الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العـــــالي والبحث العلمي

جامعة الشهيـــد حمه لخضر – الـــوادي

كلية التكنولـــوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخـــرج

لنيـــل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان

دراسة مقارنة لرمال البناء المختلفة بمنطقة الجنوب الشرقي (ولاية ورقلة)

تحت إشـــراف :

الدكتـــور العقبي عبد العزيز

من إعداد الطلبـــة :

- ✓ قـــايد حسام الديـن
- ✓ قـــده إليـــاس

الموســـم الجـــامعي

2020 / 2019

بسم الله الرحمن الرحيم

(وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

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

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار ..
أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار
وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد..
والدي العزيز

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني .. إلى بسمة الحياة وسر الوجود
إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب
إلى من أرضعتني الحب والحنان
إلى رمز الحب وبلسم الشفاء
إلى القلب الناصع بالبياض
إلى ينبوع الصبر والتفاؤل والأمل
إلى كل من في الوجود بعد الله ورسوله
إلى سندي وقوتي وملاذي بعد الله
والدتي الحبيبة

إلى من آثروني على نفسهم
إلى من علموني علم الحياة
إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة
<u>إخوتي</u>

إلى من كانوا ملاذي وملجئي
إلى من تذوقت معهم أجمل اللحظات
إلى من سأفتقدهم ..... وأتمنى أن يفتقدوني
إلى من جعلهم الله أخوتي بالله ..... و من أحببتهم في الله

طلاب قسم الهندسة المدنية

شكر وتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد

وقبل أن نمضي تقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة . . . إلى جميع أساتذتنا الأفاضل . . .

"كن عالما . . فإن لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فأحب العلماء ،فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

وأخص بالتقدير والشكر:

الدكتور "**العقبي عبد العزيز**"

الذي نقول له بشراك قول رسول الله صلى الله عليه وسلم:

"إن الحوت في البحر ، والطير في السماء ، ليصلون على معلم الناس الخير"

كما أنني أتوجه بخاص الشكر إلى من علمنا التفاؤل والمضي إلى الأمام، إلى من وقفوا إلى جانبنا عندما ضللنا الطريق

الدكتور : عماري محمد الصغير

ودون أن ننسى الزملاء والأصدقاء بل هم إخوة

" سديرة عبد الحميـــــد – زريق الطاهر – مليك محمد – شنقارة توفيق"

وإلى "مخبر سديرة الجيوتقني للبناء والطرقات" عامة وإلى الأستاذ "شيخة مبروك فتحي" خاصة

الذين كانوا عونا لنا في بحثنا هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقنا .

إلى من زرعوا التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات والأفكار والمعلومات، ربما دون يشعروا بدورهم بذلك فلهم منا كل الشكر

ملخـــــــــص :

يتمحـــــــــور موضوعنـــــا حول دراسة خبرة ومقارنة لمختلف أنواع رمل البناء المستعمل في منطقـــــة ورقلة وجوارها

اخترنا ثلاثة أنواع شائعة الاستعمـــــــــال وهي رمل خشـــــــم الريح , رمل حـــــــــاسي السايح ورمل سيـــــدي سليمان بعد قيامنا بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الأنواع الثلاثة , حضرنا ثلاثة أنواع من الملاط من هذه الرمال بنوعين مختلفين من الاسمنت (اسمنت عادي واسمنت مقاوم للكبريتات) وقمنا بحفظها في وسطين مختلفين (ماء عادي وماء صاعد لمنطقة الوادي) وذلك لدراسة المقاومة الميكانيكية والديمومة .

بينت النتائج المتحصل عليها إختلافـــــات واضحة بين أنواع الرمل المستعملة ,أحيانا متباعـــــــدة وأحيانا متقاربـــــــــــة. وعلى العموم , فقد تبين بأن رمل خشم الريح هو الأفضل والمثالي فيما بينهما ثم يليه رمل سيدي سليمان وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح

كلمات مفتاحية :

رمل البنـــــاء – ملاط الاسمـــنت – المياه الصاعـــــدة – المقاومـــــــة الميكانيكية

Résumé :

Notre sujet tourne autour d’une étude d'expérience et de comparaison des différents types de sable de construction utilisés dans la région d’Ouargla et ses environs.

Nous avons choisi trois types couramment utilisés, à savoir le sable de Khashm Al-Reeh, le sable de Hassi Al-Sayeh et le sable de Sidi Silimane

Après avoir étudié les propriétés physiques et chimiques de ces trois types, nous avons préparé trois types de mortier à partir de ce sable avec deux types de ciment différents (ciment ordinaire et ciment résistant aux sulfates) et nous les avons conservés dans deux milieux différents (eau ordinaire et eau remontée de la nappe phréatique d'El Oued) afin d'étudier la résistance mécanique et la durabilité.

Les résultats obtenus ont montré des différences nettes entre les types de sable utilisés, parfois espacés et parfois proches.

En général, il a été constaté que le sable de Khashm Al-Reeh est le meilleur et le plus idéal parmi eux, suivi par le sable de Sidi Silimane et finalement le sable de Hassi Al-Sayeh

Mots clés:

Sable de construction - mortier de ciment - eau remontée de la nappe phréatique - résistance mécanique

الفهـــــــــرس

الفهـــــرس

I. الفصل الأول : البحث المكتبي 2

1.1 تعريف الرمل 2

1.2 أنواع الرمال المستعملة في البناء 2

1.2.1 رمل البحار 2

1.2.2 رمل الوديان والأنهار الطبيعية 3

1.2.3 رمل المحاجر 3

1.2.4 رمل الكثبان 3

1.2.5 الرمل الاصطناعي 4

1.3 الصفات المطلوبة للرمل الطبيعي أو الاصطناعي 4

1.4 استخدامات الرمال الطبيعية أو الاصطناعية 4

1.5 الإسمنت 4

1.5.1 عموميات 4

1.5.2 تعريف الاسمنت 4

1.6 تصنيف الإسمنت 5

1.6.1 تصنيف الإسمنت حسب مكوناته 5

1.6.2 تصنيف الإسمنت حسب مقاومته للإنضغاط 7

1.7 تعريف الملاط 8

1.8 أنــواع الملاط المستخدم في البناء 8

1.8.1 الملاط الإسمنتي البورتلاندي 8

1.8.2 الملاط البوزولانا 8

1.8.3 الملاط الاسمنتي البوليميري 9

1.8.4 الملاط المضاد للحرائق 9

1.9 الإضـــــافات 9

1.9.1 دور المميعات والملدنـــات 9

1.10 تأثير الكبريتات على الملاط والخرسانة 10

1.11 التشغيلية 10

1.12 تأثير النسبة E/C على الخرسانة 11

1.12.1 تأثير النسبة E/C على المسامية 11

1.12.2 تأثير النسبة E/C على المقاومة.....12
1.13 النفاذيـــة 13
1.14 النفاذية والمسامية والامتصاص 13

II. الفصل الثاني : خصائص المواد المستعملة والاختبارات المعمول بها.....15
2.1 التجارب على الرمل 15
2.1.1 محتوى السلفات 15
2.1.2 محتوى الكربون 17
2.1.3 محتوى الأجسام الصلبة 18
2.1.4 المكافئ الرملي 19
2.1.5 الكتلة الحجمية المطلقة 22
2.1.6 الكتلة الحجمية الظاهرية 24
2.1.7 التحليل الحبيبي بالغربلة 24
2.2.8 معامل النعومة 26
2.2.9 المحتوى الدقيق 27
2.2 التجارب على عينات الملاط 27
2.2.1 تجربة التحطيم بالإنحناء 27
2.2.2 تجربة التحطيم بالضغط 29
2.2.3 تجربة الموجات فوق الصوتية 30
2.2.4 تجربة معامل امتصاص الماء 32
2.2.5 الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط 32
2.3 الإسمنت 33
2.4 الماء 36
2.5 الملدن 37
2.5.1 تجربة التشغيلية 37

III. الفصل الثالث : نتائج واستنتاجات 40
3.1 التركيبة المعتمدة للماء المستعمل 40
3.1.1 أنواع التركيبات 40
3.1.2 تحضير وشكل العينة.....41
3.2 البروتوكول التجريبي 41

3.3 أوساط حفظ العينات 42

3.4 نتائج التجارب على الرمل 43

3.4.1 نتائج تجربة محتوى السلفات 43

3.4.2 نتائج تجربة محتوى الكربون 43

3.4.3 نتائج محتوى الأجسام الصلبة 44

3.4.4 نتائج تجربة المكافئ الرملي 44

3.4.5 نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة 45

3.4.6 نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية 45

3.4.7 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل 46

3.4.8 نتائج تجربة معامل النعومة 49

3.4.9 نتائج تجربة المحتوى الدقيق 49

3.5 ملخص نتائج التجارب على الرمل 50

3.6 نتائج التجارب على عينات الملاط 51

3.6.1 نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط المستعمل 51

3.6.2 نتائج تجربة الموجات الصوتية 52

3.6.3 نتائج تجربة معامل امتصاص الماء 52

3.6.4 نتائج تجربة مقاومة الإنحناء 53

3.6.5 نتائج تجربة مقاومة الضغط 54

3.7 مناقشة نتائج تجربة إجهاد الضغط 56

3.8 مناقشة نتائج تجربة إجهاد الإنحناء 58

3.9 ملخص جميع التجارب المدروسة 59

الخلاصة 60

الخلاصة والتوصيات العـــامة 61

المراجـــــــع 69

الملحقـــــات 71

فهرس الأشكـــال

الشكل 1.1 : التشغيلية بدلالة النعومة , تأثير الدقائق 11

الشكل 1.2 : تأثير نسبة E/C على المسامية 12

الشكل 1.3 : تأثير النسبة E/C على مقاومة الإنحناء 12

الشكل 1.4 : تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط 13

الشكل 2.1 : صورة لبعض خطوات تجربة محتوى السلفات 17

الشكل 2.2 : صورة آلة قياس محتوى الكربون 18

الشكل 2.3 : الأدوات المستعملة في تجربة المكافئ الرملي 21

الشكل 2.4 : خطوات عمل تجربة المكافئ الرملي 22

الشكل 2.5 : طريقة إجراء تجربة الكتلة الحجمية المطلقة 23

الشكل 2.6 : صور خطوات تجربة الكتلة الحجمية المطلقة 23

الشكل 2.7 : خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية 24

الشكل 2.8 : الأدوات المستعملة في تجربة التحليل الحبيبي بالغربلة.....25

الشكل 2.9 : يوضح آلية التحطيم بالإنحنـــاء 27

الشكل 2.10 : آلة التحطيم الخاصة تجربة الإنحناء وطريقة وضع العينة 28

الشكل 2.11 : يوضح آلية التحطيم بالضغط 29

الشكل 2.12 : آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط 30

الشكل 2.13 : قياس الموجات فوق الصوتية 30

الشكل 2.14 : جهاز قياس الموجات فوق الصوتية 31

الشكل 2.15 : جداول البطاقة التقنية للاسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري 34

الشكل 2.16 : جداول البطاقة التقنية للاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات 35

الشكل 2.17 : طاولط الاهتزاز 38

الشكل 3.1 : توضح أشكال القوالب المستعملة 41

الشكل 3.2 : موقع دفن العينات المعدة لإجراء تجارب 42

الشكل 3.3 : منحنى التدرج الحبيبي لعينة سيدي سليمان (تقرت) 46

الشكل 3.4 : منحنى التدرج الحبيبي لعينة حاسي السايح (ورقلة) 47

الشكل 3.5 : منحنى التدرج الحبيبي لرمل خشم الريح (ورقلة) 48

الشكل 3.6 : منحنى التدرج الحبيبي لجميع أنواع الرمل المدروس.....50

الشكل 3.7 : منحنى نتائج مقاومة الضغط لعينات الوسط العادي 54

الشكل 3.8 : نتائج مقاومة الضغط لعينات الوسط العدواني 55

الشكل 3.9 : منحنى مقاومة الإنحناء لعينات الوسط العادي 55

الشكل 3.10 : نتائج مقاومة الإنحناء لعينات الوسط العدواني 56

فهرس الجداول

الجدول 1.1 :المكونات المينرالوجية التي تدخل في تركيبة الإسمنت 4
الجدول 1.2 :قائمة بالأنواع المختلفة من الإسمنتات الشائعة المعيارية 6
الجدول 1.3 :تصنيفات الإسمنتات الشائعة 7
الجدول 1.4 :تصنيف الاسمنت حسب مقاومة الإنضغاط 8
الجدول 2.1 :تصيف الرمل حسب المكافئ الرملي 20
الجدول 2.2 :تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت.....32
الجدول 2.3 : تصنيف الملاط حسب طاولة الاهتزاز 38
الجدول 2.4 :النتائج المتحصل عليها من طاولة الاهتزاز.....38
الجدول 3.1 : أنواع التركيبة الخاصة بكل عينة 40
الجدول 3.2 : المقادير المستعملة في كل خلطة 41
الجدول 3.3 : المكونات الكيميائية للوسط العدواني المستعمل 42
الجدول 3.4 : نتائج تجربة محتوى السلفات للعينات 43
الجدول 3.5 : نتائج تجربة محتوى الكربون للعينات 43
الجدول 3.6 : نتائج تجربة محتوى الأجسام الصلبة للعينات 44
الجدول 3.7 : نتائج تجربة المكافئ الرملي للرمل المدروس 44
الجدول 3.8 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمل 45
الجدول 3.9 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للعنيات 45
الجدول 3.10 : التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان (تقرت) 46
الجدول 3.11 : التحليل الحبيبي لرمل حاسي السايح (ورقلة) 47
الجدول 3.12 : التحليل الحبيبي لرمل خشم الريح (ورقلة) 48
الجدول 3.13 : نتائج تجربة معامل النعومة للعينات 49
الجدول 3.14 : نتائج تجربة المحتوى الدقيق للعينات 49

الجدول 3.15 : ملخص نتائج التجارب للعينات 50
الجدول 3.16 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط 51
الجدول 3.17 : نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية 52
الجدول 3.18 : نتائج تجربة معامل امتصاص الماء للعينات 52
الجدول 3.19 : نتائج تجربة مقاومة الإنحناء للعينات 53
الجدول 3.20 : نتائج مقاومة الضغط للعينات 54
الجدول 3.21 : ملخص جميع التجارب المدروسة 59

المقدمة العـــــــامة

المقدمة العامة

يعتبر الرمل من أهم المواد المستعملة في مجال البناء لا سيما في تركيبة الخرسانة و في صناعة الطوب والقرميد وأيضا في إنجاز الطرقات و الجسور و السدود , فهو يعتبر المورد الطبيعي الأكثر إستعمالا في شتى مجالات التنمية .

في بحثنا هذا قمنا بعدة دراسات تجارب لهاته النوعيات الثلاثة من الرمال الطبيعية وهي رمال حاسي السايح بمنطقة حاسي مسعود و رمال خشم الريح في مدخل مدينة ورقلة و رمال سيدي سليمان بمنطقة تقرت و كلها متواجدة بتراب ولاية ورقلة بالجنوب الشرقي من الجزائر و ذالك بدراسة جميع خصائصها .

حيث قسمنا عملنا هذا إلى ثلاثة فصول , نخصص الفصل الأول للرمال , الإسمنت , الملاط والديمومة والنفاذية ودراسة الجانب النظري لهم حيث درسنا مكونات الملاط و خصائصهم و تاريخهم عبر العصور وعبر العالم .

و نتطرق في الفصل الثاني لخصائص المواد المستعملة والاختبارات المعمول بها.

أما الفصل الثالث نخصصه الى نتائج وإستنتاجات تجاه جهود الضغط والإنحناء وامتصاص الماء وتأثرها بالأملاح الكبريتية كذالك مدى تأثرها بمرور الموجات فوق الصوتية

الفصـــــل الأول

البحث المكتبـــــــــــــي

الفصل الأول

مدخـــــــــل :

إن للرمل استعمالات عديدة وكثيرة, وهو يستخدم منذ قديم الزمان في صناعة الاسمنت, ويستخدم لدمج الصخور معا لصنع خرسانة. وقد خصصنا هذا الفصل لدراسة للرمل , الإسمنت , الملاط والنفاذية ودراسة الجانب النظري لهم .

1.1 تعريف الرمل :

هو مادة حبيبية طبيعية تتكون من جزئيئات مفتتة ناتجة عن تفتت الصخور و المعادن و بعض المواد العضوية الجافة نتيجة العوامل الطبيعية من رياح و أمطار و أمواج البحر و سيول الوديان على مر السنين , و نظرا لطول الوقت الذي يتطلبه تشكيل الرمل يمكن القول بانه مورد طبيعي غير متجدد .

ونرى أن تكوين الرمال يختلف باختلاف المصادر الخاصة بالصخور المحلية وتكوينها ، والمكون الأكثر انتشارا في المناطق القارية والمناطق الساحلية هو السيليكا وهو ثاني أكسيد السيليكون ويتكون على شكل معدن الكوارتز، والنوع الثاني المكون للرمال هو كربونات الكالسيوم وهو من أكثر أنواع الرمال انتشارا ، ويدخل هذا النوع من الرمال في صنع الخرسانة .

و يتشكل عادة معظم أنواع الرمل من مادتي الكوارتز و السليكا اللتان تجعلان من تركيبته غير متفاعلة كيميائيا و قاسية للغاية و أشد مقاومة للظروف المناخية و الطبيعية و يختلف ألونه تبعا لطبيعة الصخور او المعادن أو المواد العضوية التي يتأتى منها . [1]

1.2 أنـواع الرمال المستعملة فى البناء :

1.2.1 رمل البحـــــار :

الرمال البحرية يتم استخراجها من قاع البحر عن طريق المقذوفات الهيدروليكية و الأمواج البحرية ، ان رمال البحار نجدها متوفرة بكثر في شواطئ البحار وهي تستقر عموما مثلها مثل رمل الأنهار في قاع الأنهار ، حيث تستقر أيضا بكميات كبيرة في مصب الأنهار وحتى بعده عندما تتولى التيارات البحرية السيطرة على الأنهار لحمل حبيبات الرمل.

