

قسم الري و الهندسة المدنية

كلية التكنولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان :

تثمين المورد المالية المالية بهاتفي سوف

- إعداد الطلبة :

- تحت إشراف :

- لجدل جعفر

الأستاذ : ماني محمد

- معمير الطيب

- يوسف البشير

لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة : العقابي عبد العزيز

ممتحن : جديـد طارق

2020 / 2019



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لحضر بالوادي



قسم الري و الهندسة المدنية

كلية التكنولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان :

تثمين المورث الرملية البتلية بهاتفي سوف

- إعداد الطلبة :

- تحت إشراف :

- لجدل جعفر

الأستاذ : ماني محمد

- معمير الطيب

- يوسف البشير

لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة : العقابي عبد العزيز

ممتحن : جديد طارق



تشكرات

الحمد لله والشكر لله رب العالمين الذي وفقنا لانجاز هذا العمل المتواضع.

ثم الشكر إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد في مسيرتنا لانجاز هذا العمل. ونخص بالذكر فضيلة الأستاذ الدكتور محمد ماني على ما قدمه لنا من خلال موسمنا الدراسي وفي ما قدمه لنا من توجيهات مفيدة وقيمة لانجاز هذا البحث.

كما نتوجه بالشكر الجزيل لجامعة حم لخضر بالوادي وخاصة قسم الري والهندسة المدنية والى كل الأساتذة والزملاء الذين رافقونا في مراحل دراستنا.

كما نتقدم بالشكر للجنة المناقشة الذين سوف يتكرمون علينا بملاحظاتهم وتصويباتهم التي بل شك سوف يكون لها الأثر الكبير في رقي بحثنا هذا وتحسينه.

الإهداء

إلهي لا تطيب لي الليل إلا بشكرك ولا تطيب لي النهار إلا بطاعتك ... ولا تطيب لي اللحظات إلا
بذكرك ... ولا تطيب لي الآخرة إلا بعفوك ... ولا تطيب لي الجنة إلا برؤيتك
إلي من بلغ الرسالة وأداء الأمانة ... ونصح الأمة ... إلي نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا محمد
صلى الله عليه وسلم.

أهدي هذا العمل المتواضع إلي:

من نزلت في حقهم الآيتين الكريمتين في قوله تعالى
إلي من ربّني وأنا ربّك دربي وأمانتي بالسلوات والدعوات، إلي أغلى الناس في هذا الوجود
أمي الحبيبة

إلي من عمل بك في سبيلي وعلمني معنى الكفاح وأوصلني إلي ما أنا عليه أبي الكريم
إلي من ساعدني في إتمام هذا العمل
وإلي الزوجة الكريمة وكل أفراد أسرتي سدي في الدنيا، ولا أحصي لهم فضل، وإلي كل أقاربي
وكل الأصدقاء والأحباب رفقاء الدراسة وكما نخص بالذكر مكتب ومخير عبد العزيز رضوان
الذي فتح لنا أبوابه.

وفي الأخير أرجو من الله تعالى أن يجعل عملي هذا نفعاً يستفيد منه جميع الطلبة المقبلين في
هاته الشعبة.

البشير

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

أهدي هذا عملي إلى من رباني وأناز دربي وأعانني بالصلوات والدعوات إلى الخلق وأمن

إنسانة في هذا الوجود أمي الحبيبة

إلى كل من عمل بجد في سبيلي وعلمني معنى الكفاح وأوصلني إلى ما أنا عليه أبي الكريم عليه

رحمة الله

إلى إخوتي وأخواتي إلى كل من عمل معي بكد وبغية إتمام هذا العمل. إلى أصدقائي في العمل

ورفقاء دربي

إلى كل زملائي بفرع الهندسة المدنية تخصص مواد بناء بجامعة الشهيد حم لخضر

إلى جميع أساتذتي وطلبة كلية الهندسة المدنية دفعة 2020

وفي الأخير أخص هذا إلى أختي ما لدي في الوجود أبنائي و زوجتي الغالية

.....هذا تعبى أهديه.....جميعا لكم

الطيب

الإهداء

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا أما بعد

فانه من نزلت في حقهم الآيتين الكريمتين

اهدي هذا العمل المتواضع إلى الوالدين الكريمين وأبنائي محمد إسلام ولجين وأخواتي كلا باسمه بدر
ونور الدين وسعد وأخواتي حكمة، تفاحة وباهيه ولكل أصدقائي واطح بالذكر زميلاي في هذا
العمل الطيب معمر ويوسف البشير و صديقي العزيز وزميلي أستاذي ومؤطري ماني محمد والى
زملائي في العمل والدراسة ولكل من ساعدنا في انجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد وخاصة
صديقي شتيوي عبد الرحمان على تحفيزه ودعمه المعنوي لي.

جعفر

ملخص

إن ضرورة مراعاة الاحتياجات العالمية في ميدان تكنولوجيا صناعة الخرسانة تدعم الحفاظ على الموارد الطبيعية وحماية البيئة ولاستخدام العقلاني لهذه الموارد.

والهدف الرئيسي من هذا البحث هو إيجاد وتثمين موارد رملية جديدة لمنطقة وادي سوف , الذي يستغل بشكل كبير ومع ازدياد الطلب عليه من داخل وخارج الولاية , قمنا بدراسة عدة عينات من الرمل من مناطق جديدة منها وأخرى مستغلة, للتعرف على أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية التي تمكننا من الحكم على مدى صلاحية هذه الرمال ومدى استعمالها في صناعة الخرسانة
إذا بعد الدراسة توصلنا إلى أن هذه الموارد صالحة ولو بشكل متفاوت للاستعمال في الانجاز الخراساني لما تحمله من خصائص تتطابق مع المعايير الدولية لدراسة وتحليل مادة الرمل وكذا نسبة إلى النتائج المتحصل عليها من تحليل سلوكيات الخرسانة المركبة من هذه العينات

الكلمات المفتاحية:

الرمل الطبيعي ، خرسانة الرمل ، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد ، معامل الامتصاص، الملاط، مقاومة ميكانيكية، E/C.

ABSTRACT

The necessity of taking into account the global needs in the field of concrete industry technology supports the conservation of natural resources and environmental protection and the rational use of these resources.

The main objective of this research is to find and value new sand resources for the Oued Souf region, which is greatly exploited and with increased demand from inside and outside the state, we have studied several samples of sand from new areas from them and others exploited, to identify the most important physical, chemical and mechanical properties that enable us From judging the validity of this sand and the extent of its use in making concrete

If, after the study, we concluded that these resources are valid, even if unevenly, for use in concrete achievement, because of the characteristics they carry are in conformity with international standards for the study and analysis of sand material, as well as in relation to the results obtained from the analysis of the behaviors of complex concrete from these samples

key words:

Natural sand, sand concrete, tensile strength, pressure resistance, absorption coefficient, mortars, mechanical resistances.

الفهارس

فهرس المحتويات

أ	كلمة شكر
ب	إهداء 01
ت	إهداء 02
ث	إهداء 03
ج	الملخص
د	فهرس المحتويات
ح	فهرس الجداول
خ	فهرس الأشكال
1	المقدمة العامة

الفصل الأول البحث المكتبي

03	1.I.المبحث الأول
03	1.1.I مدخل
03	2.1. I تعريف الرمل
03	1. 2.1. I أنواع الرمال
04	1. I 3.1 الخصائص الفيزيائية
04	1.3.1. I تجربة التحليل الحبيبي
04	1.1.3.1 I التحليل الحبيبي الرطب
05	2.1.3.1.I التحليل الحبيبي العادي (الجاف)
11	2.3.1.I المكافئ الرمي Equivalent de sable
15	3.3.1.I الكتلة الحجمية Masse volumique
16	1.3. الكتلة الحجمية الظاهرية Masse volumique apparente
17	2.3. الكتلة الحجمية المطلقة Masse volumique absolue
18	4.3.1.I محتوى الرطوبة للرمل la Teneur en eau W%
18	5.3.1.I الزيادة الحجمية للرمل الانتفاش foussement
20	II. Iالمبحث الثاني
20	1.II. I الخصائص الميكانيكية والكيميائية
20	1.1.II. I الخصائص الميكانيكية
20	2.1.II. I الخصائص الكيميائية للرمل
20	1 التجارب الكيميائية les analyse chimique
22	2 التفاعل القلوي
23	3 الديمومة

23	1.3. الخاصية الشعرية
23	2.3. معامل امتصاص الماء coefficient d'absorption d'eau
23	الخلاصة
	الفصل الثاني تاريخ وتركيب خرسانة الرمل
25	1.II مدخل
25	2.II تاريخ خرسانة الرمل
26	3.II مكونات وصياغة خرسانة الرمل
26	1.3.II مدخل
26	2.3.II مبدأ تركيب الخرسانة
26	1.2.3.II تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة
26	2.2.3.II تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة
28	1.2.2.3.II تأثير النسبة E/C على المسامية
28	2.2.2.3.II تأثير النسبة E/C على المقاومة
29	4.II مكونات خرسانة الرمل
30	1.4.II الاسمنت
30	2.4.II الرمل
32	3.4.II الماء
32	4.4.II المحسنات Les adjuvants
32	1.4.4.II دور المميغات أو الملدنات
33	5.4.II المواد المضافة (Les ajouts)
33	1.5.4.II الحشو Filler
33	2.5.4.II الحصى الصغير Gravillons
33	3.5.4.II الألياف Fibres
33	5.II صياغة خرسانة الرمل
34	1.5.II مبدأ صياغة خرسانة الرمل
34	2.5.II الهدف من صياغة خرسانة الرمل
34	3.5.II طرق صياغة خرسانة الرمل
34	1.3.5.II الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل
36	2.3.5.II الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل
38	6.II خصائص خرسانة الرمل
38	1.6.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب
38	1.1.6.II التراصية Compacité
40	2.1.6.II التشغيلية Maniabilité

42	2.6.II خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب
42	1.2.6.II الخصائص الميكانيكية
42	1.1.2.6.II مقاومة الضغط
43	2.1.2.6.II مقاومة الشد
44	2.2.6.II معامل المرونة
44	3.2.7.II الانكماش Le retrait
46	4.2.7.II الزحف Le fluage
47	5.2.7.II الديمومة Durabilité
48	6.2.7.II الخاصية الشعرية
48	7.2.7.II النفاذية La perméabilité
48	8.2.7.II معامل امتصاص الماء coefficient d'absorption d'eau
49	9.2.7.II المسامية
50	8 . II مميزات الخرسانة الرملية
51	الخلاصة

الفصل الثالث خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

53	1.III مدخل
53	2.III خصائص المواد المستعملة
53	1.2.III الرمل
54	1.1.2.III الخصائص الفيزيائية للرمل
54	1.1.1.2.III التدرج الحبيبي Analyse granulométrique
60	2.1.1.2.III معيار النعومة Module de finesse
61	3.1.1.2.III المكافئ الرمل Equivalent de sable
62	4.1.1.2.III الكتلة الحجمية Masse volumique
63	5.1.1.2.III معامل امتصاص الماء coefficient d'absorption d'eau
64	2.1.2.III الخصائص الكيميائية
64	2.2 . III الاسمنت
65	1.2.2.III المساحة السطحية للاسمنت Surface spécifique
65	2.2.2.III زمن التصلب
66	3.2.2.III الخصائص التقنية للاسمنت
66	3.2.III الماء
67	1.3.2.III النسبة المائبة الإسمنتية E/C
67	3.3.2.III التركيبة الكيميائية للماء المستعمل
67	4.3.2.III الملدن

68	3.III صياغة وتحضير الملاط النظامي
68	1.3.III صياغة خرسانة الرمل العادية
68	2.3.III تجربة التشغيلية
69	3.3.III تحضير وشكل العينة
70	الخلاصة
	الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة
73	IV 1- مدخل
73	IV 2- طرق التجارب
73	IV 2- 1 تجربة التحطيم بالانحناء
74	IV 2- 2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط
75	IV 2- 3 تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية)
75	IV 2- 3 تجربة الموجات فوق الصوتية Auscultation sonique
76	IV 3 نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء
79	IV 1-3 ملاحظات
79	IV 2-3 تحليل ومناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل
80	IV 4- نتائج مقاومة الضغط
83	IV 1-4 ملاحظات
83	IV 2-4 تحليل ومناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل
84	IV 5 نتائج تجربة الامتصاص
85	IV 1.5 مناقشة نتائج تجربة الامتصاص
85	IV 6 تجربة الموجات فوق الصوتية Auscultation sonique
88	الخلاصة العامة والتوصيات

فهرس الجداول

06	الجدول I. 1.1 يوضح علاقة الغربال بالمصفاة
07	الجدول I. 2.1 جدول تسجيل نتائج التحليل الحبيبي
09	الجدول I. 3.1 يوضح على أي أساس يتم تصنيف الرمل
09	الجدول I. 4.1 يوضح تصنيف النعومة للعينات
11	الجدول I. 5.1 يوضح الوزن الأقصى الذي يتحمله الغربال
14	الجدول I. 6.1: جدول تسجيل نتائج المكافئ الرملي
15	الجدول I. 7.1 يوضح كيفية تصنيف المكافئ الرملي حسب النسبة المئوية
17	الجدول I. 8.1 يوضح كيفية تصنيف العينات حسب الكتلة الحجمية لها
27	الجدول II. 1 يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D
30	الجدول II. 2 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق
31	الجدول II. 3 نتائج معامل النعومة لبعض المناطق
31	الجدول II. 4 نتائج تجربة الكتلة الحجمية و معامل الامتصاص لبعض المناطق
40	الجدول II. 5 التراصية العظمى بدلالة D_{max}
41	الجدول II. 06 تصنيف الخرسانة حسب مقدار الهبوط
43	الجدول II. 7 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات GUENOUN لخرسانة الرمل
43	الجدول II. 08 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال GUENOUN
44	الجدول II. 09 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال CHAOUCH
45	الجدول II. 10 أهم أنواع الانكماش
53	الجدول III. 1 جدول تعريف يوضح المناطق المدروسة
55	الجدول III. 2 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للينة الأول رمل بئر السبع S1
56	الجدول III. 3 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للينة الثانية رمل البعاج S2
57	الجدول III. 4 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للينة الثالثة رمل وادي الرتم S3
58	الجدول III. 5 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للينة الرابعة رمل الدويلات S4
59	الجدول III. 6 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للينة الخامسة رمل الشارع S 5
60	الجدول III. 7 معيار النعومة لكل عينة
61	الجدول III. 8 النسب المئوية للمكافئ الرملي ES
62	الجدول III. 9 الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لكل نوع من الرمل
63	الجدول III. 10 النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء Ab
64	الجدول III. 11 النسب المئوية للمكونات الكيميائية لكل نوع من الرمل
66	الجدول III. 12 الخصائص التقنية للإسمنت

67	الجدول 13.III التركيبية الكيميائية للماء المستعمل
68	الجدول 14.III نتائج تجربة التشغيلية
69	الجدول 15.III تركيبة خرسانة الرمل
70	الجدول 16.III عدد العينات المستعملة من كل نوع من الرمل
76	الجدول IV 1 تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت
76	الجدول IV. 2 نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل . حسب كل نوع من الرمل
80	الجدول IV. 3 نتائج الضغط لخرسانة الرمل . حسب كل نوع من الرمال المستعملة
84	الجدول IV. 4 يوضح نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لتركيبية الرمل للعينات المغمورة في الماء
84	الجدول IV. 5 معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن
85	الجدول IV. 6 نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية

فهرس الأشكال والمنحنيات

08	الشكل 1.1.I يوضح منحني التحليل الحبيبي
08	الشكل 2.1.I يوضح منحني تفسير التحليل الحبيبي
10	الشكل 3.1.I منحني تصنيف الرمل على أساس معامل النعومة
11	الشكل 4.1.I يوضح مجال منحى التدرج الحبيبي أو الشريط الحبيبي
15	الشكل 5.1.I يوضح جهاز المكافئ الرملي وطريقة حسابه
17	الشكل 6.1.I يوضح صور محتوى الرطوبة
18	الشكل 7.1.I يوضح الزيادة في الحجم بدلالة الرطوبة
23	الشكل 1.2. I. يوضح تأثير التفاعل القلوي مع السيلكا
27	الشكل 1.II تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة
28	الشكل 2. II تأثير النسبة E/C على المسامية
29	الشكل 3. II تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء
29	شكل 4. II تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط
39	الشكل 5. II تأثير المسامية بمعامل النعومة
39	الشكل 6. II تأثير بعد الحبيبات الأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل
40	الشكل 7. II التراصية بدلالة تركيز الاسمنت
41	الشكل 8. II مخروط ابراماس لتجربة التشغيلية
42	الشكل 9. II التشغيلية بدلالة النعومة تأثير مقدار الدقائق
46	الشكل 10. II الانكماش الكلي
47	الشكل 11. II الزحف الكلي
48	الشكل 12. II منحني توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات
49	الشكل 13. II يوضح أشكال المسامية و أنواع النفاذية في الخرسانة
55	الشكل 1.III منحني تجربة التحليل الحبيبي للعينه الأول رمل بئر السبع S1
56	الشكل 2.III منحني تجربة التحليل الحبيبي للعينه الثانيه رمل البعاج S2
57	الشكل 3.III منحني تجربة التحليل الحبيبي للعينه الثالثه رمل وادي الرتم S 3
58	الشكل 4.III منحني تجربة التحليل الحبيبي للعينه الرابعه رمل الدويلات S 4
59	الشكل 5.III منحني تجربة التحليل الحبيبي للعينه الثالثه رمل الشارع S5
63	الشكل 6. III منحني تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لكل العينات
73	الشكل 1. IV يوضح آلة التحطيم للشد بواسطة الانحناء
74	الشكل 2. IV يوضح آلية التحطيم بالضغط
75	الشكل 3. IV جهاز قياس الموجات فوق الصوتية

76	الشكل IV.4 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل بئر السبع)
76	الشكل IV.5 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل البعاج)
76	الشكل IV.6 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل وادي الرتم)
78	الشكل IV.7 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل الدويلات)
78	الشكل IV.8 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل الشارع)
79	الشكل IV.9 منحني نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل لكل نوع من الرمال المدروسة
80	الشكل IV.10 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل بئر السبع)
81	الشكل IV.11 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل البعاج)
81	الشكل IV.12 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل وادي الرتم)
82	الشكل IV.13 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل الدويلات)
82	الشكل IV.14 منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل الشارع)
83	الجدول IV.15 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لكل نوع من الرمال المدروسة
84	الشكل IV.16 منحني تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لكل العينات

LISTE DES ABREVIATIONS

قائمة المختصرات

AFNOR : Association Française de Normalisation.

BTP : Bâtiments et Travaux Publics.

E/C : Masse d'eau efficace/Masse de ciment.

S/C : Sable/Ciment.

D ou Dmax : Dimension maximale du plus gros granulaire de béton.

d : Dimension de plus petit grain d'un mélange granulaire.

Mf : Module de finesse des sables.

A : Coefficient d'Aplatissement.

P % : Porosité.

W% : Teneur en eau.

Ab % : Taux d'absorption d'eau.

ES : Equivalent de sable.

P : La propreté des gros granulats.

LA : Coefficient Los Angeles.

FD : Fragmentation Dynamique.

MDE : Coefficient Micro-Deval.

Mv app : Masse volumique apparente.

Rt : Résistance à la traction.

Aff. : Affaissement au cône d'Abrams.

Rcj : Résistance a la compression de béton à (j) jours.

Mv abs : Masse volumique absolue.

CEN : Comité Européen de Normalisation.

NF : Norme Française NF P : Norme Française applicable au bâtiment et génie civil.

VSI : Valeur spécifiée inférieure de la limite acceptable.

VSS : Valeur spécifiée supérieure de la limite acceptable.

EN : Norme Européenne définitive.

المقدمة العامة

منذ نشأة الإنسان حاول بكل ما لديه من إمكانيات استغلال الطبيعة أو مواردها من أجل تحسين ظروفه المعيشية والتي من أهمها إيجاد أو بناء مأوى يحميه من حر الصيف وبرد الشتاء ومن الظروف الطبيعية القاسية فسكن الكهوف والمغارات وشيد بيوت من أوراق وأغصان الأشجار وجلود الحيوانات ,ومع ازدياد معرفته وتعرفه على موارد الطبيعة المتنوعة انتقل إلى تشيد المنازل والبيوت من الحجارة المشكلة من الصخور وبعض الأنواع من الطين وما الأهرامات والمعالم الكثيرة حول العالم لأكبر دليل على مدى اهتمام الإنسان بتطوير هذا الجانب من حياته ألا وهو تشيد المباني والطرق ,ومن خلال ملاحظة تطور الإنسان نجد انه لم يتوقف يوما في البحث عن مصادر جديدة لاستغلالها في هذا الجانب المهم في حياته.

ويعتبر اكتشاف الخرسانة من أهم المراحل التي توصل إليها الإنسان الحديث في تطوير طرق الإنشاء ورغم أنها غطت نسبة كبيرة من احتياجاته في مجال البناء إلا انه مازال يطمح في تطويرها للحصول على منتج فعال اقتصاديا ويحمل خصائص تقنية تمكنه من أداء دورها على أكمل وجه مع عدم إهمال في نفس الوقت الجانب البيئي.

إن تطوير الخرسانة يمر أكيد بتطوير مكوناتها وإيجاد مصادر جديدة لها ودراسة مختلف الخصائص والسلوكيات المتعددة لهذه المكونات ومن خلال بحثنا هذا حاولنا في هذا الإطار إيجاد واكتشاف مصادر جديدة لمادة الرمل لمنطقة وادي سوف والمناطق المجاورة وإجراء نوع من المقارنة لعدة عينات مأخوذة من مناطق مختلفة من الولاية وما جاورها ,منها ما هو مستغل حاليا مثل رمل منطقة البعاج, الذي تم استعماله كرمل مقارنة ,ومنه ما هو قيد الدراسة مثل رمل وادي الرتم, (دراسة بن عمارة وضو ماستر هندسة مدنية 2019 جامعة الوادي),وباقى العينات الأخرى مأخوذة من مناطق جديدة كليا على حسب علمنا لم تشملها أي دراسة من قبل على الأقل دراسة أكاديمية.

كما حاولنا وضع قاعدة بيانات لأهم مصادر الرمل لمنطقة وادي سوف لتكون مرجع لإعطاء ولو فكرة بسيطة للباحثين والمهتمين في هذا المجال, وتم اختيار هذه المناطق على أساس توزيعها الشبه منتظم في محيط منطقة وادي سوف ,وهذا لإعطاء فرصة أكثر لاستغلال هذه الموارد حيث يقع رمل بئر السبع في الطريق الرابط بين ولاية الوادي وحاسي مسعود على مسافة 100 كلم تقريبا على مدينة الرباح, ورمل الشارع و الدويلات يقعان في حدود بلدية بن قشة دائرة الطلب العربي. على مقربة من مقر البلدية بمسافة 14 كلم, ويبعدان على مقر الولاية بحوالي 150 كلم, و رمل وادي الرتم يقع في المحيط الجغرافي لبلدية المارارة التي تقع في الشمال الغربي من ولاية الوادي وتبعد عن مقر الولاية بحوالي 180 كلم, ورمل البعاج حيث يقع في المحيط الجغرافي لبلدية أم الطيور التي تقع في شمال ولاية الوادي وتبعد عن مقر الولاية بحوالي 160 كلم

وقد قسمنا عملنا هذا إلى أربعة فصول تطرقنا في الفصل الأول إلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للرمل والمواد المركبة.

وفي الفصل الثاني تطرقنا إلى عموميات حول خرسانة الرمل.

وأما الفصل الثالث فقد عالجن فيه خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل.

وبالنسبة للفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك خرسانة الرمل المدروسة، من انحناء وشد و ضغط وهذا لمعرفة واستنتاج مدى صلاحية هذه العينات من الرمل في انجاز الخرسانة.

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص رمل خرسانة الرمل المدروسة وما تحصلنا عليه من نتائج لمختلف العينات.

الفصل الأول

البحث المكتبي

I.1. المبحث الأول :

1.1.I مدخل :

يعتبر الرمل بأنواعه من أكثر المواد التي تدخل نشاطات الإنسان الصناعية ويعتبر من أكثر الموارد استهلاكاً واهتماماً من طرف البشر مما جعل هذا الأخير في بحث متواصل لتوفير هذه المادة المهمة أو إيجاد بديلاً لها، مراعيًا في ذلك الجانب الاقتصادي والبيئي وكذا الجانب التقني ودراسة هذه المادة بصورة دقيقة، وذلك للوصول إلى إنتاج مواد تمتلك خصائص فيزيائية وكيميائية جيدة وفعالة مثل الخرسانة بثت أنواعها.

I. 2.1 تعريف الرمل :

وهو مادة نحصل عليها نتيجة تفتت الصخور الطبيعية وبفعل الرياح وجريان المياه ويمكن أيضا الحصول عليها اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ومخلفات المحاجر كما تجرى أبحاث حاليا لمحاولة استغلال رمل الكتبان الطبيعية , ويجب أن يكون هذا الرمل خالي من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية بحيث أن لا تزيد هذه النسبة عن 3 % للرمل الطبيعي , و5% لرمل الناتج عن السحق وهو معرف حسب المواصفات القياسية والقواعد NFP18-301, NFP18-101 ([1]).

I. 2.1.1 أنواع الرمال :

وتقسم الرمال على أساس مكوناتها إلى نوعان :

أولهما رمل السيليكا , وهو عبارة على صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليكا (SiO_2) أكثر من 99% وتتكون بشكل رئيسي من حبيبات معدن الكوارتز , وتحتوي على كمية قليلة من الشوائب والمعادن الثقيلة (أقل من 0.1%).

الثاني وهو الرمل الزجاجي و هو نوع من رمل السيليكا أيضا الذي يتميز بمواصفات فيزيائية وكيميائية تتناسب مع صناعة الزجاج فحجم الحبيبات يتراوح غالبا من 100 – 500 ميكرون ونسبة أكسيد الحديد (Fe_2O_3) تقل عن 0.05% [2]

وتقسم أيضا الرمال على حسب مصادرها من الطبيعة :

أ. رمل الوديان الطبيعي :

يعتبر من الأنواع الأكثر نقاوة ويستخدم في صناعة العديد من أنواع الخرسانة ومن أهم مميزاته , هيكله المتجانس وصغر حجم حبيباته , ويمكن أن نحصل عليه من الأنهار ويتميز هذا النوع بشكله المستدير وصلابته , وهو يأتي من حركة الماء على الصخور , ويعتبر هذا النوع من الرمال مهدد بالنفاد لكثرة الطلب عليه لخصائصه الجيدة.

ب. رمل المحاجر :

وينتج عن طريق التكسير , في كل عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشطايا الأصغر فالأصغر , مما يخلق كمية معينة من الرمال , وتستخدم 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).

ج. رمل الكثبان :

تعتبر رمال الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية , وهي عبارة علي كثبان رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكا (SiO_2) أكثر من 99 % والذي يميزها أنها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية وهذا بسبب مجالها الحبيبي المحدود جدا.

د. الرمل الاصطناعي :

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 وبيئت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي [2].

هـ. 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 [2].

II. 3.1 الخصائص الفيزيائية :

في الكثير من أشغال البناء نحتاج لمعرفة بعض خصائص المواد المستعملة و المتمثلة في الأبعاد، الشكل، المسامية، الكتلة الحجمية، ونسبة الشوائب في العينة المدروسة.

I. 1.3.1 تجربة التحليل الحبيبي :

التحليل الحبيبي هو أولى هذه الأبحاث، ويمثل خصائص الحبيبات و ذلك بتعيين أبعادها والنسب المئوية لكل بعد. وهي تنقسم إلى قسمين :

I 1.1.3.1 التحليل الحبيبي الرطب :

يستحيل إجراء عملية الغرلة على عناصر دقيقة جدا أقل من 0.08mm (طيني أو طمي) , لأنها تكبب بينها وتجرى عليها عملية أخرى تسمى بالتحليل الترسيبي أو ما يسمى بتجربة الهيدرومتر (Sédimentométrie). ومن خلالها يتم فصل الحبيبات عن طريق سرعة ترسيبها (V) خلال مقياس مائي بمعرفة مسافة ترسب الحبيبات (L) خلال فترة زمنية (T) تحسب من بداية الترسيب, وهي منصوص عليها حسب القواعد القياسية (NFP18-560) [1].

أ. الهدف من التجربة :

إن تجربة الترسب تهدف إلى إتمام تصنيف التربة والتعيين الكمي لتدرج حبيباتها التي مقاسها اصغر من 80 ميكرون. نتائج هذه التجربة تعتبر دقيقة إلى حد ما وهذا إذا أجريت بعناية على تربة قد تم غربلتها عبر غربال 0.08 ملم تحت الماء.

ب. المبدأ :

نستعمل هذه الطريقة للحبيبات الدقيقة (الطمي , الطين) ومبدأ التجربة هو ترسيب حبيبات التربة التي أقطارها أقل من 0.08 ملم 30% من النسبة المارة (تحت غربال 0.08) في تجربة التحليل بالغربة الجافة .
تجربة الهيدرومتر تركز على سرعة هبوط حبيبات التربة ضمن سائل مائي , تعتمد على حجم هذه الحبيبات و لزوجة السائل وتعطى سرعة السقوط بالقانون التالي و المعروف توكس : $V = L/T$.

