MGC:02/01

جمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة ورقلة

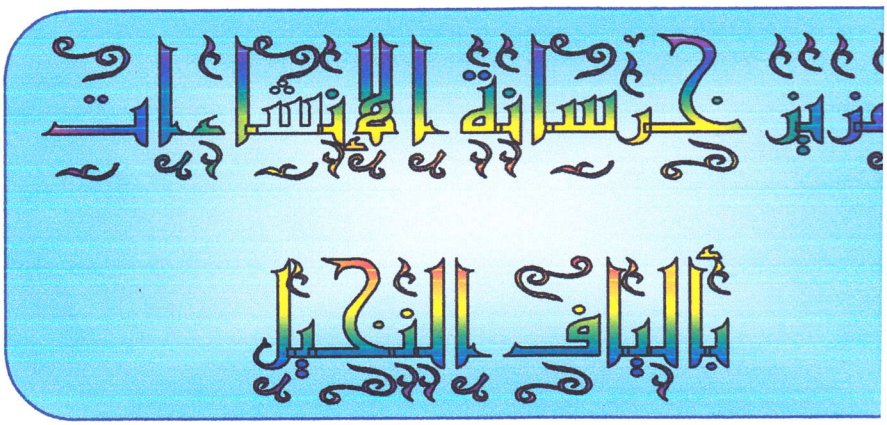
كلية العلوم و العلوم الهندسية

شعبة الري و الهندسة المدنية

مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة

في الهندسة المدنية

تحت عنوان



تحت إشراف :

من طرف - عبد الواحد كريكر (مؤطر)

و - السعيد عباني (مساعد)

- من جامعة ورقلة و مركز الأبحاث العلمية

و التكنولوجية في المناطق الجافة (CRSTRA)

اللجنة المناقشة :

- الرئيس : خنفر محمد المولدي
- الممتحن : العقبي عبد العزيز
- العضو : بن عبد الحفيظ

الدفعة الأولى : 2002

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة ورقلة

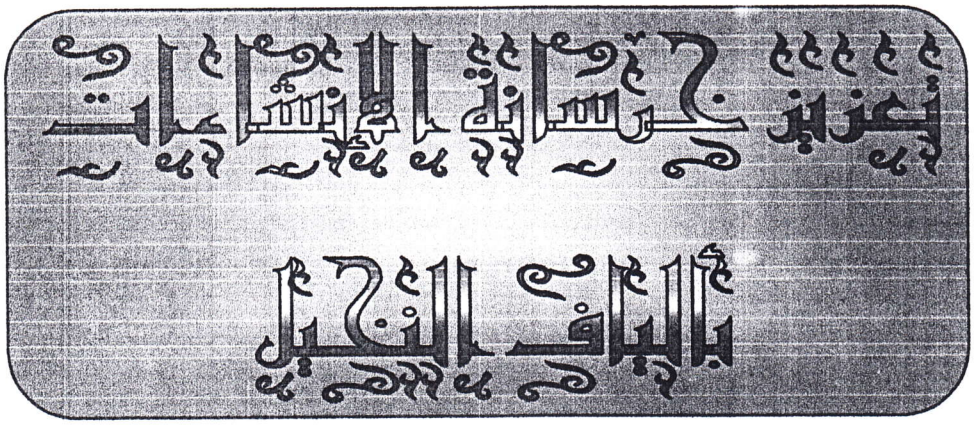
كلية العلوم و العلوم الهندسية

قسم الهندسة — شعبة الري و الهندسة المدنية

مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة

في الهندسة المدنية

تحت عنوان



من إعداد :

- عبد العزيز بالطيب
- عبد المالك مخلوفي

تحت إشراف :

- عبد الواحد كريكر (مؤطر)
- السعيد عباني (مساعد)

- من جامعة ورقلة و مركز الأبحاث العلمية و التكنولوجية في المناطق الجافة (C R S T R A)

اللجنة المناقشة :

- الرئيس : خنفر محمد المولدي
- الممتحن : الحقبي عبد العزيز
- العضو : بن عبد الحفيظ

الدفعة الأولى : 2002

إهداء

أولاً وقبل كل شيء أحمد الله عز وجل الذي أنار لي دربي ويسر لي أمري ووفقني لأصل إلى هذا المستوى العلمي لأجني ثمرة جهدي والمتمثلة في هذا العمل المتواضع وبعد:

أهدي عملي هذا إهداءً خالصاً من صميم القلب والفؤاد إلى أجمل وأحن وأحسن أم في الوجود «أمي» الغالية وأتمنى أن يكون هذا العمل قد غطى ولو القليل من فضلها علينا، وأهديه أيضاً إلى الملك الطاهر الذي شاء القدر أن يفارقنا ولم أذق طعم حنانه «أبي» الغالي رحمه الله، كما أهديه أيضاً إلى جميع أخوتي وأخص بالذكر: توفيق، عمر، الزهرة، فاروق، الذين كانوا لي سنداً طوال مراحل دراستي، كما لا أنسى أبنت أختي عائشة، وأهديه أيضاً إلى جميع الأهل والأقارب.

كما أهدي هذا العمل إلى جميع الأصدقاء والأحباب وكل الذين عرفتهم سواء من قريب أو بعيد طوال فترة الدراسة وإلى كل زملائي في الدفعة الأولى للاختصاص «دفعة 2002».

وإلى الذي شاطرني في إنجاز هذا العمل: عبد المالك مخلوفي، كما لا أنسى إهداءً خاص إلى مؤطرنا الأستاذ: عبد الواحد كربكر ومساعده الأستاذ: السعيد عباني، وإلى كل إداري وعمال جامعة ورقلة والإقامة الجامعية للذكور.

جامعة ورقلة في: 2002/10/06

عبد العزيز

الإهداء

إلى اللذين ربياني فأحسنا تربيتي و أدباني فأحسنا تأديبي

و وجهاني في طريق العلم و النور فأحسنا توجيهي.

أمي الغالية و أبي العزيز

أهدي ثمرة جهدي و حصاد دراستي

إلى مثلي الأعلى في المثابرة و طلب العلم علي إلى سندي عبد الكريم

إلى أخوي الصغيرين حفصة و بلخير

إلى كل أخواتي العزيزات كل باسمها

إلى كل أبنائهم و بناتهم و خاصة الجيل الناشئ

عبد الباسط ، عبد العزيز ، طارق ، أسامة ، رهام و ريان

إلى كل أفراد العائلة الكبيرة

إلى كل معلمي و أساتذتي المبجلون

إلى زميلي في هذا البحث : عبد العزيز بالطيب

إلى كل زملاء الدراسة من الابتدائية إلى الجامعة

أهدي هذا العمل القيم و المتواضع

عبد المالك مخلوفي

تشكرات

« يا ربي لك الحمد كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك »

وبعد نتوجه بالشكر الجزيل إلى أستاذنا المؤطر : كريكر عبد الواحد

على مجهوداته وشروحاته والمراجع التي زودنا بها طوال مدة إنجاز هذه المذكرة .

كما نشكر الأستاذ المؤطر المساعد : السعيد عباني على متابعته الجادة وتوجيهاته القيمة

طيلة هذا البحث .

نشكر كذلك كل الأساتذة الذين أشرفوا على تحصيلنا العلمي خلال مرحلة الدراسة، كما نخص بالذكر

رئيس شعبة الري والهندسة المدنية الأستاذ : كموخ عبد الرحمان

ونتقدم بشكر الجزيل كذلك للأستاذ : حفصي عبد اللطيف على كل التسهيلات التي قدمها لنا في مخبر

الأشغال العمومية (L.T.P.S) .

وكذلك نتقدم بالشكر إلى مسؤول مصلحة الإدارة العامة، كما لا ننسى شكر كل العاملين

في المستثمرة الفلاحية (I.T.A.S) على مساعدتهم وإعانتهم لنا .

ونشكر كذلك السيد : عبد المجيد صاحب محل الأعلام الآلي على مساعدته وصبره معنا .

وفي الأخير نتوجه بالشكر إلى كل من ساهم في إنجاز هذا المشروع من قريب أو بعيد .

الـفـــــهـرس

الرقم	العنـــــــوان	الصفحة
	المقدمة	01
	الفصل الأول : عموميات حول الألياف الطبيعية	
1 - 1	تمهيد	02
1 – 2	عموميات على الألياف	02
1 – 3	الإسمنت المدعم بالألياف النباتية و خصائصه	07
1 - 4	الخلاصة الفصلية	10
	الفصل الثاني : الخصائص الميكانيكية لألياف النخيل وديمومتها	
2 – 1	تمهيد	11
2 – 2	التجارب الميكانيكية لألياف النخيل و ديمومتها	11
2 – 3	معامل الليونة	22
2 – 4	الخلاصة الفصلية	24
	الفصل الثالث: خصائص الخرسانة و الخرسانة المعززة بألياف النخيل	
3 - 1	تمهيد	25
3 – 2	خصائص الخرسانة	25
3 – 3	التجارب على الركام	26
3 – 4	تركيبة الخلطة الخرسانية	37
3 – 5	مقاومة خرسانة الألياف في أوساط الحفظ	38
3 – 6	الخلاصة الفصلية	49
	الفصل الرابع : الخلاصة العامة و التوصيات	
4 - 1	الخلاصة العامة	50
4 - 2	التوصيات	51
	الخاتمة	52

فهـــــــــرس الجداول

الرقم	العـــــــنوان	الصفحة
1-1	بعض الألياف الصناعية	03
2-1	نسبة إجهاد الشد لبعض ألياف الورقة	03
3-1	نسبة إجهاد الشد لبعض ألياف الساق.....	06
4-1	خصائص ألياف باجاس و ألياف الجوز الهندي.....	06
5-1	الطول الكاسر و الاستطالة المئوية للألياف النباتية الأكثر شيوعا	08
6-1	خصائص الألياف أشتقت من القصبات و الأعشاب	09
7-1	مقارنة خصائص الليف الهندي و ليف باجاس	09
1-2	التشوه (ε) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في المياه المالحة	15
2-2	التشوه (ε) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في المياه المستعملة	16
3-2	التشوه (ε) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في ماء الجير	17
4-2	نتائج معامل الليونة لألياف النخيل E(GPa)	23
1-3	تعيين الكتلة الحجمية الظاهرية للركام	27
2-3	تعيين الكتلة الحجمية المطلقة للركام	29
3-3	نتائج مكافئ الرمل	30
4-3	نتائج تجربة نقاوة الحصى	31
5-3	نتائج التدرج الحبيبي للرمل العينة الأولى	32
6-3	نتائج التدرج الحبيبي للرمل العينة الثانية	32
7-3	نتائج التدرج الحبيبي المتوسط للرمل	33
8-3	نتائج التدرج الحبيبي للحصى العينة الأولى	34
9-3	نتائج التدرج الحبيبي للحصى العينة الثانية.....	34
10-3	نتائج التدرج الحبيبي المتوسط للحصى.....	35
11-3	كمية الركام الموجودة في 1م^3 من الخلطة الخرسانية.....	37
12-3	نتائج ارتخاء الخرسانة.....	39
13-3	تركيبة الخرسانة في 1م^3.....	39
14-3	نتائج مقاومة الانحناء والضغط للعينات الخرسانية المعززة بألياف شبكية بعد 28 يوما	48
15-3	نتائج مقاومة الانحناء والضغط للعينات الخرسانية المعززة بألياف شبكية بعد 60 يوما	48

فـــهـــرس الأشكـــــال

الرقم	العـــــــنوان	الصفحة
1-2	منحنى إجهاد الشد و التشوه لألياف الذكار في الحالة الطبيعية (جافة)	13
2-2	منحنى إجهاد الشد و التشوه لألياف الغرس في الحالة الطبيعية (جافة)	13
3-2	منحنى إجهاد الشد و التشوه لألياف دقلة نور في الحالة الطبيعية (جافة)	14
4-2	منحنى إجهاد الشد و التشوه لألياف الدقلة البيضاء في الحالة الطبيعية (جافة)..	14
5-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط المياه المالحة	18
6-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط المياه المستعملة	18
7-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط ماء الجير	18
8-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط المياه المالحة	19
9-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط المياه المستعملة	19
10-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط ماء الجير	19
11-2	نتائج إجهادات الشد لألياف دقلة نور في وسط المياه المالحة	20
12-2	نتائج إجهادات الشد لألياف دقلة نور في وسط المياه المستعملة	20
13-2	نتائج إجهادات الشد لألياف دقلة نور في وسط ماء الجير	20
14-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الدقلة البيضاء في وسط المياه المالحة	21
15-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الدقلة البيضاء في وسط المياه المستعملة	21
16-2	نتائج إجهادات الشد لألياف الدقلة البيضاء في وسط ماء الجير	21
1-3	تجربة مكافئ الرمل	28
2-3	منحنى التدرج الحبيبي للعينة المتوسطة لكل من الرمل و الحصى	36
3-3	تجربة الانحناء	40
4-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 28 يوم	42
5-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 28 يوم	42
6-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CE7) بعد 28 يوم	43
7-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط(CE7) بعد 28 يوم	43
8-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CE) بعد 28 يوم	44
9-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط(CE) بعد 28 يوم	44
10-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم	45
11-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم	45
12-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CE7) بعد60 يوم	46
13-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط(CE7) بعد60 يوم	46
14-3	نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CE) بعد 60 يوم	47
15-3	نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط(CE) بعد 60 يوم	47

المقـــــــــــدمـــة

إن حاجـــة الإنسان القديم لمسكن يقيه حر الصيف وبرد الشتاء جعلته ينظر في المواد المحيطة بـــه فبـــنى مســـكنه بالأخشاب والمواد الغضارية ثم بالحجارة الطبيعية...الخ ، وبتطور الحياة وتطور الأبحـــاث العلمية جعلت الإنسان المعاصر يفكر في مادة سريعة الإنجاز وسهلة التشكيل وجميلة المظهر فكانـــت الخرســـانة المادة الملبية لذلك ، و ازداد عليها الطلب أكثر خاصة بعد الحرب العالمية الثانية حيث إكتسحت جميع الإنشاءات وغزت كل الأقطار .

وتعتـــبر الخرســـانة حاليا من أهم المواد المستعملة في البناء إن لم نقل هي المادة الأساسية في هـــذا المجال وذلك لما تمتاز به من خصائص ميكانيكية وفيزيائية واقتصادية جيدة ، إلا أنه نجد أن هذه المادة تكون أحيانا عرضة إلى جملة من الأخطار تسبب في تآكلها وإضعاف مقاومتها والذي ينجم عنه ظهـــور عـــدة تشققات خطيرة تؤدي إلى إنهيار المنشأ . هدفنا في هذا البحث هو دراسة إمكانية تحسين الخصـــائص الميكانيكية وخاصة مقاومتها للتشققات الناتجة عموما عن إجهاد الشد بإضافة ألياف النخيل إلـــى الخلطة الخرسانية ، علما أنه من أبحاثنا المرجعية تبين أن هناك بحوث كثيرة أجريت على تعزيز الخرسانة بالألياف الطبيعية من بينها خرسانة ألياف السيزال وخرسانة الليف الهندي وغيرها بينت مدى تحسين هذا النوع من الألياف لمقاومة الشد و الانحناء في الخرسانة .

ونظـــرا لمـــا تـــتوفر عليه بلادنا من ثروة نباتية هائلة (ألياف النخيل ، ألياف السمار ، ألياف الحلفـــاء...الخ) وقصد تثمين هذه الثروة الطبيعية بشكل جيد حاولنا في بحثنا هذا إستغلال ألياف النخيل وذلـــك بتعزيزها في عينات خرسانية ومعاينة مقاومتها للانحناء والضغط واختبار ديمومتها في أوساط حفظ (الهواء الطلق ، الماء العادي) .

موضوع بحثنا هذا المعنون بـــ : « **تعزيز خرسانة الإنشاءات بألياف النخيل** »

المقسم إلى أربع فصول وهي :

الفصل الأول : عموميات حول الألياف الطبيعية .

الفصل الثاني : الخصائص الميكانيكية للألياف النخيل وديمومتها في الأوساط العدوانية (المياه المالحة ، المياه المستعملة ، ماء الجير) .

الفـــصل الثالـــث : خصائص الخرسانة والخرسانة المعززة بألياف النخيل و معاينة مقاومتها للانحناء و الضغط في أوساط الحفظ (الهواء الطلق ، الماء العادي) .

الفـــصل الـــرابع : الخلاصة العامة والتوصيات تشمل ما مدى صلاحية الخرسانة المعززة بالألياف في أوساط الحفظ المذكورة.

الفصل الأول

عموميات حول الألياف الطبيعية

1 . 1 - تمهيد :

لقد أستعملت الألياف الطبيعية ذات الأصل النباتي منذ القديم في البناء كجذوع الأشجار والقصب في تغطية الأسقف أو صناعة أحجار البناء ، وبالخصوص الألياف الطبيعية المحلية وهذا لكونها تزيد في متانة الإنشاء .

لكن بعد ظهور الجبس والأسمنت قل إستعمالها إلا أنه في الوقت الحديث ظهرت عدة بحوث تهتم بتعزيز المنشآت الخرسانية بالألياف الطبيعية النباتية كالسيزال وجوز الهند والحلفاء ...الخ ، علما أن هذه الألياف كانت تستعمل قبل هذا في صناعة الحبال و الحصائر حتى ظهرت الألياف الصناعية و التي نلخصها في الجدول (1-1) [1].

1 . 2- عموميات على الألياف :

1 . 2 . 1- تصنيف الألياف النباتية : تصنف الألياف النباتية إلى أربع أقسام وهي :

- ألياف الورقة .
- ألياف الساق (الجذع).
- ألياف السطح.
- ألياف الحطب .

1 . 2 . 1 . 1- ألياف الورقة :

ونحصل عليها من أوراق النباتات مثل نبات السيزال حيث يتم غسلها وتجفيفها ثم تسحق وتقشط لإزالة النسيج الخلوي من الألياف ، والغسل يزيل ويقطع اللب الباقي على الليف ثم يجفف إما بواسطة المجففات الميكانيكية أو بواسطة أشعة الشمس جدول (1 - 2) [1].

1 . 2 . 1 . 2- ألياف الساق (الجذع) :

نحصل على هذه الألياف من جذوع النباتات كمثال قصبات ديكوني ليدونس (DICONY LIDONS) وتدعى بنبتة الألياف حيث يوجد الليف تحت اللحاء مباشرة أو القشرة الخارجية للقصبة وتوجد هذه الألياف على شكل حزم تعطي القوة والمتانة إلى قصبة النبتة[1] .

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

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 تغليق الأنفاق – مجسم السقف
البوليبروبلان	الأجزاء العائمة – مواد الصيانة للطرق – الطبقات الخارجية للقنوات 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
الميكا	التعويض الجزئي للأميونت في صفائح الأسمنت – قنوات الخرسانة ومواد الصيانة

جدول رقم (1 – 2) : يوضح نسبة إجهاد الشد لبعض ألياف الورقة **[1]**.

نوع الليف	نسبة قابلية قوة الشد (%)
ABACA	100
السيزال	65
HENEQUEN	48
PHORMINUM	54
CANTALA	28
SANSEVIERIA	67

- مستند على الليف الكامل قوة قابلية الشد لألياف السيزال 278 MPa

و قد إستعملت ألياف الساق في صناعة النسيج ونجد منها : إيرنا ، كيناف ، رامي (URENA, KENAF, RAMIE) ونستخلص حزم هذه الألياف من نسيج خلوي وذلك بعملية التنقيع في الماء الساخن ثم تنشر القصبات لتجفف بواسطة الشمس وبذلك يذوب النسيج الخلوي وبعدها نضعها لمدة اثنان أو ثلاثة أسابيع في الماء ثم تترك لتجفف إما في الهواء الطلق مباشرة أو باستعمال آلات التجفيف الميكانيكية و بذلك نتحصل على هذه الألياف جدول (1 – 3) [1].

1 . 2 . 1 . 3 – ألياف الحطب :

هذه الألياف قصيرة وصلبة بشكل نسبي ونحصل عليها عموما بسحق جذع النباتات مثل قصب باجاس (BAGASSE) [1].

1 . 2 . 1 . 4 – ألياف السطح :

تتواجد هذه الألياف على سطوح الثمار ، بذور النباتات أو على جذوعها و نذكر من بينها ألياف جوز الهند والتي تستعمل في صناعة الحبال هذا النوع من الألياف نحصل عليه بواسطة نقع قشور الثمار في الماء لبضعة أيام ثم تفصل الألياف و تصنف حسب أطوالها و سمكها و بعدها تغسل وتجفف وبذلك نتحصل على هذه الألياف [1]،و تعد ألياف النخيل المستعملة في البحث من هذا النوع من الألياف إذ تحيط بجذع النخلة . و فيما يلي سنتطرق بشيء من التفصيل إلى ألياف النخيل .

1 . 2 . 2 – ألياف النخيل :

تعد النخيل من بين الأشجار المثمرة التي تنمو عموما في الواحات ، و تعتبر الجزائر من بين الدول المنتجة لهذا النوع من الأشجار حيث يبلغ عددها حوالي 10 ملايين نخلة [2] .

النخلة هي شجرة ليفية إذ تحتوي على عدة أنواع من الألياف [2] نذكر منها :

- ألياف الأوراق
- ألياف الساق (ساق الجريد أو العرجون)
- ألياف الجذع (جذع النخلة)
- ألياف المحيطة بالجذع (الغلاف الليفي)

وقد استعملت هذه الألياف في صنع الحبال وحشو المقاعد كما تستخدم كأداة للتنظيف وتنتج النخلة الواحدة سنويا ما مقداره 3 كلغ من ألياف السطح (الغلاف الليفي) [3].

و يعد الغلاف الليفي من ألياف السطح حيث يشكل الغمد الذي يحيط بجذع النخلة من قاعدة السعفة (الكربة أو الكرنافة) مع النسيج الليفي المتصل بجانبيها ويتكون الغلاف الليفي من أنسجة بيضاء تسمى اللحمة تتخللها حزم وعائية ومع نمو السعفة تختفي معظم أنسجة اللحم تاركة الحزم الوعائية اليابسة السمراء كغلاف من الليف الخشن محيط بالجذع [3].

والغلاف الليفي يزيد من متانة جذع النخلة ويحميها من الصدمات الخارجية و أضرار الحيوانات كما يقلل من وطأة البرد والحر وذلك بسبب خاصية العزل التي يتميز بها الليف ويكون الليف بالقرب من الجمارة ذو لون أبيض مصفر وذو قوام طري [3].

بعد نزع الغلاف الليفي يتم غسله وتجفيفه بواسطة الشمس ثم تفكيكه إلى ألياف مختلفة الطول والأقطار وبهذا نحصل على هذه الألياف مفككه [3].

1 . 2 . 3 – الخصائص الميكانيكية للألياف :

تعتمد الخصائص الميكانيكية للألياف أساسا على إجهاد الشد ، معامل الليونة ، التشوه عند التمزيق والديمومة .

1 . 2 . 3 . 1 – إجهاد الشد :

ونعني به قوة الشد العمودية على مقطع الليف والجدولان (1 – 2) و (1 – 3) يوضحان إجهاد الشد لمجموعة من أنواع الألياف النباتية حيث أجريت إجهادات الشد على مجموعة متحدة من الألياف[1].

1 . 2 . 3 . 2 – معامل الليونة :

ونعني به ما مدى استطالة العنصر أثناء عملية الشد . هناك عدة باحثين تطرقوا إلى دراسة معامل الليونة للألياف ومنهم الباحث بيسافا أوزماكا (BIASAVA USOMAKA) الذي لاحظ أن معامل الليونة يتعلق بطبيعة الليف وحالته من ناحية الرطوبة [1] .

من جهة أخرى تطرق الباحث باما (BAMA) إلى هذه الخاصية في أبحاثه على ألياف الباجاس و الليف الهندي جدول (1 – 4) [1] .

الفصل الأول ـــ

جدول رقم (1 – 3):يوضح نسبة إجهاد الشد لبعض ألياف الساق **[1]**.

نوع الليف	نسبة قابلية قوة الشد (%)
الكتان (FLAX)	100
الجوت (JUTE)	64
القنب	91
سان (SUNN)	83
رامي (RAMIE)	86
كناف (KENAF)	53
URENA	36
ROSELLE	55

- مستند على الليف الكامل قوة قابلية الشد للكتان تساوي 340 MPa

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

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

1 . 2 . 3 . 3 – التشوه عند التمزيق (الانهيار) :

التشوه عند التمزيق هو الاستطالة النهائية لليف بعد تطبيق قوة الشد النهائية عليه ، ولقد أجريت عدة تجارب لأنواع مختلفة من الألياف لحساب ومعرفة الإستطالة النهائية ونوضح بعض النتائج في الجدول (1 – 5) [1] .

1. 2 . 3 . 4 – الديمومة :

ونعني بها مدى مقاومة المادة في أوساط مختلفة وقد تكون عدوانية علما أنه هناك عدة تجارب أجريت لتحسين ومعرفة ديمومة الألياف ومثال ذلك النتائج التي توصل إليها الباحث نيلسون (NILSSON) الذي لاحظ أن ألياف السيزال تأثرت بسبب غمرها في محلول كلسي ، حيث نقصت قوة الألياف في حالة الشد بنسبة 74 % ، والجدول (1 – 6) يوضح ديمومة أصناف أخرى من الألياف الطبيعية [1].

1 . 3 – الأسمنت المدعم بالألياف النباتية وخصائصه :

هناك عدة دراسات أجريت حول تعزيز الأسمنت بالألياف من طرف عدة باحثين ومنهم : نيلسون ، سميث ، سكارد هال ، سيرد هارا ، بيسار ، باما ، أيار (NILSSON , SMITH , SKARDAHL , SRIDHARA , PIASSARA, PAMA , AYYAR) .

لقد لاحظ نيلسون في تجاربه على ألياف السيزال عند إدخالها في تعزيز الخلطة الخرسانية أن الألياف إمتصت كميات كبيرة من الماء . و عند إضافة 4 % حجميا من ألياف السيزال في الخلطة الخرسانية زادت قوة مقاومة الخرسانة للشد من 20 % إلى 25 % مقارنة مع الخرسانة العادية إلا أنه لاحظ أن هناك تناسب طردي بين الزيادة في نسبة التعزيز ونسبة إمتصاص ماء الخلطة [1].

