

## مقاومة الشد للمواد ( $\sigma_t$ Tensile Strength of materials)

تختلف مقاومة الشد للمواد بدرجة كبيرة حيث أن مقاومة الشد للعينات الصخرية والبيتون ضعيفة نسبياً ويتم تحديدها عن طريق تجارب مخبرية من أشهرها التجربة البرازيلية:

- التجربة البرازيلية Brazilian Test: الاختبار البرازيلي هو اختبار معملي يتم إجراؤه في ميكانيك المواد والصخور لتحديد قوة الشد للمواد المختلفة. يتم إجراء الاختبار البرازيلي على عينات اسطوانية منتفقة بعناية يتم قطعها وتنعيمها بحيث يكون قطرها يساوي ضعف عرضها.

لا يقل قطر العينة عن 5cm بينما يوصى أن لا يقل طول العينة عن قطرها ( $L/D=1$  عموماً) يتم تطبيق حمولة ضغط كما هو موضح بالشكل حتى الانهيار على عينات اسطوانية. تعطى بالنتيجة مقاومة الشد بالعلاقة:

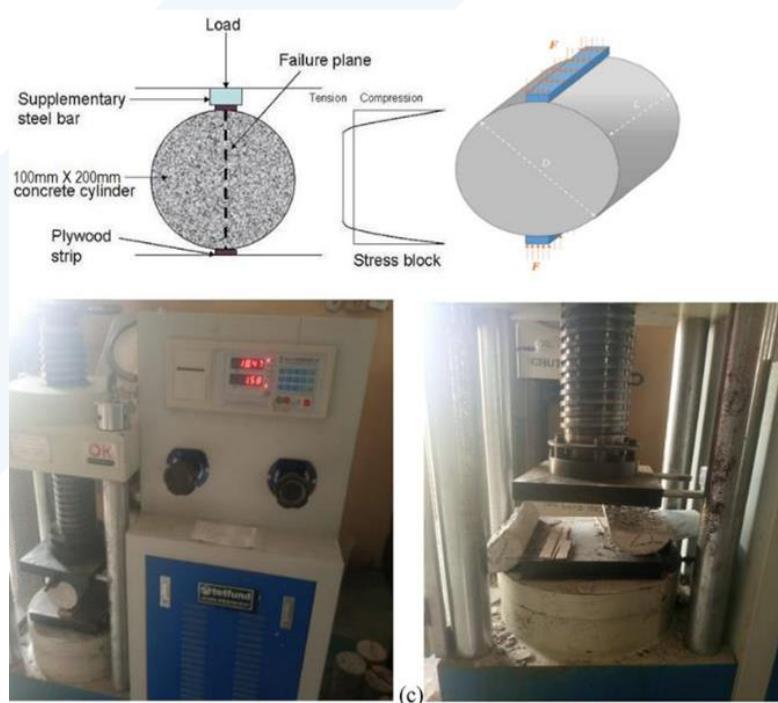
$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$$

P : حمولة الانهيار

D : قطر العينة

L : طول العينة أو سماكتها.

(عموماً طول العينة أو السماكة تساوي القطر بتجربة الشد)



### مسألة 1:

أجريت 10 تجارب شد بالطريقة البرازيلية على عينات من الخرسانة لتحديد مقاومة الشد فكانت النتائج كما هو موضح بالجدول.

احسب مقاومة الشد الوسطية للعينة

Sample	Diameter D (cm)	Length L(cm)	L/D	Maximum Load P (kN)
1	15.11	15.13	1.001	105.7
2	15.13	15.19	1.004	97.8
3	15.12	15.17	1.003	101.3
4	15.15	15.16	1.001	99.6
5	15.18	15.22	1.003	102.1
6	15.17	15.19	1.001	91.4
7	15.14	15.18	1.003	104.5
8	15.12	15.24	1.008	98.9
9	15.17	15.21	1.003	103.7
10	15.11	15.13	1.001	97.8

الحل:

1. نقوم أولاً بحساب مقاومة الشد لكل عينة من العينات العشرة المختبرة باستخدام العلاقة الآتية:

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$$

2. نقوم بعدها بأخذ المتوسط الحسابي لنتائج مقاومات الشد المحسوبة للعينات العشرة كما هو موضح بالجدول الآتي:

Sample	Diameter D (cm)	Length L(cm)	L/D	Maximum Load P (kN)	Tensile Strength $\sigma_{ti}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	Tensile Strength $\sigma_t$ (MPa)
1	15.11	15.13	1.001	105.7	0.294	2.94
2	15.13	15.19	1.004	97.8	0.271	2.71
3	15.12	15.17	1.003	101.3	0.281	2.81
4	15.15	15.16	1.001	99.6	0.276	2.76
5	15.18	15.22	1.003	102.1	0.281	2.81
6	15.17	15.19	1.001	91.4	0.253	2.53
7	15.14	15.18	1.003	104.5	0.289	2.89
8	15.12	15.24	1.008	98.9	0.273	2.73
9	15.17	15.21	1.003	103.7	0.286	2.86
10	15.11	15.13	1.001	97.8	0.272	2.72

