الباب الاول

المقدمة

1-1 مقدمة عامة:

الخرسانة هي بنيان يتركب من عدة مواد والجزء الأكبر في هذا البنيان 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.

تعتبر الخرسانة من أكثر مواد البناء إستخداما ويرجع ذلك لعدة أسباب منها توفر المواد المكونة للخرسانة ورخصة ثمنها ومقاومتها العالية للإنضغاط ، ولكن في المقابل نجد أن مقاومتها للشد ضعيفة جداً لذلك نلجأ لإستخدام حديد تسليح لمقاومة الشد عند إستخدامها كمادة إنشائية.

الخرسانة الليفية هي أحد أنواع الخرسانات شائعة الإستخدام وهي عبارة عن خرسانة مصنوعة من الأسمنت والركام والمحتوية علي ألياف غير مستمرة وموزعة توزيعا عشوائيا في جميع الإتجاهات خلال الكتلة الخرسانية ، وتنقسم من حيث النوع إلي ألياف الصلب والألياف الصناعية بطول 3 إلي 8 سم وقطر من 0.5 إلي 0.8 مم.والألياف لها القدرة علي تحسين مقاومة الخرسانة في الشد والقص والإنحناء والصدم والإنكماش كما أنها تعمل علي تقليل إتساع الشروخ وإعادة توزيعها ولكنها لا تؤثر بدرجة كبيرة علي مقاومة الضغط . وأهم وظيفة للألياف أنها تزيد من قيمة معاير المتانة للمادةزيادة كبيرة جدا وبالتالي فهي تحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر مفاجئ وخطر إلي كسر غير قصف وتدريجي.

تستخدم الخرسانة الليفية علي نطاق واسع في الطرق والمطارات والمنشآت العسكرية وقواعد الماكينات كما تستخدم في الأسقف القشرية ومناطق الإتصال بين الكمرة والعمود في الإطارات كما تستخدم في المواسير الخرسانية والوحدات سابقة الصب ، وعلي الرغم من أن الألياف تزيد من مقاومة قوي الشد في الإنحناء إلا أن هذه الزيادة غير جديرة بالإعتبار وبالتالي فإنه ليس من الحكمة أن تستخدم الألياف كبديل كلي لحديد التسليح.

2-1 أهمية البحث:

تتلخص أهمية البحث في أن الخرسانة تعتبر من أهم مواد البناء المستخدمة حاليا ولذلك يجب البحث عن طرق وأساليب لتطويرها وذلك لتحسين مقاومتها وزيادة المتانة والديمومة. و يوجد في بعض مصانع منتجات البلاستيك بقايا من مخلفات الفايبر قلاس غير مستفاد منها .

3-1 أهداف البحث:

1- دراسة إمكانية تحسين مقاومة الخرسانة للإنضغاط بإستخدام بقايا الألياف الزجاجية.

2- دراسة تأثير بقايا الألياف الزجاجية على خاصية القوام (الهبوط).

3-إستخدام مواد محلية من بقايا الألياف الزجاجية من مصانع الفايبر قلاس وتقليل التلوث الناتج .

4- مقارنة بين النتائج المعملية للخرسانة العادية ونتائج إختبارات الخرسانة الليفية.

4-1 منهجية البحث:

استخدم في منهجية هذا البحث المنهج (الإستقرائي) يعتمد علي مجموعة من المراجع والمصادر الأولية والثانوية وإتباع المنهج العملي أو التجريبي ممثلا في إختبارات مواد الخرسانة ، الخرسانة العادية والخرسانة الليفية .

5-1 هيكلة البحث:

الباب الاول:المقدمة

الباب الثاني:-أنواع ومواد الخرسانة والإختبارات المعملية

الفصل الأول:أنواع الخرسانة

الفصل الثاني:مواد الخرسانة

الفصل الثالث: خواص وصناعة الخرسانة

الفصل الرابع: الالياف الزجاجية

الفصل الخامس: الخرسانة الليفية

الفصل السادس: التجارب المعملية

الباب الثالث: نتائج الإختبارات المعملية والمناقشة

الباب الرابع:الخلاصة والتوصيات

الباب الثاني

أنواع ومواد الخرسانة والاختبارات المعملية

1-2 مقدمة:

1-1-2 تاريخ وتطور الخرسانة:

تقاس نهضة الأمم بتطور مواد الإنشاء والتعمير فيها ، كما تقاس بقدر وفاء هذه المواد بحاجة شعوبها الحضارية من ضرورية وترفيهية ، والخرسانة عماد مواد الإنشاء والتعمير ، وتطورها صورة تعكس تطور التفكير الهندسي في خدمة الحياة ورفاهية الإنسان.

ولكي تصل الخرسانة إلى شكلها الحالي الذي يجعلها في المرتبة الأولى كمادة إنشائية ومعمارية مرت بعدة مراحل سواء في طرق الصناعة أو في طرق التشكيل ، حقيقة انها مادة حديثة من حيث الصناعة والإنشاء إلا أن لها أصولآ عميقة عبر التاريخ.

فقدماء المصريين إستعملوا الخرسانة في بعض مبانيهم ومعابدهم - وإن كان ذلك بشكل بدائي إستعملوها في شكل كسر الحجارة كركام والطين كمادة لاحمة.

أما الاغريق فقد دخلت في أبنيتهم وسموها ساتتورين توفا ويدلنا تاريخ الرومان على أنهم إستعملوا مادة مشابهة للخرسانة اسموها البوزولانا .

ثم إختفت الخرسانة لتظهر ثانية في القرن الثامن عشر وإقترن إستعمالها بأشياء كثيرة مثل :

- جون سميتون الذي إستخدمها في بناء فنار اديستون .
- جوزيف باركر وله أبحاث في الحجر وإستخداماته في الخرسانة .
- ادجار دوبر وقد توصل لعمل أسمنت من الحجر الجيري والطين .
- فيكات الذي توصل أيضآ للأسمنت من الحجر الجيري والطين .

وأخيرآ أنهى جوزيف أسبيدن هذه السلسلة بإكتشاف الأسمنت البورتلاندي .

اما تاريخ الخرسانة المسلحة فيرتبط باسم ثلاثة من الفرنسيين هم :

- جوزيف مونيه الذي صنع أحواضآ للزهور وضع فيها شباكآ من السلك كتسليح لمونة الأسمنت .
- فرنسوا كونيه وفرنسوا هنبيك ، ولهما أعمال عدة إستعملا فيها الخرسانة المسلحة .

وإذا قارنا إستعمال الخرسانة بإستعمال الحديد فإننا نجد أن الأولى ظلت لفترة طويلة محدودة الإستعمال في نواحي الإنشاءات .

وفي نهاية القرن التاسع عشر ومع بداية القرن العشرين حدثت ثورة على الفن المعماري التقليدي حيث كانت المباني - إمتداداً لعصر النهضة الأوربية - مليئة بالزخارف والأعمدة الكلاسيكية بعيدة كل البعد عن الشكل الحقيقي الذي تفرضه الأدائية .

وأهمية هذه الحركة تبدو في صورة ثورة على النظم الكلاسيكية في فن البناء والاتجاه إلى المبنى البسيط الذي يفي بالضروريات ويكون صريحاً في التعبير عنها وعن المواد المستعملة فيها ، يؤازر هذه الحركة زيادة إحتياجات الإنسان وتطورها وإتساعها وإحتياجه إلى مواد جيدة تفي بهذا التطور ، هذا حدث فعلاً عند الحرب العالمية الأولى حين ظهرت طبقة العمال والطبقة المتوسطة التي إحتاجت إلى أنواع جديدة من الإنشاءات مثل المسارح والإستادات والنوادي وصالات المعارض والمدارس والجامعات والعمارات السكنية العالية ...الخ

وهكذا اتجه المهندسون إلى الخرسانة فهي ماد البناء الوحيدة التي تفي بكل هذه الإحتياجات بما لها من إمكانيات واسعة .

ويتطور الزمن وتتقدم أبحاث الخرسانة ويدخل عليها كثير من التعديل والتحسين لتحتل مكانها في ميدان الإنشاء والمعمار كمادته الأولى .

وفي الحرب العالمية الأولى تم تركيب كبري القنطرة المتحرك على قناة السويس وذلك بتثبيته على دعائم من الخرسانة المسلحة .

ومنذ ذلك الوقت والخرسانة يتسع إستعمالها ويمتد بسرعة إلى غير ذلك من نواحي الإنشاء حتى صارت بكل المقاييس مادة حيوية هامة يستحيل حصر كل ماتم بواسطتها من إنشاءات .

وتختلف الإنشاءات الخرسانية إختلافاً بيناً حسب الغرض الذي أعدت له ، فهذه إنشاءات سكنية عمرانية تبدأ من الوحدات الصغيرة الى العمارات الضخمة ، ومن المجموعة المحدودة المكونة للحي إلى الكتل المتراصة التي تتكون منها المدن ، وطبيعي أن يتبع هذا الإتساع العمراني إتساع مماثل في المرافق العامة التي تقوم بخدمته من محطات تنقية المياه وإمداد المدن بها ، إلى محطات مجاري الصرف ، ومحطات القوى الكهربائية للإنارة ، إلى المصانع ومراسي السفن وصوامع التخزين ..الخ.

ثم تأتي المباني العامة كمصالح الحكومة والمؤسسات والشركات والمتاحف والمستشفيات والمكتبات والجامعات والمدارس والبنوك والمسارح ودور السينما والمحال التجارية والملاعب والمعابد ..الخ.

هكذا أنشئت المدن ، وهكذا أقيمت لها المرافق العامة والمباني العامة فلنصل بعضها البعض بالخرسانة المسلحة نشكلها في طرق المواصلات ومنشآتها من سكك حديدية وما يتبعها من محطات وجسور وكبار ومخازن وورش واحواش ، ثم الطرق والمطارات .

ثم تتجه الخرسانة لتساهم في مشروعات الري والصرف التي لا تقوم إلا عليها فهذه قناطر وأهوسة وأنفاق وسحارات وبدالات وتلك سدود وخزانات .

وتزحف الخرسانة المسلحة إلى البلاد الساحلية تشارك في إقامة الموانئ والمراسي والمنائر ثم الأحواض الجافة ...الخ.

وتنتهي من جولتها في الداخل لتساهم في الإنشاءات الدفاعية برية وبحرية وجوية فتؤمن البلاد خارجياً كما أمنتها داخلياً بما ساهمت من إنشاءات.

2-1-2 الخرسانة كمادة إنشائية:

الخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي تسمح بتشكلها في أي قالب معماري مطلوب. وتعتبر الخرسانة مع الصلب أكثر المواد الانشائية 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 قطاعات مركبة كما في حالة إستخدام قطاعات الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف إلى الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص ويتضح ذلك في الجدول التالي:

جدول(2-1) يوضح تكامل الخواص في الخرسانة وحديد التسليح:

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

الفصل الأول:أنواع الخرسانة

2-2 الأنواع المختلفة (الخاصة) من الخرسانة:

Special types of concrete

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

1 – الخرسانة العادية.

2-الخرسانة المسلحة .

3-الخرسانة سابقة الإجهاد.

4- الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب).

5-الخرسانة عالية المقاومة.

6- الخرسانة الليفية .

7-الخرسانة ذاتية الدمك .

8-الخرسانة البوليمرية.

9- الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش).

10- الخرسانة الخفيفة.

11- الخرسانة الثقيلة.

12-الخرسانة الكتلية .

13- الخرسانة المعبأة .

14-خرسانة الركام .

15- الخرسانة المعمارية .

16- خرسانة التسمير .

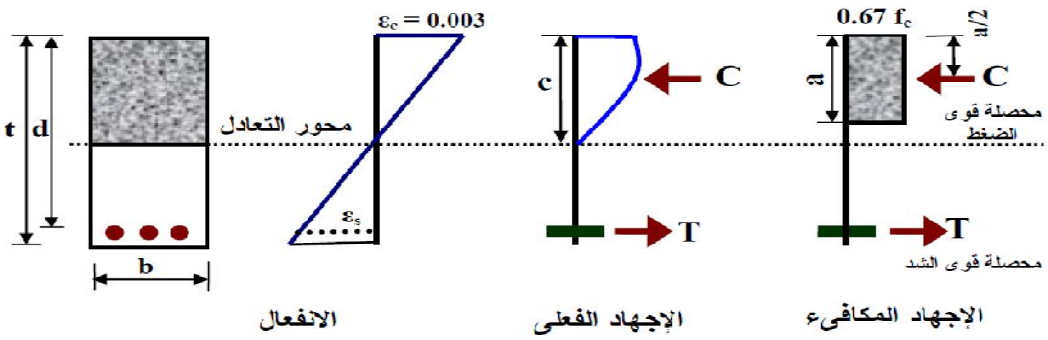
17- الخرسانة الكبريتية .

1-2-2 الخرسانة العادية :

وهي خرسانة بدون أي حديد تسليح ، وتستخدم في أعمال الفرشات الخرسانية تحت الأساسات والأرصفة وعمل الكتل الخرسانية غير المعرضة لإجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود ، ومقاومتها تتراوح من 15 إلى 25 نيوتن/مم2 حسب الغرض المستخدمة من أجله . ويمكن تحسين بعض الخواص فيها لكي تناسب غرض الاستخدام ، مثلاً أن تكون مقاومة للكبريتات أو مقاومة لعوامل التعرية والتآكل كما في حالة المصدات البحرية .

2-2-2 الخرسانة المسلحة :

وهي خرسانة عادية ويشترك معها حديد تسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعاً واستخداماً في العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه . ويمكن أن يصب في الموقع مباشرةً أو يصب في المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة. وينبغي تحقيق الإتزان والتوافق بين الإجهادات والإنفعالات في كل من الخرسانة والحديد ،ومعظم كودات التصميم تهمل تماماً مقاومة الخرسانة للشد وبالتالي فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة ، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط.



شكل (2-1) الاجهاد والانفعال لعنصر من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مستطيل معرض لعزوم انحناء:

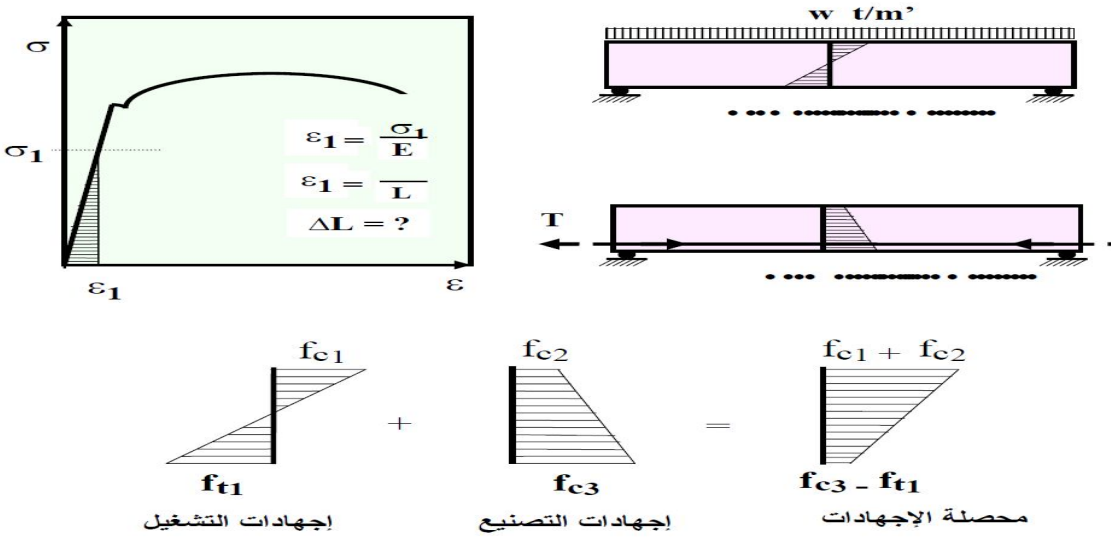
3-2-2 الخرسانة سابقة الإجهاد :

وهي خرسانة عادية يتم إكسابها إجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الإجهادات تكون كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لا تحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للإجهادات على طول القطاع الخرساني بعد التحميل (التشغيل) هي غالباً إجهادات ضغط

وبالتالي تكون الخرسانة كفيلة بتحملها . وأسياخ الصلب المستخدمة في الخرسانة سابقة الإجهاد تسمى كابلات وهي عبارة عن أسلاك أو حبال مجدولة من مجموعة أسلاك أو قضبان من الصلب ، وتمتاز الخرسانة سابقة الإجهاد بقلة الشروخ السطحية مع مقاومة عالية للأحمال ، وهي مناسبة للإستخدام في الكباري والمستودعات المائية والوحدات الجاهزة مثل فلنكات السكك الحديدية وأعمدة التلغراف .وعموماً يوجد طريقتان لإكساب الخرسانة لإجهادات الضغط :

أ – طريقة الشد السابق :

وفيها يتم شد كابلات الصلب قبل صب الخرسانة وقبل تصلدها وتترك هذه الكابلات مشدودة (في حدود المرونة) حتى تتصلد الخرسانة وتكتسب مقاومتها القصوى ثم بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب الذي يحاول أن ينكمش داخل الخرسانة المتصلدة مما يؤدي إلى حدوث إجهادات ضغط في الخرسانة عن طريق قوى التماسك بين الحديد والخرسانة .

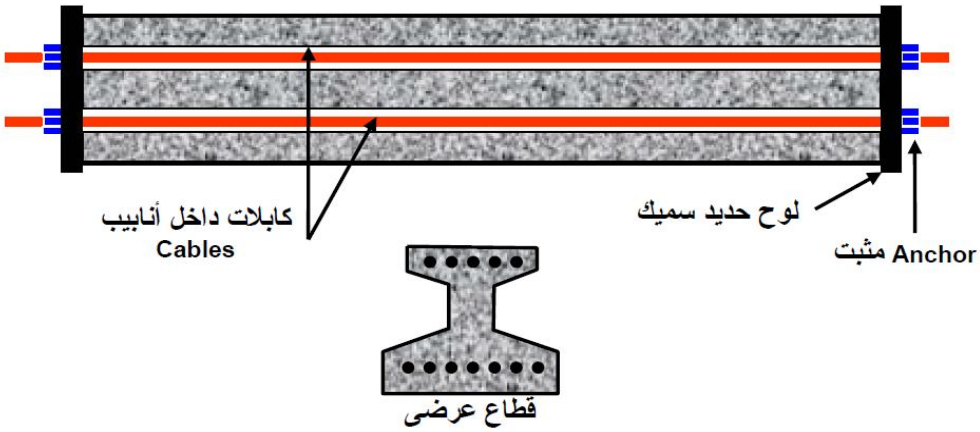


شكل (2-2) توضيح لطريقة الشد السابق:

ب – طريقة الشد اللاحق :

وفيها يتم عمل أنابيب مفرغة (مواسير أو أجربة) داخل الخرسانة وتوضع كابلات الصلب حرة الحركة بداخلها بدون شد حتى تتصلد الخرسانة تماماً، يتم شد الكابلات بعد تصلد الخرسانة حيث لا يكون هناك أي قوى تماسك بين الصلب والخرسانة ، بعد ذلك يتم رفع وإزالة قوى الشد من الصلب حيث يسبب إجهادات ضغط على ألواح الصلب المثبتة في طرفي العنصر الخرساني والتي تنتقل

بدورها إلى الخرسانة بالتحميل ، بعد ذلك تملأ الفراغات بين كابلات الصلب والمواسير بمونة الجراوت التي تتصلد وتقلل من فرصة صدأ صلب الكابلات .



شكل (2-3) توضيح لطريقة الشد اللاحق:

4-2-2 الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب) :

تصب الخرسانة وتعالج حتى تمام تصلدها في المصنع ثم بعد ذلك تنقل إلى المنشأ وممكن أن تكون خرسانة عادية أو مسلحة أو سابقة الإجهاد وتشمل البلاطات والأعمدة والحوائط والبلوكات الخرسانية والفلنكات ووحدات الأسوار والسلالم ، وفيها يتم التحكم في عملية جودة الخرسانة والتصنيع مثل :

1 – استخدام ركام جيد متدرج.

2 – تقليل الماء .

3 –إجراء الدمك والخلط ميكانيكاً .

4 – معالجة بالبخار.

5 – إستخدام إضافات للتلوين .

6 – إستخدام المواد العازلة المطلوبة .

وعند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة فيجب الأخذ في الإعتبار كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر في مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والإستخدام .

شكل (2-4) بعض الحوائط من الخرسانة سابقة الصب:

شكل (2-5) سلالم خرسانية مسبقة الصب:

5-2-2 الخرسانة عالية المقاومة :

وهي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن 60 نيوتن/مم2 وقد تصل أو تزيد عن 140 نيوتن/مم2 ، ويمكن الحصول عليها بإستخدام المواد المحلية المتاحة والتي تستخدم في صناعة الخرسانة التقليدية (25نيوتن/مم2) من ركام وأسمنت وماء إلا أن الخرسانة عالية المقاومة تحتوي على مادة إضافية أخرى وهي الملدنات ، أما المواد البوزولانية مثل مادة غبار السيليكا فقد توجد أو لا توجد في كل من نوعي الخرسانة . إن أهم شئ يجب أخذه في الإعتبار عند إنتاج خرسانة عالية المقاومة هو

إختيار مجموعة المواد التي تتجانس مع بعضها لتعطي خرسانة جيدة لها المقاومة والمتانة وكذلك القابلية للتشغيل المطلوبة .

الخصائص المطلوب توافرها في المكونات :

أ – الركام الكبير يجب أن يكون قوي ومتين .

ب –الركام الصغير أو الرمل يجب أن يكون خشناً نوعاً ما حيث يكون معاير النعومة له من 2.8 إلى 3.

ج – الأسمنت يجب أن يكون عالي الجودة وأن يكون متوافق مع أي إضافات مستخدمة .

د – غبار السيليكا وهي مادة بوزولانية تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج من تفاعل الأسمنت مع الماء مكونة مركبات غير قابلة للذوبان مثل سيليكات الكالسيوم والتي تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية وبالتالي زيادة المقاومة وتحسين النفاذية ،وعموماً فإن الزيادة في مقاومة الضغط بتأثير مادة غبار السيليكا قد لا تتجاوز 20% . وتجدر الإشارة أن النسبة المثلى من غبار السيليكا تتراوح من 10 إلى 15% من وزن الأسمنت .

ه – الملدنات وهي أهم مكون للحصول على خرسانة عالية المقاومة حيث بواسطتها نستطيع خفض نسبة ماء الخلط إلى 0.25% من وزن الأسمنت فقط وبالتالي يمكننا الحصول على أعلى مقاومة . ويجب عمل تحقيق و التأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم .

تطبيقات الخرسانة عالية المقاومة :

ظل إستخدام الخرسانة عالية المقاومة فترة طويلةمحصوراً في عدة تطبيقات تقليدية هدفها الأوحد هو استغلال قيمة المقاومة العالية في الحصول على أقل مساحة قطاع وأقل حجم للمنشأ وكذلك أقل وزن للمنشأ ، ولذلك كانت هذه التطبيقات محددة في ثلاثة أشياء رئيسية هي:

1-المباني عالية الإرتفاع.

2-الكباري .

3-المنشآت البحرية .

وحديثاً تم إستخدام الخرسانة عالية المقاومة في تطبيقات أخرى متنوعة للإستفادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من مميزاتها العديدة ، وهذه التطبيقات قد تأخذ اسم تطبيقات "غير تقليدية" ومن هذه التطبيقات :

1-الحصول على مقاومة مبكرة عالية .

