

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 المنشآت 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 المنشآت هي مقاومة الضغط لذا يجري عليها عدد من الاختبارات لدراسة سلوك العينات البيتونية تحت تأثير قوى الضغط.



تتأثر مقاومة الضغط للعينات البيتونية بالعوامل الآتية:

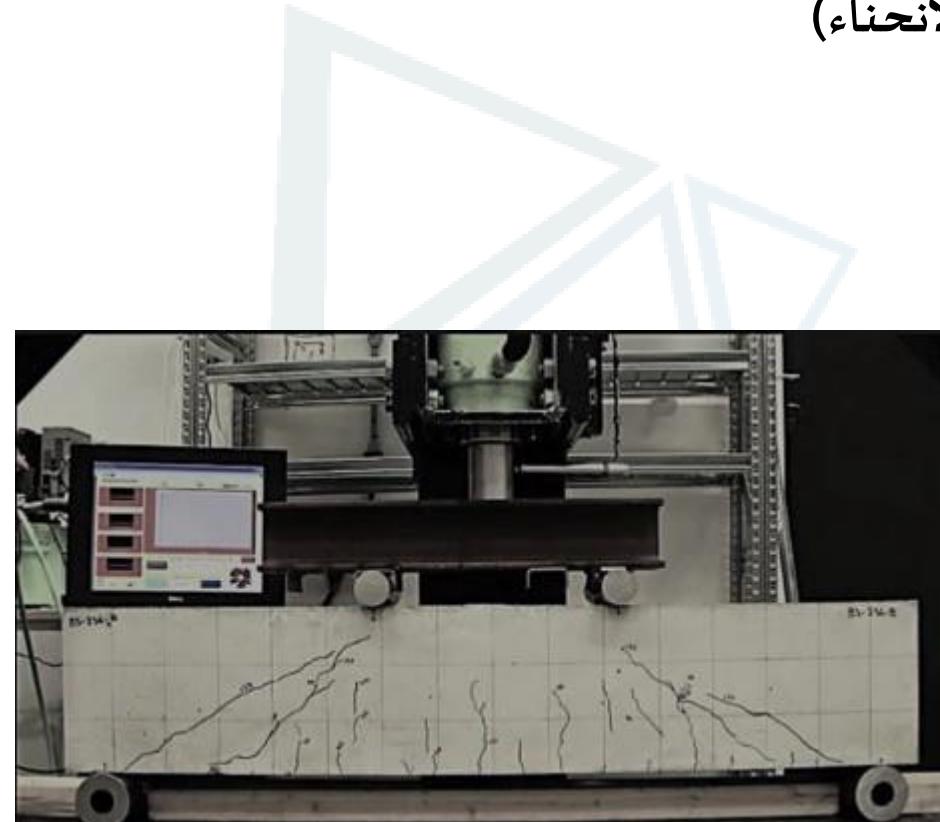
1. جودة المواد الأولية المستخدمة في صناعتها (رمل، حصويات، اسمنت، الماء)
2. كمية الماء المضاف للخلطة
3. عملية الدملك (نوع الدملك يدوي أو ميكانيكي، مدة الدملك)
4. المعالجة إما بالرش بالماء أو أحد الطرق الأخرى مثل (التغطية بالخيش المبلل، الإضافات)
5. الحرارة

تدرج 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)



اختبار الضغط



اختبار الانحناء

MANARA UNIVERSITY



مطرقة شميدت

## اختبار مقاومة الضغط ل الخرسانة المتصلدة

الغرض من الاختبار:

تعين مقاومة الضغط ل الخرسانة المتصلدة ، وتعتبر مقاومة الضغط أهم خاصية ل الخرسانة 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 قدرًا كبيراً من مقاومتها الفعلية .



