



## الوحدة الخامسة

### اختبارات الخرسانة المتصلدة وشد الحديد

## اولا - اختبارات الخرسانة المتصلدة

### 1- 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 .

#### الأدوات المستخدمة:

1. ماكينة 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).



قالب مكعبة (15×15×15سم)



ماكينة الضغط وعينات الاختبار



### 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 25 وخزّة 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 24 ساعة تفك القوالب وتستخرج العينات وتوضع في حوض المعالجة لحين إجراء الاختبار عليها .
6. تخرج العينات من الحوض ثم تنشف 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 سطحها العينة المعرضين للضغط أملسين وناعمين .
8. يتم التحميل على العينة تدريجياً حتى الكسر .



دمك كل طبقة بقضيب الدمك وتسوية  
السطح



ملاً القالب بالخرسانة على ثلاثة طبقات



اخذ القراءة ومعرفة شكل الكسر الناتج



التحميل 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 مكعبة الشكل تكون مساحة مقطع العينة = الطول × العرض

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

وتسجل نتائج اختبار العينات في الجدول التالي :

اختبار الضغط للخرسانة المتصلدة				اسم التجربة
	3	2	1	رقم العينة
				نوع العينة
سم				أبعاد العينة
كجم				حمل الكسر
سم <sup>2</sup>				مساحة مقطع العينة
كجم/سم <sup>2</sup>				مقاومة العينة للضغط
كجم/سم <sup>2</sup>				مقاومة الخرسانة للضغط



## مثال 1 :

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

الحل :

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

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

$$\text{مقاومة الخرسانة للضغط} = \frac{\text{حمل الكسر بالكيلو نيوتن} \times 100}{\text{مساحة مقطع العينة عند الكسر}} = \frac{500 \times 100}{225} = 222.22 \text{ كجم / سم}^2$$

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

## مثال 2 :

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

الحل :

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

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

$$\text{مقاومة الخرسانة للضغط} = \frac{\text{حمل الكسر بالكيلو جرام}}{\text{مساحة مقطع العينة عند الكسر}} = \frac{55000}{225} = 244.4 \text{ كجم / سم}^2$$

## 2- اختبار مطرقة شميدت

### الغرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الخرسانة المتصلة 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 العادية



مطرقة شميدت الرقمية

### 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 200 سم<sup>2</sup>.
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. تكرار الخطوة السابقة حتى نحصل على 10 قراءات في مساحة 200 سم<sup>2</sup> .
6. يؤخذ متوسط القراءات العشر ويسمى رقم الارتداد ( R ) .
7. من منحنيات شميدت يتم تحديد مقاومة الخرسانة للضغط بمعرفة رقم الارتداد وأيضاً زاوية المطرقة .





