Strength of Concrete

The "strength" of hardened concrete is its ability to resist strain or rupture induced by external forces. The resistance of concrete to compressive, tensile and bending stresses is known as compressive strength, tensile strength, and bending (or flexural) strength, respectively. The resistance of concrete to repeated stresses is called its fatigue strength. Strength is expressed in terms of MPa.

تكمن "قوة" الخرسانة المتصلدة في قدرتها على مقاومة الإجهاد أو التصدع الناتج عن قوى خارجية. تُعرف مقاومة الخرسانة للانضغاط والشد والانحناء باسم قوة الضغط وقوة الشد وقوة الانحناء (أو الانثناء) على التوالي. تسمى مقاومة الخرسانة للأجهادات المتكررة بمقاومة الكلل. يتم التعبير عن القوة ب MPa

In general, the resistance of concrete can be considered one of its most important properties, but in many practical cases other properties such as durability and impermeability may be more important than resistance, as is the case in reservoirs and dams. The strength of concrete in tensile and shear is less than in compression.

بصورة عامة يمكن اعتبار مقاومة الخرسانة من أهم خواصها غير انه في حالات عملية عديدة قد تكون خواص أخرى كالمتانة وعدم النفاذية أكثر أهمية من المقاومة كما هو الحال في الخزانات والسدود.

The strength of concrete results from:

- Cement paste resistance.
- Bond strength between cement and aggregate paste.
- Resistance of coarse aggregate grains to applied stresses.

إن مقاومة الخرسانة تنتج من:

- مقاومة عجينة الاسمنت.
- قوة التلاصق بين عجينة الاسمنت والركام.
- مقاومة حبيبات الركام الخشن للاجهادات المسلطة.

Types of strength of concrete:

1- Compressive strength. مقاومة الانضغاط

2- Tensile strength. مقاومة الشد

3- Flexural strength.مقاومة الانثناء

4- Shear strength.مقاومة القص

5- Fatigue strength.مقاومة الكلل

1- Compressive strength:

Most concrete structures are designed on the basis that concrete resists compressive stresses only and does not resist tensile stresses, except in special cases such as concrete used in road construction.

معظم المنشات الخرسانية مصممة على اعتبار أن الخرسانة تقاوم اجهادات الانضغاط فقط ولا تقاوم اجهادات الشد عدا في حالات خاصة كالخرسانة المستعملة في إنشاء الطرق.

working stress are specified by international standards as a percentage of the resistance to compressive operational stresses specified by standard checks for cylinder concrete models (American Standard) or as cubes (British Standard).

الاجهادات التشغيلية محددة بالمواصفات العالمية كنسبة مئوية من مقاومة الانضغاط المعينة بفحوصات قياسية لنماذج خرسانية اسطوانية (المواصفة الأمريكية) أو بهيئة مكعبات (المواصفة البريطانية).

$$f_{cylinder} = 0.85\ f_{cube}$$

Factors affecting the compressive strength, fc: العوامل المؤثرة في مقاومة الضغط

1. Effect of materials and mix proportions
2. Curing conditions (Time, Temperature, Relative Humidity)
3. Testing Parameters.

1. Effect of materials and mix proportions تأثير المواد ونسب المزيج

1) Water / cement ratio

2) Air Entrainment

3) Cement Type

4) Maximum Size Aggregate (MSA)

5) Mixing Water

2. Curing of Concrete معالجة الخرسانة

Procedures developed to promote cement hydration, consisting of control of time, temperature, and humidity conditions immediately after the placement of a concrete mixture into mold.

الإجراءات التي وضعت لتعزيز ترطيب الاسمنت، تتألف من السيطرة على الوقت ودرجة الحرارة، والرطوبة فورا بعد وضع خليط الخرسانة في القالب.

Curing Temperature is much more important than casting temperature.

Time: At a given w/c ratio, the longer the moist curing period, the higher the strength.

Humidity: Concrete increases in strength with age if drying is prevented. Concrete should be kept moist as long as possible.

Moist curing is provided by:يتم توفير المعالجة الرطبة من خلال

1- Sprayingالرش

2- Ponding برك

3- Covering the concrete surface with wet sand, sawdust, or cotton mats.