و نظرا على احتوائها على نسبة معتبر من الأملاح تعتبر الرمال البحرية أقل أهمية و أقل استعمالا من رمل الأنهار و الذي قد يسبب ضررا على ديمومة الخرسانة في حد ذاتها ، و للحفاظ على البيئة البحرية للشواطئ و نظرا

للقوانين المضيقة على استغلال هذا النوع من أنواع الرمال فانه ينصح بعدم الأستغلال العشوائي لهذا النوع من الرمل في البناء [2]

1.2.2 رمل الـوديان و الأنـهار الطبيعية:

هذه الرمال تعد من أكثر الأنواع نقاءً، ومن مميزات هذا النوع أن هيكله متجانس وصغير بالنسبة لحجم الجسيمات، ويعد الرمل النهري من أهم أصناف المواد التي تخص البناء، و يستخدم في صناعة العديد من انواع الخرسانة ، الرمال الطبيعية يمكن أن تأتي من الأنهارالمعروف أيضًا باسم "رمل النهر" ويتميز بشكله المستدير وصلابته ، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور.

بسبب كتلتها الصغيرة ، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العاليو عند وصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة والتي لم تعد تحملها طاقة الماء تترسب ببطء في مجاري الأنهار والجداول.
و لأسباب بيئية مثلها مثل رمال الشواطئ يتم استغلال عدد قليل للغاية من هذه الرمال مباشرة في قاع الأنهار النشطة , خوفا من نفاذها لأنها تعتبر من الرمال الغير قابلة للتجدد . [2]

1.2.3 رمل المحاجـــر:

هذه الرمال هي نتيجة تكسير صخور كبيرة ، في الواقع هي كل عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق الطحن للكتل الصخرية والشظايا الأصغر فالأصغر ، فاننا نحصل على كمية معينة من الرمال حسب القطر المطلوب ، (عادة ما يقل قطرها عن 5 مم). [2]

1.2.4 رمل الكثبـــــان :

تعتبر رمال الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية و المعروفة بالعرق الشرقي و يشمل جزء كبير من الجزائر و ليبيا , و هي عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكا و تتميز بكونها متماثلة و متجـانسة من حيث الشكل و يتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية و هذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا . [2]

1.2.5 الرمـل الاصطناعي :

هي رمال ناتجة عن طحن و سحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ ، كذالك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ .

و لقد أجريت العديد من الدراسات الحديثة و التجارب على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمـال وبينت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي [2]

1.3 الصفات المطلوبة للرمل الطبيعي أو الاصطناعي :

يعتبر الرمل ذو نوعية جيدة إذا استوفى شروطًا معينة :

- يجب ألا تحتوي على أكثر من 3 ٪ من الشوائب (الطمي ، المنتجات الصناعية الضارة ، الغبار .. الخ)
- يجب أن تكون مصنوعة من الحبوب بأحجام وأبعاد مختلفة ، وذلك لملء الفجوات المتبقية بين أنواع مختلفة من الركام. [3]

1.4 بعض استخدامات الرمال الطبيعية أو الاصنطناعية :

تستخدم الرمال الطبيعية والاصطناعية في صناعات البناء والتشييد وتعتبر مكون أساسي للملاط والخرسانة , حيث أن الرمال تقوم بالزيادة من قابلية تشغيل الملاط أو الخرسانة بجعلها أكثر كثافة.

ولكن يجب اتخاذ تدابير خاصة للرمال الاصطناعية من الخبث ، والتي يمكن أن تغير الروابط. [3]

1.5 الإســـــمنت :

1.5.1 عموميات :

أهم استخدام للإسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية. يجب عدم الخلط بين الخرسانة والإسمنت، فالإسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة. وللإسمنت المستخدم في البناء نوعين هما الإسمنت المائي (هيدروليكي) والإسمنت غير المائي (هوائي) . [4]

1.5.2 تعريف الإسمنت :

الإسمنت هو رابط هيدروليكي بشكل مسحوق معدني ناعم جاف رمادي اللون يتصلب ويقسى فيمتلك بذلك خواصاً تماسكية وتلاصقية بالتميُه أي بوجود الماء ، مكوناً بذلك عجينة تتصلب تدريجياً في الهواء وحتى في الماء . [4]

ويتكون الاسمنت من أربعة مركبات رئيسة هي في الأصل ناتج تفاعل المواد الخام التي جمعت من المحاجر ويُرمزلهذه المركبات اصطلاحا بالشكل الآتي :

الجدول 1.1 : المكونات المينرالوجية التي تدخل في تركيبة الإسمنت [4]

المركب	الاصطلاح	المركب	
ثاني سيليكات الكالسيوم	C_2S	$2CaO.SiO_2$	Belite
ثالث سيليكات الكالسيوم	C_3S	$3CaO.SiO_2$	Alite
ثالث ألومينات الكالسيوم	C_3A	$3CaO.\ Al_2O_3$	Aluminate
رابع ألومينات حديد الكالسيوم	C_4AF	$4CaOAl_2O_3.Fe_2O_3$	Celite
ويرمز C : لأكسيد الكالسيوم و S : لأكسيد السلسيون و A : لأكسيد الكالسيوم وF : لأكسيد الحديد و H : للماء			

1.6 تصنيف الإسمنت :

يصنف الإسمنت تصنيفين وهما :

- حسب المكونـــــات
- حسب مقاومته للإنضغاط

1.6.1 تصنيف الإسمنت حسب مكوناته :

اعتمد هذا التصنيف على المعيار NF EN 197-1 و NF P15-301

الجدول 1.2 : قائمة بالأنواع المختلفة من الإسمنتات الشائعة المعيارية [4]

Notation des produits (types de ciment courant)			Composition (pourcentage en masse pour les constituants principaux et secondaires)										Constit secon d.
			Constituants principaux										
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire		
						naturelle	naturelle calcinée	siliceuse	calcique				
			K	S	D	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Ciment Portland artificiel	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Ciment Portland composé	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé à la fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé à la pouzzolane	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé au schiste calciné	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Ciment Portland	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5

	composé au calcaire	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Ciment Portland composé divers	CEM II/A-M	80-94	6-20									0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35									0-5
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Ciment pouzzolanique	CEM IV/A	65-89	11-35									0-5
		CEM IV/B	45-64	36-55									0-5
CEM V	Ciment composé	CEM V/A	40-64	18-30	-	16-30			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	-	0-5

الجدول 1.3 : تصنيفات الإسمنتات الشائعة [4]

	Cim. Port-land	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%≤ total ≤20% (fumée de silice ≤10%)	21%≤ total ≤35% (fumée de silice ≤10%)	/36% ≤65%	/66% ≤80%	/81% ≤95%	*	*	/18% ≤30%	/31% ≤50%
Pouzzolanes (Z)	*			*	*	*	10% ≤ total ≤35% (fumée ≤10%)	36% ≤ total ≤55% (fumée ≤10%)	18%≤ total ≤30%	31%≤ total ≤50%
Cendre siliceuses (V)	*			*	*	*				
Fumée de silice (D)	*			*	*	*			*	*
Cendres calciques (W)	*			*	*	*	*	*	*	*
Schistes (T)	*			*	*	*	*	*	*	*
Calcaires (L)	*			*	*	*	*	*	*	*
Fillers (F)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

1.6.2 تصنيف الإسمنت حسب مقاومته للإنضغاط :

اعتمد هذا التصنيف على المعيار EN 196-1

الجدول 1.4 : تصنيف الاسمنت حسب مقاومة الإنضغاط [4]

Classe	Résistance à la compression (MPa) EN 196-1				Retrait à 28 jours	Début de prise	Stabilité
	au jeune âge		à 28 jours		P 15-433	EN 196-3	EN 196-3
	2 jours	7 jours	mini.	maxi.	(µm/m)	(min)	(min)
32,5		(17,5)	/32,5 (30)	≤52,5	≤800	/90	≤10
32,5 R	/13,5 (12)	/ ≤	/32,5 (30)	≤52,5	≤1 000	/90	≤10
42,5	/12,5 (10)		/42,5 (40)	≤62,5	≤1 000	/60	≤10
42,5 R	/20 (18)		/42,5 (40)	≤62,5	≤1 000	/60	≤10
52,5	/20 (18)		/52,5 (50)			/60	≤10
52,5 R	/30 (28)		/52,5 (50)			/60	≤10

1.7 تعريف الملاط :

الملاط هو مادة بناء تستخدم لربط الطوب أو الحجر ولملء الفراغات بينها. وهو بصورة عامة يصنع على شكل عجينة تصبح صلبة حين تجف . [5]

1.8 أنـــواع الملاط المستخدم في البناء :

1.8.1 الملاط الإسمنتي البورتلاندي :

ملاط الإسمنت البورتلاندي (كثيرا ما يُعرف اختصارا بـ الملاط الإسمنتي) مؤلف من خليط من الإسمنت البورتلاندي العادي (CPA) ، و الرمل مع الماء. [5]

1.8.2 الملاط البوزولانا :

البوزولانا هي مادة جيدة، رماد بركاني رملي، اكتشفت أصلا وحُفرت في إيطاليا في بوتسوولي حول جبل فيزوف ، وفي عدد من المواقع الأخرى لاحقاً . تحدث المعماري الروماني القديم فيتروفيو عن أربع أنواع من البوزولانا . وهي وُجدت في جميع المناطق البركانية في إيطاليا وبمختلف الألوان : الأسود والأبيض والرمادي والأحمر.

وعندما يُطحن جيداً ويُخلط مع الجير فإنه يصبح كالإسمنت البورتلاندي ويصنع ملاط قوي يستطيع أيضا أن يتجمد تحت الماء. [5]

1.8.3 الملاط الإسمنتي البوليمري :

الملاط الإسمنتي البوليمري (اختصاراً:PCM) هو المادة المصنوعة عن طريق استبدال جزئي لروابط هيدرات الإسمنت من المونة الإسمنتية التقليدية مع البوليمرات . تشمل الخلطات البوليمرية اللثى أو المستحلبات، إعادة تشتيت مسحوق البوليمر، إذابة البوليمرات، الراتنجات السائلة والمونومرات . إن نفوذيتها منخفضة، كما أنها تقلل من حدوث تكسير الانكماش الجاف . والمصممة أساساً لإصلاح الهياكل الخرسانية [5]

1.8.4 الملاط المضاد للحرائق :

الملاط المضاد للحرائق هو ملاط يُستخدم عادة لمعظم الفتحات الكبيرة في الجدران والأرضيات التي تتطلب أن تكون مقاومِة للحرائق . وهو عنصر الحماية السلبية من الحرائق . الملاط المضاد للحرائق يختلف في الصيغة والخصائص عن معظم المواد الإسمنتية الأخرى ولا يمكن أن يكون بديلاً للملاط العادي من دون انتهاك قائمة و مستحسنات الاستخدام والامتثال . [5]

1.9 الإضافات :

تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الملاط أو الخرسانة مثل التحسين في التشغيلية واستخدام الملاط أو الخرسانة في ظل ظروف صعبة , كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الملاط أو الخرسانة . [6]

1.9.1 دور المميعات والملدنـــات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الملاط أو الخرسانة الطازجة , حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم. [7] ونذكر هنا الأثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الملاط أو الخرسانة :

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

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقــا أمام الحصول على ملاط أو خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين , منذ زمن قديم , إلى استخدام العناصر الكيميائية العضوية التي تساعد في جعل الملاط أو الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك [8]

1.10 تأثير الكبريتات على الملاط والخرسانة :

الكبريتات هي أملاح معدنية طبيعية توجد في التربة أو المياه [10]. كما أن مهاجمة أملاح الكبريتات للملاط أو الخرسانة هي إحدى المشاكل الإنشائية التي تواجه الأعمال الخاصة بالملاط أو الخرسانة , وأثارت إهتمام الباحثين بعد أن ظهر تأثير تلك المشكلة على الكثير من المنشآت إلى أن تفتت الملاط أو الخرسانة بتأثير الأملاح يعتبر من أهم المشاكل التي تواجه المهندس [11] في الجزائر وأن الأملاح توجد في بعض المناطق في تربة الجزائر ومياهها الجوفية .

هناك مصدرين للأملاح الكبريتية التي تهاجم الملاط أو الخرسانة هما خارجية وداخلية :

- الخارجية منها موجودة في المياه الجوفية و السطحية أو التربة المحيطة بالملاط أو الخرسانة
- أما الداخلية فموجودة ضمن تراكيب المواد الداخلية في الملاط كالاسمنت والرمل والماء والإضافات.

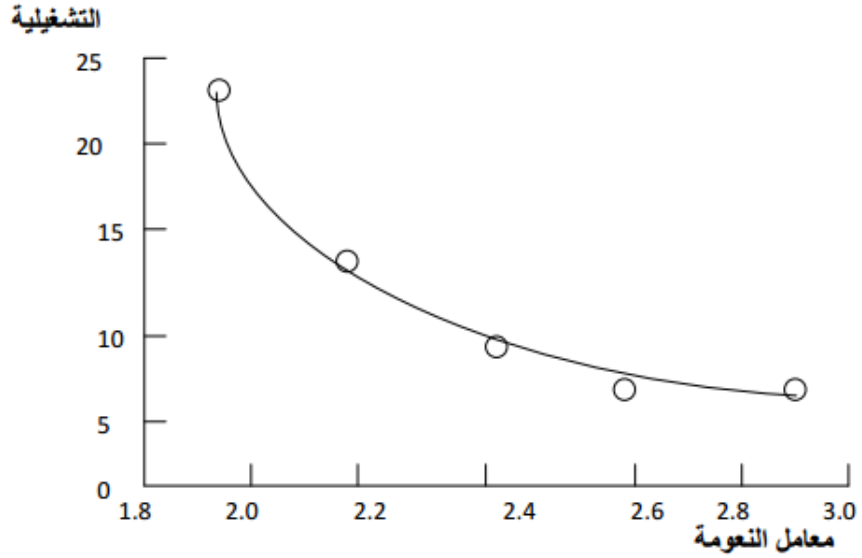
من بعض أنواع التربة غنية بالجبس والتي هي نوع من كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ وكذلك كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4$. وعندما تبتل التربة بسبب السقاية أو المطر فإن بعض هذه الكبريتات تذوب في الماء وتتخلل إلى داخل الملاط أو الخرسانة ذات النوعية غير الجيدة والتي تحتوي على مسامات كثيرة عندها تبدأ عملية مهاجمة الكبريتات للملاط أو الخرسانة. [11]

1.11 التشغيلية :

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة , وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصية [12] وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة[13] كما تعرف على أنها سهولة الخلط للخرسانة الطازجة وتجانسها وسهولة قولبتها.

ويتطلب الملاط العادي كمية عادية من الماء وهذا يترجم بالنسبة E/C حيث أنها هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبيرة

إضافة إلى ذلك فإن 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 مايترجم في العلاقة بين معامل النعومة والتشغيلية في الشكل التالي :



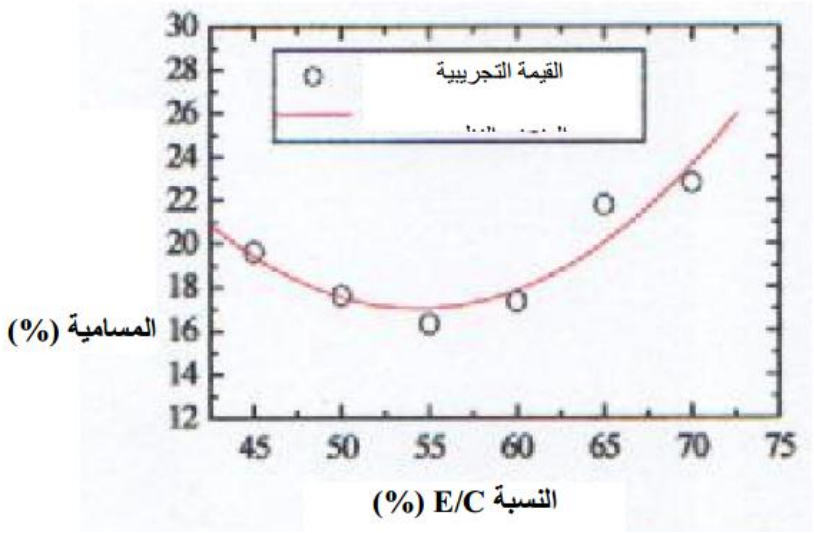
الشكل 1.1 : التشغيلية بدلالة النعومة , تأثير الدقائق [14]

1.12 تأثير النسبة E/C على الخرسانة :

1.12.1 تأثير النسبة E/C على المسامية :

إن النسبة E/C لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد: ABDELAZIZ LOGBI [15]،ونـذكر مثـال علـى ذلـك الدراسـة التـي قـام بهـا GUELMINE LAYCHI [16] والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55 ، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عنيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، الذي يعني زيادة كمية الماء مخلفة عند خروجها مسامات تكون كثيرة و في بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الر كام)، و هذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا الأخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكية.

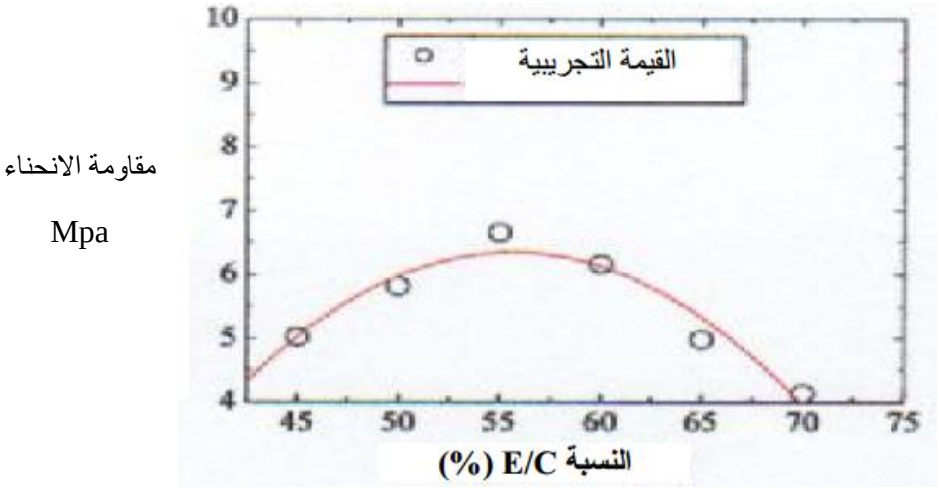
والمنحنى أدناه يوضح تأثير النسبة E/C على المسامية :



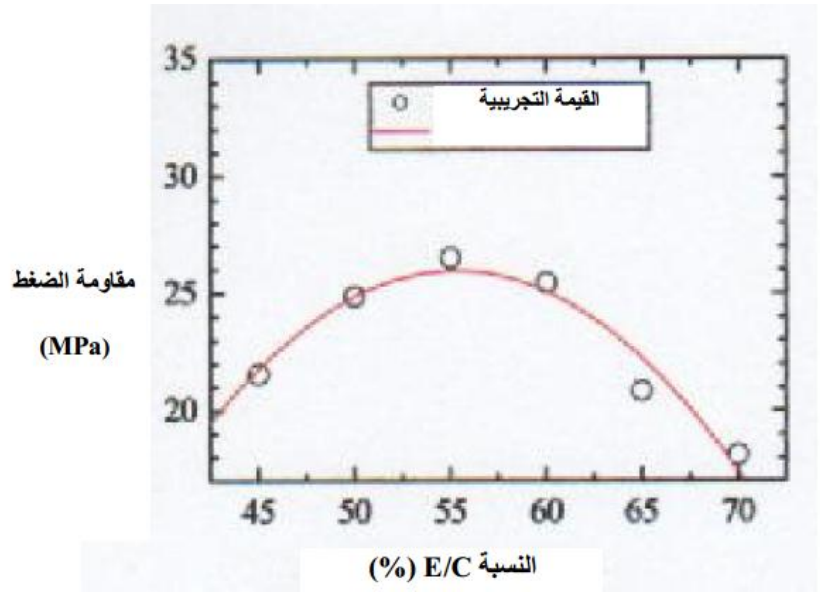
الشكل 1.2 : تأثير نسبة E/C على المسامية [16]

1.12.2 تأثير النسبة E/C على المقاومة :

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة كما ذكرنا سابقا وعند خروجه يخلف فرغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة حيث يكون شبه مجوف وهذا مما يجعله سهل للانضغاط والانكسار [15] والمنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/C على مقاو مة الضغط ومقاومة الانحناء حسب الدراسة التي قام بها [16] .



