



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخصر بالوادي



قسم الري والهندسة المدنية

كلية التكنولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص: مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان:

دراسة تجريبية لمختلف رمال البناء المستخدمة في منطقة الجنوب الشرقي من الجزائر

- إعداد الطلبة :

- الهامل ناجي

- رحموني عبد القادر

- زهري عامر

- تحت إشراف:

الأستاذ: العقبي عبد العزيز

2021/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

(يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات والله بما تعلمون خبير)

صدق الله العظيم

بعد إتمام هذا العمل المتواضع لا يسعنا إلا أن نحمد الله عز وجل، ففتح الأبواب وميسر الصعاب والهادي إلى

الصواب ، نحمده ونشكره لنكون ممن قال فيهم (ولئن شكرتم لأزيدنكم)، فيا ربي لك الحمد فزدنا.

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك.. ولا يطيب النهار إلى بطاعتك.. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك.. ولا تطيب الجنة

إلا برويتك.

إلى من بلغ الرسالة .. وأدى الأمانة.. ونصح الأمة.. وكشف الغمة.. إلى نبي الرحمة

"محمد صلى الله عليه وسلم"

إلى من علمني النجاح والصبر.. إلى من علمني العطاء دون انتظار إلى من أرجو من الله أن يطيل

عمره لي

"أبي الغالي"

إلى من علمتني وربتني وعانت الصعاب لأصل إلى ما أن فيه إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها

بلسم جراحي

"أمي الغالية"

إلى من أثروني على أنفسهم .. إلى من علموني علم الحياة إلى من أضحوا لي ما هو أجمل من الحياة

"إخوتي و أصدقائي"

إلى كل أصدقائي وزملائي من تشاركت معهم نفس القسم إلى من كانوا ملاذي وملجئي إلى من تذوقت

معهم أجمل اللحظات إلى من سأفتقدهم وسأشتاق إليهم

"طلاب قسم الهندسة المدنية"

"إلى صديقي المرحوم "خميسات مسعود" رحمه الله تعالى

شكر وعرفان

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم :

"من لا يشكر الناس لا يشكر الله"

صدق رسول الله

الحمد لله على إحسانه والشكر له على توفيقه وامتنانه ونشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له تعظيما

لشأنه ونشهد أن سيدنا وحبينا محمد عبده ورسوله داعي إلى رضوانه صلى الله عليه وعلى آله

وأصحابه وأتباعه إلى يوم الدين

بعد شكر الله سبحانه وتعالى على توفيقه لنا لإتمام هذا البحث امتواضع نتقدم بالشكر إلى الوالدين الأعمام

الذين أعانونا وشجعونا على الاستمرار في مسيرة العلم والنجاح، وإكمال الدراسة الجامعية والبحث، كما

نتوجه بالشكر الجزيل إلى من شرفنا بإشرافه على مذكرة بحثنا الأستاذ الدكتور "العقبي عبد العزيز" الذي

لن تكفينا الحروف لإفائه حقه بصبره الكبير علينا، وتوجيهاته العلمية التي لا تقدر بثمن والتي ساهمت

بشكل كبير في إتمام وإستكمال هذا العمل.

إلى كل أساتذة قسم الري والهندسة المدنية، كما نتوجه بخالص شكرنا إلى كل من سعدنا من قريب أو

بعيد على إنجاز وإتمام هذا العمل.

ملخص:

تتميز المنطقة الشرقية (وادي سوف وادي ريغ) بتعدد الرمال الموجهة لأعمال البناء والخرسانة وتختلف هذه الرمال من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مما أصبح يطرح إشكالاً في إختيار أنسب الرمال و أجودها لورشات البناء، حيث يتمحور موضوع دراستنا حول هذا الإطار فهو عبارة عن دراسة تجريبية لمختلف أنواع رمل البناء المتواجدة في منطقة واد سوف واد ريغ بالجنوب الشرقي للجزائر وقد اخترنا من هذه المنطقة سبع أنواع من الرمال (الرمل الأصفر والأحمر بجامعة، رمل البعاج والعسيلة والبرقاجية بالمغير، ومن تقرت إخترا رمل سيدي سليمان ومقر) حيث قمنا بدراسة الخصائص الفيزيائية لهاته الرمال، كما حضرنا سبع أنواع من الملاط بنوعين من الإسمنت (اسمنت مقاوم للكبريتات واسمنت عادي) وحفظناها في وسطين مختلفين (ماء صاعد وماء عادي) في منطقة واد ريغ (جامعة) وذلك من أجل دراسة المقاومة الميكانيكية والديمومة. والهدف من هذه الدراسة هو إجراء تقييم تجريبي لتأثير مختلف رمال البناء على السلوك الميكانيكي للملاط. ومن النتائج التي تحصلنا عليها وجدنا بعض الاختلافات بين أنواع الرمل المستعملة فمنها ما هو متقارب ومنها من هو متباعدا.

ومن خلال الدراسة كذلك تبين لنا أن جل الرمال المدروسة قابلة للإستعمال في مجال البناء عدا رمل البرقاجية الذي نعتبره رمل غير متجانس في تركيبته وغير مثالي.

كلمات مفتاحية:

رمل البناء - الخصائص الفيزيائية - اسمنت مقاوم للكبريتات -ملاط الاسمنت - الديمومة - المياه الصاعدة - المقاومة الميكانيكية.

Abstract:

The eastern region (Wadi Suf and Wadi Rig) is characterized by the multiplicity of sand intended for construction and concrete works, and these sands differ in terms of physical and chemical properties, which has become a problem in choosing the most appropriate and quality sand for construction workshops, as the subject of our study revolves around this framework, as it is an experimental study trail of different types of Building Sand which located in El Oued and Ouedi Righ, the southeast of Algeria. From this area, we chose seven (7) types of sand; the yellow and red sand at Djamaa, the sand of Al-Baaj, El Assila, El Barkajia in El Meghaier, as well as the sands of Sidi Sliman and Meger at Touggourt.

In the other hand, we prepared seven (7) types of Mortar (masonry) with two (2) types of Tile (or cement) (Sulfate-resistant Cement and Ordinary) and reduced them in two different mediums (he rising water and ordinary water) in the Wed Righ region (Djamaa) in order to study the mechanical resistance and permanence,

The aim of this study is to make a practical evaluation of the effect of different sand types on the mechanical behavior of mortar.

From the results we obtained, we found some differences between the types of sand used, some of which are close and some of which are far apart.

Through this study, we also found that the most studied sand is usable regarding the construction, except for El Barkajia sand, which it considers to be heterogeneous sand in its composition and not ideal.

Keywords:

Sand - Physical Properties - Sulfate-resistant Cement - Tile (Cement) - Permanence - Rising Water - Mechanical Resistance.

الفهرس

- A.....البسمة
- B.....الإهداء
- C.....الشكر والعرفان
- D.....الملخص
- E.....الفهرس
- F.....قائمة المصطلحات

المقدمة العامة

- G.....مقدمة عامة

الفصل الأول (الجزء النظري)

- 1.1 الرمل
- 1.1.1 تعريف الرمل
- 1.2.1 أنواع الرمل المستعملة في البناء
- 1.3.1 الصفات المطلوبة للرمل الطبيعي أو الصناعي
- 1.4.1 خصائص الرمل الفيزيائية
- 1.2 الإسمنت
- 1.1.2 تعريف الإسمنت
- 1.2.2 تصنيف الإسمنت
- الملاط
- 1.1.3 تعريف الملاط
- 1.2.3 تصنيف وأنواع الملاط
- 1.3.3 مكونات الملاط
- 1.4 التشغيلية
- 1.1.4 تعريف
- 1.2.4 النسبة المئوية الإسمنتية E/C

9	1.3.4 قياس قابلية التشغيل للملاط.....
11	1.5 الديمومة.....
11	1.1.5 تعريف.....
11	1.2.5 المسامية والنفذية والامتصاص.....
12	1.3.5 تأثير الكبريتات على الملاط والخرسانة.....
12	1.4.5 تأثير نسبة الماء على الاسمنت E/C على الديمومة.....

الفصل الثاني (خصائص المواد المستعملة والعمليات التجريبية)

13	2.1 خصائص المواد المستعملة.....
13	1.2.1 الإسمنت.....
16	2.2 التجارب الفيزيائية على الرمل.....
16	2.2.1 الكتلة الحجمية الظاهرية.....
17	2.2.2 الكتلة الحجمية المطلقة.....
18	2.2.3 تجربة المكافئ الرملي.....
21	2.2.4 تجربة التحليل الحبيبي.....
22	2.2.5 معامل الانتظام.....
22	2.2.6 معامل الإنحناء.....
23	2.2.7 معامل النعومة.....
25	2.3 التجارب على عينات الملاط.....
25	2.3.1 التركيبية المعتمدة للملاط المستعمل.....
25	2.3.2 اختيار شكل العينات.....
26	2.3.3 البروتوكول التجريبي.....
26	2.3.4 طريقة الخلط المعتمدة.....
28	2.4 خصائص الملاط في الحالة الطازجة والصلبة.....
28	2.4.1 الكتلة الحجمية للملاط.....
29	2.4.2 تجربة معامل امتصاص الماء (الامتصاص بالغمر).....
30	2.4.3 تجربة مقاومة الضغط.....

31.....	2.5 نتائج تجارب الرمال المستعملة في الدراسة.....
44.....	خلاصة الفصل.....

الفصل الثالث (عرض وتحليل النتائج)

46.....	3.1 تحليل نتائج التجارب على الرمل.....
46.....	3.1.1 نتائج تجربة المكافئ الرملي.....
47.....	3.1.2 نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للرمل.....
47.....	3.1.3 نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمل.....
48.....	3.1.4 تحليل نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل:.....
51.....	3.2 تحليل نتائج التجارب على عينات الملاط.....
53.....	3.2.1 نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط.....
54.....	3.2.2 نتائج تجربة معامل امتصاص الماء.....
57.....	3.2.3 نتائج تجربة مقاومة الضغط.....
59.....	3.2.4 تحليل نتائج تجربة الضغط.....
60.....	3.2.5 مقارنة بين الوسط العادي والوسط العدوانى في تجربة الضغط.....
62.....	خلاصة الفصل.....
63.....	الخلاصة والتوصيات العامة.....
64.....	المراجع.....

فهرس الأشكال

الفصل الأول

- الشكل 1.1 جهاز الإنسياب.....10
- الشكل 1.2 المراحل المتبعة لحساب انسياب الملاط.....10
- الشكل 1.3 حالات المسام المختلفة.....12
- الشكل 1.4 منحنى تأثير E/C على النفاذية.....12

الفصل الثاني

- الشكل 2.1 البطاقة التقنية للإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري.....14
- الشكل 2.2 البطاقة التقنية للإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات.....15
- الشكل 2.3 خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.....16
- الشكل 2.4 خطوات تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.....17
- الشكل 2.5 خطوات تجربة المكافئ الرملي.....20
- الشكل 2.6 خطوات تجربة التحليل الحبيبي.....24
- الشكل 2.7 شكل القالب المستعمل.....26
- الشكل 2.8 صورة توضح ملئ القالب.....27
- الشكل 2.9 صورة توضح حفظ العينات قبل إزالة القالب.....28
- الشكل 2.10 صورة توضح حفظ العينات في الوسط العادي.....28
- الشكل 2.11 صورة توضح حفظ العينات في الوسط العدواني.....29
- الشكل 2.12 صور توضح طريقة حساب الكتلة الحجمية للملاط في الحالة الخضراء.....30
- الشكل 2.13 صور توضح طريقة حساب الكتلة الحجمية للملاط.....30
- الشكل 2.14 جهاز التحطيم الخاص بتجربة الضغط.....31
- الشكل 2.15 منحنى التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأحمر.....34
- الشكل 2.16 منحنى التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر.....36
- الشكل 2.17 منحنى التحليل الحبيبي لرمل البعاج.....37
- الشكل 2.18 منحنى التحليل الحبيبي لرمل عسيلة.....39

الشكل 2.19 منحى التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان.....40

الشكل 2.20 منحى التحليل الحبيبي لرمل مقر.....42

الشكل 2.21 منحى التحليل الحبيبي لرمل البرقاجية.....43

الفصل الثالث

الشكل 3.1 منحى التحليل الحبيبي لجميع أنواع الرمل المدروسة.....48

الشكل 3.2 نسبة امتصاص الماء في الوسط العادي.....55

الشكل 3.3 نسبة امتصاص الماء في الوسط العدوانى.....55

الشكل 3.4 مقاومة الضغط للعينات المحفوظة في الوسط العادي.....58

الشكل 3.5 مقاومة الضغط للعينات المحفوظة في الوسط العدوانى.....58

فهرس الجداول

الفصل الأول

الجدول 1.1: تصنيف الاسمنت حسب مقاومة الانضغاط.....18

الجدول 1.2: تصنيف الاسمنت حسب مكوناته.....18

الجدول 1.3: قابلية التشغيل للملاط.....10

الفصل الثاني

الجدول 2.1: تصنيف الرمل حسب المكافئ الرملي.....20

الجدول 2.2: المقادير المستعملة في كل خطة.....26

الجدول 2.3: الخصائص الفيزيائية لرمل جامعة الأصفر.....31

الجدول 2.4: الخصائص الفيزيائية لرمل جامعة الأحمر.....31

الجدول 2.5: الخصائص الفيزيائية لرمل البعاج.....31

الجدول 2.6: الخصائص الفيزيائية لرمل عسيلة.....31

الجدول 2.7: الخصائص الفيزيائية لرمل سيدي سليمان.....32

الجدول 2.8: الخصائص الفيزيائية لرمل مقر.....32

الجدول 2.9: الخصائص الفيزيائية لرمل البرقاجية.....32

الجدول 2.10: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأحمر.....33

الجدول 2.11: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر.....34

الجدول 2.12: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل البعاج.....36

الجدول 2.13: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل عسيلة.....37

الجدول 2.14: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان.....39

الجدول 2.15: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل مقر.....40

الجدول 2.16: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل البرقاجية.....42

الجدول 2.17: تصنيف حبيبات الرمل.....43

الفصل الثالث

- الجدول 3.1: نتائج تجربة المكافئ الرملي.....46
- الجدول 3.2: نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للرمل.....47
- الجدول 3.3: نتائج الكتلة الحجمية المطلقة للرمال.....47
- الجدول 3.4: نتائج تجربة معامل النعومة.....50
- الجدول 3.5: أنواع التركيبات الخاصة بكل عينة.....51
- الجدول 3.6: المقادير المستعملة في كل خلطة.....52
- الجدول 3.7: نتائج تجربة الكتلة الحجمية للملاط في الحالة الطازجة.....53
- الجدول 8.3: نتائج تجربة الكتلة الحجمية للملاط في الحالة الصلبة.....53
- الجدول 3.9: نتائج تجربة معامل امتصاص الماء.....54
- الجدول 3.10: نتائج تجربة مقاومة الضغط.....57

قائمة المصطلحات

S DJ-R	رمل جامعة الأحمر
S DJ-J	رمل جامعة الأصفر
S BA	رمل البعاج
S A	رمل العسيلة
S SS	رمل سيدي سليمان
S M	رمل مقر
S B R	رمل البرقاجية
MDJ-R (CN)	ملاط رمل جامعة الأحمر بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MDJ-J (CN)	ملاط رمل جامعة الأصفر بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MBA (CN)	ملاط رمل البعاج بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MA (CN)	ملاط رمل العسيلة بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MSS (CN)	ملاط رمل سيدي سليمان بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MM (CN)	ملاط رمل مقر بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MBR (CN)	ملاط رمل البرقاجية بإسمنت الحجر الجيري البروتلاندي
MDJ-R (CRS)	ملاط رمل جامعة الأحمر بإسمنت المقاوم للكبريتات
MDJ-J (CRS)	ملاط رمل جامعة الأصفر بإسمنت المقاوم للكبريتات
MBA (CRS)	ملاط رمل البعاج بإسمنت المقاوم للكبريتات
MA (CRS)	ملاط رمل العسيلة بإسمنت المقاوم للكبريتات
MSS (CRS)	ملاط رمل سيدي سليمان بإسمنت المقاوم للكبريتات
MM (CRS)	ملاط رمل مقر بإسمنت المقاوم للكبريتات
MBR (CRS)	ملاط رمل البرقاجية بإسمنت المقاوم للكبريتات

المقدمة العامة

مقدمة عامة

للبناء أهمية كبيرة في حياة الإنسان، حيث أنه ومنذ آلاف السنين وهو يبحث ويبتكر في المواد التي تساعد في هذا المجال ومن بين هاته المواد نجد الرمل الذي يعتبر أحد أكثر المواد استعمالا في مجال بناء والهندسة المدنية خاصة في صنع الطوب والقرميد وكذا الخرسانة والملاط بشكل كبير، حيث يحتل الرمل ما يقارب 66 % من حجم الملاط إذا فهو جزء أساسي منه وبالرغم من أهميته في هذا المجال إلا أنه من المواد الغير متجددة في الطبيعة حيث أن جلبه من موطنه إلى مكان العمل يسبب بعض المشاكل التي يعاني منها العالم بأسره. إلا أن لكل نوع رمل خصائص فزيائية وكيميائية تميزه عن غير وذلك باختلاف موطنه وتنوع تشكيلته ولهذا قمنا في بحثنا هذا بعدة دراسات تجريبية لسبع أنواع من الرمل المتوجدة في الجنوب الشرقي للجزائر وقد اخترنا كل من رمل البرقاجية ورمل البعاج ورمل العسيلة بالمغير، والرمل الأحمر والأصفر بجامعة، ورمل سيدي سليمان ومقر بنقرت.

بحيث قمنا بدراسة كل خصائصها الفزيائية.

وقد تم تقسيم العمل على ثلاث فصول، إذ يحتوي الفصل الاول على عموميات حول رمل البناء والتجارب المعمول بها وتحدثنا أيضا على لمحة لنوع الإسمنت المستعمل في الدراسة كما تكلمنا على الملاط والديمومة والنفاذية ودراسة الجانب النظري لهم حيث قمنا بدراسة مكونات الملاط وخصائصهم وتاريخهم.

وخصصنا الفصل الثاني لخصائص المواد المستعملة والعمليات التجريبية ونتائج التجارب.

أما في الفصل الثالث والأخير فقد قمنا بتحليل النتائج المحصل عليها في الدراسة التجريبية.