○ V : سرعة السقوط cm/s.

○ L : مسافة سقوط الحبيبات cm.

○ T : زمن السقوط s.

2.1.3.1.I التحليل الحبيبي العادي (الجاف):

وهو توزيع وتصنيف الحبيبات حسب أبعادها ويتم ذلك بواسطة غرابيل أو مناخل و مصافٍ على حبيبات أكبر من 0.08mm وهي منصوص عليها حسب القواعد القياسية : NF EN 933- 1 [1]

1- الهدف من التجربة :

هو تعيين مختلف النسب المئوية لمختلف أقطار حبيبات الرمل، بمعنى آخر هو معرفة مكونات التدرج الحبيبي لتحديد ما إذا كان هذا الأخير قابلاً للاستعمال أم لا. وهي تنقسم إلى قسمين :

2- المبدأ :

نحظر كمية من المادة المختبرة ونمررها على سلسلة من الغرابيل ثم يتم حساب النسب المرفوضة فوق كل غربال ثم نرسم المنحنى البياني لمعرفة ميزات هذه المادة مع حساب معامل النعومة .

3- سير التجربة :**1.3 تحضير العينة :**

تجفف العينة تدريجياً إلى غاية 105°C لكي لا تتغير الطبيعة الكيميائية للعينة و لكي نتجنب انفلاق الحبيبات التي تحتوي على الماء ، و يجب أن تكون الكمية المأخوذة كافية لإجراء حسابات دقيقة ونأخذ عموماً:

$$200 D < M < 600 D \text{ [1.1.1]}$$

○ $M = 2000g$ بالنسبة للرمل.

○ $M = 5000g$ بالنسبة للحصى الصغير.

○ $M = 10000g$ بالنسبة للحصى الكبير.

○ $M = 20000g$ بالنسبة للحجارة.

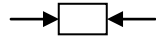
2.3 التقسيم (le quartage) :

ولإجراء أي تجربة يجب تحضير العينة سواء كانت رمل أم حصى. في حالتها الطبيعية على شكل كومة نأخذ كمية من فوق وكمية من تحت وثلاث كميات من الوسط ثم نخلطهم مع بعض البعض ونقوم بتقسيم العينة إلى أربع عينات ونأخذ عينة منها.

3.3 الأدوات و اللوازم المستعملة :

- المجفف

- الميزان.



- مجموعة من الغربايل (Tamis) ذات الفتحات المربعة:

- مجموعة من المصافي (Passoires) ذات الفتحات الدائرية:

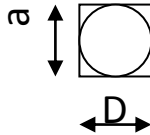


4.3 أبعاد الغربايل Tamis :

تشكل فيما بينها حدود متتالية هندسية أساسها $\sqrt[10]{10} = 1.259mm$ [1] .

2.5 2 – 1.6 – 1.25 – 1 – 0.8 – 0.63 – 0.5 – 0.4 – 0.315 – 0.25 – 0.2 – 0.16 – 0.125 – 0.1 – 0.08
[3] 80 – 63 – 50 – 40 – 31.5 – 25 – 20 – 16 – 12.5 – 10 – 8 – 6.3 – 5 – 4 – 3.15 –

- أبعاد المصافي : Passoires



نفس الأبعاد من 0.5 حتى 100 mm

- العلاقة بين الغربال والمصفاة

كمية المواد المارة عبر غربال تفوق الكمية المارة عبر مصفاة لهما نفس البعد (D) بمعامل 1.259.

لذا ، فإن فتحة مربعة في الغربال ذات ضلع (a) تقابلها في المصفاة فتحة ذات قطر (D) حيث $D = 1.259a$.

الجدول I.1 يوضح علاقة الغربال بالمصفاة [4] .

25	20	16	12.5	10	8	6.3	5	الغربال: a (mm)
31.5	25	20	16	12.5	10	8	6.3	المصفاة: (mm) D

5.3 الطريقة العملية للغرلة الجافة :

1.5.3 المراحل :

- ✓ نضع الغرابيل الواحد فوق الآخر من الأصغر في الأسفل إلى الأكبر في الأعلى لتكوين ما يعرف بعمود الغرابيل مع وضع إناء ذي قاعدة غير مثقوبة في الأسفل (لالتقاط العناصر الدقيقة) و غطاء في الأعلى (لمنع تطاير الغبار).
- ✓ نضع العينة الموزونة مسبقا فوق الغربال العلوي، نغطيه ثم نبدأ في عملية الغرلة بتحريك عمود الغرابيل بسلسلة من الاهتزازات، مما يجعل العينة تتوزع على مجموع الغرابيل.
- ✓ نأخذ كل غربال وحده و نضعه فوق إناء نظيف ثم نحركه أفقيا بيد و نضربه باليد الأخرى (120 ضربة في الدقيقة تقريبا).
- ✓ نزن "الرفض" (Refus) في الغربال و نفرغ "المار" (Tamisât) في الغربال الموالي أما دقة الوزن فيجب أن تكون بنسبة 0.1 % . نقوم بنفس العمليات بالنسبة للغربال الثاني.
- ✓ الرفض الجديد يوضع مع الرفض الأول، و المار الجديد يوضع في الغربال الثالث، ونعين بذلك الرفض المتراكم، ونتابع نفس العمليات إلى آخر غربال.
- ✓ ملاحظة : يمكن أن تتم الغرلة تحت الحنفية ثم يوزن المرفوض الجزئي بعد التجفيف .

4- النتائج :

ثم نعين النسب المئوية للرفض المتراكم كالتالي : نزن الرفض المتراكم في كل مرة و ليكن m

$$(\text{ refus } \frac{m}{M} \times 100) \dots\dots\dots [1.1.2.]$$

5- تحليل النتائج :

1.5 طريقة الحساب :

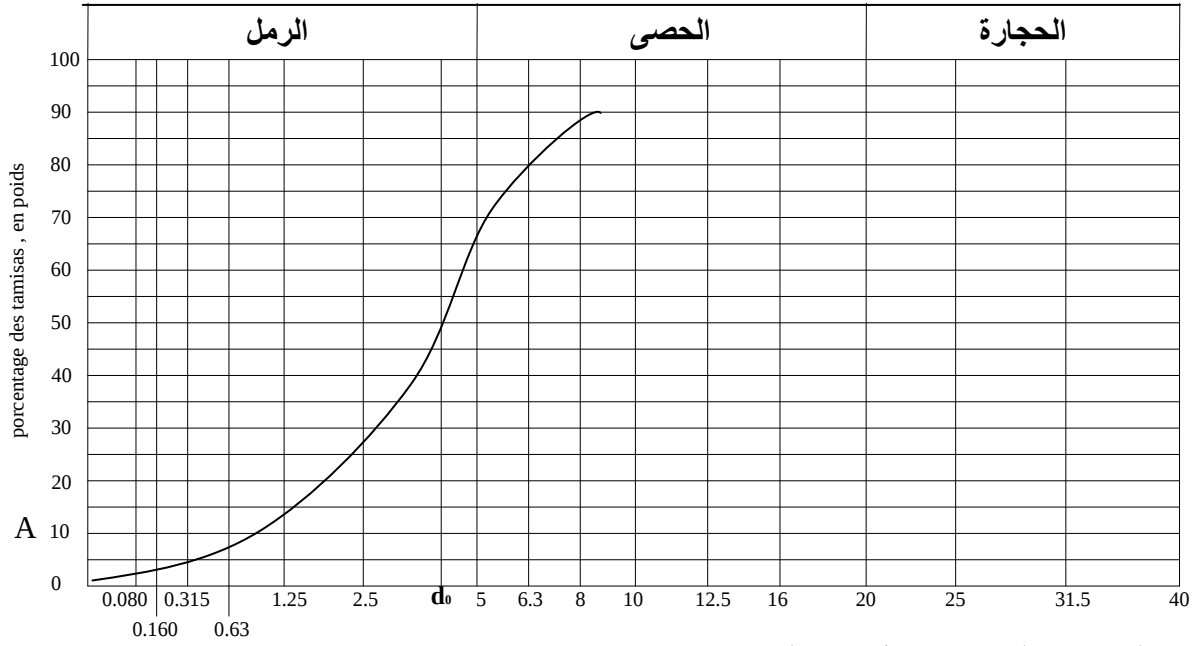
نستنتج النسب المئوية للمار المتراكم بحذف النسب المئوية للرفض المتراكم من 100 % تلخص النتائج في جدول كالتالي :

الجدول 2.1.I جدول تسجيل نتائج التحليل الحبيبي [1] .

أبعاد الغرابيل (mm)	المرفوض الجزئي (g)	المرفوض المتراكم (g)	المرفوض المتراكم (%)	المار (%)

نمثل النتائج على معلم متعامد كما يلي :

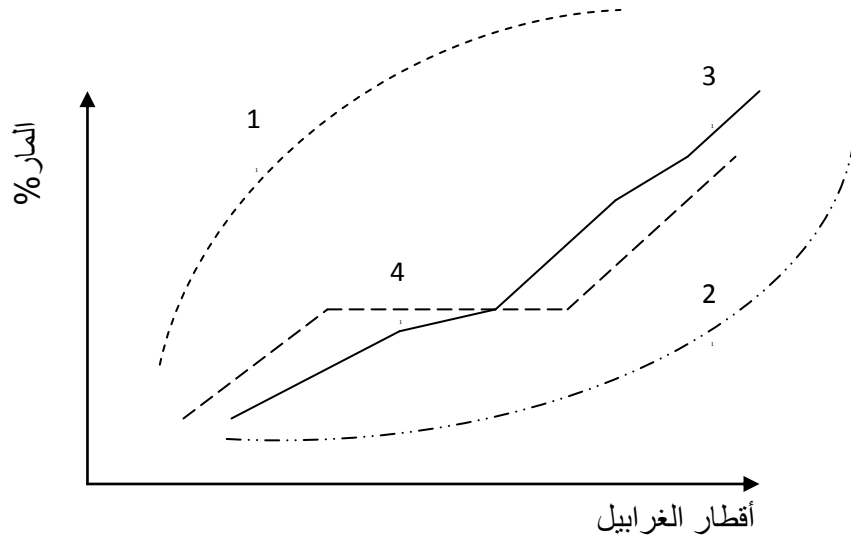
■ على محور الفواصل : يمثل أبعاد الغرايل (mm) بتقسيم لو غاريتمي.



■ على محور الترتيب : يمثل نسب المار (%).

الشكل 1.1.I يوضح منحنى التحليل الحبيبي. [3].

2.5- تفسير مختلف البيانات الممكنة :



الشكل 2.1.I يوضح منحنى تفسير التحليل الحبيبي. [4].

- المنحنى (1) : يصعد بسرعة : حبيبات غنية بالعناصر الدقيقة.
- المنحنى (2) : يصعد ببطء : حبيبات تفتقر للعناصر الدقيقة.
- المنحنى (3) : حبيبات عادية.
- المنحنى (4) : يحتوي على عتبة غياب بعض العناصر.

3.5 التصنيف :

تصنف العينات اعتمادا على نتائج تجربة التحليل الحبيبي على الجدول التالي :

الجدول 3.1.I يوضح على أي أساس يتم تصنيف الرمل [3].

أبعاد الغرابيل (mm)	الصنف	
0.315 - 0.08	دقيق	رمل
1.25 - 0.315	متوسط	
5 - 1.25	خشن	
8 - 5	صغير	حصى
12.5 - 8	متوسط	
20 - 12.5	كبير	
31.5 - 20	صغيرة	حجارة
50 - 31.5	متوسطة	
80 - 50	كبيرة	

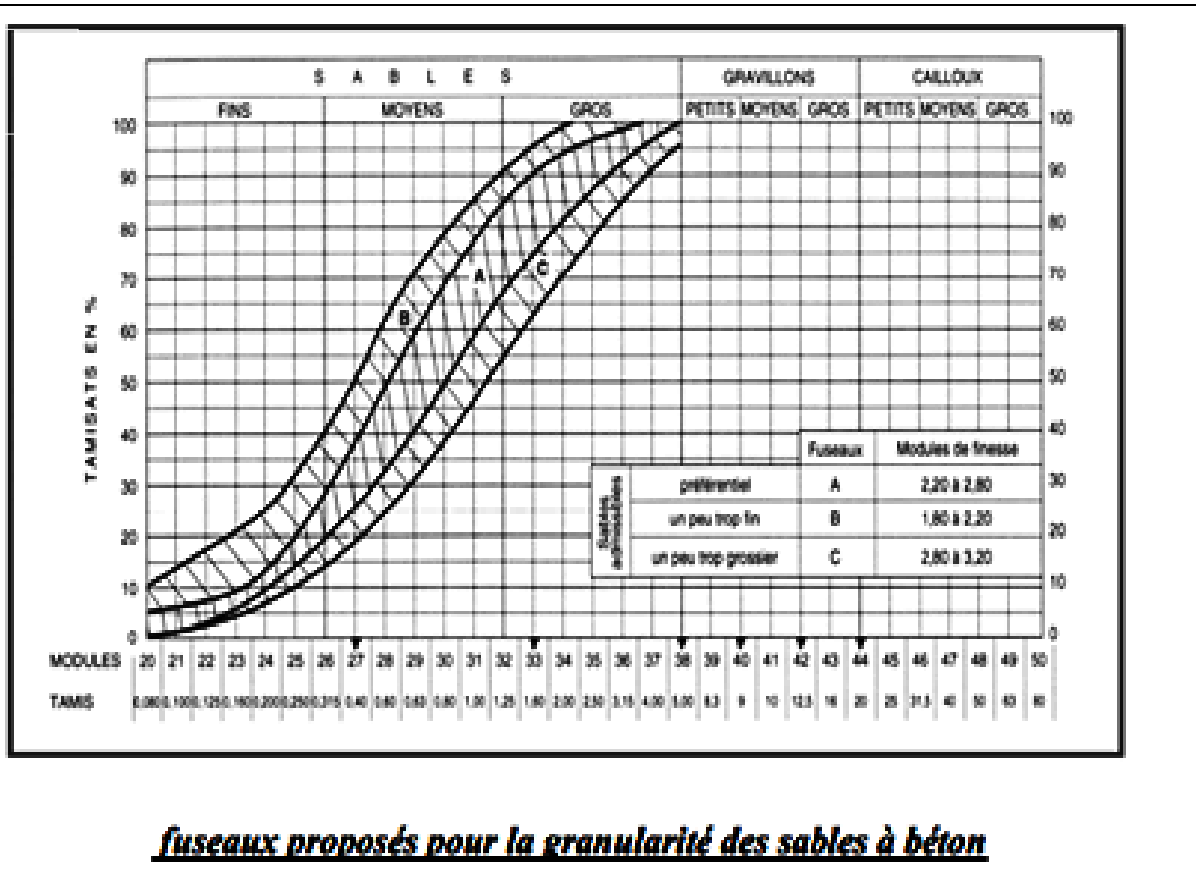
4.5 مقياس النعومة :

هو الجزء المئوي لمجموع الرفض (مأخوذ كنسب مئوية للأوزان) فوق 10 غرابيل وهي :

$$.mm (80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 2.5 - 1.25 - 0.63 - 0.315 - 0.16)$$

الجدول 4.1.I يوضح تصنيف النعومة للعينات. [5].

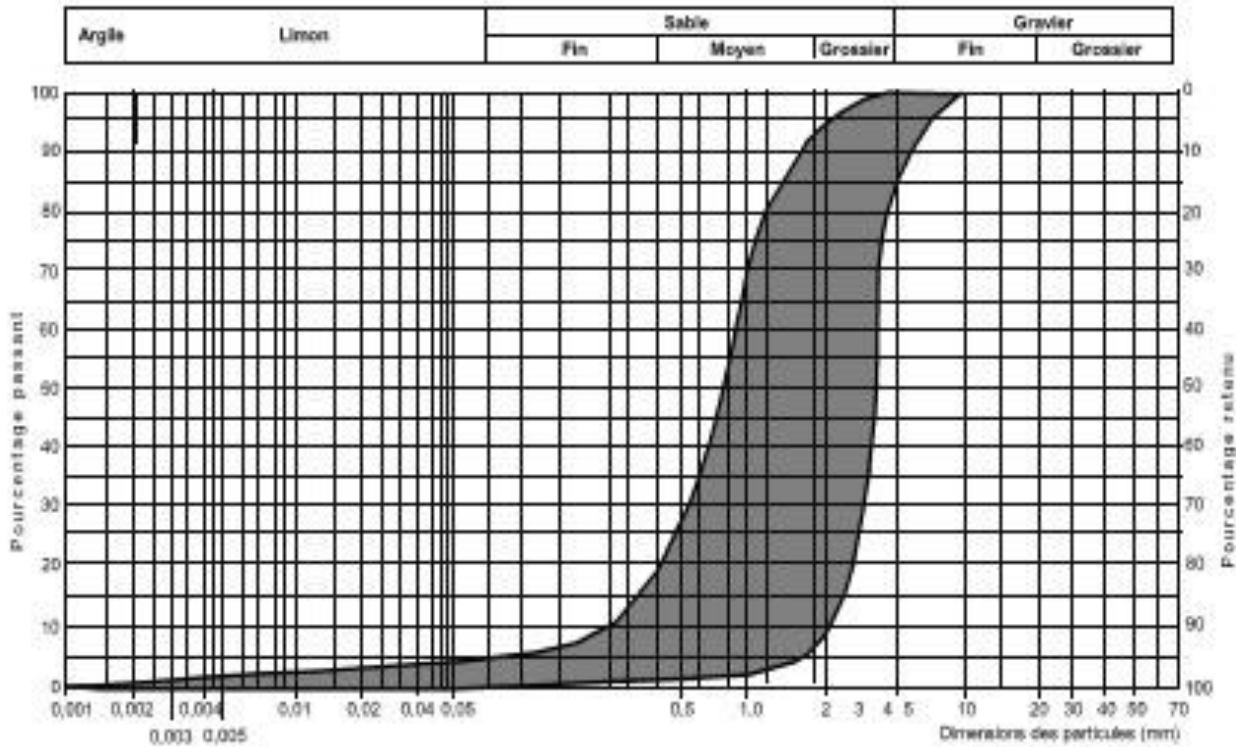
نوع العينة	مقياس النعومة
رمل دقيق جدا	$2.2 > M_f \geq 1.8$
رمل مرجعي	$2.8 > M_f \geq 2.2$
رمل تميل حبيباته إلى الخشونة	$3.2 > M_f \geq 2.8$



الشكل 3.1.I منحنى تصنيف الرمل على أساس معامل النعومة. [3].

5.5 الشريط الحبيبي : le fuseau granulométrique

هو منطقة في المنحنى البياني محصورة بين نهايتين محددتين من طرف الشريط الحبيبي المحصور بين منحنين نموذجيين (المنحنيات النموذجية تعين تجريبيا).



الشكل 4.1.I يوضح مجال منحى التدرج الحبيبي أو الشريط الحبيبي. [3].

6- الاحتياطات :

للمحافظة على سلامة الغرابيل تجزأ العينة كما يلي :

الجدول 5.1.I يوضح الوزن الأقصى الذي يتحمله الغربال. [4].

الأبعاد (mm)	20	12.5	8	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08
قدرة تحمل الغربال (g)	2350	1300	850	620	400	260	200	130	100	70
الرفض الأقصى للغربال (g)	1200	640	450	330	220	140	100	70	50	30

7- المقسم Diviseur :

وتقسم به كمية الرمل لكي نحصل على الكمية المثالية.

2.3.1.I المكافئ الرملي Equivalent de sable :

إن كل الحبيبات تحتوي على نسبة معينة من الشوائب و التي يكون تأثيرها سلبيا على خصائص الخرسانة أو التربة و لهذا يجب مراقبة هذه النسبة بحيث لا تتجاوز الحدود المسموح بها، كما هو منصوص عليه في القواعد :

.NFP 18- 598

1. الهدف من التجربة :

الهدف من هذه التجربة هو الكشف على وجود العناصر الناعمة و تعيين نقاوة الرمل الداخل في تكوين الخرسانة و كذلك بالنسبة للتربة من خلال التعرف على نسبة الشوائب و بالتالي معرفة مجالات استعماله.

2. سير التجربة :**1.2 تحضير العينة :**

نأخذ كمية من الرمل المبلل تكون موافقة ل 120 g من الرمل الجاف و بالتالي نقوم بحساب نسبة المحتوى المائي للرمل (W) و نزن (1 + W) 120.

تتم عملية غربلة العينة في غربال 5mm و ذلك بغسل الرمل في الغربال فوق إناء أكبر منه ثم نترك العينة لتترسب.

2.2 المواد المستعملة للغسل :

○ نستعمل محلولاً خاصاً يتمثل في إضافة 125 cm³ من محلول مركز إلى 5 L من الماء المقطر.

○ يتكون 1L من المحلول المركز من :

○ g (1 ± 111) من Ca Cl₂ (chlorure de calcium).

○ g (5 ± 480) من الغليسرين (Glycérine).

○ g (12 ÷ 13) من مادة الفورمالدهيد محللة في كمية من الماء.

○ une solution aqueuse de Formaldéhyde

3.2 الأدوات و اللوازم المستعملة :**1- التجهيزات الخاصة :**

○ مخبرات (Eprouvettes) أسطوانية شفافة من مادة بلاستيكية تحتوي على خطين معلمين في التدرجة 10سم والتدرجة 38سم.

○ سدادات (bouchons) من المطاط .

○ قمع (Entonnoir).

○ إناء للغسل (Bonbonne) من الزجاج أو البلاستيك سعته 5L مزود بسداد به فتحة (Siphon) و أنبوب مطاطي مرن طوله 1.50 m يصل الإناء بأنبوب الغسل .

○ أنبوب للغسل معدني يكون على امتداد الأنبوب المطاطي المرن.

- جهاز التحريك (Machine agitatrice) يسمح بتحريك المخبرة بفعل 90 هزة في مدة 30 ثانية.
- مكبس (Piston) مجهز بكتلة متحركة تساوي 1000g ، قطره أقل من قطر المخبرات و يحتوي على ثلاثة لولب (Vis) مكونا مصدم المكبس (Butées).
- مسطرة طولها 500mm.

2- التجهيزات العادية :

- غربال ذو ثقوب مربعة 5 mm .
- ميزان دقيق.
- كرونومتر (Chronomètre).
- مقياس الحرارة (Thermomètre).

3 الطريقة العملية :

1.3 المبدأ :

- ترسيب المادة الحبيبية التي تمر من خلال الغربال 5mm داخل سائل غاسل.
- غسل العينة بالمحلول الخاص و تركها ترتاح و بعد الوقت المحدد قياس :
- الارتفاع h1 : ارتفاع الرمل والعناصر الناعمة معا.
- الارتفاع h'2 : ارتفاع الرمل التنظيف بالعين المجردة.
- الارتفاع h2 : ارتفاع الرمل التنظيف بالمكبس.

2.3 المراحل :

نحضر الرمل بالطريقة المذكورة سابقا.

- نملأ المخبرة بالمحلول الغاسل حتى المعلم السفلي.
- نضع كمية الرمل داخل المخبرة باستعمال القمع ونطرد الفقاعات الهوائية و ذلك بضرب المخبرة بواسطة اليد و نتركها ترتاح لمدة 10 دقائق كي يتفاعل المحلول مع الرمل.
- نغلق المخبرة بالسداد المطاطي و نضعها في جهاز التحريك لتتعرض لحركة مستقيمة أفقية جيبية بوتيرة 90 ذهاب و إياب في مدة 30 ثانية.
- نغسل و نملأ المخبرة باستعمال الأنبوب الغاسل وذلك بإتباع الخطوات التالية:
- ننزع و نغسل السداد المطاطي فوق المخبرة.
- ننزل الأنبوب الغاسل بتدويره بين الأصابع لغسل الجوانب الداخلية للمخبرة.
- نغسل الرمل بالأنبوب الغاسل بتدويره دائما بين الأصابع.
- نرفع الأنبوب الغاسل ببطء و انتظام و نخرج الأنبوب من المخبرة و نغلق الحنفية عندما يصل المحلول إلى المعلم العلوي.

- نترك المخبرة ترتاح لمدة 20 دقيقة في وضعية شاقولية مع تفادي الإهتزازات.
- نقيس بالنظر h_1 و h'_2 .
- إن قياس h'_2 لا يكون دائما سهلا و بالتالي نلجأ للطريقة التالية:
- ننزل المكبس ببطء في المحلول بحيث يستند عل الحافة العلوية للمخبرة و نوقفه عندما يلامس الرمل و نقيس h_2 .
- نسجل درجة الحرارة التي يجب أن تكون 20°C .
- نجري نفس العمليات المذكورة سابقا على مخبرتين في نفس الوقت.

3.3 النتائج :

نتحصل في النهاية على القياسات التالية بالنسبة لكل مخبرة : h_1 ، h'_2 و h_2 .

4.3 تحليل النتائج :

- معادل التكافؤ الرمي بالنظر (Equivalent de sable visuel ESV) هو : $ESV = \frac{h'_2}{h_1}$

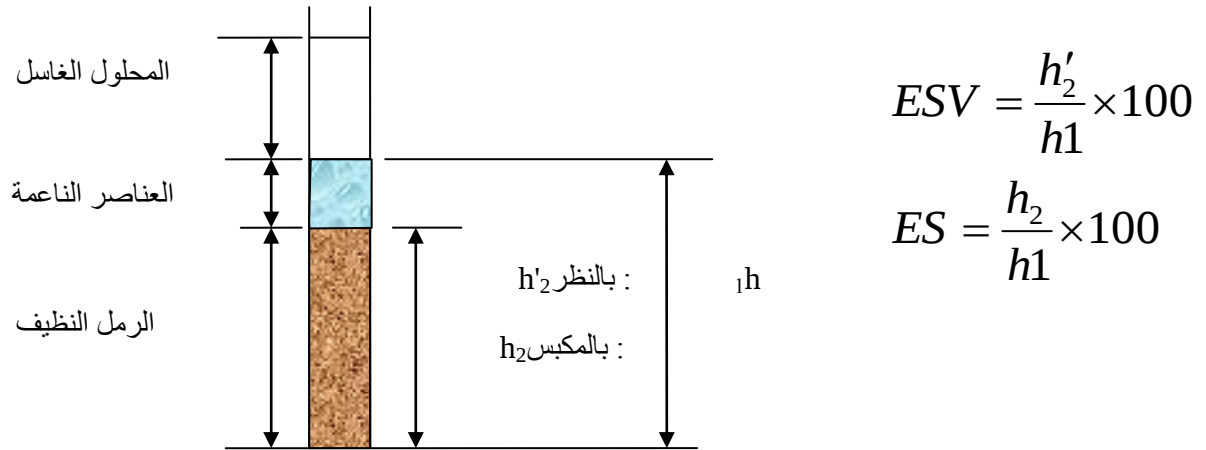
- معادل التكافؤ الرمي (Equivalent de sable ES) هو : $ES = \frac{h_2}{h_1}$

5.3 طريقة الحساب :

بعد القيام بالتجربتين على المخبرتين يكون معادل التكافؤ الرمي هو معدل النتيجتين المحصل عليهما.
و تلخص النتائج في جدول كالتالي:

الجدول I. 6.1: جدول تسجيل نتائج المكافئ الرمي [4].

رقم المخبرة	1	2	نوعية الرمل	مجالات الاستعمال
h1				
h'2				
h2				
ESV				
ES				
معدل ESV				
معدل ES				
درجة الحرارة				



الشكل 5.1.I يوضح جهاز المكافئ الرملي وطريقة حسابه.

3. مجالات الاستعمال :

الجدول 7.1.I يوضح كيفية تصنيف المكافئ الرملي حسب النسبة المئوية [3].

مجال الاستعمال	نوعية الرمل	ESV	ES
يرخص استعماله في الخرسانة العادية و يستعمل في الطبقة الأساسية لقارة الطريق (couches de base)	رمل طيني	$ESV < 65$	$ES < 60$
يستعمل في الخرسانة العادية	رمل طيني نسبيا	$65 \leq ESV < 75$	$60 \leq ES < 70$
يستعمل في الخرسانة ذات القيمة العالية	رمل نظيف	$75 \leq ESV < 85$	$70 \leq ES < 80$
يستعمل في الخرسانة الخاصة	رمل نظيف جدا	$ESV \geq 85$	$ES \geq 80$

5 الاحتياطات :

- لا نعرض المخبرات الشفافة لأشعة الشمس.

- تجنب المخبرات كل الاهتزازات الممكنة أثناء إجراء التجربة.

3.3.1.I الكتلة الحجمية (Masse volumique) :

الكتلة الحجمية هو مصطلح يستخدم لوصف كثافة الجسم، حيث أن كثافة الجسم أو الكتلة الحجمية تعبر عن مقدار الرابط الذي يربط ما بين الحجم والكتلة، وهي معرفة بالقواعد [06] NFP 18-301 الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، ويوجد نوعان من الكتلة الحجمية :

1.3. الكتلة الحجمية الظاهرية : (Masse volumique apparente) :

الكتلة الحجمية الظاهرية وهي التي يؤخذ فيها حجم الفراغات الموجود ما بين حبيبات الرمل و هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة :

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \dots\dots\dots (1.1.3)$$

1.1.3 خطوات التجربة :

M_1 . ثم نزن العينة مع الإناء M_0 ثم ووزنه V نأخذ عينة من التربة ونملأ إناء معلوم الحجم.

