



CONCRETE TECHNOLOGY II

50601212



تكنولوجيا الخرسانة ٢

Lecture 6 : Properties of Hardened Concrete Strength of Concrete



Dr. Ahmed A. Ahmed
Al-Mustansiriyah University
College of Engineering - Civil Engineering Department



Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- خواص الخرسانة المتصلبة
- مقاومة الخرسانة Strength of Concrete
- أنواع مقاومة الخرسانة
- مقاومة الانضغاط Compressive Strength
- العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

في المحاضرة السابقة – معالجة الخرسانة

□ الإجراء الذي يتم اتخاذه للحفاظ على الرطوبة ودرجة الحرارة في خليط أسمنتي تم وضعه حديثاً للسماح باتمام عملية امهة الأسمنت لتحقيق الخصائص الانشائية المرغوبة في اداء الخرسانة.



خواص الخرسانة المتصلبة

□ الخرسانة مادة مركبة تحتوي على عدة مكونات مثل مركبات الاسمنت (التميأة وغير التميأة) والماء والركام والمسامات وغير ذلك من المواد التي يمكن استخدامها لانتاج خرسانة تلبى المتطلبات الانشائية. ولهذا فإن الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمثل هذا النظام المركب لا بد من ان تكون متأثرة بحجم كل مكون من المكونات وبالتالي خواص المكونات المختلفة وايضا على طبيعة الترابط والتداخل بين تلك المكونات فيما اذا كانت ميكانيكية او فيزيائية او كيميائية.

□ ان المقاومة وانكماش الجفاف والزحف ومعامل المرونة والنفاذية ومقاومة الهجوم الحامضي ، هي خصائص تتمثل في الحالة المتصلبة للخرسانة وهي خصائص متأثرة بالزمن (بعمر الخرسانة) ، وهذه الخصائص هي التي تؤثر بشكل مباشر على الاداء الانشائي للخرسانة.

خواص الخرسانة المتصلبة

ويمكن ان نصف الخصائص الانشائية المرغوبة في اداء الخرسانة كالتالي:

□ المقاومة Strength : وهي قابلية المنشأ او المقطع الخرساني لتحمل الاحمال والاجهادات المسلطة

□ الخدمة Serviceability : وهي قابلية المنشأ الخرساني على توفير الراحة والبيئة المناسبة عند الاستخدام

□ الديمومة Durability : وهي قابلية المنشأ الخرساني او المقطع الخرساني على البقاء مؤديا (للخدمة) وقابلاً للصيانة لأطول عمر ممكن

مقاومة الخرسانة Strength of Concrete

□ يمكن اعتبار المقاومة بشكل عام على انها واحدة من اهم خواص الخرسانة ، رغم ان العديد من الحالات التطبيقية تواجه خصائص اخرى في الواقع تكون اكثر اهمية من المقاومة مثل الديمومة والنفاذية. على الرغم من ذلك فان المقاومة تعطي صورته شاملة لنوعية الخرسانة وذلك لارتباطها المباشر ببنية او هيكل عجينة السممت المتصلبة ايضا. ان مقاومة الخرسانة شي ثابت ومكون اساسي للتصميم الانشائي للغرض الذي صمم من اجله.

□ إن مقاومة الخرسانة تنتج من :-

١. مقاومة الملاط (مونة الاسممت والركام الناعم).
٢. قوة التلاصق بين الملاط والركام الخشن.
٣. مقاومة حبيبات الركام الخشن للإجهادات المسلطة.

Strength of Concrete مقاومة الخرسانة

□ انواع مقاومة الخرسانة:

Compressive Strength

١. مقاومة الانضغاط

Tensile Strength

٢. مقاومة الشد

Flexural Strength

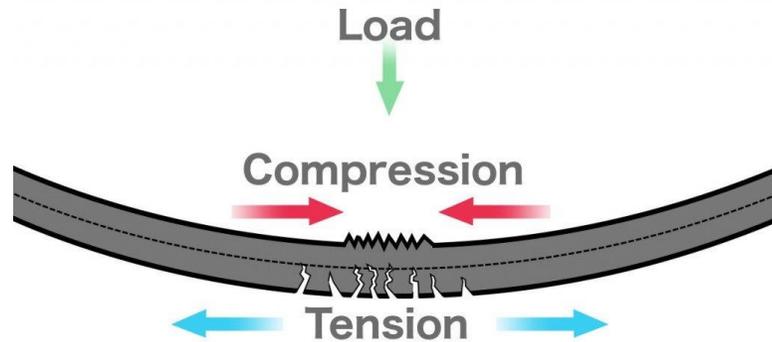
٣. مقاومة الانثناء (الانحناء)

Shear Strength

٤. مقاومة القص

Bond Strength

٥. مقاومة الترابط



مقاومة الانضغاط Compressive Strength

□ إن مقاومة الانضغاط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها ، ومقاومة الانضغاط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد و الانحناء والقصر والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الانضغاط والعكس صحيح. لذلك يجرى اختبار الانضغاط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة في موقع المشروع أما يستخدم هذا الاختبار في أغراض التصميم الإنشائي لتحديد المقاومة المميزة **Characteristic Strength** وإجهاد التشغيل **Working Stress** للخرسانة تحت الضغط الذي يؤخذ كنسبة من المقاومة القصوى للضغط. كما يفيد اختبار الانضغاط في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير الشوائب التي قد توجد بهما على مقاومة الضغط للخرسانة.