ماكينة الضغط وعينات الاختبار



MANARA UNIVERSITY

### الأجهزة والأدوات المستخدمة :

1. آلة الضغط .
2. قوالب من الحديد المقاوم للصدأ وهي نوعين :
  - قوالب مكعبية ( $15 \times 15 \times 15$  سم)
  - قوالب اسطوانية ( $15 \times 30$  سم )
3. أدوات خلط.
4. جهاز دمك (هزا ز)

## خطوات الاختبار :



1. تجميع أجزاء القالب (مكعب ، أسطوانة) وربطها بشكل محكم وتطف 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 ضرية بقضيب الدملق 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 24 ساعة تفك القوالب وتستخرج العينات وتوضع في حوض المعالجة لحين إجراء الاختبار عليها (3 - 7 - 28) أيام.
6. تخرج العينات من الحوض ثم تشف من قطرات الماء العالقة وتوضع في آلة الاختبار لإجراء الاختبار عليها .



7. عند الاختبار يراعى أن يكون محور العينة منطبقاً على المحور الرأسي للآلة وأن يكون سطحا العينة المعروض للضغط أملسين وناعمين وان لا ينعم ويبرد بمكينة التغيم.

8. يتم التحميل على العينة تدريجياً حتى الكسر.

**النتائج :**

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

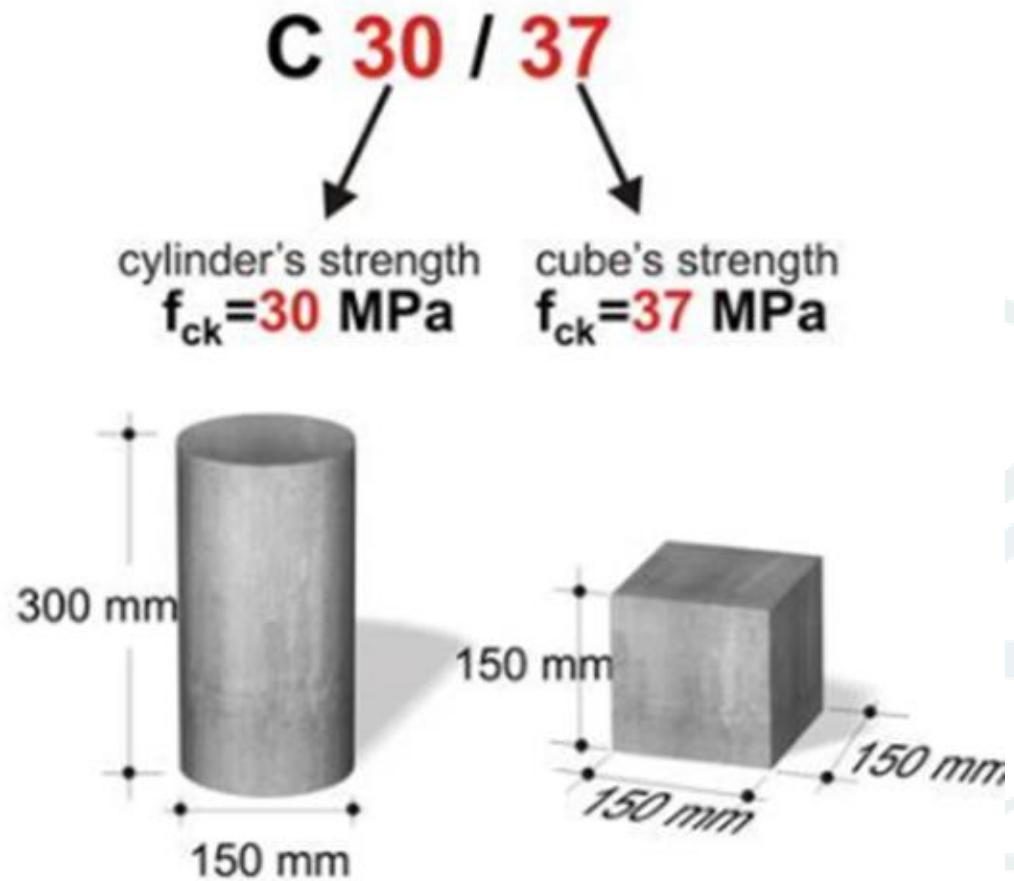
$$\text{مقاومة الخرسانة للضغط} = \frac{\text{حمل الكسر}}{\text{مساحة مقطع العينة}} \text{ كجم / سم}^2$$

