مقرر تكنولوجيا المواد

لطلاب الهندسة المعمارية

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا

الخرسانة المتصلدة

بعد التعرف على صفات الخرسانة في مرحلتها الأولى (الخرسانة الطازجة) نستعرض في هذه المحاضرة المرحلة النهائية للخرسانة وهي مرحلة التصلد ومقاومة أحمال المنشأ المختلفة.

للحكم على جودة الخرسانة تنفذ على عينات منها اختبارات للتأكد من أن الخرسانة قادرة على تحمل الاحمال المختلفة بصورة آمنة.

باعتبار الوظيفة الأساسية للخرسانة في المنشأ هي مقاومة الضغط لذا يجري عليها عدد من الاختبارات لدراسة سلوك العينات البيتونية تحت تأثير قوى الضغط.

تتأثر مقاومة الضغط للعينات البيتونية بالعوامل الآتية:

1. جودة المواد الأولية المستخدمة في صناعتها (رمل، حصويات، اسمنت، الماء)
2. كمية الماء المضاف للخلطة
3. عملية الدمك (نوع الدمك يدوي أو ميكانيكي، مدة الدمك)
4. المعالجة إما بالرش بالماء أو أحد الطرق الأخرى مثل
   (التغطية بالخيش المبلل، الإضافات)
5. الحرارة

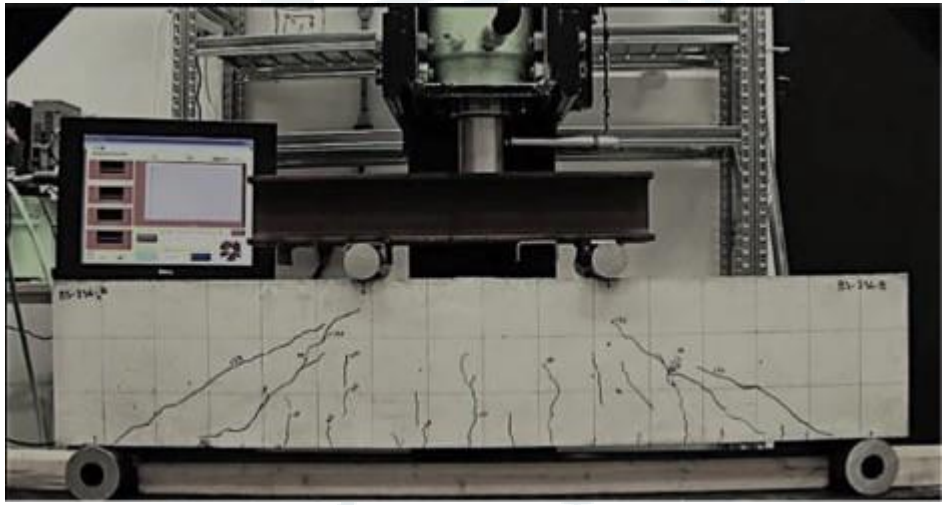
تتدرج الخرسانة في مقاومتها للأحمال بحيث تكتسب جزءاً كبيراً من مقاومتها الفعلية في الأيام الأولى من الصب ثم تزيد تدريجياً ببطء إلى أقصى مقاومة لها، لذلك تنص المواصفات على اختبار عينات الخرسانة في فترات معينة وهي (7 أيام، 28 يوم) لتقدير مدى جودتها.

يجري على عينات الخرسانة نوعين من الاختبارات وهي:

الاختبارات المتلفة (اختبار الضغط، اختبار الانحناء)

الاختبارات غير المتلفة (مطرقة شميدت)

مطرقة شميدت



اختبار الانحناء

اختبار الضغط

MANARA UNIVERSITY

اختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة

الغرض من الاختبار:

تعيين مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة ، وتعتبر مقاومة الضغط أهم خاصية للخرسانة المتصلدة ويعطي الاختبار فكرة عن جودة الخرسانة للاطمئنان بأن الخرسانة وصلت إلى المقاومة المطلوبة منها ويجرى هذا الاختبار بعد مرور 7 أيام ، وبعد مرور 28 يوم من تاريخ الصب لأن الخرسانة في هذه المرحلة تكتسب قدراً كبيراً من مقاومتها الفعلية .