2-إعادة إحياء العناصر الإنشائية القديمة مثل الآرش.

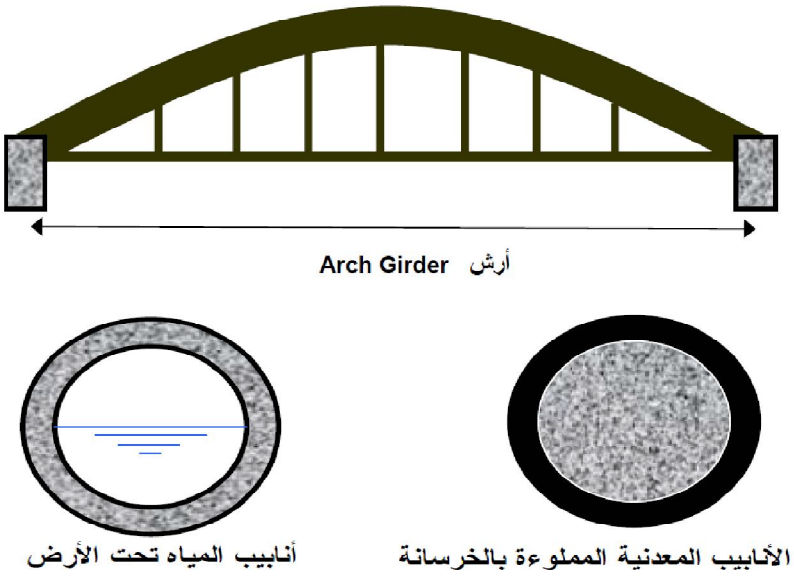
3-إستخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ.

4-عمل خوازيق لولبية لتنفيذها بدون اهتزازات أو ضوضاء .

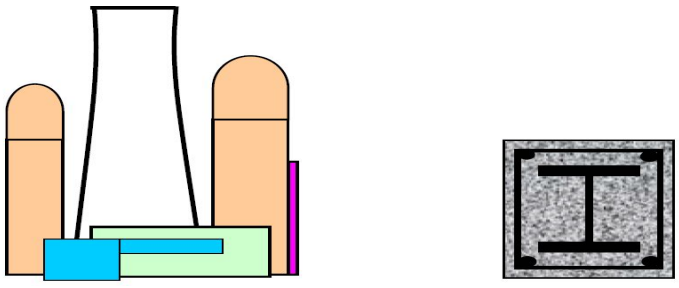
5-محطات الطاقة النووية .

6-الأنابيب الخرسانية تحت الأرض .

7-الأرصفة والطرق.



شكل (2-6) التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة:



شكل (2-7) التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة:

المميزات العامة للخرسانة عالية المقاومة:

1 - مقاومة الضغط فيها من 60 إلى 140 نيوتن/مم2 .

2 –معاير المرونة يساوي تقريباً مرتين إلى مرتين ونصف معاير المرونة للخرسانة التقليدية .

3 – تمتاز بمتانة عالية ومقاومة للإحتكاك ومقاومة للكيماويات .

4 – الفوائد الناتجة منها - مثل تقليل القطاعات وزيادة الأبحر وتقليل الوزن - أكثر من الزيادة في تكاليف إنتاجها .

5 – تعطي مقاومة عالية بالنسبة لوحدة الثمن وبالنسبة لوحدة الحجوم وبالنسبة لوحدة الوزن .

ومن عيوب الخرسانة عالية المقاومة أنها أكثر قصافة من الخرسانة التقليدية والإنهيار بها مفاجئ ، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بطرق عديدة منها استخدام الألياف مع الخرسانة ، كذلك فإن إستخدام الخرسانة عالية المقاومة يتطلب درجة عالية من ضبط الجودة والتحكم فيها .

6-2-2 الخرسانة ذاتية الدمك :

هي الخرسانة التي لها درجة عالية من السيولة والإنسياب كما أن لها مقاومة عالية للإنفصال الحبيبي ويمكن صبها بنجاح في القطاعات الضيقة والمزدحمة بحديد التسليح وذلك بدون الإستعانة بأي وسيلة دمك خارجية.

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

الخواص المطلوب تحقيقها في الخرسانة ذاتية الدمك :

أولاً : درجة انسياب وسيولة عالية .

ويتحقق ذلك بالآتي :

1 – زيادة سيولة العجينة – بإستخدام الملدنات الفائقة أو إستخدام نسبة عالية من ماء الخلط .

2 – تقليل الإحتكاك الداخلي بين الحبيبات بتقليل نسبة الركام الكبير في الخلطة أو إستخدام نسبة من البودرة الناعمة المتدرجة .

ثانياً : درجة مقاومة عالية للإنفصال الحبيبي .

ويتحقق ذلك بالآتي :

1 – تقليل الإنفصال بين المواد الصلبة في الخلطة عن طريق تقليل المقاس الإعتباري الأكبر للركام أو تقليل نسبة الركام أو إستخدام إضافات تحسين اللزوجة أو تقليل نسبة ماء الخلط .

2 – تقليل النضح (الماء الحر) بإستخدام نسبة أقل من ماء الخلط .

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

ويتحقق ذلك بالآتي :

1 – إستخدام إضافات تحسين اللزوجة أو تقليل نسبة ماء الخلط .

2 – تقليل المقاس الإعتباري الأكبر للركام أو تقليل نسبة الركام في الخلطة .

مميزات الخرسانة ذاتية الدمك:

1 – سهولة الصب في القطاعات المزدحمة بحديد التسليح والقطاعات الضيقة .

2 – القدرة على صب كمية كبيرة من الخرسانة في فترة زمنية قصيرة .

3 – تحتاج عمالة أقل .

4 – لا يوجد بها إنفصال حبيبي .

5 – لا تحتاج إلى إستخدام هزازات في الموقع .

6 – لها شكل ومظهر أفضل كما أنها لا تحتاج إلى تسوية سطحها .

7 –لا تعطي فرصة للتدخل في الموقع لإضافة ماء للخلطة نظراً لسيولتها .

8 – أكثر معمرية من الخرسانة التقليدية .

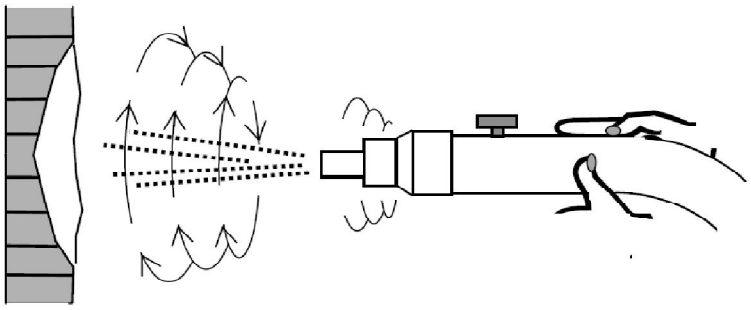
7-2-2 الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش) :-

هي خرسانة (أو مونة) تقذف بضغط الهواء من فوهة القاذف بسرعة عالية إلى السطح المراد تغطيته بالخرسانة ،وتستخدم غالباً في أعمال الإصلاحات والترميم وتبطين الأنفاق وتبطين الترع وفي كثير من الأحوال التي يصعب فيها إستخدام الطرق التقليدية في الصب فمثلاً عندما يكون مطلوب صب طبقات غير سميكة أو متغيرة السمك أو عندما يصعب الوصول إلى منطقة العمل أو عندما يكون إستخدام الشدات صعباً أو مكلفاً . كما تستخدم الخرسانة المقذوفة في إصلاح الخرسانة

المتداعية في الكباري والأهوسة والسدود والمنشآت المواجهة للمياه وكذلك مباني الطوب المتآكلة ، كما تستخدم في تبطين الأفران بكافة أنواعها .

وتتميز خلطة الخرسانة المقذوفة بإحتوائها على محتوى أسمنت أعلى لتعويض نسبة الفقد منه عند الإرتداد من السطح ، كذلك فإن ركامها يتميز بصغر المقاس حيث يفضل أن لا يزيد عن 12 مم . كما أنها قد تحتوي على إضافات معينة (ما عدا المؤجلات) لتحسين بعض الخواص المرغوبة وغالباً فإن الخرسانة المقذوفة تحتوي على المعجلات وذلك لتسريع عملية الشك للخرسانة المقذوفة ، ويفضل أن تكون فوهة القاذف عمودية على السطح المقذوف ولاتتعدى زاوية ميل القاذف على السطح 45 درجة وذلك لضمان التوزيع المنتظم للخرسانة ولتجنب حدوث تكور ودحرجة للخرسانة على السطح مما يؤدي إلى سطح متعرج غير منتظم .

ويعيب هذه الخرسانة تعرضها للإنكماش بقيمة كبيرة نتيجة لكثرة كمية الماء بها وكذلك زيادة محتوى الأسمنت مع نقص الركام الكبير ،كما يعيب هذه الخرسانة أيضاً إحتمال عدم الإلتصاق والتماسك التام بمادة السطح الذي ترش فوقه وللتغلب على مشكلة الإنكماش يمكن إستخدام الألياف مع هذه الخرسانة والتي أثبتت نجاحاً كبيراً في الوقت الحالي .



شكل (2-8) كروكي يوضح طريقة قذف الخرسانة:

2-2-8 الخرسانة البوليمرية :

الخرسانة البوليمرية أو الراتنجية هي خرسانة خاصة يتم الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمواد لاحمة أو مالئة للفراغات بين حبيبات الركام ، وتمثل المواد البوليمرية حوالي 6 إلى 15% من وزن الخرسانة ومن أمثلتها مواد أو مركبات البوليستر والآيبوكسي ، وقد تصل تكاليف خرسانة البوليمرز حوالي من 2-3مرّات تكاليف الخرسانة العادية وتمتاز بالآتي :

- مقاومة عالية للعوامل الخارجية .

-مقاومة عالية جداً للإنكماش .

- مقاومة ضغط عالية قد تصل إلى 120نيوتن/مم2.

- مقاومة شد تصل إلى 10نيوتن/مم2.

وعموماً يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الخرسانة المحتوية على راتنجات :

1 – الخرسانة البلاستيكية .

2 – الخرسانة البوليمرية الأسمنتية .

3 – الخرسانة الأسمنتية المحقونة بالبوليمرات .

الخرسانة البلاستيكية :

وفيها تحل الراتنجات محل الأسمنت كمادة رابطة لجزيئات الركام . أي أنها عبارة عن ركام متماسك مع بعضه بواسطة مادة رابطة من البوليمرات . والخرسانة البلاستيكية لها خواص ميكانيكية عالية وزمن معالجتها قصير ولها إنكماش متناهي في الصغر ومقاومة عالية للكيماويات .

أهم تطبيقات الخرسانة البلاستيكية :

1 – طبقة حماية سطحية لأسطح الكباري والمصانع وأماكن الخدمات والسلالم والخرسانة المسلحة وسابقة الإجهاد .

2 – ترميم الخرسانات التي حدث بها شروخ نتيجة الحرارة أو الإنكماش أو الإهتزازات .

3 – لصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات سابقة الصب .

4 – لصق الخرسانة على المعادن كطريقة للتقوية والتسليح الخارجي.

الخرسانة البوليمرية الأسمنتية :

وهي التي تصنع بخلط الأسمنت والركام ويضاف إليها ماء الخلط المضاف إليه الراتنج . أي أنها خرسانة تقليدية مع إحلال جزء من ماء الخلط بواسطة مواد راتنجية .

وتجدر الإشارة إلى أن العلماء الروس قد توصلوا إلى خرسانة أسمنتية بوليمرية ذات خواص عالية وذلك بإدماج فورفرين الكحول وهيدروكلوريد الإيثلين في خليط الخرسانة مما نتج عنه خرسانة كثيفة ومعدومة الإنكماش تقريباً وذات مقاومة عالية الصدأ وذات مسامية منخفضة ومقاومة للإهتزازت ،وعموماً فإن النتائج التي تمّ الحصول عليها نتيجة إستخدام المونومرا كإضافات

للخرسانة العادية أثناء الخلط قد أعطت تأثيراً محدوداً على خواصها الميكانيكية وإن كان التأثير أكثر وضوحاً على القوام والقابلية للتشغيل .

الخرسانة الأسمنتية المحقونة بالبوليمرات :

وهي الخرسانة الأسمنتية المتصلدة والتي سبق صبها ويتم حقنها أو غلغلتها بواسطة مونومرات ذات لزوجة منخفضة ، ثم تتم البلمرة لهذه المونمرات بعد ذلك وهي داخل الخرسانة وتنقسم إلى ثلاثة أنواع :

أ –الخرسانة المغلغلة كلياً :

وتستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية أو عند التعرض للمياه المالحة وفيها يتم بدء تنشيط عملية البلمرة وذلك أما بالإشعاع أو بالحرارة .

ب –الخرسانة المغلغلة جزئياً :

وقد تم عمل هذه الخرسانة كأسلوب لتبسيط عملية الغلغلة وتقليل التكاليف وذلك لإستيفاء التطبيقات التي تتطلب المتانة أكثر من القوة ، وأهم المواد المستخدمة في هذه الطريقة هي البولي إسترسترين والميثيل ميثاكريلات وتتأثر خواص الخرسانة الناتجة بدرجة كبيرة بعمق الغلغلة بالبوليمر وبالتالي مقدار التشبع به .

ج -الخرسانة المغلغلة سطحياً :

وهي شبيهة بالخرسانة المغلغلة جزئياً وإن كانت المونومرات المستخدمة في هذه الطريقة لها لزوجة منخفضة ، وبالتالي فهي أكثر تطاير ولها معدلات بطيئة في الإختراق داخل الخرسانة وهذه الطريقة من الغلغلة مناسبة لكباري الطرق السريعة .

تطبيقات الخرسانة المغلغلة بالبوليمر

1 – خرسانة محطات تنقية المياه المالحة (مقاومة الحرارة +المواد الكيماوية).

2 – أرضيات الكباري السابقة الإجهاد .

3 – الدعامات الخرسانية لأسقف مناجم الفحم .

4 –الأنفاق والمنشآت تحت الماء .

5 –قواعد المضخات والمنشآت البحرية والخرسانات الخفيفة .

6 – مواسير المجاري والضغط .

9-2-2 الخرسانة الخفيفة :

من أهم عيوب الخرسانة التقليدية (2200 إلى 2500 كج/م3) كمادة إنشائية بالمقارنة مع الخشب والحديد أن الخرسانة التقليدية ثقيلة الوزن نسبياً حيث تكون نسبة الوزن الذاتي لأجزاء المبنى بالمقارنة مع الأحمال المؤثرة هي نسبة عالية في جميع الأحوال . ولذلك تم التفكير في إنتاج وإستخدام خرسانة خفيفة وزنها أقل من 2000 كج/م3. ولذلك فقد أمكن تصنيع خرسانة إنشائية تزن 1400 إلى 1900 كج /م3 وتستعمل بكفاءة كحوائط داخلية .وعموماً فإن الخرسانة الخفيفة هي التي يقل وزنها عن 2000 كج/م3 ، والغرض من إستخدامها هو تقليل وزن المنشأ وبالتالي تقليل تكاليف الأساسات وكذلك لأغراض العزل الحراري والضوئي .

أنواع الخرسانة الخفيفة

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

1 – إيجاد فراغات بين حبيبات الركام .

2 – إيجاد فراغات داخل الركام .

3 – إيجاد فراغات داخل العجينة الأسمنتية .

خرسانة خالية من المواد الرفيعة :

تتكون من الأسمنت والركام الكبير فقط وأحياناً يستخدم فيها الهواء عن طريق إضافة مواد رغوية بإستعمال تدرجات خاصة من الركام ، والركام الكبير يمكن أن يكون زلط أو أحجار مكسرة أو ركام خفيف . وينحصر تدرج الركام بين 10 مم ،20 مم ولا تتعدى نسبة المار من المنخل الصغير عن 5% وهذا النوع من الخرسانة ذو كثافة تتراوح من 3/2 إلى ¾ كثافة الخرسانة التقليدية المصنوعة من نفس الركام وهذا النوع يحتاج إلى تصميم دقيق وخصوصاً بالنسبة لمحتوى الماء .

خرسانة الركام الخفيف:

خرسانة الركام خفيف الوزن هي أكثر أنواع الخرسانات الخفيفة شيوعاً وإستخداماً إذ يمكن إستعمالها كخرسانة إنشائية ، والركام المستخدم في الخرسانة الإنشائية الخفيفة هو في أغلب الأحوال ركام صناعي وصناعة الركام تعتبر أحد اجزاء التصنيع للخرسانة الخفيفة ، ومن أمثلة الركام الخفيف :

-الطين الممدد(الليكا).

- الفيرموكليت.

- الفوم (بوليسترين).

الخرسانة المهواة (ذات الخلايا) :

وفي هذا النوع تتكون من فقاعات من الغازات والهواء في وسط الخرسانة وهي في الحالة الطازجة ويظل التركيب مسامي بعد أن تشك الخرسانة . والطريقتين الرئيسيتين لإنتاج هذا النوع هما :

أ – إنتاج غازات في الخلطة بتفاعلات كيميائية .

ب – إضافة مواد رغوية للخلطة.

ومن المواد الشائعة المولدة للغازات المسحوق الناعم من بودرة الألمونيوم أو بودرة الزنك – (0.2% من وزن الأسمنت) ، وعند خلطها بالأسمنت تتكون فقاعات من الهيدروجين فتنتفخ الكتلة مكونة عند تصلدها مادة ذات تركيب خلوي . وتجدر الإشارة إلى أن هناك علاقة طردية بين وزن الخرسانة ومقاومتها للضغط .

2-2-10 الخرسانة الثقيلة:

وهي خاصة بالوقاية من الإشعاع الذري والنووي حيث تتناسب قدرة الخرسانة لإمتصاص هذه الإشعاعات مع وزنها أو كثافتها وبالتالي تكون حوائط وبلاطات الأرضيات والأسقف من الخرسانة الثقيلة . وتصنع الخرسانة الثقيلة من ركام من مواد ثقيلة من خامات الحديد أو خام الرصاص . وتجدر الإشارة أن خام الحديد يعطي خرسانة وزنها من 3000 إلى 4000 كج/م3 ، وقد تستخدم قطع من الحديد كركام وتصل كثافة خرسانته إلى 5600 كج/م3،ومن الممكن أيضاً إستخدام النواتج الثانوية للفرن العالي مثل جلخ المحولات الأكسجينية وخردة سي لإنتاج خرسانة ذات كثافة حوالي 2800 كج /م3 ، ويستخدم في بعض الأحيان ركام من صخر السربنتين (سليكات الماغنيسيوم المماهة) . وبصفة عامة فلا بد لركام الخرسانة ثقيلة الوزن أن يوفى بمتطلبات الكثافة والتركيب وذللك للوقاية من الإشعاع ، ويستخدم الأسمنت البورتلاندي العادي ولكن يفضل الأسمنت منخفض الحرارة في حالة الخرسانة الكتلية ثقيلة الوزن كما لا يستخدم الأسمنت سريع التصلد ، أيضاً لا تستخدم إضافة المعجلات أو إضافات الهواء المحبوس وإنما يمكن إستخدام الملدنات والمؤجلات .

2-2-11 الخرسانة الكتلية :

وهي خرسانة ذات كتل كبيرة مثل خرسانة السدود والخزانات الأرضية أو أي خرسانة بحيث يكون حجمها من الكبر بحيث يتطلب ذلك أخذ الإحتياطات من تولد الحرارة الناتجة من إماهة الأسمنت ، ونظراً لوجود حرارة تفاعل عالية من الأسمنت فإنه ينبغي أخذ بعض الإحتياطات الضرورية مثل :

1 – إستخدام أسمنت من النوع منخفض الحرارة .

2 – إستخدام محتوى قليل من الأسمنت خلطة فقيرة .

3 – إحلال نسبة من 10 إلى 20 % من الأسمنت بمادة بوزولانية .

4 –إستخدام الثلج المجروش بدلاً من جزء من ماء الخلط وتسمى هذه العملية بالتبريد السابق .

5 – وجود مواسير رفيعة من الصلب رقيق الجدران داخل الكتلة الخرسانية تمر خلالها دورات من الماء البارد لخفض الحرارة وتسمى هذه العملية بالتبريد اللاحق .

6 – الصب على طبقات قليلة الإرتفاع بحد أقصى واحد متر .

7 – العزل السطحي للخرسانة برقائق من البوليسترين .

الفصل الثاني:المواد المكونة للخرسانة

3-2 المواد المكونة للخرسانة :-

1-3-2 مقدمة :-

يطلق اسم الخرسانة عادة على الخرسانة الاسمنتية و التي يدخل في تركيبها الاسمنت و الركام الناعم والركام الخشن و الماء و الاضافات ان وجدت و هي عادة تصنع في الموقع او المصنع .

لايمكن اعتبار ان الخرسانة جيدة الا اذا ادت الوظيفة التي من اجلها صنعت و للحصول على هذه الخرسانة الجيدة لابد من استخدام مواد جيدة و مطابقة للمواصفة البريطانية .

2-3-2 الاسمنت (Cement) :-

-التعريف :-

-الاسمنت مادة لاحمة ناعمة هيدرولية تتصلد باضافة الماء اليها (اذا لم تتعرض مسبقا لمدة طويلة للهواء الجوي)

و يتكون بشكل رئيسي من اكسيد الكالسيوم و ثاني أكسيد السيليكون و اوكسيد الالمونيوم و اكسيد الحديد و التي نشات بواسطة الصهر او الحرق ، ويجب الا تقل مقاومة مرونة الأسمنت للضغط بعد 28 يوما عن 250 كجم \سم^2

- أنواع الاسمنت:-

هناك انواع عديدة من الاسمنت من اهمها و أكثرها انتشارا في العالم الاسمنت البورتلاندي العادي و الذي يعد الاكثر استعمالا .

كما يوجد اسمنت خبث المعادن و خبث نواتج الافران العالية و هو ناتج طحن الاسمنت البورتلاندي مع الخبث .

الاسمنت البورتلاندي الحديدي ينشا عن طريق تنشيط القلويات في الاسمنت البورتلاندي و كذلك الاسمنت ، خبث الافران العالية و اختلافاتها عن بعضها البعض يكون فقط في نسبة الخبث الجدول ادناه يبين انواع الاسمنت و استعمالاتها طبقا للمواصفات الامريكية.

