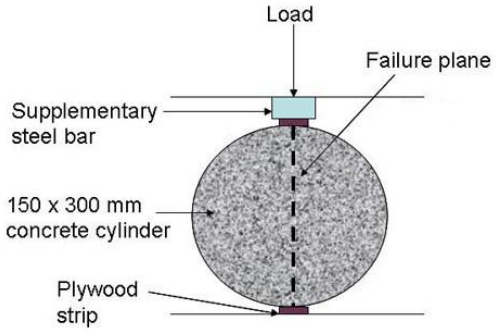
المحاضرة العشرون

مقاومة الخرسانة، اشكال المقاومة الاخرى

مقاومة الشد Tensile strength

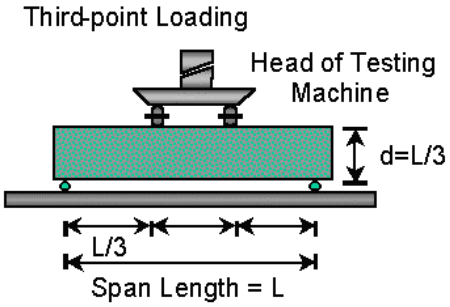
- تكون مقاومة انضغاط الخرسانة بالنسبة لمقاومة شدها بين (8- 10) اضعاف ويكون التشقق او مستوى الفشل في حالة حمل الشد المباشر عمودي على اتجاه الحمل (عكس اتجاه التشقق ومستوياته في حالة الانضغاط اذ يكون على الاغلب موازيا لاتجاه الحمل كما تم الاشالرة الى ذلك مسبقا).
- عادة لاتستخدم قوى الشد المباشرة لاستخراج مقاومة الشد للخرسانة كما في حالة مقاومة الانضغاط وتستخدم فحوصات الشد الغير مباشر لاستخراجها:
  - كفحص شد الانشطار Splitting Tensile Strength
  - وفحص معامل التصدع (مقاومة انثناء\انحناء الخرسانة) Mouduls of Rapture or Flexural Strength.... لماذا؟
- في حالة استخراج مقاومة الشد بالانشطار تستخدم نماذج اسطوانية وتعرض الى حمل انضغاط مما يولد اجهادات شد ثانوية (غير مباشرة) تعمل على شطر النموذج الى جزئين وكما موضح في الاشكال التالية :

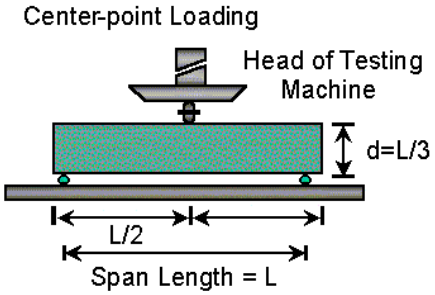


- وتستخرج مقاومة شد الانشطار باستخدام العلاقة التالية : $f_t = \frac{2P}{\pi DL}$ حيث:

f_t : مقاومة شد الانشطار (MPa) ، P : حمل الفشل (N)، D : قطر النموذج (mm) ، L : طول النموذج (mm)

- في حالة استخدام فحص مقاومة الانثناء لاستخراج مقاومة الشد الغير مباشر فيتم تعريض عتبة خرسانية بشكل موشور الى حمل نقطي واحد one point load او حمل بنقطتين two point load وكما في الاشكال فتتولد قوى شد غير مباشرة في الجزء السفلي من العتبة تسبب الفشل. الاشكال التالية توضح طرق التحميل بنوعيه مع صورة للفحص:



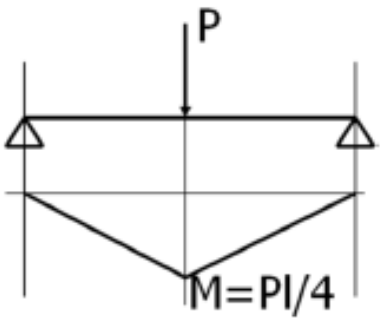


شكل يوضح طريقة الفحص وانواعه

- ايهما افضل التحيمل بنقطة واحدة ام نقطتين ولماذا ؟
- في حالة الحمل بنقطتين نستخدم العلاقة التالية لحساب مقاومة الانثناء (معامل التصدع) : $R = \frac{Pl}{bd^2}$

حيث R : معامل التصدع (مقاومة الانثناء/الانحناء MPa) ، P : حمل الفشل (N) ، b×d : مساحة المقطع (mm^2)

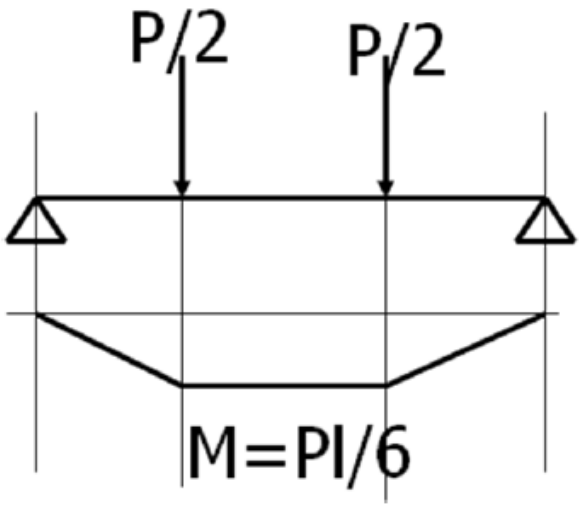
- في حالة الحمل النقطي الواحد يكون معامل التصدع 3/2 من قيمة معامل التصدع في حالة الحمل بنقطتين .. (اثبت ذلك؟).