ماكينة الضغط وعينات الاختبار

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

1. آلة الضغط .
2. قوالب من الحديد المقاوم للصدأ وهي نوعين :
   - قوالب مكعبة (15× 15×15سم)
   - قوالب اسطوانية (15×30سم)
3. أدوات خلط.
4. جهاز دمك (هزاز)

خطوات الاختبار :

1. تجميع أجزاء القالب (مكعب ، أسطوانة) وربطها بشكل محكم وتنظف أسطحها الداخلية من الشوائب ثم تدهن بطبقة رقيقة من الزيت .
2. تجهيز كمية من الخرسانة تكفي لعمل ثلاث عينات على الأقل .
3. صب الخرسانة في القالب على ثلاث طبقات تدمك كل طبقة دمكاً جيداً (يدوياً 25ضربة بقضيب الدمك القياسي ، ميكانيكاً بالهزاز) دون حدوث انفصال حبيبي للعينة .
4. تحفظ العينات في جو رطب خالٍ من الاهتزازات مع تغطيتها إن أمكن لتقليل عملية تبخر الماء من العينة لمدة 24 ساعة.
5. بعد مضي 24ساعة تفك القوالب وتستخرج العينات وتوضع في حوض المعالجة لحين إجراء الاختبار عليها (3- 7- 28) أيام.
6. تخرج العينات من الحوض ثم تنشف من قطرات الماء العالقة وتوضع في آلة الاختبار لإجراء الاختبار عليها .

MANARA UNIVERSITY

7. عند الاختبار يراعى أن يكون محور العينة منطبقاً على المحور الرأسي للآلة وأن يكون سطحا العينة المعرضين للضغط أملسين وناعمين وان لا ينعم ويبرد بمكينة التنعيم .
8. يتم التحميل على العينة تدريجياً حتى الكسر .

النتائج :

بعد الانتهاء من الاختبار يتم تحديد مقاومة العينة للضغط كما يلي :

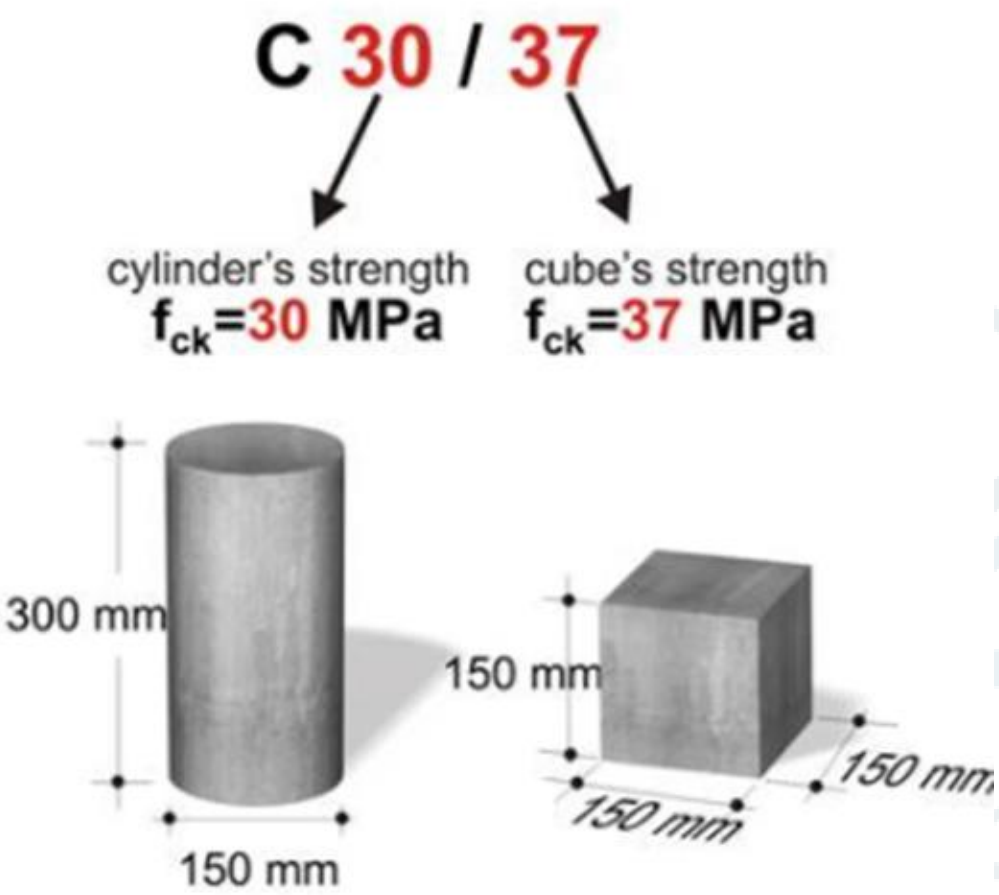
مقاومة الخرسانة للضغط = $\frac{\text{حمل الكسر}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$ كجم / سم^2

ملاحظة :

إذا كانت العينة مكعبة الشكل تكون مساحة مقطع العينة = الطول × العرض

إذا كانت العينة اسطوانية الشكل تكون مساحة مقطع العينة = 3.14 × (نصف القطر)^2

MANARA UNIVERSITY



- أبعاد العينات المكعبة هي 15×15×15 سم أما العينات الاسطوانية النظامية فتكون بقطر 15 سم وارتفاع 30سم
- مقاومة العينات المكعبة أكبر من مقاومة العينات الاسطوانية وللحصول على مقاومة العينات الاسطوانية من المقاومة المكعبية نضرب بعامل تصحيح 0.8 تقريباً

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

مثال 1 :

عند إجراء اختبار مقاومة الضغط على مكعب خرسانة متصلدة أبعادة 15 × 15 × 15

كان حمل الكسر = 500 كيلو نيوتن . احسب مقاومة الضغط للخرسانة .

