Concrete Technology II

50601212

تكنلوجيا الخرسانة ٢

Lecture 8 : Strength of Concrete - cont'd

Dr. Ahmed A. Ahmed

Al-Mustansiriyah University

College of Engineering - Civil Engineering Department

Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- مقاومة الشد
- مقاومة الانحناء
- مقاومة القص
- مقاومة التماسك

في المحاضرة السابقة – Recap

- إن مقاومة الانضغاط هى أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهى تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها ، ومقاومة الانضغاط هى المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد و الانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الانضغاط والعكس صحيح.

- تتأثر مقاومة الانضغاط بعوامل عديدة ومتنوعة ويمكن تقسيمها إلى أربعة مجموعات رئيسية:-

١- المواد المكونة ونسب الخلط .

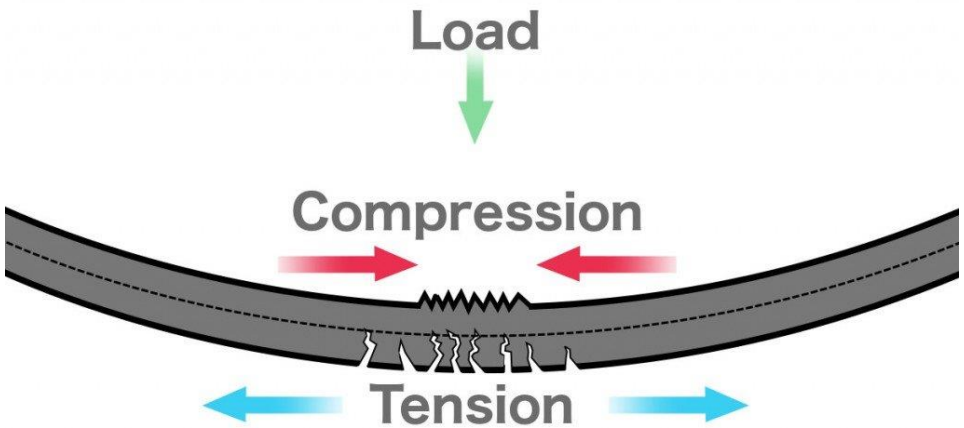
٢ - طرق صناعة الخرسانة من خلط ونقل وصب ورص .

٣ - ظروف المعالجة .

٤ - العمر وظروف الاختبار.

