الرقم التسلسلي:..

الرقم الترتيبي:..

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي

كلية التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص: مواد في الهندسة المدنية

تحت عنوان

دراسة خصائص الحجر الحراري وخرسانة الرمل المستعملة كحجر حراري

من إعداد الطلبة:

- سعـــــود العيـــــد
- بن ريالـــــة فطـــــوم
- عـاد محمد الاميـن
- منصـــــر الحبيـــــب

تحت اشراف:

- د. محمد ماني

لجنة المناقشة:

رئيس اللجنة: د. جديد طارق

ممتحن: د. بدادي العيد

الموسم الجامعي: 2021/2022.

بسم الله الرحمن الرحيم

الاهـداء

لك يا خالقي ويا رازقي أهدي ثمرة كنت السبب الأول في جنيها

فاللهم اقبل هذا العمل

مع قتله والجهد مع ضالته والسعي مع شوائبه

عز جاهك وجل ثناؤك ولا اله إلا انت.

لك يا حبيبي يا رسول الله عملي المتواضع،

ولك مني السلام على ريش الحمام

يا كل المرام، اليك يا صاحب الشفاعة يا رسول الله.

الى من قال فيهما تعالى "وبالوالدين احسانا" الى الشمعة الت تحترق

لتضيء لنا درب الحياة،

الشكر والعرفان

أول من يشكر ويحمد آناء الليل وأطراف النهار وهو العلي القهار الاول والاخر الظاهر والباطن الذي أمدنا بنعمه التي لا تعد ولا تحصى وأغدق علينا برزقه الذي لا يفنى وانار دروبنا فله جزيل الحمد والثناء هو الذي انع علينا إذا أرسل فينا عبده ورسوله محمدا ابن عبد الله عليه ازكى الصلوات وأطهر التسليم ارسله بقرانه المبين فعلمنا مالم نعلم وحثنا على طلب العلم اينما وجد

لله الحمد كله والشكر كله ان وفقنا وألهمنا الصبر على المشاق التي واجهتنا لإنجاز هذا العمل.

اما بعد نتوجه بالشكر لجامعة الشهيد حمه لخضر المتمثلة في معالي مدير الجامعة و الى كلية العلوم والتكنولوجيا و الى عميد الكلية وكل الاساتذة المحترمين بقسم الهندسة المدنية كما نرفع الشكر الى الدكتور المحترم "محمد ماني " الذي اشرف علينا و الذي ساعدنا بإرشاداته وتوجيهاته على اتمام بحثنا هذا كما نشكر كل من مد لنا يد العون من قريب او بعيد من أساتذة مخبر "نيوزيلاب" الذين لم يبخلوا علينا بنصائحهم ومعلوماتهم ولا ننسى الشركة التي قدمت لنا الكثير و الكثير من المعلومات " شركة قنعوبة للآجر" كما نختص بجزيل الشكر للمهندس الميكانيكي "احمد عاد" الذي سعدنا و ارشدنا في دورتنا للشركة وشاركنا كل ما يملك من معلومات وخبرات كما نشكر كل العمال والمهندسين الذين ساعدونا وقدموا لنا يد العون. وفي الاخير لا يسعنا الا ان ندعوا الله عز وجل ان يرزقنا السداد والغنى وان يجعلنا هداة مهتدين.

ملخـص:

تعاني الكثير من مصانع السيراميك من إشكالية كبيرة تتمثل في انهيار *(Degradation)* وتكسر الحجارة الحرارية *(Pierre refractaire)* الموضوعة في أسرة القاطرات *(Lit des Wagons)* حيث تمثل هذه الحجارة الأساس المكون لفرن الطهي *(Four de Cuisson)* حيث انه عند الكسر والانهيار يتم تجديد هذه الحجارة ليستمر المصنع في الإنتاج، ويتم ذلك دوريا مدة عمر هذا النوع من الحجارة الحرارية *(Pierre refractaire)* اين يتم استيرادها من خارج الوطن بالعملة الصعبة.

الاشكالية المطروحة اليوم هل يمكننا إيجاد بدائل محلية من مواد البناء لصناعة هذا النوع من الحجارة أو نوعية تشابهه وتحل محله للتقليل من تكلفة الاستيراد.

في سياق هذه الفكرة ارتأت بعض المصانع خاصة في ضل جائحة كورونا *covid-19* التي قطع فيها التعامل مع الخارج، اين قامت هذه الأخيرة بصناعة حجر يحاكي النوع المستورد ويفي بالغرض لكي لا يتعطل إنتاجها وتتوقف المصانع.

نعلم ان مصانع السيراميك وخاصة مصانع الآجر لها بقايا *(Déchés)* ومخلفات صلبة تشكل أعباء بيئية كبيره، كما نعلم ان مناطق الجنوب الجزائري تحوي موارد رملية هامة غير مستغلة تماما آلا وهي رمل الكثبان *(Sable de Dune)*.

في انطار عملنا هذا أردنا تثمين تلك الرمال وتلك النفايات من بقايا الآجر المحطم من خلال صناعة حجر حراري يكون بديل لما هو مستورد، للتقليل من التكلفة المادية وللحد من المشاكل البيئية المطروحة.
الكلمات المفتاحية: الحجر الحراري -.Pierres Réfracteurs-، الآجر، رمل الكثبان، خرسانة الرمل، مقاومة الضغط، مقاومة الانحناء.

Abstract :

De nombreuses usines de céramique souffrent d'un gros problème représenté par la panne (dégradation) et la casse des pierres réfractaires - qui sont placées dans les (Lit des Wagons), car ces pierres représentes la base du (Four de Cuisson) Lorsqu'elles cassent et s'effondrent, ces pierres doivent être renouvelées. Pour que l'usine puisse continuer la production, cela se fait périodiquement pendant toute la durée de vie de ce type de pierre.

Ces pierres - réfractaires - importés de l'extérieur du pays en devises fortes.

Peut-on trouver des alternatives locales de matériaux de construction pour fabriquer ce type de pierre ou la qualité de sa similitude et la remplacer afin de réduire le coût d'importation.

Dans le cadre de cette idée, certaines usines, en particulier à la lumière de la pandémie Corona covid-19, dans laquelle les relations avec l'étranger ont été interrompues, ont a décidé de fabriquer une pièce qui imite le type importé et remplit l'objectif afin que sa production soit pas perturbé.

On sait que les usines de céramique, notamment les briqueteries, ont des résidus (Déches) et des déchets solides qui constituent une grande charge environnementale. On sait aussi que les régions du sud algérien cèlent d'importantes ressources en sable qui ne sont pas pleinement exploitées, à savoir les dunes de sable.

Dans notre travail, nous avons valorisé ce sable et ces déchets issus des restes de briques concassées à travers la fabrication de pierre réfractaire comme alternative à ce qui est importé, afin de réduire le coût matière et réduire les problèmes environnementaux posés.

Les mots clés: Pierre thermique -. Réfractaires - briques, sable de dune, béton de sable, résistance à la compression, résistance à la flexion.

فهرس المحتويات

الشكر والعرفان .....

ملخص: .....

Abstract.....

فهرس المحتويات.....

فهرس الجداول:.....

فهرس الأشكال:.....

فهرس الصور .....

فهرس المنحنيات.....

المقدّمـــــــة .....

الفصل الأول: عموميات حول صناعة الطوب

مدخل: 4

I-1- تعريف الطوب:.....4

I-2 مراحل صناعة الطوب: 4

I -2-1- مرحلة تحضير الطين: 4

I -3- الطوب الحراري:.....8

I-3-1- تعريف:.....8

I -3-2- مكونات الطوب الحراري:.....8

I -3-3- طريق انتاج الطوب الحراري:.....8

I -3-4- أنواع و خصائص الطوب الحراري :.....8

الفصل الثاني: خصائص المواد المستعملة

مدخل: 18

II-1 خصائص المواد المستعملة: 18

II -1-1-الاسمنت: 18
II -1-2- الماء: 20
II-1-3- الرمل: 20
II-1-4 - بقايا الطوب الأحمر-الآجر-: 21
II -1-5- بقايا الطوب الحراري: 22
II -2 الخصائص الفيزيائية: 23
II -2-1- الكتلة الحجمية: 23
II-2-2- التدرج الحبيبي: 27
II-2-3- معامل النعومة M_f: 27
II-2-4- المكافئ الرملي Equivalent de Sable: 36
II-3 مناقشة النتائج: 41
II- 4 كيفية صناعة القطعة المدروسة (خرسانة الرمل): 42
II -4-1- تجربة التشغيلية: 42

الفصل الثالث:

التجارب الميكانيكية

مدخل: 52
III-1- الخصائص الميكانيكية: 52
III-1-1- تعريف المقاومة: 52
III-1-2- تجربة التحطيم بالانحناء: 52
III-1-3- مقاومة الضغط : 53
III-1-4- تجربة الانكماش: 54
III-1-5- تجربة أمواج الصوتية: 54
III-1-6- امتصاص الماء: 55
III-1-7-تجربة الناقلية الحرارية: 57

III-2- النتائج تجارب المتحصل عليها: 57

III-3 مناقشة النتائج التجارب.....75

III-3-1- مناقشة نتائج الانحناء والضغط :.....75

III-3-2- مناقشة نتائج الانكماش:.....76

III-3-3- مناقشة نتائج تجربة الامتصاص:.....77

III-3-4-مناقشة تجربة الأمواج الصوتية:.....78

خاتمه 80

قائمة المراجع.....83

الملاحق 86

فهرس الجداول:

جدول رقم II-1: يمثل التحليل الكيميائي للاسمنت 20
جدول رقم II-2: التركيب الكيميائي للماء المستخدم 20
جدول رقم II-3: التحليل الكيميائي لرمل الكثبان.....21
جدول رقم II-4: يوضح نتائج التحليل الحبيبي لرمل الكثبان.....28
جدول رقم II-5: يوضح نتائج التحليل الحبيبي لطوب الاحمر 29
جدول رقم II-6: يوضح نتائج التحليل الحبيبي للطوب الحراري.....31
جدول رقم II–7: يوضح نتائج التحليل الحبيبي للمزيج.....33
جدول رقم II-8: يوضح نتائج التحليل الحبيبي للمزيج 35
جدول رقم II-9: يوضح معامل النعومة لكلا لعينات.....36
جدول رقم II-10: معامل النعومة لكل العينات.....40
جدول رقم II-11: اصناف الخرسانة 43
جدول رقم II-12: يوضح ملخص التجربة التشغيلية 48
جدول رقم II-13: يوضح تركيبة خرسانة الرمل المستخدمة.....48
جدول رقم III-1 : يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات (SdD/DdB).....58
جدول رقم III-2 : يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات (DdF/DdB).....59
جدول رقم III-3: يوضح نتائج تجربة الضغط للعينات (SdD/DdB).....62
جدول رقم III-4: يوضح نتائج تجربة الضغط للعينات (DdF/DdB).....64
جدول رقم III–5: يوضح نتائج المتحصل عليها.....66
جدول رقم III-6: يوضح نتائج تجربة الامتصاص.....69
جدول رقم III-7 : نتائج معامل الامتصاص.....71
جدول رقم III-8: يوضح نتائج الحرارة.....72
جدول رقم III-9 : يوضح نتائج الفرق الحراري.....73
جدول رقم III-10: يوضح نتائج المقاومة الحرارية.....74

فهرس الأشكال:

الشكل رقم I–1: يوضح بعض الاشكال المعتمدة.....15
الشكل رقم II-1: الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي.....37
الشكل رقم III-1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء 53
الشكل رقم III-2: يوضح آلية التحطيم بالضغط.....53
الشكل رقم III-3 : يوضح آلة الانكماش.....54
الشكل رقم III-4: رسم تخطيطي يوضح تجربة امتصاص الماء بالخاصية الشعرية 57

فهرس الصور

صورة رقم I-1: تمثل حوض التفريغ.....4
صورة رقم I-2: تمثل البساط المتنقل.....4
صورة رقم I-3: تمثل آلة المزج والعجن.....5
صورة رقم I-4 : تمثل آلة التجفيف.....6
صورة رقم I–5: تمثل ساحة التخزين والتسويق.....7
صورة رقم I-6: توضح الشكل الصناعي لطوب الحراري المينوسيليكات.....10
صورة رقم I-7: توضح الشكل الصناعي لطوب الحراري المينوسيليكات.....11
صورة رقم I-8: توضح الشكل الصناعي للطوب السيليسي المقاوم للحرارة.....12
صورة رقم I-9: توضح الشكل الصناعي للطوب القلوي المقاوم للحرارة (طوب المغنيزيا).....13
صورة رقم I-10: توضح بعض الأشكال المعتمدة.....14
صورة رقم I–11: توضح الأشكال المصممة خصيصا لشركة قنعوبة للآجر.....16
صورة رقم II-1 : توضح بقايا الطوب الأحمر-الاجر-.....22
صورة رقم II-2: توضح بقايا الطوب الحراري.....22
صورة رقم II-3: توضح الغرابيل المستعملة.....27
صورة رقم II–4: توضح المكافئ الرملي للطوب الآحمر–الآجر-.....37
صورة رقم II–5: توضح المكافئ الرملي للطوب الحراري.....38
صورة رقم II–6: توضح شكل الخلطة.....39
صورة رقم II-7: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....44
صورة رقم II-8: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....44
صورة رقم II-9: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....45
صورة رقم II–10: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....45
صورة رقم II-11: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....46
صورة رقم II-12: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....47
صورة رقم II-13: توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز.....47
صورة رقم II-14: توضح لحظة نزع أحد العينات من القالب.....50
الصورة رقم III-1: توضح جهاز قياس الأمواج الصوتية.....55
صورة رقم III-2: توضح تجربة الانحناء.....58

صورة رقم III-3: توضح تجربة الانحناء 60
صورة رقم III-4 : توضح تجربة الضغط للعينة الشاهد.....62
صورة رقم III-5: تجربة الضغط.....63
صورة رقم III-6: توضح تجربة الضغط للعينات (SdD/DdB) 64
صورة رقم III-7 : نتائج تجربة الانكماش.....67
صورة رقم III-8 : توضح تجربة الامتصاص.....70
صورة رقم III-9: توضح تجربة الناقلية الحرارية 73

فهرس المنحنيات

منحنى رقم II-1: يوضح التدرج الحبيبي لرمال الكثبان100%.....29
منحنى رقم II-2: يوضح التحليل الحبيبي لبقايا الطوب الأحمر"الاجر".....30
منحنى رقم II-3 : يوضح التحليل الحبيبي لبقايا الحجر الحراري 100% 32
منحنى رقم II-4 : التحليل الحبيبي لبقايا الطوب الاحمر و رمل الكثبان.....34
منحنى رقم II-5 : يوضح التحليل الحبيبي لمزيج بقايا الطوب الاحمر والطوب الحرار.....36
منحنى رقم III-1 : بياني يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات (SdD/DdB).....59
منحنى رقم III-2: يوضح مقارنة نتائج الانحناء للعينات (DdF/DdB) و(SdD/DdB).....60
منحنى رقم III-3 : يوضح الفرق بين ثلاث عينات.....61
منحنى رقم III-4: يوضح نتائج تجربة الضغط للعينة SdD/DdB.....63
منحنى رقم III-5: لنتائج فرق الضغط للعينتين (SdD/DdBوDdF/DdB).....65
منحنى رقمIII-6 : يوضح الفرق لنتائج للعينات الثلاث 66
منحنى رقمIII-7 : يوضح نتائج تجربة الانكماش.....67
منحنى رقم III-8: يوضح إجهاد المقاومة العينات فوق 28 يوم 68
منحنى رقم III-9: يوضح امتصاص الماء للعينات الثلاث 72
منحنى رقم III-10 : يوضح المقاومة الحرارية بدلالة الزمن.....74

قائمة المختصرات

SdD: الرمال الكثبانية ***(Sable de Dune)***

DdF: بقايا الطوب الحراري ***(Déchet de Pierre Réfracteur)***

DdB: بقايا الطوب الأحمر" الآجر" ***(Déchet de Brique)***

المقدمة

تعد مصانع السراميك والأجر من أهم وحدات الانشاء في مجال الهندسة المدنية للضرورة الملحة لما تقدمه هذه المصانع من منتجات تمس هذا المجال مباشرة فلو تعطلت هذه المصانع لضاعت الكثير من المصالح.

ان هذه المصانع عند انتاجها لمواد السيراميك تتعامل مع درجات حرارة عالية تصل إلى (2000º) كما تتعرض بعض اجزاء هذه المصانع إلى قوى ميكانيكية مختلفة أهمها قوة الضغط والانحناء عند حملها لقاطرات منتجاتها السيراميكية وترحيلها عبر محطات التصنيع المختلفة.

ان تلك المنتوجات التي تقدمها هذه المصانع توضع فوق حجارة خاصة تتميز بميزات مختلفة عن باقي الحجارة المعروفة انه من المنطقي ان تكون تقاوم تلك القوى وتلك الحرارة العالية في حدود عمرها الافتراضي، لكن مع مرور الوقت ستنهار تلك الحجارة وتتحطم نتيجة العمل المتواصل ونتيجة عملية - شحن/تفريغ- وفي بعض الحالات لتعرضها لعملية ما يسمى " تسخين/تبريد".

ان هذه الحجارة المستوردة من خارج الوطن وبالعملة الصعبة، وعملية الاستيراد في الحقيقة مشكلة مضنية من عدة جوانب علاوة عن التكلفة المادية فمشكل تأخر قدوم هذا النوع من الحجارة أو مشكل غلق الحدود في الأزمات يعرض مصانع السيراميك إلى الغلق والانقطاع عن العمل.

من هنا انصب التفكير على إيجاد حلول وبدائل جديدة لحل هذا الاشكال.

اننا نعلم ان تلك المصانع تخلف كثيرا من بقايا منتجاتها مرمية كنفيات صلبة يصعب التعامل معها بيئيا، كما نعلم أن مناطق الجنوب الجزائري تعاني من مشكل تكدس رمال كثبان غير المستغلة والتي تسبب هي الأخرى مشاكل بيئية خطيرة على تلك المناطق.

في هذا البحث الموسوم بـ "دراسة خصائص الطوب الحراري وخرسانة الرمل المستعملة كطوب حراري"حاولنا المساهمة في تقديم بعض الحلول لتلك الاشكالية من خلال استغلال وتثمين رمل الكثبان وبقايا الآجر.

راجين الوصول إلى نتائج مقبولة تحقق الهدف المنشود من أجل الحصول على حجارة منتجة محليا تكون بديل للحجر الحراري المستورد.

لصناعة هذا النوع من الحجارة قمنا بإنتاج نوعين من خرسانة الرمل النوع الأول معد من اسمنت حراري ورمل عبارة عن مزيج بين بقايا الآجر وبين بقايا الحجر الحراري المحطمة بنسبتين متساويتين أما النوع الثاني فهو معد من اسمنت حراري ورمل عبارة عن مزيج بين بقايا الآجر ورمل الكثبان بنسبتين متساويتين أيضا.

لذلك قمنا بتقسيم هذا البحث إلى ثلاثة فصول:

في الفصل الأول تطرقنا إلى عموميات حول "الطوب الأحمر–الآجر" "والطوب الحراري" وفي الفصل الثاني فقد عالجنا فيه خصائص وتركيبة المواد المستعملة في هذا البحث وصياغة الخرسانة الشاهد بإجراء التجارب الميكانيكية والفيزيائية عليها في المختبر.

أما الفصل الثالث فقد تناولنا فيه مختلف سلوك الخرسانة الشاهد، من انحناء وضغط ودراسة لظاهرة الانكماش وامتصاص الماء (بالخاصية الشعرية) والأمواج الصوتية.

وفي الَاخير وبناء على نتائج التجارب المتحصل عليها في المختبر نقدم خلاصة عامة حول خصائص هذه الحجارة المنتجة بخرسانة رمل الكثبان ممزوج بقايا الآجر وخرسانة الرمل المعد من طحن الحجر الحراري وبقايا الآجر. وآفاق استعمالها في مصانع الآجر

الفصل الأول

عموميات حول صناعة الطوب

مدخل:

تكتسي صناعة الطوب أهمية بالغة في مجال البناء لكونه يعتبر هو دعامة الأساسية في هذا المجال بحيث يتميز بعدة مزايا كسرعة التصنيع والتشكيل حيث سنتعرف في هذا المجال على الطوب الاحمر وطريقة تصنيعه.

I-1 تعريف الطوب:

هو مادة بناء طبيعة ونوع من أنواع المستخدمة في مجال البناء و تشييد حيث يتكون أساسا من رمل وطين وماء كما انه يوجد لديه أشكال وألوان مختلفة [1].

I-2 مراحل صناعة الطوب:

I- 2-1- مرحلة تحضير الطين:

I- 2-1-1- مرحلة التفتيت:

- **المعيار الخطي :**

يتشكل هذا الجهاز من حوض ذو سعة كبيرة، يوجد أسفله منضدة حديدية تضمن حركة الطين، وعند مخرج الحوض يوجد قاطع يقطع العجينة ويضمن معيارية منتظمة وهرس الحجارة الكبيرة بواسطة وحدات قاطعة ، ثم تسقط المادة على بساط لتنتقل إلى مفتت العجينة.

صورة رقم (1.I): تمثل حوض التفريغ مفتت العجينة

صورة رقم (2.I): تمثل البساط المتنقل

هذا التجهيز يستعمل لتفتيت وتجزئة عجائن الطين الصلبة التي تأتي من المحجر ، وعند الخروج يكون الطين قد فتت إلى حصى ذات (20mm)، ويتكون التجهيز من أسطوانتين بسكاكين تدور باتجاهين متعاكستين.

- **آلة الطحن:**

يستعمل هذا التجهيز لطحن وتفتيت المادة إلى حبيبات تتراوح قطرها (2mm الى 6mm)، ويتكون من أسطوانتين ملسا تين تدوران في اتجاهين متعاكسين، تضبط حسب معايير التصنيع.

- **آلة المزج والعجن:**

يلعب الجهاز دورا هاما في تجانس المادة المستعملة بإضافة القليل من الماء ويتشكل من محورين يدوران باتجاهين متعاكسين، ومن صنبور ماء معياري يعطي للعجينة نوعا من المرونة للحصول على عجينة متماسكة.

صورة رقم (3.I): تمثل آلة المزج و العجن

I-2-1-2- مرحلة التصنيع:

- **جهاز الخلط:**

وهنا يقوم هو الأخر بالخلط وإضافة الماء لزيادة التجانس والتماسك، ويعمل في نفس الوقت على تزويد آلة الضخ بالشد الأفقي بالعجينة.

