



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي



قسم الري والهندسة المدنية

كلية التكنولوجيا

## مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص: مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان:

# تأثير رمل الكثبان المسحوق على متانة وخصائص الملاط في المياه الصاعدة

إعداد الطلبة:

باهي نوفل

بروية نذير

باهي أحمد

تحت إشراف

الأستاذين:

العقبي عبد العزيز

ماني محمد

2021/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## الشكر والتقدير

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على أداء هذا البحث المتواضع ووفقنا على إنجازهِ.

للمشكر لله تعالى أولاً وآخراً الذي وفقنا على إعداد هذا البحث المتواضع.

كما نتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذين المشرفين **العقبي عبد العزيز و ماني مُحمَّد** الذين لم

يبخلا علينا بتوجيهاتهما ونصائحهما القيمة التي ساعدتنا على إتمام هذا البحث.

- كما نشكر أعضاء اللجنة المناقشة على تفضلهم على مناقشة هذا البحث وتصويب أخطاءه.

- كما أتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدني من قريب أو بعيد.

## الإهداء

إلهي لا تطيب اللحظات إلا بذكرك ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ولا تطيب الجنة إلا برويتك:  
جلّ جلالك.

إلى من بلّغ الرسالة وأدّى الأمانة ونصح الأمة حبيبنا وقدوتنا مُحمَّد عليه أفضل الصلوات وأزكى التسليم.

إلى الوالدين الكريمين

إلى الإخوة والأخوات

إلى جميع الأحباب والأقارب والأصدقاء.

إلى كل هؤلاء أشكرهم وأهدي لهم هذا العمل المتواضع.

أسأل الله أن يجعله خالصاً لوجهه الكريم وفي ميزان الحسنات.

نوفل-نذير-أحمد



قائمة الرموز

| الشرح بالعربية                                  | الشرح بالفرنسية  | الرمز          |
|---|--|----------------|
| رمل الكثبان                                     | Sable de dune  | <b>SD</b>      |
| رمل كثبان مطحون                                 | Sable de dune broyé  | <b>SDB</b>     |
| المياه الصاعدة (العدوانية)                      | Eau de la nappe (Agressive)                                | <b>EA</b>      |
| ملاط إسمنتي (شاهد)                              | Mortier de ciment (Témoïn)                                 | <b>MC</b>      |
| ملاط إسمنتي مع إضافة 10% من رمل الكثبان المطحون | Mortier de ciment avec ajout de 10% de sable de dune broyé | <b>MSDB 10</b> |
| ملاط إسمنتي مع إضافة 15% من رمل الكثبان المطحون | Mortier de ciment avec ajout de 15% de sable de dune broyé | <b>MSDB 15</b> |
| ملاط إسمنتي مع إضافة 20% من رمل الكثبان المطحون | Mortier de ciment avec ajout de 20% de sable de dune broyé | <b>MSDB 20</b> |
| ملاط اسمنتي مقاوم                               | Mortier de ciment résistant                                | <b>MCR</b>     |

فهرس الجداول

| الصفحة | إسم الجدول                                     | الرقم |
|--------|--|-------|
| 10     | يوضح مكونات الإسمنت و تركيبه الكيميائي         | 01    |
| 18     | استخدام الإضافات في مصانع الأسمنت الجزائرية    | 02    |
| 31     | تصنيف الإضافات حسب تفاعلها                     | 03    |
| 35     | التركيب الكيميائي لدخان السيليكا               | 04    |
| 37     | التركيب الكيميائي النموذجي لخبث أفران المنصهر  | 05    |
| 42     | يوضح بطاقة تقنية للأسمنت المستخدم ( بسكرية )   | 06    |
| 45     | يوضح النتائج المتحصل عليها للخصائص الفيزيائية  | 07    |
| 47     | النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل        | 08    |
| 49     | الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للرمل الطبيعي | 09    |
| 50     | النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء $A_{B_2}$ .  | 10    |
| 52     | النسب المئوية للمكافئ الرملي بالمكبس           | 11    |
| 54     | نتائج تجربة التدرج الحبيبي %100 رمل عسيلة      | 12    |
| 56     | معيار النعومة لكل عينة                         | 13    |
| 64     | تحليل المياه الصاعدة                           | 14    |
| 68     | أصناف تناسق الملاط حسب قيمة الانتشار           | 15    |

## الفهارس

|    |  |    |
|----|--|----|
| 70 | يوضح الكميات المطلوبة لتحضير ٤ فعات من 14 عينة اختبار    | 16 |
| 84 | يوضح تناسق أنواع الملاط المستخدمة                        | 17 |
| 86 | يوضح الكتلة الحجمية لعينات الاختبار المستخدمة عند 28 يوم | 18 |
| 88 | تطور الامتصاص بالغمس حسب تركيبة الملاط                   | 19 |
| 90 | ملخص لنتائج مقاومة الشد الانثناء للصيغ المختلفة          | 20 |
| 94 | ملخص نتائج مقاومة الضغط للصيغ المختلفة                   | 21 |

فهرس الأشكال والصور

| الصفحة | إسم الشكل أو الصورة                            | الرقم |
|--------|--|-------|
| 09     | مراحل العمل في صناعة الإسمنت                   | 01    |
| 11     | شكل تخطيطي يبين خطوات تكون الإسمنت البورتلاندي | 02    |
| 16     | تأثير مركبات الاسمنت على مقاومته للضغط         | 03    |
| 16     | معدل الاماهة لمركبات الاسمنت الرئيسية          | 04    |
| 21     | يمثل أشكال الكثبان الرملية                     | 05    |
| 21     | الموقع الجغرافي لكثبان عرق الجزائر             | 06    |
| 22     | مكونات الملاط                                  | 07    |
| 24     | تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز                | 08    |
| 25     | جهاز فيكات                                     | 09    |
| 27     | قالب لعينات الملاط                             | 10    |
| 28     | عمليتي الشد بالانحناء والضغط                   | 11    |
| 29     | جهاز قياس الانكماش                             | 12    |
| 30     | (أ) إماهة الأسمنت مع/بدون وجود الإضافات        | 13    |
| 34     | البوزولان الطبيعي                              | 14    |
| 41     | يوضح نوع الاسمنت المستخدم                      | 15    |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 47 | يوضح الموقع الجغرافي لرمال المحاجر في جامعة / الوادي ( Google Earth 2021)            | 16 |
| 51 | الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي   | 17 |
| 53 | غرايل التدرج الحبيبي   | 18 |
| 55 | منحنى تجربة التدرج الحبيبي: %100 رمل عسيلة   | 19 |
| 57 | الكتبان الرملية المسحوقة الواقعة على الجانب الشمالي من منتزه القعري السياحي / الوادي | 20 |
| 58 | يوضح المرحلة التحضيرية لرمال الكتبان الرملية المسحوقة                                | 21 |
| 60 | يوضح عينة اختبار   | 22 |
| 63 | موقع أخذ عينات المياه العدوانية - الشط / الوادي                                      | 23 |
| 63 | منطقة أخذ عينات المياه العدوانية ( منطقة الشط / الوادي )                             | 24 |
| 73 | يوضح عملية إزالة العينة من القالب بعد 24 ساعة  | 25 |
| 74 | يوضح عملية ترقيم ووزن العينات  | 26 |
| 78 | شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحاء   | 27 |
| 79 | يوضح آلية التحطيم بالضغط   | 28 |
| 85 | أعمدة بيانية توضح تناسق أنواع الملاط المستخدمة                                       | 29 |
| 87 | تطور الكتلة الحجمية بدلالة أنواع الملاط عند 28 يوم                                   | 30 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 89 | أعمدة بيانية توضح تطور الامتصاص بالغمس حسب تركيبة الملاط عند 90 يوم | 31 |
| 91 | مخطط يوضح الطريقة المتبعة في تحليل نتائج مقاومة قوة الشد بالانحناء  | 32 |
| 92 | يوضح مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الشاهد (MC)           | 33 |
| 93 | يوضح مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمطي المقاوم MCR   | 34 |
| 95 | مخطط يوضح الطريقة المتبعة في تحليل نتائج مقاومة الضغط               | 35 |
| 96 | مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB مع الملاط الاسمطي الشاهد MC        | 36 |
| 97 | مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمطي المقاوم MCR        | 37 |

فهرس المحتويات

| الصفحة | العنوان                               |
|--------|---------------------------------------|
| -      | شكر وتقدير                            |
| -      | اهداء                                 |
| I      | قائمة الرموز                          |
| II     | فهرس الجداول                          |
| IV     | فهرس الأشكال والصور                   |
| VII    | فهرس المحتويات                        |
| -      | الملخص                                |
| 02     | مقدمة                                 |
| 04     | الفصل الأول أساسيات حول مركبات الملاط |
| 05     | 1- تمهيد                              |
| 05     | 2- الإسمنت                            |
| 05     | 2-1 تعريف                             |
| 05     | 2-2 المواد الأولية لصناعة الإسمنت     |
| 07     | 2-3 صناعة الإسمنت البورتلاندي         |
| 10     | 2-4 مكونات الإسمنت و تركيبه الكيميائي |

|    |  |
|----|--|
| 12 | 5-2 إِمَاهة الاسمنت البورتلاندي          |
| 17 | 6-2 تصنيف الأسمنت الشائع                 |
| 19 | 3- الكثبان الرملية                       |
| 19 | 1-3 تعريف                                |
| 19 | 2-3 أسباب استغلالها في البناء            |
| 19 | 3-3 أشكال الكثبان الرملية                |
| 22 | 4- الملاط                                |
| 22 | 1-4 تعريف الملاط                         |
| 23 | 2-4 خصائص الملاط                         |
| 23 | 1-2-4 تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز    |
| 24 | 2-2-4 اختبار تعين القوام القياسي للاسمنت |
| 27 | 3-2-4 المقاومة الميكانيكية               |
| 28 | 4-2-4 الانكماش والتورم                   |
| 30 | 5- الإضافات المعدنية                     |
| 30 | 1-5 مقدمة                                |
| 31 | 2-5 تصنيف الإضافات المعدنية              |
| 32 | 3-5 أساسيات الإضافات المعدنية الحاملة    |



|    |  |
|----|--|
| 39 | الفصل الثاني طرق الاختبار ووصف المواد        |
| 40 | 1- مقدمة                                     |
| 40 | 2- المواد المستخدمة                          |
| 41 | أولاً: الأسمنت                               |
| 46 | ثانياً: رمل المحاجر                          |
| 57 | ثالثاً: الكثبان الرملية المسحوقة             |
| 62 | رابعاً: الماء                                |
| 65 | 3- الملاط                                    |
| 65 | 3-1 صياغة الملاط                             |
| 66 | 3-2 تحضير الملاط                             |
| 66 | 3-3 برنامج الاختبارات على الملاط             |
| 81 | الخلاصة                                      |
| 82 | الفصل الثالث النتائج والمناقشة               |
| 83 | 1- مقدمة                                     |
| 84 | 2- مواصفات الملاط                            |
| 84 | 2-1 تناسق أنواع الملاط المستخدمة             |
| 86 | 2-2 الكتلة الحجمية لعينات الاختبار المستخدمة |

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| 88  | 3-2 امتصاص الماء بالغمس الكلي (Aw) |
| 90  | 3- نتائج الاختبارات الميكانيكية    |
| 90  | 3-1 مقاومة الشد بالانحناء          |
| 95  | 3-2 مقاومة الضغط                   |
| 100 | الخلاصة                            |
| 102 | خاتمة                              |
| 105 | فهرس المصادر والمراجع              |
| 107 | الملاحق                            |

## الملخص

يهدف موضوع دراستنا إلى دمج رمل الكثبان في تركيبة الملاط. هذه الإضافة مطحونة لدقة عالية وحتى أعلى من الإسمنت المستخدم، ويتم دمجها بثلاثة معدلات مختلفة (20 ، 15 ، 10 %) كبديل لوزن الإسمنت.

هدفنا اقتصادي وبيئي. استخدمنا الماء الصاعد من منسوب المياه في منطقة وادي سوف (مياه ضارة)، من أجل دراسة تأثير هاته الاضافة على المقاومة الميكانيكية والمتانة للملاط.

أوضحت الدراسة أن دمج رمال الكثبان المطحونة من منطقة واد سوف لها تأثير مفيد على القوة الميكانيكية والمتانة فيما يتعلق بمقاومة المياه الضارة، وخاصة على المدى الطويل (90 يوما).

**الكلمات المفتاحية:** إضافات معدنية، رمل كثبان مطحون، ملاط ، القوة الميكانيكية ، المياه الصاعدة

### Résumé

Le sujet de notre étude vise à incorporer le sable des dunes dans la composition du lisier. Cet additif est broyé à une plus grande finesse que le ciment utilisé, et combiné à trois taux différents (20, 15, 10 %) en alternative au poids du ciment.

Notre objectif est économique et environnemental. Nous avons utilisé les remontées d'eau du niveau de l'eau dans la zone de l'oued Souf (eaux nocives), afin d'étudier l'effet de cet ajout sur la résistance mécanique et la durabilité du mortier.

L'étude a montré que l'incorporation de sables dunaires concassés de la zone de Wad aura un effet bénéfique sur la résistance mécanique et la durabilité en termes de résistance aux eaux nocives, surtout à long terme (90 jours).

**Mots clés :** Ajoute minéraux, sable de dunes broyé, mortier, résistance mécanique, montée des eaux.

# مقدمة عامة

## مقدمة عامة :

أدى استغلال الإضافات المعدنية سواء في إنتاج الأسمنت البورتلاندي أو كإضافات خلال مرحلة المشروع إلى حل مشكلة عدم تغطية سوق الأسمنت الوطني إلى حد كبير، وعلى الجانب الاقتصادي لتكلفة الطاقة فإن دمج الإضافات في عملية تصنيع الأسمنت يسمح بتخفيض السعر بشكل كبير وهو عامل مهم للغاية في سوق الأسمنت، يجب أن نتذكر أن استخدام الإضافات مثل الإضافات الحاملة له فائدة كبيرة لهذا السبب الاقتصادي، من ناحية أخرى فإن التباين في معدلات دمج الإضافات بنسب مئوية متعددة قد مكنا من الحصول على حلول للعديد من المشاكل؛ مثل مخاطر الهجمات الكيميائية الناتجة عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية والتي تمثل مشكلة كبيرة لاستمرارية البنية التحتية، وبالتالي فإن استخدام الإضافات بمعدلات دمج مدروسة جيداً يزيد من انضغاط الهياكل الاسمنتية ويمكن حتى تحسين آلية الترطيب وكل هذا يساهم في تحسين الأداء الميكانيكي والكيميائي للخرسانة والملاط. حيث تقدم الإضافات المعدنية مثل رمل الكثبان حلاً جيداً لتحقيق هذا الهدف.

## الهدف من الدراسة:

الهدف من دراستنا هو إجراء تقييم تجريبي لتأثيرات هذه الإضافات المعدنية (وهي عبة عن رمل

كثبان مطحون بمعدلات دمج متغيرة) على الخصائص الميكانيكية للملاط وكذلك متانة البنية التحتية.

## خطة المذكرة:

أطروحتنا مبنية على مقدمة عامة، وثلاثة فصول وخاتمة عامة :

❖ مقدمة عامة: هي مقدمة تحدد المحاور الرئيسية لدراستنا.

❖ الفصل الأول: مخصص لتناول أساسيات حول مركبات الملاط وعن المواد القائمة على الأسمنت

بشكل عام، وبشكل استثنائي عن الملاط والإضافات ودورها في صياغة الملاط.

❖ الفصل الثاني: عرض الجزء الأول من القسم التجريبي، ويتناول جميع المواد المستخدمة في تطوير

تركيبات مختلفة من الملاط، وكذلك طرق إجراء الاختبارات والخصائص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المواد.

❖ الفصل الثالث: عرض الجزء الثاني من القسم التجريبي، ويحتوي على نتائج الاختبارات المختلفة

التي أجريت على تركيبات الملاط المدروسة، وكذلك تحليل وتفسير هذه النتائج.

❖ خاتمة عامة : تنتهي هذه الأطروحة بخاتمة عامة تختتم بها جميع الأعمال المنجزة، واقتراح

التوصيات.

# الفصل الأول

أساسيات حول مركبات الملاط

**1- تمهيد :**

يدور هذا الفصل حول عملية تصنيع مادة الأسمنت وتكوينها وعملية ترطيبها ثم المرور بمراجعة تركيب وتصنيف الملاطوأخيراً من هذه المراجعة، سننتقل إلى لمحة عامة عن الإضافات المعدنية وتأثيرها كبديل للأسمنت.

**2- الإسمنت****1-2 تعريف :**

يعرف الإسمنت بأنه مادة رابطة هيدروليكية تتألف من سيليكات الكالسيوم وألومينات الكالسيوم وبعض المواد الأخرى يمكنها أن ترتبط مع نفسها أو تربط أجساماً صلبة أخرى لتشكيل كتلة متماسكة صلبة نتيجة تفاعلها مع الماء، لذلك دعيت مادة رابطة هيدروليكية أي مائية لأن التصلب لا يحصل إلا في وسط مائي أو بوجود الكمية الكافية من الماء.

**2-2 المواد الأولية لصناعة الإسمنت:**

أ - الأحجار الكلسية الموجودة في الطبيعة: والتي تحتوي نسبة مرتفعة من كربونات الكالسيوم وهي المصدر الرئيسي أكسيد الكالسيوم اللازم لصناعة الإسمنت، بعض أنواع الشوائب يكون ضاراً ويجب تحديد نسبته في الأحجار الكلسية قبل الاستخدام فمثلاً وجود المغنيزيوم بنسبة تزيد عن 5% تجعل



الأحجار الكلسية غير مناسبة للاستعمال، و وجود مركبات كبريتية مثل كبريت الحديد بنسبة أكبر من 4% أو كبريتات الكالسيوم بنسبة أكبر من 3% يكون ضاراً بسبب تشكل  $SO_2$  عند عملية الحرق في الفرن ولهذا الغاز تأثيراً مخرباً.

**ب - الغضار:** وهو من المواد الموجودة في الطبيعة وهو مصدر السيليكا وأكسيد الحديد وأكسيد الألمنيوم وهي الأكاسيد اللازمة لصناعة الإسمنت بتفاعلها مع أكسيد الكالسيوم. يجب أن يحوي الغضار نسبة من السيليكا لا تقل عن 55% - 65% وألا يقل مجموع أكاسيد الحديد والألمنيوم عن ( 0.33 - 0.40 ) من كمية السيليكا. تنتج المركبات المسؤولة عن تصلب وتماسك الإسمنت من تفاعل أكسيد الكالسيوم مع السيليكا، بينما يكون دور المركبات الأخرى الناتجة عن تفاعل أكسيد في عملية التصلب واكتساب المقاومة العالية للكالسيوم مع أكسيد الألمنيوم وأكسيد الحديد ثانوياً للإسمنت، مع ذلك فإن وجود أكاسيد الألمنيوم والحديد ضروري في عملية التصنيع لأن تفاعل السيليكا مع أكسيد الكالسيوم صعب ويحتاج إلى حرارة عالية جداً، إن وجود أكاسيد الألمنيوم والحديد يساعد على تشكيل مزيج منصهر جزئياً بتفاعلها مع أكسيد الكالسيوم وهذا يسمح بتفاعل السيليكا مع أكسيد الكالسيوم بدرجة حرارة الفرن.

**ج - المواد المساعدة :** وهي المواد اللازم إضافتها إلى مزيج الأحجار الكلسية والغضار لتصحيح النسب وفق القيم المقبولة، فإذا كان الغضار فقيراً يُضاف بعض البوكسيت  $Al_2O_3$  لرفع نسبة الألمنيوم، وإذا كان الغضار فقيراً بالحديد تضاف أكاسيد الحديد، و إذا كان الغضار فقيراً من السيليكا تضاف له الكمية المناسبة من السيليكا حتى تصبح هذه المواد ضمن المجال المناسب .