الضغط تدريجيا حتى سماع صوت الصدمة



المطرقة رأسية على سطح الخرسانة

**النتائج :**

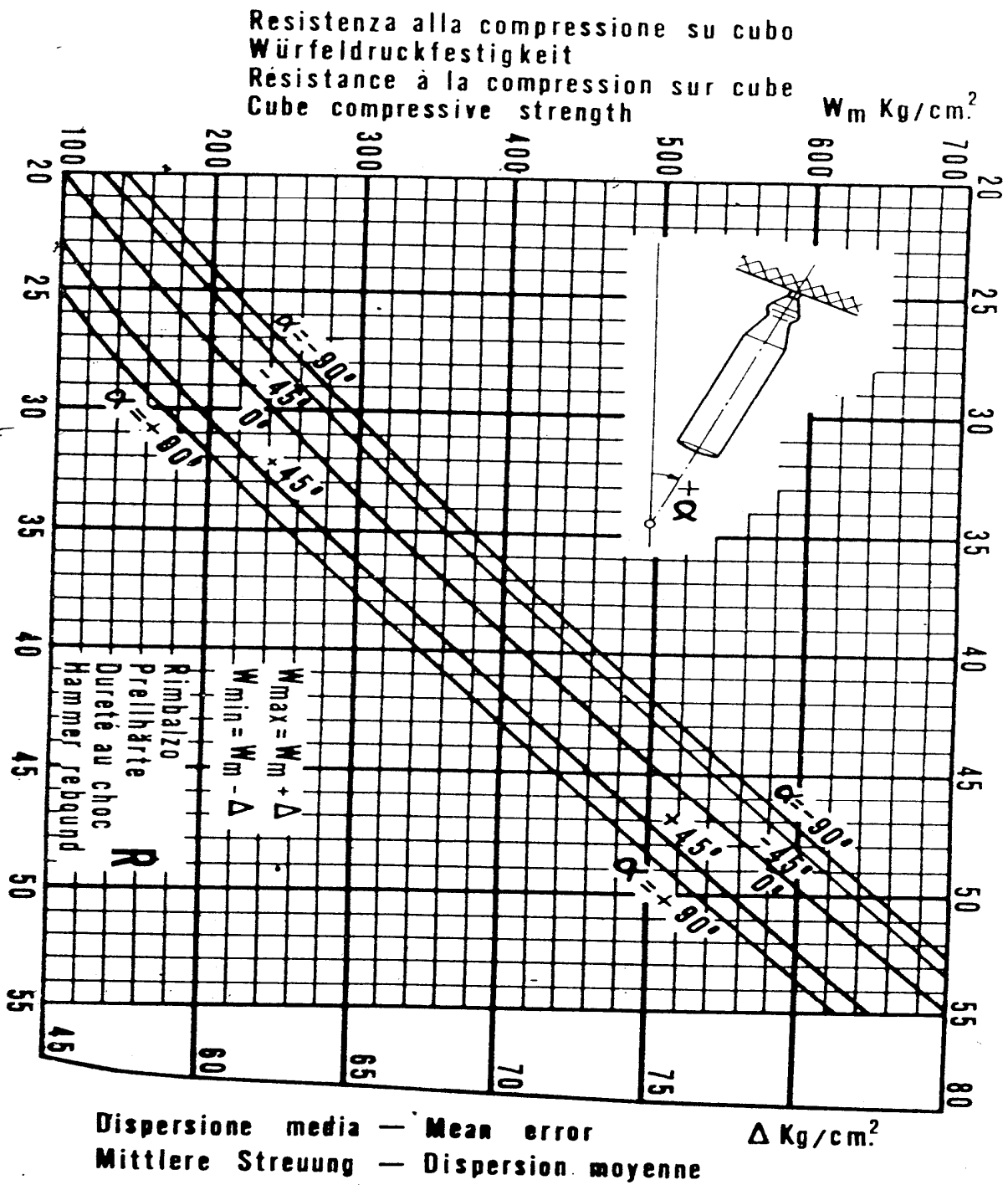
يتم إيجاد المقاومة المتوسطة (  $W_m$  ) من منحني شמידت للمكعب أو الاسطوانة ثم تحدد نتائج العينة كما يلي :

$$\begin{aligned} \text{المقاومة القصوى ( } W_{\max} \text{ )} &= \text{المقاومة المتوسطة} + \text{معامل التصحيح} \\ \text{المقاومة الصغرى ( } W_{\min} \text{ )} &= \text{المقاومة المتوسطة} - \text{معامل التصحيح} \\ \Delta &= \text{معامل التصحيح} \end{aligned}$$

ويتم تسجيل النتائج العملية في الجدول التالي :

اسم التجربة	اختبار مطرقة شמידت للخرسانة المتصلة
زوايا المطرقة	
رقم الارتداد ( R )	
المقاومة المتوسطة ( $W_m$ )	
معامل التصحيح ( $\Delta$ )	
المقاومة الصغرى ( $W_{\min}$ )	
المقاومة القصوى ( $W_{\max}$ )	





منحنى مطرقة شميدت

### 3- 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 فان أي قوة سواءً كانت أفقية أو رأسية تؤثر على الخرسانة مما يستوجب مقاومتها.

