الجزائرية الديموقراطية الشعبيـــــة
وزارة التعليم العـــــالي و البحث العلمـــي
جـــامعة الشهيد حمـــه لحضـــر بالوادي

كلية التكنولوجيـا
قسم الري و الهندسـة المدنيـة

مذكـــرة تخـــرج

لنيل شهـــادة المـــاستر فـــي الهندســـة المدنيـــــة

تخصص : مـــواد الهندســـة المدنيـــــة

تحت عنـــــــوان :

دراسة ديمومة خرسانة رمل المحاجر في مناطق الصحراوية

- تحت إشراف :
الأستـــاذ: مـــاني محمد

- إعداد الطلبـــة :
- حاشي حسين
- حفيظ حامد
- سعداني علي

لجنـــــة المنـــاقشـــة :

رئيس اللجنـــــة: الأستـــاذ جديد طارق

ممتحـــــن: الأستـــاذ العقبي عبد العزيز

2021 / 2020

شكر وتقدير

الشكر لله الذي وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع.

إن مما علمنا به ديننا الحنيف أن نذكر الفضل لأهله وأن نشكرهم على صنيعهم معنا و عرفانا بجميلهم علينا، يشرفنا ويسرنا أن نذكر بالثناء وجزيل الشكر والتقدير أستاذنا المحترم الدكتور: **ماني محمد** الذي

لم يبخل علينا بكل ما لديه من معلومات ومراجع، وعلى كل ما قدمه إلينا من نصائح وتوجيهات طيلة إنجاز المذكرة.

كما نتقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ بن ناصر فتحي وإلى كل أعضاء مخبر نيوزلاب للإشغال العمومية الذي قدم لنا كل الدعم للقيام بكل التجارب المخبرية.

كذلك نتقدم بالشكر والإمتنان لجامعة الشهيد حم لخضر بالوادي خاصة قسم الري والهندسة المدنية.

والشكر موصول لكل من ساعدنا من بعيد أو من قريب في إنجاز هذا العمل الذي نرجو ان يكون خالصا لوجه الله.

ولا يسعنا إلا ان نتقدم بالشكر والتقدير إلى أعضاء لجنة المناقشة الذين ندرك بلا شك أنه سيكون لملاحظاتهم وتوجيهاتهم إغناء وإضافة كبيرين لهذا البحث المتواضع.

الاهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

أهدي هذا العمل المتواضع

إلى من ساندتني في صلاتها ودعائها..... إلى من سهرت الليالي تنير دربي.

إلى من تشاركني أفراحي وأساتي..... إلى نبع العطف والحنان إلى أجمل

ابتسامة في حياتي، إلى أروع امرأة في الوجود: أمي الغالية أسأل الله ان يحفظها بحفظه.

إلى من علمني أن الدنيا كفاح..... وسلاحها العلم والمعرفة.

إلى الذي لم يبخل علي بأي شيء.....إلى من سعى لأجل راحتي

ونجاحي

إلى أعظم و أعز رجل في الكون: أبي العزيز أطال الله في عمرك.

رفقاء البيت الطاهر الأنيق..... أشقائي وشقيقاتي

إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من حياة: إخوتي حماكما الله.

إلى زملائي في الدراسة إلى أساتذتي الكرام الذين نوروا دربي خلال مسيرتي الدراسية و

أتمنى من الله أن يمتعهم كلهم بالصحة و العافية والهناء.

إلى من كانوا أوفياء أصدقائي جميعا.

إلى من ساهم في إنجاز هذا العمل المتواضع.

حسين حاشي

الاهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين

أهدي هذا العمل إلى كل من كان سندا وعونا لي للوصول الى هذه المرحلة

الى الوالدة الكريمة التي أسأل الله ان يحفظها بحفظه

والى روح والدي وجدي وكل من فقدناهم الذي أسأل الله ان يتغمدهم برحمته الواسعة

وأن يجعل قبرهم روضة من رياض الجنة

والى كل الاخوة والأقارب والمشايخ والأصدقاء

الذين كانوا خيرا سندا في اصعب المراحل والظروف

الى كل شخص علمني حرفا او كان سببا في نجاحي .

حامد حفيظ

الاهداء

الحمد لله الذي الذى بنعمته تتم الصالحات

والصلاة و السلام على محمد رسول الله الذي يقول:

"مَن سلَكَ طريقًا يلتَمِسُ فيهِ علمًا ، سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ طريقًا إلى الجنّــَة"

إلى كل السالكين طريق العلم والمعرفة

إلى كل الأساتذة والباحثين والطلبة العاملين المخلصين الأحرار ،

الذين يحترقوا في الحاضر ليضيئوا بجهدهم وجهادهم دروب الأجيال

في المستقبل في كنف وطن تسوده الحرية و الرفاهية و التقدم و الازدهار.

إلى كل هؤلاء

أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع.

علي سعداني

دراسة ديمومة خرسانة رمل محاجر في مناطق الصحراوية

ملخص

ان الاستغلال المفرط والمتزايد للرمال الطبيعية في قطاع البناء والأشغال العمومية أدى إلى استنزاف وبشكل متسارع لهذا المورد الطبيعي غير المتجدد، وبالتالي مشاكل بيئية آنية ومستقبلية قد يتعذر التحكم في مداها ونتائجها. من المعلوم أنه وبعد انجاز الطريق السيار شرق غرب في الجزائر الذي احتاج إلى كميات هائلة من الحصى قد خلف كميات موازية من رمال المحاجر شكلت هي الأخرى عبئ بيئيا كبيرا إضافيا. كما تعاني معظم المناطق الصحراوية من ظاهرة التصحر وتكدس رمال الكثبان على المناطق الزراعية والمنشآت المختلفة خاصة الطرقات، هذه الرمال التي تتميز بنعومتها.

ان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تثمين رمل المحاجر ومزجه برمل الكثبان كي يكون هذا المزيج بديلا وأن يساهم في الاستجابة للطلب المتزايد في ميدان البناء على مادة الرمل الضرورية للخرسانة خاصة في المناطق التي تعاني من أوساط حفظ خطيرة.

بالرغم من الظروف الحفظ شديدة العدوانية إلا أنه تحصلنا على نتائج جيدة لخرسانة رمل المحاجر أثبتت النتائج أن النسب معتبرة من الدقائق لا تؤثر سلبا على خصائص الخرسانة الميكانيكية وأنه يمكن بل يستحسن استعمال رمل المحاجر لصناعة الخرسانة.

الكلمات المفتاحية : رمل المحاجر، رمل الكثبان ، الديمومة ، الخرسانة ، البيئة العدوانية .

Abstract :

It is The excessive and increasing exploitation of natural sands in the construction and public works sector has led to an accelerated depletion of this non-renewable natural resource, and consequently immediate and future environmental problems whose extent and results may be uncontrollable. It is known that after the completion of the East-West Highway in Algeria, which required huge quantities of gravel, it left parallel quantities of quarry sand, which also constituted an additional large environmental burden. Most of the desert areas suffer from the phenomenon of desertification and the accumulation of sand dunes on agricultural areas and various facilities, especially roads. These sands are characterized by their softness. The main objective of this study is to value quarry sand and mix it with sand dunes in order for this mixture to be an alternative and to contribute to responding to the increasing demand in the field of construction for the sand material necessary for concrete, especially in areas that suffer from dangerous preservation environments. Despite the very aggressive preservation conditions, we obtained good results for quarry sand concrete. The results proved that significant percentages of particles do not negatively affect the mechanical properties of concrete, and that it is possible and even desirable to use quarry sand for the manufacture of concrete.

Keywords : quarry sand, dune sand, durability, concrete, aggressive environment.

Résumé

L'exploitation excessive et croissante des sables naturels dans le secteur du bâtiment et des travaux publics a entraîné un épuisement accéléré de cette ressource naturelle non renouvelable, et par conséquent des problèmes environnementaux immédiats et futurs dont l'étendue et les résultats peuvent être incontrôlables. On sait qu'après l'achèvement de l'autoroute Est-Ouest en Algérie, qui a nécessité d'énormes quantités de gravier, il a laissé des quantités parallèles de sable de carrière, qui constituaient également une charge environnementale supplémentaire importante. La plupart des zones désertiques souffrent du phénomène de désertification et d'accumulation de

dunes de sable sur les zones agricoles et divers aménagements, notamment les routes. Ces sables se caractérisent par sa douceur. L'objectif principal de cette étude est de valoriser le sable de carrière et de le mélanger avec des dunes de sable afin que ce mélange soit une alternative et contribue à répondre à la demande croissante dans le domaine de la construction pour le matériau sable nécessaire au béton, notamment en zones qui souffrent d'une montée d'eau dangereuse. Malgré les conditions très agressives du bain, nous avons obtenu de bons résultats pour le béton de sable de carrière. Les résultats ont prouvé que des pourcentages importants de particules n'influencent pas négativement les propriétés mécaniques du béton, et qu'il est possible et même souhaitable d'utiliser du sable de carrière pour la fabrication du béton.
Mots-clefs: sable de carrières, sable de dune, durabilité, béton, environnement agressif.

الفهرس

الفهرس :

شكر وتقدير

الاهداء

الاهداء

الاهداء

قائمة الجداول

قائمة الصور

قائمة الأشكال

المقدمـــة العامـــة.....أ

الفصل الأول: عموميات حول رمل المحاجر وتركيبة وصياغة خرسانته.....2

I .1 مدخل: 2

2.I أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :.....2

I .1.2 **الرمل الطبيعي :** 2

I .1.1.2 **رمـل الوديـان و الأنـهار:** 2

I .2.1.2 **رمل البحار:**.....2

I .3.1.2 **رمل المحاجر:** 3

I .4.1.2 **رمل الكثبـــان:**.....3

I .2.2 **الرمـل الاصطناعي:**.....3

3.I تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر: 3

I .1.3 **الدراسات السابقة لخرسانة رمل المحاجر:** 4

- **الدراسات العربية التي ناولت محور رمل محاجر: 4**
- **الدراسات الاجنبية التي ناولت محور خرسانة رمل:**.....5

I .2.3 **توصيات خاصة باستعمال و تثمين رمل المحاجر في البلدان المغاربية:** 5

I .3.3 **أوجه الاستفادة من الدراسات السابقة:** 6

I .4.3 **كيفية الاستفادة من الدراسات السابقة:** 6

4.I الهدف من استعمال رمل المحاجر: 6

5.I أمثلة لمشاريع منجزة باستعمال رمل المحاجر: 7

I .6 الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل محاجر: 7

I .7 مكونات وصياغة الخرسانة: 8

I .1 .7 **الاسمنت:** 8

I .2.7الماء : 8
I 3.7. الركام : 9
I 4.7. الإضافاتLes adjuvants 9
I .1.4.7 دور المميعات أو الملدنات (Plastifiant):..... 10
I.2.4.7 المواد المضافة (Les ajouts)..... 10
I 3.4.7. المواد الألياف (Fibres) 10
8.I العوامل المؤثرة على جودة الخرسانة : 11
I .1.8 تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة:..... 11
I 2.8. تأثير النسبة E/C على المسامية : 11
I 3.8. تأثير النسبة E/C على المقاومة: 12
9.I خصائص خرسانة رمل محاجر:..... 14
I 1.9. خصائص خرسانة قبل التصلب:..... 14
I .1.1.9 التراصية Compacité:..... 14
I .2.1.9 اختبار الهبوط أبرامز (Cône d' Abrams) :..... 15
I 2.9. خصائص خرسانة بعد التصلب:..... 15
I 1.2.9. مقاومة الضغط: 15
I 2.2.9. مقاومة الشد:..... 15
I 3.2.9. الانكماش: 16
I 4.2.9. القياسات الغير متلفة للخرسانة المتصلدة (الموجات الفوق صوتية):..... 16
I 5.2.9. الديمومة: (Durabilité) 17
10.I صياغة خرسانة رمل محاجر: 18
I 1.10. بعض طرق صياغة خرسانة رمل محاجر: 18
الخلاصة:11.I 19
الفصل الثاني: عموميات حول ديمومة 20
1.II مدخل..... 20
المبحث الأول: الديمومة 20
2.II تعريف الديمومة la durabilité:..... 20
3. II تصلب الخرسانة - إماهة الإسمنت - 20
II .1.3 التفاعلات الكيميائية لمركبات الإسمنت: 21
4. II أسباب تلف وتدهور الخرسانة: 22
II .1.4 أسباب داخلية: 22

II .2.4 أسباب خارجية وهى الناتجة من الوسط المحيط بالخرسانة: 22
II 5. المسامية والنفاذية والامتصاص: 22
II 6. تأثير المنفذية على الخرسانة: 23
II 7. العوامل المؤثرة على النفاذية والمسامية: 23
II 8. آثار الهجمات الكيميائية على الخرسانة: 24
II. 1.8 الأحماض Acides : 24
II. 1.8. 1 مصادر الأحماض:Acides 24
II.1.8. 2 آلية الهجوم: 24
II. 8. 2 أملاح الكبريتات Sulphates : 25
II. 2.8. 1 مصادر أملاح الكبريتات Sulphates : 26
II. 2.8. 2 آلية الهجوم: 26
II. 3.8 الكربنة : 27
II. 1.3.8 آلية تفاعل الكربنة : 27
II. 2.3.8 العناصر المؤثرة في الكربنة : 27
II. 8 4. تأثير ماء البحر: 28
II . 8 . 5 تأثير مياه المجاري على الخرسانة: 28
II . 8 . 6 تأثير الجليد على الخرسانة المتصلبة: 28
II . 8 . 7 تأثير التزهر: 29
II . 8 . 7 تأثير الخرسانة الحاوية على الهواء المقصود: 29
II . 9 وقاية الخرسانة من العناصر الخارجية الضارة: 29
II 10. مقاومة الخرسانة للتلف : 29
II.11 تجارب وتقنيات الديمومة: 30
المبحث الثاني: ظاهرة صعود المياه 30
II.12 ظاهرة صعود المياه: 30
II .1.12 تعريف ظاهرة صعود المياه وادي سوف: 30
II .2.12 أسباب مشكلة صعود المياه: 31
II .3.12 أهم تركيز للعناصر الكيميائية بمنطقة الوادي: 31
الفصل الثالث : دراسة المواد المستعملة 34
III.1 مدخل: 34
III.2 خصائص المواد المستعملة: 34
III.1.2 الركام 34

الرمل : 34
الحصى: 35
III.1.1.2 **الخواص الفيزيائية:** 35
III.1.1.1.2 **الكتلة الحجمية :** 35
III.1.1.1.1.2 **الكتلة الحجمية الظاهرية:** (Masse volumique apparente) 35
III.2.1.1.2 **المكافئ الرملي :**(Equivalent de sable): 36
III.3.1.1.2 **اختبار ازرق الميثلين:** Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache 38
III.4.1.1.2 **معامل امتصاص الماء** (coefficient d'absorption d'eau):..... 39
III.5.1.1.2 **التدرج الحبيبي :** (Analyse granulométrique)..... 40
III.6.1.1.2 **معيار النعومة:** (Module de finesse) 45
III.7.1.1.2 **نقاوة الحصى: المعيار** NF P 18-591 [54] 46
III.2.1.2 **الاختبارات الميكانيكية**..... 47
III.1.2.1.2 **تجربة الصدام للحصى** Los Angeles:..... 47
III.2.2.1.2 **تجربة تأكل الحصى** Micro-Deval:..... 48
III.**2.2 الماء :** 50
III.**1.2.2 خواص الماء المستعمل في الخرسانة:**..... 50
III.**3.2الإسمنت** :Ciment 50
III.2.3.1**الخصائص التقنية والكيمائية :**..... 51
III 4.2**الإضافات:** 51
III.3 صياغة خرسانة رمل المحاجر(الشاهد) : 52
III.1.3**صياغة الخرسانة الشاهدة:** 52
III**2.3 دراسة التشغيلية باستعمال طريقة مخروط أبرامز:**..... 57
III.**3.3 تحضير وشكل العينة :(لكل نوع من خلطة خرسانية):**..... 58
III.**4.3 تحضير وسط العدواني:** 59
الخلاصة: 60
الفصل الرابع: دراسة سلوك الخرسانة المدروسة..... 63
IV.1 مدخل : 63
IV-2 طرق التجارب : 63
IV. 2. 1 تجربة التحطيم بالانحناء بثلاث نقاط: 63
IV- 2- 2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :..... 64
IV. 2. 3 تجربة الانكماش: 65

4.2.IV تجربة الأمواج فوق صوتية: 66
5.2.IV تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية): 67
2-IV .6 تجربة قياس فقد الكتلة : 68
IV- 3 نتائج مقاومة الانحناء :..... 69
IV- 4 نتائج مقاومة الضغط :..... 72
IV-1.4 تحليل نتائج مقاومة الضغط: 73
IV-5 مناقشة نتائج مقاومة الضغط والانحناء:..... 74
IV- 6 نتائج الانكماش : 75
IV-1.6 تحليل نتائج الانكماش: 76
IV-2.6 مناقشة نتائج الانكماش: 76
IV- 7 نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية : 76
IV-1.7 تحليل نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية : 77
IV-2.7 مناقشة نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية : 77
IV- 8 نتائج تجربة امتصاص ماء :..... 78
IV-1.8 تحليل نتائج امتصاص الماء:..... 80
IV-2.8 مناقشة نتائج امتصاص الماء:..... 81
IV-9 نتائج تجارب تغيرات الكتلة :..... 81
IV-1.9 تحليل نتائج تجارب فقد الكتلة :..... 83
IV-2.9 مناقشة نتائج تجارب فقد الكتلة :..... 83
IV-10 المشاهدات البصرية: 84
IV-1.10 مناقشة المشاهدات البصرية لخرسانة رمل المحاجر:..... 85
قائمة المراجع..... 90

قائمة الجداول

الفصل الأول

الجدول I. 1يعطي صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف ----------7
الجدول I. 2يوضح صيغة خرسانة رمل المحاجر في مركز مكافحة السرطان بالوادي----------7
الجدول I. 3تصنيف الخرسانة حسب سرعة *الامواج الصوتية* ----------15
الجدول I. 4 تصنيف الخرسانة حسب قيمة هبوط مخروط أبرامز ----------17

الفصل الثاني

الجدول II. 1 بين مكونات الاساسية للإسمنت البورتلاندي 20
الجدول II. 2 2 .المركبات الكيميائية للإسمنت البورتلاندي[30] 21
الجدول II. 3يبن إماهة المركبات الرئيسية 21
الجدول II. 4يبن قيمة التراكيز الكيميائية بمنطقة الوادي.....31

الفصل الثالث

الجدول III. 1النسب المئوية للمكونات الكيميائية رمل محاجر ورمل كثبان.....35
الجدول III. 2الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى و لرمل المحاجر ورمل كثبان.....36
الجدول III. 3الكتلة الحجمية المطلقة للحصى ورمل محاجر ورمل كثبان.....36
الجدول III. 4يوضح تصنيف الرمال حسب مكافئ الرمل.....37
الجدول III. 5 النسب المئوية للمكافئ الرمليES 37
الجدول III. 6 نتائج تجربة ازرق الميثيلين.....39
الجدول III. 7 النسب المئوية لمعامل امتصاص الماءAb 40
الجدول III. 8 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى رمل المحاجر100:% 41
الجدول III. 9نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية رمل الكثبان100:% 42
الجدول III. 10 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 60%رمل محاجر 40% رمل الكثبان: 43
الجدول III. 11نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة الحصى 8/15:.....44
الجدول III. 12معيار النعومة: 46
الجدول III. 13نقاوة الحصى: 47
الجدول III. 14يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية[VALORISATIONS2010-2011]
.....47
الجدول III. 15 نتائج تجربة لوس انجلوس 48
الجدول III. 16 كتلة الحمولة للكرات الحديدية وفقًا للمؤشرات فئة الحصى.....49
-الجدول III. 17 نتائج مقاومة التآكل للحصى 49

الجدول III. 18 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل 50
الجدول III. 19 التحليل الكيميائي للإسمنت المقاوم للسولفـات.....51
الجدول III. 20 قيمة معامل الحبيبية G.....52
الجدول III. 21 معامل التراص γ 55
الجدول III. 22 الحجم المطلق لـ (حصى + SC1000%) وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـm31.56
الجدول III. 2 الحجم المطلق لـ (حصى+SC60%+SD40%) وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـm31 :.....56
الجدول III. 24 تركيبة m31 من خرسانة رمل المحاجر100%.....57
الجدول III. 25 تركيبة m31 من خرسانة رمل المحاجر60% و رمل كثبان40%.....58
الجدول III. 26 خصائص حمض سيلفات و الكلوريد.....59

الفصل الرابع

الجدول IV. 1يوضح نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء (الشاهد):
.....69
الجدول IV. 2يوضح نتائج مقاومة انحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الحمضي:
.....70
الجدول IV. 3 يوضح نتائج مقاومة الضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء (الشاهد):
.....72
الجدول IV. 4يوضح نتائج مقاومة الضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الحمضي:
.....74
الجدول IV. 5يوضح نتائج مقاومة الانكماش حسب تركيبة الرمل:.....75
الجدول IV. 6يوضح نتائج تجربة الموجات الصوتية حسب تركيبة رمل من نوع(x10 x1010) سم:
.....77
الجدول IV. 7يوضح نتائج تجربة الموجات الصوتية حسب تركيبة رمل نوع(x28 x77) سم:.....77
الجدول IV. 8 يوضح نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة رمل للعينات المغمورة في الماء. 78
الجدول IV. 9منحنى نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني
.....79
الجدول IV. 10 يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن.....79
الجدول IV. 11يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن و مساحة العينة.....80
الجدول IV. 12نتائج تجربة زيادة الكتلة لخرسانة SC60%+SD40% المغمورة في الماء.....81
الجدول IV. 13نتائج تجارب زيادة الكتلة لخرسانة رمل المحاجر SC100% المغمورة في الماء. ..81

الجدول IV. 14نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة SC60%+SD40%المغمورة في الوسط الحمضي. 82.....
الجدول IV. 15نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر SC100% المغمورة في الوسط الحمضي. 82

قائمة الصور

الفصل الأول

الصورة I. 1 توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف [6] *7*

الفصل الثالث

الصورة III. 1 تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية (الحاوية).....*35*
الصورة III. 2مكافئ الرملي.....*37*
الصورة III. 3 تجربة ازرق الميثيلين.....*39*
الصورة III. 4 تجربة معامل امتصاص الماء *40*
الصورة III. 5 تجربة التدرج الحبيبي.....*41*
الصورة III. 6 في تجربة النقاوة.....*46*
الصورة III. 7 تجربة الصدام للحصى (لوس انجلس) *48*
الصورة III. 8مراحل تجربة Micro-Deval.....*49*
الصورة III. 9 البطاقة التقنية H2SOو HCL *59*

الفصل الرابع

الصورة IV. 1تجربة آلة تحطيم بالانحناء *64*
الصورة IV. 2تجربة آلة التحطيم بالضغط.....*65*
الصورة IV. 3توضح جهاز قياس الانكماش.....*66*
الصورة IV. 4 تجربة الأمواج الصوتية *67*
الصورة IV. 5تجربة امتصاص (الماء الخاصية الشعرية).....*68*
الصورة IV. 6العينات الشاهد التي لم تحفظ في الوسط العدواني.....*84*
الصورة IV. 7العينات التي حفظت في الوسط العدواني *84*

قائمة الأشكال

الفصل الأول

الشكل I. 1 تأثير النسبة(S)/(G) على خصائص الخرسانة.....11
الشكل I. 2تأثير النسبة E/C على المقاومة والمسامية.....12
الشكل I. 3 العلاقة بين النسبة C/E و مقاومة الضغطfc 13
الشكل I. 4 تأثير نسبة E/C على مقاومة الضغط.....13
لشكل I. 5 تأثير نسبة E/C على مقاومة الانحناء.....13
الشكل I. 6تأثر المسامية بمعامل النعومة [12] 14

الفصل الثاني

الشكل II. 1 أشكال المسامية وأنواع النفاذية في خرسانة:[26].....23
الشكل II. 2 تأثير الأحماض على الخرسانة[35] 25
الشكل II. 3تأثير الكبيريتات على الخرسانة[35] 26

الفصل الثالث

الشكل III. 1 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى 100 % رمل محاجر.....42
الشكل III. 2 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية 100 % رمل الكثبان 43
الشكل III. 3 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 60%رمل محاجر 40% رمل الكثبان.....44
الشكل III. 4 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للحصى 8/15 45
الشكل III. 5 منحنى التدرج الحبيبي لتركيبة خرسانة SC100% 54
الشكل III. 6 منحنى التدرج الحبيبي لتركيبة خرسانة SC60%+SD40% 54

الفصل الرابع

الشكل IV. 1 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء.....70
الشكل IV. 2 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني.
.....71
الشكل IV. 3 منحنى نتائج مقاومة ضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الماء. 72
الشكل IV. 4 منحنى نتائج مقاومة ضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في محلول الحمضي.
.....73
الشكل IV. 5 أعمدة بيانيا تبين مقارنة نتائج الانكماش حسب تركيبة الرمل للعينات. 76

الشكل IV. 6 منحنى نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء 78
الشكل IV. 7 يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن 79
الشكل IV. 8 مدرج بياني يوضح مقارنة نسبة الامتصاص حسب تركيبات الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني والماء.....80
الشكل IV. 9 مدرج بياني يوضح نسبة زيادة في الكتلة للعينات المغمورة في الوسط الماء 82
الشكل IV. 10مدرج بياني يوضح نسبة فقد في الكتلة للعينات المغمورة في الوسط العدواني 83

المقدمة العامة

المقدمـــة العامـــة

شهد استعمال الخرسانة في مجال البناء تطورا كبير منذ منتصف القرن الماضي وهذا راجع الى عدة أسباب تتعلق بالخرسانة ذاتها وبتعدد استعمالاتها وتطبيقاتها في أنواع مختلفة من الإنشاءات سواء المدنية أو الصناعية والهيدروليكية وغيرها. وتزداد أهميتها في سهولة تنفيذها ومقاومتها المعتبرة للضغط مع ديمومتها قابليتها الجيدة للتشغيل وتكلفتها المقبولة. إن مكونات تركيبة الخرسانة لم تتغير في عمومها، كاستعمال الإسمنت والماء والركام مع الإضافات والمحسنات إن تطلب الامر ذلك، لكن الطلب الكبير على مواد البناء المشكلة للخرسانة بكل أنواعها كالركام (حصى، رمل) وكذلك الاستعمالات غير المتناهية للخرسانة وتوسع الإنجازات والهياكل العملاقة مع تنوع الاوساط التي تستعمل فيها هذه الأخيرة أوجد أو اعترضته معوقات وخلق مشاكل وجب على الباحثين إيجاد حلول وبدائل لها.

فالركام المكون الأساسي للخرسانة هو مادة حبيبية خامدة (الرمل والحصى والصخور المسحوقة)، والرمل المستعمل فيها غالبا ما يكون مجلوبا من الوديان أو مجاري الأنهار أو شواطئ البحار وأعماق المحيطات أيضا ولقد أدى الاستعمال المفرط لهذه المادة إلى استنزافها وتناقصها وخاصة أن الرمال مورد طبيعي غير متجدد، فقد ساهم الاستعمال المفرط للرمل الغريني في صناعة الخرسانة بشكل كبير في استنفاد الموارد الطبيعية وكان له تداعيات سلبية على البيئة. ومن هنا انصب التفكير على إيجاد حلول وبدائل جديدة لا تؤثر على البيئة، وسهلة الاستخراج وأقل تكلفة اقتصاديا ولها خصائص ميكانيكية وفيزيائية جيدة.

ومن هذه الحلول نجد أن المحاجر تنتج كميات كبيرة من رمل التكسير أو ما يسمى برمل المحاجر الذي يتم التخلص منه دائمًا تقريبًا أو تكديسه وأصبح هو بدوره يشكل خطرا على البيئة أيضا وشغل مساحات كبيرة في هذه المحاجر على الرغم من أن مواصفاته تسمح باستعماله في كثير من الحالات حيث أن الدراسات تعطي نتائج جيدة للغاية للخرسانة المصنوعة من رمل المحاجر.

أما في مناطق جنوب وخاصة مناطقتنا تتميز بوفرة رمل الكثبان الذي يسبب مشاكل بيئية عديدة منها تغطية الطرقات وزحف الرمال لكن هذه الرمال تعاني من مشكل نعومة لكن نستطيع تثمنها في البناء وادخلها كالمحسن في الخلطة خرسانة، من هنا يطرح الباحثون في مجال مواد البناء فكرة تثمين هذا الرمال كبديل جيدا للرمل الطبيعي المستعمل في الخرسانة، فهو يحسن من مقاومتها وخصائصها الميكانيكية والفيزيائية، ويقدم حلولا اقتصادية و مالية مناسبة لمشكلة ندرة الرمال الطبيعية أو غلاء أسعارها في مناطق عديدة. لكن الحصول على خلطة خرسانية عالية الجودة يستوجب ركاما نظيفا وصلبا وقويا وأن تكون جزئياته خالية من أي مواد غضارية أو كيميائية ضارة تساهم في تدهور جودة الخرسانة وبالتالي ديمومتها، فرمل المحاجر يخلق مشكلا من جهة وحلولا من جهات أخرى في آن واحد.

في هذا البحث حاولنا الاجابة عن بعض هده التساؤلات وهذا بدراسة الخرسانة باستعمال رمل المحاجر كبديل للرمل الطبيعي المستعمل عادة مع إضافة رمل الكثبان للتصحيح، راجين الوصول إلى نتائج مقبولة تحقق الهدف المنشود. من أجل الحصول على خرسانة ذات خصائص ميكانيكية وفيزيائية جيدة ذات ديمومة عالية في الاوساط العدوانية وغيرها، وبخاصة في المناطق الصحراوية التي تتميز أصلا بالحرارة والجفاف وأيضا التربة في الكثير من مناطقها تحتوي على نسبة عالية من الجبس الذي يتكون أساسا من سيلفات الكالسيوم ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$) وأن بعض المناطق تعاني من ظاهرة صعود المياه والتي تحتوي على عناصر ضارة بالمنشئات وكذلك عند استعمال الخرسانة في مشاريع الري والبالوعات وفي الميدان الفلاحي أيضا (و الذي هو عصب الاقتصاد في المنطقة المياه المستعملة للسقي تحتوي نسبة عالية من السيلفات و المواد المتلفة للخرسانة) لهذا وجب علينا معرفة مدى تأثير هذه العناصر على ديمومة هذا النوع من الخرسانة (خرسانة رمل المحاجر) .

لذا كان لزاما علينا تطوير وتثمين هذه المادة واستعمالها في البناء والبحث عن العوامل التي تمكننا من إيجاد حلول لهذه المشاكل. وعليه في هذا البحث حاولنا المساهمة في الإجابة عن السؤال السابق وذلك باستغلال رمل المحاجر وتصحيحه بنسبة عالية من رمال الكثبان لاستعماله في الخرسانة لأنه أصبح تطوير البحث في مواد بناء جديدة وكذلك طرق جديدة للبناء ضرورة ملحة للحفاظ على الموارد الطبيعية.

لذلك قمنا بتقسيم هذا البحث إلى أربعة فصول:

في الفصل الأول تطرقنا إلى عموميات حول رمل المحاجر وتركيبة وصياغة خرسانته ابتداء من نظرة تاريخيه والدراسات والاستعمالات السابقة في العديد من البلدان -رغم شح المعلومات والمراجع-، كذلك إلى مكونات تركيبة خرسانة رمل المحاجر وطرق صياغة خلطتها والعوامل المؤثرة في هذه التركيبة قصد تحديد خصائصها الميكانيكية والفيزيائية والمواد المكونة لها.