الشكل 1.3 : تأثير النسبة E/C على مقاومة الإنحناء [16]



الشكل 1.4 : تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط [16]

وقد لاحظ الكثير من الدارسين أن كل العلاقات والنظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الاهتمام بالنسبة E/C التي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة [16].

1.13 النفاذية :

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة [6] وتلعب النفاذية دوراً أساسياً في التأثير على ديمومة الملاط أو الخرسانة وذلك لأن دخول العناصر العدوانية مثل الكلورايدات, الكبريتات, ثاني أكسيد الكربون, الأكسجين وبخار الماء إلى داخلها يعتمد على نفاذية الملاط أو الخرسانة.

1.14 النفاذية والمسامية والامتصاص :

ينبغى عدم الخلط بين الإمتصاص Absorption والنفاذية Perméabilité والمسامية Porosité

فالإمتصاص هو قدرة الملاط أو الخرسانة على سحب الماء داخل فجواتهما وهو غير مرتبط بالنفاذية ويؤدى الإمتصاص إلى انتفاخ الملاط أو الخرسانة كما يؤدى إلى تفتتهما عند تعرضهما لدورات التجمد والذوبان وهى مشبعة بالماء .

أما النفاذية فهى الخاصية التى بواسطتها يمكن تسرب أى سائل خلال الملاط أو الخرسانة. وهذه السوائل تقلل من عمر الملاط أو الخرسانة لأن وصول الرطوبة ودخول الأحماض والأملاح يؤدى إلى تدهور الملاط أو الخرسانة. كما أن نفاذية الخرسانة قد تعنى فى بعض الأحوال عدم أداء المنشأ لوظيفته كما فى حالة الخزانات المحتوية على سوائل أو حوائط البدرومات والمنشآت تحت الأرض ففى مثل هذه المنشآت تصبح عدم نفاذية الخرسانة خاصية مطلوبة وهامة كمقاومتها للأحمال وأكثر.

بينما نجد أن المسامية هى وجود مسام أو فجوات داخل المادة الصلبة وقد تكون هذه المسام متصلة عن طريق أنابيب دقيقة أو مسارات شعرية أو قد تكون هذه المسام منفصلة عن بعضها. إن التركيب الداخلي لعجينة الأسمنت يحتوى على مسام دقيقة نتيجة التفاعلات الكيميائية التى تصاحب إماهة الأسمنت والماء. إذن فالملاط أو الخرسانة بطبيعتهما مادة مسامية ولكى يصبح الملاط أو الخرسانة منفذ للسوائل أو الهواء فلابد من إتصال هذه المسام على هيئة أنابيب دقيقة متقاطعة. وعلى ذلك فالمسام المحدودة العدد المعزولة عن بعضها البعض لن تؤدى إلى نفاذ الماء أو الهواء [9] .

الفصـــــل الثاني

خصائص المواد المستعملة والاختبارات المعمول بها

مدخـــــل :

الهدف الرئيسي من هذا الجزء هو الكشف في البداية عن الخصائص الكيميائية والفيزيائية والهيكلية الدقيقة لأنواع الرمل المستخدمة أثناء هذا العمل. بالإضافة إلى ذلك ، نقوم بعد ذلك بشرح الاختبارات المعيارية والطرق التي يجب اتباعها للوصول إلى هدفنا , والذي يتمثل في دراسة خبرة لأنواع الرمل المعنية .

وكما نعلم أن الملاط يتكون من عدة مواد (رمل , إسمنت , ماء , محسنـــات)

II. خصائص المواد المستعملة :

في هذه الدراسة قمنا باستعمال ثلاث أنواع من الرمال الطبيعية وهي رمال حاسي السايح بمنطقة حاسي مسعود و رمال خشم الريح في مدخل مدينة ورقلة و رمال سيدي سليمان بمنطقة تقرت و كلها متواجدة بتراب ولاية ورقلة بالجنوب الشرقي من الجزائر .

أما الأسمنت المستخدم في هذا العمل هو " اسمنت البسكرية " حيث قمنا باستعمال نوعين منها وهما :

- ✓ الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري
- ✓ الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات

2.1 التجارب على الرمل :

1) التجارب الكيميائية :

1.1 محتوى السلفات (Teneur en sulfate) (N BS1377):

1.1.2 الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة لمعرفة نسبة السلفات في الرمل التي يجب أن تكون في الحدود المعمول بها تقنيا وإذا كانت غير ذلك فيجب استبدال الرمل أو البحث عن خيارات تقنية أخرى وهذه الأخيرة يجب أن لا تتعدى نسبتها ($\leq$ 0.21 % (SO_4^{-2})

1.1.3 خطوات التجربة :

- ✓ نأخذ كمية من الرمل المراد التجربة عليه ثم نمرره على الغربال رقم 0.2 مم .
- ✓ نزن بميزان خاص كمية من الرمل قدرها 1 غ .
- ✓ نضع محلول Hcl في بيشر يقيمة 100 مل , ثم نضيف عينة الرمل المراد دراستها .
- ✓ نضع البيشر الذي يحتوي على العينة ومحلول لكلور فوق مسخن وعند بداية الغليان نتركه لمدة 10 دقائق ثم نتركه يبرد .

- ✓ نحضر أنبوب اختباري مع قمع ونضيف ورقة مفلترة فوق القمع لغربال .
- ✓ نسكب المحلول في القمع وتتم مرحلة الصب ببطئ حتى يتمكن المحلول من المرور عبر الورقة وبقاء العناصر الصلبة في الورقة المفلترة .
- ✓ نزن إناء مقاوم للحرارة (مثلا : مادة السيراميك)
- ✓ ثم نضع داخله الورقة المفلترة المترسب فيها العناصر الصلبة .
- ✓ أما بالنسبة للمحلول المار في أنبوب الاختبار , نضيف له ماء مقطر حتى التدريجة 250 مل .
- ✓ نقوم بمزج المحلول جيدا ثم نأخذ منه قيمة 100 مل ونضعها في البيشر ثم نضعه فوق المسخن وعند بداية الغليان نبدأ باحتساب الوقت (مدة 7 دقائق) من بدابة التفاعل .
- ✓ وعند انتهاء المدة (7 دقائق) نحضر عينة من مادة كلوريد ديباريوم بحجم 25 مل ونسكبها فوق المحلول وعند مرور (3 دقائق) نطفئ المسخن ونوقف التجربة ونتركها تبرد , ثم نضع ورقتان مفلترة فوق القمع ثم نسكب فيه هذا المحلول بعد أن يبرد .
- ✓ وعند الانتهاء من التقطير نضعه في إناء مقاوم للحرارة (مثلا : مادة السيراميك) (m_1)
- ✓ ثم نضع العينة في فرن ذو درجة حرارة عالية (900 درجة مئوية) لمدة ساعتين .
- ✓ عند انتهاء الوقت والتأكد من برودة العينة نقوم بوزنها (m_2).

ولحساب نسبة السلفات نستعمل العلاقة التالية :

$$Ts = (m_2 - m_1) \times 184.23$$

حيث :

Ts : نسبة العناصر الصلبة .

m_2 : الوزن الكلي .

m_1 : وزن الإناء فارغ .

الشكل 2.1 : صورة لبعض خطوات تجربة محتوى السلفات

1.2 محتوى الكربون (Teneur en carbone) (NF P15-461):

1.2.1 الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة لمعرفة نسبة الكربون في الرمل التي يجب أن تكون في الحدود المعمول بها تقنيا .

1.2.2 خطوات التجربة :

- ✓ نقوم بوزن عينة قدرها 0.5 غ بميزان خاص ونضعها في بيشر خاص له سدادة محكمة الإغلاق.
- ✓ نقوم بملئ أنبوب صغير بمادة الكلور (Hcl) ونضع هذا الأخير في البيشر شرط أن لا يختلط المحلول مع العينة قبل غلق السدادة .
- ✓ نقوم بإغلاق البيشر بإحكام .
- ✓ نقوم بتسجيل القراءة الأولى بحيث يكون منسوب الماء حر ومعتدل .
- ✓ نقوم برج البيشر بهدف خلط محلول لكلور بالعينة .
- ✓ نقوم بتسجيل القراءة الثانية .

ولحساب نسبة الكربون نستعمل العلاقة التالية :

$$Tc = \frac{(lec_2 - lec_1)}{1.15}$$

حيث :

Tc : نسبة العناصر الصلبة

Lec_2 : القراءة الثانية

Lec_1 : القراءة الأولى

الشكل 2.2 : صورة آلة قياس محتوى الكربون

1.3 محتوى الأجسام الصلبة (Teneur en fibres insolubles) (NF P15-461):

1.3.1 الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة لمعرفة نسبة الكربون في الرمل المعني بالدراسة .

1.3.2 خطوات التجربة :

- ✓ نأخذ كمية من الرمل المراد التجربة عليه ثم نمرره على الغربال رقم 0.2 مم .
- ✓ نزن بميزان خاص كمية من الرمل قدرها 1 غ .
- ✓ نضع محلول Hcl في بيشر يقيمة 100 مل , ثم نضيف عينة الرمل المراد دراستها .
- ✓ نضع البيشر الذي يحتوي على العينة ومحلول لكلور فوق مسخن وعند بداية الغليان نتركه لمدة 10 دقائق ثم نتركه يبرد .
- ✓ نحضر أنبوب اختباري مع قمع ونضيف ورقة مفلترة فوق القمع لغربال .
- ✓ نسكب المحلول في القمع وتتم مرحلة الصب ببطئ حتى يتمكن المحلول من المرور عبر الورقة وبقاء العناصر الصلبة في الورقة المفلترة .
- ✓ نزن إناء مقاوم للحرارة (مثلا : مادة السيراميك)
- ✓ ثم نضع داخله الورقة المفلترة المترسب فيها العناصر الصلبة .
- ✓ ثم نضع العينة في فرن ذو درجة حرارة عالية (900 درجة مئوية) لمدة ساعتين .
- ✓ عند انتهاء الوقت والتأكد من برودة العينة نقوم بوزنها (m_2).

ولحساب نسبة العناصر الصلبة نستعمل العلاقة التالية :

$$Ti = (m_2 - m_1) \times 100$$

حيث :

Ti : نسبة العناصر الصلبة .

m_2 : الوزن الكلي .

m_1 : وزن الإناء فارغ .

2) التجارب الفيزيائية :

2.1 المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) (NF P18 598) :

وضعت تجربة قياس المكافئ الرملي موضع التنفيذ في الولايات المتحدة الامريكية عام 1950 من قبل العالم "هفيم" لدراسة خواص التربة وهي تجربة مستعملة بكثرة في مختبرات الطرق وتهدف إلى تعين نسبة الشوائب للمواد الغضارية والطينية والعناصر الناعمة جدا الموجودة مع الرمل والحصى المستعملين في الخرسانة.

تنفصل العناصر الغضارية والناعمة جدا عن حبات الرمل وتطفو عن حبات الرمل وتطفو على سطح السائل المستعمل في غسل الرمل ولحساب قيمة المكافئ الرملي نقيس نسبة على المجموع الكلي للمواد بما فيها الشوائب لنحصل على نسبة مئوية فعلية لكمية الرمل النظيف. [18]

$$ES = \frac{\text{ارتفاع الرمل}}{\text{ارتفاع الغضار}} \; X \; 100$$

الجدول 2.1 : تصيف الرمل حسب المكافئ الرملي

القيمة (%)	طبيعة وجودة الرمل
أقل من 60	" رمل طيني" معرض لخطر الانكماش أو التورم , يتم رفضه بسبب الجودة إلا عندما لا يكون هناء خوف من الانكماش
60 ≤ ES < 70	"رمل طيني قليلاً" ذو نظافة مقبولة للخرسانة عالية الجودة عندما لا يكون هناك خوف معين من الانكماش.
70 ≤ ES < 80	"رمل نظيف" وله نسبة ضعيفة من دقائق الطين , وهذا النوع مخصص للخرسانات عالية الجودة .
أكبر من 80	"رمل نظيف جدا" غياب كلي تقريبا لدقائق الطين التي تتسبب في عيب اللدونة في الخرسانة التي تتم معالجتها بزيادة جرعة الماء

2.1.1 الأدوات المستعملة :

الشكل 2.3 : الأدوات المستعملة في تجربة المكافئ الرملي

2.1.2 خطوات العمل :

نمرر عينة من الرمل على المنخل رقم 5 mm ونقسمها إلى ثلاث كميات ، في كل كمية 120 غ في علب معدنية بعد تجفيفها في فرن التجفيف بدرجة حرارة 110° حتى الوصول إلى الوزن الثابت.

نملئ الاسطوانات الثلاثة والتي تكون شفافة مدرجة وقطرها الداخلي 3.2 cm وارتفاعها 43 cm بمحلول كلوريد الكالسيوم حتى الارتفاع ، 10 cm نسكب عينة الرمل المجهزة من علبة القياس باستخدام القمع ثم يدق أسفل الاسطوانة على الطاولة برفق عدة مرات لإخراج الفقاعات الهوائية.

تترك الاسطوانة لمدة 10دقائق (ينقع الرمل) ثم يغلق الأنبوب بسدادة ، بعد انتهاء المدة يوضع على هزاز ميكانيكي ونرجها 90 دورة خلال 30 ثانية، بعد الانتهاء ندخل أنبوبة نحاسية يمر عبرها المحلول السابق ونغسل جوانب الأنبوب وصولاً إلى القاع مع إمالة الأنبوب وتدويره وترفع عندما يصل ارتفاع المحتوى إلى 38cm ثم يترك الخليط 20دقيقة (يترسب) كما هو موضح في الشكل

الشكل 2.4 : خطوات عمل تجربة المكافئ الرملي

بعد مرور مدة الترسيب نقرأ ونسجل المنسوب الأعلى للمزيج الغضاري وتعتبر قراءة الغضار أو الطين أما قراءة الرمل فندخل القضيب المعدني والذي في نهايته السفلى مخروط ارتكاز للاستناد على طبقة الرمل وفي نهايته العليا اسطوانة ذات وزن معياري و بينهما حلقة قياس ونسجل النتائج بأخذ القيمة المتوسطة .

2.2 الكتلة الحجمية (Masse Volumique) (NF P18-301) :

2.2.1 الهدف من التجربة :

تحديد الكتلة الحجمية المطلقة والظاهرية للمادة الحبيبية التي لا تتفاعل مع الماء والصخور.

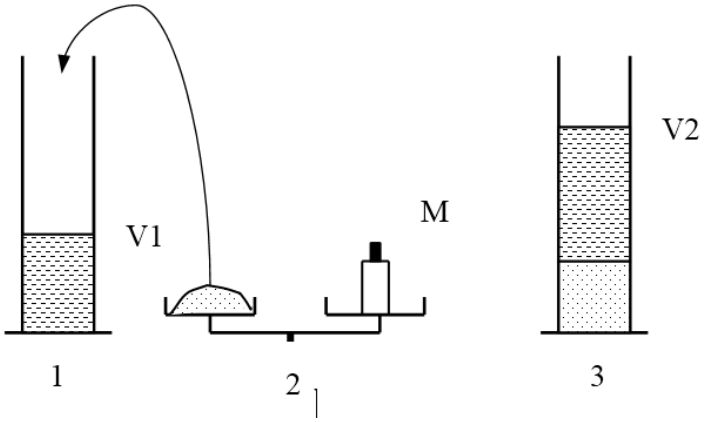
2.2.2 الكتلة الحجمية المطلقة (Masse Volumique absolue) :

2.2.2.1 تعريف:

الكتلة الحجمية المطلقة هي الكتلة لكل وحدة حجم للمادة التي تشكل الركام ، دون مراعاة الفراغات التي قد تكون موجودة في الحبوب أو بينها.

2.2.2.2 طريقة إجراء التجربة :

- ✓ ملأ الاسطوانة المتدرجة بحجم V1 من الماء (كما هو موضح في الشكل)
- ✓ وزن كتلة من الركام M ثم إدخالها في أنبوب الاختبار ، مع إزالة فقاعات الهواء بضرب أنبوب الاختبار برفق على راحة اليد.
- ✓ قراءة على أنبوب الاختبار الحجم الجديد الذي تم الحصول عليه V2 ويجب أن تؤخذ قراءات الحجم في الجزء السفلي من هلالة الماء



الشكل 2.5 : طريقة إجراء تجربة الكتلة الحجمية المطلقة

الشكل 2.6 : صور خطوات تجربة الكتلة الحجمية المطلقة

2.2.3 الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique apparente) (NF P94-064) :

2.2.3.1 تعريف :

هو وزن كتلة الحجم من المادة وتشمل فراغات الحبيبات وبينها وهو قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله هذا الركام والهدف من هذه التجربة تعين الكتلة الحجمية الظاهرية للرمل

2.2.3.2 طريقة إجراء التجربة :

الميزان الالكتروني نزن حاوية معدنية صغيرة معلومة الوزن والحجم وبجهاز خاص نملأ جزءه العلوي والذي يشبه القمع و مغلق من الأسفل بالرمل والحاوية الصغيرة تثبت في الأسفل ثم نفتح القمع فينزل الرمل حتى تمتلئ الحاوية وبواسطة مسطرة ننزع الرمل الفائض على الحاوية نعيد التجربة أربع مرات ثم نزن في كل مرة الكل (رمل+الكأس) ونسجل النتائج

الشكل 2.7 : خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية

2.3 التحليل الحبيبي بالغربلة (Analyse granulométrique) (NF P18-560) :

يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض، أي التوزيع الحجم لحبيبات الركام . ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من الأعلى [19]

ثم نرسم منحنى Granulométrique ، وهو منحنى يعبر عن النسب التراكمية ، بالوزن ، للحبوب التي تمر عبر المناخل المتتالية.