كما لاحظ سكارد هال في تجاربه على ألياف السيزال المقطعة إلى ألياف قصيرة من (15 – 50) مم ، تتطلب زيادة في كمية ماء الخلطة الخرسانية [1] .

كما أظهرت تجارب بيسافا وسيرد هارا على عدة ألياف ومنها ألياف جوز الهند عند إضافتها إلى الخلطة الخرسانية زيادة في قوة الإصطدام بـــ 34 % وهذا بإضافة 3 % حجميا من الليف الهندي بطول يتراوح من (6 – 12) مم وعند وضع هذه الألياف في وسط شبه قلوي لاحظ بيسافا وسيرد هارا نقص في القوة بنسبة 54 % بعد 90 يوم [1].

جدول رقم (1 – 5) : يوضح الطول الكاسر والاستطالة المئوية للألياف النباتية الأكثر شيوعا [1]

خصائص الليف			
نوع الليف	الطول الكاسر (سم)	الاستطالة (%)	
		جفف بعد الحفظ في ماء مالح لمدة 28 يوم	مبلل	جاف
أباكا (ABACA)	48,2	2,8	2,4	2,1
نبات السيزال	36,3	3,4	2,9	2,6
هنكن (HENEQUEN)	26,2	6,3	6,0	4,9
نبات الجات	–	–	1,5	1,7
كناف (KE NAF)	–	–	2,1	1,7
إرينا (URENA)	–	–	0,9	1,3

جدول (1 – 6) : يوضح خصائص الألياف اشتقت من القصبات والأعشاب **[1]**.

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 البلل والتجفيف المتكرر لمدة 3 أشهر .	% 97	% 20	% 13
طول الليف الأدنى للخلطة الخرسانية (سم) .	3,0	2,0	2,45
الكتلة الحجمية (غ/سم^3).	0,3	0,3	0,3

جدول رقم (1 – 7) : يوضح مقارنة خصائص الليف الهندي وليف باجاس مع مواصفات : ASTM C-72-20-[1].

المادة	القيمة المحددة	ليف باجاس	الليف الهندي
الحمل المستعرض (N)	MIN 53	346	273
الإستطالة بـــ (مم)	MAX 22	3,40	0,50
معامل الإنهيار (MPa)	MIN 1.65	8,70	9,75
إمتصاص الماء بالحجم (سم^3)	MAX 22	2,00	6,20
نسبة الإنتافخ الخطي (%)	MAX 0.50	0,05	0,31

ومن ناحية أخرى لاحظ عدة باحثين مدى جدوى تحسين الألياف الطبيعية لمقاومة الانحناء [4-5-6] ، ونخص بذكر نتائج الباحث باما الذي لاحظ كذلك أن ألياف الباجاس والجوز الهندي لا تمتص كثيرا ماء الخلطة جدول (1 – 7) [1] .

و أخيرا نجد أن الباحث أيار لاحظ في أبحاثه على ألياف عشب الفيل وقصب الماء تحسن في مقاومة الشد للخرسانة ولها مقاومة معتبرة في وسط قلوي ، حيث كان هدفه مركز على طول الليف الأدنى كما هو موضح في الجدول (1 – 6) [1].

1 . 4 – الخلاصة الفصلية :

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

الفصل الثاني

الخصائص الميكانيكية لألياف النخيل وديمومتها

2 . 1 - تمهيد :

ممـــا ســبق نســتطيع القول أن الألياف الطبيعية تمتاز بمقاومة معتبرة لقوى الشد و يمكن أن تستخدم كتعزيز للخرسانة أو الملاط [1 - 7] . في هذا الفصل سنتطرق إلى دراسة الخصائص الميكانيكية لألياف النخيل وكذا ديمومتها في الأوساط العدوانية (المياه المالحة ، المياه المستعملة ، مياه الكلس أو الجير).

2 . 2 - التجارب الميكانيكية لألياف النخيل وديمومتها :

تـــم إحضـــار أربعـــة أصـــناف مـــن ألياف النخيل المحيطة بالجذع من مزرعة معهد الفلاحة سابقا (I .T.A.S) بورقلة التالية الذكر :

- ألياف نخلة الذكار .
- ألياف نخلة الغرس .
- ألياف نخلة دقلة نور .
- ألياف نخلة الدقلة البيضاء .

وقـــد تـــم إقتلاع هذه الألياف من الجذع بطريقة يدوية ثم قمنا بتصفيتها في الماء وعرضت لأشعة الشمس لتجف بعدها قمنا بقصها إلى أطوال متساوية (15 سم) ثم تقسيمها إلى مجموعات حسب أقطارها التـــي تراوحـــت ما بين (0,2 إلى 0,8) مم ، وتم التركيز على الأقطار (0,4 ، 0,6 ، 0,8) مم ، كما قمنا بتجارب ميكانيكية على هذه الألياف لتعيين قيمة إجهاد الشد والتشوه في الحالتين التاليتين :

- الألياف في الحالة الطبيعية (الجافة) .
- الألياف في الأوساط العدوانية .

علما أن المسافة بين فكي جهاز الشد تثبت بـــ 10 سم .

يتم حساب إجهاد الشد ومعامل التشوه بالعلاقتين التاليتين :

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad [MPa] \quad \text{.................(1-2)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{...................(2 -2)}$$

حيث :

F: قوة الشد [N] .

σ : إجهاد الشد [MPa] .

ε: التشوه .

S : مقطع الليف [mm^2] .

ΔL : الاستطالة [cm] .

L : طول الليف [cm] .

الفصل الثاني ـــ

2 . 2 . 1 – التجارب الميكانيكية على الألياف في الحالة الطبيعية (جافة) :

تـــم تثبيت الليف بإحكام بواسطة الفكين على آلة الشد وتشغيل الآلة بعد تثبيت السرعة ثم نقرأ القوة المتحصـــل علـــيها بدلالة الإستطالة إلى غاية التمزيق . نكرر التجربة أربع مرات لكل قطر ونأخذ القيمة المتوســـطة والنـــتائج المحصـــل علـــيها موضـــحة في الأشكال : (2 – 1) ، (2 – 2) ، (2 – 3)، (2 – 4) و على ملحق الجداول (1– 2–3–4–5) .

2 . 2 . 2 – ديمومة الألياف في الأوساط العدوانية :

فـــي هذه التجربة حاولنا معرفة ما مدى ديمومة و تأثر الألياف في الأوساط العدوانية إعتمادا على مـــا مـــدى تغير إجهاد الشد و التشوه عند التمزيق حيث وضعت الألياف حسب أقطارها وأنواعها لأزمنة مـــتفاوتة (6 ســـاعات ، 12 ســـاعة ، 24 ســـاعة ، 3 أيـــام ، سبعة أيام ، شهر ، شهرين ، 3 أشهر) والأوساط العدوانية المستعملة هي :

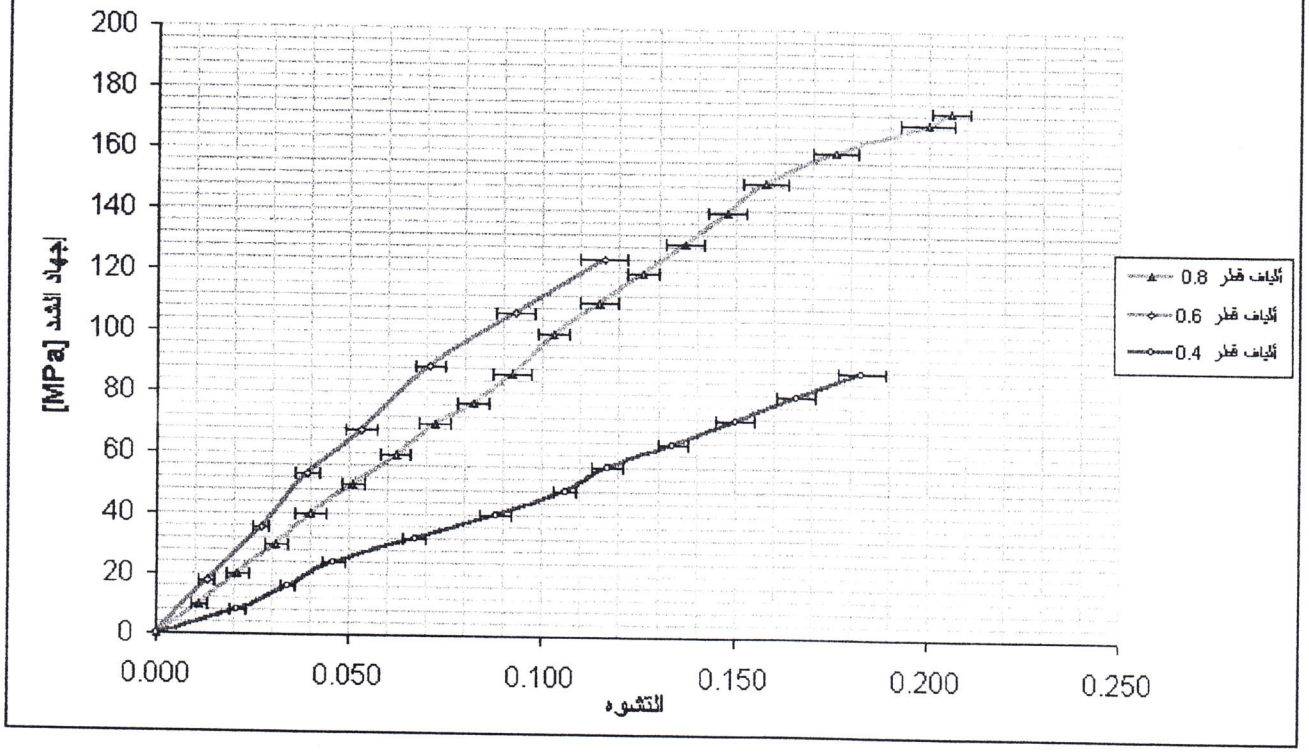
- **المـــياه المستعملة :** تحتوي المياه المستعملة على مركبات عدوانية كالشحوم والدهون والغازات الخطيرة مثل (H_2S ، NH_3) ، وبعض الأحماض الأخـــرى وخاصة مياه المصانع و المستشفيات [7] ، وفـــي دراستنا هذه أخذنا عينة من أحد البلوعات الموجودةفي الجامعة ذات : $PH \backsimeq 8.5$ ، ووضعنا فيها الألياف.
- **المـــياه المالحة :** إن تأثير الأملاح على الألياف يكون سلبيا على العموم ومن بين هذه الأملاح كلـــور الصـــوديوم (NaCL) ، سلفات المغنزيوم ($MgSO_4$) [7] . في بحثنا هذا وضعنا الألياف في وسط مائي به ملح الطعام بتركيز (10غ/ل) .
- **ماء الجير :** يعتبر ما ء الجير وسط عدواني قلوي لإحتوائه على شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) [7] ، وفي هذا الوسط وضعنا ألياف النخيل لمعرفة ما مدى مقاومتها وديمومتها وقد كان : $PH \backsimeq 12$.

– تم إختيار هذه الأوساط الثلاثة لأنه كثير ما تكون خرسانة الإنشاءات عرضة لمثل هذه الأوساط .

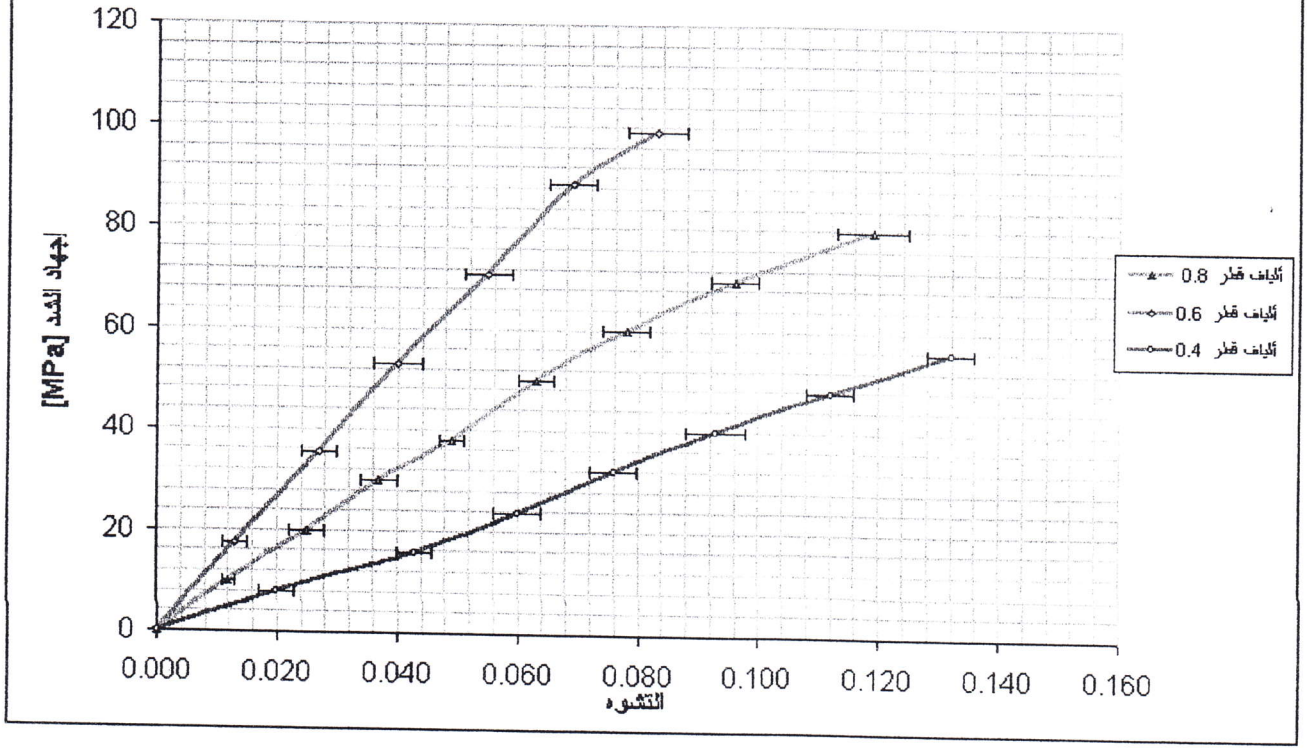
– بعـــد وضـــع الألـــياف فـــي الأوساط العدوانية السالفة الذكر ، أجرينا عليها إختبار الشد والنتائج موضحة في الجداول:(2– 1)،(2 – 2) ، (2 – 3)،والأشكال:(2 – 5) إلى غاية (2 – 16).

ملاحظة هامة : ننبه إلى أن نتائج اختبارات الشد والتشوه هي نتائج تقريبية لأن الطريقة المختارة لأجراء التجربة لا تمثل الطريقة النظامية المعمول بها في مثل هذه التجارب ، إذ عادة ما يقاس التشـــوه بين نقطتين محددتين من العينة وليس انتقالها بين فكي آلة الشد.

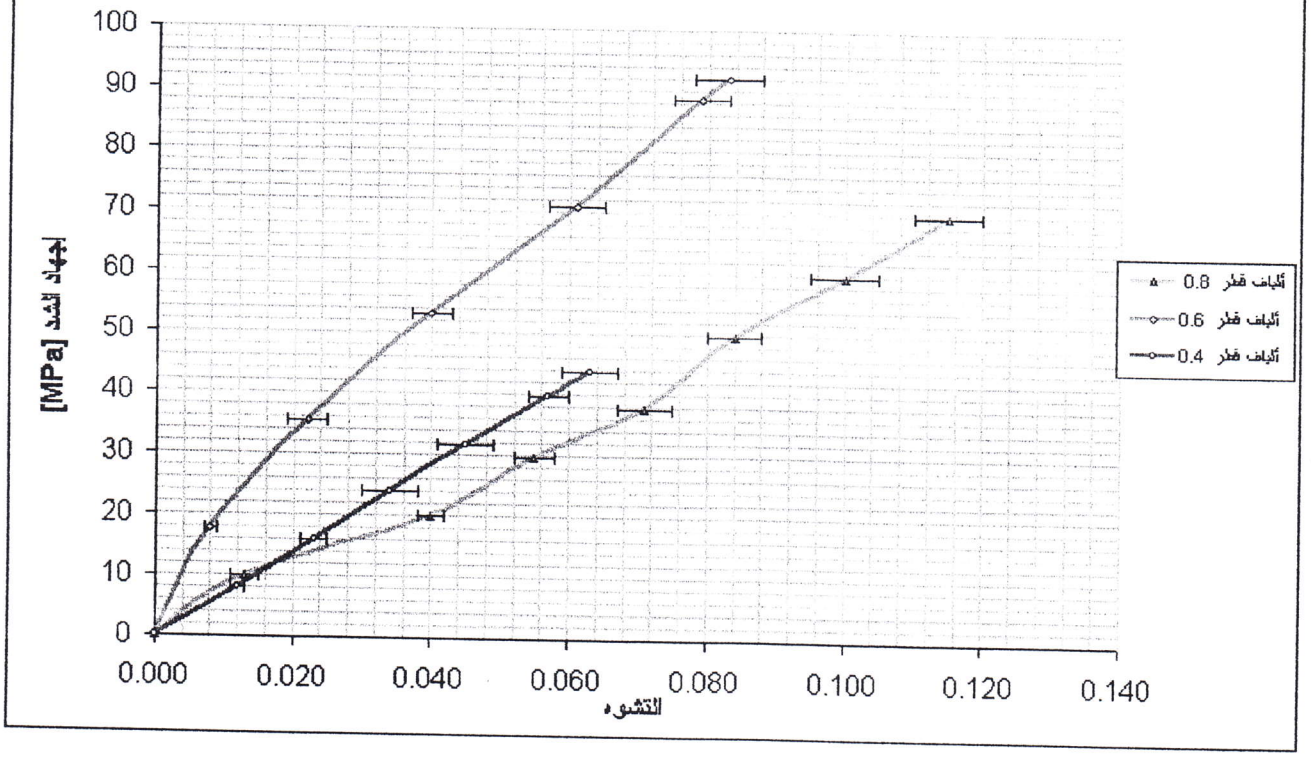
شكل (2-1) : يوضح منحنى إجهاد الشد والتشوه لألياف الذكار في الحالة الطبيعية (جافة)



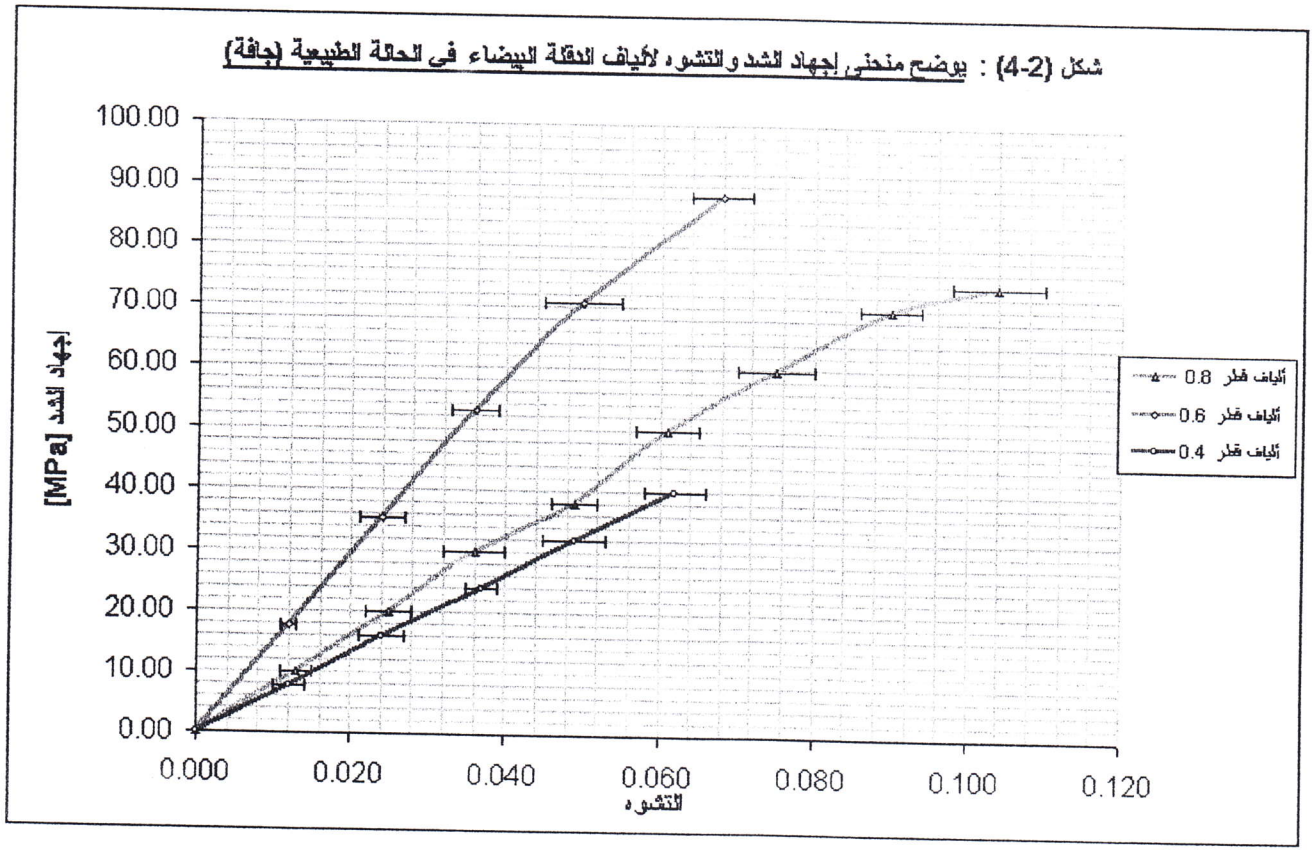
شكل (2-2) : يوضح منحنى إجهاد الشد والتشوه لألياف الغرس في الحالة الطبيعية (جافة)



شكل (2-3) : يوضح منحنى إجهاد الشد والتشوه لألياف دقلة نور في الحالة الطبيعية (جافة)



شكل (2-4) : يوضح منحنى إجهاد الشد والتشوه لألياف الدقلة البيضاء في الحالة الطبيعية (جافة)



جدول رقم (2-1) : يوضح التشوه (ε) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في المياه المالحة .

مدة الحفظ	القطر (ملم)	نوع الألياف			
		ألياف نخلة الذكار	ألياف نخلة الغرس	ألياف نخلة دقلة نور	ألياف نخلة الدقلة البيضاء
6 ساعات	0,8	0,005 ± 0,218	0,005 ± 0,103	0,003 ± 0,113	0,006 ± 0,103
	0,6	0,004 ± 0,093	0,006 ± 0,086	0,005 ± 0,080	0,003 ± 0,072
	0,4	0,005 ± 0,146	0,005 ± 0,112	0,005 ± 0,066	0,003 ± 0,060
12 ساعة	0,8	0,005 ± 0,196	0,006 ± 0,099	0,005 ± 0,098	0,005 ± 0,101
	0,6	0,006 ± 0,100	0,005 ± 0,078	0,006 ± 0,075	0,002 ± 0,069
	0,4	0,006 ± 0,138	0,003 ± 0,094	0,003 ± 0,068	0,006 ± 0,051
24 ساعة	0,8	0,004 ± 0,192	0,004 ± 0,095	0,006 ± 0,087	0,004 ± 0,099
	0,6	0,004 ± 0,096	0,003 ± 0,079	0,005 ± 0,082	0,005 ± 0,064
	0,4	0,005 ± 0,132	0,003 ± 0,089	0,006 ± 0,064	0,005 ± 0,047
3 أيام	0,8	0,006 ± 0,199	0,004 ± 0,077	0,005 ± 0,085	0,007 ± 0,092
	0,6	0,003 ± 0,088	0,003 ± 0,075	0,004 ± 0,073	0,005 ± 0,062
	0,4	0,005 ± 0,108	0,006 ± 0,068	0,005 ± 0,058	0,005 ± 0,041
7 أيام	0,8	0,003 ± 0,200	0,007 ± 0,071	0,004 ± 0,071	0,004 ± 0,084
	0,6	0,003 ± 0,083	0,003 ± 0,068	0,005 ± 0,074	0,005 ± 0,059
	0,4	0,005 ± 0,091	0,004 ± 0,054	0,004 ± 0,042	0,003 ± 0,038
شهر	0,8	0,004 ± 0,195	0,005 ± 0,082	0,005 ± 0,064	0,006 ± 0,071
	0,6	0,004 ± 0,087	0,004 ± 0,059	0,004 ± 0,062	0,005 ± 0,057
	0,4	0,006 ± 0,084	0,004 ± 0,043	0,003 ± 0,031	0,004 ± 0,027
شهرين	0,8	0,005 ± 0,189	0,003 ± 0,076	0,003 ± 0,062	0,005 ± 0,066
	0,6	0,003 ± 0,079	0,004 ± 0,052	0,005 ± 0,048	0,004 ± 0,055
	0,4	0,006 ± 0,068	—	—	—
3 أشهر	0,8	0,006 ± 0,181	0,005 ± 0,068	0,004 ± 0,057	0,005 ± 0,052
	0,6	0,007 ± 0,074	0,004 ± 0,045	0,005 ± 0,041	0,006 ± 0,043
	0,4	—	—	—	—

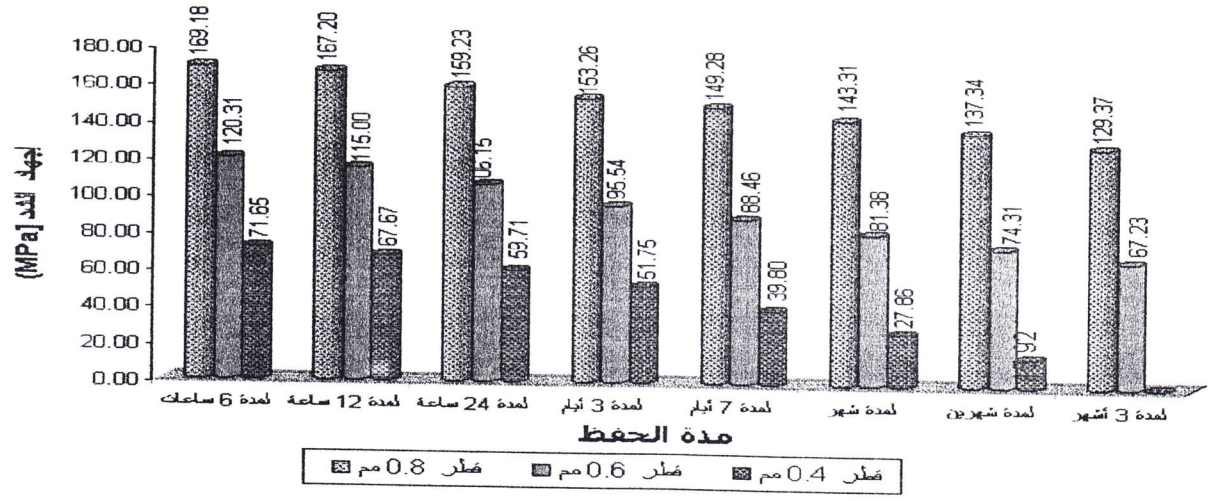
جدول رقم (2-2) : يوضح نتائج التشوه (ع) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في المياه المستعملة .