- **آلة الضخ بالشد الأفقي:**

وهو عبارة عن هيكل من الفولاذ الصلب يدور داخله برغي لا نهائي، يدخل الطين من طرف ويخرجها عبر آلة القولبة من الطرف الأخر، وتتكون الآلة من غرفة هوائية ولولب، حين يتم استقبال المادة من جهاز الخلط ثم تسكب مباشرة في آلة الضخ لتسقط داخل الغرفة الهوائية، والتي تحدث فراغا لنزع الهواء من العجينة للسماح بالحصول على تماسك جيد للعجينة.

وبعدها تمر العجينة عبر شبكات إلى داخل جهاز القولبة متجهة إلى اللولب، وعند الخروج من اللولب تأخذ العجينة شكلا غير كامل ثم تقطع عبر ميكانيزم معين، لتأخذ الشكل النهائي للمنتج، ويتم تشكيل الطين ضغط كبير (22 – 18 بار)، إذ تخضع لنزع الهواء بنسبة 98% وقد تنخفض إلى 88%، لتخرج في الأخير عبر القالب الذي يعطي المنتج.

- **القاطع:**

عند خروج العجينة بشكل مستطيل من القالب، تقطع بواسطة قاطع هيدروليكي، وتكون سرعة القطع حسب تقدم العجينة على البساط، وذلك لوجود مفاتيح نهاية الشوط لإعطاء الأمر بالقطع الولي (بسلك مشدود) بمقدار طول (أربع آجورات) لتمر العجينة للقاطع الثاني الذي يحتوي (أربع أسلك مشدودة)، إذ المسافة بين كل سلكين هو الطول الإسمي للآجورة الواحدة.

- **المجفف:**

إن تشكيل المنتجات يتطلب شيئا من المرونة التي لا يمكن الحصول عليها إلا بدرجة من الرطوبة الكافية، والهدف من التجفيف هو إزالة الماء من بعد التشكيل، وكنتيجة لذلك تحصل المنتجات على المقاومة الميكانيكية الضرورية لها لترتيبها على العربة.

صورة رقم (4.I): تمثل آلة التجفيف

- **مقبض التجميع:**

دوره حمل المنتوج من البساط إلى عربات الشحن إلى رزم، وبعد اكتمال عملية الشحن وتعبئة العربات ترسل إلى خط النقل، ليأتي دور جهاز النقل فيأخذ عربات الشحن نحو الفرن للطهي.

I-2-1-3- عملية الطهي:

- **منطقة التسخين:**

بهذه المنطقة تدخل الغازات المحروقة بدرجة حرارة مرتفعة، وهذه الغازات تترك حرارتها تدريجيا للمنتجات التي تسخن، ثم تخرج هذه الغازات باردة من المنطقة بواسطة مراوح تضمن استمرار دوران الغاز داخل الفرن وعند دخول الآجر إلى الفرن مباشرة بدرجة حرارة أقل من 30° مئوية يتعرض للتشققات، وبذلك تلف العناصر المهيأة للطهي.

- **منطقة الطهي:**

توجد منحدرات للحارقات، وتستعمل لإدخال الغاز المختلط بالهواء، وكذا الحفاظ على درجة الطهي، والتي تبلغ 900° مئوية، تعطي الحارقات طاقة حرارية تتوزع على كل الرواق، كما تسخن الهواء الذي يأتي من منطقة التبريد. والحارق مجهز بمحق هواء وحنفية كهربائية، يتم ضبط اللهب وقوة الحارق بواسطة معايير الغاز وهواء مثبتة على الحارق.

- **مقبض التفريغ:**

درجة حرارة المنتج، ليضعها على سلاسل ناقلة تنقلها نحو آلة الربط، فتقوم هذه الأخيرة بربط الوحدات أفقيا وبعدها تنتقل إلى مقبض آخر يضع كل 04 وحدات فوق بعضها البعض، وتنتقل إلى آلة ثانية تربطها عموديا لتنتقل أخيرا عبر رافعة إلى ساحة التخزين والتسويق.

صورة رقم (I.5): تمثل ساحة التخزين والتسويق

I-3- الطوب الحراري:

I-3-1- تعريف:

هو نوع من الطوب يتم إنتاجه عموما من البور سلين والتربة المقاومة للصهر وله بنية جزيئية كثيفة ودقيقة سمية بهذا الاسم لمقاومته للحرارية العالية يستخدم على نطاق واسع في الأفران والمقالي والعزل الصناعي، الطوب الحراري هو أيضًا نوع من أنواع مواد البناء التي تستخدم عادة لواجهات المباني والهياكل [3].

I-3-2- مكونات الطوب الحراري:

عموما يتكون الطوب الحراري من مكونات أساسية هي:

- حجارة خاصة مقاومة للحرارة.
- مادة البروسلاين
- معادن حسب نوع الطوب

I-3-3- طريق انتاج الطوب الحراري:

يتم إنتاج الطوب الحراري عموما من طحن الحجارة الخاصة المقاومة للحرارة وأصداف معدنية مقاومة للحرارة العالية، تسمى المواد الخام لإنتاج الطوب الحراري والتي تسمى عادتا البروسلاين والمواد المعدنية الأخرى التي يمكن أن تكون مستقرة في درجات حرارة عالية، يجب أن تكون المواد المقاومة للحرارة قادرة على الحفاظ على الخصائص الفيزيائية والكيميائية المطلوبة في درجات الحرارة العالية وظروف التشغيل.

I-3-4- أنواع و خصائص الطوب الحراري:

هناك أنواع مختلفة من الطوب الحراري، اعتمادًا على نوع المادة المستخدمة في تكوينها، يمكنها تحمل مجموعة واسعة حتى الستينيات من القرن الماضي، كان الكربون والتربة المقاومة للصهر تُستخدم لتغطية الأفران، ولكنها تُستخدم اليوم في البطانة الداخلية للأفران عن طريق صنع أنواع مختلفة من الطوب الحراري.

وبهدف التعرف بشكل عمومي على انواع و خصائص الطوب الحراري سنقوم بشكل مختصر بذكر مزايا و نقاط القوة و كذاك نقاط الضعف أو المساوئ التي يتمتع بها كل نوع من الانواع المختفة المواد المقاومة للحرارة يتم تقسيمها الى:

- مواد أسيديه أو حمضية مقاومة للحرارة.
- مواد متعادلة كيميائيا مقاومة للحرارة.
- مواد اساسية او قلوية مقاومة للحرارة.

هذا التقسيم تم اعتمادا على تفاعل الأحماض المشكلة للمواد المقاومة للحرارة مع الماء و معرفة درجة حموضة أو قلوية النتائج المعرفة الكلية بخواص وموصفات هذه الانواع حسب الشركة المصنعة نذكر منهم:

I-3-4-1- طوب المينوسيليكات المقاوم للحرارة طوب الصلصال

هذا النوع من اكثر الانواع انتشارا و استخداما المادة الاساسية المستخدمة في انتاجه هي التربة مقاومة للاحتراق المينوسيليكات الصلصال.

ينقسم هذا النوع الى 5 انواع فرعية هي:

- سوبر ديوتي
- هايديوتي
- شبه سيليسي
- ميديومديوتي
- لو ديوتي

الطوب المقاوم للحرارة من نوع سوبر ديوتي وهايديوتي مكونان من مزيج من الغضار وهو الغضار الصواني الفلينت و الكاولونيت الممتاز ذات الأثر الكبير في مقاومة الحرارة الغضار ذو الخواص البلاستيكية يسهل عملية التشكيل و يساهم في تقوية الارتباط كما ان جودة هذا النوع ترتبط بنوع الغضار المستخدم .

*** خواص طوب المينوسيليكا**

ابرز الخواص المتعلقة بهذا النوع من الطوب تتمثل في:

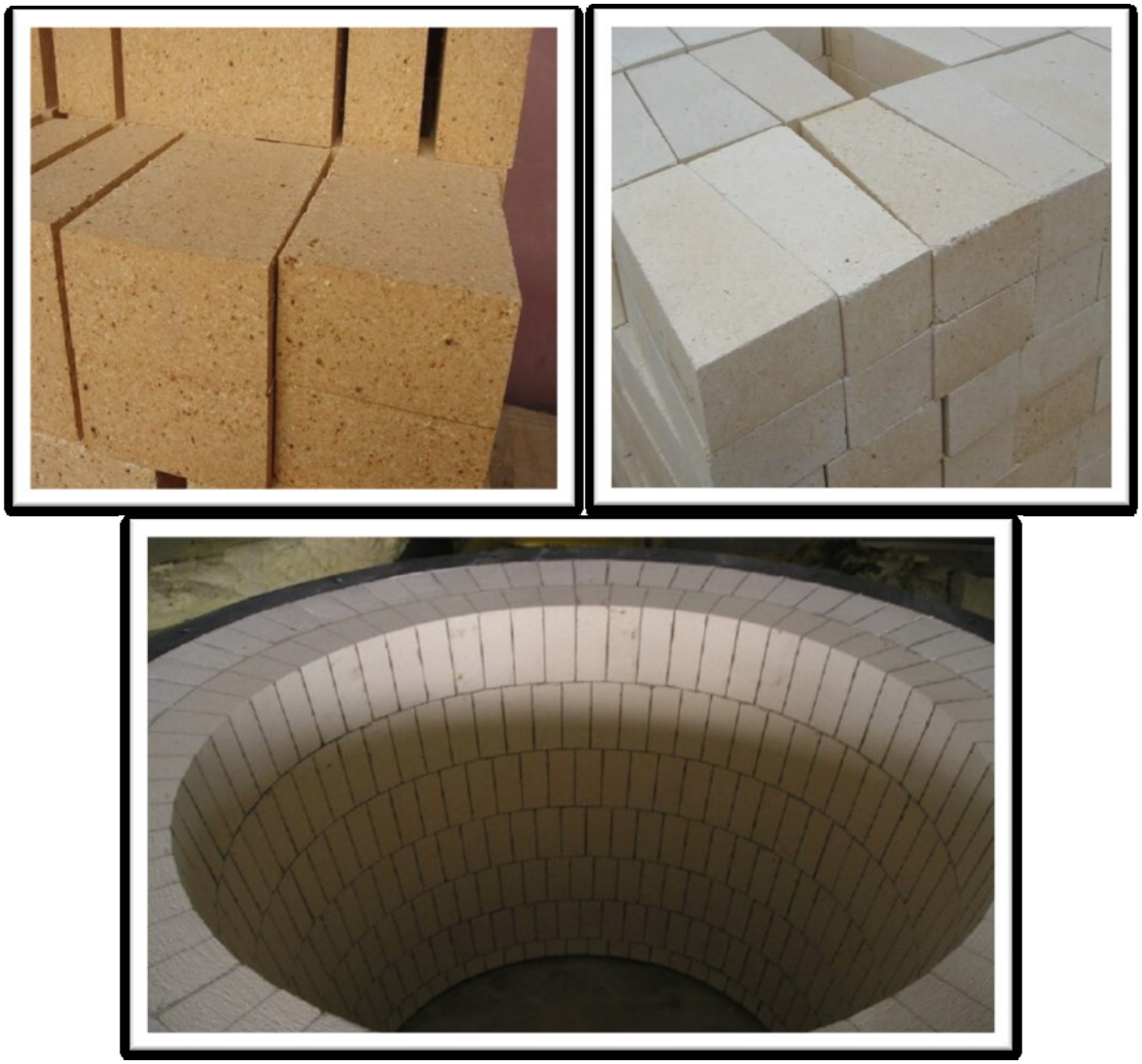
- المقاومة العالية للحرارة
- القوام و ثبات الابعاد في دراجات الحرارة العالية
- المقامة الجيدة للتشقق و التقشر عندما يتعرض لفرو قات سرعة في درجة الحرارة
- مقاوم للحت و التآكل ومقاوم للصدمات

*** استخداماته**

هذا النوع من الطوب يستخدم بشكل واسع في الأفران الصناعية اتونات صناعية ومن الناحية الكيميائية يقع ضمن المنطقة بين المواد الحمضية المقاومة للحرارة و المتعادلة كيميائيا

*** مساوئ الطوب الصلصالي:**

- الموصلية الحرارية والتمدد الحراري قليل.
- ضعيف امام الاوساط القلوية و الخبيثة خاصة في الحالات التي يكون فيها اوكسيد الالمنيوم قليل.



صورة رقم (6.I): توضح الشكل الصناعي لطوب الحراري المينوسيليكات

I-3-4-2- طوب الالومينا المقاوم لحرارة:

يطلق عليه هذا الاسم لأنه يحتوي على نسبة عالية من اكسيد الالمنيوم مما جعله يتميز عن باقي الانواع لان زيادة نسبة اكسيد الالمنيوم تجعل الخواص الحرارية والميكانيكية أفضل من الأنواع الاخرى وهذا العامل الاساسي الذي جعله يختار لاستعماله في الافران المختلفة.

المادة الاولية المشكلة لهذا الطوب تشمل نطاقا واسعا من المنيرات الطبيعية و الصناعية كالبوكسيت، الموليتالكور، اندومالاند، الوزيت، السيليمانيت والكيانيت.

*** خواص طوب الالومينا الحراري:**

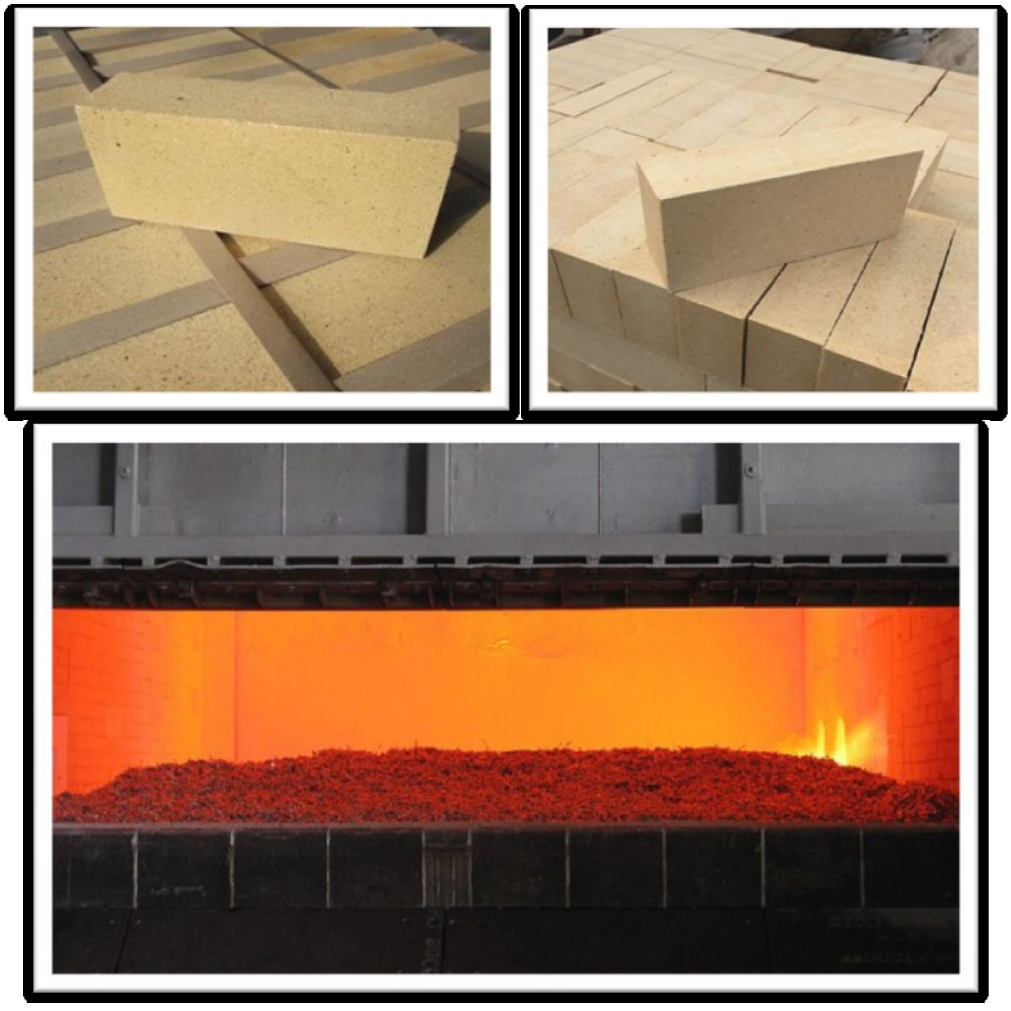
- المقاومة العالية للحرارة المرتفعة.
- مقاومة التقشر والتآكل ضد الأحماض و الخبائث المتعادلة كيميائيا في دراجات الحرارة العالية
- مقاومة الصدمات الحرارية والحمولة الكبيرة.
- مقاوم لزحف اثناء التشغيل.
- درجة نقاوة عالية و مسامية منخفضة.

*** استخداماته:**

يستخدم هذا النوع في الصناعات التي تصل فيها دراجات الحرارة لمقادير مرتفعة جدا مثل افران الطبخ صناعة مقابض الأواني الزجاجية الأفران الانفجارية و افران الكربون الأسود السخام او الشحار.

*** مساوئه:**

ضعيف في الأوساط الارجاعية المطلقة للالكترونات والتي تحتوي على اوكسيد الكربون.



صورة رقم (7.I): توضح الشكل الصناعي لطوب الحراري المينوسيليكات

I-4-3-3- طوب السيليسي المقاوم للحرارة:

يعتبر الطوب السيليسي احد أكثر الأنواع المواد المقاومة للحرارة الحمضية انتشارا حيث المادة الأولية المستخدمة في تصنيعه هي الكوارتزيت، أو الحجر السيليسي، غير قابل للاحتراق.

المواد الأولية المستخدمة في إنتاج هذا النوع هي كريستالات الكوارتز، الذي يتعرض لدرجة حرارة عالية لتبديل كريستال التالسيليس المعدلة للحصول على المواصفات المطلوبة بعد أن يأخذ الطوب السيليسي شكله يجب إبقاءه في درجة حرارة عالية لضمان تحويل الكوارتز إلى سيليس مستقر حراريا.

*** خواص الطوب السليسي:**

- تحمل درجات الحرارة التي قد تصل إلى الانهيار.
- القدرة على تحمل الضغط الكبير.
- المقاومة العالية لصدمات الحرارية في دراجات الحرارة التي تصل الى 840 درجة مئوية و انكماش قليل جدا في هذه الدراجات الحرارية.
- المحافظة على أبعاده في دراجات الحرارة المرتفعة.
- مقامة التقشر والتآكل.

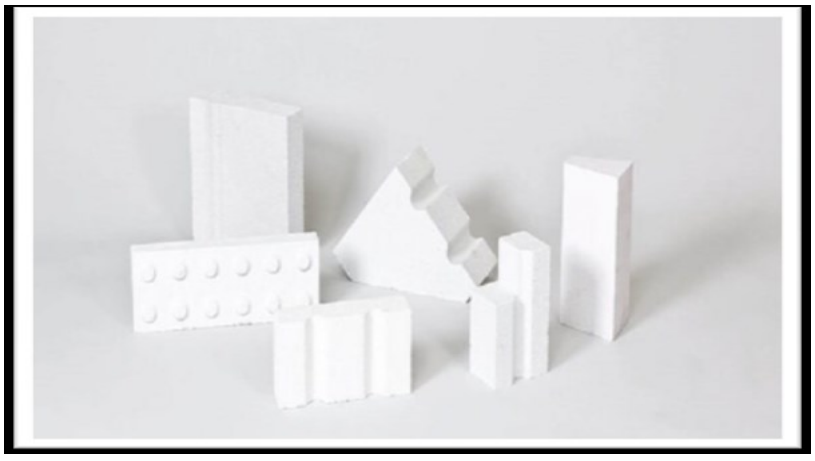
*** استخداماته:**

يستخدم هذا النوع في الصناعات المختلفة مثل أفران صناعة الفولاذ وأفران الفحم الكوك وافران صناعة الزجاج.

*** مساوئه:**

مقاومة ضعيفة في الأوساط القلوية وعند ملامسته للخبائث القلوية.

*** شكله الصناعي:**



صورة رقم (8.I): توضح الشكل الصناعي للطوب السيليسي المقاوم للحرارة

I-4-3-4- الطوب القلوي المقاوم للحرارة (طوب المغنيزيا):

يعتبر هذا النوع من أكثر الأنواع المتداولة لطوب القلوي المادة الأولية المستخدمة في تركيب طوب هذا النوع هي المغنيزيوم المصلد بشكله الطبيعي أو الصناعي .

تبنى المواد القلوية المقاومة للحرارة على أساس جذر المغنيزيوم تشير كلمة قلوية في المواد القلوية المقاومة للحرارة للمواد التي تتشكل من اكاسيد غير حمضية.

*** خصائصه:**

- المقاومة للحرارة تحت أحمال وضغوط العالية
- المقاومة الجيدة للخبائث القلوية و نسبة ضرر قليل عند التعرض لأوكسيد الحديد والمواد القلوية
- تمدد و موصلية حرارية عالية.

*** استخداماته:**

يستخدم هذا النوع من الطوب الحراري في أفران الزجاج في قواعد فرن القوس الكهربائي و أحيانا كطبقة خلفية كما يستخدم في صناعة أفران صناعة الفولاذ.