$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{M\,c}{I} = \frac{(Pl/4)\,(d/2)}{bd^3/12} = \frac{3}{2}\,\frac{Pl}{bd^2}$$

- في هذه الحالة (التحميل بنقطة واحدة) فان احتمالية حدوث فشل القص في المساند واردة والقيم المستخرجة قد لا تمثل مقاومة الانثناء بشكل دقيق.
- كذلك فان الفشل يحدث في وسط العتبة الخرسانية اي تحت اعظم عزم متولد وقد يكون هناك عيبا في هذه المنطقة اثناء عملية تحضير النموذج مما يؤثر على النتيجة المسجلة.
- اما بالتحميل بنقطتين فيكون الفشل هو فشل انحناء خالص وامكانية حدوث الفشل لاتنحصر في منطقة منتصف العتبة الخرسانية بل تكون على طول الثلث الوسطي للعتبة وتحت اعظم عزم متولد حيث يكون ثابتا على مسافة الثلث الوسطي.



$$\sigma = \frac{(Pl/6)\ (d/2)}{bd^3/12} = \frac{Pl}{bd^2}$$

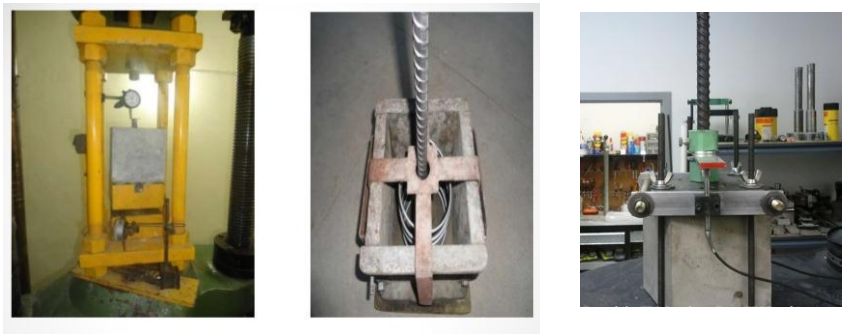
ملاحظة : تفاصيل تجارب قياس مقاومة الشد بالطريقتين اعلاه للخرسانة واجراءها عمليا (تفاصيل صب وانضاج النماذج وفحصها) تعطى في مختبر الخرسانة.

مقاومة القص Shear strength

- من النادر جدا ان تتعرض الخرسانة الى قوى قص خالصة لذلك لايوجد فحص لتعيين مقاومة القص بشكل مباشر حيث تكون اجهادات القص مرافقة للشد او الانضغاط.
- تقدر مقاومة القص من مقاومة انضغاط الخرسانة بحوالي 10-12% أي انها اعلى من مقومة الشد.

مقاومة التماسك مع حديد التسليح Bond strength

- تتشكل مقاومة التلاصق للخرسانة مع قضبان حديد التلسيح من مركبتين رئيسيتين هما التلاصق Adhesion والاحتكاك Friction.
- يتم فحص قوة التماسك من خلال فحص يدعى فحص السحب (Pull-out Test) يتلخص هذا الفحص بصب قضيب من حديد التسليح بقطر 19 ملم في مكعب خرساني او اسطوانة وبعد التصلب يعرض حديد التسليح في النهاية السائبة الى قوة شد مباشر لحين حدوث انزلاق مقداره 0.25 ملم في النهاية المحملة ويتم قياس هذا الانزلاق باستخدام حساس (dial guage). كما في الاشكال التالية:-