جدول (2-2) يوضح أنواع الأسمنت:

النوع	الخصائص
أسمنت بورتلاندى عادى	يستخدم فى أعمال الإنشاءات بوجه عام وهناك أصناف مختلفة من هذا النوع مثل الأسمنت الأبيض الذى يحتوى على نسبة أقل من أكسيد الحديديك، أسمنت إبار البترول (Oil-Well Cement) تبطين إبار البترول، الأسمنت سريع الشك وأصناف أخرى متعددة ذات استخدامات خاصة.
الأسمنت البورتلاندى المتصلب فى درجة الحرارة العالية و المقاوم للكبريتات	يستخدم فى الحالات التى تتطلب حرارة تميؤ معتدلة أو فى الإنشاءات الخرسانية المعرضة لتأثيرات متوسطة من الكبريتات.
الأسمنت سريع التصلب	تختلف أصناف الأسمنت سريع التصلب عن الأسمنت العادى من عدة نواحى: نسبة الحجر الجيرى إلى السيليكات ونسبة سيليكات ثلاثى الكالسيوم فى الأسمنت سريع التصلب تكون أكبر من مثيلاتها فى الأسمنت العادى، يتصف هذا النوع بدرجة نعومة أكبر من الأسمنت العادى مما يؤدى إلى سرعة التصلب وتولد سريع للحرارة. يستخدم الأسمنت سريع التصلب فى إنشاء الطرق.
أسمنت بورتلاندى منخفض الحرارة	يحتوى هذا النوع على نسبة منخفضة من كبريتات ثلاثى الكالسيوم وألومينات ثلاثى الكالسيوم مما يؤدى إلى انخفاض فى الحرارة المتولدة. تستخدم أكاسيد الحديديك لخفض نسبة ألومينات ثلاثى الكالسيوم. وبالتالى ترتفع نسبة رباعى ألومينات الكالسيوم الحديدية فى هذا النوع من الأسمنت.
الأسمنت المقاوم للكبريتات	يحتوى هذا النوع من الأسمنت على نسبة منخفضة من ألومينات ثلاثى الكالسيوم ويتصف بقدرة أكبر على مقاومة الكبريتات بسبب مكوناته أو بسبب العمليات المستخدمة فى صناعته، لذلك فهو يستخدم فى الحالات التى تتطلب مقاومة عالية للكبريتات.

-خواصالاسمنت البورتلاندي(Properties of Portland cement) :-

تجرى عملية التحاليل و الاختبارات الكيميائية لمراقبة الصناعة و جودة الانتاج او عندما تتحقق الخواص الميكانيكية و الفيزيائية فيتم عمل التحاليل الكيميائية اللازمة لمعرفة اسباب عدم تحقق الخواص المطلوبة في الاسمنت ، و تعطي المواصفات القياسية الحدود و الاشتراطات الواجب الالتزام بها بالنسبة للتركيب الكيميائي للاسمنت البورتلاندي حدود تخص الفقد بالحريق للمواد المتبقية وغير القابلة للذوبان ،كمية كل من ثالث اكسيد الكبريت ، الكلوريد ، اكسيد الماغنزيوم و ثاني اكسيد الكربون كما توجد حدود اضافية بالنسبة لبعض انواع الاسمنت كتحديد نسبة سيليكات ثنائي و ثلاثي اكسيد الكالسيوم و نسبة الومينات ثلاثي الكالسيوم و نسبة حديد الومينات رباعي الكالسيوم

1-النعومة (fineness):-

كلما كان الاسمنت مطحونا اكثر كلما كان سطحه اكبر (المساحة السطحية النوعية) و كلما كان اسرع بالنسبة لتفاعلات الاسمنت مع ماء الخلط . و يؤثر هذا بشكل واضح على تطور المقاومة فقط و لكن ليس للنعومة تاثير على المقاومة النهائية لان النوع الواحد من الاسمنت ذو التركيب الكيميائي الواحد لابد ان تكون له نفس المقاومة بعد انتهاء عملية التفاعل بين الماء و الاسمنت و استكمالها بشكل تام (end of hydration) .

و هنالك حدود للنعومة فاذا كانت الحبيبات خشنة فان عملية التفاعل الكيميائي بين الماء و الاسمنت لا تتم بشكل كافي اما اذا كانت النعومة عالية جدا فهي تؤدي الى انكماش اكبر في الخرسانة و تعني النعومة في المواصفات القياسية عن طريق تحديد المساحة السطحية النوعية للاسمنت و التي تحسب بامرار كمية من الهواء عبر عينة الاسمنت ، و يمكن معرفة كثافة الاسمنت و لزوجة الهواء في الاسمنت بالزمن الذي تسري فيه عملية محدودة من الهواء خلال عينة الاسمنت تحت اشتراطات معينة و على هذا فان الزمن الاقل دليل على ان الاسمنت اقل نعومة و العكس صحيح .

و تشترط المواصفات القياسية السعودية حدا ادنى لنعومة الأسمنت مقدارها 2250 سم^2\جم و لا تشترط المواصفات القياسية حدا اعلى للنعومة .

و يعبر عن الاسمنت بواسطة النعومة كالتالي :

اسمنت خشن رقم بلين اقل من 2500 سم^2\جم

اسمنت ناعم رقم بلين اكبر من 4000 سم^2\جم

اسمنت ناعم جدا رقم بلين من 5000 الى 7000 سم^2\اجم

و تعتبر النعومة الاعلى عاملا مؤثرا في تحسين عملية تشغيل الخرسانة و المرونة و اعطاء مقاومة اكبر .

2-التركيب الكيميائي للاسمنت البورتلاندى العادى :

Chemical Composition of ordinary Portland cement:

عند خلط وحرق مكونات الاسمنت الاساسية (الجير والسليكات ولالومنيا وأكسيد الحديد) فإن الكتلكر الناتج بعد عملية الحرق يحتوى على اربعة مركبات رئيسية تخلط مع بعضها البعض بنسب مختلفة.

- سليكات ثلاثى الكالسيوم (40-80%).
- سليكات ثنائى الكالسيوم (9-1%).
- الومنيات حديد رباعى الكالسيوم (9-11%).

ويحتوى الاسمنت البورتلاندى بالاضافة الى ذلك على كميات صغيرة من المكونات التالية:

(N_2uo) و (Mn_2o_3) و (Tr_2) و (Mg) وتعتبر مركبات ثانوية .

3-كثافة الاسمنت (Cement Density) :-

تقدر كثافة الاسمنت البورتلاندي حوالي (3.11 +أو 0.1) كجم /دسم^3 . و تعني عادة باستخدام الكيلومتر اما الكثافة الظاهرية للاسمنت البورتلاندي فتقع بين (0.9 – 1.3) كجم/دسم^3 .

وهي ذات علاقة وثيقة بالنعومة و يحتاج اليها فقط عند حساب نسبة الخلطة بطريقة الحجم .

4-التصلد و المقاومة :-(Hardness and Strength)

يكون الاسمنت مع ماء العجينة الاسمنتية ، و يعتبر الماء ضروريا لعميات التشغيل و الدمك و التصلد فكلما اضفنا كمية ماء كبيرة كانت عجينة الاسمنت اكثر سيولة نسبة للزيادة في نسبة الماء الى الاسمنت و كان من السهل تشغيل عجينة الاسمنت و دمكها بحيث لا تزيد كمية الماء على الحدود العملية المسموح بها . و يؤدي الدمك غير الكافي و غير المستكمل الى وجود فراغات هوائية تخفض من مقاومة الضغط و تفسر كثيرا من الخواص .

و تسمى بداية تماسك الاسمنت بداية الشك و التصلب المتتابع يؤدي الى التصلد ، و تتم هذه العملية في ازمنة متداخلة غير منفصلة تماما عن بعضها البعض ، و باضافة الجبس الى مركبات الاسمنت

الخام بالكمية الصناعية الضرورية تمنع الشك السريع للاسمنت الذي قد يجعل تشغيل الخرسانة صعبا .

و لقد توصل كثير من الباحثين لتحليل و دراسة التفاعلات الداخلية للاسمنت على اساس تتبع بناء البلورات الاسمنتية المختلفة على انه من المهم جدا اطالة الفترة الاولى من التفاعلات الكيميائية الداخلية في الاسمنت (التي تتم عادة في ال24 ساعة الاولى) ، بحفظ الخرسانة في درجات حرارة منخفضة لان ذلك يؤدي الى زيادة كمية البلورات طويلة الانسجة من سيليكات الكالسيوم المائية مما يؤدي بالتالي الى تحسين المقاومة و الخواص النهائية بينما تعمل درجات الحرارة و جفاف الخرسانة الى بناء بلوري معظم تكوينه من البلورات قصيرة الانسجة و التي تؤدي الى مقاومة نهائية اقل و خواص اسوأ .

5-زمن الشك (Setting Time) :-

يتفاعل الاسمنت مع كمية لا باس بها من الماء بعد مرور ساعة او عدة ساعات بحيث يظهر نوع من التماسك الاولى في العجينة الاسمنتية و يسمى هذا الوقت بداية زمن الشك الاسمنت وهو مهم جدا بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة و له علاقة وثيقة بكمية الماء المضاف و درجة الحرارة ، فيتاخر زمن الشك كلما زادت كمية المضاف لانه يتم فصل بعض الحبيبات الاسمنتية عن التفاعل الكيميائي بوجود طبقات سميكة من المواد تعوق او تؤجل عملية التفاعل لفترة من الزمن ، كما تعمل درجات الحرارة المنخفضة على تاخير زمن الشك لان التفاعلات الكيميائية عادة ما تكون بطيئة في درجات الحرارة المنخفضة و يستعمل جهاز الابرة (فيكات) لتحديد بداية ونهاية زمن الشك ، و يلزم هذا الاختبار تحديد العجينة الاسمنتية القياسية (م/س = 0.25-0.3) و تكون بداية زمن الشك عندما تسقط الابرة (مقطعها 1 ملم^2) داخل عجينة الاسمنت فتبقى عالقة بداخها على بعد 3-5 ملم من قاع الجهاز (اللوح الزجاجي) و تكون نهاية زمن الشك عندما تنفذ الابرة 0.5 ملم على الاكثر داخل عجينة الاسمنت .

3-3-2 الركام Aggregate :-

يتكون ركام الخرسانة من احجار صناعية او طبيعية او من المعادن و في بعض انواع الخرسانة الحقيقية يمكن ان تتكون من المواد العضوية و بحبيبات ذات مقاسات ملائمة للصناعة الخرسانية و يستعمل كخليط و اكوام من حبيبات ذات مقاس واحد او مقاسات مختلفة .

-تعريف Definition :-

***الركام الكبير Coarse Aggregate:-**

يشمل الحصى بانواعه (ناعم و خشن) و يكون عادة اكبر من 4 ملم .

***الركام الصغير Fine Aggregate:-**

و يشمل الرمل بانواعه (ناعم – خشن)ويكون عادة اقل من 4 ملم

***الركام الشامل All Aggregate:-**

وهو خليط من الركام الكبير و الصغير.

***مقاس حبيبات الاختبار Partial Size Testing :-**

مقاس الحبيبات التي وضعت في المواصفات لاجراء التحليل المنخلي و التي تحدد مجموعات معينة.

***المقاس الاكبر و المقاس الصغير Maximum And Minimum Sizes :-**

هو مقاس حبة الاختبار العليا و الدنيا لمجموعة حبيبات او لخليط من الركام على التوالي

***التدرج الحبيبي Seive Analysis :-**

هو تعيين توزيع الحجم الطبيعي للركام بفصل الحبيبات عن بعضها البعض طبقا لمقاساتها بواسطة مجموعة من المناخل المرتبة حسب مقاس فتحاتها و موضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون اكبرها مقاسا في الاعلى .

-التقسيم العام للركام :-

يقسم ركام الخرسانة الى المختلفة التالية :-

***بالنسبة لوزنه :-**

ركام ثقيل

ركام عادي

ركام خفيف

***بالنسبة لمساميته :-**

ركام كثيف التركيب (البناء) مثل الركام لعادي و الثقيل

ركام مسامي التركيب مثل الركام الخفيف

***طبقا لمنشئه (أصله) :-**

ركام طبيعي

ركام صناعي

***بالنسبة لشكل حبيباته:-**

ركام مدور

غير منتظم

زاوي

مفلطح

عضوي

***طبقا لطريقة تجهيزه :-**

ركام بمقاسات طبيعية (ركام طبيعي)

ركام جرى تكسيره ميكانيكيا (ركام كسارة)

***بالنسبة لمقاس حبيباته:-**

رمل ناعم جدا

رمل ناعم

رمل خشن

حصى

حصى خشن

-الاشتراطات الاساسية لصلاحية الركام للخرسانة :-

اشتراطات عامة :-

تضع اشتراطات اسس التصميم و التنفيذ مواصفات خاصة للركام المستخدمة في الخرسانة بالنسبة للخواص التالية :-

*تكوين الركام الجيولوجي

*الخلو من الشوائب

*مقاومة الركام

*شكل الحبيبات

*الثبات ضد التجمد و الاستهلاك

-متطلبات عامة في الركام المستخدم في الخرسانة :-

* ان يلين الركام او يتحلل تاثير الماء و لايتحول مع مكونات الاسمنت الى مركبات عناصره و لا يقلل من حماية حديد التسليح ضد التاكل و الصدأ .

*ان يتكون ركام الخرسانة من حبيبات الركام الصغير و الكبير متدرج تدريجيا قياسيا . و ان تكون هذه الحبيبات صلدة و قوية و غير رقيقة او مغلطة و خالية من الشوائب و المواد الضارة الخارجة عن حدود المسموح بها .

*ان يكون الركام خشن قدر المستطاع قليل المسام حتى تكون مساحته السطحية اقل ما يمكن حتى تباعد على تقليل كمية الماء الضرورية لعملية التشغيل و تؤدي الى خرسانة متماسكة (كثيفة) البنية و التركيب .

* ان يكون المقاس الاعتباري الاكبر للركام اكبر ما يمكن في الحدود المسموح بها بشرط ان لاتسوء عملية خلط و تشغيل و صب و دمك الخرسانة مع مراعاة الا يزيد المقاس الاعتباري الاكبر للركام عن (4/1):(1) اقل سمك لمقطع اي عضو خرساني .

و ان تكون مقاسات حبيبات معظم كمية الركام الشامل (70% -80%) اقل من اصغر مسافة بين التسليح و اقل من سمك الغطاء الخرساني (القشرة الخارجية) ، حتى تحيط الخرسانة احاطة تامة بقضبان التسليح و تملا جميع اركان و زوايا التخشيبة و لايحدث الانفصال الحبيبي فيها

-خواص الركام :-

***منشا الصخور و الحجارة :-**

تكون الحجارة المستهلكة (المفتتة) بفعل عوامل الطبيعة غير صالحة لاستعمالات الخرسانة و كذلك الحجارة الجيرية المحتوية على الطين و المواد الناعمة حتى لو كانت كما هي داخلة في الحجارة الجيرية كثيفة البنيات بكمية قليلة و مثلها بقية الحجارة التي تدخل فيها الطين كالطفل الجيري و الشظايا الطينية و المرمرن اضف الى ذلك جميع انواع الحجارة الحاملة للجبس و الدالة عليه ، و كذا انواع الرمل الرخو الكثيرة المسام ، كل هذه الانواع يمكن ان تعمل على تخفيض مقاومة الخرسانة الى قيمة قد تصل الى 50% من قيمتها المتوقعة.

***مقاومة الحبيبات :-**

تساعد زيادة مقاومة الضغط للحبيبات على تحسين مقاومة ضغط الخرسانة و خواصها الاخرى و تعتبر في العادة مقاومة الضغط في حدود 800 كجم/سم^3 لحجارة الصخور الطبيعية الرطبة كافية لتقي الاجهادات التي تتعرض لها الخرسانة و يسهل حساب مقاومة الضغط على عينات من صخور ركام الكسارات يتعين معامل المرونة الديناميكي و بواسطة قياس الذبذبات او سرعة الصوت و هناك ابحاث حدبثة في الوقت الحاضر لاستطلاع (التنبؤ) قيمة مقاومة ضغط خرسانة مسبقا بمعرفة مقاومة الضغط او معامل المرونة الديناميكي لكل من الركام و الجير .

***الشكل – المقاس – الحبيبات:-**

الاختلافات الموجودة في الركام عادة بالنسبة للشكل و السطح و المقاس فيعتبر الشكل الاقرب الى المدور او المكور افضل الاشكال المناسبة لركام الخرسانة و تعتبر الحيبات ذات الاسطح الملساء مفيدة لتحسين عملية تشغيل و دمك الخرسانة و تكون في هذه الحالة كمية ماء الخلطة و كمية الملاط الاسمنتي اللازمين اقل من تلك التي تحتاج اليها الحبيبات او المفلطحة او الزاوية الموجودة عادة في الرمل .

و تساعد الحبيبات ذات الاسطح الخشنة و المليئة بالنتوءات على تماسك جيد بين الحجر الاسمنتي و الركام و لكنها قد تصعب عملية التشغيل و تحتاج الى كمية ماء و ملاط اكبر من الحبيبات المكورة الملساء و تعتبر الحبيبات التي تقل نسبة سمكها الى طولها عن (3/1) حبيبات غير مناسبة حيث يجب الا تزيد كميتها في الركام الكبير عن 50% عبر اقصى او عندما تكون النسبة بين حجم الحبيبة و حجم الكرة

2-3-4 ماء الخلط:

مقدمة:

هو الماء الذي يضاف الي الاسمنت والركام لعملية التفاعل وعمليات الخلط والتشغيل والصب والدمك

وتعتبر مصادر مياه الشرب صالحة للاستعمال في الخلطة الخرسانية،اما اذا كانت هناك دلائل الي عدم صلاحية الماء للخلطة كتغير الطعم او الرائحة او الشكل فيحدد استخدام هذه المياه للخلطة اذا اختبرت مقاومة ضغط خرسانة مصنوعة منها واخري مصنوعة من مصادر مياه الشرب وبنفس النسب والمواد وكانت مقاومة الضغط بعد 28 يوما متساوية او لم يتعد النقص في مقاومة الاولي

10% بالاضافة الي ضرورة التاكد من ان هذه المياه لا تؤثر علي زمن الشك الإبتدائي والنهائي بواسطة جهاز الإبرة (فيكات)

2-3-4-1 متطلبات عامة يجب توفرها في ماء الخلطة:

يجب ان تكون المياه المستخدمة في صناعة الخرسانة نظيفة وعذبة وليست لها رائحة غريبة او لون غير عادي ولا تحتوي علي كميات ضارة من الزيوت والاملاح والقلويات والمواد العضوية والطحالب والمواد الاخري التي تؤثر سلبيا علي مقاومة الخرسانة وقوتها ومظهرها او علي تشغيلها وصبها ودمكها وان تبقي المواد الكيميائية الموجود بها

2-3-4-2 مياه البحر:

يسمح بإستخدام مياه البحر في الخرسانة غير المسلحة عندما لا تزيد المواد الصلبة القابلة للذوبان عن 350 جزءا من المليون وعادة تقل مقاومة ضغط الخرسانة المصنوعة بماء البحر بعد مدة اطول من (28) يوم عن تلك المصنوعة بمياه صالحة الا ان تلك يمكن التحكم فيها بخفض نسبة الماء/الاسمنت ومعايرة نسبة الخلطة.

واذا لم تتوفر في مكان ما المياه الصالحة للخلطة يجوز استخدام ماء البحر في صناعة الخرسانة المسلحة مع احتمال حدوث التاكل ويمكن خفض خطر التاكل بزيادة القشرة الخارجية بشكل كاف وتصنع خرسانة غير منفذة للمياه ويجب الا تزيد نسبة الماء/الاسمنت عن 0.45 بالنسبة للخرسانة المسلحة المصنوعة من مياه البحر والمعرضة له وان لا تقل القشرة الخارجية عن 75ملم.

ويحظر استعمال مياه البحر في الخرسانة سابقة الإجهاد خاصة اذا كان هنالك اتصال بين هذه الخرسانة والحديد السابق الإجهاد

2-3-4-3 عوامل مساعدة لخفض نسبة الماء في الخلطة:-

هناك مواد اضافية تمكن من الحصول علي خرسانة ذات قوام معين (مطلوب) بكمية ماء الخلطة اقل من تلك التي تحتاج اليها في الحالة العادية دون استخدام هذه المادة ويجب ان لا تزيد كمية الماء في هذه الحالة عن 90% من الكمية المحتاجة ويجب الا تزيد المقاومة بعد (3-7-28) يوما بنسبة 10% علي الاقل في الحالة العادية عن مقاومة خرسانة الخلطة المماثلة بدون استخدام المادة الإضافية مع ضرورة تحقيق نفس المقاومة بعد (6) شهور والا يتاثر زمن الشك الإبتدائي بأكثر من ساعة واحدة زيادة او نقصان بالإضافة الي إشتراطات أخري تضعها المواصفات مثل المواصفات الأمريكية

ومن الملاحظ أن زيادة ماء الخلط تؤدي إلى :

- حدوث ظاهرة النضح (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة من الأسمنت اللباني على سطح الخرسانة وتعرف بالزبد .
- حدوث إنفصال حبيبي للخرسانة الطازجة.
- خرسانة متصلدة ذات فراغات.
- صعوبة وحل الخرسانة الجديدة بالقديمة.
- صعوبة صب الخرسانة في الأجواء شديدة البرودة.
- وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخراسانية.

2-3-4-4 أنواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط :

يتحكم ماء الخلط في نوع الخرسانة كما يلى :

- خرسانة جافة القوام(dry Consistency) وتحدث إذا كانت كمية الماء قليلة بدرجة ملحوظة وتعطي بذلك خرسانة جافة القوام.
- خرسانة لدنة القوام(Soft Consistency) وفيما تكون نسبة الماء مناسبة وتعطي خرسانة لدنة القوام.
- خرسانة مبتلة القوام (Wet Consistency) إذا زادت كمية المياه عن الحد المناسب فإن الخرسانة الناتجة تكون منهارة القوام ضعيفة المقاومة يظهر بها الإنفصال الحبيبي والنضح (Segregation & Bleeding)

2-3-4-5 العوامل التي تتحكم في ماء الخلط:

هنالك عوامل تتحكم في ماءالخلط داخل الخرسانة:

1 -نوع العمل الهندسي أي خرسانة الطرق غير خرسانة المنشات.

2 -كميه الماءعند صب الخرسانه في الطرق غير ماء صب المباني.

3-درجهدمك الخرسانة .

4 -المساحه السطحية وكمية الاسمنت ونوع الركام والتدرج الحبيبي اي خواص الركام.

5-التدرج الحبيبي للركام .

6 -درجه حرارة الجو.

2-3-5 الإضافات:

يكاد يكون استخدام الإضافات في صناعة الخرسانة قديما منذ بدء صناعة الخرسانة نفسها فقد استخدم الرومان بعض الإضافات مثل الدماء والبن عند صناعة الخرسانة بإستخدام الأسمنت البوزولاني ومن المعروف عمليا ان الهيموجلوبين الموجود في الدم له تاثير كبير في ادخال الهواء المحبوس في الخرسانة كما له ايضا تاثير في زيادة تشغيلية عجينة المونة.

وفي عام 1930 انتشر استخدام الإضافات في صناعة الخرسانة او المونة وذلك عندما اكتشف فوائد إضافة مساعدات الطحن والعوامل المنشطة واضافات ادخال الهواء المحبوس.

2-3-5-1 تعريف الإضافات:

هي مواد خلاف الاسمنت والركام تستعمل كمكون او عنصر في الخرسانة وتضاف الي ماء الخلط او الخلطة الخرسانية مباشرة قبل او بعد الخلط او اثناء طحن الاسمنت وذلك بغرض إكساب الخرسانة المتصلدة خواص جديدة مطلوبة.

