الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية العلوم التطبيقية

قسم الهندسة المدنية والري

مذكرة

مقدمة لنيل شهادة ماستر

التخصص: هندسة مدنية

المسار: دراسة ومراقبة العمارات والطرق

إعـداد:

بشنب زكرياء صخر محمد بهاء الدين

الموضوع

دراسة متانة الملاط المحتوي على الكثبان الرملية كبديل جزئي لرمل المحاجر

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة: بتاريخ 2023/06/18

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	الصفة
– سفيان سقاي	أستاذ التعليم العالي (جامعة ورقلة)	مؤطراً
– مخرمش عبد السلام	أستاذ محاضر (جامعة ورقلة)	رئيساً
– بوعكة وفاء	أستاذ محاضر (جامعة ورقلة)	ممتحناً

السنة الجامعية: 2023/2022

شكر و عرفان

الحمد لله الذي أعاننا ووفقنا على انجاز هذا العمل المتواضع الذي نرجو أن يكون قيما وهادفا وصلى الله على سيدنا ومولانا محمد سيد الخلق أجمعين وعلى آله وصحبه وذريته إلى يوم الدين.

نتوجه بالتقدير والشكر للأستاذ: سفيان سقاي الذي كان لنا نعم الموجه ولم يبخل علينا بنصح ولا بعلم طيلة مرحلة انجاز البحث.

لا يفوتنا ان نشكر جميع الأساتذة على مساعدتهم لنا في مسارنا الدراسي.

ويتوجه شكرنا وامتناننا للفريق التقنيبمخابر كلية العلوم التطبيقية ونخص بالذكر

" عمي علي كشيرد "

كما نخص بالذكر طاقم مخبر(LTPS)وطاقم مخبر (LNHC)وعلى رأسهم السيد " حفصي عبد اللطيف " وجميع عمال المخبر.

ونشكر والدينا على مواساتهم لنا طيلة المسار الدراسي، ونشكر زملائنا وأحبابنا.

وفي الأخير نوجه شكرنا الى كل من ساهم من قريب أو من بعيد وكل من كان له يد العون أوالنصيحة في إتمام هذا البحث.

إهـداء

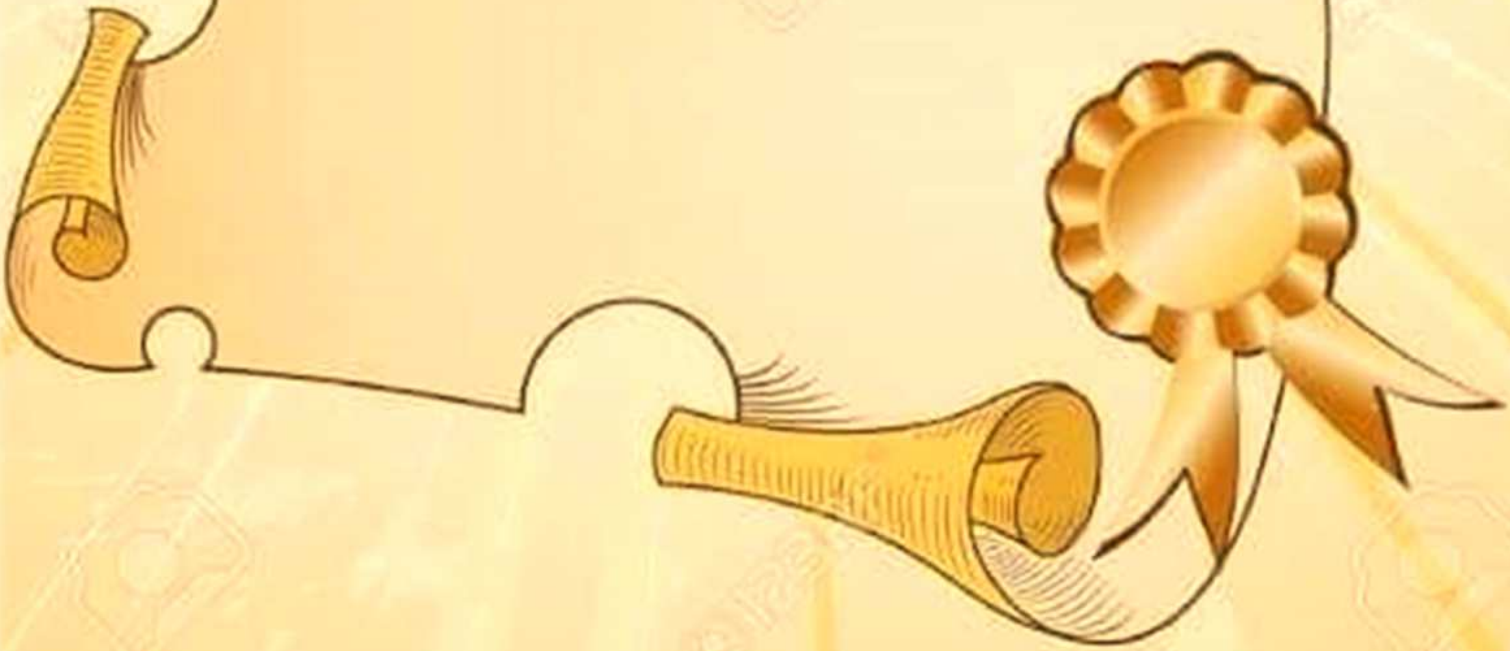
نهدي ثمرة جهدنا المتواضع إلى من فتحا الأبواب في وجهنا

ومهدا لنا سبيل النجاح ووضعا أقدامنا في مسلك العلم

وازدهر مستقبلنا بجودهم إلى والدينا وإلى إخوتنا وكل

عائلتنا من كبير وصغير وإلى من جمعتنا بهم مقاعد الدراسة

وكل أصدقائنا.



الفهرس

العنوان	الصفحة
شكر وعرفان	
إهداء	
فهرس الموضوعات	
فهرس الجداول والأشكال	
الملخص	
مقدمة	01
الفصل الأول: عموميات حول مواد البناء	
1- تعريف مواد البناء	03
2- مواد البناء	03
1.2 الاسمنت	03
2.2 الركام	03
3.2 رمل البناء	04
- تعريف الرمل	04
- أنواع الرمال المستعملة في البناء	05
- رمل البحار	05
- رمل الوديان والأنهار الطبيعية	05
- رمل المحاجر	06
- رمل الكثبان	06
- الرمل الاصطناعي	06
- مقاييس ومواصفات دولية للرمل	06
4.2 المضافات	06
3. الملاط والخرسانة	07
1.3 الملاط	07
2.3 الخرسانة	07
الفصل الثاني: تجارب (مواد ومنهجية)	
1. تجارب مواد ومنهجية	10
1.1 تجارب خصائص الرمل	10

1.1.1 مكافئ الرمل (NF P18-598)	10
2.1.1 الكتلة الحجمية للرمل (الكتلة المطلقة والظاهرية) (NF P 18-555)	12
أ. تعريف الكتلة الحجمية المطلقة (NF P18-558)	12
ب. تعريف الكتلة الحجمية الظاهرية (NFP94-064)	13
3.1.1. التحليل الحبيبي (الغربلة)(NFP18-560)	14
أ. الهدف	14
ب. معامل النعومة:(Module de finesse NF P18-540)	14
4.1.1. بعض الخصائص الفيزيائية والهيكلية للرمل المستعمل	16
2. خصائص الإسمنت	20
1.2. الاسمنت البورتلاندي:(CimentportlandCalcaire)	20
2.2. خصائص تقنية	20
3. خصائص المياه المستعملة	21
4. تحضير الملاط	21
1.4. قابلية عمل الملاط (Maniabilimétre de mortier)	21
2.4. خلطة القوالب المستعملة (الملاط الشاهد)	22
5. القولبة (تحضير العينات)	24
6. تجارب على العينات	25
1.6. الكتلة الحجمية	25
2.6. سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية(NFP18-418)	25
1.2.6. طريقة القياس المباشر	25
2.2.6. طريقة القياس شبه المباشر	26
3.6 المسامية	27
4.6. المقاومة الميكانيكية للملاط	28
1.4.6. مقاومة الانحناء:(NF P18-433)	28
2.4.6. مقاومة الضغط:(NF P18-455)	29
الفصل الثالث: نتائج ومناقشات	
1. نتائج	32
1.1. خصائص الرمل	32
2.1. خصائص الملاط	32
أ. الكتلة الحجمية	32

ب. المسامية	**32**
ت. سرعة الامواج الصوتية	**33**
ث. مقاومة الانحناء	**35**
ج. مقاومة الانضغاط	**36**
2. مناقشة النتائج	**37**

قائمة الجداول

عنوان الجدول	الصفحة
جدول (1-1): نتائج تجربة مكافئ الرمل	**11**
جدول (1-2-): يوضح نوعية الرمال	**11**
جدول (2 -1-): يوضح الكميات المتبقية والمرفوضة في تجربة الغربلة	**15**
جدول (2 -2-): يوضح مجالات وحدة النعومة	**16**
الجدول (3-1): يوضح نتائج التصنيف الحبيبي مع نسبته المئوية	**18**
جدول (4-1): التحليل الكيميائي للإسمنت	**20**
جدول (4-2): التركيب المعدني للكلنكر الإسمنتي (Bogue).	**20**
جدول (4-3):الخصائص الفيزيائية للإسمنت	**20**
جدول (4-4): تحديد الوقت عند 20° (NA230)من الإسمنت	**20**
جدول (4-5): مقاومة ضغط الإسمنت	**21**
جدول(5-1-): الخصائص الفيزيائية للمياه المستعملة	**21**
جدول(6-1-): نوع الملاط حسب زمن التشغيل	**22**
جدول (6-2): نسب إضافات رمل الكثبان.	**22**
الجدول(7-1): تصنيف الملاط حسب سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية	**27**

قائمة الصور

عنوان الصورة	الصفحة
صورة (1-1): أنواع الركام	**4**
صورة (2-1-): تجربة مكافئ الرمل	**11**
صورة (2-2-): أدوات تجربة مكافئ الرمل	**12**
صورة (3-1-): تجربة الكتلة الحجمية المطلقة	**13**
الشكل (3-2-): مراحل تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.	**13**
صورة (3-3-): تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية	**14**
صورة (4 -1-): سلسلة الغرابيل المستعملة	**15**
صورة(5-1): عينات قبل التحضير، الكثبان الرملية بمنطقة سيدي سليمان (A)، رمال البناء بمنطقة سيدي سليمان (B)	**16**
صورة (5-2): صورة مجهرية لسطح (SEM) قبل التحضير، الكثبان الرملية لمنطقة سيدي سليمان (A)، رمل البناء بمنطقة سيدي سليمان (B)	**17**
صورة (6-1-): مقياس قابلية عمل الملاط	**22**
صورة (6-2): صورة توضيحية لعمل الجهاز	**22**
صورة (6-3-): مواد الملاط الشاهد	**23**
صورة (6-4-): مواد الملاط برمل الكثبان	**23**
صورة (6-5-): مراحل اعداد العينات	**24**
صورة (7-3-): تجربة سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية	**27**
صورة (8-1): توضيح طريقة تجربة المسامية	**28**
صورة (9-1-): يوضح اختبار مقاومة الانحناء	**29**
صورة (9-2-): يوضح اختبار مقاومة الضغط	**30**

قائمة الأشكال

عنوان الشكل	الصفحة
الشكل(3-2-): مراحل تجربة الكتلة الحجمية المطلقة	13
الشكل (3-5): أطياف (XRD) تقرت، رمل البناء منطقة سيدي سليمان (SCS)، الكثبان الرملية رمال منطقة سيدي سليمان (SDS)	19
الشكل (4-5): أطياف (FTIR) لدينا عينات رمل البناء بسيدي منطقة سليمان (SCS)، الكثبان الرملية منطقة سيدي سليمان (SDS)	19
الشكل (1-7): توضح طريقة القياس المباشر	26
الشكل (2-7): توضيح قياس شبه مباشر	26
الشكل 3-1. الكتلة الحجمية لمختلف انواع الملاط	32
الشكل 3-2. المسامية لمختلف انواع الملاط	33
الشكل 3-3. سرعة الامواج الصوتية لمختلف انواع الملاط (وضعية أ)	33
الشكل 3-4. سرعة الامواج الصوتية لمختلف انواع الملاط (وضعية ب)	34
الشكل 3-5. مقاومات الانحناء لمختلف انواع الملاط في مختلف الاعمار	35
الشكل 3-6. تغير مقاومة الانحناء بدلالة عمر العينة	35
الشكل 3-7. مقاومات الانضغاط لمختلف انواع الملاط في مختلف الاعمار	36
الشكل 3-8. تغير مقاومة الانضغاط بدلالة عمر العينة	37

الملخص:

الارتفاع المتسارع في اسعار مواد البناء الناتج في الاساس في قلتها او ارتفاع تكلفة نقلها يختم علينا التفكير في تعويضها جزئيا او كليا بمواد اخرى محلية لكن بدون المساس بالمميزات الاساسية للملاط والخرسانة. يهدف هذا العمل التجريبي الى معرفة خصائص ملاط محضر من اسمنت ورمل المحاجر ورمل كثبان كمعوض جزئي لرمل المحاجر او ما يسمى برمل البناء. لهذا سيتم تحضير 4 سيناريوهات مختلفة للملاط: الاول ملاط شاهد، والثاني ملاطيحتوي 5 بالمئة من رمل الكثبان، والثالث يحتوي على 10 بالمئة، والرابع يحتوي على 15 بالمئة. لفحص الخصائص نقوم بتجارب مقاومة الانحناء، ومقاومة الضغط، والمسامية، والكتلة الحجمية، والامواج الصوتية، وتجارب اخرى ان سمحت الظروف لذلك.