2.3.1 الهدف من التجربة :

تهدف تجربة التحليلي الحبيبي إلى تعين تدرج حبيبات التربة حتى مقياس الرمل الناعم .

2.3.2 الأدوات المستعملة :

الشكل 2.8 : الأدوات المستعملة في تجربة التحليل الحبيبي بالغربلة

2.3.3 طريقة العمل :

نحضر عينة من الرمل تزن حوالي 1000 غ ، ثم بعدها يتم تمرير هذه العينة بواسطة مجموعة من الغرابيل المتتالية من الخشن إلى الدقيق بعد هزها يدويا نقوم بتحديد وزن التربة المتبقية على كل منخل ونحسب النسبة المئوية لكل جزء متبقي وذلك بقسمة هذا الوزن على الوزن الإجمالي للعينة .ثم يتم حساب النسبة التراكمية للتربة المتبقية على المناخل . ونسجل النتائج المتحصل عليها

2.4 معـــامل النعومة (Module de finesse) (NF P18-540):

2.4.1 تعريف :

يستخدم معامل نعومة الرمل لمعرفة مدى نعومة أو خشونة الرمل وتحديد المنخل الذي يمر منه والمنخل الذي يقف عنده , حيث أن أصغر هذه المناخل لا يقل قطره عن 0.08 مم , مع العلم أن هذه المناخل يتم ترتيبها من الأصغر إلى الأكبر كالتالي : 0.08 - 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 – 5 مم . ومن ذلك يتم إيجاد معامل الانحناء الذي يحدد لنا مدى تجانس التربة ومعامل النعومة . [20]

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام و هو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعاير النعومة للرمل حيث [21]:

- ✓ 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.

2.4.2 طريقة الحساب :

لحساب معامل النعومة نقوم بجمع النسب المئوية المتبقية في المناخيل المستعملة باستثناء المنخل الأخير (0.08 مم) ثم نقوم بقسمتها على 100

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100}$$

حيث : Rc : المتبقى المجمع بـ (%) للغرابيل (0.16 , 0.315 , 0.63 , 1.25 , 2.5 , 5)

2.4.3 تأثيرات معامل النعومة :

يأثر معامل النعومة تأثير كبير على الملاط أو الخرسانة المصبومة , فكلما كانت قيمة المعامل صغيرة دل ذلك على زيادة كمية المواد الناعمة بالخلطة , وزيادة المواد الناعمة في الخلطة يؤدي لظهور تشققات غير مرضية وأحيانا غير مقبولة , وإذا كانت قيمته كبيرة خارج المجال فإن ذلك يؤدي لظهور التعشيش بالخرسانة , وذلك لعدم وجود الملاط [22].

2.5 تجربة المحتوى الدقيق (Teneur en fines) (NF EN 933-1):

2.5.1 الهدف من التجربة :

الهدف من هذه التجربة هو معرفة نسبة المجتوى الدقيق للرمل .

2.5.2 خطوات العمل :

نحضر عينة من الرمل الجاف تزن حوالي 500 غ ، ثم بعدها يتم غسل هذه العينة بواسطة الماء على الغربال (0.08 مم) حتى نتأكد من أن جميع العناصر الدقيقة قد مرت على الغربال , ثم بعدها نقوم جمع ماتبقى في الغربال ووضعه في الفرن لكي يجف جيدا , ثم نقول بوزن الرمل الجاف ونسجل النتائج :

يتم حساب المحتوى الدقيق وفق العلاقة التالية :

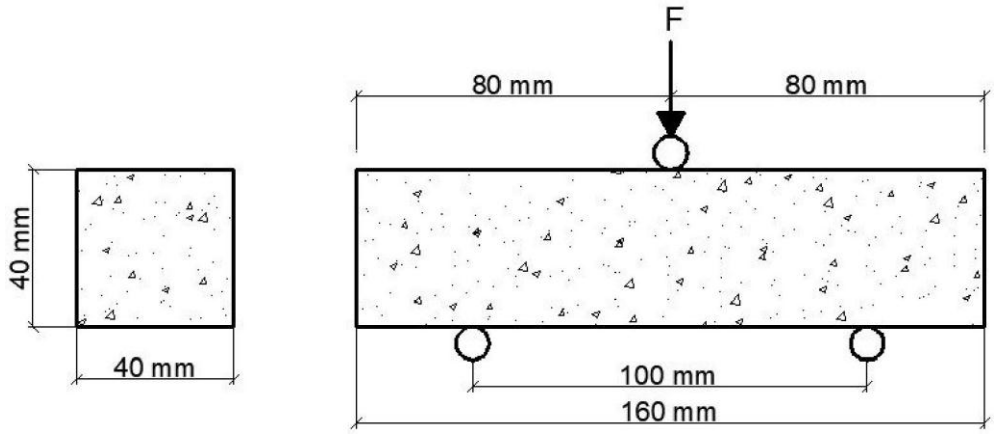
$$T_f = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

2.2 التجارب على عينات الملاط :

2.1 تجربة التحطيم بالإنحناء :

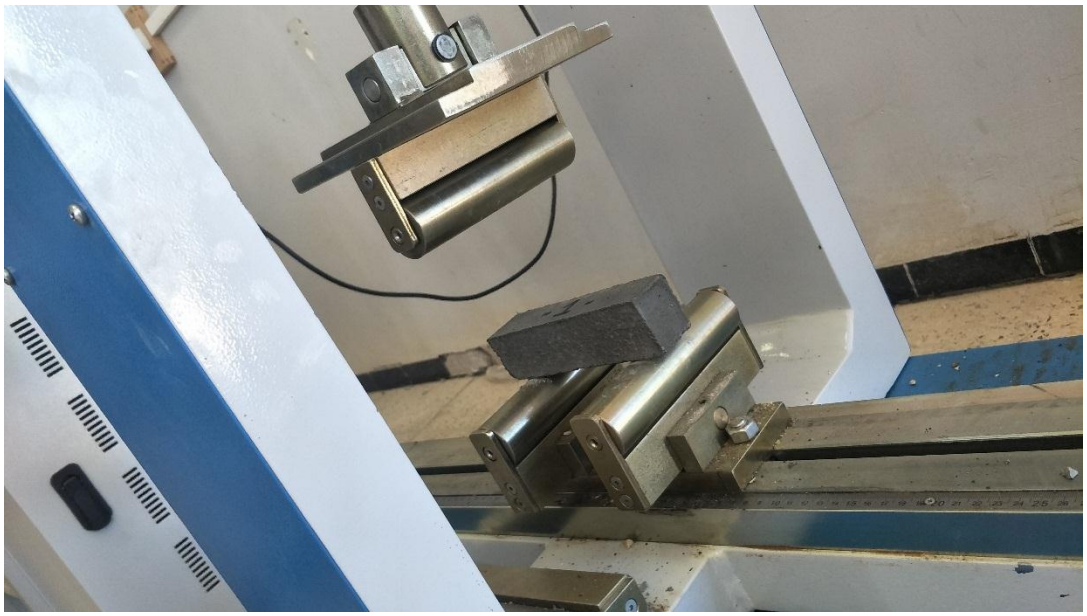
تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم و طول 16 سم , البعد بين المسندين 10 سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط ، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة وتقرأ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

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



الشكل 2.9 : يوضح آلية التحطيم بالإنحنـــاء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من الملاط ذات أبعاد (40 × 40 × 160 مم) , والصورة التالية توضح كيفية وضع العينة في الآلة



الشكل 2.10 : آلة التحطيم الخاصة تجربة الإنحناء وطريقة وضع العينة

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم من نوع U-test قدرة هذه الآلة على الضغط تصل إلى 120 KN وبواسطة سرعة انتقال منتظمة وتقرأ مباشرة قوة الضغط بـ KN وإجهاد الضغط بـ Mpa

مقاومة الإنحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$Rt = \frac{1{,}5.F_f.l}{b^3}$$

حيث :

Rt : مقاومة الإنحناء بـ (Mpa)

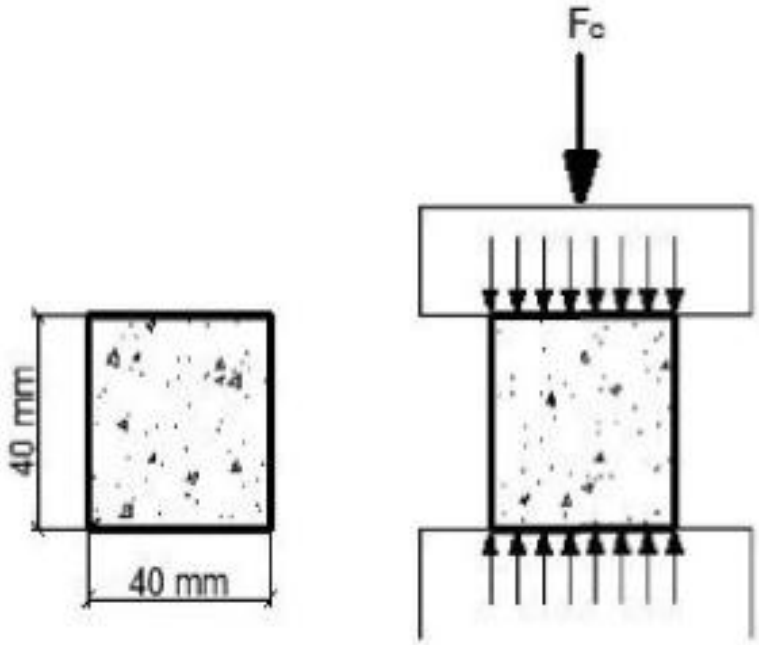
F_f : قوة تحطيم العينة عند الإنحناء (N)

l : البعد بين المسندين (mm)

b : ضلع العينة الذي يساوي 40 مم

2.2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 .وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على عينات (40 × 40 مم) توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين كما هو موضح في الشكل



الشكل 2.11 : يوضح آلية التحطيم بالضغط

مقاومة الضغط تحسب بالعلاقة التـــالية :

$$Rc = \frac{F_C}{A}$$

حيث :

Rc : مقاومة الضغط بـ (Mpa)

F_c : قوة تحطيم العينة عند الضغط (N)

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (mm^2)

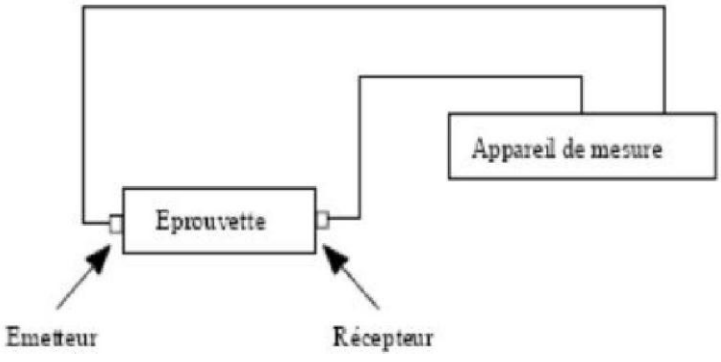
التجربة تجرى بواسطـــــة آلة التحطيم من نــوع U-test قدرة هذه الآلة على الضغط تصل إلى 2000 KN وبواسطة سرعـــة انتقال منتظمة وتقرأ مباشرة قوة الضغـــط بـ KN وإجهـــاد الضغط بـ Mpa

الشكل 2.12 : آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط

3.3 تجربة الموجات فوق الصوتية:

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

تستعمل هذه الطريقة في مجال الملاط لإستنتاج الآتي:



- ✓ قيمة مقاومة الملاط للضغط.
- ✓ قياس معاير المرونة للملاط.
- ✓ مدى تجانس الملاط.
- ✓ اكتشاف الفجوات بالملاط.
- ✓ تحديد درجة تلف الملاط .
- ✓ قياس عمق طبقة الملاط.
- ✓ مراقبة تطور قيم مقاومة الملاط للضغط

الشكل 2.13 : قياس الموجات فوق الصوتية

الشكل 2.14 : جهاز قياس الموجات فوق الصوتية

- **مبدأ التجربـــــة :**

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

- **خطـــوات 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 أوالفازلين 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 :**

الجدول 2.2 : تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت

نوعيـــة الملاط	السرعـــــة V بـــ (m/s)
خرسانة ذات مقاومة ضعيفة	2500≤V<3200
خرسانة ذات مقاومة متوسطة	3200≤V<3700
خرسانة ذات مقاومة عاليـــــة	3700≤V<4200
خرسانة ذات مقـاومة عالية جدا	V≥4200

3.4 تجربة معامل امتصاص الماء :

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

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

حيث :

A_b : معامل امتصاص الماء (%)

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف في فرن درجة حرارته 105°

3.5 تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط :

- **الهدف من التجربة :**

الهدف من هذه التجربة هو معرفة الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط المعني بالدراسة

- **خطوات العمل :**

اعتمدنا في هذه التجربة على طريقة بسيطة للحساب وهي وزن العينة عند نزعها من القالب ثم نقسم الوزن على حجم العينة 4×4×16 سم

2.3 الإسمنت (Le Ciment):

الأسمنت عبارة عن رابط هيدروليكي ، يبدو كمسحوق ناعم جدًا ، يخلط مع الماء ، ويشكل عجينة تضع وتتصلب تدريجيًا بمرور الوقت .

الأسمنت المستخدم في هذا العمل هو " اسمنت البسكرية " حيث قمنا باستعمال نوعين منها وهما :

- ✓ الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري
- ✓ الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات

CEM II/B-L 32.5R

Ciment Portland au Calcaire

إسمنت بورتلاندي بالحجر الجيري

Conforme à la norme Algérienne
(NA442-2013)

✓ **البطاقة التقنيـــة :**

التحاليل الكيميائية (%)	*القيمة*
فقدان الحريق	15 – 10
محتوى الكبريتات (SO3)	3.0 – 2.2
محتوى أكسيد المغنسيوم (MgO)	2.8 – 1.7
محتوى الكلوريدات (Cl^-)	0.05 – 0.03

التكوين المحتمل للكلنكر (%)	*القيمة*
C_3S	66 – 56
C_3A	7.2 – 5.1

الخصائص الفيزيائية	*القيمة*
الاتساق الطبيعي %	26.4 – 25.0
	1.0 – 0.0

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

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

الشكل 2.15 : جداول البطاقة التقنية للاسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري

CEM I 42.5R SR3

Ciment Portland
Résistant aux Sulfates

إسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات

Conforme à la norme Algérienne
(NA442-2013)

✓ **البطاقة التقنيـــة :**

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

التكوين المحتمل للكلنكر (%)	*القيمة*
C_3S	66 – 56
C_3A	7.2 – 5.1
$C_4AF + 2\,C_3A$	20 ≥

زمن الشك (دقيقة)	*القيمة*
بداية زمن الشك	190 - 170
نهاية زمن الشك	280 – 230

الخصائص الفيزيائية	*القيمة*
الاتساق الطبيعي %	26.4 – 25.8
التوسع عن طريق الحرارة (مم)	1.0 – 0.5

مقاومة الضغط	*القيمة*
2 يوم (Mpa)	25 - 20
28 يوم (Mpa)	51.0 – 42.5

الشكل 2.16 : جداول البطاقة التقنية للاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات

2.4 المـــــاء :

- **أهمية الماء:**

- ✓ الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
- ✓ وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
- ✓ يعطي الماء للخليط درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
- ✓ بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الأسمنت.

- **النسبة المائية الإسمنتية E/C :**

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) إلى وزن الأسمنت في الخلطة.

ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسميتها وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق [20] .

- **خواص المـــــاء :**

- ✓ يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
- ✓ يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.
- ✓ يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.
- ✓ يحظر استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة أو الملاط إلا بعد أن يثبت مخبريا بأن مقاومة مكعبات الملاط الذي جرى خلطه بالماء غير الصالح للشرب تساوي على الأقل (90) % من مقاومة نظيراتها والتي جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (14) يوم و (28) يوم وحسب المواصفات التقنية اللازمة. [20]

2.5 الملـــــــــدن :

قصد التحكم في النسبة E/C والحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية استعملنا في هاته الدراســــــــة ملدن MEDAFLOW 30 (super plastifiant haut réducteur d'eau)
وهو سائل من شركة قرانيتكس
التركيز الموصي به حسب البطاقة التقنية للمنتج من (0.5 – 2.0 %) من وزن الاسمنت أي من 0.46 الى 1.85 لتر لأجل 100كغ من الاسمنت [20]

- **<u>خصائص المنتج:</u>** [20]

- ✓ الشكل: سائل بلون بني فاتح
- ✓ درجة الحموضة PH :من 6 إلى 6.5
- ✓ الكثـــــافة : 1.07 ± 0.01 Kg/l
- ✓ نسبة الكلـــــور : أقل من 0.1 g/l

2.5.1 تجربة التشغيلية :

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب , عملية الوضع هذه يجب أن تكون سهلة لربح الوقت من ناحية ولتفادي التشوهات الناتجة عن الصب التي يصعب معالجتها لاحقا , ونقول أن الخرسانة أكثر تشغيلية إذا كانت عملية صبها في القوالب أكثر سهولة [23]

لذا تهدف هذه التجربة لتحديد قابلية تشغيل الخرسانة أو الملاط تحت تأثير اهتزاز معين ثم الاستدلال بقيمة الهبوط على نوعية الملاط ثم الحكم على التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسة للتشغيلية المقبولة إذ أن الخرسانة الطازجة تصنف حسب التشغيلية إلى أربعة أصناف : ملاط صلب , ملاط مرن , ملاط مرن جدا [24] وهي موصى بها حسب المعيار NF P18-452

- **وصف الجهاز :**

يسمى الجهاز الذي يستعمل لفحص التشغيلية (طاولة الاهتزاز) , وهو اختبار تجريبي يُستخدم للتحقق من اتساق واستقامة الملاط من خلال تحديد قيمة الانتشار وتناسق الملاط المختلط .

