الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمّه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا — قسم الري والهندسة المدنية

مذكـرة

مقدمـــــة لنيل شهـــادة ماستـــــر هندســـــة مدنيـــة

تخصـــــص: مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان:

المساهمة في دراسة الخرسانة الخضراء اعتماد على المواد المحلية

Contribution de l’étude du béton vert à base des matériaux locaux

من إعداد الطلبة:

- لقوقي طارق
- بن موسى بوبكر

تحت إشراف:

- الدكتور سليمان الياس

دفعة: جوان 2019

إهداء

(وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

أهدي ثمرة هذا العمل

إلى من علماني أن الحياة مدرسة وأعاناني على تخطي اختباراتها 'أبي وأمي العزيزين'.

إلى أغلى الناس إخوتي وأخواتي وإلى كل فرد من عائلتي

إلى زوجتي العزيزة وابني صهيب حفضه الله

إلى كل أصدقائي وزملائي في العمل وكل من عرفني يوما

إلى أساتذة وطلبة الهندسة المدنية

-لقوقي طارق-

إهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين –محمد صلى الله عليه وسلم-

وعلى اله وصحبه أجمعين أما بعد:

أهدي ثمرة دراستي وجهدي المتواضع:

أنحني أمامك عرفانا بالجميل يا من علمتني سر الإنسان الأصيل.. كنت شمسي التي أستمد منها دفئي ومعرفتي.. وكنت قمري الذي أستمد منه أملي وشوقي جعلك ربي سببا في زرع أصفى ما في نفسي وهذبتني فأحسنت تهذيبي وأدبي

من علمني حرفا صرت له عبدا ... وأنت علمتني كل شيء فصرت أتعبد في محرابك ليلا نهارا

إلى أبي الغالي لمـــــــــــين

إلى التي تعبت وربت وسهرت الليالي إلى أغلى شيء في الدنيا

إلى أحب شخص إلي في هذه الدنيا بعد الله ورسوله

إلى أمي العزيزة خديجـــــــــــــــة

أسأل الله العلي القدير أن يطيل في عمري وعمرهما لكي لأرد ولو جزءا من خيركما

إلى إبني العزيز محمد الأمين وإلى زوجتي الغالية نور الهدى أسأل الله أن يمدها بالصحة والعافية

إلى كل إخوتي الأعزاء (عزوزية – أمال- إبتهاج – ياسين)

كما لا أنسى الكتاكيت: عـــــــمورة – بوبكر- حنين- لينا – هداية-الحاج الهادي – نبراس- يقين

إلى جدتي فاطمة أسأل الله العلي القدير أن يطيل في عمرهما.

إلى كل أعمامي (عباس- يوسف-حمزة-عبد الوهاب) وكل أبنائهم

كما لا أنسى عمتي خزنية وكل أبنائها

إلى كل أخوالي (الهاشمي-بشير-عبد القادر-الجيلاني) إلى كل أبنائهم

إلى كل خالاتي (داده- الحاده- جمعة- تبورة) وكل أبنائهم

إلى أنسابي (لمين – ربيعة) وكل أبنائهم

إلى من رافقني في هذا العمل وسهر معي الليالي في إعداد هذا العمل المتواضع: لقوقي طارق وإلى كل طلبة جامعة حمة لخضر بالوادي وأخص بالذكر –دفعة 2019-

إن الذين نحبهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر والصفحات، لأن مقامهم أجّل وأعلى فالقلب سكناهم والذكرى ذكراهم، والفؤاد لن ينساهم.

بن موسى بوبكر

تشكرات

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبراعيته وتوفيقه تنال البركات، والصلاة والسلام على البشير النذير، والمعلم الاول محمد رسول الله صل الله عليه وسلم:

نتقدم بأسمى عبارات التقدير والاحترام والتقدير لكل من قدم لنا المعونة والدعم من قريب أو من بعيد، ونخص بالذكر الاستاذ سليمان إلياس وجديد طارق ومختاري عبد الصمد وإلى كل أساتذة قسم الري والهندسة المدنية.

الفهرس

المقدمة العامة..... 01

الفصل الاول: عموميات حول الخرسانة والخرسانة الخضراء

مقدمة.....02

1-خواص الخرسانة.....02

1-1 قوام الخرسانة.....02

1-2 قابلية التشغيل.....02

1-3 محتوى الفراغات الهوائية.....02

1-4 نزوح الماء (النضح).....03

1-5 الانفصال الحبيبي.....03

1-6 مقاومة الضغط.....03

1-7 مقاومة الشد.....03

1-8 مقاومة الانحناء.....03

1-9 مقاومة القص. 03

1-10 مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح.....04

1-11 نفاذية الخرسانة.....04

2-محاسن الخرسانة.....04

3-مساوئ الخرسانة.....04

4-الخرسانة الخضراء.....04

5-معايير اختيار المواد / المنتجات البديلة.....05

1-5 كفاءة الموارد.....05

2-5 جودة الهواء في الأماكن المغلقة.....05

3-5 كفاءة الطاقة.....05

4-5 المحافظة على المياه.....05

5-5 تحمل التكاليف.....05

6-المواد البديلة المستخدمة في الخرسانة الخضراء.....05

1-6 الرماد المتطاير 05

2-6 ركام الرماد المتطاير 06

3-6 مخلفات تحطيم الأحجار كركام ناعم.....06

4-6 الركام المصنع من إعادة تدوير الخرسانة أو الأحجار.....07

5-6 مخلفات الرخام كمادة مالئة.....07

6-6 المخلفات البلاستيكية.....07

7-إنتاج الخرسانة الخضراء.....08

8-خصائص الخرسانة الخضراء.....08
1-8 مقاومة الضغط.....08
2-8 قابلية التشغيل 09
3-8 النفاذية.....09
4-8 امتصاص الماء.....10
9-مزايا الخرسانة الخضراء.....10
الخلاصة.....11
الفصل الثاني: المواد المحلية والالياف النباتية
مقدمة.....12
1- المواد المحلية.....12
1-1الطين.....12
a-تعريف.....12
b-مكوناته.....12
c-الخصائص الفيزيائية.....12
d-الخصائص الميكانيكية.....12
e-استخداماته.....13
2-الالياف النباتية.....13
a-تعريف الألياف النباتية.....13
b-أقسام الألياف النباتية.....13
3-دراسات سابقة حول الالياف النباتية.....14
4-اختيار المـــــادة.....15
5-استخدامات سعف النخيل.....17
1-5 استخدامات سعف النخيل اليابس.....17
2-5 استخدامات سعف النخيل الأخضر.....17
الخلاصة.....18
الفصل الثالث: المواد المستعملة وتركيبة الخرسانة
مقدمة.....19
1-خصائص المواد المستعملة.....19
1-1 الإسمنت.....19
2-1 الركام.....19
3-1الماء.....23
4-1 الالياف.....24
1-4-1-خصائص سعف نخيل التمر.....24
2-تركيبة خرسانة الالياف.....24

2-1 تركيبة الخرسانة الشاهدة.....25
2-2 تركيبة خلطة خرسانة سعف النخيل.....28
الخلاصة.....29
الفصل الرابع: طرق العمل والنتائج المخبرية
مقدمة.....30
1-تحضير الألياف (سعف النخيل) 30
2-تركيبة الخرسانة الشاهدة.....31
3-تجربة الهبوط.....31
4-تحضير وحفظ عينات الخرسانة الشاهدة.....33
5-تحضير وحفظ عينات خرسانة الالياف.....33
6-تجربة الانحناء.....34
7-نتائج تجربة الانحناء.....36
8-مناقشة نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة المدعمة بالألياف.....36
الخلاصة.....37

قـائمة الأشكال

الشكل (I-1) مقاومة الضغط.....08
الشكل (I-2) قابلية تشغيل.....09
الشكل (I-3) النفاذية.....09
الشكل (I-4) امتصاص الماء.....10
الشكل (II-1) مركبات نخلة التمر.....16
الشكل (II-2) مكونات الجريدة.....17
الشكل (III-1) التحليل الحبيبي للرمل والحصى.....21
الشكل (III-2) تغيرات التشغيل بدلالة النسبة S/G للخرسانة الشاهدة.....27
الشكل (VI-1) سعف نخيل التمر.....30
الشكل (VI-2) قالب اختبار الهبوط.....31
الشكل (VI-3) كيفية رفع القالب.....32
الشكل (VI-4) قياس مقدار الهبوط.....32
الشكل (VI-5) تحضير عينات خرسانة الالياف.....34
الشكل (VI-6) جهاز تجربة الانحناء.....36
الشكل (VI-7) شكل الرافدة في تجربة الانحناء (التحميل في نقطتين) 36

قائمة الجداول

جدول (II-1) الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لبعض الالياف النباتية.....14
جدول (III-1) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للرمل.....20
جدول (III-2) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للحصى.....20
جدول (III-3) نتائج تجربة مكافئ الرمل المستعمل.....22
جدول (III-4) يوضح الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لسعف نخيل التمر.....24
الجدول (III-5) قيمة معامل الحبيبية.....25
جدول (III-6) حجوم وكتل مكونات الخرسانة الشاهدة.....26
جدول (III-7) تغيرات تركيبة الخرسانة بدلالة S/G.....27
جدول (III-8) قيم مكونات خرسانة الالياف.....28
جدول (III-9) يوضح تركيبة الخرسانة الشاهدة المعتمدة.....28
الجدول (VI-1) تغير مقدار الهبوط بدلالة S/G.....33
الجدول (IV-2) نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة الشاهدة وخرسانة الالياف.....36

ملخص

المركبات الاسمنتية مواد هشة بحكم ضعف مقاومتها لقوى الشد وبإضافة ألياف موزعة بشكل عشوائي أو منظمة يمكن أن تحسن كثيرا من مقاومتها ضد التشققات. كما أن ادخال الالياف الى الخرسانة يؤدي الى خلل في الهيكل الحبيبي مما ينتج عنه مشاكل في تحضير الخليط نتيجة نقصان التشغيل الذي يؤدي بالضرورة الى صعوبات أثناء استعمال الخليط. لهذا يجب أن تكون الدراسة لهذه المركبات دراسة محكمة وجيدة.

إن الهدف الرئيس من عملنا هذا يتمثل في المساهمة في تثمين سعف نخيل التمر المتواجد بكثرة بمنطقة الواحات وذألك بإدخالها في مجال الانشاءات بطريقة علمية وبالضبط في الخرسانة الخضراء.

نهتم في دراستنا هذه بكيفية الحصول على الخليط الأمثل من حيث التشغيل من جهة ومن حيث الخصائص الميكانيكية (مقاومة الانحناء) من جهة أخرى. آخذين بعين الاعتبار معظم العوامل التي يمكن أن تؤثر على هذه الخصائص مثل: نسبة الالياف.

الكلمات المفتاحية: خرسانة، خرسانة خضراء، إسمنت، سعف النخيل، مقاومة الشد، مواد محلية.

RESUME

Les matrices de ciment sont des matériaux fragiles en raison de leur faible résistance à la traction, l'addition des fibres distribuées de manière aléatoire ou organisé peut améliorer considérablement leur résistance à la traction (fissuration).

Cependant, l’addition dans le béton ordinaire entraîne un défaut dans la structure des particules, ce qui pose des problèmes de la maniabilité du mélange, ce qui génère des difficultés lors de l'utilisation du mélange. Par conséquent, l'étude de ces composés devrait être bien étudiée.

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à la valorisation feuilles de palmier dattier, abondants et peu couteux dans la région des oasis, et de les introduire dans le domaine de la construction de manière scientifique, notamment dans le béton vert.

Nous étudierons dans ce travail, la méthode d'obtention d’une composition optimale, à partir d'une bonne ouvrabilité d'une part et une meilleure performance mécanique (résistance de flexion) d’autre part, en tenant compte les différents facteurs influençant sur cette composition tel que : le pourcentage des fibres.

Mots clés : Béton, béton vert, ciment, feuilles de palme, résistance à la traction, matériaux locaux.

المقدمة العامة

الخرسانة تبقى المادة الأكثر استعمالا منذ القدم وهذا في الظروف الطبيعية والعادية، لما تمتاز به من تكاليف غير باهظة وسهولة صبها في القوالب ومقاومتها للانضغاط، إلا أنها تتصف ببعض المساوئ كضعفها لقوى الشد والتشققات ومتطلبات المواد اللازمة لإنتاج الخرسانة التي يأتي على إثرها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ومع متطلبات التنمية المستدامة تبين أن الخرسانة ليست صديقة للبيئة.

على إثر ما ذكرنا جاء مفهوم الخرسانة الخضراء "الصديقة للبيئة" وهذا للسماح بنمو البنية التحتية للمدن دون زيادة انبعاثات ثاني اكسيد الكربون وهذا بالحد من استعمال بعض المكونات للخرسانة وتعويضها بمواد أخرى تؤدي نفس الدور.
من بين الحلول التي لجأ إليها العلماء والباحثون لتحسين خصائص الخرسانة هو إضافة محسنات كيميائية، ومن بعدها ظهرت فكرة تعزيز الخرسانة بالألياف المعدنية والزجاجية والكربونية لتحسين قوى الشد وتجنب التشققات، لكن هذه الألياف باهظة الثمن بالإضافة الى الأضرار التي تلحقها بصحة الإنسان والمحيط بحد ذاته.

وللحفاظ على المحيط البيئي واستغلال ثروات الطبيعة اقترح تعزيز بالألياف الطبيعية لتحسين سلوكها الميكانيكي وهذه الألياف بأصنافها يختلف مدى تأثيرها الايجابي على الخرسانة.