**ملاحظة :**

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

إذا كانت العينة اسطوانية الشكل تكون مساحة مقطع العينة =  $3.14 \times (\text{نصف القطر})^2$





- أبعاد العينات المكعبية هي  $15 \times 15 \times 15$  سم أما العينات الاسطوانية النظامية فتكون بقطر 15 سم وارتفاع 30 سم
- مقاومة العينات المكعبية أكبر من مقاومة العينات الاسطوانية وللحصول على مقاومة العينات الاسطوانية من المقاومة المكعبية نضرب بعامل تصحيح 0.8 تقريرياً

جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

## مثال 1 :

عند إجراء اختبار مقاومة الضغط على مكعب خرسانة متصلة أبعاده  $15 \times 15 \times 15$  كان حمل الكسر = 500 كيلو نيوتن . احسب مقاومة الضغط للخرسانة .

الحل :

$$\text{مساحة مقطع العينة} = 15 \times 15 = 225 \text{ سم}^2$$

$$\text{حمل الكسر} = 500 \text{ كيلو نيوتن}$$

$$\text{حمل الكسر بالكيلو نيوتن} \times 100$$

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

$$100 \times 500$$

$$222.22 \text{ كجم / سم}^2 = \frac{100 \times 500}{225} = \text{مقاومة الخرسانة للضغط}$$



مثال 2 :

احسب مقاومة الضغط لمكعب خرسانة عادي بأبعاد  $(15 \times 15 \times 15)$  سم ، إذا علمت أن حمل الكسر = 55 طن .

الحل :

$$\text{مساحة مقطع العينة} = 15 \times 15 = 225 \text{ سم}^2$$

$$\text{حمل الكسر} = 1000 \times 55 = 55000 \text{ كجم}$$

$$\frac{\text{حمل الكسر بالكيلو جرام}}{\text{مساحة مقطع العينة عند الكسر}} = \frac{55000}{225} = \text{مقاومة الخرسانة للضغط}$$

$$244.4 \text{ كجم / سم}^2$$



المنارة  
MANARA UNIVERSITY

## اختبار مطرقة شميدت

### الفرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الخرسانة المتصلة لأحمال الضغط بطريقة غير مترافق . ويتم هذا الاختبار في المنشآت المكتملة للإنشاء لتحديد جودة الخرسانة بطريقة سريعة وفورية.