الشكل 2.17 : طـــاولة الاهتـــــزاز

نوعيـــة الملاط	القيمة بـــ (mm)
ملاط صلب	<140
ملاط مرن	140≤V<200
ملاط مرن جدا	200<

الجدول 2.3 : تصنيف الملاط حسب طاولة الاهتزاز

- **النتائج المتحصل عليها :**

العينـــــة	القيمة (mm)
MKR (CN)	166
MHS (CN)	144
MSS (CN)	163
MKR (CRS)	164
MHS (CRS)	147
MSS (CRS)	160

الجدول 2.4 : النتائج المتحصل عليها من طاولة الاهتزاز

الخلاصة :

- ✓ الإسمنت المستعمل قادم من منطقة بسكرة تسمى بالبسكرية وقد استعملنا نوعين من الاسمنت وهما
  - ❖ الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (CEM II / B-L 32.5R)
  - ❖ الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات (CEM I 42.5R SR3)
- ✓ الماء المستعمل هو الماء الصالح للشرب من حنفية المنزل
- ✓ قصد التحكم في النسبة E/C والحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية استعملنا في هاته الدراسة ملدن MEDAFLOW 30 (super plastifiant haut réducteur d'eau) وهو سائل من شركة قرانيتكس
- ✓ تركيبة الملاط العادي , نأخذ تركيز من الإسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل , أما نسبة المـــاء فقد ثبتت عند (E/C = 0.5)

الفصـــــل الثالث

نتـــــــــــــائج واستنتاجات

مدخـــــل :

تعد الخصائص الميكانيكية للمادة من أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد التعرف على الملاط وإعطاء نبذة عن خصائصه ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة. ففي هذا الفصل سنتطرق إلى الخصائص الميكانيكية للملاط وبالتحديد إلى مقاومة الضغط والإنحناء في الأيام 7 و 28 و 90 , حيث قمنا بحفظ العينات في وسطين مختلفين.

3.1 التركيبة المعتمدة للملاط المستعمل :

قمنا في دراستنا باستعمال التركيبة المعيارية للملاط وهي كالتالي :

- ✓ (1) جزء من الإسمنت
- ✓ (3) أجزاء من الرمل
- ✓ E\C (0.5)

3.1.1 أنواع التركيبات :

الجدول 3.1 : أنواع التركيبة الخاصة بكل عينة

الاسمنت	نوع الاسمنت	الرمل	نوع الرمل	E/C	الملدن (%)	وسط الحفظ	الترمز
جزء واحد	CEM II / B-L 32.5R	ثلاث أجزاء	خشم الريح (ورقلة)	0.5	1.1	وسط عادي	MKR (CN)
جزء واحد	CEM II / B-L 32.5R	ثلاث أجزاء	حاسي السايح (ورقلة)	0.5	1.2	وسط عادي	MHS (CN)
جزء واحد	CEM II / B-L 32.5R	ثلاث أجزاء	سيدي سليمان (تقرت)	0.5	1.0	وسط عادي	MSS (CN)
جزء واحد	CEM I 42.5R SR3	ثلاث أجزاء	خشم الريح (ورقلة)	0.5	1.1	وسط عدواني	MKR (CRS)
جزء واحد	CEM I 42.5R SR3	ثلاث أجزاء	حاسي السايح (ورقلة)	0.5	1.2	وسط عدواني	MHS (CRS)
جزء واحد	CEM I 42.5R SR3	ثلاث أجزاء	سيدي سليمان (تقرت)	0.5	1.0	وسط عدواني	MSS (CRS)

3.1.2 تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على الصياغة المثلى للملاط قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات التي يجب دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية (40×40×160) مم , أما العجينة فتم خلطها يدويا .

3.2 البروتوكول التجريبي :

اعتمدنا في عملية الخلط على المقادير التالية :

الجدول 3.2 : المقادير المستعملة في كل خلطة

المادة	الوزن (غ)
الرمل	6300
الاسمنت	2100
الماء	1050

مع إضافة نسبة الملدنات , حيث أن هذه المقادير تكفي لملئ القوالب تماما مع بقاء القليل من الملاط

الشكل 3.1 : توضح أشكال القوالب المستعملة

3.3 أوساط حفظ العينات :

- ✓ وسط عادي : قمنا بحفظ العينات التي تحتوي على الاسمنت العادي في ماء عادي لا يحتوي على الأملاح والكبريتات .
- ✓ وسط عدواني : قمنا بحفظ العينات التي تحتوي على اسمنت مقاوم للكبريتات في تربة تعاني من صعود الماء الغني بالأملاح والكبريتات . كما موضح في الشكل التالي :

(المكان الذي تم دفن العينات فيه يقع بالضبط في سوق الخضر حي سيدي عبد الله – الوادي)

الشكل 3.2 : موقع دفن العينات المعدة لإجراء التجارب

المكونات الكيميائية للوسط العدواني المستعمل			
Ca ++ (mg/l)	**625.25**	**F – (mg/l)**	**1.49**
Mg++ (mg/l)	**167.7**	**TUR (NTU)**	**0.81**
NH_4+ (mg/l)	**0.01**	**R s (mg/l)**	**4280**
Cl – (mg/l)	**355.98**	**TAC (mg/l)**	**70**
SO_4 – (mg/l)	**1600**	**TH (mg/l)**	**2250**
HCO_3 – (mg/l)	**85.4**	**COND (µs/cm)**	**2720**
NO_3 – (mg/l)	**62.94**	**Sal (%)**	**0.8**
NO_2 – (mg/l)	**2.16**	**TDS (mg/l)**	**1166**
PH		**7.71**	

الجدول 3.3 : المكونات الكيميائية للوسط العدواني المستعمل

- **نتـــــــائج وتحاليل التجارب :**

3.4 التجارب على الرمل :

3.4.1 نتائج تجربة محتوى السلفات :

الجدول 3.4 : نتائج تجربة محتوى السلفات للعينات

الرمل	محتوى السلفات (%)
سيدي سليمان (تقرت)	0.16
حاسي السايح (ورقلة)	0.18
خشم الريح (ورقلة)	0.24

- ✓ طبقا للمعيار N BS1377 وحسب محتوى السلفات المتحصل عليه لرمـــــــل سيدي سليمان (0.16 %) نجد بأن نسبة السلفات في الرمل لا تتجاوز المعيار ($SO_4^{-2} \geq 0.21$ %) , يمكن القول بأن رمل سيدي سليمان ليس لديه خطورة من ناحية السلفات .
- ✓ طبقا لنفس المعيار N BS1377 وحسب محتوى السلفات المتحصل عليه لحـــــــــاسي السايح (0.18 %) نجد بأن نسبة السلفات في الرمل لا تتجاوز المعيار ($SO_4^{-2} \geq 0.21$ %) , له نفس التعليق للرمل السابق (رمل سيدي سليمان), أي أنه يمكن القول بأن حاسي السايح ليس لديه خطورة من ناحية السلفات .
- ✓ أما بالنسبة لرمل خشم الريح والنتائج المتحصل عليها (0.24 %) وطبقا لنفس المعيار السابق يمكننا القول بأن رمل خشم الريح أكثرهم خطورة بمعنى أنه اكثر احتواء للسلفات .

3.4.2 محتوى الكربون :

الجدول 3.5 : نتائج تجربة محتوى الكربون للعينات

الرمل	محتوى الكربون (%)
سيدي سليمان (تقرت)	2.10
حاسي السايح (ورقلة)	1.96
خشم الريح (ورقلة)	1.88

- ✓ من خلال النتائج المتحص عليها نجد بأن رمل سيدي سليمان (تقرت) يحتوي على أكثر نسبة من الكربون (2.10 %) , ثم يليه رمل حاسي السايح (ورقلة) بنسبة (1.96 %) , وفي الأخير نجد رمل خشم الريح (ورقلة) بأقل نسبة وهي (1.88 %) , وجميع هذه النتائج تعد جيدة طبقا للمعايير التقنية المعمول بها (NF P15-461).

3.4.3 محتوى الأجسام الصلبة :

الجدول 3.6 : نتائج تجربة محتوى الأجسام الصلبة للعينات

الرمل	محتوى الأجسام الصلبة (%)
سيدي سليمان (تقرت)	96
حاسي السايح (ورقلة)	95
خشم الريح (ورقلة)	97

- ✓ من خلال النتائج المتحصل عليها والمسجلة في الجدول السابق نجد بأن كل من العينات أعطت نتائج جيدة كما نلاحظ أن جميع النتائج متقاربة من بعضها البعض بوجود فوارق صغيرة حيث كانت القيمة الأعلى لمحتوى الأجسام الصلبة لرمل حشم الريح (97 %) ثم يليه رمل سيدي سليمان بقيمة (96 %) وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح بقيمة (95 %) .

وهذا طبقا للمعيـــــــار (NF P15-461)

3.4.4 نتائج تجربة المكافئ الرملي :

الجدول 3.7 : نتائج تجربة المكافئ الرملي للرمل المدروس

الرمل	المكافئ الرملي (%)
سيدي سليمان (تقرت)	70
حاسي السايح (ورقلة)	67
خشم الريح (ورقلة)	71

- ✓ طبقا للمعيار NF P18-598 وحسب المكافئ الرملي المتحصل عليه Es = 70 % , يمكن قول بأن رمل سيدي سليمان رمل نظيف وله نسبة ضعيفة من دقائق الطين , وهذا النوع مخصص للخرسانات عالية الجودة .

- ✓ وكذلك طبقا لنفس المعيار المذكور سابقا والنتائج المتحصل عليها Es = 67 % , يمكننا قول بأن هذا النوع من الرمال (رمل حاسي السايح) هو "رمل طيني قليلاً" ذو نظافة مقبولة للخرسانة عالية الجودة عندما لا يكون هناك خوف معين من الانكماش.
- ✓ أما بالنسبة لهذا النوع (رمل خشم الريح) الذي أعطى نتائج Es = 71 % , له نفس التعليق الخاص برمل سيدي سليمان , أي أن رمل خشم الريح رمل نظيف وله نسبة ضعيفة من دقائق الطين , وهذا النوع مخصص للخرسانات عالية الجودة .

3.4.5 نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة :

الجدول 3.8 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمل

الرمل	الكتلة الحجمية المطلقة (g/cm^3)
سيدي سليمان (تقرت)	2.60
حاسي السايح (ورقلة)	2.50
خشم الريح (ورقلة)	2.56

- ✓ من خلال النتائج المتحصل عليها نجد بأن كل من العينات أعطت نتائج جيدة كما نلاحظ أن جميع النتائج متقاربة جدا بوجود فوارق صغيرة حيث كانت القيمة الأعلى للكتلة الحجمية المطلقة لرمل سيدي سليمان ($2.60\ g/cm^3$) ثم يليه رمل خشم الريح بقيمة ($2.56\ g/cm^3$) وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح بقيمة ($2.50\ g/cm^3$) .

3.4.6 نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية :

الجدول 3.9 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للعنيات

الرمل	الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm^3)
سيدي سليمان (تقرت)	1.63
حاسي السايح (ورقلة)	1.52
خشم الريح (ورقلة)	1.67

- ✓ من خلال النتائج المتحصل عليها نجد بأن كل من العينات أعطت نتائج جيدة كما نلاحظ أن جميع النتائج متقاربة جدا بوجود فوارق صغيرة حيث كانت القيمة الأعلى للكتلة الحجمية الظاهرية لرمل خشم الريح

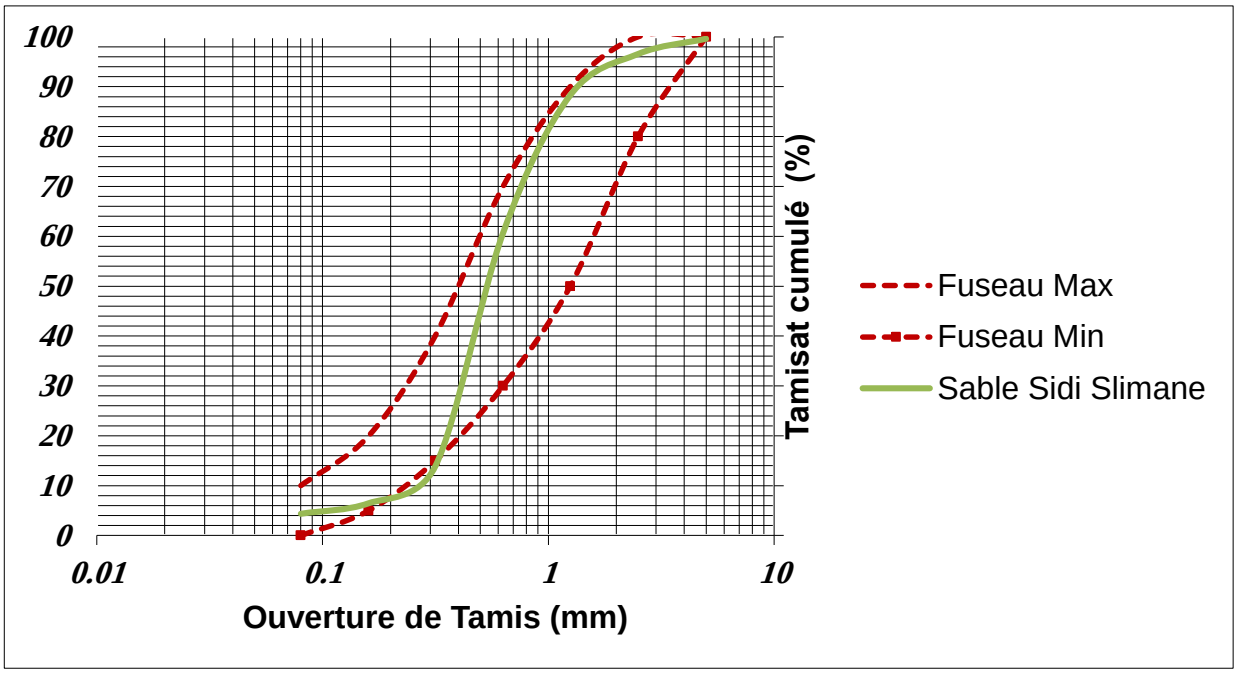
($1.67\ g/cm^3$) ثم يليه رمل سيدي سليمان بقيمة ($1.63\ g/cm^3$) وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح بقيمة ($1.52\ g/cm^3$) .

3.4.7 نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل :

3.4.7.1 رمل سيدي سليمان :

الجدول 3.10 : التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان (تقرت)

الغربال	وزن العينة في كل منخل (غ)	مجمع وزن العينة (غ)	نسبة المتبقي %	نسبة المار %
5	3.8	3.8	0.38	99.62
2.5	30.6	34.4	3.44	96.56
1.25	82.7	117.1	11.71	88.29
0.63	276	393.1	39.31	60.69
0.315	438.4	831.5	83.15	16.85
0.16	103.5	935	93.5	6.5
0.08	21.2	956.2	95.62	4.38

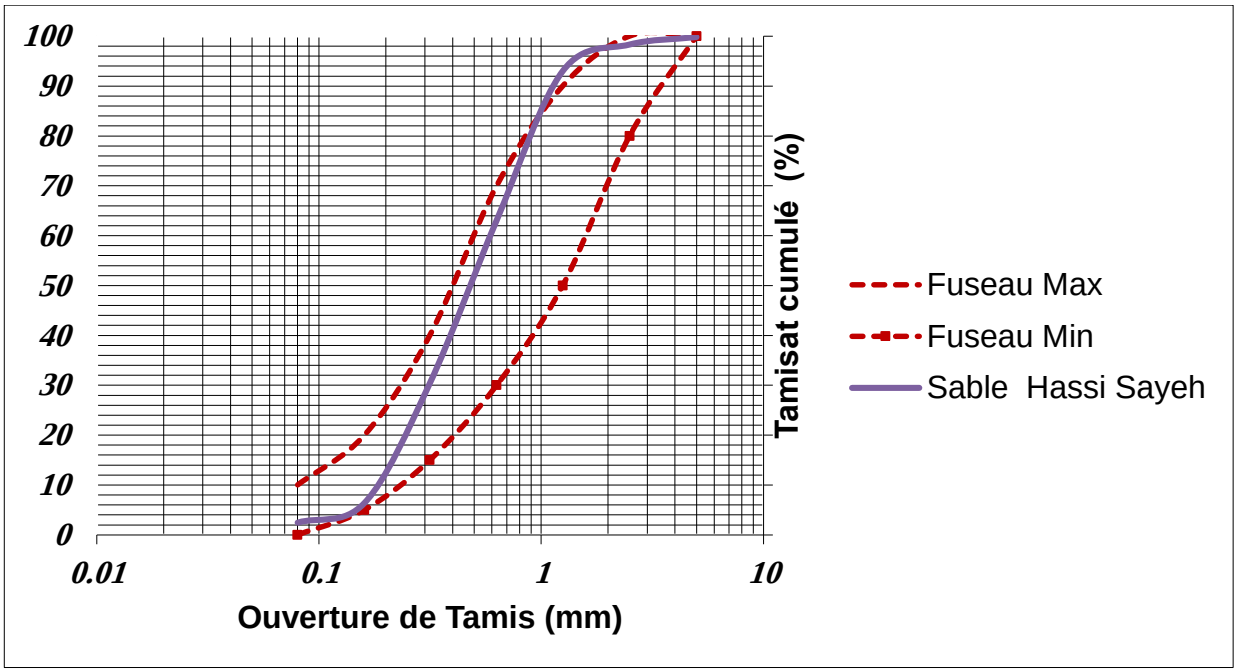


الشكل 3.3 : منحنى التدرج الحبيبي لعينة سيدي سليمان (تقرت)

3.4.7.2 رمل حاسي السايح :

الجدول 3.11 : التحليل الحبيبي لرمل حاسي السايح (ورقلة)

الغربال	وزن العينة في كل منخل (غ)	مجمع وزن العينة (غ)	نسبة المتبقي %	نسبة المار %
5	1.8	1.8	0.18	99.82
2.5	15	16.8	1.68	98.32
1.25	53.2	70	7	93
0.63	299	369	36.9	63.1
0.315	326.7	695.7	69.57	30.43
0.16	240	935.7	93.57	6.43
0.08	39.5	975.2	97.52	2.48

