الانواع المختلفة (الخاصة) من الخرسانة
Special Types of Concrete

يوجد العديد من أنواع الخرســانة ويمكن تصنيف أهم هذه الخرسانات كما يلي:

Plain Concrete	١- الخرسانة العادية
Reinforced Concrete	٢- الخرسانة المسلحة
Prestressed Concrete	٣- الخرسانة سابقة الإجهاد
Precast Concrete	٤- الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب)
High Strength Concrete	٥- الخرسانة عالية المقاومة
Fibrous Concrete	٦- الخرسانة الليفية
Self-Compacting Concrete	٧- الخرسانة ذاتية الدمك
Polymer Concrete	٨- الخرسانة البوليمرية
Shotcrete	٩- الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش)
Light-Weight Concrete	١٠- الخرسانة الخفيفة
Heavy-Weight Concrete	١١- الخرسانة الثقيلة
Mass Concrete	١٢- الخرسانة الكتلية
Prepacked Concrete	١٣- الخرسانة المعبأة
Gap Concrete	١٤- خرسانة الركام ناقص التدرج
Architectural Concrete	١٥- الخرسانة المعمارية
Nailing Concrete	١٦- خرسانة التسمير
Sulfur Concrete	١٧- الخرسانة الكبريتية

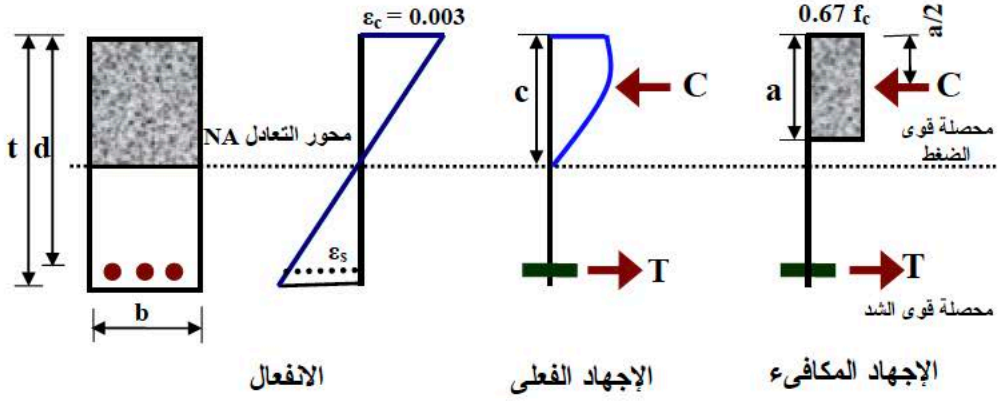
فيما يلي نبذة مختصرة عن أهم هذه الأنواع:

1- Plain Concrete الخرسانة العادية

وهي خرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم فى أعمال الفرشات الخرسانية تحت الأساسات والأرصفة وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود.
ومقاومتها تتراوح من ١٥٠ إلى ٢٥٠ كغم/سم^2 حسب الغرض المستخدمة من أجله .ويمكن تحسين بعض الخواص فيها لكي تناسب غرض الاستخدام ، مثلًا أن تكون مقاومة للكبريتات أو مقاومة لعوامل التعرية والتآكل كما فى حالة المصدات البحرية.

2- Reinforced Concrete الخرسانة المسلحة

وهي خرسانة عادية ويشترك معها حديد تسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعاً واستخداماً فى العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه. ويمكن أن يُصب فى الموقع مباشرة أو يُصب فى المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة. وينبغي تحقيق الاتزان Equilibrium و التوافق Compatibility بين الإجهادات و الانفعالات فى كل من الخرسانة و الحديد.
ومعظم كودات التصميم تهمل تماماً مقاومة الخرسانة للشد وبالتالى فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط. شكل (١) يوضح توزيع الإجهادات والانفعالات على قطاع مستطيل من الخرسانة المسلحة.



شكل (١) مخطط الاجهاد والانفعال لمقطع جسر مستطيل من الخرسانة المسلحةمعرض لعزم انحناء .