*** مساوئه:**

- مقاومة ضعيفة أمام بخار الماء يتمايل بشدة نحو الاماهة
- ضعيف أمام التغيرات والصدمات الحرارية
- ضعيف في الأوساط وأمام الخبائث الأسيدية الحمضية

*** شكله الصناعي:**

صورة رقم (9.I): توضح الشكل الصناعي للطوب القلوي المقاوم للحرارة (طوب المغنيزيا)

I-4-3-5- أنواع خاصة للطوب الحراري:

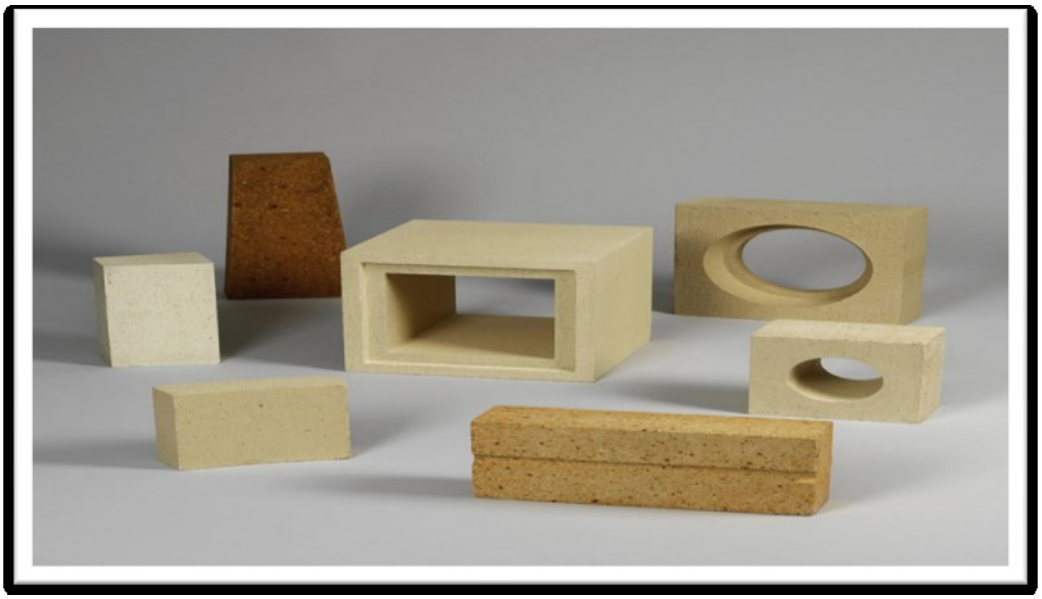
كما يوحي الاسم، فإن هذا الأنواع من الطوب تتمتع بمقاومة عالية للحرارة وهم بشكل عام أقوى أنواع الطوب الحراري، يتم استخدام نوع من الخزف أو السيراميك والطين المقاوم للحرارة. تعتبر هذه الانواع من الطوب الحراري الأكثر كثافة من الأنواع الأخرى تتحمل درجات حرارة تصل إلى 2000 درجة مئوية أهمها:

- طوب المغنيزيا الكروميت
- مغنيزيا الكربون
- طوب الدولوميت

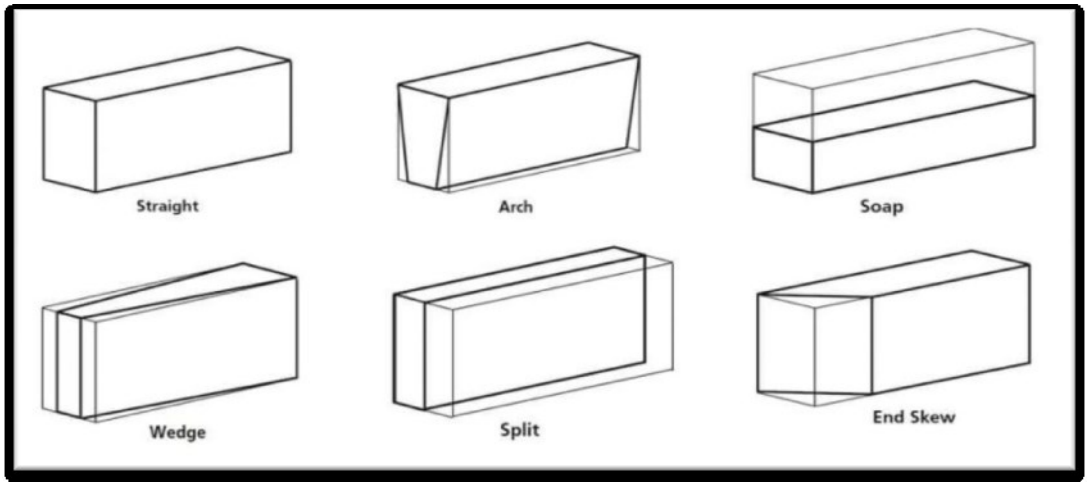
I-4-3-6- الأشكال الهندسية المعيارية للطوب الحراري:

يمكن تقسيم الطوب الحراري المشكل والذي يتم تأمينه للزبائن من حيث الشكل الظاهري إلى مجموعات نذكر منها:

- الطوب المستقيم
- الطوب المنحني
- الطوب الإسفيني
- الطوب القفلي
- طوب خاص حسب المخطط



صورة رقم (I.10): توضح بعض الأشكال المعتمدة



شكل رقم (1.I): يوضح بعض الاشكال المعتمدة

كما يمكن تصنيف الطوب الحراري على أساس أشكال مستطيلة أو مربعة أو مكعبة كما انه يوجد أشكال حسب الطلب الزبون تسمى الأشكال المعقدة. الصورة تمثل بعض الأشكال العامة أو المستخدمة بكثرة.

تطرقنا في موضوعنا هدا إلى أحد أنواع الطوب الحراري الخاص الذي تعتمده شركة **قنعوبة للأجر** كما ذكرنا سابقا انه يتم تشكيل الطوب الحراري حسب الطلب الزبون، حيث تم تشكيل هدا نوع المدروس خاصة إلى هذه الشركة لوضعه في أرضيات التي تحمل الطوب الأحمر لدخوله لفرن الطهي الذي تصل درجة الحرارة داخله إلى 1200 درجة مئوية كما انه صمم لتحمل الضغط و الحمولات الكبيرة.

الصور من عين المكان توضح لنا بعض الأشكال التي صممت خصيصا هذه الشركة حيث طريق صنع القطع بهذا الشكل لم يتم التصريح بها من طرف الشركة المصنعة.

صورة رقم (11.I): توضح الأشكال المصممة خصيصا لشركة قنعوبة للآجر

الفصل الثاني

خصائص المـواد المستعملة

مدخل:

إن كل أنواع الخرسانة الموجودة اليوم في العالم مكونة من عدة مواد أهمها الرمل والحصى والاسمنت والماء مع بعض المحسنات وفي بعض الحالات مجموعة من الإضافات، في بحثنا نود إنتاج نوع من الطوب الذي تحتاجه بعض مصانع الأجر والسيراميك لإتمام عملية صناعة منتجاتها في ظروف ملائمة. هذا الطوب المراد انجازه سيكون من مواد الخرسانة سابقة الذكر لذلك وجب معرفة خصائص المواد الداخلة في تركيبة هذه الخرسانة.

II-1 خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال اسمنت حراري من نوع *(ISTRA 40)* ذات أصل ايطالي وبقايا الطوب الأحمر –الآجر- إضافة إلى بقايا حجارة حرارية مستوردة من خارج الوطن من طرف شركة **قنعوبة للأجر**، وكذلك استعمال رمل كثبان منطقة وادي سوف لتواجده بكثرة.

II-1-1-الاسمنت:

هو مادة رابطة ناعمة التي تتصلب و تقسي فتملك بذلك خواصا تمسكيه و تلاصقيه بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها البعض وأهم استخدام للإسمنت هو الميلاط *MORTIER* والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة لتأثيرات البيئية العادية للإسمنت المستخدم في البناء، وهو نوعين هما الاسمنت المائي والإسمنت غير المائي .

الاسمنت المستعمل في دراسة اسمنت حراري من نوع *ISTRA40* فهو اسمنت الأمينات الكالسيوم *(CAC)* يختلف اختلافا جوهريا عن (الاسمنت البورتلاندي). يتكون *"ISTRA40"* من الومينات الكالسيوم مع الخصائص التالية:

- قوة مبكرة عالية.
- مقاومة الحرارة.
- مقاومة التآكل من حامض الكبريتيك الحيوي.

وفقا لمعيار EN 14-647 يتم التحكم في ISTRA40 بحيث يمتاز بفترة صلاحية تصل لستة (6) أشهر عند التخزين في ظروف جافة.

إنتاج اسمنت *ISTRA40* :

- يتم إنتاجية عن طريق صهر المواد الخام المختارة (البوكسيت والحجر الحراري) في أفران طحن خاصة بعد التبريد يتم طحن الكلنكر باستخدام المطاحن الكروية.

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت متواجدة في البطاقة التقنية [5].

II-1-1-1-المساحة السطحية للإسمنت surface specifique:

- هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة لأسمنت فبقدر ما يكون الاسمنت مطحونا أكثر تكون المساحة النوعية السطحية أكبر وتعتبر النعومة من اهم الخواص التي تؤثر على العناصر التالية:
  - نسبة التفاعل الكيميائي
  - تطور المقاومة
  - كمية الاسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الرمل لدعم الترابط بين كل الجزيئات

المساحة السطحية للإسمنت الحراري ASTRA40

3700 – 3100

II-1-1-2- زمن التصلب:

يتفاعل الإسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد ساعة او أكثر يبدا العجين في إظهار شيء من التماسك، الاول نعبر عنه بزمن بداية التصلب هذا الوقت المنقضية بين بداية خلط الماء مع الاسمنت وبداية التصلب يسمى التفاعل و تعتبر مرحلة عمالية التصلب مهمة بالنسبة لعمالية تشغيل الملاط (خلطها تحميلها رفعها ضخها).

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت، و نوعية وكمية الماء، و درجة الحرارة، و لذلك نقوم بتحديده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية، و في درجة حرارة محددة بـ 20 درجة مئوية و باستعمال جهاز فيكا محمول بإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة، هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب و يكون عموما أكثر من 90 دقيقة.

II-1-1-3- تحديد الوقت و نسبة الماء المطلوبة :

يتم اجراء اختبار وقت لإعداد باستخدام (الهاون) من اجل وصف سلوك الاسمنت *ISTRA40* في مخالط ذات قوام عملي.

الخليط يحتوي على رمل باستخدام معيار (CEN) يتم استنتاج نسبة الماء/الاسمنت (E/C) يساوي 0.4 لاختبار الهاون على اساس المواصفات العالمية EN 14-647.

II-1-1-4- خصائص الكيمائية للاسمنت:

التحليل الكيمائي للاسمنت مأخوذ من البطاقة التقنية لنوع الاسمنت المستعمل في دراسة المشروع على حسب النسب المئوية المعطاة في تقرير المصنع.

جدول رقم (1.II): يمثل التحليل الكيميائي للاسمنت

المكونات المعدنية	النسبة المئوية %
SiO_2	≤ 6
Al_2O_3	42 – 73
Fe_2O_3	18 – 13
CaO	40 – 36
MgO	< 1.5
SO_2	< 0.4

II-1-2- الماء:

هو العنصر الأساسي في التفاعل الكيميائي مع المادة الإسمنتية يعمل على تميهيها أثناء تصلبها كما يعطي للخليط درجة مناسبة من الليونة التي تساعده على التشكيل و التشغيل ففي خرسانة الرمال استخدمنا ماء حنفية مخبر "معهد التكوين المهني المتخصص بولاية الوادي".

يعبر عنه بالنسبة E/C وهي العلاقة بين نسبة الماء والاسمنت في الخلطة تستخرج كميتة انطلاقا من وزن كتلة الاسمنت ونسبة E/C، بحيث أن استعمال الماء بنسبة اقل يولد خرسانة ذات جودة عاليا في المقابل أن كثرته تضعف الخرسانة من خلال تلك الفراغات التي يسببها بعد خروجه مسببا مشكل الانكماش وبالتالي الشقوق المختلفة التي تؤدي في الأخير إلى ضعف المقاومات المختلفة.

جدول رقم (2.II): التركيب الكيميائي للماء المستخدم [6]

Ca	Mg	K	Na	CL	NO_3	SO_4	HCO	HP	الملوحة
242	125	31	536	755	14.5	755	124	7.75	2799

II-1-3- الرمل:

تعتبر رمال الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا وخاصة في منطقتنا الصحراوية وهي عبارة على صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليك SiO_2 أكثر من 99% بالإضافة إلى الكربونات والطين(السيليكات هي الأسرة وفرة في الطبيعة وهو ما يمثل 90% من القشرة الأرضية)، و

الذي يميزها أنها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيبتها من 80 إلى 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية وهذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا [7] في هذه الدراسة سنتناول رمل كثبان منطقة – الدبيلة- بوادي سوف.

هناك العديد من التجارب المجرات للتعرف على خصائص الرمل منها:

- التحاليل الكيميائية: لتعرف على العناصر المكونة لهده المادة.
- الدراسة الفيزيائية:
- الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة.
- التدرج الحبيبي و حجم وحبيبات الرمل.
- المكافئ الرمل.

II-1-3-1-الخصائص الكيميائية للرمل:

بينت التحاليل الكيميائية لرمال كثبان وادي سوف أنها تحتوي على عدة عناصر وبنسب مختلفة كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (3.II): يمثل التحليل الكيميائي لرمل الكثبان [16]

العناصر	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Perte au
النسب %	96.42	0.92	0.24	0.92	0.51	0.12	0.95

II-1-4- بقايا الطوب الأحمر "الآجر":

من المعلوم سابقا إن الطوب الأحمر لديه القدرة علي تحمل درجات الحرارة العالية حيث انه يطهى في افران قد تصل درجة حرارتها إلي °2000، ما جعلنا نعتمد عليه في هذه الدراسة.

حيث قمنا بطحن بقايا الطوب الأحمر المكسور الذي أحضرناه من الشركة (شركة قنعوبة لصناعة الآجر منطقة توقرت) بواسطة آلة يستخدمها أصحاب الشركة لتفتيت بقايا الطوب [2]

صورة رقم (1.II): توضح بقايا الطوب الأحمر-الاجر-

II-1-5- بقايا الطوب الحراري:

قمنا بإحضار أحد أنواع الحجر المستعمل من طرف الشركة، حيث وضعنا الحجر بعد التفتيت في آلة الطحن الموضحة في الشكل، لنحصل علي خليط مطحون بنسب متفاوتة كما هو موضح في الصورة: [2]

صورة رقم (2.II): توضح بقايا الطوب الحراري

حيث قمنا بإجراء عدة تجارب فيزيائية علي هذا الحجر المطحون و بعض بقايا الحجر الحراري المنزوع من الفرن

II-2 الخصائص الفيزيائية:

II-2-1- الكتلة الحجمية: [8]

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام و الكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، ونوع الخرسانة الناتج عن تلك المواد المستعملة في التركيبة الخرسانية.

II-2-1-1- الكتلة الحجمية الظاهرية masse volumique apparente:

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي

$$\rho app = \frac{mt}{Vt}$$

<u>بالنسبة لرمال الكثبان:</u>

أخذنا قياس وزن الإناء فارغ تم قمنا بوزن العينة مع الإناء (الوزن الخام)

- وزن الإناء فارغ..... 4320g
- وزن العينة مع الإناء (الوزن الخام).....6420g
- الوزن الصافي للعينة (الوزن الحقيقي)..... 6420- 4320 = 2100.65g

حجم الإناء (المول القياسي للتجربة).....1338 g/cm

الكتلة الحجمية الظاهرية

$$\rho app = \frac{2100.65}{1338} = 1.57\ g/cm^3$$

<u>بالنسبة لطوب الأحمر:</u>

أخذنا وزن الإناء الفارغ ثم وزن بقايا الطوب الأحمر مع الإناء.

وزن الإناء فارغ 4320g

وزن العينة مع الإناء..... 6075g

الوزن الصافي لبقايا الطوب الأحمر..... 6075-4320= 1755g

الكتلة الحجمية الظاهرية

$$\rho app = \frac{1755}{1338} = 1.31 g/cm^3$$

بالنسبة لطوب الحراري:

أخذنا وزن الإناء الفارغ ثم وزن بقايا الطوب الأحمر مع الإناء.

وزن الإناء فارغ 4320g

وزن العينة مع الإناء.....6120g

حجم الإناء..... 1338 cm^3

الوزن الصافي لبقايا الطوب الأحمر..... 6120 - 4320 =1800g

الكتلة الحجمية الظاهرية

$$\rho app = \frac{1800}{1338} = 1.35 g/cm^3$$

بالنسبة لمزيج الطوب الأحمر-الأجر- ورمال الكثبان:

أخذنا وزن الإناء الفارغ ثم وزن المزيج مع الإناء.

وزن الإناء فارغ 4320g

وزن المزيج مع الإناء..... 6315g

حجم الإناء..... 1338 cm^3

الوزن الصافي للمزيج.....6315-4320= 1995g

الكتلة الحجمية..... $\rho app = \frac{1995}{1338} = 1.49\ g/cm^3$

بالنسبة لطوب الاحمر + الطوب الحراري:

أخذنا وزن الإناء الفارغ ثم وزن بقايا الطوب الأحمر مع الإناء.

وزن الإناء فارغ 4320g

وزن العينة مع الإناء..... 6090g

الوزن الصافي لبقايا الطوب الأحمر + الحجر الحراري..... 6090-4320 =1770

الكتلة الحجمية ..... $\rho app = \frac{1770}{1338}$ =1.32g/cm^3

II-2-1-2- الكتلة الحجمية المطلقة masse volumique absolue:

هي نسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة $\rho ab = \frac{Ms}{Vs}$

بالنسبة لرمال الكثبان:

أخذنا عينة وزنها 100 غ (الرمل الكثباني) و وضعناها في الوعاء المدرج بمقدار 150 سل

- وزن المادة..... 100g
- حجم الماء..... 150cm3
- حجم الماء مع الرمل الكثباني..... 188.5 cm3

الحجم الحقيقي للمادة..... V = 188.5 – 150 = 38.5

الكتلة الحجمية المطلقة $\rho ab = \frac{100}{38.5}$ = 2.59g/cm^3

بالنسبة لطوب الاحمر:

أخذنا عينة وزنها 100g من العينة (بقايا الطوب الأحمر) و وضعناها في الوعاء المدرج بمقدار cm^3 150

- كتلة المادة.....100 g
- حجم الماء.....150 cm3
- حجم الماء مع بقايا الطوب الأحمر.....192.5 cm3

الحجم الصافي لبقايا الطوب الأحمر..... V = 192.5 – 150 = 42.50

الكتلة الحجمية المطلقة..... $\rho ab = \frac{100}{42.5} = 2.35\ g/cm^3$

<u>بالنسبة لطوب الحراري</u>:

أخذنا عينة وزنها 120g من العينة (الحجر الحراري) و وضعناها في الوعاء المدرج بمقدار $150cm^3$

- وزن المادة..... 120g
- حجم الماء..... 150 cm3
- حجم الماء مع الحجر الحراري..... 192.5 cm3

ومنه الحجم الحقيقي للمادة ..... V = 192.5 – 150 = 42.50

الكتلة الحجمية المطلقة..... $\rho ab = \frac{100}{42.5} = 2.35\ g/cm^3$

<u>بالنسبة لطوب الاحمر + رمال الكثبان:</u>

اخذنا عينة وزنها 100g من المزيج و وضعناها في الوعاء المدرج بمقدار $150cm^3$

- كتلة المادة..... 100g
- حجم الماء..... 150cm3
- حجم الماء مع المزيج..... 190cm3
- الحجم الحقيقي للمادة ..... V = 190 – 150 = 42 cm3
- الكتلة الحجمية المطلقة..... $\rho ab = \frac{100}{40} = 2.5g/cm3$

<u>بالنسبة لطوب الاحمر + الطوب الحراري:</u>

اخذنا عينة وزنها 100غ من المزيج و وضعناها في الوعاء المدرج بمقدار 150 سم ^{3}

- كتلة المادة..... 100 g
- حجم الماء..... 150cm3
- حجم الماء مع المزيج..... 192.5cm3
- ومنه الحجم الحقيقي للمادة ..... V = 192.5 – 150 = 42.5 cm3

الكتلة الحجمية المطلقة..... $\rho ab = \frac{100}{42.5} = 35.2\ g/cm^3$

I-2-2- التدرج الحبيبي:

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض اي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبيات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة وتعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات NFP 18-560 [8]

صورة رقم (3.II): توضح الغرابيل المستعملة

I-2-3- معامل النعومة M_f:

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس حيث يساوي مجموعة النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية السبعة 5,4,2.5,1.25,0.63,0.315,0.16 مقسوما على 100. [9]

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، يستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية ومن اجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعيار النعومة للرمل حيث:

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة بين 2.2—2.8 .

- المجال B رمل تميل حبيباته الى الدقة بين 1.8—2.2.
- المجال C رمل تميل حبيباته الى الخشونة بين 2.8—3.2.

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

Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل (5 الى 0.160).