مدة الحفظ	القطر (ملم)	نوع الألياف			
		ألياف نخلة الذكار	ألياف نخلة الغرس	ألياف نخلة دقلة نور	ألياف نخلة الدقلة البيضاء
6 ساعات	0,8	0,005 ± 0,202	0,003 ± 0,113	0,004 ± 0,106	0,006 ± 0,103
	0,6	0,006 ± 0,104	0,004 ± 0,068	0,003 ± 0,085	0,007 ± 0,068
	0,4	0,003 ± 0,121	0,005 ± 0,093	0,005 ± 0,068	0,005 ± 0,066
12 ساعة	0,8	0,004 ± 0,200	0,003 ± 0,090	0,005 ± 0,114	0,005 ± 0,107
	0,6	0,005 ± 0,086	0,004 ± 0,065	0,006 ± 0,077	0,004 ± 0,063
	0,4	0,004 ± 0,108	0,003 ± 0,082	0,004 ± 0,069	006 ± 0,065
24 ساعة	0,8	0,004 ± 0,204	0,005 ± 0,077	0,003 ± 0,101	0,003 ± 0,093
	0,6	0,006 ± 0,079	0,004 ± 0,080	0,003 ± 0,081	0,003 ± 0,065
	0,4	0,003 ± 0,094	0,003 ± 0,068	0,004 ± 0,064	0,005 ± 0,059
3 أيام	0,8	0,002 ± 0,207	0,003 ± 0,084	0,003 ± 0,088	0,005 ± 0,083
	0,6	0,003 ± 0,082	0,004 ± 0,075	0,004 ± 0,073	0,004 ± 0,058
	0,4	0,004 ± 0,083	0,004 ± 0,057	0,004 ± 0,047	0,005 ± 0,046
7 أيام	0,8	0,006 ± 0,198	0,005 ± 0,078	0,005 ± 0,070	0,006 ± 0,076
	0,6	0,005 ± 0,091	0,003 ± 0,058	0,004 ± 0,051	0,005 ± 0,052
	0,4	0,004 ± 0,069	0,004 ± 0,049	0,003 ± 0,039	0,005 ± 0,038
شهر	0,8	0,004 ± 0,193	0,003 ± 0,088	0,005 ± 0,078	0,004 ± 0,066
	0,6	0,005 ± 0,080	0,003 ± 0,050	0,004 ± 0,046	0,006 ± 0,044
	0,4	0,005 ± 0,058	0,004 ± 0,035	0,004 ± 0,030	0,004 ± 0,029
شهرين	0,8	0,006 ± 0,177	0,006 ± 0,071	0,005 ± 0,062	0,005 ± 0,054
	0,6	0,005 ± 0,075	0,004 ± 0,048	0,005 ± 0,050	0,006 ± 0,045
	0,4	0,006 ± 0,047	—	—	—
3 أشهر	0,8	0,006 ± 0,171	0,005 ± 0,066	0,004 ± 0,056	0,006 ± 0,047
	0,6	0,007± 0,063	0,004 ± 0,044	0,004 ± 0,042	0,005 ± 0,038
	0,4	—	—	—	—

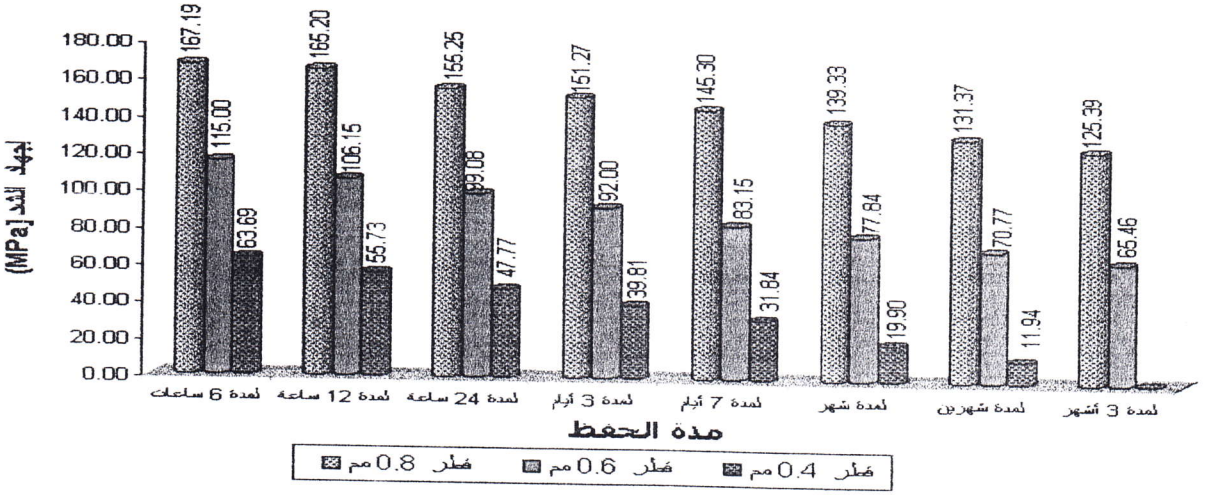
جدول رقم (2-3) : يوضح نتائج التشوه (ε) عند التمزيق لألياف النخيل الموضوعة في مياه الجير .

مدة الحفظ	القطر (ملم)	نوع الألياف			
		ألياف نخلة الذكار	ألياف نخلة الغرس	ألياف نخلة دقلة نور	ألياف نخلة الدقلة البيضاء
6 ساعات	0,8	0,003 ± 0,200	0,006 ± 0,111	0,006 ± 0,081	0,005 ± 0,101
	0,6	0,004 ± 0,083	0,005 ± 0,062	0,003 ± 0,072	0,004 ± 0,065
	0,4	0,006 ± 0,122	0,006 ± 0,087	0,004 ± 0,064	0,005 ± 0,061
12 ساعة	0,8	0,002 ± 0,206	0,003 ± 0,107	0,005 ± 0,085	0,004 ± 0,094
	0,6	0,005 ± 0,076	0,004 ± 0,061	0,005 ± 0,068	0,005 ± 0,053
	0,4	0,003 ± 0,104	0,005 ± 0,081	0,003 ± 0,062	006 ± 0,065
24 ساعة	0,8	0,004 ± 0,195	0,003 ± 0,095	0,006 ± 0,074	0,005 ± 0,087
	0,6	0,003 ± 0,078	0,005 ± 0,059	0,005 ± 0,076	0,004 ± 0,059
	0,4	0,004 ± 0,088	0,005 ± 0,065	0,004 ± 0,058	0,005 ± 0,046
3 أيام	0,8	0,005 ± 0,193	0,006 ± 0,080	0,007 ± 0,078	0,005 ± 0,085
	0,6	0,006 ± 0,074	0,005 ± 0,061	0,005 ± 0,063	0,004 ± 0,058
	0,4	0,006 ± 0,067	0,006 ± 0,057	0,005 ± 0,042	0,004 ± 0,039
7 أيام	0,8	0,003 ± 0,182	0,005 ± 0,076	0,006 ± 0,075	0,005 ± 0,079
	0,6	0,004 ± 0,071	0,005 ± 0,058	0,005 ± 0,049	0,005 ± 0,052
	0,4	0,005 ± 0,056	0,005 ± 0,048	0,003 ± 0,028	0,003 ± 0,038
شهر	0,8	0,003 ± 0,168	0,005 ± 0,068	0,004 ± 0,067	0,005 ± 0,058
	0,6	0,006 ± 0,066	0,006 ± 0,053	0,003 ± 0,051	0,005 ± 0,043
	0,4	0,007 ± 0,041	--	--	--
شهرين	0,8	0,002 ± 0,157	0,005 ± 0,061	0,004 ± 0,057	0,005 ± 0,055
	0,6	0,003 ± 0,058	0,004 ± 0,049	0,005 ± 0,044	0,004 ± 0,036
	0,4	--	—	—	—
3 أشهر	0,8	0,005 ± 0,139	0,003 ± 0,054	0,005 ± 0,048	0,004 ± 0,049
	0,6	0,003 ± 0,055	0,004 ± 0,040	0,004 ± 0,033	0,003 ± 0,029
	0,4	—	—	—	—

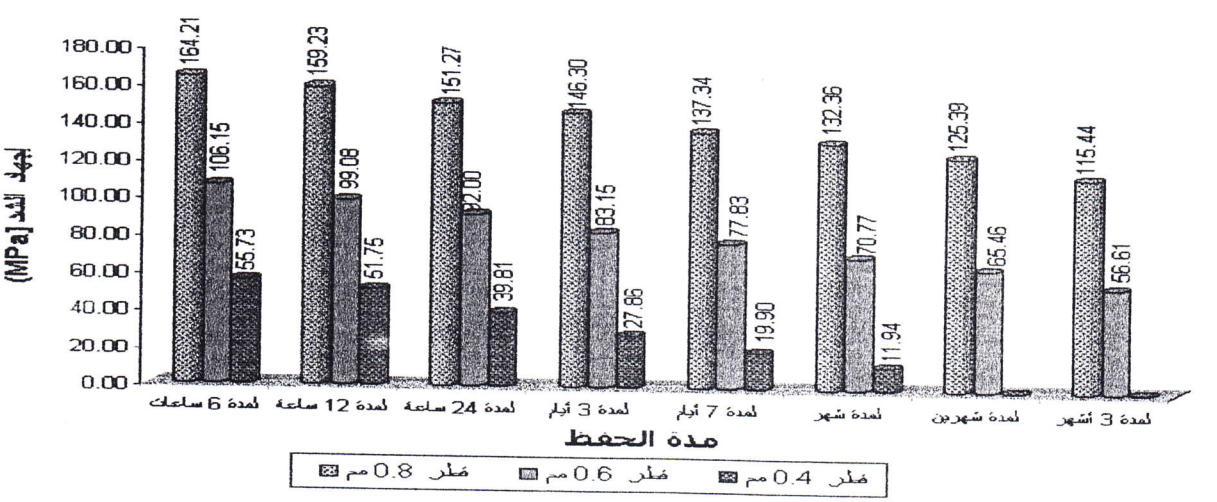
شكل رقم (2-5) : نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط المياه المالحة



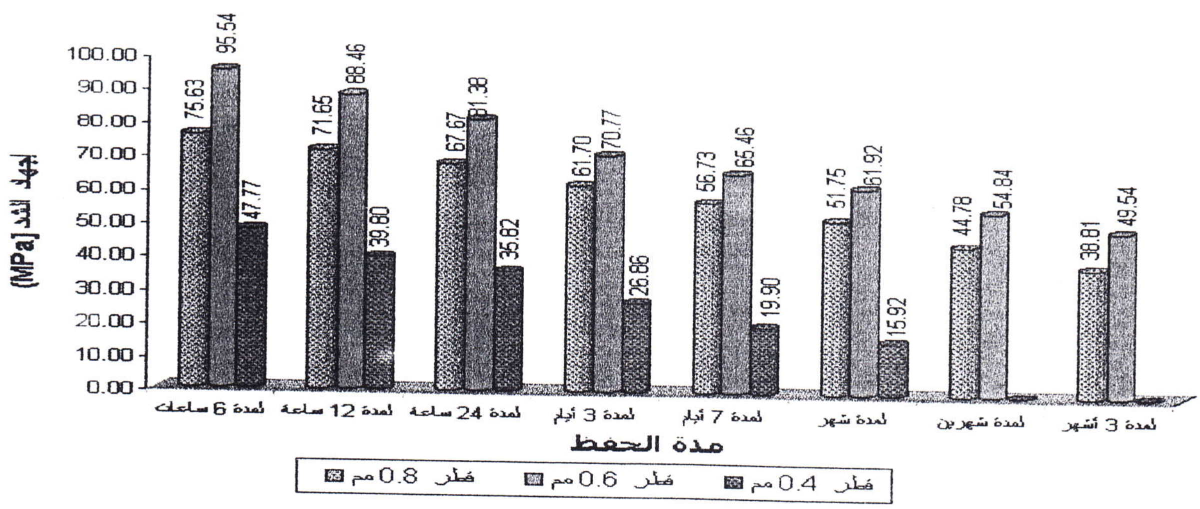
شكل رقم (2-6) : نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط المياه المستعملة



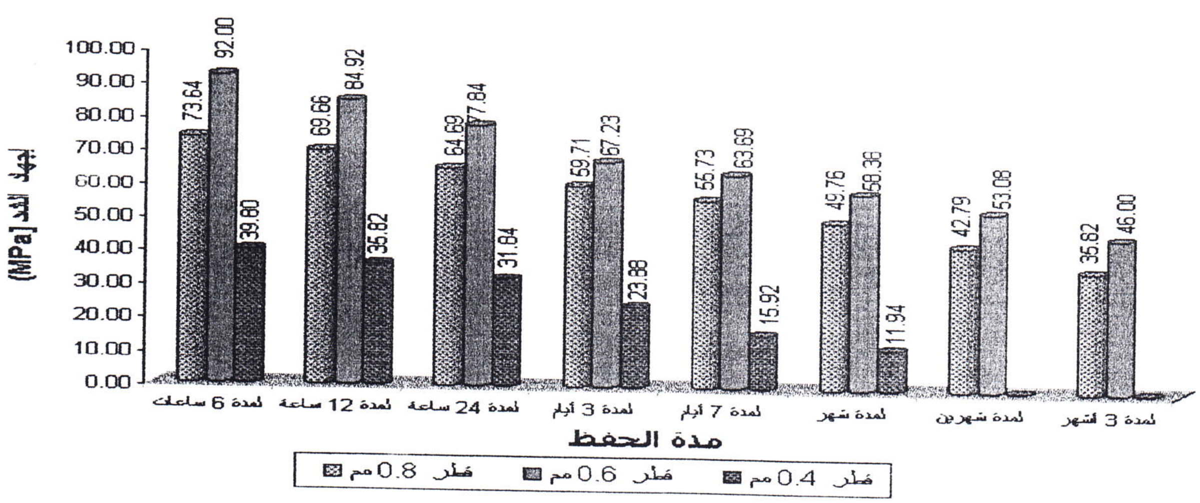
شكل رقم (2-7) : نتائج إجهادات الشد لألياف الذكار في وسط ماء الجير



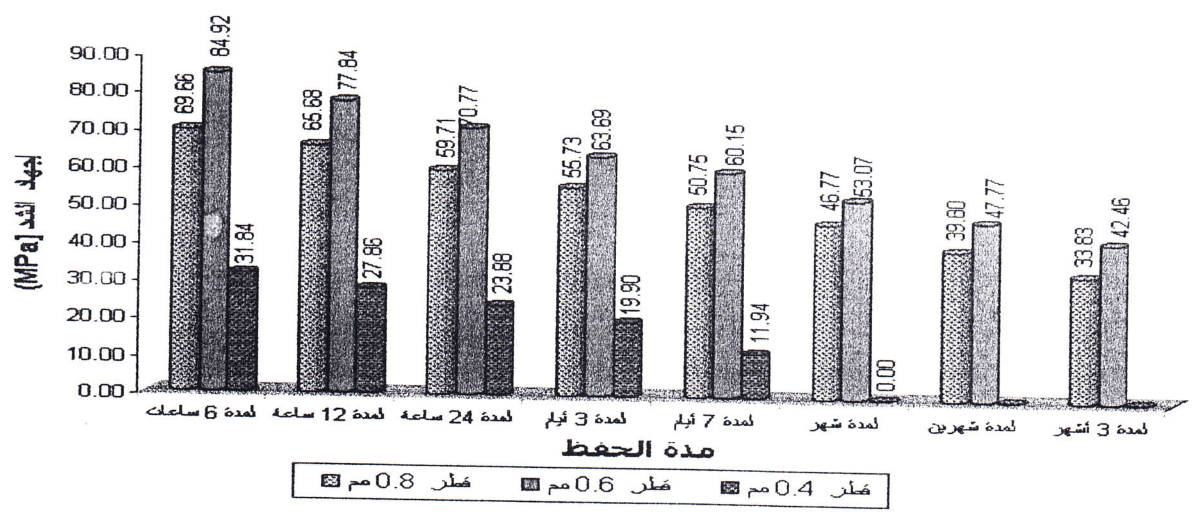
شكل رقم (2-8) : نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط المياه المالحة



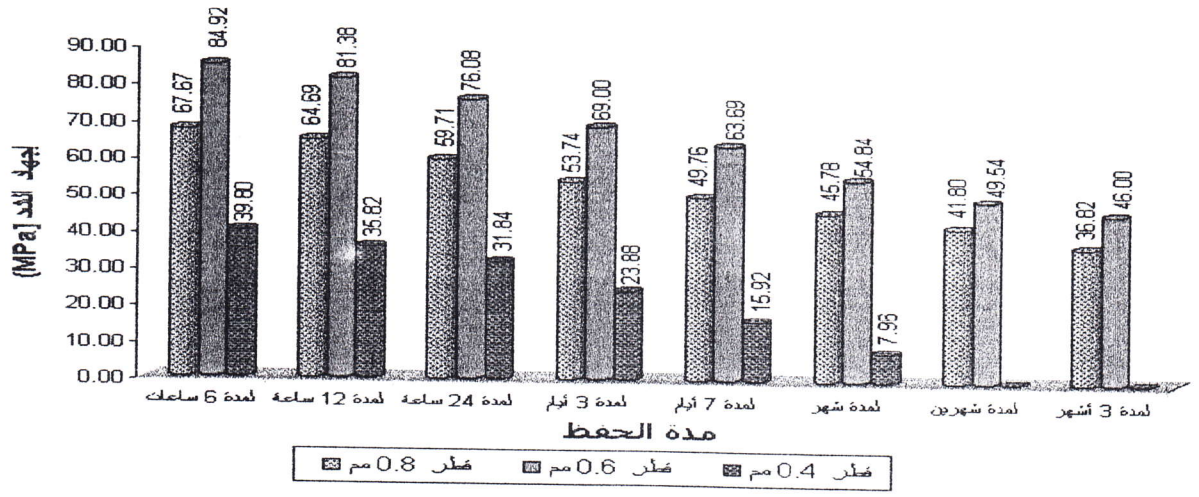
شكل رقم (2-9) : نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط المياه المستعملة



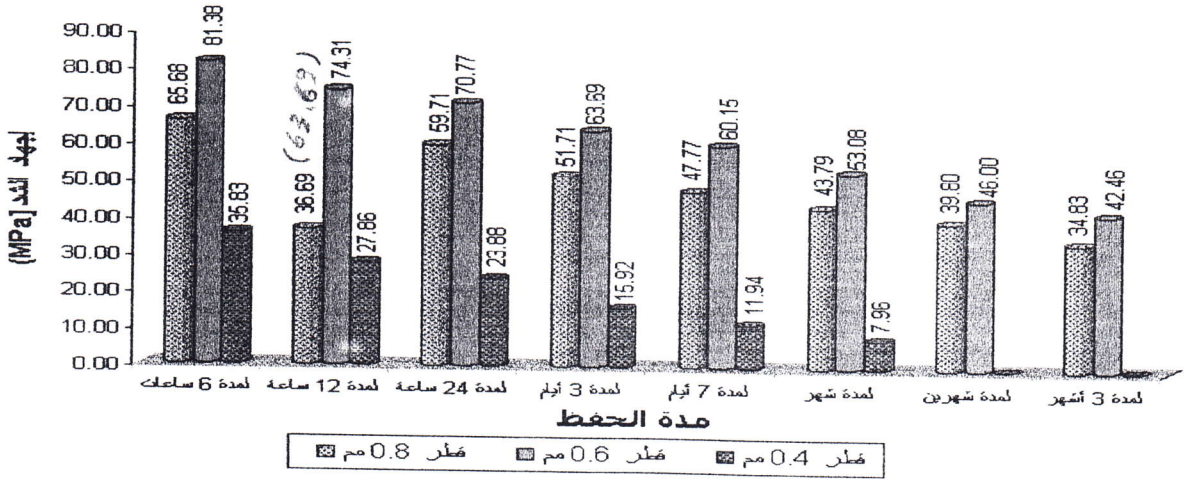
شكل رقم (2-10) : نتائج إجهادات الشد لألياف الغرس في وسط ماء الجير



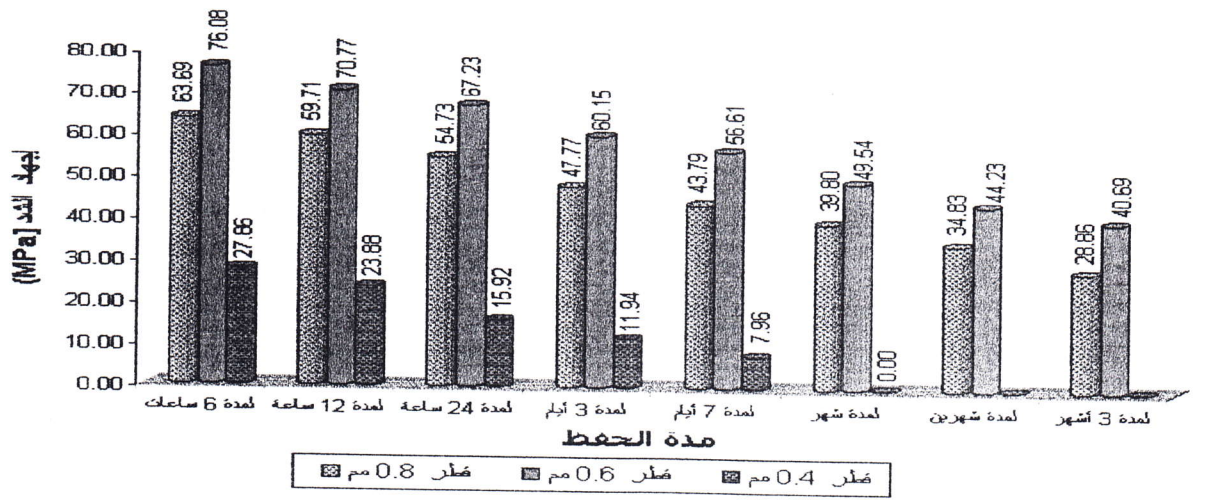
شكل رقم (2-11) : نتائج إجهادات الشد لألياف دفلة نور في وسط المياه المالحة



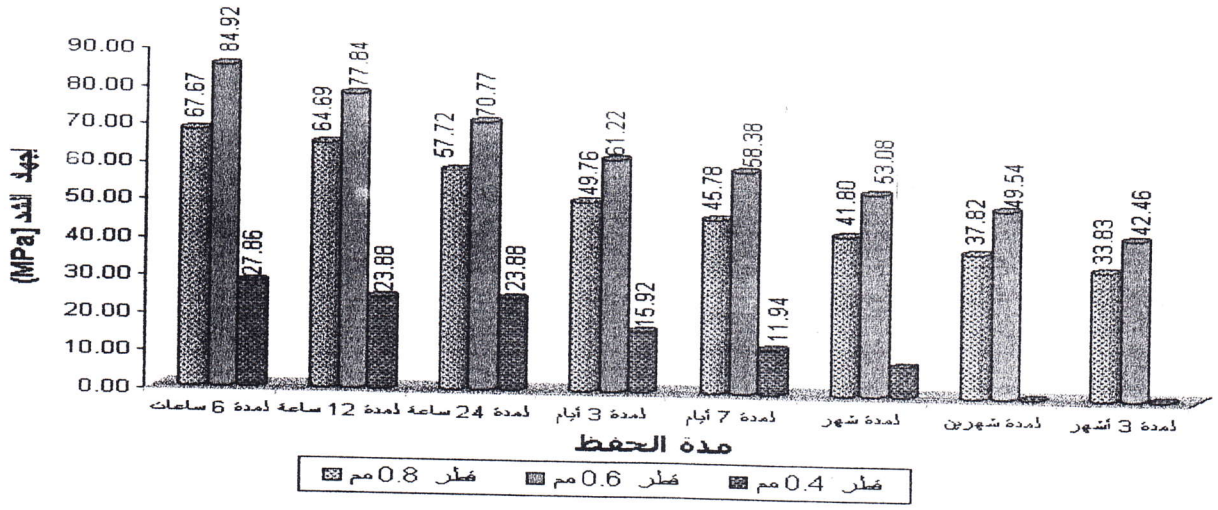
شكل رقم (2-12) : نتائج إجهادات الشد لألياف دفلة نور في وسط المياه المستعملة