3- Prestressd Concrete مسبقة الاجهاد

وهي خرسانة عادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات تكون كفيلة بتحمل إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالى لا نحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع الخرسانى بعد التحميل (التشغيل) غالباً إجهادات ضغط وبالتالى تكون الخرسانة كفيلة بتحملها .وبنائاً عليه يجب أن تكون الخرسانة ذات مقاومة عالية للضغط تتراوح من ٣٥٠ إلى ٦٠٠كغم/سم^{2} وذلك حتى يمكنها تحمل إجهادات ضغط التصنيع وإجهادات ضغط التشغيل. وأسياخ الصلب المستخدمة فى الخرسانة سابقة الإجهاد تسمى كبلات Tendons وهي عبارة عن أسلاك Wires أو حبال مجدولة من مجموعة أسلاك Strands أو قضبان من الصلب Bars. وتمتاز الخرسانة مسبقة الإجهاد بقلة الشقوق السطحية مع مقاومة عالية للأحمال. وهي مناسبة للاستخدام فى الجسور والمستودعات المائية والوحدات الجاهزة مثل محطات السكك الحديدية وغيرها. وعموماً يوجد طريقتان لإكساب الخرسانة لإجهادات الضغط:

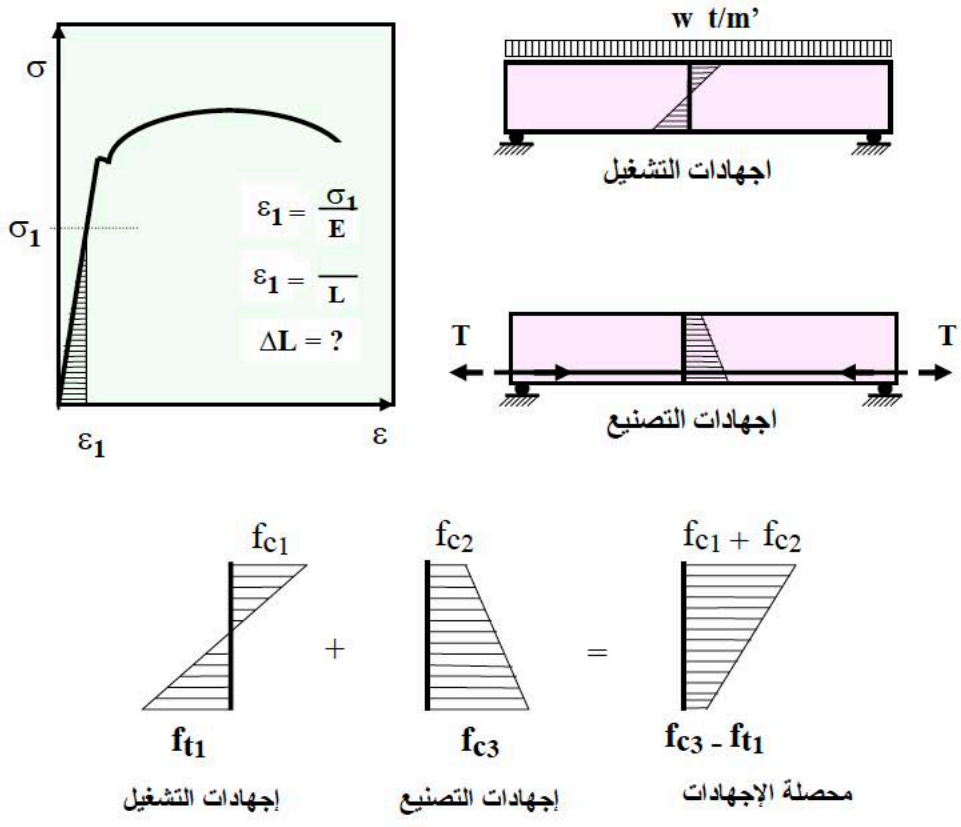
أ- طريقة الشد السابق Pre-tension

وفيها يتم شد كبلات الصلب قبل صب الخرسانة وقبل تصلدها. وتترك هذه الكابلات مشدودة (فى حدود المرونة) حتى تتصلد الخرسانة وتكتسب مقاومتها القصوى ثم بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب الذى يحاول أن ينكمش داخل الخرسانة المتصلدة مما يؤدى إلى حدوث إجهادات ضغط فى الخرسانة عن طريق قوى التماسك بين الحديد و الخرسانة كما في الشكل (٢). وتستخدم طريقة الشد السابق فى إنتاج الوحدات سابقة الصب سابقة الإجهاد حيث تسمح المعالجة بالبخار واستخدام خرسانة عالية المقاومة المبكرة فى الإزالة المبكرة لتلك الوحدات والاستغلال اليومي للقوالب.