نحسب وزن العينة $M = M_1 - M_0$ بمعرفة حجم العينة V وكتلتها M نستطيع حساب الكتلة الحجمية الظاهرية حسب العلاقة (1.1.2).

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي.

V_T : حجم العينة الكلي .

2.3. الكتلة الحجمية المطلقة : (Masse volumique absolue) :

الكتلة الحجمية المطلقة وهي التي يؤخذ فيه حجم الرمل من دون الفراغات وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة :

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S} \dots\dots\dots (1.1.4)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_S : وزن الحبيبات الصلبة.

V_S : حجم الحبيبات الصلبة.

1.2.3 خطوات التجربة :

نأخذ عينة من التربة ونزنها ثم نسكب العينة في أنبوب مدرج يحتوي على كمية من الماء حجمها V_0 ثم نقرأ الحجم الجديد V_1 .

نحسب حجم العينة $V = V_1 - V_0$ بمعرفة حجم العينة V وكتلتها M نستطيع حساب الكتلة الحجمية الظاهرية حسب العلاقة (2.1).

3.3 استعمالاتها في مجال الإنشاء :

تعتبر خاصية الكتلة الحجمية من أهم الخصائص المميزة للمادة ، فلا نستغني عن هذه الخاصية في مجال الإنشاء أبدا البناء - الهندسة المدنية - و ذلك من خلال :

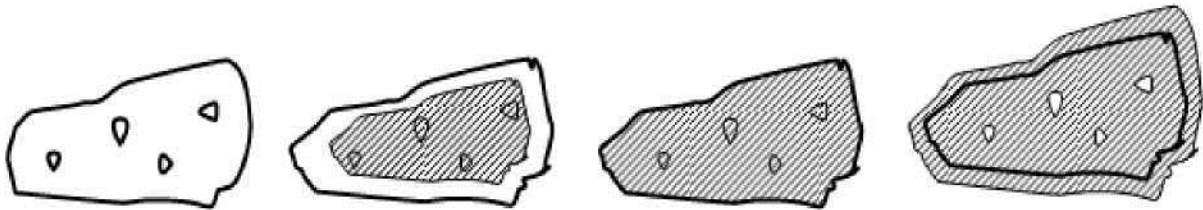
- دليل الانتفاش التربة ، و بالتالي معرفة الأحجام الحقيقية عند اختلاط هذه الأخيرة بالمياه .
- معرفة أنواع الركام و بالتالي تصنيفه ، و من خلال ذلك التصنيف يمكن أن نصنف الخرسانة إلى خرسانة خفيفة و ثقيلة و عادية .
- و هذا الجدول يوضح تصنيف الركام حسب الكتلة الحجمية المتحصل عليها :

الجدول 8.1.I يوضح كيفية تصنيف العينات حسب الكتلة الحجمية لها [3].

التصنيف Classification	الكتلة الحجمية Masse volumique (t/m ³)
Granulat léger ركام خفيف	$P < 2$
courant Granulat ركام عادي	$2 < p < 3$
lourd Granulat ركام ثقيل	$P > 3$

4.3.1.I محتوى الرطوبة للرمل : la Teneur en eau W%

وتوجد في الطبيعة بأربعة صور .



جاف كلياً

جاف في الهواء

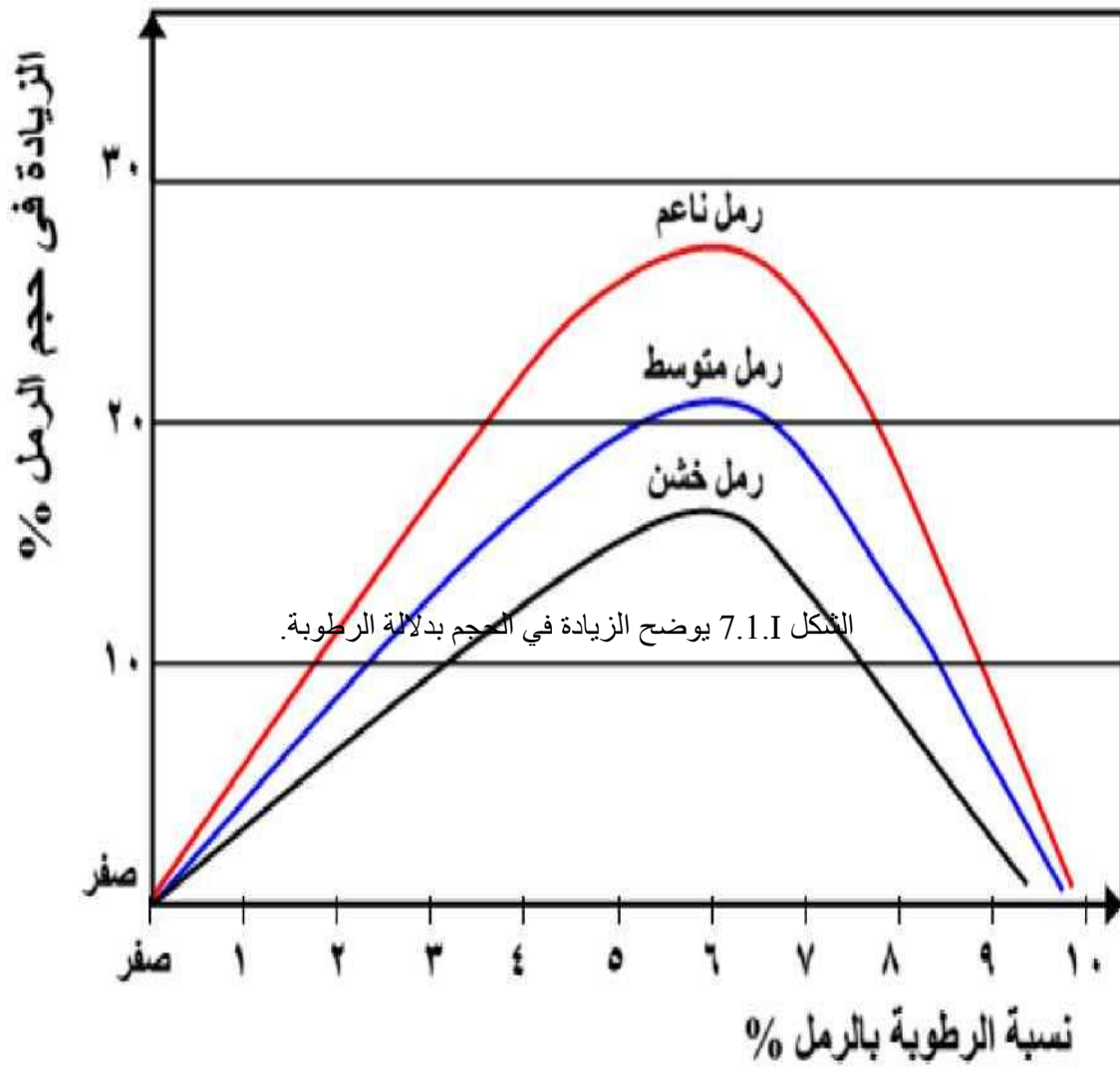
مشبع والسطح جاف

رطب

الشكل 6.1.I يوضح صور محتوى الرطوبة.

5.3.1.I الزيادة الحجمية للرمل : (الانتفاش foussement)

تحدث هذه الظاهرة للرمل فقط حيث نتيجة الشد السطحي يتكون غشاء من المياه على سطح الحبيبات تعمل على رفع حبيبات الرمل على بعضها البعض وهذه الظاهرة تؤثر على نسب الخلط حيث تعمل الزيادة الحجمية على إنقاص وزن الرمل الحقيقي والذي يعمل على تقليل حجم الرمل في صندوق المعايرة مما يجعل الخليط ناقصا في محتوى الرمل المطلوب والذي يسبب تأثير ضارا على الخرسانة المنتجة من انفصال حبيبي وتعيش ومسام داخلية متصلة تعمل على زيادة النفاذية. [08].



1.5- اختبار نعين الزيادة الحجمية للرمل :

- يتم إحضار أدوات التجربة وهي عبارة عن وعاء اسطوانتي سعته 1 لتر بالاضافه إلى 2 مخبار مدرج زجاجي سعة 1 لتر ولوح غير مسامي وميزان حساس .
- يتم تجهيز 2 كغ من الرمل الجاف ويملا الوعاء بالرمل حتى حجم معين يتم تعينه اختياريًا وليكن 250 مل ثم بعد ذلك يسكب الرمل من الوعاء على اللوح غير المسامي ويضاف إليه الماء بمقدار 1ه/ من وزن الرمل الجاف ثم يقلب جيدا إلى حد التجانس .
- يعاد ملأ الوعاء بالرمل الرطب ويكبس جزئيا بنفس الطريقة ويسوى سطح الرمل ويوضع الرمل الزائد في مخبار مدرج ويعين حجم هذه الزيادة .
- تكرر هذه العملية على أن تكون النسب المئوية للماء المضاف كما يلي (2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 18-20-22-24-26) على التوالي وفي كل مرة يتم تعين الحجم الزائد و يجب مراعاة عدم فقد أي جزء من عينة الاختبار أثناء إضافة الماء والتقليب .
- يتم رسم علاقة بيانية بين النسبة المئوية للماء المضاف والزيادة المناظرة في حجم الرمل. وهنا يجب التنبيه على أن الرمل الخشن له الأولوية على الرمل الناعم والذي يقلل من ربط مكونات الخرسانة علاوة على امتصاص ماء الخلط.

II. I المبحث الثاني :**1.II. I الخصائص الميكانيكية والكيميائية :****1.1.II. I الخصائص الميكانيكية :**

عادة متمثلة في :

○ تجربة مقاومة الصدمات FD.

○ تجربة مقاومة الاحتكاك MDE.

○ تجربة لوس انجلس LA.

○ تجربة التفلطح A.

وهذه التجارب خاصة بالحصى, ولا يوجد تجارب خاصة بالرمل .

2.1.II. I الخصائص الكيميائية للرمل:**1 التجارب الكيميائية : les analyse chimique**

إن التجارب الكيميائية في المختبر هامة ومكملة للتجارب الفيزيائية ومن خلالها نتمكن من معرفة العناصر المكونة للمادة عن طريق التحليل, و يعين هذا الاختبار الأملاح الضارة بالركام وإعطاء كل عنصر نسبته المؤوية وبذلك نصنف التربة, وهذه التجربة متفق عليها بطرق عملية تجريبية وبأدوات بسيطة, مستخرجة من القواعد NF EN 1744-1 وفي هذه التجربة يتم الكشف على ما يلي :

○ الكشف على نسبة السيلس insolubles.

○ الكشف على نسبة السلفات sulfates.

○ الكشف على نسبة الكربون carbonates.

السلفات والكربون, وهي المواد التي بإمكانها التأثير سلبا إذا استعملنا هذا الرمال في الخرسانة. [8]

أ الأجهزة و الأدوات المستعملة :

○ أنابيب مدرجة .

○ أواني .

○ غربال 0.2 ملم.

○ قمع وأوراق ترشيح.

○ جهاز تسخين .

○ ميزان دقيق.

○ فرن درجة الحرارة القصوى 900°.

○ جهاز الكالسيومتر .

1.1 الكشف عن السيلس : Insolubles :

- نأخذ قيمة 1 غ من العينة المارة عن غربال 0.2 ملم .
- وضع العينة في المخبرية ذات حجم 250 مل .
- إضافة 100 مل من hcl بتركيز 10%.
- وضع الإناء بما فيه على جهاز التسخين حتى الغليان , نتركه 10 دقائق ابتداء من الغليان.
- ننزعه ونتركه يبرد.
- تحضير أنبوب اختبار به قمع وورق ترشيح.
- سكب ما في المخبرية في القمع.
- انتظاره حتى ينفذ على ورق الترشيح .
- وزن الأواني قبل وضع أوراق الترشيح فيها.
- وضع الورق في الأواني وإدخالها إلى الفرن .
- تبقى في الفرن حتى تصل درجة حرارته 900°.
- نخرج الأواني من الفرن وندعها تبرد.
- إعادة وزن الإناء بما فيه .
- نسبة السيلس = (وزن الإناء + العينة) - (وزن الإناء فارغ) $\times 100$.

2.1 الكشف عن السلفات : (الكبريت) Sulfates :

- نأخذ الناتج عن الترشيح أي ما مر من الورق في التجربة الأولى.
- نضيف 25 مل من الماء المقطر إلى الأنبوب المدرج.
- نضعهم فوق جهاز الحرارة لمدة 8 دقائق ابتداء من الغليان .
- نضيف الكاشف BACL (كلوريد الباريوم) بتركيز 10% بقيمة 25 مل.
- نتركه يغلي حتى تكتمل 10 دقائق.
- ننزعه ونتركه يبرد.
- نحضر الأنابيب المدرجة مع القمع وننتظر حتى يمرر منها.
- نزع الإناء فارغ .
- وإعادة وزنه مع إضافة ورق الترشيح في داخله .
- نضع الإناء في الفرن حتى تصل درجة حرارته 900°.
- نخرج الإناء ونزنه.
- نسبة السلفات = (وزن الإناء + العينة) - وزن الإناء فارغ = $(184.23 \times \text{وزن العينة}) \times 0.56$.

3.1 الكشف على الكربونات Carbonates :

- نأخذ 0.5 غ من العينة المارة من غربال 0.2 ملم نضعها قنينة فارغة و نضع داخل القنينة قارورة صغيرة تحتوي على 10 مل من HCL ثم نقوم بعملية القراءة على الجهاز و نرج القنينة لمزج المحلول , نتابع الجهاز مع مراعاة إحداث التوازن في الجهتين.
- نلاحظ التفاعل واتخذ النتيجة بعد عملية الرج.
- نسبة الكربون = $100 \times (\text{القراءة بعد إتمام التفاعل} - \text{القراءة قبل حدوثه}) / 115$

2 التفاعل القلوي :

1.2 التفاعل القلوي مع السيليكا :

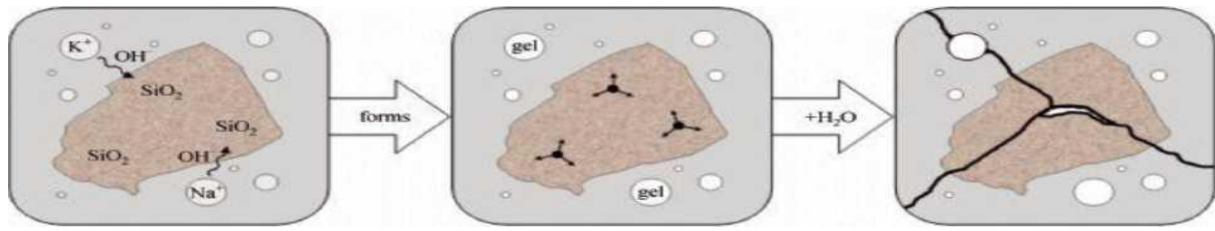
حيث تحتوي بعض أنواع الركام على أنواع مختلفة من السيليكا النشط مثل الاوبال (الحجر الرملي أو الصخر الرملي وهو نوع من الأحجار الطبيعية يتكون في طبقات رملية تحت الأرض ، تعمل ظروف الضغط والحرارة على تماسكها بالإضافة إلى وجود أملاح معدنية تساعد على تكونها. وتتكون معظم الأحجار أو الصخور الرملية من الكوارتز والفلدسبار) التي قد تتفاعل كيميائيا مع القلويات الموجودة أصلا في الاسمنت وغيره مثل أكسيد الصوديوم (Na_2O) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O) وقد ينتج عن هذا التفاعلات مواد جيلاتينية (الجيلاتين من اللاتينية = gelatus : القاسية ، أو المجمدة هي مادة هلامية شبه صلبة وشفافة) تنتفش عند امتصاصها للماء مما يؤدي إلى حدوث إجهادات داخلية في الخرسانة التي قد تسبب تشققها أو تفتتها ولحد من خطر التفاعل القلوي مع السيليكا يجب:

وهذا حسب القواعد XP P 18-594 .

- استعمال اسمنت بورتلندي يحتوي على نسبة منخفضة من القلويات لا تتجاوز 0.2% محسوبة (Na_2O) على هيئة أكسيد صوديوم .
- تحديد محتوى القلويات المكافئ لأكسيد الصوديوم في الخلطة الخرسانية بما لا يزيد 3 كغ/م.
- تعويض جزء من الاسمنت في الخلطة الخرسانية بمواد بوزلانية وبالمقادير المسموح بها.
- العمل على تقليل من نفاذية الماء إلى الخرسانة بالاستعمال دهانات أو أغشية غير منفذة للماء.

2.2 التفاعل القلوي مع الكربونات :

قد تتفاعل بعض أنواع الركام مع الحجر الجيري الدولوميتي مع القلويات في الاسمنت منتجة مركبات تؤدي مع مرور الزمن إلى حدوث تمدد يؤدي بدوره إلى ظهور شروخ بالخرسانة تؤثر على تحملها بمرور الزمن، لذلك يجب معرفة هذا النوع من الركام لإبعاده من الاستخدام أو استخدامه مع اسمنت لا يزيد نسبة القلويات فيه على 0.4%.



الشكل I. 1.2. يوضح تأثير التفاعل القلوي مع السيلكا.

3 الديمومة :

عادة ما تكون ديمومة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الكيميائية للتركيبية الرملية، كما تتعلق أيضا بالمسامية و النفاذية وتوزيع الفراغات. حيث انه يمكن أن تتعرض هذه الرمال إلى أوساط عدوانية خارجية بإمكانها التأثير على تركيبها الكيميائية وبالتالي على استعمال الرمل خاصة في الخرسانة. وعادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسيين :

1.3. الخاصية الشعرية :

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فإن الديمومة تكون أكثر.

2.3. معامل امتصاص الماء coefficient d'absorption d'eau :

تتعلق خاصية امتصاص الماء أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة ، حيث تكون امتصاص الماء عالية في الحبات ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، إذا كانت في وسط عدواني ، وهي معرفة بالقواعد : [07] NFP 18-555 .

4 الخلاصة :

إن كل من الحصى أو التربة لها نسبة من الشوائب قد تكون صغيرة أو كبيرة حيث أن هذه النسبة الصغيرة لا تأخذ بعين الاعتبار أما إذا كانت كبيرة فيجب تنظيف العينة وإزالة الأوساخ التي بدورها تؤدي إلى نقص في مقاومة الخرسانة أو المنشأ.

ومن خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي :

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

- التركيبية الفيزيائية يجب أن تكون لها تركيبية حبيبية تدخل ضمن المجال الحبيبي المعتمد .
- التركيبية 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 استنزاف الثروة الطبيعية المتواجدة و بكمية محدودة مثل رمل الوديان و البحار .
العامل المادي و الذي يمكن أن يؤثر على تكلفة نوع الرمل من نوع إلى آخر مما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة الإنجاز.

الفصل الثاني

تاريخ وتركيب خرسانة الرمل

1 مدخل :

إن تعدد المجالات في البناء والأشغال العمومية دفع الإنسان إلى ابتكار عدة صيغ وأنواع من الخرسانة حيث صنفها على حسب مكوناتها وخصائصها وسلوكياتها ومن بين هذه الأنواع وأقدمها خرسانة الرمل، وتختلف خرسانة الرمل على الخرسانة العادية باحتوائها على نسبة رمل كبيرة مع غياب أو نسبة ضعيفة جدا من الحصى، كما أن خرسانة الرمل تختلف عن الملاط من حيث نسبة الرمل مقارنة بالحصى $\frac{G}{S}$ أقل أو يساوي واحد، بينما

الملاط يكون خالي تماما من الحصى، 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.

ومن عيوب خرسانة الرمل ظاهرة الانكماش والتشققات، و لتغطية هذا العيب أصبح ضروري حسب الاستعمال تعزيزها بواسطة إضافات أهمها : الألياف بشتى أنواعها ، الحصى ،الخ

II.2 تاريخ خرسانة الرمل:

أن أصل خرسانة الرمل حسب دراسة العالم POITEVIN، يعود إلى سنوات 1850 – 1875 وهي حسب أقدم من الخرسانة العادية والمتكونة أساسا من الرمل تحت اسم (الخرسانة المتكتلة Béton Aggloméré) [9].

- وكانت الخرسانة الرملية تقنية معروفة منذ فترة طويلة جدا في الاتحاد السوفياتي وقد تم انجاز عدة مشاريع ضخمة في هذا المجال منها ميناء كالينينغراد في شرق بروسيا في بداية القرن التاسع عشر.

- وقد نشر الكونت نيكولاس دي روشفورت (بالروسية) في Pétrograd Leningrad الحالية ، في إصدارات، وهو عمل في الهندسة المدنية حيث يصف تقنية الخرسانة الرملية [9].

وبعد ذلك بعقود ظهرت الخرسانة الرملية في فرنسا بفضل البروفيسور الأكاديمي ريبيندر. لقد قرأ كتاب كومت دي روشفورت واستخدم هذه الأفكار في بحثه الخاص. في عام 1971، و تم الاتصال بالمختبر المركزي للجسور لأول مرة لإجراء دراسات حول هذه التقنية. (L.C.P.C) والطرق

و يمكن القول أن ممارسة الخرسانة الرملية انتشرت في جميع مجالات الهندسة المدنية وقد استمرت في التقدم المستمر منذ نهاية الحرب العالمية . من الصعب تقييم الإنتاج الحالي ، ولكن من المحتمل أن يتجاوز مليون متر مكعب سنوياً في الوظائف المحددة في القطاعات المختلفة التي تم أخذها في الاعتبار في المشروع الوطني الفرنسي[9].

إن ما تمتلكه الجزائر من موارد طبيعية رملية ونواتج هائلة من رمال المحاجر الناتج بدوره عن استخراج الكميات الهائلة من الحصى ، يدفعها بالضرورة إلى الاهتمام وتطوير هذه التقنية لما فيها من مردود اقتصادي وبيئي وتقني حيث أن لحد الساعة لا توجد مشاريع تذكر من مادة الخرسانة الرملية وخاصة في الجزائر .

3.II مكونات وصياغة خرسانة الرمل :

1.3.II مدخل:

إن التنوع في خصائص مركبات الخرسانة أعطى القدرة على تشكيل عدة صيغ أثناء خلطها حيث أجريت ومازالت تجرى عدة أبحاث لإيجاد خلطات جديدة تكون ذات جدوى اقتصادية ومقاومة جيدة لهذه الخرسانة وتكون هذه الخلطات أو الصيغ إما بتغير النسب أو إدخال مواد جديدة لتدعيم الخرسانة وجعلها أقل تكلفة وأكثر مقاومة .

ووضعت معايير عالمية لتحديد بعض هذه المركبات ونسبها طبقاً للقاعدة المنصوص عليها: (AFNOR) من أجل الوصول إلى تراكيب تتوفر فيها الأهداف المرجوة من بقاء وديمومة ومقاومة... الخ .

2.3.II مبدأ تركيب الخرسانة :

إن الاختلاف الرئيسي بين خرسانة الرمل و الخرسانة الكلاسيكية يكمن في اختلاف التركيب الحبيبي إذ إن خرسانة الرمل يجب أن لا يتعد فيها قطر الحبيبات 5 ملم ($d \geq 5$ ملم) كما يجب أن 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 إلى 400 كغ لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموماً حسب DREUX بين 2.2 إلى 2.8 بالنسبة للخرسانة العادية .

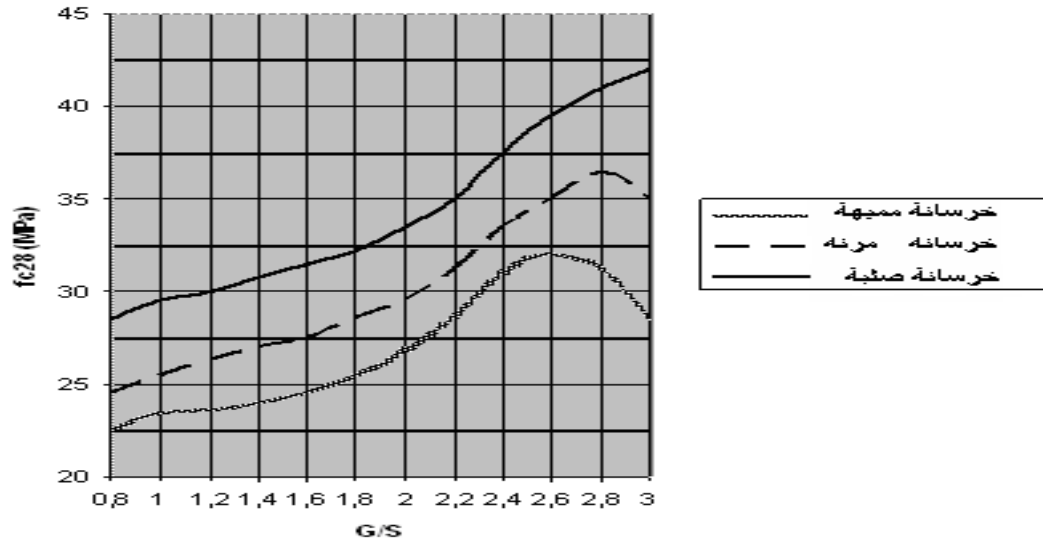
$$2 \leq \frac{G}{S} \leq 2.8 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

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

إن لنسبة الحصى G مقارنة لنسبة الرمل S له تأثير كبير على خواص الخرسانة وسلوكها وهذا حسب عدة دراسات حيث إن هذه النسبة لها تأثير على التراصية (La compacité) التي تعرف على أنها النسبة الحجمية

$$\text{بين حجم الحبيبات الصلبة } V_s \text{ على الحجم الكلي } V_t . c = \frac{V_s}{V_t}$$

والتي هي من أهم خواص خرسانة الرمل إذ تتعلق مباشرة بالمقاومة . إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبيبي يخضع لمبدأ بسيط ، و هو 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). [10] و الشكل 1.II يوضح تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة :



الشكل 1.II تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة [10]

لكننا إذا كنا نبحث عن قيمة قطر صغيرة للحبيبات (أقل من 16 مم)، ففي هذه الحالة ومن أجل الحفاظ على تراصية عظمى، فإنه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الاسمنت). وهذا ما يترجم بعلاقة CHAUVIN التي تنص على مقدار استعمال الخرسانة [11]:

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

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

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

الجدول 1. II يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D [9]

النوع	القطر الأعظمي D	تركيز الاسمنت $c = \frac{550}{\sqrt[5]{D}}$	تركيز الاسمنت $c = \frac{700}{\sqrt[5]{D}}$
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.2.3.2 تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة :

II.2.3.2.1 تأثير النسبة E/C على المسامية :

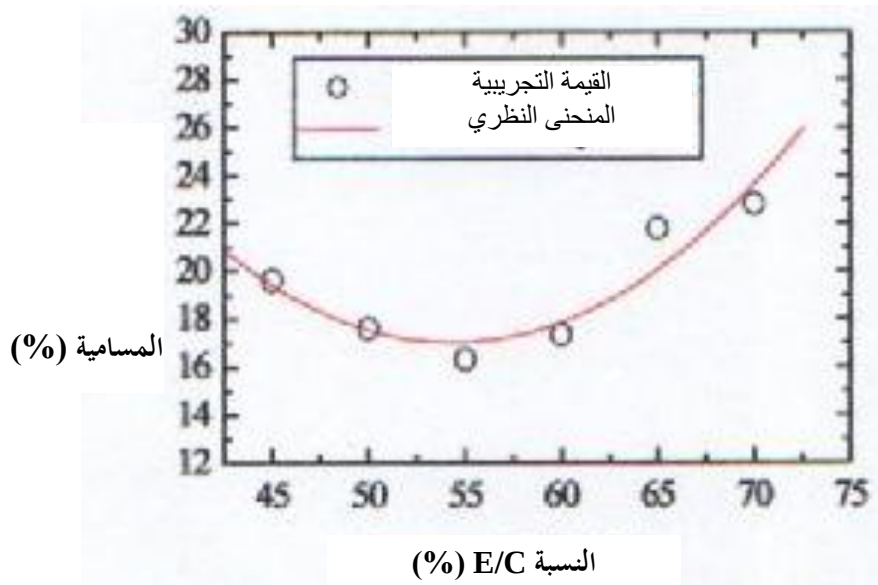
قبل البدء بالحديث على تأثير النسبة E/C على المسامية يجب أن نتطرق إلى معرفة مفهوم المسامية إذ أنها تعرف

بالنسبة الحجمية بين حجم الفراغات V_v على الحجم الكلي V_t [12] . ونكتب
$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

إن تأثير النسبة E/C كبير جدا على خصائص الخرسانة، ومن أهمها تأثيرها المباشر على مسامية الخرسانة كما أثبتت ذلك عدة دراسات منها دراسة السيد: LOGBI ABDELAZIZ [13] ، ودراسة LAYCHI GUELMINE [14] إذا توصلوا إلى أنه تكون الخرسانة قيمة المسامية فيها مثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55 ، والتي تم تحديد نسبة الاسمنت والرمل فيها بدراسة جيدة.