بالنسبة لرمال الكثبان:

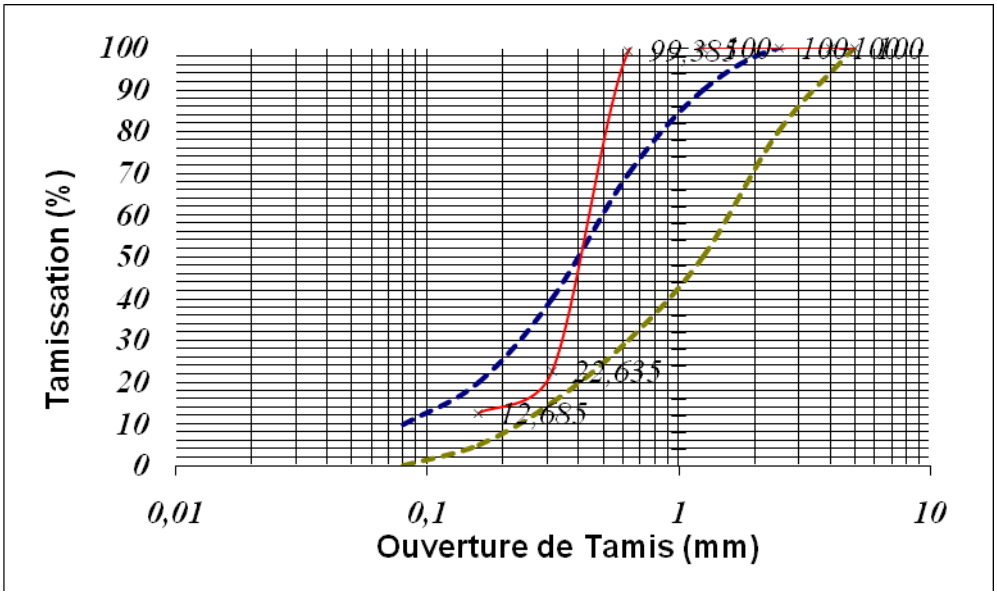
حيث الجدول التالي يلخص نتائج التحليل الحبيبي لرمل الكثبان:

جدول رقم (4.II): يوضح نتائج التحليل الحبيبي لرمل الكثبان

الفتحـــات الغربال	المرفوض	المرفـــوض التراكمي	RC	المار%
5	0	0	0	100
4	0	0	0	100
2.5	0	0	0	100
1.25	0	0	0	100
0.630	6.15	6.15	0.615	99.385
0.315	767.50	773.65	77.365	22.635
0.160	99.50	873.15	87.315	12.685
0.08	125.40	998.55	99.855	0.145

معيار النعومة لرمل الكثبان:

$$Mf\frac{erc\%}{100} = \frac{0.615+77.365+87.315}{100} = \frac{165.295}{100} = 1.6 =$$



منحنى رقم (1.II): يوضح التدرج الحبيبي لرمال الكثبان100%

بالنسبة لطوب الاحمر:

حيث الجدول التالي يلخص نتائج التحليل الحبيبي لطوب الاحمر:

جدول رقم (5.II): يوضح نتائج التحليل الحبيبي لطوب الأحمر

فتحات الغربال بـ (mm)	المجمـع الجزئـي (g)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	نسـبة المتبقـي المجمـع Rc(%)	المـار المجمـع بـ T(%)
5	0.52	0.52	0.052	99.948
4	21.88	22.40	2.24	97.76
2.5	146.22	168.62	16.862	83.138
1.25	181.24	349.86	34.986	65.014
0.630	161.28	496.14	49.614	50.386
0.315	203.14	699.28	69.928	30.072
0.160	132.04	831.32	83.132	16.868
0.08	86.42	917.74	91.774	8.226

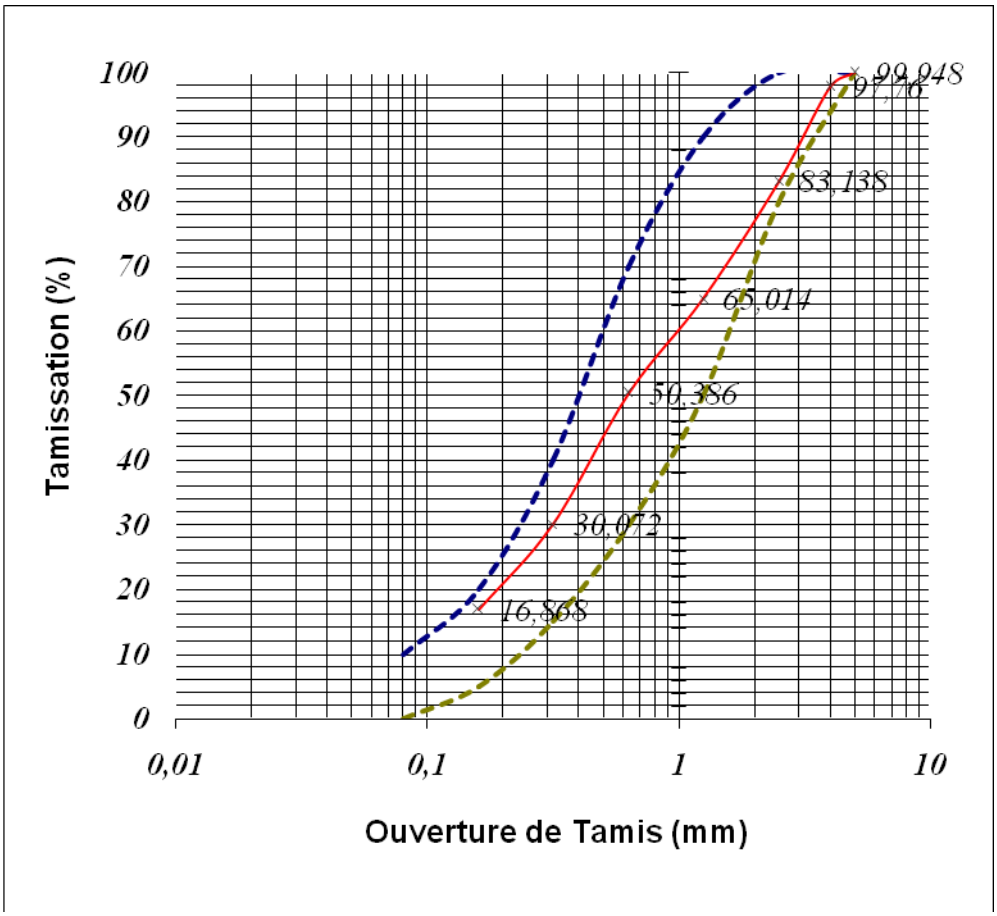
معامل النعومة:

Mf = Somme de Refus % / 100

Mf = (0.052+2.24+16.862+34.986+49.614+69.928+83.132) / 100

Mf = 2.56

3.5 > Mf > 2.1 رمل متوسط و صالح للاستعمال



منحنى رقم (2.II): يوضح التحليل الحبيبي لبقايا الطوب الأحمر –الاجر-

بالنسبة لطوب الحراري:

حيث الجدول التالي يلخص نتائج التحليل الحبيبي لطوب الحراري

جدول رقم (6.II): يوضح نتائج التحليل الحبيبي للطوب الحراري

فتحات الغربال بـ (mm)	المجمع الجزئي (g)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع بـ T(%)
5	0	0	0	100
4	22.5	22.5	2.25	97.75
2.5	227.44	249.94	24.994	75.006
1.25	209.60	459.54	45.954	54.046
0.630	161.58	621.12	62.112	37.888
0.315	180.34	801.46	80.146	19.854
0.160	22.68	884.14	82.414	17.586
0.08	22.45	846.59	84.659	15.341

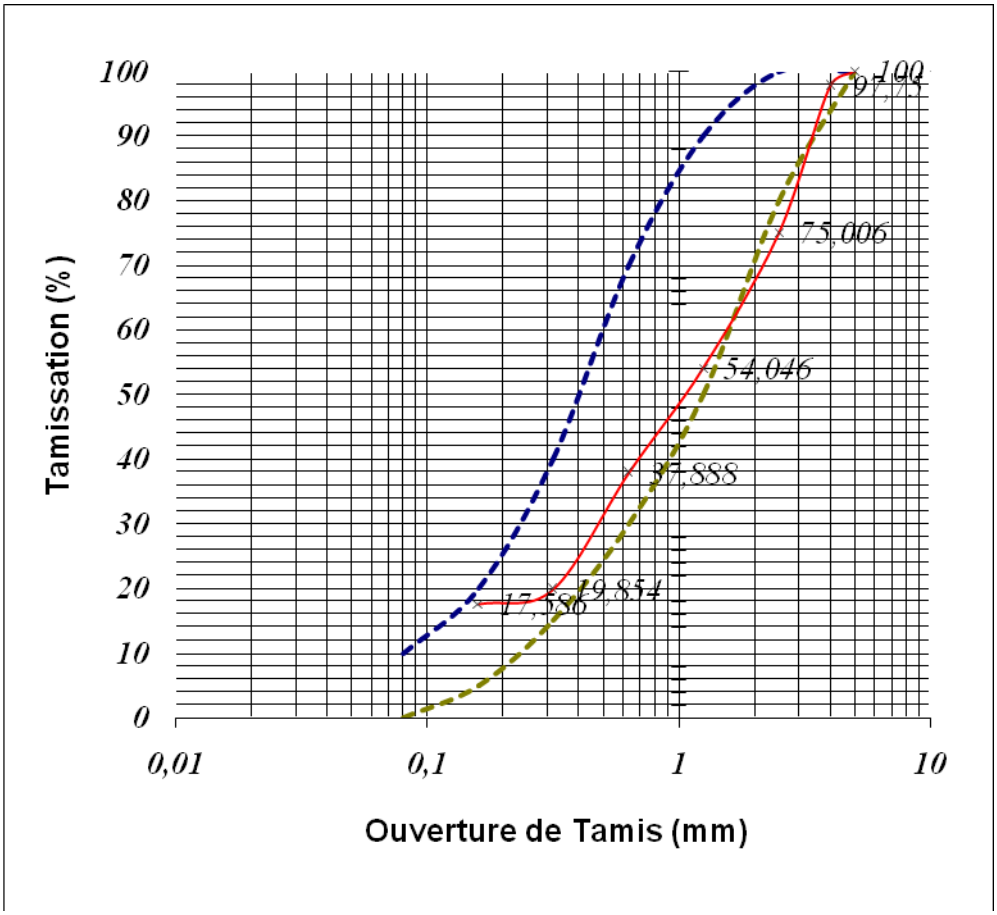
معامل النعومة:

Mf = Somme de Refus % / 100

Mf = (2.25+24.994+45.954+62.112+80.146+82.414) / 100

Mf = 297.87 / 100 = 2.97

3.5 > Mf > 2.1 رمل صالح لصنع خرسانة جيد



منحنى رقم (3.II): يوضح التحليل الحبيبي لبقايا الحجر الحراري 100%

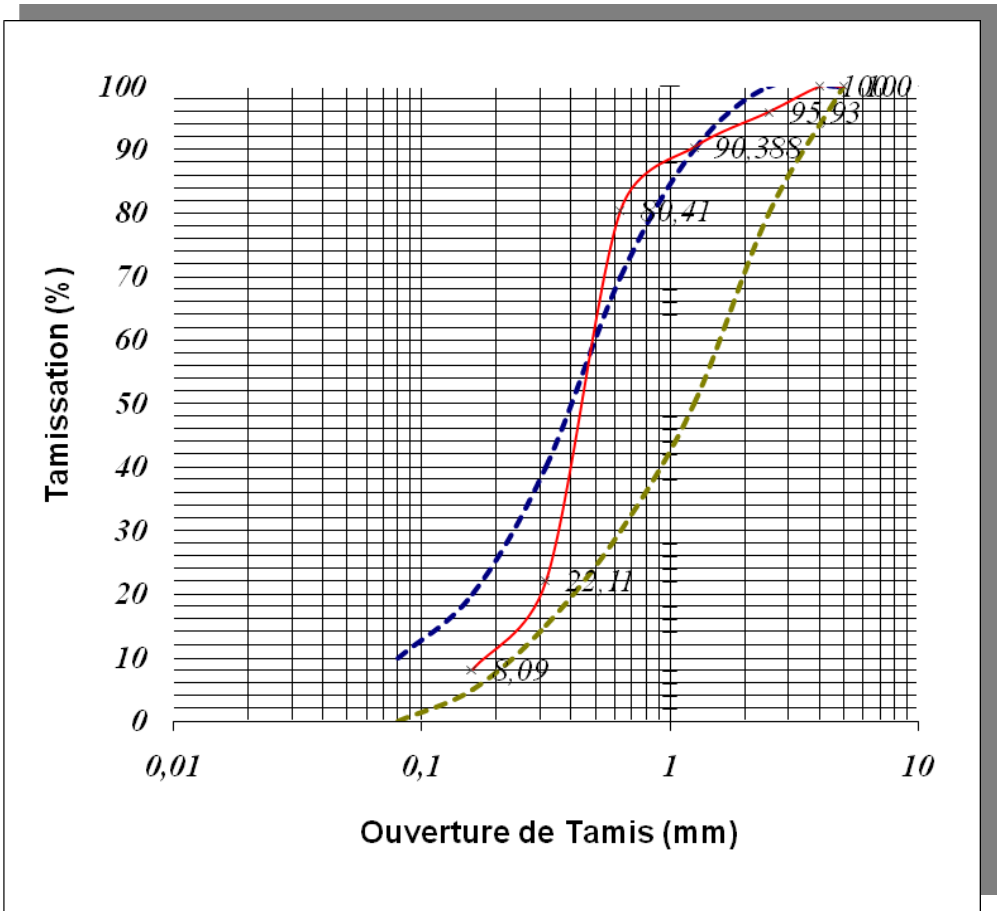
بالنسبة لطوب الاحمر + رمال الكثبان:

حيث الجدول التالي يلخص نتائج التحليل الحبيبي للمزيج

جدول **رقم** (7.II): يوضح نتائج التحليل الحبيبي للمزيج

المار	RC	المرفوض التراكمي	المرفوض	الفتحات الغربال
100	0	0	0	5
100	0	0	0	4
95.93	4.07	40.70	40.70	2.5
30.388	9.612	96.12	55.42	1.25
80.41	19.59	159.9	63.78	0.630
22.11	77.89	778.9	619	0.315
8.09	91.91	919.1	140.20	0.160
5.63	94.37	943.7	24.60	0.08

$$\mathbf{Mf=}\ \frac{\epsilon rc\%}{100} = \frac{4.07+9.612+19.59+77.89+91.91}{100} = \frac{202.77}{100} = 2.02$$



منحنى رقم (4.II): التحليل الحبيبي لبقايا الطوب الاحمر و رمل الكثبان

بالنسبة لطوب الاحمر + الطوب الحراري:

حيث الجدول التالي يلخص نتائج التحليل الحبيبي للمزيج

جدول رقم (8.II): يوضح نتائج التحليل الحبيبي للمزيج

فتحات الغربال بـ (mm)	المجمع الجزئي (g)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع بـ T(%)
5	0	0	0	100
4	6.06	60.06	0.606	99.394
2.5	120.26	126.32	12.632	87.360
1.25	162.04	288.36	28.836	71.160
0.630	180.58	468.94	46.894	53.100
0.315	26.020	678.960	67.896	32.110
0.160	170.70	849.660	84.966	15.040
0.08	132.88	982.540	98.254	1.75

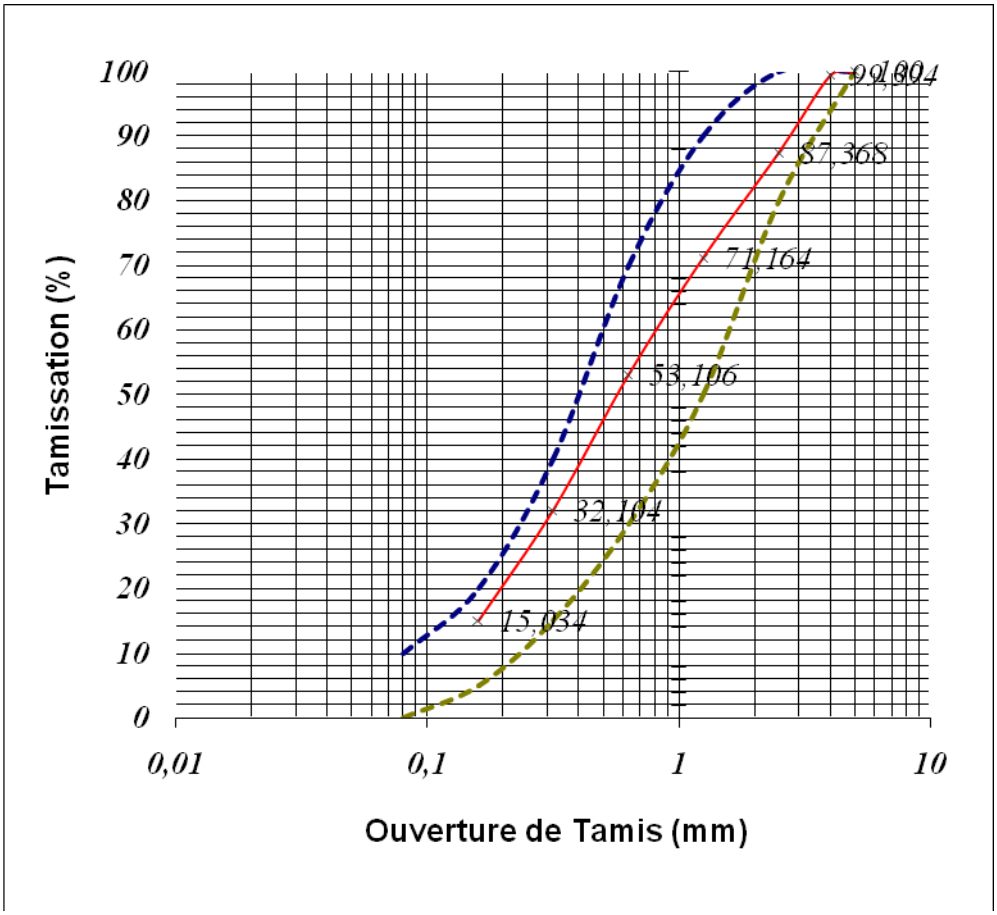
معامل النعومة:

Mf = Somme de Refus % / 100

Mf = (0.606+12.632+28.836+46.894+67.896+84.966) / 100

Mf = 2.42

3.5 > Mf > 2.1 مزيج جيد صالح لصنع خرسانة جيدة



منحنى رقم (5.II): يوضح التحليل الحبيبي لمزيج بقايا الطوب الاحمر والطوب الحرار

ملخص معامل النعومة لكل العينات:

جدول رقم (9.II): يوضح معامل النعومة لكل العينات

العينة	رمال الكثبان	الطوب الاحمر	الطوب الحراري	الطوب الاحمر مع رمال الكثبان	الطوب الاحمر مع الطوب الحراري
معامل النعومة	1.6	2.56	2.97	2.42	2.02

II-4-2- المكافئ الرملي Equivalent de Sable: [10]

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-598، الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في الخرسانة و الملاط.

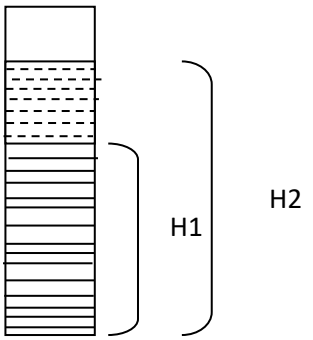
مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول floculant.

- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ثانية.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة.
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب.
- طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1).
- طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب كان ارتفاعها (H2).
- المكافئ الرملي يعطى عن طريق

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



الشكل (1.II): الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي.

<u>بالنسبة لرمال الكثبان:</u>

قمنا بغمر 120غ من الرمل الكثباني في أنبوب المكافئ الرملي

صورة رقم (4.II): توضح المكافئ الرملي لرمال الكثبان

- بعد تركه يستقر لمدة 20د يسجل ارتفاع المزيج + شوائب

$H_1 = 10.8$ cm

- أنزلنا المكبس الى المزيج المترسب سجلنا

$H_2 = 9.2$cm

$Es = H_2 / H_1 \times 100$

$Es = 85.18 ES \geq 80$

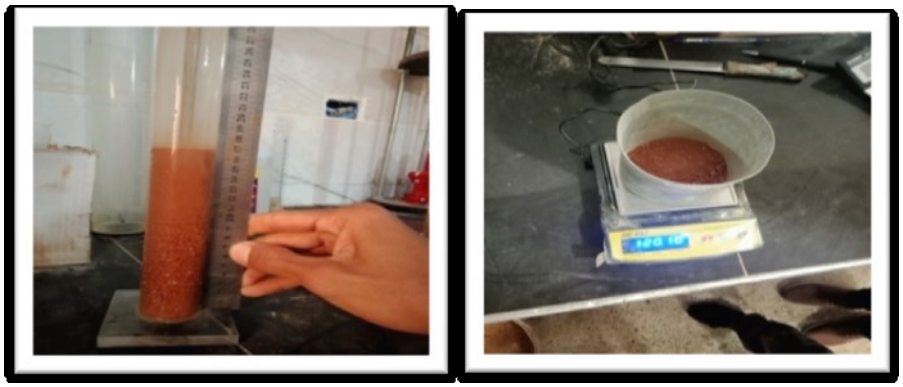
رمل نظيف جدا يستعمل في الخرسانة الخاصة

<u>بالنسبة لطوب الاحمر -الآجر-:</u>

قمنا بغمر 120غ من بقايا الطوب الأحمر في أنبوب المكافئ الرملي

- بعد تركه يستقر لمدة 20 دقيقة يسجل ارتفاع بقايا الطوب الأحمر + شوائب

H1 = 16.50 cm



صورة رقم (5.II): توضح المكافئ الرملي للطوب الآحمر–الآجر-

- أنزلنا المكبس الى بقايا الطوب الأحمر المترسب سجلنا

$H_2 = 11.30$ cm

$Es = H_2 / H_1 \times 100$

$Es = 68.48$ %

من المجال (60 – 70) رمل طيني يستعمل في الخرسانة او الميلاط العادي

بالنسبة لطوب الحراري:

قمنا بغمر 120غ من بقايا الطوب الأحمر في أنبوب المكافئ الرملي

صورة رقم (6.II): توضح المكافئ الرملي للطوب الحراري

- بعد تركه يستقر لمدة 20 دقيقة يسجل ارتفاع بقايا الطوب الأحمر + شوائب

النتائج المتحصل عليها:

القياس الأول بالمسطرة ..... $h_1 = 13.70$

القياس عند وضع المكبس ..... $h_2 = 9.90$

$Es = 9.90 / 13.80 = 72.26\ \%$

بالنسبة لطوب الاحمر + رمال الكثبان:

قمنا بغمر 120غ من مزيج بقايا الطوب الأحمر ورمل الكثبان في أنبوب المكافئ الرملي

- بعد تركه يستقر لمدة 20د يسجل ارتفاع المزيج + شوائب

$H_1 = 12cm$

- انزلنا المكبس الى المزيج المترسب سجلنا

$H_2 = 9.7\ cm$

$Es = H_2 / H_1 \times 100$

$Es = 80.8\ \%$

من المجال (80 – 90) رمل طيني يستعمل في الخرسانة أو الميلاط العادي

<u>بالنسبة لطوب الاحمر + الطوب الحراري:</u>

قمنا بغمر 120g من مزيج بقايا الطوب الأحمر وبقايا الطوب الحراري في أنبوب المكافئ الرملي

- بعد تركه يستقر لمدة 20 دقيقة يسجل ارتفاع المزيج + شوائب

$H_1 = 15.5cm$

- أنزلنا المكبس الى المزيج المترسب سجلنا

$H_2 = 10.5\ cm$

$Es = H_2 / H_1 \times 100$

$Es = 67.7\ \%$

من المجال (60 – 70) رمل طيني يستعمل في الخرسانة العادية

ملخص للمكافئ الرملي للعينات:

جدول رقم (10.II): معامل النعومة لكل العينات

العينة	رمال الكثبان	الطوب الاحمر	الطوب الحراري	الطوب الاحمر مع رمال الكثبان	الطوب الاحمر مع الطوب
معامل النعومة	85.18	68.48	72.26	80.8	67.7

II-3 مناقشة النتائج:

بالنسبة للرمال الكثبان:

من خلال تجارب المجرات على رمل الكثبان لمنطقة وادي سوف استنتجنا انه رمل دقيق معامل نعومته ضعيف لا يرقى لاستعماله في الخرسانة أو الملاط لوحده إلا إذا استعملنا معه مواد أخرى وهو لا ينتمي لأي مجال من مجالات معامل النعومة المنصوص عليها في القواعد.

كما لاحظنا انه من خلال المنحنى انه كان خارج بعض الشيء مقارنتا مع المنحنى المرجعي.

بالنسبة لطوب الأحمر -الآجر-:

إما بالنسبة له فهو ذا معامل نعومة Mf=2.26 جيد ينتمي للمجال A وذو تدرج حبيبي أيضا جيد وعند مقارنة منحناه مع المجال المرجعي نجد انه يدخل في المجال المرجعي بحيث نقترحه كأحد التصحيحات.

بالنسبة لطوب الحراري:

من خلال معامل نعومته Mf=2.97 فهو خشن بعض الشيء ينتمي للمجال C كما أن منحناه بالنسبة لتدرج الحبيبي خارج قليلا عن المجال المرجعي.

بالنسبة لمزيج الطوب الأحمر ورمال الكثبان:

من خلال قيمة معامل النعومة الذي يساوي Mf=2.02 حيث ينتمي الى المجال B نستنتج أن هذا المزيج متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول وعند مقارنة المنحنى المتحصل عليه مع المنحنى المرجعي لاحظنا انه يدخل في المجال في بعض النقاط ويخرج في بعض النقاط الاخرى.

