بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الهندسة

مدرسة الهندسة المدنية

قسم هندسة التشييد

مشروع تخرج لنيل درجة البكالريوس مرتبة الشرف في الهندسة المدنية بعنوان:

الخرسانة الليفية

إعداد الطلاب:

سيد إسماعيل السيد أبوزيد
علي الهادي النـــور الشاهـــر
مجاهـد عمر سليمان أحمـــد

إشراف الأستاذة:

مشاعر عبدالرحيم

أغسطس 2014م

الاية

قال تعالى:

﴿ أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً ۗ وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ ﴾

صدق الله العظيم

سورة ﴿ لقمان20 ﴾

الاهداء

إلى من يسعد قلبي بلقياها

إلى روضة الحب التي تنبت أزكى الأزهار

أمي

إلى رمز الرجولة والتضحية

إلى من دفعني إلى العلم وبه ازداد افتخار

أبي

إلى من هم اقرب ألىّ من روحي

إلى من شاركني حضن ألام وبهم استمد عزتي وإصراري

اخوتي

إلى من آنسني في دراستي وشاركني همومي

تذكاراً وتقديراً

أصدقائي

إلى هذه الصرح العلمي الفتي والجبار

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

شكر وتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد ...

وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة...

إلى جميع أساتذتنا الأفاضل.....

"كن عالما . . فإن لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فأحب العلماء ،فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

وأخص بالتقدير والشكر:

الأستاذة/ مشاعر عبدالرحيم

إلى من وقف إلى جانبنا الأستاذ/ أبو العز سعيد

ولكل قسم الهندسة المدنية

الملخص

تم في هذا البحث تصميم خلطات خرسانية باضافة الألياف الزجاجية بالنسب (0.1% ، 0.3% ، 0.5 % ، 1%) من وزن الخلطة ، وأخرى بدون اضافة ، وتم اجراء الاختبارات المعملية لمواد هذه الخلطات ، واختبار مقاومة الكسر للخرسانة . ومن خلال ذلك توصلنا الى أن نسبة 0.3% تعتبر افضل نسبة لزيادة المقاومة ،ونسبة 0.1 و0.5 تعطي مقاومة متقاربة جدا وكلما زادت عن هذه النسبة تقل المقاومة .

الفهرس

البند	المحتويات	رقم الصفحة
	الآية	I
	الإهداء	II
	الشكر والعرفان	III
	الملخص	IV
	الفهرس	VI
	قائمة الجداول	X
	قائمة الأشكال	XI
	قائمة المخططات	XII
الباب الأول		
1-1	مقدمة عامة عن المشروع	1
2–1	اهداف البحث	2
3-1	طريقة البحث	2
4–1	أهمية البحث	2
5–1	هيكل البحث	3
الباب الثاني		
1–2	مقدمة	4
	الفصل الأول: أنواع الخرسانة	5

2-2	الأنواع المختلفة من الخرسانة	5
2-2-1	الخرسانة العادية	5
2-2-2	الخرسانة المسلحة	5
2-2-3	الخرسانة سابقة الاجهاد	6
2-2-4	الخرسانة الجاهزة (سابقة الصب)	8
2-2-5	الخرسانة عالية المقاومة	10
2-2-6	الخرسانة ذاتية الدمك	14
2-2-7	الخرسانة المقذوفة (خرسانة الرش)	16
2-2-8	الخرسانة البوليمرية	17
2-2-9	الخرسانة الخفيفة	20
2-2-10	الخرسانة الثقيلة	22
2-2-11	الخرسانة الكتلية	22
	الفصل الثاني: المواد المكونة للخرسانة	24
2-3	المواد المكونة للخرسانة	24
2-3-1	مقدمة	24
2-3-2	الاسمنت	24
2-3-3	الركام	29
2-3-4	ماء الخلطة والإضافات	34
2-3-4-1	ماء الخلطة	34

2-4-3-2	الإضافات	36
2-3-5	خواص الخرسانة الطازجة	38
	الفصل الثالث: الخرسانة الليفية	40
2-4	الخرسانة الليفية	40
2-4-1	مقدمة	40
2-4-2	انواع الالياف	41
2-4-2-1	الألياف الزجاجية	41
2-4-2-2	الألياف الفولاذية	42
2-4-2-3	الألياف العضوية والمعدنية والطبيعية	42
2-4-2-4	الألياف البرولينية	42
2-4-3	الخواص الميكانيكية للخرسانة المدعمة بالألياف	42
2-4-4	التباعد بين الألياف	43
2-4-5	المواد المركبة	44
2-4-6	قابلية التشغيل	45
2-4-7	مميزات وخصائص إستخدام الخرسانة الليفية	45
2-4-8	مميزات الخرسانة المدعومة بالألياف	48
2-4-8-1	مقاومة الضغط	49
2-4-8-2	مقاومة الشقوق للشد	52
2-4-8-3	الخشونة والإمتصاص	53

2–4–8–4	مقاومة الصدم	54
2–4–9	السلوك الميكانيكي للخرسانة الليفية بإستخدام المواد المحلية	55
2–4–10	التطبيقات	55
2–4–11	طرق خلط الخرسانة المدعومة بالألياف	57
2–4–12	صب الخرسانة المدعومة بالألياف	57
	الفصل الرابع: التجارب والإختبارات المعملية	58
2–5–1	إختبار التدرج الحبيبي للركام	58
2–5–2	إختبار تحديد كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية	60
2–5–3	إختبار تحديد زمن الشك الإبتدائي وزمن الشك النهائي للأسمنت	61
2–5–4	إختبار النعومة	63
2–5–5	إختبار الوزن النوعي	64
2–5–6	تجربة الإمتصاص	65
2–5–7	إختبار تحديد نسبة الشوائب في الرمل	66
2–5–8	إختبار الهبوط	67
2–5–9	إختبار مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة	68
الباب الثالث		
3–1	مقدمة	69
3–2	نتائج الإختبارات الأولية للاسمنت	69
3–3	نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن	70

3–4	نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم	70
3–5	نتائج إختبار الشوائب في الرمل	71
3–6	نتائج إختبار الوزن النوعي	71
3–7	نتائج إختبار الامتصاص	71
3–8	نتائج كسر مكعبات الخرسانة للخلطة الأساسية والخلطة المدعومة بالألياف الزجاجية	72
3–9	مناقشة النتائج	78
الباب الرابع		
4–1	الخاتمة	79
4–2	التوصيات	80
	المصادر والمراجع	81
	الملحقات	82

قائمة الجداول

البند	المحتويات	رقم الصفحة
1-2	أنواع الاسمنت	26
2-2	مقاومة الضغط بإستخدام الالياف المستقيمة وغير المستقيمة في (7) ايام	48
3-2	الإختلاف في الخصائص بين الالياف المستقيمة وغير المستقيمة	55
1-3	نتائج الاختبارات الأولية للاسمنت	69
2-3	نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن	70
3-3	نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم	70
4-3	نتائج اختبارات الشوائب،الوزن النوعي ،الامتصاص للركام	71
5-3	نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 7 أيام	72
6-3	نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 28 يوم	72
7-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.1% بعد 7 أيام	73
8-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.1% بعد 28 يوم	73
9-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد7 أيام	74
10-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد 28 يوم	74
11-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد7 أيام	75
12-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد 28 يوم	75
13-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 1% بعد7 أيام	76
14-3	نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 1% بعد 28 يوم	76
15-3	متوسط مقاومات الضغط لمكعبات الخرسانة بعد 7 أيام و 28 يوم	77

قائمة الأشكال

البند	المحتويات	رقم الصفحة
2-1	الاجهاد والانفعال لعنصر من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مستطيل معرض لعزوم انحناء	6
2-2	توضيح لطريقة الشد السابق	7
2-3	توضيح لطريقة الشد اللاحق	8
2-4	بعض الحوائط من الخرسانة سابقة الصب	9
2-5	سلالم خرسانية مسبقة الصب	10
2-6	التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة	13
2-7	التطبيقات غير التقليدية للخرسانة عالية المقاومة	13
2-8	كروكي يوضح طريقة قذف الخرسانة	17
2-9	دور الألياف في تقليل اتساع الشقوق	41
2-10	منحني الحمل والتشكل للخرسانة الليفية ومدي زيادة المتانة فيها	46
2-11	مقارنة بين كمرتين إحداهما بدون ليف والاخري تحتوي علي ليف	47
2-12	مقاومة الضغط،والانحناء ومقاومة الشقوق للالياف المستقيمة والغير مستقيمة خلال (7) ايام	49
2-13	التاثير الفعال لمحتوي للالياف غير المستقيمة علي مخططات الإجهاد-الإنفعال (28) يوم	50
2-14	يوضح المحتوي الفعال لمحتوي الليف غير المستقيم علي مقاومة الضغط خلال (7،28،90) يوم	51
2-15	المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي مقاومة الشقوق للشد خلال (7،28،90) يوما	52
2-16	المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي الخشونة وإمتصاص الطاقة خلال (7،28،90) يوم	53
2-17	التاثير الفعال لمحتوي الليف غير مستقيم الاطراف علي مقاومة الصدم	54

قائمة المخططات

البند	المحتويات	رقم الصفحة
1–3	يوضح العلاقة بين محتوي الألياف ومتوسط مقاومة الضغط	77

الباب الأول

المقـــــدمة

1-1 مقدمة:

الخرسانة هي بنيان يتركب من عدة مواد والجزء الاكبر من هذا البنيان هو الركام الذي يتماسك مع بعضه البعض في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العجينة الاسمنتية المغلفة للركام والتي تتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.

تعتبر الخرسانة من اكثر مواد البناء استخداما ويرجع ذلك لعدة اسباب منها توفر المواد المكونة للخرسانة ورخصة ثمنها ومقاومتها العالية للانضغاط ولكن في المقابل نجد ان مقاومتها للشد ضعيفة جداً لذلك نلجأ لإستخدام حديد تسليح لمقاومة الشد عند استخدامها كمادة انشائية.

الخرسانة الليفية هي احد انواع الخرسانات شائعة الاستخدام وهي عبارة عن خرسانة مصنوعة من الاسمنت والركام والمحتوية علي الياف غير مستمرة وموزعة توزيعا عشوائيا في جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية وتنقسم من حيث النوع الي الياف الصلب والالياف الصناعية بطول 3 الي 8 سم وقطر من 0.5 الي 0.8 مم.والالياف لها القدرة علي تحسين مقاومة الخرسانة في الشد والقص والانحناء والصدم والانكماش كما انها تعمل علي تقليل اتساع الشروخ واعادة توزيعها ولكنها لا تؤثر بدرجة كبيرة علي مقاومة الضغط واهم وظيفة للالياف انها تزيد من قيمة معاير المتانة للمادة زيادة كبيرة جدا وبالتالي فهي تحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر مفاجئ وخطر الي كسر غير قصف وتدريجي.