#### الأدوات المستخدمة :

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



ماكينة الانحناء



قالب الاختبار



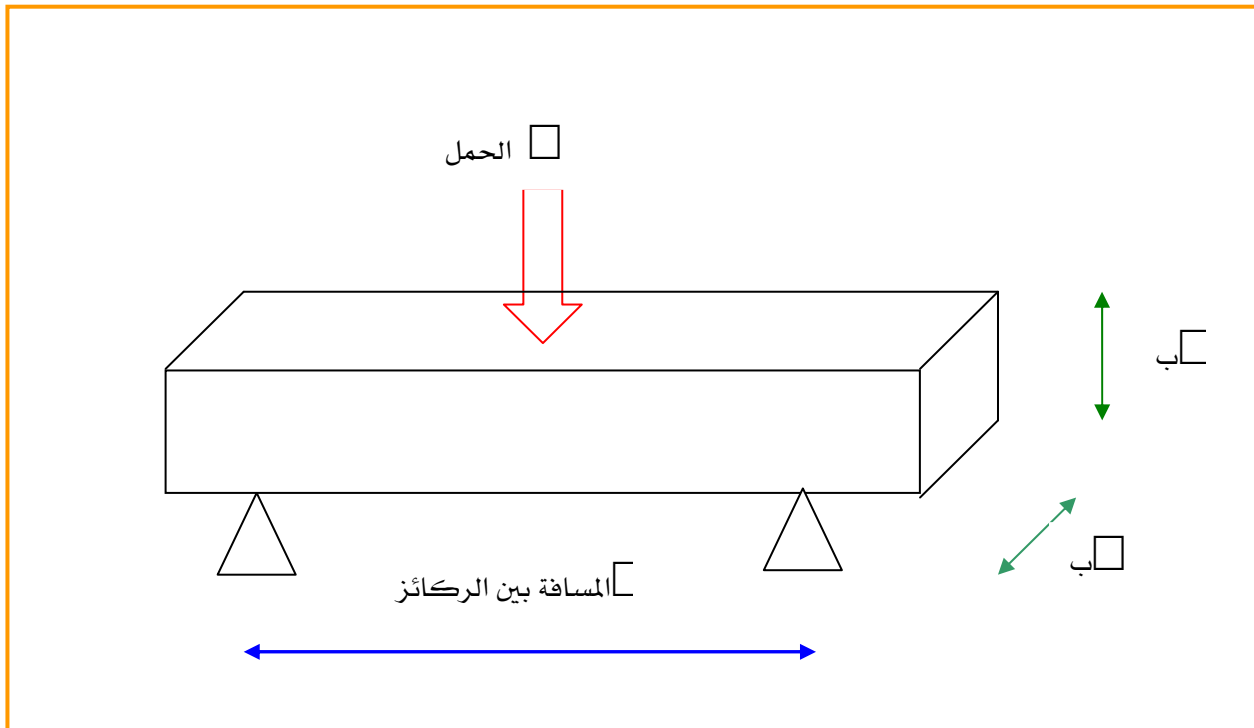
### خطوات التجربة:

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 المياه المطلوبة وتخلط إما يدوياً أو ميكانيكاً حتى نحصل خلطة متجانسة .
3. ملأ القوالب ( الكمرات ) بالخرسانة على طبقات متساوية بسمك بوصتين تدمك كل طبقة دمكاً تاماً ( يدوياً بقضيب الدمك ، ميكانيكاً بالهزاز )
4. تسوية أسطح العينات ثم حفظها في جو لا تقل رطوبته عن 90% ودرجة حرارة بين 15 إلى 20م° 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
6. توضع العينة في الماكينة 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:

$$\text{مقاومة الخرسانة للانحناء} = \frac{3 \times \text{حمل الكسر} \times \text{المسافة بين الركيزتين}}{2 \times \text{عرض الكمرة} \times (\text{ارتفاع الكمرة})^2} = \frac{\text{كجم/سم}^2}{\text{كجم/سم}^2}$$



ويتم تسجيل النتائج بالجدول التالي :

اسم التجربة								
اختبار الانحناء للخرسانة المتصلدة								
رقم العينة			1			2		
عمر العينة								
أبعاد العينة	طول	عرض	ارتفاع	طول	عرض	ارتفاع	طول	عرض
المسافة بين الركائز								
حمل الكسر كن								
مقاومة الانحناء								
مقاومة الخرسانة الانحناء								



مثال ( 1 ) :

في اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة تم اختبار عينة على شكل كمره أبعادها (  $10 \times 10 \times 50$  سم ) وكان حمل الكسر للعينة يساوي 1250 كجم .  
احسب إجهاد الانحناء للعينة بعد 7 أيام .

