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

مقاومة الخرسانة Strength of Concrete

تعتبر مقاومة الخرسانة من أهم خواصها الأخرى كالمتانة وعدم النفاذية فهي تعطي صورة شاملة عن نوعية الخرسانة ودليل جيد لمعظم خواصها الأخرى .
إن مقاومة الخرسانة تنتج من :-
1- مقاومة الملاط (Mortar).
2- قوة التلاصق بين الملاط والركام الخشن.
3- مقاومة حبيبات الركام الخشن للإجهادات المسلطة.

أنواع مقاومة الخرسانة

1- مقاومة الضغط Compressive Strength
2- مقاومة الشد Tensile Strength
3- مقاومة الانحناء Flexural Strength
4- مقاومة القص Shear Strength
5- مقاومة التماسك Bond Strength

فحص مقاومة الضغط

الغرض من الاختبار Purpose of Test
يجرى إختبار تحديد مقاومة الضغط للخرسانة المتصلبة عادة بعد مرور(28) يوماً على صب العينات وفى بعض الأحيان بعد (7) أيام أو بعد فترة أخرى حسب الحاجة لمعرفة مقدار القوة التي تسبب الفشل لمكعبات الخرسانة.

الادوات والاجهزة المستعملة Apparatus and Device

1- قوالب اما مكعب طول ضلعه (15) سم أو إسطوانة قطرها (15) سم وإرتفاعها (30) سم.
2- قضيب رص معدني مربع المقطع طول ضلعه 25 ملم.
3- جهاز فحص الانضغاط.

طريقة الاختبار:- Test Method

1- توزن الكميات اللازمة من الأسمنت والركام الناعم والركام الخشن والماء , ويراعى عند حساب الوزن أن تزيد كمية الخرسانة المخلوطة عن الخرسانة اللازمة لملء القوالب بحوالي15 % وذلك لتعويض أي فقد قد يحدث أثناء الإختبار.
2- يُعد قالب الإختبار وتُغطى أوجه القالب الداخلية بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف.
3- تخلط مكونات الخرسانة إما ميكانيكياً أو يدوياً خلطاً جيداً حتى يصبح لونها متجانس.
4- بمجرد الإنتهاء من الخلط تُجرى إختبارات القوام (الهبوط) مثلاً وأي إختبارات أخرى تكون مطلوبة مثل إختبارات القابلية للتشغيل (عامل الرص).
5- بعد إختبارات الخرسانة الطازجة يُملأ القالب مباشرة بالخرسانة على 3 طبقات وتدك كل طبقة إما بماكينة الإهتزاز أو يدويا حتى ترص الخرسانة رصاً تاماً دون حدوث إنفصال حبيبي.
6- تغطى القوالب بعد صبها مباشرة وتوضع في مكان درجة حرارته 15 إلى 20 درجة مئوية لفترة 24 ساعة ويلاحظ أن لا تتعرض لأي إهتزازات.

7- تؤشرالعينات الخرسانية بعد ذلك ثم تفك من القوالب وتُغمر في الحال في ماء نقى درجة حرارته حوالي 15- 20 درجة مئوية وتُترك حتى وقت الإختبار ويُفضل ترك مسافات بين المكعبات في أحواض المعالجة كما يُنصح بعدم وضع المكعبات فوق بعضها.

8- تختبر العينة بوضعها بجهاز الإختبار حيث يكون محورها منطبقاً مع محور رأس الجهاز وفى حالة العينة المكعبة يلزم أن يكون وجهي العينة الملامسين لسطحي رأس الجهاز هما الوجهين المقابلين للسطح الداخلي للقالب المعدني لضمان استوائهما وتوازيهما .أما في حالة العينة الأسطوانية فيلزم عمل مخدة لسطح كل من نهايتي الأسطوانة بطريقة تجعل سطح النهايتين مستويين ومتوازيين.والشكل رقم(6) يبين وضع المكعب والأسطوانة في جهاز الضغط . ولكل إختبار تختبر ثلاث عينات وتؤخذ القيمة المتوسطة للنتائج. تعرض العينة لحمل ضغط محوري بمعدل حوالي (14) نت/مم٢/دقيقة حتى الكسر وتدون النتائج كما في جدول رقم (4).