تستخدم الخرسانة الليفية علي نطاق واسع في الطرق والمطارات والمنشات العسكرية وقواعد الماكينات كما تستخدم في الاسقف القشرية ومناطق الاتصال بين الكمرة والعمود في الاطارات كما تستخدم في المواسير الخرسانية والوحدات سابقة الصب وعلي الرغم من ان الالياف تزيد من مقاومة قوي الشد في الانحناء إلا ان هذه الزيادة غير جديرة بالاعتبار وبالتالي فإنه ليس من الحكمة ان تستخدم الالياف كبديل كلي لحديد التسليح.

2-1 اهداف البحث:

1- دراسة امكانية تحسين مقاومة الخرسانة للانضغاط بإستخدام الالياف الزجاجية.

2- دراسة مدى تقليل الألياف للهبوط.

3-دراسة دور الالياف في تقليل الشروخ وإعادة توزيعها.

4- دراسة مدي تحسن متانة الخرسانة نتيجة لإضافة الالياف الزجاجية.

5- مقارنة بين النتائج المعملية للخرسانة العادية ونتائج اختبارات الخرسانة الليفية.

6-يمكن استخدام بقايا الألياف وبالتالي الإسفادة منها.

3-1 طريقة البحث:

تم جمع الدراسات السابقة والمعلومات اللازمة عن الخرسانة الليفية ،ثم عمل الاختبارات الأولية للأسمنت والحصى والرمل . ثم تحديد مادة الألياف المستخدمة وهي ألياف الزجاج ، وتم عمل الاختبارات لمقاومة الضغط لنوعي الخرسانة.

يستخدم في منهجية هذا البحث المنهج (الإستقرائي) يعتمد علي مجموعة من المراجع والمصادر الأولية والثانوية.

4-1 اهمية البحث:

تتلخص اهمية البحث في ان الخرسانة تعتبر من اهم مواد البناء المستخدمة حاليا ولذلك يجب البحث عن طرق واساليب لتطويرها وذلك لتحسين مقاومتها وزيادة المتانة والديمومة.

5-1 هيكل البحث:

الباب الاول:المقدمة

الباب الثاني:-أنواع ومواد الخرسانة والخرسانة الليفية والإختبارات المعملية

الفصل الأول:أنواع الخرسانة

الفصل الثاني:مواد الخرسانة

الفصل الثالث:الخرسانة الليفية

الفصل الرابع: خواص الخرسانة والتجارب المعملية

الباب الثالث: نتائج الإختبارات المعملية والمناقشة

الباب الرابع:الخاتمة والتوصيات

الباب الثاني

أنواع ومواد الخرسانة والخرسانة الليفية والإختبارات المعملية

1-2 مقدمة:

الخَرَسانة من أهم مواد البناء، والإسمنت مسحوقٌ ناعمٌ رماديُّ اللون، يتم خلطه مع الماء وموادٍ أخرى كالرمل والحصى وشظايا الحجر، لصنع الخرسانة. يعمل الإسمنت والماء على تكوين عجينة تربط الموادّ الأخرى بعضها البعض عندما تجف الخرسانة. وكثيراً ما يخطئ الناس في استخدام كلمات مثل الإسمنت والخرسانة ويطلقون عبارة الرصف الإسمنتي على الرغم من أن الرصف يُعمل في الواقع من الخرسانة .

الخرسانة لاتحترق ولاينفذ منها الماء، كما أنها رخيصة نسبيًّا ومن السهل عملها. وعندما يتم خلطها في البداية، يكون من السهل صبُّها في قوالب مختلفة. تتجمد الخرسانة بسرعة وتصبح مادة قويةً تدوم لمدة طويلة دون أن تكون في حاجة إلى عناية كبيرة.

معظم أنواع الإسمنت المستعملة اليوم من الإسمنت البورتلانديّ، وهو من الإسمنت المائيّ، أو من النوع الذي يتجمد تحت الماء. وسُمِّي هذا الإسمنت باسم بورتلاند لأنّ له نفس بنية الحجر الموجود في محاجر جزيرة بورتلاند، وهي شبه جزيرةٍ على الساحل الجنوبي من بريطانيا.

ترتكز معظم ناطحات السحاب والمصانع وعدد كبير من المنازل على أساسات خرسانية. وقد تحتوي هذه المباني على إطارات وجدران وأرضيات وسقوف خرسانية. وتُستخدم الخرسانة لبناء السدود من أجل تخزين المياه ولبناء الجسور من أجل ربط جانبي الأنهار. وتسير السيارات والشاحنات على طرقٍ خرسانية، كما تهبط الطائرات على مدارج خرسانية

الفصل الأول

أنواع الخرسانة

2-2 الأنواع المختلفة (الخاصة) من الخرسانة:

Special types of concrete

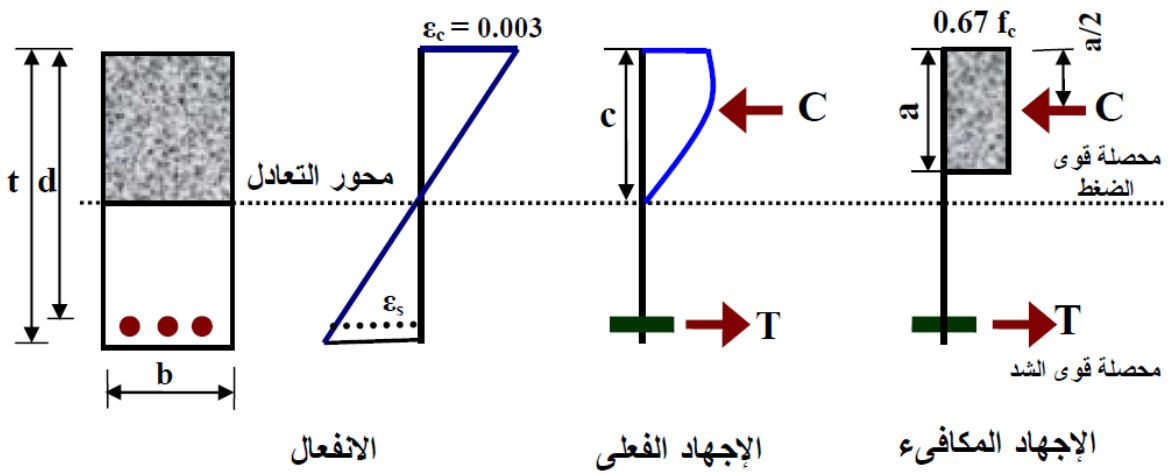
يوجد العديد من أنواع الخرسانة ويمكن تصنيف أهم هذه الخرسانات كما يلي :

2-2-1 الخرسانة العادية :

وهي خرسانة بدون أي حديد تسليح ، وتستخدم في أعمال الفرشات الخرسانية تحت الأساسات والأرصفة وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود . ومقاومتها تتراوح من 15 إلى 25 نيوتن/مم 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 الاتزان والتوافق بين الاجهادات والانفعالات 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

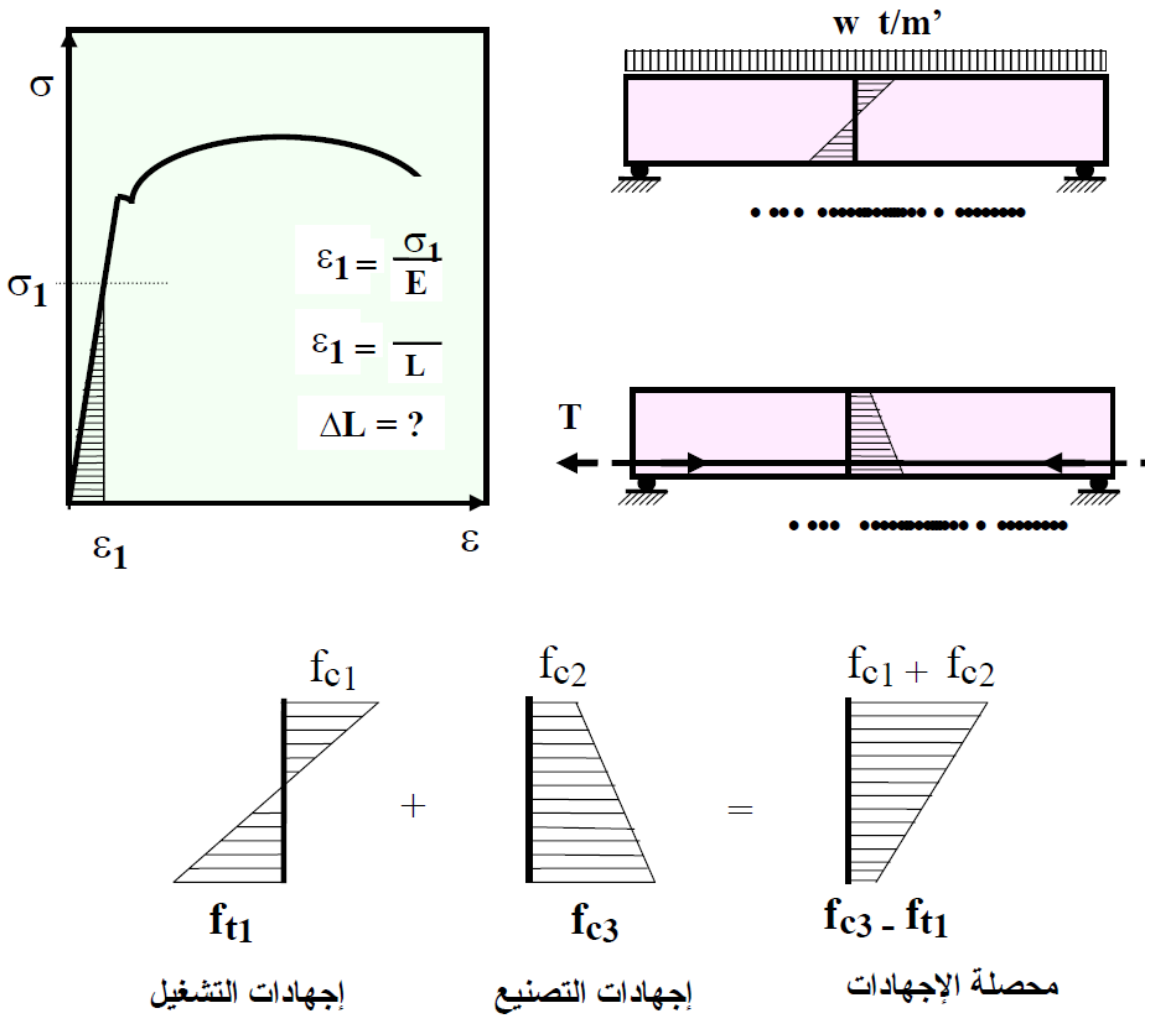
3-2-2 الخرسانة سابقة الإجهاد :

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 . 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 .