ونظرا للطبيعة الصحراوية المناخ الحار والجاف الغالب على منطقتنا وحسب الدراسات السابقة التي بينت ضعف الخرسانة في هذه الأجواء، جاءت فكرة تعزيز الخرسانة بألياف ورقية وهي سعف نخيل التمر لتثمين الثروة النباتية الهائلة التي تتميز بها منطقة وادي سوف. فما هو مدى تأثير هذه الألياف في المساهمة في دراسة الخرسانة الخضراء اعتمادا على المواد المحلية؟
وعليه في بحثنا هذا حاولنا المشاركة في الاجابة على السؤال السابق وذألك باستغلال سعف نخيل التمر الاخضر كتعزيز في نسيج خرساني ودراسة مقاومتها للانحناء أحد الخصائص الميكانيكية.
وقد قسمنا دراستنا هذه الى اربعة فصول متتالية:

- الفصل الأول: تعرضنا لبعض مفاهيم الخرسانة والخرسانة الخضراء اضافة الى خصائص كل منهما.
- الفصل الثاني: قمنا بذكر مختلف انواع المواد المحلية والالياف النباتية مع المرور على خصائصها، اضافة الى شرح نتائج بعض الدراسات السابقة وفي الاخير تطرقنا الى اختيار المادة المحلية المراد استعمالها في دراستنا.
- الفصل الثالث: قمنا ببعض التجارب قصد تحديد معظم الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للمواد المستعملة من أجل تحظير المركب الخرساني الأمثل، كما درسنا تركيبة الخرسانة الشاهدة وخرسانة الالياف.
- الفصل الرابع: قمنا بشرح طريقة عمل التجارب على الخرسانة الشاهدة وخرسانة الالياف اضافة الى تحليل نتائج التجارب المخبرية التي من خلالها درسنا السلوك الميكانيكي لخرسانة الالياف بدلالة كمية الالياف وبذلك تم تحديد الكمية المثلى.

وفي الاخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة سعف نخيل التمر وذلك اعتمادا على النتائج المتحصل عليها.

الفصل الاول

عموميات حول الخرسانة والخرسانة الخضراء

مقدمة:

الخرسانة هي عبارة عن مركب غير متجانس إسمنت وركام وماء وإضافات في بعض الأحيان، كما أنها مادة عصرية تمتلك العديد من الخصائص التي تضمن لها حصة كبيرة في مجال الإنشاءات لحد الآن، ذلك لأنها اقتصادية الثمن، سهلة الصب في القوالب، ذات مقاومة جيدة للحريق وقوى الضغط .لكن مقاومتها لقوى الشد نسبيا ضعيفة مقارنة بمقاومتها لقوى الضغط مما جعلها سهلة الانكسار وقابلة للتشققات لهذا تم اختراع الخرسانة المسلحة سنة 1784م، من خلال تسليحها بقضبان فولاذية لرفع مقاومتها لقوى الشد والحد من التشققات وانتشارها .هذا الحل ليس دائما قابل للتطبيق وخاصة في حالة القطع التي لها سمك صغير، لهذا أكتشف حلا تكنولوجيا آخر أشتمل على إدماج ألياف ذات طبيعة مختلفة، وتوزيعها جيدا في الخرسانة [6].

1- خواص الخرسانة:

1-1 قوام الخرسانة:

يقصد بقوام الخرسانة الطازجة درجة تبللها، ويعبر عن السيولة النسبية للخرسانة كما انه يبين النسبة بين كمية ماء الخلطة وكمية المواد الجافة بالخرسانة [5]، ويمكن تعيين قوام الخرسانة بإحدى الاختبارات التالية:

- اختبار الهبوط.
- اختبار الانسياب.
- اختبار كرة الاختراق (كيلي).

2-1 قابلية التشغيل:

وهي خاصية الخرسانة الطازجة التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية، كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للانفصال الحبيبي [5]، وتقاس خاصية القابلية للتشغيل للخرسانة بالاختبارات التالية:

- اختبار معامل الدمك.
- اختبار فيبي Vebé.

3-1 محتوى الفراغات الهوائية:

تؤثر نسبة الفراغات في الخرسانة الطازجة بعد دمكها على خواص الخرسانة بعد تصلدها فكلما زادت الفراغات في الخرسانة زاد تسرب المياه خلالها وضعفت مقاومتها للضغط.

ويستعمل لذألك جهاز لقياس نسبة الهواء عن طريق الضغط بالاعتماد على قانون بويل للغازات المثالية، وعموما يجب ألا تزيد نسبة الفراغات في الخرسانة الطازجة عن 7% [5].

1-4 نزوح الماء (النضح):

يميل الماء في الخلطات الخرسانية الطازجة الى الارتفاع الى السطح، ويحدث هذا نتيجة عدم قدرة مواد الخرسانة على الحفاظ على ماء الخلط المنتشر خلال الخرسانة، ونتيجة لذلك يصبح الجزء الأعلى من الكتلة الخرسانية أكثر رطوبة مما يجعله أكثر مسامية وضعيفا ويلزم تصميم الخلطة الخرسانية لمنع نزح الماء منها بعدم استخدام كميات مياه أكثر واللجوء الى مواد مضافة [5].

1-5 الانفصال الحبيبي:

وهو انفصال بين الحبيبات الخشنة التي تنزل الى أسفل والحبيبات الناعمة التي تطفو على السطح، ولابد من العمل على عدم حصول الانفصال الحبيبي لما له من سلبيات كبيرة على خواص الخرسانة وديمومتها [5].

1-6 مقاومة الضغط:

ان مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلدة على الاطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، بحيث يتم قياس مقاومة الضغط عن طريق تجربة الانضغاط على عينات اسطوانية أو مكعبة يتم ملأها من مكان صب الخرسانة الطازجة أو قوالب منزوعة من عناصر انشائية خرسانية متصلدة، كما ترتبط مقاومة الخرسانة للانضغاط بعدة عوامل منها (كتل وخصائص المكونات، ظروف التجربة، المعالجة، طريقة التنفيذ ...الخ).

1-7 مقاومة الشد:

الخرسانة العادية (بدون تسليح) لا تقاوم قوى الشد المباشر حيث أن مقومتها للشد صغير بالنسبة لمقاومتها للضغط، كما تكمن اهمية الشد في عدم حدوث تشققات وتتراوح مقاومة الخرسانة للشد بين 8 و10% من مقاومة الضغط [5]، كما يتم حساب مقاومة الخرسانة للشد عن طريق التجارب التالية:

- اختبار الشد المباشر.
- اختبار الشد غير المباشر.

1-8 مقاومة الانحناء:

وهي مقاومة الشد بسبب الانحناء كما تتراوح مقاومة الانحناء بين 12 و25% من مقاومة الضغط وتزيد عن مقاومة الشد بنسبة 60 الى 100% [5]، ويتم حساب مقاومة الانحناء عمليا في المخبر بتكسير روافد بسيطة في شكل منشورات (d*d*4d) على مساند محملة بقوة مركزة واحدة أو قوتين مركزتين يبتعدان مسافة d.

1-9 مقاومة القص:

تكون مقاومة الخرسانة للقص في حدود 10 الى 12% من مقومة الضغط وهي أكبر من مقاومة الشد بحوالي 20 الى 30 % ونظرا لضعف الخرسانة لإجهادات القص يوضع حديد تسليح عرضي لتحمل تلك الاجهادات والتي تزيد قرب المساند [5].

1-10 مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح:

وهي مقاومة الخرسانة للانزلاق بين قضبان التسليح الملتصقة بها وتحت تأثير الاحمال، كما تنشأ مقاومة التماسك من الالتصاق بي الخرسانة وحديد التسليح، ثم الاحتكاك بينهما، وتتراوح قيمتها من 2,5 الى 4,5 ميغا باسكال للخرسانة ذات المقاومة العادية (25 ميغا باسكال) [5]، كما يتم قياس مقاومة التماسك عن طريق اختبار الاقتلاع.

1-11 نفاذية الخرسانة:

النفاذية هي الخاصية التي بواسطتها يمكن تسرب أي سائل خلال الخرسانة، بحيث يجب تلافيها قدر الامكان خصوصا في المنشآت المائية، كما تتناسب عكسيا مع كثافة الخرسانة، يتم قياسها عن طريق تجربة النفاذية (حساب معامل النفاذية).

2- محاسن الخرسانة:

للخرسانة محاسن عديدة نذكر منها:

- مقاومة الضغط.
- مقاومة الحرائق.
- مقاومة الصدمات.
- حمل الاثقال.
- اقتصادية مقارنة ببعض المواد.

3- مساوئ الخرسانة:

للخرسانة مساوئ عديدة نذكر منها:

- ضعف مقاومة الشد.
- ضعف مقاومة الانحناء.
- ضعف مقاومة القص.
- ثقلها الكبير.
- تشويه البيئة خلال البناء والهدم.
- تطلب كميات هائلة من المواد.
- صعوبة التعديل بعد الصب.
- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة أثناء انتاج الاسمنت.
- زيادة احتياجات الطاقة واستهلاك الماء.

4- الخرسانة الخضراء:

إن تأثير عدة خصائص للخرسانة في الانطباع العام جعل منها غير صديقة للبيئة بشكل خاص أو ليست متوافقة مع متطلبات التنمية المستدامة، من هذا المنطلق جاء مفهوم الخرسانة الصديقة للبيئة "الخضراء" سنة 1998 م في الدنمارك من قبل مركز الهياكل الخرسانية، وهذا للسماح بنمو البنية التحتية العالمية دون زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستخدام التصميمات الهيكلية الأكثر احتراما للبيئة.

الخرسانة الخضراء هو مفهوم يعبر عن استخدام مواد صديقة للبيئة في تصنيع الخرسانة، وهذا لجعلها دائمة لفترة أطول كما تستخدم منتجات النفايات كبديل جزئي للإسمنت لتجنب عبء التخلص من النفايات وللتقليل من استهلاك الطاقة أثناء عملية الانتاج [7][8].

5- معايير اختيار المواد / المنتجات البديلة:

1-5 كفاءة الموارد: في الواقع تشتمل كفاءة الموارد على بعض الخصائص مثل [1]:

- المحتوي المُعاد تدويره.
- الموارد طبيعية أم موارد متجددة.
- كفاءة عملية تصنيع الموارد.
- الوفرة المحلية للموارد تجديدها أو إعادة تصنيعها، إعادة الاستخدام أو إعادة التدوير.
- المتانة.

2-5 جودة الهواء في الأماكن المغلقة :يتم تعزيز جودة الهواء في الأماكن المغلقة عن طريق استخدام المواد التي تلبي هذه الخصائص [1]:

- مواد قليلة السموم أو غير سامة.
- الانبعاثات الكيميائية للمواد قليلة.
- مواد مقاومة للرطوبة.
- مواد تحافظ على الصحة.

3-5 كفاءة الطاقة :هي تشير في الأساس إلى الطاقة المُستخدمة في تصنيع الخرسانة، ويفضل أن تتطلب هذه المواد الحد الأدنى من الطاقة خلال فترة تصنيع الخرسانة [1].

4-5 المحافظة على المياه :المواد المُفضلة للاستخدام هي المواد التي تساعدنا وتحافظ على المياه في الاماكن الطبيعية كمواد مُحافظة على الماء خلال فترة التصنيع أو حتى كمُساعد على تقليل استهلاك المياه في مواد البناء [1].

5-5 تحمل التكاليف: يمكن أخذ قدرة تحمل التكاليف بالاعتبار عندما نريد المقارنة بين تكاليف دورة حياة البناء الناتج وبين ما هو مَبنِي بمواد تقليدية، وذلك ضمن نسبة محددة في الميزانية العامة الخاصة بالمشروع [1].

6- المواد البديلة المستخدمة في الخرسانة الخضراء:

1-6 الرماد المتطاير:

الرماد المتطاير هو عبارة عن مسحوق ناعم جداً يميل إلى السفر بعيداً في الهواء .ومن المعروف أنه يلوث الهواء والماء ويسبب مشاكل في الجهاز التنفسي عند استنشاقه عندما لا يتم التخلص منه بشكل صحيح؛ وعند استقراره على أوراق الشجر والمحاصيل في الحقول المحيطة بمحطات توليد الكهرباء، فإنه يقلل من الانتاج الزراعي.

عند احتراق مسحوق الفحم لتوليد الحرارة، فإن رواسب الاحتراق تحتوي على 80 % من الرماد المتطاير و 20 % من الرماد المُتبقي بالقاع، كما يتدرج لون الرماد المتطاير المُتولد من محطات توليد الكهرباء من الرمادي الخفيف إلي المتوسط ويأخذ مظهر المسحوق الإسمنتي [1].

ان استخدام الرماد المتطاير للخرسانة بدلاً من خرسانة الإسمنت البورتلاندي لن يُتيح فقط التوفير الكبير في استهلاك الإسمنت والطاقة، ولكنه أيضاً يوفر اقتصادياً .ولاستخدام الرماد المتطاير عدة مزايا .نظرياً، يمكن استخدام الرماد المتطاير بنسبة 100 % عوضاً عن الإسمنت البورتلاندي، ولكن إذا زادت نسبة الاستبدال عن 80% فإنه نحتاج عموماً إلي منشط كيميائي .لذلك فقد وجدت الدراسات أن نسبة الاستبدال المثلى حوالي .30% علاوة على ذلك فإن الرماد المتطاير قادر على تحسين خصائص معينة في الخرسانة مثل المتانة، ذلك لأنها تُولّد حرارة أقل أثناء التفاعل، فهي مناسبة تماماً لتطبيقات الخرسانية الكتلية التي تحتاج لاستخدام كميات كبيرة من الخرسانة.

استخدام الرماد المتطاير في الخرسانة بالنسبة المثالية المذكورة سابقاً يُحسن من أداء الخرسانة في كلا حالتيها، الحالة الطازجة والحالة الصلبة .فهو يرفع من قابلية التشغيل للخرسانة اللدنة، ويزيد المقاومة والمتانة للخرسانة المتصلبة.