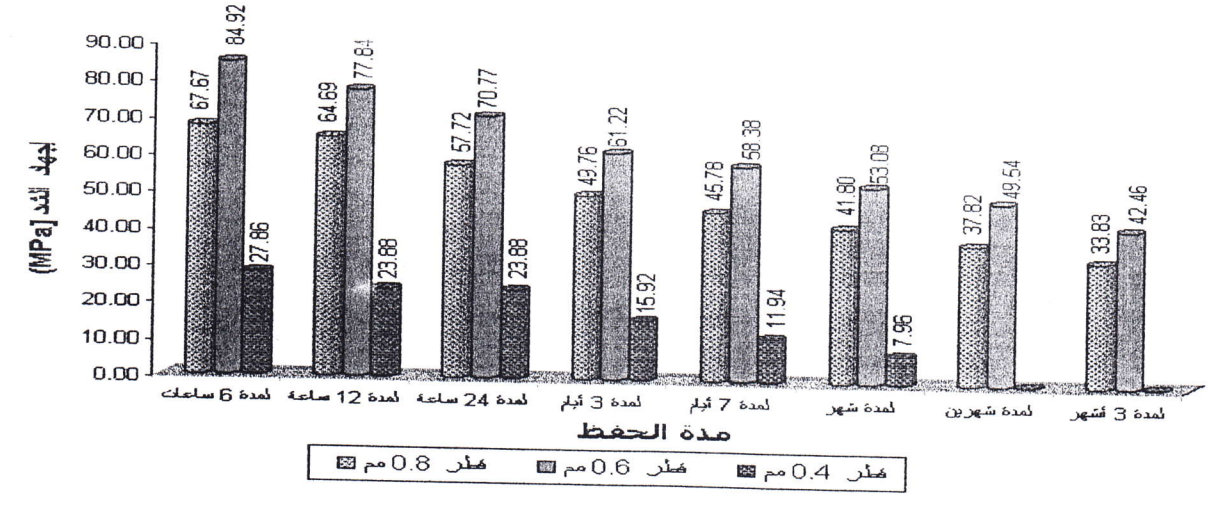
شكل رقم (2-13) : نتائج إجهادات الشد لألياف دفلة نور في وسط ماء الجير



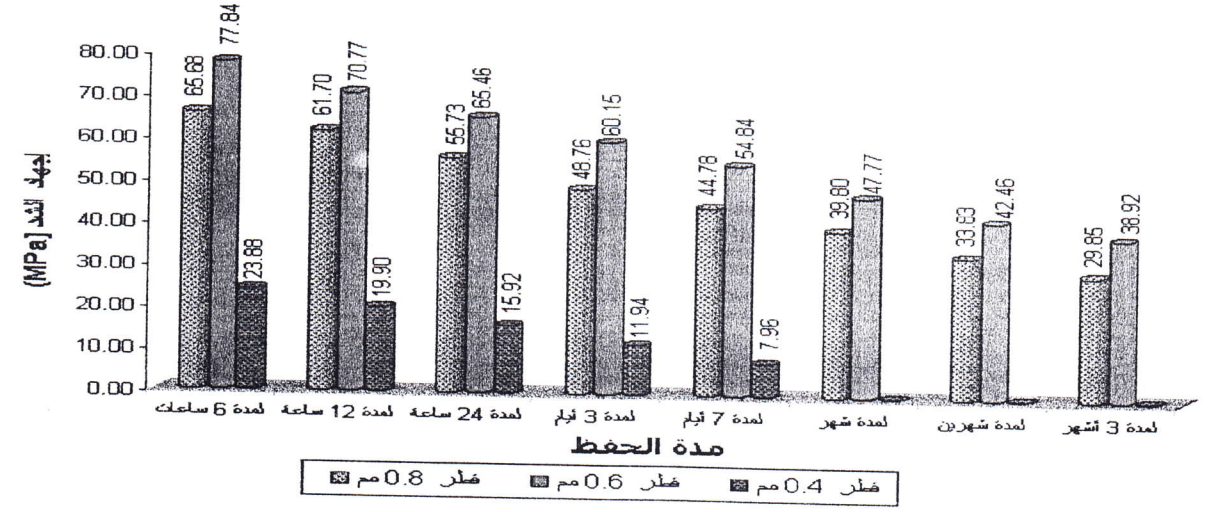
شكل رقم (2-14) : نتائج إجهادات الشد لألياف الدفلة البيضاء في وسط المياه المالحة



شكل رقم (2-15) : نتائج إجهادات الشد لألياف الدفلة البيضاء في وسط المياه المستعملة



شكل رقم (2-16) : نتائج إجهادات الشد لألياف الدفلة البيضاء في وسط ماء الجير



2 . 2 . 3 – التعقيب :

مـــن خـــلال النتائج المتحصل عليها سابقا نلاحظ أن الألياف في الحالة الطبيعية أعطت مقاومة جـــيدة للشـــد وخاصـــة ألـــياف الذكار التي كانت لها متانة قوية أما الألياف التي وضعت داخل الأوساط العدوانية كانت نتائجها كتالي :

- **وسط الماء المالح** : الخصائص الميكانيكية للألياف (مقاومة الشد) بدأت في تناقص تدريجي لكن بنسب ضعيفة وهذا لكون محلول ملح الطعام عموما يكون متعادل (لا يهاجم) .
- **وسط الماء المستعمل** : نتائج تجارب الشد كانت تقريبا متناقصة تدريجا بشكل ملحوظ مع ظهور بعض التغيرات الخارجية على الألياف كظهور لون بني قاتم.
- **وسط ماء الجير** : نتائج تجارب الشد كانت في البداية متناقصة بشكل تدريجي لكن بعد مرور شهر ثم شهرين إلى ثلاثة أشهر ظهرت النتائج جد متناقصة حيث لوحظ ما يلي :

تصلب جدران الألياف وضعف مرونتها وأصبحت سريعة الإنكسار وهذا راجع إلى فعل شوارد Ca^{+2} التي تترســـب علـــى شكل بلورات على سطح الليف ، وهذا يتوافق مع نتائج روملدو (ROMILDO) [8] ، حول ترسب شوارد Ca^{+2} على ألياف السيزال و جوز الهند في وسط كلسي .

– أمـــا عن الألياف ذات القطر 0,4 مم،لاحظنا أنه بعد مرور شهر تقريبا بدأت تتلاشى ولا تعطي مقاومة جيدة للشد وهذا لإنفصال مكوناتها الكيميائية وضعف مقطعها .

2 . 3 – معامل الليونة :

يتم حساب معامل الليونة (E) من خلال ميل المنحنى للتابع (σ) بدلالة المتغير (ε) أي بالعلاقة :

$$E = tg(\alpha) \ [GPa] \quad .....(3-2)$$

$$tg(\alpha) = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad ..... (4-2)$$

حيث :

E: معامل الليونة [GPa] .

α : زاوية الميل للمنحنى .

$\Delta \varepsilon$: التغير في التشوه .

$\Delta \sigma$: التغير في إجهاد الشد .

لإيجاد معامل الليونة نأخذ القيمة المتوسطة لميل منحنيات إجهاد التشوه لنفس النوع على القيمتين الثانية و الثالثة بإختلاف أقطارها (0,4 ، 0,6 ، 0,8) مم .

بالنسبة للأوساط العدوانية نتائج معامل الليونة أعطيت بعد شهرين .

والنتائج مدونة في الجدول (2 – 4) .

جدول رقم (2– 4):يوضح نتائج معامل الليونة لألياف النخيل [E [GPa :

وسط الحفظ	معامل اليونة [GPa]			
	نوع الألياف			
	الذكار	الغرس	دقلة نور	دقلة بيضاء
الألياف في الحالة الطبيعية (جافة)	0,33±1,04	0,26 ± 0,85	0,13 ± 0,78	0,14 ± 0,75
المياه المالحة	0,18 ± 0,93	0,15 ± 0,73	0,11 ± 0,65	0,13 ± 0,58
المياه المستعملة	0,14 ± 0,88	0,12 ± 0,64	0,10 ± 0,57	0,12 ± 0,51
ماء الجير	0,13 ± 0,76	0,13 ± 0,53	0,12 ± 0,48	0,11 ± 0,44

نلاحظ من خلال النتائج أن معامل الليونة لألياف الذكار كان أكبر مقارنة مع الألياف الأخرى المستعملة (ألياف الغرس ، ألياف دقلة نور ، ألياف ألد قلة البيضاء) ومقارنة مع النتائج المرجعية فإن معامل الليونة لألياف النخيل الذي هو أقل من معامل الليونة لليف جوز الهند الذي يساوي :

Emax = 2 GPa ..... [1]

علما أن هذا المعامل يخص مجموعة متحدة من الألياف ، و هو أقل كذلك من ليف الحلفاء الذي يساوي :

Emax = 1,32 GPa..... [7]

أما عن ألياف النخيل (ألياف نخلة الذكار) فقد وصل معامل الليونة إلى :

Emax = 1,04 GPa

وهذا لليف الطبيعي العادي (جاف) .

2 . 4 - الخلاصة الفصلية :

من خلال التجارب الميكانيكية التي أجريناها في المخبر على ألياف النخيل (الذكار ، الغرس ، دقلة نور ، الدقلة البيضاء) لاحظنا أن ألياف نخلة الذكار أعطت نتائج جيدة من ناحية مقاومة الشد ومعامل الليونة في الحالة الطبيعية العادية (جافة) إلا أن مقاومتها في الأوساط العدوانية و خاصة مياه الجير كانت ضعيفة و في هذا تشترك مع جميع أنواع الألياف الطبيعية المعروفة .

و مما لاحظناه أن ألياف نخلة الذكار كانت الأقوى و الأحسن من ناحية إجهاد الشد و معامل الليونة مما جعلنا نختارها لتعزيز خلطاتنا الخرسانية لاحقا .

الفصل الثالث

خصائص الخرسانة والخرسانة المعززة بألياف النخيل

3 . 1 - تمهيد

تعتبر الخرسانة مادة أساسية للإنشاء وهي عبارة عن خليط غير متجانس ومتكون من ركام (حصى + رمل) ممزوج بالإسمنت والماء بكميات ونسب معينة لكي تكون كتلة متماسكة و لها مقاومة مميزة . نوعية الخرسانة مرهونة أساسا بخصائصها ومكوناتها . فيما يأتي سنتطرق إلى خصائص المواد المكونة لها والتجارب التي أجريت عليها .

3 . 2 - خصائص الخرسانة :

3 . 2 . 1 - الإسمنت :

يعد الإسمنت من المواد الرابطة الهيدروليكية ، وفي الخرسانة يتم الربط بين عناصرها الصلبة (حصى ، الرمل) وتكوين نسيج قوي ليتحمل مختلف الإجهادات وهو على نوعين :

- **إسمنت طبيعي** : نتحصل عليه بحرق أحجار الجير أو الكلس إلى درجة حرارة مئوية 1100م° ، ثم سحقها لنتحصل على هذا النوع والذي يمتاز بسرعة التصلب مما يعيق عملية البناء لهذا جعله قليل الاستعمال[9].
- **إسمنت صناعي** : نتحصل عليه بعد إستخراج الأحجار الكلسية من المحجرة ثم تنقل لتفتت وتسحق وبعدها تدخل في فرن تحت درجة حرارة 1500م° ، وبعد عملية التبريد نتحصل على مادة الكلانكر وهي مادة أساسية في تركيبته ثم نضيف إليها مادة الجبس ونسحق المجموعة لنتحصل على إسمنت بورتلاندي إصطناعي (CPA) ، ولتحضير إسمنت خاص يضاف إلى الكلانكر مكونات إصطناعية مثل : خبث الأفران أو الجفاء ، الرماد ، حمم البراكين ...الخ ، وهذا للحصول على إسمنت بورتلاندي إصطناعي ذو إضافات مثل (CPAL, CPAZ, CPAC) [9].

وفي دراستنا هذه إستخدمنا إسمنت بورتلاندي (CPJ45) ذو تركيز 400 كلغ/م^3.

3 . 2 . 2 - الماء :

الماء المستعمل في تحضير الخلطة الخرسانة وفي رش الخرسانة هو ماء طبيعي لا يحتوي على شوائب ضارة بالخرسانة والتي تمنع من تصلبها الطبيعي[10].

3 . 2 . 3 - الحصى :

نحصـــل علـــيه عن طريق تكسير الصخور الطبيعية بإستعمال آلات خاصة أو عن طريق تكسير صـــخور خبـــث الأفران وينتج عن ذلك حصى مكسر يتم تصنيفه حسب أبعاده إلى أقسام ، وهناك حصى مكـــور طبيعـــي يتواجد خصوصا في قاع الوادي أو على الشاطئ وهو قليل الإستعمال[10] . في دراستنا هذه إستعملنا حصى مكسر ذي القسم (16/5) .

3 . 2 . 4 - الرمل :

نحصـــل عليه نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه إصـــطناعيا بســـحق خبث الأفران العالية ، ولتحضير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز ، والذي يجـــب أن يكـــون خالـــي مـــن المـــواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضـــارية والعضوية حيث يجب ألا تزيد هذه النسب عن 3 % للرمل الطبيعي و 5 % للرمل الناتج عن السحق[10] ، والرمل المستعمل في دراستنا هذه إستعملنا رمل ذو قسم (5/0).

3 . 3 - التجارب على الركام :

يمـــثل الركام ما نسبته 75 % من حجم الخرسانة [9]،لهذا وجب علينا تحديد الخصائص الفيزيائية للركام والتي ندرجها في التجارب التالية :

- تجربة الكتلة الحجمية للركام .
- تجربة مكافئ الرمل " ES ".
- تجربة نقاوة الحصى .
- تجربة التدرج الحبيبي للركام .

3 . 3 . 1 - الكتلة الحجمية للركام :

الهـــدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيبة الخرسانة .

• **الكتلة الحجمية الظاهرية للركام :**

يتم تعينها بأخذ حجم معلوم من الركام :   V = 300 سم^3

ثـم نقـوم بوزنه و نكرر التجربة ثلاث مرات ونأخذ القيمة المتوسطة ، ونحسب الكتلة الحجمية الظاهرية للركام بالعلاقة :

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}3)$$

M : كتلة الركام بـ (كلغ)

V : الحجم الكلي للركام بـ (سم^3)

نتائج التجربة موضحة في الجدول (3 - 1) .

جدول رقم (3 - 1) : يوضح تعين الكتلة الحجمية الظاهرية للركام

نوع الركام	العينات	وزن الإناء فارغ (كلغ)	وزن الإناء مملوء (كلغ)	الكتلة الحقيقة للركام (كلغ) " M "	الكتلة المتوسطة للركام (كلغ)	الكتلة الحجمية المتوسطة ρ (غ/سم^3)
الرمل	العينة الأولى	0,115	0,615	0,500	0,500	1,667
	العينة الثانية	0,115	0,620	0,505		
	العينة الثالثة	0,115	0,610	0,495		
الحصى	العينة الأولى	0,115	0,530	0,415	0,406	1,353
	العينة الثانية	0,115	0,510	0,395		
	العينة الثالثة	0,115	0,525	0,410		

• **الكتلة الحجمية المطلقة للركام :**

يتم تعينها بأخذ كتلة معلومة من الرمل : Ms = 125 غ ونضعها داخل أنبوب إختبار به ماء ذو حجم معلوم $V_1 = 150$ ملل ، فيرتفع منسوب الماء إلى حجم جديد (V_2) وبالتالي يكون حجم الرمل يساوي :

$$V = v_2 - v_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{-}3)$$

نحسب الكتلة الحجمية المطلقة للرمل بالعلاقة :

$$\rho_a = \frac{MS}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}3)$$

حيث :

ρ_a : الكتلة الحجمية المطلقة للمادة (الرمل) بـ (غ / سم^3)

Ms : كتلة المادة (الرمل) بـ (غ)

V : حجم المادة (الرمل) بـ (غ)

نكرر العملية ثلاث مرات ونأخذ القيمة المتوسطة :

- نقوم بنفس العملية بالنسبة للحصى حيث: $V_1 = 120$ ملل
- كتلة الحصى: $Mg = 100$ غ

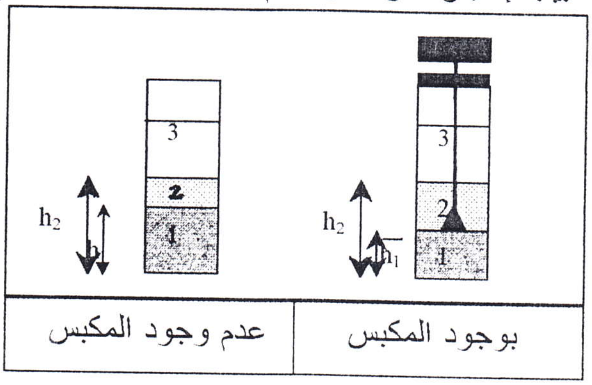
نتائج التجربة مدونة في الجدول (3 – 2) .

3 . 3 . 2 – تعين مكافئ الرمل(ES):

الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوته وصلاحية إستعماله في الخرسانة .

التجربة : نأخذ ثلاث أنابيب إختبار مدرجة و نقوم بتجربة كما هو موضح في الشكل (3 – 1)

(1): رمل صافي
(2): غضار ومواد عالقة
(3): ماء غسول



شكل (3 – 1):يوضح تجربة مكافئ الرمل

* **بدون إستعمال المكبس** : نقوم بملء أنبوب مدرج بمحلول غسول لا يتفاعل مع حبيبات الرمل (الماء) ثم نفرغ فيه 150 غ من الرمل الجاف .

- نقوم بعملية الرج أفقيا بواسطة جهاز الرج في حدود 30 ثانية .
- نملئ الأنبوب بالماء مع غسل حبيبات الرمل العالقة فيه حتى يرتفع المنسوب إلى غاية 30 سم.
- نترك المجموعة في حالة راحة لمدة 20 دقيقة وبعدها نحصل على طبقتين .
  - طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي .
  - طبقة عليا تمثل الغضار والمواد العالقة .

جدول رقم (3-2) : يوضح تعيين الكتلة الحجمية المطلقة للركام

نوع الركام	العينات	وزن الإناء فارغ (كلغ)	وزن الإناء مملؤ (كلغ)	حجم الماء (ملل)	حجم الماء + (G ,S)	حجم الركام V(ملل)	كتلة الركام M(كلغ)	الكتلة الحجمية المطلقة ρa (غ/سم^3)	الكتلة الحجمية المطلقة المتوسطة (غ/سم^3)
الرمل	العينة الأولى	0,055	0,180	150	198	48	0,125	2,60	2,53
	العينة الثانية	0,055	0,180	150	200	50	0,125	2,50	
	العينة الثالثة	0,055	0,180	150	200	50	0,125	2,50	
الحصى	العينة الأولى	0,150	0,315	162	162	42	0,100	2,38	2,38
	العينة الثانية	0,150	0,315	162	163	43	0,100	2,32	
	العينة الثالثة	0,150	0,315	162	161	41	0,100	2,44	

- نقرأ الإرتفاعين h1 و h2 حيث:

h1 : إرتفاع الرمل الصافي بـــ (سم) .

h2 : إرتفاع الرمل + الغضار والمواد العالقة بـــ (سم) .

* **بوجود المكبس** : ندخل المكبس داخل الأنبوب ونقرأ لمرة الثانية $\overline{h1}$ ، h 2 حيث:

$\overline{h1}$: إرتفاع الرمل الصافي حتى مستوى المكبس بـــ (سم)

h2 إرتفاع الرمل + الغضار والمواد العالقة بـــ (سم)

- ويتم حساب مكافئ الرمل " ES " بالعلاقة التالية :

$$ES = \frac{h1}{h2} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4\text{-}3)$$

- نكرر العملية ثلاث مرات ونأخذ القيمة المتوسطة والنتائج مدونة في الجدول (3 - 3)

جدول (3 – 3) : يوضح نتائج مكافئ الرمل

	بدون وجود المكبس				بوجود المكبس			
العينات	h1(سم)	h2 (سم)	ES(%)	ES moy (%)	$\overline{h1}$ (سم)	h2 (سم)	ES (%)	ES moy (%)
العينة الأولى	11,3	16,7	67,66	68,79	10,7	16,7	64,07	65,47
العينة الثانية	12,0	17,4	68,89		11,5	17,4	66,09	
العينة الثالثة	11,8	16,9	69,82		11,2	16,9	66,27	

نلاحظ أن $ES < 75\ \%$ ، ومنه الرمل المستعمل يحتوي على نسبة قليلة من الغضار وعليه يمكن إستعماله في الخرسانة [9].

3 . 3 . 3 - تعيين نقاوة الحصى :

الهـــدف مـــنها هـــو تعيين الشوائب العالقة بالحصى ، ثم إستنتاج مدى صلاحيته في الخرسانة لتعيين نســبة نقاوة الحصى نأخذ كمية M1 = 450 غ من الحصى الجاف ، ثم نغسله غسلا جيدا بالماء ونضعه داخـــل جهاز التجفيف لمدة 24 ساعة ليجف ، بعدها نزن العينة للمرة الثانية ونحسب نسبة الشوائب العالقة بالحصى بالعلاقة :

$$Ip = \frac{M1 - M2}{M2} x100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-}3)$$

حيث:

Ip: نسبة الشوائب (%)

M1 : كتلة الحصى قبل الغسل (غ)

M2 : كتلة الحصى بعد الغسل والتجفيف (غ)

نكرر التجربة لثلاث مرات ونأخذ القيمة المتوسطة والنتائج مدونة في الجدول (3 – 4) .

جدول رقم (3 – 4) : يوضح نتائج تجربة نقاوة الحصى

العينات	وزن الإناء فارغ (غ)	وزن الإناء مملوء (غ)	وزن الكتلة قبل الغسل M1(غ)	وزن الكتلة بعد التجفيف M2 (غ)	نسبة النقاوة Ip (%)	نسبة النقاوة المتوسطة (%)
العينة الأولى	45	495	450	446	0,89	0,89
العينة الثانية	45	495	450	444	0,67	
العينة الثالثة	45	495	450	445	1,12	

- من خلال الجدول (3– 4) نلاحظ أن :

Ip (%) = 0,89 < 1,5 ، ومنه الحصى المستعمل يحتوي على نسبة قليلة من الشوائب وعليه يمكن إستخدامه في الخرسانة [9].

3 . 3 . 4 – تجربة التدرج الحبيبي للركام :

والهدف منها هو معرفة مختلف مقاسات الركام وأبعاده .

في التطبيقات تأخذ كتلة الركام المستعمل في تجربة التدرج الحبيبي [11] بالعلاقة:

$$M \geqslant 0.2\,D \quad \text{.............................} \quad (6\text{-}3)$$

M : كتلة الركام (كلغ)

D : أكبر قطر لحبيبات الركام (ملم)

- **تجربة التدرج الحبيبي للرمل :**

يتم ذلك بوضع كتلة من الرمل : Ms = 2 كلغ على سلسلة من الغرابيل حيث يكون أعلاها هو الأكبر مقاسا 5 ملم ، وأسفلها هو الأصغر مقاسا 0,08 ملم ، ثم نقوم بعملية الغربلة بعدها نزن محتوى كل غربال على حدى وندون النتائج في الجداول (3 – 5) ، (3 – 6) ، (3 – 7) .

نقوم بالعملية مرتين ونأخذ القيم المتوسطة .

جدول رقم (3 – 5) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي للرمل العينة الأولى

فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي (غ)	المتبقي المجمع(غ) Rc	نسبة المتبقي المجمع(%) Rc	المار المجمع T(%)
5	25	25	1,25	98,75
2,5	65	90	4,50	95,50
1,25	340	430	21,50	78,50
0,63	980	1410	70,50	29,50
0,315	320	1730	86,50	13,50
0,16	225	1955	97,75	2,25
0,08	40	1995	99,75	0,25

جدول رقم (3 – 6) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي للرمل العينة الثانية

فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي (غ)	المتبقي المجمع(غ) Rc	نسبة المتبقي المجمع(%) Rc	المار المجمع T(%)
5	25	25	1,25	98,75
2,5	80	105	5,25	94,75
1,25	345	450	22,50	77,50
0,63	845	1295	64,75	35,25
0,315	325	1620	81	19
0,16	310	1930	96,50	3,50
0,08	55	1985	99,25	0,75

جدول رقم (3 – 7) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي المتوسط للرمل

T(%)	Rc(%)	فتحة الغربال (مم)
98,75	1,250	5
95,125	4,875	2,5
78	22	1,25
32,375	67,625	0,63
16,250	83,750	0,315
2,875	97,125	0,16
0,5	99,5	0,08

نقوم بحساب معامل النعومة للرمل Mf والذي يعطى بالعلاقة :

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{.......................................} \quad (7\text{-}3)$$

حيث :

Mf : معامل النعومة للرمل (%)

$\sum Rc$: المجموع المتبقي المجمع (%) من الغرابيل ذو الفتوحات (5 .... 0,16) مم

$$Mf = \frac{(1.25 + 4.875 + 22 + 67.625 + 83.75 + 97.125)}{100} = 2.76(\%)$$

$$Mf = 2{,}76\ \% > 2{,}5\ \%$$

ومنه الرمل المستعمل هو رمل خشن [9] .

- **تجربة التدرج الحبيبي للحصى :**

نقوم بنفس الخطوات السابقة مع أخذ وزن الحصى Mg = 6000 غ ، سلسلة الغرابيل مرتبطة بانتظام من (20 إلى 5) مم .

نقوم بالتجربة مرتين ونأخذ القيمة المتوسطة والنتائج موضحة في الجداول (3 – 8) ، (3 – 9) ، (3 – 10).