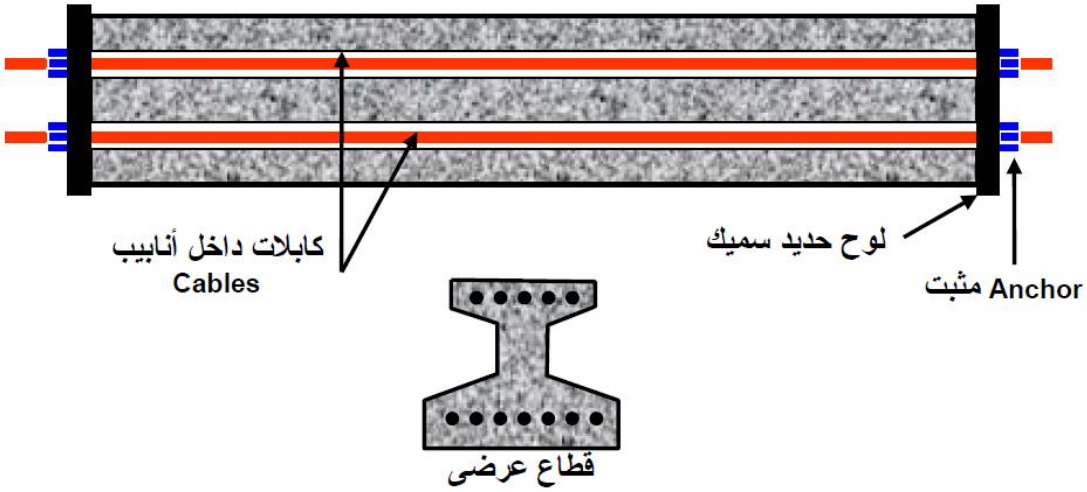


شكل (2-2) توضيح لطريقة الشد السابق

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 .

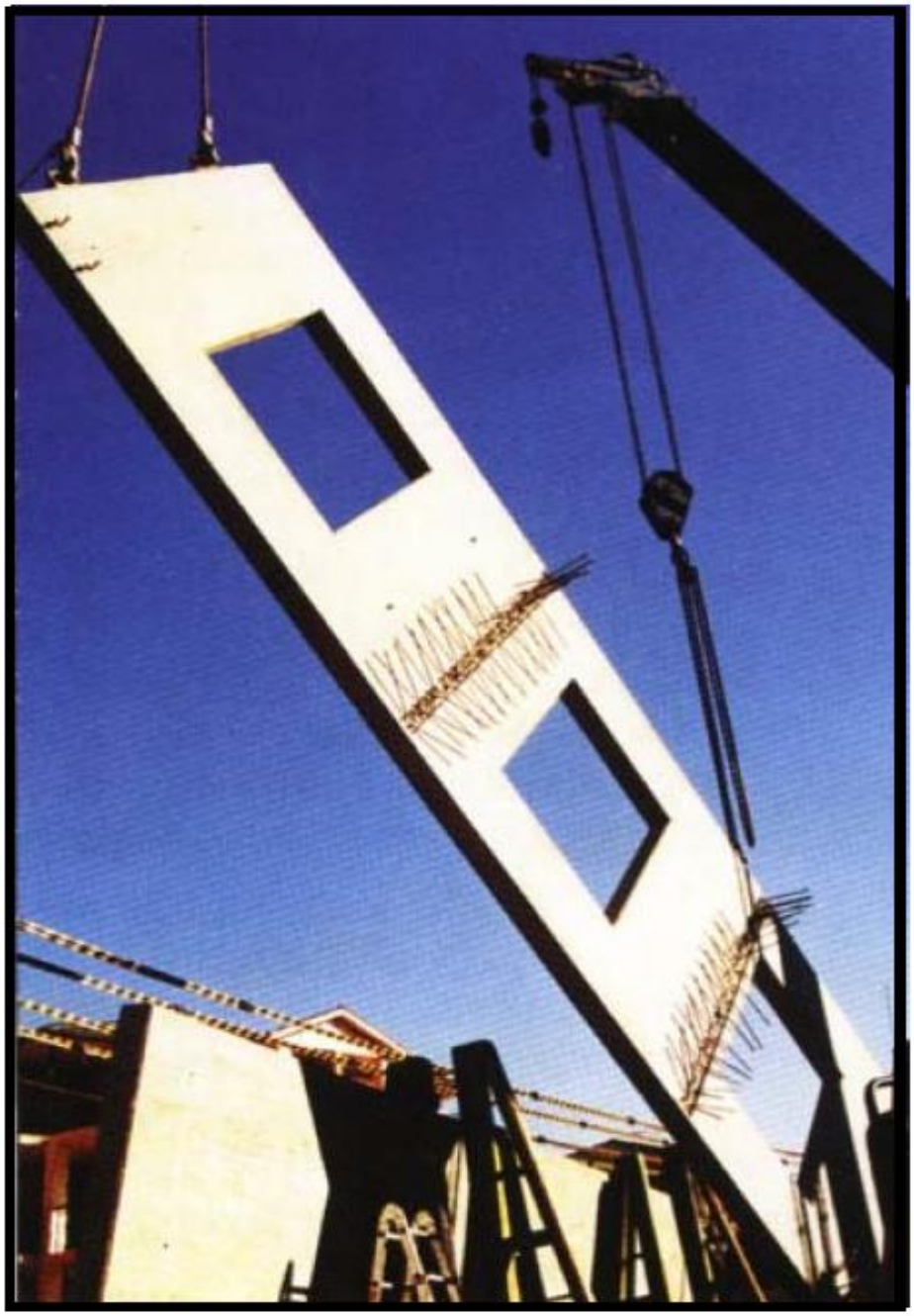
3 – إجراء الدمك والخلط ميكانيكاً.

4 – معالجة بالبخار.

5 – إستخدام إضافات للتلوين .

6 – إستخدام المواد العازلة المطلوبة .

وعند تصنيع العناصر المختلفة من الخرسانة الجاهزة فيجي 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

2-2-5 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 مجموهة 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 وتأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم ؟

تطبيقات الخرسانة عالية المقاومة :

ظل إستخدام الخرسانة عالية المقاومة فترة طويلة محصوراً 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.

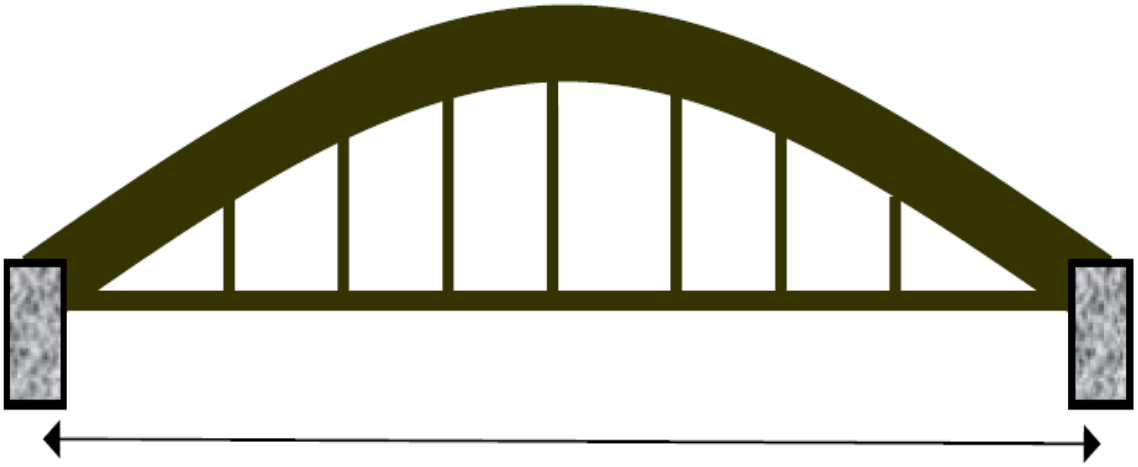
3-إستخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ.

4-عمل خوازيق لولبية لتنفيذها بدون اهتزازات أو ضوضاء .

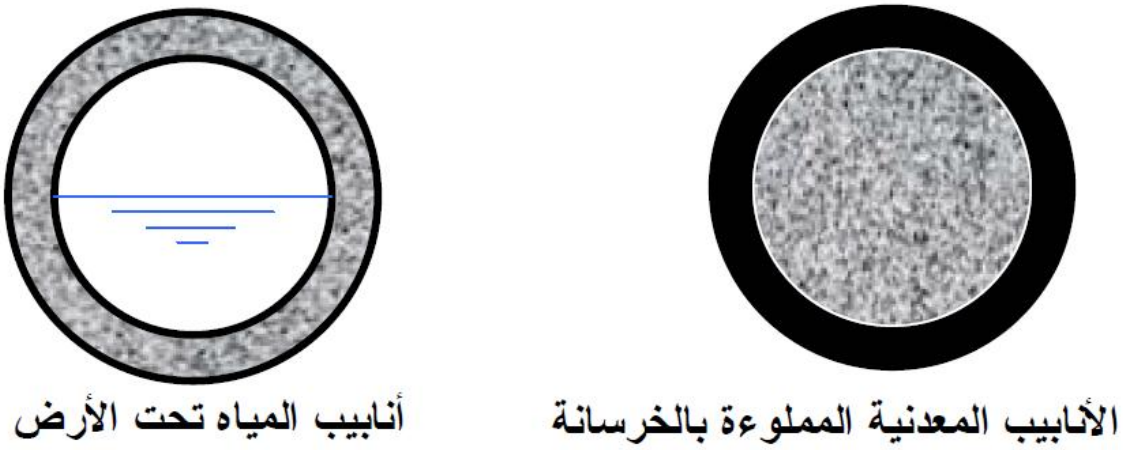
5-محطات الطاقة النووية .

6-الأنابيب الخرسانية تحت الأرض .

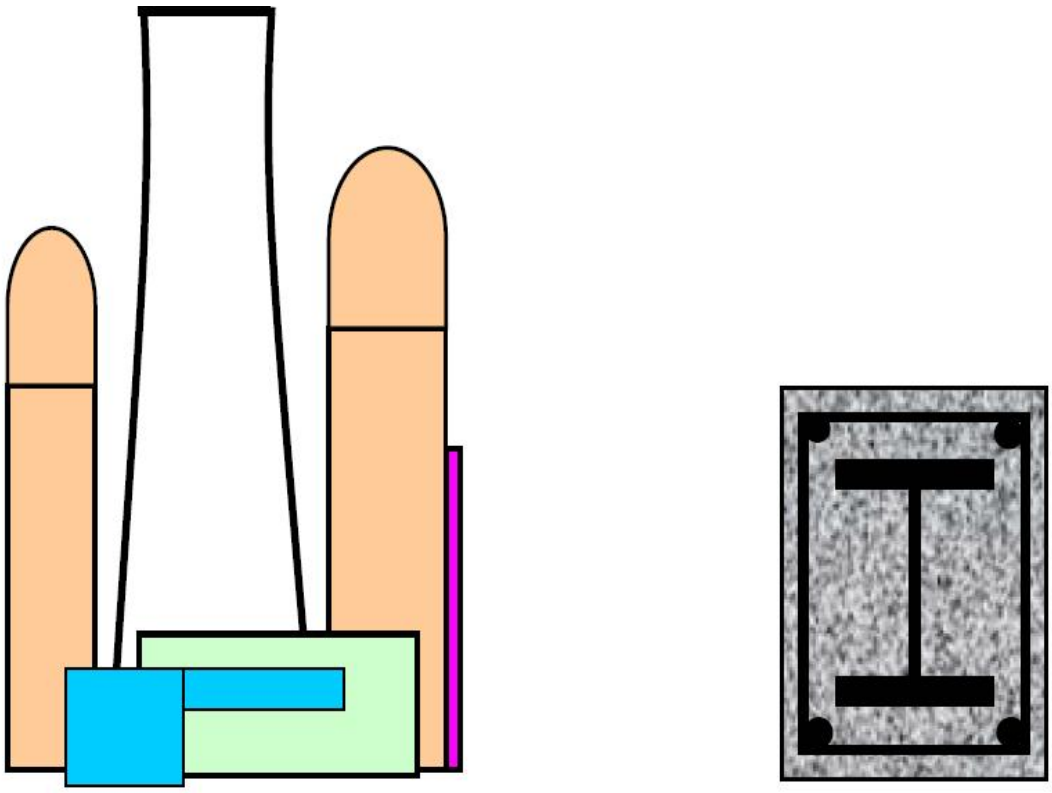
7-الأرصفة والطرق.



