M.GC.011/11

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
المكتبة
كلية الرياضيات وعلوم المادة

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ورقلة

معهد الري والهندسة المدنية
دائرة: الري الصحراوي

مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة في الري الصحراوي

تحت عنوان:

تدعيم خرسانة منشآت الري بالألياف الطبيعية

من إعداد الطالب:

- بعامر يحي

تحت إشراف:

- كريكر عبد الواحد أستاذ مكلف بالدروس بجامعة ورقلة.
- عباني السعيد أستاذ مساعد.
- من جامعة ورقلة ومركز الأبحاث العلمية والتكنولوجية في المناطق الجافة(CRSTRA).

اللجنة:

- الرئيس: خنفر محمد المولدي أستاذ محاضر.
- الممتحن: العقبي عبد العزيز أستاذ مساعد.
- العضو: بابه عبد الحفيظ أستاذ محاضر.

دفعة: 2001

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
المكتبة
كلية علوم المادة

فهرس

العنـــــــــــــــــــــــــــــوان	الصفحـــــــة
المقدمة	01
1 الفصل الأول : عموميات حول الأليـاف الطبيعية .	03
1 – 1 تمهيد	03
1 – 2 عموميات على الألياف .	03
1 – 3 الأسمنت المدعم بالألياف وخصائصه	08
1 – 4 الخلاصة الفصلية .	09
2 الفصل الثاني : تآكل الخرسانة	10
2 – 1 العوامل الكيميائية المؤدية إلى تلف الخرسانة .	10
2 – 2 العوامل الميكانيكية التي تؤدي إلى تلف الخرسانة .	19
2 – 3 الخلاصة الفصلية .	21
3 الفصل الثالث : الخصائص الميكانيكية للألياف الحلفاء والخرسانة .	22
3 – 1 الخصائص الميكانيكية لألياف الحلفاء .	22
3 – 2 خصائص الخرسانة .	39
3 – 3 التجارب على الخرسانة .	52
3 – 4 الخلاصة الفصلية	57
4 الفصل الرابع : ديمومة الخرسانة والألياف في الأوساط العدوانية	58
4 – 1 مدخل .	58
4 – 2 الأوساط العدوانية المستعملة .	59
4 – 3 أوساط حفظ الخرسانة والألياف .	60
4 – 4 نتائج التجارب المتحصل عليها .	61
4 – 5 الخلاصة الفصلية	69
5 الفصل الخامس : الخلاصة العامة والتوصيات .	70
5 – 1 الخلاصة العامة .	70
5 – 2 التوصيات .	71
الخاتمة	72
قائمة المراجع	

ملخص

حاولنا في هذه الدراسة تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة، وذلك بإضافة الألياف الطبيعية (الحلفاء) بنسب مختلفة (2%، 4 %، 6%) وبأطوال مختلفة(2سم، 4سم، 6سم) وفي أوساط حفظ مختلفة.

لاحظنا من خلال التجارب أن الخرسانة التي تحتوي (4%) من الألياف بطول (2سم) أعطت نتائج جيدة بالنسبة لمقاومة الشد(5 Mpa)

أما ديمومة هذه الخرسانة فلاحظنا أن الخرسانة ذات (2%) من الألياف بطول (4سم) مثلت مقاومة في الأوساط (المياه العادية، المياه المالحة).

من خلال هذا العمل لاحظنا كذلك الأثر السلبي للألياف على مقاومة الضغط لكل أنواع الخرسانة المجربة وفي جميع أوساط الحفظ.

Résumé :

Notre travail consiste on une étude expérimentale des caractéristique mécaniques et de la durabilités du béton renforcé par les fibre naturels d'ALFA.

Les fibres sont incomposées avec des déférents pourcentages (2% ,4%, 6%)

Et en longueurs déférents (2cm, 4cm ,6cm) dans déférents milieux de conservations.

Le béton renforcé par (%2) de fibres de longueur (4cm) conservé dans l'eau 7 jours et 21 jours à l'air a présenté une résistance à la traction de (5Mpa) .

Le béton renforcé par de fibre de longueur (2cm) présente une bonne durabilité vis a vis à l'eau naturel et l'eau salé.

On a remarqué un effet négatif des fibres sur la résistance à la compression pour tous les bétons.

Les mots clés:..... كلمات مفتاحية

Béton de fibre:..... الخرسانة بالألياف:.....

Fibre d'Alfa:..... ألياف الحلفاء:.....

Béton:..... الخرسانة:.....

Résistance à la traction:..... مقاومة الشد:.....

Résistance de flexion:..... مقاومة الانحناء:.....

Résistance à la compression:.. مقاومة الضغط:.....

La durabilité du béton:..... ديمومة الخرسانة:.....

Milieux agressives:..... أوساط عدوانية:.....

Eau usée: ..... مياه مستعملة:.....

Eau salée:..... مياه مالحة:.....

الفصل الأول

عموميات حول الألياف الطبيعية

مقدمة

تعتبر الخرسانة المادة الأكثر استخداما في مختلف المنشآت وخاصة منشآت الري لما تمتاز به من خصائص ميكانيكية وفيزيائية واقتصادية جيدة .

غير أن هذه المنشآت تكون عرضة إلى جملة من الأخطار تتسبب في تآكل الخرسانة و إضعاف مقاومتها من أهم هذه الأخطار نذكر:

- التآكل الكيميائي الناتج عن تفاعل الأحماض و الأملاح مع الخرسانة مما يسبب في إضعاف مقاومتها
- التآكل الميكانيكي الناتج عن حمولات خارجية و عدم استقرار أساس الإنشاء .

هذه التآكلات تسبب في ظهور تشققات على الخرسانة وبالتالي في إضعاف مقاومتها .

ولهذا أجريت عدة دراسات و أبحاث تطبيقية من قبل الباحثين و المهندسين من أجل تحسين و ضمان ديمومة الخرسانة .

هدفنا في هذا البحث المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية وخاصة مقاومة التشققات الناتجة عموما عن إجهاد الانحناء و ذلك بإضافة ألياف الحلفاء إلى خلطة الخرسانة ، علما بأن تعزيز الخرسانة بالألياف الطبيعية والاصطناعية يعد من المحاور الحديثة لتحسين مقاومة التشققات للخرسانة

من جهة أخرى تتوفر بلادنا على ثروة نباتية كبيرة منها :

(ألياف النخيل ، ألياف السمار ، ألياف الحلفاء ...)

وقصد تثمين واستغلال هذه الثروة بشكل جيد ، سنحاول في هذا البحث استغلال ألياف الحلفاء وذلك بدمجها في عينات خرسانية ومعاينة مقاومتها للانحناء و الضغط و اختبار ديمومة الألياف والعينات الخرسانية وذلك بوضعها في عدة أوساط و هي :

- الماء العادي
- الهواء
- أوساط عدوانية (مياه مستعملة ، مياه مالحة ، ماء الجير)

قمنا بتقسيم موضعنا هذا إلى خمسة فصول و هي :

- الفصل الأول : سنتطرق فيه إلى عموميات حول ألياف الحلفاء و الألياف الطبيعية .
- الفصل الثاني : سنتناول فيه معرفة أسباب تآكل الخرسانة .
- الفصل الثالث : سندرس فيه الخصائص الميكانيكية لألياف الحلفاء و الخرسانة .

- الفصل الرابع : سنوضح فيه ما مدى ديمومة ألياف الحلفاء والخرسانة المعززة بالألياف في الأوساط العدوانية

- الفصل الخامس : سنقدم فيه جملة من الخلاصات والتوصيات تشمل ما مدى صلاحية الخرسانة المعززة بالألياف في أوساط الحفظ المذكورة .

مقدمة

تعتبر الخرسانة المادة الأكثر استخداما في مختلف المنشآت وخاصة منشآت الري لما تمتاز به من خصائص ميكانيكية وفيزيائية واقتصادية جيدة .

غير أن هذه المنشآت تكون عرضة إلى جملة من الأخطار تتسبب في تآكل الخرسانة و إضعاف مقاومتها من أهم هذه الأخطار نذكر:

- التآكل الكيميائي الناتج عن تفاعل الأحماض و الأملاح مع الخرسانة مما يسبب في إضعاف مقاومتها
- التآكل الميكانيكي الناتج عن حمولات خارجية و عدم استقرار أساس الإنشاء .

هذه التآكلات تسبب في ظهور تشققات على الخرسانة وبالتالي في إضعاف مقاومتها .

ولهذا أجريت عدة دراسات و أبحاث تطبيقية من قبل الباحثين و المهندسين من أجل تحسين و ضمان ديمومة الخرسانة .

هدفنا في هذا البحث المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية وخاصة مقاومة التشققات الناتجة عموما عن إجهاد الانحناء و ذلك بإضافة ألياف الحلفاء إلى خلطة الخرسانة ، علما بأن تعزيز الخرسانة بالألياف الطبيعية والاصطناعية يعد من المحاور الحديثة لتحسين مقاومة التشققات للخرسانة

من جهة أخرى تتوفر بلادنا على ثروة نباتية كبيرة منها :

(ألياف النخيل ، ألياف السمار ، ألياف الحلفاء ...)

وقصد تثمين واستغلال هذه الثروة بشكل جيد ، سنحاول في هذا البحث استغلال ألياف الحلفاء وذلك بدمجها في عينات خرسانية ومعاينة مقاومتها للانحناء و الضغط و اختبار ديمومة الألياف والعينات الخرسانية وذلك بوضعها في عدة أوساط و هي :

- الماء العادي
- الهواء
- أوساط عدوانية (مياه مستعملة ، مياه مالحة ، ماء الجير)

قمنا بتقسيم موضعنا هذا إلى خمسة فصول و هي :

- الفصل الأول : سنتطرق فيه إلى عموميات حول ألياف الحلفاء و الألياف الطبيعية .
- الفصل الثاني : سنتناول فيه معرفة أسباب تآكل الخرسانة .
- الفصل الثالث : سندرس فيه الخصائص الميكانيكية لألياف الحلفاء و الخرسانة .

1-1 تمهيد :

تعتبر الحلفاء نبتة برية تنمو في المناطق السهبية ، ذات أوراق إبرية على شكل ألياف يتراوح قطرها بين (0,9 – 1,5) مم يصل طولها إلى أكثر من 50 سم .

تتلائم مع الجفاف أين تقل الأمطار عن 500 مم في السنة ولا تقبل كثرة المياه وتتأقلم مع الدرجة الحرارة المنخفضة (– 10 ، –20) م° مدة نموها تبلغ 4 أشهر من مارس إلى جوان وتنمو في المناطق أين يصل علوها بين (1400 –1800) م على مستوى سطح البحر **[1].**

بالنسبة للحلفاء في مرحلة نموها تحتوي على رطوبة تتراوح نسبتها من (25 – 30) % و يصل مردود هذه النبتة من قنطار إلى قنطارين في الهكتار الواحد **[1].**

تنمو هذه النبتة في كل من الجزائر، المغرب، تونس، وجنوب إسبانيا **[1].**

بالنسبة للجزائر تتواجد الحلفاء في المناطق السهبية مثل الجلفة ، الأغواط ، بوسعادة ، المسيلة وتتربع على مساحة شاسعة ،تنمو جنب نبتة الشيح والسبار والدرين **[1].**

في الجزائر تعاني نبتة الحلفاء من الاستغلال الغير العقلاني مما يؤدي إلى ضياع سلالتها ولهذا يمنع نزعها في شهر مارس ، وللحفاظ على جذور وسلالة الحلفاء يشترط في كل 6 سنوات من الاستغلال ترك سنة للتكاثر **[1].**

من أهم تطبيقات ألياف الحلفاء استخدامها في الصناعات التقليدية وتقديمها كعلف للمواشي إضافة إلى صناعة الورق .

2-1 عموميات على الألياف

1-2-1 تمهيد

يعود استغلال الألياف الطبيعية منذ القدم حيث استخدمت في البناءات وذلك في صناعة أحجار الطوب لما لها من متانة .

وبظهور مواد البناء المتينة مثل الجبس والأسمنت تراجع استعمال الألياف الطبيعية . إلا أنه في الوقت الحديث ظهرت بحوث تهتم بتعزيز المنشآت الخرسانية بالألياف النباتية مثل السيزال وجوز الهند **[2].**

ونجد أن الألياف النباتية قد استعملت في العصر القديم لصناعة الحبال والأقمشة والحصائر وبمرور الوقت ظهرت الألياف الصناعية والتي نلخصها في الجدول (1 – 1)

الفصل الأول ـــ

الجدول (1 – 1) : يوضح بعض الألياف الصناعية [2].

نوع الليف	الإستعمالات
الزجاج	جدران – قنوات تصريف المياه – أسقف غطاءات رقيقة بالخرسانة – تغليف لأجزاء الخرسانة – لوحة مسبقة التصنيع
الحديد	أجزاء الأسقف بالخرسانة الخلوية – تغليف الأراضي – قنوات الخرسانة الخزانات تحت ضغط هياكل المقاومة للانفجارات – تغليق الأنفاق – مجسم السقف
البوليبروبلان	الأجزاء العائمة – مواد الصيانة الطرق – الطبقات الخارجية لقنوات في أعماق البحار
الأميونت	الأسقف – القنوات – لوحات – مواد العزل الحراري والحماية من الحرائق قنوات تصريف المياه – صفائح الأسقف المسطحة
الكربون	أجزاء مقعرة لبناء الأسقف – هيكل أقسام السقف – صفائح الصواعد
الميكا	التعويض الجزيء للأميونت في صفائح الأسمنت – قنوات الخرسانة ومواد الصيانة

1 – 2 – 2 تصنيف الألياف النباتية

يمكن تصنيف الألياف النباتية إلى أربعة أصناف وهي :

ألياف الورقة – ألياف محيطة بالجدع – ألياف السطح – ألياف الحطب [2].

1 – 2 – 2 – 1 ألياف الورقة

تستخلص ألياف الورقة من أوراق النباتات مثل نبتة السيزال،توجد هذه الألياف على شكل حزم تنتج شعيرات مستمرة على طول الورقة وطبقة هذه الألياف تعطي القوة والصلابة إلى جنس الورقة ونتحصل على ألياف الورقة بواسطة غسل وتجفيف هذه الأوراق ثم تسحق وتقشط لإزالة النسيج الخلوي من الليف والغسل يزيل ويقطع اللب الباقي على الليف ثم يجفف بالمجففات الميكانيكية أو بواسطة الشمس[2].

1- 2 – 2 – 2 الألياف المحيطة بالجذع :

نحصل على هذه الألياف من قصبات ديكوتي ليدونوس (D ICOTY LEDONOUS) وتسمى نبتة الألياف.

وتوجد هذه الألياف مباشرة تحت اللحاء أو القشرة الخارجية للقصبة على شكل حزم تعطي القوة والمتانة إلى قصبة النبتة [2].

الألياف المحيطة بالجذع استعملت في صناعة النسيج ونجد منها إيرانا ، كيناف ، رامي (URENA , KENAF , RAMIE) هذه الألياف مهمة في التطبيقات بسبب قوتها وذات تكلفة عالية وتستخلص حزم الألياف من نسيج خلوي وذلك بعملية التنقيع في الماء الساخن .

بعد ذلك تنشر القصبات على الأرض لتتعرض إلى أشعة الشمس وبذلك يذوب النسيج الخلوي ثم توضع لمدة ثلاثة أسابيع في الماء وبعدها تترك لتجف في الهواء بذلك نتحصل على الألياف المحيطة بالجذع[2].

1 – 2 – 2 – 3 ألياف الخطب

هذه الألياف قصيرة وصلبة بشكل نسبي ونحصل عليها بسحق النباتات مثل قصب باجاس (BAGASSE) وبشكل عام نتحصل على ألياف خشنة وقصيرة نسبيا في الطول[2].

1 – 2 – 2 – 4 ألياف السّطح

توجد هذه الألياف على أوراق الثمار وبذور النباتات ومن أهم هذه الألياف ألياف جوز الهند وتستعمل أساسا في صناعة الحبال ونتحصل عليها من القش بواسطة عملية نقع القش في الماء لبضعة أيام تسحق المادة الناعمة وتمزق بالمسامير وتفصل الألياف الخشنة والطويلة وبعد ذلك تغسل وتجفف وبذلك نتحصل على هذه الألياف [2].

1 – 2 – 3 الخصائص الميكانيكية للألياف

تعتمد الخصائص الميكانيكية للألياف أساسا على (إجهاد الشد ، معامل الليونة ، التشوه عند التمزيق والديمومة) وأول التجارب الميكانيكية التي أجريت على الألياف كانت في صناعة الحبال [2].

الفصل الأول ـــ

1-2-3-1 إجهاد الشد

ونقصد بإجهاد الشد، قوة الشد العمودية على مقطع الليف .

الجدول (1 – 2) و (1 – 3) يعطي إجهاد الشد لمجموعة من أنواع الألياف النباتية [2].

ملاحظة : الإجهاد الموضح أجرى على مجموعة من ألياف متحدة .

1 – 2 – 3 – 2 الديمومة

وهي مدى مقاومة المادة في الأوساط العدوانية وأجريت عدة تجارب لتحسين ومعرفة ديمومة الألياف ومثال ذلك النتائج التي توصل إليها الباحث نيلسون الذي لاحظ أن الألياف السيزال تأثرت بسبب غمرها في الكلس وقد نقصت قوة الليف بنسبة 74 %[2].

كما هو موضح في الجداول (1 – 2) ، (1 – 3)

جدول (1 – 2) : خصائص الألياف المشتقة من القصبات والأعشاب [2].

الخصائص	نوع الليف		
	لسان الحمل	قصبة الماء	عشب الفيل
إجهاد الشد [MPa]	90	70	180
المقاومة في الوسط القلوي لخسارة الإجهاد بعد النقع في الكلس	50% في الشهر	60% في 4 أشهر	9% في 6 أشهر
خسارة القوة بعد الابتلال المتكرر ويجفف لمد 3 أشهر	% 97	% 20	% 13
الانحناء في الأسمنت،أدنى طول لتماسك الألياف مع الخلطة (سم)	3,0	2,0	2,45
الخلطة	توجد خشية صعود	توجد خشية صعود	لا توجد خشية صعود الألياف في الخلطة المبللة
الكتلة الحجمية (غ/سم^3)	0,3	0,3	0,3

جدول (1 – 3) : القوة الكاسرة والطول الكاسر والإستطالة بالنسبة المئوية للألياف النباتية الأكثر والأعم [2].

