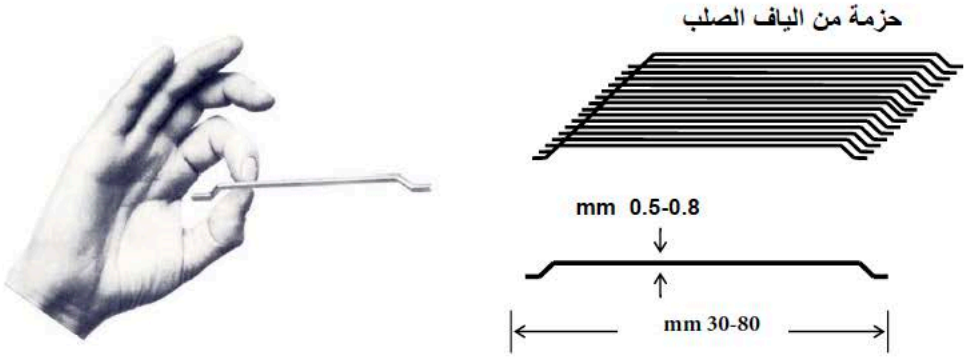
وهى الخرسانة المصنوعة من الأسمنت والركام و المحتوية على ألياف غير مستمرة و موزعة توزيعاً عشوائياً فى جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية وتنقسم الألياف إلى قسمين رئيسيين من حيث النوع:

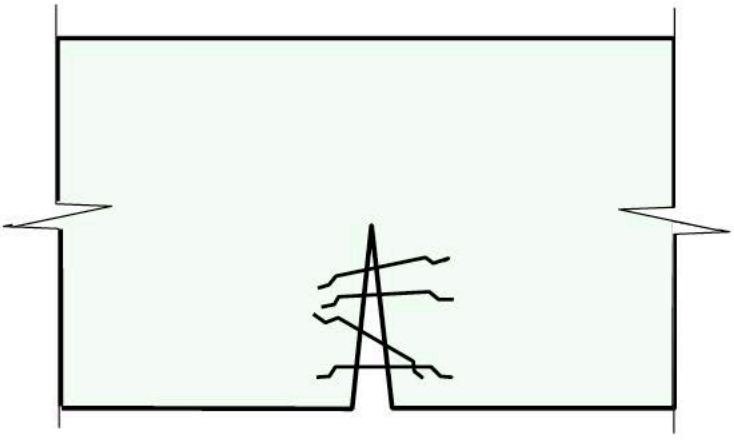
- ألياف الصلب وهى قطع من الصلب بطول ٣ إلى ٨سم وقطر من ٠,٥ إلى ٠,٨ مم كما في الشكل (7).
- والألياف الصناعية مثل ألياف البولى بروبلين والبوليستر والبوليثيلين والأكريلك وتأخذ نفس شكل ألياف الصلب ولكنها مصنعة من مواد صناعية.



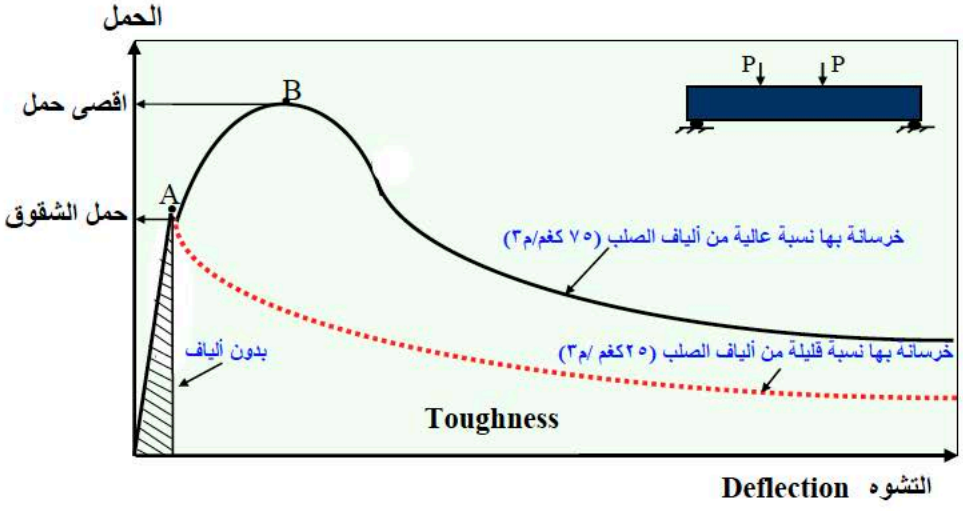
شكل (7) ألياف صلب غير مستقيمة الأطراف.