رقم العينة	التاريخ	عمر الخرسانة	وزن العينة	أبعاد العينة	مساحة الوجه	حمل الكسر	مقاومة الضغط نت/مم^2
1 2 3	تاريخ الصب تاريخ الكسر	7 أيام					
4 5 6	تاريخ الصب تاريخ الكسر	28 يوم					

جدول رقم (4) يبين كيفية تدوين النتائج لفحص مقاومة الضغط

شكل رقم (6) وضع للعينات المكعبة والاسطوانية في ماكينة الضغط

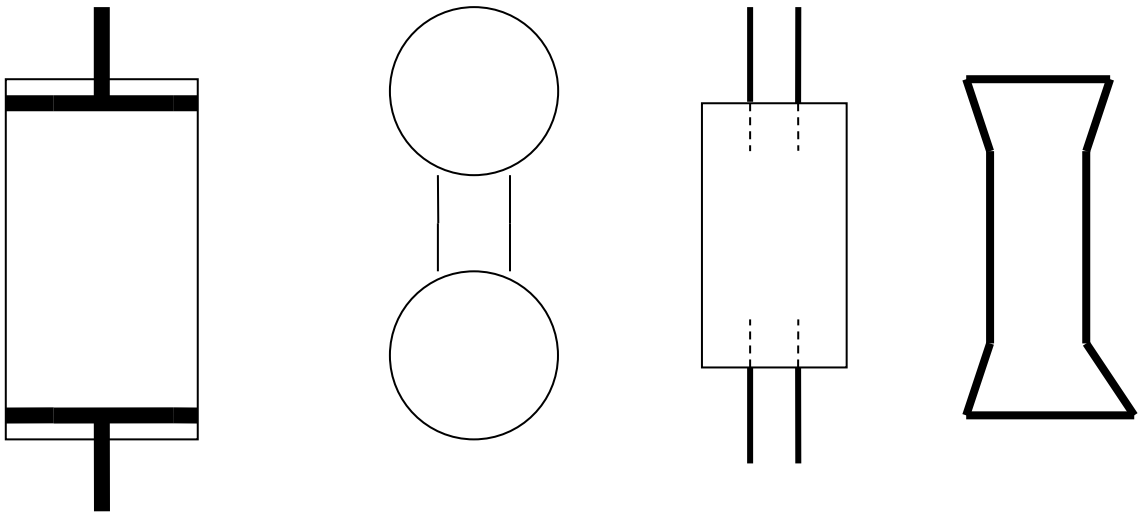
2- مقاومة الشد Tensile Strength

اختبار الشد المباشر_Direct Tensile Strength_

تطورت أشكال العينات الخرسانية في إختبار الشد المباشر كما هو موضح بالشكل رقم (7).
*- تحضر العينات للإختبار. بإجراء عمليات الخلط والصب والرص والمعالجة بنفس الطريقة السابق ذكرها في إختبار الضغط.
*- يجرى الإختبار بمسك العينة عند نهايتيها بماكينة الإختبار والتأثير بحمل الشد تدريجيا وببطء ويعين الحمل المسبب لكسر العينة حيث تنكسر معظمها في المنتصف وتحسب مقاومة الشد في هذه الحالة بقسمة الحمل الأقصى (Pmax) على مساحة مقطع العينة (A).

$$\text{مقاومة الشد المباشر} = \frac{P_{max}}{A} \quad \text{نت/مم}^2$$

ونظراً لصعوبة إجراء إختبار الشد المباشر نتيجة الصعوبة النسبية في صب و فك عينة الإختبار ونظراً لوجود إجهادات ضغط مركزة بين كلابات التثبيت وعينة الإختبار وكذلك إحتمال عدم مركزية حمل الشد فإنه يتم اللجوء إلى طرق غير مباشرة لقياس مقاومة الشد.