نوع اللف	خصائص الليف						
	الطول الكاسر (سم)	جفف بعد الحفظ في ماء مالح لمدة 28 يوم		مبلل		جاف	
		الإستطالة (%)	القوة الكاسرة (كغ)	الإستطالة (%)	القوة الكاسرة (كغ)	الإستطالة (%)	القوة الكاسرة (كغ)
أباك (ABACA)	48,2	2,8	28	2,4	34	2,1	41
نبات السيزال	36,3	3,4	34	2,9	28	2,6	31
هنكن (HENEQUEN)	26,2	6,3	24	6,0	19	4,9	22
نبات الجات	-	-	-	1,5	20	1,7	24
كناف (KE NAF)	-	-	-	2,1	18	1,7	20
إرينا (URENA)	-	-	-	0,9	16	1,3	14

1-2-3-3 معامل الليونة

تطرق عدة باحثين إلى دراسة معامل الليونة للألياف،منهم الباحث بيسافا أوزوماكا (BIASAVA USOMAKA) الذي وجد أن معامل الليونة يتعلق بطبيعة الليف وبمرونتها،ونجد أن الباحث باما (PAMA) تحقق من خصائص ليف باجاس (PAGASSE) وهو أحد أنواع ألياف الحطب وكذلك الليف الهندي الذي هو أحد أنواع ألياف السطح والجدول (1 – 4) يعطي معامل الليونة لبعض الألياف [2].

1 – 3 الأسمنت المدعم بالألياف وخصائصه

تم إجراء عدة بحوث حول تعزيز الأسمنت بالألياف من طرف باحثين نيلسون ، سميث ، سكاردهل ، سريدهار ، بيسار ، باما ، أيار (NILSSON, SMITH , SKARDAHL, SRIDHRRA, PIASSARA, PAMA, AYYAR) [2].

لاحظ نيلسون في تجاربه على ألياف السيزال عند إدخالها كتعزيز في خلطة الخرسانة بنسبة حجميه 4% أن قوة صلابة الخرسانة زادت ما بين 20% و 25% مقارنة مع الخرسانة العادية إلا أنه لاحظ أن هناك تناسب طردي بين الزيادة في نسبة التعزيز ونسبة امتصاص ماء الخلطة [2].

كما لاحظ سكاردهال (KARDHAL) في تجاربه على ألياف السيزال المقطعة إلى ألياف قصيرة (15 – 50) مم والألياف المستمرة في حدود 1400 مم تتطلب زيادة في كمية الماء إلى خلطة الخرسانة [2].

وقد أظهرت تجارب بيسافا و سيردهارا (S RIDHARA , PIASSAVA) على عدة ألياف ومنها ألياف الجوز الهندي ، زيادة في قوة الاصطدام بـ 34 % وهذا بإضافة 3% من ألياف الجوز الهندي بطول يتراوح من(6 – 12) مم إلى خلطة الخرسانة [2].

وعند وضع هذه الألياف في وسط قلوي لاحظ بسافا و سيردهار نقصا في القوة بنسبة 54 % بعد 90 يوم ومن جهة أخرى لاحظ الباحث باما أن تعزيز الأسمنت بألياف باجاس (PAGASSE) أعطى نتائج حسنة من ناحية مقاومة الشد والانحناء ولاحظ كذلك أن ألياف الباجاس والجوز الهندي لا تمتص كثيرا ماء الخلطة. من جهة أخرى نجد أن الباحث أيار (AYYAR) في أبحاثه المنجزة على ألياف عشب الفيل وقصب الماء لاحظ أن هذه الألياف تحسن من مقاومة الشد للخرسانة ولاحظ كذلك أن هاذين الليفيين لهما مقاومة معتبرة في بيئة قلوية[2].

كما هو موضح في الجداول (1 – 4) ، (1 – 5)

جدول (1 – 4) : خصائص ألياف باجاس (BAGASSE) وألياف الجوز الهندي [2].

الخصائص	نوع الليف	
	ليف الجوز الهندي	ليف باجاس (BAGASSE)
الوزن النوعي	1,33	1,24
القطر (مم)	0,196	0,240
امتصاص الماء %	66	78,5
إجهاد الشد [MPa]	72	20
معامل الليونة [GPa]	2,0	1,7

جدول (1 – 5) :الطول الحرج الخاص لبعض الألياف النباتية [2].

نوع الليف	الطول الحرج (مم)	العجينة
نبات السيزال	55	الجبس
ليف الجوز الهندي	43	الجبس
باجاس (BAGASSE)	26	الأسمنت
عشب الفيل	25	الأسمنت
قصب الماء	20	الأسمنت
(MUSA)	30	الأسمنت
نبات السيزال	20	الأسمنت

1-4 الخلاصة الفصلية

نستطيع استخلاص أن هناك عدة ألياف طبيعية يمكن استغلالها في تعزيز الأسمنت أو الخرسانة. خاصة بالنسبة للدول التي تمتلك ثروة طبيعية هائلة من هذه الألياف ومنها الدول النامية وبشكل أخص بلادنا الجزائر التي تمتلك عدة أصناف من الألياف الطبيعية نذكر منها (الحلفاء ، السمار ، ألياف النخيل الخ...).

الفصل الثاني

تآكل الخرسانة

1 تمهيد

الخرسانة مادة مقاومة وذات ديمومة طويلة عموما ، إلا أنها تتعرض إلى التآكل بفعل عوامل ميكانيكية أو كيميائية كما سنوضحه لاحقا .

2-1 العوامل الكيميائية المؤدية إلى تلف الخرسانة

من أهم الأسباب المؤدية إلى تلف الخرسانة المحاليل الكيميائية التي تتفاعل مع مكوناتها بحيث تضعف فعالية الإسمنت وكذلك النسيج الرابط بين عناصر الخرسانة .

وبما أن تركيبة الإسمنت قاعدية مما يسمح لها بالتفاعل مع الأحماض في وجود وسط قوي مركب والنتيجة المنطقية لهذا التفاعل إتلاف نسيج الخرسانة وإضعاف مقاومتها [3].

ومن أهم المصادر التي تسبب في إتلاف خرسانة منشأة الري ، المياه السطحية التي تحتوي على مواد حمضية بسبب تحلل النبات أو نتيجة تلوث الأرض من مصادر أخرى

غير أن هذه المواد الحمضية ليس لها الأثر الكبير على الخرسانة الكثيفة (أي لا تحتوي على فرغات) حيث يكون تأثيرها سطحي وتلف الخرسانة يكون بطيئا وتكون حماية هذا النوع من الخرسانة بدهن سطحها بطبقة مقاومة للأحماض ، وتشكل المياه المستعملة خطر على الخرسانة وتسبب في إتلافها لاحتواء هذه المياه على العناصر الضارة مثل الأحماض والأملاح والغازات الخطيرة.

كما أن الأسمنت المقاوم للكبريتات (CRS) لا يمثل حل للمشكلة و لا يمثل الحماية الكافية للخرسانة خاصة إذا أنجزت بطريقة غير سليمة [3].

ويعد محلول أملاح الكبريتات من أهم العناصر الخطرة حيث يمكنه أن يتحد مع ثالث الومينات الكاليسوم (C_3A) الموجود في الأسمنت البورتلاندى ليكون هيدرات الألمينوكبريت (مادة إترنجية) على هيئة بلورات إبرية الشكل تسبب انتفاخ داخل النسيج الذي يصبح أبيض اللون وهشا .

وفي هذه الحالات يجب استخدام إسمنت مقاوم للكبريتات الذي يحتوي على نسبة قليلة من ثالث الومينات الكالسيوم [3].

وبما أن الخرسانة الكثيفة يكون تأثير المواد الكيميائية عليها سطحيا لذلك يجب العناية بالخلطة الخرسانة ودمكها جيدا للتقليل من الفارغات .

إن وجود أملاح الكبريتات في المياه السطحية يكون عادة على شكل كبريتات الكالسيوم التي لديها قدرة محدودة للذوبان في الماء غير أن هناك بعض الأملاح الأخرى مثل كبريتات المنغنيز ، لديها القدرة أكثر على الذوبان في الماء وتشكيل محاليل أكثر قوة وخطورة [3].

كما أن المياه التي تحتوي على محلول ثاني أكسيد الكربون CO_2 يمكن أن تهاجم سطح الخرسانة .

وهـــناك مصدر آخر للعناصر الكيميائية التي تهاجم نسيج الخرسانة والأمر متعلق بالركام المستعمل أي طبيعة الحصى والرمل وغالبا ما يحتوي على مركبات الكالسيوم والمركبات السيليسية بنسب كبيرة .

بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل :

مركـــبات الحديد والمغنيزيوم وقد تتواجد أيضا مركبات الصوديوم والبوتاسيوم ومن المعقول أن تتأثر الخرسانة كيميائـــيا بالمواد العدوانية والمحيطة بها حيث تهاجم بالدرجة الأولى الكالسيوم ويعتبر وجود الماء عاملا أساسيا للـــتفاعلات الكيمائـــية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بالخرسانة للتعرف على الأملاح الموجودة في التربة وكذلك المياه السطحية في حالة تواجدها [3].

2-1-1 العناصر الكيميائية الضارة بالخرسانة وطريقة تأثيرها

هـــناك جملة من العناصر الكيميائية تؤدي إلى تلف الخرسانة ، يتم دخول المحاليل الكيميائية إلى داخل الخرسانة عن طريق الصعود الشعيري حتى تصل إلى سطحها وبعد تبخر الماء تبقى هذه المواد الكيميائية على شـــكل بلـــورات داخل الفراغات بحيث تتنفخ هذه البلورات وتحدث تشقق داخل الخرسانة وبالتالي يتم إضعاف مقاومتها حيث تقع لها عملية التعرية والتفتت [3].

من أهم العناصر الكيميائية التي تهاجم الخرسانة هي :

2-1-1-1 الأحماض الحرة

الأحمـــاض الحـــرة لهـــا قدرة على إذابة المركبات الإسمنتية وتضر كذلك الركام إذا كان يحتوي على كـــربونات الكالســـيوم ويمكـــن التعرف على وجود الحامض بواسطة الأساس الهيدروجين (PH) فإذا قل الأساس الهيدروجيني عن 6,5 يعني كذلك أن الوسط له تأثير ضار بالخرسانة [3].

2-1-1-2 الأحماض المعدنية

الأحماض المعدنية لها تأثير على الإسمنت وتؤثر على الركام في حالة احتوائه على الأملاح الكربونات ومثال ذلك

الحالة الأولى :

الجير الأسمنتي $Ca\ (OH)_2$ يتحول إلى محلول دون تفاعل	مثال : ماء صافي بخصائص ($H^+\ OH^-$) عجينة الأسمنت ينزع منها الكالسيوم عن طريق تميه الجير C_4AH_{13} ، C-S-H ، $Ca\ (OH)_2$ النتيجة النهائية تآكل وتكوين مادة منتفخة ($Al_2O_3nH_2O$ ، SiO_2nH_2O) [4].

الحالة الثانية :

الجير الأسمنتي $Ca\ (OH)_2$ يتحول إلى محلول مع التفاعل	تشكيل مركب جديد	إما بتكوين طبقة واقية بتشكل ملح غير قابل للذوبان مثل تفاعل H_2CO_3 وتكوين طبقة واقية من الملح غير الذائب $CaCO_3$ أو تكوين طبقة غير واقية بتشكيل ملح قابل للذوبان مثل HCl و HNO_3 يتفاعل مع الجير ويكون $CaCl_2$ و $Ca(NO_3)_2$ [4].

2-1-1-3 فعل حمض الكربونيك

حمـــض الكربونـــيك H_2CO_3 يمكن اعتباره كمحلول نتيجة وجود CO_2 في الماء ويكون على عدة حالات

CO_2 غاز حر

CO_2 نصف راسب كيميائيا $Ca(HCO_3)_2$ قابل للذوبان

CO_2 راسب كيميائيا $Ca\ CO_3$ غير قابل للذوبان

تبعا للتفاعل الإتزان التالي

$$CO_2 + H_2O + CaCO_3 \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} Ca(HCO_3)_2$$

الفصل الثاني ـــ

إذا كان CO_2 حر وموجود بقلة مقارنة بـ $CaCO_3$ التفاعل يتجه نحو 2 ترسب $CaCO_3$ غير قابل للذوبان

إذا كان CO_2 حر متواجد بإفراط مقارنة بـ $CaCO_3$ فإن التفاعل يكون في الاتجاه 1 بتشكيل $Ca(HCO_3)_2$ قابل للذوبان

ثم تأتي مرحلة مهاجمة جير الأسمنت $Ca(OH)_2$ حسب التفاعل التالي

$$CO_2 + H_2O + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2H_2O$$

يتحول $CaCO_3$ في اتجاه التفاعل 1 النتيجة ماء عدواني حث تآكل [4].

2-1-1-4 فعل الأحماض العضوية :

الأحماض العضوية أقل خطورة من الأحماض الغير العضوية مثل (حمض الخليك – اللاكتيك– البيوتريك) تذيب الكالسيوم من المكونات الإسمنت كما أن بعض الأحماض العضوية تكون طبقة واقية مثل حامض الأوكساليك والتتريك [3].

2-1-1-5 الكبريتات

تتفاعل الكبريتات مع مركبات الكالسيوم والألمنيوم في الإسمنت وتكون مركبات ذات قابلية شديدة لإمتصاص الماء وهذا يسبب الانتفاخ في الخرسانة مما يؤدي إلى ظهور تشققات [3].

2-1-1-6 فعل الأملاح

كلوريدات وكبريتات المغنزيوم تذيب هيدروكسيد الكالسيوم من الأسمنت وتكون هيدروكسيد المغنزيوم على شكل راسب بالإضافة إلى مهاجمة الكبريتات لمركبات الكالسيوم والألمنيوم في الإسمنت آلية التفاعل تكون كما يلي

ذوبان الأسمنت و تكون مادة جديدة عن طريق التبادل الأيوني

إما بوجود مواد ملتصقة بـ $Ca(OH)_2$

مثال فعل $MgCl_2$ عن طريق تبادل الأيوني $Ca^{2+} \longrightarrow Mg^{2+}$

$$Ca(OH)_2 + MgCl_2 \longrightarrow \underset{\text{يترسب}}{Mg(OH)_2} + \underset{\text{قابل للذوبان}}{CaCl_2}$$

إما بوجود مواد غير ملتصقة بـ $Ca(OH)_2$

مثال : فعل NH_4Cl عن طريق استبدال $Ca^{2+} \longrightarrow 2NH_4^+$

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2NH_4OH + CaCl_2$$

$$NH_4OH \longrightarrow NH_3 + H_2O$$

غاز متطاير

2-1-1-7 فعل السلفات

يتم فعل السلفات في الخرسانة بذوبان جير الأسمنت وذلك عن طريق تبادل الأيوني

مثال : Na_2SO_4 تبادل بين $Ca^{2+} \longrightarrow 2Na^+$

$$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2\,NaOH$$

قابل للذوبان

$CaSO_4$ قابل للذوبان بنسبة 1,2 غ/ل يحدث تآكل

$CaSO_4$ الباقي يكون على شكل $CaSO_4 2H_2O$ جبس ثانوي يحدث إنتفاخ

$$3CaSO_4 + C_3AnH_2O \longrightarrow C_3A3CaSO_4\,32H_2O$$

مادة اترانجية (ettringite)

نتيجة يحدث انتفاخ وتشقق [4].

2-1-1-8 فعل الدهون والزيوت

تتأثر الخرسانة بالدهون والزيوت ويختلف تأثيرها باختلاف التركيبة الكيميائية لتلك الدهون والزيوت وعلى حالتها الطبيعية (سائل أو صلب)

أ) الدهون والزيوت النباتية والحيوانية

تؤثر الدهون والزيوت النباتية والحيوانية على الخرسانة وهي عبارة عن إسترات الكالسيوم للأحماض الأمنية (الصابون) وحيث أن نفاذية الدهون والزيوت النباتية والحيوانية خلال الخرسانة بطيئا لذا لا يشكل وجودها خطرا جسيما [3].

ب) زيوت القارة

تحتوي دائما الزيوت المتوسطة والزيوت الثقيلة على الفينول (حامض الكربونيك) و مشتقاته وهذا الحامض يكون مع الخرسانة أملاح الفينولات والخرسانة الغير مسامية لا تتأثر تأثرا محسوسا بتلك المركبات [3].

2-1-2 مصادر تواجد المواد المهاجمة للخرسانة

2-1-2-1 المياه

مصادر المياه متعددة وهي كالآتي

1) مياه البحر

الأملاح الأساسية التي تهاجم الخرسانة هي الكلوريدات وأملاح المغنزيوم وتحتوي مياه البحر على نسب عالية من تلك الأملاح وتتراوح بين (30000 - 40000) جزء من المليون [3].

2) مياه المستنقعات

تحتوي مياه المستنقعات على مواد تهاجم الخرسانة في صورة جير ذائب في حامض الكربونيك وحمض الكبريتات العضوية [3].

3) المياه الجوفية

تحتوي المياه الجوفية على الكالسيوم الذائب في الحامض الكربونيك - كبريتات المغنزيوم -كبريتيد الهيدروجين - الامونيا ، وقد تحتوي على مواد عضوية بنسب عالية وذلك في حالة تداخل المياه الضارة مثل مياه الصرف الصحي والمياه التي قد تتسرب من الشقوق أثناء الحفر وتحتوي على نسبة عالية جدا من أملاح [3].

2-1-2-2 التربة

التربة التي تحتوي على كبريتات تكون طبقات رسوبية من الجبس القابل للذوبان والجبس الغير المتميز بسمك كبير وقد تتواجد أيضا مختلف عناصر الكيميائية بالتربة والترسبات السطحية وخاصة في بعض المناطق الصحراوية على هيئة حبيبات أو على هيئة طبقات قد يصل سمكها إلى عدة سنتمترات وقد تكون قابلة للذوبان في الماء [3].

2-1-2-3 خصائص المياه الضارة

تتميز المياه الضارة عند الفحص الظاهري بالون الداكن - الرائحة وجود ترسبات جبس - خروج الغاز (حامض الكاربونيك) تأثر عباد الشمس بالغازات القاعدية (يتغير لون ورقة عباد الشمس الأزرق إلى الأحمر) و بالتحليل الكيميائي يمكن معرفة محتوى المياه [3].

يتميز الفحص الكيميائي للمياه بتقدير المحتويات التالية :

1- الأساس الهيدروجيني
2- الرائحة
3- اختزال برمنغنات البوتاسيوم
4- العسر الكلي (الكالسيوم + المغنزيم)
5- العسر بالكربونات
6- المغنزيوم مغ / ل
7- الألمنيوم مغ/ ل
8- الكبريتات مغ/ل
9- الكلوريدات مغ/ل
10- الجير الذي يذوب بحامض الكربونيك مغ/ل

يتم تقييم خطورة المياه على الخرسانة بواسطة جدول و تكون المياه ذات ضرر بالغ في حالة زيادة أي من النسب عن الحد المسموح به [3].

وهذه النسب موجودة في الجدول رقم (2-1)

ملاحظة :

بالإضافة إلى أهمية تقييم المكونات الضارة في

الماء فمعدل التأثير على الخرسانة يتزايد مع درجات الحرارة العالية و الضغط العالي أو تعريض الخرسانة لمياه المتحركة أو تحت ضغط هيدروستاتيكي أو الرج السريع و يقل معدل تأثير الخرسانة في درجة الحرارة المنخفضة و كذلك في وجود كميات قليلة من المياه ووجود مياه متحركة ببطيء

لان المكونات الضارة تتزايد ببطيء كما هو الحال في حالة التربة القليلة النفادية .