والألياف لها القدرة على تحسين مقاومة الخرسانة فى القص والشد والانحناء والصدم والانكماش.كما أنها تعمل على تقليل اتساع الشقوق وإعادة توزيعها كما يتضح ذلك من الرسم في الشكل(8) ولكن الألياف لا تؤثر بدرجة كبيرة على مقاومة الضغط. وأهم وظيفة للألياف أنها تزيد من قيمة معاير المتانة للمادة زيادة كبيرة جداً. شكل (9) يوضح منحنى الحمل والتشكل للخرسانة الليفية ومدى زيادة المتانة Toughness فى الخرسانة الليفية. وبالتالى فهي تحول ميكانيكية الكسر فى الخرسانة من كسر قصف مفاجئ وخطرDangerous Sudden Failure إلى كسر غير قصف وتدريجي Ductile Failure . الشكل (10) يوضح مقارنة بين عتبتين متشابهتين من الخرسانة المسلحة (بدون اترية) أحدهما بدون ألياف والأخرى تحتوى على ألياف. ويتضح التأثير الكبير والفعال للألياف فى مقاومة قوى القص وزيادة معاير المتانة Toughness. وتستخدم الخرسانة الليفية على نطاق واسع فى الطرق والمطارات والمنشآت العسكرية وقواعد المكائن. كما تستخدم فى الأسقف القشرية ومناطق

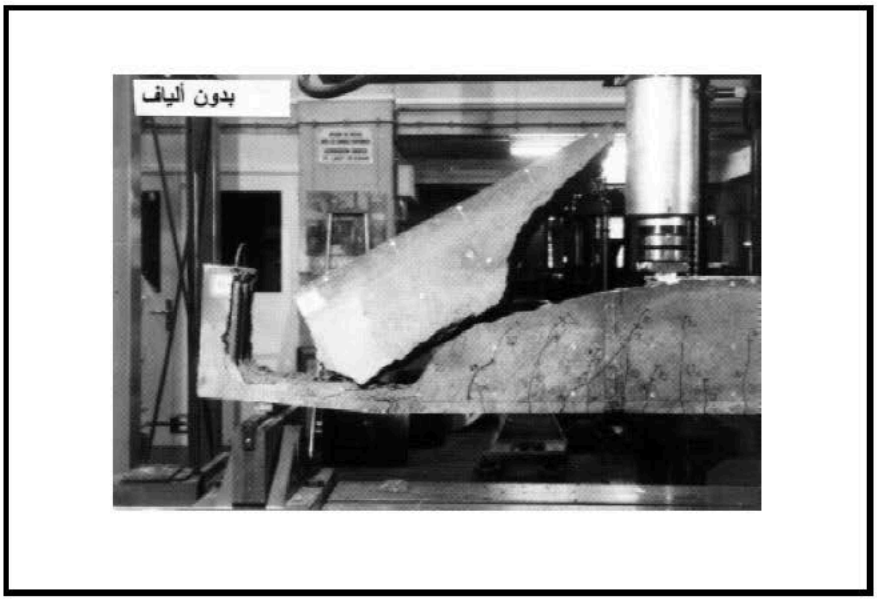
الاتصال بين العتبة والعمود فى الإطارات. وتستخدم الألياف أيضاً فى الانابيب الخرسانية والوحدات سابقه الصب و فى العناصر الخرسانية المعرضة لقوى القص والصدم. وبالرغم من أن الألياف تزيد من مقاومة قوى الشد فى الانحناء إلا أن هذه الزيادة غير جديرة بالاعتبار وبالتالى فإنه ليس من الحكمة أن تستخدم الألياف كبديل كلي أو عوض لاشياش التسليح.



شكل(8)دور الالياف في تحديد اتساع الشقوق واعادة توزيعها.



شكل(9)منحنى الحمل والتشكل للخرسانة الليفية.



شكل (10) تأثير الألياف الفعال فى مقاومة قوى القص وزيادة المتانة.

٧-١ تعريف :

الخرسانة ذاتية الدمك هي الخرسانة التى لها درجة عالية من السيولة والإنسياب Deformability كما أن لها مقاومة عالية للإنفصال الحبيبى Stability ويمكن صبها بنجاح فى القطاعات الضيقة والمزدحمة بحديد التسليح Filling Capacity وذلك بدون لإستعانة بأى وسيلة دمك خارجية .

وتعتبر الخرسانة ذاتية الدمك نتاج التقدم التكنولوجي فى مجال إضافات الخرسانة حيث تعتبر كل من إضافات تحسين اللزوجة وإضافات تقليل ماء الخلط)الملدنات الفائقة(هما العنصرين الأساسيين اللازمين لإنتاجهذه الخرسانة. ويعتبر اليابانيون هم رواد صناعة هذه الخرسانة حيث قاموا فى السنوات العشر الأخيرة باستخدامها فى منشآت وتطبيقات عديدة ومفيدة.بعد ذلك تم إنتاجهذه الخرسانة فى العديد من الدول مثل تركيا وأمريكا.

٧-٢ الخواص المطلوب تحقيقها فى الخرسانة ذاتية الدمك:

أولاً: درجة إنسياب وسيولة عالية High Deformability

ويتحقق ذلك بالآتي:

١ـ زيادة سيولة العجينة ـــ باستخدام الملدنات الفائقة و/أو استخدام نسبة عالية من ماء الخلط.