الحل :

مساحة مقطع العينة = 15 × 15 = 225 سم ^{2}

حمل الكسر = 500 كيلو نيوتن

$$\text{مقاومة الخرسانة للضغط} = \frac{\text{حمل الكسر بالكيلو نيوتن} \times 100}{\text{مساحة مقطع العينة عند الكسر}} \quad \text{كجم / سم2}$$

$$\text{مقاومة الخرسانة للضغط} = \frac{500 \times 100}{225} = 222.22 \quad \text{كجم / سم2}$$

MANARA UNIVERSITY

مثال 2 :

احسب مقاومة الضغط لمكعب خرسانة عادية بأبعاد (15 × 15 × 15) سم ، إذا علمت أن حمل الكسر = 55 طن .

الحل :

مساحة مقطع العينة = 15 × 15 = 225 سم ^{2}

حمل الكسر = 55 × 1000 = 55000 كج

مقاومة الخرسانة للضغط = حمل الكسر بالكيلو جرام / مساحة مقطع العينة عند الكسر = 55000 / 225

= 244.4 كجم / سم2

MANARA UNIVERSITY

اختبار مطرقة شميدت

الغرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الخرسانة المتصلدة لأحمال الضغط بطريقة غير متلفة . ويتم هذا الاختبار في المنشآت المكتملة الإنشاء لتحديد جودة الخرسانة بطريقة سريعة وفورية.

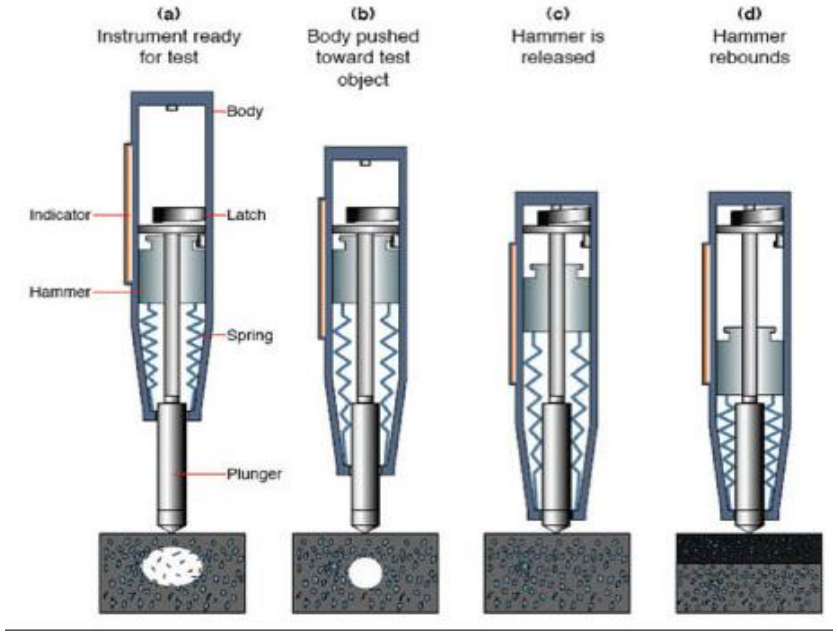
الأجهزة والأدوات :

1. جهاز مطرقة شميدت .
2. أداة تنظيف وتنعيم .

مطرقة شميدت الرقمية

مطرقة شميدت العادية

المنارة
MANARA UNIVERSITY



خطوات الاختبار :

1- تنظيف السطح المراد اختباره من طبقات الدهان واللياسة وتنعيمه بأداة التنعيم (حجر الصنفرة) حتى الوصول إلى سطح الخرسانة.

2- تحديد مساحة من سطح الخرسانة لإجراء الاختبار عليها بمساحة لا تقل عن 200سم^2.

3- تحديد زاوية المطرقة والتي يجب أن تكون رأسية على سطح الخرسانة المحدد لإجراء الاختبار .