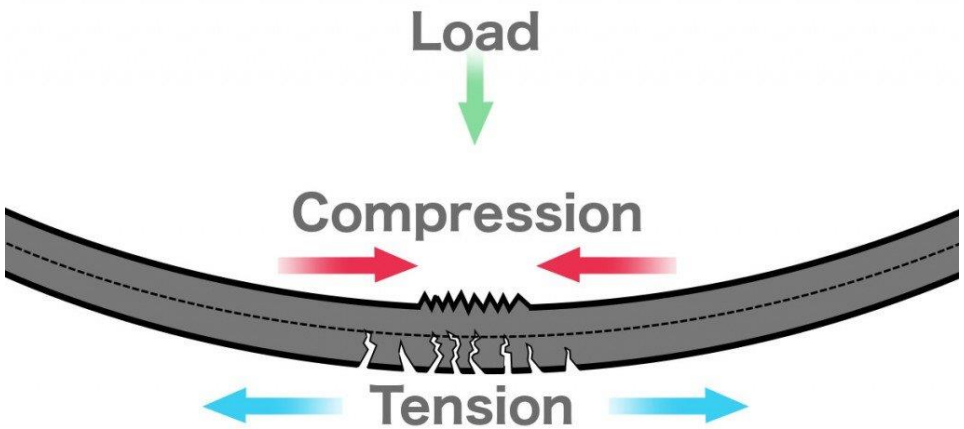
مقاومة الشد Tensile Strength

- تتحمل الخرسانة العادية المتصلبة مقاومة الانضغاط بدرجة كبيرة ولذلك يجرى تصميم الخرسانة بإعتبارها تقاوم إجهادات الانضغاط أساسا
- أما بالنسبة لمقاومتها لقوى الشد (سواء المباشر أو غير المباشر) فإنها تعتبر ضعيفة المقاومة للشد إذا ما قورنت بمقاومتها للانضغاط ويرجع هذا لكونها مادة قصيفة Brittle لذالك يتم تسليحها بحديد التسليح
- مع ذلك إهتم الباحثون بمقاومة الشد في الخرسانة لأن حدوث معظم التشققات والشروخ فيها ناتج عن صغر مقاومتها للشد



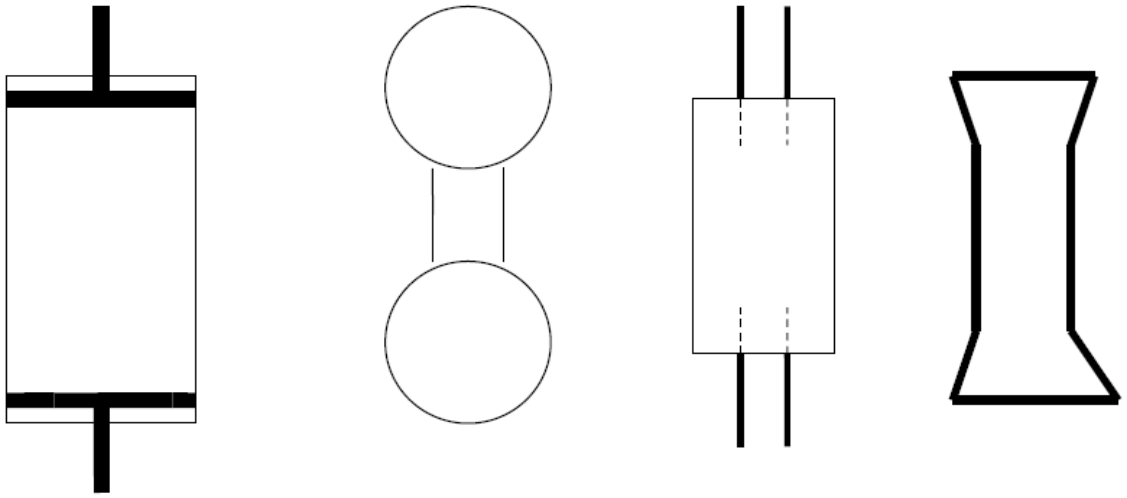
مقاومة الشد Tensile Strength

- تتراوح مقاومة الشد في الخرسانة مابين 1/10 – 1/7 من مقاومتها للانضغاط.
- أظهرت النتائج التجريبية أن مقاومة الخرسانة للانضغاط والشد (كل من الشد المباشر والشد غير المباشر) مرتبطة ارتباطًا وثيقًا ولكن العلاقة ليست من نوع التناسب المباشر.
- تعتمد نسبة مقاومة الشد إلى قوة الانضغاط على قوة الخرسانة. وبالتالي كلما زادت قوة الضغط ، زادت قوة الشد ، لكن معدل زيادة مقاومة الشد يكون تنازليًا.
- إن مقاومة الشد للخرسانة أكثر حساسية للمعالجة غير السليمة من مقاومة الانضغاط.