٢ـ تقليل الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات ـــ بتقليل نسبة الركام الكبير فى الخلطة و/أو استخدام نسبة من البودرة الناعمة المتدرجة.

ثانياً: درجة مقاومة عالية للإنفصال الحبيبى Good Stability

ويتحقق ذلك بالآتي:

١- تقليل الانفصال بين المواد الصلبة فى الخلطة عن طريق --- تقليل المقاس الإعتبارى الأكبر للركام و/أو تقليل نسبة الركام و/أو استخدام إضافات تحسين اللزوجة و/أو تقليل نسبة ماء الخلط.

٢- تقليل النضح (الماء الحر) إلى أقل درجة ممكنة عن طريق --- استخدام نسبة أقل من ماء الخلط و/أو استخدام بودرة ذات مساحة سطحية عالية و/أو زيادة نسبة إضافات تحسين اللزوجة.

ثالثاً: لها قدرة عالية على الصب والملء فى القطاعات الضيقة أو المزدحمة بحديد التسليح وذلك تحت تأثير وزنها وبدون حدوث إنسداد أو توقف للخرسانة Blockage

ويتحقق ذلك بالآتي:

١- أن يكون لها مقاومة عالية للانفصال الحبيبي أثناء صب وتدفق الخرسانة عن طريق --- استخدام إضافات تحسين اللزوجة و/أو تقليل نسبة ماء الخلط.

٢- التوافق بين مقاس العتبات والمسافة بين التسليح من ناحية ومقاس الركام الكبير ونسبته فى الخلطة من ناحية أخرى وذلك عن طريق --- تقليل المقاس الإعتبارى الأكبر للركام و/أو تقليل نسبة الركام فى الخلطة.

٧-٣ مميزات الخرسانة ذاتية الدمك:

١- سهولة الصب فى العتبات المزدحمة بحديد التسليح والعتبات الضيقة.

٢- القدرة على صب كمية كبيرة من الخرسانة فى فترة زمنية قصيرة.

٣- تحتاج عمالة أقل.

٤- لا يوجد بها إنفصال حبيبى.

٥- لا تحتاج إلى إستخدام هزازات فى الموقع مما يؤدى إلى سهولة الصب والتغلب على مشكلة الضوضاء الناتجة عن الهزازات.

٦- لها شكل ومظهر أفضل كما أنها لا تحتاج إلى تسوية سطحها بعد صبها .

٧- لا تعطى فرصة للتدخل فى الموقع لإضافة ماء للخلطة نظراً لسيولتها.

٨- أكثرمعمارياً من الخرسانة التقليدية.

٧-٤ الاختبارات المطلوبة والغرض منها:

وتجدر الإشارة أنة بالنسبة للخرسانة ذاتية الدمك فإن تحقيق متطلبات وخواص الخرسانة الطرية يكون له الأولية إذا قورن بمتطلبات وخواص الخرسانة المتصلدة حيث تعتبر المرحلة الطرية هنا هي الغاية المنشودة ومن ثُم توجد اختبارات خاصه لقياس خواص المرحلة الطرية من الخرسانة ذاتية الدمك وفيما يلى نبذة مختصرة وسريعة عن بعض هذه الإختبارات:

١- إختبار الإنسياب الحر Slump Flow

وذلك لقياس الإنسياب الحر فى حالة عدم وجود عوائق فى طريق الخرسانة. ويستخدم فى ذلك جهاز مخروط الهبوط التقليدى . ويلزم أن يكون قطر الإنسياب فى حدود من ٦٠ إلى ٧٠سم.

٢- إختبار إنسياب الخرسانة فى القمع V-Funnel Test

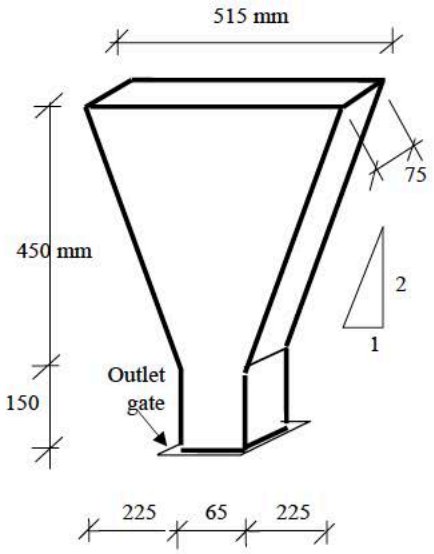
ويقيس قدرة الخرسانة على تغيير مسارها والإنتشار خلال منطقة ضيقة بدون حدوث إنسداد أو توقف. ويستحدم لذلك الجهاز الموضح بشكل (11) حيث يتم قياس زمن مرور الخرسانة بالكامل فى القمع ، وهذا الزمن يجب أن لا يتجاوز عشر ثوان.