Compressive Strength مقاومة الانضغاط

- Compressive strength is defined as:

$$f_c, \text{ N/mm}^2 \text{ or MPa} = \frac{P}{A}$$

where:

P = load to failure, N

A = cross-sectional area, mm²



مقاومة الانضغاط Compressive Strength



□ وفقًا لكود التصميم الانشائي الأمريكي ACI 318-19 ، يجب أن

تستند مقاومة الانضغاط المحددة إلى نتائج الاختبار ال ٢٨ يومًا ما لم ينص على خلاف ذلك في عقد البناء.

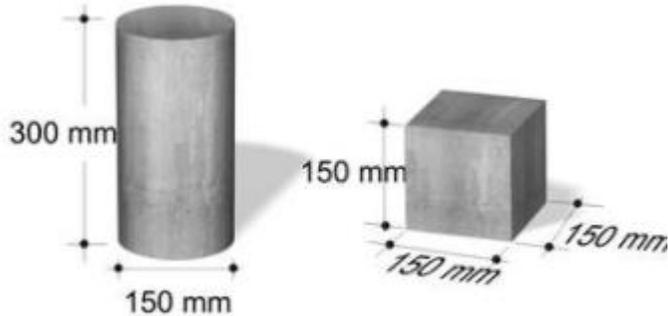
□ يتم استخدام نتائج الاختبار ال ٣ أو ٧ أيام لمراقبة اكتساب القوة في

وقت مبكر، خاصة عند استخدام الخرسانة عالية المقاومة سريعة التصلب. ومع ذلك ، لا يتم استخدام نتائج الاختبار لمدة ٣ و ٧ أيام بشكل عام لأغراض القبول

□ يستخدم الفحص القياسي ASTM C39-21 لاجاد مقاومة

الانضغاط للنماذج الاسطوانية والفحص القياسي ASTM C109-20

لايجاد مقاومة الانضغاط للنماذج المكعبة



مقاومة الانضغاط Compressive Strength

□ المقاومة المميزة (رتبة الخرسانة) (f_{cu}):

هي قيمة اجهاد كسر المكعب الخرساني القياسي الذي من غير المحتمل ان يقل عنه اكثر من 5% من عدد نتائج اختبارات تحديد المقاومة اثناء التنفيذ و هي المقاومة التي يجري على اساسها المهندس الانشائي حساباته.