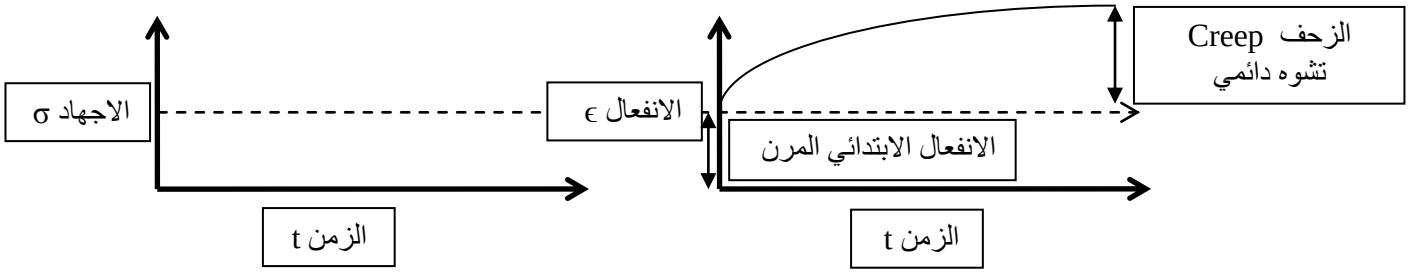
شكل يوضح طريقة تحضير النموذج والفحص

مقاومة الكلل Fatigue strength

- تتعرض الخرسانة في بعض الاحيان الى الاحمال المتكررة (تحميل – تفريغ/ لاتحميل) كما يحدث للاجزاء الخرسانية المستخدمة في الجسور على سبيل المثال.
- يعبر عن مقاومة الخرسانة لهذه الاحمال المتكررة بدون حدوث فشل بمقاومة الكلل. وتختلف مقاومة الكلل عن مقاومة الزحف Creep Strength (الذي سيتم التطرق له لاحقا) بان الاحمال في هذه الحالة تكون متكررة بينما هي ثابتة او متغيرة بصورة بسيطة في حالة الزحف ولمدة طويلة من الزمن.
- تكون مقاومة الكلل اقل مقارنة بمقاومة الانضغاط التي تحدث تحت حمل منتظم.
- مقاومة الكلل للخرسانة يمكن حسابها من خلال تعريض انواع مختلفة من الحمل الخارجي كمقاومة الكلل تحت احمال الشد، الانضغاط او الانحناء او حتى تحت حمل الصدم من خلال حساب معامل المرونة (Modulus of elasticity) لكل حالة تحميل.
- كل من الكلل والزحف يسببان الفشل ويكونان اقل من مقاومة الانضغاط وذلك بسبب السماح للتشوه بالحدوث في الخرسانة في كلتا الحالتين مقارنة بمقاومة الانضغاط.
- ان لمعدل التحميل اهمية كبرى في تحديد نوعية المقاومة المقاسة فاذا كان معدل التحميل كما ذكر سابقا في فحص مقاومة الانضغاط (0.2 to 0.4 MPa/sec) فان المقاومة المقاسة في هذه الحالة هي مقاومة الانضغاط. اما اذا تم تقليل هذه النسبة فاننا نتجه نحو قياس مقاومة الزحف الذي يحتاج الى معدل تحميل واطئ جدا.
- على العكس فان زيادة نسبة التحميل عن تلك التي حددت لقياس مقاومة الانضغاط فاننا نتجه لقياس مقاومة الصدم والتي يكون معدل التحميل فيها سريعا ويقترب زمن التحميل في هذه الحالة من الصفر (اي ان الحمل يكون انيا او لحظيا)
- مقاومة الزحف والصدم سيتم توضيحها في الفقرتين اللاحقتين.

مقاومة الزحف Creep Strength

- يعرف الزحف على انه التشوه (الانفعال) الدائمي لحاصل في الخرسانة نتيجة حمل ثابت (مستقر) او متغيير بصورة قليلة لفترة طويلة من الزمن. الشكل التالي يوضح معنى الزحف بشكل مبسط:



- عادة يحدث الزحف تحت درجات الحرارة العالية بصورة اكبر وذلك لان تبخر الماء المتحد كيميائيا كما تم ذكره سابقا يسبب الزحف.

مقاومة الصدم Impact Strength

- تتعرض الخرسانة في بعض الاحيان الى الحمل الصدمي/ الاني (بحيث تكون فترة التحميل قريبة من الصفر) ويعبر عن مقاومتها لهذا الحمل بمقاومة الصدم.
- تعتبر هذه الخاصية مهمة جدا في المنشئات التي تتعرض للحمل الصدمي كالمطارات والملاجئ وغيرها من المنشات العسكرية.
- هناك طريقتين لقياس مقاومة الصدم ويكون الحمل اما بطئ نوعا ما او سريع جدا : Low velocity test و High velocity test.
- في الحالة الاولى يتم تقدير مقاومة الصدم من خلال تعريض بلاطة من الخرسانة الى ثقل من ارتفاع معين وحساب عدد الضربات التي يحدث عندها الفشل الابتدائي والنهائي (الابتدائي هو بداية التشقق والنهائي هو حدوث الفشل للبلاطة). اما في الحالة الثانية فيتم تعريض البلاطة الى اطلاقة او قذيفة وبسرعة عالية جدا ومراقبة اشكال التشقق والفشل الحاصلة.
- تكون مقاومة الصدم عادة اعلى من مقاومة الانضغاط وترتبط بها بعلاقة غير مباشرة.

- حاول التمييز بين كل من مقاومة الكلل ومقاومة الزحف والصدم للخرسانة.
- بعد التعرف على انواع المقاومة ماهي الافكار التي تولدت لديك لتحسين كل نوع منها؟ ناقش ذلك ..