٣- إختبار القدرة على الصب والملء Filling Capacity

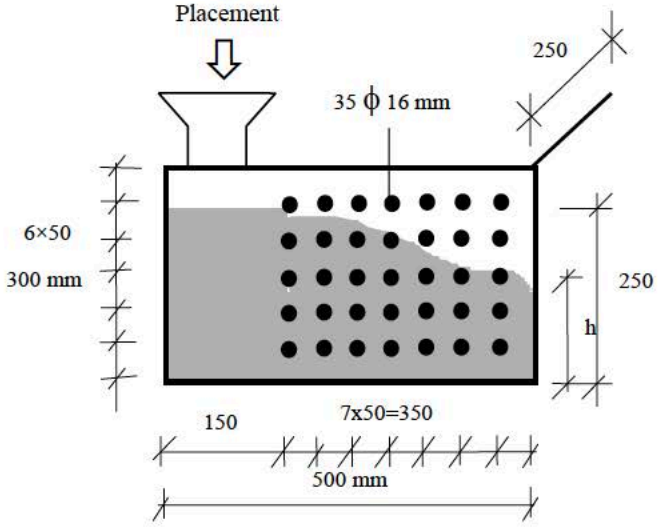
وذلك لقياس قدرة الخرسانة على الصب والتدفق فى وجود منطقة مزدحمة بحديد التسليح دون حدوث توقف أو إنسداد للخرسانة. ويستخدم فى ذلك جهاز خاص كما هو مبين في الشكل (12) حيث يتم قياس النسبة المئوية للخرسانة التى تملء الصندوق والتى ينبغى أن لاتقل عن ٨٠%.

٤- رصد الهبوط فى سطح الخرسانة Surface Settlement

وذلك لقياس الثبات فى الخرسانة بعد الصب وحتى حدوث التصلب. حيث ينبغى بقاء الركام معلق فى العجينة دون حدوث هبوط. وتستخدم أجهزة القياس الميكانيكية للتحكم فى رصد الحركة النسبية لسطح الخرسانة.



شكل (11) الجهاز المستخدم فى إختبار إنسياب الخرسانة فى القمع V-Funnel Test



شكل (12) الجهاز المستخدم فى إختبار القدرة على الصب والملء Filling Capacity Test

8- Shotcrete الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش)

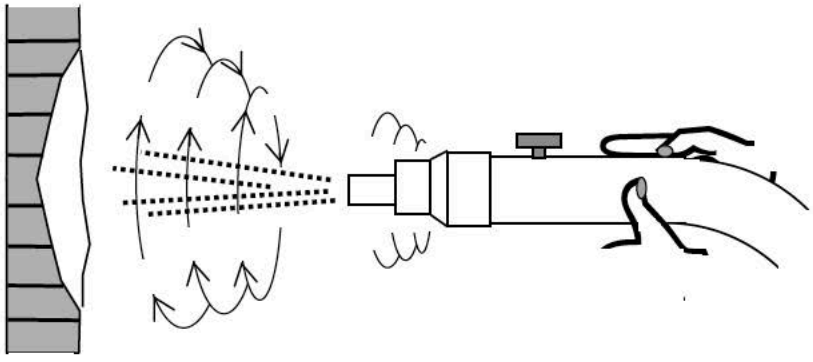
هي خرسانة (أو مونة) تقذف بضغط الهواء من فوهة القاذف بسرعة عالية إلى السطح المراد تغطيته بالخرسانة. وتستخدم غالبا فى أعمال الإصلاحات والترميم Repair وتبطين الأنفاق Tunnels وتبطين الترع وفى كثير من الأحوال التى يصعب فيها إستخدام الطرق التقليدية فى الصب فمثلًا عندما يكون مطلوب صب طبقات غير سميكة أو متغيرة السمك أو عندما يصعب الوصول إلى منطقة العمل أو عندما يكون إستخدام السكلات(السقالات) صعباً أو مكلفاً. كما تستخدم الخرسانة المقذوفة فى إصلاح الخرسانة المتضرره في الجسور والسدود والمنشآت المواجهة للمياه وكذلك مبانى الطابوق المتآكلة. كما تستخدم فى تبطين الأفران بكافة أنواعها.

ويوجد نوعين رئيسيين لطريقة تنفيذ الخلطة ، أسلوب الخلط الجاف وأسلوب الخلط المبتل. ففى الطريقة الجافة يتم خلط الركام و الأسمنت وأى مكونات أخرى على الجاف أولًا وتدفع باستخدام ضغط الهواء خلال القاذف ثم يضاف الماء عند فوهة القاذف ويدفع الجميع إلى السطح المراد صبة. أما فى الطريقة الرطبة فيتم خلط جميع المكونات بما فيها الماء خلطاً جيداً أولًا (ماعدا معجلات التجمد إن وجدت) ويدفع الجميع باستخدام ضغط الهواء خلال القاذف إلى السطح المراد قذفه. وفى جميع الأحوال يلزم إعداد السطح المقذوف عليه الخرسانة لضمان جودة ترابطها معه. ويمكن القول أن خواص وسلوك الخرسانة المقذوفة يعتمد كثيراً على صفات المعدات المستخدمة وعلى مهارة القائمين بها كما يعتمد على الظروف التى يتم بها الصب.