حيث انه كلما زادت هذه النسبة E/C تزداد المسامات التي يخلفها الماء عند خروجه وتكون هذه المسامات متصلة مما يجعلها عرضة لدخول العناصر الضارة لقلب الخرسانة

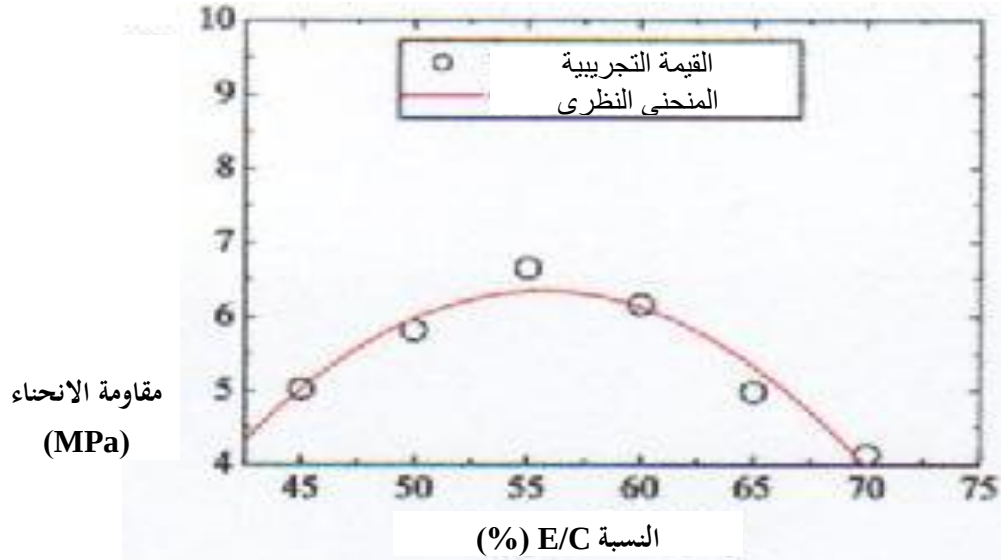
كما يؤدي إلى ضعف في التلاحم بين مركبات الخرسانة مما يؤثر سلبا على مدى مقاومتها وضعف الخصائص الميكانيكية لها.



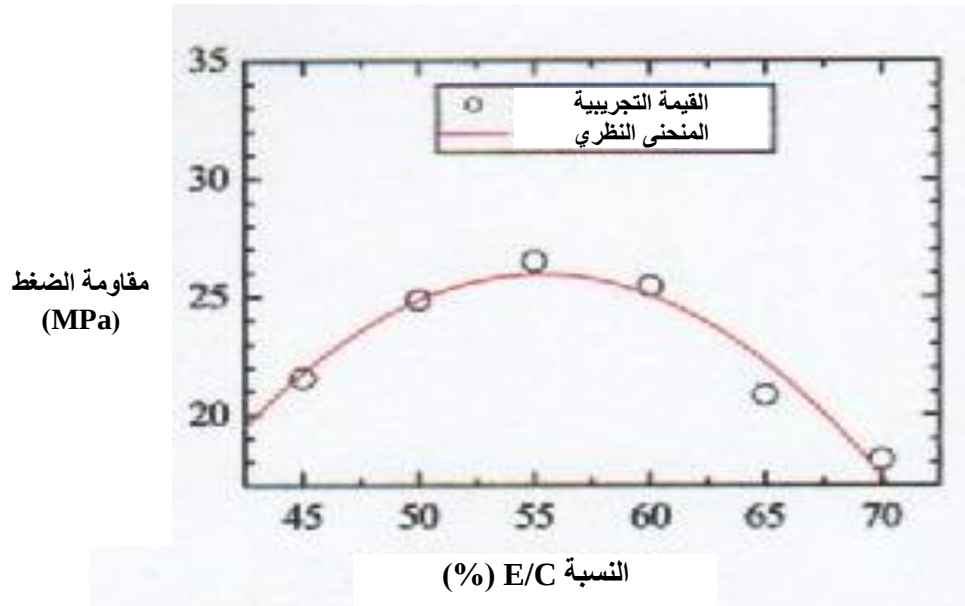
الشكل II. 2. تأثير النسبة E/C على المسامية [14].

2.2.3.II 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 [13] والمنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء حسب الدراسة التي قام بها [14]:



الشكل II. 3 تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء [14]



شكل II. 4 تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط [14]

ملاحظة : إن ما يمكن ملاحظته من خلال عدة دراسات إن لنسبة E/C أهمية وتأثير كبير على الخرسانة من عدة جوانب ولهذا يجب أن يراعى عند صياغة الخرسانة تحديد هذه النسبة بشكل جيد. [15].

4.II مكونات خرسانة الرمل:

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

1.4.II الاسمنت :

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P15-301. وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا أو أكثر لتركيزه في الخرسانة العادية (300- 340 Kg/m³). وعليه فإن تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات. [09]

2.4.II الرمل :

تكاد لا يخلو أي نوع من الخرسانة، من مادة الرمل الذي تتنوع مصادره وخصائصه، فهناك رمال الوديان و المحاجر و رمل الكثبان والرمل الطبيعي وكل واحد من هذه المصادر يعطي عدد لا متناهي من أنواع الرمل تختلف باختلاف البيئة والظروف المتواجدة فيها إلا أنه هناك معايير لا يمكن بأي حال من الأحوال الخروج عليها إذا يجب أن تتوفر بعض الشروط لتحكم على مدى ملائمة هذا النوع أو ذاك لصناعة الخرسانة ويعتبر التدرج في حجم حبيبات الرمل والنقاوة من بين هذه الشروط التي يجب توفرها في رمل الخرسانة . [17,16]. وقد أجريت عدة تجارب على أنواع مختلفة من الرمل حسب مناطق تواجدها نذكر منها : تجربة التدرج الحبيبي التي أعطت النتائج التالية [18]:

الجدول II. 2 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق

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

- معامل النعومة الذي أعطى النتائج التالية [15]:

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 [15] :

الجدول II. 4 نتائج تجربة الكتلة الحجمية و معامل الامتصاص لبعض المناطق [15]

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

II.3.4. الماء :

من خلال العديد من الدراسات تم تحديد خصائص الماء المستعمل في الخرسانة وفق القواعد NF P18-303. في ما يخص خرسانة الرمل تحتاج إلى كمية ماء لتشغيلها بسبب أن قطر حبيبات الرمل التي تدخل في تكوين الخرسانة تكون اقل من 5 ملم وبذلك تكون السطوح النوعية كبيرة جدا مما يجعل الخلطة جافة مما يستدعي كمية اكبر من الماء وهذا يؤدي بدوره إلى إضعاف مقاومة الخرسانة ولهذا نقوم باضافة محسنات لتقليل من الماء. لا يمكن في حال من الأحوال الاستغناء عن دور الماء في الخرسانة مهما كان نوعها أو شكلها فهو زيادة على دخوله كأساسي في التفاعلات وتشكيل عجينة الاسمنت يساعد على تحسين التشغيلية وتسهيل تشكيل الخرسانة.

إن نسبة الماء في الخلطة الخرسانية لها تأثير مباشر على سلوك وخصائص الخرسانة لان زيادته تؤدي إلى تكوين الفراغات في جسم الخرسانة عند خروجه بالتبخير وهذه الفراغات تؤدي إلى ضعف مقاومة الخرسانة الاجهادات كما أن نقص كمية أو نسبة الماء يعني بقاء حبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي أن حبيبات الرمل لم يتسن لها التماسك مما يقلل من المقاومة أيضا. [19].

الشروط الواجب توفرها في ماء الخلط :

- أن يكون خاليا من المواد العضوية.
- أن يكون خاليا من المواد الكيميائية الضارة.
- أن يكون خاليا من المواد الزيوت والشحوم الطبيعية والصناعية.

II.4.4. المحسنات : Les adjuvants :

يتم استعمال الإضافات في خرسانة الرمل كغيرها من أنواع الخرسانة الأخرى وتكون على شكل مميغات أو ملدنات أو إضافات أخرى لتسهيل استخدام الخرسانة كما تمكن أيضا وتسمح باستعمال مواد أخرى في الخرسانة.

II.4.4.1. دور المميغات أو الملدنات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم [20]. 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 السلبيات 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 [19].

5.4.II المواد المضافة (Les ajouts):

هي مواد تضاف إلى ماء الخلط أو إلى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبيتها مشابهة في خواصها الفيزيائية والكيميائية إلى الاسمنت وبوجود الماء أي عند اماتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت [21].

1.5.4.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 الخرسانية [21].

2.5.4.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 [22].

3.5.4.II الألياف Fibres :

يتم استعمال الألياف بمختلف أنواعها وأشكالها من أجل تحسين عدة جوانب كمقاومة الخرسانة للشد ومعالجة بعض العيوب التي تظهر مثل الانكماش [22].

5.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 كلسيه Fillers calcaires ومحسنات انسيابية Adjuvant rhéologique بطريقة تسمح بتحديد تركيز الاسمنت لجعله مماثلا للتركيز في الخرسانة العادية.

1.5.II مبدأ صياغة خرسانة الرمل :

تتميز خرسانة الرمل بوجود الحصى ذات الأقطار الصغيرة ($\text{قطر} \geq 5 \text{ mm}$) وحتى إن تم اضافة الحصى يجب ألا تتعدى $G/S \geq 1$ هذه المحدودية في أقطار الحبيبات يكون سبب في إضعاف خرسانة الرمل لتكون فراغات داخل التركيبة مما يستدعي ملء هذه الفراغات بمادة حشو اقل من ($80 \mu\text{m}$)، وتفضل أن تكون كلسيه لمفعولها الجيد اتجاه المواد القاعدية هذه الزيادة في الحبيبات الكلسية الدقيقة يستلزم رفع نسبة الاسمنت للحصول على تراصية عالية، ويتطلب زيادة في نسبة الماء الذي بدوره يضعف مقاومة الخرسانة فيتم استعمال إضافات ومميعات لتقليل نسبة الماء.

2.5.II الهدف من صياغة خرسانة الرمل :

إن الهدف من صياغة خرسانة الرمل هو إيجاد التركيبة الأمثل لمكونات الخرسانة التي تعطي خرسانة ذات معايير تقنية واقتصادية جيدة، إذا نقوم بوضع دراسة نظرية ثم نقوم بتصحيحها عن طريق التجارب بغية الوصول إلى الصيغ الملائمة إذا نقوم بإجراء خلطات متتابعة مع تغير النسب لمركبات وتثبيت نسب مركبات أخرى ومن هنا نستطيع تميز طريقتين لتحديد صياغة الخرسانة، وهي الطريقة النظرية والطريقة التجريبية معتمدين في ذلك على معيارين مهمين وهما :

○ الخصائص الميكانيكية.

○ التشغيلية.

3.5.II طرق صياغة خرسانة الرمل :

3.5.II. 1 الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل :

من المعلوم أن خرسانة الرمل مكونة عموماً من الاسمنت والماء والرمل والإضافات الدقيقة وأن الخرسانة المراد الحصول عليها يجب أن تتوفر على تراصية عالية وبالتالي نفاذية منخفضة.

توصل CAQUOT من خلال معطيات تجريبية إلى علاقة رياضية تربط بين حجم الفراغات لخليط حصوي يمثل تراصية عظمى وبين امتداده الحبيبي $d/D_{\max}$.

وتعطي علاقة Caquot كما يلي :

$$V = V_0 (d / D_{\max})^{1/5} \dots\dots\dots (2.4)$$

حيث :

V : حجم الفراغات داخل الخليط الحبيبي.

V_0 : ثابت تجريبي محصور بين 0.7 و 0.8.

d : قطر أصغر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

$D_{\max}$: قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وكانت هذه العلاقة بمثابة تغير في مجال صياغة الخرسانة وكانت قاعدة أبحاث لكثير من الباحثين على غرار FAURY و BOLOMEY و DREUX في طرقهم للصياغة الخرسانة العادية. كما استخدمت هذه العلاقة

لصياغة خرسانة الرمل من أجل تحديد نسب مختلف المركبات داخل الخلطة مع بعض التغيرات المعتبر لهذه الحالة الخاصة [09].

وفي ما يلي سنعطي طريقة حساب كل تركيز :

* تركيز الدقائق في خرسانة الرمل :

من أجل التحسين في ترابية خرسانة الرمل تم فصل المركبات الداخلة في الخليط إلى قسمين :

1. **العناصر الدقيقة :** وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد أقل من 80 μm والتي تمثل الاسمنت والإضافات الدقيقة وجزء من الرمل.

2. **العناصر المتبقية :** وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد محصورة بين 80 μm و D_{max} والمتمثل في الجزء المتبقي من الرمل زيادة على الإضافات التي يتجاوز قطرها 80 μm .

وبعد إجراء هذا الفصل وتحديد قيمة V_0 في العلاقة السابقة بالثابت المتوسط 0.75 تعطى المسامية إذن بالعلاقة :

$$Ps = V = 0.75(0.08 / D_{max})^{1/5} \dots\dots\dots(2.5)$$

$Ps(V)$: مسامية الرمل المحصور بين 80 μm و D_{max} .

D_{max} : قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وإذا قمنا بإدخال تركيز أمثل للإضافات فسيسمح لنا ذلك بإكمال الامتداد الحبيبي المحدود بـ 80 μm كقيمة صغرى وسد مسامية الرمل المحسوبة بالعلاقة.

وعند قيامه ببعض التبسيطات في العلاقة استنتج Caquot أن قيمة حجم مجموع العناصر الدقيقة (الأقل من 80 μm) وقيمة حجم الفراغات المترتبة عنها متساويان. وبعبارة أخرى فإن حجم الفراغات المتبقية في الخليط ككل يساوي حجم مجموع الإضافات [09].

وبالتنسيق بين الاستنتاجين المتحصل عليهما، نجد أن التركيز الحجمي الأمثل للإضافات هو نصف مسامية الرمل وأن النصف الآخر يمثل المسامية الأقلية الموجودة، ونكتب :

$$[Fines] = 0.38(0.08/D_{max})^{0.2} \dots\dots\dots(2.6)$$

ويتبين من خلال هذه العلاقة أن تركيز الإضافات يتعلق بحجم الحبيبات الكبيرة، ويتضح جليا أنه كلما كان قطر الحبيبات الكبيرة أصغر كلما زاد تركيز الإضافات [09].

* تركيز الماء في خرسانة الرمل :

وبعد القيام بتحسين الهيكل الحبيبي، والخلوص إلى أن ترابية جيدة تقود إلى مسامية ضعيفة حيث لا يتأني ذلك بسهولة، لذلك قام Caquot بأبحاث أخرى تتعلق بالترابية توصل بها إلى صياغة جديدة انطلاقا من علاقة المسامية السابقة، حيث سلم أن مسامية الهيكل الحبيبي تنقسم إلى مجموع حجم الماء + حجم الفراغات. واصطلح على أن تكون علاقة المسامية كما يلي [15] :

$$(e + v)_{min} = 0.8(d / D_{max})^{1/5} \dots\dots\dots(2.7)$$

e : مجموع حجم الماء.

v : مجموع حجم الفراغات.

d : البعد النسقي لأصغر الحبيبات في حالة خليط خالي من الشوائب ويعطى بالعلاقة :

$$d = (60 / (f)) mm \times \rho \dots \dots \dots (2.8)$$

f : المساحة السطحية معطاة بـ cm^2/g

ρ : الكتلة الحجمية للعناصر معطاة بـ g/cm^3

كما نص Caquot على أن حجم الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه بقليل في الخرسانة العادية وأعطى العلاقة لحجم هذه الفراغات بدلالة الماء كما نص على أنها يجب أن لا تتجاوز النسبة من 3 إلى 5 % :

$$[V_{vide}] = k[V_{eau}] \dots \dots \dots (2.9)$$

حيث :

k : ثابت محصور بين 0.2 و 0.25 [15].

* تركيز الرمل في خرسانة الرمل :

ومن أجل إكمال الحجم الوحدوي لخرسانة الرمل (في المتر المكعب) من التركيبة، ولحساب تركيز الرمل ما علينا إلا طرح تراكيز باقي العناصر المحسوبة مسبقا (الماء والفراغات والدقائق) من 1 متر مكعب :

$$[V_{sable}] = 1000 - [V_{fines}] - [V_{eau}] - [V_{vide}] (l/m^3) \dots \dots \dots (2.10)$$

في النهاية بقي أن نشير إلى أن حجم الرمل المحسوب في العلاقة يمثل كل العناصر ذات الأبعاد الأكبر من $80 \mu m$ ، سواء كانت من الرمل أو من أجزاء الدقائق الإضافية. [09].

II. 3.5. 2 الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل :

هناك العديد من الطرق التجريبية لصياغة خرسانة الرمل تسمح في مجملها بصياغة هذه الخرسانة، لكن ليس بهدف شرح الظواهر التي تدخل في صياغتها، وإن اختلفت في المبادئ النظرية ومناهج العمل لكن هدفها واحد وهو صياغة خرسانة ذات تراصية كبيرة وبالتالي ذات جودة عالية.

ونستخدم في هذه الطريقة تركيز ثابت للأسمنت. حيث أن هذه الأخيرة مستوحاة من الطريقة المسماة BARON-LESAGE وأنها تعتمد على خلطات متعددة لحساب التشغيلية بواسطة الجهاز الخاص بها وحساب الكتلة الحجمية الظاهرية [09].

II.3.5.2 1. صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات :

في هذا الجزء من الطريقة سنبحث على صيغة لمختلف تراكيز المواد المكونة (اسمنت, ماء, رمل, محسنات) 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 $C [Kg/m^3]$ [9].

• تركيز الماء :

يؤخذ حسب تجربة التشغيلية والكمية المحددة من الاسمنت.

• تركيز الرمل :

وفي هذه الصياغة يتوجب إدخال ملدن مقل 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 Vair 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 تركيز كل من الماء والاسمنت والفراغات والملدن يصبح من السهل استخراج تركيز الرمل في 1 متر مكعب حيث نكتب :

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \dots \dots \dots (2.11) \text{ (باللتر)}$$

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 اعتماد تعويض كتلة الحصى بالرمل ليصبح ثلاثة أوزان من الرمل يكافئ وزن واحد من الإسمنت.

ضبط التشغيلية :

بعد الحصول على صياغة خرسانة الرمل وتحديد لها :

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

6.II خصائص خرسانة الرمل :

وتقسم حسب خاصيتها إلى نوعين قبل وبعد التصلب :

1.6.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب :

1.1.6.II التراصية Compacité :

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

توصل الباحث Caquot حسب ما نص عليه [9]، 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 (5.2):

$$P = P_0(d/D)^{0.2} \dots\dots\dots(2.12)$$

- P : المسامية.

- P_0 : ثابت تجريبي.

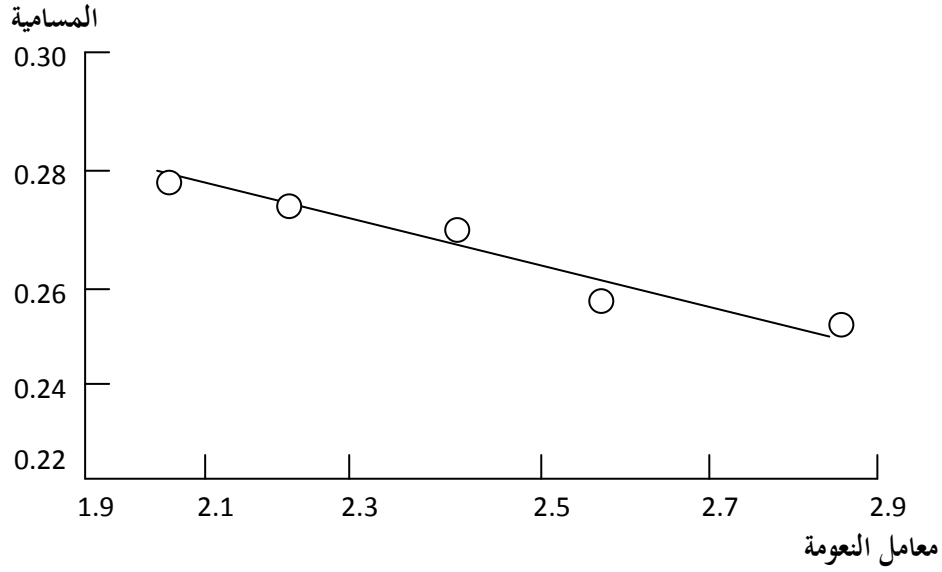
- d : قطر العناصر الدقيقة.

- 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.

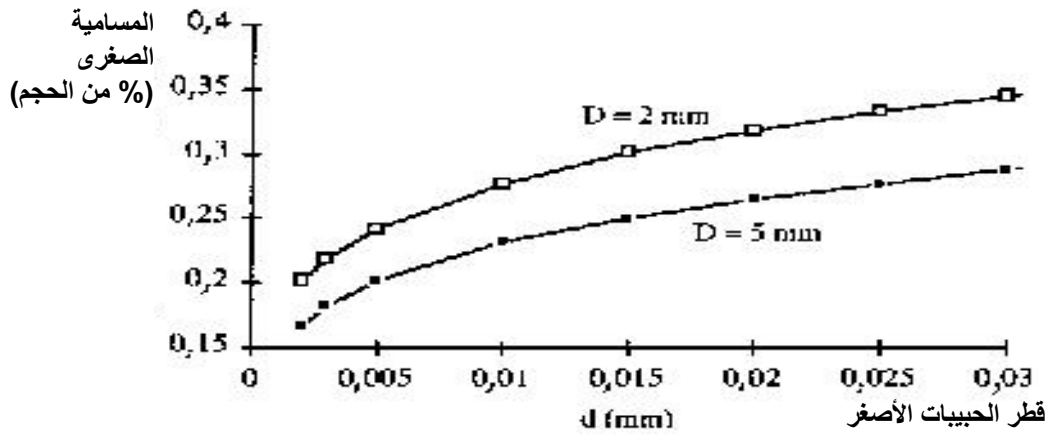
من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون $D \geq 5$ مم ، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط، رمل – اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر 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 [7,2]. والمنحنى التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة :

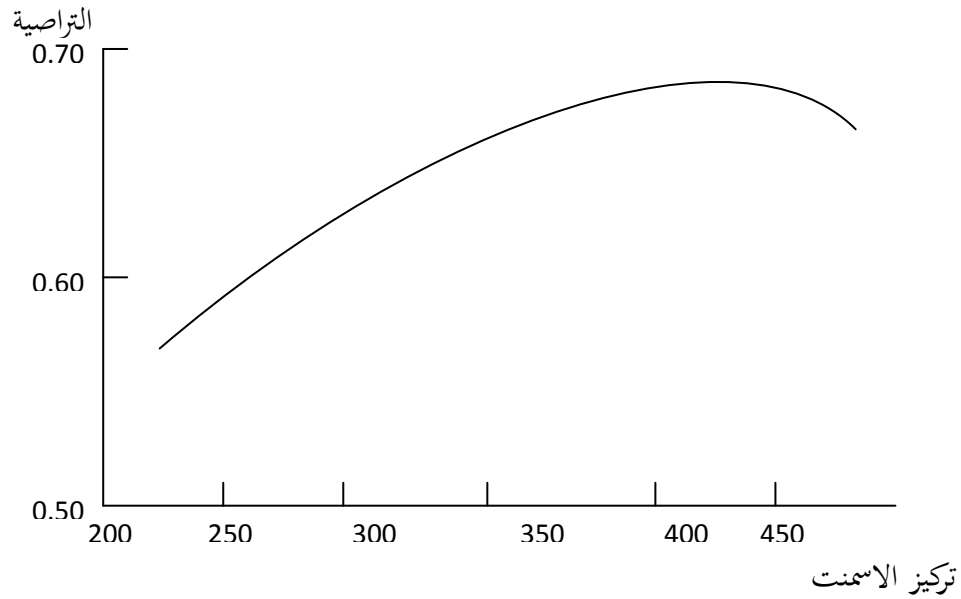


الشكل II. 5. تأثير المسامية بمعامل النعومة [11].

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد معامل النعومة نقصت المسامية وهذا راجع كما أسلفنا إلى 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 الأصغر d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل [9]. والمنحنى التالي يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت [23]:



الشكل II. 7. التراسية بدلالة تركيز الاسمنت [23].

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد تركيز الاسمنت زادت التراسية وهذا راجع كما أسلفنا إلى أن الاسمنت لعب دور الحشو وملاً الفراغات بين حبيبات الرمل مما زاد في التراسية .

إن التراسية العظمى لخليط من الخرسانة والرمل تعطى بـ 70% .

الجدول II. 5. التراسية العظمى بدلالة Dmax [24]

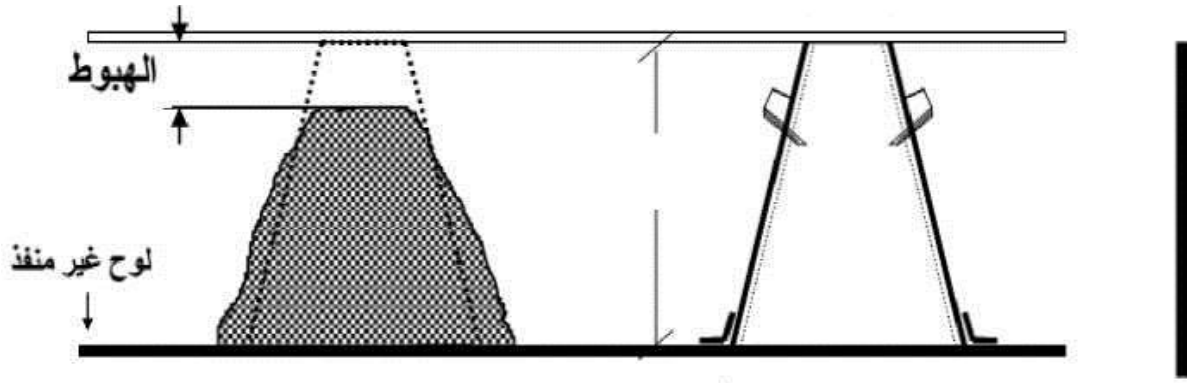
القطر الأعظمي	Dmax = 5mm	Dmax = 12.5mm	Dmax = 20mm
التراسية	0.75	0.79	0.805

II. 2.1.6. التشغيلية Maniabilité :

وهي عملية أو تجربة نقوم من خلالها باختبار بشكل خاص قابلية الخرسانة للتشغيل و مقدار كمية الماء في الخلطة ، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة للخلطات الخرسانية بحيث أن تكون في المجال المرن والذي يمكننا من تشغيلية جيد للقولبة. وتم القيام بهذه التجربة بواسطة مخروط ابراماس. (NF EN 12350-5).

1 - الجهاز المستعمل :

ويسمى مخروط ابراماس كما هو موضح في الشكل (II.8) ، ارتفاع المخروط 30 سم .. وقطره 20 سم في الأسفل و 10 سم في الأعلى. ويتم الاختبار في الموقع عند وصول الخرسانة. تم إجراء اختبارات قابلية التشغيل الخرسانة وفقاً للمعايير المعمول بها.



الشكل 8. II مخروط ابراماس لتجربة التشغيلية .

2 - مبدأ التجربة :

يتم ملئ المخروط الفولاذي (مخروط ناقص) ذو الأبعاد التالية القطر السفلي يساوي 20 سم و القطر العلوي يساوي 10 سم و ارتفاع المخروط يساوي 30 سم بالخرسانة في ثلاث طبقات متساويتين 10 سم تقريبا ، وتلك كل واحدة منها 25 دكة بقضيب فولاذي ، طوله 60 سم ثم يسوى سطحه بمسطرة ، وبعد ذلك يتم رفع المخروط ببط رأسياً ووضعه بجانب الخرسانة و قياس مقدار الهبوط بالمسطرة (ملم أو سم) .
ويتم تصنيف الخرسانة على حساب تشغيليتها اعتمادا على مقدار الهبوط حسب الجدول II 06.

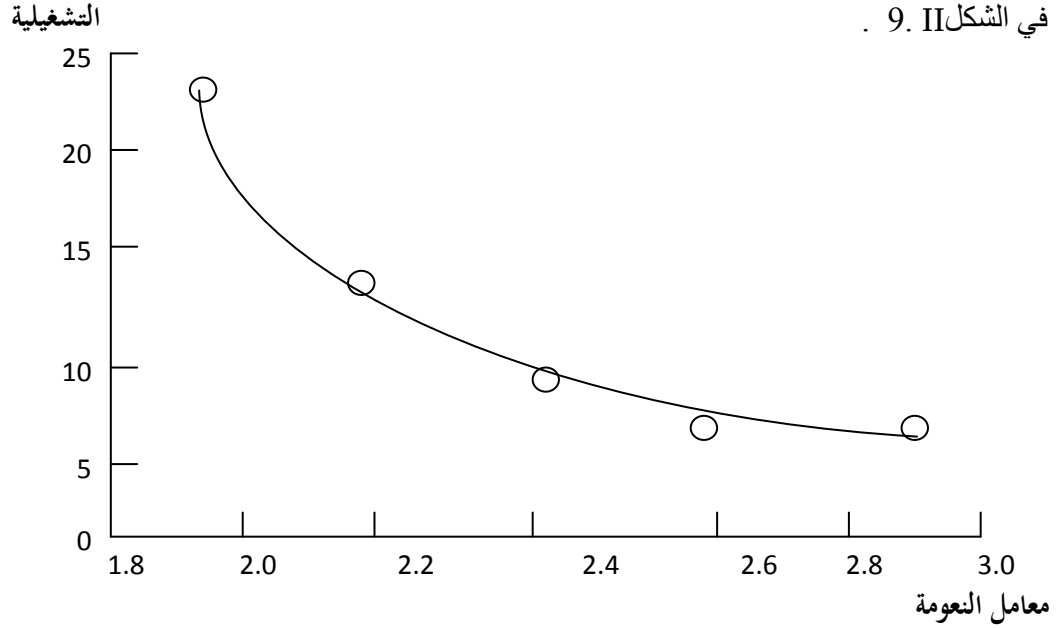
الجدول II 06 تصنيف الخرسانة حسب مقدار الهبوط [39].