2-3-5-2 الإشتراطات الواجب توفرها عند استخدام الإضافات:

قد ينتج عن استخدام الإضافات تاثيرات ضارة لبعض خواص الخرسانة بالرغم من تحينها لبعض الخواص الأخري،فمثلا المواد المطحونة طحنا ناعما تحسن قابيلة التشغيل للخرسانة إلا انها تقلل من مقاومة الخرسانة في حين انها تزيد من مقدار انكماش الخرسانة ، **وقد نص في اسس تصميم وتنفيذ المنشات الخرسانية المسلحة لتحديد الإضافات علي الأتي:**

*يجب الا يكون لها تاثير ضار علي الخرسانة الناتجة

*يجب الا تؤثر تاثيرا ضارا علي حديد التسليح

*يجب تحديد الحد الأقصي للكمية المستعملة لكل نوع من الاضافات كنسبة مئوية من وزن الاسمنت

*يشترط في الخرسانة المحتوية علي الإضافات الا تقل مقاومتها للضغط والإنحناء ومقاومة التماسك بينها وبين اسياخ حديد التسليح عن 85% من القيم الناظرة في حالة الخرسانة الخالية من الإضافات.

*الا تزيد تكاليف الخرسانة كثيرا أي ان تتناسب الزيادة في التكاليف مع الفائدة المطلوبة مع استخدام الإضافات.

*مراعاة التاثيرات المضادة التي يمكن حدوثها بالنسبة للخواص الأخري للخرسانة.

2-3-5-3 الغرض من الإضافات:

تستخدم الإضافات لأغراض كثيرة بل قد تستخدم لأكثر من غرض واحد إلا انه يمكن إجمال مجموعة الأغراض التالية التي يمكن إستخدام الإضافات فيها:

*المحافظة علي درجة حرارة حفظ الخرسانة

*تقليل الحرارة المتولدة من الإماهة

*تقليل ظاهرة الإنكماش عند الشك والتصلد

*تقليل النضح

*تحسين قابيلة التشغيل للخرسانة الطازجة

*تعجيل الشك أو التصلد للحصول علي مقاومة مبكرة وقد تكون عالية

*إبطاء الشك والتصلد لظروف صب خاصة وفي الأجواء الحارة

*تقليل مفعول بعض التفاعلات الكيميائية

*تحسين المتانة

*زيادة ثبات الخرسانة وتقليل التغيرات الحجمية

*إكساب اللون للحصول علي خرسانة ذات الوان مختلفة

*إنتاج أنواع من الخرسانة خفيفة الوزن

*تحسين مقاومة التاكل والتحمل مع الزمن

*تقليل نسبة النفاذية

*يختلفالغرض من الإضافات بحسب توع المنشأة وظروف إستعماله لذلك تتنوع الإضافات من منشأة الي اخرى بل قد تتنوع في نفس المنشا الواحد بحسب موقع الخرسانة في المنشا.

2-3-5-4 تصنيف الإضافات:

*إضافات تحسين قابيلية التشغيل

*إضافات الهواء المحبوس

*إضافات الغاز المحبوس

*إضافات ملونة للخرسانة

*إضافات تقليل التغير الحجمي

*إضافات معالجة الخرسانة

*إضافات مضادة للبكتيريا

الفصل الثالث:مراحل صناعة الخرسانة وخواصها

4-2 مراحل صناعة الخرسانة وخواصها:

1-4-2 مراحل صناعة الخرسانة:

يمكن تقسيم المراحل التي تمر بها صناعة الخرسانة إلى ثلاث مراحل رئيسية ::

1-1-4-2 مرحلة ما قبل الصب (الاعداد):

- إختيار المكونات وتصميم الخلطات.
- تشوين المواد.
- إعداد الفرم والشدات.
- تحضير الكميات والعبوات.

2-1-4-2 مرحلة الصب:

1-الخلط:

الغرض من عملية الخلط هو تحويل العناصر المكونة للخرسانة الي خليط متجانس التكوين والقوام في اقل وقت ممكن.

نوع الخلط:

-الخلط اليدوي

-الخلط الميكانيكي

زمن الخلط:

يجب أن لا يقل زمن الخلط عن دقيقتين بعد وضع الأسمنت والركام أو لا يقل عن دقيقة واحدة بعد إضافة الماء. وذلك حتى يصبح الخليط متجانس فى اللون والقوام مع مراعاة عدم زيادة سرعة الخلاط عن السرعة المحددة له حتىلا يحدث إنفصال حبيبى.

2- **مرحلة النقل:**

يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مباشرة مع مراعاة تجنب إنفصال مكوناتها على أن لاتزيد المدة مابين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على 30 دقيقة فى الجو العادى و 20 دقيقة فى الجو الحار.

3- **مرحلة الصب:**

تعتبر عملية الصب من اهم العمليات التي تمر بها الخرسانة فالصب يتم خلال الفترة البسيطة التي تتحول فيها مكونات الخرسانة الي مادة لدنة ثم تتحول الي مادة صلدة قوية .

4-الدمك:

بعد عمليةالصب مباشرة تكون الخرسانة الطازجة غير متماسكة مع بعضها من ناحية وحديد التسليح من اخرى لذا فان عملية الدمك ضرورية لتحقيق قوة الترابط بين المواد المكونة للخرسانة مع بعضها وحديد التسليح.

انواع الدمك:

*دمك يدوي: ويستخدم في الدمك اليدوي ادوات من الخشب او الحديد .

يراعى ان يستمر الدمك اليدوي لحين توقف تسرب الفقاعات الهوائية وحتى تظهر طبقة رقيقة من عجينة الاسمنت فوق السطح الخارجي النهائي للخرسانة وعندها يتوقف الدمك لان استمراره يسبب نضح الخرسانة.

*الدمك الميكانيكي:

يستخدم الدمك الميكانيكي الهزازات والغرض من استخدامها هو جعل جزئيات الخرسانة في حركة مستمرة اثناء عملية الهز وذلك بتقليل الاحتكاك بين الجزئيات.

مزايا استخدام الهزازات:

1-زيادة مقاومة الخرسانة للضغط والانحناء.

2-زيادة كثافة الخرسانة.

3-تقليل درجة الامتصاص.

4-زيادة التماسك والترابط بين الخرسانة وحديد التسليح.

5-تقليل التغيرات الحجمية.

5- التشطيب:

معاملة السطح طبيعيا للحصول على سطح معمارى ناعم وذلك بإستخدام الواح ذات اسطح مستوية وملساء لعمل الفرم الخاصة

3-1-4-2 مرحلة مابعد الصب:

المعالجة:

إنمقاومةالخرسانةللضغطوقوةإحتمالهاومقاومتهالنفاذالماءوثباتحجمهايزدادبمرور الوقت بشرط أن تكون الظروف مهيئة لإستمرار التفاعل الكيماوى بين الماء والأسمنت وذلك بحفظ درجة معينة ومناسبة من الرطوبة أو منع الماء من التبخر والمعالجة تتم عن طريق:

***منعتبخرماءالخرسانةبتغطيتهاأوقفلمسامهابعملغشاءأوطبقةمانعةللتبخر.

***إضافة الماء بإستمرار للتعويض عن الماء الذى يتبخر.

المواد المستعملة في المعالجة:

1- الماء.

2- الخيش المرطب.

3- الأغشية المانعة للتسرب مثل : لفائف البلاستيك والورق المانع لتسرب الماء.

4- مركبات أو إضافات المعالجة والتى تعمل على سد مسام الخرسانة.

5- مواد أخرى مثل الرمل الطبيعى والتبن والقش ونشارة الخشب.

وطرق المعالجة كثيرة نذكر منها:

1- الغمر بالماء على شكل برك (فى الأسطح الأفقية والأرضيات).

2- الرش بالماء (حفظ السطح رطبا بين مواعيد الرش مع عدم السماح له بالجفاف).

3- التغطية بالخيش الرطب.

4- التغطية باللفائف المانعة لتسرب الماء.

5- المعالجة بإستعمال المركبات الكيماوية (العازلة للرطوبة - السدودة).

ازالة الفرم:-

إن المدة الواجب إنقضاؤها بين صب الخرسانة وفك الشدات تتوقف على درجة الحرارة وطول البحر ونوع الأسمنت المستخدم وأسلوب المعالجة والحمل الذى سيتعرض له المنشأ بعد الفك.

ويشترط أن لا ينتج عن الفك حدوث أى ترخيم أو شروخ أو تشوهات غير مسموح بها. ويجب مراعاة أن لا تتعرض الخرسانة للإهتزازات أو الصدمات أثناء الفك.

2-4-2 خواص الخرسانة:

2-4-2-1 الخرسانة الطازجة:

خواص تشغيل الخرسانة الطازجة تتوقف على العاملين الأتيتين :

1- السهولة التي يمكن بها تحريك حبيبات الركام والأجزاء الصغيرة من الخرسانة بالنسبة لبعضها البعض.

2- التماسك خلال الكتلة الخرسانية أثناء عمليات النقل والصب والدمكفمثلاً إذا زادت لدونة عجينة الأسمنت بالخرسانة الطازجة فإن ذلك يزيد من تماسكها أما إذا زدات سهولة الترحيل ولكن هذا يصحبه نقص في تماسك الجزئيات وحدوث إنفصال حبيبي في مكونات الخلطة أي ينتج خرسانة طازجة غير متجانسة متصلدة ذات فراغات وتحمل ضعيف.

الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجه:

أ-القوام:

يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة، ويمكن القول بأن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

الغرض من تحديد القوام:

هو ضمان الحصول على خرسانة ذات درجة سيولة أو لدونة تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية.

العوامل التى تؤثر على القوام:

- نسبة مكونات الخرسانة: من ماء ورمل وزلط وأسمنت حيث يزداد الهبوط بزيادة محتوى الماء فى الخلطة أو بزيادة نسبة الأسمنت أو لصغر نسبة الرمل إلى الزلط.
- نعومة الأسمنت حيث يزداد الهبوط بزيادة المساحة السطحية للأسمنت وحتى حوالى 2000 جم /سم2 ثم تقل بعد ذلك بشرط ثبوت جميع العوامل الأخرى فى الخلطة الخرسانية.
- المقاس الإعتبارى الأكبر للركام حيث يزداد الهبوط بزيادة ذلك المقاس ويقل كلما صغر حجم الحبيبات.
- الزمن بين الإنتهاء من الخلط وبين إجراء إختبار الهبوط حيث يقل الهبوط بزيادة الزمن.
- حرارة الجو حيث يقل الهبوط كلما كلمازادت حرارة الجو.
- الإضافات: تعمل الإضافات على تحسين قوام الخرسانة بدرجات متفاوته وأهم هذه الإضافات الملدنات هى مواد سائلة تضاف إلى الخلطة بنسبة 1-3%من وزن الاسمنت.

تحديد قوام الخرسانة الطازجه:

هناك طرق متعددة لتعيين قوام الخرسانة وهي ترتكز على إحدى الأسس الأتية :

1-هبوط الخرسانة الطازجة بعد إزالة قالب التشكيل عقب ملئه مباشرة حيث تعبر قيمة الهبوط عن قوام الخرسانة، ويجرى إختبار الهبوط بإستخدام مخروط ناقص معدني وبأبعاد قياسية إرتفاع 2 بوصة وقطر 8 بوصات وقطر القمة 4 بوصات ويملأ بالخرسانة بأشكال مختلفة(هبوط إنهيار – هبوط قص – هبوط حقيقي) ويقاس مقدار الهبوط بالمليمتر. وتعبر القيمة الماقسة للهبوط عن درجة قوام الخرسانة الطازجة.

2- إختراق جسم معدني محدد للخرسانة الطازجة من مساحة معينة تحت تأثير وزنه الذاتي فقد يعبر عن مدى تغلغل الجسم المعدني داخل الخرسانة الطازجة عن حالة قوام الخرسانة.

3- إنسياب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها لإهتزازات ترددية حيث تعبر النسبة المئوية للإنسياب عن القوام حيث أن زيادته تتناسب مع زيادة درجة البلل للخرسانة الطازجة.

ويتم إختبار الإنسياب بوضع الخرسانة الطازجة عقب الخلط مباشرة مخروط ناقص بأبعاد قياسية.

جدول (2-3) درجات قوام الخرسانة الطازجة:

قوام الخرسانة	الهبوط مم
جاف Dry	صفر – 20%
صلب Stiff	10 – 40%
لدن Plastic	30 – 120%
مبتل Wet	100 – 200 %
رخو Sloppy	180 – 220 %

2-قابلية التشغيل:-

قابلية التشغيل هى خاصية الخرسانة الطازجة التى تبين السهولة التى يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للإنفصال الحبيبى

العوامل التي تؤثر على قابلية التشغيل:-

1-الركام:

مقاس الركام: زيادة نسبة الرمل تزيد من الإحتكاك وبالتالى تزيد صلابة الخلطة .

شكل حبيبات الركام: الحبيبات المدورة أكثر قابلية للتشغيل بينما الحبيبات الزاوية والمفلطحة وغير المنتظمة صعبة التشغيل

حالة السطح: تقل درجة التشغيل بسبب خشونة السطح مثل حالة الأحجار المكسرة.

المسامية: تقلل زيادة المسامية من حركة الحبيبات وتزيد من الإحتكاك الداخلى بينها وتقل التشغيلية.

*المقاس الإعتبارى الأكبر:إزدياد حجم الحبيبات يقلل من القابلية للتشغيل وممكن ذلك يكون معتمداً على كيفية صب الخرسانة وطبيعة المنشأ.

2-الاسمنت:

نوعه: حيث تؤثر طرق صناعة الأسمنت على التشغيلية نتيجة تغير درجة التشحيم فى كل نوع.

نعومته: زيادة نعومة الأسمنت يزيد من درجة تشغيل الخرسانة ولكن تكاليف طحن وتنعيم الأسمنت مكلفة جداً بحيث لا توازي المكسب فى زيادة درجة التشغيل.

سخواص العجينة: نسبة الركام إلى الأسمنت حيث تؤثر هذه النسبة على القابلية للتشغيل بدرجات متفاوته تعتمد على عدة عوامل مختلفة مثل المساحة السطحية ونصف قطر الركام والحجم.

3- الماء :

فى الخلطات الفقيرة بالأسمنت فإن زيادة الماء لا يؤثر تأثيراً كبيراً على القابلية للتشغيل أما فى الخلطات الغنية فإن زيادة الماء لها تأثير كبير وحساس على القابلية للتشغيل.

4-الاضافات :

تعمل الإضافات على تحسين درجة التشغيل للخرسانة بدرجات متفاوته.

اختبار الهبوط لتحديد القوام:

يتم الاختبار باستخدام القمع القياسي والذي تكون ابعاده (10*20*30) يتم وضع الخرسانة فيه على ثلاث طبقات كل طبقة بارتفاع 10سم ويتم دمكها باستخدام القضيب القياسي عدد 25 ضربة متفرقة ، وبعد الانتهاء يتم رفع القمع راسيا وترك الخرسانة تهبط تلقائيا تحت وزنها وقياس مقدار الهبوط .

الشكل (2-9).توضيح جهاز اختبار الهبوط

النزف:-

النضح هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا بعد دمكها و تسويتها.

اسباب النزف:

كثرة الدمك الذى يؤدى إلى هبوط الركام إلى أسفل وصعود العجينة الأسمنتية إلى أعلى وكذلك زيادة ماء الخلط وأضرار النضح تتلخص فى الآتى:

1- إحتواء الطبقة العليا على نسبة عالية من الماء مما يسبب وجود فراغات فى تلك الطبقة نتيجة تبخر الماء وبالتالى ضعف مقاومة الخرسانة.

2-عند صعود الماء إلى أعلا قد يحمل معه جزيئات ناعمة من الأسمنت تكون طبقة هشة على السطح بعد تبخر الماء وجفافه ولذلك يلزم إزالة هذه الطبقة قبل الإستمرار فى الصب

3- تراكم طبقة رقيقة من الماء تحت سطوح الركام الكبير والحديد مما يؤدى إلى فراغات وضعف قوة التماسك بين الخرسانة و حديد التسليح.

الانفصال الحبيبي:

الانفصال الحبيبي هو انفصال مكونات أي خليط غير متجانس (مثل الخرسانة) بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم. ويوجد نوعان من الإنفصال الحبيبى للخرسانة:

١-إنفصال الحبيبات الكبيرة من الركام نتيجة لكونها أكثر ترسباً . وذلك يكون فى الخلطات الجافة جداً وخاصة الفقيرة فى الأسمنت.

2- انفصال الاسمنت اللباني ويكون في الخلطات المبتلة.

اسباب الانفصال الحبيبي:

1- الخلط: عند زيادة زمن الخلط عن الزمن اللازم والمناسب .

2- النقل: عند نقل الخرسانة إلى موضع الصب يمكن حدوث إنفصال نتيجة الرج و التأرجح.

3- الصب: يجب مراعاة الصب من مسافات بعيدة.

4-الدمك:الدمك الزائد قد يسبب إنفصالاً حبيبيا.

النضح:

هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة الطازجة المصبوبة حديثاً بعد دمكها وتسويتها لذلك يطلق عليها ظاهرة إكتساب الماء ، وينتج النضج من عدم قدرة المواد المكونة للخرسانة من الإحتفاظ بجميع ماء الخلط المنتشر بالخلط.

آثار النضح:

- نتيجة لحدوث النضح للخرسانة فإن الطبقة العليا لها تكون زائدة البلل تحوي نسبة عالية من الماء الأمر الذي يسبب وجود فراغات وبالتالي ضعف الخرسانة في التحمل وضعف في المقاومة. وغالباً يصاحب النضح إنكماش وإنفصال حبيبي للخرسانة ويرجع غالباً إلى إستخدام كمية كبيرة من ماء الخلط.

ويمكن التحكم في النضح جزئيا وذلك بالاتي :

- تقليل محتوى الماء للخلطة الاسمنتية .
- استخدام رمل ناعم واسمنت ناعم .

2-4-2-2 الخرسانة المتصلدة :

يعتمد مدي تصلد الخرسانة على مدي إستكمال درجة التفاعلات فزيادة درجة التفاعل تزيد كثافة الحجر الأسمنتي ويزداد الترابط بين حبيبات الركام ويقل حيز الفراغات وتتحول المادة مع الزمن إلى مادة صلبة قوية وتتأثر درجة التفاعلات بتوفر كمية الأسمنت اللازمة التفاعل وبعد توفر الرطوبة الكافية حول الخرسانة لمنع تبخر الماء مع أهم الضروريات لأستكمال التفاعل ، وتعتبر المعالجة السليمة للخرسانة منذ يومها الأول من بداية تماسكها وتصلبها من أهم العوامل المساعدة

لإستكمال التفاعل على الوجه الأكمل وضمان سير تصلد الخرسانة الذي يؤدي إلى أجود مقاومة وأفضل خواص.

*** خواص الخرسانة المتصلدة :**

من المعروف أن خواص الخرسانة المتصلدة تتغير بمرور الزمن وتغير الظروف المحيطة بها والقياسات المطلقة للخواص المتصلدة تكون ذات أهمية للدرجة التي توضح فيها الخواص ذات معني في الحالات التي تشمل فيها نجاحاً في التحقق من وجود الخواص المطلوبة وعند التصميم الإنشائي يجب أن يراعي أن قيم الخواص المتصلدة المستخدمة كأساس في التصميم ذات حد أدني للأمان لتعطي منشأ معيناً مامونا ً بأستخدام المواد المتوفرة وتحت الظروف المحيطة ومن أهم هذه الخواص هي المقاومة .

***العوامل المؤثرة علي المقاومة :**

يمكن إعتبار المقاومة بشكل عام على أنها واحدة من أهم الخواص الخرسانية رغم أنه في العديد من الحالات التطبيقية توجد خصائص أخرى قد تكون في الواقع أكثر أهمية من المقاومة مثلالديمومة والنفاذية.

وللخرسانة عموماً أنواع كثيرة ولكل نوع منها خواص أو خاصية معينة تختلف عن غيره وتعطي الغرض من إستخدامه ، فمثلا الخرسانة المستخدمة في عمليات إنشاء الطرق تمتاز بأنها تتحمل وتقاوم عوامل البري التي تتعرض له وسائل النقل المختلفة ، كما تمتاز خرسانة الخزانات بعدم تفاديتها أي مقاومتها لمنفذية السوائل المختلفة أما خرسانة الأساسات فإنها تقاوم الأحمال الثقيلة كما تقاوم التآكل نتيجة للتفاعلات الكيميائية مع الأملاح الموجودة ، ومن هذه الأمثلة نرى كيف أن لكل نوع من أنواع الخرسانة خاصية مميزة تجعله دون غيره ملائما لعمل إنشائي معين ، ولكن هنالك خاصية هامة مشتركة هي مقاومة الخرسانة للضغط. يمكن إجمال الغرض الذي من أجله يقام أي منشأ خرساني في وظيفة أساسية وهي مقاومة القوى المؤثرة عليه أيا كانت طبيعتها.

تعتبر مقاومة الخرسانة دليلاً مباشر أو غير مباشر لكثير من الخواص الأخرى الهامة وعموماً تتميز الخرسانة عالية المقاومة بأنها أكثر صلابة أو غير منفردة للسوائل ومقاومتها للعوامل الجوية والمتلفة كبيرة هذا بالرغم من أن الخرسانة التي يكون مقاومتها كبيرة قد تكون معرضة أكثر للتشقق بالجفاف كما قد تكون أقل قابلية للتمدد ومن ثم تكون أكثر عرضة لحدوث شروخ لها. وبملاحظة هذه العلاقات المختلفة ومع معرفة سهولة إجراء إختبارات مقاومة الخرسانة كل ذلك يجعل مقاومة

الخرسانة أساسا في تحديد الجودة وتقدير تأثير العوامل المتغيرة الأخرى مثل المواد المكونة نسب الخلط والمعدات والأجهزة والطريقة المستخدمة في الإنشاء.

قسمت مقاومة الخرسانة المتصلدة إلى خمسة أنواع كالأتي :

1- مقاومة الضغط :

هي اهم خواص الخرسانة وتعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، مقاومة الضغط هى المقاومة الأم للخرسانة ، حيث أن معظم الخواص الاخري الشد والانحناء مع حديد التسليح تزيدوتتحسن بزيادة مقاومة الضغط. مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح بين 250 الي350كج/سم^2، أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة التجهيز فمقاومة الضغط تزيد وتصل500كج/سم^2 والوحدات الخرسانية سابقة الإجهاد ذات مقاومة للضغط تزيد عن400كج/سم^2 وقد تصل 600كجم/سم^2.

العوامل التي تؤثر على مقاومة الضغط:

تتأثر مقاومة الضغط بعوامل وهي:

1- المواد المكونة ونسب الخلط .

2- طرق صناعة الخرسانة

3 - ظروف المعالجة

2- **مقاومة الشد**Tensile Strength:

تتحمل الخرسانة العادية المتصلدة مقاومة الضغط بدرجة كبيرة ولذلك يجرى تصميم الخرسانة بإعتبارها تقاوم إجهادات الضغط أساساً ، أما بالنسبة لمقاومتها لقوى الشد فإنها تعتبر ضعيفةالمقاومة للشد إذا ما قورنت بمقاومتها للضغط ويرجع هذا لكونها مادة قصفة، كلما زادت مقاومة الخرسانة للضغط كلما قلت الزيادة النسبية لمقاومة الشد الي أن تصل مقاومة الضغط 800كجم /سم^2 عندها تصل مقاومة الشد إلى أقصى قيمة لها والتى تتراوح من60إلي70كجم/سم^2.

3- **مقاومة التماسك** Bond Strength:

مقاومة التماسك هى مقاومة الخرسانة لإنزلاق سيخ التسليح الملتصق بها والموجود بداخلها.

يتم التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح بواسطة الاتي:

-الإلتصاق مع الخرسانة.

–قوى الإحتكاك بين الخرسانة والسيخ.

-التحميل على النتوءات فى الأسياخ.