□ تتراوح مقاومة الانضغاط لخرسانة المنشآت التقليدية بين 25-35 ميكاباسكال

□ تتراوح مقاومة الانضغاط للابنية المتعددة الطوابق وابنية الخدمات المختلفة

بين 40-50 ميكاباسكال

□ تتراوح مقاومة الانضغاط للاعضاء الخرسانية المسبقة الصب والمنشآت

الخاصة بين 50-60 ميكاباسكال

□ علما ان صناعة الخرسانة الحديثة قد بلغت مديات كبيرة جدا من قيم مقاومة

الانضغاط تصل الى نظيراتها للمقاطع الفولاذية



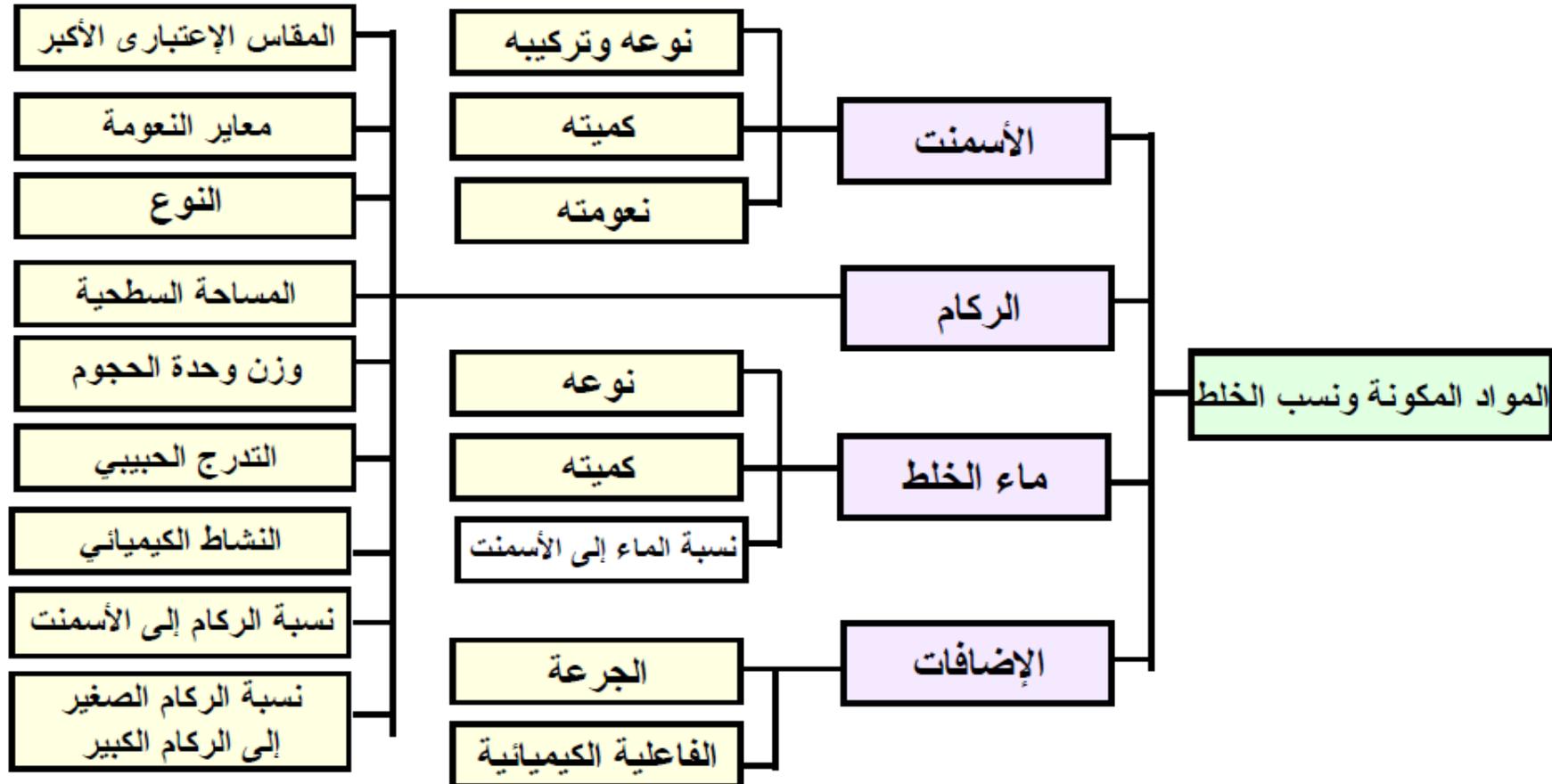
العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

□ 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 وحرص .
- ٣- ظروف المعالجة .
- ٤- العمر وظروف الاختبار.

العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

1- المواد المكونة ونسب الخلط :

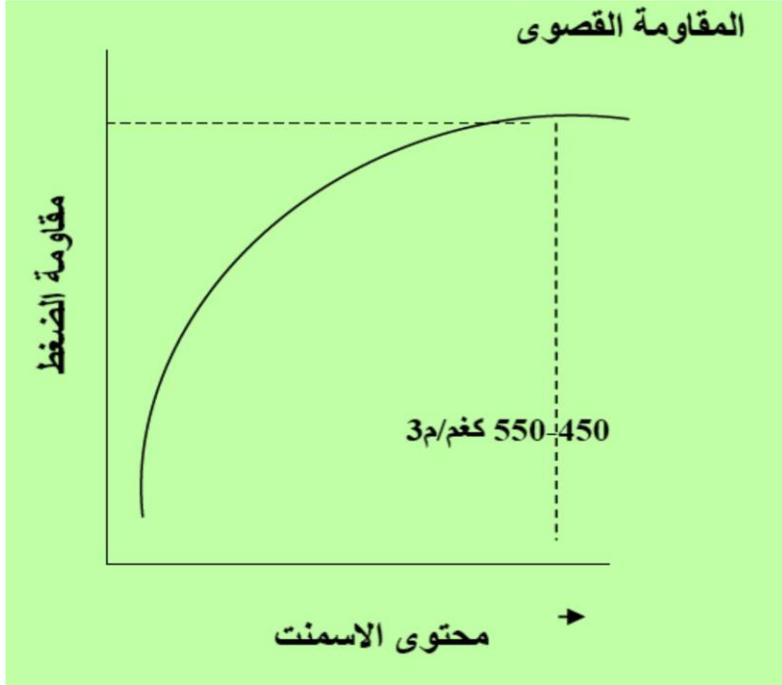


العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

١- المواد المكونة ونسب الخلط :