الفصل الأول

الجزء النظري

مدخل:

يوجد الرمل في الطبيعة في عدة مناطق، مثل الشواطئ والخلجان وكهوف الرمال والصحراء والوديان وغيرها، حيث أن للرمل استعمالات عديدة، فهو يستخدم منذ زمن بعيد فقد أستخدم في صناعة الإسمنت كذلك يستخدم في خلطات الخرسانة، وقد خصصنا هذا الفصل لدراسة أنواع وخصائص الرمل والإسمنت والملاط من الناحية النظرية.

1.1 الرمل:**1.1.1 تعريف الرمل:**

الرمل^[1] هو مادة حبيبية طبيعية تتكون من جزيئات الصخور المفتتة الناعمة وفتات المعادن، وتُعرّف من حيث الحجم على أنها مادة ذات الحبيبات الأصغر من الحصى والأكبر من الطمي.^[2]

ويختلف تكوين الرمل تبعاً لمصادر الصخور المحلية المكونة وظروفها، ولكن المكون الأساسي لها في المناطق القارية الداخلية والمناطق الساحلية غير الاستوائية هو السيليكات (ثاني أكسيد السيلكون، أو SiO_2) التي عادةً ما يكون على شكل معدن الكوارتز، وتعد كربونات الكالسيوم النوع الثاني الأكثر شيوعاً من مكونات الرمل مثل معدن الأراجونيت الذي تشكل على مدى النصف مليار سنة الماضية.

يعتبر الرمل أحد الموارد الطبيعية الغير متجددة، ويدخل بكثرة في صنع الخرسانة.^[3]

1.2.1 أنواع الرمل المستعملة في البناء:**1.1.2.1 رمل البحار:**

الرمل البحرية يتم استخراجها من قاع البحر عن طريق المقذوفات الهيدروليكية والأمواج البحرية.

إن الرمل البحرية أقل أهمية من رمل النهر لأنه يحتوي على نسبة عالية من الأملاح التي تسبب ضرراً على ديمومة فولاذ المنشآت.

كما يتعرض جرف الرمال في البحر بشدة لسبب تدهور البيئة البحرية وخطر هبوط الساحل والشاطئ.^[4]

1.2.2.1 رمل الوديان والأنهار الطبيعية:

يعد رمل الوديان والأنهار من أنواع الرمل الأكثر نقاوة حيث يستخدم في العديد من أنواع الخرسانة لأنه يتميز بهيكله المتجانس وصغر حجم حبيباته.^[5]

الرمل الطبيعية نحصل عليها من الأنهار حيث تتميز بشكلها المستدير وصلابتها، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور بسب كتلتها الصغيرة، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العالي ووصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة والتي لم تعد تحملها طاقة الماء تتسرب ببطء في مجاري الأنهار.^[4]

مع مرور الوقت يتم تغطية هذه الرواسب بالطمي والتربة العلوية التي يتم استغلالها حاليا على طول الأنهار مثل نهر السين، غروان، نهر الرين...، ولأسباب بيئية يتم استغلال عدد قليل من هذه الرمال خوفا من نفاذها لأنها تعتبر من الرمال الغير متجددة.^[6]

1.3.2.1 رمل المحاجر:

هو الرمل الناتج عن كسر الصخور الكبيرة، فهو كل عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشظايا الأصغر فالأصغر، وبهذا تتكون كمية معتبرة من الرمال حيث تستخدم الحصى التي يزداد قطرها عن 5 مم لتصنيع الخرسانة.^[4]

1.4.2.1 رمل الكثبان:

هي تكوينات جيولوجية نتيجة لعوامل التعرية من الرياح أو المياه الجارية، يتكون الكُثيب نتيجة اندفاع الرياح ويكون له وجهان وجه موجة للرياح ويكون مُحدب وذو انحدار بسيط، والوجه الثاني يكون مقعر ومنحدر بشدة، وتتعدد أنواع الكثبان الرملية وهي الهالالية والبيضاوية، وتتكون تبعا لاتجاه هبوب الرياح وهي غير ثابتة في مكانها وتنتقل بفعل الرياح الشديدة.^[7]

يعتبر رمل الكثبان من أكثر الرمال تواجدا في الطبيعة خاصة في منطقتنا الصحراوية والمعروفة بالعرق الشرقي ويشمل جزء كبير من الجزائر وليبيا، تحتوي هذه الرمال على نسبة عالية من السليكا، فهي متماثلة ومتجانسة

وذاات أقطار تتراوح بين 80 و160مكرون، وهذا هو الشيء الذي جعلها من أنواع الرمال الغير مرغوبة في الخلطات الخرسانية. [4]

1.5.2.1 الرمل الصناعي:

الرمل الصناعي أو المُصنَّع ويُعرف أيضا بالرمل المسحوق أو الركام الناعم الصناعي هو بديل لرمل النهر الطبيعي في أعمال البناء، يتم تصنيعه عن طريق تكسير الصخور أو أحجار المحاجر أو قطع الركام الأكبر حجما إلى جزيئات بحجم الرمل في المصنَّع أو المحاجر، الرمل الصناعي له شكل مكعب وزاوي، ويبلغ حجمه أقل من 4.75 مم. [8]

1.3.1 الصفات المطلوبة للرمل الطبيعي أو الصناعي:

يعتبر الرمل ذو نوعية جيدة إذ استوفى الشروط التالية:

- يجب ألا يحتوي الرمل على أكثر من 3 % من الشوائب (الطمي، المنتجات الصناعية الضارة، الغبار... إلخ).
- يجب أن تكون مصنوعة من الحبيبات بأحجام وأبعاد مختلفة، وذلك لملء الفجوات المتبقية بين أنواع مختلفة من الركام. [9]

1.4.1 خصائص الرمل الفيزيائية:

1.1.4.1 تجربة التحليل الحبيبي: NF P 18-560 [10]

يقصد بتجربة التحليل الحبيبي هو توزيع وتصنيف وتعيين مختلف النسب المئوية لمختلف اقطار حبيبات الرمل بواسطة غربيل أو مناخل اقطارها أكبر من 0.08 mm مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بترتيب تصاعديا، بمعنى اخر هو معرفة مكونات التدرج الحبيبي لتحديد ما إذا كان هذا الأخير قابل للاستعمال أم لا. وهي معرفة بالقواعد NF P 18-560.

إن القاعدة تنص على أن الوزن الأصغر المستعمل في العينة يجب أن يحقق العلاقة التالية:

$$200 D \max \leq M \leq 600 D \max$$

1.2.4.1 تجربة المكافئ الرملي: NF P 18-598^[11]

تسمح هذه التجربة بقياس مدى نقاوة الرمل، وتعطي حسابا شاملا لكمية وجود العناصر الدقيقة من خلال التعبير عن النسبة بين العناصر الرملية التي تترسب والعناصر الدقيقة التي تتراكم (الغضار والشوائب).

1.3.4.1 الكتلة الحجمية: (la masse volumique)

الكتلة الحجمية هو مصطلح يستخدم لوصف كثافة الجسم، حيث أن كثافة الجسم أو الكتلة الحجمية هو مقدار الربط الذي يربط ما بين الحجم والكتلة، وهي معروفة بالقواعد NFP 18-301^[12].

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، ويوجد نوعان من الكتلة الحجمية:

الكتلة الحجمية الظاهرية: (la masse volumique apparente) (NFP 94-064)^[13]

تعرف الكتلة الحجمية الظاهرية بأنها كتلة وحدة الحجم الظاهري للجسم، أي الحجم الذي يتكون من مادة الجسم والفراغات التي يحتويها.

نحسب الكتلة الحجمية الظاهرية بالعلاقة التالية:

$$\rho_{app} = (M_1 - M_0) / V$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية.

M_1 : وزن العينة + الإناء.

M_0 : وزن الإناء.

V_t : حجم العينة الكلي.

الكتلة الحجمية المطلقة: (la masse volumique absolue) (NFP 94-301)^[14]

تعرف الكتلة الحجمية المطلقة بأنها كتلة وحدة الحجم المطلق للجسم، أي الحجم الذي يتكون من مادة الجسم بدون الفراغات التي يحتويها.

نحسب الكتلة الحجمية المطلقة بالعلاقة التالية:

$$\rho_{ab} = M_s / V_s$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة.

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

1.2 الإسمنت:

1.1.2 تعريف الإسمنت:

الإسمنت عبارة عن مادة رابطة هيدروليكية تأتي على شكل مساحيق معدنية دقيقة يتم الحصول عليها عن طريق الحرق في درجة حرارة عالية (حوالي 1450 درجة مئوية) وطحن خليط معدني (80% حجر جيرى + 20% طين بشكل عام).^[15]

يشكل هذا اللاصق الممزوج بالماء عجينة تتماسك وتتصلب بتفاعلات عملية الإماهة. بعد التصلب، تحافظ هذه العجينة على قوتها وثباتها، حتى تحت الماء. وهو مكون أساسي للخرسانة.^[16]

1.2.2 تصنيف الإسمنت:

يصنف الإسمنت حسب مقاومته ومكوناته

1.1.2.2 تصنيف الإسمنت حسب مقاومته:

ينقسم الإسمنت إلى ثلاث فئات، 32.5 - 42.5 - 52.5، محددة بالحد الأدنى لقيمة المقاومة الطبيعية للإسمنت عند 28 يومًا.

المقاومة الطبيعية للإسمنت هي المقاومة الميكانيكية للضغط التي تم قياسها عند 28 يومًا وفقًا للمعيار [NF EN196-1]^[17] ويتم التعبير عنها بـ $N / mm^2 = 10 daN/cm^2 = 10 bar = 1MPa = 1N / mm^2$.

الجدول 1.1: تصنيف الاسمنت حسب مقاومة الانضغاط. [18]

Désignation de la classe de résistance	Résistance à la compression (en MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	à 2 jours	à 7 jours	à 28 jours	
32,5 N	-	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10	-		
42,5 N	≥ 10	-	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20	-		
52,5 N	≥ 20	-	≥ 52,5	-
52,5 R	≥ 30	-		

الفئة R تعطي مقاومة في عمر مبكرة مرتفعة عن الفئة العادية N.

1.2.2.2 تصنيف الإسمنت حسب مكوناته :

الجدول 1.2: تصنيف الاسمنت حسب مكوناته [18]

	Cim. Portland	Ciment Portland composé		Ciment de haut fourneau			Ciment pozzolanique		Ciment au laitier et aux cendres	
	CPA-CEM I	CPJ-CEM II/A	CPJ-CEM II/B	CHF-CEM III/A	CHF-CEM III/B	CLK-CEM III/C	CPZ-CEM IV/A	CPZ-CEM IV/B	CLC-CEM V/A	CLC-CEM V/B
Clinker (K)	/95%	/80% ≤94%	/65% ≤79%	/35% ≤64%	/20% ≤34%	/5% ≤19%	/65% ≤90%	/45% ≤64%	/40% ≤64%	/20% ≤39%
Laitier (S)	*	6%≤	21%≤	/36% ≤65%	/66% ≤80%	/81% ≤95%	*	*	/18% ≤30%	/31% ≤50%
Pouzzolanes (Z)	*	total	total	*	*	*	10% ≤ total	36% ≤ total	18% ≤ total	31% ≤ total
Cendre siliceuses (V)	*	≤20%	≤35%	*	*	*	≤35% (fumée ≤10%)	≤55% (fumée ≤10%)	≤30%	≤50%
Fumée de silice (D)	*	(fumée de silice	(fumée de silice	*	*	*	*	*	*	*
Cendres calciques (W)	*	de silice	de silice	*	*	*	*	*	*	*
Schistes (T)	*	≤10%)	≤10%)	*	*	*	*	*	*	*
Calcaires (L)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fillers (F)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1.3 الملاط:

1.1.3 تعريف الملاط:

هو عبارة عن مادة بناء تستخدم لربط الطوب أو الحجر ولملء الفراغات بينهما. الملاط بصورة عامة يصنع على شكل عجينة تصبح صلبة حين تجف وتتكون من مواد مختلفة مثل الاسمنت والرمل وماء.^[19]

1.2.3 تصنيف وأنواع الملاط:

1.1.2.3 حسب طبيعة المادة الرابطة:

- **ملاط الإسمنت:** ملاط إسمنتي شديد المقاومة، يتماسك ويتصلب بسرعة. بالإضافة إلى ذلك، فإن جرعة الإسمنت الكافية تجعلها غير نفوذه. الجرعات الشائعة في حدود 300 إلى 400 كغ من الإسمنت لكل متر مكعب من الرمل.^[20]
- **ملاط الجير:** ملاط الجير دهني وناعم. يتصلب بشكل أبطأ من الملاط الإسمنتي، خاصة عندما يكون الجير كالسيوم.^[20]
- **ملاط الجبس:** محضر من مواد رابطة جبسية (الجبس والروابط الجافة).
- **ملاط مختلط:** يتم الحصول عليه باستخدام مواد رابطة الإسمنت الجيري والإسمنت الطيني. يتم اختيار نوع الرابط وفقاً لواجهة الملاط والمتطلبات المطلوبة وظروف درجة الحرارة والرطوبة أثناء المعالجة وظروف تشغيل المبنى.

1.2.2.3 حسب الكثافة:^[21]

- **الملاط الثقيل:** بكثافة 1500 كغ / م³ وأكثر؛ لتحضير هذا الملاط، يتم استخدام رمال الكوارتز الثقيلة وغيرها.
- **ملاط خفيف الوزن:** بكثافة أقل من 1500 كغ / م³، يكون الركام عبارة عن رمال مسامية وخفيفة من الخبث، والسيراميك، وغيرها من الركام الخفيف الناعم.
- هذا المعيار يعرّف ملاط البناء الخفيف بأنه ملاط حجري نقل كثافته الجافة بعد التصلب عن 1300 كجم/م³. بعض المواد المضافة تجعل الملاط أخف وزناً وبالتالي فهي أكثر عزلاً، ويتمثل دورها في تحسين المقاومة الحرارية للبناء.

ملاط عازل (خفيف): NPN-EN 998-2 هذا المعيار يعرّف معيار البناء الخفيف بأنه ملاط تقل كثافته الجافة بعد التصلب عن 1300 كغ/م³. بعض المواد المضافة تجعل الملاط أخف وزنا وبتالي فهي أكثر عزلا، ويتمثل دورها في تحسين المقاومة الحرارية في البناء. [21]

1.3.2.3 حسب الاستخدام:

ملاط البناء: لوضع جدران حجرية أو عناصر كبيرة.

ملاط التشطيب: للجبس، ولصنع العناصر المعمارية، ولتلييس الطبقات الزخرفية على الكتل وألواح الجدران.

الملاط الخاص: يمتلك بعض الصفات الخاصة (الصوت، التخزين المؤقت، الحماية من الأشعة السينية، إلخ)؛ نادراً ما يتم استخدامه.

ملاط البناء الصناعي أو الملاط المُعد في المصنع: يتم استخدام الملاط المُعد في المصنع لأنه يوفر ميزة الجودة المعتمدة، والتي تحافظ على استقرار النسبة بين مكونات الملاط، وهو أمر صعب بعض الشيء باستخدام خلطة الخرسانة الكلاسيكية.

1.3.3 مكونات الملاط:

الرمل: هو الركام الأكثر استخداماً. إنه خامل ويعمل في المقام الأول على زيادة التراص. يتراوح حجم حبيباته بين 0.080 مم و 4 مم. [22]

الماء: يؤدي دوراً مزدوجاً فهو يعمل على إماهة الإسمنت والأهم من ذلك أنه يساهم في قابلية التشغيل. يجب أن يحتوي الملاط على أقصى كمية من الماء متوافقة مع قابلية التشغيل المثلى. يجب أن يكون الماء نظيفاً وخالياً من المنتجات الضارة مثل الأحماض أو القلويات أو المواد العضوية. يمكن استخدامه، عندما يكون صالح للشرب. [22]

الإضافات: تستخدم لملاط البناء وفي بعض الحالات يكون استخدامها إيجابياً. ومع ذلك، لا ينصح باستخدامها بشكل عام. [22]

1.4 التشغيلية :**1.1.4 تعريف:**

أهم خاصية للملاط اللدن هي قابلية التشغيل. ويمكن تعريفها بأنها خاصية انتشار الملاط لسد جميع الشقوق والشقوق من عنصر البناء. في الواقع، هو مركب من عدة خصائص، بما في ذلك اللدونة، والتراص والتماسك. لا يتم قياس قابلية التشغيل بدقة في المخبر، ولكن يمكن للبناء تقييمها من خلال مراقبة سلوك الملاط عند نشره بمجرفة له. [22]

1.2.4 النسبة المائبة الإسمنتية E/C:

هي نسبة بين وزن الماء إلى وزن الإسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة تتوقف قوة الخلطة وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث أن كثرة الماء تضعف مقاومة الخرسانة وتسبب ما يلي (الانفصال، التميع، المسامية، قلت الديمومة، الاهتراء، قلت تماسك، ضعف التقشر، الانكماش والتشقق).

1.3.4 قياس قابلية التشغيل للملاط:

تجربة الامتداد (الانسياب) تسمح بتحديد انتشار عينات الملاط. يتم إجراء اختبار الامتداد على طاولة متحركة. قالب الاختبار على شكل مخروط نصف قطر القاعدة $D_0=10$ سم يوضع في وسط الطاولة (الشكل 1.4). [22]

الشكل 11: جهاز الانسياب. [22]





الشكل 1.2: المراحل المتبعة لحساب انسياب الملاط.

- 3- قياس قطر الانسياب 2- تطبيق ضربات الطاولة 1- ملئ القالب

القالب وقرص الانسياب مزيتان مسبقا. يتم تعبئة المخروط بكمية من الملاط على طبقات متتالية، يتم دمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك. بعدها يرفع القالب دون حركة أفقية ويسمح للملاط بالانتشار على الصفيحة المعدنية. باستخدام مقبض يدوي، يتم تطبيق 15 دورة. كل دورة تستمر بين 1 و 3 ثواني. ارتفاع الصفيحة المتحركة هو 15 ملم (الشكل 4.2). نقيس مختلف أقطار الملاط التي انتشرت على الطاولة، ويتم حساب نسبة الانسياب على النحو التالي:

$$\text{نسبة الانسياب} = \frac{Dm - D0}{D0} \times 100 (\%)$$

Dm: متوسط قطر الانسياب للملاط.

D0: قطر قاعدة المخروط الناقص السفلية.

الجدول 4.1 يعرض قابلية التشغيل للملاط بدلالة نتائج الانسياب المعطاة بواسطة جهاز الانسياب.