تعتمد مقاومة التماسك على كلٍ من خواص الخرسانة وخواص الحديد وكذلك على مساحة التلامس بينهما ، وتتراوح مقاومة التماسك من 25إلى 45 كج/سم^2 وذلك فى حالة الخرسانة ذات المقاومة العادية أما فى حالة الخرسانة عالية المقاومة فإن مقاومة التماسك قد تصل إلى 80 كج/ سم^2 أو أكثر. ويجرى إختبار تعيين مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح و ذلك بتحديد الحمل المسبب لإنهيار وإنزلاق سيخ حديد التسليح داخل الخرسانة.

4- مقاومة القص Shear Strength:

قوى القص المباشرة هي قوتين متساويتين ومتوازيتين تؤثران على مستويين على مسافة صغيرة جداً من بعضهما. لا يمكن تحديد مقاومة الخرسانة للقص بصورة صحيحة لان قوة القص تكون مصحوبة بعزم إنحناء اي إجهادات شد وضغط.

مقاومة القص فى الخرسانة أكبر من مقاومتها للشد بحوالى 20إلى 30% أى أنها حوالى 10 إلى 12% من مقاومة الضغط.

5- **مقاومة الإنحناء:**Bending Strength:

مقاومة الإنحناء تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة بنسبة من 60 إلي100% وتؤخذ مقاومة الشد مساوية 60% من مقاومة الإنحناء.

الفصل الرابع:الالياف الزجاجية والخرسانة الليفية

5-2 الالياف الزجاجية:

1-5-2 مقدمة:

أجريت العديد من الأبحاث بهدف إيجاد ألياف بديلة لألياف الإسبيستوس غير قابلة للإحتراق،ولذلكفقد جرت محاولات عديدة لتصنع الألياف من مادة الزجاج و لكن كان النجاح محددا".ولقد تقدمت هذه التكنولوجيا عند نهاية الثلاثينيات عندما إستطاعت شركة owens corning company بدء الإنتاج الكمي للألياف الزجاجية. وتصنع الألياف الزجاجية من الزجاج الذي يتم صهره ثم يبثق في شكل خيوط دقيقة طويلة. وكما هو معروف فالزجاج يصنع من رمل السليكا والجير الصودي بالإضافة إلى كميات من مكونات أخرى مثل الرماد الصودي و البوراكس و هيدروكسيد الألمونيوم.

يتم إنتاج الألياف الزجاجية إما على شكل خيوط مستمرة أو في صورة ألياف قصيرة التيلة ويتم معاملة كلا الشكلين بنفس المعالجات و العمليات الأولية. و يتم خلط المكونات التي سبق إختيارها كما يتم تحديد الأشكال و التكوينات الدقيقة بالإستخدامات النهائية للمنتج و يسمى مخلوط المكونات بالعجنة الزجاجية ، و هو يتكون إما يشكل مباشر إلى شكل ألياف في طريقة الصهر المباشر، او يصنع على شكل رخام زجاجي صغير يصل قطر الواحدة منها حوالي 1.5 سم و تسمى كسارة الزجاج المعدة للصهر، ويتم تغذية كيارة الزجاج إلى داخل فرن بلاتيني كهربي، وعندما يصل الفرن إلى درجة الحرارة الصحيحة يتم إخراج و دفع مصهور الزجاج منه إلى قاعة تحتوي عدد من الثقوب الدقيقة التي يصل عددها إلى المئة عند قاع الفرن، و عندها يتصلد الزجاج عندملامسته للهواء مكونا ألياف دقيقة غلى شكل ضفائر زجاجية مرئية، وتسحب هذه الضفائر معا" لتكون خيوطا" يتم تشحيمها أو تزيتها و تلف. أما إذا أردنا الحصول على ألياف قصيرة التيلة يصل طولها ما بين 20-37.5 سم فإن الألياف الزجاجية يتم قصها بتيار من الهواء النفاث يعمل على كسر ضفائر الزجاج إلى أطوال قصيرة

2-5-2 خواص الألياف الزجاجية:-

المظهر الفيزيائي :

يمكن رؤية الألياف الزجاجية تحت المجهر مثل القضبان الزجاجية الصغيرة. و يتحدد مظهر الألياف بحجم أو مقاس الفتحات التي يتم بثقه منها. وبشكل عام يتم تحديد الحجم و إختياره طبقا لما هو مطلوب في اللإستخدام النهائي للألياف.

تتميز الألياف الدقيقة بمرونتها العالية والألياف شديدة النعومة مستديرة ذات بريق عالي و عديمة اللون إلا إذا أضيفت لها صبغات و ملونات السيراميك ، والتي تضاف لمصهور الزجاج قبل تحويله إلى ألياف.

الخصائص :-

القوة أو التماسك :

الألياف الزجاجية لها قوة إستثنائية في مقاومة الكسر لذا فإنها تعتبر من أقوى أنواع الألياف إلا أنها تواجه مشكلة صعبة و هي فقد مقاومة تآكل الثني فهي معرضة دائما للثني عند طيها ،و يحدث فيها تآكل في المناطق التي تحتك فيها الألياف مع الأشياء الأخرى.

الكثافة :

تتراوح كثافة الألياف الزجاجية ما بين 2.5-2.7 جم \سم3 مما يشعر بثقل وزن الألياف ، وعند تصنيعها على شكل منسوجات لابد من وضع ستارة قضبانية مدعمة حتى نتمكن من مقاومة هذا الوزن الكبير

المرونة-الرجوعية-ثبات الأبعاد :

الألياف الزجاجية غير مرنة كما أن لها ثبات في الأبعاد ، و في نفس الوقت فإن نقص مرونتها لايؤثر بشكل معاكس في شفاء التجعد ، فالألياف الزجاجية ذات مقاومة ممتازة لحدوث التجعد.

قابلية الإمتصاص :

الألياف الزجاجية لا تمتص الماء و الرطوبة على الإطلاق و ليس لديها قابلية للألوان . و لذلك فإن أفضل طريقة لتلوينها هي إضافة و إدخال ألوان السيراميك إليها و هي في الحالة المنصهرة قبل تحولها إلى ألياف إلا أن القائمين على التصنيع يفضلون إضافة الألوان في مراحل لاحقة ، و لقد أبتكرت طريقة تسمى التتويج تساعد تلوين الألياف الزجاجية و تحسن

اللدونة و ثبات الحجم تتم من خلال ثلاث مراحل ، الأولى يتم تشبيع أو تشريب السليكا المتشتتة إلى داخل الألياف حيث تساعد على الإمساك و الإحتفاظ بالألياف متقاربة و مترابطة و تقليل زلاقة الخيوط . أما في المرحلة الثانية فيتم تسخين الألياف حتى يحدث إستقرار حراري مع حدوث إنثناء أو تجعد خفيف يعمل على تحسين المناولة كما تسبب المناولة الحرارية إلتصلق السليكا مع بعضها و تجعلها متقاربة ، و عند هذه المرحلة يمر النسيج إلى الحمام المائي الذي يحتوي على الملونات و كذلك الرانتج الذي يقوم بربط و ضم الصبغات إلى الألياف.أما المعالجة الأخيرة فالهدف منها هو تثبيت الراتنج المادة الرابطة ثم يجفف النسيج بعد ذلك.

التوصيل الحراري و الكهربي :

الألياف الزجاجية عديمة التوصيل للحرارة و الكهرباء و لهذا السبب تستخدم في الصورة الألياف القصيرة في العديد من الأغراض الخاصة بالعزل الكهربي .

تأثير الحرارة و القابلية للإحتراق :

الألياف غير قابلة للإحتراق نهائيا فعند وضعها في اللهب يتحول لون مواد التجهيز إلى اللون للداكن نتيجة لتدمير و تلف الراتنج و المواد الملونة المستخدمة معه ، إلا أن الألياف والخيوط و التركيب المنسوج لن يتأثر على الإطلاق و تتلين الألياف الزجاجية عند درجة حرارة 732 أو أعلى من ذلك.

سلوك الألياف الزجاجية فيما يختص بالظروف المختارة :

لا تؤثر الأحماض بشكل عام على الألياف الزجاجية ، إلا أن المواد القلوية لها تأثيلر ضار ، كما لا تؤثر المذيبات العضوية على الألياف . إلا أن بعض مواد التنظيف الجاف يمكنها أن تؤثر بشكل عكسي على الراتنج المستخدم في عمليات التشطيب و التجهيز للألياف الزجاجية و لا تؤثر مواد التبيض الكلورية على هذه الألياف ، إلا أننا لا نحتاج إلى مواد تبييض حيث أن الألياف لا تصيغ أو تفقد لونها .

جدول (2-4) يبين خصائص الألياف الزجاجية:

الكثافة	2.54
التماسك في الحالة الجافة	9.6 – 6.3
التماسك في الحالة المبللة	6 – 5.4
نسبة إكتساب الرطوبة	%0
الرجوعية	ممتازة
الإحتراق	لا تحترق بل تتلين عند درجة 732
التوصيل الحراري	ضعيف
التوصيل الكهربي	ضعيف

2-6 الخرسانة الليفية:-

2-6-1 مقدمة:

هي الخرسانة المصنوعة من الاسمنت والركام والمحتوية علي الياف موزعة توزيعا عشوائيا في جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية.

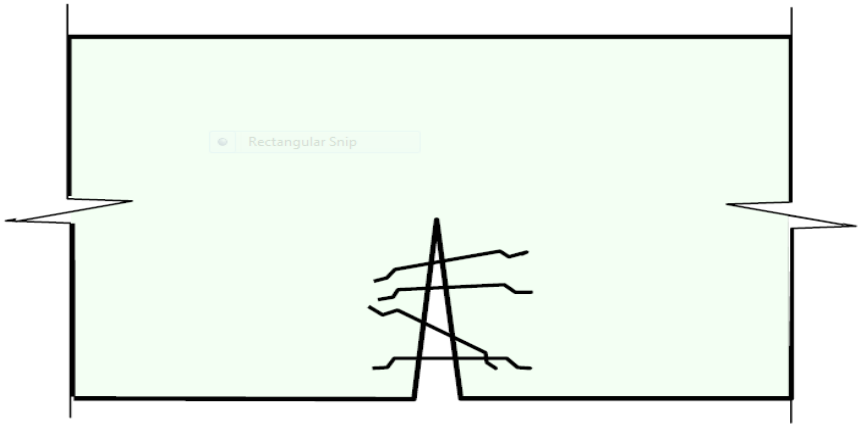
ويتم صناعتها اما من الصلب ، البلاستيك ، الزجاج او اي مواد اخري بمختلف الاشكال والمقاسات.

وبما ان الخرسانة ضعيفة في مقاومة الشد لذلك يتم اللجوء الي استخدام الالياف لتحسين مميزاتها للمنشات.

منذ زمن بعيد تم اضافة القش والطوب والطين وشعر الحصين لتقوية المواد الرابطة والاسبستوس لتقوية الفخاريات.

استخدام الالياف يزيد المقاومة والمطاوعية ، لكن هذا يتطلب مهارة في العمل وحذر في انسياب الخرسانة.

ويتضح التاثير الكبير والفعال للالياف في مقاومة قوة القص وزيادة معاير المرونة والمتانة وتعمل علي تحسين مقاومة الخرسانة للشد،الانحناء،الصدم والانكماش كما انها تعمل علي تقليل الشروخ والحد من اتساعها .



شكل (2-10) يوضح دور الألياف في تقليل اتساع الشقوق

2-6-2 انواع الالياف:-

2-6-2-1 الألياف الزجاجية:-

الألياف الزجاجية أو الفايبر جلاس هي مادة مصنوعة من ألياف رفيعة جدا من الزجاج . وهذه الألياف تكون أدق من الشعر البشري ، وهي في مظهرها وملمسها كالحرير ، والألياف الزجاجية المرنة أقوى من الصلب ، وهي مادة قوية للغاية وخفيفة الوزن .

ومن استخداماتها أنها تستخدم في صناعة الطائرات عالية الأداء ، والقوارب ، والسيارات ، وأحواض المياه الساخنة ، وخزانات المياه ، والسقوف ، والأنابيب ، والتغليف ، وألواح التزلج على الماء ، وصناعة السجاد ، وفي صناعة الأنسجة المقاومة للحرارة والتأكل ، وصنارير صيد السمك ، وبناء أجزاء من المركبات الفضائية .

2-6-2-2 الألياف الفولاذية:-

تنتج الياف الصلب بواسطة عملية الإنصهار وفي هذه الطريقة تستعمل عجلة دوارة تلامس سطحا ساخنا للمعدن لتسحب المعدن السائل معها لتجمده بسرعة ثم تلقي بواسطة القوة الطاردة المركزية وللالياف في هذه الحالة شكل غير منتظم.

وقد تجمع بواسطة اصماغ قابلة للذوبان في الماء علي هيئة حزم يتكون كل منها من (10-30) ليفة لتسهيل المناولة او الخلط.وقد توجد عدة اشكال اما ان تكون مستقيمة او غير مستقيمة الاطراف،والاقطار تتراوح بين (0.5-0.8)ملم .

2-6-2-3 الالياف العضوية والمعدنية والطبيعية:-

هي الالياف الناتجة من المواد الطبيعية مثل الاخشاب والاسبستوس والقطن والخيزران والدعامات الصوفية فلديها مدي كبير من المقاسات وتكون تشكيلة واسعة من الحجوم.

2-6-2-4 الالياف البرولينية:-

قد يستخدم البلاستيك ، النايلون ، البولي بروبلين ، البولي ايثيلين ، البوليستر والحديد الصناعي كالياف باقطار تتراوح بين (0.02-0.4) ملم

2-6-3 الخواص الميكانيكية للخرسانة المدعومة بالالياف:-

تم اعداد بحث بواسطة قسم الهندسة المدنية باحدى الجامعات حول دراسة الخواص الميكانيكية للخرسانة الليفية والسلوك الإنشائي للابيام الخرسانية الليفية المسلحة مع او بدون مواد مسبقة الإجهاد وذلك لإختلاف مركبات الإنحناء والقص والإلتواء لدراسة السلوك الميكانيكي،وتستعمل الخرسانة الليفية ايضا مواد محلية.

مثلا اذا حملت عينة خرسانية مدعومة بالالياف فسوف تظهر مرحلتين لمنحني الحمل والانحراف الاولي خطية تقريبا اما الثانية غير خطية.

تتفاوت اشكال منحني الحمل والانحناء كثيرا تبعا لكمية وطول وتوجيه الالياف ويتوقف بالنسبة للالياف الصلبة علي المقاومة والمطاوعية ونوع الشكل عند النهايات.وتعتبر محتوي الالياف للخليط وتشكله وتوزيعه ذو اهمية خاصة في تحديد خواص الخرسانة المدعومة بالألياف.

تحديد مقاومة الشرخ الاول او حد التناسب للخرسانة المدعومة بالالياف ميكانيكيا وتعتمد ميكانيكية المسافات بين الالياف علي فصل اصطياد الشروخ بواسطة الالياف وعلي نظرية ميكانيكية التصدع المرن اما المبدا الاخر فيعتمد علي قوانين خلط المواد المركبة.

بالرغم من ان لكل من متغيرات المقاومة والتحمل والقابلية للتشغيل (نسبة الماء الي الاسمنت ، محتوي الهواء ، الكثافة) دور مهم في تحديد تلك الخواص وايضا تؤثر هذه المتغيرات علي الترابط مع الخرسانة وكذلك علي خواص الخرسانة المدعومة بالالياف.

2-6-4 التباعد بين الالياف:-

يمكن زيادة المقاومة او المرونة للخرسانة بواسطة موانع داخلية للتصدع او بواسطة متانة التشرخ او انقاص مقاس التصدع او بخفض معامل حدة الإجهاد عند طرف الشروخ الداخلية.

تم حساب المسافة بين الالياف تبعا للمعادلة الاتية:

S=المسافة بين مراكز الالياف

D=قطر الالياف

P=نسبة الالياف بالحجم

2-6-5 المواد المركبة:

عند تعرض كمرة من الخرسانة العادية غير المسلحة بالالياف لزيادة في الاحمال فسوف يؤدي التشرخ الذي يحدث في منطقة الشد الي انهيار الكمرة،ويحدث هذا التشرخ بعد حدوث تشرخات داخلية في الكمرة ويعرف حد التناسب للخرسانة المدعومة بذلك الحمل الذي تكون قبله العلاقة بينه وبين الانحراف خطية ويمكن إهمال تاثير الشروخ،حيث ان للصلب معاير مرونة قدره عشر مرات معاير مرونة الخرسانة العادية ،وتزيد إضافة الالياف للخرسانة من مطاوعيتها كثيرا حسب نوع ونسبة الالياف مما يؤدي الي زيادة في مقاومة الشد والضغط والانحناء وبهذا يتحسن العيب الاساسي في الخرسانة العادية،تزيد بعض الالياف ذات الاطراف غير المستقيمة وذات النسب العالية من كفاءة المقاومة،ويمكن ان يقلل استخدام هذه الالياف من الالياف المستقيمة بنسبة 40%.

ويمكن اعطاء فكرة تقريبية لتاثير الالياف علي الخواص المرنة للمواد المركبة.

$$EC=(EF*VF)-(EM*VM)$$

حيث:

EM،EF،EM=معايرات المرونة للمادة المركبة والالياف ومادة الخلطة الاساسية

VM=النسبة الحجمية للخلطة

VF=معدل التوزيع العشوائي للالياف

إلا انه يمكن تطبيق المعادلة السابقة للالياف المستمرة حيث ان الالياف تستخدم في الطبيعة وهي منفصلة،اما تاثير توجيه الالياف فيصعب تقدير تاثيره علي المقاومة.

2-6-6 قابلية التشغيل:-

إختبار الهبوط التلقيدي ليس اجراء جيد لقابيلة التشغيل للخرسانة الليفية المسلحة ولكن يعتبر إختبار مخروط الهبوط المعكوس هو الانسب في حالة الخرسانة الليفية.

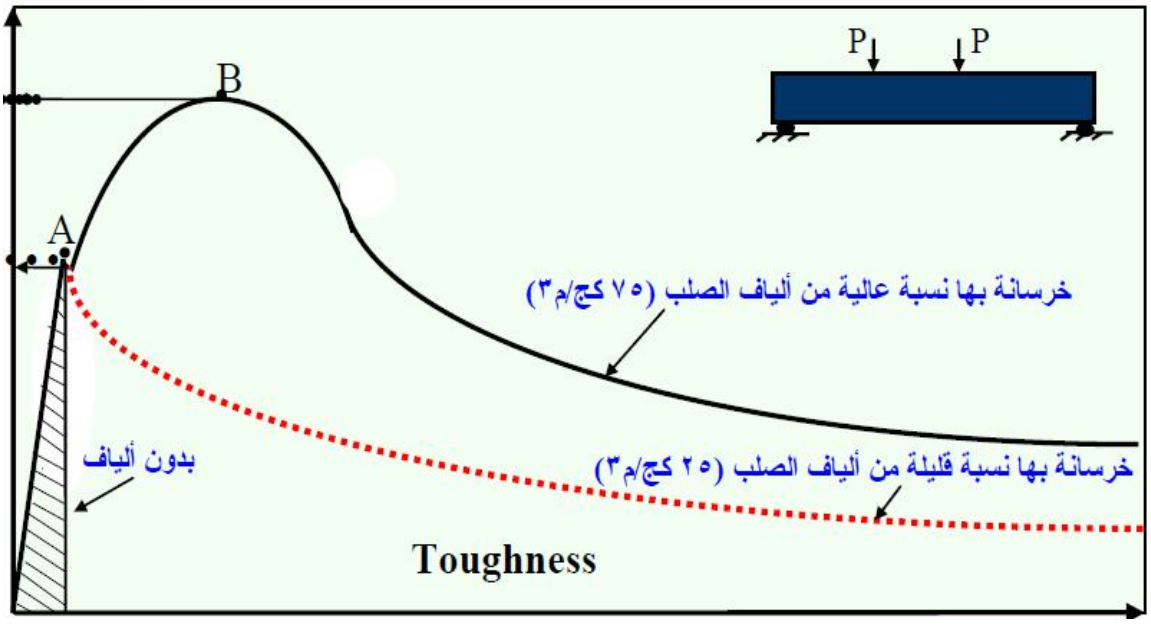
إختبار الهبوط التقليدي واختبار الهبوط المعكوس اجريا لمقارنة اداء الخرسانة البلاستيكية الليفية مع الانواع المختلفة للالياف حيث لوحظ ان الالياف غير مستقيمة الاطراف تؤدي اداء حسنا اثناء الخلطة.

اللالياف المستقيمة من الضروري اضافتها الي الخلطة باليد لتجنب تكويرها وتتم اضافتها بعد دقيقتين تقريبا الي مزيج الخلطة الخرسانية وعند الجوع الي الخلطة بعد دقيقتين يتم التعرف علي تاثير محتوي الليف علي كل من الهبوط والهبوط المعكوس وهو يري بشكل واضح بان محتوي الليف زاد من (0-2) وذلك يقود الي ان قيمة الإنخفاضات نقصت.يتطلب المخروط المعكوس لينحرف ومن يتراوح بين (70-20) ثانية.

2-6-7 مميزات وخصائص إستخدام الخرسانة الليفية:-

الالياف لها القدرة علي تحسين مقاومة الخرسانة في الشد والقص والانحناء والصدم والانكماش كما انها تعمل علي تقليل اتساع الشروخ واعادة توزيعها.

يظهر التاثير الفعال للالياف في زيادة مقاومة الضغط واهم وظيفة للالياف انها تزيد من قيمة معاير المتانة للمادة زيادة كبيرة جدا.الشكل (6) يوضح منحني الحمل والتشكل للخرسانة الليفية ومدي زيادة المتانة في الخرسانة الليفية وبالتالي فهي تحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر مفاجئ وخطر الي كسر غير قصف وتدريجي.



الشكل (2-11) يوضح منحني الحمل والتشكل للخرسانة الليفية ومدي زيادة المتانة فيها

والشكل (2-12) يوضح مقارنة بين كمرتين متشابهتين من الخرسانة احدهما بدون الياف والاخري تحتوي علي الياف ويوضح التاثير الكبير والفعال للالياف في مقاومة قوي القص وزيادة معاير المتانة.