و تتميز خلطة الخرسانة المقذوفة باحتوائها على محتوى أسمنت أعلى لتعويض نسبة الفقد منه عند الإرتداد من السطح. كذلك فإن ركامها يتميز بصغر المقاس و يفضل أن لايزيد عن ١٢ ملم. كما أنها قد تحتوى على إضافات معينة (ماعدا المؤجلات Retarders) لتحسين بعض الخواص المرغوبة وغالباً فإن الخرسانة المقذوفة تحتوى على المعجلات Accelerators وذلك لتسريع عملية التجمد للخرسانة المقذوفة. ويفضل أن تكون فوهة القاذف عمودية على السطح المقذوف ولا تتعدى زاوية ميل القاذف على السطح ٤٥ درجة وذلك لضمان التوزيع المنتظم للخرسانة ولتجنب حدوث تكور و دحرجة للخرسانة على السطح مما يؤدى إلى سطح متعرج غير منتظم. كما يفضل أن تكون المسافة بين فوهة القاذف والسطح فى حدود ٠,٦ إلى ١,٨ متر. شكل (13) و الشكل (14) يوضحان إستخدام الخرسانة المقذوفة و التحكم فى القاذف.

ويعيب هذه الخرسانة تعرضها للإنكماش بقيمة كبيرة نتيجة لكثرة كمية الماء بها وكذلك زيادة محتوى الأسمنت مع نقص الركام الكبير. كما يعيبهذه الخرسانة أيضاً إحتمال عدم الإلتصاق والتماسك التام بمادة السطح الذى ترش فوقة وللتغلب على مشكلة الإنكماش يمكن إستخدام الألياف مع هذه الخرسانة والتى أثبتت نجاحاً كبيراً فى الوقت الحالي.

شكل (13) صورة توضح إستخدام الخرسانة المقذوفة فى أحد الأنفاق.



حركة دورانية خفيفة فى فوهة الدفع لإنتاج خرسانة مقذوفة جيدة

شكل (14) يوضح طريقة قذف الخرسانة والتحكم فى فوهة الدفع.

9- Polymer-Concrete الخرسانة البوليمرية

البوليمر أو الراتنج هو إسم لمادة عضوية تتكون من العديد من الجزيئات المتشابهة ذات الوزن الجزيئى المرتفع والجزئ الواحد من هذه الجزيئات يسمى مونومر.

أما الخرسانة الراتنجية فهى خرسانة خاصة يتم الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التى تعمل كمواد لاحمة أومالئة للفراغات بين حبيبات الركام. وتمثل المواد البوليمرية حوالى ٦ إلى ١٥% من وزن الخرسانة ومن أمثلتها مواد أو مركبات البوليستر Polyester و الأيبوكسى Epoxy وقد تصل تكاليف خرسانة البوليمرز حوالى من ٢ ـ ٣ مرات تكاليف الخرسانة العادية وتمتاز بالآتى:

- مقاومة عالية للعوامل الخارجية مثل مقاومة التآكل ونفاذ الماء والمقاومة للكبريتات.
- مقاومة عالية جداً للإنكماش.
- مقاومة انضغاط عالية قد تصل إلى ١٢٠٠ كغم\سم٢
- مقاومة شد تصل إلى ١٠٠كغم/سم٢

وعموماً يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الخرسانة المحتوية على راتنجات:

١ـ الخرسانة البلاستيكية	(PC)	Plastic Concrete
٢ـ الخرسانة البوليمرية الأسمنتية	(PCC)	Polymer Cement Concrete
٣ـ الخرسانةالأسمنتية المحقونة بالبوليمرات	(PIC)	Polymer Impregnated Concrete

9-1 PC الخرسانة البلاستيكية

وفيها تحل الراتنجات محل الأسمنت كمادة رابطه لجزيئات الركام. أى أنها عبارة عن ركام متماسك مع بعضه بواسطة مادة رابطة من البوليمرات. والخرسانة البلاستيكية لها خواص ميكانيكية عالية وزمن معالجتها قصير ولها إنكماش متناهى فى الصغر ومقاومة عالية للكيماويات وتتوقف الخواص على نوع الراتنج المستخدم وكميته فى الخلطة ومن أهم الأنواع المستخدمة:

- الأيبوكسى
- البولى إستر
- الفينول فورمالدهيد
- فورفورال أستيون

وهذه الخرسانة لها مقاومة تزيد بدرجة كبيرة عن الخرسانة الأسمنتية وتتوقف الزيادة على نوع الراتنج المستخدم وكميته فى الخلطة (أنظر شكل 15).