الجدول 1.3: قابلية التشغيل للملاط. [22]

قابلية التشغيل	الانسياب على الطاولة
جامد جدا	30-10
جامد	60-30
لدن	80-60

لدى جدا	100-80
سائل جدا	أكبر من 100

1.5 الديمومة:

1.1.5 تعريف:

الديمومة هي تحمل الخرسانة للظروف التي صممت من أجلها وتعمل في محيطها فترة طويلة من الزمن (العمر الافتراضي) دون حدوث تلف أو تفتت بها.

وبمعنى آخر فإن الديمومة هي مقاومة الخرسانة لتدهور Deterioration سواءاً التدهور ناتج من عوامل خارجية أو من عوامل داخلية. العوامل الداخلية تشمل حدوث تفاعلات ضارة بين مواد الخرسانة وحدث تغيرات حجمية بها وكذلك نفاذ السوائل فيها. أما العوامل الخارجية فتشمل ظروف التشغيل والتحميل وتأثير الجو المحيط بالمشأة. [23]

1.2.5 المسامية والنفاذية والامتصاص:

ينبغي عدم الخلط بين الامتصاص Absorption والنفاذية Perméabilité والمسامية Porosité فالامتصاص هو قدرة الخرسانة على سحب الماء داخل فجواتها وهو غير مرتبط بالنفاذية ويؤدي الامتصاص إلى انتفاخ الخرسانة كما يؤدي إلى تفتتها عند تعرضها لدورات التجمد والذوبان وهي مشبعة بالماء.

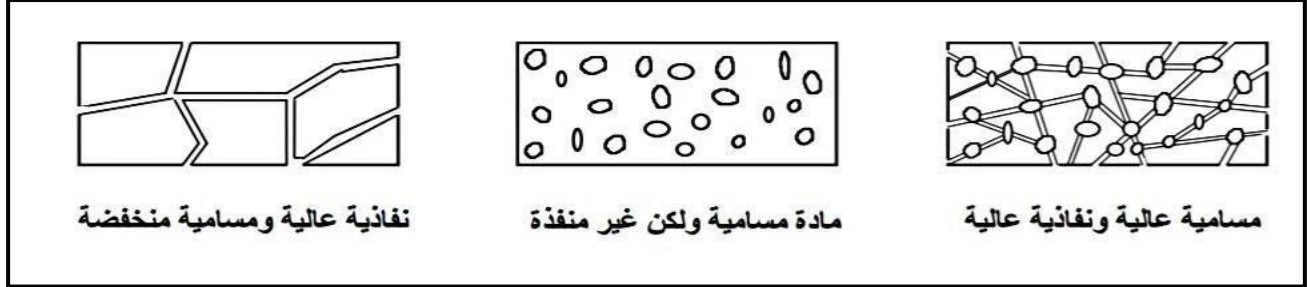
أما النفاذية فهي الخاصية التي بواسطتها يمكن تسرب أي سائل خلال الخرسانة. وهذه السوائل تقلل من عمر الخرسانة لأن وصول الرطوبة إلى صلب هذه الأخيرة يؤدي إلى دخول الأحماض والأملاح التي تتسبب في تدهورها. كما أن نفاذية الخرسانة قد تعني في بعض الأحوال عدم أداء المنشأة لوظيفتها كما في حالت الخزانات المحتوية على السوائل والمنشآت تحت الأرض، ففي مثل هذه المنشآت تصبح عدم نفاذية الخرسانة خاصية مطلوبة وهامة كمقاومتها للأحمال وأكثر.

بينما نجد أن المسامية هي وجود مسام أو فجوات داخل المادة الصلبة وقد تكون هذه المسام متصلة عن طريق أنابيب دقيقة أو مسارات شعرية أو قد تكن هذه المسام منفصلة عن بعضها.

إن التركيب الداخلي لعجينة الإسمنت يحتوي على مسام دقيقة نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تصاحب إمهاة الإسمنت والماء. إذن فالخرسانة بطبيعتها مادة مسامية ولكي تصبح الخرسانة منفذة للسوائل أو الهواء فلا بد من

اتصال هذه المسام على هيئة أنابيب دقيقة متقاطعة. وعلا ذلك فالمسام المحدودة العدد المعزولة عن بعضها البعض لن تؤدي إلى نفاذ الماء أو الهواء كما هو موضح في الشكل.

الشكل 1.3: حالات المسام المختلفة.



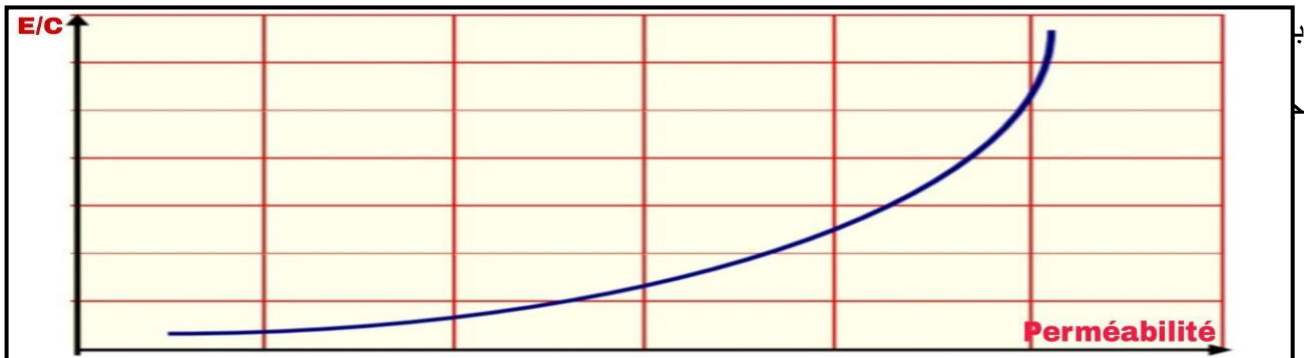
1.3.5 تأثير الكبريتات على الملاط والخرسانة:

مؤخراً، أوضحت دراسة أن وجود كمية كبيرة من أيونات الكبريت تسبب الكثير من الضرر على قوة واستقرار الهياكل الخرسانية. وذلك بسبب تفاعلها الكيميائي مع ألومينات الكالسيوم المائية أو مكونات هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت الصلب، تنتج عنه مركبات بلورية كبريتية تسبب تشقق الخرسانة وتدميرها وهو ما يعرف تقنياً بهجوم الكبريتات [24]

1.4.5 تأثير نسبة الماء على الاسمنت E/C على الديمومة:

يعتبر الماء من أهم العوامل التي تؤثر على ديمومة الخرسانة، فأي زيادة غير محسوبة في كمية المياه المضافة إلى الخلطة الخرسانية يكون لها أثراً سيئاً على قوة الخرسانة ومنه على ديمومتها. فالماء كما يعتبر روح الخرسانة يعتبر أيضاً العامل المميت لها إذا زاد عن نسبة معينة، وهناك ارتباط بين كمية المياه المضافة وبين كمية ووزن الاسمنت المضاف للخلطة الخرسانية. [25]

كما أن نسبة E/C تؤثر على مسامية ونفاذية الخرسانة حيث تزداد النفاذية بزيادة نسبة E/C فزيادة كمية الماء تؤدي إلى وجود فراغات بالخرسانة عند جفافها، كذلك في حالة زيادة الماء فإن القوام يصبح مبتلاً مما يسمح



الفصل الثاني

خصائص المواد المستعملة والعمليات

التجريبية

مدخل:

خصصنا هذا الفصل لكشف خصائص المواد المستعملة في هذه الدراسة، وفقا لمعايير محددة. والتي تتمثل في خصائص الرمل.

2.1 خصائص المواد المستعملة:

قمنا في هذه الدراسة باستعمال سبع أنواع من الرمال الطبيعية المتواجدة بالجنوب الشرقي للبلاد وهي كل من رمل البعاج، عسيلة والبرقاجية بمنطقة المغير ورمل جامعة الأحمر والأصفر وكل من رمل سيدي سليمان ومقر بمنطقة توقرت. والاسمنت، الماء.

1.2.1 الإسمنت (Le Ciment):

الإسمنت الذي استخدمناه في هذه الدراسة يرمز له بـ "السكرية للإسمنت" حيث استعملنا نوعين من هذا الإسمنت:

- إسمنت بورتلاندي بالحجر الجيري CEM II/B-L 32,5R (الشكل 2.1).
- إسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات CEM I 42,5R SR3 (الشكل 2.2).



الشكل 2.1: جداول البطاقة التقنية للإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري.

CEM II/B-L 32.5R

Ciment Portland au Calcaire

إسمنت بورتلاندي بالحجر الجيري

Conforme à la norme Algérienne
(NA442-2013)

✓ البطاقة التقنية :

القيمة	التحليل الكيميائي (%)
15 - 10	فقدان الحريق
3.0 - 2.2	محتوى الكبريتات (SO ₃)
2.8 - 1.7	محتوى أكسيد المغنسيوم (MgO)
0.05 - 0.03	محتوى الكلوريدات (Cl ⁻)

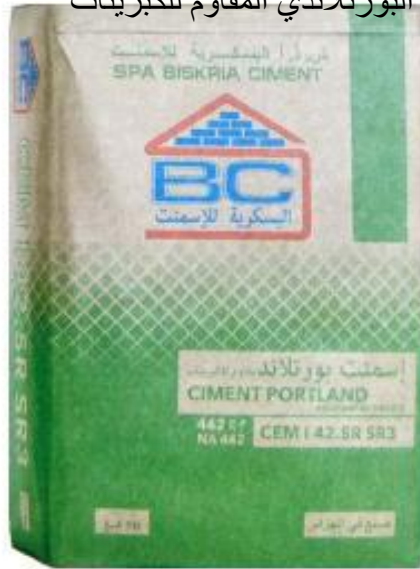
القيمة	الخصائص الفيزيائية
26.4 - 25.0	الاتساق الطبيعي %
1.0 - 0.0	

القيمة	التكوين المحتمل للكلنكر (%)
66 - 56	C ₃ S
7.2 - 5.1	C ₃ A

القيمة	مقاومة الضغط
24 - 10	2 يوم (Mpa)
42.5 - 32.5	28 يوم (Mpa)

القيمة	زمن الشك (دقيقة)
200 - 130	بداية زمن الشك
290 - 220	نهاية زمن الشك

الشكل 2.2: جداول البطاقة التقنية للإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات



CEM I 42.5R SR3

Ciment Portland

Résistant aux Sulfates

إسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات

Conforme à la norme Algérienne
(NA442-2013)

✓ البطاقة التقنية :

القيمة	التحاليل الكيميائية (%)
1.9 – 1.0	فقدان الحريق
2.6 – 2.2	محتوى الكبريتات (SO3)
2.8 – 1.7	محتوى أكسيد المغنسيوم (MgO)
0.05 – 0.02	محتوى الكلوريدات (Cl ⁻)
0.75 ≥	بقايا غير قابلة للذوبان

القيمة	زمن الشك (دقيقة)	القيمة	التكوين المحتمل للكلنكر (%)
190 - 170	بداية زمن الشك	66 – 56	C ₃ S
280 – 230	نهاية زمن الشك	7.2 – 5.1	C ₃ A
		20 ≥	C ₄ AF + 2 C ₃ A
القيمة	مقاومة الضغط	القيمة	الخصائص الفيزيائية
25 - 20	2 يوم (Mpa)	26.4 – 25.8	الاتساق الطبيعي %
51.0 – 42.5	28 يوم (Mpa)	1.0 – 0.5	التوسع عن طريق الحرارة (مم)

2.2 التجارب الفيزيائية على الرمل:

2.2.1 الكتلة الحجمية الظاهرية: (la masse volumique apparente) (NFP 94-064) [19]

الكتلة الحجمية الظاهرية والتي يأخذ فيها حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الرمل وهي النسبة بين وزن العين

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T}$$

الكلي على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة التالية:

خطوات التجربة:

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

نحسب وزن العينة $M = M_1 - M_0$ بمعرفة حجم العينة V وكتلتها M نستطيع حساب الكتلة الحجمية الظاهرية

حسب العلاقة:

$$\rho_{app} = (M_1 - M_0) / V$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية.

M_1 : وزن العينة + الإناء.

M_0 : وزن الإناء.

V_t : حجم العينة الكلي.

الشكل 2.3: خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.

2.2.2 الكتلة الحجمية المطلقة: (la masse volumique absolue) (NFP 94-301) [20]

وهي التي يأخذ فيها حجم الرمل من دون فراغات وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات

$$\rho_{ab} = M_s / V_s$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة.

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

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

$$\rho_{ab} = M_s / V_s$$

ال
شك



ل2.4: خطوات تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.

2.2.3 تجربة المكافئ الرملي: NF P 18-598 [16]

الهدف من التجربة:

هو اختبار لتحديد نسبة الرمل أو المواد الناعمة (غضار وشوائب) ونسبة الحبيبات الخشنة كنسبة حجميه ضمن مزيج التربة. [17][17]

يجرى هذا الاختبار على التربة الخشنة لأن وجود مواد ناعمة يغير في سلوكيتها بشكل ملحوظ.

وضع العالم هفيم هذه التجربة لدراسة خواص التربة، وبدأ تطبيقها في الولايات المتحدة في عام 1950 م. وهي مستعملة بكثرة في مجال أعمال الخرسانة والطرق.

مبدأ التجربة:

تعتمد التجربة على حبيبات رمل صنف 0.5مم وتحضير العينة يتم بالطريقة الرطبة حتى نحتفظ بالمواد الناعمة، نقوم بعملية غسل الرمل في أنبوب باستعمال محلول خاص ثم نقوم بقراءة الارتفاعين H1, H2.

حيث: رمل + شوائب : H₁ ارتفاع حبيبات الرمل : H₂

ثم نقوم بحساب المكافئ الرملي حسب العلاقة التالية:

$$Es = (h_2 / h_1) * 100$$

المواد المستعملة:

محلول مركز يتكون من العناصر التالية (قيم لتحضير 1ل من المحلول):

- 111 غ من مادة كلوريد الكالسيوم.
- 480 غ من الغليسرين.
- 12 غ من مادة فورمول الذهب.

محلول غسول: عبارة عن محلول غسول مميّه بمعدل 125سم³ في 5 ل من الماء المقطر (لا يجب استعمال هذا المحلول لأكثر من 28 يوم).

الأجهزة المستعملة:

- أنابيب مدرجة مؤشرة في 10 سم و38 سم.
- قمع لملأ الرمل داخل الأنبوب.
- قارورة سعتها 5ل مع أنبوب 1.5م.
- قضيب حديدي طوله 60 سم.
- مسطرة حديدية.
- صمام به كتلة 1كغ.
- وعاء صغير سعته 120ل.

مراحل التجربة:

- وزن 120 من الرمل بعد غربلته على غربال 5 مم، ثم ملا الأنبوب بالماء إلى غاية التدرجة 10سم.
- إضافة 120غ من الرمل داخل الأنبوب بواسطة قمع والانتظار لمدة 10د
- وضع الأنبوب في جهاز الرج لمدة 30ثا (60 رجة) ثم إضافة المحلول الغسول إلى غاية التدرجة 38سم.
- غسل الأنبوب بالقضيب الحديدي وذلك بعد نزع الأنبوب من جهاز الرج ثم نقوم بوضع الأنبوب في مكان هادئ لمدة 20د.
- وتعطى علاقة المكافئ الرملي بالعين المجردة على النحو التالي: $ESV = (H_2 / H_1) * 100$
- وتعطى علاقة المكافئ الرملي بالعين المجردة على النحو التالي: $ESP = (H'^2 / H_1) * 100$
- H_1 : ارتفاع حبيبات الرمل + الشوائب.
- H_2 : ارتفاع حبيبات الرمل المترسبة (بالعين المجردة).
- H'^2 : ارتفاع مكبسي (ارتفاع دقيق للرمل المترسب).

الجدول 2.1: تصنيف الرمل حسب المكافئ الرملي.

بالمكبس	بالرؤية المجردة ESV	نوعية الرمل واستعماله
$ES < 60$	$ESV < 65$	رمل غضاري غير مستعمل بالنسبة للخرسانة ذات النوعية الجيدة لأنه غالباً ما تؤدي إلى ظهور تشققات وانتفاخات داخل الخرسانة بالإضافة إلى خشية الانكماش.
$60 \leq ES < 70$	$65 \leq ESV < 75$	رمل يحتوي على نسبة قليلة من الغضار يستعمل في الخرسانة العادية.
$70 \leq ES < 80$	$75 \leq ESV < 85$	رمل نقي يحتوي على كمية قليلة من الغضار يصلح للخرسانة ذات النوعية الجيدة.
$ES \geq 80$	$ESV \geq 85$	رمل نقي جداً يحتوي على كمية مهمة من الغضار يصلح للخرسانة ذات النوعية الجيدة، مع الأخذ بعين الاعتبار زيادة ماء الخلطة.

الشكل 2.5: صورة توضح خطوات تجربة المكافئ الرملي.

2.2.4 تجربة التحليل الحبيبي: NF P 18-560^[10]

الهدف من التجربة: وهو تعيين مختلف النسب المئوية لمختلف أقطار حبيبات الرمل، بمعنى آخر هو معرفة مكونات التدرج الحبيبي لتحديد ما إذا كان هذا الأخير قابلاً للاستعمال أو لا. [11]

مبدأ التجربة: نحضر كمية من المادة المختبرة (الرمل) ونمررها على سلسلة من الغربايل ثم يتم حساب النسب المرفوضة فوق كل غربال ثم نرسم المنحنى البياني لمعرفة ميزت هذه المادة مع حساب معامل النعومة.

الأدوات المستعملة:

- غربايل نظامية ذات صفات معدنية.
- هزاز كهربائي يساعد على خلق ارتجاجات.
- ميزان مدقق.

طريقة إنجاز التجربة:

- نحضر سلسلة من الغربايل فوق بعضها البعض بحيث يكون الغربال ذو القطر الأصغر من الأسفل الى الغربال ذو القطر الكبير من الأعلى.



- وضع إناء قاعدي من الأسفل لالتقاط العناصر الدقيقة الأقل من 0.08 مم وغطاء في الأعلى لمنع تطاير الغبار.
- نقر العينة الموزونة سابقاً فوق الغربال العلوي.
- تشغيل الجهاز (الهزاز الكهربائي) لمدة معينة من الزمن.
- بعد توقف الجهاز نأخذ كل غربال على حده ونتأكد من أن كل غربال لم يرفض إلا ما هو أكبر قطر منه.
- نزن الكمية المرفوضة في كل غربال.
- نزن الكمية المارة المتبقية في الإناء القاعدي والتي قطرها أقل من 0.08 مم.