شكل رقم (7) أشكال العينات الخرسانية في فحص الشد المباشر

اختبار الشد الغير المباشر(شد الانشطار)_Indirect Tensile Strength_

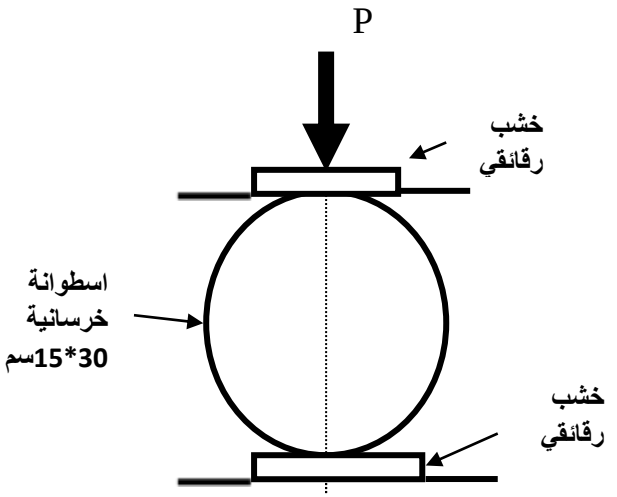
عينة الاختبار القياسية عبارة عن إسطوانة خرسانية قطرها ١٥ سم وطولها ٣٠ سم حيث توضع هذه الإسطوانة بين رأسي ماكينة الإختبار في وضع أفقي وعلى جانبيها بين شريحتين من الخشب أو المطاط بعرض ٢ سم تقوم هذه الشرائح بتوزيع قوة الانضغاط على عرض قليل والذي يكفي لتجنب أي تركيز غير مقبول للإجهاد وكذلك يعوض عن أي عدم انتظام في السطح.

وينتج عن قوة الانضغاط هذه إجهاد شد عرضي والذي يكون ثابتا" على طول القطر العمودي فيكزن الفشل في الشد على طول القطر العمودي للمقطع العرضي ويعين حمل الضغط المسبب لكسر العينة وعند إنهيارها يسجل الحمل الأقصى.

$$\text{مقاومة الشد غير المباشر } \sigma = \frac{2P}{\pi DL} \quad \text{نت/مم2}$$

P = الحمل الأقصى (نيوتن)
D = قطر الاسطوانة (مم)
L = طول الاسطوانة (مم)

إن. قيمة مقاومة الشد المحسوبة بهذه الطريقة تكون حوالي 15% أكثر من القيمة المقدرة بطريقة الفحص المباشر.



شكل رقم (8) ترتيب الحمل لنموذج فحص الشد الغير مباشر (شد الانشطار)

3- مقاومة الانحناء Flexural Strength

عندما تتعرض الخرسانة للإنحناء فإنه يمكن حساب مقاومة الإنحناء (التي تعتبر أيضاً مقياساً لمقاومة الشد غير المباشر) وتسمى معاير الكسر في الإنحناء Modulus of Rupture وتتراوح قيم إجهادات معاير الكسر في الإنحناء بين ١٢ % - 20% من مقاومة الضغط . وبالتالي فإن مقاومة الإنحناء تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة بنسبة من ٦٠ إلى ١٠٠% وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية ل ٦٠ % من قيمة مقاومة الإنحناء .
ويجرى إختبار الإنحناء لتعيين مقاومة الخرسانة المتصلبة للإنحناء ودراسة سلوك الخرسانة عند تعرضها لأحمال إنحناء وكذلك شكل الكسر الناتج عن إنهيار هذه الخرسانة.

طريقة الاختبار Test Method

توضع الخرسانة في عتبة أبعادها الداخلية (١٥ * 15*70) سم أو (10×* 10*50) سم وذلك للركام الذي لا يزيد مقاسه الاعتباري الأكبر عن ٢٠ مم . تخلط الخرسانة وتملأ القوالب وتدمك وتعالج بنفس الطريقة المتبعة في الضغط ويعمل من نفس الخلطة الخرسانية عينات ضغط لإعطاء فكرة عن العلاقة بين الضغط والانحناء.