جدول رقم (3 – 8) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي للحصى العينة الأولى

فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي (غ)	المتبقي المجمع(غ) Rc	نسبة المتبقي المجمع(%) Rc	المار المجمع T(%)
16	900,58	900,58	15,009	84,991
12,5	1322,98	2223,56	37,059	62,941
10	1858,17	4081,73	68,028	31,972
8	953,80	5035,53	83,925	16,075
6,3	737,19	5772,72	96,212	3,788
5	189,18	5961,90	99,365	0,635

جدول رقم (3 – 9) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي للحصى العينة الثانية

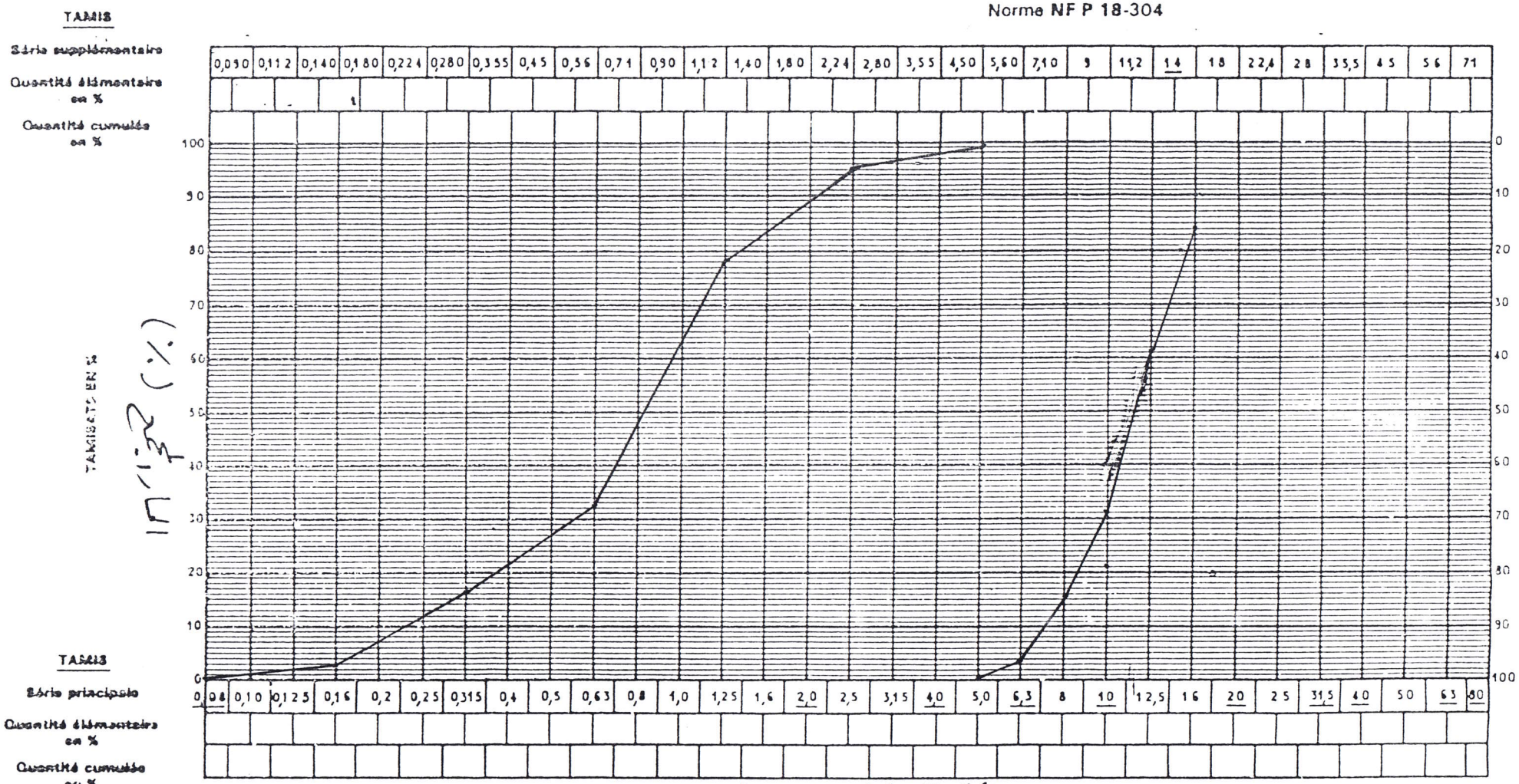
فتحة الغربال (مم)	المتبقي الجزئي (غ)	المتبقي المجمع(غ) Rc	نسبة المتبقي المجمع(%) Rc	المار المجمع T(%)
16	1029,30	1029,30	17,155	82,845
12,5	1375,68	2404,98	40,083	59,917
10	1819,59	4224,57	70,409	29,591
8	886,60	5111,17	85,186	14,814
6,3	714,37	5825,54	97,092	2,908
5	129,48	5955,02	99,250	0,750

جدول رقم (3 – 10) : يوضح نتائج التدرج الحبيبي المتوسط للحصى

T(%)	Rc(%)	فتحة الغربال (مم)
83,918	16,082	16
61,429	38,571	12,5
30,781	69,218	10
15,444	84,555	8
3,348	96,652	6,3
0,692	99,307	5

ANALYSE
GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS

Norme NF P 18-304



- DIMENSIONS RECOMMANDÉES : فتحات الغربال (ملم)

OBSERVATIONS : شكل (2-3) يمثل المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة المتوسطة لكل من الرمل والحصى

DÉSIGNATION DU GRANULAT :

LE

4 . 3 - تركيبة الخلطة الخرسانية :

لتحديد تركيبة الخلطة الخرسانية إتبعنا طريقة قوريس (GORISSE) [12] ، وهذا للحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد ، لأن زيادة نسبة من الألياف إلى الخرسانة تضعف من تشغيلها وذلك بسبب تغيير مكونات الخرسانة وإمتصاص الألياف لنسبة من الماء ، وحسب قوريس فإنه إذا كانت :

- النسبة $E/C = 0,55$
- النسبة G/S متغيرة في المجال : $1,2 < G/S < 1,7$

كمية الركام في الخرسانة محددة بالعلاقة : $(G + S) = \rho - (E + C)$,......... (8-3)

حيث :

ρ : الكتلة الحجمية للخرسانة (كلغ/م^3)

G : كتلة الحصى (كلغ).

S : كتلة الرمل (كلغ).

C : كمية الإسمنت (كلغ).

E : كمية الماء (لتر) .

من أجل ذلك قمنا بتحضير ستة أصناف من الخرسانة مختلفة النسب (G/S) حيث أخذنا في ذلك القيم التالية (1,2 ، 1,3 ، 1,4 ، 1,5 ، 1,6 ، 1,7) لتحديد كمية الركام الموجود في واحد متر مكعب من الخرسانة والنتائج مدونة في الجدول (3 - 11) .

جدول رقم (3 - 11) : يوضح كمية الركام الموجودة في 1م^3 من الخلطة الخرسانية

الخرسانة	G (كلغ)	S (كلغ)	G/S
B_1	944	786	1,2
B_2	978	752	1,3
B_3	1009	721	1,4
B_4	1038	692	1,5
B_5	1065	665	1,6
B_6	1089	641	1,7

ثـم قمنا بتحديد تشغيل الخرسانة بإستعمال مخروط أبرامز وهذا بإضافة الألياف للخلطة الخرسانية ودراسة تأثير نسب التعزيز الكتلية (0,2 ، 0,3 ، 0,4 ، 0,5) % لكل طول من الأطوال : (2 ، 4 ، 6 ، 8) سم وذلك لمعرفة إرتخائها والذي يكون محصور بين (6 – 9) سم من أجل تشغيل عـادي ، وكـذا لمعـرفة نـوع الخرسـانة المسـتعملة فـي كـل حالـة [13] . والنتائج موضحة في الجدول (3 – 12) .

ومـن خـلال الجـدول (3 – 12) نلاحظ أن الخرسانة ذات التشغيل المطلوب إنحصرت في : ($B_4 - B_5$) بنسـبة E/C = 0,55 ، وهـذا حسـب طول الألياف ونسبة تعزيزها في الخرسانة والجدول (3 – 13) يوضح تركيبة واحد متر مكعب للخرسانة للصنفين ($B_4 - B_5$) .

3 . 5 – مقاومة خرسانة الألياف في أوساط الحفظ :

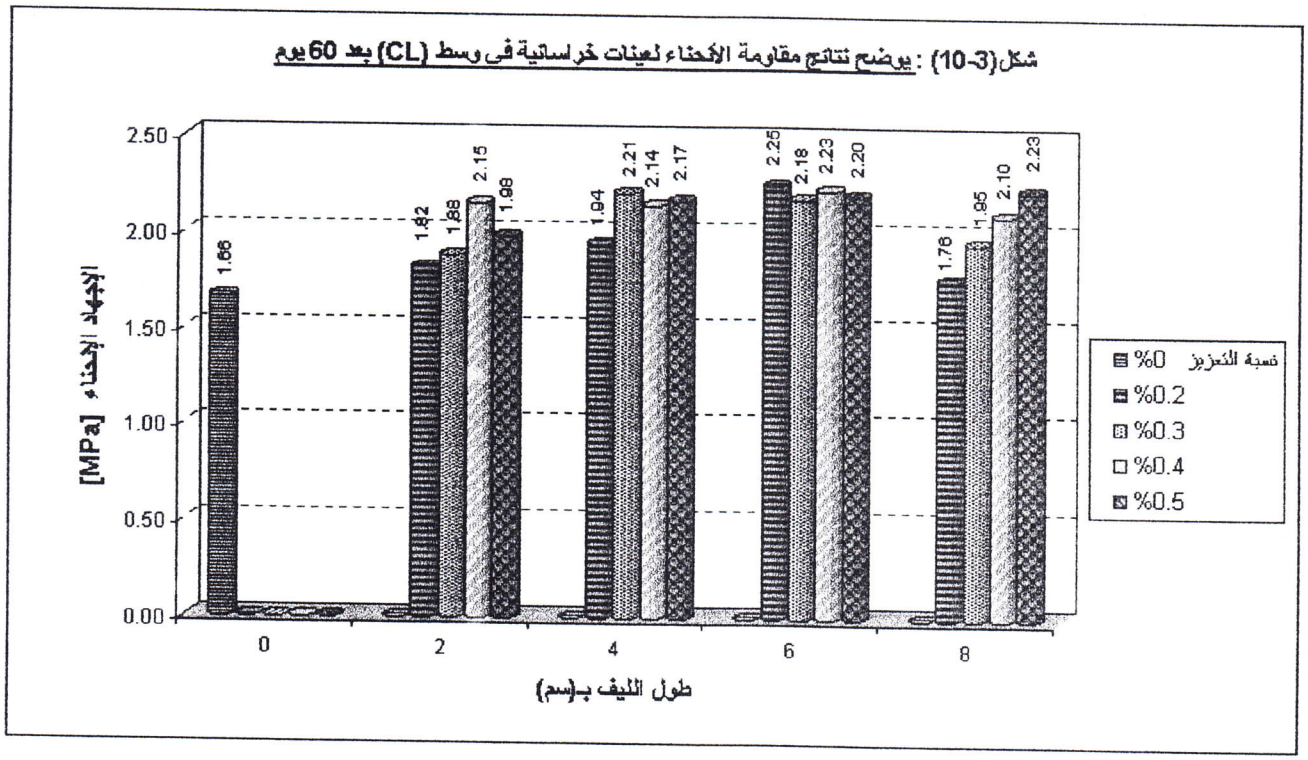
لتحديد مقاومة الخرسانة المعززة بالألياف قمنا بتحضير نوعين من الخرسانة :

* النـوع الأول : إضـافة الألياف إلى الخرسانة بصفة مفككه حيث قمنا بتحضير الألياف وقصها إلى أطوال محددة (2 ، 4 ، 6 ، 8) سم ، ثم إضافتها إلى الخلطة الخرسانية بنسب معينة (0,2 ، 0,3 ، 0,4 ، 0,5) % لكـل طول من كتلة مجموع المكونات الجافة للخرسانة و هذا بعد غمرها في الماء لتفادي إمتصاص الألياف للماء .
* النوع الثاني : إضافة ألياف إلى الخرسانة على شكل شبكات بالصفة الموالية :
  - شبكة طويلة (5×25) سم ، بعد التغطية 2 سم من الأسفل .
  - شبكتان (2×4) سم و (2×2) سم بالنسب الكتلية السالفة الذكر .

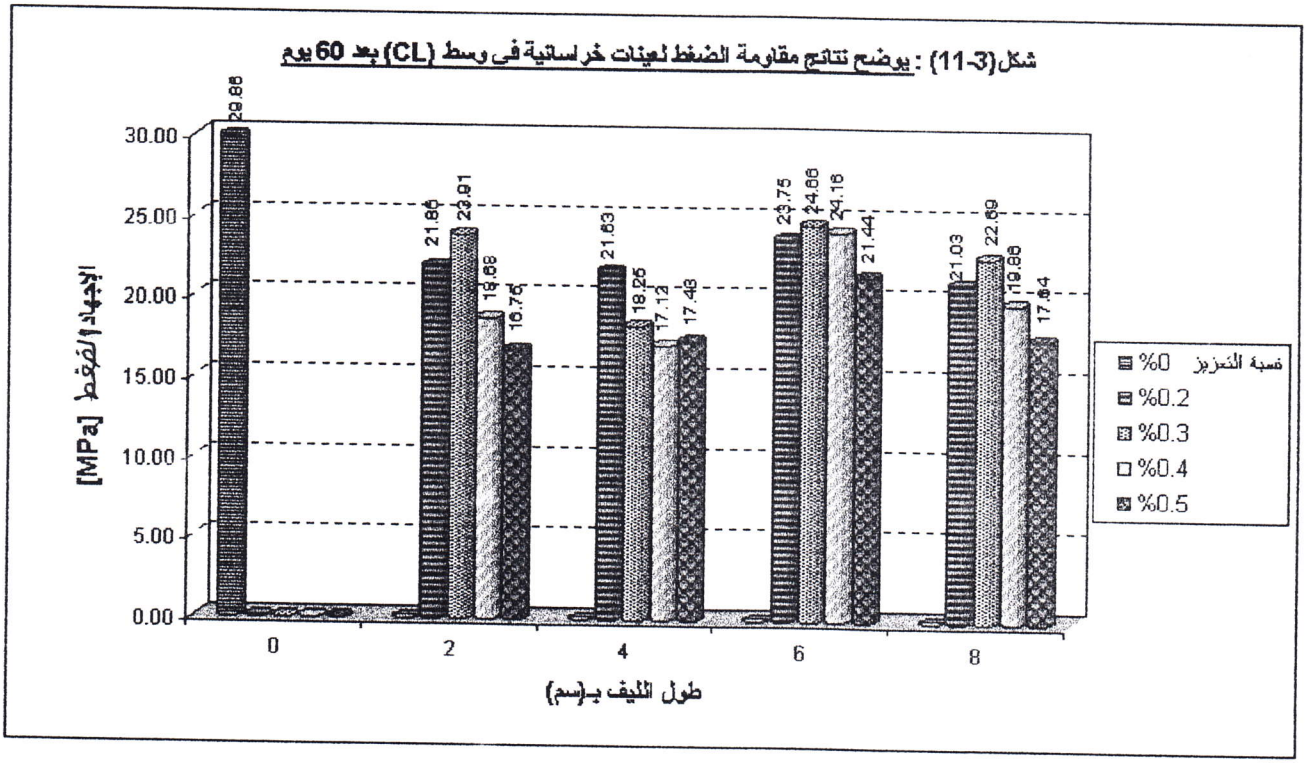
يتم خلط الألياف جيدا مع الخرسانة حتى تتجانس مع الخلطة وهذا تفاديا لتكتلها مع بعضها البعض ثـم تصـب داخـل قوالب مستطيلة بحجم (7 × 7 × 28) سم^3 ، ونتركها لمدة 24 ساعة ثم نضعها في أوساط الحفظ التالية :

- حفظ الخرسانة في الماء العادي (CE) .
- حفظ الخرسانة في الهواء داخل المخبر (CL) .
- حفظ الخرسانة 7 أيام في الماء والباقي في الهواء (CE7) .

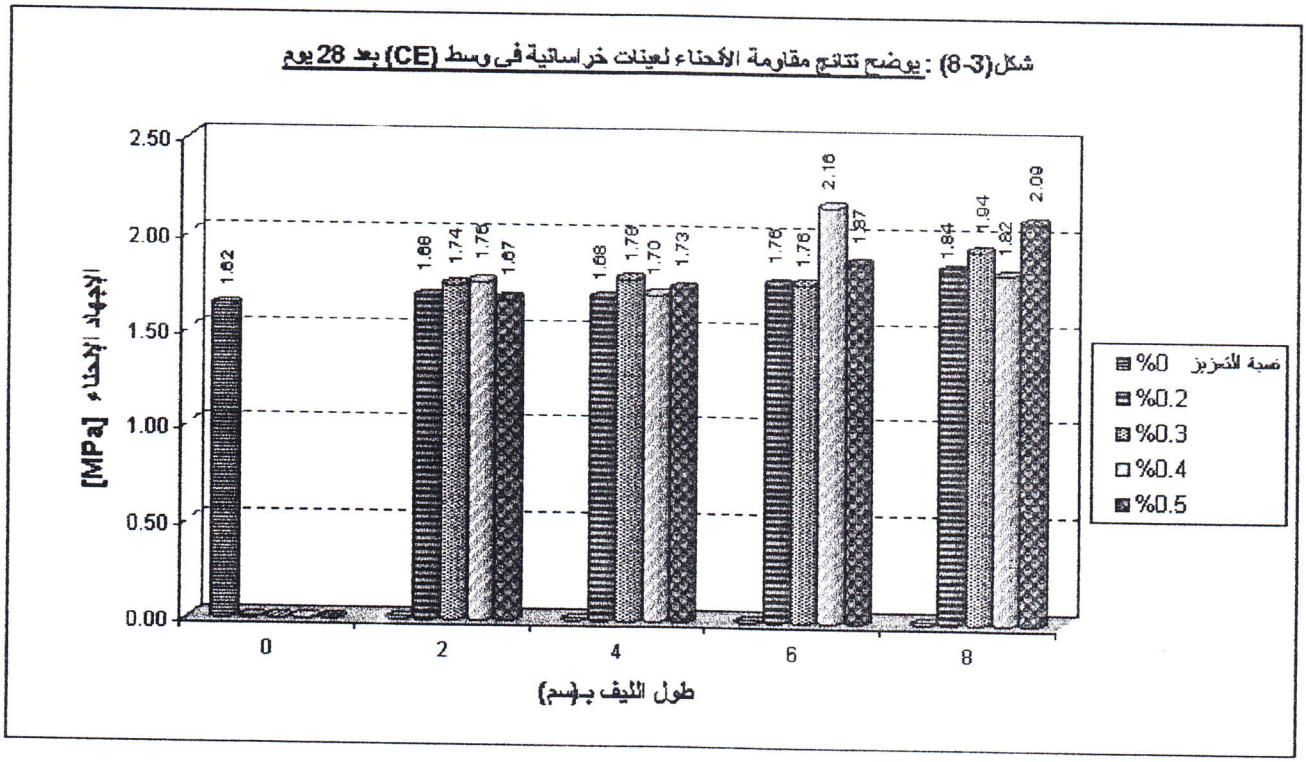
شكل(3-10) : يوضح نتائج مقاومة الانحناء لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم



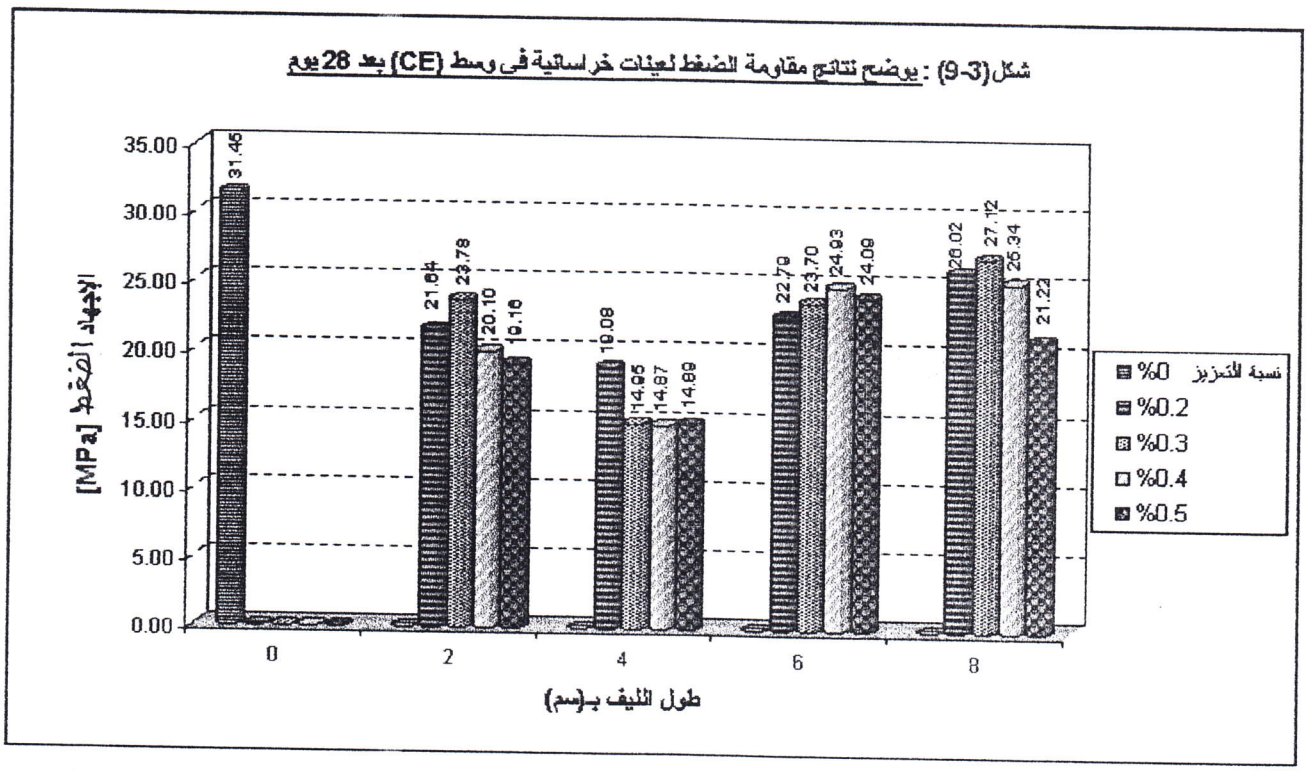
شكل(3-11) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خرسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم



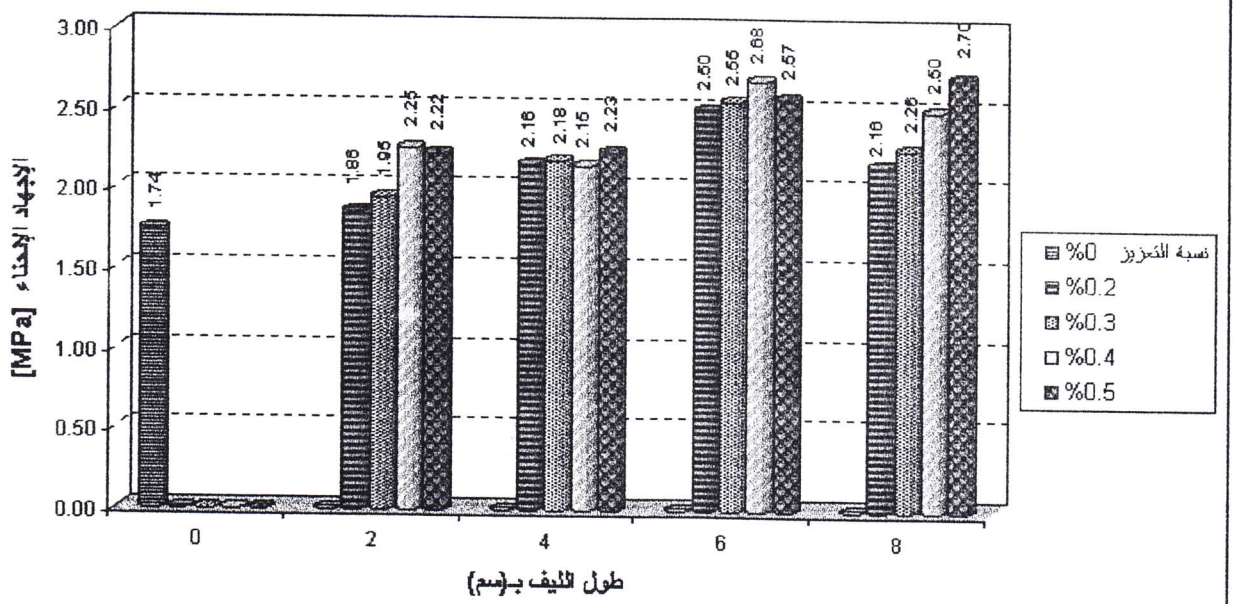
شكل(3-8) : يوضح نتائج مقاومة الأحناء لعينات خراسانية في وسط (CE) بعد 28 يوم



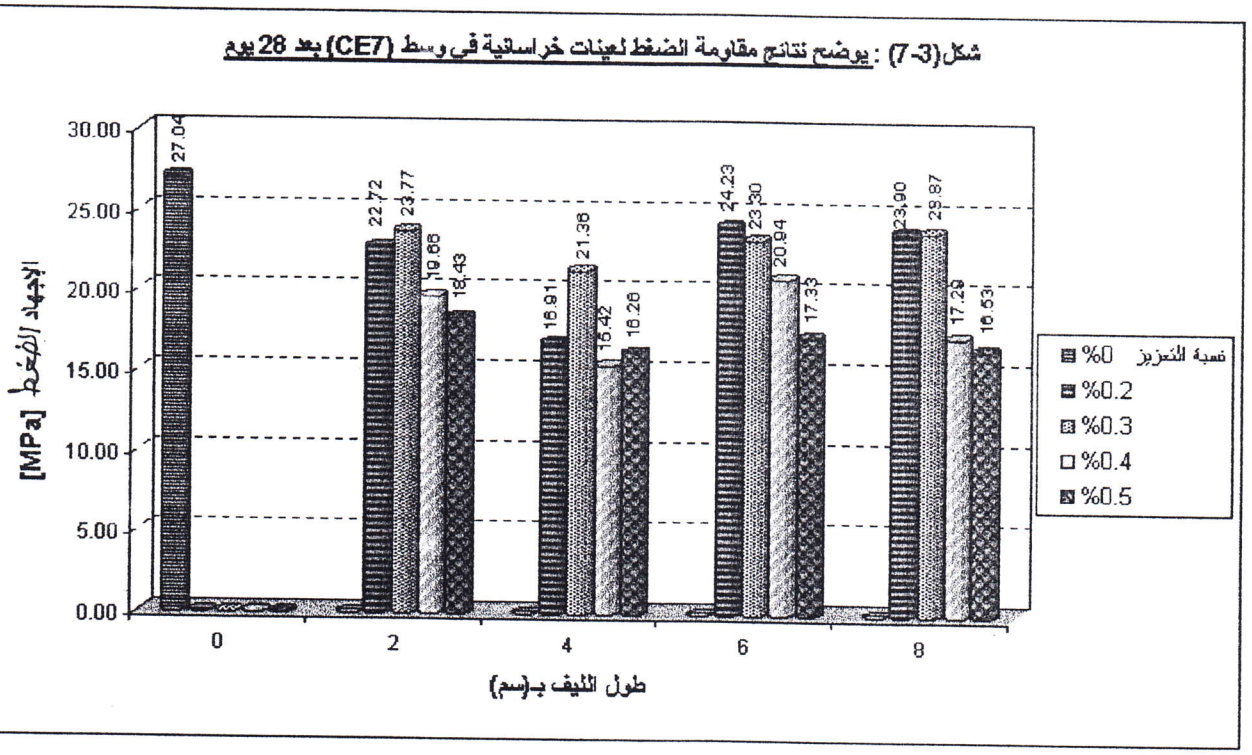
شكل(3-9) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CE) بعد 28 يوم



شكل(3-6) : يوضح نتائج مقاومة الأنحناء لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 28 يوم



شكل(3-7) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 28 يوم



جدول رقم (3 – 12) : يوضح نتائج إرتخاء الخرسانة

طول الليف (سم)	نسبة التعزيز(%)	الخرسانة					
		B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
–	0	2,8	4,5	7	9	4,8	7
2	0,2	2,5	4,2	6,4	8,2	7,8	6,7
	0,3	2,2	3,6	6,1	7,6	6,9	6
	0,4	2	3,1	5,7	6,8	6,4	5,5
	0,5	1,6	2,7	4,8	5,4	6,2	5,1
4	0,2	2,5	4	6,2	8	7,7	6,5
	0,3	2,1	3,6	5,8	7,6	7,4	5,8
	0,4	1,7	3	5,2	6,1	7	5,3
	0,5	1,4	2,4	4,7	5,3	6,5	4,8
6	0,2	2,3	3,8	6	7,6	7,4	6,6
	0,3	2	3,1	5,6	6,8	7	6,1
	0,4	1,6	2,6	5	6,2	6,7	5,7
	0,5	1,2	2	4,5	5,1	6,2	5,2
8	0,2	2,1	3,5	3,6	7,2	7,5	6,4
	0,3	1,8	3	5,8	6,5	7	5,9
	0,4	1,5	2,4	5,2	6	6,6	5,3
	0,5	1,1	1,7	4,6	5,4	6,2	4,5

جدول رقم (3 – 13) : يوضح تركيبة الخرسانة في $1م^3$

نوع الخرسانة	كتلة الحصى (كلغ)	كتلة الرمل (كلغ)	كتلة الأسمنت (كلغ)	الماء (لتر)
B_4	1038	692	400	220
B_5	1065	665	400	220

ملاحظات :

1- للتعرف على نسبة الالياف في الخرسانة وأطوالها المستعملة أخذنا الإختصار التالي لأوساط الحفظ المستخدمة :

نسبة التعزيز ← % ، طول الليف (سم) ← L ، وسط الحفظ ← A

مثال على ذلك :

نسبة التعزيز 0,3 % ← 0,3 % ، طول الليف (4 سم) ← 4 ، وسط الحفظ ← CE (الماء)

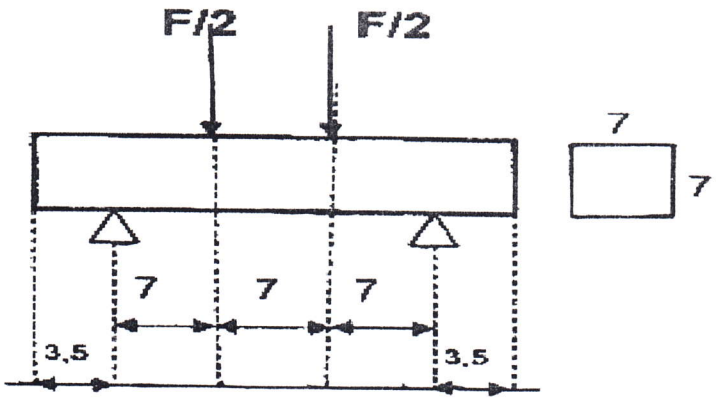
2- الخلطة المعتمدة في الخرسانه المعززة بألياف الشبكات خلطة خرسانية عادية ، علما أن ألياف الشبكات غمرت في الماء قبل إضافتها إلى الخرسانة .