مطرقة شميدت العادية



مطرقة شميدت الرقمية

### الأجهزة والأدوات :

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

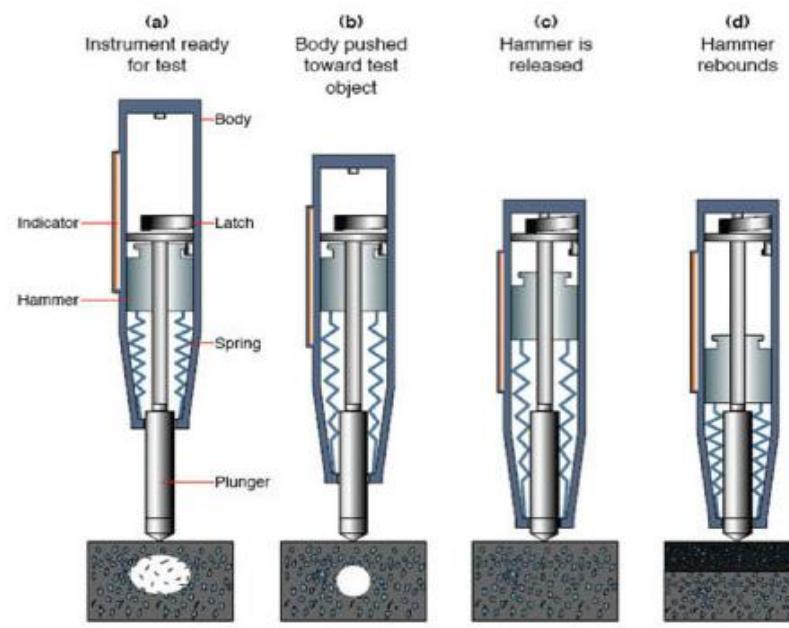
المناره

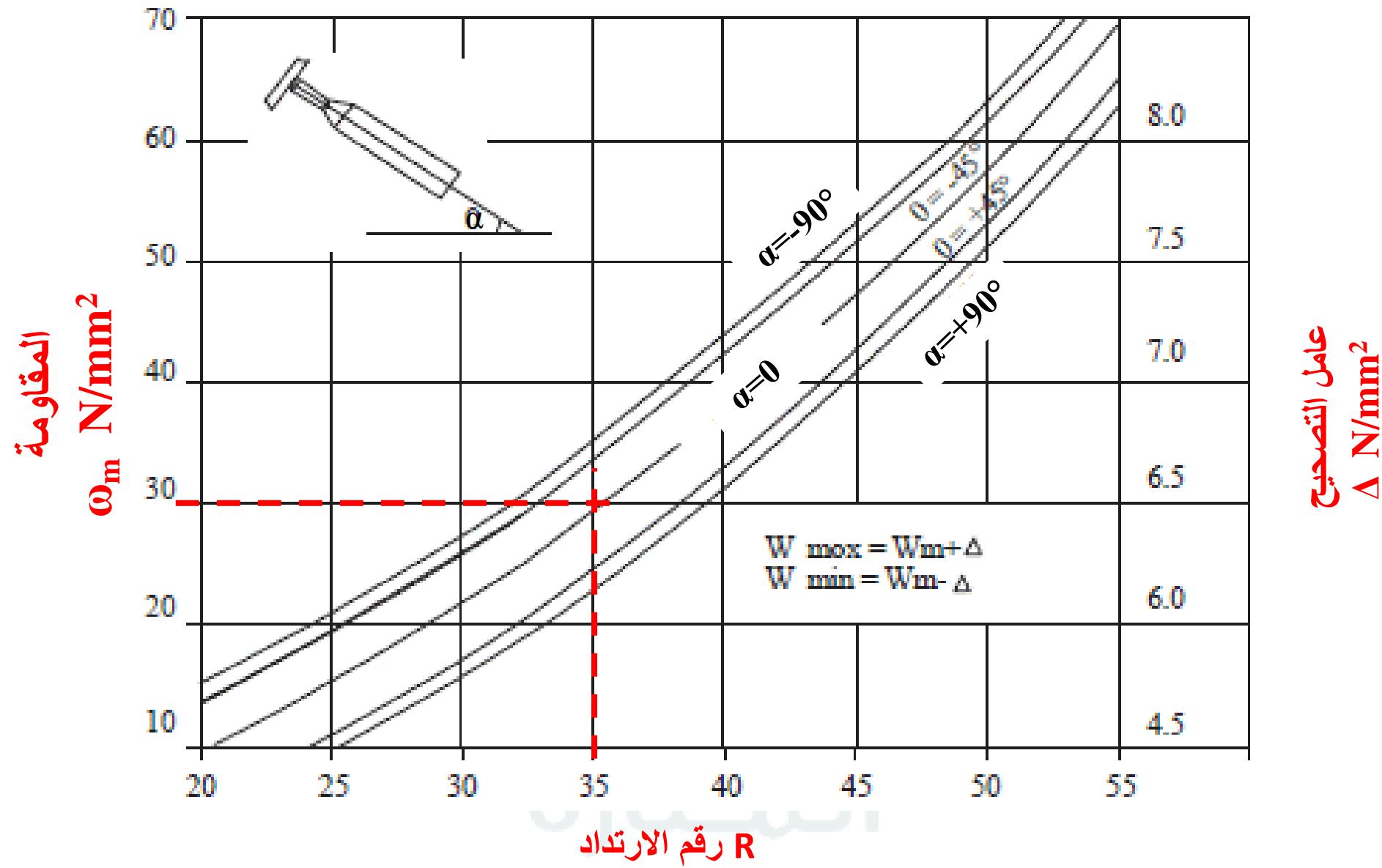
MANARA UNIVERSITY

## خطوات الاختبار :



- 1- تنظيف السطح المراد اختباره من طبقات الدهان واللياسة وتنعيمه بآداة التعيم (حجر الصنفرة) حتى الوصول إلى سطح الخرسانة.
- 2- تحديد مساحة من سطح الخرسانة لإجراء الاختبار عليها بمساحة لا تقل عن  $200\text{ سم}^2$ .