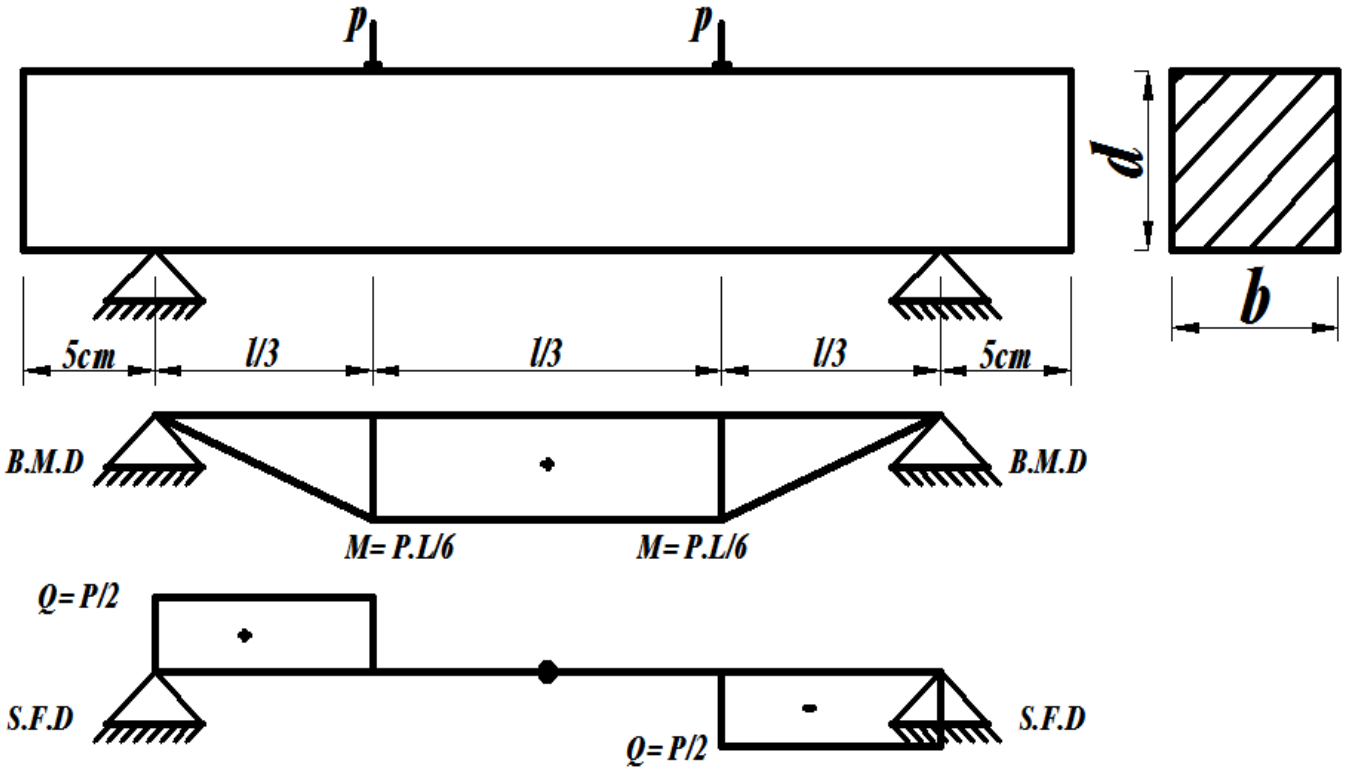
توضع القوالب في ماكينة الإختبار على ركيزتين كما هو مبين في شكل رقم (9) ويراعى أن يكون كل من قضيب الإرتكاز والتحميل بطول أكبر من عرض العتبة كما يكون التحميل تدريجيا وبمعدل منتظم يؤدى إلى الوصول بالقيمة النهائية للحمل في مدة حوالي ٥ دقائق.

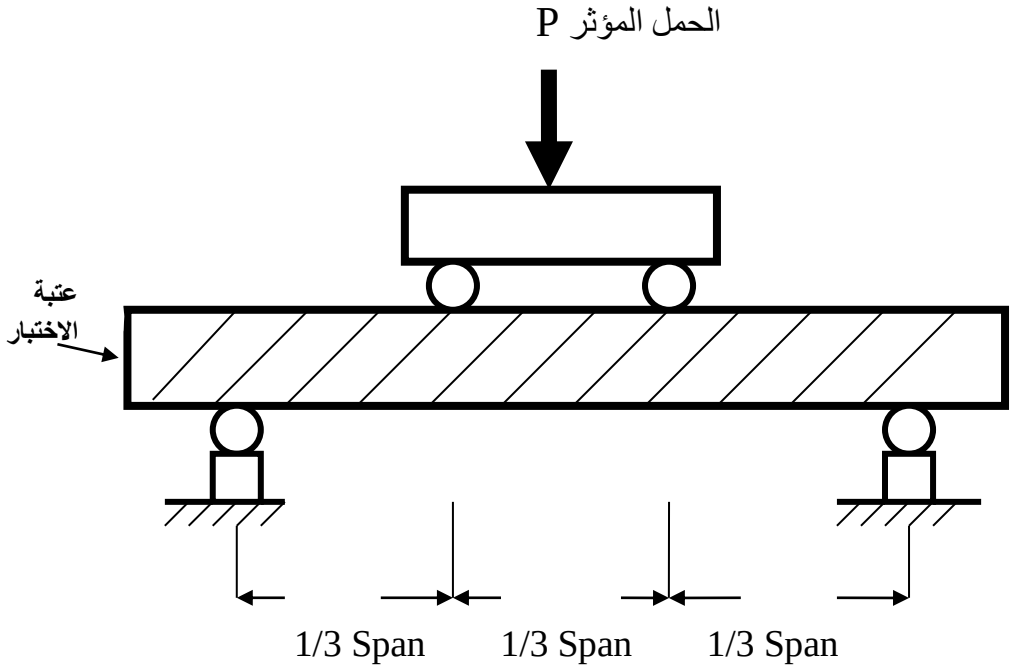
ويفضل إجراء اختبار الانحناء للخرسانة بتحميل عتبة الإختبار في نقطتين Two-Point Loading لأن ذلك يجعل جزء العتبة الذي يحدث بداخله الكسر معرض إلى عزم خالص Pure Bending دون تواجد قص في ذلك الجزء الأمر الذي يجعل الكسر نتيجة مقاومة الإنحناء فقط وتعبر نتائج الإختبار عن مدى تأثر الخرسانة بالإنحناء كما في شكل رقم (10).