3- عند إخراج العينات من الماء بعد عملية الحفظ تترك لمدة 24 ساعة في الهواء قبل إجراء التجارب الميكانيكية عليها.

- **التجارب الميكانيكية على الخرسانة :**

بعد إخراج العينات الخرسانية من أوساط الحفظ المستعملة أجرينا عليها التجارب الميكانيكية التالية :

- تجربة الإنحناء على العينات الخرسانية (7 × 7 × 28) سم^3 كما هو موضح في الشكل (3 – 3) .
- تجربة الضغط على العينات الخرسانية (7 × 7 × 7) سم^3 .



شكل (3 – 3):يوضح تجربة الإنحناء

يتم حساب مقاومة الإنحناء (Rf) بالعلاقة :

$$Rf = 1,8\frac{F}{a^2} \ [MPa] \qquad \text{.............................} (9\text{-}3)$$

ومقاومة الضغط (Rc) بالعلاقة :

$$Rc = \frac{Fc}{a^2} \ [MPa] \qquad \text{...........................} (10\text{-}3)$$

حيث :

F : قوة الانحناء (N) .

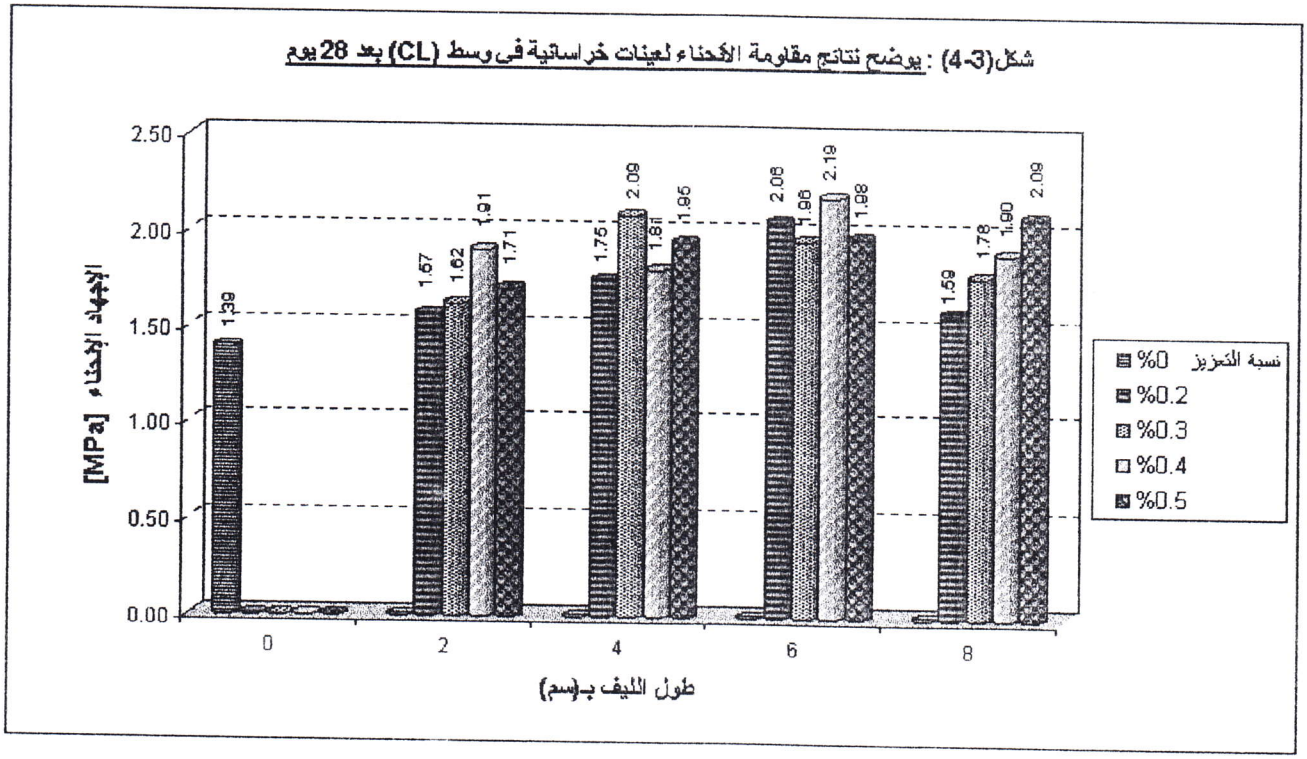
Fc : قوة الضغط (N) .

a : ضلع العينة يساوي 7 سم .

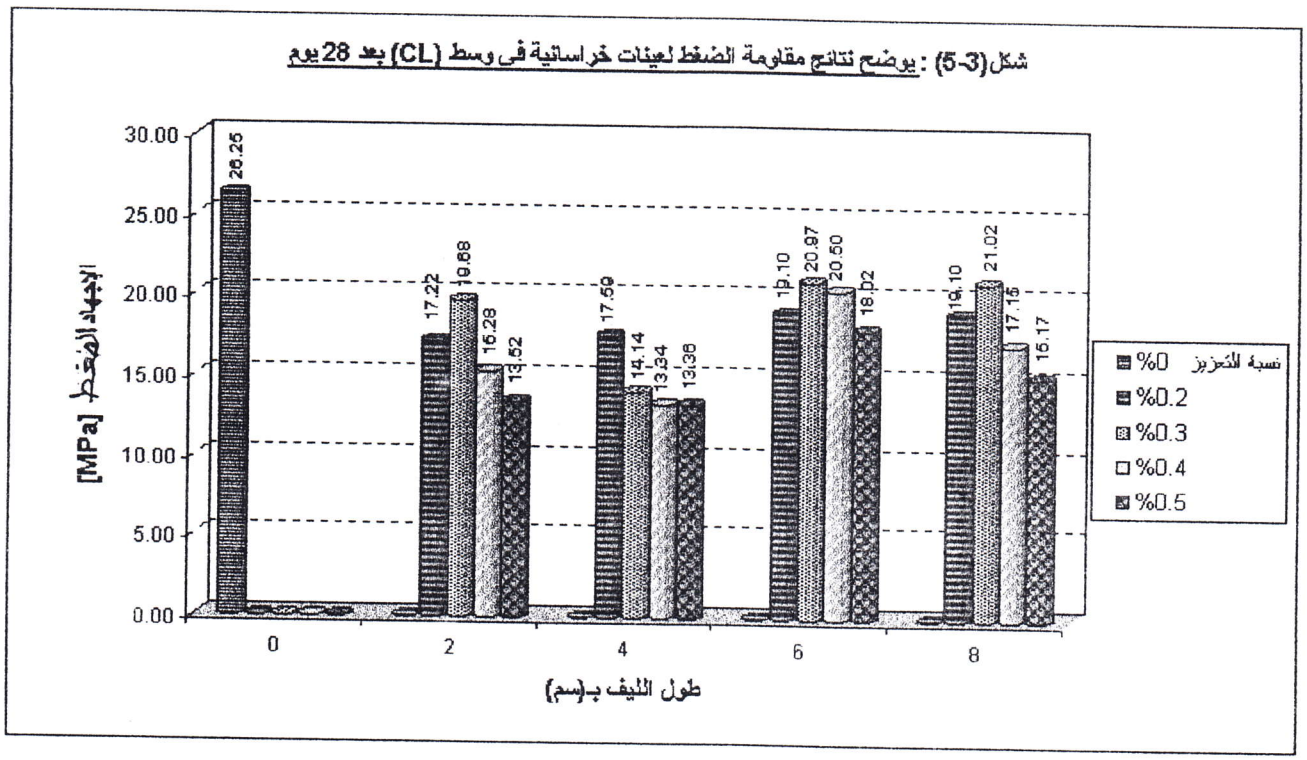
علما أنه أخذنا في عملنا ثلاث عينات لكل تجربة والنتائج المحصل عليها مدونة في الأشكال (3 –4) إلى غاية (3–15) و على ملحق الجداول (6–7) و الجدولين (3 – 14) ، (3 – 15) .

- نتائج مقاومة الانحناء و الضغط لعينات الخرسانة المعززة بالألياف المفككة لنخلة الذكار مبينة على الأشكال الموالية :

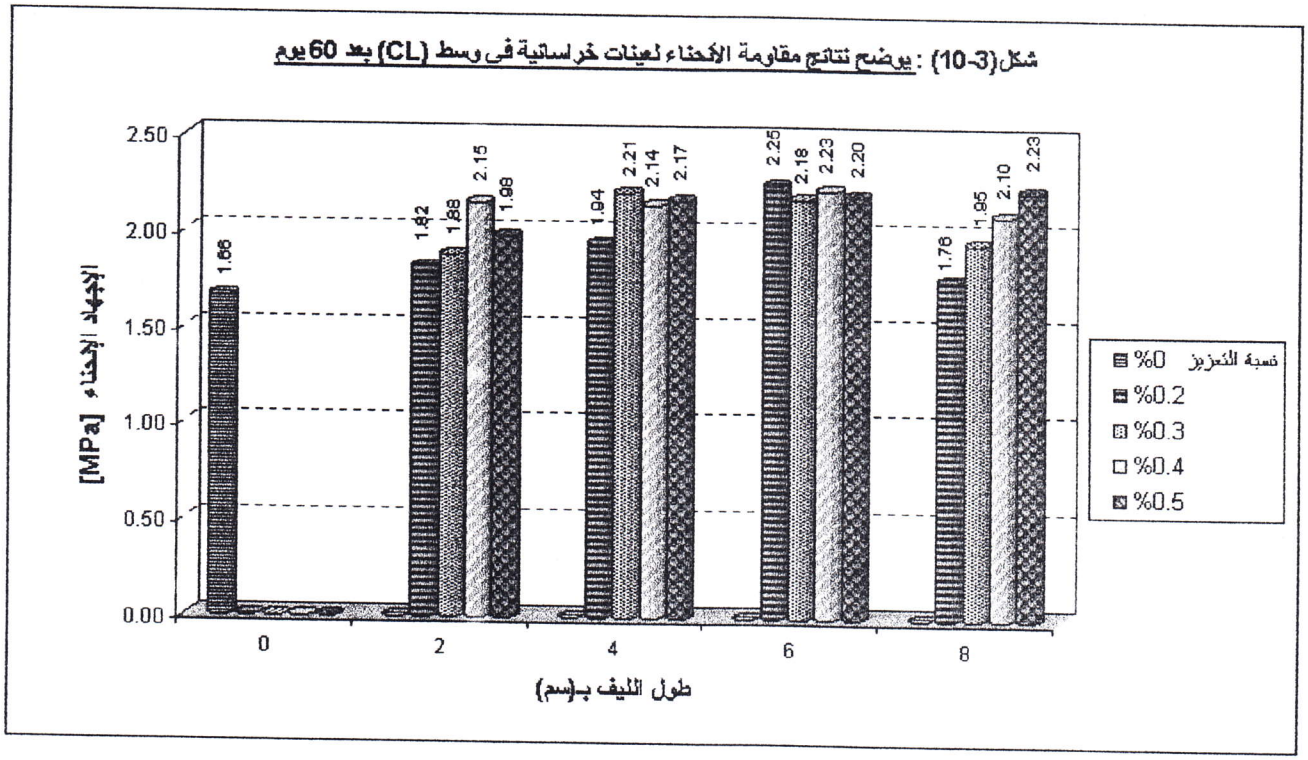
شكل(3-4) : يوضح نتائج مقاومة الأنحناء لعينات خراسانية في وسط (CL) بعد 28 يوم



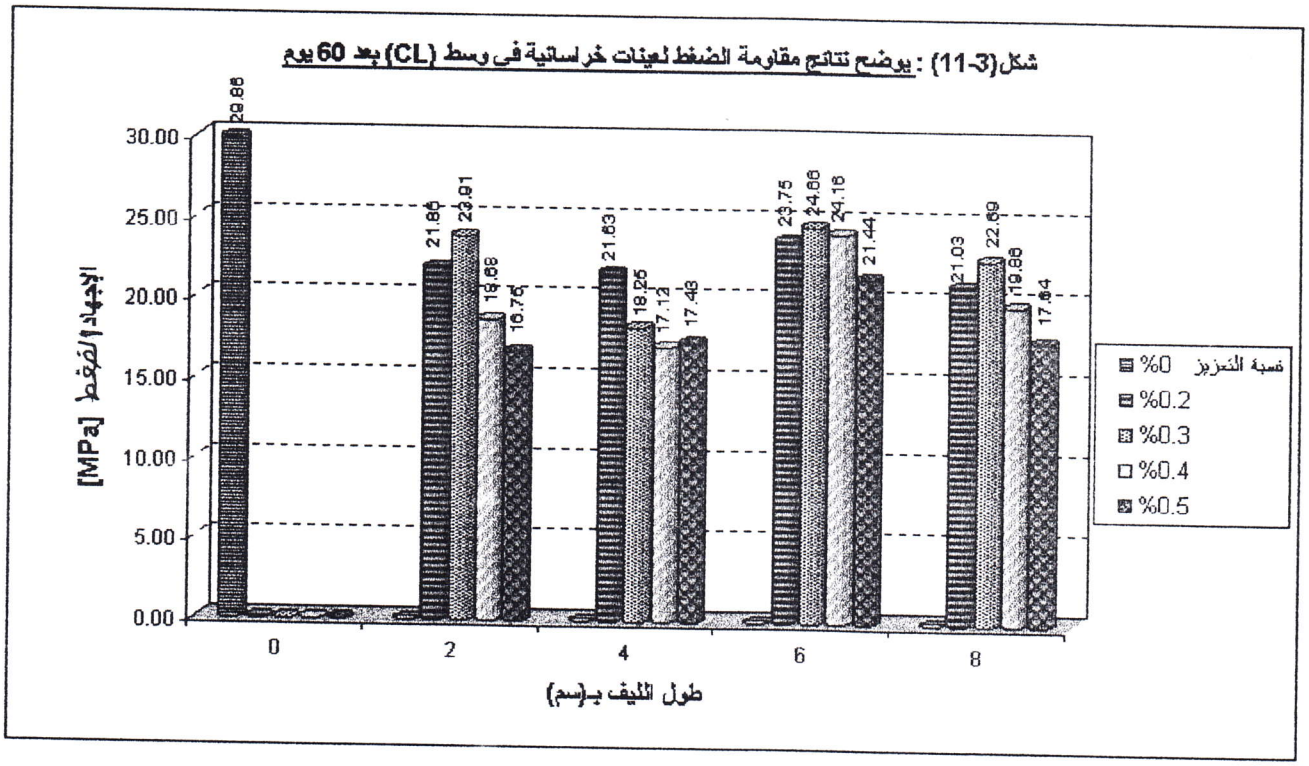
شكل(3-5) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CL) بعد 28 يوم



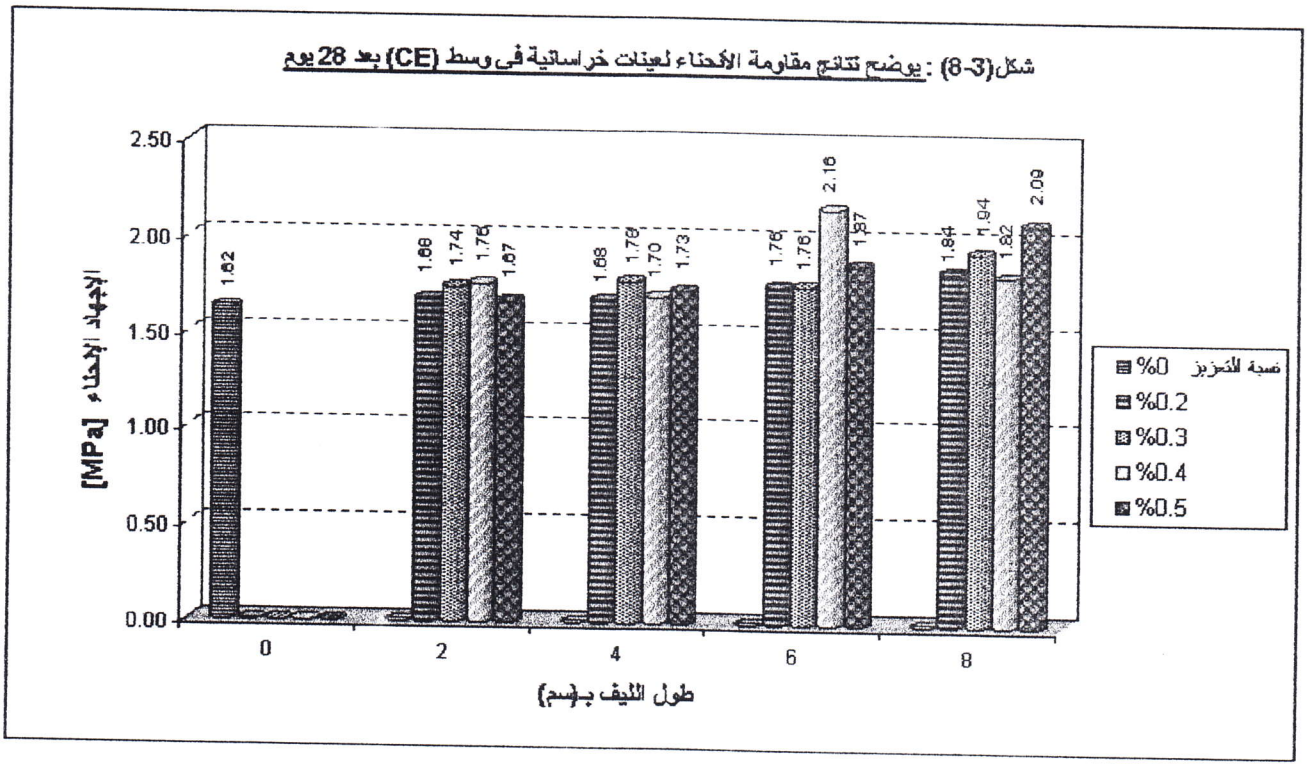
شكل(3-10) : يوضح نتائج مقاومة الانحناء لعينات خراسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم



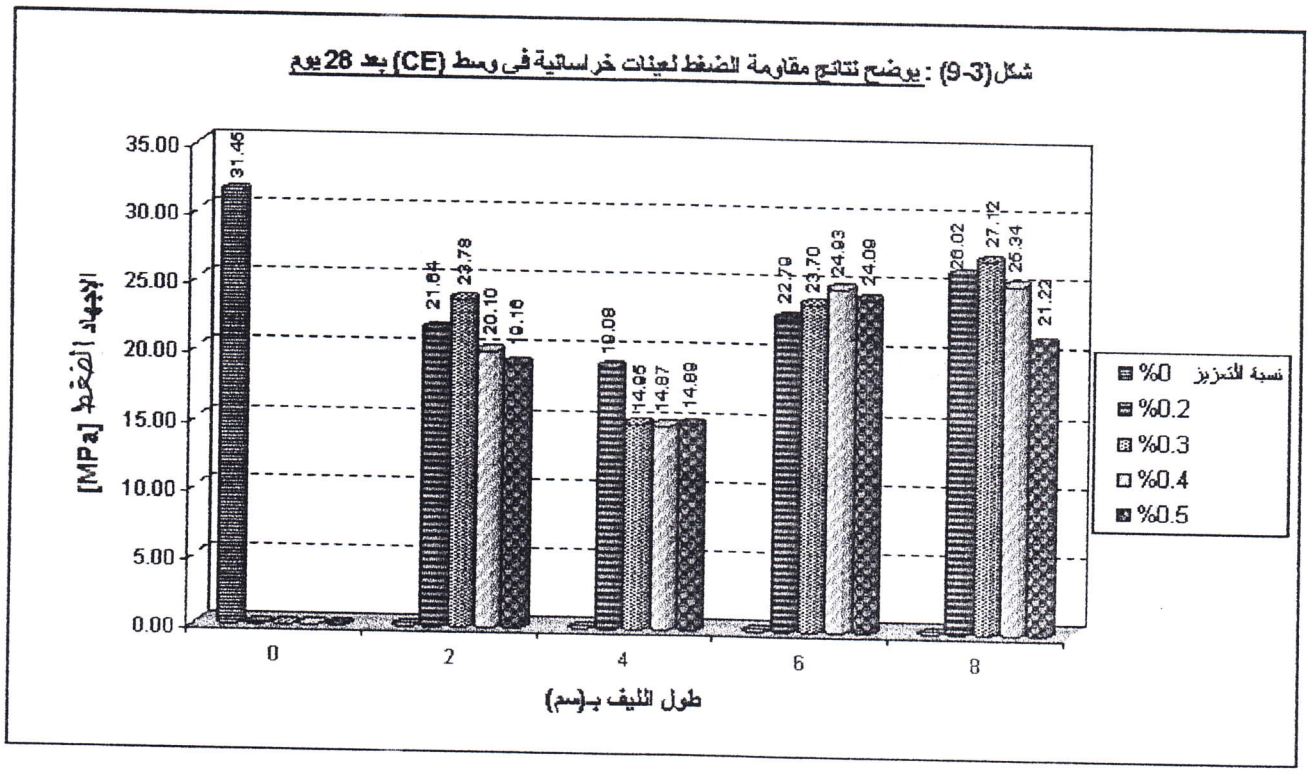
شكل(3-11) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CL) بعد 60 يوم