أرش Arch Girder



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 استخدام 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 استخدام 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 اللضح (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 صبها .

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

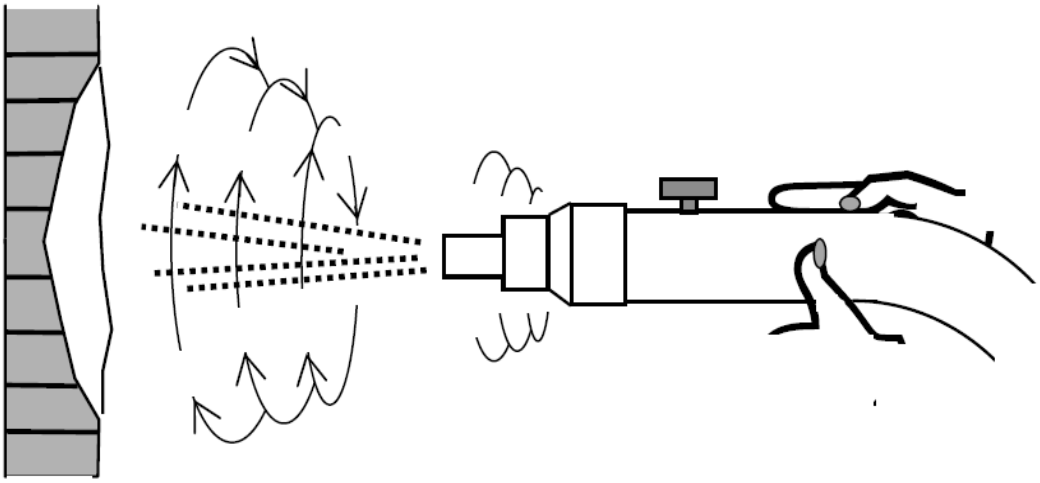
8 – أكثر معمرية من الخرسانة التقليدية .

2-2-7 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 والأيبوكسي ، وقد تصل تكاليف خرسانة البوليمرز حوالي من 2 -3 مرّات 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 .

2-2-9 الخرسانة الخفيفة :

من أهم عيوب الخرسانة التقليدية (2200 إلى 2500 كج/م3) كمادة إنشائية بالمقارنة مع الخشب والحديد ان 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 المدخل 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 الئيسيتين 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 .

10-2-2 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 .

11-2-2 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 رفيق 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

2-3 المواد المكونة للخرسانة :-

2-3-1 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 ذا ادت الوظيفة التي من اجلها صنعت و الحصول 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 يقل مقاومة مرونة الأسمنت للضغط بعد 28 يوما عن 250 كجم \اسم^2

انواع الاسمنت:-

هناك انواع عديدة من الاسمنت من اهمها و كثرها انتشارا في العالم الاسمنت البورتلاندي العادي و الذي سنركز عيه دراستنا لكونه 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 كذا الاسمنت . خبث الافران العالية و اختلافاتها عن بعضها البعض يكون فقط في نسبة الخبث الى كمية الاسمنت البورتلاندي و يبين الجدول ادناه انواع الاسمنت و استعمالاتها طبقا للمواصفات الامريكية

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 آبار البترول (Oil-Well Cement) تبطين آبار 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 متيلاتها 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.

جدول (2-1) يوضح أنواع الأسمنت

خواص الاسمنت 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 والغير قابلة 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

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 تم 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 لمعرفة 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 نعومة الاسمنت مقداره 2250 سم^2\اجم و لا تشترط المواصفات القياسية حدا اعلى للنعومة ، و يعبر عن الاسمنت بواسطة النعومة كالتالي :

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

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

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 .

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 تحديد نسبة الخلطة بطريقة الحجم .

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 و 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 فان الاسمنت على اساس تتبع بناء البلورات الاسمنتية المختلفة على انه 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 ... مم 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 .

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 لكمية 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 نهايتي 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 حبيبات 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 الخرانة 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 .
- 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 التخشبية و لايحدث الانفصال الحبيبي فيها.

خواص الركام :-

منشا الصخور و الحجارة :-

تكون الحجارة المستهلكة (المفتتة) بفعل عوامل الطبيعة غير الصالحة لاستعمالات الخرسانة و كذلك الحجارة الجيرية المحتوية على الطين و المواد الناعمة حتى لو كانت كما هي داخلة في الحجارة الجيرية الكثيفة البنيات بكمية قليلة و مثلها بقية الحجارة التي تدخل فيها الطين كالطفل الجيري و الشظايا الطينية و المرمر ن اضف الى ذلك جميع انواع الحجارة الحاملة الجبس 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 ن و يسهل تسب مقاومة الضغط على عينات من صخور ركام الكسارات يتعين معامل المرونة الديناميكي و بساطة 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 (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 الخلطة والمواد الإضافية:

2-3-4-1 ماء الخلطة:

مقدمة:

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

وتعتبر مصادر مياه الشرب غير 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)

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

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

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.

2-4-3-2 الإضافات:

مقدمة:

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

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

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.

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

- يختلف الغرض من الإضافات بحسب نوع المنشأة وظروف إستعماله لذلك تتنوع الإضافات من منشأة الي اخرى بل قد تتنوع في نفس المنشا الواحد بحسب موقع الخرسانة في المنشا.

تصنيف الإضافات:

- إضافات تحسين قابلية التشغيل
- إضافات الهواء المحبوس
- إضافات الغاز المحبوس
- إضافات ملونة للخرسانة
- إضافات تقليل التغير الحجمي
- إضافات معالجة الخرسانة
- إضافات مضادة للبكتيريا

2-3-5 خواص الخرسانة الطازجة:

القوام:

يرتبط قوام الخرسانة بالماء ، كمية الاسمنت، نوع الاسمنت، التدرج الحبيبي وشكل الحبيبات بالنسبة للركام ويصبح القوام اكثر سيولة عند ثبوت العوامل الاخري مع:

زيادة كمية الماء وكذا كمية الملاط الاسمنتي

- كمية الاسمنت اقل
- اسمنت خشن
- تدرج حبيبي للركام فقير في الرمل
- حبيبات ركام اكثر استدارة في الشكل

كما يمكن التاثير علي قوام الخرسانة بالمواد الاضافية كتلك المسببة بسيلة الخرسانة او التي تستخدم لزيادة كمية الفراغات في الخرسانة وتؤثر هذه المواد الاضافية بشكل واضح علي خواص التشغيل وشغل الدمك الضروري وتجانس البناء الخرساني ، وتحتاج الخرسانة ذات القوام الناشف الي

جهد دمك اكبر لتحقيق الدمك الكامل عن الخرسانة طازجة القوام وفي حالة تساوي درجة الدمك لا يؤثر القوام كثيرا علي خواص المقاومة وفي حالة تساوي الجهد في الدمك ترتبط المقاومة ارتباطا وثيقا بنوع القوام

الكثافة النوعية للخرسانة الطازجة:

تحسب الكثافة النوعية للخرسانة الطازجة من الكثافات والنسب الوزنية لمركبات الخرسانة وتتأثر بنسبة الماء/الاسمنت وكمية الهواء (الفراغات) فيها وتعطي مع نوع القوام امكانية جديدة لمراقبة تركيب الخلطة ونوعية الدمك المطلوب

الفصل الثالث

الخرسانة الليفية

4-2 الخرسانة الليفية:-

1-4-2 المقدمة:

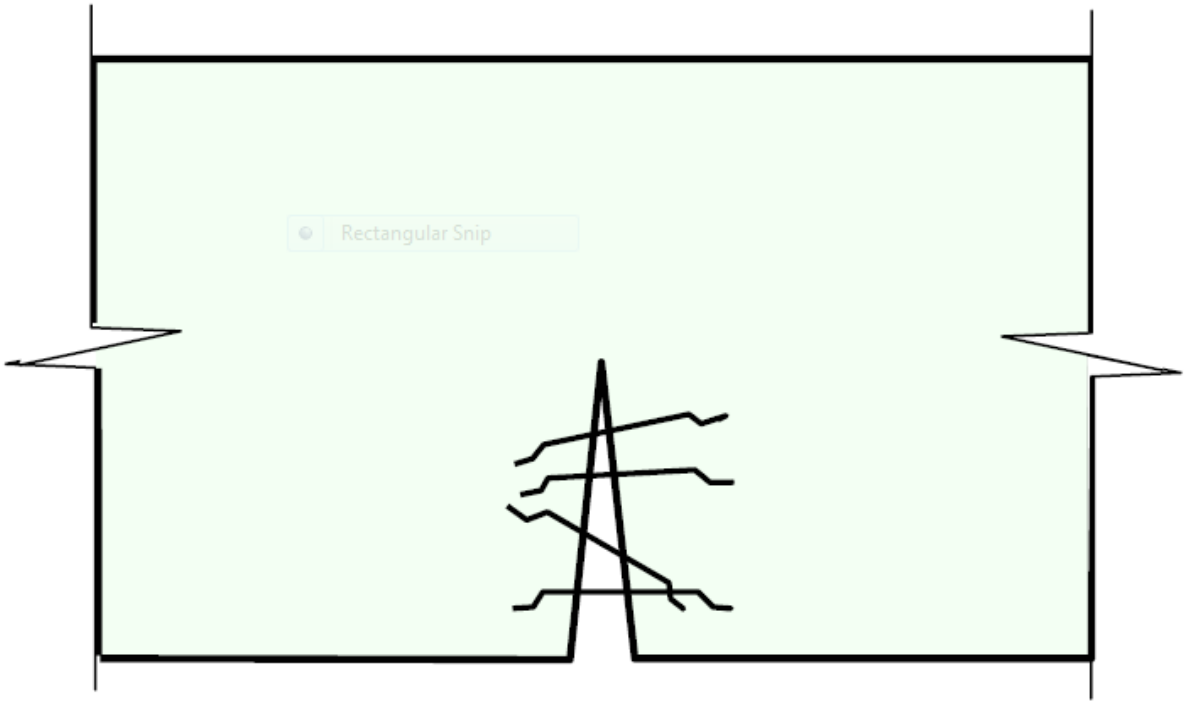
هي الخرسانة المصنوعة من الاسمنت والركام والمحتوية علي الياف موزعة توزيعا عشوائيا في جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية.