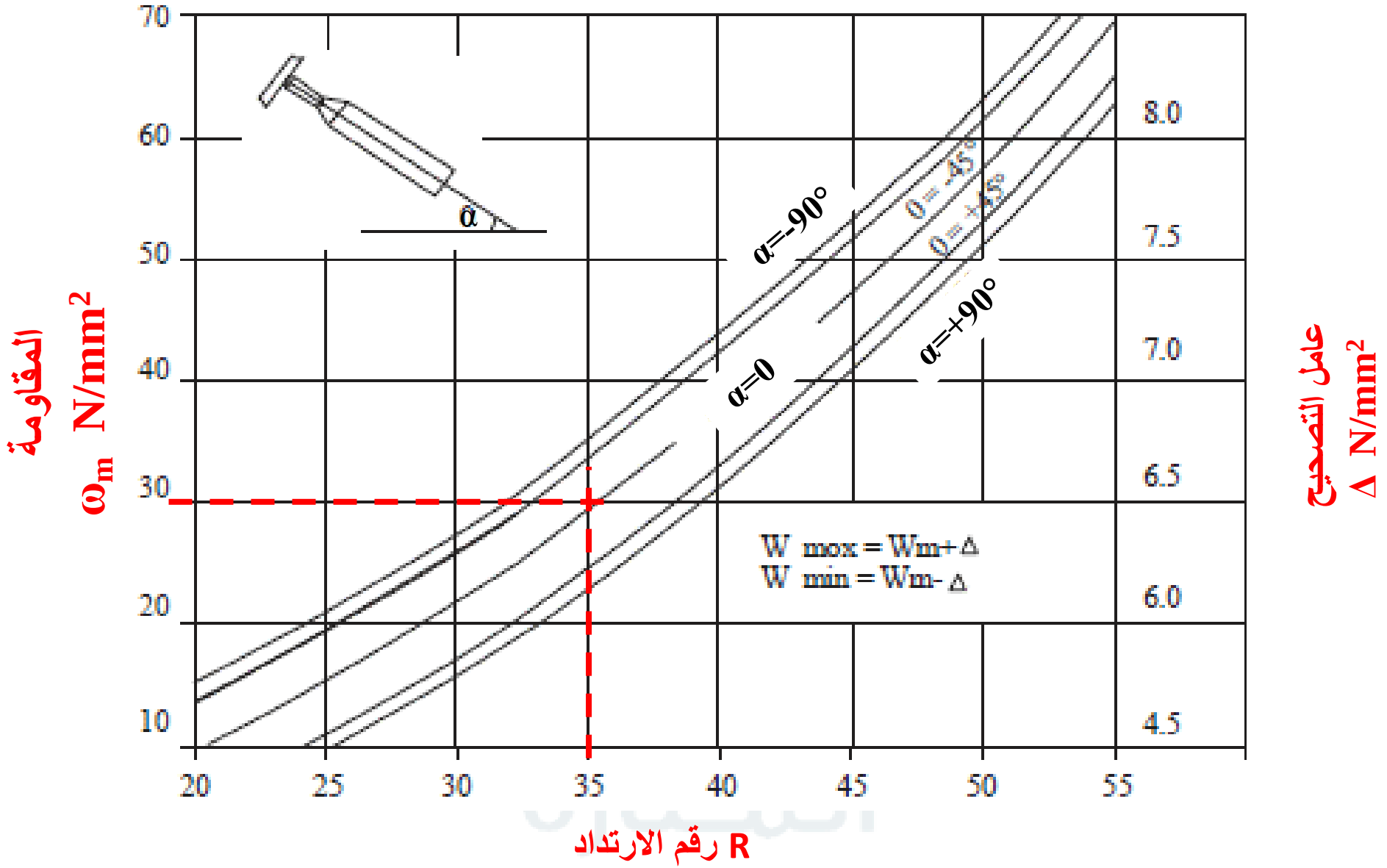
4- الضغط تدريجياً على المطرقة حتى يتم سماع صوت الصدمة ثم يؤخذ رقم الارتداد على شاشة المطرقة .

5- تكرر الخطوة السابقة حتى نحصل على 10قراءات في مساحة 200سم^2 .

6- يؤخذ متوسط القراءات العشر ويسمى رقم الارتداد (R) .

7- من منحنيات شميدت يتم تحديد مقاومة الخرسانة للضغط بمعرفة رقم الارتداد وأيضاً زاوية المطرقة .