وأما الفصل الثاني فقد أفردناه لديمومة الخرسانة قصد التعرف على سلوك خرسانة رمل المحاجر المدروسة مع الوسط المحيط بها في الظروف البيئية المختلفة وخاصة العدوانية وكيفية تأثيرها على الخرسانة المستعملة وديمومتها.

وفي الفصل الثالث فقد عالجنا فيه خصائص وتركيبة المواد المستعملة في هذا البحث وصياغة الخرسانة الشاهد بإجراء التجارب الميكانيكية والفيزيائية عليها في المختبر.

أما الفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك الخرسانة الشاهد والخرسانة المصححة من أجل معرفة سلوك الميكانيكي، حيث قمنا بإجراء التجارب في المختبر من انحناء وضغط ودراسة لظاهرة الانكماش وامتصاص الماء (خاصية شعرية) وأمواج الصوتية. ومختلف التجارب الخاصة بديمومة خرسانة رمل المحاجر وخرسانة المصحح برمل الكثبان في الاوساط شديدة العدوانية مع تحليل النتائج ومناقشتها مدعمين ذلك باستنتاجات وملاحظات تسندها.

وفي الَاخير وبناء على نتائج التجارب المتحصل عليها في المختبر نقدم خلاصة عامة حول خصائص خرسانة رمل المحاجر المصحح برمل الكثبان في الاوساط شديدة العدوانية وآفاق استعمالهما في الظروف العادية وفي الظروف البيئية المذكورة.

الفصل الأول

الفصل الأول: عموميات حول رمل المحاجر وتركيبة وصياغة خرسانته

I .1 مدخل:

أدت السنوات الثلاثين الأخيرة تزايد مطرد لاستعمال الركام والطلب عليه بصفة عامة وهذا راجع للتطور المستمر الذي يشهده مجال الهندسة المدنية، هذا الطلب العالمي الكبير شجع الكثير من الدول للبحث عن بدائل لاستعمالها في الخلطات الخرسانية بحيث تكون اقتصادية، ذات ديمومة عالية وتحافظ على البيئة. فالخرسانة تعتبر المنتج الأكثر استهلاكا على الكوكب بعد الماء وتنفرد بميزات وخصائص تجعل من الصعب إيجاد بدائل جذرية لها فهي مقاومة اقتصادية سهلة التصنيع والاستخدام ومرنة ومتعددة الاستخدامات.

لكن من جهة أخرى الطلب الكبير والمتزايد على المكونات الاساسية للخرسانة خلق مشكل في ندرة الركام، ومن المعروف أنه يتم استخدام الرمل في الخرسانة (رمل البحر، رمل الوديان، رمل المحاجر الطبيعية ..... الخ)، بكميات كبيرة جدا وتزايد مستمر للطلب عليه، تسبب بنتائج مضرة كثيرا بالبيئة، أدى بالعديد من دول العالم إلى التفكير بإيجاد البديل كاستغلال رمل المحاجر الناتج عن تكسير الحصى في الخرسانة وتثمين بقاياه في المحاجر من مادة عبء على البيئة إلى مورد اقتصادي مهم يستغل في الخرسانة لبناء الهياكل الحيوية.

I.2 أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :

I.2.1 الرمل الطبيعي :

هناك عدة أنواع من الرمال الطبيعية التي تستعمل في الخرسانة نذكر منها:

I.2.1.1 رمــل الوديــان و الأنـهار:

يأتي رمل الوديان والأنهار نتيجة حركة الماء على الصخور، بسبب صغر كتلتها حيث تتحرك الحبيبات نتيجة جريان الأنهار والسيول، وعند ضعف قوة المجاري المائية تترسب ببطء في مجاري الأنهار والوديان. يتميز هذا النوع بعدة مميزات وهي نقاوة جيدة، صغر حجم الحبيبات، هيكلها متجانس وله مكافئ رملي عالي، خلوه من الغضار وشكله مستدير.

لا ينصح استعمال هذا النوع من الرمال لأسباب بيئة [1].

I .2.1.2 رمل البحار:

تعتبر رمل البحار أقل اهمية من رمل الوديان التي نجدها على شواطئ البحار لأنها تحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح الذي قد يسبب تلف في ديمومة خرسانة وفولاذ التسليح، لكن لا ينصح باستعماله لكي لا يحدث خلل بيئي نتيجة جرف رمال البحر. [1]

3.1.2.I رمل المحاجر:

يستخرج رمل محاجر نتيجة تفجير الصخور الضخمة في المحاجر ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية وينتج عن ذلك الحصى قطره 5مم ويستعمل لتصنيع الخرسانة، وعند تكسير الحصى المسحوق رمل محاجر، والذي يستعمل في تكوين خرسانة. [1]

4.1.2. I رمل الكثبـــان:

منطقة الوادي منطقة صحراوية فهي تتميز بتوفر رمال الكثبان بكميات كبيرة ومعتبرة، وهي عبارة على تأكل وترسب الصخور المختلفة يليه النقل النهري والرياح أحيانا. يتكون رمل كثبان من صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليكا (SiO_2) أكثر من 99 % و الذي يميزها أنها متماثلة و متجـانسة من حيث الشكل و يتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون.

الكثبان الرملية ضرورية بسبب وفرتها في الطبيعة الصحراوية وتكلفتها الغير مكلفة. [2]

2.2.I الرمــل الاصطناعي:

عند سحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ ينتج الرمل الصناعي، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ، حيث قاموا بعديد من دراسات حديثة على خرسانة الرمل المركبة وقد وضحت بأنها لها خصائص ميكانيكية مماثلة للخرسانة المنجزة بالرمل الطبيعي. [1]

3.I تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر:

يسبب الإفراط في استعمال رمال الشواطئ والوديان والأنهار سواء في الخرسانة أو في الهندسة المدنية عموما أضرارا جسيمة وكبيرة على الشواطئ والمجاري المائية، وتعتبر الرمال مكونــا أساسيا في الخرسانة، وتشكل حوالي 90 ٪ من جميع أعمال الهندسة المدنية و75 ٪ من كتلة الخرسانة. هذا حتى يكون لدينا تصور حول..... عن احتياجات موقع البناء الجزائري الكلي، وهو بلا شك هائل. على سبيل المثال، لبناء المساكن يستلزم الأمر 150 طنًا من الركام في المتوسط ، ويتطلب إكمال كيلومتر واحد من الطريق حوالي 12000 طن فيما يتعلق بالركام، فإن استهلاكها كبير حيث تقدر متطلبات الرمال بنحو 25.1 مليون طن، بما في ذلك 16 مليون طن للبناء و9.1 مليون طن لبناء الطرق. وأصبح هذا يعد مشكلا بيئيا وجب ايجاد الحلول له، مما عجل الحكومات في اتخاذ إجراءات ردعية، فمثل في الجزائر صدر مرسومان وزاريان سنة 1991 و1999 اللذان يمنعان استغلال رمال شواطئ البحار والوديان. وبما أن الجزائر غنية بالحجر الجيري والتي يمكن أن تستجيب للطلب بشكل كافي، تم التفكير في إيجاد مواد بديلة لتعويض استعمال هذه الرمال وحل المشكلة البيئية الناتجة عن ذلك، ونظرا لتواجد بقايا تكسير الحصى في المحاجر بكميات معتبرة التي أصبحت تشكل فائضا غير مستغل وتمثل عبئا على البيئة زيادة على تكاليفها المقبولة، أعتمد كبديل يلبي الطلب المتزايد لمادة الرمل وإمكانية استعماله في الخرسانة كركام.

والجزائر[2] على سبيل المثال كالعديد من البلدان دعت لاستعمال رمل المحاجر كبديل للرمل في الإنشاءات الخرسانية ، ومن هذا المنطلق أصدرت قانونا سنة 2005 [القانون رقم 05-12 ،

2005] و الذي ينص على تعليمات وزارية تنظم التعميم التدريجي لاستخدام رمال المحاجر في المنشآت و تحدد المواصفات الفنية التي يجب التقيد بها، كما وضعت سنة 2007 خرائط وطنية من أجل تحديد المقالع المحتملة لإنتاج رمال المحاجر، حيث توجد في التسعينات حوالي 1010 محجرة بقدرة إنتاجية من 10 طن إلى 400 طن في الساعة ،أي من 15 مليون طن إلى 68 مليون طن سنويا.

I .3.1 الدراسات السابقة لخرسانة رمل المحاجر:

هناك العديد من الدراسات التي تطرقت لموضوع استغلال رمل محاجر في خرسانة وتناولته من زوايا مختلفة. وقد تنوعت هذه الدراسات بين العربية والأجنبية. وسوف نستعرض هذه الدراسة جملة من الدراسات التي تم الاستفادة منها مع الإشارة الى أبرز ملامحها. وذلك لمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لهذا النوع من الرمل [3]

- **الدراسات العربية التي ناولت محور رمل محاجر:**

<u>الجزائر:</u>

قامت العديد من المراكز البحثية والمخابر والجامعات في الجزائر بإجراء بحوث علمية ورسائل ومذكرات تخرج من أجل استغلال وتثمين رمل المحاجر واستغلاله في تركيبة الخرسانة منها:

- تقرير المجموعة المتخصصة CRERIB ، وزارة الإسكان ، الجزائر. جانفي 1999. "تطوير الرمال المكسورة". أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في أن استخدام هذا النوع من الرمل، مع كمية من الغرامات تصل إلى 25 ٪ ممكن دون عواقب ضارة على الخصائص الفيزيائية الميكانيكية النهائية للمونة والخرسانة [3][4]
- المؤتمر الدولي الأول للبنى التحتية المستدامة للبيئة في البلدان النامية. وهران (الجزائر) 12-14 أكتوبر 2009 (SBEIDCO – 1st سبيدكو) - F. Sadhouari ، N. Goufi، A. Guezzouli. بعنوان: تقييم استخدام الرمال المحاجر من خلال تحليل خصائص المونة والخرسانة.
- ورقة مؤتمر د.محمد ليث كامل خواجية (جامعة قسنطينة) دراسة السحب وتضخيم الخرسانة القائمة على الرمال الجزائرية المختلفة / مؤتمر: الندوة الدولية حول إدارة البناء والهندسة المدنية 16-15 (ISCMCE-2017) نوفمبر 2017 ، سكيكدة الجزائر.
- ورشة العمل الدولية الثالثة حول إدارة النفايات والتنمية المستدامة، أكتوبر 2015، طنجة المغرب ورقة مؤتمر دراسة السلوك الميكانيكي للخرسانة القائمة على رمال المحاجر المعدلة بالرمال الرملية والأعشاب: التجربة والرقمية / د. محمد ليث كامل خواجية (جامعة قسنطينة)

<u>تونس:</u>

دراسة بلد الجار تونس من أجل الاستغلال الأمثل لمادة الرمل الجيري كحشو الخرسانة العادية التي تحتوي على جزء من الرمل أو الإسمنت بحيث استبدلت برمل المحاجر المحاجر [على سبيل المثال 2007، Benachour et al Felekoglu 2008] .

كما تم إنتاج الخرسانة العادية والخرسانة الفائقة اللدونة بركام المحاجر وكذلك خرسانة ذاتية الرص وتعويضه بالرمل العادي وظهرت مؤخرا دراسات عديدة عليا في تونس بهدف تقييم خصائص هذه الخلائط فيما يتعلق بصياغتها [تارون وآخرون،2005؛ Bosiljkov، 2003؛ الهلالي، 2009 ؛ بوب ، دي شوتر ، 2005].

تتطلب هذه الخرسانة كمية كبيرة من الحشوات (أبخرة السيليكا ، حشوات الحجر الجيري ، الرماد المتطاير ...) لضمان الاستقرار في حالة جديدة ، تتجاوز بشكل عام الحدود المعيارية للخرسانة العادية[3]

مذكرة نهاية الدراسة دكتورا بالجامعة التونسية سنة 2012 بعنوان: تأثير رمال الحشو الكلسية على خواص الخرسانة العامة الملدنة – مثال تونسي - [3]

- دراسة الخصائص الجيوتقنية لرمال تكسير الحجر الجيري في تونس [3]

➢ **الدراسات الاجنبية التي ناولت محور خرسانة رمل:**

تـركيـا:

دراسة تركيا في [جيليك ومرار 1996] حول مشاكل الغبار الناتج عن سحق الحجر الجيري وإمكانية استعماله في الخرسانة كإضافات، كما تم دراسة تأثير تكسير الغبار على الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للخرسانة بنوعيها الطازجة والصلبة، مع تغيير الرمل في الخرسانة جزئيا بـ (05،10،15،20,25,30%) من رمل الغبار، فبزيادة معدل الغبار ينخفض حجم الهواء بصفة متدهورة وعند إضافة نسبة 15% منه يساهم في انخفاض امتصاص الخرسانة [Buil Paillere,1984]، وعند زيادة هذه النسبة يزيد الامتصاص في الخرسانة .[3]

فرنسا:

ظهرت خرسانة الرمل في فرسنا في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا، كان هدف التجارب في فرنسا هو تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات .

ونتيجة لهذه التجارب أطلقت من طرف مراكز وجمعيات علمية(LCPC، CEBTP) مستندات وتوصيات كان هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمال في خرسانة، وقد تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات وعمارات بين 1989 و 1993[3].

I.2.3 توصيات خاصة باستعمال و تثمين رمل المحاجر في البلدان المغاربية:

الجزائر:

في عام 2007 أصدرت السلطات الجزائرية تعليمات لتنظيم والاستغلال الامثل لرمل المحاجر حيث أطلقت تعليمة وزارية مشتركة لاستخدام رمال التكسير في البناء مع مراعاة المواصفات الفنية التي يجب أن تمتاز بها المواد. [5]

قامت الدولة الجزائرية بوضع خرائط وطنية تحدد فيها أمكان المحاجر مع منع رخص لإنتاج رمل محاجر

تونس:

بلد تونس الجار كباقي الدول يتم فيها استغلال الرمال الغرينية بصفة مفرطة وهذا لعدم وجود قوانين تنظم استغلال رمل المحاجر في الخرسانة.

ولا يتم الاستغلال ما عدا تلك المراكز التكوينية الكربونية القريبة من أماكن الاستهلاك التي تستغلها بشكل ضيق (الطرق ، الجسور)، والمشرفة على توفير الحصى بشكل أساسي، مع توفير الخصائص لمواد الخرسانة (الجودة ، النوعية) . وعليه وزارة الإسكان والتخطيط المكاني في تونس قامت بدراسات تهدف لتعزيز رمال المحاجر واستخدامها في مختلف مجالات البناء [MEHAT, 2011].بالإشارة إلى دليل التقنية قيد التطوير[الدليل الفني ، 2011].[3]

I.3.3 أوجه الاستفادة من الدراسات السابقة:

بعد ما تطرقنا لعرض الدراسات السابقة يمكن أن نبين أوجه الاستفادة منها في دراستنا، نجد من الدراسات المشابهة والقريبة إلى حد ما لموضوع دراستنا وهي استغلال وتثمين رمل المحاجر واستغلاله في تركيبة الخرسانة في هذه الدراسة اتفقنا مع دراستنا كونها تجريبية، وتقارب بين الدراسات في الهدف الرئيسي غير أنها تختلف دراستنا في نوع العينات المستخدمة وسط الحفظ.

I.4.3 كيفية الاستفادة من الدراسات السابقة:

بعد دراسة وفحص هذه الدراسات اصبحت لدينا رؤية عامة حول دراستنا وذلك في:

- ساعدتنا في تحديد وصياغة إشكالية الدراسة.
- رؤية أهم المراجع المستخدمة في الدراسات السابقة وكيفية الاستفادة منها في موضوعنا.

I.4 الهدف من استعمال رمل المحاجر:

الهدف من استعمال رمل المحاجر هو اقتصادي و بيئي في آن واحد فاستعمال هذه المادة الموجودة بكثرة في اغلب المحاجر و التي تتسبب في مشاكل في التخزين لشغلها مساحات كبيرة داخل المحاجر له بعد اقتصادي فهو يوفر بديل للرمل المستعمل في الخرسانة جديدة وبتكلفة أقل للمناطق الساحلية والمناطق ذات الطابع الجبلي لقلة مصادرها من الرمال ، وكذلك وجب تثمين هذه المادة و استغلالها في مجال الإنشاءات المختلفة و استعمالها كبديل للرمال الطبيعية كرمال البحر والوديان و الأنهار التي يعتبر الافراط في استعمالها مضر بالطبيعة والبيئة .

5.I أمثلة لمشاريع منجزة باستعمال رمل المحاجر:

يوجد العديد من المشاريع التي أنجزت على هياكل خرسانية ومنشآت مسبقة الصنع برمل محاجر على مستوي الوطني والمحلى نذكر منها على مستوي الوطني والمحلى ما يلي: أثبتت الدراسات التجريبية والنظرية التي تمت تحت إشراف منصوري إمكانية صناعة عوارض سكك الحديد في المصنع الموجود في بني صاف بخرسانة الرمل حيث أن استعمال خرسانة الرمل عوض الخرسانة العادية يمكن من استعمال رمل المحاجر وبينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية. [6]

الصورة 1.I توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف

المكونات	الاسمنت	رمل المحاجر	الإضافات	الدقائق	الماء
الكمية	Kg/m^3	Kg/m^3	%	Kg/m^3	l/m^3
	392	1485	3	215	201

الجدول I. 1 يعطي صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف

- ومن بين المشاريع المحلية نجد:

- انجاز مركز مكافحة السرطان التي تكفلت بإنجازه الشركة الوطنية كوسيدار بالمواصفات التالية :

الجدول I. 2 يوضح صيغة خرسانة رمل المحاجر في مركز مكافحة السرطان بالوادي

المكونات	الاسمنت Kg/m^3	رمل محاجر $Kg/m^3 3/0$	الحصى Kg/m^3			الإضافات %	الماء l/m^3
			8/3	15/8	25/15		
التركيبة 1	CPJ/350	830	230	360	380	4	201
التركيبة 2	CPJ/400	850	372	578	0	4.8	180

6. I الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل محاجر:

من أهم الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل المحاجر تتمثل أساسا على إجهادات الشد ومعامل الليونة والتشوه عند التمزق والديمومة:

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

معامل الليونة: ونعني به ما مدى استطالة العنصر عند عملية الشد ونحصل عليه من تجربة الشد (تشوه –إجهاد)

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

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

I .7 مكونات وصياغة الخرسانة:

الخرسانة عبارة عن خليط مكون من مواد بناء متنوعة (اسمنت، حصى، رمل، ماء، إضافات، ملدن، ألياف معدنية...) وكل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسعى إلى إيجاد واستصدار خليط ذي أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء وتكون المواد المكونة له مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة. [7]

I .7 .1 الاسمنت:

الإسمنت عبارة عن رابط هيدروليكي، أي له القدرة على التصلد في الماء يكون على شكل غبرة دقيقة جدا، بخلطه بالماء يشكل عجينة تنضج وتتصلب نتيجة لعملية الترطيب مع الزمن. هذا التصلب يحصل نتيجة إماهة لبعض عناصره المعدنية خاصة سلكيات وألومينات الكالسيوم. [7]

يرجع تجميد معجون الإسمنت بشكل رئيسي إلى ترطيب سيليكات الكالسيوم. في الإسمنت، يمكن أيضًا مشاركة الألومينات في عملية التصلب. يجب أن يكون مجموع نسب أكسيد الكالسيوم التفاعلي (CaO) وثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) على الأقل 50٪ من كتلة الاسمنت. [7]

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة رمل المحاجر يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P15-301. وتركيز الاسمنت مثل تركيز الخرسانة العادية: ($300- 400\ Kg/m^3$).

تركيز الخرسانة تحت تأثير هجوم العناصر الكيميائية محدد بحيث لا يقل عن **360** كلغ/م3 وفي العموم فان تركيز الخرسانة ذات ديمومة جيدة من الاسمنت يكون أعلى منه في الخرسانة العادية، لأن تركيز الاسمنت متعلق بالوسط المؤثر على الخرسانة [7]

I .7.2 الماء :

يستعمل الماء في الخرسانة على ثلاثة أوجه:

1. لخلط الخرسانة
2. لغسل الركام
3. لمعالجة الخرسانة

يجب أن يكون الماء مطابقا للمعيار NF EN 1008(وهو المعمول به NF EN 206 / CN) [9]

يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح كـــــذلك الطين والطمي وأي مواد تؤثر تأثيرا سلبيا على مكونات الخرسـانة أو حديـد التسليح [11]

من الضروري إجراء تحاليل للماء في الحالات العامة لتحديد أهم الخواص الكلور -Cl $SO4^{-2}$ – PH- نسبة الملوحة- نسبة المواد العالقة كل ذلك يحدده المعيار المذكور السابق على الأخص في الأوساط العدوانية، أو في الخرسانة الخاصة، وعلى العموم فان الماء الصالح للشرب هو الخيار الأول المطروح والمقبول في الملحق B للمعيار NF EN 1008.

3.7.I الركام :

هي مواد خاملة، رمل وحصى تدخل في تركيبة الخرسانة، وهي مجموعة حبيبات تتراوح أبعادها بين 0 و 125 مم، أصلها إما طبيعي أو اصناعي أو ناتجة عن إعادة تدوير. [7]إنها تشكل إطار الخرسانة و تحتل 70 إلى 80٪ تقريبا من جحم الخرسانة، المواصفات الموصي به تحققها في الركام تخضع للمعيار XP P 18-540 [7]

ويستخدم ركام الخرسانة كمادة مالئة نسبيا لا يدخل في تفاعلات كيميائية معقدة مع الماء زيادة على تكلفته المنخفضة نسبيا مقارنة بالإسمنت إلا أن له دور فعال في تحديد الخواص الهامة للخرسانة، فلـه تأثير كبير على مقاومة الخرسانة للأحمال التي تتعرض لها وعوامل البرى والعوامل الجويـة المختلفـة (حرارة – برودة – جفاف – رطوبة)، وكذلك تأثيره المفيد جداً في إنقـاص التغيرات الحجمية الناتجة من عجينة الإسمنت ورطوبة الخرسانة. كما أن نوع الركام يـدخل فى تحديـد التكلفة الإجمالية والتشغيلية للخلطات الخرسانية. .[12]

4.7.I الإضافات Les adjuvants

الإضافات هي منتج يضاف بكمية منخفضة (أقل من 5٪ من كتلة الإسمنت) في الخرسانة أو الملاط أثناء الخلط أو قبل التنفيذ، يؤدي إلى التحسينات المرغوبة في خاصية واحدة أو عدة خصائص ، في الحالة الطازجة أو المتصلبة [13] كما هو محدد في المواصفة القياسية NF EN 934-2 و تستعمل في:

1. تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط
2. التعجيل أو التأخير في زمن الشك
3. تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة
4. ، تحسين القدرة على ضخ الخرسانة.،
5. الحد من حدوث الانفصال الحبيبي،
6. زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
7. الحصول على خرسانة عالية المقاومة.

8. تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى.
9. الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة.

نستخدم مع الخرسانة العديد من الإضافات الكيميائية التي ويمكن تقسيمها إلى المجموعات الآتية:

- إضافات تخفيض الماء والتحكم في الشك (سبعة أنواع).
- إضافات الهواء المحبوس.
- إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة.
- إضافات لمقاومة إجتراف الإسمنت بفعل الماء
- إضافات لتلوين الخرسانة.
- إضافات أخرى متنوعة

يجب أن يتوافق استخدام الإضافات لإنتاج الخرسانة الإنشائية مع متطلبات المعيار NF EN 206-1.

1.4.7. I دور المميعات أو الملدنات (Plastifiant):

عموماً توجد الملدنات والملدنات الفائقة في صورة سائلة بحيث تضاف إلى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح من 1%إلى 3% من وزن الإسمنت وهى أكثر وأهم أنواع الإضافات استخداما وشيوعاً، وقد وجد أن نسبة 3%من الملدنات الفائقة تعطى أفضل النتائج.

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، نستطيع ذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة: [12]

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

2.4.7.I المواد المضافة (Les ajouts)

هي مواد تضاف إلى ماء الخلط أو إلى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبها مشابه في خواصها الفيزيائية و الكيمائية وبوجود الماء اي عند اماهتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت.

3.4.7.I المواد الألياف (Fibres)

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخرسانية بهدف تحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش.

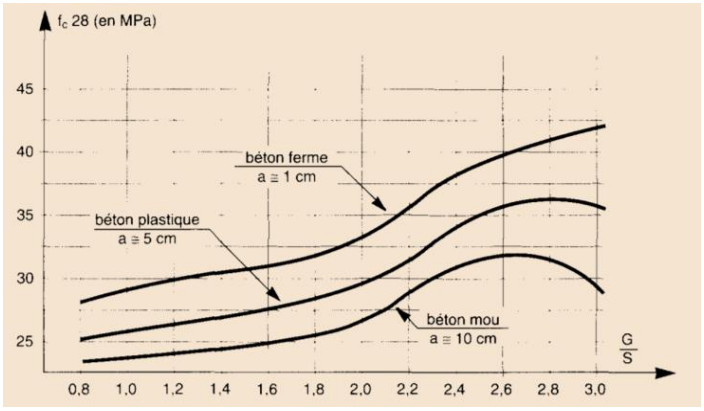
8.I العوامل المؤثرة على جودة الخرسانة :

1.8. I تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة:

لهذه النسبة G / S تأثير كبير حيث G الحجم المطلق للحصى وS الحجم المطلق للرمل فكلما زادت القيمة G / S تزداد المقاومة بشكل ملموس خاصة بالنسبة للخرسانة الصلبة او الجافة لكن بالمقابل يعترضنا مشكل قابلية التشغيل لذا يستحسن أن لا تتجاوز هذه النسبة 2 إلى 2.2 في الخرسانة الشائعة، ما لم يتم اتخاذ احتياطات خاصة.

وبشكل عام لا تتجاوز قيم G / S 1.5 إلى 1.6،وهذه تضحية طفيفة بخفض المقاومة لصالح قابلية التشغيل ، حيث يتم الاحتفاظ بنسب أقل من 1.5 للحالات التي تكون فيها شروط وضع الخرسانة صعبة [6].

يوضح الشكل (1.I) تأثيــر النسبة G/S على خصائص الخرسانة [14] :



الشكل I. 1 تأثير النسبة(S)/(G) على خصائص الخرسانة

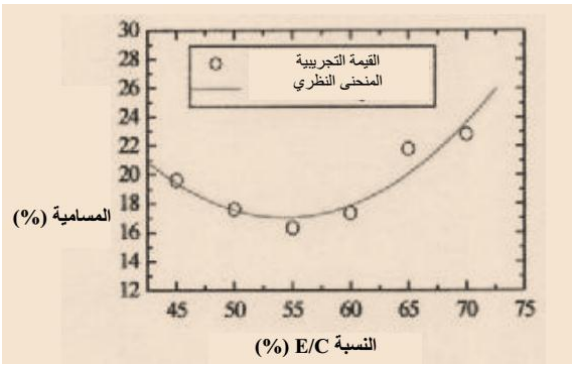
2.8.I تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية :

إن النسبة $\frac{E}{C}$ لها تأثير كبير على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية :

و المسامية nتعرف على أنها النسبة الحجمية بين حجم الفراغات Vv على الحجم الكلي Vt [15] ، فالزيادة في هذه النسبة تعني زيادة كمية الماء و التي تخلف عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطارا مختلفة أهمها دخول عناصر ضارة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى.

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة فارتفاعها زيادة للماء عن الحاجة يخلف فراغات (مسامات) عند خروجه هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة وتجعله سهلا للانضغاط والانكسار

أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)، وهذا يخلف فراغات بين حبيبات هذه الأخيرة وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكية. و الشكل 3.II أدناه يوضح تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية [16]:



الشكل I. 2تأثير النسبة E/C على المقاومة والمسامية

3.8.I تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المقاومة:

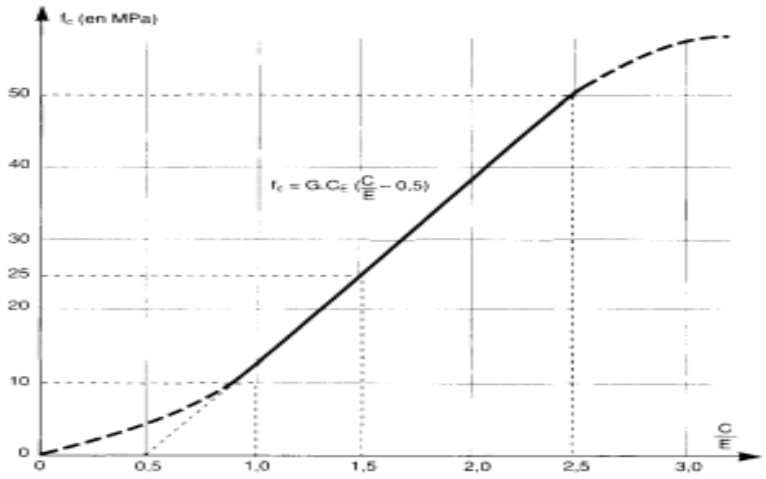
تزداد المقاومة مع زيادة كمية الإسمنت C وتنقص كلما زادت كمية الماء E ولهذا السبب نميل إلى أخذ نسبة C / E في الاعتبار كعامل عام مؤثر في مقاومة الخرسانة، على شكله C / E يسمح بالتعبير عن قيمة المقاومة بدالة خطية ومتزايدة مثل التي تتوافق مع صيغة Bolomey:

$$R = K (C / E - 0.5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3. II$$

بالإضافة إلى مجال استخدامها تبدو مقاومة الخرسانة أكثر دقة لأن بالنسبة لـ C / E التي تتراوح بين 1.5 إلى 2.5 E / C تتغير فقط من 0.66 إلى 0.4. [11]

كما هو الحال في جميع هذه الصيغ، يتم وضع المعامل K الذي يحتوي على العديد من المتغيرات: طبيعة و فئة الإسمنت، نوعية الركام (الطبيعة المعدنية، الالتصاق، الشكل، النظافة)، التدرج الحبيبي للخليط، ومعامل النعومة للرمل...الخ

وبالتالي نستطيع افتراض أن مقاومة الخرسانة بدلالة C / E تتغير كما هو موضح في الشكل.I 4.