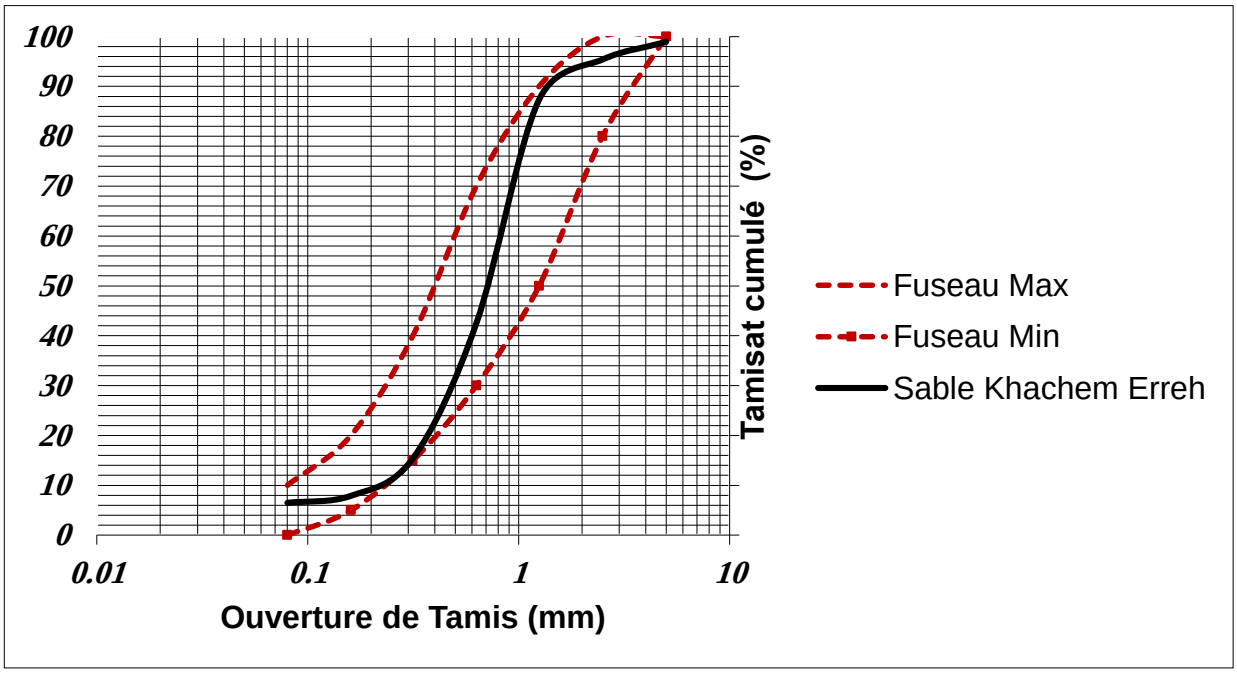


الشكل 3.4 : منحنى التدرج الحبيبي لعينة حاسي السايح (ورقلة)

3.4.7.3 رمل خشم الريح :

الجدول 3.12 : التحليل الحبيبي لرمل خشم الريح (ورقلة)

الغربال	وزن العينة في كل منخل (غ)	مجمع وزن العينة (غ)	نسبة المتبقي %	نسبة المار %
5	11	11	1.1	98.9
2.5	35.2	46.2	4.62	95.38
1.25	80.3	126.5	12.65	87.35
0.63	448.3	574.8	57.48	42.52
0.315	271	845.8	84.58	15.42
0.16	75	920.8	92.08	7.92
0.08	14	934.8	93.48	6.52



الشكل 3.5 : منحنى التدرج الحبيبي لرمل خشم الريح (ورقلة)

3.4.8 نتائج تجربة معامل النعومة :

الجدول 3.13 : نتائج تجربة معامل النعومة للعينات

الرمل	معامل النعومة
سيدي سليمان (تقرت)	2.31
حاسي السايح (ورقلة)	2.09
خشم الريح (ورقلة)	2.53

- ✓ حسب نسبة باقي ومعامل دقة هذا الاختبار M_f = 2.31 % , يمكن قول بأن رمل سيدي سليمان المفضل والمثالي (مرجعي) للاستعمال (Sable Préférentiel).
  وهذا طبقا للمعيار NF P18-540 .
- ✓ وكذلك طبقا للمعيار NF P18-540 وحسب النتائج المتحصل عليها M_f = 2.09 % , يمكن قول بأن رمل حاسي السايح الذي تم تحليله هو رمل أغلبيته حبيبات دقيقة (Grains finis) .
- ✓ أما بالنسبة للنوع الأخير من الرمل (رمل خشم الريح) الذي أعطى M_f = 2.53 % , له نفس التعليق للرمل السابق (رمل سيدي سليمان) أي أن رمل خشم الريح المفضل والمثالي (مرجعي) للاستعمال (Sable Préférentiel).

3.4.9 نتائج تجربة المحتوى الدقيق :

الجدول 3.14 : نتائج تجربة المحتوى الدقيق للعينات

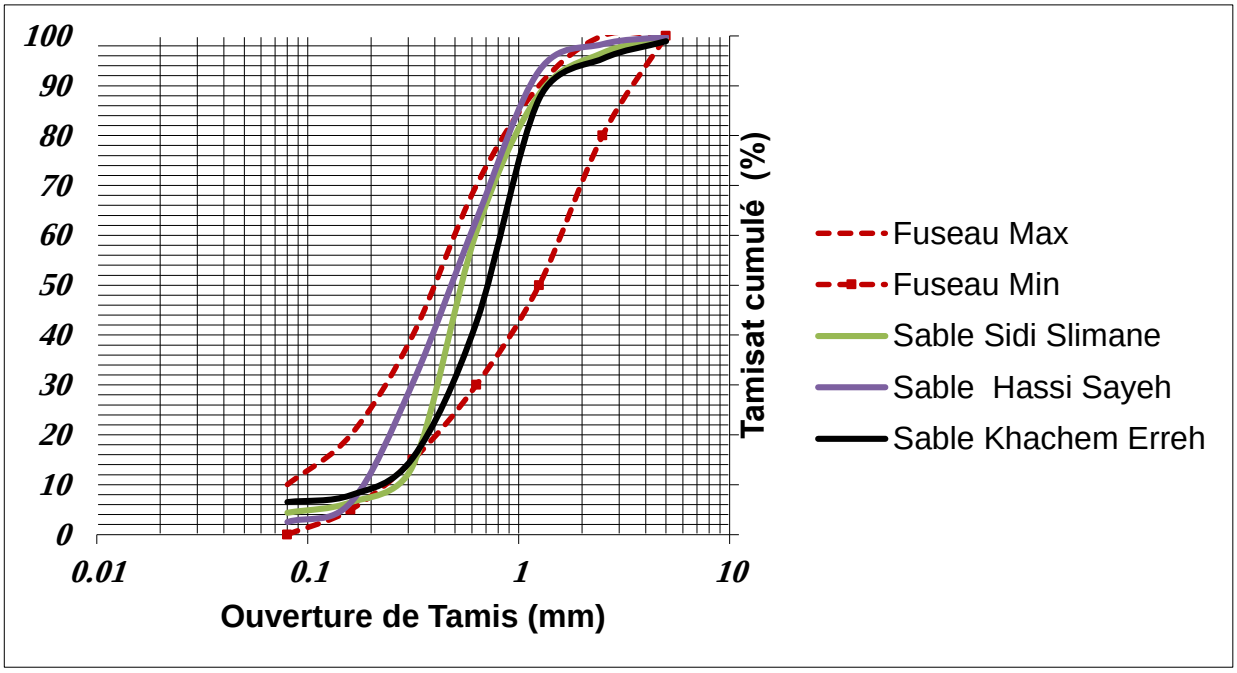
الرمل	محتوى الدقائق (%)
سيدي سليمان (تقرت)	5.28
حاسي السايح (ورقلة)	5.32
خشم الريح (ورقلة)	7.86

- ✓ من خلال النتائج المتحصل عليها في الجدول السابق نجد بأن رمل خشم الريح لديه أكبر نسبة للمحتوى الدقيق (7.86 %) مقارنة بالعينات الأخرى , ثم يليه رمل حاسي السايح بنسبة (5.32 %) , وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح (5.28 %) . وكل هذه النتائج تقع ضمن المعايير التقنية المعمول بها حاليا ($T_f \leq$ 10 %) .

3.5 ملخص نتائج التجارب على الرمل :

الجدول 3.15 : ملخص نتائج التجارب للعينات

نوع التجارب	التجربة	سيدي سليمان	حاسي السايح	خشم الريح
التجارب الكيميائية	محتوى السلفات (%)	0.16	0.18	0.24
	محتوى الكربون (%)	2.1	1.96	1.88
	محتوى الأجسام الصلبة (%)	96	95	97
التجارب الفيزيائية	المكافئ الرملي (%)	70	67	71
	الكتلة الحجمية المطلقة (g/cm^3)	2.60	2.50	2.56
	الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm^3)	1.63	1.52	1.67
	معامل النعومة (%)	2.31	2.09	2.53
	المحتوى الدقيق (%)	5.28	5.32	7.86



الشكل 3.6 : منحنى التدرج الحبيبي لجميع أنواع الرمل المدروس

3.5.1 منحنيات التدرج الحبيبي :

- ✓ يوضح منحى التدرج الحبيبي لرمل خشم الريح الذي له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 مم) مع جزء من الجسيمات الأقل من 0.08 بقيمة حوالي (7.86%) وعند مقارنة المجال للمحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجد بأنه داخل المجال ويمكن أن نستنتج بأن رمل خشم الريح هو الرمل المفضل للاستعمال في الخرسانة .
- ✓ يوضح منحى التدرج الحبيبي لرمل سيدي سليمان الذي له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 مم) مع جزء من الجسيمات الأقل من 0.08 بقيمة حوالي (5.28%) وعند مقارنة المجال للمحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجد بأن معظمه داخل المجال ماعدا المجال [0.2 – 0.35 مم] ومنه نستنتج أنه يمكن استعمال هذا الرمل للخرسانة ويستحسن القيام بالتصحيح برمل له معامل نعومة أعلى .
- ✓ يوضح منحى التدرج الحبيبي لرمل حاسي السايح الذي له توزيع مستمر للحبيبات يتراوح من (5 إلى 0.08 مم) مع جزء من الجسيمات الأقل من 0.08 بقيمة حوالي (5.32%) وعند مقارنة المجال للمحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجد بأن معظمه داخل المجال ماعدا المجال [1 – 2 مم] ومنه نستنتج أنه يمكن استعمال هذا الرمل للخرسانة .

3.6 نتائج التجارب على عينات الملاط :

3.6.1 نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط المستعمل :

الجدول 3.16 : نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط

العينـــــة		الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm^3)
MKR (CN)	**وسط عادي**	2.23
MHS (CN)		2.13
MSS (CN)		2.17
MKR (CRS)	**وسط عدواني**	2.22
MHS (CRS)		1.98
MSS (CRS)		2.10

3.6.2 نتائج تجربة الموجـــات فوق الصوتية :

الجدول 3.17 : نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية

العينـــــة		القراءة على الجهاز أو الزمن (µs)	سرعة انتقال الصوت (m/s)
MKR (CN)	وسط عادي	54	3168.3
MHS (CN)		62.5	2560
MSS (CN)		50.5	2962.9
MKR (CRS)	وسط عدواني	49.2	3252
MHS (CRS)		57.7	2772.9
MSS (CRS)		49.2	3252

3.6.3 نتائج تجربة معامل امتصـــــاص الماء :

الجدول 3.18 : نتائج تجربة معامل امتصاص الماء للعينات

العينـــــة		معـامل الامتصاص (%)
MKR (CN)	وسط عادي	9.96
MHS (CN)		11.96
MSS (CN)		10.01
MKR (CRS)	وسط عدواني	8.63
MHS (CRS)		11.97
MSS (CRS)		10.46

من خلال النتائج المتحصل عليها والمسجلة في الجدول السابق نجد أن :

- ✓ عينات رمل خشم الريح في الوسط العادي والعدواني أعطت معامل امتصاص للمـــــــــاء بنسبة (9.96 %) و (8.63 %) على التوالي وتعتبر النتائج الأفضل مقارنة بالعينات لرمل حاسي السايح وسيدي سليمان ويفسر ذلك بنقص الفرغات الموجودة داخل العينة التي قللت من نسبة امتصاص الماء .

- ✓ عينات رمل سيدي سليمان في الوسط العادي والعدواني أعطت معامل امتصاص للمـــــــــاء بنسبة (10.01 %) و (10.46 %) على التوالي وتعتبر النتائج ضعيفة مقارنة بعينات رمل حشم الريح وأفضل مقارنة بعينات رمل حاسي السايح ويفسر ذلك بأن الفرغات الموجودة داخل عينات رمل سيدي سليمان أكثر مقارنة بعينات رمل خشم الريح .

- ✓ عينات رمل حاسي السايح في الوسط العادي والعدواني أعطت معامل امتصاص للمـــــــــاء بنسبة (11.96 %) و (11.97 %) على التوالي وتعتبر النتائج ضعيفة مقارنة بعينات رمل حشم الريح ورمل سيدي سليمان ويفسر ذلك بأن الفرغات الموجودة داخل عينات رمل حاسي السايح بنسبة أكبر مقارنة بالعينات الأخرى .

3.6.4 نتائج تجربة مقاومة الإنحنـــــــــاء :

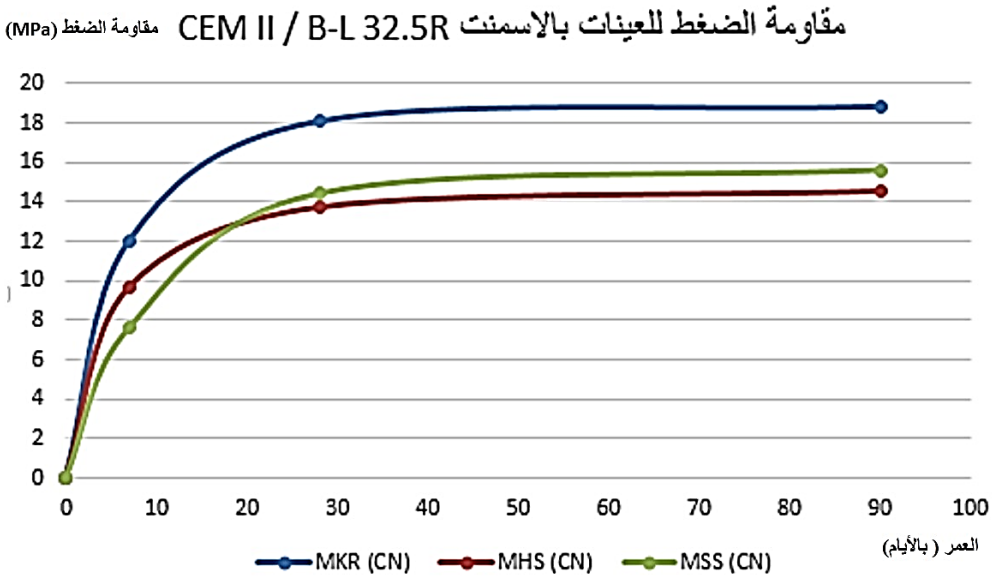
الجدول 3.19 : نتائج تجربة مقاومة الإنحناء للعينات

العينـــــة		الإجهاد عند 7 أيـام (Mpa)	الإجهاد عند 28 أيام (Mpa)	الإجهاد عند 90 أيــام (Mpa)
MKR (CN)	وسط عادي	3.84	4.91	6.38
MHS (CN)		2.72	3.43	4.52
MSS (CN)		2.89	3.53	4.74
MKR (CRS)	وسط عدواني	4.25	4.86	5.65
MHS (CRS)		1.91	2.43	4.37
MSS (CRS)		2.21	3.76	4.72

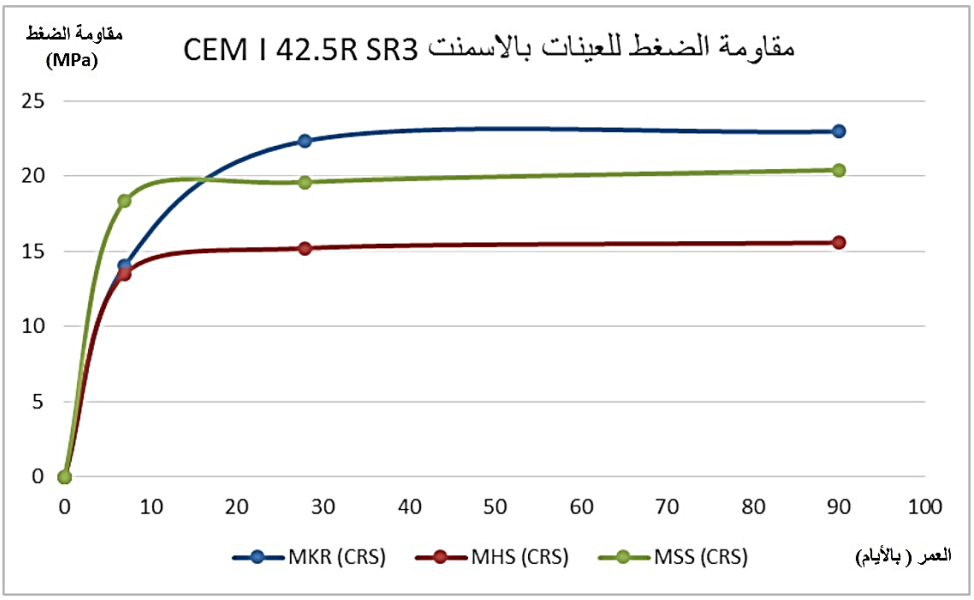
3.6.5 نتائج تجربة مقاومة الضغـــط :

الجدول 3.20 : نتائج مقاومة الضغط للعينات

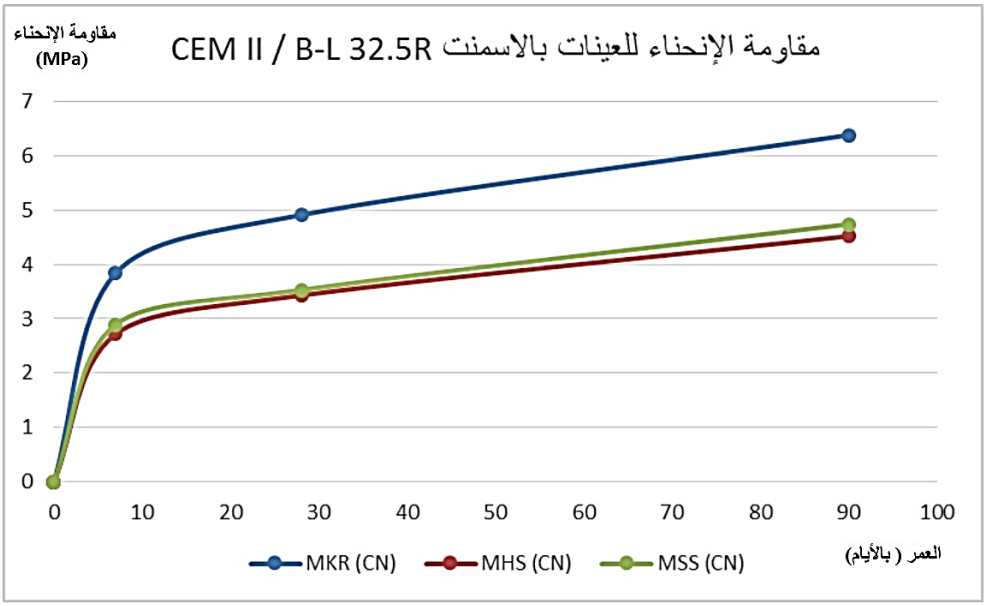
العينـــــة		الإجهاد عند 7 أيـام (Mpa)	الإجهاد عند 28 أيــام (Mpa)	الإجهاد عند 90 أيــام (Mpa)
MKR (CN)	وسط عادي	12.05	18.13	18.87
MHS (CN)		9.71	13.78	14.60
MSS (CN)		7.60	14.43	15.62
MKR (CRS)	وسط عدواني	14.04	22.35	22.98
MHS (CRS)		13.51	15.21	15.58
MSS (CRS)		18.33	19.61	20.42