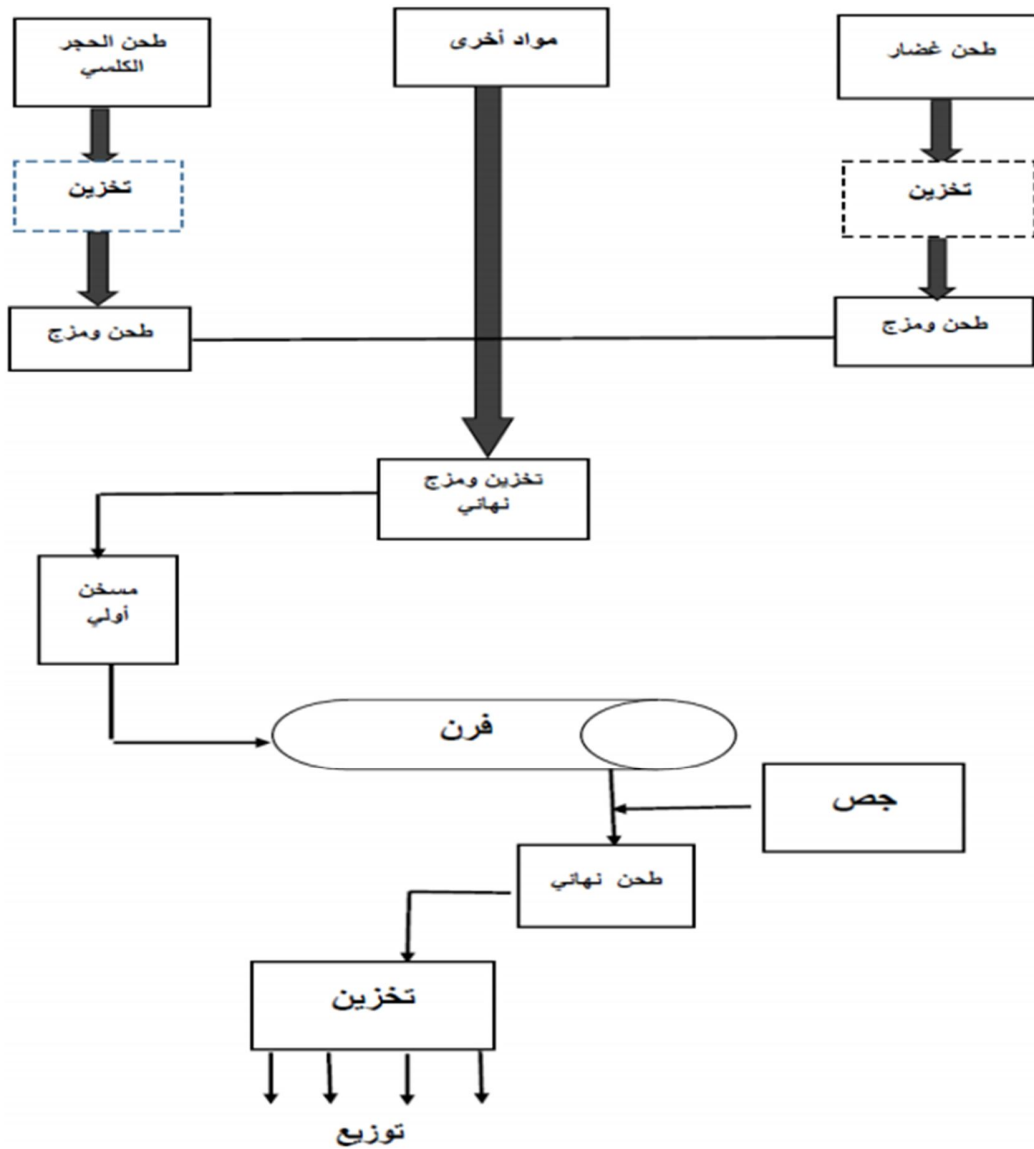
تطحن المواد الأولية لتصبح ناعمة بالقدر الكافي لضمان اتمام التفاعلات اللازمة في الفرن، إذا لم يكن الطحن كافياً و كانت المواد الأولية خشنة وكبيرة الحجم فلا يحصل التفاعل التام المطلوب في الفرن، بل يحصل تفاعل جزئي على سطح الحبيبات عند تلامسها بينما يبقى الجزء الداخلي منها دون تفاعل وهذا ينعكس سلباً على صفات الإسمنت الناتج . فكلما زادت نعومة المواد الأولية كان الإسمنت الناتج أفضل، لكن الطحن الزائد يعني كلفة إضافية وهنا يجب اجراء موازنة بين مدى الطحن وانعكاسه على صفات الاسمنت للوصول الى تحديد النعومة المثلى المقبولة .

## 2-3 صناعة الإسمنت البورتلاندي :

ان مبدأ عملية التصنيع هو تسخين المواد الأولية بعد طحنها في أفران دوارة لدرجة حرارة عالية تصل الى الدرجة  $1450C^{\circ}$  حيث تتفكك المواد الأولية ثم تتفاعل مع بعضها لتشكل مركبات جديدة بشكل حبيبات صلبة قائمة تدعى الكلنكر ( clinker ) . يطحن الكلنكر بعد بضافة كمية قليلة من الجص فينتج الإسمنت البورتلاندي . تتألف المواد الأولية كما ذكرنا سابقاً من الأحجار الكلسية ومكونها

الرئيسي هو كربونات الكالسيوم ومن الغضار ومكوناته الأساسية أكسيد السيليكوم والألمنيوم و الحديد .  
يتم اختيار موقع المصنع عادة بالقرب من الأماكن الطبيعية للمواد الأولية، تطحن المواد الأولية كل على حدى ثم تمزج بالنسبة المطلوبة بعد تحديد التركيب الكيميائي لها وإذا لم يكن تركيبها وفق النسبة المطلوبة فيتم تعديله بإضافة مواد اخرى ثم تدخل المواد الى الفرن الدوار حيث تتم التفاعلات المؤدية الى تشكل الكلنكر .

كانت معظم معامل الإسمنت تستعمل قديما الطريقة الرطبة وذلك بإضافة الماء الى المواد الأولية المطحونة للحصول على عجينة أكثر تجانسا وللتقليل من التلوث بالغبار، لكن هذه الطريقة تراجعت بسبب الكلفة الزائدة للطاقة الإضافية اللازمة لتبخير الماء المضاف وإرتفاع اسعار الوقود واتجهت معظم المصانع الى الطريقة الجافة . ومن التعديلات التي طرأت على صناعة الإسمنت استخدام الغازات الساخنة الخارجة من الفرن في تسخين المواد الأولية قبل أن تدخل الى الفرن و الهدف من ذلك هو توفير الطاقة اللازمة لتصنيع اذ تبلغ كلفة حرق المواد ( 40%-60% ) من الكلفة الإجمالية لصناعة الإسمنت .



الشكل 01: مراحل العمل في صناعة الإسمنت

## 2-4 مكونات الإسمنت و تركيبه الكيميائي

المكونات الأساسية للإسمنت البورتلاندي تنحصر في الجير والسيليكات والألومينات وأكاسيد

الحديد وعندما تخلط هذه المكونات يتكون الكلنكر الذي يحتوي على أربعة مركبات رئيسية وهي: [1]

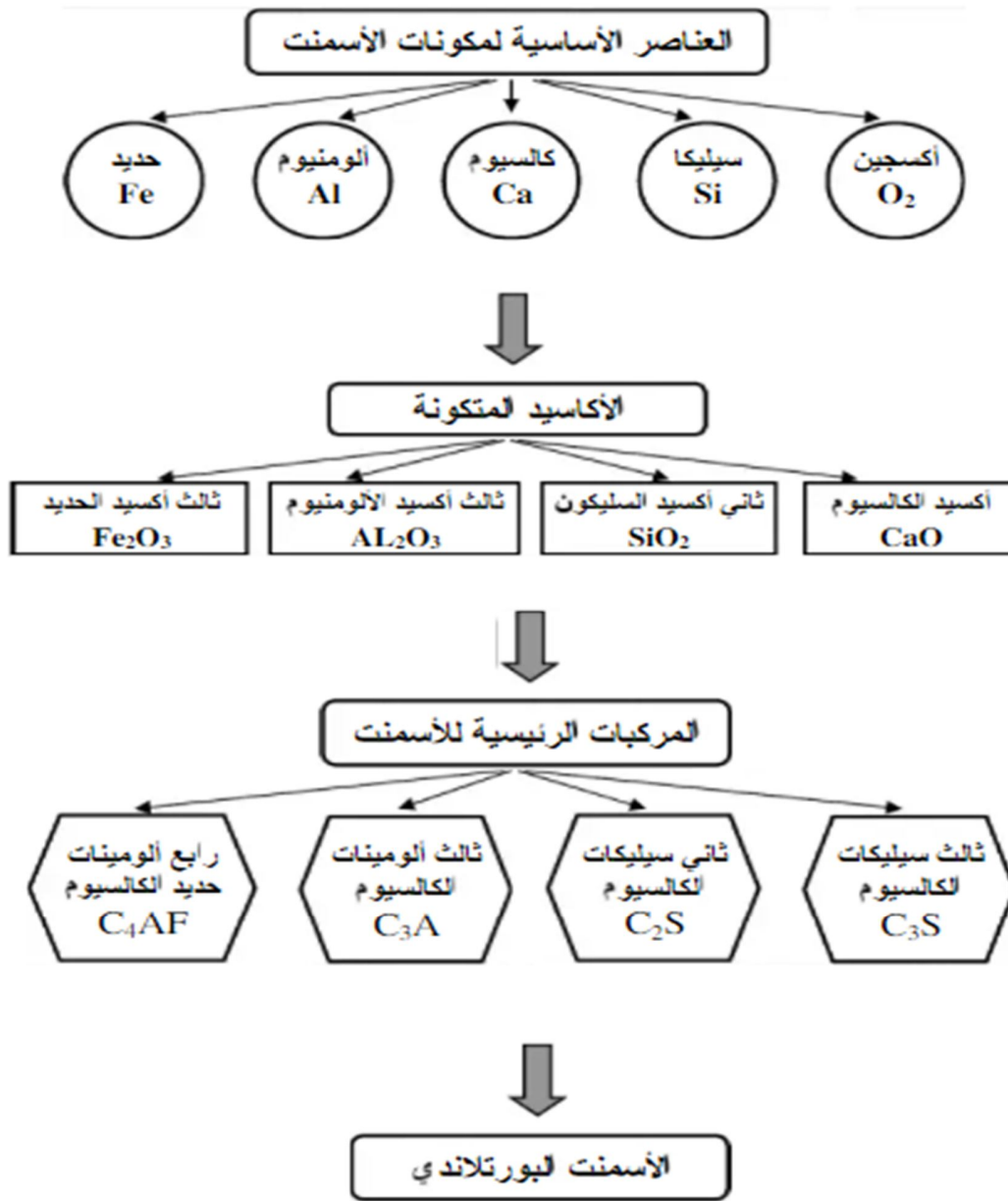
| النسبة في الإسمنت البورتلاندي | الرمز | المركب                       |
|-------------------------------|-------|------------------------------|
| 40 - 55 %                     | C3S   | ثالث سيليكات الكالسيوم       |
| 20 - 35 %                     | C2S   | ثاني سيليكات الكالسيوم       |
| 9 - 11 %                      | C3A   | ثالث ألومينات الكالسيوم      |
| 5 - 11 %                      | C4AF  | رابع ألومينات حديد الكالسيوم |

الجدول 01 : يوضح مكونات الإسمنت و تركيبه الكيميائي

كما أن الإسمنت البورتلاندي يحتوي على كميات صغيرة من المواد المتكونة الأخرى مثل :

- جير غير متحد - ماغنسيوم غير متحد - كبريتات كالسيوم

- قلويات (صوديوم و بوتاسيوم) - مواد غير ذائبة - ماء .



الشكل 02: شكل تخطيطي يبين خطوات تكون الإسمنت البورتلاندي .

## 2-5 إمارة الإسمنت البورتلاندي

إمارة الإسمنت هي التفاعل الكيميائي للإسمنت و الماء بهدف الوصول الى العجينة تتشكل وتتصلد بفعل تفاعلات وعمليات الإمارة والتي بعد تصلدها تحتفظ بقوتها و الظواهر الأساسية الهامة للتفاعل الكيميائي بين الإسمنت و الماء و التي لها أهمية كبرى عند مستخدمي الإسمنت هي :

– التغير في المادة : لمعرفة العناصر المتكونة عند تفاعل الإسمنت لأن الإسمنت في حد ذاته لا يمثل

مادة اسمنتية، ولكن الحالة المتكونة بعد عملية الإمارة هي الهدف الأساسي من الإسمنت

– التغير في الطاقة : لمعرفة كمية الحرارة المنبعثة لأهميتها حيث أن هذه الحرارة قد تكون ضارة أو

نافعة .

– سرعة التفاعل : لتحديد الزمن اللازم للشك و التصلد

❖ التفاعلات الأساسية للإمارة :

التفاعلات الكيميائية الأساسية لعملية إمارة الإسمنت تختصر في عمليتين : إمارة الألومينات –

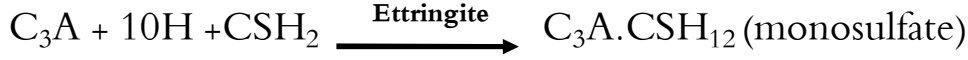
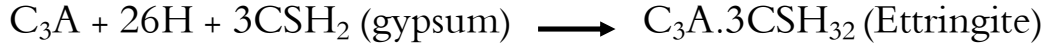
إمارة السيليكات [1]

### ● إماهة الألومينات :

يكون التفاعل بين ثالث ألومينات الكالسيوم ( $C_3A$ ) والماء لحظيا . وتتكون بكل سرعة بلورات الهيدرات ( بلورات مائية ) من الإترنجيت والكبريتات الأحادية، مع تصاعد حرارة عالية من التفاعل، ويجب إبطاء التفاعل السريع لإماهة ثالث ألومينات الكالسيوم بإضافة الجبس ( كبريتات الكالسيوم ) لإتمام التفاعل في وجوده . ويفضل مناقشة تفاعل الإماهة للأسمنت لعنصر ثالث ألومينات الكالسيوم ( $C_3A$ ) ورابع ألومينات حديد الكالسيوم ( $C_4AF$ ) سويا، حيث أن الناتج المتكون عندما يتفاعل رابع ألومينات حديد الكالسيوم مع الماء و في وجود الكبريتات مشابه لتلك المكونات الناتجة من ثالث ألومينات الكالسيوم وهنا يعتمد الدور الذي تلعبه ألومينات الحديد في الأسمنت في تفاعلات الشك والتصلد لعجينة الأسمنت، أساسا على التركيب الكيميائي وعلى حرارة التكوين، وعموما فإن تفاعل طرد الفيريت أبطأ من ثالث ألومينات الكالسيوم، إلا أنه يزداد بزيادة نسبة الألومينات وانخفاض درجة الحرارة و غالبا في البداية تتكون بلورات هيدرات الإترنجيت نتيجة نسبة الكبريتات العالية إلى الألومينات خلال الساعات الأولى من الإماهة . ويضيف ترسيب الإترنجيت في الأسمنت البورتلاندي الذي يحتوي على 5 % جبس إلى التصلب حتى فقد السيولة وتجمد العجينة حتى الشك وأيضا إلى نمو المقاومة المبكرة . وهنا يصبح الإترنجيت غير متزن ويتحول إلى كبريتات أحادية بالتدرج وهي المنتج النهائي لإماهة الأسمنت البورتلاندي والذي يحتوي على نسبة من ثالث ألومينات الكالسيوم أكثر من 5 % .

ويمكن التعبير عن التفاعلات الكيميائية المرادفة لعمليات إماهة الألومينات بالمعادلات التالية :





### ● إمارة السيليكات

إن إمارة السيليكات تنحصر في تفاعل ثالث سيليكات الكالسيوم (  $C_3S$  ) وثاني سيليكات الكالسيوم (  $S_2C$  ) والتي تنتج مجموعة من هيدرات سيليكات الكالسيوم متشابهة في التكوين، ولكنها تختلف في نسبة الكالسيوم/السيليكا ومحتوى الماء المتحد كيميائياً، وهذا الاختلاف التركيبي بين سيليكات الكالسيوم المماهة إن وجد له تأثير بسيط على الخاص والصفات الطبيعية للأسمت المتصلد. وعموماً تعتبر سيليكات الكالسيوم المماهة مادة فقيرة البلورة وتكون مادة صلبة نسبياً بها فجوات ولها صفات الجيلاتين، ويتغير التركيب الكيميائي لسيليكات الكالسيوم المماهة في الاسمت البورتلاندي المماه تبعاً ل:

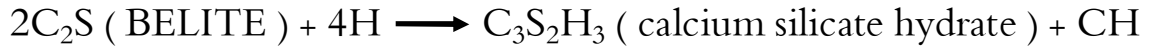
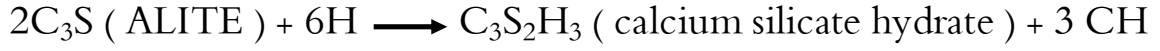
- نسبة الماء/الاسمت

- حرارة الإمارة

- عمر الإمارة

ويتم التعبير عن التفاعل لثالث سيليكات الكالسيوم وثاني سيليكات الكالسيوم المماهة بالمعادلتين

الآتيتين:



ويلاحظ في هذا التفاعل أن إمالة ثالث سيليكات الكالسيوم C3S ينتج عنه :

61% سيليكات الكالسيوم المماهة

39% هيدروكسيد الكالسيوم

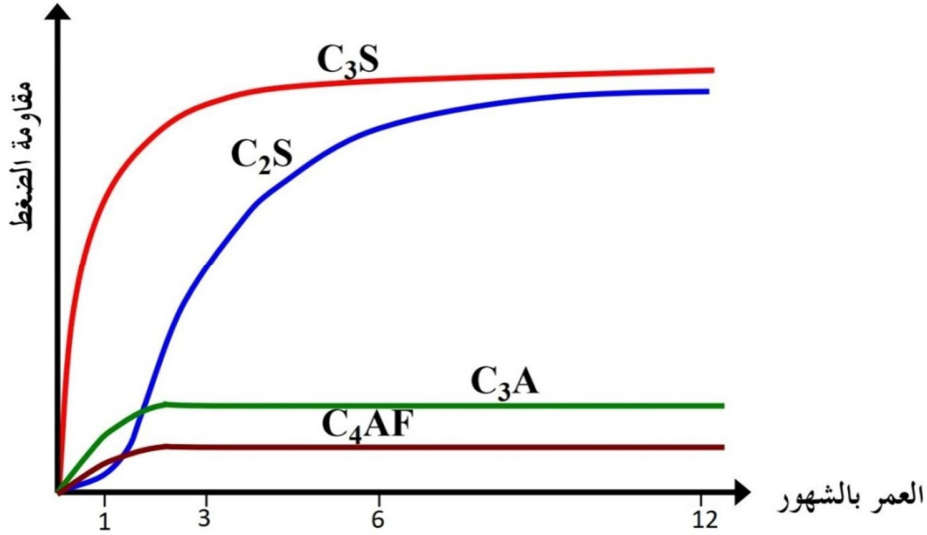
وإمالة ثاني سيليكات الكالسيوم C2S ينتج عنه:

82% سيليكات الكالسيوم المماهة

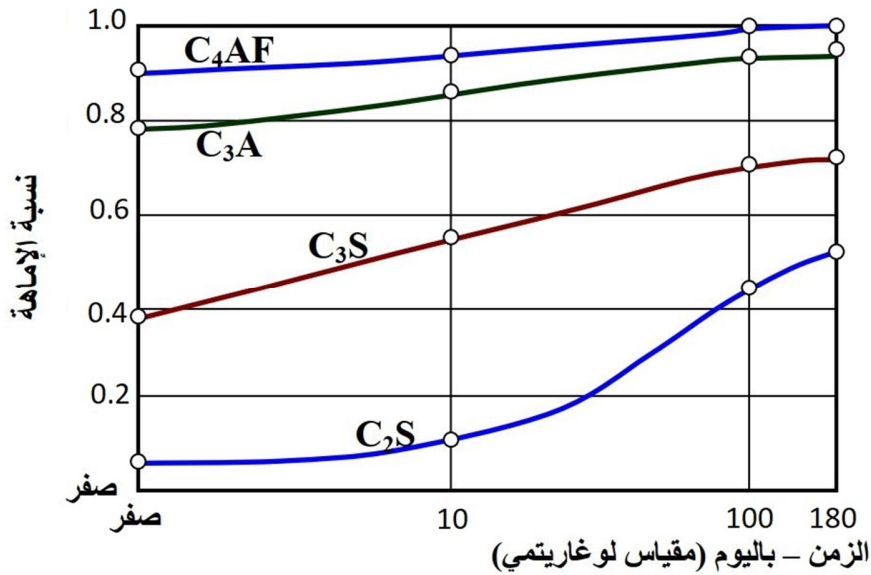
18% هيدروكسيد الكالسيوم

والشكل يبين تأثير المركبات المختلفة للأسمنت على مقاومة الأسمنت للضغط. أما الشكل 03

فيوضح معدل الإماهة للمركبات الأساسية من الأسمنت.