2-6 ركام الرماد المتطاير:

يُمكن انتاج العديد من ركام الخرسانة الخفيف الوزن باستخدام الرماد المتطاير .بالإضافة إلى استخدام الرماد المتواجد في قاع الفرن في عملية تصنيع الخرسانة، فإن حبيبات الرماد المتطاير يُمكن أن ترتبط كيميائياً أو بالانصهار الحراري عن طريق استخدام الإسمنت أو الكلس، فهذه المواد لديها العديد من الخصائص المرغوبة [1].

في منتصف التسعينيات من القرن الماضي أُجريت دراسة عن انتاج ركام الرماد المتطاير، ودُرِسَ استخدام هذا الركام في انتاج الخرسانة .حيث يتم نقل وحرق الرماد المتطاير على درجة معينة من الحرارة لإنتاج ركام صناعي ناعم وخشن، ويتراوح الثقل النوعي لهذا الركام من 1.47 - 1.2 ، وكثافته الظاهرية من 650 الى 790 كغ/م^3 ،كما أن نسبة امتصاصه عالية جدا من 16 -24,8 % هذه الخصائص تظهر لنا نتائج ايجابية للغاية عند استخدام الرماد المتطاير كركام.

3-6 مخلفات تحطيم الأحجار كركام ناعم:

يُمكن تعريف غبار المحجر (مقالع أو كسارات الحجارة) على أنه رواسب أو مخلفات أو غيرها من النفايات غير القيمة الموجودة بعد استخراج ومعالجة الصخور لتُشكل حبيبات ناعمة ذات قطر أقل من 4.75 مم .حيث يظهر غبار المحجر عند تكسير الركام الخشن، ويحتوي على حبيبات خشنة وزاوية وحادة مما يؤدي لاكتساب مقاومة جيدة نظراً لقوة التماسك والإحكام [1].

إن استخدام مواد بديلة للرمل في أعمال البناء يحتاج للعناية بما يتعلق بتوفرها وتطبيقاتها .وقد يؤدي استخدام غبار المحجر في بعض الأحيان إلي زيادة كمية الإسمنت المطلوبة للحفاظ على قابلية التشغيل.

وبالمقارنة مع الخرسانة العادية، فقد أثبتت التجارب أن خرسانة غبار المحجر أفضل في مقاومة الأحماض والكبريتات كما أن لديها نفاذية أقل .ومع ذلك فإن درجة امتصاص الماء في خرسانة غبار المحجر أعلى قليلاً من الخرسانة العادية.

يعتبر استخدام رمال المحجر محدود عموماً نظراً للحجم الكبير للإسمنت المطلوب لتحقيق قابلية تشغيل كافية للخرسانة . وتعتمد كمية المحتوي الإضافي للعجينة الإسمنتية على الشكل وخشونة السطح والتدريج ومحتوي الغبار في الرمل .ويتسبب

زيادة مياه الخلط في الخلطات الخرسانية بحدوث آثار سلبية على شكل وملمس رمال المحجر؛ ولحل هذه المشكلة يمكننا تقليل نسبة مياه الخلط باستخدام الإضافات المقللة للمياه على مدي واسع أيضاً .ولكن هذه العلاجات تُزيد من تكلفة البناء.

4-6 الركام المصنع من إعادة تدوير الخرسانة أو الأحجار:

الركام الخشن المُصنَّع والمُعاد تدويره هو عبارة عن ركام متدرج يتم إنتاجه من مخلفات خرسانية نظيفة ومُصنفة، ويتم تصنيعه في العادة من أجل استخدامه في طبقات الرصف الطرقي .ويمكن أن تحتوي هذه المادة على كميات صغيرة من الطوب أو الزلط أو الحجارة المكسرة أو أي أشكال أخرى كخليط من المواد الحجرية .ويمكن أن يرجع مصدر الركام الناعم الناتج من عملية إعادة التدوير إلي الحبيبات الناعمة الناتجة عن الخرسانة المكسرة؛ كما يمكن للشكل والتدرج والكميات المفرطة من الحبيبات الناعمة أن تؤثر على قابلية التشغيل للخرسانة ونسبة الماء فيها وشكلها النهائي وحساسيتها للشروخات اللدنة [1].

ويمكن أن يستخدم الرمل المُصنع ليحل محل نسبة كبيرة من الرمل الطبيعي مع عدم وجود أضرار كبيرة على أداء المنتجات الأساسية الداخلة في صناعة الأسمنت.

5-6 مخلفات الرخام كمادة مالئة:

منذ العصور القديمة وحتى الآن يعتبر الرخام شائع الاستخدام كمادة من مواد البناء .ولكن التخلص من المخلفات في صناعة الرخام- وهي عبارة عن مساحيق ناعمة جداً -يعتبر واحد من المشاكل البيئية في جميع أنحاء العالم اليوم .ومع ذلك يمكن استخدام هذه المخلفات بطريقة ناجحة واقتصادية من أجل تحسين بعض الخصائص في الخرسانة الطازجة والمتصلبة وبعض خصائص المونة الإسمنتية.

6-6 المخلفات البلاستيكية:

البلاستيك عبارة عن مادة تم تطويرها من اجل استخدامها في تطبيقات مختلفة لكن للأسف فإن هذه المادة المرنة والقوية غير قابلة للتحلل مما يجعل من طرق التخلص منها تهديد على البيئة.

يمكن فصل البلاستيك إلى نوعين :

النوع الأول هو البلاستيك الحراري، وهو الذي يمكن صهره وإعادة تدويره أثناء صناعة البلاستيك.

النوع الثاني هو البلاستيك اللاحراري :هذا النوع لا يمكن صهره بالحرارة لأن السلاسل الكيميائية مرتبطة بإحكام مع بعضها البعض بروابط شبكية .وفي الوقت الحاضر هذه المخلفات البلاستيكية يتم التخلص منها عن طريق حرقها أو دفنه ومع ذلك فإن هذه العمليات تظل مكلفة.

فحص العالم Rebeiz عام 1996 خصائص المقاومة لبوليمرات الخرسانة المسلحة والخرسانة غير المسلحة باستخدام راتينج البوليستر غير المشبع على أساس إعادة تدوير مخلفات بلاستيك، حيث أظهرت النتائج استخدامها في انتاج خرسانة سابقة الصب ذات جودة جيدة.

7- إنتاج الخرسانة الخضراء:

ثلاث طرق مختلفة لإنتاج الخرسانة الخضراء:

- خرسانة مع الحد الأدنى من محتوى الكلنكر.
- خرسانة مع الإسمنت والمجلدات الخضراء.
- خرسانة مع المنتجات غير العضوية المتبقية.

8- خصائص الخرسانة الخضراء:

8-1 مقاومة الضغط:

MIX	Average In	Compressive N/mm^2	Strength	Average Strength	Split In	Tensile N/mm^2
	3 Days	7 Days	28 Days	3 Days	7 Days	28 Days
MIX A	15.45	18.33	36.85	2.40	2.60	4.62
MIX B	13.54	19.52	40.35	2.15	2.98	5.02

الشكل (I-1) مقاومة الضغط [8]

2-8 قابلية التشغيل :

MIX	Slump in mm	Slump flow in mm	V-funnel time in sec
MIX A	210	420	23
MIX B	255	657	14

الشكل (I-2) قابلية تشغيل [8]

3-8 النفاذية:

MIX	Impermeable Pressure(MPa)	Description	Depth Of	Penetration
			Min(in cm)	Max(in cm)
MIX A	2.0	No leakage found	3.50	14.20
MIX B	2.0	No leakage found	3.30	11.50

الشكل (I-3) النفاذية [8]

4-8 امتصاص الماء:

MIX	% of water absorption after 28 days
MIX A	2.85
MIX B	3.74

الشكل (I-4) امتصاص الماء [8]

9- مزايا الخرسانة الخضراء:

- تقلل الوزن الذاتي، كما أنها تقلل من فترة التحميل على الرافعة وذلك لسهولة تنقلها وتميزها بالمرونة في الرفع بسبب وزنها الخفيف.
- مقاومة جيدة للحرارة والحرائق، وعازلة للصوت أكثر من صخور الجرانيت التقليدية.
- تحسن مقاومة التخامد الديناميكي للبناء.
- تقليل انبعاثات ثاني اكسيد الكربون في صناعة الخرسانة بنسبة.30 %
- زيادة استخدام منتجات المخلفات في صناعة الخرسانة بنسبة.20 %
- المساهمة في التنمية الدائمة.
- لا تلوث للبيئة.
- تطلب عمليات صيانة وإصلاحات أقل.
- قابلية للتشغيل أعلى من الخرسانة العادية في بعض الأحيان.
- سلوك مقاومة الضغط للخرسانة الخضراء مع نسبة الماء للإسمنت أفضل من الخرسانة العادية.
- أقل نفاذية مقارنة بالخرسانة التقليدية.
- متانة الخرسانة أعلى من الخرسانة التقليدية.

الخلاصة:

إن الهدف من هذه الدراسة هو تجنب التلوث وإعادة استخدام المواد مرة أخرى .وبالتالي تعتبر الخرسانة الخضراء بديل ممتاز للإسمنت حيث أنها أرخص من حيث التكلفة؛ وتستخدم منتجات المخلفات، وتوفر من الطاقة المُستهلكة في الانتاج، وفوق كل هذا فإن الخرسانة الخضراء لديها مقاومة ومتانة أكبر من الخرسانة العادية.

بالتأكيد ستأخذ هذه التقنية وقتاً حتى تبدأ بالتطبيق الفعلي .وبالنسبة للدول العربية فقد قامت دبي في البدء بتطبيق هذا النظام كجزء من استراتيجيتها لجعلها المدينة خضراء، ويتم استبدال الإسمنت البورتلاندي العادي بمواد إسمنتية أخرى صديقة للبيئة في إطار مبادرة تسهم في تحويل مباني الإمارة إلى خضراء صديقة للبيئة مستقبلاً.

الفصل الثاني

المواد المحلية والألياف النباتية

مقدمة:

لقد ظهرت حاجة الإنسان إلى البناء مند أن خلقه الله سبحانه وتعالى على الأرض وكلفه أن يعمرها فكان بناء مسكن يأويه أول مشروع شيده في ذلك الوقت، ونظرا لنقص الامكانيات أو التقليل منها تحتم على كل فرد استعمال المواد المحلية المتواجدة على مستوى المنطقة التي يقطن بها. من هذا المنطلق سنتطرق في هذا الفصل الى بعض اصناف المواد المحلية والالياف النباتية اضافة الى الدراسات القبلية التي اجريت على هذه الاخيرة لغرض استعمالها في مجال الهندسة المدنية.

1- المواد المحلية:

1-1 الطين:

a. **تعريف**: الطِّين مادة موجودة في معظم أنواع التربة. يصف الجيولوجيون الطين بأنه ذرات (أي جسيمات) صغيرة جدًا من التربة حجمها أقل من أربعة ميكروميترات في القطر، كلمة الطين تعني أيضًا مادة من الأرض مكونة من أنواع معينة من معادن السليكات التي تكسّرت بعوامل التعرية.

وكل حبيبة من حبيبات الطين تتكون من طبقات متراصة من تلك المواد، ويبلغ قطر حبة الطين الناعم 0.002 ملم، أما قطر حبة الطين الخشن فتتراوح (0.02_0.002) ملم، وللطين حالتان، فعندما يكون رطبا يصبح مرنا ونستطيع تشكيله حسب النماذج المرغوبة، وعند تعريضه للشمس أو حرقه عند درجة حرارة عالية ويتبخر الماء يصبح صلبا كالصخور.

b. **مكوناته:** مصطلح الطين العلمي إلى انه خليط من المواد الأرضية التي تتحد مع بعضها طبيعيا لتكون مادة الطين، ويتكون الطين من:

- الألومينا. -السليكا. -الماء.
- اكسيد الحديد. -جير ومغنيسيوم.- مواد عضوية.

c. **الخصائص الفيزيائية:** يتصف الطين بقوامه العجيني اللدن عند تعرضه للماء، ويتحول إلى مادة قاسية عند تعرضه لحرارة عالية. وهذه الميزة تعطيه أهمية صناعية كبيرة، إذ إن خاصة اللدونة تسمح بتشكيله بالشكل المرغوب، ثم يشوى بالنار للحصول على الأدوات الخزفية. كذلك يتصف الطين بمزية التماسك التي تساعد على الحفاظ على شكل العجينة الطينية.

ويتقلص الطين في درجات حرارة عالية تختلف شدتها حسب نوعه، ويعدّ الطين الأقل تقلصاً من أجود الأنواع، وينصهر الطين في درجات حرارة منخفضة نسبياً تراوح بين 1000و 1400 ْ درجة مئوية. يراوح السطح النوعي لطين الكاولين ما بين 10- 20 م2/غ. ويمكن أن تصل إلى 840 م2/غ لطين المونتموريللونيت .

d. **الخصائص الميكانيكية:** يتصف الطين بنفاذيته المنخفضة بسبب صغر مساماته. وتؤثر هذه الصفة مباشرة في سلوكيته إذا ما قدرت بالترب الخشنة أو الرمل ذي النفاذية العالية. لذلك يُلاحظ أن المواضع الجيولوجية الغنية بالمواد الطينية هي ترب بطيئة الانضغاط زمنياً، ويمكن أن يستمر انضغاطها لسنوات عدة، لكنها في الوقت نفسه، تنضغط في نهاية المطاف بنسب كبيرة مما يؤدي إلى هبوطات عالية تُقاس من على سطح الأرض. ومثال على ذلك هبوطات مدينة المكسيك المنشأة على توضع طيني رسوبي من أصل بحيريّ.