الصنف	مقدار الهبوط (سم)	صنف الخرسانة
C1	من 10 إلى 40	خرسانة صلبة
C2	من 50 إلى 90	خرسانة مرنة
C3	من 100 إلى 150	خرسانة مرنة جدا
C4	من 160 إلى 210	خرسانة مائعة
C5	من 160 إلى 210	خرسانة مائعة جدا

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة ، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة [25].
وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتناثر بمقدار سيولة العجينة [26] 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 إلى 0.7 حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 وهذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبيرة (Finesse) .

إضافة إلى ذلك فإنَّ 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 II. 9 .



الشكل II. 9 التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق [21].

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

II. 2.6 خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب :

II. 1.2.6 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 [24].

II. 1.1.2.6 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 إن معظم الخواص و المقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح [27].

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

○ أعمال GUENOUN [29] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (II.07).

الجدول II. 7 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات GUENOUN [29] لخرسانة الرمل.

التركيز بـ 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 بـ (MPa)

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

II. 2.1.2.6 مقاومة الشد :

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف :
*أعمال GUENOUN التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (II. 08).

الجدول II. 08 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال GUENOUN [18+29].

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.2.6. معامل المرونة :

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد و يعبر عنه بالعلاقة [20]:

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.13)$$

حيث :

E : معامل المرونة

σ_{cj} : إجهاد 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 [21] التي أجروها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت نتائج معامل المرونة كما هو موضح في الجدول (II. 16) .

كما وجد CHAOUCH [28] في أعماله نتائج معامل المرونة كما هو مبين في الجدول II. 09 :

الجدول II. 09 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال CHAOUCH [27].

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

II.3.2.7. الانكماش Le retrait :

تتعرض الخرسانة والميلاط إلى تغيرات مهمة في الحجم بتغير كمية الماء الداخلة في التركيبة أو رطوبة المحيط أو الحرارة هذا التغير في الحجم يصطلح عليه بالانكماش وهو عدة أنواع بحسب المسبب ووقت الحدوث بالنسبة للتصلب.

نذكر أن الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب , الانكماش اللدن (التبخر), انكماش الاماهة بعد التصلب [28].

1- الانكماش الحراري :

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت . وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار Steam Curing وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة . وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر . وقد يحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائياً. ولكن ذلك يوجد أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة ، كما أن انكماش الجفاف العادي يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر مسبقاً الصنع [15].

2- الانكماش اللدن :

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة [29,30] .

وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد . وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها [29,32] .

3- انكماش الجفاف :

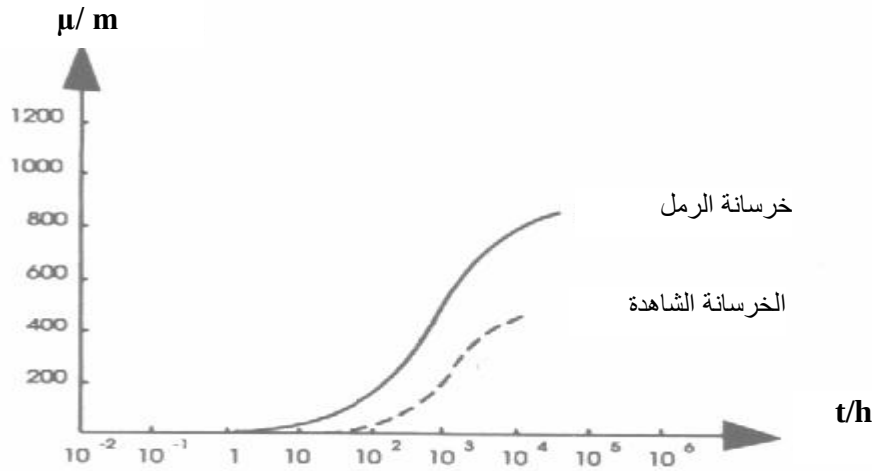
وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثراً بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة [14].

والجدول (10.II) يلخص أهم أنواع الانكماش [31] :

الجدول 10. II أهم أنواع الانكماش.

النوع	الأسباب	الملاحظات	كيفية المعالجة
الانكماش اللدن (قبل التصلب)	تبخر كمية من الماء الداخل في الخرسانة	تشققات متتابعة لأن الخرسانة منجذبة داخل الكتلة	نستعمل محسن لمنع التبخر الأولي للماء
انكماش حراري (بعد التصلب)	نتيجة رجوع الخرسانة إلى الحرارة العادية للمحيط وفقدانها لحرارة التفاعل	نلاحظ نقص صغير في الطول	يجب تفادي التراكيز الإضافية للإسمنت
(انكماش الجفاف) (بعد التصلب)	ناجم عن نقص الحجم الذي يسببه خروج الماء بالخاصية الشعرية وتصلب العجينة التي تنتج قوى شد	يزداد الانكماش بازدياد نعومة وتركيز الاسمنت	يجب المحافظة على الدمك في الخرسانة.

فيما يخص الانكماش (Le retrait) : يمكن أن نلاحظ الشكل إذا عزلنا المادة عن المحيط الخارجي فإن الانكماش ذاتي التجفيف لخرسانة الرمل (Le retrait d'autodéssiccation) يكون مقارب للخرسانة العادية، لكن إذا تركنا الخرسانة تجف في محيط غير معزول فإن انكماش خرسانة الرمل يصل إلى قيم مضاعفة لتلك في الخرسانة العادية هذه الظاهرة يمكن أن تتعلق بتوزيع ومقاسات الفراغات المختلفة داخل المادتين .



الشكل II. 10. الانكماش الكلي. [32].

هذه النظرة قد دعمت من طرف بعض الباحثين على غرار: MEROUANI.Z و BATATA.A [32]، الذين وجدوا في بعض دراساتهم التجريبية أن القيمة النهائية للانكماش لخرسانة رمل الكتيان ذات التركيبية :

$$C = 330 \text{ Kg/m}^3, S = 1530 \text{ Kg/m}^3, E = 260 \text{ l/m}^3$$

بأن قيمة الانكماش كانت كبيرة حيث بلغت قيمة 1.5 مم/م مقارنة بالقواعد التي تنص عليها قوانين الخرسانة العادية التي يجب أن لا تتعدى فيها قيمة الانكماش 0.3 إلى 0.5 مم/م. وفي الأخير نستنتج أن الفرق بين الانكماش في التركيبتين (خرسانة الرمل والخرسانة العادية) يكمن في عدة عوامل نذكر من بين أهمها :

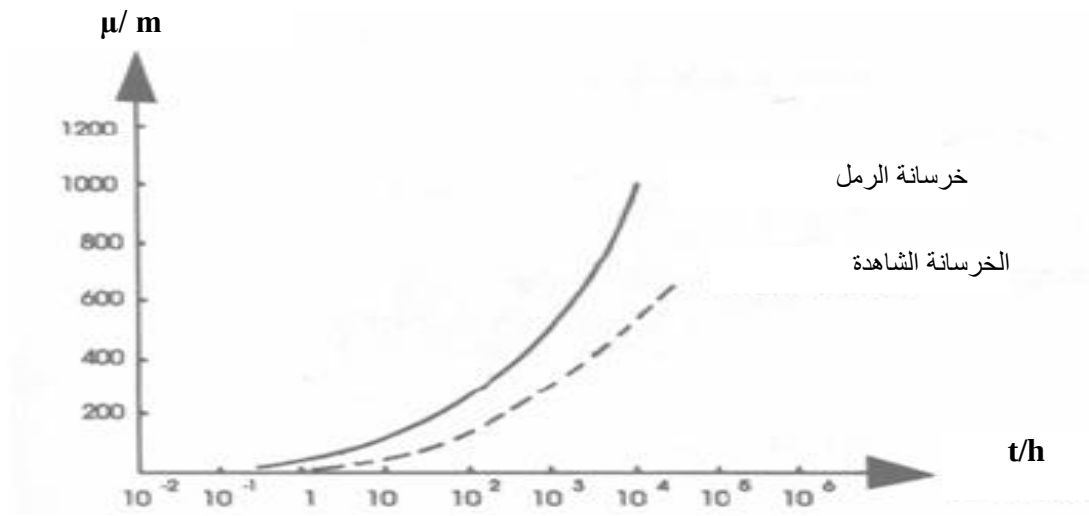
- تأثير تركيز الماء.
- تأثير تركيز الاسمنت.
- تأثير التوزيع وحجم الفراغات، التي تتأثر بدورها بحجم حبيبات الرمل وكمية الدقائق.

4.2.7.II الزحف Le fluage:

الزحف عبارة عن زيادة في قيمة الانفعال الحادث في الخرسانة عند ثبوت قيمة الحمل وتحدث نتيجة النقص في مقاومة الخرسانة مع الزمن فالزحف عبارة عن انفعال بدون إلا زيادة في الإجهاد .

يتضح من المنحنى أسفله أن ظاهرة الزحف في خرسانة الرمل هي أكثر مقارنة بالخرسانة العادية، وهذا راجع إلى هيكله المواد الداخلة في تركيب الخرسانة، حيث تؤثر هذه الأخيرة على قيم التشوه ومن ثم على المقاومة، ويتضح ذلك من معامل المرونة .

(Module d'élasticité) الضعيف في خرسانة الرمل مقارنة بالخرسانة العادية الذي يعتبر العلاقة المباشرة بين هذين الأخيرين (التشوه والمقاومة) .



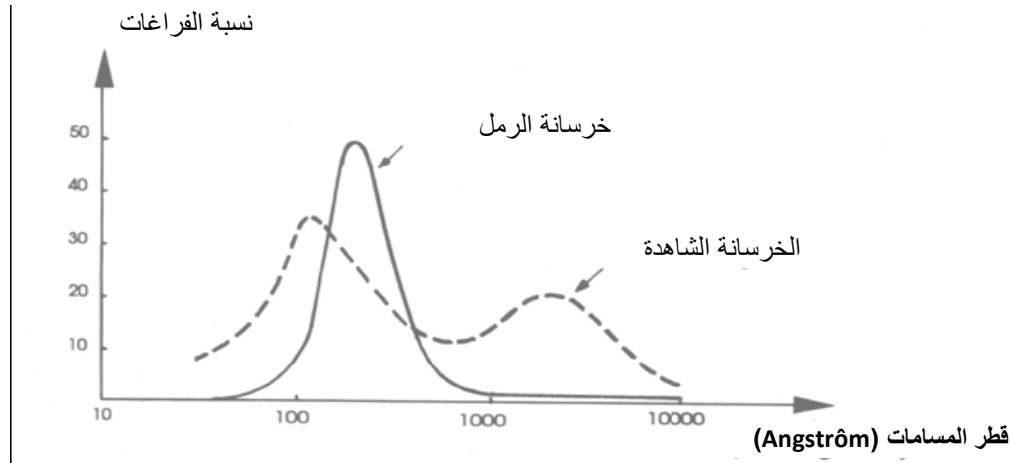
الشكل II. 11 الزحف الكلي [15].

وهذا ما أثبتته أبحاث CHAOUCH [28] و BATATA و NAFA [32] أن معامل المرونة لخرسانة رمل الكتبان يساوي أقل بكثير من معامل الليونة في الخرسانة العادية الذي يتراوح بين : (25 إلى 45 GPa) كما قدمنا سابقا .

5.2.7.II الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالطبيعة 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. 12. منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [33]

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

II.6.2.7. الخاصية الشعرية :

تتعلق الخاصية الشعرية أساساً بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية 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 جيداً (Bien compacté).

II.7.2.7. النفاذية: La perméabilité:

هي الخاصية التي بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة وتعتمد النفاذية على الفراغات في الخرسانة ونسبتها وعلى مدى اتصال هذه الفراغات ببعضها سواء كانت هذه الفراغات بين حبيبات. وهذه السوائل تقلل من عمر الخرسانة معظم السوائل يصطحبها عناصر ضارة تصل إلى صلب التسليح يؤدي إلى الصدأ ودخول الأحماض والأملاح يؤدي إلى تدهور الخرسانة. كما أن النفاذية الخرسانة قد لا نستطيع استغلالها في وظيفته المنشأ مثل في الخزانات المحتوية على سوائل والمنشآت تحت الأرض ففي مثل هذه المنشآت تصبح عدم نفاذية الخرسانة خاصية مطلوبة..

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

8.2.7.II معامل امتصاص الماء بالغمر (coefficient d'absorption d'eau):

هو قدرة الخرسانة على سحب الماء داخل فجواتها دون ضغط وهو غير مرتبط بالنفاذية ويؤدي الامتصاص إلى تشبع الخرسانة كما يؤدي إلى تفتتها عند تعرضها لدورات التجمد والذوبان وهي مشبعة بالماء. وهذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في حبيبات الرمل وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للحبيبة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة وهي معرفة بالقواعد : NFP 18-555 [07].

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2.14)$$

- Ab : معامل امتصاص الماء (%) .
- Ma : كتلة الحبيبات قبل التجفيف .
- Ms : كتلة الحبيبات بعد التجفيف .

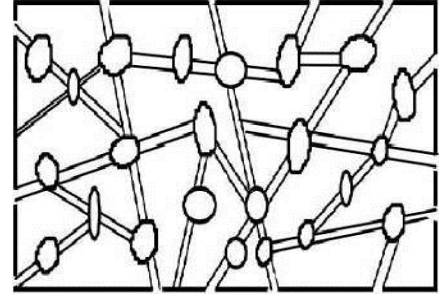
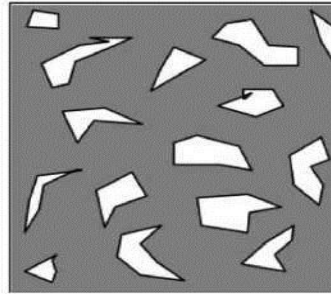
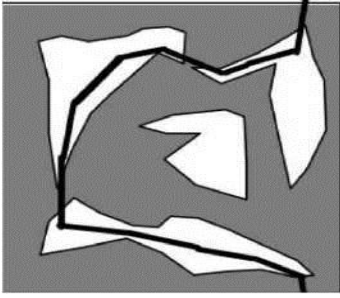
9.2.7.II المسامية :

هي وجود مسام أو فجوات دقيقة جدا داخل المادة الصلبة وقد تكون هذه المسام متصلة عن طريق أنابيب دقيقة أو مسارات شعرية أو قد تكون هذه المسام منفصلة عن بعضها. فالخرسانة بطبيعتها مادة مسامية ولكي تصبح الخرسانة غير منفذة للسوائل أو الهواء فلا بد من اتصال هذه المسام على هيئة أنابيب دقيقة متقاطعة. وعلى ذلك فالمسام المحدودة العدد المعزولة عن بعضها البعض لن تؤدي إلى نفاذ الماء أو الهواء كما هو موضح في شكل 13.II.

أ - المسام الهوائية ومنها الصغير جدا وهو عادة ما يتم تكوينه صناعياً داخل الخرسانة عن طريق إضافات الهواء المحبوس لزيادة القابلية للتشغيل وتحسين المقاومة للقص. ومنها المسام الهوائية الكبيرة غير المنتظمة وهي تنشأ عادة عن عيوب الصب والدمك للخلطة الخرسانية والمسام الهوائية يتراوح قطرها من 0.01 إلى 0.2 مم.

ب - المسام الجيلاتينية وهي أدق وأصغر أنواع المسام على الإطلاق حيث يبلغ قطرها من 0.5×10^{-6} مم إلى 10×10^{-6} مم.

ج - المسام الشعرية : بعد خلط الإسمنت مع الماء مباشرة يحدث تكثف لحبيبات الإسمنت والماء ويسمى الماء الموجود في الفراغات داخل هذا التكتل بالماء الشعري حتى يحدث له تفاعل كامل مع الاسمنت ويترك مكانه خالياً مكوناً المسام الشعرية التي تعتبر أكثر أنواع المسام والتي تحدد درجة المسامية الكلية للخرسانة. والمسام الشعرية ذات قطر يتراوح من 0 مم إلى 10×10^{-6} مم أي أنها وسط بين المسام الجيلاتينية والمسام الهوائية.



مسامية ضعيفة ونفاذية عالية

مسامية عالية ونفاذية شبه معدومة

مسامية عالية ونفاذية عالية

الشكل II. 13 يوضح أشكال المسامية و أنواع النفاذية في الخرسانة.

II . 8 مميزات الخرسانة الرملية :

إذا كانت المقاومة معيار أداء يتم تأمينه بسهولة أكبر من خلال الخرسانة التقليدية ، فهناك معايير معينة تثبت أن الخرسانة الرملية أكثر كفاءة فيها ونذكر :

- سهولة المناولة ، وتقليل المعالجة ، وشد الطاقات ، وتحسين القدرة على الضخ .
- التماسك وغياب الفصل، خرسانة سهلة في موقع مائي ، صب أسهل للأكوام والأكوام الدقيقة ، الخ .

1- حبيبات صغيرة :

تسهل عمل الحقن والخرسانة للأجزاء ذات الكثافة العالية من التعزيز أو مع القوالب المعقدة. يتم تقدير هذه الخاصية في التجديدات ، خاصة وأن الخرسانة الرملية أخف من الخرسانة التقليدية .

2- المظهر السطحي الجميل :

الاهتمام الجمالي وجودة "التشطيب" التي يتم أخذها في الاعتبار أكثر فأكثر في الإنشاءات ، والتأثيرات المعمارية وجودة الواجهة التي تسمح بها الخرسانة الرملية تميل إلى أن تصبح معايير إلزامية

3- وفرة المواد الخام :

الرمال مواد وفيرة للغاية ؛ تم العثور عليها في العديد من البلدان بكميات لا تنضب تقريباً بالإضافة إلى ذلك ، غالباً ما يكون الطمي المستخرج أغنى في الرمل منه في الحصى. وأخيراً ، هناك عدد من المحاجر الكبيرة ذات الرمال المكسورة استهلاك الحصى أعلى من الرمل المنتج في ظل هذه الظروف ، يتم استخدام الخرسانة الرملية في استبدال الخرسانة التقليدية دون استعمالها

4- مجال الاستخدام :

الخرسانة الرملية يعادل تقريباً مجال الخرسانة التقليدية. علاوة على ذلك ، فإن استخدام الخرسانة الرملية أقدم ، وإذا تم التخلي عنها ، فقد كان من الممكن الحصول على نقاط قوة عالية بتكاليف أقل مع خليط بأقطار أكبر ، في النهاية أو في الاستخدام المقصود ، تجلب الخرسانة الرملية تقنية زائدة مقارنة بالخرسانة التقليدية ، وحتى بتكلفة متساوية تكون أكثر إثارة للاهتمام ؛ في هذه الحالة ، فإن تكلفة الرمل ليست بالضرورة أكثر أهمية مما هي عليه العادة ؛ -أو إذا كان الاستخدام المقصود لا يتطلب خصائص معينة ، فإن الخرسانة الرملية المستخدمة لاستبدال

الخرسانة التقليدية يمكن أن تؤدي إلى تحقيق أرباح عندما تكون الرمال وفيرة ؛ هذا الاحتمال يتطلب رمال رخيصة.

ومع ذلك ، فإن الخرسانة اقتصاديا ، الحاجة إلى إضافات للحصول على السياق المحلي من حيث توافر الرمال والحشو أمر ضروري.

بالإضافة إلى ذلك ، بالنسبة للأسئلة التي لا تزال تطرح حول تقلص الخرسانة الرملية وزحفها ومتانتها ، يجب أن تقدم الإجراءات التي يتم تنفيذها في إطار برامج البحث.

○ الجودة الاقتصادية :

باستخدام الخرسانة الرملية ، يمكننا الوصول إلى مستوى مقاومة الخرسانة التقليدية عن طريق زيادة عدد الإضافات أو عن طريق زيادة جرعة الأسمنت.

من ناحية أخرى ، فإن التأثير على التكلفة كبير وبقدر ما لا توفر الخرسانة الرملية الغرض المطلوب منها في الاستخدام المنتظر ، فمن الأفضل اللجوء إلى استخدام الخرسانة التقليدية من الواضح أن كل شيء سيعتمد على السياق المحلي من حيث الخليط والاستخدام المنتظر.

الخلاصة :

إن خرسانة الرمل استعملت منذ زمن بعيد واستحوذت على اهتمام كبير من قبل الإنسان لتوفر وسهولة استخراج مادة الرمل.

✓ إن اختلاف خصائص وسلوك الخرسانة يكون باختلاف نسبة ومكونات الخرسانة (اسمنت C , رمل S , ماء E) فالنسب E/C و G/S لها تأثير كبير ومباشر على مدى مقاومة خرسانة الرمل وفي تحديد خصائصها الفيزيائية.

✓ أن هناك عدة طرق لتحديد تركيبة الخرسانة ونسبة كل مركب ويكون ذلك على حسب الخصائص المطلوبة أو المراد توفرها لهذه الخرسانة.

✓ الشكل الدقيق لحبيبات خرسانة الرمل يعطيها مسامية، مما يستدعي إضافة مضافات لتقليل نسبة الفراغات.

✓ الديمومة تؤثر على خرسانة الرمل بسبب وجود الفراغات .

✓ تشغيل خرسانة الرمل تستدعي إضافة الملدنات وبعض المحسنات لدخولها مجال المرونة الخرساني.

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة وصياغة
خرسانة الرمل

1.III مدخل:

إن الخرسانة هي خليط مركب من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، محسنات...الخ) ومدعمة بمجموعة من الإضافات كالألياف 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:

حاولنا من خلال هذه الدراسة استعمال الرمل الطبيعي المأخوذ من عدة مناطق من ولاية الوادي والولايات المجاورة , كما قمنا باستعمال اسمنت CPJ لافا رج (حمام الضلعة المسيلة) وذلك من أجل إجراء مقارنة بين هذه الرمال والحصول على موارد رملية جديدة تدعم الموارد الرملية الموجودة.

1.2.III الرمل :

نحصل عليه كما قدمنا سابقا نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نحصل عليه اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ويجب عند تحضير الخرسانة أن يكون الرمل المستعمل خالي 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 [14]

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301 ، NFP18- 101 (NF P18- 34) 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 الرمل الطبيعي المأخوذ من عدة مناطق من الولاية (الوادي) والولايات المجاورة, وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات لكل نوع, وقد أخذنا الرمال التالية :

الجدول 1.III جدول تعريفي يوضح المناطق المدروسة مناطق .

الرمز المستعمل في الدراسة	الولاية	المنطقة	العينة
S1	ورقلة	حاسي مسعود	رمل بئر السبع
S2	الوادي	المغير	رمل البعاج
3S	الوادي	المرارة - جامعة	رمل وادي الرتم
S4	الوادي	بن قشة - الطالب العربي	رمل الدويلات
S5	الوادي	بن قشة - الطالب العربي	رمل الشارع

1.1.2.III الخصائص الفيزيائية للرمل :

1.1.1.2.III التدرج الحبيبي : (Analyse granulométrique) :

الهدف يقصد بتجربة التحليل الحبيبي هو توزيع و تصنيف و تعيين مختلف النسب المئوية لمختلف أقطار حبيبات الرمل بواسطة غرابيل أو مناخل و مصافٍ على حبيبات أكبر من 0.08mm مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بترتيب تصاعديا ، بمعنى آخر هو معرفة مكونات التدرج الحبيبي لتحديد ما إذا كان هذا الأخير قابلا للاستعمال أم لا. وهي معرفة بالقواعد NFP 18-560 [34].
إن القاعدة تنص على أن الوزن الأصغر المستعمل في العينة يجب أن يحقق العلاقة التالية :

$$200 D \max < M < 600 D \max \dots\dots\dots (3.1) . [3]$$

حيث :

M : وزن العينة ب كغ

D max : القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم .

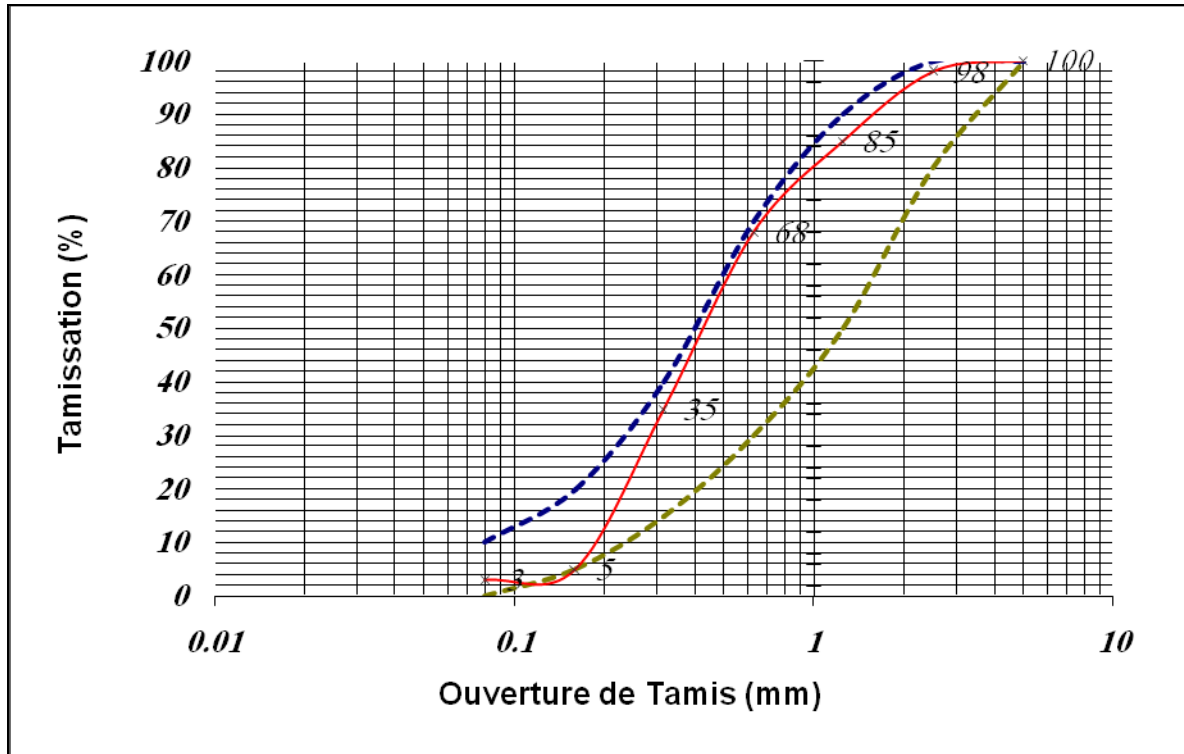
استعملنا في هذه التجربة 1كغ من الرمل إذ هي القيمة العملية [35] فكانت النتائج حسب الجداول أدناه التي توضح نتائج العينات :

العينة الأول : رمل بئر السبع S1.

الجدول 2.III نتائج تجربة التحليل الحبيبي للعينة الأول رمل بئر السبع S1.

المار المجمع بـ T (%)	نسبة المرفوض المجمع بـ Rc (%)	المرفوض المجمع بـ Rc (g)	المرفوض الجزئي بـ (g) Rp	فتحات الغربال بـ (mm)
100	0	0	0	5
98	3	25	25	2.5
85	15	150	125	1.25
67	33	325	175	0.63
35	65	650	325	0.315
5	95	950	300	0.160
3	97	974	24	0.08

COURBE GRANULOMETRIQUE S1



الشكل 1.III منحنى تجربة التحليل الحبيبي للعينة الأول رمل بئر السبع S1.