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 (2-9) يوضح دور الألياف في تقليل اتساع الشقوق

2-4-2 انواع الالياف:-

1-2-4-2 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 استخدامتها 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 .

2-4-2-2 الألياف الفولاذية:-

تنتج الياف الصلب بواسطة عملية الإنصهار وفي هذه الطريقة تستعمل عجلة دوارة تلامس سطحا ساخنا للمعدن لتسجب 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 .

2-4-2-3 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.

2-4-2-4 الالياف البرولينية:-

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

2-4-3 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.

2-4-4 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:

$$\mathbf{s} = 13.8 \times \mathrm{d} \times \sqrt{\frac{1}{\mathrm{p}}}$$

S=المسافة بين مراكز الالياف

D=قطر الالياف

P=نسبة الالياف بالحجم

5-4-2 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)

Where:

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.

2-4-6 قابلية التشغيل:-

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

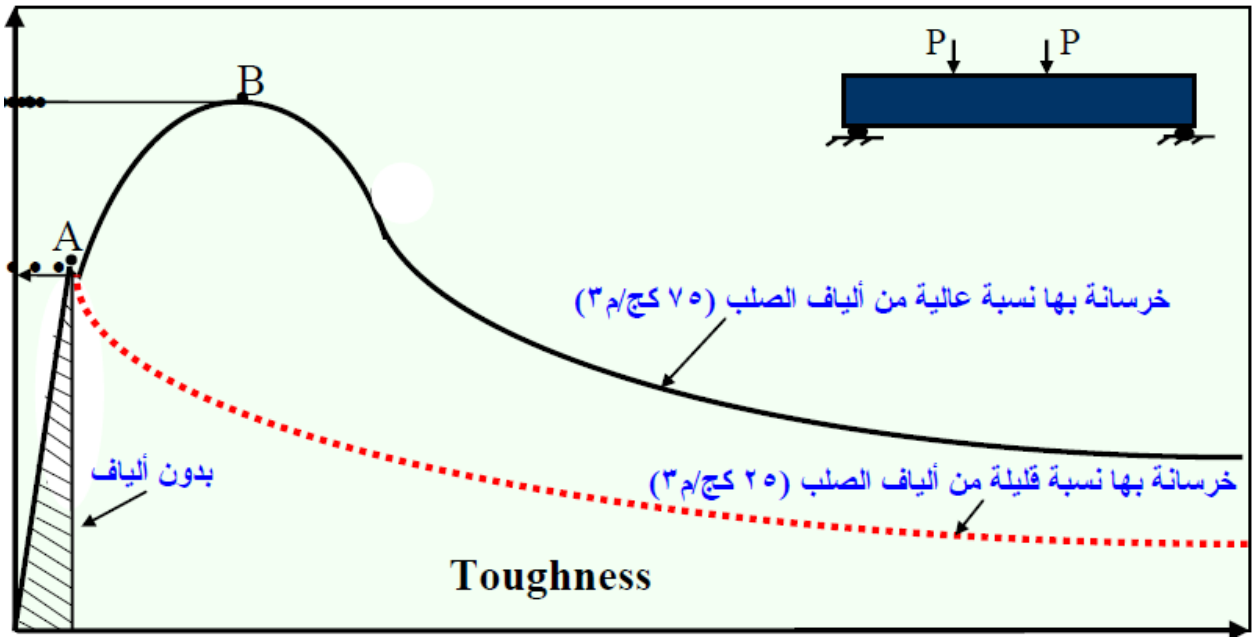
إختبار الهبوط التقليدي واختبار الهبوط المعكوس اجريا لمقارنة اداء الخرسانة البلاستيكية الليفية مع الانواع المختلفة للالياف حيث لوحظ ان الالياف غير مستقيمة الاطراف تؤدي اداء حسنا اثناء الخلطة.

الالياف 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 زمن يتراوح بين (70-20) ثانية.

2-4-7 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 (2-10) 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 (2-10) يوضح منحني الحمل والتشكل للخرسانة الليفية ومدي زيادة المتانة فيها

والشكل (2-11) 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 (2-11) يوضح مقارنة بين كمرتين إحداهما بدون ليف والاخري تحتوي علي ليف

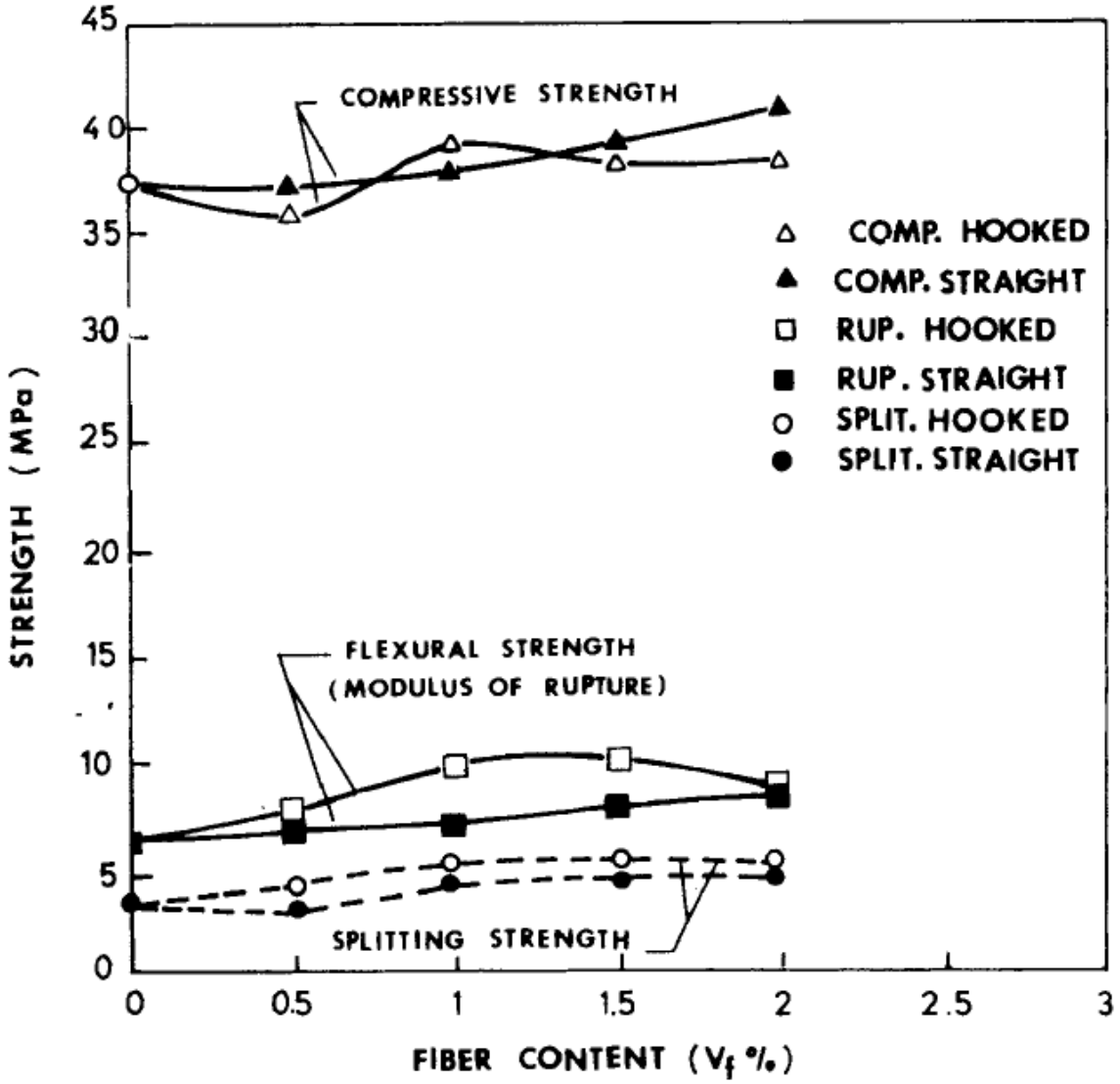
8-4-2 مميزات الخرسانة المدعمة بالألياف:

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 (2-2) والشكل (2-12) يوضحان المقارنة ما بين هذين النوعين من الالياف.

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

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

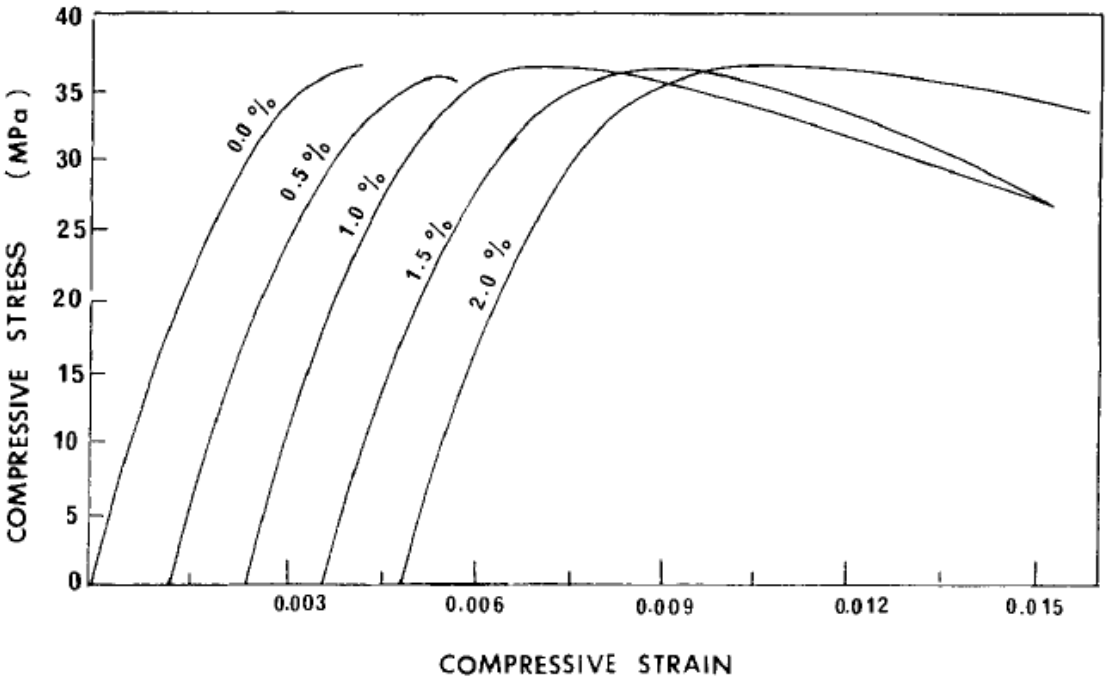


الشكل (2-12) يوضح مقاومة الضغط،والانحناء ومقاومة الشقوق للالياف المستقيمة والغير مستقيمة خلال (7) ايام