بالنسبة لمزيج الطوب الأحمر والطوب الحراري:

فهو ذو معامل نعومة Mf=2.42 ينتمي للمجال A نستنتج من خلال ذلك إن هذا المزيج جيد وذا تدرج حبيبي جيد أيضا وعند مقارنة منحناه مع المنحنى المرجعي نجد إن كل نقاطه داخل المجال.

II-4 كيفية صناعة القطعة المدروسة (خرسانة الرمل):

يتم خلط كمية من بقايا الطوب الحراري قدرها 3000g وكمية من بقايا الطوب الأحمر قدرها 3000غ مع إضافة كمية من الاسمنت الحراري ISTRA40 قدرها 2000g، اما نسبة الماء فتحدد حسب معامل E/C بواسطة تجربة التشغيلية التي تجرى بجهاز طاولة الاهتزاز.

II-4-1- تجربة التشغيلية: [11]

تهدف هذه التجربة لقياس انتشار الخرسانة على طاولة الهز وقياس قيمة ذلك الانتشار.

أ) اختبار الانتشار على طاولة الهز:

وهو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة الخرسانة مع او بدون الحصى على الانتشار بواسطة التدفق، من اجل تحديد كمية المياه اللازمة للخلطة الخرسانية بحيث ان تكون في المجال اللدن والذي يمكننا من تشغيلية جيدة القولبة.

- **الجهاز المستعمل:**

ويسمى الجهاز بطاولة الاهتزاز كما هو موضح في الشكل (II-3).

وهو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة خرسانة الرمل على الانتشار بواسطة التدفق، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة لتحديد الأخيرة.

تم إجراء اختبارات قابلية رمل الخرسانة وفقًا للمعايير المعمول بها.

- **مبدأ التجربة:**

يتم ملئ المخروط الفولاذي ذو الأبعاد التالية القطر السفلي يساوي (25cm) القطر العلوي يساوي (17cm) ارتفاع المخروط (12.5 cm) بالخرسانة في طبقتين متساويتين، كل واحدة منها تدك 10 مرات بقضيب فولاذي، يتم رفع القالب رأسيًا، ثم نطبق سلسلة من 15 هزًا رأسيًا ارتفاع سقوط الهزة (cm 12.5) في 15 ثانية، وأخيرا، يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار.

- **طريقة حساب التشغيلية:**

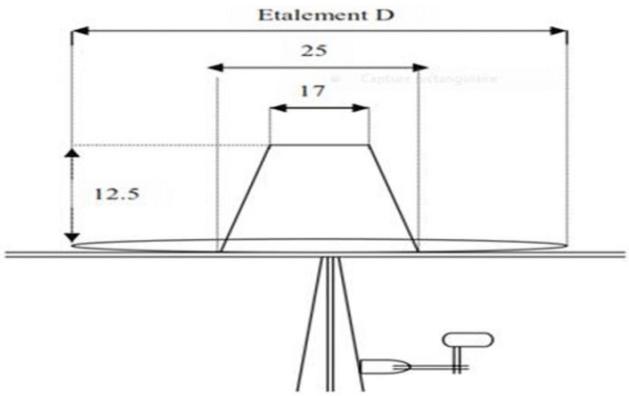
$$S = \frac{D}{\text{قطر العينة قبل الهز}}$$

حيث (D) = قطر انتشار العينة بعد الهز

قطر العينة قبل الهز = 25 سم (قاعدة المخروط).

جدول رقم (11.II): يوضح أصناف الخرسانة

صنف الخرسانة حسب التشغيلية	25 /D
1S: خرسانة صلبة جدا	من 1.1 إلى 1.3
1S: خرسانة صلبة	من 1.3 إلى 1.5
1S: خرسانة مرنة	من 1.5 إلى 1.7
1S: خرسانة مانعة	من 1.7 إلى 2



الشكل (3.II): طاولة الهز لتجربة التشغيلية [11]

❖ خرسانة الرمل المكونة من DdB / DdF:

E/C = 0.45*

بما ان كمية الاسمنت 2 Kg و (**E/C = 0.45**) فان نسبة الماء المضافة

E = 2 * 0.45 = 0.9 L

نسبة الملدن = 2%

E/C= 0.45 ← اسمنت 2kg ← ماء 0.9 L ←الملدن 2%

بعد مزج المكونات جيدا ثم وضع الخليط في المخروط ثم قمنا بالدك 10 مرات بواسطة القضيب الفولاذي رفع القالب (المخروط) تتطبيق الهز 15 هزة ثم نقوم بقياس القطر بعد الانتشار.

D = 28.5

D-25/25*100 = 28.5-25/25*100 = 14%

من المجال 10 الى 30 صلب جدا très ferme

صورة رقم (7.II): توضح شكل الخلطة

- **E/C = 0.55**

نسبة الماء المضافة 1.1 لتر

نسبة الملدن 2%

D= 33.6

33.6-25/25*100=34.4%

المجال من 30 الى 50 صلب Farme

صورة رقم (8.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

- **E/C=0.65**

نسبة الماء المضافة 1.3 لتر

D=36.8

36.8-25/25*100 = 47.2%

من المجال صلب Ferme

صورة رقم (9.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

- **E/C=0.75**

نسبة الماء المضافة 1.5 لتر

نسبة الملدن 2%

D=42

$\frac{42-25}{25} \times 100 = 68\%$ المجال من 50 % الى 70% لدن plastique

صورة رقم (10.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

❖ خرسانة الرمل المكونة من DdB / SdD:

لتحضير الخلطة نتبع نفس الخطوات السابقة لخرسانة الرمل الأولى

E/C (0.45):

نسبة الماء الضافة 0.9 لتر

نسبة الملدن 2%

D=35

35-25/25*100=40%

من المجال 30 الى 50 صلب Farme

صورة رقم (11.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

E/C (0.55):

نسبة الماء الضافة 1.1 لتر

نسبة الملدن 2%

D=38

$$\frac{38-25}{25} \times 100 = 52\%$$

من المجال 50 الى 70 لين

صورة رقم (12.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

E/C (0.65):

نسبة الماء المضافة 1.3 لتر

نسبة الملدن 2%

D=45.6

$$\frac{45.5-25}{25}\times 100 = 82\%$$

المجال 90 -70 لدن جـدا Très plastique

صورة رقم (13.II): توضح شكل الخلطة فوق طاولة الهز

❖ **جدول الملخص:**

جدول رقم (12.II): يوضح ملخص التجربة التشغيلية

التركيبة	E/C	نسبة الملدن	D/ 25	تصنيف الخرسانة
DdF + DdB	0.45	2%	28.5	صلب جدا
	0.55	2%	33.6	صلب جدا
	0.65	2%	33.8	صلب
	0.75	2%	42	لدن
SdD + DdB	0.45	2%	35	صلب
	0.55	2%	38	لدن
	0.65	2%	45.5	لدن جدا

ملاحظة:

بعد اجراء التجارب على مختلف التركيبات بإضافة نسب مختلفة من الماء علما ان نسبة الماء على الاسمنت E/C لا تقل على الحد الادنى المعتمدة 0.45 ونسبة الملدن ثابتة 2% في هذه الحالة تم استعمال الملدن من نوع لشركة و المعتبر مخفض للماء.

❖ **تركيبة خرسانة الرمل المستخدمة:**

جدول رقم (13.II): يوضح تركيبة خرسانة الرمل المستخدمة

المركبات	الاسمنت g	الماء L	معامل E/C	بقايا الطوب الأحمر g	بقايا الطوب الحراري g	رمل الكثبان g	الملدن %
DdB+ DdF	(جزء 1) 2000	1.5	0.75	(جزء 1.5) 3000	(جزء 1.5) 3000		2
SdD+Dd B	(جزء 1) 2000	1.3	0.65	(جزء 1.5) 3000		(جزء 1.5) 3000	2

❖ **تحضير و شكل العينات:**

بعد الحصول على التركيبة المقبولة لكل من الخرسانتين قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات اللازم دراستها حيث كانت بالإبعاد التالية (40×40×160) سنتمتر إما العجينة فتم خلطها باليد وتم تحضير هذا الخليط بالطريقة التالية:

بالنسبة لمزيج بقايا الطوب الأحمر و الطوب الحراري:

- تم وضع كمية بقايا الطوب الأحمر بنسبة 50% من الوزن الكلي للرمل وتحريكه قليلا بواسطة المعولة
- اضافة كمية الطوب الحراري بنسبة 50% من وزن الرمل ومزجه مع الطوب الأحمر مع تحريك لمدة دقيقتين حتى يدخل كلا المدتين في بعضهما البعض
- إضافة كمية الاسمنت بوزن 1/4 من وزن الرمل ثم التحريك لمدة دقيقتين.
- إضافة نسبة الملدن بنسبة 2% في البداية عن طريق عملية الوزن حسب كمية الاسمنت
- اضافة الماء تدريجيا الى المزيج مع التحريك حتى نتحصل على قوام جيد.
- ملئ القالب عبر طبقات مع الهز بواسطة جهاز الاهتزاز حتى امتلاء القالب ثم تسويته ونزع الزائد.
- نترك العينة حتى تجف ثم نزع القالب بعد 24 ساعة.

بالنسبة لعينات بقايا الطوب الاحمر ورمال الكثبان:

تم صبها بنفس الطريقة السابقة كل تركيبة تغمس عيناتها في الماء لمدة 7 و 14 و 21 و 28 و 30 و60 يوم بحيث عند وصول لاحد هذه الايام نستخرج 3 عينات من كل نوع لإجراء تجارب عليها.

صورة رقم (14.II): توضح لحظة نزع أحد العينات من القالب

❖ **الرموز والتسميات الخاصة بالعينات:**

SdD: الرمال الكثبانية، *(Sable de Dune)*

DdF: بقايا الطوب الحراري، *(Déchet de Pierre Réfracteur)*

DdB: بقايا الطوب الأحمر" الآجر"، *(Déchet de Brique)*

الفصل الثالث

التجارب الميكانيكية

مدخل:

تعتبر الخصائص الميكانيكية لمادة ما من أهم الخصائص التي تميزها عن غيرها من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل وإعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترحة في الدراسة. ففي هذا الفصل سنتطرق إلى الخصائص الميكانيكية وبالتحديد إلى مقاومة الانحناء ومقاومة الضغط في الأيام (7، 14، 21، 28 ،30 ،60) كما سنقوم بدراسة الأمواج الصوتية، أما بالنسبة للخصائص الفزيائية فقد عالجنا ظاهرة الانكماش في الأيام 7 ،10، 14 ، 21,28) والامتصاص لأنواع خرسانة الرمل المدروس.

- خرسانة رمل مكون من بقايا الطوب الحراري و بقايا الطوب الأحمر واسمنت حراري من نوع ISTRA.40 وماء
- خرسانة رمل مكون من بقايا الطوب الأحمر و رمال الكثبان واسمنت حراري ISTRA.40 والماء.
- الخرسانة الشاهد من الحجر الأساسي (حجر حراري).

III-1 الخصائص الميكانيكية:

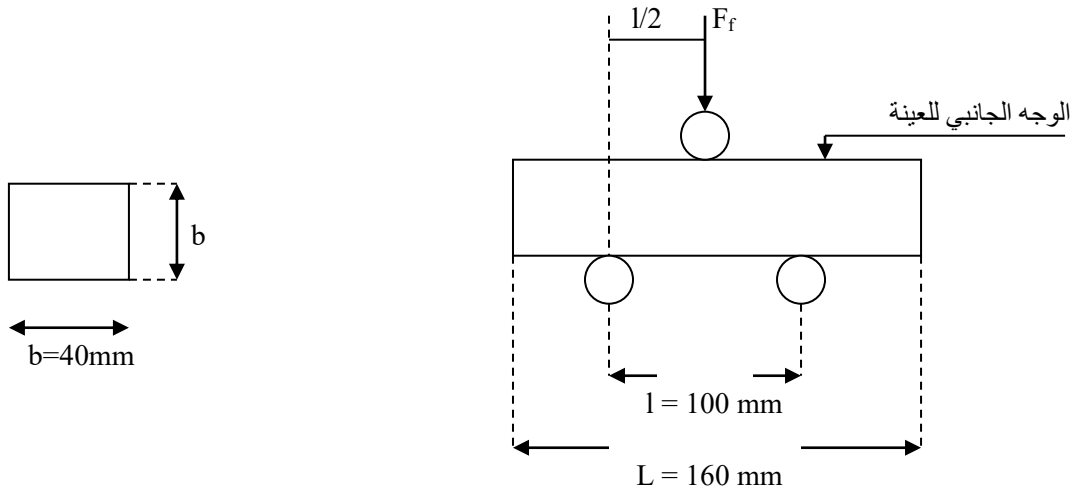
III -1-1- تعريف المقاومة:

هي قدرة المادة على تحمل الأحمال المطبقة عليها دون حدوث انهيار ميكانيكي أو تشوه، حيث تعمل القوة والأحمال المطبقة على المادة التي تولد قوى داخلية تسمى بالإجهادات، قد تكون الأحمال المطبقة محورية كالضغط والانحناء لذلك يجب تحديدها لمعرفة مدى مقاومة العنصر للأحمال. [12].

III-1-2- تجربة التحطيم بالانحناء:

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

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 وشكل (4) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.[13]



شكل رقم (1.III): يوضح آلية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل ذات أبعاد (40×40×160ملم)، قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل إلى 100KN إذ تطبق تقريبا 2 KN/min صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة.

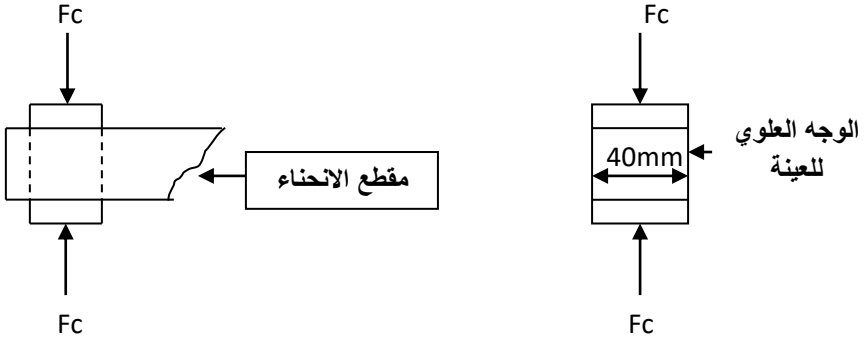
مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

$$Rf = 2xFxL / 3xb^3$$

III-1-3- مقاومة الضغط :

III-1-3-1- تجربة التحطيم بواسطة الضغط:

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1[13]. وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأتي من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد 40x40 mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1cm من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل.



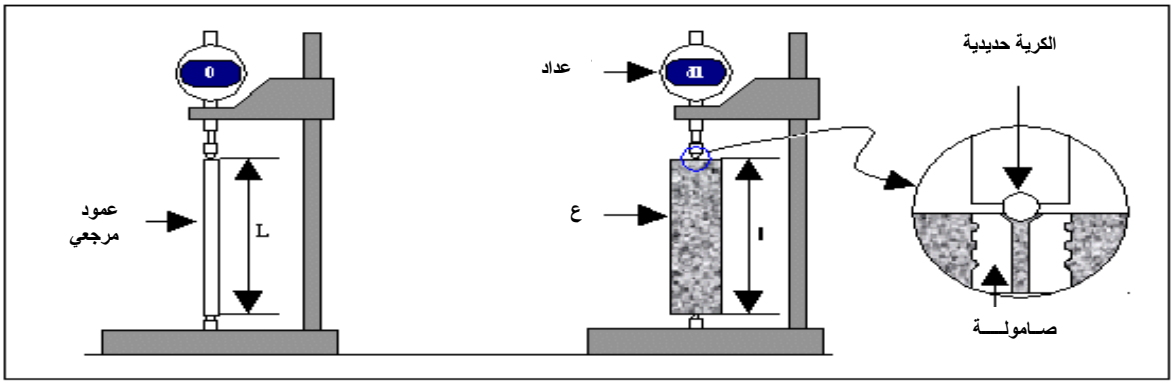
شكل رقم (2. III): يوضح آلية التحطيم بالضغط. [13]

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم لمخبر نيوزيلاب بتجربة الضغط MP12 من نوع Oehlgass قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 120 kN وبواسطة سرعة انتقال منتظمة ومستمر صورة الجهاز موضح في الملحق.

III-1-4- تجربة الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع 4×4 cm و طول 16 cm مزودة في سطوحها العلوية والسفلية بصامولتين توضع عليهما كوريتين حديديتين وتدخل العينة وهي على هذا الحال الى جهاز رقمي يقس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه ، هذا الجهاز من النوع Rétrocontrôle: كما هو موضح في انظر الشكل رقم(6.IV) يمثل شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P 15-433 .[14]



شكل رقم (3.III): يوضح آلة الانكماش.

ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بكل التجارب هي 12 عينة.

6 عينات من DdB/DdF.

6 عينات من SdD/DdB.

III-1-5- تجربة أمواج الصوتية:

في هذي الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسري خلال عينة الميلاط ويتم تعيين من انتقالها حيث وجد إن سرعة النبضات خلال صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها. [15]

❖ **خطوات التجربة: [15]**

- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرافق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.
- يتم قياس المسافة **L** التي تسيرها النبضات بدقة أي (طول السير)
- يوضح المرسل Emetteur والمستقبل Rrécepteur على العينة وان يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل وسطح العينة (يستخدم لهذا الغرض الشحم أو الفازلين أو الصابون السائل).
- عند وضع المرسل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.
- تقرا من خلال الجهاز السرعة V بـ m/s والزمن المستغرق T بـ uş .

الصورة رقم (1.III): توضح جهاز قياس الأمواج الصوتية

III-1-6- امتصاص الماء:

❖ **تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية) :**

تجربة امتصاص الماء بواسطة الخاصية الشعرية هي التجربة التي تعطينا معلومات عن قدرت امتصاص الماء من طرف الخرسانة. حيث أنها تتضمن قياس كتلة الماء التي تم امتصاصها من قبل العينة.

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

وهي من أهم مميزات الخرسانة بصفة عامة، التي تدلل على مدى كتامة المادة من عدمه، ونستطيع القول أنها تعطي لمحة عن الفراغات والمسامات داخل الجسم الخرساني، حيث أن امتصاص الخرسانة لكثير

من الماء قد يؤدي لحدوث عدد من المشاكل داخل الجسم الخرساني، منها المساعدة على دخول المواد الضارة - وتجربة امتصاص الماء تجرى كما يلي [16] :

أخذ العينات وهي جافة.

توضع على مسندين حاملين .

تغمر بمقدار 2mm .

ويبقى الجزء العلوي في الهواء الطلق .

يقاس الوزن خلال الزمن كما يلي ، في 6 د ،12 د ، 30 د ، 1 سا ، 4 سا، 8 سا، 24 سا، 48 سا .

يحسب حجم الفراغات من خلال حساب وزن الماء الممتص .

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن بالعلاقة [16] :

$$AC\% = (M_{SAT} - M_{SEC} / M_{SEC}) \times 100$$

AC : معامل الامتصاص

M_{SAT} : كتلة العينة بعد الامتصاص

M_{SEC} : كتلة العينة الجافة

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق بالزمن ومساحة العينات مغمورة في الماء أيضا بالعلاقة: [16]:

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

Ca : معامل الامتصاص (kg/m^2)

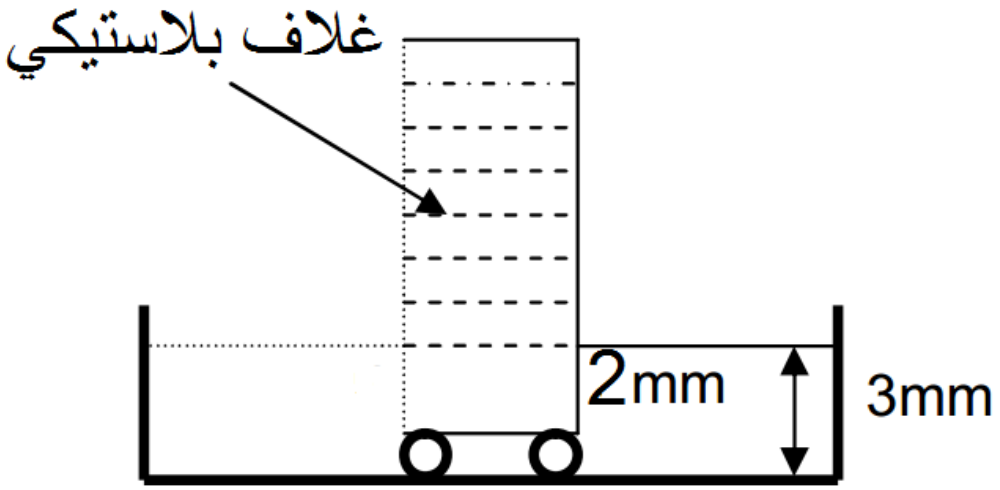
MSAT : كتلة العينة بعد الامتصاص (Kg)

MSEC : كتلة العينة الجافة (Kg)

A: مساحة سطح العينة (m^2)

وقد تم القياس كما يلي :

- بالنسبة للعينات التي استعملت كشاهد، حفظت في الماء بعد نزع القالب ، وبقيت في الهواء حيث لم توضع في الوسط العدواني .



الشكل رقم (4.III): رسم تخطيطي يوضح تجربة امتصاص الماء بالخاصية الشعرية

III-1-7- تجربة الناقلية الحرارية:

الناقلية الحرارية هي خاصية فيزيائية للمواد تشير إلى قدرة المادة على نقل الحرارة وتقاس الناقلية الحرارية بوحدة k/m/w ويختلف تأثيرها وفعاليتها باختلاف المواد. [17]

يتم قياس معدل انتقال الحرارة بفعل الحمل الحراري من خلال القانون التالي: [18]

$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

ΔT هو الفرق في درجة الحرارة..... $(\Delta T = T1 - T2)$

المقاومة الحراري بالأوم ..... R(Ω)

Q التدفق الحراري بلواط..... Q= 500w

II-2- النتائج تجارب المتحصل عليها:

❖ **نتائج تجربة الانحناء:**

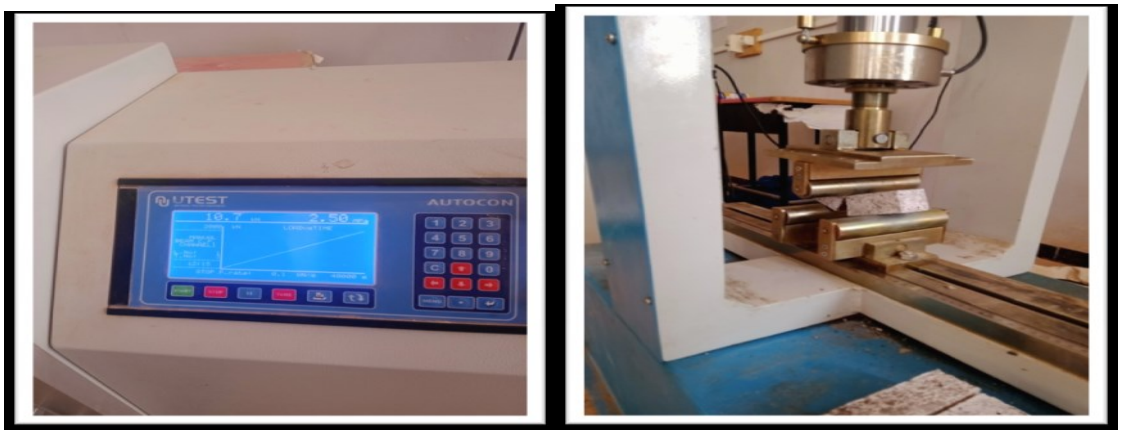
نتائج تجربة الانحناء للحجر الحراري العينة الشاهد أخذت من غير علمنا بتاريخ الصناعة وقد اعتبرنا أن المقاومة في مداها الطويل.