حساب النتائج:

حساب المرفوض الكلي بالنسبة المئوية:

$$Mc \% = Mn / M * 100$$

Mn : مجموع المرفوضات الجزئية في كل غربال

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n$$

M : كتلة العينة الكلية

النسبة المئوية للمار :

$$P = 100\% - Mc\%$$

وبعد إتمام عملية الحساب وتدوينها في جدول نقوم برسم المنحنى البياني للتحليل الحبيبي لعينة التربة حيث محور الترتيب يمثل نسبة المار ومحور الفواصل يمثل لوغاريتم أقطار الغرابيل.

المعاملات التي تستنتج من المنحنى:

2.2.5 معامل الانتظام:

وهو عبارة عن نسبة بين قطر الحبيبات D60(٪60) إلى قطر حبيبات D10(٪10) ويستفاد من هذا المعامل في تحديد مدى تدرج التربة ويحسب بالعلاقة التالية:

$$Cu = (D60 / D10)$$

القطر المناسب ل 60٪ من المار الكلي: D60

القطر المناسب ل 10٪ من المار الكلي: D10

2.2.6 معامل الإنحناء:

يحدد لنا مدى تجانس التربة واحتوائها على مختلف أبعاد الحبيبات ويحسب باستعمال العلاقة التالية:

$$Cc = D30^2 / D10 * D60$$

القطر المناسب ل 30٪ من المار الكلي: D30

2.2.7 معامل النعومة: NF P 18-540^[12]

يستخدم معامل نعومة الرمل لمعرفة مدى نعومة أو خشونة الرمل وذلك بتحديد نسبة الرمل المار من الغراييل والباقي فيها (المرفوض) بحيث يتم ترتيب هذه المناخيل من الأصغر إلى الأكبر كما يلي: 0.08 - 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5 مم.^[13]

وبهذه الطريقة يتم تحديد معامل النعومة الذي يعبر عن حجم المتوسط لحبيبات الركام ويستخدم هذا الأخير في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية. لدى معيار النعومة ثلاث مجالات رئيسية:^[14]

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين (2.2 - 2.8).

- المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقيقة بين (1.8 - 2.2).

- المجال C رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين (2.8 - 3.2).

طريقة حساب معامل النعومة:

لحساب معامل النعومة نقوم بجمع النسب المئوية المتبقية في المناخيل المستعملة باستثناء المنخل الأخير 0.08

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{مم ثم نقوم بقسمتها على 100.}$$

حيث %Rc: المتبقي المجمع بـ (%) للغرايل (0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5 مم)

تأثير معامل النعومة:

هو من العوامل المؤثرة على أداء وتصميم الخلطة الخرسانية والملاط، حيث أنه كلما كانت قيمة المعامل صغير دل على أن نسبة المواد النعومة في الرمل مرتفعة هذه الأخيرة تؤثر بظهور تشققات غير مقبولة، وإذا كانت قيمته كبيرة جدا يؤدي ذلك إلى ظهور التعشيش بالخرسانة لعدم وجود الملاط. [15]



الشكل 2.6: خطوات تجربة التحليل الحبيبي.

ملاحظة: استعملنا في هذه التجربة 1.5 كغ من الرمل.

2.3 التجارب على عينات الملاط:

2.3.1 التركيبة المعتمدة للملاط المستعمل :

قمنا في دراستنا باستعمال التركيبة المعيارية للملاط وهي كالتالي:

❖ جزء من الإسمنت.

- ❖ ثلاثة أجزاء من الرمل.
- ❖ نصف جزء من الماء.

2.3.2 اختيار شكل العينات:

استخدمنا في هذه الدراسة نوع واحد من العينات المكعبة ذات الابعاد (5*5*5) سم للقيام بتجربة الضغط واختبارات المتانة حسب المعيار **ASTM C109/AASHTO - T106**

الشكل 2.7: يوضح شكل القالب المستعمل



2.3.3 البروتوكول التجريبي:

اعتمدنا في عملية الخلط على المقادير التالية:

الجدول 22: المقادير المستعملة في كل خلطة.

المادة	الوزن (غ)
الرمل	3150
الإسمنت	1050
الماء	525

2.3.4 طريقة الخلط المعتمدة:

طريقة الخلط المعتمدة في هذه الدراسة هي طريقة الخلط اليدوي، وقد ركزنا على الخلط الجيد للمواد قبل وأثناء إضافة الماء للحصول على خليط متجانس ونتائج جيدة.

2.3.5.1 ملئ القالب:

قبل عملية ملئ القالب يتم تنظيف المكعبات جيدا، بعدها تدهن بالزيت لتفادي التصاق العينات في القالب. ثم يتم ملئ القالب على طبقتين مع الدمك الجيد لكل طبقة مع تسوية السطح جيدا.

الشكل 2.8: صورة توضح ملئ القالب.



2.3.4.2 حفظ العينات قبل إزالة القالب:

بمجرد اكتمال التسوية، يتم تغطية القالب بغطاء بلاستيكي للحفاظ على رطوبة العينات في بداية عمرها وتخزينها دون تحريكها أو نقلها لمدة 1 ± 24 ساعة في المخبر عند درجة حرارة تقارب 5 ± 20 درجة مئوية.

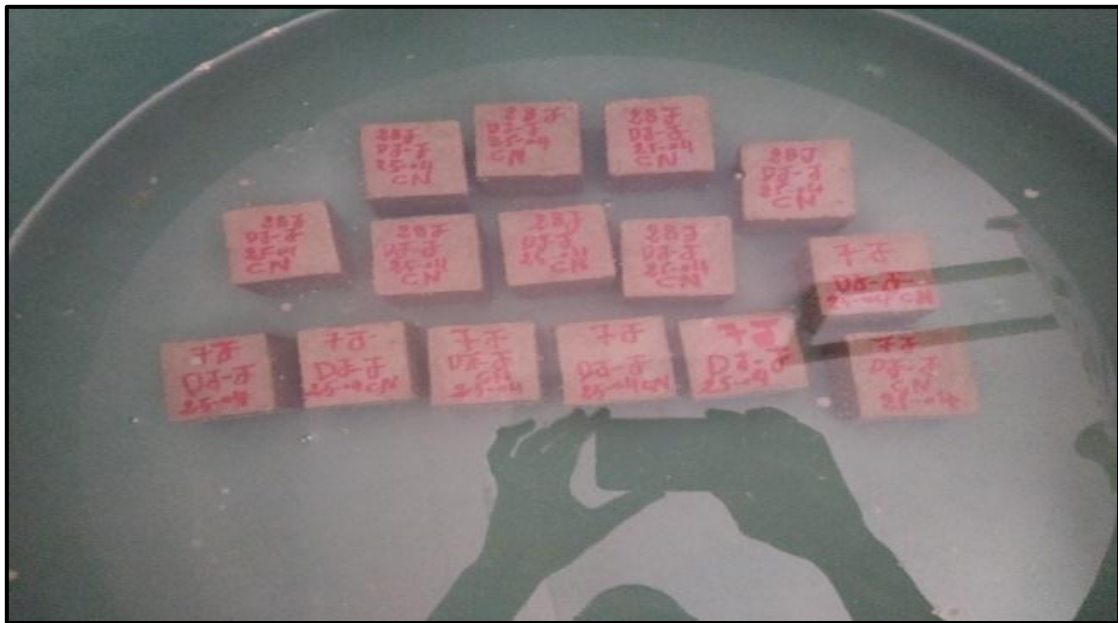
الشكل 2.9: صورة توضح حفظ العينات قبل إزالة القالب.



2.3.4.3 الحفظ بعد نزع القالب:

❖ الوسط العادي: يجب تخزين عينات الإسمنت العادي في الماء العادي الذي لا يحتوي على الاملاح والكبريتات حتى لحظة الاختبار عند درجة حرارة 20 ± 2 درجة مئوية. كما موضح في الشكل التالي:

الشكل 2.10: صورة توضح حفظ العينات في الوسط العادي.



❖ الوسط العدواني: قمنا بحفظ العينات التي تحتوي على اسمنت مقاوم للكبريتات في تربة تعاني من صعود الماء الغني بالأملاح والكبريتات. كما موضح في الشكل التالي:

الشكل 2.11: صورة توضح حفظ العينات في الوسط العدواني.



2.4 خصائص الملاط في الحالة الطازجة والصلبة:

2.4.1 الكتلة الحجمية للملاط:

- الكتلة الحجمية في الحالة الطازجة:

يتم تحديد الكتلة الحجمية للملاط في حالته الطازجة وفقا للمعيار [NF EN 12350-6] وتحسب هذه الأخيرة بوزن عينة الملاط على حجمه كما هو موضح في العلاقة التالية:

$$M_v = \frac{M_{rempli} - M_{vide}}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

M_{vide}: وزن القالب فارغ بـ (g).

M_{rempli}: وزن القالب مملوء بـ (g).

V: حجم القالب بـ (cm³).

توضح طريقة حساب الكتلة الحجمية للملاط في



الشكل 2.12: صور

الحالة الخضراء.

• الكتلة الحجمية في الحالة الصلبة:

بعد (7، 28) يوم من تخزين العينات في الوسط العادي والوسط العدوانى تجفف العينات في الهواء ثم يتم وزنها لحساب الكتلة الحجمية في الحالة الصلبة.

الشكل 2.13: صور توضح طريقة حساب الكتلة الحجمية للملاط.



2.4.2 تجربة معامل امتصاص الماء (الامتصاص بالغمر):

يعرف بواسطة القاعدة NF P18-555 هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة التالية:

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) * 100$$

A_b : معامل امتصاص الماء بـ (%).

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف بـ (g).

M_s : كتلة العينة جافة بـ (g).

2.4.3 تجربة مقاومة الضغط:

يتم تحديد اختبار الضغط البسيط وفقا للمعيار [NF 12390-3] على قطع اختبار مكعبة. تتركز العينة بين الواح المكبس الهيدروليكي. يتم اجراء اختبار الضغط حتى تتكسر قطعة العينة (سرعة التحميل 0.02mm/s). يتم حساب اجهاد الضغط وفق العلاقة التالية:

$$\sigma_c = \frac{F}{S} \text{ (MPa)}$$

σ_c : اجهاد الضغط بـ (MPa).

F: حمولة التكسير بـ (N).

S: مساحة العينة بـ (mm²).

الشكل 2.14: جهاز التحطيم الخاص بتجربة الضغط



2.5 نتائج تجارب الرمال المستعملة في الدراسة:

✓ رمل جامعة الأصفر (S D J J) :

جدول 2.3: الخصائص الفيزيائية لرمل جامعة الأصفر.

الخصائص	النتائج	الوحدة
الكتلة الحجمية الظاهرية	1.61	[g/cm ³]

[g/cm ³]	2.77	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	96.28	المكافئ الرملي

✓ رمل جامعة الأحمر (S DJ R) :

جدول 2.4: الخصائص الفيزيائية لرمل جامعة الأحمر.

الوحدة	النتائج	الخصائص
[g/cm ³]	1.49	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.31	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	55.14	المكافئ الرملي

✓ رمل البعاج (S BA) :

جدول 2.5: الخصائص الفيزيائية لرمل البعاج.

الوحدة	النتائج	الخصائص
[g/cm ³]	1.49	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.78	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	43.45	المكافئ الرملي

✓ رمل عسيلة (S A) :

جدو

الوحدة	النتائج	الخصائص
[g/cm ³]	1.51	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.13	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	61.64	المكافئ الرملي

ل
2.6
:
الذ

صائص الفيزيائية لرمل عسيلة.

✓ رمل سيدي سليمان (S SS) :

جدول 2.7: الخصائص الفيزيائية لرمل سيدي سليمان.

الوحدة	النتائج	الخصائص
--------	---------	---------

[g/cm ³]	1.61	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.63	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	97.37	المكافئ الرملي

✓ رمل مقر (S M) :

جدول 2.8: الخصائص الفيزيائية لرمل مقر.

الوحدة	النتائج	الخصائص
[g/cm ³]	1.51	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.75	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	81.17	المكافئ الرملي

✓ رمل البرقاجية (S BR) :

جدول 2.9: الخصائص الفيزيائية لرمل البرقاجية.

الوحدة	النتائج	الخصائص
[g/cm ³]	1.50	الكتلة الحجمية الظاهرية
[g/cm ³]	2.81	الكتلة الحجمية المطلقة
[%]	31.01	المكافئ الرملي

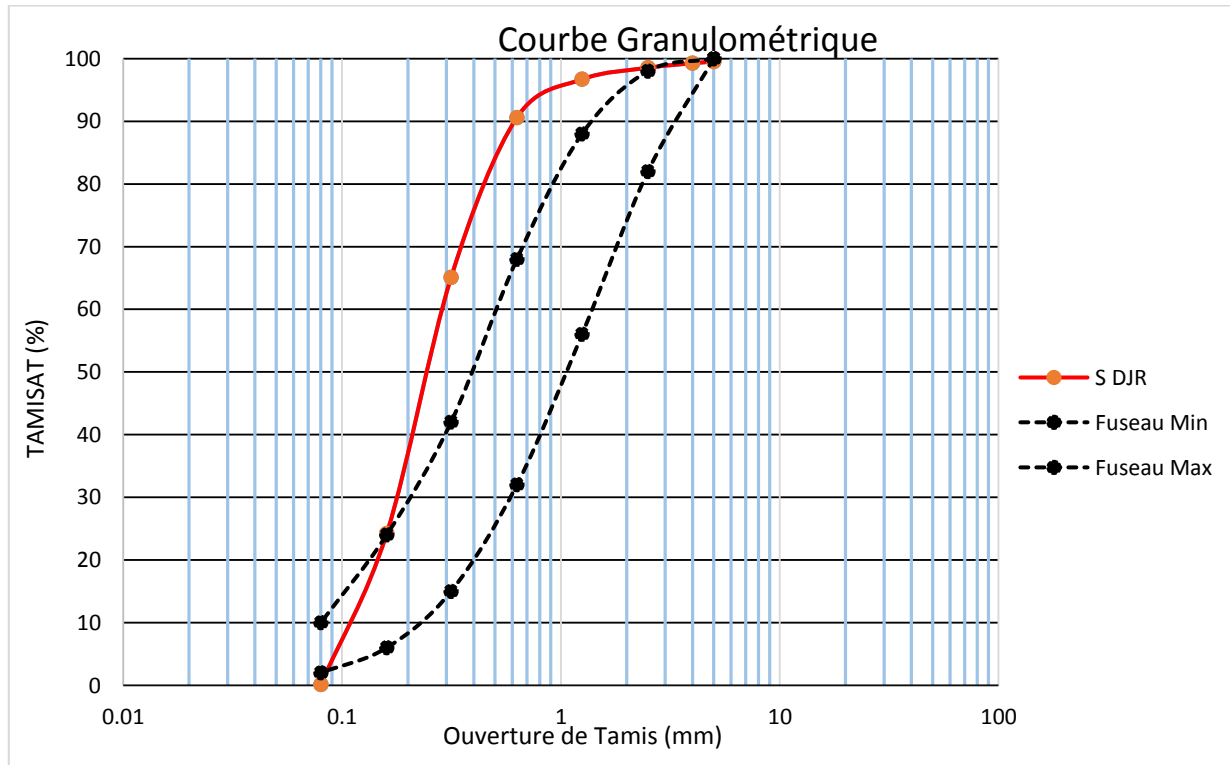
❖ نتائج تجربة التحليل الحبيبي:

✓ رمل جامعة الأحمر (S DJ R) :

جدول 2.10: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأحمر.

المار المجمع . T(%)	المرفوض المجمع Rc (%)	المرفوض المجمع Rc (g)	المرفوض الجزئي Rp (g)	اقطار الغرابيل mm.
99,53	0,47	7	7	5
99,27	0,73	11	4	4
98,53	1,47	22	11	2,5
96,67	3,33	50	28	1,25
90,60	9,40	141	91	0,63
65,07	34,93	524	383	0,315
24,20	75,80	1137	613	0,16
2,27	97,73	1466	329	0,08
0,13	99,87	1498	32	Fond

الشكل 2.15: منحني التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأحمر.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \ 0.16; \ 0.315; \ 0.63; \ 1.25; \ 2.5; \ 4; \ 5}{100}$$

$$MF = \frac{0.47+0.73+1.47+3.33+9.40+34.93+75.80}{100}$$

$$MF = 1.26$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{0.30}{0.11}$$

$$Cu = 2.62$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية :

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \cdot D60} = \frac{0.18^2}{0.11 \cdot 0.30}$$

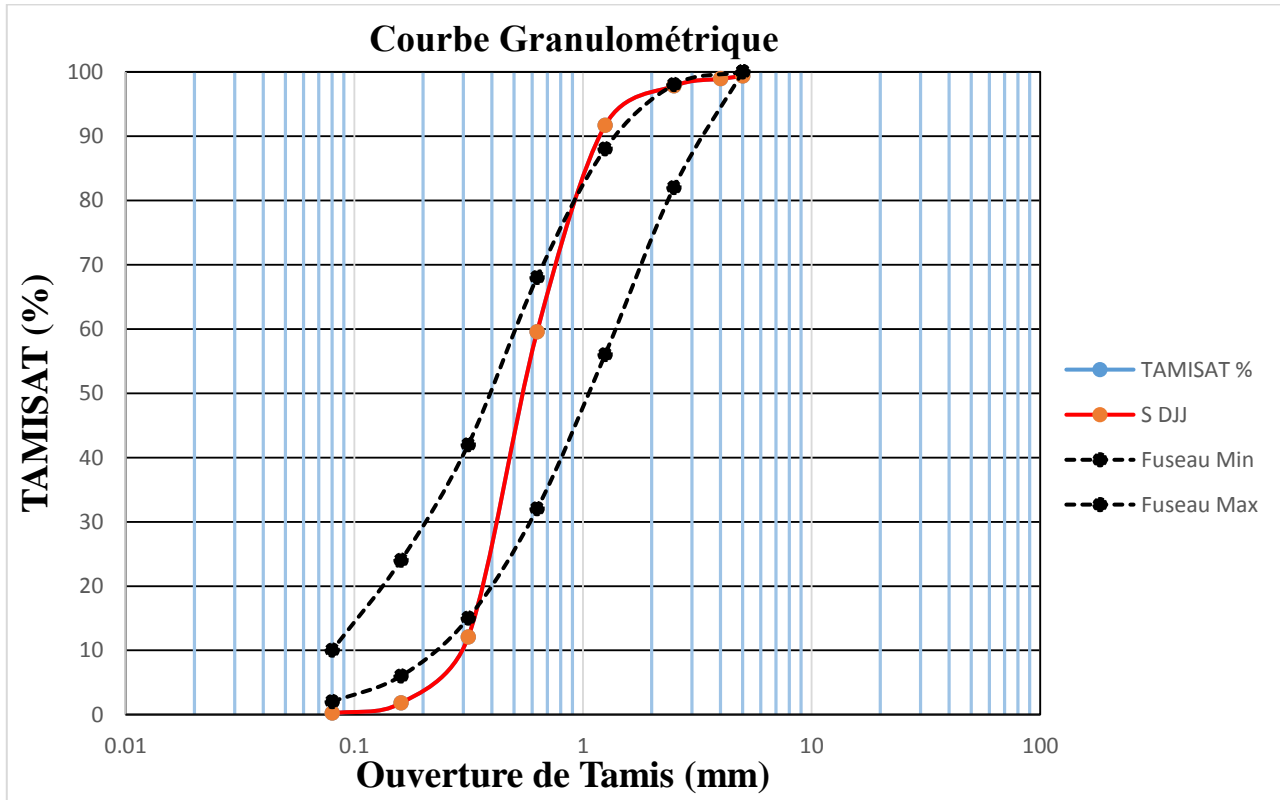
$$Cc = 0.99$$

✓ رمل جامعة الأصفر (S D J J) :

المار المجمع . T (%)	المرفوض المجمع Rc (%)	المرفوض المجمع Rc (g)	المرفوض الجزئي Rp (g)	اقطار الغرابيل mm.
99,33	0,67	10	10	5
98,93	1,07	16	6	4
97,80	2,20	33	17	2,5
91,67	8,33	125	92	1,25
59,53	40,47	607	482	0,63
12,07	87,93	1319	712	0,315
1,80	98,20	1473	154	0,16
0,20	99,80	1497	24	0,08
0,00	100,00	1500	3	Fond

جدول 2.11: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر.