كما يتميز الطين مثل غيره من المواد بأن قوامه مرتبط بوزنه الحجمي ونسبة رطوبته. فكلما زاد الوزن الحجمي وانخفضت الرطوبة؛ ارتفعت قيمة مقاومة التربة وأصبح الطين أكثر صلابة.

e. **استخداماته :** يُستخرج الطين من مواضعه على شكل كتل كبيرة تُطحن ثم تُجرى عليها عمليات تنقية لإزالة المواد الخشنة والشوائب الأخرى. ويُعدّ الطين من أقدم المواد الفلزية التي استعملها الإنسان في صناعة أدواته، ويعود تاريخ تصنيع الآجر الناري إلى ما يزيد على 5000 عام وهو يُعدّ ثاني صناعة بعد الزراعة. ويُعدّ الصينيون من أقدم الشعوب التي استخدمت الطين في صناعة الأواني المنزلية الفخارية والخزفية، حيث يُعجن الطين مع نسب معينة من الفلدسبار والكوارتز ليُعطى الشكل المطلوب قبل تجفيفه.

كما يؤدي الطين في التربة دورًا حيويًا في الزراعة. على سبيل المثال، يمتص الطين النشادر وغازات أخرى يتطلبها نمو النبات. كما يساعد التربة أيضًا على الاحتفاظ بالمخصبات التي يعطيها السماد. وبدونه لا يمكن للتربة أن تحتفظ بخصوبتها عامًا تلو عام، وعلى أية حال كمية الطين الزائدة تجعل الأرض جامدة وثقيلة وتمنع حركة الهواء والماء خلال التربة. هناك نوعان عامّان من الطين، كلاهما يتفاعل بطريقة مختلفة حين يمتزج بالماء، الطين القابل للتمدد ينتفخ ويزداد حين يضاف إليه الماء. كما يمكنه امتصاص كمية كبيرة من الماء لدرجة أنه يتحول إلى سائل. أما الطين غير القابل للتمدد، فيصبح لينا طريًا، ولكنه لا يتحول إلى سائل حين يمتزج بالماء. تستخدم صناعة النفط النوع القابل للتمدد عاملاً كيميائيًا في عملية تكرير البترول.

كما يدخل الطين في عديد من الصناعات، مثل صناعات مواد البناء، والمواد العازلة للكهرباء وأدوات التدفئة والتسخين الكهربائية، إضافة إلى أفران الحرارة العالية والصهر. ويستخدم في صناعة الورق والمطاط وتنقية الزيوت والمواد المزيلة لبقع الزيوت. كما يُستخدم طين البنتونيت مع الماء في حفر الآبار لتثبيت التربة من الانهيار.

2- الالياف النباتية:

a. تعريف الألياف النباتية:

هي عبارة عن تراكيب بيولوجية ليفية تتكون من السليلوز والهيمسلولوز واللجنين. في نسبة صغيرة نسبيا من المستخلصات غير النيتروجينية، والمواد البروتينية الخام، والدهون والمواد المعدنية. تعتمد نسب هذه المكونات إلى حد كبير على الأنواع والعمر والأعضاء في النبات، حيث يستعمل هذا النوع من المواد المحلية مع اختلاف اماكنها الاصلية، في تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة وخاصة مقاومتها للشد والتشوه.

b. أقسام الألياف النباتية:

هناك العديد من المعايير في تقسيم الالياف النباتية، نذكر منها:

حسب مصدرها تقسم الى اربعة اقسام (الالياف الورقية، الجذوع، الخشبية والسطحية).

- **الالياف الورقية:** ويتم الحصول عليها من أوراق الاشجار المتناثرة مثل السيزال وسعف نخيل التمر وغيرها، حيث يتم معالجتها وتجفيفها ثم استعمالها، كما أثبتت بعض الدراسات مدى فعالية ذألك.
- **الياف الجذوع:** ويتم الحصول عليها من جذوع النبات كمثال قصبات ديكوني ليدونس وتدعى بنبتات الالياف حيث يوجد الليف تحت اللحاء مباشرة أو القشرة الخارجية للقصبة وتتواجد على شكل حزم تعطي القوة والمتانة الى القصبة، كما توجد ايضا على جذع نخيل التمر، ولها دور كبير في تحسين صلابة الخرسانة.
- **الالياف الخشبية**: يتم الحصول عليها عن طريق طحن الاشجار مثل الخيزران او القصب، وعموما تكون هذه الالياف قصيرة، كما اثبتت الدراسات مدى فعالية هذه الالياف.

- **الالياف السطحية:** وهي عبارة عن القشور التي تحيط بجذور الاشجار خاصة الاشجار المثمرة او اشجار الحبوب، حيث تعتبر هذه الاخيرة الاكثر اهمية في صناعة الالياف السطحية، كما اعطت التجارب التي تم استعمال اشجار القطن وجوز الهند نتائج جيدة للمقاومة ضد الانحناء. [23]

الجدول (II-1) يوضح الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لبعض الالياف النباتية.

جدول (II-1): الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لبعض الالياف النباتية [9] و [10]

الليف	**الكثافة (g /cm3)**	**التشوه (%)**	**مقاومة الشد (MPa)**	**معامل المرونة E** (GPa)
القطن	1.6-1.5	8.0-7.0	587-597	5.5-12.6
الجوت	1.3	1.8-1.5	393-773	26.6
الكتان	1.5	2.7-3.2	345-1035	27.6
القنب	-	1.6	690	-
قنب سيام	-	3.6-3.8	400-938	61.4-128
ليف نخيل التمر	1.08-0.56	7.5-17.4	170-290	2.1-5.25
سعف نخيل التمر	1.2-1	4.5-2	196-97	5.4-2.5

3- دراسات سابقة حول الألياف النباتية:

نظرا لعدة متطلبات (اقتصادية-بيئية-تقنية) ألزم الكثير من الباحثين في مجال الهندسة مدنية اجراء بحوث على العديد من الالياف النباتية عن طريق ادماجها في مركبات خرسانية ودراسة سلوكها الميكانيكي، الريولوجي، الفيزيائي.

- [يحياوي] كشفت من خلال اجراء التحليل الكيميائي على ألياف الديس النباتية، أن هذه الالياف تتألف بشكل رئيسي من السيليلوز، هيمسليلوز البكتين واللجنين، ثم أجرت اختبار على الياف بأطوال مختلفة (20.30، 40، 50، 60، 70.80 و100 مم)، حيث أظهر هذا الاخير أن له سلوك ميكانيكي ضعيف خاصة عند زيادة الطول، ولتحسين هذا السلوك لجأت الباحثة الى معالجة الالياف بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الذي اظهر تحسن كبير في الخواص الميكانيكية، مع جعل الالياف اخف وزنا واكثر مسامية. كما كشفت من خلال اختبار الانحناء على عينات من مركب الاسمنت ومركب الاسمنت مع الياف الديس ان مقاومة الانحناء لمركب (الاسمنت/ 5٪ الياف) تحسنت بـ 37٪ بالنسبة لمركب الاسمنت وحده [11].

- [سليمان] دمج ألياف الاندروجين النباتية في الخرسانة , حيث بدأ باختبار الخواص الميكانيكية (مقاومة الضغط والانحناء) للخرسانة ومقارنتها بالخرسانة المدعمة بالألياف النباتية, من خلال النتائج اتضح أن الخرسانة المرجعية أكثر مقاومة للانحناء والضغط من الخرسانة المدعمة بالألياف, ومع زيادة تركيز الالياف تتناقص مقاومة الخرسانة المدعمة بالألياف تدريجيا, بعدها قام باختبار الخواص الحرارية لكل من الخرسانة والخرسانة المدعمة بالألياف, بعد النتائج تبين أن خرسانة الالياف لديها موصلية حرارية أقل من الخرسانة المرجعية [12].

- [مخلوفي] استعمل في بحثه الياف نخيل الذكار كتعزيز في المادة الخرسانية, بعد إنجاز التجارب الميكانيكية تبين أن الخصائص الميكانيكية للمركب الخرساني تختلف عن بعضها البعض وذألك حسب طول وكمية الالياف المضافة إلا انه لاحظ بأن عملية اضافة الالياف لها فعل ايجابي على مقاومة الانحناء وطاقة الانهيار ولها فعل سلبي بالنسبة لمقاومة الضغط ومعامل المرونة الديناميكي, من جهة أخرى قام الباحث بغسل الالياف بماء الجافيل بتركيز ضعيف مما أدى الى تحسين في الخصائص الميكانيكية للمركب الخرساني, في الاخير قام بدراسة تشوه الانكماش و الزحف الخرساني حيث تبين له أن طول الالياف لا يؤثر كثيرا على انكماش وزحف خرسانة الالياف الا ان الانكماش يتأثر بالنسب المئوية للألياف المستعملة وان احسن نسبة مئوية اعطت اقل انكماش هي 0.3 % التي توافق 6.84 كغ/م^3, كما استنتج أن غسل الالياف لا يؤثر على انكماش وزحف خرسانة الالياف [3].

- [أسيل] قامت بمعالجة كيميائية بمحاليل مختلفة وتركيز ثابت لفترات زمنية مختلفة على سعف نخيل التمر المستخدم في تقوية مادة مركبة، وجدت بعد اجراء التجارب الميكانيكية أن مقاومة الانحناء والطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر تزداد بعد اجراء المعالجة الكيميائية [4].

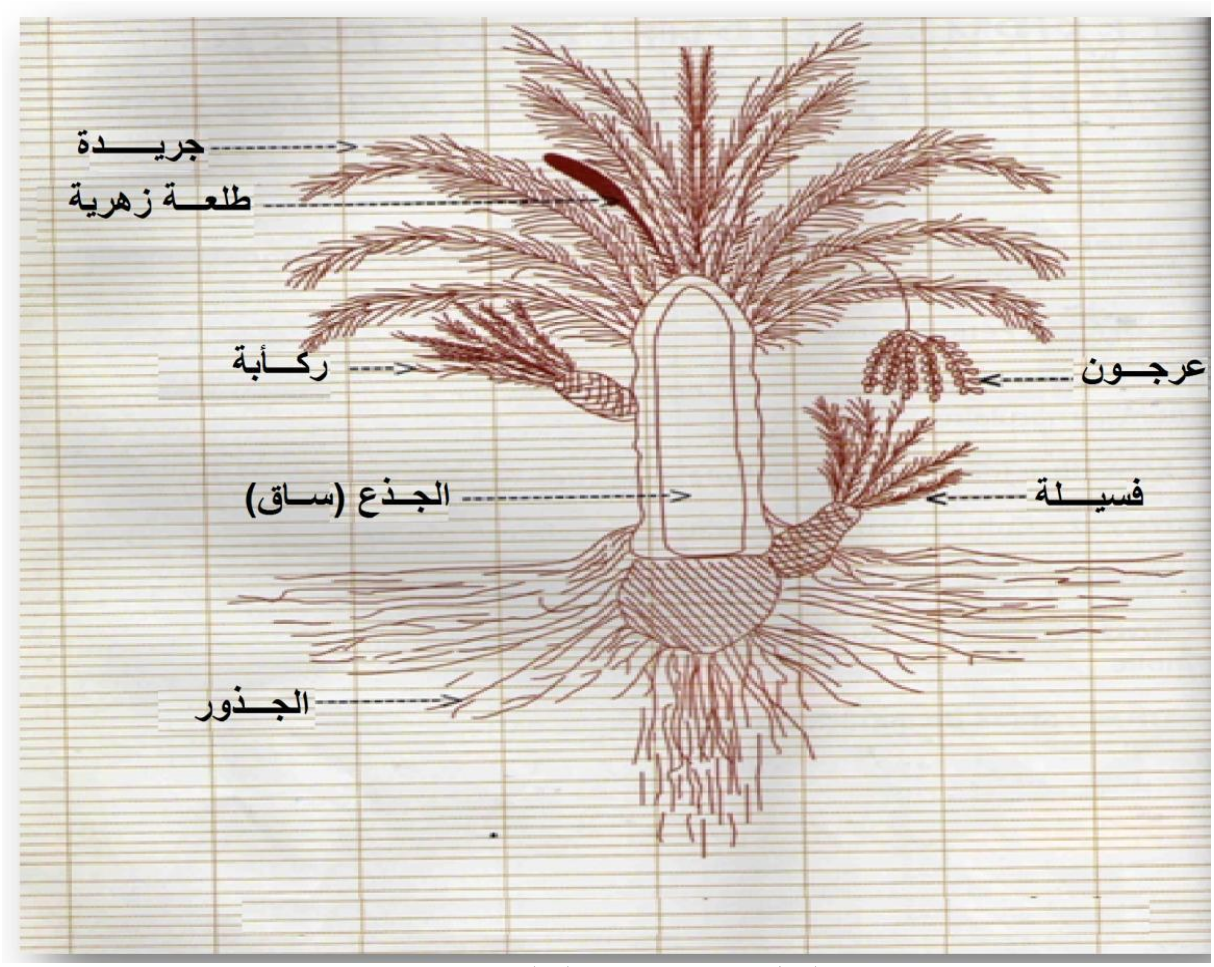
4- اختيار المـــــادة:

تتميز منطقة واد سوف بأحد أنواع النخيل الاكثر انتشارا في آسيا وإفريقيا، وهي نخلة التمر والتي صنفها عالم النبات السويدي (Lenneus) ضمن جنس فينكس (Phoenix) الذي يحوي اربعة عشرة (14) نوع من النخيل.

كما تتركب نخلة التمر من:

- **أعضاء النمو**: تتمثل في البنية الجذرية، الجذع والجريد.
- **أعضاء الإنتاج: تتمثل** في الطلع، العرجون، الثمرة وقمعها.

الشكل (II-1) يوضح مركبات نخلة التمر.



(الشكل II-1): مركبات نخلة التمر [13].

يمكن التنويه الى أنه لا توجد احصائية حديثة ودقيقة عن عدد نخيل التمر في الجزائر، ومع ذألك يمكننا ذكر أرقام واردة في أحد البحوث العلمية، فعلى سبيل المثال ورد ما عدده 17 مليون نخلة في سنة (2011).

