الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي
كلية التكنولوجيا
قسم : الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

تخصص : مواد الهندسة المدنية

الموضوع:

المساهمة في تحضير رمل قياسي خاص بالتجارب المخبرية

نوقشت في: 2023/06/08

***من إعداد الطلبة:**

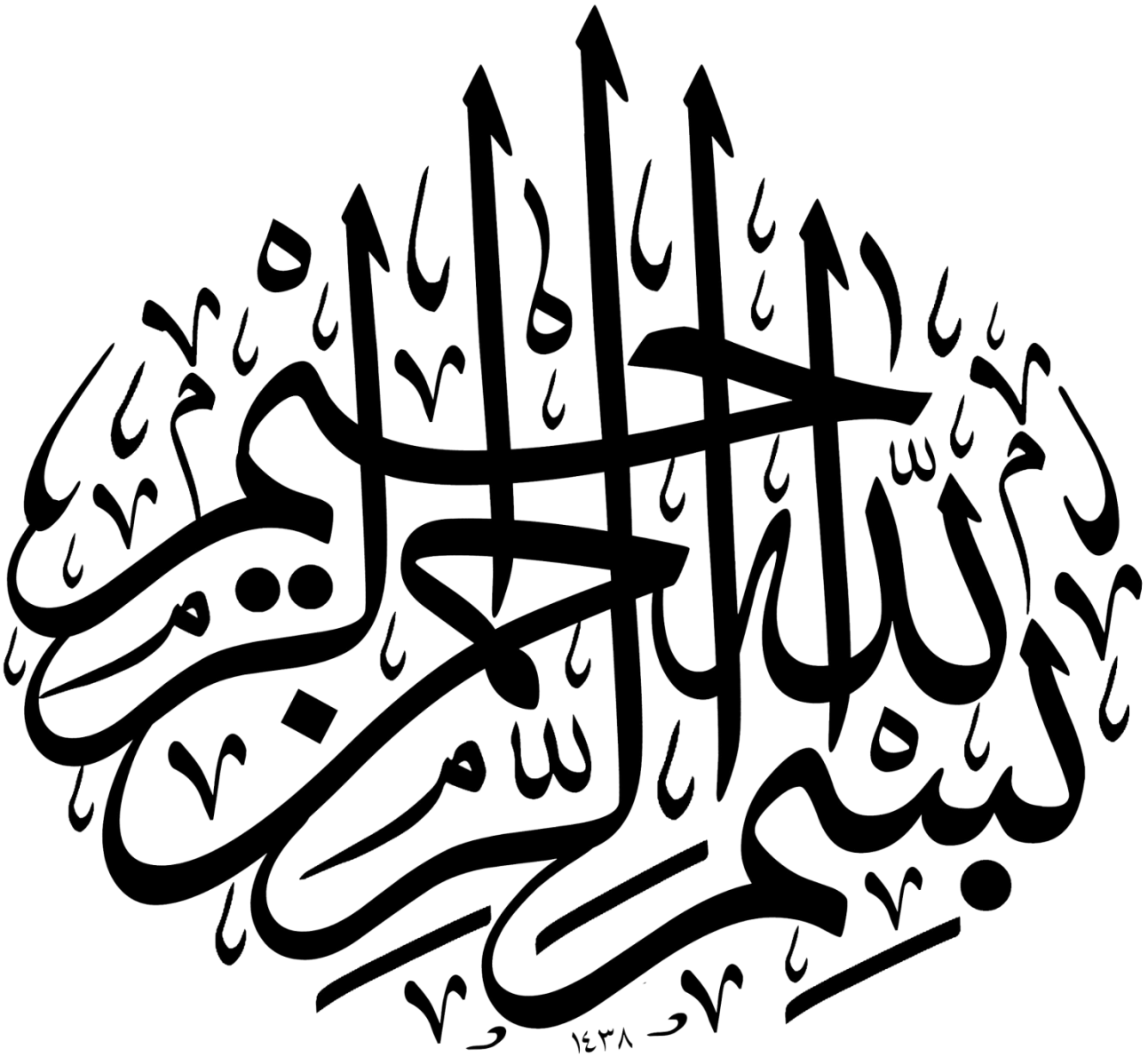
- **لعريبي فاطمة الزهرة**
- **لشلح جهينة**
- **عثماني حنان**
- **غولي اكرم**

*** تحت اشراف الدكتور:**

عبد العزيز العقبي

لجنة المناقشة		
الاسم واللقب	الجامعة	الصفة
د/محمد ماني	**جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي**	رئيسا وممتحنا
أ/ علي فريك	**جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي**	ممتحنا
د/عبد العزيز العقبي	**جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي**	مشرفا ومقررا

الموسم الجامعي :2023/2022


بسم الله الرحمن الرحيم
١٤٣٨

شـكـر وعـرفـان

الحمد والشكر لله الواحد الأحد، الفرد الصمد الذي لم يلد ولم يولد ولم يكن له كفوا أحد.

أما بعد :

فيسرنا أن نتقدم بجزيل الشكر إلى من أشرف على تأطيرنا الأستاذ عبد العزيز العقبي.

وإلى كل من ساهم في إنجاز عملنا هذا ونخص بالذكر كلا من محسن وأحمد وعز الدين لعريبي سائلين المولى عز وجل أن يجزيهم عنا خير الجزاء وأن يبارك فيهم وفي أعمالهم وأرزاقهم.

إلى شنقارة توفيق وإلى جميع أفراد مخبر الأشغال العمومية .

لكم منا جميعا جزيل الشكر والعرفان.

الإهـــــــداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، أما بعد:

فها نحن اليوم نطوي مسيرة سنوات من التعب والجهد لنضع بين أيديكم ثمرة رعيناها لسنين طوال، يسرنا أن نهدي عملنا المتواضع إلى

من كانت رمزا لتضحية والحب والعطاء... إلى من سهرت وتعبت وربت وكانت الأم والأب

إلى روح والدتنا تركي سعيدة

سائلين المولى عز وجل أن يتغمدها برحمته وأن يحشرها مع النبيين والصديقين وحسن أولئك رفيقا.

وإلى آبائنا وأمهاتنا جميعا جزاهم الله عنا خير الجزاء.

إلى الاخوة والأخوات والأصدقاء الذين كانوا لنا خير عون، وإلى كل من ساهم في إنجاح عملنا هذا لكم منا جزيل الشكر بوركتم وبورك مسعاكم.

لعريبي فاطمة الزهرة

لشلح جهينة

غولي أكرم

الإهـــداء

إلى قرة عيني وحبيبة روحي .....أمي

إلى سندي ورفيقي والكتف الذي أستند عليه ....أبي

إلى نبض فؤادي ورفيقة الدرب، جناحيّ اللذان أحلقُ بهما نحو حلمي.....أختي

إلى كل إخوتي وعزوتي

عائلتي وأصدقائي وصديقاتي

إلى نفسي التي تحملت كل الصعاب ولازالت تكافح لتصل إلى الحلم

إلى روح والدتي الثانية "سعيدة تركي" رحمها الله وأسكنها فسيح جناته

إلى كل ساهم من قريب ومن بعيد في إنجاز هذا العمل لكم مني جزيل الشكر والعرفان

إلى بلدي الجزائر وبلدي الذي أحب فلسطين

أهدي هذه المذكرة عسى أن نكون قد وفقنا في نفع بلادنا بها إن شاء الله

عثماني حنان

الـــفـهارس

قائمة الصور:

صورة (01): شكل وتوضيب الرمل القياسي..... 23

صورة (02): أنواع الرمال المستعملة الثلاثة(البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر) 31

الصورة (03): الرمل القياسي المستورد المستعمل(Sable Normalisé) 32

صورة (04): الاسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (متين لافارج -LAFARGE) 33

صورة (05): البطاقة التقنية للإسمنت المستخدم (متين لافارج 34

LAFARGE) 34

الصورة (06): الأدوات المستعملة في تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية..... 35

الصورة (07): خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية 36

الصورة (08) : عينات الرمال في تجربة الكتلة الحجمية المطلقة..... 37

الصورة(09): الأدوات المستعملة في تجربة المكافئ الرملي..... 38

الصورة (10) : خطوات عمل تجربة المكافئ الرملي 39

الصورة (11) : الأدوات المستعملة في تجربة التحليل الحبيبي. 41

الصورة (12) : خطوات من تجربة محتوى السلفات..... 43

الصورة (13): صورة آلة قياس محتوى الكربون 44

الصورة(14): آلة التحطيم بواسطة الانحناء..... 45

الصورة(15): قالب متوازي مستطيل ذا أبعاد (160 mm×40×40) 45

الصورة (16): تجربة تحطيم الملاط بواسطة جهاز الانحناء 47

قائمة الأشـكال:

الشكل (01): طريقة إجراء تجربة الكتلة الحجمية المطلقة. **37**

الشكل(02): شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء **46**

الشكل (03): يوضح آلية التحطيم بالضغط[10] **48**

الشكل(04): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل البعاج (Mf= 1.677) **54**

الشكل (05): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل ورقلة(Mf= 2.123) **55**

الشكل (06): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر (Mf= 2.001) .. **56**

الشكل (07): منحنى نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد **57**

الشكل (08): أعمدة بيانية توضح نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في عمر 7 أيام **63**

الشكل(09): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في عمر 28 يوم **64**

الشكل (10): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الانحناء للملاط المنتج والشاهد في عمر 7 ايام..... **65**

الشكل (11): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الانحناء للملاط المنتج والشاهد خلال 28 ايام **66**

الشكل (12): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الضغط للملاط المنتج والشاهد خلال 7 أيام..... **67**

الشكل (13): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الضغط للملاط المنتج والشاهد خلال 28 يوم **68**

قائمة الجداول:

الجدول رقم (01): تركيبة الرمل القياسي **24**

الجدول رقم (02) : طبيعة ونوعية الرمل..... **40**

الجدول رقم (03): نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية(رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر) **51**

الجدول رقم (04): نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة(رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)... **52**

الجدول رقم (05): نتائج تجربة المكافئ الرملي (رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)..... **53**

الجدول رقم (06):طبيعة ونوعية (رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)..... **53**

الجدول رقم (07): نتائج التحليل الحبيبي لرمل البعاج..... **54**

الجدول رقم (08) : نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل ورقلة..... **55**

الجدول رقم (09) :نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر..... **56**

الجدول رقم (10): نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد **57**

الجدول رقم (11) : نتائج معامل النعومة (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر)..... **58**

الجدول رقم (12): نتائج محتوى الدقائق (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر) **59**

الجدول رقم (13): نتائج نسبة محتوى السلفات (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر) **60**

الجدول رقم (14): الأقطار والكتل الجزئية المتبعة لصنع الرمل القياسي **62**

الجدول رقم (15): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 7 أيام **63**

الجدول رقم (16): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 28 يوم **64**

الجدول رقم (17): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الانحناء لمدة7 أيام..... **65**

الجدول رقم (18): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الانحناء في عمر 28 أيام..... **65**

الجدول رقم (19): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الضغط لمدة 7 أيام..... **66**

الجدول رقم (20): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الضغط لـ 28 مدة يوم..... **67**

فهرس المحتويات:

شكر وعرفان: .....

الإهــداء .....

الــفــهــارس .....

قائمة الصور: 8

قائمة الأشكال: 9

قائمة الجداول: 10

فهرس المحتويات: 11

الملخص: 16

المقدمة العامة: 18

I. الفصل الأول: البحث النظري 20

I. 1 مدخل: 21

I. 2 نبذة تاريخية: 21

I. 3 الرمل: 21

I. 3. 1 ما هو الرمل؟ 21

I. 2.3 أنواع الرمال المستخدمة في البناء: 22

I.3-2-1 رمــل الوديـان الطبيعي: 22

I.3-2-2 رمال المحاجر: 22

I.3-2-3 رمال الكثبان الرملية: 22

I.3-2-4 الرمال الصناعية: 22

I.3-2-5 رمال البحار: 23

I.3.3 الرمل القياسي "المعياري" (Sable Normalisé): 23

I.3-3-1 تعريف الرمل القياسي: 23

I.3-3-2 مواصفات الرمل القياسي: 24

I.3-4 صفات واستخدامات الرمل: 24

I. 3-4-1 الصفات المطلوبة للرمل: 24

I.3-4-2 استخدامات الرمال: 24
I. 4 الملاط: 25
I.4-1 تعريفه: 25
I.4-2 أنواع الملاط المستخدم في مجال البناء: 25
I.4-2-1 الملاط الإسمنتي البورتلاندي: 25
I.4-2-2الملاط البوزولان: 25
I.4-2-3 الملاط الإسمنتي البوليميري: 25
I.4-2-4 الملاط المضاد للحرائق: 25
I.5 الإسمنت: 26
I .5-1 تعريفه: 26
I. 5-2 أنواع الاسمنت: 26
I. 5-2-1 الإسمنت البورتلاندي العادي: 26
I. 5-2-2 الإسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية: 26
I. 5-2-3 الإسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة: 26
I. 5-2-4 الإسمنت البورتلاندي الأبيض: 26
I. 5-2-5 الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات: 26
I .6 الخرسانة: 27
I .6-1 تعريفه: 27
I .6-2 أنواع الخرسانة: 27
I .6-2-1 أنواع الخرسانة من حيث العمر: 27
I .6-2-2 أنواع الخرسانة من حيث التركيبة والاستعمال: 27
I .7 الجانب الاقتصادي والبيئي: 28
I .7-1 الاقتصادي: 28
I .7-2 البيئي: 28
خلاصة الفصل: 29

II. الفصل الثاني: المواد والتجارب المخبرية المعمول بها 30

II.1- مدخل: 31
II.2- المواد المستعملة: 31

II.2-1 الرمل المستعمل: 31
II.2-2 الاسمنت المستعمل: 32
II .2-3 الماء المستعمل: 34
II. 3 الاختبارات الفيزيائية: 35
II.3-1 الكتلة الحجمية (Masse Volumique) (NF P18-301): 35
II.3-1-1 الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique apparent) (NF P94-064): 35
II.3-1-2 الكتلة الحجمية المطلقة (Masse Volumique absolue) : 36
II.3-2 المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) (NF P18 598) : 37
II.3-3 التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique) (NF P18-560): 40
II. 4 التجارب الكيميائية: 42
II. 1.4 محتوى السلفات (Teneur en sulfate) (N BS1377): 42
II. 1.4-1 الهدف من التجربة: 42
II. 1.4- 2 خطوات التجربة: 42
II. 2.4 محتوى الكربون (Teneur en Carbone) NF P15-461 : 43
II. 1.4-1 الهدف من التجربة: 43
II. 1.4-2 خطوات التجربة: 43
II. 5 التجارب التحطيمية: 44
II. 5 -1 تجربة الانحناء: 44
II. 5 -1 -1 تعريف: 44
II. 5 -1 -2 الأدوات والأجهزة المستعملة في التجربة: 44
II.5 -1-3 أسلوب العمل: 46
II. 5 -2 تجربة الضغط: 47
II. 5 -2 -1 تعريف: 47
II. 5 -2 – 2 أسلوب العمل: 47
خلاصة الفصل: 49

III. الفصل الثالث: عرض النتائج وتحليليها 50

III.1- مدخل: 51
III.2- نتائج التجارب الفيزيائية: 51

III.2-1 الكتلة الحجمية الظاهرية: 51
III.2-2 الكتلة الحجمية المطلقة: 52
III.2-3 المكافئ الرملي: 52
III.2-4 التحليل الحبيبي: 54
III.2-4-1 نتائج التحليل الحبيبي للعينات: 54
III.2-4-2 نتائج التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد: 57
III.2-5 معامل النعومة: 58
III.2-6 محتوى الدقائق (Teneurs en Fines): 59
III.3 التجارب الكيميائية: 60
III.3 -1 محتوى السلفات: 60
III.3 -2 التعليق: 60
III. 4 صياغة وتحضير الرمل القياسي المبتكر: 61
III. 4-1 تحضير الرمل القياسي المبتكر: 61
III. 4-2 طريقة تحضير الملاط القياسي: 62
III. 4-3 شكل وتحضير العينات: 62
III. 4-4 نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط: 63
III. 4-4-1 نتائج 7 أيام: 63
III-4-4-2 نتائج 28 أيام: 64
III. 5 نتائج التجارب التحطيمية: 65
III. 5-1 نتائج الانحناء: 65
III. 5-1 -1 نتائج 7 أيام: 65
III. 5-1-2 نتائج 28 أيام: 65
III. 5-2 نتائج الضغط: 66
III. 5-2-1 نتائج 7أيام: 66
III. 5-2-2 نتائج 28 يوم: 67

الخاتمة: 69

الملاحق 72

قائمة المراجع: 81

Résumé

الملخص:

يتمحور موضوعنا حول المساهمة في تحضير رمل قياسي خاص بالتجارب المخبرية التي يتم إجراؤها على الإسمنت، له نفس الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للرمل القياسي المستورد، وذلك حرصا منا على استغلال المادة الأولية(الرمال المحلية) والتخلي على الرمل المستورد لضمان فرص لنشاط السوق الجزائري اقتصاديا.

فاخترنا ثلاثة أنواع من الرمال (رمل البعاج، رمل ورقلة، رمل جامعة الأصفر). أجرينا عليهم التجارب الفيزيائية والكيميائية المتمثلة في (التدرج الحبيبي، المكافئ الرملي، الكتلة الحجمية (المطلقة والظاهرية)، محتوى الدقائق، محتوى السلفات)، والتي توصلنا من خلالها إلى أن رمل جامعة الأصفر الأقرب والأنسب لمعايير وخصائص الرمل القياسي المستورد الذي سنساهم في انجازه.

حضرنا عينات من الملاط: عينات شاهدة (من الرمل القياسي الأصلي) وعينات برمل جامعة الأصفر الذي قمنا بتجهيزه، ثم قمنا بحفظهم لمدة 7 أيام و28 يوماً، وأجرينا عليهم التجارب الميكانيكية (تجربة الانحناء البسيط والضغط البسيط) فتبين لنا أن:

- نتائج مقاومة الانحناء للعينات (عينات من الرمل المستورد وعينات من الرمل المُعد) في عمر 7 أيام و28 يوماً كانت متقاربة في حين أن نتائج مقاومة الضغط كانت متفاوتة وذلك راجع إلى عدة عوامل أهمها:

- ✓ نوع الاسمنت المستخدم.
- ✓ الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للرمل المُعد.
- ✓ طريقة خلط وحفظ العينات
- ✓ نوع الآلات المستخدمة في قياس المقاومة (الضغط أو الانحناء)

الكلمات المفتاحية: رمل قياسي - التجارب المخبرية- الاسمنت.

Résumé:

Notre sujet consiste en une contribution à la préparation d'un sable standard (normalisé) pour les essais de laboratoire notamment les essais de caractérisation du ciment Portland. Le sable visé a les mêmes propriétés chimiques et physiques du sable standard importé, en exploitant la matière première (sable local).

Nous avons choisi trois types de sable (sable el-Baage, sable d'Ouargla et sable jaune de Djamaa -) qui sont menés à des essais physiques et chimiques (Analyse granulométrique, équivalent de sable, masse volumique (absolue et apparente), teneur en fines, teneur en sulfates) à travers lesquelles nous avons conclu que le sable jaune de Djamaa est le plus proche et le plus approprié aux normes et caractéristiques du sable normalisé importé notamment la propreté.

Nous avons préparé des échantillons de mortier : des échantillons de contrôle (à partir du sable standard d'origine) et des échantillons de sable jaune de Djamaa, et nous avons effectué des essais d'écrasement mécanique (traction par flexion et compression) à l'âge de (07) jours et vingt-huit (28) jours.

Nous avons trouvé que les résistances à la flexion des échantillons (échantillons de sable importé et échantillons de sable préparé) sont proches, tandis que les résistances à la compression sont un peu divergentes.

mots clés: Sable standard - expériences de laboratoire – ciment.

مقدمة عامة

يعتبر الرمل من أقدم المواد التي عرفها الإنسان في حياته ويعتبر أيضا أحد المصادر التي دُرست في العلوم الهندسية والجيولوجيا وعلوم الفيزياء والكيمياء وكذلك البيئة وغيرها من مواد واستعمالات أخرى.

يتزايد استعمال الرمل في حياتنا اليومية في عدة مجالات حيث يعد الرمل المادة الأولية في صناعة الخرسانة بمختلف أنواعها ويستخدم أيضا في تحديد مقاومة الاسمنت إذ يتم استخدام نوع معين من الرمل في هاته العملية يطلق عليه اسم الرمل القياسي أو المعياري.

يتواجد هذا النوع من الرمال في العديد من الدول مثل فرنسا، ألمانيا .... الخ، ويخضع لعدة شروط وفق المعايير الأوروبية، يتم استيراد هذا النوع من الرمال في الكثير من البلدان خاصة دول العالم الثالث نظرا لعدم توفره فيها.

يستورد هذا الأخير في أكياس صغيرة وبأثمان باهظة، ولأن منطقتنا الجغرافية تتميز بمادة الرمل لذا ارتأينا أن نتناوله في موضوع مذكرة التخرج تحت عنوان "تحضير رمل نظامي من خلال الرمل المتاح" وذلك حرصا منا على استغلال الموارد المحلية ومحاولة خلق سوق وطنية وتحقيق الاكتفاء الذاتي.

ولقد تم إدراج هاته المذكرة ضمن القرار الوزاري 1275 الخاص بالمؤسسات الناشئة للحصول على شهادة جامعية- مؤسسة ناشئة حيث يعتبر هذا الموضوع مشروعا جيد نظراً لما يحمله من ميزات وخصائص تساهم في التقليل من عبئ الاستيراد الذي يثقل على خزينة الدولة كما أنه ينعش الاقتصاد الجزائري ويقلل من استنزاف العملة الصعبة.

الفصل الأول
البحث النظري

I. 1 مدخل:

للرمل استخدامات عديدة ومتنوعة، فهو يستخدم منذ القدم في صناعة الاسمنت، وكذلك الطوب والزجاج. كما يستخدم في صناعة الخرسانة، وقد خصصنا هذا الفصل لدراسة الرمل، الاسمنت، الملاط، الخرسانة.

I. 2 نبذة تاريخية:

يعود استخدام الرمل إلى ما قبل التاريخ. وهناك أدلة أركيولوجية على أنه استُخدِم قبل الميلاد بنحو 6000 سنة، لشحذ وتلميع الحجارة لجعل أطرافها حادةً وصالحةً للقطع.

كما ظهرت أولى الخرزات المطلية بالزجاج، المصنوع من صَهر الرمال، في مصر ما بين 3000-3500 قبل الميلاد. وقبل ذلك بنحو ألف سنة كان الرمل قد دخل في صناعة طوب البناء في وادي السند أولاً. ومنذ ذلك الزمن وحتى يومنا هذا لم يغب الرمل يوماً عن صناعتي الزجاج والبناء.

غير أن الاستخدام الكثيف للرمل اتخذ منعطفاً حاداً مع انطلاق الثورة الصناعية في أواخر القرن الثامن عشر وتوسع المدن وبناء الطرقات، ومن ثم ظهور الخرسانة كمادة رئيسة للبناء.

وازداد الطلب على الرمل في بداية القرن العشرين، وخلال الحربين العالميتين اللتين تطلبتا شق كثير من الطرق قبلهما وخلالهما، ثم إعادة الإعمار الواسعة التي تلتهما. [1]

I. 3 الرمل:

I. 3. 1 ما هو الرمل؟

هو مادة حبيبية طبيعية تتكون من جزيئات مفتتة ناتجة عن تفتت الصخور والمعادن وبعض المواد العضوية الجافة نتيجة العوامل الطبيعية من رياح وأمطار وأمواج البحر وسيول الوديان على مر السنين، ونظرا لطول الوقت الذي يطلبه تشكيل الرمل يمكن القول بأنه مورد طبيعي غير متجدد .ونرى أن تكوين الرمال يختلف باختلاف المصادر الخاصة بالصخور المحلية وتكوينها، والمكون الأكثر انتشارا في المناطق القارية والمناطق الساحلية هو والسيليكا وهو ثاني أكسيد السيليكون ويتكون على شكل معدن الكوارتز .

ويتشكل عادة معظم أنواع الرمل من مادتي الكوارتز والسيليكا تجعلان من تركيبته غير متفاعلة كيميائيا وقاسية للغاية وأشد مقاومة للظروف المناخية والطبيعية وتختلف ألوانه تبعا لطبيعة الصخور أو المعادن أو المواد العضوية التي يتأتى منها. [2]

I. 2.3 أنواع الرمال المستخدمة في البناء:

I.3.2-1 رمــل الوديـان الطبيعي:

هذه الرمال تعد من أكثر الأنواع نقاءً، ومن مميزات هذا النوع أن هيكله متجانس وصغير بالنسبة لحجم الجسيمات، ويعد الرمل النهري من أهم أصناف المواد التي تخص البناء، ويستخدم في صناعة العديد من أنواع الخرسانة، الرمال الطبيعية يمكن أن تأتي من الأنهار المعروف أيضا باسم "رمل النهر" ويتميز بشكله المستدير وصلابته، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور بسبب كتلتها الصغيرة، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العالي عند وصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة والتي لم تعد تحملها طاقة الماء تترسب ببطء في مجاري الأنهار والجداول .ولأسباب بيئية مثلها مثل رمال الشواطئ يتم استغلال عدد قليل للغاية من هذه الرمال مباشرة في قاع الأنهار النشطة، خوفا من نفاذها لأنها تعتبر من الرمال الغير قابلة للتجدد [2]

I.3.2-2 رمال المحاجر:

وتنتج عن طريق التكسير، في الواقع هي عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشظايا الأصغر فالأصغر، فإنه يخلق كمية معينة من الرمل، تستخدم الحصى (عادة ما يزيد قطرها عن 5مم) لتصنيع الخرسانة، أما الرمل فهو ينتج عن تكسير الحصى المسحوق (عادة ما يقل قطرها عن5مم). [3]

I.3.2-3 رمال الكثبان الرملية:

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 ومتجـانسة 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 [2]

I.3.2-4 الرمال الصناعية:

هي رمال ناتجة عن طحن وسحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ ولقد أجريت العديد من الدراسات الحديثة والتجارب على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمـال وبينت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي [2]

I.3.2-5 رمال البحار:

الرمال البحرية يتم استخراجها من قاع البحر عن طريق المقذوفات الهيدروليكية والأمواج البحرية، إن رمال البحار نجدها متوفرة بكثرة 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

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 للقوانين المضيقة على استغلال هذا النوع من أنواع الرمال فانه ينصح بعدم الاستغلال العشوائي لهذا النوع من الرمل في البناء [3]

I.3.3 الرمل القياسي "المعياري" (Sable Normalisé):

I.3.3-1 تعريف الرمل القياسي:

الرمل القياسي CEN (أو الرمل القياسيISO) هو رمل طبيعي، وهو عبارة عن رمل سيليسي خاصةً (يتكون من عدة أقطار مختلفة من الرمل يتم إنتاجها عن طريق الغربلة) والجسيمات بشكل عام متفاوتة القياس، ويتم تجفيفها وغربلتها وتحضيرها في ورشة حديثة تقدم كل ضمان من حيث الجودة والاتساق.

يعبأ الرمل في أكياس من البولي إيثيلين يحتوي كل منها على 1350 ± 5 غ.

يتم التسليم في صناديق من 16 كيسًا تزن 21.6 كغ وفي منصات من 2 إلى 54 صندوقًا، محمية بشكل مناسب بغطاء من البولي إيثيلين (النقل البري) أو الصناديق المقواة (الشحن) [7]

فيما يلي صور توضيحية للرمل القياسي:

صورة (وتوضيب الرمل 01): شكل القياسي.

I.3-3-2 مواصفات الرمل القياسي:

تتوافق تركيبة حجم الجسيمات المحددة بالغربلة مع متطلبات المعايير

EN 196-1 (الفقرة 5) و ISO 679: 2009 (الفقرة 5).

العالق المجمع (%)	أقطار الغرابيل (ملم)
99±1	0.08
87±5	0.16
67±5	0.50
33±5	1
7±5s	1.6
0	2

الجدول رقم (01): تركيبة الرمل القياسي

يتم استكمال هذه التحليلات بفحص كتلة الأكياس وقياسات محتوى الرطوبة وفحوصات المقاومة الميكانيكية، وفقًا لمتطلبات المعايير EN 196-1 (الفقرة 11) و ISO679:2009(الفقرة11) [7]

I.3-4 صفات واستخدامات الرمل:

I. 3-4-1 الصفات المطلوبة للرمل:

يعتبر الرمل ذو نوعية جيدة إذا استوفى شروطا معينة:

* يجب ألا تحتوي على أكثر من 3٪ من الشوائب (الطمي، المنتجات الصناعية الضارة، الغبار... الخ)

* يجب أن تكون مصنوعة من حبيبات بأحجام وأبعاد مختلفة، وذلك لملء الفجوات المتبقية بين أنواع مختلفة من الركام.

I.3-4-2 استخدامات الرمال:

تستخدم الرمال الطبيعية والاصطناعية في صناعات البناء والتشييد وتعتبر مكون أساسي للملاط والخرسانة، حيث أن الرمال تقوم بالزيادة من قابلية تشغيل الملاط أو الخرسانة بجعلها أكثر كثافة.ولكن يجب اتخاذ تدابير خاصة للرمال الاصطناعية من الخبث، والتي يمكن أن تغير الروابط [4]

I. 4 الملاط:

I.4-1 تعريفه:

الملاط هو مادة بناء تستخدم لربط الطوب أو الحجر لملء الفراغات بينها وهو بصورة عامة يصنع على شكل عجينة تصبح صلبة حين تجف ويمكن تصنيف الملاط على أساس نوع التطبيق الذي سيتم استخدامه فيه. [2]

I.4-2 أنواع الملاط المستخدم في مجال البناء:

I.4-2-1 الملاط الإسمنتي البورتلاندي:

ملاط الإسمنت البورتلاندي (كثيرا ما يُعرف اختصاراً بـ الملاط الإسمنتي) مؤلف من خليط من الإسمنت البورتلاندي العادي(CPA) ، والرمل مع الماء.

I.4-2-2 الملاط البوزولان:

البوزولان هي مادة جيدة، رماد بركاني رملي، اكتشفت أصلا وُحفرت في إيطاليا في بوتسوولي حول جبل فيزوف، وفي عدد من المواقع الأخرى لاحقاً. تحدث المعماري الروماني القديم فيتروفيو عن أربع أنواع من البوزولان، وجدت في جميع المناطق البركانية في إيطاليا وبمختلف الألوان: الأسود والأبيض والرمادي والأحمر، وعندما يُطحن جيداً ويُخلط مع الجير فإنه يصبح كالإسمنت البورتلاندي ويصنع ملاط قوي يستطيع أيضا أن يتجمد تحت الماء.

I.4-2-3 الملاط الإسمنتي البوليميري:

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

I.4-2-4 الملاط المضاد للحرائق:

الملاط المضاد للحرائق هو ملاط يُستخدم عادة لمعظم الفتحات الكبيرة في الجدران والأرضيات التي تتطلب أن تكون مقاوِمة للحرائق. وهو عنصر الحماية السلبية من الحرائق. يختلف الملاط المضاد للحرائق في الصيغة والخصائص عن معظم المواد الإسمنتية الأخرى ولا يمكن أن يكون بديلاً للملاط العادي من دون انتهاك قائمة ومستحسنات الاستخدام والامتثال. [2]

I.5 الإسمنت:

I .5-1 تعريفه:

هو رابط هيدروليكي بشكل مسحوق معدني ناعم جاف رمادي اللون يتصلب ويقسى فيمتلك بذلك خواص تماسكية وتلاصقية بالتميُه أي بوجود الماء مكونا بذلك عجينة تتصلب تدريجيا في الهواء وحتى في الماء[2]

I. 5-2 أنواع الاسمنت:

I. 5-2-1 الإسمنت البورتلاندي العادي:

هو النوع الأكثر استعمالا من بين أنواع الخرسانات وفي كافة الأعمال المعمارية، ويكتسب الإسمنت البورتلاندي معظم قوته بعد 28 يوما من وقت الصب.

I. 5-2-2 الإسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية:

بحيث يفرق عن الإسمنت البورتلاندي العادي في أنه يستغرق فقط 3أيام للحصول على أعلى مقاومة بينما يعرف أن الإسمنت العادي يحتاج إلى 28 يوم لبلوغها، بالرغم أن النوعين المذكورين سابقا في نفس زمن الشك الابتدائي والنهائي تقريبا.

I. 5-2-3 الإسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة:

وهذا النوع يمتاز عن غيره بانخفاض درجة الحرارة الناتجة عن تفاعل الإسمنت مع ماء الخلط (عملية الإماهة)، نتحصل على هذا النوع بإضافة مادة مخفضة للحرارة ضمن عملية صناعة الإسمنت.

- ونستخدم هذا النوع في أغراض خاصة متجنبين بذلك الانبعاث الكبير للحرارة، والذي حتما سيتسبب في إحداث شروخ في الخرسانة، وذلك بالطبع يكون عند الحاجة إلى صب كتلة خراسانية كبيرة كما في السدود وخلافها.

I. 5-2-4 الإسمنت البورتلاندي الأبيض:

سُميّ الاسمنت البورتلاندي الأبيض بهذا الاسم نسبة للونه الأبيض، وهو النوع الشائع والمناسب في أعمال التشطيب، ويستعمل كذلك في أعمال البلاط والسيراميك والخرسانات الظاهرة ويتميز هذا النوع بإمكانية إضافة مواد ملونة لتعطيه اللون المطلوب.

I. 5-2-5 الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات:

وتمتاز هذه النوعية بقدرة عالية على مقاومة تأثير الأملاح والكبريتات، ويستعمل في أعمال الخرسانات المعرضة للمياه التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح والكبريتات خاصة في الأساسات والأعمال البحرية [5]

I .6 الخرسانة:

I .6-1 تعريفه:

الخرسانة هي مصطلح عربي يطلق على الحجر الصناعي الناتج عن عملية التفاعل الكيميائي بين مجموعة من بعض المواد الطبيعية، أو مزيج بين مواد طبيعية وأخرى اصطناعية، أو كلاهما معا، تسمى:

باللغة الإنجليزية concrete

باللغة الفرنسية béton

وهي كذلك عبارة عن مركب غير متجانس يتكون من الاسمنت الركام والماء، والإضافات في بعض الأحيان، كما أنها مادة اقتصادية سهلة الصب في القوالب، مقاومة للحريق وقوى الضغط، وهاته الخصائص ضمنت لها حصة كبيرة في مجال الإنشاءات لحد الآن، لكن مقاومتها الضعيفة لقوى الشد والتي تسمح بسهولة انكسارها وقابلية حدث التشققات هو ما دفع لاختراع الخرسانة المسلحة سنة 1784م، وذلك من خلال تسليحها بقضبان فولاذية لرفع مقاومة الشد لديها والحد من التشققات وانتشارها [3]

I .6-2 أنواع الخرسانة:

I .6-2-1 أنواع الخرسانة من حيث العمر:

يمكن تصنيف الخرسانة حسب عدة اعتبارات أهمها مراحل حياة وعمر هذه المادة الانشائية عموما تمر الخرسانة أثناء حياتها بثلاث مراحل مهمة هي:

- الخرسانة الطازجة (Béton Faris)
- الخرسانة الخضراء (Béton Vert)
- الخرسانة المتصلبة (Béton Durci)

I .6-2-2 أنواع الخرسانة من حيث التركيبة والاستعمال:

- الخرسانة العادية (Béton ordinaire)
- الخرسانة المسلحة (Béton Armé)
- الخرسانة مسبقة الإجهاد (Béton précontraint)
- الخرسانة مسبقة الصنع- الجاهزة - (Béton préfabriqué)
- الخرسانة عالية المقاومة (Béton hauteà résistance)
- الخرسانة عالية الأداء (Béton haute performance)
- خرسانة الألياف (Béton Fibre)
- الخرسانة ذاتية الدمك (Béton auto plaçant)
- خرسانة الرش (Béton projection)
- الخرسانة البوليميرية(Béton polymére)
- الخرسانة الخفيفة (Béton léger)
- الخرسانة الثقيلة(Béton lourd)
- الخرسانة الكتلية(Béton de masse)

I .7 الجانب الاقتصادي والبيئي:

I .7-1 الاقتصادي:

- استغلال المنتوج المحلي وتوفير المادة الأولية
- توفير العملة الصعبة
- الاستجابة لمشكلة حاجة السوق الجزائري للرمال القياسية

I .7-2 البيئي:

-الاستغلال الأمثل للرمال المحلية بدلا من رمال البحار والشواطئ التي لها تأثير سلبيا على حياة البشر فالشواطئ والأراضي الرطبة تحمي المجتمعات الساحلية.

- استخراج الرمال يؤثر سلبا على بيئة وحياة الحيوانات البحرية، كالأسماك والدلافين والرخويات والتماسيح، التي تشكِّل الرمال جزءاً من مواطِنها الطبيعية، في حين عندما نستغل الرمال المحلية (مثلا الكثبان الرملية) فإننا نساهم بنسبة كبيرة في حماية بيئة الحيوانات والحفاظ على حياتهم والحد من التصحر.

- يقدر العلماء أنه بحلول سنة 2100 فإن شواطئ المالديف ستختفي، بفعل ارتفاع مستوى سطح البحر الذي سيجرف الشواطئ الرملية الحامية لهذه الجزر وبذلك تختفي المادة الأولية التي تدخل في صناعة الخرسانة وذلك يحدث خلل في مجال البناء والتشييد بينما في حين أنه عند استغلال الرمال المحلية المتواجدة خصوصا في منطقتنا الجنوب الشرقي فإننا بذلك نساهم في التخفيف من أزمة قد تحدث خلل بيئي واقتصادي.

خلاصة الفصل:

تطرقنا في هذا الفصل لدراسة عموميات حول الرمل بصفة عامة وأنواعه ومن بين أنواعه الرمل القياسي الذي هو محور دراستنا حيث أننا استنتجنا أنه يمتلك خصائص ومميزات تميزه عن باقي الرمال من حيث تركيبته الحبيبية ومواصفاته، ويخضع هذا الأخير إلى قوانين ومعايير أوروبية خاصة (EN-1961 و ISO679:2009)

الفصل الثاني
المواد المستعملة والتجارب المخبرية المعمول بها

II.1- مدخل:

يتضمن هذا الفصل مجموعة من الاختبارات التي تم إجراؤها على الرمل، والهدف من هاته الاختبارات معرفة الخصائص التي يمتاز بها الرمل المستعمل والتحقق من قبولها في ضوء المعايير المطلوبة، وذلك لضمان أساس نجاح المنتج(الرمل القياسي).

II.2- المواد المستعملة:

II.2-1 الرمل المستعمل:

قمنا في هذه الدراسة باستعمال ثلاث أنواع من الرمل الطبيعي المتواجدة بالجنوب الشرقي للبلاد وهي كل من:

- رمل البعاج
-رمل ورقلة
-رمل جامعة الأصفر
- الرمل القياسي المستورد

صورة (02): أنواع الرمال المستعملة الثلاثة(البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)

الصورة (03): الرمل القياسي المستورد المستعمل(Sable Normalisé)

2-2.II الاسمنت المستعمل:

الاسمنت المستعمل في هذه الدراسة هو الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري " متين لافارج LAFARGE " ذو جودة عالية لخرسانة عالية الأداء، نوعه هو:

- NA442 CEM II/B –L 42.5
- متوافق مع المعايير الجزائرية (NA442-2013) والأوروبية (EN 197-1)

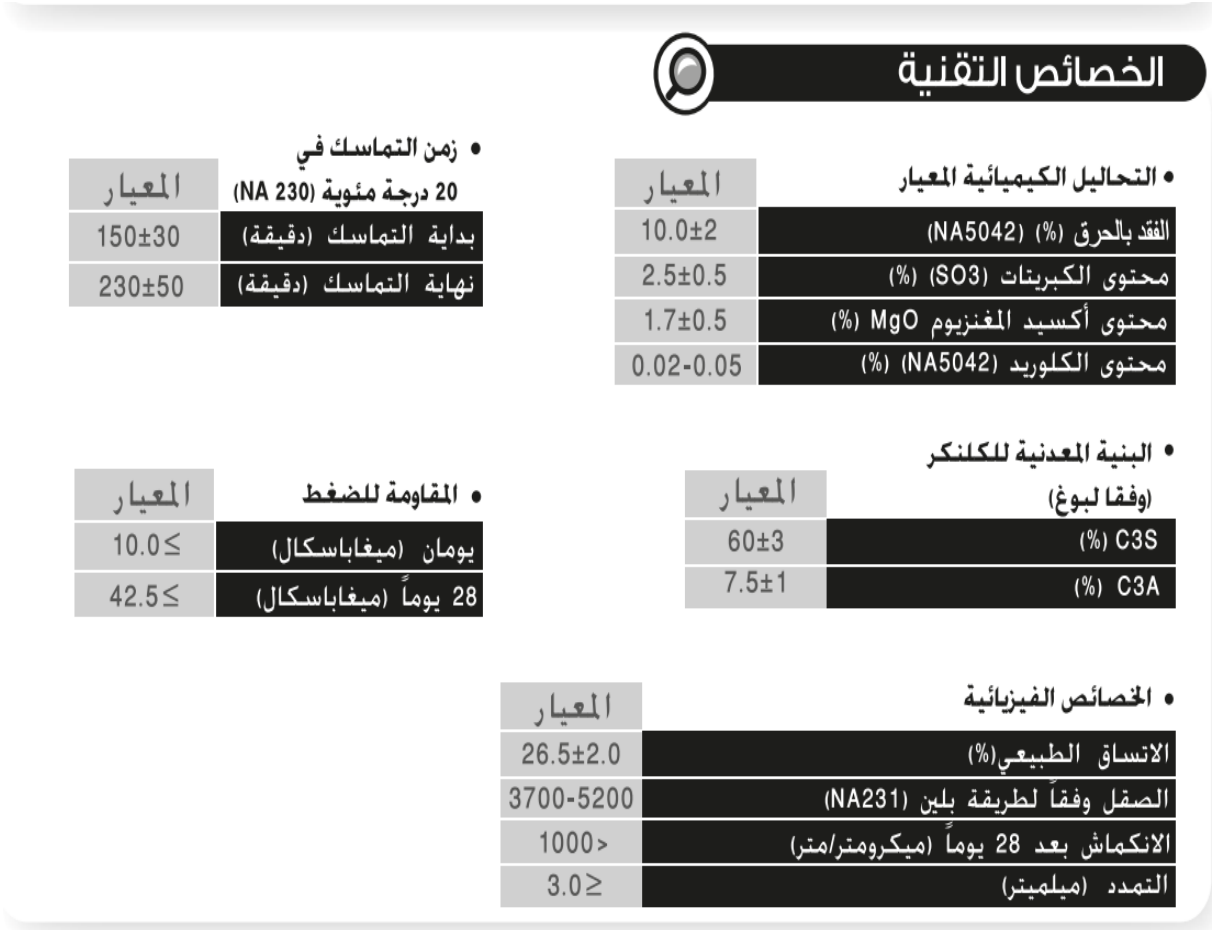
*يمتاز الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري NA442 42.5 L– II/B CEM" متين لافارج LAFARGE " بأنه له:

- مقاومة مبدئية عالية لإنجاز الهياكل الثقيلة مسبقة الصنع
- زيادة المحافظة على انسيابية الخرسانة
- جودة حقيقية تقدم أداء عاليا للخرسانة
- ديمومة أكبر للخرسانة

صورة (04): الاسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (متين لافارج -LAFARGE)

*** الخصائص التقنية للإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري:**

تبين الجداول الآتية خصائص الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري(CEM II/B –L 42.5 NA442 متين لافارج -LAFARGE):



الخصائص التقنية

• التحاليل الكيميائية المعيار

	المعيار
الفقد بالحرق (%) (NA5042)	10.0±2
محتوى الكبريتات (SO3) (%)	2.5±0.5
محتوى أكسيد المغنزيوم MgO (%)	1.7±0.5
محتوى الكلوريد (NA5042) (%)	0.02-0.05

• زمن التماسك في 20 درجة مئوية (NA 230)

	المعيار
بداية التماسك (دقيقة)	150±30
نهاية التماسك (دقيقة)	230±50

• البنية المعدنية للكلنكر (وفقا لبوغ)

	المعيار
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

• المقاومة للضغط

	المعيار
يومان (ميغاباسكال)	≤10.0
28 يوماً (ميغاباسكال)	≤42.5

• الخصائص الفيزيائية

	المعيار
الاتساق الطبيعي(%)	26.5±2.0
الصقل وفقاً لطريقة بلين (NA231)	3700-5200
الانكماش بعد 28 يوماً (ميكرومتر/متر)	>1000
التمدد (ميلمتر)	≥3.0

صورة (05): البطاقة التقنية للإسمنت المستخدم (متين لافارج (LAFARGE

II .2-3 الماء المستعمل:

الماء المستعمل لإعداد جميع الخلطات وحفظ العينات هو الماء المتحصل عليه بالتصفية (L'eaufiltrée) حيث أن جميع مكوناته الكيميائية موافقة للمعايير المعمول بها.

II. 3 الاختبارات الفيزيائية:

II.3-1 الكتلة الحجمية (Masse Volumique) (NF P18-301):

الهدف من الكتلة الحجمية هو: تحديد الكتلة الحجمية المطلقة والظاهرية للمادة الحبيبية التي لا تتفاعل مع الماء والصخور.

II.3-1-1 الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique apparent) (NF P94-064):

- تعريف:

هو وزن كتلة الحجم من المادة وتشمل فراغا الحبيبات وبينها وهو قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله هذا الركام والهدف من هذه التجربة تعين الكتلة الحجمية الظاهرية للرمل [1]

- الأدوات المستعملة:

ميزان الكتروني

ميزان الرمل

الصورة (06): الأدوات المستعملة في تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.

- طريقة اجراء التجربة:

1 - نضع الوعاء تحت القمع بعد غلق فتحته.

2 - نضع الغربال فوق القمع.

3 - نضع كمية من الرمل على الغربال الخاص بقياس الكتلة الحجمية الظاهرية وتكون بكميات متتالية .

4 - نفتح القفل الأسفل للقمع لسماح مبرور كمية من الرمل وتعاد العملية إلى أن يشكل الرمل هرم أعلى الوعاء.

5 - بواسطة مسطرة خاصة نزيل الفائض من الرمل دون الضغط على محتوى الوعاء حتى لا يقع له تراص وهذا يكون فوق الحافة العليا للوعاء .

6 - نعيد التجربة عدة مرات لنأخذ متوسط القيمة (محاولة إيجاد القيمة التقريبية) [8]

الصورة (07): خطوات تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية

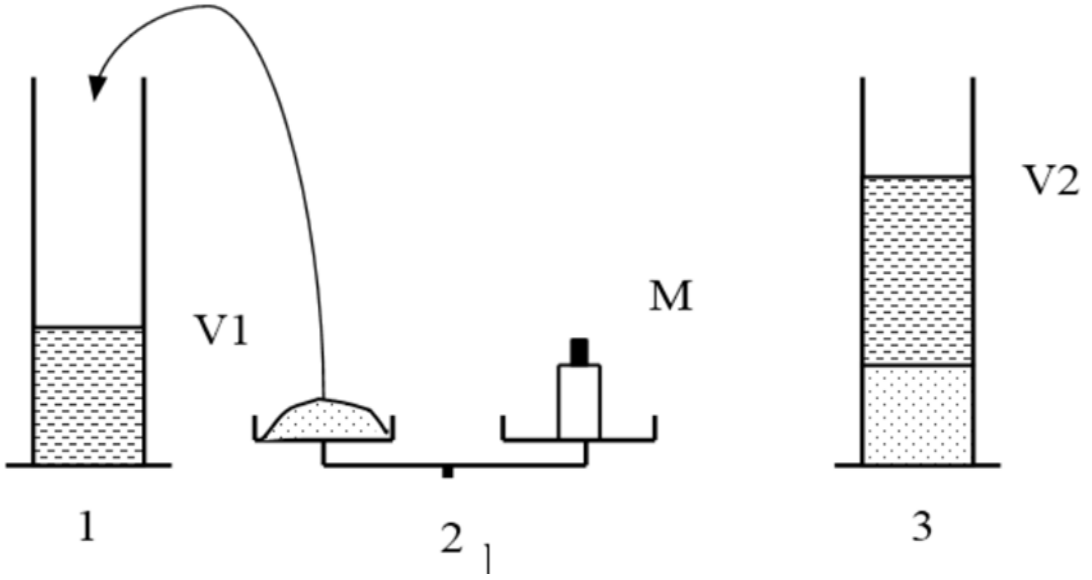
2-1-3.II الكتلة الحجمية المطلقة (Masse Volumique absolue) :

- تعريف:

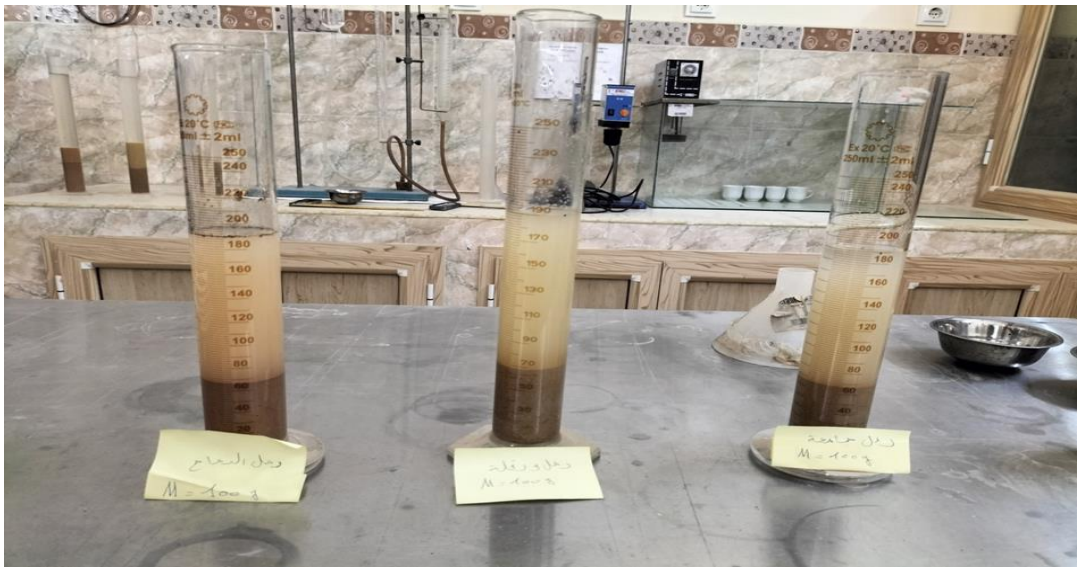
الكتلة الحجمية المطلقة هي الكتلة لكل وحدة حجم للمادة التي تشكل الركام، دون مراعاة الفراغات التي قد تكون موجودة في الحبوب أو بينها.

- طريقة إجراء التجربة:

- ملأ الأسطوانة المتدرجة بحجم من الماء V1 (كما هو موضح في **الشكل 3**)
- وزن كتلة من الركام M ثم إدخالها في أنبوب اختبار، مع إزالة فقاعات الهواء بضرب أنبوب الاختبار برفق على راحة اليد.
- قراءة على أنبوب الاختبار الحجم الجديد الذي تم الحصول عليه V2، ويجب أن تأخذ قراءات الحجم في الجزء السفلي من هلالة الماء. [1]



الشكل (01): طريقة إجراء تجربة الكتلة الحجمية المطلقة.



الصورة (08) : عينات الرمال في تجربة الكتلة الحجمية المطلقة

II.2-3 المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) (NF P18 598) :

- تعريف:

وضعت تجربة قياس المكافئ الرملي موضع التنفيذ في الولايات المتحدة الأمريكية عام1950من قبل العالم "**هفيم**" لدراسة خواص الرتبة وهي طريقة مستعملة بكثرة في مختبرات الطرق وتهدف إلى تعيين نسبة الشوائب للمواد

الغضارية والطينية أو العناصر الناعمة جدا الموجودة مع الرمل والحصى المستعمل ينفي الخرسانة.

تنفصل العناصر الغضارية والناعمة جدا عن حبات الرمل وتطفو على سطح السائل المستعمل في غسل الرمل ولحساب قيمة المكافئ الرملي نستعمل العلاقة التالية [1]:

$$ES = \frac{\text{ارتفاع الرمل}}{\text{ارتفاع الغضار}}$$

- الأدوات المستعملة:

قضيب معدني ميقاتية قمع

هزاز ميكانيكي أسطوانات بلاستيكية

الصورة(09): الأدوات المستعملة في تجربة المكافئ الرملي [8]

- طريقة إجراء التجربة:

- نقوم بتمرير عينة من الرمل عبر الغربال رقم 5 mm ونقسمها إلى ثلاث كميات، في كل علبة معدنية كمية 100 g، نقوم بتجفيفها في الفرن بدرجة حرارة 110C° حتى الوصول إلى الوزن الثابت.
- ملئ الأسطوانات المدرجة الثلاث ويكون قطرها الداخلي 3.2cm وارتفاعها

43cm بمحلول كلوريد الكالسيوم حتى يبلغ الارتفاع 10cm ونقوم بعملية سكب الرمل.

- نترك الأنبوب لمدة10 دقائق ويغلق بسدادة ويوضع على الهزاز الميكانيكي ونرجها 90 دورة خلال 30ثانية، بعد الانتهاء ندخل أنبوبة نحاسية يمر عبرها المحلول للأنبوب المخصص وتغسل جوانب الأنبوب وصولا إلى القاع مع إمالة الأنبوب وتدويره وترفع عندما يصل ارتفاع المحتوى إلى 38cm ثم يترك الخليط لمدة 20دقيقة كما هو موضح في الصورة (10) .
- بعد مرور مدة الترسيب نقرأ ونسجل المنسوب الأعلى للمزيج الغضاري وتعتبر قراءة الغضار أو الطين أما قراءة الرمل فندخل القضيب المعدني والذي في نهايته السفلى مخروط ارتكاز للاستناد على طبقة الرمل وفي نهايته العليا اسطوانة ذات وزن معياري وبينهما حلقة قياس ونسجل النتائج بأخذ القيمة المتوسطة [1].

الصورة (10) : خطوات عمل تجربة المكافئ الرملي. [1]

يبين الجدول طبيعة ونوعية الرمل وفقا لقيم اختبار المكافئ الرملي:

ES	طبيعة ونوعية الرمل
$ES < 60$	رمل طيني حيث خطر انكماش و الانتفاخ و مشكلة الالتصاق (لا ينبغي أن يستخدم في الخرسانة)
$60 \leq ES < 70$	رمل طيني قليلا نظافة مقبول للخرسانة ذات جودة قياسية ومع خطر كبير من الانكماش
$70 \leq ES < 80$	رمل نظيف مع نسبة منخفضة من الطين وهو مناسب تماما للخرسانة عالية الجودة
$ES > 80$	رمل نظيف جدا قد يؤدي غياب شبه تام للدقائق الناعمة

الجدول رقم (02) : طبيعة ونوعية الرمل [9]

3-3.II التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique) (NF P18-560):

- تعريف:

يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض، أي توزيع الحجم لحبيبات الركام. ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة

فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من الأعلى ثم نرسم منحنى Granulométrique، وهو منحنى يعبر عن النسب التراكمية بالوزن للحبوب التي تمر عبر المناخل المتتالية، والهدف من التجربة هو تعيين تدرج حبيبات الرمل [1]

- الأدوات المستعملة:

الصورة (11) : الأدوات المستعملة في تجربة التحليل الحبيبي.

- طريقة العمل:

نحضر عينة من الرمل تزن حوالي 1000 غ، ثم بعدها يتم تمرير هذه العينة بواسطة مجموعة من الغرابيل المتتالية من الخشن إلى الدقيق بعد هزها يدويا نقوم بتحديد وزن التربة المتبقية على كل منخل ونحسب النسبة المئوية لكل جزء متبقي وذلك بقسمة هذا الوزن على الوزن الإجمالي للعينة، ثم يتم حساب النسبة التراكمية للتربة المتبقية على المناخل ونسجل النتائج المتحصل عليها [1]

II. 4 التجارب الكيميائية:

II. 1.4 محتوى السلفات (Teneur en sulfate) (N BS1377):

II. 1.4-1 الهدف من التجربة:

تهدف هذه التجربة لمعرفة نسبة السلفات في الرمل التي يجب أن تكون في الحدود المعمول بها تقنيا وإذا كانت غير ذلك فيجب استبدال الرمل أو البحث عن خيارات تقنية أخرى وهذه الأخيرة يجب ألا تتعدى نسبتها ($0.21\%SO4^{-2}$)

II. 1.4- 2 خطوات التجربة:

- نأخذ كمية من الرمل المراد التجربة عليه ثم نمرره على الغربال رقم 0.2 ملم
- نزن بميزان خاص كمية من الرمل قدرها 1غ
- نضع محلول Hcl في بيشر بقيمة 1.22 مل، ثم نضيف عينة الرمل المراد دراستها.
- نضع البيشر الذي يحتوي على العينة ومحلو الكلور فوق مسخن وعند بداية الغليان نتركه لمدة 12 دقائق ثم نتركه بارد.
- نحضر أنبوب اختبار مع قمع ونضيف ورقة مفلترة فوق القمع لغربلتها.
- نسكب المحلول في القمع وتتم مرحلة الصب ببطء حتى يتمكن المحلول من المرور عبر الورقة وبقاء العناصر الصلبة في الورقة المفلترة.
- نزن إناء مقاوم للحرارة (مثلا: مادة السيراميك).
- ثم نضع داخله الورقة المفلترة المترسب فيها العناصر الصلبة.
- أما بالنسبة للمحلول المار في أنبوب الاختبار، نضيف له ماء مقطر حتى التدريجة0.52 مل.
- نقوم بمزج المحلول جيدا ثم نأخذ منه قيمة 1.22مل ونضعها في البيشر ثم نضعه فوق المسخن وعند هداية الغليان نبدأ باحتساب الوقت (مدة 7دقائق) من بداية التفاعل.
- وعند انتهاء المدة (7دقائق) نحضر عينة من مادة كلوريدات ديباريوم بحجم 0.5 مل ونسكبها فوق المحلول وعند مرور(3دقائق) نطفئ المسخن ونوقف التجربة ونتركها تبرد، ثم نضع ورقتان مفلترة فوق القمع ثم نسكب فيه هذا المحلول بعد أن يبرد.
- وعند الانتهاء من التقطير نضعه في إناء مقاوم للحرارة (مثلا: مادة السيراميك)(m_1)
- ثم نضع العينة في فرن ذو درجة حرارة عالية (0.22درجة مئوية) لمدة ساعتين.
- عند انتهاء الوقت والتأكد من برودة العينة (m_2) نقوم بوزنها ولحساب نسبة السلفات نستعمل العلاقة التالية: [1]

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

حيث :

Ts: نسبة العناصر الصلبة.

m_2:الوزن الكلي.

m_1: وزن الإناء فارغ

الصورة (12) : خطوات من تجربة محتوى السلفات

II. 2.4 محتوى الكربون (Teneur en Carbone) NF P15-461 :

II. 1-1.4 الهدف من التجربة:

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

II. 2-1.4 خطوات التجربة:

- نقوم بوزن عينة قدرها 2.5غ بميزان خاص ونضعها في بيشر خاص له سدادة محكمة الإغلاق.
- نقوم بملء أنبوب صغير بمادة الكلور(Hcl) ونضع هذا الأخير في البيشر شرط أن لا يختلط المحلول مع العينة قبل غلق السدادة.
- نقوم بإغلاق البيشر بإحكام.
- نقوم بتسجيل القراءة الأولى بحيث يكون منسوب الماء حر ومعتمد.
- نقوم برج البيشر بهدف خلط محلول الكلور بالعينة.
- نقوم بتسجيل القراءة الثانية[1].

ولحساب نسبة الكربون نستعمل العلاقة التالية:

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

حيث:

Tc : نسبة العناصر الصلبة

lec_1: القراءة الأولى

lec_2: القراءة الثانية

الصورة (13): صورة آلة قياس محتوى الكربون

II. 5 التجارب التحطيمية:

II. 5 -1 تجربة الانحناء:

II. 5 -1 -1 تعريف:

تعيين مقاومة الانحناء والتي تعتبر مقياسا لمقاومة الشد غير المباشر وتسمى معايير الكسر في الانحناء وتتراوح قيمتها من (13- 20 %)من مقاومة الضغط

II. 5 -1 -2 الأدوات والأجهزة المستعملة في التجربة:

- جهاز الانحناء.
- قوالب متوازية مستطيلات ذات الأبعاد (40×40×160mm)

الصورة(14): آلة التحطيم بواسطة الانحناء

الصورة(15): قالب متوازي مستطيل ذا أبعاد (40×40×160 mm)

II.5 -1-3 أسلوب العمل:

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مستطيل(4×4×16سم)، يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين اسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بـــواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة [10] .

ويتم حساب مقاومة الانحناء بـالعلاقة التالية:

$$R_t = \frac{1.5\, F_f\, L}{b^3}$$

حيث:

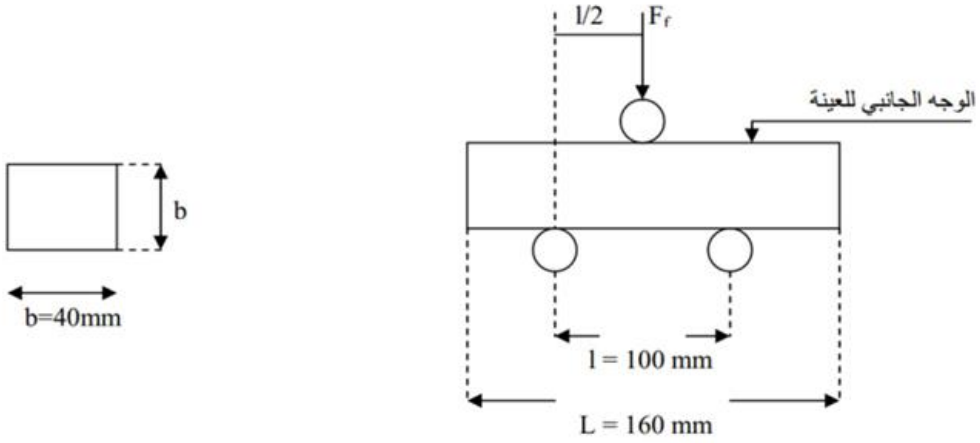
R_t : مقاومة الانحناء(MPa)

F_f: قوة تحطم العينة عند الانحناء(N)

L: البعد بين المسندين(mm)

b: ضلع العينة(mm)

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدةEN 196-1 والشكل 02 هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.



الشكل(02): شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء

وكما توضح الصورة الآتية (**الصورة16**) آلية تحطيم العينات بآلة التحطيم بواسطة الانحناء:

الصورة (16): تجربة تحطيم الملاط بواسطة جهاز الانحناء

II. 5 -2 تجربة الضغط:

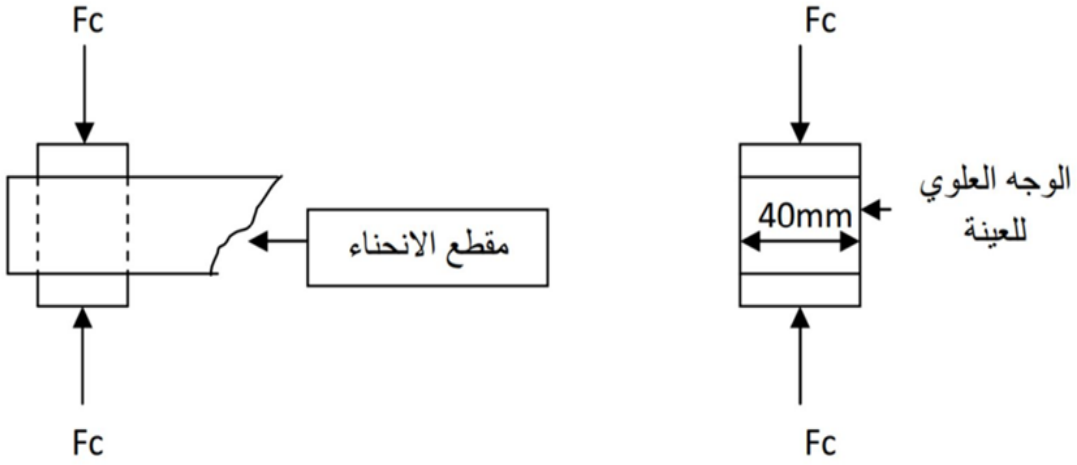
II. 5 -2 -1 تعريف:

اختبار مقاومة الضغط هو أحد الاختبارات التي تجرى على الملاط، يهدف إلى تحديد المقاومة وعادة ما يجرى بعد مرور 7 أيام أو 28يوم أو 90 يوما وتُعبر مقاومة الضغط عن جودة الملاط.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأتي من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد (40×40×160mm).

II. 5 -2 – 2 أسلوب العمل:

توضع العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1cm من الحواف الجانبية [10]، كما هو موضح في الشكل:



الشكل (03): يوضح آلية التحطيم بالضغط[10]

تحسب المقاومة بالعلاقة التالية:

$$R_c = \frac{\sigma_c}{b_2}$$

حيث:

R_c **:** مقاومة الضغط (MPa)

σ_c **:** قوة تحطيم العينة عند الضغط (N)

b : جزء العينة (الذي يساوي 40mm)

خلاصة الفصل:

وفي ختام هذا الفصل عرضنا بالتفصيل أهم التجارب التي أجريناها على العينات الثلاثة من الرمل والتي من خلالها سنحدد نوع الرمل المناسب لصنع نموذج أولي من الرمل القياسي حسب المعايير المنصوص عليها.

الفصل الثالث

عرض النتائج وتحليلها

1.III- مدخل:

يحتوي هذا الفصل على اهم النتائج التي توصلنا اليها من خلال التجارب التي اجريناها سابقا على العينات المختارة (رمل البعاج، رمل ورقلة، رمل جامعة الأصفر) وكذلك نتائج التجارب الميكانيكية المتمثلة في الانحناء والضغط لعينات الملاط (عينات شاهدة مكونة من الرمل المستورد وعينات تجريبية من رمل جامعة الاصفر).

2.III- نتائج التجارب الفيزيائية:

1-2.III الكتلة الحجمية الظاهرية:

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

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

- النتائج:

والجدول التالي يوضح النتائج المتحصل عليها لكل العينات من الرمل:

أنواع الرمل	الحجم(cm^3)	الكتلة الحجمية(g)	الكتلة الحجمية الظاهرية(cm^3/g)
رمل البعاج	**3000**	**4.829**	**1.609**
رمل ورقلة		**4.437**	**1.479**
رمل جامعة الأصفر		**4.804**	**1.601**

الجدول رقم (03): نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية(رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)

- التحليل:

من خلال النتائج المتحصل عليها في هاته التجربة نجد بأن كل العينات أعطت نتائج جيدة مع وجود فوارق بسيطة حيث كانت قيم الكتلة الحجمية الظاهرية لرمل البعاج ($cm^3/g1.609$) وجامعة الأصفر ($cm^3/g1.601$) متقاربة جدا مقارنة مع الكتلة الحجمية لرمل ورقلة ($cm^3/g1.479$).

2-2.III الكتلة الحجمية المطلقة:

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

$$\rho_{ab} = \frac{ms}{vs}$$

- المعطيات:

$m = 100\ g$ (لكل أنواع الرمل)

$$v_0 = 150\ ml$$

- النتائج:

أنواع الرمل	الحجم (ml)	الكتلة الحجمية المطلقة (g/cm^3)
رمل البعاج	189	2. 56
رمل ورقلة	190	2. 5
رمل جامعة الأصفر	189.5	2. 53

الجدول رقم (04): نتائج تجربة الكتلة الحجمية المطلقة(رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)

- التعليق:

من خلال نتائج المتحصل عليها نجد بأن كلا من العينات أعطت نتائج جيدة كما نلاحظ ان جميع النتائج متقاربة جدا بوجود فوارق صغيرة ويعود ذلك الى أن التكوين البنيوي (الكيميائي والفيزيائي) للعينات متشابه.

3-2.III المكافئ الرملي:

- المكافئ الرملي بالنظر: يعطى بالعلاقة التالية:

$$ESV = {h'_2}/{h_1}$$

- معادل المكافئ الرملي: يعطى بالعلاقة التالية:

$$ES = {h_2}/{h_1}$$

- النتائج:

أنواع العينات	h_1	h_2	h'_2	ESV	ES	ESV%	ES%
رمل البعاج	**23.7**	**7.65**	**9.9**	**0.42**	**0.32**	**41.77**	**32.28**
رمل ورقلة	**22.5**	**8.15**	**8.85**	**0.39**	**0.36**	**39.33**	**36.22**
رمل جامعة الأصفر	**12.05**	**8.45**	**9.3**	**0.77**	**0.70**	**77.18**	**70.12**

الجدول رقم (05): نتائج تجربة المكافئ الرملي (رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)

- التعليق:

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ أن نسبة المكافئ الرملي لرمل جامعة الأصفر (70.12%)أعلى من نسبة النوعين الآخرين حيث كانت نسبة المكافئ الرملي لرمل ورقلة (36.23%) ونسبة رمل البعاج هي الأخيرة (32%. 28) ومنه نستنتج بأن رمل جامعة الأصفر أنه رمل نظيف وخالي نوعا ما من الشوائب والطمي مقارنة بنوع الرمال الأخرى أي أنه أكثر نقاوة، ولذلك تم اختياره كمصدر لتحضير الرمل القياسي المراد.

- والجدول التالي يوضح طبيعة ونوعية كل من: (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر) ، كما يلي:

العينة	%ES	طبيعة ونوعية الرمل
رمل البعاج	**32. 28**	**رمل طيني حيث خطر انكماش والانتفاخ ومشكلة الالتصاق(لا ينبغي أن يستخدم في الخرسانة)**
رمل ورقلة	**36.23**	
رمل جامعة الأصفر	**70.12**	**رمل نظيف مع نسبة منخفضة من الطين وهو مناسب تماما للخرسانة عالية الجودة**

الجدول رقم (06): طبيعة ونوعية (رمل البعاج، ورقلة، جامعة الأصفر)

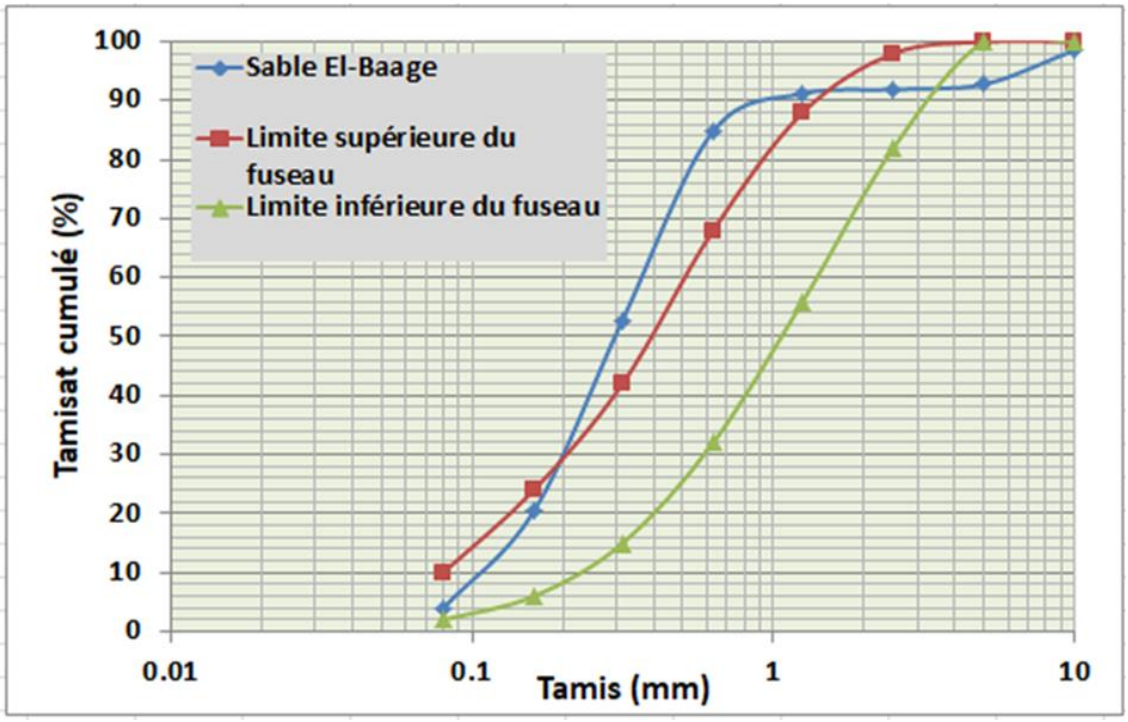
4-2.III التحليل الحبيبي:

1-4-2.III نتائج التحليل الحبيبي للعينات:

تبين الجداول والمنحنيات التالية نتائج التحليل الحبيبي المتحصل عليها لجميع أنواع العينات (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر) على الترتيب :

الغربال (mm)	العالق (g)	العالق المجمع(g)	نسبة العالق المجمع %RC	المار المجمع T%
10	14	14	1.4	98.6
5	58	72	7.2	92.8
2.5	9	81	8.1	91.9
1.25	7	88	8.8	91.2
0.63	64	152	15.2	84.8
0.315	320	472	47.2	52.8
0.16	326	798	79.8	20.2
0.08	162	960	96	4

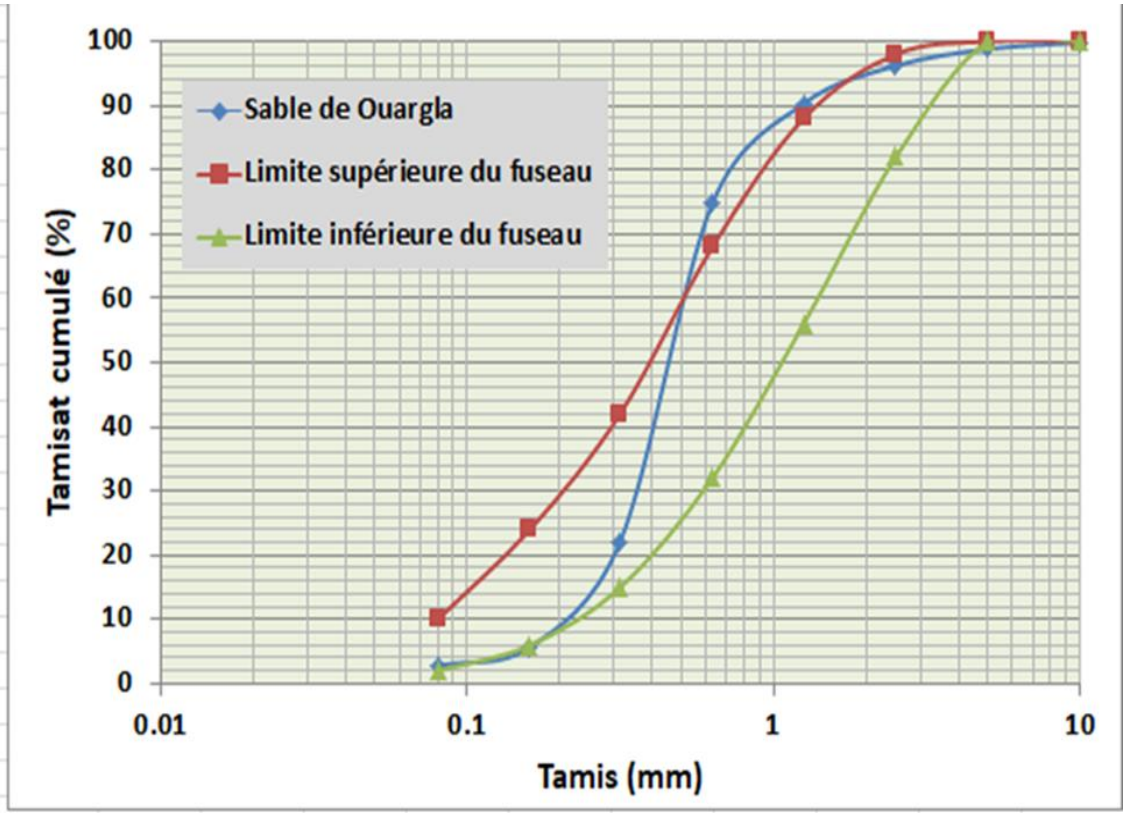
الجدول رقم (07): نتائج التحليل الحبيبي لرمل البعاج



الشكل(04): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل البعاج (Mf= 1.677)

الغربال (mm)	العالق (g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمعRC%	المار المجمع T%
10	2	2	0.2	99.8
5	10	12	1.2	98.8
2.5	26	38	3.8	96.2
1.25	59	97	9.7	90.3
0.63	155	252	25.2	78.4
0.315	527	779	77.9	22.1
0.16	164	943	94.3	5.7
0.08	29	972	97.2	2.8

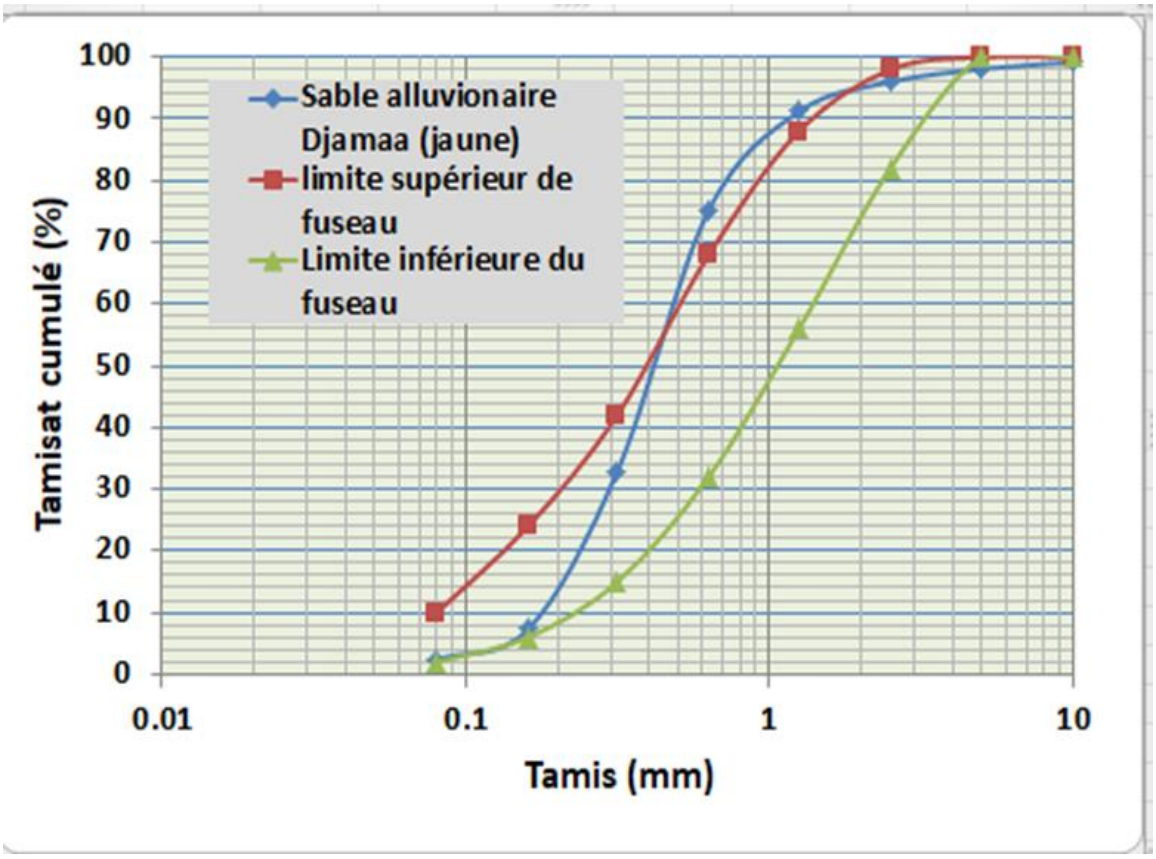
الجدول رقم (08) : نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل ورقلة



الشكل (05): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل ورقلة(Mf= 2.123)

الغربال (mm)	العالق (g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع RC %	المار المجمع T%
10	8	8	0.8	99.2
5	11	19	1.9	98.1
2.5	21	40	4	96
1.25	48	88	8.8	91.2
0.63	160	248	24.8	75.2
0.315	423	671	67.1	32.9
0.16	256	927	92.7	7.3
0.08	49	967	96.7	2.4

الجدول رقم (09) :نتائج تجربة التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر

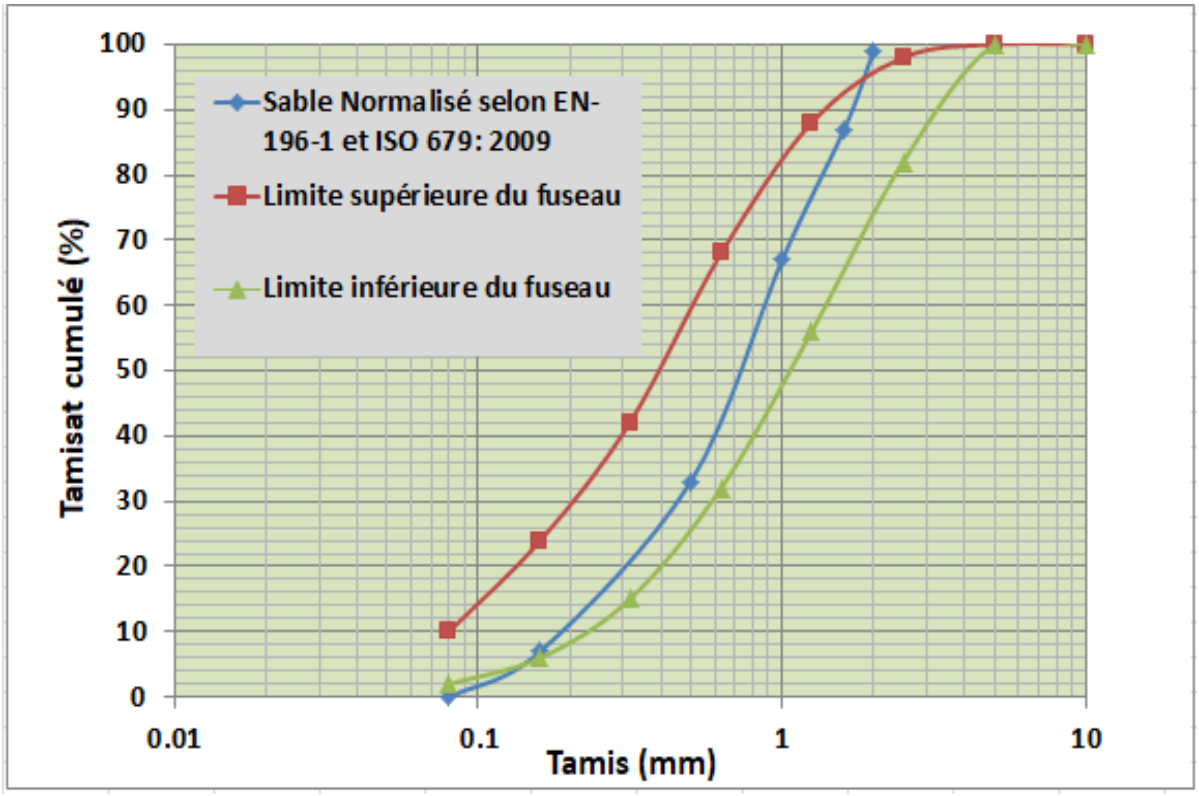


الشكل (06): منحنى نتائج التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر (Mf= 2.001)

III.2-4-2 نتائج التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد:

الغرابيل (mm)	العالق المجمع(g)	نسبة العالق المجمعRC %	كتلة الأجزاء
2	0	0	0
1.60	7	7	97
1	33	26	354
0.5	67	34	463
0.16	87	20	274
0.08	99	12	162
			غ1350

الجدول رقم (10): نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد



الشكل (07): منحنى نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل القياسي المستورد

III.2-5 معامل النعومة:

يستخدم معامل النعومة للرمل لمعرفة مدى نعومة أو خشونة الرمل وذلك بتحديد نسبة الرمل المار من الغرابيل والباقي فيها (المرفوض) بحيث يتم ترتيب هذه الغرابيل من الأصغر إلى الأكبر كما يلي:
(0.08mm، 0.16mm ،0.5mm ،1mm ،1.6mm ،2mm)

وبهذه الطريقة يتم تحديد معامل النعومة الذي يعبر عن حجم المتوسط لحبيبات الرمل ويستخدم هذا الأخير في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية، لدى معيار النعومة ثلاثة مجالات رئيسية:

المجال A : المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين(2،2 – 2,8)

المجال B: رمل تميل حبيباته إلى الرقة بين(1,8 – 2،2)

المجال C : رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين(2,8 –3,2)

لحساب معامل النعومة نقوم بجمع النسب المئوية المتبقية في الغرابيل المستعملة باستثناء المنخل 0.08mm من ثم نقوم بقسمتها على 100

وتعطى العلاقة كالتالي:

$$Mf = \sum R_{c\%} \div 100$$

- الحسابات والنتائج:

أنواع الرمل	$Mf\%$
رمل البعاج	2,6
رمل ورقلة	3,09
رمل جامعة الأصفر	2,8

الجدول رقم (11) : نتائج معامل النعومة (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر)

- التعليق:

نلاحظ من خلال نتائج الجدول أن:

• رمل البعاج ورمل جامعة الاصفر ينتميان الى المجال A حيث كانت نسبة معامل النعومة لرمل البعاج(2,6%) ورمل جامعة الأصفر (2,8%) ومنه نستنتج أنه يتم استعمالهما في الخرسانة والملاط .

• رمل ورقلة ينتمي الى المجال C حيث كانت نسبة معامل النعومة (3,09%) أي أن حبيباته تميل الى الخشونة.

6-2.III محتوى الدقائق (Teneurs en Fines):

يبين الجدول التالي النتائج التي تحصلنا عليها لكل العينات الثلاث:

أنواع الرمل	كتلة العينة الجافة (g)	كتلة العينة المشبعة (g)	محتوى الدقائق (%)
رمل البعاج	500	478	4.4
رمل ورقلة	500	473	5.4
رمل جامعة الأصفر	500	490	2

الجدول رقم (12): نتائج محتوى الدقائق (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر)

- التعليق:

من خلال النتائج المتحصل عليها في الجدول السابق نجد بان رمل ورقلة لديه اكبر نسبة لمحتوى الدقائق (5.4%) مقارنة بالعينات الاخرى ثم يليه رمل البعاج بنسبة(4.4%) وفي الاخير نجد رمل جامعة الاصفر بنسبة(2%).وكل هذه النتائج تقع ضمن المعايير التقنية المعمول بها حاليا $Tf \leq 10\%$

3.III التجارب الكيميائية:

3.III -1 محتوى السلفات:

يبين الجدول نتائج نسبة محتوى السلفات لكل عينة من عينات الرمل:

العينة	رمل البعاج	رمل ورقلة	رمل جامعة الاصفر
محتوى السلفات (%)	**3.5**	**0.20**	**3.255**

الجدول رقم (13): نتائج نسبة محتوى السلفات (رمل البعاج، ورقلة وجامعة الأصفر)

3.III -2 التعليق:

نلاحظ أن رمل البعاج وجامعة الأصفر يحتوي على نسبة كبيرة من السلفات (SO_4) (3.5%) و(3.255%) على الترتيب، مقارنة برمل ورقلة الذي نسبته (0.20%) وبالتالي فإن كل من رمل البعاج ورمل جامعة الأصفر يحتويان على نسبة كبيرة من السلفات قد تكون ضارة بالخلطات الخرسانية.

III. 4 صياغة وتحضير الرمل القياسي المبتكر:

من خلال التجارب التي تم إجرائها على العينات الثلاثة (رمل البعاج، رمل ورقلة، رمل جامعة الأصفر) وقع الاختيار على رمل جامعة الأصفر وذلك من خلال:

- أنه الأحسن من ناحية التدرج الحبيبي (أقطاره متقاربة مقارنة بالنوعيين الآخرين)
- أنه الأنسب من ناحية نسبة المكافئ الرملي (أقل شوائب)

III. 4-1 تحضير الرمل القياسي المبتكر:

1- قمنا بغسل الرمل المختار وهو رمل جامعة الأصفر لتقليل نسبة السلفات فيه ورفع نسبة المكافئ الرملي (73.97%)

ويتم تقليل نسبة محتوى السلفات في العينات الثلاثة من الرمل بطريقتين: طريقة الغسل الفوري و طريقة الغمس المطول

*طريقة الغسل الفوري :

ويتم ذلك بالغسل اليدوي حيث يتم وضع عينة الرمل في إناء كبير ثم يسكب الماء عليه، ونقوم بالتحريك يدويا وتكرر العملية لعدة مرات حتى ملاحظة أن الماء الذي يتم التخلص منه في الأخير نظيف، يغسل الرمل بهذه الطريقة للتخلص من الطين والشوائب، والتقليل من نسبة السلفات التي تحتويها عينة الرمل المتموضعة على السطح ،ثم يتم بعدها التخلص من الماء المستخدم في الغسل، بحيث تخفض نسبة السلفات بنسبة تقدر بـ50 %

*طريقة الغمس المطول :

وتتم هذه العملية بغمس عينة الرمل في الماء لمدة زمنية معينة، بحيث تخفض80% من نسبة السلفات التي يحتويها الرمل

2- ثم يتم تجفيف عينة الرمل
3- بعدها نقوم وزن عينة الرمل
4- تمرير عينة الرمل على سلسلة الغرابيل بحيث يتم وضعها من الأصغر إلى الأكبر كما يلي:
(0.08 mm ،0.16mm ،0.5 mm،1 mm،1.6 mm،2 mm)
5- ثم نقوم بأخذ أوزان الرمل من مختلف الأقطار كما يوضحه الجدول التالي:

الأقطار	الكتل الجزئية(g)
0.08	162
0. 16	274
0.5	463
1	354
1.6	97
2	0

الجدول رقم (14): الأقطار والكتل الجزئية المتبعة لصنع الرمل القياسي

6- بعد القيام بالوزن نقوم بخلطها جميعا للحصول على رمل متجانس وزنه 1350 g

وهو يمثل وزن كيس من الرمل القياسي كما ينص المعيار:.EN 196.1-ISO:679

III. 4-2 طريقة تحضير الملاط القياسي:

يتم خلط كمية الرمل $(1350 \pm 5g|)$ مع $(450 \pm 2g)$ من الإسمنت و$(225 \pm 1g)$ من الماء إذ يكون المعامل $\frac{E}{C}$ يساوي 0.5 قبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة أربع دقائق وفقا للشروط التي تمليها القاعدة :

- نبدأ بوضع الماء في حاوية آلة الخلط ثم نتبعها بالإسمنت ونشغل مباشرة المحرك بسرعة بطيئة
- وبعد ثلاثين ثانية من الخلط نبدأ بوضع الرمل بصفة تدريجية لمدة ثلاثين ثانية أخرى ثم نشغل المحرك بسرعته القصوى لمدة ثلاثين ثانية إضافية
- نوقف آلة الخلط لمدة دقيقة ونصف حيث نجمع الملاط الملتصق بجدران آلة الخلط وندفعه إلى الداخل
- نشغل بعد ذلك آلة الخلط بسرعتها القصوى لمدة 60 ثانية.

III. 4-3 شكل وتحضير العينات:

بعد الحصول على الملاط النهائي (ملاط الرمل المستورد وملاط رمل جامعة الأصفر) يتم صب الخليط في قوالب مستطيلة الشكل ذات الأبعاد (160mm ×40×40)

- ملئ القوالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبقة عند ملئها لمدة دقيقة
- تترك العينة في الهواء الحر في درجة حرارة المخبر مع تغليف العينات بغشاء بلاستيكي ثم ينزع القالب بعد24 ساعة وتغمس العينات في الماء حتى تاريخ اجراء التجربة
- عدد العينات كانت:

•3 عينات كلا الملاطين (الشاهد والمحضر) في مرحلة 7أيام

•3عينات كلا الملاطين (الشاهد والمحضر) في مرحلة 28 يوم

ملاحظة: تجرى تجربة الانحناء أولا على العينة لتنقسم بعدها إلى نصفين ، يتم إجراء تجربة الضغط على كل جزء من العينة الواحدة .

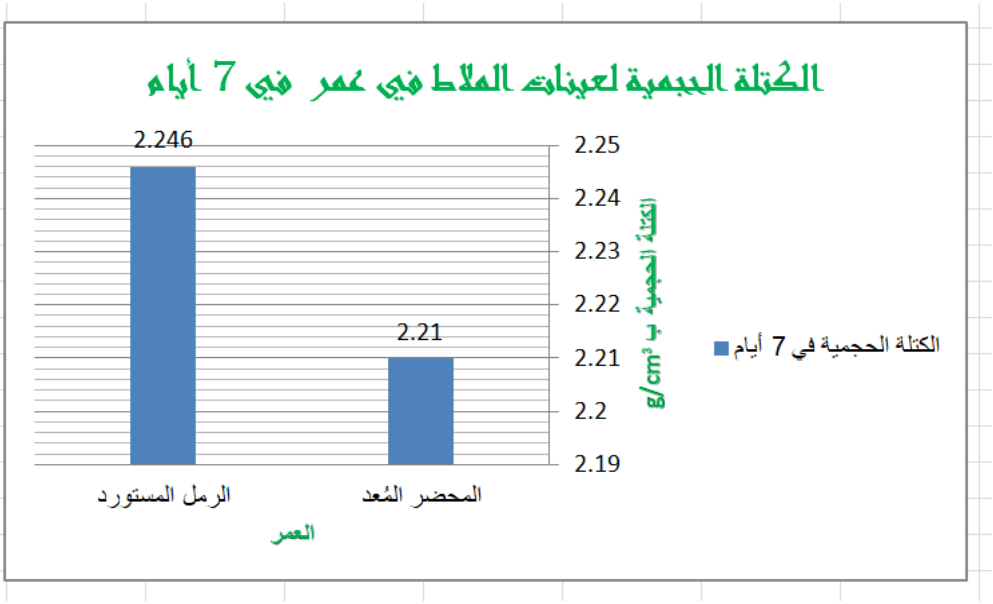
III. 4-4 نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط:

III. 4-4-1 نتائج 7 أيام:

يبين الجدول التالي نتائج الكتلة الحجمية للرمل القياسي المبتكر(المُعد) والرمل القياسي المستورد:

الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 7 أيام	
الرمل القياسي المبتكر(المُعد)	2.21
الرمل القياسي المستورد	2.26

الجدول رقم (15): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 7 أيام

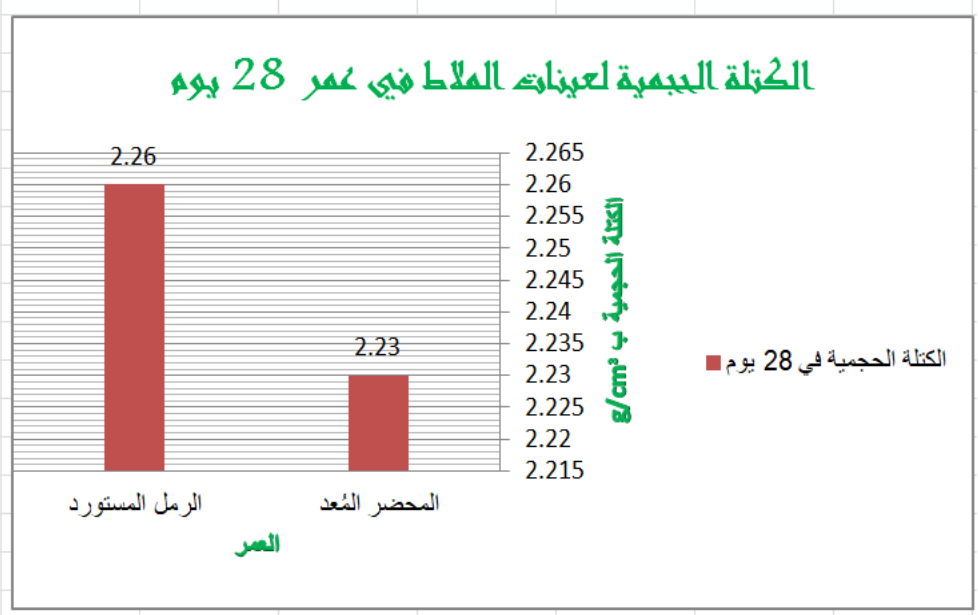


الشكل (08): أعمدة بيانية توضح نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في عمر 7 أيام

III-4-4-2 نتائج 28 أيام:

الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 28 أيام	
الرمل القياسي المبتكر(المُعد)	2.23
الرمل القياسي المستورد	2.26

الجدول رقم (16): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في 28 يوم



الشكل(09): نتائج الكتلة الحجمية لعينات الملاط في عمر 28 يوم

-التعليق:

*نلاحظ أن قيم الكتلة الحجمية لكلا الملاطين مقبولة(تجاوزت 2,2 غ/سم3) مما يدل على تراص البنية الحبيبية للأخيرين.

* كما نلاحظ أن قيمة الكتلة الحجمية للرمل القياسي المستورد أكبر من قيمة الكتلة الحجمية للرمل القياسي المُعد سواءً في 7 أيام أو في 28 يوم وذلك راجع أولا للتدرج الحبيبي المضبوط الذي يتميز به الرمل المستورد وثانيا لاختلاف التكوين الكيميائي والفيزيائي للعينات.

III. 5 نتائج التجارب التحطيمية:

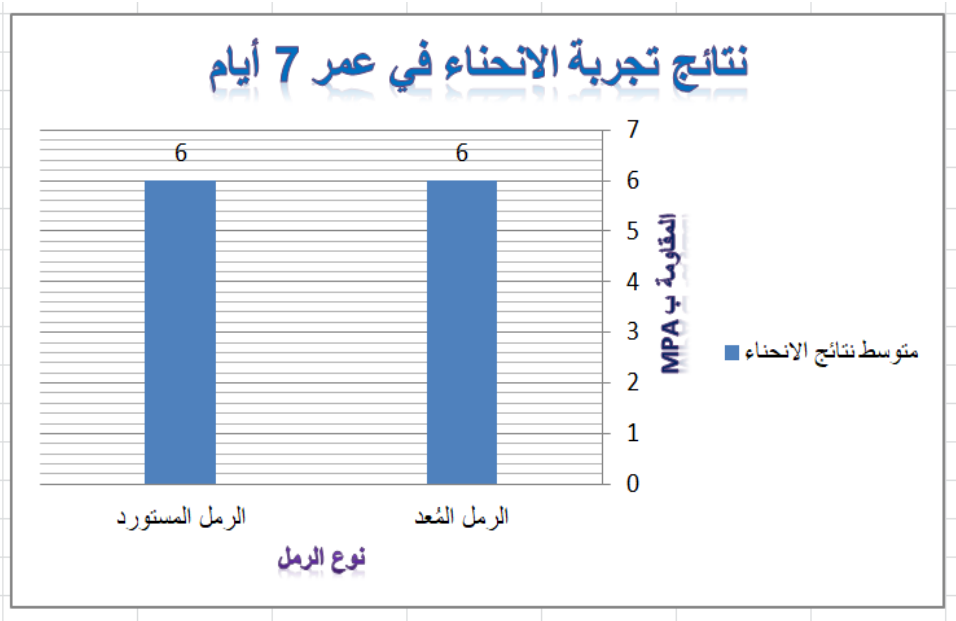
III. 5-1 نتائج الانحناء:

III. 5-1- 1 نتائج 7 أيام:

يبين الجدول نتائج تجربة التحطيم بواسطة الانحناء خلال 7 أيام كما يلي:

العينة	متوسط النتائج (KN)	متوسط النتائج (MPa)
العينة1 (الرمل القياسي المبتكر)	2.6	6
العينة2 (الرمل القياسي المستورد)	2.6	6

الجدول رقم (17): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الانحناء لمدة7 أيام



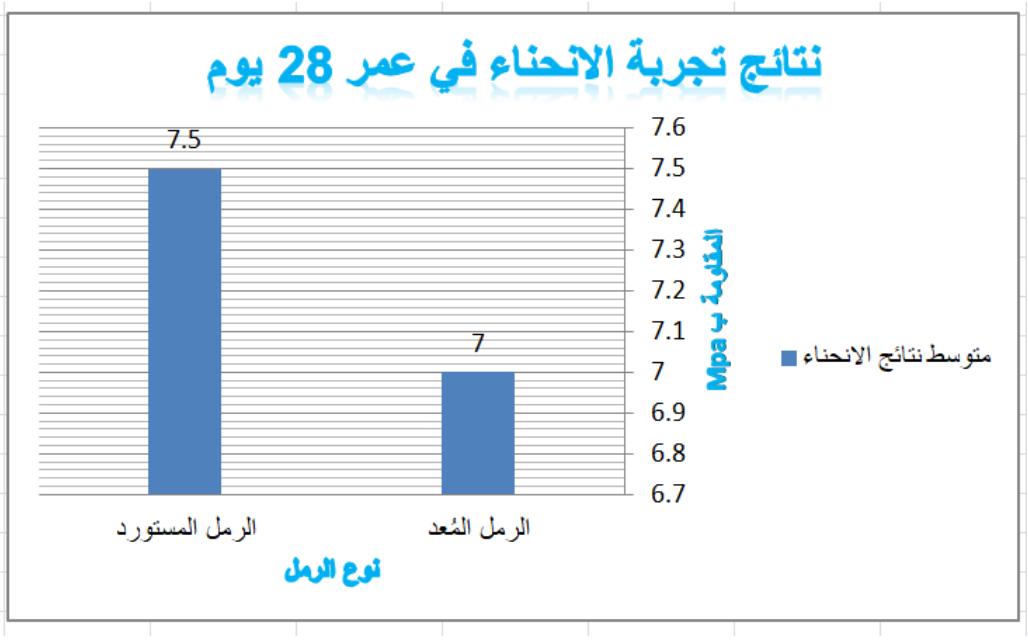
الشكل (10): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الانحناء للملاط المنتج والشاهد في عمر 7 أيام

III. 5-1-2 نتائج 28 أيام:

يبين الجدول نتائج تجربة التحطيم بواسطة الانحناء خلال 28 يوم كما يلي:

العينة	متوسط النتائج (MPa)
العينة1 (رمل جامعة الأصفر)	7.5
العينة2 الشاهد (الرمل المستورد)	7

الجدول رقم (18): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الانحناء في عمر 28 أيام



الشكل (11): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الانحناء للملاط المنتج والشاهد خلال 28 أيام

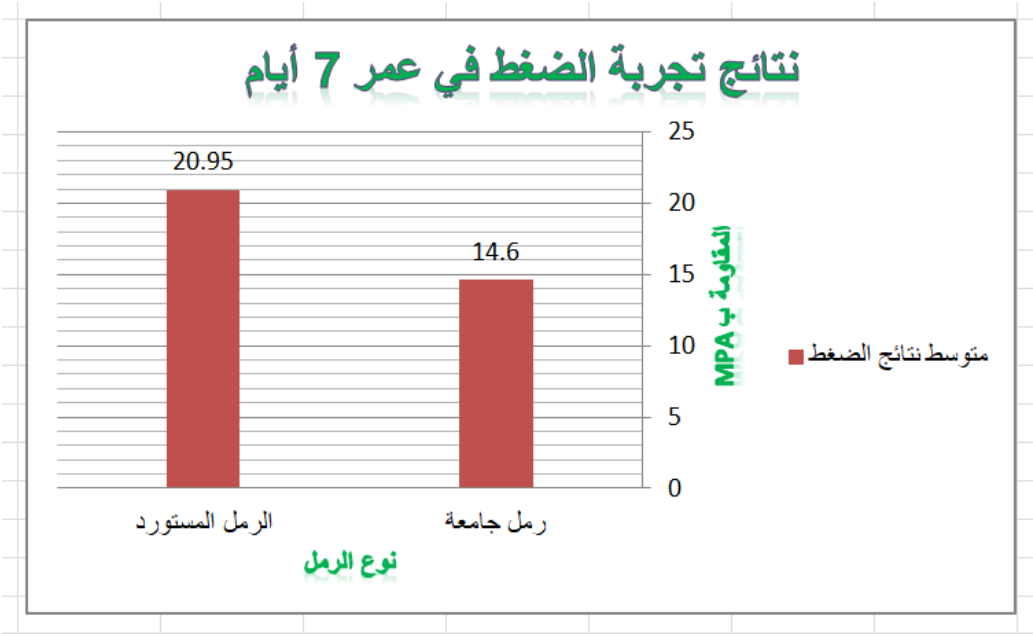
III. 5-2 نتائج الضغط:

III. 5-2-1 نتائج 7أيام:

يبين الجدول التالي النتائج المتحصل عليها من تجربة التحطيم بواسطة الضغط خلال 7أيام، كما يلي:

العينة	متوسط النتائج (MPa)
العينة1 (رمل جامعة الأصفر)	14.6
العينة2 الشاهد (الرمل المستورد)	20.95

الجدول رقم (19): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الضغط لمدة 7 أيام



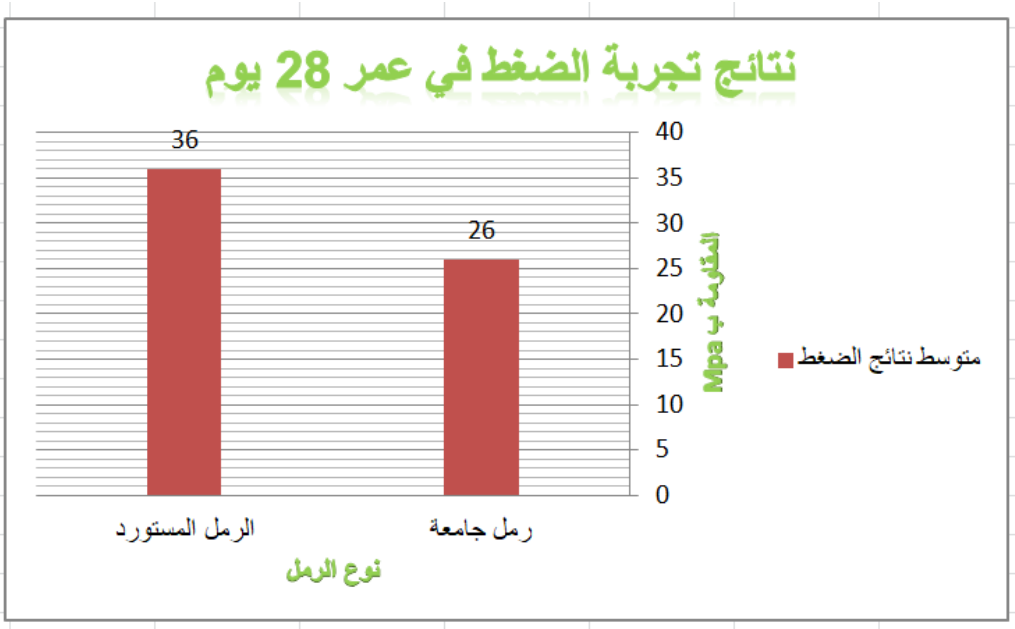
الشكل (12): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الضغط للملاط المنتج والشاهد خلال 7 أيام

III. 5-2-2 نتائج 28 يوم:

يبين الجدول النتائج المتحصل عليها من التجربة التحطيمية بواسطة الضغط خلال 28 يوم:

العينة	متوسط النتائج (MPa)
العينة1 (رمل جامعة الأصفر)	26
العينة2 الشاهد (الرمل المستورد)	36

الجدول رقم (20): نتائج التجربة التحطيمية بواسطة الضغط لـ 28 مدة يوم



الشكل (13): أعمدة بيانية توضح متوسط مقاومة الضغط للملاط المنتج والشاهد خلال 28 يوم

*** الملاحظات :**

نلاحظ أن نتائج تجربة الانحناء كانت متقاربة حيث أن الرمل المبتكر أعطى تقريبا نفس نتائج الرمل المستورد، في حين أن نتائج تجربة الضغط كانت متفاوتة (غير متقاربة).حيث أن أجزاء العينة الواحدة لا تعطي نفس القيمة كما أن نتائج الرمل المبتكر(رمل جامعة) أقل بكثير(27%) في عمر 28 يوم من نتائج الرمل المستورد ويعود ذلك لعدة أسباب منها:

- طريقة الخلط لم تكن مثالية لعدم توفر الأجهزة المطلوبة .
- آلة الانحناء والضغط هي في الأساس مخصصة للخرسانة أي أن النتائج لن تكون دقيقة.
- طريقة الحفظ ونوعية الإسمنت.

الـــخـــاتـــمـــة

إن الهدف الأساسي من دراستنا هو محاولة استغلال رمال البناء المتواجدة في مختلف تراب الوطن وخاصة في منطقتنا الجنوبية الشرقية، وذلك باختلاف خصائصها الحبيبية و الفيزيائية والكيميائية، لصناعة رمل قياسي محلي وفق المعايير المعمول بها عالميا ومحليا قابل للاستعمال والتسويق وذلك لتحقيق اكتفاء ذاتي من هذه المادة المستعملة في مخابر مصانع الاسمنت ومواد الهندسة المدنية بصفة عامة. و بالرغم من المشاكل التي واجهتنا من حيث الشروط و المعايير المعمول بها، الأمر الذي يتطلب منا أخذ هاته الأخيرة بعين الاعتبار وبالتالي دراسة معمقة في هذا السياق.

ومن هذا المنطلق قمنا بإنجاز عدة تجارب على أنواع مختلفة من الرمال ،من مصادر مختلفة للتعرف على أدائها من حيث الخواص الحبيبية والفيزيائية واختيار الحسن فيما بينها.

الرمال المستخدمة في هاته الدراسة كانت رمل البعاج، رمل ورقلة ورمل جامعة الأصفر، وحسب النتائج والاستنتاجات فإن جميع أنواع الرمال المدروسة أعطت نتائج مقبولة، في حين أن رمل جامعة الأصفر كان الأفضل من ناحية التدرج الحبيبي والمكافئ الرملي ومن هذا المنطلق وقع عليه الاختيار لإنتاج رمل قياسي، فكانت نتائج تجربة الضغط والانحناء لعينات الملاط المُعد (بواسطة رمل جامعة الأصفر والرمل المستورد) كالتالي :

- 14.16 Mpa هي متوسط (Moynne) نتيجة الضغط العينات المصنوعة برمل جامعة الأصفر في عمر 7 يوم.

- 20.95 Mpa هي متوسط (Moyenne) نتيجة الضغط العينات المصنوعة بالرمل المستورد في عمر 7 أيام.

- 26Mpa هي متوسط (Moyne) نتيجة الضغط العينات المصنوعة برمل جامعة الأصفر في عمر 28 يوماً، أي حوالي 60% من المقاومة المرجوة للإسمنت المستعمل (Mpa42.5)وحوالي 72% من المقاومة التي تحصلنا عليها نحن بالرمل القياسي المستورد (Mpa36).

- 36Mpa هي متوسط (Moyne) نتيجة الضغط العينات المصنوعة برمل جامعة الأصفر في عمر 28 يوماً، أي حوالي 84% من المقاومة المرجوة للإسمنت المستعمل (Mpa42.5).

ومن النتائج التي تحصلنا عليها من خلال دراستنا هذه يمكننا أن نستنتج ما يلي:

- أن الرمل المختار لم يحقق النتائج المتوقعة ويرجع ذلك لعدة عوامل كالخصائص الكيميائية والفيزيائية للرمل المختار حيث أنها كانت قريبة نسبيا للرمل المستورد وليست مطابقة له.
- أن عدم توفر كل الأجهزة المطلوبة لإجراء التجربة كان له أثر كبير على النتائج المتحصل عليها.

وفي ختام عملنا هذا نلفت نظركم إلى أن العمل المقدم ليس سوى خطوة أولى وأن المشوار لا يزال طويلا أمامنا في المؤسسة الناشئة، حيث سنحاول في المرات القادمة تفادي أخطاء التجربة (الدراسة) الأولى للوصول إلى منتج يحقق الشروط المطلوبة.

آفاق وتوصيات البحث:

من خلال العمل المنجز نستطيع الخروج بالتوصيات والآفاق التالية:

1-محاولة تحسين ظروف العمل المخبرية من أجل الحصول على نتائج أفضل.

2-إدراج فكرة إضافة رمل الكثبان الموجود بكثرة في منطقتنا إلى رمل جامعة الأصفر لتغطية الجزء الدقيق من الرمل المحضر (0.16mmو0.08mm) للحصول على منتج أنقى وأقل محتوى من السلفات.

3-بما أن البحث مسجل في إطار المؤسسات الناشئة فإنه يجدر بنا تسريع وتيرة العمل للحصول على المنتج النهائي وتسويقه.

4-محاولة تسريع الإجراءات الخاصة بتقييس المنتج حتى يتم اعتماده قانونيا.

وفي الأخير نرجو من الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما ونأمل أن يتواصل البحث في مجال البناء والاهتمام به أكثر وإعطائه الأولوية اللازمة.

الـــمـــلاحـــق

الجزائر

متين
Matine

LAFARGE
بناء مدن أفضل™

الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري
NA442 CEM II/B-L 42,5 N

متين اسمنت رمادي لصنع الخرسانة ذات الأداء العالي، موجه لبناء الهياكل التحتية و الهياكل الفوقية للبنايات

متين
NA442CEM II/B-L 42,5 N

متين اسمنت معتمد، مطابق للمعايير الجزائرية (NA442 – 2013) والأوروبية (EN 197-1)

مزايا المنتج

- مقاومة مبدئية عالية لإنجاز الهياكل الثقيلة مسبقة الصنع
- زيادة مطواعية الخرسانة و الحفاظ على انسيابيته
- جودة حقيقية تقدم أداء عاليا للخرسانة
- ديمومة أكبر للخرسانة

عضو في LafargeHolcim

التطبيقات الموصى بها

- تشييد الهياكل الفنية الجمالية (الجسور، قناطر، أنفاق...)
- البناءات الجاهزة الثقيلة المصنّعة مسُبقاً
- خرسانة تتميز بأدائها العالي
- التطبيقات التقنية
- إنجاز الخرسانة الهيكلية للبناء

التركيبة المستحسنة

تركيبة للخرسانة C25/30	إسمنت	رمل (الجاف)	حصى (الجاف) 8/15mm 15/25mm	ماء (لتر)
	X 1 (50kg)	X7	X5 + X4	25 ل

ملاحظة : دلو واحد = 10 ل

الخصائص التقنية

- التحاليل الكيميائية المعيار

	المعيار
الفقد بالحرق (%) (NA5042)	10.0±2
محتوى الكبريتات (SO3) (%)	2.5±0.5
محتوى أكسيد المغنزيوم MgO (%)	1.7±0.5
محتوى الكلوريد (NA5042) (%)	0.02-0.05

- زمن التماسك في 20 درجة مئوية (NA 230)

	المعيار
بداية التماسك (دقيقة)	150±30
نهاية التماسك (دقيقة)	230±50

- البنية المعدنية للكلنكر (وفقا لبوغ)

	المعيار
C3S (%)	60±3
C3A (%)	7.5±1

- المقاومة للضغط

	المعيار
يومان (ميغاباسكال)	≤10.0
28 يوماً (ميغاباسكال)	≤42.5

- الخصائص الفيزيائية

	المعيار
الاتساق الطبيعي(%)	26.5±2.0
الصقل وفقاً لطريقة بلين (NA231)	3700-5200
الانكماش بعد 28 يوماً (ميكرومتر/متر)	>1000
التمدد (ميلميتر)	≥3.0

التعبئة : كيس و عشوائي

نصائح السلامة

1- **احموا بشرتكم** : ارتدوا المعدات المناسبة في المواقع الخاصة بكم : الخوذ، والنظارات، والقفازات، وواقيات الركبة، وأحذية وألبسة السلامة.

2 - **نقل وتفريغ السلع** : ارفعوا الأكياس في وضعية انحناء الركبتين مع الحفاظ على الظهر مستقيماً.

عضو في LafargeHolcim

لافارج الجزائر
المركز التجاري باب الزوار، البرج رقم 2،
الطابقين 05 و06، باب الزوار الجزائر العاصمة، الجزائر.
هاتف : 54 54 98 21 (0) 213+
فاكس : 94 42 92 23 (0) 213+
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
هاتف : 55 55 98 021

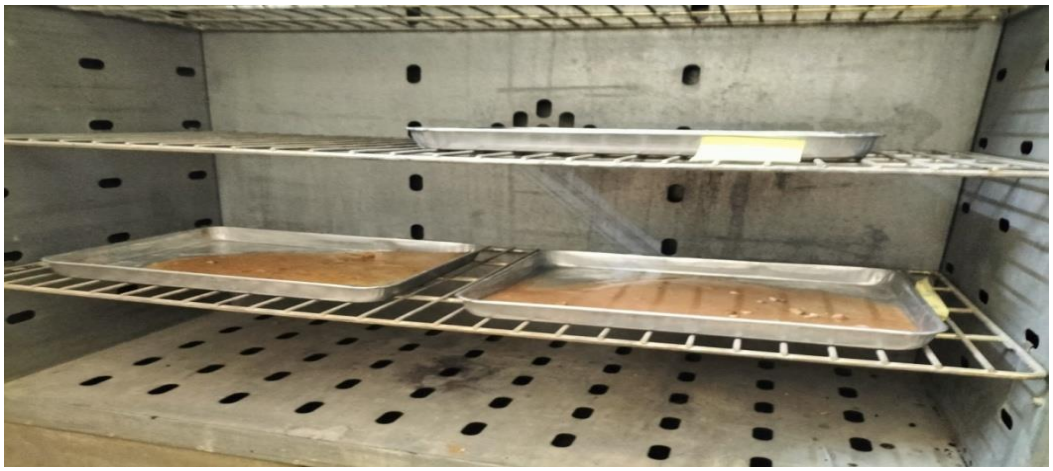
صور توضح البطاقة التقنية للإسمنت المستعمل

صورة توضح أنواع الرمل المستخدمة

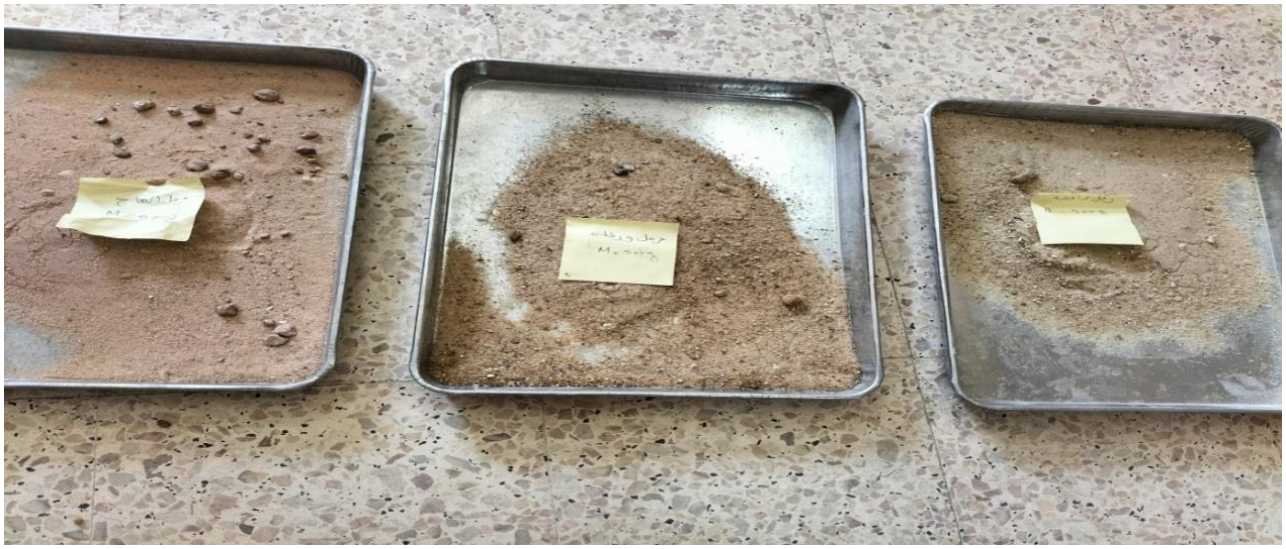
صورة توضح كيفية وزن العينات

صورة توضح تجربة التدرج الحبيبي (سلسلة الغرابيل)

صورة توضح كيفية غسل الرمل



صورة الفرن المستخدم لتجفيف العينات



صورة العينات المجففة

صورة توضح تجربة المكافئ الرملي

صورة توضيحية لتجربة الكتلة الحجمية

صورة توضيحية لتجربة التحطيم بواسطة الانحناء والضغط البسيطين للعينة خلال 7 أيام

صورة توضح شكل الرمل القياسي المبتكر(النموذج الأولي)

صور توضح بعض عينات الملاط القياسي المحضر والشاهد في عمر 28 يوم

صور توضح آلة التحطيم المستخدمة لتحطيم عينات الملاط القياسي المحضر والمستورد

قائـمـة الـمـراجـع

المراجع:

[1] مجلة القافلة *العربية* (تاريخ الزيارة السبت 11فيفيري على الساعة 9.18).

[2] قايد حسام الدين وقده إلياس، مذكرة دراسة مقارنة لرمال البناء المختلفة بمنطقة الجنوب الشرقي (لولاية ورقلة)، 2019/2020.

[3] مريقة إبراهيم ورحماني كمال، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية، تخصص مواد الهندسة المدنية، جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي، 2019/2018

[4]-Site Web :

https://constructionmaison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable

[5] عزوز سمية و فايزي هناء، مذكرة المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة العادية لرمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية ،جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي،2019/2020.

[6] محمد ماني، محاضرات في مقياس مواد البناء سنة ثانية ليسانس تخصص هندسة مدنية.

[7] https://www.standard-sand.com

[8] إكرام حفاف، التصنيف الحبيبي لعينات من رمل منطقة أنقوسة (ورقلة)، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر تخصص فيزياء مواد جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2019/2020.

[9] محمد ماني، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف-أطروحة دكتوراه 2019/2018.

[10] باهي نوفل وبروبة نذير، مذكرة تأثير رمل الكثبان المسحوق على متانة وخصائص الملاط في المياه الصاعدة- جامعة الوادي 2021/2020.