تغطية السطح الخرساني بالرمل الرطب أو نشارة الخشب أو الحصير القطني.

3. Testing Parameters:معلمات الاختبار

Factors Influencing Compressive Strength العوامل المؤثره على مقاومة الانضغاط

1- Rate of loading

2- Size of the specimen

3- Moisture content

4- Age of the specimen

5- Stress type

Types of compression failure: انواع فشل الانضغاط

There are three modes of failure:

a) Under axial compression concrete fails in shear.

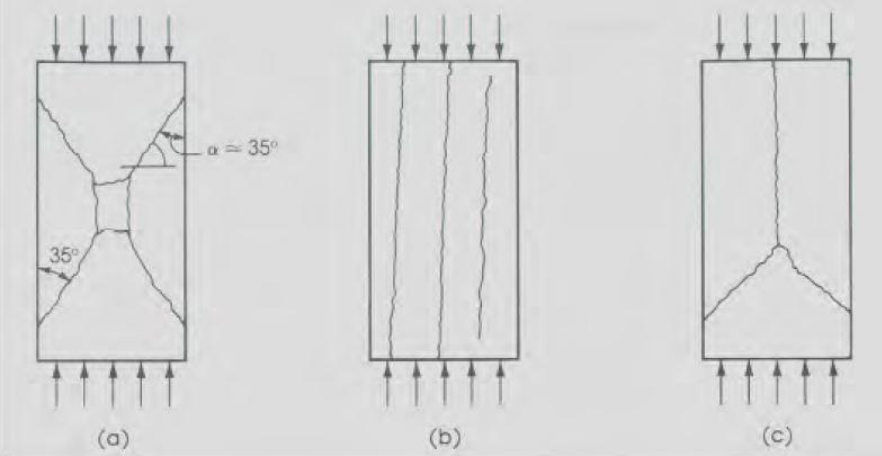
بصورة مبدئية يكون الفشل الحاصل في نماذج الخرسانة تحت تأثير التحميل بالانضغاط بهيئة فشل قص بمستوى سطح مائل .زاوية الميلان لمخروط الفشل لنموذج الفحص تساوي 35 ° تقريبا.

b) The separation of the specimen into columnar pieces by what is known as splitting or columnar failure.

إن زاوية التصدع قد تنحرف بعض الشيء عن القيمة النظرية بسبب ظروف الاجهادات المعقدة والناتجة عن التأثيرات في نهايتي نموذج فحص الانضغاط .ان هذا الانحراف ناتج عن تقييد التمدد الجانبي تحت تأثير الثقل بسبب احتكاك صفيحة التحميل مع النهايتين السطحية للنموذج .وعندما تكون مقاومة الخرسانة عالية والتمدد الجانبي في النهاية السطحية المحملة غير محدد فان النموذج قد ينفصل إلى قطع عمودية ليعطي ما هو معروف بالتصدع العمودي أو الانشطار العمودي، وكما موضح بالشكل.

c) Combination of shear and splitting failure.

غالبا ما يحدث الفشل خلال توافق القص والانشطار



2-Tensile Strength:

The tensile strength of concrete is weak due to its (brittle) nature, but knowing the tensile strength is important to estimate the load at which cracks occur in concrete. The tensile strength has a range of 7-11% of the compressive strength. When the higher the compressive strength, the lower the relative tensile strength.

مقاومة الخرسانة للشد ضعيفة بسبب طبيعتها القصيفة brittle ولكن معرفة مقاومة الشد تكون ذات أهمية لتقدير الحمل الذي تحصل عنده التشققات في الخرسانة. أن مقاومة الشد بمدى 7 % -11 من مقاومة الانضغاط وكلما ارتفعت مقاومة الانضغاط كلما قلت مقاومة الشد النسبية.

The tensile strength of concrete can be expressed as follows.

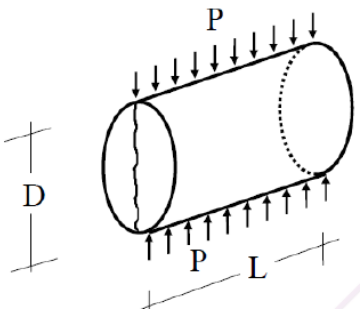
1) Flexural tensile strength: It is measured by testing beams under 2-point loading (also called 4-point loading including the reactions).