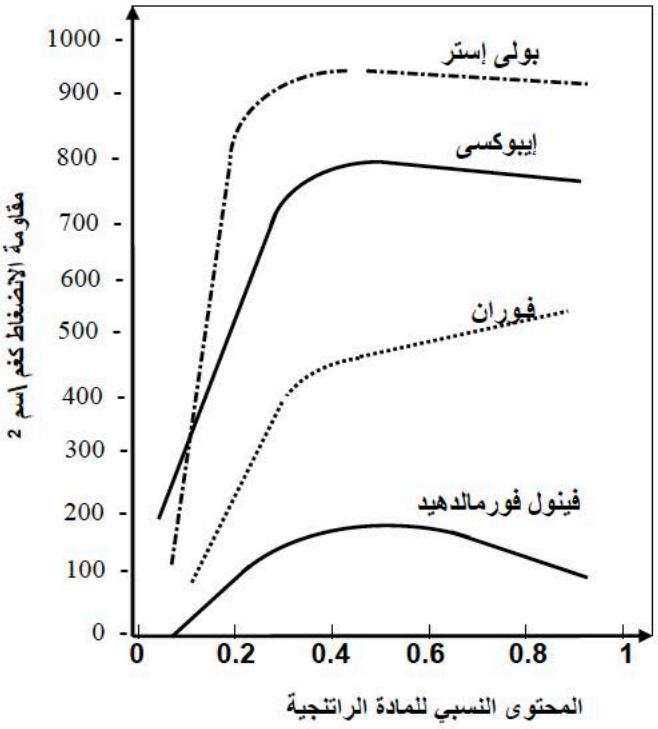
أهم تطبيقات الخرسانة البلاستيكية

١- طبقة حماية سطحية لأسطح الجسور والمصانع وأماكن الخدمات والسلالم والخرسانة المسلحة و سابقة الإجهاد.

٢ - ترميم الخرسانات التى حدثت بها شقوق نتيجة الحرارة أو الإنكماش أو الأهتزازات.

٣- لصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات سابقة الصب .

٤- لصق الخرسانة على المعادن كطريقة للتقوية والتسليح الخارجى.



شكل (15)مقاومة الضغط لبعض الأنواع من الخرسانة البلاستيكية .

PCC 9-2 الخرسانة البوليسرية الاسمنتية

وهى التى تصنع بخلط الأسمنت والركام ويضاف اليها ماء الخلط المضاف إلية الراتنج. أى أنها خرسانة تقليدية مع إحلال جزء من ماء الخلط بواسطة مواد راتنجية. والراتنج المضاف يكون فى عبوتين: إحداهما تحتوى على المونومر والأخرى تحتوى على المصلد اللازم للتفاعل الكيميائى وإتمام عملية البلمرة (إتحاد الجزيئات) وتتم عملية البلمرة أثناء عملية التصلد للخرسانة. ومن ثم تتكون شبكة مستمرة من البوليمرات تملء أغلب فراغات الخرسانة. ويجب لذلك الحذر بأن لاتعطل عملية البلمرة طور الإماهة للأسمنت. ومن أهم المونومرات الشائعة الإستخدام كإضافة للخرسانة:

١- فينيل اسيتات	٢- الإكريلات
٣- فينيل كلوريد	٤- مستحلبات البيتومين
٥- المطاط	٦- الإيبوكسيات

وتجدر الإشارة إلى أن العلماء الروس قد توصلوا إلى خرسانة أسمنتية بوليمرية ذات خواص عالية وذلك بإدماج فورفريل الكحول "Furfryl Alcohol" وهيدروكلوريد الإيثيلين فى خليط الخرسانة مما نتج عنه خرسانة كثيفة ومعدومة الإنكماش تقريباً وذات مقاومة عالية للصدأ وذات مسامية منخفضه ومقاومة للإهتزازات. وعموما فإن النتائج التى تم الحصول عليها نتيجة إستخدام المونومرات كإضافات للخرسانة العادية أثناء الخلط قد أعطت تأثيرا محدودا على خواصها الميكانيكية وإن كان التأثير أكثر وضوحا على القوام والقابلية للتشغيل.

PIC 9-3 الخرسانة الاسمنتية المحقونة بالبوليمرات

وهى الخرسانة الأسمنتية المتصلدة والتى سبق صبها ويتم حقنها أو غلغلتها بواسطة مونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم تتم البلمرة لهذه المونومرات بعد ذلك وهى داخل الخرسانة وتنقسم إلى ثلاثة أنواع:

أ - الخرسانة المغلغلة كليا :

وتستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية أو عند التعرض إلى المياه المالحة. وفيها يتم بدء تنشيط عملية البلمرة وذلك أما بالإشعاع Radiation أو بالحرارة Thermal method وأهم المونومرات التى تستخدم فى هذه الطريقة هى:

- المثيل ميثا كريلات	Methyl methacrylate
- الستيرين	Styrene
- الكلوروستيرين	Chlorostyrene

وقد أوضحت التجارب أن الخرسانة المغلغلة بلمثيل ميثاكريلات والتى تتم بلمرتها بالإشعاع لها مقاومة ضغط تصل إلى حوالى ٣٠٠ % عند درجة تشبع بالبولميرات مقدارها ٦,٦ %.
وأوضحت النتائج أيضا أن هناك زيادة وتحسينات مناظرة لكل من مقاومة الشد ومعاير المرونة ومقاومة التجمد والذوبان ومقاومة البرى والنفاذية ومقاومة الكيماويات.