الشكل (2-12) يوضح مقارنة بين كمرتين إحداهما بدون الياف والاخري تحتوي علي الياف

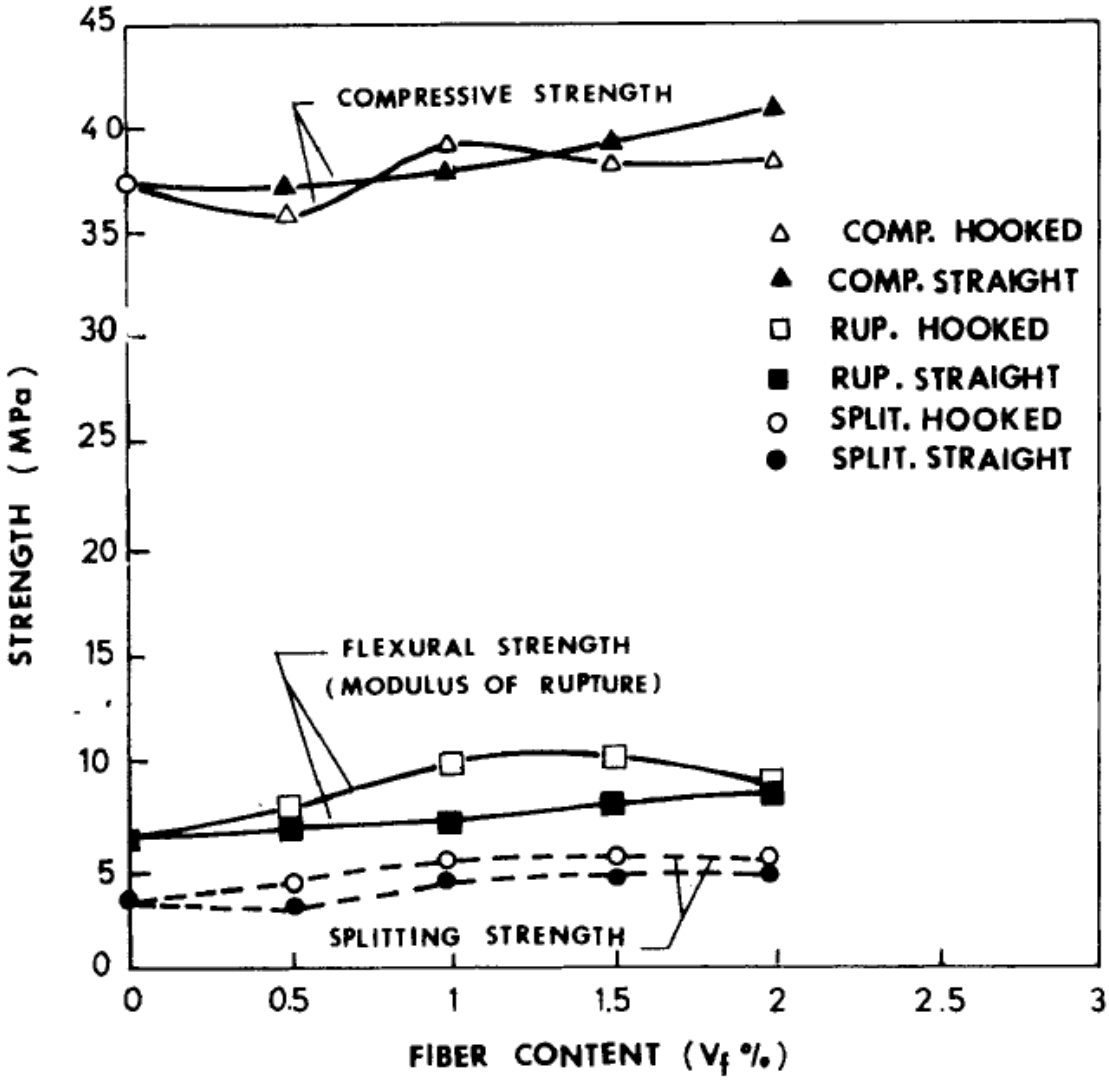
8-6-2 مميزات الخرسانة المدعمة بالألياف:

في حالة استخدام الالياف المستقيمة فإن عامل المرونة يبدو في حالة نقصان حتي وصوله الي مرحلة الفشل وذلك نسبة لان الخروج المستمر والتفوق المستمر بالنسبة للالياف المستقيمة يبدو وكأنه اكثر ثقلا.إستخدام الالياف يقلل من ظهور التشققات وإتساعها الامر الذي يتطلب طاقة إضافية عند الشقوق فإن الالياف تساهم فيها مساهمة فعالة وذلك بزيادة الترابط بين الالياف كما ان الطاقة الإضافية المطلوبة لإستقامة النهايات المموجة الموجودة في تلك النهايات قبل إكماله.إن اضافة 1.5 من الالياف غير مستقيمة الاطراف يؤدي الي الزيادة القصوي المثلي في معدل المرونة،هذا يؤدي الي زيادة قوة المرونة بنسبة (60-170)% بينما إضافة 2% من الالياف المستقيمة يعطي زيادة مثلي لمعدل المرونة تقدر بحوالي 40% او اكثر من خرسانة بيضاء مقارنة ب250% زيادة كما هو موجود في النظريات العلمية الموجودة بإستخدام 4% من الالياف.

وإستخدام جرعات اكبر من الالياف غير مستقيمة الاطراف بنسبة 2% من عينات الإختبار فإن الالياف تتوزع بصورة عشوائية وهذا يؤدي الي نقصان طفيف في القوة الجدول (1) والشكل (8) يوضحان المقارنة ما بين هذين النوعين من الالياف.

جدول (2-5) يوضح مقاومة الضغط بإستخدام الالياف المستقيمة وغير المستقيمة في (7) ايام:

V_f(%)	Compressive Strength		Modulus of Rupture		Split Tensile Strength	
	Hooked (MPa)	Straight (MPa)	Hooked (MPa)	Straight (MPa)	Hooked (MPa)	Straight (MPa)
0.0	37.3	37.3	6.15	6.15	3.43	3.43
0.5	35.8	37.0	7.68	6.60	4.21	3.60
1.0	39.1	37.9	9.81	6.97	5.26	4.72
1.5	38.0	39.2	10.20	7.78	5.15	4.91
2.0	38.2	40.8	8.70	8.35	5.15	5.10

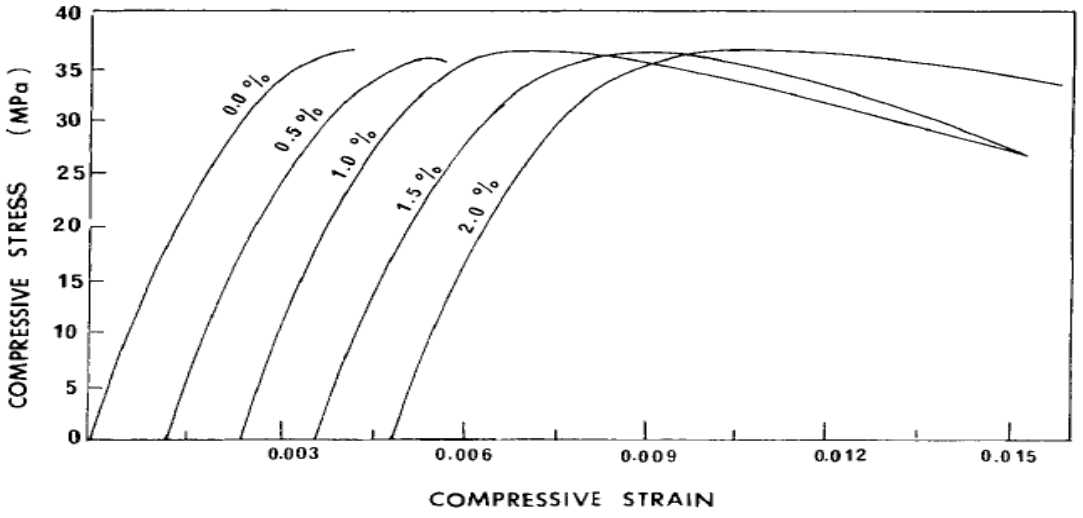


الشكل (2-13) يوضح مقاومة الضغط،والانحناء ومقاومة الشقوق للالياف المستقيمة والغير مستقيمة خلال (7) ايام

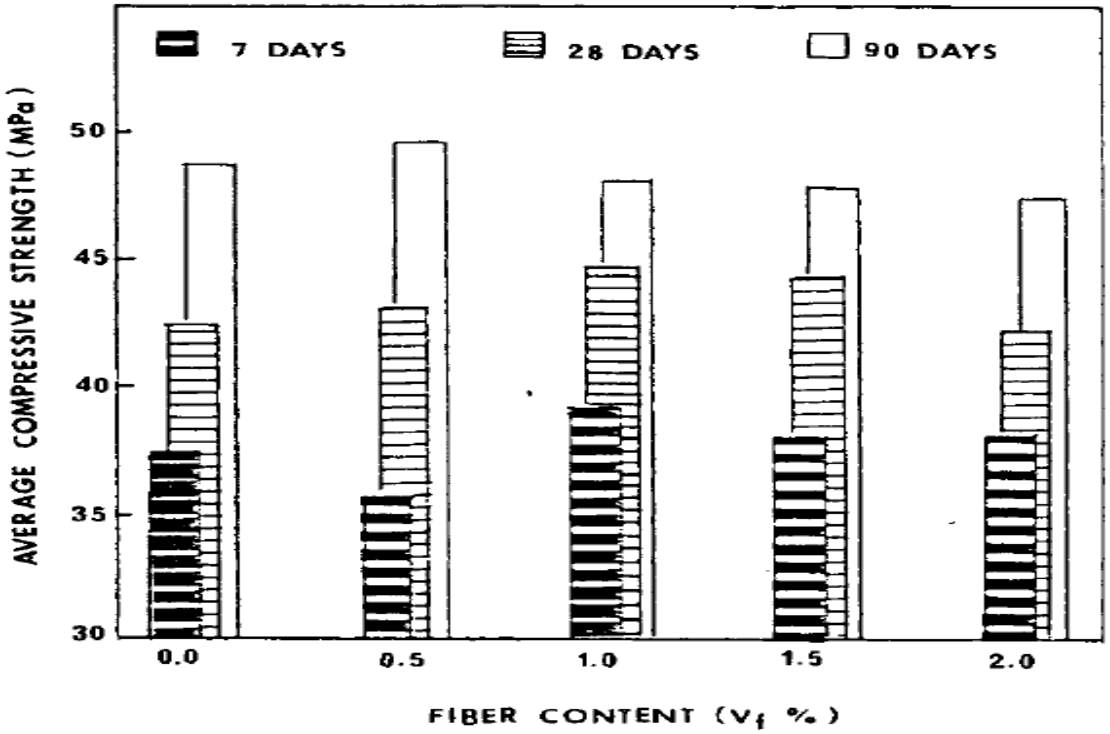
2-6-8-1 مقاومة الضغط:-

تم اختبار (60) أسطوانة خرسانية (300*150) ملم أختبرت مقاومة الضغط لها بعد نهاية (7،28،90) يوم ، الشكل رقم (5) يوضح قيمة مقاومة الضغط للالياف غير مستقيمة الاطراف ويوضح العلاقة بين الإجهاد والإنفعال.

و وجد أن إضافة الألياف بصورة مستمرة ليست فعالة في قيم مقاومة الضغط.الشكل رقم (6)يظهر المحتوي الفعال للألياف غير مستقيمة الاطراف لمقاومة الضغط بعد (7،28،90) يوم علي التوالي .



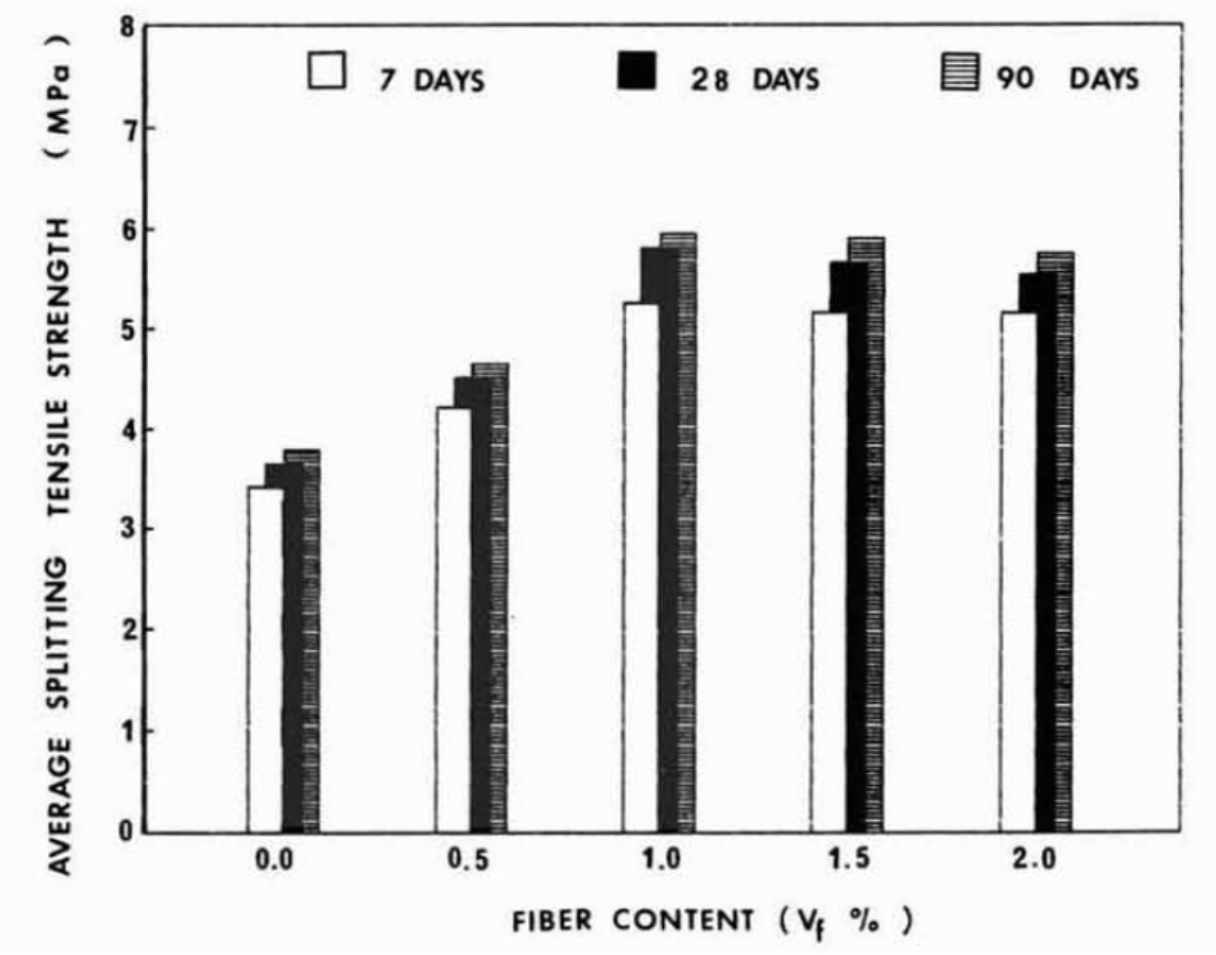
الشكل (2-14) يوضح التاثير الفعال لمحتوي للالياف غير المستقيمة علي مخططات الإجهاد-الإنفعال (28) يوم



الشكل (2-15) يوضح المحتوي الفعال لمحتوي الليف غير المستقيم علي مقاومة الضغط خلال (7،28،90) يوم

2-6-8-2 مقاومة الشقوق للشد:-

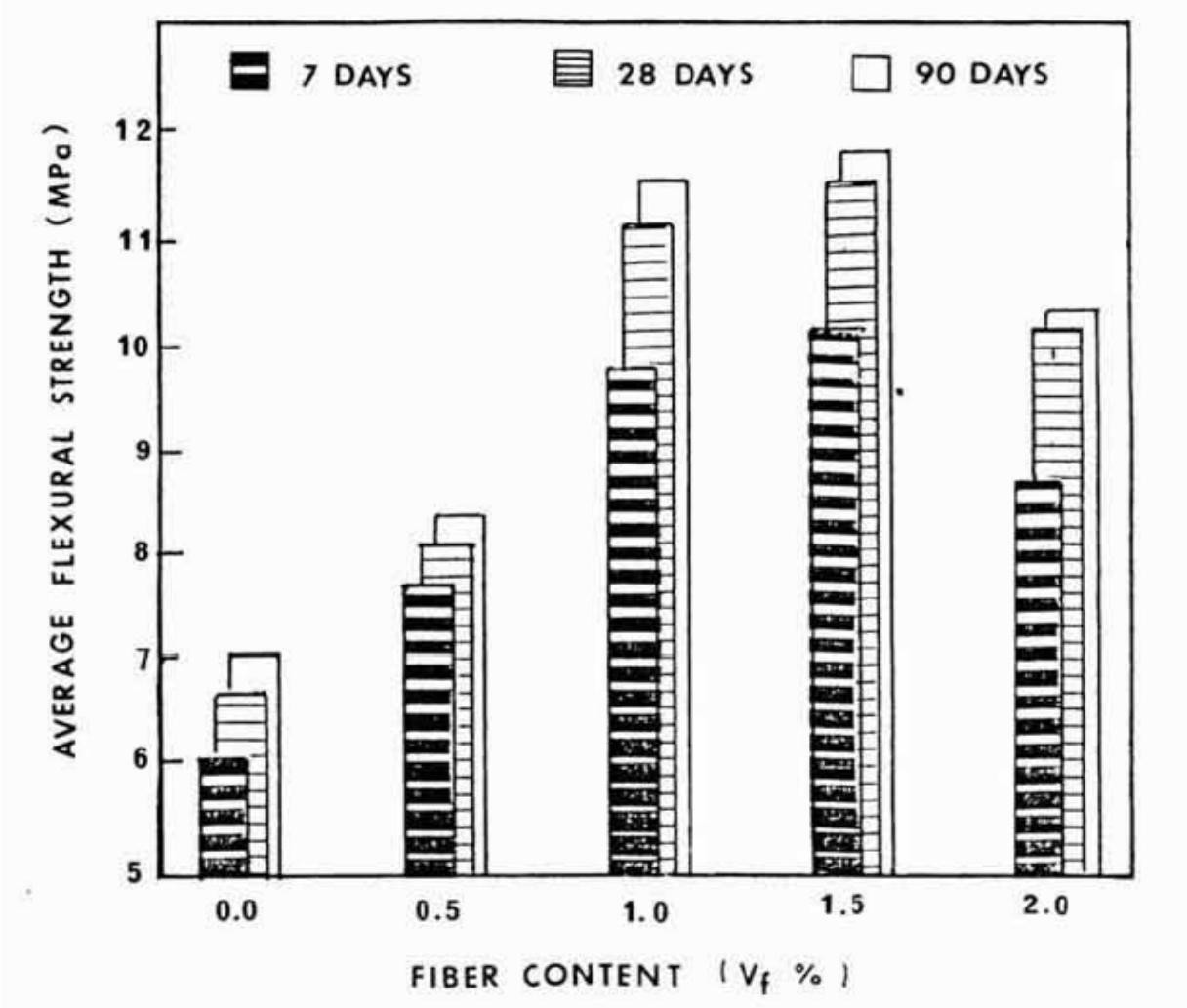
تم إختبار ستون أسطوانة خرسانية بأقطار تتراوح بين (150*300) اختيرت لمقاومة الإنشقاق بعد (7،28،90) يوم.الشكل (11) يوضح اثر إضافة الالياف غيرمستقيمة الاطراف خلال مقاومة الشد في الإنشقاق بواقع انها تصل الي اعلي تحسن عند 1.5% من الالياف.



الشكل (2-16) يوضح المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي مقاومة الشقوق للشد خلال (7،28،90) يوما

3-8-6-2 الخشونة والإمتصاص:-

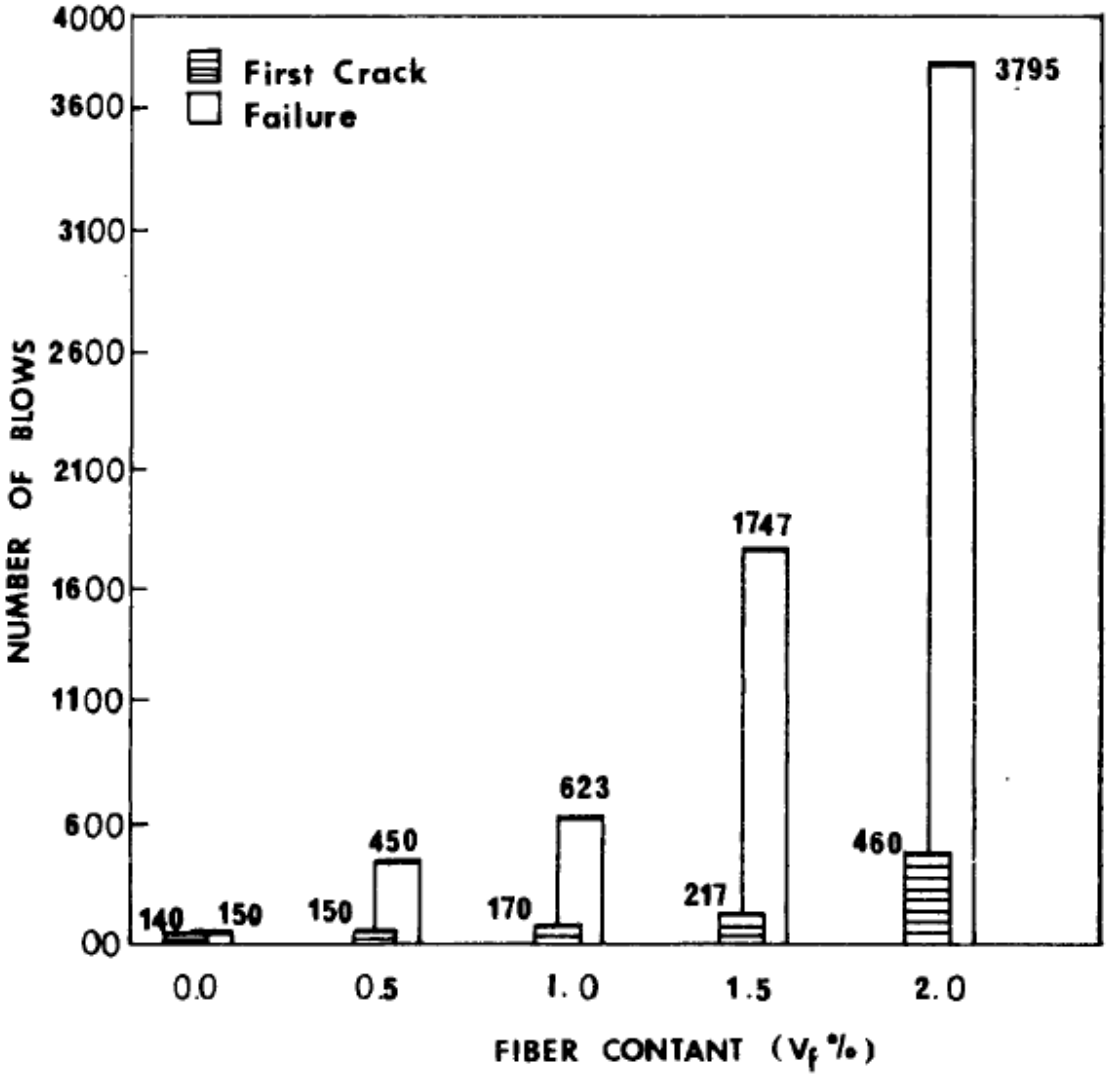
تعرف الخشونة بأنها كمية الطاقة الكلية الممتصة قبل عملية الفصل الكامل للعينة بواسطة العينة المعطاه تحت منحني الإنحراف التثاقلي.الخشونة والطاقة الممتصة بواسطة الخرسانة يمكن ان تزيد زيادة صغيرة بإضافة الالياف وعليه يمكن حساب معامل الخشونة بحساب المنطقة تحت محني الإنحراف التثاقلي كما موضح في الشكل (12) حتي (1.8 ملم) من الإنحراف مقسومة بين منطقة مقاومة التشقق الاولي (علاقة طردية) فإن معدل الخشونة المجموع لكل المخاليط قد تم توضيحه.



الشكل (2-17) يوضح المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي الخشونة وإمتصاص الطاقة خلال (7،28،90) يوم

4-8-6-2 مقاومة الصدم:-

اختيرت 15 أسطوانة قصيرة بقطر (150) ملم وسمك (163) ملم اختبر الصدم بعد 28 يوم كما هو مبين في الشكل (13) بقية النتائج تظهر بأن قوة الصدم تزيد بزيادة محتوي الليف وعند إستخدام 2% من الالياف غير مستقيمة الاطراف لوحظت زيادة في مقاومة الصدم قبل حوالي 25 مرة.