- 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 10 قراءات في مساحة  $200\text{ سم}^2$  .
- 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

## النتائج :

يتم إيجاد المقاومة المتوسطة (Wm) من منحنى شميدت للمكعب أو الاسطوانة ثم

تحدد نتائج العينة كما يلي :

$$\text{المقاومة القصوى (Wmax)} = \text{المقاومة المتوسطة} + \text{معامل التصحيح}$$

$$\text{المقاومة الصغرى (Wmin)} = \text{المقاومة المتوسطة} - \text{معامل التصحيح}$$

$$\Delta = \text{معامل التصحيح}$$

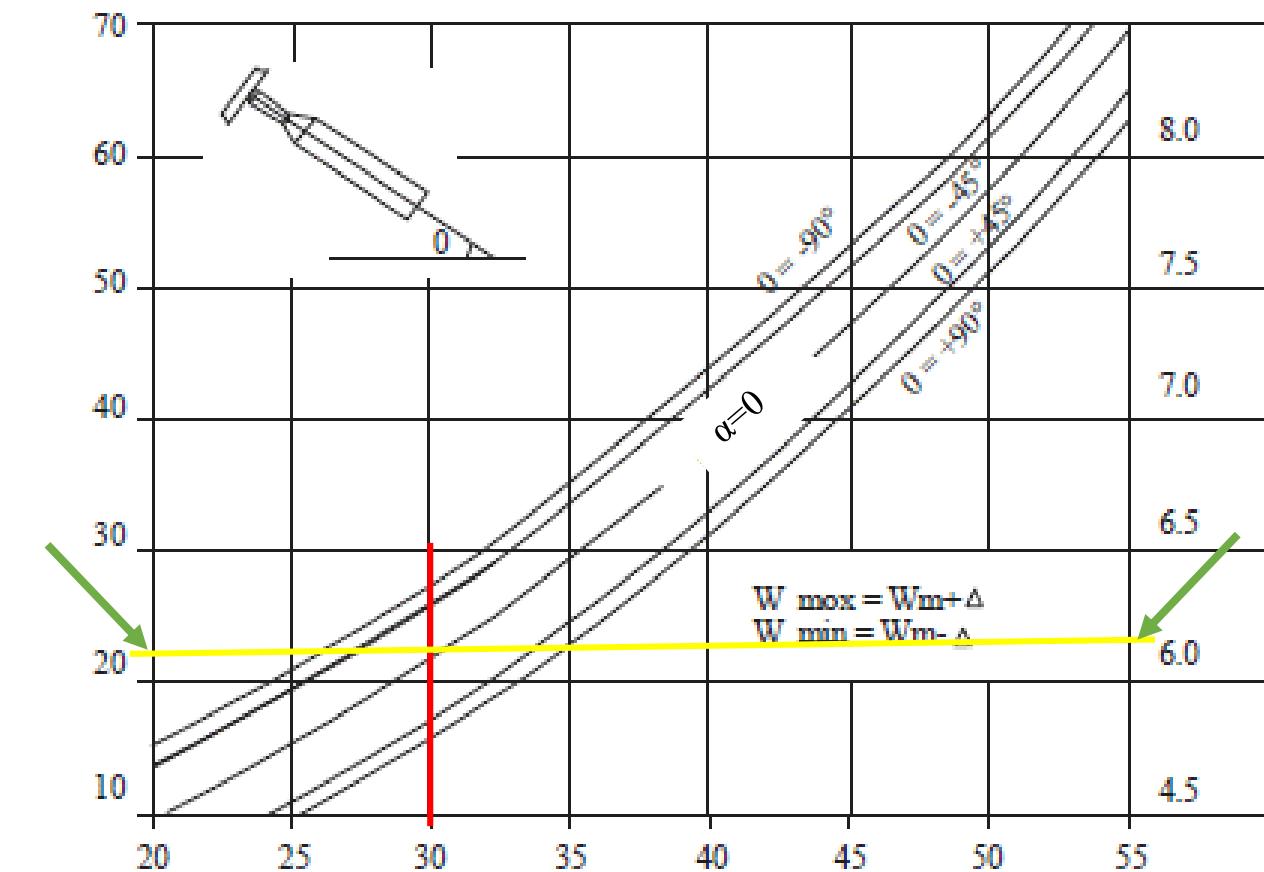
ويتم تسجيل النتائج المعملية في الجدول التالي :

