

الباب الأول

الخرسانة Concrete

١-١ تعريف

"الخرسانة هي بنية Structure يتركب من عدة مواد Materials والجزء الأكبر في هذا البنية هو الركام الذي يتماسك مع بعضه في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العجينة الأسمنتية المغلفة للركام والتي تتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء"

ونسب توزيع المواد المختلفة المكونة للخرسانة (بالحجم) في أغلب الأحوال هي:

ركام (كبير وصغير)	عجينة الأسمنت	فراغات
٦٠ - ٧٠ %	٣٠ - ٤٠ %	١ - ٢ %

ويتضح من ذلك أن الركام هو المكون الأساسي لجسم الخرسانة حيث يحتل حوالى من ٣/٢ الى ٤/٣ حجم الخرسانة. والركام يعتبر مادة رخيصة نسبياً بالإضافة إلى أنه يعمل على تقليل التغير الحجمي للخرسانة الناتج من عمليتي الشك والتصلد ومن تغير الرطوبة في عجينة الأسمنت. أما عجينة الأسمنت فتقوم بوظيفة فعالة وذلك بإيجاد التماسك بين الركام وإعطاء الخرسانة المقاومة المطلوبة وملء الفراغات بين حبيبات الركام وتسهيل إنزلاق الركام أثناء الصب.

٢-١ الخرسانة كمادة إنشائية

الخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي تسمح بتشكيلها في أي قالب معماري مطلوب. وتعتبر الخرسانة مع الصلب أكثر المواد الإنشائية شيوعاً وإستعمالاً في عصرنا الحديث وذلك لسهولة تواجدها والرخص النسبي للمواد المكونة لها وأيضاً لسهولة ورخص تصنيعها. ويمكن إستعمال الخرسانة بالإشتراك مع مواد أخرى لتكوين مقاطع مركبة Composite Sections كما في حالة إستخدام مقاطع الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة Composite Materials كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف الى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة. وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص ويتضح ذلك في شكل (١-١).



الخاصية	الخرسانة	حديد التسليح
مقاومة الشد	ضعيف جداً	جيد جداً
مقاومة الضغط	جيد	جيد ولكن يحدث إنبعاج للقطاعات النحيفة
مقاومة القص	متوسط	جيد
المعمرية	جيد جداً	ضعيف ويتآكل إذا كان غير محمي
مقاومة الحريق	جيد	ضعيف ويفقد مقاومته سريعاً في درجات الحرارة العالية

شكل (١-١) تكامل الخواص في الخرسانة وحديد التسليح.

ومن أهم عيوب الخرسانة أن مقاومتها للشد ضعيفة نسبياً ولهذا فعند إستعمالها في الأغراض الإنشائية فإنه يتم إستعمالها مع أسياخ الصلب التي تقوم بمقاومة قوى الشد.

ومن عيوب الخرسانة كذلك الحركة الناتجة من الإنكماش بالجفاف أو من الرطوبة والتي تسبب شروخاً شعرية دقيقة يلزم لملافاة وجودها وضع حديد التسليح المناسب أو عمل وصلات Joints بالخرسانة على مسافات متباعدة.

كما أن الخرسانة ليست مصممة تماماً وإنما تسمح بنفاذ السوائل والغازات بدرجات متفاوتة تعتمد على جودة الخرسانة ونسبة الفراغات بها. ونفاذ الرطوبة في الخرسانة المسلحة يعمل على صدأ الحديد وتآكله وأيضاً ينتج عنه تبقيع سطح الخرسانة وتلفها.