ب - الخرسانة المغلغلة جزئيا:

وقد تم عمل هذه الخرسانة كأسلوب لتبسيط عملية الغلغلة وتقليل التكاليف وذلك لإستيفاء التطبيقات التى تتطلب المتانة أكثر من القوة وأهم المواد المستخدمة فى هذه الطريقة هى البولى إسترسترين و الميثيل ميثاكريلات وتتأثر خواص الخرسانة الناتجة بدرجة كبيرة بعمق الغلغلة بالبوليمر وبالتالى مقدار التشبع به. وبصفة عامة فإن الخرسانة المغلغلة جزئيا تعطى نتائج عالية جداً وإن كانت أقل نسبيا من الخرسانة المغلغلة كليا.

ج - الخرسانة المغلغلة سطحيا:

وهي شبيهة بالخرسانةالمغلغلة جزئيا وإن كانت المونومرات المستخدمة فى هذه الطريقة لها لزوجة منخفضه وبالتالى فهى أكثر تطاير ولها معدلات بطيئة فى الإختراق داخل الخرسانة وهذه الطريقة من الغلغلة مناسبة للجسور الطرق السريعة.

تطبيقات الخرسانة المغلغلة بالبوليمر

١- خرسانة محطات تنقيه المياه المالحة (مقاومة الحرارة + المواد الكيماوية)
٢- أرضيات كالجسو سابقة اللاجهاد
٣ - الدعامات الخرسانية لأسقف مناجم الفحم
٤ - الأنفاق والمنشآت تحت الماء
٥ - قواعد المضخات والمنشآت البحرية والخرسانات الخفيفة
٦- انابيب المجارى والضغط

10- Lightweight Concrete الخرسانة الخفيفة

من أهم عيوب الخرسانة التقليدية (٢٢٠٠ إلى ٢٥٠٠ كغم/م^3) كمادة إنشائية بالمقارنة مع الخشب والحديد أن الخرسانة التقليدية ثقيلة الوزن نسبياً حيث تكون نسبة الوزن الذاتى لأجزاء المبنى Own weight بالمقارنة مع الأحمال المؤثرة هي نسبة عالية فى جميع الأحوال. ولذلك تم التفكير فى إنتاج وإستخدام خرسانة خفيفة وزنها أقل من ٢٠٠٠ كغم/م^3. ولذلك فقد أمكن تصنيع خرسانة إنشائية تزن ١٤٠٠ إلى ١٩٠٠ كغم/م^3 بزيادة بسيطة فى التكاليف وكذلك إنتاج خرسانة نصف انشائية للبلوكات الداخليه تزن ٩٠٠ كغم/م^3 وتستعمل بكفاءة كحوائط داخليه. وعموماً فإن الخرسانة الخفيفة هي تلك التى يقل وزنها عن ٢٠٠٠ كغم/م^3. والغرض من إستخدامها هو تقليل وزن المنشأ وبالتالى تقليل تكاليف الأساسات وكذلك لأغراض العزل الحرارى والصوتى.

أنواع الخرسانة الخفيفة

يمكننا تخفيض وزن الخرسانة عن طريق واحد أو أكثر من الطرق الآتية:

١- إيجاد فراغات بين حبيبات الركام (خرسانة خالية من المواد لناعمة) Finless Concrete

٢- إيجاد فراغات داخل الركام (خرسانة ذات ركام خفيف) Lightweight Aggregate Concrete

٣- إيجاد فراغات داخل العجينة الأسمنتية (الخرسانة المهواة أو الخلوية) Cellular Concrete

10-1 Finless خرسانة خالية من المواد الناعمة

تتكون من الأسمنت والركام الكبير فقط وأحيانا يستخدم فيها الهواء عن طريق إضافة مواد رغوية أو باستعمال تدرجات خاصه من الركام. والركام الكبير يمكن أن يكون حصى أو أحجار مكسرة أو ركام خفيف .وينحصر تدرج الركام بين ١٠ ملم ، ٢٠ ملم ولا تتعدى نسبة المار من المنخل الصغير عن ٥% وهذا النوع من الخرسانة ذو كثافة تتراوح من ٣/٢ إلى ٤/٣ كثافه الخرسانة التقليدية المصنوعة من نفس الركام. وهذا النوع يحتاج إلى تصميم دقيق وخصوصا بالنسبة لمحتوى الماء.

10-2 Lightweight Aggregate Concrete خرسانة الركام الخفيف

خرسانة الركام خفيف الوزن هى أكثر أنواع الخرسانات الخفيفة شيوعاً وإستخداماً إذ يمكن إستعمالها كخرسانة إنشائية. والركام المستخدم فى الخرسانة الإنشائية الخفيفة هو فى أغلب الأحوال ركام صناعى. وصناعة الركام تعتبر أحد أجزاء التصنيع للخرسانة الخفيفة ومن أمثلة الركام الخفيف:

- الطين الممد (الليكا) - الفيرموكليت - الفوم (بوليسترين)

شكل(16) يوضح بعض أنواع الركام خفيف الوزن.