بالنسبة للعينة الشاهد : أعطت اجهاد قدره **8.71 MPa**.

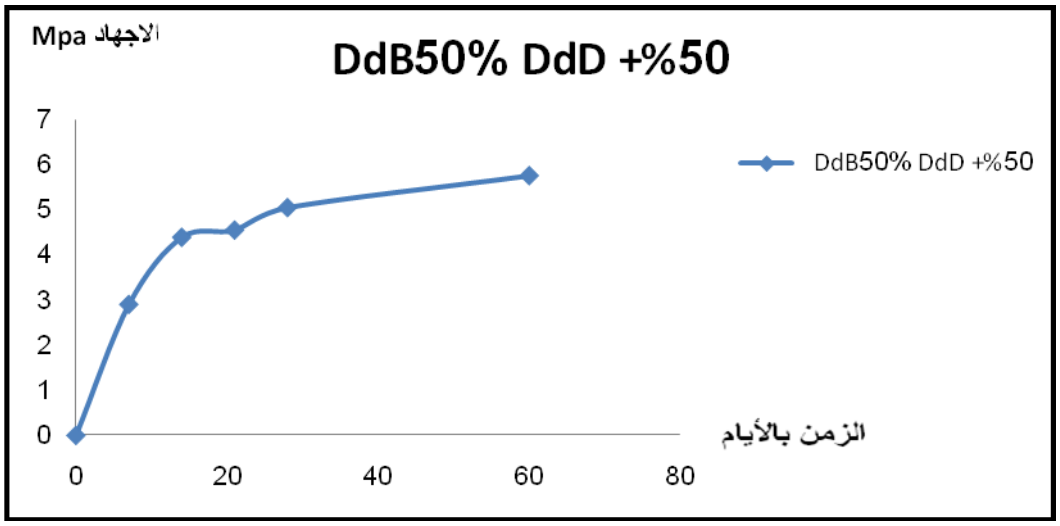
بالنسبة للعينة (SdD/DdB)

جدول رقم (1.III): يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات (SdD/DdB)

العينة	الإجهاد في 7ايام MPa	الإجهاد في 14يوم MPa	الإجهاد في 21يوم MPa	الإجهاد في 28يوم MPa	الإجهاد في 30يوم MPa	الإجهاد في 60يوم MPa
SdD + DdB	2.91 ± 0.46	4.4 ± 0.94	4.56 ± 0.78	5.06 ± 0.12	5.16 ± 0.07	5.77 ± 0.32



صورة رقم (2.III): توضح تجربة الانحناء



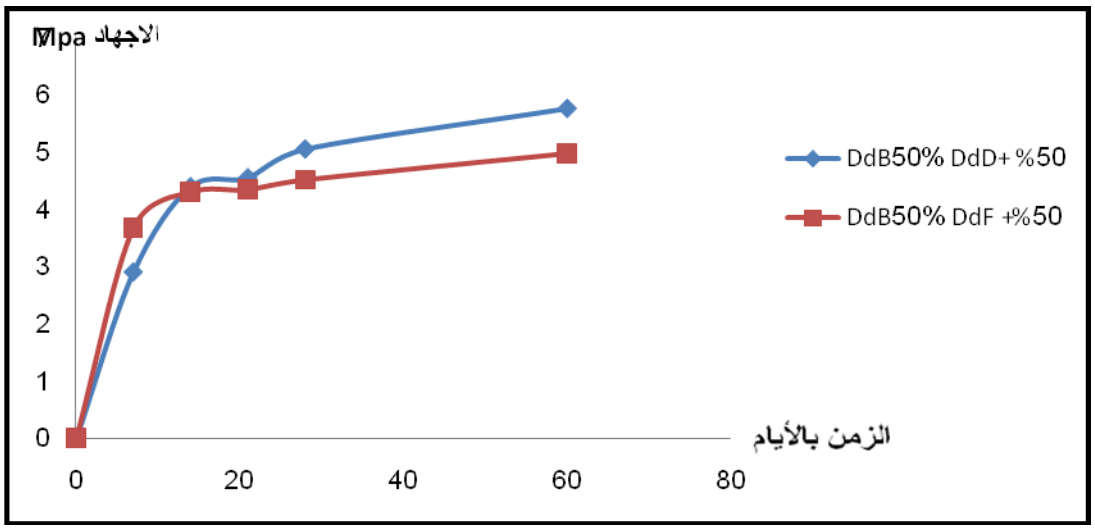
منحنى رقم (1.III): بياني يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات SdD/DdB

بالنسبة للعينة (DdF/DdB)

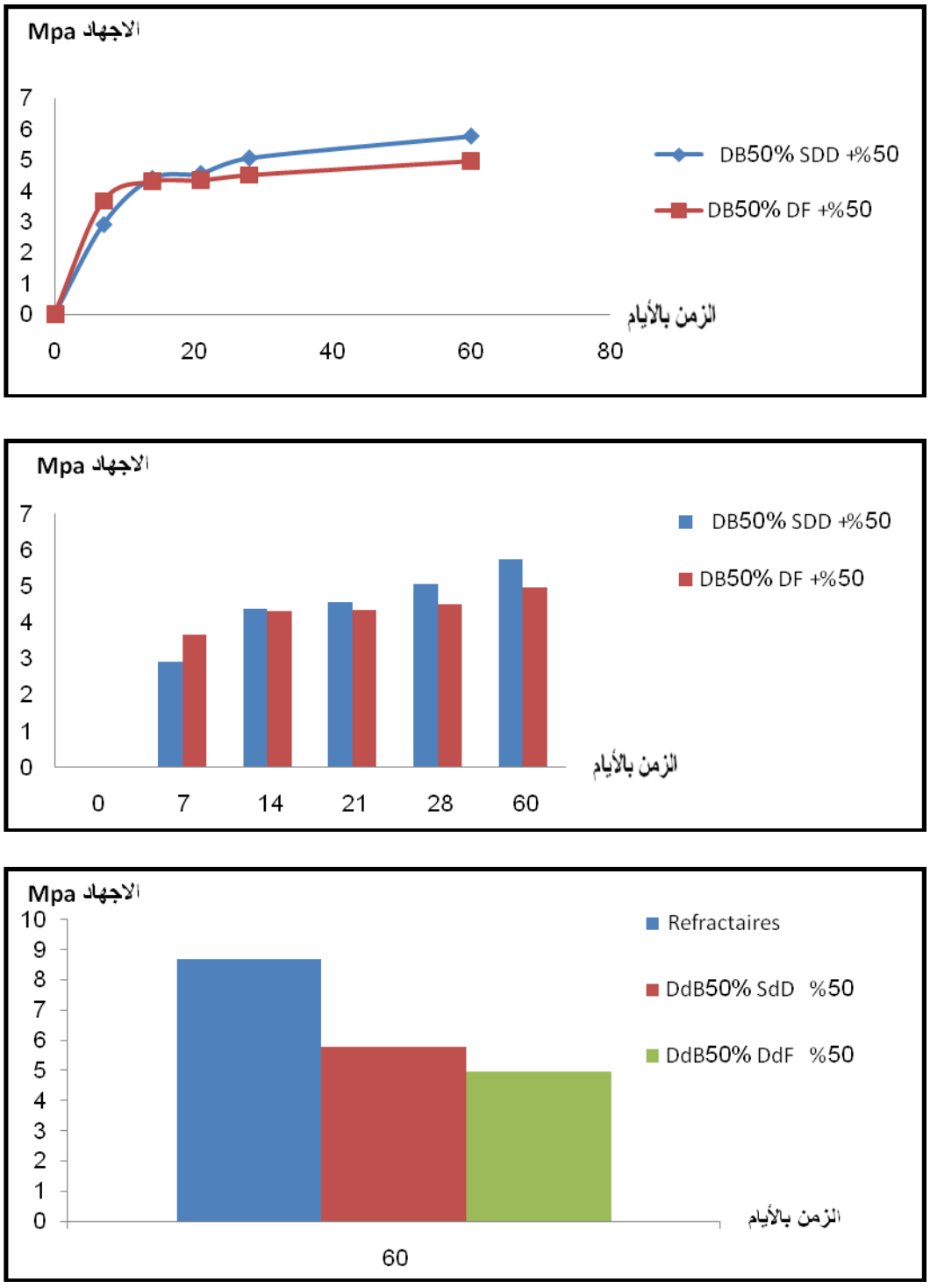
جدول رقم (2.III): يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات (DdF/DdB)

العينة	الإجهاد في 7ايام MPa	الإجهاد في 14يوم MPa	الإجهاد في 21 يوم MPa	الإجهاد في 28 يوم MPa	الإجهاد في 30 يوم MPa	الإجهاد في 60 يوم MPa
DdB + DdF	3.68 ± 0.11	4.31 ± 0.06	4.18 ± 0.28	4.52 ± 0.05	4.59 ± 0.03	4.98 ± 0.26

صورة رقم (3.III): توضح تجربة الانحناء



منحنى رقم (2.III): يوضح مقارنة نتائج الانحناء للعينات (DdF/DdB)و(SdD/DdB)



منحنى بياني رقم (3.III): يوضح الفرق بين ثلاث عينات

❖ **نتائج مقاومة الضغط:**

بالنسبة للعينة الشاهد: نتائج مقاومة الضغط اعطت القيمة 89.32 MPa

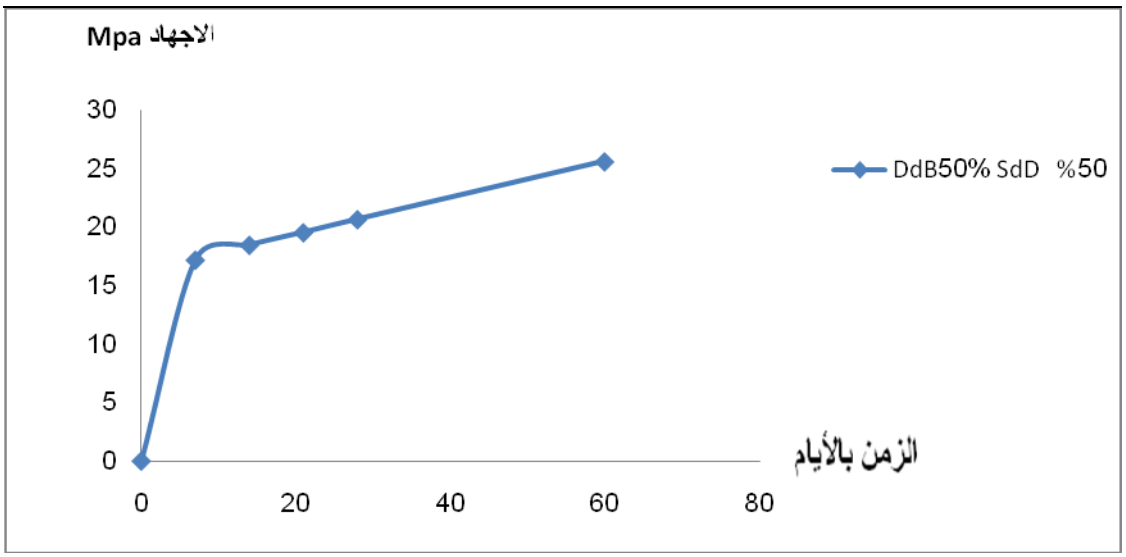
صورة رقم (4.III): توضح تجربة الضغط للعينة الشاهد

بالنسبة للعينة (SdD/DdB):

جدول رقم (3.III): يوضح نتائج تجربة الضغط للعينات (SdD/DdB)

العينة	الإجهاد في 7 ايام MPa	الإجهاد في 14 يوم MPa	الإجهاد في 21 يوم MPa	الإجهاد في 28 يوم MPa	الإجهاد في 30 يوم MPa	الإجهاد في 60 يوم MPa
SdD + DdB	17.17 ± 4.48	18.45 ± 6.21	19.52 ± 5.92	20.64 ± 5.50	20.81 ± 5.37	25.58 ± 3.74

صورة رقم (5.III): تجربة الضغط



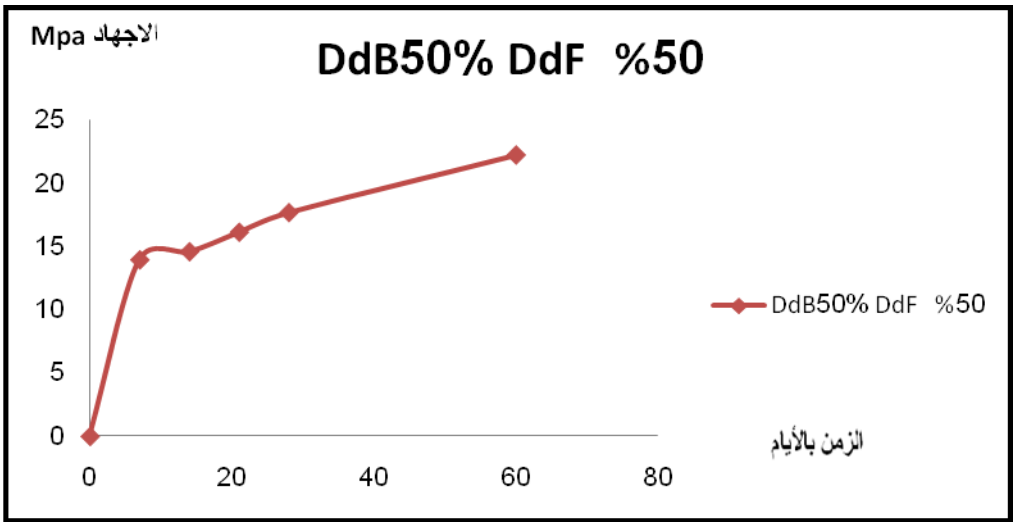
منحنى رقم (4.III): يوضح نتائج تجربة الضغط للعينة SdD/DdB

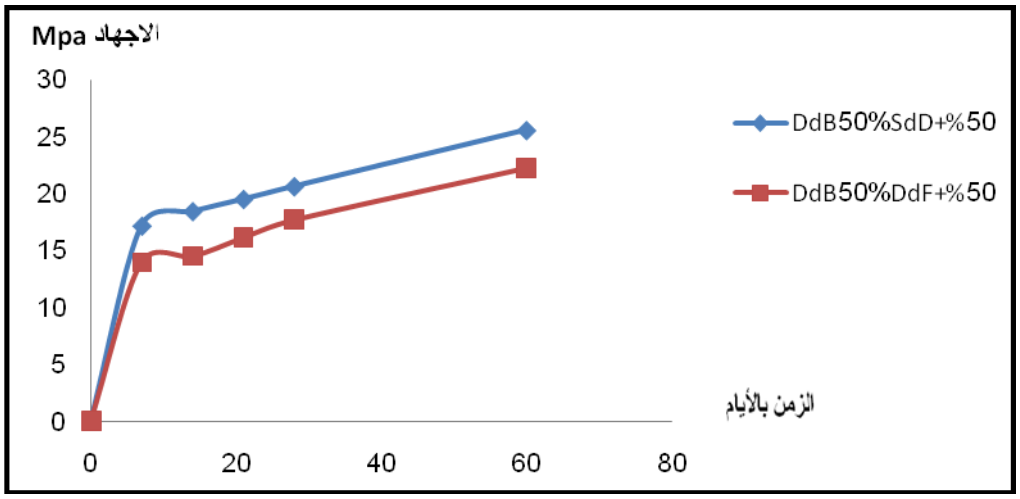
بالنسبة للعينة (DdF/DdB):

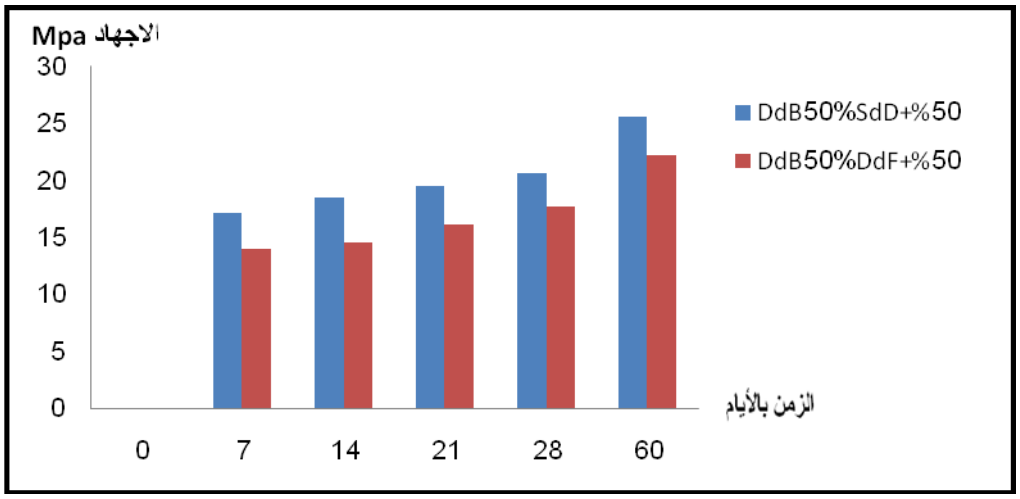
جدول رقم (4.III): يوضح نتائج تجربة الضغط للعينات (DdF/DdB)

العينة	المقاومة بعد 7 ايام MPa	المقاومة بعد 14 يوم MPa	المقاومة بعد 21 يوم MPa	المقاومة بعد 28 يوم MPa	المقاومة بعد 30 يوم MPa	المقاومة بعد 60 يوم MPa
DdB + DdF	13.95 ± 0.30	14.59 ± 0.59	16.13 ± 0.58	17.68 ± 1.60	18.12 ± 0.99	22.23 ± 2.40

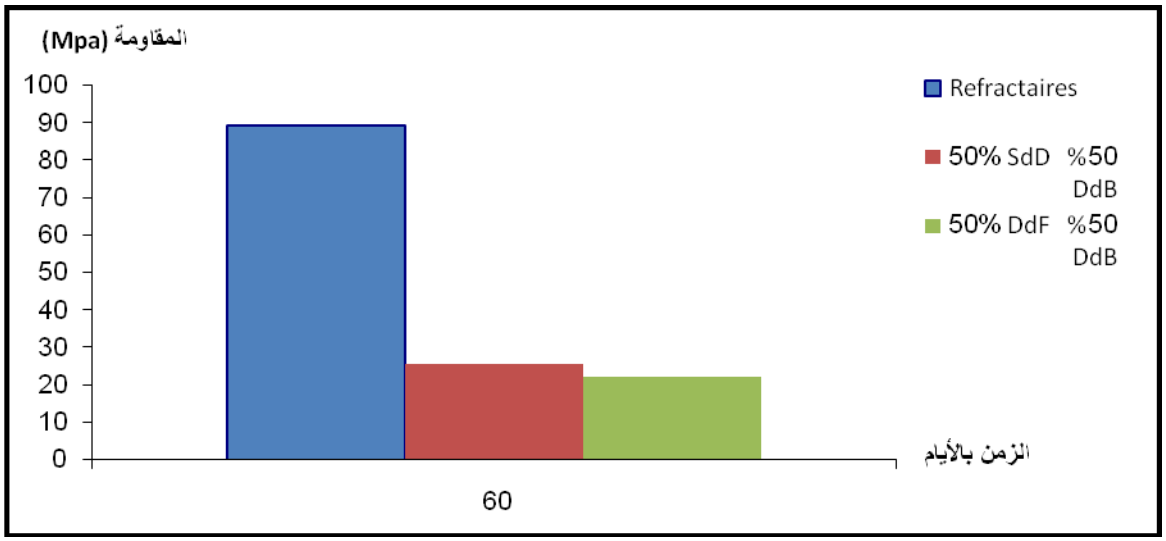
صورة رقم (6.III): توضح تجربة الضغط للعينات (SdD/DdB)







منحنى رقم (5.III): لنتائج فرق الضغط للعينتين (DdF/DdB وSdD/DdB)



منحنى رقم (6.III): يوضح الفرق لنتائج للعينات الثلاث

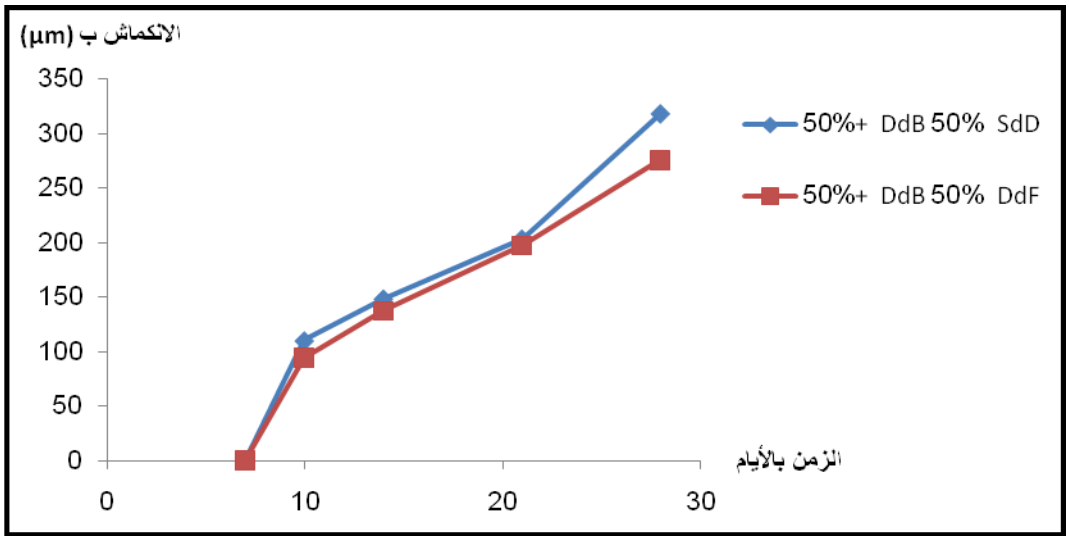
❖ نتائج تجربة الانكماش

جدول يوضح النتائج المتحصل عليها:

جدول رقم (5.III): يوضح نتائج تجربة الانكماش

28	21	14	10	7	التعيين / الايام
318,16	203,16	148,16	109,8	0	SdD50%+DdB50%
275,8	197,5	137,5	94,16	0	DPF50%+DdB50%

صورة رقم (7.III): نتائج تجربة الانكماش



منحنى رقم (7.III): يوضح نتائج تجربة الانكماش

❖ **نتائج تجربة الأمواج الصوتية**

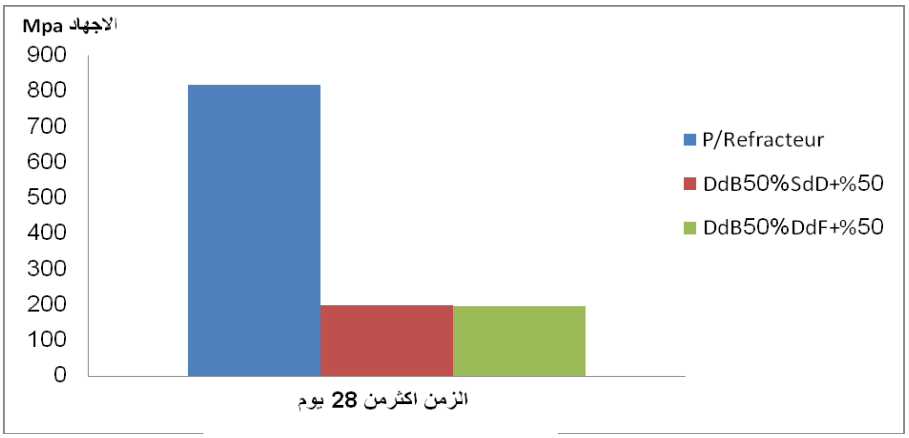
جدول يوضح النتائج المتحصل عليها:

Désignation	ELEMENT	M/V (kg/m3)
SdD + DdB	Ep1	2500
	Ep2	2500
	Ep3	2500
DdF + DdB	Ep1	2350
	Ep2	2350
	Ep3	**2350**
P/Ref.	**Ep1**	**2400**

POTEAUX DES RESULTATS				
D (cm)	**T (µs)**	**V (m/s)**	**Ed (MPA)**	**RC (bars)**
16	**51,5**	**3106,8**	**21543,7**	**199**
16	**51**	**3137,3**	**21968,2**	**200**
16	**50,5**	**3168,3**	**22405,3**	**201**
			moyen	**200**
16	**51**	**3137,3**	**20650,1**	**198**
16	**52,50**	**3047,6**	**19486,9**	**196**
16	**50,50**	**3168,3**	**21061,0**	**198**
			moyen	**197**
16	**20,98**	**9532,9**	**194721,7**	**819**

DIS	ELEMENT	RC (bars)	moyen
SdD + DdB	**Ep1**	**199**	**200**
	Ep2	**200**	
	Ep3	**201**	
DdF + DdB	**Ep1**	**198**	**197**
	Ep2	**196**	
	Ep3	**198**	
P/Ref.	**Ep1**	**819**	**819**

النتائج المتحصل عليها موضحة في الرسم البياني:



منحنى رقم (8.III): يوضح إجهاد المقاومة العينات فوق 28 يوم

❖ **نتائج تجربة الامتصاص:**

جدول يوضح نتائج تجربة الامتصاص:

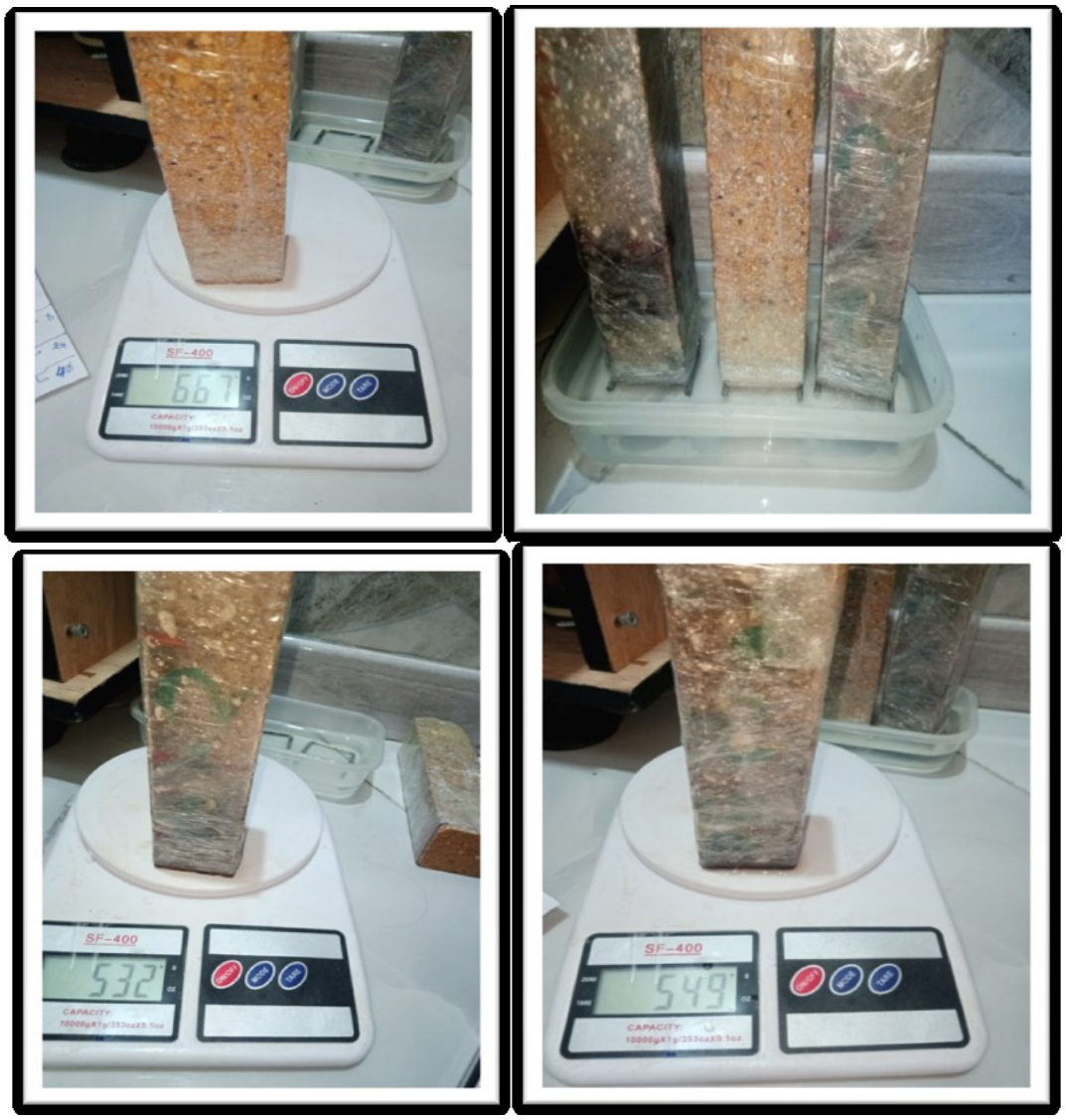
العينة 1 تمثل الحجر الحراري الشاهد الوزن الصافي 630g

العينة 2 تمثل خرسانة الرمل المشكلة من بقايا الطوب الحراري وبقايا الطوب الأحمر -الآجر- الوزن الصافي 525g

العينة 3 تمثل خرسانة الرمل مكون من بقايا الطوب الأحمر والرمل الكثباني الوزن الصافي 540.g

جدول رقم (6.III): يوضح نتائج تجربة الامتصاص

الزمن / العينة	6د	12د	30د	1سا	4سا	8سا	24سا	48سا
العينة 1 بالغرام	636	639	644	650	659	664	667	669
العينة 2 بالغرام	525	525	525	526	530	532	535	537
العينة 3 بالغرام	540	541	541	541	544	545	549	550



صورة رقم (8.III): توضح تجربة الامتصاص

❖ **حساب معامل الامتصاص:**

$$Ab=(Msat) - (Msec)/Msec\times100$$

مثال عن كل عينة:

<u>بالنسبة للعينة 1</u>

$$Ab=\frac{636-630}{630}\times 100 = 0.9\%$$

<u>بالنسبة للعينة 2</u>

$$Ab = \frac{525 - 225}{225} \times 100 = 0\%$$

بالنسبة للعينة 3

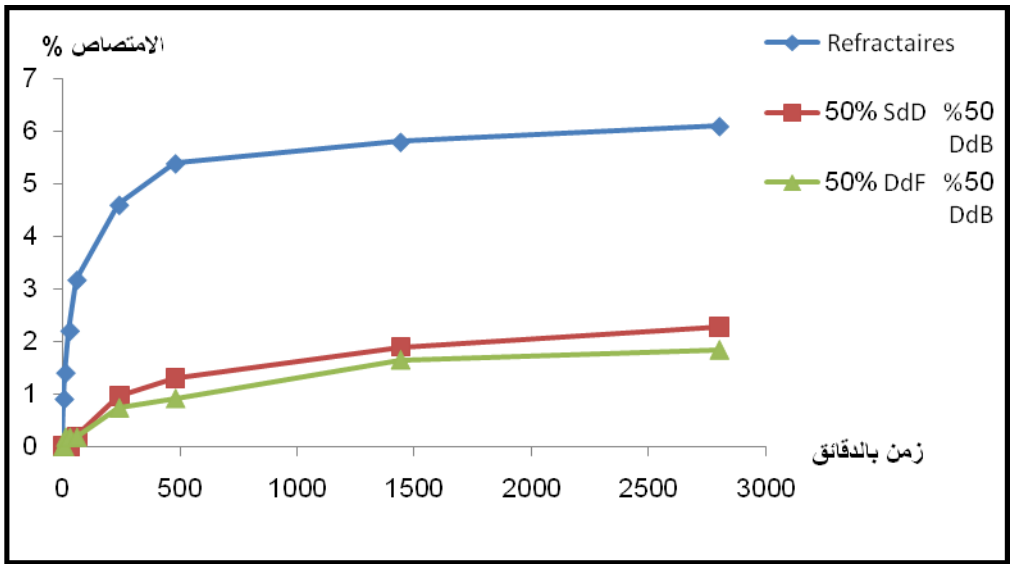
$$\mathrm{Ab} = \frac{540 - 540}{540} \times 100 = 0\%$$

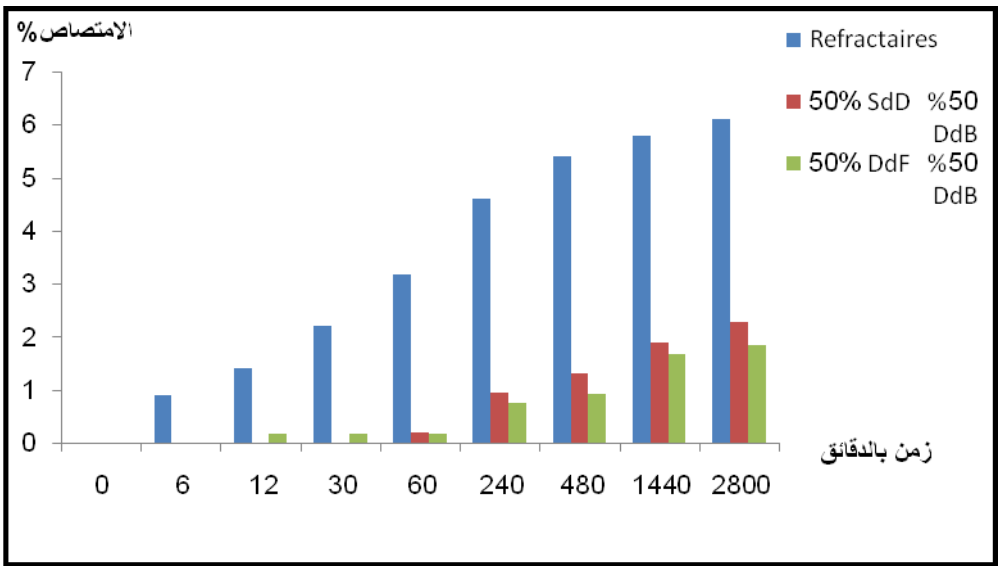
جدول يوضح نتائج معامل الامتصاص بدلالة الزمن:

الوزن الصافي 540g

جدول رقم (7.III): نتائج معامل الامتصاص

الزمن	6د	12د	30 د	1 سا	4 سا	8 سا	24 سا	48 سا
العينة 1	%0.9	1.4%	2.2%	3.17%	4.60%	5.39%	5.8%	6.10%
العينة 2	0%	0%	0%	0.19%	0.95%	1.30%	1.90%	2.28%
العينة 3	0%	0.18%	0.18%	0.18%	0.74%	0.92%	1.66%	1.85%



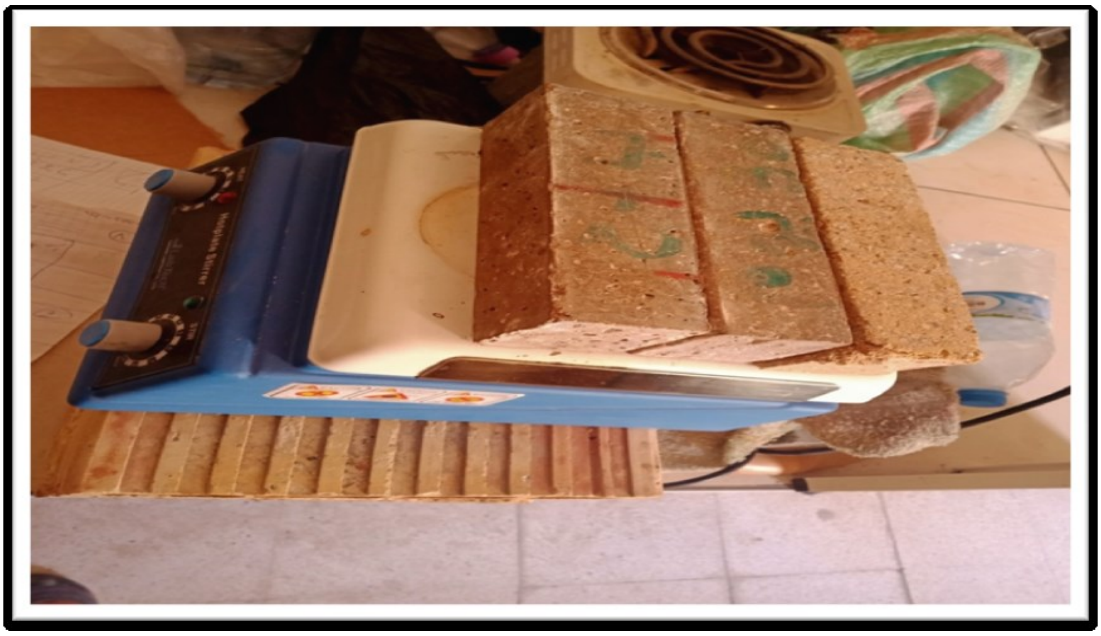


منحنى رقم (9.III): يوضح امتصاص الماء للعينات الثلاث

❖ نتائج تجربة الناقلية الحرارية:

جدول رقم (8.III): يوضح نتائج الحرارة

العينة	الحرارة بعد 5د بk	الحرارة بعد 10د بk	الحرارة بعد 15د بk
Refractaires	T_1=171 T_2=55	T_1=215 T_2=72	T_1=233 T_2=85
DdF/DdB	T_1=168 T_2=47	T_1=180 T_2=59	T_1=191 T_2=72
SdD/DdB	T_1=126 T_2=67	T_1=203 T_2=82	T_1=212 T_2=91



صورة رقم (9.III): توضح تجربة الناقلية الحرارية

من القانون السابق تحصلنا على النتائج التالية:

$$Q = \frac{\Delta T}{R} \rightarrow R = \frac{\Delta T}{Q}$$

حساب الفرق في الحرارة ΔT:

$$\Delta T = T1 - T2$$

$$\Delta T = 171 - 55 = 116K$$

نتائج ΔT موضحة في الجدول التالي:

جدول رقم (9.III): يوضح نتائج الفرق الحراري

العينة	ΔT بعد 5د K	ΔT بعد 10د k	ΔT بعد 15د K
Refractaires	116	143	148
DdF/DdB	121	121	119
SdD/DdB	59	121	121

حساب المقاومة الحرارية R:

$$\mathrm{R}r = \frac{\Delta Tr}{\mathrm{Q}} \rightarrow Rr = \frac{116}{500} = 0.232\,\Omega$$

باقي النتائج مدونة في الجدول التالي:

جدول رقم (10.III): يوضح نتائج المقاومة الحرارية

العينة	المقاومة الحرارية بـ Ω بعد 5د	المقاومة الحرارية بـ Ω بعد 10د	المقاومة الحرارية بـ Ω بعد 15د
Refractaires	0.232	0.286	0.296
DdF/DdB	0.118	0.242	0.270
SdD/DdB	0.242	0.242	0.242

منحنى رقم (10.III): يوضح المقاومة الحرارية بدلالة الزمن

III-3 مناقشة النتائج التجارب

III-3-1- مناقشة نتائج الانحناء والضغط :

نلاحظ أن الخرسانة ذات التركيبة DdB+SdD اعطت مقاومة للانحناء بلغت خلال 7 ايام الاولى 2.91 MPa وقد تحسنت عبر الزمن حيث بلغت خلال السبعة ايام الموالية 4.4 اي بزيادة قدرها 51.20% اما بالنسبة ل28 يوم فقد بلغت 5.06 اي بنسبة تحسن تقدر ب 73.88%، وقد لغت خلال عمر الدراسة -60 يوم- 5.77 اي بنسبة تحسن تقدر ب 98.28%.اما بالنسبة لمقاومة الضغط لهذا النوع فقد تحسنت ايضا عبر الزمن فقد بلغت خلال 7 ايام الاولى 17.17MPa وقد تحسنت عبر الزمن حيث بلغت خلال السبعة ايام الموالية 18.45 اي بزيادة قدرها 7.45% اما بالنسبة ل28 يوم فقد بلغت 20.64 اي بنسبة تحسن تقدر ب 20.21%.وقد لغت خلال عمر الدراسة " 60 يوم " 25.58 اي بنسبة تحسن تقدر ب 48.98%.

أما بالنسبة للخرسانة ذات التركيبة **DdF/DdB** اعطت مقاومة للانحناء بلغت خلال 7 ايام الاولى 3.68MPa وقد تحسنت عبر الزمن حيث بلغت خلال السبعة ايام الموالية 4.31 اي بزيادة قدرها 17.11% اما بالنسبة لـ 28 يوم فقد بلغت 4.52 اي بنسبة تحسن تقدر بـ 22.28%، وقد لغت خلال عمر الدراسة " 60 يوم " 4.98 اي بنسبة تحسن تقدر ب 35.32%. اما بالنسبة لمقاومة الضغط لهذا النوع فقد تحسنت ايضا عبر الزمن فقد بلغت خلال 7 ايام الاولى 13.95MPa وقد تحسنت عبر الزمن حيث بلغت خلال السبعة ايام الموالية 14.59 اي بزيادة قدرها 4.59% اما بالنسبة لـ " 28 " يوم فقد بلغت 18.12 اي بنسبة تحسن تقدر بـ 29.90%. وقد لغت خلال عمر الدراسة " 60 يوم " 22.23 اي بنسبة تحسن تقدر بـ 59.35%.

إن التحسن في مقاومتي الضغط والانحناء لكل التركيات الخرسانية عبر الزمن فمرده إلى تفاعل الاسمنت مع الماء الذي اعطى نواتج جديدة عبارة عن مادة صلبة ربطة بين حبيبات الركام الداخل في الخلطة الخرسانية وبقيت تلك النواتج في الزيادة مدة الدراسة فعملية تفاعل الاسمنت والماء –اماهة الاسمنت- مستمرة على الأقل حتى بعد " 28 يوم ". [19]

أما بالنسبة للفرق الملاحظ في مقاومتي الانحناء والضغط بين نوعي الخرسانة المدروسة ذات التركيبة DdB+SdD وذات التركيبة DdF/DdB، فقد لا حظنا ان التركيبة المشتملة على رمل الكثان وبقايا الآجر قد أعطت نتائج أفضل في العمر الأكبر للخرسانة اي خلال " 60 يوم "

ففي التركيبة الثانية "DdF/DdB" كانت قوة الانحناء قد بلغت 4.98MPa اما في التركيبة "DdB+SdD" قد بلغت 5.77MPa اي بنسبة تحسن تقدر بـ 15.86%.

أما قوة الضغط فقد كانت بالنسبة للتركيبة الثانية "DdF/DdB" بلغت 23.22MPa، اما في التركيبة "DdB+SdD" قد بلغت 25.58MPa، اي بنسبة تحسن تقدر بـ 10.16% ان هذا الفرق في المقاومة مرده إلى كون نسبة الماء الداخلة في التركيبة "DdB+SdD" والتي كانت نسبته E/C=0.65 هو اقل منه من الداخل في التركية "DdF/DdB" الذي كانت نسته E/C=0.75، فالماء الزائد مصيره الخروج تاركا خلفه فراغات من شأنها التقليل من قيمة المقاومة الميكانيكية، بالإضافة إلى كون ان الرمل الداخل في التركيبة "DdB+SdD" كان معامل نقاوته يساوي 80.8 أفضل من معامل نقاوة الرمل الداخل في التركيبة "DdF/DdB" الذي قدر بـ 67.7، فتلك الشوائب والدقائق الموجودة في التركيبة الأخيرة تساعد على تزايد ظاهرة الانكماش في الخرسانة الذي مآله إلى فراغات أو تشققات مختلفة فهذا الأمر يقلل ويخلق الفارق بين التركيبتين

III-3-2- مناقشة نتائج الانكماش:

نلاحظ أن الخرسانة ذات التركيبة "DdB+SdD" أعطت قيم للانكماش بلغت خلال 10 ايام الاولى 94.16µm وقد زادت عبر الزمن حيث بلغت خلال 14 يوم 13.5mµ اما بالنسبة لـ 28 يوم فقد بلغت µ275.8m. اما بالنسبة للخرسانة ذات التركيبة (SdD50%+DdB50%) أعطت قيم للانكماش بلغت خلال 10 ايام الاولى µ109.8m وقد زادت عبر الزمن حيث بلغت خلال 14 يوم 148.16µm اما بالنسبة لـ 28 يوم فقد بلغت µ318.16m.