استنادا على ما ذكرناه فإن كل جريدة تحوي في المتوسط حوالي 180 سعفة، كما تزن كل سعفة 5 غرام، أما النخلة فتخلف خلال سنة ما يقارب 15 جريدة.

وعليه يمكن تقدير كمية مخلفات النخيل من السعف على المنوال التالي:

0,05*180=0,9 كلغ لكل جريدة.

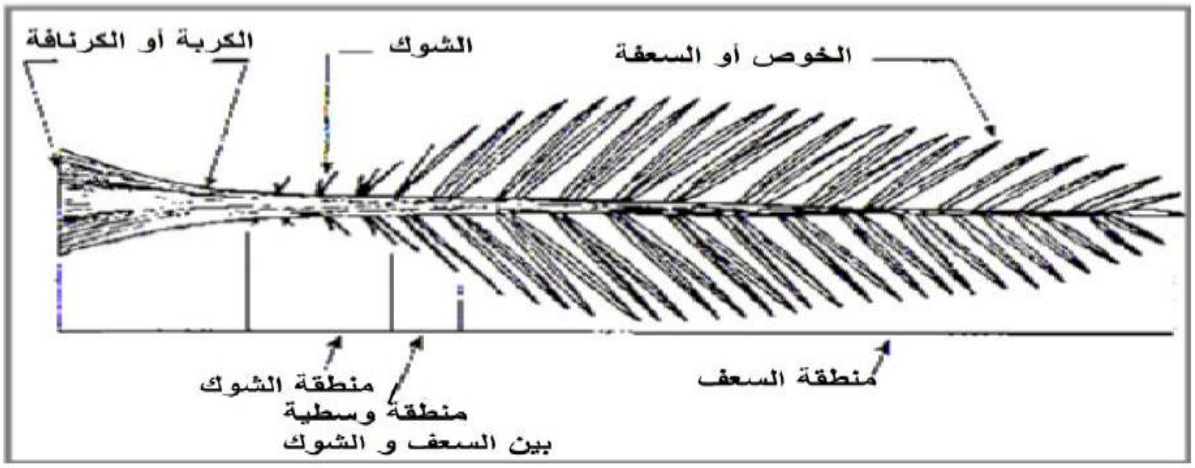
0,9*15=13,5 كلغ لكل نخلة في السنة.

13,5*17000000=229500000 كلغ أو 229 ألف طن سنويا.

من خلال هذا التقدير التقريبي لمخلفات نخيل التمر، قمنا باختيار سعفة جريد نخيل التمر، كمادة مضافة الى الخرسانة.

كما ذكرنا سابقا اقسام الالياف النباتية، فإن السعفة تدخل ضمن الالياف الورقية.

الشكل (II-2) يوضح مكونات الجريدة.



الشكل (II-2): مكونات الجريدة [17]

5- استخدامات سعف النخيل:

على مر التاريخ فإن سعف النخيل يستعمل بشكل واسع سواء كانت اخضر او يابس في العديد من المجالات منها الصناعة التقليدية، الفلاحة، التغذية.....الخ.

5-1 استخدامات سعف النخيل اليابس:

- صناعة السلال والمقاعد وأدوات الزينة والصناديق إضافة إلى صناعة المراوح اليدوية والمكانس، صحون القش وسلال وبذلك فهو يوفر فرص عمل لكثير من الحرفيين من خلال الصناعات العديدة التي يدخل في مجال إنتاجها.
- صناعة سياج الحدائق والغابات وبذلك فهو يعمل على منع الحيوانات من الدخول.
- تغطية سقوف المنازل.
- تغطية الشتلات الصغيرة من الأشعة الحارقة وهبوب الرياح.
- حماية المناطق العمرانية من خطر التصحر.
- تغذية وتسمين الحيوانات خاصة الاغنام وذألك لاحتوائه على البروتينات والسكريات والأملاح.
- وقود لإشعال النار.

5-2 استخدامات سعف النخيل الأخضر:

- علاج أمراض السكري مع ضبط معدل الكوليسترول في الدم فضلا عن دوره في تقوية الذاكرة وزيادة القدرة على التركيز وسرعة البديهة.
- سماد طبيعي يحسن خواص التربة وذلك عن طريق الفرم ثم الوضع في خزانات بهدف تخميره مع القيام برشه بالمياه ومنشط بيولوجي.

الخلاصة:

- وجود عدة أنواع من المواد المحلية (الياف طبيعية، رمل، طين.... الخ) يمكن استغلالها في مجال الانشاء.
- الالياف مستعملة في البناء منذ القدم لكن لاتزال قيد الدراسة حتى يومنا هذا وبالتحديد الالياف النباتية.
- الألياف النباتية يمكن استعمالها كتعزيز للخرسانة وتعطي نتائج جيدة قابلة للمناقشة.
- اضافة الالياف تزيد من مقاومة الانحناء ولكن بالمقابل تقلل من مقاومة الضغط.
- تحسين الخواص الميكانيكية للخرسانة خاصة بالنسبة للدول التي تمتلك ثروة طبيعية هائلة ومن بينها الدول النامية وبشكل أخص بلادنا الجزائر التي تمتلك عدة اصناف من الالياف الطبيعية نذكر منها (الياف الحلفاء، الياف السمار، الياف النخيل، سعف النخيل...الخ).
- طول ونسبة الألياف يؤثران على الخصائص الميكانيكية للخرسانة.

الفصل الثالث

المواد المستعملة وتركيبة الخرسانة

مقدمة:

تعتبر الخرسانة مادة أساسية للإنشاء وهي عبارة عن كتلة غير متجانسة متكونة من خليط الاسمنت والركام بالماء ويعتبر الاسمنت المادة الفعالة في هذا الخليط اذ انه يتفاعل فيزيائيا وكيميائيا مع الماء مكونة مادة لاصقة ثم يكون كتلة صلبة مشابهة للصخور الطبيعية المقاومة للظروف الجوية، نوعية الخرسانة مرهونة أساسا بخصائص وكمية مكوناتها.

في هذا الفصل سوف نتطرق إلى دراسة خصائص مختلف المواد المستعملة، كيفية تركيبة الخلطة الخرسانية والمعايير المرجعية في انجاز التجارب.

1. خصائص المواد المستعملة:

1-1 الإسمنت: الاسمنت المستعمل هو اسمنت متين CEM II/B 42.5N، كما يتميز بالخصائص التالية:

- كتلة حجمية مطلقة ρ_a = 3.1 كغ/ل.
- مقاومة الانضغاط R_{c28}= 42.5 ميغا باسكال.

2-1 الركام:

في هذه الدراسة استعملنا ركام متداول كثيرا في المنطقة، حيث تمثل نسبة الركام (حصى+رمل) حوالي 70% من الحجم الكلي للخرسانة، وحتى يكون لدينا خرسانة جيدة توجب حسن اختيار الخصائص الفيزيائية للركام والتي ندرجها في التجارب التالية:

- تجربة التدرج الحبيبي.
- تجربة مكافئ الرمل.
- تجربة الكتلة الحجمية.
- تجربة نقاوة الحصى.
- تجربة صلابة الحصى.

1-2-1 الرمل:

الرمل المستخدم في رمل المقالع ذو اللون الاصفر المستخرج من منطقة **'جامعة'** ولاية الوادي.

2-2-1 الحصى:

الحصى المستخدم هو عبارة عن حصى مهشم على عدة اقسام (8/3)، (15/8) و(25/15) مستخرج من محجرة بولاية **بسكرة**.

3-2-1 **خصائص الركام المستعمل:**

الركام له تأثير كبير على الخرسانة في كلتا الحالتين الطازجة والصلبة لذا يجب أن يكون ذو خصائص جيدة (التشغيل-الديمومة-المقاومة-غير نفوذه).

1-3-2-1 تجربة التدرج الحبيبي للركام:

الهدف منها هو معرفة ابعاد الركام المستخدم من خلال الغرابيل القياسية كما تعرف هذه التجربة بالمعيار (NF EN 993-1) [15].

جدول (III-1): نتائج تجربة التدرج الحبيبي للرمل:

الغربال (مم)	نسبة المتبقي المجمع (%)	نسبة المار المجمع (%)
5	0.00	100
2.5	2.77	97.23
1,25	7	93
0,63	25	75
0,315	85	15
0,16	95	5
0.08	96.23	3.77

حساب معامل النعومة للرمل يتم وفق العلاقة التالية:

$Mf=\sum Rc/100$ (1-III)

Mf: معامل النعومة

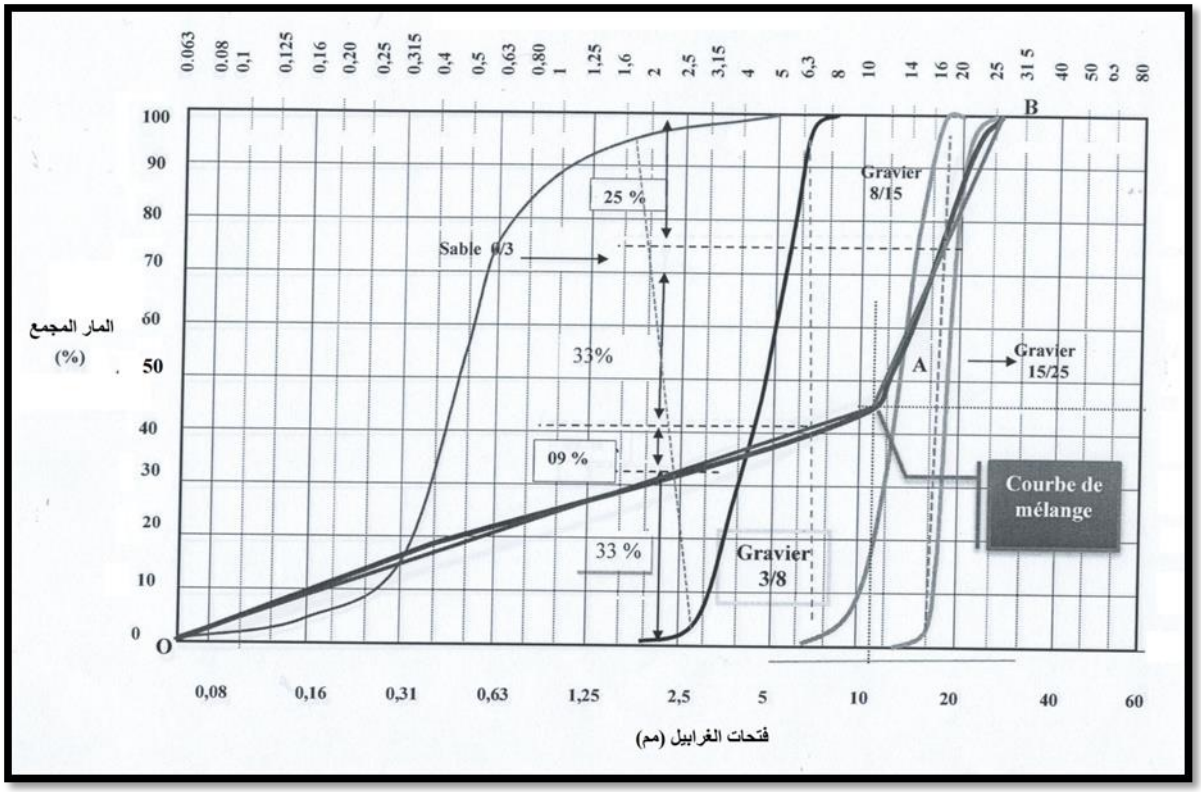
Rc: المتبقي المجمع (%) للغرابيل ذو الفتحات (5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,16).

Mf = 2.14 %

معامل النعومة يساوي ($1,8<MF=2,14<2,2$) اذن الرمل المستعمل رمل ناعم يستعمل في الخرسانة العادية.

جدول (III-2) : نتائج تجربة التدرج الحبيبي للحصى:

الغربـــال (مم)	نسبة المار المجمع (%)		
	حصـــى 8/3	حصـــى 15/8	حصـــى 25/15
31,5	100	100	100
25	100	100	100
20	100	100	85,2
16	100	94,7	5,2
12,5	100	33,5	0,2
10	100	7,9	0,1
8	100	1,9	-
6,3	93	0,26	-
5	59,61	0,16	-
4	30,17	-	-
2,5	1,83	-	-
1,0	1,50	-	-



الشكل (III-1) التحليل الحبيبي للرمل والحصى

1-2-3-2 الكتلة الحجمية للركام:

الهدف منها هو معرفة الاحجام والكتل التي تدخل في تركيبة الخرسانة.

الكتلة الحجمية الظاهرية للركام:

وهي كتلة المادة في حالة الطبيعية مقسومة على وحدة الحجم للحبيبات والفراغات]16[، حيث تحدد بالعلاقة التالية:

$$\rho a = \frac{Mt}{Vt} \qquad (2\text{-III})$$

ρa :الكتلة الحجمية الظاهرية (كغ/م^3).

Mt: الكتلة الكلية للعينة (كغ).

Vt: الحجم الكلي للعينة الحبيبات والفراغات (م^3).

نتائج التجربة لكل العينات للركام كالتالي:

الكتلة الحجمية الظاهرية للرمـــــــــــل : $\rho_{as}=1880\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية للحصـــــى 3/8 : $\rho_{ag\ 3/8}=1575\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية للحصـــى 8/15 : $\rho_{ag\ 8/15}=1580\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى 15/25 : $\rho_{ag\ 15/25}=1585\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية المطلقة للركام:

وهي كتلة المادة في حالة الطبيعية مقسومة على وحدة الحجم بدون فراغات [16]، حيث تحدد بالعلاقة التالية:

$$\rho s = \frac{Ms}{Vs} \qquad (3\text{-III})$$

ρs: الكتلة الحجمية المطلقة (كغ/م^3).

Ms: كتلة الحبيبات الصلبة (كغ).

Vs: حجم الحبيبات الصلبة (م^3).