الصفات الواجب توافرها فى الركام الخفيف

١- يجب أن تكون حبيبات الركام متجانسة من حيث التركيب والصفات.

٢- „ „ „ „ „ „ ذات وزن نوعى منخفض.

٣- „ „ „ „ „ „ ذات مقاومة مناسبة (عامل مؤثر على مقاومة الخرسانة).

٤- „ „ „ „ „ „ ذات قدرة على التماسك مع حبيبات الأسمنت.

٥- „ „ „ „ „ „ ذات مقاومة جيدة للعوامل الجوية.

٦- يجب أن تحتوى الحبيبات على أكبر عدد ممكن من الفراغات الداخلية الصغيرة المنفصلة وعلى أقل عدد ممكن من الفراغات الكبيرة المتصلة.

10-3 Cellular Concrete الخرسانة المهواة (ذات الخلايا)

وفى هذا النوع تتكون فقاعات من الغازات والهواء فى وسط الخرسانة وهي فى الحالة الطرية ويظل التركيب مسامى بعد أن تتجمد الخرسانة. والطريقتين الرئيسيتين لإنتاج هذا النوع هما:

أ - انتاج غازات فى الخلطة بتفاعلات كيميائية

ب- إضافة مواد رغوية للخلطة.

ومن المواد الشائعة المولدة للغازات المسحوق الناعم من بودرة الألمونيوم أو بودرة الزنك (٠,٢% من وزن الأسمنت) وعند خلطها بالأسمنت تتكون فقاعات من الهيدروجين فتنتفخ الكتلة مكونة عند تصلدها مادة ذات تركيب خلوى. وتجدر الإشارةإلى أن هناك علاقة طردية بين وزن الخرسانة ومقاومتها للضغط.

شكل (16)بعض انواع الركام خفيف الوزن

11-Heavy Weight Concrete الخرسانة الثقيلة

وهي خاصة بالوقاية من الإشعاع الذرى والنووى حيث تتناسب قدرة الخرسانة لإمتصاص هذه الإشعاعات مع وزنها أو كثافتها وبالتالى تكون جدران وبلاطات الأرضيات والسقوف من الخرسانة الثقيلة .وتصنع الخرسانة الثقيلة من ركام من مواد ثقيلة من خامات الحديد أو خام الرصاص. وتجدر الإشارة أن خام الحديد يعطى خرسانة وزنها من ٣٠٠٠ إلى ٤٠٠٠كغم/م٣ ، وقد تستخدم قطع من الحديد كركام وتصل كثافة خرسانتة الى ٥٦٠٠ كغم/م٣. ومن الممكن أيضاً إستخدام النواتج الثانوية للفرن العالى . ويستخدم فى بعض الأحيان ركام من صخر سليكات الماغنسيوم وبصفة عامة فلابد لركام الخرسانة ثقيلة الوزن أن يوفى بمتطلبات الكثافة والتركيف وذلك للوقاية من الإشعاع . ويستخدم الأسمنت البورتلاندى العادى ولكن يفضل الأسمنت منخفض الحرارة فى حالة الخرسانة الكتلية ثقيلة الوزن كما لا يستخدم الأسمنت سريع التصلد. أيضاً لا تستخدم إضافات المعجلات أو إضافات الهواء المحبوس وإنما يمكن إستخدام الملدنات و المؤجلات.

12- Mass Concrete الخرسانة الكتلية

وهي خرسانة ذات كتل كبيرة مثل خرسانة السدود والخزانات الأرضية أو أى خرسانة يكون حجمها من الكبربحيث يتطلب ذلك اخذ الإحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من إماهة الأسمنت وما يتبع ذلك من إنكماش وتشريخ للخرسانة. ويستخدم فى الخرسانة الكتلية ركام كبير قد يصل مقاسه حوالى ١٥ سم .ونظرا لوجود حرارة تفاعل عالية من الأسمنت فإنه ينبغى اخذ بعض الإحتياطات الضرورية مثل:

- إستخدام أسمنت من النوع منخفض الحرارة Low heat.
- إستخدام محتوى قليل من الأسمنت خلطة فقيرة Lean mix.
- إحلال نسبة من ١٠ إلى ٢٠% من الأسمنت بمادة بوزولانية مثل غبار السلسكا أو الرماد المتطاير.
- إستخدام الثلج المجروش بدلًا من جزء من ماء الخلط و تسمى هذه العملية بالتبريد السابق.
- وجود انابيب رفيعة من الصلب رقيق الجدران داخل الكتلة الخرسانية تمرخلالها دورات من الماء البارد لخفض الحرارة و تسمى هذه العملية بالتبريد اللاحق.
- الصب على طبقات قليلة الإرتفاع بحد أقصى واحد متر.
- العزل السطحى للخرسانة برقائق من البوليسترين أو اليوريثان وذلك بغرض تنظيم معدل هبوط الحرارة (وليس خفض الحرارة) بحيث يقل فرق الإجهاد الناتج من الهبوط السريع لدرجة الحرارة عند سطح الخرسانة وداخلها.

****