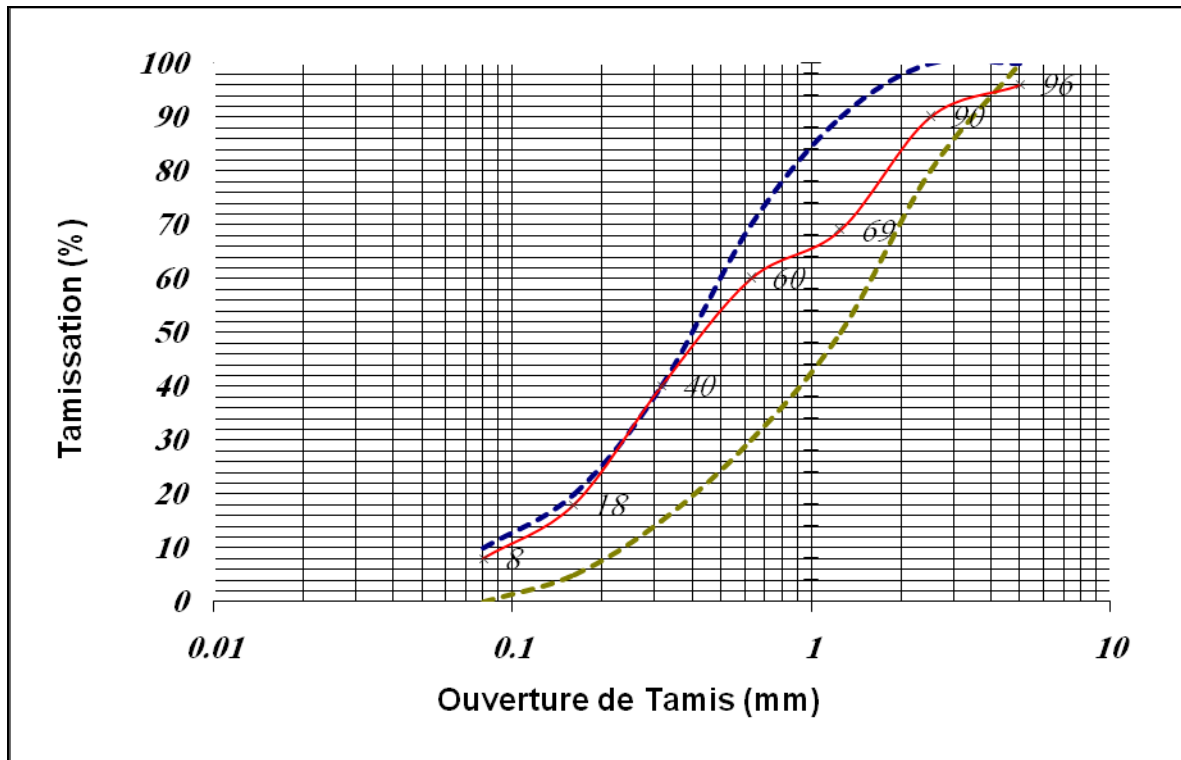
ملاحظة : عند مقارنة المنحنى المتحصل عليه بالمنحنى المرجعي نلاحظ أن المنحنى المتحصل عليه يدخل ضمن المنحنى المنصوص عليه في استعمال الخرسانة مع ميله للنعومة.

- العينة الثانية : رمل البعاج S2.

الجدول 3.III نتائج تجربة التحليل الحبيبي للعينة الثانية رمل البعاج S2.

المرار المجمع بـ T (%)	نسبة المرفوض المجمع بـ Rc (%)	المرفوض المجمع بـ Rc (g)	المرفوض الجزئي بـ (g) Rp	فتحات الغربال بـ (mm)
96	4	40	40	5
90	10	100	60	2.5
69	31	310	210	1.25
60	40	400	90	0.63
39	61	605	205	0.315
11	89	885	280	0.160
8	92	925	40	0.08

COURBE GRANULOMETRIQUE S2



الشكل 2.III منحنى تجربة التحليل الحبيبي للعينة الثانية رمل البعاج S2.

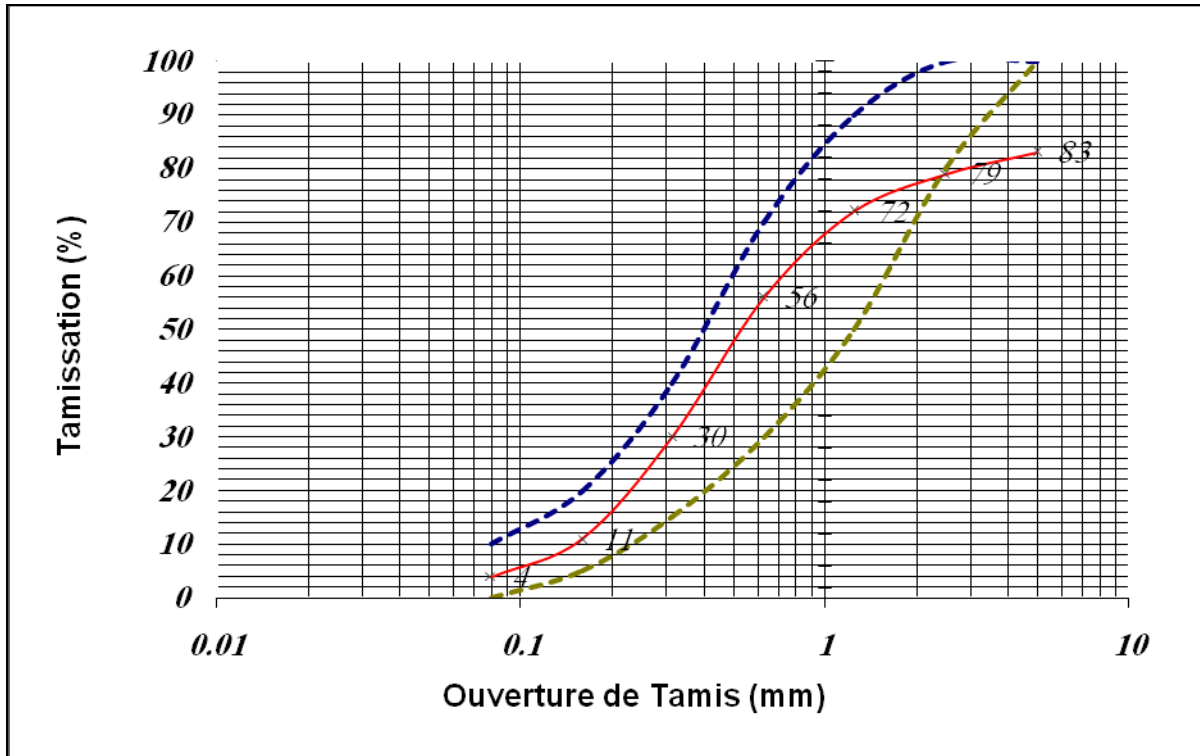
ملاحظة : عند مقارنة المنحنى المتحصل عليه بالمنحنى المرجعي نلاحظ أن المنحنى المتحصل عليه يدخل ضمن المنحنى المرجعي. ميله للنعمومة وهذا بدلالة تقارب المنحنى المتحصل عليه مع المنحنى المرجعي للأعلى في البداية والخروج عليه عند قيمة 96 %.

- العينة الثالثة : رمل وادي الرتم S3.

الجدول 4.III نتائج تجربة التحليل الحبيبي للعينة الثالثة رمل وادي الرتم S3.

المرار المجمع بـ T (%)	نسبة المرفوض المجمع بـ Rc (%)	المرفوض المجمع بـ Rc (g)	المرفوض الجزئي بـ (g) Rp	فتحات الغربال بـ (mm)
83	17	170	170	5
78	22	215	45	2.5
71	29	285	70	1.25
55	45	445	160	0.63
30	70	700	255	0.315
11	89	890	190	0.160
4	96	960	70	0.08

COURBE GRANULOMETRIQUE S3



الشكل 3.III منحنى تجربة التحليل الحبيبي للعينة الثالثة رمل وادي الرتم S3.

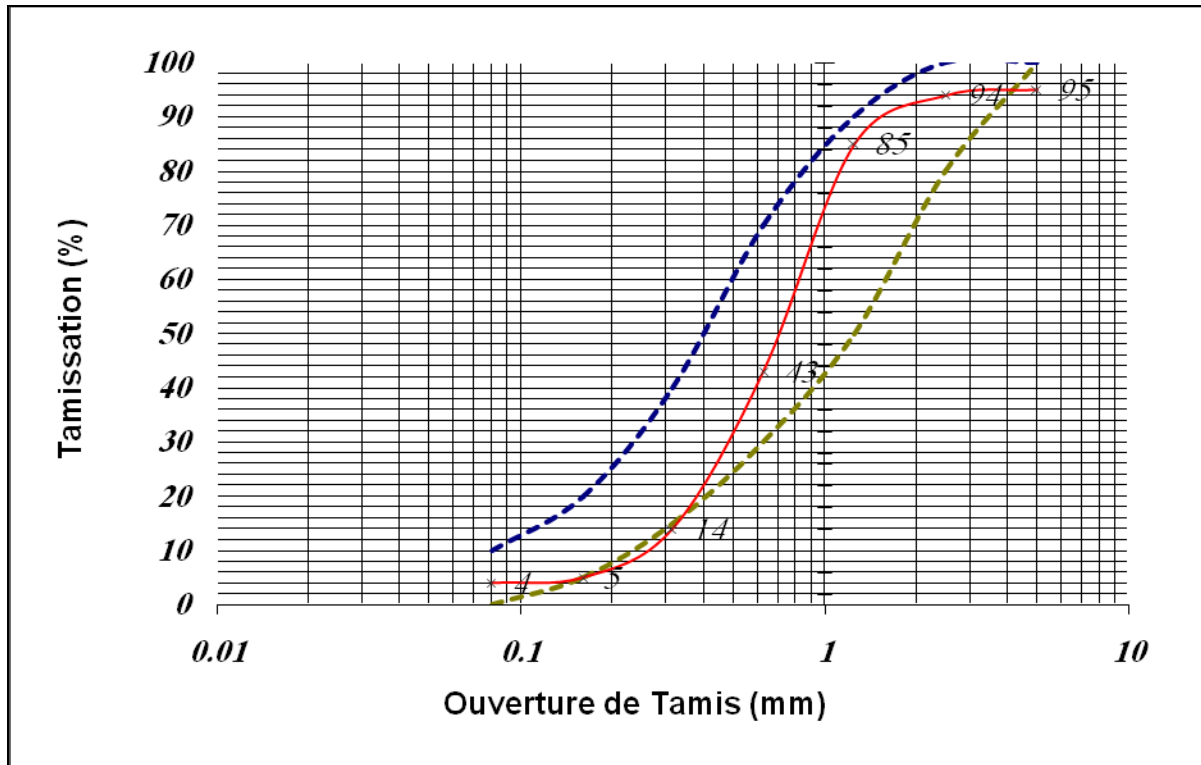
ملاحظة : عند مقارنة المنحنى المتحصل عليه بالمنحنى المرجعي نلاحظ أن المنحنى المتحصل عليه يدخل ضمن المنحنى المرجعي. والخروج عليه عند غربال 2.5 بقيمة 79 % , ونهايته عند غربال 5 بقيمة 83 % ما يفسر وجود بعض الحبيبات الخشنة المعتبرة نظاميا حصى.

- العينة الرابعة : رمل الدويلات S4.

الجدول 5.III نتائج تجربة التحليل الحبيبي للعينة الرابعة رمل الدويلات S4.

المرار المجمع بـ T (%)	نسبة المرفوض المجمع بـ Rc (%)	المرفوض المجمع بـ Rc (g)	المرفوض الجزئي بـ (g) Rp	فتحات الغربال بـ (mm)
95	5	50	50	5
94	6	65	15	2.5
85	15	155	90	1.25
43	57	575	420	0.63
14	86	865	290	0.315
5	95	955	90	0.160
4	96	965	45	0.08

COURBE GRANULOMETRIQUE S4



الشكل 4.III منحنى تجربة التحليل الحبيبي للعينة الرابعة رمل الدويلات S4.

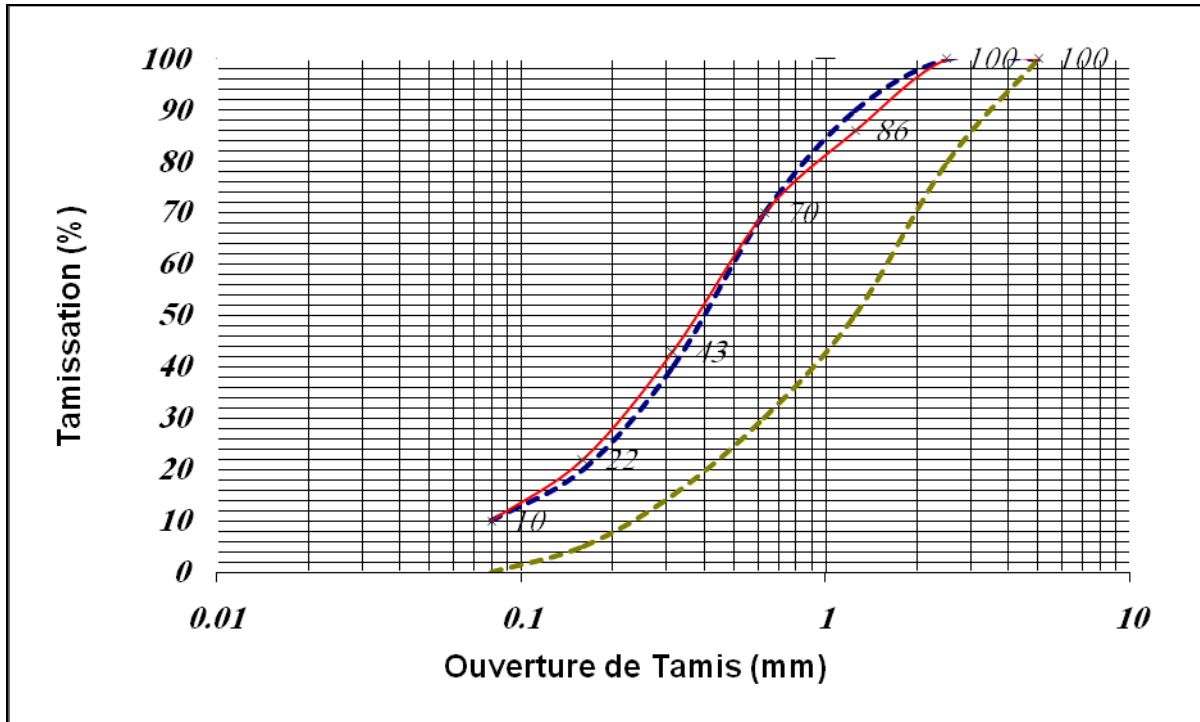
ملاحظة : عند مقارنة المنحنى المتحصل عليه بالمنحنى المرجعي نلاحظ أن المنحنى المتحصل عليه يدخل ضمن المنحنى المرجعي. والخروج عليه، ونهايته عند غربال 5 بقيمة 95 % مع وجود بعض الخروج ما بين الغربال 0.16 و 0.315 بوجود بعض الحبيبات الخشنة.

- العينة الخامسة : رمل الشارع S5.

الجدول 6.III نتائج تجربة التحليل الحبيبي للعينة الخامسة رمل الشارع S 5.

المرام المجمع بـ T (%)	نسبة المرفوض المجمع بـ Rc (%)	المرفوض المجمع بـ Rc (g)	المرفوض الجزئي بـ (g) Rp	فتحات الغربال بـ (mm)
100	0	0	0	5
100	0	0	0	2.5
86	14	140	140	1.25
70	30	300	160	0.63
43	57	570	270	0.315
22	78	785	215	0.160
10	90	905	215	0.08

COURBE GRANULOMETRIQUE S5



الشكل 5.III منحنى تجربة التحليل الحبيبي للعينة الثالثة رمل الشارع S5.

ملاحظة : عند مقارنة المنحنى المتحصل عليه بالمنحنى المرجعي نلاحظ أن المنحنى المتحصل عليه يدخل ضمن المنحنى المرجعي في بعض النقاط وخروج تماسي في بعض النقاط الأخرى، وتقارب المنحنى المتحصل عليه مع المنحنى المرجعي للأعلى والتماس به يفسر أن هذا الرمل مائل للنعومة.

2.1.1.2.III معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوي 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 [36]:

- 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.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \dots\dots\dots(3.2)$$

- Rc: المتبقّي المجمع ب (%) للغرابيل .

- إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو :

- الجدول 7.III معيار النعومة لكل عينة.

العينة	بئر السبع S1	البعاج S2	وادي الرتم S3	الدويلات S4	الشارع S5
معامل النعومة MF	2.96	3.73	3.3	3.36	2.21

ملاحظات :

- بالنسبة للعينة الأولى رمل بئر السبع S1 :

من خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 2.96 نستنتج أن هذا الرمل يميل إلى الخشونة حيث أن هذه القيمة تدخل ضمن المجال C 2.8 - 3.3 ، وعند مقارنة مجال المنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه وجدناه ذو تدرج حبيبي مقبول ، مع وجود بعض العناصر الدقيقة و مع ذلك يدخل ضمن مجال المنحنى المرجعي. [36].

- بالنسبة للعينة الثانية رمل البعاج S2 :

من خلال قيمة معامل النعومة MF التي تساوي 3.73 نستنتج أن هذا الرمل خشن حيث أن هذه القيمة لا تدخل ضمن المجال C 2.8 - 3.3 ، وعند مقارنة مجال المنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه وجدناه و يدخل ضمن مجال المنحنى المرجعي ، ولاستعمال هذه المادة يتطلب ذلك القيام بتصحيح [36] نقترح التصحيح بإضافة رمل آخر اقل دقة .

- بالنسبة للعينات الثالثة رمل وادي الرتم S3 :

من خلال قيمة معامل النعومة M_f التي تساوي 3.3 نستنتج أن هذا الرمل لا يدخل في أي مجال الدقة وذو تدرج حبيبي مقبول إذ أنه موجود أكبر بقليل من المجال C بين 2.8 – 3.2 ، حيث نلاحظ أن المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي لكنه يخرج في النقاط بعد الغربال 2.5 عند النسبة 79 % ، مع يؤكد زيادة بعض الحبيبات الخشنة.

- بالنسبة للعينات الرابعة رمل الدويلات S4 :

من خلال قيمة معامل النعومة M_f التي تساوي 3.36 نستنتج أن هذا الرمل لا يدخل في أي مجال الدقة وذو تدرج حبيبي مقبول إذ أنه موجود أكبر بقليل من المجال C بين 2.8 – 3.2 ، حيث نلاحظ أن المنحنى يدخل في المجال للمنحنى المرجعي في بعض النقاط بعد الغربال 3.15 عند النسبة 95 % ، مع يؤكد نسبة صغيرة من الحبيبات الخشنة.

- بالنسبة للعينات الخامسة رمل الشارع S5 :

من خلال قيمة معامل النعومة M_f التي تساوي 2.21 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نلاحظ أن المنحنى يدخل ضمن مجال المنحنى المرجعي. و ذو تدرج حبيبي مقبول ، مع وجود بعض العناصر الدقيقة.

3.1.1.2.III المكافئ الرملي : (Equivalent de sable) NFP 18-598 :

الهدف منه هو تحديد نسبة الشوائب والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحيته استعماله في الخرسانة و الملاط.

$$E_s = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.3)$$

بعد القيام بالتجارب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول التالي :

الجدول 8.III النسب المئوية للمكافئ الرملي E_s .

تركيب الرمل	المكافئ الرملي E_s (%)	الملاحظات
رمل بئر السبع S1	88	صالح للاستعمال في الخرسانات الخاصة.
رمل البعاج S2	46	يرخص استعماله في الخرسانة العادية.
رمل وادي الرتم S3	35	يرخص استعماله في الخرسانة العادية.
رمل الدويلات S4	85	صالح للاستعمال في الخرسانات الخاصة.
رمل الشارع S5	62	يستعمل في الخرسانة العادية.

4.1.1.2.III الكتلة الحجمية (Masse volumique):

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة حسب القواعد NF EN 1097-6 [24].

1- الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

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

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \dots\dots\dots(3.4)$$

papp : الكتلة الحجمية الظاهرية .

MT : وزن العينة الكلي.

VT : حجم العينة الكلي .

2- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

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

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S} \dots\dots\dots(3.5)$$

pab : الكتلة الحجمية المطلقة .

Ms : وزن الحبيبات الصلبة.

Vs : حجم الحبيبات الصلبة.

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول 9.III الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لكل نوع من الرمل .

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية (Kg/cm ³)	الكتلة الحجمية المطلقة (Kgc/m ³)	ملاحظات
رمل بئر السبع S1	1.66	2.33	رمل عادي
رمل البعاج S2	1.64	2.09	رمل عادي
رمل وادي الرتم S3	1.70	2.40	رمل عادي
رمل الدويلات S4	1.64	2.24	رمل عادي
رمل الشارع S5	1.77	2.36	رمل عادي

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

هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينه على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة (3.6) وهي معرفة بالقواعد NFP 18-555 [37]:

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.6)$$

Ab : معامل امتصاص الماء (%) .

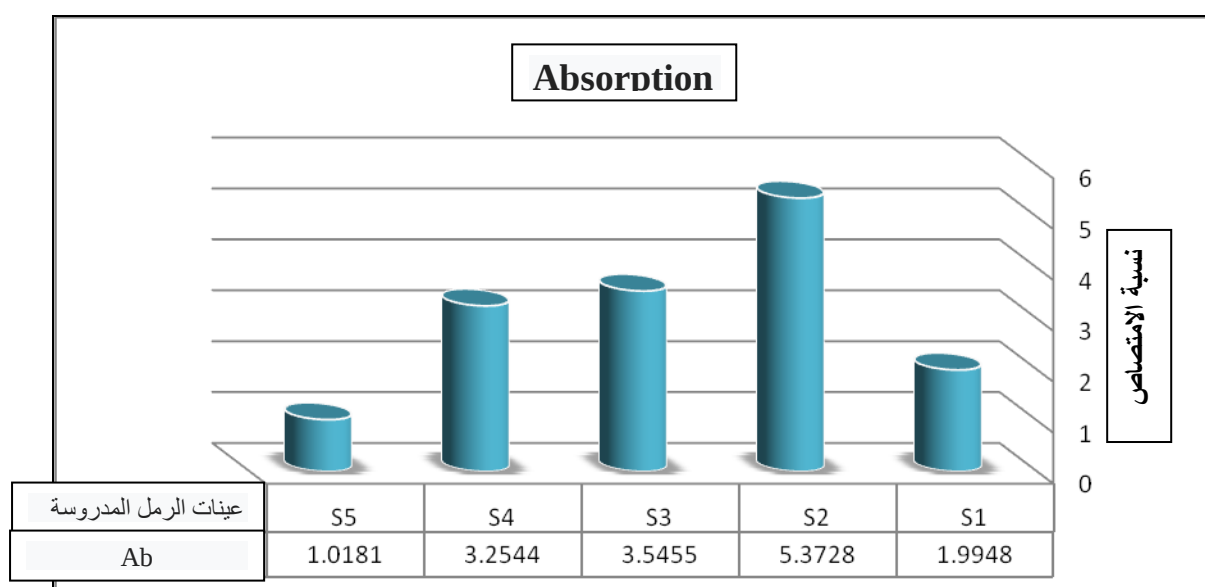
Ma : كتلة الحبيبات قبل التجفيف .

Ms : كتلة الحبيبات بعد التجفيف وقبل الوصول إلى 105°.

وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول الآتي :

الجدول 10.III النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء Ab .

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء A_b (%)
رمل بئر السبع S1	1.9948
رمل البعاج S2	5.3728
رم ل وادي الرتم S3	3.5455
رمل الدويلات S4	3.2544
رمل الشارع S5	1.0181



الشكل III. 6. منحني تجربة الامتصاص لحبيبات الرمل لكل العينات .

نلاحظ أن قدرة امتصاص حبيبات الرمل للماء متفاوتة من عينة لأخرى، وهي جد ضعيفة بالنسبة لرمل بئر السبع ورمل الشارح مقارنة بالعينات الأخرى، بينما نلاحظ قدرة الامتصاص مرتفعة ارتفاعاً نسبياً في رمل البعاج مقارنة بباقي العينات، إذن يمكننا القول أن هذه الأنواع من الرمل مقبولة للاستخدام الخرساني.

2.1.2.III الخصائص الكيميائية :

أجريت التجارب الكيميائية بمخبر (LPTB رضوان) بالوادي والنتائج كما هي موضحة في الجدول التالي :

الجدول 11.III النسب المئوية للمكونات الكيميائية لكل نوع من الرمل.

المكونات %	S1	S2	S3	S4	S5
Insolubles (Silice +Silicates)	91	82.5	84.2	81.4	80.6
Sulfates (CaSO ₄ -2H ₂ O)	5.04	5.71	5.57	6.44	6.88
Carbonates (CaCO ₃)	0	7.2	5.86	7	7.1

ملاحظة :

القواعد والنظم المتبعة في إجراء التجارب الكيميائية متفق عليها حسب مجموعة المخابر في الوادي.

III . 2.2 الاسمنت :

الاسمنت ciment رابط مائي ضروري مصنّع 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 الاسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيميائية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكالسيوم و ألوميناته و كبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الاسمنت البرتلندي». وهي معرفة بالقواعد (EN 197-1) و [39] (NA 442)

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CPJ CEM II / B 42.5N متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بحمام الضلعة ولاية المسيلة.

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت [38] .

الكتلة الحجمية المطلقة : $pab = 3080 \text{ Kg/m}^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية : $pap = 975 \text{ Kg/m}^3$

وفيما يلي نتطرق إلى بعض التحارب :

1.2.2.III المساحة السطحية للأسمنت : Surface spécifique

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

- نسبة التفاعل الكيميائي.
- 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 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 للأسمنت المستعمل (اسمنت حمام الضلعة المسيلة) مقاسه في مخبر مطحنة الاسمنت يعطي قيم تتراوح من 3700 إلى $5200 \text{ cm}^2/g$ [38].

2.2.2.III زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر 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 بتحديدده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة ب 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 للأسمنت العادي في درجة حرارة 25 درجة مئوية. أما بالنسبة للأسمنت المستعمل في الدراسة (اسمنت حمام الضلعة المسيلة) فحسب البطاقة التقنية [38] فإن:

الزمن الابتدائي للتصلب : من 150 ± 30 دقيقة.

الزمن النهائي للتصلب : من 230 ± 50 دقيقة.

III.2.2.3 الخصائص التقنية للأسمنت :

التحليل الكيميائي للأسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي [38] :

الجدول 12.III الخصائص التقنية للأسمنت. [38]

القيمة	الخصائص التقنية و الكيميائية	
2 ± 10.0	Perte au feu(%) (NA5042)	التحليل الكيميائي %
0.5 ± 2.5	Teneur en sulfates(%) (SO3)	
0.5 ± 1.7	Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO) (%)	
$0.05 - 0.02$	Teneur en Chlorures (Cl-)(NA5042) (%)	
$0.75 \geq$	Résidu insoluble	
3 ± 60	C3S	مكونات الكلانكير %
7.5 ± 1	C3A	
$20 \geq$	C4AF+2C3A	
≥ 10	02 يوم	مقاومة الضغط (MPa)
≥ 42.5	28 يوم	

III.2.2.3 الماء :

الماء المستعمل في الخلط هو ماء مصفى مجلوب من محطة ياسمينية لتحلية المياه بالزرقم الشمالية .

III.2.2.3.1 النسبة المائية الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء 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 إن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتشقق والانكماش والتشقق وعليه .

III.2.2.3.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل:

الجدول 13.III التركيبية الكيميائية للماء المستعمل [39]. (ماء مصفى)

العناصر	الوحدة	النتائج	القيم	القواعد
PH	/	6.89	6.5 - 9	NA 751
Sodium Na	mg/ l	17.17	200	NA 1653
Potassium K	mg/ l	2.82	12	NA 1653
Calcium CA	mg/ l	100	200	NA 1655
Magnésium Mg ²⁺	mg/ l	10	75	NA 752
Chloure Cl	mg/ l	28.36	500	NA 6917
Nitrate NO ₃	mg/ l	1.02	50	NA 1656
Sulfates SO ₄	mg/ l	83.12	400	KERN
Carbonate CO ₃	mg/ l	0	/	NA 756
Bicarbonate HCO ₃	mg/ l	18.3	610	NA 756

4.3.2.III الملدن :

قصد التحكم في النسبة E/C و الحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية في هذه الحالة تم استعمال الملدن (super plastifiant) من نوع MEDAFLOW RE 25 لشركة GRANITEX و المعتبر مخفض عالي للماء من الجيل الثالث .

✓ التركيز الموصى به حسب البطاقة التقنية للمنتج [40] من 1.0 - 2.5 % كحد أقصى من وزن الاسمنت أي من 0.93 إلى 2.36 لتر من اجل 100 كغ من الاسمنت.

خصائص المنتج : [40]

- ✓ شكله سائل بلون فاتح بني.
- ✓ درجة الحموضة PH : 7 .
- ✓ الكثافة : 1.06 ± 0.01 kg/l.
- ✓ نسبة الكلور : اقل من 0.1 g/l.

3.III صياغة وتحضير الملاط النظامي :

وهو عبارة عن خليط من الاسمنت والماء والرمل وكل 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) و هذا الرمل تجاري يباع في أكياس من البلاستيك ذات وزن 1350 g ± 5 g . [41].

يتم خلط هذه الكمية من الرمل مع 450 g ± 2 g من الاسمنت و 225 g ± 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 [41] وفق للشروط التي تملئها القاعدة :

- نبدأ أولاً 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.
- ملاحظة:** يستعمل هذا الملاط من أجل تحديد بعض خصائص الاسمنت وخاصة المقاومة [41].

III.1.3 صياغة خرسانة الرمل العادية :

من أجل الحصول على تركيبة خرسانية لرمل عادي ، نأخذ تراكيز 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 الاهتزاز الخاص بها أو مخروط ابرامس، من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات .

III.2.3 تجربة التشغيلية :

وهي عملية أو تجربة نقوم من خلالها باختبار بشكل خاص قابلية الخرسانة للتشغيل و مقدار كمية الماء في الخلطة ، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة للخلاطات الخرسانية بحيث أن تكون في المجال المرن والذي يمكننا من تشغيلية جيد للقولبة. وتم القيام بهذه التجربة بواسطة مخروط ابرامس. (NF EN 12350-5).

مبدأ التجربة :

يتم ملئ المخروط الفولاذي (مخروط ناقص) ذو الأبعاد التالية القطر السفلي يساوي 20 سم و القطر العلوي يساوي 10 سم و ارتفاع المخروط يساوي 30 سم بالخرسانة في ثلاث طبقات متساويتين 10 سم تقريبا ، وتذك كل واحدة منها 25 دكة بقضيب فولاذي ، طوله 60 سم ثم يسوى سطحه بمسطرة ، وبعد ذلك يتم رفع المخروط ببط رأسياً ووضعها بجانب الخرسانة و قياس مقدار الهبوط بالمسطرة (ملم أو سم) .

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية :

الجدول III.14 نتائج تجربة التشغيلية.

التركيبة	E/C	SP	الهبوط	تصنيف الخرسانة
رمل بئر السبع S1	0.5	1.2	7	خرسانة مرنة
رمل البعاج S2	0.5	1.1	10	خرسانة مرنة جدا
رمل وادي الرتم S3	0.5	1.0	7	خرسانة مرنة
رمل الدويلات S4	0.5	1.2	9	خرسانة مرنة

رمل الشارع S5	0.5	1.2	8	خرسانة مرنة
---------------	-----	-----	---	-------------

ملاحظة :

لقد قمنا في هذه الدراسة بتثبيت النسبة E/C عند 0.5 وقمنا باضافة الملدن بنسبة من وزن الاسمنت حسب تركيبة الخرسانة لحين الحصول على خرسانة مرنة. وعليه فان التركيبة تؤخذ كما يلي :

الجدول 15.III تركيبة خرسانة الرمل.

المركبات	رمل بئر السبع S1	رمل البعاج S2	رمل وادي الرتم S3	رمل الدويلات S4	رمل الشارع S5
الرمل	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء	3 أجزاء
الاسمنت	جزء واحد	جزء واحد	جزء واحد	جزء واحد	جزء واحد
المعامل E/C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SP	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2

3.3.III تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على التركيبة المقبولة لخرسانة الرمل 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 45 هزة في هذه المدة من ارتفاع 15 mm $\pm$ 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 تخضير الوسائط المقرر للدراسة و المتمثلة في ماء الحنفية العادي و عددها ثمانية وعشرون عينة, كل ثلاثة منها لتجارب 07, 14, 21, 28, 90 يوم وهذا بنفس الطريقة لكل العينات الأخرى.

ملاحظة :

كل تركيبة تغمس عيناتها في الماء لمدة 07 , 14 , 21 , 28 , 90 يوم تكون في درجة حرارة (T= 25° $\pm$ 2) و الملخصة في الجدول التالي .

الجدول 16.III عدد العينات المستعملة من كل نوع من الرمل.

العينة	عدد العينات المغمورة في الماء H ₂ O
رمل بئر السبع S1	28 عينة
رمل البعاج S2	28 عينة
رمل وادي الرتم S3	28 عينة
رمل الدويلات S4	28 عينة
رمل الشارع S5	28 عينة

الخلاصة :

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

- من خلال التجارب المجرات على عدة أنواع من الرمل نلاحظ أن له معامل نعومة يختلف من منطقة إلى أخرى .
- رمل منطقة بئر السبع بحاسي مسعود أعطى معامل مقبول .ويمكن استعماله في مجال الخرسانة .
- رمل منطقة البعاج بالوادي أعطى معامل نعومة خشن, ويمكن استعماله في مجال الخرسانة.
- رمل منطقة وادي الرتم بالوادي أعطى معامل نعومة مقبول ,ويمكن استعماله في مجال الخرسانة .
- رمل منطقة الدويلات بالوادي أعطى معامل نعومة مقبول ,ويمكن استعماله في مجال الخرسانة.
- رمل منطقة الشارع بالوادي أعطى معامل نعومة جيد ,ويمكن استعماله في مجال الخرسانة.
- الاسمنت المستعمل مجلوب من منطقة حمام الضلعة بالمسيلة وهو اسمنت بورتلندي عادي من نوع CPJ 42.5 .
- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من المياه المصفاة بالوادي .
- تركيبة خرسانة الرمل العادية التي قمنا باستعمالها ، أي نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملائم النظامي بمعدل مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل, أما نسبة الماء فحددت من خلال تجربة التشغيلية باستعمال مخروط ابراماس.
- قصد التحكم في النسبة E/C و الحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية ,في هذه الحالة تم استعمال الملدن (super plastifiant) من نوع MEDAFLOW RE 25 لشركة GRANITEX و المعتبر مخفض عالي للماء من الجيل الثالث .

الفصل الرابع

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1 مدخل :

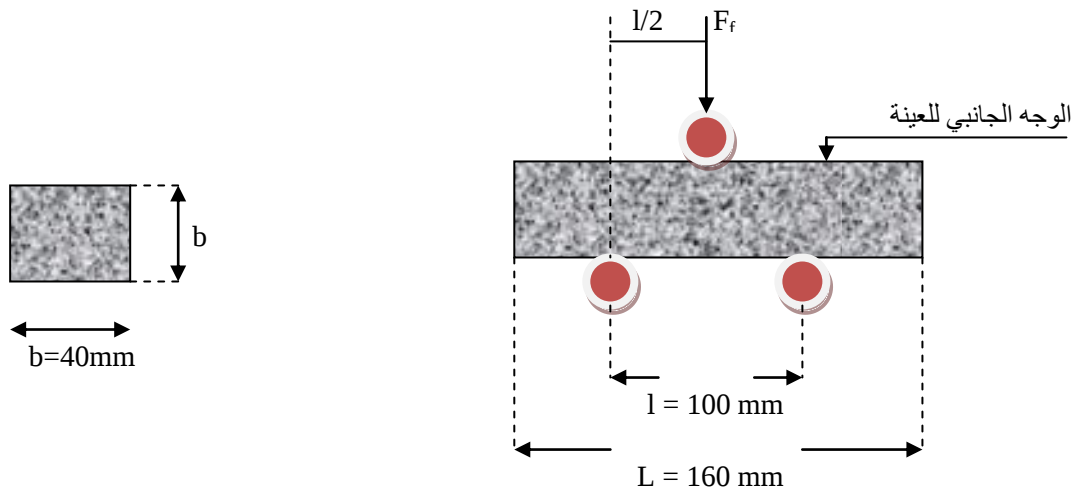
تعد الخصائص الميكانيكية للمادة من أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل و إعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المدروسة , في هذا الفصل سنتطرق إلى الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وتحديدًا إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الأيام 14, 21, 28 و 90 يوم .

2-IV طرق التجارب :

IV- 2- 1 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 في القاعدة EN 196-1 , والشكل (1-IV) يوضح تخطيط لآلة التحطيم بواسطة الانحناء



الشكل IV. 1 يوضح آلة التحطيم بواسطة الانحناء.

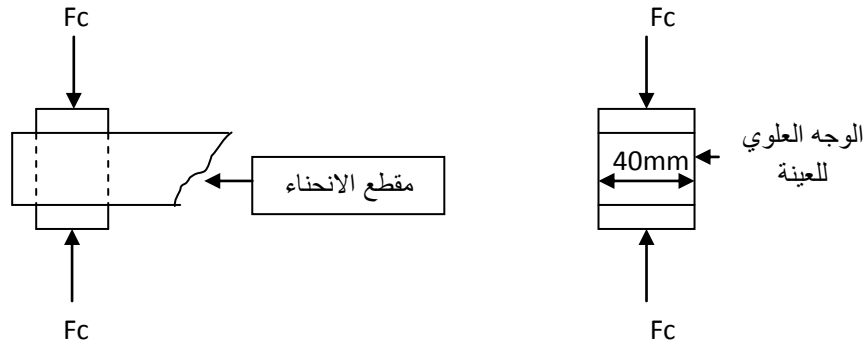
التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الشد بواسطة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد (160×40×40 ملم) , قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل إلى 10KN إذ تطبق تقريباً 2.67 KN/min . صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (1-IV) . مقاومة الشد بواسطة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$R_f = \frac{1.50.F_f.l}{b^3} \dots\dots\dots (4.1)$$

- R : مقاومة الانحناء ب (MPa)
 Ff : قوة تحطم العينة عند الانحناء
 l : البعد بين المسندين ب (mm)
 b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm
 L : طول العينة الكلي . [26]

IV-2-2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القواعد EN 196-1. وتتم بواسطة جهاز الضغط وتكون على نصف العينة ، هذا النصف المتحصل عليه من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد mm 160x40x40 وتوضع 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 (نموذج UTC 4320) قدرة هذه الآلة على الضغط تصل إلى 2000 kN وبواسطة سرعة انتقال منتظمة ومستمرة. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (2-IV) .

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

- Rc : مقاومة الضغط ب (MPa).
 Fc : قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN).
 b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm [26].

IV-2-3 تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية) :

تجربة امتصاص الماء بواسطة الخاصية الشعرية تحدد مدى قدرة امتصاص الماء من طرف الخرسانة وذلك بقياس كتلة الماء التي يتم امتصاصها من الخرسانة.

يتم تنفيذ التجربة بناء على توصيات l'AFPC-AFREM على عينات خرسانة الرمل، وهي من أهم مميزات الخرسانة بصفة عامة، التي تدلل على مدى كثامة المادة من عدمها، ونستطيع القول أنها تعطي لمحة عن الفراغات والمسامات داخل الجسم الخرساني، حيث أن امتصاص الخرسانة للماء قد يؤدي لحدوث عدد من المشاكل داخل الجسم الخرساني، منها المساعدة على دخول المواد الضارة.

خطوات التجربة :

- وزن العينات وهي جافة.
- توضع على مسندين وتغمر في الماء بقدر 2 mm ويبقى الجزء العلوي في الهواء .
- يقاس الوزن بعد مرور 6 د ، 12 د ، 30 د ، 1 ساعة ، 4 ساعات ، 8 ساعات ، 24 ساعة ، 48 ساعة
- يحسب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن بالعلاقة :

$$A_b = \left(\frac{Msat - M_{sec}}{M_{sec}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (4.3)$$

A_b : معامل الامتصاص.

$Msat$: كتلة العينة بعد الامتصاص.

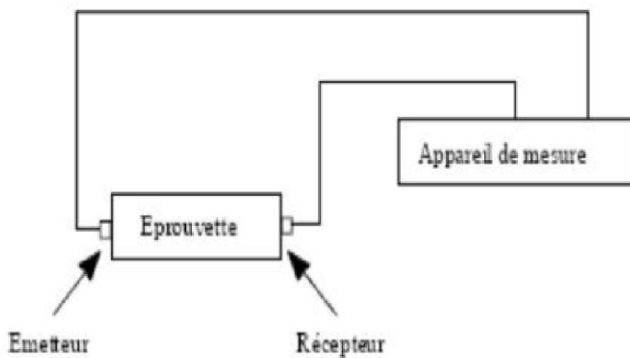
M_{sec} : كتلة العينة الجافة.

IV-2-3 تجربة الموجات فوق الصوتية Auscultation sonore :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF EN 12504-4 وتهدف إلى التعرف على بعض خصائص الخرسانة المتصلبة دون اللجوء إلى إجراء اخذ عينات ودون تحطيمها.

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي :

- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.
- قياس معيار المرونة للخرسانة.
- مدى تجانس الخرسانة.
- اكتشاف الشروخ و الفجوات بالخرسانة.
- تحديد درجة تلف الخرسانة.
- قياس عمق طبقة الخرسانة.
- مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.



الشكل IV.3 جهاز قياس الموجات فوق

الصوتية.

مبدأ التجربة :

في هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسير خلال عينة الخرسانة و يتم تعيين زمن انتقالها، حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها.

خطوات التجربة :

- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.
 - يتم قياس المسافة L التي تسيرها النبضات بدقة (أي طول السير).
 - يوضع المرسل Emetteur والمستقبل Récepteur على العينة وأن يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل والمستقبل وسطح العينة (يستخدم لهذا الغرض الشحم أو الفازلين أو الصابون السائل).
 - عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.
 - تقرا من خلال الجهاز السرعة V بـ m/s والزمن المستغرق T بـ μs .
- تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت كما هي موضحة في الجدول IV. 1 حسب سرعة الصوت.

الجدول IV 1 تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت.

نوعية الخرسانة السرعة	السرعة V بـ m/s
خرسانة ذات مقاومة ضعيفة	$2500 \leq V \leq 3200$
خرسانة ذات مقاومة متوسطة	$3200 \leq V \leq 3700$
خرسانة ذات مقاومة عالية	$3700 \leq V \leq 4200$
خرسانة ذات مقاومة عالية جدا	$V \geq 4200$

IV 3 نتائج مقاومة الانحناء :

الجدول IV. 2 نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل . حسب كل نوع من الرمل.

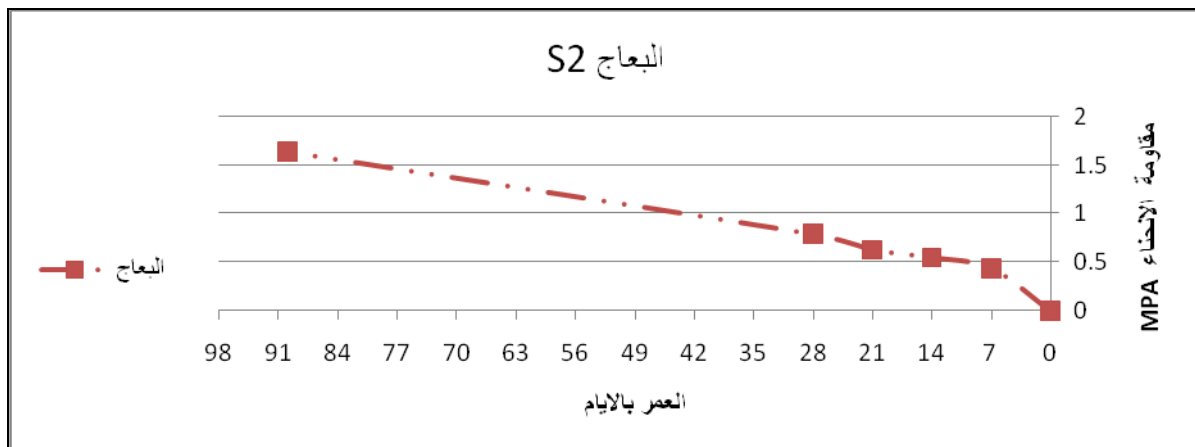
العينة	الإجهاد في يوم 07 (Mpa)	الإجهاد في يوم 14 (Mpa)	الإجهاد في يوم 21 (Mpa)	الإجهاد في يوم 28 (Mpa)	الإجهاد في يوم 90 (Mpa)
رمل بئر السبع S1	0.390	0.423	0.423	0.502	0.921
رمل البعاج S2	0.44	0.55	0.63	0.79	1.64
رمل وادي الرتم S3	0.41	0.44	0.52	0.96	1.50
رمل الدويلات S4	0.25	0.28	0.34	0.39	0.93
رمل الشارع S5	0.35	0.39	0.41	0.52	0.87

- رمل بئر السبع : S1.



الشكل 4.IV منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل بئر السبع).

- رمل البعاج : S2.



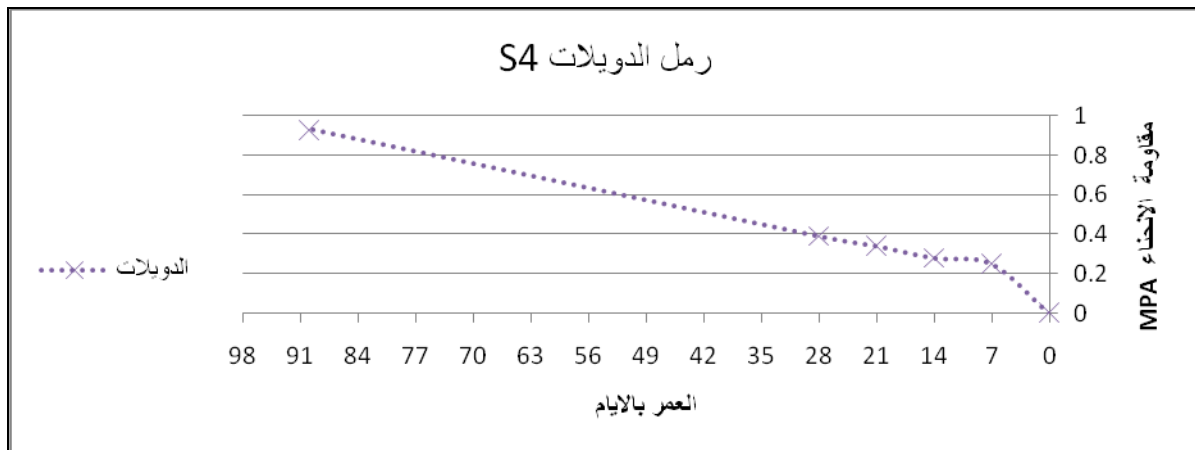
الشكل 5.IV منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل البعاج).

- رمل وادي الرتم : S3.



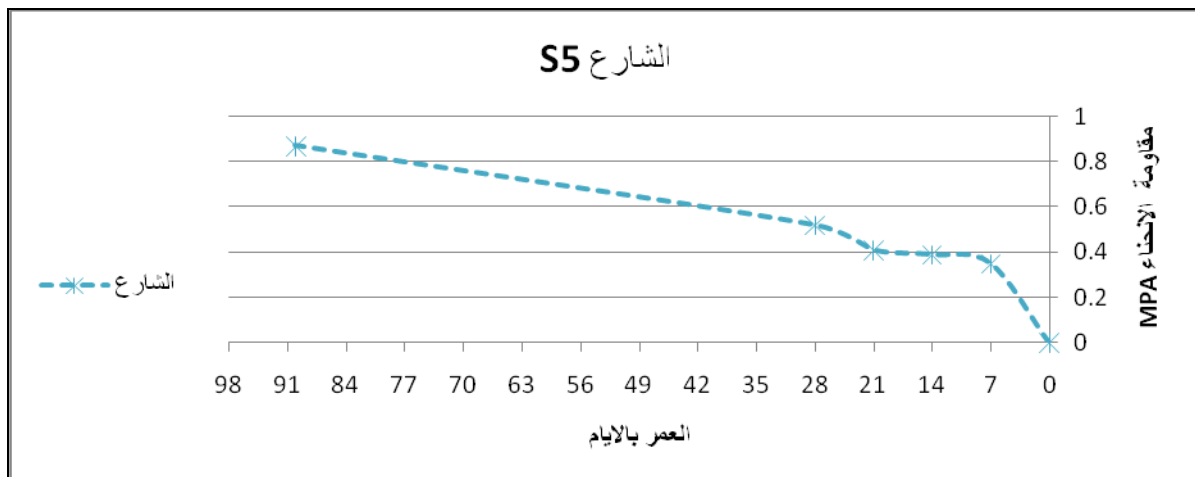
الشكل 6.IV منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل وادي الرتم).

- رمل الدويلات : S4.

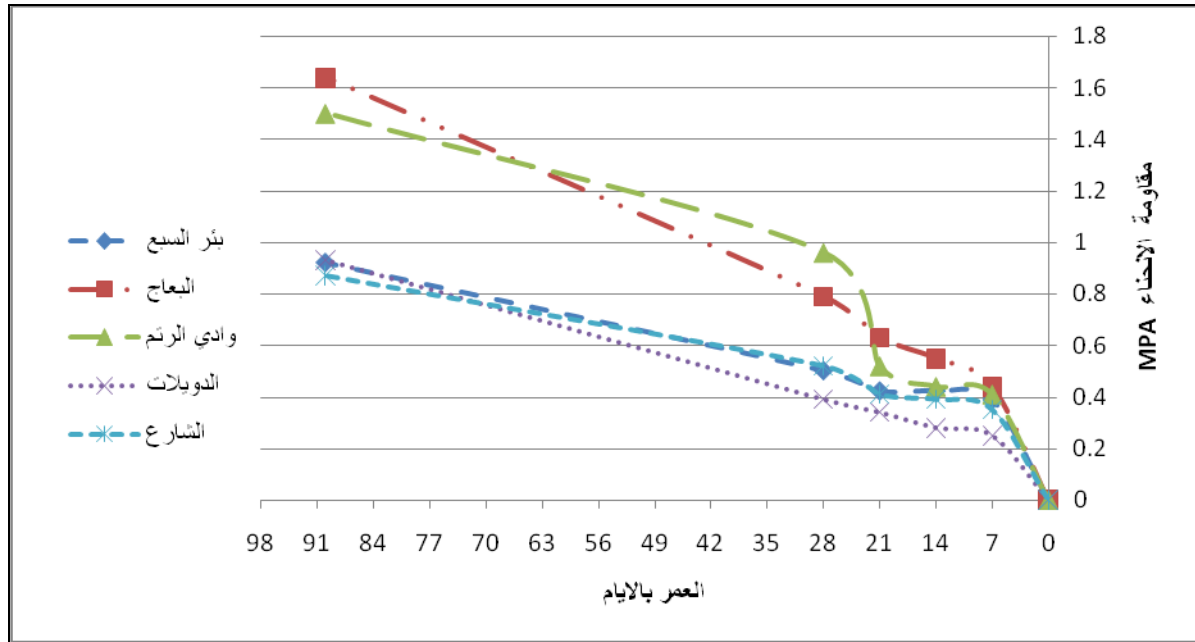


الشكل 7.IV منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل الدويلات).

- رمل الشارع : S5.



الشكل 8.IV منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل (رمل الشارع).



الشكل IV.9. منحنى نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل لكل نوع من الرمال المدروسة.

IV-3-1 ملاحظات :

- زيادة المقاومة بمرور الزمن بالنسبة لجميع العينات .
- ارتفاع مقاومة الانحناء لكل من عينات خرسانة رمل البعاج ووادي الرتم.
- انخفاض مقاومة الانحناء لكل من عينات خرسانة رمل بئر السبع والدويلات والشارع.
- أن مقاومة الانحناء بالنسبة لعينة رمل بئر السبع و الدويلات والشارع كان اقل بمقدار 57 % تقريبا مقارنة بالعينات المنجزة برمل البعاج ورمل وادي الرتم.

IV-3-2 تحليل ومناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل :

- بالنسبة لعينات رمل بئر السبع و الدويلات والشارع ، نلاحظ نقص في المقاومة و هذا راجع لوجود العناصر الدقيقة لان معامل النعومة يتراوح ما بين (2.21-3.36) وهذا يدل على وجود مساحة سطحية كبيرة للرمال المكونة لهذه الخرسانة بالإضافة إلى ضعف تواجد الحبيبات الخشنة الذي يتراوح حجمها ما بين (2-5 ملم) ومقدارها يتراوح ما بين (0-4 %).

- أما بالنسبة لعينات خرسانة رمل البعاج الذي معامل نعومته 3.73 يدل على أن هذا الرمل خشن وبالتالي مساحة سطحية قليلة إذا يحتوي على حبيبات أكثر من 2 ملم بنسبة حوالي 13 % وهذا مما يقلل من فراغاته وبالتالي الزيادة في المقاومة ، كما يحتوي على نسبة معتبرة من المواد الدقيقة التي يدل على وجودها نسبة المكافئ الرملي وهذا ما يوضحه منحنى التدرج الحبيبي في جزئه الأول حيث يميل إلى الأعلى أي جهة الحبيبات الناعمة وهذه الدقائق قامت بسد الفراغات الموجودة بين حبيبات الرمل العادية والتي بدورها قامت بسد الفراغات الموجودة في حبيبات الرمل الخشن وبالتالي قلة الفراغات والازدياد في المقاومة.

- أما بالنسبة لعينات وادي الرتم ، نلاحظ أن معامل النعومة مرتفع نسبيا 3.3 مما يدل على أن الرمل المستعمل في هذه الخرسانة خشن أي أن المساحة السطحية قليلة وبالتالي فراغات قليلة هذا من جهة ومن جهة أخرى نلاحظ من خلال منحنى التدرج الحبيبي أن نسبة العناصر الخشنة هي 21 % هذا ما يقلل أيضا من نسبة الفراغات وبالتالي الزيادة في المقاومة .

ملاحظة :

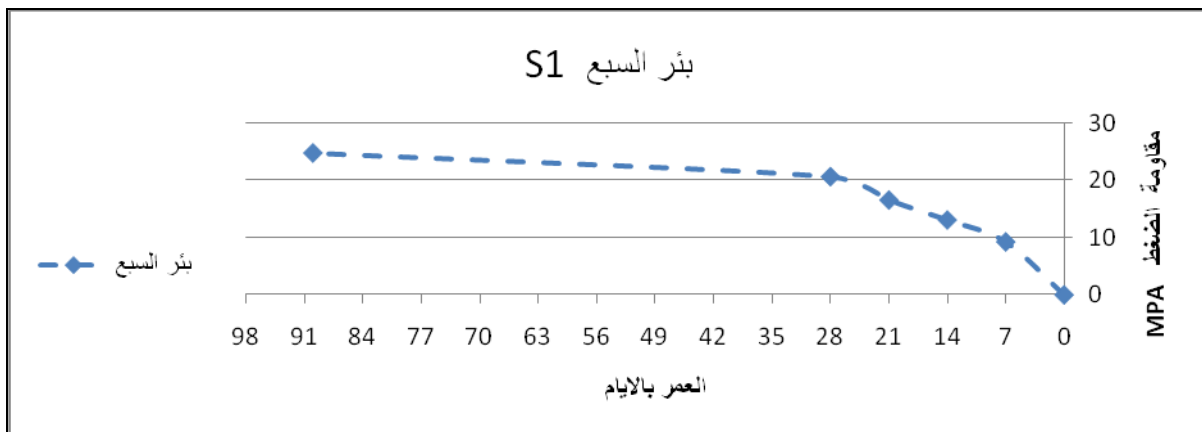
قد تتحسن مقاومة الانحناء باضافة الألياف والمحسنات وزيادة نسبة تركيز الاسمنت أو اسمنت ذو مركبات دقيقة.

IV -4 نتائج مقاومة الضغط :

الجدول IV.3 نتائج الضغط لخرسانة الرمل . حسب كل نوع من الرمال المستعملة .

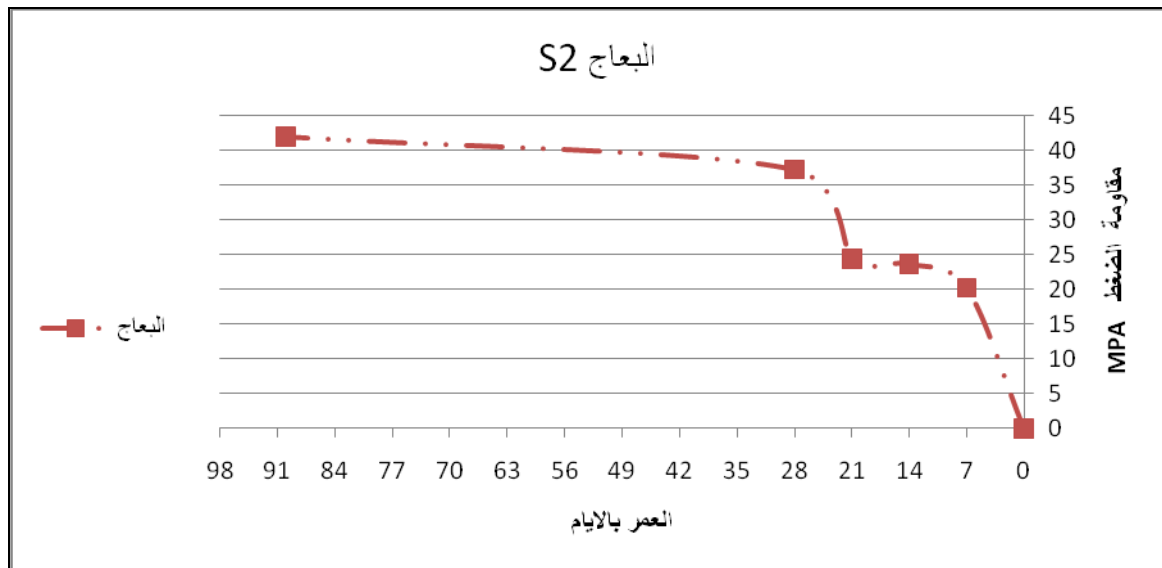
العينة	الإجهاد في يوم 07 (Mpa)	الإجهاد في يوم 14 (Mpa)	الإجهاد في يوم 21 (Mpa)	الإجهاد في يوم 28 (Mpa)	الإجهاد في يوم 90 (Mpa)
رمل بئر السبع S1	9.24	13.05	16.53	20.6	24.72
رمل البعاج S2	20.22	23.64	24.32	37.19	41.92
رمل وادي الرتم S3	17.01	21.63	26.58	31.36	35.91
رمل الدويلات S4	8.5	15.39	16.45	19.14	23.62
رمل الشارع S5	8.44	17.87	20.40	23.05	24.45

- رمل بئر السبع : S1.