MANARA UNIVERSITY



MANARA UNIVERSITY

النتائج :

يتم إيجاد المقاومة المتوسطة (Wm) من منحنى شميدت للمكعب أو الاسطوانة ثم تحدد نتائج العينة كما يلي :

المقاومة القصوى (Wmax) = المقاومة المتوسطة + معامل التصحيح

المقاومة الصغرى (Wmin) = المقاومة المتوسطة – معامل التصحيح

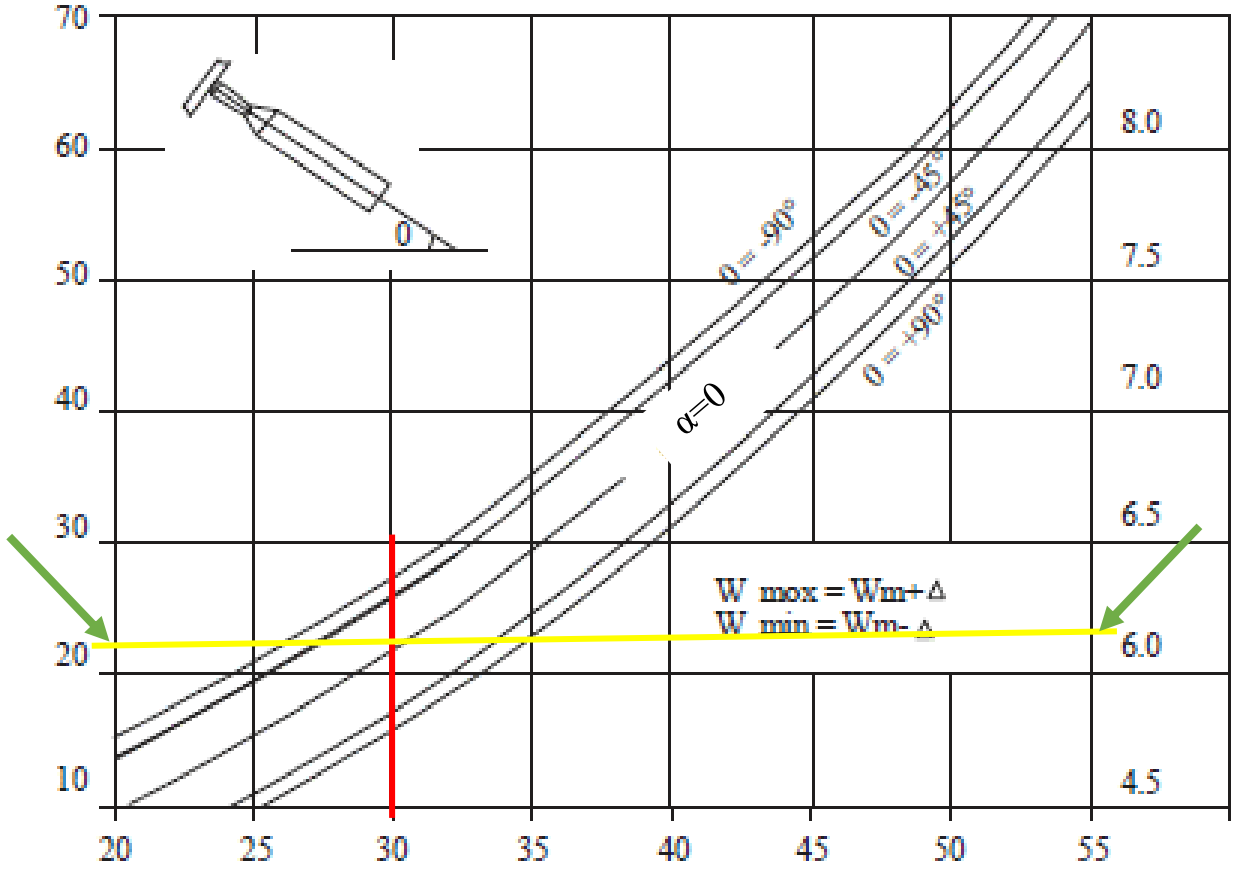
Δ = معامل التصحيح

ويتم تسجيل النتائج المعملية في الجدول التالي :

اسم التجربة	اختبار مطرقة شميدت للخرسانة المتصلدة
زواية المطرقة	
رقم الارتداد (R)	
المقاومة المتوسطة (Wm)	
معامل التصحيح (Δ)	
المقاومة الصغرى (Wmin)	
المقاومة القصوى (Wmax)	

أجري على عمود خرساني اختبار مطرقة شميدت وكانت المطرقة أفقية، بعد الاختبار وجد أن رقم الارتداد R=30

احسب المقاومة المتوسطة والعظمى والصغرى لمكعب مصنوع من الخرسانة



الحل:

لدينا رقم الارتداد R=30

المطرقة أفقية فتكون الزاوية $\alpha=0$

المقاومة المتوسطة من المخطط $Wm= 23\ N/mm^2$

معامل التصحيح $\Delta= 6.2\ N/mm^2$

المقاومة القصوى $Wmax= 23+6.2= 29.2\ N/mm^2$

المقاومة الصغرى $Wmin= 23-6.2= 16.8\ N/mm^2$

MANARA UNIVERSITY

اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة

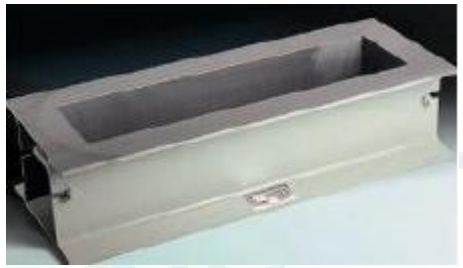
الغرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الخرسانة المتصلدة للانحناء الناتج من أحمال الضغط. ولأن الخرسانة مادة لا تقبل التغير في الشكل فإن أي قوة سواءً كانت أفقية أو رأسية تؤثر على الخرسانة مما يستوجب مقاومتها.