الإسمنت

✓ هو المكون الرئيسي الفعال الذي تتوقف عليه مقاومة الخرسانة وأهم العوامل المؤثرة في الإسمنت هي كميته ونعومته وتركيبه الكيميائي. أن مقاومة الخرسانة تزداد بزيادة محتوى الإسمنت وذلك حتى محتوى معين يقل بعده معدل الزيادة في المقاومة ثم تتوقف الزيادة في المقاومة بعد ذلك. وهذا المحتوى يختلف باختلاف نسب مكونات الخلطة وكذلك يتوقف على وجود أو عدم وجود إضافات كيميائية أو معدنية . وعموماً فقد وجد أن المحتوى الأقصى للإسمنت الذي يعطى أعلى مقاومة ضغط للخرسانة الاعتيادية يقع بين ٤٥٠ و ٥٥٠ كغم / م^٣

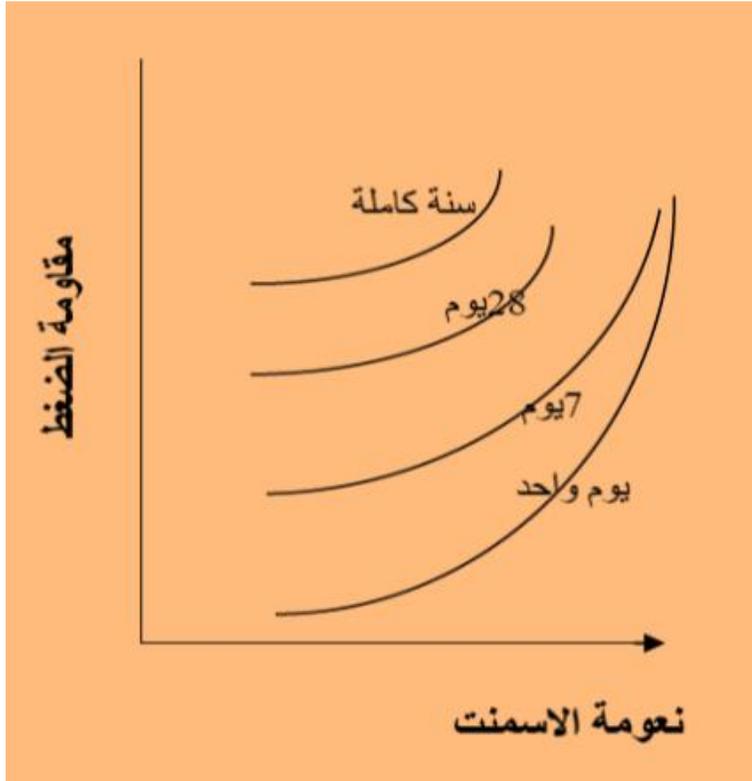


العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

1- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ الإسمنت

- ✓ أما بالنسبة لنعومة الإسمنت فهي تؤثر تأثيراً كبيراً على مقاومة انضغاط الخرسانة وخاصة في الأعمار المبكرة حتى 28 يوم بعد ذلك يقل معدل الزيادة في المقاومة تدريجياً بتقدم عمر الخرسانة حتى يكاد ينعدم عند الأعمار المتأخرة جداً
- ✓ أما بالنسبة لتأثير التركيب الكيميائي للإسمنت فيعتمد ذلك بصورة كبيرة على نسب المكونات الرئيسية الأربعة للإسمنت وهي سلكيات ثنائي الكالسيوم C_2S وسلكيات ثلاثي الكالسيوم C_3S وثالث ألومينات الكالسيوم C_3A ورابع ألومينات حديد الكالسيوم C_4AF .



العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

- ✓ أما العنصرين الأولين C_2S و C_3S فهما الذين يتحكما في المقاومة و يتراوح مجموع نسبتهما حوالي ٧٥ % . وعموماً فإن الإسمنت الذي يحتوي على نسبة عالية من C_3S يكتسب مقاومة أسرع من الإسمنت المحتوي على نسبة عالية من C_2S حيث أن C_3S هو المركب المسئول عن المقاومة المبكرة للإسمنت.
- ✓ أما العنصر الثالث في الإسمنت و هو ثالث ألومينات الكالسيوم C_3A فهو المسئول عن انبعاث حرارة عالية أثناء الخلط وهو المتسبب في وجود الخواص غير المرغوبة في الإسمنت مثل حدوث التغيرات الحجمية و التشققات و التدهور عند التعرض للكبريتات. إلا أن هذا العنصر موجود في الإسمنت بحكم تواجده في المواد الخام.
- ✓ أما العنصر الرابع وهو رابع ألومينات حديد الكالسيوم C_4AF فهو عنصر خامل تقريباً ويحل محل العناصر النشطة في الإسمنت وبالتالي فلا يرغب في تواجده بنسبة عالية.

