمي للحصويات عن 40mm
- في المواصفة ASTM C143 يتم تسجيل قيمة الهبوط مقربة إلى أقرب 5mm

العمل المخبري الثالث: اختبار تحديد محتوى الهواء في الخرسانة الطرية

باستخدام طريقة الضغط وفقاً لـASTM C231

الغاية من التجربة:

تحديد محتوى الهواء في الخرسانة الطرية باستخدام طريقة الضغط

مقدمة:

تلعب الفراغات الهوائية دوراً في قابلية تشغيل الخلطة الخرسانية الطرية وكذلك في مقاومة وديمومة الخرسانة المتصلبة. نحتاج لنسبة الفراغات الهوائية في الخلطة الطرية لتحديد النسب الصحيحة لمكوناتها.

يعتمد مبدأ قياس نسبة الفراغات الهوائية على قانون بويل للغازات (Boyle's law)،

والذي ينص على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكساً مع الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة الحرارة.

$$P1.V1=P2.V2=const$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. جهاز قياس محتوى الهواء من النوع B (Air meter type B) ويتألف من أسطوانة لا تقل سعتها (حجمها) عن $0.006m^3$ ، وغطاء يحتوى على عدة أجزاء:
صمام دخول الماء، صمام خروج الماء، مقياس ضغط الهواء، صمام تفريغ الهواء من غرفة الهواء، مكبس (مضخة) هواء، صمام توصيل الهواء بين غرفة الهواء والأسطوانة
2. قضيب الرج أو جهاز الرج الداخلي.
3. مسطرين لتسوية سطح الخرسانة.
4. سحاحة ماء.

خطوات العمل:

1. نملأ الأسطوانة بالخرسانة الطرية مع التأكيد على أن حصويات الخلطة يجب أن تكون كثيفة (فراغاتها قليلة) وأبعادها أقل من (37.5mm) وكل الحصويات الأكبر من هذا القطر يجب استبعادها.
2. تتم عملية الملء على ثلاث طبقات حيث تُطرق كل طبقة 25 طرقة(ضربة) بقضيب الرص، كما يطرق السطح الخارجي للأسطوانة بلطف وبمعدل (15-10) طرقة لكل طبقة.
3. بعد إتمام عملية الملء، نقوم بتسوية السطح وإزالة الخرسانة العالقة على السطح الخارجي للأسطوانة.

ملاحظة: يمكن استخدام الرجّاج الداخلي أو طاولة الاهتزاز في عملية الملء وفقاً لنفس الاشتراطات الواردة في تجربة تحديد الكثافة للخرسانة الطرية.

4. نضع الغطاء ونُحكم عملية الإغلاق للتأكد من عدم حدوث تسرب للهواء.
5. نسكب الماء ضمن الفتحة الأولى للماء، ونستمر حتى خروجه من الفتحة الثانية، ثم نغلق صنبوري الماء.
6. نضخ الهواء ضمن غرفة الهواء بواسطة مضخة الهواء حتى يعود المؤشر لنقطة البداية.

يمكن الطرق بشكل خفيف على مقياس الضغط حتى يتوضع المؤشر بشكل دقيق على الصفر.

7. نفتح صمام الهواء بين غرفة الهواء والأسطوانة، فيسجل مقياس الضغط قراءة تكون هي نسبة الهواء ضمن الخرسانة الطرية.