2) Splitting tensile strength: It is measured by testing cylinders.

3) Direct tensile strength: It is measured by testing rectangular.

من النادر استعمال فحوصات الشد المباشر لتقدير مقاومة الخرسانة وذلك لصعوبة تثبيت النماذج وقبضها ولعدم وضوح الاجهادات الثانوية المتكونة بتأثير وسيلة قبض النموذج في الجهاز المستعمل للفحص، لذا فان فحص الشد غير المباشر لا يستخدم لأغراض السيطرة النوعية للخرسانة ولايوجد فحص قياسي حتى لأغراض البحث. تستعمل عادة فحوصات غير مباشرة لقياس مقاومة الشد كفحص شد الانشطار :

Splitting Tensile Strength, fct , Split Cylinder Test.



$$f_a = \frac{2P}{\pi l d}$$

$$f_a = (5 \text{ to } 7)\sqrt{f'_c\,(psi)}$$

f_a: MPa مقاومة شد الانشطار

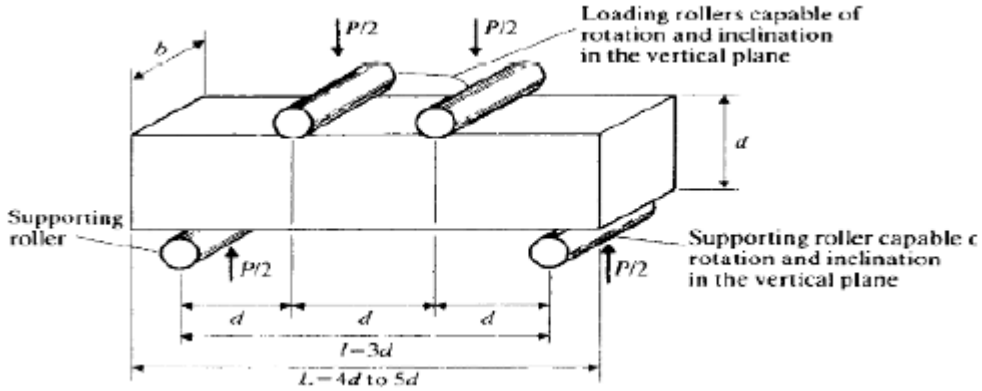
p: N الحد الأقصى لحمل الانضغاط المسلط

d: mm قطر الاسطوانة

l : mm طول الاسطوانة

3. Flexural strength (Modulus of Rupture): مقاومة الانثناء (معامل التصدع)

Tensile strength ~ 8% to 15% of fc, Modulus of Rupture fr for deflection calculations, use:



$$f_{bl} = \frac{Pl}{bd^2}$$

where P = maximum total load,
l = span,
d = depth of the beam, and
b = width of the beam.

4. Shear Strength مقاومة القص

It results from the effect of two equal, parallel and opposite forces acting to separate the body into two parts. In practice, there is no shear stress alone, but accompanies with tensile and compression stresses and that the pure shear occurs only in the case of twisting or bending a cylindrical model.

ينتج عن تأثير قوتين متساويتين ومتوازيتين ومتعاكستين يعملان على فصل الجسم إلى جزئيين، عمليا لا يوجد إجهاد قص لوحده بل يكون مرافقا لاجهادات الشد والضغط وان القص الصرف يحدث فقط في حالة التواء نموذج اسطواني.

5. Fatigue Strength مقاومة الجهد أو الكلل

Concrete in many structures is subject to repeated loads, such as marine structures exposed to waves and wind impacts, and airport runways. When concrete fails under the influence of these repeated loads, it is said that the failure occurred due to effort.

إن الخرسانة في منشات عديدة تكون معرضة إلى أحمال مكررة مثل المنشات البحرية المعرضة إلى تأثير الأمواج والرياح ، ومدارج المطارات. وعندما تفشل الخرسانة تحت تأثير هذه الإثقال المكررة يقال إن الفشل حصل بسبب الجهد.