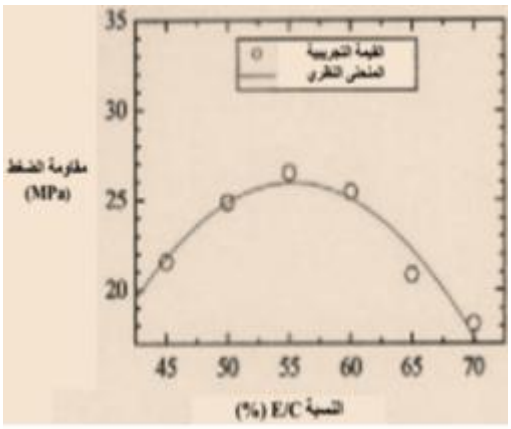


الشكل I. 3 العلاقة بين النسبة C/E و مقاومة الضغط fc

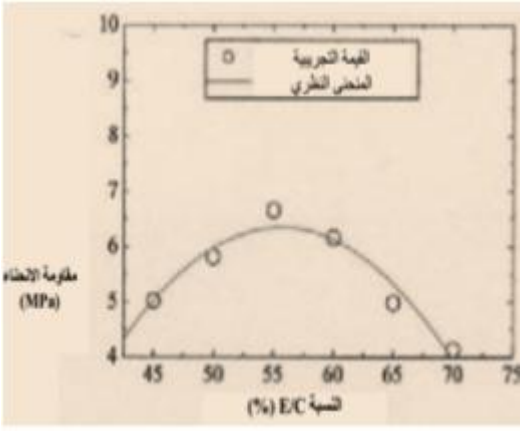
يمكن أن تؤدي الصيغة المذكورة أعلاه إلى الاعتقاد بأنه بالإمكان الحصول على خرسانة ذات قوة مماثلة بغض النظر عن جرعة الإسمنت إذا حافظنا على نفس النسبة C / E من خلال خصم كمية الماء E من القيمة المختارة لكمية الاسمنت C وهذا غير صحيح لأن هذه العلاقة الخطية بين المقاومة ونسبة C / E صالحة فقط لقيم C / E التي تتراوح من 1.5 إلى 2.5 (القيم الأكثر شيوعًا) اما بالنسبة للقيم الأقل تنخفض المقاومة بسرعة أقل عندما تنخفض النسبة C / E[11].

كمية الاسمنت تتعلق إذا بالنسبة C / E لكن في نفس الوقت بكمية الماء اللازمة للحصول على لدانة وتشغيلية مناسبة. نستطيع صياغة المبدأ التالي: " بنفس اللدانة المتكافئة كمية الاسمنت يجب أن تكون أكبر كلما كانت النسبة C / E أكبر"[6]

ونقل الدكتور [محمد ماني] أن الدراسة التي قام بها [العياشي] توضح مقدار تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء من خلال الأشكال I.5 ، I.6 (المنحنيات) التالية :



الشكل I. 4 تأثير نسبة E/C على مقاومة الضغط



الشكل I. 5 تأثير نسبة E/C على مقاومة الانحناء

وقد لاحظ الكثير من الدارسين أن كل العلاقات و النظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الاهتمام بالنسبة $\frac{E}{C}$ التي لها التأثير المباشر و الكبير على خصائص الخرسانة [16].

9.I خصائص خرسانة رمل محاجر:

يوجد نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب:

1.9.I خصائص خرسانة قبل التصلب:

1.1.9 .I التراصية Compacité:

تعرّف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا، فهي بالتالي مكملة للمسامية. توصل الباحث (Caquot) حسب ما نص عليه [6]، بعد إجراء تجارب على الخرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة وقطرD للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة 4. II):

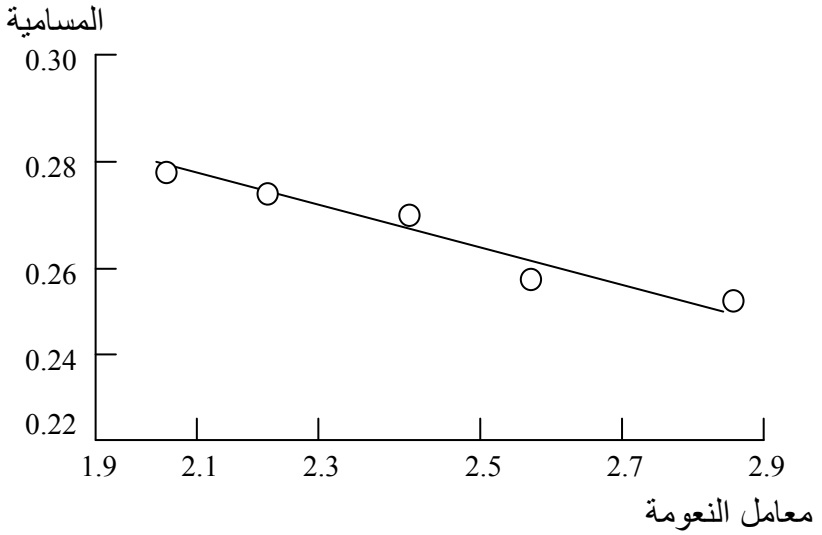
$$P = P_0(d/D)^{0.2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 4.\ II$$

P_0 : ثابت تجريبي.

d : قطر العناصر الدقيقة.

D : قطر العناصر الكبيرة.

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



الشكل I. 6 تأثر المسامية بمعامل النعومة [12]

I .2.1.9 اختبار الهبوط أبرامز (Cône d' Abrams) :

قوام الخرسانة الطازجة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة اي أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافه بالخرسانة. [17]

و تصنيف الهبوط بمخروط أبرامز يحدده المعيار NF EN 206-1 تبعا للمعيار EN 12350-2 في خمس فئات.

الجدول I. 3 تصنيف الخرسانة حسب قيمة هبوط مخروط أبرامز

الصنف	جاف	صلب	لدن	مبتل	رخو
قيمة الهبوط (مم)	10 إلى 40	50 إلى 90	100 إلى 150	160 إلى 210	220<

2.9.I خصائص خرسانة بعد التصلب:

تبدأ الخرسانة في التصلب بعد زمن قصير من عملية الصب فلا يمكن حينها تغيير شكلها وتستمر خصائصها في التطور مع الزمن لأشهر عديدة وربما لسنوات، وأهم خواصها في هذه المرحلة:

- مقاومة الضغط: هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه المقاومة والعكس صحيح [18].
- ظاهرة الانكماش خاصية يمكن التنبؤ بها مع تطور الخرسانة.
- يمكن قياس خصائص التشوه تحت حمولة مطبقة على الخرسانة.

1.2.9.I مقاومة الضغط:

تجرى اختبارات الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة ولتحديد المقاومة المميزة للضغط. و تفيدنا في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير شوائبهما على المقاومة، والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح 25- 35 MPa أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة التجهيز 40-50 MPa والوحدات الخرسانية سابقة الإجهاد MPa40 - MPa 60 ،أما الخرسانة عالية المقاومة (اكثر80 MPa) [11].

2.2.9.I مقاومة الشد:

مقاومة الشد في الخرسانة تتراوح ما بين 7% إلى 14 % من مقاومتها للضغط فمقاومة الشد ضعيفة إذا ما قورنت بمقاومة للضغط ويرجع هذا لكون الخرسانة مادة هشة ومع ذلك اهتم الباحثون بمقاومة الشد في الخرسانة لأن حدوث معظم التشققات فيها ناتج عن قلة مقاومتها للشد.

ونظراً لصعوبة إجراء اختبار الشد المباشر فإنه يتم اللجوء إلى طرق غير مباشرة [19] منها مقاومة الشد عن طريق الانحناء وتسمى معاير الكسر في الانحناء، وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لـ 60 %من قيمة مقاومة الانحناء [19].

3.2.9.I الانكماش:

الانكماش خاصية من خواص الخرسانة المتصلبة في الهواء والانكماش نقصان الحجم وسببه التفاعل الكيميائي بين الماء والاسمنت وجفاف الخرسانة نتيجة فقدان الماء.

فالخرسانة والملاط تتعرضان إلى تغيرات مهمة في الحجم بتغير كمية الماء الداخلة في التركيبة أو رطوبة المحيط أو الحرارة وهو عدة أنواع: الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب، الانكماش اللدن (التبخر)، انكماش الاماهة بعد التصلب [20].

- **الانكماش الحراري:**

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت. وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار Steam Curing وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة. وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الإجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم. [21].

- **الانكماش اللدن:**

يحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة و هي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وأشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة [6] [22].

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

- **انكماش الجفاف:**

يحدث هذا النوع من الانكماش نتيجة خروج الماء إلى المحيط الخارجي بسبب قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثرا بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة [20].

4.2.9.I القياسات الغير متلفة للخرسانة المتصلدة (الموجات الفوق صوتية):

وذلك باستعمال الموجات فوق الصوتية ويتم في هذه الطريقة إحداث نبضات فوق صوتية تسري خلال عينة الخرسانة عن طريق استخدام بلورات من الكوارتز في المرسل والمستقبل ويتم قياس الزمن اللازم لسريان هذه النبضات بواسطة دوائر إلكترونية، لنتمكن من تحديد سرعة السريان للنبضات [23] وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها [12] زمن المرور بين المرسل والمستقبل يكون بدقة خطأ حوالي 1% [24]

هناك ثلاثة طرق تستعمل لقياس سرعة الأمواج الصوتية وهي تتبع لطرق المرسل و المستقبل وهما في إتجاهين متضادين(قياس مباشر) ،الجوانب المجاورة (قياس نصف مباشر) ، نفس السطح (قياس غير مباشر) [12]

طريقة القياس المباشرة:

هي من أحسن الطرق المستعملة ويكون فيها المرسل والمستقبل متقابلين [25] تسجل على الجهاز المسافة بين المستقبل والمرسل" D بـ m" وعند توصيل المرسل والمستقبل بالعينة نقرأ على الجهاز زمن:

مرور"T بـ µs " وسرعة الأمواج الصوتية "V بـ m/s"

حساب سرعة الأمواج الصوتية يتم آليا بالعلاقة التالية: $V= D/T$

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي :

1. قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.
2. قياس معاير المرونة للخرسانة.
3. مدى تجانس الخرسانة.
4. اكتشاف الشروخ و الفجوات بالخرسانة.
5. تحديد درجة تلف الخرسانة.
6. قياس عمق طبقة الخرسانة.
7. مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط.

الجدول I. 4 تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت

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

5.2.9.I الديمومة: (Durabilité)

تكون ديمومة الخرسانة متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة، كما تتعلق أيضا بالمسامية والنفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات والسلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسين هما الخاصية الشعرية والنفاذية

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل [1]

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل [1]

ولهذا تعد من نقاط الضعف في خرسانة رمل المحاجر إذا أن ارتفاع نسبة الامتصاص وكذلك الخاصية الشعرية يؤدي إلى ديمومة اقل وهي من ضمن النقاط التي تعنى بدراسات كثيرة

I.10 صياغة خرسانة رمل محاجر:

هناك العديد من الطرق والمختلفة لصياغة خرسانة رمل بهدف الحصول على خصائص تتناسب مع المعايير التقنية والاقتصادية، توسعت جملة مكونات التي تدخل في تركيبة الخرسانة بإضافة الإضافات والمحسنات مقارنة بتركيبة الخرسانة العادية.

I.10.1 بعض طرق صياغة خرسانة رمل محاجر:

الهدف من صياغة خرسانة رمل محاجر هو تحديد نسب المكونات في الخلطة خرسانية، هناك عدة طرق مستخدمة في صياغة الخرسانة وهي:

1- طريقة بلومي:**Méthode de Bolomey .**

2- طريقة فيري **Méthode de Faury**.

3- طريقة فالات **Méthode de Valette .**

4- طريقة دريقوريس **Méthodes de Dreux_Gorisse**.

- عند استعمل طريقة من هذه الطرقات نتحصل على خرسانة ذات هيكل حصوي يتجاوب مع المعايير التقنية والاقتصادية خصوصا على الديمومة تحت تأثير الأوساط العدوانية

- في هذه الدراسة سوف نستعمل طريقة دريقوريس لصياغة خرسانة رمل محاجر لأنها طريقة ساهلة الاستخدام ومطبقة في المخابر وخاصة مخبر محل دراسة.

11.I الخلاصة:

نستخلص من خلال دراستنا للفصل الأول ما يلي:

- واستنزاف الرمال الطبيعية وتضرر البيئة أدى إلى اصدار قوانين ردعية تحدد استغلالها وبالمقابل تشجع وتثمن استعمال رمل المحاجر كبديل للرمل الطبيعي في الخرسانة.
- تركيز الإسمنت ونسبة G/S وE/C لهما تأثيرات هامة على خصائص الخرسانة.
- صياغة الخرسانة تتأثر بالتدرج الحبيبي للركام.
- إن تغير نوعية الرمل في الخرسانة له تأثير هام على مقاومة الضغط، الشد.
- جدوى وإمكانية استعمال خرسانة رمل المحاجر في مجالات عديدة في الإنشاءات الحديثة.

الفصل الثاني

الفصل الثاني: عموميات حول ديمومة

1.II مدخل

تتكون الخرسانة اساسا من الرمل والحصى والماء والاسمنت حيث تعد هذه الاخيرة من اهم مواد البناء في العصر الحديث لمقاومتها العالية للهدم على مدى طويل.

ولكن بعض انواع الخرسانة لا تدوم طويلا بسبب الوسط الموجودة فيه حيث يحتوي على العديد من العناصر الضارة التي قد تقلل من العمر الافتراضي للخرسانة.

المبحث الأول: ديمومة الخرسانة

2.II تعريف الديمومة la durabilité:

الديمومة هي تحمل الخرسانة للظروف التيُصممت من أجلها وتعمل في محيطها فترة طويلة من الزمن -العمر الافتراضي - دون حدوث تلف أو تفتت بها.

وبمعنى آخر فإن الديمومة هي مقاومة الخرسانة للتدهور سوآء التدهور الناتج من عوامل خارجية أو عوامل داخلية. فالعوامل الداخلية تشمل حدوث تفاعلات ضارة بين مواد الخرسانة وحدوث تغيرات حجمية بها وكذلك نفاذ السوائل فيها. أما الخارجية فتشمل ظروف التشغيل والتحميل وتأثير الجو المحيط بالمنشأ. [26]

ومن أجل هذا فقد وجدت قواعد تنص على هذا هي.NF EN 206-1 [28] P18-011[29] إن تفاعل الوسط الخارجي الذي يحتوي على مجموعة من العناصر الضارة مع الخرسانة، يجبرنا لمعرفة طبيعة ومركبات هذه الَخيرة والمراحل الكيميائية لتصلبها - إماهة الإسمنت - ومعرفة نواتجها، لنعلم آلية تطورها ومدى تفاعلها مع هذه العناصر الغريبة.

3. II تصلب الخرسانة - إماهة الإسمنت -

إماهة الإسمنت هي التفاعل الكيميائي للإسمنت والماء والذي بموجبه يكون الإسمنت مادة رابطة أي أنه بوجود الماء تحدث تفاعلات وتتكون مركبات جديدة تنتج عنها بمرور الوقت كتلة متينة وصلبة تعرف بعجينة الإسمنت المتصلبة. [29]

ومن اجل معرفة طريقة تصلب الخرسانة او اماهة الاسمنت يستلزم علينا معرفة التركيبات الكيميائية للإسمنت البورتلاندي. حيث يتكون من مركبات رئيسة وأخرى ثانوية.

أ- المركبات الرئيسية:

الجدول II. 1 يبن مكونات الاساسية للإسمنت البورتلاندي

المركبات	الرمز المختصر	التركيبة الكيميائية
سلكيات ثلاثي الكالسيوم	C_3S	3CaO. SiO2
سلكيات ثنائي الكالسيوم	C_2S	2CaO. SiO2
الومينات ثنائي الكالسيوم	C_3A	3CaO.Al2O3
الومينات حديد رباعي الكالسيوم	C_4AF	4Cao.Al2O3.Fe2O3

ب- المركبات الكيميائية:

الجدول II. 2 المركبات الكيميائية للإسمنت البورتلاندي*[30]* .

اسماء العناصر	الصيغة الكيميائية	النسبة المئوية التقريبية%
السيليكات	SiO_2	25-18
اكسيد الالمنيوم	$Al2O_3$	7-4
اكسيد الحديد	Fe_2O_3	4.5-1.5
اكسيد الكالسيوم	CaO	70-55
اكسيد المغنزيوم	MgO	1-2.5
ثلاثي اكسيد الكبريت	SO_3	1-3

1.3. II التفاعلات الكيميائية لمركبات الإسمنت:

تتلخص التفاعلات الكيميائية للإسمنت في عملية الإماهة وهي عبارة عن تفاعل الاسمنت مع الماء بحيث يحدث اماهه لكل من المركبات الأربعة للإسمنت واهم عمليتين اماهه هي اماهة الالومينات واماهة السيليكات. [30]

الجدول II. 3 يبن إماهة المركبات الرئيسية

المركب	التفاعلات الكيميائية
الومينات ثلاثي الكالسيوم C3A	الترنجيت ⟶ جبس+ ماء + ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A+H2O+CASO4.2H2O⟶ C3A.3CSO4.32H2O كون الترنجيت مركب غير مستقر فيتحول الى كبريتات احادية monosolfate حسب المعادلة التالية : $C_3A + 10\ H_2O + CaSO_4.2H_2O \longrightarrow$ Ettringite $\longrightarrow$ $C_3A.3CSO_4.12H_2O$ (monosulfate) أحادى الكبريتات ⟶ جبس + ماء +ثلاثي ألومينات الكالسيوم
سليكات الكالسيوم C2S.C3S	هيدروكسيد الكالسيوم+سليكات الكالسيوم المماهة =الماء+ثلاثي سليكات الكالسيوم 2C3S+6H ⟶ C3S2C3+3CA(OH) ……(2. II)
	سليكات الكالسيوم المماهة +هيدوركسيد الكالسيوم=الماء+ثنائي سليكات الكالسيوم 2C2S+6H ⟶ C3S2C3+3CA(OH)2……(3. II)
الومينات حديد رباعي الكالسيوم C4AF	يعتبر هذا المركب مركب خامل واكثر استقرارا من مركب سليكات الكالسيوم

II .4 أسباب تلف وتدهور الخرسانة:

الأسباب التي تؤدي إلى تلف الخرسانة تصنف إلى مجموعتين [26]:

II .1.4 أسباب داخلية:

الأسباب داخلية تتعلق بمكونات الخرسانة أو وجود مواد ملوثة بها مثل الطين أو الطفلة أو السيليكا، (النشطة) في بعض أنواع الركام أو وجود أملاح ضارة بهذه المكونات .كل ذلك يؤدى التفاعلات ضارة تعمل على تلف الخرسانة والمكونات الرئيسية للخرسانة هي:

1-الاسمنت،2 ماء الخلط، 3 الإضافات المعدنية والكيميائية،4 الركام، 5 حديد التسليح.

II .2.4 أسباب خارجية وهى الناتجة من الوسط المحيط بالخرسانة:

- مهاجمة الكيماويات مثل الكبريتات والكلوريدات للخرسانة.
- مياه البحر.
- مياه المجاري.
- المخلفات الصناعية.

II .5 المسامية والنفاذية والامتصاص:

هناك فرق بين الامتصاص AbsorptionوالنفاذيةPerméabilité والمسامية Porosité وهي الخصائص الرئيسية التي تؤثر على متانة وقوة خرسانة.

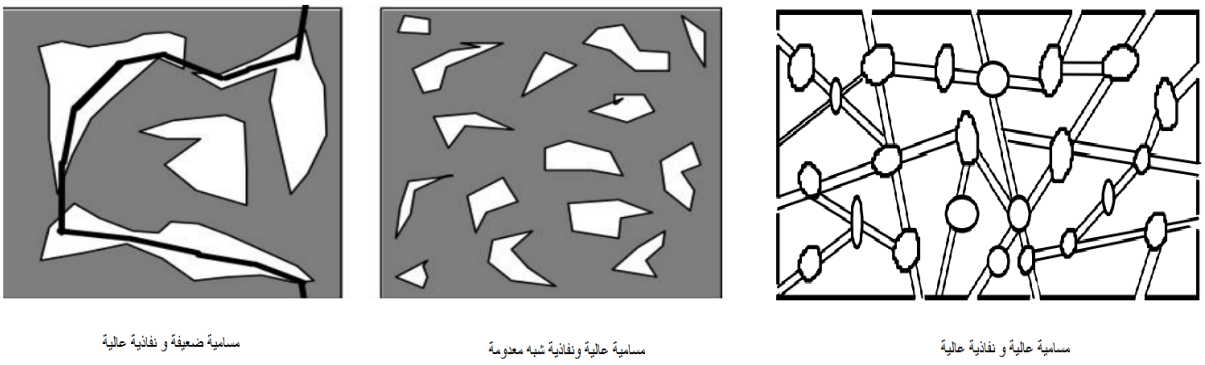
الامتصاص هو خاصية سحب الماء داخل فجوات الخرسانة وهو غير مرتبط بالنفاذية ويؤدى الامتصاص إلى انتفاخ الخرسانة كما يؤدى إلى تفتتها عند تعرضها لدورات التجمد والذوبان وهي مشبعة بالماء. [26]

النفاذية هي خاصية الخرسانة التي تسمح بمرور السوائل من خلالها وهده السوائل تقلل من عمر الخرسانة. أما **المسامية** هي خاصية التي يمكن للسوائل أن تخترقها عن طريق الشعيرات الدموية أو قد تكون المسامية منفصلة عن بعضها إن التركيب الداخلي لعجينة الإسمنت يحتوي على مسام دقيقة نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تصاحب إماهة الإسمنت والماء [31].

يعتمد الحجم الإجمالي للمساحات التي يشغلها الهواء والماء بين المواد الصلبة في الخرسانة المتصلدة نفاذية أعلى. تؤدي المسامية إلى تدهور الخرسانة.

يزيد الركام المسامي من نفاذية الخرسانة، والتي يجب أن يكون استخدامها قد تم تحاشيه. يؤدي العلاج السيئ أيضا زيادة النفاذية لأنه تؤدي إلى شقوق الانكماش حول جزئيات الركام الكبيرة[31].

عموما فإن الخرسانة بطبيعتها تعتبر مادة مسامية واتصال الفجوات الداخلية هو الذي يؤدى إلى زيادة النفاذية . ولزيادة تحمل الخرسانة مع الزمن لابد من تقليل النفاذية . وتقليل النفاذية ممكن عن طريق تخفيض نسبة الماء إلى الإسمنت واستخدام أسمنت ناعم وركام صلد غير منفذ ،كما أن تفادى الانفصال الحبيبي عند الصب وكذلك الرص الجيد والمعالجة المناسبة تقلل من نفاذية الخرسانة . وكما هو معلوم فإن استخدام مواد بوزولانية مثل غبار السليكا يقلل من نفاذية الخرسانة



الشكل II. 1 أشكال المسامية وأنواع النفاذية في خرسانة:[26]

II .6 تأثير المنفذية على الخرسانة:

1- عند تجمد الماء في الأجواء الباردة تحدثت فراغات مسببا تمدد ينشأ عنه اجهادات تؤثر على متانة خرسانة.

2- الأملاح الموجودة في الماء تتفاعل كيميائيا داخل جسم الخرسانة أو تتحول الى بلورات مما يسبب إجهادات داخلية تضعف الخرسانة.

3- عند خروج الماء من الخرسانة قد يحمل بعض الاملاح أو مركبات المكونة للخرسانة مما يسبب زيادة الفراغات. عند تبخر الاملاح على السطح الخارجي للخرسانة يضر بشكل المنشأ. [29]

II .7 العوامل المؤثرة على النفاذية والمسامية:

1- نسبة E/C : حيث تزداد النفاذية بزيادة نسبةE/C فزيادة كمية الماء تؤدي إلى وجود فراغات بالخرسانة عند جفافها.

2- الركام: لابد أن يكون ركام سليم غير مسامي ومتدرج ولا يتفاعل مع الإسمنت.

3- الإضافات: تستعمل الإضافات من أجل تحسين مقاومة نفاذ الماء من الخرسانة ويستخدم للأغراض التالية:

- تقليل نسبةE/C بحيث تنخفض كمية الماء في الخلطة.
- معالجة الخرسانة.
- الخلط والطمك.

4- استعمال مواد بوزولانية: هي مواد تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم الحر الناتج عن تفاعل الاسمنت مع ماء مكونة مركبات غير قابلة للذوبان التي تعمل على سد الفجوات الداخلية.

5- الإماهة: تسبب الحرارة الناتجة عن عملية الإماهة إلى حدوث شروخ مما يؤدي زيادة النفاذية. [29]

II .8 آثار الهجمات الكيميائية على الخرسانة:

آثار الهجمات الكيميائية التي يمكن أن تواجه مواد مصفوفة الاسمنت جدا متنوعة. بسبب المسامية والتركيب الكيميائي للمحلول مسام، يمكن أن يحدث تبادل المادة ويؤدي إلى تطور تكوين عجينة الاسمنت الصلبة. وذلك بسبب قابليتها للامتصاص وتركيبها الكيميائي.

تحدث ظواهر المتعلقة بالنقل والتفاعل على نطاق البنية المجهرية لعجينة الاسمنت[32]. ومن بين الأسباب العديدة في تدهور المواد الإسمنتية هي هجمات المواد بواسطة الأحماض والكبريتات وبواسطة ثاني اكسيد الكربون.

II. 1.8 الأحماض Acides :

يمكن أن تكون البيئات العدوانية للهجوم والحمض متنوعة تماما، ويمكن ان تتحد مع أنواع الهجمات الأخرى.

لكن القاسم المشترك بين الماء الملامس للخرسانة يكون ضعيف ولا سيما في الكالسيوم، ومتعادل (PH=7)حتي الأحماض (PH<7). تأتي آلية التحلل المستحث من تدرجات التركيز هذه بين المياه العدوانية والحل الخلالي لخرسانة، مع درجة حموضة أكبر من 12 أساسي جدا -قاعدية-، وغنية بالكالسيوم. ولذلك فإن الأنواع الرئيسية التي تم ترشيحها هي ايونات الكالسيوم Ca^{2+} وهيدروكسيد(OH) [32]. لذلك فإن نقلهم إلى البيئة الخارجية منتشر، نظرا لأن المحلول الخلالي لم يعدد مشبعا بأيونات الكالسيوم وهيدروكسيد، مركبات المواد الصلبة التي تحتوي على هذه الأنواع تذوب. ينخفض محتوي الكالسيوم في المنتجات الصلبة مع انخفاض تركيز الكالسيوم في محلول المسام. ترشيح يبدا بحل البورتلاند، ثم أحادي سلفوألومينات، إيترينجيت.

II. 1.8. 1 مصادر الأحماض:Acides

البيئات الحمضية الأكثر شيوعا هي:

- المياه الطبيعية: في أراضي الخث والمستنقعات، حيث يمكن أن ينخفض رقم PH إلى أن يصل 4.
- البيئات الصناعية: في الصناعات الكيماوية وكذلك الصناعات أغذية الزراعة.
- شبكات الصرف الصحي: يؤدي النشاط البكتيري إلى أطلاق الهيدروجين الكبريت التي يقترن بالرطوبة في الغلاف الجوي يتكثف حمض الكبريتيك الذي يهاجم الخرسانة.[32]

II.1.8. 2 آلية الهجوم:

بشكل عام يمكن إثبات أن الأحماض أكثر ضررا من الأملاح لأن هذه الأخيرة تكون قابلة للذوبان بسهولة أكبر.

حمض السيلفات هو اقل ضار نسبيا لأن كبريتات الكالسيوم غير ضارة وقابلة للذوبان في الماء.

حسب المعادلة التالية:

$$Ca(OH)_2 + H2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2H_2O \quad \text{.....(4. II)}$$

Hydroxyde de calcium + acide sulfurique ⟶ sulfate de calcium + eau

لذلك يتفاعل حمض السيلفات مع الجير الحر في الخرسانة ويشكل الجبس. هذا التفاعل يرتبط بزيادة حجم الخرسانة أو انتفاخها.

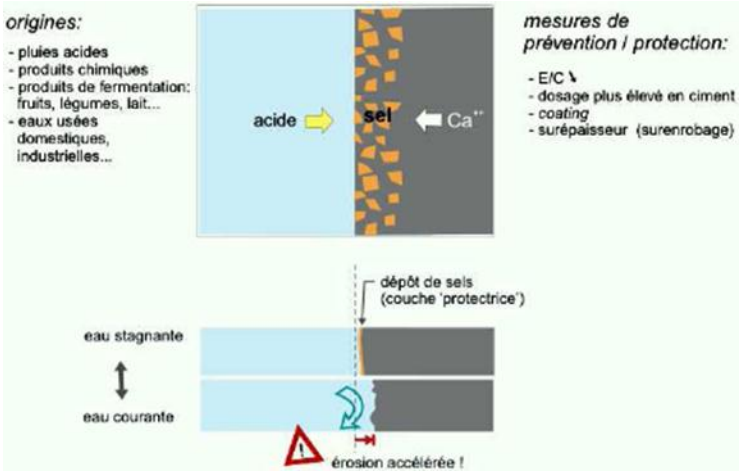
العمل المدمر هو التفاعل بين ألومينات الكالسيوم وبلورات الجبس المشكلة. هؤلاء منتجان يشكلان إترنجيت أقل قابلية للذوبان في الماء.

حمض الكلوريد هو أحد المواد شديدة العدوانية، لأن الملح المقابل كلوريد الكالسيوم قابل للذوبان في الماء بسهولة حسب المعادلة التالية:

$$Ca(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl2 + 2H_2O \quad \text{.....(5. II)}$$

Hydroxyde de calcium + acide chlorhydrique → chlorure de calcium + eau

لا تتفاعل الأحماض غير العضوية القوية مع هيدروكسيد الكالسيوم فقط، فهي تهاجم أيضا المكونات الأخرى لعجينة الإسمنت المتصلبة، وتشكل الأملاح الكالسيوم والألمنيوم أو الحديد، أحماض السيليك (هلام السليكا) [34].



الشكل II. 2تأثير الأحماض على الخرسانة[35]

II. 8. 2 أملاح الكبريتات Sulphates :

ان مصدر املاح الكبريتات وتأثيره على الخرسانة يأتي من مصدرين طبيعي في بعض أنواع التربة والمياه الجوفية أو في ماء البحر، حيث يقال أن هجمات الكبريتات تكون خارجية عندما تأتي من أيونات الكبريتات البيئة وبالتالي يعتبر هذا النوع من التدهور بمثابة أجراء بيئي، في تعريف فئات التعرضXA، بيئات عدوانية كيميائيا.[36]

التأثير الداخلي والذي يأتي من املاح الكبريتات المتواجدة في مواد الخلط المستعملة في انتاج الخرسانة كالرمل والماء بصورة رئيسية او بكميات قليلة جدا " في الحصى".

II. 1 .2.8 مصادر أملاح الكبريتات Sulphates :

يمكن أن تكون الكبريتات من أصل طبيعي أو بيولوجي أو تأتي من الملوثات المنزلية والصناعية. في بعض المناطق (مثل شمال أفريقيا والمراعي الكندية،.....الخ) حيث تحتوي التربة على الجبس (CaSO4.2H2O) أو (CaSO4)، فإننا قد نواجه تركيزات عالية أكبر من**5%** .

هذه التركيزات موجودة في منطقة باريس: 58 g/l لـ Na2SO4، 194 g/l لـH2o، 4.10 Na2SO ، 440 g/l لـ MgSO4.6H2O، 2.1 g/l لـ CaSO4. [36]

يمكن أن تكون مصادر الكبريتات داخلية أيضا:

- تلوث الركام بالجبس.
- ركام الجبس.
- الكبريتات في بعض الركام.