نلاحظ ان كلا التركيبتين المدروستين قد اعطتا نتائج للانكماش متقاربة وقد تطورت النتائج عبر الزمن. ان هذا الانكماش المعبر عنه بالنقصان في طول العينات عبر الزمن فمرده لتطور التفاعلات الكيمائية الحاصلة ين الاسمنت والماء، والتي ينتج عنها مجموعة من انواع الانكماش خاصة الانكماش الذاتي المتحتم الوقوع فهو كلما التقى الماء بمسحوق الاسمنت ومباشرة عندما تبدأ عملية الإماهة بين الإسمنت والماء يحدث نقص في حجم العجينة لأن العجينة المتصلبة حجمها أقل من مجموع حجمي الماء والإسمنت في الخلطة مما يؤدى إلى انكماش الخرسانة الداخلية وهو ما يعرف بالانكماش الذاتي -- لأنه يحدث ذاتياً نتيجة الاتحاد الكيميائي بين الإسمنت والماء.[20].

أما ما لاحظنا من اختلاف في الانكماش بين العينات المختلفة للخرسانة المدروسة فقد لاحظنا ان خرسانة الرمل ذات التركيبة (SdD50%+DdB 50%) أعطت قيمة الانكماش اكثر من التي عليها في الخرسانة ذات التركيبة (DdB50%+50%DdF) ومرد ذلك إلى كون معامل نعومة التركيبة(SdD50%+DdB50%) الذي يساوي 2.02 كان أقل أي مما هو عليه في التركيبة (DdF50%+DdB50%) حيث كان 2.42 بمعنى أن حبيبات التركيبة الأولى متقاربة وأنها تميل النعومة، مما يجعل المساحة السطحية التي ستشغلها عجينة الإسمنت كبيرة وبما أن الانكماش يكون في

عجينة الإسمنت الرابطة بين الحبيبات فهذا ما يفسر نسبة الارتفاع العالية في هذه التركيبة الخرسانة ان هذا النوع من الانكماش يسمى "الانكماش بالجفاف " Le retrait de dessiccation " [21]

وعموما وحسب قواعد الانكماش NF P 15-433[14] فإنه من أجل الملاط النظامي مصنوع من نوع الإسمنت CPJ-CEMII/ A42.5 فيجب ان لا تتعدى قيمة الانكماش المقدار 1000(µm/m) في 28 يوما وهذا ما نلاحظه تقريبا في التركيبات الخرسانية المدروسة

III-3-3- مناقشة نتائج تجربة الامتصاص:

من خلال نتائج الجدول و المنحنى نلاحظ:

- إن العينة الشاهد تمتص الماء بنسبة أكبر من العينتين الأخريين تليها العينة المكونة من بقايا الطوب الأحمر و بقايا الحجر الحراري ثم تأتي في الأخير العينة المكونة من بقايا الطوب الأحمر ورمل الكثبان.

- نعلل هذه النتائج بالنسبة

- تركيبة " DdB / DdF " من المفروض إن تكون نسبة الامتصاص كبيرة وهذا لاحتوائها على بقايا الحجر الحراري الذي يمتص الماء بنسبة كبيرة كما هو ملاحظ في النتائج، لكنها امتصت ابتداء من 4 ساعات بنسبة قليلة وهذا راجع إلى الهز الجيد أثناء عملية صبها التي تسببت في سد بعض القنوات الشعرية التي منعتها من امتصاص الماء والاسمنت الحراري.
- تركيبة " DdB/ SdD " كان من المفروض إن تكون أكثر من ذألك لأنه من المعلوم إن الرمل الكثباني يمتص الماء بالنسبة كبيرة لكن هنا عند مزجه مع بقايا الطوب الأحمر واستعمال الاسمنت الحراري مما جعل العينة تمتص الماء بنسب قليلة.

❖ **مناقشة نتائج تجربة الناقلية الحرارية:**

- **بعد 5 دقائق**

نلاحظ ان المقاومة الحرارية للعينة الشاهد (Pierre/Ref) اعطت 0.232 Ω بينما كل من العينتين (SdD/DdB) و (DdF/DdB) اعطت على الترتيب 0.118Ω و 0.242 Ω بحيث ان العينة (SdD/DdB) اعطت اكبر مقاومة وهذا راجع الى وجود رمل الكثبان الذي يتحمل درجة حرارة كبيرة.

- **بعد 10 دقائق:**

نلاحظ ان المقاومة الحرارية للعينة الشاهد (Pieree/Ref) أعطت 0.286Ω بينما كل من العينتين (SdD/DdB) و (DdF/DdB) أعطت نفس النتيجة 0.242 Ω و 0.242 Ω بحيث.

- **بعد 15 دقيقة:**

نلاحظ إن المقاومة الحرارية للعينة الشاهد (Pierre/Ref) أعطت 0.296 Ω بينما كل من العينتين (SdD/DdB) و (DdF/DdB)أعطت على الترتيب 0.270 Ω و 0.242 Ω بحيث يمكن اعتمادها كنتائج ايجابية ولا يمكن مقارنتها بالعينة الشاهد كونها مصنعة بطريقة الضغط العالي.

III-3-4- مناقشة تجربة الأمواج الصوتية:

من خلال مناقشة نتائج الضغط المتحصل عليها من تجربة الأمواج الصوتية نلاحظ بان النتائج يمكن اعتبارها ايجابية مقارنة بالنتائج المعتمدة في صناعة الملاط الخرساني، و من خلال الملاحظات لفرق الضغط بين العينة الاصلية و العينات المنجزة يكمن الاختلاف في طرق و كيفيات التصنيع حيث ان العين الشاهد مصنوعة بطريقة الكبس الهيدروليكي.

خاتمة

الخلاصة العامة و التوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى:

أولا: صناعة طوب حراري وطني بمواد محلية بإمكانه منافسة الطوب الحراري المستورد بالعملة الصعبة.

المساهمة في تثمين رمال الكثبان وبقايا الآجر، هذه الرمال موجودة بكميات معتبرة في الجنوب الجزائري غير مستغلة تسبب مشاكل بيئية مختلفة فتثمين هذه المادة واستعمالها كبديل لرمال الوديان ومجاري الأنهار وشواطئ البحار له أثر إيجابي مباشر على الحفاظ على سلامة البيئة. وكذلك بقايا الأجر الناتج عن المصانع معتبر نفايات غير مستغلة فتثمينها يعتبر من أسس المحافظة على البيئة،

كنقطة للانطلاق قمنا بإنجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها.

الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمال الكثبان، ورمال ناتجة عن طحن بقايا الآجر ورمال الناتجة عن طحن بقايا الطوب الحراري المهدمة، وحسب الملاحظات المستنتجة من التجارب فإن هذه الأنواع وعند مزجها مع بعضها مثنى مثنى بكميات متساوية أعطت رمال صالحة لإنتاج خرسانة رمل يمكن استعمالها في صناعة طوب حراري. خاصة إذا استعملنا تراكيز مناسبة بمن الاسمنت الحراري.

حاولنا الكشف عن بعض الخصائص الفيزيائية المتمثلة في الانكماش وكذلك الخصائص الميكانيكية والمتمثلة في الانحناء والضغط.

انتهجنا في دراستنا لخرسانة الرمل هذه محاكاة الملاط النظامي حيث استعملنا ثلاث أجزاء من الرمل وجزء من الاسمنت، وقمنا بمزج رمال الكثبان مع الرمال الناتجة عن طحن بقايا الآجر بنسب متساوية كما قمنا بمزج الرمال الناتجة عن الآجر مع الرمال الناتجة عن طحن بقايا الطوب الحراري المهدم، واستعملنا اسمنت حراري.

و بعد إجراء التجارب ومناقشة النتائج وتحليلها نستخلص النتائج التالية:

1- خرسانة رمال الكثبان الممزوج برمال بقايا الآجر أعطى نتائج لمقاومة الانحناء مقبولة يمكن الاعتماد عليها كقاعدة انطلاق لتحسين صناعة طوب حراري وطني بمواد محلية، ودونه في هذا النوع من المقاومة تأتي خرسانة الرمل المصنوعة من بقايا الآجر والطوب الحراري المنهار. الشيء نفسه يقال عن مقاومة الضغط.

2- تبقى النتائج المتحصل عليها في هذين المقاومتين بعيدة نوعا ما عن الطوب الحراري المستورد.

3- بالنسبة للانكماش أعطت نتائج مرضية بخصوص ظاهرة الانكماش.

وعليه ومن خلال هذا البحث نوصي بمايلي:

- يجب دراسة بعمق لمشكل الناقلية الحرارية ومدى تحمل هذه الخرسانات لدرجات حرارة عالية.
- مواصلة البحث على مواد محلية أخرى يمكن من خلالها صناعة طوب حراري بمميزات
- وخصائص تضاهي ذلك الطوب المستورد.
- محاولة تثمين هذا البحث بصناعة كميات من هذه الأنواع من الحجار وتوجيهها لمصانع
- الآجر لاستغلالها كبديل للحجارة المستوردة.
- ومن ثم مواصلة البحث على ديمومة هذا النوع من الحجارة تحت ظروف التشغيل داخل الأفران.

كنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد وفقنا في المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل وأخيرا نحمد الله على توفيقه على استكمال هذه الدراسة راجين من الله عز وجل أن تكون هذه الدراسة بداية انطلاق لمزيد من الدراسات على خرسانة الرمل من نواحي أخرى لتعميم استعمالها في جميع المنشآت.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

[2] شركة قنعوبة لصناعة الاجر

[11] مذكرة ماستر المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي جامعة الوادي 2019/2018

[12] مذركة ماستر استغلال رمل الكثبان في صناعة الخرسانة من إعداد بركات عبد العزيز جامعة قاصدي مرباح. ورقلة في 2006/11/05

[15] مخبر نيوزيلاب.

[16] مذكرة دكتوراه المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف من اعداد الاستاذ: ماني محمد جامعة ورقلة 2019/2018

[18] المخبر رقم 07 جامعة الوادي تحت اشراف الاستاذ خشخوش.

[19]**محمود إمام**،تكنولوجيا الخرسانة"قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة، جامعة المنصورة ، مصر، 2002.

[1] https://mqaall.com/research-types-red-bricks-construction-uses/

[3] https://www.dagadazco.com

[4] site internet: www fauchon-baudot.com

[5] .TehnicalData.sheet

[6] BENTATA A. "Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, Université de Ouargla, Algérie, 2014.

[7] Tafroui .A construction a la valorisation de sable de duneL'erg occidental. Algerie Application aux nouveaux betonsThése de doctorat. Université de Toulouse. France 2009

[8] Norme Afnor " Essai physique Mecanique sur les beton et mortiers" 1981-1997

[9] Norme CheriatY.Nafa.Z " Elements de Materieaux de Constructios et Essai" Colection: Le livre de génie civil. Direction de la peublicationuniverssitairede Guelma 2007.

[10] NFP 18-598

[13] EN 196-1

[14] NFP 15-433

[17] www.mawdoo3.com

[20] BEDARD, C. BALLIVY, G. AITCIN, P."Rôle des caractéristiques physico-mécaniques des granulats sur la résistance en compression de bétons a très haute résistance", Bulletin de Géologie de l'Ingénieur et de l'environnement, Volume 30, N° : 1, Paris, 1984.

[21] Mani Mohammed, KrikerAbdelouahed, and BelferragAllaoua, Compressive Strength of Dune Sand Reinforced Concrete, AIP Conference Proceedings 1814, 020023 (2017); doi: 10.1063/1.4976242

الملاحـــق

Technical Data Sheet (preliminary)

CALUCEM

ISTRA 40 4.0

General information

ISTRA 40 4.0 is an engineered normal setting and rapid hardening Calcium Aluminate Cement (CAC) with high early strength and high final strength. ISTRA 40 4.0 has a brown-anthracitic color and is composed of calcium aluminates. Its optimized particle size distribution makes it most suitable for following building product applications:

- Flooring products
- Tile products
- Technical mortars

ISTRA 40 4.0 is tested according EN 14647 and has a shelf-life of approx. six (6) months when stored under dry conditions.

Production

ISTRA 40 4.0 is produced by melting selected raw materials (bauxite and limestone) in special kilns. After cooling, the clinker is ground using ball mills.

Technical data

The following information represents typical values for the quality control carried out in our plant.

Chemical composition (%)

SiO_2	≤ 6
Al_2O_3	37–42
Fe_2O_3	13–18
CaO	36–40
MgO	< 1,5
SO_3	< 0,4

Mineralogical composition

ISTRA 40 4.0 contains mainly monocalcium aluminate (CA). This mineral phase is responsible for the high early strength. When mixed with water ISTRA 40 4.0 forms calcium aluminate hydrates as its hydration products.

Mineral phases of ISTRA 40 4.0

main mineral phase:	CA > 50%
minor mineral phases:	C_2AF, C_2AS, $C_{12}A_7$

Cement technical properties

residue on sieve at:	90 µm < 5%
fineness (Blaine) approx.:	3100–3700 cm²/g
bulk density approx.:	1.15 g/cm³
specific gravity:	3.2–3.3 g/cm³
refractoriness in cement approx.:	1270 °C

Setting time and water demand

The testing of the setting time is performed using the mortar in order to describe the behavior of the ISTRA 40 4.0 in mixtures with a workable consistency. A mixture containing CEN-standard sand and using a water/cement ratio of 0,4.

	Mortar
Initial set	1–4 h
Final set	maximum 120 min after initial set

	Standard consistence EN 196
Water	23 ± 2%

Development of strength

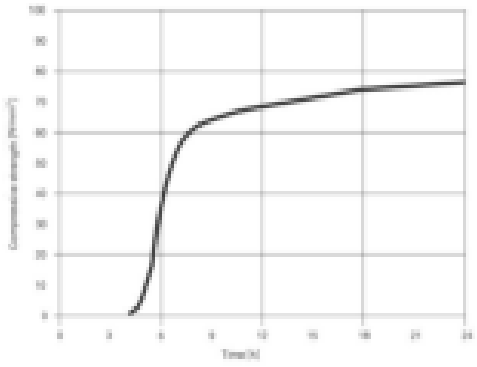
After setting, strength develops very rapidly. ISTRA 40 4.0 is a cement with very high early strength and high compressive strength. After one (1) day, the compressive strength is higher than that of high grade Portland cements CEM I 52.5 R after 28 days.

Development of strength (N/mm²)

Time	6 h	1 d
Compressive strength	>30	>50

Calucem GmbH • Sales Europe • Brandstraße 8 • D-50739 Mannheim • Phone: +49 621 10 759-0 • Fax: +49 621 10 759-200 • info@calucem.com
Calucem Pte Ltd • Sales Asia • 10 Anson Road #20-03 • International Plaza • Singapore 079903 • Phone: +65 6536 3778 / 2662 • Fax: +65 6536 1662 / 6573 • inc_sea@calucem.com
Calucem, Inc. • Sales America • 7540 Windsor Drive, Suite 308 • Allentown, PA 18195 • Phone Toll Free (800) 346-7370 • Local (484) 223-2662 • Fax: (484) 223-2663 • namindo@calucem.com
www.calucem.com

The tests are conducted with mortar prisms 4 cm x 4 cm x 16 cm produced containing CEN-standard sand and using a water/cement ratio of 0,4.



Quality

Like all other Calucem products, the production of ISTRA 40 4.0 is subject to stringent quality control. Constant monitoring of all components ensure a consistent quality. The production plant is certified according:

ISO 9001 – certificate number HR16/1555
ISO 14001 – certificate number HR16/1556
ISO 50001 – certificate number HR17/1626
OHSAS 18001 – certificate number CH10/2011

Safety Instructions

The normal safety measures for cement must be followed. You will find further information in our safety data sheet.

As of: 01/2019 preliminary version

All previous preliminary technical data sheets are no longer valid.

The information provided herein is based on our current knowledge and experiences. In view of the many possible influences when working with and applying our products, it is to be understood as a general guideline only and under no circumstances exempts users from conducting their own tests and trials. A legally binding guarantee of specific properties or the product's appropriateness for a specific application may NOT be inferred from the information contained herein. The user is solely responsible for observing contingent industrial property rights as well as existing laws and provisions.

ملحق رقم 01: جدول يوضح نتائج تجربة الضغط للعينات

العينة	الإجهاد بعد 7ايام MPa	الإجهاد بعد 14 يوم MPa	الإجهاد بعد 21 يوم MPa	الإجهاد بعد 28 يوم MPa	الإجهاد بعد 30 يوم MPa	الإجهاد بعد 60 يوم MPa
SdD + DdB	13.24	14.02	15.09	17.55	18	23.21
	21.65	24.66	25.44	26.14	26.18	29.32
	16.62	16.68	18.04	18.24	18.25	24.22
DdB + DdF	14	14.71	16.13	18	18.02	22.31
	14.21	14.9	16.71	18.96	19.11	24.20
	13.65	13.91	15.57	16.08	17.25	20.19

الملحق رقم 02: جدول يوضح نتائج تجربة الانحناء للعينات

العينة	الإجهاد بعد 7 ايام MPa	الإجهاد بعد 14 يوم MPa	الإجهاد بعد 21 يوم MPa	الإجهاد بعد 28 يوم MPa	الإجهاد بعد 30 يوم MPa	الإجهاد بعد 60 يوم MPa
SdD + DB	3.37	5.09	5.12	5.18	5.23	6.03
	2.66	4.65	3.78	5.03	5.17	5.85
	2.70	3.46	4.80	4.98	5.10	5.45
DdB + DdF	3.78	4.25	4.32	4.57	4.62	5.24
	3.71	4.35	4.33	4.51	4.60	4.82
	3.57	4.35	3.90	4.48	4.57	4.90

الملحق رقم 03 : نتائج الانكماش SdD/DdB

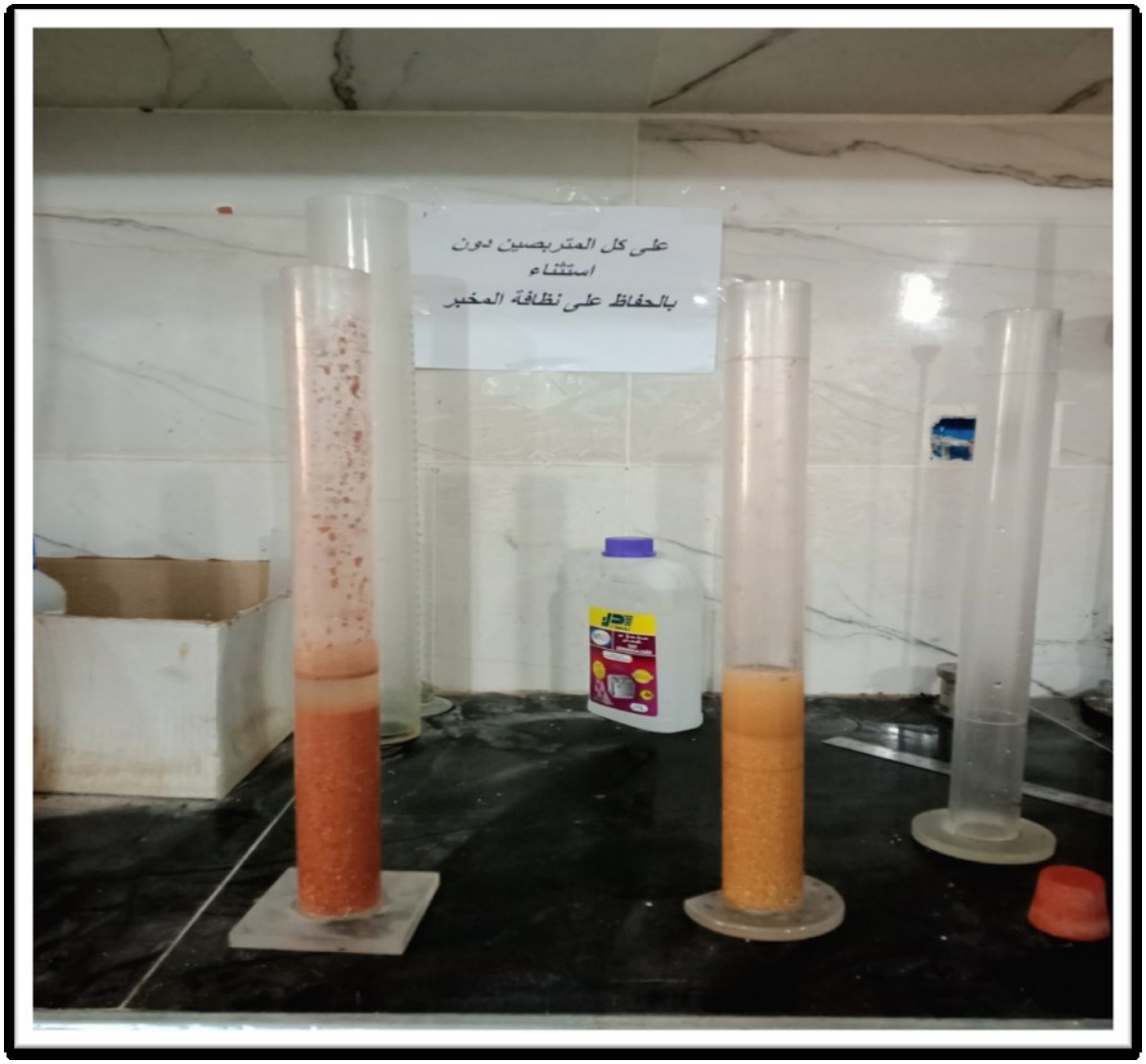
العينات / الأيام	7	10	14	21	28
1	2.01	1.95	1.87	1.82	1.73
2	2.12	2.06	2.03	1.95	1.88
3	2.60	2.57	2.54	2.47	2.33
4	1.60	1.56	1.53	1.50	1.43
5	2.01	1.93	1.90	1.80	1.74
6	2.57	2.49	2.44	2.40	2.36

الملحق رقم 04: نتائج الانكماش DdF/DdB

العينة / الايام	7	10	14	21	28
1	2.51	2.41	2.37	2.29	2.20
2	2.10	2.03	1.98	1.95	1.77
3	0.76	0.60	0.58	0.52	0.49
4	2.85	2.70	2.69	2.67	2.58
5	3.05	2.97	2.88	2.78	2.60
6	1.51	1.42	1.40	1.36	1.24

الملحق رقم 05: صورة توضح المواد المستعملة

الملحق رقم 06: صورة توضح تجربة المكافئ الرملي



الملحق رقم 07: صورة توضح طاولة الاهتزاز

ISTRA 40
25 kg
CALUCEM