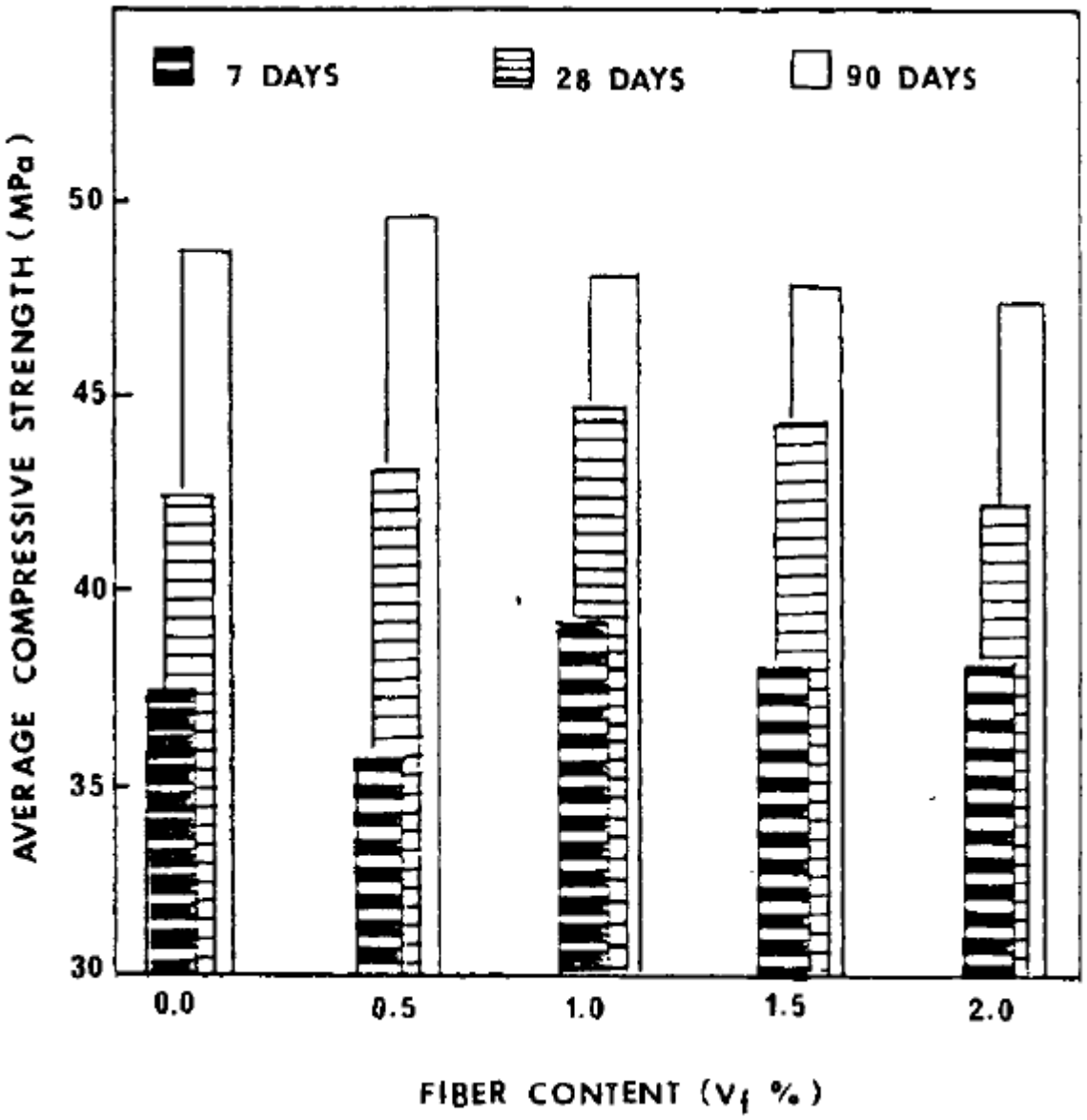
2-4-8-1 مقاومة الضغط:-

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 (2-13)يظهر المحتوي الفعال للألياف غير مستقيمة الاطراف لمقاومة الضغط بعد (7،28،90) يوم علي التوالي .



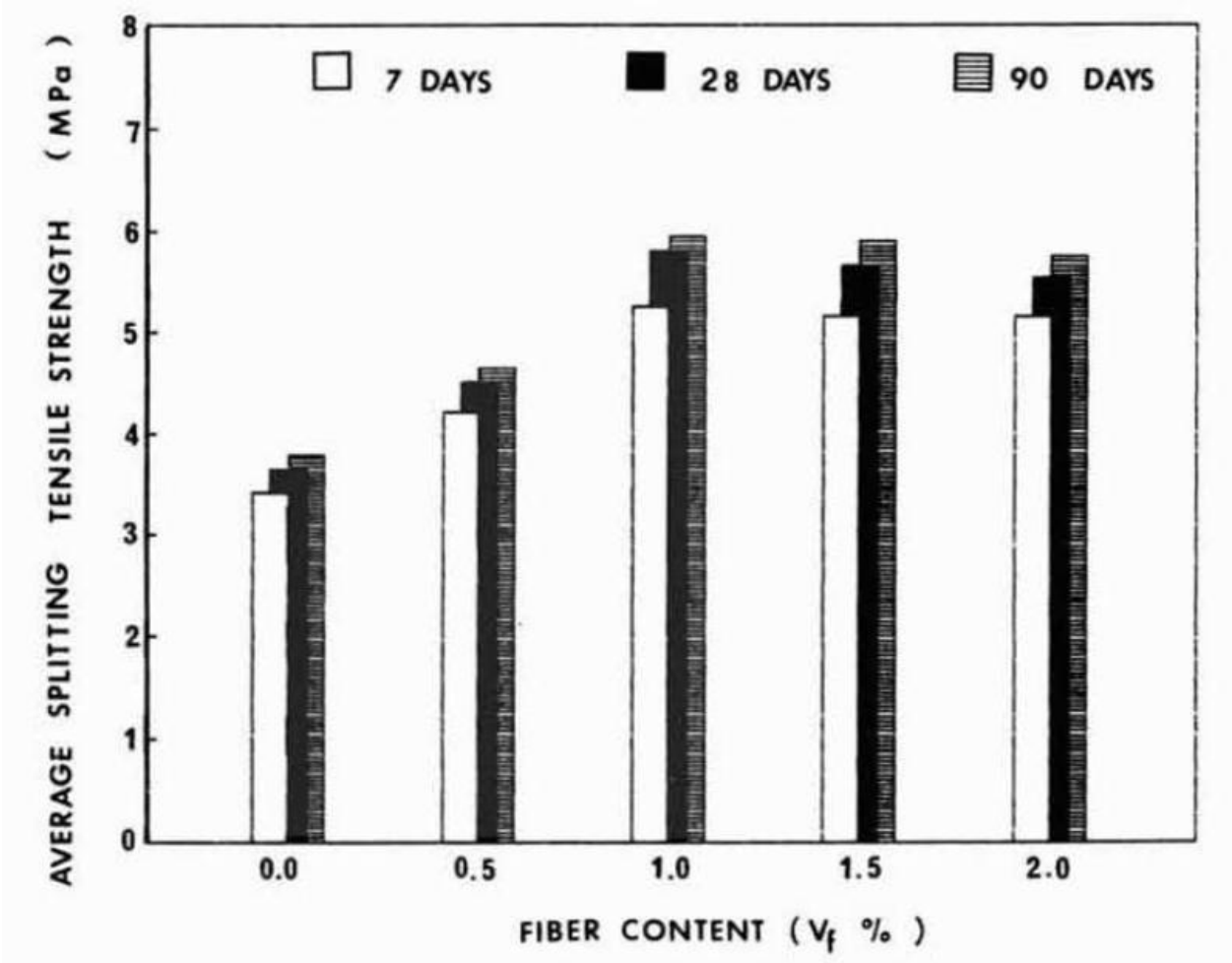
الشكل (2-13) يوضح التاثير الفعال لمحتوي للالياف غير المستقيمة علي مخططات الإجهاد-الإنفعال (28) يوم



الشكل (2-14) يوضح المحتوي الفعال لمحتوي الليف غير المستقيم علي مقاومة الضغط خلال (7،28،90) يوم

2-8-4-2 مقاومة الشقوق للشد:-

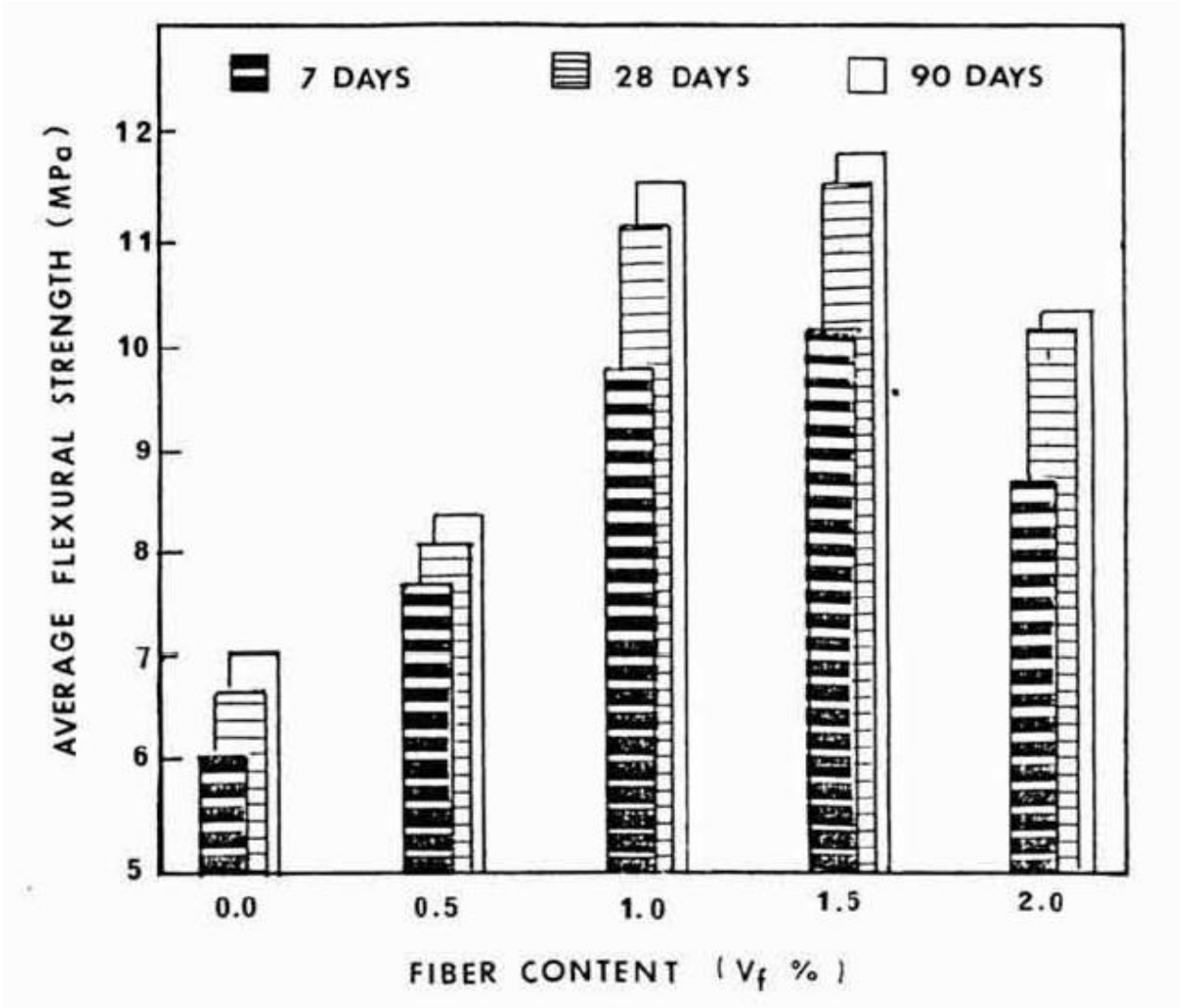
تم إختبار ستون أسطوانة خرسانية بأقطار تتراوح بين (150*300) اختيرت لمقاومة الإنشقاق بعد (7،28،90) يوم.الشكل (2-15) يوضح اثر إضافة الالياف غيرمستقيمة الاطراف خلال مقاومة الشد في الإنشقاق بواقع انها تصل الي اعلي تحسن عند 1.5% من الالياف.