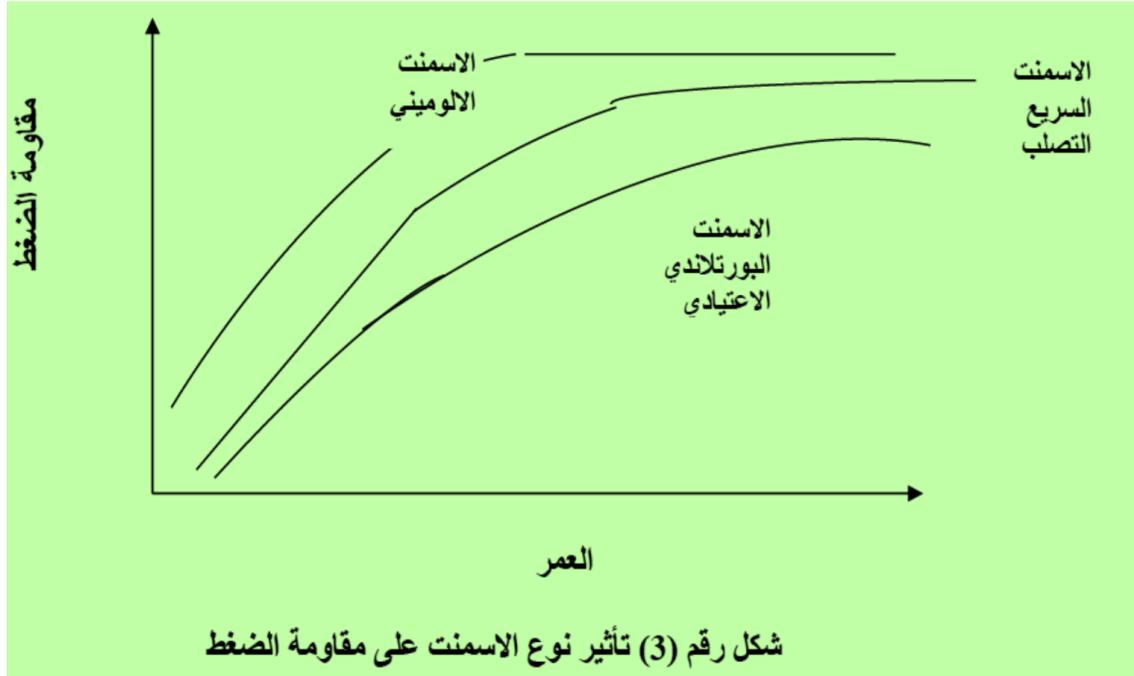
العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

1- المواد المكونة ونسب الخلط :

الإسمنت

✓ وبالتحكم في نسبة المكونات الرئيسية للإسمنت وكذلك نعومته يمكننا صناعة الأنواع المختلفة من الإسمنت مثل الإسمنت سريع التصلب والإسمنت البورتلاندي العادي والإسمنت فائق النعومة والإسمنت المقاوم للكبريتات

✓ أن الإسمنت السريع التصلب يظهر مقاومة مبكرة عالية ولكن بعد ثلاثة شهور تقريباً تكون المقاومة مساوية لتلك التي نحصل عليها من الإسمنت البورتلاندي العادي.



العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

١- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ تأثير الركام

✓ الركام هو المادة المألثة بالخرسانة والتي يُفترض أنها خاملة كيميائياً . وعموماً فإن مقاومة الخرسانة تتوقف على التماسك بين العجينة الإسمنتية والركام المستخدم حيث ينبغي أن تغلف العجينة الإسمنتية بكفاءة أسطح الركام المستخدم ومن ثم نجد أن نوع الركام وشكله ونعومته ومساحته السطحية وطبيعة سطحه من العوامل الرئيسية التي تؤثر على مقاومة الخرسانة

العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

١- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ تأثير الركام

✓ يؤثر نوع الركام على مقاومة الانضغاط حيث نجد أن الحجر الجيري أو الدولوميت يعطى مقاومة أكبر من الحصى.

✓ أما معامل النعومة فإن مقاومة الانضغاط تزيد بزيادة قيمة معامل النعومة للركام الشامل.

✓ أما المساحة السطحية للركام فتؤثر تأثيراً كبيراً على مقاومة الانضغاط ومساحة الركام

السطحية تعتمد على نسبة الركام الناعم إلى الركام الخشن وكذلك على نعومة أو خشونة الركام المستخدم .

العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

1- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ تأثير نسبة الماء/الاسمنت

✓ إن تأثير نسبة الماء / الإسمنت (م/س) هو بلا شك من أهم العوامل التي تؤثر ليس فقط

على مقاومة الخرسانة Strength بل أيضاً على متانتها (الديمومة) Durability.

✓ ان تقليل الماء في الخلطة إلى درجة معينة هو أساس الحصول على الخرسانة عالية

المقاومة High Strength Concrete أو الخرسانة عالية الأداء High Performance

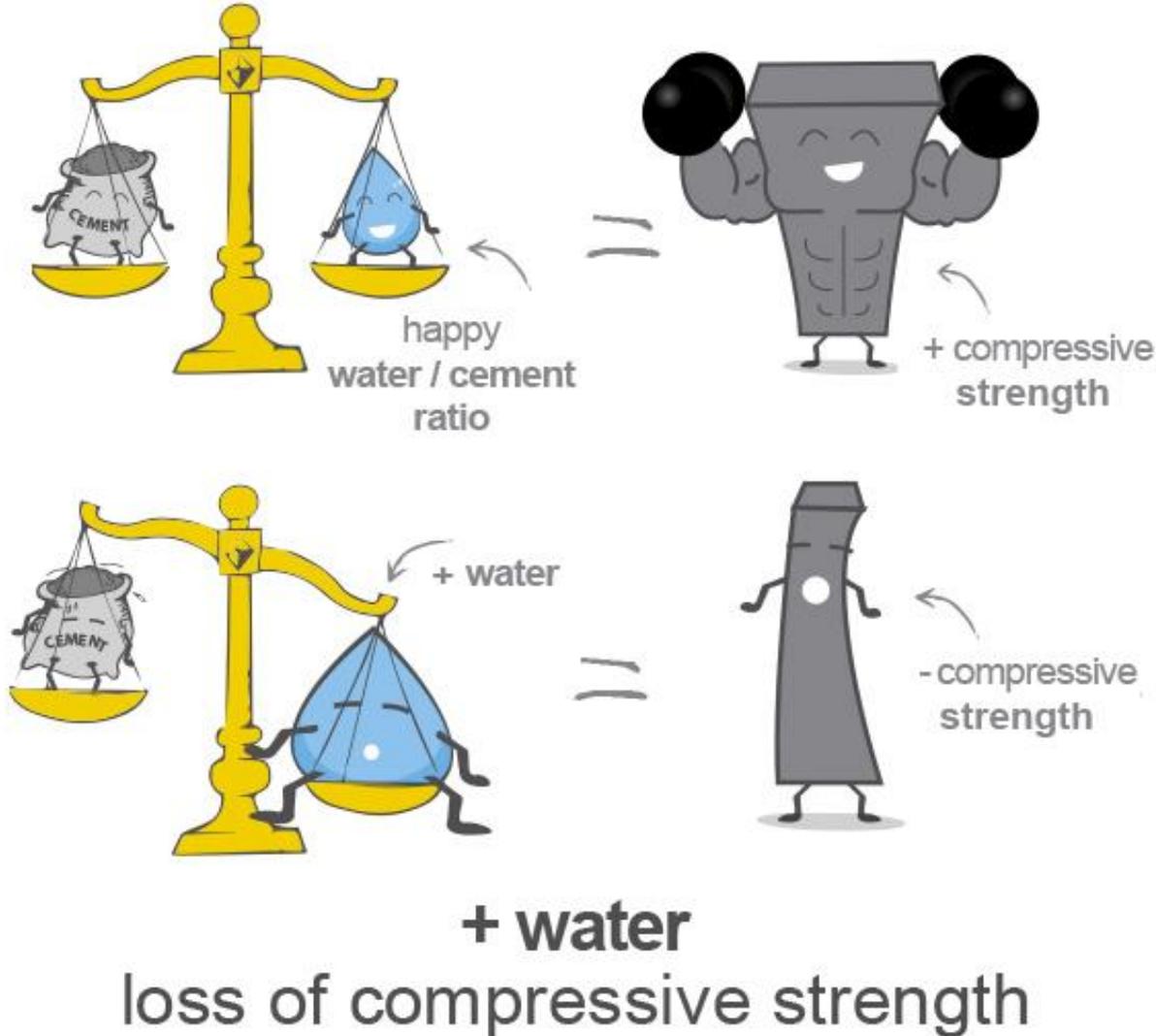
Concrete

✓ تعتمد العلاقة بين المقاومة ونسبة الجل / الفراغات على درجة الاماهة المتحققة ونسبة