الشكل 2.16: منحنى التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \ 0.16; \ 0.315; \ 0.63; \ 1.25; \ 2.5; \ 4; \ 5}{100}$$

$$MF = \frac{0.67+1.07+2.20+8.33+40.47+87.93+98.20}{100}$$

$$MF = 2.39$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.04}{0.57}$$

$$Cu = 1.82$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = \frac{0.59^2}{0.57 \cdot 1.04}$$

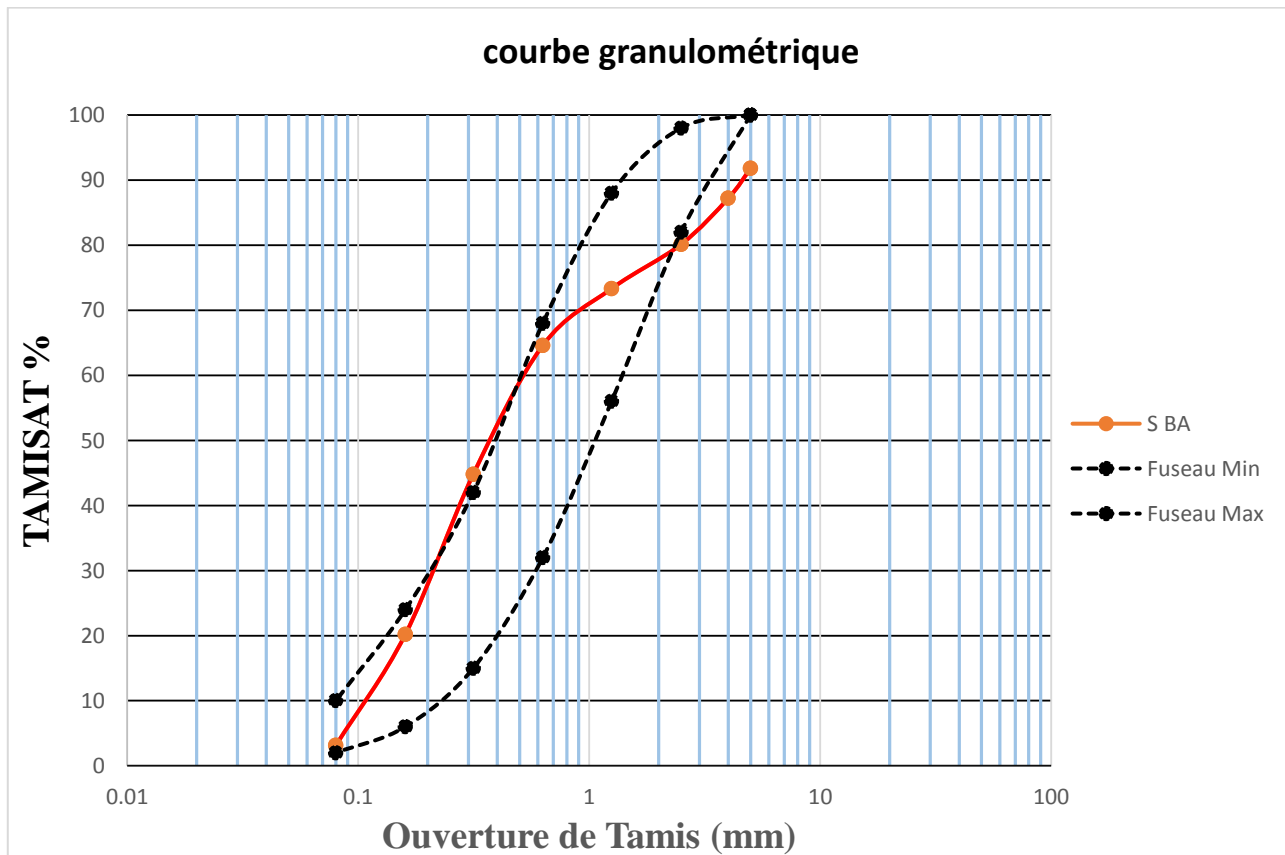
$$Cc = 0.58$$

✓ رمل البعاج (S BA) :

جدول 2.12: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمال البعاج

المرار المجمع . T (%)	المرفوض المجمع Rc (%)	المرفوض المجمع Rc (g)	المرفوض الجزئي Rp (g)	اقطار الغرابيل mm.
91,80	8,20	123	123	5
87,20	12,80	192	69	4
80,13	19,87	298	106	2,5
73,33	26,67	400	102	1,25
64,60	35,40	531	131	0,63
44,80	55,20	828	297	0,315
20,20	79,80	1197	369	0,16
3,13	96,87	1453	256	0,08
0,00	100,00	1500	47	Fond

الشكل 2.17: منحنى التحليل الحبيبي لرمال البعاج.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \ 0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 4; 5}{100}$$

$$MF = \frac{8.20+12.80+19.87+26.67+35.40+55.20+79.80}{100}$$

$$MF = 2.38$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{0.41}{0.11}$$

$$Cu = 3.66$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \cdot D60} = \frac{0.22^2}{0.11 \cdot 0.41}$$

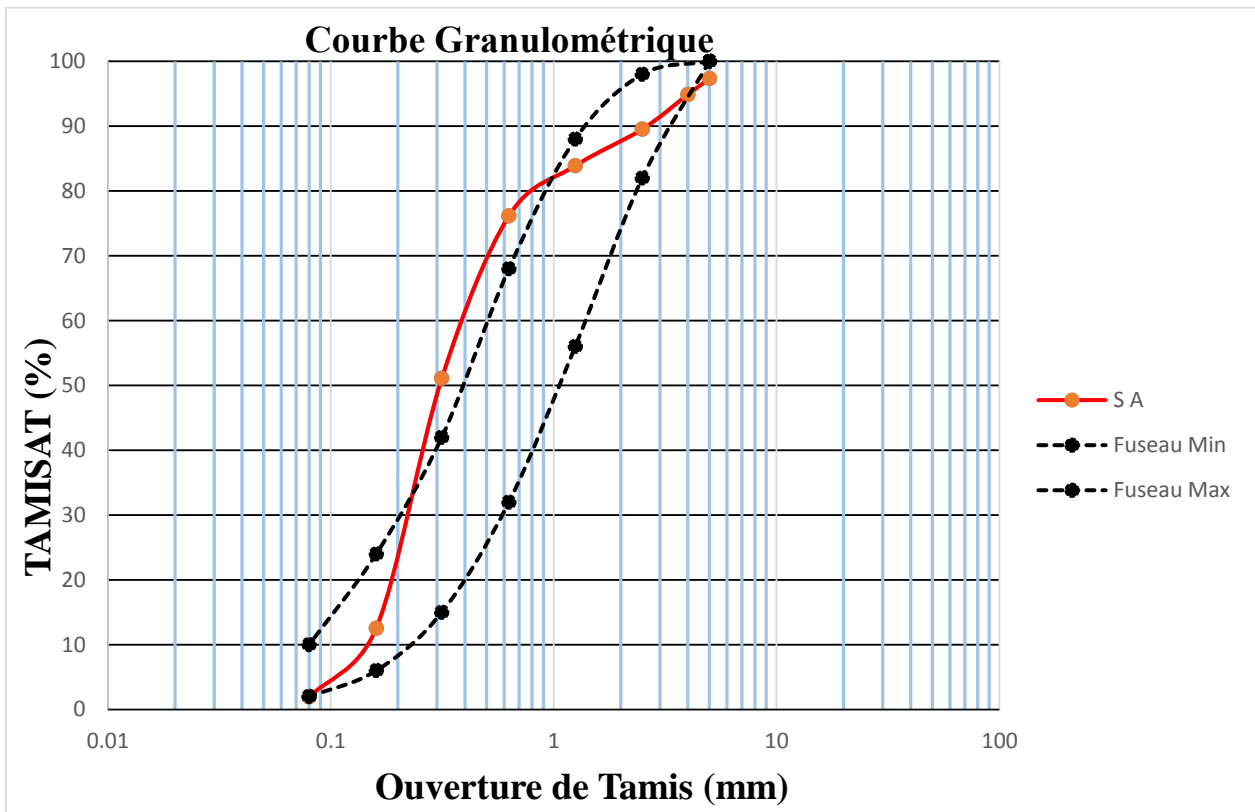
$$Cc = 1.06$$

✓ رمل عسيلة (S A) :

جدول 2.13: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل عسيلة.

المار المجمع . T (%)	المرفوض المجمع Rc (%)	المرفوض المجمع Rc (g)	المرفوض الجزئي Rp (g)	اقطار الغرابيل mm.
97,33	2,67	40	40	5
94,87	5,13	77	37	4
89,53	10,47	157	80	2,5
83,87	16,13	242	85	1,25
76,13	23,87	358	116	0,63
51,07	48,93	734	376	0,315
12,53	87,47	1312	578	0,16
1,93	98,07	1471	159	0,08
0,00	100,00	1500	29	Fond

الشكل 2.18: منحنى التحليل الحبيبي لرمل عسيلة.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \text{ 0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 4; 5}}{100}$$

$$MF = \frac{2.67+5.13+10.47+16.13+23.87+48.93+87.47}{100}$$

$$MF = 1.95$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{0.35}{0.14}$$

$$Cu = 2.49$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 * D60} = \frac{0.23^2}{0.14 * 0.35}$$

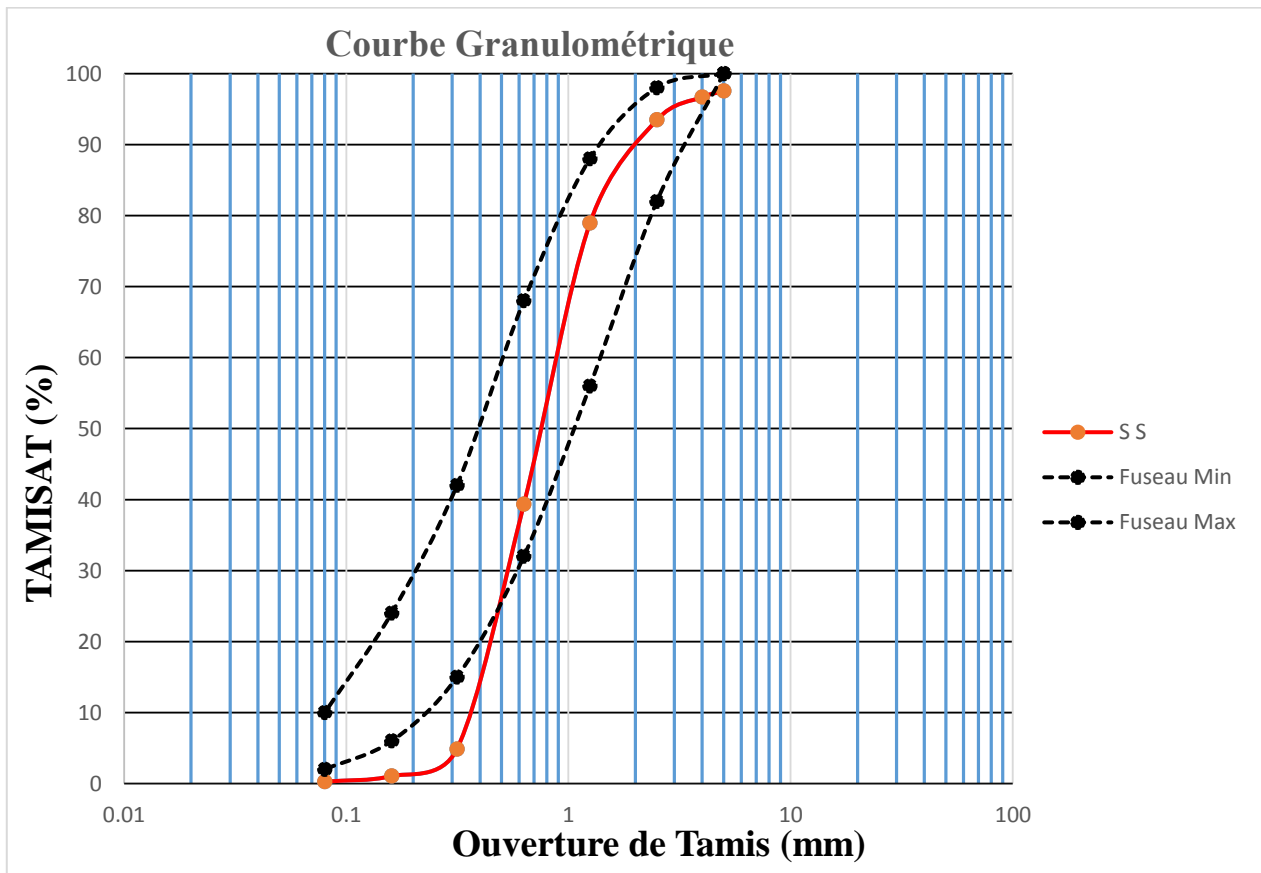
$$Cc = 1.07$$

✓ رمل سيدي سليمان (S SS) :

جدول 2.14: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان.

المار المجمع . T(%) ب	المرفوض المجمع .Rc (%) ب	المرفوض المجمع .Rc (g) ب	المرفوض الجزئي .Rp (g) ب	اقطار الغرابيل mm. ب
97,53	2,47	37	37	5
96,67	3,33	50	13	4
93,47	6,53	98	48	2,5
78,93	21,07	316	218	1,25
39,33	60,67	910	594	0,63
4,87	95,13	1427	517	0,315
1,07	98,93	1484	57	0,16
0,27	99,73	1496	12	0,08
0,13	99,87	1498	2	Fond

الشكل 2.19: منحنى التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \ 0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 4; 5}{100}$$

$$MF = \frac{2.47+3.33+6.53+21.07+60.67+95.13+98.93}{100}$$

$$MF = 2.88$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{2.56}{1.05}$$

$$Cu = 2.34$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \cdot D60} = \frac{1.34^2}{1.05 \cdot 2.56}$$

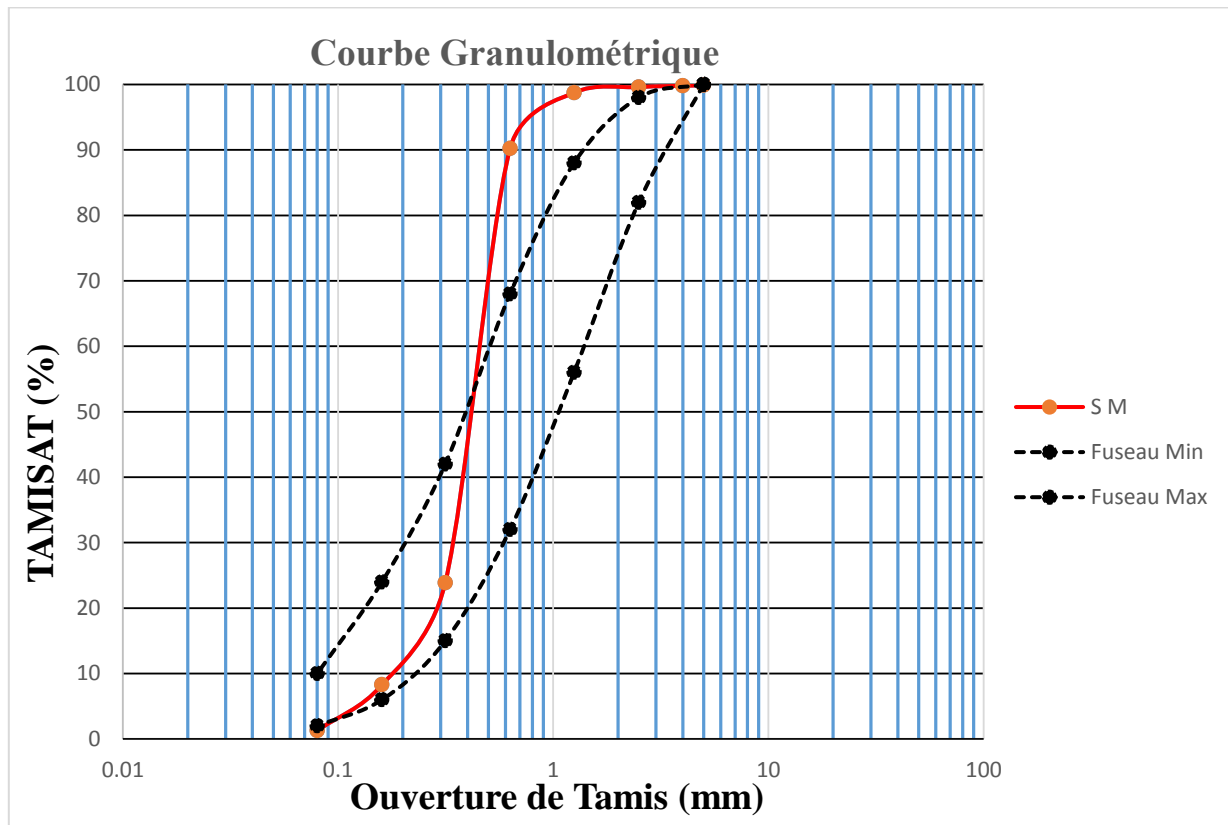
$$Cc = 0.66$$

✓ رمل مقر (S M) :

جدول 2.15: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل مقر.