نتائج التجربة لكل العينات للركام كالتالي:

الكتلة الحجمية المطلقة للرمـــــــــــل : $\rho_{ss}=2600\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية المطلقة للحصـــــى 3/8 : $\rho_{sg\ 3/8}=2582\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية المطلقة للحصـــى 8/15 : $\rho_{sg\ 8/15}=2585\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية المطلقة للحصى 15/25 : $\rho_{sg\ 15/25}=2590\ kg/m^3$

3-3-2-1 تجربة مكافئ الرمل:

هذه التجربة معرفة حسب المعيار NF EN 933-8 [17]، والهدف منها هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل، لمعرفة مدى نقاوته وصلاحية استعماله في الخرسانة، حيث تتم التجربة بوزن كمية معينة من الرمل ووضعها في انبوب اختبار مدرج به محلول لا يتفاعل مع الرمل ثم نقوم برجه في حدود 30 ثانية وفي الأخير ترك الانبوب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة وبعدها نقوم بتعيين مكافئ الرمل [17] [18].

$$ES = \frac{H1}{H2} * 100 \qquad (4\text{-III})$$

H1 : ارتفاع الرمل الصافي (سم).

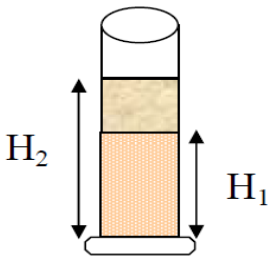
H2: ارتفاع الرمل الصافي زائد الغضار والمواد العالقة (سم).

الارتفاع H1 يقاس بالعين بالنظر او عن طريق المكبس.

نتائج تجربة مكافئ الرمل موضحة في الجدول التالي (III-3)

جدول (III-3): نتائج تجربة مكافئ الرمل المستعمل:

	بدون مكبس	بواسطة المكبس
إرتفاع H_1 بـ (سم)	11.55	10.90
إرتفاع H_2 بـ (سم)	15.40	15.40
مكافيء الرمل ES بـ (%)	75.00	70.8



(ES= 70,8 >70) رمل يحوي نسبة قليلة من الطين، يمكن استعماله في الخرسانة العادية.

4-3-2-1 نقاوة الحصى:

الهدف من هذه التجربة هو تعيين الشوائب العالقة بالحصى ثم استنتاج مدى صلاحيته في الخرسانة ويتم ذلك بأخذ كمية معينة منه في الحالة الجافة وغسلها جيدا بالماء ثم نضعه داخل جهاز التجفيف حتى يجف وفي الأخير نزن العينة ويتم حساب النقاوة بالعلاقة التالي:

$$I_A = ((M_1 - M_2)/M_2) * 100 \qquad (5\text{-III})$$

I_A: نسبة الشوائب بـ (%)

M_1 :كتلة الحصى قبل الغسل بـ (غ)

M_2 :كتلة الحصى بعد الغسل والتجفيف بـ (غ).

قيمة نسبة الشوائب المتحصل عليها هي:

حصـــــى 8/3 : I_A= 0.96 %

حصـــى 15/8 : I_A= 0.85 %

حصى 25/15 : I_A= 0.78 %

من خلال النتائج نلاحظ أن نسبة الشوائب ضئيلة (أقل من 1،5 %) ومنه نجد أن الحصى المستعمل نظيف يصلح استعماله في الخرسانة العادية.

5-3-2-1 تجربة لوس انجلوس:

هذه التجربة معرفة بمعيار NF EN 1097-2 [19] حيث تدرس مدى صلابة الحبيبات و تحملها ومقاومتها للإجهادات، عمليا تنجز التجربة على اقسام (14-12,5-10-1,6 مم) حيث نزن 5 كغ من الحصى ونضعها في اسطوانة معدنية تحتوي على رفوف داخلية مع كريات حديدية (5 كغ)، تدور الكريات 500 دورة حول المحور الافقي للأسطوانة، تفتح الاسطوانة وتفرغ من محتوياتها وتغربل على الغربال 1,6 مم وتغسل المواد المتبقية على الغربال وتجفف العينة في درجة حرارة (110°) حتى يثبت وزنها ونسجل الوزن 'm ، تعطى نسبة لوس انجلس بالعلاقة التالية:

$$L_A = (5000 - m'/5000) * 100 \qquad (6\text{-III})$$

نتائج التجربة لوس انجلوس كانت كالتالي:

L_A(4/10) = 22.87 %

L_A(10/14) = 25.00 %

L_A(14/20) = 23.74 %

من خلال النتائج نلاحظ ان الحصى يصلح استعماله في الخرسانة العادية (LA<25%)

3-1 الماء:

الماء المستعمل في تحضير الخلطة الخرسانية ورشها هو ماء طبيعي لا يحتوي على شوائب ضارة بالخرسانة يتم التزود به من حنفية المخبر، وهو ماء صالح للشرب.

4-1 الالياف:

الالياف المستعملة في هذه الدراسة هي ألياف ورقية تسمى السعف، يتم نزعها من جريد نخيل التمر وهذا النوع من النخيل ينمو في منطقة وادي ريغ.

1-4-1 خصائص سعف نخيل التمر:

خصائص ألياف نخيل التمر المستعملة هي موضحة في الجدول (4-III).

جدول (4-III) : يوضح الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لسعف نخيل التمر[9]

الليف	الكثافة (g/cm^3)	التشوه (%)	مقاومة الشد (MPa)	معامل المرونة E (GPa)
سعف نخيل	1,2-1	4,5-2	196-97	5,4-2,5

2 تركيبة خرسانة الالياف:

تعتمد تركيبة خرسانة الالياف أساسا عن النتائج التجريبية التي تعطينا تركيبات مثلى بدلالة تشغيل ومقاومة جيدة وذا يعود الى وجود طريقة اساسية لتركيب خرسانة الالياف ثم تطويرها من طرف الباحث Rossi انطلاقا من طريقة الباحث Baron Lesage. وتم تحديد التشغيل في دراستنا بواسطة مخروط أبرامس الموافق لهبوط المحصور بين 6 و9 سم الذي يمثل التشغيل المطلوب في ورشات البناء.

1-2 تركيبة الخرسانة الشاهدة:

بالنسبة لتركيبة الخلطة الخرسانية الشاهدة (BT) أتبعنا طريقة (Dreux-Gorisse) وهذا للحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد، لأن زيادة نسبة من الالياف الى الخرسانة تضعف من تشغيلها وذالك بسبب تغير مكونات الخرسانة وامتصاص الألياف لنسبة الماء.

وعليه اتبعنا الخطوات التالية:

افترضنا: تركيز الاسمنت $C=400\ kg/m^3$

الخرسانة لدنة (الهبوط 7 سم)

مقاومة الخرسانة للانضغاط: $f_{c28}= 30\ MPa$

بتطبيق العلاقة التالية:

$$\sigma'_{28}=G*\sigma'_c*(C/E-G) \qquad (7\text{-III})$$

σ'_{28} : مقاومة الانضغاط المتوسطة للخرسانة في اليوم 28

G : معامل الحبيبية (الجدول I-5)

σ'_c : مقاومة الانضغاط المتوسطة للإسمنت

C : كتلة الاسمنت لـ 1 $م^3$ خرسانة

E : كتلة الماء لـ 1 $م^3$ خرسانة

الجدول (III-5) قيمة معامل الحبيبية G

نوعية الركام	البعد D للركام		
	رقيقة (D≤16 mm)	متوسطة (25≤D≤40 mm)	كبيرة (D≥63 mm)
ممتازة	0,55	0,60	0,65
جيدة، عادية	0,45	0,50	0,55
مقبولة	0,35	0,40	0,45

$\sigma'_{28}=1,15*f_{c28} \rightarrow \sigma'_{28}=1,15*30= 34,5$ MPa.

C=400 kg /m^3

σ'_c =40 MPa.

G=0,50

بالتعويض في العلاقة (III-7) نجد:

$34,5=0,50*40*(400/E-0,5) \rightarrow E=179,77 \approx$ **180 kg**

اذن مقدار الماء في الخلطة الخرسانية : **E=180 kg=180 L**

حساب احداثيات المنحنى (OAB) :

النقطة O: (0.0)

النقطة B: (D.100)

النقطة A: (X.Y)

X=D/2=12 ,5

Y=50-√D +k

k=0

Y=50-√25=45

ومنه : احداثيات النقطة A (45.12,5)

رسم الخطوط الفاصلة التي تربط النقاط 5% و 95% من المنحنيات المتعاقبة الشكل (III-1) , النسب المئوية للحجم المطلق لكل نوع من الركام هي كالاتي:

- حصى 25/15..... 25%
- حصى 15/8.....33%
- حصى 8/3.....09%
- رمل 3/0.....33%

تحديد الحجم الكلي للركام:

$V=1000*\gamma_c-c$ (8-III)

حجم الركام لـ 1 م^3: V

معامل التراص: γ_c

حجم الاسمنت: c

لدينا :

$c=C/3,1=400/3,1=129$ L

$\gamma_c=0,815$

بالتعويض في (8-III) نجد :

$V=1000*0,815 -129=$**686 L**

الجدول التالي يوضح لنا حجوم وكتل مكونات الخرسانة الشاهدة لـ 1 م^3:

جدول (6-III): حجوم وكتل مكونات الخرسانة الشاهدة:

مكونات	الكتلة الحجمية (كغ/ل)		الحجم الظاهري (ل)	الحجم المطلق (ل)	الكتلة (كغ)
	الظاهرية	المطلقة			
اسمنت	-	3,1	-	129	400
ماء	1,00	1,00	180	180	180
رمل 3/0	1,88	2,60	313	226,38	588,58
حصى 8/3	1,575	2,582	101,21	61,74	159,41
حصى 15/8	1,580	2,585	370,37	226,38	585,19
حصى 25/15	1,585	2,590	280	171,5	444,18
الكتلة الكلية لـ 1 م^3					2357,36

بعد حساب تركيبة الخلطة الخرسانية الشاهدة, قمنا باتباع طريقة للحصول على تشغيل أمثل وهذا بالتغيير في نسبة S/G .

$M=G+S+C+E$ (III-9)

$G=M-C(1+E/C)/(1+S/G)$

M: الكتلة الكلية للخرسانة الطازجة.

C: كتلة الاسمنت.

G: كتلة الحصى.

S:كتلة الرمل.

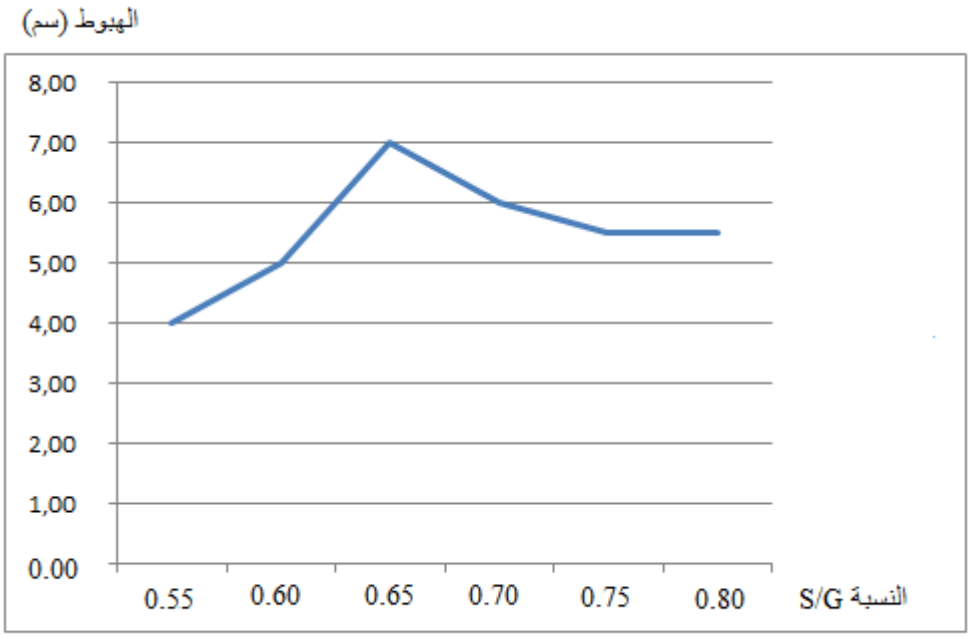
E:كتلة الماء.

في هذه الدراسة وكما ذكرنا سابقا قمنا بتحديد كمية الاسمنت 400 كغ /م3 وذلك لأنها الكمية المستعملة في العديد من منشآت الهندسة المدنية.

- نثبت قيمة E /C في القيمة 0,45.
- نقوم بتغيير النسبة S/Gوذالك حسب ما نصح به قوريس 0.58 <S/G<0.83
- نقيس التشغيل بمخروط ابرامس ونرسم منحنى الهبوط بدلالة S/G أي H=F(S/G)
- نستنتج الخلطة المثلى.

جدول (III-7) تغيرات تركيبة الخرسانة بدلالة S/G

S/G	الرمل	الحصى 8/3	الحصى 15/8	الحصى 25/15	الماء	الاسمنت
0,55	630,68	153,77	564,51	428,40	180	400
0,60	666,51	148,96	546,87	415,01	180	400
0,65	700,17	144,45	530,30	402,44	180	400
0,70	731,85	140,20	514,70	390,60	180	400
0,75	761,73	136,20	500,00	379,44	180	400
0,80	789,94	132,41	486,11	368,90	180	400



الشكل (III-2): تغيرات التشغيل بدلالة النسبة S/G للخرسانة الشاهدة

من خلال المنحنى الموضح في الشكل (III-2)، نلاحظ بأن التشغيل يتغير مع تغير في النسبة S/G. والتركيبة الركامية المفضلة للخرسانة الشاهدة (التي تعطي التشغيل الاقصى) توافق النسبة S/G=0.65

2-2 تركيبة خلطة خرسانة سعف النخيل:

بعد تحديد تركيبة الخرسانة الشاهدة، والتي وافقت التشغيل الاقصى قمنا بإضافة مقادير من سعف النخيل من 1,00 %- 2,00 % بطول 27 سم، وهاته النسبة تكون من حجم الرمل المتواجد بخلطة الخرسانة الشاهدة، والجدول (III-8) يوضح قيم مكونات خرسانة الالياف.