وبالتالي باستخدام المتوسط الحسابي نجد مقاومة الشد الوسطية:

$$\sigma_t = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sigma_{ti}}{10} = 2.78 \text{ MPa}$$

## مُسَأَّلَة 2:

بينت التحاليل المخبرية الكيميائية لعينات من التربة والماء مأخوذة من منطقة الـهلوـلـيـة في محافظة اللاذقية

النتائج التالية:

Chemical element	Water	Soil
Sulfate mg/l	400-1400	90-181
Chlorides mg/l	50-120	22-75

علمًاً أن واحـدة الـقـيـاسـ (mg/l) تعد مكافـئـة لـلـواحدـة المستـخدمـة من قـبـلـ الكـيـمـيـائـيـينـ (PPm) والـيـ تـعـنيـ جـزـءـ منـ مـلـيـونـ (Parts per million)

إذا علمت أن تصنيف الخطورة حسب محتوى الكلوريدات يعطى وفق الجدول الآتي:

الحد الأعلى لنسبة وزن الماء إلى وزن المواد الإسمنتية	نوع الإسمنت	كمية الكلورايد (Cl) في الماء، ppm	النسبة المئوية للكلورايد (Cl) ـ القابلة للذوبان في الماء ـ في التربة	التعرض للكلورايد
-	-	٥٠٠ إلى	٠,٠٥ إلى	غير مؤثر
٠,٥٠	-	٢,٠٠٠ إلى ٥٠٠	٠,١ إلى ٠,٠٥	معتدل
٠,٤٥	I	١٠,٠٠٠ إلى ٢,٠٠٠	٠,١ إلى ٠,٥	شديد +
٠,٤٠	I وإضافة المواد البوزولانية +	أكثر من ١٠,٠٠٠	أكثر من ٠,٥	شديد جداً +

وأن تصنيف الخطورة حسب محتوى الكبريتات يعطى في الجدول اللاحق:

الحد الأعلى لنسبة وزن الماء إلى وزن المواد الإسمنتية	نوع الإسمنت	كمية الكبريتات (SO <sub>4</sub> ) في الماء، ppm	كمية الكبريتات (SO <sub>4</sub> ) في التربة القابلة للذوبان في الماء (نسبة مئوية من الوزن)	التعرض للكبريتات
-	-	٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٥٠	٠,٠٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ٠,١٠	غير مؤثر
٠,٥٠	II	١٥٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٥٠٠	٠,١٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ٠,٢٠	معتدل
٠,٤٥	V	١٥٠٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٠,٠٠٠	٠,٢٠ ≤ SO <sub>4</sub> ≤ ٢,٠٠	شديد +
٠,٤٠	V وإضافة المواد البوزولانية ++	SO <sub>4</sub> > ١٠,٠٠٠	SO <sub>4</sub> > ٢,٠٠	شديد جداً +

ما صنف التعرض (exposure category) للموقع بحسب نسبة الكبريتات والكلوريدات المقاسة في المياه المستخرجة من الموقع الدروس؟

## الحل:

نلاحظ من الجدول المعتمد وفق الكود الأميركي (ACI-318) خطورة الكلوريدات في الموقع من الصنف (غير مؤثر)

الحد الأعلى لنسبة وزن الماء إلى وزن المواد الإسمنتية	نوع الإسمنت	كمية الكلورايد (Cl <sup>-</sup> ) في الماء، ppm	النسبة المئوية للكلورايد (Cl <sup>-</sup> ) ـ القابلة للذوبان في الماء ـ في التربة	التعرض للكلورايد
-	-	٥٠٠ إلى	٠,٠٥ إلى	غير مؤثر
٠,٥٠	-	٢,٠٠٠ إلى ٥٠٠	٠,١ إلى ٠,٠٥	معتدل
٠,٤٥	I	٢,٠٠٠ إلى ١٠,٠٠٠	٠,٥ إلى ٠,١	شديد +
٠,٤٠	I وإضافة المواد البوزو لانية +	أكثر من ١٠,٠٠٠	أكثر من ٠,٥	شديد جداً +

في حين أن خطورة الكبريتات في الموقع من الصنف (معتدل) ونلاحظ أن الإسمنت التقليدي (النوع الأول) لا يجوز استخدامه وإنما يجب استخدام إسمنت مقاوم للكبريتات من النوع (II)

الحد الأعلى لنسبة وزن الماء إلى وزن المواد الإسمنتية	نوع الإسمنت	كمية الكبريتات (SO <sub>4</sub> ) في الماء، ppm	كمية الكبريتات (SO <sub>4</sub> ) في التربة القابلة للذوبان في الماء (نسبة مئوية من الوزن)	التعرض للكبريتات
-	-	٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٥٠	٠,٠٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ٠,١٠	غير مؤثر
٠,٥٠	II	١٥٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٥٠٠	٠,١٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ٠,٢٠	معتدل
٠,٤٥	V	١٥٠٠ ≤ SO <sub>4</sub> < ١٠,٠٠	٠,٢٠ ≤ SO <sub>4</sub> ≤ ٢,٠٠	شديد +
٠,٤٥	V وإضافة المواد البوزو لانية ++	SO <sub>4</sub> > ١٠,٠٠	SO <sub>4</sub> > ٢,٠٠	شديد جداً +