المار المجمع . T(%)	المرفوض المجمع . Rc (%)	المرفوض المجمع . Rc (g)	المرفوض الجزئي . Rp (g)	اقطار الغرابيل . mm
99,87	0,13	2	2	5
99,80	0,20	3	1	4
99,60	,406	6	3	2,5
98,73	1,27	19	13	1,25
90,20	9,80	147	128	0,63
23,87	76,13	1142	995	0,315
8,27	91,73	1376	234	0,16
1,27	98,73	1481	105	0,08
0,20	99,80	1497	16	Fond

الشكل 2.20: منحنى التحليل الحبيبي لرمل مقر.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \text{ 0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 4; 5}}{100}$$

$$MF = \frac{0.13+0.20+6.40+1.27+9.80+76.13+91.73}{100}$$

$$MF = 1.80$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{0.67}{0.18}$$

$$Cu = 3.74$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \cdot D60} = \frac{0.38^2}{0.67 \cdot 0.18}$$

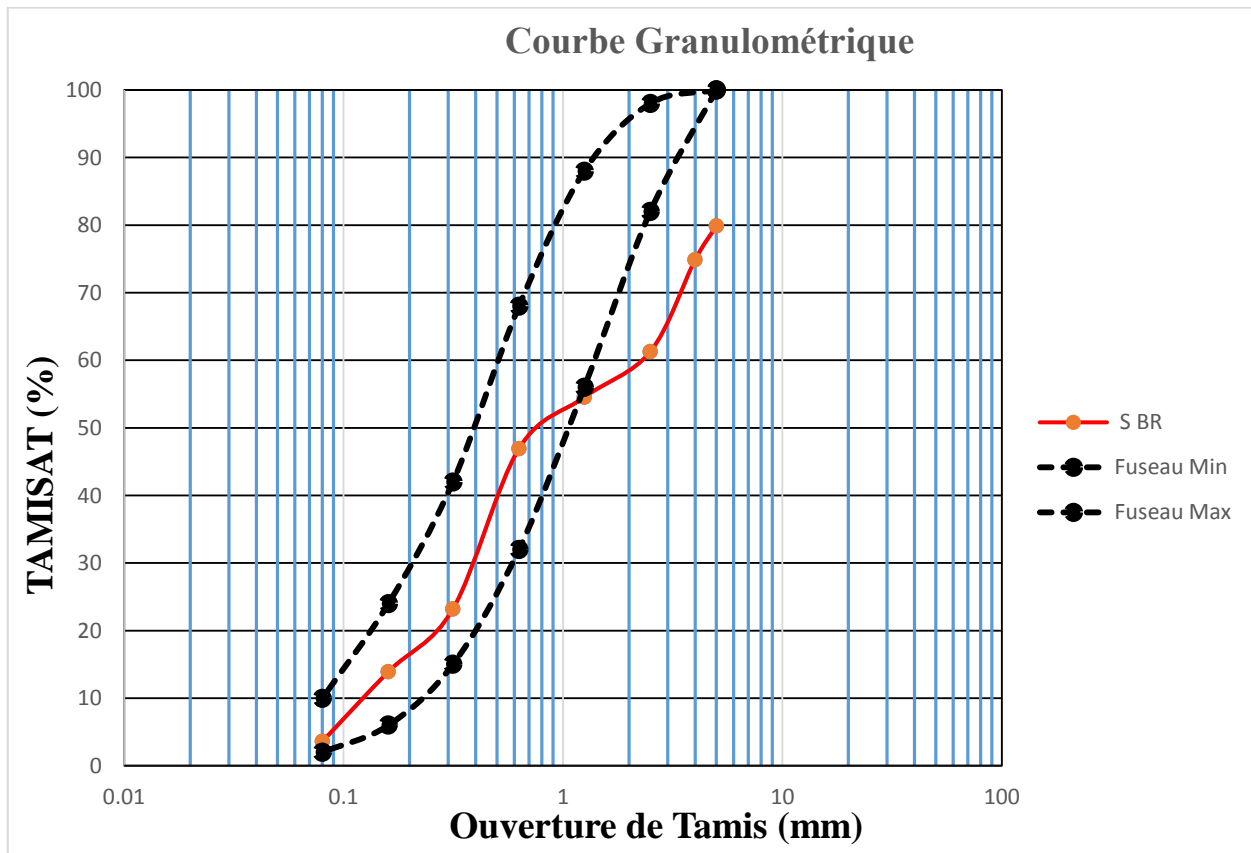
$$Cc = 1.16$$

✓ رمل البرقاجية (S BR) :

جدول 2.16: نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمال البرقاجية.

المار المجمع . T(%) ب	المرفوض المجمع .Rc (%) ب	المرفوض المجمع .Rc (g) ب	المرفوض الجزئي .Rp (g) ب	اقطار الغرابيل mm. ب
79,87	20,13	302	302	5
74,87	25,13	377	75	4
61,27	38,73	581	204	2,5
54,53	45,47	682	101	1,25
46,93	53,07	796	114	0,63
32,20	67,80	1017	221	0,315
13,93	86,07	1291	274	0,16
3,60	96,40	1446	155	0,08
0,40	99,60	1494	48	Fond

الشكل 2.21: منحني التحليل الحبيبي لرمال البرقاجية.



معامل النعومة يحسب بالعلاقة الآتية:

$$MF = \frac{\sum RC \ 0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 4; 5}{100}$$

$$MF = \frac{20.13+25.13+38.73+45.47+53.07+67.80+86.07}{100}$$

$$MF = 3.38$$

معامل الانتظام يحسب بالعلاقة الآتية:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.93}{0.13}$$

$$C_u = 7.18$$

معامل الإنحناء يحسب بالعلاقة الآتية:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{0.43^2}{0.13 * 0.93}$$

$$C_c = 1.52$$

جدول 2.17: تصنيف حبيبات الرمل.

تصنيف حبيبات الرمل	معامل الانتظام
ضيق جدا	$C_u \leq 2$
ضيق	$2 < C_u \leq 5$
شبه منتشر	$5 < C_u \leq 20$
منتشر	$20 < C_u \leq 200$
منتشر جدا	$200 < C_u$

خلاصة الفصل:

في هذا الفصل قمنا بإظهار جميع خصائص المواد المستعملة في هذه الدراسة التجريبية والمراحل المختلفة للعمليات التجريبية، بدءاً من المكونات المختلفة للملاط (التركيبية المعتمدة، صنع عينات الاختبار). وكذلك دراسة خصائص الملاط في الحالة الخضراء والصلبة والاختبارات الميكانيكية وبعض النتائج التي تم الحصول عليها.

الفصل الثالث

عرض و تحليل النتائج

مدخل:

في الفصل السابق، كشفنا عن خصائص المواد المستخدمة، وكذلك تركيبة الملاط التي يجب دراستها.

سيركز هذا الجزء على عرض ومناقشة نتائج تأثير طبيعة الرمال على خصائص الملاط المختبرة في الحالة الطازجة (قابلية التشغيل والكتلة الحجمية)، وعلى خصائص الملاط في الحالة الصلبة (الكتلة الحجمية والمقاومة الميكانيكية) وتحديد المؤشرات الرئيسية للديمومة (المسامية وامتصاص الماء عن طريق الغمر الكلي).

3.1 تحليل نتائج التجارب على الرمل:

3.1.1 نتائج تجربة المكافئ الرملي

الجدول 3.1: نتائج تجربة المكافئ الرملي.

المكافئ الرملي (%)	الرمل
96.28	جامعة الاصفر
55.14	جامعة الاحمر
43.45	البعاج
61.64	عسيلة
31.01	البرقاجية
97.37	سيدي سليمان
81.17	مقر

رمل جامعة الأصفر ورمل سيدي سليمان: $ESV \geq 85$ رمل نقي جدًا يحتوي على كمية مهملة من الغضار يصلح للخرسانة ذات النوعية الجيدة، مع الأخذ بعين الاعتبار زيادة ماء الخلطة.

رمل جامعة الأحمر ورمل البعاج ورمل العسيلة والبرقاجية: $ESV < 65$ رمل غضاري غير مستعمل بالنسبة للخرسانة ذات النوعية الجيدة لأنه غالبًا ما تؤدي إلى ظهور تشققات وانتفاخات داخل الخرسانة بالإضافة إلى خشية الانكماش.

رمل مقر: $75 \leq ESV < 85$ رمل نقي يحتوي على كمية قليلة من الغضار يصلح للخرسانة ذات النوعية الجيدة.

3.1.2 نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للرمال:

الجدول 3.2: نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للرمال.

الرمال	الكتلة الحجمية (g/cm^3)
جامعة الاصفر	1.61
جامعة الاحمر	1.49
البعاج	1.49
عسيلة	1.51
البرقاجية	1.50
سيدي سليمان	1.61
مقر	1.51

❖ تبين لنا من خلال النتائج المتحصل عليها المعروضة في الجدول أن الكتلة الحجمية للرمال نتائجها

كانت جيدة ومقاربة وليس بينها فوارق كبيرة، وهي محصورة بين 1.49 و 1.61 حيث كانت لرمال

سيدي سليمان وجامعة نفس القيمة (1.61g/cm^3) وكان لرمال جامعة الأحمر والبعاج، عسيلة،

البرقاجية وكذلك مقر تقريبا نفس القيمة محصورة بين 1.49g/cm^3 و 1.51g/cm^3 .

3.1.3 نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمال :

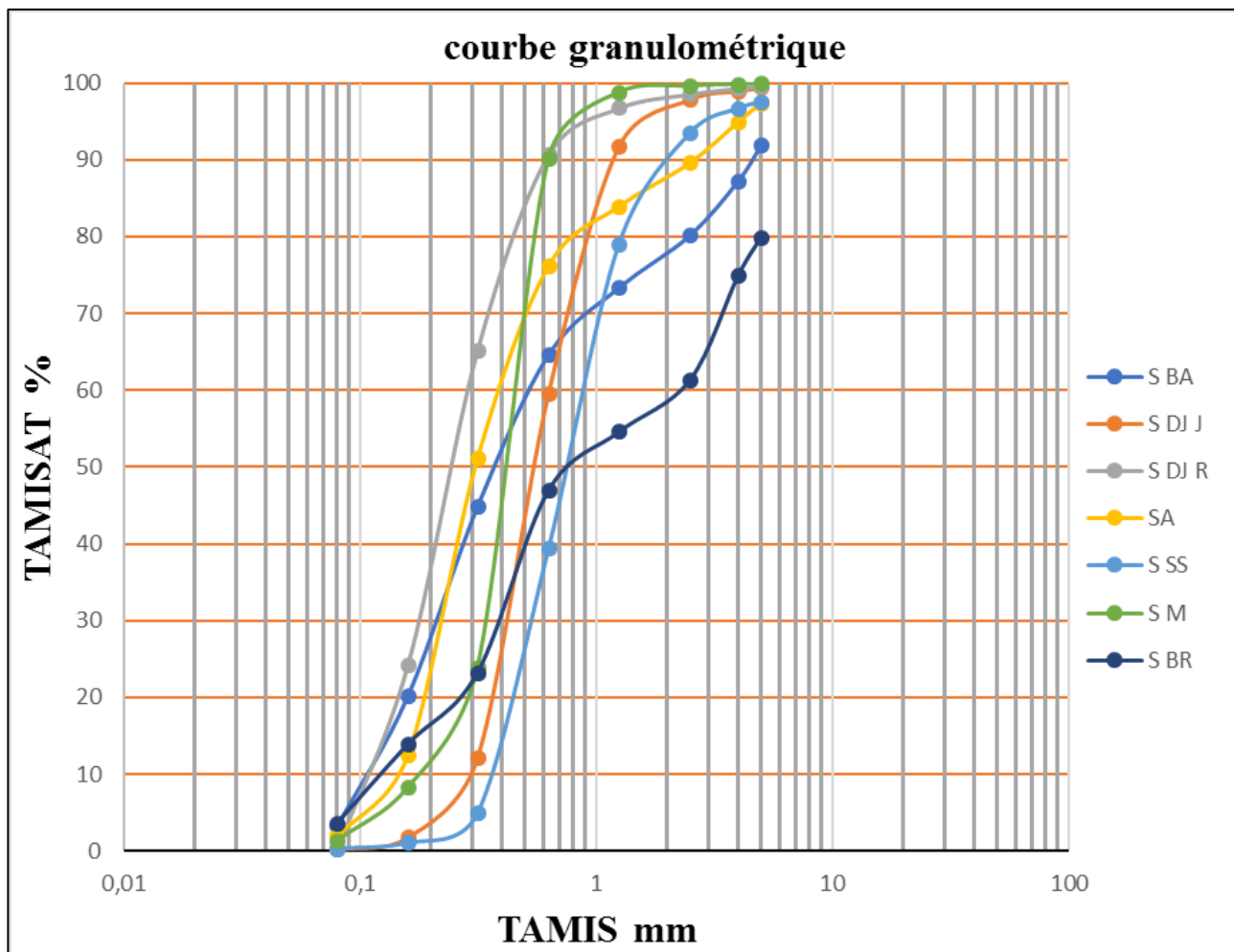
الجدول 3.3: نتائج الكتلة الحجمية المطلقة للرمال.

الرمال	الكتلة الحجمية (g/cm^3)
جامعة الاصفر	2.70
جامعة الاحمر	2.31
البعاج	2.11
عسيلة	2.13
البرقاجية	2.81
سيدي سليمان	2.63
مقر	2.65

❖ من خلال الجدول المتحصل عليه نلاحظ وجود ثلاث رمال (رمل جامعة الأصفر، رمل مقر، رمل سيدي سليمان) أعطت قيم متقاربة للكتلة الحجمية المطلقة مع وجود فوارق صغيرة، وهي قيم جيدة ومقبولة حيث كانت القيمة الأعلى من بين هذه الرمال لرمل جامعة الأصفر 2.70 g/cm^3 ويليه رمل مقر 2.65 g/cm^3 ثم رمل سيدي سليمان 2.63 g/cm^3 ، أما باقي الرمال فكان لرمل البعاج والعسيلة قيم صغيرة جدا $(2.11 ; 2.13) \text{ g/cm}^3$ على الترتيب وهذه القيم غير مقبولة ولكن باستطاعتنا ان نستعملها في مجالات أخرى مثل الخرسانة الخفيفة أو الثقيلة ، كما لاحظنا أن رمل البرقاجية سجلت قيمة كبيرة جدا قدرة بـ 2.81 g/cm^3 علما أن هذه القيمة تجاوزت الحد المسموح به في البناء وهو محصور بين $(2.50, \dots, 2.70) \text{ g/cm}^3$.

3.1.4 تحليل نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل:

3.1.4.1 تحليل منحنى تجربة التحليل الحبيبي للرمل:



الشكل 3.1: منحنى التحليل الحبيبي لجميع أنواع الرمل المدروسة

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل جامعة الاحمر أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى mm 0.08) مع جزء من الحبيبات الأقل من mm0.08 حوالي (0.13%) ونلاحظ أن المنحنى يصعد بسرعة ومنه نستنتج أن رمل جامعة الاحمر حبيباته غنية بالعناصر الدقيقة.

ومن خلال قيمة معامل الإنتظام ($Cu = 2.62$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل منتشر (غير منظم) أي الرمل يحتوي على مختلف الاقطار.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل جامعة الاصفر أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى mm 0.08) ولا يحتوي على الحبيبات الأقل من mm0.08 ونلاحظ أن المنحنى يصعد ببطء

وحبيباته تفتقر للعناصر الدقيقة ومنه نستنتج أن رمل جامعة الاصفر رمل مرجعي يستعمل في الخرسانة والملاط.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 1.82$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل ضيق جدا أي الرمل يحتوي على أقطار في مجال ضيق.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل البعاج أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 mm) ولا يحتوي على الحبيبات الأقل من 0.08 mm ونلاحظ أن التدرج الحبيبي للمنحنى يحتوي على حبيبات عادية ومنه نستنتج أن رمل البعاج رمل مرجعي يستعمل في الخرسانة.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 3.66$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل ضيق.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل عسيلة أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 mm) ولا يحتوي على الحبيبات الأقل من 0.08 mm ونلاحظ أن التدرج الحبيبي للمنحنى يحتوي على حبيبات عادية ومنه نستنتج أن رمل عسيلة رمل مرجعي يستعمل في الخرسانة.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 2.49$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل ضيق.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل سيدي سليمان أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 mm) مع القليل من الحبيبات الأقل من 0.08 mm حوالي (0.13%) ونلاحظ أن المنحنى

يصعد بسرعة ومنه نستنتج أن رمل سيدي سليمان حبيباته خشنة ويفتقر للعناصر الدقيقة.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 2.34$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل ضيق.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل مقر أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 mm) مع جزء من الحبيبات الأقل من 0.08 mm حوالي (0.20%) ونلاحظ أن المنحنى يصعد بسرعة ومنه

نستنتج أن رمل مقر حبيباته غنية بالعناصر الدقيقة.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 3.74$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل ضيق.

❖ يوضح منحنى التدرج الحبيبي لرمل البرقاجية أن له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 mm) مع جزء من الحبيبات الأقل من 0.08 mm حوالي (0.40%) ونلاحظ أن المنحنى تدرجه تدرج

عادي إلا أنه يحتوي على نسبة عالية من الحبيبات الخشنة.

ومن خلال قيمة معامل الانتظام ($Cu = 7.18$) فإن التدرج الحبيبي لهذا الرمل شبه منتشر.

3.1.4.2 تحليل نتائج معامل النعومة:

الجدول 3.4: نتائج تجربة معامل النعومة.