II. 2 .2.8 آلية الهجوم:

تهاجم الأملاح الخرسانة فقط عندما تكون موجودة في المحاليل وليس في شكل صلب مستخدم، يبدا الضرر الذي يلحق بالخرسانة التي تتعرض لها الكبريتات عند الحواف والزوايا، يليها تكسير وتشقق الخرسانة. يحتمل أن تكون جميع الكبريتات ضار بالخرسانة. [36]

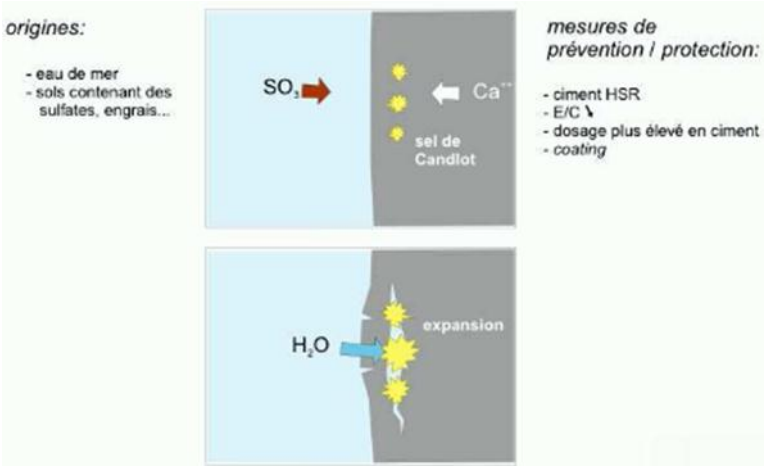
تتفاعل معظم المحاليل الكبريتات مع هيدروكسيد الكالسيوم وألومنيات الكالسيوم وفق المعادلات التالية:

$$Ca(OH)_2 + Na2\,SO_4 . 1OH_2O \rightarrow Ca\,SO_4 . 2H_2O + 2\,Na\,OH . 8H_2O \quad \ldots\ldots\ldots(6.\ II)$$

فكبريتات الكالسيوم المتكونة تتفاعل بدورها مع ألومينات الكالسيوم لتشكل ألومينات الكالسيوم الكبريتية المائية ويشار إليها عادة بإسم الإترنجايت Calcium Sulphoaluminate (Etringite) وفق المعادلة التالية:

$$4CaO . Al2O_3 . 19H_2O + 3(CaSO4 . 2H2O) + 16H2O \rightarrow$$

$$3\,CaO . A12O_3 . 3CaSO_4 . 32H_2O + Ca(OH)_2 \ldots\ldots\ldots\ldots(7.\ II)$$



الشكل II. 3 تأثير الكبيريتات على الخرسانة[35]

II. 3.8 الكربنة :

يوجد ثاني أكسيد الكربون(CO_2) في الهواء بتركيزات صغيرة في الظروف العادية يكون التركيز 0.03 نسبة مئوية من حجم الهواء. ثاني أكسيد الكربون يشكل في وجود الرطوبة حمض الكربونيك(H_2CO_3) الذي يتفاعل مع الكالسيوم هيدروكسيد $Ca(OH)_2$ موجود في الخرسانة الرطبة لتكوين كربونات الكالسيوم. تعرف هذه العملية باسم كربنة الخرسانة.

الكربنة بطيئة في الخرسانة المشبعة لأن المسام مسدودة الماء، وكذلك بطيئا في الخرسانة الجافة جدا نظرا لوجود القليل من سائل المسام للتفاعل.

تبدا الكربنة على سطح الخرسانة ويتغلغل ببطء بشكل أعمق ،عادة بمعدل حوالي 0.039 سنويا في الخرسانة عالية الجودة مع انخفاض نسبة المواد الإسمنتية المائية[37]. من أجل ثنائية الكربنة، حيث تستمر تفاعلات الكربنة في اختراق الخرسانة عند أعماق أكبر، هناك حاجة لثاني أكسيد الكربون الإضافي عند تلك المستويات.

يمكن لثاني أكسيد الكربون أن ينتقل أكثر إلى الخرسانة عبر الشقوق التي تسمح بدخول الغازات و الماء الملوثات الأخرى كما أن الارتفاع يزيد من احتمالية إصابة الكربنة الثنائية، والتي تؤدي في النهاية إلى خرسانة مسامية وقابلة للتفتيت وضعيفة.

II. 1.3.8 آلية تفاعل الكربنة :

في نهج مبسط، آلية تفاعل الكربنة يتم تصنيع $Ca(OH)_2$ من خلال التفاعل الكيميائي التالي:

$$Ca(OH)_2+CO_2.H_2O \rightarrow CaCO_3+2H_2O \ldots\ldots\ldots\ldots (8.\ II)$$

تشير هذه المعادلة إلى أن كربنة البورتلانديت تكون مصحوبة عموما بإطلاق المياه الهيكلية. الكميات التي يمكن استخدامها لوصف تطور التفاعل، اعتمادا على وقت وعمق الاختراق، هو تركيز البورتلانديت$Ca(OH)_2$ والأس الهيدروجين لمحلول مسام للخرسانة. [37]

II. 2.3.8 العناصر المؤثرة في الكربنة :

1- تركيز CO_2 والمواد الضارة في الوسط المحيط.

2- نسبة الماء إلى ال إسمنتE/C.

3- طريقة رعاية خرسانة في مراحل تصلبها.

4- الرطوبة النسبية والتشبع بالماء.

5- حالة تصنيع خرسانة.

6- تركيز الإسمنت.

II. 8 4. تأثير ماء البحر:

- ماء البحر يحتوي على أملاح الكبريتات قد تهاجم هاذي الأملاح الخرسانة المغمورة في الماء وكذلك الخرسانة الموجودة فوق سطح البحر عن طريق الخاصية الشعرية. الأسباب التي تؤدي إلى تشقق الخرسانة وتلفها هي كبريتات المغنيسيوم حيث يتفاعل مع الجير الحر الطليق في خرسانة.

- بقاء الأملاح في داخل المسامات الشعرية وعند جفاف الماء المتسرب بالخاصية الشعرية تؤدي إلى تشقق الخرسانة، بسبب الضغط المسلط نتيجة لتكوين البلورات ونموها. وتتعرض الخرسانة فوق سطح الماء لتتابع البلورة والجفاف نتيجة المد والجزز حيث تتأثر أكثر من خرسانة مغمورة في الماء.

- الكائنات الحية الموجودة في ماء البحر تؤدي وزيادة في تلف خرسانة ايضا.

- تتأثر الخرسانة بفعل أمواج بحر نتيجة الصدمات ماء بحر وحركة الأحجار والمواد الغربية الأخرى.

- الكلوريدات الموجود في ماء البحر لا تؤدي إلى تمدد خرسانة نتيجة تأثير الكبريتات فالجبس وسلفو الومينات الكالسيوم تذوب في محلول الكلوريدات أسرع مما تذوب في الماء وبذا ستغسل في ماء البحر بينما في الفحوصات المخبرية ستبقى في موضعها وتسبب التمدد. بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في تهيئة الأوساط الإقليمية[26]

II . 8 . 5 تأثير مياه المجاري على الخرسانة:

إن مياه المجاري تكون قلوية ولا تؤثر على الخرسانة ولكن عند ارتفاع درجات الحرارة تتحول مركبات الكبريت إلى كبريتيد الهيدروجين(H_2S) بفعل البكتريا الهوائية وهذا الاخير يذوب في طبقات الرطوبة على سطح الخرسانة ويعاني تأكسد بفعل البكتريا الهوائية متحولا إلى حامض الكبريتيك الذي يذيب الاسمنت بصورة تدريجية مسببا" تلفا شديدا" للخرسانة. وهذا التأثير يحصل فوق مستوى الانسياب في مجاري المياه القذرة. [26]

II . 8 . 6 تأثير الجليد على الخرسانة المتصلبة:

- عندما تنخفض درجة حرارة الخرسانة المتصلبة المشبعة يتجمد الماء داخل المسامات الشعرية لعجينة الاسمنت مسببا تمدد الخرسانة . وعند تكرار الانجماد يحصل تمددا "إضافيا " لذا فإن إعادة دورات الانجماد والذوبان يكون ذو تأثير كبير على الخرسانة.

-أما مسامات الجل فتكون صغيرة جدا "وعند انخفاض درجة الحرارة يكتسب ماء الجل طاقة كامنة تمكنه من الحركة إلى داخل الفجوات الشعرية الحاوية على الجليد مما يسبب نمو جسيمات الجليد والتمدد أيضا.

وعندما يكون الضغط التمددي الناتج من ضغط الماء داخل المسامات الشعرية وضغط ماء الجل أعلى من مقاومة الشد للخرسانة فان هذا يؤدي إلى تلف الخرسانة (تقشر سطح الخرسانة أو تفتتها كليا "مبتدأ " من سطح الخرسانة ومتوغلا نحو عمقها. [29]

II . 8 . 7 تأثير التزهر:

عندما يتسرب الماء (نتيجة الامتصاص أو ماء المطر)خلال الخرسانة الضعيفة الرص أو خلال الشقوق فان الماء يعمل على إذابة هيدروكسيد الكالسيوم المتكون أثناء عملية الاماهة والقابل للذوبان بسهولة والمواد الصلبة الأخرى وقد يسبب تلفا "خطيرا " للخرسانة.

وعند تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني اوكسيد الكربون تتكون كربونات الكالسيوم التي تترسب على سطح الخرسانة (على شكل طبقة بيضاء)عند حصول التبخر وهذه الظاهرة تعرف بالتزهر ويمكن ملاحظتها على أسطح عدد من المنشآت الخرسانية بهيئة ترسبات بيضاء. [29]

II . 8 . 7 تأثير الخرسانة الحاوية على الهواء المقصود:

الهواء المقصود في الخرسانة هو هواء مدمج يدخل في الخرسانة الطرية خلال عملية الخلط بواسطة مواد مناسبة تؤدي إلى تكوين فقاعات هوائية صغيرة جدا يتراوح قطرها بين(1.0-0.01) مم وموزعة بصورة منتظمة خلال الكتلة الخرسانية لغرض زيادة قابلية تشغيل الخرسانة الطرية ومقاومة الخرسانة المتصلبة لفعل الانجماد. [29]

II . 9 وقاية الخرسانة من العناصر الخارجية الضارة:

- يتم وقاية الخرسانة من التربة الغنية بالكبريتات وذلك بوضع طبقة من الإسفلت أو دهانها بالبيتومين وأغيرها من الطبقات العازلة.

- عندما تكون التربة المحتوية على نسبة كبيرة من الكبريتات فإن من الضروري استعمال الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات في الخلطة الخرسانية. [29]

9.I . أنواع الترنجيت : Ettringite [38]

الترنجيت هو تفاعل بسيط يحدث داخل الخرسانة ، سواءًا في لحظة تصلب الخرسانة او يكون مؤجلا.

وهناك ثلاث انواع من الترنجيت يمكن ان تتعايش في نفس الخرسانة:

1- الترنجيت الاولي: يتم تشكيله في اللحظات الأولى من تمييه الإسمنت هو الَكثر شيوعا، وجوده أمر عادي ولا يعتبر من مشاكل خرسانة، لا يسبب توسعات في جسمها.

2- الترنجيت الثانوي: يتشكل عندما تتصلب الخرسانة. إذا كانت الكبريتات من أصل داخلي، فإن الإترينجيت الثانوي يكون مستقرا، أما إذا كانت الكبريتات من أصل خارجي، فإن هذا الإترينجيت يكون غير مستقرا.

3- الترنجيت المؤجل: يتشكل عندما تتصلب الخرسانة، وعند وجود الكبريتات الداخلية من المحتمل أن يشكل حجما إضافيا له عواقبه غير المرغوب فيها، ويتكون عادة في الخرسانات التي يغيب فيها الإترنجيت الأولي.

II .10 مقاومة الخرسانة للتلف :

يمكن تصنيف أهم المقاومات التي توصف الخرسانة بأنها تتحملها مع الزمن كما يلى:

1- المقاومة للنفاذية والامتصاص.

2- المقاومة لصدأ الحديد.
3- المقاومة لتأثير الكيماويات.
4- المقاومة لماء البحر ومياه المجاري.
5- المقاومة للعوامل الجوية.
6- المقاومة للحريق.
7- المقاومة للتآكل.

II.11تجارب وتقنيات الديمومة:

ومن اهمها [39]:

المشاهدات الضوئية macroscopiques :

المشاهدات الضوئية تتمثل في المشاهدة العينية بالعين المجردة وكذلك بالمجهر الضوئي ، ومنها : مراقبة تغيرات اللون والحجم والشكل وغير ذلك.

المشاهدات الالكترونية microscopiques :

* المجهر الالكتروني MEBوEDS :وهو جهاز يكشف عن كيفية تواجد المواد داخل جسم الخرسانة وعن شكلها العام حيث يمكن أن نميز نوعها.

* المعالجة بأشعة X-DRX :حيث تكشف هذه الآلية عن التعرف على العناصر والمركبات الكيميائية المكونة لجسم المادة عن طريق منحنيات خاصة

وهناك ايضا تجارب اخرى منها[40] :

- التغير في الكتلة الحجمية .
- التمدد.
- انتشار الصوت.
- معامل امتصاص الماء.
- مقاوم الشد والضغط.

المبحث الثاني: ظاهرة صعود المياه

II.12 ظاهرة صعود المياه:

II .12.1تعريف ظاهرة صعود المياه وادي سوف:

صعود المياه في مدينة الوادي نتيجة مخزون مائي متكون من 3 طبقات مائية مما أدى باستغلال الطبقة المائية السطحية لقربها من السطح، عرفت مدينة الوادي بزيادة عدد السكان وكذلك التوسع العمراني الكبير مما أدى ا إلى استغلال الطبقتين المائتين المتوسطة والعميق، وكذلك عجز شبكة الصرف الصحي وعدم وجود مصب طبيعي للمياه المستعملة مما أدى إلى بروز المياه على السطح.

ظاهرة صعود المياه الجوفية سببها المناطق المنخفضة مكونة برك ومستنقعات من المياه الملوثة، مشكلة انقطاع نظام الهيدرولوجي هو عدم توازن بين المياه المنتجة والمستعملة ومياه التصريف. [41]

المدينة المتضررة الوحيدة هي الوادي التي بها عدد سكان مقدر بـ 105957نسمة تجلى هذا التهديد والتآكل في الأحياء المنخفضة القديمة مثل المصاعبة، الأصنام، النزلة، الأعشاش، سيدي مستور وحي الشط، حيث يصل عدد المساكن القديمة التي يستعمل في بناءها الجبس الذي يتآكل بفعل الرطوبة التي يسببها مشكل صعود المياه هي 6533مسكن.

إن أكثر الأحياء تضررا هو حي سيدي مستور حيث قامت مديرية السكن والتعمير بإحصاء البنايات التي مستها مشكلة صعود المياه والمقدرة بـ 485بناية، فقامت نفس المديرية بترحيل وإعادة إسكان العائلات المتضررة والمقدرة بـ 42عائلة. [41]

II .2.12 أسباب مشكلة صعود المياه:

- تشبع الطبقة بواسطة مياه الأمطار.
- دور الطوبوغرافيا.
- دور الجيولوجيا.
- إفراط في استهلاك المياه.
- الصرف الصحي.
- الأسباب الصناعية.
- النفايات.

II .3.12أهم تركيز للعناصر الكيميائية بمنطقة الوادي:

من خلال الدراسات الجيوتقنية التي قامت بها مديرية الري لولاية الوادي تبين أن أهم تركيز للعناصر الكيميائية المهاجمة للخرسانة والجدول التالي يبين قيمة التراكيز لهذه العناصر. [42]

الجدول II. 4 يبن قيمة التراكيز الكيميائية بمنطقة الوادي

Cl^-	$SO4^-$	pH
[mg/l]	[mg/l]	
1640,23	3363,00	7,43
588,22	3373,00	7,31

خلاصة:

ان وجود العديد من العناصر الكيميائية في الوسط الخارجي كالكربون والكبريتات و السيلفات والكلور قد يسبب تدهور في الجسم الخرساني مما يتسبب بمشاكل في ديمومة الخرسانة .

الاوساط العدوانية هي السبب الرئيسي في المشاكل التي تحدث في الخرسانة لاحتوائها على العديد من العناصر الضارة والتي تتفاعل مع الجسم الخرساني مما يسبب في تآكل هذا الاخير.

الفصل الثالث

الفصل الثالث : دراسة المواد المستعملة

1.III مدخل:

تعتبر الخرسانة مادة اساسية للإنشاء وهي عبارة عن خليط غير متجانس متكون من ركام و رمل ، ماء، بعض الإضافات...الخ، تكون بكميات مدروسة لكي تكون متماسكة ولها مقاومة مميزة. نوعية الخرسانة مرهونة أساسا بخصائص مكوناتها.

في هذا الفصل سوف نتطرق إلى دراسة خصائص مختلف المواد المستعملة. وكذلك إلى كيفية تركيبة الخلطة الخرسانية. [25]

2.III خصائص المواد المستعملة:

قمنا باستعمال في هذه الدراسة:

- رمل المحاجر منطقة بوسعادة (ولاية المسيلة).
- رمل كثبان منطقة حساني عبد الكريم (ولاية الوادي) وذلك من أجل تحسين وتصحيح رمل المحاجر.
- اسمنت من نوع (CRS) CEM I 42.5R – SR3 NA 442 لمنطقة عين توتة من أجل جعل الخرسانة مقاومة لتأثير السولفات .

1.2.III الركام

في هذه الدراسة أخذنا ركام من منطقة بوسعادة، وتمثل نسبة الركام حوالي 75من حجم الخرسانة ولكي تكون لدينا خرسانة جيدة يجب اختيار الخصائص الفيزيائية للركام والتي ندرجها في التجارب التالية:

- تجارب الكتلة الحجمية.
- مكافئ الرملي.
- تجربة نقاوة الحصي.
- تجارب صلابة الحصى.
- تجارب التدرج الحبيبي.

الرمل :

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301 [43] كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في الخرسانة بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (propreté la)[26]،نستطيع تقسيم الرمل أيضا إلى نوعين هما ما يصطلح عليه الرمال الطبيعية و رمال كثبان.

- في هذه الدراسة سنتناول رمل المحاجر لمنطقة بوسعادة (ولاية مسيلة) و رمل كثبان لمنطقة حساني عبد الكريم (ولاية الوادي).

الجدول الموالي يوضح النسب المئوية للمكونات الكيميائية في كلا الرمليين:

الجدول III. 1 النسب المئوية للمكونات الكيميائية رمل محاجر ورمل كثبان

النسب المئوية للمكونات	رمل كثبان	رمل محاجر
SO_4^{-2} %	0.25	0.3
$CaSO_3$ %	12.39	78.26
InsoIuble	87.36	21.44

- سوف نقوم بعرض بعض نتائج التجارب المجرات على كلا النوعين:

الحصى:

الحصى المستعمل من نوع 15/08 حصى ابيض من منطقة بوسعادة.

1.1.2.III الخواص الفيزيائية:

1.1.1.2.III الكتلة الحجمية :

الهدف منها هو معرفة الإحجام والكتلة التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد.

NFP 18-301[43].

1.1.1.1.2.III الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

هي الكتلة في الحالة الطبيعية للمادة مقسومة على وحدة الحجم وفي هذه الكتلة الحجمية ندخل فيها الحبيبات والفراغات وتعطي بالعلاقة التالية:[44]

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad \text{..... (1-III)}$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية. Kg/m^3

V_T : حجم العينة الكلي .

M_T : وزن العينة الكلي.Kg

الصورة III. 1 تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية (الحاوية).

الجدول III. 2 الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى و لرمل المحاجر ورمل كثبان

النوع	رمل محاجر SC100%	رمل الكثبان SD100%	SC60%+SD40%	حصى 15/8
الكتلة الحجمية المطلقة(Kg/m^3)	1738.1	1590	1720.3	2564.1

III .2.1.1.2 الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

هي الكتلة في وحدة الحجم للمادة بدون الفراغات الموجودة بين الحبيبات[44] وتعطي بالعلاقة التالية:

$$\rho_{ab} = \frac{Ms}{Vs} \quad \text{.....} \quad (2.III)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة . Kg/m^3

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.Kg

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.m^3

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول III. 3 الكتلة الحجمية المطلقة للحصى ورمل محاجر ورمل كثبان.

النوع	رمل محاجر SC100%	رمل الكثبان SD100%	SC60%+SD40%	حصى 15/8
الكتلة الحجمية المطلقة(Kg/m^3)	2538.07	2631.57	2531.64	2564.1

- نلاحظ ان كل من رمل محاجر ورمل كثبان و الحص ركام عادي حيث ان الكتلة الحجمية محصورة ($3g/cm^3 > \rho > 2g/cm^3$)

III .2.1.1.2 المكافئ الرملي :(Equivalent de sable):

هذه التجربة معرفة حسب ال معيار8NFP1 598-[45] والهدف منها هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة مدى نقاوته وصلاحية استعماله في الخرسانة. تتم التجربة بوزن كمية معينة من الرمل ووضعها في أنبوب اختبار مدرج به محلول غسول لا يتفاعل مع الرمل ثم نقوم برجه في حدود 30ثانية وفي الاخير نترك الأنبوب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة وبعدها نقوم بتعين مكافئ الرمل [44]

$$Es = \left(\frac{H1}{H2}\right) \times 100 \text{.....} (III.3)$$

حيث:

- H1 : تمثل الرمل الصافي .
- H2: تمثل الرمل الصافي زائد الغضار والمواد العالقة .

الجدول III. 4 يوضح تصنيف الرمال حسب مكافئ الرمل

ES_V	ES_P	نوعية الرمل	مجالات الاستعمال
ES_V < 60	ES_P <65	رمل غضاري	يستعمل في الخرسانة العادية وفي طبقات القاعدة -يسبب تشققات وانتفاخات وقد يسبب انكماش
60< ES_V <70	65 < ES_P <75	رمل طيني نسيبا	يستعمل في خرسانة العادية
70<ES_V<80	75< ES_P <85	رمل نضيف (نقي)	يستعمل في خرسانة العالية الجودة
80< ESV	85<ES_P	رمل نقي جدا	يستخدم في الخرسانة العالية الجودة والخاصة مع الأخذ بعين الاعتبار زيادة ما الخلطة

الصورة III. 2 مكافئ الرملي

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي:

الجدول III. 5 النسب المئوية للمكافئ الرمليES

نوع الرمل	المكافئ الرملي (%)	
	بدون مكبس ES_V	بواسطة مكبس ES_P
رمل المحاجر SC100%	56.7%	55.4%
رمل الكثبان SD100%	95%	94%
SC60%+SD40%	79%	78%

ملاحظات:

- نلاحظ ان قيمة المكافئ الرمل لرمل كثبان جيده.

- نلاحظ ان قيمة المكافئ الرمل لرمل المحاجر منخفضه، قد لا يستعملها في الخرسانة العادية لكن لها سلبيات حسب ما حدده المعيار [47] NFP18-598 لكن إذا لم يتم الوصول إلى هذه القيم ، يمكن اعتبار الرمال مرضية إذا كانت قيمة أزرق الميثيلين هي: VB≤ 1. وهو ما سنحول التحقق منه لاحقا

- نلاحظ ان قيمة المكافئ الرملي لتركيبة SC60%+SD40% رمل نضيف يستعمل في خرسانة العالية حسب ما حدده المعيارNFP18-598.

3.1.1.2.III اختبار ازرق الميثلين: Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache

وهي تخضع المعيار : NF P 18-592 [48] تهدف إلى قياس نسبة العناصر الدقيقة الممتزجة مع أزرق المثلين.

يتكون الاختبار من قياس حجم أزرق الميثيلين اللازمة لكل كتلة محددة من التربة التي تم تحليلها، ويعبر عليه بالعلاقة التالية :

$$VB = \frac{V}{M} \quad \text{.....(4- III)}$$

حيث:

V : هو الحجم الكلي لمحلول ازرق المثلين المحقون عند الوصول إلى الاختبار الايجابي بـCm^3

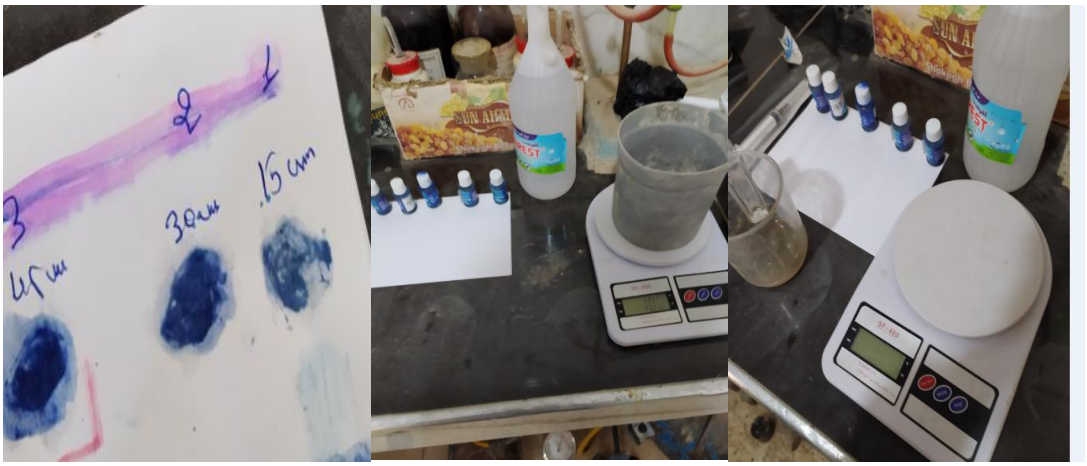
M: هي كتلة عينة الاختبار(الرمل 2/0 مم) بـ g

الإجراء :

- وضع 500 ml من الماء المقطر في بيشر.
- نقوم بوضع عينة من رمل (100 g) من المجمع المار عبر المنخل 2 mm في البشير.
- نقلب الخليط باستمرار لمدة 5 دقائق.
- نقوم بتقطيرCm^3 5 من محلول ازراق المثلين في بشير مع استمرار تحريك لمدة دقيقة.
- نأخذ قطرة من خليط ونضعها على وراقه لتظهر بعد دقيقة.

- عند ظهور هالة حول القطرة الزرقاء نتوقف، في حال عدم وجودها نزيد أزرق المثيلين[49].

الصورة III. 3 تجربة ازرق الميثيلين



الجدول III. 6 نتائج تجربة ازرق الميثيلين

الوصف	الكمية
كتلة العينة رمل المحاجر	100 g
عدد الإضافات أزرق الميثيلين	3
حجم ازرق الميثيلين	45 Cm^3
VB	0.45

نلاحظ أن:

- قيمة VB أصغر من الواحد إذن يمكن اعتبار الرمال غير طينية ومقبولة لاستخدمها في الخرسانة.

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

هذه التجربة معرفة بالمعيار NFP18-555[50]، نقوم بوزن عينة من الركام في الحالة الجافة ثم نغمرها في الماء حتي درجة التشبع ثم نقوم بوزنها ونتحصل على نسبة الزيادة في الوزن بعلاقة التالية:

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad \text{.....(5 - III)}$$

A_b : معامل امتصاص الماء (%) .

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف .

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105°.

الصورة III. 4 تجربة معامل امتصاص الماء

النتائج المدونة في الجدول التالي:

الجدول III. 7 النسب المئوية لمعامل امتصاص الماءAb

النوع	رمل محاجر	رمل كثبان	حصى 15/8
معامل امتصاص الماء A_b (%)	0.75	0.081	0.43

نلاحظ ان:

- كل من الرمل والحصى لهما سعة لامتصاص الماء ضعيفة وهي اقل من 2.5 % إذن هذه القيمة مقبولة من اجل استعمال هذا النوع من الركام في الخرسانة العادية [44].

5.1.1.2.III التدرج الحبيبي : (Analyse granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة. تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات[51] وهي تخضع المعيار : NFP 18-560 [52]

سندرس ثلاث حالات ذات نسب مختلفة من كلا النوعين رمل محاجر ورمل كثبان وحصى.

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

$$6000\ D\ max \geq M \geq 2000\ D\ max \quad \text{..... (6- III)}$$

حيث :

M : وزن العينة بالغرام (غ)

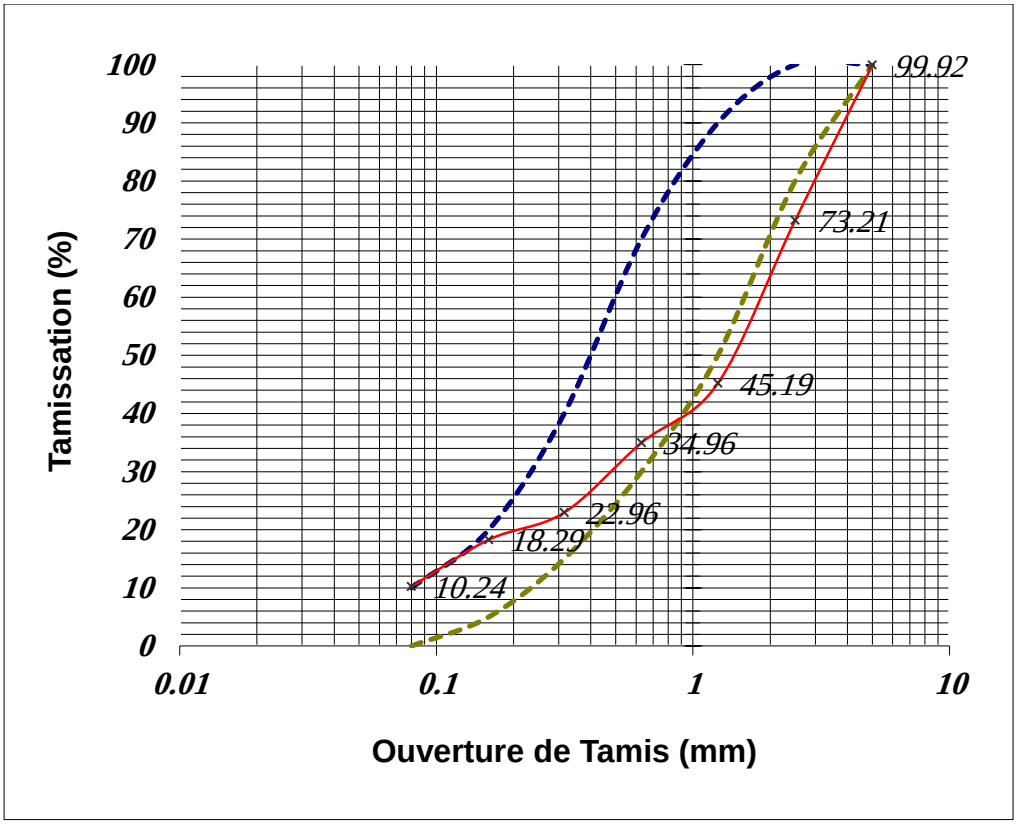
D max : القطر ألأعظمي للحبيبات مأخوذ بالمليمتر (ملم)

الصورة III. 5 تجربة التدرج الحبيبي.

