المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية

ماني محمد, كريكر عبد الواحد , بالفراق علاوة

مخبر استغلال وتثمين الموارد الطبيعية في المناطق الجافة

جامعة قاصدي مرباح – ورقلة – ، ص ب 511 ورقلة الجزائر

a_kriker@yahoo.fr

الملخص : يشهد العالم في أيامنا هذه أزمة اقتصادية حادة أثرت سلبا في جميع القطاعات لا سيما قطاع البناء والتشييد الذي له صلة وثيقة في تنمية المجتمعات. ولهذا ذهب الملايين من الناس إلى استخدام مواد بناء ذات تكلفة منخفضة. وفي السياق ذاته، ارتأينا إلى استخدام إحدى المواد المتواجدة بكثرة في الطبيعة ألا وهو رمل الكثبان، حيث يتواجد هذا الأخير بكميات هائلة في بلادنا الجزائر. لقد أنجزت العديد من الأعمال والأبحاث التي أكدت في مجملها إمكانية استخدام رمل الكثبان كأحد المكونات في إنشاء الخرسانة لكن بشرط التصحيح الحبيبي . وقصد التقليل من ظاهرت انكماش خرسانة رمل الكثبان ارتأينا تعزيزها بالألياف الفولاذية حتى يكون رمل الكثبان صالحا لصنع الخرسانة قمنا باضافة بعض رمال المحاجر للتصحيح الحبيبي. ويهدف هذا العمل إلى المساهمة في تحسين خصائص رمل الكثبان وإدخالها في تشكيل مادة الخرسانة.

الكلمات المفتاحية : خرسانة رمل الكثبان، الألياف المعدنية، مقاومة الضغط، مقاومة الشد، الانكماش ،

RÉSUMÉ :

De nos jours, le monde vit une crise économique multidimensionnelle, et en particulier le secteur de la construction, ce dernier est lié étroitement au développement des sociétés. De ce fait, le sort des millions de gens est attaché à l'utilisation des matériaux ayant un coût réduit. Dans le même ordre d'idées, nous avons pensé à mettre en valeur les gisements naturels : *sable de dunes, qui* se trouve en grandes quantités dans le Sahara de notre pays, Algérie. Des travaux ont été ultérieurement réalisés confirmant ainsi la possibilité de l'utilisation de sable de dunes comme composant dans la confection des bétons, sous peine d'une correction de sa granulométrie ainsi que leur renforcement par des fibres, afin d'atténuer son retrait et permettre son utilisation dans la confection des bétons. L'objectif de notre travail est une contribution à la correction de la granulométrie des sables de dunes, ainsi que l'amélioration des propriétés des bétons à base de ce sable par un renforcement par des fibres métalliques.

MOTS-CLÉS : Béton de Sable de dunes; fibres métalliques ; Résistance à la compression ; Résistance à la traction **;** Retrait.

1. مدخل

أمام الندرة الملحوظة للرمال الصالحة للبناء والمشاكل المطروح جرى استعمال رمال الشاطئ ورمال الوديان ، ونضرا للتضرر ألدى لحق من جراء الاستغلال الكثير لهدا النوعين من الرمل في البناء انصبت مجهدات الباحثين لإيجاد مادة بديلة. ارتأينا في هدا البحث استخدام إحدى المواد المتواجدة بكثرة في الطبيعة ألا وهو رمل الكثبان، حيث يتواجد هذا الأخير بكميات هائلة في بلادنا الجزائر. وفي نفس سياق الفكرة، أنجزت العديد من الأعمال والأبحاث التي تؤكد في مجملها إمكانية استخدام رمل الكثبان كأحد المكونات في إنشاء الخرسانة لكن بشرط التصحيح الحبيبي وذلك باستخدام الإضافات من أجل التقليص من ظاهرة الانكماش حتى يكون الرمل صالحا لصنع الخرسانة.

2

. خصائص المواد المستعملة

في هته الدراسة تم استعمال رمل الكثبان الموجود بكثرة في الجنوب الجزائري وخاصة في منطقة ورقلة وتحسين خصائصه تم الاستعانة برمال ل الطبيعي الذي هو في الغالب من رمل الوديان وكذلك رمل المحاجر. و قصد التقليل من انكماش الخرسانة المكونة من اسمنت CPA لمنطقة عين التوتة تم تعزيزها بالألياف المعدنية المتواجدة في السوق.

1.2 الرمل

– سنقوم بدراسة رمل الكثبان لمنطقة عين البيضاء (ولاية ورقلة) والرمل الطبيعي لمنطقة حاسي السائح ورمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات بين كل الأنواع في الجدول 1.

2.2 الاسمنت

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CPJ CEM II / A 42.5 متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بعين التوتة .نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت**[1]** كما هو موضح في الجدول 2

الجدول 1. نتائج التجارب المجرات على مختلف أنواع الرمل :

النوع	**الكتلة الحجمية الظاهرية**(Kg/m^3)	**الكتلة الحجمية المطلقة**(Kg/m^3)	**معامل النعومة**	**المكافئ الرملي ES** (**%**)	**معامل امتصاص الماء** (A_b (%)
رمل الكثبان	6.66±1521	3.6±2612	0.01±1.0714	0.26±98 %	0.003±0.086
الرمل الطبيعي	5.6±1668	3.25±2608	0.2±2.8	0.55±83 %	0.003±0.08
الرمل المحاجر	8.14±1453.36	7±2056.4	0.06±2.64	–	–
الرمل الطبيعي50% + رمل الكثبان 50 %	6±1594.5	9.6±2610	0.05±2.08	0.45±%85	0.002±0.083
الرمل الطبيعي60% + رمل الكثبان 40 %	7.3±1609.2	5.8±2609.6	0.09±2.25	0.33±87%	0.002±0.082

الجدول.2.نتائج التجارب المجرات على الاسمنت [1] :

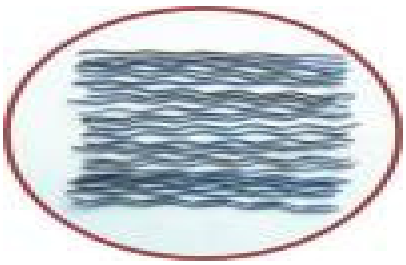
التجارب	الكتلة الحجمية المطلقة (Kg/m^3)	الكتلة الحجمية الظاهرية (Kg/m^3)	الزمن الابتدائي للتصلب (دقيقة)	الزمن النهائي للتصلب (دقيقة)
الاسمنت	3034	2120	128	184

3.2. الماء

الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة. وقد استعملنا في دراستنا الماء من حنفية مخبر الهندسة المدنية بالجامعة

2 .4. الألياف

الألياف المستعملة في هذه الدراسة هي ألياف معدنية متواجد في الأسواق بأبعاد وأشكال مدروسة خصيصا لاستعمالها في تحسين خصيصا الخرسانة، وقد استعمالنا نوعين من هذه المادة وهما **Irregular** و **Hoked** المصنوعين من الحديد اللين، حيث يسمح الشكل الهندسي لهما بإعطاء الخرسانة مقاومة أكثر. تم جلبهم من المؤسسة **Granitex Nouveaux Produits** بفرع تونس حيث تحصلنا على النوع المتموج وكمية متواضعة من النوع ذي العكفات كما استعنا بنفس المؤسسة **Granitex Nouveaux Produits** من فرعها بالجزائر حيث تحصلنا على كمية أخرى من هذا النوع كي يتسنى لنا إكمال الدراسة و الصورة.1 تبين شكل الألياف المعدنية المستعملة.



ألياف معدنية متموجة

ألياف معدنية ذات عكفت

الصورة 1 شكل الألياف المعدنية المستعملة في

2 .1.4. الخصائص الميكانيكية للألياف المستعملة

– الكتلة الحجمية المطلقة هي الكتلة الحجمية المطلقة للحديد اللين التي تعطى : بـــ $\rho_a = 7850\ Kg/m^3$

– خصائص الألياف المعدنية المستعملة تلخص في الجدول 3 حسب البطاقة التقنية **[2]**:

الجدول 3: الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألياف المعدنية المستعملة

الخصائص	النوع الأول F1 **Irregular**	النوع الثاني F2 **Hoked**
الطول	45 مم	30 مم
القطر	1 مم	0.5 مم
الشكل	متموج	ذو عكفات
إجهاد التحطم عند الشد	MPa 1100 – 800	MPa 800 – 600

3. صياغة خرسانة الرمل المدعمة بالألياف:

بعد اختيار المواد الداخلة في تركيبة الخرسانة ومعرفة كل خصائصها، نبحث على نسبة تركيز كل مركب من أجل الوصول إلى صياغة خرسانة ذات تشغيلية مقبولة ومقاومة عالية. إذ تعتبر عملية التحسين بالألياف للخرسانة مرحلة مهمة وضرورية في علم هندسة المواد. إذ أن إضافة هذه المادة في الخرسانة يحدث تغير في التدرج الحبيبي العام للركام وبالتالي التأثير على التشغيلية **[3]**.

1.3. صياغة خرسانة الرمل العادية (الشاهد)

من أجل الحصول على تركيبة لخرسانة الرمل العادية التي سنستعملها كشاهد ، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصـــوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل, أما نسبة الماء فتحدد بواسطة تجربة التشغيلية. التي تجرى

بالجهاز Maniabilimétre من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات . وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول 4

الجدول 4 نتائج صياغة خرسانة الرمل العادية (الشاهد)

المركبات	100% رمل كثبان	50%رمل كثبان + 50 %رمل طبيعي	40%رمل كثبان + 60 %رمل طبيعي
الرمل	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء
الاسمنت	جزاء واحد	جزاء واحد	جزاء واحد
المعامل E/C	0.6	0.55	0.55
زمن السيلان –التشغلية–	30.5±2 ثا	25±2ثا	25±2ثا

2.3 صياغة خرسانة الرمل المدعمة بالألياف:

للحصول على الصياغة الحسنة لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف نبقي على النسبة E/C ثابت كما هي عليه في تركيبة خرسانة الرمل العادية (بدون الياف).

أي أنه من أجل التركيبة المشتملة على نسبة رمل الكثبان 100% (E/C = 0.6)

و من أجل التركيبة المشتملة على رمل الكثبان50% +50%رمل طبيعي (E/C = 0.55)

و من أجل التركيبة المشتملة على رمل الكثبان40% +60%رمل طبيعي (E/C = 0.55)

أما بالنسبة لكمية الألياف المستعملة فمقدرة ب1% و1.5% من الكتلة الحجمية لواحد متر مكعب من الألياف كما هو منصوص عليه ثم ينقص حجم هذه الكتلة من الألياف من حجم الرمل المستعمل لأن الألياف تعتبر من هذا الجانب حبيبات تعوض حبيبات الرمل أو الحصى .

وهذه تركيبة العينات المستعملة في الدراسة للمتر المكعب الواحد من الخرسانة :

*** العينة الأول 100% رمل الكثبان** :

الجدول 5 تركيبة خرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية للعينة الأول 100% رمل الكثبان

نسبة الألياف	الرمل ب(Kg)	الاسمنت ب(Kg)	الماء ب(l)	الألياف ب(Kg)	E/C
بدون ليف	1382.61	460.86	276.52	-	0.6
%1	1356.49	452.16	271.3	78.5	0.6
%1.5	1343.43	471.81	268.686	117.75	0.6

*** العينة الثانية 50% رمل الكثبان+50%رمل طبيعي**

الجدول 6 تركيبة خرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية للعينة الثانية 50% رمل الكثبان+50%رمل طبيعي

نسبة الألياف	الرمل ب(Kg)	الاسمنت ب(Kg)	الماء ب(l)	الألياف ب(Kg)	E/C
بدون ليف	1392.39	464.13	255.27	-	0.55
%1	1366.29	455.43	250.48	78.5	0.55
%1.5	1353.24	451.08	248.094	117.75	0.55

- **العينة الثالثة 40% رمل الكثبان+60%رمل طبيعي :**

الجدول 7 تركيبة خرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية للعينة الثالثة 40% رمل الكثبان+60%رمل طبيعي

نسبة الألياف	الرمل ب(Kg)	الاسمنت ب(Kg)	الماء ب(l)	الألياف ب(Kg)	E/C
بدون ليف	1392.39	464.13	255.27	-	0.55
%1	1366.29	455.43	250.48	78.5	0.55
%1.5	1353.24	451.08	248.094	117.75	0.55

الكتلة الحجمية لخرسانة الألياف المنجزة في هذه الدراسة كانت نتائجها كما هو موضح في الجدول 8 :

الجدول 8 الكتلة الحجمية لخرسانة الألياف المنجزة ب (Kg/m3)

العينة	100% رمل الكثبان	50% رمل الكثبان+50%رمل طبيعي	40% رمل الكثبان+60%رمل طبيعي
بدون ليف	2120	2135	2135
%1	2172.37	2164.19	2164.19
%1.5	2198.56	2190.39	2190.39

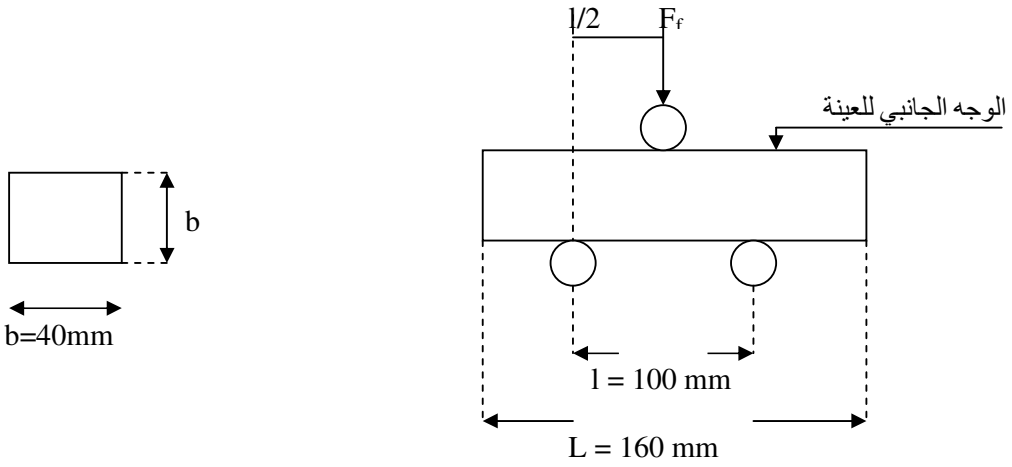
نلاحظ من هذا الجدول أن الكتلة الحجمية للخرسانة تزداد بزيادة نسبة الألياف المعدنية المستعملة وهذا أمر طبيعي وواضـــح إذ أن الكتلة الحجمية للألياف المعدنية أكبر من الكتلة الحجمية للرمل .

* تعد الخصائص الميكانيكية لمادة ما أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية و إعطاء لمحة عن مركباتها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة ومن أهم هذه الخصائص مقاومة الانحناء .

4 تجربة التحطيم بالانحناء :

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم^2 و طول 16 سم , البعد بين المسندين 10سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة و تقرأ الحمولة مباشرة من الآلة .

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 و شكل 1 هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.



الشكل 1 يوضح آلية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد (40×40×160ملم) ,
قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10KN إذ تطبق 2.67 KN/min.
مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

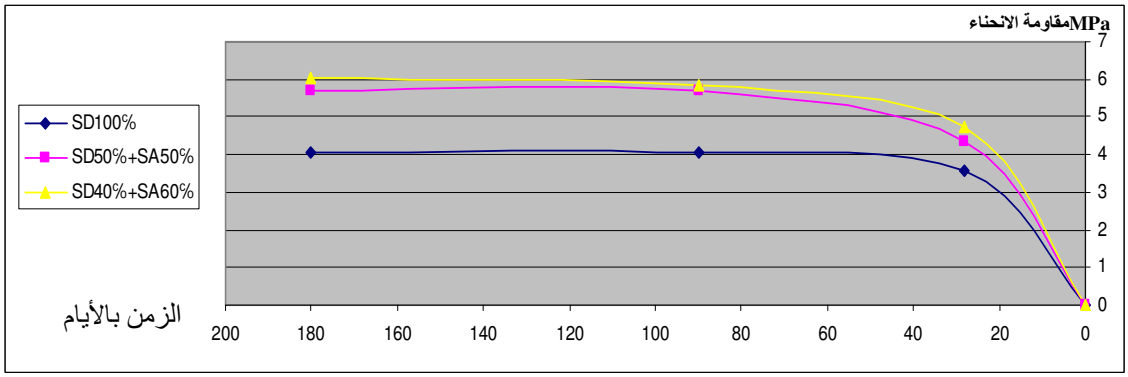
$$R_f = \frac{150.F_f.l}{b^3} \quad \text{.....(1.1)}$$

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)
F_f : قوة تحطم العينة عند الانحناء
l : البعد بين المسندين ب (mm)
b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm
L : طول العينة الكلي . **[4]**

5. نتائج مقاومة الانحناء :

1.5. تأثير تركيبة الرمل :

نتائج التجارب مدونة على الاشكال التالية

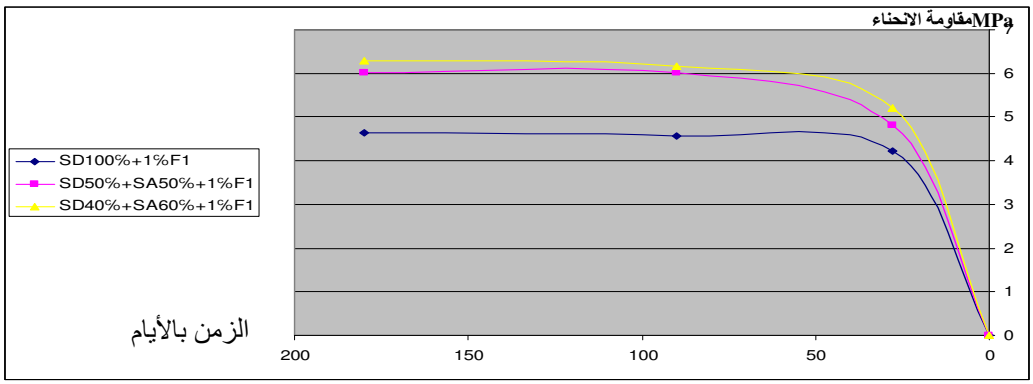


الشكل 2. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل

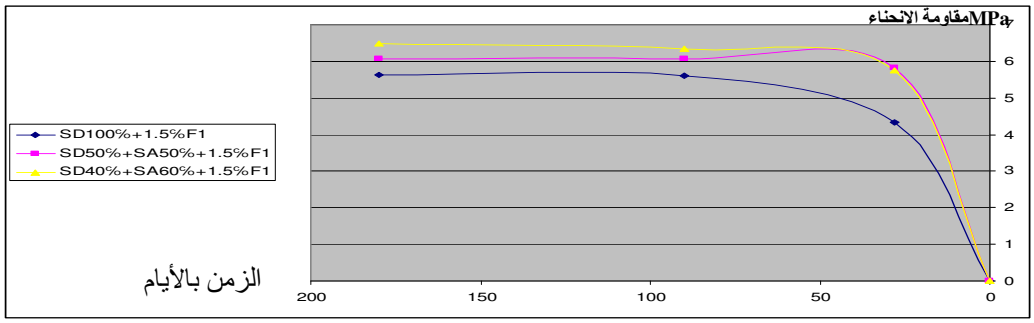
* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرة على العينات التي تحتوي فقط على كميات مختلفة من الرمل أن مقاومة الانحناء قد تتحسن كلما كانت نسبة الرمل الطبيعي أكثر وذلك خلال كل الفترات الزمنية التي أجريت فيها التجارب .

2.5. تأثير الألياف :

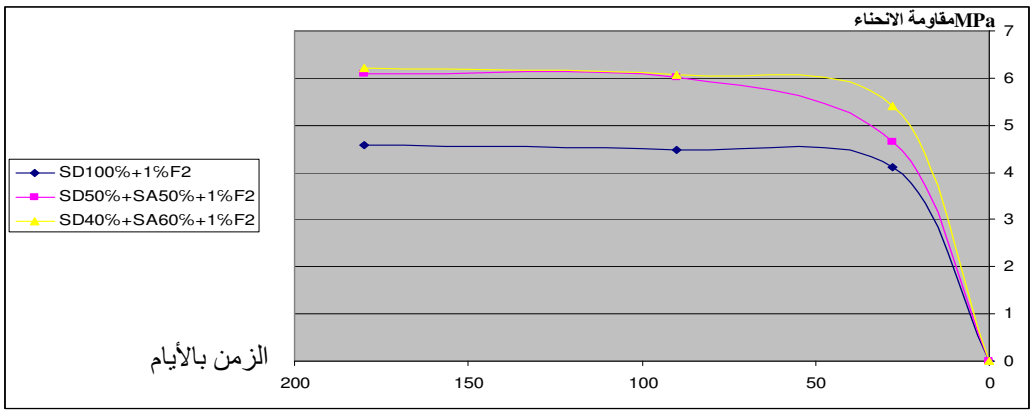
3.5. تأثير نوع الألياف على كل عينات خرسانة الرمل :



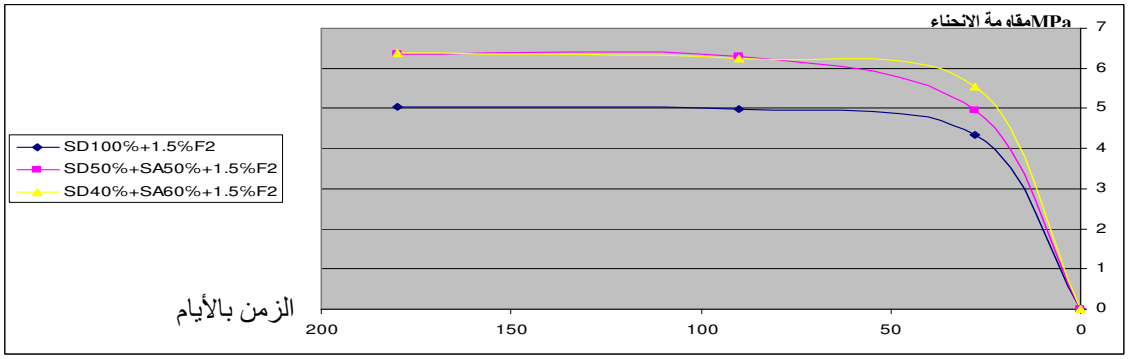
الشكل 3. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية بنسبة 1% من F1



الشكل 4. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية بنسبة 1.5% من F1



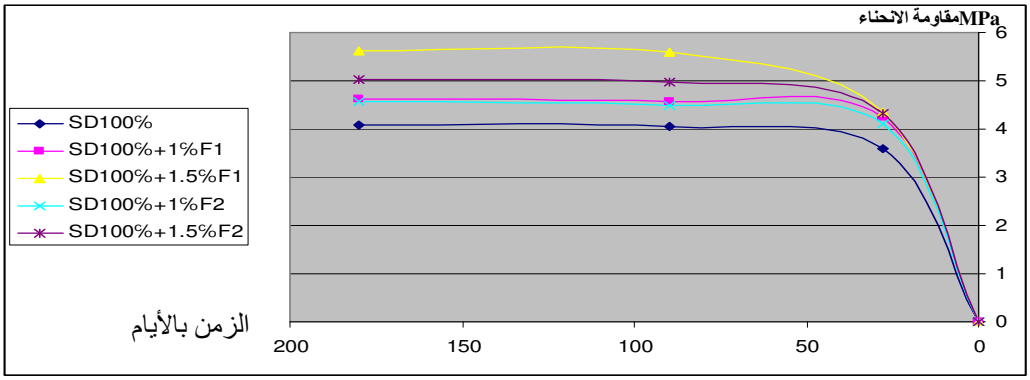
الشكل.5 . منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية بنسبة 1% من F2



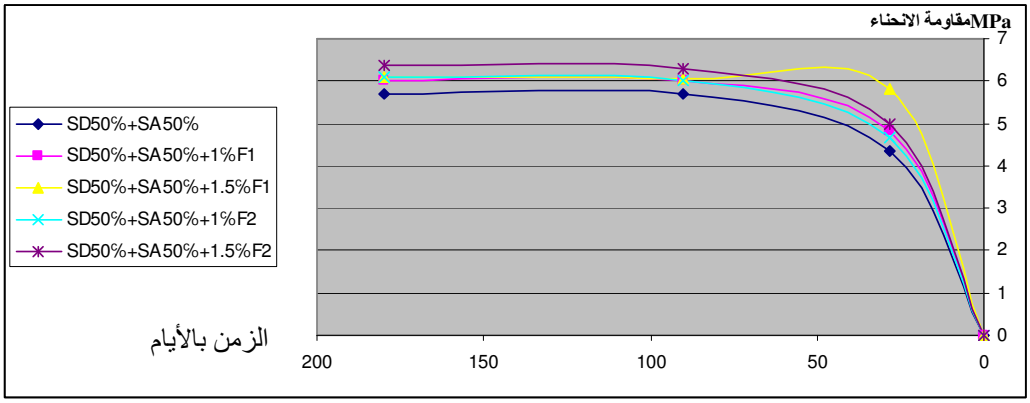
الشكل 6 . نحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية بنسبة 1.5% من F2

4.5. تأثير تركيز و نوع الألياف على كل عينة من خرسانة الرمل:

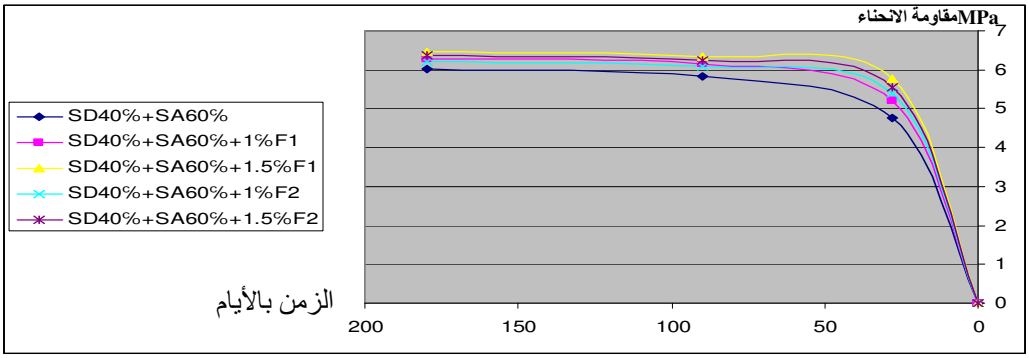
نتائج التجارب مدونة على الاشكال التالية



الشكل 7. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمـــــــــــل المدعمة بالألياف المعدنية للتركيبة (SD100%)



الشكل 8. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية للتركيبة (50%SD+50% SA)



الشكل 9. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية للتركيبة SD40%+SA60%

6.5. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء خرسانة الرمل المدعمة بالألياف المعدنية :

إن الهدف المرجو من هذه الدراسة هو معرفة مدى تأثير إدخال المحسنات المدروسة على خرسانة رمل الكثبان، وبعد الحصول على النتائج ومقارنتها بعضها مع البعض من جهة و حسب المحسن المقترح من جهة أخرى فأنه حسب:

أ – تأثير تركيبة الرمل

عند استعمال الرمل الطبيعي كمحسن لخرسانة رمل الكثبان وبالنسبتين المختلفتين 50% رمل طبيعي + 50% رمل الكثبان و 40% رمل الكثبان + 60 % رمل طبيعي فلمسنا من خلال النتائج تحسن مقبول في مقاومة الانحناء وصل إلى نسبة 21 % بالنسبة للتركيبة SD50%+SA50% و 30 % بالنسبة للتركيبة SD40%+SA60% خلال 28 يوما من عمر الخرسانة.

ان هذا التحسن راجع الى كون أن التدرج الحبيبي لرمل الكثبان كان ضيق حيث أن قطر الحبيبات كان محصور بين القيمتين 0.63 و 0.08 و معظم الحبيبات كانت ذات قطر 0.315 مما يجعل مساحتها النوعية كبيرة جدا أي ذات مسامات كبيرة مما يؤدي الى ضعف التراصية وبالتالي ضعف مقاومة الانحناء وعند التحسين بالرمل الطبيعي اتسع المجال الحبيبي واصبح التدرج من 0.08 الى 5 ملم وتكون تقريبا الفراغات بين الحبيبات قد امتلأت بعضها ببعض مما يقلل من الفراغات أي من مساحة السطوح النوعية وبالتالي الزيادة في التراصية ومنه الزيادة في مقاومة الانحناء .

وهذا ما وجده كل من KETTAB **[5]** و GUENOUN **[6]** حيث وجدا أنه عند تحسين رمل الكثبان بنسبة 10% من رمل المحاجر كانت نسبة التحسن في مقاومة الشد بواسطة الانحناء 10.5% وعند التحسين بنسبة 50% من رمل المحاجر كانت نسبة الزيادة في هذه المقاومة تصل الى حوالي 60 % .

ب– تأثير الألياف :

أما عند استعمالنا للألياف المعدنية كمحسن للتركيبات السابقة وبنوعين مختلفين :

– المتموج ذي الطول 4.5 سم وقطر 1 مم وبالنسبتين المختلفتين 1% و 1.5 % فأظهرت نتائج مقبولة لمقاومة الانحناء حيث وصلت نسبة التحسين في 28 يوم إلى 13.8% للتركيبة SD50%+SA50%+1%F1 أما التركيبة SD40%+SA60%+1%F1 فكان التحسين بنسبة 22.9%، مقارنة بالتركيبة SD100%+1%F1. أما نسبة التحسين للتركيبة SD50%+SA50%+1.5%F1 فكانت 34% وفي التركيبة SD40%+SA60%+1.5%F1 كان التحسين بنسبة 32.5%، مقارنة بالتركيبة SD100%+1.5%F1 .

– ذو العكفات ذي الطول 3 سم وقطر 0.5 مم وبالنسبتين المختلفتين 1% و 1.5 % فأظهرت نتائج مقبولة لمقاومة الانحناء حيث وصلت نسبة التحسين في 28 يوم إلى 13.4 للتركيبة SD50%+SA50%+1%F2 أما التركيبة SD40%+SA60%+1%F2 فكان التحسين بنسبة 31.7، مقارنة بالتركيبة SD100%+1%F2. أما نسبة التحسين للتركيبة SD50%+SA50%+1.5%F2 فكانت 14.8% وفي التركيبة SD40%+SA60%+1.5%F2 كان التحسين بنسبة 28.16%، مقارنة بالتركيبة SD100%+1.5%F2.

– وعند مقارنة كل نتائج التجارب السابقة تبين أن التركيبة المثلى للتحسين مقارنة بخرسانة رمل الكثبان الشاهد (SD100%) كانت التركيبة SD50%+SA50%+1.5%F1 حيث كان التحسين بنسبة 62.5%.

– لدراسة هذه النتائج ومن ما تبين انه عند تحطيم العينات الشاهد لاحظنا التحطم المباشر للعينة أما عند تحطيم العينات المحتوية على الألياف لاحظنا قبل الانهيار ظهور تشققات تزداد بزيادة القوة حتى الوصول الى التحطم هذا ما يعني أن للألياف دور مهم في مقاومة الانحناء وضم التشققات, إذ أنها تمسك العينة حال الانهيار وتجعلها مرنة أي لها مجال إضافي لدن قبل تحطمها وهذا راجع إلى الارتباط الحاصل بين الخرسانة والألياف من جهة والى مقاومة الألياف للقطع من جهة أخرى, و قد لوحظ أنه عند زيادة كمية الألياف بنسبة 0.5 فانه تزداد مقاومة الانحناء للخرسانة المشتملة على كلا النوعين من الألياف بنسبة معتبرة مما يؤكد ما ذكرن من أن زيادة نسبة من الألياف داخل الخرسانة بإمكانها تحسين مقاومة الانحناء .

أن طول الليف يزيد من مقاومة الانحناء حيث يتضح ذلك من النتائج المقدمة في التركيبات SD100%+1%F1 و SD100%+1%F2 ، SD100%+1.5%F1 و SD100%+1.5%F2 ، وهذا بالنسبة لكل التركيبات المختلفة وذلك راجع إلى أن طول الألياف يساعد على تماسك وضم الشقوق مهما كان طولها بالنسبة لطول الليف، حيث أن الليف يلعب دور الماسك وكلما كان طوله كبير حوا أكبر عدد ممكن من التشققات,

وكما ذكرنا في الجانب النظري فقد نقل**[7]** أن الباحث GRAM لاحظ عند استعماله ألياف قصير من السيزال في نسيج إسمنتي حيث ظهر في هذه الحالة تشوه كبير للمركب وعلى العكس استعمل ألياف طويلة من السيزال وبنفس النسبة سمحت له بملاحظة مقاومة جد عالية للانحناء.

وقد نقل BELFERRAG في بحثه **[8]أن** الباحث AIT-TAHAR استنتج بعد القيام بالعديد من الدراسات التجريبية، بأن مقاومة الشد بواسطة الانحناء تزداد بزيادة نسبة الألياف المدخلة في التركيبة الخراسانية.

كما نقل أيضا أن الباحث AIT-TAHAR استنتج بعد عدة تجارب قام بها أن قيم مقاومة الشد بواسطة الانحناء ومعامل التشوه الطولي لخرسانة الألياف يزداد بمقدار كافي.

الخلاصة :

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي :

* إضافة الرمل الطبيعي الخاص بالبناء لمنطقة حاسي السائح الى رمل الكثبان بنسبة 50% و 60 % بإمكانه تحسين مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل ما بين 21 % الى 30 % خلال 28 يوما .

*إضافة الألياف المعدنية ذات العكفات و ذات الطول 3 سم القطر 0.5 ملم بإمكانه تحسين مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل بنسبة 31.7% خلال 28 يوم.

*إضافة الألياف المعدنية المتموجة ذات الطول 4.5 سم القطر 1 ملم بإمكانه تحسين مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل بنسبة 34% خلال 28 يوم .

* عند مقارنة كل نتائج التجارب تبين أن التركيبة المثلى للتحسين مقارنة بخرسانة رمل الكثبان الشاهد كانت التركيبة (40% رمل كثبان +60 % رمل طبيعي + 1.5% الألياف المعدنية المتموجة) حيث كان التحسين بنسبة 62.5% لمقاومة الانحناء خـــلال 28 يوم. .

* أن زيادة نسبة من الألياف داخل الخرسانة بإمكانها تحسين مقاومة الانحناء .

*أن طول الليف يزيد من مقاومة الانحناء .

المراجع :

[1] "البطاقة التقنية للاسمنت"

[2]**FICHE DE QUALITE** "Fibres de renforcement", SIKA, Egypte, (2003).

[3] **EMILE O.** "Technologie des matériaux de construction Tome 1", Entreprise Moderne d'Edition, Paris, (1978).

[4] **PHOUMMAVONG V.** "Matériaux de construction expériences", Cours en ligne, Agence universitaire de la Francophonie. Montréal, Canada, (2006).

[5] **GUENOUN R.** "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie, (2003).

[6] **KETTAB R**. "Contribution à la valorisation du sable de dunes", Thèse de doctorat, ENP, Algérie, (2007).

[7] مرخوفي ع . "المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة ألياف النخيل في المناطق الجافة و الحارة مذكرة ماجستار, جامعة ورقلة , 2004

[8] **BELFERRAG A**. "Valorisation des fibres métalliques issues des déchets pneumatiques dans les béton de sable de dunes", Mémoire de magister, Université de Ouargla, Algérie, (2006).