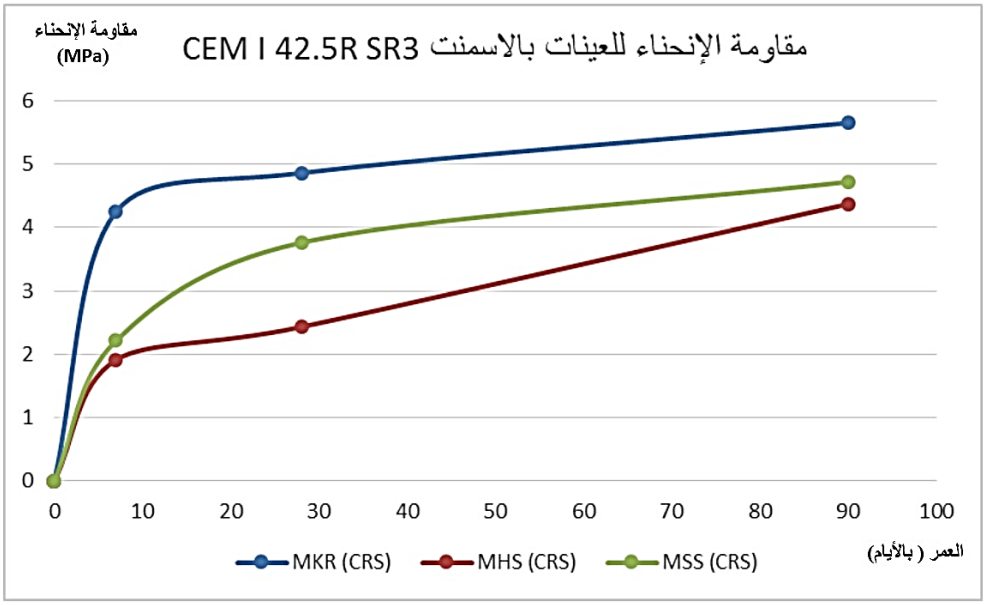
الشكل 3.7 : منحنى نتائج مقاومة الضغط لعينات الوسط العادي



الشكل 3.8 : نتائج مقاومة الضغط لعينات الوسط العدواني



الشكل 3.9 : منحنى مقاومة الإنحناء لعينات الوسط العادي



الشكل 3.10 : نتائج مقاومة الإنحناء لعينات الوسط العدواني

3.7 مناقشة نتائج تجربة إجهاد الضغط :

3.7.1 مناقشة تجربة الضغط لعينات اسمنت (CEM II / B-L 32.5R) :

- ✓ مقاومة الضغط لعينة خشم الريح عند العمر 28 يوم بالاسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 18.13 MPa وتعتبر الأفضل مقارنة بعينات رمل حاسي السايح وسيدي سليمان , ويفسر ذلك بأن رمل خشم الريح يحتوي على العناصر الدقيقة بقيمة (M_f = 2.53) وهي قيمة مرتفعة مقارنة برمل حاسي السايح وسيدي سليمان وكذلك لديه كتلة حجمية ظاهرية للعينة كبيرة (2.23 g/cm^3) الذي ينتج عنهما ملئ الفراغات الموجودة والتي بدورها تقلل من نسبة امتصاص الماء (9.96 %) وزيادة سرعة الموجات فوق الصوتية (3168.3 m/s) , مما ينتج عن ما سبق جميعا زيادة الكتامة وبالتالي زيادة مقاومة الضغط .
- ✓ مقاومة الضغط لعينة حاسي السايح عند العمر 28 يوم بالإسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 13.78 MPa وتعبر ضعيفة نوعا ما مقارنة بعينات رمل خشم الريح وسيدي سليمان ويفسر ذلك بأن رمل حاسي السايح له نسبة امتصاص كبيرة (11.96 %) وقيمة صغيرة للعناصر الدقيقة (M_f = 2.09) والتي ينتج عنها نقص الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة (2.13 g/cm^3) ونقص سرعة الموجات الفوق الصوتية (2560 m/s), مما يدل على زيادة نسبة الفرغات التي تقلل بدورها من كتامة العينة وبالتالي نقص مقاومة الضغط .

- ✓ مقاومة الضغط لعينة سيدي سليمان عند العمر 28 يوم بالإسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 14.43 MPa وتعبر أفضل نوعا ما من عينة رمل حاسي السايح ويفسر ذلك بأن رمل سيدي سليمان يحتوي على العناصر الدقيقة بقيمة (M_f = 2.31) ونسبة امتصـــــاص للماء (10.01 %) وسرعة موجات فوق الصوتية (2962.9 m/s) وهم جميعا أفضل مقارنة بعينة رمل حاسي السايح والتي نتج عنهم كتامة أكثر وبالتالي مقاومة ضغط أقوى .

3.7.2 مناقشة تجربة الضغط لعينات اسمنت (CEM I 42.5R SR3) :

- ✓ مقاومة الضغط لعينة خشم الريح عند العمر 28 يوم بالاسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 22.35 MPa وتعتبر الأفضل مقارنة بعينات رمل حاسي السايح وسيدي سليمان , ويفسر ذلك بأن رمل خشم الريح يحتوي على العناصر الدقيقة بقيمة (M_f = 2.53) وهي قيمة مرتفعة مقارنة برمل حاسي السايح وسيدي سليمان وكذلك لديه كتلة حجمية ظاهرية للعينة كبيرة (2.22 g/cm^3) الذي ينتج عنهما ملئ الفراغات الموجودة والتي بدورها تقلل من نسبة امتصاص الماء (8.63 %) وزيادة سرعة الموجات فوق الصوتية (3252 m/s) , مما ينتج عن ما سبق جميعا زيادة الكتامة وبالتالي زيادة مقاومة الضغط .
- ✓ مقاومة الضغط لعينة حاسي السايح عند العمر 28 يوم بالإسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 15.21 MPa وتعبر ضعيفة نوعا ما مقارنة بعينات رمل خشم الريح وسيدي سليمان ويفسر ذلك بأن رمل حاســي السايح له نسبـة امتصـاص كبيرة للماء (11.97 %) وقيمة صغيرة للعنـاصر الدقيقة (M_f = 2.09) والتي ينتــج عنها نقص الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة (1.98 g/cm^3) ونقص سرعة الموجات الفوق الصوتية (2772.9 m/s), مما يدل على زيادة نسبة الفرغات التي تقلل بدورها من كتامة العينة وبالتالي نقص مقاومة الضغط .
- ✓ مقاومة الضغط لعينة سيدي سليمان عند العمر 28 يوم بالإسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 19.61 MPa وتعبر أفضل نوعا ما من عينة رمل حاسي السايح ويفسر ذلك بأن رمل سيدي سليمان يحتوي على العناصر الدقيقة بقيمة (M_f= 2.31) ونسبة امتصاص للماء (10.46 %) وسرعة موجات فوق الصوتية (3252 m/s) وهم جميعا أفضل مقارنة بعينة رمل حاسي السايح والتي نتج عنهم كتامة أكثر وبالتالي مقاومة ضغط أقوى .
- ✓ حتى (90 يوم) لم نلاحظ انخفاض أو تدهور في قيم المقاومة R , وهذا يفسر بأن الوسط العدواني (المياه الصاعدة) لم تؤثر على مقاومة الخرسانة حتى هذا العمر.

3.7.3 مقارنة نتائج الوسطين (العادي والعدواني) :

- ✓ من خلال النتائج المتحصل عليها نجد بأن تجربة مقاومة الضغط للعينات في الوسط العدواني أعطى نتائج أفضل مقارنة بالعينات في الوسط العادي , وهذا يفسر أو راجع لتركيبة ومقاومة الاسمنت حيث نعلم بأن العينات الموضوعة في الوسط العادي استعمل فيها اسمنت ذو مقاومة (32.5 MPa) , أما العينات الموضوعة في الوسط العدواني فقد استعمل فيها اسمنت ذو مقاومة (42.5 MPa) .

3.8 مناقشة نتائج تجربة إجهاد الإنحناء:

- ✓ مقاومة الإنحناء لعينة خشم الريح عند العمر 28 يوم بالاسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 4.91 MPa وبالاسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 4.86 MPa وتعتبر الأفضل بالنسبة لعينة سيدي سليمان وحاسي السايح , ويفسر ذلك بأن رمل خشم الريح يحتوي على العناصر الدقيقة بنسة أكبر منها من رمل حاسي السايح وسيدي سليمان وأن هاته الأخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الإنحناء . ويمكن القول بأن مقاومة الإنحناء تتناسب طرديا مع مقاومة الضغط , فكلما زادت مقاومة الضغط زادت مقاومة الإنحناء .
- ✓ مقاومة الإنحناء لعينة حاسي السايح عند العمر 28 يوم بالاسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 3.43 MPa وبالاسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 2.43 MPa وتعتبر ضعيفة مقارنة بعينة رمل خشم الريح وسيدي سليمان , ويفسر ذلك بأن رمل حاسي السايح أعطى مكافئ رملي (Es = 67 %) ويعني أن هذا الرمل "رمل طيني قليلا" مما ينتج عنه ظاهرة الإنكماش حيث أن كمية الماء تكون غير كافية ولا تصل إلى سطح كل الحبيبات مما يتسبب في حدوث تشققات وبالتالي نقصان مقاومة الإنحناء .
- ✓ أمـــا بالنسبة لمقاومـــة الإنحناء لعينة سيدي سليمـــــان عند العمر 28 يـــوم بالاسمنت (CEM II / B-L 32.5R) كانت 3.53 MPa وبالاسمنت (CEM I 42.5R SR3) كانت 3.76 MPa وتعتبر أفضل من عينة رمل حاسي السايح ويمكن تفسيرها بنفس تفسير عينة خشم الريح , أي أن رمل سيدي سليمان يحتوي على العناصر الدقيقة بقيمة أكبر منها من رمل حاسي السايح وأن هاته الأخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الإنحناء.

3.9 ملخص جميع التجارب المدروسة :

الجدول 3.21 : ملخص جميع التجارب المدروسة

نوع التجارب	التجربة		سيدي سليمان	حاسي السايح	خشم الريح
التجارب الكيميائية	محتوى السلفات (%)		0.16	0.18	0.24
	محتوى الكربون (%)		2.1	1.96	1.88
	محتوى الأجسام الصلبة (%)		96	95	97
التجارب الفيزيائية	المكافئ الرملي (%)		70	67	71
	الكتلة الحجمية المطلقة (g/cm^3)		2.60	2.50	2.56
	الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm^3)		1.63	1.52	1.67
	معامل النعومة (%)		2.31	2.09	2.53
	المحتوى الدقيق (%)		5.28	5.32	7.86
التجارب على الملاط	الكتلة الحجمية الظاهرية للملاط (g/cm^3)	وسط عادي	2.17	2.13	2.23
		وسط عدواني	2.10	1.98	2.22
	الامتصاص (%)	وسط عادي	10.01	11.96	9.96
		وسط عدواني	10.46	11.97	8.63
	الموجات فوق الصوتية (m/s)	وسط عادي	2962.9	2560	3168.3
		وسط عدواني	3252	2772.9	3252
	الإنحناء في الوسط العادي (MPa)	7 أيام	2.89	2.72	3.84
		28 يوم	3.53	3.43	4.91
		90 يوم	4.74	4.52	6.38
	الإنحناء في الوسط العدواني (MPa)	7 أيام	2.21	1.91	4.25
		28 يوم	3.76	2.43	4.86
		90 يوم	4.72	4.37	5.65
	الضغط في الوسط العادي (MPa)	7 أيام	7.60	9.71	12.05
		28 يوم	14.43	13.78	18.13
		90 يوم	15.62	14.60	18.87
	الضغط في الوسط العدواني (MPa)	7 أيام	18.33	13.51	14.04
		28 يوم	19.61	15.21	22.35
		90 يوم	20.42	15.58	22.98

الخلاصة :

نستنتج من هذه الدراسة مـــــــــــايلي :

- ✓ في كل التجارب نجد بأن رمل خشم الريح (ورقلة) أعطى أحسن نتائج ثم يليه رمل سيدي سليمان (تقرت) , ما عدا تجربة محتوى السلفات حيث نجد بأن رمل خشم الريح أكثر خطورة من رمل حاسي السايح وسيدي سليمان.
- ✓ الوسط العدواني لم يستطع التأثير على المقاومة حيث لاحظنا عدم انخفاض المقاومة أو تدهورها في 90 يوم , بمعنى آخر أن الوسط العدواني (المياه الصاعدة) لم تؤثر على مقاومة الخرسانة حتى هذا العمـر (90 يوم) .

وفي الأخير نستنتج بأن رمل خشم الريح (ورقلة) هو الأفضل مقارنة برمل سيدي سليمان (تقرت) وحاسي السايح (ورقلة) , كما يليه رمل سيدي سليمان (تقرت) من حيث النتائج وفي الأخير نجد بأن رمل حاسي السايح (ورقلة) هو الأضعف نتائج فيما بينهم .

الخلاصة والتوصيات العـــــامة

تهدف هذه الدراســة إلى مقارنة ودراسة خبرة لمختلف أنواع رمل البناء في ولايـــة ورقلة الموجودة حاليا , وبعد الإطلاع على العديد من الأبحاث التطبيقية التي قـــام بها مجموعـــــة من الباحثين على الرمل ومختلف أنواعه والتي زودتنا بمعلومـــــات كبيرة وثمينة على مختلف خصائصه .

وكنقطة للانطلاق قمنا بإنجاز عدة تجـــارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها .

أنواع الرمال المستعملة في هاته الدراسة هي رمل خشم الريح (ورقلة) , رمل حاسي السايح (ورقلة) ورمل سيدي سليمان (تقرت) , وحسب الملاحظات المستوحـــاة من التجـــارب فإن رمل خشم الريح (ورقلة) هو الأفضل والمثالي فيما بينهم ثم يليه رمل سيدي سليمان (تقرت) وفي الأخير نجد رمل حاسي السايح (ورقلة).

فمن خلال تجارب مقاومتي الانحناء والضغط كـــانت القيمة المثلى لمقاومة الضغط والإنحناء للعينات المحضرة برمل خشم الريح (ورقلة) .

ومن خلال نتائج مختلف العديد من التجارب الأخرى المتحصل عليها , نقترح محاور جديدة للبحث يمكن من خلالها استغلال رمل حاسي السايح (ورقلة) قصد تطويره وتحسينه وهذا بهدف الوصول إلى تحسين مقاومته وخصائصه لتعميم استغلاله في مجال الإنشاءات في جميع ربوع الوطن

وفي الأخير نتمنى من المولى عز وجل أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما ونأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر .

المـــراجـــــــــــــــع

1. Constable, Harriet (3 September 2017). "How the demand for sand is killing rivers". BBC News Magazine.

2. مريقة إبراهيم . المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي (مذكرة تخرج ماستر) جامعة الوادي 2019.

3. Site Web ooreka https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable

4. بورني يونس . محاضرة مادة مواد بناء (MDC) جامعة الوادي الموسم الجامعي 2020/2019

5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Mortier_(mat%C3%A9riau)

6. ماني محمد . المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف (مذكرة تخرج ماجستير) . الجزائر : فرع الري والهندسة المدنية تخصص هندسة مواد – جامعة وقلة – 2010 .

7. A. BARAKAT . Valorisation des fibres metalliques issues des dechets de brique dans la realisation des ouvrages de béton (mémoire de magister de ouargla) Algerie : s.n 2006

8. Chaussées , presse de l’ecole national des pots et. Béton de sable , caractéristique et pratiques d’utilisation . France : sn , 1994

9. الدكتور امام محمود. "الخرسانة" الباب الحادي عشر (متانة الخرسانة) قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة جامعة المنصورة .2002 .

10. Iraqi Civil Engineers. Site web : faccebook.com/iraqi.civil.eng .

11. خالد حسن حاوي . مذكرة تخرج من المعهد التقني بابل "العراق"

12. F, GRISSE . Essais et contrôlé des béton . Paris : Edition Eyrolles 1978

13. إمام محمود . تكنولوجيا الخرسانة . مصر : قسم الهندسة الإنشائية جامعة المنصورة . 2002

14. Z. BENGOUCHA F . Amélioration des propriétés de mortier a base de sable de dune avec ajout (sable granulé de haut fourmeaux) '' mémoire de fin d'etude d'ingéniorat '' Algerié : ENTP . 2005

15. A. LOGBI. Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico mécaniques du béton '' thèse de magister '' Algerie : ENP 1999

16. G.LAYACHI . influence du rapport E/C et du mode de cure sur les propriétés physico-mécaniques et de transfert d'humidités des morties de ciments durcis '' mémoire de magister '' Algerie : univ amar telidji laghouat 2006

17. الفيزيائية الحديثة , PHYSICS MODERN , للدكتور علي محمد عكاز – دار الراتب الجامعية . المحاضرة الثالثة كيمياء البيئية (2016)

18. دراسة أعدت لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المدنية بموضوع : البحث عن تقنية جديدة لتنظيف الرمل في سوريا وتحسين آدائها في البيتون – كلية تشرين , من إعداد المهندسة ديمة إبراهيم . 2009

19. خواص وإختبارات المواد – عملي

20. ضو عمار , بن عمارة ابراهيم . المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل باستعمال موارد رملية جديدة في واد سوف (مذكرة تخرج لنيل ماستر) جامعة الوادي 2019 .