٣-١ تطور صناعة الخرسانة

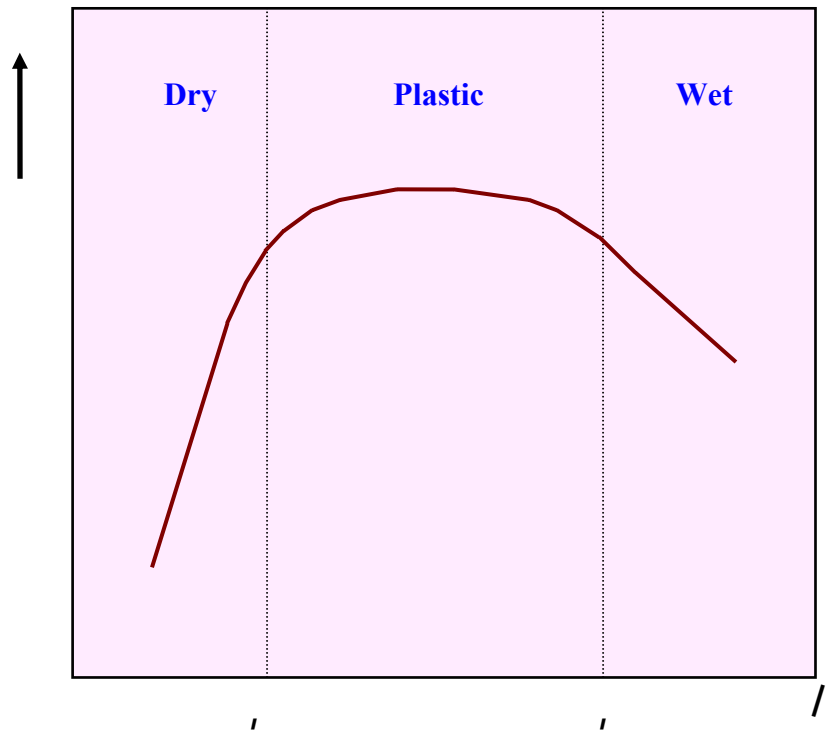
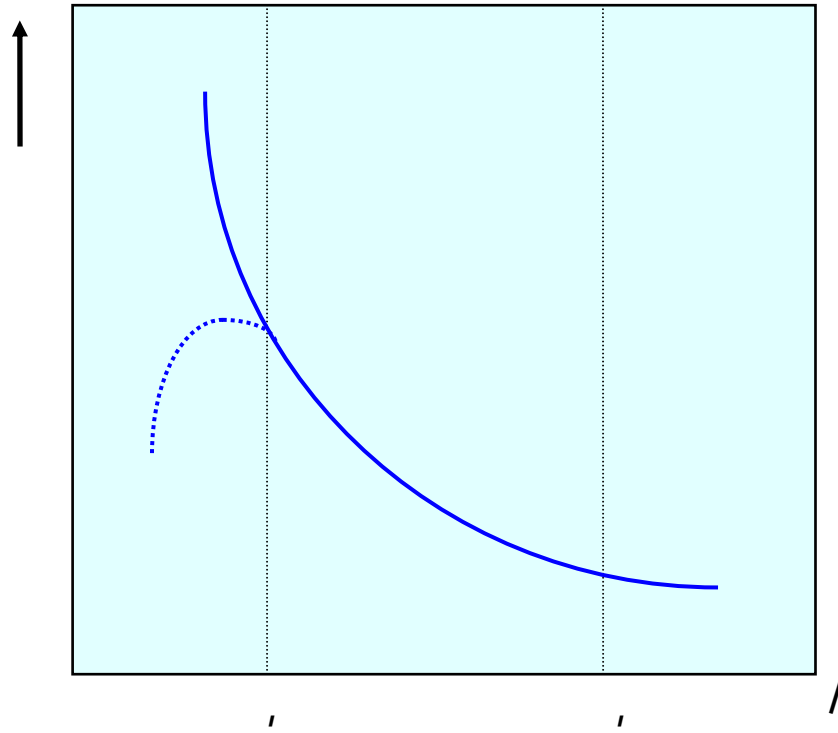
مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط التي تصل إلى ١٤٠ كج/سم^٢ تعتبر قيمة كبيرة ولها إعتبارها. ولم تكن هناك طرق معينة لتصميم خلطة خرسانية ولا أساليب للتصميم المختلفة كذلك لم يكن هناك الأنواع المختلفة من الأسمنت والتي تناسب الأغراض المتنوعة. كما أنه لم يكن هناك الأنواع المختلفة من الخرسانة مثل الخرسانة الخفيفة والخرسانة ذات الهواء المحبوس أو الخرسانة سابقة الصب أو سابقة الإجهاد.

في سنة ١٩١٩ شهدت صناعة الخرسانة الثورة الأولى حيث إكتشف ابرامز Abrams أن هناك علاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة ونسبة الماء بالخلطة وقد أوضح ابرامز أن مقاومة الضغط تزيد كلما قلت نسبة الماء إلى الأسمنت (م/س) وقد حدد هذه العلاقة كما يلي:

$$f_c = \frac{965.5}{71.5(w/c)} \quad \text{kg/cm}^2$$

حيث f_c هي مقاومة الضغط للخرسانة كج/سم^٢. و (w/c) هي نسبة الماء إلى الأسمنت بالوزن. ويلاحظ أن المعادلة السابقة قد أستنتجت لخرسانة بركام وأسمنت وظروف صناعية معينة وفي حالة إختلاف هذه المواد أو هذه الظروف فإن قيمة المقدار الثابت بالمعادلة قد تتغير.