الحل :

حمل الكسر ( ح ) = 1250 كجم  
الطول بين الركيزتين ( ل ) = 40 سم  
عرض مقطع الكمره ( ب ) = 10 سم  
ارتفاع الكمره ( ع ) = 10 سم

$$\text{إجهاد الانحناء} = \frac{3 \times \text{ح} \times \text{ل}}{2 \times \text{ب} \times (\text{ع})^2} = \frac{3 \times 1250 \times 40}{2 \times 10 \times 10^2} \text{ كجم / سم}^3$$

$$\text{إجهاد الانحناء} = \frac{40 \times 1250 \times 3}{10 \times 10 \times 10 \times 2}$$

$$= 75 \text{ كجم / سم}^3$$

## ثانيا - اختبار شد الحديد

### الغرض من الاختبار:

تعيين مقاومة حديد التسليح للشد ، ودراسة سلوك حديد التسليح تحت تأثير حمل الشد وتعيين الانفعال ومدى التغير الناتج من الشد .  
وتستخدم هذه البيانات لتصميم القطاعات الخرسانية وكذلك لتحديد كمية الحديد بالقطاع .

### الادوات المستخدمة:



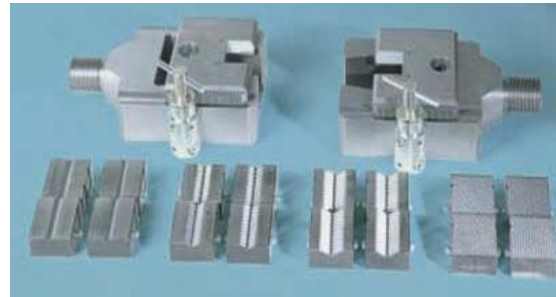
ماكينة الشد



حساس يدوي



حساس الكتروني



ماسك عينات الشد

### خطوات التجربة:

1. تجهيز عينة من الحديد وذلك بتعيين طولها الابتدائي وكذلك قطرها .
2. تثبيت العينة بين فكي الماكينة بحيث :
  - ينطبق محور العينة على محور الفكين ( محور الماكينة ) وذلك بتثبيتها عند النقطتين الحمراء الموجودتين على الفكين ( مركز الماكينة ).
  - تكون الفتحات الموجودة بالسيخ في اتجاهات فك الماكينة لزيادة التماسك بين العينة والفك
3. إدخال بيانات العينة في وحدة إدخال البيانات وكذلك معدل التحميل.
4. التحميل على العينة بحمل ابتدائي بسيط لتثبيت العينة، ثم يوضع حساس الاستطالة على العينة.
5. تشغيل الماكينة للتحميل على العينة بحمل تدريجي وبمعدل تحميل ثابت من بداية الاختبار حتى حدوث الكسر بالعينة .
6. عند حدوث الكسر وانقسام العينة إلى جزأين ( ليس بالضرورة يكونان متماثلين ) يحدد الحمل المسبب للكسر، ثم تحسب النتائج.