اسم التجربة	اختبار مطرقة شميدت لخرسانة المتصلة
زاوية المطرقة	
رقم الارتداد (R)	
المقاومة المتوسطة (Wm)	
معامل التصحيح (Δ)	
المقاومة الصغرى (Wmin)	
المقاومة القصوى (Wmax)	



أجري على عمود خرساني اختبار مطربة شميدت وكانت المطربة أفقية، بعد الاختبار وجد أن رقم الارتداد  $R=30$

احسب المقاومة المتوسطة والعظمى والصغرى لمكعب مصنوع من الخرسانة



الحل:

لدينا رقم الارتداد  $R=30$

المطربة أفقية فتكون الزاوية  $\alpha=0$

المقاومة المتوسطة من المخطط  $W_m=23 \text{ N/mm}^2$

معامل التصحيح  $\Delta=6.2 \text{ N/mm}^2$

المقاومة القصوى  $W_{\text{max}}=23+6.2=29.2 \text{ N/mm}^2$

المقاومة الصغرى  $W_{\text{min}}=23-6.2=16.8 \text{ N/mm}^2$

## اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة

الغرض من الاختبار :

تعين 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.



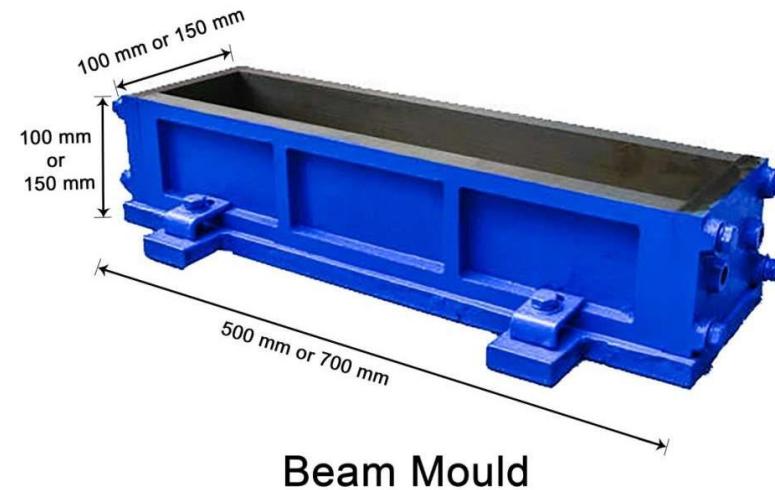
ماكينة الانحناء



الأدوات والأجهزة :