الشكل (2-18) يوضح التاثير الفعال لمحتوي الليف غير مستقيم الاطراف علي مقاومة الصدم

2-6-9 السلوك الميكانيكي للخرسانة الليفية بإستخدام المواد المحلية:-

اعد البحث بواسطة قسم الهندسة المدنية باحدى الجامعات حول الخواص الميكانيكية للخرسانة الليفية والسلوك الإنشائي للابيام الخرسانية المسلحة بالالياف مع او بدون مواد مسبقة الإجهاد وذلك لإختلاف مركبات الإنحناء والقص والإلتواء لدراسة السلوك الميكانيكي وتستعمل الخرسانة الليفية ايضا مواد محلية.

جدول (2) يوضح الإختلاف في الخصائص بين الالياف المستقيمة وغير مستقيمة الأطراف الملصوقة مع بعضها البعض في شكل حزم قابلة للذوبان في الماء.

الجدول (2-6) يوضح الإختلاف في الخصائص بين الألياف المستقيمة وغير المستقيمة

	Straight fiber	Hooked fiber
Material	Galvanized Steel	Carbon Steel
Length (mm)	53.00	60.00
Diameter (mm)	0.71	0.80
Aspect ratio (L/D)	75.00	75.00
f_y(MPa)	260.00	660.00

2-6-10 التطبيقات:-

التوزيع المنتظم للالياف في الخلطة الخرسانية يحسن الخواص المتماثلة وذلك ليس شائعا عندما يستخدم اسمنت مسلح بشكل تقليدي.تطبيقات الالياف الخاصة من الصناعات الخرسانية تعتمد علي المصمم والبناء في الإستفادة من الخصائص الإستاتيكية والديناميكية لهذه المادة الجديدة.ومن تطبيقات الخرسانة المسلحة الليفية:

أ-الخزانات والمنشات الهايدروليكية:-

الخرسانة المسلحة بالالياف يمكن ان تستخدم في تشييد الخزانات وصيانتها والمنشات الهيدروليكية الاخري لتحسين المقاومة والصدي الحاد الذي يحدث حطام نتيجة لتغير العوامل الجوية بواسطة احمال الصدمات عند سطح تداخل الماء والهواء.

ب- بطانة الانفاق واستقرار المنحدرات:-

يستعمل الليف الفولاذي لتخطيط الإفتتاحيات تحت الارضية ويزيل الحاجة الي إستخدام السقالات

ج- المدرجات - الارصفة - مواقف الطائرات:-

لنفس حمل عجلة علي بلاطة خرسانية مسلحة عادية ذلت سمك معين يمكن ان تكون هذه الحمولة علي نصف سماكة الخرسانة الليفية المسلحة.اي انه يمكن عن طريق إضافة تلك الالياف الي مناطق مختارة من الوحدة الخرسانية سابقة الصب او سابقة الإجهاد ويمكن إضافة الالياف الي خرسانة المواسير الخرسانية لتقلل التصدع عند مقاومتها.

د- مقاومة انفجارات المباني (المنشات):-

عندما اجريت اختبارات علي كتل خرسانية مدعومة بشكل تقليدي تم التاكد من انه ليس هنالك تخفيض في سرعة الجزء او الاجزاء تحت الانفجار وموجات الإهتزاز،بنفس الطريقة دعمت الكتل الخرسانية بالياف وتم التأكد من ان هنالك حوالي 20% تخفيض في السرعة واكثر من 20% في التجزؤ مع العلم بأن الإنفجار يولد ضغوط عالية عن طريق موجات عالية التعقيد بالنسبة للإجهاد في الشد والضغط والقص.

ه- التطبيقات الاخري:-

وتتضمن ماكينات الإطارات وتناكر المياه والزيت والانابيب الخرسانية وإضافة الاقطاب وقواعد الماكينات المعرضة للإهتزازات والصدمات.

11-6-2 طرق خلط الخرسانة المدعومة بالألياف:

Mixture composition and placing

يمكن الوصول الي خليط جيد للخرسانة المدعومة بالألياف بأكثر من طريقة إلا ان اهم عنصر في هذه الطرق هو التوزيع المنتظم لتلك الالياف ومنع التكور للألياف خلال الخلط.وتعتبر نسبة الخلط هي المظهر الرئيسي للتكور،أما العوامل الأخري فهي النسبة الحجمية ،مقاس الركام (تدرجه وكميته)،نسبة الماء للأسمنت وأسلوب الخلط.

يتم اضافة الالياف الزجاجية في الخرسانة بأربعة نسب هي : (0.1 % - 0.3 % - 0.5 % - 1 %) على ان تكون هذه النسب من وزن الخلطة ثم تم تفكيكها و تقطيعها باطوال مناسبة و غمرها في الماء لمدة (30) دقيقة حتى تتشبع بالماء لكي لا تؤثر على نسبة ماء الخلطة و من ثم اضافتها لمواد الخرسانة (الماء - الاسمنت – الركام) ثم يتم خلطها للحصول على خلطة الخرسانة المدعمة بالالياف الزجاجية النهائية .

12-6-2صب الخرسانة المدعومة بالالياف:cast of fibers reinforced concrete

تتطلب الخلطة الخرسانية المدعومة بالألياف هزا اكثر حيث يمكن تحريكها وتصلدها في الفرم ويفضل إستخدام الهزازات الخارجية علي الفرم لضمان عدم انفصال الخليط،ويمكن تسوية السطح بواسطة الواح من الخشب عادية او مركبة عليها هزازات.

الباب الثالث

المنهجية والمواد المستخدمة

7-2 التجارب والإختبارات المعملية

1-7-2 اختبار التدرج الحبيبي للركام:-

هو معرفة التدرج الحبيبي للركام ثم ايجاد تدرج خليط من الركام الصغير والركام الكبير، يصلح لاستخدامه اما في الخلطات الخرسانية ليعطي خلطة خرسانية سهلة التشغيل وخرسانة متصلدة لها مقاومة الضغط المطلوبة مع مراعاة التوفير في التكاليف ، أو استخدامه في الأغراض الإنشائية المختلفة مثل رصف الطرق ، و تثبيت التربة تحت خطوط السكك الحديدية ...الخ

الأجهزة والأدوات :-

1 – مجموعة من المناخل القياسية لكل من الركام الخشن والركام الناعم .

الركام الخشن :-

بوصة	11/2	3/4	3/8	3/16	وعاء
ملم	40	20	10	5	PAN

الركام الناعم :-

ملم	2.36	1.18	600	300	150	وعاء
NO	7	14	25	52	100	PAN

2- ميزان .

3- جهاز تقسيم العينة الى النصف .

4 - جاروف .

تحضير العينة :

أخذت عينة من عشرة أماكن متفرقة من كومة الركام ثم حضرت العينة المراد اختبارها بطريقة التقسيم الربعي كالآتي :

خلطت العينة الكلية ثم جمعت على هيئة مخروط وكررت هذه العملية عدة مرات ، ثم سطح الكوم المخروطي بحرف لوح من الخشب بوضعه قطريا في مركز الكوم ثم حرك دائريا مع رفعه بعد كل دورة حتى أصبح الركام سمك واحد وتكون مخروط دائري له . حدد السطح العلوي بأربعة أقسام وتم ابعاد ربعان متقابلان من تلك الأقسام الأربعة وكوم الجزءان الآخران للمخروط بنفس الطريقة السابقة ، ثم كررت هذه العملية حتى تحصل على العينة المراد اختبارها .

خطوات العمل :

وزنت عينة من الركام بدقة ، وأدخلت بعد ذلك على المناخل القياسية على التعاقب بحيث بدأ النخل على المنخل الأكبر . وينتهي بالمنخل الأصغر وروعي أن تكون المناخل سليمة ونظيفة تماما بعد استعمالها ، و أجريت عملية النخل بهز المناخل ميكانيكياً أو يدوياً مدة كافية بحيث لا تقل مدة النخل في أي حال عن دقيقتين ،حيث حركت المناخل رأسيًا أو أفقياً وذلك بهزه أماماً وخلفاً يميناً وشمالاً ودائرياً في إتجاة عقارب الساعة وعكسها وحرك المنخل من وقت الى آخر بحركة إنتقالية حتى يتحرك الركام فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور فى فتحات المنخل ،وروعي أثناء نخل الركام الكبير أن تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد ، وفي حاله المنخل 20 أو أكبر سمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل ،وروعي أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكورات المتجمعه إن وجدت بضغطها على جدران المنخل وكذلك استخدمت فرشاة مناسبه لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير . ثم وزنت مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس ، وحسبت النسبة المئوية للركام المحجوز والنسبة المئوية المارة من كل منخل من الأوزان المحجوزة على كل منخل.

وتم توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانياً بواسطة منحنى إحداثياته الرأسية تمثل النسبة المئوية المارة من المنخل وإحداثياته الأفقية تمثل فتحات المناخل موضحة بمقياس حسابي لوغريثمي .

2-7-2اختبارتحديد كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية :-

الغرض من التجربة :

تحديد كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة من الأسمنت ذات قوام قياسي لإستعمالها في تحضير عينات إختبار زمن الشك وإختبار ثبات الحجم للأسمنت

مقدمة :

كمية الماء القياسية :

هي كمية الماء المطلوبة لتشكيل عجينة قياسية من الأسمنت تسمح للمرود " القطر 10 ملم" المثبت بنهاية الطرف الأسطواني لجهاز فيكات بالنفاذ خلالها الى نقطة تبعد عن قالب الجهاز (4-6) ملم .

الأجهزة والأدوات :

1. جهاز فيكات .
2. ميزان .
3. لوح غير مسامي من الزجاج أو المعدن .
4. مسطرين .
5. أسطوانة مدرجة لتحديد كمية الماء .
6. ساعة إيقاف .
7. مدود .

خطوات العمل :

وزنت 400 جرام من الأسمنت المراد إختباره ووضعت على لوح غير مسامي من الزجاج أو المعدن وأضيف اليه 120 مليلتر من الماء ، تم خلط الأسمنت مع المادة لمدة 4دقائق خلطاً جيداً ثم ملأ قالب جهاز فيكات بعجينة الأسمنت وسوي السطح بالمسطرين ، وضع قالب جهاز فيكات فوق قاعدة الجهاز ودلي الطرف الأسطواني ببطء حتى لامس سطح العينة ثم ترك ليهبط تحت تأثير وزنه ، وتم أخذ قراءة على التدرج الموجود أمام العلامة الأفقية على أسطوانة جهاز فيكات حتى تدل ارتفاع المرود عن قاع القالب ثم أعيد الإختبار بناءاً على نتيجة الإختبار السابق وتم عمل عجينة أخرى بكمية ماء مضافة أكثر أو أقل من كمية الماء في الإختبار السابق وتم الوصول الى كمية الماء التي تعطي عجينة الأسمنت ذات القوام القياسي (4-6 ملم) ، أعيد الإختبار عدة مرات وتم رصد أنسب خط بين النقاط ومثلت العلاقة بين النسبة المئوية للماء المضافة وبعد طرف أسطوانة جهاز فيكات " المرود " عن القالب وحدد في هذا الخط كمية الماء التي تعطي عجينة قياسية من الأسمنت .

المواصفات البريطانية القياسية :

تعتبر المواصفات البريطانية بأن قوام العجينة يكونقياسيا إذا تغلغل المورد خلالها لعمق يتراوح بين (4-6) ملم من قاعدة القالب ،كما ويعبر عن محتوى الماء للعجينة القياسية كنسبة مئوية بالوزن من وزن الأسمنت الجاف ، هذا ويتراوح مدى القيم الإعتيادية لتلك النسب بين (26%- 33%) .

3-7-2 إختبار تحديد زمن الشك الإبتدائي وزمن الشك النهائي للأسمنت :-

الغرض من التجربة :

تحديد زمن الشك الإبتدائي للأسمنت وقد نصت المواصفات القياسية على ألا يقل زمن الشك الابتدائي 45 دقيقة وألا يزيد زمن الشك الإبتدائي عن 10 ساعات حتى تكون هناك فرصة كافية لتشغيل وخلط الخرسانة ونقلها الى مكان الصب قبل أن تفقد لدونتها وحتى لا يتأخر الوصول الى القوة والمقاومة المناسبة في الوقت المطلوب بما يؤخر إزالة الفرم لإرتفاع بالمنشأة .

مقدمة :-

زمن الشك الإبتدائي :

هو الزمن الذي يمضي من لحظة إضافة الماء للأسمنت وبنسبة ماء العجينة القياسية والمحدد من الإختبار السابق إلى اللحظة التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تنفذ في عجينة الأسمنت على مسافة(4-6) ملم من قاع القالب .

زمن الشك النهائي :

هو الزمن الذي يمضي من لحظة إضافة الماء للأسمنت (نسبة العجينة القياسية) التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تخترق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من (0.5 ملم) أي تستطيع إبرة جهافيكات أن تترك أثراً لها على أن يظهر أي أثر لحرف الجزء الإسطواني المثبت حولها .

طريقة العمل :

حضرت 400 جرام للأسمنت وأضيفت إليها ماء بنفس النسبة المئوية السابق تحديدها في الإختبار السابق لتشكيل عجينة قياسية من الأسمنت وشغلت ساعة الإيقاف عند اضافة الماء للأسمنت ، ثم خلط الأسمنت مع الماء جيداً لمدة 4 دقائق ثم وضعت عجينة الأسمنت لتملأ قالب جهاز فيكات وسوي السطح. وضع قالب جهاز فيكات الموضوع فوق اللوح المعدني الذي تتدلى

منه إبرة فيكات ثم دلّى طرف الإبرة ليلامس سطح العجينة ببطء ، ثم ترك ليهبط تحت تأثير الوزن الكلي للطرف الأسطواني ، أخذت قراءة التدرج أمام العلامة على الأسطوانة لتلّى على بعد طرف الإبرة من القاع.

تركت العجينة فترة ثم حرك القالب حتى لا يهبط في النقطة الواحدة أكثر من مرة وأعيدت عملية نفاذ الإبرة من عجينة الأسمنت ، ثم سجل الزمن المبين بساعة الإيقاف كان هو زمن الشك الإبتدائي ، ثبتت بنهاية أسطوانة جهاز فيكات إبرة لزمن الشك النهائي ودليت الأسطوانة لتلامس سطح عجينة الأسمنت وتركت تسقط تحت تأثير وزنها فظهر أثر دائري بمركزه اثر الإبرة (نقطة).

كررت هذه العملية عدة مرات حتى ظهر أثر الإبرة ولا يظهر الأثر الدائري فكان الزمن الذي سجلته ساعة الإيقاف هو زمن الشك النهائي وروعيّ عدم هبوط الإبرة في مكان واحد أكثر من مرة .

4-7-2 إختبار النعومة:-

الغرض من الإختبار :-

تحديد نعومة الأسمنت .

الخطوات :-

نخلت 100 جرام من الأسفلت الجاف بالمنخل رقم 170 وذلك لمدة 15 دقيقة عند اجراء عملية النخل باليد أو خمسة دقائق عند اجراء عملية النخل بالهزاز الميكانيكي .

وزن الأسمنت المحجوز على المنخل لأقرب 0.1 جرام فكانت النعومة هي النسبة المئوية للوزن المحجوز على المنخل وروعيّ أن للمنخل المستخدم في الإختبار وعاء محكم يرتكز عليه وغطاء محكم وذلك بتلافي فقد أي كمية من الأسمنت ، روعيت النظافة التامة للمنخل أو الوعاء والغطاء قبل الإختبار .

الخواص:

لا تزيد قيمة المحجوز على المنخل القياسي (0.09) ملم على ما يأتي :-

10% بالوزن للأسمنت البورتلاندي العادي .

5% بالوزن للأسمنت البورتلاندي سريع التصلد .

لا تقل المساحة النوعية للسطح عما يأتي :

2250 سم2 /كجم للأسمنت البورتلاندي العادي .

3250 سم2 /كجم للأسمنت البورتلاندي سريع التصلد .

وذلك عند إجراء النعومة بطريقة بلين لتعيين المساحة النوعية للسطح .

5-7-2 إختبارالوزن النوعي :-

الغرض من التجربه:

تحديد الوزن النوعي للركام المستخدم في اعمال الخرسانه ومقارنتها بالمواصفات.

الاجهزه والمعدات :

1- ميزان حساس

2-فرن

3-وعاء

النظرية:

يحدد الوزن النوعي للركام لتعين حجم الماء المزاح بواسطه وزن معلوم وحجم محدد

الوزن النوعي= ((W2-W)/(W3-W2)-(W4-W2)

طريقه اجراء الاختبار :

1- بعد تحضير عينه الركام وهي ماره من غربال 2/1 محجوزه في غربال 16/3 تم وضع الوعاء في الميزان وسجل الوزن W1

W2- وضعت عينه الركام في الوعاء وتم تسجيل الوزن 2

W3- تم اضافة الماء من العينه وهو في الوعاء وتم تسجيل الوزن 3

4W4- تم افراغ الوعاء من العينه ثم ملئ الوعاء بالماء تماما وسجل الوزن

6-7-2 تجربة الامتصاص:-

الغرض من التجربة :-

تحديد مدي الركام للماء بعد الغمر 24ساعة

نسبة الامتصاص = W2-W1/W3-W2

الاجهزة والمعدات :-

1- ميزان حساس

2- وعاء لغمر العينة

3- فرن تجفيف

4- قطعة من القماش للتجفيف

النظرية:-

يحدد امتصاص الركام للماء بنسة الماء التي يتشبع بها الركام بعد 24ساعة

طريقة إجراء الاختبار :-

1- جُففت عينة من الركام

2- سُجل وزن الوعاء فارغ (W1)

3-وُضعت العينة من الركام الجاف في الوعاء وسجل الوزن (W2)

4- غُمرت العينة بالماء تماما لمدة 24 ساعة

5- تم إفراغ الوعاء من الماء وجففت العينة بقطعة القماش ووضعت في الوعاء وسجل الوزن (W3)

2-7-7 اختبار لتحديد نسبة الشوائب في الرمل:-

مقدمة عن التجربة:-

الشوائب في الرمل هي اما مواد عضوية تؤثرعلي اضعاف المقاومة في الخلطة الخرسانية في الاسابيع الاولي او املاح تعمل علي صبغ لون الخرسانة او (طين طمي غبار) وجودها يؤثرعلي عملية الاماهة حيث نحتاج الي زيادة نسبة الماء الي الاسمنت وتعمل علي اضعاف المقاومة.

الغرض من التجربة :-

تحديد نسبة الشوائب في الرمل المستخدم في الخرسانة ومعرفة ملائمة هذا الرمل للاستخدام في الخلطة الخرسانية ويجب ألا تزيد عن 8% حسب المواصفات البريطانية.

خطوات إجراءالتجربة:-

1- اضيف مقدار 50 ملم من محلول الملح في الاسطوانة المدرجة

2-أُضيف الرمل الي المحلول حتي وصل سطح الرمل الي 200مم

3- اضيفت نفس كمية الرمل حتى وصل سطح المحلول 300مم

4-رُجت الاسطوانة بشدة حتي تخلل المحلول العينة

5-طُرق علي جدارالاسطوانة طرقا بسيطا حتي سوي سطح العينة

6-تُركت العينة لمدة 3 ساعات بدون تحريكولُوحظ ترسب الشوائب

7- تم قياس السمك الكلي للعينة وشملت الشوائب وسمك الرمل**(H1)**

8–تم قياس طبقة الشوائب فوق سطح الرمل **(H2)**

نسبة الشوائب =(100*(**H2(/H1)**

8-7-2 إختبار الهبوط :-

الغرض من الإختبار:

يختص هذا الإختبار بتحديد قوام الخرسانة وتحديد مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك إما في المعمل أو في موقع التنفيذ على أن لا يتعدى المقياس الإعتباري الأكبر للركام 40ملم ويراعى أن يجرى هذا الإختبار بعد عملية الخلط مباشرةً .

الأجهزة والأدوات :

- قالب الإختبار .
- قضيب الدمك .
- مسطرين .
- لوح من المعدن .
- صينية .
- خلاطة .
- جاروف .

طريقة العمل :

نظف السطح الداخلي للقالب تنظيفاً تاماً بحيث لم توجد آثار خرسانة سابقة ، ثم وضع القالب على اللوح المعدني وثبت جيداً أثناء عملية ملئه وملأ القالب على ثلاثة طبقات متساوية تقرياً ودمكت كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 25 مرة موزعة بالتساوي على السطح المستعرض للقالب وروعيّ عدم نفاذ القضيب للطبقة التحتها وبعد أن دمكت خرسانة الطبقة العليا للقالب سويّ سطحها مع حافة القالب بالمسطرينة أو قضيب الدمك ونظف المكان حول القالب ثم رفع القالب بعد

ملئه مباشرة باتجاه رأسي ببطء وعناية وقيس مقدارالهبوط لأقرب 5ملم بعدأن رفع القالب مباشرةً وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة .

9-7-2 إختبار مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة :

الغرض من الإختبار :

تحديد مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة .

الأجهزة والأدوات :

- ماكينة الضغط .
- مكعبات خرسانة .
- حوض معالجة .

خطوات العمل :

تم التأكد من الوضع الصحيح لأسطوانة الماكينة وملحقاتها المختلفة ، ثم نقلت المكعبات من حوض المعالجة وأختبرت وهي لينة ، ووزن أي مكعب قبل إجراء الإختبار عليه ، وتم التأكد من أن كل أوجه التحميل للماكينة نظيفة ، وأوجه المكعب الملامسة لأسطوانة الماكينة خالية من حبيبات الأسمنت الخشنة ، ثم وضع المكعب عند مركز أسطوانة الماكينة السفلية تماماً وتم التأكد من أن الحمل مطبق على وجهي المكعب المستويين ، وضبط محدد سرعة إنطلاق الحمل في الماكينة لضغط المكعب بمعدل ما حتى زادت الإجهادات بمعدل ، ثم حمل المكعب بالمعدل السابق حتى وصل لحمل الإنهيار وسجلت قيمته ، ثم فحص ولوحظ نوع الإنهيار .

الباب الرابع
النتائج والمناقشة

1-3 مقدمه:

تتأثر مقاومة الخرسانة بعدة عوامل منها مايتعلق بمكونات الخرسانه وكذلك بعمر الإنضاج ونمو المقاومه وكيفيه ودرجه المعالجه وايضا هنالك عوامل تتعلق بتصنيع الخرسانة من الدمك أو الخطأ فى وزن المواد والخلط أو زمن الخلط ، لذلك تم تثبيت جميع العوامل السابق ذكرها وتم تغيير نسب الالياف الزجاجيةالمستخدمة كنسبه من وزن الخلطة الخرسانية .

في هذا الباب تم عمل عدد من الإختبارات المعملية علي الركام الناعم والخشن وهي التدرج الحبيبي وإختبار الشوائب في الرمل والوزن النوعي والإمتصاص وكذلك تم إجراء بعض التجارب علي الأسمنت وهي نسبة الماء القياسية وزمن الشك والنعومة.