نتائج العينات:

الجدول III. 8 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى رمل المحاجر100:%

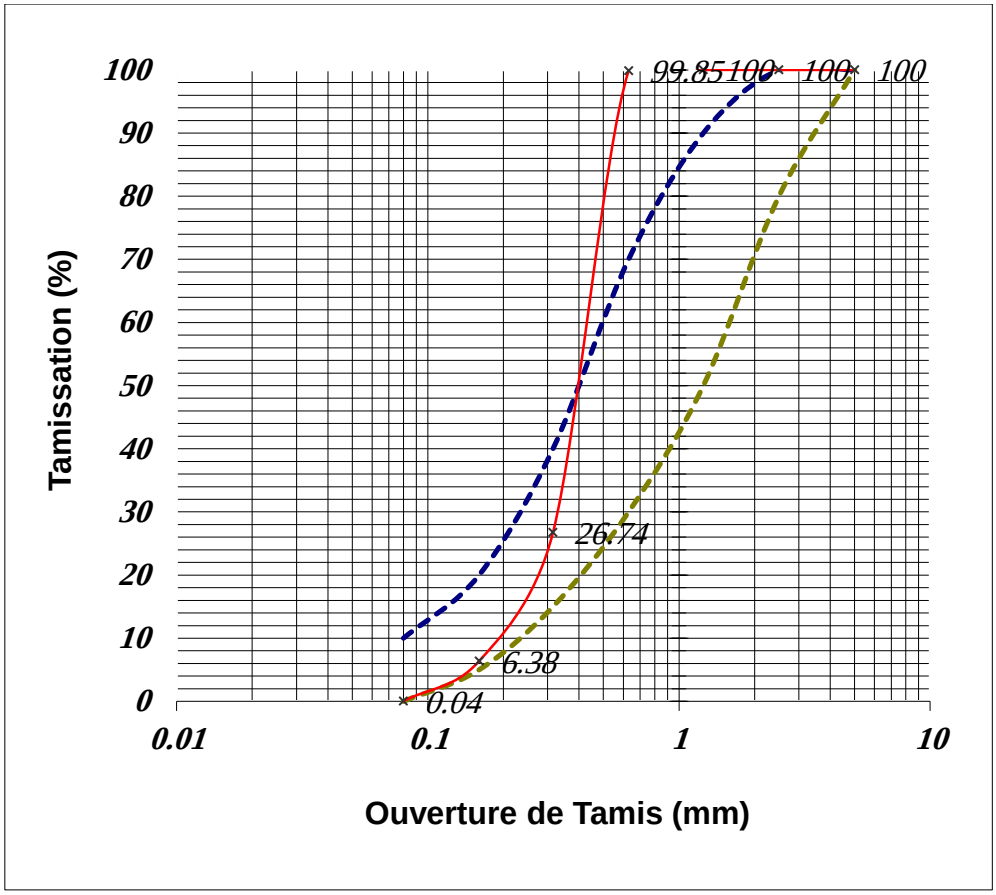
العينة الأولى: رمل المحاجرSC100%					كتلة العينة 1500 g
فتحات الغربال ب(mm)	**نوع الغربال**	**المجمع الجزئي ب (g)**	**المتبقي المجمع ب Rc (g)**	**نسبة المتبقي المجمع Rc(%)**	**المار المجمع ب T (%)**
6.3	38	0.75	0.75	0.05%	100.00%
5	36	0.34	1.09	0.072%	99.92%
2.5	35	399.6	400.69	26.71%	73.21%
1.25	32	285.32	686.01	45.73%	54.19%
0.63	29	288.39	974.4	64.96%	34.96%
0.315	26	179.41	1153.8	76.92%	22.96%
0.160	23	76.14	1229.95	81.59%	18.29%
0.08	20	24.71	1254.66	83.64%	16.24%



الشكل III. 1 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى 100 % رمل محاجر

الجدول III. 9 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية رمل الكثبان100:%

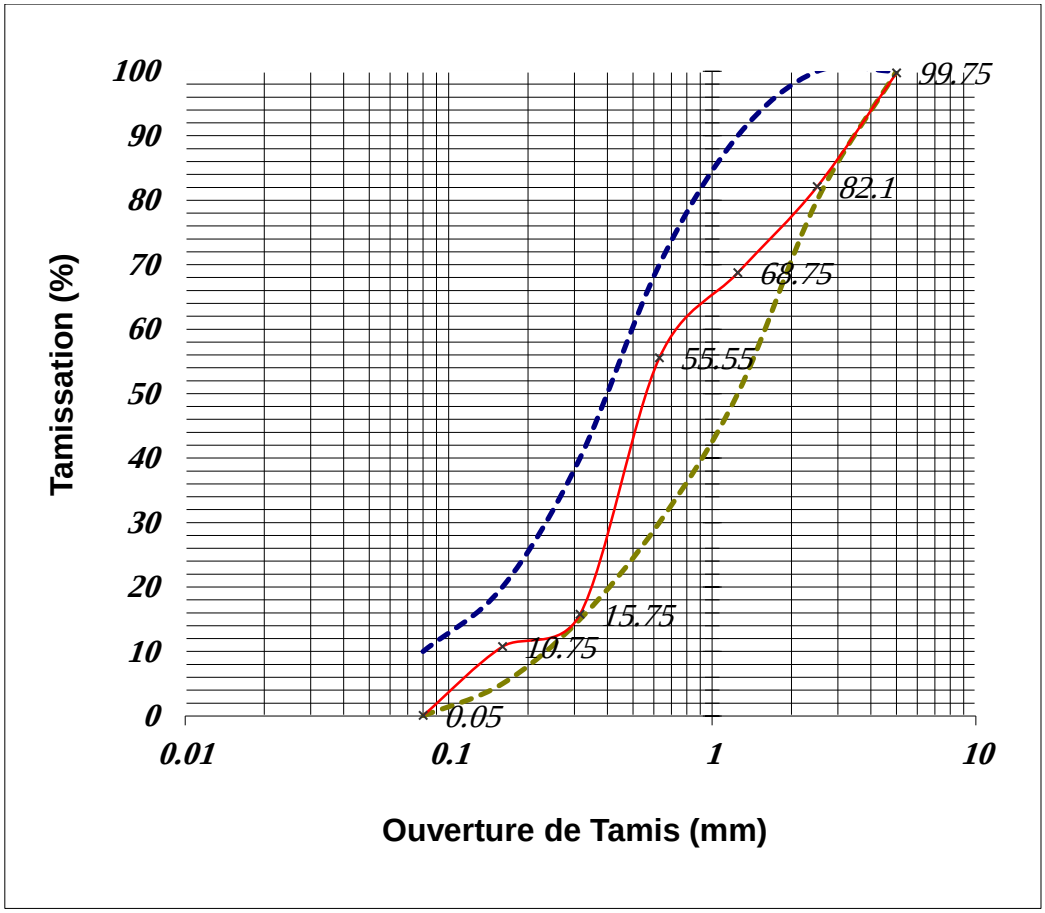
العينة الثانية: رمل كثبان%SD100			كتلة العينة : 1500 g		
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
6.3	38	0	0	0%	100%
5	36	0	0	0%	100%
2.5	35	0	0	0%	100%
1.25	32	0	0	0%	100%
0.63	29	2.19	2.19	0.146%	99.85%
0.315	26	1095	1097.15	73.14%	26.741%
0.160	23	305	1402.19	93.47%	6.384%
0.08	20	95	1497.19	99.81%	0.044%



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

الجدول III. 10 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 60%رمل محاجر 40% رمل الكثبان:

العينة الثالثة: SC60%+SD40%					كتلة العينة : 2000 g
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
6.3	38	2	2	0.1	100.00%
5	36	3	5	0.25%	99.75%
2.5	35	353	358	17.9%	82.1%
1.25	32	267	625	31.25%	68.75%
0.63	29	264	889	44.45%	55.55%
0.315	26	796	1685	84.25%	15.75%
0.160	23	106	1791	89.55%	10.45%
0.08	20	18	1999	99.95%	0.05%

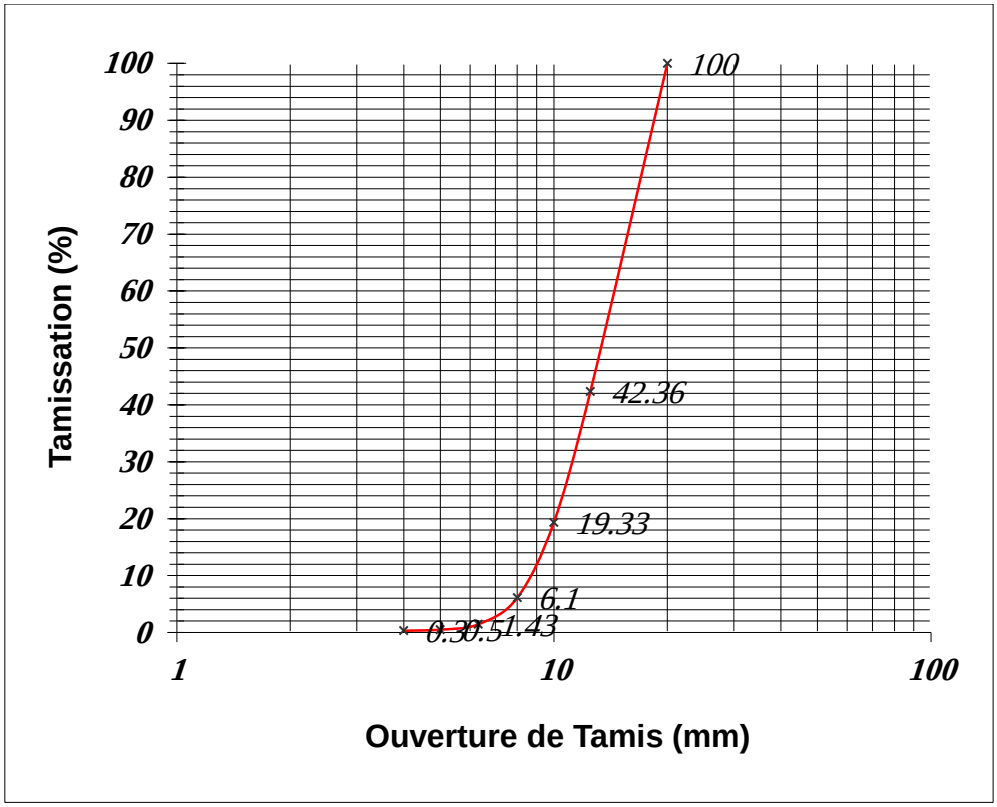


الشكل III. 3 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 60%رمل محاجر 40% رمل الكثبان

الجدول III. 11 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة الحصى 8/15:

العينة الرابعة: حصي كتلة العينة : g4000

فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
20	44	998	998	24.95%	100%
12.5	43	1297	2295	57.37%	42.36%
10	42	932	3227	80.37%	19.33%
8	41	529	3756	93.9%	6.1%
6.3	40	187	3943	98.57%	1.43%
5	39	37	3980	99.5%	0.5%
4	38	8	3988	99.7%	0.3%



الشكل III. 4 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للحصى 8/15

6.1.1.2.III معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقيمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16، 0.315، 0.63، 1.25، 2.5، 5) مقسوماً على 100. ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاثة مجالات لمعاير النعومة للرمل حيث [53]:

- 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.

العلاقة التالية

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{.....(7- III)}$$

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

النتائج في الجدولIII . 12

الجدول III. 12معيار النعومة:

العينة	رمل محاجر SC100%	رمل كثبان SD100%	SC60%+SD40%
معامل النعومة	2.9	1.6	2.6

نلاحظ أن:

- بالنسبة للعينة الأولى رمل المحاجر SC100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.9 نستنتج أن هذا الرمل تميل حبيباته إلى الخشونة تدخل في المجال C 2.8 – 3.2 .
- بالنسبة للعينة الثانية رمل كثبان SD100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 1.6 نستنتج أن هذا الرمل دقيق وذو تدرج حبيبي ضيق، خارج على مجال B المحصور بين 1.8 – 2.2.
- بالنسبة للعينة الثالثة SC60%+SD40% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.6 نستنتج أن هذا الرمل المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط ، داخل على مجال A المحصور بين2.2 - 2.8.

7.1.1.2.III نقاوة الحصى: المعيار NF P 18-591 [54]

الهدف من هذه التجربة هو تعيين الشوائب العالقة بالحصى ثم استنتاج مدى صلاحيته في الخرسانة ويتم ذلك بأخذ كمية معينة منه في الحالة الجافة وغسلها جيدا بالماء ثم نضعه داخل جهاز التجفيف حتى يجف وفي الأخير نزن العينة ويتم حساب النقاوة بالعلاقة التالي:

$$I\,A = \frac{M\,1 - M\,2}{M\,2} \times 10 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (III.8)$$

I_A:نسبة الشوائب بـ (%).

M_1 :كتلة الحصى قبل الغسل بـ (غ).

M_2 :كتلة الحصى بعد الغسل والتجفيف بـ (غ.).

الصورة III. 6 في تجربة النقاوة.

الجدول III. 13 نقاوة الحصى:

نوع الحصى	M_1	M_2	نسبة الشوائب IA (%)
حصـــــى 15/8	2000	1983	0.85

-نلاحظ ان نسبة الشوائب ضئيلة (أقل من 1.5 %) [15] وعليه الحصى نضيف يصلح في الخرسانة العادية.

2.1.2.III الاختبارات الميكانيكية

1.2.1.2.III تجربة الصدام للحصى Los Angeles:

الهدف تهدف التجربة إلى قياس مقاومة الركام لصدم، معتمدين على صدمة توجه نحو العينة الركامية. معرفة حسب المعيار NFP 18-301[55].

كيفية التجربة:

نأخذ العينة ونغربلها في غربال D=14mm، ثم نأخذ المار المجمع ونعيد غربلته في غربال D=10mm نأخذ المتبقي إلى نصل إلى 5غرام.

- نقوم بوزن 5000gمن الركام من فئة واحدة.

- نضعه في الجهاز مع ما يقبلها من عدد الكريات الحديد اللازمة ونتركها تدور لمدة 15 دقيقة بسرعة 31 إلى 33 دورة في دقيقة وفق الجدول التالي:

الجدول III. 14يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية[VALORISATIONS 2010-2011]

الفئة	قطر الحصى	عدد الكريات	مقياس الغربال المستعمل في الغربلة الأولية
A	8-15 mm	11	10-14 mm
B	3-8 mm	9	6.3-8 mm
C	0-3 mm	7	4-6.3 mm

- تفتح الأسطوانة وتفرغ من محتوياتها وتغربل على الغربال 1.6مم وتغسل المواد المتبقية على الغربال وتجفف العينة في درجة حرارة (110° م) حتى يثبت وزنها (m ')

تعطى نسبة لوس انجلوس بالعلاقة التالية:

$$L_A = \frac{5000-m'}{5000} \times 100 \quad \text{.....(9-III)}$$

m': هي الكتلة الجافة للمواد المتبقية على المنخل 1.6 مم بعد اختبار.

الصورة III. 7 تجربة الصدام للحصى (لوس انجلس)

نتائج التجربة لوس انجلوس كانت كالتالي:

الجدول III. 15 نتائج تجربة لوس انجلوس

فئة الحصى	كتلة عينة الاختبار M	m' الكتلة الرفض الجافة منخل 1.6 مم	LA%
15/8	5000	3560	28.2

نلاحظ أن:

قيمة $LA\% \leq 30$ اي ان الحصى مقاوم للصدمات مقبول في الخرسانة و الحصى يعد من الفئة الممتازة A [دريقريس]

2.2.1.2.III تجربة تأكل الحصى Micro-Deval:

- تهدف التجربة لقياس مقاومة الركام لتآكل الناتج عن الاحتكاك وهى معرفة حسب المعيار NF 18-321 [56].

- تعتمد هذه التجربة على حساب قدرة احتمال الركام لاحتكاك الموجود بين حبيباته والناتج عن تدويره في أسطوانة دوارة، في ظروف مدروسة مسبقا.

كيفية التجربة

- نأخذ عينة من الحصى و يتم نخل العينة على غرابيل وفق الفئة الحبيبية المختارة.

- نقوم بأخذ 500من العينة التي تم نخلها على غرابيل من 10إلى14.

- نضع العينة في جهاز التدوير ونقوم بإضافة الماء2.5 لترمع كمية محددة من كريات حديدية حسب نوع العينة الركامية في تجربتنا اخذنا 5000.

الجدول III. 16 كتلة الحمولة للكرات الحديدية وفقًا للمؤشرات فئة الحصى

فئة الحصى (mm)	كتلة الكرات الحديدية	كتلة الكرات الحديدية (g)
4 إلى 6.3	500	2000
6.3 إلى 10	500	4000
10 إلى 14	500	5000

- نغلق غطاء الاسطوانة بشكل محكم ونضعها في الجهاز التدوير ونقوم بضبطه لمدة ساعتين بسرعة 100دورة/دقيقة وبعدها نقوم بعناية بتجميع وغربلة المواد الموجودة في الاسطوانة على المنخل 1.6 مم تحت تدفق المياه وإزالة الحمل الكاشطة كريات حديدية، وتجفيف المتبقي(الرفض)في الغربال في الفرن عند 105 درجة مئوية إلى غاية الحصول على كتلة 'm (g) ثابتة بعد التبريد.

- حساب مقاومة التآكل بواسطة معامل Micro Deval:

$$M_{DE} = \frac{M-m'}{M}100 = \text{.....(10- III)}$$

حيث:

M : هي الكتلة الجافة لعينة الاختبار والتي تساوي 500 جم.

m ': الكتلة الجافة للمادة بعد اختبار الرفض عند 1.6 مم.

الصورة III. 8 مراحل تجربة Micro-Deval

- النتائج التي تم الحصول عليها مذكورة في الجدول الموالي:

- الجدول III. 17 نتائج مقاومة التآكل للحصى

كتلة العينة جافةM	كتلة عينة الرفض m '	M_{DE}%
500	390	22

ملاحظة :

قيمة M_{DE} بالنسبة للحصى 15/28 اصغر من 25 فشرائحها مقبولة وتصنف ضمن الفئة D وذلك حسب المعيار NF P 18-321 [56].

2.2.III الماء :

أهمية الماء:

1- الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الإسمنت والماء.

2 - وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.

4- بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الإسمنت.

5 - إن الماء يعطي حجما للخرسانة يتراوح ما بين15- 20 %.

6- يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.

7- إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

ونسبة الماء / الإسمنت هي وزن الماء مقسوما على وزن الإسمنت. حيث أن الخرسانة ذات الجودة العالية يجب أن تحتوى على اقل نسبة ماء إلى أسمنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة[57].

1.2.2.III خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

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

2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.

3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات. [**57**]

الجدول III. 18 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل

الملوحة	PH	HCO3-	CO4-	NO3-	Cl-	Na++	K++	Mg++	Ca++
2799	7.75	124	755	14.5	755	536	31	125	242

3.2.III الإسمنت: Ciment

الإسمنت رابط مائي ضروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تميه Hydratation سلكيات الكالسيوم و ألومينا ته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البروتلاندي» .[01]

الإسمنت المستعمل في الدراسة:

- (الإسمنت المقاوم للكبريات) CEM I 42.5R – SR3 NA 442 (CRS) لمنطقة عين توته من أجل الحصول على صيغة لتحسين رمل المحاجر وجعل الخرسانة مقاومة لتأثير السولفات .

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الإسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الإسمنت.

الكتلة الحجمية المطلقة: $3020\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية: $2100\ kg/m^3$

وفيما يلي نتطرق إلى بعض التحارب:

2.3.1III الخصائص التقنية والكيمائية :

التحليل الكيميائي للإسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي [01]:

الجدول III. 19 التحليل الكيميائي للإسمنت المقاوم للسولفات

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	PAF
21.90	5.5	3.13	60.5	1.85	2.29	0.19	0.83	4.07

4.2 III الإضافات:

المادة المستعملة هي من النوع :MEDAFLOW 145 وهو ملدن متفوق مخفض للماء. تم تصميمه على أساس لأنه يقوم على تعديل البولي أثير الكربوكسيلات (Poly_carboxylates_d'éther_modifiés) واستخدامه في الخرسانة يسمح بالحصول على قابلية تشغيل طويلة الأجل.

التركيز الموصي به حسب البطاقة التقنية للمنتج من 0.5-2.0% من وزن الإسمنت أي من 0.46 الى 1.85 لترا لأجل 100 كغ من الإسمنت[49] .

خصائص الملدن المستعمل:

- الشكل : سائل Liquide.
- اللون: بني شفاف brai clair
- درجة الحموضة: Ph : من 5 الى 6
- الكثافة (Densité) : 0,01±1.065
- نسبة الكلور: أقل من g/L 1. [49]

III.3 صياغة خرسانة رمل المحاجر(الشاهد) :

III.3.1صياغة الخرسانة الشاهدة:

بالنسبة صياغة الخلطة الخرسانية الشاهدة تبعنا طريقة (Dreux-Gorisse) من اجل الحصول على خصائص ميكانيكية جيدة و تشغيلية مقبولة.

وعليه اتبعنا الخطوات التالية:

افتراضنا عدة افتراضات:

- مقاومة الخرسانة للانضغاط في اليوم 28 هي : fc28= 30 MPa
- هبوط الموصي به الخرسانة لدنة بواسطة مخروط أبرامس (6 – 9 سم)

الخطوة الاولي إيجاد نسبة الاسمنت إلى الماء بتطبيق العلاقة التالية:

$$f_{C'} = G\,F_{CE}\left(\frac{C}{E} - 0.5\right) \quad \text{(11-III)}$$

$$\frac{C}{E} = \frac{f_{c'}}{G\,F_{CE}} + 0.5 \quad \text{(12-III)}$$

حيث:

- $f_{C'}$:متوسط قوة الضغط المستهدفة في (28 يومًا) بـ MPa.
- F_{CE}: فئة أسمنت حقيقية (28 يومًا) في MPa
- C: جرعة الاسمنت (Kg/m^3).
- E: جرعة الماء الكلية على المواد الجافة (باللتر لـ $1m^3$).
- G: معامل حبيبي .

الجدول III. 20 قيمة معامل الحبيبية G

نوعية الركام	البعد D للركام		
	رقيق (D ≤ 16 mm)	متوسط (40≤D ≤ 20 mm)	كبير (40≤D ≤ 20 mm)
ممتازة	0.55	0.60	0.65
جيدة – عادية	0.45	0.50	0.55
مقبولة	0.35	0.40	0.45

C=400 kg/m3 وهي ثابتة اي

ان E يساوي: $\frac{C}{E} = \frac{34.5}{0.45 \cdot 42.5}. + 0.5 = 2.12$

$$E = \frac{C}{2.12}. = 173.91 \approx 173.L/m^3.$$

الخطوة الثانية :إنشاء المنحني المرجعي (OAB) :

- النقطة(البداية) O يتم تحديد بـ: (0 ، 0

- النقطة B (النهاية) تحددها إحداثياتها:(D ؛ 100) ، (D: قطر الركام الأكبر). و D=15 mm

- النقطة A (نقطة الانكسار) تحدده إحداثيات(X ، Y) بحيث :

الفاصلة X مرتبطة ببعد الركام الاكبر D:

إذا كانت D < 20 mm ، فإن الفاصلة هو D / 2.

الترتيبية y وفق الصيغة التالية: $y = 50 - \sqrt{D} + K$

- تركيز الاسمنت 400 ، الدمك عادي ، الركام مسحوق اذن حسب الجدول

K= 0 وهي معرض للتصحيح إضافي $K_S = 0.69$ و $K_P=0$

أي أن الترتيبية y :

$$y = 50 - \sqrt{D} + K + ks + kp = 53.19$$

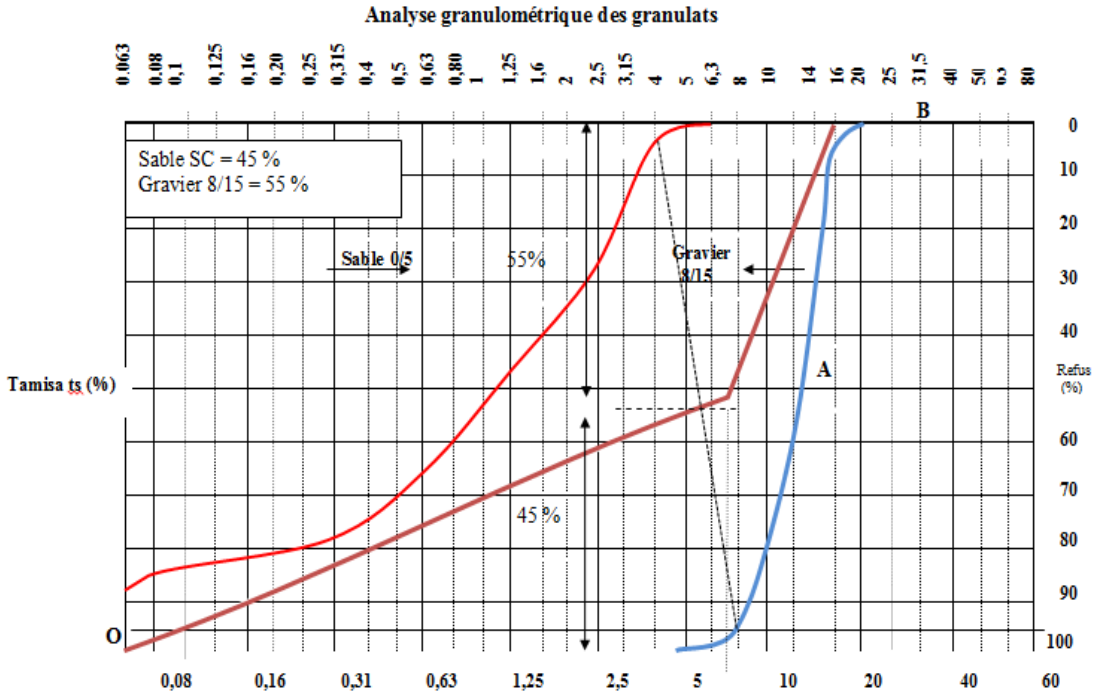
- فإن إحداثيات نقطة الانهيار بالنسبة لتركيبة رمل محاجر فقط 100% A هي:

[48.53 ؛ 7.5]

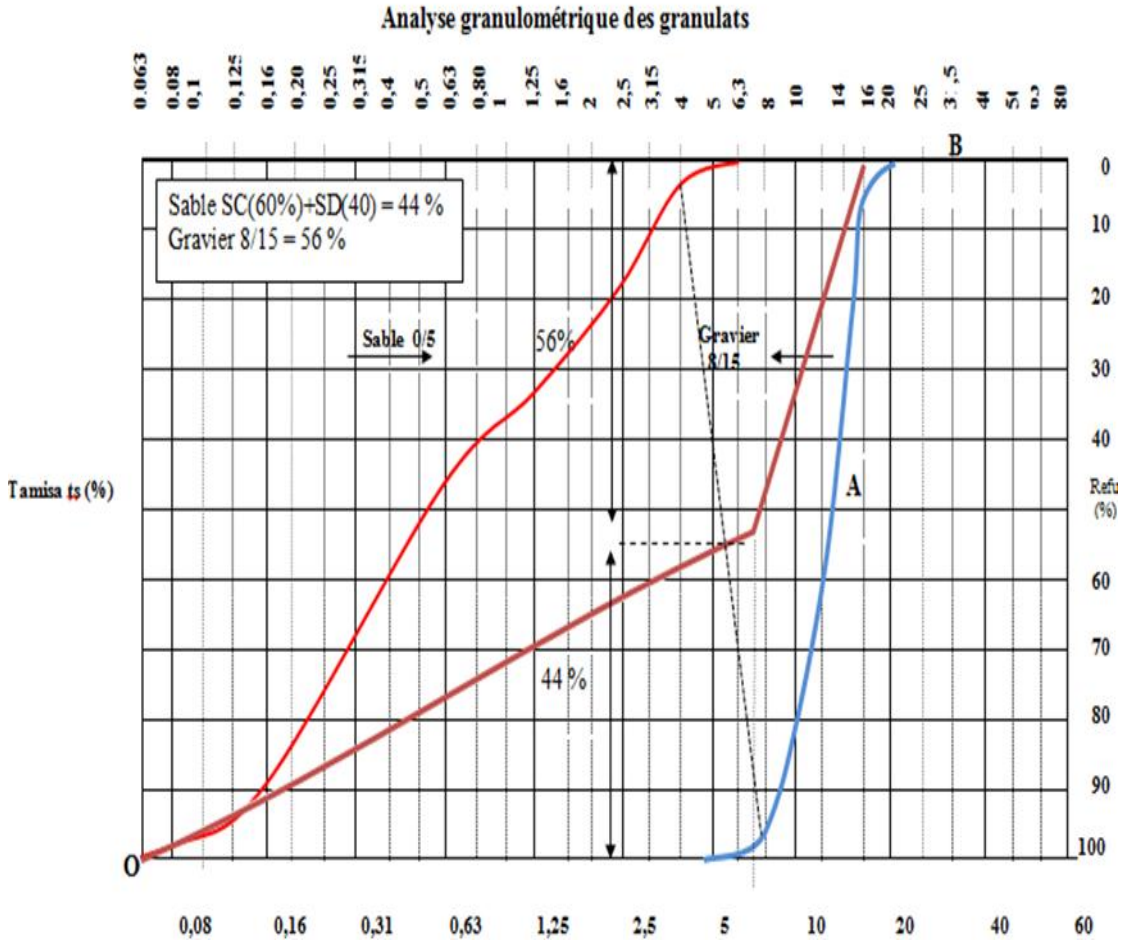
- إحداثيات نقطة الانهيار بالنسبة لتركيبة رمل محاجر60% ورمل كثبان40% A هي:

[46.97 ؛ 7.5]

-رسم الخطوط الفاصلة التي تربط النقاط التي تتقاطع 5%و 95%من المنحنيات المتعاقبة الشكل 02.III



الشكل III. 5 منحنى التدرج الحبيبي لتركيبة خرسانة SC100%



الشكل III. 6 منحنى التدرج الحبيبي لتركيبة خرسانة SC60%+SD40%

النسب المئوية للحجم المطلق لكل نوع من الركام

تحديد حجم المطلق لكل الركام :

الحجم المطلق لمجمل الركام يعطى بالعلاقة التالية :

$$V=1000 \times \gamma - C \text{.....(13-III)}$$

حيث:

V:الحجم المطلق للركام في $1m^3$ من الخرسانة

C:الحجم المطلق للإسمنت في $1m^3$ من الخرسانة $C = \frac{Mc}{\rho} = \frac{400}{3.1} = 129.03\ L$

الجدول III. 21 معامل التراص γ

النسق	الشدادات	γ : معامل التراص						
		D=5	D=10	D=12.5	D=20	D=31.5	D=50	D=80
رخوي	دمك	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	اهتزاز ضعيف	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	اهتزاز عادي	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
لدن	دمك	0.730	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	اهتزاز ضعيف	0.765	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	اهتزاز عادي	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	اهتزاز قوي	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
صلب	اهتزاز ضعيف	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	اهتزاز عادي	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	اهتزاز قوي	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855

ملاحظة : هذه القيم ضرورية لإجراء التصحيحات في الحالات التالية:

- رمل طبيعي + حصى المحاجر = - 0.01
- رمل و حصى المحاجر=-0.03

تصحيح معامل التراص كون الرمل و الحصى من المحاجر $\gamma = 0.82 - 0.03 = 0.79$

منه حجم الكلي المطلق للركام خلال $1m^3$ من الخرسانة هو : V=1000x 0.785-129.03= 655.95 m

الجدول III.22 الحجم المطلق لـ (حصى + SC1000%) وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـm31

المكونات	الركام (حصى + رمل محاجر100%)		الحجم المطلق L	الكتلة الحجمية المطلقة kg/L	الكتلة kg
	الحجم الكلي L	النسبة %			
الاسمنت			129.03	3.10	400.00
الماء			174.00	1.00	174.00
رمل محاجر	655.95	45	295.17	2.43	717.26
الحصـــى 15/8		55	360.76	2.56	923.57
كتلة 1 م^3 من الخرسانة الطازجة					2214.83

ومن هذا الجدول نستخلص النتائج التالية :

- نسبة E/C ثابتة وهي تساوي :0.43
- نسبة S/G هي 0.77

الجدول III.23الحجم المطلق لـ (حصى+SD40%+SC60%) وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـm31 :

المكونات	الركام(حصى+ SC60%+SD40%)		الحجم المطلق L	الكتلة الحجمية المطلقة kg/L	الكتلة kg
	الحجم الكلي L	النسبة %			
الاسمنت			129.03	3.10	400.00
الماء			174.00	1.00	174.00
رمل محاجرSC60%	655.95	26.4	173.17	2.53	438.12
رمل كثبانSD40%		17.6	115.44	2.63	303.60
الحصى 15/8		56	367.33	2.56	940.36
كتلة 1 م^3 من الخرسانة الطازجة					2256.08

ومن هذا الجدول نستخلص النتائج التالية :

- نسبة E/C ثابتة وهي تساوي :0.43.