ماكينة الانحناء

الأدوات والأجهزة :

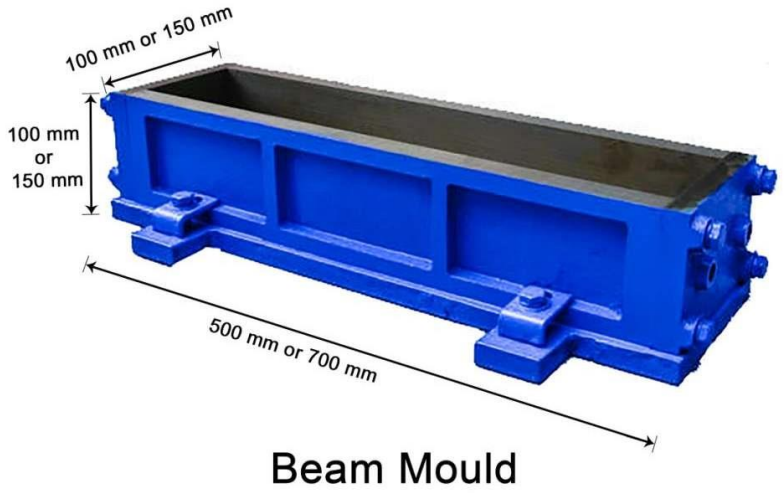
1. آلة الانحناء .
2. قالب الانحناء بأبعاد :
   - 10 ×10× 40 سم .
   - 10 ×10× 50 سم .
   - 15× 15× 75 سم .
3. أدوات خلط .



المنارة
MANARA UNIVERSITY

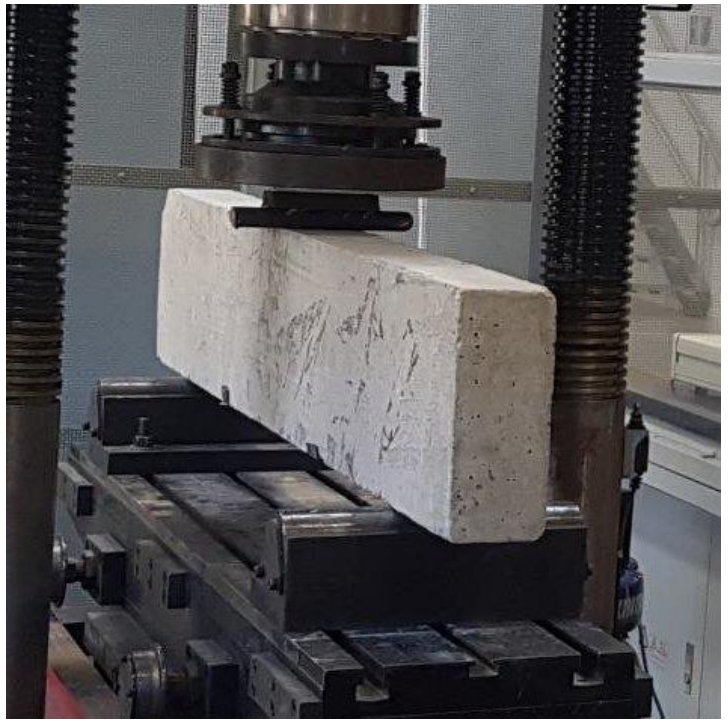
خطوات الاختبار :