الشكل 03: تأثير مركبات الاسمنت على مقاومته للضغط



الشكل 04: معدل الاماهة لمركبات الاسمنت الرئيسية

**2-6 تصنيف الأسمنت الشائع:**

اعتماداً على المكونات الرئيسية المضافة إلى الكلنكر أثناء عمليات التصنيع، يتم الحصول على أنواع مختلفة من الأسمنت المحددة في المواصفات الجزائرية NA 442 وفقاً للمعيار الأوروبي NF EN 197.

1. الجدول 02 أدناه يعطي قائمة أنواع مختلفة من الإسمنت مع الإشارة لكل نوع و إلى تسميته المحددة والنسب المئوية الخاصة بالمكونات التي يحتوي عليها. [2]

الجدول 02: استخدام الإضافات في مصانع الأسمنت الجزائرية [2]

| المجموعة الصناعية  | مصنع الاسمنت              | تصنيع الأسمنت       | الإضافات المستخدمة          |                            |
|--|---------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|
| القطاع العام: المجموعة الصناعية للأسمنت الجزائري: (GICA) | عين توتة - باتنة - SCIMAT | CEM II /A-P         | بوزولان و (أو) الحجر الجيري |                            |
|  |                           | CEM II /AM (L-P)    |                             |                            |
|  |                           | CEM II /A-L         |                             |                            |
|  | عين الكبيرة سطيف          | CEM II /A-L         | ألبان                       |                            |
|  |                           | CEM II /A           |                             |                            |
|  | حما بوزيان قسنطينة        | CEM II /A-S         | الحجر الأسود سكيكدة         |                            |
|  | القطاع الخاص              | تبسة SCT            | CEM II /AM (P-L)            | بوزولانو (أو) الحجر الجيري |
|  |                           |                     | CEM II /BM ((P-L            |                            |
|  |                           | مفتاح - الجزائر     | CEM II                      | التييف/الحجر الجيري        |
|  |                           | سور الغزلان البويرة | CEM II                      | التييف/الحجر الجيري        |
| الشلف  |                           | CEM II / A-L        | الحجر الجيري                |                            |
| بني صاف عين تموشنت زاهانا - معسكر - SCIZ                 |                           | CEM II              | بوزولان                     |                            |
|  |                           | CEM II / A          |                             |                            |
| لافارج الجزائر   |                           | المسيلة             | CEM II /B-L                 | الحجر الجيري               |
|  |                           | جمورة بسكرة         | CEM II /B-L                 | الحجر الجيري               |
|  |                           | عقاز معسكر          | CEM II /B-L                 | الحجر الجيري               |
| قطاع خاص   | بسكرية بسكرة              | CEM II /A           | بوزولان / الحجر الجيري      |                            |
|  |                           | CEMII /B            |                             |                            |
|  |                           | CEM IV /A-SR        |                             |                            |

اسمنت يحتوي على اكثر من اضافة واحدة: M/ خبث: S/ بوزولان: P / حجر جيري : L

**3- الكثبان الرملية:****3-1 تعريف:**

الكثبان الرملية هي رمل ناعم من أصل إيولي، وهي مادة طبيعية وفيرة للغاية في جنوب الجزائر. إنها صخرية بطبيعتها، وتتكون من جزيئات صغيرة ناتجة عن التفكك البطيء للصخور الأخرى تحت تأثير عوامل التعرية.

يتميز هذا الرمل بحجبيباته الناعم جداً (رمل ناعم جداً، بشكل طبيعي أقل من 0.5 مم)، شكله، نظافته وصلابته [2]

**3-2 أسباب استغلالها في البناء :**

الكثبان الرملية مادة متوفرة على نطاق واسع في الجزائر. هذه المادة غير مستخدمة عملياً، على الرغم من الخصائص المحتملة التي قد تقدمها.

إن إدخال هذه المادة الجديدة في البناء يمكن أن يزيد من إرخاء منطقة الإسكان، ويساهم في تنمية مناطق جنوب الجزائر الغنية جداً بالرمال الكثيفة.

**3-3 أشكال الكثبان الرملية:**

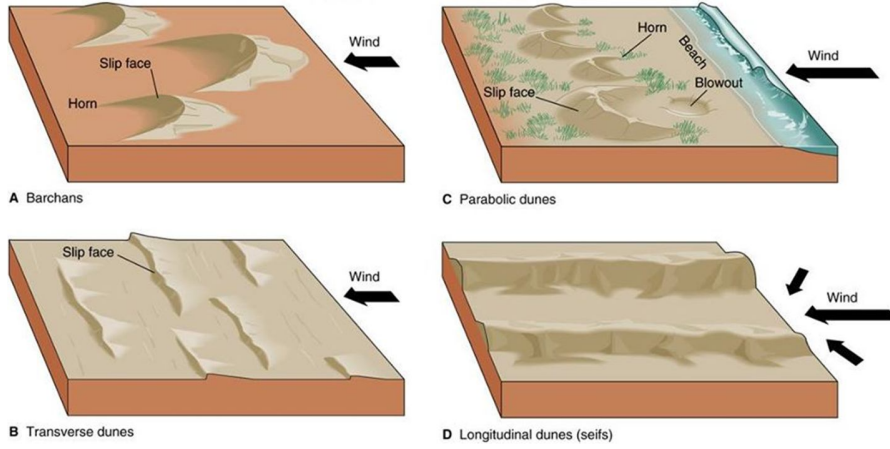
توجد الكثبان في أربعة أشكال:

1- **كثبان هلالية** : كثبان رملية هلالية الشكل يبلغ ارتفاعها 5-10 م وقد يزيد في بعض الحالات عن 35م ويشير اتجاه ذراعي الهلال للكثيب على اتجاه الرياح السائدة في المنطقة وتعتبر الكثبان الهلالية الأكثر خطورة تأثيراً على البيئة والزراعة والمرافق العامة، مع الصعوبة البالغة في تثبيتها بالوسائل الحيوية حيث لا تستطيع النباتات النمو عليها اما بسبب تكشف جذورها واقتلاعها واما بطمرها نظراً لسرعة حركة وانتقال الكثبان الرملية من مكانها وفقدتها السريع للرطوبة بسبب الحركة الدائمة للرمال المشكلة لها مما لا يسمح بنمو الغطاء النباتي.

2- **كثبان قوسية** : على شكل هلال متطاوّل (تكون يداخلاها ما يشبه حافر الفرس ) ويكون اتجاه ذراعي الهلال بعكس اتجاه الرياح السائدة.

3- **كثبان سيفية** : كثبان رملية طولانية الشكل يبلغ ارتفاعها عدة أمتار يمكن إن يصل 250م كما في إيران إما طولها فقد يصل في بعض الحالات إلى عدة مئات من الكيلومترات كما هو موجود في كثبان الصحراء الكبرى.

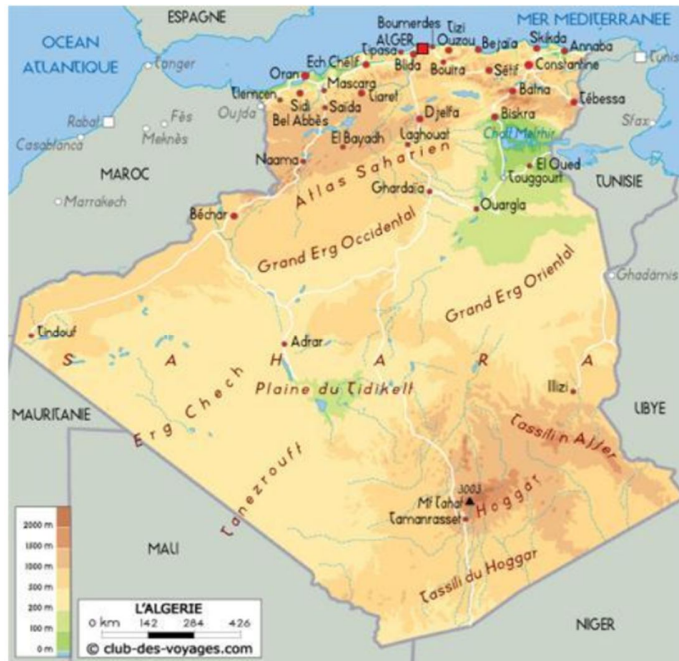
4- **كثبان هرمية** : تلال رملية الشكل يمكن أن يصل ارتفاعها إلى عشرات الأمتار وتتكون تحت تأثير الرياح متعددة الاتجاهات وعموماً لا يشكل هذا النوع من الكثبان خطراً على البيئة



الشكل 05: يمثل أشكال الكثبان الرملية

ويطلق على صحاري الكثبان الرملية بـ العرق العرق هو صحراء من الكثبان الرملية، بدقة أكثر هي

حقول من الكثبان الرملية الثابتة السطحية التي يعاد تشكيلها باستمرار بفعل الرياح.



الشكل 06: الموقع الجغرافي لكثبان عرق الجزائر [3]



## 4- الملاط:

## 1-4 تعريف الملاط

الملاط عبارة عن مزيج وثيق مترابط من مادة رابطة أو مجمعة، والركام الناعم (الرمل) والماء. يمكن اعتبار الملاط كمعجون عملي يتصلب لربط أنواع الكتل المختلفة مثل الطوب والحجر والكتل الخرسانية وما إلى ذلك.

يتم استخدام الملاط من قبل المتخصصين في البناء، في معظم أعمال الحوائط والبناء والبلاط. إن تصنيع الملاط سهل إلا أنه يتطلب معرفة فنية معينة ويتطلب الجرعة المناسبة التي يمكن أن تختلف حسب الاحتياجات. وهو يخضع لنفس قوانين الخرسانة



الشكل 07: مكونات الملاط

**4-2 خصائص الملاط:****4-2-1 تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز:****■ المبدأ:**

يتم قياس قيمة الانتشار من خلال متوسط قطر عينة من الملاط الطازج، ويتم وضعها باستخدام قالب معين على لوحة منضدة إهتزاز محددة، وتخضع للإهتزاز عن طريق رفع طاولة الاهتزاز والسماح لها بالانتشار بحرية من إرتفاع معين.

**■ خصائص الاختبار:**

- يتم إجراء الاختبار على عينتين.
- تحضير الملاط بالطريقة العادية بحجم لا يقل عن 1.5 ل.

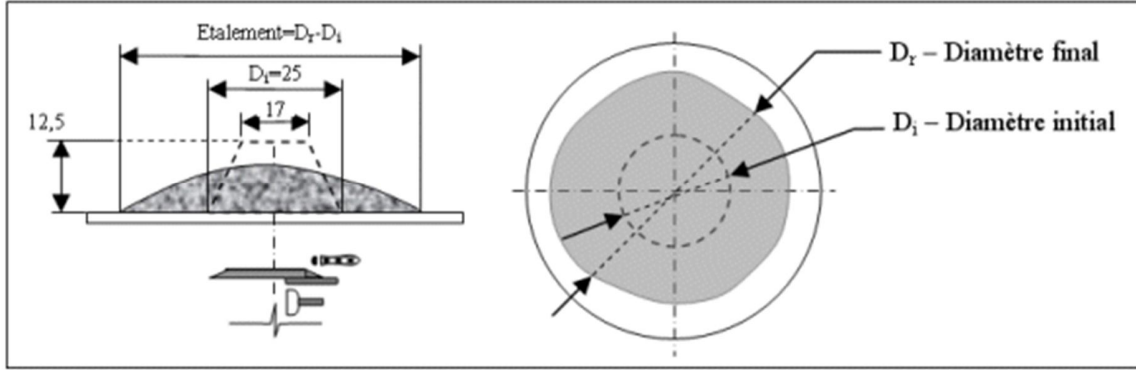
**■ طريقة العمل:**

- يتم تعبئة القالب في طبقتين مضغوطتين بـ 10 ضربات ويجب أن يكون سطح القالب نظيف وجاف.

- بعد 15 ثانية، يتم رفع القالب ببطء وعمودياً.

- قم بهز الطاولة 15 مرى بتردد ثابت يبلغ حوالي إهتزاز واحد في الثانية.

- يقاس القطر في اتجاهين متعامدين.



الشكل 08: تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز

#### 2-2-4 اختبار تعيين القوام القياسي للاسمنت

■ تعريف القوام القياسي:

كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة ذات قوام قياسي وهي الكمية التي تعطي عجينة تسمح بنفاذ الطرف

الاسطوانى لجهاز فيكات الى نقطة تبعد 5 مم من قاع قالب فيكات عند اختبار عجينة الاسمنت.

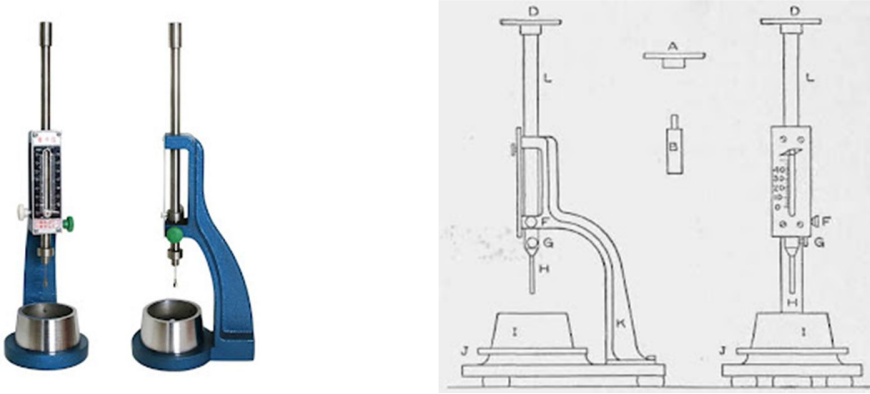
■ الغرض من الفحص:

تعيين كمية الماء اللازمة للحصول على عجينة اسمنت ذات قوام قياسي، تستعمل في فحوصات

تحديد الوقت اللازم للتجمد وثبات الاسمنت

■ الجهاز:

استخدم في هذا الفحص جهاز فيكات مع استخدام طرف اسطواني قطره 10 ملليمتر



الشكل 09: جهاز فيكات

■ طريقة الاختبار :

ان كمية الماء اللازمة للحصول على عجينة اسمنت ذات قوام قياسي هي الكمية التي تعطي عجينة تسمح للطرف الاسطواني بالنفوذ الى نقطة تبعد بين 5 الى 7 ملم عن قاعدة قالب فيكات وذلك عندما تفحص عجينة الاسمنت

■ خطوات الاختبار:

1. تحضر كمية من الاسمنت وزنها 400 غم وتخلط مع كمية مناسبة من الماء , تقدر كنسبة مئوية من وزن الاسمنت الجاف لمدة 4 دقائق ومدة الخلط هذه هي الفترة المحجوزة بين بدأ اضافة الماء الى الاسمنت الجاف وحتى بدأ ملئ قالب جهاز فيكات بعجينة الاسمنت الناتجة

2. يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح مستوي غير مسامي بعجينة الاسمنت ملئاً تماماً وبطبقة واحدة ثم يسوى السطح مع حافة القالب بالسرعة الممكنة ويلاحظ عند ملئ القالب الا يستعمل في ذلك سوى يد القائم بالفحص
3. يوضع قالب فيكات المملوء بعجينة الاسمنت تحت القضيب الحامل للطرف الاسطواني لجهاز فيكات ثم يدلى هذا الطرف , حال ملئ القالب ببطئ الى ان يمس سطح عجينة الاسمنت حيث يترك حراً لينفذ فيها
4. يحدد مقدار نفاذ الطرف الاسطواني في عجينة الاسمنت بتعيين المسافة بين حافته السفلى وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدريج الموجود في الجهاز
5. يعاد عمل عجائن تجريبية بكميات مختلفة من الماء للوصول الى كمية الماء التي تعطى عجينة الاسمنت ذات القوام القياسى وتقدر هذه الكمية كنسبة مئوية من وزن الاسمنت ( يراعى عند اجراء الاختبار ان تكون اجهزة الخلط نظيفة وان تكون درجة حرارة الاسمنت والماء وحرارة الغرفة في حدود 18-24 درجة مئوية ).

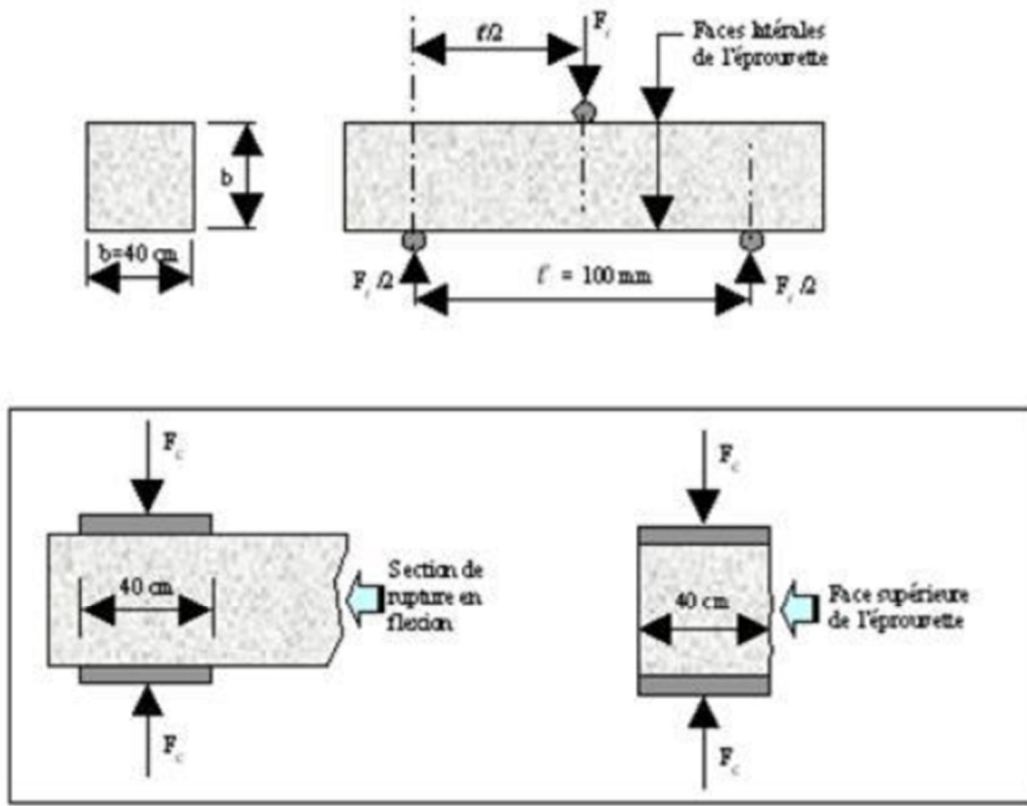
## 3-2-4 المقاومة الميكانيكية:

تجرى الاختبارات غالباً على عينات موشورية مقاس  $16 \times 4 \times 4$  سم على الملاط، و تخضع

العينات لاختبار الشد بالانحناء ثم للضغط.