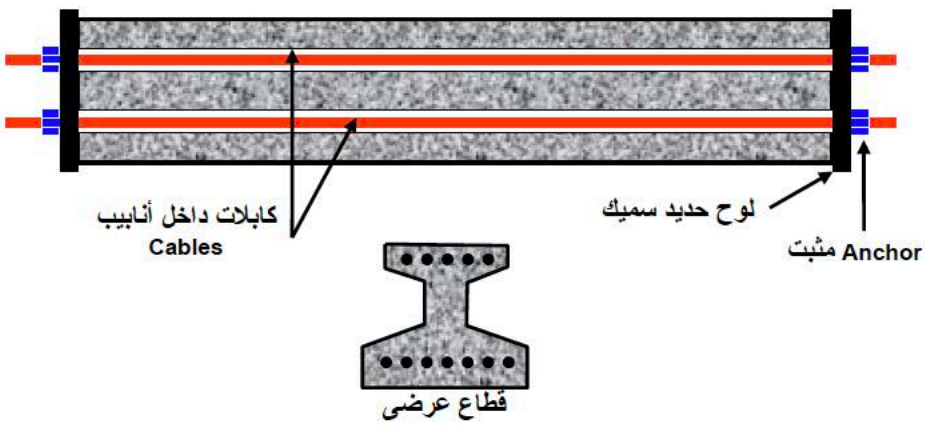
ب- طريقة الشد اللاحق Post-tension

وفيها يتم عملانابيب مفرغة داخل الخرسانة وتوضع كابلات الصلب حرة الحركه بداخلها بدون شد حتى تتصلد الخرسانة تماماً شكل (٣). يتم شد الكابلات بعد تصلد الخرسانة حيث لا يكون هناك أى قوى تماسك بين الصلب و الخرسانة. بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب حيث يسبب إجهادات ضغط على ألواح الصلب المثبتة فى طرفى العنصر الخرسانى والتى تنتقل بدورها إلى الخرسانة بالتحميل. بعد ذلك تملأ الفراغات بين كابلات الصلب والانابيب بمونة خاصة التى تتصلد وتقلل من فرصه صدأ صلب الكابلات.

هذا وتحدد الكودات المعتمدة لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة سابقة الاجهاد كافة الاعتبارات الخاصة بالمواد المستخدمة فىهذه الخرسانة وتصميم قطاعاتها ونظم التحليل الإنشائى لها و التفتيش وضبط الجودة الخاص بهذة الخرسانة.



شكل (٢) توضيح لطريقة الشد السابق.



شكل (٣) توضيح لطريقة الشد اللاحق.

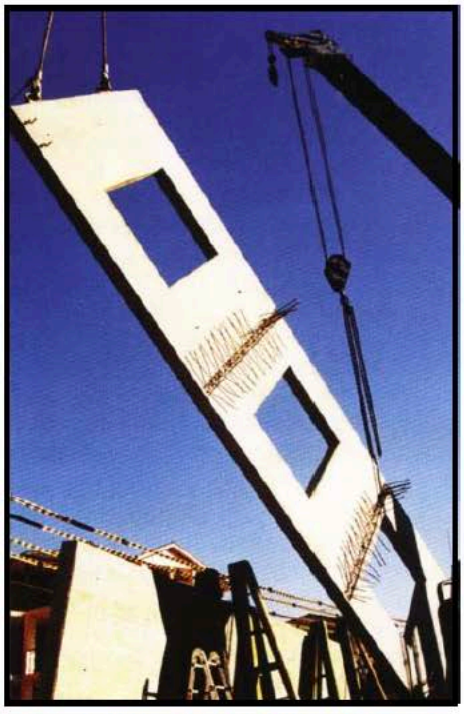
4- Precast Concrete

الخرسانة الجاهزة (مسبقة الصب)

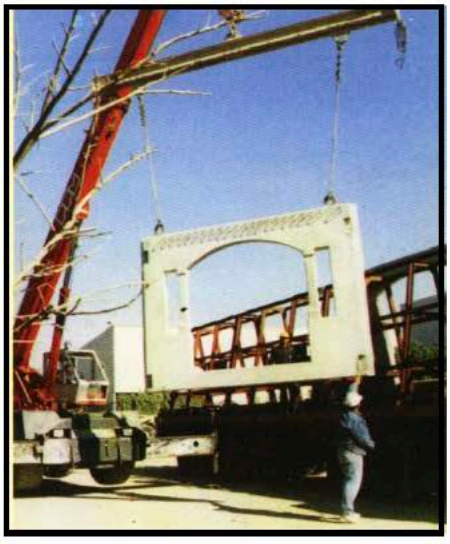
تصب الخرسانة وتعالج حتى تمام تصلدها فى المصنع ثم بعد ذلك تنقل إلى المنشأ وممكن أن تكون خرسانة عادية أو مسلحة أو سابقه الإجهاد وتشمل البلاطات والأعمدة والجدران والبلوكات الخرسانية والسقوف ووحدات الأسوار والسلالم .وفيها يتم التحكم فى عملية جودة الخرسانة والتصنيع مثل:

١ـ استخدام ركام جيد متدرج
٢ـ تقليل الماء
٣ـ إجراء الدمك والخلط ميكانيكا
٤ـ معالجة بالبخار
٥ـ استخدام إضافات للتلوين
٦ـ استخدام المواد العازلة المطلوبة

وتوضح الأشكال(٤)،(٥) بعض التطبيقات التى تستخدم فيها الخرسانة سابقة الصب بنجاح . وعند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة فيجب الأخذ فى الاعتبار كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر فى مراحل التصنيع والتخزين والنقل و التركيب والتنفيذ والاستخدام.



حائط خرساني بثلاث ادوار بارتفاع 9,8 متر



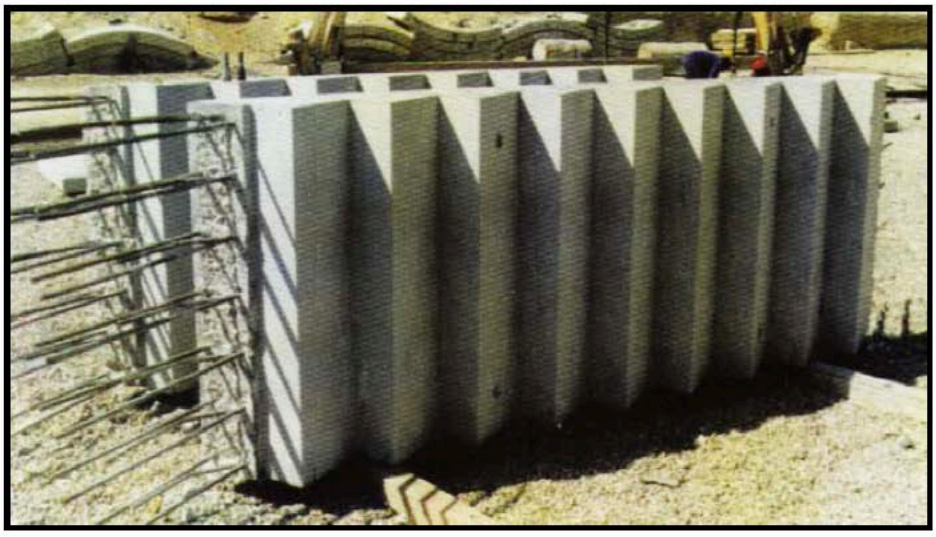
حائط خرساني ذو شكل معماري مميز

شكل (٤) بعض الحوائط من الخرسانة سابقة الصب.

سور من الخرسانة مسبقة الصب

مجارى خرسانية لتصريف مياه الأمطار

حلقات خرسانية ذات تجويف بقطر ٨,٣٥ متر



سلالم خرسانية مسبقة الصب

شكل (٥) بعض التطبيقات المختلفة للخرسانة سابقة الصب .

5-High Strength Concrete الخرسانة عالية المقاومة

وهي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن ٦٠٠كغم/سم^{2} وقد تصل أو تزيد عن ١٤٠٠ كغم/سم^{2} ويمكن الحصول عليها باستخدام المواد المحلية المتاحة والتى تستخدم فى صناعة الخرسانة التقليدية (٢٥٠كغم/سم^{2}) من ركام وأسمنت وماء إلا أن الخرسانة عالية المقاومة تحتوى على مادة إضافية أخرى وهي الملدنات Superplasticizers وذلك حتى يمكننا تقليل ماء الخلط إلى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية ألتشغيل وبالتالى الحصول على المقاومة العالية اما المواد البوزولانية مثل مادة غبار السيليكا Silica fume فمن الممكن تواجدها فى كلا النوعين من الخرسانة. إن أهم شيء يجب أخذه فى الاعتبار عند إنتاج خرسانة عالية المقاومة هو اختيار مجموعة المواد التى تتجانس مع بعضها لتعطى خرسانة جيدة لها المقاومة و المتانة وكذلك القابلية للتشغيل المطلوبة