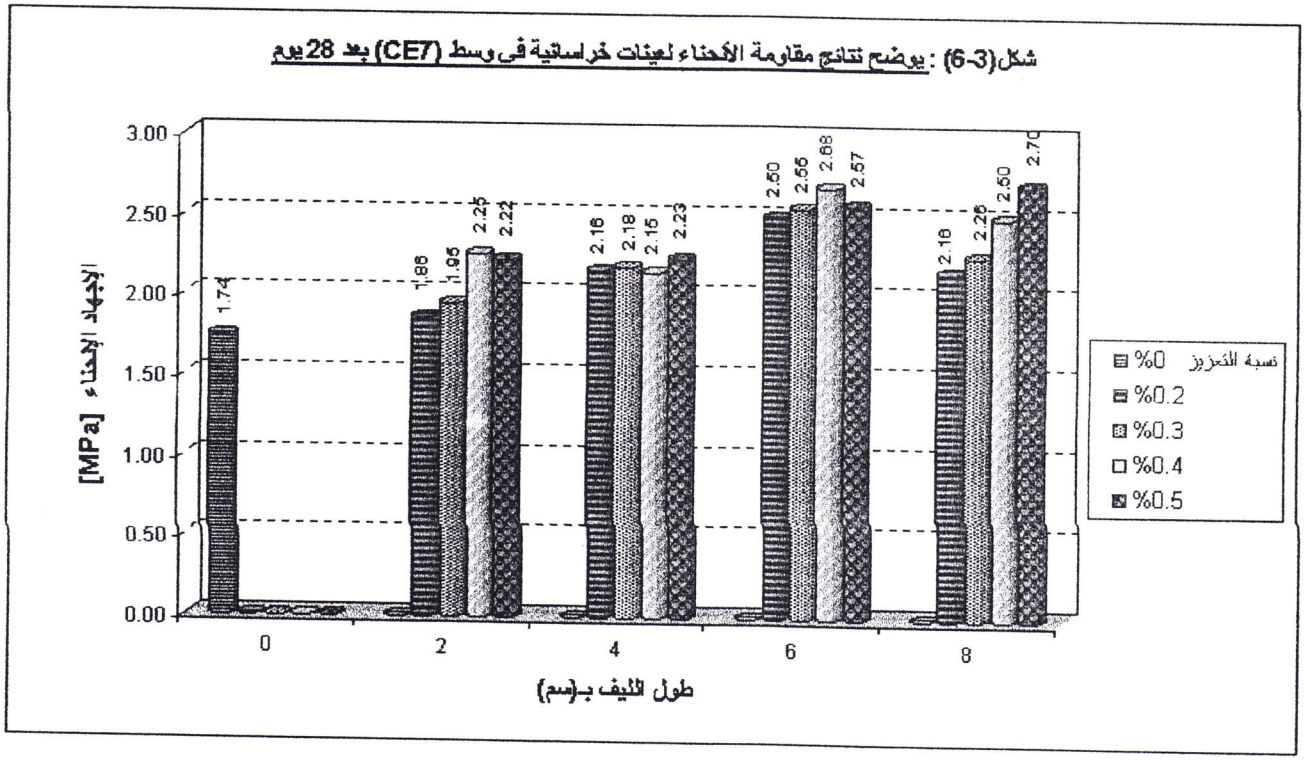
شكل(3-8) : يوضح نتائج مقاومة الأنحناء لعينات خراسانية في وسط (CE) بعد 28 يوم



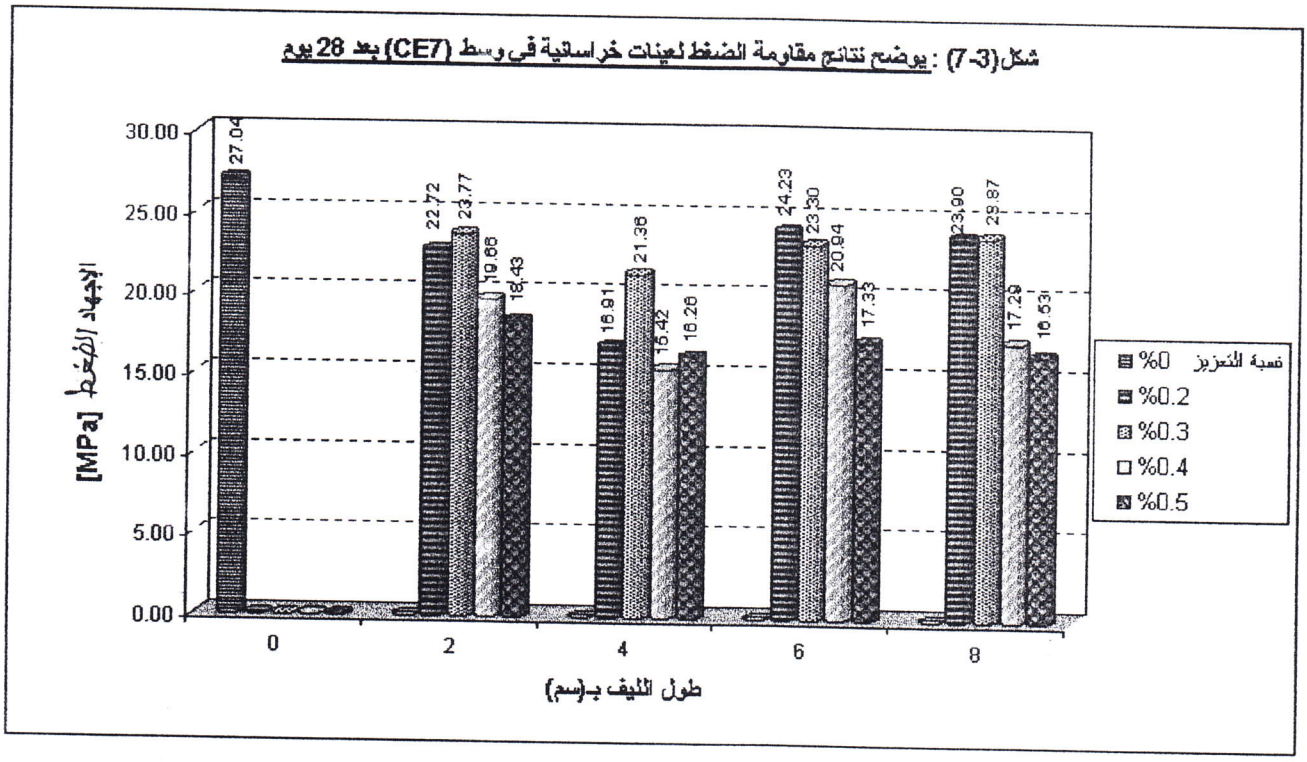
شكل(3-9) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CE) بعد 28 يوم



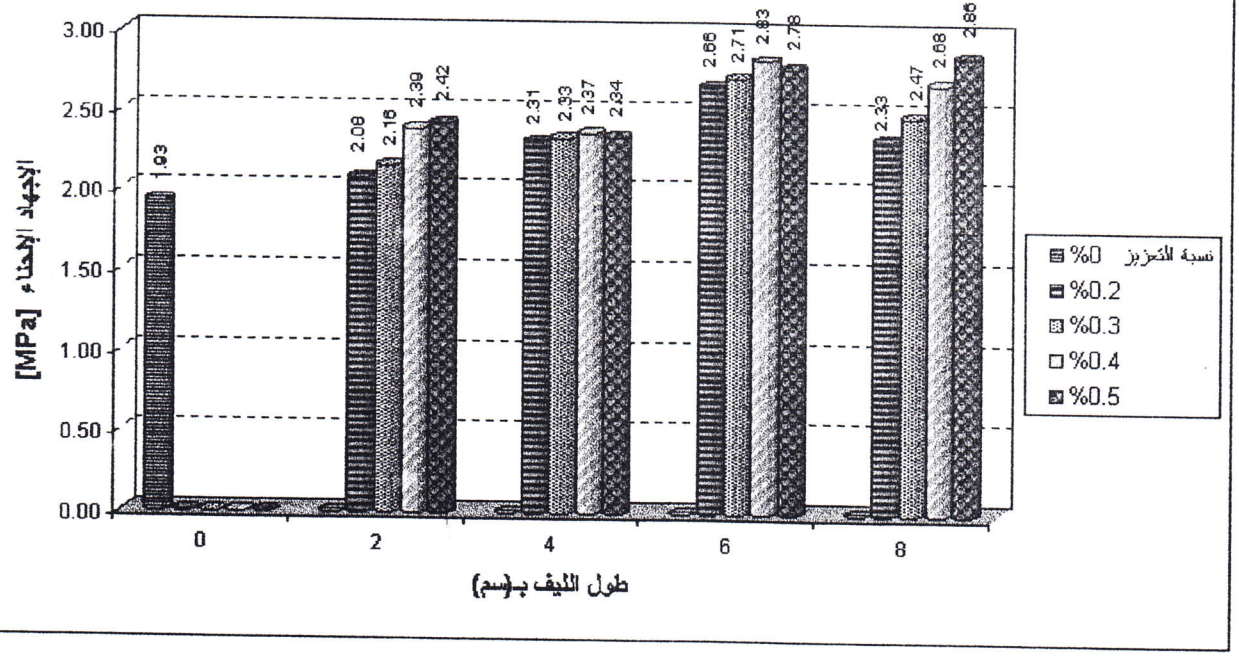
شكل(3-6) : يوضح نتائج مقاومة الأحناء لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 28 يوم



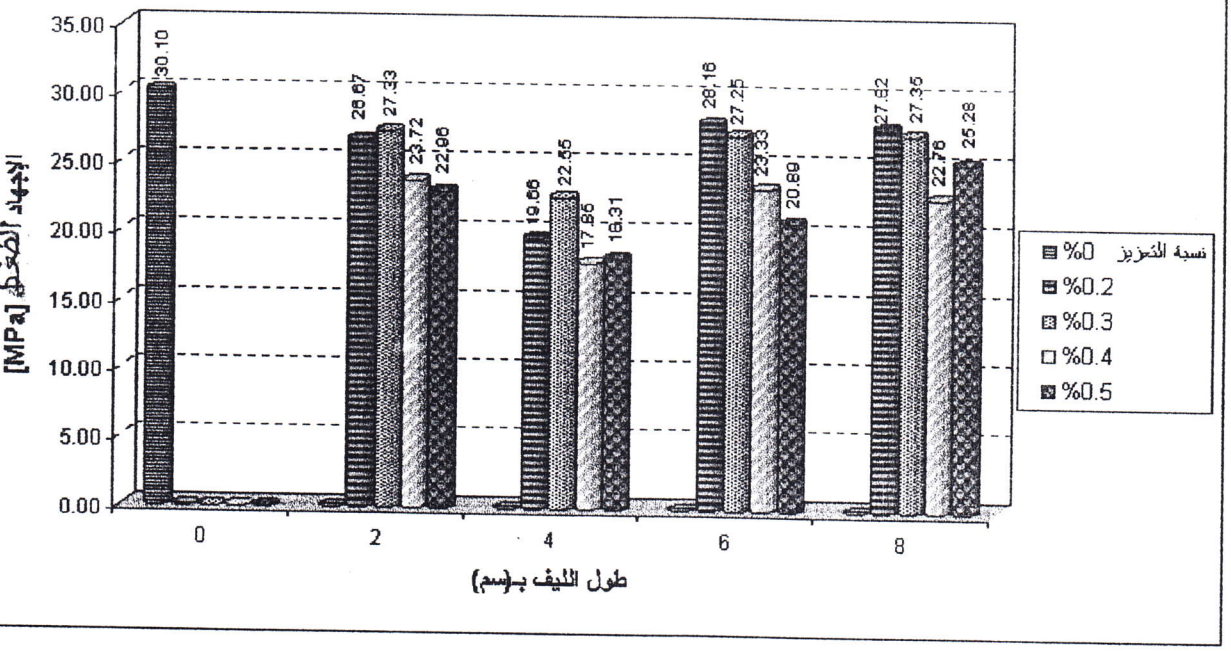
شكل(3-7) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 28 يوم



شكل(3-12) : يوضح نتائج مقاومة الأنحناء لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 60 يوم



شكل(3-13) : يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات خراسانية في وسط (CE7) بعد 60 يوم



جدول رقم (3-14) : يوضح نتائج مقاومة الانحناء و الضغط للعينات الخرسانية المعززة بألياف شبكية بعد 28يوما

أوساط الحفظ						نسبة التعزيز (%)	مساحة الشبكة الليفية($سم^2$)
CL		CE 7		CE			
Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]		
26,25	1,39	27,04	1,74	31,45	1,62	0	--
23,41	1,85	23,64	2,52	25,14	2,33	--	25× 5
18,74	1,75	22,73	2,18	23,99	1,98	0,2	4×2
21,66	1,86	24,56	2,31	25,75	2,16	0,3	
23,89	1,93	21,09	2,46	23,10	2,28	0,4	
20,64	1,90	18,77	2,42	18,42	2,14	0,5	
21,86	1,62	22.36	1,96	28,25	1,83	0,2	2×2
20,16	1,73	20,48	2,11	24,16	1,98	0,3	
17,50	1,78	17,81	2,20	22,75	2,07	0,4	
18,72	1,84	19,33	2,14	23,66	2,25	0,5	

جدول رقم (3-15) : يوضح نتائج مقاومة الانحناء و الضغط للعينات الخرسانية المعززة بألياف شبكية بعد 60يوما

أوساط الحفظ						نسبة التعزيز (%)	مساحة الشبكة الليفية($سم^2$)
CL		CE 7		CE			
Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]		
29,86	1,66	30,10	1,93	33,27	1,73	0	--
26,56	2,21	26,75	2,82	27,66	2,74	--	25× 5
23,71	2,18	25,12	2,44	25,25	2,31	0,2	4×2
24,88	2,03	28,49	2,60	28,32	2,48	0,3	
27,06	2,25	24,25	2,81	25,47	2,63	0,4	
23,32	2,29	22,56	2,75	23,16	2,59	0,5	
24,98	1,80	25,63	2,31	30,86	2,16	0,2	2×2
23,69	1,96	23,88	2,54	26,78	2,33	0,3	
21,55	2,18	20,91	2,66	24,58	2,46	0,4	
20,04	2,23	21,76	2,52	26,05	2,68	0,5	

- **التعقيب :**

مـــن خلال النتائج المحصل عليها في الخرسانة المعززة بالألياف (مفككه ، شبكات) لنخلة الذكار لاحظنا ما يلي :

1- العيـــنات الخرســـانية المعـــززة بالألـــياف و الموضوعة في الماء لمدة 7 أيام و الباقي في الهواء أعطت مقاومة جيدة للإنحناء و هذا مقارنة بالعينات المحفوظة في الماء أو الهواء مباشرة .

2- العينات الخرسانية المعززة بالألياف والمحفوظة في الهواء مباشرة أعطت مقاومة ضعيفة للانحناء مقارنة بالعينات الخرسانية الأخرى .

3- العيـــنات الخرسانية المعززة بالألياف نقصت مقاومتها للضغط مقارنة بالعينات غير المعززة وهذا مهما كانت نسبة التعزيز وطول الليف . وهذا متوافق مع جل أبحاثنا المرجعية .

4- لاحظنا أن الألياف تتماسك مع الخرسانة وهذا راجع لكون سطح الليف غير أملس .

5- العيـــنات الخرسانية المحفوظة لمدة 60 يوم أعطت نتائج أحسن لمقاومة الإنحناء مقارنة بالعينات المحفوظة لمدة 28 يوم .

6- العيـــنات الخرسانية المعززة بالألياف المفككة كانت تقريبا أحسن من المعززة بألياف الشبكات مع أن النتائج متقاربة .

7- العيـــنات الخرســـانية المعززة بألياف ذات شبكة طويلة (5×25) كانت نتائجها أحسن على العموم مقارنة بالمعززة بألياف من الشبكات (2×4 ، 2×2) .

3 . 6 - الخلاصة الفصلية :

بعد إجراء التجارب والتحصل على النتائج يمكن أن نستخلص مايلي :

ألـــياف النخيل (ألياف الذكار) ساهمت بشكل ملحوظ في تحسين مقاومة الإنحناء وكذلك وسط الحفظ كان لـــه تأثير على مقاومة الخرسانة حيث أن العينات الخرسانية المعززة بالألياف والمحفوظة 7 أيام في الماء والباقـــي فـــي الهـــواء كانـــت لها نتائج جيدة وعلى العكس من ذلك نلاحظ أن العينات المعززة بالألياف والمحفوظـــة في الهواء أو الماء كانت لها نتائج ضعيفة نسبيا كما أن العينات المعززة بالألياف نقصت فيها مقاومـــة الضـــغط مقارنة بالعينات غير المعززة ولهذا ننصح بتوفير جو رطب للخرسانة خاصة في أيامها الأولى.

الفصل الرابع

الخلاصة العامة

والتوصيات

4 . 1 – الخلاصة العامة :

من خلال دراستنا لموضوع تعزيز خرسانة المنشآت بالألياف الطبيعية و المتمثلة في ألياف النخيل نستخلص ما يلي :

1 – بلادنا الجزائر تملك ثروة هائلة من أشجار النخيل مما يسمح بإنتاج كمية كبيرة من ألياف حيث تنتج النخلة الواحد سنويا 3 كلغ من هذه الألياف [3] .

2 – شجرة النخيل يمكن أن توفر لنا أربعة أنواع من الألياف و هي :

- ألياف محيطة بالجذع (التي أجرينا عليها التجارب) .
- ألياف الجذع .
- ألياف العرجون .
- ألياف الجريد .

3 – ألياف الذكار أعطت نتائج جيدة من ناحية مقاومة إجهاد الشد و الليونة مقارنة بالألياف الأخرى المستعملة (الغرس ، دقلة نور ، دقلة بيضاء) .

4 – ألياف النخيل تأثرت بالأوساط العدوانية (المياه المالحة ، المياه المستعملة ، ماء الجير) حيث نقصت قيمة إجهاد الشد عند التمزيق بشكل ملحوظ بعد مرور ثلاثة أشهر .

5 – الخرسانة المعززة بألياف نخلة الذكار كانت أحسن من الخرسانة الغير معززة و هذا من ناحية مقاومة الانحناء في أوساط الحفظ (الماء العادي ، الهواء) لمدة 28 يوم و 60 يوم .

6 – عند إضافة الألياف إلي الخرسانة نلاحظ أن مقاومة الضغط تتأثر سلبا بذلك .

7 – طول الألياف و نسبة التعزيز في الخلطة الخرسانية يلعبان دور هام في إجهاد الانحناء حيث كلما زادت نسبة التعزيز و طول الليف يتحسن الإجهاد .

8– شكل الألياف (مفكك ، شبكة) المضافة إلى الخلطة الخرسانية له دور هام في زيادة المقاومة .

9– وسط الحفظ له دور كبير في مقاومة الخرسانة للانحناء حيث أنه العينات التي وضعت 7 أيام في الماء و الباقي في الهواء أعطت نتائج حسنة مقارنة بأوساط الأخرى لهذا يجب توفير محيط رطب أساسي لزيادة المقاومة .

4 . 2 – التوصيات

من خلال التجارب التي أجريناها في هذا المشروع والعوائق التي تعرضنا لها نوصي بما يلي :

1 – العينات الخرسانية الموضوعة 7 أيام في الماء الباقي في الهواء أعطت نتائج جيد للانحناء مقارنة بالعينات الموضوعة مباشرة في الهواء ، و هذا ما يجعلنا نوصي بتوفير محيط رطب للخرسانة في الأيام الأولى و خاصة في أوقات الحرارة الشديدة .

2 – الخرسانة المعززة بالألياف (مفككة ، شبكات) أعطت نتائج حسنة من ناحية الديمومة في أوساط الحفظ المستخدمة (الماء العادي ، الهواء) مقارنة مع الخرسانة الغير معززة ، لهذا ننصح بتعزيز الخرسانة بالألياف .

3 – مقاومة الضغط للعينات الخرسانية تأثرت سلبا من ناحية ديمومتها في أوساط الحفظ المذكورة مما يجعلنا ننصح بإتمام الدراسة في هذا المجال لتحسين هذا الضعف .

4 – بالرغم من أن ألياف النخيل (ألياف الذكار) حسنت من مقاومة الانحناء للخرسانة غير أنها تأثرت عند وضعها في الأوساط العدوانية ، لهذا نوصي بحماية سطحها بطبقة وقائية لمنع دخول المياه الضارة إلى الألياف .

5 – نظرا لتأثر الألياف في الأوساط القلوية ننصح بإتمام الدراسة بتجارب كيميائية على هذه الأخيرة لمعرفة التأثيرات الكميائية عليها .

6 – نوصي بتكثيف الدراسة على هذه الألياف وخاصة منها الألياف المحلية المتوفر في بلدنا (ألياف الحلفاء ، ألياف النخيل ، ألياف السمار .....الخ) و إدخال تحسينات عليها لإعطاء نتائج أكثر فعالية .

الخـــــــاتـمـــــة

فـــي الأخير نأتي الي نهاية بحثنا حول تعزيز خرسانة المنشآت بالألياف الطبيعية (ألياف النخيل) هـــذا البحـــث الـــذي دام أكـــثرُ من سنة أجرينا فيه جملة من التجارب على ألياف النخيل و الخرسانة المعـــززة بالألـــياف في أوساط عدة حيث كان عدد العينات الخرسانية المستعملة في هذا البحث قرابة 468 عيـــنة ، و هـــذا علـــى ضـــوء الأبحاث التي أجريت من طرف باحثين في هذا المجال و نظرا للأخطـــار التـــي تـــنجر عن خرسانة الإنشاءات و خاصة عندما تتعرض للتشققات الناتجة عن عملية التحمـــيل أو العوامـــل الميكانيكية التي تؤدي إلى تلفها ، فكان هدفنا في هذا البحث هو التقليل من هذه التشـــققات و المساهمة في تحسين خصائص و ديمومة خرسانة الإنشاء بتعزيزها بألياف النخيل (ألياف الذكـــار) ، و بـــالرغم مـــن وجـــود صـــعوبات و عراقيل واجهتنا في إنجاز هذا العمل إلا أنه و بفضل مساعدات و تسهيلات بعض المؤسسات و الهيئات إستطعنا أن نتم هذا العمل و من بين هذه الهيئات :

- مخبر الأشغال العمومية للجنوب (L . T . P . S)
- مخبر الري و الهندسة المدنية
- مصلحة الوسائل العامة بالجامعة
- المستثمرة الفلاحية (I . T . A . S)

و كنتـــيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد ساهمنا في تثمين الألياف الطبيعية بصفة عامة و الألياف المـــتوفرة فـــي بلدنـــا بصفة خاصة و على وجه الخصوص ألياف النخيل و هذا بتعزيزها في خرسانة الإنشاءات .

و فـــي الخـــتام أملنا أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما و نأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال و الإهتمام به أكثر .

قائمـــــــة المراجـــــع

قائمة المراجع باللغة العربية

[2] : عبايدي ع. , عواينى. إ. , مذكرة التخرج (D.E.U.A) بعنوان : " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة منشئات الري بتعزيز ها بألياف النخيل" , جامعة ورقلة, دفعة 2000.

[3] : د. عاطف إ. , د. حجاج خليف م.ن., " نخلة التمر (زراعتها, رعايتها و إنتاجها في الوطن العربي)" منشأة المعارف الإسكندرية – الطبعة الثانية 1998.

[7] : بعامر يحي, مذكرة التخرج بعنوان : " تدعيم خرسانة منشآت الري بالألياف الطبيعية (ألياف الحلفاء)", جامعة ورقلة 2001.

[9] : كريكر عبد الواحد , (دروس مواد البناء مقرر السنة الثالثة هندسة مدنية) جامعة ورقلة 1999/2000.

[10] : د. سطاس م.ر., " مواد البناء واختباراتها" , ديوان المطبوعات الجامعية 1992.

قائمة المراجع باللغة الأجنبية

[1] : COOK D.J., "Concrete and cement composites reinfroced naturel", PROC., Sympon Fibrous Concrète, 99-44-1980 Australie.

[4] : KHENFER M.M et KRIKER A., "Caractérisation Mécanique des bétons renforcés de fibres végétales de palmier Dattier ", Conf. Int. sur les mathématique appliques et les sciences de l'ingénieur (CIMA 2000), Casablanca, Maroc.

[5] : KHENFER M.M, BALL.A et Morlier.P, "The effect of Water and Fibre Length on the Frature Resistance of Cellulosic Fibre Cement ", Conc. Science. Eng. 2000, 2 : 56-62.

[6] : COUTTS, RSP, " Flax Fibre as a Reinforcement in Cement mortars ", Int. Jornal of Cem. Compos, Lightweight Concrete, 1983 ; 5(4) : 257-262.

[8] : ROMILDO D., TOLEDO F., KAREN S., GEORGE L.E et KHOSROW G., "Durability of Alkali-sensitive Sisal and Coconut Fibres in Cement Mortar Composites", Cem. Concr. Comp. , 2000 ; 22 : 127-143.

[11] : DUPAIN R., LANCHON R., SAINT-ARROMAN J.C., "Granulats, Sols, Ciment et Béton" , Edition CASTILLA-Paris Janvier 2000.

[12] : GORISSE F., "Essais et contrôle de Bétons", Edition Eyrolles paris 1978.

[13] : DJOUDI A., Mémoire de Magister "Caractérisation Structurale et rhéologique de Béton de platre et leur renforcement par les fibres végétales du palmier dattier", Université EL-AGHOUAT, Année 2001.