- نسبة S/G هي 0.78.
- نلاحظ ان النسبة S/G من اجل خرسانة مثلى تقع في المجال (0.58 <S/G <0.83) حسب ما أوصى به " درقوريس " .[1]

من اجل الحصول على الخلطة الخرسانية الشاهدة المثلى يجب الوصول إلى تشغيلية جيدة للخرسانة الشاهدة والأخذ بعين الاعتبار لاشتراطات المعيار التقني.NF-206-1 [58] من أجل ديمومة الخرسانة المعرضة لوسط عدواني نتبع الخطوات التالية :

- تصحيح النسبة E/C لتكون مساوية لـ 0.45 وذلك بزيادة نسبة الماء.

- دراسة حاجة الخلطة الخرسانية الى إضافة نسبة من الملدن للوصول للتشغيلية المناسبة، هاته النسبة تتراوح بين 0- 2 % من وزن الاسمنت اللازم 1م3 من الخرسانة .

III 2.3 دراسة التشغيلية باستعمال طريقة مخروط أبرامز:

لدراسة تشغيلية خرسانة (رمل محاجر ورمل المحاجر+ رمل كثبان) الشهادة استعملنا مخروط أبرامز هذه التجربة معرفة بمعيار NF EN 12350-2 حيث قمنا بإجراء الاختبار لغرض معرفة قوام الخلطة والهبوط الأمثل الذي من خلاله نختار تركيبة الخرسانة الشاهدة.

- النسبة الملدن 1.00 - 1.50 % تحافظ على التشغيلية مثلى (الهبوط 6-9 Cm) للخرسانة الشاهدة .
- نسبة الملدن الموافقة للتشغيلية المثلى هي النسبة 1.5 %(في هذه الدراسة).

الجدول III. 22 تركيبة m31 من خرسانة رمل المحاجر100%.

المكونات	الكتلة kg
الاسمنت	400.00
الماء	180.00
رمل محاجر	717.26
الحصى 15/8	923.57
ملدن	% 1.5

الجدول III. 23 تركيبة m31 من خرسانة رمل المحاجر60% و رمل كثبان40%.

المكونات	الكتلة kg
الاسمنت	400.00
الماء	180.00
رمل محاجر	438.12
رمل كثبان	303.60
الحصى 15/8	923.57
ملدن	% 1.5

III.3.3 تحضير وشكل العينة :(لكل نوع من خلطة خرسانية):

بعد الحصول على الصياغة المثل لكل نوع من خلطات خرسانة رمل محاجر و رمل محاجر+ رمل كثبان قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب اللازمة دراستها بالأبعاد التالية (10*10*10ملم)، و(7*7*28ملم) أما العجينة فتم خلطه باليد.

كيفية تحضيرالخلطة:

بعد الحصول على التركيبة المثلى للخرسانة قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات المطلوبة والمذكورة في الجدول أعلاه .

- نقوم بوزن مكونات الخلطة التركيبة المعتمدة، ويتم عملية الخلط كالتالي:
- يتم خلط الرمل لوحده لمدة 30ثانية.
- إدخال الاسمنت ثم نقوم بالخلط لمدة 60ثانية.
- إضافة 60% من الماء تدريجيا أثناء الخلط للمجموعة (G+S+C+F+E) ثم الخلط لمدة 2 دقائق.
- مزج كمية الملدن في كمية 40% من الماء المتبقي.
- إضافة مزيج الماء و الملدن تدرجيا أثناء الخلط للمجموعة (G+S+C+F+E+P) مع الخلط لمدة2 دقائق.
- ملئ القالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبق عند ملئها لمدة دقيقة وتدك بقضيب حديدي لعدة دقائق.
- تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط ($T= 25^{o}$ و HR = 65) ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة، يتم اخراج العينات من القوالب ووزنهم .
- غمر عينات في الوسط المائي والعينات أخرى في الوسط الحمضي وتوزع كالتالي:

نوع الاول : خلطة خرسانية برمل محاجر فقط..... 24 عينة بأبعاد 10*10*10، و36 عينة بأبعاد 7*7*28.

نوع الثاني: خلطة خرسانية برمل محاجر60% ورمل كثبان40%..... 32 عينة بأبعاد 10*10*10، و36 عينة بأبعاد 7*7*28.

4.3.III تحضير وسط العدواني:

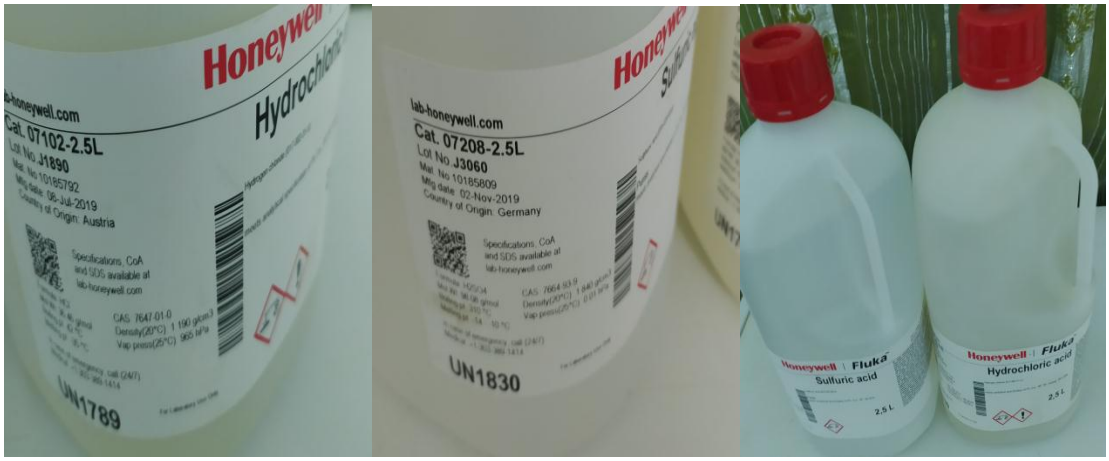
من أعلى تركيز المواد العدوانية مسجل في طبقات المياه الصاعدة لمنطقة الوادي:

- شوارد الكبريتات $SO4^{--}$: 3373 mg/l .

- شوارد الكلور Cl^{--} : 1640.23 mg/l.

اخترنا حمض كلور الماء HCl كممثل لشاردة الكلور Cl^{--} وحمض السيلفات H2SO4 كممثل لشاردة الكبريت $SO4^{--}$.

- قمنا بمضاعفة تركيزهما إلى ستة أضعاف، لنتمكن من تسريع في إيجاد التأثيرات خلال آجال الدراسة.



الصورة III. 9 البطاقة التقنية H2SOو HCL

-من الصورتين الموضحتين أعلاه نستخرج الخصائص الكيميائية للحمضين ونقوم بحساب التركيز الكتلي كالتالي:

الجدول III. 24 خصائص حمض سيلفات و الكلوريد.

حمض	كتلة الحجمية d (g/Cm3)	التركيز P (%)	التركيز الكتلي Cm=10×P×d (g/L)
السيلفات H2SO4	1.84	96	1764
الكلوريد HCL	1.19	37	438

- حساب التركيز الوسط العدواني في التجربة

السيلفات:H2SO4

تركيز الحمض في القارورة:L 1 <-------- 1764 g

3.373 g ----------> X ? =0.00191 L=1.91 ml

مضاعفة التركيز 6 مرات: 1.91 ×6 = 11. 46 mL

الكلوريد:HCL

تركيز الحمض في القارورة:L 1 <-------- 438 g

1.64 g ----------> X ? =0.00374 L=3.74 ml

مضاعفة التركيز 6 مرات: 3.71 ×6 = 22. 44mL

-الوسط العدواني هو مزيج بين محلول السيلفات والكلوريد حسب التركيز المطلوب.

- بعد غمس العينات قمنا بتجديد المحاليل كل 14 يوما لضمان الحفاظ على التركيز.

الخلاصة:

- من خلال التجارب التي تم القيام بها على رمل المحاجر لمنطقة بوسعادة (ولاية المسيلة) نستنتج أنه رمل تميل حبيباته إلى الخشونة معامل نعومته متوسط يمكن استخدمه في الخرسانة العادية ونتيجة المكافئ الرملي أشرت الى احتمالية وجود مواد ناعمة لا تسمح باستخدامه في الخرسانة الشائعة ، إلا أن تجربة ازرق المثلين فندت ذلك بشكل قاطع.

- رمل كثبان لمنطقة حساني عبد الكريم (ولاية الوادي) رمل دقيق معامل نعومته ضعيف يمكن استعماله في خرسانة بشرط إضافة معه المحسنات.

- من أجل تحسين وتصحيح رمل المحاجر اقترحنا ان يكون بالرمل كثبان.

- التركيبة الاولى كانت بنسبة 100 % من رمل المحاجر و التركيبة ثانية كانت بنسبة % 40 من رمل الكثبان و % 60 من رمل المحاجر.

- من خلال تجارب على حصى ذو القطر 15/8 بوسعادة نستنتج أنه حصى مقبول في الخرسانة العادية.

- الاسمنت المستعمل اسمنت البورتلاندي مقاوم للأملاح من نوع CEM I 42.5 (CRS) لمنطقة بسكرة.

- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من حنفية مخبر نيوزلاب.

- من أجل التحكم في النسبة E/C وحصول على تشغيلية عالية استعمالنا ملدن من نوع medaflow 145 بنسبة 1.5 % من كتلة الاسمنت في التركيبتين.

- طريقة تركيبة الخرسانة الشاهد هي طريقةDreux-Goriss.

- الوسط العدواني مكون من محلول الكبريتات والكلور.

الفصل الرابع

الفصل الرابع: دراسة سلوك الخرسانة المدروسة

1.IV مدخل :

بعد تعريف خرسانة رمل المحاجر وخرسانة رمل المحاجر المصححة بالرمل الكثبان وإعطاء نبذة عن تاريخهما وخصائصهما ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترحة في الدراسة، سنتطرق في هذا الفصل إلى الخصائص الميكانيكية لمختلف تركيبات الخرسانة وديمومتها تحت تأثير الوسط المائي والوسط حامضي عدواني وتتمثل في فقد الكتلة الحجمية والنفاذية وبعض المشاهدات البصرية ضوئية والكترونية، وكذلك إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الايام 07 و 14 و 28 و60 ودراسة ظاهرة الانكماش.

2-IV طرق التجارب :

IV. 2. 1 تجربة التحطيم بالانحناء بثلاث نقاط:

تجربة الانحناء تم تنفيذها على عينات(7x7 x 28) سم، وفقا للمعيار NF P. 18-407 [58] البعد بين المسندين21سم و تمتلك طول 28سم، لقد تمت تجربة الانحناء بثلاث نقاط على آلة ضغط مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما مثبت بواسطة سطحهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة وتقرأ الحمولة مباشرة من الآلة.

الحمولة المطبقة على العينة بطريقة مستمرة مع سرعة تساوي 0.05 نيوتن/مم2 لكل دقيقة إلى غاية الانهيار.

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

$$\sigma_F = \frac{6.M.}{b.h^2} \quad \text{.....(4.1)}$$

$$R_f = \frac{4500.F_f.}{b^2} \quad \text{.....(4.2)}$$

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f : قوة تحطم العينة عند الانحناء (KN)

b : جزء العينة الذي يساوي(70 mm).

الصورة IV. 1 تجربة آلة تحطيم بالانحناء

IV- 2- 2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

تجربة الضغط تم تنفيذها على عينات ذات شكل مكعب(10 x10x10) سم، وتكون بواسطة آلة ضغط من نوع(UTEST)، قدرة هذه الآلة على الضغط تصل إلى 1500 kN صورة الجهاز موضحة ف الصورة (**3-IV**). حيث توضع العينة بين صفحتين معدنيتين صلبتين تكون في مركزيهما والحمولة المطبقة عليها مستمرة لغاية انهيار العينة .

أنجزت تجربة الضغط وفقا للمعيار NF P18-406 [59] مقاومة الضغط تعطى بالعلاقات التالية:

$$RC=P/S \quad \text{.....(03- IV)}$$

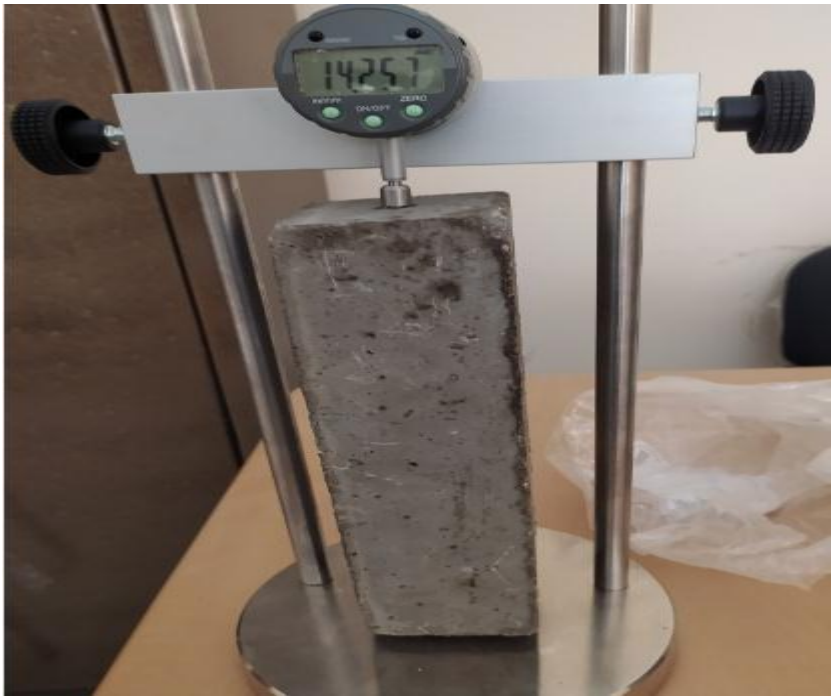
الصورة IV. 2 تجربة آلة التحطيم بالضغط

IV. 2. 3 تجربة الانكماش:

تجربة انكماش تم تنفيذها على عينات(7x7 x 28) سم، وفقا للمعايير427 –18 NFP [60]وهذه العينات مزودة بقطعة معدنية في طرفيها.

الهدف من تجربة الانكماش هو تحديد التغير في طول العينة الخرسانية بسبب نقصها في الحجم نتيجة الجفاف، تم قياسات القيم الابتدائية بعد 24ساعة.

تم انجاز التجربة بجهاز انكماش موجود في جامعة كما هو موضح في الشكل:



الصورة IV. 3 توضح جهاز قياس الانكماش

4.2.IV تجربة الأمواج فوق صوتية:

تجربة الأمواج فوق الصوتية يتم إنجازها وفقا للمعايير NF EN 12504-4[61] وتسمح لنا بمعرفة عدة خصائص للخرسانة الصلبة بدون تكسير وتحطيم العينات. هناك نوعين من الممكن استخدامهما في قياس الأمواج الصوتية هما:

- قياس مباشر: سوف نقوم بالقياس بيه في تجربتنا.

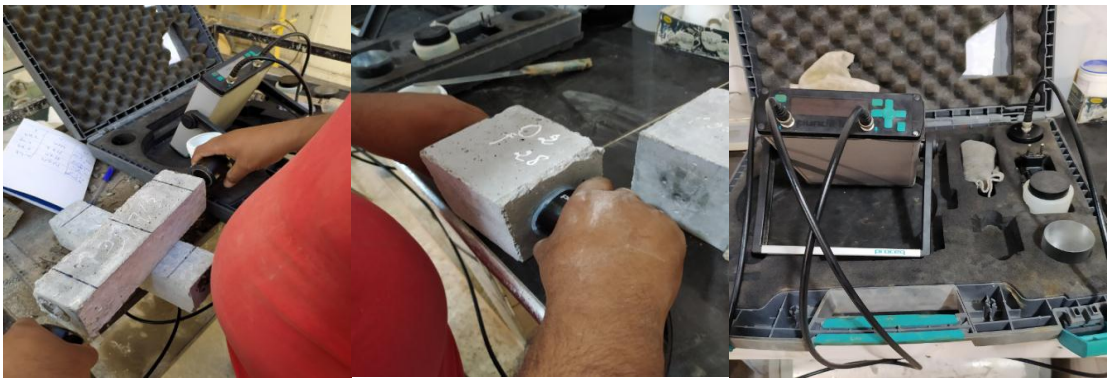
- قياس غير مباشر.

نستعمل الطريقة المباشر هي من أفضل الطرق المستعملة حيث يكون المرسل والمستقبل متقابلين كما موضحه في صوره.

الهدف من استعمل الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج:

- قيمة مقاومة الخرسانة للضغط.

- مدى تجانس الخرسانة.



الصورة IV. 4 تجربة الأمواج الصوتية

حساب سرعة الأمواج الصوتية بالعلاقة التالية:

$$V= D/T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (04- IV)$$

حساب

V: سرعة الأمواج فوق صوتية (م/ثا).

D :المسافة بين المستقبل والمرسل(م).

T :زمن مرور الأمواج في القطعة الخرسانية ب (ثا).

5.2.IV تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية):

تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية) هي تجربة تسمح بمعرفة قدرة امتصاص الماء بدون ضغط من طرف الخرسانة، حيث نقوم بقياس كتلة الماء التي يتم امتصاصها من العينات.

الهدف من استخدامها بصفة عامة، تعطينا معلومات على مدى متانة المادة من عدمها، حيث تعطى لمحة على الفراغات والمسامات داخل الخرسانة.

يتم تنفيذ التجربة بناء على توصيات l'AFPC-AFREM على عينات من خرسانة.

الاجراء:

- ترقيم العينات.

- وزن العينات في حالة الجافة.

- نقوم بوضع العينات في مسندين في الماء بقدر 2mm مع بقي الجزء العلوي في الهواء.

- يتم قياس الوزن بعد مرور 06د ، 12 د ، 30 د ،1 سا ،4 سا،8 سا، 24 سا، 48 سا.

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن بالعلاقة:

$$AC\% = (MSAT – MSEC / MSEC) \times 100$$

AC: معامل الامتصاص

MSAT : كتلة العينة بعد الامتصاص

MSEC : كتلة العينة الجافة

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق بالزمن ومساحة العينات مغمورة في الماء أيضا بالعلاقة:

$$Ca\% = (MSAT - MSEC / A)$$

Ca :معامل الامتصاص (kg/m)

MSAT: كتلة العينة بعد الامتصاص(Kg)

MSEC :كتلة العينة الجافة (Kg)

A: مساحة سطح العينة (m2)

تم القياس على عينات استخدمت كشاهد، حفظت في الماء لمدة 28يوم وعينات حفظت في الوسط العدواني لمدة 28يوم.

الصورة IV. 5 تجربة امتصاص (الماء الخاصية الشعرية).

IV-2 .6 تجربة قياس فقد الكتلة :

هو متابعة التغيرات في الكتلة بمرور الوقت لعينات خرسانة المدروسة والمغمورة داخل وسط الحفظ العدواني المتمثل في حمض كلور الماء وحمض الكبريت الاختبار يكون طبق المعايير التقنية ASTM C267-97 .[62]

العينات المستعملة في حساب فقد الكتلة من نوع: cm^3 (10x 10 x 10).

لدراسة تأثير الوسط العدواني على العينات الخرسانية وفقا للمواصفات الأمريكيةASTM C267-97

من خلال دراسة:

دراسة تغير الوزن مع الزمن للعينات المحفوظة مدة الحفظ وذلك من خلال حساب التغير في الكتلة وفق المعادلة التالية:

$$PM\% = [\ (M1-M2)/M1] \times 100$$

المشاهدات العينية للعينات المحفوظة في الوسط الحامض و مقارنتها مع العينات المحفوظة بالشروط النظامية.

خطوات التجربة:

قبل غمر العينات في المحلول يتم:

- ترقمها.

- تدوين النتائج وزانها بواسطة ميزان الكتروني دقيق.

بعد غمس العينات تتم:

- إخراج العينة من المحلول كل فترة محددة لتكن (60/28/14/07 يوم).

- تنظف العينة 3 مرات بالماء العذاب المتجدد.

- نترك العينة تجف لمدة 24 ساعة.

- وزن العينات ومتابعة تغيراتها بميزان دقيق.

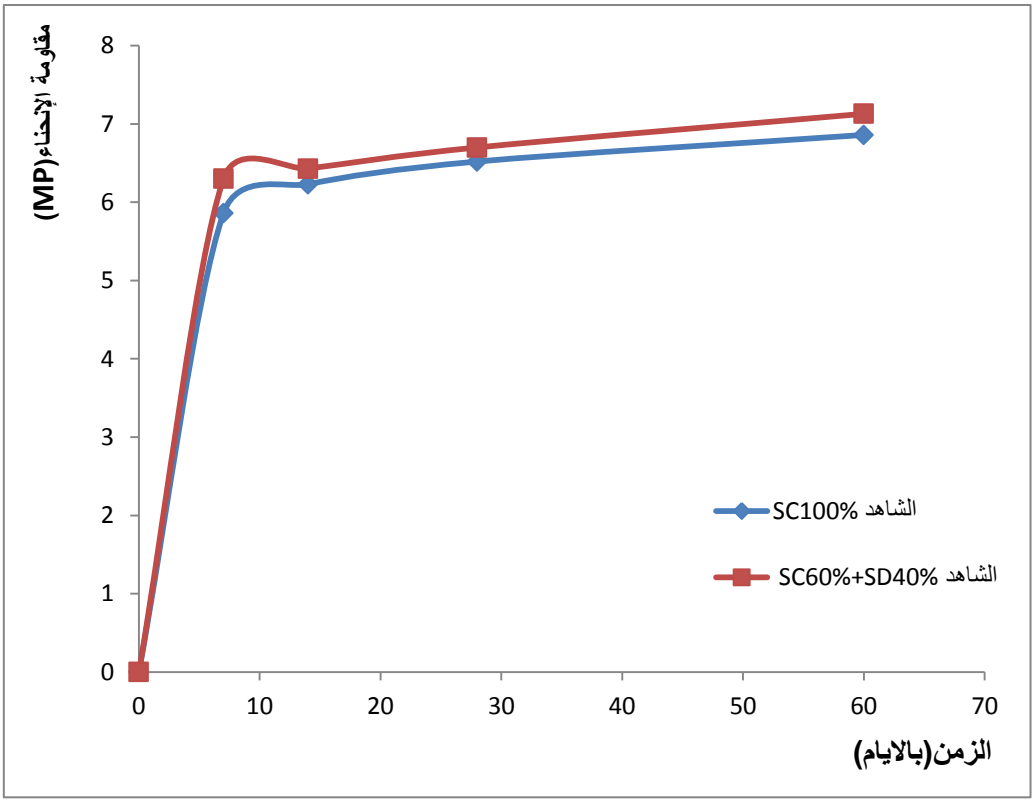
- تجديد تركيز المحلول كل 14يوم لضمان تركيز ثابت.

IV- 3 نتائج مقاومة الانحناء :

العينـات المغمـورة فـي الوسط المائي:

الجدول IV. 1 يوضح نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء (الشاهد):

العينة	الإجهاد في 07 يوم (MPa)	الإجهاد في 14 يوم (MPa)	الإجهاد في 28 يوم (MPa)	الإجهاد في 60 يوم (MPa)
SC100%	5.86	6.23	6.52	6.86
SC60%+SD40%	6.30	6.43	6.70	7.13

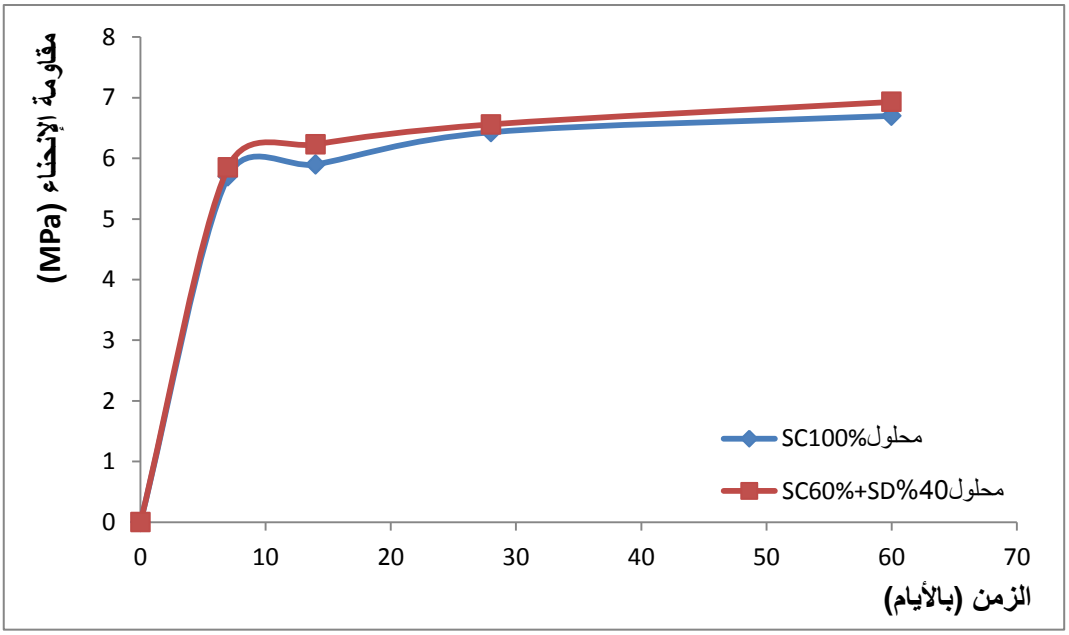


الشكل IV. 1 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء.

العينـــات المغمـــورة فـــي الوسط الحمضي:

الجدول IV. 2 يوضح نتائج مقاومة انحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الحمضي:

العينة	الإجهاد في 07 يوم (MPa)	الإجهاد في 14 يوم (MPa)	الإجهاد في 28 يوم (MPa)	الإجهاد في 60 يوم (MPa)
SC100%	5.70	5.9	6.43	6.70
SC60%+SD40%	5.85	6.23	6.56	6.93



الشكل IV. 2 منحنى نتائج مقاومة الإنحناء حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني.

IV-1.3 تحليل نتائج مقاومة الإنحناء:

من خلال نتائج المجرات على العينات نلاحظ ما يلي:

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد)، نلاحظ أن بمرور الزمن تزداد مقاومة الانحناء. كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الإنحناء لتركيبة الخرسانة (SC60%+SD40%)، أكبر من تركيبة خرسانة SC100%.

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء المقاومة في 28 يوم كانت جيدة حيث وصلت 6.52 MPa بالنسبة لتركيبة SC100% و6.70 بالنسبة لتركيبة SC60%+SD40% مع العلم أن مقاومة الحقيقية تساوي 60 % من مقاومة الشد بواسطة الانحناء إي أن f_{t28} التجريبية الخاصة بخرسانة رمل المحاجر في حدود 4MPa.

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي، نلاحظ أن بمرور الزمن تزداد مقاومة الإنحناء ولم تنخفض المقاومة (انخفاض طفيف جدا) بالمقارنة مع الشاهد. كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الإنحناء لتركيبة الخرسانة (SC60%+SD40%)، أكبر من تركيبة خرسانة SC100% .

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي المقاومة في 28 يوم كانت جيدة حيث وصلت MPa 6.43 بالنسبة لتركيبة100%SC و6.56 بالنسبة لتركيبة SC60%+SD40% مع العلم أن مقاومة الحقيقية تساوي 60 % من مقاومة الشد بواسطة الانحناء إي أن f_{t28} التجريبية الخاصة بخرسانة رمل المحاجر في حدود 4MPa.

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي SC100% انخفضت بنسبة طفيفة قدرة ب 2.33% خلال 60 يوم.

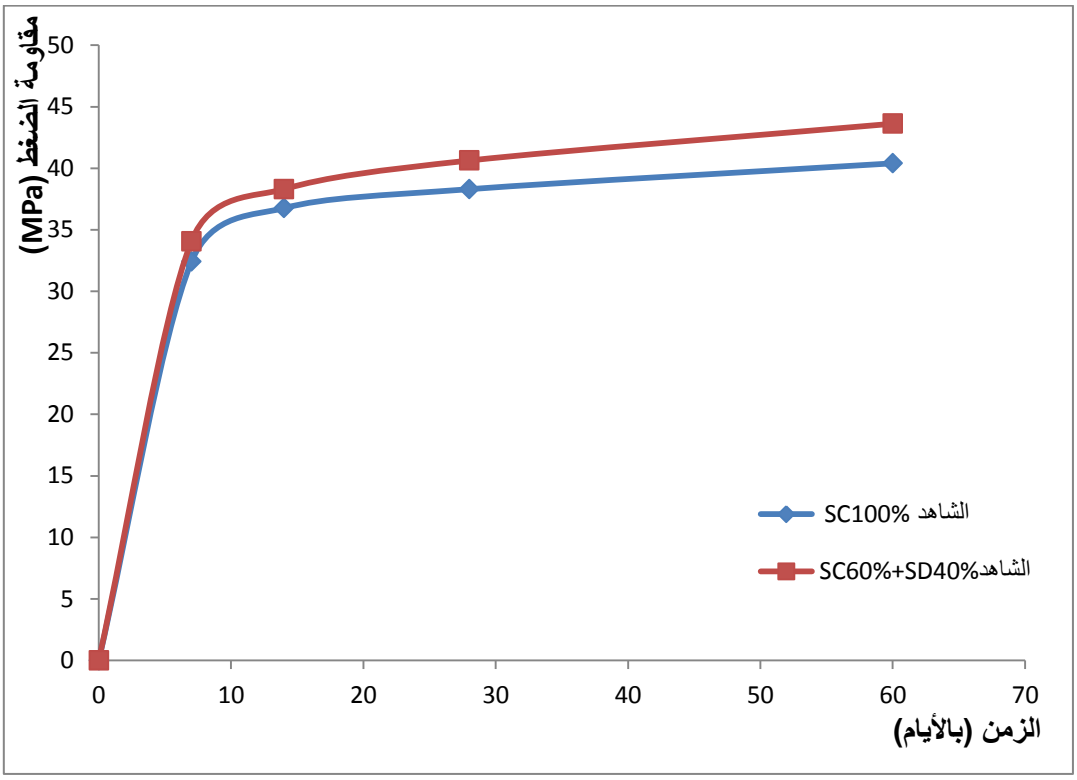
- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي SC60%+SD40% انخفضت بنسبة طفيفة قدرة ب 3% خلال 60 يوم وهي نسبة طفيفة.