معامل النعومة	الرمل
2.39	جامعة الاصفر
1.26	جامعة الاحمر
2.38	البعاج
1.95	عسيلة
3.32	البرقاجية
2.88	سيدي سليمان
1.80	مقر

- ❖ من خلال قيمة معامل النعومة لرمل جامعة الأصفر والبعاج نلاحظ انها محصورة بين 2.2 و 2.8 إذ يعتبر رملا مرجعيا ويستعمل في الخرسانة والملاط.
- ❖ اما بخصوص قيمة معامل النعومة لرمل جامعة الأحمر وعسيلة ومقر المنحصرة بين 1.8 و 2.2 فيمكن القول عنه انه رمل جيد وغني بالحبيبات الناعمة.
- ❖ وبالنسبة لقيمة معامل النعومة لرمل سيدي سليمان $MF = 2.88$ المحصورة بين 2.8 و 3.2 فنقول عنه انه رمل خشن.
- ❖ نرى قيمة معامل النعومة لرمل البرقاجية $MF = 3.32$ هي قيمة أكبر من 3.2 فعلية يعتبر خشن جدا.

3.2 تحليل نتائج التجارب على عينات الملاط :

قمنا في دراستنا باستعمال التركيبة المعيارية للملاط وهي كالتالي:

- ❖ جزء من الإسمنت.
- ❖ ثلاثة أجزاء من الرمل.
- ❖ نصف جزء من الماء.

أنواع التركيبات:

الجدول 3.5: أنواع التركيبات الخاصة بكل عينة.

الترميز	وسط الحفظ	E/C	نوع الرمل	الرمل	نوع الإسمنت	الإسمنت
MDJ-R (CN)	وسط عادي	0.5	جامعة الأحمر	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MDJ-J (CN)	وسط عادي	0.5	جامعة الأصفر	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MBA (CN)	وسط عادي	0.5	البعاج	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MA (CN)	وسط عادي	0.5	عسيلة	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MSS (CN)	وسط عادي	0.5	سيدي سليمان	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MM (CN)	وسط عادي	0.5	مقر	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MBR (CN)	وسط عادي	0.5	البرقاجية	ثلاثة أجزاء	CEM II/B-L 32,5R	جزء واحد
MDJ-R (CRS)	وسط عدواني	0.5	جامعة الأحمر	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MDJ-J (CRS)	وسط عدواني	0.5	جامعة الأصفر	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MBA (CRS)	وسط عدواني	0.5	البعاج	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MA (CRS)	وسط عدواني	0.5	عسيلة	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MSS (CRS)	وسط عدواني	0.5	سيدي سليمان	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MM (CRS)	وسط عدواني	0.5	مقر	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد
MBR (CRS)	وسط عدواني	0.5	البرقاجية	ثلاثة أجزاء	CEM I 42 ,5R SR3	جزء واحد

بعد الحصول على الصياغة المثلى للملاط قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات التي يجب دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية (5×5×5) مم حسب المعيار **ASTM C109/AASHTO - T106**، أما عملية الخلط فقد تمت يدويا.

اعتمدنا في عملية الخلط على المقادير التالية:

الجدول 3.6: المقادير المستعملة في كل خطة.

المادة	الوزن (غ)
الرمل	3150
الإسمنت	1050
الماء	525

3.2.1 نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط :

الجدول 3.7: نتائج تجربة الكتلة الحجمية للملاط في الحالة الطازجة.

الكتلة الحجمية (g/cm ³)	العينات
2.61	M DJ-J (CN)
2.49	M DJ-R (CN)
2.44	M BA (CN)
2.55	M A (CN)
2.59	M BR (CN)
2.57	M SS (CN)
2.48	M M (CN)

2.37	وسط عدواني	M DJ-J (CRS)
2.4		M DJ-R (CRS)
2.35		M BA(CRS)
2.52		M A (CRS)
2.57		M BR (CRS)
2.55		M SS(CRS)
2.51		M M(CRS)

الجدول 8.3: نتائج تجربة الكتلة الحجمية للملاط في الحالة الصلبة.

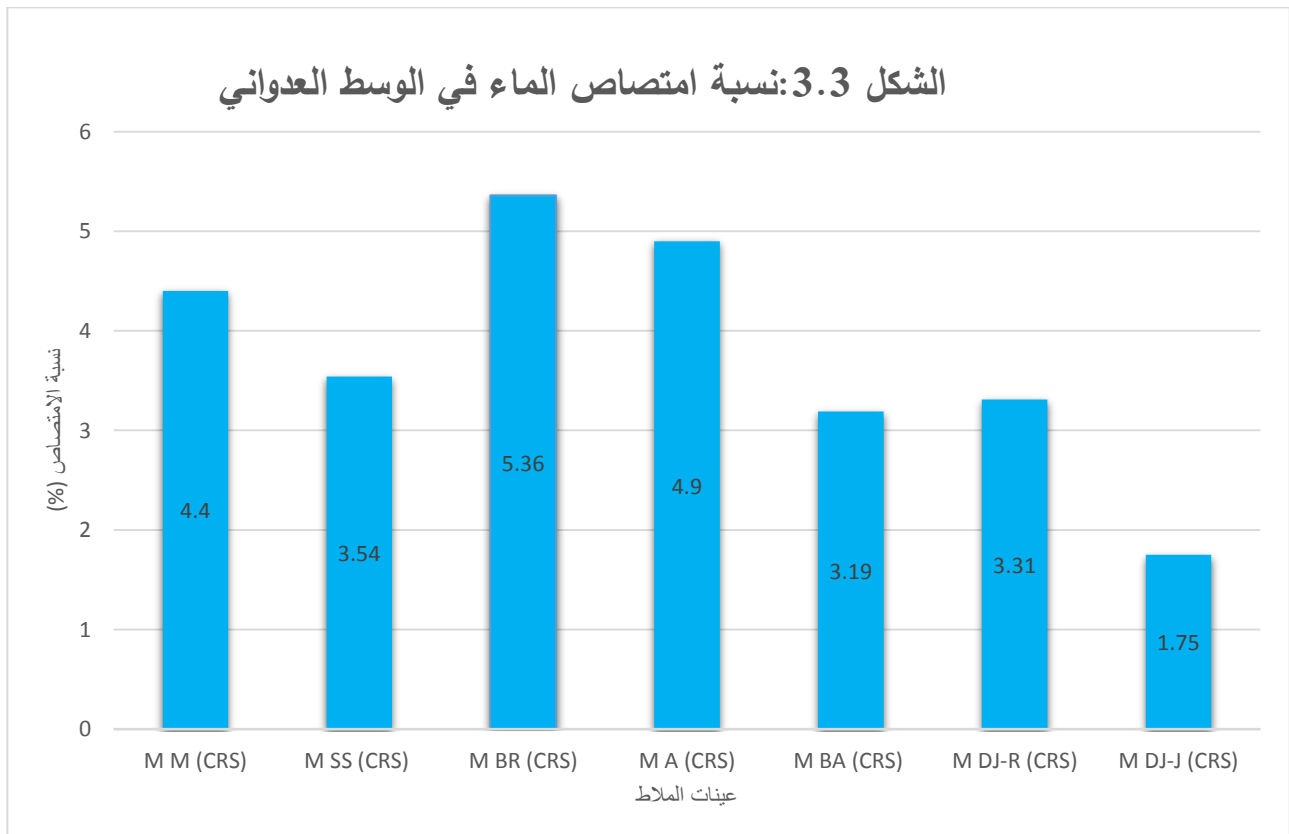
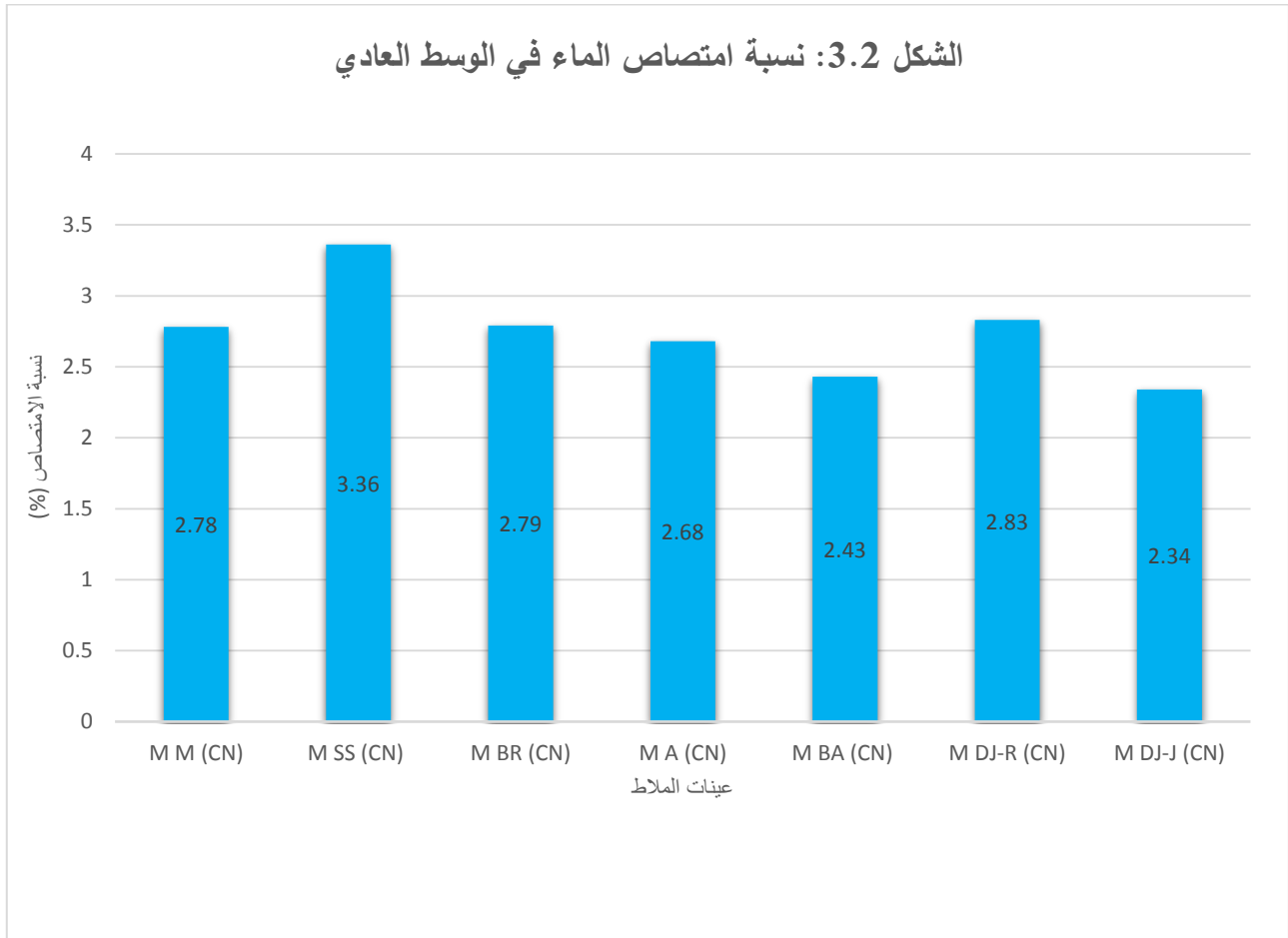
الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm ³)	العينة	
2.41	وسط عادي	M DJ-J (CN)
2.19		M DJ-R (CN)
2.23		M BA (CN)
2.39		M A (CN)
2.36		M BR (CN)
2.26		M SS (CN)
2.36		M M (CN)
2.37	وسط عدواني	M DJ-J (CRS)
2.4		M DJ-R (CRS)
2.21		M BA(CRS)
2.35		M A (CRS)
2.27		M BR (CRS)
2.48		M SS(CRS)
2.4		M M(CRS)

3.2.2 نتائج تجربة معامل امتصاص الماء:

الجدول 3.9: نتائج تجربة معامل امتصاص الماء..

العينة	(%)معامل الامتصاص
--------	-------------------

2.34	وسط عادي	M DJ-J (CN)
2.83		M DJ-R (CN)
2.43		M BA (CN)
2.68		M A (CN)
2.79		M BR (CN)
3.36		M SS (CN)
2.78		M M (CN)
1.75		وسط عدواني
3.31	M DJ-R (CRS)	
3.19	M BA(CRS)	
4.9	M A (CRS)	
5.36	M BR (CRS)	
3.54	M SS(CRS)	
4.4	M M(CRS)	



من خلال النتائج المتحصل عليها في الجدول نلاحظ أن:

في الوسط العادي:

أحسن عينات من ناحية معامل الإمتصاص هي عينات رمل جامعة بنسبة 2.34%، ما يدل على أن نسبة الفراغات في هذه العينات قليلة وكذلك في عينات رمل سيدي سليمان، حيث أن قيمة معامل الإمتصاص لهذه العينات قريبة من قيمة معامل إمتصاص عينات رمل جامعة الاصفر بنسبة 2.36% ثم يليهما رمل البعاج بنسبة إمتصاص 2.43% ويفسر ذلك بكثرة الفراغات في هذه العينات مقارنة بعينات رمل جامعة الأصفر ورمل سيدي سليمان، والتي يمكن أن نعتبرها مقبولة، أما بالنسبة لمعامل إمتصاص عينات رملي لعسيلة ومقر الذي قدر بـ 2.68% و 2.78% على الترتيب، هذا ما يفسر وجود نسبة معتبرة من الفراغات أكثر منها في العينات السابقة، وأحسن من نسبة فراغات لعينات كل من رمل البرقاجية ورمل جامعة الأحمر والتي قدرة نسبة الإمتصاص فيهما بـ 2.79% و 2.83% على الترتيب.

في الوسط العدوانى:

نلاحظ أن أسوء العينات بالنسبة لمعامل الإمتصاص وأكثرها فراغات هي عينات رمل البرقاجية بنسبة إمتصاص كبيرة جدا قدرة بـ 5.36% وهي أكبر من عينات رمل العسيلة ورمل مقر اللذان يعتبر معامل إمتصاصيهما كبير أيضا حيث يقدر بـ 4.90% و 4.40% على الترتيب ويفسر ذلك بوجود نسبة أقل من الفراغات مقارنة بعينات رمل البرقاجية، أما بالنسبة لبقية العينات فنلاحظ أن عينات رمل سيدي سليمان أعطت نسبة إمتصاص جيدة بعض الشيء مقدرة بـ 3.54% مما يدل على وجود فراغات أقل من عينات الرمال السابقة، كما أن رمل جامعة الأحمر ورمل البعاج أعطت عيناتهما نسبة إمتصاص أحسن من عينات رمل سيدي سليمان المقدرة بـ 3.31% و 3.19% على الترتيب، ما يوحي على وجود نسبة أقل من الفراغات مقارنة بما سبق، كما لاحظنا أن أجود العينات هي عينات رمل جامعة الأصفر والتي قدرة نسبة امتصاصها بـ 1.75% مما يدل على وجود نسبة قليلة جدا من الفراغات.

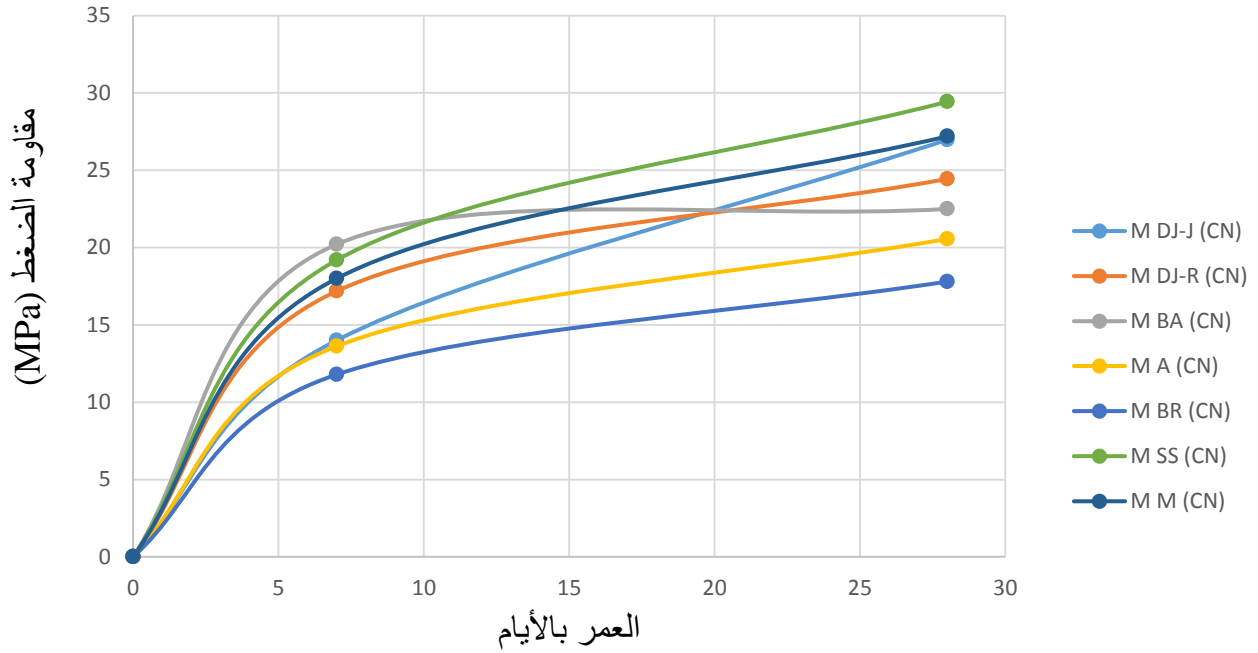
ملاحظة: من خلال مخطط الأعمدة وتحليل النتائج لاحظنا أن نسبة الإمتصاص في الوسط العادي أكبر من نسبة الإمتصاص في الوسط العدوانى.