الشكل (2-15) يوضح المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي مقاومة الشقوق للشد خلال (7،28،90) يوما

3-8-4-2 الخشونة والإمتصاص:-

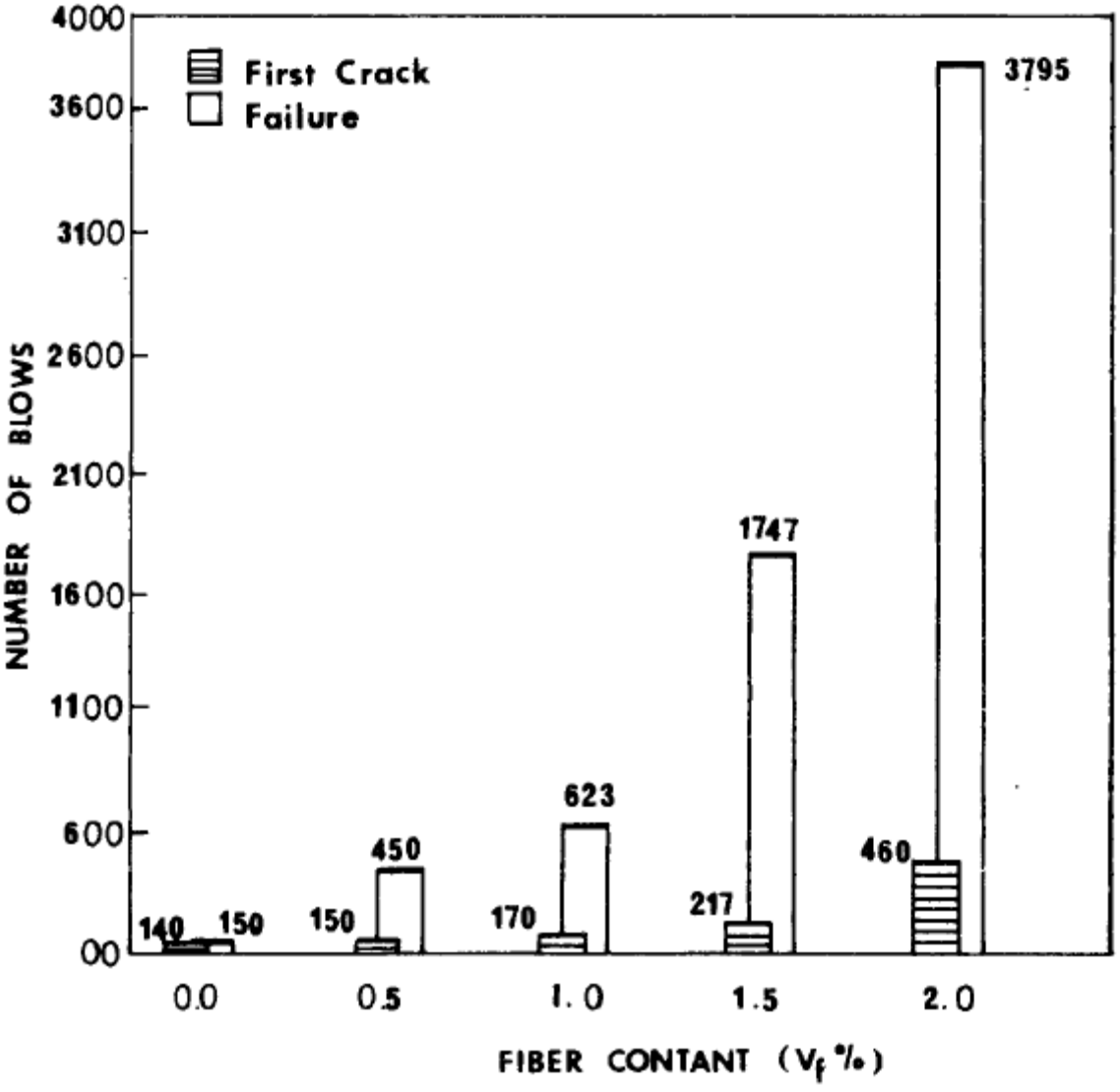
تعرف الخشونة بأنها كمية الطاقة الكلية الممتصة قبل عملية الفصل الكامل للعينة بواسطة العينة المعطاه تحت منحني الإنحراف التثاقلي.الخشونة والطاقة الممتصة بواسطة الخرسانة يمكن ان تزيد زيادة صغيرة بإضافة الالياف وعليه يمكن حساب معامل الخشونة بحساب المنطقة تحت محني الإنحراف التثاقلي كما موضح في الشكل (2-16) حتي (1.8 ملم) من الإنحراف مقسومة بين منطقة مقاومة التشقق الاولي (علاقة طردية) فإن معدل الخشونة المجموع لكل المخاليط قد تم توضيحه.



الشكل (2-16) يوضح المحتوي الفعال لليف غير المستقيم علي الخشونة وإمتصاص الطاقة خلال (7،28،90) يوم

4-8-4-2 مقاومة الصدم:-

اختيرت 15 أسطوانة قصيرة بقطر (150) ملم وسمك (163) ملم اختبر الصدم بعد 28 يوم كما هو مبين في الشكل (2-17) 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 (2-17) يوضح التاثير الفعال لمحتوي الليف غير مستقيم الاطراف علي مقاومة الصدم

9-4-2 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 (2-3) يوضح الإختلاف في الخصائص بين الالياف المستقيمة وغير مستقيمة الأطراف الملصوقة مع بعضها البعض في شكل حزم قابلة للذوبان في الماء.

	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

الجدول (2-3) يوضح الإختلاف في الخصائص بين الألياف المستقيمة وغير المستقيمة

10-4-2 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.

2-4-11 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.

تم استخدام بقايا الالياف الناتجة من تصنيع خزانات المياه للاستفادة منها كما تم استخدام مياه شرب عادية من الحنفية و كانت درجة حرارتها عادية .

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 .

2-4-12صب 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.

الفصل الرابع

التجارب والإختبارات المعملية

2-5-1 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 .

2-5-2 اختبار تحديد 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 4 دقائق 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%) .

3-5-2 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 لتدلّى 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 .

4-5-2 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 .

5-5-2 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

6-5-2 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)

7-5-2 اختبار لتحديد نسبة الشوائب في الرمل:-

مقدمة عن التجربة:-

الشوائب في الرمل هي اما مواد عضوية تؤثر علي اضعاف المقاومة في الخلطة الخرسانية في الاسابيع الاولي او املاح تعمل علي صبغ لون الخرسانة او (طين ـ طمي ـ غبار) وجودها يؤثر علي 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 إجراء التجربة:-

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

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

3- اضيفت نفس كمية الرمل حتى وصل سطح المحلول300مم

4- رُجت الاسطوانة بشدة حتي تخلل المحلول العينة

5- طُرق علي جدار الاسطوانة طرقا" بسيطا" حتي سوي اسطح العينة

6- تُركت العينة لمدة 3 ساعات بدون تحريك ولُوحظ 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**))

8-5-2 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 40 ملم 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 5 ملم بعدأن رفع القالب مباشرةً وهو الفرق بين إرتفاع القالب وإرتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة

9-5-2 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 الثالث

نتائج الإختبارات المعملية والمناقشة

1-3 مقدمة:

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

تم كذلك عمل إختبارات مقاومة الخرسانة للإنضغاط بالنسبة للخلطة الأساسية والخلطات التي تحتوي علي ألياف زجاجية بنسب مختلفة وتم رصد النتائج في شكل جداول.

2-3 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 : ساعة)	01:30	لا يقل عن 45 دقيقة
4	زمن الشك النهائي (دقيقة : ساعة)	02:05	لا يزيد عن 10 ساعات
5	النعومة (%)	%1	لاتزيد عن 10 %

3-3 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	3/4	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	

4-3 نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم :-

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

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

5-3 إختبار الشوائب في الرمل :-

وجد أن نسبة الشوائب 4.08 % وهي أقل من نسبة الشوائب القياسية 8.0 %

6-3 إختبار الوزن النوعي :-

الرمل:

بعد اجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للرمل 2.71

الركام:

بعد اجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للركام 2.6

7-3 الامتصاص :-

الرمل :

تم التحقق من التجربة وايجاد نسبة الإمتصاص ووجدت انها تساوي 7.64 %

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	-	% 4.08
الوزن النوعي	2.67	2.71
الامتصاص	0.48%	7.64%

8-3 نتائج كسر مكعبات الخرسانة للخلطة الاساسية والخلطة المدعمة بالالياف الزجاجية

جدول (3-5) يوضح نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 7 أيام

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	25/2/2014	4/3/2014	100× 100×100	2650	6502	245	.524	
2	25/2/2014	4/3/2014	100× 100×100	2600	6002	235	23.5	25
3	25/2/2014	4/3/2014	100× 100×100	2625	6252	270	27	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : 12 mm

جدول (3-6) يوضح نتائج كسر مكعبات الخلطة الأساسية بعد 28 يوم

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	25/2/2014	25/3/2014	100× 100×100	2675	6752	350	35	
2	25/2/2014	25/3/2014	100× 100×100	2725	7252	370	37	34
3	25/2/2014	25/3/2014	100× 100×100	7002	7002	300	30	