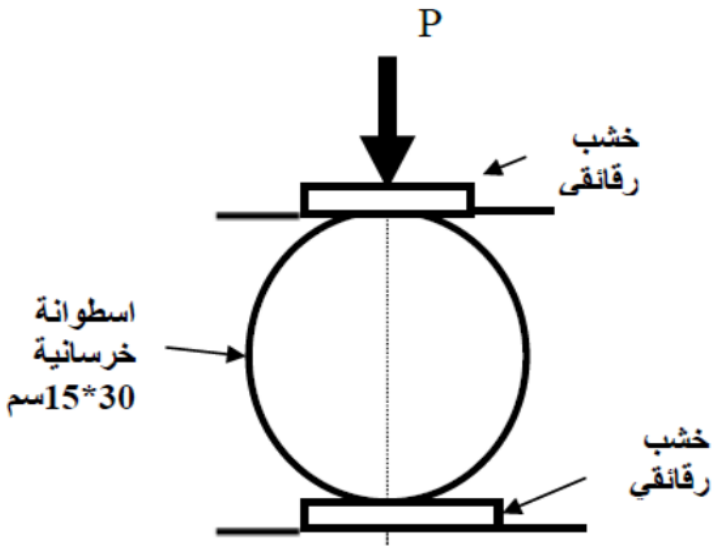
فحص الشد المباشر Direct Tensile Strength

- تحضر العينات للإختبار بإجراء عمليات الخلط والصب والرص والمعالجة بنفس الطريقة السابق ذكرها في إختبار الانضغاط .
- يجرى الإختبار بمسك العينة عند نهايتيها بجهاز الإختبار والتأثير بحمل الشد تدريجيا وببطء ويعين الحمل المسبب لكسر العينة حيث تنكسر معظمها في المنتصف وتحسب مقاومة الشد في هذه الحالة بقسمة الحمل الأقصى(Pmax) على مساحة مقطع العينة (A)



$$\text{مقاومة الشد المباشر} = \frac{P_{max}}{A} \quad \text{نت/مم}^2$$

فحص الشد الغير المباشر Indirect Tensile Strength



$$\text{مقاومة الشد غير المباشر } \sigma = \frac{2P}{\pi DL} \quad \text{نت/مم2}$$

P = الحمل الأقصى (نيوتن)
D = قطر الاسطوانة (مم)
L = طول الاسطوانة (مم)

- عينة الاختبار القياسية عبارة عن إسطوانة خرسانية قطرها ١٥ سم وطولها ٣٠ سم حيث توضع هذه الإسطوانة بين رأسي جهاز الإختبار في وضع أفقي وعلى جانبيها بين شريحتين من الخشب أو المطاط بعرض ٢ سم تقوم هذه الشرائح بتوزيع قوة الانضغاط على عرض قليل والذي يكفي لتجنب أي تركيز غير مقبول للإجهاد وكذلك يعوض عن أي عدم انتظام في السطح.
- ينتج عن قوة الانضغاط هذه إجهاد شد عرضي والذي يكون ثابتا" على طول القطر العمودي فيكون الفشل في الشد على طول القطر العمودي للمقطع العرضي وعند إنهيار العينة يسجل الحمل الأقصى المسبب لكسر العينة
- إن قيمة مقاومة الشد المحسوبة بهذه الطريقة تكون حوالي ١٥ % أكثر من القيمة المقدرة بطريقة الفحص المباشر.