3.2.3 نتائج تجربة مقاومة الضغط :

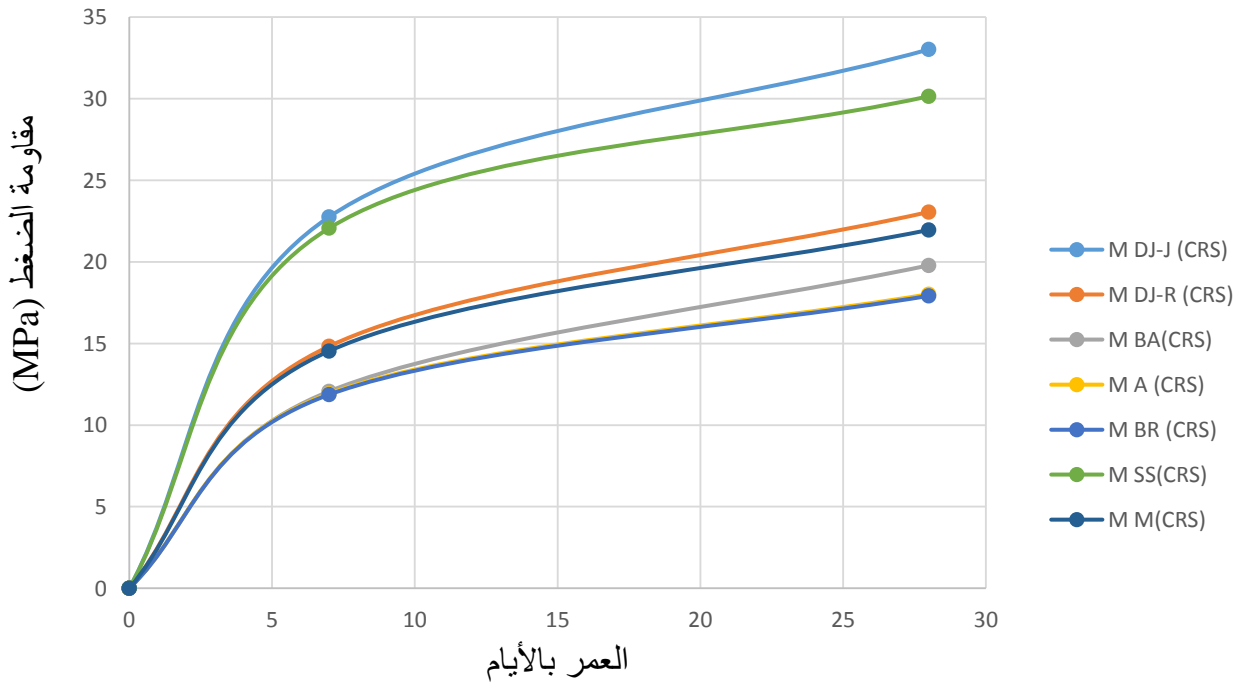
الجدول 3.10: نتائج تجربة مقاومة الضغط.

الإجهاد (MPa)		العينة	
عند الـ 28 يوم	عند الـ 7 أيام		
26.97	14	وسط عادي	M DJ-J (CN)
24.44	17.18		M DJ-R (CN)
22.50	20.21		M BA (CN)
20.56	13.62		M A (CN)
17.80	11.79		M BR (CN)
29.43	19.19		M SS (CN)
27.19	18		M M (CN)
33.02	22.76		وسط عدواني
23.06	14.83	M DJ-R (CRS)	
19.79	12.07	M BA(CRS)	
18.02	11.93	M A (CRS)	
17.92	11.87	M BR (CRS)	
30.15	22.07	M SS(CRS)	
21.96	14.54	M M(CRS)	

الشكل 3.4: مقاومة الضغط للعينات المحفوظة في الوسط العادي



الشكل 3.5: مقاومة الضغط للعينات المحفوظة في الوسط العدواني.



3.2.4 تحليل نتائج تجربة الضغط:

في الوسط العادي:

❖ نلاحظ أن مقاومة الضغط لعينة رمل سيدي سليمان عند 28 يوم كانت 29.43 MPA وهي الأفضل مقارنة بعينات باقي الرمال، ويفسر ذلك بأن رمل سيدي سليمان يحتوي على الجسيمات الناعمة بنسبة 2.88% وهي قيمة مرتفعة مقارنة بأنواع الرمل الأخرى، وكتلته الحجمية الظاهرية للملاط تساوي 2.57 g/cm^3 والتي بدورها تساهم في سد الفراغات وتقلل من نسبة الإمتصاص نوعا ما حيث وجدنا قيمة الإمتصاص لديه تساوي 3.36%.

بينما في الدراسة التي قام بيها " قايد " تحصل بنسبة لعينة رمل سيدي سليمان عند 28 يوم على مقاومة ضغط 14.43 MPA أقل من النتيجة التي تحصلنا عليها وهذا راجع لبعض الاسباب منها لضروف تحضير العينات (الخلط) وكذلك تأثير مساحة الضغط فقد إستعملنا في تجربتنا عينات ذات أبعاد $5*5*5$ أما قايد فقد استعما عينات ذات أبعاد $16*4*4$ حيث أنه كل ما زادت المساحة المعرضة للضغط زاد الإجهاد.

❖ وتظهر مقاومة الضغط لعينة رمل مقر عند 28 يوما بقيمة 27.19 MPA وتعد جيدة بعد مقاومة عينة رمل سيدي سليمان ومقارنة بعينات الرمال الأخرى، يفسر ذلك بأن رمل مقر هو رمل غني بالحبيبات الناعمة والدقيقة ونسبة معامل النعومة فيه هي 1.80% وهي قيمة جيدة وكتلة حجمية ظاهرية للملاط كبيرة بقيمة 2.48 g/cm^3 حيث تعد عامل رئيسي مسبب لغلق الفراغات وتقليل الإمتصاص إلى 2.78%.

❖ وتبين لنا من خلال النتائج المعروضة في الجدول 8.3 أن قيمة مقاومة الضغط لعينة رمل جامعة الأصفر كانت 26.97 MPA وتعد قيمة مقبولة نوعا ما في هذا العمر وتأتي في الترتيب بعد رملي مقر وسيدي سليمان ويفسر ذلك بأن رمل جامعة لصفير هو رمل مرجعي ونسبة معامل النعومة الخاص به 2.35% وكتلته الحجمية الظاهرية للملاط 2.61 g/cm^3 وتعتبر نسبة جيدة تساهم بدورها هي ومعامل نعومة الجيد الذي يساوي 3.32% في سد الفراغات والتقليل من نسبة الامتصاص التي وصلت إلى 2.34%.

من خلال نتائج الضغط لعينات رمل جامعة الأصفر لاحظنا وجود إختلاف بينها وبين ما تم الحصول عليه في "مذكرة شفاح" حيث كانت النتائج عند شفاح 16.97 MPA ويمكن أن نفسر ذلك لنفس الأسباب التي تم ذكرها سابقا، أبعاد العينات و ظروف عميلة الخلط.

❖ وكذلك نلاحظ أن مقاومة ضغط رمل جامعة الأحمر ورمل البعاج ورمل لعسيلة عند 28 يوم كانت على التوالي MPA (24.44-22.50-20.56) وهي قيم منخفضة ومتقاربة ونفسر ذلك بأن رمال هذه العينات تحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الناعمة بنسبة (1.26-2.38-1.95)% على الترتيب وهذه النسبة الكبيرة من الحبيبات الناعمة كانت سببا في إمتصاص نسبة كبيرة من الماء قدرة ب % (2.68-2.43-2.83) على التوالي مما أدى إلى تراجع المقاومة.

حيث نلاحظ نتائج جد متقاربة لكل من رمل البعاج ورمل العسيلة مقارنة بما تم الحصول عليه في "مذكرة شفاح"، إلا أنه هناك إختلاف في النتائج المتحصل عليها لرملة جامعة الأحمر حيث كانت النتائج عند شفاح 17.63MPA وذلك راجع إلى ظروف إجراء التجربة ونوع القالب (أبعاد القالب) المستعمل وهي نفس الأسباب التي تم ذكرها في رمل سيدي سليمان.

❖ ويتبين لنا كذلك من خلال الجدول أن مقاومة الضغط لرملة البرقاجية عند 28 يوما كانت 17.8 MPa وهي قيمة منخفضة جدا مقارنة بعينات الرمال الأخرى ونفسر ذلك بأن رمل البرقاجية يحتوي على نسبة منخفضة من الحبيبات الناعمة حيث يساوي معامل نعماته 3.32% وهو ما تسبب في تراجع مقاومة الضغط.

في الوسط العدواني:

❖ مقاومة الضغط لعينتي رمل جامعة الأصفر ورمل سيدي سليمان 33.02 MPa و 30.15 MPa على الترتيب وتعتبر هي الأفضل من بين كل قيم مقاومة الضغط للعينات الاخرى ونفسر ذلك بأن رمل جمع الأصفر يحتوي على عناصر دقيقة 2.39% وهي نسبة مرجعية حسنة أما رمل سيدي سليمان فيحتوي على عناصر دقيقة بنسبة 2.88% ما يدل على خشونة الرمل وحتوائه على نسبة عالية من الفراغات إلا أن الكتلة الحجمية العالية لملاط هذا الرمل والمقدرة بـ 2.55 g/cm³ والتي ينتج عنها ملء الفراغات بينما قدرة الكتلة الحجمية لملاط رمل جامعة الأصفر بـ 2.37% حيث

وجد نسبة الامتصاص لعينتي الرملين (جامعة لصف 1.75% و سيدي سليمان 3.54%) وهذا ما ساهما في زيادة مقاومة الضغط للعينات.

ومن خلال ما تحصل عليه في "مذكرة قايد" لرمل سيدي سليمان كانت نتيجة الضغط 19.61 MPa وهي أقل مما تحصلنا عليه وهذا راجع لاسباب إختلاف وسط الحفظ من جهة وأبعاد العينات و ظروف الخلط من جهة أخرى، وفي ما يخص رمل جامعة الأصفر ومقارنة بما تم الوصل إليه في "مذكرة شفاح" حيث كانت النتيجة 13.56 MPa وهي أقل بكثير لما تم الوصل إليه في نتائج إختبارتنا ويرجع سبب الإختلاف لنفس الأسباب التي تم ذكرها سابقا.

❖ أما مقاومة الضغط بالنسبة لعينتي رمل جامعة الأحمر ورمل مقر هي 23.06 MPa و 21.96 MPa على الترتيب وتعتبر هاتين القيمتين متوسطتين بالنسبة لبقية العينات وذلك بسبب معامل الإمتصاص المقدر بـ (رمل جامعة الأحمر 3.31% ورمل مقر 4.4%) ما يدل على وجود نسبة معتبرة من الفراغات و كذلك الكتلة الحجمية للملاط مقدر بـ (رمل جامعة الأحمر 2.4 g/cm^3 و رمل مقر 2.51 g/cm^3) ومعامل النعومة لهذه العينات 1.26% لرمل جامعة الأحمر و 1.80% لرمل مقر، ما يدل على جودة رمال هذه العينات بالنسبة لعينات الرمال التالي ذكرها، ويحافظ على مقاومتها للضغط.

❖ مقاومة الضغط لعينات رمل البعاج ورمل عسيلة ورمل البرقاجية قدرت بـ (17.92 و 18.2 و 19.79) MPa على الترتيب ويفسر ذلك بأن عينات هذه الرمال تحتوي على معامل نعومة جيد حيث يقدر بـ (2.38 و 1.95 و 3.32)% على الترتيب ما يزيد من نسبة إمتصاص لهذه العينات والتي قدرة بـ (3.19 و 4.90 و 5.36)% على الترتيب، وكل هذه العوامل تأثر على الكتلة الحجمية للملاط والمسجلة بـ 2.35 g/cm^3 لرمل البعاج و 2.52 g/cm^3 لرمل العسيلة و 2.57 g/cm^3 لرمل البرقاجية وهذا ما ساهم في تسجيل القيم السابق ذكرها لمقاومة الضغط.

ملاحظة: من خلال تحليل النتائج في الوسط العادي والوسط العدواني لتجربة الضغط لاحظنا أن عينات رمل جامعة الأصفر أعطت نتائج جيدة مقارنة بأنواع العينات الرمل الأخرى.

ويرجع سبب إختلاف النتائج التي تحصلنا عليها مقارنة بنتائج مدروسة سابقا إلى ظروف عملية الخلط ونوع القالب المستعمل وكذلك إختلاف أوساط الحفظ العدواني من مكان إلى آخر.

3.2.5 مقارنة بين الوسط العادي والوسط العدوانى في تجربة الضغط:

من خلال النتائج المتحصل عليها نجد أن تجربة مقاومة الضغط للعينات في الوسط العدوانى أعطى نتائج أفضل من نظيرتها في الوسط العادى، وهذا راجع لتركيبية ومقاومة الاسمنت حيث أن عينات الموضوعة في الوسط العدوانى استعمل فيها إسمنت عالى المقاومة وهو اسمنت بروتلاندى مقاوم للكبريتات وهذا ما يعد السبب الرئيسى في رفع مقاومة العينات للوسط العدوانى.

خاتمة الفصل:

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

- ❖ في معظم التجارب لاحظنا أن كل من رمل جامعة الأصفر ورمل سيدي سليمان ورمل مقر أعطوا أحسن النتائج، أما رمل البعاج ولعسيلة وجامعة الأحمر فقد أعطت نتائجهم قيم مقبولة نوعا ما في مجال البناء أما رمل البرقاجية فلاحظنا أن جل نتائجه غير مقبولة.
- ❖ العينات التي لها مقاومة عالية للضغط هي العينات التي لها معامل إمتصاص صغير .
- ❖ لم تستطع عدوانية الوسط التأثير على المقاومة حيث لم تنخفض المقاومة أو تتدهور خلال 28 يوم.
- ❖ لم تتأثر مقاومة عينات رمل جامعة الأصفر بعدوانية الوسط بل زادت قيمتها مقارنة بقيمتها في الوسط العادي.

في الأخير نستنتج بأن كل رمل من الرمال الثلاثة الأفضل يتفوق على الآخر في خاصية من الخصائص لهذا لا يمكن الفصل في الرمل الأفضل بينهم ولهذا نقترح تجارب طويلة الأمد للفصل في ذلك.

الخاتمة

يهدف هذا العمل إلى الدراسة التجريبية لمختلف أنواع رمل البناء لمنطقة وادي ريغ و وادي سوف بالجنوب الشرقي للجزائر، وبعد تدارس العديد من الأعمال البحثية والتطبيقية التي قام بها مجموعة من الطلبة والباحثين على الرمال المختلفة على مستوى الوطن التي زودتنا بمعلومات غزيرة وثمينة.

وبهذا المنطلق قمنا بإنجاز عدة تجارب فيزيائية على الرمال المستعملة في المنطقة قصد التعرف على نوعيتها وجودتها ومدى صلاحيتها في مجال البناء.

أنواع الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمل جامعة الأحمر والأصفر ورمل البعاج ورمل العسيلة والبرقاجية بالمغير ورمل سيدي سليمان ومقر بتقريت، وحسب التجارب المجرات فإن رمل جامعة الأصفر هو أفضل هذه الرمال ثم يليه رمل سيدي سليمان ورمل مقر.

فمن خلال تجربة مقاومة الضغط كانت القيمة المثلة مسجلة لعينات رمل جامعة الأصفر ويليه عينات رمل سيدي سليمان ثم عينات رمل مقر.

ومن خلال نتائج الدراسة الفيزيائية نقترح محور جديد للبحث وهو دراسة الخصائص الكيميائية لهذه الرمال وذلك بقصد تصنيفها ومعرفت جودتها من الناحية الكيميائية وكذلك نقترح تجارب طويلة الأمد للفصل في نوعية الرمل الجيد من أنواع الرمل المدروسة حيث أننا لم نوفق في ذلك بسبب الوقت الضيق.

وفي الختام ندعو المولى عز وجل أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما ونتمنى أن يتواصل البحث في هذا المجال خاصة من ناحية الخصائص الكيميائية التي لم نوفق في دراستها بسبب عدم توفر الوسائل والمحاليل اللازمة.

قائمة المراجع

- [1] LDLP - Librairie Du Liban Publishers ». www.ldlp-dictionary.com.
- [2] Glossary of terms in soil science (PDF). Ottawa : Agriculture Canada.
- [3] Constable, Harriet (3 September 2017). "How the demand for Sand Is Killing Rivers ». BBC News Magazine.
- [8] [Www.handas.xyz](http://www.handas.xyz)
- [9] Site Webooreka [https:// construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable](https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable)
- [10] NF P 18-560 معيار تحديد حجم الركام وهي تنطبق على مجاميع من أصل طبيعي أو صطناعي
- [11] NF P 18-598 معيار قياس نظافة الرمال
- [12] NFP 18-301 معيار تحديد الكتلة الحجمية للأجسام
- [13] NF P 94-064 معيار لتحديد الكتلة الحجمية الظاهرية للأجسام
- [14] NF P 94-301 معيار لتحديد الكتلة الحجمية المطلقة للأجسام
- [15] Nouveau guide du béton : Georges Dreux et Jean Festa, 7^{ème} Edition, 1995
- [16] CIM béton, Les constituants des bétons et des mortiers, Tome 1, Fiche technique
- [17] NF EN 196-1 Septembre 2016 Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 :
détermination des résistances - Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 :
Détermination des résistances
- [18] Ciments et bétons: l'essentiel B51, fiches technique, CIM béton.
- [19] KEDDAM LYDIA " Caractérisation expérimentale des mortiers à base de poudre de marbre" mémoire master, Tizi-ouzou, université Mouloud Mammeri, 2016/2017.
- [20] CIMBÉTON, «Collection technique Ciments et bétons, » Conception et réalisation : Am principe Paris, Édition 2005.
- [21] A. KOMAR, " Matériaux et éléments de construction ", Quatrième édition, Editions MIR. MOSCU.

[22] T. BOUBEKEUR, « Cours de Matériaux de Construction 01 Licence Génie CIVIL « Centre Universitaire de Tissemsilt, 2017, 41-42p

[25] <https://www.okaz.com.sa/ampArticle/15588>

[26] "Sand equivalent test set". Control-Groups.Com.

[28] NF P 18-540

[30] CHERAIT A , NAFA Z . Elément de matériaux de construction et essais s.l : collection le livre de génie civil OPU, 2007 بالتصرف

[31] <https://www.introductiegeschiedenis.nl/24436/mining/f7Z6V3.html>

[32] ASTM C 109/AASHTO-T106

[33] NF EN 12350-6 معيار تحديد إختبارات الخرسانة الطازجة

[4] مذكرة ماستر 2 جامعة الوادي (المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التحليل الحبيبي) مذكرة مريقة "بالتصرف"

[5] مذكرة ماني محمد لنيل شهادة الماجستير جامعة قسدي مرياح ورقلة سنة 2010 بالتصرف

[6] وكيبديا

[7] تاريخ الولوج 2009/09/23 نسخة محفوظة 9 مارس 2016 على موقع واي باك مشين.

[23] الدكتور امام محمود. "الخرسانة" الباب الحادي عشر (متانة الخرسانة) قسم الهندسة الإنشائية كلية.

الهندسة جامعة المنصورة . 2002

[24] د.موزة بنت محمد الربان رئيسة منظمة المجتمع العلمي العربي (الكشف عن الكبريتات في الهيكل

الخرساني بتقنية LIBS)

[27] خواص واختبارات المواد - عملي

[29] مريقة براهيم مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر 2 جامعة الوادي 2019 تحت عنوان المساهمة في تحسين

خصائص خرسانة الرمل باستعمال موارد رملية جديدة. (وادي سوف) بتصرف