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

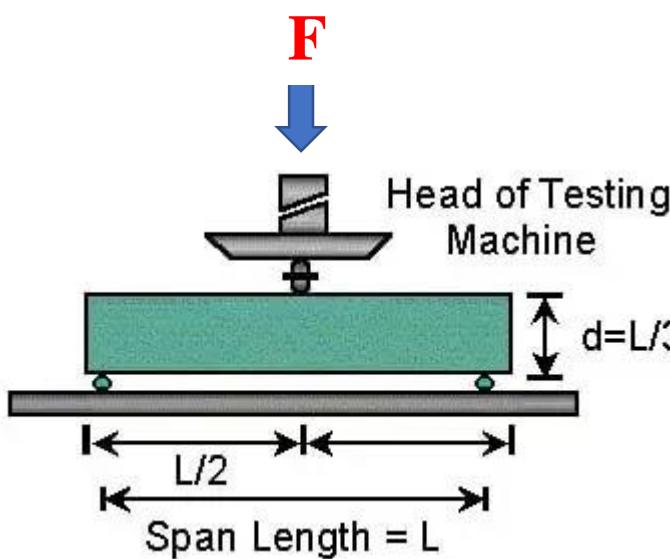
## خطوات الاختبار :



1. تجهيز القوالب (كمرات) بتجمیع أجزائها بإحكام ثم تدهن بطبقة رقيقة من الزيت لتفادي التصاق الخرسانة بالقالب أثناء الصب .
2. تجهيز عينة من الخرسانة بالنسبة 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 سمك بوصتين تدمر كل طبقة 25 مرة دمكاً تماماً (يدوياً بقضيب الدمرك، آلياً بالهزاز)
4. تسوية أسطح العينات ثم حفظها في جو لا تقل رطوبته عن 90٪ ودرجة حرارة بين 15 إلى 20°C لمدة 24 ساعة ، مع مراعاة عدم تعرضها لاهتزازات .
5. تفك القوالب بعد مرور 24 ساعة ثم تعلم العينات وتغمر في حوض المعالجة حتى وقت اختبارها

المنار

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 ثلاثة عينات بعد مرور 7 أيام ، وثلاث عينات بعد مرور 28 يوم من تاريخ الصب . ثم تحسب نتائجها كما يلي:

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

$$\sigma = \frac{F \times L}{bd^2}$$

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

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

الحل:

حمولة الكسر:  $F=1250\text{ kg}$

الطول بين الركيزتين:  $L=40\text{cm}$

ارتفاع مقطع الجائز:  $d=10\text{cm}$

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

اجهاد الانحناء



$$\sigma = \frac{F \times L}{d^3} = \frac{40 \times 1250}{10^3} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

MANARA UNIVERSITY

# تجربة الجزرات الخرسانية (القلوب)

## Core test

الغرض من الاختبار :

- 1 تعين مقاومة الضغط لعينات من الخرسانة المتصلة المأخوذة من المنشآت ويعتبر من الاختبارات المختلفة .
- 2 معرفة حالة الخرسانة ومكوناتها وخواص المواد المستخدمة فيها .

الأدوات المستخدمة :

- 1 - ماطور أسطوانة القطع .
- 2 - جهاز لضغط الهواء لثبت جهاز القطع على الأرض .
- 3 - وعاء مملوء بالماء .
- 4 - حامل به قاعدة تثبت بالجهاز .