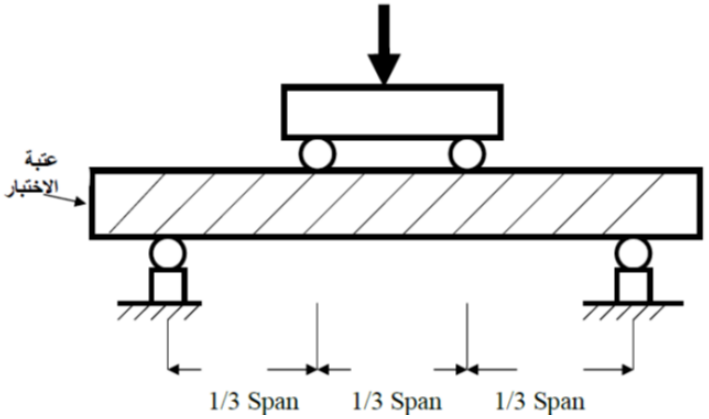
مقاومة الانحناء Flexural Strength

- عندما تتعرض الخرسانة للإنحناء فإنه يمكن حساب مقاومة الإنحناء (التي تعتبر أيضا مقياساً لمقاومة الشد غير المباشر) وتسمى معاير الكسر في الإنحناء Modulus of Rupture وتتراوح قيم إجهادات معاير الكسر في الإنحناء ما بين ١٢%- ٢٠% من مقاومة الانضغاط . وبالتالي فإن مقاومة الإنحناء تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة بنسبة من ٦٠% - ١٠٠% وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لـ ٦٠% من مقاومة الانحناء.

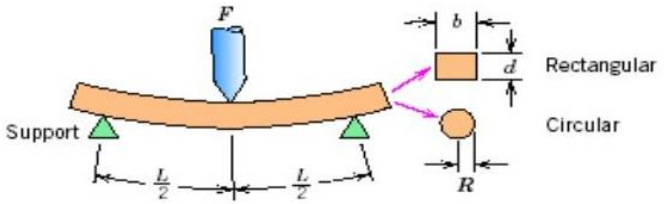
- ويجرى إختبار الإنحناء لتعيين مقاومة الخرسانة المتصلبة للإنحناء ودراسة سلوك الخرسانة عند تعرضها لأحمال إنحناء وكذلك شكل الكسر الناتج عن إنهيار هذه الخرسانة.

فحص مقاومة الانحناء Flexural Strength Test

- توضع الخرسانة في عتبة أبعادها الداخلية (١٥*١٥*٧٠) سم أو (١٠*١٠*٥٠) سم وذلك للركام الذي لا يزيد مقاسه الاقصى عن ٢٠ مم . تخلط الخرسانة وتملأ القوالب وترص وتعالج بنفس الطريقة المتبعة في فحص مقاومة الانضغاط ويعمل من نفس الخلطة الخرسانية عينات ضغط لإعطاء فكرة عن العلاقة بين الضغط والانحناء.
- توضع القوالب في جهاز الإختبار على ركيزتين كما هو مبين في الشكل ☜ ويراعى أن يكون كل من نقاط الإرتكاز والتحميل بطول أكبر من عرض العتبة كما يكون التحميل تدريجيا وبمعدل منتظم يؤدى إلى الوصول بالقيمة النهائية للحمل في مدة حوالي ٥ دقائق .



Possible cross sections



σ = stress = $\frac{Mc}{I}$

where M = maximum bending moment
c = distance from center of specimen to outer fibers
I = moment of inertia of cross section
F = applied load

	M	c	I	σ
Rectangular	$\frac{FL}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$	$\frac{3FL}{2bd^2}$
Circular	$\frac{FL}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{FL}{\pi R^3}$