جدول (III-8): قيم مكونات خرسانة الالياف.

طول الالياف (سم)	نسب الالياف	كتلة الماء (كغ)	كتلة الاسمنت (كغ)	كتلة الحصى 8/3 (كغ)	كتلة الحصى 15/8 (كغ)	كتلة الحصى 25/15 (كغ)	كتلة الرمل (كغ)	كتلة الالياف (كغ)	الكتلة الكلية (كغ)
27	% 1	180	400	144,45	530,30	402,44	693,16	2,96	2353,32
27	% 2	180	400	144,45	530,30	402,44	686,16	5,92	2349,28

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ بأن التركيبة الركامية المثلى الموحدة المشتركة بين مختلف الخرسانات المدروسة توافق النسبة المفضلة S/G=0.65.

والجدول (III-9) يوضح تركيبة الخرسانة الشاهدة الموحدة والمعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (III-9): يوضح تركيبة الخرسانة الشاهدة المعتمدة

المواد المستعملة في الخرسانة	الكتلة
الاسمنت	400 (كغ/م^3)
الماء	180 (كغ/م^3)
الرمل	700,17 (كغ/م^3)
الحصى 8/3	144,45 (كغ/م^3)
الحصى 15/8	530,30 (كغ/م^3)
الحصى 25/15	402,44 (كغ/م^3)
المجموع الكلي	2357,36 كغ

الخلاصة:

- الركام المستعمل نوعيته جيدة يمكن استعماله في الخرسانة العادية.
- الاسمنت المستعمل من نوع CPJ, يضمن ديمومة أكثر للخرسانة.
- الماء هو ماء حنفية المخبر صالح للشرب.
- الالياف المستعملة في الدراسة هي سعف جريد النخل المتواجد في منطقة وادي ريغ.
- طريقة تركيبة الخرسانة الشاهد هي طريقة Dreux-Gorisse.
- تركيبة وطريقة خلط الخرسانة المعززة بالألياف تختلف عن الخرسانة الشاهد.

الفصل الرابع

طرق العمل والنتائج المخبرية

مقدمة:

خرسانة الالياف هي مادة مركبة تحتوي على مادتين غير متجانستين هما الخرسانة والالياف، جودة خرسانة الالياف مرتبطة بعدة عوامل هي تركيبة الخرسانة، تركيز الالياف، طول الالياف، وضعية الالياف، ابعاد عينة الاختبار، كيفية وسرعة التحميل عند اجراء الاختبار.

في هذا الفصل سنتطرق بالتفصيل إلى كل طرق العمل على مستوى المخبر من تحضير العينات حتى اجراء التجارب النهائية، مع إعطاء كل الملاحظات والنتائج ومناقشة هذه النتائج للتوصل إلى التفسيرات اللازمة بالنسبة للخرسانة المعززة بسعف نخيل التمر.

1- تحضير الألياف (سعف النخيل):

يتم تحضير سعف النخيل بإتباع المراحل التالية:

- قطع الجريد وهو في حالته الخضراء من النخيل باستعمال أداة خاصة (منجل أو منشار).
- نزع السعف من الجريد باستعمال سكين.
- اختيار السعف ذو الطول الملائم لطول عينات اختبار الانحناء.
- تنظيف السعف من الشوائب والأوساخ بواسطة فرشاة.
- قطع السعف باستعمال مقص إلى قطع بطول محدد.

الشكل (VI-1) سعف نخيل التمر

2- تركيبة الخرسانة الشاهدة:

لقد اتبعنا طريقة Dreux-Gorisse لتحديد تركيبة الخرسانة الشاهدة وذألك كما هو موضح في الفصل السابق، قيمة كتل كل مركبات الخرسانة من أجل 1 م^3 كانت كما يلي:

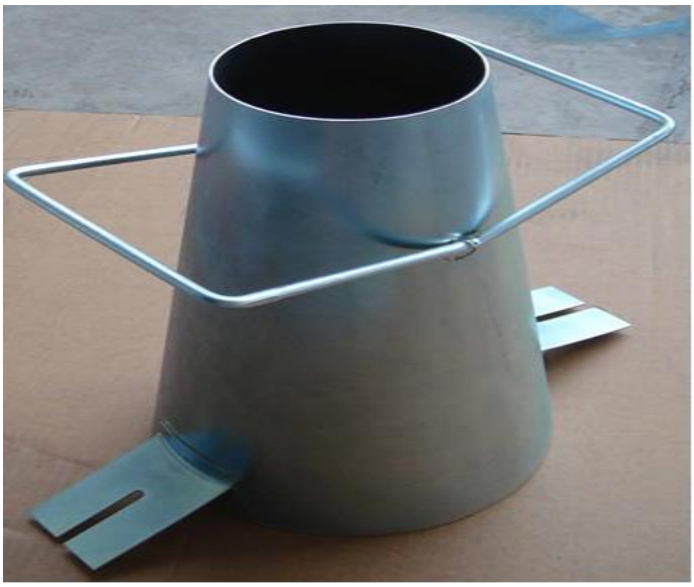
- الاسمنت: 400 كغ.
- الماء: 180 كغ.
- الرمل 3/0: 700,17 كغ.
- الحصى 8/3: 144,45 كغ.
- الحصى 15/8: 530,30 كغ.
- الحصى 25/15: 402,44 كغ.

3- تجربة الهبوط:

هذه التجربة معرفة بمعيار NF EN 12350-2 [20] حيث قمنا بإجراء الاختبار لغرض معرفة قوام الخلطة والهبوط الامثل الذي من خلاله نختار تركيبة الخرسانة الشاهدة.

1-3 أدوات العمل: خلال اجراء الاختبار استعملنا الادوات التالية:

- قالب الاختبار هو عن مخروط ناقص مفرغ ارتفاعه 30 سم وقطره السفلى 20 سم والعلوي 10 سم وسمكه 1,5 مم، الشكل (VI-2).
- قضيب الدمك بقطر 1,6 سم وطول 60 سم.
- مسطرة مدرجة من 0,00 مم حتى 300 مم.
- قاعدة ملساء غير نفوذه للماء.
- وسائل خلط الخرسانة.

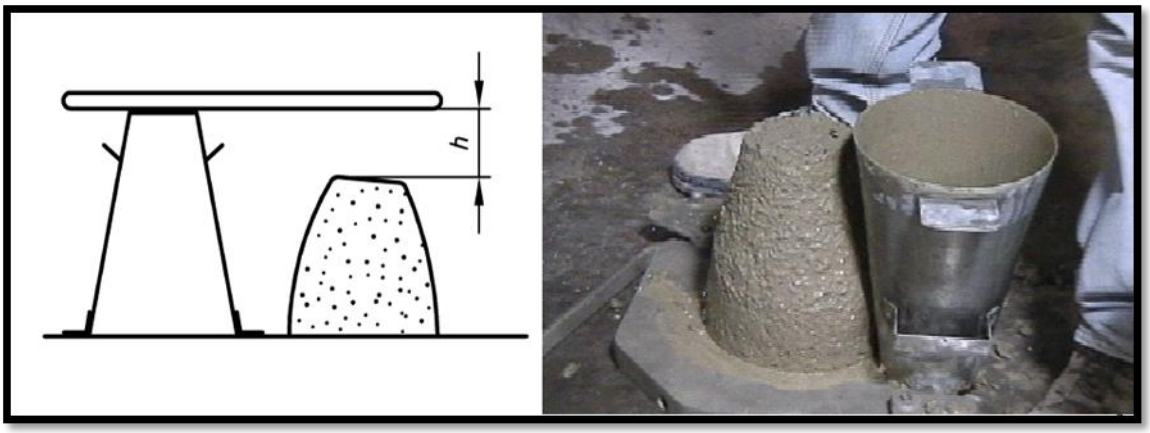


الشكل (VI-2) قالب اختبار الهبوط

2-3 طريقة العمل: الخطوات التالية توضح طريقة عمل تجربة الهبوط التي اجريت على مستوى المخبر:

- وضع القالب بعد تنظيفه جيداً على السطح الأملس ويثبت جيداً.
- وزن كل مركب من مركبات الخرسانة.
- خلط المركبات في اناء كبير مع عدم اضافة الماء.
- اضافة الماء واعادة الخلط مرة اخرى.
- ملأ القالب على ثلاث طبقات ودمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 25 مرة.
- رفع القالب (بعد ضمان استواء سطحه) في اتجاه رأسي ببطء وعناية، الشكل (VI-3).
- قياس مقدار الهبوط بواسط المسطرة وبعد نزع القالب مباشرة، الشكل (VI-4).

الشكل (VI-3) كيفية رفع القالب



الشكل (VI-4) قياس مقدار الهبوط

بعد اجراء الاختبار على العينات الستة المذكورة سابقا في الفصل الثالث نلخص النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي:

الجدول (VI-1) تغير مقدار الهبوط بدلالة S/G

رقم العينة	S/G	الرمل	الحصى 8/3	الحصى 15/8	الحصى 25/15	الماء	الاسمنت	الهبوط (سم)
العينة -1-	0,55	630,68	153,77	564,51	428,40	180	400	**4,00**
العينة -2-	0,60	666,51	148,96	546,87	415,01	180	400	**5,00**
العينة -3-	0,65	700,17	144,45	530,30	402,44	180	400	**7,00**
العينة -4-	0,70	731,85	140,20	514,70	390,60	180	400	**6,00**
العينة -5-	0,75	761,73	136,20	500,00	379,44	180	400	**5,50**
العينة -6-	0,80	789,94	132,41	486,11	368,90	180	400	**5,50**

النتائج المتحصل عليها توضح أن الهبوط الاقصى هو 7 سم، اذن التركيبة المثالية للخرسانة الشاهدة هي العينة رقم 3. وهذا ما ذكرناه مسبقا.

4- تحضير وحفظ عينات الخرسانة الشاهدة:

تحضير عينات الخرسانة الشاهدة كانت وفق منهجية المعيار EN 12390-1 [21]. بعد وزن مكونات الخلطة وفق التركيبة المعتمدة (الجدول III-9) تمت عملية الخلط، ثم ملأ القوالب (7 x7x28) على طبقتين من الخرسانة مع الدمك اليدوي و بعد الاتمام، تم تغطية القوالب بالبلاستيك وحفظت في شروط المخبر (T=30°C) ورطوبة 65% لمدة 24 ساعة، بعدها تم اخراج العينات من القوالب ووزنهم ثم وضعهم في الماء لمدة 28 يوم حتى يوم اجراء تجربة الانحناء.

5- تحضير وحفظ عينات خرسانة الالياف:

تحضير عينات الخرسانة المعززة بالألياف كانت أيضا وفق منهجية المعيار EN 12390-1 [21]. بعد وزن مكونات الخلطة وفق التركيبة المعتمدة (الجدول III-8) تمت عملية الخلط لكل من (الاسمنت-الماء-الرمل –الحصى)، تم ملأ القوالب (7x7x28) على طبقات من الخرسانة مع اضافة الألياف مع الدمك اليدوي الشكل (VI-5) وبعد الاتمام، تم تغطية القوالب بالبلاستيك وحفظت في شروط المخبر (T=30°C) ورطوبة 65% لمدة 24 ساعة، بعدها تم اخراج العينات من القوالب ووزنهم ثم وضعهم في الماء لمدة 28 يوم حتى يوم اجراء تجربة الانحناء.

الشكل (VI-5) تحضير عينات خرسانة الالياف

6- تجربة الانحناء:

تجربة الانحناء ثم تنفيذها على عينات (7x7x28) سم أي لها مقطع مربع (7x7) سم، وتمتلك طول 28 سم، البعد بين المسندين 21 سم، لقد تمت تجربة الانحناء بالتحميل في نقطتين يبعدان بمسافة 7 سم وعلى ألة انحناء من نوع (Matest) و ذألك وفقا للجهاز المبين في الشكل (VI-6) .الجهاز مزود بمسندين متحركين في الأسفل لكي توضع عليهما العينات والجزء العلوي يتحرك نحو الأسفل بواسطة الضغط الهيدروليكي الى غاية أن يلمس العينة وذالك لتقسيمها الى اجزاء ويتم قراءة الحمولة مباشرة من الالة.

الحمولة المطبقة على العينة بطريقة مستمرة مع سرعة تساوي 0,06 ميغا باسكال/ثانية الى غاية الانهيار.