الشكل 10: قالب لعينات الملاط



الشكل 11: عمليتي الشد والانحناء والضغط

#### 4-2-4 الانكماش والتورم:

يقاس الانكماش على موشور  $16 \times 4 \times 4$  سم في  $3/1$  ملاط ، مزود بمسامير في نهاياتها ويتم

تخزينه، وبعد إزالته من القالب، في حاوية عند 20 درجة مئوية ورطوبة نسبية 50%. يتقدم هذا

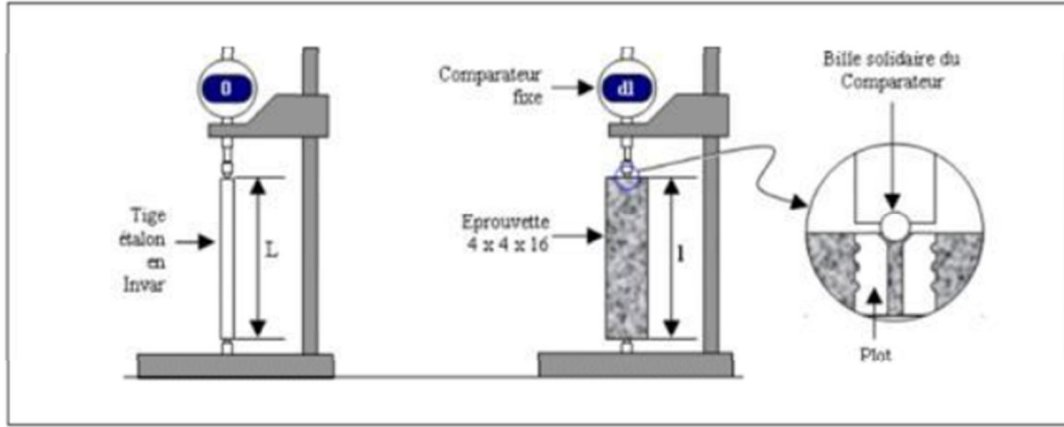
الانكماش تقريباً مثل اللوغاريتم بين 1 و 28 يوماً.

يتقلص الملاط أسرع من العجينة النقية. تزداد نسبة انكماش المعجون النقي إلى انكماش الملاط

بمرور الوقت وهي في حدود 1.5 إلى 2.5 في الأيام الأولى، ثم تزداد لتصل إلى 2.5 إلى 3.5 في

السنة. في المتوسط ، يكون الانكماش على الملاط أقل بمرتين إلى ثلاث مرات من انكماش المعجون النقي (بنفس الاسمنت).

يتم قياس تورم الملاط (الذي يحدث عند تخزينه في الماء) على نفس العينات  $4 \times 4 \times 16$  سم المخزنة في الماء عند 20 درجة مئوية. حيث أنها ضعيفة بشكل عام (حالة الأسمنت المستقر لها تمدد عند إبر Châtelier السفلية على عجينة نقية عند 10 مم)



الشكل 12: جهاز قياس الانكماش



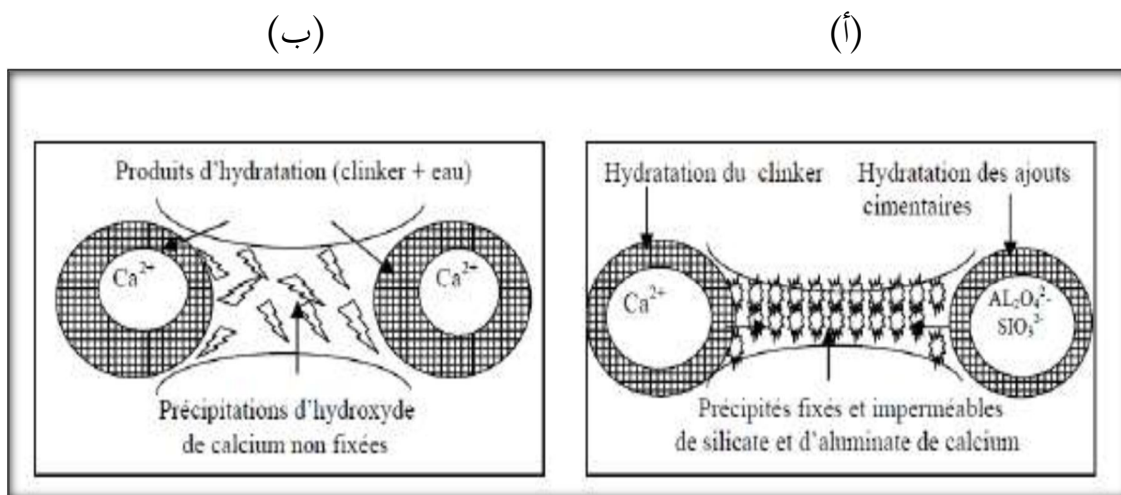
## 5- الإضافات المعدنية

## 1-5 مقدمة:

تستخدم حاليا إضافات معدنية مختلفة في الخرسانة. يتم استخدامها بالإضافة إلى جزء من الأسمنت أو كبديل له كمواد اسمنتية إضافية. يوفر استخدامها للخرسانة بنية أكثر كثافة والتي ستكون أكثر مقاومة للمنتجات العدوانية مثل: الكبريتات والكلوريدات والمواد العالوانية الأخرى. ان صفاء الإضافات المعدنية وتكوينها الكيميائي وهيكلها (زجاجي أو بلوري) وقابليتها للذوبان في هذا الوسط، وفي خصائصها الأسمنتية بالخرسانة، ومحتوى طورها غير المتبلور هو عامل رئيسي في تفاعل الإضافات المعدنية.

لقد ثبت أن إدخال الإضافات المعدنية في عجينة الأسمنت يؤدي إلى تجزئة المسام الشعرية الكبيرة

ويوفر عددًا أكبرًا من مواقع الإنبات لترسيب منتجات الاماهة



الشكل 13: (أ) إماهة الأسمنت مع وجود الإضافات (ب) إماهة الأسمنت بدون وجود إضافات.

## 5-2 تصنيف الإضافات المعدنية:

تأتي هذه المواد بشكل أساسي من المنتجات الثانوية للصناعة المعدنية ومحطات الطاقة التي تعمل بالفحم الطبيعي، وهي مصنفة وفقاً لمعيار NF EN 197 1 في الإضافات المعدنية الحاملة والفعالة. وهي مقسمة حسب تفاعلها كما هو مبين في الجدول 03 أدناه.

## جدول 03: تصنيف الإضافات حسب تفاعلها.

| المواد   | التفاعلية           | النوع                         |
|--|---------------------|-------------------------------|
| الأسمت الخاص والجير الهيدروليكي  | استجابة عالية       | هيدروليكي                     |
| خبث الرماد المتطاير الحبيبي الغني بالكالسيوم (الكالسيوم)   |                     | المكونات الهيدروليكية الكامنة |
| دخان السيليكا  | استجابة عالية       | البوزولانيك                   |
| الرماد المتطاير منخفض الكالسيوم، البوزولان الطبيعي (الزجاج البركاني، التوف البركاني، التراب الدياتومي) | رد الفعل بشكل معتدل |                               |
| الخبث البلوري  | رد الفعل ضعيف       |                               |
| الحشو (دقيق الحجر الجيري، إلخ) الألياف، أصباغ التلوين، المواد الممتدة، المشتتات الاصطناعية             | غير متفاعلة         | خامل                          |

### 3-5 أساسيات الإضافات المعدنية الخاملة:

وهي عبارة عن مواد خاملة تقريبا أو طبيعية أو اصطناعية تم اختيارها خصيصاً، بحكم تكوين حجم الجسيمات، تعمل على تحسين الخصائص الفيزيائية للأسمنت البورتلاندي: قابلية التشغيل - القدرة على الاحتفاظ بالمياه. من بين هذه المواد المضافة، نذكر:

#### ● مواد حشو الحجر الجيري:

حشو الحجر الجيري عبارة عن منتجات يتم الحصول عليها عن طريق الطحن الدقيق للصخور الطبيعية (الحجر الجيري، والبازلت، والبنتونايت، وما إلى ذلك) التي تحتوي على نسبة أكبر من 75٪ من كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$ . هذه المنتجات، التي يشار إليها في التجارة باسم الحشو، عبارة عن مساحيق دقيقة ذات أحجام جزيئات مضبوطة وأكبر حبيبات لا تتجاوز 80 ميكرون.

تختلف الحشوات عن بعضها البعض من خلال:

● أصلها وتركيباتها الكيميائية والمعدنية وغيوبها البنيوية والشوائب التي تحتويها.

● نقاوتها وشكل الحبوب وحالة سطحها.

● صلابتها، مساميتها.

يقال أن مادة الحشو تكون من الحجر الجيري إذا كانت تحتوي على 90٪ على الأقل من كربونات

الكالسيوم. في حالات أخرى يُشار إلى الحشو باسم صخرته الأصلية.

### ● الكثبان الرملية:

الرمل هو نتاج التفكك البطيء للصخور تحت تأثير عوامل التعرية مثل الهواء والمطر ... إلخ. توجد هذه المادة بكميات كبيرة في المناطق الصحراوية.

الكثبان الرملية مادة متوفرة على نطاق واسع في الجزائر. هذه المادة غير مستخدمة عمليا، على الرغم من الخصائص المحتملة التي قد تقدمها.

إن إدخال هذه المادة الجديدة في البناء يمكن أن يزيد من إرخاء منطقة الإسكان، ويساهم في تنمية مناطق جنوب الجزائر الغنية جداً بالكثبان الرملية.

### ● الإضافات المعدنية النشطة:

#### (أ) بوزولانا:

البوزولان هو مواد طبيعية أو اصطناعية، قادرة على التفاعل فيها في وجود الماء مع هيدروكسيد الجير يؤدي إلى ظهور مركبات جديدة، مستقرة، ضعيفة الذوبان في الماء ولها خصائص الارتباط. تقدم المعايير الفرنسية التعاريف التالية للبوزولان المستخدم في صناعة الأسمنت:

## - البوزولان الطبيعي:

هو منتج من أصل بركاني يتكون أساساً من السيليكا والألومينا وأكسيد الحديد وله خصائص بوزولانية بشكل طبيعي، ويمكن أن يكون من أصل بركاني: زجاج بركاني، خفاف، ريوليت، تافس، زيوليت أو من أصل رسوبي: تراب دياتومي، دياتومايت



شكل 14: البوزولان الطبيعي

## - البوزولان الاصطناعي:

إنها مادة تتكون أساساً من السيليكا والألومينا وأكسيد الحديد التي خضعت لمعاملة حرارية لضمان خصائص البوزولاني.

الصخور المعالجة حرارياً: الطين، الشست، اللايتريت، البوكسيت.

## ب) دخان السيليكا:

دخان السيليكا هو عبارة عن جزيئات دقيقة جداً (متوسط حجم البذور حوالي 1 ميكرومتر) مع نسبة عالية جداً من السيليكا غير المتبلورة. تأتي من اختزال الكوارتز عالي النقاء بواسطة الكربون في أفران القوس الكهربائي المستخدمة في إنتاج السيليكون وسبائك السيليكون الحديدي.

## الجدول 04: التركيب الكيميائي لدخان السيليكا.

| أبيض | Ferrosilicon (رمادي) | سيلكون (رمادي) | المركب                         |
|------|----------------------|----------------|--------------------------------|
| 90   | 87.3                 | 93.7           | SiO <sub>2</sub>               |
| 1.0  | 1.0                  | 0.6            | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 0.1  | 0.4                  | 0.2            | CaO                            |
| 2.9  | 4.4                  | 0.3            | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 0.2  | 0.3                  | 0.2            | MgO                            |
| 0.9  | 0.2                  | 0.2            | Na <sub>2</sub> O              |
| 1.3  | 0.6                  | 0.5            | K <sub>2</sub> O               |
| 1.2  | 0.6                  | 2.9            | Pertes au feu                  |

## (ج) خبث الفرن العالي:

يعتبر خبث أفران الصهر، أو خبث الأرض كما قد يرغب في تسميته بشكل أفضل منتجاً ثانوياً للتبريد المفاجئ عن طريق رش الماء من الحديد، وهو مادة هيدروليكية عند تنشيطه. وهي على شكل عقيدات تشتمل تركيبها الكيميائية على أكسيد الكالسيوم بنسب تتراوح من 40 إلى 50٪، والسيليكا بين 25 إلى 35٪، والألومينا أيضاً بين 12 و 30٪. من المغنيسيا وأكاسيد أخرى بكميات صغيرة جداً كلها عملياً مماثلة لتلك الموجودة في الكلنكر.

من وجهة النظر الكيميائية فإن الخبث لها تركيبة ثابتة نسبياً يوليها عالم المعادن بعض الاهتمام لأن أي انحراف عن هذا التركيب الكيميائي الأمثل يؤدي إلى زيادة كبيرة إلى حد ما في تكاليف الطاقة وبالتالي ارتفاع تكاليف الإنتاج لصناعة الحديد.

يتم صهر الخبث بكثافة أقل بكثير (بحدود 2.8) من كثافة الحديد الخام (والتي تزيد عن 7.0) بحيث يطفو الخبث المنصهر فوق الحديد الزهر المنصهر في قاع فرن. يمكن سحب سائلين بشكل منفصل.

| <b>Laitier<br/>algérien</b> | <b>Laitier nord<br/>USA</b> | <b>Laitier<br/>français</b> | <b>أكسيدات</b>                     |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 38-42                       | 33-42                       | 29-36                       | <b>SiO<sub>2</sub></b>             |
| 8-12                        | 10-16                       | 13-19                       | <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> |
| 48-52                       | 36-45                       | 40-43                       | <b>CaO</b>                         |
| 2.0                         | 0.3-20                      | 4%                          | <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> |
| 4.7                         | 3-12                        | 6%                          | <b>MgO</b>                         |
| 0.15                        | -                           | 1.5%                        | <b>S</b>                           |

جدول 05: التركيب الكيميائي النموذجي لخبث أفران المنصهر

يمكن خلط الخبث مع الأسمنت بعد فصله أو بعد تغطيته مع الكلنكر. يحتفظ الخبث بمياه الخلط

بشكل أقل جودة من الأسمنت البورتلاندي وبالتالي يتفادى الجفاف أكثر.

من ناحية أخرى، فهو عادة أكثر مقاومة للعمل المدمر للكبريتات، ولدوبان الجير بواسطة الماء النقي

وكذلك من خلال تلك التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون.



يمكن زيادة تفاعل الخبث بثلاث طرق:

- طحن مكثف.
- الحرارة (التبخير، التعقيم بالبخار).
- المواد الكيميائية (الجير، الصودا (Na OH) أو أملاح الصودا).

# الفصل الثاني

طرق الاختبار ووصف المواد

**1- مقدمة**

يشرح هذا الفصل بشكل توضيحي الطرق المستخدمة لإجراء الاختبارات المجدولة على جميع المواد المستخدمة في تركيب الملاط، ولدينا نوعين من الأسمنت CEM I 42.5 R - CEM I 42.5 N SR3 LH، من مصنع بسكرة، ورمل المحاجر لمنطقة جامعة، وممل كثنان مطحون من منطقة الوادي، والمياه المستخدمة للخلط، تهدف هذه المرحلة التحضيرية إلى وصف المواد والتحقق من قبولها في ضوء المعايير المطلوبة، والتي ستكون أساس نجاح المكون التجريبي.

**2- المواد المستخدمة:**

يعد وصف المواد المستخدمة عملية أساسية قبل البدء في أي عمل؛ تتعلق هذه الخطوة بجميع مكونات الملاط التي تدخل دراستنا التجريبية:

أولاً: الاسمنت CEM I 42.5 R - CEM I 42.5 N SR3 LH أسمنت

ثانياً: الرمل المحاجر

ثالثاً : الكثنان الرملية المسحوقة

رابعاً: الماء

\* مياه الخلطة

\*المياه الحافظة

أولاً: الأسمنت:

الأسمنت المستخدم في موضوعنا هو الأسمنت البورتلاندي CEM I 42.5 R و

CEM I 42.5N SR3 LH، و المطابقين للمعيار NA442، من مصنع الأسمنت

بسكرة / ولاية بسكرة.



الشكل 15: يوضح نوع الاسمنت المستخدم

| CEMI 42.5 N<br>SR3 LHCRS  | CEMI 42.5 R |                               |
|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| التحاليل الكيميائية %     |             |                               |
| <3                        | 3.7-2.6     | الفقد بالحرق                  |
| 2.6-2.2                   | 2.8-2.2     | محتوى الكبريت OS3             |
| <3.5                      | 1.7-2.8     | محتوى أكسيد المغنيزيوم<br>MgO |
| <0.04                     | 0.03-0.07   | محتوى الكلوريد CL             |
| <0.75                     | /           | بقايا غير قابلة للذوبان       |
| التركيب المحتمل للكلنكر % |             |                               |
| 60                        | 6.6-5.6     | C3S                           |
| <3                        | 7.2-5.1     | C3A                           |
| <20                       | /           | C4AF + 2 C3A                  |
| الخصائص الفيزيائية        |             |                               |
| 26.5                      | 26.4-25.8   | الاتساق الطبيعي %             |
| <1                        | 0.25-1.0    | التمدد الساخن مم              |
| زمن التمسك                |             |                               |
| 180                       | 190-150     | بداية التمسك                  |
| 320                       | 250-220     | نهاية التمسك                  |
| المقاومة للضغط            |             |                               |
| 18                        | 29-20       | يومان MPa                     |
| 54                        | 52.5-42.5   | 28 يوم MPa                    |

الجدول 06 : يوضح بطاقة تقنية للاسمنت المستخدم ( بسكرية )

تم إجراء اختبارات إضافية على الأسمنت المستخدم، وهي تحديد الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للأسمنت وحجم الجسيمات عن طريق قياس المساحة السطحية (SSB)

• الكتلة الحجمية الظاهرية:

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

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

حيث:

$\rho_{app}$  الكتلة الحجمية الظاهرية

$M_T$  وزن العينة الكلي

$V_T$  حجم العينة الكلي

• الكتلة الحجمية المطلقة:

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

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S}$$

حيث:

الكتلة الحجمية المطلقة  $\rho_{ab}$

وزن الحبيبات الصلبة  $M_s$

حجم الحبيبات الصلبة  $V_s$

• المساحة السطحية للإسمنت: (SSB)

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الإسمنت فبقدر ما يكون الإسمنت مطحون أكثر فبقدر ما تكون

المساحة

النوعية السطحية أكبر، وتعتبر النعومة من أهم الخواص التي تؤثر على العناصر التالية:

-نسبة التفاعل الكيميائي

-تطور المقاومة

- كمية الإسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام لدعم الترابط بين كل الحبيبات

الطريقة المستخدمة لقياس السطح المحدد هي نفاذية الهواء "طريقة بلين". يتضمن ذلك تمرير حجم

معروف من الهواء عبر مسحوق الإسمنت . كلما زاد السطح المحدد للمسحوق زاد الوقت الذي يستغرقه

الهواء في المرور عبر المسحوق. في ظل الظروف القياسية، يتناسب السطح المحدد مع  $t\sqrt{V}$

تعطى بالعلاقة التالية :

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3} \sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}}$$

t: زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالتايه

$\eta$ : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة

$\rho$ : الكتلة الحجمية المطلقة بـ g/cm<sup>3</sup>

k: ثابت الجهاز

e: النفاذية

| القيم | الخصائص الفيزيائية              |
|-------|---------------------------------|
| 3.082 | الكتلة الحجمية المطلقة          |
| 1.014 | الكتلة الحجمية الظاهرية         |
| 3400  | المساحة السطحية للإسمنت ( SSB ) |

الجدول 07 : يوضح النتائج المتحصل عليها للخصائص الفيزيائية



النتائج التي تم العثور عليها خلال الاختبارات الإضافية التي أجريت في المختبر، تثبت مطابقة

الأسمنت المصنع في مصنع بسكرة

ثانيا: رمل المحاجر :

نحصل عليه نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه

اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ولتحضير الملاط يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز والذي يجب أن

يكون خالين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية

والعضوية حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و5% للرمل المنتج عن السحق

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد [6] [7] NFP18-301 (NFP18- 101)

كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو

النقاوة (la propreté).

\* في هذه الدراسة سنتناول الرمل الطبيعي لمنطقة عسيلة وسنعرض بعض نتائج التجارب المحرات

على هذا الرمل.



الشكل 16: يوضح الموقع الجغرافي لرمال المحاجر في جامعة / الوادي ( 2021 Google Earth )

### 1. التحليل الكيميائي:

الجدول يبين النسب المئوية للمكونات الكيميائية في الرمل عسيلة.

الجدول 08: النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل

| النسب المئوية للمكونات                                | رمل عسيلة |
|---|-----------|
| % Fe 2O <sub>3</sub> - AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.67      |
| % Ca SO <sub>4</sub>                                  | 1.03      |
| Insoluble   | 95.98     |
| % Nacl  | Trace     |
| % Perte au Feu  | 0.67      |
| % Eau de constitution                                 | 0.67      |

## 2. الكتلة الحجمية: [14]

## 1-2 الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse volumique apparent)

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

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

$\rho_{app}$ : الكتلة الحجمية الظاهرية

$M_T$ : وزن العينة الكلي.

$V_T$ : حجم العينة الكلي.

## 2-2 الكتلة الحجمية المطلقة (Masse volumique absolue)

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

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S}$$

$\rho_{ab}$ : الكتلة الحجمية المطلقة.

$M_S$ : وزن الحبيبات الصلبة.

$V_S$ : حجم الحبيبات الصلبة.

والجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها:

الجدول 09: الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للرمل الطبيعي

| الكتلة الحجمية<br>المطلقة (g/cm <sup>3</sup> ) | الكتلة الحجمية<br>الظاهرية (g/cm <sup>3</sup> ) | النوع     |
|--|---|-----------|
| 2.665  | 1.589   | رمل عسيلة |

3- معامل امتصاص الماء (coefficient d'absorption d'eau):

يعرف بواسطة القاعد NF P18 -555 [8] هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في

الحبيبات، وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة:

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

$A_b$  : معامل امتصاص الماء (%)

$M_a$ : كتلة العينة قبل التجفيف.

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

وكانت النتائج كما يلي:

الجدول 10: النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء  $A_b$ .

| معامل امتصاص الماء $A_b$ (%) | نوع الرمل   |
|------------------------------|-------------|
| 0.08                         | رمل الطبيعي |

نلاحظ ان قدرة امتصاص حبيبات الرمل للماء جد ضعيفة وهي تقريبا مهملة إذن يمكننا القول أن

هذا النوع من الرمل مقبولة.

## -4 المكافئ الرملي (Equivalent de sable) :

يعرف بواسطة القاعدة، 598 - NF P18 [9] الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد

العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحيه استعماله في الملاط والخرسانة.

## ● مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

1- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant.

2- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.

3- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة.

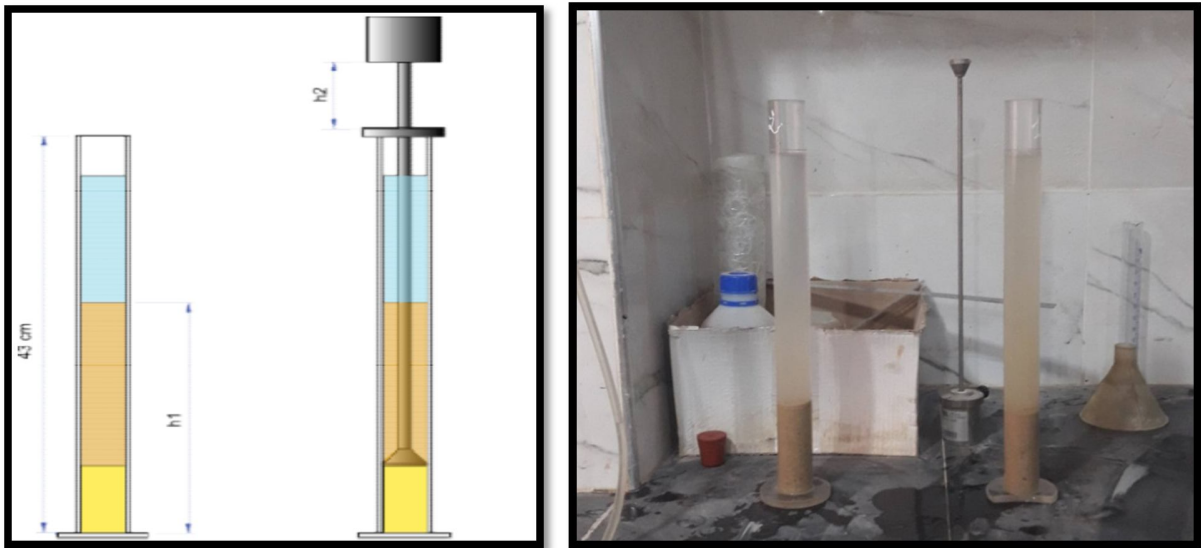
4- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب.

طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .

طبقة عليية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2).

المكافئ الرملي يعطى بالعلاقة التالية:

$$Es = \left( \frac{H_2}{H_1} \right) \times 100$$



الشكل 17 : الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي:

| المكافئ الرملية ES (%) | تركيب الرمل    |
|------------------------|----------------|
| 72.5                   | رمل عسيلة (SA) |

### الجدول 11: النسب المئوية للمكافئ الرملية بالمكس

كل الاختبارات أعطت معامل  $ES > 80$  ومع ذلك، نلاحظ الغياب شبه التام للدقائق الطينية.

### 5- التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغرلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة.<sup>1</sup> وتعرف هذه التجربة بواسطة

المواصفات NF P18 -560 [10].

سندرس في هذه التجربة الترتيب الحبيبي لهذه العينة من الرمل الطبيعي.

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

$$M \geq 0.2 D \max$$

<sup>1</sup> المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن" المملكة العربية السعودية

حيث:

$M$  : وزن العينة بـ كغ و  $D_{max}$  : القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ بملم.

استعملنا في هذه التجربة 2 كغ من الرمل إذ هي القيمة العملية فكانت النتائج كما يلي:



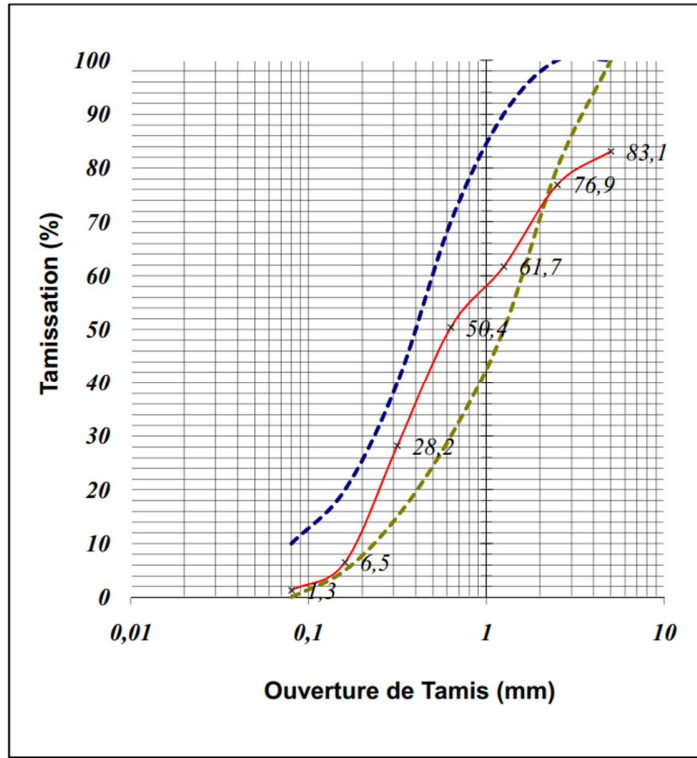
الشكل 18: غراييل التدرج الحبيبي



الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للعينات:

الجدول 12: نتائج تجربة التدرج الحبيبي 100% رمل عسيلة

| المار المجمع<br>T(%)<br>ب | نسبة المتبقي<br>المجمع Rc(%)<br>ب | المتبقي المجمع ب<br>Rc (g) | نوع الغربال | فتحات الغربال<br>(mm)<br>ب |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| 83.1                      | 16.9                              | 337.4                      | 38          | 5                          |
| 76.9                      | 23.2                              | 463                        | 35          | 2,5                        |
| 61.7                      | 38.3                              | 765.3                      | 32          | 1,25                       |
| 50.4                      | 49.6                              | 992.7                      | 29          | 0,63                       |
| 28.2                      | 71.8                              | 1436.7                     | 26          | 0,315                      |
| 6.5                       | 93.5                              | 1870.5                     | 23          | 0,16                       |
| 1.3                       | 98.7                              | 1973.2                     | 20          | 0,08                       |



الشكل 19: منحنى تجربة التدرج الحبيبي: 100% رمل عسيلة

## 6- معيار النعومة (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقري المجموع

للمناخل القياسية الستة (5، 2.5، 1.25، 0.63، 0.315، 0.16) مقسوماً على 100.

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعايير النعومة للرمل حيث: [11]

-المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين 2.2 – 2.8

-المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2.

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

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

Rc: المتبقي المجمع بـ(%) للغرايل (38 إلى 23)

إذا معيار النعومة بعد الحساب هو:

الجدول 13: معيار النعومة لكل عينة.

| النتيجة | العينة           |
|---------|------------------|
| 2.16    | معامل النعومة Mf |

ومن خلال قيمة معامل النعومة  $M_f$  التي تساوي 2.16 نستنتج أن هذا الرمل صالح للبناء وأنه يدخل في المجال A للمنحنى المرجعي ويكسب الملاط متانة مقبولة.

### ثالثا: الكثبان الرملية المسحوقة:

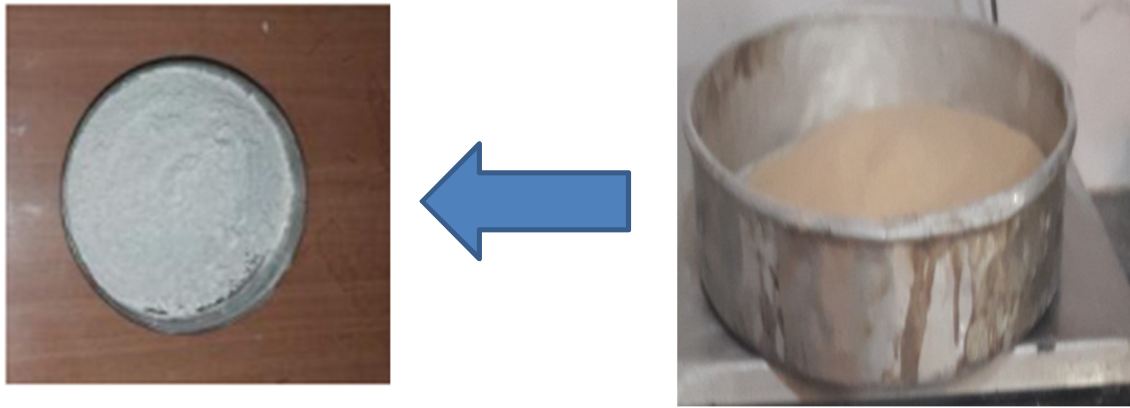
هذه العينات المحضرة من عملية طحن الرمال في منطقة واد سوف، حيث يتم جلب الرمال المستخدمة من الكثبان الرملية الواقعة على الجانب الشمالي من منتزه القعري السياحي / الوادي.



**الشكل 20:** الكثبان الرملية المسحوقة الواقعة على الجانب الشمالي من منتزه القعري السياحي / الوادي

قبل البدء في عملية طحن الرمال، والتي تهدف إلى تأكيد الطبيعة السيليسية للرمل، تم إجراء تحليل كيميائي مبدئي يعطي محتوى السيليكات بنسبة 90.71%.

بعد هذا التأكيد، ذهبنا إلى مرحلة الطحن ( يدويا و باستخدام جهاز Micro-deval ) في نهاية هذه العملية و بعد الحصول على دقيق السيليكا، تم تنفيذ عمل تكميلي آخر لغرلة الغرامات على غربال 80  $\mu\text{m}$ ، بهدف الحصول على خليط متجانس من نفس النقاوة.



الشكل 21: يوضح المرحلة التحضيرية لرمل الكثبان الرملية المسحوقة

**1- الاختبارات التي أجريت على رمل الكثبان الرملية المسحوقة:**

- تحليل حجم الجسيمات بواسطة قياس الرواسب

- الكتلة الحجمية الظاهرة والمطلقة

أ) تحليل حجم الجسيمات بواسطة قياس الرواسب: [NF P 94-057] [4]

اختبار تم إجراؤه على الكسر الناعم (العناصر  $> 0.08$  مم)، الاختبار يستخدم مبدأ قانون

Stokes، سرعة الاستقرار من الحبوب الدقيقة إلى الحبيبات الدقيقة جداً هي دالة على حجمها، في

حالة الحبيبات الكروية نفس الكثافة يتم تطبيق هذا القانون على العناصر الدقيقة للتربة لتحديد الأقطار

المكافئة للجسيمات.

● المعدات المستخدمة:

- ميزان دقيق 0.1 جرام منخل 0.08 مللي متر

- فرن لتجفيف العينة

- مقياس الكثافة - أنبوبان اختبار سعة 2 لتر

- قلاب ميكانيكي - قلاب يدوي

- ميزان حرارة زئبقي بدقة 0.2



الشكل 22: يوضح عينة اختبار

● المواد المستخدمة:

عينة من الكنتان الرملية المسحوقة  $> 80$  ميكرومتر

● التحضير للاختبار:

- تنقع عينة الاختبار (80 جم) في خليط من الماء المتنوع المعادن وعامل تحرير مكون من 5%.

سداسي تافوسافات الصوديوم.

يترك منقوعاً لمدة 15 ساعة على الأقل

- تفريق العينة المنقوعة باستخدام محرض ميكانيكي

● طريقة الإستعمال :

- صب المعلق المشتمت في أنبوب اختبار

- يستكمل بمياه منزوعة المعادن حتى 2000 سم 3

- هز التعليق بقوة عموديا

- قم بإزالة المحرض اليدوي وابدأ ساعة الإيقاف في نفس الوقت

- اغمس المكثاف بجذر على الفور.

- خذ قراءات من بداية الاختبار

● التعبير عن النتائج:

$$p = \frac{V_s}{m} \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \rho_w \left[ \frac{\rho_t}{\rho_w} - 1 \right]$$

P: النسبة المئوية للجسيمات  $\geq D$  (نسبة إلى كتلة عينة الاختبار)

Vs: حجم الجسيمات الصلبة



m: كتلة التربة الجافة

ps: كثافة الجسيمات الصلبة

pw: كثافة الماء المقطر

pt: كثافة التعليق في الوقت t

ب) الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة:

وصف الاختبارات هو نفس الوصف المطبق على الأسمت الموصوف سابقاً.

رابعاً: الماء

أ) مياه الخلط :

مياه الخلط المستخدمة في جميع اختباراتنا بتركيبات الملاط المختلفة هي مياه الحنفية الجارية من مدينة

الوادي، والتي تخضع لتحليل كيميائي مسبقاً في المختبر المتخصص في تحليل المياه. FATILAB يقع

في الواد.

ب) مياه الحفظ :

يشمل موضوع دراستنا الحفاظ على عينات الاختبار في المياه العدوانية والتي هي المياه الصاعدة على

سطح الأرض، وتأتي من مصادر مختلفة، وهذه الأخيرة المحملة بالأملاح والمكونات العدوانية الأخرى

تظل المصدر الرئيسي الذي يمثل خطراً حقيقياً على منشأتنا الواقعة بالقرب من مناطق المنخفضات في منطقة واد سوف.



الشكل 23: موقع أخذ عينات المياه العذوانية - الشط / الوادي



الشكل 24: منطقة أخذ عينات المياه العذوانية ( منطقة الشط / الوادي )

## نتائج تحليل المياه الصاعدة:

المياه التي أجريت فيها الدراسة هي المياه السطحية على مستوى منطقة الشط بالوادي حديقة

التسلية ولقد تحصلنا على نتائج تحليل المياه السطحية للمنطقة من ADE سنة 2015. [15]

| Ca ++<br>[mg/l] | Mg++<br>[mg/l] | NH4+<br>[mg/l] | Cl –<br>[mg/l] | SO4 –<br>[mg/l] | HCO3-<br>[mg/l] | NO3 –<br>[mg/l] | NO2-<br>[mg/l] | Ph   |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|------|
| 637             | 75             | 0.10           | 588            | 3373            | 420             | 48              | 0.01           | 7.32 |

الجدول 14: تحليل المياه الصاعدة

## ملاحظة

نلاحظ أن بعض الأيونات و المركبات الكيميائية تتعدى القيم الثابتة المعمول بها عالميا، هذه

الكميات الموجودة في مياه الطبقة السطحية تجد مصدرها من انحلال وغسل الأملاح الموجودة في الطبقة

السطحية الأرضية مثل: الجبس (Caso4) ... إلخ

## 3- الملاط

## 3-1 صياغة الملاط:

بعد إجراء جميع اختبارات وصف المواد التي سيتم إستخدامها، هنا ننتقل إلى صياغة الملاط وفقاً للمعايير.

وفق خطة العمل المعروضة مسبقاً ، ستكون الصيغ المختلفة التي سيتم إجراؤها على النحو التالي:

أ. ملاط إسمنتي عادي (شاهد):

- 3 كتل رمل

- كتلة إسمنت عادي

- نصف كتلة ماء  $E/C = 0.5$

ب. ملاط من نفس مكونات الملاط الإسمنتي العادي مع إضافة رمل الكثبان المسحوق بدلاً من وزن

الإسمنت، نستخدم ثلاث تركيبات كالتالي:

◀ إضافة 10% من رمال الكثبان المسحوق.

◀ إضافة 15% من رمال الكثبان المسحوق.

◀ إضافة 20% من رمال الكثبان المسحوق.

ت. ملاط إسمنتي مقاوم (إسمنت مقاوم CRS)

- 3 كتل رمل.

- كتلة إسمنت مقاوم CRS.

- نصف كتلة ماء.

3-2 تحضير الملاط:

عند تحضير الملاط سواء للاختبارات لقياس إتساق الملاط الطازج أو تحضير العينات للاختبارات

المختلفة، إتبعنا طريقة تحضير الملاط العادية.

3-3 برنامج الاختبارات على الملاط:

أ) التجارب المجراة على الملاط الطازج:

- التشغيلية

- الكتلة الحجمية للملاط الطازج

- تحضير عينات الاختبار.

## ب) التجارب المجراة على عينات الاختبار

- الكتلة الحجمية عند 28 يوم.
- الامتصاص بالغمس الكلي عند 28 و 90 يوم.
- المقاومة الميكانيكية ( الشد بالانحناء - الضغط ).

## أ- التجارب المجراة على الملاط الطازج:

✓ التشغيلية:

المبدأ:

يتم قياس قيمة الانتشار من خلال متوسط قطر عينة من الملاط الطازج، ويتم وضعها باستخدام قالب معين على لوحة منضدة إهتزاز محددة، وتخضع للإهتزاز عن طريق رفع طاولة الاهتزاز والسماح لها بالانتشار بحرية من إرتفاع معين.

خصائص الاختبار:

- يتم إجراء الاختبار على عينتين.
- تحضير الملاط بالطريقة العادية بحجم لا يقل عن 1.5 ل.

طريقة العمل:

- يتم تعبئة القالب في طبقتين مضغوطتين بـ 10 ضربات ويجب أن يكون سطح القالب نظيف وجاف.

- بعد 15 ثانية، يتم رفع القالب ببطء وعمودياً.

- قم بجز الطاولة 15 مرة بتردد ثابت يبلغ حوالي إهتزاز واحد في الثانية.

- يقاس القطر في اتجاهين متعامدين.

تصنيف الملاط:

الجدول 15: أصناف تناسق الملاط حسب قيمة الانتشار

| قيمة الانتشار       | أصناف تناسق المطر |
|---------------------|-------------------|
| $140 >$ ملم         | ملاط صلب          |
| ما بين 140 و 200 مم | ملاط (مرون، لين)  |
| $200 <$ مم          | ملاط سائل         |

## ✓ الكتلة الحجمية للملاط الطازج :

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

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

طريقة الإستعمال :

قمنا بوضع كتلة من الملاط الطازج  $M_t$  في وعاء معلوم الحجم  $V_t$  وتسوية سطح الملاط

- حيث حجم الوعاء هو 0.00090275 متر<sup>3</sup>

- وزن الملاط في الوعاء هو 2.030 كلغ

اذن الكتلة الحجمية للملاط الطازج هي :

$$2248.68 = 0.00090275 / 2.030 \text{ كلغ/متر}^3$$

## ✓ تحضير عينات الاختبار:

هذه الخطوة ذات أهمية كبيرة، حيث تؤثر على جميع نتائج الاختبارات اللاحقة، وبالتالي إعداد

عينات الاختبار 40x40x160 mm<sup>3</sup> وفقاً للمعايير المحددة، بشكل استثنائي يعد وضع الخلط

ضرورياً للنجاح في إعداد ملاط متجانس وعينات اختبار سليمة لاحقاً.



في حالتنا، لدينا قالب به 14 حجرة، مما يسمح بالتحضير المتزامن لـ 14 عينة، لذلك يتم حساب تحضير كل دفعة اختبار على أساس الحجم الإجمالي لـ 14 عينة بالإضافة إلى الكمية الزائدة.

يقدم الجدول التالي ملخصاً للكميات اللازمة لتحضير دفعات من 14 عينة اختبار.

| مقاوم<br>( CRS ) | ملاط إسمنتي عادي مع إضافة رمل<br>الكثبان المطحون |      |      | ملاط إسمنتي<br>( شاهد ) | المكونات              |             |
|------------------|--|------|------|-------------------------|-----------------------|-------------|
|                  | 20 %   | 15 % | 10 % |                         | رمل ( غرام )          | 3 كتل       |
| 6300             | 6300   | 6300 | 6300 | 6300                    | رمل ( غرام )          | 3 كتل       |
| 2100             | 1680   | 1785 | 1890 | 2100                    | إسمنت ( غرام )        | كتلة        |
| 0                | 420  | 315  | 210  | 0                       | إضافات ( غرام )       | واحدة       |
| 1050             | 1050   | 1050 | 1050 | 1050                    | ماء ( غرام )          | E/C=<br>0.5 |
| 9450             | 9450   | 9450 | 9450 | 9450                    | كتلة كل خلطة ( غرام ) |             |

الجدول 16: يوضح الكميات المطلوبة لتحضير دفعات من 14 عينة اختبار

(أ) عدد عينات الاختبار التي سيتم إعدادها:

4 عينات <===== اختبار تكسير (شد وضغط) في 7 ايام

4 عينات <===== اختبار تكسير (شد وضغط) في 28 يوم

4 عينات <===== اختبار تكسير (شد وضغط) في 90 يوم

2 عينات <===== اختبار الكتلة الحجمية في الحالة الرطبة والجافة عند 28 يوم + امتصاص الماء

عند 90 يوم

14 عينة اختبار لكل تركيبة × خمسة (5) أنواع = 70 عينة اختبار

(ب) المعدات المستخدمة:

- خلاط

- ميزان بسعة 16 كيلو جرام (دقة 0.2 جرام)

- إناء ذات سعة متغيرة

- قالب به 14 حجرة

- حاويات حافظات أخرى

ج) المواد المستخدمة:

- الرمل

- أسمنت CEM I 42.5 R - أسمنت CEM I 42.5 N SR3 LH

- إضافة رمل كثبان مطحون SDB

- مياه الخلط

د) طريقة التحضير:

- تحضير الملاط كما هو موضح سابقاً

- ثم تعبئة القالب على طبقتين

- يتمرص كل طبقة جيداً

- بعد الملء، يتم إزالة الفائض وتسوية سطح قطع الاختبار بقاعدة معدنية مسطحة

هـ) حفظ العينات:

- يتم إزالة العينة من القالب بعد 24 ساعة.

- تسمية و ترقيم العينات للتعرف عليها

- تخضع عينات الاختبار لعملية الوزن.
- يتم تخزين عينات الاختبار في الماء الصاعد .
- يتم تخزين الأنواع الخمسة بشكل منفصل .



الشكل 25: يوضح عملية إزالة العينة من القالب بعد 24 ساعة



الشكل 26: يوضح عملية ترقيم ووزن العينات

### ب- التجارب المجرىة على عينات الاختبار

#### • قياس الكتلة الحجمية عند 28 يوم :

لقياس الكتلة الحجمية في الحالة الرطبة والجافة للعينات  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$  من الملائط، تم

استخدام الطريقة المرجعية، وهي قياس الكتلة الحجمية بواسطة الوزن الهيدروستاتيكي.

في حالتنا يتم قياس الكتلة الحجمية في الحالة الرطبة والجافة معاً. تخضع سلسلة من العينات التي تم

تخزينها في الماء العدواني للاختبار في عمر 28 يوماً.

## ✓ طريقة التحضير:

- مسح ووزن العينة فوراً بعد خروجها من الماء، أي M1.

- جفف عينة الاختبار عند درجة حرارة 70 درجة مئوية  $\pm 5$  درجات مئوية حتى تصل إلى كتلة

ثابتة، أي M2.

- البارافين في العينة أي M3.

- في جهاز الوزن الهيدروستاتيكي، قم بوزن قطعة الاختبار في الماء، أي M4.

## ✓ التعبير عن النتائج:

- الكتلة الحجمية الظاهرية في الحالة الرطبة :

$$\rho_{app.H} = \frac{m_1}{(m_3 - m_4/\rho_w) - (m_3 - m_2/\rho_p)}$$

- الكتلة الحجمية الظاهرية في الحالة الجافة :

$$\rho_{app.S} = \frac{m_2}{(m_3 - m_4/\rho_w) - (m_3 - m_2/\rho_p)}$$

حيث :

$\rho_{app.H}$ : الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة الرطبة ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

$\rho_{app.S}$ : الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة الجافة ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

$m_1$ : كتلة العينة الرطبة

$m_2$ : كتلة العينة الجافة

$m_3$ : كتلة العينة المشمع

$m_4$ : كتلة عينة الاختبار في الماء (الوزن الهيدروستاتيكي)

$\rho_w$ : الكثلة الحجمية للماء

$\rho_p$ : الكثلة الحجمية للبارافين

### • امتصاص الماء بالغمس الكلي:

تم إجراء هذا الاختبار على سلسلة من عينات الاختبار لكل نوع بعدما تم الاحتفاظ بهم بالفعل في الماء لمدة 90 يوماً ؛ لذلك نجد عينات الاختبار مشبعة تماماً بالماء ؛ عند نزع العينة من الماء، تمسح وتوزن على الفور أي  $M_1$  تجفف العينة في فرن عند درجة حرارة 70 درجة مئوية  $\pm 5$  درجات مئوية، إلى كتلة ثابتة أي  $M_2$ .

### النتائج :

يتم التعبير عن امتصاص الماء عن طريق الغمس الكلي كنسبة مئوية من الكتلة الجافة، بواسطة

$$A_w = 100 \times \frac{M_1 - M_2}{M_2} \quad \text{الصيغة:}$$

$A_w$ : امتصاص الماء عن طريق الغمس الكلي في (%)

$M_1$ : كتلة عينة الاختبار في حالة التشبع ب (g)

$M_2$ : كتلة عينة الاختبار في الحالة الجافة ب (g).

### • المقاومة الميكانيكية ( الشد والضغط):

تعد الخصائص الميكانيكية لمادة ما أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف مادة الملاط و إعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة. وستتطرق الى بعض الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للملاط و بالتحديد إلى مقاومة الضغط ومقاومة الإنحناء في الأيام 7 و 28 و 90 يوم.

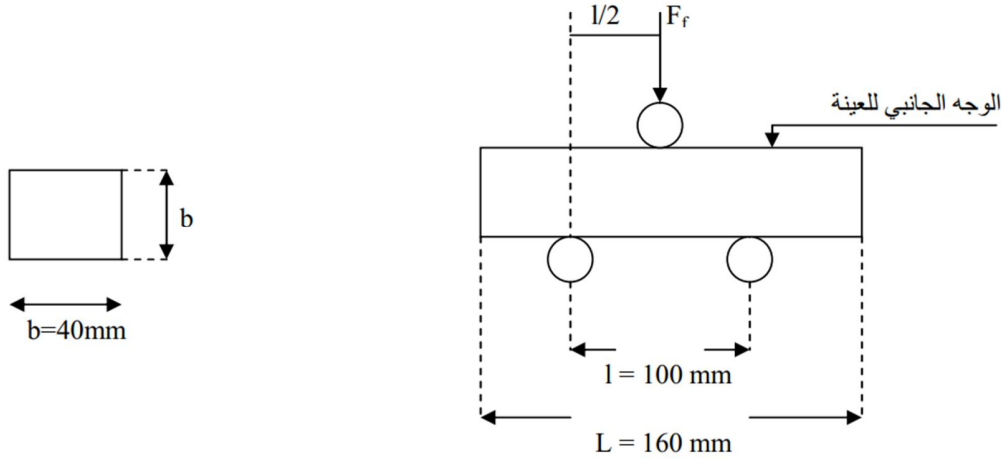
#### أ) تجربة التحطيم بالانحناء:

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



هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة 1-196 EN

و شكل 26 هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء



الشكل 27: شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات

أبعاد ( 160×40×40 ملم )، قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10 KN إذ تطبق تقريبا

2.67KN/min

$$R_f = \frac{150 \cdot F_f \cdot l}{b^3}$$

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

R : مقاومة الانحناء بـ MPa

F<sub>f</sub> : قوة تحطم العينة عند الانحناء بـ MPa

l : البعد بين المسندين بـ mm

b : جزء العينة الذي يساوي mm40

L : طول العينة

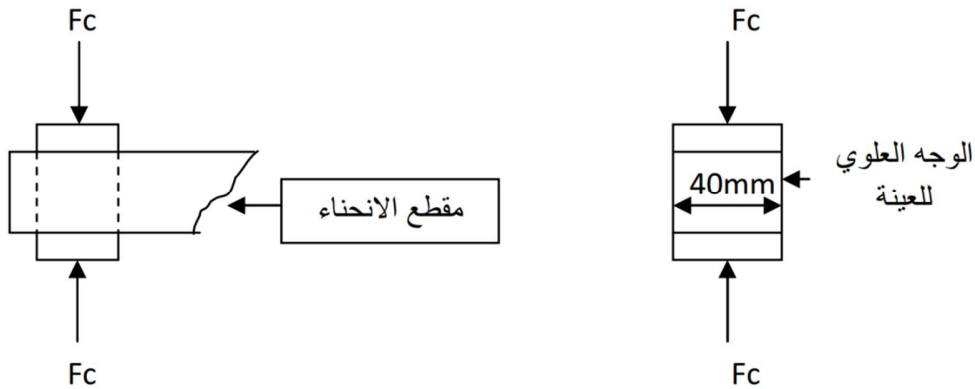
(ب) تجربة التحطيم بواسطة الضغط:

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة 1-196-EN . وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد

الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأني من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد

40x40 mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على

بعد 1 cm من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل 2.



الشكل 28: يوضح آلية التحطيم بالضغط

$$R_c = \sigma_c / b^2$$

حيث :

$R_c$  : مقاومة الضغط بـ MPa

$\sigma_c$  : قوة تحطم العينة عند الضغط بـ N

$b$  : جزء العينة الذي يساوي 40 mm.

### الخلاصة:

وفي الختام في هذا الفصل عرضنا بالتفصيل جميع المكونات الداخلة في تركيب الملاط مع توضيح نوع المادة المستعملة في هذه المرحلة والطرق التجريبية المتبعة لتحقيق الاختبارات المرعبة المختلفة القائمة على المراجع المعيارية التي هي أساس أداء أي عمل جاد.

# الفصل الثالث

## النتائج والمناقشة

**1- مقدمة**

نعرض في هذا الفصل النتائج التي تم الحصول عليها أثناء تنفيذ الاختبارات التجريبية على الملاط بتركيبات مختلفة، ملاط أسمنتي عادي، ملاط أسمنتي مع إضافة رمل كثبان مطحون بدلاً من وزن الأسمنت بثلاث معدلات دمج. (10% - 15% و 20%) و ملاط أسمنتي مقاوم CRS، لذلك لدينا خمس (5) تركيبات.

طريقة عمل عينات الاختبار لمختلف التركيبات المنتجة موصوفة بالتفصيل في الفقرة 3-3-أ

النتائج التي سيتم ذكرها في هذا الفصل هي موضوع تحليل ومناقشة تفصيليين، من أجل استخلاص

النتائج من عملنا التجريبي.

## 2- مواصفات الملاط:

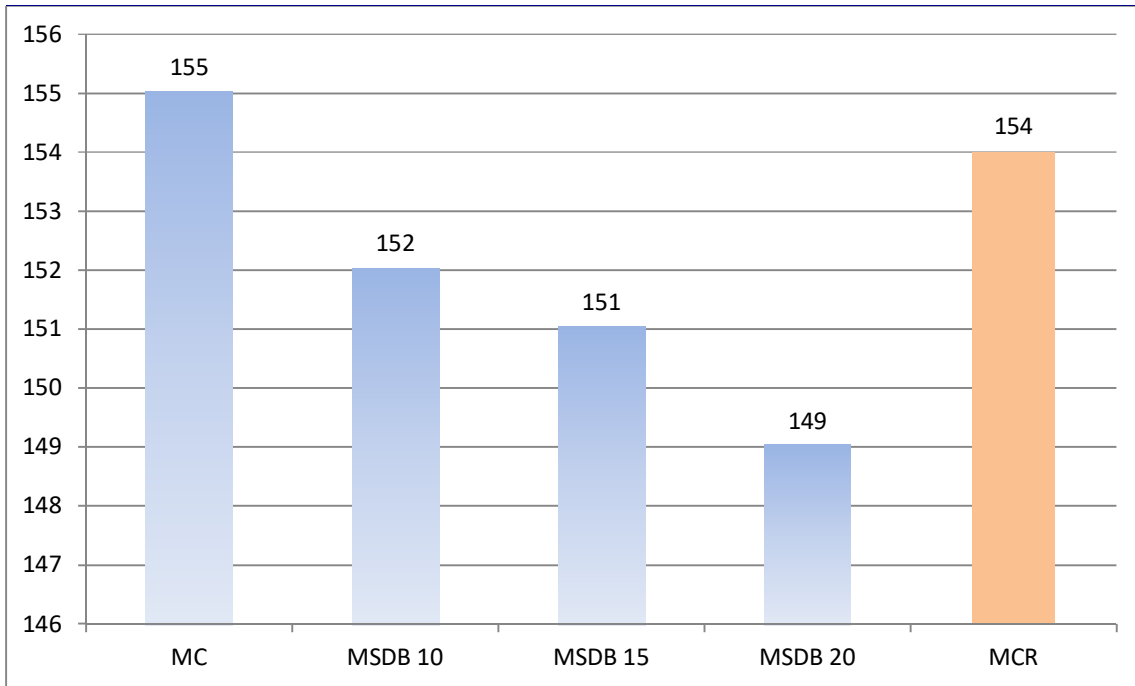
## 1-2 تناسق أنواع الملاط المستخدمة:

تم تحديد تناسق الملاط الجديد عن طريق طاولة الاهتزاز [NBN EN 1015-3] [5]، وقد

تم وصف طريقة وجدول تصنيف تناسق الملاط في الفقرة 3-3-أ

| فئة الاتساق<br>[NBN EN 1015-3] | الاتساق (مم) | E/C | صياغة   |
|--------------------------------|--------------|-----|---------|
| ملاط (مرن، لين)                | 155          | 0.5 | MC      |
| ملاط (مرن، لين)                | 152          | 0.5 | MSDB 10 |
| ملاط (مرن، لين)                | 151          | 0.5 | MSDB 15 |
| ملاط (مرن، لين)                | 149          | 0.5 | MSDB 20 |
| ملاط (مرن، لين)                | 154          | 0.5 | MCR     |

الجدول 17: يوضح تناسق أنواع الملاط المستخدمة



الشكل 29: أعمدة بيانية توضح تناسق أنواع الملاط المستخدمة

أظهرت نتائج اختبارات التناسق على طاولة الاهتزاز تأثير رمل الكثبان المسحوق على قابلية تشغيل الصيغ المختلفة للملاط، يمكننا تفسير الانخفاض في تناسق الملاط مع الإضافات من خلال زيادة نسبة الكمية المستخدمة، مما يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه أثناء عملية الخلط؛ ومع وجود  $E/C$  ثابتة آبي كل الحالات يكون الانخفاض في قيم التناسق معقولاً ، نلاحظ أنه مع الملاط الشاهد  $MC$  تكون القيمة التي تم العثور عليها بحد أقصى 155 مم، بينما وفي كل مرة يتم زيادة نسبة الإضافات تنخفض قيمة الاتساق، وهذا التخفيض يتعلق بكمية الوزن المستخدم بالنسبة ل  $SDB$ .

يكون التخفيض معتدلاً عند أقصى فرق يبلغ 3 مم بين  $MSDB 10$  و  $MSDB 20$



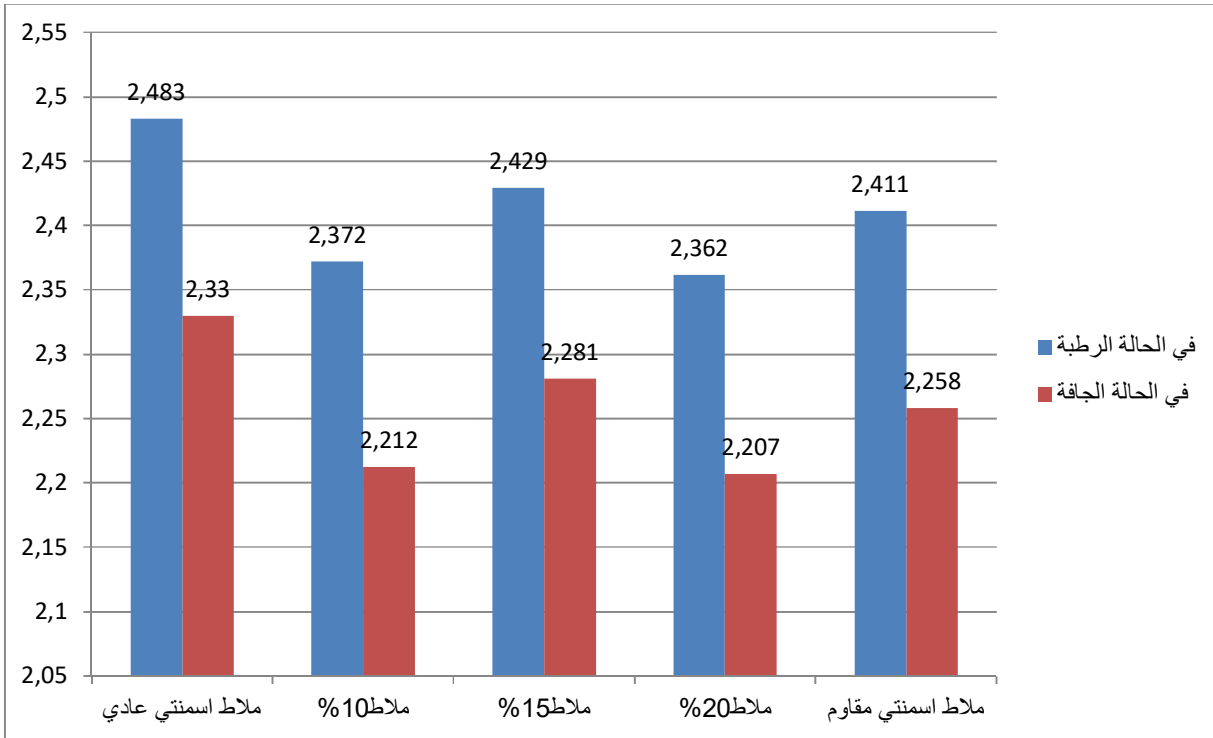
## 2-2 الكتلة الحجمية لعينات الاختبار المستخدمة

تم تحديد الكتلة الحجمية لمختلف تركيبات الملاط المستعملة باستخدام طريقة تحديد الكتلة الحجمية

بواسطة الوزن الهيدروستاتيكي كما هو موضح في الفقرة 3-3-3-ب

| الكتلة الحجمية (غرام/سم <sup>3</sup> ) |                  | تركيبة الملاط         |
|--|------------------|-----------------------|
| في الحالة الجافة                       | في الحالة الرطبة |                       |
| 2,330                                  | 2,483            | ملاط إسمنتي شاهد MC   |
| 2,212                                  | 2,372            | ملاط 10%              |
| 2,281                                  | 2,429            | ملاط 15%              |
| 2,207                                  | 2,362            | ملاط 20%              |
| 2,258                                  | 2,411            | ملاط إسمنتي مقاوم CRS |

الجدول 18: يوضح الكتلة الحجمية لعينات الاختبار المستخدمة عند 28 يوم



الشكل 30: تطور الكتلة الحجمية بدلالة أنواع الملاط عند 28 يوم

قبل مناقشة هذه النتائج التي تتعلق بالكتلة الحجمية للصبغ المختلفة للملاط المدروس، من المهم الإشارة إلى أن القياسات تتم في عمر 28 يوماً بسبب قصر المواعيد النهائية لإعداد هذه الأطروحة. عادةً ما يستغرق الحكم الصحيح على هذا النوع من النتائج وقتاً أطول من ذلك.

وفقاً للنتائج المسجلة في الجدول 15، يُذكر أن الملاط الاسمنتي العادي (شاهد) MC والملاط 15% (MSDB15)، والملاط الاسمنتي المقاوم (CRS) أعطت أفضل النتائج، فإن الملاط الاسمنتي العادي MC والملاط الاسمنتي المقاوم CRS يأخذ كثافته العاليتين نسبياً من خلال عملية الإماهة

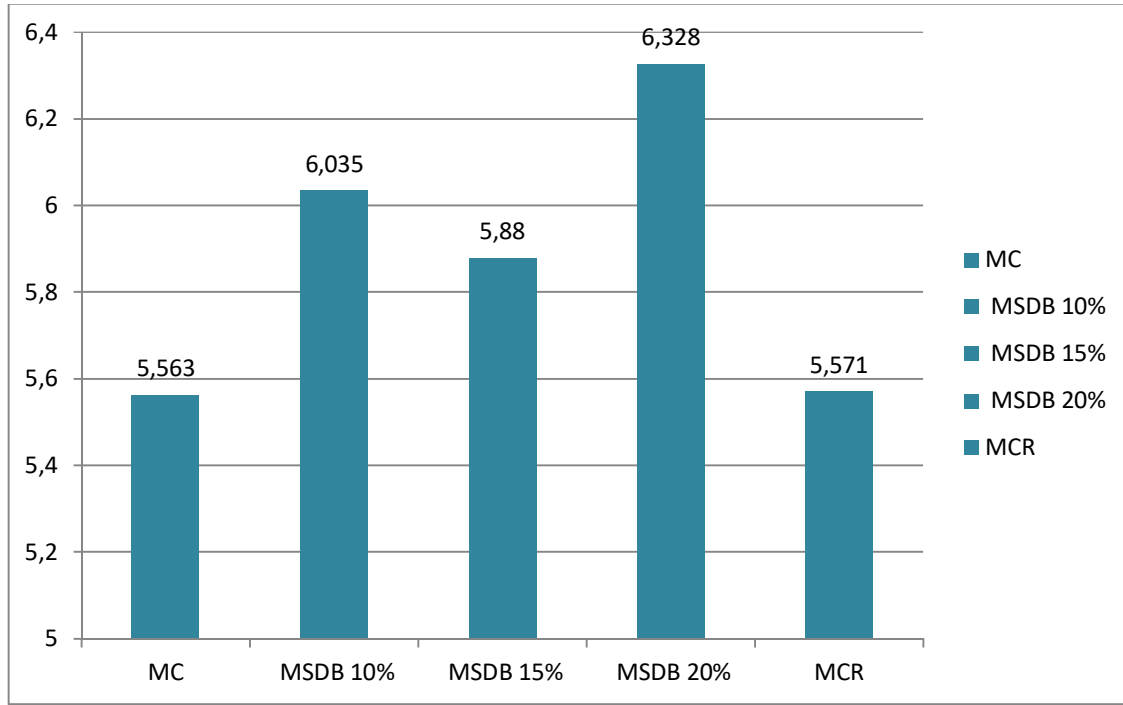
السريعة للكلنكر، في حين أن الملاط MSDB15 يأخذ كثافته العالية بواسطة القيمة المثلى للإضافة المستخدمة.

### 2-3 امتصاص الماء بالغمس الكلي (Aw):

تم وصف التعبير عن نتائج امتصاص الماء عن طريق الغمس الكلي في الفقرة 3-3-3 ب-

| عند 90 يوم | أنواع الملاط                    |
|------------|---------------------------------|
| 5.563      | ملاط اسمنتي عادي (MC)           |
| 6.035      | ملاط رمل كثبان مطحون 10% (MSDB) |
| 5.880      | ملاط رمل كثبان مطحون 15% (MSDB) |
| 6.328      | ملاط رمل كثبان مطحون 20% (MSDB) |
| 5.571      | ملاط اسمنتي مقاوم (MCR)         |

الجدول 19: تطور الامتصاص بالغمس حسب تركيبة الملاط.



**الشكل 31:** أعمدة بيانية توضح تطور الامتصاص بالغمس حسب تركيبة الملاط عند 90 يوم

استنتجنا انطلاقاً من المخطط أن الملاط الشاهد MC يحتوي على أفضل معامل إمتصاص عن

طريق الغمس الكلي بفضل عملية الإماهة السريعة للكلنكر، علماً أن في المياه الصاعدة يؤثر وجود

المخلفات الجافة على نتائج امتصاص الغمس.

## 3- نتائج الاختبارات الميكانيكية:

## 1-3 مقاومة الشد بالانحناء:

| أنواع الملاط                    | عند 7 أيام | عند 28 يوم | عند 90 يوم |
|---------------------------------|------------|------------|------------|
| ملاط اسمنتي عادي (MC)           | 5.01       | 5.97       | 5.80       |
| ملاط رمل كثبان مطحون 10% (MSDB) | 5.19       | 5.83       | 5.73       |
| ملاط رمل كثبان مطحون 15% (MSDB) | 5.09       | 5.86       | 6.02       |
| ملاط رمل كثبان مطحون 20% (MSDB) | 4.63       | 5.95       | 5.56       |
| ملاط اسمنتي مقاوم (MCR)         | 4.97       | 5.93       | 5.83       |

الجدول 20: ملخص لنتائج مقاومة الشد الانثناء للصبغ المختلفة.

## أ) تحليلات نتائج قوة الشد بالانحناء:

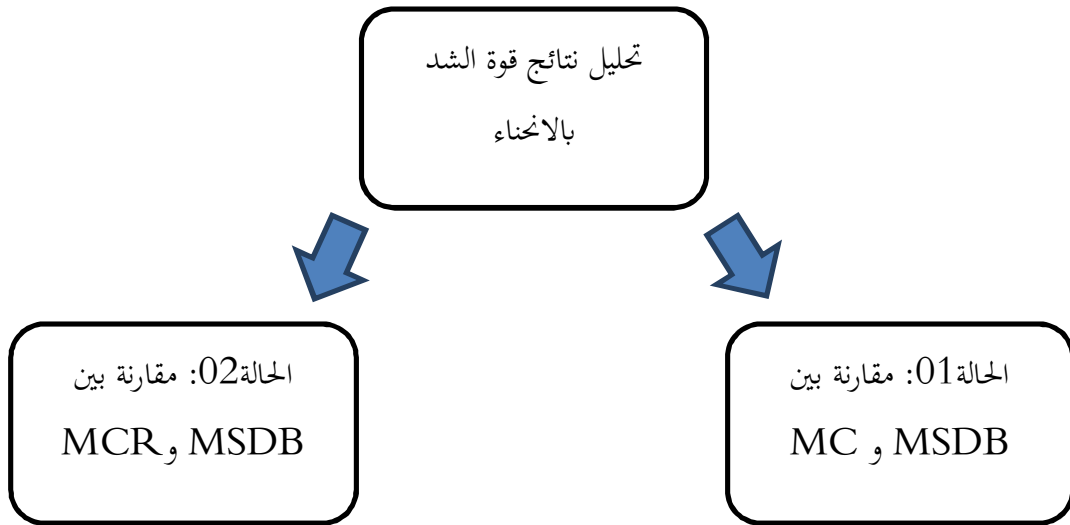
في هذا الجزء، سنقوم بتحليل تأثير الإضافات المستخدمة، وهي رمل الكثبان الرملية (SDB) على

مقاومة الشد، لذلك لدينا مقارنتان:

الحالة 01: مقارنة الملاط الشاهد MC ملاط مع رمل كثبان مطحون MSDB

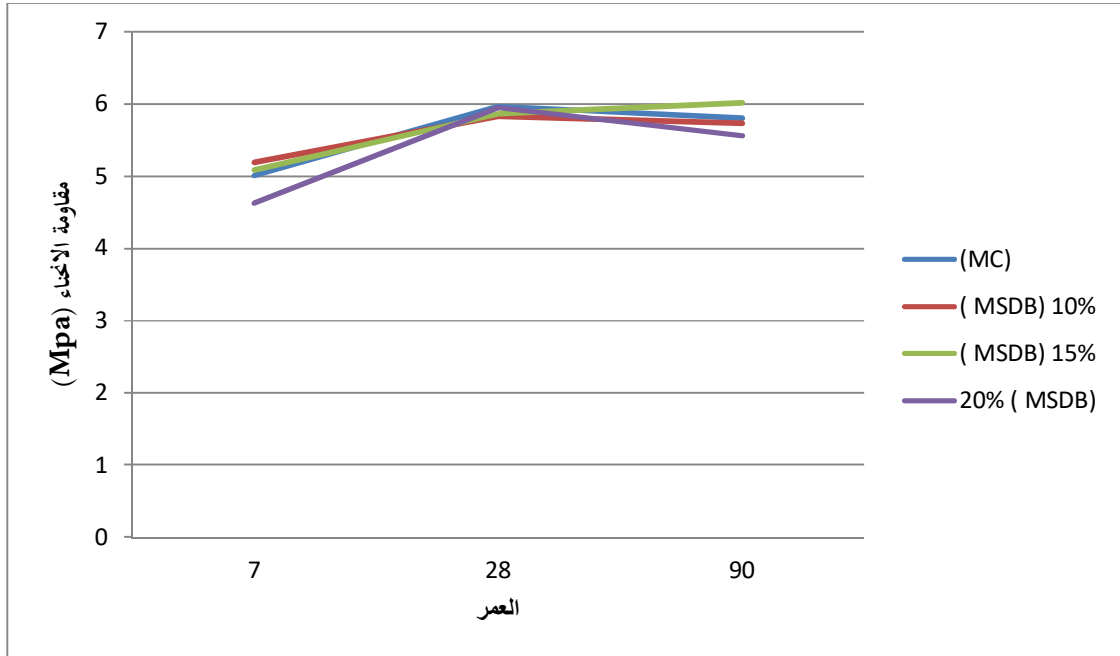
## الحالة 02: مقارنة الملاط المقاوم MCR مع رمل كثبان مطحون MSDB

تم اتباع هذه الطريقة لتبسيط القراءات وكذلك لتجنب تداخل المنحنيات.



الشكل 32: مخطط يوضح الطريقة المتبعة في تحليل نتائج مقاومة قوة الشد بالانحناء

## الحالة 01: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الشاهد (MC):



## الشكل 33: يوضح مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الشاهد (MC)

المنحنى يوضح مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الشاهد (MC) حيث نلاحظ

ان هنالك تطور في الملاط الشاهد MC جنباً إلى جنب مع ملاط MSDB10 في عمر 7 أيام

ونلاحظ مقاومة ضعيفة لملاط MSDB20 تصل الى الذروة عند 28 يوم ثم تتراجع عند 90 يوم،

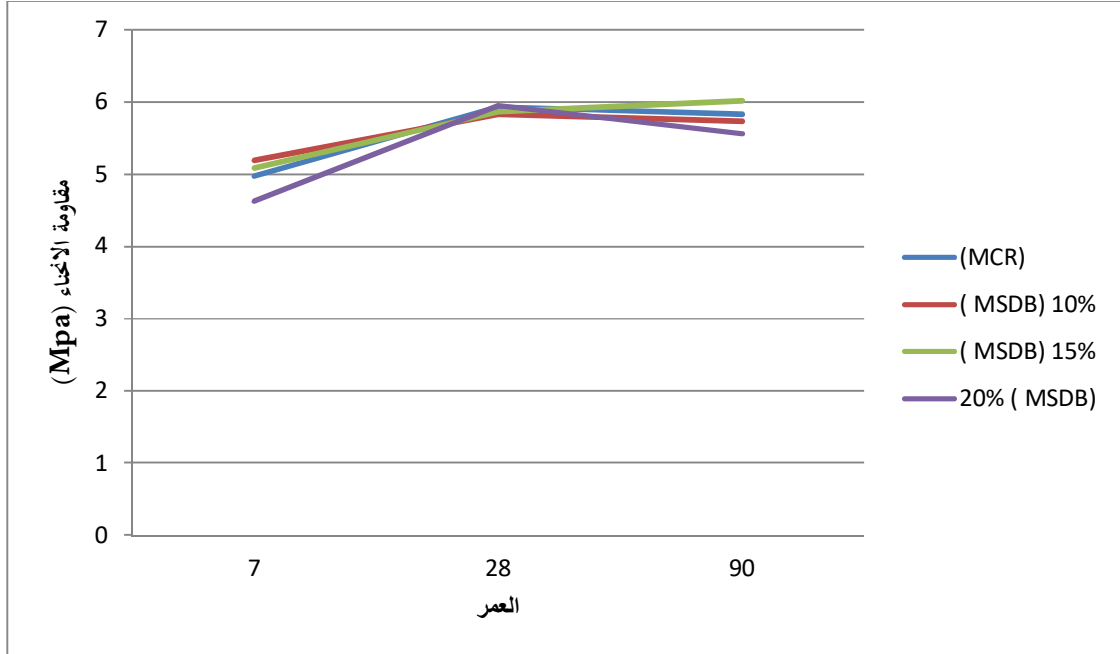
يُلاحظ عمومًا أن هناك انخفاضاً طفيفاً في مقاومة الشد تحت تأثير عدوانية الماء على المدى الطويل،

باستثناء ملاط MSDB15 حيث يحسن قوة المقاومة قليلاً مقارنة بملاط MC ليعطي أفضل مقاومة

تدرجياً، وهذا يؤكد لنا ما تحصل عليه الطالب شنقارة توفيق [12] في دراسة سابقة اجريت في نفس هذا

الموضوع.

### الحالة 02: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمنتي المقاوم MCR



### الشكل 34: يوضح مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمنتي المقاوم MCR

نلاحظ ان قيم الملاط الإسمنتي المقاوم MCR في البداية كانت منخفضة قليلا مقارنة بملاط MSDB10 لكن بعد مرور 28 يوم لاحظنا زيادة في مقاومة MCR و MSDB15 و هذا ما تضمنته دراسة سابقة للطالب سعداني [14] في مذكرته المعنونة بـ "مختلف أنواع المياه الموجودة في وادي سوف إمكانية استعمالها في البناء" أن الملاط الإسمنتي المقاوم والذي يحتوي على اسمنت مقاوم CRS يعمل على ديمومة الخرسانة حتى و إن أعطى مقاومة للإلتهاب و الضغط أقل من غيره من أنواع من الإسمنت في المراحل الأولى من عمر الخرسانة و الملاط. ويوضح لنا هذا المنحنى تقارب في نتائج الملاط

الإسمنتي المقاوم MCR مع ملاط MSDB15



❖ أظهرت نتائج الشد وبعد مقارنة نتائج ملاط رمل الكثبان المسحوق مع الملاط الشاهد MC و

MCR أن لإضافة رمل الكثبان المسحوق تأثير ايجابي في مقاومة الشد وخاصة بنسبة 15 %

## 3-2 مقاومة الضغط:

الجدول 21: ملخص نتائج مقاومة الضغط للصيغ المختلفة

| عند 90 يوم | عند 28 يوم | عند 7 أيام | أنواع الملاط                    |
|------------|------------|------------|---------------------------------|
| 30.82      | 34.97      | 25.66      | ملاط اسمنتي عادي (MC)           |
| 32.31      | 31.11      | 22.27      | ملاط رمل كثبان مطحون 10% (MSDB) |
| 29.09      | 28.79      | 18.42      | ملاط رمل كثبان مطحون 15% (MSDB) |
| 24.96      | 27.71      | 19.84      | ملاط رمل كثبان مطحون 20% (MSDB) |
| 31.26      | 34.21      | 24.45      | ملاط اسمنتي مقاوم (MCR)         |

(أ) تحليلات نتائج مقاومة الضغط:

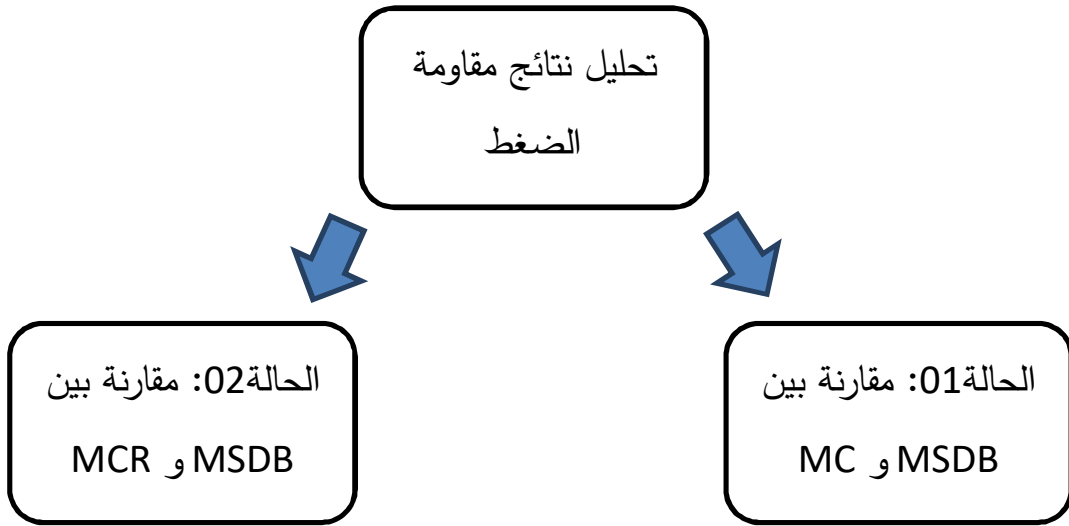
في هذا الجزء، سنقوم بتحليل تأثير الإضافات المستخدمة، وهي رمل الكثبان الرملية (SDB) على

مقاومة الضغط، لذلك لدينا مقارنتان:

الحالة 01: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB مع الملاط الاسمنتي الشاهد MC

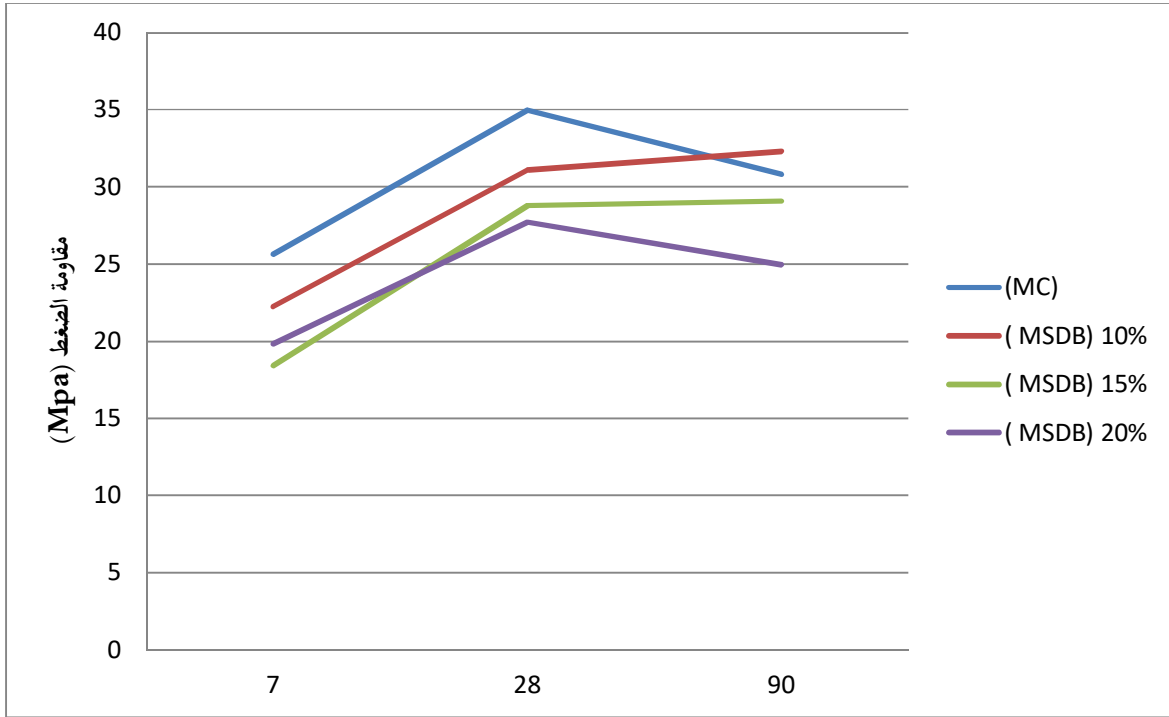
الحالة 02: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمنتي المقاوم MCR

تم اتباع هذه الطريقة لتبسيط القراءات وكذلك لتجنب تداخل المنحنيات.



الشكل 35: مخطط يوضح الطريقة المتبعة في تحليل نتائج مقاومة الضغط

## الحالة 01 : مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB مع الملاط الاسمنتي الشاهد MC:



## الشكل 36: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB مع الملاط الاسمنتي الشاهد MC

نلاحظ ان في المراحل الأولى من عمر العينات تحصلنا على مقاومة عالية بالنسبة للملاط الشاهد

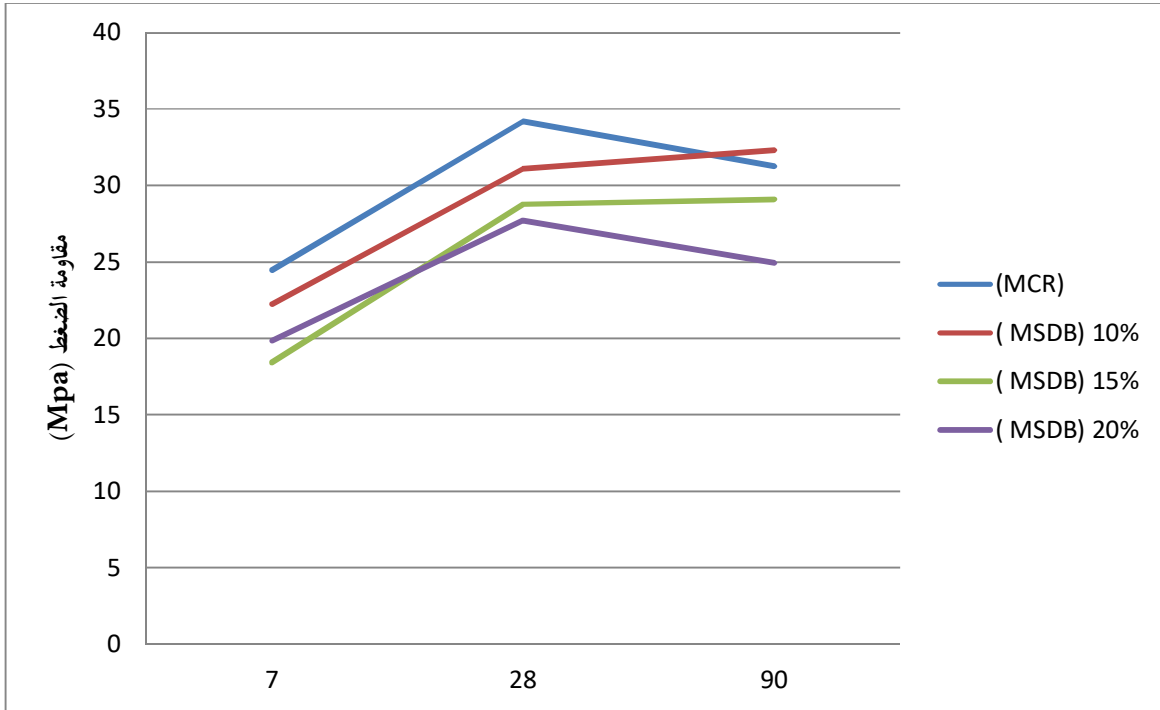
MC حتى يصل الى الذروة عند 28 يوم ثم نلاحظ تراجع طفيف بعد 28 يوم بينما ملاط رمل

الكثبان المسحوق MSDB10 و MSDB15 بدايتهم كانت متراجعة لكن كلما طالت المدة زادت

المقاومة حتى تحصلنا على اعلى مقاومة عند 90 يوم بالنسبة لـ MSDB10 مقارنة بالملاط الشاهد،

وهذا ما يؤكد دراسة شنقارة [12] المذكورة آنفاً.

## الحالة 02 : مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمنتي المقاوم MCR:



## الشكل 37: مقارنة ملاط رمل كثبان مطحون MSDB بالملاط الاسمنتي المقاوم MCR

نلاحظ أن في المراحل الأولى من عمر العينات أعطى الملاط الإسمنتي المقاوم MCR مقاومة أفضل، ويظهر تأثير إيجابي لإضافة رمل الكثبان المسحوق بنسبة 10 بالمائة و 15 بالمائة بعد 28 يوم، ونخص بالذكر MSDB 10 الذي ظل في تزايد حتى أعطى أعلى مقاومة عند 90 يوم على عكس الملاط الاسمنتي المقاوم الذي بدأ في التناقص تدريجياً منذ 28 يوم.

❖ أظهرت نتائج الضغط وبعد مقارنة نتائج ملاط رمل الكثبان المسحوق مع الملاط الشاهد MC وMCR أن لإضافة رمل الكثبان المسحوق تأثير ايجابي في مقاومة الضغط على المدى الطويل بعد مرور 90 يومًا.

## الخلاصة:

بعد الانتهاء من هذا الفصل الذي يختتم فيه جميع النتائج التي تم العثور عليها خلال المرحلة التجريبية وكذلك تحليلاتها وتفسيراتها. يجدر الإشارة إلى أهمية هذه التحليلات لفهم موضوعنا بشكل أفضل وبطريقة أعمق تحت تأثير الإضافات المعدنية ( رمل الكثبان المطحون في الصيغ المختلفة للملاط)، في الوسط العدواني ( في المياه الصاعدة ) على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للملاط.

الخاتمة العامة



### الخاتمة العامة :

في ضوء هذا العمل المخصص لدراسة تأثير رمل الكثبان على متانة وخصائص الملاط؛ حيث قمنا باستخدامنا رمل كثبان مسحوق لمنطقة الواد بمعدلات دمج مختلفة بدلاً من وزن الاسمنت بنسبة 10% - 15% - 20%.

من النتائج التي تم العثور عليها خلال هذه الدراسة يمكننا أن نستنتج ما يلي:

- يتأثر إتساق الملاط الطازج بنسبة الإضافة المستخدمة، فإعتماداً على القيم التي تم الحصول عليها يمكننا القول ان الزيادة في ال SSB تقلل تناسق جميع الصيغ المختلفة في كل مرة تكون المساحة السطحية للإسمنت اعلى نحصل على تناسق منخفض.
- أظهرت الكتلة الحجمية للملاط المختبر أن المرور من الحالة المشبعة الى الحالة الجافة له نسب متقاربة جداً لجميع التركيبات، أعطي الملاط الإسمنتي الشاهد MC أفضل قيمة يليه ملاط 15% ثم الملاط الإسمنتي المقاوم (CRS)، تظهر هذه النتائج أولاً وقبل كل شيء أهمية التباين في النسب المئوية للإضافات، وكذلك تظهر أن لإضافة رمل الكثبان المسحوق تأثير متأخر في تحسين الأداء
- أظهرت نتائج الغمس الكلي عند 90 يوم أن الملاط الاسمنتي الشاهد (MC) والملاط الإسمنتي المقاوم (CRS) يعطيان أفضل معامل للإمتصاص، علماً أن في المياه الصاعدة يؤثر وجود المخلفات على نتائج الإمتصاص بالغمس.
- أظهرت نتائج مقاومة الشد التأثير الإيجابي للإضافات في عمر 7 أيام، حيث تتطور قيمة الملاط الشاهد MC و ملاط MSDB20 عند عمر 28 يوم و في عمر 90 يوم نلاحظ تحسن ملموس في كسب المقاومة بالنسبة لملاط MSDB15 ليعطينا أعلى مقاومة للإنحناء.
- في مقاومة الضغط يظهر تطور قيمة الملاط الشاهد MC عند عمر 28 يوم، ونلاحظ تأثير الإضافات عند 90 يوم فيعطينا ملاط MSDB10 10% أعلى مقاومة للضغط.

- تظهر نتائج الضغط والشد بالإنحناء أن لإضافة رمل الكثبان المسحوق تأثير متأخر في تحسين الأداء هو يعمل على ديمومة الملاط حتى و إن أعطى مقاومة ضعيفة للإنحناء و الضغط في الأيام الأولى.

توصيات:

في ضوء النتائج التي شاركناكم إياها نوصي ببعض وجهات النظر:

إن استخدام رمل الكثبان المسحوق بنسبة 5% كبديل لوزن الإسمنت مفيد للغاية سواءً من جهة الأداء أو من جهة إقتصادية، فهذا تقييم للمواد المحلية يمكنها أن تكون بديلاً جيداً كإضافة معدنية

# قائمة المراجع

قائمة المراجع :

[01] - محمود إمام ، خواص المواد واختباراتها

[02]- LOGBI Abdelaziz, effet des ajouts minéraux actifs et inertes sur les propriétés physiques, mécaniques et chimiques du mortier, thèse de doctorat université Kasdi Merbah Ouargla, 2019

[03]- TAFRAOUI Ahmed, Contribution à la valorisation du sable de dune de l'erg occidental (Algérie). Application aux nouveaux bétons, thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 2009

[04]- : [NF P 94-057] Norme française Analyse granulométrique par sédimentométrie. 1992

[05]- [NBN EN 1015-3] Norme belge « Consistance du mortier frais à la table à secousses »

[06]- NFP18- 101

[07]- NFP 18-301 «Ciments courants » , NFP 18-301, Juin 1994

[08]- NF P18 -555

[09]- NF P18 -598 Norme française, essai de 'équivalent du sable, 1991

[10]- NF P18 -560

[11]- GUENOUN R. "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ingénieur, ENP, Algérie, 2003.

[12]- CHOUNGARA Toufik, DJEDID Sami, effet des additions minérales sur la durabilité et les caractéristiques mécaniques du mortier. Mémoire de fin d'études En

vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil Option : Matériaux en Génie Civil UNIV HAMMA LAKHDAR ELOUED 2020.

[13]- BELHOCINE aida NAGOUDI nadjat, Etude expérimentale d'un mortier avec ajouts minéraux. Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil Option : Matériaux en Génie Civil UNIV KASDI MERBAH 2014.

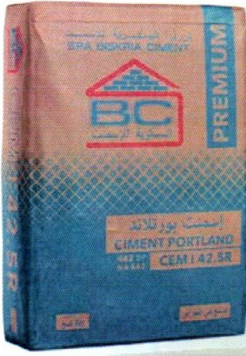
[14] - سعداني مُجَّد الأخضر، حمودي سمير، مختلف أنواع المياه الموجودة في وادي سوف و إمكانية استعمالها في البناء، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في الري تخصص: تصميم وتشخيص أنظمة التموين بمياه الشرب والتطهير، جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي، 2017.

[15] - مديرية الموارد المائية لولاية الوادي .

الملاحق

الملحق 01:

# البسكرية للإسمنت



## بطاقة تقنية CEM I 42.5R

إسمنت بورتلاند

### : CEM I 42.5R

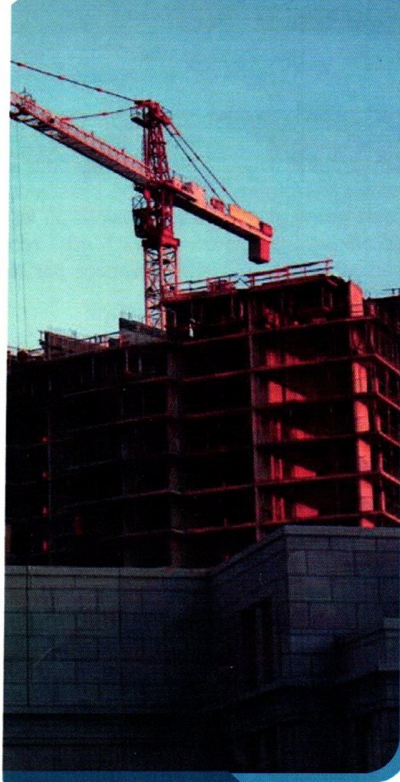
إسمنت بورتلاند، للخرسانة عالية الأداء، ذو مقاومة سريعة على المدى القصير مخصصة للمناطق التي يجب أن تكون فيها مدة نزع القوالب قصيرة، ينصح به خصيصا للاستعمال في المناطق ذات الجو البارد خاصة فصل الشتاء.

### : CEM I 42.5R

مطابق للمعايير الجزائرية (NA442-2013)

## مجالات الاستعمال

- إسمنت لجميع أشغال البناء، ذات المقاومة العالية في المدى القصير، يوصى بها أيضا للاستخدامات التالية:
- منتجات الخرسانة التي تتطلب تماسك سريع.
  - الخرسانة في القوالب المنزلقة، وخاصة في الجو الشتوي.
  - خرسانة مقاومة للصقيع في وجود أملاح الجليد.
  - أسطح الجسور.
  - الخرسانة المضغوطة.
  - الخرسانة المرشوشة.





## ✓ مناسب لـ :

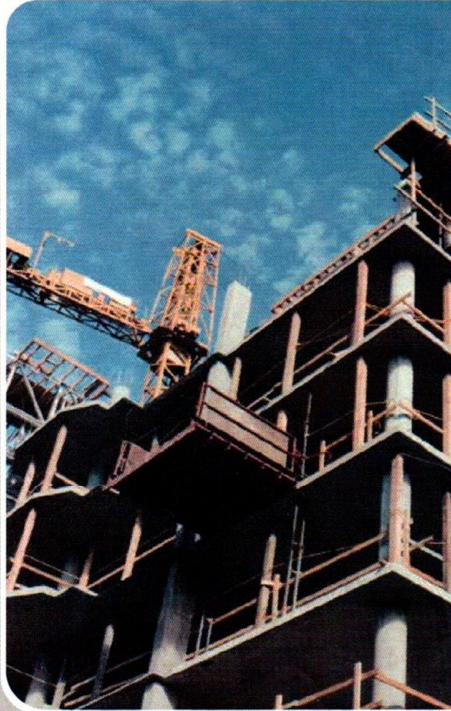
- الخرسانة المسلحة بمقاومة عالية.
- الخرسانة المنقولة.

## الصبغة الموصى بها :

| الماء (لتر) | حصص (جاف)<br>ملغم 8/15<br>ملغم 15/25 | الرمل (جاف)<br>0/5    | الإسمنت   | نسبة الإسمنت<br>في الخرسانة |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------|
| 25 لتر      | X4 + X5                              | X7                    | X1 حصة 50 | ملاط للقولبة                |
| الماء (لتر) | الرمل (جاف)<br>ملغم 0/4              | الرمل<br>مصغ 0/1 ملغم | الإسمنت   | ملاط التشطيبات              |
| 35 لتر      | X9                                   | X6                    | X1 حصة 50 |                             |
| 35 لتر      | X6                                   | X9                    | X1 حصة 50 |                             |

ملاحظة : دلو = 10 لترات

## خصائص تقنية



| القيمة       | التحليل الكيميائي (%)                     |
|--------------|---|
| 37 - 26      | الفقد بالحرق                              |
| 2.8 - 2.2    | محتوى الكبريت (OS3)                       |
| 2.8 - 1.7    | محتوى أكسيد المغنيسيوم (MgO)              |
| 0.07 - 0.03  | محتوى الكلوريد (Cl)                       |
| القيمة       | التركيب المحتمل لكلنكر (%)<br>(ومفا لبوع) |
| 66 - 5 6     | C3S                                       |
| 7.2 - 5 .1   | C3A                                       |
| القيمة       | الخصائص الفيزيائية                        |
| 26.4 - 25 .8 | الانتساف الطبيعي (%)                      |
| 1.0 - 0.25   | التمدد الساخن (ملغم)                      |
| القيمة       | زمن التماسك                               |
| 190 - 150    | بداية التماسك                             |
| 250 - 220    | نهاية التماسك                             |
| القيمة       | المقاومة للضغط                            |
| 29 - 20      | يومان (MPa)                               |
| 52.5 - 42.5  | يوم 28 (MPa)                              |

ش ذا البسكرية للإسمنت  
العنوان : جر بلحشر البرانيس  
ولاية بسكرة، الجزائر

☎ : +213 (0) 560 753 424  
☎ : +213 (0) 33 558 108  
@ : contact@biskriaciment-dz.com  
🌐 : www.biskriaciment-dz.com



الإصدار رقم: 2021/01



الملحق 02:

# البسكزية للإسمنت



البسكزية للإسمنت



إسمنت بورتلاند مقاوم للكبريتات  
ذو حرارة إمالة منخفضة

## بطاقة تقنية

### CEM I 42.5N SR3 LH

إسمنت بورتلاند مقاوم للكبريتات  
ذو حرارة إمالة منخفضة



**: CEM I 42.5N SR3 LH**

إسمنت رمادي مقاوم للكبريتات ذو حرارة إمالة منخفضة (LH) لجميع أشغالكم في بيئة ذات نسب عالية من الكبريتات، مناسب أيضا لأشغال الخرسانة الضخمة والمستمرة في الطقس الحار الذي يتطلب إسمنت بأقل حرارة انبعاث.

**: CEM I 42.5R SR3**

مطابق للمعايير الجزائرية (NA442-2013)

### مجالات الاستعمال

إسمنت لجميع أشغال البناء التي تتطلب مقاومة عالية في البيئة العدوانية، للأشغال في البحر، يمكن الاعتماد عليه طول السنة، كما يوصى به للاستخدامات التالية:

- الخرسانة المسلحة في البيئات العدوانية: مياه البحر، مياه ذو قاعدة حمضية، عذبة أو صناعية.
- مشاريع البناء الضخمة (جسور، سدود، جدران إستنادية...)
- خرسانة الطرق: الخرسانة الإيثاقيية لحواجز الأمان و المزاريب الإسمنتية.
- الخرسانة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي.
- الخرسانة للبيئات المالحة.



## ✓ مناسب لـ :

- محطات وأحواض تحلية المياه.
- أعمال الأساسات الخرسانية الضخمة.
- البناءات الزراعية.
- البيئة البحرية.
- الأشغال في البيئة ذات التركيز العالي من الكلوريدات والكبريتيدات

## الصيغة الموصى بها :

| الماء (ليتر) | حصى (جاف) 8/15 ملم  | الرمل (جاف) 0/5    | الإسمنت  | نسبة الإسمنت في الخرسانة |
|--------------|---------------------|--------------------|----------|--------------------------|
| 25           | X4 + X5             | X7                 | X1 50 كغ | نسبة الإسمنت في الخرسانة |
| الماء (ليتر) | الرمل (جاف) 0/4 ملم | الرمل مصفى 0/1 ملم | الإسمنت  | ملاط للقولبة             |
| 35           | X9                  | X6                 | X1 50 كغ | ملاط للقولبة             |
| 35           | X6                  | X9                 | X1 50 كغ | ملاط التشطيبات           |

ملاحظة : دلو = 10 ليترات

## م خصائص تقنية



| القيمة    | التحليل الكيميائي (%)                   |
|-----------|---|
| < 3       | الفقد بالحرق                            |
| 2.6 - 2.2 | محتوى الكبريت (OS3)                     |
| < 3.5     | محتوى أكسيد المغنيسيوم (MgO)            |
| < 0.04    | محتوى الكلوريد (Cl)                     |
| ≤ 0.75    | بقايا غير قابلة للذوبان                 |
| القيمة    | التركيب المحتمل للكلنكر (%) (مفما ليوغ) |
| 60        | C3S                                     |
| < 3       | C3A                                     |
| < 20      | C4AF + 2 C3A                            |
| القيمة    | الخصائص الفيزيائية                      |
| 26.5      | الانتساف الطبيعي (%)                    |
| < 1       | التمدد الساخن (مم)                      |
| القيمة    | زمن التماسك                             |
| 180       | بداية التماسك                           |
| 320       | نهاية التماسك                           |
| القيمة    | المقاومة للضغط                          |
| 18        | يومان (MPa)                             |
| 54        | 28 يوم (MPa)                            |

ش ذ أ البسكرة للإسمنت  
العنوان : جر بلعرش البرانيس  
ولاية بسكرة، الجزائر

☎ : +213 (0) 560 753 424  
☎ : +213 (0) 33 558 108  
@ : contact@biskriaciment-dz.com  
🌐 : www.biskriaciment-dz.com



الإصدار رقم: 2021/01