1. Type of Cement Used : OPC
2. Method of curing: immersed in Water Tank
3. Slump : 12 mm

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

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	2600	6002	250	25	
2	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	2600	6002	260	26	25.5
3	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	6002	6002	250	25	

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

جدول (3-8) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.1% بعد 28 يوم

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	2675	6752	355	35.5	
2	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	2650	6502	355	35.5	34.67
3	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	6702	6702	330	33	

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

جدول (3-9) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد7 أيام

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	22/3/2014	30/3/2014	100× 100×100	2750	7502	290	29	
2	22/3/2014	30/3/2014	100× 100×100	2650	6502	290	29	29
3	22/3/2014	30/3/2014	100× 100×100	5752	5752	290	29	

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

جدول (3-10) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.3% بعد 28 يوم

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	22/3/2014	20/4/2014	100× 100×100	2645	6452	380	38	
2	22/3/2014	20/4/2014	100× 100×100	2655	6552	375	37.5	37.5
3	22/3/2014	20/4/2014	100× 100×100	5602	5602	370	37	

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

جدول (3-11) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد7 أيام

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	2600	6002	245	.542	
2	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	5602	5602	260	26	25.5
3	1/4/2014	8/4/2014	100× 100×100	5062	6502	602	62	

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

جدول (3-12) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 0.5% بعد 28 يوم

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	2700	7002	355	35	
2	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	2640	6402	350	35	34.5
3	1/4/2014	29/4/2014	100× 100×100	7502	7502	335	33.5	

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

جدول (3-13) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 1% بعد7 أيام

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	16/3/2014	24/3/2014	100× 100×100	2500	5002	240	24	
2	16/3/2014	24/3/2014	100× 100×100	2600	6002	250	25	24
3	16/3/2014	24/3/2014	100× 100×100	6502	6502	230	23	

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

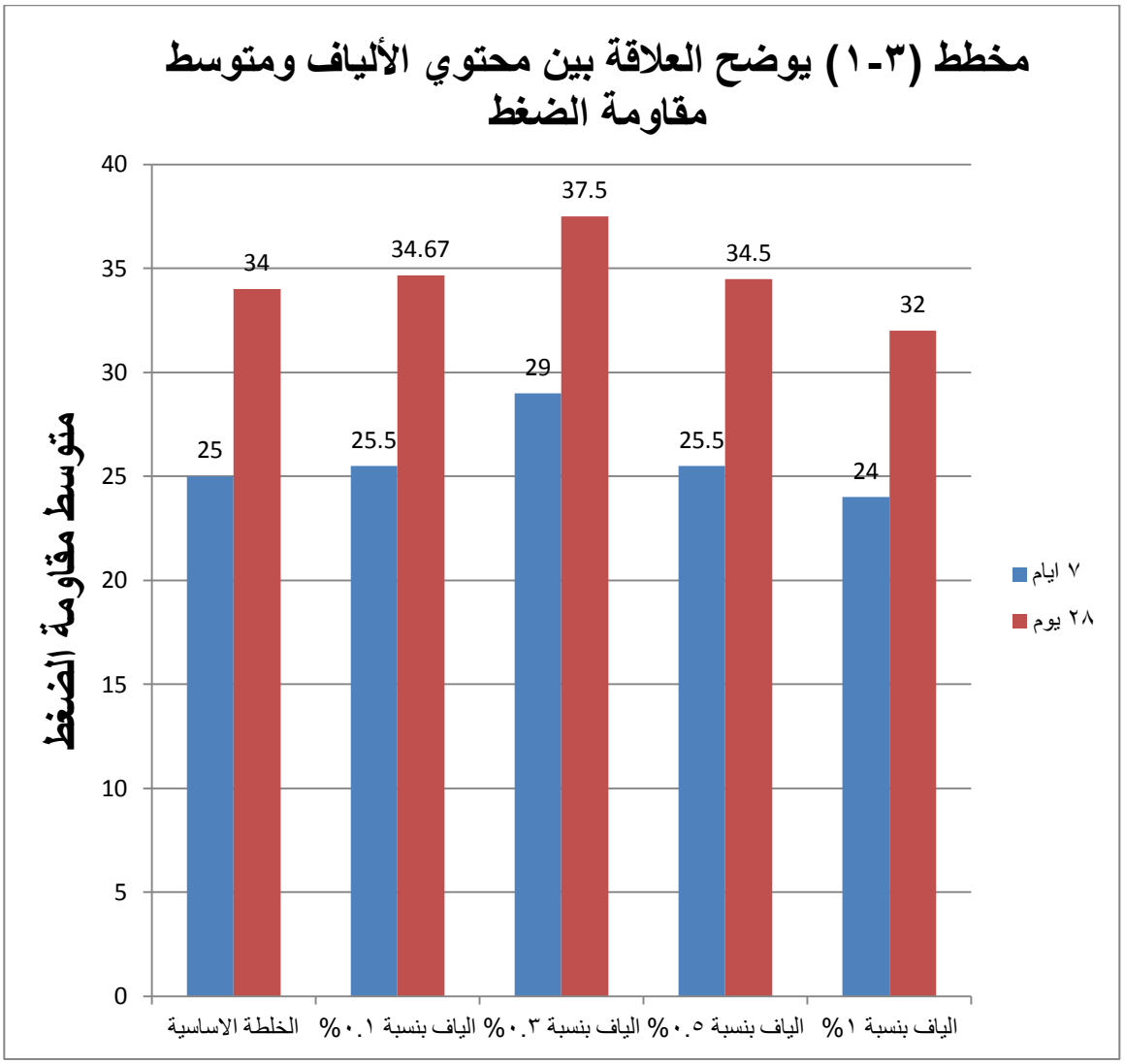
جدول (3-14) يوضح نتائج كسر مكعبات مدعمة بالألياف بنسبة 1% بعد 28 يوم

Cube No	Date of Cost	Date of Test	Dimensions (mm)	Weigh (gm)	Density (kg/m^3)	Failure Load (kN)	Strength (N/mm^2)	Average (N/mm^2)
1	16/3/2014	13/4/2014	100× 100×100	2560	5602	320	32	
2	16/3/2014	13/4/2014	100× 100×100	2640	6402	340	34	32
3	16/3/2014	13/4/2014	100× 100×100	5002	5002	300	30	

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

جدول (3-15) يوضح متوسط مقاومات الضغط لمكعبات الخرسانة بعد 7 أيام و28 يوم

نسبة الألياف المضافة	متوسط المقاومة	
	بعد 7 أيام	بعد 28 يوم
الخلطة الأساسية	25	34
ألياف بنسبة 0.1%	25.5	34.67
أياف بنسبة 0.3%	29	37.5
ألياف بنسبة 0.5%	25.5	34.5
ألياف بنسبة 1%	24	32



9-3 مناقشة النتائج:-

1- من تجربة التحليل المنخلي للركام صنف الركام الخشن على أنه لا يحتوي على كثير من الطين والغبار والطفل وصنف الركام الناعم على أنه متوسط التدرج كما موضح بالجدول (3-3).
2- نسبة كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الاسمنت القياسية w/c (32%) موضحة بالجدول (3-1) .
3- زمن الشك الابتدائي للاسمنت (90) دقيقة وزمن الشك النهائي (125) دقيقة موضحة بالجدول (3-1) .
4- الهبوط للخرسانة العادية (12) ملم ،اما بالنسبة للخرسانة المدعمة بالالياف فلم يتم عمل اختبار للهبوط نتيجة لجفاف قوام الخلطة.
5- متوسط مقاومة الضغط للخرسانة العادية خلال (7-28) يوم (25،34)نيوتن\ملم2 علي التوالي موضحة بالجداول(3-5،3-6) ،وللخرسانة الليفية بنسبة 0.1% خلال (7-28) يوم (25.5،34.67) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-7،3-8)،وللخرسانة الليفية بنسبة 0.3% خلال (7-28) يوم (29،37.5) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول (3-9،3-10) ، وللخرسانة الليفية بنسبة 0.5% خلال (7-28) يوم (25.5،34.5) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول(3-11، 3-12)،وللخرسانة الليفية بنسبة 1% خلال (7-28) يوم (24،32) نيوتن\ملم2 موضحة بالجداول (3-13 ، 3-14).
6- وجد ان مقاومة الانضغاط تقل بعد نسبة 0.3 % و ذلك لان بعد اضافة الالياف بنسبة 0.5 % و 1 % تصبح مراحل خلط و دمك الخرسانة في غاية الصعوبة اما بعد اضافتها بنسبة 0.1 % لاتؤثر كثيرا على مقاومة الانضغاط .
7- وجد أن سعر الكيلو جرام الواحد من الألياف الزجاجية يعادل 26 جنيه أي أن تكلفة الألياف في المتر المكعب الواحد لخرسانة كثافتها 2400 كجم\متر3 تساوي 188 جنيه سوداني و لكن وجد ان من الافضل استخدام بقايا الالياف المستخدمة في صناعة خزانات المياه لأنها متوفرة بسهولة و بدون تكلفة .

الباب الرابع

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 بنسب مختلفة واختبار الهبوط للخرسانة العادية وخواص الخرسانة المدعمة بالاياف والمقارنة بين نتائج الإختبارات المعملية للخرسانة العادية ونتائج اختبارات الخرسانة المدعمة بالألياف بغرض تحقيق التأثير الفعال للألياف على الهبوط ومقاومة الضغط للخرسانة .

توصلنا من خلال دراستنا ان استخدام الالياف يقلل من قيمة الهبوط و يزيد من مقاومة الضغط للخرسانة حيث وجدنا الى أن مقاومة الإنضغاط بعد (28) يوم تساوي 34 نيوتن/ ملم^2 و بعد اضافة الياف زجاجية بنسبة 0.1 % من وزن الخلطة اصبحت مقاومة الانضغاط 34.67 نيوتن/ ملم^2 و بعد زيادة النسبة الى 0.3 % من وزن الخلطة اصبحت مقاومة الانضغاط 37.5 نيوتن/ ملم^2 اما عند اضافة الياف بنسبة 0.5 % اصبحت مقاومة الانضغاط 34.5 نيوتن/ ملم^2 ووجدنا انه عند زيادة نسبة الالياف الى 1 % تقل المقاومة لتصبح 32 نيوتن/ ملم^2 .

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

2-4 التوصيات:-

1- عمل تجارب اضافية حول تاثير الألياف على مقاومة القص والانحناء والصدم ومقاومة الخرسانة للشد وتأثيرها على حرارة الاماهة.
2- عمل بحوث اقتصادية تدور حول هذه المادة من ناحية التكلفة حتى تستخدم بصورة واسعة ضمن مكونات الخلطة الخرسانية.
3- تهيئة 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.

المصادر والمراجع المعتمد عليها المشروع:

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

الملحقات:

صورة توضح مكعبات الخرسانة بعد إضافة الألياف

صورة توضح طريقة إجراء إختبار الهبوط للخلطة الأساسية

صورة توضح بقايا ألياف والتي تم إستخدامها في الخلطات الخرسانية

صورة توضح ألياف حديثة غير مستخدمة