21. CHERAIT A , NAFA Z . Elément de materiaux de consteuction et essais s.l : collection le livre de genie civil OPU , 2007

22. محمد عبد القادر . من موقع بيت الاختصاص www.specialtes.bayt.com

23. DUPAIN R, LANCHON R,ST-ATTOMAN J-C. Granulats sols ciments et bétons (caractérisation des materiaux de genie civil par essais de laboratoire) . paris castteilla-25, 1995

24. TEBERLACINE N, MELKMI S . Etude comparative entre un béton de sable a base d'un sable roulé et un béton a base de sable de dune de la région Biskra '' mémoire de fin d'étude d'ingéniorat '' Algerie : Univ de Biskra . 1996

الملحقـــــــــــات

AGREGATS: SABLE 0/5 HASSI SAYEH OUARGLA

TAMIS		volume	REFUS PARTIEL	REFUS CUMULE	%REFUS	% PASSANT	FUSEAU
31,5		0	0	0	0	100	
25		0	0	0	0	100	
20		0	0	0	0	100	
16		0	0	0	0	100	
14		0	0	0	0	100	
12,5		0	0	0	0	100	
10		0	0	0	0	100	
8		0	0	0	0	100	
6,3		0	0	0	0	100	
5		0	1,8	1,8	0,18	99,82	95-100
2,5		0	15	16,8	1,68	98,32	80-90
1,25		0	53,2	70	7	93	56-80
0,63		0	299	369	36,9	63,1	32-55
0,315		0	326,7	695,7	69,57	30,43	16-35
0,16		0	240	935,7	93,57	6,43	06-25
0,08		0	39,5	975,2	97,52	2,48	0-15

MF= 2,09

ES = 67%

Dappr= 1,52 g/cm3

Daps= 2,50 g/cm3

المخبر الجيوتقني للبناء والطرقات
الهاتف
032 21 97 68
الفاكس
032 21 97 20
الوادي

AGREGATS: SABLE 0/5 SIDI SLIMENE TOUGGOURT

TAMIS		volume	REFUS PARTIEL	REFUS CUMULE	%REFUS	% PASSANT	FUSEAU
31,5		0	0	0	0	100	
25		0	0	0	0	100	
20		0	0	0	0	100	
16		0	0	0	0	100	
14		0	0	0	0	100	
12,5		0	0	0	0	100	
10		0	0	0	0	100	
8		0	0	0	0	100	
6,3		0	0	0	0	100	
5		0	3,8	3,8	0,38	99,62	95-100
2,5		0	30,6	34,4	3,44	96,56	80-90
1,25		0	82,7	117,1	11,71	88,29	56-80
0,63		0	276	393,1	39,31	60,69	32-55
0,315		0	438,4	831,5	83,15	16,85	16-35
0,16		0	103,5	935	93,5	6,5	06-25
0,08		0	21,2	956,2	95,62	4,38	0-15

ES = 70%

Dappr= 1,63 g/cm3

Daps= 2,60 g/cm3

MF= 2,31

AGREGATS: SABLE 0/5 KHACHEM ERREH OUARGLA

TAMIS		volume	REFUS PARTIEL	REFUS CUMULE	%REFUS	% PASSANT	FUSEAU
31,5		0	0	0	0	100	
25		0	0	0	0	100	
20		0	0	0	0	100	
16		0	0	0	0	100	
14		0	0	0	0	100	
12,5		0	0	0	0	100	
10		0	0	0	0	100	
8		0	0	0	0	100	
6,3		0	0	0	0	100	
5		0	11	11	1,1	98,9	95-100
2,5		0	35,2	46,2	4,62	95,38	80-90
1,25		0	80,3	126,5	12,65	87,35	56-80
0,63		0	448,3	574,8	57,48	42,52	32-55
0,315		0	271	845,8	84,58	15,42	16-35
0,16		0	75	920,8	92,08	7,92	06-25
0,08		0	14	934,8	93,48	6,52	0-15

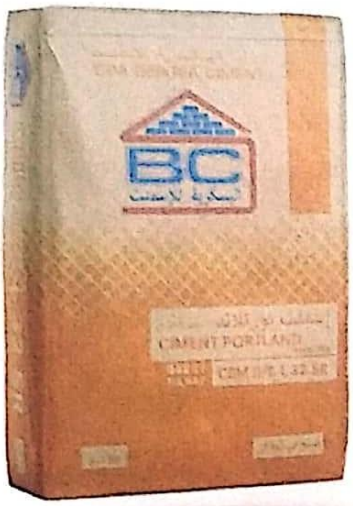
MF= 2,53

ES = 71%

Dappr= 1,67 g/cm3

Daps= 2,56 g/cm3

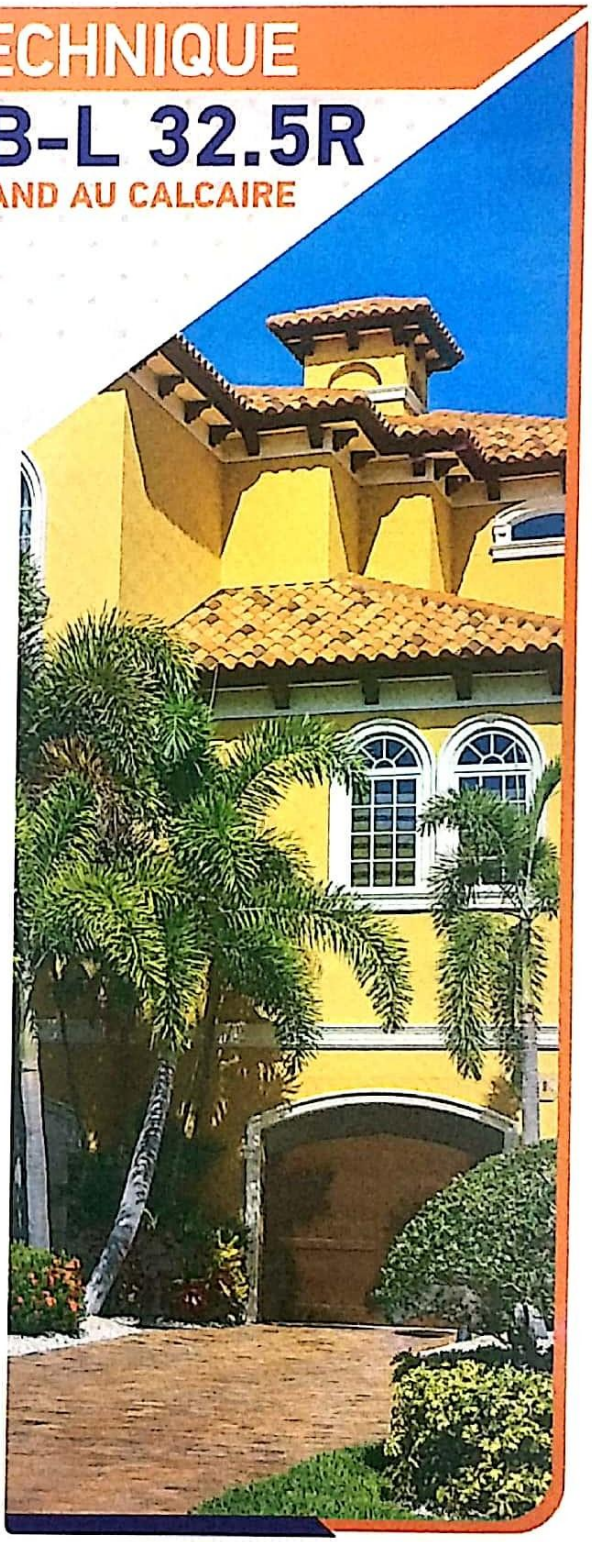
SPA BISKRIA CIMENT



FICHE TECHNIQUE

CEM II/B-L 32.5R

CIMENT PORTLAND AU CALCAIRE



CEM II/B-L 32.5R Ciment gris destiné aux travaux de bâtiment, génie civil industriel et routier.

CEM II/B-L 32.5R :
Conforme à la norme Algérienne (NA442-2013).

DOMAINES D'APPLICATION

Un ciment pour tous vos travaux, il permet de réaliser toutes les étapes de construction de votre maison et tous travaux de maçonnerie, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes :

- Béton Banché.
- Béton de type C12/15.
- Mortiers de maçonnerie.
- Stabilisation des sols.
- Bases de routes traitées avec du ciment.
- Pavages de chaussées.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Travaux de réparation individuelle à la maison.
- Travaux de maçonnerie divers.

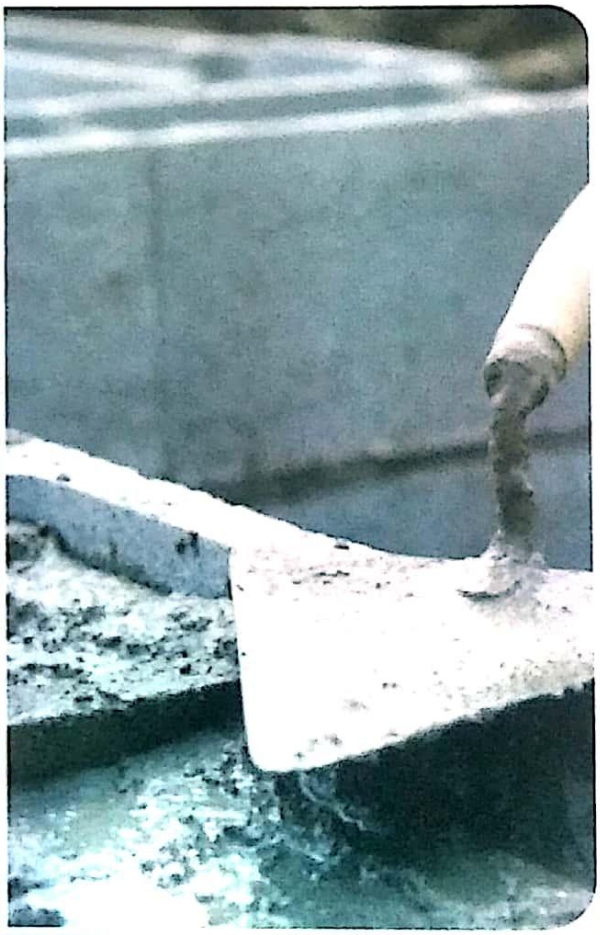
FORMULATION CONSEILLÉE

	ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton	50k X1	+ X7	+ X5 + X4	+ 25 L
	ciment	**Sable** Correcteur 0/1mm	**Sable (sec)** 0/4mm	**Eau** (litres)
Mortier de briquetage	50k X1	+ X6	+ X9	+ 35 L
Mortier de finitions	50k X1	+ X9	+ X6	+ 35 L

Remarque: un bidon =10 litres

CARACTÉRISTIQUES TÉCHNIQUES

Analyses chimiques (%)	valeur
Perte au feu	10 – 15
Teneur en sulfates (SO3)	2.2 – 3.0
Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8
Teneur en Chlorures (Cl^-)	0.03 – 0.05
Composition Potentielle du Clinker (%) (Selon Bogue)	**valeur**
C_3S	56 – 66
C_3A	5.1 – 7.2
Propriétés physiques	**valeur**
Consistance normale (%)	25.0 – 26.4
Expansion à chaud (mm)	0.0 – 1.0
Temps de prise (min)	**valeur**
Début de prise	130 – 200
Fin de prise	220 – 290
Résistance à la compression	**valeur**
2 jours (MPa)	10 – 24
28 jours (MPa)	32.5 – 42.5



SPA BISKRIA CIMENT
Adresse : Djar Belahrache
Branis . Biskra Algerie

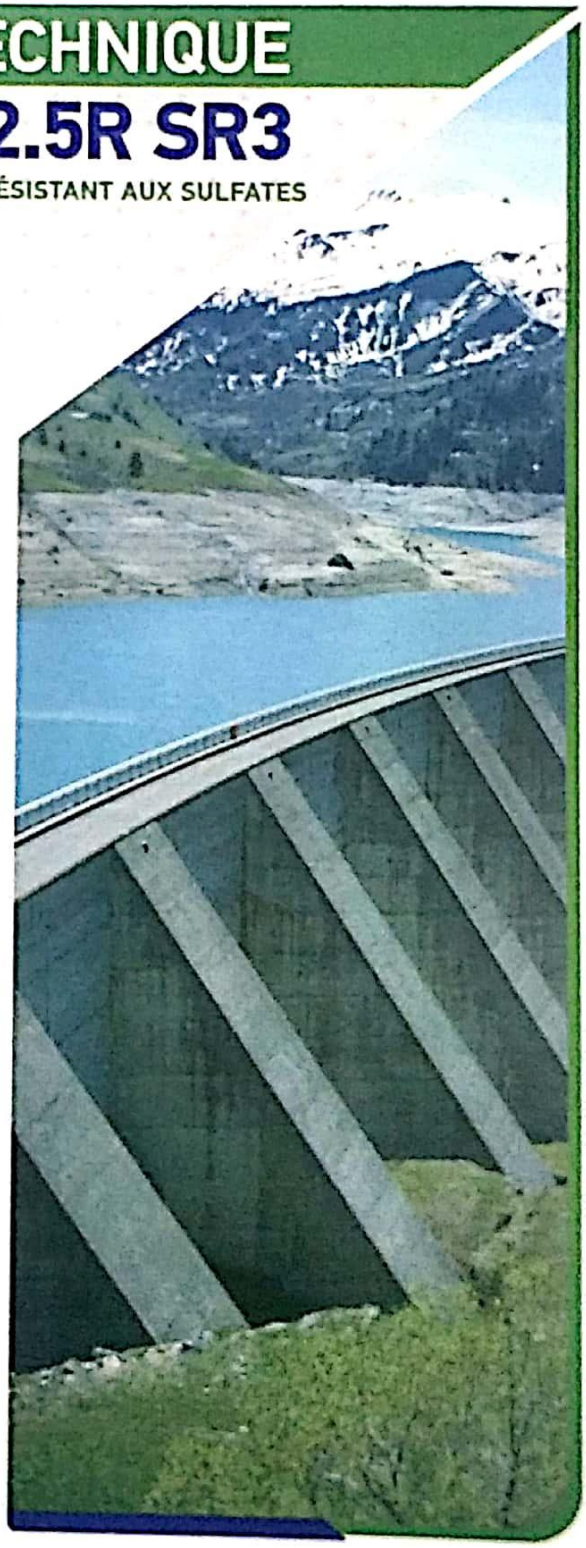
Tel : +213 (0) 560 753 424
Fax : +213 (0) 33 62 73 92
contact@biskriaciment-dz.com
www.biskriaciment-dz.com

SPA BISKRIA CIMENT

FICHE TECHNIQUE

CEM I 42.5R SR3

CIMENT PORTLAND RÉSISTANT AUX SULFATES



CEM I 42.5R SR3 Un Ciment gris résistant aux sulfates, pour la réalisation de béton mortiers, béton-armé ou non-armé en hivers comme en été, lorsqu'une résistance aux sols agressives est préconisée.

CEM I 42.5R SR3 :
Conforme à la norme Algérienne (NA442-2013).

DOMAINES D'APPLICATION

Un ciment pour tous vos travaux de constructions demandant de hautes résistances initiales, en contact avec les Sols agressives, les applications agricoles, hydrauliques, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes :

- Les infrastructures et superstructures à réaliser dans des milieux agressifs.
- Béton pour décoffrage, décintrage et démoulage rapide.
- Centrale d'épuration d'eau et station de dessalement.
- Bétonnage par temps froid résistant au gel et aux sels.
- Béton auto plaçant et chapes.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Structure à réaliser dans des milieux agressifs.
- Structure à réaliser dans des milieux hydrauliques et maritimes.
- Ce produit est préconisé dans tous les travaux souterrains, tunnels, barrages,...etc.

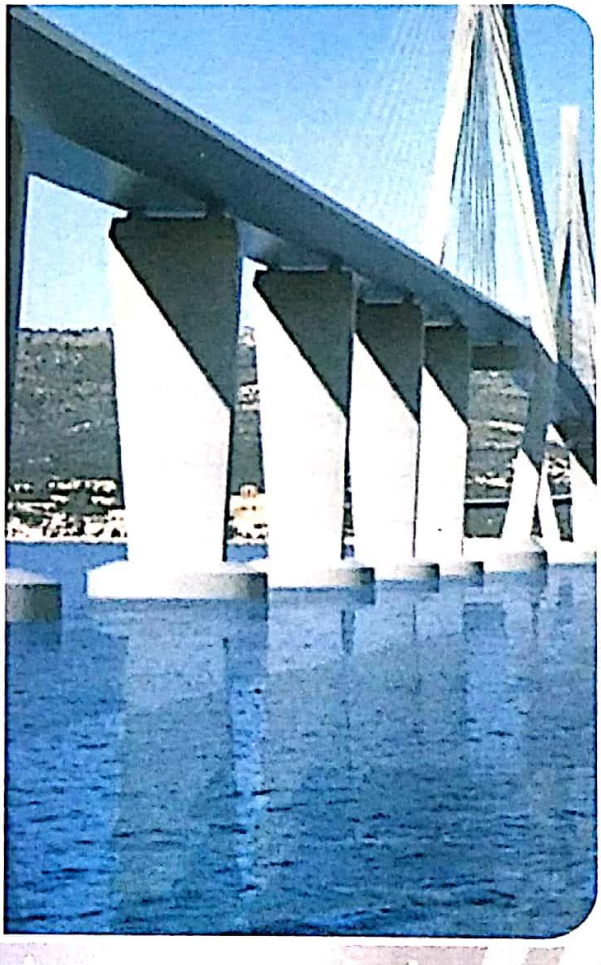
FORMULATION CONSEILLÉE

	ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton	50k X1 +	X7 +	X5 + X4 +	25 L
	ciment	**Sable** Correcteur 0/1mm	**Sable (sec)** 0/4mm	**Eau** (litres)
Mortier de briquetage	50k X1 +	X6 +	X9 +	35 L
Mortier de finitions	50k X1 +	X9 +	X6 +	35 L

Remarque: un bidon =10 litres

CARACTÉRISTIQUES TÉCHNIQUES

Analyses chimiques (%)	valeur
Perte au feu	1.0 – 1.9
Teneur en sulfates (SO3)	2.2 – 2.6
Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8
Teneur en Chlorures (Cl^-)	0.02 – 0.05
Résidu insoluble	≤ 0.75
Composition Potentielle du Clinker (Selon Bogue) (%)	**valeur**
C_3S	56 – 66
C_3A	1.4 – 3.0
$C_4AF + 2\ C_3A$	≤ 20
Propriétés physiques	**valeur**
Consistance normale (%)	25.8 – 26.4
Expansion à chaud (mm)	0.5 – 1.0
Temps de prise (min)	**valeur**
Début de prise	170 – 190
Fin de prise	230 – 280
Résistance à la compréssion	**valeur**
2 jours (MPa)	20 – 25
28 jours (MPa)	42.5 – 51.0



SPA BISKRIA CIMENT
Adresse : Djar Belahrache
Branis , Biskra Algerie

Tel : +213 (0) 560 753 424
Fax : +213 (0) 33 62 73 92
contact@biskriaciment-dz.com
www.biskriaciment-dz.com