وبدراسة عملية التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء وجد أن كمية الماء اللازمة لإتمام عملية التفاعل تتراوح من ٠,٢٢ إلى ٠,٢٥ من وزن الأسمنت حسب نوع ودرجة نعومة الأسمنت. ولكن المشكلة تبدو أن هذه النسبة القليلة من الماء تعطي خرسانة جافة جداً صعبة التشغيل مما يضطر صانع الخرسانة إلى زيادة الماء بالقدر الذي يعطي خرسانة لدنة ذات قابلية عالية للتشغيل. وقد وضح من التجارب العملية و الخبرة العملية أن نسبة الماء التي تعطي خلطة خرسانية لدنة ذات قابلية عالية للتشغيل (بدون إستخدام إضافات) هي من ٠,٤ إلى ٠,٧ من وزن الأسمنت ويتوقف ذلك على محتوى الأسمنت في الخلطة وعلى نسبة إمتصاص الركام المستخدم للماء. وطبقاً للعلاقة بين نسبة الماء إلى الأسمنت ومقاومة الضغط كما هو مبين في شكل (٢-١) فإن هذه النسبة من الماء تعطي خرسانة متوسطة المقاومة Normal Strength Concrete والحقيقة أن الخرسانة ظلت حتى وقتنا الحالي تنتج بمقاومة متوسطة تتراوح من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ كج/سم^٢ ومعظم التصميمات الإنشائية في وقتنا الحاضر تتم بإستخدام خرسانة ذات مقاومة ٢٥٠ كج/سم^٢ أي بإستخدام نسبة (م/س) من ٠,٤ إلى ٠,٧.



شكل (٢-١) العلاقة بين (م/س) وكل من مقاومة الضغط والقابلية للتشغيل.

وعلى أى حال فإن هذه الأيام تشهد بداية ثورة ثانية فى تكنولوجيا الخرسانة حيث أمكن التغلب على التناقض الناشئ بين المقاومة العالية والقابلية المنخفضة للتشغيل وذلك بإنتاج وإستخدام بعض الإضافات المخفضة للماء Superplasticizers والتي تسمح بإستخدام نسبة ماء قليلة جداً قد تصل إلى ٠,٢٥ من وزن الأسمنت وفى نفس الوقت تعطى قابلية عالية للتشغيل وبالتالي الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية جداً قد تصل إلى ١٤٠٠ كج/سم^٢ وقد تم إنتاج هذه الخرسانة العالية المقاومة High Strength Concrete بالفعل فى معامل كلية الهندسة بالمنصورة حيث تم الوصول إلى خرسانة مقاومتها للضغط ١١٠٠ كج/سم^٢ وذلك بإستخدام المواد المحلية المتاحة فى مصر.

وبالرغم من أن مثل هذه الخرسانة العالية المقاومة لم تأخذ طريقها إلى الواقع العملى فى بلادنا حتى الآن إلا أنها أصبحت شائعة الإستعمال فى دول أوروبا وأمريكا واليابان وحتى فى بعض دول العالم الثالث مثل ماليزيا والتي تم فيها حديثاً إنشاء وتشبيد أعلى المباني الإدارية فى العالم [شكل (١-٣)] ويقع فى مدينة كوالالمبور والذى يصل إرتفاعه إلى ٤٥٠ متر وذلك بإستخدام خرسانة ذات مقاومة للضغط مقدارها ٨٠٠ كج/سم^٢. وتجدر الإشارة أن هناك بعض المشاريع الإنشائية الكبرى فى مصر قد استخدمت فيها خرسانة ذات مقاومة للضغط من ٥٠٠ إلى ٦٠٠ كج/سم^٢ ومن هذه المشاريع: مكتبة الأسكندرية - الكوبرى الملجم بمنطقة غمرة بالقاهرة وغيرها. هذا ويتوقف التقدم والتطور فى علم الخرسانة على عدة عوامل من أهمها:

- إستمرار البحث لتطوير المواد المكونة للخرسانة وتحسين فعاليتها وذلك لزيادة الجودة بتكاليف أقل.
- التعاون المستمر بين البحث العلمى والصناعة.
- الإعداد الفنى والتدريب المهنى المستمر للعاملين فى مجال الخرسانة.
- عمل حلقات دراسية وندوات علمية للوقوف على كل ما هو جديد فى مجال تكنولوجيا الخرسانة.
- تطبيق كل ما هو جديد فى مجال الخرسانة بصورة عملية وذلك من خلال منشآت فعلية.
- الدراسات الفنية اللازمة لحل مشاكل التصميم والتنفيذ للإستخدامات المتنوعة للخرسانة.



شكل (٣-١) صورة توضح أعلى برج خرساني في العالم ويقع في مدينة كوالالمبور بماليزيا .