ملحق الجداول

- نتائج التجارب الميكانيكية على ألياف النخيل في الحالة الطبيعية (جافة) :

جدول رقم (1) : يوضح نتائج إجهاد الشد والتشوه للألياف الذكار ذات القطر 0,8 مم

ε	[MPa] σ	F[N]	القطر (مم)
$0,002 \pm 0,011$	9,95	5	0,8
$0,003 \pm 0,021$	19,90	10	
$0,003 \pm 0,031$	29,85	15	
$0,004 \pm 0,040$	39,8	20	
$0,003 \pm 0,051$	49,76	25	
$0,004 \pm 0,062$	59,71	30	
$0,004 \pm 0,072$	69,66	35	
$0,004 \pm 0,082$	79,61	40	
$0,005 \pm 0,092$	89,57	45	
$0,004 \pm 0,103$	99,52	50	
$0,005 \pm 0,115$	109,47	55	
$0,004 \pm 0,126$	119,42	60	
$0,005 \pm 0,137$	129,37	65	
$0,005 \pm 0,148$	139,33	70	
$0,006 \pm 0,158$	149,28	75	
$0,006 \pm 0,176$	159,23	80	
$0,007 \pm 0,200$	169,18	85	
$0,005 \pm 0,212$	173,16	87	

جدول رقم (2) : يوضح نتائج أجهاد الشد والتشوه لألياف النكار ذات القطر (0,6 و 0,4) مم

ε	[MPa] σ	F[N]	القطر (مم)
0,002 ± 0,013	17,69	5	0,6
0,002 ± 0,027	35,38	10	
0,003 ± 0,039	53,08	15	
0,004 ± 0,053	67,23	20	
0,004 ± 0,071	88,46	25	
0,005 ± 0,093	106,15	30	
0,006 ± 0,116	123,85	35	
0,002 ± 0,021	7,96	1	0,4
0,002 ± 0,034	15,92	2	
0,003 ± 0,046	23,88	3	
0,003 ± 0,067	31,84	4	
0,004 ± 0,088	39,80	5	
0,003 ± 0,106	47,77	6	
0,004 ± 0,117	55,73	7	
0,004 ± 0,134	63,69	8	
0,005 ± 0,150	71,65	9	
0,005 ± 0,166	79,61	10	
0,006 ± 0,183	87,58	11	

جـــدول رقـــم (3) : يوضـــح نـــتائج إجهـــاد الشـــد والتشـــوه لألـــياف الغـــرس ذات القطـــر (0,8 ، 0,6 ، 0,4) مم

القطر (مم)	F[N]	[MPa] σ	ε
0,8	5	9,95	$0,001 \pm 0,012$
	10	19,90	$0,003 \pm 0,025$
	15	29,85	$0,003 \pm 0,037$
	20	39,80	$0,002 \pm 0,049$
	25	49,76	$0,003 \pm 0,063$
	30	59,71	$0,004 \pm 0,078$
	35	69,66	$0,004 \pm 0,096$
	40	79,61	$0,006 \pm 0,119$
0,6	5	17,69	$0,002 \pm 0,013$
	10	35,38	$0,003 \pm 0,025$
	15	53,08	$0,004 \pm 0,040$
	20	70,77	$0,004 \pm 0,055$
	25	88,86	$0,004 \pm 0,069$
	28	99,08	$0,005 \pm 0,083$
0,4	1	7,96	$0,003 \pm 0,020$
	2	15,92	$0,003 \pm 0,045$
	3	23,88	$0,004 \pm 0,060$
	4	31,84	$0,004 \pm 0,076$
	5	39,80	$0,005 \pm 0,093$
	6	47,77	$0,004 \pm 0,112$
	7	55,73	$0,004 \pm 0,132$

جدول رقم(4) : يوضح نتائج الشد والتشوه لألياف دقلة نور ذات القطر (0,8 ، 0,6 ، 0,4) مم

ε	[MPa] σ	F[N]	القطر(مم)
$0,002 \pm 0,021$	9,95	5	0,8
$0,002 \pm 0,040$	19,90	10	
$0,003 \pm 0,055$	29,85	15	
$0,004 \pm 0,071$	39,80	20	
$0,004 \pm 0,084$	49,76	25	
$0,005 \pm 0,100$	59,71	30	
$0,005 \pm 0,115$	69,66,	35	
$0,001 \pm 0,008$	17,69	5	0,6
$0,003 \pm 0,022$	35,38	10	
$0,003 \pm 0,040$	53,08	15	
$0,004 \pm 0,061$	70,77	20	
$0,004 \pm 0,079$	88,46	25	
$0,005 \pm 0,083$	92,00	26	
$0,001 \pm 0,012$	7,96	1	0,4
$0,002 \pm 0,023$	15,92	2	
$0,004 \pm 0,034$	23,88	3	
$0,004 \pm 0,045$	31,84	4	
$0,003 \pm 0,057$	39,80	5	
$0,004 \pm 0,063$	43,79	5,5	

جدول رقم (5) : يوضح نتائج إجهاد الشد والتشوه لألياف الدقلة البيضاء ذات القطر (0,8 ، 0,6 ، 0,4) مم

القطر(مم)	F[N]	σ [MPa]	ε
0,8	5	9,95	$0,002 \pm 0,013$
	10	19,90	$0,003 \pm 0,025$
	15	29,85	$0,004 \pm 0,036$
	20	39,80	$0,003 \pm 0,049$
	25	49,76	$0,004 \pm 0,061$
	30	59,71	$0,005 \pm 0,075$
	35	69,66	$0,004 \pm 0,090$
	37	73,65	$0,006 \pm 0,104$
0,6	5	17,69	$0,001 \pm 0,012$
	10	35,38	$0,003 \pm 0,024$
	15	53,08	$0,003 \pm 0,036$
	20	70,77	$0,005 \pm 0,050$
	25	88,46	$0,004 \pm 0,068$
0,4	1	7,96	$0,002 \pm 0,012$
	2	15,92	$0,003 \pm 0,024$
	3	23,88	$0,002 \pm 0,037$
	4	31,84	$0,004 \pm 0,049$
	5	39,80	$0,004 \pm 0,062$

جـــدول رقـــم (6) : يوضـــح نـــتائج مقاومة الإنحناء والضغط للعينات الخرسانية المعززة بألياف النخيل المفككه (ألياف الذكار) بعد 28 يوم.

أوساط الحفظ						نسبة التعزيز (%)	طول الليف (سم)
CL		CE7		CE			
Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]	Rc [MPa]	Rf [MPa]		
26,25	1,39	27,04	1,74	31,45	1,62	0	-
15,17	1,59	16,53	2,16	26,02	1,84	0,2	8
17,15	1,78	17,29	2,26	30,12	2,24	0,3	
19,10	1,90	23,87	2,50	25,34	1,82	0,4	
24,02	2,59	23,90	2,70	21,22	2,29	0,5	
19,10	2,06	24,23	2,50	22,79	1,76	0,2	6
20,97	1,68	23,30	2,55	23,70	1,76	0,3	
20,50	2,29	20,94	2,68	24,93	2,16	0,4	
15,02	1,98	17,33	2,07	24,09	1,87	0,5	
17,59	1,75	16,91	2,16	19,08	1,68	0,2	4
14,14	2,09	21,36	2,08	14,95	1,78	0,3	
13,34	1,41	15,42	2,08	24,87	1,70	0,4	
13,36	1,55	16,26	2,13	14,89	1,73	0,5	
14,22	1,57	22,72	1,86	21,64	1,68	0,2	2
19,68	1,62	23,77	1,95	23,78	1,74	0,3	
15,28	1,91	19,66	2,25	20,10	1,76	0,4	
13,52	1,71	18,43	2,12	19,16	1,67	0,5	

جدول رقم (7) : يوضح نتائج مقاومة الانحناء و الضغط لعينات الخرسانة المعززة بألياف النخيل المفككة (ألياف الذكار) بعد 60 يوما .

أوساط الحفظ						نسبة التعزيز (%)	طول الليف (سم)
CL		CE7		CE			
Rc [Mpa]	Rf [Mpa]	Rc [Mpa]	Rf [Mpa]	Rc [Mpa]	Rf [Mpa]		
29,86	1,66	30,10	1,93	33,27	1,73	0	-
21,03	1,76	27,82	2,33	29,75	2,23	0,2	8
22,69	1,93	27,35	2,47	30,67	2,35	0,3	
19,86	2,10	25,28	2,68	28,16	2,38	0,4	
17,64	2,23	22,76	2,86	24,53	2,37	0,5	
23,75	2,25	28,16	2,66	27,12	1,98	0,2	6
24,66	2,18	27,25	2,71	28,66	1,93	0,3	
24,16	2,23	23,33	2,83	28,45	2,32	0,4	
21,44	2,20	20,89	2,78	27,76	2,26	0,5	
21,63	1,94	19,66	2,31	23,80	1,81	0,2	4
18,25	2,21	22,55	2,33	19,11	1,94	0,3	
17,12	2,14	17,85	2,37	17,88	2,06	0,4	
17,43	2,17	18,31	2,34	18,77	2,17	0,5	
21,86	1,82	26,67	2,08	23,89	1,98	0,2	2
23,93	1,88	27,33	2,16	27,06	2,05	0,3	
18,68	2,15	23,72	2,39	24,14	2,11	0,4	
16,75	1,98	22,96	2,42	22,81	1,95	0,5	

التحليل الكيميائي لمياه حوض بركاوي - ورقلة - النتائج مأخوذة من أربعة آبار وهي :

(OKJHA4، OKJ21، OKMH89، OKM88)

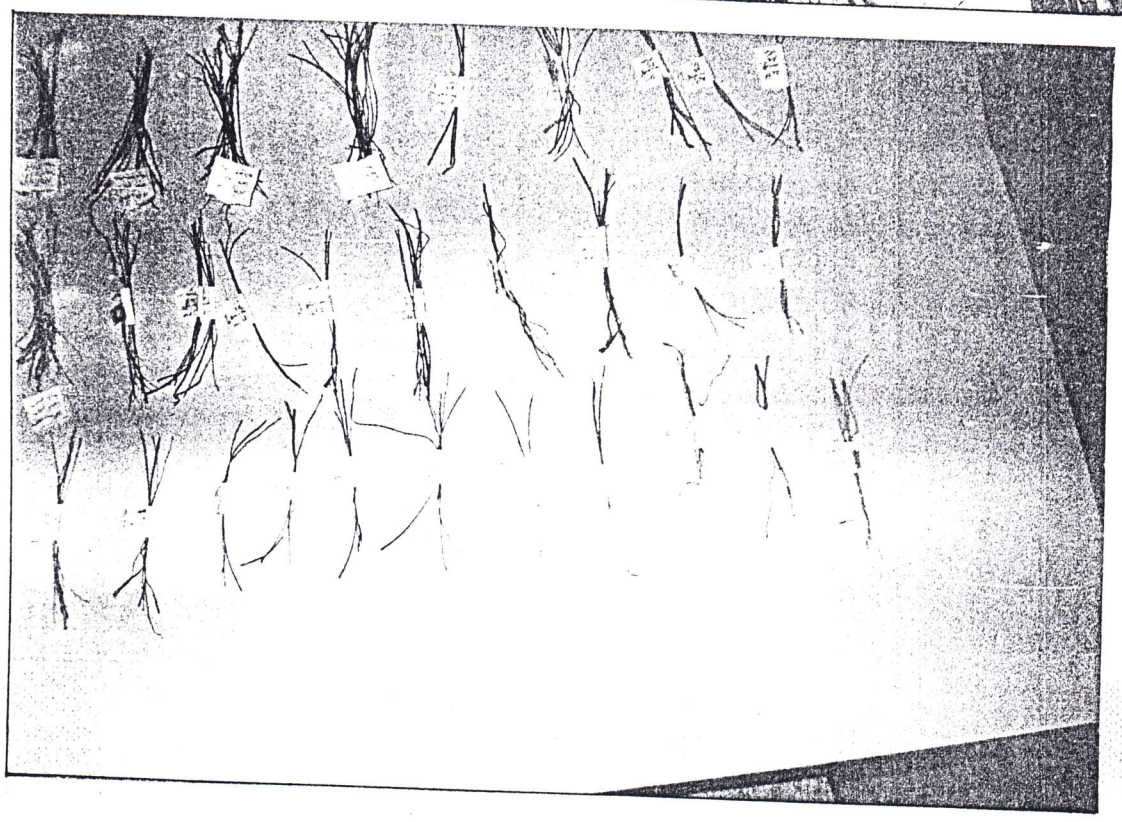
والنتائج مدونة في الجدول الموالي (Tableau8) :

Tableau 8 : Analyse de l'eau des puits : OKJHA4, OKJ21, OKMH89 et OKM88

Cations	Eau de l'Albien prélevée des quatre puits de la région de Haoud Berkaoui							
	OKJHA4		OKJ21		OKMH89		OKM88	
Eléments	mg\l	méq\l	mg\l	méq\l	mg\l	méq\l	mg\l	méq\l
Ca^{2+}	154	7.68	139	6.94	107	5.34	132	6.59
Mg^{2+}	139	11.42	114	9.38	73	6.00	133	10.92
K^{+}	35	0.90	36	0.92	24	0.62	33	0.85
Na^{+}	285	12.38	282	12.25	283	12.32	245	11.95
Somme des cations (méq/l)	32.38		29.49		24.28		30.31	
Anions								
Cl^{-}	648	18.24	562	15.81	480	13.52	596	16.79
CO_3^{-2}	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO_3^{-}	137	2.25	137	2.25	116	1.90	139	2.29
SO_4^{-2}	523	10.90	450	9.38	376	7.83	465	9.69
NO_3^{-}	10	0.16	12	0.19	10	0.16	11	0.18
Somme des anions (méq/l)	31.55		27.62		23.41		28.94	
Somme des ions(mg/l)	1931		1732		1469		1784	
R.S (mg\l) à 110°C	2268		1972		1498		1972	
Minéralisation (mg\l)	2095		1906		1632		1882	
Conductivité(ms\cm) à 25°C	2.76		2.51		2.15		2.48	
Salinité ‰	1.9		1.5		1.2		1.3	
Turbidité	2		4		3		2	
TDS(mg\l)	1300		1180		1010		1140	

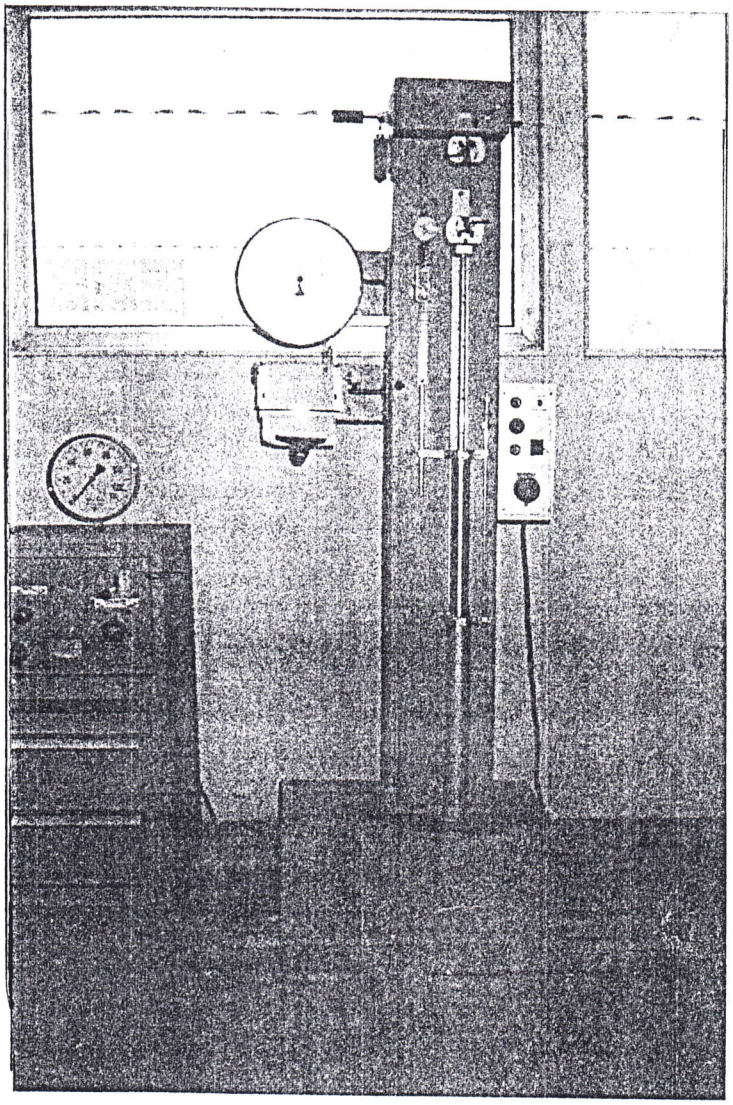
ملحق الصور

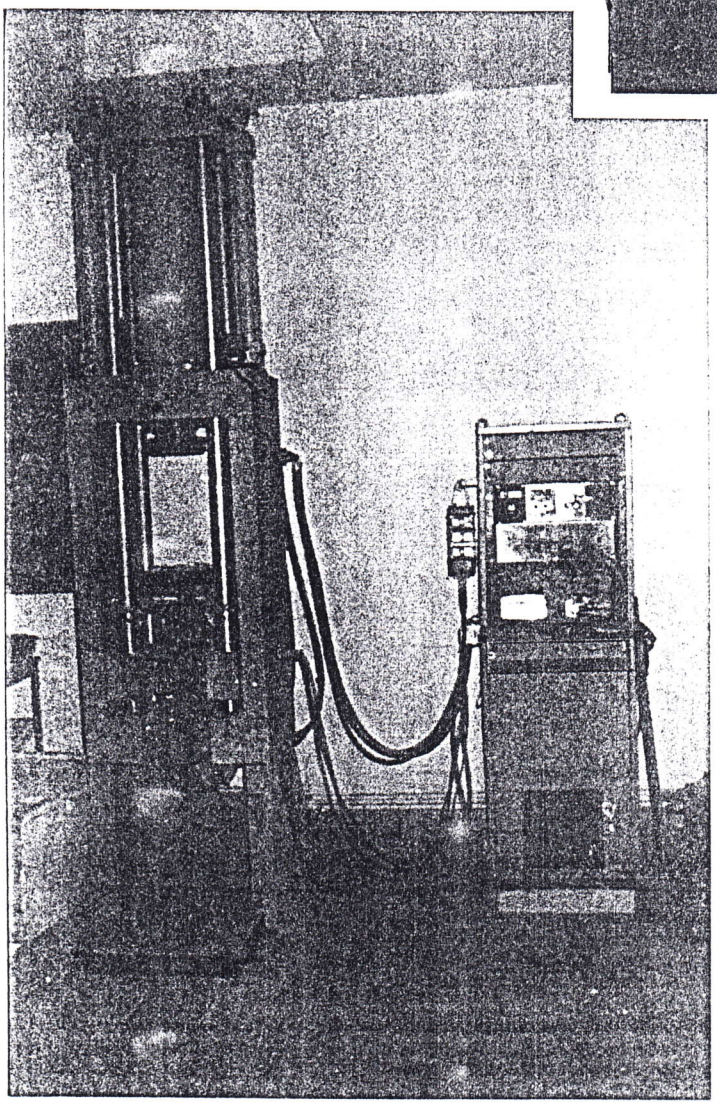
عرض الألياف لأشعة الشمس
بعد تصفيتها في الماء



عينات لبعض ألياف النخيل بعد إخراجها من الأوساط العدوانية.

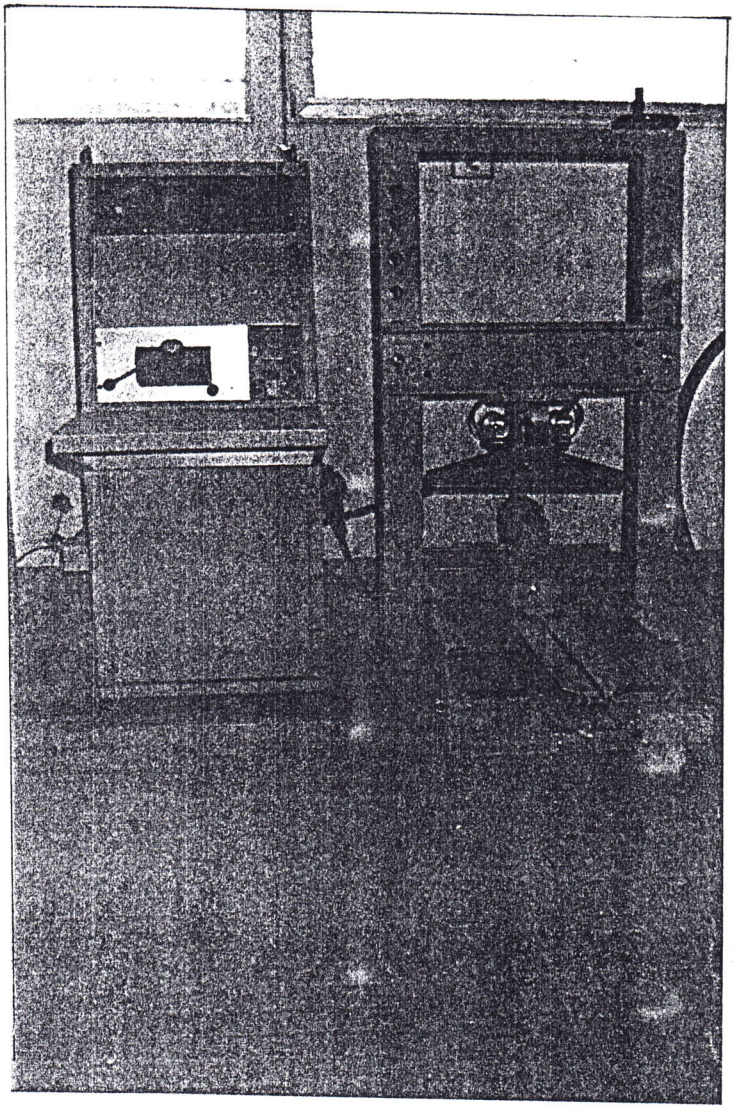
جهاز قياس مقاومة الشد (σ)

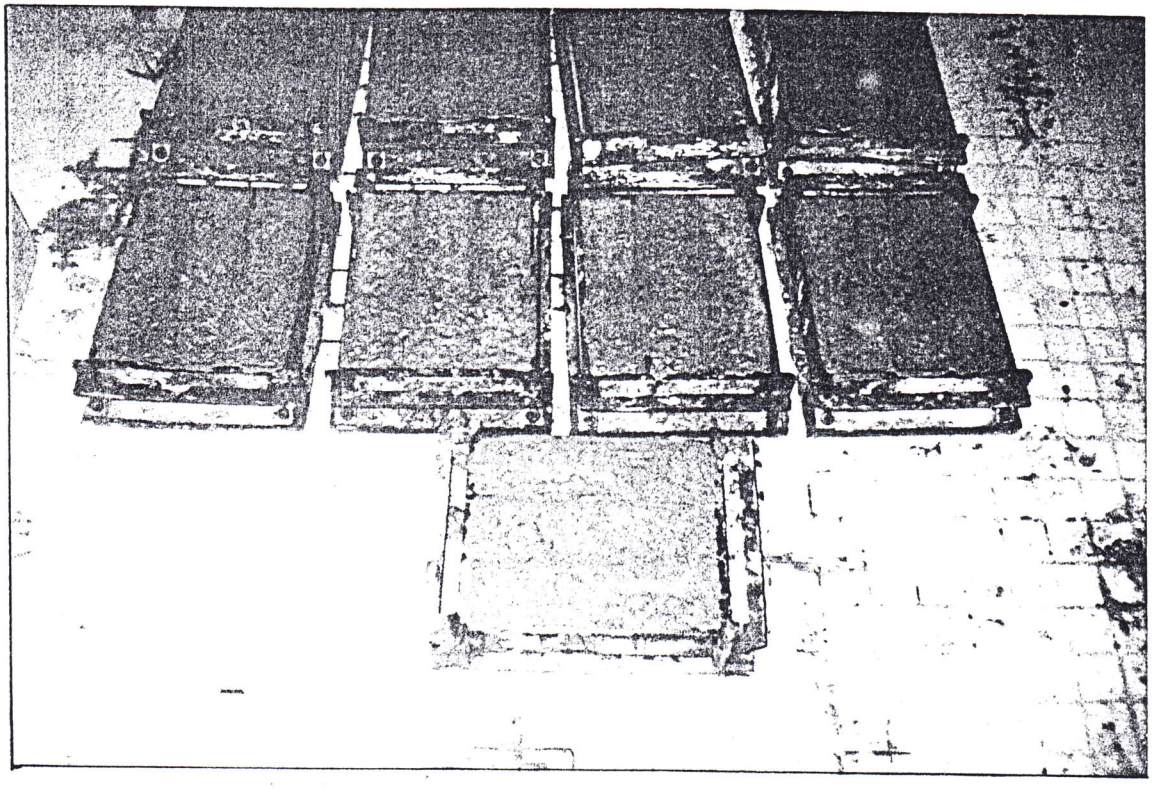




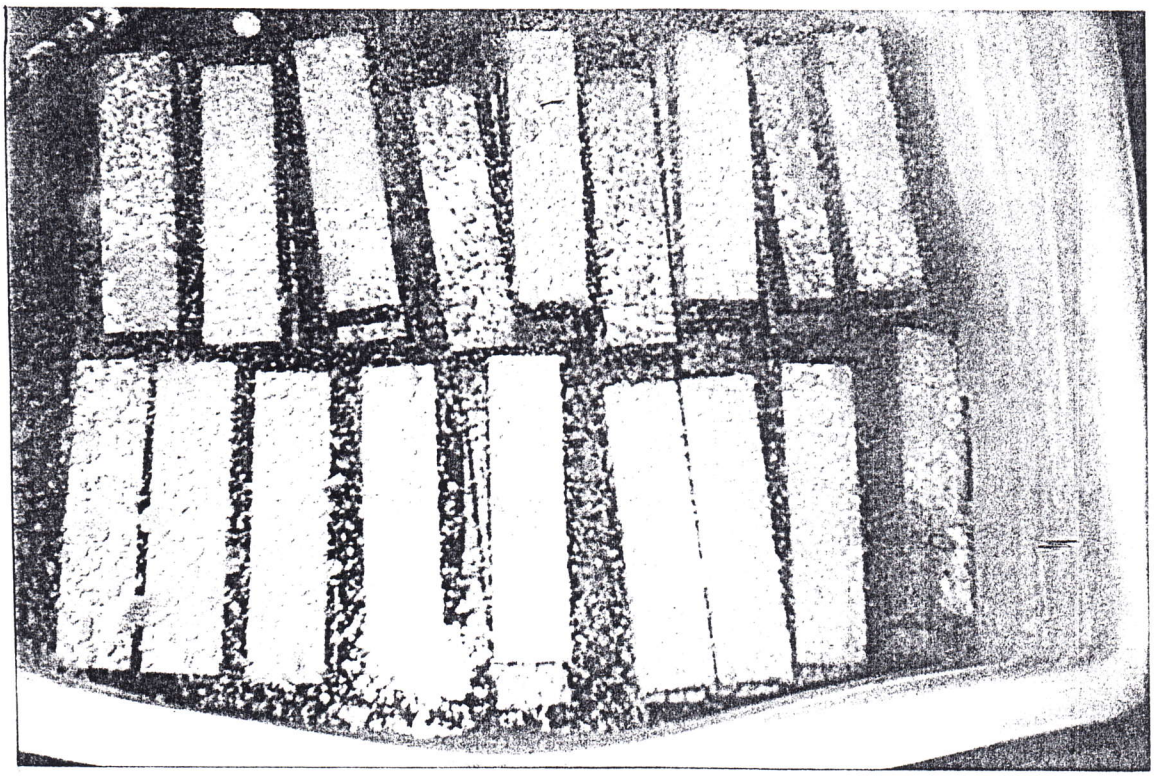
جهاز قياس مقاومة الضغط (Rc)

جهاز قياس مقاومة الانحناء (Rf)





عملية صب الخرسانة داخل القوالب



حفظ العينات الخرسانية في الماء العادي لمدة 28و60 يوم (CE)

حفظ العينات الخرسانية في :

- الهواء مباشرة (CL)
- 7 أيام في الماء والباقي في الهواء (CE7)