فحص مقاومة الانحناء Flexural Strength Test

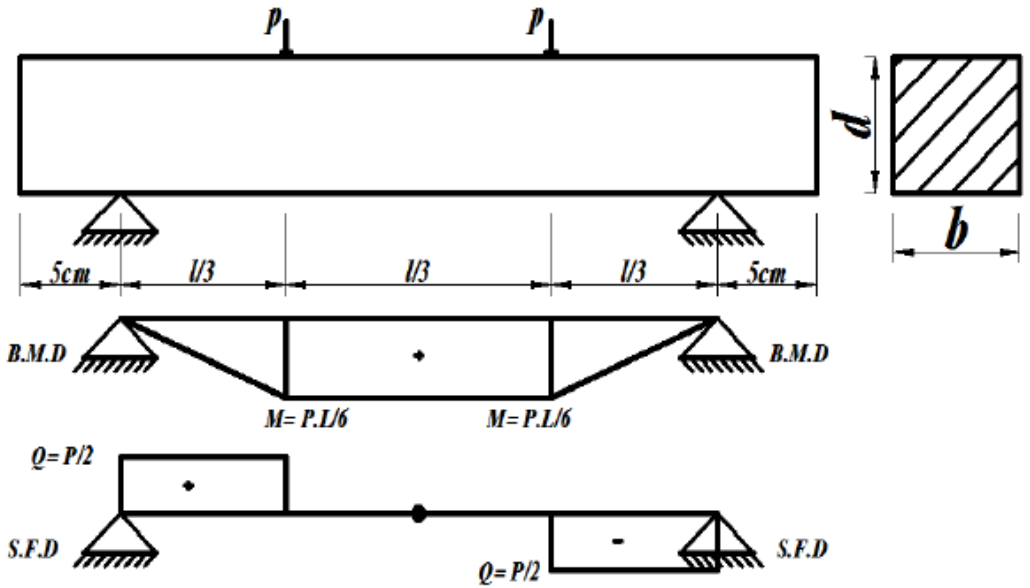
- ويفضل إجراء اختبار الانحناء للخرسانة بتحميل عتبة الإختبار في نقطتين Two-Point Loading لأن ذلك يجعل جزء العتبة الذي يحدث بداخله الكسر معرض إلى عزم خالص Pure Bending دون تواجد قص في ذلك الجزء الأمر الذي يجعل الكسر نتيجة مقاومة الإنحناء فقط وتعبر نتائج الإختبار عن مدى تأثر الخرسانة بالإنحناء كما في الشكل ادناه.

فحص مقاومة الانحناء Flexural Strength Test

- يتم حساب إجهاد الكسر (F_{tb}) : حسب موقع الانهيار من المعادلة :

1- $F_{tb} = \frac{M.y}{I} = \frac{P_{max}.L}{b.d^2}$ (في حالة الكسر في الثلث الأوسط من العينة)

2- $F_{tb} = \frac{3*P_{max}.a}{b.d^2}$ ($a \leq 0.05L$ في حالة الكسر خارج الثلث الأوسط من العينة)



الحمل المؤثر P

يدون حمل الكسر Pmax وتحسب مقاومة الإنحناء (معاير الكسر) من المعادلة:

$$Fb = \frac{Pmax \cdot L}{bd^2}$$

Pmax = الحد الأقصى للثقل الكلي المسلط على العتبة

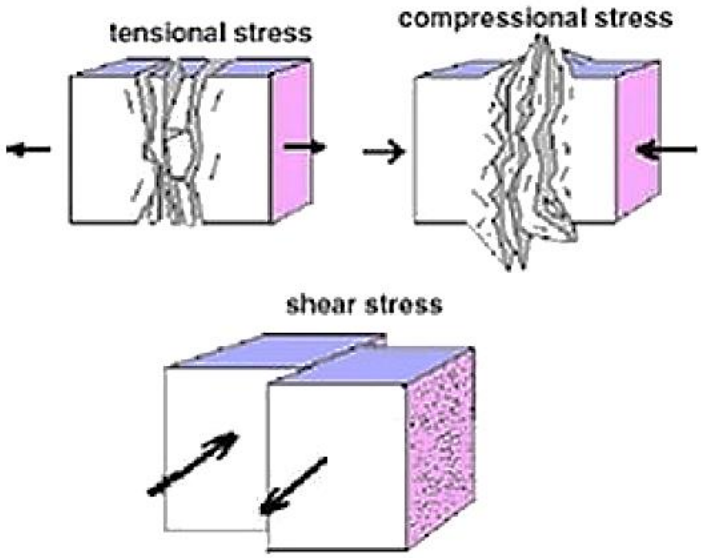
L = مسافة الامتداد

b = عرض العتبة

d = عمق العتبة

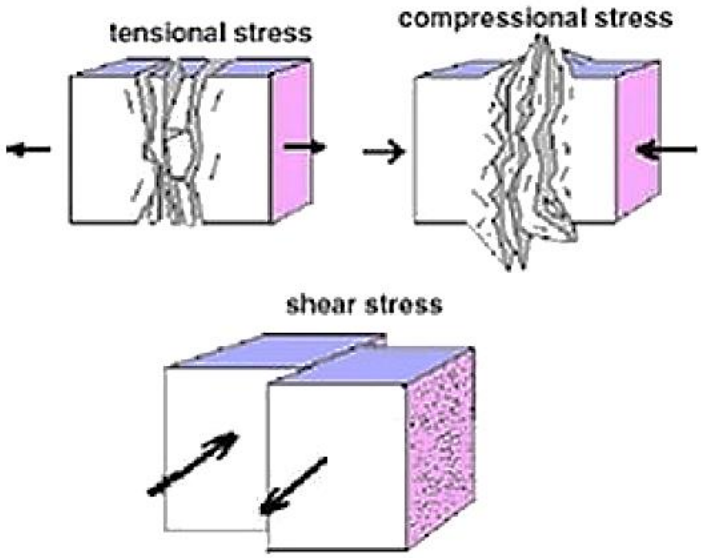
مقاومة القص Shear Strength

- لا يمكن تعيين مقاومة القص في حالة الخرسانة بقيمة صحيحة تماماً نظراً لأن قوى القص المباشرة (قوتين متساويتين ومتوازيتين ومتعاكستين تؤثران على مستويين من مسافة صغيرة جداً من بعضهما) تكون دائما مصحوبة بعزم إنحناء أي بإجهادات شد وضغط لذلك فمن النادر إجراء إختبار مقاومة القص المباشر للخرسانة وخصوصاً أنه نادراً ما تتعرض الخرسانة للقص الخالص Pure Shear وإنما تتعرض للقص المصحوب بإنحناء.



مقاومة القص Shear Strength

- أن كسر العنصر الخرساني يكون غالباً نتيجة تأثير الشد القطري Diagonal Tension وليس بتأثير القص نظراً لأن الخرسانة ضعيفة في الشد عنها في القص . ولقد وجد أن مقاومة القص في الخرسانة أكبر من مقاومتها للشد بحوالي ٢٠-٣٠% أي أنها تشكل حوالي ١٠ إلى ١٢ % من مقاومة الضغط.



مقاومة التماسك Bond Strength

- مقاومة التماسك هي مقاومة الخرسانة لانزلاق حديد التسليح الملتصق بها والموجود بداخلها ويعتبر تماسك حديد التسليح مع الخرسانة هو أساس فكرة التصميم الإنشائي للأعضاء الإنشائية (structural members) من الخرسانة المسلحة ويتم هذا التماسك بواسطة :

  - الإلتصاق مع الخرسانة Adhesion
  - قوى الإحتكاك بين حديد التسليح والخرسانة Friction
  - التحميل على النتوءات البارزة في حديد التسليح Bearing

- إن مقاومة الشد في الخرسانة واطئة حيث لا تتحمل اجهادات عالية في الشد ولهذا الغرض يستعمل حديد التسليح فيها لمساعدتها في تحمل الاجهادات وخاصة عند تشققها. وتعتمد مقاومة التماسك بين الكونكريت والحديد على:-

١ - خواص الخرسانة (نوعية الخرسانة ومقاومتها, العمر , درجة الرص , نسبة W/C و درجة الحرارة).

٢ - خواص الحديد(شكل سطحه من حيث وجود نتوءات أم كون الحديد أملس) .

٣ - مساحة التلامس بين الخرسانة والحديد

مقاومة التماسك Bond Strength

- ومن البديهي أن تكون مقاومة التماسك أكبر في حالة القضبان ذات النتوءات عنها في حالة القضبان الملساء. وفي حالة القضبان ذات النتوءات فان مقاومة التلاصق تعتمد على (ASTM A615) :-

١- نوع النتوءات.

٢- عمق النتوءات.