الماء /الاسمنت

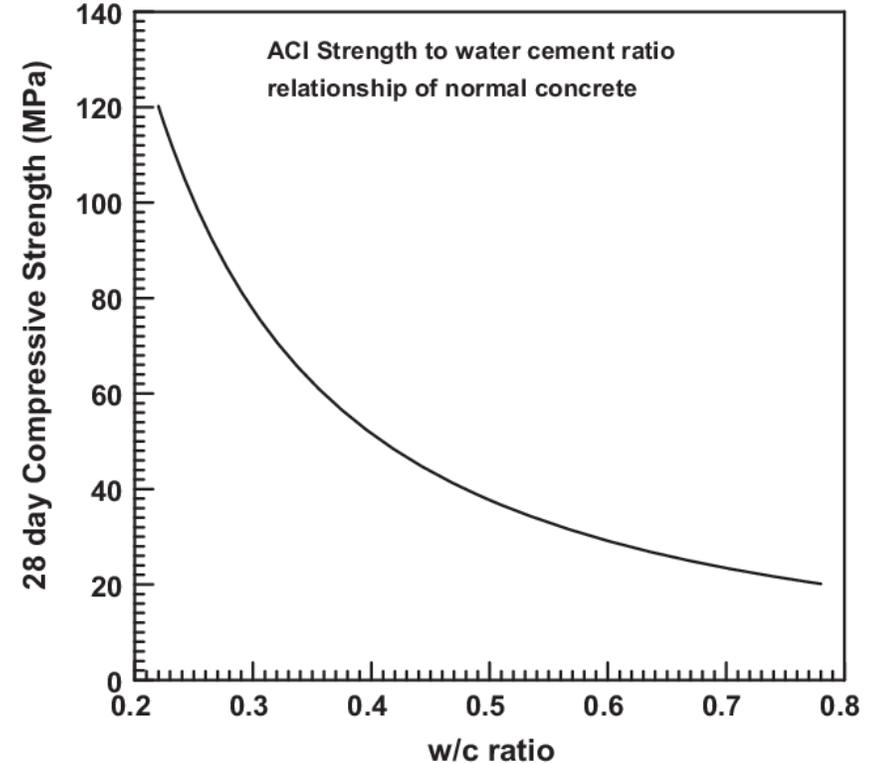


العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة



1- المواد المكونة ونسب الخلط :

تأثير نسبة الماء / الاسمنت



العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

1- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ تأثير المضافات

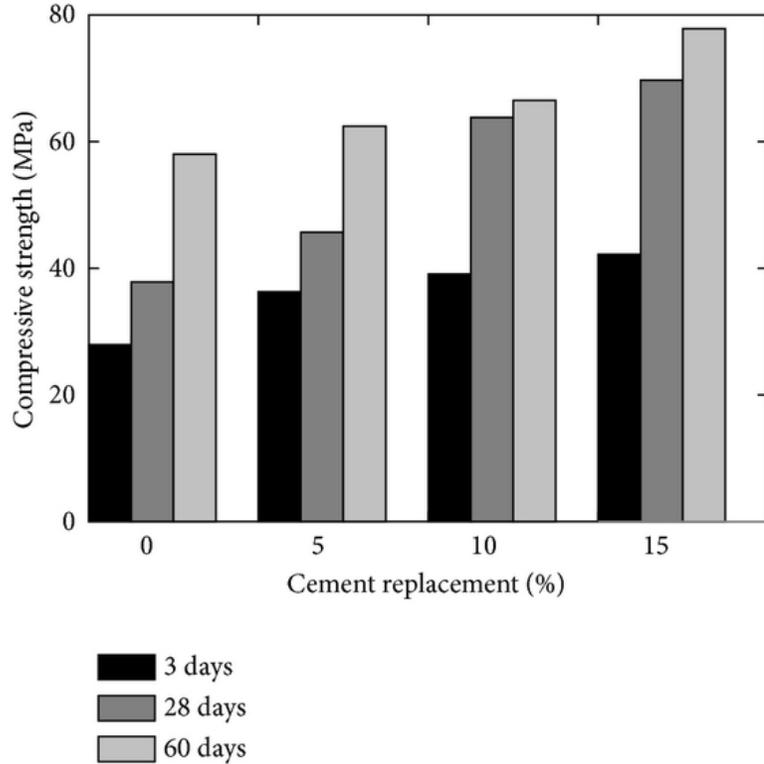
المضافات هي مواد - غير الركام والأسمنت والماء- تضاف إلى الخلطة الخرسانية أثناء عملية الخلط بكميات محددة بغرض تحسين خواص معينة مطلوبة في الخرسانة. ان تأثير هذه المواد على مقاومة الانضغاط للخرسانة يمكن تلخيصه بما يلي:

✓ المواد المألثة Filler : وهي مواد خاملة كيميائياً مثل الجير

المطفأ، الرمل المطحون، الحجر الجيري المطحون والمواد

المماثلة الأخرى حيث تسلك كمادة مألثة في الخليط وبذلك تزيد

من درجة الرص وبالتالي تزيد من مقاومة الانضغاط.



العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

١- المواد المكونة ونسب الخلط :

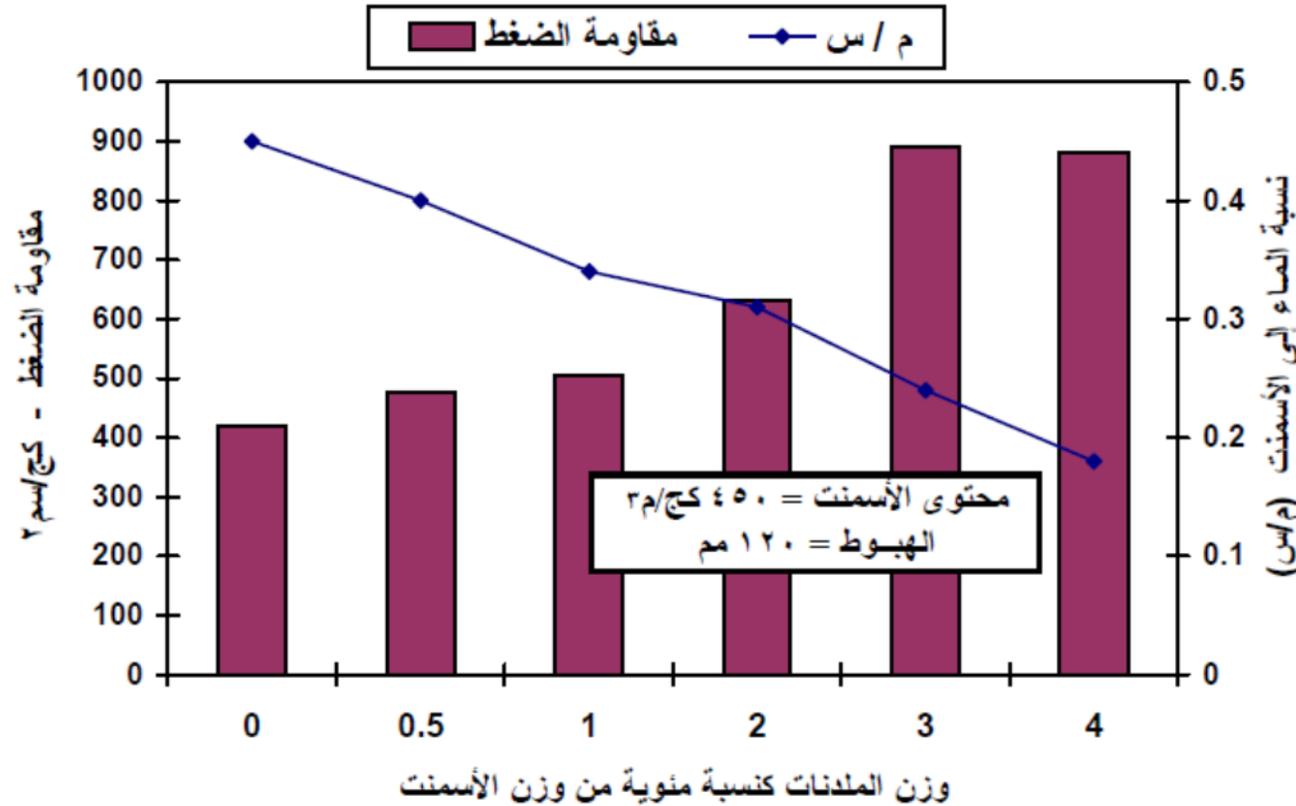
■ تأثير المضافات

- ✓ المواد البوزولانية: مثل رماد مسحوق الفحم, رماد قشور الرز, خبث الأفران العالية, التراب الدياتومي, الطين المحروق وما إلى ذلك. إن هذه المواد لها القدرة على التفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم المتحرر من امهة السليكات مكونة سليكات الكالسيوم المسؤولة عن مقاومة عجينة الاسمنت المتصلبة ، وبالتالي فإنها ستزيد من مقاومة انضغاط الخرسانة.
- ✓ استعمال المضافات الكيماوية: تعمل على تحسين اداء الخرسانة من حيث زيادة قابلية التشغيل وتقليل المحتوى المائي المطلوب للحصول على قابلية تشغيل معينة اوزيادة او تقليل زمن التماسك وبحسب ظروف الانتاج ، مما يؤدي بالنتيجة الى تحسين مقاومة الانضغاط.

العوامل المؤثرة على مقاومة الانضغاط الخرسانة

١- المواد المكونة ونسب الخلط :

■ تأثير المضافات



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



THANK YOU FOR ATTENDING LECTURE 6