IV- 4 نتائج مقاومة الضغط :

العينـــات المغمـــورة فـــي الوسط المائي:

الجدول IV. 3 يوضح نتائج مقاومة الضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء (الشاهد):

العينة	الإجهاد في 07 يوم (MPa)	الإجهاد في 14 يوم (MPa)	الإجهاد في 28 يوم (MPa)	الإجهاد في 60 يوم (MPa)
SC100%	32.40	36.76	38.3	40.4
SC60%+SD40%	34.06	38.30	40.63	43.62

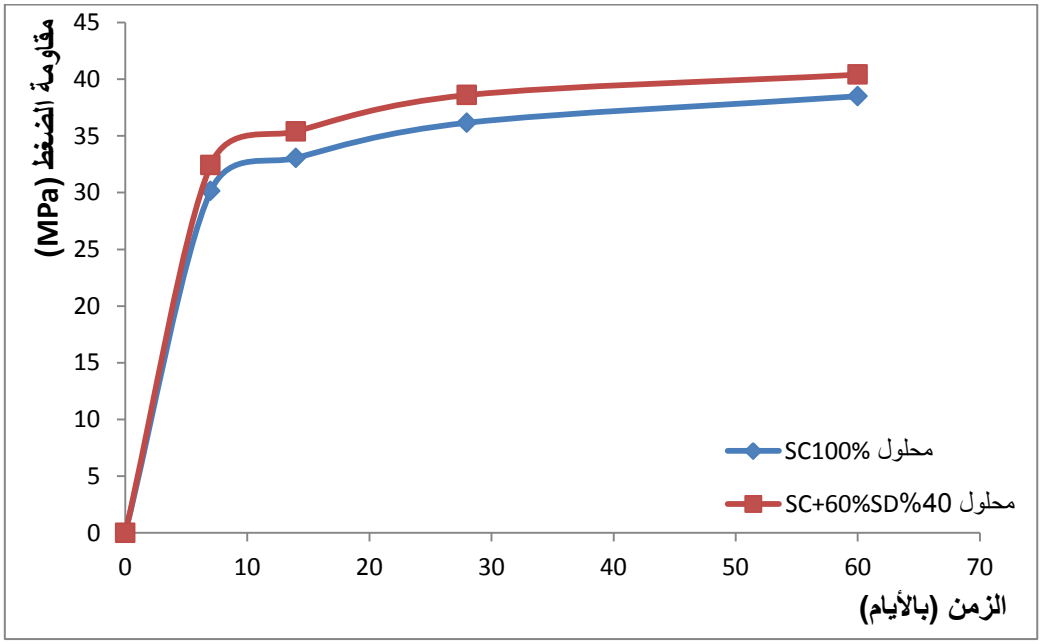


الشكل IV. 3 منحنى نتائج مقاومة ضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الماء.

العينـات المغمـورة فـي الوسط الحمضي:

الجدول IV. 4 يوضح نتائج مقاومة الضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط الحمضي:

العينة	الإجهاد في 07 يوم (MPa)	الإجهاد في 14 يوم (MPa)	الإجهاد في 28 يوم (MPa)	الإجهاد في 60 يوم (MPa)
SC100%	30.15	33.06	36.16	38.5
SC60%+SD40%	32.43	35.40	38.6	40.4



الشكل IV. 4 منحنى نتائج مقاومة ضغط حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في محلول الحمضي.

IV-1.4 تحليل نتائج مقاومة الضغط:

من خلال نتائج المجرات على العينات نلاحظ ما يلي:

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد)، نلاحظ أن بمرور الزمن تزداد مقاومة الضغط. كما نلاحظ أيضا أن مقاومة الضغط لتركيبة الخرسانة (SC60%+SD40%) أكبر من تركيبة خرسانة SC100%.

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء المقاومة في 28 يوم كانت جيدة حيث وصلت 38.3 MPa بالنسبة لتركيبةSC100% و40.6 بالنسبة لتركيبة SC60%+SD40% مع العلم أن مقاومة الضغط مرجعية خلال هذه الصياغة هي 30 MPa.

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي، نلاحظ أن بمرور الزمن تزداد مقاومة ضغط ،كما نلاحظ انخفاض المقاومة (نسبة قليلة) بالمقارنة مع الشاهد.

- نلاحظ أيضا أن مقاومة الضغط لتركيبة خرسانة (SC60%+SD40%)، أكبر من تركيبة خرسانة SC100%.

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي المقاومة في 28 يوم كانت جيدة حيث وصلت MPa 36.16 بالنسبة لتركيبة SC100% و38.6 بالنسبة لتركيبة SC60%+SD40% مع العلم أن مقاومة الضغط مرجعية خلال هذه الصياغة هي 30 MPa.

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي SC100% انخفضت بنسبة طفيفة قدرت ب 5% خلال 60 يوم .

- بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي SC60%+SD40% انخفضت بنسبة طفيفة قدرت ب 7.3% خلال 60 يوم .

IV-5 مناقشة نتائج مقاومة الضغط والانحناء:

العينات المحفوظة في الماء (الشاهد):

- بالنسبة لتركيبة الخرسانة (SC60%+SD40%) ومقارنتها بالتركيبة خرسانة SC100%، يعود التحسن في مقاومة ضغط والانحناء إلى أن تحسن تدرج الحبيبي لرمل محاجر SC100% حيث أن هذا الأخير يميل إلى الخشونة وأن جزء منه كان خارج المجال المحدد للرمال المحبذة في استعمل الخرسانة، وأن معامل نعومته 2.9 كان في مجال (C)غير المحبذ في الخرسانة العادية.

- عند إضافة نسبة(40%) من رمال الكثبان التي تعتبر مادة ناعمة معامل نعومتها لم يتجاوز 1.6 و أن منحي التدرج الحبيبي له كان خارج المجال المحدد للرمال المقبولة في أستعمل خرسانة العادية.

عند إضافة هذه النسبة (40%) يتحسن معامل النعومة للخليط ويصبح 2.6 وهذه القيمة مقبولة حيث تدخل في مجال (A) $\mathbf{2.2<M_{SC60\%+SD40\%}<2.8}$.

إذن تحسن التدرج الحبيبي وأصبح ذو تدرج جيد وشبه متكامل يوجد بيه الحبيبات الدقيقة الناعمة (0.08 mm) إلى الحبيبات الأكبر في الرمل (5mm)، إن هذا التحسن في التدرج الحبيبي سيؤدي في الأخير إلى خرسانة قليلة الفراغات وبالتالي ذات تراصيه عالية مما جعل مقاومة الانحناء والضغط أكبر، على عكس ما في تركيبة SC100% التي تكون خشنة وبالتالي وجود فراغات بين حبيباتها وستؤدي إلى نقص التراصية وبالتالي مقاومة الانحناء والضغط أقل.

- أن مثل هذه النتائج فقد تحصل عليها الدكتور **ماني محمد** و**KETTAB** و **GUENOUN**.

العينات المحفوظة في الوسط الحمضي:

- أما بالنسبة للعينات المحفوظة في الوسط الحمضي ومقارنتها بالمحفوظة في الماء (الشاهد) فقد لحظنا تناقص طفيف في تلك عينات خرسانة التي حفظت في الوسط الحمضي مرد هذا النقص إلى تفاعل بين الطبقة البيضاء المصفرة، في حقيقة هذه الطبقة رقيقة جدا لا تعدد 2mm.

- إن هذه الطبقة لا شك أنها ليست عجينة الإسمنت التي نعرفها و لا الرمال ولا الحصى المركب للخرسانة المستعملة.

أنها نواتج تفاعل حمض(H_2SO_4) و(HCL) مع نواتج إماهة الإسمنت المستعمل، إننا نعلم أن نواتج تفاعل الإسمنت مع ماء هي مركبات التالية(C-S-H) والبرتلانديت ($Ca(OH)_2$) بالإضافة إلى ترنجيت ($C3A.Cacl_2.10H_2O$)، إن تفاعل هذه النواتج مع الوسط الحمضي المستعمل في دراسة سيعطي بلا شك التفاعل من الشكل التالي:

بالنسبة Hcl: $Hcl + Ca(OH)2 \longrightarrow Cacl_2+2H_2O$

هدا المركب ناتج هو عبارة عن رواسب بإمكانه الذوبان.

بالنسبة ترنجيت: $C3Acacl_2.10H_2O \longrightarrow Cacl2+C3A+10H2O$

هذا المركب الناتج في حقيقة غير مستقر أيضا في وجود الكبريتات الذي يعطي المادة الترنجيتية $C3A.3CaS.2H_2O$، تعتبر هذه المادة الترنجيتية تآكل في خرسانة.

بالنسبة H_2SO_4: فيعطي تفاعله مع بوتلانديت $Ca(OH)_2$ مادة الجبس وهذه الأخيرة تتفاعل مع C-S-H لتعطي المادة الترنجيتية غير مرغوب فيها.

$H_2SO4+Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO4.2H2O$ (جبس)

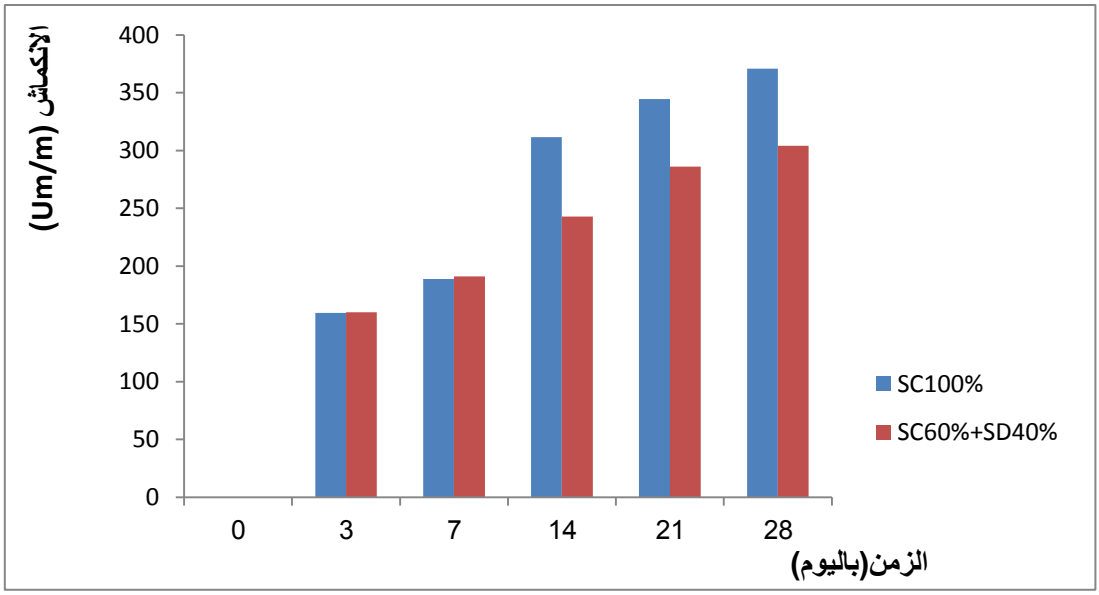
$31H_2O3CaOSO_4+3CaO.AL_2O_3.6H_2O+25H_2O \longrightarrow 3CaOAL_2O_3.3CASO$

-لا شك هذه الطبقة البيضاء التي تميل إلى الاصفرار مقاومتها لضغط والانحناء هي أقل من مقاومة المادة الناتجة على إماهة إسمنت(C-S-H، بوتلانديت $Ca(OH)_2$) هذا ما أنقصا مقاومتي الضغط والانحناء في الوسط العدواني (الحمض). أن مثل هذه النتائج حصل عليها عديد من الباحثين منهم الدكتور **محمد ماني**، **MELAIS**، **Bensekrane**، **Rissel Khelifa**، وعصام ملحم وجد أن نسبة المقاومة للعينات المحفوظة في وسط العدواني قد تناقصت.

IV- 6 نتائج الانكماش :

الجدول IV. 5 يوضح نتائج مقاومة الانكماش حسب تركيبة الرمل:

الأيام / العينات	01	03	07	14	21	28
SC100%	0	159.5±5	189±4	312±5	345±6	371±7
60%SC+40%SD	0	160±7.5	191±3	243±8	286±2	304±6



الشكل IV. 5 أعمدة بيانيا تبين مقارنة نتائج الانكماش حسب تركيبة الرمل للعينات.

IV-1.6 تحليل نتائج الانكماش:

من خلال نتائج المجرات على العينات نلاحظ ما يلي:

1- نلاحظ أن نسبة الانكماش تزداد بمرور الزمن بالنسبة لتركيبتين .
2- كما نلاحظ أيضا أن نسبة الانكماش لتركيبة الخرسانة (SC60%+SD40%) أقل من تركيبة خرسانة SC100% .

IV-2.6 مناقشة نتائج الانكماش:

- يعود الاختلاف بين النسبتين SC100% وSC60%+SD40% إلى كون التركيبة SC100% تحتوي على عناصر (حبيبات ناعمة أكثر من التركيبة المختلطة) كما هو ملاحظ على منحي التدرج الحبيبي لهذه التركيبة -SC100%- أذ أنه يحتوي على عناصر أقل من 0.2 mm وهذا ما تأكده أيضا نتائج المكافئ الرملي إذ أنها كانت في رمل محاجر SC100% تساوي ES_V=56.75 وهذه النسبة في حقيقة هي نسبة متدنية تحذر منها القواعد المنصوص عليها NF-P 18-598 إذ أنها تقول60 <ES_V يسبب تشققات وانتفاخات وقد يسبب الانكماش.

- أما التحصيل الحاصل عند إضافة النسبة 40% من رمل كثبان فإنه ستقلل من نسبة المواد الدقيقة الموجودة في تركيبة SC100% وهذا ما تأكده أيضا نتائج المكافئ الرملي للخليط مقارنة بالتركيبة SC100% حيث أصبحت ES_V= 79 بدل من 56.75.

أن نسبة ESV في خليط مقبولة ولا يوجد عليها ملاحظات وفق قواعد NF-P 18-598.

IV- 7 نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية :

- قمنا بتجربة الموجات فوق الصوتية بعد مرور28 يوم لعينات من نوع(10x10x10) سم فكانت النتائج المدونة في جدول:

الجدول IV. 6 يوضح نتائج تجربة الموجات الصوتية حسب تركيبة رمل من نوع(x10 x1010) سم:

العينة	السرعةV (m/s)	الزمنT (us)
SC100% (في الماء)	4843	19.9
40%SD+60%SC (في الماء)	4885	20
SC100% (في محلول)	4665	20.9
40%SD+60%SC (في محلول)	4685	21.5

- تجربة الموجات فوق الصوتية بعد مرور28 يوم لعينات من نوع(28 x7x7) فكانت النتائج المدونة في جدول:

الجدول IV. 7 يوضح نتائج تجربة الموجات الصوتية حسب تركيبة رمل نوع(7 x 7 x28) سم:

العينة	السرعةV (m/s)	الزمنT (us)
SC100% (في الماء)	4738	59.1
40%SD+60%SC (في الماء)	4714	59.4
SC100% (في محلول)	4730	59.2
40%SD+60%SC (في محلول)	4636	60.4

IV-1.7 تحليل نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية :

من خلال نتائج المجرات على العينات نلاحظ ما يلي:

- نلاحظ جميع القياسات للعينات المكعبة و المستطيلات كانت أكبر من 4200 m/s.
- نستطيع التأكد من القراءة على الجهاز بضرب السرعة في الزمن فنجد طول العينة وهو محقق .
  - بالنسبة للعينات (28*7*7) = 28 cm.
  - بالنسبة للعينات (10*10*10) = 10 cm.

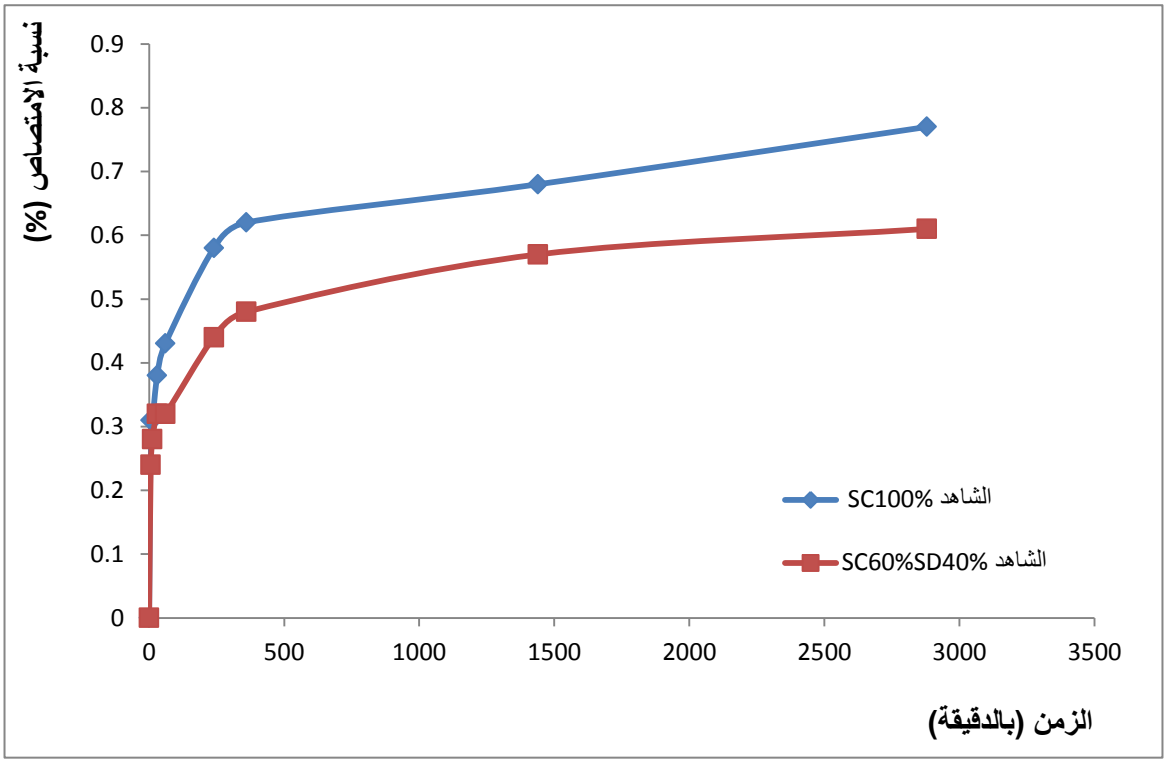
IV-2.7 مناقشة نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية :

- جميع العينات الشاهدة والتي كانت في محلول لمدة 28 يوم تصنف أنها خرسانة ذات مقاومة عالية جدا لأنها أكبر من 4200 m/s وفق بالقواعد NF EN 12504-4 وحسب تنصيف جدولI.4.

IV- 8 نتائج تجربة امتصاص ماء :

الجدول IV. 8 يوضح نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة رمل للعينات المغمورة في الماء.

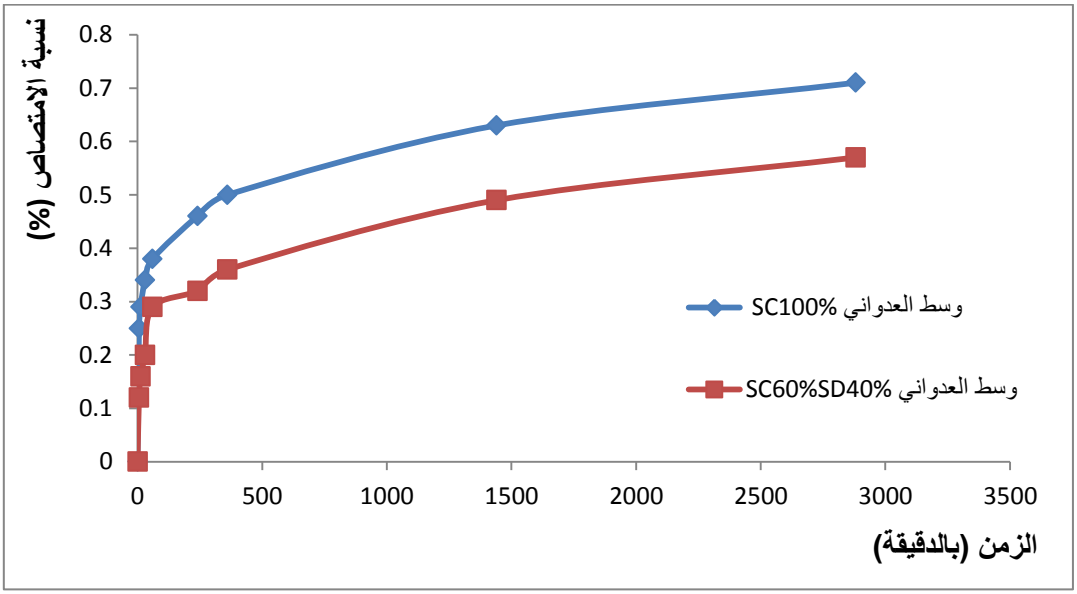
	التركيبة	الوزن الاولى	الوزن بالغرام بعد الغمر في الماء عند28 يوم:						
			6د	12د	30د	1سا	4سا	6سا	24سا	24سا
المغمورة في الماء	SC100%	2579	2587	2587	2589	2590	2594	2595	2597	2599
	SC60%+SD40%	2455	2461	2462	2463	2463	2466	2467	2469	2470
A_b%	SC100%	0	0.31	0.31	0.38	0.43	0.58	0.62	0.68	0.77
	SC60%+SD40%	0	0.24	0.28	0.32	0.32	0.44	0.48	0.57	0.61



الشكل IV. 6 منحنى نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الماء

الجدول IV. 9منحنى نتائج نسبة الامتصاص حسب تركيبة الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني

	التركيبة	الوزن الاولى	الوزن بالغرام بعد الغمر في الحمض عند28 يوم:						
			6د	12د	30د	1سا	4سا	6سا	24سا	24سا
المغمورة في حمض	SC100%	2375	2381	2382	2383	2384	2386	2387	2390	2392
	SC60%+SD40%	2447	2450	2451	2452	2454	2455	2456	2459	2461
A_b%	SC100%	0	0.25	0.29	0.34	0.38	0.46	0.50	0.63	0.71
	SC60%+SD40%	0	0.12	0.16	0.20	0.29	0.32	0.36	0.49	0.57



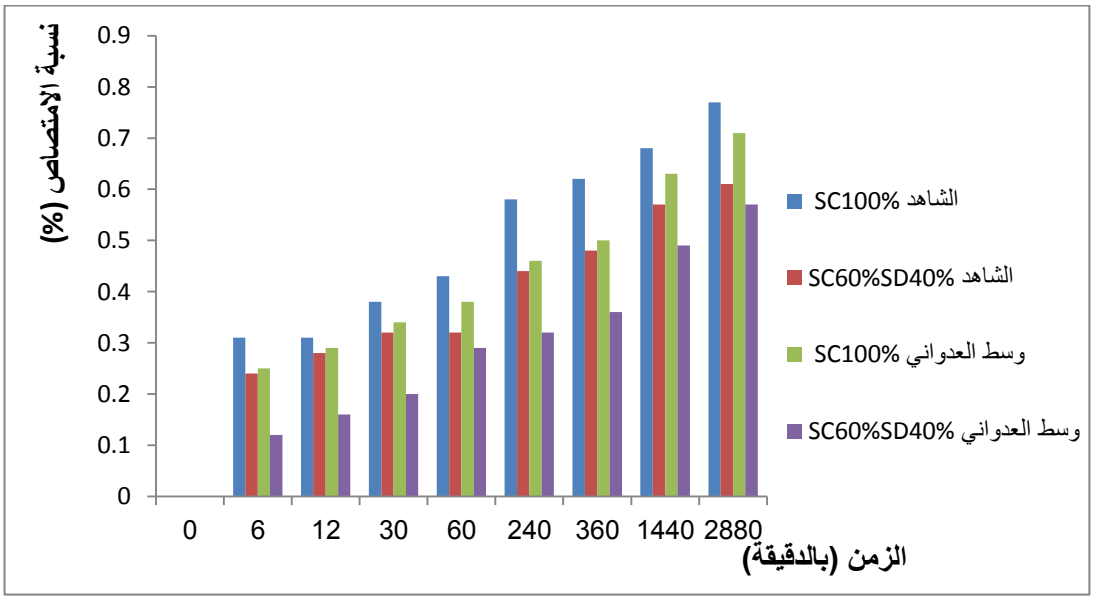
الشكل IV. 7 يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن

الجدول IV. 10 يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن

العينة	M_{sat} (g)	M_{ses} (g)	Ac %
SC100% (الشاهد)	2599	2579	0.77
SC100% (في محلول)	2392	2375	0.71
SC60%+SD40% (الشاهد)	2470	2455	0.61
SC60%+SD40% (في محلول)	2461	2447	0.57

الجدول IV. 11يوضح معامل الامتصاص المتعلق بالوزن و مساحة العينة

Ca (kg/m_2)	مساحة المقطع(m_2)	M_{ses} (g)	M_{sat} (g)	العينة
20	0.001	2579	2599	SC100% (الشاهد)
17	0.001	2375	2392	SC100% (في محلول)
15	0.001	2455	2470	SC60%+SD40% (الشاهد)
14	0.001	2447	2461	SC60%+SD40% (في محلول)



الشكل IV. 8 مدرج بياني يوضح مقارنة نسبة الامتصاص حسب تركيبات الرمل للعينات المغمورة في الوسط العدواني والماء

IV-1.8 تحليل نتائج امتصاص الماء:

- نلاحظ أن نسبة الامتصاص لعينات تركيبة رمل محاجر SC100% كانت أكبر من نسبة إمتصاص عينات تركيبة SC60%+SD40% بالنسبة عينات المغمورة في الماء وكذلك المغمورة في الوسط العدواني.

- نلاحظ أن نسبة الامتصاص لعينات المغمورة في الوسط العدواني أقل امتصاص من العينات المغمورة في الماء (الشاهد).

IV-2.8 مناقشة نتائج امتصاص الماء:

- يعود نسبة الامتصاص لعينات تركيبة رمل محاجر أكبر من تركيبة عينات المختلطة إلى كون رمل محاجر يحتوي نسبة كبير من الدقائق حيث يقل حجم شعيرات الامتصاص، كذلك يحتوي على نسبة عالية من الفراغات والمسامات التي تحدث دخول كميات كبيرة من المياه لتملأ تلك الفراغات والمسامات.

- يعود نسبة الامتصاص لعينات التركيبة المختلطة أقل من تركيبة عينات رمل محاجر إلى نقصان في نسبة الدقائق، كذلك قام رمل كثبان بسد كمية من الفراغات والمسامات داخل جسم الخرسانة مما قلل من نسبة دخول المياه التي كانت من المحتمل لتملأ تلك الفراغات والمسامات.

- يعود نسبة الامتصاص لعينات المغمورة في الوسط العدواني أقل من نسبة امتصاص العينات المغمورة في الماء إلى المحاليل (كلور والفوسفات) التي تفاعلات كيميائية مع الخرسانة مما خلق بعض المواد الجديدة الدقيقة التي قامت بسد الفراغات والمسامات الموجودة داخل جسم الخرسانة مما قلل من نسبة الامتصاص مقارنة مع عينات الشاهد

IV-9 نتائج تجارب تغيرات الكتلة :

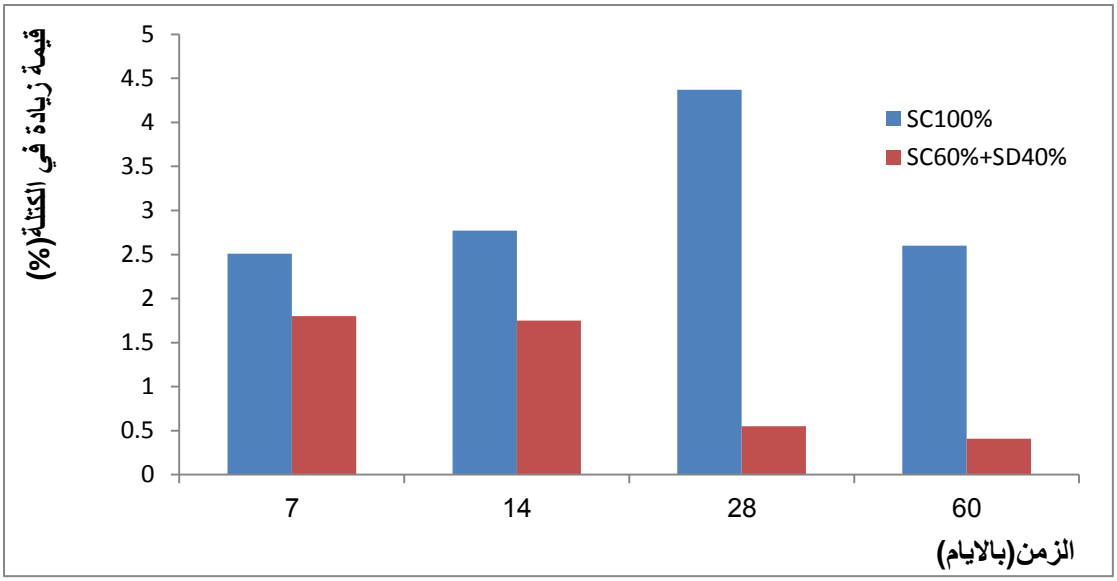
العينـــات المغمـــورة فـــي المـــاء :

الجدول IV. 12 نتائج تجربة زيادة الكتلة لخرسانة SC60%+SD40% المغمورة في الماء

الايام / الوزن(g)	07أيام	14 يوما	28 يوما	60 يوما
الوزن المرجعي (M_1)	2481.7	2363.2	2458.6	2436
الوزن المتحصل (M_2)	2528.5	2405	2472.3	2466
زيادة في كتلة	1.80	1.75	0.55	0.41

الجدول IV. 13نتائج تجارب زيادة الكتلة لخرسانة رمل المحاجر SC100% المغمورة في الماء.

الايام / الوزن(g)	07أيام	14 يوما	28 يوما	60 يوما
الوزن المرجعي (M_1)	2492.6	2428.66	2509	2576
الوزن المتحصل (M_2)	2555.3	2496	2618.66	2643
زيادة في كتلة	2.51	2.77	4.37	2.60



الشكل IV. 9مدرج بياني يوضح نسبة زيادة في الكتلة للعينات المغمورة في الوسط الماء

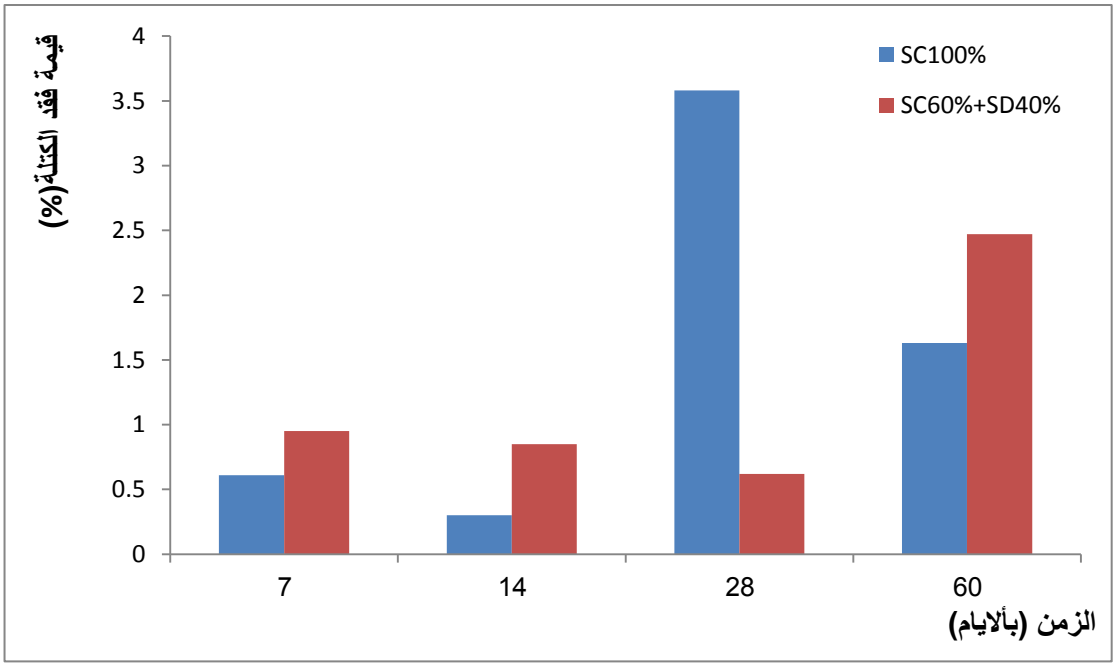
العينـــات المغمـــورة فـــي الوسط العدواني :

الجدول IV. 14نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة SC60%+SD40%المغمورة في الوسط الحمضي.

الايام / الوزن(g)	07أيام	14 يوما	28 يوما	60 يوما
الوزن المرجعي (M_1)	2397.5	2391.5	2471.6	2460
الوزن المتحصل (M_2)	2374.5	2371	2456.3	2399
فقد في كتلة	0.95	0.85	0.62	2.47

الجدول IV. 15نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر SC100% المغمورة في الوسط الحمضي.

الايام / الوزن(g)	07أيام	14 يوما	28 يوما	60 يوما
الوزن المرجعي (M_1)	2398	2422	2501	2379
الوزن المتحصل (M_2)	2383.3	2414	2411.33	2340
فقد في كتلة	0.61	0.30	3.58	1.63



الشكل IV. 10مدرج بياني يوضح نسبة فقد في الكتلة للعينات المغمورة في الوسط العدواني

ملاحظة: كان علينا أن نحتفظ بنفس العينة واحدة على مدي أيام الدراسة.

IV-1.9 تحليل نتائج تجارب فقد الكتلة :

من خلال نتائج المجرات على العينات نلاحظ ما يلي:

بالنسبة للعينات المغمورة في المـاء (الشاهد) نلاحظ مائلي:

- بالنسبة للعينات المكونة من تركيبة SC60%+SD40% نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة وصلت أعلى قيمة 0.55% في مدة 14 يوما وبلغت 2.56% في مدة 28 يوما .
- العينات المكونة من تركيبة SC100% نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة وصلت أعلى قيمة 2.77% في مدة 14 وبلغت 4.37% في مدة 28 يوما.

بالنسبة للعينات المغمورة في محلول الحمضي نلاحظ ما يلي:

- بالنسبة للعينات المكونة من تركيبة SC60%+SD40% نلاحظ أن نسبة فقد الكتلة وصلت أعلى قيمة 1.28% في مدة 14 يوما وبلغت 0.85% في مدة 28 يوما .
- العينات المكونة من تركيبة SC100% نلاحظ أن نسبة فقد الكتلة وصلت أعلى قيمة 0.33% في مدة 14 وبلغت 3.58% في مدة 28 يوما.

IV-2.9 مناقشة نتائج تجارب فقد الكتلة :

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء تعود نسبة الزيادة في الكتلة إلى اكتسابها كمية من الماء وتشبعها(دخول الماء عبر الخاصية الشعرية).

- بالنسبة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي بعد غسل العينات و تنظيفها من الطبقة الملحية فقد أفقدها نسبة من الوزن. ويعود سبب تشكل الطبقة الملحية بيضاء إلى تفاعلات بين مركبات الموجودة على سطح خرسانة و العناصر الموجودة (السيلفات والكلوريد) داخل الوسط العدواني.

IV-10 المشاهدات البصرية:

لقد تمت المشاهدات بالعين المجردة

الصورة IV. 6 العينات الشاهد التي لم تحفظ في الوسط العدواني

الصورة IV. 7 العينات التي وضعت في الوسط العدواني

يتم المقارنة بين العينات المغمورة في الماء الشاهد والعينات المغمورة في الوسط الحمضي وكانت كتالي:

- بالنسبة للعينات التي حفظت في الماء لم يتغير شكلها ولا لونها وبقيت على حالها.
- بالنسبة للعينات التي حفظت في الوسط الحمضي نلاحظ ما يلي:
  - ✓ الشكل: نلاحظ لم يظهر أي تغير على شكلها خاصة الجوانب.
  - ✓ اللون: نلاحظ تغير في اللون وتكوين طبقة صفراء مائله للبياض وطبقة بيضاء وهذا يعود إلى آثار التفاعل بين الخرسانة و الوسط العدواني.

✓ الحجم: نلاحظ زيادة في الحجم لبعض العينات.

1.10-IV مناقشة المشاهدات البصرية لخرسانة رمل المحاجر:

- يعود تغير اللون إلى أثار التفاعل بين الخرسانة والوسط العدواني.

- أما بالنسبة لزيادة الحجم فمرجعه إلى الطبقة المشكلة لها حجم مقابل لحجم نواتج إماهة الإسمنت.

الخلاصة:

نستنتج من هذا الفصل ما يلي:

- رمل المحاجر SC100% أبدي مقاومة جيدة ومقبولة لضغط والانحناء، لكن النسبة SC60%+SD40% حسنت من مقاومة الضغط والانحناء.

- إن الخرسانة المتكونة من رمل المحاجرSC100% أو SC60%+SD40% وإسمنت CRS تمتاز بمقاومة جيدة للتآكل في الوسط الحمضي العدواني بمرور الأيام: 07 يوم، 14 يوم، 60 يوم.

- بالمقارنة بين العينات الخرسانة المنجزة بتركيبتين SC100% و SC60%+SD40% المغمورة في الماء (الشاهد) والمغمورة في الوسط الحمضي العدواني يتبين أن رمل المحاجر له قدرة على الحفاظ على ديمومة الخرسانة(انخفاض طفيف).

- نتائج الانكماش لتركيبة رمل المحاجرSC100% كانت مقبولة حيث بلغت 371 µm/m وذلك خلال 28 يوما.

- نتائج الانكماش لتركيبة SC60%+SD40% أظهرت تحسنا كبيرا بالمقارنة مع تركيبة SC100% يعود ذلك إلى قلت حبيبات ناعمة التي تحتويها التركيبة وهذا ما اكدته مكافئ الرمل.

- التركيب SC60%+SD40% قللت من نسبة امتصاص الماء بالمقارنة مع التركيبة SC100% وبالتالي تحسين ديمومة خرسانة .

- نتائج الامواج فوق صوتية بالنسبة لكل للعينات المغمورة في الماء والوسط العدواني كانت كلها ممتازة صنفت خرسانة عالية مقاومة.

- بالنسبة للمشاهدات البصرية ومقارنة العينات المغمورة في الماء مع العينات المغمورة في الوسط العدواني أظهرت تغير في اللون وتشكيل طبقة نتيجة التفاعلات كما أظهرت ذلك عدم تغير في الشكل خاصة الجوانب.

الخلاصة العامة والتوصيات

تهدف الدراسة إلى استغلال وتثمين رمل المحاجر لمنطقة بوسعادة كبديل لرمال الوديان أو رمال شواطئ البحار والتي تشكل مشاكل بيئية ، من أجل تحسين وتصحيح التدرج الحبيبي لرمال المحاجر استعملنا رمال الكثبان المتواجدة بكثر وغير المثمن والتي تشكل خطر على البيئة. كذلك تهدف الدراسة في تحسين خصائص ديمومة الخرسانة في مناطق الصحراوية تحت تأثير الأوساط العدوانية خصوصا منطقة وادي سوف التي تعاني من ظاهرة صعود المياه تحتوي على عناصر عدوانية ضارة لديمومة خرسانة.

- ❖ قمنا بإنجاز عدة تجارب على المواد المستعملة من اجل التعرف على خصائصهما.

الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمال المحاجر لمنطقة بوسعادة ورمال الكثبان لمنطقة الوادي بلدية (حساني عبد الكريم) وحسب الملاحظات وجدنا ما يلى:

- ✓ رمل المحاجر بوسعادة صالح لاستعمال في الخرسانة ما عدى تجربة المكافئ الرملي التي أعطت نتائج تحذر من استعماله، لكن اختبار أزراق المثيلين تؤكد و بقوة على إمكانية استعمله في الخرسانة العادية.
- ✓ رمل الكثبان صالح لاستعمال في الخرسانة ما عدا تجربة الغربلة التي أعطت نتائج بعيدة بالنسبة لرمال كثبان.

- ❖ في دراستنا هذه وجدنا نتائج التدرج الحبيبي بالنسبة لرمل المحاجر تميل حبيباته إلى الخشونة وهذا ما دفعنا إلى إدراج رمل الكثبان من أجل التصحيح الحبيبي لرمل محاجر وكمحسن له استعملنا النسبة SC60%+SD40% في مجال التصحيح.
- ❖ بعد قيامنا بالعديد من التجارب الفيزيائية والميكانيكية على تأثيرات الوسط العدواني المحتوي على السيلفات والكلوريد بالنسبة لخرسانة رمل المحاجر SC60%+SD40% و SC100% باستعمال إسمنت مقاوم للأملاح تبين أن تأثير إيجابي في تحسين ديمومة الخرسانة .
- ❖ مناطق الحارة والجافة تعاني من ظواهر عدوانية الأوساط بالخرسانة خاصة هناك مناطق تعاني من مشكلة صعود المياه خاصة منطقة الوادي محل دراسة. قد أوضحت نتائج إيجابية منها:
  - ✓ إسمنت مقاوم للكبريتات أعطت مقاومة أمام الأوساط العدوانية(عدم تغير الشكل).
  - ✓ مقاومة الضغط والانحناء لم تتغير كثيرا (تغير طفيف)، بين العينات المحفوظة في الماء(الشاهد) والمحفوظة في وسط العدواني.
- ❖ التركيبة SC60%+SD40% أعطت تحسن واضح في مقاومة الضغط والانحناء وامتصاص الماء بالمقارنة مع التركيبة SC100%.
- ❖ تحسن في نسبة الانكماش بالنسبة لتركيبة SC60%+SD40% بالمقارنة مع التركيبة SC100%.
- ❖ بالنسبة للمنشآت في الأوساط الحارة والجافة ينصح باستعمال التركيبة SC60%+SD40% لأن لديها مقاومة جيدة في انكماش عكس تركيبة SC100% .

من خلال النتائج المتحصل عليها، وكنتيجة لهذا البحث نقترح:

1- تحسين وتطوير خرسانة رمل المحاجر بشرط ان يكون معامل النعومة مقبول أو المصحح برمل الكثبان أو رمال أخرى.

2- تركيز الاهتمام بدراسة هذا النوع من الخرسانة في الأوساط العدوانية خصوصا بوادي سوف وفي المناطق المتأثرة بظاهرة صعود المياه عموما .

3- محاولة إيجاد صيغ علمية لهذا النوع من التركيبات الخرسانية.

وفي الأخير أملنا أن وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما ونأمل من الله عزو جل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام أكثر خصوصا المعرضة لأوساط عدوانية خطيرة جدا.

المراجع

قائمة المراجع

[02] **Houssam BELKHIRI & Ahmed DERRAGUI**," Contribution à l'étude comportements mécaniques de mortier à base de sable de dune et fines siliceuses" Mémoire de Fin d'Etudes, Université Ziane Achour de Djelfa, année 2016

[03**] Joudi-Bahri** "Influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés. Un exemple tunisien" l'Université de Lorraine, France& de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis Thèse Doctorat 2012.

[04]**KENAI.S, BENNA.Y et MENADI.B**. «The effect of fines in crushed calcareous sand on properties of mortar and concrete» International conference, University of Sheffield, Centre for cement and concrete structural Integrity Research Institute, Sheffield, 28, June, 1999

[07] **GEORGES DREUX et JEAN FESTA**. « Nouveau guide du béton et de ses constituants ». Huitième édition, Eyrolles, France, 1998.

[09] **Saida DAHMANI Ayoub** : "Influence du dosage du ciment dans le béton d'usage courants sur ces propriétés à l'état durcit " Theme MASTER 2015/2016.

[10] **Z.SALIM** .Influence des caractéristiques du gravier sur la qualité de béton Université de M' sila1995.

[11] **Baron.J, Olivier.J.P et. Weiss.JC, 1996** : Chapitre 1A : Les ciments courants, Les bétons Bases et données pour leur formulation, sous la direction de Jacques .BARON, Jean-Pierre OLIVIER, Ed Eyrolles.

[13**] COLLECTION TECHNIQUE CI M BÉTON FICHES TECHNIQUES**, Le ciment et ses applications Nouvelle édition 2001. « Comparative study of the cementitious of différent fly ashe », pp 91-114 - 1994.

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

[17]Properties and Testing of Fresh Concrete.

[18]**Veronique Baroghel-Bouny**, Patrick Rougeau, Sabine Care Et Josette Ausewitch. «Etude comparative de la durabilité des bétons B30 et B80 des ouvrages jumeaux de bourges. I- Microfissuration, propriétés de durabilité et retrait». LCPC N°217, Septembre - Octobre 1998, pp. 61-73.

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

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

[27] NF EN 206-1.

[28] **Rissel Khelifa, M**. " Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons autoplaçants. Architecture, aménagement de l'espace. Université d'Orléans, 2009. Français.

[30]**Ait-Tahar, K.** "Mode de rupture par flexion des poutres composites en béton de fibres". Annales de l'I.T.B.T.P. 4, 11-17. 2001.

[31]**Minnesota Department of Transportation USA**, Properties and Mix Desiganations –Concrete Manual, September2003.

[32]**GUILLON.E**., « Durabilité des matériau cimentaires –modélisation de l'influence des équilibres physico-chimiques sur la microstructure et les propriétés mécaniques résiduelles», Thèse de doctorat, d'Ecole Normale Supérieure de Cachan, France 2004.

[33]**ADENOT F., BUIL M.,** «Modelling of the corrosion of the cement paste by deionized water», Cement and Concrete Research 22, 259-272, 1992.

[34]**GUEMMADI Z., ESCADEILLAS G., TOUMI B., HOUARI H. ET CLASTRES P.,** « Influence des fillers calcaires sur les performances mécaniques des pates de ciments », 1er congres international sur la technologie et la durabilité du béton CITEDUB 1, USTHB Alger, mai 2004.

[35]**THESE EN COTUTELLE** Présentée pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE MOSTAGANEM Discipline : Génie Civil Présenté par :BELARIBI OMAR « Durabilité des bétons autoplaçants à base de VASE ET DE pouzzolane».

[36] **ROZIERE E**., « Etude de la durabilité des bétons par une approche performantielle », Thèse de doctorat, l'Ecole Centrale de Nantes, 2007.

[37] **National Precast Concrete Association**- IN, USA- Understanding Carbonation-Precast Inc. Magazine July 20, 2015.

[38] **Collection technique Cimbéton** "‹Guide de prescription des ciments pour des constructions durables ›" Centre D'informations sur le ciment et ses applications .2009

[39] **Rissel Khelifa, M. "** Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons autoplaçants. Architecture, aménagement de l'espace. Université d'Orléans, 2009. Français**.**

[40] **KAID, N** . "Etude de La Durabilité des mortiers Pouzzolaniques face aux milieux agressifs, "SICZS_2010" Symposium International sur la Construction en Zone Sismique" Université Hassiba Benbouali de Chlef (Algérie), 26 – 27 octobre 2010

[43]NFP18-301.

[44] **DUPAIN. R, LANCHON.** R, SAINT ARROMAN. J. C. Granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire. Collection CAPLIEZ, édition CASTEILLA, V235, Paris 1995.

[45]NFP18-598.

[46]P 18-541.

[47] NFP18-598

[48] NF P 18-592

[50] NFP18-555.

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

[52] NFP 18-560.

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

[54]NF P 18-591 **.**

[55]NFP 18-301.

[56]NF P 18-321.

[58] NF P. 18-407.

[59] NF P18-406.

[60] NFP 18– 427

[61]NF EN 12504-4

[62]ASTM C267-97

[01] **مـاني محمد** . " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي . والتعزيز بالألياف المعدنية " ، لنيل شهادة الماجستير بجامعة قاصدي مرباح – ورقلـة –

[5] جريدة جزيرس محرك بحث اخباري عدد بتاريخ 2007/02/25

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

[8] **محمود امام و محمد أمين** كتاب "خواص المواد و اختباراتها " 2007 مصر

[12]**محمود إمام** :"الخرسانة- الخواص ، الجودة ، الاختبارات" الناشر المغربي للطباعة و النشر المنصور- الطبعة الرابعة2007 مصر

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

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

[22] **مجلة المهندس** " الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها"العدد 4 ، 1996.

[23] **اختبارات الخرسانة المتصلدة**- الوحدة السادسة –الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج –مختبر الإنشاءات المعمارية.

[24] **تقنيات واعمال الخرسانة التجارب المعملية السعودية** (156 مدن/ الوحدة السادسة) التخصص تقنية مدنية.

[25] **مرخوفي عبد المالك** . "المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة ألياف النخيل في المناطق الجافة و الحارة" ، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة ، 2004

[26] **محمود إمام** : تكنولوجيا الخرسانة "قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة ,جامعة "المنصورة ,مصر سنة 2002

[29]**محمود حامد مهنا** :تكنولوجيا الخرسانة "قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة ,جامعة "الانبار ,العراق سنة 2019-2020

[41]**عبداوي جيهان ريم** : مشكلة صعود المياه و آثارها على البيئة بإقليم وادي سوف ، مذكرة ماجستير ، إشراف، بولحواش علاوة، كلية علوم الأرض و الجغرافيا و التهيئة العمرانية ، جامعة منتوري قسنطينة،2006

[42] **نقية إبراهيم:** " المساهمة في دراسة ديمومة خرسانة رمل محاجر في منطقة وادي سوف تحت تأثير المياه الصاعدة " ، لنيل شهادة الماستر بجامعة حمه لخضر – الوادي – سنة 2020/2019

[49] **درقيش عبد الرحمن:** " دراسة الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية لخرسانة رمل محاجر المعززة بالألياف المعدنية "، لنيل شهادة الماستر بجامعة حمه لخضر – الوادي – سنة 2020/2019

[57] **مـــاني محمد** . " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف المعدنية " ، لنيل شهادة دكتوراه بجامعة قاصدي مرباح – ورقلـة – سنة2019 /2020.

الملاحق

صورة توضح رمل المحاجر

صورة توضح كيفية تخليط رمل المحاجر مع رمل الكثبان

صورة تجربة المكافئ الرملي لتركيبة SC60%SD40

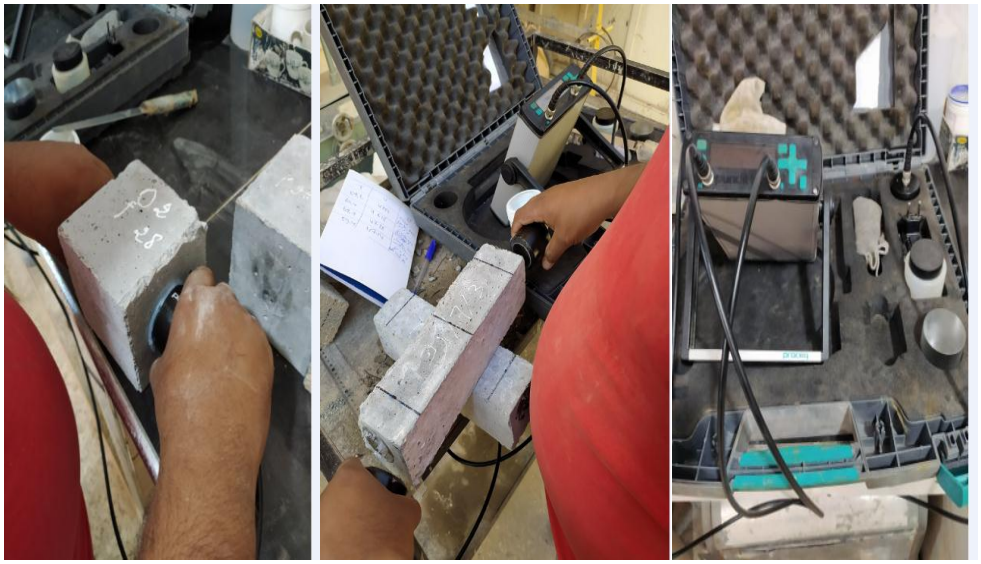
صورة توضح تجربة قياس التشغيلية بواسطة مخروط أبرامز قبل وبعد إضافة الملدن

صورة قوالب تجربة الضغط والانحناء

صورة توضع العينات التي تم غمرها في الوسط المائي والحامضي

صورة توضح قوالب وجهاز تجربة الانكماش

صورة توضح عينات أثناء تجربة ضغط والانحناء (وعينات بعد تجربة الانحناء)



صورة توضح تجربة الأمواج الصوتية

NOTICE TECHNIQUE

MEDAFLOW 145

Conforme à la norme NF EN 934-2 : TAB 1, TAB 3.1 ET TAB 3.2 NA 774

Super plastifiant–Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 145** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est conçu à base de poly carboxylates d'éther modifiés et son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un long maintien d'ouvrabilité.
Le **MEDAFLOW 145** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 145** ne présente pas d'effet retardateur.

CARACTERISTIQUES

- Forme .....Liquide
- Couleur .....brai clair
- pH ..... 5 – 6
- Densité..... 1.065 ± 0,015
- Teneur en chlore..... < 1g/L
- Extrait sec .....30±1.5%

PROPRIETES ET EFFETS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 145** permet :
Sur béton frais :

- l'obtention d'un E/C très bas
- Béton plastiques à fluides
- une très bonne maniabilité
- un long maintien de l'ouvrabilité
- de faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- bonne résistances initiale et finales .
- de diminuer la porosité
- bel aspect de parement au décoffrage
- de diminuer le retrait

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - nivelant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons avec ferraillage dense

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :
0,3 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.33 à 1.8 litre pour 100 Kg de ciment.
Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 145** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 60% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.
Il est recommandé de réaliser des essais dans les conditions de chantier afin de déterminer le dosage fournissant les résultats recherchés.
Par temps chaud, le **MEDAFLOW 145** peut être combiné à un retardataire de prise **MEDARETARD GR** .

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 145** est conditionné en bidons de 10 l et fûts de 210 et 240 kg.et cubitainer 1100 kg
Délai de conservation :
12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

GRANITEX
Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger
Tél : (213) 021 51 66 81 & 82
Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23
www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz

صورة توضح بطاقة تقنية للملدن المستخدم في تركيبة خرسانة

Contrôle & Vérification
SOCOVEC
Société de Contrôle et de Vérification

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° 793.MET.ZM.20

Délivré à : SARL NIZOLB.CONTROLE
(El Oued)

Date de l'étalonnage : 04 Juillet 2020
Prochain étalonnage : 04 Juillet 2021

INSTRUMENT ETALONNE :

Désignation : PRESSE A BETON
Marque : CONTROLS
Type : C34A2 N° de Série : 06031460 Capacité maximale : 1500 KN Résolution : 0,1 KN Classe : /
Identification interne : /
Affectation : Laboratoire NIZOLAB - El Oued.

METHODE D'ESSAI ET D'ETALONNAGE :

L'étalonnage a été effectué par comparaison à un étalon de référence de métrologie habilité.
L' (Les) étalon(s) utilisé(s) pour cet étalonnage est (sont) consigné(s) dans un dossier archivé au laboratoire et dont le numéro est identique à celui du présent certificat.

DOCUMENT DE REFERENCE : Recommandation Internationale (R 65)

CONDITIONS D'ETALONNAGE :

Température ambiante : (27,9 ± 1)°C
Humidité relative : (35,5 ± 5)% HR
Pression atmosphérique : Non contrôlée

EQUIPEMENT ETALON UTILISE

CAPTEUR DE FORCE	INDICATEUR
Marque : AEP	Marque : AEP
Type : CLF 2000 KN	Type : MP 10
N° de Série : 137102	N° de Série : 6384-2013-07
N° du Certificat : 13-0570-01	

(La délivrance d'un certificat d'étalonnage SOCOVEC garantit la traçabilité des résultats aux étalons internationaux)

RESULTATS DE L'ETALONNAGE

Force d'Essai	Essai N° 01	Essai N° 02	Essai N° 03	Moyenne des Essais	Répétabilité	Erreur	Incertitude
en (KN)					en (%)		
200,00	200,613	200,359	200,638	200,537	0,14	-0,27	0,39
400,00	400,911	400,766	400,801	400,826	0,04	-0,21	0,14
600,00	601,315	601,877	601,713	601,635	0,09	-0,27	0,18
800,00	802,322	802,514	802,429	802,422	0,02	-0,30	0,08
1000,00	1004,066	1003,899	1003,906	1003,957	0,02	-0,39	0,06
1200,00	1204,548	1204,412	1204,615	1204,525	0,02	-0,38	0,05
1400,00	1407,111	1406,974	1406,724	1406,936	0,03	-0,49	0,06

Conclusion : Equipement Conforme est de classe 1

P/ Département Métrologie

Département Métrologie SOCOVEC Etalonnage des Instruments de Mesure

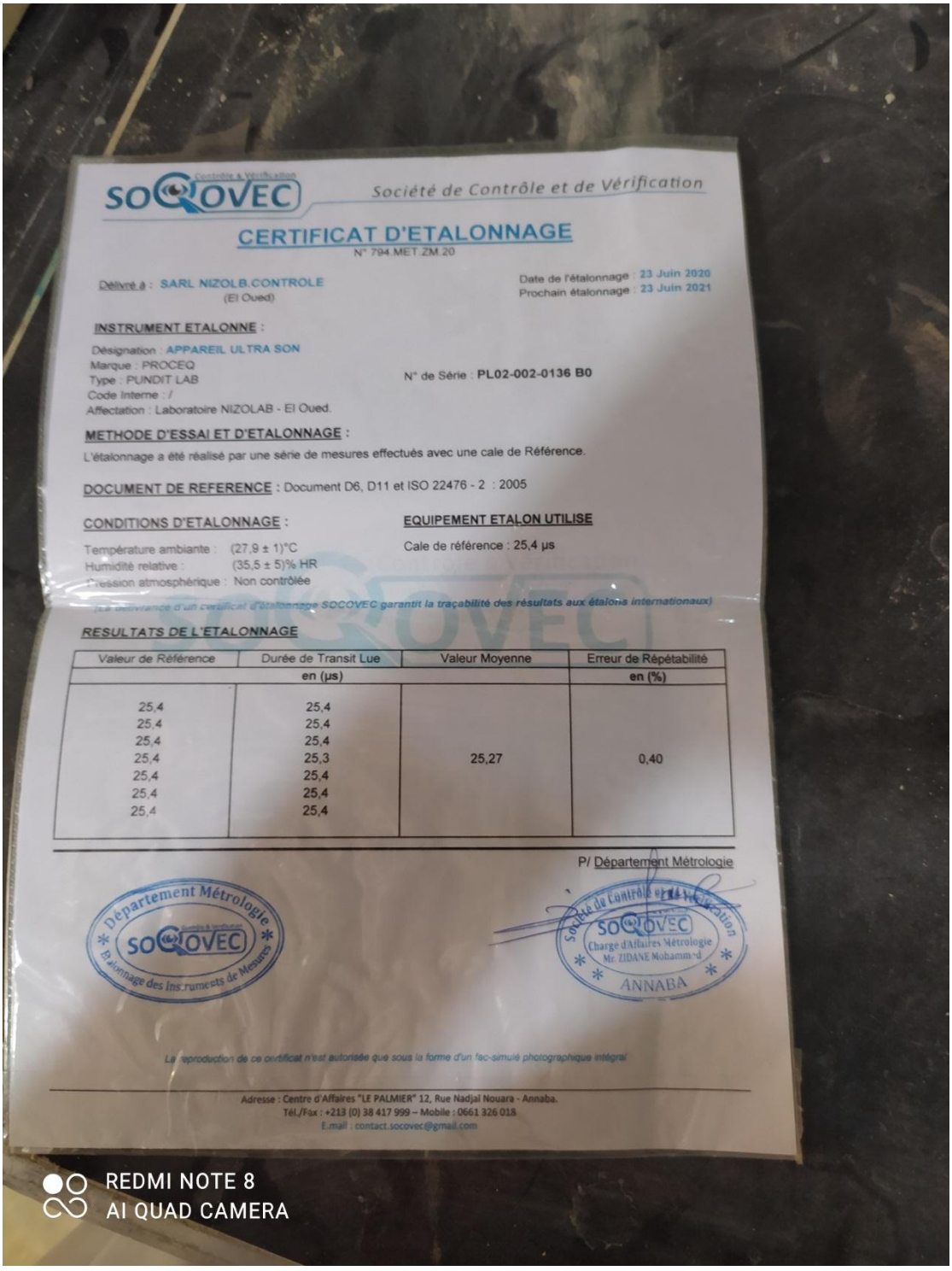
Société de Contrôle et de Vérification SOCOVEC Chargé d'Affaires Métrologie Mr TIDANE Mohammed ANNABA

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral

Adresse : Centre d'Affaires "LE PALMIER" 12, Rue Nadjai Nouara - Annaba.
Tél./Fax : +213 (0) 38 417 999 – Mobile : 0661 326 018
E.mail : contact.socovec@gmail.com

REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

صورة توضح شهادة معيارية لتجربة الضغط



SOCOVEC Contrôle & Vérification

Société de Contrôle et de Vérification

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° 794.MET.ZM.20

Délivré à : SARL NIZOLB.CONTROLE
(El Oued)

Date de l'étalonnage : 23 Juin 2020
Prochain étalonnage : 23 Juin 2021

INSTRUMENT ETALONNE :

Désignation : APPAREIL ULTRA SON
Marque : PROCEQ
Type : PUNDIT LAB
Code Interne : /
N° de Série : PL02-002-0136 B0
Affectation : Laboratoire NIZOLAB - El Oued.

METHODE D'ESSAI ET D'ETALONNAGE :

L'étalonnage a été réalisé par une série de mesures effectués avec une cale de Référence.

DOCUMENT DE REFERENCE : Document D6, D11 et ISO 22476 - 2 : 2005

CONDITIONS D'ETALONNAGE :

Température ambiante : (27,9 ± 1)°C
Humidité relative : (35,5 ± 5)% HR
Pression atmosphérique : Non contrôlée

EQUIPEMENT ETALON UTILISE

Cale de référence : 25,4 µs

(La délivrance d'un certificat d'étalonnage SOCOVEC garantit la traçabilité des résultats aux étalons internationaux)

RESULTATS DE L'ETALONNAGE

Valeur de Référence	Durée de Transit Lue en (µs)	Valeur Moyenne	Erreur de Répétabilité en (%)
25,4	25,4		
25,4	25,4		
25,4	25,4		
25,4	25,3	25,27	0,40
25,4	25,4		
25,4	25,4		
25,4	25,4		

P/ Département Métrologie

Département Métrologie SOCOVEC Etalonnage des Instruments de Mesures

Société de Contrôle et de Vérification SOCOVEC Chargé d'Affaires Métrologie Mr. ZIDANE Mohamm·d ANNABA

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé photographique intégral

Adresse : Centre d'Affaires "LE PALMIER" 12, Rue Nadjai Nouara - Annaba.
Tél./Fax : +213 (0) 38 417 999 – Mobile : 0661 326 018
E.mail : contact.socovec@gmail.com

REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

صورة توضح شهادة معيارية لتجربة الأمواج الصوتية