٣- بعد النتوءات بعضها عن بعض.

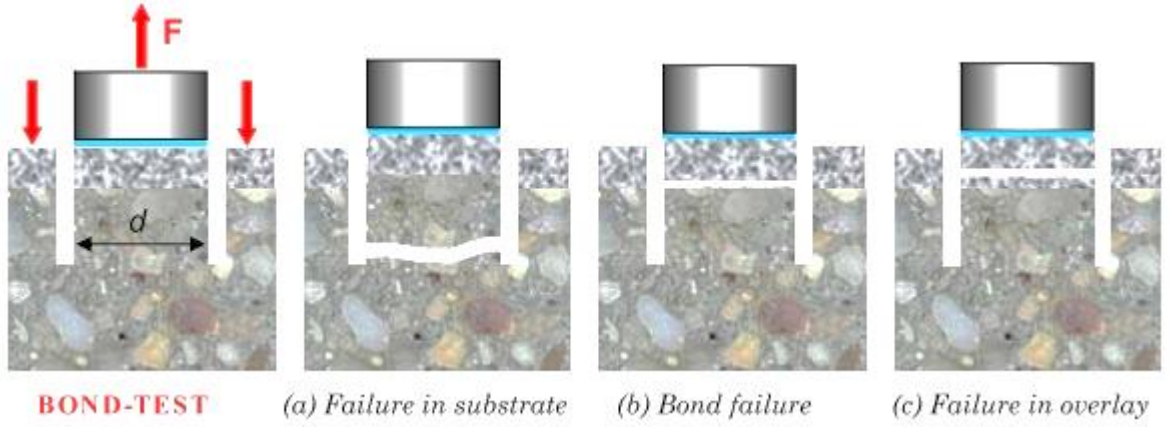
٤- زاوية ميلان النتوء عن السطح الأفقي.

A 615/A 615M – 03a

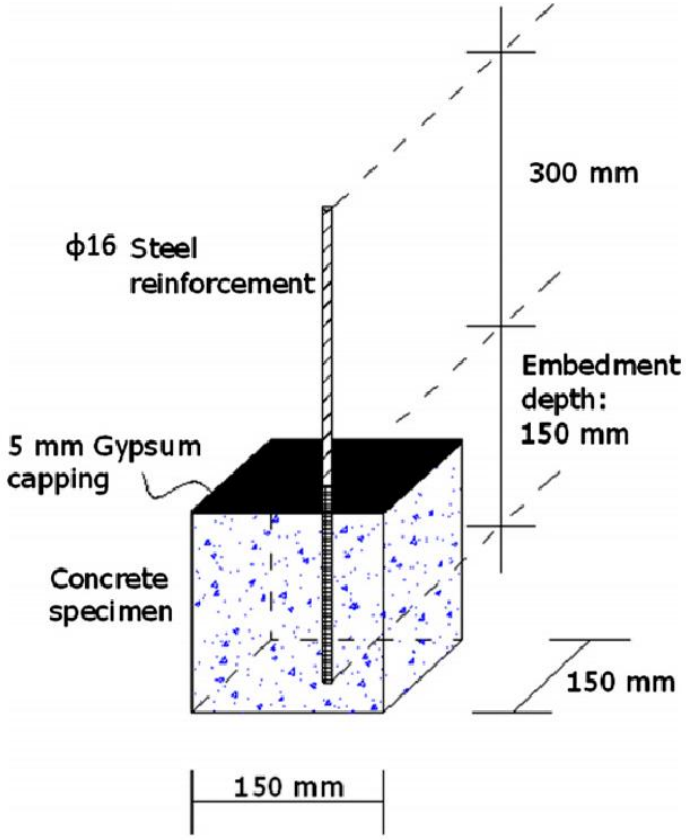
TABLE 1 Deformed Bar Designation Numbers, Nominal Weights [Masses], Nominal Dimensions, and Deformation Requirements