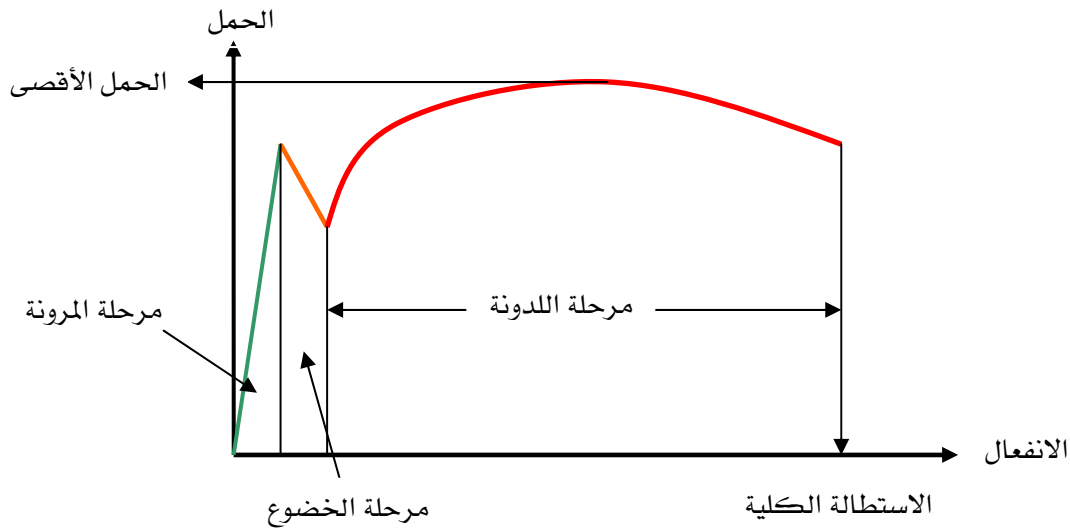






## النتائج :

- عند التحميل على عينة الحديد يجب ملاحظة أن السيخ يمر بالمراحل التالية:
- مرحلة المرونة : تكون عند بداية التحميل على العينة ويصاحبها تغير طفيف في الطول وتعود العينة إلى وضعها الطبيعي بعد زوال الحمل المؤثر .
  - مرحلة الخضوع: وتبدأ بعد مرحلة المرونة بحيث تقل مقاومة السيخ للشد مع زيادة واضحة في طول العينة ويبقى التغير في الطول بعد زوال الحمل المؤثر ولكن بدون نقص يذكر في مقطع العينة .
  - مرحلة اللدونة : وتبدأ بعد مرحلة الخضوع وتتميز بزيادة ملحوظة في مقاومة العينة للشد مع زيادة في الطول يصاحبها نقص واضح في مقطع العينة ( تشكل الرقبة ) وتنتهي هذه المرحلة بكسر العينة إلى جزئين .



وبعد الانتهاء من الاختبار تحدد نتائجها كالتالي:

$$\text{مقاومة الحديد للشد} = \frac{\text{أقصى حمل}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$$

$$\text{مقاومة الحمل الخضوع} = \frac{\text{حمل الخضوع}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$$

$$\text{الانفعال} = \frac{\text{الاستطالة الكلية}}{\text{الطول الأصلي للعينة}}$$



مثال:

احسب مقاومة عينة من الحديد بقطر 8 ملم للشد ، ثم عين مقدار الانفعال بها إذا كان طول العينة الابتدائي 22سم . وكانت نتائج اختبار الشد كالتالي:

الحمل طن	0	0.1	0.5	0.9	1.12	1.5	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8
الاستطالة ملم	0	0.04	0.2	1	1.5	2	4	8	10	14	17

الحل:

مساحة مقطع العينة = ط x نق<sup>2</sup>

$$= 3.14 \times (0.4)^2$$

$$= 3.14 \times 0.16$$

$$= 0.50 \text{ سم}^2$$

$$\text{مقاومة الحديد للشد} = \frac{\text{أقصى حمل}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$$

$$= \frac{1000 \times 2.8}{0.50}$$

$$= 5600 \text{ كجم / سم}^2$$

$$\text{مقاومة الحمل الخضوع} = \frac{\text{حمل الخضوع}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$$

$$= \frac{1.3 \times 1000}{0.50}$$

$$= 2600 \text{ كجم / سم}^2$$

$$\text{الانفعال} = \frac{\text{الاستطالة الكلية}}{\text{الطول الأصلي للعينة}}$$

$$= \frac{17 \div 10}{22}$$

$$= \frac{1.7}{22}$$

$$= 0.077 \times 100 = 7.7\%$$



### نموذج تقويم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب وذلك بعد التدريب العملي أو أي نشاط يقوم به المتدرب

بعد الانتهاء من التدريب على .....(اختبارات الخرسانة المتصلدة وشد الحديد)..... ، قوم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقويم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة ( ✓ ) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

اسم النشاط التدريبي الذي تم التدريب عليه : .....(اختبارات الخرسانة المتصلدة وشد الحديد).....

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
1.	يتقن تعين مقاومة الضغط باستخدام ماكينة الضغط.				
2.	يتقن تعين مقاومة الضغط باستخدام مطرقة شميدت.				
3.	يتقن تعين مقاومة الانحناء.				
4.	يقارن الاختبارات بالمواصفات القياسية.				
5.	تحديد نوع الحديد.				
6.	اتقان تثبيت السيخ بالماكينة.				
7.	اتقان عمل الاختبار واخذ القراءات.				
8.	عمل الحسابات اللازمة.				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدريب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.