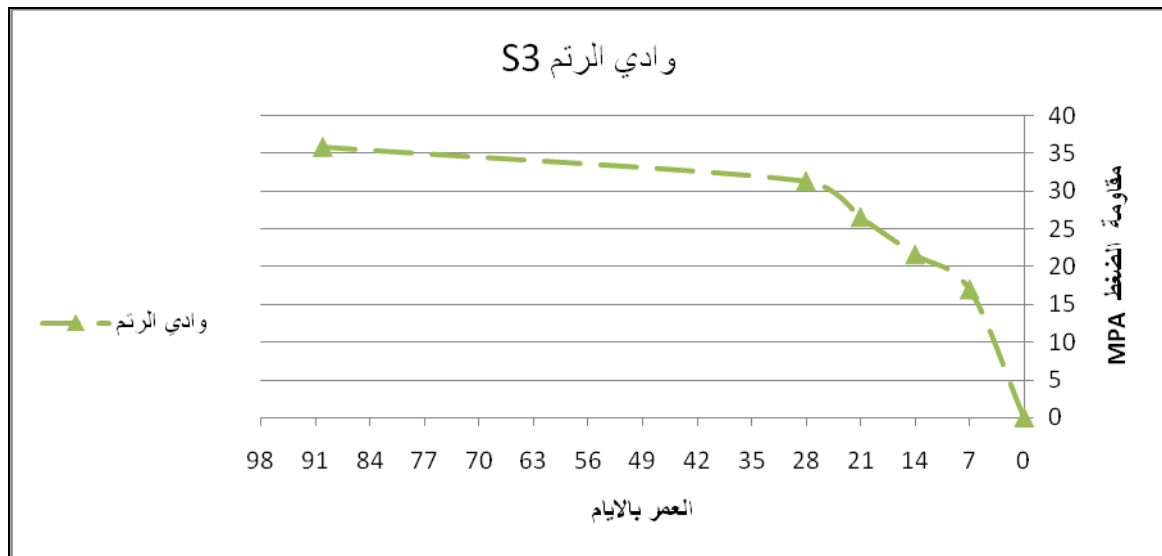
الشكل IV.10 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل بئر السبع).

- رمل البعاج S2:



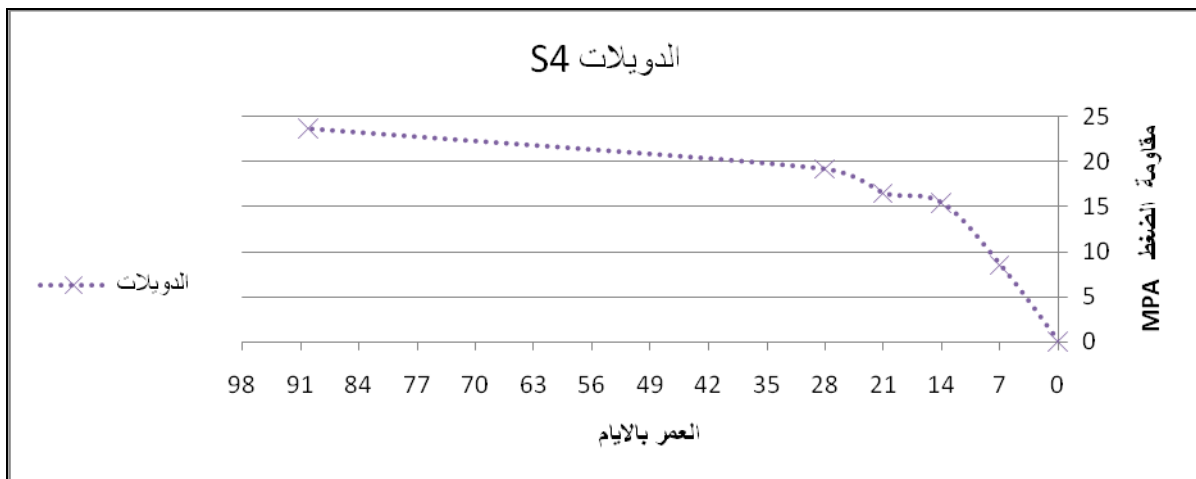
الشكل 11.IV منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل البعاج).

- رمل وادي الرتم S3:



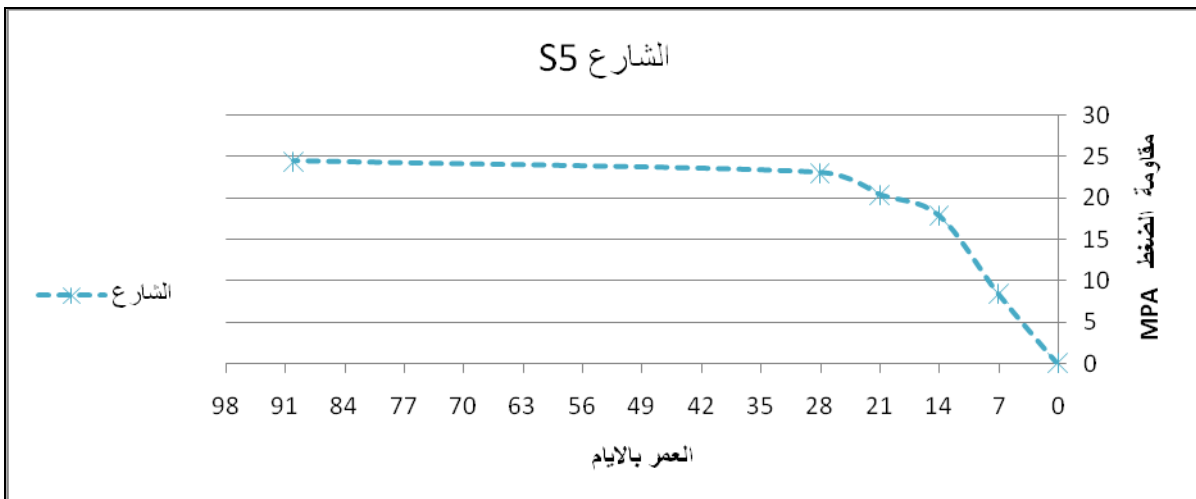
الشكل 12.IV منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل وادي الرتم).

- رمل الدويلات :S4.



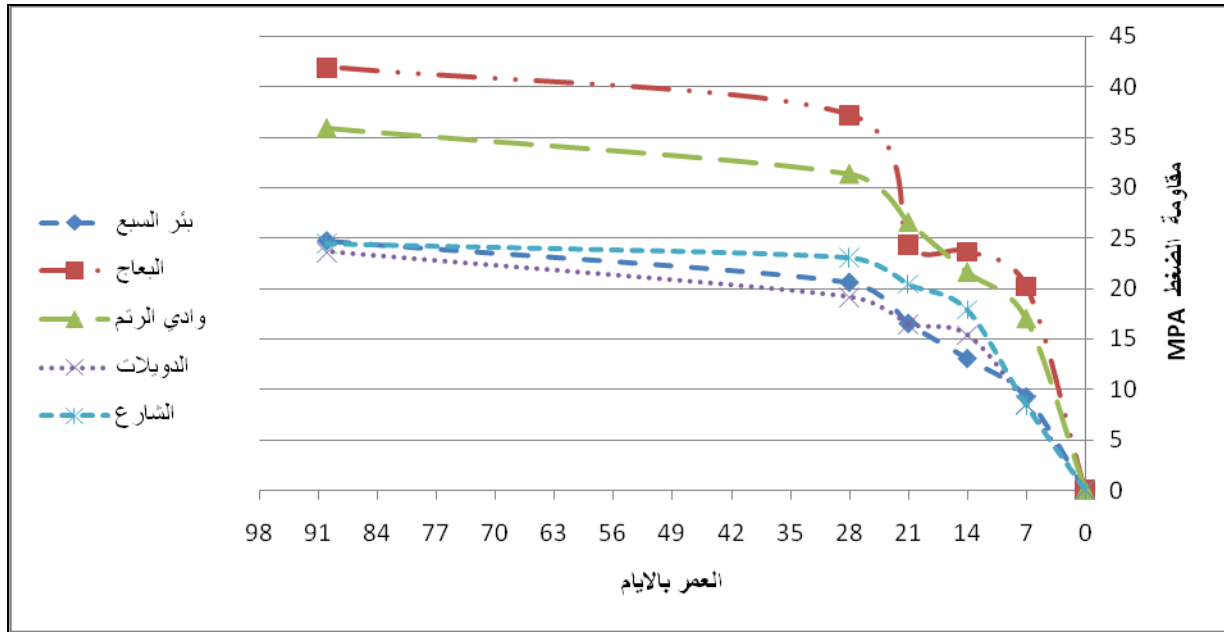
الشكل 13.IV منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل الدويلات).

- رمل الشارع :S5.



الشكل 14.IV منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل (رمل الشارع).

ملاحظة : نلاحظ أن المقاومة تزيد بمرور الزمن وقد تحسنت من 28 إلى 90 يوما.



الجدول IV. 15 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لكل نوع من الرمال المدروسة.

IV-4-1 ملاحظات :

- نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات ما يلي :
- زيادة مقاومة الضغط بمرور الزمن بالنسبة لجميع العينات.
- ارتفاع مقاومة الضغط لكل من عينات خرسانة رمل البعاج ووادي الرتم بنسب متفاوت.
- انخفاض مقاومة الضغط لكل من عينات خرسانة رمل بئر السبع والدويلات والشارع.
- إن مقاومة الضغط بالنسبة لعينات رمل بئر السبع و الدويلات والشارع كان اقل بمقدار 60 % تقريبا مقارنة بالعينات المنجزة برمل البعاج ورمل وادي الرتم.

IV-4-2 تحليل ومناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل:

- إن ما قيل على نتائج الانحناء يقال تقريبا على نتائج مقاومة الضغط, إذا نلاحظ نقص مقاومة الخرسانة المكونة من رمل بئر السبع والدويلات والشارع, وهذا راجع إلى وجود حبيبات دقيقة كما يوضحه معامل النعومة والتدرج الحبيبي, وجود حبيبات دقيقة مع ضعف في نسبة الحبيبات الخشنة أعطى مساحة سطحية كبيرة وبالتالي نسبة فراغات اكبر مما أدى إلى ضعف مقاومتها لاجهادات الضغط.

أما بالنسبة لعينات رمل البعاج فنلاحظ أن نسبة الحبيبات الخشنة كبيرة مع وجود نسبة معتبرة من الحبيبات الدقيقة كما هو موضح في المكافئ الرملي حيث قامت هذه الحبيبات بملء الفراغات الناتجة عن الحبيبات الخشنة مما أعطى مقاومة جيدة أما رمل وادي الرتم فنلاحظ زيادة في المقاومة غير أنها اقل من رمل البعاج وهذا لوجود نسبة الدقائق اكبر منه لدى رمل البعاج نسبة تزيد عن نسبة ملء الفراغات مما اثر سلبا على المقاومة نوعا ما.

IV- 5 نتائج تجربة الامتصاص :

نتائج تجربة الامتصاص لكل نوع من لخرسانة :

الجدول 4.IV يوضح نتائج تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لتركيبية الرمل للعينات.

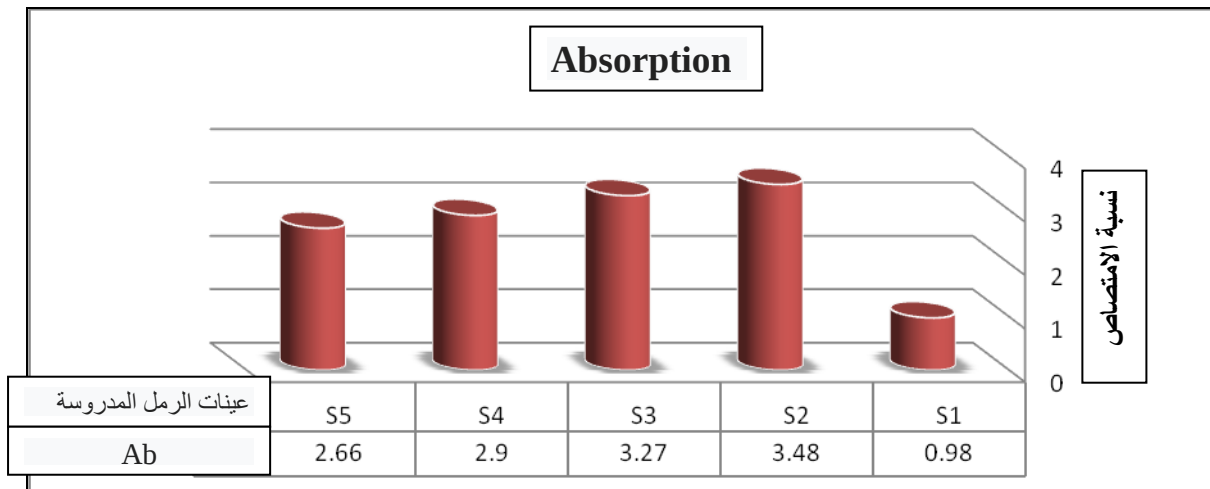
الوزن الجاف	العينة	6 د	12 د	30 د	60 د	240 د	480 د	1440 د	2880 د
612	S1 بنر السبع	510	617	615	616	616	617	618	618
604	S2 البعاج	609	613	607	623	624	625	625	625
581	S3 وادي الرتم	589	591	596	598	601	603	605	600
567	S4 الدويلات	573	576	578	580	581	582	583	583
601	S5 الشارع	607	610	612	614	615	616	616	617

- حساب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن لكل عينة.

- الجدول 5.IV معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن .

العينة	Msat (g)	Msec (g)	Ac %
S1 بنر السبع	612	618	0.98
S2 البعاج	604	625	3.48
S3 وادي الرتم	581	600	3.27
S4 الدويلات	567	583	2.9
S5 الشارع	601	617	2.66

- حساب معامل الامتصاص المتعلق بالزمن ومساحة العينة لكل عينة.



الشكل 16.IV منحنى تجربة الامتصاص لخرسانة الرمل لكل العينات.

ملاحظات :

نلاحظ أن خرسانة رمل بئر السبع كانت أقل امتصاص حيث كانت النسبة بـ 0.98 % تليها خرسانة رمل الشارع بـ 2.62 % ثم خرسانة الدويلات بـ 2.9 % ثم وادي الرتم بـ 3.27 % وأخيرا البعاج بـ 3.48 %.

IV- 1.5 مناقشة نتائج تجربة الامتصاص :

حسب التدرج في معامل النفاذة الذي ظهر في تجربة المكافئ الرملي لعينات الخمسة للرمل حيث كانت النتائج على التوالي كالآتي رمل بئر السبع 88 % رمل الدويلات 85 % رمل الشارع 62 % رمل البعاج 46 % رمل وادي الرتم 35 %، يمكن تفسير الاختلاف والتدرج في نسب امتصاص مختلف العينات للماء حيث كل ما كانت النفاذة أقل أي وجود شوائب من شائنها ان تساعد على امتصاص الماء وخاصة اذا علمنا انها من نفس جنس الرمل تقريبا الا انها دقيقة مما يفسر وجود فراغات بإمكانها ادخال جزيئات الماء.

- نلاحظ ان هناك تفاوت في درجة الامتصاص لرمل البعاج مقارنة بوادي الرتم رغم ان هذا الاخير اقل نفاذة من رمل البعاج، يمكن ان يكون هذا ناتج عن أنه عند استعمال الهزاز للعينات أثناء عملية صب الخرسانة في القوالب اذا كلما كان الاهتزاز جيد كانت الخاصية الشعرية صغيرة وكان الامتصاص اقل و هذا بسبب انسداد بعض القنوات الشعرية لتمنعها من عملية الإمتصاص.

IV- 6 تجربة الموجات فوق الصوتية Auscultation sonore :

الجدول التالي يوضح نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية لعينات الخرسانة عند عمر 120 يوم.

الجدول 6.IV نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية.

العينة	السرعة V (m/s)	الزمن T (μs)	صنف الخرسانة
بئر السبع S1	4110	38.9	خرسانة ذات مقاومة عالية
البعاج S2	4150	38.6	خرسانة ذات مقاومة عالية
وادي الرتم S3	4170	38.4	خرسانة ذات مقاومة عالية
الدويلات S4	3830	41.8	خرسانة ذات مقاومة عالية
الشارع S5	3590	44.6	خرسانة ذات مقاومة متوسطة

ملاحظة :

- إن النتائج المتحصل عليها في قياس المقاومة بالأمواج الصوتية يتطابق تقريبا بنتائج مقاومة الضغط المتحصل عليها بجهاز الضغط مع بعض الاختلاف الطفيف في الترتيب النتائج المتقاربة وهذا راجع لاتساع المجال لجهاز الأمواج الصوتية.
- للتحقق من القراءة على الجهاز نقوم بضرب السرعة في الزمن فنجد طول العينة = 16 cm.
- نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية لا يمكن اعتمادها كنتائج حقيقية بل هي للدلالة على نوعية الخرسانة.

- الخلاصة :

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

- تأثر مقاومة خرسانة الرمال المدروسة بمعامل النعومة وكمية الحبيبات الخشنة.
- تأثير عامل النقاوة بشكل ايجابي على خرسانة عينات الرمال المدروسة.
- تناسب قيمة الامتصاص عكسيا مع نقاوة الرمال التي أعطت عامل نقاوة مرتفع وكانت خرسانتها اقل امتصاص.
- إعطاء جميع عينات الرمال المدروسة مقاومة خرسانية مقبولة مع تفاوتهما.

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة العامة والتوصيات :

إن الهدف من هذه الدراسة هو إعطاء فكرة عامة وشاملة على أهم مصادر الرمل في منطقة وادي سوف ,حيث حاولنا إعطاء واستخراج أهم الخصائص النوعية للرمل والتي يتم الاعتماد عليها للحكم على مدى صلاحية الرمل لاستعماله في تركيبة الخرسانة وفق المعايير المعتمدة حيث لاحظنا تنوع كبير في هذه الخصائص لمختلف العينات المدروسة مما يعطي مجال أوسع لاستغلال هذه الموارد.

كما أردنا وضع قاعدة بيانات لمختلف مصادر الرمل في المنطقة لتكون تحت تصرف المهتمين وخاصة الأكاديميين وهذا لتطوير الاستغلال الأمثل لهذه المادة المهمة وهذا بإجراء دراسة مقارنة بين رمال عدة أماكن من المنطقة.

كما حاولنا إثراء وتثمين موارد المنطقة بمصادر جديدة لدراستنا مثل رمل منطقة بئر السبع ورمل الشارع. كما قمنا بدراسة تأثير هذه العينات من الرمال على خصائص الخرسانة وهذا بدراسة عينات من الخرسانة المشكلة من هذه الرمال,وقمنا بتحليل النتائج على ضوء خصائص الرمال المتحصل عليها في هذه الدراسة سابقا. ومن أهم التوصيات التي خرجنا بها من خلال هاته الدراسة :

1- جميع هاته الرمال تمتلك خصائص نوعية تدخل ضمن الحدود المقبولة في المعايير المعتمدة في صناعة الخرسانة.

2- إن هذه الرمال تمتلك خصائص تمكن من استغلالها في عدة أنواع من الخرسانة مع تحييد إجراء تصحيح حبيبي خفيف لبعض منها.

3- إن بعض الخصائص التي كانت تظهر نوعا ما سلبية كعامل النقاوة قام بتحسين مقاومة الخرسانة لرمل البعاج ووادي الرتم.

4- ارتفاع نسبة السلفات في جميع الأنواع المدروسة وحتى في العينة المأخوذة كعينة شاهدة والمعتمدة في أشغال البناء من طرف الدولة,والذي يجب أن يأخذ بعين الاعتبار لاحتمالية تأثيره على ديمومة الخرسانة ولو بعد مدة من الزمن,وهذا ما يمنع استعمال هذه الرمال في المناطق الرطبة لسهولة تدهورها في زمن قصير.

5- نقوم بطرح هذا المشكل (ارتفاع نسبة السلفات في رمال المنطقة),لدراسة من قبل الباحثين لإيجاد حلول فعالة للحد من أثاره السلبية على الخرسانة.

6- وفي الأخير نتمنى أن نكون قد استفدنا وافدنا ووفقنا ولو بالجزء اليسير في بحثنا هذا وإيصال ما كنا نرمي إليه من خلال هذا البحث.

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

المراجع

قائمة المراجع بالفرنسية .

- [01] **Normes Afnor** "Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers", 1981-1997.
- [03] **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.
- [06] **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.
- [09] **Presse de l'école nationale des ponts et chaussées**, "Béton de sable, Caractéristiques et pratiques d'utilisation", France, 1994.
- [10] **BENTATA A.** "Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.
- [11] **HADJI N, DRIF A.** "Influence des granulats sur les qualités du béton", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie, 2005.
- [13] **LOGBI A.** "Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico-mécaniques du béton", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1999.
- [14] **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.
- [15] **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'ingéniorat, ENTP, Algérie, 2005.
- [16] **HACHANA A.** "Etude des Bétons à base des agrégats de démolition", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.
- [18] **KETTAB R.** "Contribution à la valorisation du sable de dunes", Thèse de doctorat, ENP, Algérie, 2007.
- [20] **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.

- [23] **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'ingéniorat, Université de Biskra, Algérie, 1996.
- [24] **GORISSE F.** "Essais et contrôle des bétons", Edition Eyrolles, Paris, 1978.
- [25] **DUPAIN R, LANCHON R, ST-ARROMAN J-C.** Granulats sols ciments et bétons(caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire). Paris : Edition castella-25, 1995.
- [27] **BARKAT A.** "Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.
- [28] **CHAOUCH A.** "Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993.
- [29] **GUENOUN R.** "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie, 2003.
- [31] **DREUX G, FESTA J.** Nouveau guide de béton et de constituants. s.l. : Edition Eyrolles, 8eme edition, 1998.
- [32] **NAFA A, BATATA A.** Béton de sable de concassage "projet fin d'etude". Algérie : ENP, 1989.
- [33] **COOK, D.J.** "Concrete and cemenet composites reinforced with natural fibers", PROC, Sympon fibrous concrete, Australie 1980 .
- [34] **SALHI, K.** "Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune et le laitier granulé finement broyés au ciment sur la stabilité de béton", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.
- [35] **CTC Centre.** "Correction des sables par analyse granulométrique", Algérie, 2006.
- [36] **PHOUMMAVONG, V.** "Matériaux de construction expériences", Cours en ligne, Agence universitaire de la Francophonie. Montréal, Canada, 2006.
- [37] **KEDJOUR N.E.** "Le laboratoire du béton", Edition OPU, Algérie, 2005.

قائمة المراجع باللغة العربية .

- [02] مريقة , رحمانى . " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي " , لنيل شهادة الماستر بجامعة حم لخضر – الوادي – 2019.
- [04] كتاب السنة الثالثة ثانوي هندسة مدنية .
- [05] ضو , بن أعمارة . " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل بواسطة استعمال موارد رمليّة جديدة في وادي سوف " , لنيل شهادة الماستر بجامعة حم لخضر – الوادي – جوان 2019.
- [07] ماني محمد . " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية " , لنيل شهادة الماجستير بجامعة قاصدي مرباح – ورقلة – 2010.
- [08] المهندس احمد عصام محمود أمام " كتاب تكنولوجيا الخرسانة " دار الكتاب العلمي, مصر. 2006.
- [12] عبد الفتاح القاصي. "ميكانيك التربة" , دار الكتاب العلمي , مصر, 2006.
- [17] جديع محسن البصري "أنقاض البناء ... المشكلة والحل" مجلة العمران العربي إصدار عام 1997م.
- [19] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن " المملكة العربية السعودية.
- [21] بلة نبيل . "المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل", جامعة محمد بوضياف وهران, الجزائر, 2005.
- [22] "البيتون عالي المقاومة" من الانترنت من موقع "نادي الهندسة المدنية" جوان 2009.
- [26] . محمود أمام " تكنولوجيا الخرسانة " قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة, جامعة المنصورة, مصر 2002
- [30] مجلة المهندس . الشروخ الخرسانية اسبابها وعلاجها العدد 4. 1996 .
- [38] البطاقة التقنية لاسمنت مصنع حمام الضلعة ولاية المسيلة.
- [39] البطاقة التقنية للماء المصفى.
- [40] البطاقة التقنية للملدن.
- [41] عماد محمد حمادة "الخرسانة" مقالة من موقع "مركز المدينة للعلوم الهندسية" جوان 2009
<http://www.mmsec.com/m1-eng/concret2.htm>

الملاحق

مرحلة جلب العينات وتحضيرها



الصورة 2 توضح تحضير عينة الغربلة والمكافئ الرملي .

لصورة 1 توضح أخذ العينات من المحاجر.

إجراء تجربة التحليل الحبيبي



الصورة 4 توضح آلة الغربلة الميكانيكية .

الصورة 3 توضح تجفيف العينات بعد غربلتها بالماء.

إجراء تجربة المكافئ الرملي



الصورة 6. توضح قياس نسبة المكافئ الرملي

الصورة 5 توضح إجراء تجربة المكافئ الرملي لرملي.

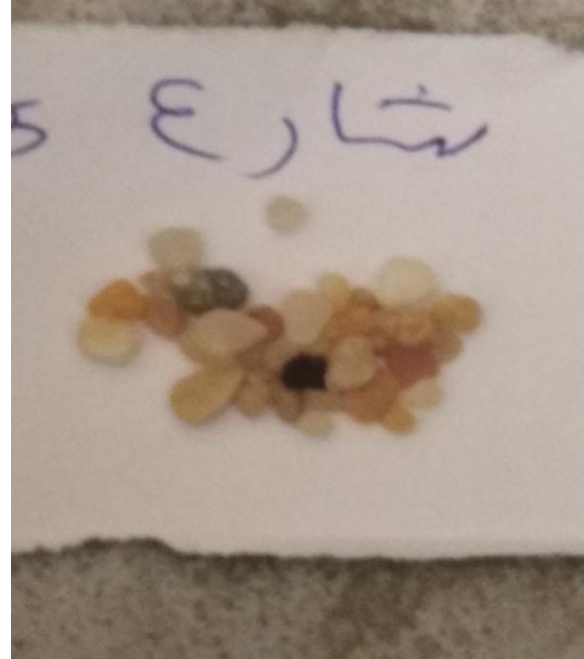
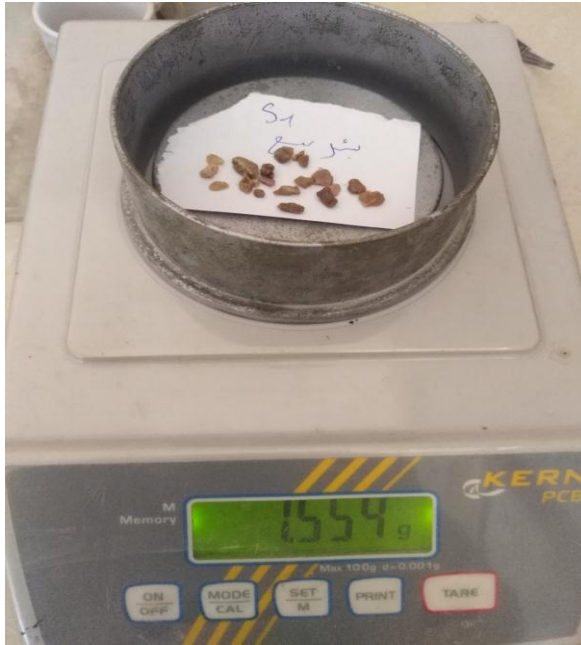
إجراء تجربة الكتلة الحجمية



الصورة 8. توضح وزن الكتلة الحجمية للأسمنت.

الصورة 7. توضح إجراء تجربة الكتلة الحجمية للأسمنت.

إجراء تجربة الامتصاص لحبيبات الرمل.



الصورة 10. توضح وزن عينات تجربة الامتصاص

الصورة 9. توضح إجراء تجربة الامتصاص.

إجراء التجارب الكيميائية



الصورة 12. توضح عملية تحضير نسبة السلفات

الصورة 11. توضح طريقة الترشيح لقياس نسبة السلفات.

إجراء تجربة التشغيلية



الصورة 14. توضح قياس نسبة الهبوط بمخروط ابرامس



الصورة 13. توضح مخروط ابرامس وملحقاته.

تحضير وخط العينات وحفظها في الماء



الصورة 16. توضح حفظ العينات في الماء



الصورة 15. توضح صب الخرسانة في القوالب.



لصورة 17. توضح وزن الملدن مع الماء

إجراء تجربة الامتصاص الخاصة الشعرية



الصورة 19. توضح وزن عينات تجربة الامتصاص.



الصورة 18. توضح إجراء تجربة الامتصاص.

إجراء تجربة الشد بواسطة الانحناء بالتين مختلفتين



الصورة 21. توضح شكل آلة التحطيم الخاصة بتجربة الشد 2



الصورة 20. توضح شكل آلة التحطيم الخاصة بتجربة الشد 1

إجراء تجربة الضغط



الصورة 23. توضح شكل آلة التحطيم الخاصة. بتجربة الضغط 2



الصورة 22. توضح شكل آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط 1



الصورة 24. توضح آلة تقسيم العينات.