Bar Designation No.[A]	Nominal Weight, lb/ft [Nominal Mass, kg/m]	Nominal Dimensions[B]			Deformation Requirements, in. [mm]		
		Diameter, in. [mm]	Cross-Sectional Area, in.^{2} [mm^2]	Perimeter, in. [mm]	Maximum Average Spacing	Minimum Average Height	Maximum Gap (Chord of 12.5 % of Nominal Perimeter)
3 [10]	0.376 [0.560]	0.375 [9.5]	0.11 [71]	1.178 [29.9]	0.262 [6.7]	0.015 [0.38]	0.143 [3.6]
4 [13]	0.668 [0.994]	0.500 [12.7]	0.20 [129]	1.571 [39.9]	0.350 [8.9]	0.020 [0.51]	0.191 [4.9]
5 [16]	1.043 [1.552]	0.625 [15.9]	0.31 [199]	1.963 [49.9]	0.437 [11.1]	0.028 [0.71]	0.239 [6.1]
6 [19]	1.502 [2.235]	0.750 [19.1]	0.44 [284]	2.356 [59.8]	0.525 [13.3]	0.038 [0.97]	0.286 [7.3]
7 [22]	2.044 [3.042]	0.875 [22.2]	0.60 [387]	2.749 [69.8]	0.612 [15.5]	0.044 [1.12]	0.334 [8.5]
8 [25]	2.670 [3.973]	1.000 [25.4]	0.79 [510]	3.142 [79.8]	0.700 [17.8]	0.050 [1.27]	0.383 [9.7]
9 [29]	3.400 [5.060]	1.128 [28.7]	1.00 [645]	3.544 [90.0]	0.790 [20.1]	0.056 [1.42]	0.431 [10.9]
10 [32]	4.303 [6.404]	1.270 [32.3]	1.27 [819]	3.990 [101.3]	0.889 [22.6]	0.064 [1.63]	0.487 [12.4]
11 [36]	5.313 [7.907]	1.410 [35.8]	1.56 [1006]	4.430 [112.5]	0.987 [25.1]	0.071 [1.80]	0.540 [13.7]
14 [43]	7.65 [11.38]	1.693 [43.0]	2.25 [1452]	5.32 [135.1]	1.185 [30.1]	0.085 [2.16]	0.648 [16.5]
18 [57]	13.60 [20.24]	2.257 [57.3]	4.00 [2581]	7.09 [180.1]	1.58 [40.1]	0.102 [2.59]	0.864 [21.9]

[A]Bar numbers are based on the number of eighths of an inch included in the nominal diameter of the bars [bar numbers approximate the number of millimetres of the nominal diameter of the bar].



فحص مقاومة التماسك Bond Strength Test



- ويجرى إختبار تعيين مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح بواسطة فحص السحب Pull out test وذلك بتحديد الحمل المسبب لإنهيار وإنزلاق قضيب حديد التسليح داخل الخرسانة .
- وتتلخص عملية الفحص بسحب قضيب حديدي قطره ١٦ مم مثبت بصورة عمودية بمكعب خرساني من إحدى نهايتيه والتي تدعى بالنهاية المحملة .
- يتم السحب بمعدل قوة معلومة ويقاس الانزلاق في النهايتين المحملة والسائبة بفترات مناسبة خلال تسليط الحمل وذلك بواسطة مقياس مدرج ذو حساسية عالية ويستمر تحميل النموذج لحين حصول نقطة الخضوع Yield point في حديد التسليح أو انفلاق الخرسانة أو حصول انزلاق مقداره ٠,٢٥ مم في النهاية المحملة.
- وتعتبر العلاقة بين مقاومة التلاصق والانزلاق كمعيار على نوعية التلاصق في هذا الفحص.

SO ... DO YOU HAVE ANY
QUESTIONS FOR ME?

THANK YOU FOR ATTENDING LECTURE 8