٥-١ الخصائص المطلوب توافرها فى المكونات:

أ- الركام الكبير يجب أن يكون قوى ومتين لأنه يعمل كعامل يحدد مقاومة الخرسانة القصوى حيث أنالشققوق فى حالة الخرسانة عالية المقاومة تمر خلال حبيبات الركام الكبيرة وليس حولهاكما فى حالة الخرسانة التقليدية. وقد وجد أن الخرسانة المصنوعة من الصخر (مثل الجرانيت أو الدولوميت) تعطى مقاومة أكبر بحوالى ١٠ إلى ٢٠% من تلك المصنوعة من الحصى.

ب- الركام الصغير أو الرمل يجب أن يكون خشن نوعاً ما حيث يكون معاير النعومة له من ٢,٨ إلى ٣,٠ وذلك لأن الخلطة تكون غنية بالمواد الناعمة مثل الأسمنت وغبار السيليكا إن وجدت.

ج- الأسمنت يجب أن يكون عالي الجودة وأن يكون متوافق مع أي إضافات مستخدمة. ولقد وجد أن النسبة المثلى التى تعطى أكبر مقاومة للخرسانة تقع بين ٤٥٠ إلى٥٠٠ كغم/م^{3} .ويعتمد ذلك على خصائص وكميات ونسب باقي المكونات وعما اذا كانت الخلطةتحتوى على مادة غبار السيليكا أم لا.

د- غبار السيليكا Silica fume وهي مادة بوزولانية تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج من تفاعل الأسمنت مع الماء مكونة مركبات غير قابلة للذوبان مثل سيليكات الكالسيوم والتى تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية وبالتالى زيادة المقاومة وتحسين النفاذية. وعموماً فإن الزيادة فى مقاومة الضغط بتأثير مادة غبار السيليكا قد لا تتجاوز ٢٠%. وتجدر الإشارة أن النسبة المثلى من غبار السيليكا تتراوح من ١٠ إلى ١٥% من وزن الأسمنت.

هـ- الملدنات Superplasticizers وهى أهم مكون للحصول على خرسانة عالية المقاومة حيث بواسطتها نستطيع خفض نسبة ماء الخلط إلى ٠,٢٥ من وزن الأسمنت فقط وبالتالى يمكننا الحصول على أعلى مقاومة. ويجب عمل تحقيق وتأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم.

ظل استخدام الخرسانة عالية المقاومة فترة طويلة محصوراً فى عدة تطبيقـــــــات تقليـدية Classical Applications هدفها الأوحد هو استغلال قيمة المقاومة العالية فى الحصول على أقل مساحة قطاع وأقل حجم للمنشأ وكذلك أقل وزن للمنشأ. ولذلك كانت هذه التطبيقات محددة فى ثلاثة أشياء رئيسية هى:

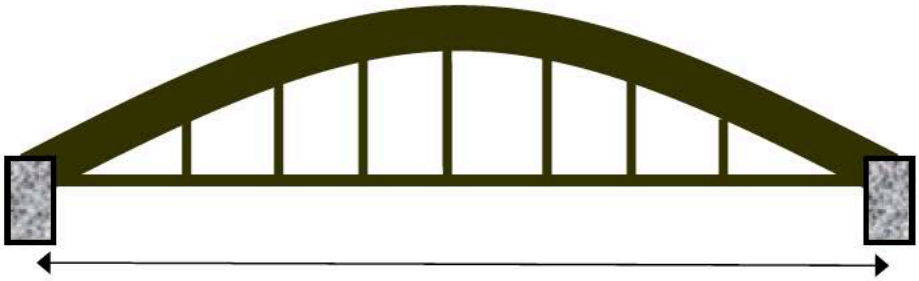
* المباني عالية الارتفاع High Rise Buildings
* الجسور Bridges
* المنشآت البحرية Offshore Structures

وحديثاً تم استخدام الخرسانة عالية المقاومة فى تطبيقات أخرى متنوعة شكل (٦) للاستفادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من مميزاتها العديدة. وهذه التطبيقات قد تأخذ اسم "تطبيقات غير تقليدية" Non-Classical Applications ومن هذه التطبيقات:

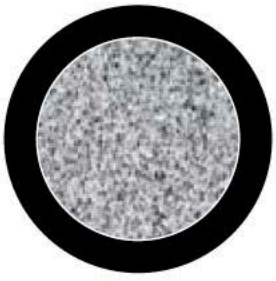
* الحصول على مقاومة مبكرة عالية High Early Strength
* إعادة إحياء العناصر الإنشائية القديمة مثل الأقواس Arch Girder
* استخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ Improving Stiffness
* عمل ركائز لولبية لتنفيذها بدون إهتزازت أو ضوضاء Screwing Piles
* محطات الطاقة النووية Nuclear Power Plants
* الأنابيب الخرسانية تحت الأرض Underground Concrete Pipes
* الأرصفة والطرق Pavements

ملحوظة :

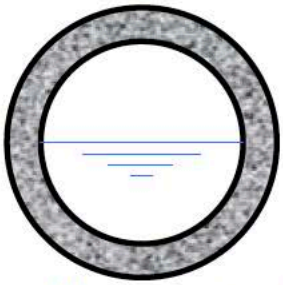
ينبغي أن نفرق بين الخرسانة عالية المقاومة High Strength Concrete والخرسانة عالية الأداء High Performance Concrete فالخرسانة عالية الأداء هى الخرسانة التى لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل فى وسط محدد وفى ظروف معينة. والخصائص التى تميز الخرسانة عالية الأداء عن الخرسانات الأخرى قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة الطازجة مثل القابلية للتشغيل أو القوام أو قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى والخدش أو المقاومة للصقيع أو المقاومة للانكماش. وهذه الخصائص قد تكون منفصلة أو مجتمعة بحيث تعطى خرسانة لها أداء مختلف عن أداء الخرسانة التقليدية المعتادة. والخرسانة عالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة.



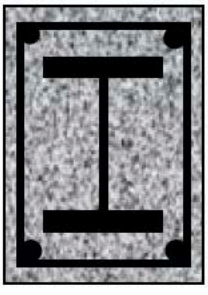
الاقواس Arch Girder



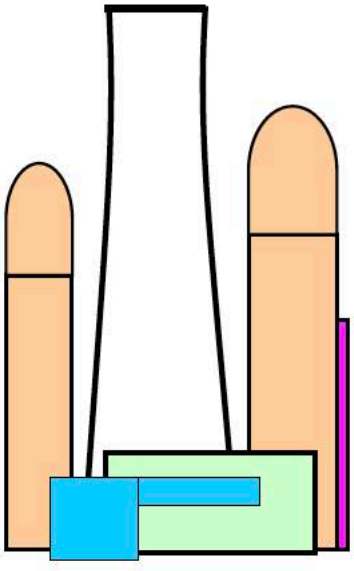
الأنابيب المعدنية المملوءة بالخرسانة



أنابيب المياه تحت الأرض



المنشأت المركبة



محطات الطاقة النووية

شكل (٦) بعضاً من التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة.

3-5 المميزات العامة للخرسانة عالية المقاومة:

١ـ مقاومة الضغط فيها من ٦٠٠ إلى ١٤٠٠ كغم/سم٢ (٧ـ٥) مرات مقاومة الخرسانة التقليدية.

٢ـ معاير المرونة يساوى تقريبا مرتين إلى مرتين ونصف معاير المرونة للخرسانة التقليدية مما يساعد فى تقليل التشوه Deflection والتشكل Deformation.

٣ـ تمتاز بمتانة عالية Durability ومقاومة للاحتكاك ومقاومة للكيماويات.

٤ـ الفوائد الناتجة منها مثل تقليل القطاعات وزيادة الفضاءات وتقليل الوزن أكثرمن الزيادة فى تكاليف إنتاجها.

٥ـ تعطى مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الثمن ـ وبالنسبة لوحدة الحجوم ـ وبالنسبة لوحدة الوزن Strength / unit weight - Strength / unit volume – Strength / unit Cost

ومن عيوب الخرسانة عالية المقاومة أنها أكثر قصافة Brittleness من الخرسانة التقليدية والانهيار بها مفاجئ حيث يكون الكسر فيها خلال الركام الكبير وليس حوله كما فى الخرسانة التقليدية ويمكن التغلب على هذه المشكلة بطرق عديدة منها استخدام الألياف مع الخرسانة. كذلك

فإن استخدام الخرسانة عالية المقاومة يتطلب درجة عالية من ضبط الجودة والتحكم فيها