يتم حساب إجهاد الكسر (F_{tb}) : حسب موقع الانهيار من المعادلة :

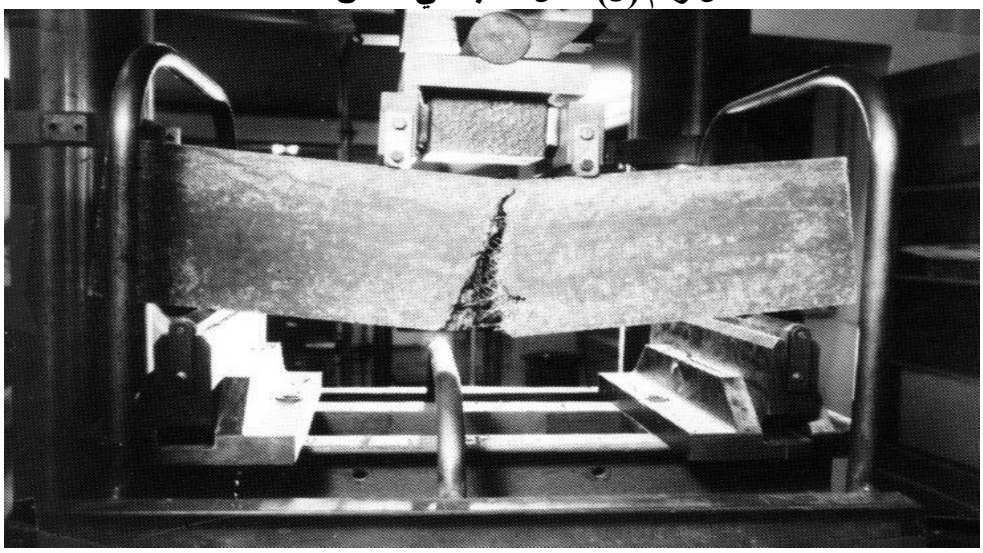
1- $F_{tb} = \frac{M.y}{I} = \frac{P_{max}.L}{b.d^2}$ **(في حالة الكسر في الثلث الأوسط من العينة)**

2- $F_{tb} = \frac{3*P_{max}.a}{b.d^2}$ **(في حالة الكسر خارج الثلث الأوسط من العينة $a \leq 0.05L$)**





شكل رقم (9) شكل العتبة في فحص الانحناء



شكل رقم (10) الكسر لعتبة في فحص الانحناء.

يدون حمل الكسر Pmax وتحسب مقاومة الإنحناء (معاير الكسر) من المعادلة:

$$Fb = \frac{Pmax \cdot L}{bd^2}$$

Pmax = الحد الأقصى للثقل الكلي المسلط على العتبة

L = مسافة الامتداد b = عرض العتبة d = عمق العتبة

ويمكن في بعض الأحيان- عند الضرورة -عمل إختبار الإنحناء بالتحميل في نقطة واحدة One-Point Loading وهى منتصف العتبة المختبرة ولا يعطى ذلك الإختبار إنحناء خالص بل إنحناء مصحوب بتأثير القص ويكون معاير الكسر له أقل من معاير الكسر في حالة التحميل في نقطتين.