اسطوانة القطع



جهاز القلوب الخرسانية و ملحقاته

المنارة

MANARA UNIVERSITY

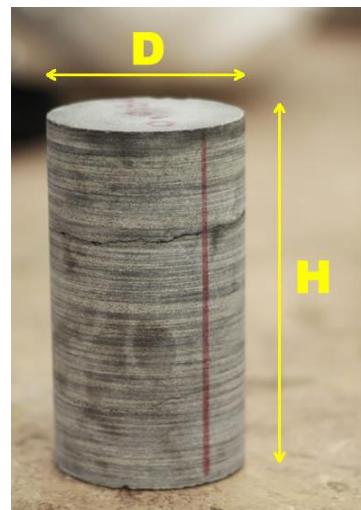
## عينات الاختبار :

- 1 - تحضر عينات الاختبار على هيئة اسطوانات من قلب الخرسانة بقطر حوالي 15 سم وتجهز بالثقب في الخرسانة بقطاع 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 الألوميني 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 24cm ارتفاع العينة 15cm

حمل الكسر 10 ton احسب المقاومة لعينة مكعبية من الخرسانة

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

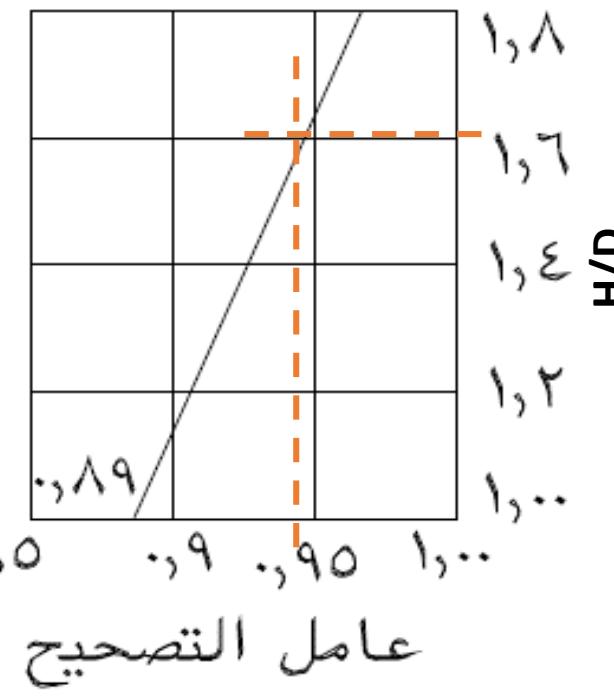
$$\sigma_r = \frac{10 * 1000}{\pi * 15 * 15} = 56.6 \text{ kg/cm}^2$$

المقاومة المصححة = المقاومة الحقيقة \* عامل التصحيح

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

$$\text{المقاومة المصححة} = 53.2 \text{ kg/cm}^2 = 0.94 * 56.6$$

$$\text{المقاومة لعينة المكعب} = (4/3) * 53.2 = 70.9 \text{ kg/cm}^2$$



أسئلة عامة عن المحاضرة



الوظيفة الأساسية للخرسانة في المنشأ هي مقاومة قوى:

الحرارة	الانحناء	الشد	الضغط
أكثر العوامل تأثيراً على مقاومة الضغط للعينات البetonية :			
كل ما سبق صحيح	جودة المواد الاولية	الدمك	كمية الماء المضاف للخاطة
تعيين مقاومة الضغط للخرسانة بعد عدد محدد من الأيام هو :			
35 ، 14	28 ، 7	28 ، 14	14 ، 7
للحصول تقريباً على مقاومة العينات الاسطوانية نضرب مقاومة العينات المكعبية بمعامل تصحيح :			
0.5	0.8	1.1	1.5

## اختر المصطلح الهندسي المناسب:

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

مقاومة الانحناء

مخروط أبرامز

مطرقة شميدت

كسر المكعبات

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

مخروط أبرامز

لوس أنجلوس

الجزرات الخرسانية

مطرقة شميدت

المنارة

MANARA UNIVERSITY