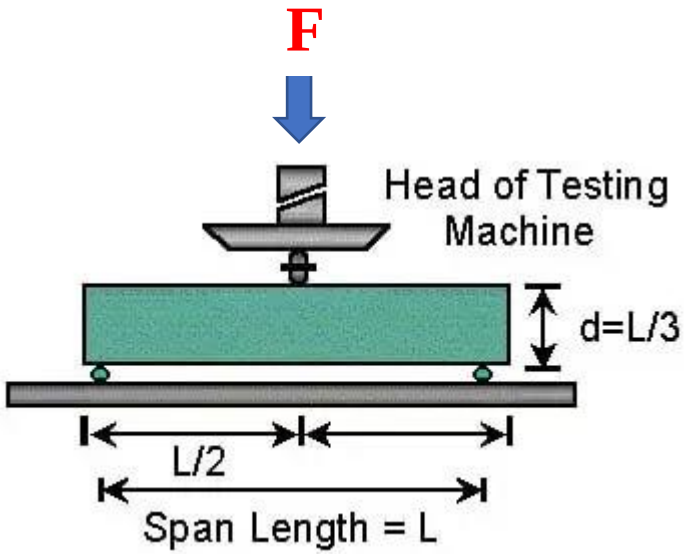
1. تجهيز القوالب (كمرات) بتجميع أجزائها بإحكام ثم تدهن بطبقة رقيقة من الزيت لتفادي التصاق الخرسانة بالقالب أثناء الصب .
2. تجهيز عينة من الخرسانة بالنسب المطلوبة وتخلط جيداً على الناشف حتى تتجانس ثم تضاف إليها نسبة الماء المطلوبة وتخلط إما يدوياً أو آلياً حتى نحصل على خلطة متجانسة .
3. ملء القوالب (الكمرات) بالخرسانة على طبقات متساوية بسمك بوصتين تدمك كل طبقة 25مرة دمكاً تاماً (يدوياً بقضيب الدمك، آلياً بالهزاز)
4. تسوية أسطح العينات ثم حفظها في جو لا تقل رطوبته عن 90٪ ودرجة حرارة بين 15الى 20م° لمدة 24 ساعة ، مع مراعاة عدم تعرضها لاهتزازات .
5. تفك القوالب بعد مرور 24ساعة ثم تعلم العينات وتغمر في حوض المعالجة حتى وقت اختباراها



Beam Mould

المنارة
MANARA UNIVERSITY





6. توضع العينة في آلة بحيث لا يتم التحميل على السطح العلوي المصبوب (الذي تم تسويته عند صب العينات) وتترك مسافة متساوية بين حافة العينة وبين الركائز التي توضع عليها العينة .
7. التحميل على العينة بحمل تدريجي منتظم يبدأ من الصفر وينتهي بكسر العينة إلى نصفين .

النتائج :

يجرى الاختبار على عدد ثلاث عينات بعد مرور 7 أيام ، وثلاث عينات بعد مرور 28 يوم من تاريخ الصب . ثم تحسب نتائجها كما يلي:

$$\text{مقاومة الخرسانة للانحناء} = \frac{\text{حمل الكسر} \times \text{المسافة بين الركائز}}{(\text{عرض الكمرة})^3}$$

$$\sigma = \frac{F \times L}{bd^2} \qquad \sigma = \frac{F \times L}{d^3} \quad \text{if b=d}$$

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

في اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة تم اختبار عينة على شكل جائز او كمرة أبعادها 10*10*50 cm وكانت حمولة الكسر للعينة تساوي 1250 kg. احسب اجهاد الانحناء للعينة بعد 7 أيام.

الحل:

حمولة الكسر: F=1250 kg

الطول بين الركيزتين: L=40cm

ارتفاع مقطع الجائز: d=10cm

اجهاد الانحناء $\sigma = \frac{F \times L}{d^3}$

$$\sigma = \frac{F \times L}{\mathrm{d}^3} = \frac{40 \times 1250}{10^3} = 50\ \mathrm{kg/cm2}$$

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

تجربة الجزرات الخرسانية (القلوب)

Core test

إسطوانة القطع

جهاز القلوب الخرسانية و ملحقاتة

الغرض من الاختبار :

1- تعيين مقاومة الضغط لعينات من الخرسانة المتصلدة المأخوذة من المنشآت ويعتبر من الاختبارات المتلفة .

2- معرفة حالة الخرسانة ومكوناتها وخواص المواد المستخدمة فيها .

الأدوات المستخدمة :

1- ماطور أسطوانة القطع .

2 - جهاز لضغط الهواء لتثبيت جهاز القطع على الأرض .

3 - وعاء مملوء بالماء .

4 - حامل به قاعدة تثبت بالجهاز .

المَنارة
MANARA UNIVERSITY

عينات الاختبار :

1- تحضر عينات الاختبار على هيئة اسطوانات من قلب الخرسانة بقطر حوالي 15 سم وتجهز بالثقب في الخرسانة بقاطع من الصلب اللين قطره الداخلي 15 سم يدور 180 دورة في الدقيقة ويبرد بالماء .

2- يراعى في الخرسانة المصنوعة من الاسمنت البورتلاندي ألا تؤخذ العينة بالثقب فيها قبل 7 أيام في فصل الصيف وقبل 14 يوماً على الأقل في فصل الشتاء .

3- في حالة خرسانة الاسمنت الألومينى تكون المدة أكبر من ذلك .

4- يجب أن يكون ثقب العينة عمودياً على السطح وألا يكون للضغط المصاحب لعملية الثقب أي أثر ضار على العينة .