وكذلك تم تصميم عدد من الخلطات الخرسانية بمضاف الياف زجاجية (*fiber glass*) وبدون مضاف واجري عليها كل من إختبار الهبوط وإختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة فى عمر (7 يوم) و(28 يوم) وذلك لخلطات تم فيها إضافة الالياف الزجاجيةبنسب (0.1 – 0.2 – 0.3 – 0.4 – 0.5)% من وزن الخلطة تم صب ستة مكعبات لكل خلطة.

وجد أن إضافة الفايبر قلاستؤثر سلباً على مقدار الهبوط للخرسانة وبالتالي تقلل قابلية التشغيل ووجد انها تزيد من مقاومة الانضغاط للخرسانة وتم رصد النتائج فيالجداولوالاشكال الموضحة .

2-3 إختبارات المواد:-

2-3 -1 نتائج الإختبارات الأولية للأسمنت :-

جدول (3-1) يوضح نتائج الاختبارات الأولية للاسمنت:

رقم التجربة	اسم التجربة	النتيجة	المواصفات القياسية البريطانية رقم (12 لسنة 1996م)
1	نسبة الماء القياسية (%)	%32	33% -26%
2	العجبنة القياسية (قراءة جهاز فيكات) (mm)	5	6% - 4%
3	زمن الشك الإبتدائي (دقيقة)	170	لا يقل عن 45 دقيقة
4	زمن الشك النهائي (دقيقة)	242	لا يزيد عن 10 ساعات
5	النعومة (%)	%1	لاتزيد عن 10 %

2-2-3 نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن :-

جدول (3-2) يوضح نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن:

الوزن المار	الوزن المار	الوزن المحجوز	الغربال	
%	(gm)	(gm)	Inch	Mm
100.0	5784.5	0	1.5	40
97.8	5658.5	126	¾	20
22.7	1315.5	4343	8/3	10
4.4	257	1058.5	16/3	5
0.0	0	257	Pan	Pan
		5784.5	الوزن الكلي	

3-2-3 نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم :-

جدول (3-3) يوضح نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم:

فتحات الغرابيل	المحجوز	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المئوية للمار
(mm)	(gm)	(%)	
10	0	0	100
5	11.2	1.62	98.38
2.36	64.58	9.32	90.68
1.18	189.4	27.36	72.64
0.6	392.9	56.76	44
0.3	567.5	81.98	18.02
0.15	659.9	95.33	4.67
Total weight	692.2	100	0

4-2-3 إختبار الشوائب في الرمل :-

وجد أن نسبة الشوائب 3% وهي أقل من نسبة الشوائب القياسية 8.0 %

5-2-3إختبارالوزن النوعي:-

***الرمل:**

بعد اجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للرمل 2.71

***الركام:**

بعد اجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للركام 2.6

6-2-3 الامتصاص :-

***الرمل:**

تم التحقق من التجربة وايجاد نسبة الإمتصاص ووجدت انها تساوي 0.764 %

***الركام:**

تم التحقق من التجربة وايجاد نسبة الإمتصاص ووجدت انها تساوي 0.48 %

جدول (3-4) يوضح نتائج اختبارات الشوائب،الوزن النوعي والامتصاص للركام:

إسم التجربة	الركام	الرمل
الشوائب	-	% 3
الوزن النوعي	2.6	2.71
الامتصاص	0.48%	0.764%

3-3 تصميم الخلطات الخرسانية:

تم تصميم الخلطة الخرسانية لمقاومة انضغاط (25N/mm2) وكانت كميات المواد لجميع الخلطات كما موضحة بالجداول ادناه:

الخلطة التصميمية:(الكثافة 2375 كجم/م3):

جدول(3-5) يوضح كميات الخلطة التصميمية:

المواد	الوزن(كجم/م3)
اسمنت	370
رمل	660
حصى	1125
ماء	220

الخلطة الاساسية لستة مكعبات:

جدول(3-6) يوضح كميات الخلطة الاساسية لستة مكعبات:

المواد	الوزن(كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6

جدول(3-7) يوضح كميات الخلطة المحتوية على فايبر (0.1 %):

المواد	الوزن (كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6
فايبر	0.0713

جدول(3-8) يوضح كميات الخلطة المحتوية على فايبر (0.2 %):

المواد	الوزن (كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6
فايبر	0.143

جدول(3-9) يوضح كميات الخلطة المحتوية على فايبر (0.3 %):

المواد	الوزن (كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6
فايبر	0.214

جدول(3-10) يوضح كميات الخلطة المحتوية على فايبر (0.4 %):

المواد	الوزن (كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6
فايبر	0.285

جدول(3-11) يوضح كميات الخلطة المحتوية على فايبر (0.5 %):

المواد	الوزن (كجم)
اسمنت	11.1
رمل	19.8
حصى	33.8
ماء	6.6
فايبر	0.357

4-3 نتائج كسر مكعبات الخرسانة للخلطة الاساسية والخلطات المدعمة بالالياف الزجاجية:

جدول (3-12) يوضح نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 7 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8403	534.8	23.7	
2	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8605	554.6	24.6	24.8
3	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8153	587.3	26.1	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump:- mm

جدول (3-13) يوضح نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 28 يوم:

Cube No	Dateof Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8261	769.9	34.2	
2	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8403	771.8	34.3	34.4
3	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8412	783	34.8	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-14) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.1% بعد 7 أيام:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8303	578.3	25.7	
2	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8028	567	25.2	25.5
3	2015/6/6	2015/6/13	150*150*150	8390	573.8	25.5	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-15) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.1% بعد 28 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8453	801	35.6	
2	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8185	789.8	35.1	35.1
3	2015/6/6	2015/7/4	150*150*150	8483	780.8	34.7	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-16) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.2% بعد7 أيام:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8472	603	26.8	
2	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8387	614.3	27.3	27.2
3	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8313	621	27.6	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-17) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.2% بعد 28 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8381	812.3	36.1	
2	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8402	823.5	36.6	35.7
3	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8323	771.8	34.3	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-18) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد7 أيام:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8325	643.5	28.6	
2	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8215	654.8	29.1	28.9
3	2015/6/13	2015/6/20	150*150*150	8358	650.3	28.9	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-19) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد 28 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8407	895.5	39.8	
2	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8310	902.3	40.1	40.2
3	2015/6/13	2015/7/11	150*150*150	8424	915.8	40.7	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-20) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.4% بعد7 أيام:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8480	607.5	27	
2	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8382	614.3	27.3	26.9
3	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8390	596.3	26.5	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-21) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.4% بعد 28 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8310	794.3	35.3	
2	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8412	823.5	36.6	35.9
3	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8354	807.8	35.9	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-22) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد 7 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8417	573.8	25.5	
2	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8314	591.8	26.3	25.8
3	2015/6/20	2015/6/27	150*150*150	8523	578.3	25.7	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : - mm

جدول (3-23) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد 28 يوم:

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8353	810	36	
2	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8423	792	35.2	35.2
3	2015/6/20	2015/7/18	150*150*150	8317	771.8	34.3	

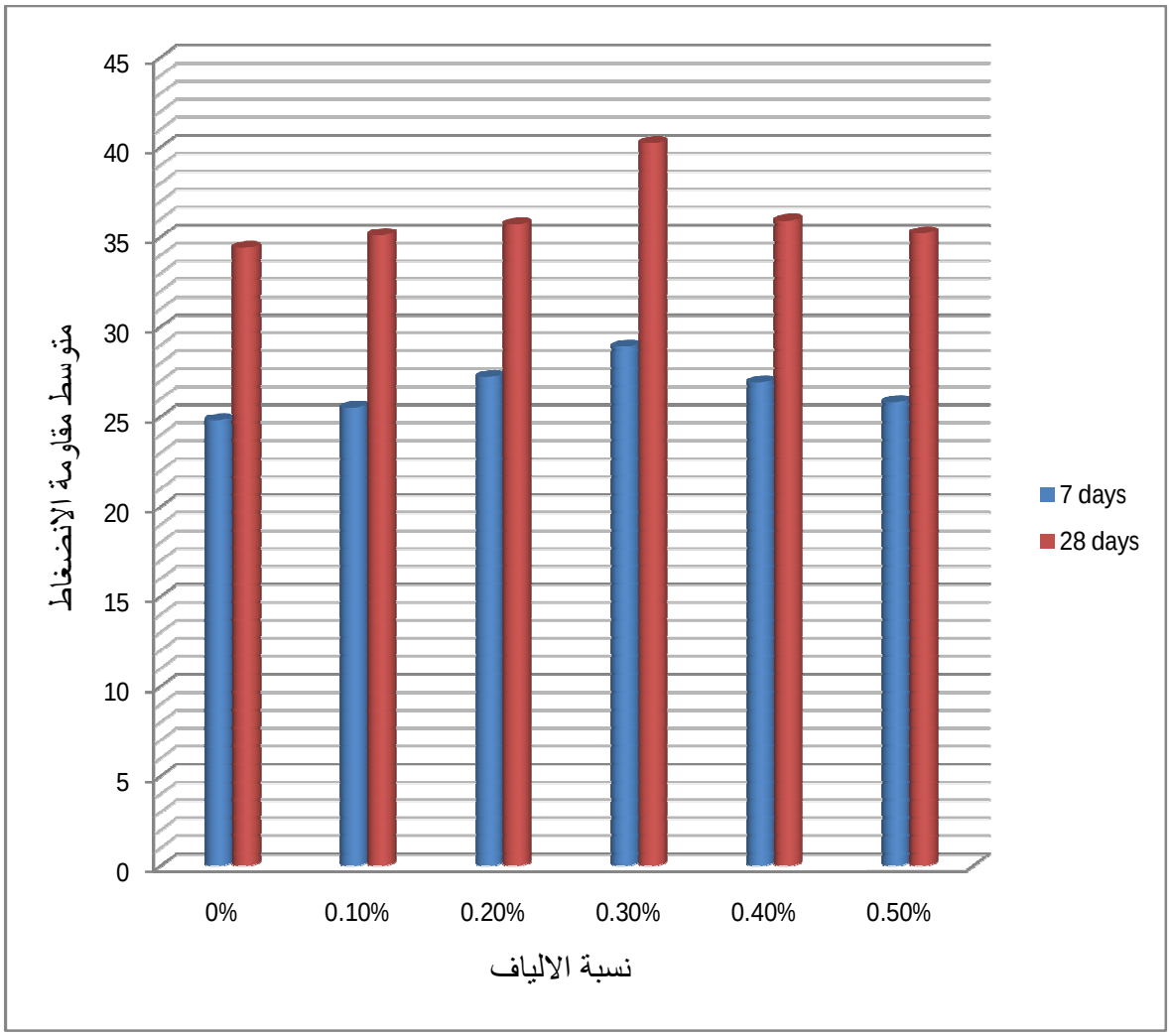
1. Type of Cement Used : OPC

2. Method of curing: immersed in Water Tank

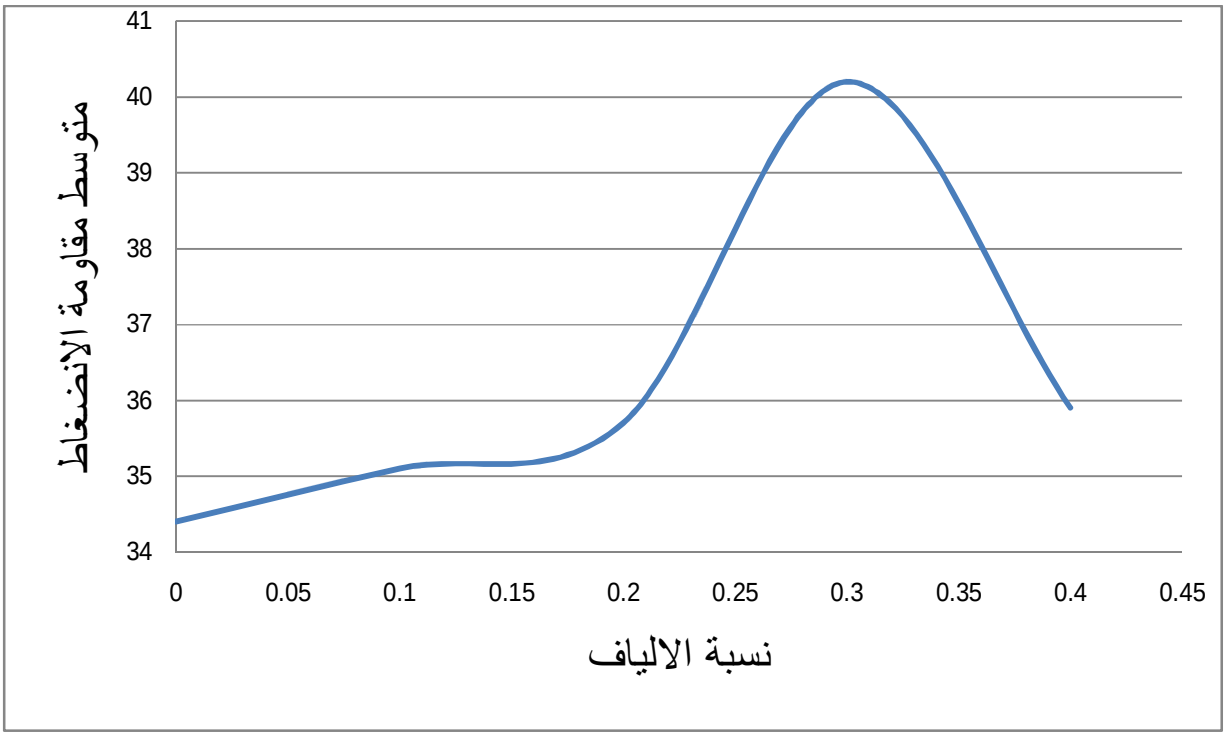
3.Slump : - mm

جدول (3-24) يوضح متوسط مقاومات الضغط لمكعبات الخرسانة بعد 7 أيام و28 يوم:

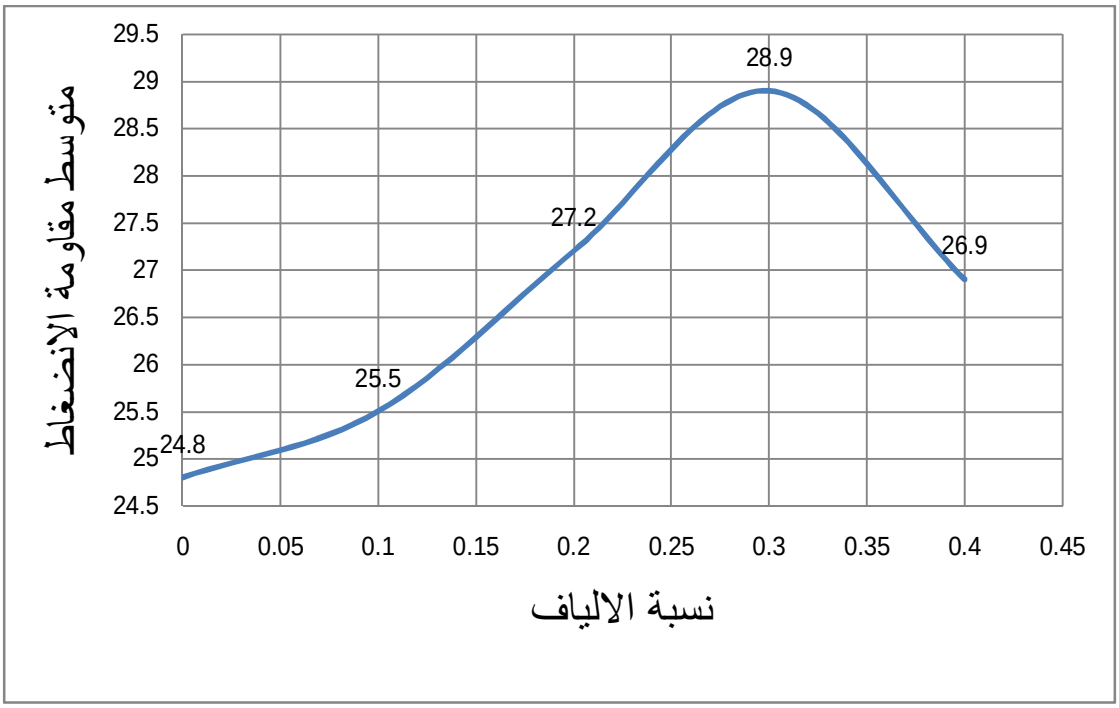
نسبة الألياف المضافة	متوسط المقاومة	
	بعد 7 أيام	بعد 28 يوم
الخلطة الأساسية	24.8	34.4
ألياف بنسبة 0.1%	25.5	35.1
أياف بنسبة 0.2%	27.2	35.7
ألياف بنسبة 0.3%	28.9	40.2
ألياف بنسبة 0.4%	26.9	35.9
ألياف بنسبة 0.5 %	25.8	35.2



مخطط (3-1) يوضح العلاقة بين محتوي الألياف ومتوسط مقاومة الضغط:



مخطط (3-2) يوضح العلاقة بين محتوى الالياف ومتوسط مقاومة الضغط في 28 يوم



مخطط (3-3) يوضح العلاقة بين محتوى الالياف ومتوسط مقاومة الضغط في 7 ايام

3-5مناقشة النتائج:-

اعطت التجارب المعملية المعلومات التالية:-

1- من تجربة التحليل المنخلي للركام جدول رقم (3-2)و(3-3) صنف الركام الخشن على أنه لا يحتوي على كثير من الطين والغبار والطفل وصنف الركام الناعم على أنه متوسط التدرج موضح بالجداول.

2- نسبة كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الاسمنت القياسية w/c (32%) موضحة بالجدول(3-1).

3- زمن الشك الابتدائي للاسمنت (170) دقيقة وزمن الشك النهائي (242) دقيقة موضحة بالجدول.

4- الهبوط للخرسانة العادية (150) ملم ،اما بالنسبة للخرسانة المدعمة بالالياف فلم يتم عمل اختبار للهبوط نتيجة لجفاف قوام الخلطة ، وذلك لزيادة الربط (التماسك) بين مكونات الخلطة .

5- متوسط مقاومة الضغط للخرسانة العادية خلال (7-28) يوم (24.8،34.4)نيوتن\ملم2 علي التوالي موضحة بالجداول(3-12،3-13) ،وللخرسانة الليفية بنسبة (0.1%) خلال (7-28) يوم (25.5،35.1) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-14،3-15)،وللخرسانة الليفية بنسبة (0.2%) خلال (7-28) يوم (27.2،35.7) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-16،3-17)،وللخرسانة الليفية بنسبة (0.3%) خلال (7-28) يوم (28.9،40.2) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-18،3-19)،وللخرسانة الليفية بنسبة 0.4% خلال (7-28) يوم (26.9،35.9) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-20،3-21)، وللخرسانة الليفية بنسبة 0.5% خلال (7-28) يوم (25.8،35.2) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-22،3-23) .

6- وجد أن سعر الكيلو جرام الواحد من الألياف الزجاجية يعادل 100 جنيه أي أن تكلفة الألياف في المتر المكعب الواحد لخرسانة كثافتها 2400 كجم\متر3 تساوي 720 جنيه سوداني .

من المؤشرات السابقة تم التوصل الي ان افضل نسبة للالياف يمكن اضافتها للخرسانة لتحسين مقاومتها للضغط هي 0.3% كما موضح بالمخطط (3-1) (3-2) (3-3).وكلما زادت نسبة الالياف عن 0.3% تصبح غير مؤثرة.

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

4-1الخلاصة :-

قمنا من خلال هذه الدراسة بالتعرف على مكونات الخلطة الخرسانية وأنواع الألياف المستخدمة في الخرسانة وكيفية تصميم الخلطة الخرسانية وعمل الاختبارات اللازمة للخرسانة العادية والخرسانة المدعمة بالالياف الزجاجية واختبار الهبوط للخرسانة العادية وخواص الخرسانة المدعمة بالالياف والمقارنة بين نتائج الإختبارات المعملية للخرسانة العادية ونتائج اختبارات الخرسانة المدعمة بالألياف بغرض تحقيق التأثير الفعال للألياف على الهبوط ومقاومة الضغط للخرسانة .

متوسط قيم المقاومة المتحصل عليها كانت كالآتي :

-الخلطة الاساسية في 7 ايام (24.8) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (34.4) نيوتن/ملم2.

-الخلطة المحتوية على الياف بنسبة (0.1%) في 7 أيام (25.5) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (35.1) نيوتن/ملم2 .

-الخلطة المحتوية على الياف بنسبة (0.2%) في 7 أيام (27.2) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (35.7) نيوتن/ملم2 .

-الخلطة المحتوية على الياف بنسبة (0.3%) في 7 أيام (28.9) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (40.2) نيوتن/ملم2 .

-الخلطة المحتوية على الياف بنسبة (0.4%) في 7 أيام (26.9) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (35.9) نيوتن/ملم2 .

-الخلطة المحتوية على الياف بنسبة (0.5%) في 7 أيام (25.8) نيوتن/ملم2 وفي 28 يوم (35.2) نيوتن/ملم2 .

من خلال واقع التجارب العملية التي اجريناها علي الخرسانة المدعمة بالالياف الزجاجية توصلنا الي الاتي :

1- استخدام الالياف يقلل من قيمة الهبوط .

2- استخدام الألياف يزيد من مقاومة الضغط للخرسانة حتي نسبة 0.3% .

3- تحسن الألياف من خواص الخرسانة .

2-4 التوصيات:-

1- عمل تجارب اضافية حول تاثير الألياف على مقاومة الخرسانة للشد والقص والانحناء والصدم ومقاومة الشقوق وتأثيرها على حرارة الاماهة ، وتهيئة الظروف المحيطة عند اجراء التجارب من درجة حرارة ودمك وأحواض معالجة ، وذلك لأن هذه الظروف تؤثر على قيمة المقاومة بشكل كبير كما هو واضح من النتائج التي تحصلنا عليها ، عمل عارضات وكسرها لمعرفة مقاومة الثني للالياف.

2- عمل بحوث اقتصادية تدور حول هذه المادة من ناحية التكلفة حتى تستخدم بصورة واسعة ضمن مكونات الخلطة الخرسانية.

المصادر والمراجع

1- محمود امام ، الخرسانة ،الرياض المملكة العربية السعودية، 2005

2- ابراهيم العريان،عبدالكريم عطا، تكنولوجيا الخرسانة ، الجزء الاول والثاني، القاهرة، 1967

3- ابراهيم علي درويش، علي ابراهيم درويش، الخرسانة- موادها وصناعتها وضبط جودتها وترميمها، القاهرة،2000

4- أي - أم – نيفيل، حقي اسماعيل محمد الجنابي، خواص الخرسانة، 1985

5- بيروماسامي ن. بالاجورو ، سوريندراب.شاه ، خرسانة القرن الحادي والعشرين (خرسانة الفيبر) FRC-GRC ،حسين محمد جمعة

6- فيصل فؤاد وفا، Properties and Application of Fiber ، كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية- جامعة الملك عبد العزيز – جدة ، 2001

7- محمد اسماعيل عمر ، تكنولوجيا الالياف الصناعية ، القاهرة ، 2001

8- محمد اسماعيل عمر، تكنولوجيا تصنيع البلاستيك المقوى(المسلح)، القاهرة ، 2001

9- Youjiang Wang, Utilization of recycled carpet waste fibers for reinforcement of concrete and soil,School of Polymer, Tex tile & Fiber Engineering , Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332-0295, U.S.A. ,February 2006

الملحقات:

96.35
g
ELECTRONIC SCALE
COL OFF
TAR CAL

160.78
ELECTRONIC SCALE