(معامل النفادية ($k < 0.00001$ م/ثا) [3].

2-1-2-4 خصائص التربة الضارة

توصف بأنها دائما ذات لون مختلف عن ألون العادي للتربة يشبه التربة الرمادية و خاصة إذا احتوت على نباتات متحللة متسببة في حموضة التربة و يجب التحذير بالخطورة في حالة وجود تلامس بين الخرسانة و طبقة من الجبس و الأملاح الكبريتات. و يجب أن يكون فحص كيميائي للتربة

1-الأحماض العضوية

2- الكبريتات (ثلاثي أكسيد الكبريت) الكبريتيد

وهذا الفحص يدل على أهمية خواص و مكونات التربة الضارة كيميائيا بالخرسانة في حالة التربة المبللة وتحتوي على كبريتيد أكثر من 100 مغ /ل على هيئة كبريتيد ثنائي [3].

يمكن تقييم مدى عدوانية التربة المبللة أو المشبعة بالماء على الخرسانة حسب القيم المبينة في الجدول (2 – 2) مع الأخذ بعين الاعتبار أن قيم هذا الجدول تقل إذا ما قلت نفاذية التربة .

ملاحظة :

يستعمل الأسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات عندما تزيد نسبة الكبريتات في الماء عن 400 مغ/ل أو في حالة زيادة عن 93 % للتربة المجففة هوائيا و الحدود المقترحة لتواجد هذه الأملاح في الجداول (2-3) (2-4)

جدول (2-1) : حدود التقييم للمكونات الضارة بالمياه [3].

م	الفحص	الأضرار		
		أضرار قليلة	أضرار شديدة	أضرار خطيرة
1	الأساس الهيدروجيني	5,5 - 6,5	4,5 - 5,5	أقل من 4,5
2	حامض الكربونيك	30- 15	60 -30	أعلى من 60
3	الاسونيا (أيون) مغ/ل	30 - 15	60 - 30	أعلى من 60
4	الماغنسيوم مغ/ل	300 - 100	1500 - 300	أعلى من 1500
5	الكبريتات (ثالث أوكسيد الكبريت)	600 - 200	2000- 600	أعلى من 2000

جدول (2 -2): حدود تقييم خطورة التربة المهاجمة على الخرسانة [3].

الاختبارات	الخطورة	
	خطورة بسيطة	خطورة خطيرة
الحامضية	أعلى من 20	/
الكبريتات (ثالث الكبريت) للتربة الميسورة هوائيا	0.17 - 0.42	أعلى من 0.42

جدول (2 – 3): تأثر الخرسانة بالتربة و بالمياه المحتوية على تركيزات مختلفة من الكبريتات [3].

الوسط	التربة	المياه الجوفية
الكبريتات (درجة التأثير)	الكبريتات القابلة للذوبان في الماء	الكبريتات في المياه جزء من المليون
تأثير ضعيف	0-0.08	0-125
تأثير إيجابي	0.08 - 0.17	125-800
تأثير محسوس	0.17- 0.42	800-1600
تأثير خطير	أكثر من 0.42	أكثر من1600

جدول (2-4) : تأثير الخرسانة بالكبريتات في وجود الكلوريدات [3].

مهاجمة المياه في الظروف العادية	الكبريتات (ثالث أوكسيد الكبريت)		
	الماغنسيوم أيون 100مغ/ل الامونيا أيون 100 مغ/ل		الماغنسيوم أيون 100مغ/ل الامونيا أيون 100مغ/ل
درجة المهاجمة ↓	كلور 1000مغ/ل	كلور أكبر من 1000مغ/ل	
	مغ/ل	مغ/ل	مغ/ل
عمليا ليس خطير	أقل من 150	أقل من 200	أقل من 100
ضعيف المهاجمة	300-150	350-200	150-100
متوسط المهاجمة	500-300	600-350	300 -150
عالي المهاجمة	1000-500	1250-600	500-300
خطير المهاجمة	اكبر من 1000	أكبر من 1250	أكبر من 500

2-2 العوامل الميكانيكية التي تؤدي إلى تلف الخرسانة

2-2-1 تمهيد

من بين الأسباب التي تؤدي إلى تلف الخرسانة العوامل الميكانيكية المتمثلة أساسا في الحمولات المسلطة على الخرسانة و عملية الحث الناتجة عن الرياح و المياه الجارية وكذلك عدم استقرار تربة الأساسات المنشآت هذه العوامل الميكانيكية تسبب تشققات في الخرسانة مما يسهل تسرب العناصر الكيميائية الضارة إليها و بذلك تتأثر الخرسانة و كذلك حديد التسليح وفيما يلي سنتطرق بالتفصيل إلى بعض الأسباب الميكانيكية المتسببة في ظهور تشققات على الخرسانة و إضعافها :

2 – 2 – 1 – 1 شقوق نتيجة تقلصات حرارية وهيدروليكية

أثناء عملية امتصاص الأسمنت للماء وصلادة الخرسانة ينتج عنها حرارة بكمية ملحوظة في الخرسانة يسبب في تبخر الماء و ظهور تشققات نتيجة خروج الماء .
وفي حالة الخرسانة السابقة التجهيز يتم تخميد هذه الحرارة عن طريق العلاج بالبخار بحيث تمتص مقدار كبير من الحرارة دون إحداث إجهادات داخل الخرسانة و إجهادات الشد الحرارية يمكن إحداث شقوق والتي تكون عموما رفيعة ونادرا ما تكون ملحوظة إنشائيا و لكنها تولد وتشكل سطوح ضعيفة داخل الخرسانة [3].

2 – 2 – 1 – 2 شقوق نتيجة هبوط في التربة

هذه الشقوق تظهر عادة في حالة ضعف التربة التأسيس تحت المبنى وخصوصا في حالة عدم دراسة خواصها قبل الإنشاء وفي هذه الحالة تظهر شقوق مائلة في الجدران نتيجة هبوط في بعض الأجزاء و يمكن أن يحدث هبوط في التربة نتيجة وجود مياه السطحية و في حالة التغير منسوب المياه السطحية يحدث فارغات في التربة مما ينتج هبوط في التربة [3].

2 – 2 – 1 – 3 التشققات الناتجة عن إجهادات داخل الخرسانة

بما أن الخرسانة لها مقاومة ضعيفة للإجهادات الشد والانحناء ، فإن تجاوز الحد المسموح به من ناحية الإجهادات الناتجة عن الحمولات الخارجية كثيرا ما تؤدي إلى ظهور تشققات داخل الخرسانة [5].

2– 2 – 2 التآكل الميكانيكي على القنوات

كمثال للتآكل منشآت الري نتطرق إلى تآكل القنوات تصريف المياه
كثيرا ما تكون قنوات تصريف المياه معرضة إلى جملة من الحمولات و الشحنات التي تتعرض إليها القناة يوميا كثقل السيارات و الشاحنات وقوى الردم و كذلك القوى الناتجة عن تحرك التربة كل هذه القوى تؤثر سلبيا على القناة [3].
ومن جهة أخرى حمولة القناة من المياه الثقيلة و التي لها سرعة تزيد عن 1.5 م/ثا وبمرور الوقت تتهشم القناة كل هذه القوى وبمرور الزمن يمكن أن ينتج عنها إجهادات تفوق إجهاد تحمل القوى الميكانيكية وبالتالي تحطم أو تشقق هذا بالإضافة إلى العوامل الكيميائية المتعرضة لها

2 – 3 الخلاصة الفصلية

بعد تعرضنا إلى أهم الأسباب المؤدية إلى تلف الخرسانة بحيث وجدنا أن الفعل الكيميائي له الأثر الكبير على مقاومة الخرسانة وآلية تفاعل بين مكونات الأسمنت و العناصر الكيميائية (أملاح أحماض) ونتيجة ظهور تشققات وضعف مقاومة

كما رأينا الفعل الميكانيكي على الخرسانة وكيفية إحداث إجهادات التي تؤثر سلبا على مقاومتها وقصد تحسين الخصائص الميكانيكية والتصدي إلى التشققات إقترحنا تعزيز تركيبة الخرسانة بالألياف الطبيعية المتمثلة في ألياف الحلفاء

وفي ما يلي سنتطرق إلى الخصائص العامة للخرسانة المعززة بألياف الحلفاء.

الفصل الثالث

الخصائص الميكانيكية لأليـاف الحلفاء والخرسانة

3-1 الخصائص الميكانيكية لألياف الحلفا

تمهيد :

يعـــود استعمال ألياف الطبيعية منذ القدم حيث استخدمت في صناعة وسائل عيش الإنسان وكذلك تمتين بناء المنازل لما تمتاز به من مقاومة وديمومة ومن هذه الألياف الطبيعية ألياف الحلفاء .

فـــي هذا الفصل سنتطرق إلى دراسة الخصائص الميكانيكية لألياف الحلفاء وكذلك الخرسانة المعززة بهذه الألياف.

أجرينا في المخبر تجارب الميكانيكية حيث قمنا بإحضار نوعين من الألياف إلى المخبر

- النوع الأول : ألياف لم تكتمل مرحلة نموها ذات لون أخضر تم تجفيفها في الهواء الطلق
- النوع الثاني : ألياف اكتملت مرحلة نومها ذات لون يميل إلى الاصفرار وجافة

صـــنفنا هده الألياف حسب الأقطار كل نوع لوحده ، بالنسبة للنوع الذي لم يكتمل النمو كانت الأقطار بين (0,9 – 1 – 1,2) مم

أمـــا بالنسبة للنوع المكتمل النمو كانت الأقطار بين (1,1 ، 1,3 ، 1,5) مم للعلم تم تحديد أقطار الألياف باستعمال قدم القنوية، وأجرين على هذه الألياف تجربة الشد لتحديد قيمة إجهاد الشد و التشوه في الحالتين الطبيعية (جافة) وفي الحالة الرطبة (مبللة)

3-1-1 التجارب في الحالة الطبيعية للألياف (جافة)

نـــأخذ الألـــياف كما هي في حالتها الطبيعية جافة نقوم بقصها إلى أطوال متساوية في تجربتنا هذه اخترنا طول 12 سم لجميع الألياف .

بعـــد ذلك قمنا بتثبيت ليف الحلفاء علي فكي آلة الشد ثم حددنا سرعة انتقال الفك السفلي ، بعد ذلك شغلنا آلـــة الشد، يبدأ الفك السفلي بالتحرك نحو الأسفل بسرعة ثابتة بينما يبقى الفك العلوي ثابت وبذلك يتعرض الليف إلى عملية الشد

في كل مرة نقرأ قوة الشد والإستطالة المقابلة لها إلى غاية تمزيق الليف

كـــررنا الـــتجربة ثـــلاث مرات لكل قطر ثم حددنا القيمة المتوسطة النتائج المتحصل عليها موضحة في الجـــــــــــــــداول (3 – 1) ، (3 – 2) ، (3 – 3) ، (3 – 4) ، (3 – 5) ، (3 – 6) والمنحنيات (3 – 1) ، (3 – 2)

الفصل الثالث ـــ

$$\sigma = F / S \quad [MPa]$$

يتم حساب إجهاد الشد ومعامل التشوه بالعلاقتين التاليتين

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

حيث

σ : إجهاد الشد.

ε : معامل التشوه.

F : قوة الشد (N).

S : مقطع الليف (m^2).

ΔL: الاستطالة (cm).

L : طول الليف (cm).

الفصل الثالث ـــ

3-1-1-1 التجارب على ألياف الحلفاء مكتملة النمو

نتائج تجارب على ألياف الحلفاء مكتملة النمو في الجداول الموالية

جدول (3-1) : إجهاد الشد والتشوه بالنسبة للألياف ذات القطر 1,1 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,007	5,26	5
0,014	10,52	10
0,021	15,79	15
0,029	21,05	20
0,037	26,31	25
0,044	31,58	30
0,052	36,84	35
0,059	42,11	40
0,066	47,37	45
0,074	52,63	50
0,081	57,90	55
0,089	63,16	60
0,096	68,43	65
0,103	73,69	70
0,110	78,95	75
0,119	82,11	78

جدول (3-2): إجهاد الشد والتشوه بالنسبة للألياف ذات القطر 1,3 سم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,012	7,53	10
0,024	15,07	20
0,036	22,61	30
0,047	30,15	40
0,059	37,68	50
0,070	45,22	60
0,082	52,76	70
0,093	60,30	80
0,105	67,84	90
0,117	75,37	100
0,128	82,91	110
0,139	90,45	120
0,151	97,99	130
0,162	105,52	140
0,174	111,55	148

جدول (3-3): إجهاد الشد والتشوه بالنسبة للألياف ذات القطر 1,5 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,011	5,66	10
0,022	11,32	20
0,033	16,98	30
0,045	22,64	40
0,056	28,30	50
0,068	33,97	60
0,079	39,63	70
0,089	45,29	80
0,100	50,95	90
0,111	56,61	100
0,123	62,27	110
0,133	67,94	120
0,144	73,60	130
0,155	79,26	140
0,165	84,92	150
0,175	90,58	160
0,186	92,85	164

الفصل الثالث ـــ

3-1-1-2 ألياف الحلفاء في مرحلة النمو

نتائج تجارب التي أجريت على ألياف الحلفاء في مرحلة النمو تـــم تجفيفها في الهواء الطلق

جدول (3-4): يوضح إجهاد الشد والتشوه الألياف الحلفاء ذات القطر 0,9 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,0052	7,86	5
0,01	15,72	10
0,16	23,59	15
0,021	31,45	20
0,027	39,31	25
0,030	47,18	30
0,035	55,04	35

الفصل الثالث ـــ

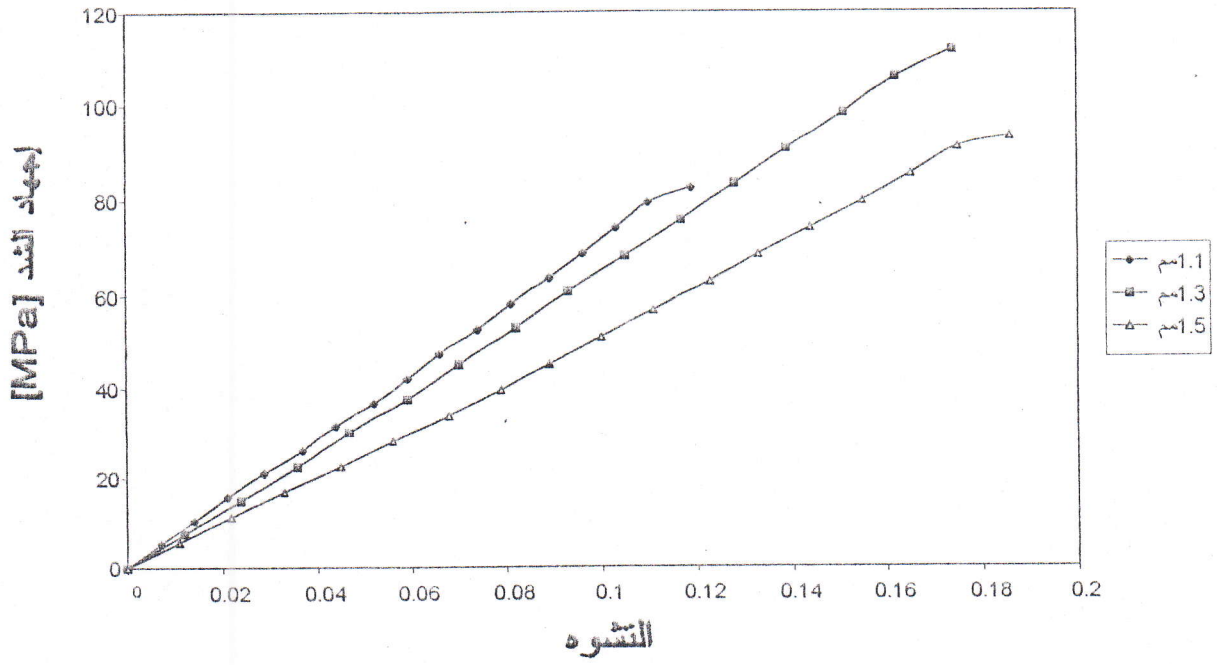
جدول (3-5) :إجهاد الشد والتشوه الألياف الحلفاء ذات القطر 1مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,0052	6,36	5
0,011	12,37	10
0,015	19,10	15
0,022	25,47	20
0,026	31,84	25
0,031	38,21	30
0,036	44,58	35
0,040	50,95	40
0,044	57,32	45
0,050	63,69	50
0,055	70,06	55
0,063	75,15	59

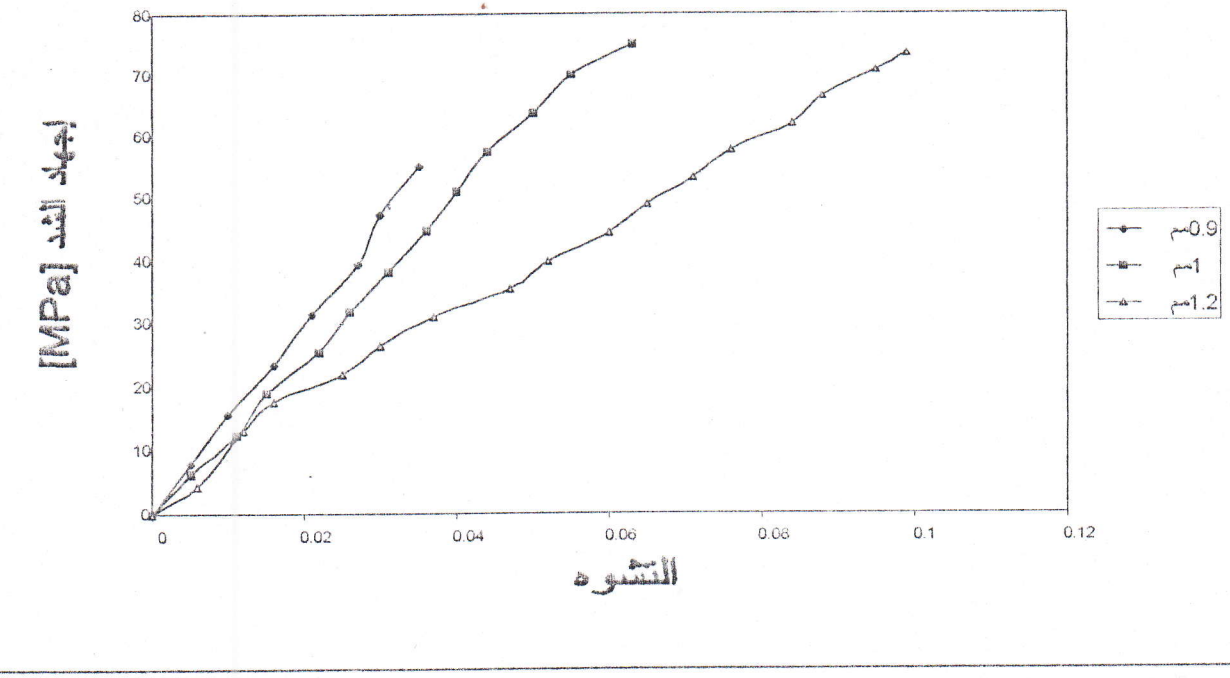
الفصل الثالث ـــ
جدول (3-6) :إجهاد الشد والتشوه الألياف الحلفاء ذات القطر 1,2 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,006	4,42	5
0,012	13,26	15
0,016	17,69	20
0,025	22,11	25
0,03	26,53	30
0,037	30,96	35
0,047	35,38	40
0,052	39,80	45
0,060	44,23	50
0,065	48,65	55
0,071	53,07	60
0,076	57,50	65
0,084	61,92	70
0,088	66,34	75
0,095	70,77	80
0.099	73,42	83

الشكل (3 – 1) : منحنى إجهاد – التشوه للألياف الحلفاء مكتملة النمو



الشكل (3 – 2) : منحنى إجهاد – التشوه للألياف الحلفاء في مرحلة النمو



3-1-2 ألياف الحلفاء موضوعة في الماء لمدة 48 ساعة

يتم وضع ألياف الحلفاء بنوعيه في الماء العادي لمدة 48 ساعة لتكتسب الرطوبة المطلوبة ثم نتركها في الهواء لمدة 24 ساعة بعد ذلك نطبق عليها نفس التجارب السابقة النتائج المحصل عليها موضح في الجداول (3 – 7) ، (3 – 8) ، (3 – 9) ، (3 – 10) ، (3 – 11) ، (3 – 12) والمنحنيات (3 – 3) ، (3 – 4)

3-1-2-1 ألياف الحلفاء مكتملة النمو

النتائج المتحصل عليها موضحة في الجداول التالية

جدول (3–7): إجهاد الشد والتشوه للألياف ذات القطر 1,1 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,0083	5,26	5
0,017	10,52	10
0,026	15,79	15
0,034	21,05	20
0,044	26,31	25
0,054	31,58	30
0,062	36,84	35
0,072	42,11	40
0,081	47,37	45
0,090	52,63	50
0,100	57,90	55
0,110	63,16	60
0,118	68,43	65
0,128	73,69	70
0,138	78,95	75

الفصل الثالث ـــ

جدول (3-8): إجهاد الشد والتشوه للألياف ذات القطر 1,3 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,013	7,53	10
0,026	15,07	20
0,040	22,61	30
0,053	30,15	40
0,068	37,68	50
0,080	45,22	60
0,094	52,76	70
0,107	60,30	80
0,1200	67,84	90
0,133	75,37	100
0,147	82,91	110
0,161	90,45	120
0,174	97,99	130
0,188	105,52	140
0,203	109,29	145

جدول (3-9): إجهاد الشد والتشوه للألياف ذات القطر 1,5 مم

F[N]	σ [MPa]	ε
10	5,66	0,012
20	11,32	0,025
30	16,98	0,038
40	22,64	0,051
50	28,30	0,063
60	33,97	0,075
70	39,63	0,088
80	45,29	0,100
90	50,95	0,112
100	56,61	0,125
110	62,27	0,137
120	67,94	0,150
130	73,60	0,162
140	79,26	0,175
150	84,92	0,188
160	90,58	0,202
161	91,15	0,209

3-1-2-2 ألياف الحلفاء في مرحلة النمو

نتائج التجارب المتحصل عليها موضحة في الجداول التالية

جدول (3-10) : إجهاد الشد و التشوه للألياف ذات القطر 0.9 مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,0045	7,86	5
0,0099	15,72	10
0,015	23,59	15
0,02	31,45	20
0,026	39,31	25
0,031	47,18	30
0,034	50,32	32

جدول (3-11): إجهاد الشد والتشوه لألياف الحلفاء ذات القطر 1مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,005	6,36	5
0,012	12,73	10
0,017	19,10	15
0,023	25,47	20
0,027	31,84	25
0,033	38,21	30
0,044	44,58	35
0,049	50,95	40
0,053	57,32	45
0,058	63,69	50
0,064	70,06	55
0,070	72,61	57

الفصل الثالث ـــ
جدول (3-12) : إجهاد الشد والتشوه لألياف الحلفاء ذات القطر 1,2مم

ε	σ [MPa]	F[N]
0,007	4,42	5
0,014	13,26	15
0,022	17,69	20
0,030	22,11	25
0,037	26,53	30
0,044	30,96	35
0,052	35,38	40
0,060	39,80	45
0,067	44,23	50
0,077	48,65	55
0,083	53,07	60
0,090	57,50	65
0,097	61,92	70
0,109	66,34	75
0,119	70,77	80

3 -1- 3 التعقيب

مــن خلال النتائج المتحصل عليها سابقا نلاحظ أن ألياف الحلفاء لها استطالة جيدة مقابلة قوة شد معتبرة غير أن هذه القوة متعلقة بمرحلة نمو ألياف .

حيــث أن الألــياف في مرحلة النمو لها مقاومة ضعيفة مقارنة بألياف الحلفاء المكتملة النمو وكذلك الأمر متعلق بقطر الأليف كلما كان القطر كبير كانت المقاومة جيدة .

3-1-4 معامل الليونة

يــتم حساب معامل الليونة (E) من منحنيات الأشكال (3-1) ، (3-2) و (3-3) ، (3-4)

حيث (E) يمثل ميل منحنى إجهاد التشوه وذلك في الحالتين الجافة والرطبة

حيث

E معامل الليونة

$$E = tg\,\alpha \qquad [GPa]$$

α زاوية الميل

σإجهاد الشد

ε معامل التشوه

$$tg\,\alpha = \sigma / \varepsilon$$

من المنحنيات σ بدلالة ε نقوم بحساب معامل الليونة و النتائج موضحة في الجدول (3 – 13)

جدول (3-13): معامل الليونة لألياف الحلفاء

وسط الحفظ	مرحلة النمو	قطر الليف (مم)	معامل الليونة [GPa]
الحالة الطبيعية للألياف (الجافة)	في مرحلة النمو	0,9	1,32
		1	1,20
		1,2	1,10
	مكتملة النمو	1,1	0,73
		1,3	0,63
		1,5	0,55
ألياف موضوعة في الماء لمدة 48 ساعة	في مرحلة النمو	0,9	1,58
		1	1,24
		1,2	1,17
	مكتملة النمو	1,1	0,81
		1,3	0,77
		1,5	0,59

3-1-5 التعقيب

نلاحظ أن معامل الليونة متغير حسب قطر الألياف ومرحلة نموها ، بالنسبة للألياف الموضوعة في الماء نلاحظ تغير في معامل الليونة مقارنة بالألياف الجافة و كذلك مقاومة الشد نقصت بعض الشيء .

3-1-6 خلاصة

بالنسبة للتجارب الميكانيكية التي أجرينها على ألياف الحلفاء نلاحظ أن هذه الألياف أعطت مقاومة جيدة و معامل الليونة مقبول خاص بالنسبة للألياف مكتملة النمو مقارنة بنتائج الأبحاث المرجعية وهذا مما يدفعنا إلى إتمام دراستنا حول ألياف الحلفاء مكتملة النمو لما لها من متانة وسنقوم باستعمالها في تعزيز الخرسانة منشآت الري .

3-2 خصائص الخرسانة

تمهيد :

تعتبر الخرسانة المادة الأساسية في الإنشاءات ومنها منشآت الري

تتكون الخرسانة من ثلاث عناصر أساسية هي : الرمل ، الحصى ، إسمنت ، و الماء لتحضير الخلطة وخصائص الخرسانة متعلقة أساسا بخصائص العناصر المكونة لها ولهذا سنتعرض إلى خصائص هذه العناصر ومصادرها .

3-2-1 الأسمنت

يعتبر الأسمنت المادة الرابطة بين العناصر الصلبة في الخرسانة (حصى – رمل) وتكوين نسيج قوي يتحمل مختلف الإجهادات

يتم تحضير الأسمنت باستخراج أحجار منجميه ، بعد عملية النقل تفتيت وتحق هذه الأحجار ثم توضع في فرن دوار تحت درجة حرارة 1500 م°

بعد عملية التبريد نتحصل على مادة الكلينكر وهي مادة أساسية في تركيبته

بعد إضافة مادة الجبس إلى الكلينكر وسحقه نتحصل على إسمنت بورتلاندي الاصطناعي (CPA)

ولتحضير إسمنت خاص ، يضاف إلى الكلينكر مكونات اصطناعية مثل (خبث الأفران – الرماد – حمم البراكين) لكي نتحصل على أسمنت خاص مثل (CPAL– C PAZ – CPAC) .[5].

بالنسبة لهذا المشروع استعملنا أسمنت مقاوم لسلفات (CRS) ذو تركيز 400 كغ / م^3

وهو يشبه الأسمنت البورتلاندي ذي الحرارة منخفض التصلب ويستعمل هذا الأسمنت لتحضير الخرسانة المستمرة في المياه المعدنية والمستعملة [5].

3-2-2 الماء

الماء المستعمل في تحضير خلطة الخرسانة وفي الرش ماء طبيعي لا يحتوي على شوائب ضارة تمنع التصلب الطبيعي للخرسانة .

3-2-3 الرمل

يتشـــكل الرمل نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح أو جريان الماء ،ويكمن تحضير الرمل الاصطناعي الناتج عن سحق خبث الفرن العالي .

ولتحضـــير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز ، يجب أن يكون الرمل خالي من مواد متفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية حيث لا تزيد هذه النسب عن 3% للـــــــــرمل الطبيعــــــــــــي و 5% للـــــــــــرمل المكســـــــــــر **[5]**.

الرمل المستعمل في هذا المشروع من منطقة حاسي مسعود ذو قسم 5/0

4-2-3 الحصى

ينـــتج الحصــــى عـــن طـــريق تكسر صخور الطبيعية باستعمال آلة التكسير أو عن طريق تكسير صخور خبث الأفران كي ينتج حصى بأبعاد مختلفة

و هنالك حصى ذو مصدر طبيعي يوجد خصوصا في قاع الوادي ذو شكل مكور وهو قليل الاستعمال**[5]**.

في مشروعنا هذا استعملنا حصى مكسر ذو قسم 5 / 15 من منطقة حاسي مسعود .

5-2-3 التجارب الفيزيائية علي الركام

يشــكل مجمـــوع حصى و رمل الركام وهي مادة خاملة في الخرسانة حوالي 75% من كتلة حجم الخرسانة بما أن الخصائص الأساسية للخرسانة مكتسبة من خصائص الركام **[5]**.

و لتحديد الخواص الفيزيائية لهذا الركام أجرين بعض التجارب منها :

- تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية .
- تجربة الكتلة الحجمية الحقيقية .
- تجربة مكافئ الرمل ES .
- تجربة التدرج الحبيبي .

3-2-5-1 الكتلة الحجمية الظاهرية للركام

لتعيين الكتلة الحجمية الظاهرية للركام يتم حساب الأوزان وأحجام الرمل والحصى المستعملة في تحضير العينات لحساب وزن الركام استعملنا ميزان إلكتروني و لتحديد حجم الركام استعملنا كأس بيشر سيعته 600 ملل

الكتلة الحجمية الظاهرية للمادة تعطي بالعلاقة التالية :

Mv: الكتلة الحجمية الظاهرية (غ/سم3)

M: كتلة المادة بـ : (غ)

V : الحجم الكلي للمادة (سم3)

$$Mv = M / V$$

نتائج التجربة مبينة في الجدول رقم (3-14)

جدول (3- 14) : تعيين الكتلة الحجمية الظاهرية للركام

الركام	العينات	وزن الإناء فارغ (كغ)	وزن الإناء مملوء(كغ)	الكتلة الحقيقية للركام (كغ) M	الكتلة الحقيقية المتوسطة للركام (كغ) M moy	الكتلة الحجمية الظاهرية Mv غ/سم3
الحصى	العينة الأولى	0,165	1,040	0,875	0,883	1,47
	العينة الثانية	0,165	1,055	0,890		
	العينة الثالثة	0,165	1,050	0,885		
الرمل	العينة الأولى	0,165	1,225	0,060	0,064	1,77
	العينة الثانية	0,165	1,230	0,065		
	العينة الثالثة	0,165	1,234	1,069		

3-2-5-2 الكتلة الحجمية الحقيقة للحصى والرمل

الهدف هو تعين الكتلة الحجمية الحقيقة لكل من الحصى والرمل وتحسب بالعلاقة التالية:

$$M_{vr} = M / V_r \qquad (غ / سم^3)$$

حيث

M_{vr} : الكتلة الحجمية الحقيقية بـــ : (غ / سم^3)

M : كتلة المادة بـــ : (غ)

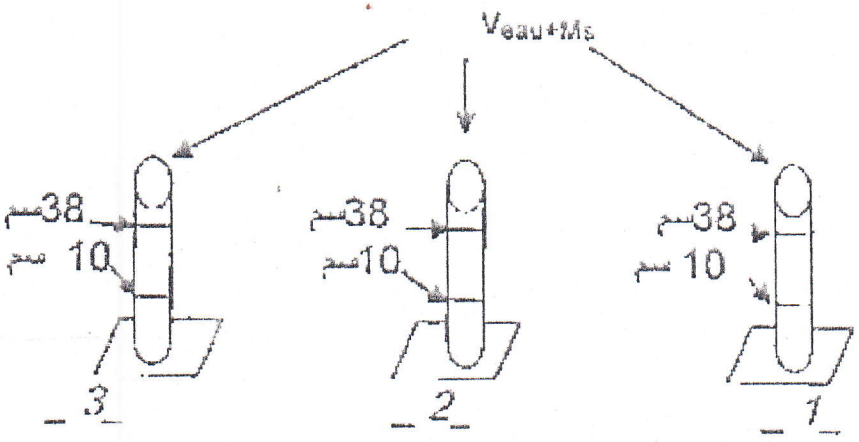
V_r : حجم المادة الحقيقي بـــ : (سم^3)

نتائج التجربة موضحة في الجدول: (3 – 16)

3-2-5-3 مكافئ الرمل

الهدف من تعيين مكافئ الرمل تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة لمعرفة مدى نقـاوة الرمل وصلاحية استعماله في الخرسانة .

التجربة: نأخذ ثلاث أنابيب مدرجة كما في الشكل التالي:



شكل (3-5): مستوى الماء والرمل في الأنابيب لمدرجة لتعيين مكافئ الرمل (Es)

- نضع في كل أنبوب كمية من الماء إلى غاية 10 (سم)
- نضع في كل أنبوب كتلة من الرمل 120 غ (Ms)
- بعدها نقوم برج الأنابيب لمدة زمنية تقدر بـــ 30 ثانية بواسطة جهاز الرج

- بعدها نقوم برش الأنابيب بالماء مع زيادة مستوى الماء إلى غاية 38 (سم)
- نترك الأنابيب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة لكي تترسب المواد العالقة .
- ثم نقرأ الارتفاعين (H-h)
- h: إرتفاع الرمل الصافي بـــ (سم)
- H : إرتفاع الرمل زايد المواد العالقة بــــ (سم)
- ثم ندخل المكبس ونقرأ للمرة الثانية الارتفاعين (H- h)

القراءة تكون بالعين المجردة

يحسب مكافئ الرمل (Es) بدلالة (h) و (H) بالعلاقة التالية $\mathbf{Es = h / H \quad \%}$

والنتائج موضحة في الجدول (3-16)

جدول (3- 15): يوضح قيمة مكافئ الرمل

العينات	بوجود المكبس			بدون وجود المكبس		
	h(سم)	H(سم)	Es(%)	h(سم)	H(سم)	Es(%)
01	8,9	14	63,35	9,5	14	67,85
02	9,4	14,5	64,48	10,42	14,5	70,34
03	9,1	13,70	66,42	9,7	13,70	70,80
Es moy %	64,75			69,66		

نلاحظ أن 75% > Es ومنه الرمل المستعمل يحتوي على نسبة قليلة مـــن الغضـــار ويمكـــن اســـتعماله في الخرسانة [5].

الفصل الثالث ـــ

جدول (3- 16) : يوضح تعيين الكتلة الحجمية الحقيقية للحصى والرمل

الركام	العينات	وزن الإناء فارغ (كغ)	وزن الإناء مملوء (كغ)	حجم الماء (ملل)	Veau + G-S (ملل)	Vr (ملل)	M (كغ)	Vr moy (ملل)	M moy (كلغ)	Mvr (غ/سم^3)
الحصى	العينة الأولى	0,150	0,260	150	193	43	0,110	42,83	0,115	2,68
	العينة الثانية	0,150	0,265	150	192,5	42,5	0,115			
	العينة الثالثة	0,150	0,270	150	193	43	0,120			
الرمل	العينة الأولى	0,150	0,352	150	229	79	0,202	85	0,203	2,38
	العينة الثانية	0,150	0,354	150	228	78	0,204			
	العينة الثالثة	0,150	0,353	150	230	80	0,203			

3-2-5-4 تجربة التدرج الحبيبي للرمل

الهدف من هذه التجربة تحديد أبعاد حبيبات الرمل

يتم ذلك بواسطة سلسلة من الغرابيل مرتبة بانتظام حسب مقياس فتحتها بحيث يكون في الأعلى الغربال الأكبر مقياس 5مم وفي الأسفل الغربال الأصغر مقياس 0,08 مم

بعد تنظيم السلسلة نزن محتوى كل غربال وندون النتائج كما هي موضحة في الجداول (3-17) ، (3-18) ، (3-19) ، (3-20) قمنا بالتجربة مرتين .

جدول رقم (3 – 17) التدرج الحبيبي لرمل العينة الأولى

فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي(غ)	المتبقي المجمع Rc (غ)	المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
5,000	15	15	0,75	99,25
2,500	55	70	3,5	96,5
1,000	200	270	13,5	86,5
0,500	570	840	42	58
0,315	490	1330	66,5	33,5
0,16	360	1690	84,5	15,5
0,080	195	1885	94,25	5,75

جدول (3- 18) : التدرج الحبيبي لرمل العينة الثانية

فتحة الغربال (مم)	المتلقي الجزئي(غ)	المتبقي المجمع Rc (غ)	المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
5,000	28	28	1,4	98,6
2,500	73	101	5,05	94,55
1,000	280	381	19,05	80,95
0,500	512	893	44,65	55,35
0,315	453	1346	67,3	32,7
0,160	394	1740	87	13
0,080	175	1915	95,75	4,25

جدول رقم (3 - 19) التدرج الحبيبي المتوسط للرمل

فتحة الغربال (مم)	المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
5,000	1,11	98,88
2,500	1,33	96,05
1,000	17,2	82,8
0,500	45,4	54,6
0,315	68,93	31,06
0,160	87,98	11,85
0,080	96,01	3,98

يحسب معامل النعومة للرمل (Mf) والذي يعطي بالعلاقة التالية

$$Mf = Rc / 100$$

حيث

Mf : معامل النعومة (%)

Rc : المجموع المتبقي (%) من الغربال ذو الفتحة (5...... 0,16) مم

ومنه $Mf = (1,11 + 1,3 + 17,2 + 54,4 + 68,93 + 87,98) / 100$

$Mf = 2,21$ (%) $2,21 < 2,5$ [5].

ومنه الرمل المستعمل هو رمل متوسط

3-2-5-5 التدرج الحبيبي للحصى

نقوم بنفس الخطوات التي قمنا بها فيما يخص الرمل ما عدا

- وزن الحصى يكون 4000 (غ)
- سلسلة الغرابيل مرتبة بانتظام من 16 (مم) إلى 5 (مم)
- أخذنا عينة واحدة من الحصى فكانت النتائج كما يلي :

جدول رقم (3 – 20): التدرج الحبيبي للحصى

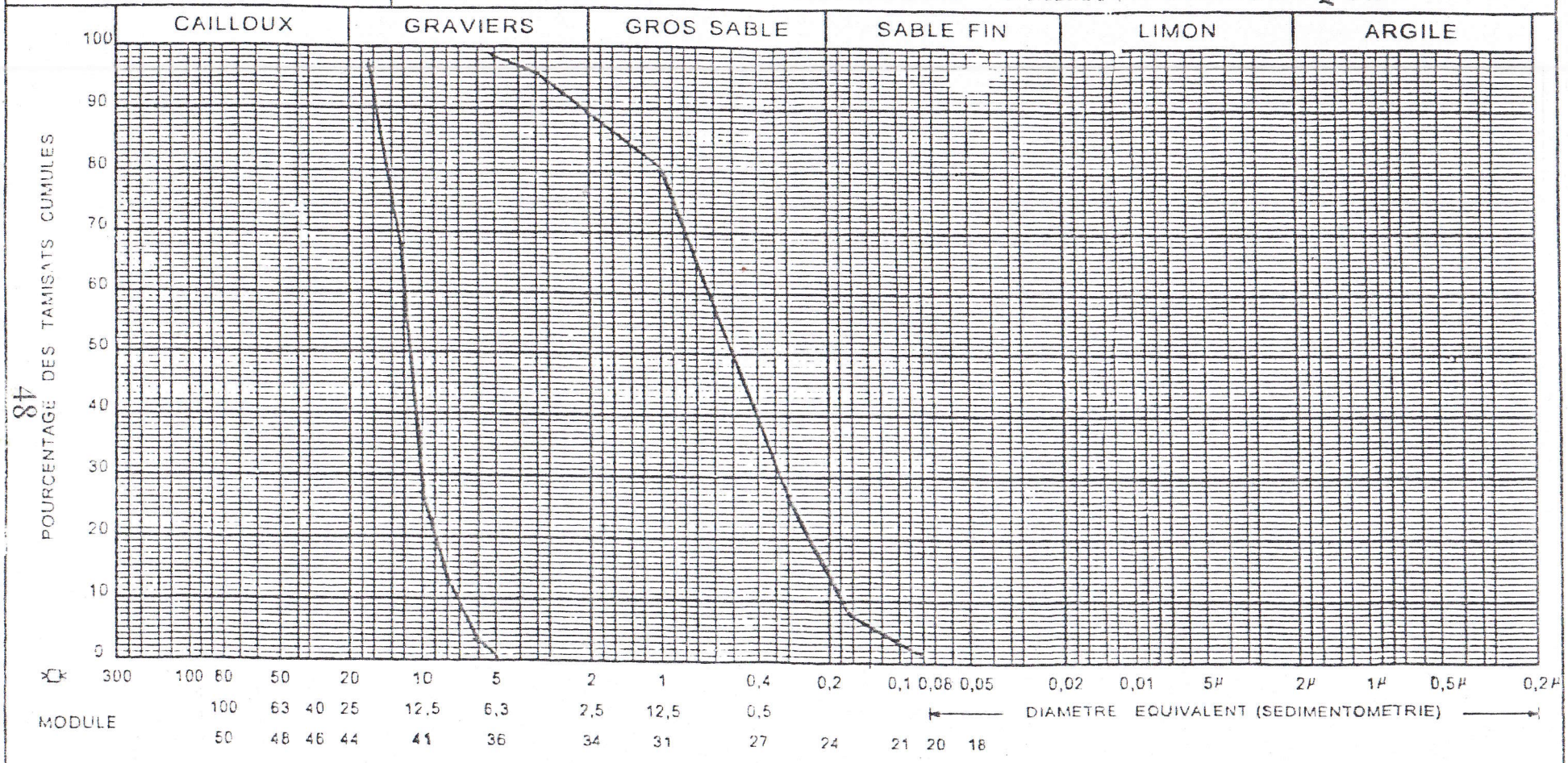
فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي(غ)	المتبقي المجمع Rc (غ)	المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
16,00	134,12	134,12	3,35	96,65
12,50	1183,28	1317,4	32,93	67,07
10,00	1593,3	2910,7	72,76	27,23
8,00	551,4	3462,1	86,55	13,44
6,30	409,2	3871,3	96.78	3,21
5,00	94,3	3965,6	99,14	0,86

DÉSIGNATION DES ECHANTILLONS { ..... N° ..... N° ..... N°

التدرج الحبيبي

DOSSIER

S.6 et S.7 ANALYSE GRANULOMETRIQUE



	% < 80 μ	S.6 LIMITES D'ATTERBERG W. L.	I. P.	W. R.	S.20 E. S.
Ech.					
Ech.					
Ech.					

الشكل (3-4) التدرج الحبيبي لكلا من الحصى والرمل

3 – 2 – 6 تركيب خلط الخرسانة :

لتحديد تركيبة الخرسانة اتبعنا طريقة قوريس (GORISSE) [6]. وهذا للحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد لآن زيادة نسبة من الألياف إلى الخرسانة يضعف تشغيل الخرسانة بسبب امتصاص الألياف لنسبة من الماء ، بالنسبة لطريقة قوريس فإنه إذا كانت نسبة الأسمنت 400 كغ/م^3 وللحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد يجب أن يكون $0,58 < S/G < 0,83$ [6].

حيث (G) كتلة الحصى ، (S) كتلة الرمل

لذلك حضرنا خمسة أصناف من الخرسانة مختلفة النسب (S/G) كما هو موضح في الجدول (3- 22)

جدول (3- 21): تركيبة الخلط الخرسانة في 1 (م^3)

الخرسانة	G (كغ)	S(كغ)	S/G
B1	1207	543	0,45
B2	1129	621	0,55
B3	1091	656	0,60
B4	1000	750	0,75
B5	946	804	0,85

لتحديد ارتخاء الخرسانة استعملنا مخروط أبرا مس في كل مرة نغير نسبة (E/C) لتحديد التشغيل المطلوب و (E/C) الموافق له

قمنا بهذه التجربة لخمسة أصناف من الخرسانة النتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول رقم (3-22)

حيث (E) كتلة الماء (C) كتلة الأسمنت

3 – 2 – 6 تركيب خلط الخرسانة :

لتحديد تركيبة الخرسانة اتبعنا طريقة قوريس (GORISSE) [6]. وهذا للحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد لأن زيادة نسبة من الألياف إلى الخرسانة يضعف تشغيل الخرسانة بسبب امتصاص الألياف لنسبة من الماء ، بالنسبة لطريقة قوريس فإنه إذا كانت نسبة الأسمنت 400 كغ/م^3 وللحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد يجب أن يكون $0,58 < S/G < 0,83$ [6].

حيث (G) كتلة الحصى ، (S) كتلة الرمل

لذلك حضرنا خمسة أصناف من الخرسانة مختلفة النسب (S/G) كما هو موضح في الجدول (3– 22)

جدول (3– 21): تركيبة الخلط الخرسانة في 1 (م^3)

الخرسانة	G (كغ)	S(كغ)	S/G
B1	1207	543	0,45
B2	1129	621	0,55
B3	1091	656	0,60
B4	1000	750	0,75
B5	946	804	0,85

لتحديد ارتخاء الخرسانة استعملنا مخروط أبرا مس في كل مرة نغير نسبة (E/C) لتحديد التشغيل المطلوب و (E/C) الموافق له

قمنا بهذه التجربة لخمسة أصناف من الخرسانة النتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول رقم (3–22)

حيث (E) كتلة الماء (C) كتلة الأسمنت

جدول (3-22): يوضح ارتخاء الخرسانة بدلالة نسبة E/C لخمسة أصناف من الخرسانة

E/C / الخرسانة	0,55	0,6	0,65	
B1	7	12,5	15	الارتخاء (سم)
B2	8	14,5	16	
B3	8,5	15,5	17	
B4	7	14,5	20	
B5	5	10	17	

من خلال الجدول نلاحظ أن الخرسانة ذات التشغيل المطلوب هي (B3) بنسبة E/C = 0,55

ولهـذا سـيتم تحضير الخرسانة ذات تركيب (B3) بنسبة E/C = 0,55 ، ومنه تكون تركيبة واحد متر مكعب من الخرسانة كالتالي

- 400 (كغ) من أسمنت (CRS)
- E/C = 0,55 ومنه كمية الماء تكون 220 لتر
- 1091 (كغ) من الحصى المكسر
- 656 (كغ) من الرمل

3-2-7 تحضير الخرسانة المعززة و إجراء التجارب عليها

بالنسـبة للخرسـانة المعـززة بالألـياف ، قمـنا بتحضـير الألـياف وذلك بقصها إلى أطوال محددة (2-4-6) سم ويتم إضافة هذه الألياف إلى خلطة الخرسانة بنسب معينة (2-4-6) % لكل طول يتم خلط الألياف جيدا مع الخرسانة حتى تتجانس مع الخلطة وهذا تفاديا لتكتل الألياف مع بعضها البعض بعـد ذلك تصب في قوالب مستطيلة بحجم (7 × 7 × 28) سم^3 نتركها لمدة يوم ثم نضعها في الأوساط التالية :

- حفظ الخرسانة في الماء لمدة 28 يوم (CE)
- حفظ الخرسانة 7 أيام في الماء و21 يوم في الهواء (CE7)
- حفظ الخرسانة في الهواء الطلق لمدة 28 يوم (CL)

لتعريف عن نسبة الألياف والأطوال المستعملة في قوالب وكذلك أوساط الحفظ استعملنا الاختصار التالي

A % L

- A ← وسط الحفظ
- % ← نسبة التعزيز الحجمية %
- L ← طول الليف

مثال عن ذلك:

CE7 %4 2

- CE7 ← وسط الحفظ 7أيام في الماء و21 يوم في الهواء
- %4 ← نسبة التعزيز الحجمية 4 %
- 2 ← طول الليف 2 سم

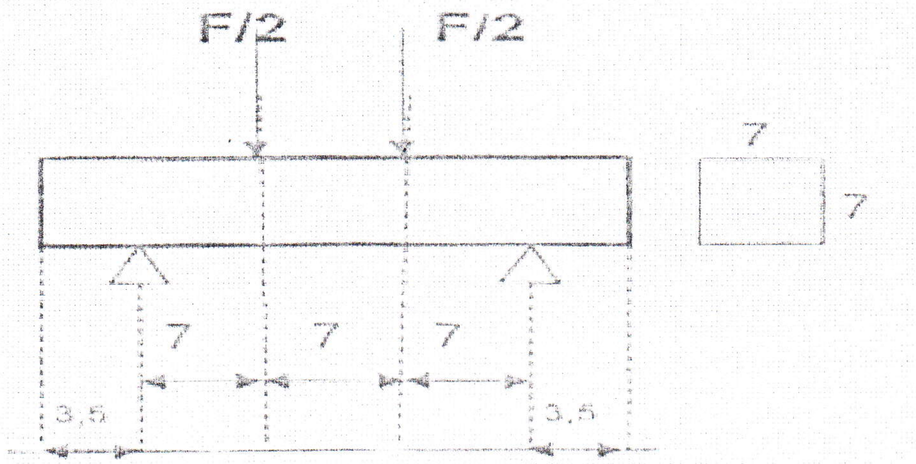
بعد انتهاء مدة الحفظ يتم إخراج العينات من الماء ثم نتركها لمدة 24 ساعة في الهواء قبل إجراء التجارب عليها.

ملاحظـــة:

التجارب على الخرسانة بدأت في شهر جوان 2001 درجة الحرارة ما بين (35 و 40) م^0

3-3 التجارب على الخرسانة

قمنا بإجراء التجارب التالية :تجربة الانحناء و تجربة الضغط ،يتم إجراء تجربة الانحناء على العينات (7 × 7 × 28) سم^3 كما هو موضح في الشكل (3-7) بعد ذلك نجري تجربة الضغط على العينات المكعبة (7 × 7 × 7) سم^3 وهذا لقياس مقاومة الانحناء والضغط للخرسانة



شكل (3 – 7): يوضح تجربة الانحناء

يتم حساب مقاومة الانحناء حسب العلاقة التالية

$$Rf = 3F/a^2 \quad [MPa]$$

F : قوة الأنحناء (N)

a : ضلع العينة يساوي 7 (سم)

لتحديد مقاومة الضغط نطبق العلاقة التالية

$$Rc = F/a^2 \quad [MPa]$$

F: قوة الضغط (N)

a : ضلع العينة يساوي 7 (سم)

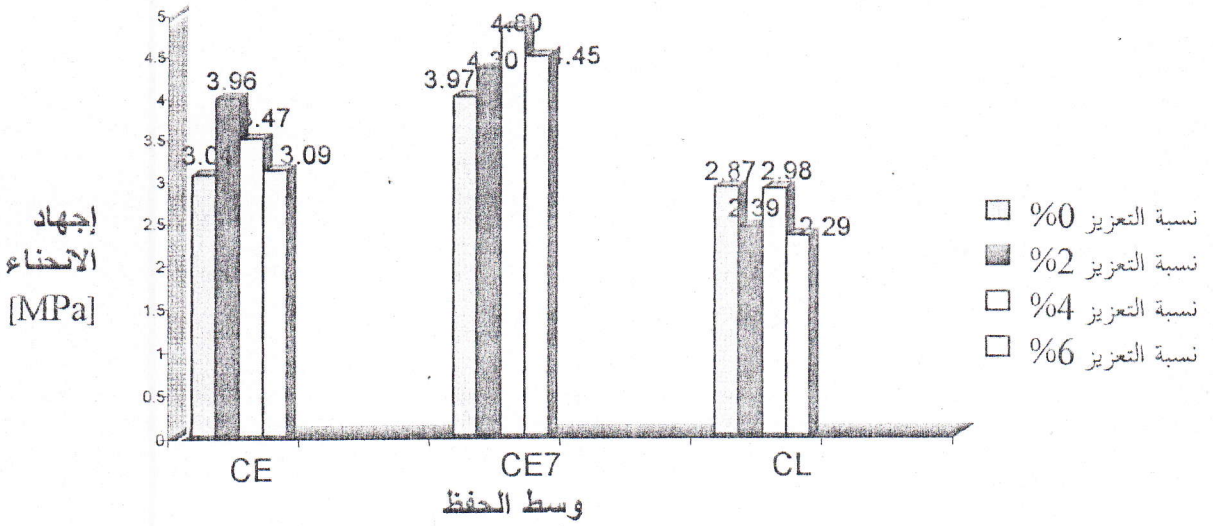
- لتحديد النتائج بدقة استعملنا ثلاث عينات في كل تجربة
- كل التجارب أجريت في المخبر الري والهندسة المدنية

النتــــــائج المحصــــــــل عليـــــــها موضحـــــــــة فـــــــي الجـــــــدول (3-24) والأشكال (3-8)،(3-9)،(3-10)،(3-11)،(3-12)،(3-13)

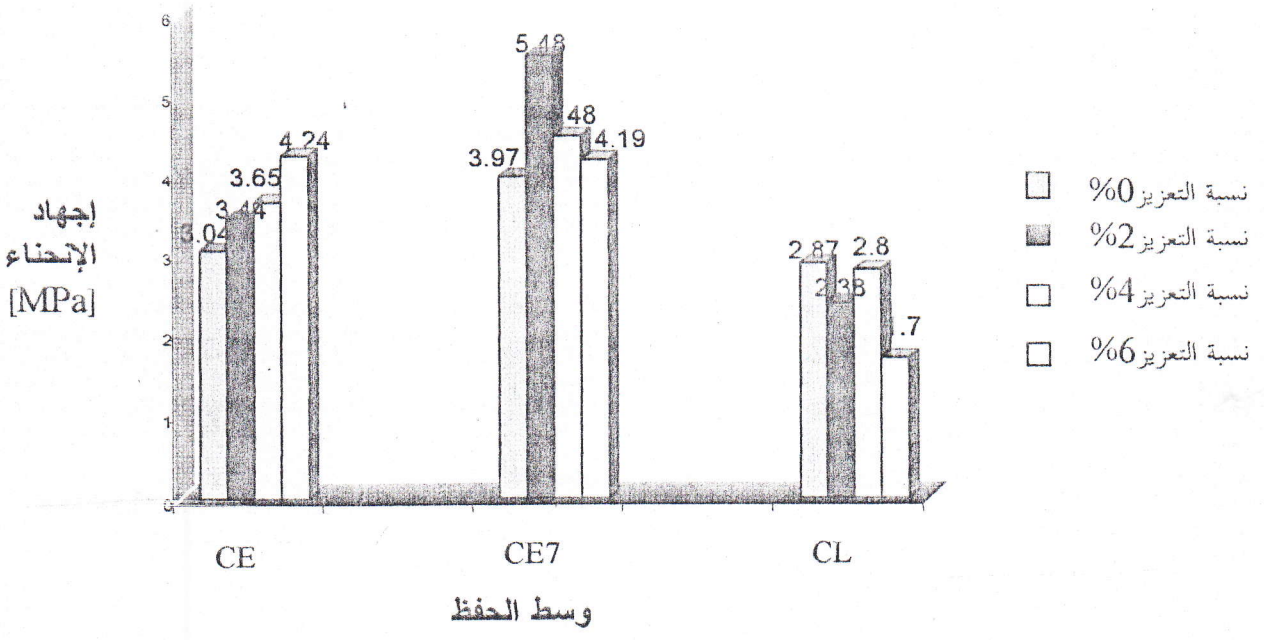
جدول (3 - 23): قيمة مقاومة الإنحناء والضغط للعينات الخرسانية المعززة بالألياف الحلفاء بعد 28 يوم

وسط الحفظ	CE		CE 7		CL	
مقاومة الإحناء و الضغط / طول ونسبة التعزيز	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]
0%	3,04	39,41	3,97	40,53	2,87	17,15
2% 2	3,96	35,17	4,30	33,72	2,39	12,13
4% 2	3,47	26,75	4,80	25,68	2,98	13,96
6% 2	3,09	30,58	4,45	33,08	2,29	8,84
2% 4	3,44	31,04	5,48	31,9	2,38	17,49
4% 4	3,65	26,95	4,48	31,82	2,80	13,63
6% 4	4,24	36,80	4,19	31,21	1,07	10,08
2% 6	3,85	34,17	4,49	30,81	2,85	14,39
4% 6	3,62	28,45	4,64	36,52	2,84	12,89
6% 6	3,39	33,02	4,04	32,5	1,91	8,56

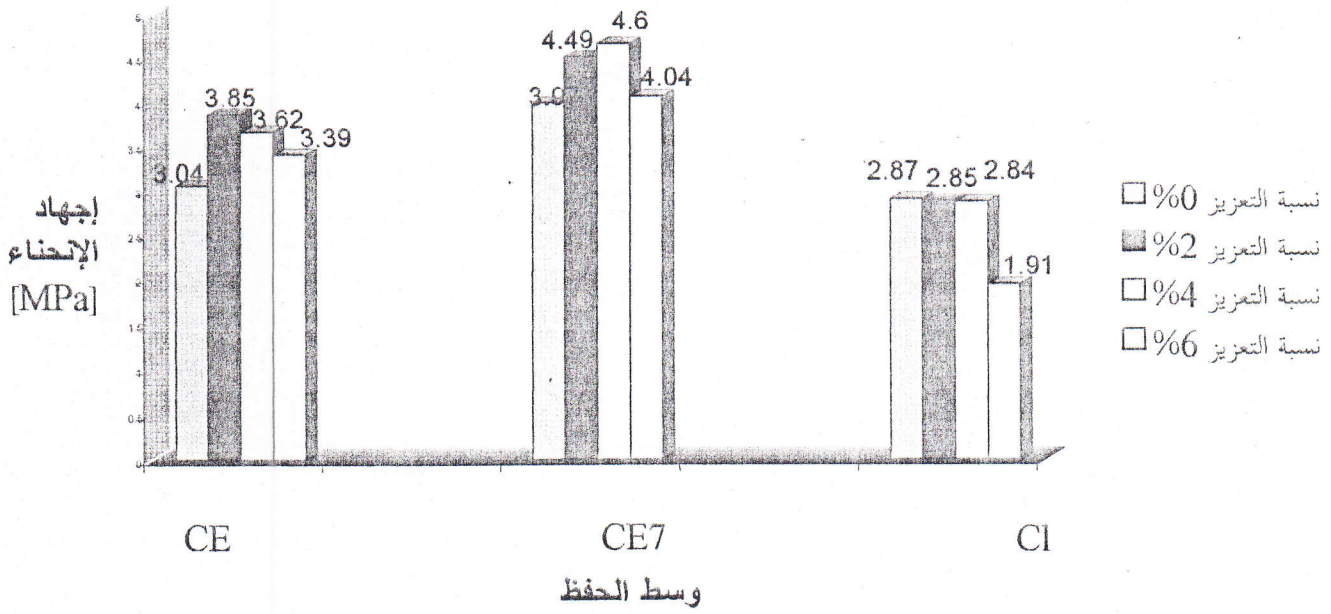
شكل (3 – 8) :مقاومة الانحناء للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 2 سم



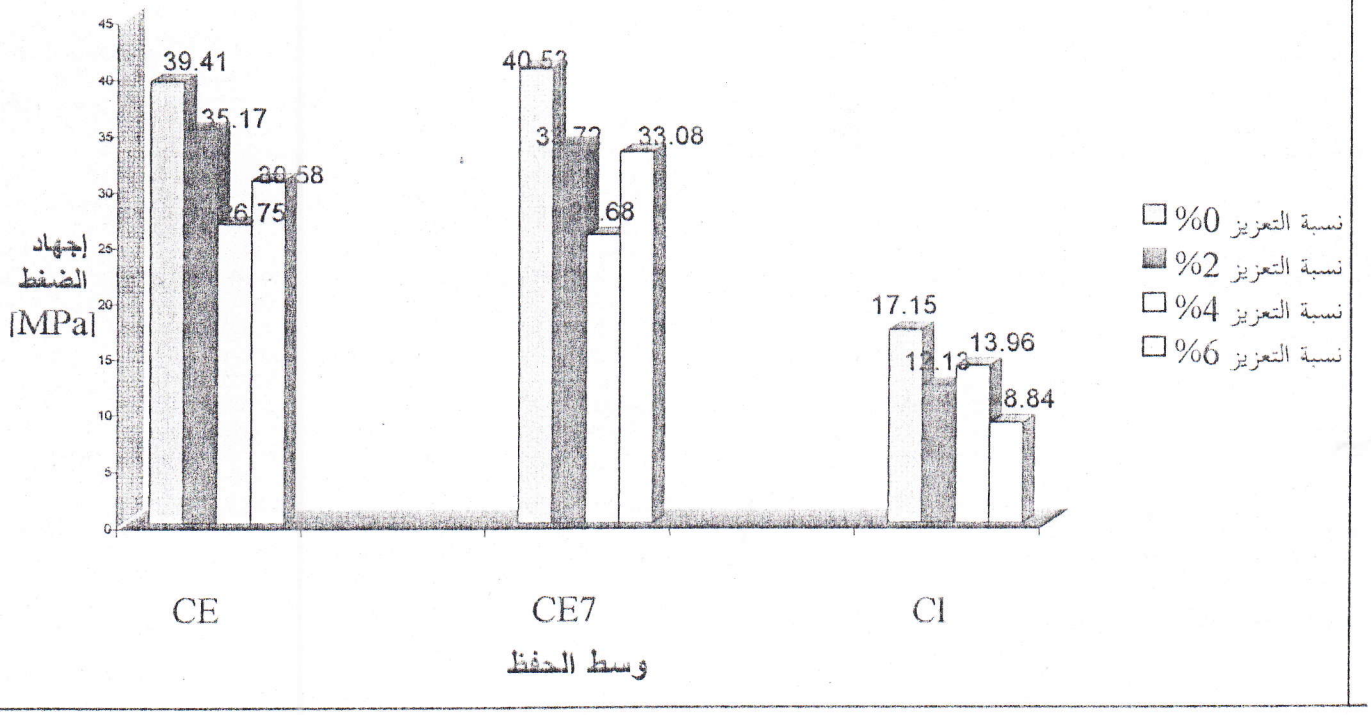
شكل (3 – 9) : مقاومة الانحناء للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 4 سم



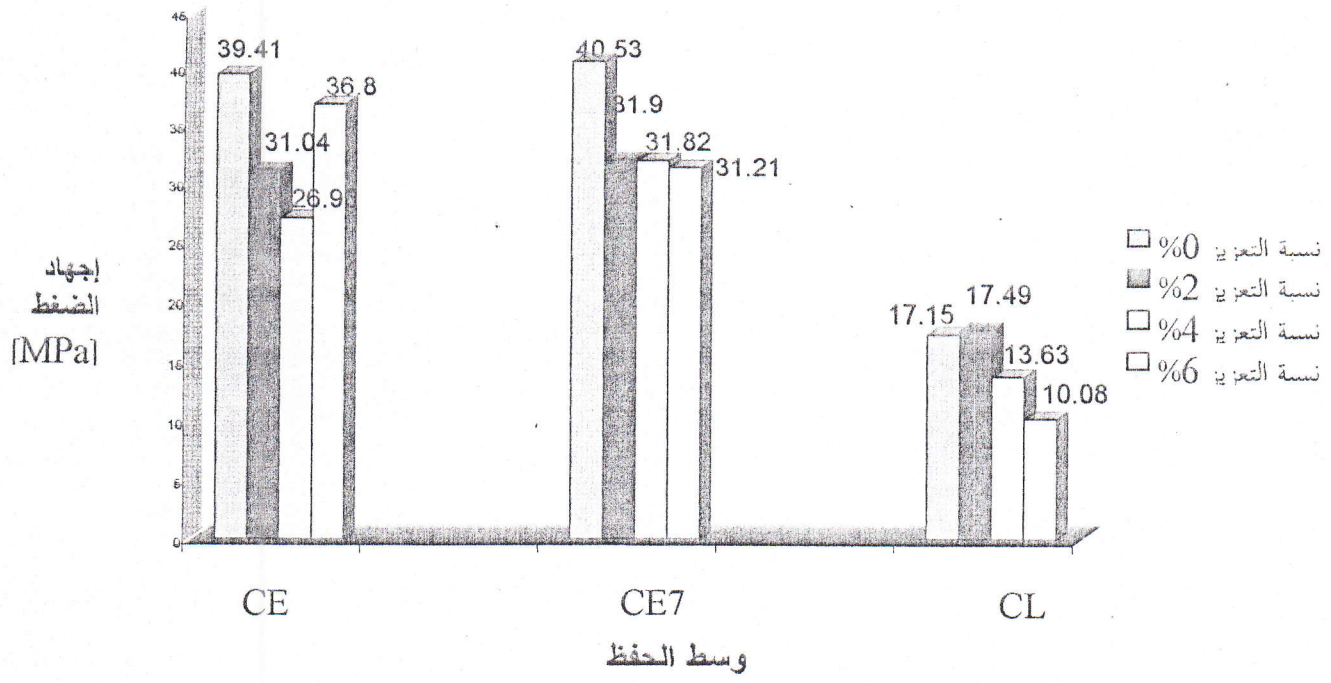
شكل (3 – 10) : مقاومة الانحناء للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 6سم



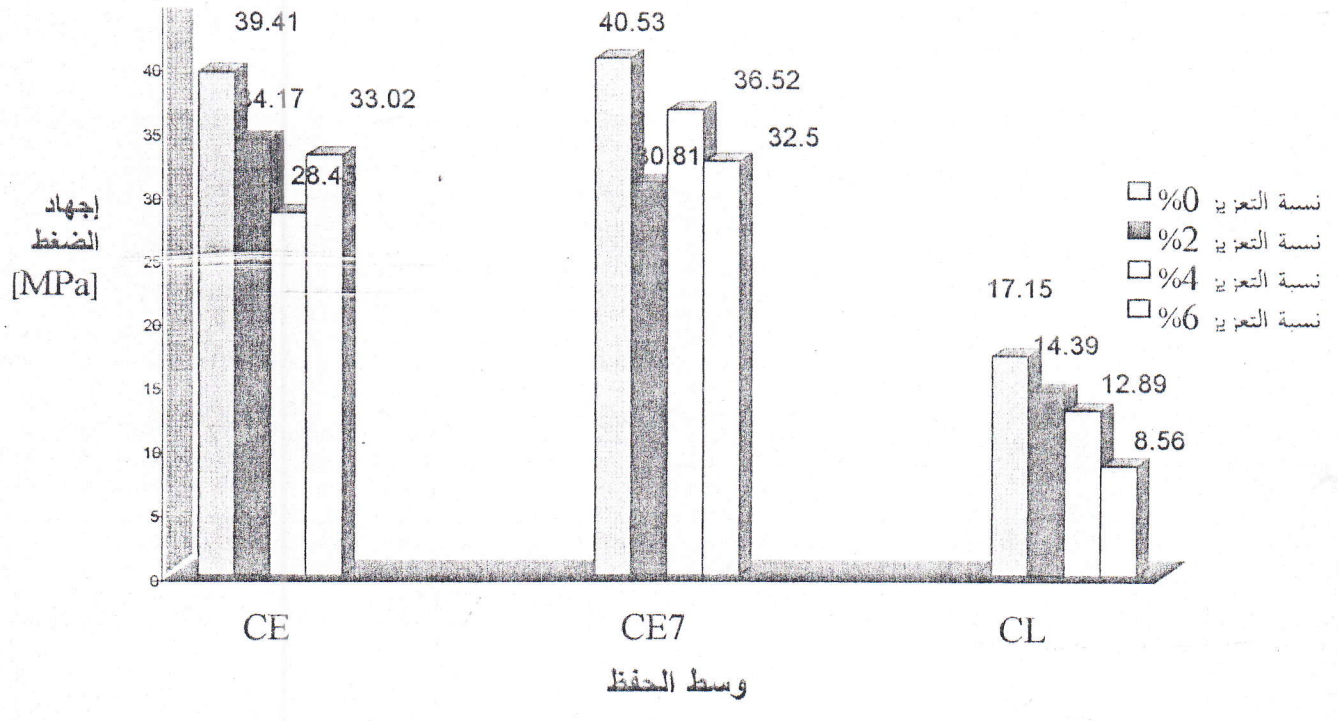
شكل (3 – 11): مقاومة الضغط للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 2 سم



الشكل (3 – 12) : مقاومة الضغط للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 4 سم



شكل (3 – 13) : مقاومة الضغط للعينات الخرسانية بعد 28 يوم طول الليف 6 سم



الفصل الثالث ـــ

3 – 3 – 1 التعقيب :

من خلال النتائج المعطاة من الجدول رقم (3– 24) والأشكال نلاحظ ما يلي :

1– نلاحظ أن العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء والتي وضعت في الماء مدة 7 أيام و 21 يوم في الهواء أعطت مقاومة جيدة للانحناء وهذا مقارنة بالعينات المحفوظة في الماء والهواء لمدة 28 يوم .

2– نلاحظ أن العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء والمحفوظة في الهواء لمدة 28 يوما أعطت مقاومة ضعيفة للانحناء مقارنة بالعينات الخرسانية الأخرى .

ولاحظنا كذلك أن الخرسانة المحيطة بالألياف لم تتصلب وأصبحت سهلة التفتت مما يدل أن ألياف الحلفاء لها قدرة على إمتصاص الماء وبذلك أصبحت العينات المعززة بالألياف والمحفوظة في الهواء الطلق ذات مقاومة ضعيفة

3– نلاحظ أن العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء نقصت مقاومتها للضغط مقارنة بالعينات الغير المعززة وهذا مهما كانت نسبة التعزيز ووسط الحفظ

4– لاحظنا أن بعض الألياف لم تتماسك مع الخرسانة وهذا راجع لسطح الليف أملس و خاصة العينات الخرسنية الموضوعة في الهواء الطلق (المخبر).

3 – 4 الخلاصة الفصلية

بعد إجراء التجارب و التحصل على النتائج يمكن أن نستخلص ما يلي :

ألياف الحلفاء ساهمت بشكل ملحوظ في تحسين مقاومة الانحناء، وكذلك وسط الحفظ كان له تأثير على مقاومة الخرسانة حيث أن العينات الخرسانية المعززة بالألياف والمحفوظة في الماء 7 أيام كانت لها نتائج جيدة وعلى العكس من ذلك نلاحظ أن العينات المعززة بالألياف والمحفوظة في الهواء الطلق كانت لها نتائج ضعيفة كما أن العينات المعززة بالألياف نقصت مقاومة الضغط مقارنة بالعينات الغير معززة

وفي الفصل الموالي سنتطرق إلى دراسة ديمومة الخرسانة والألياف في الأوساط العدوانية .

الفصل الرابع

ديمومة الخرسانة والألياف في الأوساط العدوانية

4-1 – مدخل

يعـــد اختيار مواد البناء شرط أساسي في مقاومة الإنشاءات وديمومتها وبقدر ما تكون هذه المواد تراعي الشروط التقنية والفنية بقدر ما تكون ديمومتها طويلة

لذلك نجد أن الدراسات الحديثة تبحث بإستمرار عن الأسباب المؤدية إلى تلف الخرسانة وأساليب معالجتها.

و فـــيما يخـــص مجال الري و على الخصوص ميدان صرف المياه المستعملة أثبتت الدراسات الحديثة أن شـــبكة صرف المياه تتآكل نتيجة المياه والغازات العدوانية داخل القناة بالإضافة إلى التربة المحيطة بالقناة وكمـــا وضحنا سابقا فان جل التآكل يحدث عندما تتشقق الخرسانة وذلك خاصة تحت تأثير الحمولات فإننا فكـــرنا في تعزيزها بالألياف وفي هذا الفصل نحاول دراسة ديمومة الخرسانة معززة بألياف الحلفا وكذلك ألياف الحلفا لوحدها وذلك بوضعها في الأوساط العدوانية.

بالنســـبة للعيـــنات الخرســـانية المعـــززة بالألـــياف وضـــعناها فـــي الأوســـاط العدوانـــية التالـــية :

(مياه مستعملة ، مياه مالحة ، مياه عادية)

وبالنســـــبة لألـــــياف الحلفـــــا وضـــــعنها فـــــي الأوســـــاط العدوانـــــية التالـــــية :

(مياه مستعملة ، مياه مالحة ، ماء جير)

والغرض من هذه الدراسة تحديد ما مدى تأثر مقاومة الشد بالنسبة للألياف وتأثر مقاومة الضغط والانحناء بالنسبة للعينات الخرسانية، قمنا باختيار العينات التي أعطت مقاومة جيدة للانحناء انطلاقا من نتائج الفصل الثالث كما هو موضح في الجدول رقم (4 – 1)

جدول (4 – 1): يلخص العينات الخرسانية المختارة

نوع الخرسانة	مقاومة الإنحناء بعد 28يوم RF [MPa]	مقاومة الضغط بعد 28 يوم RC [MPa]
CE 6 % 4	4,24	36,80
CE7 2 % 4	5,48	31,9
CL 4 % 2	2,98	13,96

أعدنا تحضير العينات المذكورة في الجدول (4-1) ووضعناها في الأوساط العدوانية لمدة 60 يوم ،وهذا بعد تركها تتصلب لمدة 28 يوم حسب كل وسط كما هو موضح لاحقا

4-2 الأوساط العدوانية المستعملة

4-2-1 المياه المستعملة

تحتوي المياه المستعملة على مركبات عدوانية مثل الدهون، الشحوم والغازات الخطيرة مثل (H_2S) و (NH) وبعض الأحماض الأخرى وخاصة مياه المصانع والمستشفيات وكمثال أخذنا عينة من المياه المستعملة من إحدى بالوعات الموجود بالجامعة ووضعنا فيها العينات الخرسانية وألياف الحلفا .

4-2-2 المياه المالحة

كما ذكرنا في الفصل الثاني فإن تأثير الاملاح على الخرسانة يكون سلبيا ومن بين هذه الأملاح ملح الطعام (NaCl) وفي هذا الوسط وضعنا عينات من الخرسانة وكذلك ألياف الحلفا بالنسبة لتركيز الملح في الماء وضعنا 6 غ/ل .

4-2-3- ماء الجير

يعتبر ماء الجير وسط عدواني قلوي لاحتوائه على شوارد Ca^{2+} وفي هذا الوسط وضعنا ألياف الحلفا فقط وسبب في اختيار مادة الجير لأن الأسمنت مع مرور الوقت وبفعل التآكل يحرر شوائب Ca^{2+} الناتجة من تفاعل $Ca(OH)_2$ الموجودة في الأسمنت ولهذا السبب اخترنا مادة الجير كوسط قلوي لتحديد مقاومة ألياف الحلفا، بالنسبة لتركيز الجير في الماء وضعنا 6 غ/ل

4-3 أوساط حفظ الخرسانة والألياف

ا) – يتم وضع العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفا في المياه المالحة والمستعملة لمدة 60 يوم وذلك بعد حفظها في الماء العادي والهواء لمدة 28 يوم ومثال ذلك

CE 6% 4 ← 28 يوم في الماء العادي
- 60 يوم في المياه المستعملة
- 60 يوم في المياه المالحة
- 60 يوم في المياه العادية

CE7 2 % 4 ← 7 أيام في الماء العادي + 21 يوم في الهواء
- 60 يوم في المياه المستعملة
- 60 يوم في المياه المالحة
- 60 يوم في المياه العادية

CL 4 % 2 ← 28 يوم في الهواء
- 60 يوم في المياه المستعملة
- 60 يوم في المياه المالحة
- 60 يوم في المياه العادية

ب)- بالنسبة للألياف الحلفا تم وضعها في الأوساط التالية :

(المياه المستعملة ، المياه المالحة ، ماء الجير لمدة 3 أشهر)

ألياف الحلفا ذات الأقطار (1,1 ، 1,3 ، 1,5) مم

- 90 يوم في المياه المستعملة
- 90 يوم في المياه المالحة
- 90 يوم في ماء الجير

بالنسبة للألياف الحلفاء بعد مرور مدة زمنية معينة نقوم بإخراج مجموعة من الألياف لأجراء تجارب الشد لتحديد تأثر الألياف في هذه الأوساط بدلالة الزمن

الأزمنة المحدد لإخراج الألياف هي :

(6 ساعات ، 12 ساعة ، 24 ساعة ، 3 أيام ، 7 أيام ، شهر ، شهرين ، 3 أشهر) .

4-4 – نتائج التجارب المتحصل عليها :

4-4-1 – نتائج على العينات الخرسانية

نتائج التجارب موضحة في الجداول :(4 – 2) ، (4 – 3) ، (4 – 4) ، (4 – 5) و الاشكال: (4 – 1) ، (4 – 2) ، (4 – 3) ، (4 – 4)

جدول (4 – 2) : قيمة مقاومة للعينات الخرسانية المعزز بألياف الحلفاء

الأوساط العدوانية / نوع الخرسانة	Rf [MPa] المياه المستعملة لمدة 60 يوم	Rf [MPa] المياه المالحة لمدة 60 يوم	Rf [MPa] المياه العادية
CE 6 % 4	4,19	4,24	4,67
CE7 2 % 4	4,62	4,92	5,22
CL 4 % 2	3,08	3,21	3,34

جدول (4 – 3) : يوضح إجهاد الضغط للعينات الخرسانية المعزز بألياف الحلفاء

Rc [MPa] المياه العادية	Rc [MPa] المياه المالحة لمدة 60 يوم	Rc [MPa] المياه المستعملة لمدة 60 يوم	الأوساط العدوانية / نوع الخرسانة
36	30,83	27,22	CE 6 % 4
32,94	30,24	31,15	CE7 2 % 4
27,19	23,41	23,59	CL 4 % 2

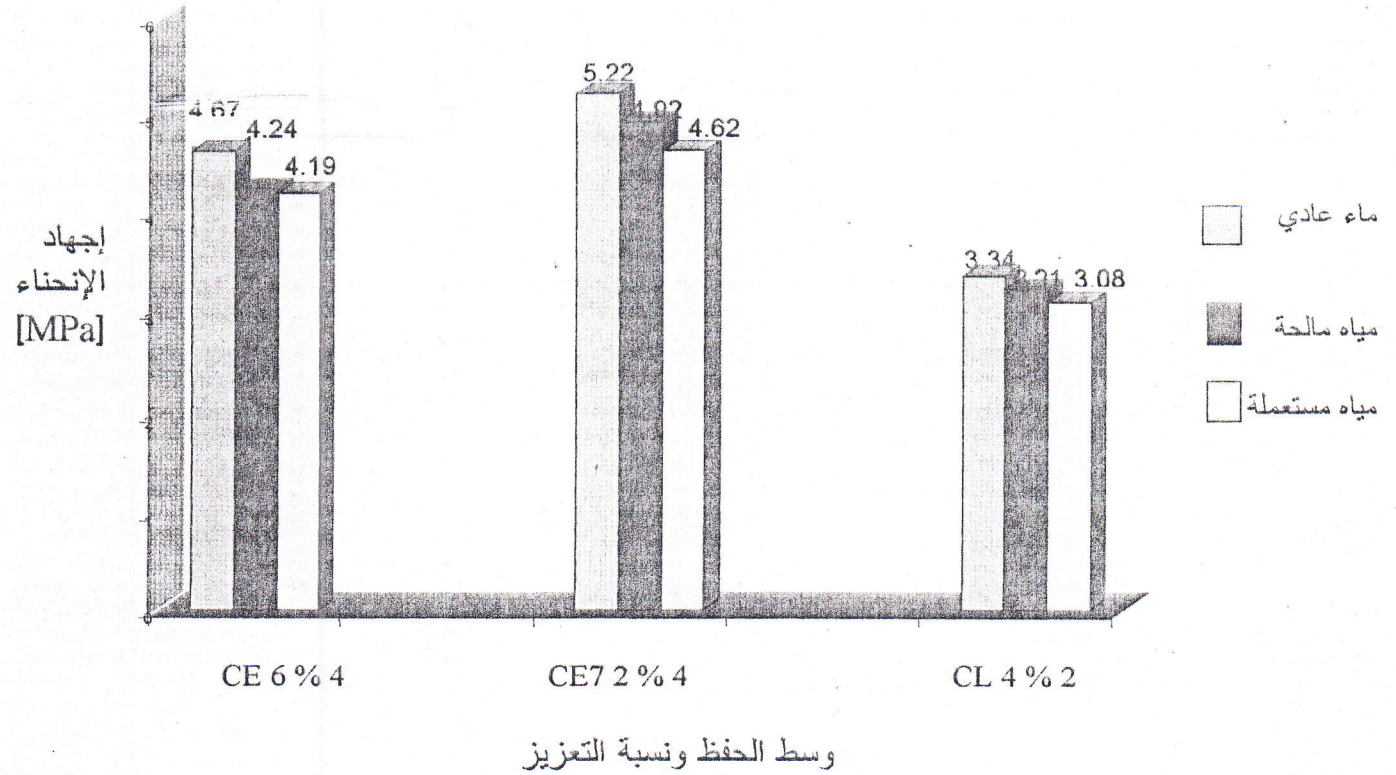
الجدول (4 – 4): قيمة مقاومة الإنحناء للعينات الخرسانة الغير معزز بألياف الحلفاء

Rf [MPa] المياه العادية	Rf [MPa] المياه المالحة لمدة 60 يوم	Rf [MPa] المياه المستعملة لمدة 60 يوم	الأوساط العدوانية / نوع الخرسانة
3,72	3,60	3,52	CE 0 %
4,27	4,39	4,28	CE7 0 %
3,53	3,38	3,28	CL 0 %

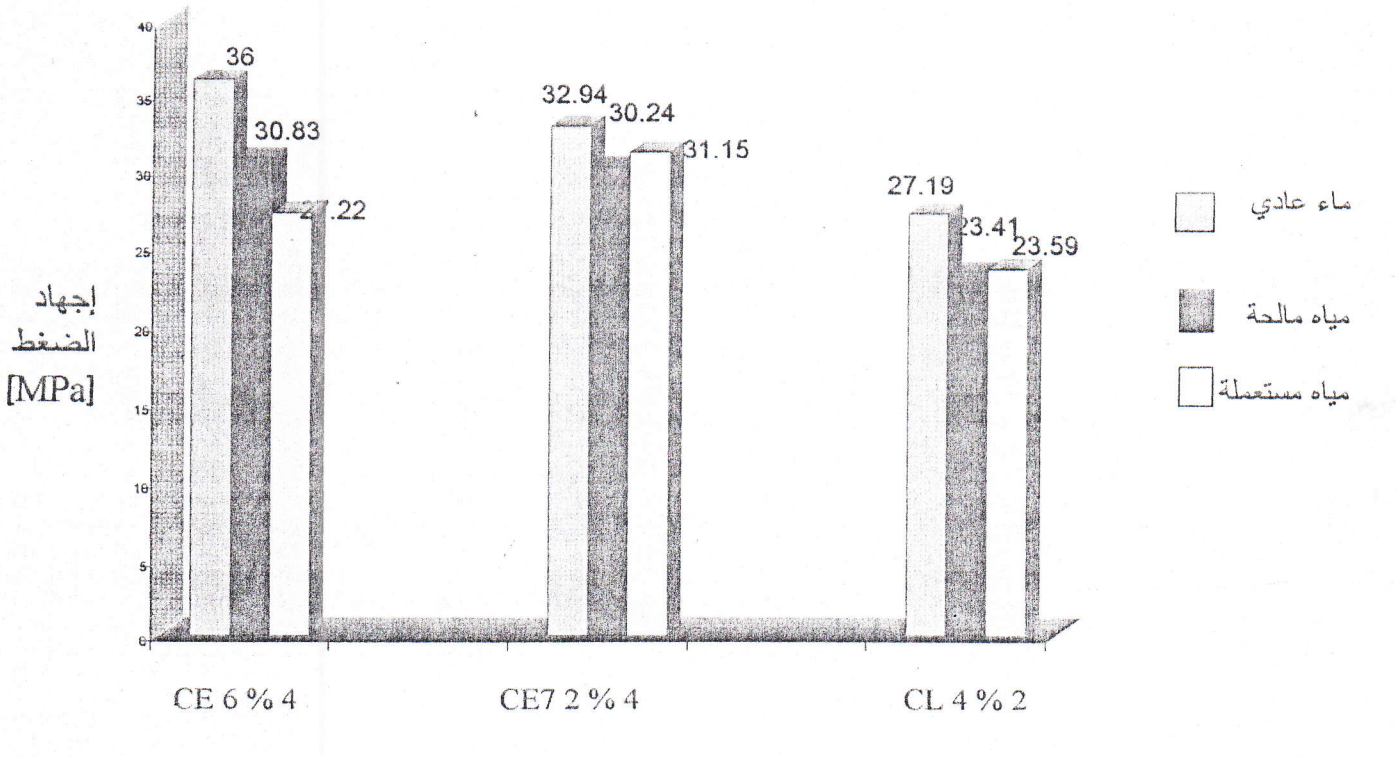
الجدول (4 – 5) : يوضح قيمة مقاومة الضغط للعينات الخرسانية الغير معزز بألياف الحلفاء

Rc [MPa] المياه العادية	Rc [MPa] المياه المالحة لمدة 60 يوم	Rc [MPa] المياه المستعملة لمدة 60 يوم	الأوساط العدوانية / نوع الخرسانة
40,42	33,45	32,42	CE 0 %
39,44	34,11	36,26	CE7 0 %
28,21	28,36	26,80	CL 0 %

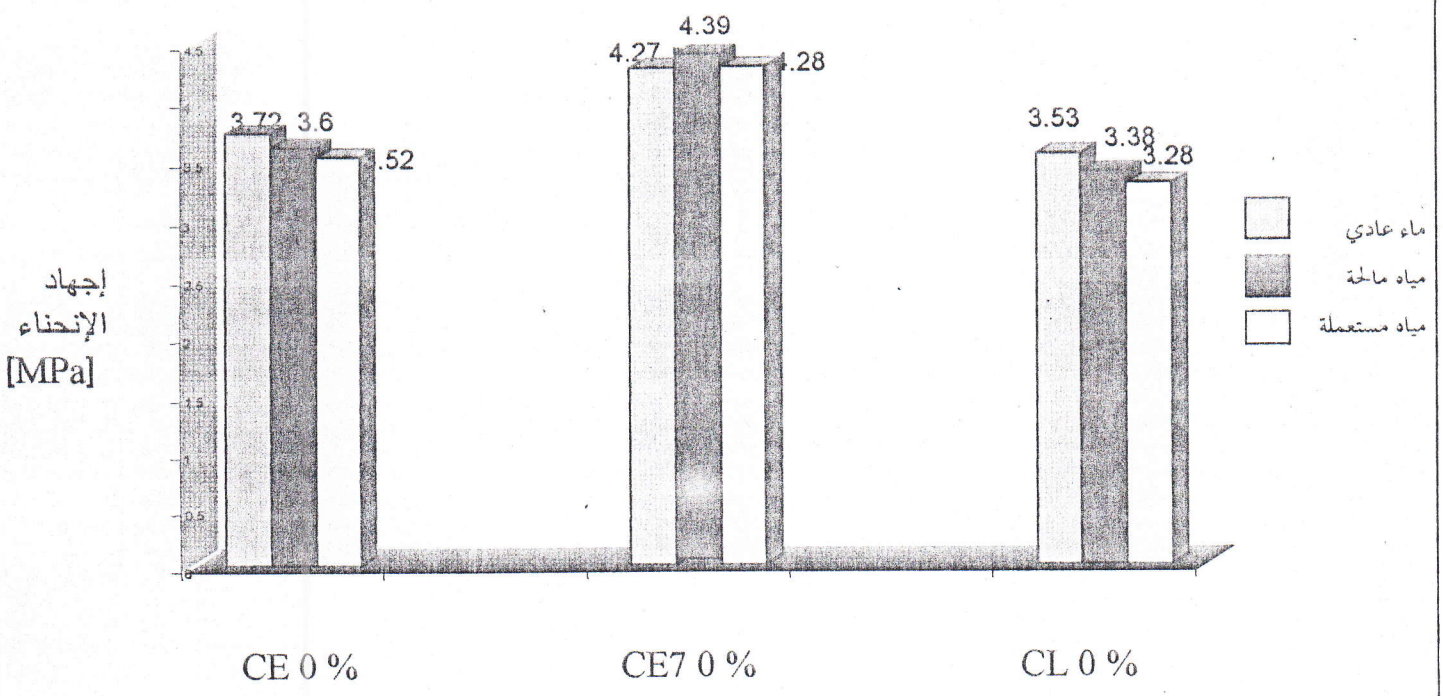
شكل (4 – 1) : نتائج الانحناء للعينات الخرسانية موضوعة في الأوساط العدوانية لمدة 60 يوما



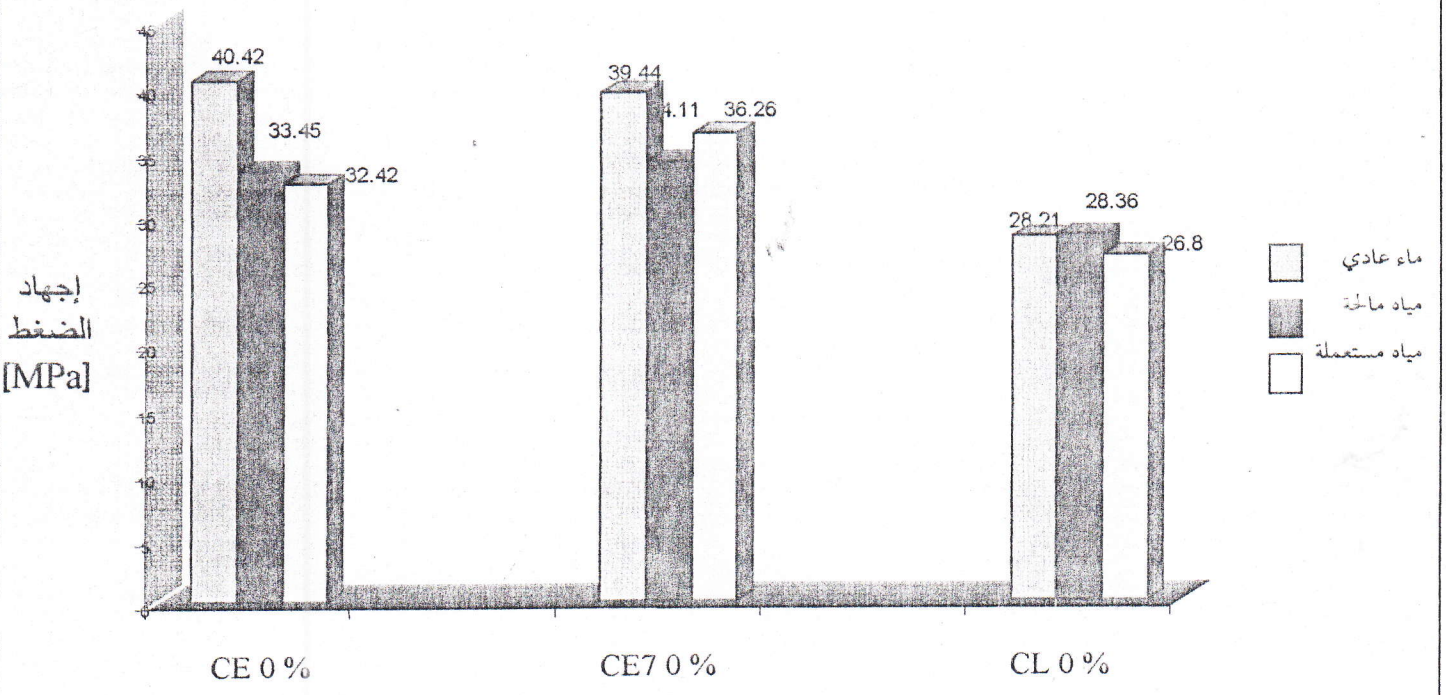
شكل (4 – 2) : نتائج الضغط للعينات الخرسانية موضوعة في الأوساط العدوانية لمدة 60 يوما



شكل (4 – 3) : نتائج الإنحناء للعينات الخرسانية الغير معززة موضوعة في الأوساط العدوانية لمدة 60 يوم



شكل (4 – 4) : نتائج الضغط للعينات الخرسانية الغير معززة موضوعة في الأوساط العدوانية لمدة 60 يوم



4 – 4–1– 1 تعقيب

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ ما يلي :

1- نلاحظ أن العينات الخرسانية الموضوعة في الماء 7 أيام و 21 يوم في الهواء الطلق ثم وضعت في الأوساط العدوانية أعطت نتائج حسنة مقارنة بالعينات الأخرى .

2- نلاحظ أن العينات المعززة بالألياف أعطت مقاومة جيدة للانحناء مقارنة بالعينات الغير معززة

3- نلاحظ أن الأوساط العدوانية أثرت على مقاومة الخرسانة وكان هذا التأثير واضح في المياه المستعملة

4- العينات الموضوعة في الهواء الطلق لمدة 28 يوم ثم 60 يوم في الأوساط العدوانية أعطت مقاومة ضعيفة مقارنة بالأوساط الأخرى

5- مقاومة الضغط للعينات الخرسانية تأثرة سلبا بإضافة الألياف و هذا في جميع الأوساط العدوانية .

4– 4–1– 2 الخلاصة

العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفا والموضوعة في الأوساط العدوانية أعطت مقاومة الانحناء جيدة مقارنة بالعينات الغير المعززة بالألياف والموضوعة في الأوساط العدوانية ، وهذا راجع إلى دور ألياف الحلفا في تحسين مقاومة الانحناء كما نلاحظ أن ألياف الحلفا أثرت سلبا نوعا ما على مقاومة الضغط للعينات الخرسانية .