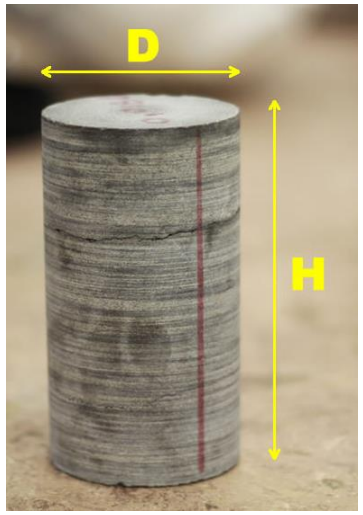
5- يلاحظ بعد ثقب العينة أن تميز بعلامة وترسل للمعمل للاختبار .

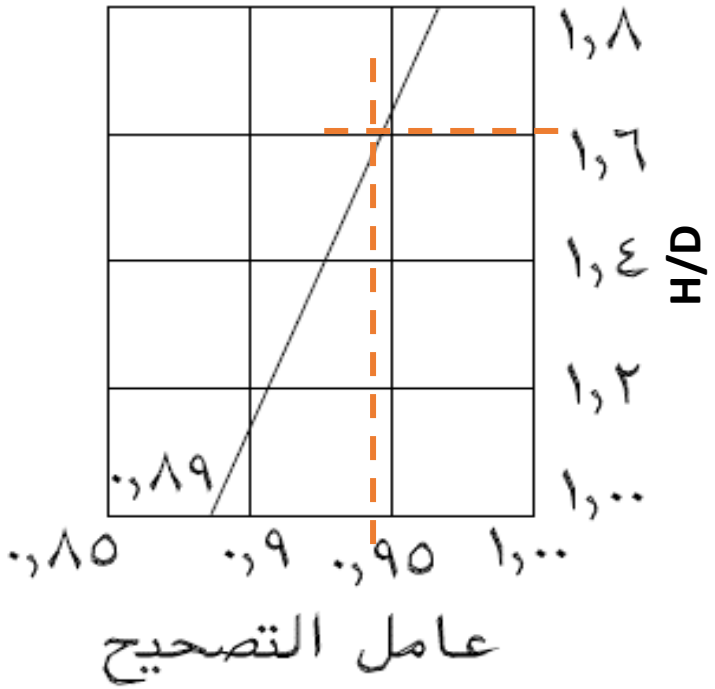
خطوات إجراء الاختبار :

بعد أخذ العينات من المنشأ المراد اختباره يتم تعريض العينات لنوعين من الاختبار هما

أ – اختبار الفحص البصري .

ب- اختبار مقاومة الضغط .





في اختبار أخذ الجزرات الخرسانية من المنشآت كانت النتائج كالتالي:

قطر العينة 15cm ارتفاع العينة 24cm

حمل الكسر 10 ton احسب المقاومة لعينة مكعبية من الخرسانة

المقاومة الحقيقية للعينة المأخوذة من قلب الخرسانة = الحمولة/ مساحة مقطع العينة

$$\sigma r = \frac{10*1000}{\frac{\pi \times 15 \times 15}{4}} = 56.6\ \mathrm{kg/cm^2}$$

المقاومة المصححة =المقاومة الحقيقية * عامل التصحيح

(وذلك للتحويل بين المقاومة الاسطوانية الفعلية بالأبعاد غير النظامية إلى المقاومة النظامية)

المقاومة المصححة= 0.94*56.6 = 53.2 kg/cm2

المقاومة لعينة المكعب = 53.2* (4/3) =70.9 kg/cm2

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

أسئلة عامة عن المحاضرة

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

الوظيفة الأساسية للخرسانة في المنشأ هي مقاومة قوى:			
الضغط	الشد	الانحناء	الحرارة
أكثر العوامل تأثيراً على مقاومة الضغط للعينات البيتونية :			
كمية الماء المضاف للخلطة	الدمك	جودة المواد الاولية	كل ما سبق صحيح
تعين مقاومة الضغط للخرسانة بعد عدد محدد من الأيام هو:			
7، 14	14، 28	7، 28	14، 35
للحصول تقريباً على مقاومة العينات الاسطوانية نضرب مقاومة العينات المكعبة بمعامل تصحيح :			
1.5	1.1	0.8	0.5

المنارة
MANARA UNIVERSITY

اختر المصطلح الهندسي المناسب:

اختبار غير متلف ينفذ على الخرسانة المتصلدة لتعيين مقاومة الضغط هو اختبار:

كسر المكعبات	مطرقة شميدت	مخروط أبرامز	مقاومة الانحناء

اختبار متلف ينفذ على الخرسانة المتصلدة لتعيين مقاومة الضغط هو اختبار:

مطرقة شميدت	الجزرات الخرسانية	لوس أنجلوس	مخروط أبرامز

جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY