

قسم الري و الهندسة المدنية

كلية العلوم و التكنولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان :

المسألة في تحسين عناصر جرسانة رط البتاجر

بواسطة التمثيل البياني

- إعداد الطلبة :

- تحت إشراف :

- مريقة إبراهيم

الأستاذ : ماني محمد

- رحمان كمال

لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة : الأستاذ بدادي العيد

ممتحن : العقبي عبد العزيز

شكر و تقدير

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام علي سيدنا خاتم
المرسلين و علي آله و صحبه و من اتبعهم بإحسان إلي يوم
الدين

نتوجه بالشكر الجزيل إلي كل من ساهم في إتمام هذا العمل
المتواضع من أساتذة و زملاء و باحثين و هذا بغيت الاستفادة من
هذه الدراسة علي ضوء النتائج المتحصل عليها أو زيادة تحسينها و
تطويرها من أجل الوصول إلي حلول تفيد البشرية

وما نتمناه و هو أن نكون قد وفقنا في هذا العمل المتواضع

ملخص

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمال المحاجر المتواجدة بكثرة في أغلب المحاجر والمسبب إشكالية من ناحية التخزين و التأثير البيئي و هذا لعدم استغلاله بكمية كبيرة مما يجعلنا نفكر في كيفية تميمه باستغلاله في مجالات الإنشاء المختلفة ، وذلك كبديل لرمال الوديان أو رمال البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية، بالإضافة إلي وجود رمل الكثبان المتوفر يكثر والغير مئمن مما يجعلنا نفكر في كيفية خلط النوعين من الرمال قصد تميمهما بشرط الحصول علي خصائص فيزيائية و ميكانيكية مقبولة حيث تطرقنا في دراستنا هذه إلى تكملة الدراسات السابقة التي أجريت في هذا الموضوع وهذا قصد تصحيح و تميم كل من رمل المحاجر و رمل الكثبان حيث قمنا بانجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على خصائصها، الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي الرمال المحاجر لمنطقة حاسي مسعود بالإضافة الى رمال الكثبان لمنطقة الوادي .

من خلال نتائج دراستنا المتحصل عليها ، نقترح تطوير وتحسين خرسانة الرمل المصححة برمل الكثبان وهذا بهدف الوصول الى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية الهائلة من رمل المحاجر و رمال الكثبان المتواجدة بكثرة في منطقتنا في مجال الإنشاءات و ذلك علي المدى المتوسط و البعيد.

الكلمات المفتاحية:

رمل الكثبان ، رمل المحاجر ، الديمومة، خرسانة الرمل ، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد ، مقاومة الضغط ،

Résumé

L'objectif principal de cette étude est d'essayer d'exploiter les sables de carrière que l'on trouve dans la plupart des carrières et qui posent des problèmes de stockage et d'impact sur l'environnement, car ils ne sont pas exploités en grande quantité, ce qui nous amène à réfléchir à la façon de les valoriser en les exploitant dans différents domaines de la construction. Renouvelable, qui utilise des problèmes d'environnement, en plus de l'existence de dunes de sable disponibles et plus que l'octogone, ce qui nous amène à réfléchir à la manière de mélanger les deux types de sable afin de les évaluer à condition d'obtenir des propriétés physiques et mécaniques acceptables.

Dans cette étude, nous avons discuté de l'achèvement des études précédentes menées dans ce domaine, afin de corriger et d'évaluer à la fois le sable de carrière et le sable de dunes, pour lesquels nous avons mené plusieurs expériences sur les matériaux utilisés pour identifier leurs propriétés. Le sable utilisé dans cette étude est le sable de carrière de Hassi Massoud. En plus des dunes de sable de la vallée.

Sur la base des résultats de notre étude, nous proposons le développement et l'amélioration des dunes de sable corrigées afin de parvenir à une utilisation générale de cette vaste richesse naturelle de carrières de sable et de sable de dunes, présentes dans notre région dans le secteur de la construction à moyen et long terme.

Les mots clés:

Dunes de sable, carrières de sable, durabilité, béton de sable, résistance à la pression, résistance à la traction, résistance à la pression,

Abstract

The main objective of this study is to try to exploit the quarry sands that are found in most quarries and which are problematic in terms of storage and environmental impact. This is because it is not exploited in a large quantity, which makes us think about how to value it by exploiting it in different construction fields. Renewable, which use environmental problems, in addition to the existence of sand dune available and more than the octagonal, which makes us think about how to mix the two types of sand in order to evaluate them on condition of obtaining acceptable physical and mechanical properties

In this study, we discussed the completion of previous studies conducted in this field. This is to correct and evaluate both sand quarries and dunes sand, where we have completed several experiments on the materials used to identify their properties. The sand used in this study is the quarry sand of Hassi Massoud In addition to the sand dunes of the valley.

Based on the results of our study, we propose the development and improvement of sand dunes corrected in order to achieve the general use of this vast natural wealth of sand quarries and dune sand, which are present in our region in the construction field in the medium and long term.

Key Word:

Sand dunes, sand quarries, durability, sand concrete, pressure resistance, tensile strength, pressure resistance,

الفهرس

فهرس المحتويات

	فهرس المحتويات
	فهرس المنحنيات والأشكال
	فهرس الجداول
1	المقدمة العامة
	الفصل الأول
	عموميات حول خرسانة الرمل
3	1.I مدخل
3	2.I الخصائص الميكانيكية للرمل
3	3.I مختلف أنواع الرمال المستعملة في البناء
3	1.3.I رمل الوديان الطبيعي
4	2.3.I رمل المحاجر
4	3.3.I رمل الكثبان
4	4.3.I رمل الاصطناعي
4	5.3.I رمل البحار
5	4.I التحليل الحبيبي
6	الخلاصة :
	الفصل الثاني
	تركيبية خرسانة الرمل
8	1.II مدخل
9	2.II تاريخ خرسانة الرمل
9	3.II استعمالات خرسانة الرمل في العالم
10	1.3.II الإتحاد السوفيتي
10	2.3.II خرسانة الرمل في فرنسا
10	3.3.II خرسانة الرمل في الخليج العربي
10	4.3.II خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي
11	4.II مكونات وصياغة خرسانة الرمل
11	1.4.II مدخل
11	2.4.II مبدأ تركيبية الخرسانة
11	3.4.II تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة
13	4.4.II تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة
13	1.4.4.II تأثير النسبة E/C على المسامية
14	2.4.4.II تأثير النسبة E/C على المقاومة
15	5.II مكونات خرسانة الرمل
15	1.5.II الاسمنت
16	2.5.II الرمل
18	3.5.II الماء
18	4.5.II الاضافات : Les adjuvants
18	1.4.5.II دور المميعات او الملدنات
19	5.5.II المواد المضافة (Les ajouts)
19	1.5.5.II الحشو
19	2.5.5.II الحصى الصغير

فهرس المحتويات

19	6.II صياغة خرسانة الرمل :
20	1.6.II مبدأ صياغة خرسانة الرمل
20	2.6.II بعض طرق صياغة خرسانة الرمل :
20	3.6.II صياغة خرسانة الرمل بدن إضافات :
21	7.II خصائص خرسانة الرمل :
21	1.7.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب :
21	1.1.7.II التراصية:
24	2. 1.7.II التشغيلية
25	2.7.II خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب
25	1. 2.7.II خصائص الميكانيكية
25	1.1. 2.7.II مقاومة الضغط
27	2.1. 2.7.II مقاومة الشد
28	2. 2.7.II المرونة
29	3. 2.7.II الديمومة
29	4. 2.7.II الخاصية الشعرية
30	4. 2.7.II النفاذية
30	الخلاصة:

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل

32	1.III مدخل
32	2.III خصائص المواد المستعملة
32	1.2.III الرمل
32	1. 1.2.III التحليل الكيميائي
33	2. 1.2.III الكتلة الحجمية
34	3. 1.2.III معامل إمتصاص الماء
34	4. 1.2.III المكافئ الرملي
35	5. 1.2.III التدرج الحبيبي
42	6. 1.2.III معيار النعومة
44	2.2 .III الاسمنت
44	1. 2.2 .III المساحة السطحية للاسمنت
45	2. 2.2.III زمن التصلب
45	3. 2.2 .III الخصائص التقنية والكيميائية
46	3.2.III الماء
46	1. 3.2 .III خواص الماء المستعمل في الخرسانة
47	2. 3.2.III التركيبية الكيميائي للماء المستعمل
47	3.III صياغة و تحضير الملاط النظامي
47	1.3.III صياغة جرسان الرمل (الشاهد)
48	2.3.III تجربة التشغيلية
50	3.3.III تحضير و شكل العينة
52	الخلاصة

الفصل الرابع

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

54	1-IV مدخل
54	2-IV طرق التجارب

فهرس المحتويات

54	IV-2-1 تجربة التحطيم بالانحناء
55	IV-2-2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط
56	IV-3 نتائج مقاومة الانحناء
59	IV-1-3 تحليل نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل
59	IV-1-3 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل
61	IV-4 نتائج تجربة الضغط
64	IV-1-4 تحليل نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل
64	IV-2-4 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل
66	IV-5 نتائج تجربة الامتصاص
68	IV-1-5 نتائج تجربة الامتصاص
69	الخلاصة العامة والتوصيات
72	المراجع
76	الملاحق

فهرس المنحنيات والأشكال

5	الشكل I.1 يوضح منحنى التدرج الحبيبي
6	الشكل I.2 يوضح مجال منحنى التدرج الحبيبي
12	الشكل II.1 تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة
14	الشكل II.2 تأثير النسبة E/C على المسامية
14	الشكل II.3 تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء
15	الشكل II.4 تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط
22	الشكل II.5 تأثير المسامية بمعامل النعومة
23	الشكل II.6 تأثير بعد الحبيبات الأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل
23	الشكل II.7 التراصية بدلالة تركيز الاسمنت
24	الشكل II.8 التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق
29	الشكل II.9 منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات
35	الشكل III.1 الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي
37	الشكل III.2 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الأول 100% رمل الكثبان
38	الشكل III.3 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الثانية 100 % رمل المحاجر
39	الشكل III.4 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الثالثة 50% رمل الكثبان +50% رمل المحاجر
40	الشكل III.5 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الرابعة 40% رمل الكثبان +60% رمل المحاجر
41	الشكل III.6 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الخامسة 20% رمل الكثبان +80% رمل المحاجر
42	الشكل III.7 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الخامسة 10% رمل الكثبان +90% رمل المحاجر
49	الشكل III.8 طاولة الهز لتجربة التشغيلية
54	الشكل IV.1 يوضح آلية التحطيم بالانحناء
55	الشكل IV.2 يوضح آلية التحطيم بالضغط
56	الشكل IV-3 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء
57	الشكل IV.4 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في السولفات
58	الشكل IV.5 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور
61	الشكل IV.6 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء
62	الشكل IV.7 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في السولفات
63	الشكل IV.8 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور
66	الشكل IV-9 منحنى نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل للعينات المغمورة في الماء لـ 28 يوم
67	الشكل IV.10 منحنى نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل للعينات المغمورة في الماء لـ 60 يوم

فهرس المنحنيات والأشكال

13	الجدول II 1. يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D
16	الجدول II 2. نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق
17	الجدول II 3. نتائج معامل النعومة لبعض المناطق
17	الجدول II 4. نتائج تجربة الكتلة الحجمية و معامل الامتصاص لبعض المناطق
24	الجدول II 5. التراصية العظمى بدلالة Dmax
25	الجدول II 6. نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات CHAOUCH لخرسانة الرمل
26	الجدول II 7. نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات GUENOUN لخرسانة الرمل
26	الجدول II 8. نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات KETTAB لخرسانة الرمل
27	الجدول II 9. نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH
27	الجدول II 10. نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN
28	الجدول II 11. نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH
29	الجدول II 12. نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH
32	الجدول III 1. النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل المحاجر و رمل الكثبان
33	الجدول III 2. الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للرمل المحاجر و رمل الكثبان
34	الجدول III 3. النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء Ab
35	الجدول III 4. النسب المئوية للمكافئ الرملي ES
36	الجدول III 5. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الأول 100% رمل الكثبان
37	الجدول III 6. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الثانيه 100% رمل المحاجر
38	الجدول III 7. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الثالثه 50% رمل الكثبان +50% رمل المحاجر
39	الجدول III 8. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الرابعه 40% رمل الكثبان +60% رمل المحاجر
40	الجدول III 9. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الخامسه 20% رمل الكثبان +40% رمل المحاجر
41	الجدول III 10. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه السادسه 10% رمل الكثبان +90% رمل المحاجر
43	الجدول III 11. معيار النعومة لكل عينه
45	الجدول III 12. التحليل الكيميائي للاسمنت
47	الجدول III 13. التركيبه الكيميائيه للماء المستعمل
48	الجدول III 14. صنف الخرسانه بدلاله التشغيليه
49	الجدول III 15. نتائج تجربه التشغيليه
50	الجدول III 16. تركيبه خرسانه الرمل الشاهد
51	الجدول III 17. عدد العينات المستعمله في الوسائط المدروسه لمختلف التركيبات
56	الجدول IV 1. نتائج مقاومه الانحناء لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في الماء
57	الجدول IV 2. نتائج مقاومه الانحناء لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في السولفات
58	الجدول IV 3. نتائج مقاومه الانحناء لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في الكلور
61	الجدول IV 4. نتائج مقاومه الضغط لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في الماء
62	الجدول IV 5. نتائج مقاومه الضغط لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في السولفات
63	الجدول IV 6. نتائج مقاومه الضغط لخرسانه الرمل حسب تركيبه الرمل المغموره في الكلور
66	الجدول IV 7. يوضح نتائج تجربه الامتصاص لخرسانه الرمل الرمل للعينات المغموره في الماء لـ 28 يوم
67	الجدول IV 8. يوضح نتائج تجربه الامتصاص لخرسانه الرمل لتركيبه الرمل للعينات المغموره في الماء لـ 60 يوم

المقدمة العامة

إن من أهم المواد التي كان من الضروري تحسينها و تطويرها هي مواد البناء و هذا كان منذ القدم و هذا بسبب المخاطر التي كان يتعرض لها الإنسان نتيجة للعوامل الطبيعية مثل الزلازل و الفيضانات والانهيارات وكان علي رأس هذه المواد الخرسانة.

الخرسانة : و هي عبارة علي مادة مكونة من الركام كبنية للهيكل و مادة الربط المتمثلة في الأسمنت إضافة إلي الماء كمادة مساعدة في الخلط و الدمج للمواد الثلاثة علما ان الركام مكون من رمل و حصي إلا أن أهم أشكال فيها هو عدم توفر هاتين المادتين بكثرة و عدم تجدها .

أن الرمل المستعمل في الإنشاء أغلبه مجلوب من الوديان أو من شواطئ البحار وهو الرمل الذي تتوفر فيه الشروط المنصوص عليها في علم البناء وهو في تناقص مستمر .

وأمام هذه الندرة من هذه المادة نلاحظ أنه يمكن استغلال و تثمين رمل المحاجر الذي يمثل نسبة معتبرة في المحاجر و الغير مستغلة ، إلا أن هذه الرمال تعاني من مشكلة النعومة في تركيبها الحبيبي و ما مدى إمكانية تثمين هذه المادة لغرض الإنشاء و ديمومته .
وما هي العوامل التي يمكن من خلالها إيجاد حلول لهذا المشكل الذي يعاني منه رمل المحاجر .

وعليه في هذا البحث حاولنا المشاركة في الإجابة على السؤال السابق وذلك باستغلال رمال المحاجر في إنشاء خرسانة الرمل و إضافة رمال الكثبان كمحسن لهذه المادة.

وقد قسمنا عملنا هذا الى أربعة فصول تطرقنا في الفصل الأول إلى عموميات حول خرسانة الرمل .
وفي الفصل الثاني تطرقنا الى جمع المعلومات حول خرسانة الرمل قصد تحديد الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية لهذا المادة و المواد المركبة لها والى معرفة بعض تركيبات هذه الخرسانة .
وأما الفصل الثالث فقد عالجتنا فيه خصائص المواد المستعمل في هذا البحث وصياغة خرسانة الرمل الشاهد .
وبالنسبة للفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك خرسانة الرمل الشاهد، من انحناء وشد و ضغط و ديمومة.

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة رمل المحاجر و ما تحصلنا عليه من نتائج.

الفصل الأول

عموميات حول رمل الخرسانة

1.I مدخل :

أصبحت خرسانة الرمل أكثر استعمالاً في مجال البناء، ونطلق اسم الخرسانة على الخليط المكون من الماء والركام (الرمل والحصى) والاسمنت بنسب ملائمة. ونسعى خرسانة مسلحة، الخرسانة المضاف إليها كمية من الفولاذ بغية تعزيز إجهاداتها التي لا تستطيع الخرسانة لوحدها تحملها .

هناك نوعان من الرمال في الطبيعة ، أولهما رمل السيليكيا ، و هو عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكيا (SiO2) أكثر من 99 % و تتكون بشكل رئيسي من حبيبات معدن الكوارتز ، و تحتوي علي كمية قليلة من الشوائب و المعادن الثقيلة (أقل من 0.1 %) .

و النوع الثاني هو الرمل الزجاجي و هو نوع من رمل السيليكيا أيضا الذي يتميز بمواصفات فيزيائية و كيميائية تتناسب مع صناعة الزجاج فحجم الجسيمات يتراوح غالبا من 100 – 500 ميكرون و نسبة أكسيد الحديد (Fe2O3) تقل عن (0.05%)

2.I الخصائص الميكانيكية للرمل :

من أهم الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل تتمثل أساسا على إجهادات الشد ومعامل اللينة والتشوه عند التمزق والديمومة .

إجهاد الشد : ونعني به قوة الشد المطبقة عموديا على مقطع العينات الخرسانية .

معامل اللينة : ونعني به ما مدى استطالة العنصر عند عملية الشد و نحصل عليه من تجربة الشد (تشوه –إجهاد)

التشوه عند التمزق : ونعني به التغير في الاستطالة النهائية للعينات بعد تطبيق قوة الشد النهائية عليه .

الديمومة : ونعني به ما مدى مقاومة المادة في أوساط مختلفة وقد تكون عدوانية .

3.I مختلف أنواع الرمال المستعملة في البناء :

نذكر من بين الرمال الأكثر استعمالاً لتقوية مواد البناء والأشغال العمومية ما يلي:

1.3.I الرمل الوديان الطبيعي :

و يعتبر هذا النوع الأكثر نقاوة و يستخدم في صناعة العديد من انواع الخرسانة و الميزة الرئيسية لهذا النوع تتمثل في هيكلها المتجانس و صغر حجم حبيباتها ، الرمال الطبيعية يمكن أن تأتي من الأنهار المعروف أيضاً باسم "رمل النهر" ويتميز بشكله المستدير وصلابته ، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور.

بسبب كتلتها الصغيرة ، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العالي و عند وصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة و التي لم تعد تحملها طاقة الماء تترسب ببطء في مجاري الأنهار والجداول.

بمرور الوقت ، ومع تقدم الزمن ، يتم تغطية هذه الرواسب بالطمي والترربة العلوية التي يتم استغلالها حاليًا على طول الأنهار مثل نهر السين ، لوار ، غارون ، الرون ، نهر الراين ، ... ، و لأسباب بيئية يتم استغلال عدد قليل للغاية من هذه الرمال مباشرة في قاع الأنهار النشطة.

على الرغم من استهلاكه بكميات كبيرة ، إلا أن هذا النوع من الرمال يميل إلى أن يصبح سلعة نادرة

2.3.I رمل المحاجر :

و تنتج عن طريق التكسير، في الواقع هي كل عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشطايا الأصغر فالأصغر ، فإنه يخلق كمية معينة من الرمال، تستخدم الحصى (عادة ما يزيد قطرها عن 5 مم) لتصنيع الخرسانة ، أما الرمل فهو ينتج من تكسير الحصى المسحوق(عادة ما يقل قطرها عن 5 مم).

3.3.I رمل الكتيان :

تعتبر رمال الكتيان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية ، و هي عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكا (SiO₂) أكثر من 99 % و الذي يميزها أنها متماثلة و متجانسة من حيث الشكل و يتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية و هذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا

4.3.I الرمل الإصطناعي :

تشمل الرمال الصناعية الرمال الناتجة عن سحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ،كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ،

ومن هذا، فلقد أجريت العديد من الدراسات الحديثة على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمال وبينت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي .

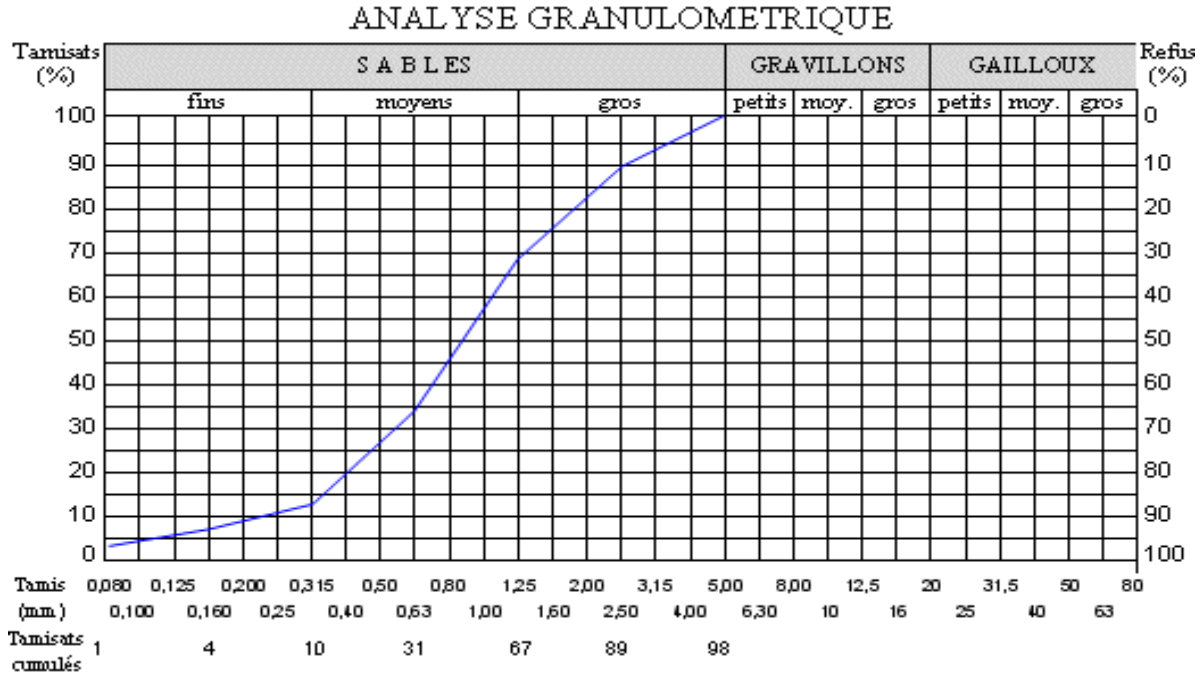
5.3.I رمل البحار

مثلما يستقر الرمل في قاع الأنهار ، فإنه يستقر أيضًا بكميات كبيرة في مصب النهر وحتى بعده عندما تتولى التيارات البحرية السيطرة على الأنهار لحمل حبيبات الرمل.

إن الرمال البحرية أقل أهمية من رمل النهر لأنه يحتوي دائمًا على نسبة من الأملاح الذي يسبب ضررا على ديمومة فولاذ المنشآت، كما يتعرض جرف الرمال في البحر بشدة لسبب تدهور البيئة البحرية وخطر هبوط الساحل والشاطئ.

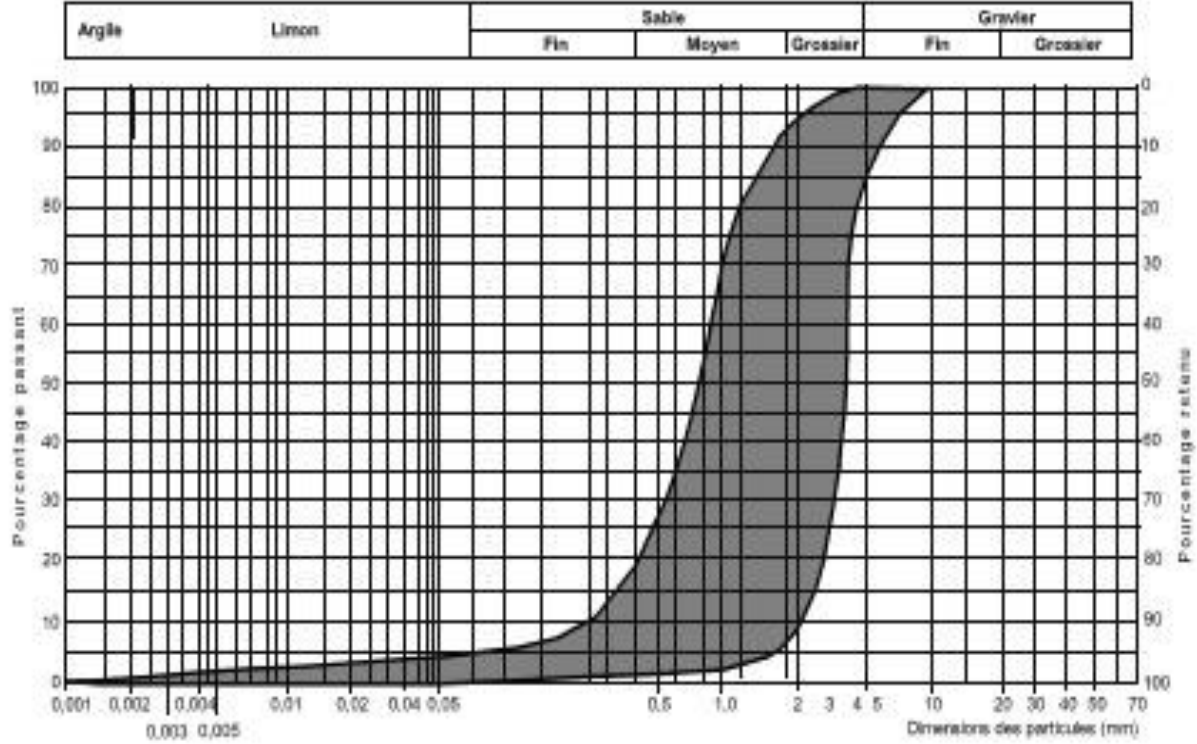
4.I التحليل الحبيبي

القياس الحبيبي هو دراسة التوزيع الإحصائي لأحجام مجموعة من العناصر المحدودة للمواد الطبيعية. الرمل التقليدي عبارة عن مجموعة من الحبوب من 0 إلى 5 مم ، أثناء التحليل الحبيبي للرمل ، يتم تمرير المادة على التوالي في مجموعة من المناخل ذات حجم شبكة تتراوح من 0 إلى 5 مم ، والنسبة المئوية للمواد المحتجزة في كل غربال يتجسد على رسم بياني ويتراكم بنسبة تصل إلى 100% ، وهذا يعطي منحنى بياني واحد كما هو موضح في الرسم البياني التالي :



الشكل 1.I يوضح منحنى التدرج الحبيبي

في تحليل أكثر تعمقا لنفس الرمل ، يتم إعادة نفس الاختبار على عدة عينات من الرواسب نفسها وتظهر النتائج على نفس الرسم البياني الذي سيُظهر الحد الأدنى والحد الأقصى للقيم هذه المعلومات ضرورية في تصنيع الأجزاء الخرسانية الجاهزة وفي صياغة الخرسانة الجاهزة عالية القوة كما هو موضح في الرسم البياني التالي :



الشكل 2.I يوضح مجال منحنى التدرج الحبيبي

الخلاصة :

بالرغم من وجود العديد من أنواع الرمال المتوفرة حسب حجم و شكل الحبيبات إضافة إلي لونها ، إلا أن أهم مؤشر يميز نوعية هذا الرمل و إمكانية استخدامه في مجال البناء يتطلب التوافق مع عدة عوامل و تتمثل في :

- التركيب الفيزيائية يجب أن تكون لها تركيبة حبيبية تدخل ضمن المجال الحبيبي المعتمد .
- التركيب الكيميائية يجب أن تكون لها خصائص غير عدوانية مع باقي مكونات الخلطة الخرسانية من حصى و أسمنت و ماء .
- العامل البيئي و يكمن في عدم إستنزاف الثروة الطبيعية المتواجدة و بكمية محدودة مثل رمل الوديان و البحار .
- العامل المادي و الذي يمكن أن يؤثر علي تكلفة نوع الرمل من نوع إلي آخر مما يؤدي إلي إرتفاع تكلفة الإنجاز .

الفصل الثاني

تركيبية خرسانة الرمل

1.II مدخل :

تعتبر كمية رمل الكثبان الكبيرة المتواجدة في وطننا مادة سهلة الحصول ولكن يبقى مجال استعمالها محدود جدا، لذا فكر كثير من الباحثين في استغلال هذه المادة في البناء، حيث طوروا خرسانة الرمل التي تستعمل رمل الكثبان، وتعدى ذلك إلى استغلالها في مكونات مركبات مواد البناء إذ أجريت بعض التجارب على استعمال رمل الكثبان كمواد إضافية داخلية في تركيبة الاسمنت، وقد تحصلوا على الكثير من النتائج المرضية. [1]

تتميز خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية باحتوائها على نسبة رمل كبيرة مع غياب أو قلة نسبة الحصى (Gravillons). كما أن خرسانة الرمل تختلف كذلك عن الملاط بكونها تحتوي على نسبة تركيز أقل للاسمنت علاوة على مجالات استعمالها .

إن استعمال خرسانة الرمل عوضا عن الخرسانة العادية قد يشكل أحيانا عاملا إيجابيا من الناحية الاقتصادية عندما تكون هناك سهولة للحصول على الرمل كونه أقل ثمنا من الحصى.

في حين أن استعمال خرسانة الرمل يمكن تمييز خصائصها الفيزيائية بواسطة التصحيح الحبيبي لها و ذلك بإضافة نسبة من رمل الكثبان [2] .

يمكن هذا التمييز بمزج خرسانة الرمل المتكونة من نوعان من الرمل رمل المحاجر و رمل الكثبان بنسب متفاوتة قصد التصحيح الحبيبي الأمثل ، حيث تم التطرق في هذه الدراسة إلي العديد من التركيبات لخرسانة الرمل :

- بإستعمال رمل المحاجر كلياً (SC 100%)

- بإستعمال رمل الكثبان كلياً (SD 100%)

- بعدها تم تحديد نسبة رمل المحاجر المراد تمييزه بقيمة (SC 50%) ليتم أستكمال الباقي بإستعمال رمل الكثبان و المقدرة بنسبة (SD 50%)

- بعدها تم تحديد نسبة رمل المحاجر بقيمة (SC 60%) ليتم أستكمال الباقي بإستعمال رمل الكثبان و المقدرة بنسبة (SD 40%)

- بعدها تم تحديد نسبة رمل المحاجر بقيمة (SC 80%) ليتم أستكمال الباقي بإستعمال رمل الكثبان و المقدرة بنسبة (SD 20%)

- و في التركيبة الأخيرة تم تحديد نسبة رمل المحاجر بقيمة (SC 90%) ليتم أستكمال الباقي بإستعمال رمل الكثبان و المقدرة بنسبة (SD 10%)

إن الهدف المقصود من التغيير في نسبة التركيبة من نوعا الرمل تكمن في معرفة إي من التركيبات الأمثل التي تدرج في مجال التدرج الحبيبي المقبول.

2.II تاريخ خرسانة الرمل:

تعتبر خرسانة الرمل أقدم من الخرسانة العادية حسب POITEVIN، حيث ذكر أن أصل خرسانة الرمل يعود إلى السنوات 1850 – 1875 تحت اسم (الخرسانة المتكتلة Béton Aggloméré) والمتكونة أساساً من الرمل والماء والاسمنت. [3]

في سنة 1853 قام المهندس الفرنسي COIGNT بإنجاز بنايات اقتصادية بخرسانة تراكم (Béton Aggloméré) التي تعتبر أصل خرسانة الرمل والتي تتكون من خليط بدون حجارة، من رمل رماد بركاني لمسحوق الفحم و تربة غضارية محروقة و جير طبيعي وماء. هذه الخرسانة استعملت في عدة إنجازات من بينها منزل كبير من خرسانة مقولبة رقم 72 شارع شارل ميشال في باريس.

وقد ذكر POITEVIN أيضاً أنه في سنة 1869 و 1872 تم إنجاز جزء من قناة ذات طول يبلغ 40 كلم باستعمال الخرسانة المتكتلة وذلك بغرض ربط النافورة الزرقاء (Fontaine bleu) بأورليان (فرنسا) [3].

وفي نفس السياق أنجزت في مصر سنة 1869 منارة بور سعيد بخرسانة رمل البحر والجير بطول قدره 52 متر.

وقد نقل POITEVIN تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بين سنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة الرمل ببروكلين. [3]

وخلال عشرية 1970 - 1980 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار و بسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى و كذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة، لهذا ظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات الزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة التقليدية .

وفي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ ظهور الخرسانة التي تستعمل الحصى ذو الحجم الكبير مما أعطى نتائج مقاومة عالية تصل حتى 20MPa. ومنذ ذلك الحين تلاشى استعمال خرسانة الرمل تاركاً مكانه للخرسانة الجديدة ذات المقاومة العالية المعروفة إلى أيامنا هذه.

وبالرغم من مرور مدة زمنية طويلة على إنجاز منشآت بخرسانة الرمل إلا أنها مازالت على قيد الاستخدام شاهدة على مدى صمود هذه الخرسانة.

3.II استعمال خرسانة الرمل في العالم :

عند البحث على تاريخ خرسانة الرمل نجدها قد استعملت في العديد من المناطق في العالم التي نذكر منها : الاتحاد السوفياتي سابقاً وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي.

1.3.II الإتحاد السوفيتي :

إن دول الإتحاد السوفيتي هي أول من أعاد اكتشاف خرسانة الرمل نظرا للحاجة الماسة للحصى حيث كان شبه مفقود في هذه الدول ويستدعي أحيانا نقله من مسافات تزيد عن 1000 كلم.

ولقد قام NICOLAS DE ROCHEFIELD سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل و الكلينكر بنسبة متساوية و بعد ذلك كون بها خلطة خراسانية مكونة بنسبة 1 من المسحوق و 3 من الرمل ، وكانت مقاومة هذه الخرسانة مساوية لمقاومة خرسانة الرمل المكونة من 2/3 رمل و 3/1 إسمنت. ولقد قام ROBINDER سنة 1954 بتطوير هذه التجربة حيث اقترح سحق جزء من الرمل مع الاسمنت ثم الهز أثناء عملية الصب مما يؤدي إلى الحصول على خرسانة عالية الكتامة وذات تجانس أعظمي[3].

2.3.II خرسانة الرمل في فرنسا :

إن استعمال الحصى في الخرسانة وانتشاره بشكل كبير ولد مشاكل بيئية عديدة كانت الأصل في عودة ظهور خرسانة الرمل في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا. لكن بخلاف تجارب الإتحاد السوفيتي التي استدعت سحق الرمل من أجل الحصول على خرسانة ذات كتامة ومقاومة عاليتين

فإن التجارب في فرنسا كان هدفها تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات (Filler). ونتيجة لهذه التجارب تم صدور مستندات وتوصيات من طرف مراكز وجمعيات علمية (CEBTP, LCPC) كانت قاعدة انطلاق أبحاث هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمل في الخرسانة. ومن ثم تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات و عمارات تجريبية بين 1989 و 1993[3].

3.3.II خرسانة الرمل في الخليج العربي:

إن استعمال خرسانة الرمل في الخليج العربي هو استعمال اقتصادي بحت، نظرا لوفرة الرمال من جهة ولقلة الحصى الكبير من جهة أخرى.

استخدمت خرسانة الرمل في هذه المناطق في إنجاز الأساسات والجدران الساندة والأسقف. مع العلم أنه كان مثل الملاط حيث كان المقدار الحجمي S/C يساوي 3/1، وكثافته حوالي 2.15. ولم يتم الانتباه إلى التشققات الكبيرة الناتجة إلا بمقارنتها بالخرسانة العادية الموضوعه والمنجزة في نفس الشروط [3].

4.3.II خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي :

الجزائر: في الجزائر قدر الطلب على الحصبا خاصة من قطاع الأشغال العمومية و البناء سنة 2002 بـ 80 مليون m³ أمام عرض قدر بـ 30 مليون متر مكعب وذلك من أجل إنجاز مشروع الطريق السيار شرق غرب ،

وطريق الهضاب العليا و ترميم 10.000 كلم من الطرقات سنويا، مما سينتج كميات زائدة عن الحاجة من رمل المحاجر الذي لا يستعمل كثيرا في الخرسانة العادية .

مما سبق يتضح لنا جليا أهمية خرسانة الرمل في تامين مواد البناء المحلية لخفض تكلفة الإنجاز، إذ يمكن استعمال كل أنواع الرمل بما في ذلك رمل المحاجر الذي قدمنا أنه أصبح يسبب مشكل بيئي ان لم يستغل و رمل الكثبان (Sable de dune) الموجود في الصحراء ، والذي بدوره يشكل مشكل بيئي متمثل في التصحر وغير ذلك وحيث أنه توجد ندرة في الحصى و طالما أن الدراسات أثبتت أن خرسانة الرمل المسلحة لها خصائص مماثلة للخرسانة المسلحة التقليدية.

4.II مكونات وصياغة خرسانة الرمل :

1.4.II مدخل:

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت، حصى، رمل، ماء، محسنات) . وحيث أن كل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسع إلى إيجاد واستصدار نوع من هذا الخليط ذو أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من أجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة.

في هذا المحور سندرس هذه المواد وهذا الخليط طبقا للقاعدة المنصوص عليها: (AFNOR) . من أجل الوصول إلى تراكيب تتوفر فيها الأهداف المرجوة من بقاء وديمومة ومقاومة... الخ .

2.4.II مبدأ تركيبة الخرسانة:

ان الاختلاف الرئيس بين خرسانة الرمل و الخرسانة الكلاسيكية يكمن في اختلاف التركيب الحبيبي إذ ان خرسانة الرمل يجب ان لا يتعد فيها قطر الحبيبات 5 ملم ($5 \geq d$) كما يجب ان لا تتعد النسبة $\frac{G}{S}$ واحد. على

عكس الخرسانة العادية التي تستخدم حبيبات من نوع 15/0 و 25/0 و كمية أسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ

لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموما حسب DREUX بين 2.2 الى 2.8 بالنسبة

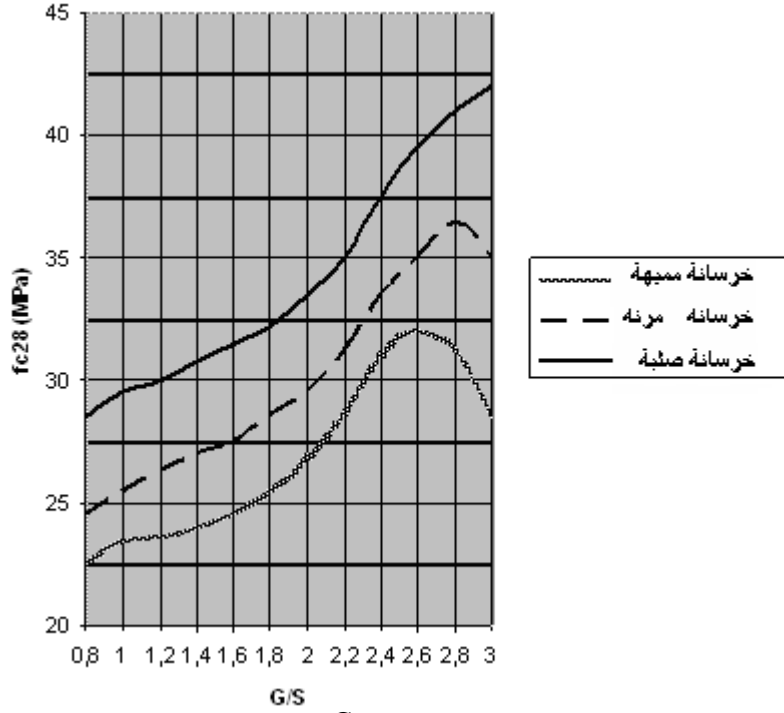
$$2 \leq \frac{G}{S} \leq 2.8 \quad \dots \dots \dots (2.1) \quad \dots \dots \dots \text{للخرسانة العادية .}$$

3.4.II تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة :

ان هذه النسبة G/S (G كمية الحصى ، S كمية الرمل) لها تأثير في التراصية (La compacité) التي تعرف

$$c = \frac{v_s}{v_t} \quad \text{على أنها النسبة الحجمية بين حجم الحبيبات الصلبة } V_s \text{ على الحجم الكلي } V_t$$

والتي هي من أهم خواص خرسانة الرمل إذ تتعلق مباشرة بالمقاومة. إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبيبي يخضع لمبدأ بسيط، وهو أن أكبر العناصر تخلق فراغات كبيرة يمكن ملؤها بالرمل، كما أن فراغات الرمل تملأ بالمواد الدقيقة وهي الإسمنت مع العلم أن الكمية اللازمة من الإسمنت للحصول على ترابية جيدة متطابقة مع الكمية التي تضمن المتانة (في حالة الخرسانة العادية). [4] والشكل 1.II يوضح تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة:



الشكل 1.II تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة [4]

لكننا إذا كنا نبحث عن قيمة قطر صغيرة للحبيبات (أقل من 16 مم)، ففي هذه الحالة ومن أجل الحفاظ على ترابية عظمى، فإنه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الإسمنت). وهذا ما يترجم بعلاقة CHAUVIN التي تنص على مقدار الدقائق معطى حسب استعمال الخرسانة[5]:

$$c = \frac{550}{\sqrt[5]{D}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$c = \frac{700}{\sqrt[5]{D}} \dots\dots\dots(2.3)$$

من أجل حساب المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D فان الجدول (1.II) يوضح ذلك .

الجدول II. 1 يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D [3]

النوع	القطر الأعظمي D	تركيز الاسمنت $c = \frac{550}{\sqrt[3]{D}}$	تركيز الاسمنت $c = \frac{700}{\sqrt[3]{D}}$
خرسانة	31.5/0	251	220
	22.5/0	268	375
	16/0	287	400
	8/0	330	460
ملاط	6.3/0	380	480
	3/0	401	560
	1/0	550	700

في حالة خرسانة الرمل يحدد امتداد التدرج الحبيبي من الأعلى بـ 5 مم مع غياب الحبيبات الكبيرة. لذلك يظهر جليا أن الخليط (إسمنت + رمل) يعطي مسامية كبيرة مقارنة بالخرسانة العادية، مما يستدعي إدخال إضافات (Filler) لغرض إغلاق المسامات التي تنتج عن الرمل، وبعدها نقوم بضمان صلابة الخليط وذلك بإضافة الاسمنت بتركيز يتوافق مع الخرسانة العادية و للمعامل E/C تأثير مهم على المسامية لذا تجب العناية به .

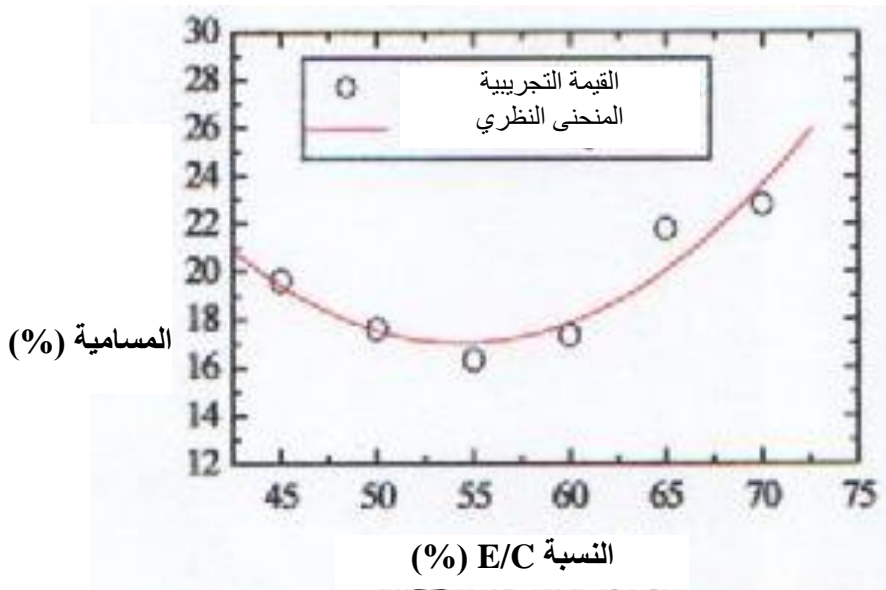
II.4.4 تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة :

II.4.4.1 تأثير النسبة E/C على المسامية :

قبل الحديث على تأثير النسبة E/C على المسامية يجب معرفة مفهوم المسامية إذ أنها تعرف بالنسبة الحجمية بين

$$V_v \text{ على الحجم الكلي } V_t \text{ . [7] ونكتب } n = \frac{v_v}{v_t} .$$

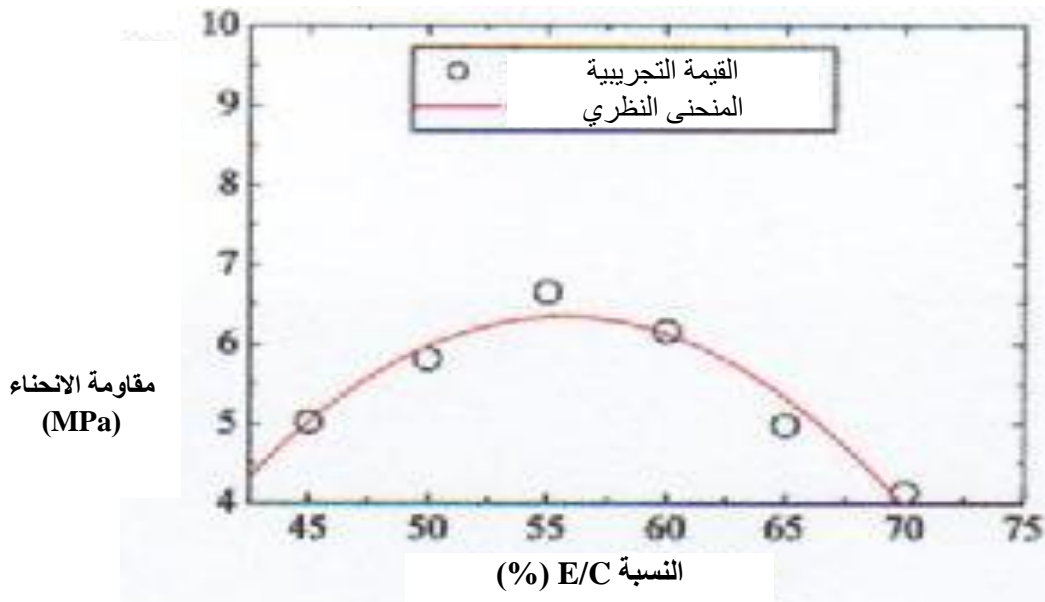
إن النسبة E/C لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد: LOGBI ABDELAZIZ [8] ، ونذكر مثال على ذلك الدراسة التي قام بها LAYCHI GUELMINE [9] والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55 ، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عنيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، الذي يعني زيادة كمية الماء مخلقة عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)، وهذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا الأخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكية. والمنحنى أدناه يوضح تأثير النسبة E/C على المسامية :



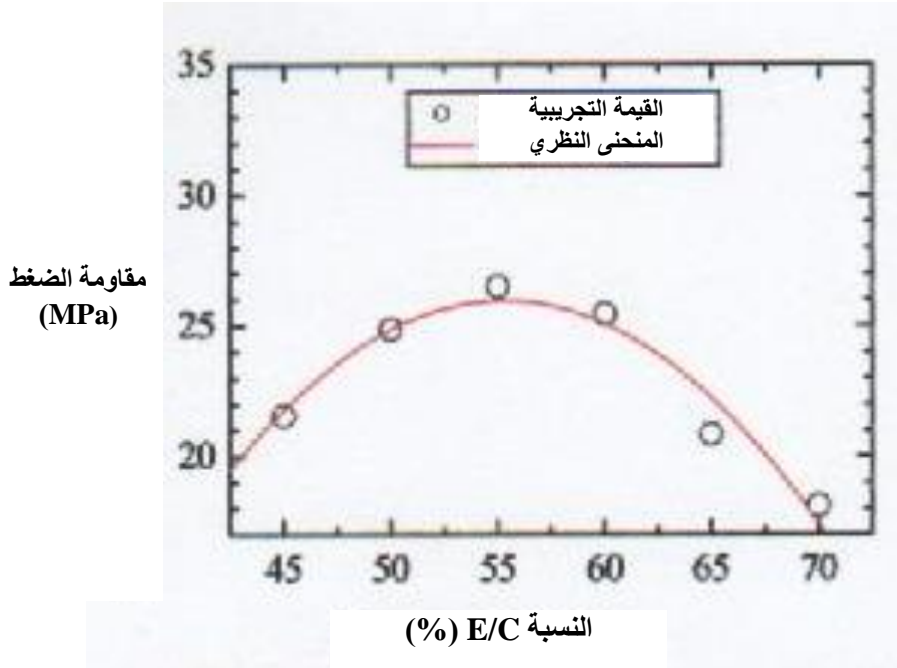
الشكل II. 2. تأثير النسبة E/C على المسامية [9]

II. 4.4. 2. تأثير النسبة E/C على المقاومة :

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة كما ذكرنا سابقا وعند خروجه يخلف فراغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة حيث يكون شبه مجوف وهذا مما يجعله سهل للانضغاط والانكسار [8] ، والمنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء حسب الدراسة التي قام بها [9]:



الشكل II. 3. تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء [9]



الشكل II. 4. تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط [9]

وقد لاحظ الكثير من الدارسين أن كل العلاقات و النظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغاً بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الاهتمام بالنسبة E/C التي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة [10].

5.II مكونات خرسانة الرمل:

وفي ما يلي نعطي المركبات الأساسية التي تدخل في إنشاء خرسانة الرمل .

1.5.II الاسمنت :

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقاً مع القواعد NF P15-301. وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقارباً لتركيزه في الخرسانة العادية (300 - 400 Kg/m³). وفي العموم فإن تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية ، لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات. [3]

2.5.II الرمل :

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة ، سواء كانت رمال الوديان او الكثبان او المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة، حيث أن نقل هذه المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين، تكاليف معتبرة، تشويه للبيئة) لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييم و استعمال هذه البقايا وبالتالي إيجاد مصدر آخر للركام. من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة ، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة. [12,11] .

ومن الملاحظ أن رمال الكثبان مواد ذات نوعية سيئة في مجالات الإنشاء لأنها غير قابلة للترسيب ولها قدرة حمل ضعيفة ونسبة فراغات كبيرة كما تمتاز بحبيباتها بعدم الاستقرار في الغالب واستعمالها سواء مع الروابط الهيدروكربونية (الزفت الصرف، المميع ، كوت باك) أو الروابط الهيدروليكية (الاسمنت) يعطي خصائص ميكانيكية ناقصة (الاستقرارية ، الترسيب، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد) لذا تصبح معالجتها ضرورية من أجل تحسين خواصها الميكانيكية وإعطائها استقرارية مرضية [13].

وقد أجريت عدة تجارب على أنواع مختلفة من الرمل حسب مناطق توأجدها نذكر منها :

- تجربة التدرج الحبيبي التي أعطت النتائج التالية [13]:

الجدول II. 2 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق

قطر الغربال mm								نسبة المجمع المار %
0.08	0.125	0.16	0.315	0.63	1.25	2.5	5	
1.46	9.57	18.27	27.13	99.76	100	100	100	القولية
0.65	9.12	65.59	91.42	99.46	100	100	100	الوادي
1.58	6.89	-	83.84	99.37	100	100	100	بسكرة
0.57	4.34	68.67	92.71	99.30	99.91	99.98	100	حاسي بحبح
0.01	2.72	54.23	95.86	99.95	99.97	99.99	100	عين الصفراء

- معامل النعومة الذي أعطى النتائج التالية [10]:

الجدول II 3. نتائج معامل النعومة لبعض المناطق

المنطقة	معامل النعومة
بوسعادة	0.83
حاسي بحبح	0.73
أم الزبد	1.18
توقرت	1.38
ورقلة	1.38
تمسين	1
الحمراية	1.17
مرفى	0.99
لاهورت	1.18
الوادي	1.2

- تجربة الكتلة الحجمية ومعامل الامتصاص التي أعطت النتائج التالية [10] :

الجدول II 4. نتائج تجربة الكتلة الحجمية و معامل الامتصاص لبعض المناطق [10]

المنطقة	الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m ³)	معامل الامتصاص (%)
بوسعادة	2419	0.44
حاسي بحبح	2416	0.46
أم الزبد	2480	0.32
توقرت	2455	0.36
ورقلة	2486	0.30
تمسين	2470	0.36
الحمراية	2412	0.41
مرفى	2496	0.42
لاهورت	2445	0.36
الوادي	2423	0.39

3.5.II الماء :

كغيره من مركبات الخلطة الخرسانية، يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة. مع احترام التركيز اللازم حيث، أن الزيادة من هذه المادة في الخرسانة وبعد خروج الكميات الزائدة عن الحاجة مخلفة مكانها فراغات من شأنها تسبب ضعف في المقاومة، وأما نقصان هذه المادة فهو يقلل من إنحلاية الخلطة مما يعني بقاء بعض الحبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي بعض حبيبات الرمل لا يتسنى لها التماسك، مما يقلل من المقاومة.

نذكر أن الماء المستخدم في خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P18-303. وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة الرمل يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون أكبر، مما يجعل الخلطة الخرسانية الطازجة جافة جدا وصعبت التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسّنات للتقليل من قيمة المعامل E/C من أجل رفع المقاومة [14].

- يشارك الماء في عمليات التفاعلات الكيميائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصبها في مكانها المحدد.

4.5.II الإضافات : Les adjuvants

كغيرها من أنواع الخرسانة، فإن خرسانة الرمل تحتاج الى بعض المواد المحسنة في مختلف أشكالها : الملدنات بأنواعها وما إلى ذلك. تضيفي المحسّنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل التحسين في التشغيلية واستخدام الخرسانة في ظل ظروف صعبة، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة.

1.4.5.II دور المميّعات او الملدنات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم [15]. ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة :

- عزل المواد عن بعضها البعض.
- فقدان تجانس الخلطة.
- زيادة المسامية.
- انخفاض المقاومة.
- النقص من ديمومة المنشأة.

أدت هذه السليبيات التي وقفت عائقا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين، منذ زمن قديم، إلى استخدام العناصر الكيميائية العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك [14].

5.5.II المواد المضافة (Les ajouts):

هي مواد تضاف الى ماء الخلط أو الى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبيتها مشابهة في خواصها الفيزيائية و الكيميائية الى الاسمنت وبوجود الماء أي عند اماتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت [16].

1.5.5.II الحشو Filler :

يتواجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في سد الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج (Compacité) عالي لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر. وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد، ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخراسانية [16].

2.5.5.II الحصى الصغير Gravillons :

يستعمل الحصى 0/15 كأحد المحسنات في خرسانة الرمل شريطة أن لا تتجاوز النسبة G/S الواحد، وذلك لغرض التحسين في بعض الخصائص الميكانيكية والانسيابية كالمقاومة والتشغيلية والانكماش الخ [17].

3.5.5.II الألياف Fibres :

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخراسانية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش [17].

6.II صياغة خرسانة الرمل :

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساسا على اختيار المواد اللازمة ومحاولة تنسيقها بهدف الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة، ففي حالة الخرسانة العادية مثلا، تتلخص المكونات في الحصى والرمل والاسمنت والماء.

ونظرا للإمكانيات المحدودة التي تقدمها الطرق العادية في تركيب الخرسانة، توسعت جملة المكونات التي تدخل في تركيب الخرسانة بواسطة الإضافات والمحسنات.

ومن بين أهم أنواع الخرسانة الجديدة ذات التركيبة الخاصة، نذكر خرسانة الرمل (المتميزة بدقة الحصى والانحلالية)، التي تعرف مرحلة تشكيل جد خاصة.

هناك العديد من المناهج استعملت من أجل الحفاظ على مقاومة عالية لخرسانة الرمل، في حين بقي معيار الانحلالية يشكل عاملا معقدا نوعا ما، نظرا لأن عجينة هذه الخرسانة تحتوي دائما (بالإضافة للاسمنت والماء)

على مواد حشو كلسية Fillers calcaires ومحسنات انسيابية Adjuvant rhéologique بطريقة تسمح بتحديد تركيز الاسمنت لجعله مماثلاً للتركيز في الخرسانة العادية.

1.6.II مبدأ صياغة خرسانة الرمل :

بخلاف الملاط ، تحتوي خرسانة الرمل على تركيز للإسمنت يقارب التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300 إلى 400 kg/cm³). لكن وجود الحصى ذات الأقطار الصغيرة (قطر ≥ 5 mm) هو ما يميز خرسانة الرمل عن الخرسانات العادية، وليس هناك مانع من إضافة الحصى بشرط الحفاظ على النسبة الكتلية $G/S < 1$. وبفضل تقنية ملء فراغات الرمل بواسطة مواد الحشو الكلسية الأقل من (80 μ m)، أصبحت الزيادة في تركيز الاسمنت ممكنة، حيث ساعد ذلك في الحصول على نسبة للتراصية عالية، وذلك بإنشاء امتداد حبيبي مستمر. وتستعمل عادة مواد الحشو ذات الطابع الكلسي نظراً لمفعولها الجيد تجاه المواد القاعدية. ويستوجب التواجد الكبير للجسيمات الدقيقة إلى استعمال كبير لماء الخلط، مما يستدعي وجود مخفض للماء (Réducteur d'eau) من أجل رفع أداء الخرسانة والتقليل من التشوهات المختلفة.

2.6.II بعض طرق صياغة خرسانة الرمل :

إن الهدف من صياغة خرسانة الرمل هو إيجاد نسب مختلف المركبات التي تدخل في الخلطات، من أجل الحصول على خرسانة ذات هيكل حصوي أمثل يتجاوب مع المعايير التقنية والاقتصادية. ونظراً لكون مختلف طرق ومناهج الصياغة لا تخضع إلى علوم دقيقة، فإن الدراسة النظرية لا تقودنا إلى الحل النهائي لمجمل المشاكل التي تواجه التركيبات الخرسانية. ولهذا نلجأ دائماً إلى دراسة تجريبية تعتمد على إنجاز خلطات متتابعة تسمح لنا بتصحيح الصياغة النظرية. ومن هنا نستطيع تمييز نوعين من طرق الصياغة وهما الطريقة النظرية والطريقة التجريبية معتمدين في ذلك على معيارين مهمين وهما :

❖ الخصائص الميكانيكية.

❖ التشغيلية.

مختلف مراحل صياغة خرسانة الرمل :

3.6.II صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات :

في هذا الجزء من الطريقة سنبحث على صيغة لمختلف تراكيز المواد المكونة (اسمنت، ماء، رمل، إضافات) في المتر المكعب والتي تعطي تشغيلية مقبولة.

* تركيز الاسمنت :

يفرض علينا الشرط المهم و الملزم استعمال تركيز أصغري للاسمنت في المتر المكعب للخرسانة وذلك حسب نوع المنشأة المراد بنائها ودرجة خطورة الوسط، ولهذا سنعمل على مدى هذه الدراسة بتركيز ثابت للاسمنت $C [3] \text{ (Kg/m}^3\text{)}$.

*** تركيز الماء :**

وسنكتفي في هذه المرحلة من الصياغة بأخذ قيمة تقريبية لتركيز الماء $E (l/m^3)$ حسب الخبرة فمثلا 220 لتر من الماء من أجل 350 Kg أو 250 لتر من الماء من أجل 400 Kg [3] .

*** تركيز الرمل :**

وفي هذه الصياغة يتوجب إدخال ملدن مقلل للماء بالتركيز المنصوص عليه من طرف الصانع (%N من وزن العناصر الأقل من 80 μm)، ومن المعلوم أن الخرسانة تحتوي دائما على نسبة من الفراغات V_{air} حيث يكون حجم هذه الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه في الخرسانة العادية حيث تصل النسبة إلى ما بين 5 إلى 7 % من حجم الخرسانة.

وبعد معرفة مقدار تراكيز كل من الماء والاسمنت والفراغات والملدن يصبح من السهل استخراج تركيز الرمل في 1 متر مكعب حيث نكتب :

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \dots \dots \dots (2.4) \text{ (باللتر)}$$

وبعد أن أصبحت الكتل الحجمية لمركبات الخرسانة معروفة يمكننا استخراج كتلة الرمل لصياغة في 1 متر مكعب من الخرسانة $S (Kg/m^3)$.

إلا أنه في دراستنا هذه تم إعتداد تعويض كتلة الحصي بالرمل ليصبح ثلاثة أوزان من الرمل يكافئ وزن واحد من الإسمنت

*** ضبط التشغيلية :**

بعد الحصول على صياغة خرسانة الرمل وتحديدها :

- التشغيلية المقابلة لهذه الصياغة بواسطة جهاز التشغيلية (طاولة الهز) بإضافة الملدن بكميات متفاوتة علي أن لا تزيد بنسبة 2 % من وزن الإسمنت للدخول في المجال اللدن حسب الجدول الخاص بالجهاز .

7.II خصائص خرسانة الرمل :

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب :

1.7.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب :

1.1.7.II التراصية Compacité :

تعرف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا ، فهي بالتالي مكملة للمسامية.

توصل الباحث CAQUOT حسب ما نص عليه [3]، بعد إجراء تجارب على الخرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة و قطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة (2.5)):

$$P = P_0(d/D)^{0.2} \dots\dots\dots(2.5)$$

P_0 : ثابت تجريبي.

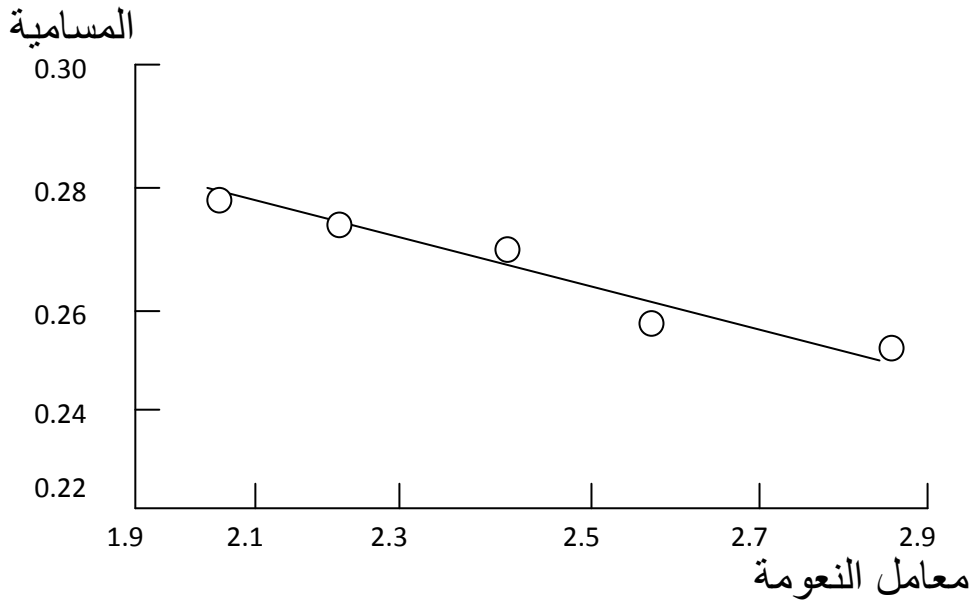
d : قطر العناصر الدقيقة.

D : قطر العناصر الكبيرة.

نشير هنا إلى أن مدى صحة هذه العلاقة يبقى محصور في الخلطات التي تكون فيها أحجام المكونات في الامتداد الحبيبي محسنة من ناحية التراصية. بعبارة أخرى، التراصية المثلى لا تتعلق فقط بالامتداد الحبيبي، بل وبالتوزيع الحبيبي للدقائق أيضا.

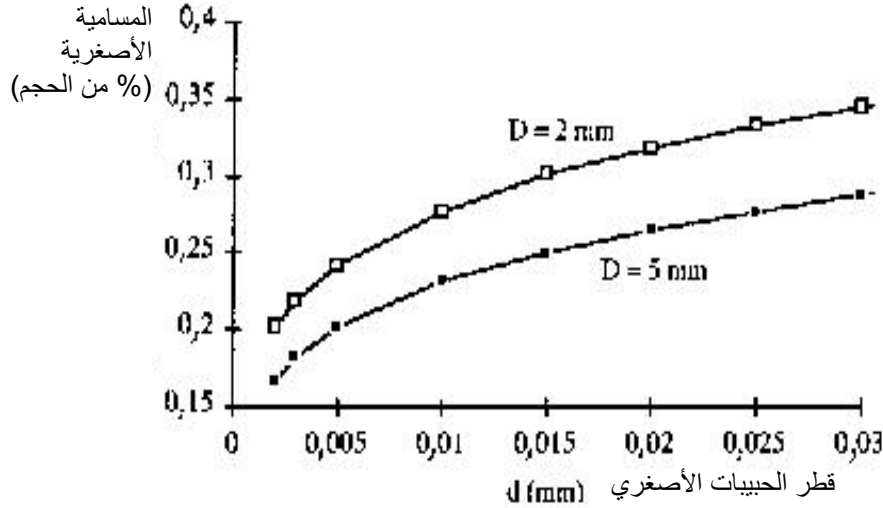
من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون $D \geq 5$ مم ، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط، رمل - اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر الشكل II. 5) لذلك إذا أردنا الحفاظ على التراصية- اندماجية- عظمى، فالطريقة الأسهل هي الزيادة من تركيز الاسمنت. لكن تبقى هذه الطريقة غير مستحبة من الناحية التقنية، نظرا لخطر الانكماش الذي ينجم عنها، كما أن الزيادة في تركيز الاسمنت يسبب ارتفاعا في التكلفة الكلية.

في ظل هذه الشروط، يصبح من الضروري اللجوء إلى استعمال حشو ذو حبيبات مشابهة لحبيبات الاسمنت، وذلك من أجل سد جزء من فراغات الرمل، بهدف الحد من الزيادة في تركيز الاسمنت [2,5]. والمنحنى التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة :



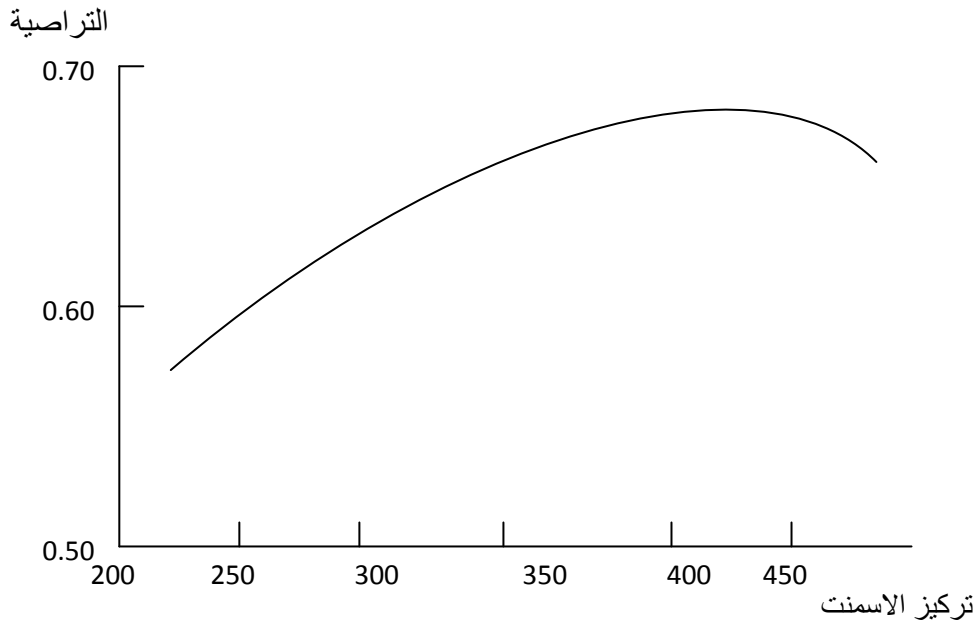
الشكل II. 5. تأثير المسامية بمعامل النعومة [6]

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد معامل النعومة نقصت المسامية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن زيادة معامل النعومة يعني أن حبيبات الرمل زادت من الخشونة وبالتالي نقصت المساحة النوعية مما يستدعي نقصان المسامية .



الشكل II. 6. تأثير بعد الحبيبات الأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل [3]

والمنحنى التالي يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت [18] :



الشكل II. 7. التراصية بدلالة تركيز الاسمنت [18]

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد تركيز الاسمنت زادت التراصية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن الاسمنت لعب دور الحشو وملاً الفراغات بين حبيبات الرمل مما زاد في التراصية . ان التراصية العظمى لخليط من الخرسانة والرمل تعطى بـ 70% .

الجدول II. 5. التراصية العظمى بدلالة D_{max} [32]

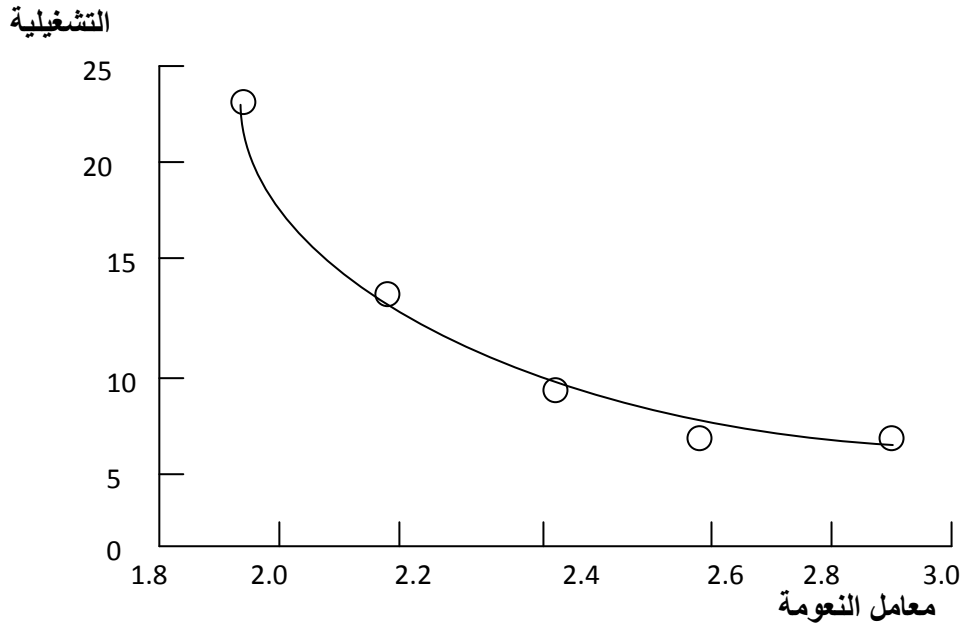
Dmax = 20mm	Dmax = 12.5mm	Dmax = 5mm	القطر الأعظمي
0.805	0.79	0.75	التراصية

II. 2.1.7. التشغيلية Maniabilité :

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة ، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة [19]. وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة [20] كما تعرّف على أنها سهولة الخلط للخرسانة الطازجة وتجانسها وسهولة قولبتها.

وتتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبة E/C الكبيرة ما بين 0.6 الى 0.7 حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود الى نعومة الخليط الكبيرة (Finesse).

إضافة إلى ذلك فإنّ التركيب الحبيبي يلعب دور كبير في الحاجة للماء حيث أنه كلما كان الرمل غني بالعناصر الكبيرة كلما كانت الحاجة للماء أقل أي تتحسن التشغيلية وهو ما يترجم في العلاقة بين معامل النعومة و التشغيلية في الشكل [3].



الشكل II. 8. التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق [16]

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان (Temps d'écoulement) واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

2.7.II خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب :

II. 1.2.7 الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة. لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة، ولذلك فإن انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام، فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله [21].

II. 1.1.2.7 مقاومة الضغط :

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلابتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص و المقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقصر تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح [21].

وقد أجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط بالنسبة لخرسانة الرمل أهمها :

* أعمال CHAOUCH [18] التي أجراها على أربعة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (10.II).

الجدول II. 6 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات CHAOUCH [22] لخرسانة الرمل

مقاومة الضغط في 28 يوم ب (bar)				التركيب ب Kg/m ³				
الأنواع				الأنواع				
4	3	2	1	4	3	2	1	
				300	350	400	350	الاسمنت
				1560	1470	1420	1505	رمل الكثبان
144.56	149.41	165.67	140.61	240	280	280	245	الماء
				0.8	0.8	0.7	0.7	E/C

* أعمال GUENOUN [23] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (11.II).

الجدول II 7. نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات GUENOUN [23] لخرسانة الرمل

التركيز ب Kg/m ³						المركبات
الأنواع						
6	5	4	3	2	1	
375	375	375	375	375	375	الاسمنت
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	المحسن
666.49	799.79	933.1	1066.39	1199.69	1332.96	رمل الكثبان
705.55	546.44	423.33	282.22	141.11	-	رمل المحاجر
217.84	218.5	219.19	220.52	227.82	232.5	الماء
24.5	23.98	21.76	20.28	18.88	16.73	مقاومة الضغط في 28 يوم ب (MPa)

* أعمال KETTAB [13] التي أجرتها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (12.II)

الجدول II 8. نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات KETTAB [13] لخرسانة الرمل

3	2	1	المركبات
0.9	0.85	0.8	E/C
350	350	350	الاسمنت
1378.33	1424.53	1470.73	رمل الكثبان
315	297.5	280	الماء
4.13	4.13	4.13	المحسن
8.85	10.25	8.84	مقاومة الضغط في 28 يوم ب (MPa)

ومن هذه النتائج نستخلص أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل تعتبر ضئيلة نسبياً مع المقاومة في الخرسانة العادية.

II. 2.1.2.7. مقاومة الشد :

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف :

* أعمال CHAOUCH [22]، الذي أجراها على أربع أنواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (9.II) [22] :

الجدول 9. II نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال CHAOUCH [22]

مقاومة الشد في 28 يوم ب (bar)				التركيز ب Kg/m ³				
الأنواع				الأنواع				
4	3	2	1	4	3	2	1	
10.67	11.50	15.67	10.25	300	350	400	350	الاسمنت
				1560	1470	1420	1505	رمل الكثبان
				240	280	280	245	الماء
				0.8	0.8	0.7	0.7	E/C

نستج من خلال النتائج الموضحة في الجدول أن مقاومة خرسانة الرمل للشد أقل نسبيا من المقاومة في الخرسانة العادية.

* أعمال GUENOUN [13+23] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (10. II)

الجدول 10. II نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال GUENOUN [13+23]

التركيز ب Kg/m ³						المركبات
الأنواع						
6	5	4	3	2	1	
375	375	375	375	375	375	الاسمنت
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	المحسن
666.49	799.79	933.1	1066.39	1199.69	1332.96	رمل الكثبان
705.55	546.44	423.33	282.22	141.11	-	رمل المحاجر
217.84	218.5	219.19	220.52	227.82	232.5	الماء
1.98	1.93	1.84	1.4	1.37	1.24	مقاومة الشد في 28 يوم (MPa)

II 2.2.7. المرونة:

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد و يعبر عنه بالعلاقة [15]:

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.6)$$

حيث :

E : معامل المرونة

σ_{cj} : اجهاد الضغط المطبق يعطى ب MPa

ε : التشوه النسبي وهو يساوي $\Delta L/L$

وهذه بعض نتائج أبحاث معامل مرونة لبعض تركيبات خرسانة الرمل :

* وجد مجموعة من الباحثين PENPC أصحاب كتاب [16] التي أجروها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت نتائج معامل المرونة كما هو موضح في الجدول (II. 16)

الجدول II. 11 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [22]

3	2	1	المركبات
330	400	350	الاسمنت
-	100	200	المحسن
900	1450	1400	رمل (2.5/0)
800	-	-	كلس 10/6
180	190	200	الماء
28200	30280	21200	معامل المرونة (MPa)

- كما وجد CHAOUCH [22] في أعماله نتائج معامل المرونة كما وهو مبين في الجدول II. 12 :

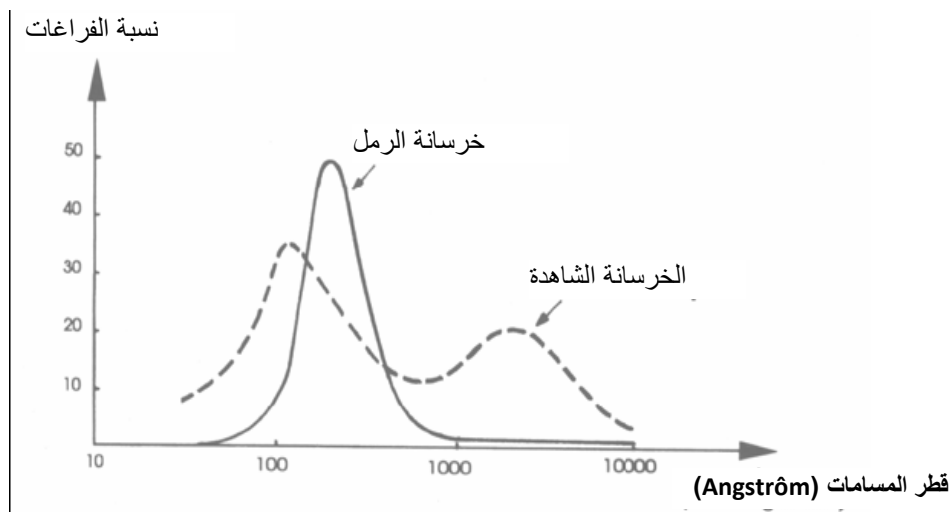
الجدول II. 12 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال CHAOUCH [21]

التركيب ب Kg/m^3		الأنواع
2	1	المركبات
400	400	الاسمنت
-	200	المحسن
1460	1220	رمل الكثبان
-	-	رمل المحاجر
240	280	الماء
2166.67	2100	معامل المرونة (MPa)

II 3.2.7. الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبية مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية و النفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات و السلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية.



الشكل II. 9 منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [3]

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسيين:

II.4.2.7.4.2.7. الخصائص الشعيرية :

تتعلق الخاصية الشعيرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعيرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فإن الديمومة تكون أكثر، ونجد هذا في خرسانة الرمل المدموكة جيدا (Bien compacté).

II.5.2.7.5.2.7. النفاذية: (La perméabilité):

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة ، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر.

هي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة ، و النفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصا في المنشآت المائية والسدود و الخزانات وأسقف الحمامات ،ومن المعروف أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها ، لان زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعيرية .

الخلاصة :

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي :

- 1- ان استعمال خرسانة الرمل في مجال الإنشاء قديم جدا .
- 2- أن نسبة E/C لها تأثير كبير ومباشر على خصائص خرسانة الرمل .
- 3- خرسانة الرمل لها مزايا تؤهلها أن تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية .

الفصل الثالث
خصائص المواد المستعمل وصياغة
خرسانة رمل المحاجر

1.III مدخل:

إن الخرسانة هي مركبات مكونة من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، محسنات... الخ) ومدعمة بمجموعة من الإضافات مثل الألياف مثلا .
ونظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة، فإن خرسانة الرمل هي محل أبحاث ودراسات يهدف مجملها إلى جعل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية.

2.III خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال رمل المحاجر الغير المثلث وتحسين خصائصه برمل الكثبان و المتواجد بكثرة خاصة في الجنوب الجزائري واسمنت CRS (الإسمنت المقاوم للسلفات) لمنطقة بسكرة من أجل الحصول على صيغة لتحسين رمل المحاجر .

1.2.III الرمل :

نحصل عليه نتيجة تقطت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ولتحضير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز ورمل الكثبان واللذان يجب أن يكونا خاليين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و 5% للرمل المنتج عن السحق وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301 ، (NFP18- 101) [24] كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة الرمل بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (la propreté) - في هذه الدراسة سنتناول رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود (ولاية ورقلة) ورمل الكثبان لمنطقة الوادي .
وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرى بين كلا النوعين .

1.1.2.III التحليل الكيميائي :

الجدول يبين النسب المئوية للمكونات الكيميائية في كلا الرملين [4].

الجدول 1.III النسب المئوية للمكونات الكيميائية رمل المحاجر و رمل الكثبان

النسب المئوية للمكونات	رمل الكثبان	رمل المحاجر
SO_3^{-2} %	0.17	1.26
SO_4^{-2} %	0.20	1.52
$\text{Ca SO}_3 , 2 \text{H}_2\text{O}$	0.92	6.81
Ca SO_3	9	55
% Nacl	0.013	0.026
% CL^-	0.008	0.015
Insoluble	88.9	29.8

III. 2.1.2 الكتلة الحجمية :

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد [24] NFP 18-301.

1- الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

هي النسبة بين وزن العينة الكلي وعلى الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة :

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \dots\dots\dots(3.1)$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي.

V_T : حجم العينة الكلي .

2- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة :

$$\rho_{ab} = \frac{M_s}{V_s} \dots\dots\dots(3.2)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول III.2 الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لرمل المحاجر و رمل الكثبان

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية (Kg/m ³)	الكتلة الحجمية المطلقة (Kg/m ³)
رمل الكثبان :	1508	2606.50
الرمل الطبيعي	1650	2603
الرمل المحاجر	1443.65	2048.30
رمل المحاجر 50% + رمل الكثبان 50%	1586.32	2606.12
رمل المحاجر 60% + رمل الكثبان 40%	1604.30	2607.60
رمل المحاجر 80% + رمل الكثبان 20%	1607	2609.36
رمل المحاجر 90% + رمل الكثبان 10%	1608.62	2606.50

3.1.2.III معامل امتصاص الماء: (coefficient d'absorption d'eau):

يعرف بواسطة القاعدة [24] NFP 18-555 ، هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة [25] :

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.3)$$

A_b : معامل امتصاص الماء (%).

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف .

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105°

وكانت النتائج كما يلي :

و الجدول 3.III يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b .

الجدول 3.III النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b [2]

معامل امتصاص الماء A_b (%)	نوع الرمل
0.086	رمل الكثبان
0.751	رمل المحاجر

نلاحظ ان قدرة امتصاص حبيبات رمل الكثبان للماء جد ضعيفة وهي تقريبا مهملة إذن يمكننا القول أن هذا الأنواع من الرمل مقبولة بينما قدرة رمل المحاجر علي الامتصاص مرتفعة .

4.1.2.III المكافئ الرملي: (Equivalent de sable):

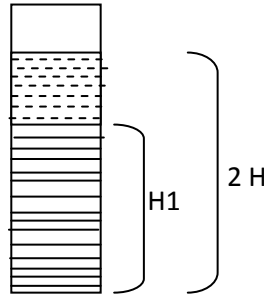
يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-598، الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحيه استعماله في الخرسانة و الملاط.

مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant .
 - بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.
 - نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة .
 - ثم نقيس ارتفاعات الرواسب .
 - * طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .
 - * طبقة عليية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2) .
- المكافئ الرملي يعطى عن طريق :

$$Es = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.4)$$



الشكل 1. III. الأداة المستعملة في تجربة المكافئ

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي :

الجدول 4.III النسب المئوية للمكافئ الرملي ES

تركيبة الرمل	المكافئ الرملي ES (%)
رمل المحاجر (SC)	64 %
رمل الكثبان (SD)	93 %
50 % SC + 50 SD	75 %
60 % SC + 40 SD	71%
80 % SC + 20 SD	69%
90 % SC + 10 SD	62%

III.5.1.2 التدرج الحبيبي : (Analyse granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغرلة بواسطة مجموعة من الغرايل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة. وتعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات [24]

. NFP 18-560

سندرس ستة حالات من العينات ذات نسب مختلفة من رمل الكثبان بالإضافة إلى رمل المحاجر المأخوذ من منطقة حاسي مسعود.

- العينة الأول : 100% رمل الكثبان .

- العينة الثانية : 100% رمل المحاجر.

- العينة الثالثة : 50% رمل الكثبان + 50% رمل المحاجر .

- العينة الرابعة : 40% رمل الكثبان + 60% رمل المحاجر .
 - العينة الخامسة : 20% رمل الكثبان + 80% رمل المحاجر .
 - العينة السادسة : 10% رمل الكثبان + 90% رمل المحاجر .
- ان القاعدة تنص على أن الوزن الأصغري المستعمل في العينة يكون يحقق العلاقة التالية [25,24] :

$$M \geq 0.2 D \max \dots \dots \dots (3.5)$$

حيث :

M : وزن العينة ب كغ

D max : القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم .

استعملنا في هذه التجربة 2كغ من الرمل إذ هي القيمة العملية [27] فكانت النتائج حسب الجداول أدناه التي

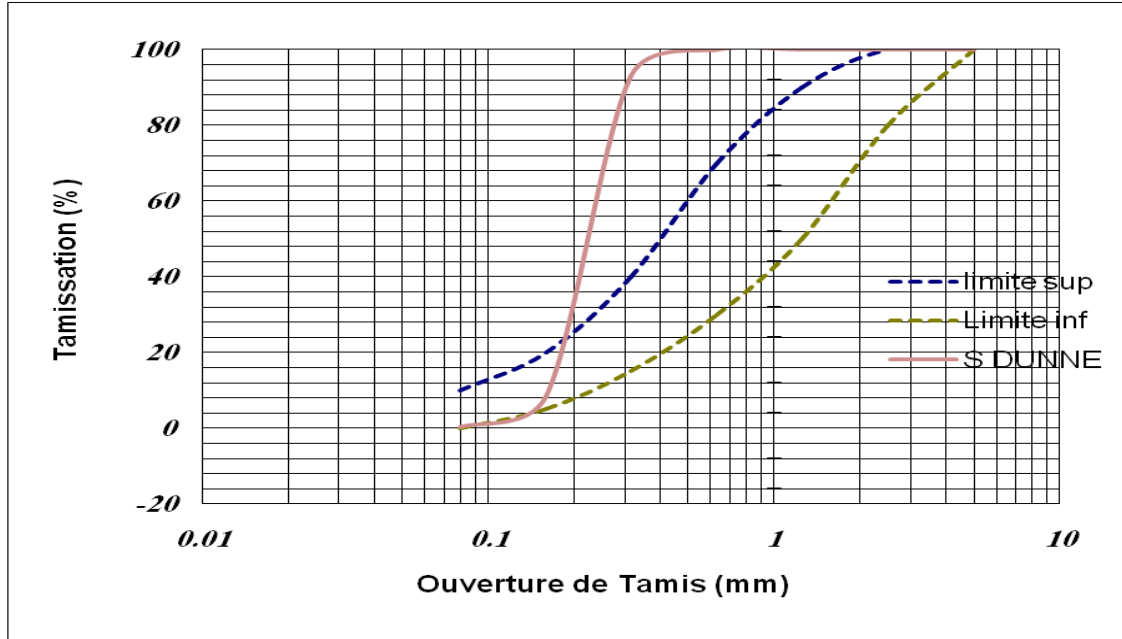
توضح نتائج العينات :

- العينة الأول 100% رمل الكثبان

الجدول 5.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول 100% رمل الكثبان:

المار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب(mm)
100	0	0	0	38	5
100	0	0	0	36	2.5
100	0	0	0	32	1.25
99.97	0.03	0.6	0.6	29	0.63
92.97	7.03	140.6	140	26	0.315
8.415	91.585	1831.7	1691.1	23	0.16
0.165	99.835	1996.7	165	20	0.08

الشكل 2.III منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول 100% رمل الكثبان



الشكل III.2 منحنى التدرج الحبيبي للعينه 100 % رمل الكثبان

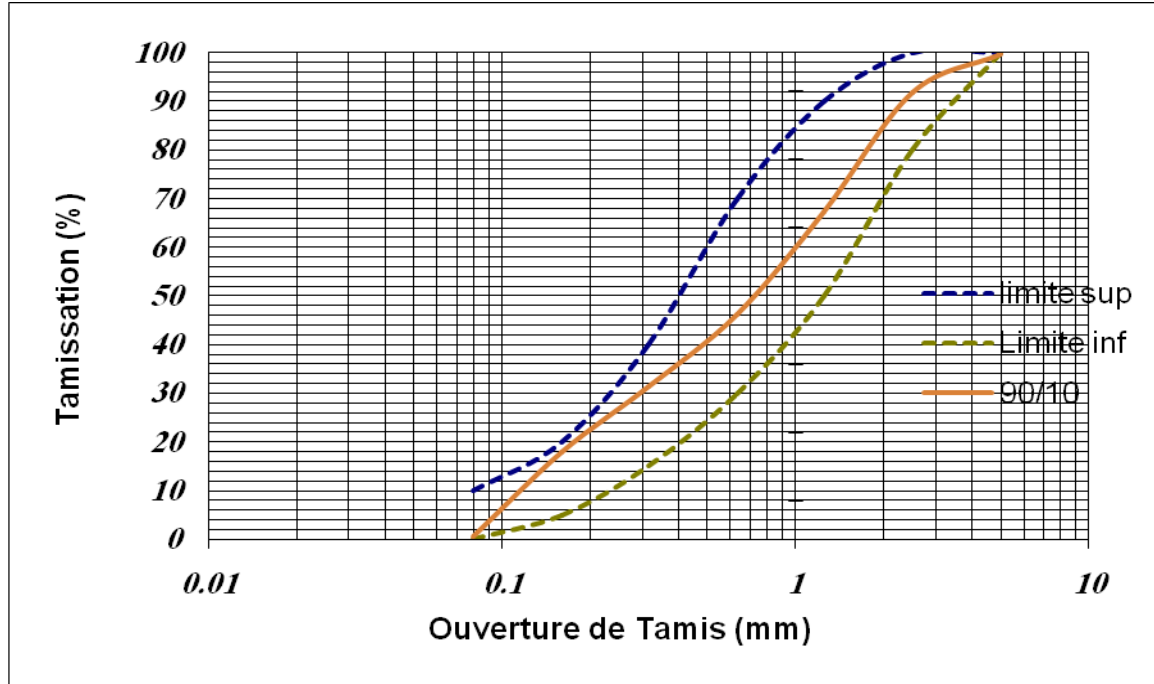
الملاحظ أن هذا الرمل دقيق لأنه يحتوي على حبيبات أقل من 0.63 mm .

- العينة الثانية : 100% رمل المحاجر .

الجدول III.6 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الثانية : 100% رمل المحاجر

المرار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب (mm)
99.625	0.375	7.5	7.5	38	5
91.785	8.215	164.3	156.8	35	2.5
67.415	32.585	651.7	487.4	32	1.25
46.31	53.69	1073.8	422.1	29	0.63
31.355	68.645	1372.9	299.1	26	0.315
17.98	82.02	1640.4	267.5	23	0.16
0.52	99.48	1989.6	349.2	20	0.08

الشكل III.3 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينه الثانية : 100% رمل المحاجر



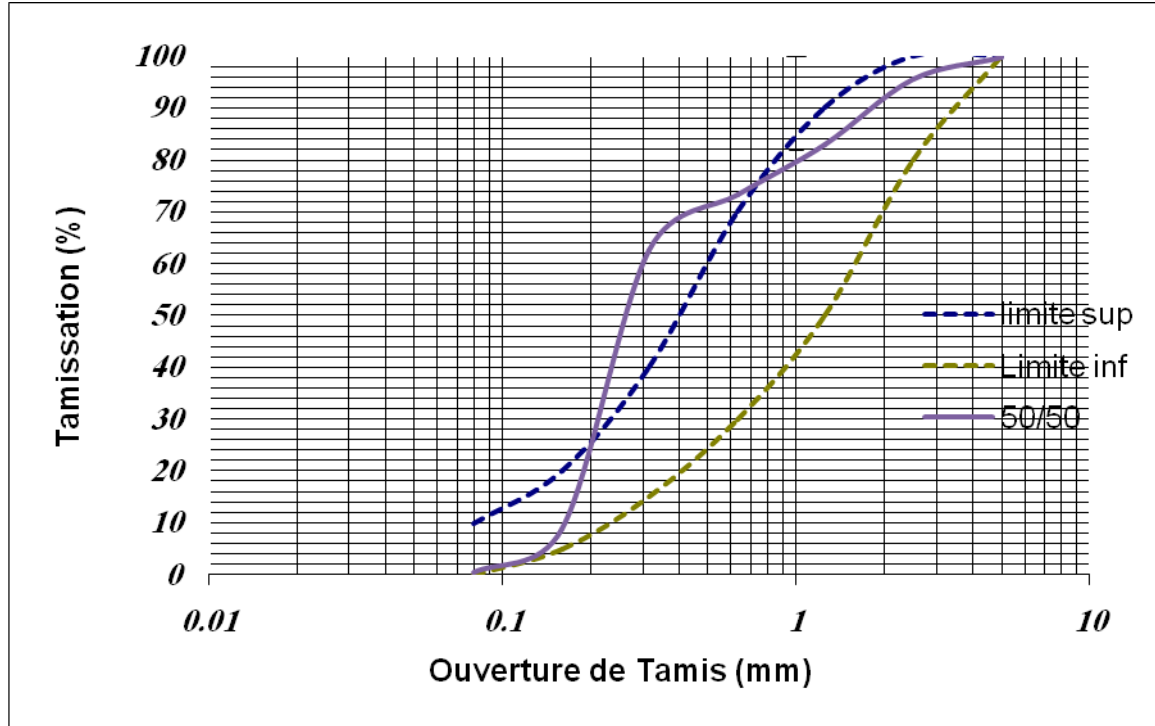
الشكل III.3. منحنى التدرج الحبيبي للعيينة 100 % رمل المحاجر

- العينة الثالثة : 50% رمل الكثبان + 50% رمل المحاجر.

الجدول III.7 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الثالثة : 50% رمل الكثبان + 50% رمل المحاجر

المار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب (mm)
99.74	0.26	5.2	5.2	38	5
95.49	4.51	90.2	85	35	2.5
83.005	16.995	339.9	249.7	32	1.25
73.315	26.685	533.7	193.8	29	0.63
62.585	37.415	748.3	214.6	26	0.315
8.805	91.195	1823.9	1075.6	23	0.16
0.36	99.64	1992.8	168.9	20	0.08

الشكل III.4 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيينة الثالثة : 50% رمل الكثبان + 50% رمل المحاجر



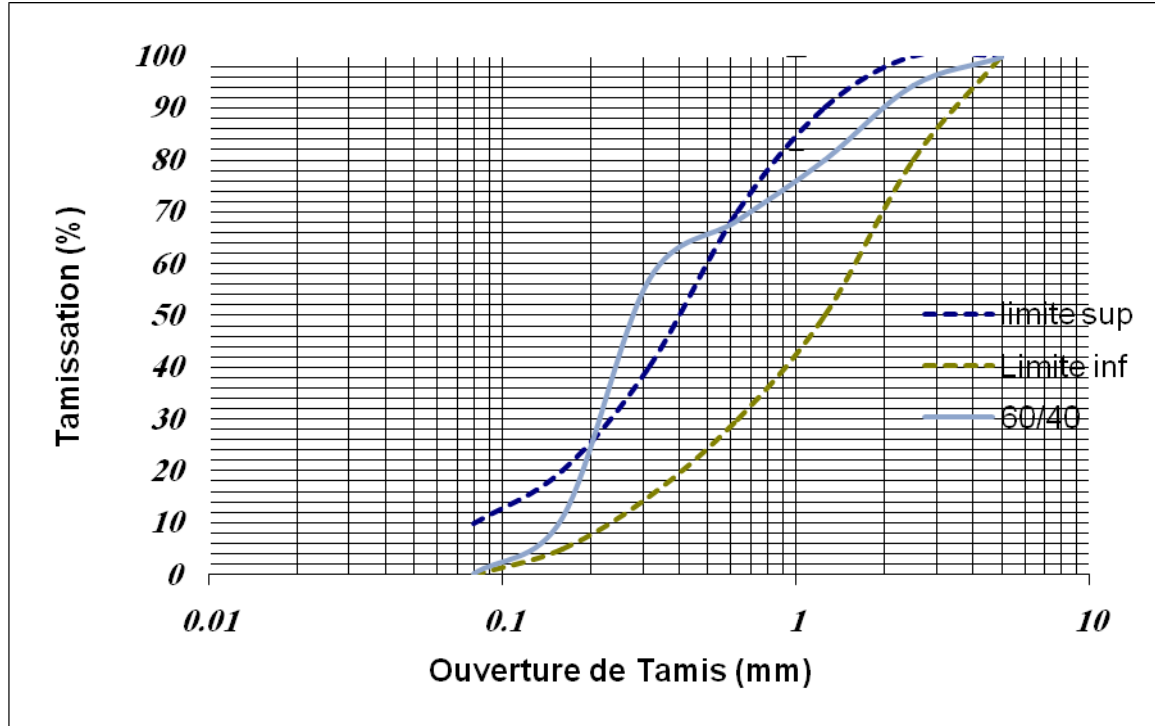
الشكل III.4 منحنى التدرج الحبيبي للعيونة 50 % رمل الكثبان + 50 % رمل المحاجر

- العينة الرابعة : 40% رمل الكثبان + 60% رمل المحاجر

الجدول III.8 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعيونة الرابعة: 40% رمل الكثبان + 60% رمل المحاجر

المار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب (mm)
99.765	0.235	4.7	4.7	38	5
94.39	5.61	112.2	107.5	35	2.5
79.995	20.005	400.1	287.9	32	1.25
68.285	31.715	634.3	234.2	29	0.63
57	43	860	225.7	26	0.315
10.74	89.26	1785.2	925.2	23	0.16
0.17	99.83	1996.6	211.4	20	0.08

الشكل III.6 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيونة الرابعة : 40% رمل الكثبان + 60% رمل المحاجر



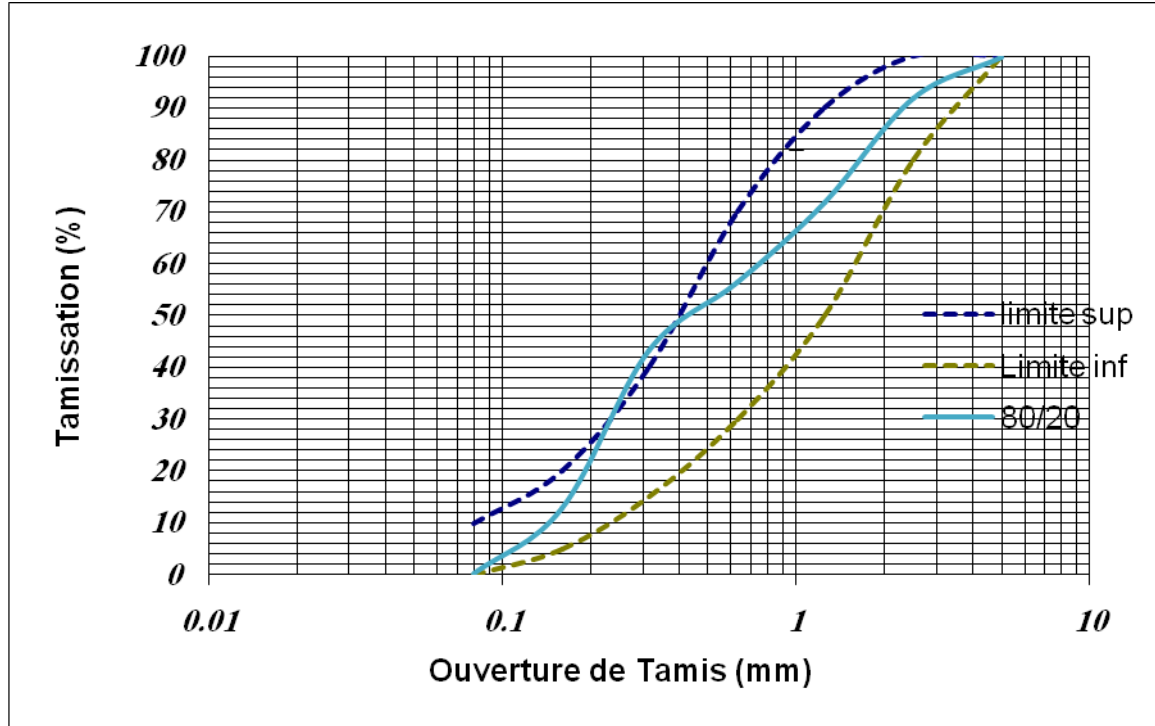
الشكل III.5 منحنى التدرج الحبيبي للعيونة 40 % رمل الكثبان + 60 % رمل المحاجر

- العينة الخامسة : 20% رمل الكثبان + 80% رمل المحاجر

الجدول III.9 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعيونة الرابعة: 20% رمل الكثبان + 80% رمل المحاجر

المرار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب (mm)
99.7	0.3	6	6	38	5
91.875	8.125	162.5	156.5	35	2.5
71.86	28.14	562.8	400.3	32	1.25
56.36	43.64	872.8	310	29	0.63
43.21	56.79	1135.8	263	26	0.315
12.755	87.245	1744.9	609.1	23	0.16
0.305	99.695	1993.9	249	20	0.08

الشكل III.6 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيونة الخامسة : 20% رمل الكثبان + 80% رمل المحاجر



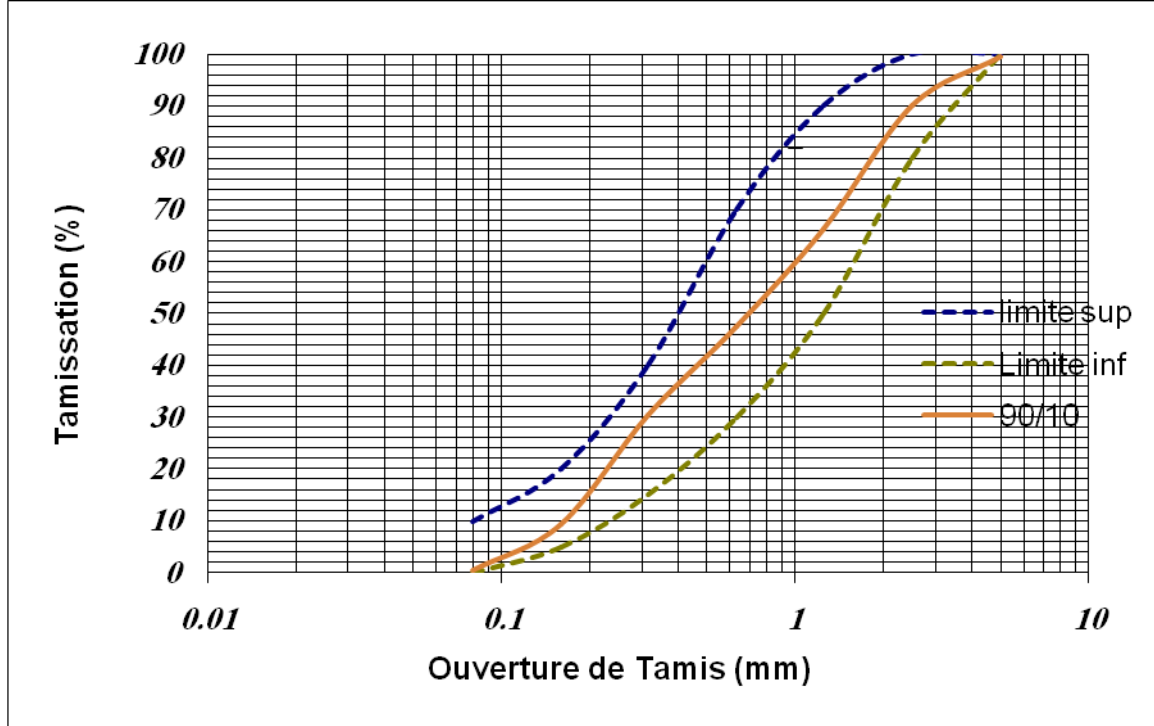
الشكل III.6 منحنى التدرج الحبيبي للعيونة 20 % رمل الكثبان + 80 % رمل المحاجر

- العينة السادسة : 10% رمل الكثبان + 90% رمل المحاجر

الجدول III.10 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعيونة السادسة : 10% رمل الكثبان + 90% رمل المحاجر

المار المجمع ب T (%)	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	المجمع الجزئي ب (g)	نوع الغربال	فتحات الغربال ب (mm)
99.575	0.425	8.5	8.5	38	5
90.03	9.97	199.4	190.9	35	2.5
66.33	33.67	673.4	474	32	1.25
47.42	52.58	1051.6	378.2	29	0.63
30.445	69.555	1391.1	339.5	26	0.315
9.435	90.565	1811.3	420.2	23	0.16
0.525	99.475	1989.5	178.2	20	0.08

الشكل III.6 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعيونة السادسة : 10% رمل الكثبان + 90% رمل المحاجر



الشكل III.7 منحنى التدرج الحبيبي للعيونة 10 % رمل الكثبان + 90 % رمل المحاجر

III.6.1.2 (Module de finesse): معيار النعومة:

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقّي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16، 0.315، 0.63، 1.25، 2.5، 5) مقسوماً على 100. ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعايير النعومة للرمل حيث [28]:

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين 2.2 – 2.8.
- المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2.
- المجال C رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين 2.8 – 3.2.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \dots\dots\dots(3.6)$$

Rc: المتبقّي المجمع ب (%) للغرابيل (38 إلى 23)

إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو :

الجدول 11.III معيار النعومة لكل عينة

العينة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
النسبة المكونة للرمل	100% رمل الكثبان	100% رمل المحاجر	50% رمل الكثبان + 50% رمل المحاجر	40% رمل الكثبان + 60% رمل المحاجر	20% رمل الكثبان + 80% رمل المحاجر	10% رمل الكثبان + 90% رمل المحاجر
معامل النعومة MF	0.99	2.46	1.77	1.90	2.24	2.57

- بالنسبة للعينة الأولى التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 0.99 نستنتج أن هذا الرمل دقيق جدا وذو تدرج حبيبي ضيق لغياب العناصر ما بين 0.63 إلى 5 مم ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده خارج كل المجالات، ولاستعمال هذه المادة يتطلب ذلك القيام بتصحيح [28] نقترح التصحيح برمل المحاجر .

- وأما بالنسبة للعينة الثانية التي تحتوي على نسبة رمل المحاجر 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 2.46 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أن هذه القيمة مقبولة لأنها تدخل في المجال A 2.2-2.8. ولكن التصحيح له أعطي منحنى يتوافق مع المجال للمنحنى المرجعي حيث أنه يدخل في المجال المرجعي و نلاحظ محاذاته للمجال المرجعي العلوي من الجهة السفلية وعليه نقترح التصحيح برمل الكثبان.

- بالنسبة للعينة الثالثة التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 50% + رمل طبيعي 50% ومن خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 1.77 نستنتج أن هذا الرمل لا يدخل في اي مجال الدقة وذو تدرج حبيبي مقبول إذ أنه موجود اقل المجال B بين 1.8 – 2.2، حيث نلاحظ ان المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي في بعض النقاط و يخرج في بعض النقاط الأخرى.

- بالنسبة للعينة الرابعة التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 40% + رمل طبيعي 60% ومن خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 1.9 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي B مع المنحنى المتحصل عليه نلاحظ ان المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي في بعض النقاط و يخرج في بعض النقاط الأخرى مع بعض التحسن الطفيف مقارنة بالعينة الثالثة .

- بالنسبة للعينة الخامسة التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 20% + رمل طبيعي 80% ومن خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 2.24 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نلاحظ ان المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي و يخرج قليلا في بعض النقاط الأخرى مع التحسن بالنسبة للعينة الرابعة.

- بالنسبة للعينة السادسة التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 10% + رمل طبيعي 90% ومن خلال قيمة معامل النعومة M_f التي تساوي 2.57 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نلاحظ ان المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي ونسبة التصحيح هذه كبيرة وغير عملية في الحقيقة .

III.2.2. الإسمنت : الإسمنت ciment رابط مائي ضروري مصنَّع غير عضوي له خاصية التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكلسيوم و ألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البرتلندي»

الإسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CRS CEM II / A 42.5 متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بسكرة .

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت [29] .

الكتلة الحجمية المطلقة : $\rho_{ab} = 3034 \text{ Kg/m}^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية : $\rho_{ab} = 2120 \text{ Kg/m}^3$

وفيما يلي نتطرق الى بعض التحارب :

III.2.2.1. المساحة السطحية للاسمنت : Surface spécifique

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت فيقدر ما يكون الاسمنت مطحون أكثر فيقدر ما تكون المساحة النوعية السطحية أكبر، وتعتبر النعومة من أهم الخواص التي تؤثر على العناصر التالية :

- نسبة التفاعل الكيماوي
- تطور المقاومة
- كمية الأسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل، الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات.

ويقاس بالمقارنة مع اسمنت مرجعي محدد السطح الذي هو معروف. فهو يعرف حجم تمرير الهواء عبر مسحوق الاسمنت على مساحة من هذا المسحوق هو أكثر أهمية ، والوقت الذي يستغرقه للهواء بالمرور عبر مسحوق طويلة. في الظروف القياسية ، على مساحة محددة تتناسب مع \sqrt{t} . لاختبار ما يسمى ب "بلين"

السطح بلين (NFP 15-442) محددة تعطى بالمعادلة التالية :

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}} \dots\dots\dots(3.7)$$

t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية .

η : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة .

ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب g/cm^3 .

K : ثابت الجهاز .

e : النفاذية .

المساحة السطحية للاسمنت المستعمل (اسمنت بسكرة) مقاسه في مخبر مطحنة الاسمنت أعطى
3859 cm²/g

III.2.2.2.2.2 : زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعب عنه بزمن بداية التصلب . هذا الوقت المنقضي بين بداية خلط الماء مع الاسمنت و بداية التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها، تحميلها، رفعها ، ضخها ، وكذلك هزها)

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديد على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة بـ 20 درجة مئوية وباستعمال جهاز فيكا Vicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب .

ويكون عموما زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للاسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. أما بالنسبة للاسمنت المستعمل في الدراسة (اسمنت بسكرة) فحسب البطاقة التقنية فإن [29] :

الزمن الابتدائي للتصلب : من 170 الى 190 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب : من 230 الى 280 دقيقة

III.2.2.2.3 : الخصائص التقنية والكيميائية :

التحليل الكيميائي للاسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي :

الجدول 12.III التحليل الكيميائي للإسمنت

القيمة	الخصائص التقنية و الكيميائية	
1.9-1.0	Perte au feu	التحليل الكيميائي %
2.6-2.2	Teneur en sulfates (SO ₃)	
2.8-1.7	Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	
0.05 – 0.02	Teneur en Chlorures (Cl)	
0.75 ≥	Résidu insoluble	
66 - 56	C ₃ S	مكونات الكلانكير %
3.0- 1.4	C ₃ A	
20 ≥	C ₄ AF+2C ₃ A	
25-20	02 يوم	مقاومة الضغط (MPa)
51.0-42.5	28 يوم	

3.2.III: الماء :

أهمية الماء:

1. الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
2. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من اللبونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الأسمنت.
5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 %.
6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
7. إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

النسبة المائبة الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) إلى وزن الأسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسميتها وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتشقق والانكماش والتشقق.

III.2.3.1 خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون 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.
2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.
3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح للشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

III.2.3.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل:

الجدول III.13 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل [4]

الملوحة	PH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺
2799	7.75	124	755	14.5	755	536	31	125	242

III.3 صياغة وتحضير الملاط النظامي :

الملاط النظامي [30]: معرف حسب القاعدة EN 196-1 وهو عبارة عن خليط من الاسمنت والماء والرمل كل من هذه المكونات يخضع لشروط نظامية منصوص عليها. فالرمل المستخدم هو رمل نظامي يجب أن يكون يوفي الشروط المنصوص عليها في النظام (CEN EN 196-1) هذا الرمل تجاري يباع في أكياس من البلاستيك ذات وزن 1350 ± 5 g .

يتم خلط هذه الكمية من الرمل مع 450 ± 2 g من الاسمنت و 225 ± 1 g من الماء إذن يكون المعامل E/C يساوي 0.5. وقبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة 4 دقائق [30] وفق للشروط التي تمليها القاعدة :

- نبدأ أولا بوضع الماء في حاوية آلة الخلط ثم نتبعها بالاسمنت ونشغل مباشرة المحرك بسرعة بطيئة.
- وبعد 30 ثانية من الخلط نبدأ بوضع الرمل بصفة تدريجية لمدة 30 ثانية أخرى، ثم نشغل المحرك بسرعه القصوى لمدة 30 ثانية إضافية.
- نوقف آلة الخلط لمدة دقيقة ونصف. حيث نجمع الملاط الملتصق بجدران آلة الخلط وندفعه إلى الداخل.
- نشغل بعد ذلك آلة الخلط بسرعتها القصوى لمدة 60 ثانية.

وكملاحظة يستعمل هذا الملاط من أجل تحديد بعض خصائص الاسمنت وخاصة المقاومة [30].

III.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 منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل، أما نسبة الماء فتحدد بواسطة تجربة التشغيلية. التي تجرى بالجهاز Maniabilimètre أو طاولة الإهتزاز الخاص بها من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات .

III.2.3 تجربة التشغيلية :

تم القيام بهذه التجربة بواسطة اختبار انتشار الخرسانة على طاولة الهز وقياس قيمة ذلك الانتشار.

(أ) - اختبار الانتشار على طاولة الهز:

و هو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة الخرسانة مع أو بدون الحصى على الانتشار بواسطة التدفق ، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة للخلطة الخرسانية بحيث ان تكون في المجال اللدن و الذي يمكننا من تشغيلية جيد القولية.

الجهاز المستعمل :

ويسمى الجهاز بطاولة الإهتزاز كما هو موضح في الشكل (III.8) ،

و هو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة خرسانة الرمل على الانتشار بواسطة التدفق، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة لتكوين الأخير.

تم إجراء اختبارات قابلية رمل الخرسانة وفقاً للمعايير المعمول بها

مبدأ التجربة :

يتم ملئ المخروط الفولاذي ذو الأبعاد التالية القطر السفلي =25 سم و القطر العلوي =17 سم و ارتفاع المخروط =12.5 سم بالخرسانة في طبقتين متساويتين ، كل واحدة منها تدك 10 مرات بقضيب فولاذي ، يتم رفع قالب رأسياً . ثم نطبق سلسلة من 15 هزاً رأسياً (ارتفاع سقوط الهزة 12.5مم) في 15 ثانية ؛ وأخيراً ، يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار

طريقة حساب التشغيلية

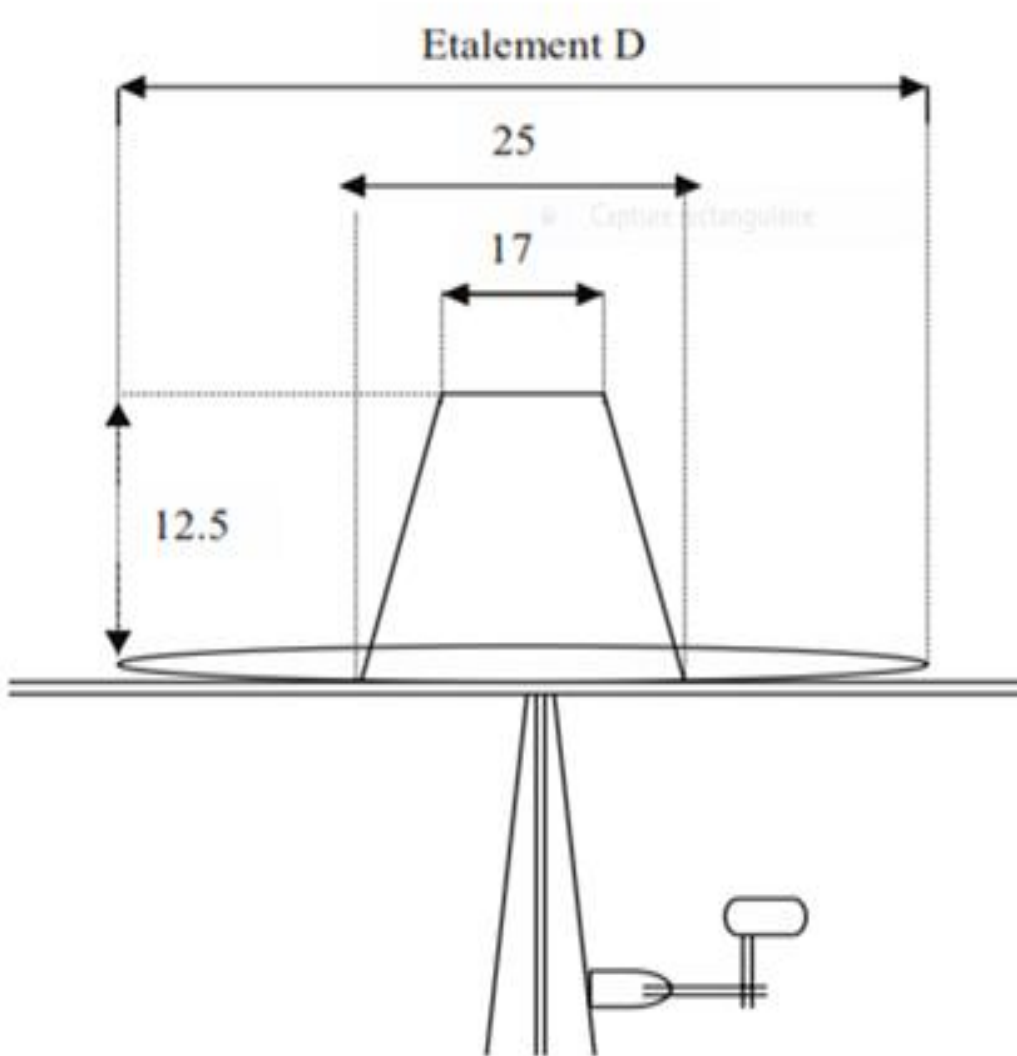
$$D = S / \text{قطر العينة قبل الهز}$$

حيث (D) = قطر إنتشار العينة بعد الهز

قطر العينة قبل الهز = 25 سم (قاعدة المخروط)

الجدول 14.III صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية

25 / D	صنف الخرسانة حسب التشغيلية
من 1.1 إلى 1.3	1S : خرسانة صلبة جدا
من 1.3 إلى 1.5	2S : خرسانة صلبة
من 1.5 إلى 1.7	3S : خرسانة مرنة
من 1.7 إلى 2	4S : خرسانة مائعة



الشكل 8.III طاولة الهز لتجربة التشغيلية

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية :

الجدول 15.III نتائج تجربة التشغيلية

تصنيف الخرسانة حسب مجال التشغيلية	25 / D	نسبة المملدن	E/C	التركيبية
خرسانة صلبة جدا	1.12	1.1	0.5	100 % رمل كثبان
خرسانة مرنة	1.52	1.6	0.5	
خرسانة مرنة	1.7	0.7	0.4	100 % رمل المحاجر
خرسانة مرنة	1.76	1.1	0.45	40% رمل كثبان + 60% رمل المحاجر
خرسانة صلبة جدا	1	0.5	0.4	20% رمل كثبان + 80% رمل المحاجر
خرسانة مميهة	1.35	0.6	0.4	
خرسانة صلبة	1.45	0.7	0.4	
خرسانة مرنة	1.7	0.9	0.4	

ملاحظة : بعد إنجاز العديد من التجارب علي مختلف التركيبات رمل الكثبان ، رمل المحاجر ، رمل الكثبان + رمل المحاجر بنسب متفاوتة ، بإضافة نسب مختلفة من الماء و المملدن علما أن نسبة الماء علي الإسمنت E/C لا تقل علي الحد الأدنى المعتمد و هو 0.4 ، و 2 % كحد أقصى بالنسبة للمملدن (P) و في هذه الحالة تم إستعمال المملدن super plastifiant من نوع MEDAFLOW لشركة GRANITEX و المعتبر مخفض عالي للماء من الجيل الثالث

الجدول 16.III تركيبة خرسانة الرمل الشاهد

المركبات	100% رمل كثبان	100% رمل المحاجر	40% رمل كثبان + 60% رمل المحاجر	20% رمل كثبان + 80% رمل المحاجر
الرمل	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء
الاسمنت	جزء واحد	جزء واحد	جزء واحد	جزء واحد
المعامل E/C	0.6	0.55	0.55	0.55

3.3.II تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على التركيبة المقبولة لخرسانة الرمل المصححة قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات اللازم دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية (160×40×40 ملم) أما العجينة فتم خلطها باليد وتم تخضير هذا الخليط بالطريقة التالية :

- تم خلط الرمل (S) لوحده لمدة 60 ثانية .
- إدخال الاسمنت (C) ثم الخلط لمدة 60 ثانية .
- إدخال الملدن (P) وهذا عن طريق عملية الوزن حسب كمية الإسمنت .
- إضافة الماء تدريجيا المخلوط بالملدن أثناء الخلط للمجموعة (S+C+P+E) ثم الخلط لمدة 4 دقائق .

* ملئ القالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبق عند ملئها لمدة دقيقة و بوتيرة 60 هزة في هذه المدة من ارتفاع 15 mm ± 0.3 mm ، كما أن الصورة 9.III توضح أشكال القوالب المستعملة .

* تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط (T= 25° و HR = 65) ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة حيث يتم تحضير الوسائط المقرر للدراسة و المتمثلة في الوسائط التالية

1 - / العينات المغمورة في ماء الحنفية العادي (الشاهد) و عددها تسعة عينات ثلاثة منها لتجارب 14 ، 28 يوم و الثلاثة العينات المتبقية لتجارب 60 يوم و هذا بنفس الطريقة لكل التركيبات الأخرى

2 - / العينات المغمورة في محلول السلفات (SO₄⁻²) و عددها تسعة عينات ثلاثة منها لتجارب 14 ، 28 يوم و الثلاثة العينات المتبقية لتجارب 60 يوم و هذا بنفس الطريقة لكل التركيبات الأخرى علما أن تركيز المحلول المعد في التجربة هو 4 % من تركيز المحلول الأصلي الذي كان 95 %

3 - / العينات المغمورة في محلول الكلور (HCl) و عددها تسعة عينات ثلاثة منها لتجارب 14 و 28 يوم و الثلاثة العينات المتبقية لتجارب 60 يوم و هذا بنفس الطريقة لكل التركيبات الأخرى علما أن تركيز المحلول المعد في التجربة هو 4 % من تركيز المحلول الأصلي الذي كان 37 %

ملاحظة

كل تركيبة تغمس عيناتها في الماء لمدة 14 ، 28 ، 60 يوم تكون في درجة حرارة (T= 25° ± 2) و الملخصة في الجدول التالي .

الجدول III.17 عدد العينات المستعملة في الوسائط المدروسة لمختلف التركيبات

المغمورة في محلول Hcl ⁻	المغمورة في محلول SO ₄ ⁻²	المغمورة في الماء H ₂ O	العينة
عينات 09	عينات 09	عينات 09	SD100%
عينات 09	عينات 09	عينات 09	SC100%
عينات 09	عينات 09	عينات 09	SD40%+SC60%
عينات 09	عينات 09	عينات 09	SD20%+SC80%

الخلاصة :

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

- 1- من خلال التجارب المجرات على رمل الكثبان نستنتج أنه رمل دقيق معامل نعومته ضعيف لا يرقى لاستعماله في الخرسانة لوحده إلا إذا استعملنا معه بعض المحسنات .
- 2- رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود أعطى معامل نعومة جيد .
- 3- لتحسين خصائص رمل المحاجر اقترحنا أن يكون مركب برمل الكثبان بنسب 20 ، 40 % و تحصلنا علي معامل نعومة مقبول نسبيا .
- 4- الاسمنت المستعمل مجلوب من منطقة بسكرة وهو اسمنت بورتلندي عادي من نوع CRS 42.5 .
- 5- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من المياه المنزلية بحي 08 ماي بالوادي .
- 6- تركيبة خرسانة الرمل العادية التي سنستعملها كشاهد ، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملائم النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل، أما نسبة الماء فحددت من خلال تجربة التشغيلية .

الفصل الرابع مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1-IV مدخل :

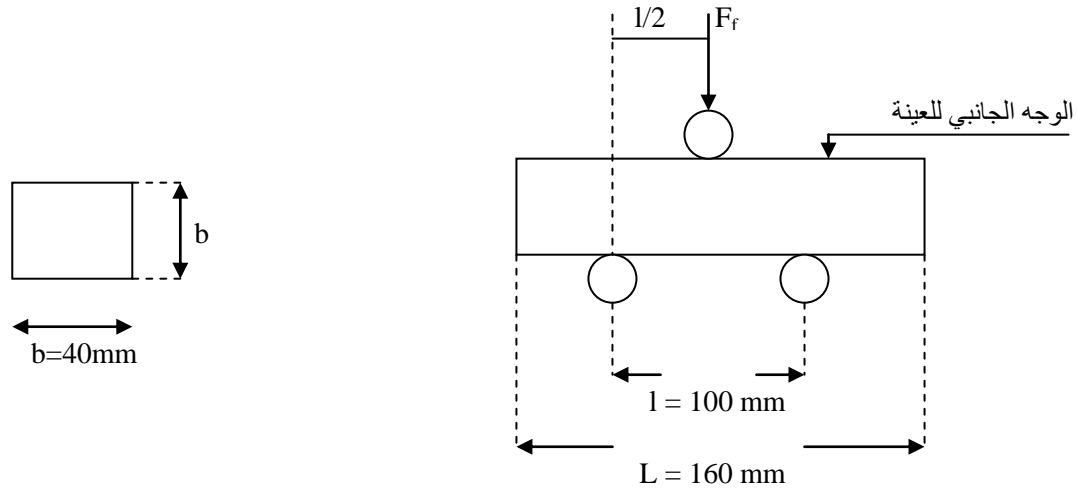
تعد الخصائص الميكانيكية لمادة ما أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل و إعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة ، ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبالتحديد إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الأيام 14 ، 28 و 60 يوم .

2-IV طرق التجارب :

1-2-IV تجربة التحطيم بالانحناء :

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم و طول 16 سم ، البعد بين المسندين 10 سم 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-IV) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء .



الشكل IV. 1 يوضح آلية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد $(160 \times 40 \times 40 \text{ ملم})$ ، قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10 KN إذ تطبق تقريبا 2.67 KN/min . صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (1-IV) .
مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$R_f = \frac{150.F_f.l}{b^3} \dots\dots\dots(4.1)$$

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f : قوة تحطم العينة عند الانحناء

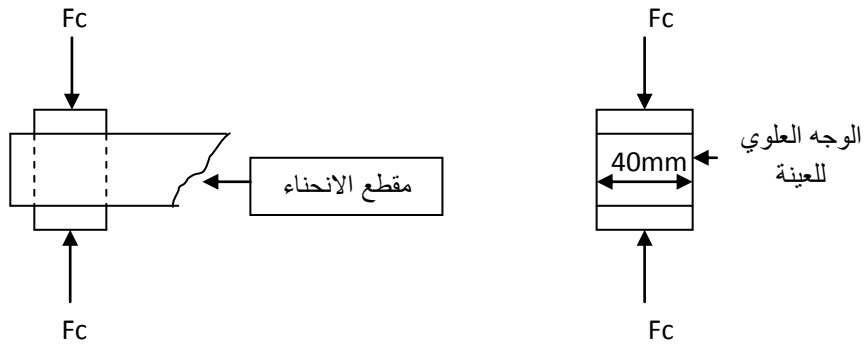
l : البعد بين المسندين ب (mm)

b : جزء العينة الذي يساوي 40 mm

L : طول العينة الكلي . [26]

IV- 2-2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 . وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأتي من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد 40x40 mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1 cm من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل 2.IV .



الشكل 2.IV يوضح آلية التحطيم بالضغط

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط من نوع UTEST قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 140 kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة ومستمرة.صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (2-IV) .

$$R_c = F_c / b^2 \dots\dots\dots(4.2)$$

R_c : مقاومة الضغط ب (MPa)

F_c : قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

b : جزء العينة الذي يساوي 40 mm [26]

IV- 3 نتائج مقاومة الانحناء :

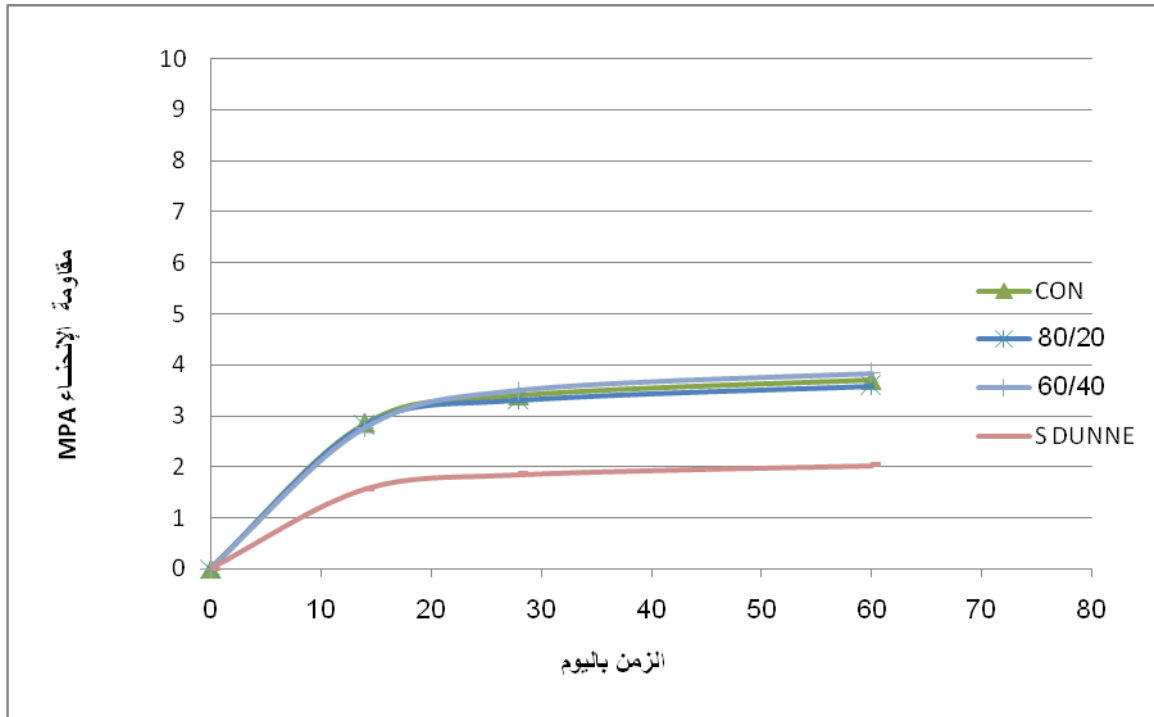
الجدول (1.IV) يوضح نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل :

أ / العينات المغمورة في الماء :

الجدول 1.IV. نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
2.02	1.85	1.56	SD100%
3.70	3.40	2.86	SC100%
3.83	3.50	2.96	SD40%+SC60%
3.58	3.30	2.81	SD20%+SC80%

الشكل 3.IV. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



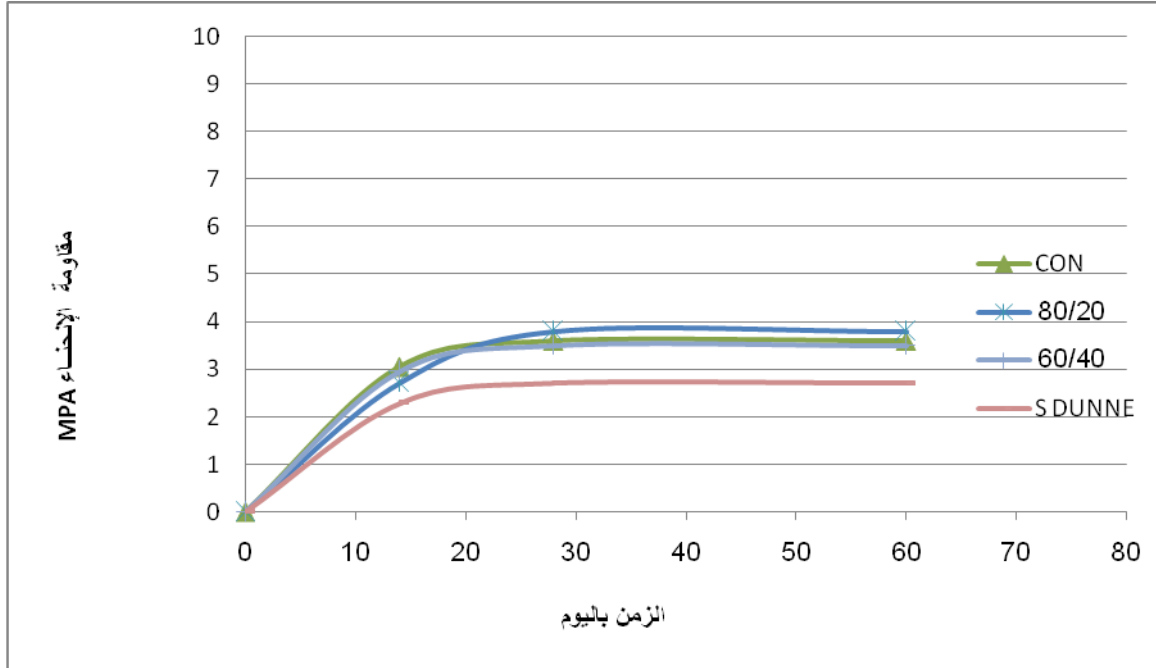
الشكل IV. 3. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء

ب / العينات المغمورة في محلول السولفات SO_4^{-2} :

الجدول IV. 2 نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في السولفات

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
2.95	2.70	2.29	SD100%
3.93	3.60	3.05	SC100%
3.84	3.50	2.96	SD40%+SC60%
3.49	3.20	2.72	SD20%+SC80%

الشكل IV. 4 منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



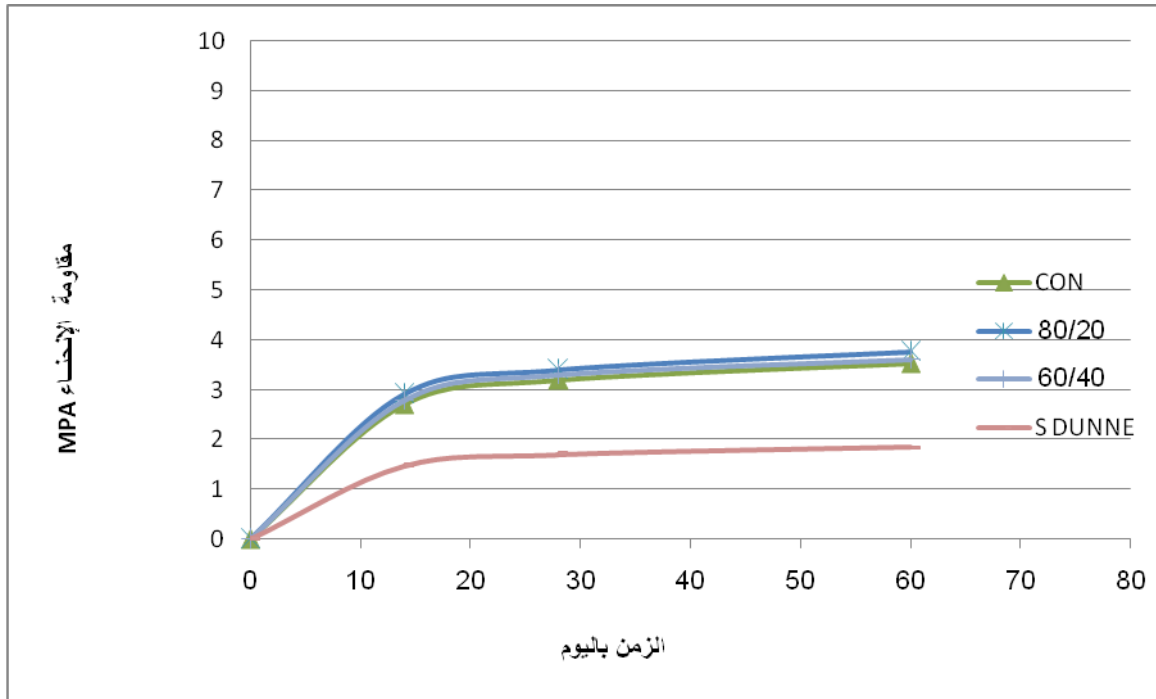
الشكل IV. 4 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في السولفات

ج / العينات المغمورة في محلول الكلور HCl^- :

الجدول IV.3 نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
1.85	1.70	1.47	SD100%
3.54	3.20	2.71	SC100%
3.61	3.30	2.79	SD40%+SC60%
3.76	3.40	2.91	SD20%+SC80%

الشكل IV.5 منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



الشكل IV.5 منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور

IV- 1-3 تحليل نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل :

* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) ، نلاحظ أن مقاومة الانحناء قد تتحسن كلما زادت نسبة رمل الكثبان و ذلك في حدود 40 % و المتمثلة في التركيبة (SD40%+SC60%) كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (SD100%) أقل من خرسانة رمل المحاجر (SC100%)

- بالنسبة للعينات المغمورة في السولفات (SO_4^{-2}) ، نلاحظ أن مقاومة الانحناء قد تتحسن كلما زادت نسبة رمل الكثبان و ذلك في حدود 40 % و المتمثلة في التركيبة (SD40%+SC60%) كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (SD100%) أقل من خرسانة رمل المحاجر (SC100%)

- بالنسبة للعينات المغمورة في الكلور (HCl) ، نلاحظ أن مقاومة الانحناء قد تتحسن كلما قلت نسبة رمل الكثبان و ذلك في حدود 20 % و المتمثلة في التركيبة (SD20%+SC80%) كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (SD100%) أقل من خرسانة رمل المحاجر (SC100%)

IV- 2-3 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل :

* بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) :

- بالنسبة للعينات التي تحتوي علي رمل المحاجر (SC100%) و رمل الكثبان (SD100%) ، و هذا راجع إلي أن رمل المحاجر (SC100%) به الكثير من العناصر الدقيقة و التي تسد أغلب الفراغات .
- بالنسبة للعينات التي تحتوي علي رمل المحاجر (SC100%) و التركيبة (SD20%+SC80%) ، لاحظنا بأن المقاومة لم تتغير كثيرا .

- بالنسبة لتركيبة (SD40%+SC60%) و مقارنتها برمل المحاجر (SC100%) ، نلاحظ أنها تحسنت و ذلك راجع إلي أن العناصر الدقيقة المتواجدة في رمل المحاجر (SC) قد قامت بسد الفراغات المتواجدة في التركيبة لتتحصل علي المقاومة المثلي .

- نستخلص من خلال النتائج المتحصل عليها أن التركيبة (SD40%+SC60%) تحسنت و ذلك لأن العناصر الدقيقة المتواجدة في رمل المحاجر (SC60%) قامت بسد الفراغات الموجودة به إضافة إلي الفراغات الناتجة علي رمل الكثبان (SD40%) و تعتبر هي المثلي ، إلا أنه عندما إستعملنا التركيبة (SD20%+SC80%) أي بإضافة رمل المحاجر بنسبة (SC20%) لاحظنا تراجع في المقاومة وذلك بسبب العناصر الدقيقة الزائدة علي حجم الفراغات الذي من المفروض أن تشغله هذه العناصر حيث بقيت لوحدها مع العلم أن مساحتها السطحية كبيرة جدا مما يتطلب الزيادة في كمية الإسمنت لترابط مع بعضها البعض .

* بالنسبة للعينات المغمورة في محلول السلفات SO_4^{-2} :

نلاحظ بأنها تحسنت بنسبة طفيفة خلال 28 يوم حيث تتراوح ما بين [3.03 % إلى 31.48 %] و هذا راجع إلي أن الطبقة الخارجية من الإسمنت CRS قد تفاعلت إيجابا مع السلفات (SO_4^{-2}) و كونت طبقة بيضاء خارجية صلبة من شأنها زيادة المقاومة

* بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الكلور HCl^- :

نلاحظ بأنها تراجعت خلال 28 يوم حيث تتراوح ما بين [2.94 % إلى 5.88 %] و هذا راجع إلي أن الكلور (HCl^-) وهذا بسبب التفاعل مع الإسمنت CRS و الذي أدى إلي تآكل الطبقة الخارجية للعينات و أصبحت ذات لون أصفر

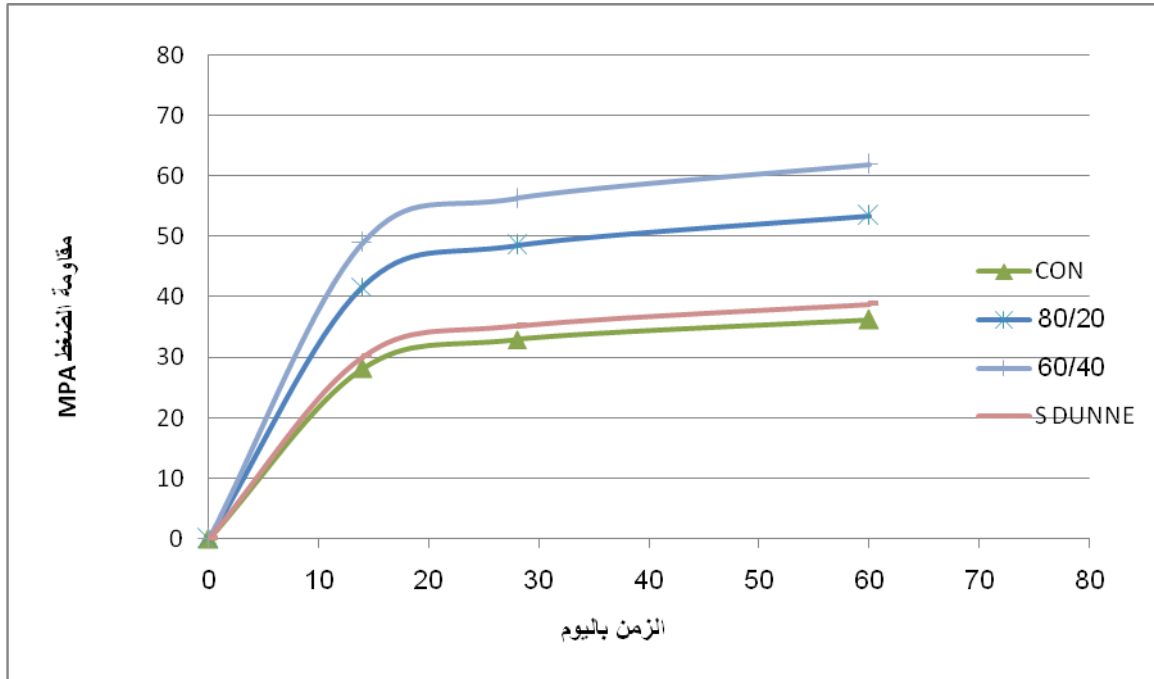
IV-4- نتائج مقاومة الضغط :

أ / العينات المغمورة في الماء :

الجدول IV.4 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
34.40	31.30	26.76	SD100%
36.26	32.98	28.23	SC100%
54.28	49.30	42.12	SD40%+SC60%
53.39	48.55	41.46	SD20%+SC80%

الشكل IV.6 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



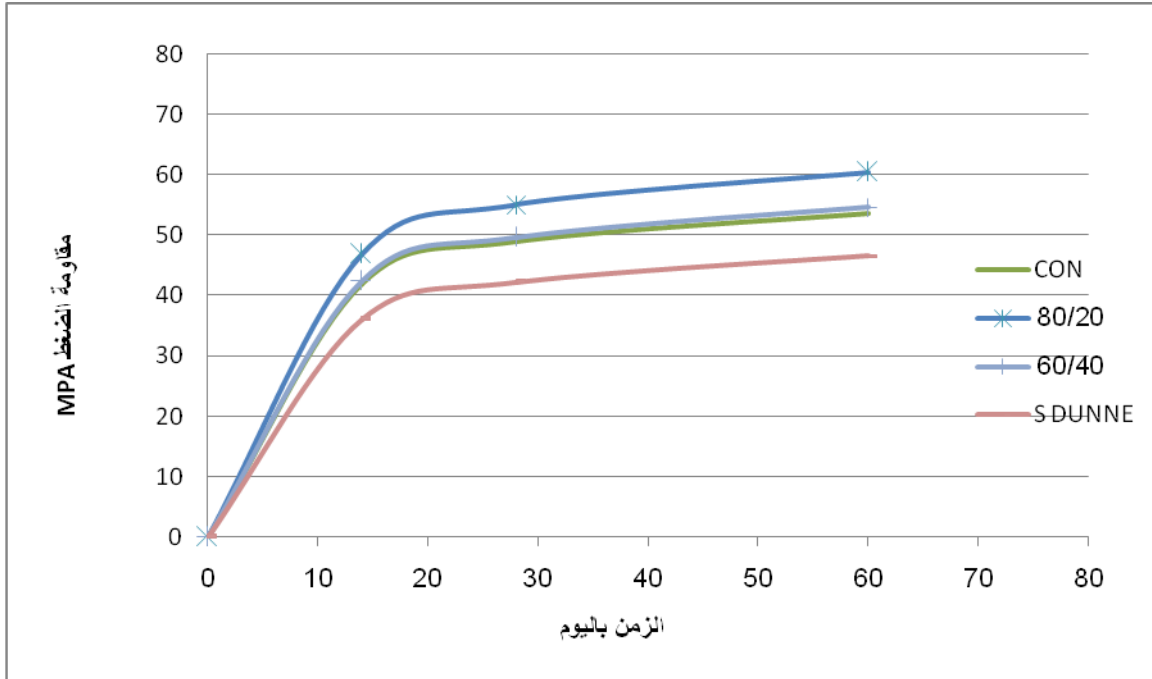
الشكل IV.6 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء

ب / العينات المغمورة في محلول السولفات SO_4^{-2} :

الجدول IV.5 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في السولفات

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
46.35	42.20	36.09	SD100%
53.59	48.92	41.83	SC100%
55.18	50.22	43.02	SD40%+SC60%
60.39	55	47.03	SD20%+SC80%

الشكل IV.7 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



الشكل IV.7 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في

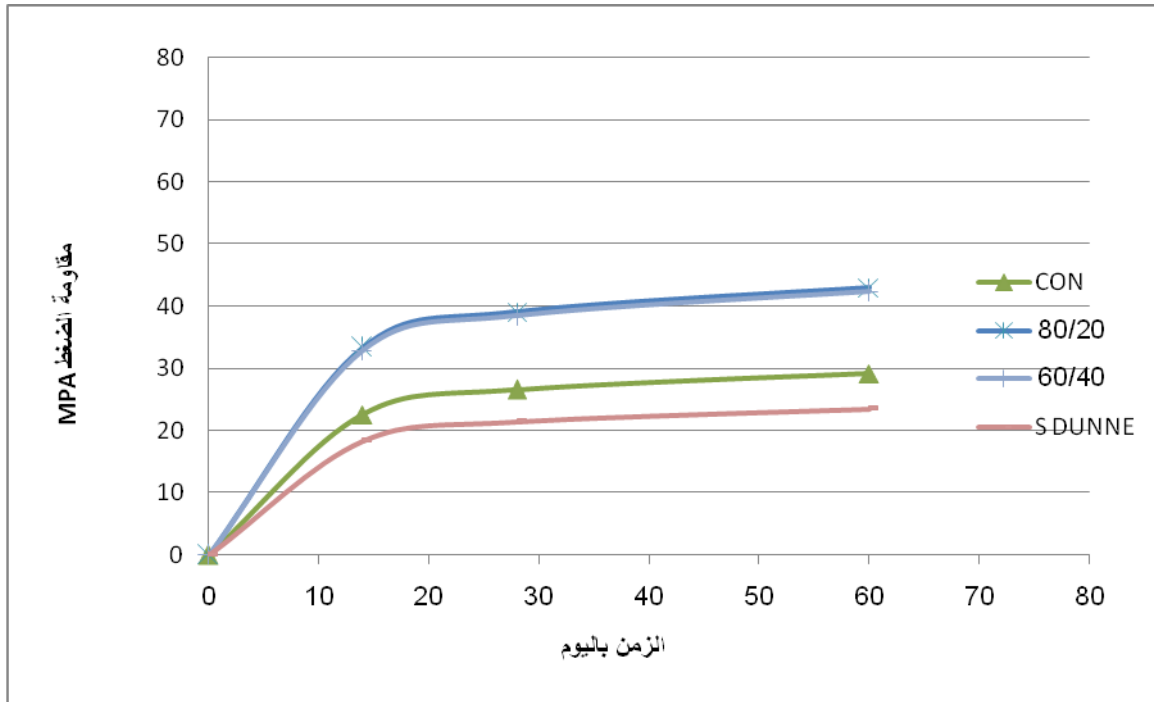
السولفات

ج / العينات المغمورة في محلول الكلور HCl^- :

الجدول IV.6 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
23.55	21.43	18.33	SD100%
29.18	26.55	22.59	SC100%
42.31	38.49	32.89	SD40%+SC60%
42.95	39.08	33.38	SD20%+SC80%

الشكل IV.4 منحى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



الشكل IV.8 منحى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الكلور

IV- 1-4 تحليل نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل :

* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) ، نلاحظ أن مقاومة الضغط قد تتحسن كلما زادت نسبة رمل الكثبان و ذلك في حدود 40 % و المتمثلة في التركيبة (SD40%+SC60%) كما نلاحظ بنفس المنطق أيضا أن مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر (SC100%) أكبر من لخرسانة رمل الكثبان (SD100%)

- بالنسبة للعينات المغمورة في السلفات (SO_4^{-2}) ، نلاحظ أن مقاومة الضغط قد تتحسن في حدود 20 % و المتمثلة في التركيبة (SD80%+SC20%) كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (SD100%) أقل من خرسانة رمل المحاجر (SC100%)

- بالنسبة للعينات المغمورة في الكلور (HCl) ، نلاحظ أن مقاومة الضغط قد تتحسن في حدود 20 % و المتمثلة في التركيبة (SD80%+SC20%) كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (SD100%) أقل من خرسانة رمل المحاجر (SC100%)

IV- 2-4 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل :

* بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) :

- بالنسبة للعينات التي تحتوي علي رمل المحاجر (SC100%) و رمل الكثبان (SD100%) ، نلاحظ أن هناك تحسن طفيف و هذا راجع إلي أن رمل المحاجر (SC100%) به الكثير من العناصر الدقيقة و التي تسد أغلب الفراغات .

- بالنسبة للعينات التي تحتوي علي رمل المحاجر (SC100%) و التركيبة (SD20%+SC80%) ، لاحظنا بأنه يوجد تحسن جيد في المقاومة.

- بالنسبة لتركيبة (SD40%+SC60%) و مقارنتها برمل المحاجر (SC100%) ، لاحظنا بأنه يوجد تحسن جيد أيضا في المقاومة و ذلك راجع إلي أن العناصر الدقيقة المتواجدة في رمل المحاجر (SC) قد قامت بسد الفراغات المتواجدة في التركيبة لنتحصل علي المقاومة المثلي .

- نستخلص من خلال النتائج المتحصل عليها أن التركيبة (SD40%+SC60%) تحسنت و ذلك لأن العناصر الدقيقة المتواجدة في رمل المحاجر (SC60%) قامت بسد الفراغات الموجودة به إضافة إلي الفراغات الناتجة علي رمل الكثبان (SD40%) و تعتبر هي المثلي ، إلا أنه عندما استعملنا التركيبة (SD20%+SC80%) أي بإضافة رمل المحاجر بنسبة (SC20%) لاحظنا تراجع في طفيف في المقاومة

وذلك بسبب العناصر الدقيقة الزائدة علي حجم الفراغات الذي من المفروض أن تشغله هذه العناصر حيث بقيت لوحدها مع العلم أن مساحتها السطحية كبيرة جدا مما يتطلب الزيادة في كمية الإسمنت لترابط مع بعضها البعض

*** بالنسبة للعينات المغمورة في محلول السلفات SO_4^{-2} :**

نلاحظ بأنها تحسنت بنسبة كبيرة خلال 28 يوم حيث تتراوح ما بين [2 % إلي 33 %] و هذا راجع إلي أن الطبقة الخارجية من الإسمنت CRS قد تفاعلت إيجابا مع السلفات (SO_4^{-2}) و كونت طبقة بيضاء خارجية صلبة من شأنها زيادة المقاومة

*** بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الكلور HCl^- :**

نلاحظ بأنها تراجعت بنسبة معتبرة خلال 28 يوم حيث تتراوح ما بين [19.50 % إلي 32 %] و هذا راجع إلي أن الكلور (HCl^-) وهذا بسبب التفاعل مع الإسمنت CRS و الذي أدى إلي تآكل الطبقة الخارجية للعينات و أصبحت ذات لون أصفر

IV-5 نتائج تجربة الامتصاص :

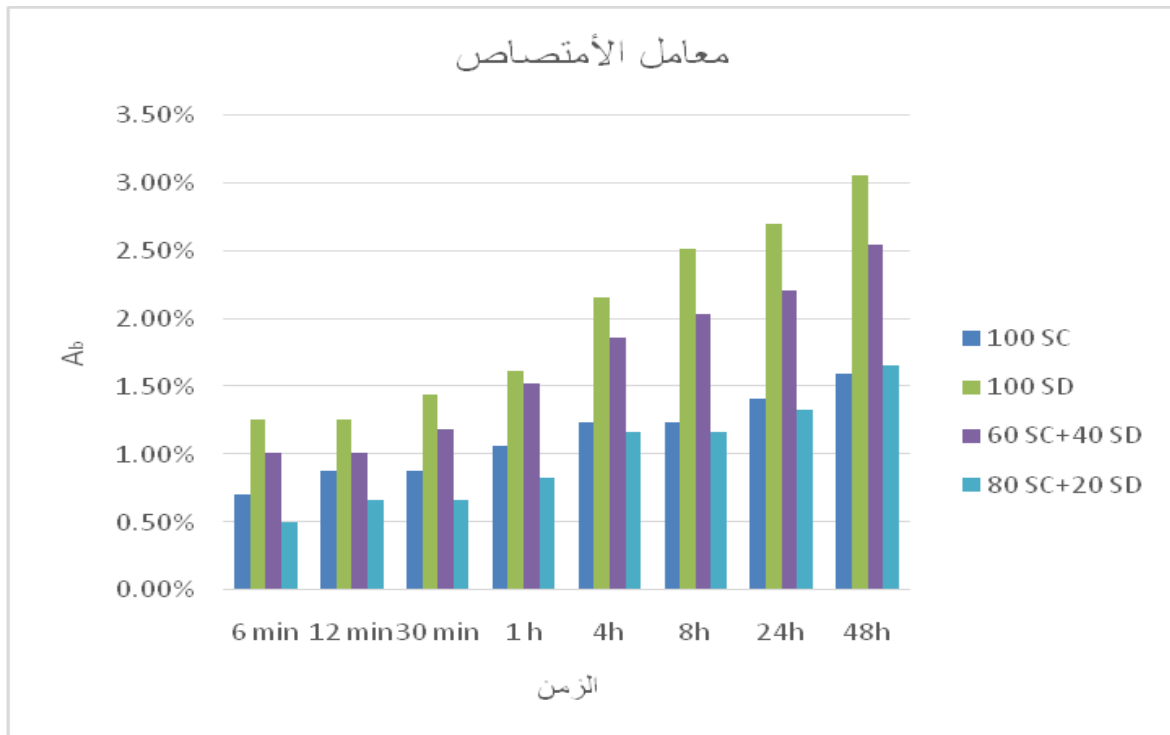
نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل لـ 28 يوم :

* / العينات المغمورة في الماء لـ 28 يوم:

. الجدول (7.IV) يوضح نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لتركيبية الرمل للعينات المغمورة في الماء

567	SC	الكتلة الجافة (غ)
557	SD	
591	60 SC+40 SD	
604	80 SC+20 SD	

48h	24h	8h	4h	1 h	30 min	12 min	6 min	الزمن	الكتلة المغمورة
576	575	574	574	573	572	572	571	100 S C	
574	572	571	569	566	565	564	564	100 S D	
606	604	603	602	600	598	597	597	60 SC+40 SD	
614	612	611	611	609	608	608	607	80 SC+20 SD	Ab
1.59%	1.41%	1.23%	1.23%	1.06%	0.88%	0.88%	0.71%	SC	
3.05%	2.69%	2.51%	2.15%	1.62%	1.44%	1.26%	1.26%	SD	
2.54%	2.20%	2.03%	1.86%	1.52%	1.18%	1.02%	1.02%	60 SC+40 SD	
1.66%	1.32%	1.16%	1.16%	0.83%	0.66%	0.66%	0.50%	80 SC+20 SD	



الشكل 9.IV منحنى تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء لـ 28 يوم

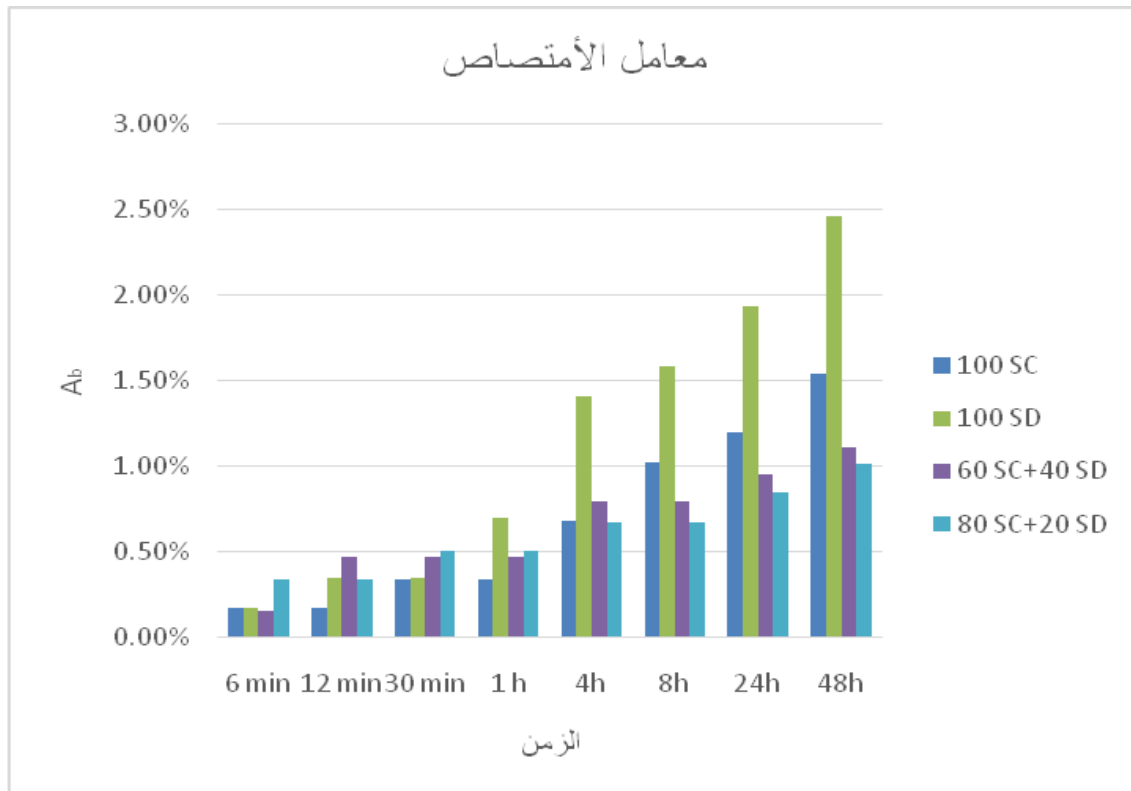
نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل ل 60 يوم :

* / العينات المغمورة في الماء لـ 60 يوم:

الجدول (8.IV) يوضح نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لتركيبية الرمل المغمورة في الماء

584	SC	الكتلة الجافة (غ)
569	SD	
630	60 SC+40 SD	
591	80 SC+20 SD	

الزمن	6 min	12 min	30 min	1 h	4h	8h	24h	48h	
الكتلة المغمورة	585	585	586	586	588	590	591	593	SC
	570	571	571	573	577	578	580	583	SD
	631	633	633	633	635	635	636	637	60 SC+40 SD
	593	593	594	594	595	595	596	597	80 SC+20 SD
	0.17%	0.17%	0.34%	0.34%	0.68%	1.03%	1.20%	1.54%	SC
	0.18%	0.35%	0.35%	0.70%	1.41%	1.58%	1.93%	2.46%	SD
	0.16%	0.48%	0.48%	0.48%	0.79%	0.79%	0.95%	1.11%	60 SC+40 SD
	0.34%	0.34%	0.51%	0.51%	0.68%	0.68%	0.85%	1.02%	80 SC+20 SD
A_b									



الشكل 10.IV منحى تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء لـ 60 يوم

IV- 6 مناقشة نتائج تجربة الإمتصاص :

بنسبة لتجربة الإمتصاص نلاحظ أن نسبة الإمتصاص لعينات رمل الكثبان (SD) أكبر من عينات رمل المحاجر (SC) وهذا في كل من تجارب 28 يوم و 60 يوم بالنسبة للعينات المغمورة في الماء ،

أما بالنسبة للتركيبية (SD40%+SC60%) و التركيبية (SD20%+SC80%) ، نلاحظ أن نسبة الإمتصاص تكون أكبر للتركيبية التي تحتوي علي أكبر نسبة من رمل الكثبان أي (SD40%+SC60%)

و يمكن تعليل هذه النتائج أنه عند إستعمال الهزاز للعينات أثناء عملية صب خرسانة الرمل في القوالب نلاحظ :

- بالنسبة لرمل المحاجر و الذي من المفروض أن تكون به خاصية شعرية كبيرة نلاحظ أنها قد نقصت وذلك بالمقارنة بنتائج الدراسات السابقة و هذا بفعل الهز الجيد أثناء عملية صب الخرسانة التي تسبب في سد بعض القنوات الشعرية لتمكنها من عملية الإمتصاص .

- أما بالنسبة لرمل الكثبان و التي من المفروض أن تكون به خاصية شعرية أقل من رمل المحاجر نلاحظ أنه قد زادت وذلك بالمقارنة بنتائج الدراسات السابقة و هذا بفعل الهز الجيد أثناء عملية صب الخرسانة مما إكتسب قنوات شعرية طويلة لتزيد من نسبة الإمتصاص .

الخلاصة العامة والتوصيات

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمال المحاجر المتواجدة بكثرة في أغلب المحاجر والمسبب إشكالية من ناحية التخزين و التأثير البيئي و هذا لعدم إستغلاله بكمية كبيرة مما يجعلنا نفكر في كيفية تميمه بإستغلاله في مجالات الإنشاء المختلفة ، وذلك كبديل لرمال الوديان او رمال البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية ، بالإضافة إلي وجود رمل الكثبان المتوفر بكثرة والغير مئمن مما يجعلنا نفكر في كيفية خلط النوعين من الرمال قصد تميمهما بشرط الحصول علي خصائص فيزيائية و ميكانيكية مقبولة .

* و كنقطة للانطلاق قمنا بانجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على خصائصهما .
الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي الرمال المحاجر لمنطقة حاسي مسعود بالإضافة الى رمال الكثبان لمنطقة الوادي وحسب الملاحظات المستوحاة من التجارب فان كلا النوعين صالحين لإنتاج خرسانة الرمل ما عدى تجربة الغرلة التي أعطت نتائج بعيدة بالنسبة لرمال الكثبان .

* في دراستنا هذه وجدنا نتائج الغرلة بالنسبة لرمل المحاجر مقبولة نسبيا إلا أننا إرتئينا إلي إدراج رمل الكثبان قصد التصحيح الحبيبي الأمثل لرمل المحاجر كمحسن له فوجدنا ان النسبة المثل هي 80 % من رمال المحاجر و 20 % من رمال الكثبان و هي النسبة الأمثل في مجال التصحيح الحبيبي .

* و لمقارنة الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للتركيبات المختلفة لخرسانة الرمل و مدي تأثير الوسائط العدوانية من سulfates (SO_4^{-2}) و كلور (HCl^-) و مقارنتها بالوسط الطبيعي ماء الحنفية (H_2O) كشاهد .

* فإدخال رمال الكثبان وبالنسبتين المختلفتين 20% 40% أعطت تحسن جيد علي الترتيب لمقاومة الضغط بالنسبة لخرسانة الرمل المغمور في الماء (الشاهد) بالنسبة لتركيبات المختلفة .

أما بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الكلور (HCl^-) كانت النتائج مماثلة للعينات المغمورة في الماء ، علي عكس العينات المغمورة في السولفات (SO_4^{-2}) لاحظنا بأن مقاومة الضغط تقل كلما زادت نسبة رمل الكثبان و عليه فإنه يمكن إستنتاج أن السولفات يؤثر علي نتائج الضغط لرمل الكثبان أكثر منه علي رمل المحاجر .

* فإدخال رمال الكثبان وبالنسبتين المختلفتين 20% 40% أعطت تحسن جيد علي الترتيب لمقاومة الإنحناء بالنسبة لخرسانة الرمل المغمور في الماء (الشاهد) بالنسبة لتركيبات المختلفة .

أما بالنسبة للعينات المغمورة في محلول السولفات (SO_4^{-2}) كانت النتائج مماثلة للعينات المغمورة في الماء ، علي عكس العينات المغمورة في الكلور (HCl^-) لاحظنا بأن مقاومة الإنحناء تقل كلما زادت نسبة رمل الكثبان .

الخلاصة العامة والتوصيات

من خلال هذه النتائج المتحصل عليها ، نقترح تطوير وتحسين خرسانة الرمل المصححة برمل الكثبان وهذا بهدف الوصول الى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية الهائلة من رمل المحاجر و رمال الكثبان المتواجدة بكثرة في منطقتنا في مجال الإنشاءات و ذلك علي المدى المتوسط و البعيد .

وكنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد حاولنا تثمين رمل المحاجر بصفة عامة ورمال الكثبان بصفة خاصة لأنها الموجودة بكثرة في منطقتنا مجال الإنشاء المختلفة .
وفي الأخير أملنا أن نكون وفقنا في عملنا هذا الى حد ما و نأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر.

المراجع

[1] **GUETTALA S.** "Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune finement broyé au ciment, sur la stabilité de béton", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[2] **ماني محمد .** " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية " ، لنيل شهادة الماجستير بجامعة قاصدي مرباح – ورقلة – 2010

[3] **Presse de l'école nationale des ponts et chaussées**, "Béton de sable, Caractéristiques et pratiques d'utilisation", France, 1994.

[4] **BENTATA A.** "Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.

[5] **HADJI N, DRIF A.** "Influence des granulats sur les qualités du béton", Projet de fin d'étude d'ingénieur, ENP, Algérie, 2005.

[6] **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.

[7] **عبد الفتاح القاصي.** "ميكانيك التربة" ، دار الكتاب العلمي ، مصر، 2006

[8] **LOGBI A.** "Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico-mécaniques du béton", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1999.

[9] **LAYACHI G.** "Influence du rapport E/C et du mode de cure sur les propriétés physico mécaniques et de transfert d'humidité des mortiers de ciment durcis " , Mémoire de magister, université AMAR Telidji à Laghouat, Algérie, 2006.

[10] **BENGOUCHA F Z.** "Amélioration des propriétés de mortier à base de sable de dunes Avec ajout (sable granulé de haut fourneaux)", Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, ENTP, Algérie, 2005.

[11] **HACHANA A.** "Etude des Bétons à base des agrégats de démolition", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[12] **جديع محسن البصيري** "أنقاض البناء ... المشكلة والحل" مجلة العمران العربي إصدار عام 1997 م

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

[14] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن " المملكة العربية السعودية

[15] **BOUHNİK B.** "Contribution a la valorisation du sable de dune dans la formulation du béton destiné aux ouvrages hydrauliques en milieux sahariens", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2007.

[16] بلة نبيل . "المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل"، جامعة محمد بوضياف وهران، الجزائر، 2005

[17] "البيتون عالي المقاومة" من الانترنت من موقع "نادي الهندسة المدنية" جوان 2009

[18] **TIBERMACHINE N, MELKMI S.** "Etude comparative entre un béton de sable a base d'un sable roule et un béton de sable a base d'un sable de dune de la région de Biskra", Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Université de Biskra, Algérie, 1996.

[19] **GORISSE F.** "Essais et contrôle des bétons", Edition Eyrolles, Paris, 1978.

[20] محمود أمام " تكنولوجيا الخرسانة" قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة، جامعة المنصورة، مصر 2002

[21] **BARKAT A.** "Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.

[22] **CHAOUCH A.** "Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993.

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

[24] **Normes Afnor** "Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers", 1981-1997.

[25] **KEDJOUR N.E.** "Le laboratoire du béton", Edition OPU, Algérie, 2005.

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

[27] **CTC Centre.** "Correction des sables par analyse granulométrique", Algérie, 2006.

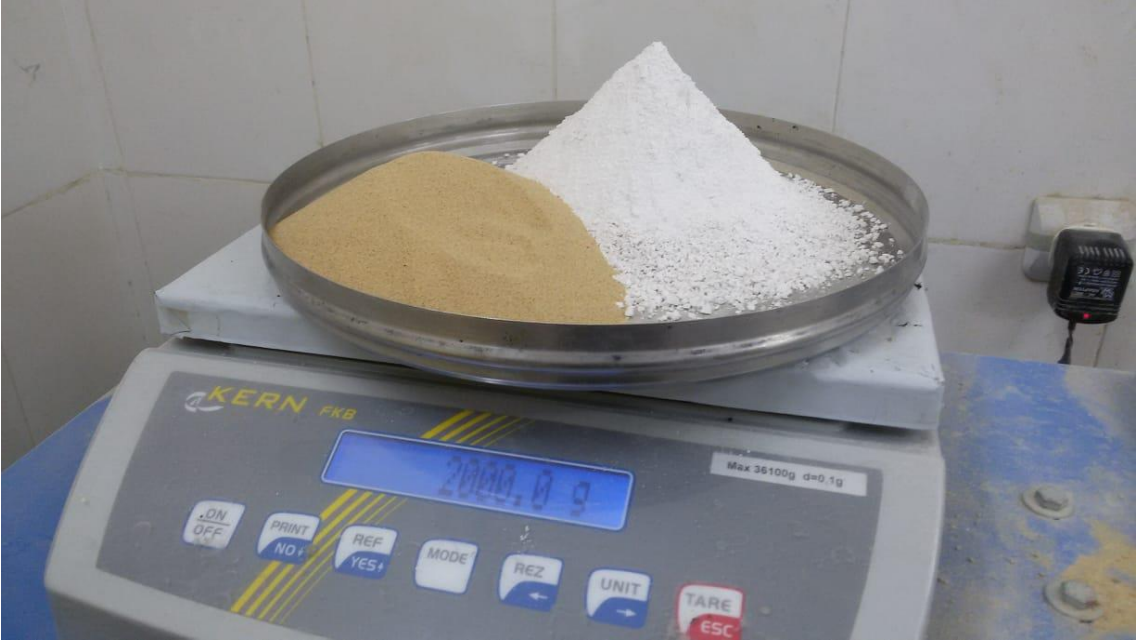
[28] **CHERAIT Y, NAFA Z.** "Eléments de matériaux de construction et essais", Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Guelma, 2007.

[29] "البطاقة التقنية لاسمنت مصنع بسكرة "

[30] **عماد محمد حمادة** "الخرسانة" مقالة من موقع "مركز المدينة للعلوم الهندسية" جوان 2009

<http://www.mmsec.com/m1-eng/concret2.htm>

الملاحق



الصورة 1.III توضح وزن عينة من خلطة 50% لرمال الكثبان + 50% لرمال المحاجر.



الصورة 2.III توضح عينة من خلطة 50% لرمال الكثبان + 50% لرمال المحاجر.



الصورة 3.III توضح تجريبية المكافئ الرملي لرمل الكثبان .



الصورة 4.III توضح تجريبية المكافئ الرملي لرمل المحاجر .



الصورة 5.III توضح مناخل تجربة التحليل الحبيبي.



الصورة 6.III يبين الشكل طريقة خلط التركيبة رمل الكثبان + رمل المحاجر



الصورة 7.III توضح الطاولة التي تم بها الهز .



الصورة 8.III توضح قياس قطر العينة بعد عملية الهز.



الصورة 9.III توضح أشكال القوالب المستعملة .



الصورة (1-IV) شكل العينات المعدة لقياس الضغط و الانحناء



الصورة (2-IV) توضح شكل آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط .



الصورة (3-IV) توضح شكل آلة التحطيم الخاصة بتجربة الإنحناء .