4 – 4– 2 نتائج التجارب على ألياف الحلفاء :

نتائج تجربة الشد على ألياف الحلفاء الموضوعة في الأوساط العدوانية لتحديد إجهاد الشد عند التمزيق بدلالة الزمن موضحة في الجداول التالية :

(4 – 6) ، (4 – 7) ، (4 – 8) وكذلك الشكال : (4 – 5) ، (4 – 6) ، (4 – 7)

الجدول رقم (4 – 6) يوضح إجهاد التمزيق للألياف الحلفاء الموضوعة في ماء الجير

الإجهاد [MPa]								
الزمن / القطر	6 ساعات	12 ساعة	24 ساعة	3 أيام	7 أيام	شهر	شهرين	3 أشهر
1,5مم	92,52	92	90,58	89,71	86,31	70,91	45,29	32,38
1,3 مم	112,24	111,31	110,58	108,31	105,08	82,16	56,23	31,83
1,1 مم	80,96	79,25	78,60	72,24	65,47	57,90	30,87	16,56

الجدول(4 – 7) : يوضح إجهاد الشد عند التمزيق للألياف الحلفاء الموضوعة في المياه المستعملة

الإجهاد [MPa]								
الزمن / القطر	6 ساعات	12 ساعة	24 ساعة	3 أيام	7 أيام	شهر	شهرين	3 أشهر
1,5 مم	92,12	91,68	91,04	90,37	89,26	76,69	67,49	52,65
1,3 مم	111,09	110,14	109,81	109,26	107,27	93,31	81,17	66,55
1,1 مم	81,30	80,88	79,98	77,32	76,29	68,29	60,77	52,26

الجدول رقم (4 – 8) يوضح إجهاد التمزيق للألياف الحلفا الموضوعة في المياه المالحة

الزمن / القطر	الإجهاد [MPa]							
	6 ساعات	12 ساعة	24 ساعة	3 أيام	7 أيام	شهر	شهرين	3 أشهر
1,5 مم	92,85	92,61	92	91,78	91,71	93,78	94,34	94,52
1,3 مم	109,82	109,23	108,35	107,94	107,69	110,81	111,44	111,74
1,1 مم	79,83	79,24	78,03	76,56	76,83	80,46	80,93	81,50

4 – 4 – 2 – 1 التعقيب

بعد إجراء التجارب على ألياف الحلفاء الموضوعة في الأوساط العدوانية نلاحظ ما يلي :

1- ألياف الحلفاء تأثرت بشكل ملحوظ في الوسط القلوي حيث لاحظنا أن لون الألياف تغير إلى اللون البني وفقدت الألياف مرونتها و أصبحت سريعة الانكسار، كذلك إجهاد الشد عند التمزيق نقص بصفة ملحوظة بعد مضي 3 أشهر في الوسط القلوي وهذا راجع إلى فعل الشوارد Ca^{2+} التي ترسبت على شكل بلورات على سطح الألياف

2- ألياف الحلفاء الموضوعة في المياه المستعملة تأثرت هي الأخرى حيث لاحظنا أن لون الألياف تغير قليلا نحو الأبيض وإجهاد التمزيق نقص كذلك والسبب راجع إلى أن المياه المستعملة تحتوي على مواد ضارة

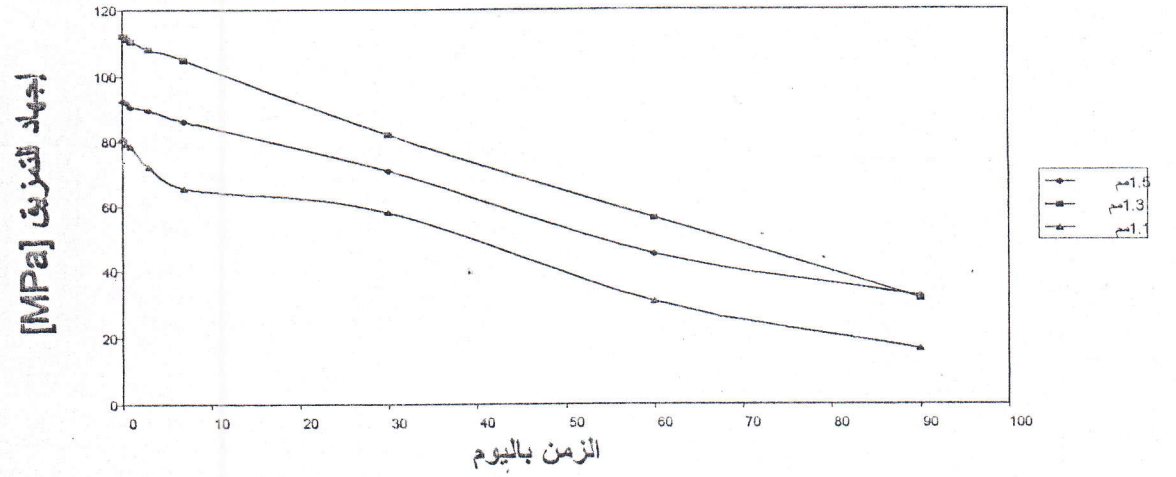
3- نلاحظ أن ألياف الحلفاء الموضوعة في المياه المالحة لم تتأثر بهذا الوسط حيث أن لون الألياف لم يتغير وكذلك بقية مرنة ونلاحظ أن إجهاد التمزيق لم يتغير كثيرا مما يدل أن ملح الطعام (NaCl) لا يؤثر علي ألياف الحلفاء .

4-4-2 – 2 الخلاصة

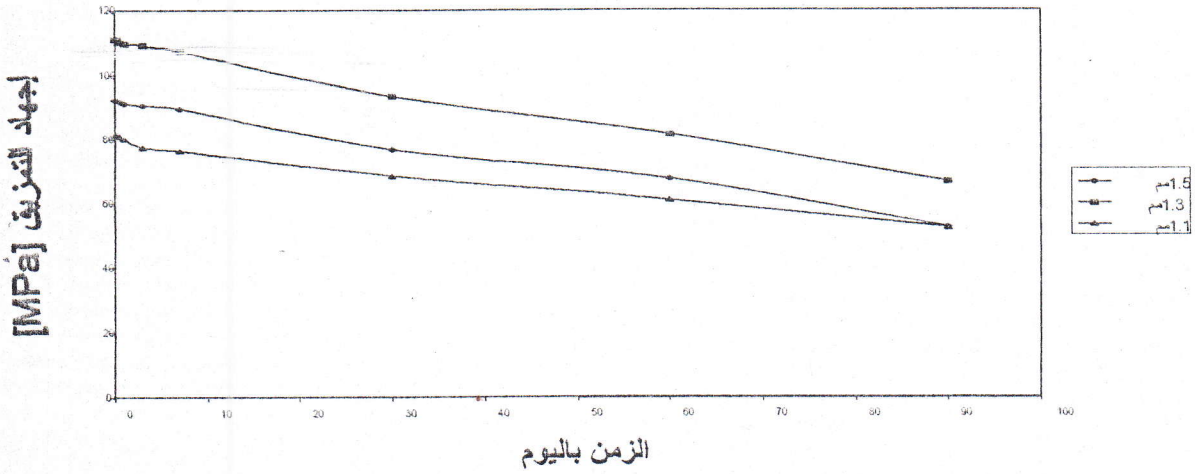
من خلال هذه النتائج نستخلص ما يلي :

ألياف الحلفاء الموضوعة في الوسط القلوي وفي المياه المستعملة تأثرة بشكل ملوحظ على عكس من ذلك نلاحظ أن المياه المالحة لم تؤثر على ألياف الحلفا .

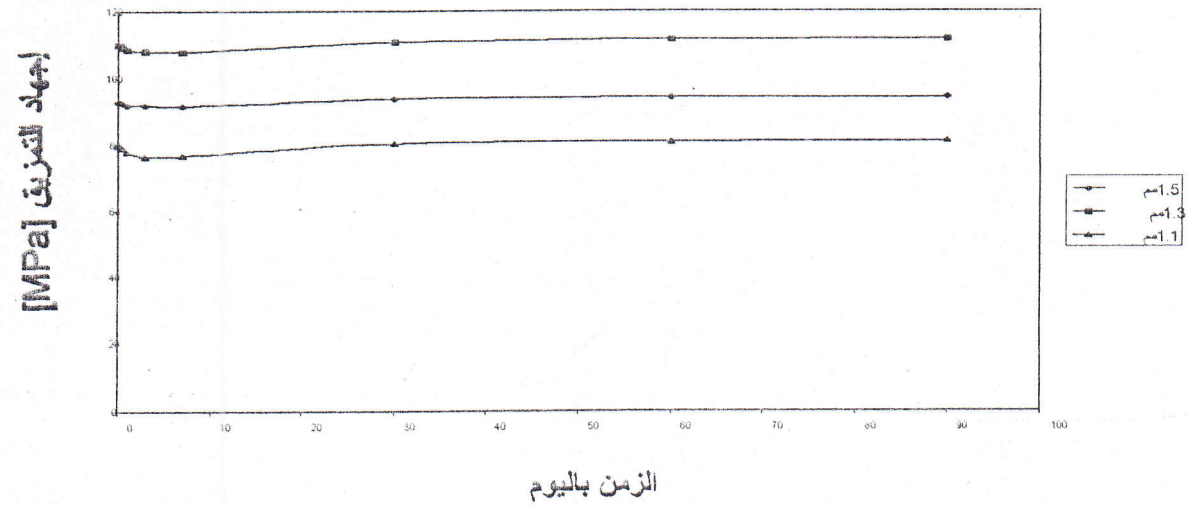
شكل (4 –3) منحنى إجهاد التمزيق للألياف الحلفاء موضوعة في ماء الجير



شكل (4 –4) منحنى إجهاد التمزيق للألياف الحلفاء موضوعة في المياه المستعملة



شكل (4 –5) منحنى إجهاد التمزيق للألياف الحلفاء موضوعة في المياه المالحة



4 – 5 الخلاصة الفصلية :

نستخلص من هذا الفصل أن العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء والموضوعة في الأوساط العدوانية لها مقاومة الانحناء جيدة مقارنة بالعينات الغير معززة وهذا راجع إلى دور ألياف الحلفاء كما أن إضافة هذه الألياف إلى الخرسانة يؤثر سلبا على مقاومة الضغط للعينات الخرسانية .

بالنسبة لألياف الحلفاء الموضوعة مباشرة في الأوساط العدوانية تأثرت بشكل ملحوظ خاصة في الوسط القلوي وهذا مما يجعلنا نتحفظ في استعمالها لتعزيز الإسمنت (CPA) وكذلك ينبغي حسن تغطيتها إذا ما استعملت في خرسانة الري بالخصوص مجال تصريف المياه .

ونستطيع القول بأن هذا النوع من الألياف يصلح استعمله في أوساط مالحة كمياه البحر مثلا .

الفصل الخامس

الخلاصة العامة و التوصيات

الفصل الخامس ـــ

5-1 الخلاصة العامة

بعد دراستنا لموضوع تعزيز خرسانة منشآت الري بألياف الحلفاء ، هذه الدراسة التي استغرقت منا 9 اشهر من خلالها استجلبنا ما يزيد عن 30 كغ من مادة الحلفاء من منطقة الجلفة وتحضير قرابة 150 عينة من الخرسانة بحجم (7 ×7× 28) سم ويمكننا استخلاص النتائج التالية :

1 – الجزائر تملك مراعي شاسعة في السهوب تنمو فيها نبتة الحلفاء مما يسمح لها بإنتاج كميات وفيرة من هذه النبتة .

2 – ألياف الحلفاء تكون لها مقاومة كبيرة بعد اكتمال نموها و تتحمل التخزين لمدة طويلة

3 – تتأثر الخرسانة عادة نتيجة الهجوم الكيميائي بفعل الأملاح والأحماض الموجودة في الماء والتربة متسببة في تفاعلات كيميائية مع الإسمنت وظهور مركبات جديدة تؤدي إلى انتفاخ الخرسانة متسببة في تشققات ثم الانهيار .

والسبب الثاني المؤدي إلى تلف الخرسانة الإجهادات الميكانيكية الناتجة عن الحمولات الخارجية مما تؤدي إلى حدوث تشققات في الخرسانة تسهل تسرب الأملاح والأحماض داخل الشقوق وينتج عنه التآكل الكيميائي .

4 – الخرسانة المعززة بألياف الحلفاء أعطت مقاومة جيدة للانحناء مقارنة بالخرسانة الغير معززة بالألياف وهذا راجع إلى دور ألياف الحلفاء في تحسين مقاومة الانحناء .

5 – عند إضافة ألياف الحلفاء إلى الخرسانة نلاحظ أن مقاومة الضغط تتأثر سلبا بذلك .

6 –وسط الحفظ له دور كبير في مقاومة الخرسانة ، حيث أن العينات التي وضعت 7 أيام في الماء و 21 يوم في الهواء أعطت نتائج حسنة مقارنة بأوساط الحفظ.

7 – ألياف الحلفاء لها القدرة على امتصاص الماء وهذا ما لاحظناه في العينات الموضوعة في الهواء حيث أن الخرسانة المحيطة بالألياف بقية غير متصلبة وسهلة التفتت مما أعاق عملية تماسك الألياف بالخرسانة كما لاحظنا في الأوساط الأخرى نوعا من التماسك بين الألياف والخرسانة .

8 – العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء والموضوعة في الماء لمدة 90 يوم أعطت مقاومة جيد للانحناء مقارنة بالعينات الموضوعة في الماء لمد 28 يوم .

9 – العينات الخرسانية المعززة بألياف الحلفاء والموضوعة في الأوساط العدوانية أعطت مقاومة جيدة للانحناء مقارنة بالعينات الغير معززة .

10 – ألــياف الحلفــاء تأثرت بالأوساط العدوانية (المياه المستعملة ، ماء الجير) حيث نقصت قيمة إجهاد الشد عند التمزيق بشكل ملحوظ بعد مرور 3 أشهر .

11 – ألياف الحلفاء لم تتأثر عند وضعها لمدة 90 يوم في المياه المالحة .

5-2 – التوصيات :

بعد التجارب التي أجرينها والمشاكل التطبيقية التي تعرضنا إليها نوصي بما يلي :

1 – الخرســانة المعــززة بألــياف الحلفــاء أعطت مقاومة جيدة في الأوساط العدوانية وذلك مقارنة بالعيــنات الغــير معززة ، بالرغم من استعمال أسمنت (CRS) غير أن مقاومة الضغط تأثرت سلبا مما يجعلنا ننصح بإتمام الدراسة في هذا المجال لتحسين هذا الضعف .

2 – العيــنات الخرســانية الموضــوعة في الماء أعطت نتائج جيدة مقارنة بالعينات الموضوعة في الهــواء الطلق ولهذا ننصح بتوفير وسط رطب للخرسانة في الأيام الأولى خاصة في أوقات الحرارة الشديدة

3 – بالــرغم أن ألياف الحلفاء حسنت من مقاومة الخرسانة غير أنها تأثرت بالأوساط العدوانية ولهذا نوصي بحماية سطح الخرسانة بطبقة واقية لمنع تسرب المياه الضارة إلى الألياف .

4 – نوصي بدراسة ألياف الحلفاء وإدخال تحسينات عليها لإعطاء نتائج أكثر فعالية

5 – نوصي بتمديد مدة حفظ الخرسانة المعززة بالألياف في الأوساط العدوانية لأخذ نظرة شاملة .

الـــخـــاتـــمـــة

عند هذا الحد نأتي إلى نهاية بحثنا حول تعزيز خرسانة منشآت الري بألياف الحلفاء .

هذا العمل الذي إستغرق 9 أشهر أجرينا خلالها جملة من التجارب المخبرية وكذلك الإطلاع على الأبحاث التطبيقية حول خرسانة الألياف الطبيعية

كما نشير إلى الصعوبات التي واجهتنا في إنجاز هذا العمل وبفضل مساعدات وتسهيلات من قبل هيئـــات إستطعنا أن نتمم هذا العمل ونذكر من بين هذه الهيئات

- مخبر الخرسانة للمؤسسة البناء .

- مخبر الهندسة المدنية بمعهد الري والهندسة المدنية .

- مصلحة الوسائل العامة بالجامعة .

مخبر الأشغال العمومية للجنوب LTPS .

و كنتيجة للبحث نستطيع القول أن خرسانة منشآت الري هي عرضة للتآكلات الكيميائية والميكانيكية التي تؤدي إلى إتلافها .فكان هدفنا المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة وذلك بإضافة ألياف الحلفاء حيث لحظنا تحسن في مقاومة الإنحناء غير أن مقاومة الضغط نقصت بعض الشيء ، وألياف الحلفاء تأثرت بالأوساط العدوانية مما ينصح بالقيام بعمليات وقائية .كما نأمل أن تتواصل الأبحاث في هذا المجال بإدخال تحسينات على ألياف الحلفاء للحصول على نتائج أكثر فعالية ، وبذلك نكون قد ثمنا الألياف الطبيعية بصفة عامة والألياف المتوفرة في بلادنا بصفة خاصة قصد توفير مواد تساهم في تحسين الخصائص و بتكلفة معقولة وساهمنا في إرساء ثقافة تثمين المخلفات الطبيعية والصناعية .

الملحق

الجدول التالي يوضح نتائج تحليل المياه المستعمل (مياه الصرف الصحي)أين وضعت فيه العينات الخرسانية وألياف الحلفاء لاختبار ديمومتها

cond	tur	PH	O_2 %	Cl^- غ/ل	Na^+ غ/ل	Mg^{2+} غ/ل	Ca^{2+} غ/ل	T c°	العناصر / العينات
1586	1,32	8,06	5,10	1,21	0,23	0,54	0,12	38,15	العينة الأولى
1592	1,28	8,09	5,4	1,17	0,71	0,86	0,14	38,28	العينة الثانية
1589	1,30	8,07	5,25	1,19	0,47	0,7	0,13	38,21	العينة المتوسطة

ملاحظة : أجريت التحليل في شهر جوان بمعهد الري و مخبر (ANRH)

قائمة المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية

[1] : مصطفى ، ح ، (السد الأخضر وحماية المناطق السهبية من التصحر) دار الشهاب للنشر والتوزيع ، 1989 .

[3] : م . خليل إبراهيم ، و. ، (أسباب انهيار المباني وطرق الترميم والصيانة) دار الكتاب العلمية للنشر والتوزيع ، 1996 .

[5] : كريكر عبد الواحد (دروس مواد البناء مقرر السنة الثالثة ري صحراوي) ، دفعة / 1998 المركز الجامعي بورقلة

قائمة المراجع بالفرنسية و الإنجليزية

[2] : COOK , D.J , (Concreteand cement composites reinferced natural fibres) , PROC , sympon fibrousconcrete , 99 – 44 – 1980 Australia .

[4] : Regourd . M , (la résistance du béton aux altération physiques et chimiques) " le béton hydraulique " , paris , presses de l'école nationale de pont et chaussées 1992 .

[6] : GORISSE , F ., (Essais et contrôle de bétons) Edition eyrolles paris 1978