الكلمات المفتاحية: الملاط، المقاومة، الاستدامة، رمل الكثبان

Résumé

La hausse accélérée des prix des matériaux de construction résultant principalement de leur rareté ou du coût élevé de leur transport conduit à envisager de les remplacer partiellement ou totalement par d'autres matériaux locaux, mais sans préjudice des avantages fondamentaux du mortier et du béton. Ce travail expérimental vise à connaître les propriétés d'un mortier préparé à partir de ciment, de sable limoneux et de sable de dune comme substitut partiel du sable limoneux ou ce qu'on appelle le sable de construction. Pour cela, 4 scénarios de mortier différents seront préparés : le premier est un mortier témoin, le deuxième est un mortier qui contient 5 % de sable de dune, le troisième contient 10 % et le quatrième contient 15 %. Pour vérifier les propriétés, nous effectuons la résistance à la flexion, la résistance à la compression, la porosité, la masse volumétrique, les ondes acoustiques et d'autres expériences si les conditions le permettent.

Mots-clés : mortier, résistance, durabilité, sable des dunes.

Abstract:

The rapid rise in the prices of building materials, due to their scarcity or the high cost of transportation, necessitates considering their partial or complete replacement with other local materials, but without prejudice to the basic advantages of mortar and concrete. This experimental work aims to know the properties of mortar prepared from cement, clay sand and dune sand as a partial substitute for alluvial sand or what is called construction sand. For this, 4 different mortar scenarios will be prepared: the first is a witness mortar, the second is a mortar containing 5 percent dune sand, the third contains 10 percent, and the fourth contains 15 percent. To check the properties, we perform flexural strength, compressive strength, porosity, volumetric mass, acoustic waves, and other experiments if conditions permit.

Keywords: mortar, resistance, sustainability, sand dunes

مـقدمــة

مـقدمـة

الرمل هو نوع من المواد الطبيعية وهي ذات تركيبة حبيبية مجزأة، تتكون من مواد جسيمية مثل الصخور والمرجان والأصداف وما إلى ذلك، عادة ما يكون الرمل أدق من الحصى ولكنه أكثر خشونة من الطمي. **(Designingbuildings2021)**.

ويعتبر الرمل من أهم المواد المستعملة في مجال البناء لا سيما في تركيبة الخرسانة وفي صناعة الطوب والقرميد وأيضا في إنجاز الطرقات والجسور والسدود، فهو يعتبر المورد الطبيعي الأكثر استعمالا في شتى مجالات التنمية **(قايد حسام الدين، قده الياس: 2020)**.

وغالبًا ما يعطي الرمال كل من الحجم والقوة والثبات لمواد أخرى خاصة بالبناء ومنهم الأسفلت والخرسانة والملاط

(2023:ماريان ابونجم).

في بحثنا هذا قمنا بعدة دراسات وتجارب لرمل البناء (رمل المحاجر) ورمل الكثبان بمنطقة سيدي سليمان تقرت.

وذلك بدراسة جميع خصائصها، لمحاولة معرفة خصائص الملاط الذي يحوي رمل الكثبان كمعوض جزئي للرمل الغريني وهذا من خلال سلسة من التجارب.

حيث قسمنا عملنا هذا إلى ثلاثة فصول:

- الفصل الأول: عموميات حول مواد البناء.
- الفصل الثاني: تجارب (مواد ومنهجية).
- الفصل الثالث: نتائج ومناقشات.

الفصل الأول

عموميات حول مواد البناء

1. تعريف مواد البناء:

إنّ موادّ البناء ضرورية لمقاومة العوامل الطبيعية المختلفة والمؤثرة في الأبنية، وهناك العديد من الموادّ المستعملة في البناء، سواء موادّ صلبة كالحجارة والأخشاب أو سائبة كالرمال والإسمنت، ومن الضروريّ مطابقة موادّ البناء لمتطلّبات العمل ومعايير الجودة، بحيث تتيح المعرفة الجيدة بمواد البناء للمهندس المدني الاختيار الأنسب لمواد المنشأة، ويحقق الشرطين الأساسيين وهما الأمان والاقتصاد، للحصول على جودة في التنفيذ.

[إسلام فتحي، 21جوان 2017].

2. مواد البناء:

1.2. الاسمنت:

- **تعريفه:** الإسمنت هو مادة ناعمة ولاصقة إذا أضيف لها الماء تتحول إلى عجينة إسمنتية طرية، ثم تتحول بعد فترة من الزمن إلى مادة صلدة، وتكتسب مع الوقت مقاومة خصوصا إذا وضعت في الماء (ولذلك يسمى بالإسمنت الهيدروليكي).

ويتكون بشكل رئيسي من أكسيد الكالسيوم (CaO) وثاني أكسيد السليكون (SiO_2) وأكسيد الألمنيوم (Al_2O_3)وأكسيد الحديد (Fe_2O_3) ويضاف لها كبريت الكالسيوم بعد الحرق.

يستخدم الإسمنت في الخرسانة لبناء المباني والجسور والسدود والسكك الحديدية والطرق وما إلى ذلك.

[رفع م.عبد الوهاب كعود، "خواص واختبارات المواد"]

- **انواعه:**

هناك أنواع عديدة من الاسمنت، من أهمها وأكثرها انتشارا في العالم الإسمنت البورتلاند

1- إسمنت بورتلاندي عادي: في الاستعمالات العادية.

2- إسمنت متوسط المقاومة للكبريتات: في الاستعمالات التي تحتاج إلى مقاومة الكبريتات متوسطة التركيز.

3- إسمنت سريع التصلد: في حالة الحاجة إلى مقاومة مبكرة وعالية.

4- إسمنت منخفض الحرارة: في الكتل الخرسانية الكبيرة (حرارة تفاعلاته منخفضة).

5- إسمنت عالي المقاومة للكبريتات: في الاستعمالات التي تحتاج إلى مقاومة الكبريتات عالية التركيز.

[خواص واختبارات المواد،" منهاج سعودي / رفع م.عبد الوهاب كعود].

2.2. الركام:

- **تعريفه:** هو مادة حبيبية خامدة مثل الرمل والحصى والصخور المسحوقة وهي تشكل مع الماء والاسمنت المكونات الاساسية للخرسانة.
- **انواعه:**

- الركام الناعم:

الركام الناعم هو مواد الحشو في الخرسانة التي يتم الحصول عليها من الصخور الطبيعية والحصى المكسرة. يقتصر حجم الركام الناعم على (4.75 ملم) وما دون. عادة ما يكون الركام الناعم عبارة عن مواد خاملة لا تتفاعل مع المكونات الأخرى للخرسانة***[مهندس محمد 11/-04/2020].***

- الركام الخشن:

الركام الخشن هو نوع آخر من مواد الحشو بحجم أكبر من (4.75 ملم). الركام الخشن متوفر بأحجام مختلفة (من 4.75 الى 150ملم) بينما (20 ملم) هو الحجم الأكثر استخدامًا. الركام الخشن يستخدم على نطاق واسع في إنتاج الخرسانة وبناء الأرصفة المرنة (البيتومين وأرصفة الأسفلت)***[مهندس محمد- 11/04/2020].***

صورة (1-1): أنواع الركام.

3.2. رمل البناء

- **تعريف الرمل:**

يعتبر الرمل من أهم المواد المستعملة في مجال البناء لا سيما في تركيبة الخرسانة وفي صناعة الطوب والقرميد وأيضا في إنجاز الطرقات والجسور والسدود، فهو يعتبر المورد الطبيعي الاكثر استعمالا في شتى مجالات التنمية، على شكل حبيباتٍ صغيرةٍ مفكَّكةٍ، ناتجةٌ عن تفتت الصخور والمعادن وبعض المواد العضوية الجافة، نتيجة العوامل الطبيعية المختلفة، يتشكَّل الرمل بمعظمه من

مادتي الكوارتز والسيليكا المتشابهتين، اللتين تجعلان تركيبته غير متفاعلةٍ كيميائياً، وقاسيةً للغاية، وأشد مقاومةً للظروف المناخية

[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].

وتختلف ألوانه تبعاً لطبيعة الصخور أو المعادن أو المواد العضوية التي يتأتى منها.

- **أنواع الرمال المستعملة في البناء:**

- **رمل البحـــار:**

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

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

ونظرا على احتوائها على نسبة معتبر من الأملاح تعتبر الرمال البحرية أقل أهمية وأقل استعمالا من رمل الأنهار والذي قد يسبب ضررا على ديمومة الخرسانة في حد ذاتها، وللحفاظ على البيئة البحرية للشواطئ ونظرا الفصل الأول: الجزء النظري 3للقوانين المضيقة على استغلال هذا النوع من أنواع الرمال فانه ينصح بعدم الاستغلال العشوائي لهذا النوع من الرمل في البناء

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

- **رمل الوديان والأنهار الطبيعية:**

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

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

- **رمل المحاجر:**

هذه الرمال هي نتيجة تكسير صخور كبيرة، في الواقع هي كل عملية الاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق الطحن للكتل الصخرية والشظايا الأصغر فالأصغر،

فإننا نحصل على كمية معينة من الرمال حسب القطر المطلوب، (عادة ما يقل قطرها عن 5 مم)

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

- **رمل الكثبان:**

تعتبر رمال الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية والمعروفة بالعرق الشرقي ويشمل جزء كبير من الجزائر وليبيا، وهي عبارة على صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليكا وتتميز بكونها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيباتها 08 ميكرون إلى غاية 168 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية وهذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

- **الرمل الاصطناعي:**

هي رمال ناتجة عن طحن وسحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذولقد أجريت العديد من الدراسات الحديثة والتجارب على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمال وبينت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي.

[مريقـــة إبراهيـــم، رحمـــاني كمـــال، (2019/2018)].

- **مقاييس ومواصفات دولية للرمل:**

تصنف منظمة المقاييس الدولية ISO 14688 الرمل على الشكل التالي:

01–الناعم، وقطر حبيباته بين 0.063 – 0.2 ملم

02–المتوسط، وقطر حبيباته بين 0.2 – 0.63 ملم

03–الخشن، وقطر حبيباته بين 0.63 – 2.00 ملم

[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].

4.2. المضافات:

- **تعريفها:** المضافات أو الإضافات هي مكون اختياري للخرسانة يضاف لتعديل خصائص معينة للخرسانة لتحسين أدائها. يعتمد حجم المواد المضافة إلى خليط الخرسانة على الحاجة ويختلف من موقع إلى آخر.
- **انواعها:**

- المضافات المعدنية: عبارة عن مواد مضافة صلبة يمكن أن تحل محل الإسمنت في خليط الخرسانة. أكثر الإضافات المعدنية شيوعًا هي الرماد المتطاير، وخبث الأفران الحبيبية (GGBS)هو اختصار لـ"Ground Granulated Blast–furnaceSlag"وغبار السيليكا.

– المضافات الكيميائية:عبارة عن مضافات سائلة تضاف إلى الخلطة الخرسانية لتعديل خاصية الخرسانة مثل:

–المسرعات: لتسريع عملية التصلب.

–المثبطات: لإبطاء عملية التصلب.

–الملدناتوالملدنات الفائقة: لتحسين قابلية التشغيل دون إضافة الماء إلى الخلطة وبالتالي تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت.

–عامل حبس الهواء: لإنشاء جيوب صناعية هوائية داخل الخرسانة.

–مضافات تقليل المياه: لزيادة حركة جزيئات الأسمنت في المزيج اللدن، وتحقيق نفس قابلية التشغيل في محتويات الماء المنخفضة.

–عوامل تعديل اللزوجة: لتحسين قابلية التدفق للخرسانة

[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].

3. الملاط والخرسانة:

1.3. الملاط:

الملاط أو المونة من أقدم مواد البناء المصنوعة من مواد رابطة وركام ناعم. أكثر أنواع المواد الرابطة المستخدمة في الملاط شيوعًا هي الأسمنت. ومع ذلك، يمكن أيضًا استخدام الجير كمواد رابطة، يتم استخدامها في أعمال البناء، والإصلاح والترميم، وأعمال الترقيع

[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].

2.3. الخرسانة:

الخرسانة هي أهم مواد البناء وأكثرها استخدامًا. وهي مصنوعة من الاسمنت والركام الناعم والخشن والماء بنسب مناسبة. تُستخدم المضافات الكيميائية اختياريا لتسريع أو إبطاء عملية (التصلب) في الخرسانة، تعتمد خصائص الخرسانة على كمية ونسبة خلط مكونات الخرسانة. أصبح استخدام الخرسانة هو الخيار السائد حيث تكون القوة والمتانة من الأهداف الرئيسية

[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].

في الوقت الحاضر، معظم المباني السكنية والتجارية والصناعية مبنية من الخرسانة. هناك أنواع مختلفة من الخرسانة المستخدمة في البناء مثل الخرسانة الإسمنتية العادية والخرسانة الإسمنتية المسلحة والخرسانة مسبقة الإجهاد وما إلى ذلك***[الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018].***

الفصل الثاني

تجارب مواد ومنهجية

1. تجارب مواد ومنهجية:

1.1 تجارب خصائص الرمل:

رمل البناء أو رمل المحاجر هو مادة طبيعية يمكن أن تأتي من الأنهار، بسبب تأثير الماء على الصخور، ويستخدم على نطاق واسع في مجال البناء والخرسانة. لأنه يتكون من حبيبات متوسطة الحجم، تتميز بصلابتها وبشكلها الدائري.

1.1.1 مكافئ الرمل (NF P18-598):

أ- الهدف:

الهدف من تجربة مكافئ الرمل (Es) هو قياس نظافة الرمل الطبيعي أو الاصطناعي المستعمل في مجال البناء والهندسة المدنية بغرض مراقبة صلاحيته.

ب-مراحل التجربة:

- ✓ تحضير المحلول الغاسل المركب من ماء نقي ومادة غاسلة.
- ✓ نملئ الأنبوب بمحلول الغاسل حتى التدريجة الأولى.
- ✓ نزن (120g) من رمال البناء العادي المار من غربال 5 ملم، نضيف هذه الكمية من الرمل في أنبوب الاختبار الذي يحتوي على المحلول الغاسل.
- ✓ نترك الأنبوب واقف لمدة 10 دقائق للقضاء على فقاعات الهواء، ثم نقرأ تدريجة الارتفاع $\boldsymbol{h_1}$.
- ✓ نسد أنابيب الاختبار بسدادة مطاطية ونقوم بالرج لمدة 30 ثانية (90 رجة تقريبا) بواسطة آلة الرج.
- ✓ نقوم بغسل الجدران الداخلية للعينة باستخدام أنبوب الغسيل الذي يتم تدويره بين الأصابع حتى التدريجة الثانية، نقوم بإزالة أنبوب الغسيل ثم نتركه يرتاح لمدة 20 دقيقة مع تجنب أي اهتزاز حتى نهاية الصب، ونقرأ التدريجة $\boldsymbol{h_2}$.
- ✓ ندخل المكبس في المخبار لغاية التوقف ونقرأ التدريجة $\boldsymbol{h'}$.
- ✓ نحسب المكافئ الرملي بالعلاقة التالية $E_S = \frac{h_2}{h_1} \times 100$
- ✓ نعيد التجربة 3 مرات للتأكد من النتائج.

التجربة:

رمل البناء المستعمل في الدراسة Ms .

صورة (2 -1-): تجربة مكافئ الرمل.

كتلة العينة (g)	عينة 1	عينة 2
h 1 (mm)	13.5	13.3
h 2 (mm)	9.33	9.43
Es(%) = (h2/h1) × 100	69.11	70.9
	Es =70%	

جدول (1-1): نتائج تجربة مكافئ الرمل.

نوع الرمل	مكافئ الرمل (Es)%
رمل طيني	Es < 60
رمل خشن قليلا	60 <Es< 70
رمل نظيف	70 <Es< 80
رمل نظيف جدا	Es≥ 80

جدول (1-2-): يوضح نوعية الرمال.

ت-أدوات ومواد التجربة:

صورة (2-2-): أدوات تجربة مكافئ الرمل.

2.1.1. الكتلة الحجمية للرمل (الكتلة المطلقة والظاهرية): (NF P 18-555)

أ. تعريف الكتلة الحجمية المطلقة:(NF P18-558):

هي الكتلة لكل وحدة حجم دون اعتبار الفراغات التي قد تكون موجودة بين حبيبات المادة المشكلة للركام.

2- مراحل التجربة:

- ✓ وضع حجم V1 من الماء في أنبوب اختبار
- ✓ تحضير كمية (Ms=100g) من رمل البناء
- ✓ أضفنا كمية الرمل في الأنبوب الذي به الماء بواسطة قمع
- ✓ قمنا بحساب الحجم V2 (حجم الماء والرمل معا)

✓ تم تعين حجم الرمل بالعلاقة التالية:Vs= V2 – V1

✓ أخيرا نحسب الكتلة الحجمية المطلقة بالعلاقة التالية: $Mv = \frac{M_S}{V_S}$

صورة (3-1-): تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.

- التجربة:

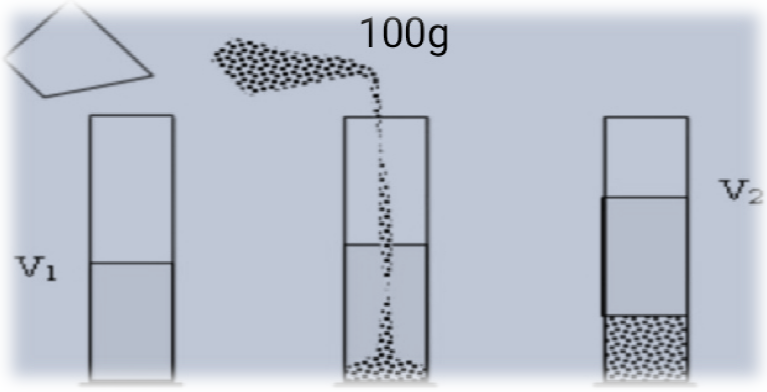
حساب حجم الماء المجود في الأنبوب:

$$V_{\text{eau}} = 20 \times 1.$$

حجم الحبيبات الصلبة:

$$V_{\text{s}} = V_{\text{eau+s}} - V_{\text{eau}} = 199.23 - 160.77 = 38.46\ cm^3$$

الكتلة الحجمية المطلقة: $Mv = \frac{M_S}{V_S}$



الشكل (3-2-): مراحل تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.

ب. تعريف الكتلة الحجمية الظاهرية:(NFP94-064)

هي الكتلة لكل وحدة حجم مع الفراغات التي تحتويها المادة.

مراحل التجربة:

- ✓ جهز كمية الرمل المراد وزنها، خذ كمية بكلتا يديك، املأ الوعاء حتى يفيض، ثم امسح بالمسطرة من المنتصف الوعاء إلى نهايته، ثم قم بالوزن لتعيين Ms.
- ✓ حساب حجم الوعاء لتعيين حجم الرمل Vs بالعلاقة التالية: $V_s = \mathrm{h} \times \mathrm{r}^2 \times \pi$
- ✓ حساب الكتلة الحجمية الظاهرية بالعلاقة التالية: $\mathrm{Mv} = \frac{M_S}{V_S}$

- التجربة:

V: حجم الوعاء.

Vs: حجم الرمل.

M: كتلة الوعاء فارغ

Ms: كتلة الرمل.

صورة (3-3-): تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.

$V_s = \mathrm{h} \times \mathrm{r}^2 \times \pi$

$V_s = 11.3 \times 11^2 \times 3.14 = 1073.33\ cm^3$

$M_s = M_{0+s} - \mathrm{M} = 1891.43 - 141.9 = 1749.53\ \mathrm{g}$

الكثافة الظاهرية: $\mathrm{Mv} = \frac{M_S}{V_S}$

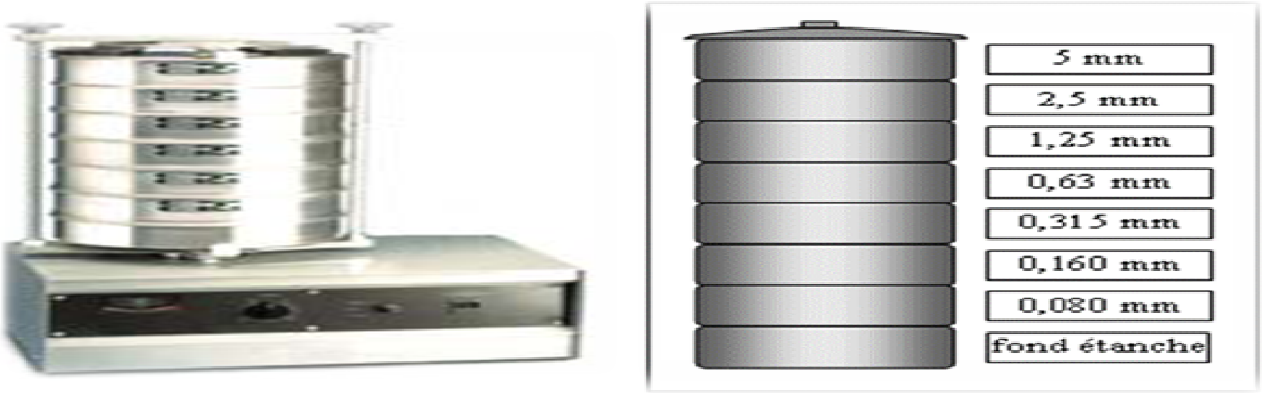
3.1.1. التحليل الحبيبي (الغربلة):(NFP18-560)

أ. الهدف:

تهدف تجربة التحليل الحبيبي إلى تصنيف حبيبات الرمل تبعا لأقطارها عن طريق الغربلة، وفقا لخصائصها (الوزن، الحجم... الخ)، وتحديد نسب الحبيبات ذات نفس الحجم واستنتاج معامل صفاء الرمل.

ب. معامل النعومة:(Module de finesse NF P18-540)

إنها معامل يسمح لنا بتمييز نعومة الأنواع المختلفة من الرمل من خلال مجموع النسب المئوية للرفض المتراكم للغرابيل من السلسلة التالية (5، 2.5، 1.25، 0.63، 0.315، 0.160، 0.080) ملم وتحسب بالعلاقة التالية: $\mathrm{M_f} = \frac{\Sigma \mathrm{RC}}{100}$



صورة (4 -1-): سلسلة الغرابيل المستعملة.

جدول (2 -1-): يوضح الكميات المتبقية والمرفوضة في تجربة الغربلة.

قطر المنخل (ملم)	الرفض الجزئي (غ)	الرفض التراكمي (غ)	النسبة المئوية المرفوضة %	نسبة المئوية المقبولة %
5	3.8	3.8	0.38	99.62
2.5	30.6	34.4	3.44	96.56
1.25	82.7	117.1	11.71	88.29
0.63	276	393.1	39.31	60.69
0.315	438.4	831.5	83.15	16.85
0.160	103.5	935	93.5	6.5
0.080	21.2	956.2	95.62	4.38

- كمية عينة الاختبار: 1000g

- حساب معامل النعومة:
- RC: الرفض التراكمي (%) من تحت مناخل الوحدة (5) إلى (0.16).

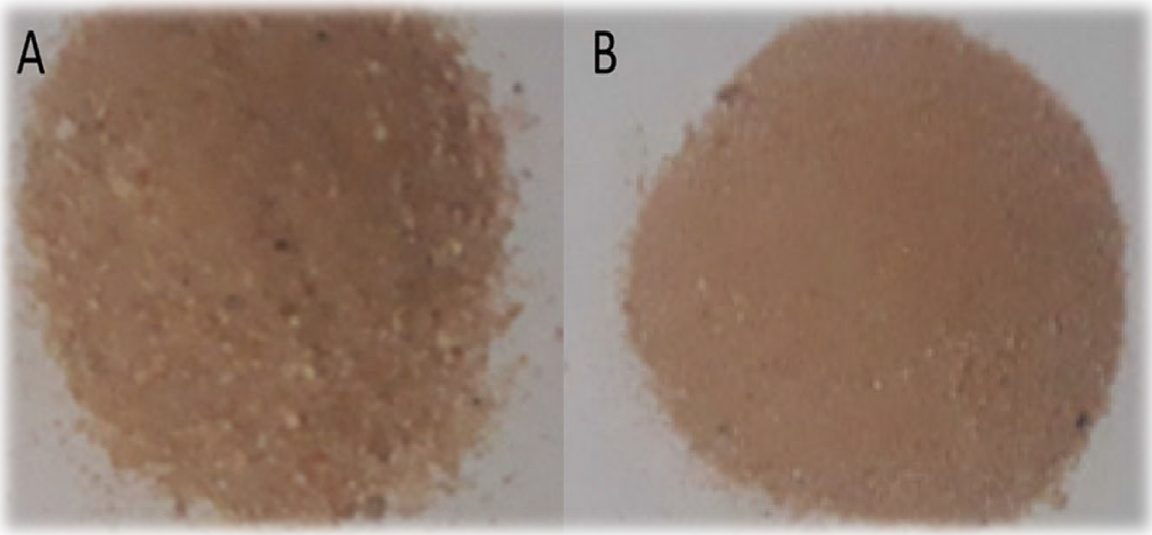
جدول (2 -2-): يوضح مجالات وحدة النعومة.

وحدة النعومة M_f		
1.8 – 2.2	الرمل في الغالب ناعم الحبيبات	الرمال
2.2 – 2.8	رمال تفاضلية	المسموح
2.8 – 3.3	رمال خشنة قليلا	بها

4.1.1. بعض الخصائص الفيزيائية والهيكلية للرمل المستعمل:

يبحث هذا العمل في بعض الخصائص الفيزيائية والهيكلية لثلاث فئات من عينات الرمل، كمورد طبيعي مأخود من أراضي منطقة تقرت الكبرى في جنوب شرق الجزائر، تم استخدام الاشعة السينية (XRD)، وتحويل فورييه الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR)، والماسح المجهري الاكتروني (SEM)، ومحلل حجم الجزيئات تشتت الليزر، تم استخدام برنامج

(X'Pert High Score) في تحليل بيانات XRD أظهرت الأطياف أن عينات الرمل في المنطقتين كانت تتكون أساسا من الكوارتز، بالإضافة إلى احتوائها على كميات أقل من الجبس، وكميات صغيرة من الكالسيت مقارنة برمل البناء، تتراوح أشكال عينات الحبوب الرملية في الزاوية العابدية وسيدي سليمان من مدورة الى شبه مستطيلة إلى غير منتظمة، ومع ذلك فإن رمل البناء في سيدي سليمان لها أشكال

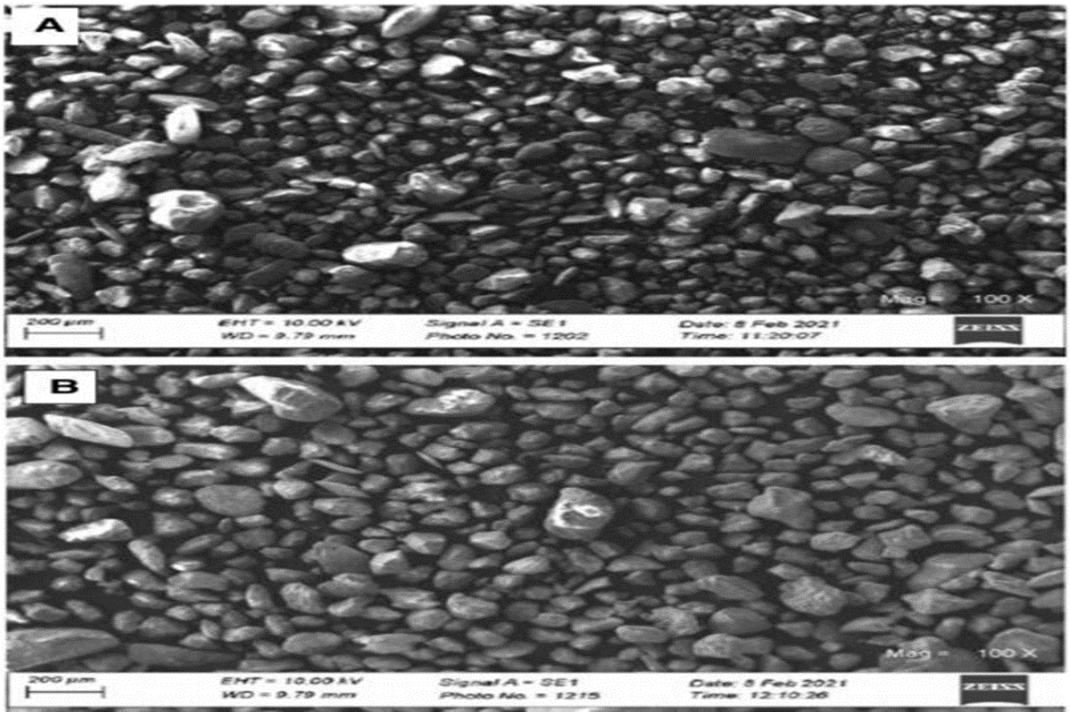


تتراوح من استطالة الى الأجزاء الفرعية، وتؤكد النتائج المتحصل عليها أن المنطقتين يمكن أن تكون مصادر مهمة للكوارتز والجبس وهما من المواد الأولية لعديد من التطبيقات الصناعية.

صورة (5-1): عينات قبل التحضير، الكثبان الرملية بمنطقة سيدي سليمان (A)، رمال البناء بمنطقة سيدي سليمان (B).

- تحليل حجم الجسيمات:

من النتائج التجريبية لتوزيعات حجم الجسيمات لكل عينة تم تحديد حجم حبيبات الرمل المستخدمة في هذه الدراسة. تتراوح حبيبات الرمل من 51.471 إلى 2009.687 ميكرون، بمتوسط 605.15 ميكرون لرمال الكثبان الرملية في منطقة زاوية العابدين. بالنسبة لعينات الكثبان الرملية بسيدي سليمان، تراوح توزيع حجم الحبوب بين 58.953 و1167.725 ما بمتوسط قيمة 327.74 ميكرومتر وبين 262376 و2301.841 مًا بمتوسط قيمة 689.996 ميكرون للبناء.



صورة (5-2): صورة مجهرية لسطح (SEM) قبل التحضير، الكثبان الرملية لمنطقة سيدي سليمان (A)، رمل البناء بمنطقة سيدي سليمان (B).

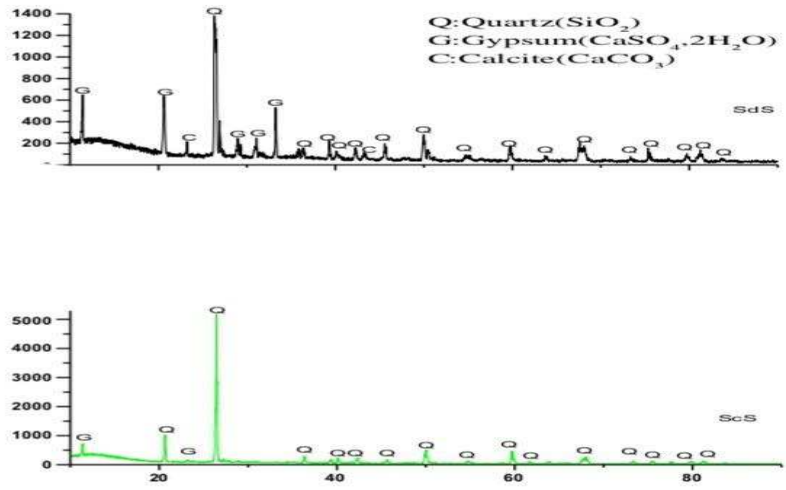
على حد علمنا، هذه هي أول دراسة مقارنة لعينات من الكثبان الرملية ورمل البناء في منطقة سيدي سليمان، ركز هذا التحقيق على الهيكلية رمل، عندما تمت مقارنة نتائج التصنيف الحبيبي بواسطة الالتصاق بالليزر للعينات المدروسة بالتصنيفات الدولية للتربة، استنتج أن عيناتنا يمكن تصنيفها إلى طمي ورمل وحصى وفقًا لتصنيف الولايات المتحدة. وزارة الزراعة ولكن بنسب مختلفة.

الجدول (3-1): يوضح نتائج التصنيف الحبيبي مع نسبته المئوية.

Soilparticle	Particle (µm)D	Percentage (%)		Reference
		Dune sand of sidi slimane	Constrution sand of sidi slimane	
Clay	<2	-	-	Glendon and dani (2002)
Silt	2-63	0.14	-	Glendon and dani (2002)
sand	63-2000	99.86	98.842	Beuselinck et al. (1998)
gravel	>2000	-	1.16	Samiha et al. (2015b)

- تقنية الأشعة السينية:(XRD)

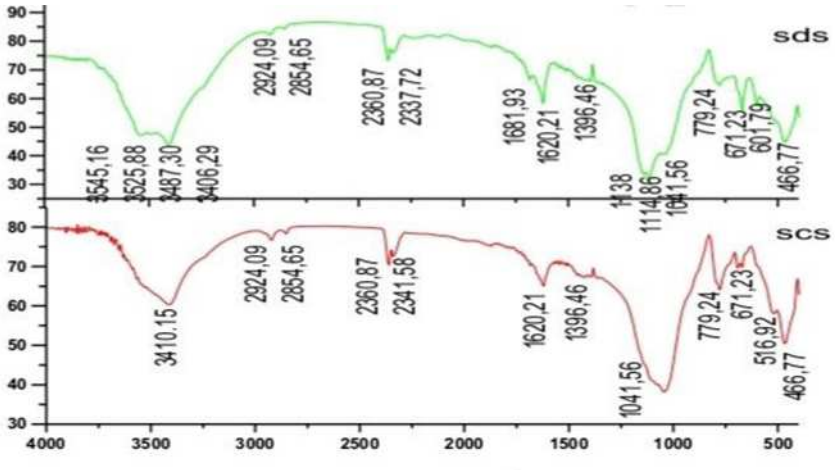
يتم عرض XRD المقاسة لعينات الرمل في الشكل 3. تظهر نتائج الأشعة السينية أن جميع العينات تحتوي أساسًا على طور الكوارتز (SiO) .



شكل (5-3): أطياف (XRD) تقرت، رمل البناء منطقة سيدي سليمان (SCS)، الكثبان الرملية رمال منطقة سيدي سليمان (SDS).

- التحليل بواسطة FTIR:

من طيف FTIR، يمكن تحديد المجموعات الوظيفية لعينات الرمل وبالتالي مكوناته ؛ ومن خلال مقارنة نتائجنا مع دراسات أخرى ، تشير النتائج التي تم الحصول عليها من XRD إلى أن القمم تُعزى إلى الكوارتز والجبس والكالسيت، بالنسبة لرمل البناء بسيدي سليمان ، تشير جميع القمم إلى وجود الجبس والكوارتز.



شكل (5-4): أطياف (FTIR) لدينا عينات رمل البناء بسيدي منطقة سليمان (SCS)، الكثبان الرملية منطقة سيدي سليمان (SDS).

[Arabian Journal of Geosciences(2021)]

2. خصائص الإسمنت:

1.2. الاسمنت البورتلاندي:(Ciment portland Calcaire)

الاسمنت المستخدم هو اسمنت بورتلاند **(NA442 CEM II/A-L 42.5 MPa)**، من شركة لافارج (LAFARGE) الجزائر للإسمنت [ملحق].

2.2. خصائص تقنية: [الملحق]

أظهر التحليل الكيميائي للإسمنت المستخدم:

جدول (4-1): التحليل الكيميائي للإسمنت.

التحاليل الكيميائية	القيمة
الخسارة في الاشتعال NA5042 (%)	8.0±2
محتوى الكبريتات SO3 (%)	2.5±0.5
محتوى أكسيد المغنيسيوم MgO (%)	1.7±0.5
محتوى الكلوريد NA5042 (%)	0.002-0.05

جدول (4-2): التركيب المعدني للكلنكر الإسمنتي (Bogue).

التركيب المعدني للكلنكر (Bogue)	القيمة
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

جدول (4-3):الخصائص الفيزيائية للإسمنت.

الخصائص الفيزيائية	القيمة
القوام الطبيعي (%)	26.5±2.0
صفاء حسب طريقة Blaine (NA231)(cm^2/g)	3700 + 5200
الانكماش في 28 يوم (µm/m)	< 1000
التوسيع (mm)	≤ 3.0

جدول (4-4): تحديد الوقت عند °20 (NA230) من الإسمنت.

ضبط الوقت عند الدرجة °20 (NA230)	القيمة
بداية الإعداد (min)	150±30
نهاية الإعداد (min)	230±50

جدول (4−5): مقاومة انضغاط الإسمنت.

مقاومة الانضغاط	القيمة
يومان (Mpa)	150±30
28 يوم (Mpa)	230±50

3. خصائص المياه المستعملة:

المياه المستخدمة في الملاط من صنبور مختبر الخرسانة التابع لقسم الهندسة المدنية والري في جامعة قاصدي مرباح ورقلة، وهي مياه نظيفة وصالحة للبناء.

درجة الحرارةC°	الملوحةPSU	Tds	الناقلية(µs/cm)	الحموضةPH	الخاصية
29.23	**1.13**	**1117**	**2234**	**8.87**	

جدول(5−1−): الخصائص الفيزيائية للمياه المستعملة.

4. تحضير الملاط:

يتم تحديد تركيبة الملاط وفقا للمعيار EN 196−1،حيث استخدمنا خلطة الملاط التي تعتبر قياسية، والتي تتكون من كمية اسمنت Cواحدة وثلاثة منها رمل بناء S قياسي، ونصفها ماءE،($E/C = 0.5$).

1.4. قابلية عمل الملاط (Maniabilimétre de mortier):

(Granulats, sols, ciments et bétons:2000)

أ. الهدف من التجربة: (NF P 18 −452 et NF P 15 −437)

هو تحديد كمية الماء التي تتوافق مع " الملاط البلاستيكي ".

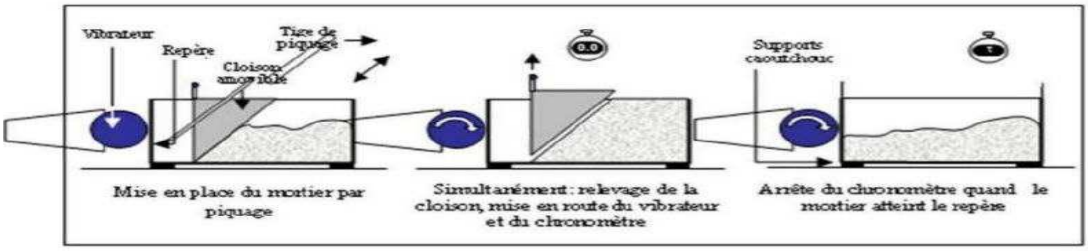
ب. مراحل التجربة:

- ✓ تحضر كمية المواد المعمول بها.
- ✓ خلط المواد الجافة اولا ثم اضافة الماءواكمال الخلط لمدة 4دقائق حتى يتجانس الملاط جيدا.
- ✓ وضع الملاط في جهاز" قابلية عمل الملاط"، يتم ايقاف ساعة التوقيت عندما يصل الملاط للخط المرجعي على جدار الجهاز.

نوع الملاط	زمن التشغيل(s)
مغلق	$t \geq 40$
بلاستيك	$20 < t \leq 30$
بلاستيك جدا	$10 < t \leq 20$
سائل	

جدول(6-1-): نوع الملاط حسب زمن التشغيل.

صورة (6-1-): مقياس قابلية عمل الملاط.



صورة (6-2-): صورة توضيحية لعمل الجهاز***[TATI.T et CHAOUCHE.S : 2018].***

2.4. خلطة القوالب المستعملة (الملاط الشاهد): تتكون خلطة قالب واحد (3 عينات) من:

جدول(6-2-): نسب إضافات رمل الكثبان.

0%رمل الكثبان	بنسبة 5%
(الملاط الشاهد) $\begin{cases} C = 450 \pm 2g \\ E = 236 \pm 1g \\ S = 1350 \pm 5g \end{cases}$	(الملاط) $\begin{cases} C = 450 \pm 2g \\ Sd = 67.5 \pm 1g \\ E = 236 \pm 1g \\ Sa = 1282.5 \pm 5g \end{cases}$
بنسبة 10%	بنسبة 15%
(الملاط) $\begin{cases} C = 450 \pm 2g \\ Sd = 135 \pm 1g \\ E = 236 \pm 1g \\ Sa = 1215 \pm 5g \end{cases}$	(الملاط) $\begin{cases} C = 450 \pm 2g \\ Sd = 202.5 \pm 1g \\ E = 236 \pm 1g \\ Sa = 1147.5 \pm 5g \end{cases}$

صورة (6-3-): مواد الملاط الشاهد.

- الملاط المضاف إليه رمل الكثبان كبديل جزئي لرمل المحاجر:

صورة (6-4-): مواد الملاط برمل الكثبان.

5. القولبة (تحضير العينات):

في عملنا، قمنا بإعداد 72 عينة بحجم (4 × 4 × 16) سم، للتوصيف الفيزيائي والميكانيكي لجميع أنواع الملاط المصنوع.

- **مراحل إعداد العينات:**

1. تجهيز القوالب.
2. تحضير الخليط حسب النوع والكمية المحسوبة.
3. صب الملاط في القالب، ثم وضعه بإحكام في طاولة الصدمات لمدة 60 ثانية (ما يعادل 60 صدمة).
4. تتم إزالة القالب من طاولة الصدمات، ثم إزالة الملاط الزائد وتنعيم سطح العينة لتكون جاهزة كما هو واضح في الصورة التالية:

صورة (6-5-): مراحل اعداد العينات.

6. تجارب على العينات:

1.6. الكتلة الحجمية: *[خنفرابح، شتيويعبدالسلام (2022)]*.

يتمتحديدالكتلةالحجميةمنخلالوزنعيناتالتجربةذاتالأبعاد (16×4×4) وتعطىبالعلاقةالتالية:

$$\rho=\frac{M}{V}$$

ρ : الكتلةالحجمية (g/cm^3).

M : كتلةالعينة(g).

V: حجمالعينة (cm)

2.6. سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية(NFP18-418):

أ. **الهدف:**

اختبار الموجات فوق الصوتية هو طريقة اختبار غير مدمرة تكتشف الأخطاء داخل المواد، والهدف الأساسي منه هو اختبار تجانس الخرسانة حيث يعتمد هذا الاختبار على انتقال وانعكاس الموجات فوق الصوتية داخل المادة، وتكون هذه الموجات المستخدمة موجهة أو حرة (ضغط أو قص).

ب. **مبدأ التجربة:**

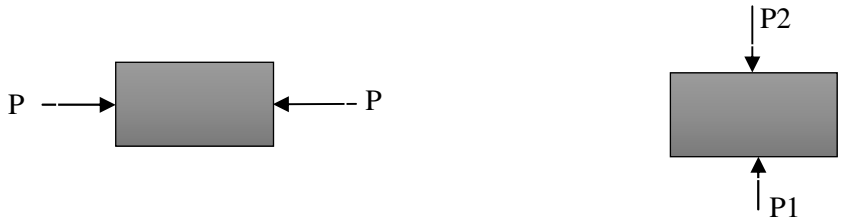
يعتمد مبدأ الاختبار على انبعاث موجات فوق صوتية بواسطة محول طاقة موضوع على سطح المادة لتحكم في المادة وانتشارها. في تجربتنا، استخدمنا طريقة الاتصال حيث يكون من الضرورة إضافة اقتران "ماء أو هلام" بين المسبار والعينة لضمان انتقال الموجات.

هناكطرقمنالممكناستعمالهمافيقياسالأمواجالصوتية:

- قياس مباشر
- قياس شبه المباشر
- قياس غير مباشر

1.2.6 طريقة القياس المباشر: *[خنفرابح، شتيويعبدالسلام (2022)].*

الطريقة المباشرة هي من أحسن الطرق المستعملة ويكون فيها المرسل والمستقبل متقابلين،ويجبانيكونسطحالخرسانةمستوىونظيف،مباشرة عند تشغيل الجهاز نقرأ زمن مرور الأمواج فوق الصوتية.



شكل (7-1): توضح طريقة القياس المباشر. *[Essai ultrason LTPS].*

وتعطى بالعلاقة التالية:

$$V = (D/T)$$

V :سرعة الأمواج فوق الصوتية(m/s).

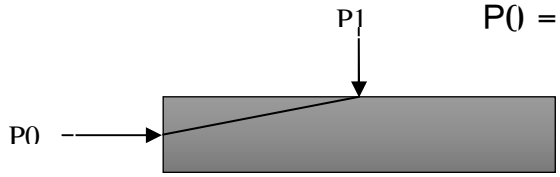
D : المسافةبينالمستقبلوالمرسل(m).

T : زمن مرور الأمواج في العينة (s).

2.2.6 طريقة القياس شبه المباشر:

الطريقة القياس الشبه المباشر، ويكون فيها المرسل والمستقبل غير متقابلين،ويجبانيكونسطحالخرسانةمستوىونظيف،مباشرة عند تشغيل الجهاز نقرأ زمن مرور الأمواج فوق الصوتية، كما هو موضح في الشكل.

P1 P0 = 2cm P1 = 8cm



شكل (7-2): توضيح قياس شبه مباشر.***[Essai ultrason LTPS]***

وتعطى بالعلاقة التالية:

V = (D/ T)

V :سرعة الأمواج فوق الصوتية(m/s).

D : المسافةبينالمستقبلوالمرسل(m).

T : زمن مرور الأمواج في العينة (s)

الجودة	سرعة الانتشار (m/s)
ممتاز	أكثر من 4500
جيدة	4500-3500
مقبولة	3500-3000
سيئة	3000-2000
سيئة جدا	أقل من 2000

الجدول(7-1): تصنيف الملاط حسب سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية ***(Bonatti-hmd 2015;).***

صورة (7-3-): تجربة سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية.

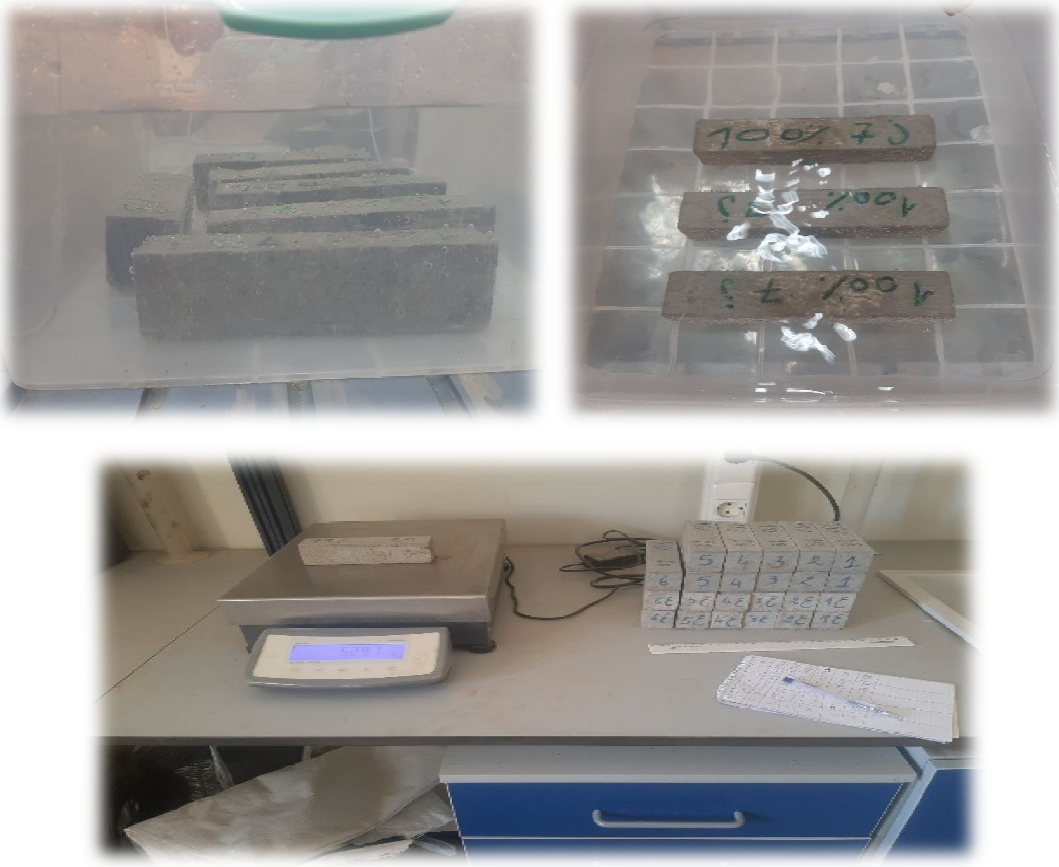
3.6 المسامية:

أ-الهدف:

يتم تحديد المسامية لمعرفة نسبة الفراغات في العينة.

ب- مراحل التجربة:

- وضع العينة في وعاء (مغمورة في الماء)، بدرجة حرارة 20°، لمدة 48 ساعة.
- نقوم بوزنها وندخلها في الفرن تحت درجة 40°، لمدة 24 ساعة.
- نقوم بوزنها بعد إخراجها من الفرن.



صورة (8−1): توضيح طريقة تجربة المسامية.

يتم حساب المسامية بالعلاقة التالية: ***[المسامية الصخرية/ emufeed].***

Vt : الحجم الكلي للعينة (cm^3).

Vp : حجم الفراغات (cm^3).

Ms : وزن العينة بعد إخراجها من الماء (g).

Md : وزن العينة بعد إخراجها من الفرن(g).

4.6. المقاومة الميكانيكية للملاط:

1.4.6. مقاومة الانحناء:(NF P18−433)

لتحديد مقاومة الانحناء يتم استخدام طريقة الحمل المركزي في منتصف المسافة عن طريق جهاز الانحناء القياسي، حيث يتم وضع العينة في جهاز الانحناء مع وجه جانبي للقولبة على بكرات الدعم ومحوره الطولي، عمودي عليها كما هو موضح في (الشكل:8−1). تطبيق القوة عموديا بواسطة بكرة التحميل على الجانب المقابل للعينة وزيادتها بمقدار $50N/s \pm 10N/s$ حتى ينكسر.

قمنا بالحفاظ على أنصاف العينات الناتجة من اختبار الانحناء حتى لحظة اختبار الضغط.

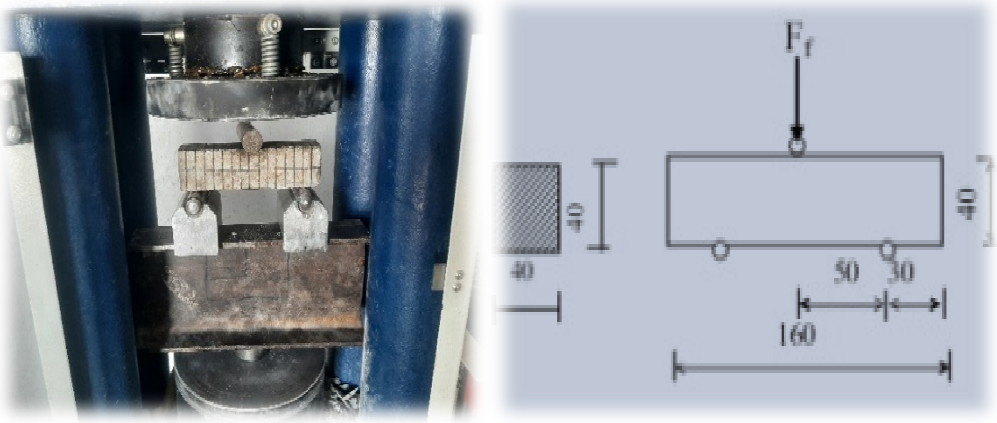
يتم حساب مقاومة الانحناء $R_f(N/mm^2)$ بالعلاقة التالية: $R_f = \frac{1.5 \times F_f \times L}{b^3}$

R_f : هي قوة الانحناء بوحدة N/mm^2 أو Mpa.

b: هو جانب المقطع المربع للعينة بوحدة mm.

F_f : القوة المطبقة على منتصف العينة عند الكسر بوحدة N.

L: المسافة بين الدعامات بوحدة mm.



صورة (9−1−): يوضح اختبار مقاومة الانحناء.

2.4.6. مقاومة الانضغاط :(NF P18−455)

لتحديد مقاومة الانضغاط يتم اختبار نصف العينة المتحصل عليها من اختبار الانحناء بالضغط على وجه التشكيلة الجانبية تحت قسم $(4 \times 4)cm$، حيث يتم توسيط نصف العينة بشكل جانبي بين صفيحتين معدنيتين متقابلتين على التوازي، على بعد 10 mm من طرف نصف العينة، ثم إدخالها في مركز آلة الانضغاط كما هو موضح في

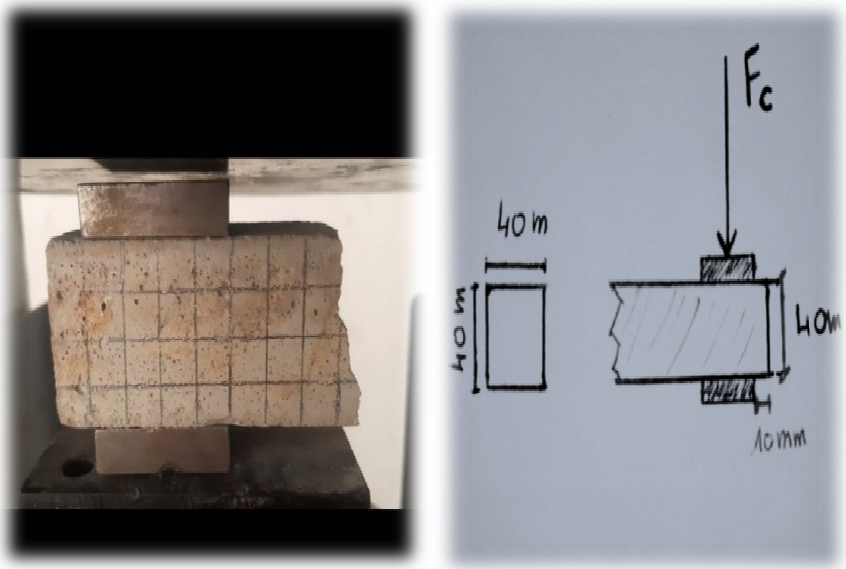
(الشكل:8−2−). تطبق قوة الحمل على العينة وتزداد بمقدار $1200N/s$ الى $2400N/s$ حتى تنهار العينة.

يتم حساب مقاومة الانضغاط $R_c(N/mm^2)$ بالعلاقة التالية: $R_c = \frac{F_c}{1600}$

R_c: هي مقاومة الانضغاط N/mm^2

F_c: القوة المطبقة عند الانهيار N.

A: المساحة بوحدة mm^2.



صورة (9-2-): يوضح اختبار مقاومة الضغط.

الفصل الثالث

نتائج و مناقشة

1. نتائج

1.1. خصائص الرمل

فيما يلي بعض خصائص رمل البناء المستعمل

الكتلة الحجمية المطلقة $\mathrm{Mv} = \frac{M_S}{V_S} = \frac{100}{38.46} = \frac{2.60g}{cm^3}$

الكتلة الحجمية الظاهرية $\mathrm{Mv} = \frac{M_S}{V_S} = \frac{1749.53}{1073.33} = 1.63\frac{g}{cm^3}$

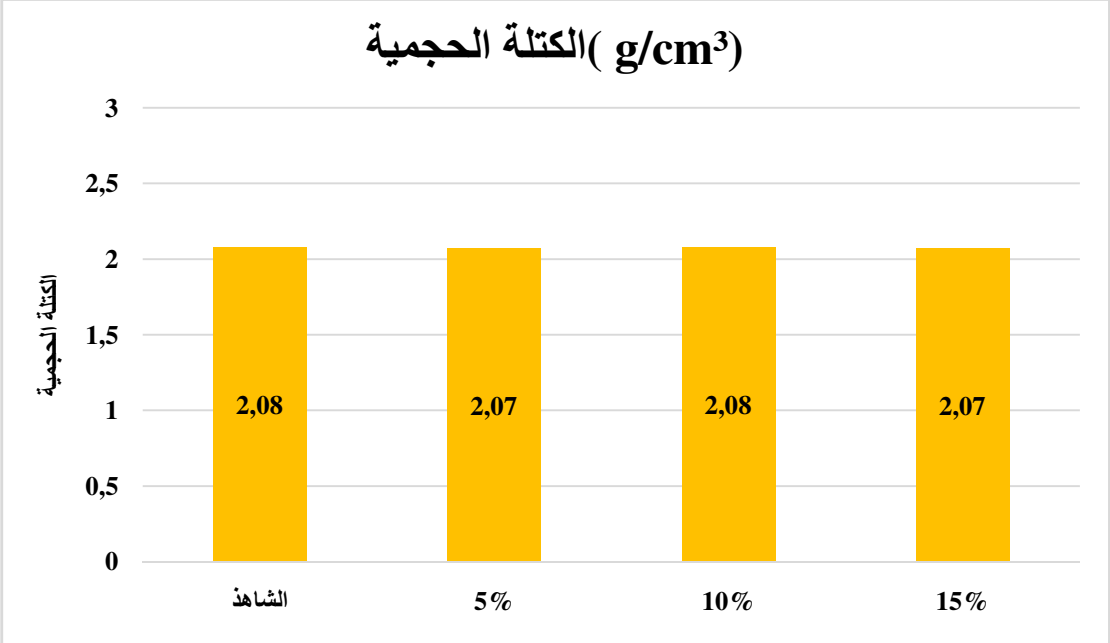
معامل النعومة $\mathrm{M_f} = \frac{\Sigma \mathrm{RC}}{100} = \frac{231.11}{100} = 2.31$

مكافئ الرمل : نسبة نقاوة الرمل المستعمل $\mathrm{ES} = 70\%$

2.1. خصائص الملاط

أ. الكتلة الحجمية

الشكل 3-1 ادناه يمثل الكتل الحجمية لمختلف انواع الملاط

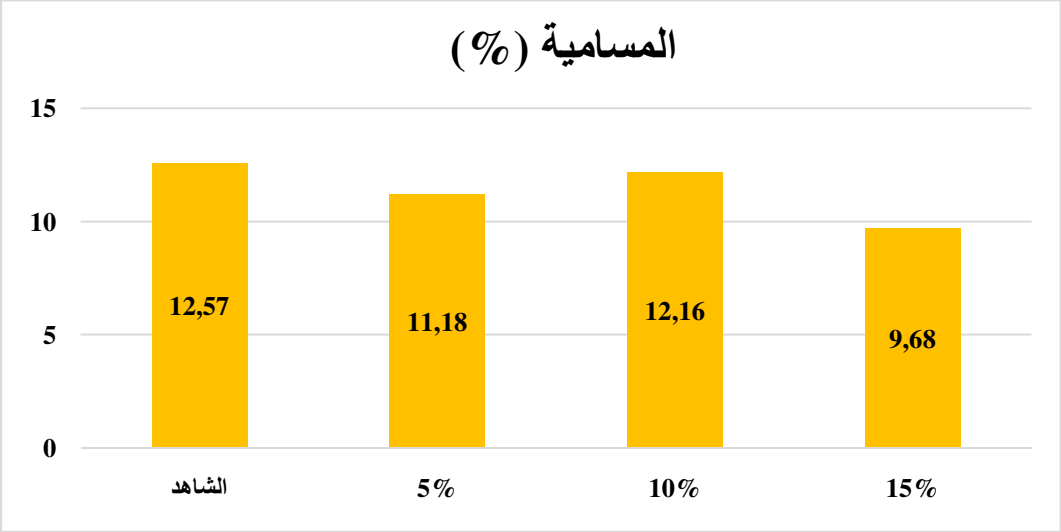


الشكل 3-1. الكتلة الحجمية لمختلف انواع الملاط

حسب الشكل 3-1 اعلاه فان الكتل الحجمية لجميع انواع الملاط متقاربة جدا وتكاد تكون متساوية (فرق اقل من 0.01). مما يعني ان تواجد كميات من رمل الكثبان لا يؤثر في الكتلة الحجمية.

ب. المسامية

المسامية من بين العناصر التي تعطي انطباع عام عن تماسك الملاط . الشكل 3-2 الموالي يبين نتائج المسامية التي حصلنا عليها في مختلف انواع الملاط.



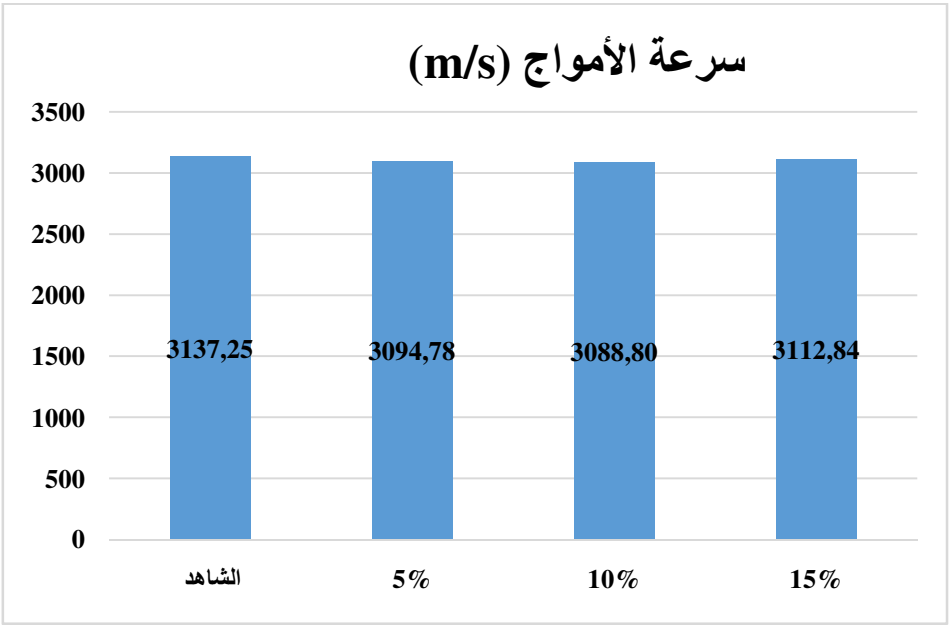
الشكل 3-2. المسامية لمختلف انواع الملاط

حسب الشكل 3-2 اعلاه فان المسامية لجميع انواع الملاط فليس هناك علاقة تناسبية بين نسبة رمل الكثبان و قيمة المسامية. اقل نسبة كانت في حالة 15 بالمئة وأكبر قيمة كانت في الشاهد، و الفرق بينهما 2.89 بالمئة.

ت. سرعة الامواج الصوتية

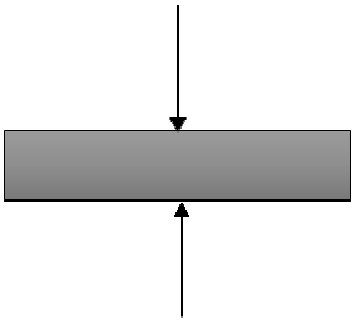
بالنسبة لنتائج حساب سرعة الامواج الصوتية، فهي ممثلة في الشكلين 3-3 و 3-4 وفق وضعية قطبي الارسال و الاستقبال

الوضعية أ

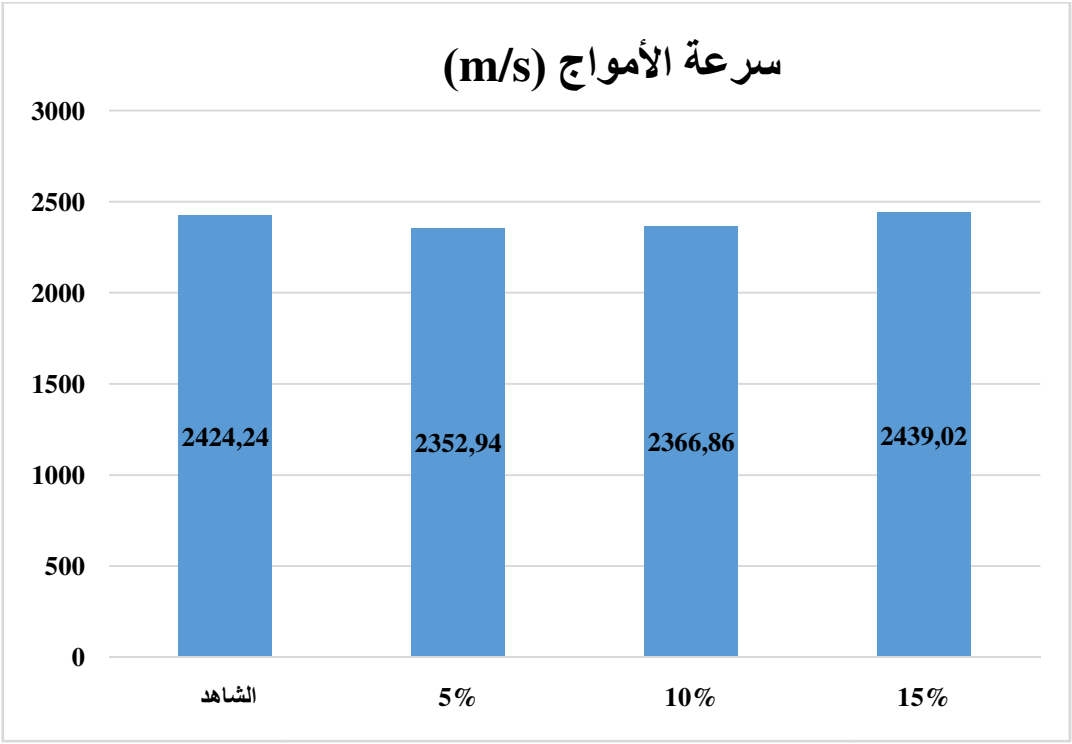


الشكل 3-3.سرعة الامواج الصوتية لمختلف انواع الملاط (وضعية أ)

من خلال الشكل 3-3 يتضح انه ليس هناك رابطة واضحة بين نسب تعويض رمل البناء وسرعات الامواج لمختلف عينات الملاط. لكن في المجمل فان السرعات تفوق 3000 م /ثا في الوضعية أ. اضعف سرعة كانت في العينة ب 10 بالمئة تعويض لرمل البناء واعلى قيمة كانت في الشاهد.



الوضعية ب

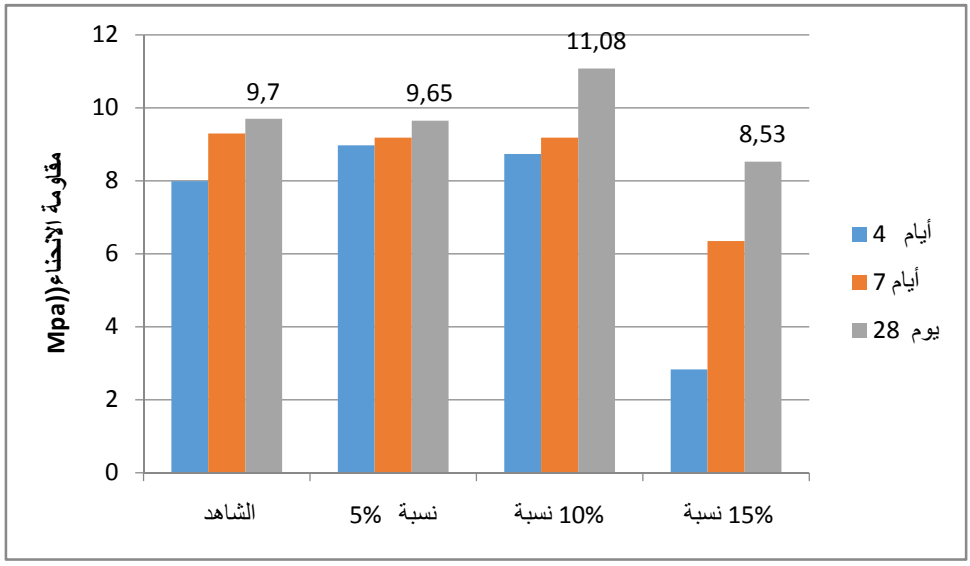


الشكل 3-4.سرعة الامواج الصوتية لمختلف انواع الملاط (وضعية ب)

بالنسبة للوضعية ب، فان السرعات تضعف مقارنة بالوضعية أ و لا تتعدى ال 2500 م/ثا. القيمة القصوى كانت في العينة التي تحوي 15 بالمئة من رمال الكثبان و الدنيا في حالة العينة ب 5 بالمئة من رمال الكثبان.

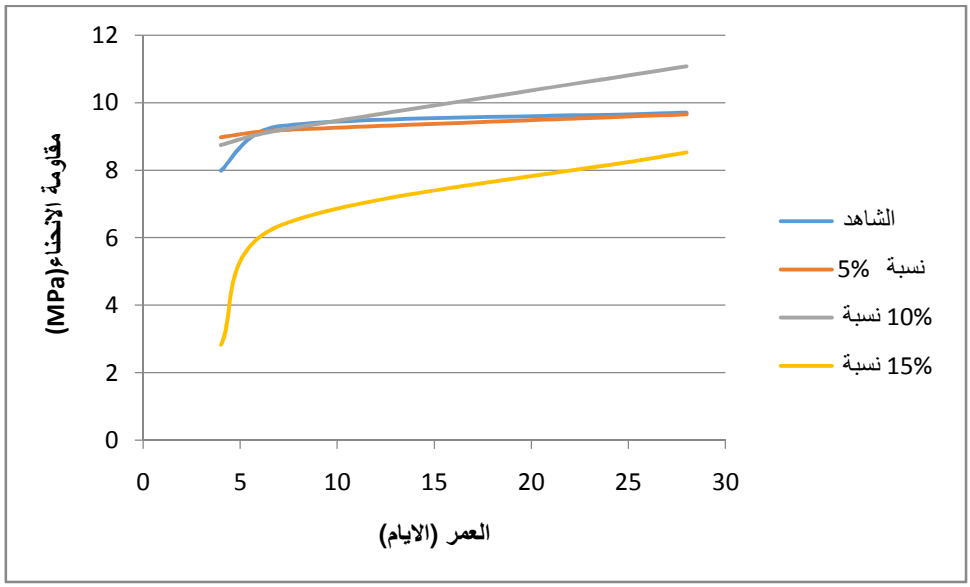
ث. مقاومة الانحناء

مقاومة الانحناء هي احدى الطرق التحطيمية التي تسمح بمعرفة الخصائص الميكانيكية للملاط . الشكل 3-5 توضح نتائج تحارب مقاومة الانحناء لمختلف عينات الملاط لمختلف الاعمار (4 ايام، و 7 أيام، و 28 يوم).



الشكل 3-5. مقاومات الانحناء لمختلف انواع الملاط في مختلف الاعمار

من خلال الشكل 3-5، فان تزايد في المقاومة مع مرور الوقت و التزايد يكون بوتيرة مختلفة في التسارع من نوع الملاط الى نوع آخر. القيم الدنيا سجلت في حالة 15 بالمئة و القيمة القصوى بعد 28 يوم فقد سجلت في العينة 10 بالمئة (11.08 ميغاباسكال).

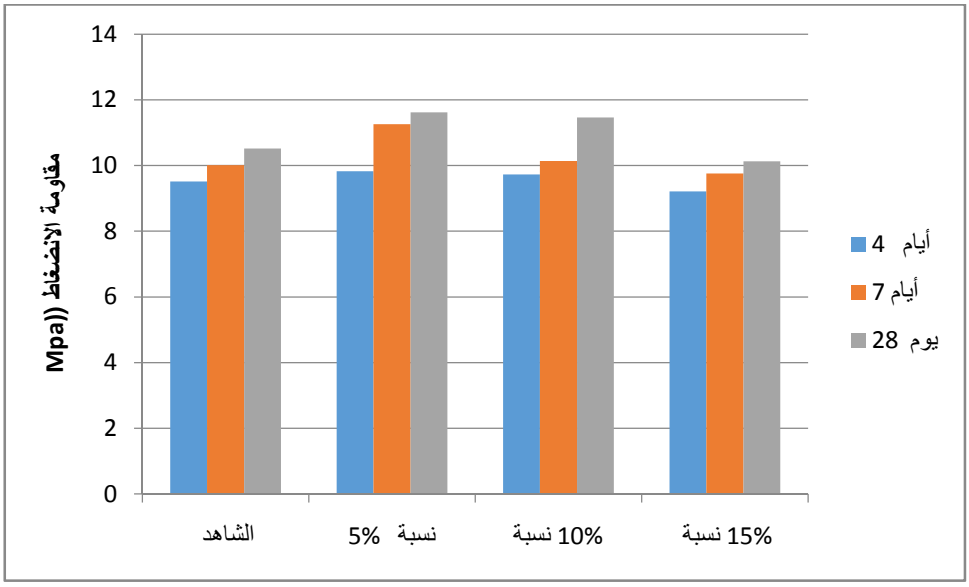


الشكل 3-6. تغير مقاومة الانحناء بدلالة عمر العينة

الشكل 3-6 يمثل تغيرات مقاومة الانحناء بدلالة عمر العينة. من خلال الشكل فهناك تسارع كبير في المقاومة بين 4 ايام و 7 ايام في العينة 15بالمئة تم ينخفض هذ التسارع بين 7 أيام و 28 يوم. في العينتين 5 بالمئة و 10 بالمئة، فان العلاقة تكاد تكون خطية. في حالة الشاهد، فالأمر مشابه لحالة 15 بالمئة و لكن بوتيرة ابطأ و اقل حدة.

ج. مقاومة الانضغاط

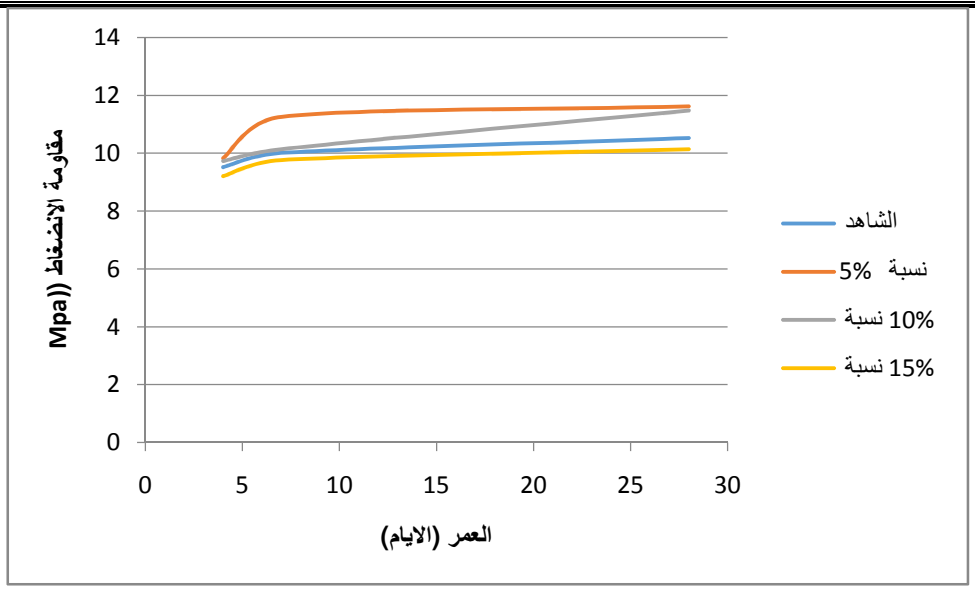
بالنسبة لمقاومة الانضغاط والتي تعتبر من التجارب التحطيمية المهمة كذلك، فان نتائجها تم تقديمها في الشكلين 3-7 و 3-8.



الشكل 3-7. مقاومات الانضغاط لمختلف انواع الملاط في مختلف الاعمار

من خلال الشكل 3-7 فان القيم المسجلة متقاربة نوعا ما مع تسجيل قيم قصوى في حالة 5 بالمئة لكل الاعمار مقارنة بالأنواع الاخرى للملاط، اما بالنسبة للقيم الدنيا فكانت في حالة 15 بالمئة.

بالنسبة لتغير مقاومة الانضغاط بدلالة العمر فهي مبينة في الشكل 3-8.



الشكل 3-8. تغير مقاومة الانضغاط بدلالة عمر العينة

من خلال الشكل 3-8 يتضح انه فيما عدى حالة الملاط ب 5بالمئة اين هناك تسارع طفيف بين 7 و 4 ايام تم يتبعه شبه استقرار بين 7 و 28 يوم ، فان التغير في الانواع الاخرى من الملاط يكون شبه معدوم و مستقر ما عدى حالة 10 بالمئة فان التغير يكون متزايدا بشكل خطي تقريبا.

2. مناقشة النتائج

تبعا للنتائج المتحصل عليها، فإنه يمكن القول ان تواجد كميات متفاوتة من رمل الكثبان في الملاط كمعوض جزئي لرمل المحاجر يؤثر على مختلف خصائص الملاط.

بالنسبة للتجارب غير التحطيمية والتي تعتبر مؤشر اولي لمعرفة خصائص الملاط، فان النتائج اظهرت انه ليس هناك تغيرات كبيرة في خصائص الملاط من ناحية الكثافة، و المسامية، و سرعة الامواج الصوتية.

مما يعني ان تواجد كثبان الرمل وبنسب متفاوتة لا يؤثر على الخصائص الفيزيائية للملاط لأنها من نفس طبيعة رمل البناء.

بالنسبة للتجارب التحطيمية، فان مختلف النتائج اظهرت ان تواجد رمل الكثبان بنسبة تقل عن 10 بالمئة له تأثير ايجابي على الخصائص الميكانيكية للملاط، اذ ان مقاومة الانحناء كانت الاحسن في نسبة 10 بالمئة، و مقاومة الضغط كانت الاحسن في نسبة 5 بالمئة. الحلقة الاضعف في انواع الملا ط كانت بنسبة رمل كثبان تساوي 15بالمئة.

الخاتمة

الخاتمة

إن استبدال جزء من رمل البناء برمل الكثبان يعمل على التقليل من استعمال رمل البناء وبالتالي التقليل من التكاليف الاقتصادية. دراستنا الحالية ما هي إلا تكملة لأبحاث سابقة في جامعتنا على الملاط والتي تهدف إلى ملاحظة تأثير استبدال جزء من رمل البناء برمل الكثبان على أداء الملاط أو الخرسانة. ركز هذا العمل على تأثير رمل الكثبان كبديل جزئي لرمل البناء، وبالتالي على خصائص الملاط، لهذا تم تحضير تركيبات مختلفة من الملاط حيث تم إعداد عينات من الملاط الذي يحتوي على رمل الكثبان بنسبة 15% و 10% و 5% وإعداد ملاط شاهد للمقارنة. اظهرت النتائج المتحصل عليها، فإنه يمكن القول أن تواجد كميات متفاوتة من رمل الكثبان في الملاط كمعوض جزئي للرمل الغريني يؤثر على مختلف خصائص الملاط. بالنسبة للتجارب الغير هدامة فإن النتائج أظهرت أنه ليس هناك تغييرات كبيرة في خصائص الملاط من ناحية كتلة الحجمية والمسامية وسرعة الأمواج الصوتية مما يعني أن تواجد رمل الكثبان وبنسب متفاوتة لا يؤثر على الخصائص الفيزيائية للملاط. بالنسبة للتجارب الهدامة، فإن مختلف النتائج أظهرت أن تواجد رمل الكثبان بنسبة تقل عن 10% له تأثير إيجابي على الخصائص الميكانيكية للملاط.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

[1]-https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sand.

[2]-https://www.almrsal.com/post/1293855

[3]-مذكرة لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية بعنوان " دراسة مقارنة لرمال البناء المختلفة بمنطقة الجنوب الشرقي (ورقلة) " قايد حسام الدين، قده الياس، 2020.

[4]-إسلام فتحي، آخر تحديث: 07:49، 21 جوان 2017 ، ما هي مواد البناء وما أنواعه.

[5]- خواص واختبارات المواد، "ركن الهندسة المدنية والمعمارية " منهاج سعودي / رفع م.عبد الوهاب كعود 18-07-2010 .

[6]-مهندس محمد**11/-04/2020**، أنواع مواد البناء المستخدمة في أعمال البناء.

[7]- الرمل، مورد طبيعي غير متجدد ومهدد بالنضوب، نشر في: 06 سبتمبر ,2018: 04:00م، حقوق النشر محفوظة لمجلة القافلة، أرامكو السعودية.

[8]-مذكرة لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية بعنوان " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي " مريقـة إبراهيـم، رحمـاني كمـال، (2019/2018).

[9]- مذكرة لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية بعنوان " صناعةطوبمصمتعلىأساسرمالالكثبان والحصى 3/8 ونشارةالخشب" خنفررابح، شتيويعبدالسلام ، تمتالمناقشة 2022/06/31.

[10] -FICHE TECHNIQUE, MATINE cimente béton exigeant NA442 CEMII/B-L42.5N.

[11] -TATI.T et CHAOUCHE.S "Formulation et caractérisation d'un béton de sable de dune chargé " mémoire mastère Université KasdiMerbah Ouargla (2018).

[12] - Essai ultrason LTPS -fichier Excel.

[13]- Arabian Journal of Geosciences(2021)/ Structural characterizations of dune sand and construction sand of Sidi Slimane and Zaouia El Abidia areas in the Touggourt region in southeast Algeria.

[14]-DUPAIN, R, LANCHON. R, J. C. SAINT ARROMAN, 1995. Granulats, sols, ciments et bétons – caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Edition castilla – Paris (France).

[15]-https:// emufeed.com/ar/articleالمسامية_الصخرية/

[16]-Norme Française NF P 18 -598. Equivalent de sable. Octobre 1991.

[17] -Norme Française NF P18-555. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables. Décembre 1990.

[18]-Norme Française NF P 18-558. Détermination de la masse volumique absolue des. Décembre 1990.

[19]- Norme Française NFP94-064 Détermination de la masse volumique absolue apparente.

[20]-Norme Française NF P 18-560. Analyse granulométrique par tamisage. Septembre 1990.

[21]- Norme Française NF P18-433. Résistance à la flexion sur éprouvettes. Octobre 2001.

[22]- Norme Française NF P18-455. Résistance à la compression des éprouvettes. Février 2003.