الشكل (VI-6) جهاز تجربة الانحناء

نفذت التجربة وفقا للمعيار NF EN 12390-5 ومقاومة الانحناء تعطى بالعلاقة التالية [22]:

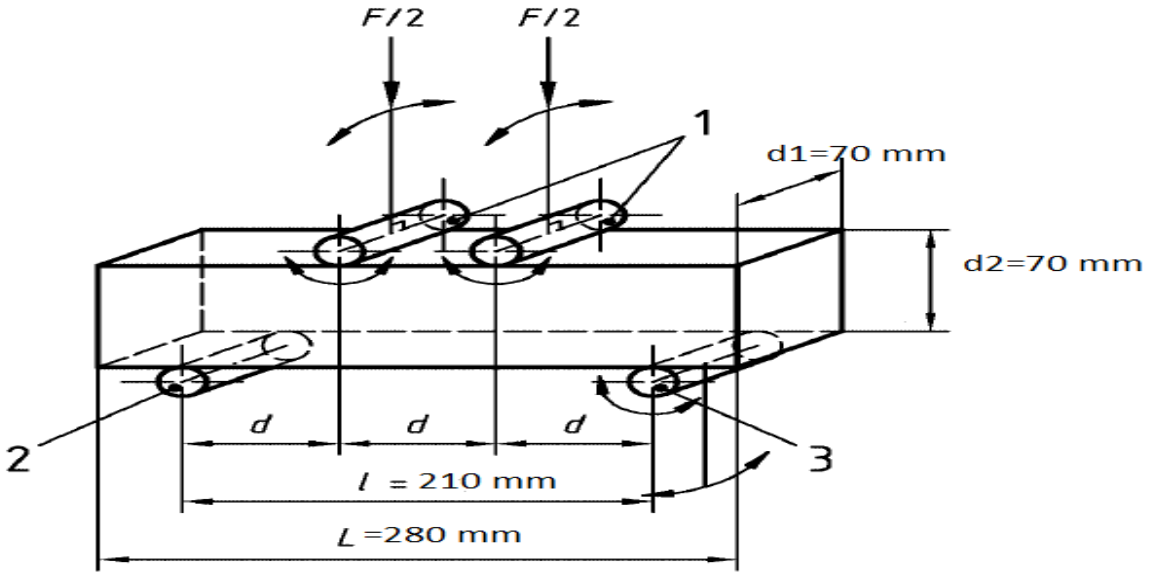
$$f_{cf} = \frac{F \cdot l}{d_1 \cdot d_2^2} \qquad (1\text{-VI})$$

fcf: مقاومة الانحناء بـ ميغا باسكال.

F: الحمولة القصوى بـ نيوتن.

l: البعد بين المسندين بـ ميليمتر.

d1 و d2 الابعاد الجانبية للعينة بـ ميليمتر , الشكل (VI-8)



الشكل (VI-7) شكل الرافدة في تجربة الانحناء (التحميل في نقطتين)

7- نتائج تجربة الانحناء:

الجدول (IV-2) يوضح نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة الشاهدة وخرسانة الالياف:

الجدول (IV-2) نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة الشاهدة وخرسانة الالياف

العينة	رقم العينة	قوة التحميل KN	مقاومة الانحناء MPa	مقاومة الانحناء المتوسطة MPa
الخرسانة الشاهدة	01	5,916	3,622	3,716
الخرسانة الشاهدة	02	6,224	3,811	
خرسانة الالياف (1%)	01	7,042	4,311	3,943
خرسانة الالياف (1% ألياف)	02	5,656	3,463	
خرسانة الالياف (1% ألياف)	03	6,624	4,056	
خرسانة الالياف (2% ألياف)	01	2,512	1,54	1,8
خرسانة الالياف (2% ألياف)	02	3,44	2,11	

8- مناقشة نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة المدعمة بالألياف:

إن الهدف المراد من هذه الدراسة هو معرفة مدى تأثير ألياف سعف نخيل التمر على الخرسانة، وبعد الحصول على النتائج ومقارنتها بعضها مع بعض من جهة ومقارنتها بالخرسانة الشاهدة من جهة اخرى، فإنه وجد ما يلي:

- خرسانة الالياف بتركيز 1% أظهرت نتائج مقبولة لمقاومة الانحناء حيث وصلت نسبة التحسين **11،6%** بالمقارنة بالخرسانة الشاهدة.
- خرسانة الالياف بتركيز 2% أظهرت نتائج غير مقبولة حيث وصلت نسبة الانخفاض 51% بالمقارنة بالخرسانة الشاهدة.

لدراسة هذه النتائج ومن بين ما تبين انه عند تحطيم العينات الشاهدة لاحظنا التحطم المباشر للعينة أما عند تحطيم العينات المحتوية على الالياف لاحظنا قبل الانهيار ظهور تشققات تزداد بزيادة القوة حتى الوصول الى التحطم هذا يعني انا للألياف دور مهم في مقومة الانحناء وضم التشققات، إذ انها تمسك العينة حالة الانهيار وتجعلها مرنة أي لها مجال اضافي لدن قبل تحطمها وهذا راجع الى الارتباط الحاصل بين الخرسانة والالياف من جهة والى مقاومة الالياف للقطع من جهة اخرى، وقد لوحظ انه عند زيادة كمية الالياف بنسبة 1 % فإنه تزداد مقاومة الانحناء للمركب الخرساني، مما يدل على فعالية اضافة الالياف المدروسة في تحسين الخصائص الميكانيكية (مقاومة الانحناء) وهذا عند نسب مثالية (1%).

الخلاصة:

دراسة تأثير كمية الالياف على الخصائص الميكانيكية لخرسانة سعف نخيل التمر بينت ما يلي:

- كمية الالياف تحسن مقاومة الانحناء الى غاية الكمية الكتلية المثلى 1 %.
- مقاومة الانحناء تتناقص بصورة ملحوظة بالنسبة لخرسانة الالياف (تركيز الالياف أكبر من 1 %) مقارنة بالخرسانة الشاهدة.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة تعزيز خرسانة منشآت الهندسة مدنية بألياف نخيل التمر المنتجة محلياً وذلك بعد الاطلاع على الأبحاث التطبيقية التي أنجزت سابقاً من قبل باحثين على خرسانة الألياف النباتية والصناعية التي زودتنا بمعلومات كبيرة على الخصائص الميكانيكية والريولوجية لهذه المركبات الإسمنتية.

كبداية قمنا بإنجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها، فكانت النتائج توحي بأنها حسنة وتعطي خرسانة ذات نوعية جيدة.

الألياف المستعملة كتعزيز هي سعف نخيل التمر في حالته الخضراء المتوفرة بكثرة في منطقتنا وحسب الملاحظات التي تمت بواسطة الميكروسكوب الالكتروني فان لهذه الأخيرة بنية غير بلورية وتملك نفس مكونات الخشب، ويظهر على سطحها بعض التشابكات التي تضمن لها قوة ترابط جيدة مع النسيج الخرساني.

وفي الخطوة الموالية درسنا خصائص الخرسانة الطازجة بعد حساب كميات مركبات الخرسانة الشاهدة، فتحصلنا على النتائج التالية:

مقدارS/G لها تأثير على تشغيل الخرسانة الشاهدة والتركيبة الركامية المفضلة للخرسانة الشاهدة (التي تعطي التشغيل الاقصى) توافق النسبة S/G =0,65 .

عملية إضافة الألياف بكميات مختلفة، والنسبة والتركيبة الحبيبية هذا الذي يؤكد بأن التركيبة الخرسانية الشاهدة تختلف تماماً على تركيبة خرسانة الألياف.

وفي المرحلة الاخيرة قمنا بدراسة السلوك الميكانيكي للخرسانة بعد اضافة كميات مختلف من سعف نخيل التمر فتحصلنا على ما يلي:

- تغير كمية الالياف تؤثر على الخصائص الميكانيكية للمركب الخرساني.
- كمية الالياف التي أعطت قيمة مثلى لمقاومة الانحناء للمركب الخرساني بالمقارنة بالخرسانة الشاهدة هي 1%.
- زيادة كمية الالياف على الكمية المثلى تقلل من مقاومة الانحناء للمركب الخرساني بالمقارنة بالخرسانة الشاهدة.

من خلال هذه النتائج المتحصل عليها، يجعلنا نقترح محاور جديدة للبحث يمكن من خلالها أن يتم استغلال هذه النتائج قصد تطويرها وتحسينها، وهذا بهدف الوصول إلى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية في مجال الإنشاءات في الأجواء الحارة والجافة .والمواضيع المقترحة هي:

- تحسين ديمومة سعف النخيل في الاوساط العدوانية وتأثيرها على الخصائص الميكانيكية والريولوجية للخرسانة على المدى الطويل.
- نمذجة القوانين الخاصة بالمقاومة والتشوهات لخرسانة سعف النخيل.
- المساهمة في دراسة الخرسانة الخضراء اعتماد على سعف النخيل الجاف.

وكنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد ساهمنا في تثمين الألياف النباتية بصفة عامة والألياف المتوفرة في بلدنا بصفة خاصة وعلى وجه الخصوص سعف النخيل وهذا بإدماجها في نسيج خرساني.

وفي الأخير أملنا أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما ونأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر.

المراجع

[1] الباحثون السوريون الخرسانة الخضراء وصناعة الخرسانة بمواد صديقة للبيئة.

[2] ماني محمد، "المساهمة في حسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف المعدنية"، مذكرة ماجيستير، جامعة ورقلة، 2010

[3] مرخوفي عبد المالك، "المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة ألياف النخيل في المناطق الجافة والحارة"، مذكرة ماجيستير، جامعة ورقلة، 2004.

[4] أسيل محمود عبد الله، "دراسة الخواص الميكانيكية لمادة البولي أستر المقوى بسعف النخيل المعالج كيميائيا بمحاليل خل التفاح وهيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، الجامعة التكنولوجيا بغداد، 2010.

[5] خواص واختبارات مواد البناء المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني.

[6] Environmentally “Green” Concrete Structures by Dr.-Ing. Carola Edvardsen and M.Sc. Karsten Tollose.

[7] Utilization of hazardous wastes and by-products as a green concrete material by Smita Badur and Rubina Chaudhary.

[8] ‘Green’ Concrete in Denmark by M. Glavind and C. Munch-Petersen,Concrete Centre, Danish Technological Institute, Denmark.

[9] Maya Jacob John, and Rajesh D. Anan djiwala,"Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites", Polymer composites, Wiley InterScince, pp.187-207, 2008.

[10] MOKHTARI A. "Influence des ajouts de fines minérales sur les performances mécanique de béton renforcés de fibres végétales de palmier dattier", Thèse de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.

[11] Yahiaoui Lamia, "Caractérisation d’un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss) ", mémoire MAGISTER, université Sétif, 2011.

[12] Abdoulaye Souleymane adoum . ‘‘Caractérisation des bétons renforces à l’aide des fibres végétales’ ‘mémoire master, université de Ouagadougou, 2011.

[13] BELGUEDJ M., 2002. 3D. Dossier n°1 ; Les ressources génétiques du palmier dattier : Caractéristiques des cultivars dans les palmeraies du Sud-est Algérien. INRAA. El Harrach. Alger. 9-10 p.

[14] PEYRON G., 2000. Cultiver le palmier dattier.Éd.Cirad-Montpelier, 110p.

[15] Détermination de la granularité Analyse granulométrique par tamisage NF EN 993-1 Décembre 1997.

[16] DUPAIN. R, LANCHON. R, SAINT ARROMAN. J. C. Granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire Collection CAPLIEZ, édition CASTEILLA, V235, Paris 1995.

[17] Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats-Partie 8 : Évaluation des fines-Équivalent de sable NF EN 933-8 Août 1999.

[18] GORISSE. F. Essais et contrôle des bétons. Édition EYROLLES, vol.200, Paris,1978.

[19] Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats Partie 2 : Méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation NF EN 1097-2 Octobre 1998.

[20] Essai pour béton frais Partie 2 : Essai d'affaissement NF EN 12350-2 Décembre 1999.

[21] Essai pour béton durci Partie 1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules EN 12390-1 Octobre 2000

[22] Essai pour béton durci Partie 5 : Résistance à la flexion sur éprouvettes NF EN 12390-5 Octobre 2001

[23] COOK D.J 'Concrete and cement composites reinforced natural' , PROC , Sympon Fibrous Concrete, 99-44-1980 Australie.

الملاحق

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

RESULTATS D'ECRASEMENT D'EPROUVETTES DE BETON

'EN 12390-5

Structure : Unité Ghardaia
N° Dossier Contribution de l'étude du béton vert à base des matériaux locaux
Équipements utilisés : press à béton de flexion
Lieu de travail : Service béton

Code : béton ordinaire
Age du béton : 28 jours

date de coulage 17/04/2019
date d'ecrasement 16/05/2019

Ref. éprouvette	Poids (G)	Densité (g/cm^3)	Charge total (KN)	R Flexion (MPa)	RF moyenne (MPa)	Observations
1	3265	2,38	5,916	3,62	3,7	
2	3375	2,46	6,224	3,81		

Le responsable

مديرية الأشغال العمومية للجنوب
مصلحة الخرسانة

(الملحق 1) نتائج تجربة الاحناء على الخرسانة الشاهدة

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

RESULTATS D'ECRASEMENT D'EPROUVETTES DE BETON
`EN 12390-5

Structure : Unité Ghardaia
N° Dossier Contribution de l'étude du béton vert à base des matériaux locaux
Équipements utilisés : press à béton de flexion
Lieu de travail : Service béton

Code : 1%
Age du béton : 28 jours

date de coulage 17/04/2019
date d'ecrasement 16/05/2019

Ref. éprouvette	Poids (G)	Densité (g/cm^3)	Charge total (KN)	R Flexion (MPa)	RF moyenne (MPa)	Observations
1	3185,00	2,32	7,042	4,31	3,9	
2	3130,00	2,28	5,656	3,46		
3	3005,00	2,19	6,624	4,06		

Le responsable

(الملحق 2) نتائج تجربة الانحناء على خرسانة الالياف (1 % تركيز الالياف)

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

RESULTATS D'ECRASEMENT D'EPROUVETTES DE BETON
`EN 12390-5

Structure : Unité Ghardaia
N° Dossier Contribution de l'étude du béton vert à base des matériaux locaux
Équipements utilisés : press à béton de flexion
Lieu de travail : Service béton

Code : 2%
Age du béton : 28 jours

date de coulage 17/04/2019
date d'ecrasement 16/05/2019

Ref. éprouvette	Poids (G)	Densité (g/cm^3)	Charge total (KN)	R Flexion (MPa)	RF moyenne (MPa)	Observations
1	3205	2,34	2,512	1,54	1,8	
2	3070	2,24	3,44	2,11		

Le responsable

مخبر الأشغال العمومية للجنوب
وحدة غرداية
مصلحة الخرسانة

(الملحق 3) نتائج تجربة الانحناء على خرسانة الالياف (2 % تركيز الالياف)